电池行业年度报告

2022-2023

Revision: 2023020604

电池年度报告由以下单位制作并翻译

volta.foundation

能斯特未来新能源

EnerZ Medium
新能源情报局

赞助电池年度报告

Volta Foundation会员



























































感谢以下单位对本报告中文版翻译的支持

Hi-Tech Spring 海科新源

储慧智能 TALENTS & TECHNOLOGY

“电池技术正当时。”- 经济学人

在这份报告中，我们总结了2022年全球电池行业最重要的进展。该报告旨在提供有关电池研究，产业，人才和政策的当前状况，并希望以此促进电池领域更多更深入的交流，追踪其发展轨迹，并对未来进行合理预测。

本报告主要囊括以下部分:

第一部分：产业 电池开发和制造的商业里程碑
第二部分：科研 基础电池科学的学术突破
第三部分：人才 供应、需求和对该领域从业人才的见解
第四部分：政策 政府目标、激励措施、法规及其含义
第五部分：预测 未来一年电池行业的发展趋势

由*Volta Foundation*编写制作

免责声明: 本文所表达的观点仅为作者个人观点，未经任何其他组织、机构、雇主或公司审核或批准。这项工作的主要目的仅为教育和提供参考。所引用的数据和信息来自公开来源，由相关公司自行报告。所有作者在编写本报告中不存在利益冲突。

Disclaimer: The views expressed herein are solely those of the authors, and have not been reviewed or approved by any other organization, agency, employer or company. The primary purpose of this work is to educate and inform. Data and information is from publicly available sources and often self-reported by the companies. The authors declare no conflicts of interest in producing this report.

第一部分
产业



产业 | 概览

2022 年是全球电池行业加速增长的一年—电动汽车的广泛普及继续推动对电池原材料和制造能力需求的不断增长。 尽管宏观经济不振，电池行业规模仍增长484亿美元，募集资金从 2021 年的330亿美元增加到 2022 年的390亿美元。除了商业发展，全球政策制定者已将注意力转向国有化努力，例如：美国反通货膨胀法案 (IRA) 以史无前例的3690亿美元资金用于激励清洁能源和气候改善、欧洲法律和政策变化、印度电池和电池包激励措施等等。西方国家努力实现将关键原材料生产保留在国内以促进国内电池生产，同时东亚国家竭尽全力维持他们现有的市场地位。

2022年电池行业也面临诸多挑战，上市的电车公司、电池产品材料企业2022年表现不及大盘。电池价格20年来首次同比上涨7%，电池包平均价格上涨至138美元/kWh，这意味着实现电动汽车与燃油车同等成本的预期时间将推迟到 2026 年。生产制造方面的挑战主要体现在产能爬坡的停滞，加上设备、原材料、专业人员和制造专业知识的短缺，都在敦促人们更将清醒地审视当前。 安全和可靠性相关的事故以及上述障碍减缓了商业化进程并耗尽了现金储备。

