



ENERGY
TRANSITION
PARTNERSHIP

Báo cáo

ĐÁNH GIÁ CHUỖI CUNG ỨNG PIN TOÀN CẦU

THÁNG 3/2025

Thực hiện bởi:



EconomiX



UNOPS



AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



Department for
Energy Security
& Net Zero



Environment and
Climate Change Canada
Environnement et
Changement climatique Canada



Australian Government
Department of Climate Change, Energy,
the Environment and Water



CHILDREN'S
INVESTMENT FUND
FOUNDATION



SEQUOIA
CLIMATE
FOUNDATION

Tuyên bố

Báo cáo này được thực hiện bởi một liên danh gồm Viện Tư vấn Phát triển (CODE), Viện Khoa học Vật liệu (IMS) trực thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST), EconomiX, và Công ty Tư vấn Đầu tư Năng lượng & Môi trường E3 Việt Nam.

Mọi nỗ lực đã được thực hiện nhằm đảm bảo tính chính xác và đầy đủ của các thông tin được trình bày. Tuy nhiên, các tác giả và đơn vị tham gia không cam kết hay bảo đảm, dù rõ ràng hay ngụ ý, về mức độ chính xác, độ tin cậy hay tính đầy đủ của nội dung báo cáo. Các phát hiện, dữ liệu và khuyến nghị trong báo cáo được xây dựng dựa trên thông tin, phân tích và thực tiễn tốt nhất hiện có tính đến ngày 1 tháng 3 năm 2025. Cần lưu ý rằng những thay đổi hoặc diễn biến mới sau thời điểm này có thể ảnh hưởng đến tính hiệu lực của một số kết luận hoặc khuyến nghị trong báo cáo.

Quan điểm và ý kiến được trình bày trong báo cáo là của các tác giả và không nhất thiết phản ánh chính sách hoặc lập trường chính thức của Chương trình Hỗ trợ Chuyển dịch Năng lượng Đông Nam Á (ETP), UNOPS, Bộ Kế hoạch và Đầu tư (hiện là Bộ Tài chính), hoặc bất kỳ tổ chức hay cơ quan nào được đề cập trong tài liệu này.

Các tác giả và đơn vị tham gia không chịu bất kỳ trách nhiệm nào đối với tổn thất hoặc thiệt hại trực tiếp, gián tiếp, ngẫu nhiên hoặc hệ quả phát sinh từ việc sử dụng, phụ thuộc vào hoặc diễn giải thông tin trong báo cáo này.

MỤC LỤC

1.	Giới thiệu	1
1.1.	Vai trò của công nghệ pin trong chuyển đổi năng lượng.....	1
1.2.	Tổng quan	4
2.	Công nghệ pin	6
2.1.	Giới thiệu	6
2.2.	Pin Lithium-ion (LIBs)	7
2.2.1.	Tổng quan và xu hướng thị trường	7
2.2.2.	Thành phần hóa học và các biến thể.....	8
2.2.3.	Hình dạng và thiết kế	11
2.3.	Pin thể rắn	12
2.4.	Pin kim loại lithium.....	13
2.5.	Pin Sodium-ion (SIB)	15
2.6.	Ứng dụng.....	16
2.6.1.	Lĩnh vực xe điện (EV)	18
2.6.2.	Hệ thống pin lưu trữ năng lượng	20
2.6.3.	Thiết bị điện tử di động (Máy tính, truyền thông và điện tử tiêu dùng)	21
2.7.	Nghiên cứu và phát triển (R&D)	21
3.	Chuỗi cung ứng pin	26
3.1.	Tổng quan về chuỗi cung ứng LIB.....	26
3.1.1.	Đặc điểm của chuỗi cung ứng	26
3.1.2.	Động lực đầu tư và sự tham gia của các quốc gia	30
3.1.3.	Các yếu tố ảnh hưởng tới chuỗi cung ứng pin.....	30
3.1.4.	Mục tiêu khử các bon trong chuỗi cung ứng LIB.....	31
3.2.	Thượng nguồn: Khai thác và chế biến nguyên liệu	32
3.2.1.	Các nguyên liệu chính và xu hướng thị trường	32
3.2.2.	Công suất khai thác và tình chế.....	34
3.2.4.	Định hướng chính sách và quy định về khai thác khoáng sản	48
3.3.	Trung nguồn (Midstream): Sản xuất vật liệu pin	49
3.3.1.	Tổng quan ngành chế biến vật liệu pin.....	49
3.3.2.	Vật liệu anode	51
3.3.3.	Vật liệu (Cathode materials)	56

3.3.4.	Điện phân và màng ngăn (Electrolyte & Separator).....	64
3.4.	Hạ nguồn (Downstream): Sản xuất cell LIB và lắp ráp pin.....	66
3.4.1.	Công suất sản xuất pin/thị phần toàn cầu	67
3.4.2.	Một số công nghệ pin mới	69
3.4.3.	Các nhà đầu tư và dự án sản xuất pin	69
3.4.4.	Dòng chảy thương mại và mã HS	72
3.5.	Cuối vòng đời (End-of-life)-Tái chế và xử lý pin	74
3.5.1.	Tái chế pin LIB – Công nghệ, xu hướng và cơ hội.....	75
3.5.2.	Chính sách và quy định liên quan đến quản lý chất thải pin (EPR-Extended Producer Responsibility, tiêu chuẩn môi trường...)	79
3.5.3.	Mô hình kinh tế tuần hoàn và cơ hội đầu tư vào tái chế pin	81
4.	Các công ty và tổ chức lớn trong chuỗi cung ứng pin	84
4.1.	Các công ty chủ chốt và gigafactory	84
4.2.	Gigafactory tại Trung Quốc	85
4.3.	Gigafactory ngoài Trung Quốc	87
4.3.1.	Bắc Mỹ	88
4.3.2.	Châu Âu.....	89
4.3.3.	Châu Á và Đông Nam Á (ngoại trừ Trung Quốc).....	1
4.4.	Sự hợp tác giữa các nước và các công ty.....	5
4.4.1.	Sự hợp tác giữa Mỹ và các công ty Châu Á.....	5
4.4.2.	Hợp tác giữa các công ty Châu Âu và các công ty Châu Á	6
4.4.3.	Hợp tác giữa Trung Quốc và các quốc gia khác.....	7
4.4.4.	Hợp tác giữa Nhật Bản và Hàn Quốc.....	7
4.4.5.	Sự đầu tư của các công ty lớn trên toàn thế giới vào Việt Nam	7
5.	Những thông tin quan trọng từ chuỗi cung ứng pin ở một số nước điển hình và bài học tốt nhất cho Việt Nam.....	9
5.1.	Trung Quốc: Chiếm ưu thế trong hệ sinh thái pin toàn cầu.....	9
5.1.1.	Chiến lược chuỗi cung ứng toàn diện của Trung Quốc	10
5.1.2.	Chính sách của chính phủ: Tăng trưởng công nghiệp do Nhà nước dẫn dắt.....	100
5.1.3.	Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam.....	102
5.2.	Hàn Quốc	103
5.2.1.	Chiến lược chuỗi cung ứng pin	104
5.2.2.	Chính sách của chính phủ	107
5.2.3.	Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam.....	108
5.3.	Nhật Bản.....	109
5.3.1.	Chiến lược chuỗi cung ứng pin	110
5.3.2.	Chính sách chính phủ	112

5.3.3.	Sự phù hợp với chuỗi cung ứng pin Việt Nam	113
5.4.	Úc	115
5.4.1.	Chiến lược chuỗi cung ứng pin	115
5.4.2.	Chính sách chính phủ	116
5.4.3.	Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam	120
5.5.	Ấn Độ	122
5.5.1.	Chiến lược chuỗi cung ứng Pin	122
5.5.2.	Chính sách chính phủ	124
5.5.3.	Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam	126
6.	Kết luận và định hướng	128
Phụ lục 1.	Các công nghệ pin mới	132
	Các pin graphene	132
	Pin lithium – kim loại	132
	Pin Aluminum-Air	133
	Pin Magie-Ion	134
	Pin ion canxi	134
	Pin kẽm-không khí	134
	Pin chấm lượng tử (Quantum Dot- QD)	135
	Pin lithium-lưu huỳnh	135
	Pin SIB136	
	Pin silicon-anode	136
	Pin thể rắn	137

Các từ viết tắt

ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	Hiệp hội các quốc gia Đông Nam Á
BESS	Battery Energy Storage System	Hệ thống lưu trữ năng lượng pin
BEV	Battery Electric Vehicle	Xe điện chạy pin
BMS	the Battery Management System	Hệ thống quản lý pin
CAGR	Compound Annual Growth Rate	Tỷ lệ tăng trưởng kép hàng năm
CAM	Cathode active material	Vật liệu hoạt tính cực dương
CE	Circular Economy	Kinh tế tuần hoàn
DOE	United States Department of Energy	Bộ Năng lượng Hoa Kỳ
DRC	Democratic Republic of Congo	Cộng hòa Dân chủ Congo
EOL	End of Life	Cuối vòng đời
EPR	Extended Producer Responsibility	Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất
ESS	Energy Storage Systems	Hệ thống lưu trữ năng lượng
EU	European Union	Liên minh châu Âu
EV	Electric Vehicle	Xe điện
GWh	Gigawatt Hours	Gigawatt giờ
IRENA	The International Renewable Energy Agency	Cơ quan Năng lượng Tái tạo Quốc tế
LCO	Lithium Cobalt Oxide	Lithi Cobalt Oxide
LFP	Lithium Iron Phosphate	Lithi Sắt Phosphate
LIB	Lithium ion battery	Pin lithium-ion
Li-S	Lithium-Sulphur	Lithi-Lưu huỳnh
LMO	Lithium Manganese Oxide	Lithi Mangan Oxide
LNMO	Lithium nickel manganese oxide	Lithi Nickel Mangan Oxide
LTO	Lithium Titanate	Lithi Titanate
NCA	Nickel Cobalt Aluminium Oxide	Nickel Cobalt Nhôm Oxide
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	Tổ chức Phát triển Công nghệ Công nghiệp và Năng lượng Mới
NMC	Nickel Manganese Cobalt	Nickel Mangan Cobalt
OECD	the Organization of Economic Cooperation and Development	Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế
PHEV	plug-in hybrid electric vehicle	Xe điện hybrid sạc ngoài
PV-ESS	Photovoltaic- energy storage system	Hệ thống quang điện - lưu trữ năng lượng
RoW	Rest of the world	Phần còn lại của thế giới
SIBs	Sodium Iron Batteries	Pin Natri Sắt
SOH	State of health	Tình trạng sức khỏe pin
UNECE	the United Nations Economic Commission for Europe	Ủy ban Kinh tế Liên Hợp Quốc về châu Âu
US	United States	Hoa Kỳ

Danh sách bảng

Bảng 1-1. Tổng công suất lắp đặt theo công nghệ	1
Bảng 2-1. So sánh đặc điểm của pin sơ cấp (primary cell) và pin thứ cấp (secondary cell)	6
Bảng 2-2. Đặc điểm chính của các loại pin khác nhau và ứng dụng chính của nó	9
Bảng 2-3. Bảng so sánh đặc tính của pin SIB và pin LIB.	15
Bảng 2-4. Tổng quan về nghiên cứu và phát triển trong công nghệ pin lithium-ion.	21
Bảng 3-1. Trữ lượng Li ở các quốc gia trên thế giới	36
Bảng 3-2. Số liệu về khoáng vật nikel (trích xuất từ Hiệp hội ngành công nghiệp kim loại màu Trung Quốc)	39
Bảng 3-3. Sản lượng khai thác mỏ thế giới (hàm lượng mangan) và trữ lượng (tấn)	44
Bảng 3-4. Top 10 nhà sản xuất Lithium Iron Phosphate trên thế giới	46
Bảng 3-5. Năng lực NCA hiện tại và dự báo đến năm 2028	47
Bảng 3-6. Các nhà máy pin ion Natri trên toàn cầu	48
Bảng 3-7. So sánh hiệu suất của các vật liệu anode khác nhau	55
Bảng 3-8. Mã HS của anode	56
Bảng 3-9. Phát triển năng lực catốt toàn cầu trong 10 năm tới	57
Bảng 3-10. Các nhà sản xuất vật liệu catốt của Trung Quốc và năng lực sản xuất trong năm 2023 và 2028	58
Bảng 3-11. Các nhà sản xuất vật liệu catốt Hàn Quốc và năng lực sản xuất năm 2023 và 2028	59
Bảng 3-12. Các nhà sản xuất vật liệu cathode Nhật Bản và năng lực sản xuất năm 2023 và 2028.	59
Bảng 3-13. Mã HS cho vật liệu Cathode	63
Bảng 3-14. So sánh các loại chất điện phân với các ưu và nhược điểm	64
Bảng 3-15. Công suất sản xuất pin LIB theo các công ty. Source: SC Insight	71
Bảng 3-16. Các nhà máy sản xuất pin LIB của LG Chem. Source: SC Insight	71
Bảng 3-17. Các nhà máy sản xuất lớn nhất của BYD. Source: SC Insights	72
Bảng 3-18. Mã HS cho các loại pin lithium-ion	74
Bảng 4-1. Các nhà máy/Gigafactory sản xuất pin EV trên toàn thế giới	87
Bảng 4-2. Các nhà máy sản xuất pin tại Hoa Kỳ. Danh sách này chỉ hiển thị các nhà máy có sản lượng đầu ra. Danh sách đầy đủ, bao gồm các nhà máy bổ sung có sản lượng NA, có trong Phụ lục 2.	88
Bảng 5-1. Những bài học từ hệ sinh thái pin của Trung Quốc và khả năng áp dụng tại Việt Nam	102
Bảng 5-2. Những bài học từ hệ sinh thái pin của Hàn Quốc và khả năng áp dụng tại Việt Nam	108
Bảng 0-1. Ưu và nhược điểm của các pin dựa trên graphene	132
Bảng 0-2. Ưu điểm và nhược điểm của pin Lithium-kim loại	133
Bảng 0-3. Ưu điểm và nhược điểm của pin Nhôm-Không khí	133
Bảng 0-4. Ưu điểm và nhược điểm của pin ion canxi	134
Bảng 0-5. Ưu và nhược điểm của pin kẽm – không khí	135
Bảng 0-6. Ưu và nhược điểm của pin chấm lượng tử	135
Bảng 0-7. Ưu điểm và nhược điểm của pin lithium-lưu huỳnh	136
Bảng 0-8. Ưu và nhược điểm của pin SIB	136
Bảng 0-9. Ưu điểm và nhược điểm của pin silicon-anode	137

Danh sách các hình

Hình 1-1. Quy mô thị trường pin lithium-ion trên toàn thế giới vào năm 2022 và 2023, với dự báo đến năm 2032 ¹	2
Hình 1-2. Sơ đồ chuỗi cung ứng ²	3
Hình 2-1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của pin Lithium-ion	6
Hình 2-2. Quy mô, Thị phần và Xu hướng Thị trường Pin Lithium-ion từ năm 2025 đến 2034 ³	8
Hình 2-3. Đặc điểm của 1 số loại pin Li-ion ⁴	10
Hình 2-4. Cấu trúc và cơ chế hoạt động của Pin Li-air và Pin Li-S	11
Hình 2-5. Hình 2-5. Một số loại pin Li-ion phân loại theo định dạng ⁵	12
Hình 2-6	13
Hình 2-7. Quy mô và xu hướng thị trường pin thể rắn từ năm 2025 đến 2034 (tỷ USD) ⁷	13
Hình 2-8. Cấu trúc và cơ chế hoạt động của Pin kim loại Lithium ⁸	14
Hình 2-9. Thị trường pin kim loại Li toàn cầu	14
Hình 2-10. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của pin Sodium-ion (SIB) ⁹	15
Hình 2-11. Quy mô thị trường pin SIB 2025-2034 ¹⁰	16
Hình 2-12. Ứng dụng của pin LIB ¹¹	17
Hình 2-13. Nhu cầu pin Li-ion theo ngành (GWh) (trái) và (%) (phải) ¹²	18
Hình 2-14. Doanh số bán xe điện toàn cầu năm 2023 ¹³	19
Hình 2-15. Nhu cầu pin cho xe điện theo khu vực, giai đoạn 2016-2023 ¹⁴	20
Hình 2-16. Bộ pin Gemini do Our Next Energy (ONE) sản xuất ¹⁵	24
Hình 2-17. Định hướng hiện tại và tương lai trong việc phát triển các chiến lược từ cell đến phương tiện của LIB ¹⁶	25
Hình 3-1. Chuỗi cung ứng pin ¹⁷	26
Hình 3-2. Nhu cầu đối với các nguyên liệu quan trọng và tỷ lệ năng lượng sạch trong tổng nhu cầu ¹⁸	27
Hình 3-3. Phân bố địa lý của chuỗi giá trị pin lithium-ion, cùng với khoảng cách giữa nguồn cung năm 2022 và nhu cầu dự kiến năm 2030 đối với Li, Co và Ni theo kịch bản NZE (góc trên bên phải) ¹⁹	28
Hình 3-4. Sự thay đổi nhanh chóng của hỗn hợp hóa chất pin EV toàn cầu từ năm 2015 đến năm 2022 ²⁰	29
Hình 3-5. Sản lượng lithium theo quốc gia năm 2022 và những quốc gia có trữ lượng lithium lớn nhất ²²	30
Hình 3-6. Sự phát triển của thị phần bán hàng cho pin EV (ô tô) theo hóa học catốt và anot, 2018-2022.	33
Hình 3-7. Giá của một số vật liệu pin và pin Li-ion, 2015-2023 ³²	34
Hình 3-8. Các nước khai thác khoáng sản chính cho các loại khoáng sản được chọn trong chế tạo pin ³³	35
Hình 3-9. Luồng thương mại của Lithium trong sản xuất Cathode	36
Hình 3-10. Xu hướng giá lithium (2018 – 2024)	38
Hình 3-11. Sơ đồ công nghiệp chung cho vật liệu niken ³⁷	39
Hình 3-12. Luồng thương mại Nickel từ các nước xuất khẩu đến các nước nhập khẩu ³⁸	40
Hình 3-13. Trữ lượng coban trên toàn thế giới năm 2024 ⁴³	41
Hình 3-14. Dòng chảy thương mại coban dọc theo chuỗi giá trị xe điện, năm 2022 (Đô la Mỹ)	42
Hình 3-15. Dòng chảy thương mại than chì dọc theo chuỗi giá trị xe điện, năm 2022 (Đô la Mỹ) ⁴⁹	43
Hình 3-16. Trữ lượng than chì trên toàn thế giới	44
Hình 3-17. Luồng thương mại Mangan từ các nước xuất khẩu đến các nước nhập khẩu.	46
Hình 3-18. Giai đoạn trung nguồn của chuỗi cung ứng pin ⁵¹	49

Hình 3-19. Tỷ lệ chi phí thành phần cell và sản xuất cell pin ⁵²	50
Hình 3-20. Dung lượng pin xe điện hạng nhẹ theo hóa học, 2018-2022 ⁵⁵	50
Hình 3-21. Sản lượng anode theo khu vực ⁶⁰	51
Hình 3-22. Năng suất anode theo trạng thái. Nguồn: SC Insights	52
Hình 3-23. Công suất anode theo từng phân đoạn (2024). Nguồn: SC Insights	52
Hình 3-24. Công suất Anode toàn cầu. Nguồn: SC Insight	53
Hình 3-25. Sản phẩm vật liệu anode chính thống ⁶¹	54
Hình 3-26. Nguồn cung cấp Cathode theo quốc gia/khu vực ⁶³	58
Hình 3-27. Công suất cathode theo khu vực.....	60
Hình 3-28. Các nhà cung cấp linh kiện tế bào hiện tại đang mở rộng ra toàn cầu để cùng di chuyển với các gigafactory ở Bắc Mỹ và Châu Âu ⁶⁵	61
Hình 3-29. Thị phần catốt toàn cầu ⁶⁶	62
Hình 3-30. Dự báo Vật liệu Hoạt động Cathode (CAM) cho các phương tiện nhẹ điện hóa ⁶⁷	63
Hình 3-31. Hình ảnh sơ đồ của một màng ngăn trong pin Li-ion hình trụ và mặt cắt ngang được phóng to của cấu trúc phân lớp ⁶⁸	66
Hình 3-32. Năng lực sản xuất pin theo quốc gia ⁷³	67
Hình 3-33. Công suất pin lithium-ion theo thị trường (GWh) ⁷⁴	68
Hình 3-34. Năng lực sản xuất pin lithium-ion của các nhà sản xuất năm 2022, 2023 ⁷⁵	70
Hình 3-35. Dòng chảy thương mại toàn cầu đối với pin lithium-ion và ô tô điện, 2023 ⁷⁶ . Note: EV=xe điện; RoW=Phần còn lại của thế giới. Đơn vị GWh.	73
Hình 3-36. Năng lực sản xuất pin của 15 nhà sản xuất toàn cầu (bao gồm cả Joint Ventures).....	75
Hình 3-37. So sánh sự phân chia giá trị của các tế bào mới và EOL ⁸⁹	77
Hình 3-38. Năng lực tái chế toàn cầu, tính bằng tấn (Hơn 80% năng lực tái chế pin của thế giới nằm ở Trung Quốc) ⁹⁴	78
Hình 3-39. Mô hình kinh tế tuần hoàn ¹⁰⁴	82
Hình 4-1. Các công ty đương nhiệm hoặc công ty đại chúng có vốn hóa thị trường hoặc định giá trên 1 tỷ USD ¹⁰⁷	84
Hình 4-2. Biểu đồ thị phần pin EV trên toàn thế giới.....	85
Hình 4-3. Các công ty Gigafactory sản xuất và đóng gói tại Trung Quốc ¹⁰⁸	86
Hình 4-4. Các công ty sản xuất pin lớn tại Hoa kỳ ¹¹⁰	89
Hình 4-5. Các nhà máy sản xuất pin tại Châu Âu ¹¹¹	90
Hình 4-6. Các nhà máy sản xuất pin lớn tại Châu Á ¹¹³	1
Hình 5-1. a) Phân bố địa lý của chuỗi cung ứng pin và vật liệu EV và b) Phân bố quyền sở hữu của chuỗi cung ứng LIB ^{115, 116}	10
Hình 5-2. Năng lực sản xuất pin của Trung Quốc rất ấn tượng, với cơ sở sản xuất tại địa phương mạnh mẽ ¹¹⁷	11
Hình 5-3. Các công ty Trung Quốc thống trị thị trường pin EV toàn cầu ¹¹⁸	100
Hình 5-4. Top 6 so sánh theo triển khai pin năm 2023, GWh.	103
Hình 5-5. Kế hoạch sản xuất ở nước ngoài của các công ty lớn có nguồn gốc từ Hàn Quốc	105
Hình 5-6. Xuất khẩu tiền chất và catốt của Hàn Quốc sẽ đi ngang hoặc giảm vào năm 2023 khi Hàn Quốc trở nên tự chủ ¹²⁰	106
Hình 5-7. Quyền sở hữu của Hàn Quốc trong chuỗi cung ứng tuân thủ IRA	106
Hình 5-8. Tín dụng thuế sản xuất IRA thúc đẩy khả năng cạnh tranh về chi phí của các công ty sản xuất pin Hàn Quốc – Hoa Kỳ.....	107
Hình 5-9. Thị trường pin lithium-ion tại Nhật Bản	110
Hình 5-10. Nguồn nguyên liệu thô để sản xuất pin ở Ấn Độ (2023) ¹²⁴	123



Tóm tắt nội dung

Quá trình chuyển đổi năng lượng toàn cầu là một thách thức mang tính quyết định, thúc đẩy các quốc gia hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng 0 (NZE) và mở ra những cơ hội chưa từng có cho các nhà hoạch định chính sách, nhà đầu tư và doanh nghiệp. Sự gia tăng nhanh chóng của các công nghệ sạch, chẳng hạn như xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng pin (BESS), đòi hỏi phải mở rộng quy mô sản xuất nhanh chóng để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng. Chuỗi cung ứng pin đóng vai trò then chốt, cung cấp năng lượng cho các ngành công nghiệp từ EV đến BESS. Năm 2023, việc triển khai pin EV tăng vọt 40%, với 14 triệu xe EV mới được đăng ký, một xu hướng dự kiến sẽ mạnh mẽ khi xe EV dự kiến sẽ chiếm 25% doanh số bán ô tô toàn cầu vào năm 2025. Sau nhiều năm đầu tư, công suất sản xuất pin toàn cầu đã đạt 3 TWh vào năm 2024, với tiềm năng tăng gấp ba lần trong năm năm tới nếu tất cả các dự án đã lên kế hoạch đều thành hiện thực.

Tuy nhiên, sự tập trung của chuỗi cung ứng pin đã làm dấy lên lo ngại về an ninh đối với các chính phủ. Những động thái gần đây, chẳng hạn như đề xuất hạn chế xuất khẩu công nghệ xử lý lithium và cực âm pin của Trung Quốc, cũng như việc áp thuế đối với thương mại khoáng sản, đã làm gia tăng sự chú ý đến vấn đề này. Đa dạng hóa sản xuất và nội địa hóa chuỗi cung ứng là một nhiệm vụ phức tạp, đòi hỏi thời gian, đầu tư và chuyên môn để thu hẹp khoảng cách chi phí với Trung Quốc. Nhu cầu ổn định, chủ yếu được thúc đẩy bởi xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng pin (BESS), là yếu tố thiết yếu để hiện thực hóa điều này. Động lực toàn cầu này mang lại cơ hội quan trọng cho Việt Nam, một thị trường mới nổi với tiềm năng xây dựng ngành công nghiệp pin cạnh tranh.

Việt Nam có vị trí chiến lược tại Đông Nam Á, sở hữu lực lượng lao động khoảng 54 triệu người, nguồn tài nguyên khoáng sản quan trọng dồi dào (ví dụ: mangan, đất hiếm, nhôm) và mối quan tâm ngày càng tăng đối với xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng pin (BESS). Quan hệ thương mại vững chắc của Việt Nam được hỗ trợ bởi 17 Hiệp định Thương mại Tự do (FTA) đã ký kết và các quan hệ đối tác chiến lược—bao gồm kim

ngạch thương mại 15 tỷ USD với Úc vào năm 2024 (tăng 4,5% so với năm 2023) và 86,7 tỷ USD với Hàn Quốc (tăng 9,2% so với năm 2023)—tạo nền tảng vững chắc. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức: hạn chế về chuyên môn trong khai thác và tinh chế, sự phụ thuộc 80% vào nguyên liệu thô nhập khẩu, cùng với việc thiếu một chính sách đồng bộ, đòi hỏi các hành động cấp bách.

Dự án **Tăng cường Chuỗi Cung Ứng Pin cho Xe Điện, Hệ Thống Lưu Trữ Năng Lượng và Năng Lượng Tái Tạo** là một sự hợp tác chiến lược giữa Bộ Kế hoạch và Đầu tư (nay là Bộ Tài chính) và Đối tác Chuyển đổi Năng lượng Đông Nam Á (ETP) – Văn phòng Dịch vụ Dự án Liên Hợp Quốc (UNOPS). Sáng kiến này nhằm củng cố chuỗi cung ứng pin của Việt Nam bằng cách thúc đẩy đầu tư, đổi mới sáng tạo và cung cấp tư vấn chính sách để hỗ trợ quá trình chuyển đổi năng lượng của đất nước.

Báo cáo này là báo cáo đầu tiên trong phạm vi dự án, cung cấp phân tích toàn diện về chuỗi cung ứng pin toàn cầu, một lĩnh vực quan trọng nhưng còn non trẻ đối với Việt Nam. Báo cáo đưa ra những hiểu biết thực tiễn dành cho các nhà hoạch định chính sách, lãnh đạo ngành và nhà đầu tư thông qua việc nghiên cứu các thông lệ quốc tế tốt nhất, những tiến bộ công nghệ mới nổi và các xu hướng thị trường quan trọng. Thông qua các nghiên cứu điển hình chuyên sâu từ các quốc gia sản xuất pin hàng đầu—Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Ấn Độ và Úc—báo cáo rút ra những bài học phù hợp, giúp Việt Nam định hướng chiến lược nhằm tăng cường hội nhập chuỗi cung ứng, thu hút đầu tư và phát triển bền vững.



Bối cảnh công nghệ và thị trường

Về công nghệ, thị trường pin hiện nay chủ yếu do pin lithium-ion (LIB) chi phối, nhờ mật độ năng lượng cao và hiệu suất vượt trội, cung cấp năng lượng cho hơn 60% xe điện trên toàn cầu (IEA 2024). Những công nghệ mới nổi như pin natri-ion, với nguyên liệu dồi dào và chi phí thấp, đang dần được ưa chuộng cho lưu trữ năng lượng tĩnh, trong khi pin lithium-kim loại hứa hẹn đột phá về hiệu suất, thúc đẩy một cuộc đua đổi mới trên toàn cầu. Tuy nhiên, cuộc đua này không đồng đều—Trung Quốc kiểm soát hơn 50% công suất chế biến nguyên liệu thô và 75% công suất sản xuất pin, trong khi châu Âu (đóng góp 25% sản lượng xe điện) và Mỹ (chiếm 10% sản lượng xe điện, 7% sản xuất pin) đang phản ứng bằng các chính sách như Quy định về Pin của EU và Đạo luật Giảm Lạm phát của Mỹ. Tương lai của ngành phụ thuộc vào những đột phá về mật độ năng lượng, tuổi thọ, an toàn và chi phí, đồng thời nhấn mạnh tầm quan trọng của tái chế nhằm giảm tác động môi trường và loại bỏ các vật liệu độc hại.

Trên toàn cầu, chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB) là một hệ sinh thái phức tạp, trải dài từ khai thác nguyên liệu thô ở thượng nguồn—nơi Chile (34%), Australia (22%) và Argentina (13%) nắm giữ phần lớn trữ lượng lithium—đến sản xuất vật liệu trung nguồn và chế tạo sản phẩm hạ nguồn, trong đó Trung Quốc giữ vị thế thống lĩnh. Trung Quốc tinh chế hơn 50% lithium carbonate và 80% lithium hydroxide, chi phối sản xuất cực âm và cực

dương (85% nguồn cung graphite toàn cầu), đồng thời sản xuất 77% pin trên thế giới (600 GWh chỉ tính riêng CATL và BYD, theo IEA 2024), sau đó lắp ráp chúng thành mô-đun và bộ pin hoàn chỉnh. Ở giai đoạn tái chế, Trung Quốc kiểm soát 80% công suất toàn cầu, với nhà máy trị giá 2,79 tỷ bảng Anh của CATL tại Quảng Đông dự kiến tăng sản lượng gấp bốn lần vào năm 2026, càng củng cố vị thế dẫn đầu của nước này. Sự tập trung cao độ này bộc lộ những rủi ro đáng kể, thúc đẩy lời kêu gọi đa dạng hóa chuỗi cung ứng trên phạm vi toàn cầu.

Thị trường pin hiện do một số tập đoàn lớn nắm giữ: Trung Quốc sản xuất 70% tổng sản lượng pin lithium-ion (LIB) toàn cầu với các “gã khổng lồ” như CATL và BYD; Hàn Quốc chiếm 20% thị phần (với các công ty như LG Chem, Samsung SDI) và dẫn đầu trong sản xuất cực âm (chiếm 25% nguồn cung toàn cầu, theo IEA 2024); Nhật Bản chiếm 6% thị phần (tiêu biểu là Panasonic) và nổi bật trong sản xuất với độ chính xác cao (85 GWh, theo METI 2024). Việt Nam đang nổi lên như một đối thủ tiềm năng, xếp thứ 20 toàn cầu, với VinFast thúc đẩy nhu cầu xe điện và thị trường pin dự kiến đạt 302,85 triệu USD vào năm 2024, tăng lên 420,21 triệu USD vào năm 2029 (tốc độ tăng trưởng CAGR 6,77%). Dù còn ở giai đoạn sơ khai, vị trí gần Trung Quốc và sự phát triển mạnh mẽ của ngành xe điện mang lại tiềm năng lớn cho Việt Nam. Tuy nhiên, sự phụ thuộc 80% vào nhập khẩu nguyên liệu và cơ sở hạ tầng còn hạn chế vẫn là những thách thức đáng kể.

Các trường hợp nghiên cứu và bài học kinh nghiệm

Sau khi phân tích chuỗi cung ứng pin của bốn quốc gia hàng đầu—Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc và Úc—cùng với một thị trường mới nổi như Ấn Độ, có thể rút ra những bài học quan trọng để phát triển ngành công nghiệp pin của Việt Nam.

Trung Quốc chiếm ưu thế trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu, kiểm soát 70–90% các công đoạn và 77% công suất sản xuất pin, với những tập đoàn dẫn đầu như CATL và BYD. Thành công của Trung Quốc bắt nguồn từ chiến lược đầu tư mạnh mẽ do nhà nước dẫn dắt và các chính sách quy mô lớn. Chính phủ đã cung cấp các khoản trợ cấp khổng lồ (230 tỷ USD từ 2009–2023) để hỗ trợ các doanh nghiệp trong nước, đồng thời tài trợ nghiên cứu và phát triển chiến lược cho công nghệ pin thể rắn, hướng tới mục tiêu thương mại hóa vào năm 2027. Thế mạnh của Trung Quốc nằm ở công nghệ pin LFP (Lithium Iron Phosphate) và vị thế thống lĩnh trong lĩnh vực tinh chế nguyên liệu (80% thị phần, nhờ vào các thương vụ thầu tóm ở nước ngoài). Tuy nhiên, quốc gia này cũng đối mặt với những thách thức như dư thừa công suất, lo ngại về môi trường (30% lượng khí thải đến từ sản xuất pin) và căng thẳng địa chính trị.

Hàn Quốc chiếm 20% thị phần pin toàn cầu với công suất sản xuất 400 GWh từ các tập đoàn lớn như LG Chem, Samsung SDI, và SK On, được hỗ trợ bởi khoản đầu tư 35 tỷ USD vào R&D và Chiến lược K-Battery (2021). Thế mạnh của Hàn Quốc nằm ở hệ sinh thái hoàn chỉnh, bao gồm nhà cung cấp nguyên liệu thô, nhà sản xuất thiết bị, hãng xe điện và doanh nghiệp tái chế, đồng thời dẫn đầu trong công nghệ NMC (Nickel-Mangan-Cobalt) và đặt mục tiêu thương mại hóa pin thể rắn vào năm 2027. Tuy nhiên, Hàn Quốc cũng đối mặt với thách thức lớn, bao gồm sự phụ thuộc 80% vào Trung Quốc cho nguồn nguyên liệu và thị phần sụt giảm do áp lực cạnh tranh ngày càng gia tăng.

Nhật Bản giữ 6% thị phần pin toàn cầu với công suất trong nước đạt 85 GWh vào năm 2024, đặt mục tiêu tăng lên 150 GWh vào năm 2030. Quốc gia này sở hữu một chuỗi cung ứng được quản lý chặt chẽ, dẫn đầu bởi Panasonic, cùng với khoản đầu tư lớn vào R&D phát triển pin thể rắn (ví dụ: Toyota đặt

mục tiêu pin có phạm vi hoạt động 1.200 km vào giai đoạn 2027–2028) và khả năng thích ứng linh hoạt với các biến động thị trường. Tuy nhiên, Nhật Bản cũng đối mặt với những hạn chế đáng kể, bao gồm phụ thuộc 90% vào nhập khẩu nguyên liệu thô, chi phí sản xuất cao và vị thế suy giảm trước sự cạnh tranh từ Trung Quốc.

Úc là nhà cung cấp nguyên liệu thô hàng đầu, chiếm 47% sản lượng lithium toàn cầu và đạt 19,9 tỷ AUD kim ngạch xuất khẩu trong giai đoạn 2022–2023, được hỗ trợ bởi Chiến lược Pin Quốc gia 2024, đặt mục tiêu đạt 10 GWh công suất vào năm 2030. Những điểm đáng chú ý bao gồm: khoản tài trợ đáng kể từ chính phủ (ví dụ: 532,2 triệu AUD cho chương trình “Battery Breakthrough”), tập trung vào tinh chế và tái chế (với mục tiêu tái chế 80% vật liệu vào năm 2030), và các thỏa thuận hợp tác song phương nhằm đảm bảo chuỗi cung ứng ổn định. Tuy nhiên, Úc vẫn đối mặt với những thách thức lớn, bao gồm sự phụ thuộc 90% vào xuất khẩu nguyên liệu thô và công suất chế biến trong nước còn hạn chế, ảnh hưởng đến khả năng phát triển chuỗi giá trị pin trong nước.



Ấn Độ là một quốc gia mới nổi, chiếm 3% thị phần pin toàn cầu, với thị trường xe điện đang phát triển nhờ các sáng kiến như Chương trình Đẩy nhanh Sử dụng và Sản xuất Xe điện (FAME) II và Chương trình Khuyến khích Liên kết Sản xuất (PLI) với 2,4 tỷ USD tiền hỗ trợ. Thế mạnh của Ấn Độ nằm ở chính sách chiến lược, hỗ trợ thuế và quan hệ đối tác (ví dụ: hợp tác với Úc), tạo nền tảng cho công suất 3 GWh vào năm 2024 và mục tiêu xây dựng nhà máy gigafactory 50 GWh vào năm 2030 (FAME II). Tuy nhiên, Ấn Độ vẫn đối mặt với những thách thức lớn, bao gồm chuỗi cung ứng còn phân mảnh, phụ thuộc 90% vào nhập khẩu, và nhu cầu đầu tư đáng kể để mở rộng quy mô.

Khuyến nghị

Dựa trên phân tích về chuỗi cung ứng pin và những thách thức hiện tại, chúng tôi tổng hợp các khuyến nghị quan trọng sau để hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách xây dựng một hệ sinh thái pin vững chắc, bền vững và có tính cạnh tranh toàn cầu.

Khung Chính sách và Quy định

Chính phủ đóng vai trò thiết yếu trong việc thúc đẩy sự phát triển của chuỗi cung ứng pin. Để hỗ trợ các nhà sản xuất trong nước, chính phủ nên triển khai chương trình thu mua ưu tiên các linh kiện pin sản xuất trong nước, đảm bảo sự ổn định của thị trường. Các quy trình phê duyệt đầu tư vào nguyên liệu, kế hoạch sản xuất và cơ sở R&D cần được tinh gọn, giảm thiểu thủ tục hành chính để đẩy nhanh tiến độ triển khai dự án. Bên cạnh đó, các chính sách ngành liên quan đến xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS) cần được củng cố và phát triển. Mặc dù lộ trình và ưu đãi cho EV đã tương đối rõ ràng, các chính sách dành cho BESS vẫn đang trong giai đoạn đầu và cần tiếp tục hoàn thiện.

Ưu đãi tài chính và thu hút đầu tư

Do công nghệ pin còn mang tính đổi mới và đang trong giai đoạn phát triển, chính phủ nên áp dụng các ưu đãi tài chính mạnh mẽ để khuyến khích đầu tư vào nghiên cứu và phát triển (R&D) pin. Việc thành lập quỹ đầu tư mạo hiểm quốc gia dành riêng cho R&D pin, ươm tạo công nghệ và mở rộng sản xuất trong nước sẽ thúc đẩy đổi mới sáng tạo. Đồng thời, các ưu đãi thuế chuyên biệt như giảm thuế doanh nghiệp và miễn thuế nhập khẩu nên được áp dụng cho các công ty đầu tư vào chế biến nguyên liệu thô, sản xuất pin và hạ tầng tái chế. Ngoài ra, chính phủ nên khuyến khích hợp tác công tư (PPP) để phát triển trung tâm R&D pin, nhà máy thí điểm và cơ sở hạ tầng chuỗi cung ứng quan trọng, nhằm tạo nền tảng vững chắc cho ngành công nghiệp pin trong nước.

Phát triển và nội địa hóa chuỗi cung ứng

Để giảm phụ thuộc vào nhập khẩu, Việt Nam cần phát triển năng lực tinh chế và chế biến trong nước đối với các khoáng sản quan trọng như nicken, cobalt và lithium. Chính phủ nên áp dụng yêu cầu tỷ lệ nội địa hóa trong sản xuất pin để củng cố mạng lưới nhà cung cấp trong nước đối với điện cực, chất điện phân và màng ngăn. Đồng thời, các doanh nghiệp vừa và nhỏ (SME) tham gia vào sản xuất linh kiện pin cần được hỗ trợ thông qua các chương trình đào tạo kỹ thuật chuyên sâu và gói hỗ trợ tài chính. Việc thành lập các khu công nghiệp chuyên biệt dành cho sản xuất pin sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc đặt chung cơ sở tinh chế nguyên liệu, sản xuất pin và lắp ráp mô-đun, giúp giảm chi phí logistics. Ngoài ra, chính phủ cần thực thi nghiêm ngặt các tiêu chuẩn môi trường và lao động trên toàn bộ chuỗi cung ứng pin để đáp ứng các tiêu chuẩn ESG toàn cầu (Môi trường, Xã hội và Quản trị), qua đó nâng cao khả năng cạnh tranh của sản phẩm Việt Nam trên thị trường quốc tế.

Đổi mới công nghệ và phát triển thị trường

Thúc đẩy đổi mới công nghệ là yếu tố then chốt để phát triển chuỗi cung ứng pin và phù hợp với các ưu tiên quốc gia của Việt Nam, như được nêu trong Nghị quyết số 57-NQ/TW do Bộ Chính trị ban hành ngày 22/12/2024, nhấn mạnh đột phá trong khoa học, công nghệ và chuyển đổi số quốc gia. Học hỏi từ Hàn Quốc và Nhật Bản, Việt Nam cần ưu tiên đầu tư vào R&D để nâng cao công nghệ pin. Trung tâm Đổi mới Sáng tạo Quốc gia (NIC) thuộc Bộ Kế hoạch và Đầu tư đã đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng chuỗi cung ứng chất bán dẫn tại Việt Nam, và phạm vi hoạt động của trung tâm này nên được mở rộng để bao gồm cả công nghệ pin. Các viện nghiên cứu, như Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST), đóng vai trò thiết yếu trong phát triển công nghệ và hoạch định chính sách. Do đó, các nghiên cứu về khoáng sản quan trọng và công nghệ pin cần được đẩy mạnh, đặc biệt là tập trung vào các thế hệ pin tiên tiến như pin thể rắn ASSB (All-Solid-State Battery). Chính phủ cần tăng cường hợp tác chặt chẽ với các doanh nghiệp tư nhân, bao gồm VinFast, để gắn kết nghiên cứu với ứng dụng công nghiệp. Quan trọng hơn, chương trình

quốc gia và quỹ đầu tư chiến lược về phát triển công nghệ và công nghiệp nên được thành lập, bao gồm một nền tảng chia sẻ tri thức do nhà nước hỗ trợ, nhằm thúc đẩy chuyển giao công nghệ và thương mại hóa các nghiên cứu. Bên cạnh đó, một số doanh nghiệp nhà nước đã tham gia phát triển hệ thống trạm sạc, hỗ trợ chuyển đổi sang xe điện. Ví dụ: VinFast đã hợp tác với Tập đoàn Xăng dầu Việt Nam (Petrolimex) và Tổng công ty Dầu Việt Nam (PVOIL) để lắp đặt trạm sạc pin tại các cây xăng trên cả nước. Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PV Power) cũng đã thí điểm trạm sạc xe điện, đặt nền móng cho chiến lược dài hạn nhằm thúc đẩy sử dụng năng lượng sạch và góp phần giảm ô nhiễm môi trường.

Hợp tác quốc tế

Việt Nam cần ưu tiên thiết lập và mở rộng các quan hệ hợp tác quốc tế để củng cố chuỗi cung ứng pin. Sự hợp tác hiện tại giữa Việt Nam và Australia trong lĩnh vực thăm dò khoáng sản quan trọng thông qua Blackstone Minerals là bước khởi đầu quan trọng giúp giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu. Bên cạnh đó, Việt Nam nên tận dụng các mối quan hệ đối tác sẵn có, bao gồm Quan hệ Đối tác Toàn diện, Đối tác Chiến lược Toàn diện, cũng như 17 Hiệp định Thương mại Tự do (FTA) đã ký kết, để đảm bảo nguồn cung nguyên liệu thô ổn định và đa dạng. Việc tăng cường hợp tác quốc tế không chỉ giúp Việt Nam hội nhập sâu hơn vào ngành công nghiệp pin toàn cầu, mà còn nâng cao vị thế cạnh tranh của Việt Nam trong chuỗi cung ứng pin trên thế giới.

Bảo vệ môi trường và phát triển bền vững

Việt Nam cần tăng cường các chính sách và quy định liên quan đến tái chế pin và nền kinh tế tuần hoàn. Quyết định 222/QĐ-TTg, ban hành ngày 23 tháng 1 năm 2025, đưa ra kế hoạch quốc gia về thực hiện nền kinh tế tuần hoàn đến năm 2035, và chính phủ cần đảm bảo rằng các nhiệm vụ được nêu trong kế hoạch này được chuẩn bị và thực hiện một cách khẩn trương. Phù hợp với các nhiệm vụ 3.2.2 và 4.2.2 của kế hoạch quốc gia, Bộ Kế hoạch và Đầu tư cần tăng cường các mô hình kinh tế tuần hoàn trong các khu công nghiệp,

khu kinh tế và trung tâm sản xuất liên quan đến sản xuất pin. Các nhà sản xuất pin nên được khuyến khích đầu tư vào các mô hình sản xuất bền vững nhằm giảm thiểu chất thải và tối đa hóa hiệu quả sử dụng tài nguyên.

Phát triển Nguồn Nhân Lực và Cải Thiện Cơ Sở Hạ Tầng

Để hỗ trợ sự phát triển của ngành công nghiệp pin, Việt Nam cần mở rộng và hiện đại hóa cơ sở hạ tầng logistics, bao gồm mạng lưới đường sắt, cảng biển và đường cao tốc, nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc vận chuyển nguyên liệu thô và sản phẩm pin hoàn chỉnh. Việc phát triển nguồn nhân lực cũng đóng vai trò quan trọng, do đó cần thiết kế các chương trình đào tạo để nâng cao chuyên môn về hóa học pin, kỹ thuật sản xuất tiên tiến và tiêu chuẩn an toàn. Chính phủ nên khuyến khích cả doanh nghiệp trong và ngoài nước thành lập các trung tâm đào tạo nghề chuyên về sản xuất pin và công nghệ lưu trữ năng lượng.

Báo cáo tiếp theo, tập trung vào bối cảnh trong nước, sẽ cung cấp đánh giá về chuỗi cung ứng pin của Việt Nam, đặc biệt nhấn mạnh vai trò của ngành này trong bối cảnh phát triển của đất nước. Báo cáo sẽ phân tích các yếu tố quan trọng như tính sẵn có và chất lượng của nguyên liệu thô, năng lực sản xuất, nhu cầu tương lai và tiến bộ công nghệ để xác định các công nghệ pin phù hợp nhất với Việt Nam. Ngoài ra, báo cáo cũng sẽ lập bản đồ chuỗi cung ứng và các bên liên quan chính, đánh giá lợi ích kinh tế vĩ mô của sự phát triển ngành pin, đồng thời đưa ra cơ sở cho việc đầu tư vào sản xuất pin trong nước. Cuối cùng, báo cáo sẽ xem xét các quan hệ đối tác chiến lược tiềm năng và hệ sinh thái nhằm tối ưu hóa cơ hội trong khi giảm thiểu rủi ro.

1.Giới thiệu

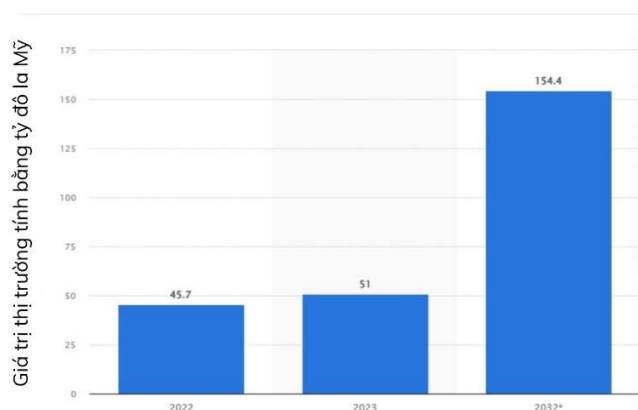
1.1. Vai trò của công nghệ pin trong chuyển đổi năng lượng

Quá trình chuyển đổi năng lượng là một trong những thách thức lớn nhất của thế kỷ này, nhưng đồng thời cũng mang lại những cơ hội chưa từng có cho các nhà hoạch định chính sách, nhà đầu tư và doanh nghiệp trong việc thúc đẩy phát triển bền vững. Khi các quốc gia cam kết đạt mức phát thải ròng bằng 0 (NZE), các công nghệ sạch—đặc biệt là xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS)—đang trở thành trọng tâm của các nỗ lực khử carbon. Sự thay đổi này đòi hỏi sự mở rộng nhanh chóng của sản xuất pin, khiến chuỗi cung ứng trở thành yếu tố then chốt trong quá trình chuyển đổi năng lượng.

Pin, đặc biệt là pin lithium-ion (LIB), đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển và tiến bộ của xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS). Sự thống trị của LIB trên thị trường dự kiến sẽ tiếp tục, với nhu cầu toàn cầu được dự báo sẽ tăng gần gấp bảy lần vào năm 2030. Tầm quan trọng ngày càng lớn của LIB đặc biệt rõ rệt trong lĩnh vực xe điện, khi số lượng pin được triển khai tăng 40% vào năm 2023, với 14 triệu xe EV mới chiếm phần lớn lượng pin sử dụng trong ngành năng lượng. Các nhà phân tích dự đoán năm 2025 sẽ là một năm bước ngoặt đối với xe điện, với khả năng chiếm 25% tổng số ô tô mới được bán ra trên toàn cầu, tăng từ 20% vào năm 2024. Đáng chú ý, Trung Quốc được kỳ vọng sẽ dẫn đầu sự thay đổi này, khi doanh số bán xe điện lần đầu tiên vượt qua xe sử dụng động cơ đốt trong (ICE) vào năm 2025. Thành công này được củng cố bởi chính sách hỗ trợ chiến lược của chính phủ Trung Quốc trong toàn bộ chuỗi cung ứng, quy mô thị trường nội địa rộng lớn và những tiến bộ nhanh chóng trong sản xuất pin của các công ty như CATL, BYD và Tianqi Lithium. Đầu tư vào BESS cũng đạt gần 40 tỷ USD vào năm 2023, được thúc đẩy bởi vai trò ngày càng mở rộng của năng lượng tái tạo và hoạt động lưu trữ pin có lợi nhuận. Thị trường BESS toàn cầu dự kiến sẽ tăng lên 120–150 tỷ USD vào năm 2030, với 90% chi tiêu cho pin EV và BESS tập trung ở Trung Quốc, châu Âu và Hoa Kỳ. Tại Trung Quốc, hơn 8 GW BESS đã được triển khai vào năm 2022, trong đó pin lithium-ion chiếm 94,5% tổng công suất lắp đặt mới, tiếp theo là khí nén (2%), pin dòng chảy (1,6%), pin axit-chì (1,7%) và các công nghệ khác (0,2%), như được thể hiện trong Bảng 1.1.

Bảng 1-1. Tổng công suất lắp đặt theo công nghệ

Công nghệ lưu trữ năng lượng	Tỷ lệ công suất lắp đặt (%)
Pin Lithium-ion	94,5
Lưu trữ khí nén	2
Pin Axit-chì	1,7
Pin dòng chảy	1,6
Khác	0,2

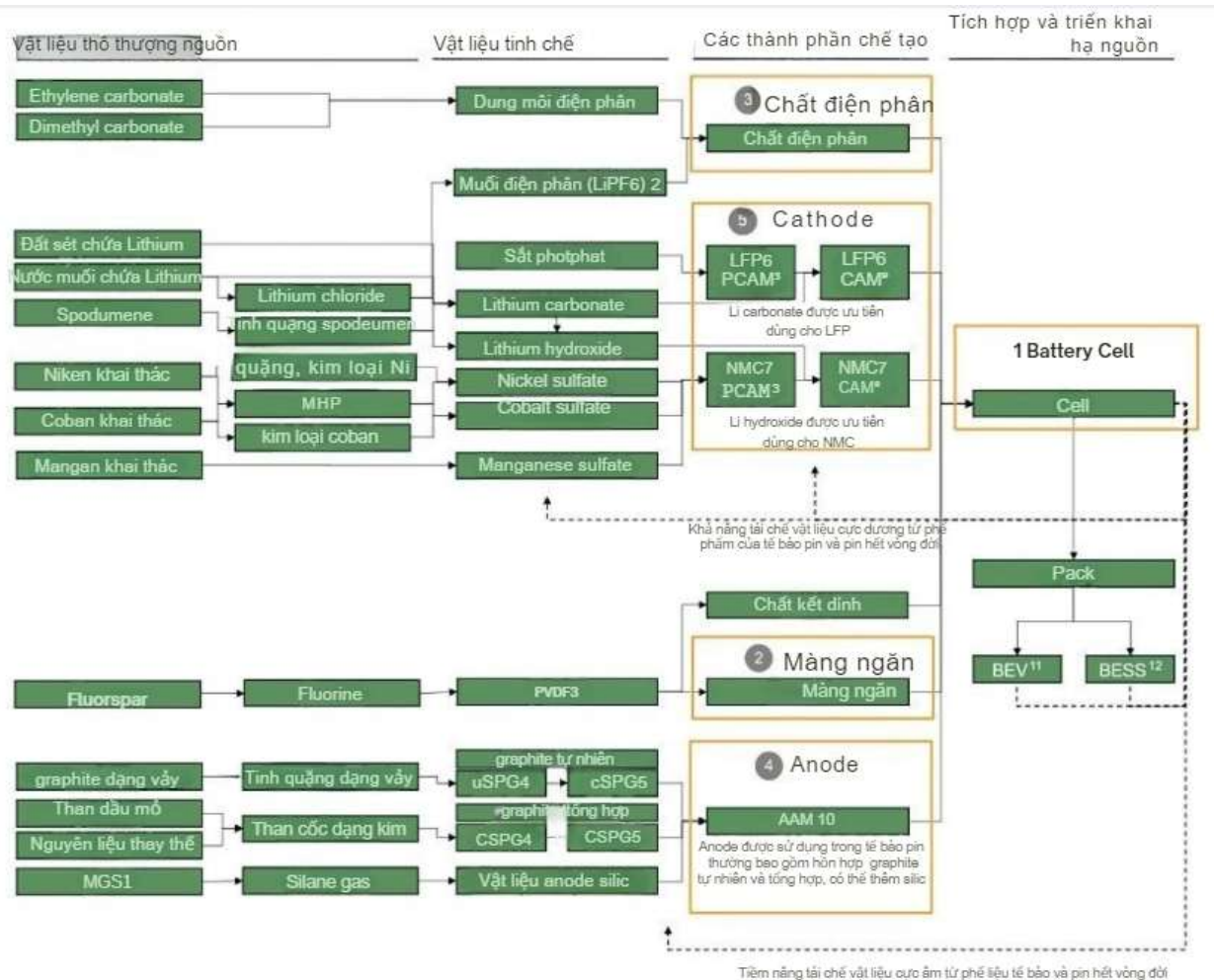


Hình 1-1. Quy mô thị trường pin lithium-ion trên toàn thế giới vào năm 2022 và 2023, với dự báo đến năm 2032¹.

Quy mô thị trường pin lithium-ion trên toàn thế giới vào năm 2022 và 2023, với dự báo đến năm 2032¹

Chuỗi cung ứng pin được mô tả như hình 1-2, bao gồm bao gồm các giai đoạn thượng nguồn (khai thác nguyên liệu thô), trung nguồn (chế biến vật liệu), hạ nguồn (sản xuất và lắp ráp tế bào pin), và cuối vòng đời (EOL). Ở giai đoạn thượng nguồn, các khoáng sản quan trọng như lithium, nickel, cobalt, mangan và phosphate được khai thác và tinh chế, cùng với các vật liệu carbon và hóa chất công nghiệp. Giai đoạn trung nguồn, các vật liệu này trải qua quá trình chế biến tiêu tốn nhiều năng lượng để tạo thành tiền chất và các thành phần chính như cực dương (ví dụ: NMC, LFP), cực âm (ví dụ: graphite, silicon), chất điện phân, màng ngăn và chất kết dính. Giai đoạn hạ nguồn, các thành phần này được lắp ráp thành tế bào pin và tích hợp thành các bộ pin dành cho xe điện (EVs), hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS) và thiết bị điện tử.

¹ Statista Research Department. 2024. [Forecast global lithium-ion batteries market size 2022 – 2032](#).



Hình 1-2. Sơ đồ chuỗi cung ứng²

Lưu ý: 1. MGS = Silic cấp luyện kim. 2. LiPF₆ là phổ biến, nhưng các muối điện phân khác cũng có thể được sử dụng. 3. PVDF = Polyvinylidene Fluoride, polyme được sử dụng làm chất kết dính và trong vật liệu màng ngăn. 4. uSPG = Graphite tinh khiết hình cầu không tráng phủ. 5. cSPG = Graphite tinh khiết hình cầu tráng phủ. 6. LFP = Hóa học catốt Lithium-Sắt-Phosphate. 7. NMC = Hóa học Niken-Mangan-Coban. 8. pCAM = tiền chất catốt. 9. CAM = Vật liệu hoạt động catốt. 10. AAM = Vật liệu hoạt động anot. 11. BEV = Xe điện chạy bằng pin. 12. BESS = Hệ thống lưu trữ năng lượng pin (ví dụ: để lưu trữ cố định).

Những đổi mới trong công nghệ pin tiếp tục thúc đẩy quá trình chuyển đổi năng lượng. Một nhóm nghiên cứu từ Đại học Phúc Đán, do Peng Huisheng và Gao Yue dẫn đầu, đã phát triển một kỹ thuật phục hồi lithium bằng cách sử dụng phân tử CF₃SO₂Li để tái tạo các pin bị suy giảm. Phương pháp này giúp kéo dài đáng kể tuổi thọ của pin—các pin được xử lý có thể duy trì hiệu suất gần như ban đầu sau 12.000–60.000 chu kỳ sạc-xả, so với chỉ 500–2.000 chu kỳ của pin thông thường. Trong ứng dụng xe điện (EV), pin được phục hồi chỉ mất 4% dung lượng sau 11.818 chu kỳ, trong khi pin truyền thống giảm tới 30% dung lượng chỉ sau 2,7 năm. Công nghệ này giúp giảm rác thải điện tử, hạ chi phí sản xuất và giảm sự phụ thuộc vào nguồn lithium khai thác, mở ra hướng phát triển bền vững cho pin trong các lĩnh vực xe điện, hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS) và thiết bị di động.

² 2021-2024 Four-year review of supply chains for the advanced batteries sector, U.S. Department of Energy, 2024, p.89.

Trong bối cảnh đó, Việt Nam có tiềm năng trở thành một nhân tố quan trọng trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu. Nằm ở vị trí chiến lược tại Đông Nam Á, Việt Nam sở hữu nguồn tài nguyên khoáng sản quan trọng, nền tảng sản xuất đang phát triển và quan hệ thương mại vững chắc—được hỗ trợ bởi 17 Hiệp định Thương mại Tự do (FTA). Năm 2024, kim ngạch thương mại của Việt Nam đạt 15 tỷ USD với Úc (tăng 4,5% so với năm 2023) và 86,7 tỷ USD với Hàn Quốc (tăng 9,2% so với năm 2023). Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức, bao gồm hạn chế về chuyên môn trong khai thác và tinh chế khoáng sản, sự phụ thuộc tới 80% vào nguyên liệu thô nhập khẩu, và việc thiếu một chính sách công nghiệp đồng bộ để thúc đẩy sản xuất pin trong nước.

Dự án "Tăng cường Chuỗi Cung ứng Pin cho Xe Điện, Hệ thống Lưu trữ Năng lượng và Năng lượng Tái tạo" là sự hợp tác giữa Bộ Kế hoạch và Đầu tư Việt Nam và Đối tác Chuyển dịch Năng lượng Đông Nam Á (ETP) – Văn phòng Dịch vụ Dự án Liên Hợp Quốc (UNOPS). Dự án này nhằm giải quyết những thách thức hiện tại bằng cách thúc đẩy đầu tư, khuyến khích đổi mới sáng tạo và đưa ra các khuyến nghị chính sách nhằm củng cố vị thế của Việt Nam trong chuỗi cung ứng pin.

1.2. Tổng quan

Báo cáo này là báo cáo đầu tiên trong phạm vi dự án, cung cấp phân tích toàn diện về chuỗi cung ứng pin toàn cầu, mang đến những thông tin thực tiễn cho các nhà hoạch định chính sách, các bên liên quan trong ngành, cũng như Việt Nam trong quá trình hội nhập vào lĩnh vực quan trọng này. Thông qua việc nghiên cứu các xu hướng mới nổi, tiến bộ công nghệ và các phát triển trong tương lai, báo cáo nhấn mạnh những cơ hội nhằm đẩy nhanh quá trình chuyển dịch năng lượng và nâng cao tính bền vững. Báo cáo cũng tổng hợp các nghiên cứu điển hình chi tiết từ các quốc gia hàng đầu trong sản xuất pin, bao gồm Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Ấn Độ và Úc, để đưa ra những bài học hữu ích phù hợp với bối cảnh chiến lược của Việt Nam.

Nội dung của báo cáo bao gồm 5 phần ngoài phần tóm tắt nội dung và giới thiệu, mỗi phần tập trung vào một khía cạnh quan trọng của hệ sinh thái pin:

- **Chương 1: Vai trò của chuỗi cung ứng pin trong chuyển đổi năng lượng**

Trong phần này, chúng tôi phân tích vai trò của chuỗi cung ứng pin trong quá trình chuyển dịch năng lượng. Mục tiêu giảm phát thải carbon (phát thải ròng bằng 0) đã thúc đẩy sự phát triển của năng lượng tái tạo và năng lượng sạch. Các công nghệ sạch như xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS) được dự báo sẽ tăng trưởng mạnh mẽ. Sự ra đời của pin Lithium-ion đã tạo nên một cuộc cách mạng trong việc lưu trữ năng lượng, tạo tiền đề cho sự phát triển công nghệ từ điện thoại di động, xe điện, các thiết bị số,...; mở ra tiềm năng về một xã hội không dùng nhiên liệu hóa thạch, góp phần giảm thiểu những tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu. Ngoài ra, thị trường xe điện và nhu cầu đối với pin lithium-ion cũng được phân tích theo từng năm.

- **Chương 2: Phân Tích Chiến Lược Chuỗi Cung Ứng Pin Lithium-Ion**

Chương này cung cấp đánh giá chi tiết về chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB), xác định các đặc điểm cốt lõi, động lực đầu tư chính và các yếu tố tác động như chính sách hỗ trợ và khả năng tiếp cận nguyên liệu thô. Nó đánh giá các mục tiêu khử carbon và đặt nền tảng cho việc phân tích từng giai đoạn trong hoạt động của chuỗi cung ứng. Phần này đi sâu khám phá các công nghệ pin, trong đó pin lithium-ion (LIB) được nhấn mạnh là công nghệ dẫn đầu thị trường nhờ hiệu suất cao và khả năng mở rộng. Ngoài ra, các công nghệ thay thế mới nổi như pin thể rắn, pin lithium-metal và pin sodium-ion cũng được đề cập. Chương này xem xét các ứng dụng của những loại pin này trong xe điện (EV), hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS) và thiết bị điện tử, với sự hỗ trợ của dữ liệu thị trường. Cuối cùng, chương này kết thúc bằng phân tích chi tiết về định hướng nghiên cứu và phát triển (R&D), bao gồm các đột phá công nghệ như kỹ thuật phục hồi lithium và tác động của chúng đối với khả năng phục hồi của chuỗi cung ứng trong tương lai.

- **Chương 3: Phân Tích Chi Tiết Các Giai Đoạn Của Chuỗi Cung Ứng**

Phần này chia nhỏ chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB) thành bốn giai đoạn: **Thượng nguồn**: Khai thác và chế biến các khoáng chất quan trọng như lithium và cobalt; **Trung nguồn**: Tinh chế nguyên liệu và sản xuất linh kiện pin; **Hạ nguồn**: Sản xuất pin và lắp ráp thành phẩm và **Cuối vòng đời (EOL)**: Tái chế và xử lý pin sau sử dụng. Mỗi giai đoạn sẽ được phân tích về quy trình kỹ thuật, tác động môi trường và ý nghĩa kinh tế, với các ví dụ thực tế như dự án Hornsdale Power Reserve.

- **Chương 4: Các bên liên quan và sự tham gia của Việt Nam trong chuỗi cung ứng pin**

Chương này tập trung vào các công ty và tổ chức hàng đầu định hình ngành công nghiệp pin, bao gồm BYD, CATL, và Tesla, đồng thời đánh giá vai trò của họ trong việc thúc đẩy tăng trưởng thị trường và đổi mới công nghệ. Bên cạnh đó, chương cũng phân tích mức độ tham gia hiện tại và tiềm năng của Việt Nam, tìm kiếm cơ hội trong sản xuất, tái chế và chế biến nguyên liệu thô, đồng thời xác định các rào cản như hạn chế về hạ tầng và các chiến lược khắc phục.

- **Chương 5: Nghiên Cứu Điển Hình và Bài Học Chiến Lược cho Việt Nam**

Phần này trình bày các nghiên cứu điển hình như Trung Quốc (dẫn đầu thị trường EV), Nhật Bản (công nghệ sản xuất tiên tiến), Hàn Quốc (đổi mới công nghệ pin), Ấn Độ (tiềm năng thị trường đang phát triển) và Úc (Ứng dụng hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS)). Chương này sẽ phân tích các chính sách, chiến lược chuỗi cung ứng và tiến bộ công nghệ của các quốc gia này, từ đó rút ra bài học phù hợp giúp Việt Nam nâng cao năng lực cạnh tranh trong thị trường toàn cầu.

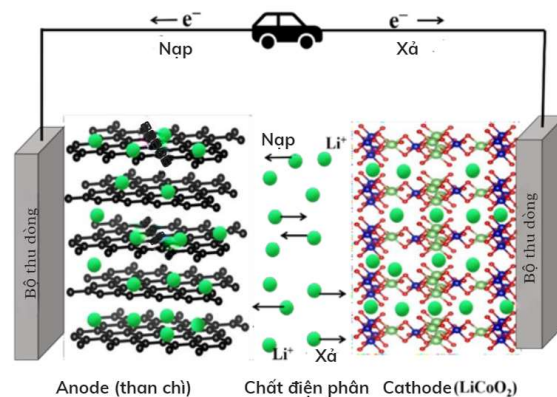
- **Chương 6: Kết luận và kiến nghị**

Chương cuối tổng hợp các phát hiện chính của báo cáo và đưa ra một số khuyến nghị quan trọng cho Việt Nam. Nội dung bao gồm: **Chính sách hỗ trợ**: Ví dụ như trợ cấp cho tái chế và tài trợ R&D; **Đầu tư hạ tầng**: Thành lập các trung tâm sản xuất và khu công nghiệp và **Hợp tác quốc tế**: Thu hút đầu tư từ các đối tác chiến lược. Phần này sẽ phác thảo một lộ trình giúp Việt Nam tối đa hóa lợi ích kinh tế, đạt được các mục tiêu bền vững và củng cố vị thế trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu.

2. Công nghệ pin

2.1. Giới thiệu

Pin là thiết bị lưu trữ và cung cấp năng lượng điện bằng cách chuyển đổi năng lượng hóa học thành năng lượng điện. Chúng bao gồm hai cực điện, gọi là cực dương (cathode) và cực âm (anode), được ngăn cách bởi một chất điện phân. Khi pin hoạt động, các phản ứng hóa học diễn ra giữa các cực và chất điện phân, tạo ra dòng điện cung cấp năng lượng cho các thiết bị điện tử. Ví dụ, trong pin lithium-ion (Li-ion) (LIBs), khi sạc, các electron di chuyển từ cực dương đến cực âm thông qua mạch ngoài, trong khi các ion lithium di chuyển qua chất điện phân để cân bằng điện tích. Khi xả, quá trình này diễn ra ngược lại, với các electron di chuyển từ cực âm đến cực dương để cung cấp năng lượng cho thiết bị, như minh họa trong Hình 2.1.



Hình 2-1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của pin Lithium-ion

Pin được phân loại rộng rãi thành hai loại chính: pin sơ cấp và pin thứ cấp, với các đặc điểm được so sánh trong Bảng 2.1. Pin sơ cấp, chẳng hạn như pin dùng trong đồng hồ hoặc điều khiển từ xa, trải qua các phản ứng không thể đảo ngược, không thể sạc lại và bị loại bỏ sau khi sử dụng. Chúng thường có điện trở trong cao và mật độ năng lượng lớn nhưng tốc độ xả chậm. Pin thứ cấp, như pin trong xe điện (EV) và thiết bị di động, hỗ trợ các phản ứng có thể đảo ngược, cho phép sạc lại nhiều lần. Chúng có điện trở trong thấp hơn, tốc độ xả nhanh hơn và khả năng cung cấp dòng điện mạnh hơn, mặc dù có kích thước lớn hơn, nặng hơn và thiết kế phức tạp hơn.

Bảng 2-1. So sánh đặc điểm của pin sơ cấp (primary cell) và pin thứ cấp (secondary cell)

	Pin sơ cấp	Pin thứ cấp
Định nghĩa	Chỉ có thể chuyển hóa năng lượng hóa học thành năng lượng điện	Có thể chuyển hóa năng lượng hóa học thành năng lượng điện và ngược lại
Phản ứng hóa học	Phản ứng hóa học không thể đảo ngược.	Phản ứng hóa học có thể đảo ngược diễn ra trong pin
Sạc lại	Không thể sạc lại, một khi đã hết điện.	Có thể sạc lại nhiều lần.
Sử dụng	Chỉ có thể sử dụng một lần và sau đó bị loại bỏ.	Có thể sử dụng nhiều lần.
Điện trở nội	Cao.	Thấp.

Mật độ năng lượng	Cao	Thấp
Tốc độ xả	Chậm	Nhanh
Dòng điện	Yếu	Mạnh
Kích thước và trọng lượng	Nhỏ gọn và nhẹ.	Lớn hơn và nặng hơn.
Chi phí ban đầu	Thấp	Cao
Ứng dụng	Đồng hồ, điều khiển từ xa, đèn pin và nhiều thiết bị di động nhỏ khác.	Pin trong thiết bị di động, phương tiện di chuyển (xe điện, bus điện) và hệ thống lưu trữ năng lượng, v.v.

Pin thứ cấp chiếm ưu thế trong các ứng dụng thuộc lĩnh vực điện tử tiêu dùng, xe điện (EV), lưu trữ năng lượng tái tạo và hệ thống công nghiệp. Nghiên cứu hiện nay tập trung vào việc nâng cao hiệu suất, mật độ năng lượng và tuổi thọ, đồng thời giảm thời gian sạc và chi phí để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của quá trình chuyển dịch năng lượng.

2.2. Pin Lithium-ion (LIBs)

2.2.1. Tổng quan và xu hướng thị trường

Pin lithium-ion (LIBs) là thiết bị lưu trữ năng lượng có thể sạc lại được sử dụng rộng rãi nhất nhờ vào mật độ năng lượng cao (150–200 Wh/kg), tốc độ tự xả thấp (1–2% mỗi tháng) và tuổi thọ dài (500–1.500 chu kỳ sạc). Chúng hoạt động bằng cách chuyển ion lithium giữa cực dương và cực âm thông qua chất điện phân trong các chu kỳ sạc và xả, như minh họa trong Hình 2.1. LIBs cung cấp năng lượng cho nhiều ứng dụng, từ thiết bị di động đến xe điện (EV) và các hệ thống lưu trữ năng lượng quy mô lưới điện (BESS).

Thị trường pin lithium-ion (LIB) toàn cầu được dự báo sẽ tăng trưởng mạnh, với giá trị ước tính khoảng 115,89 tỷ USD vào năm 2025 và dự kiến đạt 499,31 tỷ USD vào năm 2034, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 17,69% (dựa trên các báo cáo nghiên cứu thị trường như Precedence Research, 2024). Tại khu vực châu Á – Thái Bình Dương, thị trường được kỳ vọng sẽ vượt mốc 61,42 tỷ USD vào năm 2025, với CAGR đạt 17,80%, được thúc đẩy bởi nhu cầu tại Trung Quốc và Ấn Độ (phù hợp với các dự báo trong ngành).