电池化学的发展已经改变了行业的焦点，主要的动作包括转向磷酸铁锂正极和在负极中使用更高的硅含量，而正极的优化和其它技术支持仍然是该领域商业研发和早期创业的焦点。

年度事件	业界企业与动态	投资	电芯材料发展动态	技术应用
成本	供应链	回收	生产制造	安全/ 法规

2022 年度事件

1月

Week 1

瑞典电池制造商Northvolt在瑞典超级工厂组装了第一个锂离子电池组。

松下将在特斯拉超级工厂中使用Redwood的回收材料来生产电池。

电动汽车电池初创公司 StoreDot完成了8000万美元的D轮融资，由越南电动车企VinFast牵头。

Week 2

QuantumScape宣布和Fluence共同开发静态储能应用场景中的固态锂金属电池。

电池智能公司Voltaiq, Batemo, 和电池测试商Energy Assurance发布了首个独立电池指数。

Week 3

到2025年，LG化学将在韩国龟尾市的正极材料工厂投资4.19亿美元。

沃尔沃推出电动卡车VNR，续航里程275英里，还有快速充电功能。

由梅赛德斯-奔驰和Stellantis牵头，Factorial Energy筹集了2亿美元，以加速其固态电池的商业化。

本田与SES（麻省固能）签署了锂电池领域的联合开发协议。

宁德时代和EVGO联合推出电动汽车换电服务。

Week 4

通用汽车和LG新能源投资26亿美元在密歇根州首府兰辛建立第三家合资的Ultium Cell电池超级工厂。

ProLogium和梅赛德斯-奔驰签署了一项技术合作协议，目标是为电动汽车开发固态电池。

2022 年度事件

2月

Week 1

Addionics完成了2700万美元的A轮融资，以扩大3D电极生产的规模。

Zeta Energy为其先进的锂硫电池技术获得了2300万美元的A轮融资。

Week 2

福特汽车与Sunrun合作开发电动汽车充电、家庭能源管理等解决方案。

电动汽车厂商Rivian与电池制造商三星SDI放弃了就成立合资电池公司的谈判。

Week 3

SES韩国分公司在韩建立了一个预生产设施，以加快与通用、现代和本田的样本联合开发。

澳大利亚矿商Liontown与特斯拉签署了一项为期5年的供应协议以供应锂辉石精矿。

美国能源部启动了1.4亿美元的项目，以开发美国第一个关键矿物（稀土元素、锂和钴等）精炼厂。

LG新能源收购了NEC Energy Solutions的100%股份，NEC Energy Solutions是一家非汽车锂离子电池和系统集成业务商。

Week 4

美国交通部和能源部宣布，为全国电动汽车充电网络拨款近50亿美元。

英韩合资锂电池生产商Eurocell计划建造其首个欧洲超级工厂。

固态电池公司QuantumScape在日本设立了新的研发中心以扩展亚太地区业务。

2022 年度事件

3月

Week 1

Ola Electric宣布计划在印度建设产能为50 GWh的巨型工厂。

松下宣布计划在美国建造另一家电池工厂为特斯拉供货。

Week 2

索尼和本田合作开发和销售电动汽车。

通用汽车和浦项制铁将在加拿大建造4亿美元的工厂，生产负极活性材料。

Ascend Elements和韩国SK美国分公司宣布合作回收电池制造废料。

三星SDI开始在韩国水原建设固态电池试验线。

Week 3

梅赛德斯-奔驰宣布在德国南部库彭海姆新建2500吨的电池材料回收厂。

Northvolt宣布将在德国建立第三家超级工厂。

Week 4

Stellants和LG新能源将向合资企业投资50亿加元，用于在加拿大生产电池。

LG 新能源投资20亿美元，在亚利桑那州皇后溪（Queen Creek）建造其第一座美国圆柱电池工厂，产能为11 GWh。

铃木汽车将在印度投资13亿美元用于电动汽车和电池生产。

韩国浦项制铁在阿根廷投资40亿美元开发新的锂矿项目。

2022 年度事件

4月

Week 1

台湾换电公司Gogoro启动IPO。

比亚迪和壳牌在中国和欧洲展开电动汽车充电相关合作。

Week 2

欧洲第一家锂离子电池正极厂Talga在瑞典投产运营。

VinFast投资20亿美元在美国北卡罗来纳州建造电动汽车工厂。

通用汽车和本田宣布计划共同开发平价电动汽车。

宁德时代与印度尼西亚合作，通过60亿美元的投资促进电动汽车产业发展。

Week 3

LG新能源宣布与Li Cycle建立战略合作伙伴关系，后者成为他们在北美首选的锂离子电池回收商。

远景动力投资20亿美元在肯塔基州建设一座30GWh的超级工厂。

Umicore和汽车电池公司（ACC）签署了欧洲电动汽车正极材料的长期供应协议。

美国能源部向澳大利亚矿业公司Syrah Resources拨款1.07亿美元。

Week 4

South 8 Technologies筹集1200万美元用于将高性能锂离子电池的下一代电解质商业化。

大众汽车和英国石油公司bp启动战略合作伙伴关系，在欧洲推出电动汽车快速充电业务。

FreeWire完成了1.25亿美元的D轮融资，用于开发电动汽车充电业务。

2022 年度事件

5月

Week 1

Sila开始在美国华盛顿州建造硅负极工厂。

美国能源部宣布提供高达4500万美元的资金，以支持美国国内电动汽车电池的开发。

Amprius Technologies与美国能源部签订了价值300万美元的合同，用于硅纳米线的技术开发。

Week 2

孚能科技推出了一种新的电芯原型，其能量密度为300Wh/kg，可在15分钟内充满电。

宝马集团的风险投资部门BMW i Ventures宣布领投绿色锂提炼技术研发商Mangrove Lithium的A轮融资。

Week 3

Nano One Materials以1025万加元收购庄信万丰电池材料公司。

Stellantis和三星SDI在其美国的锂离子电池合资生产厂中投资超过25亿美元。

挪威莫罗电池公司在西门子领投的新一轮融资中筹集了1亿欧元。

Week 4

Polestar投资极速充电电池公司StoreDot。

丰田发布了基于电动汽车技术的家用电池存储系统。

宁德时代将从2025年起为宝马提供圆柱形电池。

2022 年度事件

6月

Week 1

宁德时代将向波兰Solaris提供配备新型CTP技术的磷酸铁锂电池，用于电动客车使用。

塔塔汽车收购了福特位于印度古吉拉特邦的萨南工厂，以扩大生产。

Week 2

比亚迪宣布将向特斯拉供应电池。

Eurobattery Minerals购买了芬兰豪塔兰皮电池矿项目40%的所有权。

美国电池初创公司ONE（Our Next Energy）宣布，公司已与宝马集团签署协议，将ONE的Gemini双化学电池技术整合到纯电动宝马iX中，并能实现600英里续航表现。

Week 3

Solid Power宣布安装电动汽车固态电池试验线。

Ion Storage Systems完成了3000万美元的A轮融资。

ProLogium Technology宣布将于2023年开始大规模自动化生产固态电池。

富士康在台湾南部建立了第一家电池工厂，并将于2024年第一季度开始生产。

Week 4

LG新能源将在韩国Ochange建造产能为9 GWh的4680大圆柱电池产线。

宁德时代推出CTP电池“麒麟“，其体积利用率和能量密度均创纪录。

国轩高科将在阿根廷建设一座每年可生产60000吨碳酸锂的工厂。

大众和西门子对美国Electrify America公司进行了4.5亿美元的联合股权投资。

2022 年度事件

7月

Week 1

VinFast与ProLogium合作开发固态电池。

通用汽车和Pilot Company将建设跨越全美的电动汽车快速充电网络。

Week 2

Wildcat Discovery Technologies在D轮融资中筹集了超过9000万美元。

LG新能源可能向印度Mahindra＆Mahindra供应电池。

Week 3

宁德时代和福特宣布战略合作，宁德时代将向福特供应LFP电池组。

三星SDI在马来西亚投资1.7万亿韩元用于圆柱形电池生产线。

松下能源计划在堪萨斯城地区建设一家最先进的电动汽车电池工厂。

美国能源部将向通用汽车和LG新能源的电池合资企业Ultium Cells贷款25亿美元。

Week 4

通用汽车和Livent达成长期氢氧化锂供应协议。

Cuberg在锂金属电池开发中实现了重要里程碑，达到了672次循环和380 Wh/kg的能量密度。

SK On、福特和EcoPro BM 将共同投资北美的正极材料生产设施。

2022 年度事件

8月

Week 1

Nikola以1.44亿美元收购电池组供应商Romeo Power。

Ascend Elements宣布计划在肯塔基州投资10亿美元回收电池材料。

Week 2

Nexeon筹集了超过2亿美元用于资助电池材料制造。

特斯拉与两家中国大型企业，浙江华友和中国新材料公司，签署了电池前体材料供应协议

宁德时代推迟对北美工厂的决定。

拜登-哈里斯政府启动了67.5亿美元的跨党派基础设施计划，扩大国内关键电池材料供应链。

Week 3

亿纬锂能将向宝马提供用于欧洲电动汽车的大圆柱形电池。

美国反通胀法案于8月16日生效，财政拨款**3690亿美元**用于投资清洁能源和应对气候变化。

今年最大新闻！

Week 4

奔驰将从Rock Tech Lithium采购电池材料氢氧化锂。

Celgard与American Battery Factory达成了高性能磷酸铁锂电池隔膜技术的战略联盟。

宁德时代与SERES签署了为期五年的战略协议，供应麒麟电池。

本田和LG新能源计划在美国建立44亿美元的电动汽车电池工厂。

2022 年度事件

9月

Week 1