Hình 2-2. Quy mô, Thị phần và Xu hướng Thị trường Pin Lithium-ion từ năm 2025 đến 2034 ³

2.2.2. Thành phần hóa học và các biến thể

Pin lithium-ion (LIBs) có sự khác biệt về thành phần hóa học tùy theo vật liệu cực dương, mỗi loại mang đến các đặc tính hiệu suất và ứng dụng riêng biệt. Dưới đây là các loại chính:

- **Lithium Cobalt Oxide (LCO, LiCoO_2):** Với cực dương là LiCoO_2 (~60% coban) và cực âm là graphite, pin LCO cung cấp mật độ năng lượng 150–200 Wh/kg và điện áp 3,6 V (phạm vi 3,0–4,2 V). Chúng hỗ trợ 500–1.000 chu kỳ sạc nhưng có nguy cơ quá nhiệt ở 150°C. Ứng dụng gồm điện thoại di động, máy tính bảng và laptop (Hình 2.3).
- **Lithium Manganese Oxide (LMO, LiMn_2O_4):** Sử dụng cực dương cấu trúc spinel LiMn_2O_4 , pin LMO có mật độ năng lượng 100–150 Wh/kg, điện áp 3,7 V (3,0–4,2 V), và 300–700 chu kỳ. Chúng an toàn hơn (quá nhiệt ở 250°C) và phù hợp với dụng cụ điện, thiết bị y tế và hệ thống truyền động điện.
- **Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC, LiNiMnCoO_2):** Pin NMC cung cấp 150–220 Wh/kg, điện áp 3,6–3,7 V và 1.000–2.000 chu kỳ, nguy cơ quá nhiệt ở 210°C. Với chi phí khoảng 420 USD/kWh, chúng được sử dụng trong xe đạp điện, xe điện và các ứng dụng công nghiệp.
- **Lithium Iron Phosphate (LFP, LiFePO_4):** Pin LFP có mật độ năng lượng thấp hơn (90–120 Wh/kg) nhưng nổi bật về độ an toàn (quá nhiệt ở 270°C) và tuổi thọ cao (trên 2.000 chu kỳ). Với điện áp 3,2 V (2,5–3,65 V) và giá khoảng 580 USD/kWh, chúng lý tưởng cho xe điện, lưu trữ năng lượng mặt trời và nguồn điện không gián đoạn (UPS).
- **Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA, LiNiCoAlO_2):** Có mật độ năng lượng 200–260 Wh/kg và điện áp khoảng 3,6 V, pin NCA (quá nhiệt ở 150°C) hỗ trợ khoảng 500 chu kỳ với giá khoảng 350 USD/kWh. Chúng được dùng trong thiết bị y tế, hệ thống công nghiệp và truyền động xe điện.
- **Lithium Titanate (LTO, Li_2TiO_3 anode):** Pin LTO có mật độ năng lượng 50–80 Wh/kg, điện áp 2,4 V (1,8–2,85 V) và tuổi thọ vượt trội với 3.000–7.000 chu kỳ, nổi bật về độ an toàn. Với chi phí khoảng 1.005 USD/kWh, chúng được sử dụng trong UPS và hệ thống truyền động xe điện.

Các đặc tính chính và ứng dụng của các loại pin trên được tóm tắt và so sánh trong Bảng 2.2.

³ [Lithium-ion Battery Market Size to Hit USD 499.31 Billion by 2034](#)

Bảng 2-2. Đặc điểm chính của các loại pin khác nhau và ứng dụng chính của nó

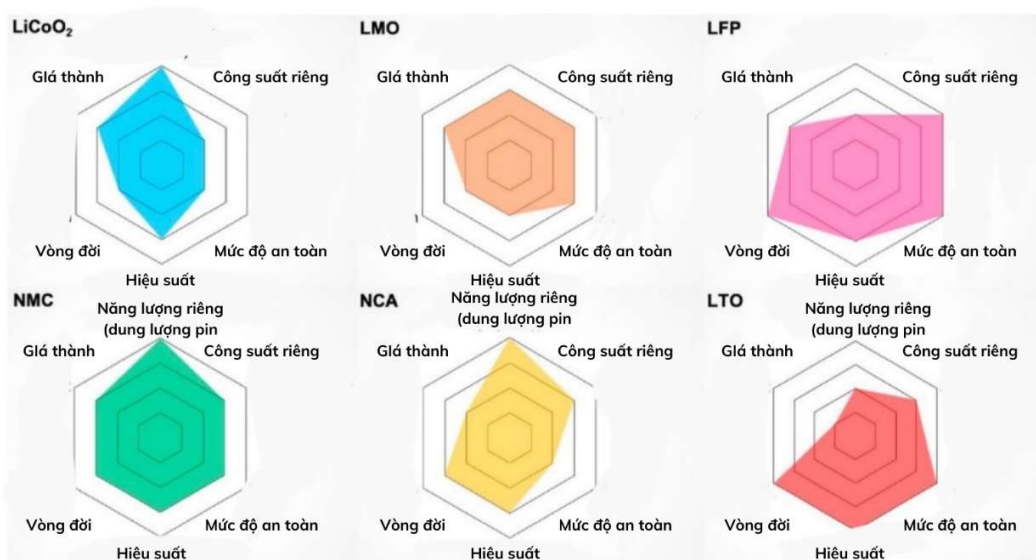
Các loại pin Li-ion	Điện áp (V)	Vòng đời (số vòng)	Tốc độ sạc (C)	Tốc độ xả (C)	Nhiệt độ hư hại pin (°C)	Loại đóng gói	Dung lượng riêng (Wh/kg)	Chi phí* (USD/kWh)	Chi phí cho mỗi vòng (USD)	Ứng dụng	Chú ý	Tích hợp hệ thống quản lý pin (BMS)
Lithium Iron Phosphate (LFP)	3.2 (2.5–3.65)	2000+	1C	1C	270	18650, 32650, prismatic	90–120	580	0.29	Trạm điện với dung lượng cao, EV	Điện áp xả phẳng, nguồn lớn, dung lượng thấp, an toàn	Có
Nickel Manganese Cobalt (NMC)	3.6 (3.0–4.2)	1000–2000	0.5–1C	1C–2C	210	18650, prismatic, pouch cell	150–220	420	0.21–0.42	Xe điện (EV), công nghiệp, xe đạp điện, thiết bị y tế	Cân bằng giữa mật độ năng lượng và tuổi thọ, độ ổn định nhiệt tốt, được sử dụng rộng rãi trong xe điện (EVs).	Có
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA)	3.6 (3.0–4.2)	500–1000	0.7C	1C	150	18650	200–260	350	0.175–0.35	Thiết bị y tế, công nghiệp, hệ thống truyền động điện	Tuổi thọ dài, sạc nhanh, hoạt động trong dải nhiệt độ rộng, giá thành cao.	Có
Lithium Titanate Oxide (LTO)	2.4 (1.8–2.85)	3000–7000	1C	10C	280	Prismatic	50–80	1005	0.14–0.34	Xe điện (EV), hệ thống lưu trữ năng lượng	Dung lượng cao nhất với công suất ở mức trung bình	Có
Lithium Cobalt Oxide (LCO)	3.6 (3.0–4.2)	500–1000	0.7–1C	1C	150	18650, prismatic, pouch cell	150–200	385	0.39–0.77	Laptop, điện thoại, máy tính bảng, máy ảnh	Mật độ năng lượng cao, công suất hạn chế	Có
Lithium Manganese Oxide (LMO)	3.7 (3.0–4.2)	300–700	0.7–1C	1C	250	Prismatic	100–150	400	0.57–1.33	Thiết bị y tế, hệ thống truyền động điện, dụng cụ điện	Công suất cao, dung lượng thấp, an toàn hơn LCO.	Có

* Các giá trị chi phí được trình bày dựa trên dữ liệu thu thập vào khoảng ngày 5 tháng 5 năm 2022, với tỷ giá hối đoái là 0,062 R/USD. Những giá trị này áp dụng cho các cell pin lithium-ion có điện áp danh định trong khoảng từ 3,2 đến 3,6 V nhằm đảm bảo tính nhất quán.

Khi so sánh các công nghệ pin lithium-ion (LI), những đặc tính quan trọng nhất được sử dụng là các yếu tố liệt kê trong Bảng 2.2: mật độ năng lượng/năng lượng riêng, mật độ công suất, nhiệt độ xảy ra hiện tượng quá nhiệt (thermal runaway), tốc độ sạc và xả tối đa, tuổi thọ chu kỳ và chi phí. Chi phí trên mỗi chu kỳ là yếu tố chính để đánh giá tính khả thi của công nghệ pin được xem xét. Từ Bảng 2.2, pin LTO thể hiện các đặc tính rất đáng mong đợi – nó có độ ổn định nhiệt cao nhất và chi phí trên mỗi chu kỳ thấp nhất. Mật độ công suất cao kết hợp với chỉ số C-rate lớn cho phép sạc và xả nhanh; tuy nhiên, mật độ năng lượng thấp khiến LTO chỉ phù hợp với các ứng dụng cần năng lượng tức thời thay vì cung cấp điện liên tục. Pin NMC đứng thứ hai về chi phí trên mỗi chu kỳ; nó có mật độ năng lượng tốt nhất (cùng với LCO), độ ổn định nhiệt tốt và tuổi thọ chu kỳ cao. Tuy vậy, NMC bị hạn chế bởi chỉ số C-rate và mật độ công suất trong các ứng dụng đòi hỏi công suất đỉnh thấp. Pin LFP là một giải pháp toàn diện, với chi phí thấp trên mỗi chu kỳ, tuổi thọ cao, độ ổn định nhiệt tuyệt vời, tốc độ xả xuất sắc, cùng mật độ năng lượng và công suất ở mức khá. LMO cải thiện hơn so với LCO về mật độ năng lượng, độ ổn định nhiệt và tốc độ xả. Tuy nhiên, LCO lại có khả năng chu kỳ tốt hơn, từ đó giúp giảm đáng kể chi phí trên mỗi chu kỳ.

Điều quan trọng cần lưu ý là nhiệt độ xảy ra hiện tượng quá nhiệt (thermal runaway) là một yếu tố then chốt khi xem xét công nghệ pin lithium-ion, vì các loại pin này được thiết kế kín và chất điện phân bên trong có thể rất dễ bay hơi, tiềm ẩn nguy cơ cháy nổ cao.

Ngoài ra, một đánh giá so sánh giữa các loại pin này được trình bày dưới dạng biểu đồ hình lục giác trong Hình 2.3, minh họa các khía cạnh cụ thể như: năng lượng riêng, công suất riêng, độ an toàn, hiệu suất, tuổi thọ và chi phí.

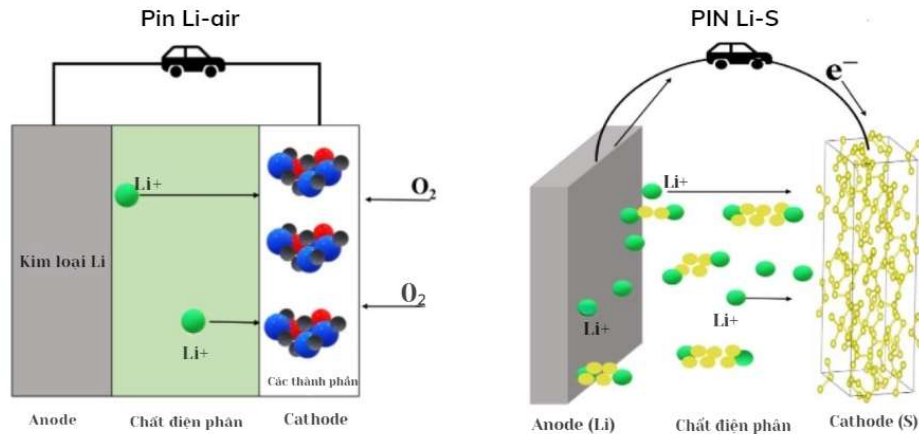


Hình 2-3. Đặc điểm của 1 số loại pin Li-ion⁴

Các biến thể pin lithium-ion (LIB) thế hệ mới, chẳng hạn như pin lithium–lưu huỳnh (Li–S) và lithium–không khí (Li–air), đang trong quá trình phát triển. Pin Li–S cung cấp năng lượng riêng cao (300–500 Wh/kg) và thân thiện với môi trường, nhưng lại có tuổi thọ chu kỳ ngắn (150–300 chu kỳ) và hiệu suất thấp.

⁴ [BU-205: Types of Lithium-ion - Battery University](#)

Pin Li-air mang lại mật độ năng lượng vượt trội (lên tới 800–1.100 Wh/L) nhưng gặp phải nhiều thách thức như tuổi thọ ngắn và yêu cầu không khí sạch để vận hành (xem Hình 2.4).

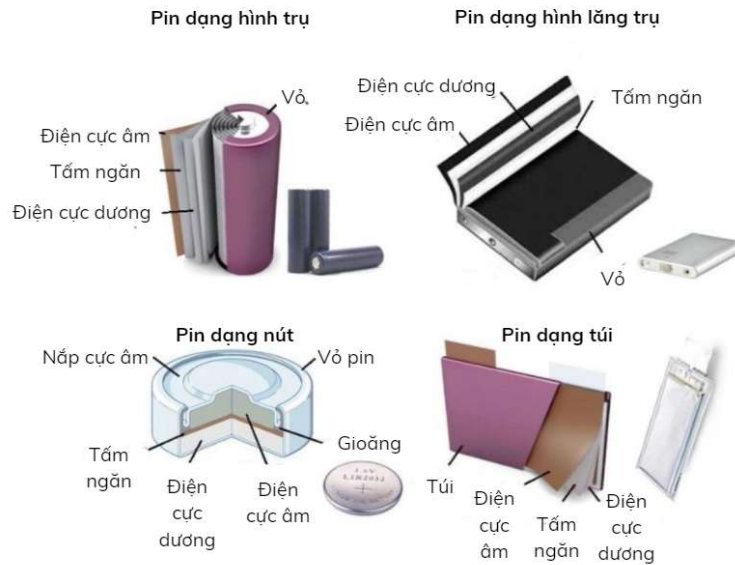


Hình 2-4. Cấu trúc và cơ chế hoạt động của Pin Li-air và Pin Li-S

2.2.3. Hình dạng và thiết kế

Pin lithium-ion (LIB) cũng được phân loại theo vật liệu vỏ, hình dạng và loại cell:

- **Vật liệu vỏ:** Pin vỏ thép có độ bền cao, pin vỏ nhôm giúp giảm trọng lượng, còn pin lithium-polymer (với lớp vỏ polymer linh hoạt, thường màu bạc hoặc đen) cho phép tùy biến hình dạng.
- **Hình dạng:** Pin hình trụ (ví dụ: 18650, 26650) phổ biến trong các gói pin xe điện (chẳng hạn như cấu hình 7.000 cell của Tesla); pin polymer hình vuông phù hợp với các thiết bị kỹ thuật số; và pin hình dạng đặc biệt (ví dụ: dạng vòng dùng cho thiết bị đeo) đáp ứng nhu cầu thiết kế độc đáo.
- **Loại pin:** Pin 18650 (rộng 18 mm, dài 65 mm) nhỏ gọn nhưng kém an toàn hơn (khoảng 300 chu kỳ), trong khi pin polymer an toàn hơn, có tuổi thọ dài hơn (trên 500 chu kỳ) nhưng chi phí cao hơn.

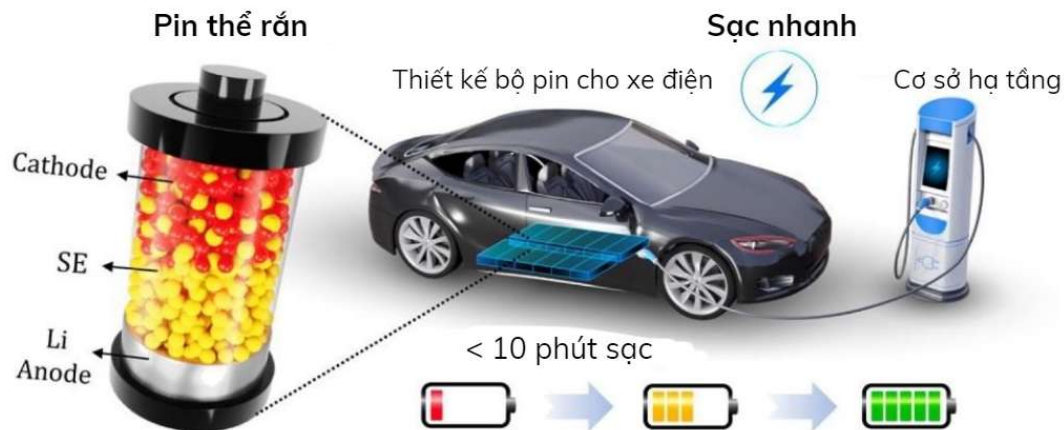


Hình 2-5. Hình 2-5. Một số loại pin Li-ion phân loại theo định dạng ⁵

2.3. Pin thể rắn

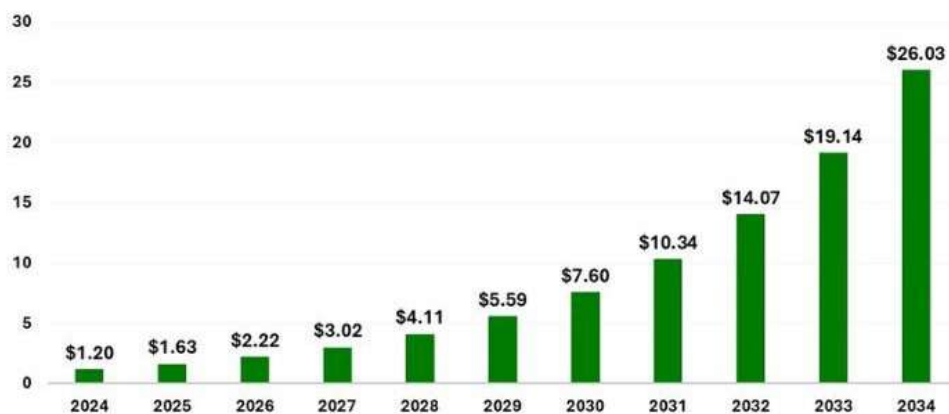
Pin thể rắn (Solid-state batteries – SSBs) sử dụng chất điện phân rắn để vận chuyển ion lithium giữa các điện cực, mang lại nhiều ưu điểm so với pin lithium-ion truyền thống (xem Hình 2.6). Chúng cho phép sạc nhanh hơn, có độ ổn định nhiệt cao hơn (hoạt động trong dải nhiệt độ rộng), và an toàn hơn nhờ vào chất điện phân không dễ cháy, giúp giảm nguy cơ cháy nổ. Thiết kế nhỏ gọn cũng giúp tối ưu hóa không gian bên trong xe điện (EV). Thị trường pin thể rắn được dự báo sẽ tăng trưởng từ 1,63 tỷ USD vào năm 2025 lên 26,03 tỷ USD vào năm 2034 (tương đương tốc độ tăng trưởng kép hàng năm – CAGR khoảng 36,05% đến năm 2034). Các công ty như Toyota (đặt mục tiêu phạm vi di chuyển 1.200 km, sạc trong 10 phút), Samsung (tầm hoạt động 600 dặm, 500 Wh/kg), và Nissan (dự kiến ra mắt vào năm 2028) đang thúc đẩy phát triển công nghệ SSB dành cho xe điện.

⁵ [Types of Lithium Batteries: A Complete Overview](#)



Hình 2-6

Hình 2-6. Pin thể rắn (thành phần : cực dương lithium, chất điện phân rắn và cực) và tiềm năng ứng dụng cho xe điện với khả năng sạc nhanh (Image: American Chemical Society)⁶



Hình 2-7. Quy mô và xu hướng thị trường pin thể rắn từ năm 2025 đến 2034 (tỷ USD)⁷

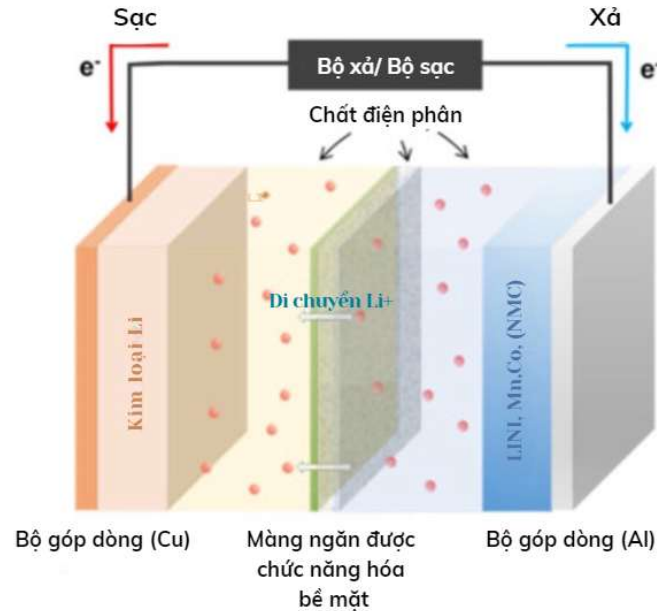
2.4. Pin kim loại lithium

Pin lithium kim loại (Lithium Metal Batteries – LMBs) sử dụng cực âm bằng kim loại lithium rắn, đạt được mật độ năng lượng cao (lên tới 400–450 Wh/kg) nhờ vào thế oxi hóa–khử thấp của lithium (-3,04 V so với S.H.E.) và dung lượng lý thuyết lớn (3.860 mAh/g). Chúng có khả năng sạc nhanh hơn, hoạt động tốt ở nhiệt độ thấp và không chứa các thành phần không hoạt động như chất kết dính, giúp tối ưu hiệu suất (xem Hình 2.10). Tuy nhiên, LMBs vẫn đối mặt với một số thách thức như hiện tượng hình thành tinh thể nhánh (dendrite), có thể gây đoản mạch, và tuổi thọ chu kỳ còn hạn chế (200–400 chu kỳ). Thị trường pin LMB dự kiến sẽ đạt 6,0 tỷ USD vào năm 2025, tăng trưởng với tốc độ CAGR 24,4% để đạt 25,3 tỷ USD vào năm 2031, trong đó khu vực châu Á – Thái Bình Dương chiếm 59% thị phần (theo Allied Market Research, 2024).

⁶ [Part 4: What are solid-state batteries? An expert explains the basics, how they differ from conventional batteries, and the possibility of practical application. | Murata Manufacturing Articles](#)

⁷ [Solid State Battery Market Size, Analysis Report 2034](#)

Các loại pin có dung lượng từ 50–100 Ah, được sử dụng trong lĩnh vực ô tô và hàng hải, được dự đoán sẽ chiếm khoảng 36,7% doanh số vào năm 2025.



Hình 2-8. Cấu trúc và cơ chế hoạt động của Pin kim loại Lithium⁸

Bắc Mỹ và châu Âu cũng được dự báo sẽ là những thị trường chính, chiếm khoảng 13,7% và 16,9% giá trị thị trường pin lithium kim loại (LMB) toàn cầu vào năm 2025. Nhu cầu ngày càng tăng đối với xe điện tại các quốc gia như Hoa Kỳ, Canada và Đức được kỳ vọng sẽ tạo ra nhiều cơ hội đáng kể cho thị trường này. Trong khi đó, khu vực Mỹ Latinh được dự đoán sẽ là thị trường lớn hơn so với Trung Đông và châu Phi.

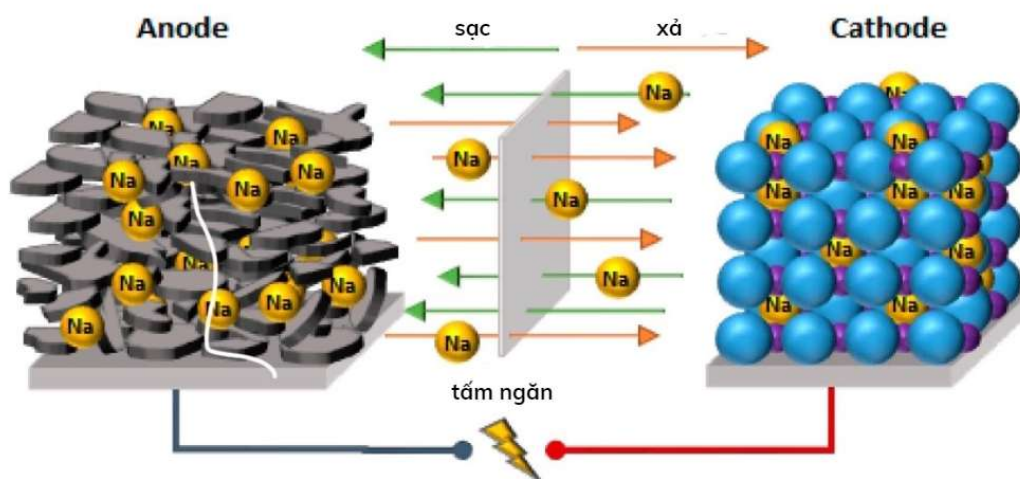


Hình 2-9. Thị trường pin kim loại Li toàn cầu.

⁸ Patrick Joohyun Kim, *Nanomaterials*, **11** (2021) 2275; <https://doi.org/10.3390/nano11092275>

2.5. Pin Sodium-ion (SIB)

Pin natri-ion (Sodium-ion batteries – SIBs) mang đến một giải pháp thay thế bền vững cho pin lithium-ion (LIBs), hoạt động dựa trên cơ chế xen cài ion natri giữa cực dương (các hợp chất oxit phân lớp hoặc hợp chất polyanion) và cực âm (carbon cứng) (xem Hình 2.10).



Hình 2-10. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của pin Sodium-ion (SIB)⁹

Sự dồi dào của natri (chiếm 70% trữ lượng trong nước biển) và chi phí thấp khiến pin natri-ion (SIBs) trở nên hấp dẫn, mặc dù chúng có mật độ năng lượng (100–150 Wh/kg) và điện áp (3,0–3,2 V) thấp hơn so với pin lithium-ion (LIBs) (xem Bảng 2.3). SIBs có độ ổn định nhiệt tốt hơn, nhưng gặp phải các thách thức như tốc độ khuếch tán chậm do ion Na^+ có kích thước lớn hơn (1,02 Å so với Li^+ là 0,76 Å) và hiện tượng hình thành tinh thể nhánh (dendrite). Chúng rất phù hợp cho các hệ thống lưu trữ điện lưới và nguồn dự phòng, nhưng hiện tại vẫn chưa phù hợp cho các ứng dụng hiệu suất cao như xe điện, trừ khi có các cải tiến tối ưu hơn nữa. Sự khác biệt chính giữa SIBs và LIBs được trình bày chi tiết trong Bảng 2.3.

Bảng 2-3. Bảng so sánh đặc tính của pin SIB và pin LIB.

Khía cạnh	Pin SIB	Pin LIB
Kích thước ion	Bán kính ion lớn hơn (1,02 Å)	Bán kính ion nhỏ hơn (0,76 Å)
Dung lượng	Thấp hơn (~100–150 Wh/kg)	Cao hơn (~200–300 Wh/kg)
Điện áp hoạt động	Thấp hơn (3,0–3,2 V)	Cao hơn (3,6–3,7 V)
Chi phí vật liệu	Thấp hơn do tài nguyên natri dồi dào	Cao hơn do tài nguyên lithium hạn chế
Ứng dụng	Phù hợp cho lưu trữ tĩnh (ví dụ: lưu trữ lưới điện)	Lý tưởng cho thiết bị điện tử di động và phương tiện điện
Độ ổn định chu kỳ	Độ ổn định chu kỳ trung bình, đang được cải thiện về vật liệu	Độ ổn định chu kỳ tốt với công nghệ phát triển
Tác động môi trường	Tác động môi trường thấp hơn, vật liệu bền vững	Lo ngại về môi trường lớn hơn do khai thác và xử lý

⁹ Daniel, C.; Besenhard, J.O. *Handbook of Battery Materials*; John Wiley & Sons: Weinheim, Germany, 2012.

Thị trường pin natri-ion (SIB) toàn cầu được định giá 270,1 triệu USD vào năm 2024 và dự kiến sẽ tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 26,1% trong giai đoạn từ 2025 đến 2034 (xem Hình 2.11). Bên cạnh đó, các khoản đầu tư ngày càng tăng nhằm cải thiện mật độ năng lượng và độ ổn định chu kỳ của công nghệ SIB để mở rộng phạm vi ứng dụng sẽ tiếp tục thúc đẩy tiềm năng thương mại của nó. Khả năng ứng dụng đầy hứa hẹn của SIBs trong phân khúc xe nhẹ, với mật độ năng lượng khoảng 160 Wh/kg, khiến chúng trở thành một lựa chọn tiết kiệm chi phí khi mật độ năng lượng cao không phải là yêu cầu hàng đầu.

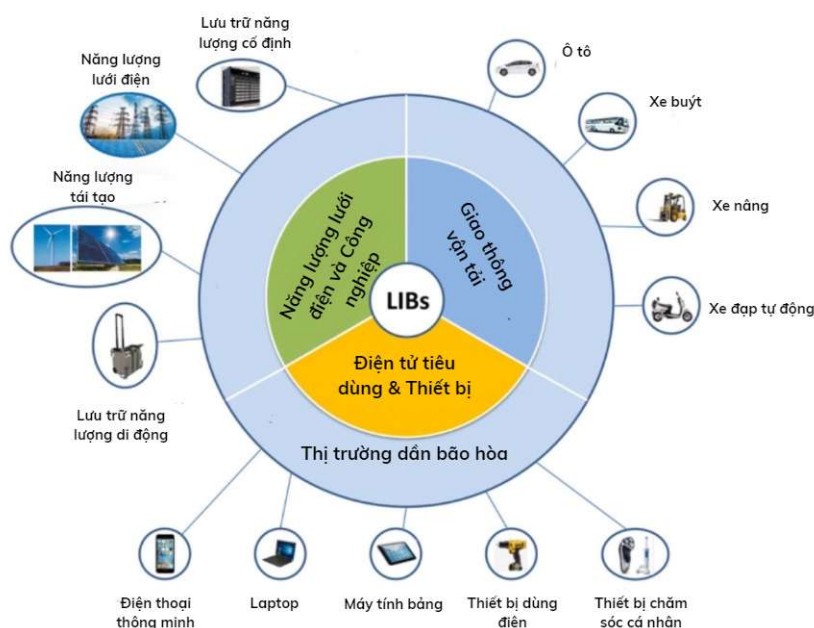


Hình 2-11. Quy mô thị trường pin SIB 2025-2034¹⁰

2.6. Ứng dụng

Pin lưu trữ năng lượng có nhiều ứng dụng đa dạng trong các lĩnh vực khác nhau như ngành EV, BESS và điện tử tiêu dùng (hình 2.14).

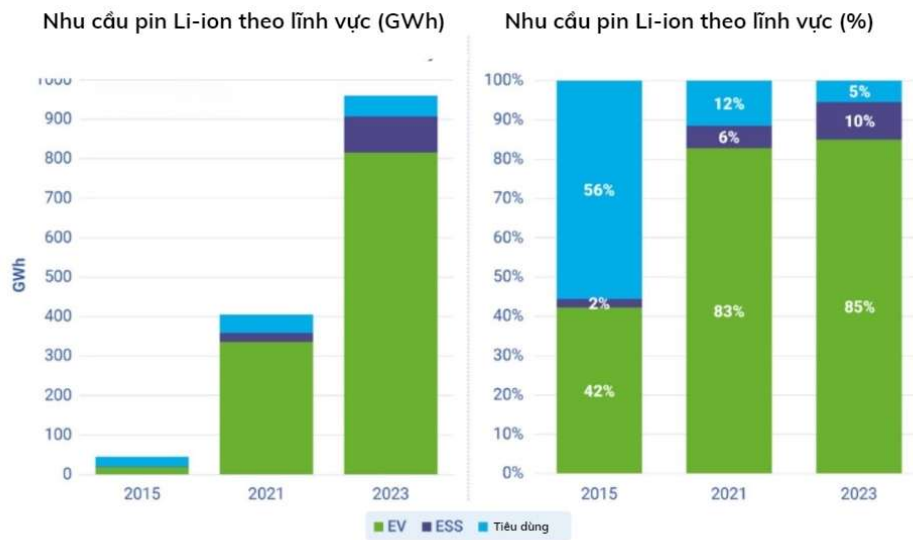
¹⁰ [Sodium Ion Battery Market Size, Growth Opportunity 2025-2034](#)



Hình 2-12. Ứng dụng của pin LIB ¹¹

Năm 2023, nhu cầu pin lithium-ion (LIB) toàn cầu đạt 960 GWh trên các lĩnh vực này, trong đó xe điện (EV) chiếm ưu thế, còn hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) chiếm 10% – tăng so với mức 6% vào năm 2021 và 2% vào năm 2015 – phản ánh vai trò ngày càng quan trọng của ESS trong việc tích hợp năng lượng tái tạo (xem Hình 2.13). Nhu cầu trong cả hai lĩnh vực EV và ESS được dự báo sẽ tăng mạnh trong những năm tới.

¹¹ Ding, Y., Cano, Z.P., Yu, A. et al. Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives. *Electrochem. Energ. Rev.* 2, 1–28 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41918-018-0022-z>.

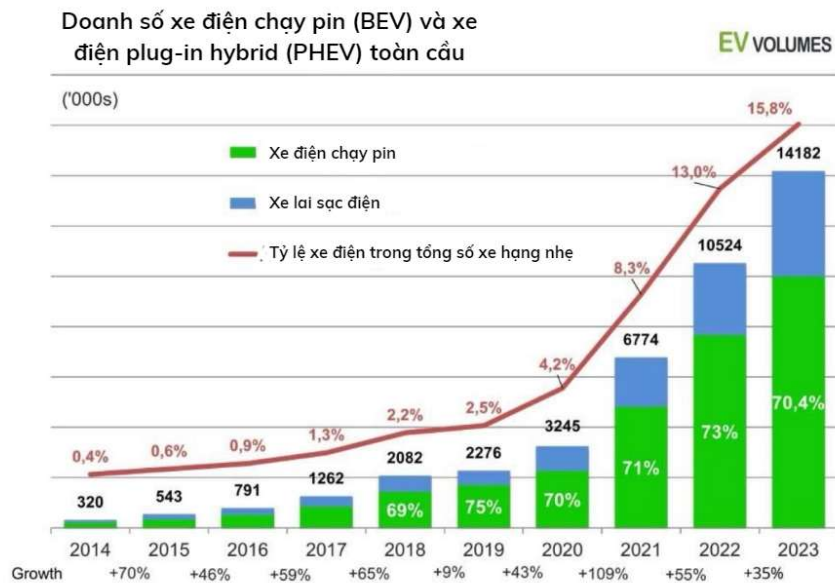


Hình 2-13. Nhu cầu pin Li-ion theo ngành (GWh) (trái) và (%) (phải) ¹².

2.6.1. Lĩnh vực xe điện (EV)

Thị trường xe điện (EV) toàn cầu đang mở rộng nhanh chóng, được thúc đẩy bởi nhận thức về môi trường, các chính sách của chính phủ và những tiến bộ trong công nghệ pin. Trong năm 2023, doanh số bán ra đã vượt hơn 10 triệu xe điện chạy hoàn toàn bằng pin (BEV) và 4,2 triệu xe hybrid sạc điện (PHEV), với đà tăng trưởng được dự báo sẽ tiếp tục (xem Hình 2.14). Các chính sách tại các thị trường chủ chốt như Trung Quốc (đặt mục tiêu 20% doanh số xe là EV vào năm 2025), Liên minh châu Âu (áp dụng tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt, hỗ trợ phát triển hạ tầng sạc), và Hoa Kỳ (các chính sách ưu đãi) đang góp phần đẩy nhanh quá trình chuyển đổi sang xe điện.

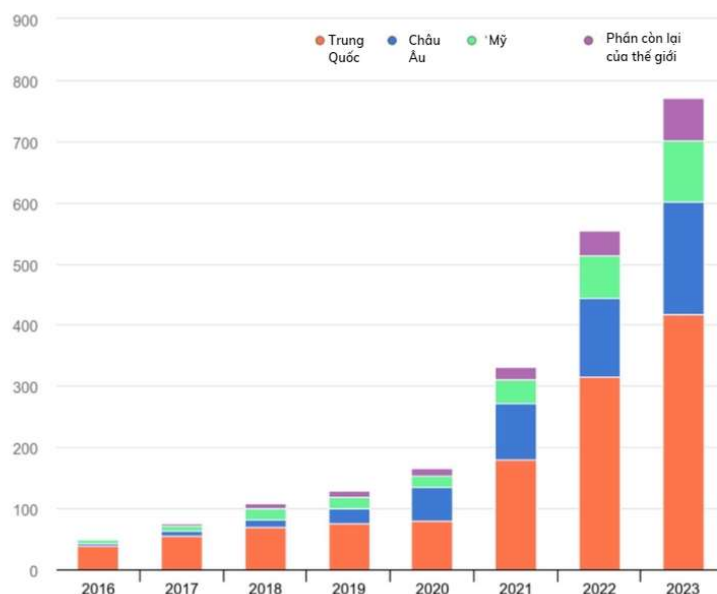
¹² <https://www.idtechex.com/en/research-article/li-ion-bess-market-jumps-in-demand-and-key-trends/31494>.



Hình 2-14. Doanh số bán xe điện toàn cầu năm 2023 ¹³

Nhu cầu pin cho xe điện (EV) đã đạt 750 GWh vào năm 2023, tăng 40% so với năm 2022, trong đó xe điện chiếm 95% mức tăng trưởng này. Hoa Kỳ và châu Âu ghi nhận tốc độ tăng trưởng nhanh nhất với mức tăng hơn 40% so với cùng kỳ năm trước, tiếp theo là Trung Quốc với 35%. Tuy nhiên, Trung Quốc vẫn dẫn đầu về sản lượng tiêu thụ, đạt 415 GWh, so với 185 GWh ở châu Âu và 100 GWh ở Hoa Kỳ. Các khu vực khác trên toàn cầu cũng ghi nhận mức tăng nhu cầu ấn tượng 70%, được thúc đẩy bởi sự gia tăng doanh số xe điện (xem Hình 2.15).

¹³ <https://ev-volumes.com/news/ev/global-ev-sales-for-2023/>.



Hình 2-15. Nhu cầu pin cho xe điện theo khu vực, giai đoạn 2016-2023¹⁴

Pin lithium-ion (LIB) chiếm ưu thế trong các ứng dụng xe điện (EV), với các biến thể hóa học như NMC (150–220 Wh/kg) được sử dụng trong xe điện chạy pin (BEV) và xe hybrid sạc điện (PHEV), LFP (90–160 Wh/kg) được đánh giá cao nhờ độ an toàn và tuổi thọ, và NCA (200–260 Wh/kg) cung cấp năng lượng cho các dòng EV hiệu suất cao như các mẫu xe của Tesla. Pin natri-ion (SIB) là lựa chọn thay thế tiết kiệm chi phí với mật độ năng lượng 100–150 Wh/kg, trong khi pin thể rắn (SSB) hứa hẹn mang lại mật độ năng lượng cao hơn tới 50% cùng với độ an toàn được cải thiện – các công ty như QuantumScape đang hướng đến thương mại hóa vào giữa thập kỷ này. Những đổi mới như cực âm silicon – có khả năng lưu trữ năng lượng gấp 10 lần so với graphite – cũng đang được phát triển để tăng mật độ năng lượng và giảm chi phí. Pin thường chiếm khoảng 30–40% chi phí của một chiếc EV, cho thấy vai trò then chốt của chúng trong cấu trúc chi phí và sự phát triển của thị trường.

2.6.2. Hệ thống pin lưu trữ năng lượng

Pin lưu trữ năng lượng (ESS) đóng vai trò thiết yếu trong việc cân bằng cung – cầu điện, tích hợp năng lượng tái tạo và đảm bảo sự ổn định của lưới điện. Chúng lưu trữ lượng điện dư thừa từ nguồn tái tạo (ví dụ: điện gió hoặc điện mặt trời) để sử dụng vào thời điểm nhu cầu cao hoặc khi sản lượng thấp, từ đó giảm lãng phí và sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. ESS hoạt động như một “ngân hàng năng lượng”, giúp giảm thiểu tình trạng mất điện, quản lý tải cao điểm và bảo vệ cơ sở hạ tầng bằng cách cung cấp điện trong các tình huống gián đoạn.

Khi được kết hợp với hệ thống điện mặt trời (PV-ESS), hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) giúp khắc phục hạn chế chỉ hoạt động vào ban ngày của năng lượng mặt trời bằng cách lưu trữ điện để sử dụng vào ban đêm, từ đó tăng cường khả năng tự chủ năng lượng và giảm chi phí nhờ hạn chế sử dụng điện lưới vào giờ cao điểm. Điều này cũng góp phần giảm lượng khí nhà kính bằng cách thay thế nhiên liệu hóa thạch bằng năng lượng sạch. Tổng công suất lưu trữ bằng pin trên toàn cầu đã tăng từ 1 GW vào năm 2013 lên hơn 85 GW vào năm 2023, với riêng năm 2023 ghi nhận mức tăng 40 GW – gấp đôi so với năm 2022.

¹⁴ [Trends in electric vehicle batteries – Global EV Outlook 2024 – Analysis - IEA](#)

Trung Quốc, Liên minh châu Âu và Hoa Kỳ chiếm tới 90% mức tăng trưởng này, trong đó các hệ thống quy mô tiện ích (kết nối với lưới truyền tải) đóng góp 65%, còn các hệ thống sau công tơ (dân dụng/thương mại) chiếm 35%.

Các LIB như NMC và LFP chiếm ưu thế trong ESS, nhưng SSB đang nổi lên nhờ khả năng đảm bảo nguồn điện ổn định từ các nguồn năng lượng tái tạo không liên tục, trong khi SIB mang lại độ bền và hiệu quả về chi phí cho các hệ thống dự phòng, đảm bảo nguồn điện đáng tin cậy trong các điều kiện khác nhau.

2.6.3. Thiết bị điện tử di động (Máy tính, truyền thông và điện tử tiêu dùng)

Pin cung cấp năng lượng cho nhiều thiết bị điện tử di động, bao gồm điện thoại thông minh, laptop, máy tính bảng và máy ảnh kỹ thuật số, trong đó xu hướng thu nhỏ thiết bị đã thúc đẩy việc sử dụng các loại pin lithium-ion (LIB) có mật độ năng lượng cao và thiết kế nhỏ gọn. Pin NMC và LCO mang lại tuổi thọ chu kỳ dài và khả năng cung cấp năng lượng hiệu quả, giúp thiết bị hoạt động lâu hơn. Pin thể rắn (SSB) với mật độ năng lượng cao hơn và khả năng sạc nhanh hơn, rất lý tưởng cho các thiết bị nhỏ gọn như thiết bị đeo tay và cấy ghép y tế. Trong khi đó, pin natri-ion (SIB) tuy có mật độ năng lượng thấp hơn, nhưng lại là lựa chọn tiết kiệm chi phí cho các thiết bị như dụng cụ điện cầm tay và thiết bị y tế di động – nơi kích thước và trọng lượng không phải là yếu tố quá quan trọng.

2.7. Nghiên cứu và phát triển (R&D)

Nhu cầu về mật độ năng lượng, công suất và độ an toàn cao hơn trong pin — đặc biệt là đối với xe điện (EV) và lưu trữ điện lưới — đã thúc đẩy các nỗ lực nghiên cứu và phát triển (R&D) trên toàn cầu, được hỗ trợ bởi các sáng kiến từ chính phủ. Chương trình Battery500 của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đặt mục tiêu đạt 500 Wh/kg cho pin EV; NEDO của Nhật Bản cũng hướng đến cùng mục tiêu vào năm 2030 thông qua chương trình RISING II; trong khi đó, sáng kiến “Made in China 2025” của Trung Quốc đặt ra mục tiêu đạt mật độ năng lượng 400 Wh/kg vào năm 2025. Các nỗ lực này tập trung vào việc phát triển vật liệu tiên tiến, thiết kế điện cực, và kỹ thuật pin nhằm nâng cao hiệu suất, giảm chi phí và cải thiện tính bền vững. Bức tranh R&D hiện tại được định hình bởi những tiến bộ có mục tiêu trong các lĩnh vực trọng yếu, như được trình bày trong Bảng 2.4, minh họa các công trình tiên phong đang góp phần định hình tương lai của pin LIB và các công nghệ kế tiếp.

The R&D landscape is marked by targeted advancements across key domains, as outlined in Table 2.4, which showcases the cutting-edge work shaping the future of LIBs and beyond.

Bảng 2-4. Tổng quan về nghiên cứu và phát triển trong công nghệ pin lithium-ion.

Lĩnh vực	Tiến bộ
Lĩnh vực nghiên cứu chính	
Vật liệu cực âm (Cathode)	- Phát triển vật liệu không chứa niken và coban nhằm giảm chi phí và tác động môi trường. - Nâng cao hiệu suất của pin LFP (Lithium Iron Phosphate) với mật độ năng lượng cao hơn. - Nghiên cứu vật liệu mới như lithium mangan oxit (LMO) và lithium niken mangan oxit (LNMO) để thay thế NMC/NCA.
Vật liệu cực dương (Anode)	- Nghiên cứu pin silicon-anode giúp tăng đáng kể dung lượng lưu trữ so với than chì. - Phát triển anode lithium kim loại nhằm cải thiện mật độ năng lượng và hiệu suất sạc nhanh.

Chất điện phân	- Phát triển chất điện phân thể rắn (SPE) để thay thế chất điện phân lỏng, cải thiện độ an toàn và hiệu suất. - Nghiên cứu chất điện phân bán rắn và gel để tăng độ ổn định nhiệt.
Công nghệ tái chế	- Phát triển công nghệ tái chế pin lithium-ion bằng phương pháp tái chế thủy luyện (hydrometallurgy) và nhiệt luyện (pyrometallurgy). - Tái chế lithium từ pin cũ để giảm phụ thuộc vào khai thác tài nguyên.
Pin thể rắn (Solid-State Batteries - SSBs)	- Nâng cấp hiệu suất và độ bền của pin thể rắn nhằm tăng mật độ năng lượng và đảm bảo an toàn. - Phát triển vật liệu gốm và polymer cho chất điện phân thể rắn.

Các trung tâm nghiên cứu và chính sách hỗ trợ

Quốc gia	Tiến bộ
Đức	- Chương trình "Battery 2030+" của EU hỗ trợ nghiên cứu vật liệu pin thế hệ mới. - Viện Fraunhofer và Đại học RWTH Aachen nghiên cứu về pin thể rắn.
Hoa Kỳ	- Dự án "Li-Bridge" do Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) tài trợ, tập trung vào chuỗi cung ứng và tái chế pin lithium-ion. - Trung tâm Argonne National Laboratory phát triển công nghệ pin silicon-anode.
Trung Quốc	- CATL và BYD đầu tư mạnh vào nghiên cứu pin natri-ion như một giải pháp thay thế pin lithium-ion. - Chính phủ Trung Quốc hỗ trợ các sáng kiến tái chế pin và sản xuất pin thể rắn.
Nhật Bản	- Panasonic và Toyota hợp tác phát triển pin thể rắn với mục tiêu thương mại hóa vào năm 2027. - Chính phủ Nhật Bản hỗ trợ tài chính cho các dự án phát triển pin tiên tiến.

Liên minh & Hợp tác

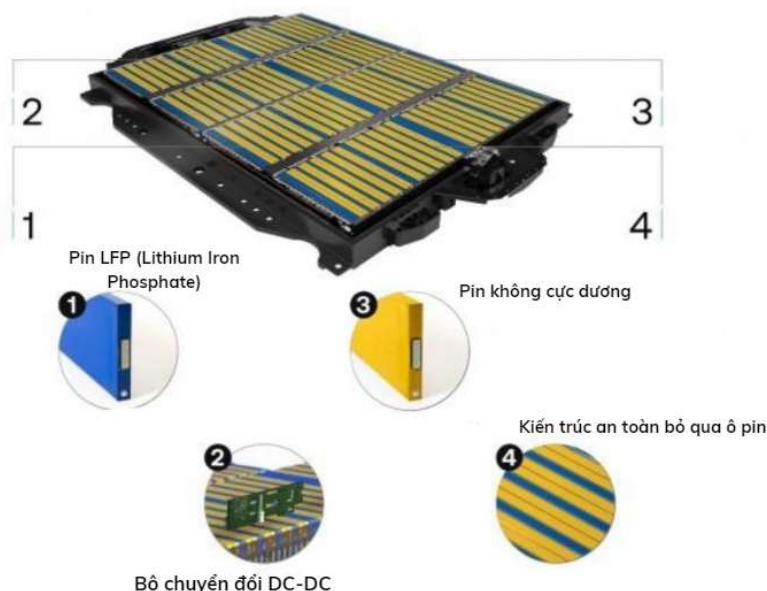
Các công ty lớn của các quốc gia khác nhau	Tiến bộ
Liên minh Hoa Kỳ - EU	- Hợp tác nghiên cứu pin thể rắn giữa các công ty Mỹ (Tesla, QuantumScape) và các tổ chức châu Âu (BASF, Northvolt).
Hợp tác giữa các công ty Trung Quốc - Hoa Kỳ	- Tesla dự định mua dây chuyền thiết bị từ CATL để xây dựng một nhà máy sản xuất pin tại Sparks, Nevada, Mỹ. Nhà máy này sẽ sản xuất pin Megapack, một phần trong chiến lược mở rộng chuỗi cung ứng pin lithium iron phosphate (LFP) tại Mỹ. Việc này giúp Tesla giảm chi phí sản xuất và đa dạng hóa nguồn cung ứng pin. Dự kiến, nhà máy sẽ đi vào hoạt động từ năm 2025 với công suất ban đầu khoảng 10 GWh, có thể mở rộng trong tương lai. - Tesla và CATL đang thảo luận về việc cấp phép công nghệ sản xuất pin của CATL để Tesla có thể sản xuất pin tại Nevada, dự kiến bắt đầu vào năm 2025. CATL cũng cung cấp pin cho nhà máy Thượng Hải của Tesla để sản xuất Megapack, đồng thời hai bên đang đàm phán về việc tăng cường cung ứng pin khi nhu cầu về Megapack tăng. - CATL là nhà cung cấp chính cho nhà máy Tesla ở Thượng Hải, nơi lắp ráp các mẫu Model 3 và Model Y cho thị trường địa phương và một số thị trường quốc tế. Pin 4680 của Tesla sử dụng lithium-ion với cathode nickel-cobalt-manganese (NCM) với cell dạng trụ, CATL chuyên sản xuất pin lithium iron phosphate (LFP) với cell dạng chữ nhật. - BYD mở rộng quan hệ đối tác với các nhà sản xuất xe điện tại Hoa Kỳ.

Hợp tác giữa các công ty của Hàn Quốc - Nhật Bản	- Samsung SDI (Hàn Quốc) và Panasonic (Nhật Bản) là hai trong số những nhà sản xuất pin lớn nhất thế giới. Mặc dù chúng cạnh tranh trong một số lĩnh vực, nhưng cũng có một số dự án hợp tác. Một trong những ví dụ quan trọng là sự hợp tác giữa Panasonic và Samsung SDI trong việc phát triển và cung cấp pin cho các nhà sản xuất ô tô. Panasonic là nhà cung cấp pin chính cho Tesla, trong khi Samsung SDI cung cấp pin cho các hãng xe khác như BMW, Ford, và Chrysler. Mặc dù họ không hợp tác trực tiếp trong sản xuất pin cho các xe của Tesla, nhưng sự phát triển và nghiên cứu chung về công nghệ pin có thể là điểm giao thoa trong ngành công nghiệp này. - LG Energy Solution (Hàn Quốc) và Panasonic cũng có sự hợp tác trong một số lĩnh vực, đặc biệt là trong việc cung cấp các giải pháp năng lượng cho các ứng dụng lưu trữ. Cả hai công ty đều tham gia vào việc cung cấp pin cho các nhà sản xuất ô tô lớn và các dự án lưu trữ năng lượng tái tạo. Cả hai công ty đều tham gia vào các dự án lớn tại các thị trường như Hoa Kỳ và Châu Âu, nơi có sự cạnh tranh gay gắt và nhu cầu cao đối với các giải pháp lưu trữ năng lượng sạch. - Mặc dù Samsung SDI và LG Energy Solution là đối thủ cạnh tranh chính trong thị trường pin, đôi khi có sự hợp tác gián tiếp trong chuỗi cung ứng. Các công ty này đều cung cấp pin cho các nhà sản xuất ô tô lớn như Hyundai, GM, và Ford, đôi khi phải đối mặt với nhu cầu gia tăng từ các đối tác chung. - Các công ty Hàn Quốc và Nhật Bản đều đầu tư mạnh vào nghiên cứu và phát triển công nghệ pin tiên tiến. Ví dụ, LG Chem và Toyota đã hợp tác trong việc phát triển pin cho các xe điện thế hệ mới. Toyota đã đầu tư vào công nghệ pin thể rắn, và LG Chem cũng có các nghiên cứu trong lĩnh vực này. - Sony (Nhật Bản) đã từng là một trong những công ty tiên phong trong công nghệ pin lithium-ion và có mối quan hệ hợp tác trong việc cung cấp pin cho nhiều ứng dụng công nghiệp, bao gồm cả ô tô, mặc dù họ không tham gia trực tiếp vào lĩnh vực xe điện như LG Energy Solution hay Samsung SDI. - Các công ty Hàn Quốc và Nhật Bản cũng hợp tác trong việc cung cấp các vật liệu và linh kiện cho pin lithium-ion. Ví dụ, LG Chem và Panasonic có thể hợp tác hoặc mua bán các vật liệu quan trọng như cathodes, anodes, và electrolytes từ các nhà cung cấp khác, bao gồm các công ty Nhật Bản như Sumitomo Chemical. Samsung SDI, LG Energy Solution và Panasonic hợp tác phát triển pin lithium-ion mật độ cao.
--	--

Những đột phá này được hỗ trợ bởi mạng lưới toàn cầu gồm các trung tâm nghiên cứu và khung chính sách. Tại Đức, chương trình “Battery 2030+” và Viện Fraunhofer dẫn đầu nghiên cứu về pin thể rắn (SSB); trong khi ở Hoa Kỳ, dự án Li-Bridge và Phòng thí nghiệm Quốc gia Argonne tiên phong trong công nghệ cực âm silic. Tại Trung Quốc, các công ty CATL và BYD đang thúc đẩy phát triển pin natri-ion (SIB), đi kèm với các chương trình tái chế và sản xuất pin thể rắn do chính phủ hỗ trợ. Tại Nhật Bản, liên minh giữa Panasonic và Toyota đặt mục tiêu thương mại hóa pin thể rắn vào năm 2027, với sự hỗ trợ tài chính từ nhà nước. Mặc dù các tế bào pin NMC thường được nhắc đến, nhưng trên thực tế, ONE sẽ sử dụng một thành phần hóa học khác. Điều đáng chú ý nhất ở pin Gemini không chỉ nằm ở thành phần hóa học mà còn ở cấu trúc thiết kế, nhằm tối ưu hiệu suất hoạt động.

Các liên minh quốc tế đang tăng cường những nỗ lực này. Quan hệ hợp tác Mỹ – EU, bao gồm Tesla và QuantumScape với BASF và Northvolt, đang thúc đẩy nghiên cứu pin thể rắn (SSB). Hợp tác Trung – Mỹ, như giữa Tesla với CATL và BYD với các nhà sản xuất xe điện của Mỹ, đang đẩy mạnh phát triển các thể hệ pin lithium-ion (LIB) tiên tiến. Sự hợp tác giữa Hàn Quốc và Nhật Bản, với sự tham gia của Samsung SDI, LG Energy Solution và Panasonic, tập trung vào phát triển pin LIB có mật độ năng lượng cao, góp phần xây dựng một hệ sinh thái hợp tác thúc đẩy những bước nhảy vọt về công nghệ.

Những thành quả từ các hoạt động nghiên cứu và phát triển (R&D) hiện đang làm thay đổi toàn cảnh ngành pin. Pin LFP đã tăng mạnh thị phần từ 6% vào năm 2020 lên 30% vào năm 2022, nhờ ưu điểm về độ an toàn, nguồn nguyên liệu dồi dào và hiệu quả chi phí – mặc dù mật độ năng lượng của chúng thấp hơn 30–60% so với pin NMC. Một điểm nhấn nổi bật là pin Gemini của Our Next Energy (ONE), kết hợp giữa cực dương NMC có mật độ năng lượng cao với các cell LFP bền bỉ, cho phép sạc đầy 100% mỗi ngày. Thiết kế độc đáo gồm tám mô-đun, với các cell LFP dạng lăng trụ được ghép đôi ở hai đầu và trung tâm (xem Hình 2.16), giúp tối ưu hóa phạm vi di chuyển và hiệu suất, đồng thời định hình lại kiến trúc pin thể hệ mới.



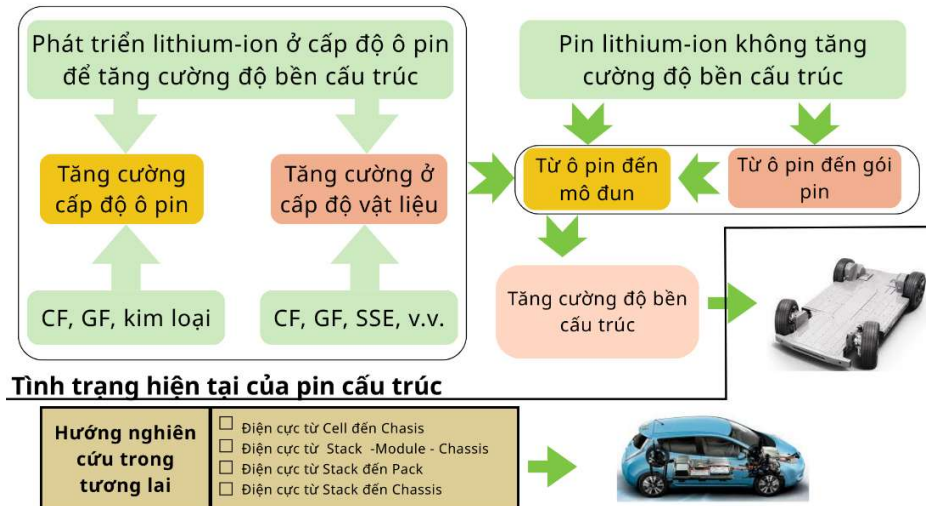
Hình 2-16. Bộ pin Gemini do Our Next Energy (ONE) sản xuất ¹⁵

Pin thể rắn (SSB) đang trên đà tái định hình ngành công nghiệp, với mẫu sedan IM Motors L6 dự kiến sẽ ra mắt như chiếc xe thương mại đầu tiên sử dụng bộ pin SSB 130 kWh, cung cấp phạm vi di chuyển 1.000 km (có thể tương đương hơn 400 dặm theo tiêu chuẩn EPA) và hỗ trợ sạc 400 kW – cho phép nạp thêm 400 km chỉ trong 12 phút. Công nghệ này sử dụng chất điện phân ở quy mô nano với độ dẫn ion cao và cực âm silicon-carbon, hứa hẹn mang lại mật độ năng lượng và độ an toàn vượt trội. Các công ty tiên phong trong lĩnh vực này bao gồm QuantumScape, Solid Power và Toyota.

Pin cấu trúc (structural batteries) đại diện cho một hướng đi táo bạo, với mục tiêu tích hợp trực tiếp vào khung xe nhằm giảm trọng lượng và tăng hiệu suất. Tuy nhiên, các loại pin lithium-ion (LIB) hiện tại vẫn còn hạn chế do độ bền kéo và nén thấp, bắt nguồn từ các điện cực có độ xốp cao (30%) và khả năng bám dính vật liệu kém, cùng với màng ngăn thiếu linh hoạt (xem Hình 2.16).

¹⁵ <https://www.autoevolution.com/news/one-gemini-is-a-truly-hybrid-battery-pack-with-its-lfp-and-anode-free-cells-216201.html>.

Nghiên cứu và phát triển đang tập trung giải quyết vấn đề này theo hai hướng: tăng cường ở cấp độ cell (gia cố từng tế bào pin riêng lẻ) và tăng cường ở cấp độ vật liệu, sử dụng các vật liệu như sợi carbon, sợi thủy tinh hoặc chất điện phân thể rắn. Một hướng tiếp cận khác là chiến lược cell-to-pack (CTP) và cell-to-module (CTM), tức là tích hợp trực tiếp các cell vào các cụm pack hoặc module vững chắc, giúp tăng độ bền, nhưng có thể gặp rủi ro về quản lý nhiệt khi hoạt động ở công suất cao.



Hình 2-17. Định hướng hiện tại và tương lai trong việc phát triển các chiến lược từ cell đến phương tiện của LIB¹⁶.

Tầm nhìn tiên tiến nhất hiện nay là công nghệ xếp chồng điện cực trực tiếp vào khung xe (electrode-to-chassis stacking), trong đó pin được tích hợp hoàn toàn vào cấu trúc khung xe để tối ưu hóa việc giảm trọng lượng. Tuy nhiên, công nghệ này vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu và phát triển do gặp nhiều thách thức phức tạp về vật liệu và kỹ thuật. Những đổi mới này, dù vẫn đang trong quá trình thử nghiệm, đòi hỏi phải được kiểm chứng nghiêm ngặt để đảm bảo an toàn, độ tin cậy và khả năng mở rộng quy mô, mở ra một kỷ nguyên mới cho các hệ thống pin tích hợp hiệu suất cao.

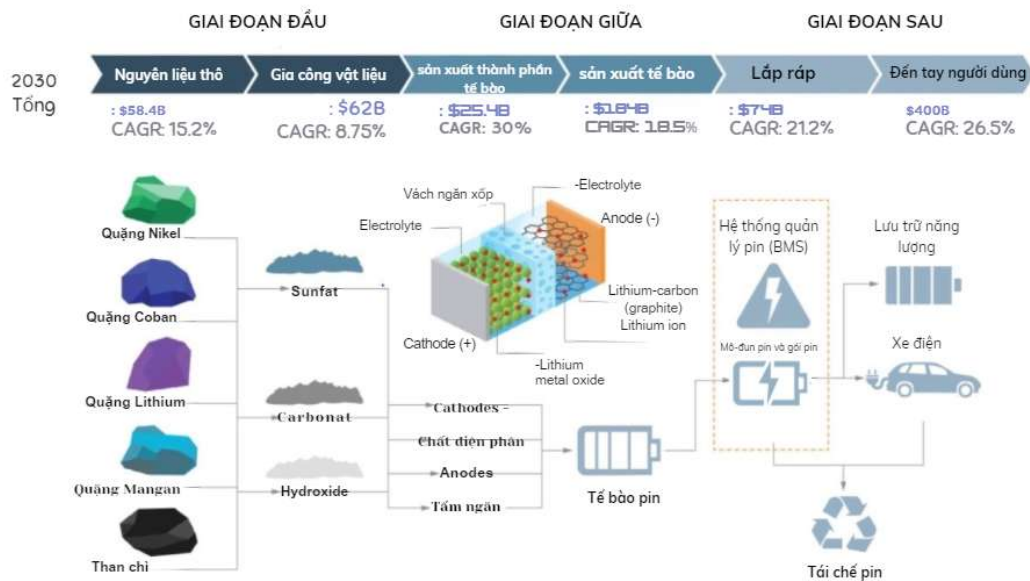
¹⁶ S. Rawat, S. Choudhury, D. K. Saini and Y. C. Gupta, Advancements and Current Developments in Integrated System Architectures of Lithium-Ion Batteries for Electric Mobility, World Electr. Veh. J. 2024, 15(9), 394; <https://doi.org/10.3390/wevj15090394>.

3. Chuỗi cung ứng pin

3.1. Tổng quan về chuỗi cung ứng LIB

3.1.1. Đặc điểm của chuỗi cung ứng

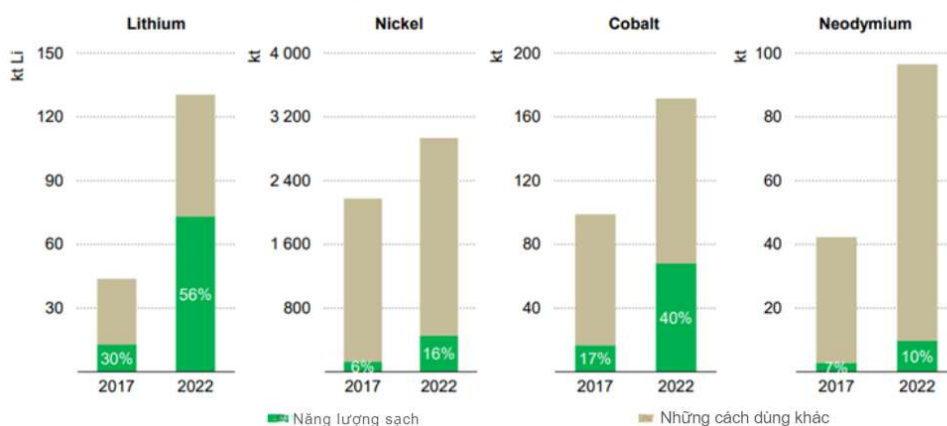
Chuỗi cung ứng pin có thể được chia thành các giai đoạn thượng nguồn (Upstream), trung nguồn (Midstream), hạ nguồn (Downstream) và cuối vòng đời, mỗi giai đoạn bao gồm các khía cạnh khác nhau của quá trình sản xuất và triển khai (Hình 3.1).



Hình 3-1. Chuỗi cung ứng pin ¹⁷

Giai đoạn thượng nguồn liên quan đến việc khai thác các nguyên liệu thô như lithium, coban, niken, mangan và graphite. Các khoáng sản này được khai thác từ những khu vực cụ thể trên toàn cầu và trải qua quá trình xử lý để tạo ra các hợp chất tinh khiết cần thiết cho sản xuất pin. Nhu cầu về các khoáng sản này đã tăng mạnh cùng với sự phát triển của năng lượng sạch (ví dụ: điện mặt trời, pin lưu trữ), với nhu cầu lithium tăng gấp ba lần, coban tăng 70%, và niken tăng 40% trong giai đoạn từ năm 2017 đến 2022 (xem Hình 3.2).

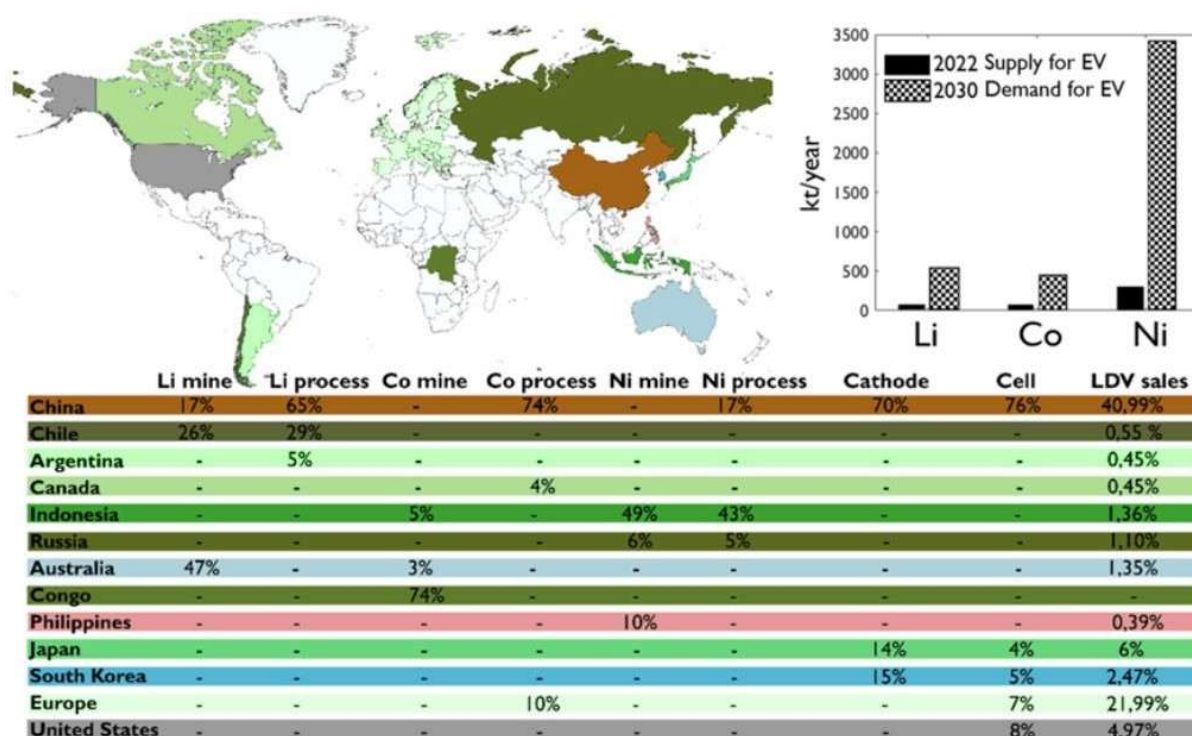
¹⁷ Battery Report 2023, P.23



Hình 3-2. Nhu cầu đối với các nguyên liệu quan trọng và tỷ lệ năng lượng sạch trong tổng nhu cầu
18

Mỗi loại khoáng sản chính đều có đặc thù riêng về địa lý thương mại, tạo nên một mạng lưới phụ thuộc lẫn nhau giữa các quốc gia. Các nước phụ thuộc vào thị trường toàn cầu để có được nguyên vật liệu và công nghệ then chốt – thông qua nhập khẩu hoặc nhu cầu ổn định đối với sản phẩm của họ. Mô hình thương mại giữa các quốc gia rất khác nhau, cho thấy sự phụ thuộc qua lại giữa cung và cầu của các khoáng sản thiết yếu. Sự thống trị của Trung Quốc trong lĩnh vực tinh luyện và sản xuất cực dương (chiếm 70% sản lượng cực âm và 85% cực dương theo IEA) tạo ra sự phụ thuộc đáng kể trong chuỗi cung ứng (xem Hình 3.3).

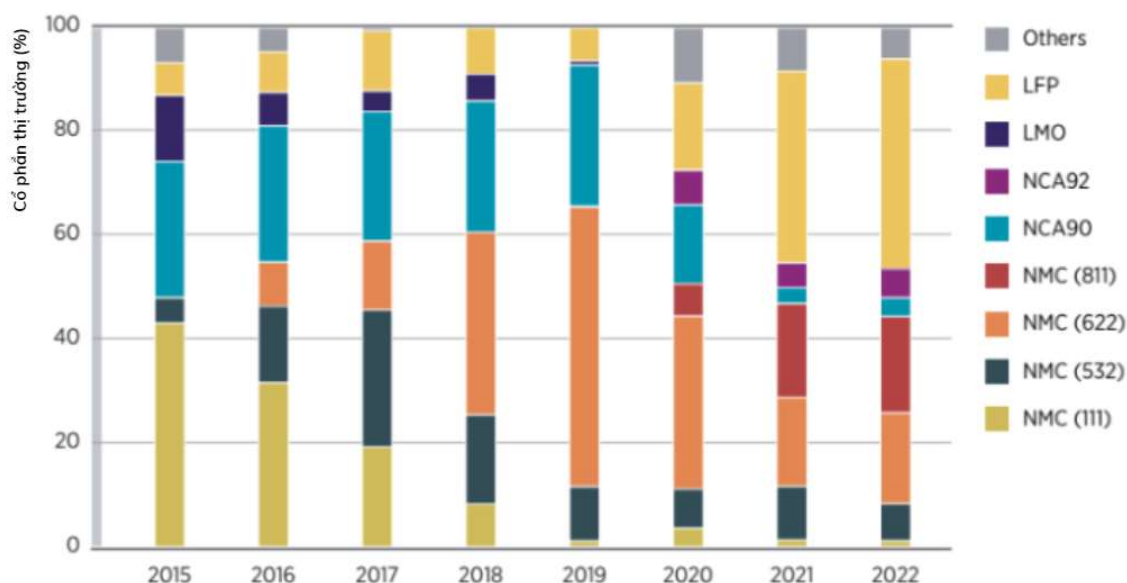
¹⁸ Critical Minerals Market Review 2023, p. 11.



Hình 3-3. Phân bố địa lý của chuỗi giá trị pin lithium-ion, cùng với khoảng cách giữa nguồn cung năm 2022 và nhu cầu dự kiến năm 2030 đối với Li, Co và Ni theo kịch bản NZE (góc trên bên phải)¹⁹.

Giai đoạn trung nguồn tập trung vào việc chế biến nguyên liệu thô thành các thành phần pin, bao gồm sản xuất cực dương (ví dụ: NMC, LFP), cực âm (70% dựa trên graphite), tổng hợp chất điện phân và lắp ráp tế bào pin. Kể từ năm 2015, thành phần hóa học của pin xe điện (EV) đã có nhiều thay đổi đáng kể (xem Hình 3.4), nhờ vào tiến bộ công nghệ, dẫn đến thay thế vật liệu, tối ưu thiết kế và nâng cao hiệu suất. Hiện nay, NMC và LFP được dự báo sẽ tiếp tục là hai công nghệ pin chiếm ưu thế trong suốt thập kỷ này, mặc dù vẫn chưa rõ công nghệ nào sẽ vượt trội hoàn toàn. Tuy nhiên, các đổi mới như cực âm silicon và pin natri-ion đang hướng đến việc giảm sự phụ thuộc vào các khoáng sản khan hiếm (xem Hình 3.4) và sử dụng các vật liệu thay thế rẻ hơn hoặc dồi dào hơn, như natri. Theo IEA, Trung Quốc chiếm ưu thế trong giai đoạn trung nguồn, với 70% công suất sản xuất cực âm và 85% công suất sản xuất cực dương toàn cầu – cả hai đều là thành phần thiết yếu của pin.