ONE公布了一款1007 Wh/l的无负极电池，使电动汽车可以行驶600英里。

丰田承诺在北卡罗来纳州的电动汽车电池工厂加大投资，投资金额为56亿美元。

Week 2

SK向Ascend Elements投资5000万美元。

宁德时代将向宝马供应圆柱电池，这些电池来自中国和欧洲未来的电池工厂。

奔驰和Rivian签署谅解备忘录，达成战略合作并联合生产电动货车。

Iontra筹集了3800万美元的B轮融资，以推进电池充电平台的开发。

Week 3

宁德时代和Flexgen签署了一份10 GWh多年电池储能系统供应协议。

富士胶片在24M Technologies的第二轮融资中额外投资了2000万美元。

国轩高科将投资36亿美元，在美国密歇根州Big Rapids附近建设电池制造工厂。

宁德时代推出了一款用于重型卡车的模块化电池解决方案。

Week 4

Faraday Future解决了投资者纠纷，筹集了高达1亿美元的资金，以推出FF 91。

梅赛德斯-奔驰卡车在IAA上推出了其里程最长的电动卡车eActros LongHaul。

宁德时代将在2030年之前向本田提供123 GWh的电动汽车电池。

2022 年度事件

10月

Week 1

Form Energy在E轮融资中筹集了4.5亿美元。

OneD与通用汽车合作开发硅质电池技术。

Week 2

通用汽车与澳大利亚的昆士兰太平洋金属公司达成合作协议，以从澳大利亚采购镍。

SK On与澳大利亚的Lake Resources签署电池级锂供应协议。

Week 3

Ascend Elements和EcoPro Group宣布合作，向北美电动汽车行业供应回收电池材料。

Our Next Energy宣布将向密歇根州范布伦镇投资16亿美元，建设一座新的电池单元制造厂。

Week 4

宝马在美国与Envision AESC签署供应协议，以获取电池单元。

宁德时代和VinFast达成战略合作，如提供CTP电池，以推广全球电动出行。

美国能源部公布了将受益于美国两党基础设施法案的前20家公司名单，这些公司总共将获得28亿美元的支持。

2022 年度事件

11月

Week 1

SAUDIA计划从Lilium购买并在中东/北非地区运营100架飞机。

沙特阿拉伯的公共投资基金与富士康合作推出电动汽车品牌Ceer。

Week 2

富士康以1.7亿美元收购Lordstown Motors的额外股权。

VALE和通用汽车签署了从加拿大长期供应电池级镍的协议。

Week 3

LG Energy Solution与Compass Minerals签署多年的碳酸锂供应协议。

美国能源部宣布投入1200万美元支持地热卤水提取和转化锂。

Coulomb Solutions公司将向Phoenix Motorcars提供独特的宁德时代电池解决方案。

比亚迪将在2023年第二季度开始批量生产钠离子电池。

Week 4

大众汽车与富士康就在美国制造电动皮卡和SUV进行谈判。

特斯拉半挂卡车完成了满载500英里的首次测试行驶，作为8级卡车，总重达81,000磅。

2022 年度事件

12月

Week 1

Panasonic Energy和Lucid宣布签署供应Lucid Air豪华电动汽车的锂离子电池协议。

CATL将从2024年到2030年为本田供应123 GWh的电动汽车电池。

Week 2

现代汽车集团和SK公司将在乔治亚州巴托县建立电动汽车电池工厂。

Rivian暂停与奔驰合作在欧洲生产电动货车的计划。

Week 3

美国能源部发放25亿美元贷款，帮助合资企业Ultium Cells LLC制造电动汽车电池。

初创企业Group14 Technologies在C轮融资中筹集了2.14亿美元。

Redwood Materials计划在南卡罗来纳州建造价值35亿美元的工厂。

Week 4

QuantumScape向OEM公司首次交付24层原型电芯。

Form Energy宣布在韦尔顿市投资7.6亿美元建造电池工厂。

根据授权协议，宝马将在德国规模化生产Solid Power的固态电池。

福特和宁德时代正在考虑在密歇根州或弗吉尼亚州建造电池工厂。

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电芯材料发展动态

技术应用

成本

供应链

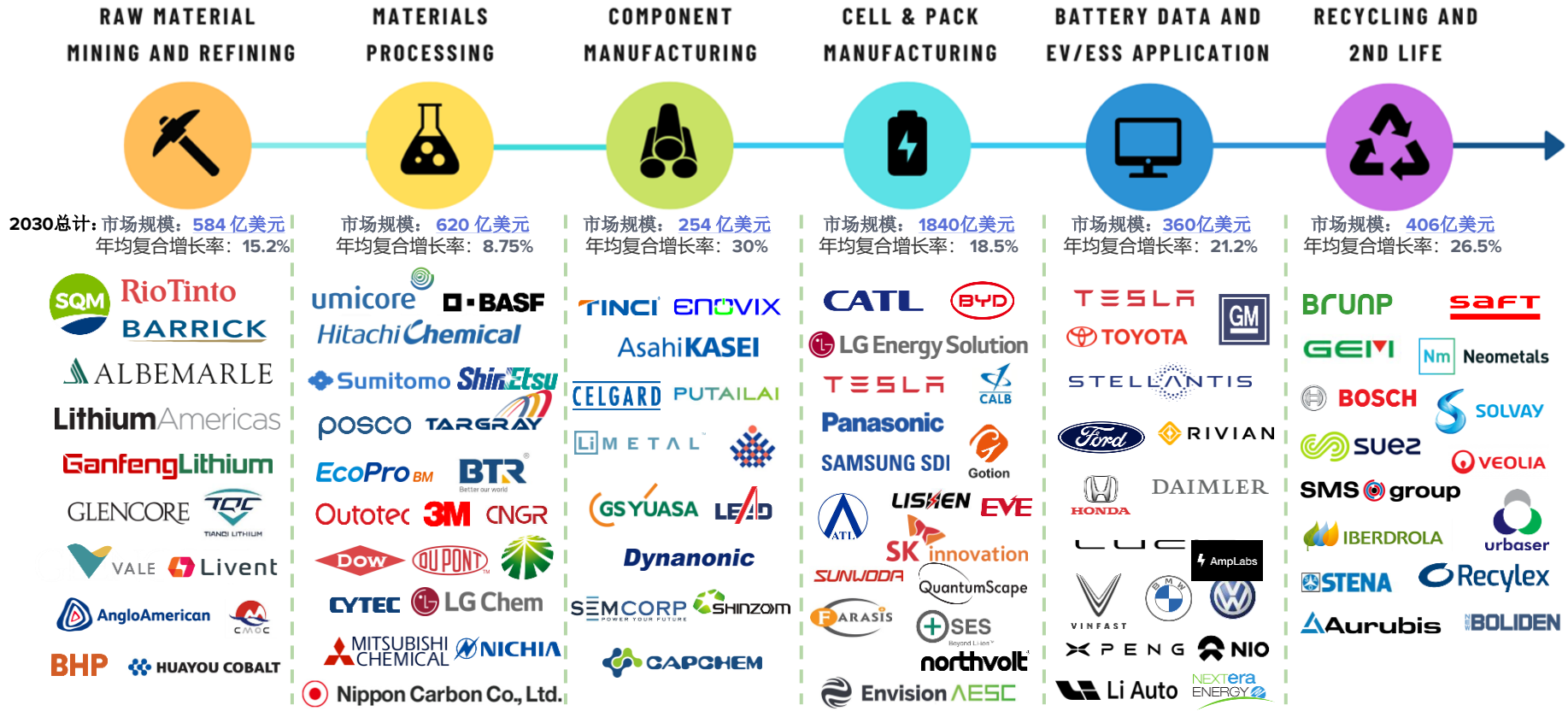
回收

生产制造

安全/法规

业界企业 | 大市值公司

市值/估值超过 10 亿美元的上市公司和老牌企业概览*

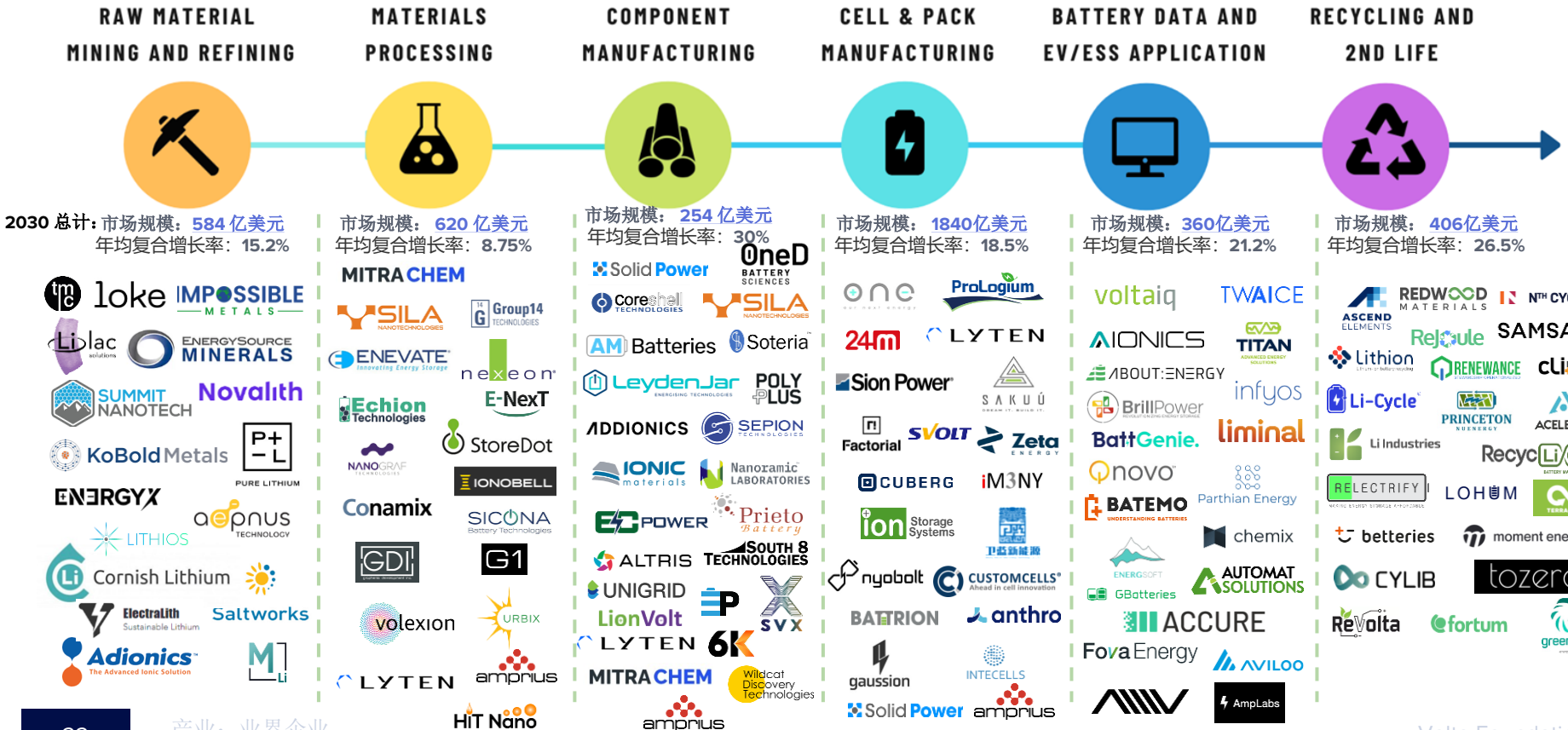


*截止到 2022 年 12 月 31 日的公司估值，估值会随时变动，此处的分类仅是粗略分类

* 根据招标文件的限制性条款

业界企业 | 小市值公司

市值/估值 < 10 亿美元的初创企业和私营企业概览*



产业：业界企业

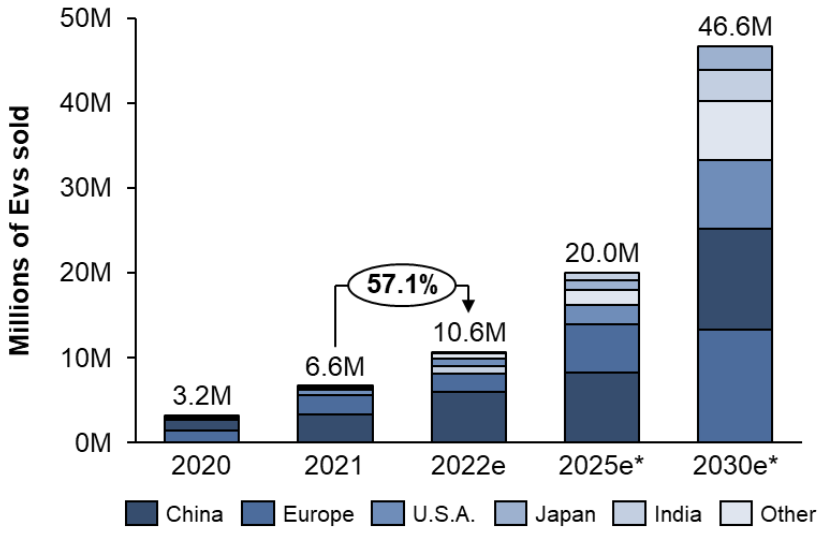
*截止到 2022 年 12 月 31 日的公司估值，估值会随时变动，此处的分类仅是粗略分类

*根据招标文件的限制性条款

业界动态 | 汽车整车厂商 | 市场概览

电动乘用车今年继续受到了市场热捧。 据估计，2022 年全球电动汽车销量占所有新车销量的 10-13%。诸如反通胀法案（IRA）和净零碳排放等一系列激励性政策措施的出台加速了从传统汽车向电动汽车的过渡。

2022 年，全球纯电动汽车销量同比增长约57%



数据截至 2022 年 12 月
全球电动汽车销量包括纯电动汽车（BEV）和插电式混动汽车（PHEV）
根据 IEA 预测的 2025* & 2030*的电动汽车销量

2022 全球电动汽车年度大事件盘点

2022 年，中国占全球电动汽车销量的 50% 以上,预计全年销量或达 600 万辆。

比亚迪拿下全球新能源汽车销量冠军，其电动汽车（BEV 和 PHEV）的全球市场份额达到 17%； 特斯拉仍然是全球纯电动汽车领域的领先者。