¹⁹ M. Safari, Battery Energy, 2024; e20240016. <https://doi.org/10.1002/bte2.20240016>.



Hình 3-4. Sự thay đổi nhanh chóng của hỗn hợp hóa chất pin EV toàn cầu từ năm 2015 đến năm 2022²⁰

Giai đoạn hạ nguồn liên quan đến việc lắp ráp các tế bào pin thành mô-đun và tích hợp chúng vào các bộ pin hoàn chỉnh, đi kèm với Hệ thống Quản lý Pin (BMS – Battery Management System). Các bộ pin này sau đó được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, chủ yếu là xe điện (EV), hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS), thiết bị điện tử tiêu dùng và các ứng dụng công nghiệp. Việc quản lý pin khi kết thúc vòng đời thông qua tái chế và tái sử dụng cũng là một yếu tố quan trọng, góp phần thúc đẩy tính bền vững và giảm thiểu tác động đến môi trường.

Số lượng xe điện dự kiến sẽ tăng mạnh trong những năm tới, với ước tính khoảng 145 triệu chiếc lưu thông trên toàn cầu vào năm 2030. Tuy những chiếc xe này đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải khí nhà kính, chúng cũng đặt ra một thách thức lớn: tái chế pin. Theo các ước tính, hơn 12 triệu tấn pin lithium-ion sẽ cần được thu hồi vào năm 2030. Nhiều quốc gia đang nghiên cứu các chiến lược quản lý pin khi kết thúc vòng đời nhằm giảm sự phụ thuộc vào khai thác khoáng sản và duy trì vòng tuần hoàn vật liệu.

Hàng trăm triệu USD đang được đầu tư vào các công ty khởi nghiệp và trung tâm nghiên cứu tái chế để phát triển các phương pháp quy mô lớn nhằm tháo dỡ pin đã qua sử dụng và chiết xuất kim loại quý. Tại Tây Ban Nha, công ty năng lượng Enel Group đang tái sử dụng 90 bộ pin đã loại bỏ từ xe Nissan Leaf cho một cơ sở lưu trữ năng lượng ở Melilla – khu vực tách biệt khỏi lưới điện quốc gia. Tại Vương quốc Anh, công ty Powervault hợp tác với Renault để cung cấp hệ thống lưu trữ năng lượng gia đình sử dụng pin EV đã ngừng hoạt động. Thiết lập một dòng chảy pin lithium-ion từ “vòng đời đầu” trong xe điện sang “vòng đời thứ hai” trong lưu trữ năng lượng tĩnh không chỉ mang lại giá trị kinh tế mà còn giúp thay thế pin chì-axit độc hại.

Tesla đã công bố kế hoạch phát triển khả năng tái chế pin nội bộ tại nhà máy Gigafactory ở Nevada để xử lý pin đã qua sử dụng. Bên cạnh đó, các nhà nghiên cứu cũng đang khám phá các công nghệ pin thay thế nhằm giảm sự phụ thuộc vào các tài nguyên khoáng sản chiến lược.

²⁰ IEA, Global EV Outlook 2024.

3.1.2. Động lực đầu tư và sự tham gia của các quốc gia

Ngành công nghiệp pin, đặc biệt là pin lithium-ion (LIB) và các công nghệ mới nổi, đang chứng kiến làn sóng đầu tư toàn cầu mạnh mẽ, được thúc đẩy bởi nhu cầu về chuỗi cung ứng bền vững và gia tăng năng lực sản xuất nội địa. Các quốc gia như Trung Quốc, Hoa Kỳ, Hàn Quốc và Nhật Bản đang dẫn đầu với các chiến lược dài hạn nhằm đảm bảo sự ổn định của chuỗi cung ứng trong bối cảnh nhu cầu xe điện và thiết bị điện tử tăng cao. Các tập đoàn lớn như Tesla, CATL và LG Energy Solution đang mở rộng nhà máy sản xuất và trung tâm nghiên cứu để thúc đẩy công nghệ pin và tăng trưởng thị trường.

Chính phủ các nước đóng vai trò then chốt trong việc hỗ trợ phát triển ngành công nghiệp pin thông qua các chính sách đầu tư. Trung Quốc – chiếm hơn 50% thị phần xe điện toàn cầu – tận dụng các khoản trợ cấp lớn, ưu đãi thuế và đầu tư R&D để thống lĩnh thị trường, với các doanh nghiệp dẫn đầu như BYD và CATL; riêng CATL sản xuất tới một phần ba số pin EV trên toàn thế giới. Ngoài ra, Trung Quốc kiểm soát 75% công suất sản xuất pin LIB toàn cầu và 90% nguồn cung đất hiếm, củng cố vai trò của mình trong công nghệ năng lượng sạch. Dù vậy, Hoa Kỳ và Liên minh Châu Âu đang đầu tư mạnh mẽ để giảm sự phụ thuộc vào Trung Quốc, dù dự kiến Trung Quốc vẫn sẽ đáp ứng hai phần ba nhu cầu toàn cầu cho đến năm 2030²¹.

Quy định về pin mới của EU – “Battery Regulation (EU) 2023/1542” – áp dụng các tiêu chuẩn nghiêm ngặt về phát thải carbon trong toàn bộ vòng đời pin, đồng thời yêu cầu “hộ chiếu pin” để truy xuất nguồn gốc và đánh giá tác động môi trường, đồng thời thúc đẩy tỷ lệ tái chế các kim loại như coban và lithium. Hoa Kỳ tập trung vào chuỗi cung ứng nội địa thông qua tài trợ nghiên cứu, cho vay và các khoản trợ cấp, đồng thời thiết lập các liên minh để đảm bảo nguồn cung khoáng sản chiến lược. Các quốc gia Đông Nam Á như Indonesia và Thái Lan đang nổi lên như những đối thủ tiềm năng – Indonesia tận dụng lợi thế từ trữ lượng niken dồi dào, còn Thái Lan đặt mục tiêu trở thành trung tâm sản xuất xe điện với các ưu đãi thuế hấp dẫn. Việt Nam, với chi phí sản xuất thấp và vị trí chiến lược, đang đẩy mạnh nỗ lực trở thành trung tâm pin trong khu vực, thúc đẩy hợp tác quốc tế nhằm đa dạng hóa chuỗi cung ứng và tạo ra nhiều việc làm.

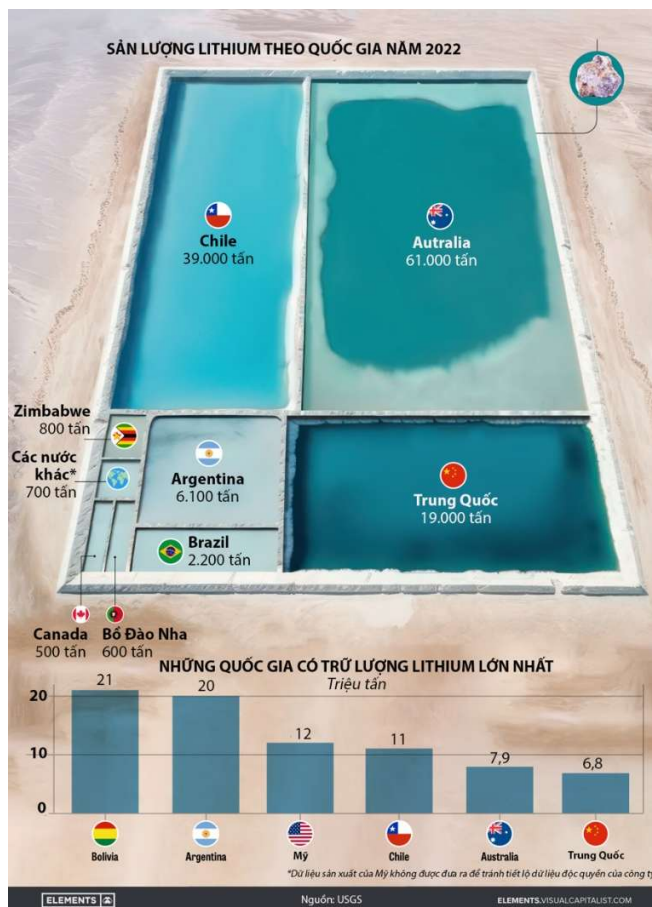
Hoa Kỳ đang tập trung phát triển chuỗi cung ứng pin trong nước nhằm giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu, đặc biệt là từ Trung Quốc. Chính phủ Mỹ đã đầu tư đáng kể vào nghiên cứu và phát triển công nghệ pin, đồng thời cung cấp các khoản vay và tài trợ cho các dự án sản xuất pin nội địa. Bên cạnh đó, Hoa Kỳ cũng đang tăng cường hợp tác với các quốc gia đồng minh để đảm bảo nguồn cung khoáng sản quan trọng và thiết lập các tiêu chuẩn chung cho sản xuất và tái chế pin.

Mặc dù ngành công nghiệp pin đang phát triển với tốc độ nhanh chóng, các khoản đầu tư vào chuỗi cung ứng vẫn đang phải đối mặt với những thách thức lớn. Một trong những vấn đề chính là sự phụ thuộc vào các nguyên liệu thô như lithium, coban và niken, điều này có thể gây ra mất cân đối giữa cung và cầu cũng như làm gia tăng chi phí sản xuất. Bên cạnh đó, việc xây dựng một chuỗi cung ứng bền vững và đảm bảo các tiêu chuẩn bảo vệ môi trường trong quá trình sản xuất pin vẫn là mối quan tâm trọng yếu đối với cả nhà đầu tư lẫn các chính phủ. Tuy nhiên, những thách thức này cũng đồng thời mở ra cơ hội cho các quốc gia trong việc phát triển công nghệ tái chế pin, áp dụng các phương pháp khai thác nguyên liệu thô một cách bền vững và nâng cao hiệu suất sản xuất. Đây cũng là thời điểm thuận lợi để các quốc gia đầu tư phát triển các ngành công nghiệp hỗ trợ như sản xuất vật liệu tiên tiến, tái chế pin và thiết kế công nghệ lưu trữ năng lượng. Các nền kinh tế mới nổi như Indonesia cũng đang sở hữu tiềm năng lớn để tích hợp vào chuỗi cung ứng pin toàn cầu nhờ vào nguồn tài nguyên khoáng sản dồi dào – những yếu tố thiết yếu cho sự phát triển của ngành công nghiệp này.

²¹ <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Electric-cars-in-China/China-s-market-share-in-key-EV-battery-components-tops-80>.

3.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng tới chuỗi cung ứng pin

Chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB) đang phải đối mặt với nhiều thách thức, chủ yếu do nguồn nguyên liệu thô tập trung ở một số ít quốc gia và những biến động địa chính trị. Nhu cầu lithium đã tăng vọt trong những năm gần đây, trong đó hơn 70% sản lượng toàn cầu đến từ Australia (46,9%, tương đương 61.000 tấn vào năm 2022) và Chile (30%, 39.000 tấn), tiếp theo là Trung Quốc (14,6%, 19.000 tấn), Argentina (4,8%) và Brazil (1,7%) (USGS, 2023; xem Hình 3.5). Australia khai thác lithium chủ yếu từ quặng cứng spodumene, trong khi Chile, Argentina và Trung Quốc lại chủ yếu khai thác từ các nguồn nước muối, điển hình như khu vực Salar de Atacama. Trung Quốc hiện cũng kiểm soát 60% công suất tinh luyện lithium toàn cầu, với tổng vốn đầu tư lên tới 5,6 tỷ USD vào các mỏ tại Chile, Canada và Australia.



Hình 3-5. Sản lượng lithium theo quốc gia năm 2022 và những quốc gia có trữ lượng lithium lớn nhất²².

Nguồn cung coban cũng tập trung cao độ, với hai phần ba sản lượng đến từ Cộng hòa Dân chủ Congo (DRC), làm dấy lên những lo ngại về môi trường như ô nhiễm và cạn kiệt nguồn nước ngọt. Trong khi đó, sản xuất niken tuy ít tập trung hơn nhưng vẫn tiềm ẩn nhiều rủi ro — Indonesia dẫn đầu với 1,8 triệu tấn trên tổng số 3,6 triệu tấn niken toàn cầu trong năm 2023. Tuy nhiên, các vấn đề địa chính trị, chẳng hạn như cuộc xung đột Nga – Ukraine, đã làm gián đoạn nguồn cung niken sunfua từ Nga, Canada và Australia.

Địa chính trị đóng vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB) thông qua các chính sách thuế, rào cản thương mại và đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI). Các mức thuế và hạn chế thương mại có thể làm thay đổi dòng chảy nguyên liệu thô và sản phẩm giữa các quốc gia, ảnh hưởng đến chi phí cũng như sự ổn định của chuỗi cung ứng.

Một ví dụ điển hình là cuộc chiến thương mại giữa Hoa Kỳ và Trung Quốc, trong đó các chính sách thuế đã làm gián đoạn nguồn cung nguyên liệu thiết yếu cho sản xuất pin như coban và lithium từ các quốc gia như DRC và Chile. Theo một báo cáo của IEA, sự gia tăng các biện pháp bảo hộ thương mại và thuế xuất nhập khẩu đã tạo ra nhiều thách thức cho các nhà sản xuất pin, làm tăng chi phí và gây ra sự bất định trong việc đảm bảo nguồn cung nguyên liệu²³. Đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) đóng vai trò then chốt trong việc phát triển chuỗi cung ứng pin, đặc biệt từ các nền kinh tế lớn như Trung Quốc và Hoa Kỳ. Trung Quốc, với các khoản đầu tư đáng kể vào các nhà sản xuất pin như CATL, hiện đang chiếm lĩnh phần lớn năng lực sản xuất toàn cầu, tạo ra sự phụ thuộc lớn vào thị trường nước này. Các quốc gia như Indonesia đang tích cực thu hút đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) vào lĩnh vực pin nhằm tận dụng nguồn tài nguyên khoáng sản dồi dào và thúc đẩy tăng trưởng công nghiệp trong nước.

²² USGS

²³ IEA, Batteries and Secure Energy Transitions, World Energy Outlook Special Report, p. 34.

Indonesia are actively seeking FDI in the battery sector to leverage their abundant mineral resources and drive domestic industrial growth.

Hiện tại, chuỗi cung ứng pin lithium-ion (LIB) đang tập trung cao độ vào một số ít quốc gia và công ty, đặc biệt là Trung Quốc, Hàn Quốc và Nhật Bản. Trung Quốc chiếm ưu thế rõ rệt với 70% sản lượng pin LIB toàn cầu và khả năng tinh luyện vượt trội, tạo nên sự phụ thuộc lớn trong chuỗi cung ứng. Các công ty như CATL và BYD dẫn đầu cùng với Tesla, LG Energy Solution và Panasonic. Sự gián đoạn chuỗi cung ứng càng trở nên nghiêm trọng do tình trạng thiếu hụt nguyên liệu thô, khan hiếm lao động trong ngành khai khoáng và chi phí logistics gia tăng sau đại dịch COVID-19, khiến giá cả leo thang và thị trường biến động mạnh.

Đổi mới công nghệ đang mở ra các giải pháp tiềm năng — pin thể rắn và pin lithium-lưu huỳnh, hiện đang được các công ty như Tesla, Panasonic và QuantumScape nghiên cứu phát triển, hứa hẹn sẽ giảm sự phụ thuộc vào các vật liệu khan hiếm đồng thời nâng cao hiệu suất và độ an toàn. Các yếu tố liên quan đến Môi trường, Xã hội và Quản trị (ESG) cũng ngày càng trở nên quan trọng, với áp lực buộc doanh nghiệp phải áp dụng các phương pháp khai thác có trách nhiệm và đảm bảo điều kiện lao động công bằng, đặc biệt là tại DRC. Những công ty có chính sách ESG mạnh mẽ thường thu hút được nhiều vốn đầu tư hơn, nhờ vào việc kết hợp giữa lợi nhuận và tính bền vững.

3.1.4. Mục tiêu khử các bon trong chuỗi cung ứng LIB

Nhu cầu pin toàn cầu đã tăng vọt, được thúc đẩy bởi các mục tiêu phi carbon hóa và các chính sách giảm phát thải khuyến khích điện khí hóa^{24,25}. Liên minh châu Âu (EU) đã ban hành luật cấm bán các phương tiện sử dụng động cơ đốt trong (ICE) mới²⁶, trong khi Hoa Kỳ đặt mục tiêu xe điện chiếm 50% doanh số xe mới vào năm 2030²⁷. Những mục tiêu đầy tham vọng này đã kích hoạt hàng loạt hành động ở cấp độ doanh nghiệp, với nhiều hãng sản xuất ô tô công bố các kế hoạch điện khí hóa riêng²⁸.

Tuy nhiên, các chính sách này không tránh khỏi tranh cãi. Lệnh cấm xe động cơ đốt trong của EU hiện đang gặp phải sự phản đối, đặc biệt từ Đức – quốc gia đang vận động cho một ngoại lệ cho phép tiếp tục bán các xe ICE sử dụng nhiên liệu tổng hợp.

²⁴ See, inter alia, International Energy Agency (IEA), *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications 2024), p. 78; J Fleischmann, P Schaufuss, M Linder, M Hanicke, E Horetsky, D Ibrahim, S Jautelat, L Torscht and A van de Rijt, 'Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular', January 16, 2023, McKinsey & Company, available at https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular#; E Silva, 'Competition for lithium supply heating up between stationary storage, EVs' October 24, 2023, S&P Global, available at <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/competition-forlithium-supply-heating-up-between-stationary-storage-evs-77931334>

²⁵ One such example is replacing internal combustion engines with electric vehicles. See, e.g., P Aalto (ed.), *Electrification: Accelerating the Energy Transition*, 1st edition (Elsevier 2021). See also IEA, *Global EV Outlook 2024* (IEA Publications 2024), p. 12.

²⁶ Regulation (EU) 2023/851 of the European Parliament and of the Council of 19 April amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO₂ emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increase climate ambition, OJ L 110, 25.4.2023, p. 5-20. See, e.g., T Lecca, 'EU should allow 'climate-friendly' fuel cars after 2035, says Germany's Lindner' April 10, 2024, Politico.

²⁷ Executive Order 14037 on Strengthening American Leadership in Clean Cars and Trucks, August 05, 2021.

²⁸ IEA, *Global EV Outlook 2023* (IEA 2023), pp. 90-91. See, e.g., 'Carmakers scale down electrification plans as EV demand slows' September 12, 2024, Reuters, available at <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/carmakers-adjust-electrification-plans-ev-demand-slows-2024-09-06/>; M Wayland, 'EV euphoria is dead. Automakers are scaling back or delaying their electric vehicle plans' March 13, 2024, CNBC, available at <https://www.cnbc.com/2024/03/13/ev-euphoria-is-dead-automakers-trumpet-consumer-choice-in-us.html>

Gần đây, một số hãng xe toàn cầu đã điều chỉnh giảm mục tiêu điện khí hóa của họ do tốc độ tăng trưởng nhu cầu ở mức vừa phải, trong khi doanh số xe hybrid sạc điện (PHEV) bất ngờ tăng vượt so với xe điện thuần (BEV). Sự suy giảm này có thể bắt nguồn từ việc thiếu các mẫu xe điện giá phải chăng, tiến độ chậm trong triển khai hạ tầng trạm sạc, căng thẳng thương mại leo thang, và sự cạnh tranh ngày càng gay gắt từ các nhà sản xuất Trung Quốc với chi phí thấp hơn — những yếu tố sẽ được phân tích sâu hơn trong phần tiếp theo.

Bên cạnh đó, hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS) cũng đóng vai trò thiết yếu trong việc hỗ trợ tích hợp năng lượng tái tạo vào các lưới điện xanh hơn²⁹. Các mục tiêu phi carbon hóa, kết hợp với những thách thức từ bối cảnh hậu COVID-19 và lo ngại về nguồn cung niken từ Nga giữa bối cảnh xung đột Nga–Ukraine và các lệnh trừng phạt từ phương Tây, đã gây áp lực lớn lên chuỗi cung ứng pin lithium-ion truyền thống trong những năm gần đây³⁰. Tình hình càng trở nên nghiêm trọng hơn do thiếu hụt đầu tư liên tục vào việc mở rộng năng lực sản xuất.

3.2. Thương nguồn: Khai thác và chế biến nguyên liệu

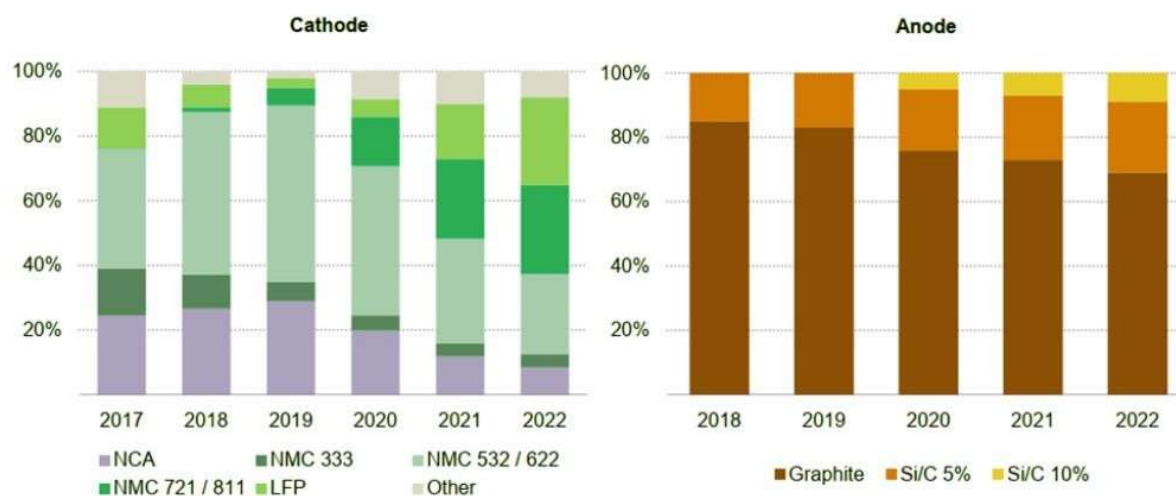
Nhu cầu về pin ô tô dự kiến sẽ tạo ra sự gia tăng tương ứng về nhu cầu đối với các nguyên liệu thô chính với nhu cầu về những vật liệu này dự kiến sẽ tăng tới 500% vào năm 2040. Việc cung cấp đủ các nguyên liệu thô cần thiết là mối quan tâm chính đối với các chuỗi cung ứng pin đang phát triển.

3.2.1. Các nguyên liệu chính và xu hướng thị trường

Pin lithium-ion (LIB) phụ thuộc vào nhiều loại vật liệu quan trọng: lithium, mangan, coban, niken, phosphate và sắt cho cực dương; graphite và silicon cho cực âm; đồng hoặc nhôm cho bộ góp dòng; và thép hoặc nhôm cho vỏ pin. Natri đang nổi lên như một lựa chọn thay thế cho lithium trong pin natri-ion (SIB). Xu hướng phát triển hóa học pin cho thấy sự thay đổi rõ rệt kể từ năm 2018 — cực dương đang chuyển dịch từ các dòng NMC có hàm lượng coban cao (hoặc niken thấp), chẳng hạn như NMC 333/NMC 111, sang các biến thể NMC có hàm lượng niken cao, coban thấp như NMC 721, NMC 811, cũng như sang LFP — dòng pin đang gia tăng thị phần nhờ tính an toàn cao và phụ thuộc vào nguồn lithium dồi dào (xem Hình 3.6). Về cực âm, xu hướng là sử dụng graphite pha silicon ngày càng tăng, chiếm 30% thị phần vào năm 2022. Trong khi đó, pin natri-ion (SIB) được hậu thuẫn bởi các tập đoàn như CATL và BYD, đang cung cấp một giải pháp thay thế ít phụ thuộc vào khoáng sản khan hiếm, dù mật độ năng lượng thấp khiến chúng chưa phù hợp với các dòng xe điện cao cấp.

²⁹ For example, in the US see FERC Order No. 841, Electric Storage Participation in Markets operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators (issued February 15, 2018); in the EU, see Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU, OJ L 158, 14.6.2019, p. 125-199 and Commission Recommendation of 14 March 2023 on Energy Storage – Underpinning a decarbonised and secure EU energy system C(2023)1729, OJ C 103, 20.3.2023, p. 1-5.

³⁰ International Energy Agency (IEA), Global Supply Chains of Batteries (IEA Publications 2022), p. 15.

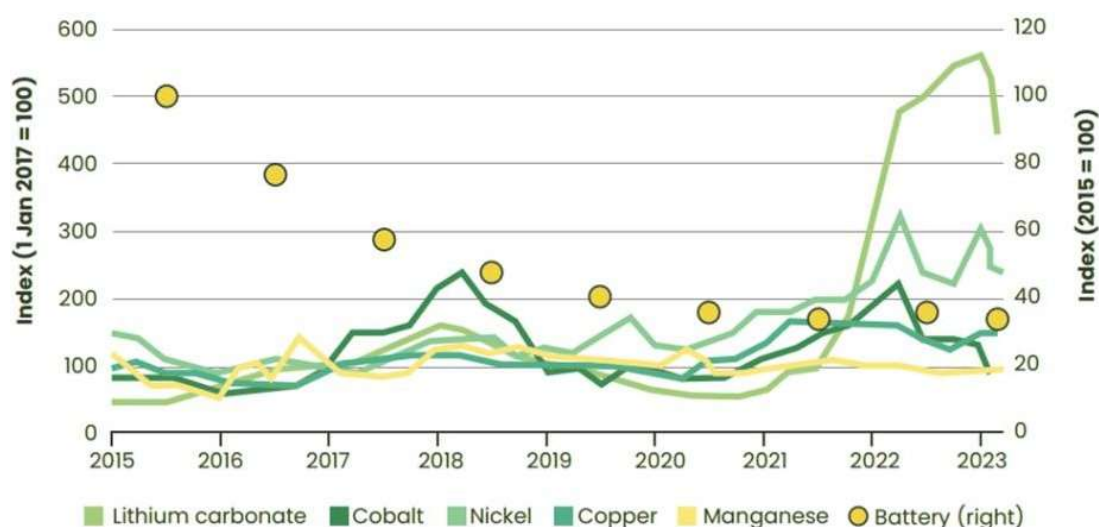


Hình 3-6. Sự phát triển của thị phần bán hàng cho pin EV (ô tô) theo hóa học catốt và anot, 2018-2022.

(Ghi chú: LFP = lithium sắt phosphate; NCA = niken coban nhôm; NMC = niken mangan coban. Si/C đề cập đến anode silicon-graphite, với tỷ lệ pha tạp silicon bên cạnh)³¹

Biến động giá cả vẫn là một thách thức lớn do trữ lượng khoáng sản tập trung và chi phí khai thác cao (xem Hình 3.7). Giá lithium đã đạt đỉnh ở mức 80.000 USD/tấn trong giai đoạn 2020–2024, tăng mạnh so với mức 30.000 USD/tấn trong giai đoạn 2014–2019, được thúc đẩy bởi nhu cầu cao và chiến lược của Trung Quốc trong việc cung cấp quặng chất lượng thấp nhằm kiểm soát biên lợi nhuận.

³¹ IEA, Critical Minerals Market Review 2023, p.38; IEA analysis based on data from EV Volumes, Benchmark Minerals Intelligence and BNEF.



Hình 3-7. Giá của một số vật liệu pin và pin Li-ion, 2015-2023 ³²

3.2.2. Công suất khai thác và tính chế

Xét về khía cạnh sản xuất, các khoáng sản như lithium, coban, niken, mangan, graphite, đồng và neodymium là những thành phần thiết yếu trong quá trình chế tạo pin. Hình 3-8 minh họa các quốc gia khai thác chính đối với từng loại khoáng sản, cho thấy sự phân bố toàn cầu của các nguồn nguyên liệu quan trọng. Australia, Trung Quốc và Cộng hòa Dân chủ Congo nổi lên như những nhà cung cấp chủ chốt, bên cạnh các đóng góp đáng kể từ các quốc gia khác như Indonesia, Chile và Nga. Sự phân bố này nhấn mạnh tầm quan trọng chiến lược của các quốc gia nói trên trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu.

³² IEA analysis based on material price data by S&P, 2022 Li-ion Battery Price Survey by BNEF and Battery Costs Drop as Lithium Prices in China Fall by BNEF; Guide to Investing in the EV Battery Supply Chain, Green Finance Institute, p.23.

Lithium ³ Li	Cobalt ²⁷ Co	Nickel ²⁸ Ni	Manganese ²⁵ Mn	Graphite ⁶ C	Copper ²⁹ Cu	Neodymium ⁶⁰ Nd
Australia 46.9%	Democratic Republic of the Congo 70.0%	Indonesia 48.8%	South Africa 35.8%	China 64.6%	Chile 23.6%	China 45.8%
Chile 30.0%		Philippines 10.1%	Gabon 22.9%	Mozambique 12.9%	Peru 10.0%	Australia 23.1%
China 14.6%	Indonesia 5.4%	Russian Federation 6.7%	Australia 16.4%	Madagascar 8.4%	Democratic Republic of the Congo 10.0%	Greenland* 8.2%
Argentina 4.7%	Russian Federation 4.8%	France (New Caledonia) 5.8%	China 4.9%	Brazil 6.6%	China 8.6%	Myanmar 7.4%
Brazil 1.6%	Australia 3.2%	Australia 4.9%	Ghana 4.7%	Others 7.5%	United States 5.9%	Brazil 4.4%
Others 2.2%	Canada 2.1%	Canada 4.0%	India 2.4%		Russian Federation 4.5%	India 2.1%
	Cuba 2.0%	China 3.3%	Brazil 2.0%		Indonesia 4.1%	Others 9.0%
	Philippines 2.0%	Brazil 2.5%	Ukraine 2.0%		Australia 3.7%	
	Others 10.5%	Others 13.9%	Côte d'Ivoire 1.8%		Zambia 3.5%	
			Malaysia 1.8%		Mexico 3.3%	
			Others 5.3%		Kazakhstan 2.6%	
					Canada 2.4%	
					Poland 1.7%	
					Others 16.1%	

*Kingdom of Denmark

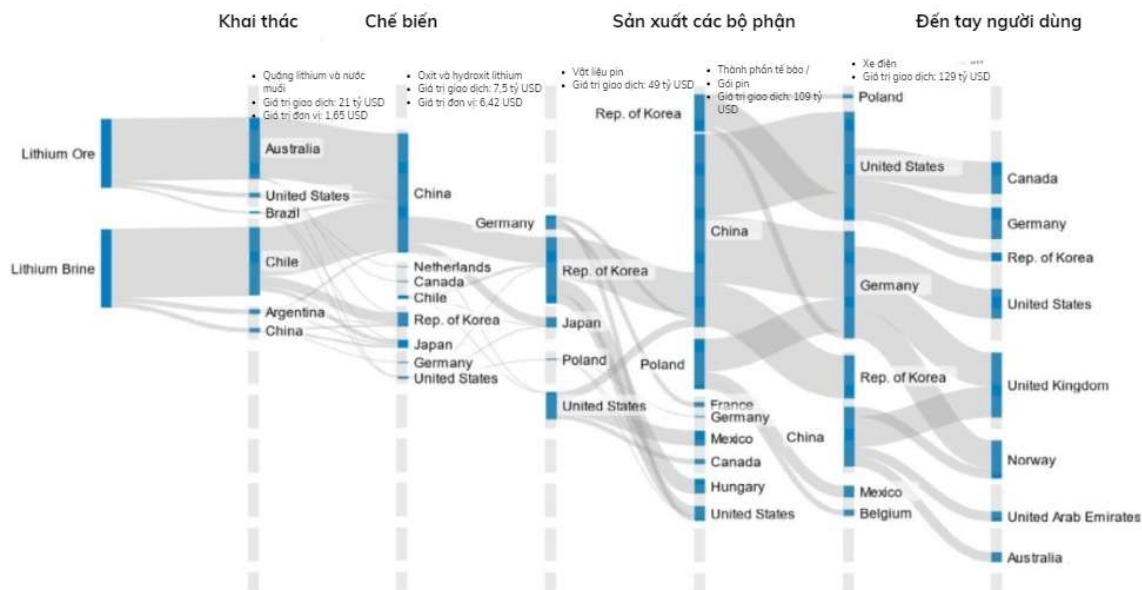
Hình 3-8. Các nước khai thác khoáng sản chính cho các loại khoáng sản được chọn trong chế tạo pin ³³

3.2.2.1. Lithium

Sản xuất lithium hiện đang tập trung tại một số khu vực địa lý nhất định, trong đó Australia, Chile và Trung Quốc là những quốc gia giữ vai trò chủ đạo. Năm 2022, Australia và Chile chiếm tới 79% tổng kim ngạch xuất khẩu quặng và nước muối lithium toàn cầu, với nguồn chủ yếu từ quặng cứng spodumene ở Australia và các mỏ nước muối tại khu vực Salar de Atacama của Chile (xem Hình 3.9).

³³ IRENA, Geopolitics of the Energy Transition Critical Materials, (Geological Survey and US Department of the Interior, 2023; JRC, 2020; USGS, 2023b), p. 14.

³⁴ <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/minisite/static/ba3c15bd-3747-4346-a328-6b5a43672abf/resources-andenergy-quarterly-september-2022/documents/Resources-and-Energy-Quarterly-September-2022.pdf>.



Hình 3-9. Luồng thương mại của Lithium trong sản xuất Cathode.

Ghi chú: Tính toán của ban thư ký UNCTAD (United Nations Conference on trade and development) dựa trên dữ liệu từ UN Comtrade. Lưu ý: Biểu đồ thể hiện thương mại giữa các quốc gia về mặt xuất khẩu và nhập khẩu, nhưng không cung cấp thông tin về sản xuất trong nước trong từng quốc gia. Dữ liệu thương mại được báo cáo theo Mã HS cấp 6 chữ số sau: 253090, 283691 (Quặng và tinh quặng liti, và liti cacbonat); 282520, 282739; 282690; 282619 (nguyên liệu thô đã qua chế biến và/hoặc tinh chế); 284290, 284169, 382499 (vật liệu catốt liti); 850790, 850760 (Các thành phần của pin và bộ pin); và 870240, 870360, 870370, 870380 (Xe điện và xe hybrid cắm điện).

Sản lượng lithium toàn cầu năm 2023 đạt 180.000 tấn, trong đó Australia đóng góp 46,9% (84.400 tấn), Chile 30% (54.000 tấn), và Trung Quốc 14,6% (26.300 tấn). Lithium được khai thác theo hai phương pháp chính: từ nước muối tại khu vực “Tam giác Lithium” (gồm Bolivia, Argentina và Chile) thông qua quá trình bay hơi trong các hồ chứa, hoặc từ quặng cứng ở Australia thông qua nghiền và xử lý. Lithium chiết xuất từ nước muối thường được tinh chế thành lithium carbonat, thích hợp cho sản xuất cực dương với chi phí thấp, tuy nhiên có mật độ năng lượng thấp hơn. Trong khi đó, lithium từ quặng cứng có thể được chuyển hóa thành lithium carbonat hoặc lithium hydroxit, phục vụ cho các loại cực dương có mật độ năng lượng cao hơn.

Tổng trữ lượng lithium toàn cầu hiện ở mức 98 triệu tấn, trong đó Bolivia (23 triệu tấn), Argentina (22 triệu tấn) và Chile (11 triệu tấn) chiếm hơn 50% tổng trữ lượng, tiếp theo là Australia (8,7 triệu tấn), Hoa Kỳ (14 triệu tấn) và Trung Quốc (6,8 triệu tấn) (theo USGS, 2024; xem Bảng 3.1)..

Bảng 3-1. Trữ lượng Li ở các quốc gia trên thế giới

Đất nước	Tổng trữ lượng -2023_Triệu tấn
Trung Quốc	6.8
Mỹ	14
Brazil	0.8

Nga	1
Mexico	1.7
DR Congo	3
Đức	3.8
Tây Ban Nha	0.32
Argentina	22
Canada	3
Ghana	0.2
Peru	1
Úc	8.7
Mali	0.89
Kazakhstan	0.05
Chile	11
Zimbabwe	0.69
Bolivia	23
Czech Republic	1.3
Bồ Đào Nha	0.27
Serbia	1.2
Finland	0.068
Namibia	0.23

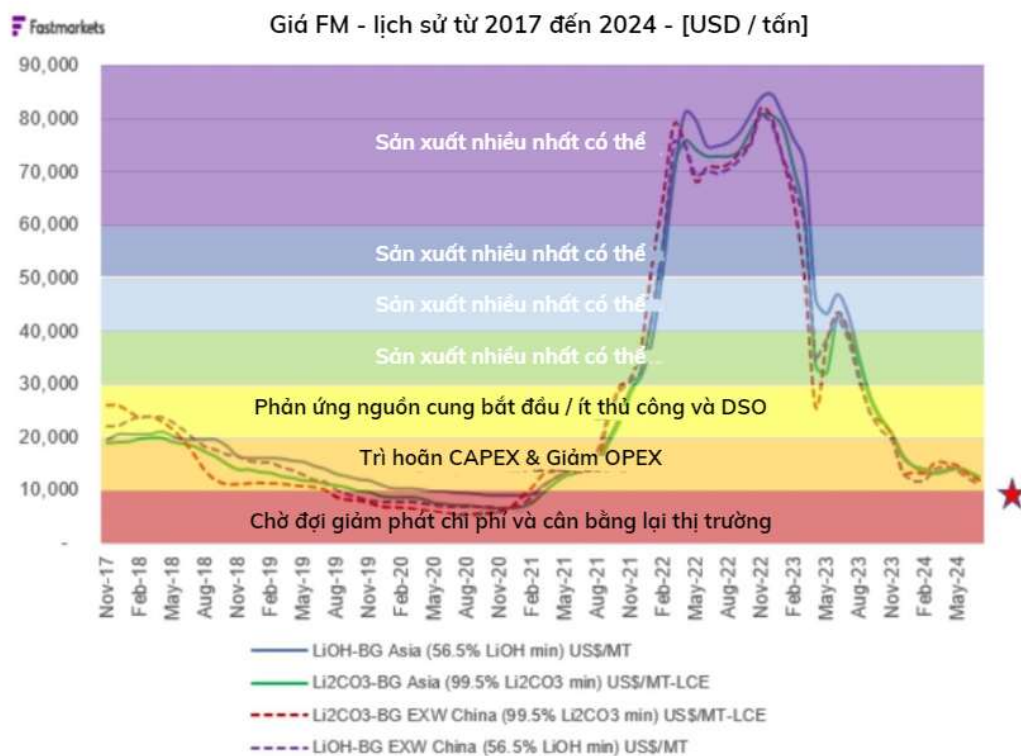
Năm nhà cung cấp lithium hàng đầu — Sociedad Química y Minera de Chile SA (Chile), Pilbara Minerals (Australia), Allkem (Australia), Livent Corporation (Hoa Kỳ) và Ganfeng Lithium Co. (Trung Quốc) — chiếm khoảng 53% sản lượng toàn cầu, chủ yếu tập trung vào khai thác và chế biến hóa chất.

Trung Quốc thống trị lĩnh vực tinh luyện lithium, khi nhập khẩu 73% lượng lithium giao dịch toàn cầu và kiểm soát 67% sản lượng lithium oxit và hydroxide, cùng với hơn 50% công suất sản xuất lithium carbonat và 80% lithium hydroxide. Việc nằm gần các thị trường tiêu thụ lớn tại châu Á (Hàn Quốc, Nhật Bản, Trung Quốc) và lợi thế chi phí giúp Trung Quốc trở thành trung tâm tinh luyện hàng đầu, mặc dù Chile và Argentina cũng có tổng công suất khoảng 400.000 tấn quy đổi lithium carbonat (MT-LCE). Dù là nhà xuất khẩu spodumene lớn nhất thế giới, Australia chỉ có năng lực tinh luyện hạn chế vào năm 2022, nhưng đang đặt mục tiêu đạt 10% công suất toàn cầu vào năm 2024 (IEA, 2024). Trung Quốc giữ lại phần lớn lượng lithium tinh luyện để phục vụ sản xuất pin trong nước, nơi giá trị gia tăng rất lớn — từ 6,40 USD/kg cho lithium hydroxide lên tới 150 USD cho một bộ pin (theo UNCTAD, 2022). Ba Lan, quốc gia xuất khẩu bộ pin lớn thứ hai thế giới vào năm 2022, không có năng lực khai thác khoáng sản và phải nhập khẩu lithium oxit/hydroxide (68% từ Hoa Kỳ, 18% từ Trung Quốc) cũng như vật liệu cực dương (55% từ Trung Quốc, 17% từ Đức).³⁵

Giá lithium thể hiện rõ sự biến động của thị trường, với mức đỉnh lên tới 80.000 USD/tấn đối với lithium hydroxide trong giai đoạn 2020–2024, tăng mạnh so với mức 30.000 USD/tấn trong giai đoạn 2014–2019, chủ yếu được thúc đẩy bởi nhu cầu xe điện (xem Hình 3.10). Diễn biến này mang lại lợi ích cho các công ty khai thác khoáng sản nhưng lại gây áp lực lớn lên các nhà sản xuất thiết bị gốc (OEM), dẫn đến hiện tượng “phá hủy nhu cầu” trong thị trường. Chiến lược của Trung Quốc trong việc cung cấp lượng chất lượng thấp từ các nguồn tập trung ở châu Phi, bã thải từ Brazil và khoáng lepidolite

³⁵ The unit price for a battery pack is based on the estimated price in United States dollar per kilowatt hour, by Statista “Lithium-ion battery price worldwide from 2013 to 2022”.

nội địa nhằm kìm hãm giá lithium đã ảnh hưởng mạnh đến thị trường toàn cầu. Trong bối cảnh chi phí leo thang, Trung Quốc đang thúc đẩy phát triển pin natri-ion (SIB) như một giải pháp thay thế rẻ hơn, dù mật độ năng lượng thấp khiến chúng chưa phù hợp cho các dòng xe điện cao cấp.



Hình 3-10. Xu hướng giá lithium (2018 – 2024)

3.2.2.2. Nickel

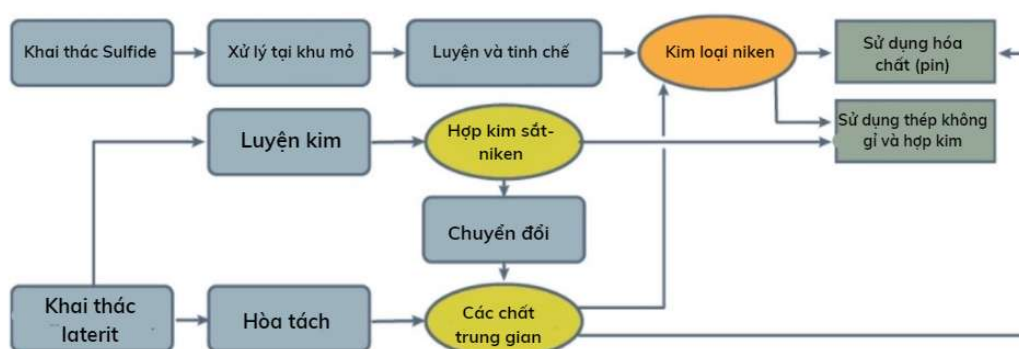
Khai thác niken bao gồm hai loại quặng chính: quặng sunfua (tìm thấy tại Nga, Canada, Australia) và quặng laterit (tại Indonesia, Philippines, New Caledonia)³⁶. Quặng sunfua tuy ít phổ biến hơn và dễ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố địa chính trị như cuộc xung đột Nga–Ukraine, nhưng lại được ưa chuộng nhờ nhu cầu năng lượng xử lý thấp hơn. Trong khi đó, quặng laterit chiếm ưu thế trong tổng sản lượng khai thác. Tổng sản lượng niken toàn cầu đạt 3,6 triệu tấn vào năm 2023, trong đó Indonesia dẫn đầu với 1,8 triệu tấn, tiếp theo là Philippines (400.000 tấn), Nga (220.000 tấn) và Canada (181.000 tấn) (theo USGS, 2024). Australia, mặc dù sở hữu trữ lượng niken lớn thứ hai thế giới, chỉ đứng thứ sáu về sản lượng với 159.000 tấn (xem Bảng 3.2). Hiện có hơn 25 quốc gia khai thác niken, trong đó 9 công ty hàng đầu — bao gồm Jinchuan Group (Trung Quốc), BHP Group (Australia), Vale SA (Brazil), Tsingshan (Trung Quốc), Nickel Asia Corporation (Philippines), Glencore (Thụy Sĩ), và một số doanh nghiệp khác — chiếm khoảng một nửa tổng sản lượng toàn cầu.

³⁶ IEA (2021, May) The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>.

Bảng 3-2. Số liệu về khoáng vật nikel (trích xuất từ Hiệp hội ngành công nghiệp kim loại màu Trung Quốc)

Quốc gia	Sản xuất nội địa (tấn)	Nhập khẩu (tấn)
Albania	5.520	0
Úc	159.000	0
Áo	0	1
Bỉ	0	31
Botswana	15.195	0
Brazil	60.600	7
Canada	181.000	0
Trung quốc	120.000	841.743
Colombia	36.564	0
Cuba	49.200	0

Dự báo về sản lượng niken trong thời gian tới dao động từ nguy cơ thiếu hụt nhẹ đến khả năng dư thừa, nếu các mục tiêu khai thác và tinh luyện được hoàn thành. Tuy nhiên, các yêu cầu nghiêm ngặt về chất lượng cũng như sự tập trung khai thác tại một số khu vực địa lý nhất định vẫn tạo ra nhiều thách thức cho thị trường. Quặng laterit – nguồn cung chính hiện nay – được chia thành hai loại: limonite (hàm lượng niken thấp, sắt cao, thường có chứa coban) và saprolite (hàm lượng niken cao, sắt thấp). Mỗi loại được xử lý theo phương pháp khác nhau: limonite thông qua thủy luyện bằng axit sulfuric để tạo ra các hợp chất trung gian chứa niken–coban, còn saprolite được xử lý bằng nhiệt luyện để tạo ra hợp kim niken–sắt dùng trong sản xuất thép không gỉ hoặc niken matte phục vụ cho tinh luyện pin (xem Hình 3.11). Trong khi đó, quặng sunfua – thường nằm gần hoặc ngay dưới bề mặt – lại có thêm giá trị gia tăng nhờ chứa các kim loại như đồng và bạch kim, và thường được làm giàu ngay tại chỗ trước khi được luyện thành niken matte hoặc xử lý trực tiếp bằng phương pháp thủy luyện.

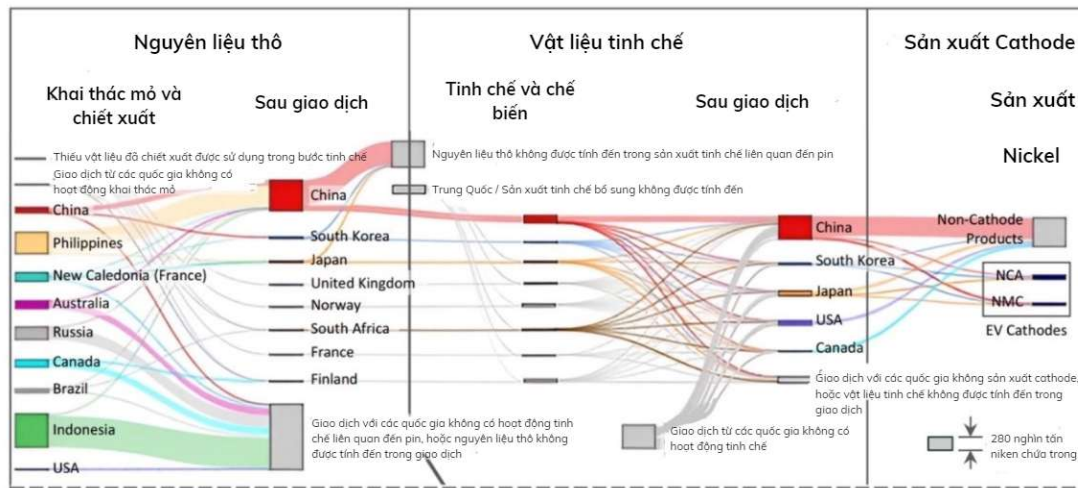


Hình 3-11. Sơ đồ công nghệ chung cho vật liệu niken ³⁷

Trung Quốc hiện đang thống trị hoạt động tinh luyện và sản xuất cực dương (đặc biệt là các loại NMC và NCA), với nguồn nguyên liệu thô chủ yếu được nhập khẩu từ Indonesia và Philippines (xem Hình 3.12). Dòng chảy thương mại niken diễn ra qua ba giai đoạn chính: khai thác nguyên liệu thô (do các nước như Indonesia, Philippines, Nga, Canada, Australia, Brazil, New Caledonia và Hoa Kỳ dẫn đầu), tinh luyện (tập trung ở Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Na Uy, Canada, Vương quốc Anh, Pháp và Phần Lan), và sản xuất cực dương cho pin NMC và NCA, trong đó Trung Quốc là trung tâm lớn nhất,

³⁷ <https://nickelinstitute.org/en/blog/2024/may/nickel-industry-part-1-processing-nickel-laterites-and-sulfides/>.

tiếp theo là Hàn Quốc, Nhật Bản, Hoa Kỳ và Canada. Một phần đáng kể niken tinh luyện không được sử dụng cho ngành pin mà được chuyển sang các ngành công nghiệp khác như sản xuất thép không gỉ. Các quốc gia như Hoa Kỳ và châu Âu vẫn phụ thuộc nhiều vào Trung Quốc, tuy nhiên, việc mở rộng năng lực tinh luyện tại Indonesia, Philippines hoặc các quốc gia phương Tây, cùng với hoạt động tái chế niken từ các loại pin có vòng đời cao, có thể giúp giảm dần sự phụ thuộc này.



Hình 3-12. Luồng thương mại Nickel từ các nước xuất khẩu đến các nước nhập khẩu ³⁸

3.2.2.3. Cobalt

Coban, chủ yếu được khai thác như một sản phẩm phụ từ hoạt động khai thác đồng hoặc niken, đang đối mặt với sự biến động về nguồn cung và giá cả do sản lượng tập trung cao ³⁹. Hơn 70% lượng coban toàn cầu (tương đương 140.000 tấn vào năm 2023) được khai thác tại Cộng hòa Dân chủ Congo (DRC) ⁴⁰, phần lớn từ các mỏ do các công ty Trung Quốc sở hữu, nơi vẫn tồn tại nhiều lo ngại về thiếu quy định giám sát và tình trạng lao động trẻ em ⁴¹. Chính những vấn đề này, cùng với nhu cầu ngày càng tăng về minh bạch chuỗi cung ứng, đã khiến các công nghệ pin sử dụng nhiều coban trở nên kém phổ biến hơn, tạo điều kiện cho sự phát triển của các loại pin có hàm lượng coban thấp hoặc không chứa coban như LFP ⁴².

Tổng trữ lượng coban toàn cầu vào năm 2024 đạt khoảng 11 triệu tấn, trong đó Cộng hòa Dân chủ Congo (DRC) chiếm phần lớn với 6 triệu tấn (hơn 50%), tiếp theo là Australia (1,7 triệu tấn), Cuba (0,5 triệu tấn) và Indonesia (0,4 triệu tấn) (USGS, 2024; xem Hình 3.13). Mặc dù chỉ xếp thứ 32 về độ phổ biến trong số các kim loại trên thế giới, coban lại đóng vai trò quan trọng trong sản xuất pin, hợp kim, hóa chất, gốm sứ và hợp kim cứng, từ đó thúc đẩy nhu cầu sử dụng. Cơ quan Năng lượng Quốc

³⁸ Cheng, A.L., Fuchs, E.R.H., Karplus, V.J. et al. Electric vehicle battery chemistry affects supply chain disruption vulnerabilities. Nat Commun 15, 2143 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46418-1>.

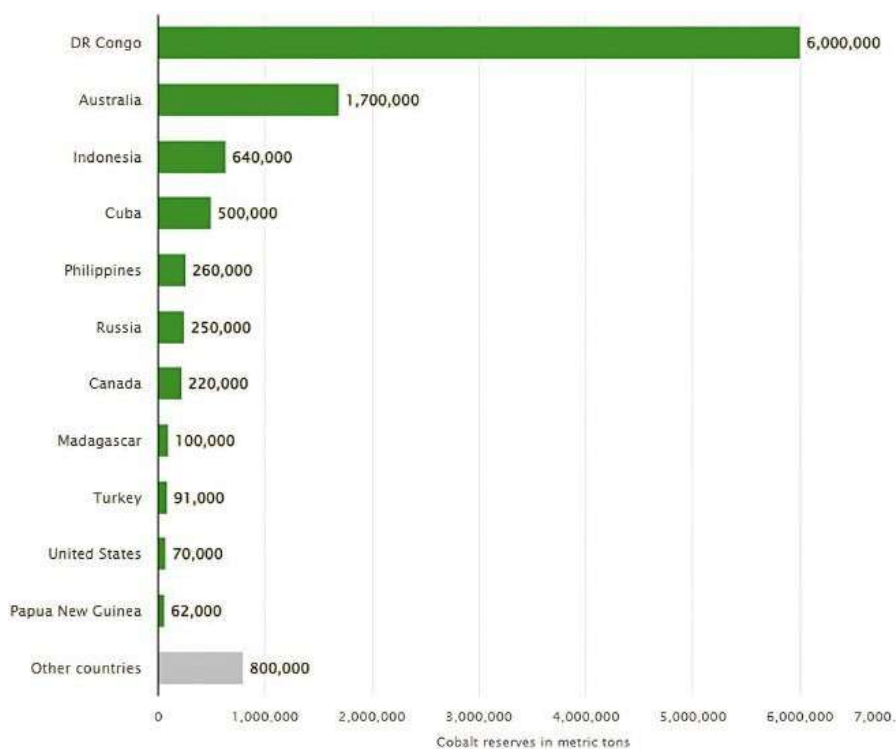
³⁹ McKinsey & Company (2023, January) Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>.

⁴⁰ Benchmark Minerals (2022, October) China's lithium ion battery supply chain dominance <https://source.benchmarkminerals.com/article/infographic-chinas-lithium-ion-battery-supply-chain-dominance>.

⁴¹ Benchmark Minerals (2022, November) DRC needs to improve "ESG" of cobalt to become key to climate crisis. <https://source.benchmarkminerals.com/article/drc-needs-to-improve-esg-of-cobalt-to-become-key-to-climate-crisis>

⁴² S&P Global Market Intelligence (2022, August) Battery-makers slash cobalt intensity in the face of accelerating demand. <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/newsinsights/latest-news-headlines/battery-makers-slash-cobalt-intensity-in-the-face-of-accelerating-demand-71813202>.

tế (IEA) dự báo nhu cầu coban cho lĩnh vực pin sẽ tăng mạnh, từ mức 70.000 tấn trong những năm gần đây lên 260.000 tấn vào năm 2040, qua đó đẩy giá coban tăng đáng kể. Tại Hoa Kỳ, mức tiêu thụ coban ước tính đạt 8.300 tấn vào năm 2023, chủ yếu phục vụ sản xuất siêu hợp kim (chiếm 50%), phần còn lại được sử dụng trong ngành hóa chất, gốm sứ và pin, chủ yếu thông qua nhập khẩu và tái chế vật liệu phế thải.



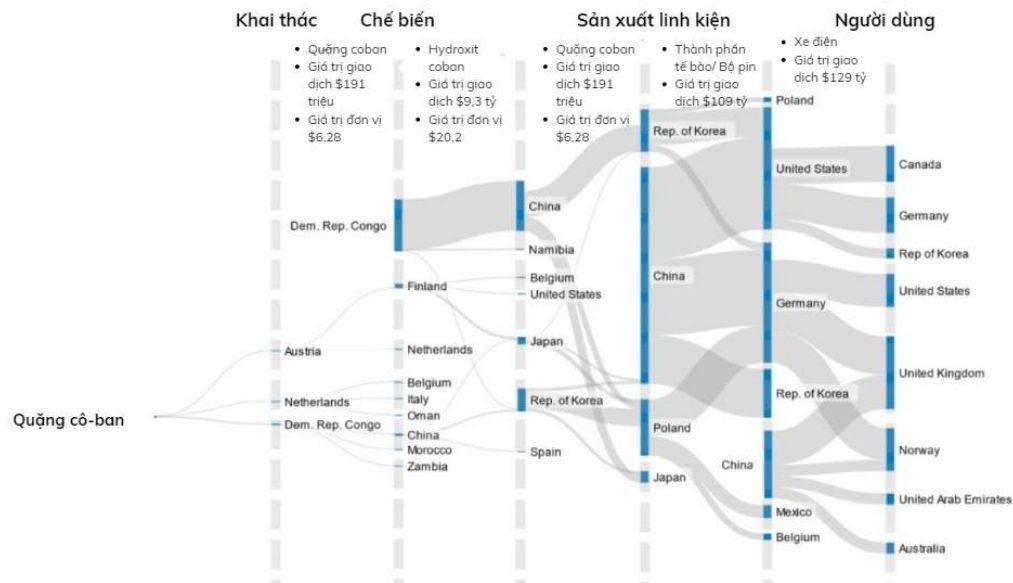
Hình 3-13. Trữ lượng coban trên toàn thế giới năm 2024 ⁴³

Quặng coban được tinh luyện thông qua các phương pháp nhiệt luyện và thủy luyện để tạo ra các sản phẩm trung gian như coban hydroxide, kim loại coban và các hợp chất hóa học khác, sau đó được chế biến tiếp thành coban sunfat phục vụ cho sản xuất cực dương pin, siêu hợp kim và nam châm. Cộng hòa Dân chủ Congo (DRC) chiếm ưu thế trong chuỗi thương mại toàn cầu, khi đóng góp 64% lượng coban hydroxide xuất khẩu toàn cầu vào năm 2022, trong đó 96% được xuất sang Trung Quốc để tiếp tục tinh luyện, gia tăng giá trị. Quá trình này đã nâng giá trị đơn vị từ 5,8 USD/kg ở giai đoạn khai thác lên 16,2 USD/kg sau tinh luyện (xem Hình 3.14) ⁴⁴. Ở giai đoạn sản xuất, thương mại coban được dẫn dắt bởi các quốc gia thuộc Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD), trong đó Trung Quốc xuất khẩu khoảng 49% tổng lượng vật liệu pin có chứa coban (dạng cực dương), tiếp theo là Hàn Quốc (31%) và Nhật Bản (9%). Ba Lan nổi lên như một nước nhập khẩu chính các vật liệu này từ Hàn Quốc, Nhật Bản và Trung Quốc, phản ánh rõ sự chuyên môn hóa theo khu vực. Ngoài ra, sự thống trị của một số ít tập đoàn lớn, trong đó 5 công ty hàng đầu chiếm tới 48% sản lượng coban toàn cầu ⁴⁵, càng cho thấy mức độ tập trung cao trong chuỗi cung ứng.

⁴³ <https://www.statista.com/statistics/270446/cobalt-producing-countries-distribution/>.

⁴⁴ UNCTAD calculations based on Comtrade 2022 data.

⁴⁵ UNCTAD calculations based on data from S&P Global Market Intelligence.



Hình 3-14. Dòng chảy thương mại coban dọc theo chuỗi giá trị xe điện, năm 2022 (Đô la Mỹ)

Lưu ý: Tính toán của UNCTAD dựa trên dữ liệu từ UN Comtrade. Lưu ý: Biểu đồ thể hiện thương mại giữa các quốc gia về mặt xuất khẩu và nhập khẩu, nhưng không cung cấp thông tin về sản xuất trong nước trong từng quốc gia. Dữ liệu thương mại được báo cáo theo Mã HS cấp 6 chữ số sau: 260500 (quặng coban và tinh quặng coban); 282200, 810520 (nguyên liệu thô đã qua chế biến và/hoặc tinh chế); 284190, 285390 (vật liệu catốt coban); và 850790, 850760 (linh kiện cell của pin và bộ pin); và 870240, 870360, 870370, 870380 (Xe điện và xe hybrid cắm điện).

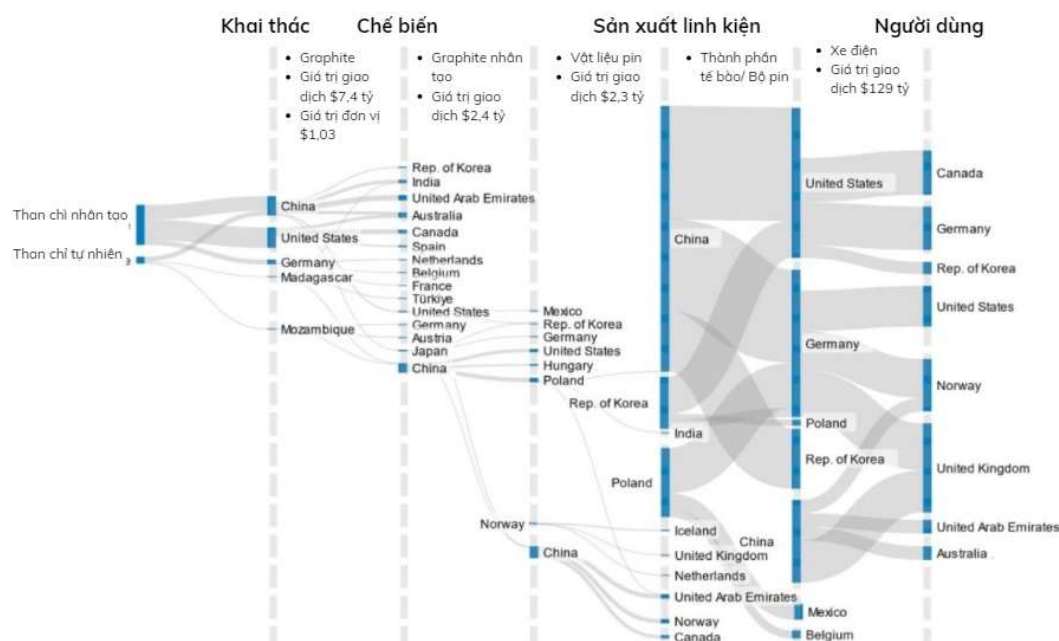
3.2.2.4. Graphite

Graphite là vật liệu cực âm được sử dụng phổ biến nhất trong pin lithium-ion (LIB) nhờ vào độ ổn định, khả năng dẫn điện và trọng lượng nhẹ, góp phần nâng cao hiệu suất tổng thể và khả năng lưu trữ năng lượng của pin. Graphite có thể được khai thác dưới dạng tự nhiên từ quặng hoặc sản xuất tổng hợp thông qua quá trình xử lý nhiệt chuyên sâu từ than cốc dầu mỏ, nhựa than đá hoặc dầu mỏ — vốn là lựa chọn phát thải carbon cao hơn⁴⁶. Graphite dạng vảy tự nhiên được ưa chuộng hơn vì độ tinh khiết cao, khả năng dẫn điện và dẫn nhiệt tốt hơn⁴⁷, chi phí hợp lý và lượng khí thải carbon thấp hơn. Trong khi đó, graphite tổng hợp lại vượt trội về khả năng tương thích với chất điện phân, tốc độ sạc nhanh hơn và tuổi thọ pin dài hơn⁴⁸.

⁴⁶ <https://source.benchmarkminerals.com/article/esg-of-graphite-how-do-synthetic-graphite-and-natural-graphite-compare>.

⁴⁷ <https://www.canadacarbon.com/synthetic-vs-natural-graphite#>.

⁴⁸ <https://www.fastmarkets.com/insights/synthetic-versus-natural-graphite-debate/>.



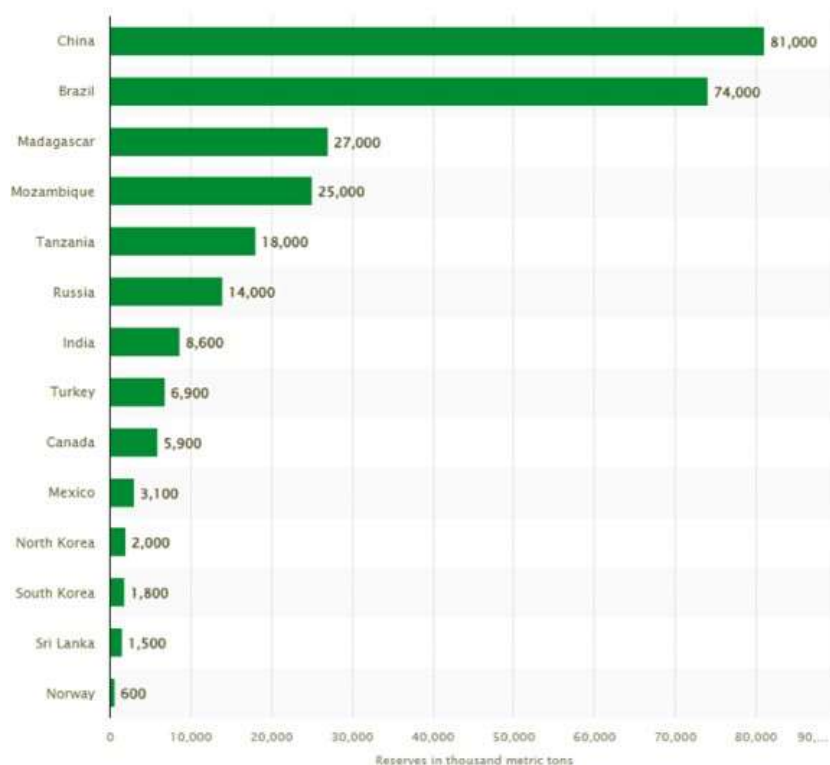
Hình 3-15. Dòng chảy thương mại than chì dọc theo chuỗi giá trị xe điện, năm 2022 (Đô la Mỹ) ⁴⁹.

Lưu ý: Biểu đồ thể hiện thương mại giữa các quốc gia về mặt xuất khẩu và nhập khẩu, nhưng không cung cấp thông tin về sản xuất trong nước trong từng quốc gia. Dữ liệu thương mại được báo cáo theo Mã HS cấp 6 chữ số sau: 250410 (vảy than chì) 271312, 270810, (nguyên liệu thô để sản xuất than chì nhân tạo); HS 380110 (than chì nhân tạo), HS 854519 (vật liệu catốt than chì); HS 850790, HS 850760 (linh kiện cell của pin và bộ pin); và 870240, 870360, 870370, 870380 (Xe điện và xe hybrid cắm điện)

Trung Quốc là quốc gia sản xuất graphite hàng đầu thế giới, chiếm 65% tổng sản lượng toàn cầu với 1,27 triệu tấn trên tổng số 1,6 triệu tấn vào năm 2023 ⁵⁰, theo sau là Madagascar với 100.000 tấn (USGS, 2024). Trung Quốc cũng sở hữu trữ lượng graphite tự nhiên lớn nhất, lên tới 81 triệu tấn, trong tổng trữ lượng toàn cầu là 125 triệu tấn, bên cạnh các nguồn đáng kể tại Brazil và Thổ Nhĩ Kỳ (xem Hình 3.15). Về thương mại, Trung Quốc dẫn đầu xuất khẩu graphite tự nhiên với 53% thị phần, tiếp theo là Mozambique (13%) và Madagascar (12%). Trong khi đó, xuất khẩu graphite tổng hợp lại do Hoa Kỳ (29%), Trung Quốc (21%) và Đức (7%) chi phối (UNCTAD, 2022; xem Hình 3.18). Sự kiểm soát của Trung Quốc còn mở rộng sang lĩnh vực xuất khẩu graphite tinh chế, đặc biệt ở các giai đoạn chế biến và sản xuất, nơi mà mức độ tập trung thương mại vẫn ở mức cao. Mặc dù graphite tổng hợp có thể thay thế graphite tự nhiên trong một số ứng dụng, mức độ đa dạng hóa chuỗi cung ứng của graphite vẫn bị hạn chế hơn so với lithium và coban.

⁴⁹ Technical note on critical minerals, Supply chains, trade flows and value addition, p.14

⁵⁰ <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>.



Hình 3-16. Trữ lượng than chì trên toàn thế giới

Thị trường graphite toàn cầu được định giá 23,7 tỷ USD vào năm 2022 và được dự báo sẽ đạt 38 tỷ USD vào năm 2028, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) đạt 8,01% trong giai đoạn 2023–2028, phản ánh nhu cầu ngày càng tăng từ ngành xe điện.

3.2.3. 3. Mangan

Quặng mangan thường được khai thác bằng phương pháp lộ thiên, trong đó một số loại quặng được nâng cấp chất lượng thông qua quá trình rửa và các hạt quặng nhỏ hơn được kết khối bằng phương pháp thiêu kết. Mặc dù đã có những nỗ lực trong việc khai thác các cục kết đa kim dưới đáy biển, nhưng phương pháp này vẫn chưa khả thi về mặt kinh tế so với các mỏ có hàm lượng cao trên đất liền. Mangan tinh khiết được sản xuất thông qua các quy trình thủy luyện và điện phân, trong khi ferromangan và silicomangan được luyện trong lò cao hoặc lò điện bằng cách khử các oxit mangan (MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4) thành MnO bằng khí carbon monoxide, sau đó tiếp tục khử thành kim loại ở nhiệt độ cao bằng carbon. Quá trình này trở nên phức tạp do sự hiện diện của các oxit tạp như silica – một hợp chất có tính axit có thể kết hợp với MnO và cản trở quá trình khử nếu không được trung hòa bằng các chất trợ dung có tính bazơ như vôi hoặc magiê, tuy nhiên điều này lại làm tăng lượng xỉ và giảm hiệu suất thu hồi kim loại. Tùy thuộc vào nhiệt độ luyện và độ axit của xỉ, silica cũng có thể bị khử thành silic và đi vào pha kim loại nóng chảy.

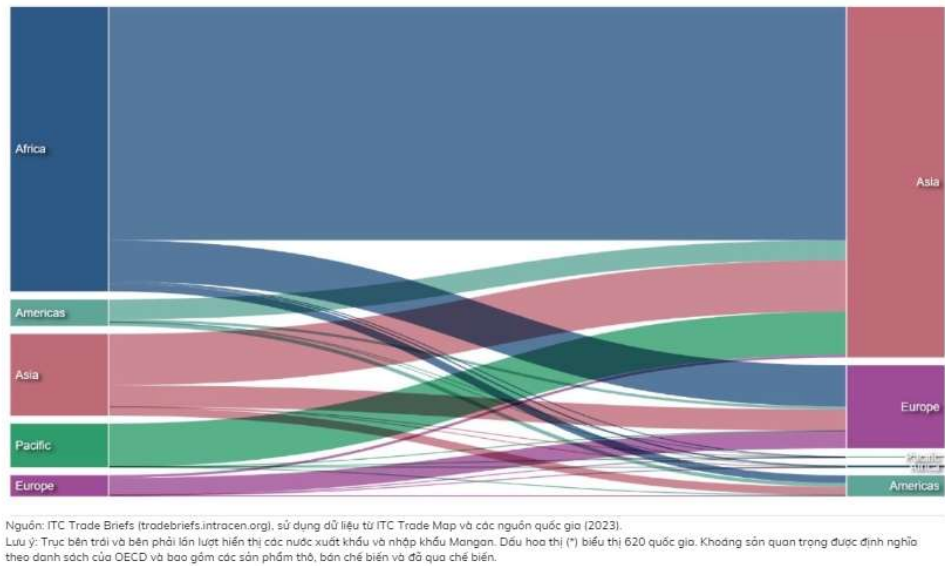
Bảng 3-3. Sản lượng khai thác mỏ thế giới (hàm lượng mangan) và trữ lượng (tấn)

STT	Đất nước/vùng	Sản lượng khai thác (tấn)		Trữ lượng (tấn)
		2022	2023	
1	Mỹ	-	-	-
2	Úc	3,040	3,000	500,000

3	Brazil	624	620	270,000
4	Burma	207	210	NA
5	Trung Quốc	743	740	280,000
6	Côte d'Ivoire	394	390	NA
7	Gabon	4,670	4,600	61,000
8	Georgia	166	160	NA
9	Ghana	844	840	13,000
10	Ấn Độ	721	720	34,000
11	Kazakhstan, concentrate	129	130	5,000
12	Malaysia	247	250	NA
13	Mexico	221	220	5,000
14	South Africa	7,300	7,200	600,000
15	Ukraine, concentrate	323	320	140,000
16	Việt Nam	155	160	NA
17	Các nước khác	325	330	Small
18	World total (rounded)	19,800	20,000	1,900,000

Sản lượng mangan toàn cầu đạt 20 triệu tấn vào năm 2023, dẫn đầu bởi Nam Phi (7,2 triệu tấn), Gabon (4,6 triệu tấn) và Úc (3 triệu tấn), với tổng trữ lượng đạt 1,9 tỷ tấn, trong đó chủ yếu tập trung tại Nam Phi (600 triệu tấn), Úc (500 triệu tấn) và Brazil (270 triệu tấn) (Bảng 3.3; USGS, 2024). Châu Phi – đặc biệt là Nam Phi, Gabon và Ghana – là khu vực xuất khẩu mangan lớn nhất, phù hợp với vị thế là nơi sở hữu trữ lượng mangan lớn nhất thế giới, đóng vai trò quan trọng trong các hoạt động kinh tế. Châu Á, đặc biệt là Trung Quốc, là khu vực nhập khẩu lớn nhất, sử dụng mangan trong sản xuất thép và pin lithium-ion (LIBs), với phần lớn lượng xuất khẩu từ châu Phi được chuyển đến đây. Châu Âu và châu Mỹ (Hoa Kỳ, Brazil) nhập khẩu khối lượng nhỏ hơn, chủ yếu phục vụ ngành công nghiệp thép. Hình 3.17 minh họa dòng chảy thương mại mangan toàn cầu, với trục trái thể hiện các khu vực xuất khẩu và trục phải thể hiện các khu vực nhập khẩu.