根据波士顿咨询集团（BCG）的预测，纯电动汽车在 2025 年将占全球轻型汽车销量的 20%，到 2035 年将占 59%。而在他们前一年的预测中，2025 年的数字为 11%，2035 年的数字为 45%。

电动汽车充电基础设施建设、电池关键原材料的供应以及整车制造仍然是大型传统汽车制造商向电动汽车转型的几个重点领域。

资料来源： 1. IEA 《全球电动汽车展望 2022》， 2. InsideEVs 2022 年全球最佳品牌 3. BCG 全球电动汽车市场预测，2022 电动汽车销量预测

业界动态 | 汽车整车厂商 | 美国

TESLA

合作伙伴

- **比亚迪**
  与比亚迪达成合作，为 Model Y 车型供应刀片电池
- **松下**
  计划在堪萨斯州建造价值 40 亿美元（产能达到 30 GWh）的电池工厂
- **林肯技术学院**
  与林肯技术学院合作，培训下一代电动车技术人员
- **Talon Metals**
  签署了为期六年的 7.5 万吨镍供应合同

投资

- **扩建奥斯汀超级工厂**
  投资 7.7 亿美元扩建工厂
- **德克萨斯锂冶炼厂**
  在Corpus Christi的锂冶炼厂将锂矿精炼成电池级锂
- **电池正极材料生产**
  取得奥斯汀超级工厂扩建电池正极材料工厂的建造许可

GM

投资

- **GM Energy**
  通用汽车新成立的业务部门，致力于提供可持续能源产品和电动汽车充电基础设施
- **升级/新建工厂**
  拟投资 70 亿美元升级、新建工厂，发展电动汽车
- **Queensland Pacific Metals**
  投资 6900 万美元入股 Queensland Pacific Metals，锁定镍和钴的新来源

合作伙伴

- **Pilot 和 Evgo**
  在全美 500 个地点建立 2000 个充电站
- **Ultium**
  美国能源部已敲定提供 25 亿美元低息贷款，为建设新的 LGES/GM Ultium 电池制造厂提供资金
- **LG 化学正极活性材料**
  LG 化学将在未来 8 年向通用汽车供应逾 95 万吨的正极活性材料（CAM）

Ford

投资

- **福特电动化转型预计投资超 500亿 美元**
  福特汽车承诺，到 2026 年，将在电动车上投资超过 500 亿美元。
- **俄亥俄州组装工厂**
  投资 15 亿美元，在 2025 年左右开始组装一款全新的电动汽车
- **Cavnue**
  与福特共同领投的 A 轮融资中获得 1.3 亿美元资金，以建立自动驾驶汽车专用车道

合作伙伴

- **宁德时代**
  为 Mach-E 和 F-150 Lightning 等车型供应磷酸铁锂电池包
- **60 GWh 电池采购大单已派发**
  与宁德时代、LG 化学和 SK 创新签订协议，以实现电动汽车年化产能达到 60 万辆
- **ECOPRO BM**
  与 SK On 和 EcoPro BM 共同投资 7 亿美元，建造电池正极材料工厂

业界动态 | 汽车整车厂商 | 亚洲（不包括中国）



投资

- **投资350 亿美元**
  2022 年至 2030 年投资 350 亿美元研发电动汽车
- **投资 56 亿美元建造电池工厂**
  北卡罗来纳州 23 亿美元，日本本土 28 亿美元

合作伙伴

- **ChargePoint 和 Evgo**
  快充基础设施建设
- **铃木、大发和日本商用车联盟**
  合作开发电动商用货车
- **比亚迪**
  丰田与比亚迪联合开发纯电动轿车
- **ioneer**
  携手松下公司的合资电池企业，从澳大利亚 ioneer 公司的内华达州矿山采购碳酸锂



投资

- **麻省固能（SES）**
  签订联合开发协议，SES 以 SPAC 方式在美上市
- **俄亥俄州工厂升级**
  斥资 7 亿美元改造电动汽车生产设施
- **豪掷 400 亿美元，加速电动化转型**
  到 2030 年推出 30 款纯电动车型

合作伙伴

- **LG 新能源**
  两家合资企业在美国开建 44 亿美元电池工厂
- **通用**
  合作开发低价电动汽车



投资

- **260 亿美元投资**
  到 2030 年，电动化转型投资 160 亿美元，软件技术开发投资 100 亿美元
- **投资 55 亿美元建造工厂**
  在格鲁吉亚建造电动汽车和电池生产工厂
- **电动汽车电池工厂**
  投资 2.05 亿美元扩建阿拉巴马州蒙哥马利工厂