Các mô hình giao dịch khoáng sản quan trọng
Sản phẩm: Mangan



Hình 3-17. Luồng thương mại Mangan từ các nước xuất khẩu đến các nước nhập khẩu.

Hiện tại, Trung Quốc chiếm khoảng 90% công suất sản xuất mangan sunfat cao cấp toàn cầu, gây lo ngại về sự tập trung nguồn cung. Các dự án mới ở Úc, châu Âu, Indonesia và Hoa Kỳ đang nổi lên nhằm đa dạng hóa nguồn cung, với Úc đặt mục tiêu sản xuất 50.000 tấn mangan sunfat mỗi năm (IEA, 2024), nhằm giảm sự phụ thuộc vào Trung Quốc và đảm bảo một chuỗi cung ứng ổn định hơn.

3.2.3.4. Khai thác và tinh chế một số các vật liệu khác sử dụng trong pin

Các vật liệu khác như nhôm hoặc natri cũng được sử dụng với số lượng nhỏ trong pin thứ cấp, đó là trường hợp của NCA và SIB.

- **Phosphate Sắt (LFP):** Lithium iron phosphate (LiFePO₄), một vật liệu cathode quan trọng, được tổng hợp qua phương pháp kết tủa, trộn các nguồn sắt (ví dụ: FeSO₄, FeCl₃) với các nguồn photpho (ví dụ: H₃PO₄) để tạo ra FePO₄, sau đó thực hiện quá trình lithiation, nung chảy và phủ lớp. Phương pháp này đảm bảo dung lượng xả cao (141,4–166 mAh/g) tùy thuộc vào các điều kiện. LFP chiếm ưu thế tại Trung Quốc, với 71 nhà máy sản xuất 230 GWh vào năm 2023, đứng đầu là BYD và CATL (Bảng 3.4).

Bảng 3-4. Top 10 nhà sản xuất Lithium Iron Phosphate trên thế giới

Xếp hạng	Công ty	Nhà máy	Quốc gia	Hóa học	Công suất năm 2024
1	BYD Company Limited	Thâm Quyển	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
2	Ufine Battery (Guangdong Ufine New Energy Co., Ltd.)	Thượng Hải	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh

3	Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL)	Ninh Đức	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
4	LG Chem Ltd.	Seoul	Hàn Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
5	Panasonic Corporation	Osaka	Nhật Bản	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
6	Samsung SDI Co. Ltd	Yongin	Hàn Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
7	CALB (China Aviation Lithium Battery Co. Ltd.)	Lạc Dương	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
8	Lishen Battery	Thiên Tân	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
9	Farasis Energy (Ganzhou) Co. Ltd.	Cám Châu	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh
10	EVE Energy Co. Ltd.	Huệ Châu	Trung Quốc	LiFePO ₄ (EVs)	GWh

- **Nhôm:** Được sử dụng trong các cathode NCA để tăng cường độ ổn định, nhôm được lấy từ quặng bauxite, có nhiều ở Úc, châu Phi và Nam Mỹ. Chỉ 4% nhôm toàn cầu được sử dụng trong lưu trữ năng lượng, với việc tái chế cung cấp một phần ba nhu cầu. Công suất NCA đạt 66 GWh vào năm 2023, dự báo sẽ tăng lên 112 GWh vào năm 2028, tăng 70% (Bảng 3.5).

Bảng 3-5. Năng lực NCA hiện tại và dự báo đến năm 2028

Xếp hạng	Công ty	Nhà máy	Hóa học	Công suất 2023	Công suất 2028
1	Tesla	Nevada, US	NCA cho EVs	35GWh	35GWh
2	CATL	Cheiwian, China	NCA cho EVs	8GWh	32GWh
3	Panasonic	Suminoe, Japan	NCA cho EVs	7GWh	10GWh
4	Panasonic	Suminoe, Japan	NCA cho 3Cs	5GWh	5GWh
5	BAK	Trịnh Châu, China	NCA cho EVs	5GWh	5GWh
6	Tesson New Energy	Lushui, China	NCA cho EVs	3GWh	5GWh
7	Samsung SDI	Thiên Tân, China	NCA cho EVs	2GWh	3GWh
8	Sunpower	Taixing, China	NCA cho EVs	1.2GWh	2GWh
9	Tenpower	Zhangjiagang, China	NCA cho 3Cs	1.1GWh	1.1GWh
10	SVOLT	Hồ Châu, China	NCA cho EVs	1.0GWh	15GWh
11	Panasonic	Tokushima, Japan	NCA cho 3Cs	0.6GWh	0.6GWh

- **Muối natri:** Các pin natri-ion (SIBs) sử dụng muối natri như NaCl và Na₂CO₃, có nhiều trong vỏ trái đất và đại dương, cho các cathode (Bảng 3.10). Công suất SIB đạt 5,3 GWh vào năm 2023, chủ yếu tại Trung Quốc phục vụ hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS), với kế hoạch đạt 143 GWh vào năm 2028 (Bảng 3.6), nhờ vào hiệu quả chi phí và sự sẵn có của vật liệu.

Bảng 3-6. Các nhà máy pin ion Natri trên toàn cầu

Thứ hạng	Công ty	Nhà máy	Quốc gia	Hóa học	Công suất 2023
1	CATL	Ningde, Fujian	Trung Quốc	Na cho EV	2 GWh
2	HiNa Battery	Zhongguancun	Trung Quốc	Na cho ESS	1 GWh
3	ET Energy	Chengdu	Trung Quốc	Na cho ESS	1 GWh
4	NGK Insulators	Nagoya	Nhật Bản	Na cho ESS	0.3 GWh
5	Jiangsu Highstar	Qidong	Trung Quốc	Na cho ESS	0.2 GWh
6	AMTE Power	Thurso	Anh	Na cho 3Cs	0.2 GWh
7	Beijing Xuexiong Technology	Beijing	Trung Quốc	Na	0.1 GWh
8	Zoolnasm	Zoolnasm	Trung Quốc	Na cho ESS	0.1 GWh
9	Exliporc New Energy	Shenzhen	Trung Quốc	Na cho 3Cs	0.1 GWh
10	Hakadi	Shenzhen	Trung Quốc	Na cho 3Cs	0.1 GWh
11	Tiamat	Amiens	Pháp	Na cho 3Cs	0.1 GWh
12	Altris	Uppsala	Thụy Điển	Na cho ESS	0.1 GWh

3.2.4. Định hướng chính sách và quy định về khai thác khoáng sản

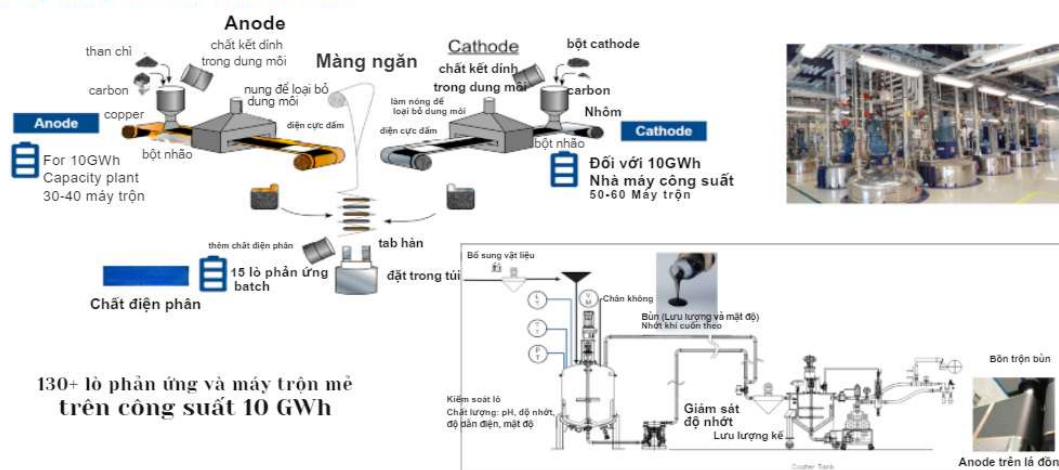
Chuỗi cung ứng pin đối mặt với nhiều thách thức lớn do sự tập trung địa lý của nguyên liệu thô và quy trình chế biến, cộng thêm các rủi ro về chính trị và đạo đức. Khoảng 40% trữ lượng khoáng sản quan trọng nằm ở các khu vực bị ảnh hưởng bởi xung đột và có nguy cơ cao (CAHRAs), theo định nghĩa của OECD, với EU xác định 28 quốc gia như vậy vào năm 2023 (ví dụ: Cộng hòa Dân chủ Congo cho cobalt, một số khu vực ở châu Phi cho mangan). Quá trình chế biến còn tập trung hơn, với Trung Quốc chế biến 35% nickel, 50-70% lithium và cobalt, 100% graphite hình cầu, và 69% graphite nhân tạo. Năm công ty—Albemarle, Ganfeng Lithium, Tianqi Lithium, SQM và Livent—kiểm soát 75% sản xuất lithium carbonate/hydroxide, làm tăng rủi ro về nguồn cung. Sự thống trị của Trung Quốc kéo dài qua các khoản đầu tư nước ngoài, chế biến 60% spodumene của Úc và 75% cobalt của Cộng hòa Dân chủ Congo, được hỗ trợ bởi các công ty như Chengxin Lithium và Zhejiang Huayou Cobalt. Mangan, mặc dù phân bố rộng rãi, lại gặp phải điểm nghẽn khi Trung Quốc kiểm soát 90% sản xuất mangan sunfat cao cấp, một yếu tố quan trọng cho LIBs.

Các chính phủ đang phản ứng bằng cách triển khai các chính sách nhằm đảm bảo nguồn cung bền vững và giảm thiểu các rủi ro này. Luật Khoáng sản Quan trọng của EU (2023) đặt mục tiêu chiếm 10% công suất sản xuất toàn cầu vào năm 2030 thông qua việc tích trữ chiến lược và chế biến nội địa, trong khi Đạo luật Giảm phát của Hoa Kỳ (2022) cung cấp 7 tỷ USD tín dụng thuế cho các dự án khai thác. Chiến lược Khoáng sản Quan trọng của Úc (2023) dành 570 triệu USD để mở rộng sản xuất lithium và nickel, và Chiến lược Khoáng sản Quan trọng của Canada (2022) đầu tư 3,8 tỷ USD vào các kim loại đất hiếm và kim loại cho pin, nhấn mạnh các quan hệ đối tác với cộng đồng bản địa. Bộ theo dõi Chính sách Khoáng sản Quan trọng của IEA (2024) xác định gần 200 chính sách, với hơn 100 chính sách được thông qua từ năm 2020, thường liên quan đến các hạn chế thương mại. Lệnh cấm xuất khẩu nickel thô của Indonesia năm 2020, mở rộng sang bauxite vào năm 2023, đã thúc đẩy các khoản đầu tư chế biến trong nước trị giá 12 tỷ USD, trong khi các hạn chế tương tự của Namibia và Zimbabwe từ năm 2019 đã tăng gấp năm lần lệnh cấm xuất khẩu kể từ năm 2009, nhằm giữ lại lợi ích kinh tế và đa dạng hóa chuỗi cung ứng. Tuy nhiên, những biện pháp này tạo ra căng thẳng với các quốc gia nhập khẩu, dẫn đến các thỏa thuận như Thỏa thuận Khoáng sản EU-Indonesia (2023) để cân bằng quyền tiếp cận và nguồn gốc đạo đức.

Các nỗ lực đa dạng hóa đang tăng tốc để giảm sự phụ thuộc vào các chuỗi cung ứng tập trung, đặc biệt là sự thống trị của Trung Quốc. Úc đặt mục tiêu sản xuất 50.000 tấn mangan sunfat mỗi năm, châu Âu đã triển khai một sáng kiến chế biến trị giá 2 tỷ USD (2024), và Hoa Kỳ hỗ trợ các dự án như nhà máy lithium trị giá 1 tỷ USD của Tesla ở Texas và khoản đầu tư 69 triệu USD của GM vào Queensland Pacific Metals để sản xuất nickel và cobalt. Hướng dẫn Thảm định Cẩn thận của OECD (2023) ảnh hưởng đến 70% các dự án khai thác mới, yêu cầu áp dụng các khuôn khổ minh bạch ở các khu vực CAHRAs, giải quyết các vấn đề đạo đức như lao động trẻ em tại Cộng hòa Dân chủ Congo. Mặc dù có tiến triển, việc mở rộng các sáng kiến này đối mặt với thách thức về cơ sở hạ tầng và tài chính, đặc biệt là ở các khu vực không truyền thống, nhấn mạnh sự cần thiết phải hợp tác toàn cầu để đảm bảo chuỗi cung ứng pin bền vững.

3.3. Trung nguồn (Midstream): Sản xuất vật liệu pin

Tổng quan quá trình trung nguồn



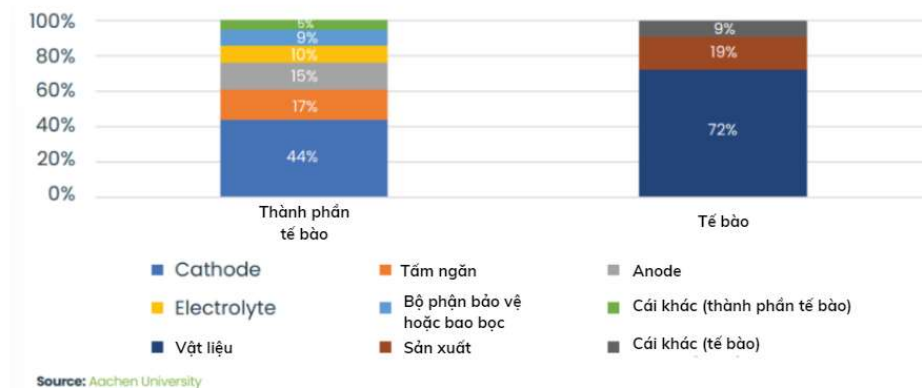
Hình 3-18. Giai đoạn trung nguồn của chuỗi cung ứng pin ⁵¹

Giai đoạn trung gian của chuỗi cung ứng pin tập trung vào việc sản xuất các thành phần quan trọng—cực điện (cực dương và cực âm), chất điện giải, bộ phân cách và các vật liệu khác—tạo thành lõi của các tế bào pin. Giai đoạn này đóng vai trò then chốt trong việc xác định hiệu suất, chi phí và khả năng mở rộng của pin, ảnh hưởng trực tiếp đến tính khả thi về giá cả và việc áp dụng xe điện (EVs).

3.3.1. Tổng quan ngành chế biến vật liệu pin

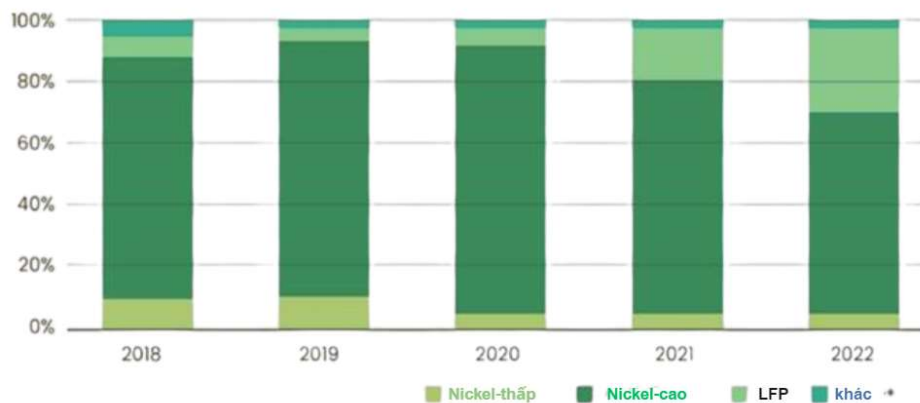
Việc sản xuất các thành phần của pin bao gồm việc sản xuất các bộ phận thiết yếu của một viên pin: cực âm (cực dương), cực dương (cực âm), dung dịch điện giải, bộ phân cách và vỏ pin. Lựa chọn vật liệu cho các thành phần này xác định hóa học của pin, chẳng hạn như pin chì-axit hoặc lithium-ion (Li-ion), mỗi loại mang lại các đặc tính hiệu suất khác nhau. Các tế bào pin chiếm 77% chi phí của một bộ pin trung bình, khiến việc sản xuất chúng trở thành yếu tố quyết định khả năng chi trả của xe điện (EV) (Hình 3.19). Việc giảm chi phí phụ thuộc vào việc tối ưu hóa vật liệu thành phần, mở rộng sản xuất và cải tiến quy trình chế tạo.

⁵¹ Improving Quality in Midstream Lithium Production by Michael Machuca, Sung Heon Lee



Hình 3-19. Tỷ lệ chi phí thành phần cell và sản xuất cell pin ⁵²

Pin Li-ion chiếm ưu thế trong thị trường xe điện (EV) nhờ vào mật độ năng lượng vượt trội, tuổi thọ dài và tính linh hoạt. Chúng bao gồm nhiều loại hóa học khác nhau, chủ yếu là các loại dựa trên nickel (ví dụ: NMC, NCA) và LFP, mỗi loại được điều chỉnh để phục vụ nhu cầu cụ thể. Các hóa học chứa nhiều nickel như NMC811 (80% nickel, 10% mangan, 10% cobalt) chiếm 60% thị phần vào năm 2022, do nhu cầu về xe điện có phạm vi di chuyển xa hơn, sạc nhanh hơn và hiệu suất tốt hơn trong điều kiện thời tiết lạnh (S&P Global, 2023). Ngược lại, pin LFP, chiếm 30% thị phần vào năm 2022, được ưa chuộng nhờ chi phí thấp hơn, tuổi thọ dài hơn và giảm sự phụ thuộc vào các vật liệu hiếm như nickel và cobalt (Hình 3.20) ⁵³. Trung Quốc sản xuất 90% pin LFP toàn cầu, tận dụng những sáng tạo như định dạng pin blade của BYD, giúp tăng mật độ năng lượng lên 50% so với các tế bào LFP hình trụ, giúp mở rộng khả năng áp dụng trong các xe điện thị trường đại chúng ⁵⁴.



Hình 3-20. Dung lượng pin xe điện hạng nhẹ theo hóa học, 2018-2022 ⁵⁵.

Lưu ý: Các loại khác bao gồm pin Li-ion thế hệ trước, lithium mangan oxit (LMO) và lithium coban oxit (LCO). LMO đã được sử dụng trong bộ pin Nissan Leaf thế hệ đầu tiên và hiện nay là một số thiết bị điện tử tiêu dùng. LCO là hóa chất Li-ion đầu tiên được Sony thương mại hóa vào năm 1982, hiện chủ yếu được sử dụng trong ngành công nghiệp điện tử tiêu dùng và công cụ điện.

⁵² GFI-Battery-Handbook, Green Finance Institute, Guide to Investing in the EV Battery Supply Chain.

⁵³ Benchmark Minerals (2023, February) The rise of LFP batteries outside of China.

<https://source.benchmarkminerals.com/article/the-rise-of-lfp-batteries-outside-of-china>.

⁵⁴ Inside EVS (2022, June) Report: 'The West Needs to Build LFP Battery Capacity'.

<https://insideevs.com/news/559579/westneeds-lfp-battery-capacity/>.

⁵⁵ <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-batteries>

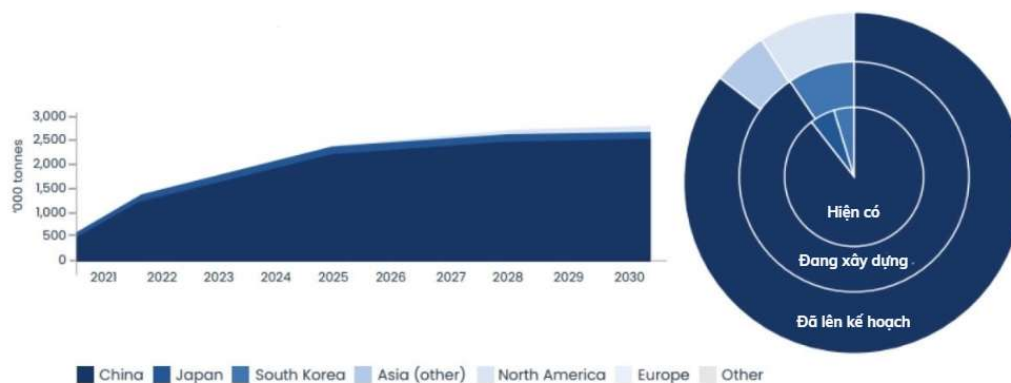
Các nhà sản xuất ô tô ngày càng điều chỉnh hóa học của pin phù hợp với các phân khúc xe, sử dụng pin chứa nhiều nickel cho các mẫu xe cao cấp và LFP cho các mẫu xe giá cả phải chăng, xu hướng này dự kiến sẽ tiếp tục khi sự đa dạng hóa ngày càng tăng. Pin natri-ion (Na-ion) mới nổi, hiện chỉ được sản xuất thương mại tại Trung Quốc, cung cấp một lựa chọn không chứa lithium với chi phí vật liệu thấp hơn nhưng chiếm thị phần rất nhỏ do giai đoạn phát triển còn non trẻ và mật độ năng lượng thấp hơn⁵⁶. Các công ty như Faradion tại Vương quốc Anh đang thúc đẩy công nghệ Na-ion, cho thấy tiềm năng mở rộng việc áp dụng rộng rãi hơn⁵⁷.

3.3.2. Vật liệu anode

Điện cực âm trong pin được gọi là anode. Vật liệu hoạt động anode thường được làm từ graphite. Các cell có mật độ năng lượng cao hơn có xu hướng pha trộn silic (oxit silic) vào anode để tăng mật độ năng lượng. Trong khi silic cho khả năng lưu trữ rất cao, nó giãn nở và co lại đáng kể khi sạc và xả, do đó chỉ có thể chịu được một lượng nhỏ trước khi tuổi thọ của cell bị ảnh hưởng xấu. Giống như cathode, điện cực anode được sản xuất bằng cách trộn vật liệu hoạt động thành bùn, phủ, sấy khô và cán lịch. Graphite nguyên liệu vẫn rất quan trọng đối với quá trình chuyển đổi EV (đặc biệt là vì nó chiếm 45% khối lượng nguyên liệu thô được sử dụng trong cell pin).

3.3.2.1. Năng lực và phát triển

Trung Quốc cũng chiếm ưu thế trong sản xuất anode - nước này chịu trách nhiệm sản xuất 91% sản lượng anode toàn cầu, trong đó châu Âu là nơi thiếu hụt nhiều nhất (Hình 3.28). Đến năm 2031, nguồn cung anode của châu Âu dự kiến chỉ đáp ứng được 3,9% nhu cầu⁵⁸, và Bắc Mỹ chỉ đáp ứng được 3,4%, tạo ra cơ hội cho các nhà đầu tư mới gia nhập thị trường⁵⁹.



Hình 3-21. Sản lượng anode theo khu vực⁶⁰

Thị trường vật liệu cực âm toàn cầu, có giá trị 2,06 tỷ USD vào năm 2023, dự báo sẽ tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) đạt 8,9% đến năm 2030, được thúc đẩy bởi nhu cầu từ xe điện và lưu trữ năng lượng.

⁵⁶ Faridion (Sodium-ion cell manufacturer. <https://faradion.co.uk/>).

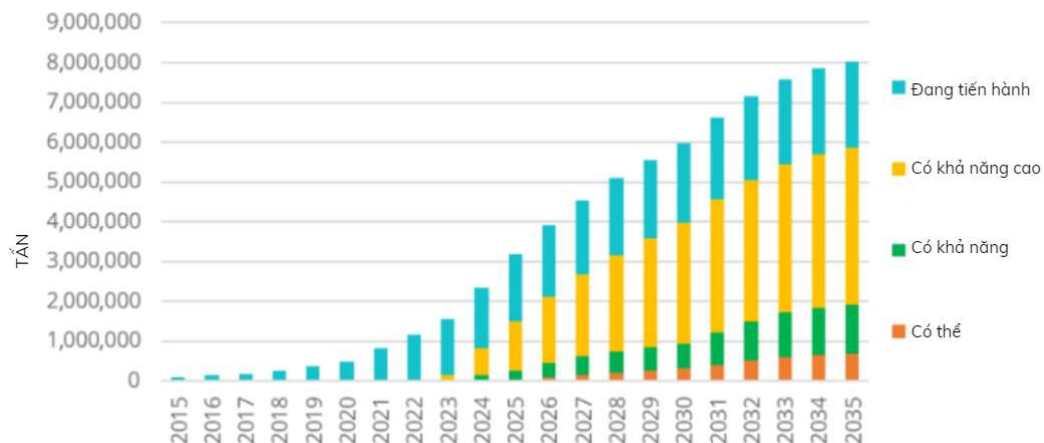
⁵⁷ IEA (2023, April) Global EV Outlook 2023. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf>.

⁵⁸ Benchmark Minerals (2023, January) Europe faces cathode and anode shortage in drive to EVs. <https://source.benchmarkminerals.com/article/europe-faces-cathode-and-anode-shortage-in-drive-to-evs>.

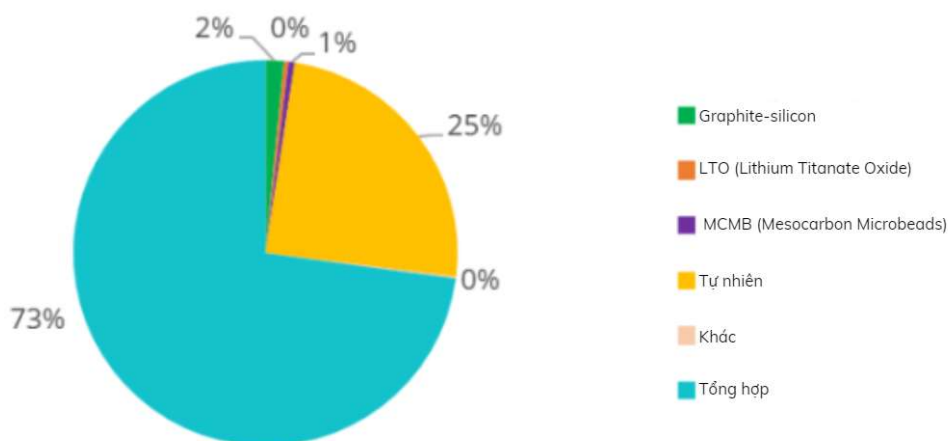
⁵⁹ Benchmark Minerals (2022, November) Can North America build a battery supply chain? <https://source.benchmarkminerals.com/article/can-northamerica-build-a-battery-supply-chain>.

⁶⁰ GFI-Battery, p.36.

Tổng công suất cực âm đạt 1.550.000 tấn vào năm 2023, với khả năng tăng gấp đôi vào năm 2028, phù hợp với sự tăng trưởng nhu cầu tế bào pin (xem Hình 3.22). Graphite tổng hợp, mặc dù có chi phí cao hơn, chiếm ưu thế với 75% công suất nhờ vào khả năng tương thích và hiệu suất vượt trội, trong khi graphite tự nhiên mang lại lượng khí thải thấp hơn (xem Hình 3.23). Trong thập kỷ tới, sản xuất cực âm dự báo sẽ tăng gấp năm lần, phản ánh sự mở rộng của ngành xe điện.



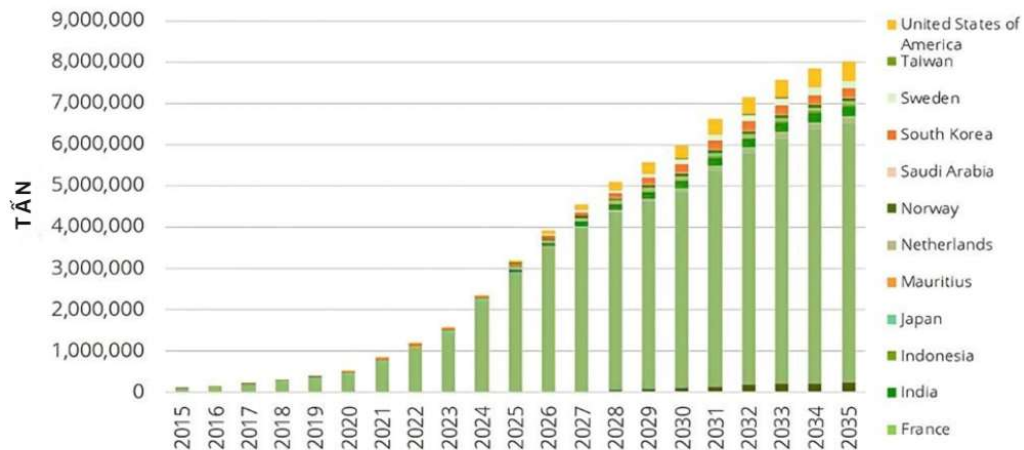
Hình 3-22. Năng suất anode theo trạng thái. Nguồn: SC Insights



Hình 3-23. Công suất anode theo từng phân đoạn (2024). Nguồn: SC Insights

3.3.2.2. Địa lý

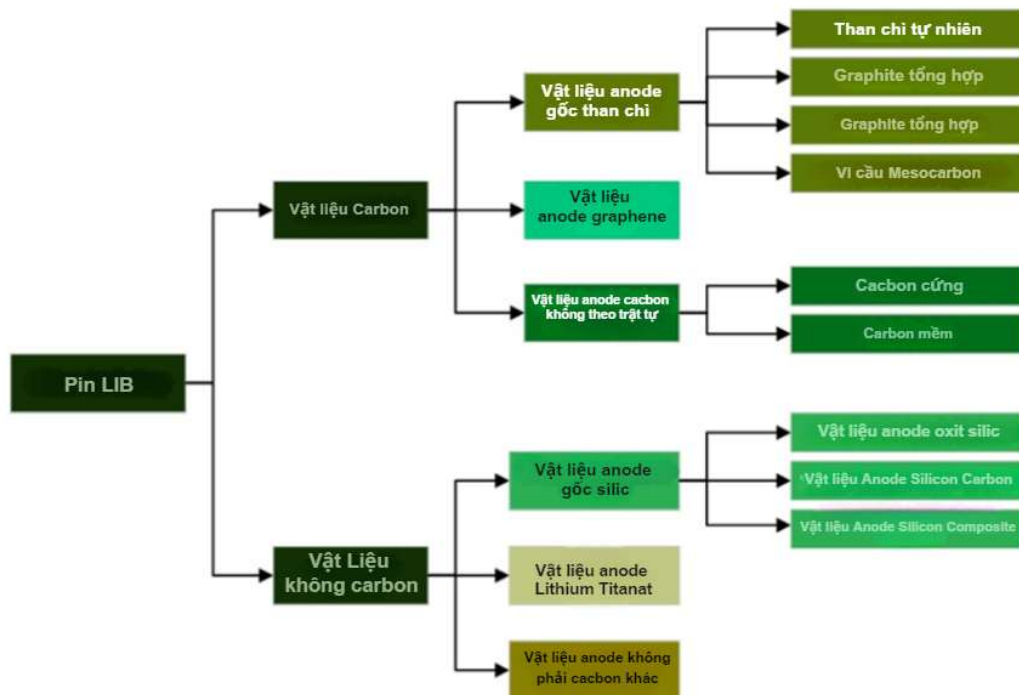
Khu vực châu Á – Thái Bình Dương, dẫn đầu bởi Trung Quốc (chiếm 43,6% doanh thu khu vực), chiếm 35,6% doanh thu thị trường cực âm toàn cầu vào năm 2023, nhờ vào quá trình công nghiệp hóa nhanh chóng và các chính sách thuận lợi như Kế hoạch Ô tô 2026 của Ấn Độ, với mục tiêu tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) đạt 9,6%. Sự thống trị của Trung Quốc đến từ chi phí lao động thấp, các ưu đãi thuế và các quy định lỏng lẻo, thu hút các nhà sản xuất trong ngành ô tô và điện tử. Ngược lại, Bắc Mỹ và châu Âu đang đối mặt với các hạn chế về nguồn cung. Thị trường Hoa Kỳ tăng trưởng nhờ vào việc áp dụng xe điện, trong khi nhu cầu tại châu Âu, được thúc đẩy bởi ngành ô tô của Đức (CAGR 8,7%), vẫn chưa được đáp ứng đầy đủ. Đến năm 2035, công suất cực âm toàn cầu sẽ vẫn tập trung chủ yếu ở Trung Quốc, trong khi Hoa Kỳ, châu Âu, Ấn Độ và Indonesia chỉ đóng góp 20% công suất mới (xem Hình 3.24).



Hình 3-24. Công suất Anode toàn cầu. Nguồn: SC Insight

3.3.2.3. Hóa chất

Cực âm được phân loại thành hai nhóm: vật liệu dựa trên carbon (ví dụ: graphite tự nhiên/tổng hợp, carbon cứng/mềm) và vật liệu không dựa trên carbon (ví dụ: silicon, lithium titanate) (xem Hình 3.27). Graphite chiếm ưu thế nhờ công nghệ phát triển lâu dài và tính hiệu quả về chi phí, mặc dù silicon-carbon mang lại khả năng lý thuyết cao hơn (xem Bảng 3.12). Các đổi mới như graphene và carbon cứng nhằm cải thiện tuổi thọ chu kỳ và hiệu quả sạc, nhưng vẫn còn những thách thức như sự mở rộng của silicon và chi phí cao.



Hình 3-25. Sản phẩm vật liệu anode chính thống ⁶¹.

Bảng 3.7. so sánh các đặc tính hiệu suất của các vật liệu anot khác nhau

⁶¹ <https://www.goldendragoncapital.com/anode-material-market-research-report?>

Bảng 3-7. So sánh hiệu suất của các vật liệu anode khác nhau

Chỉ số hiệu suất	Graphite tự nhiên	Graphite tổng hợp	Carbon mềm	Carbon cứng	Graphene	Lithium Titanate	Silicon Carbon
Dung lượng riêng (mAh/g)	340-370	310-370	250-300	350-400	400-600	165-175	4200
Dung lượng sạc nhanh (%)	90-93	90-96	80-85	80-85	30	/	84
Mật độ tiếp xúc (g/cm ³)	0.8-1.2	0.8-1.1	0.7-1.0	0.7-1.0	1.5-2.0	0.6-1.1	-
Mật độ nén (g/cm ³)	1.6-1.85	1.5-1.8	1.35-1.5	1.35-1.5	1.8-2.3	0.9-1.6	-
Điện áp làm việc (V)	0.2	0.2	0.52	0.52	0.5	1.55	0.3-0.5
Tuổi thọ chu kỳ (lần)	>1000	>1500	>1000	>1500	10	>30000	300-500
Độ an toàn	Tạm ổn	Xuất sắc	Xuất sắc	Xuất sắc	Xuất sắc	Vượt trội	Tốt
Hiệu suất sạc	Tạm ổn	Tạm ổn	Xuất sắc	Xuất sắc	Kém	Tốt	Tốt
Hiệu suất tốc độ	Kém	Xuất sắc	Vượt trội	Vượt trội	Kém	Vượt trội	Tạm ổn
Ưu điểm	Công nghệ đã trưởng thành, quy trình hỗ trợ chi phí thấp	Công nghệ hỗ trợ đã hoàn thiện, hiệu suất chu kỳ tốt.	Hiệu suất sạc và xả cao, tuổi thọ chu kỳ tốt.	Cấu trúc ổn định, tuổi thọ chu kỳ dài khi sạc và xả.		Hiệu suất cao ở nhiệt độ thấp và cao, hiệu suất an toàn vượt trội.	Năng lượng riêng lý thuyết cao hơn.
Nhược điểm	Dung lượng riêng đã đạt giới hạn; hiệu suất chu kỳ và tốc độ kém.	Năng lượng riêng thấp, hiệu suất tốc độ kém, hiệu suất an toàn kém.	Hiệu suất sạc ban đầu thấp, dung lượng sạc giảm nhanh, tốc độ tiêu hao cao.	Độ ổn định chu kỳ kém, xảy ra sự trễ điện áp nghiêm trọng		Công nghệ chưa hoàn thiện, chi phí cao, mật độ năng lượng thấp.	Công nghệ và quy trình hỗ trợ chưa trưởng thành; chi phí cao; biến dạng pin khi sạc và xả.

3.3.2.4. Mã HS

Thương mại anode được theo dõi thông qua mã HS, bao gồm graphite tự nhiên (HS 250410) và graphite nhân tạo (HS 380110) dưới các dạng khác nhau (xem Bảng 3.13).

Bảng 3-8. Mã HS của anode

Nguồn	Mã số	Mô tả	Chuỗi cung ứng LIB	Sản phẩm hoàn chỉnh	Ghi chú
HS	250410	Graphite tự nhiên	Nguyên liệu Anode	Cả hai	Bột hoặc vảy
HS	25041010	Graphite tự nhiên	Anode	Có	Bột hoặc vảy, tinh thể
HS	25041020	Graphite tự nhiên	Anode	Không	Vô định hình
HS	25041090	Graphite tự nhiên	Anode	Cả hai	Được phân loại là khác
HS	25041091	Graphite tự nhiên	Anode	Có	Hình cầu
HS	25049010	Graphite tự nhiên (dạng bột hoặc vảy)	Anode	Có	Vi phân
HS	25049090	Graphite tự nhiên (dạng bột hoặc vảy)	Anode	Cả hai	Được phân loại là khác
HS	380110	Graphite nhân tạo	Anode	Có	Tấm, que, bột và các dạng khác
HS	38012000	Graphite nhân tạo	Liên quan	Không	Graphite keo hoặc bán keo
HS	38013000	Graphite nhân tạo	Liên quan	Không	Bột carbonaceous
HS	38019000	Graphite nhân tạo	Liên quan	Không	Khác

3.3.3. Vật liệu (Cathode materials)

Điện cực dương trong pin được gọi là cathode, đây phần quan trọng của một cell pin lithium-ion. Thành phần này không chỉ quyết định tính chất hóa học của cell mà còn quyết định chi phí và hiệu suất thiết yếu. Các pin Li-ion đầu tiên sử dụng lithium cobalt oxide (LCO), hiện chỉ còn được sử dụng trong các thiết bị điện tử do vấn đề an toàn. Các pin xe điện hiện đại ưa chuộng các hóa học niken-mangan-coban (NMC) và lithium iron phosphate (LFP). Vật liệu hoạt tính cực dương (CAM) là các bột rắn, chất lượng của chúng — bao gồm thành phần hóa học, kích thước hạt và độ tinh khiết — ảnh hưởng đến tuổi thọ chu kỳ và mật độ năng lượng, điều này rất quan trọng đối với phạm vi hoạt động

của xe điện. CAM được trộn với chất kết dính, dung môi và phụ gia (ví dụ: carbon đen) thành một hỗn hợp, sau đó được phủ lên màng nhôm, sấy khô và ép thành lớp mỏng để tạo thành cực dương.

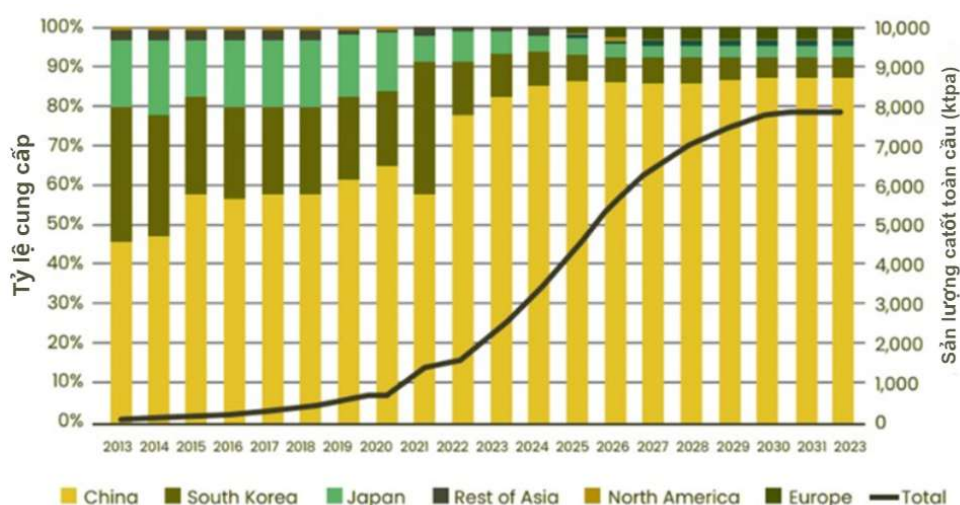
3.3.3.1. Năng lực, phát triển và địa lý: Sản xuất cathode toàn cầu

Sản xuất cathode, một yếu tố quan trọng trong sản xuất pin lithium-ion, đang trải qua một sự thay đổi lớn khi nhu cầu toàn cầu về xe điện tăng mạnh. Vào năm 2023, Trung Quốc chiếm ưu thế trong sản xuất cực dương, sở hữu 79% công suất toàn cầu, dự báo sẽ tăng lên 87% vào năm 2030, phản ánh tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) mạnh mẽ 10,3%. Sự tăng trưởng này, từ mức 66% vào năm 2018, làm nổi bật lợi thế cạnh tranh của Trung Quốc. Hàn Quốc (14%) và Nhật Bản (5%) đứng ở vị trí tiếp theo, cùng với Trung Quốc nắm giữ 98% công suất toàn cầu, mặc dù sự tăng trưởng của họ chậm lại — Hàn Quốc có CAGR là 3,7% và Nhật Bản là 5,7% (xem Bảng 3.9) ⁶².

Bảng 3-9. Phát triển năng lực catốt toàn cầu trong 10 năm tới

Thứ hạng	Đất nước	Thị phần công suất toàn cầu	Công suất (tấn)			CAGR 10 năm (%)
			2023	2028	2033	
1	Trung Quốc	79%	2,871,800	6,390,100	7,634,100	10.3%
2	Hàn Quốc	14%	515,900	715,400	742,200	3.7%
3	Nhật Bản	5%	195,930	325,930	340,430	5.7%
4	Ba Lan	0.6%	20,000	105,000	245,000	28.5%
5	Đức	0.4%	15,450	130,300	130,300	23.8%
	Các nước khác	0.6%	20,405	2,829,700	3,295,900	66.3%
	Tổng	100%	3,639,485	10,496,430	12,387,930	13.0%

⁶² Benchmark Minerals (2022, September) China's stronghold grip on cathodes set to near 90% by 2030. <https://source.benchmarkminerals.com/article/chinasstronghold-grip-on-cathodes-set-to-near-90-by-2030>.



Hình 3-26. Nguồn cung cấp Cathode theo quốc gia/khu vực ⁶³.

Thị trường cathode của Trung Quốc rất đa dạng và năng động. Thay vì bị chi phối bởi một vài người chơi chủ chốt, thị trường này bao gồm gần 100 nhà sản xuất có thể truy vết, những người đã làm chủ được quy trình sản xuất không chỉ LFP mà còn cả các vật liệu NMC. Bảng 3.10 dưới đây liệt kê mười nhà sản xuất cathode lớn nhất ở Trung Quốc, làm nổi bật công suất ấn tượng mà mỗi nhà sản xuất đang triển khai, cũng như số lượng cơ sở có khả năng sản xuất cả các tiền chất NCM và CAM:

Bảng 3-10. Các nhà sản xuất vật liệu cathode của Trung Quốc và năng lực sản xuất trong năm 2023 và 2028

Thứ hạng	Công ty	Nhà máy	Hóa học	Công suất 2023 (tấn)	Công suất 2028 (tấn)
1	Dynanonic	Thâm Quyển	LFP	265.000	265.000
2	GEM	Một số	NCM-LFP	170.000	170.000
3	Yuneng New Energy	Một số	LFP	117.000	132.000
4	Shanshan	Một số	NCM	115.000	147.500
5	Gotion	Quốc Tuyền	LFP	110.000	150.000
6	Xiamen Tungsten	Ninh Đức	LFP	95.000	140.000
7	BTR	Một số	NCM	90.000	102.000
8	Ronbay	Một số	NCM	90.000	135.000
9	B&M	Một số	NCM	78.000	155.000
10	Huayou Cobalt	Một số	LFP-LCO-NCM	70.000	130.000

Thị trường cực dương của Hàn Quốc tập trung vào bảy công ty lớn (xem Bảng 3.11), trong đó Umicore, LG Chem và Ecopro mỗi công ty đều có công suất sản xuất vượt quá 100.000 tấn vào năm 2023. Posco là một công ty đáng chú ý với sự tích hợp ngược dòng, bao gồm cả khai thác và tinh luyện lithium, và dự kiến sẽ

⁶³ GFI-Battery-handbook, p. 35.

vượt qua mức 100.000 tấn trước năm 2023. Trong số các công ty này, hai công ty đã tích hợp vào sản xuất CAM và pin LIB: LG Chem và Samsung SDI, trong khi SK Innovation thì không.

Bảng 3-11. Các nhà sản xuất vật liệu catốt Hàn Quốc và năng lực sản xuất năm 2023 và 2028

Thứ hạng	Công ty	Nhà máy	Hóa học	Công suất 2023	Công suất 2028
1	Umicore	Hàn Quốc	NCM-LCO	144.500	170.000
2	LG Chem	Hàn Quốc	NCM	115.000	130.000
3	Ecopro	Hàn Quốc	NCA-NCM	105.000	155.000
4	Samsung SDI	Hàn Quốc	NCA-NCM	43.000	43.000
5	L&F	Hàn Quốc	NCM	33.000	53.000
6	Cosmo AM&T	Hàn Quốc	NCM	20.000	60.000

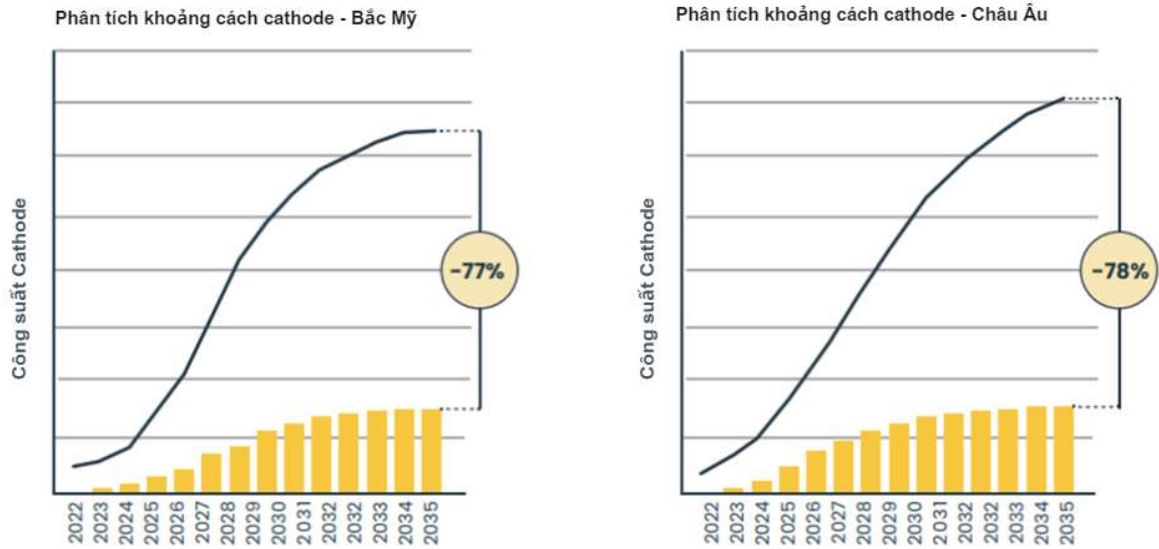
Thị trường sản xuất catốt ở Nhật Bản có mức độ tập trung cao, trong đó bốn công ty chính thống trị không gian (Bảng 3.17). Nichia và Sumitomo Metal Mining (SMM) là những công ty lịch sử mua từ mọi nơi và mọi người. BASF là một công ty chủ chốt khác, một công ty hóa chất khổng lồ của Đức đã bắt đầu liên doanh với TODA KOGYO Corp vào năm 2014 như một liên minh chiến lược.

Bảng 3-12. Các nhà sản xuất vật liệu cathode Nhật Bản và năng lực sản xuất năm 2023 và 2028.

Thứ hạng	Công ty	Nhà máy	Hóa học	Công suất 2023	Công suất 2028
1	Nichia Chemical	Nhật Bản	NCM	80.500	110.500
2	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.,	Hàn Quốc	NCM-NCA	56.000	100.000
3	BASF-TODA	Hàn Quốc	NCA-NCM	30.000	60.000
4	Tanaka	Hàn Quốc	NCA	24.000	50.000

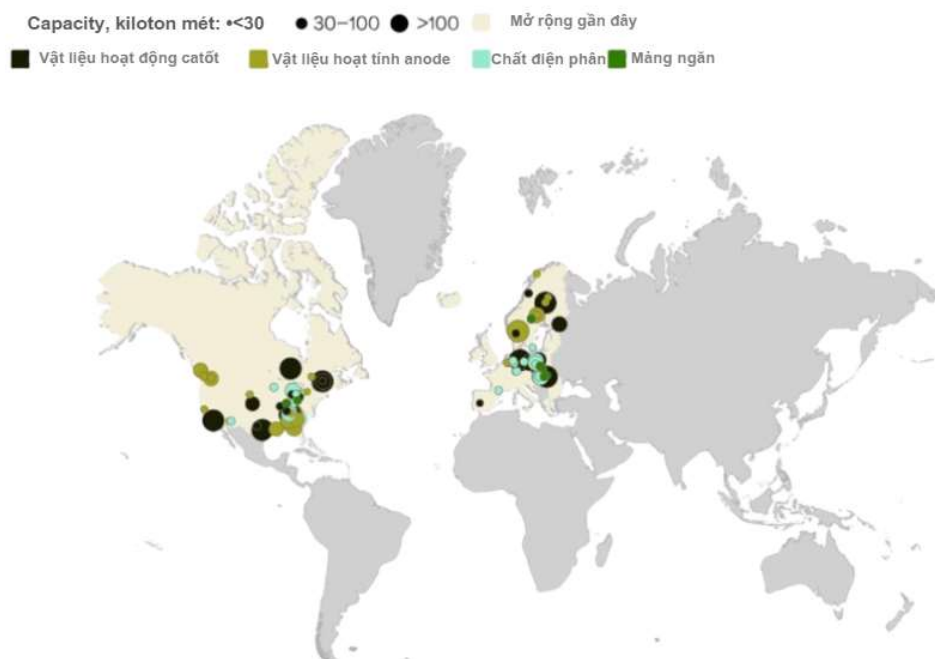
Tuy nhiên, sự tập trung này cũng bộc lộ những điểm yếu. Châu Âu và Bắc Mỹ đang đối mặt với một cuộc khủng hoảng nguồn cung sắp xảy ra, khi sản lượng dự báo chỉ đáp ứng được 22% và 23% nhu cầu khu vực vào năm 2035, tương ứng (xem Hình 3.27) ⁶⁴. Sự chênh lệch này, được thể hiện bằng các thanh vàng của công suất dự kiến so với đường đen tăng vọt của nhu cầu, cho thấy một nhu cầu cấp bách về việc đa dạng hóa chiến lược.

⁶⁴ Benchmark Minerals (2023, March) The looming US and Europe cathode shortage.
<https://source.benchmarkminerals.com/article/the-looming-us-and-europe-cathode-shortage>.



Hình 3-27. Công suất cathode theo khu vực.

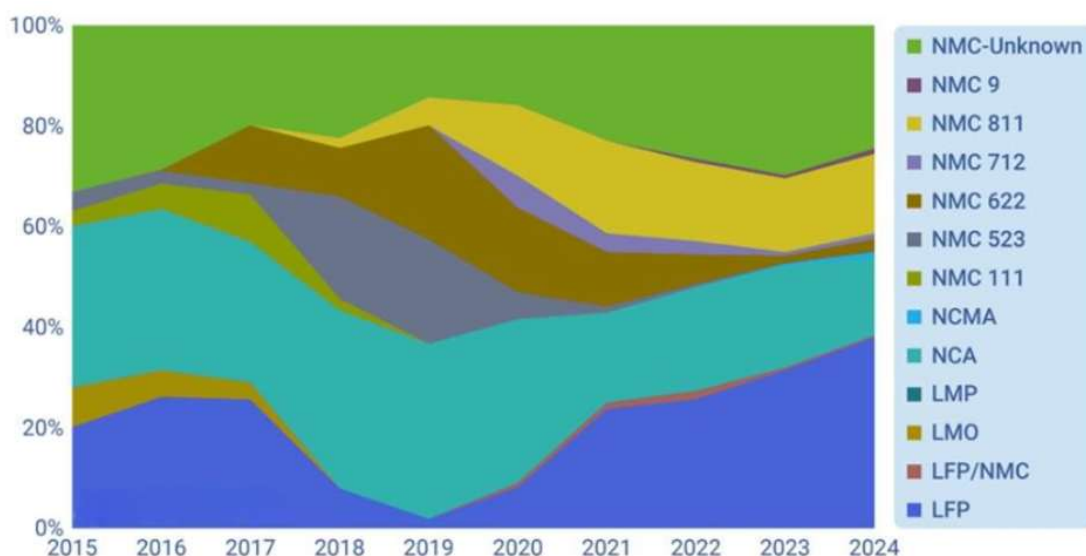
Sự thống trị của Trung Quốc trong sản xuất LFP—chiếm hơn một phần ba sản lượng của mình—nhắm đến các xe điện giá phải chăng, trong khi Châu Âu và Hoa Kỳ ưu tiên NMC cho các xe hiệu suất cao và xe sang trọng. Tại Hoa Kỳ, sự phụ thuộc của Tesla vào NCA định hình sản xuất, mặc dù thị phần của nó trong sản lượng NMC toàn cầu dự báo sẽ chỉ đạt 20% vào năm 2030, với LFP vẫn là một yếu tố nhỏ. Trung Quốc, mặc dù dẫn đầu về LFP, sẽ chứng kiến sản lượng NMC của mình giảm xuống chỉ còn 25% tổng sản lượng toàn cầu vào năm 2030, khi Châu Âu tăng cường công suất NMC, có thể vượt qua Trung Quốc nếu các kế hoạch mở rộng được thực hiện.



Hình 3-28. Các nhà cung cấp linh kiện tế bào hiện tại đang mở rộng ra toàn cầu để cùng di chuyển với các gigafactory ở Bắc Mỹ và Châu Âu ⁶⁵.

Sản xuất mỗi loại vật liệu cực dương được thúc đẩy bởi thị trường. Trong khi ở Châu Âu và Hoa Kỳ, các xe hiệu suất cao, xe sang trọng và xe đắt tiền đặc biệt chiếm ưu thế, thì ở Trung Quốc, cũng có rất nhiều xe nhỏ sử dụng công nghệ pin LFP. Tại Hoa Kỳ, ảnh hưởng của Tesla và việc sử dụng vật liệu cực dương NCA, mà nhà sản xuất này sử dụng gần như hoàn toàn, cũng rất rõ rệt. Sản xuất pin dựa trên LFP chủ yếu diễn ra ở Trung Quốc, nơi nó chiếm hơn một phần ba tổng sản lượng pin. Ngược lại, sản xuất pin dựa trên NMC chỉ chiếm hơn một phần tư sản lượng tại Trung Quốc. Đến năm 2030, sản lượng của Trung Quốc sẽ chiếm khoảng một phần tư tổng sản lượng toàn cầu của cực dương NMC. Tại Hoa Kỳ, pin dựa trên NMC và NCA chiếm ưu thế, và con số này chiếm khoảng một nửa sản lượng tổng thể của Trung Quốc. Đến năm 2030, thị phần của Hoa Kỳ trong sản xuất cực dương NMC toàn cầu sẽ chỉ chiếm khoảng 20%. Sản xuất pin LFP tại Hoa Kỳ là khá nhỏ và do đó, chỉ chiếm một phần nhỏ trong tổng sản lượng toàn cầu.

⁶⁵ McKinsey. 2024. [The battery cell component opportunity in Europe and North America](#)



Hình 3-29. Thị phần catốt toàn cầu ⁶⁶.

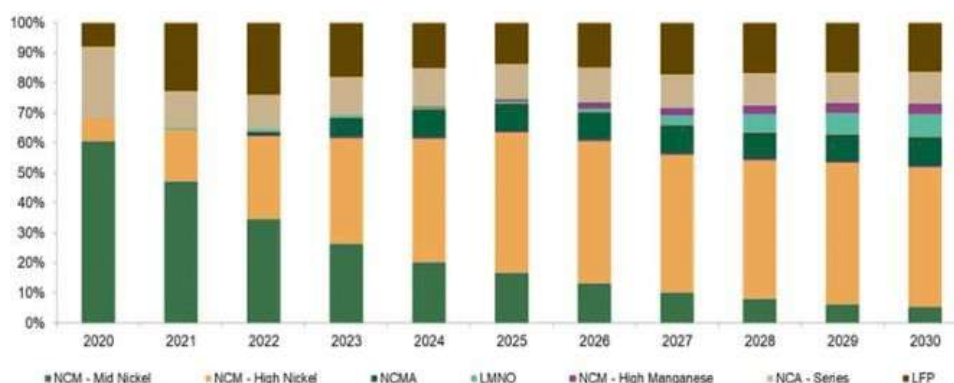
Trong tương lai, các nỗ lực tái cân bằng chuỗi cung ứng toàn cầu đang được triển khai. Đến năm 2028, Hoa Kỳ đặt mục tiêu bổ sung 1,5 triệu tấn công suất cực dương thông qua 15 dự án mới, trong khi châu Âu đặt mục tiêu 1 triệu tấn với các cơ sở tại Thụy Điển, Ba Lan, Hungary và Phần Lan. Ba Lan và Đức, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) lần lượt là 28,5% và 23,8%, cho thấy tham vọng của châu Âu trong việc thu hẹp khoảng cách (xem Bảng 3.9). Các nhà sản xuất lớn như China Aviation Lithium Battery (CALB) và Contemporary Amperex Technology Co. (CATL) chiếm ưu thế trong sản xuất LFP, trong khi CATL, cùng với các công ty Hàn Quốc như SK On và LGES, dẫn đầu sản lượng NMC. Sản xuất NCA, do Samsung SDI và Panasonic dẫn đầu, vẫn có ảnh hưởng lớn tại Hoa Kỳ và Nhật Bản (xem Hình 3.31). Tuy nhiên, thừa công suất của Trung Quốc—với việc sử dụng chưa đến 40% công suất tối đa vào năm 2023—đang gây áp lực lên biên lợi nhuận, một thách thức càng trở nên nghiêm trọng khi các nhà sản xuất ô tô Trung Quốc tích hợp dọc ưu tiên doanh số xe điện thay vì lợi nhuận từ các khâu upstream. Tình hình này đe dọa sự ổn định của các ngành tinh luyện toàn cầu và vật liệu hoạt tính cực dương (CAM), buộc châu Âu và Hoa Kỳ phải đa dạng hóa chuỗi cung ứng trong bối cảnh căng thẳng địa chính trị và yêu cầu về quy tắc xuất xứ.

Đối với những người ra quyết định, các yếu tố then chốt đã rõ ràng: sự thống trị của Trung Quốc mang lại hiệu quả chi phí nhưng cũng tiềm ẩn rủi ro chuỗi cung ứng, trong khi sự tăng trưởng của châu Âu và Bắc Mỹ mở ra cơ hội đầu tư và hợp tác. Các hợp tác chiến lược với các nhà lãnh đạo châu Á như CATL, cùng với sự hỗ trợ từ chính sách, có thể thúc đẩy công suất khu vực và giảm bớt sự phụ thuộc, đảm bảo sự ổn định cho thị trường cực dương toàn cầu.

3.3.3.2. Hóa chất

Giá kim loại biến động đang khiến các nhà sản xuất thiết bị gốc (OEM) chuyển sang LFP, từ bỏ niken và coban để tiết kiệm chi phí, mặc dù mật độ năng lượng thấp của LFP hạn chế sự hấp dẫn của nó đối với các xe điện tầm xa. S&P Global Mobility dự báo niken cao trong NMC sẽ chiếm 50% thị phần vào năm 2030, tăng từ 25% vào năm 2022, nhờ vào khả năng tầm hoạt động vượt trội (xem Hình 3.30). Cobalt giúp ổn định cấu trúc NMC/NCA, nhưng các lựa chọn thay thế như lithium mangan niken oxit (LMNO) và NMC mangan cao đang hướng tới việc giảm sự phụ thuộc vào coban, giải quyết các vấn đề về khai thác khoáng sản có đạo đức. Niken, quan trọng cho mật độ năng lượng, vẫn không thể thay thế, làm nổi bật các rủi ro chuỗi cung ứng.

⁶⁶ <https://www.idtechex.com/en/research-report/plug-in-hybrid-and-battery-electric-cars/1043>.



Hình 3-30. Dự báo Vật liệu Hoạt động Cathode (CAM) cho các phương tiện nhẹ điện hóa ⁶⁷.

Sự phục hồi của LFP, đặc biệt là trong phân khúc xe điện giá phải chăng của Trung Quốc, tận dụng các đổi mới ở cấp độ bộ pin để bù đắp các hạn chế ở cấp độ tế bào, giúp tăng thị phần của nó kể từ năm 2019 (xem Hình 3.31). Sự đa dạng hóa này giúp giảm thiểu sự biến động nguồn cung nhưng đòi hỏi các nhà ra quyết định phải cân bằng chi phí, phạm vi hoạt động và tính bền vững. Đầu tư vào LMNO hoặc tái chế có thể là biện pháp phòng ngừa sự khan hiếm coban, một bước đi chiến lược khi nhu cầu toàn cầu gia tăng

3.3.3.3. Mã HS

Dưới đây là bảng các mã HS cho các vật liệu hoạt động cathode (CAM):

Bảng 3-13. Mã HS cho vật liệu Cathode

Nguồn	Mã HS	Mô tả	Chuỗi cung ứng LIB	Sản phẩm cuối	Ghi chú
HS	74031100	Cathodes và các phần của cathodes	CAM	Có	Có thể bao gồm các cathodes bằng đồng
HS	382499	Vật liệu hoạt động cathode PNC-P01	CAM	-	-
HS	8507.90.8000	Vật liệu cathode cho pin	CAM	-	-
HS	28259090	Oxit cobalt lithium	PCAM	Không	Hợp chất hoặc muối LCO
HS	2825.90.9000	Hydroxide nickel cobalt manganese	PCAM/CAM	Cả hai	Muối NCM, bazơ, oxit, hydroxide, peroxit

⁶⁷ <https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/fuel-for-thought-what-can-oems-do-to-ensure-a-robust.html>.

HS	38249090	Phosphate sắt lithium	PCAM/CAM	Cả hai	LFP
HS	750110 / 750120	Các chất trung gian nickel-cobalt	PCAM	Không	-

3.3.4. Điện phân và màng ngăn (Electrolyte & Separator)

3.3.4.1. Chất điện phân

Chất điện phân, một dung dịch muối lithium trong dung môi hữu cơ với các phụ gia, cho phép chuyển ion, ảnh hưởng đến tuổi thọ và độ an toàn của pin. Các lựa chọn chất điện phân dao động từ lỏng (độ dẫn điện cao, nhưng có rủi ro không ổn định) đến rắn (dung lượng cao, đắt tiền, chưa thương mại hóa) và gel (an toàn, sặc sệt) (xem Bảng 3.14). Chất điện phân hữu cơ chiếm ưu thế nhờ vào hiệu suất, mặc dù có tính dễ cháy, điều này thúc đẩy nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp thay thế thể rắn an toàn hơn.

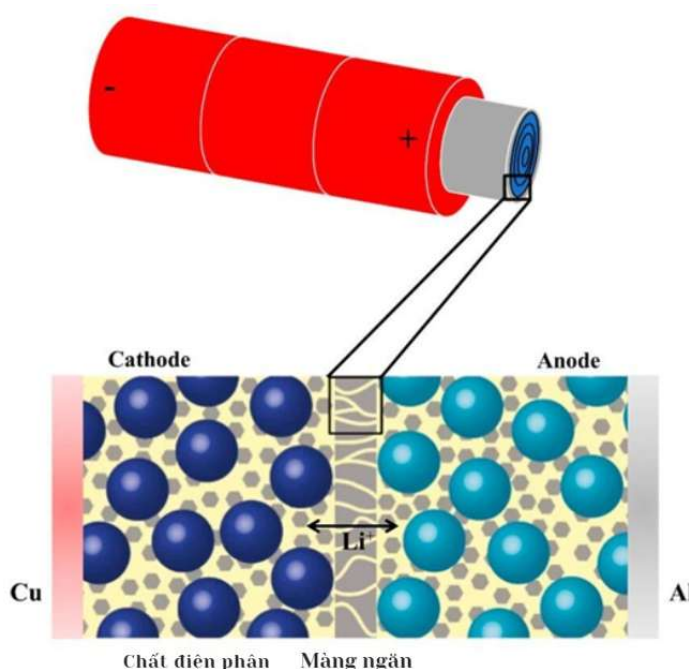
Bảng 3-14. So sánh các loại chất điện phân với các ưu và nhược điểm

Các loại chất điện phân	Ưu điểm	Nhược điểm
Chất điện phân rắn	- Dung lượng lưu trữ cao - Có thể lưu trữ năng lượng cao - Không có dendrite - Độ ổn định điện hóa tuyệt vời từ 0 đến 5V - Vòng đời dài - Không rò rỉ - Không đổ - Không sôi - - Có thể hoạt động trong khoảng từ -40°C đến 150°C	- Đắt tiền - Một số chất điện phân rắn có vấn đề về độ ổn định điện hóa. - - Không có trên thị trường.
Chất điện phân lỏng	- Độ dẫn điện cao - Trong quá trình sạc và xả, nó có thể thích ứng với những thay đổi về kích thước của điện cực. - - Thích hợp cho các điện cực có dung lượng lớn.	- Không ổn định về điện hóa - Độ chọn lọc ion thấp. - Rủi ro tiềm ẩn do không ổn định về điện hóa. - - Không tồn kém
Chất điện phân dạng gel	- Có thể xử lý dễ dàng. - Độ an toàn tuyệt vời. - Trọng lượng nhẹ. - Độ linh hoạt cơ học tuyệt vời. - Không cần bảo dưỡng - Không rò rỉ - - Khả năng chống rung tuyệt vời	- Chúng tương đối đắt. - - Sạc lại chậm.
Chất điện phân nước	- Cửa sổ điện hóa ổn định - Ngăn chặn các phản ứng phụ của quá trình thủy phân - An toàn và ít nguy hiểm - - Chi phí thấp	- Điện áp hoạt động giới hạn - Khả năng dẫn điện thấp - Hoạt động kém ở nhiệt độ thấp -

Chất điện phân hữu cơ	- Cửa sổ ổn định điện hóa rộng - Hiệu suất tốt - Độ dẫn ion cao - Linh hoạt trong thiết kế - Nhẹ	- Dễ cháy - Dễ bị phân hủy ở điện áp cao hay nhiệt độ cao - Độ ổn định thấp - Chi phí cao - Gây ảnh hưởng tới môi trường
Chất điện phân polymer rắn (SPE)	- Độ dẫn ion cao ở nhiệt độ phòng - Hiệu suất chu kỳ cao - Khả năng truyền ion lớn - Khả năng sạc và xả tốt - Phạm vi nhiệt độ rộng	- Chi phí cao - Khả năng trương nở và nứt vỡ của polymer

3.3.4.2. *Màng ngăn*

Màng ngăn, một lớp màng xốp ngăn cản tiếp xúc giữa các điện cực, là yếu tố then chốt trong đảm bảo an toàn cho pin (xem Hình 3.34). Các vật liệu như vải không dệt và chất điện phân polymer giúp cân bằng giữa độ xốp và độ ổn định. Các màng ngăn tắt (PP/PE/PP) sẽ chảy ở nhiệt độ 135°C (PE) hoặc 165°C (PP) để ngừng dòng ion, ngăn ngừa hiện tượng cháy nổ nhiệt, mặc dù nguy cơ quá nhiệt nhanh có thể gây ra sự cố. Lớp phủ gốm cải thiện độ ổn định nhưng lại làm tăng chi phí và rủi ro tách lớp. Các màng ngăn chức năng, sử dụng khung kim loại-hữu cơ (MOFs) với diện tích bề mặt 7.000 m²/g, hứa hẹn cung cấp dung lượng gấp bảy lần cho pin lithium-metal, đạt được chỉ số chuyển ion lithium 0,68, mặc dù việc mở rộng quy mô vẫn là một thách thức. Màng ngăn là một thành phần quan trọng trong việc đảm bảo an toàn cho pin xe điện. Nó là một lớp màng mỏng, xốp, có chức năng tách cực âm và cực dương trong khi cho phép các ion lithium đi qua. Chức năng chính của màng ngăn là ngăn chặn tiếp xúc giữa các điện cực, điều này có thể dẫn đến ngắn mạch hoặc hư hỏng pin.



Hình 3-31. Hình ảnh sơ đồ của một màng ngăn trong pin Li-ion hình trụ và mặt cắt ngang được phóng to của cấu trúc phân lớp ⁶⁸.

3.4. Hạ nguồn (Downstream): Sản xuất cell LIB và lắp ráp pin

Sản xuất tế bào pin, viên ngọc quý của chuỗi giá trị, dự kiến sẽ chiếm 40% giá trị ngành công nghiệp vào năm 2030, với thị trường dự báo đạt 360 tỷ USD, tăng trưởng 20% hàng năm⁶⁹. Quá trình phức tạp và tốn kém này — từ lắp ráp điện cực đến hình thành tế bào — phát triển mạnh mẽ trong các gigafactory, được Elon Musk đặt tên, sản xuất hàng triệu gigawatt-giờ (GWh) mỗi năm. Nhà máy Northvolt Ett ở Thụy Điển, một liên doanh với Volkswagen, yêu cầu 2 TWh năng lượng sạch (chiếm 2% tổng năng lượng của Thụy Điển) ⁷⁰, làm nổi bật nhu cầu về năng lượng bền vững. Các gigafactory giảm chi phí — pin chiếm 30–40% chi phí của xe điện — thúc đẩy quá trình điện khí hóa, nhưng đối mặt với thách thức tài chính "gà và trứng": chi phí đầu tư cao (\$1–2 tỷ) xung đột với doanh thu không chắc chắn và rủi ro công nghệ, đặc biệt đối với các công ty khởi nghiệp với hạn chế về tín dụng.

Quá trình lắp ráp tăng dần từ các tế bào pin thành các mô-đun (cách điện, tiếp xúc điện) và bộ pin (tích hợp nhiệt, niêm phong), với xu hướng hướng tới việc sử dụng ít mô-đun lớn hơn để cắt giảm chi phí. Các thiết kế từ tế bào đến xe, như CTP của CATL và pin blade của BYD, nâng cao hiệu quả và phạm vi hoạt động, đã được sản xuất đại trà từ năm 2020 cho Hyundai và Kia. Các nhà sản xuất ô tô như CATL chiếm ưu thế trong sản xuất tích hợp, trong khi các công ty như HyperDrive Innovation

⁶⁸ <https://www.batterypowertips.com/li-ion-batteries-part-4-separators-faq/>.

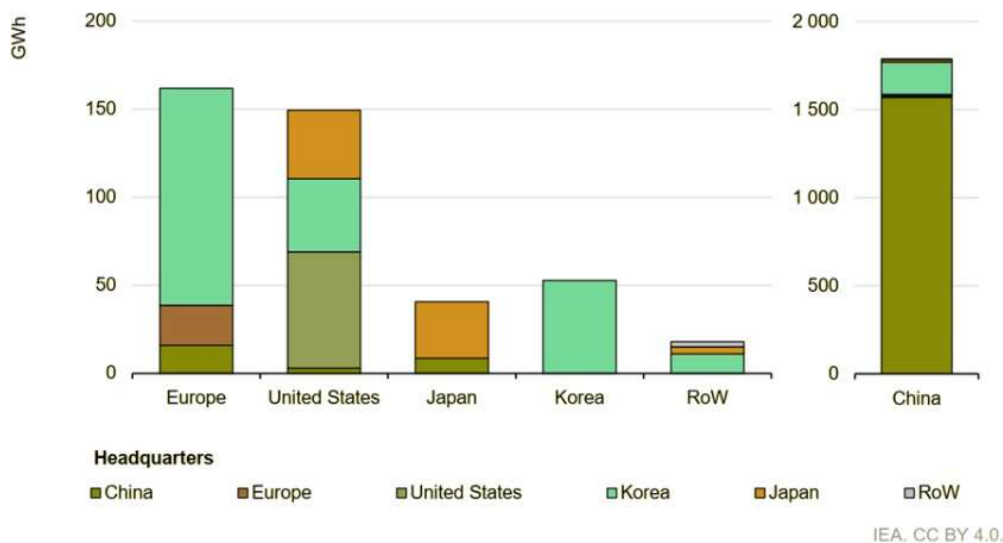
⁶⁹ McKinsey & Company (2022, January) Capturing the battery value-chain opportunity. <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/capturing-the-battery-value-chain-opportunity>.

⁷⁰ Beck & Pollitzer (industrial installation and machine relocation company) What it takes to create a gigafactory. <https://beckpollitzer.com/benelux/what-it-takes-to-create-a-gigafactory/#:~:text=The%20amount%20of%20electricity%20required,of%20Sweden's%20annual%20electricity%20consumption>.

nhắm đến các thị trường ngách, mặc dù khả năng sản xuất nội bộ có thể làm giảm thị phần trong phân khúc này^{71,72}.

3.4.1. Công suất sản xuất pin/thị phần toàn cầu

Thị trường LIB toàn cầu đang trải qua một làn sóng chuyển biến mạnh mẽ, được thúc đẩy bởi nhu cầu xe điện (EV) tăng vọt và nhu cầu cấp bách về các giải pháp lưu trữ năng lượng. Vào năm 2023, công suất sản xuất pin đã tăng vọt, với Trung Quốc và Hoa Kỳ đều đạt mức tăng trưởng 45% so với năm trước, trong khi châu Âu chỉ ghi nhận mức tăng khiêm tốn 25%. Đà tăng trưởng này đưa Hoa Kỳ vào vị thế vượt qua châu Âu vào năm 2024, nhờ vào Đạo luật Giảm Lạm phát (IRA), cung cấp các khoản tín dụng thuế và ưu đãi để địa phương hóa sản xuất (xem Hình 3.32).



Hình 3-32. Năng lực sản xuất pin theo quốc gia ⁷³.

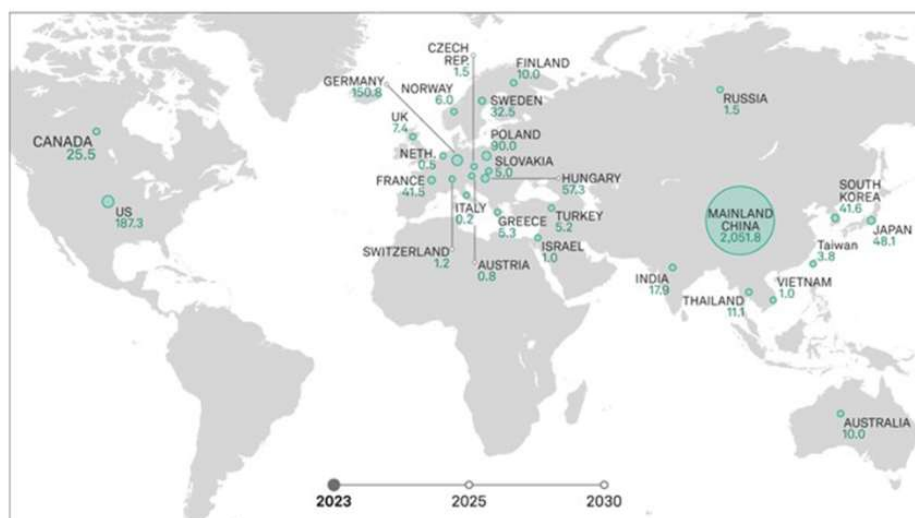
Ghi chú: RoW = Phần còn lại của thế giới. Công suất sản xuất pin lithium-ion tại Trung Quốc, Châu Âu, Hoa Kỳ, Nhật Bản, Hàn Quốc và các quốc gia khác được sắp xếp theo chức năng của vị trí trụ sở công ty. Công suất sản xuất đã lắp đặt chỉ đề cập đến pin EV.

Trên toàn cầu, công suất dự báo sẽ tăng mạnh từ 1 TWh vào năm 2022 lên 7 TWh vào năm 2030, tăng gấp bảy lần nhờ vào việc áp dụng xe điện (EV) và tích hợp năng lượng tái tạo (xem Hình 3.33). Tuy nhiên, sự mở rộng nhanh chóng này làm lộ rõ sự chênh lệch khu vực, sự phụ thuộc quốc tế và các cơ hội chiến lược mà các nhà làm chính sách cần phải giải quyết để đảm bảo một tương lai năng lượng bền vững.

⁷¹ Green Car Reports (2022, June) CATL details next-gen cell-topack battery tech with “disruptive” water-cooling design. https://www.greencarreports.com/news/1136313_catl-detailsnext-gen-cell-to-pack-battery-tech-with-disruptive-watercooling-design.

⁷² Medium (2020, October) The Next-Generation Battery Pack Design: from the BYD Blade Cell to Module-Free Battery Pack. <https://medium.com/batterybits/the-next-generationbattery-pack-design-from-the-byd-blade-cell-to-modulefree-battery-pack-2b507d4746d1>.

⁷³ IEA, Global EV Outlook 2024, p. 82.



Tính đến ngày 31 tháng 5 năm 2023.
 Nguồn: S&P Global Commodity Insights.
 Bản đồ tin dụng: Mahnoor Haider
 2023 S&P Global.

Hình 3-33. Công suất pin lithium-ion theo thị trường (GWh) ⁷⁴

Trung Quốc dẫn đầu với sự kiểm soát mạnh mẽ, thể hiện qua việc kiểm soát 75% trong số hơn 300 gigafactory đã được lên kế hoạch hoặc đang được xây dựng trên toàn cầu. Trong Trung Quốc, công suất sản xuất khá phân bổ, nhưng ba nhà sản xuất hàng đầu — CATL, BYD và Gotion — kiểm soát gần 50% sản lượng trong nước, tận dụng lợi thế quy mô sản xuất để đáp ứng nhu cầu cả trong nước và xuất khẩu. Tuy nhiên, sự dẫn đầu của Trung Quốc không phải là không có thử thách. Châu Âu và Bắc Mỹ đang dần chiếm lĩnh thị phần thông qua các liên doanh chiến lược và các sáng kiến do chính sách thúc đẩy. Tại Bắc Mỹ, 14 trong số 23 gigafactory đang trong kế hoạch hoàn toàn hoặc chung sở hữu bởi các nhà sản xuất ô tô, điều này báo hiệu sự chuyển hướng sang sản xuất địa phương để đáp ứng yêu cầu về quy tắc xuất xứ và giảm sự phụ thuộc vào các sản phẩm nhập khẩu từ châu Á.

Sự hợp tác quốc tế làm nổi bật cuộc đua toàn cầu này. Các công ty châu Á, đặc biệt từ Hàn Quốc và Nhật Bản, đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành các cảnh quan sản xuất ngoài biên giới của họ. Các công ty Hàn Quốc, dẫn đầu bởi LG Energy Solution, chiếm 350 GWh công suất ngoài Hàn Quốc, trong khi các công ty Nhật Bản, chủ yếu là Panasonic, đóng góp 57 GWh công suất ngoài Nhật Bản. Các công ty Trung Quốc, mặc dù chủ yếu tập trung vào thị trường trong nước, đã thiết lập 30 GWh công suất ở nước ngoài, thường thông qua các đối tác như các nhà máy của CATL tại Đức và Hungary. Tại châu Âu, các công ty Hàn Quốc chiếm ưu thế, sở hữu 75% công suất sản xuất của khu vực, với nhà máy của LG tại Ba Lan chiếm 50% trong số đó (35 GWh vào năm 2023, theo Bảng 3.31 trong Mục 3.4.2). Tại Hoa Kỳ, sản xuất được tập trung vào bốn người chơi chủ chốt — Tesla, Panasonic, SKI và LG — với các gigafactory của họ, chẳng hạn như Giga Nevada của Tesla (100 GWh mỗi năm), đang mở rộng nhanh chóng để đáp ứng nhu cầu xe điện trong nước.

⁷⁴ Marjolin, A. 2023. [Lithium-ion battery capacity to grow steadily to 2030](#). S&P Global.

3.4.2. Một số công nghệ pin mới

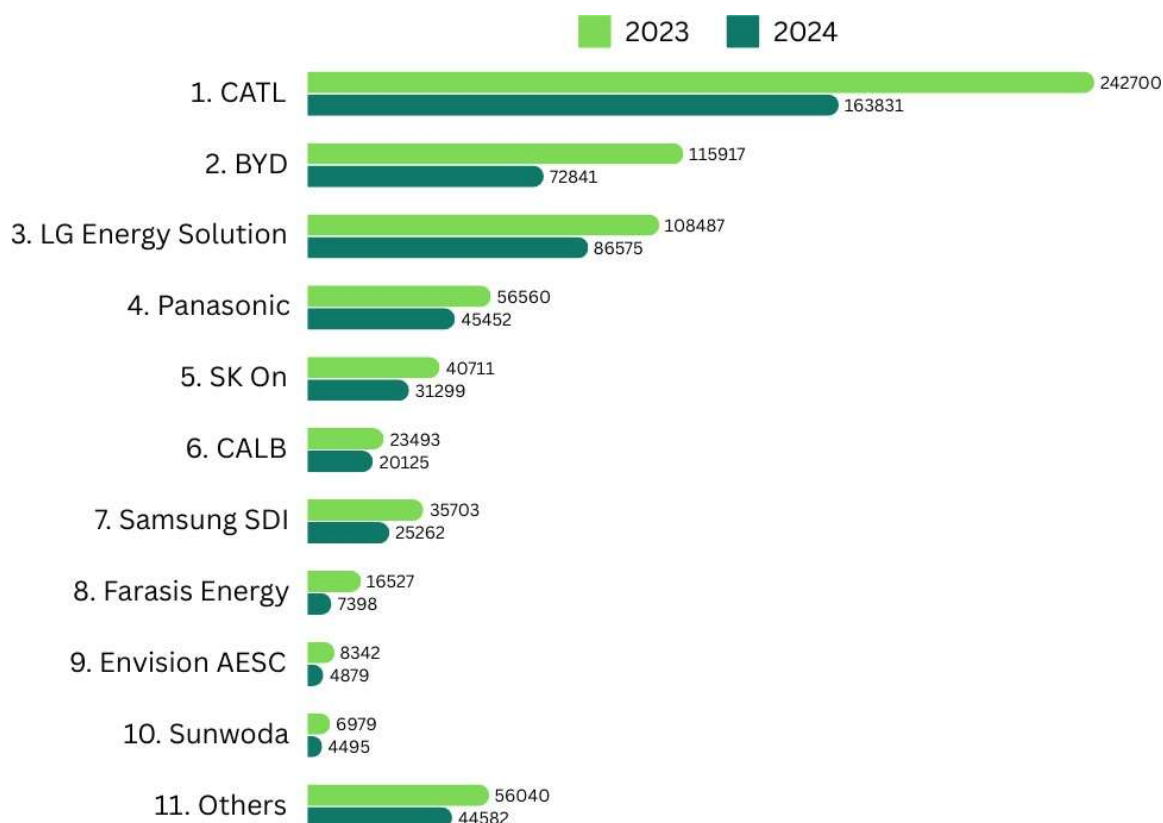
Khi nhu cầu lưu trữ năng lượng tăng vọt, dự kiến đạt 680 tỷ USD vào năm 2034 (CAGR 16,6%), các pin lithium-ion truyền thống—dễ bị quá nhiệt—đang phải đối mặt với sự kiểm tra chặt chẽ, thúc đẩy các đổi mới như thiết kế pin thể rắn và pin natri-ion.

- **Pin graphene**, với thị trường đạt 716 triệu USD vào năm 2031 (CAGR 23,1%), cung cấp khả năng sạc nhanh và an toàn thông qua Nanotech Energy và Samsung.
- **Pin lithium-metal**, với mật độ năng lượng gấp đôi lên đến 500 Wh/kg, nhắm đến thị trường 68,7 tỷ USD vào năm 2032 (CAGR 21,96%), mặc dù dendrite có thể gây rủi ro.
- **Pin aluminum-air** hứa hẹn phạm vi di chuyển 1.000 dặm cho xe điện (20,1 tỷ USD vào năm 2037, CAGR 4,1%), trong khi pin magnesium-ion và calcium-ion tận dụng ion đa trị và độ bền.
- **Pin zinc-air và quantum dot** nâng cao tính khả thi về giá cả và tốc độ, và pin lithium-sulfur, với nhà máy trị giá 1 tỷ USD của Lyten tại Nevada (10 GWh vào năm 2027), giải quyết vấn đề polysulfide shuttle.
- **Pin silicon-anode** (131 tỷ USD vào năm 2033, CAGR 47,5%) và pin thể rắn (24,4 tỷ USD vào năm 2032, CAGR 36,4%) từ CATL và Toyota đang vượt qua giới hạn, với trọng tâm của CATL vào NCM trị giá 6 tỷ USD và mở rộng toàn cầu.

Thông tin chi tiết về các công nghệ này có thể được tìm thấy trong Phụ lục 1.

3.4.3. Các nhà đầu tư và dự án sản xuất pin

Sản xuất pin là một quá trình tốn kém và sản xuất tập trung cao độ, với ba nhà sản xuất hàng đầu vào năm 2022 là CATL, BYD (Trung Quốc), LG Energy Solution (Hàn Quốc), và Panasonic (Nhật Bản), chiếm 65% sản lượng toàn cầu (Hình 3.49). Các nhà sản xuất pin từ Nhật Bản và Hàn Quốc thường là những tập đoàn lớn có nhiều thập kỷ kinh nghiệm trong việc sản xuất pin cho các thiết bị điện tử tiêu dùng.



Hình 3-34. Năng lực sản xuất pin lithium-ion của các nhà sản xuất năm 2022, 2023 ⁷⁵

Khả năng mở rộng sản xuất là yếu tố then chốt trong giai đoạn hạ nguồn của chuỗi cung ứng pin, giúp các nhà sản xuất đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về pin cho các ứng dụng khác nhau. Để đạt được điều này, các nhà sản xuất đầu tư vào các cơ sở sản xuất quy mô lớn được trang bị máy móc hiện đại và tự động hóa. Ví dụ, Tesla đã xây dựng Giga Nevada, một nhà máy sản xuất khổng lồ với công suất sản xuất hàng năm vượt quá 100 GWh. Cơ sở này không chỉ sản xuất pin cho các mẫu xe của Tesla mà còn cho các giải pháp lưu trữ năng lượng như Powerwall và Powerpack. Tương tự, CATL đã thiết lập một loạt các cơ sở sản xuất quy mô lớn tại Trung Quốc, bao gồm nhà máy Ningde, với công suất hàng năm là 100 GWh. LG Chem cũng vận hành các cơ sở sản xuất quy mô lớn tại Hàn Quốc và Ba Lan, trong đó nhà máy ở Ba Lan có công suất 70 GWh mỗi năm.

Những tiến bộ công nghệ đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện hiệu quả sản xuất và khả năng mở rộng. Việc sử dụng máy phủ tốc độ cao, thiết bị xếp chồng và cuộn tự động, cùng với các hệ thống bơm chính xác giúp giảm thiểu lỗi của con người và tăng tốc độ sản xuất. Panasonic và LG Chem là những công ty dẫn đầu trong việc tận dụng robot điều khiển bằng AI và hệ thống kiểm soát chất lượng để tối ưu hóa dây chuyền sản xuất, giúp mở rộng quy mô nhanh chóng trong khi vẫn duy trì các tiêu chuẩn cao.

⁷⁵ World's Top 10 Battery Manufacturers in 2023 – Clean Technica

Để đáp ứng các loại hóa học và cấu hình pin khác nhau, các nhà sản xuất cũng thiết kế các dây chuyền sản xuất linh hoạt có thể dễ dàng điều chỉnh để sản xuất nhiều loại pin khác nhau. Điều này giúp họ thích ứng với nhu cầu thị trường thay đổi và tiến bộ công nghệ. Ví dụ, BYD đã triển khai các dây chuyền sản xuất mô-đun có khả năng sản xuất cả pin LFP và NMC, tùy thuộc vào yêu cầu của thị trường. Sự linh hoạt này giúp BYD điều chỉnh sản xuất để đáp ứng nhu cầu cụ thể của khách hàng và thị trường.

Bảng 3-15. Công suất sản xuất pin LIB theo các công ty. Source: SC Insight

Vị trí	Công ty	Xuất xứ	Công suất 2023 (bao gồm mở rộng)	Thị phần (%)	Sự hiện diện
1	CATL	Trung Quốc	552 GWh	30%	Toàn cầu
2	LG Chem	Hàn Quốc	172 GWh	15%	Toàn cầu
3	BYD	Trung Quốc	148 GWh	13%	Toàn cầu
4	Samsung SDI	Hàn Quốc	109 GWh	9%	Toàn cầu
5	SK Innovation	Hàn Quốc	92 GWh	8%	Toàn cầu
6	Panasonic	Nhật Bản	80 GWh	7%	Toàn cầu

Đối thủ cạnh tranh và nhà sản xuất lớn thứ hai của CATL là LG Chem đang phát triển một chiến lược nhắm vào các khu vực địa lý bên ngoài Hàn Quốc: tính đến hôm nay, dự án lớn nhất của họ (Wroclaw, Ba Lan) nằm ngoài Hàn Quốc, với việc bổ sung thêm hai dự án chiến lược tại Hoa Kỳ (Bảng 3.16).

Bảng 3-16. Các nhà máy sản xuất pin LIB của LG Chem. Source: SC Insight

Xếp hạng	Nhà máy	Quốc gia	Loại pin	Hóa học	Sản lượng 2023
1	LG Chem Wroclaw Energy	Ba Lan	Pouch	NCM 622	35 GWh
2	LG Chem Michigan	Mỹ	Pouch	NCM 622	12 GWh
3	LG Chem Hàn Quốc	Hàn Quốc	Pouch	NCM 622	10 GWh
4	LG Chem/Geely	Trung Quốc	Pouch	NCM 622	3.5 GWh
5	LG Chem Hàn Quốc	Hàn Quốc	Hình trụ *	NCM 532	3.5 GWh
6	LG Chem/GM, Lordstown	Mỹ	Pouch	NCM 811	1.3 GWh
7	LG Chem Hàn Quốc	Hàn Quốc	Pouch *	LCO	0.6 GWh
8	LG Chem Hàn Quốc	Hàn Quốc	Lăng trụ *	LCO	0.3 GWh

Và cuối cùng, công ty lớn thứ ba trên toàn cầu; Build Your Dreams còn được gọi là BYD. Công ty có chiến lược khác so với CATL và LG Chem, theo nghĩa là phần lớn năng lực của họ được triển khai tại Trung Quốc với công suất trung bình đến thấp. Về mặt hóa học, công ty đã đa dạng hóa với EV, ESS và cầm tay, với thị phần đáng kể trên LFP. Dưới đây, Bảng 3.17, 16 nhà máy lớn nhất mà BYD vận hành trực tiếp:

Bảng 3-17. Các nhà máy sản xuất lớn nhất của BYD. Source: SC Insights

Xếp hạng	Nhà máy	Quốc gia	Loại pin	Hóa học	Sản lượng 2023
1	BYD Changsha	Trung Quốc	Lăng trụ	NCM 532	15 GWh
2	BYD Qinghai	Trung Quốc	Lăng trụ	NCM 622	12 GWh
3	BYD Chongqing	Trung Quốc	Khác	LFP	12 GWh
4	BYD Xi'an	Trung Quốc	Lăng trụ	NCM 622	12 GWh
5	BYD Shenzhen (Kengzi)	Trung Quốc	Lăng trụ	LFP	10.5 GWh
6	BYD Yancheng	Trung Quốc	Khác	LFP	9 GWh
7	BYD/Changan JV	Trung Quốc	Lăng trụ	NCM 811	7 GWh
8	BYD Changchun	Trung Quốc	Khác	LFP	7 GWh
9	BYD Guiyang	Trung Quốc	Khác	LFP	6 GWh
10	BYD Zengcheng	Trung Quốc	Túi	NCM 811	5 GWh
11	BYD Shengzhou	Trung Quốc	Khác	LFP	4 GWh
12	BYD Huizhou	Trung Quốc	Túi	LFP	3.5 GWh
13	BYD Xiangyang	Trung Quốc	Lăng trụ	NCM 811	1.9 GWh
14	BYD Chuzhou	Trung Quốc	Khác	LFP	1.5 GWh
15	BYD Shenzhen (Kengzi)	Trung Quốc	Túi	LCO	1.4 GWh
16	BYD Bengbu	Trung Quốc	Khác	LFP	1 GWh

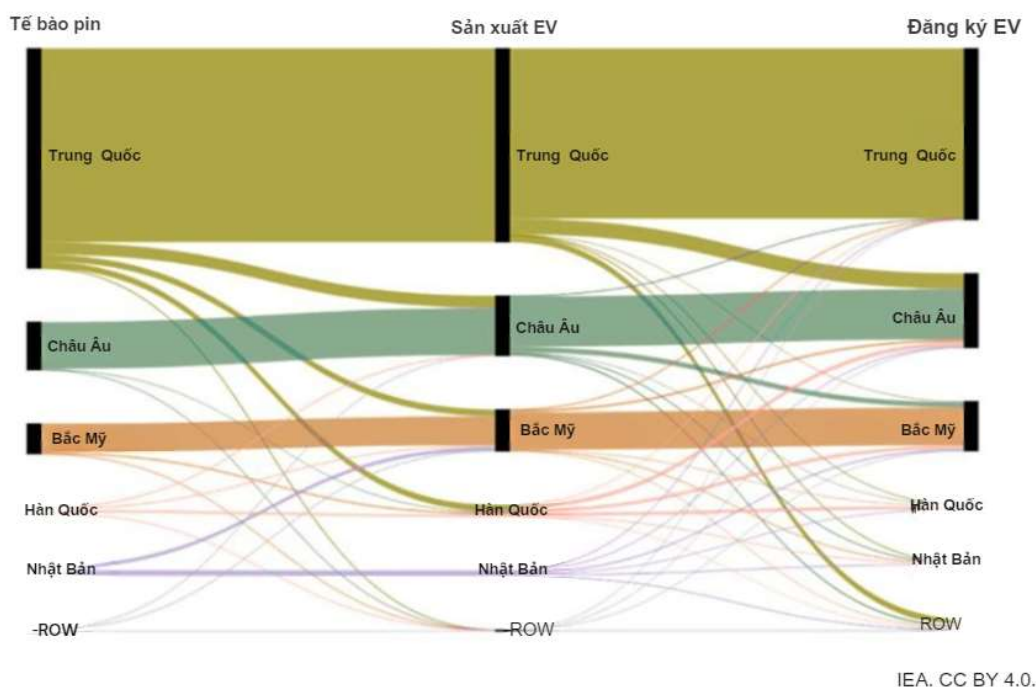
3.4.4. Dòng chảy thương mại và mã HS

Phần lớn nhu cầu về pin cho xe điện hiện nay có thể được đáp ứng bằng sản xuất trong nước hoặc khu vực tại Trung Quốc, Châu Âu và Hoa Kỳ. Tuy nhiên, tỷ trọng nhập khẩu vẫn tương đối lớn ở Châu Âu và Hoa Kỳ, lần lượt đáp ứng hơn 20% và hơn 30% nhu cầu về pin xe điện. Trung Quốc là nước xuất khẩu pin xe điện lớn nhất thế giới, với khoảng 12% pin xe điện được xuất khẩu.

Sản lượng tại Châu Âu và Hoa Kỳ đạt lần lượt 110 GWh và 70 GWh pin xe điện vào năm 2023, và 2,5 triệu và 1,2 triệu xe điện. Tại Châu Âu, các nhà sản xuất pin lớn nhất là Ba Lan, chiếm khoảng 60% tổng số pin xe điện được sản xuất trong khu vực vào năm 2023 và Hungary (gần 30%). Đức dẫn đầu sản lượng xe điện tại Châu Âu và chiếm gần 50% sản lượng xe điện của Châu Âu vào năm 2023, tiếp theo là Pháp và Tây Ban Nha (mỗi nước chỉ dưới 10%).

Sản xuất pin ở Trung Quốc được tích hợp nhiều hơn so với ở Hoa Kỳ hoặc Châu Âu, do Trung Quốc đóng vai trò dẫn đầu trong các giai đoạn thượng nguồn của chuỗi cung ứng. Trung Quốc hiện chiếm gần 90% công suất sản xuất vật liệu hoạt tính catốt được lắp đặt trên toàn cầu và hơn 97% công suất sản xuất vật liệu hoạt tính anode. Các quốc gia duy nhất có thị phần đáng kể về công suất sản xuất vật liệu hoạt tính catốt bên ngoài Trung Quốc hiện nay là Hàn Quốc (9%) và Nhật Bản (3%). Tuy nhiên, các chuỗi cung ứng khác nhau là cần thiết cho các loại hóa chất khác nhau. Trung Quốc là nơi có gần 100% công suất sản xuất LFP và hơn ba phần tư công suất sản xuất lithium niken mangan coban oxit (NMC) được lắp đặt và các loại hóa chất gốc niken khác, so với 20% ở Hàn Quốc. LFP là loại hóa chất phổ biến nhất trên thị trường ô tô điện Trung Quốc, trong khi pin NMC phổ biến hơn ở thị trường ô tô điện Châu Âu và Châu Mỹ.

Tuy nhiên, vai trò dẫn đầu hiện tại của Trung Quốc trong sản xuất pin phải trả giá bằng mức công suất dư thừa cao. Năm 2023, không tính thiết bị điện tử cầm tay, Trung Quốc sử dụng chưa đến 40% sản lượng pin tối đa, 20 và công suất sản xuất vật liệu hoạt tính catốt và anốt lắp đặt lớn hơn gần 4 và 9 lần so với nhu cầu pin EV toàn cầu vào năm 2023. Để tận dụng một số công suất dư thừa này, Trung Quốc là nước xuất khẩu pin EV, catốt và anốt lớn nhất trên toàn cầu. Tuy nhiên, điều này đã làm giảm đáng kể biên lợi nhuận của các nhà sản xuất, điều này có thể khiến một số nhà sản xuất gặp rủi ro nếu họ không tìm được đủ khách hàng bên ngoài Trung Quốc.



Hình 3-35. Dòng chảy thương mại toàn cầu đối với pin lithium-ion và ô tô điện, 2023 ⁷⁶.

Note: EV=xe điện; RoW=Phần còn lại của thế giới. Đơn vị GWh.

Dòng chảy biểu thị các bộ pin được sản xuất và bán dưới dạng EV (Hình 3. 35). Thương mại ròng về pin được mô phỏng theo nhu cầu về pin của từng khu vực đối với từng nhà sản xuất pin và giả định rằng sản xuất trong nước được ưu tiên hơn nhập khẩu. Khoảng cách cuối cùng giữa sản xuất trong nước và nhu cầu về pin được lấp đầy thông qua nhập khẩu, được chỉ định là hàm của năng lực sản xuất chưa sử dụng của các khu vực khác sau khi đáp ứng nhu cầu nội bộ của họ. Phân tích này không xem xét sản xuất pin cho các ứng dụng điện tử cố định hoặc di động hoặc dự trữ.

⁷⁶ IEA, Global EV Outlook 2024, p. 81.

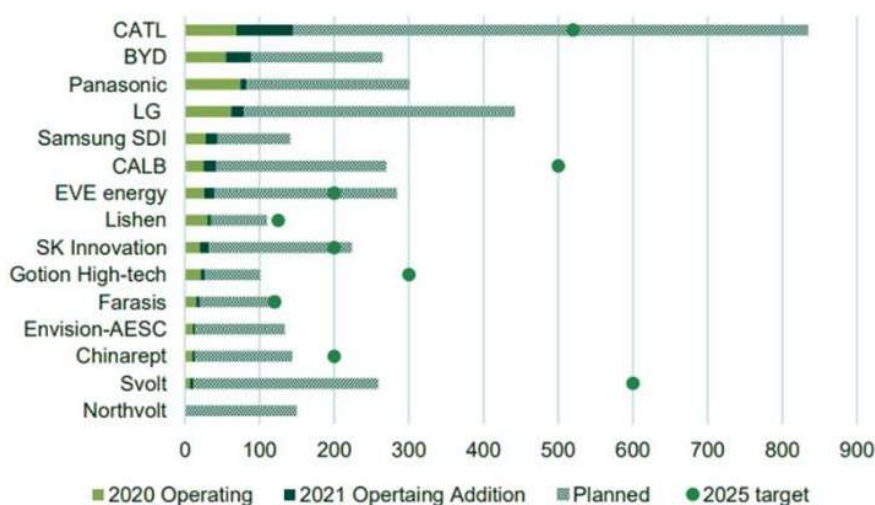
Bảng 3-18. Mã HS cho các loại pin lithium-ion

Nguồn	Mã HS	Mô tả	Chuỗi cung ứng LIB	Sản phẩm hoàn chỉnh	Ghi chú
HS	85076000	Pin lithium thứ cấp	LIB	Có	-
HS	8507600010	Pin lithium thứ cấp	LIB	Có	Pin lithium-ion được sử dụng làm nguồn năng lượng chính cho các phương tiện điện
HS	8507600010	Pin lithium thứ cấp	LIB	Có	Các loại pin lithium-ion khác
HS	8506	Pin sơ cấp và pin chính	Liên quan	Có	-
HS	85065000	Pin sơ cấp và pin chính	Liên quan	Có	Pin sơ cấp lithium và pin chính
HS	8506509090	Pin sơ cấp và pin chính	Liên quan	Có	Các loại pin sơ cấp lithium khác
HS	8507	Ắc quy điện, bao gồm cả bộ tách	Liên quan	Có	-
HS	85078000	Ắc quy điện, bao gồm cả bộ tách	Liên quan	Có	Các loại ắc quy khác

3.5. Cuối vòng đời (End-of-life)-Tái chế và xử lý pin

Thị trường LIB toàn cầu đang mở rộng nhanh chóng, với công suất sản xuất dự kiến sẽ tăng gấp năm lần, từ 1.100 GWh vào năm 2021 lên 5.500 GWh vào năm 2030, chủ yếu nhờ vào việc các nhà sản xuất lớn mở rộng sản xuất để đáp ứng nhu cầu xe điện (xem Hình 3-36). Đáng chú ý, dự báo xe điện sẽ chiếm 80% tổng sản lượng LIB vào năm 2030⁷⁷, điều này làm tăng nhu cầu quản lý hiệu quả vòng đời sản phẩm (EOL). Sự tăng trưởng này tạo ra cả thách thức và cơ hội trên toàn chuỗi cung ứng, từ khai thác nguyên liệu thô đến tái chế. Các chiến lược EOL hiệu quả — tái chế, tái sử dụng và tái chế — có thể giảm nhu cầu về nguyên liệu chính lên đến 12% vào năm 2040 và giảm phát thải khí nhà kính (GHG) lên đến 23% so với nguyên liệu khai thác. Đối với các nhà làm chính sách, phần này cung cấp một khuôn khổ chiến lược để thúc đẩy tính bền vững thông qua đổi mới, quy định và đầu tư, đảm bảo một nền kinh tế tuần hoàn hỗ trợ các mục tiêu giảm carbon đô thị.

⁷⁷ Global lithium-ion battery capacity to rise five-fold by 2030. Wood Mackenzie. Available at: <https://www.woodmac.com/press-releases/global-lithium-ion-battery-capacity-to-rise-five-fold-by-2030/>



Hình 3-36. Năng lực sản xuất pin của 15 nhà sản xuất toàn cầu (bao gồm cả Joint Ventures)

3.5.1. Tái chế pin LIB – Công nghệ, xu hướng và cơ hội

3.5.1.1. Quản lý sự gia tăng pin EOL và con đường khai thác giá trị

Dự báo việc áp dụng xe điện (EV) sẽ tạo ra một lượng lớn phế liệu sản xuất và pin EOL, khi hầu hết các pin xe điện đạt đến cuối vòng đời đầu tiên sau 10–15 năm. Sau đó, hầu hết các pin này sẽ được tái chế (ví dụ, tại Vương quốc Anh, pin EV được thu gom và gửi đến EU để tái chế). Việc mở rộng quy mô các quy trình tái chế là cần thiết để quản lý sự gia tăng này, mang đến cơ hội khai thác giá trị qua ba con đường chính:

- **Tái sản xuất (remanufacturing)** (tái sản xuất các bộ pin đã qua sử dụng, ví dụ, bằng cách thay thế hoặc nâng cấp các thành phần pin nhất định trước khi pin được sử dụng lại trong cùng một xe điện hoặc xe điện khác),
- **Tái sử dụng** (Tái sử dụng pin cho lần sử dụng thứ hai khác với mục đích sản xuất ban đầu của nó),
- **Tái chế** (Phá vỡ pin để thu hồi các nguyên liệu thô có giá trị của nó. Pin cũng bị loại bỏ trong quá trình sản xuất vì không đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng đối với EV, tạo cơ hội cho các công ty công nghệ tái chế hợp tác với các nhà máy gigafactory).

Tổng hợp lại, những điều này có thể giúp giảm nhu cầu cung cấp chính đối với nguyên liệu thô cần thiết để sản xuất pin tới 12% vào năm 2040⁷⁹ và cũng giúp tạo ra nền kinh tế tuần hoàn trong chuỗi cung ứng có thể giúp giảm chất thải và giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng; nguyên liệu thô được sản xuất từ các nhà máy tái chế ước tính tạo ra lượng khí thải GHG thấp hơn 23% so với vật liệu khai thác⁸⁰. Những lợi thế này vừa giảm thiểu rủi ro về nguồn cung nguyên liệu thô cho các dự án, vừa có thể dẫn đến lượng khí thải trong vòng đời thấp hơn đối với EV.

⁷⁸ The University of Warwick (2020, September) Automotive Lithium ion Battery Recycling in the UK (report summary). https://warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/business/transportelec/22350m_wmg_battery_recycling_report_v7.pdf

⁷⁹ IEA (2021, May) The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

⁸⁰ IOPScience (2015, January) Life-cycle implications and supply chain logistics of electric vehicles. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/1/014011/pdf>

Đầu tiên, về việc xác định tính phù hợp để tái chế hoặc tái sử dụng, các nhà sản xuất ô tô thường bảo đảm rằng pin xe điện sẽ duy trì từ 70–80% tình trạng sức khỏe ban đầu (SOH), một ngưỡng mà hầu hết các pin đạt được sau hơn một thập kỷ sử dụng ⁸¹. Các quốc gia cũng đang nỗ lực hướng tới tiêu chuẩn hóa — vào năm 2022, Ủy ban Kinh tế Liên Hợp Quốc cho Châu Âu (UNECE) đã cập nhật các quy định để thiết lập một tiêu chuẩn độ bền cho pin xe điện. Các quy định này yêu cầu pin phải có ít nhất 70% dung lượng còn lại sau tám năm hoặc 100.000 dặm lái xe. Các tiêu chuẩn độ bền dự kiến sẽ có hiệu lực tại châu Âu vào năm 2027 ⁸². Các pin có mức SOH thấp hơn yêu cầu của xe điện vẫn có thể phù hợp với các ứng dụng khác có yêu cầu hiệu suất thấp hơn, tạo cơ hội cho việc tái chế hoặc tái sử dụng. Ví dụ, trong các ứng dụng lưu trữ tĩnh, sự thiếu hụt dung lượng có thể được bù đắp bằng cách sử dụng một lượng lớn các tế bào pin. Các ứng dụng khác nhau có thể ưu tiên dung lượng hoặc công suất, có nghĩa là một chỉ số SOH có thể quan trọng hơn chỉ số còn lại. Ví dụ, cân bằng tần số lưới yêu cầu công suất cao nhưng dung lượng thấp, trong khi lưu trữ năng lượng PV mặt trời yêu cầu dung lượng cao hơn công suất đầu ra.

Tuy nhiên, việc dự đoán chính xác SOH là một vấn đề phức tạp, vì sự suy giảm thay đổi tùy theo các yếu tố sử dụng như sạc nhanh thường xuyên, nhiệt độ cực đoan và lái xe tốc độ cao. Các nhà sản xuất ô tô theo dõi SOH thông qua hệ thống quản lý pin (BMS), ngày càng sử dụng các cảm biến tế bào để thu thập dữ liệu thời gian thực nhằm phục vụ việc bảo trì và cải tiến thiết kế. Sự ngần ngại chia sẻ dữ liệu SOH với các bên thứ ba buộc các công ty tái chế phải phát triển các công cụ đánh giá thay thế, như mô hình xả (giảm thời gian kiểm tra xuống chỉ còn vài phút) và bản sao số (mô hình học máy dự đoán sự suy giảm, cũng là một phần quan trọng trong việc theo dõi chuỗi cung ứng qua hộ chiếu pin).

3.5.1.2. Các công nghệ tái chế pin chính được sử dụng hiện nay:

Các nhà máy tái chế thường sẽ sử dụng một trong hai phương pháp khác nhau được nêu chi tiết bên dưới, mặc dù các công ty đang thử nghiệm các phương pháp kết hợp bao gồm sự kết hợp của cả hai phương pháp nhằm tối đa hóa tỷ lệ thu hồi vật liệu ⁸³.

- **Luyện kim nhiệt:** Phương pháp này liên quan đến việc nung chảy pin để tạo ra một sản phẩm thải là xỉ cùng với hợp kim của các kim loại quý. Hợp kim sau đó cần phải được xử lý thêm để thu hồi các vật liệu có thể sử dụng. Phương pháp này có thể tái chế pin của các loại hóa học khác nhau, nhưng chỉ thu hồi được một số nguyên liệu thô nhất định (như coban và niken, trong khi không thu hồi được mangan hoặc lithium), tỷ lệ thu hồi thường dưới 50% ⁸⁴ và tiêu tốn nhiều năng lượng ⁸⁵.
- **Luyện kim thủy:** xử lý cơ học thông qua việc tháo dỡ hoặc cắt nhỏ. Sau đó, vật liệu anot và catot được thu thập dưới dạng "Khối đen" và sau đó các vật liệu hoạt tính được chiết xuất từ vật liệu đã tách ra bằng axit mạnh. Điều này có thể dẫn đến năng suất lên đến 99%⁸⁶, tuy nhiên tốn nhiều thời gian hơn, sử dụng nhiều nước hơn và không có chất điện phân phục hồi.

⁸¹ GEOTAB (2019, December) What can 6,000 electric vehicles tell us about EV battery health? Available at: <https://www.geotab.com/uk/blog/ev-battery-health/>

⁸² BVRLA (2023, May) Battery Health: Supercharge Your Knowledge. Available at: <https://www.bvrla.co.uk/resource/battery-health-16-may-2023.html>

⁸³ ScienceDirect (2021, April) Hydrometallurgical recycling of EV lithium-ion batteries. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21001082>.

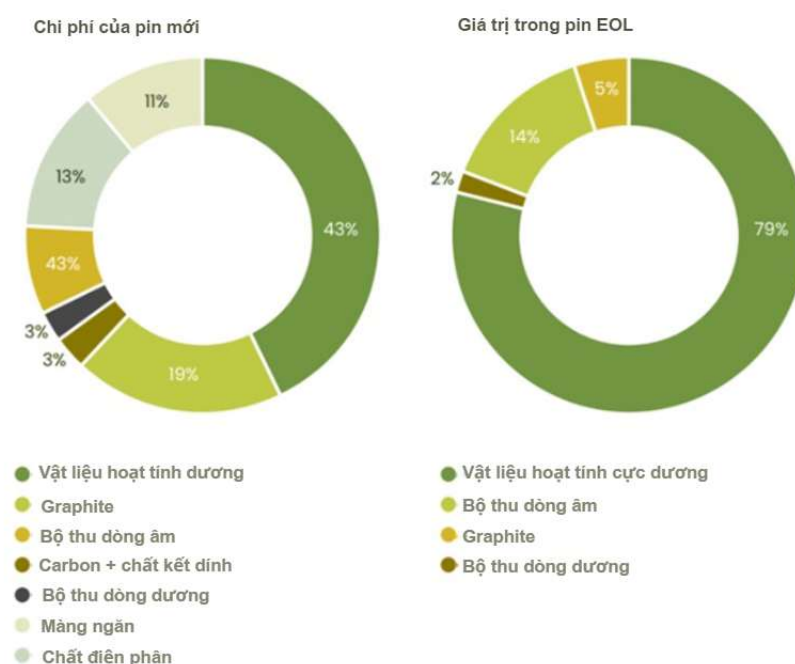
⁸⁴ Duesenfeld (battery recycling company) Comparison of different methods for recycling lithium-ion batteries. Duesenfeld. Available at: https://www.duesenfeld.com/comparison_recycling.html.

⁸⁵ The University of Warwick (2020, September) Automotive Lithium ion Battery Recycling in the UK (report summary). Available at: https://warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/business/transportelec/22350m_wmg_battery_recycling_report_v7.pdf.

⁸⁶ National Library of Medicine (2020, December) The Current Process for the Recycling of Spent Lithium Ion Batteries. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7744654/>; Union of Concerned Scientists

- Một đổi mới triển vọng, tái chế cực dương trực tiếp, tách các thành phần trong khi vẫn bảo tồn cấu trúc của chúng để tái sử dụng trong các pin mới, có thể thu hồi thêm các vật liệu như màng ngăn. Các công ty như **Redwood Materials** ở Mỹ đang xây dựng các nhà máy luyện kim ướt để xử lý cả vật liệu khai thác và tái chế, giảm phát thải carbon, trong khi **Ecoshred** ở Vương quốc Anh đã huy động được 1,82 triệu bảng ⁸⁷ để cải thiện việc thu hồi phế liệu công nghiệp. Tự động hóa cũng đang được áp dụng mạnh mẽ để giải quyết chi phí lao động 23% tại các nhà máy tái chế, nâng cao hiệu quả.

Tính khả thi về kinh tế của việc tái chế phụ thuộc vào hóa học của pin. Các pin có hàm lượng niken cao mang lại lợi nhuận cao hơn nhờ vào coban và niken quý giá, trong khi các pin lithium iron phosphate (LFP), chứa các vật liệu có giá trị thấp hơn như phốt pho và sắt, kém lợi nhuận hơn khi tái chế (xem Hình 3.37) ⁸⁸.



Hình 3-37. So sánh sự phân chia giá trị của các tế bào mới và EOL ⁸⁹

3.5.1.3. Thị trường tái chế, tái sử dụng và tái chế pin trên toàn cầu:

Trên toàn cầu, tái chế, tái sử dụng và tái sử dụng pin EV hiện là một thị trường tương đối mới nhưng dự kiến sẽ tăng trưởng đáng kể. Hầu hết các công ty tái chế pin đang hoạt động hiện nay đều là các công ty tái chế độc lập, nhưng các nhà sản xuất ô tô, nhà sản xuất pin, công ty khai thác và chế biến

(2022, July) Are EV Batteries Recyclable? <https://blog.ucsusa.org/jessica-dunn/are-evbatteries-recyclable/>.

⁸⁷ UKRI (Gateway to Research) Recovering battery grade materials from upgraded black mass to enable remanufacturing of automotive battery products in the UK. Available at: <https://gtr.ukri.org/projects?ref=10043366>.

⁸⁸ Clean Technica (2023, February) Guiding Principles for EV Battery Recycling Policy. Available at: <https://cleantechnica.com/2023/02/28/guiding-principlesfor-ev-battery-recycling-policy/>.

⁸⁹ Guide to Investing in the EV Battery Supply Chain, Green Finance Institute, p. 51.

đang bắt đầu tham gia thị trường. Quy định đang thúc đẩy tăng trưởng, bao gồm cả việc chính phủ Trung Quốc ban hành một loạt chỉ thị trong vài năm qua để khuyến khích tái sử dụng pin ⁹⁰ và các quy định của EU gần đây được phê duyệt về tái chế vật liệu pin có khả năng tạo ra một thị trường có giá trị hơn cho pin EOL.

Hiện tại, với số lượng xe điện EOL ít để tái chế, việc tái chế pin có xu hướng diễn ra gần với hoạt động sản xuất pin và cơ sở kinh doanh của nó chủ yếu dựa vào chất thải sản xuất làm nguyên liệu đầu vào. Do đó, Trung Quốc thống trị năng lực tái chế toàn cầu (chiếm 80% thị phần ⁹¹) vì nước này là nơi có phần lớn các nhà sản xuất pin, đồng thời cũng tạo ra lượng phế liệu quy trình lớn nhất ⁹². Gần đây, CATL, nhà sản xuất pin lớn nhất thế giới, đã đầu tư 2,79 tỷ bảng Anh để xây dựng một cơ sở ở Quảng Đông, miền nam Trung Quốc, nơi sẽ tăng gấp bốn lần năng lực tái chế pin Li-ion hiện tại và gần gấp đôi năng lực tái chế hiện tại của Trung Quốc ⁹³. Hình 3. 38 minh họa năng lực tái chế theo khu vực tính đến năm 2021.



Hình 3-38. Năng lực tái chế toàn cầu, tính bằng tấn (Hơn 80% năng lực tái chế pin của thế giới nằm ở Trung Quốc) ⁹⁴.

Hàn Quốc là một trong những quốc gia đi đầu trong việc tái chế pin Li-ion do có thể tiếp cận phế liệu từ quy trình sản xuất pin và người mua vật liệu cũng như sự hỗ trợ mạnh mẽ của chính phủ. Gần đây, chính phủ đã đầu tư 25 tỷ bảng Anh để hỗ trợ dự án phát triển công nghệ pin Li-ion kéo dài bốn năm nhằm phát triển cơ sở hạ tầng hỗ trợ tái chế và tái sử dụng pin ⁹⁵.

Châu Âu và Hoa Kỳ có ít nhà sản xuất pin hơn và do đó có ít vật liệu và ít đơn vị tái chế hơn, tuy nhiên, luật tăng sản xuất và bắt buộc ngưỡng vật liệu tái chế trong pin EV (IRA ở Hoa Kỳ và Chỉ thị về pin của EU mới được phê duyệt ⁹⁶) đang thúc đẩy sự thay đổi. Năng lực tái chế ngày càng tăng dự kiến sẽ làm tăng cường cạnh tranh trên toàn cầu đối với nguồn cung phế liệu hạn chế giữa các nhà sản xuất pin, với nhiều công ty đang tìm cách hình thành quan hệ đối tác để đảm bảo vật liệu tái chế.

⁹⁰ Electrive (2022, January) Battery reuse & recycling expand to scale in China. Available at:

<https://www.electrive.com/2022/01/29/batteryreuse-recycling-expands-to-scale-in-china/>.

⁹¹ Bloomberg UK (2022, September) The Next Big Battery Material Squeeze Is Old Batteries. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-01/thenext-big-battery-material-squeeze-is-old-batteries>.

⁹² Benchmark Minerals (2022, September) Battery production scrap to be main source of recyclable material this decade. Available at: <https://source.benchmarkminerals.com/article/batteryproduction-scrap-to-be-main-source-of-recyclablematerial-this-decade>.

⁹³ Benchmark Minerals (2023, January) CATL to quadruple recycling capacity with \$3.5 billion investment. Available at: <https://source.benchmarkminerals.com/article/catl-toquadruple-recycling-capacity-with-3-5-billion-investment>.

⁹⁴ Guide to Investing in the EV Battery Supply Chain, Green Finance Institute, p. 52.

⁹⁵ Alfred H Knight (2023, January) Battery Recycling In South Korea – Circular Economy.

<https://www.ahkggroup.com/batteryrecycling-south-korea/>.

⁹⁶ European Commission (2022, December) Green Deal: EU agrees news law on more sustainable and circular batteries to support EU's energy transition and competitive industry.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7588.

Ví dụ, Glencore, công ty tái chế rác thải điện tử hàng đầu Bắc Mỹ, gần đây đã thiết lập quan hệ đối tác với Li-Cycle, một công ty tái chế pin Li-ion. Công ty này sẽ đầu tư 200 triệu đô la Mỹ thông qua nợ chuyển đổi và sẽ cung cấp cho Li-Cycle nguyên liệu tái chế pin và thiết lập các thỏa thuận mua bán vật liệu pin. Glencore gần đây cũng đã công bố kế hoạch xây dựng nhà máy tái chế pin lớn nhất châu Âu tại Ý, sẵn sàng vào năm 2027⁹⁷.

3.5.2. Chính sách và quy định liên quan đến quản lý chất thải pin (EPR-Extended Producer Responsibility, tiêu chuẩn môi trường...)

Nhu cầu cấp bách giải quyết vấn đề rác thải pin xuất phát từ sự mở rộng nhanh chóng của việc áp dụng và sản xuất xe điện, đòi hỏi các chính sách cân bằng giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường. Các quy định này có những mục tiêu chung: nâng cao hiệu quả thị trường, thúc đẩy tính tuần hoàn và giảm thiểu tác động xấu đến môi trường và xã hội. Chúng đặt ra các tiêu chuẩn bắt buộc đối với các nhà sản xuất, nhà nhập khẩu và nhà phân phối, được điều chỉnh phù hợp với các ưu tiên khu vực và năng lực công nghiệp.

3.5.2.1. Liên minh Châu Âu: Quy định Pin EU 2023/1452

Được công bố bởi Ủy ban EU vào ngày 28 tháng 7 năm 2023 và có hiệu lực từ ngày 17 tháng 8 năm 2023, Quy định Pin EU (EU) 2023/1542 thiết lập một khuôn khổ toàn diện với ba mục tiêu chính:

- **Nâng cao Thị trường Nội bộ EU:** Tinh gọn sản xuất, chế biến và tái chế pin, bao gồm cả quản lý chất thải.
- **Thúc đẩy Kinh tế Tuần hoàn:** Khuyến khích tái sử dụng và tái chế tài nguyên để giảm sự phụ thuộc vào vật liệu mới.
- **Giảm Thiểu Tác động Môi trường và Xã hội:** Giảm thiểu khí thải trong suốt vòng đời và đảm bảo nguồn cung ứng có đạo đức.

Quy định này áp dụng cho tất cả các loại pin trên thị trường EU (ngoại trừ mục đích quân sự, không gian và hạt nhân) và yêu cầu:

- **Tiêu chuẩn Bền vững và An toàn:** Đảm bảo các pin đáp ứng các tiêu chí môi trường và hiệu suất.
- **Ghi nhãn, Đánh dấu và Thông tin:** Yêu cầu nhận diện rõ ràng và truy xuất nguồn gốc.
- **Cần trọng và Kiểm tra:** Thực thi việc có nguồn cung ứng có trách nhiệm và giám sát chuỗi cung ứng.
- **Quản lý Pin Thải:** Đưa ra các quy trình thu gom, xử lý và xử lý chất thải.
- **Hộ chiếu Pin:** Cung cấp hồ sơ số để theo dõi vòng đời.
- **Mua sắm công xanh:** Ưu tiên các lựa chọn thân thiện với môi trường trong các hợp đồng công.

Các nghĩa vụ này mở rộng đến các nhà sản xuất pin, nhà nhập khẩu và nhà phân phối, những người phải tuân thủ các quy trình đánh giá sự phù hợp và yêu cầu giám sát thị trường. Điều này ảnh hưởng đến một loạt các sản phẩm, bao gồm mô-đun pin, bộ pin, hệ thống lưu trữ năng lượng, hệ thống pin xe điện và các thiết bị sử dụng cuối, yêu cầu sự điều chỉnh trên toàn ngành.

⁹⁷ Financial Times (2023, May) Glencore plans Europe's biggest electric car battery recycling plant. <https://www.ft.com/content/ab593cac-5f7e-4b70-904d-94cc0251aaeb>.

3.5.2.2. *Ấn Độ: Khung trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR)*

Ấn Độ đã triển khai một quy định toàn diện về việc thu gom, tái chế và quản lý tất cả các loại pin — bao gồm pin ô tô, pin di động, pin công nghiệp và pin xe điện (EV) — nhằm thiết lập một nền kinh tế tuần hoàn trong khi đảm bảo quản lý chất thải an toàn cho môi trường. Dựa trên nguyên tắc Trách nhiệm Mở rộng của Nhà sản xuất (EPR), khung này yêu cầu các nhà sản xuất phải đăng ký với Ủy ban Kiểm soát Ô nhiễm Trung ương (CPCB) và chịu trách nhiệm thu gom, tái chế hoặc tân trang pin thải, với các mục tiêu ngày càng tăng theo thời gian. Việc xử lý chất thải bằng cách chôn lấp hoặc thiêu đốt là hoàn toàn bị cấm.

Mục tiêu EPR Cụ thể cho Pin EV:

- **Định nghĩa tái chế:** Bao gồm việc thu hồi các vật liệu như chì, niken, lithium, coban, nhựa, cao su và thủy tinh.
- **Mục tiêu thu gom và phục hồi:**
 - Thay đổi theo loại phương tiện (xe hai bánh, ba bánh, bốn bánh).
 - Yêu cầu thu gom 70% pin EV được đưa ra thị trường vào năm 2027–28.
 - Đạt mục tiêu phục hồi tăng từ 70% trong giai đoạn 2024–25 lên 90% vào năm 2026–27 (dựa trên trọng lượng khô).
- **Tích hợp vật liệu tái chế:** Yêu cầu ít nhất 5% vật liệu tái chế trong nước vào năm 2027–28, tăng lên 20% vào năm 2030–31 đối với các pin mới.
- **Cấm xử lý bằng chôn lấp:** Đảm bảo rằng pin thu gom sẽ được tái chế hoặc tân trang, không bị vứt bỏ tại bãi chôn lấp hoặc thiêu đốt.

Tỷ lệ phục hồi vật liệu:

- Pin EV và di động: 90% phục hồi vào năm 2026–27.
- Pin ô tô và công nghiệp: 60% phục hồi vào năm 2026–27.

Cơ chế thực thi:

- **Cổng thông tin trực tuyến tập trung:** Tạo điều kiện thuận lợi cho việc đăng ký và báo cáo.
- **Giám sát và kiểm toán:** Được thực hiện định kỳ bởi các hội đồng kiểm soát ô nhiễm.
- **Đền bù môi trường:** Áp dụng cho những trường hợp không tuân thủ, được tính toán dựa trên chi phí xử lý, thu gom, vận chuyển và phục hồi vật liệu.
- **Đăng ký bắt buộc:** Yêu cầu đối với các nhà sản xuất, nhà tái chế và nhà tân trang.
- **Ghi nhãn và theo dõi:** Đảm bảo truy xuất nguồn gốc trong suốt chuỗi cung ứng.

Thi hành: Các nhà sản xuất không đạt được mục tiêu EPR sẽ phải đối mặt với đền bù môi trường, trong khi các nhà tái chế có thể bị hủy đăng ký hoặc bị phạt theo Điều 15 của Luật Bảo vệ Môi trường 1986, bao gồm hình phạt lên tới năm năm tù hoặc phạt tiền lên đến 100.000 INR (~€1.100).

3.5.2.3. *Hoa Kỳ: Các Luật Quản Lý Pin và Sáng Kiến EPR*

Các luật quản lý pin tại Hoa Kỳ tập trung vào việc hạn chế các chất độc hại và yêu cầu các hệ thống thu gom và tái chế, với các chương trình như Call2Recycle đóng vai trò quan trọng trên khắp Hoa Kỳ và Canada. Các sáng kiến gần đây ở cấp bang tại Illinois và Washington D.C. tăng cường những nỗ lực này, thúc đẩy tính bền vững môi trường thông qua Trách nhiệm Mở rộng của Nhà sản xuất (EPR).

- Tại Illinois, Đạo luật Quản lý Pin yêu cầu các nhà sản xuất pin hoặc nhà sản xuất sản phẩm có chứa pin phải triển khai và tham gia vào một kế hoạch quản lý pin được phê duyệt bắt đầu từ ngày 1 tháng 1 năm 2026. Điều này áp dụng cho các nhà sản xuất như chủ sở hữu thương hiệu, nhà sản xuất, nhà nhập khẩu và nhà phân phối đầu tiên. Các nhà bán lẻ bị cấm bán sản phẩm của các nhà sản xuất không tuân thủ. Kế hoạch phải được nộp trước ngày 1 tháng 7 năm 2025, và Call2Recycle dự kiến sẽ tham gia. Vi phạm có thể bị phạt dân sự lên tới \$7,000 mỗi lần vi phạm, và tăng gấp đôi nếu không thanh toán. Các trường

hợp miễn trừ bao gồm thiết bị y tế và pin chì ô tô.

- **Đạo luật Sửa đổi Mua Sắm Không Rác Tổng Hợp tại Washington D.C.:** Tại Washington D.C., Đạo luật Sửa đổi Mua Sắm Không Rác Tổng Hợp năm 2020 thiết lập Trách nhiệm Mở rộng của Nhà sản xuất (EPR) đối với pin chính và pin sạc lại, yêu cầu các nhà sản xuất tham gia vào một tổ chức quản lý pin được phê duyệt, với Call2Recycle là tổ chức duy nhất đã đăng ký. Luật này áp dụng cho các pin bán riêng lẻ hoặc trong các sản phẩm, ngoại trừ những sản phẩm thuộc các quy định về chất thải điện tử, phương tiện giao thông và thiết bị y tế. Luật này đảm bảo rằng các nhà sản xuất chịu trách nhiệm về việc tái chế và xử lý pin để giảm thiểu tác động đến môi trường.
- **Giải pháp của Source Intelligence cho bối cảnh EPR đang thay đổi:** Khi các tiểu bang trên khắp Hoa Kỳ tiếp tục áp dụng luật EPR, các công ty phải sẵn sàng hỗ trợ nền kinh tế tuần hoàn thông qua việc tuân thủ. Tuy nhiên, các luật này có thể đặt ra cho các công ty những thách thức mới, chẳng hạn như thu thập dữ liệu, báo cáo và cập nhật các luật mới.

3.5.3. Mô hình kinh tế tuần hoàn và cơ hội đầu tư vào tái chế pin

Pin xe điện (EV) là trung tâm của một thị trường lưu trữ năng lượng dự báo đạt 9.300 GWh vào năm 2030, tăng 18 lần so với 526 GWh vào năm 2020, được thúc đẩy bởi các nỗ lực giảm carbon toàn cầu⁹⁸. Hoạt động trong khuôn khổ nền kinh tế tuần hoàn (xem Hình 3-39) — tối đa hóa việc tái sử dụng vật liệu để giảm việc khai thác nguyên liệu thô, tác động môi trường và chi phí — những pin này mang lại tiềm năng chuyển đổi trong suốt vòng đời của chúng. Từ việc khai thác lithium, coban và niken đến tuổi thọ dịch vụ điển hình từ 10–15 năm, pin xe điện có thể được tái sử dụng cho các ứng dụng như lưu trữ năng lượng mặt trời hoặc ổn định lưới điện, hoặc tái chế để thu hồi lên tới 90% vật liệu⁹⁹, xử lý ước tính 1,2 triệu tấn pin hết tuổi thọ (EOL) vào năm 2030 và cắt giảm chi phí sản xuất đến 30%^{100,101}. Các đổi mới như tái chế không sử dụng hóa chất¹⁰² và thu hồi cực dương trực tiếp¹⁰³, đạt được tỷ lệ thu hồi vật liệu lên đến 99% thông qua phương pháp luyện kim ướt, đang thay thế các phương pháp nguy hiểm, nâng cao khả năng mở rộng khi xe điện vượt qua động cơ đốt trong (ICE).

⁹⁸ Batteries Are a Key Part of the Energy Transition. Here's Why. Available online: <https://www.weforum.org/agenda/2021/09/batteries-lithium-ion-energy-storage-circular-economy/> (accessed on 6 August 2024).

⁹⁹ What Is the Circular Economy, and Why Does It Matter That It's Shrinking? Available online: <https://www.weforum.org/agenda/2022/06/what-is-the-circular-economy/>.

¹⁰⁰ Bhutada, G. The Key Minerals in an EV Battery. Available at: <https://elements.visualcapitalist.com/the-key-minerals-in-an-ev-battery/>.

¹⁰¹ Policy Challenges for Accessing Critical Minerals to Electrify Vehicle Transport. Available at: <https://www.rff.org/publications/reports/policy-challenges-for-accessing-critical-minerals-for-electric-vehicles/>.

¹⁰² Boyo, S. Here's How EV Batteries Can Be Given a Second Life. Available online: <https://www.cnn.com/2023/03/29/heres-how-ev-batteries-can-be-given-a-second-life.html>.

¹⁰³ Herrmann, F.; Rothfuss, F. Introduction to Hybrid Electric Vehicles, Battery Electric Vehicles, and off-Road Electric Vehicles. In *Advances in Battery Technologies for Electric Vehicles*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2015; pp. 3–16.



Hình 3-39. Mô hình kinh tế tuần hoàn ¹⁰⁴.

3.5.3.1. Cơ hội và thách thức đầu tư

Dự báo thị trường tái chế sẽ đạt 15,8 tỷ USD, tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) 32,1% từ 2023 đến 2030¹⁰⁵, phản ánh sự gia tăng khối lượng pin hết vòng đời (EOL) và giá trị kinh tế của các khoáng sản thu hồi, với các cơ hội trong việc tái sử dụng pin cho hệ thống điện mặt trời hộ gia đình và phát triển các công nghệ tái chế như luyện kim ướt. Tuy nhiên, các thách thức như sự lỗi thời có kế hoạch — thiết kế pin với tuổi thọ hạn chế để khuyến khích việc mua lại — và sự hoài nghi của công chúng về lợi ích môi trường của xe điện đang cản trở tiến trình ¹⁰⁶. Một nghiên cứu của Hội đồng Quốc tế về Vận tải Sạch (ICCT) năm 2023 cho thấy nhu cầu tiêu dùng mạnh mẽ có thể thúc đẩy các nhà sản xuất tái chế mà không cần các ưu đãi, nhưng sự phụ thuộc hiện tại vào sự hỗ trợ của chính sách cho thấy điều ngược lại.

3.5.3.2. Chiến lược chính sách cho một hệ sinh thái bền vững

Để đạt được một nền kinh tế tuần hoàn, cần phải tích hợp các tiến bộ công nghệ với các khung chính sách vững chắc. Nghiên cứu và phát triển (R&D), được hỗ trợ bởi các khoản trợ cấp của chính phủ (ví dụ, Quỹ Khoa học Quốc gia Mỹ, Horizon Europe của Ủy ban Châu Âu), đầu tư từ các doanh nghiệp (ví dụ, Tesla, CATL) và các tổ chức phi lợi nhuận, thúc đẩy các đổi mới như các bản sao số (digital twins) để theo dõi vòng đời. Các nhà làm chính sách nên:

- **Tăng cường tài trợ cho R&D:** Hỗ trợ các tiến bộ dần dần (ví dụ, hiệu quả tái chế) và các đột phá (ví dụ, quy trình không sử dụng hóa chất).
- **Hỗ trợ các dự án thí điểm:** Khuyến khích hợp tác công-tư để phát triển cơ sở hạ tầng tái sử dụng và tái chế.

¹⁰⁴ Pereira, P.M.; Vieira, C.S. A Literature Review on the Use of Recycled Construction and Demolition Materials in Unbound Pavement Applications. Sustainability 2022, 14, 13918.

¹⁰⁵ Meticulous Market Research Pvt. Ltd. EV Battery Recycling Market to Be Worth \$15.8 Billion by 2030—Exclusive Report by Meticulous Research®. Available online: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/03/23/2633129/0/en/EV-Battery-Recycling-Market-to-be-Worth-15-8-Billion-by-2030-Exclusive-Report-by-Meticulous-Research.html>.

¹⁰⁶ Luo, D. Research on the Influence of Consumers' Environmental Preference and Government Policy on EV Battery Recycling. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2021, 651, 042057.

- **Thực hiện các biện pháp Kéo Thị trường:** Giới thiệu các khoản trợ cấp, ưu đãi thuế và yêu cầu bắt buộc (ví dụ, mục tiêu 20% nội dung tái chế của EU vào năm 2031, theo Mục 3.5.2) để kích thích nhu cầu.

Các chiến lược này có thể vượt qua các rào cản như sự lỗi thời có kế hoạch và sự hoài nghi, đồng thời điều chỉnh các mục tiêu của khu vực tư nhân với các mục tiêu bền vững. Bằng cách xây dựng một hệ sinh thái tái chế bền vững, các nhà làm chính sách có thể đảm bảo một tương lai hiệu quả về tài nguyên.

4. Các công ty và tổ chức lớn trong chuỗi cung ứng pin

Chuỗi cung ứng pin toàn cầu, quan trọng đối với việc điện khí hóa giao thông và lưu trữ năng lượng, bao gồm khai thác nguyên liệu thô, tinh luyện, sản xuất linh kiện, sản xuất tế bào, lắp ráp và tái chế. Phần này giới thiệu các công ty và gigafactory chủ chốt ở các khu vực, làm nổi bật vai trò, công suất sản xuất và các khoản đầu tư chiến lược của họ để hỗ trợ tính bền vững và tính cạnh tranh trên thị trường. Dữ liệu được lấy từ các nhà lãnh đạo ngành và các nguồn đã được xác nhận nhằm hướng dẫn các quyết định chính sách và đầu tư.

4.1. Các công ty chủ chốt và gigafactory

Trung Quốc chiếm ưu thế trong chuỗi cung ứng pin, xuất sắc trong các lĩnh vực khai thác nguyên liệu thô, tinh luyện, sản xuất cực dương, sản xuất tế bào, và tái chế. Các công ty hàng đầu của Trung Quốc bao gồm Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL) với thị phần pin xe điện toàn cầu 37%, BYD (14% thị phần), Ganfeng Lithium, Huayou Cobalt, và GEM, bao gồm cả quá trình chế biến vật liệu và tái chế (SNE Research, 2023; Hình 4.1). Tesla, chủ yếu nổi tiếng với sản xuất xe, theo đuổi chiến lược tích hợp dọc với sản xuất tế bào và đầu tư vào lưu trữ năng lượng, đặc biệt tại Nevada Gigafactory của mình (công suất 100 GWh vào năm 2025).

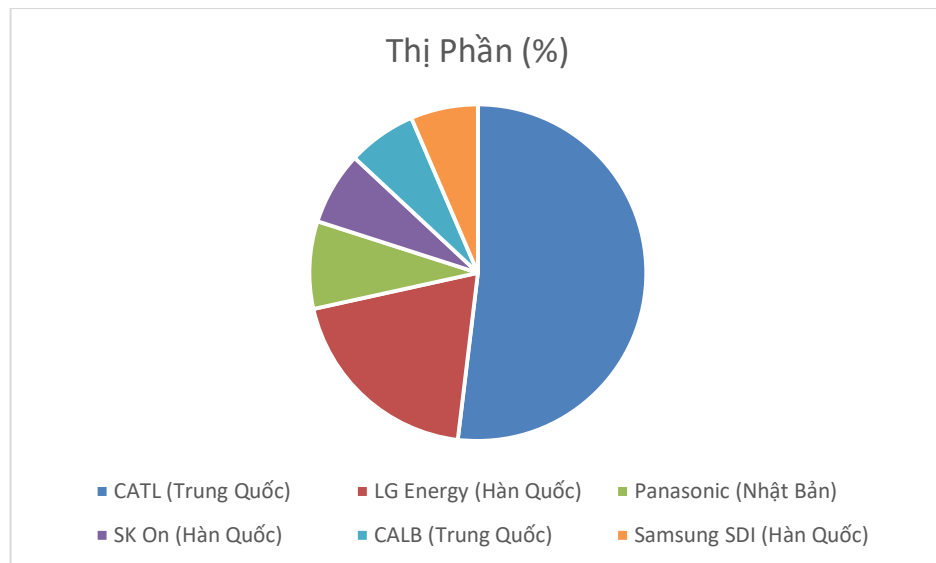


* estimated as of December 2023

Hình 4-1. Các công ty đương nhiệm hoặc công ty đại chúng có vốn hóa thị trường hoặc định giá trên 1 tỷ USD ¹⁰⁷

Các công ty châu Âu như Umicore, Northvolt (60 GWh tại Thụy Điển), và BASF tập trung vào sản xuất linh kiện và tế bào, trong khi các công ty Nhật Bản và Hàn Quốc — Panasonic (thị phần 6%), LG Energy Solution (14%), Samsung SDI (4,6%), và SK On (5%) — dẫn đầu trong sản xuất tiên tiến (xem Hình 4.2). Các tập đoàn khai thác lớn như Vale, Glencore, Albemarle, và SQM kiểm soát nguồn cung nguyên liệu thô. Trong lĩnh vực tái chế, Umicore và Brunp (liên kết với CATL) đang đầu tư để tạo ra các hệ thống tuần hoàn khép kín, nâng cao tính bền vững.

¹⁰⁷ Battery Report 2023, Volta foundation, P.24.

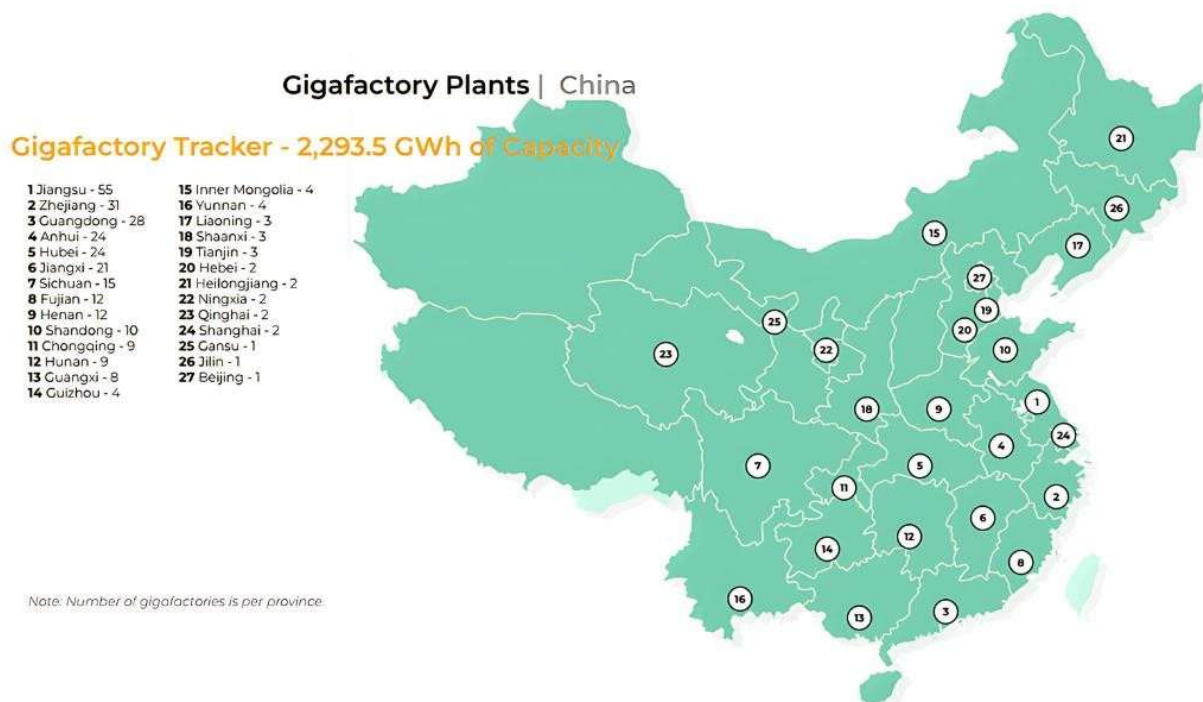


Hình 4-2. Biểu đồ thị phần pin EV trên toàn thế giới

Các **gigafactory** lắp ráp các tế bào thành bộ pin, tích hợp các **Hệ thống Quản lý Pin (BMS)**, **Hệ thống Quản lý Nhiệt (TMS)**, và **vỏ pin**. Một số nhà máy, như nhà máy Nevada của Tesla, sản xuất các tế bào tại chỗ, thường thông qua các liên doanh (ví dụ, Tesla-Panasonic). Các cơ sở này đóng vai trò quan trọng, với công suất toàn cầu phản ánh tham vọng khu vực.

4.2. Gigafactory tại Trung Quốc

Trung Quốc tiếp tục chiếm ưu thế là nhà sản xuất pin lớn nhất thế giới. Hình 4-3 cung cấp cái nhìn tổng quan về các gigafactory tại Trung Quốc, với tổng công suất sản xuất pin đạt 2.293,5 GWh. Dữ liệu này bao gồm 27 tỉnh/thành phố có nhà máy sản xuất pin, chi tiết số lượng cơ sở tại mỗi khu vực.



Hình 4-3. Các công ty Gigafactory sản xuất và đóng gói tại Trung Quốc ¹⁰⁸

Sản xuất pin của Trung Quốc tập trung mạnh mẽ ở các tỉnh ven biển, tận dụng lợi thế gần các cảng và trung tâm công nghiệp. Jiangsu dẫn đầu với 55 gigafactory, tiếp theo là Zhejiang (37), Guangdong (28), và Anhui và Hubei (mỗi tỉnh 24), chiếm hơn 60% tổng công suất (Hiệp hội Công nghiệp Pin Trung Quốc, 2024). Các tỉnh nhỏ hơn như Bắc Kinh, Jilin, và Gansu chỉ có một nhà máy, phản ánh sự tập trung chiến lược vào hiệu quả ven biển. Công suất hiện tại 2.293,5 GWh hỗ trợ sự thống trị của Trung Quốc, cung cấp 70% pin lithium-ion toàn cầu và đáp ứng nhu cầu trong nước và xuất khẩu cho xe điện (EV) và lưu trữ lưới điện.

Xếp hạng của SNE Research tại Hàn Quốc vào năm 2023 về 10 công ty pin hàng đầu toàn cầu nhấn mạnh sự lãnh đạo của Trung Quốc, với sáu công ty có mặt trong danh sách: CATL, BYD, AVIC Lithium, Guoxuan Hi-Tech, Envision Power, và Honeycomb Energy. Tổng cộng, các công ty này chiếm 47% thị phần toàn cầu, trong đó CATL đóng góp 37%. Việc tích hợp dọc của CATL bao gồm từ chế biến nguyên liệu thô đến tái chế, trong khi BYD kết hợp sản xuất pin và xe. Sự tập trung này tăng cường sự kiểm soát của Trung Quốc đối với các giai đoạn quan trọng trong chuỗi cung ứng, từ tinh luyện lithium và coban đến sản xuất tế bào pin.

Thị trường xe điện của Trung Quốc là yếu tố chính thúc đẩy nhu cầu pin, với doanh số đạt mức kỷ lục 450.000 xe vào tháng 11 năm 2022, chiếm 17% tổng doanh số xe mới, và tăng lên 30% vào tháng 5 năm 2023 — vượt qua mục tiêu ban đầu 20% được đặt ra cho năm 2025. Sự gia tăng này, được thúc đẩy bởi các khoản trợ cấp của chính phủ và các khoản đầu tư vào cơ sở hạ tầng (ví dụ, 20 tỷ euro trong các ưu đãi cho xe điện từ năm 2020), đã đẩy nhu cầu pin vượt quá 1 TWh mỗi năm. Nhu cầu này không chỉ hỗ trợ xe điện hành khách mà còn các đội xe thương mại và lưu trữ năng lượng, với Trung Quốc lắp đặt 50% hệ thống pin quy mô lưới điện toàn cầu trong năm 2023.

Các ông lớn trong ngành pin của Trung Quốc đang mở rộng quy mô mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng. Các kế hoạch mở rộng bao gồm:

¹⁰⁸ Battery Report 2023, Volta foundation, P.46.

- **CATL:** Mục tiêu đạt 670 GWh vào năm 2025, với các cơ sở tại Fujian Ningde (150 GWh), Sichuan (100 GWh), Qinghai (80 GWh), Guangdong (70 GWh), Jiangxi (60 GWh), Thượng Hải (50 GWh), và các địa điểm khác, được hỗ trợ bởi khoản đầu tư 15 tỷ euro (CATL, 2024).
- **BYD:** Mục tiêu đạt 600 GWh vào năm 2025, với các nhà máy tại Guangdong (120 GWh), Qinghai (100 GWh), Chongqing (80 GWh), Hunan (70 GWh), Xi'an (60 GWh), Guizhou (50 GWh), Jiangsu (40 GWh), Hubei (30 GWh), Zhejiang (20 GWh), và các địa điểm bổ sung, được hỗ trợ bởi khoản đầu tư 10 tỷ euro (BYD, 2024).
- **Honeycomb Energy:** Mục tiêu đạt 600 GWh vào năm 2025, nhắm đến 25% thị phần toàn cầu với các nhà máy mới tại Jiangsu và Zhejiang.
- **AVIC Lithium Battery:** Mục tiêu đạt 500 GWh vào năm 2025, mở rộng tại Anhui và Hubei.
- **Guoxuan Hi-Tech:** Mục tiêu đạt 300 GWh vào năm 2025, với sự phát triển tại Hefei và Wuhan.
- **Yiwei Lithium Energy:** Mục tiêu đạt 200 GWh vào năm 2023, tập trung vào Jiangsu.
- **Lishen Battery:** Mục tiêu đạt 100 GWh vào năm 2025, mở rộng tại Tianjin.
- **Funeng Technology:** Mục tiêu đạt 100 GWh vào năm 2025, với các cơ sở mới tại Fujian.

Những sự mở rộng này có thể đẩy công suất tổng của Trung Quốc vượt quá 3 TWh vào năm 2025, củng cố vị thế dẫn đầu của nước này khi nhu cầu toàn cầu đối với xe điện và lưu trữ năng lượng tăng trưởng với tỷ lệ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) 25% từ nay đến năm 2030.

Mạng lưới gigafactory của Trung Quốc cũng có ảnh hưởng kinh tế và chiến lược của nước này, cung cấp 60% pin xe điện cho Châu Âu và 40% cho Bắc Mỹ. Tuy nhiên, sự thống trị này cũng dấy lên lo ngại về sự dễ bị tổn thương của chuỗi cung ứng, khiến các đối thủ như Châu Âu (773 GWh vào năm 2030, Mục 4.3.2) và Ấn Độ (98 GWh, Mục 4.3.3) phải đẩy mạnh sản xuất trong nước. Các chính sách của Trung Quốc, bao gồm Kế hoạch Hành động Đỉnh Carbon 2021 và 50 tỷ euro trong các khoản trợ cấp công nghệ xanh, thúc đẩy sự tăng trưởng này, cung cấp một mô hình cho các quốc gia khác. Các nhà làm chính sách toàn cầu nên xem xét các đối tác chiến lược, đa dạng hóa nguyên liệu thô (Trung Quốc nhập khẩu 70% lithium) và các ưu đãi cho sản xuất trong nước để giảm thiểu sự phụ thuộc vào chuỗi cung ứng của Trung Quốc.

4.3. Gigafactory ngoài Trung Quốc

Dưới đây là một số nhà máy sản xuất pin xe điện lớn nhất trên thế giới, không bao gồm Trung Quốc, nơi có phần lớn các cơ sở sản xuất pin.

Bảng 4-1. Các nhà máy/Gigafactory sản xuất pin EV trên toàn thế giới

Nhà máy/Gigafactory	Đất nước	Sản lượng
Blue Energy	Nhật Bản	NA
Blue Solutions Canada	Canada	NA
Britishvolt	Canada	60 GWh/yr
CATL	Đức	48 GWh/yr
EaglePicher Technologies	Canada	NA
Eaton	Ái-len	NA
Flex-N-Gate		NA
LG Energy	Ba Lan	NA
LG Energy	Hàn Quốc	NA
Lion Electric	Canada	5 GWh/yr

¹⁰⁹ <https://optimisticstorm.com/china-battery-gigafactories/>

Samsung SDI	Hungary	NA
Samsung SDI	Indonesia	NA
Stellantis-LG Windsor Gigafactory	Canada	45 GWh/yr
Stryten Energy Ottawa Plant	Canada	NA
Toshiba 1	Nhật Bản	NA
Toshiba 2	Nhật Bản	NA
UgoWork	Canada	NA

4.3.1. Bắc Mỹ

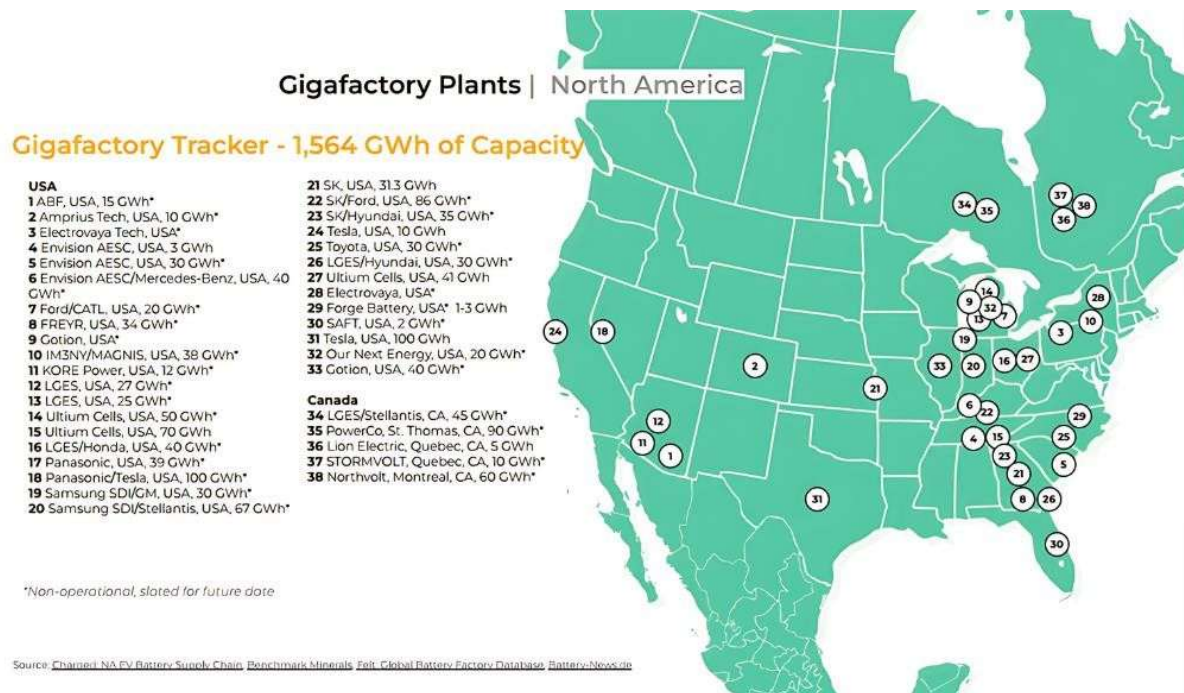
Tại Hoa Kỳ, "Battery Belt" (Michigan, Tennessee, South Carolina, Georgia) đang thúc đẩy quá trình địa phương hóa chuỗi cung ứng trong nước, với các nhà máy đã hoạt động hoặc dự kiến sẽ đi vào hoạt động vào năm 2026. Tesla Gigafactory Nevada dẫn đầu với công suất dự kiến đạt 100 GWh vào năm 2025 (tăng từ 37 GWh), tiếp theo là Ford-SK BlueOval (86 GWh tại Kentucky), Ford-SK BlueOval City (43 GWh tại Tennessee), và Rivian (50 GWh tại Georgia). Các nhà máy đáng chú ý khác bao gồm GM-LG Ultium Cells (nhiều địa điểm) và Envision AESC (30 GWh tại Kentucky), tổng cộng sản lượng đáng kể (xem Bảng 4.2).

Bảng 4-2. Các nhà máy sản xuất pin tại Hoa Kỳ. Danh sách này chỉ hiển thị các nhà máy có sản lượng đầu ra. Danh sách đầy đủ, bao gồm các nhà máy bổ sung có sản lượng NA, có trong Phụ lục 2.

Gigafactory	Vị trí	State	Đầu ra sản xuất
AKASOL	Hazel Park	MI	400 MWh/yr
American Battery Factory	American Fork	UT	12 GWh/yr
American Battery Solutions	Springboro	OH	2 MWh
BMW Spartanburg Plant	Greer	SC	22,500 units/yr
EnPower	Indianapolis	IN	1 GWh/yr
Envia Systems	Newark	CA	400 Wh/kg
Envision AESC Bowling Green Plant	Bowling Green	KY	30 GWh/yr
Ford-SK BlueOval	Glendale	KY	86 GWh/yr
Ford-SK BlueOval City	Stanton	TN	43 GWh/yr
Highpower International	Mountain View	CA	850 Wh/yr
Kore Power	Buckeye	AZ	12 GWh/yr
LG Energy	Holland	MI	5 GWh/yr
LG Energy	Queen Creek	AZ	11 GWh/yr
Magnis	Endicott	NY	32 GWh/yr
Microvast	Clarksville	TN	2 GWh
Octillion Power Systems	Richmond	CA	4 GWh/yr
Polyplus Battery	Berkeley	CA	2,000 L/Yr
Rivian	Atlanta	GA	50 GWh/yr
Solect, Inc.	Greensboro	NC	1 GWh/yr
Sparkz Inc.	Livermore	CA	1 GWh/yr
Statevolt	Los Angeles	CA	54 GWh/yr

Stellantis-Samsung Kokomo Plant	Kokomo	IN	23 GWh/yr
Tesla Gigafactory Texas	Austin	TX	100 GWh/yr
Tesla Giga New York	Buffalo	NY	2 GWh
Tesla Gigafactory 1	Sparks	NV	20 GWh
Xalt Energy	Midland	MI	600 MWh/yr

Canada là nơi có các cơ sở như Stellantis-LG Windsor Gigafactory (45 GWh) và Britishvolt (60 GWh), giúp tăng cường năng lực của khu vực.



Hình 4-4. Các công ty sản xuất pin lớn tại Hoa Kỳ ¹¹⁰

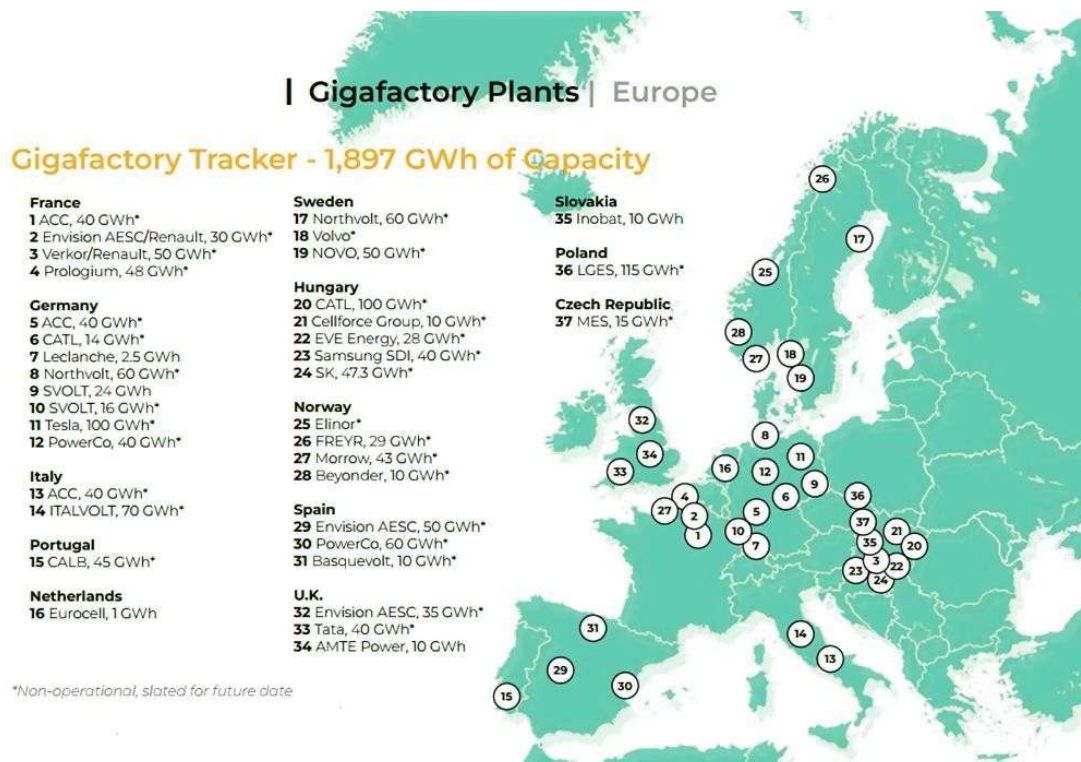
4.3.2. Châu Âu

Châu Âu đặt mục tiêu tự cung cấp pin, với tổng công suất đạt 1.897 GWh (xem Hình 4.3). Các nhà sản xuất ô tô lớn—Tesla (Berlin-Brandenburg, 35 GWh), Volvo, Renault, và Volkswagen (Salzgitter, 40 GWh vào năm 2025)—đang xây dựng hoặc hợp tác xây dựng các nhà máy để đảm bảo chuỗi cung ứng pin xe điện. Hầu hết các nhà máy này có công suất lớn, dao động từ 20 đến 100 GWh, nhấn mạnh sự đầu tư lớn và tham vọng của Châu Âu trong việc cạnh tranh trên thị trường pin toàn cầu.

Các nhà sản xuất ô tô lớn đang dẫn đầu trong việc bùng nổ gigafactory tại Châu Âu, đảm bảo nguồn cung cấp pin cho sản xuất xe điện. Berlin-Brandenburg là cơ sở sản xuất đầu tiên của Tesla tại Châu Âu. Là cơ sở hiện đại, bền vững và hiệu quả nhất hiện nay, nó có công suất sản xuất hàng năm là 375.000 xe và hàng triệu tế bào pin, tương đương với công suất 35 GWh mỗi năm. Tương tự, các nhà sản xuất pin Trung Quốc như CATL đang xây dựng gigafactory tại Châu Âu để phục vụ xe điện sản xuất tại Châu Âu.

¹¹⁰ Battery Report 2023, Volta foundation, P.43.

Đến nay, CATL đặt mục tiêu thiết lập bốn gigafactory tại Châu Âu, bao gồm các địa điểm tại Đức và Hungary, với tổng công suất 100 GWh. Ngoài ra, gigafactory của Northvolt tại Thụy Điển hiện có tổng công suất là 60 GWh. Do đó, tổng sản lượng pin của Châu Âu dự kiến sẽ đạt 238 GWh vào năm 2025, 413 GWh vào năm 2027 và 773 GWh vào năm 2030, tăng từ 69 GWh vào năm 2022.



Hình 4-5. Các nhà máy sản xuất pin tại Châu Âu ¹¹¹

Các gigafactory của Châu Âu trải dài qua nhiều quốc gia, mỗi quốc gia đóng góp vào hệ sinh thái pin của khu vực¹¹²:

- **Pháp:** Thành phố Douai là nơi đặt nhà máy Envision AESC trị giá 2 tỷ euro gần trung tâm “Renault ElectricCity”, bắt đầu với công suất 9 GWh vào năm 2024 và mở rộng lên 24 GWh vào năm 2030, cung cấp pin cho sản xuất xe điện của Renault. Tại Dunkirk, công ty ProLogium của Đài Loan hợp tác với chính phủ Pháp để xây dựng nhà máy trị giá 5,2 tỷ euro với công suất 48 GWh, dự kiến sản xuất bắt đầu vào năm 2026. Cũng tại Dunkirk, công ty khởi nghiệp của Pháp Verkor đang xây dựng một nhà máy 12 GWh, chủ yếu phục vụ Renault, với hoạt động dự kiến bắt đầu vào năm 2025.
- **Đức:** Ngoài CATL và Northvolt, Đức là trung tâm của đổi mới sáng tạo. Tại Kaiserslautern, Automotive Cells Company (ACC) — một liên doanh giữa Saft-TotalEnergies, Stellantis và Mercedes — dự định xây dựng một nhà máy 40 GWh vào năm 2026. CellForce, một công ty Đức, sẽ khai trương một cơ sở tại Tuningen vào năm 2024, mặc dù chi tiết vẫn chưa được công bố. Nhà máy Salzgitter của Volkswagen (40 GWh vào năm 2025) là trung tâm của một sáng kiến lớn trị giá 10 tỷ euro. Svolt, một công ty Trung Quốc, đầu tư 2 tỷ euro vào hai nhà máy — Überherrn và Lauchhammer — cả hai sẽ đi vào hoạt động vào năm 2025 với tổng công suất 40 GWh.

¹¹¹ Battery Report 2023, Volta foundation, P.44.

¹¹² <https://mobilityportal.eu/europe-250-battery-factories-by-2033-confirmed/>

- **Ý:** Italvolt dẫn đầu với nhà máy trị giá 3,5 tỷ euro, công suất 45 GWh, nằm giữa Scarmagno và Romano Canavese, dự kiến mở cửa vào năm 2024. FAAM đầu tư 570 triệu euro vào nhà máy Teverola (8 GWh vào năm 2024), trong khi cơ sở của ACC tại Termoli (40 GWh vào năm 2026) mở rộng dấu ấn của Ý, hỗ trợ các nhà sản xuất ô tô địa phương như Stellantis.
- **Na Uy:** Freyr đầu tư 1,7 tỷ euro vào nhà máy hiện đại Mo i Rana, nhắm đến công suất 83 GWh vào năm 2028. Morrow khai trương giai đoạn đầu tiên của nhà máy trị giá 470 triệu euro, công suất 32 GWh tại Arendal vào năm 2024, với kế hoạch triển khai thêm ba giai đoạn nữa. Beyonder nhắm đến công suất 10 GWh tại Haugaland, và Elinor cam kết đầu tư 1 tỷ euro vào một nhà máy với mục tiêu đạt 40 GWh vào năm 2030, đi vào hoạt động vào năm 2026.
- **Tây Ban Nha:** BASQUEVOLT đầu tư 700 triệu euro vào nhà máy 10 GWh dự kiến hoàn thành vào năm 2027. Envision hợp tác với chính phủ Tây Ban Nha để xây dựng nhà máy trị giá 2,5 tỷ euro, công suất 30 GWh tại Naval Moral de la Mata, với ngày khởi công chưa được xác nhận. Volkswagen phân bổ 10 tỷ euro cho nhà máy 40 GWh, đi vào hoạt động vào năm 2026. InoBat ký kết hợp đồng trị giá 3 tỷ euro để xây dựng nhà máy 32 GWh, cũng bắt đầu vào năm 2026.
- **Vương quốc Anh:** Vương quốc Anh nổi lên như một trung tâm xe điện, với Tata Group đầu tư 4 tỷ bảng vào gigafactory Somerset (40 GWh vào năm 2026), tạo ra 4.000 việc làm để cung cấp cho Jaguar Land Rover. Envision xây dựng nhà máy 12 GWh tại Sunderland, đi vào hoạt động vào năm 2025. Coventry được phê duyệt cho một khu vực 60 GWh, đang tìm kiếm nhà đầu tư, mục tiêu hoàn thành vào năm 2025. NanoTech Energy đang khám phá bảy địa điểm với khoản đầu tư 1 tỷ bảng.

4.3.3. Châu Á và Đông Nam Á (ngoại trừ Trung Quốc)

Công suất sản xuất pin của Châu Á đạt 2.691 GWh, vượt qua Châu Âu, nhờ vào các trung tâm sản xuất đã được thiết lập tại Hàn Quốc và Nhật Bản, cùng với các đối thủ mới nổi ở Đông Nam Á và Ấn Độ (xem Hình 4.5). Phần này chi tiết các gigafactory chủ chốt, không bao gồm Trung Quốc (được đề cập trong Mục 4.3), làm nổi bật các động lực khu vực và xu hướng đầu tư.



Hình 4-6. Các nhà máy sản xuất pin lớn tại Châu Á ¹¹³.

¹¹³ Battery Report 2023, Volta foundation, P.45.

Các Trung Tâm Đã Được Thành Lập: Hàn Quốc và Nhật Bản

- **Hàn Quốc** đóng góp 52 GWh, dẫn đầu bởi Samsung SDI (Cheonan, 12 GWh), LG Energy Solution (LGES) (Ochang, 35 GWh), và SK On (Seosan, 5 GWh).
- **Nhật Bản** thêm 61 GWh, với Prime Planet (7 GWh), Envision AESC (Kanagawa, 26 GWh; Ibaraki, 18 GWh), và Panasonic (Osaka, 10 GWh; Asohoka, công suất TBD). Những quốc gia này vẫn là những người dẫn đầu về đổi mới, với LGES và Samsung SDI mở rộng toàn cầu.

Thị Trường Mới Nổi ở Đông Nam Á

- **Indonesia:** CATL đầu tư vào một nhà máy 15 GWh, và LGES xây dựng một cơ sở 10 GWh tại Karawang, tổng cộng 25 GWh, tận dụng các nguồn tài nguyên nickel của Indonesia.
- **Thái Lan:** EVE Energy (6 GWh) và CPSC (Map Ta Phut, 10 GWh) đóng góp 16 GWh, hỗ trợ tham vọng xe điện của Thái Lan.
- **Malaysia:** Samsung SDI (Seremban, 16 GWh) và EVE Energy (công suất TBD) định vị Malaysia như một trung tâm đang phát triển.
- **Vietnam:** Gotion High-Tech phát triển một nhà máy 5 GWh tại Vũng Áng, thể hiện tiềm năng phát triển (chi tiết trong Mục 4.4).
- **Thổ Nhĩ Kỳ:** Aspiisan (1 GWh) và Siro (Gemlik, 20 GWh) thêm 21 GWh, với sự đóng góp khiêm tốn nhưng chiến lược.

Ấn Độ: Ấn Độ đặt mục tiêu trở thành một trung tâm sản xuất pin lớn để hỗ trợ ngành công nghiệp xe điện đang phát triển, với các công ty như Reliance, TATA, và Ola đầu tư mạnh mẽ vào việc xây dựng chuỗi cung ứng pin trong nước, giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu từ Trung Quốc. Hiện tại, công suất 98 GWh của Ấn Độ phản ánh nỗ lực tự cung tự cấp của nước này. Reliance dẫn đầu với nhà máy 50 GWh tại Gujarat, tiếp theo là TATA (20 GWh, Gujarat), Amara Raja (Telangana, 6 GWh), Exide (Karnataka, 12 GWh), và Ola (Tamil Nadu, 10 GWh). Những khoản đầu tư này nhằm hỗ trợ thị trường xe điện của Ấn Độ, dự báo sẽ đạt 10 triệu xe bán ra hàng năm vào năm 2030..

Các quốc gia Đông Nam Á thu hút đầu tư từ CATL, LGES, và Samsung SDI, tích hợp vào chuỗi cung ứng toàn cầu nhờ vào chi phí thấp và tài nguyên (ví dụ, nickel của Indonesia). Tập trung vào sản xuất trong nước của Ấn Độ giúp giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu từ Trung Quốc, trong khi Hàn Quốc và Nhật Bản duy trì vai trò dẫn đầu về công nghệ. Tuy nhiên, sự thống trị của Châu Á tạo ra những thách thức cho mục tiêu tự cung tự cấp của Châu Âu, đòi hỏi các đối tác chiến lược và sự hỗ trợ từ chính sách.

Các quốc gia như Việt Nam, Thái Lan, Indonesia và Malaysia đang phát triển ngành sản xuất pin của họ để thu hút đầu tư từ các tập đoàn lớn như CATL, LG Energy Solution, Samsung SDI, và Gotion High-Tech. Điều này giúp các quốc gia này tích hợp sâu hơn vào chuỗi cung ứng pin toàn cầu.

Các công ty Việt Nam tham gia vào chuỗi cung ứng pin

Việt Nam đang nổi lên là một người chơi quan trọng trong thị trường xe điện (EV), với sự tăng trưởng mạnh mẽ được thúc đẩy bởi các công ty như VinFast, một nhà sản xuất ô tô nội địa thuộc Vingroup, tập đoàn tư nhân lớn nhất Việt Nam. Sự tăng trưởng này đã thúc đẩy nhu cầu lớn về

pin, đưa Việt Nam trở thành một nút thắt quan trọng trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu. Về thị trường pin và ắc quy tổng thể, ước tính thị trường sẽ đạt 326,32 triệu USD vào cuối năm 2024 (theo ước tính của Mordor Intelligence năm 2024) và dự kiến sẽ tăng lên 454,11 triệu USD vào năm 2029, với tỷ lệ tăng trưởng hàng năm kép (CAGR) là 6,83% trong giai đoạn dự báo. Sự tăng trưởng này phản ánh nhu cầu ngày càng tăng trong các ngành ô tô, công nghiệp và năng lượng tái tạo, mặc dù sự phụ thuộc vào các linh kiện pin lithium-ion nhập khẩu và việc áp dụng lưu trữ pin trong nước còn hạn chế (ví dụ, sự ưu tiên cho lưu trữ năng lượng thủy điện bơm) là những thách thức, như đã được chỉ ra trong các báo cáo ngành.

Việt Nam xếp vào nhóm 20 quốc gia hàng đầu trong chuỗi cung ứng pin lithium-ion toàn cầu vào năm 2024, mặc dù thứ hạng chính xác có sự khác biệt tùy thuộc vào nguồn và tiêu chí (ví dụ, công suất sản xuất so với khối lượng xuất khẩu). Hiện tại, chuỗi cung ứng pin của Việt Nam vẫn ở giai đoạn đầu, đối mặt với các thách thức như phụ thuộc vào nguyên liệu thô nhập khẩu (ví dụ, lithium từ Chile, Argentina, Bolivia), cơ sở hạ tầng R&D trong nước còn hạn chế, và cạnh tranh từ các trung tâm đã được thiết lập ở các nước châu Á như Trung Quốc và Hàn Quốc. Tuy nhiên, đất nước này đang chứng kiến sự tăng trưởng nhanh chóng trong sản xuất pin lithium, với một số nhà sản xuất chủ chốt đóng vai trò quan trọng. Dưới đây là một cái nhìn chi tiết về một số nhà sản xuất pin lithium đáng chú ý nhất của Việt Nam¹¹⁴:

VinFast

- **Thông tin công ty:** VinFast, thành lập vào năm 2017 dưới sự quản lý của Vingroup, đã chuyển sang tập trung vào xe điện từ năm 2022, tích hợp sản xuất pin lithium vào chiến lược của mình. Nhà máy pin trị giá 387 triệu USD tại Hà Tĩnh, với công suất 5 GWh mỗi năm, bắt đầu xây dựng vào năm 2021 và dự kiến sẽ đi vào hoạt động hoàn toàn vào năm 2025 (Reuters, 2021).
- **Lợi thế công nghệ:** Vào năm 2021, VinFast đã hợp tác với ProLogium Technology để sử dụng công nghệ pin rắn Multi-Axis Bipolar (MAB), kế hoạch giới thiệu các tế bào pin thế hệ tiếp theo vào năm 2024. Những pin này cung cấp mật độ năng lượng cao (lên đến 350–400 Wh/kg), độ an toàn vượt trội (giảm nguy cơ cháy nổ), và tuổi thọ hơn 1.000 chu kỳ, nâng cao khả năng cạnh tranh của xe điện. Hợp tác với LG Chem và R&D nội bộ tiếp tục củng cố khả năng của công ty.
- **Tác động thị trường:** Pin của VinFast hỗ trợ xuất khẩu xe điện của công ty (ví dụ, sang Mỹ, Châu Âu) và doanh số bán trong nước, với mục tiêu đạt 15.000 xe điện toàn cầu vào năm 2025 (điều chỉnh từ 56.000 do thiếu hụt chip). Công ty thúc đẩy hệ sinh thái pin xe điện của Việt Nam, mặc dù sự phụ thuộc vào công nghệ nước ngoài (ví dụ, tế bào pin từ LG Chem) làm nổi bật các rủi ro phụ thuộc trong chuỗi cung ứng.

Samsung Electronics Vietnam Co., Ltd.

- **Hồ sơ công ty:** Samsung Electronics Vietnam Co., Ltd. là nhà cung cấp pin lithium hàng đầu tại Việt Nam, chiếm khoảng 56% tổng số pin lithium xuất khẩu với 15.696 lô hàng trong dữ liệu gần đây (theo phân tích thương mại như Volza). Là một công ty con của tập đoàn nổi tiếng toàn cầu Samsung, công ty vận hành một cơ sở sản xuất quy mô lớn, chủ yếu tại các tỉnh Bắc Ninh và Thái Nguyên, được thành lập để hỗ trợ sản xuất điện tử của Samsung tại khu vực.
- **Lợi thế công nghệ:** Tập trung vai trò dẫn đầu toàn cầu của Samsung trong lĩnh vực điện tử, công ty đầu tư mạnh mẽ vào R&D pin lithium. Các cơ sở của công ty sử dụng công nghệ sản xuất tiên tiến, bao gồm các dây chuyền lắp ráp chính xác cao và hệ thống kiểm soát chất lượng nghiêm ngặt.

¹¹⁴ https://www.ritarpower.com/industry_information/Vietnam-lithium-battery-producers_434.html

Các pin này cung cấp mật độ năng lượng cao (lên đến 700 Wh/L), an toàn vượt trội, với tuổi thọ vượt qua 1.000 chu kỳ trong điều kiện tối ưu.

- **Tác động thị trường:** Pin lithium của Samsung đáp ứng nhu cầu sản xuất trong nước và được xuất khẩu sang hơn 60 quốc gia, củng cố lợi thế cạnh tranh của công ty trên thị trường quốc tế. Sự thống trị của Samsung (chiếm 56% thị phần xuất khẩu) làm nổi bật vai trò của Việt Nam như một trung tâm sản xuất, mặc dù sự phụ thuộc vào một công ty duy nhất đặt ra câu hỏi về sự đa dạng hóa kinh tế và lợi ích địa phương, do Samsung là công ty sở hữu nước ngoài.

Greenworks Vietnam Co., Ltd.

- **Thông tin công ty:** Greenworks Vietnam Co., Ltd. là một người chơi quan trọng trong thị trường pin lithium của Việt Nam, chiếm 17% tổng số pin lithium xuất khẩu với 4.774 lô hàng (dựa trên dữ liệu thương mại). Là công ty con của Greenworks, một công ty có trụ sở tại Mỹ chuyên về thiết bị điện ngoài trời, công ty đã thiết lập sự hiện diện sản xuất tại Việt Nam để phục vụ nhu cầu toàn cầu.
- **Lợi thế công nghệ:** Công ty sử dụng công nghệ pin lithium-ion tiên tiến, được hỗ trợ bởi một đội ngũ R&D chuyên biệt. Các pin của công ty, được sử dụng trong máy cắt cỏ, máy hút bụi và các công cụ ngoài trời khác, có mật độ năng lượng cao (khoảng 250 Wh/kg), tuổi thọ chu kỳ dài (lên đến 2.000 chu kỳ), và khả năng sạc nhanh (80% trong 30 phút). Sự đổi mới liên tục tập trung vào các thiết kế thân thiện với môi trường, phù hợp với các xu hướng bền vững toàn cầu.
- **Tác động thị trường:** Sản phẩm của Greenworks nhắm đến thị trường Mỹ, Châu Âu và Úc, chiếm lĩnh một phân khúc trong ngành thiết bị điện ngoài trời. Tại Việt Nam, nhận thức ngày càng tăng về môi trường và nhu cầu sử dụng công cụ điện đang thúc đẩy việc áp dụng trong nước, mặc dù trọng tâm xuất khẩu của công ty cho thấy tác động hạn chế ngay lập tức đối với sự phát triển công nghiệp trong nước so với các công ty lớn hơn.

Samsung Electronics Vietnam Thai Nguyen Co., Ltd.

- **Hồ sơ công ty:** Samsung Electronics Vietnam Thai Nguyen Co., Ltd., một công ty con của Samsung, tập trung vào sản xuất pin lithium tại cơ sở của mình ở Tỉnh Thái Nguyên. Công ty bổ sung cho Samsung Electronics Vietnam Co., Ltd., với công suất sản xuất hàng triệu tế bào pin mỗi năm, mặc dù các con số chính xác là bí mật.
- **Lợi thế công nghệ:** Tận dụng R&D toàn cầu của Samsung, cơ sở này sử dụng các dây chuyền sản xuất tự động và thông minh để đảm bảo chất lượng ổn định. Công ty ưu tiên tính bền vững môi trường, triển khai các quy trình tiết kiệm năng lượng và giảm thiểu chất thải, mặc dù các thông số giảm cụ thể (ví dụ, giảm 20% mức sử dụng năng lượng) không được công khai. Các pin đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn quốc tế (ví dụ, IEC 62133).
- **Tác động thị trường:** Mặc dù thị phần của nó nhỏ hơn so với công ty con khác, nhưng nó hỗ trợ sự tăng trưởng xuất khẩu và cung cấp trong nước của Việt Nam. Các sản phẩm xuất khẩu đến Châu Á, Châu Âu và Bắc Mỹ, nâng cao ảnh hưởng khu vực của Samsung, nhưng vai trò của nó như một cơ sở phụ đặt ra câu hỏi về đóng góp của nó đối với chủ quyền công nghệ địa phương.

CSB Battery Vietnam Co., Ltd.

- **Thông tin công ty:** CSB Battery Vietnam Co., Ltd., một công ty con của CSB Energy Technology Group, hoạt động từ Khu công nghiệp Nhơn Trạch 3, Đồng Nai, từ năm 1986. Công ty tập trung vào sản xuất pin axit chì điều chỉnh van (VRLA) thay vì pin lithium-ion, phản ánh một phân khúc thị trường khác.

- **Lợi thế công nghệ:** Pin VRLA của CSB có khả năng kín tuyệt vời, vận hành không cần bảo trì và tuổi thọ từ 5–10 năm, phù hợp với các ứng dụng trong viễn thông, UPS và năng lượng mặt trời. Công nghệ của công ty đã trưởng thành nhưng ít đổi mới hơn so với các tiến bộ trong công nghệ pin lithium-ion.
- **Tác động thị trường:** Phục vụ hơn 100 quốc gia, CSB là một nhà lãnh đạo toàn cầu trong lĩnh vực VRLA, với sự thâm nhập mạnh mẽ vào các ngành công nghiệp và năng lượng của Việt Nam. Việc tập trung vào pin axit chì phù hợp với nhu cầu ô tô (ví dụ, pin SLI), nhưng công ty đang tụt lại so với xu hướng pin lithium-ion do xe điện thúc đẩy.

Leoch Battery Vietnam Co., Ltd.

- **Thông tin công ty:** Leoch Battery Vietnam Co., Ltd., một chi nhánh của Leoch International, đã thành lập hai nhà máy vào năm 2019, sản xuất 36.000 tấn pin năng lượng ngoài lưới và 48.000 tấn pin ô tô mỗi năm.
- **Lợi thế công nghệ:** Công ty sản xuất các loại pin đa dạng (ví dụ, lưu trữ năng lượng, viễn thông, động lực) với trọng tâm vào tính bền vững và R&D, mặc dù các lợi thế công nghệ cụ thể (ví dụ, mật độ năng lượng) ít được ghi nhận hơn so với các đối thủ.
- **Tác động thị trường:** Sản phẩm của Leoch phục vụ các ngành công nghiệp và giao thông vận tải của Việt Nam và được xuất khẩu toàn cầu, nâng cao hồ sơ xuất khẩu pin của Việt Nam. Phạm vi ứng dụng rộng rãi của công ty củng cố vị thế thị trường của nó, mặc dù nó phải cạnh tranh với các công ty dẫn đầu chuyên biệt trong lĩnh vực pin lithium-ion.

4.4. Sự hợp tác giữa các nước và các công ty

Sự hợp tác giữa các nước và các công ty trong việc sản xuất pin cho xe điện (EV) ngày càng trở nên quan trọng do nhu cầu gia tăng về xe điện và công nghệ lưu trữ năng lượng tái tạo. Các mối quan hệ hợp tác này không chỉ giúp phát triển công nghệ pin mà còn đảm bảo chuỗi cung ứng ổn định, thúc đẩy sự bền vững và giảm thiểu chi phí. Dưới đây là một số ví dụ điển hình về sự hợp tác giữa các quốc gia và các công ty trong lĩnh vực sản xuất pin EV.

4.4.1. Sự hợp tác giữa Mỹ và các công ty Châu Á

Hàn Quốc, Trung Quốc và Nhật Bản hiện đang thống trị thị trường pin toàn cầu. Bốn nhà sản xuất pin tại Trung Quốc, ba nhà sản xuất tại Hàn Quốc và ba nhà sản xuất tại Nhật Bản chiếm 90% thị trường thế giới. Khi nói đến công nghệ pin và năng lực sản xuất, Hoa Kỳ và Liên minh Châu Âu còn kém xa. Tesla tại Hoa Kỳ và các công ty xe điện tại Châu Âu chỉ tập trung vào lắp ráp bộ pin, đây là giai đoạn cuối cùng của chuỗi cung ứng pin, trong khi khai thác, chế biến và vật liệu hóa nguyên liệu thô cho pin và sản xuất pin chủ yếu diễn ra tại Hàn Quốc, Trung Quốc và Nhật Bản.

Hoa Kỳ và Châu Âu đang theo đuổi chiến lược mở rộng sản xuất pin bằng cách ưu tiên hợp tác với các nhà sản xuất pin tại Hàn Quốc. Sản xuất pin có thể mở rộng quy mô tương đối nhanh chóng, nhưng trở ngại lớn nhất đối với việc tái cấu trúc chuỗi cung ứng là đảm bảo nguyên liệu thô. Do đó, họ đang toàn cầu hóa cuộc cạnh tranh này—ví dụ, bằng cách xây dựng các nhà máy sản xuất pin ở Châu Phi. Cuộc cạnh tranh này đã được đưa vào cuộc cạnh tranh kinh tế-công nghệ lớn hơn giữa Trung Quốc và Hoa Kỳ.

- **Tesla**, công ty sản xuất xe điện hàng đầu tại Mỹ, hợp tác với các công ty **Panasonic** (Nhật Bản) trong việc sản xuất pin lithium-ion tại **Gigafactory** ở **Nevada**. Panasonic cung cấp công nghệ pin và sản xuất các tế bào pin, trong khi Tesla thiết kế và lắp ráp chúng thành các gói pin cho các mẫu xe điện của mình. Sự hợp tác này không chỉ giúp Tesla mở rộng sản xuất mà còn giúp Mỹ giảm sự phụ thuộc vào các nhà cung cấp nước ngoài.

- **General Motors (GM)** và **LG Energy Solution** (Hàn Quốc) đã hợp tác để xây dựng một liên doanh mang tên **Ultium Cells LLC**. Liên doanh này chuyên sản xuất pin lithium-ion cho các mẫu xe điện của GM. Liên doanh này được thiết lập tại **Ohio**, và sẽ cung cấp các loại pin có khả năng tăng cường phạm vi và hiệu suất cho các xe điện GM.

- Tesla hợp tác với CATL (Trung Quốc): các kế hoạch pin dựa trên hóa chất LFP sẽ tăng tốc khi CATL có kế hoạch thành lập một cơ sở sản xuất pin LFP nhỏ hợp tác với Tesla tại Nevada. Các kỹ sư của CATL sẽ chỉ tham gia vào việc thiết lập thiết bị, còn Tesla sẽ quản lý nhà máy và chi trả mọi chi phí. Đây là một động thái quan trọng đối với Tesla. Trong khi gã khổng lồ xe điện đã đạt được sản xuất hàng loạt pin lithium-ion NCM (niken-coban-mangan) với Panasonic, thì hóa chất LFP lần đầu tiên được kích hoạt tại Bắc Mỹ thông qua quan hệ đối tác chiến lược với CATL, thúc đẩy bí quyết kỹ thuật của Tesla. Cơ sở mới này dự kiến sẽ sản xuất pin LFP cho Tesla Megapacks, các đơn vị lưu trữ năng lượng cố định, khổng lồ.

Không chỉ Tesla muốn làm chủ công nghệ pin LFP. Vào tháng 2 năm 2023, Ford đã công bố khoản đầu tư 3,5 tỷ đô la để thành lập một nhà máy LFP với sự hỗ trợ của CATL về kiến thức chuyên môn kỹ thuật. Sau diễn biến này, Ủy ban Chọn lọc về Đảng Cộng sản Trung Quốc (the Select Committee on the Chinese Communist Party) đã yêu cầu cung cấp thông tin chi tiết về sự hợp tác giữa Ford và CATL, nêu rõ rằng "tiền thuế của người dân Hoa Kỳ nên hỗ trợ các nhà sản xuất trong nước, chứ không phải các thực thể nước ngoài", theo Reuters. Theo Đạo luật Giảm lạm phát (IRA), được ban hành vào năm 2022, chính phủ Hoa Kỳ đặt mục tiêu tập trung hoàn toàn vào chuỗi cung ứng trong nước.

Vào tháng 11 năm 2023, Ford quyết định cắt giảm 40% khoản đầu tư ban đầu được công bố cho nhà máy theo kế hoạch.

Vào tháng 9 năm 2023, Ủy ban Hạ viện Hoa Kỳ về Phương tiện và Cách thức đã yêu cầu thông tin từ CEO Elon Musk về việc Tesla có hợp đồng với CATL hay đang cân nhắc ký hợp đồng hay không. Rõ ràng, chính phủ Hoa Kỳ rất nghiêm ngặt trong việc hợp tác với các công ty Trung Quốc. Tuy nhiên, mối quan hệ chặt chẽ giữa Tesla và CATL và vai trò của hệ sinh thái xe điện Trung Quốc trong chuỗi cung ứng toàn cầu cũng rất rõ ràng.

Chính sách của chính phủ Hoa Kỳ cũng đang mang lại hiệu quả. Vào tháng 2, Duke Energy, một nhà cung cấp điện và khí đốt tự nhiên với hơn 8 triệu khách hàng, đã thông báo rằng họ sẽ hủy bỏ quan hệ đối tác với CATL trong các công nghệ lưu trữ năng lượng quân sự và dân sự và sử dụng các nhà cung cấp trong nước.

Thị phần của CATL trên thị trường pin EV toàn cầu đã tăng lên 37,4% vào tháng 11 năm 2023 từ mức 36,9% vào tháng 10, với số lượng đối tác ngày càng tăng trên toàn thế giới, bao gồm BMW, Volvo, Li Auto, Toyota, Volkswagen, Hyundai và NIO.

Có vẻ như địa chính trị sẽ tiếp tục ảnh hưởng đến quan hệ EV giữa Hoa Kỳ và Trung Quốc. Câu hỏi đặt ra là làm thế nào Hoa Kỳ có thể phát triển chuỗi cung ứng trong nước mà không có công nghệ Trung Quốc rẻ hơn. Con đường chuyển đổi trong nước có thể không rẻ hoặc ngắn, nhưng dù sao thì đó cũng là một mục tiêu quan trọng.

4.4.2. Hợp tác giữa các công ty Châu Âu và các công ty Châu Á

- **Contemporary Amperex Technology Co. Ltd. (CATL)**, nhà sản xuất pin lớn nhất của Trung Quốc, đã thiết lập nhiều quan hệ hợp tác với các công ty Châu Âu. Họ đã ký hợp đồng với **Volkswagen** (Đức) để cung cấp pin cho các mẫu xe điện của hãng này, và với **BMW** để cung cấp các tế bào pin cho các mẫu xe điện cao cấp của BMW.

- **Volkswagen** (Đức) hợp tác với **Northvolt** (Thụy Điển) để sản xuất pin lithium-ion tại một nhà máy ở **Thụy Điển**. Northvolt chuyên sản xuất các tế bào pin, trong khi Volkswagen sử dụng chúng cho các dòng xe điện của mình. Cả hai công ty đã cam kết sản xuất pin từ nguồn năng lượng tái tạo nhằm giảm thiểu lượng khí thải trong quá trình sản xuất.

4.4.3. Hợp tác giữa Trung Quốc và các quốc gia khác

- **BYD** (Trung Quốc), nhà sản xuất pin và xe điện hàng đầu, đã mở rộng mối quan hệ hợp tác với các công ty quốc tế, bao gồm việc cung cấp pin cho các công ty **Toyota** và **Volkswagen**. Công ty này cũng đã ký hợp đồng với chính phủ nhiều quốc gia để cung cấp xe điện và các giải pháp lưu trữ năng lượng.

- **CATL** là đối tác chiến lược của **BMW** (Đức) trong việc cung cấp pin lithium-ion cho các dòng xe điện của BMW. Mối quan hệ này không chỉ giúp **BMW** giảm bớt sự phụ thuộc vào các nhà cung cấp pin ở châu Âu mà còn giúp họ cung cấp sản phẩm với chi phí hợp lý hơn.

4.4.4. Hợp tác giữa Nhật Bản và Hàn Quốc

- **Panasonic** (Nhật Bản) và **LG Energy Solution** (Hàn Quốc) cạnh tranh và cũng hợp tác gián tiếp trong các chuỗi cung ứng. Cả hai công ty này cung cấp pin cho các nhà sản xuất xe điện lớn như **Tesla**, **General Motors**, và **Ford**, góp phần tạo ra môi trường cạnh tranh lành mạnh và thúc đẩy sự phát triển công nghệ pin.

- **Toyota** và **Panasonic** đã hợp tác trong việc phát triển pin cho các xe điện, đặc biệt là loại pin **solid-state** (thể rắn). Họ đã tạo thành một liên doanh mang tên **Prime Planet Energy & Solutions**, chuyên cung cấp pin cho các dòng xe điện của Toyota và các đối tác khác.

* Hợp tác giữa Hàn Quốc và Nhật Bản trong việc phát triển công nghệ pin

Samsung SDI và LG Energy Solution: Mặc dù cả hai công ty này cạnh tranh nhau trong ngành công nghiệp pin, nhưng đôi khi họ cũng hợp tác trong các nghiên cứu và phát triển chung về công nghệ pin tiên tiến, chẳng hạn như việc phát triển pin lithium-ion thể rắn hoặc các vật liệu mới có thể cải thiện hiệu suất của pin.

4.4.5. Sự đầu tư của các công ty lớn trên toàn thế giới vào Việt Nam

Việt Nam đang trở thành một điểm đến hấp dẫn cho các nhà đầu tư quốc tế trong ngành sản xuất pin, đặc biệt là pin lithium-ion dùng cho xe điện (EV). Sự đầu tư vào Việt Nam trong lĩnh vực này không chỉ đến từ các công ty lớn trong ngành mà còn từ các quốc gia muốn gia tăng sự hiện diện trong chuỗi cung ứng toàn cầu cho ngành xe điện và năng lượng tái tạo. Dưới đây là một số ví dụ về sự đầu tư của các nước vào sản xuất pin tại Việt Nam:

• Đầu tư của Hàn Quốc:

- **LG Energy Solution**, một công ty con của LG Chem, là một trong những nhà sản xuất pin hàng đầu ở Hàn Quốc. Công ty này đã có sự đầu tư lớn vào Việt Nam trong việc xây dựng nhà máy sản xuất pin. LG Energy Solution đã bắt đầu sản xuất pin tại Việt Nam để cung cấp cho các nhà sản xuất xe điện toàn cầu, bao gồm cả các đối tác như **VinFast** (Việt Nam).

- **Samsung SDI**, một đơn vị của tập đoàn Samsung, cũng đang đầu tư vào ngành công nghiệp pin tại Việt Nam. Công ty này đã mở các nhà máy sản xuất pin tại Việt Nam để cung cấp pin cho các hãng xe điện và các ứng dụng lưu trữ năng lượng.

• Đầu tư của Nhật Bản:

- **Panasonic** là một trong những công ty Nhật Bản đầu tư mạnh mẽ vào ngành công nghiệp pin tại Việt Nam. Panasonic đã hợp tác với **Toyota** trong việc phát triển và sản xuất pin cho xe điện, và công ty này cũng có kế hoạch tăng cường hoạt động sản xuất pin tại Việt Nam. Việc Panasonic đầu tư vào Việt Nam sẽ giúp cải thiện chất lượng sản phẩm và thúc đẩy ngành công nghiệp xe điện tại nước này.

- **Prime Planet Energy & Solutions**, một liên doanh giữa **Toyota** và **Panasonic**, đã mở rộng hoạt

động tại Việt Nam để hỗ trợ việc sản xuất và phát triển pin cho xe điện. Mặc dù liên doanh này chủ yếu phục vụ cho thị trường quốc tế, sự hiện diện của PPE tại Việt Nam có thể thúc đẩy sản xuất và cung cấp pin cho các công ty trong khu vực.

- **Đầu tư của Trung Quốc:**

- **BYD**, một trong những công ty lớn nhất về sản xuất xe điện và pin ở Trung Quốc, cũng đang xem xét đầu tư vào Việt Nam. Công ty này đã bắt đầu thảo luận về các kế hoạch hợp tác và mở rộng sản xuất tại Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực pin cho xe điện. Sự đầu tư của **BYD** có thể giúp thúc đẩy ngành sản xuất xe điện tại Việt Nam, đồng thời giảm bớt sự phụ thuộc vào các nguồn cung cấp từ nước ngoài.

- **CATL** đã có mặt tại Việt Nam và đang xem xét các cơ hội đầu tư mở rộng. CATL đã cung cấp pin cho nhiều công ty xe điện toàn cầu, và việc mở rộng sản xuất tại Việt Nam sẽ giúp CATL phục vụ tốt hơn các nhu cầu của khu vực Đông Nam Á.

+ CATL và VINFAST đạt được hợp tác chiến lược toàn cầu để thúc đẩy phát triển xe điện toàn cầu. Bằng cách tận dụng pin tiên tiến của CATL, xe điện cải tiến của VinFast sẽ đạt đến tầm cao mới về phạm vi, độ an toàn và khả năng lái xe thông minh. Sự hợp tác này cũng sẽ giúp CATL tăng cường dấu ấn toàn cầu của mình, đặc biệt là ở các thị trường mới nổi và thúc đẩy ứng dụng các công nghệ xe điện mới.

- **Đầu tư từ các quốc gia khác**

- **Liên minh châu Âu (EU)**: Các công ty từ châu Âu, chẳng hạn như **Volkswagen** và **BMW**, cũng đang tìm cách hợp tác với các công ty Việt Nam hoặc đầu tư vào ngành sản xuất pin tại Việt Nam. Các công ty này có thể sẽ mở rộng các dự án sản xuất và nghiên cứu trong nước, đặc biệt khi Việt Nam đóng vai trò quan trọng trong chuỗi cung ứng toàn cầu cho xe điện và pin.

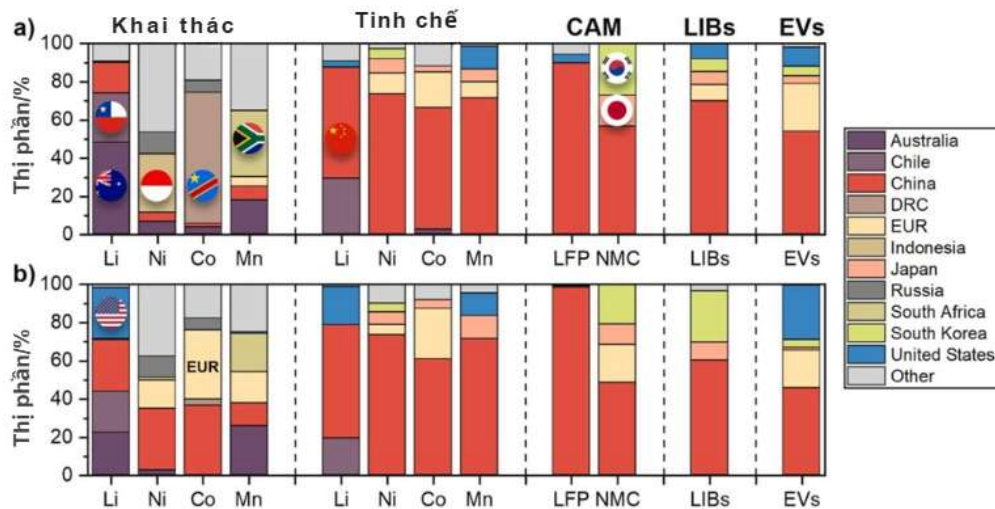
- **Hỗ trợ từ chính phủ Việt Nam**: Chính phủ Việt Nam cũng đã đưa ra nhiều chính sách ưu đãi để thu hút các nhà đầu tư quốc tế vào ngành sản xuất pin, bao gồm giảm thuế, hỗ trợ tài chính và các ưu đãi về đất đai cho các dự án sản xuất công nghiệp xanh. Các chính sách này sẽ giúp Việt Nam trở thành một điểm đến hấp dẫn cho các công ty quốc tế trong việc phát triển và sản xuất pin cho xe điện.

5. Những thông tin quan trọng từ chuỗi cung ứng pin ở một số nước điển hình và bài học tốt nhất cho Việt Nam

Chuỗi cung ứng pin mới nổi của Việt Nam, được thúc đẩy bởi sự phát triển của xe điện thông qua các công ty như VinFast và nhu cầu năng lượng tái tạo ngày càng tăng, có thể hưởng lợi từ việc nghiên cứu các quốc gia dẫn đầu toàn cầu. Phần này xem xét chuỗi cung ứng pin của Trung Quốc, Ấn Độ, Hàn Quốc, Nhật Bản và Úc, cung cấp các chiến lược chi tiết, chính sách của chính phủ, phương pháp đầu tư và phân tích tính tương thích với bối cảnh của Việt Nam. Mỗi quốc gia mang đến những bài học độc đáo về việc mở rộng sản xuất, đảm bảo nguyên liệu thô, tiến bộ công nghệ và bảo vệ tính bền vững, được điều chỉnh phù hợp với bối cảnh địa lý, kinh tế và công nghiệp của Việt Nam.

5.1. Trung Quốc: Chiếm ưu thế trong hệ sinh thái pin toàn cầu

Sự thống trị của Trung Quốc trong ngành công nghiệp pin toàn cầu khiến quốc gia này trở thành một nghiên cứu điển hình quan trọng cho Việt Nam. Là nhà sản xuất và tiêu thụ pin lớn nhất thế giới, Trung Quốc đã xây dựng một chuỗi cung ứng tích hợp và hiệu quả cao, bao gồm từ khai thác nguyên liệu thô đến sản xuất và tái chế pin. Thành công của quốc gia này được cho là nhờ vào sự hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ, các khoản đầu tư lớn vào công nghệ và việc tạo ra một chuỗi cung ứng tích hợp dọc. Đối với Việt Nam, kinh nghiệm của Trung Quốc mang đến những bài học quý giá về việc đạt được lợi thế kinh tế theo quy mô và tích hợp các giai đoạn khác nhau trong chuỗi cung ứng. Việc hiểu cách Trung Quốc bảo đảm chuỗi cung ứng toàn cầu cho nguyên liệu thô và tận dụng các chính sách của chính phủ có thể giúp Việt Nam phát triển các chiến lược để nâng cao ngành công nghiệp pin của mình và đưa đất nước trở thành một đối thủ cạnh tranh trong thị trường toàn cầu.



Hình 5-1. a) Phân bố địa lý của chuỗi cung ứng pin và vật liệu EV và b) Phân bố quyền sở hữu của chuỗi cung ứng LIB^{115, 116}.

Hơn nữa, chúng ta cũng có thể rút ra bài học to lớn của Trung Quốc bởi so với các đối thủ ở Bắc Mỹ và châu Âu, chuỗi cung ứng pin của Trung Quốc kém phát triển hơn khi xét về các tiêu chí môi trường, xã hội và quản trị (ESG). Trong khi việc tiếp cận nguyên liệu thô, khả năng tinh luyện và năng lực sản xuất đều rất quan trọng khi xây dựng chuỗi cung ứng pin địa phương, thì các cân nhắc về ESG sẽ trở nên ngày càng quan trọng khi các nhà sản xuất ô tô hướng tới việc đáp ứng các mục tiêu bền vững, và các thị trường như Liên minh Châu Âu thúc đẩy các quy định về "hộ chiếu pin" yêu cầu thông tin về dấu chân carbon của sản phẩm.

5.1.1. Chiến lược chuỗi cung ứng toàn diện của Trung Quốc

Sự thống trị của Trung Quốc xuất phát từ một chiến lược đa hướng, tận dụng các chính sách công nghiệp, đầu tư vào khoáng sản quan trọng, khả năng sản xuất và tiến bộ công nghệ. Sự hỗ trợ của chính phủ là yếu tố quan trọng nhất giúp các công ty Trung Quốc giành được lợi thế sớm mạnh mẽ so với các đối thủ từ các quốc gia khác.

¹¹⁵ A.L. Cheng, E.R.H. Fuchs, V.J. Karplus, J.J. Michalek, Nat. Commun. 15 (2024) 2143, <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46418-1>.

¹¹⁶ T. Greitemeier, A. Kampker, J. Tübke, S. Lux, J. Power Sources Adv. 32 (2025) 100173, <https://doi.org/10.1016/j.powera.2025.100173>.



Hình 5-2. Năng lực sản xuất pin của Trung Quốc rất ấn tượng, với cơ sở sản xuất tại địa phương mạnh mẽ¹¹⁷

Các chiến lược then chốt để phát triển chuỗi cung ứng pin nội địa của Trung Quốc bao gồm:

- **Đảm bảo nguồn tài nguyên thô thiết yếu/An ninh tài nguyên thượng nguồn:** Trung Quốc đầu tư 15 tỷ euro mỗi năm vào hoạt động khai thác trong nước (ví dụ: đất hiếm ở Nội Mông) và tài sản ở nước ngoài, kiểm soát 70% lượng cobalt của CHDC Congo và 30% lithium thông qua cổ phần tại Úc và Chile (ví dụ: cổ phần 23,77% của Tianqi Lithium tại SQM). Các hợp đồng dài hạn với Pilbara Minerals của Úc (1 triệu tấn spodumene lithium mỗi năm) và SQM của Chile đảm bảo tính ổn định của nguồn cung. Các dự án hạ tầng thuộc Sáng kiến Vành đai và Con đường (ví dụ: xây đường tại CHDC Congo để vận chuyển cobalt) gắn quyền tiếp cận tài nguyên với ảnh hưởng địa chính trị.
- **Chiếm ưu thế trong sản xuất/Năng lực trung nguồn:** Trung Quốc xử lý 80% lượng lithium hydroxide và 60% nickel sulfate toàn cầu, với 5 tỷ euro đã được đầu tư kể từ năm 2022 để mở rộng công suất tinh luyện thêm 25%. Các công ty như Tianjin B&M dẫn đầu trong sản xuất vật liệu cực dương (chiếm 40% thị phần toàn cầu), trong khi Shenzhen Dynanonic tập trung vào vật liệu hàm lượng nickel cao, hỗ trợ tốc độ tăng trưởng nhu cầu pin dự kiến 25% mỗi năm đến năm 2030. Ngoài ra, Trung Quốc sở hữu 2.293,5 GWh công suất nhà máy gigafactory (xem Mục 4.3), xuất khẩu sang châu Âu (60%) và Bắc Mỹ (40%). Các công ty như CATL, BYD và LG Energy Solution (hoạt động tại Trung Quốc) chiếm tỷ trọng lớn trong công suất sản xuất pin toàn cầu. Trung Quốc cũng là quốc gia có số lượng nhà máy sản xuất pin nhiều nhất, tạo lợi thế quy mô và giảm chi phí sản xuất.

¹¹⁷ MERICS research based on China's 2017 top ten and foreign global top four manufacturing

- **Tích hợp theo chiều dọc:** Các công ty Trung Quốc kiểm soát toàn bộ chuỗi giá trị, từ tinh luyện trung nguồn (ví dụ: sản xuất lithium hydroxide, nickel sulfate và cobalt sulfate) đến sản xuất hạ nguồn các thành phần như cực dương, cực âm, chất điện phân và màng ngăn. Các công ty như CATL và BYD chiếm lĩnh thị trường, sản xuất lần lượt 37% và 14% pin xe điện toàn cầu. Nhờ tận dụng thế mạnh lẫn nhau, các nhà sản xuất pin Trung Quốc đã thiết lập nhiều mối quan hệ hợp tác. Việc tích hợp theo chiều dọc này giúp giảm chi phí 10–15%, trong khi nhu cầu ổn định đến từ 7 triệu xe điện được bán tại Trung Quốc trong năm 2024 (cao nhất toàn cầu).
 - Năm 2023, CATL thành lập hai liên doanh với công ty ô tô SAIC Motor. Công ty cũng duy trì mối quan hệ chiến lược với các doanh nghiệp khác như Dongfeng Motor. Liên minh Đổi mới Nano (Nano Innovation Alliance) là một sáng kiến khác gắn kết các bên chủ chốt trong nước (tức là "Trung Quốc") xuyên suốt chuỗi sản xuất pin xe điện. Việc mua lại các công ty nước ngoài và chuyển giao công nghệ trong nước cũng góp phần xây dựng một ngành công nghiệp nội địa vững mạnh.
- **Đổi mới công nghệ:** Thông qua sáng kiến "Made in China 2025", Trung Quốc đầu tư 10 tỷ euro mỗi năm vào nghiên cứu và phát triển (R&D) pin, thúc đẩy các công nghệ cực dương hàm lượng nickel cao và tái chế. Các công ty như GEM Co. dẫn đầu trong thực hành kinh tế tuần hoàn, tái chế 20% lượng pin đã qua sử dụng tại Trung Quốc.
- **Chính sách hỗ trợ:** Các khoản trợ cấp (20 tỷ euro kể từ năm 2020) và biện pháp kiểm soát xuất khẩu các khoáng sản thiết yếu giúp củng cố sản xuất nội địa đồng thời tác động đến thị trường toàn cầu. Trung Quốc áp dụng nhiều chính sách ưu tiên nhà sản xuất trong nước hơn các doanh nghiệp nước ngoài (xem thêm tại mục 5.1.2).
- **Thâm nhập thị trường toàn cầu:** Một trong những chiến lược then chốt để mở rộng chuỗi cung ứng pin là đẩy mạnh xuất khẩu và đầu tư trực tiếp ra nước ngoài (FDI).
 - **Xuất khẩu:** 60% sản lượng pin cung cấp cho châu Âu (ví dụ: Volkswagen), 40% cho Bắc Mỹ (ví dụ: Tesla), với CATL và BYD không ngừng mở rộng danh sách khách hàng.
 - **Đầu tư trực tiếp nước ngoài:** Nhà máy trị giá 7 tỷ euro của CATL tại Đức (công suất 10 GWh) và các dự án mở rộng 5 tỷ euro của BYD tại Mỹ và châu Âu hướng đến sản xuất tại chỗ, nhằm vượt qua rào cản thương mại như thuế nhập khẩu của Mỹ.
 - **Liên doanh:** Các mối quan hệ hợp tác với những nhà sản xuất ô tô toàn cầu (ví dụ: CATL–Tesla) đảm bảo chuyển giao công nghệ, trong đó 20% nguồn cung pin của Tesla đến từ Trung Quốc.
- **Tập trung vào phát triển bền vững và số hóa:** Các quy định yêu cầu đạt 70% tỷ lệ tái chế pin vào năm 2025, với GEM Co. thu hồi 90% lithium và cobalt từ 100.000 tấn pin mỗi năm. Sản xuất ít carbon (ví dụ: sử dụng thủy điện tại Tứ Xuyên) giúp giảm lượng khí thải tới 25% so với phương pháp dùng than.
 - **Tái chế:** 2 tỷ euro được cấp cho các sáng kiến kinh tế tuần hoàn, với GEM Co. phục hồi 90% lithium và cobalt từ 100.000 tấn pin mỗi năm.
 - **Công cụ số hóa:** Trí tuệ nhân tạo (AI) và blockchain giúp giảm thời gian chuỗi cung ứng 20%, với nhà máy CATL ở Ninh Đức sử dụng AI để tối ưu hóa sản xuất.



Hình 5-3. Các công ty Trung Quốc thống trị thị trường pin EV toàn cầu ¹¹⁸

5.1.2. Chính sách của chính phủ: Tăng trưởng công nghiệp do Nhà nước dẫn dắt

Chính phủ Trung Quốc điều phối ngành công nghiệp pin thông qua các chính sách chiến lược, tạo ra những “nhà vô địch quốc gia” và đảm bảo vị thế dẫn đầu toàn cầu.

- Tập trung thị trường và chủ nghĩa bảo hộ:** Tính đến tháng 6 năm 2024, CATL và BYD nắm giữ 64% thị phần nội địa, trong khi 10 nhà sản xuất hàng đầu kiểm soát đến 87% thị trường. Bộ Công nghiệp và Công nghệ Thông tin (MIIT) cấp phép cho các nhà sản xuất, chỉ phê duyệt 57 doanh nghiệp kể từ năm 2015, trong đó chỉ có sáu doanh nghiệp có vốn nước ngoài do tiêu chuẩn khắt khe. Đến năm 2023, chỉ có 6 trên 98 công ty sản xuất pin và linh kiện hoạt động tại Trung Quốc là doanh nghiệp nước ngoài. LG Chem đã bán nhà máy sản xuất pin tại Nam Kinh và quyền công nghệ cho Geely vào tháng 4/2024. Một số công ty nước ngoài bắt đầu quay lại thị trường Trung Quốc thông qua liên doanh sau khi quy định hạn chế sở hữu bị nới lỏng vào năm 2023 (ví dụ: hợp tác CATL–Tesla), tuy nhiên các công ty trong nước vẫn giữ ưu thế 90% thị phần nhờ tiêu chuẩn tuân thủ được thiết kế riêng. Một số chiến lược mà chính phủ Trung Quốc sử dụng để loại bỏ các công ty nước ngoài đồng thời tạo lợi thế cạnh tranh cho doanh nghiệp nội bao gồm:
 - Năm 2016, Bắc Kinh công bố dự thảo quy định tuy không phân biệt rõ ràng giữa công ty nội và ngoại, nhưng vẫn tạo lợi thế cho doanh nghiệp trong nước. Quy định yêu cầu các nhà sản xuất pin lithium-ion tại Trung Quốc phải đạt công suất tối thiểu 8 GWh mỗi năm để được hưởng trợ cấp. Ban đầu, chỉ có CATL và BYD đáp ứng được yêu cầu này, khiến các công ty như LG Chem bị loại khỏi cuộc chơi.
 - Chương trình chứng nhận của Trung Quốc cũng là một rào cản khác. Nhiều công ty quốc tế cho rằng chương trình này áp dụng các tiêu chuẩn khác nhau cho doanh nghiệp nước ngoài, khiến họ không được đưa vào danh sách các nhà sản xuất pin được công nhận chính thức.
- Chiến lược phát triển kinh tế – xã hội – các Kế hoạch 5 năm (FYP):** Kế hoạch 5 năm lần thứ 7 (1986–1990) đặt nền móng cho sự thống trị đất hiếm, trong khi Kế hoạch 5 năm lần thứ 12 (2011–2015) đặt mục tiêu đạt 10 GWh công suất pin lithium-ion, đạt được nhờ sự trỗi dậy

¹¹⁸ China EV 100

của CATL. Kế hoạch 5 năm lần thứ 13 (2016–2020) nâng mục tiêu lên 100 GWh, và đã vượt xa khi CATL đạt 150 GWh và BYD đạt 80 GWh. Kế hoạch 5 năm lần thứ 14 (2021–2025) phân bổ 50 tỷ euro để đạt công suất 2.500 GWh vào năm 2025, tài trợ cho 20 dự án thí điểm sản xuất thông minh (ví dụ: ứng dụng AI ở Giang Tô). Kế hoạch 5 năm lần thứ 15 (2026–2030) đặt mục tiêu đạt 4.000 GWh và 50% nguyên liệu tái chế.

- **Chính sách công nghiệp – “Made in China 2025”:** Ra mắt năm 2015 bởi Quốc vụ viện, đây là chính sách mang tính bảo hộ nhằm biến Trung Quốc thành quốc gia dẫn đầu toàn cầu về sản xuất tiên tiến, trong đó pin và xe điện được coi là ngành công nghiệp cốt lõi. Ngay từ năm 2012, chính phủ Trung Quốc đã tuyên bố sẽ thành lập 2–3 công ty pin hàng đầu với công suất tối thiểu 10 GWh trước năm 2020. Mục tiêu này đã được vượt qua với CATL (150 GWh) và BYD (80 GWh). Tham vọng sau đó được nâng lên thành 40 GWh cho các “công ty dẫn đầu có năng lực cạnh tranh quốc tế” trong kế hoạch hành động ngành pin xe điện năm 2023. Chính sách này đã thúc đẩy 10 tỷ euro đầu tư R&D hàng năm, tạo ra 500 bằng sáng chế vào năm 2024 và 18 dự án sản xuất thông minh kể từ năm 2022. Các biện pháp kiểm soát xuất khẩu đất hiếm và graphite (từ năm 2023) giúp bảo đảm nguồn cung nội địa đồng thời gây áp lực lên thị trường quốc tế.
- **Trợ cấp và Ưu đãi Tài chính:** Chính phủ Trung Quốc đã triển khai nhiều hình thức hỗ trợ tài chính khác nhau, thúc đẩy tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) 25% trong sản xuất pin.
 - **Trợ cấp:** 20 tỷ euro kể từ năm 2020, với 5 tỷ euro mỗi năm giúp giảm chi phí sản xuất 15–20% (khoảng 30 €/kWh), cho phép giá thành chỉ 100 €/kWh so với mức 150 €/kWh trên thị trường toàn cầu (theo MIIT, 2024). Năm 2024, 2 tỷ euro trợ cấp cho người tiêu dùng xe điện đã giúp tăng doanh số lên 7 triệu xe.
 - **Ưu đãi thuế:** 2 tỷ euro miễn giảm thuế hàng năm cho các hoạt động khai thác, tinh luyện và sản xuất giúp các công ty như Tianqi Lithium tiết kiệm 500 triệu euro mỗi năm. Thuế nhập khẩu thiết bị được giảm xuống 5%, giúp giảm 10% chi phí đầu tư ban đầu.
 - **Vay vốn và tài trợ:** 10 tỷ euro vốn vay lãi suất thấp kể từ năm 2020 được dùng để tài trợ cho các thương vụ mua lại (ví dụ: Ganfeng Lithium mua cổ phần trị giá 300 triệu USD tại mỏ Cauchari-Olaroz ở Argentina) và xây dựng các nhà máy gigafactory (ví dụ: nhà máy trị giá 7 tỷ euro của CATL tại Đức).
 - **Hỗ trợ xuất khẩu:** 1 tỷ euro trợ cấp xuất khẩu từ năm 2023 hỗ trợ việc xuất khẩu 60% sản lượng pin sang châu Âu.
- **Tài trợ R&D:** Cam kết đổi mới của Trung Quốc được củng cố bởi các khoản đầu tư mạnh mẽ vào nghiên cứu và phát triển (R&D). Những nỗ lực này đã rút ngắn chu kỳ nghiên cứu 20% và đưa Trung Quốc trở thành nước dẫn đầu trong thị trường pin thế hệ mới, với dự báo pin thể rắn sẽ chiếm 10% sản lượng xe điện vào năm 2028.
- **Chương trình quốc gia:** 10 tỷ euro mỗi năm tài trợ cho Chương trình R&D Trọng điểm Quốc gia, tập trung vào pin thể rắn, cực dương hàm lượng nickel cao (như NCM811) và công nghệ lithium–lưu huỳnh. Năm 2024, chương trình tạo ra 500 bằng sáng chế, trong đó các công ty Trung Quốc nắm giữ 30% số bằng sáng chế pin thể rắn toàn cầu.
- **Hợp tác:** 2 tỷ euro hỗ trợ hợp tác với các trường đại học hàng đầu (ví dụ: Thanh Hoa, Bắc Kinh), dẫn đến đột phá như nguyên mẫu pin 900 Wh/kg của CATL. Các liên minh giữa doanh nghiệp và học viện, như Liên minh Đổi mới Pin Trung Quốc, đã tăng sản lượng R&D lên 40% kể từ năm 2022.
- **Đổi mới trong tái chế:** 1,5 tỷ euro kể từ năm 2021 được đầu tư vào công nghệ kinh tế tuần hoàn, với GEM Co. thu hồi 90% lithium và cobalt từ 100.000 tấn pin mỗi năm. Việc này giúp giảm 15% chi phí nguyên liệu thô và hỗ trợ mục tiêu tái chế 70% vào năm 2025.
- **Công viên công nghệ:** 3 tỷ euro đã được đầu tư để xây dựng 15 công viên đổi mới công nghệ về pin (ví dụ tại Thượng Hải, Quảng Đông), quy tụ hơn 200 doanh nghiệp và tạo ra 50.000 việc làm tính đến năm 2024.
- **Phát triển bền vững và Mở rộng toàn cầu: Cân bằng giữa Tăng trưởng và Trách nhiệm**
 - **Quy định bắt buộc về tái chế:** Quy định tái chế pin năm 2021 yêu cầu đạt tỷ lệ thu hồi 70% vào năm 2025, được hỗ trợ bởi 1 tỷ euro đầu tư vào cơ sở hạ tầng, giúp giảm 30% lượng rác thải chôn lấp.

- **Sáng kiến Vành đai và Con đường (BRI):** Kể từ năm 2020, 15 tỷ euro đã được đầu tư vào các dự án khai thác tài nguyên (ví dụ: cobalt tại Zambia) và mở rộng thị trường (ví dụ: nhà máy của BYD tại Indonesia), với 20 GWh công suất được bổ sung ở nước ngoài tính đến năm 2024 (theo MIIT, 2024).
- **Chuyển giao công nghệ toàn cầu:** Nhà máy trị giá 7 tỷ euro của CATL tại Đức, đi vào hoạt động từ năm 2022, xuất khẩu 10 GWh pin mỗi năm, đảo ngược dòng chảy công nghệ truyền thống và thách thức sự thống trị của các nước phương Tây.

5.1.3. Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam

Khi Việt Nam đặt mục tiêu trở thành trung tâm sản xuất xe điện và lưu trữ năng lượng tái tạo trong khu vực, với các công ty như VinFast tiên phong, mô hình của Trung Quốc cung cấp những chiến lược thiết thực để xây dựng một hệ sinh thái pin cạnh tranh và bền vững.

Bảng 5-1. Những bài học từ hệ sinh thái pin của Trung Quốc và khả năng áp dụng tại Việt Nam

	Kinh nghiệm và bài học từ Trung Quốc	Khả năng áp dụng tại Việt Nam
Tính phù hợp theo bối cảnh	- Gần về mặt địa lý, chia sẻ đường biên giới dài 1.281 km → giúp giảm chi phí logistics thông qua các hành lang kinh tế xuyên biên giới (ví dụ: Hành lang Kinh tế Nam Ninh – Hà Nội). - Có các cam kết và mục tiêu liên quan đến xe điện (EVs) và hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS). - Trung Quốc xuất khẩu và rót vốn đầu tư trực tiếp (FDI) vào Việt Nam. - Cả hai đều là thành viên của Hiệp định Đối tác Kinh tế Toàn diện Khu vực (RCEP).	
Trọng tâm đầu tư	- Thượng nguồn: tìm kiếm nguồn tài nguyên trong nước và tăng cường liên minh thông qua sự phụ thuộc lẫn nhau - Trung nguồn: mở rộng công suất tinh luyện, tập trung vào tinh luyện lithium hydroxide và nickel sulfate; hỗ trợ xây dựng các nhà máy gigafactory - Hạ nguồn: ngành công nghiệp BESS (hệ thống lưu trữ năng lượng) và xe điện (EV) phát triển mạnh, tạo ra nhu cầu lớn cho pin - Xuất khẩu và đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI): các dự án thuộc Sáng kiến Vành đai và Con đường (BRI) và các dự án toàn cầu	Tăng cường khai thác các nguồn tài nguyên trong nước đồng thời thiết lập các quan hệ đối tác để đảm bảo thêm nguồn lực. Nâng cao chính sách hỗ trợ sản xuất trong nước.
Khung chính sách tổng thể	Các Kế hoạch 5 năm (ví dụ: Kế hoạch 5 năm lần thứ 14: 50 tỷ euro cho mục tiêu 2.500 GWh) và chính sách bảo hộ do nhà nước dẫn dắt như "Made in China 2025" (mục tiêu 40 GWh) thúc đẩy tăng trưởng có hệ thống.	Lồng ghép các mục tiêu và chỉ tiêu liên quan đến sản xuất pin nói chung và pin lithium-ion (LIB) nói riêng vào các kế hoạch phát triển kinh tế.
Trợ cấp và ưu đãi	20 tỷ euro trợ cấp, 2 tỷ euro miễn thuế, 10 tỷ euro cho vay kể từ năm 2020; giúp giảm chi phí từ 15–20%.	Tăng cường trợ cấp, ưu đãi thuế và các chính sách khuyến khích khác liên quan đến xe điện (EV) và pin lithium-ion (LIB). Thiết lập các chính sách ưu đãi dài hạn cho hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS). Xây dựng các "nhà vô địch quốc gia" và thúc đẩy các startup/doanh nghiệp tư nhân tham gia vào lĩnh vực này.

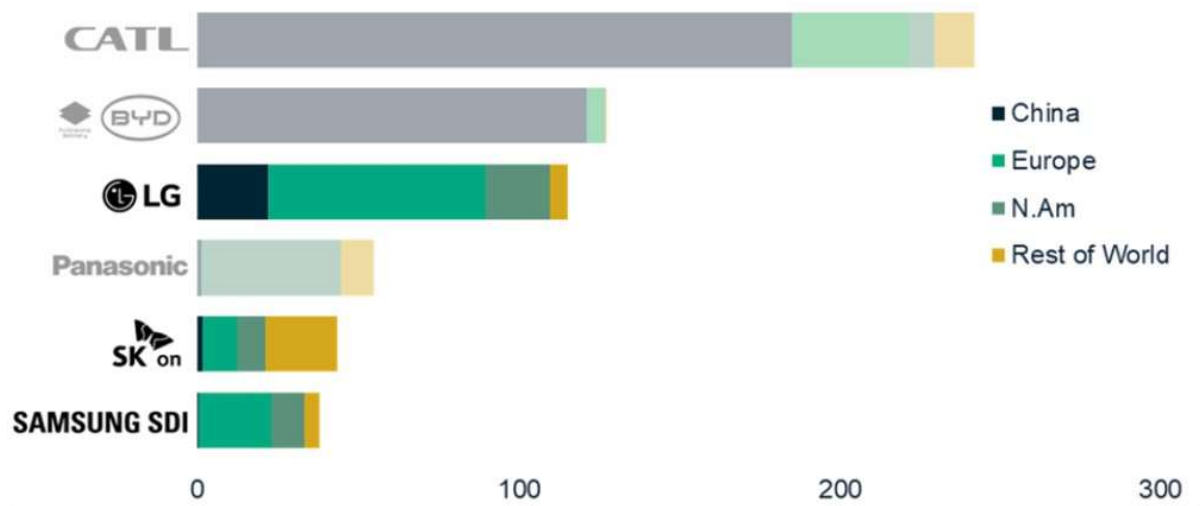
Tài trợ R&D	10 tỷ euro mỗi năm, 500 bằng sáng chế (năm 2024), 15 công viên đổi mới sáng tạo (50.000 việc làm); chiếm 30% bằng sáng chế về pin thể rắn	ăng cường đầu tư vào R&D. Tập trung xây dựng các khu công nghiệp chuyên về sản xuất pin. Phát triển năng lực công nghệ.
Quy định tái chế	đạt tỷ lệ thu hồi 70% vào năm 2025, 1 tỷ euro đầu tư vào hạ tầng; thu hồi 90% lithium (100.000 tấn/năm)	Tập trung cải thiện các hoạt động tái chế và nghiên cứu chính sách tiềm năng về tái chế.

Tổng thể, Việt Nam có thể áp dụng mô hình do Nhà nước dẫn dắt với các mục tiêu về công suất và chính sách trợ cấp để thu hút đầu tư. Việc tận dụng các ưu đãi thuế quan trong khuôn khổ RCEP có thể tạo điều kiện thuận lợi cho quan hệ đối tác với Trung Quốc, tuy nhiên Việt Nam cần thực thi các tiêu chuẩn ESG để đáp ứng nhu cầu toàn cầu và đa dạng hóa nguồn cung nhằm giảm sự phụ thuộc vào Trung Quốc.

Sự tương thích giữa chuỗi cung ứng pin của Trung Quốc và Việt Nam mang lại nhiều cơ hội lớn cho cả hai quốc gia, đặc biệt trong bối cảnh nhu cầu toàn cầu về năng lượng tái tạo và xe điện ngày càng tăng. Tuy nhiên, để tận dụng tối đa lợi thế này, Việt Nam cần một chiến lược phát triển dài hạn nhằm củng cố năng lực nội địa, đa dạng hóa nguồn cung và giảm thiểu rủi ro phụ thuộc vào nguyên vật liệu.

5.2. Hàn Quốc

Hàn Quốc đã vươn lên trở thành một trong những quốc gia dẫn đầu toàn cầu trong chuỗi cung ứng pin và lưu trữ năng lượng, nhờ tập trung vào tính bền vững, khả năng chống chịu chuỗi cung ứng và các tiến bộ trong công nghệ pin thế hệ mới. Quốc gia này hiện chiếm khoảng 37% thị phần toàn cầu, chỉ đứng sau Trung Quốc về sản lượng. Thành tựu này được thúc đẩy bởi sự bùng nổ của thị trường xe điện và các khoản đầu tư lớn từ những nhà sản xuất hàng đầu như LG Energy Solution (pin lithium–lưu huỳnh, pin thể rắn), Samsung SDI (pin nickel–mangan không cobalt), và SK On (Hình 5-4), mang lại những bài học giá trị cho Việt Nam.



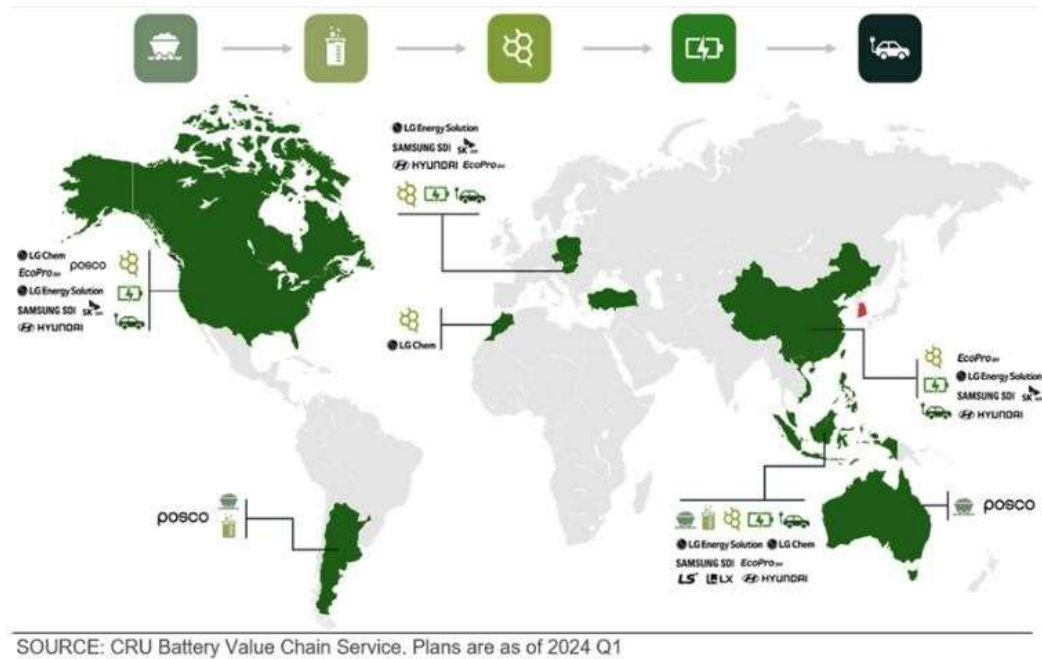
Hình 5-4. Top 6 so sánh theo triển khai pin năm 2023, GWh.

Các mối quan hệ đối tác chiến lược, chính sách thương mại hỗ trợ và sự tập trung vào đổi mới công nghệ đã giúp Hàn Quốc củng cố vị thế là nước xuất khẩu vật liệu cực dương lớn nhất thế giới (đặc biệt là cực dương hàm lượng nickel cao).

5.2.1. Chiến lược chuỗi cung ứng pin

Chiến lược chuỗi cung ứng pin của Hàn Quốc tập trung vào đổi mới công nghệ, đảm bảo an ninh nguyên liệu thô và phát triển bền vững nhằm duy trì vị thế dẫn đầu toàn cầu. Các tập đoàn lớn của Hàn Quốc, bao gồm LG Chem, đóng vai trò là động lực chính thúc đẩy sự phát triển của ngành công nghiệp trong nước. Đặc biệt, với mức tăng 35% mỗi năm trong xuất khẩu vật liệu cực dương, Hàn Quốc đã trở thành nước xuất khẩu vật liệu cực dương lớn nhất thế giới.

- **Chính sách tổng thể:** Chương trình Green New Deal 2.0 được cập nhật vào năm 2021 tập trung mạnh vào hành động khí hậu, phát triển kinh tế xanh và ngành công nghiệp xanh.
- **Đổi mới công nghệ:** Hàn Quốc dẫn đầu trong lĩnh vực pin thế hệ mới, với LG Energy Solution hướng đến pin lithium-lưu huỳnh (600 Wh/kg vào năm 2025) và Samsung SDI phát triển pin nickel-mangan không cobalt. Các ưu tiên nghiên cứu bao gồm cực dương hàm lượng nickel cao, cực âm silicon và pin thông minh có khả năng tự chẩn đoán. Nhiều quỹ đổi mới R&D công – tư đã được triển khai (giữa Bộ Thương mại, Công nghiệp và Năng lượng – MOTIE, ngành công nghiệp pin và khối đầu tư tư nhân) nhằm thúc đẩy phát triển các công nghệ pin tiên tiến, bao gồm cả pin thể rắn.
- **Thuế và ưu đãi:** Luật Hạn chế Miễn thuế (Tax Exemption Restriction Act) công nhận công nghệ pin là ngành chiến lược quốc gia và cung cấp hỗ trợ thuế cho các khoản chi tiêu R&D. Các chương trình ưu đãi của Ngân hàng Xuất nhập khẩu Hàn Quốc và Ngân hàng Phát triển Hàn Quốc cũng đầu tư 1,5 nghìn tỷ won vào các loại pin LIB an toàn cao, tuổi thọ dài, chi phí thấp, pin LIB thể rắn và pin kim loại-lưu huỳnh dùng cho hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) và lưới điện thông minh.
- **An ninh nguyên liệu và tích hợp theo chiều dọc:** Các công ty Hàn Quốc đối mặt với nhu cầu đảm bảo nguồn cung nguyên liệu thô và tránh tắc nghẽn tại giai đoạn hóa chất trung gian. Do đó, họ đã áp dụng chiến lược tích hợp theo chiều dọc thông qua việc mua cổ phần trong các hoạt động khai thác và tinh luyện, cũng như thiết lập các thỏa thuận mua bán chiến lược. Họ cũng đầu tư vào năng lực chế biến trung gian cả trong nước và ở nước ngoài. Họ đặc biệt tích cực trong việc tinh luyện lithium, nickel và graphite tại Argentina, Indonesia, Úc và trong nước. Chiến lược công nghiệp của Hàn Quốc ưu tiên phát triển giai đoạn trung gian và hỗ trợ mở rộng các cơ sở sản xuất tiêu thụ nhiều năng lượng (xem Hình 5-5).



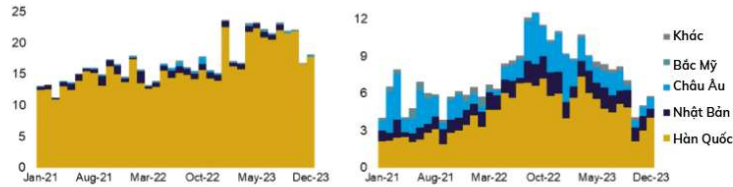
Hình 5-5. Kế hoạch sản xuất ở nước ngoài của các công ty lớn có nguồn gốc từ Hàn Quốc

119

- **Quan hệ đối tác toàn cầu:** Các công ty Hàn Quốc đã lựa chọn con đường đa dạng hóa và hợp tác chiến lược với các đối tác Trung Quốc cạnh tranh, đồng thời tận dụng vai trò của Hàn Quốc như một đồng minh địa chính trị của Hoa Kỳ và châu Âu. Thành công và khả năng duy trì thị phần đáng kể trên thị trường pin toàn cầu của họ phụ thuộc vào các chính sách, và ở mức độ thấp hơn, vào năng lực đổi mới. Chừng nào các chính sách như Đạo luật Giảm lạm phát (IRA) của Hoa Kỳ còn thuận lợi – điều này không phải lúc nào cũng chắc chắn – thì các công ty Hàn Quốc vẫn có thể cạnh tranh trong ngành công nghiệp vốn đang bị Trung Quốc chi phối.
- **Sản xuất tiên chất và cực dương (p/CAM) / Tập trung mạnh vào trung nguồn:** Hàn Quốc là nước xuất khẩu vật liệu cực dương lớn nhất sang châu Âu và Bắc Mỹ, và hiện chiếm 37% thị phần cực dương toàn cầu. Công suất sản xuất trong nước đối với tiên chất và cực dương đã tăng mạnh trong năm 2023, giúp giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu từ Trung Quốc (xem Hình 5-6). Các công ty như POSCO Chemical sản xuất 50.000 tấn tiên chất mỗi năm tại Gwangyang, từ đó giảm đáng kể sự phụ thuộc vào Trung Quốc. Sự chuyển dịch này phù hợp với yêu cầu về nguồn gốc nguyên liệu theo Đạo luật IRA của Hoa Kỳ, đồng thời thúc đẩy xuất khẩu sang Bắc Mỹ (chiếm 40% tổng lượng xuất khẩu cực dương) (xem Hình 5-7 và 5-8).

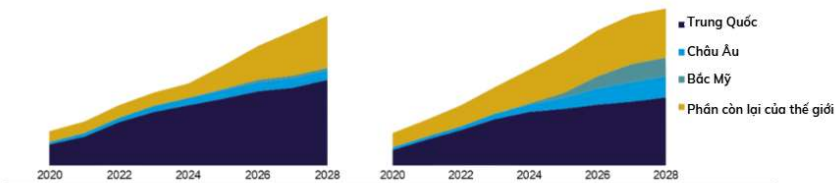
Xuất khẩu tiền chất và cathode của Trung Quốc không tăng hoặc giảm vào năm 2023 khi Hàn Quốc trở nên tự chủ

Xuất khẩu tiền chất (LHS) và CAM (RHS) hàng tháng của Trung Quốc và điểm đến, nghìn tấn



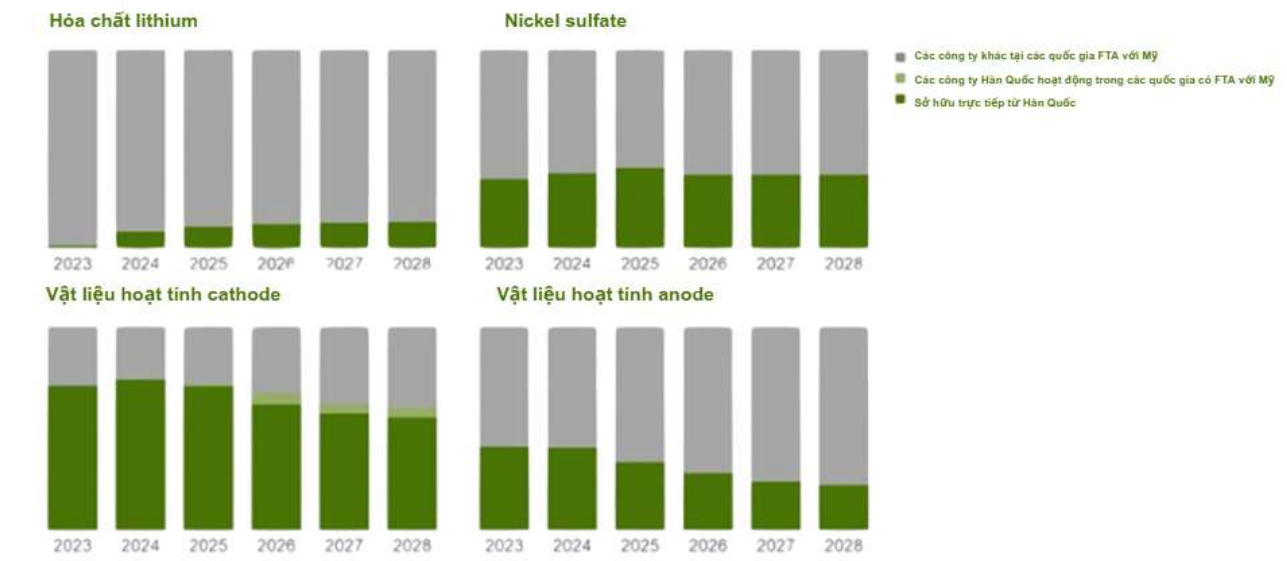
Các mở rộng công suất p/CAM mới tập trung bên ngoài Trung Quốc, %

Công suất sản xuất tiền chất ternary (LHS) và CAM (RHS) dự kiến, nghìn tấn



NGUỒN: CRU Battery Value Chain Service, GTT

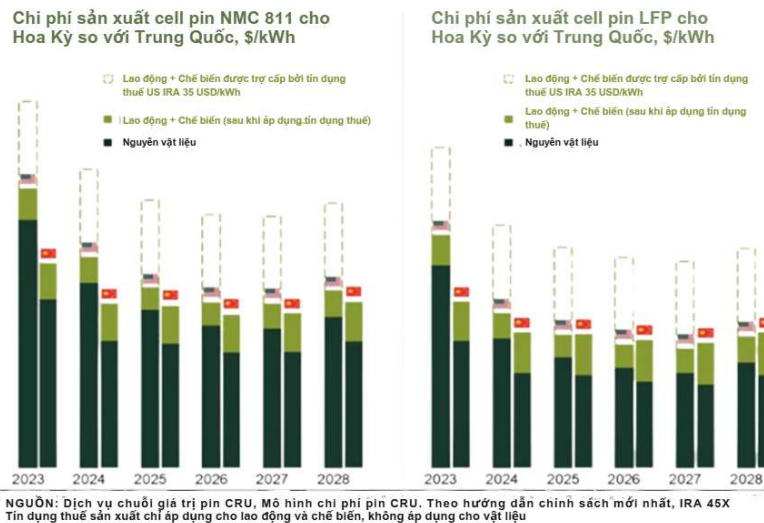
Hình 5-6. Xuất khẩu tiền chất và catốt của Hàn Quốc sẽ đi ngang hoặc giảm vào năm 2023 khi Hàn Quốc trở nên tự chủ¹²⁰



Nguồn: Dịch vụ Chuỗi Giá trị Pin CRU. Tỷ lệ dựa trên sản lượng sản xuất × tỷ lệ sở hữu vốn.

Sự tham gia của Hàn Quốc vào khai thác lithium, nickel, cobalt và sản xuất hóa chất cobalt là không đáng kể.

Hình 5-7. Quyền sở hữu của Hàn Quốc trong chuỗi cung ứng tuân thủ IRA



Hình 5-8. Tín dụng thuế sản xuất IRA thúc đẩy khả năng cạnh tranh về chi phí của các công ty sản xuất pin Hàn Quốc – Hoa Kỳ

- **Phát triển bền vững:** Đặt ra các mục tiêu rõ ràng cho việc tái sử dụng pin và tái chế (ví dụ: cobalt sulfate – 22.000 tấn/năm, nickel sulfate – 62.500 tấn/năm, manganese sulfate – 7.100 tấn/năm).

5.2.2. Chính sách của chính phủ

Chính phủ Hàn Quốc thúc đẩy hệ sinh thái pin thông qua các chính sách chiến lược, khuyến khích đổi mới, phát triển bền vững và tuân thủ các tiêu chuẩn toàn cầu:

- **Khung chiến lược và các bên chủ chốt:** Chương trình Green New Deal của Hàn Quốc yêu cầu đầu tư 73,4 nghìn tỷ won nhằm tăng cường hành động vì khí hậu và hiện thực hóa nền kinh tế xanh, với trọng tâm đầu tư vào hạ tầng xanh, năng lượng tái tạo và công nghiệp thân thiện với môi trường. Bên cạnh đó, Chiến lược Phát triển Pin K-Battery năm 2021, do Bộ Thương mại, Công nghiệp và Năng lượng (MOTIE) giám sát, đặt mục tiêu đạt 400 GWh công suất sản xuất pin vào năm 2030. Các bên đóng vai trò then chốt bao gồm MOTIE, Viện Đánh giá và Lập kế hoạch Công nghệ Năng lượng Hàn Quốc (KETEP), Viện Đánh giá Công nghệ Công nghiệp Hàn Quốc (KEIT) và Bộ Khoa học và Công nghệ Thông tin (MSIT). Các hiệp hội ngành như Hiệp hội Công nghiệp Pin Hàn Quốc (KBIA) và Hiệp hội R&D Pin Hàn Quốc (KORBA) đóng vai trò kết nối và hỗ trợ hợp tác giữa các bên liên quan, trong khi các viện nghiên cứu như KIST và Viện Công nghệ Tiên tiến Samsung (SAIT) đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy đổi mới công nghệ.
- **Mục tiêu chính sách:** Từ năm 2025 đến 2028, Hàn Quốc đặt mục tiêu thương mại hóa các công nghệ pin tiên tiến gồm: pin lithium–lưu huỳnh vào năm 2025, pin thể rắn vào năm 2027 và pin lithium–kim loại vào năm 2028. Song song đó, quốc gia này sẽ phát triển thị trường hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) sử dụng pin đã qua sử dụng với quy mô 2,2 GWh và tái chế 22.000 tấn cobalt sulfate mỗi năm (theo MOTIE 2024). Đến năm 2030, Hàn Quốc hướng tới vị trí dẫn đầu toàn cầu với doanh số pin đạt 166 nghìn tỷ won (tương đương 117,86 tỷ euro, chiếm 40% thị phần toàn cầu), doanh thu từ nguyên vật liệu đạt 60 nghìn tỷ won (42,6 tỷ euro) và kim ngạch xuất khẩu đạt 20 tỷ USD, đồng thời giảm 40% lượng khí nhà kính (GHG). Xa hơn, đến năm 2050, Hàn Quốc đặt mục tiêu đạt trung hòa carbon và 100% phương tiện không phát thải, với 1,8 triệu xe điện sử dụng pin nhiên liệu (FCEV) được kỳ vọng ra mắt vào năm 2030.

- **Trợ cấp và Ưu đãi:** Bộ Thương mại, Công nghiệp và Năng lượng Hàn Quốc (MOTIE) cung cấp khoản tín dụng thuế trị giá 2 tỷ USD mỗi năm, giúp giảm chi phí sản xuất khoảng 10%. Đạo luật Giảm lạm phát (IRA) của Hoa Kỳ hỗ trợ thêm 35 USD/kWh tiền hoàn thuế, góp phần tăng xuất khẩu lên 20%. Luật Hạn chế Miễn thuế cho phép miễn giảm tới 50% thuế cho hoạt động R&D và 20% cho đầu tư cơ sở vật chất. Ngân hàng Xuất nhập khẩu Hàn Quốc (Eximbank) cũng đã xây dựng kế hoạch thành lập quỹ trị giá 1 nghìn tỷ won (tương đương 745 triệu USD) nhằm hỗ trợ các doanh nghiệp trong các ngành công nghiệp chiến lược công nghệ cao, đặc biệt là chất bán dẫn và pin.
- **Tài trợ R&D:** Quỹ R&D công – tư giai đoạn 2023–2030 phân bổ 13,5 nghìn tỷ won (tương đương 9,59 tỷ euro) để phát triển các công nghệ pin tiên tiến, đặc biệt là pin thể rắn.
- **Tái chế và Hỗ trợ ESS:** Chính phủ Hàn Quốc đặt ra các mục tiêu chính sách mạnh mẽ cho việc tái sử dụng và tái chế pin (ví dụ: phát triển thị trường ESS công cộng quy mô 2,2 GWh nhằm mở rộng nhu cầu sử dụng pin tái sử dụng, và mục tiêu tái chế khoảng 22.000 tấn cobalt sulfate mỗi năm). Luật Tuần hoàn tài nguyên thiết bị điện – điện tử và phương tiện giao thông (EEEV Act), được ban hành năm 2019 và sửa đổi năm 2021, nhằm giảm sự phụ thuộc vào nguyên liệu thô nhập khẩu bằng cách thúc đẩy tái chế thiết bị điện – điện tử và xe cộ. Luật này mở rộng Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) đối với các sản phẩm trên, giúp quản lý chất thải hiệu quả hơn và thúc đẩy thu hồi tài nguyên. Luật cũng hướng đến việc nâng cao công nghệ tái chế, thu hồi kim loại có giá trị và tạo ra cơ hội kinh tế. Sửa đổi năm 2021 giao quyền vận hành các trung tâm thu gom chất thải – bao gồm cơ sở tái chế pin xe điện – cho Tổng Công ty Môi trường Hàn Quốc (KECO), từ đó củng cố cơ sở hạ tầng cho quản lý chất thải bền vững.

5.2.3. Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam

Dựa trên mối quan hệ thương mại hiện có giữa hai quốc gia và sự hiện diện mạnh mẽ của các doanh nghiệp Hàn Quốc tại Việt Nam, việc tận dụng định hướng đầu tư, khung chính sách và các ưu đãi của Hàn Quốc có thể thúc đẩy nhanh chóng sự phát triển của ngành công nghiệp pin tại Việt Nam. Để nâng cao năng lực cạnh tranh, các yếu tố then chốt sẽ bao gồm: trợ cấp có mục tiêu, chính sách quốc gia về tái chế và các chương trình nghiên cứu – phát triển (R&D) quy mô lớn. Việc thiết lập các liên doanh với doanh nghiệp Hàn Quốc có thể tạo điều kiện thuận lợi cho chuyển giao công nghệ, đồng thời định vị Việt Nam trở thành trung tâm sản xuất và xuất khẩu pin hàng đầu trong khu vực.

Bảng 5-2. Những bài học từ hệ sinh thái pin của Hàn Quốc và khả năng áp dụng tại Việt Nam

	Kinh nghiệm và bài học từ Hàn Quốc	Khả năng áp dụng tại Việt Nam
Tính phù hợp theo bối cảnh	- Hàn Quốc là đối tác thương mại lớn thứ ba và là thị trường nhập khẩu lớn thứ hai của Việt Nam. Tổng kim ngạch thương mại song phương giữa Hàn Quốc và Việt Nam đã tăng 9,2%, từ 79,4 tỷ USD năm 2023 lên 86,7 tỷ USD năm 2024. - Các mặt hàng xuất khẩu chính từ Hàn Quốc sang Việt Nam bao gồm thiết bị điện tử, phương tiện giao thông, v.v. - Samsung SDI và LG Chem đã đầu tư mạnh và có hiện diện lớn tại Việt Nam, với ý định phát triển sản xuất pin. Tuy nhiên, việc thiếu các chính sách ưu tiên trong chuỗi cung ứng pin đã cản trở dòng vốn đầu tư thực tế.	
Trọng tâm đầu tư	Thượng nguồn: Hàn Quốc phụ thuộc nhiều vào nhập khẩu khoáng sản, nên ưu tiên thiết lập quan hệ đối tác với các quốc gia giàu tài nguyên (ví dụ: Úc, Indonesia).	Tăng cường các thỏa thuận song phương để thúc đẩy thương mại pin và trao đổi công nghệ.

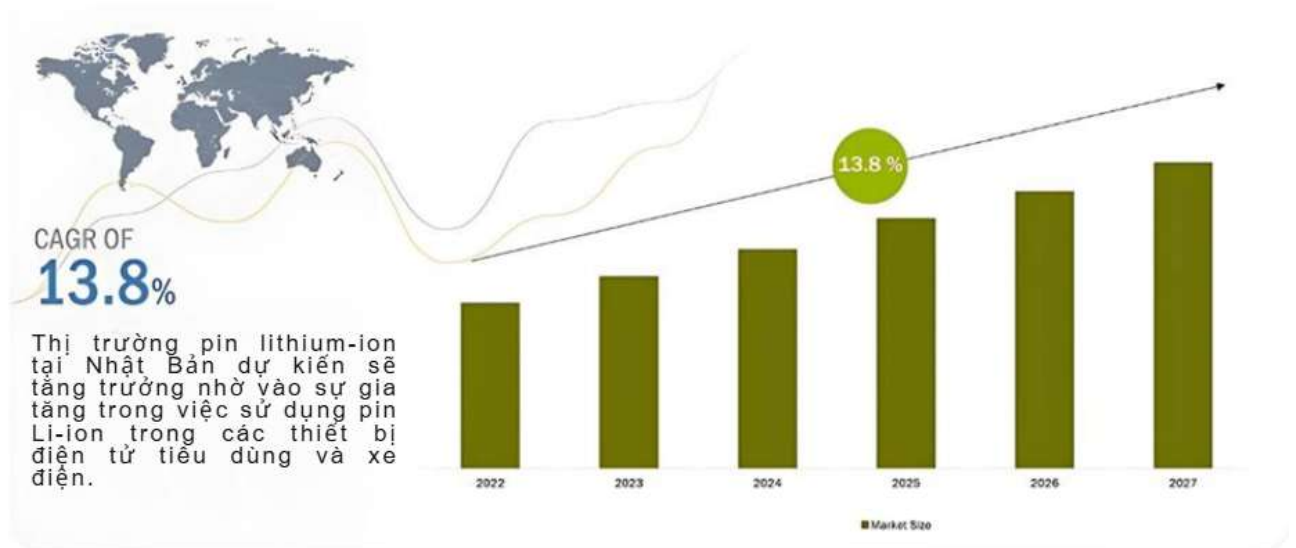
	Trung nguồn: Tập trung mạnh vào sản xuất tiền chất và vật liệu cực dương (p/CAM), chiếm 30% thị phần cực dương toàn cầu. Hỗ trợ xây dựng các nhà máy gigafactory. Hạ nguồn: Nhu cầu ngày càng tăng từ các ngành công nghiệp khác. Xuất khẩu và đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI): Tập trung vào thị trường toàn cầu, với sự mở rộng sang Bắc Mỹ và châu Âu.	
Khung chính sách tổng thể	Green New Deal, Chiến lược K-Battery	Tích hợp nội dung phát triển chuỗi cung ứng pin sâu hơn vào Chiến lược Tăng trưởng Xanh của Việt Nam (GGS); xem xét xây dựng các chiến lược riêng biệt dành cho phát triển chuỗi cung ứng pin.
Trợ cấp / ưu đãi	Hàn Quốc đầu tư mạnh vào việc củng cố chuỗi cung ứng pin xe điện, tập trung vào việc đa dạng hóa nguồn cung để giảm phụ thuộc vào Trung Quốc và tuân thủ các quy định về tín dụng thuế của Hoa Kỳ, bao gồm các khoản vay ưu đãi của nhà nước và ưu đãi thuế.	Việt Nam nên ban hành các chính sách ưu tiên đầu tư vào lĩnh vực pin để thu hút các nhà sản xuất Hàn Quốc; phát triển Gói Đầu tư Pin với các ưu đãi liên kết sản xuất, miễn giảm thuế và các khoản vay lãi suất thấp; thiết lập các ưu đãi cho liên doanh giữa doanh nghiệp pin trong nước và nước ngoài nhằm thúc đẩy chuyển giao công nghệ.
Tài trợ R&D	Chương trình nghiên cứu – phát triển quy mô lớn theo hình thức hợp tác công – tư	Thiết lập mạng lưới kết nối giữa các trường đại học, viện nghiên cứu và các doanh nghiệp dẫn đầu ngành; tăng cường tài trợ cho hoạt động R&D về pin tiên tiến, tập trung vào mật độ năng lượng, giảm chi phí và tái chế.
Quy định tái chế	Các tiêu chuẩn công nghiệp Hàn Quốc (KS) như KS C IEC 62660-1/2/3 và KS C 62133; Tiêu chuẩn An toàn Phương tiện Cơ giới Hàn Quốc; các tiêu chuẩn môi trường (KECO tập trung vào quy định tái chế và xử lý pin; luật EEEV về thu gom và tái chế pin cùng các lĩnh vực phương tiện khác)...	Xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật và tiêu chuẩn quốc gia về tái chế pin; đẩy mạnh nghiên cứu và xây dựng chính sách chuyên sâu về tái chế; đầu tư vào hạ tầng tái chế pin và có chính sách khuyến khích khu vực tư nhân tham gia.
Chính sách ngành	Thúc đẩy nhu cầu sử dụng pin sạc từ cả khu vực công và tư nhân; hỗ trợ tài chính cho các nhà sản xuất pin xe điện trong nước	Áp dụng ưu đãi tài chính cho các nhà sản xuất pin nhằm khuyến khích nội địa hóa sản xuất; thúc đẩy việc sử dụng pin trong giao thông công cộng để kích cầu nhu cầu trong nước

5.3. Nhật Bản

Nhật Bản mang đến những bài học hữu ích cho ngành công nghiệp pin của Việt Nam, đặc biệt trong việc thích ứng chính sách chiến lược, đổi mới công nghệ và tăng cường khả năng chống chịu thị

trường. Mặc dù từng thống trị thị trường pin toàn cầu từ đầu những năm 1990, Nhật Bản đã phải đối mặt với sự cạnh tranh ngày càng gia tăng từ Trung Quốc và Hàn Quốc, buộc quốc gia này phải điều chỉnh lại chiến lược công nghiệp. Để lấy lại lợi thế cạnh tranh, Nhật Bản đã cập nhật chiến lược phát triển ngành pin vào năm 2024, với các ưu tiên bao gồm: thương mại hóa pin thể rắn toàn phần (ASSB), cải thiện tính bền vững, mở rộng sản xuất nội địa, tăng cường liên minh toàn cầu và phát triển nguồn nhân lực.

Việc Nhật Bản chú trọng mạnh vào R&D và các quy trình sản xuất tiên tiến đã giúp nước này duy trì được vị thế trên thị trường, bất chấp sự cạnh tranh toàn cầu. Ngành pin lithium-ion của Nhật được dự báo sẽ tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) 13,8% trong giai đoạn 2022–2031 (xem Hình 5-9), phản ánh sự đổi mới liên tục và mở rộng thị trường dựa trên chính sách. Các nhà sản xuất pin hàng đầu của Nhật Bản như Panasonic Corporation, Sony Corporation và Toshiba Corporation được kỳ vọng sẽ tiếp tục giữ vai trò chủ đạo trên thị trường nội địa.



Hình 5-9. Thị trường pin lithium-ion tại Nhật Bản

5.3.1. Chiến lược chuỗi cung ứng pin

Chiến lược chuỗi cung ứng pin của Nhật Bản tập trung vào đổi mới công nghệ, an ninh nguyên liệu thô, nâng cao năng lực sản xuất và phát triển bền vững nhằm giành lại lợi thế cạnh tranh:

- **Đổi mới công nghệ:** Nhật Bản giữ vai trò dẫn đầu và ưu tiên phát triển các công nghệ pin thế hệ tiếp theo, đặc biệt là pin thể rắn toàn phần (ASSB), với mục tiêu thương mại hóa vào năm 2030. Toyota Motors hiện dẫn đầu với hơn 1.000 bằng sáng chế liên quan đến ASSB và dự kiến sẽ sản xuất hàng loạt trong giai đoạn 2027–2028, với tầm hoạt động lên tới 1.200 km. Nissan và Honda cũng đang xây dựng dây chuyền sản xuất ASSB nội bộ. Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) đã phê duyệt bốn dự án R&D lớn tính đến năm 2023, với sự tham gia của Toyota, Idemitsu, Mitsui Kinzoku và TK Works, tập trung vào vật liệu và quy trình sản xuất ASSB. Các ưu tiên nghiên cứu bao gồm: nâng cao mật độ năng lượng, cải thiện độ an toàn và tích hợp các công nghệ số như trí tuệ nhân tạo (AI) và Internet vạn vật (IoT) để tối ưu hóa hiệu suất và hiệu quả sản xuất.
- **An ninh nguyên liệu thô:** Nhật Bản đang tăng cường quan hệ đối tác với các quốc gia như Indonesia và một số nước châu Phi để phát triển chuỗi cung ứng các khoáng sản thiết yếu như cobalt và nickel, nhằm giải quyết vấn đề phụ thuộc lớn vào nhập khẩu. Mặc dù Nhật Bản không phải là nước sản xuất lớn về khoáng sản thiết yếu, nhưng lại đóng vai trò quan trọng

trong lĩnh vực chế biến khoáng sản và sản xuất pin xe điện, với các công ty như Panasonic dẫn đầu ngành. Vào năm 2023, Nhật Bản xếp thứ 10 trong số các nhà cung cấp khoáng sản thiết yếu cho Hoa Kỳ, đặc biệt là trong lĩnh vực cobalt đã qua xử lý.

- **Quy mô sản xuất:** Tính đến năm 2024, công suất sản xuất pin trong nước của Nhật Bản đạt 80 GWh, với kế hoạch mở rộng lên 120 GWh vào năm 2026 (tăng 50%) và đạt 150 GWh mỗi năm vào năm 2030. Các doanh nghiệp chủ chốt bao gồm Panasonic, GS Yuasa và Toshiba. Trên toàn cầu, các công ty Nhật đặt mục tiêu đạt tổng công suất 600 GWh vào năm 2030, tương đương 20% thị phần toàn cầu.
 - **Toyota:** Đầu tư 245 tỷ yên cùng với Prime Planet Energy & Solutions và Primearth EV Energy để sản xuất 9 GWh pin ASSB và pin prismatic mỗi năm, bắt đầu từ tháng 11/2026 tại các nhà máy ở tỉnh Hyogo và Fukuoka.
 - **Nissan:** Lên kế hoạch sản xuất 5 GWh pin LFP/năm dành cho xe mini từ tháng 7/2028, với khoản hỗ trợ 55,5 tỷ yên.
 - **Panasonic/Subaru:** Đầu tư 463 tỷ yên để xây dựng nhà máy pin Li-ion công suất 16 GWh/năm tại Gunma (khởi công tháng 8/2028) và nhà máy công suất 4 GWh/năm tại Osaka (khởi công năm 2027), cùng với sản xuất bổ sung cho Mazda tại các nhà máy ở Suminoe và Kaizuka.
- **Phát triển bền vững và Tái chế:** Nhật Bản nhấn mạnh vào mô hình kinh tế tuần hoàn, với mục tiêu thu hồi 70% lithium, 95% nickel và 95% cobalt từ pin đã qua sử dụng vào năm 2030, nhằm giảm tác động đến môi trường. Chiến lược ngành công nghiệp pin của Nhật khuyến khích các tiêu chuẩn tái chế và thực hành bền vững.
- **Trợ cấp / Ưu đãi:** Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) đã phê duyệt khoản tài trợ 347,9 tỷ yên (2,4 tỷ USD) vào ngày 6/9/2024 cho 12 dự án, bao gồm sản xuất pin Li-ion, LFP, nguyên liệu và thiết bị sản xuất, giúp nâng công suất từ 85 GWh lên 120 GWh vào năm 2026. Khoản tài trợ này tiếp nối các đợt trợ cấp gần 1 tỷ USD vào tháng 6/2022 và tháng 4/2023.
- **Chính sách ngành:** Nhật Bản đã triển khai nhiều chính sách khuyến khích dành cho các ngành liên quan đến pin nhằm thúc đẩy nhu cầu.
 - Chính phủ đã đầu tư đáng kể vào nghiên cứu, phát triển và hạ tầng xe điện (EV), thể hiện cam kết rõ ràng với giao thông bền vững. Xe điện hybrid sạc ngoài (PHEV) được miễn hoàn toàn các loại thuế mua, đăng ký và thuế trọng lượng, trong khi xe hybrid thông thường (HEV) được miễn giảm một phần. Theo mục tiêu năm 2035 là 100% xe bán ra mới phải thân thiện với môi trường, chính phủ cung cấp trợ cấp cho xe năng lượng sạch (CEV), bao gồm cả xe điện chạy pin (BEV), PHEV và xe điện pin nhiên liệu (FCEV). Năm 2021, mức trợ cấp tối đa cho CEV là khoảng 7.200 USD (800.000 yên). Những chính sách này đã thúc đẩy việc sử dụng EV và mở rộng thị trường trạm sạc, góp phần vào sự phát triển của ngành pin LFP tại Nhật Bản.

Bảng 5-3. Thị trường pin lithium sắt phosphate, theo công suất, 2017-2022 (triệu đô la Mỹ)¹²¹

Dung lượng	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Tỷ lệ tăng trưởng hàng năm (CAGR) (2017-2022)
0-16,250 mAh	23	25	26	22	34	44	14.0%
16,251-50,000 mAh	42	46	47	39	63	81	14.3%
50,001-100,000 mAh	45	50	52	43	67	87	14.1%
100,001-540,000 mAh	72	79	83	69	107	138	14.0%
Tổng cộng	182	200	208	173	272	351	14.1%

¹²¹ Annual Reports, Company Publications, Investor Presentations, Press Releases, Interviews with Experts, and MarketsandMarkets Analysis

Bảng 5-4. Thị trường pin lithium sắt phosphate, theo công suất, 2017-2022 (triệu đô la Mỹ)¹²²

Ngành	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Tỷ lệ tăng trưởng hàng năm (CAGR) (2017-2022)
Ô tô	25.8	29.8	32.6	37.8	121.2	170.6	45.9%
Năng lượng	44.6	48.5	50.0	37.5	40.8	48.3	1.6%
Công nghiệp	48.7	54.4	57.6	45.3	51.4	62.5	5.1%
Điện tử tiêu dùng	1.9	2.2	2.4	2.1	3.5	4.7	19.8%
Hàng không vũ trụ	27.9	30.2	31.0	23.6	26.1	30.8	2.0%
Hàng hải	24.6	26.4	26.9	20.4	22.3	25.9	1.1%
Các ngành khác	8.0	8.3	7.9	6.2	6.3	8.2	0.5%
Tổng cộng	181.6	199.9	208.5	172.8	271.7	351.1	14.1%

Lưu ý: Các giá trị đã được biểu diễn dưới dạng số thập phân để hiển thị sự khác biệt nhỏ.

5.3.2. Chính sách chính phủ

Chính phủ Nhật Bản đã triển khai một khung chính sách mạnh mẽ nhằm hỗ trợ ngành công nghiệp pin, cân bằng giữa tăng trưởng trong nước và khả năng cạnh tranh toàn cầu:

- **Các tổ chức chính trị và khung chiến lược:** Chiến lược phát triển ngành công nghiệp pin của Nhật Bản do Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp (METI), Bộ Giáo dục, Văn hóa, Thể thao, Khoa học và Công nghệ (MEXT) và Tổ chức Phát triển Công nghệ và Năng lượng Mới (NEDO) dẫn dắt, với sự đóng góp từ Viện Khoa học và Công nghệ Công nghiệp Tiên tiến (AIST) và Viện Khoa học Vật liệu Quốc gia (NIMS). Chiến lược ngành pin năm 2022 đặt mục tiêu đạt 150 GWh công suất sản xuất trong nước và 600 GWh công suất toàn cầu vào năm 2030, với tham vọng chiếm 20% thị phần toàn cầu. Sáng kiến Chuyển đổi Xanh (2021) và Kế hoạch Năng lượng Chiến lược lần thứ 6 (2022) được xây dựng phù hợp với mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050 của Nhật Bản. Việc thương mại hóa quy mô lớn pin thể rắn toàn phần (ASSB) được lên kế hoạch vào năm 2030, và các công nghệ pin mới như pin fluoride, pin kẽm và pin ion đa hóa trị được định hướng phát triển vào năm 2035.
- **Trợ cấp / Ưu đãi:** Vào ngày 6 tháng 9 năm 2024, Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp Nhật Bản (METI) đã phân bổ 347,9 tỷ yên (tương đương 2,4 tỷ USD) cho 12 dự án, trong đó 326 tỷ yên được dành cho sản xuất pin Li-ion và LFP, 17 tỷ yên cho nguyên liệu thô, và 5 tỷ yên cho thiết bị sản xuất. Ngoài ra, chương trình trợ cấp dành cho xe năng lượng sạch (CEV) cũng cung cấp mức hỗ trợ lên tới 800.000 yên (khoảng 7.200 USD) cho mỗi xe (từ năm 2021), nhằm thúc đẩy việc sử dụng các phương tiện thân thiện với môi trường. Đáng chú ý, nhằm đảm bảo nguồn cung khoáng sản thiết yếu phục vụ sản xuất pin, chính phủ Nhật Bản còn hỗ trợ tài chính cho các hoạt động liên quan đến chuỗi cung ứng khoáng sản chiến lược theo Luật Thúc đẩy An ninh Kinh tế (ESPA). Cụ thể, các hoạt động như khảo sát địa chất, nghiên cứu khả thi, phát triển mỏ, luyện kim và nghiên cứu – phát triển trong lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản thiết yếu sẽ được ưu tiên nhận hỗ trợ, góp phần duy trì nguồn cung ổn định và giảm thiểu rủi ro chuỗi cung ứng.
 - Hiệp hội Chuỗi Cung Ứng Pin Nhật Bản (BASC), một tổ chức gồm các nhà sản xuất pin hàng đầu của Nhật, ước tính rằng để đạt được mục tiêu nâng cao năng lực sản xuất pin trong nước, mỗi năm Nhật Bản sẽ cần khoảng 100.000 tấn lithium, 90.000 tấn nickel, 150.000 tấn graphite, và 20.000 tấn mangan. Bên cạnh đó, để đảm bảo đạt được công suất sản xuất pin toàn cầu 600 GWh mỗi năm vào năm 2030, các doanh nghiệp Nhật Bản sẽ cần đảm bảo nguồn cung khoảng 380.000 tấn lithium, 310.000 tấn nickel, 60.000 tấn cobalt, 600.000 tấn graphite, và 50.000 tấn mangan mỗi năm.

¹²² Same as above

Trước bối cảnh gia tăng chú trọng đến chương trình nghị sự về an ninh kinh tế, Nhật Bản đã ban hành Luật Thúc đẩy An ninh Kinh tế (ESPA) vào năm 2022 nhằm bảo đảm ổn định chuỗi cung ứng khoáng sản chiến lược phục vụ ngành công nghiệp pin..

- **Tài trợ R&D:** Tổ chức Phát triển Năng lượng Mới và Công nghệ Công nghiệp (NEDO) đã đầu tư khoảng 58 tỷ yên trong giai đoạn 2009–2022 cho các dự án Solid-EV và RISING 1, 2, 3. Quỹ Đổi mới Xanh (Green Innovation Fund) giai đoạn 2021–2030 cũng hỗ trợ phát triển pin hiệu suất cao và công nghệ tái chế, với tổng vốn tài trợ lên tới 120,5 tỷ yên. Ngoài ra, còn có các khoản đầu tư bổ sung gồm 100 tỷ yên (2021–2022) cho sản xuất và tái chế pin Li-ion, và 1,8 tỷ yên (2023–2027) cho nghiên cứu vật liệu pin thể rắn. Chính phủ Nhật Bản cũng đặt mục tiêu đào tạo 30.000 lao động phục vụ cho chuỗi sản xuất và cung ứng pin.
- **Quy định tái chế:** Mặc dù Nhật Bản chưa có luật chuyên biệt về tái chế pin, nhưng đã đề ra một số mục tiêu và hành động liên quan đến giảm thiểu và tái sử dụng chất thải từ pin. Theo Chiến lược ngành công nghiệp pin năm 2021, Nhật Bản đặt mục tiêu thu hồi 70% lithium, 95% nickel và 95% cobalt vào năm 2030, nhằm giảm sự phụ thuộc vào nguyên liệu thô và cắt giảm phát thải khí nhà kính (GHG).

5.3.3. Sự phù hợp với chuỗi cung ứng pin Việt Nam

Việc Nhật Bản đặc biệt chú trọng vào nghiên cứu và phát triển (R&D), tái chế và xử lý pin khi hết vòng đời rất phù hợp với định hướng hiện tại của Việt Nam trong việc thúc đẩy đổi mới công nghệ và đột phá sáng tạo, đồng thời mang lại những bài học thực tiễn quý giá. Với mối quan hệ đối tác chiến lược giữa Nhật Bản và Việt Nam, việc tăng cường hợp tác sâu rộng hơn trong lĩnh vực công nghệ pin và phát triển chuỗi cung ứng hứa hẹn sẽ mở ra nhiều cơ hội tiềm năng. Tuy nhiên, để có thể áp dụng hiệu quả mô hình của Nhật Bản, Việt Nam cần có những khoản đầu tư đáng kể vào hạ tầng, công nghệ tiên tiến, và đào tạo nguồn nhân lực, đồng thời triển khai các chính sách mạnh mẽ từ phía chính phủ nhằm xây dựng một hệ sinh thái pin hiệu quả và bền vững.

Bảng 5-5. Những bài học chính từ hệ sinh thái pin của Nhật Bản và tính phù hợp đối với Việt Nam

	Kinh nghiệm và hiểu biết chính của Úc	Ứng dụng tiềm năng tại Việt Nam
Tính phù hợp theo bối cảnh	- Cả hai quốc gia đều thuộc khu vực châu Á – Thái Bình Dương và có mối quan hệ thương mại, đầu tư chặt chẽ thông qua Chiến lược Tăng cường Gắn kết Kinh tế (2019) và Quan hệ Đối tác Chiến lược Toàn diện. - Úc là một quốc gia giàu tài nguyên, có nhiều kinh nghiệm trong phát triển chuỗi cung ứng pin và đã đầu tư đáng kể vào các khoáng sản thiết yếu và công nghệ pin. - Doanh nghiệp Úc Blackstone Minerals hiện đang tham gia vào dự án Ta Khoa Nickel-Cooper-PGE, nằm tại tỉnh Sơn La, Việt Nam, bao gồm một mỏ nickel hiện đại được xây dựng theo tiêu chuẩn của Úc.	

Trọng tâm đầu tư	Thượng nguồn: Có chuyên môn cao trong khai thác và tinh luyện khoáng sản Trung nguồn: Tập trung mạnh vào pin lithium-ion, pin sodium-ion, pin dòng vanadium, cực âm siêu cấp, hệ điện phân thể hệ mới và vật liệu cực dương Hạ nguồn: Nhu cầu ngày càng tăng từ các lĩnh vực như lưu trữ năng lượng và xe điện Xuất khẩu và đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI): Tập trung đầu tư vào các quốc gia có tiềm năng	Tăng cường hợp tác song phương bằng cách mở rộng các thỏa thuận giữa chính phủ với chính phủ (G2G) về phát triển chuỗi cung ứng pin → Phát triển các quan hệ đối tác chia sẻ công nghệ với các doanh nghiệp Úc nhằm thúc đẩy khai thác và tinh luyện có trách nhiệm → Thúc đẩy liên doanh giữa doanh nghiệp Việt Nam và các công ty pin của Úc
Khung chính sách tổng thể	Chiến lược Quốc gia về Pin năm 2024 là chính sách nền tảng, được hỗ trợ bởi chương trình "Tương lai được tạo nên tại Úc" (Future Made in Australia)	Xây dựng một chiến lược tổng thể và thống nhất nhằm phát triển chuỗi cung ứng pin hoặc tạo ra các đột phá công nghệ đổi mới sáng tạo.
	Các chính sách hỗ trợ bao gồm: Chiến lược Sản xuất Hiện đại năm 2021, Tuyên bố Công nghệ Giảm Phát thải năm 2022, Chiến lược Tài nguyên Toàn cầu năm 2020, Chiến lược Khoáng sản Thiết yếu của Úc năm 2023, Lộ trình Đầu tư Công nghệ năm 2021, và Chiến lược Khoáng sản Thiết yếu năm 2023.	Phối hợp các chính sách đầu tư giữa các lĩnh vực năng lượng, công nghiệp và tài chính để đảm bảo sự hỗ trợ đồng bộ. → Lồng ghép chiến lược khoáng sản thiết yếu vào kế hoạch phát triển công nghiệp xanh quốc gia tổng thể.
Trợ cấp / Ưu đãi:	532,2 triệu AUD (tương đương 356,6 triệu USD) được phân bổ cho Sáng kiến Đột phá trong lĩnh vực Pin (Battery Breakthrough Initiative) và 7 tỷ AUD (4,7 tỷ USD) ưu đãi thuế từ năm tài chính 2033–2034 dành cho chế biến khoáng sản thiết yếu.	Thiết lập quỹ đổi mới sáng tạo nhằm cung cấp các ưu đãi tài chính có mục tiêu cho sản xuất pin và R&D công nghệ pin. → Áp dụng thuế suất ưu đãi và các khoản vay lãi suất thấp để thu hút đầu tư từ khu vực tư nhân vào lĩnh vực sản xuất pin.
Tài trợ R&D	Chính phủ Úc đã phân bổ 20,3 triệu AUD (13,6 triệu USD) cho chương trình Phát triển năng lực pin trong tương lai (Future Battery Capacity Building) và hơn 1,8 tỷ AUD (1,21 tỷ USD) thông qua Cơ quan Năng lượng Tái tạo Úc (ARENA) kể từ năm 2012 để hỗ trợ nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực năng lượng tái tạo và pin. Ngoài ra, Úc cũng hỗ trợ triển khai Cụm công nghiệp sản xuất pin "Australian Made Battery Precinct".	Thành lập các khu công nghiệp chuyên biệt dành riêng cho sản xuất pin, tương tự mô hình Battery Precinct của Úc. → Tăng cường tài trợ của chính phủ và thúc đẩy hợp tác công – tư (PPP) cho nghiên cứu – phát triển pin tiên tiến. → Khuyến khích sự hợp tác giữa các trường đại học/viện nghiên cứu và doanh nghiệp nhằm thúc đẩy đổi mới công nghệ pin.
Quy định tái chế	Úc đặt mục tiêu thu hồi 80% vật liệu từ pin vào năm 2030, với sự hỗ trợ từ Hội đồng Quản lý Pin (Battery Stewardship Council) và Hiệp hội Ngành Công nghiệp Tái chế Pin (Association for the Battery Recycling Industry).	Đầu tư vào hạ tầng tái chế pin hiện đại nhằm giảm sự phụ thuộc vào khai thác nguyên liệu thô.

Chính sách ngành	Úc cam kết 100% xe du lịch mới bán ra sẽ là phương tiện sử dụng năng lượng sạch vào năm 2035. Quốc gia này cũng hỗ trợ phát triển lưu trữ năng lượng với mục tiêu tích hợp 5 GWh vào lưới điện vào năm 2030 và triển khai 400 pin cộng đồng với tổng vốn 224,3 triệu AUD.	Tăng cường chiến lược thúc đẩy xe điện (EV) tại Việt Nam thông qua các ưu đãi đầu tư bổ sung. → Phát triển các chiến lược và chính sách ưu đãi cho hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS).
-------------------------	---	--

5.4. Úc

Cách tiếp cận chiến lược của Úc đối với ngành pin được xây dựng trên nền tảng hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ, khung chính sách rõ ràng, nguồn tài nguyên khoáng sản thiết yếu phong phú, và cam kết thực hiện các nguyên tắc về môi trường, xã hội và quản trị (ESG). Những yếu tố này đã giúp Úc trở thành một nhân tố quan trọng trong chuỗi cung ứng pin toàn cầu. Là nhà sản xuất lithium lớn nhất thế giới, cung cấp 47% sản lượng toàn cầu vào năm 2023, Úc tận dụng lợi thế từ trữ lượng lithium, nickel, cobalt và đất hiếm để xây dựng một hệ sinh thái pin bền vững và cạnh tranh.

Chiến lược Pin Quốc gia, được công bố vào tháng 5 năm 2024, cùng với những khoản đầu tư lớn như Sáng kiến Đột phá trong lĩnh vực Pin trị giá 532,2 triệu AUD, đặt mục tiêu đưa Úc trở thành quốc gia dẫn đầu về năng lượng tái tạo, đồng thời giảm sự phụ thuộc vào chuỗi cung ứng nước ngoài – đặc biệt là khi Trung Quốc hiện đang chiếm 75% thị phần linh kiện pin toàn cầu. Trung tâm Hợp tác Nghiên cứu các Ngành Công nghiệp Pin Tương lai (FBICRC) đóng vai trò then chốt trong quá trình chuyển đổi này, bằng cách thúc đẩy hợp tác giữa doanh nghiệp, chính phủ và giới nghiên cứu để phát triển công nghệ, công cụ và kỹ năng nhằm nâng cao năng lực lưu trữ pin trong lưới điện của Úc và mở rộng vai trò của nước này trong chuỗi giá trị pin toàn cầu.

Ngoài ra, Úc cũng củng cố vị thế của mình thông qua các thỏa thuận song phương với những đối tác quan trọng như Hoa Kỳ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Ấn Độ, Singapore, Pháp và Đức, nhằm thúc đẩy hợp tác toàn cầu trong chuỗi cung ứng khoáng sản thiết yếu và sản xuất pin. Đối với Việt Nam, mô hình của Úc – với trọng tâm là khai thác bền vững, sản xuất pin tại chỗ và tái chế – mang lại bài học giá trị và định hướng chiến lược để thúc đẩy phát triển ngành công nghiệp pin trong nước.

5.4.1. Chiến lược chuỗi cung ứng pin

Chiến lược chuỗi cung ứng pin của Úc nhấn mạnh vào việc tận dụng nguồn tài nguyên khoáng sản phong phú, thúc đẩy đổi mới công nghệ và đảm bảo tính bền vững nhằm củng cố vai trò của nước này trong thị trường pin toàn cầu:

- **Khai thác và chế biến tài nguyên:** Úc chiếm 47% sản lượng lithium toàn cầu (2023), 21% nickel, 4% cobalt và sở hữu trữ lượng đất hiếm đáng kể. Kim ngạch xuất khẩu lithium đạt 19,9 tỷ AUD trong năm tài chính 2022–2023, vượt xa dự báo trước đó là 16 tỷ AUD. Chiến lược Khoáng sản Thiết yếu năm 2023 của Úc đặt trọng tâm vào chế biến sâu, với sự hỗ trợ từ Văn phòng Tạo điều kiện Phát triển Khoáng sản Thiết yếu (Critical Minerals Facilitation Office) nhằm mở rộng năng lực tinh luyện các vật liệu đạt chuẩn sản xuất pin.
- **Đổi mới công nghệ:** Chiến lược Quốc gia về Pin (tháng 5/2024) ưu tiên phát triển hệ thống lưu trữ năng lượng cho tích hợp lưới điện, sản xuất vật liệu hoạt tính cho xe điện (EV) và sản xuất pin cho xe tải hạng nặng. Các hướng nghiên cứu tập trung vào pin lithium-ion, sodium-ion, vanadium flow, cực âm siêu cấp, hệ điện phân thế hệ mới và tái chế, được dẫn dắt bởi FBICRC, CSIRO và các trường đại học hàng đầu như ANU, UOW, Monash, UQ và Deakin.
- **Quy mô sản xuất:** Úc đặt mục tiêu đạt 10 GWh công suất sản xuất pin trong nước vào năm 2030, được hỗ trợ bởi cụm công nghiệp Battery Precinct tại Queensland. Các doanh nghiệp như Energy Renaissance (1 GWh/năm cho hệ lưu trữ năng lượng – ESS), Li-S Energy và Century Yuasa đang dẫn đầu các nỗ lực sản xuất.

- **Phát triển bền vững và tái chế:** Úc hướng đến thu hồi 80% vật liệu pin vào năm 2030, với sự tham gia của FBICRC và Envirostream trong việc phát triển công nghệ tái chế. Hội đồng Quản lý Pin (Battery Stewardship Council) thúc đẩy xử lý an toàn và mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành pin.
- **Vị thế thị trường toàn cầu và phát triển quan hệ đối tác:** Hiện tại, Úc chiếm 5% chuỗi cung ứng pin toàn cầu, chủ yếu thông qua xuất khẩu khoáng sản, nhưng đặt mục tiêu chiếm 10% thị phần hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) toàn cầu vào năm 2030. Các công ty như Allkem, IGO, Pilbara Minerals và Talison Lithium đang thống trị thị phần cung ứng nguyên liệu thô. Bên cạnh đó, Úc cũng đã ký kết một loạt thỏa thuận song phương quan trọng, bao gồm:
 - Hiệp định về Khí hậu, Khoáng sản Thiết yếu và Chuyển đổi Năng lượng Sạch giữa Úc và Hoa Kỳ
 - Hiệp định Kinh tế Xanh giữa Singapore và Úc
 - Quan hệ Đối tác Đầu tư vào Khoáng sản Thiết yếu giữa Ấn Độ và Úc
 - Đối tác Khoáng sản Thiết yếu giữa Nhật Bản và Úc
 - Bản Ghi nhớ Hợp tác về Chuỗi Cung ứng Khoáng sản Thiết yếu giữa Úc và Hàn Quốc
 - Đối thoại Chiến lược Úc–Pháp về Khoáng sản Thiết yếu
 - Tuyên bố Ý định Liên minh Khoáng sản Thiết yếu giữa Úc và Đức

5.4.2. Chính sách chính phủ

Chính phủ Úc, đứng đầu là Bộ Công nghiệp, Khoa học, Năng lượng và Tài nguyên, đã triển khai một khung chính sách toàn diện nhằm hỗ trợ ngành công nghiệp pin của nước này:

- **Các tổ chức chính trị và khung chính sách:** Chính phủ Úc, với sự hỗ trợ từ ARENA, Tập đoàn Tài chính Năng lượng Sạch (CEFC), Cơ quan Quản lý Năng lượng Sạch (CER) và Văn phòng Hỗ trợ Khoáng sản Thiết yếu, đang thực hiện Chiến lược Quốc gia về Pin (tháng 5/2024) trong khuôn khổ chương trình Tương lai được tạo nên tại Úc (Future Made in Australia), với mục tiêu đạt 82% năng lượng tái tạo vào năm 2030. Các tài liệu chiến lược liên quan bao gồm: Chiến lược Khoáng sản Thiết yếu năm 2023, Lộ trình Đầu tư Công nghệ năm 2021, Tuyên bố Công nghệ Giảm Phát thải năm 2022, và Chương trình Đầu tư Công suất (hướng đến 9 GW năng lượng sạch linh hoạt với tổng đầu tư khoảng 15 tỷ AUD).
- Chiến lược Quốc gia về Pin được xây dựng dựa trên nhiều sáng kiến hiện có nhằm phát triển ngành công nghiệp trong nước, bao gồm: Chương trình Tăng trưởng Công nghiệp, Sáng kiến Solar Sunshot, Quỹ Tái thiết Quốc gia và Cơ sở Khoáng sản Thiết yếu.
- Năm 2023, Úc cũng đã cập nhật Danh sách Khoáng sản Thiết yếu và công bố thêm Danh sách Khoáng sản Chiến lược, trong đó có các khoáng sản liên quan đến pin, đi kèm với các khoản đầu tư lớn từ Quỹ Tái thiết Quốc gia và Cơ sở Hạ tầng Bắc Úc.
- Đạo luật Future Made in Australia đưa ra Khung lợi ích quốc gia, nhằm ưu tiên phát triển các ngành công nghiệp chiến lược như pin.
- **Trợ cấp / Ưu đãi:** ARENA quản lý 532,2 triệu AUD (tương đương 356,6 triệu USD hoặc 325,2 triệu EUR) cho Sáng kiến Đột phá về Pin, nhằm thúc đẩy năng lực sản xuất (Chính phủ Úc, 2024). Chính sách Ưu đãi Thuế Khoáng sản Thiết yếu cung cấp 7 tỷ AUD (4,7 tỷ USD) dưới dạng tín dụng thuế từ năm tài chính 2033–2034 để hỗ trợ chế biến 31 loại khoáng sản thiết yếu.
- Chính phủ hỗ trợ triển khai Cụm công nghiệp sản xuất pin “Australian-made Battery Precinct” với khoản đầu tư 5,6 triệu AUD, do bang Queensland dẫn đầu để thúc đẩy sản xuất pin trong nước.
- Ngoài ra, từ năm tài chính 2024–2025, 1,7 tỷ AUD trong vòng 7 năm sẽ được phân bổ cho Quỹ Đổi mới Tương lai được tạo nên tại Úc, nhằm hỗ trợ đổi mới, thương mại hóa, các dự án thử nghiệm, trình diễn và phát triển giai đoạn đầu trong các lĩnh vực ưu tiên – bao gồm sản xuất công nghệ năng lượng sạch như pin.

¹²³ Industry.gov.au/National Battery Strategy

- **Tài trợ R&D:** Chính phủ Úc đã phân bổ 20,3 triệu AUD (13,6 triệu USD) cho sáng kiến Xây dựng năng lực pin tương lai (Future Battery Capacity Building), hỗ trợ hoạt động lập bản đồ chuỗi giá trị và đổi mới của FBICRC. ARENA đã đầu tư hơn 1,8 tỷ AUD kể từ năm 2012 vào các dự án R&D giai đoạn đầu, với 1,4 tỷ AUD được phân bổ đến năm tài chính 2031–2032. Bên cạnh đó, Kế hoạch Sản xuất Pin của Úc (Australian Manufacturing Battery Plan) với khoản tài trợ 123 triệu USD thể hiện cam kết của quốc gia này trong việc phát triển công nghệ và hạ tầng sản xuất pin. Một số sáng kiến khác nhằm củng cố chuỗi cung ứng pin trong nước:
 - 523,2 triệu AUD cho Sáng kiến Đột phá về Pin nhằm nâng cao năng lực sản xuất thông qua các ưu đãi sản xuất.
 - Thành lập trung tâm nghiên cứu hợp tác cho ngành pin tương lai, nhằm lập bản đồ năng lực và chuỗi giá trị pin tại Úc, thúc đẩy đổi mới công nghệ.
 - Trung tâm Tăng trưởng Công nghiệp Úc (PAIGC) hỗ trợ đào tạo kỹ năng và phát triển nguồn nhân lực cho ngành pin.
 - Hỗ trợ triển khai Cụm công nghiệp sản xuất pin “Australian Made Battery Precinct” với 5,6 triệu AUD, do bang Queensland dẫn đầu.
 - PAIGC cũng đào tạo kỹ năng trong nghiên cứu, sản xuất, vận chuyển và tái chế pin, đồng thời đáp ứng nhu cầu về thiết bị chuyên dụng và phát triển nghề nghiệp.
 - 91 triệu AUD trong 5 năm từ năm tài chính 2023–2024 (cộng thêm 0,6 triệu AUD trong 3 năm từ 2028–2029) được đầu tư để phát triển lực lượng lao động năng lượng sạch. Khoản đầu tư này nhằm giải quyết tình trạng thiếu giáo viên đào tạo nghề và nâng cấp hoặc xây dựng mới cơ sở đào tạo phục vụ các ngành liên quan đến năng lượng sạch.
- **Quy định tái chế:** Chiến lược Quốc gia về Pin đưa ra các hướng dẫn về xử lý và tái chế pin an toàn, với mục tiêu thu hồi 80% vật liệu vào năm 2030. Chính phủ cũng tài trợ cho FBICRC để phát triển công cụ điều hướng chuỗi cung ứng, giúp xây dựng hệ sinh thái pin của Úc và cung cấp cho ngành thông tin về khách hàng, năng lực, khả năng truy xuất nguồn gốc và các tiêu chí ESG (Môi trường, Xã hội và Quản trị)..
- **Chính sách ngành:** Chương trình Đầu tư Công suất (Capacity Investment Scheme) đặt mục tiêu tích hợp 5 GWh pin sản xuất trong nước vào lưới điện vào năm 2030, đồng thời phân bổ 224,3 triệu AUD (150,3 triệu USD) cho việc lắp đặt 400 pin cộng đồng. Các mục tiêu chính sách bao gồm: giá điện lưu trữ (ESS) ở mức 100 AUD/MWh vào năm 2030 và năng lượng mặt trời siêu rẻ với giá 15 AUD/MWh vào năm 2035..
- **Phát triển vùng:** 5,8 triệu AUD (3,9 triệu USD / 3,5 triệu EUR) được cấp cho Sáng kiến Tăng cường Thương mại Khoáng sản Thiết yếu (Critical Minerals Trade Enhancement Initiative) nhằm hỗ trợ chiến lược phát triển thị trường.

5.4.3. Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam

Cách tiếp cận chiến lược của Úc đối với ngành công nghiệp pin mang đến một mô hình tham khảo giá trị cho Việt Nam trong quá trình xây dựng chuỗi cung ứng pin cạnh tranh và bền vững. Thành công của Úc được thúc đẩy bởi một khung chính sách phối hợp chặt chẽ, đầu tư đáng kể từ chính phủ vào R&D và sản xuất, cùng với cam kết mạnh mẽ đối với các nguyên tắc ESG (Môi trường, Xã hội và Quản trị) — những yếu tố mà Việt Nam hoàn toàn có thể điều chỉnh và áp dụng phù hợp với bối cảnh trong nước. Chiến lược Khoáng sản Thiết yếu và Chiến lược Quốc gia về Pin của Úc đều nhấn mạnh đến việc chế biến sâu gia tăng giá trị, thay vì chỉ xuất khẩu nguyên liệu thô — đây là một bài học quan trọng đối với Việt Nam trong mục tiêu tối đa hóa giá trị kinh tế từ nguồn tài nguyên nickel, đất hiếm và lithium hiện có. Bên cạnh đó, các khoản đầu tư của Úc vào sản xuất pin, tái chế và giải pháp lưu trữ năng lượng cũng mang lại những góc nhìn chiến lược trong việc phát triển kinh tế tuần hoàn và giảm sự phụ thuộc vào linh kiện pin nhập khẩu. Cuối cùng, các thỏa thuận song phương mà Úc đã ký với nhiều nền kinh tế lớn càng làm nổi bật vai trò quan trọng của hợp tác quốc tế chiến lược – một hướng đi mà Việt Nam có thể tận dụng để thu hút đầu tư và hội nhập sâu hơn vào chuỗi cung ứng pin toàn cầu.

Bảng 5-6. Key insights from Australia's battery ecosystem and relevancy to Vietnam

Kinh nghiệm và bài học từ Úc	Khả năng ứng dụng tại Việt Nam
Tính phù hợp theo bối cảnh	- Cả hai quốc gia đều thuộc khu vực châu Á – Thái Bình Dương và có quan hệ thương mại – đầu tư chặt chẽ, thể hiện qua Chiến lược Tăng cường Gắn kết Kinh tế (2019) và Quan hệ Đối tác Chiến lược Toàn diện. - Úc là quốc gia giàu tài nguyên, có nhiều kinh nghiệm trong phát triển chuỗi cung ứng pin và đã đầu tư mạnh vào khoáng sản thiết yếu cũng như các công nghệ pin. - Doanh nghiệp Úc Blackstone Minerals đang tham gia vào dự án Ta Khoa Nickel-Cooper-PGE tại tỉnh Sơn La, Việt Nam, bao gồm một mỏ nickel hiện đại được xây dựng theo tiêu chuẩn Úc.
Trọng tâm đầu tư	Thượng nguồn: Có chuyên môn cao trong khai thác và tinh luyện khoáng sản Trung nguồn: Tập trung mạnh vào các công nghệ pin như lithium-ion, pin dòng vanadium, cực âm siêu cấp, hệ điện phân thể hệ mới và vật liệu cực dương Hạ nguồn: Nhu cầu ngày càng tăng từ các lĩnh vực như lưu trữ năng lượng và xe điện (EV) Xuất khẩu và FDI: Đầu tư vào các quốc gia có tiềm năng
Khung chính sách tổng thể	Tăng cường hợp tác song phương bằng cách mở rộng các thỏa thuận chính phủ – chính phủ (G2G) về phát triển chuỗi cung ứng pin → Phát triển quan hệ đối tác chia sẻ công nghệ với các doanh nghiệp Úc nhằm thúc đẩy khai thác và tinh luyện có trách nhiệm → Thúc đẩy liên doanh giữa các doanh nghiệp Việt Nam và các công ty pin của Úc
Trợ cấp / Ưu đãi	Xây dựng một chiến lược tổng thể và thống nhất cho việc phát triển chuỗi cung ứng pin hoặc các đột phá công nghệ đổi mới sáng tạo → Phối hợp chính sách đầu tư giữa các lĩnh vực năng lượng, công nghiệp và tài chính để đảm bảo sự hỗ trợ đồng bộ → Lồng ghép chiến lược khoáng sản thiết yếu vào kế hoạch công nghiệp hóa xanh quốc gia rộng hơn Thiết lập quỹ đổi mới sáng tạo để cung cấp các ưu đãi tài chính có mục tiêu cho sản xuất pin và R&D công nghệ pin → Áp dụng thuế suất ưu đãi và các khoản vay lãi suất thấp nhằm thu hút đầu tư từ khu vực tư nhân vào sản xuất pin

Tài trợ R&D	Chính phủ Úc đã phân bổ 20,3 triệu AUD (13,6 triệu USD) cho chương trình Phát triển năng lực pin tương lai (Future Battery Capacity Building) và hơn 1,8 tỷ AUD (1,21 tỷ USD) thông qua ARENA kể từ năm 2012 để hỗ trợ R&D trong lĩnh vực năng lượng tái tạo và công nghệ pin. Ngoài ra, chính phủ cũng hỗ trợ triển khai Cụm công nghiệp sản xuất pin “Australian Made Battery Precinct”.	Thành lập các khu công nghiệp chuyên biệt dành cho sản xuất pin, tương tự mô hình Battery Precinct của Úc → Tăng cường tài trợ của chính phủ và thúc đẩy hợp tác công – tư (PPP) trong nghiên cứu – phát triển công nghệ pin tiên tiến → Khuyến khích sự hợp tác giữa các trường đại học / viện nghiên cứu với doanh nghiệp để thúc đẩy đổi mới công nghệ pin
Quy định tái chế	Úc đặt mục tiêu thu hồi 80% vật liệu từ pin vào năm 2030, với sự hỗ trợ từ Hội đồng Quản lý Pin (Battery Stewardship Council) và Hiệp hội Ngành Công nghiệp Tái chế Pin (Association for the Battery Recycling Industry).	Đầu tư vào hạ tầng tái chế pin hiện đại nhằm giảm sự phụ thuộc vào việc khai thác nguyên liệu thô.
Chính sách ngành	Cam kết rằng 100% xe du lịch mới bán ra sẽ là xe sử dụng năng lượng sạch vào năm 2035. Hỗ trợ lưu trữ năng lượng với mục tiêu tích hợp 5 GWh vào lưới điện vào năm 2030 và triển khai 400 pin cộng đồng, với tổng mức đầu tư 224,3 triệu AUD.	Tăng cường chiến lược thúc đẩy xe điện (EV) của Việt Nam thông qua các ưu đãi đầu tư bổ sung. → Phát triển các chiến lược / chính sách ưu đãi cho hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS).

5.5. Ấn Độ

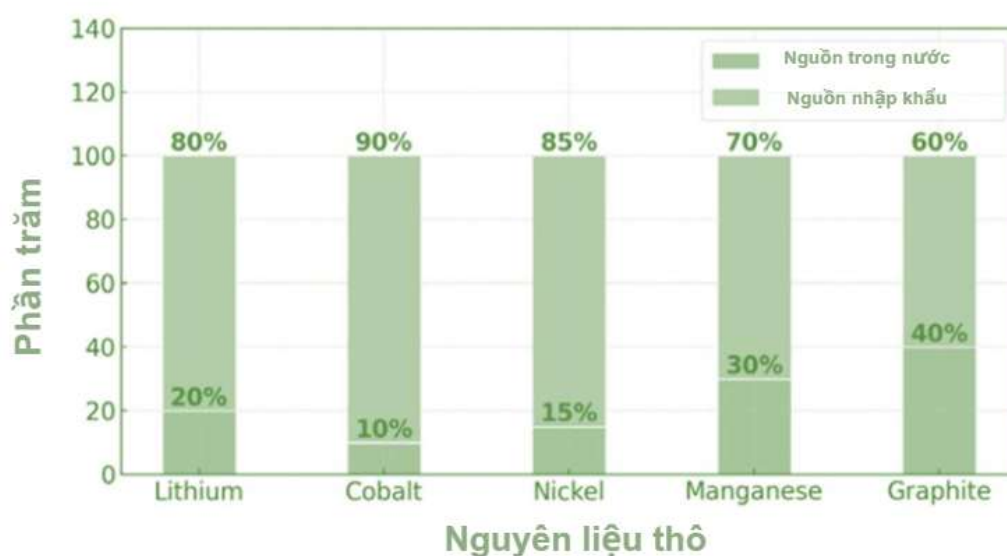
Chuỗi cung ứng pin và lưu trữ năng lượng của Ấn Độ đang phát triển nhanh chóng, trở thành một nguồn tham khảo giá trị cho Việt Nam trong quá trình tăng cường năng lực nội địa trong lĩnh vực này. Không giống như các quốc gia đã phát triển mạnh trong các nghiên cứu trước, Ấn Độ là một quốc gia mới nổi trong ngành, do đó các bài học thực tiễn từ Ấn Độ đặc biệt phù hợp với lộ trình phát triển của Việt Nam. Với định hướng chiến lược tập trung vào tự chủ, khung chính sách đổi mới và mô hình đầu tư đa dạng, Ấn Độ đang dần khẳng định vị thế là một quốc gia dẫn đầu toàn cầu về năng lượng sạch, đặc biệt là trong sản xuất pin lithium-ion và hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS). Tính đến tháng 3 năm 2025, các sáng kiến của Ấn Độ — bao gồm khám phá trữ lượng lithium, đặt ra các mục tiêu sản xuất đầy tham vọng, và triển khai các cơ chế ưu đãi mạnh mẽ — mang đến cho Việt Nam những gợi ý khả thi để củng cố chuỗi cung ứng trong nước, thu hút đầu tư và đạt được các mục tiêu về năng lượng tái tạo và xe điện. Với sự hỗ trợ từ các chương trình như Ưu đãi liên kết sản xuất (PLI – ACC) và Chương trình quốc gia về di chuyển điện và lưu trữ pin (NMTMBS), cách tiếp cận của Ấn Độ đã trở thành một mô hình tăng trưởng bền vững, trong bối cảnh nhu cầu năng lượng toàn cầu dự kiến đạt 1.095 GW / 2.850 GWh vào năm 2040..

5.5.1. Chiến lược chuỗi cung ứng Pin

Chiến lược chuỗi cung ứng pin của Ấn Độ nhấn mạnh vào an ninh tài nguyên, mở rộng quy mô sản xuất và tính bền vững, phù hợp với tham vọng phát triển năng lượng sạch của quốc gia này:

- **An ninh tài nguyên / Đầu tư thượng nguồn:** Việc phát hiện các mỏ lithium vào năm 2023, với tổng trữ lượng khoảng 24.500 tấn, được phân bố tại Jharkhand (4.000 tấn), Rajasthan (6.500 tấn), Karnataka (10.000 tấn), Andhra Pradesh (2.500 tấn) và các bang khác (1.500 tấn), đánh dấu một bước tiến quan trọng hướng đến tự chủ nguồn cung. Dù con số này còn khiêm tốn so với các nước dẫn đầu như Úc (5,7 triệu tấn), nhưng đã giúp giảm bớt sự phụ

thuộc 90% trước đây vào nhập khẩu lithium của Ấn Độ. Ngoài ra, các hoạt động thăm dò đang tiếp diễn tại Jammu & Kashmir có thể bổ sung thêm tiềm năng. Các khoản đầu tư thương mại nguồn lên tới ₹10.000 crore (tương đương 1,2 tỷ USD) đang được triển khai, tập trung vào khai thác trong nước và các quan hệ đối tác chiến lược với Úc (ví dụ: nhập khẩu 50.000 tấn spodumene từ Pilbara Minerals) và Bolivia (liên doanh lithium). Sáng kiến KABIL – một liên doanh chiến lược – đã được thành lập để đảm bảo nguồn cung khoáng sản thiết yếu như lithium, cobalt, đồng và nickel, hỗ trợ cho mục tiêu rộng lớn hơn của Ấn Độ trong việc giảm phụ thuộc nhập khẩu theo chương trình Atmanirbhar Bharat (Ấn Độ tự cường). Đầu năm 2025, chính phủ Ấn Độ công bố gói phê duyệt trị giá ₹163 tỷ (1,88 tỷ USD) nhằm thúc đẩy phát triển lĩnh vực khoáng sản thiết yếu.



Hình 5-10. Nguồn nguyên liệu thô để sản xuất pin ở Ấn Độ (2023) ¹²⁴

- **Quy mô sản xuất / Năng lực trung nguồn:** Ấn Độ đặt mục tiêu đạt 50 GWh công suất sản xuất pin lithium-ion vào giai đoạn 2025–2026 trong khuôn khổ chương trình NMTMBS, với mục tiêu dài hạn là 100 GWh vào năm 2030. Tính đến đầu năm 2025, năng lực sản xuất ước tính đạt 10–15 GWh, được thúc đẩy bởi các dự án PLI-ACC ban đầu từ các công ty như Reliance New Energy (nhà máy gigafactory 5 GWh tại Gujarat) và Ola Electric (nhà máy 3 GWh tại Tamil Nadu), với kế hoạch mở rộng quy mô đang được triển khai.
- **Hỗ trợ chính sách:** Chương trình NMTMBS (2019) cung cấp khung chiến lược, phân bổ ₹18.100 crore (2,5 tỷ USD) thông qua chương trình PLI-ACC để khuyến khích xây dựng công suất 50 GWh vào năm 2026, đồng thời thu hút ₹45.000 crore (5,4 tỷ USD) từ bốn công ty được lựa chọn (Reliance, Ola, Hyundai, Rajesh Exports). Nghĩa vụ lưu trữ năng lượng (ESO) yêu cầu hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) đóng góp 5% vào năm 2025, tăng lên 10% vào năm 2030, trong khi Quỹ hỗ trợ khoảng cách khả thi (VGF) trị giá ₹2.500 crore (300 triệu USD) hỗ trợ phát triển 10 GWh các dự án lưu trữ năng lượng dạng pin (BESS). Chương trình FAME-II (₹51.72 tỷ hoặc 631 triệu USD) thúc đẩy phổ cập xe điện (EV) thông qua trợ giá. Chính phủ cũng cho phép FDI 100% trong lĩnh vực di chuyển điện, nhằm khuyến khích sản xuất pin và đầu tư. Tất cả các chính sách này góp phần đảm bảo sự phát triển đồng bộ toàn chuỗi cung ứng.

¹²⁴ R. Dhairiyasamy, D. Gabiriel, W. Bunpheng & C. C. Kit, Discov Sustain 5, 361 (2024), <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00595-7>.

- Chiến lược Gigafactory:** Ấn Độ đang tích cực thúc đẩy chiến lược phát triển gigafactory nhằm xây dựng chuỗi cung ứng pin lithium-ion nội địa. Các tập đoàn lớn như Reliance, Adani, JSW, Mahindra và Hero đều lên kế hoạch đầu tư hàng tỷ USD vào lĩnh vực này. Dẫn đầu là tập đoàn Reliance với đề xuất xây dựng nhà máy có công suất 50 GWh tại bang Gujarat hoặc Maharashtra, tận dụng lợi thế từ kinh nghiệm trong ngành năng lượng và viễn thông. Những doanh nghiệp chủ chốt khác bao gồm Amara Raja tại Telangana (16 GWh), Exide tại Karnataka (12 GWh), Godi tại Hyderabad (12 GWh), OLA tại Tamil Nadu (100 GWh), TATA tại Gujarat (10 GWh), Lucas TVS kết hợp với 24M tại Thervoy Kandigai (10 GWh), Cyngi tại Telangana (1,2 GWh), JSW hợp tác với LG Energy Solution tại Ấn Độ (10 GWh) và Mahanagar kết hợp với IBC Inc. tại Bengaluru (chưa công bố công suất). Ngoài ra, các tập đoàn lớn của Nhật Bản như Suzuki, Toshiba và Denso cũng đã cam kết đầu tư vào sản xuất pin cho xe điện tại Ấn Độ. Nỗ lực mở rộng gigafactory này phù hợp với mục tiêu đầy tham vọng của Ấn Độ trong lĩnh vực xe điện và năng lượng tái tạo, nhằm giảm sự phụ thuộc vào dầu mỏ và nội địa hóa sản xuất pin để giảm chi phí. Bên cạnh xe điện, các lĩnh vực như viễn thông, lưới điện siêu nhỏ (microgrid) và lưu trữ năng lượng mặt trời cũng được xem là các thị trường tăng trưởng tiềm năng. Giá pin lithium-ion đang có xu hướng giảm tiếp tục tạo điều kiện thuận lợi cho thị trường này phát triển mạnh mẽ¹²⁵.
- Hợp tác toàn cầu:** Ấn Độ đã tích cực thúc đẩy các mối quan hệ hợp tác quốc tế nhằm thu hút đầu tư vào lĩnh vực sản xuất pin, trong đó nổi bật là các thỏa thuận với Argentina và Hoa Kỳ với mục tiêu thu hút 3 tỷ USD vốn FDI vào năm 2024. Các tập đoàn lớn đến từ Nhật Bản như Suzuki, Toshiba và Denso cũng đã đầu tư đáng kể vào thị trường pin của Ấn Độ. Nhằm tiếp tục khuyến khích đầu tư nước ngoài, chính phủ Ấn Độ đã nới lỏng quy định FDI, cho phép 100% vốn đầu tư nước ngoài theo hình thức tự động đối với sản xuất pin ACC. Chính sách này thể hiện rõ cam kết của Ấn Độ trong việc định vị mình như một nhân tố chủ chốt trên thị trường xe điện toàn cầu. Ngoài ra, hai quốc gia giàu trữ lượng lithium là Bolivia và Argentina cũng được xem là các đối tác chiến lược giúp Ấn Độ đa dạng hóa nguồn cung nguyên liệu đầu vào. Các doanh nghiệp nhà nước như KABIL và Coal India, cùng với công ty tư nhân Greenko, đã và đang tiến hành khảo sát lithium tại tỉnh Catamarca ở phía tây bắc Argentina, giáp biên giới với Chile.¹²⁷
- Phát triển bền vững:** Theo quy định về quản lý chất thải pin (Battery Waste Management Rules), Ấn Độ đặt mục tiêu tái chế 70% pin đã qua sử dụng vào năm 2025, với khoản đầu tư 4.000 crore rupee (tương đương 500 triệu USD) dành cho phát triển hạ tầng tái chế. Các doanh nghiệp lớn như Exide Industries và Amara Raja đã đạt được tỷ lệ thu hồi 85% lithium từ khoảng 50.000 tấn pin mỗi năm, giúp giảm 25% lượng rác thải chôn lấp. Những nỗ lực này không chỉ nâng cao hiệu quả kinh tế tuần hoàn mà còn phù hợp với mục tiêu đạt phát thải ròng bằng 0 (net-zero) của Ấn Độ vào năm 2070.

5.5.2. Chính sách chính phủ

Ấn Độ hiện đang đối mặt với nhiều thách thức đáng kể, trong đó có việc phụ thuộc lớn vào nhập khẩu các khoáng sản như lithium và cobalt, gây rủi ro cao cho an ninh nguồn cung. Bên cạnh đó, các vấn đề về tài chính, công nghệ và hạ tầng cũng cần được giải quyết để đảm bảo thành công cho các dự án năng lượng quy mô lớn. Nhằm vượt qua những rào cản này, Ấn Độ đã triển khai một loạt chính sách chiến lược nhằm khuyến khích khu vực tư nhân tham gia, đồng thời đảm bảo sự hài hòa giữa phát triển công nghiệp, bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng sống.

¹²⁵ India Energy Storage Alliance. 2023.

¹²⁶ Yogesh Jhunjhunwala. 2023. [India's strategic lithium reserves and the future of clean energy.](#)

¹²⁷ Reuters. 2025. [India seeking energy, lithium investments in Argentina.](#)

- **Khung chính sách tổng thể:** Chương trình NMTMBS (2019) do NITI Aayog khởi xướng với mục tiêu thúc đẩy di chuyển sạch và bền vững. Chương trình này tập trung vào sản xuất pin và phát triển phương tiện sạch, đặt mục tiêu đạt 50 GWh công suất vào giai đoạn 2025–2026 và 100 GWh vào năm 2030. Các mục tiêu cấp bang, chẳng hạn như bang Rajasthan đặt mục tiêu 10 GWh vào năm 2030, cũng góp phần hỗ trợ cho các mục tiêu quốc gia.
- **Trợ cấp / Ưu đãi:** Chính sách ưu đãi đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy nội địa hóa sản xuất và chuyển đổi sang năng lượng sạch. Hai chương trình tiêu biểu là PLI–ACC và FAME, cho thấy cách mà các ưu đãi có mục tiêu có thể hỗ trợ sản xuất trong nước và đẩy nhanh quá trình áp dụng công nghệ sạch.
 - **PLI–ACC:** Chính phủ đã đầu tư ₹18.100 crore (~2,5 tỷ USD) để hỗ trợ lắp đặt 50 GWh công suất sản xuất pin trong nước vào năm 2026. Chương trình này cũng khuyến khích doanh nghiệp đầu tư vào công nghệ tiên tiến và xây dựng gigafactory, giúp giảm phụ thuộc nhập khẩu và nâng cao an ninh năng lượng. Bốn công ty được chọn nhận ưu đãi gồm: Reliance New Energy, Ola Electric Mobility, Hyundai Global Motors và Rajesh Exports. Chương trình này dự kiến sẽ thu hút khoảng ₹45.000 crore đầu tư trực tiếp vào sản xuất pin lưu trữ ACC. Nhờ thúc đẩy xe điện, chương trình có thể giúp Ấn Độ tiết kiệm từ ₹2.00.000 crore đến ₹2.50.000 crore do giảm hóa đơn nhập khẩu dầu.
 - **FAME:** Chương trình này được thiết lập nhằm thúc đẩy sử dụng xe điện và hybrid, đồng thời giảm ô nhiễm môi trường. FAME hỗ trợ 1,2 tỷ USD trợ cấp để thúc đẩy mua xe điện và phát triển hạ tầng trạm sạc trên toàn quốc. Nhờ vậy, ngành giao thông xanh phát triển mạnh mẽ, giúp giảm đáng kể khí thải carbon. Tính đến năm 2024, doanh số xe điện đã tăng lên tới 1,5 triệu chiếc.
- **Tài trợ R&D:** Chính phủ Ấn Độ phân bổ ₹5.000 crore (~600 triệu USD mỗi năm) cho các nghiên cứu về pin thể rắn và cực dương chứa nickel cao, thu được 300 bằng sáng chế vào năm 2024. Năm trung tâm đổi mới sáng tạo, điển hình như tại IIT Delhi, đang hỗ trợ 20.000 việc làm.
- **Quy định tái chế:** Năm 2020, Bộ Môi trường, Rừng và Biến đổi khí hậu (MoEFCC) đã ban hành Quy định Quản lý Chất thải Pin (BWMR), quy định rằng các nhà sản xuất và nhập khẩu pin phải thu gom và tái chế ít nhất 70% lượng pin đã qua sử dụng vào năm 2025. Chính sách này không chỉ giúp giảm tác động tiêu cực đến môi trường mà còn tối ưu hóa việc tái sử dụng tài nguyên. Để hỗ trợ thực thi, chính phủ đã đầu tư 500 triệu USD, giúp giảm 25% lượng rác thải chôn lấp.
- **Chính sách ngành (cho BESS):** Chính phủ Ấn Độ đã ban hành nhiều chính sách ngành nhằm thúc đẩy sản xuất pin bằng cách tạo nhu cầu cho các giải pháp lưu trữ năng lượng, đồng thời đảm bảo hiệu quả tài chính.
 - Chính sách EV trị giá 500 triệu USD, quy định tiêu chí đủ điều kiện và các ưu đãi cụ thể
 - **Energy Storage Obligation (ESO):** The Energy Storage Obligation (ESO) Program is designed to promote the use of renewable energy. This policy requires electricity distributors to ensure that a certain percentage of energy consumption is stored from renewable sources. It mandates 5% of electricity from ESS by 2025, rising to 10% by 2030, enhancing grid stability.
 - Chương trình Nghĩa vụ Lưu trữ Năng lượng (ESO): Buộc các nhà phân phối điện phải đảm bảo một tỷ lệ nhất định năng lượng tiêu thụ được lưu trữ từ nguồn tái tạo, với yêu cầu 5% từ hệ thống lưu trữ ESS vào năm 2025, tăng lên 10% vào năm 2030, nhằm tăng cường tính ổn định của lưới điện. Hỗ trợ Tài chính Bù đắp Thiểu hụt (VGF) cho BESS. Chính phủ Ấn Độ đã đưa ra mục tiêu lưu trữ năng lượng cấp bang, như bang Rajasthan đặt mục tiêu 10 GWh vào năm 2030. Tháng 9 năm 2023, Bộ Điện lực Ấn

Độ đã phân bổ ngân sách cho chương trình tài trợ các dự án BESS, trong đó cung cấp hỗ trợ tới 40% chi phí đầu tư ban đầu cho các dự án đến năm 2030–2031. Mục tiêu là thu hút đầu tư và phát triển tổng công suất lưu trữ lên tới 4.000 MWh.

Tóm lại, Khung chính sách về pin của Ấn Độ tích hợp chặt chẽ giữa mục tiêu sản xuất, ưu đãi tài chính, tài trợ R&D, quy định tái chế và chính sách lưu trữ năng lượng, tạo điều kiện thuận lợi cho phát triển phương tiện sạch và sản xuất trong nước.

5.5.3. Sự phù hợp với chuỗi cung ứng Việt Nam

Ấn Độ là một quốc gia mới nổi trong chuỗi cung ứng pin và đã bắt đầu phát triển lĩnh vực này sớm hơn Việt Nam. Những bài học rút ra từ Ấn Độ mang lại nhiều gợi ý giá trị cho Việt Nam. Việc Ấn Độ đầu tư 1,2 tỷ USD vào khai thác lithium đã giúp giảm đáng kể sự phụ thuộc vào nhập khẩu, từ đó cung cấp một mô hình tham khảo cho Việt Nam trong việc phát triển nguồn tài nguyên trong nước thông qua khảo sát quy mô toàn quốc và xây dựng hạ tầng khai thác hiện đại. Các chính sách mạnh mẽ như NMTMBS và PLI-ACC của Ấn Độ, vốn đã thu hút 5,4 tỷ USD đầu tư, nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xây dựng mục tiêu rõ ràng và chính sách ưu đãi tài chính – điều mà Việt Nam có thể áp dụng để đẩy nhanh phát triển ngành pin. Chiến lược mở rộng gigafactory và phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao của Ấn Độ cho thấy tầm quan trọng của việc đầu tư vào nhà máy sản xuất và đào tạo nhân lực nhằm giảm chi phí sản xuất. Ngoài ra, cách tiếp cận của Ấn Độ trong việc hợp tác quốc tế và thúc đẩy R&D – thông qua các quan hệ đối tác toàn cầu và nguồn vốn nghiên cứu thường niên ổn định – cũng mở ra cơ hội cho Việt Nam xây dựng các trung tâm đổi mới sáng tạo, mở rộng hợp tác quốc tế, và nâng cao vai trò của Trung tâm Đổi mới sáng tạo Quốc gia trong việc phát triển công nghệ pin.

Bảng 5-7. Những bài học chính từ hệ sinh thái pin của Ấn Độ và tính phù hợp đối với Việt Nam

	Kinh nghiệm và bài học từ Ấn Độ	Khả năng ứng dụng tại Việt Nam
Contextual relevance	- Quan hệ thương mại mạnh mẽ, với kim ngạch song phương đạt khoảng 15 tỷ USD vào năm 2024, tăng 4,5% so với năm 2023 - Quan hệ kinh tế sâu rộng, thể hiện qua Quan hệ Đối tác Chiến lược Toàn diện - Có sự đồng thuận về các lĩnh vực trọng điểm như ô tô, sản xuất, v.v.	
Trọng tâm đầu tư	Thượng nguồn: Khai thác và thăm dò trữ lượng khoáng sản trong nước, đồng thời thiết lập các quan hệ đối tác Trung nguồn: Giai đoạn sản xuất còn ở mức sơ khai, tập trung hỗ trợ phát triển các nhà máy gigafactory Hạ nguồn: Tạo nhu cầu từ các lĩnh vực khác, đặc biệt là xe điện (EV) Xuất khẩu và FDI: Hướng đến ASEAN và các quốc gia có trữ lượng lớn hoặc năng lực sản xuất mạnh	Hiện tại, Việt Nam có tiềm năng khai thác một số loại khoáng sản quan trọng, tuy nhiên vẫn chưa có chiến lược toàn diện để khai thác và sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên này. Việt Nam có thể áp dụng cách tiếp cận tương tự như Ấn Độ bằng cách: - Tiến hành khảo sát trên phạm vi toàn quốc đối với các khoáng sản chiến lược, tập trung vào những khu vực có tiềm năng cao - Xây dựng hạ tầng khai thác và chế biến hiện đại nhằm tối ưu hóa giá trị của tài nguyên nội địa
Khung chính sách tổng thể	Chương trình NMTMBS của Ấn Độ đặt mục tiêu đạt 50 GWh vào năm 2026 và 100 GWh vào năm 2030.	Tích hợp mục tiêu và chỉ tiêu cụ thể liên quan đến sản xuất pin nói chung và pin lithium-ion (LIB) nói riêng vào các kế hoạch phát triển kinh tế quốc gia.
Trợ cấp / Ưu đãi	Ấn Độ triển khai chương trình PLI-ACC (2,5 tỷ USD) và FAME (1,2 tỷ	Tăng cường trợ cấp và ưu đãi thuế cho hoạt động sản xuất xe điện (EV)

	USD)	và pin lithium-ion (LIB).
Tài trợ R&D	Ấn Độ đầu tư 10 tỷ euro mỗi năm, đạt được 500 bằng sáng chế vào năm 2024, xây dựng 15 khu công viên đổi mới sáng tạo, tạo ra 50.000 việc làm; trong đó 30% số bằng sáng chế liên quan đến pin thể rắn (solid-state batteries).	Đầu tư vào nghiên cứu và phát triển (R&D), xây dựng các khu công nghiệp chuyên sâu về công nghệ pin, và đào tạo lực lượng lao động. Việt Nam có thể xem xét mở rộng phạm vi hoạt động của Trung tâm Đổi mới Sáng tạo Quốc gia (NIC) để bao gồm cả nghiên cứu và phát triển công nghệ pin.
Quy định tái chế	Ấn Độ đặt mục tiêu thu hồi 70% vật liệu từ pin vào năm 2025, với 500 triệu USD đầu tư vào hạ tầng tái chế.	Thiết lập các chương trình tái chế pin nhằm thu hồi vật liệu, giảm thiểu tác động môi trường và tối ưu hóa tài nguyên.
Chính sách ngành	Ấn Độ tăng cường hỗ trợ cho lĩnh vực hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS) thông qua các chương trình ESO và VGF, cùng với chính sách EV đi kèm ưu đãi.	Quyết định 876/QĐ-TTg đã đề cập đến giảm phát thải carbon trong lĩnh vực giao thông, với các mục tiêu phát triển xe điện (EV). Một số ưu đãi dành cho xe điện cũng đã được triển khai.

6. Kết luận và định hướng

Sau khi nghiên cứu chuỗi cung ứng pin tại các quốc gia hàng đầu như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Ấn Độ và Úc, có thể rút ra nhiều bài học quan trọng nhằm phát triển ngành công nghiệp pin tại Việt Nam. Với vị trí chiến lược ở Đông Nam Á, lực lượng lao động hơn 54 triệu người và tiềm năng khoáng sản như 9 triệu tấn đất hiếm tại Lào Cai, Việt Nam có cơ hội lớn để thâm nhập sâu hơn vào chuỗi cung ứng pin toàn cầu. Tuy nhiên, để tận dụng được lợi thế này, Việt Nam cần thiết lập các chính sách hỗ trợ có mục tiêu, đầu tư vào công nghệ chế biến và sản xuất, cũng như tăng cường hợp tác quốc tế.

Trung Quốc đang thống lĩnh chuỗi cung ứng pin toàn cầu, kiểm soát 70–90% các công đoạn và 77% công suất sản xuất cell pin, với các doanh nghiệp dẫn đầu như CATL và BYD. Thành công của Trung Quốc đến từ mô hình phát triển do nhà nước dẫn dắt, với đầu tư và chính sách mạnh mẽ để mở rộng ngành. Chính phủ nước này đã cung cấp khoảng 230 tỷ USD trợ cấp (2009–2023) và hỗ trợ phát triển các "nhà vô địch quốc gia", đồng thời đầu tư chiến lược vào R&D pin thể rắn đến năm 2027. Trung Quốc nổi bật về công nghệ LFP và năng lực tinh luyện toàn cầu (80% thông qua thầu tóm quốc tế), nhưng đang đối mặt với các thách thức như dư thừa công suất, lo ngại môi trường (30% khí thải từ sản xuất) và căng thẳng địa chính trị.

Hàn Quốc chiếm 20% thị phần toàn cầu với 400 GWh công suất sản xuất, từ các doanh nghiệp như LG Chem, Samsung SDI và SK On, được hỗ trợ bởi 35 tỷ USD đầu tư R&D và chiến lược K-Battery (2021). Điểm mạnh của Hàn Quốc là hệ sinh thái hoàn chỉnh từ cung ứng nguyên liệu, thiết bị, xe điện đến tái chế, đặc biệt nổi trội trong công nghệ NMC và định hướng phát triển pin thể rắn vào năm 2027. Tuy nhiên, Hàn Quốc phụ thuộc 80% vào Trung Quốc về nguyên liệu đầu vào và thị phần đang suy giảm do cạnh tranh gay gắt.

Nhật Bản giữ 6% thị phần toàn cầu với 85 GWh công suất nội địa (2024), hướng đến 150 GWh vào năm 2030. Nhật có chuỗi cung ứng được quản lý chặt chẽ với đầu tàu là Panasonic, đầu tư lớn vào R&D pin thể rắn (ví dụ: pin của Toyota có thể chạy 1.200 km, dự kiến thương mại hóa 2027–2028) và linh hoạt trước biến động thị trường. Tuy vậy, Nhật vẫn phụ thuộc 90% vào nhập khẩu, có chi phí sản xuất cao và đang mất dần vị thế trước Trung Quốc.

Úc là nước cung cấp nguyên liệu hàng đầu, chiếm 47% sản lượng lithium toàn cầu và đạt kim ngạch xuất khẩu 19,9 tỷ AUD (2022–2023), với Chiến lược Quốc gia về Pin 2024 đặt mục tiêu đạt 10 GWh công suất vào năm 2030. Úc có nguồn tài trợ lớn từ chính phủ (ví dụ: 532,2 triệu AUD cho sáng kiến đột phá pin), tập trung vào tinh luyện và tái chế (mục tiêu 80% thu hồi nguyên liệu vào năm 2030) và thúc đẩy hợp tác song phương. Điểm yếu chính là phụ thuộc 90% vào xuất khẩu nguyên liệu thô và năng lực chế biến trong nước còn hạn chế.

Ấn Độ là quốc gia mới nổi, chiếm 3% thị phần toàn cầu, với thị trường EV đang phát triển mạnh nhờ các chương trình như FAME II và PLI (2,4 tỷ USD ưu đãi). Thế mạnh của Ấn Độ là khung chính sách chiến lược, hỗ trợ thuế, và hợp tác quốc tế (ví dụ: với Úc), tạo nền tảng cho công suất hiện tại 3 GWh (2024) và mục tiêu gigafactory 50 GWh vào năm 2030. Tuy nhiên, chuỗi cung ứng của Ấn Độ còn phân mảnh, phụ thuộc 90% vào nhập khẩu và cần vốn lớn để mở rộng. Việt Nam có thể học hỏi các chính sách ưu đãi của Ấn Độ để xây dựng nền tảng phù hợp với nguồn lực hiện tại.

Bảng 6.1 tổng hợp các đặc điểm chính của chuỗi cung ứng pin tại các quốc gia được nghiên cứu, nhằm cung cấp chính sách và bài học tham khảo cho Việt Nam trong quá trình phát triển ngành công nghiệp pin nội địa.

Bảng 6-1. Tổng hợp đặc điểm chính của chuỗi cung ứng pin tại các quốc gia

Quốc gia	Vị thế thị trường toàn cầu	Tiếp cận nguyên liệu	Công suất sản xuất	Hỗ trợ từ chính phủ	Đổi mới & công nghệ	Thách thức
Trung Quốc	Thống lĩnh (kiểm soát 70–90% các công đoạn trong chuỗi cung ứng)	Kiểm soát 80% công suất tinh luyện toàn cầu nhờ các thương vụ đầu tư quốc tế	77% công suất cell pin toàn cầu; dẫn đầu bởi CATL, BYD	Trợ cấp lớn (230 tỷ USD, 2009–2023), hỗ trợ các “nhà vô địch quốc gia”, hạn chế xuất khẩu, tài trợ R&D	Mạnh về công nghệ LFP, hướng tới pin thể rắn vào năm 2027	Dư thừa công suất, lo ngại môi trường, căng thẳng địa chính trị
Nhật Bản	Mạnh nhưng đang suy giảm	Phụ thuộc vào nhập khẩu, nhưng có năng lực tinh luyện	Đáng kể nhưng đang giảm (ví dụ: Panasonic)	Chiến lược công nghiệp hướng tới 150 GWh nội địa vào 2030, có chính sách khuyến khích R&D	Dẫn đầu về NMC, đặt mục tiêu pin thể rắn vào năm 2028	Mất dần vị thế trước Trung Quốc, chi phí sản xuất cao
Hàn Quốc	Cạnh tranh nhưng sau Trung Quốc	Phụ thuộc vào nhập khẩu, mạnh về chuỗi cung ứng trung gian	Thị phần 37% (LG Chem, Samsung SDI, SK On)	Hỗ trợ trung tâm pin EV, liên doanh (ví dụ: SK – Ford), tập trung vào R&D	Tiến bộ trong công nghệ NMC, đặt mục tiêu pin thể rắn vào năm 2027	Phụ thuộc vào Trung Quốc, thị phần suy giảm
Ấn Độ	Mới nổi, hiện diện toàn cầu còn hạn chế	Rất phụ thuộc vào nhập khẩu, đang khảo sát trữ lượng lithium trong nước	Giai đoạn đầu; có kế hoạch xây dựng gigafactory	Các chương trình FAME và PLI, hợp tác về nguyên liệu	Còn hạn chế, tập trung vào giải pháp chi phí thấp	Chuỗi cung ứng phân mảnh, cần đầu tư lớn
Úc	Dẫn đầu về cung ứng nguyên liệu thô, yếu về sản xuất pin	Nguồn cung lithium lớn nhất toàn cầu; giàu trữ lượng cobalt và nickel	Hạn chế; tập trung vào khai khoáng thay vì sản xuất	Chiến lược Khoáng sản thiết yếu (2019), tài trợ R&D, ưu đãi cho tinh luyện trong nước	Đầu tư vào công nghệ tinh luyện và các thế hệ pin mới	Thiếu năng lực chế biến trong nước, phụ thuộc vào xuất khẩu

Dựa trên phân tích chuỗi cung ứng pin toàn cầu và các thách thức hiện tại, dưới đây là những khuyến nghị trọng tâm nhằm hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách xây dựng một hệ sinh thái pin bền vững, vững mạnh và có khả năng cạnh tranh toàn cầu.

1. Khung chính sách và pháp lý

Vai trò của chính phủ là vô cùng quan trọng trong việc thúc đẩy sự phát triển của chuỗi cung ứng pin còn non trẻ. Để hỗ trợ các nhà sản xuất trong nước, chính phủ nên triển khai các chương trình đấu thầu ưu tiên sử dụng linh kiện pin sản xuất trong nước, từ đó đảm bảo sự ổn định của thị trường. Quy trình phê duyệt đầu tư vào nguyên liệu pin, kế hoạch sản xuất và cơ sở nghiên cứu & phát triển (R&D) cũng cần được đơn giản hóa nhằm giảm thiểu thủ tục hành chính và khuyến khích triển khai dự án đúng tiến độ. Các chính sách ngành liên quan đến xe điện (EV) và hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS) cần được tiếp tục củng cố và mở rộng. Dù các chính sách và ưu đãi cho xe điện đã tương đối rõ ràng, thì đối với BESS, chính sách vẫn còn ở giai đoạn sơ khai và cần được phát triển thêm.

2. Ưu đãi tài chính và thu hút đầu tư

Do công nghệ pin vẫn còn mới và mang tính đổi mới cao, chính phủ cần đưa ra các chính sách ưu đãi tài chính mạnh mẽ để khuyến khích đầu tư vào nghiên cứu và phát triển (R&D) trong lĩnh vực này. Việc thành lập một quỹ đầu tư mạo hiểm quốc gia dành riêng cho R&D pin, ươm tạo công nghệ và hỗ trợ mở rộng quy mô sản xuất trong nước sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy đổi mới sáng tạo. Các ưu đãi thuế chuyên biệt như giảm thuế doanh nghiệp và miễn thuế nhập khẩu cũng nên được áp dụng cho các doanh nghiệp đầu tư vào chế biến nguyên liệu pin, sản xuất cell pin và hạ tầng tái chế. Ngoài ra, cần khuyến khích hợp tác công – tư (PPP) để phát triển các trung tâm R&D, nhà máy thử nghiệm và hạ tầng thiết yếu cho chuỗi cung ứng pin.

3. Phát triển chuỗi cung ứng và nội địa hóa

Để giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu, Việt Nam cần đầu tư phát triển năng lực tinh luyện và chế biến trong nước đối với các khoáng sản then chốt như nickel, cobalt và lithium. Chính phủ nên ban hành quy định về tỷ lệ nội địa hóa trong sản xuất pin nhằm củng cố mạng lưới nhà cung cấp trong nước cho các linh kiện như điện cực, chất điện giải và màng ngăn. Các doanh nghiệp nhỏ và vừa (SME) hoạt động trong lĩnh vực sản xuất linh kiện pin cũng cần được hỗ trợ thông qua chương trình đào tạo kỹ thuật chuyên sâu và gói hỗ trợ tài chính mục tiêu. Việc thành lập các khu công nghiệp chuyên biệt cho sản xuất pin sẽ tạo điều kiện thuận lợi để đồng bộ hóa các khâu từ chế biến vật liệu, sản xuất cell đến lắp ráp module, từ đó giúp giảm chi phí logistics. Bên cạnh đó, Việt Nam cần áp dụng các tiêu chuẩn nghiêm ngặt về môi trường và lao động trong toàn bộ chuỗi cung ứng pin để đáp ứng kỳ vọng toàn cầu về môi trường, xã hội và quản trị (ESG), đồng thời nâng cao năng lực cạnh tranh của sản phẩm Việt Nam trên thị trường quốc tế.

4. Đổi mới công nghệ và phát triển thị trường

Thúc đẩy đổi mới công nghệ là yếu tố then chốt đối với chuỗi cung ứng pin, đồng thời phù hợp với các ưu tiên quốc gia của Việt Nam như đã nêu trong Nghị quyết số 57-NQ/TW do Bộ Chính trị ban hành ngày 22/12/2024, nhấn mạnh yêu cầu đột phá trong khoa học – công nghệ và chuyển đổi số quốc gia. Rút kinh nghiệm từ các quốc gia như Hàn Quốc và Nhật Bản, Việt Nam cần ưu tiên đầu tư vào hoạt động nghiên cứu và phát triển (R&D) để nâng cao trình độ công nghệ pin. Trung tâm Đổi mới Sáng tạo Quốc gia (NIC) thuộc Bộ Kế hoạch và Đầu tư (MPI) đã có vai trò quan trọng trong việc xây dựng chuỗi cung ứng chất bán dẫn tại Việt Nam, và phạm vi này nên được mở rộng sang lĩnh vực công nghệ pin. Các đơn vị nghiên cứu như Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) giữ vai trò then chốt trong việc phát triển công nghệ và tư vấn chính sách, vì vậy cần được tăng cường năng lực nghiên cứu về khoáng sản chiến lược và công nghệ pin, đặc biệt là các công nghệ thế hệ mới như pin thể rắn (ASSB). Chính phủ cũng cần thắt chặt hợp tác với khu vực tư nhân, bao gồm các doanh nghiệp lớn như VinFast, để định hướng hoạt động nghiên cứu phù hợp với nhu cầu ứng dụng

thực tiễn trong công nghiệp. Quan trọng hơn hết, cần thành lập một chương trình và quỹ đầu tư quốc gia cho các công nghệ và ngành công nghiệp chiến lược, đi kèm với nền tảng chia sẻ tri thức do nhà nước hỗ trợ nhằm thúc đẩy chuyển giao công nghệ và thương mại hóa kết quả nghiên cứu.

5. Hợp tác quốc tế

Việt Nam cần ưu tiên thiết lập và mở rộng các mối quan hệ hợp tác quốc tế nhằm củng cố chuỗi cung ứng pin trong nước. Sự hợp tác đang diễn ra giữa Việt Nam và Úc trong lĩnh vực thăm dò khoáng sản chiến lược thông qua công ty Blackstone Minerals là một bước khởi đầu quan trọng giúp giảm phụ thuộc vào nhập khẩu nguyên liệu. Bên cạnh đó, Việt Nam cần tận dụng hiệu quả các Quan hệ Đối tác Toàn diện, Đối tác Chiến lược Toàn diện và 17 Hiệp định Thương mại Tự do (FTA) đã ký kết để đảm bảo nguồn cung nguyên liệu thô bền vững và đa dạng hóa. Việc tăng cường các hợp tác quốc tế này không chỉ giúp ổn định nguồn cung, mà còn nâng cao vai trò và vị thế của Việt Nam trong ngành công nghiệp pin toàn cầu.

6. Phát triển bền vững và thực hành môi trường

Việt Nam cần tăng cường các chính sách và quy định liên quan đến tái chế pin và mô hình kinh tế tuần hoàn. Quyết định 222/QĐ-TTg ban hành ngày 23/01/2025 đã đề ra kế hoạch quốc gia về thực hiện kinh tế tuần hoàn đến năm 2035, và chính phủ cần đảm bảo triển khai khẩn trương các nhiệm vụ được nêu trong kế hoạch này. Phù hợp với nhiệm vụ 3.2.2 và 4.2.2 trong kế hoạch, Bộ Kế hoạch và Đầu tư (MPI) cần đẩy mạnh áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn tại các khu công nghiệp, khu kinh tế và trung tâm sản xuất có liên quan đến chuỗi giá trị pin. Đồng thời, cần có chính sách khuyến khích các nhà sản xuất pin đầu tư vào mô hình sản xuất bền vững, giúp giảm thiểu chất thải và tối ưu hóa hiệu suất sử dụng tài nguyên.

7. Phát triển nguồn nhân lực và nâng cấp hạ tầng

Để hỗ trợ sự phát triển của ngành công nghiệp pin, Việt Nam cần mở rộng và hiện đại hóa hệ thống hạ tầng logistics, bao gồm mạng lưới đường sắt, cảng biển và đường cao tốc, nhằm đảm bảo vận chuyển hiệu quả nguyên liệu đầu vào và sản phẩm pin hoàn chỉnh. Song song đó, phát triển nguồn nhân lực cũng đóng vai trò then chốt. Các chương trình đào tạo chuyên sâu cần được thiết kế nhằm nâng cao chuyên môn về hóa học pin, kỹ thuật sản xuất tiên tiến, và các tiêu chuẩn an toàn trong ngành. Chính phủ cần khuyến khích các doanh nghiệp trong và ngoài nước thành lập các trung tâm đào tạo nghề chuyên biệt, tập trung vào sản xuất pin và công nghệ lưu trữ năng lượng, từ đó đáp ứng yêu cầu nhân lực chất lượng cao cho ngành công nghiệp chiến lược này.

Báo cáo này cung cấp một phân tích chuyên sâu về chuỗi cung ứng pin toàn cầu, đồng thời rút ra những bài học sơ bộ cho Việt Nam dựa trên các thực tiễn quốc tế tiêu biểu. Báo cáo tiếp theo, tập trung vào bối cảnh trong nước, sẽ tiến hành rà soát và đánh giá chuỗi cung ứng pin tại Việt Nam, đặc biệt nhấn mạnh vai trò của ngành này trong bức tranh kinh tế đang chuyển đổi của đất nước. Báo cáo sẽ phân tích các yếu tố then chốt như: mức độ sẵn có và chất lượng của nguyên liệu đầu vào, năng lực sản xuất hiện tại, nhu cầu trong tương lai, và trình độ công nghệ, nhằm xác định những công nghệ pin phù hợp nhất cho Việt Nam. Bên cạnh đó, báo cáo cũng sẽ lập bản đồ chuỗi cung ứng và các bên liên quan chủ chốt, đánh giá lợi ích kinh tế vĩ mô từ việc phát triển ngành pin, và xây dựng cơ sở lập luận cho việc đầu tư vào sản xuất pin trong nước. Ngoài ra, báo cáo sẽ khám phá các hợp tác chiến lược tiềm năng và hệ sinh thái phù hợp nhằm tối ưu hóa cơ hội trong khi giảm thiểu rủi ro cho Việt Nam.

Phụ lục 1. Các công nghệ pin mới

Pin lithium-ion hiện là loại được sử dụng rộng rãi nhất, tiếp theo là pin kiềm và pin axit-chì. Tuy nhiên, mỗi loại đều có những nhược điểm đáng chú ý: pin lithium-ion dễ bị quá nhiệt và trong trường hợp nghiêm trọng có thể phát nổ; pin kiềm không phù hợp với các ứng dụng tiêu hao nhiều điện năng; và pin axit-chì hoạt động kém ở nhiệt độ cực nóng hoặc cực lạnh.

Các công nghệ pin mới tiên tiến có tiềm năng định hình lại các hệ thống năng lượng, thúc đẩy tính bền vững và hỗ trợ quá trình chuyển đổi xanh. Trong phần này, chúng tôi đưa ra một số cải tiến đầy hứa hẹn nhất, từ pin thể rắn cung cấp khả năng lưu trữ năng lượng an toàn và hiệu quả hơn đến pin ion natri giải quyết mối lo ngại về tình trạng khan hiếm tài nguyên.

Các pin graphene

Trong pin lithium-ion, graphene hoạt động như một khung dẫn điện, tăng chuyển động của lithium-ion và giảm sự suy thoái. Những tiến bộ gần đây bao gồm graphene cong, một vật liệu được cấp bằng sáng chế được tối ưu hóa cho siêu tụ điện. Phiên bản này tiếp tục nâng cao hiệu suất thông qua các cấu trúc nano xấp cao giúp tối đa hóa khả năng lưu trữ ion và mật độ năng lượng ¹²⁸.

Các công ty như Nanotech Energy và Skeleton Technologies đang dẫn đầu trong việc phát triển các giải pháp tăng cường graphene cho EV và lưu trữ lưới điện. Trong khi đó, các gã khổng lồ công nghệ như Samsung và Huawei đang tích cực đầu tư vào các công nghệ dựa trên graphene. Theo các báo cáo gần đây, thị trường pin graphene toàn cầu dự kiến sẽ đạt 716 triệu đô la vào năm 2031, tăng trưởng ở mức CAGR đáng chú ý là 23,1% ¹²⁹.

Bảng 0-1. Ưu và nhược điểm của các pin dựa trên graphene

Ưu điểm	Nhược điểm
Dẫn điện và tốc độ sạc xuất sắc	Chi phí sản xuất cao
An toàn cao với nguy cơ quá nhiệt thấp	Việc mở rộng sản xuất là khó khăn
Tuổi thọ và chu kỳ sạc lâu dài	Chất lượng graphene ảnh hưởng đến hiệu suất
Mật độ năng lượng cao cho thiết kế tích hợp	Công nghệ vẫn đang ở giai đoạn sơ khai

Pin lithium – kim loại

Pin lithium-kim loại sử dụng lithium kim loại làm cực dương. Điều này cho phép mật độ năng lượng cao hơn đáng kể—gần gấp đôi so với pin lithium-ion truyền thống. Chúng nhẹ hơn, có khả năng cung cấp nhiều năng lượng hơn và có tiềm năng kéo dài vòng đời khi được thiết kế hợp lý.

¹²⁸ Skeleton Technologies, How curved graphene replaces critical raw materials in supercapacitor manufacturing, LinkedIn.

¹²⁹ SkyQuest Technology, Graphene battery market to propel growth at \$716 million by 2031, GlobeNewswire.

Những tiến bộ gần đây trong thiết kế chất điện phân, đặc biệt là việc sử dụng chất điện phân rắn và muối nóng chảy, nhằm mục đích giảm thiểu sự hình thành nhánh cây và cải thiện độ an toàn. Standard Univeristy đã trình bày một thiết kế chất điện phân mới để ổn định giao diện lithium-metal ¹³⁰. Ngoài ra, một số nguyên mẫu chứng minh mật độ năng lượng lên đến 500 Wh/kg, một cải tiến đáng kể so với phạm vi 250-300 Wh/kg thông thường đối với pin lithium-ion. Trong tương lai, thị trường pin kim loại lithium dự kiến sẽ vượt qua 68,7 tỷ đô la vào năm 2032, tăng trưởng với tốc độ CAGR ấn tượng là 21,96% ¹³¹.

Bảng 0-2. Ưu điểm và nhược điểm của pin Lithium-kim loại

Ưu điểm	Nhược điểm
Mật độ năng lượng rất cao	Dễ hình thành dendrite
Hứa hẹn tái tạo năng lượng nhanh chóng	Chi phí sản xuất cao
Hiệu suất tốt hơn trong các điều kiện cực đoan	Nguy cơ chập mạch và các vấn đề an toàn
Lý tưởng cho các ứng dụng như xe điện (EV) và máy bay không người lái	
Tuổi thọ ngắn hơn so với pin lithium-ion	

Pin Aluminum-Air

Pin nhôm-không khí được biết đến với mật độ năng lượng cao và thiết kế nhẹ. Chúng có tiềm năng đáng kể cho các ứng dụng như xe điện, lưu trữ năng lượng quy mô lưới điện, thiết bị điện tử cầm tay và nguồn điện dự phòng trong các lĩnh vực chiến lược như quân đội.

Các công ty như Phinergy và Alcoa đang nỗ lực thương mại hóa pin nhôm-không khí, có thể kéo dài quãng đường di chuyển của một chiếc ô tô điện thêm 1.000 dặm. Năm 2024, quy mô thị trường pin nhôm-không khí được định giá ở mức 11,93 tỷ đô la và dự kiến sẽ vượt quá 20,1 tỷ đô la vào năm 2037, tăng trưởng ở tốc độ CAGR là 4,1% CAGR ¹³².

Bảng 0-3. Ưu điểm và nhược điểm của pin Nhôm-Không khí

Ưu điểm	Nhược điểm
Mật độ năng lượng cực kỳ cao	Không thể sạc lại
Nhôm dễ dàng có sẵn và giá thành thấp	Chi phí cao hơn so với pin lithium-ion
Sản phẩm phụ thân thiện với môi trường	Sự phân hủy của các anode nhôm làm giảm tuổi thọ
Hỗ trợ xe điện (EV) có phạm vi vượt quá 1.000 dặm	Lo ngại về bảo trì và an toàn

¹³⁰ Sang Cheol Kima, Data-driven electrolyte design for lithium metal anodes, Stanford.

¹³¹ Chemicals and Materials, Li Metal Battery Market to grow at 24.4% annually, TransparencyMarketResearch.

¹³² Energy and Power, Aluminum-air battery market size and trend analysis, Research Nester. <https://www.researchnester.com/reports/aluminum-air-battery-market/3341>.

Pin Magie-Ion

Pin magie sử dụng các ion magie làm thành phần hoạt động. Không giống như lithium, chỉ truyền một electron cho mỗi ion, bản chất đa hóa trị của magie cho phép nó truyền hai electron cho mỗi ion, mang lại mật độ năng lượng lý thuyết cao hơn đáng kể.

Các loại pin này sử dụng chất điện phân dạng nước hoặc không chứa nước, với một số thiết kế mới hơn kết hợp chất điện phân bán rắn. Thêm vào đó, khả năng chống hình thành dendrite của magie trong quá trình sạc giúp giảm thiểu nguy cơ đoản mạch, tăng cường an toàn tổng thể.

Pin magie-không khí thông thường có mật độ năng lượng là 6,8 kWh/kg và điện áp hoạt động lý thuyết là 3,1 V. Tuy nhiên, những đột phá gần đây, chẳng hạn như pin magie-ion bán rắn, đã nâng cao hiệu suất điện áp và mật độ năng lượng, giúp công nghệ này khả thi hơn cho các ứng dụng hiệu suất cao¹³³.

Pin ion canxi

Năm 2024, các nhà nghiên cứu đã giới thiệu một hệ thống pin canxi-oxy đột phá có khả năng hoàn thành 700 chu kỳ sạc-xả. Thành tựu này không chỉ chứng minh được độ bền ấn tượng mà còn mở ra cánh cửa cho các ứng dụng cải tiến, chẳng hạn như pin dệt mềm dẻo.

Bảng 0-4. Ưu điểm và nhược điểm của pin ion canxi

Ưu điểm	Nhược điểm
Tài nguyên canxi phong phú và chi phí thấp	Lựa chọn hạn chế cho các chất điện phân ổn định, hiệu quả
Mật độ năng lượng bằng hoặc cao hơn pin lithium-ion	Cần tối ưu hóa thêm vật liệu điện cực
Nguy cơ hình thành dendrite thấp hơn	
Bền vững với môi trường	

Pin kẽm-không khí

Pin kẽm-không khí có thiết kế đơn giản, sử dụng kẽm làm cực dương và oxy từ không khí làm cực âm. Điện được tạo ra thông qua phản ứng hóa học giữa kẽm và oxy trong khí quyển. Vì oxy đóng vai trò là chất phản ứng ở cực âm nên không cần các thành phần bên trong nặng và đắt tiền. Điều này làm cho pin nhẹ hơn và giá cả phải chăng hơn nhiều giải pháp thay thế khác.

Những loại pin này có tiềm năng đáng kể cho các ứng dụng như lưu trữ năng lượng lưới điện, máy trợ thính và xe điện. Những tiến bộ gần đây nhằm mục đích cải thiện hiệu quả và tuổi thọ của chúng.

¹³³ Electrochemistry, Next-generation magnesium-ion batteries, ScienceAdvances.
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh1181>.

Đáng chú ý là năm 2024, các nhà nghiên cứu đã phát triển chất xúc tác G-SHELL, giúp tăng hiệu suất đồng thời giảm chi phí sản xuất ¹³⁴.

Bảng 0-5. Ưu và nhược điểm của pin kẽm – không khí

Ưu điểm	Nhược điểm
Chi phí thấp nhờ vào nguồn cung kẽm phong phú	Hiệu suất thay đổi theo độ ẩm và tiếp xúc với CO ₂
Thiết kế an toàn và nhẹ	Dễ bị bay hơi nước trong chất điện phân
Dễ dàng mở rộng cho lưu trữ lưới điện	Cần các chất xúc tác tiên tiến đắt tiền để có thể sạc lại

Pin chấm lượng tử (Quantum Dot- QD)

QD là vật liệu bán dẫn nhỏ, thường được làm bằng silicon, cadmium selenide (CdSe) hoặc chì sunfua (PbS), có các đặc tính điện tử được xác định bởi kích thước của chúng. Các đặc điểm này bao gồm khả năng truyền electron tốt hơn và khả năng hấp thụ và phát ra ánh sáng ở các bước sóng cụ thể.

Trong pin chấm lượng tử, QD được tích hợp vào vật liệu anode, cathode hoặc chất điện phân để tăng cường các đặc tính của chúng. QD tạo điều kiện cho chuyển động electron và truyền ion bên trong pin, giúp cải thiện khả năng lưu trữ năng lượng và chuyển động electron nhanh hơn.

QD cũng có thể được sử dụng trong các thiết kế lai, kết hợp các đặc tính của chúng với các vật liệu thông thường như lithium hoặc kẽm. QD đang được nghiên cứu để sử dụng trong pin thể rắn, có khả năng cung cấp pin an toàn hơn và ổn định hơn. Các chấm lượng tử dựa trên carbon cũng đang được khám phá để tạo ra các loại pin lai siêu tụ điện để sạc cực nhanh ^{135 136}.

Bảng 0-6. Ưu và nhược điểm của pin chấm lượng tử

Ưu điểm	Nhược điểm
Sạc nhanh hơn và tuổi thọ lâu dài	Các chấm lượng tử có thể không ổn định
Nhỏ và nhẹ	Phức tạp trong sản xuất
Lưu trữ năng lượng cao hơn nhiều so với công nghệ hiện tại	Công nghệ vẫn còn đắt đỏ

Pin lithium-lưu huỳnh

Một thách thức lớn là "hiệu ứng vận chuyển polysulfide", trong đó các hợp chất lưu huỳnh trung gian hòa tan trong chất điện phân, làm giảm hiệu suất và tuổi thọ. Tuy nhiên, những tiến bộ gần đây, chẳng hạn như tích hợp các lớp xen kẽ hoạt động oxy hóa khử, đã giảm thiểu những vấn đề này. Sự đổi

¹³⁴ Dong Won Kim, Trifunctional graphene-sandwiched heterojunction-embedded layered lattice electrocatalyst in zn-air battery, Advance Science. <http://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.202408869>.

¹³⁵ Majid Shaker, Carbon/graphene quantum dots as electrolyte additives for batteries and supercapacitors, Journal of Energy Storage. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111040>.

¹³⁶ Fitri Aulia Permatasari, Carbon-based quantum dots for supercapacitors, MDPI. <https://doi.org/10.3390/nano11010091>.

mới này ngăn chặn sự vận chuyển và tăng khả năng lưu trữ năng lượng và tuổi thọ chu kỳ, giúp pin Li-S khả thi hơn về mặt thương mại.

Năm 2024, công ty khởi nghiệp Lyten ở Thung lũng Silicon đã công bố kế hoạch trị giá 1 tỷ đô la để xây dựng nhà máy sản xuất pin lithium-lưu huỳnh đầu tiên trên thế giới tại Reno, Nevada. Khi đi vào hoạt động hoàn toàn, cơ sở này dự kiến sẽ sản xuất tới 10 gigawatt-giờ pin lithium-lưu huỳnh mỗi năm, với giai đoạn đầu tiên dự kiến bắt đầu sản xuất vào năm 2027¹³⁷.

Bảng 0-7. Ưu điểm và nhược điểm của pin lithium-lưu huỳnh

Ưu điểm	Nhược điểm
Lưu huỳnh phong phú và rẻ	Suy giảm dung lượng nhanh sau 300 chu kỳ
Giảm nguy cơ quá nhiệt	Lưu huỳnh là chất cách điện, cần vật liệu dẫn điện bổ sung
Không độc hại và bền vững hơn so với pin lithium-ion	Sự hòa tan của polysulfide làm giảm hiệu quả

Pin SIB

Những loại pin này đặc biệt phù hợp với các hệ thống lưu trữ năng lượng quy mô lớn, chẳng hạn như lưới điện năng lượng tái tạo và các giải pháp lưu trữ cố định. Với những tiến bộ liên tục về mật độ năng lượng và hiệu quả sạc, chúng cũng có tiềm năng ứng dụng trong xe điện và thiết bị điện tử di động.

Hiện nay, các công ty hàng đầu dẫn đầu về tiến bộ trong công nghệ pin SIB bao gồm CATL, Faradion, Natron Energy và HiNa BATTERY.

Bảng 0-8. Ưu và nhược điểm của pin SIB

Ưu điểm	Nhược điểm
Vật liệu rẻ hơn và quy trình sản xuất đơn giản hơn	Mật độ năng lượng thấp hơn khoảng 30% so với pin Li-ion
An toàn hơn và ít có nguy cơ quá nhiệt	Lớn hơn và nặng hơn pin lithium
Tiềm năng lưu trữ năng lượng quy mô lớn	Hiện không phù hợp với các xe điện có phạm vi hoạt động cao

Pin silicon-anode

Thị trường pin silicon-anode toàn cầu dự kiến sẽ vượt quá 131 tỷ đô la vào năm 2033, tăng trưởng với tốc độ CAGR là 47,5%. Các công ty hàng đầu như Amprius và Sila Nanotechnologies đang đầu tư đáng kể vào lĩnh vực này ¹³⁸.

Việc áp dụng pin silicon-anode sẽ chuyển đổi quá trình lưu trữ năng lượng trong nhiều ngành công nghiệp. Trong xe điện (EV), chúng có thể tăng phạm vi hoạt động lên 20-40%, trong khi trong thiết bị điện tử tiêu dùng, chúng cho phép các thiết bị nhẹ hơn, nhỏ gọn hơn mà không ảnh hưởng đến hiệu suất pin.

¹³⁷ Technology, [US startup Lyten to invest over \\$1 bn in Nevada lithium-sulfur battery factory](#), Reuters.

¹³⁸ Report, [Silicon anode battery market snapshot](#), Future Market Insights.

Bảng 0-9. Ưu điểm và nhược điểm của pin silicon-anode

Ưu điểm	Nhược điểm
Dung lượng cao gấp 10 lần so với graphite	Mở rộng thể tích đáng kể khi sạc
Hỗ trợ hấp thụ lithium-ion nhanh chóng	Sự suy giảm cấu trúc ảnh hưởng đến tuổi thọ pin
Thiết kế nhẹ và nhỏ gọn	Cần các hệ thống tiên tiến để quản lý nhiệt

Pin thể rắn

Vào năm 2024, các nhà nghiên cứu tại Harvard đã tiết lộ một thiết kế cho phép sạc cực nhanh và hàng nghìn chu kỳ mà không bị xuống cấp trong pin thể rắn. Một nhóm khác tại Đại học Chicago đã phát triển một loại pin thể rắn natri không có cực dương, đánh dấu một bước tiến đáng kể hướng tới loại pin an toàn hơn, dung lượng cao hơn cho xe điện và lưu trữ lưới điện ^{139 140}. Đầu tư toàn cầu vào pin thể rắn đang tăng mạnh, với các công ty hàng đầu trong ngành như BYD, Toyota, VW, BMW và Mercedes-Benz đang tích cực phát triển và thương mại hóa các công nghệ tiên tiến này. Thị trường pin thể rắn toàn cầu dự kiến sẽ vượt qua 24,4 tỷ đô la vào năm 2032, tăng trưởng với tốc độ CAGR ấn tượng là 36,4% ¹⁴¹.

¹³⁹ Luhan Ye, [Fast cycling of lithium metal in solid-state batteries by constriction-susceptible anode materials](#), Nature Materials.

¹⁴⁰ Grayson Deysher, [Design principles for enabling an anode-free sodium all-solid-state battery](#), Nature Energy.

¹⁴¹ Semiconductor and Electronics, [Solid-state battery market size & trends analysis](#), StraitsResearch.

Phụ lục 2. Các nhà máy sản xuất pin ở Mỹ

Nhà máy pin	Vị trí	State	Production output
AA Portable Power	Richmond	CA	NA
AKASOL	Hazel Park	MI	400 MWh/yr
Alion Science and Technology	Crane	IN	NA
AllCell Technology	Broadview	IL	NA
Altair Nanotechnologies	Anderson	IN	NA
American Battery Factory	American Fork	UT	12 GWh/yr
American Battery Solutions	Springboro	OH	2 MWh
American Lithium Energy	Carlsbad	CA	NA
Auto Motive Power	Santa Fe Springs	CA	NA
Battery Specialties	Costa Mesa	CA	NA
Blue Line Battery	Beloit	WI	NA
BMW Spartanburg Plant	Greer	SC	22,500 units/yr
BorgWarner-Romeo Power	Vernon	CA	NA
Braille Battery	Sarasota	FL	NA
Cell-Con	Bedford	PA	NA
Clarios	Holland	MI	NA
Conamix	Ithaca	NY	NA
Coreshell Technologies	San Leandro	CA	NA
Cuberg	Emeryville	CA	NA
Custom Power	Fountain Valley	CA	NA
Dantona Industries	Wantagh	NY	NA
EaglePicher Technologies	Joplin	MO	NA
Electric Power Systems	North Logan	UT	NA
Electrochem Solutions	Raynham	MA	NA
EnerSys	Spokane Valley	WA	NA
EnerSys	Suwanee	GA	NA
Enovate Medical	Murfreesboro	TN	NA
eNow	Warwick	RI	NA
EnPower	Indianapolis	IN	1 GWh/yr
Envia Systems	Newark	CA	400 Wh/kg
Envision AESC Bowling Green Plant	Bowling Green	KY	30 GWh/yr
Envision AESC Smyrna Plant	Smyrna	TN	NA
Exponential Power	Carol Stream	IL	NA
Exponential Power	Fort Wayne	IN	NA
Exponential Power	Rockwell	TX	NA
Factorial	Woborn	MA	NA
Flexodes	Sugar Land	TX	NA
Flux Power	Vista	CA	NA
Ford Rawsonville Plant	Ypsilanti	MI	NA
Ford-SK BlueOval	Glendale	KY	86 GWh/yr
Ford-SK BlueOval City	Stanton	TN	43 GWh/yr
General Motors Brownstown Battery	Brownstown Charter Twp	MI	NA

GM-LG Ultium Cells	Lansing	MI	NA
GM-LG Ultium Cells	Spring Hill	TN	NA
GM-LG Ultium Cells	Warren	OH	NA
GS Yuasa Lithium Power	Roswell	GA	NA
Highpower International	Mountain View	CA	850 Wh/yr
Honda Brownstone Battery	Brownstone Township	MI	NA
Hyundai-SK	Commerce	GA	NA
Inventus Power Woodridge Facility	Woodridge	IL	NA
Kore Power	Buckeye	AZ	12 GWh/yr
LG Energy	Holland	MI	5 GWh/yr
LG Energy	Queen Creek	AZ	11 GWh/yr
Lithion Battery	Henderson	NV	NA
Lithion Battery	North Billerica	MA	NA
Lithion Battery	Round Rock	TX	NA
LytEn	San Jose	CA	NA
Magnis	Endicott	NY	32 GWh/yr
Mercedes Battery Plant	Woodstock	AL	NA
Microvast	Clarksville	TN	2 GWh
Navitas Systems	Ann Arbor	MI	NA
Octillion Power Systems	Richmond	CA	4 GWh/yr
Our Next Energy	Torrance	CA	NA
Polyplus Battery	Berkeley	CA	2,000 L/Yr
ProTechnologies	Pilot Mountain	NC	NA
Proterra	City of Industry	CA	NA
Proterra	City of Industry	CA	NA
Proterra	Greenville	NC	NA
Rivian	Atlanta	GA	50 GWh/yr
Saft America	Valdese	NC	NA
Saft America	Valdosta	GA	NA
Samsung SDI	Auburn Hills	MI	NA
Simpliphi Power	Oxnard	CA	NA
Solect, Inc.	Greensboro	NC	1 GWh/yr
Sparkz Inc.	Livermore	CA	1 GWh/yr
StateVolt	Imperial Valley	CA	NA
Statevolt	Los Angeles	CA	54 GWh/yr
Stellantis-Samsung Kokomo Plant	Kokomo	IN	23 GWh/yr
Tenergy Corp	Fremont	CA	NA
Tesla Gigafactory Texas	Austin	TX	100 GWh/yr
Tesla Giga New York	Buffalo	NY	2 GWh
Tesla Gigafactory 1	Sparks	NV	20 GWh
TNR Technical	Sanford	FL	NA
Toyota	Liberty	NC	NA
Trojan Battery	Santa Fe Springs	CA	NA
Wabtec	Pittsburgh	PA	NA
Xalt Energy	Midland	MI	600 MWh/yr
Yotta Energy	Austin	TX	NA
Zakuro	Ann Arbor	MI	NA

Zeus Battery Products	Boomingdale	IL	NA
Zinc8 Energy	Ulster County	NY	NA