合作伙伴

- **依维柯**
  合作开发氢燃料电池货车
- **博格华纳**
  为其新型电动汽车选用集成式驱动模块
- **劳斯莱斯**
  合作开发氢动力飞机



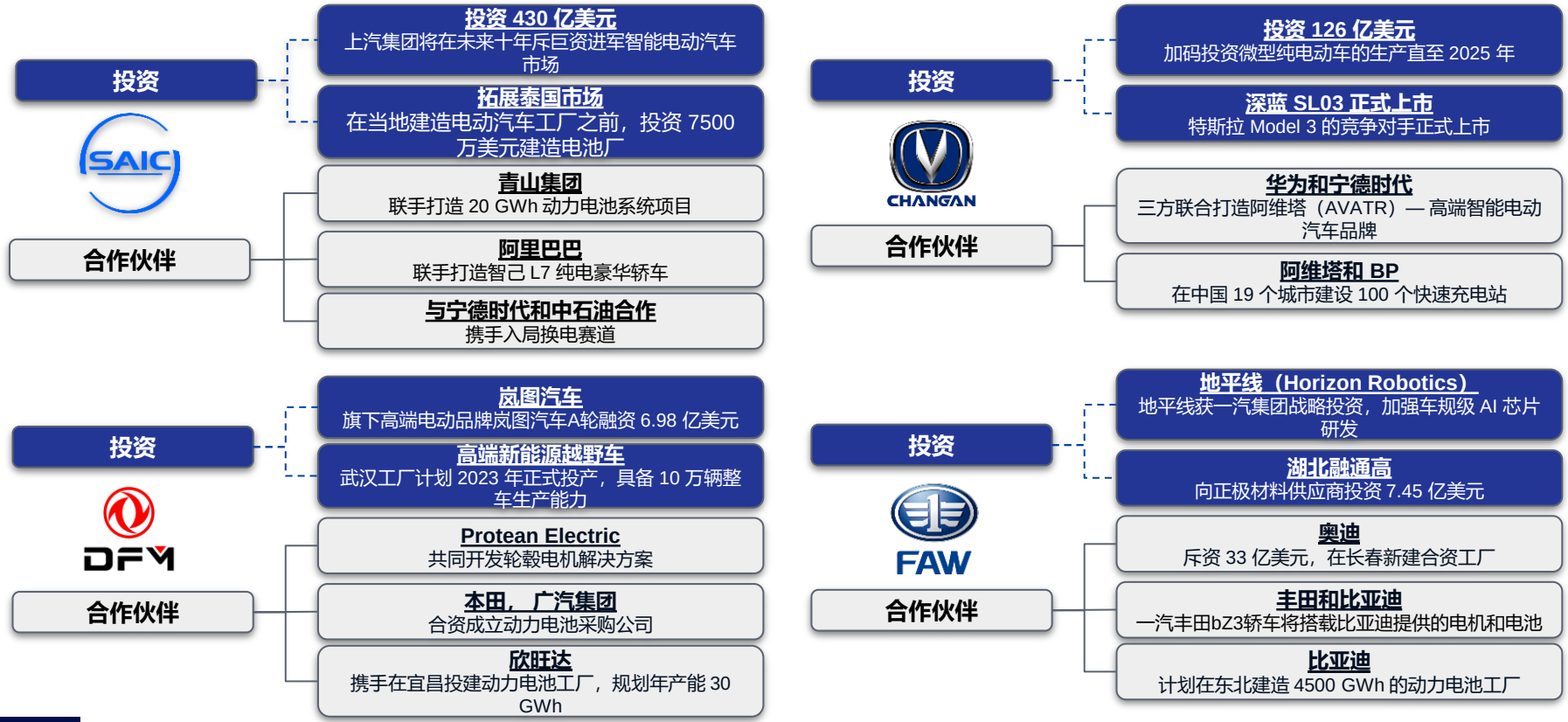
投资

- **固态电池原型生产设施**
  计划于 2028 年推出固态电池电动汽车
- **投资 5 亿美元改造工厂**
  改造密西西比州坎顿汽车组装工厂

合作伙伴

- **迈凯伦**
  E 级方程式车队的技术合作伙伴
- **Zap-Map**
  电动汽车提供充电站分布地图订阅服务
- **雷诺**
  日产与雷诺的谈判重点是优化双方在电动汽车方面投资，并提高联盟的竞争力

业界动态 | 汽车整车厂商 | 中国



注意：比亚迪是中国第一大电动汽车生产商（既能生产纯电车和插电混动汽车，又供应电池，将在电芯制造部分提及）

业界动态 | 汽车整车厂商 | 欧盟

投资

PowerCo
投资 200 亿欧元建设 5 家电池工厂

NorthVolt
筹集了 11 亿美元可转换债券，用于扩建欧洲工厂

合作伙伴

优美科（Umicore）
成立合资企业，投资 30 亿欧元生产电池负极材料

Redwood Materials
打造电动汽车电池回收供应链

Elli 与 Elia 集团合作
将电动汽车并入电网中

加拿大
签署合作谅解备忘录，深化在电池制造和原材料供应方面的合作

投资

The Mobility House
在 C 轮融资中筹集了 5000 万美元，利用智能充电和储能技术，将电动车整合应用于电网中

风力发电
在德国北部帕彭堡建造一座100 MW的风力发电场，

ProLogium
大力投资开发固态电池

Mercedes-Benz

合作伙伴

Rock Tech Lithium
从 2026 年开始，每年供应 1 万吨的精炼氢氧化锂

Rivian
签署合作谅解备忘录，生产电动货车

投资

Factorial
签署联合开发协议，完成 D 轮融资，共同开发用于电动汽车的固态电池

Vulcan Energy Resources
5100 万欧元的股权投资，签署了为期10年的氢氧化锂供应协议

投资 28 亿美元用于生产
升级改造其位于加拿大温莎和布朗普顿的工厂

STELLANTIS

合作伙伴

三星 SDI
投资超 25 亿美元，在美国印第安纳州科科莫市建立一家动力电池工厂，规划年产能 23 GWh

LG Energy Solutions
投资 41 亿美元，在加拿大安大略省温莎市建造一座电池工厂，规划年产能 45 GWh

GME Resources
签署电池级镍钴承购协议

投资

投资 17 亿美元用于生产
10 亿美元用于宝马南卡罗来纳州斯帕坦堡电动汽车工厂，7 亿美元用于该州新的电池组装工厂

中国电池工厂扩建
投资 14 亿美元扩建电池工厂，为 i4 和 iX4 电动车供应电池

BMW

合作伙伴

宁德时代
2025 年开始为宝马供应新型圆柱电池

远景动力
在美国南卡罗来纳州建设新的动力电池工厂，规划年产能 30GWh

SolidPower
Solid Power 将向宝马授权电池设计和制造工艺，宝马将支付 2000 万美元

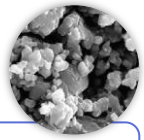
业界动态 | 知名上市公司合资企业和合作伙伴

动力电池行业价值链



化学分离

orbia SOLVAY
November 2022
JV to develop PVDF, which is used as a lithium-ion binder and separator coating.



组件制造

gm microvast
November 2022
Separator plant JV between GM and Microvast

VinES 国轩高科
November 2022
VinES and Gotion joint venture to build LFP CAM Plant plant

LG Chem 华友钴业
June 2022
LG Chem and B&M, subsidiary of Huayou Cobalt, joint venture to produce NCMA with an annual capacity of 60kt

gm posco
May 2022
POSCO and GM finalize Ultium CAM joint venture with a capacity output of 30ktpa

PowerCo umicore
September 2022
PowerCo and Umicore battery materials (pCAM and CAM) JV

LG Chem Korea Zinc
June 2022
LG Chem and KEMCO, a subsidiary of Korea Zinc, joint venture to produce 20kt of precursor material



电芯 & 电池包制造

RENAULT MINTH GROUP
June 2022
Renault and Minth plan JV to produce battery housings at Renault's Ruitz plant

STELLANTIS SAMSUNG SAMSUNG SDI
May 2022
Stellantis and Samsung SDI joint venture into battery plant with a capacity of 23 GWh per Annum

LG Energy Solution HONDA
October 2022
40GWh (2025) Fayette County, OH

Ford SK
July 2022
60GWh per Annum Tennessee & Kentucky



应用（回收与储能）

SONY HONDA
June 2022
Sony and Honda create JV to manufacture EVs; the new company is called "Sony Honda Mobility Inc."

FOXCONN ptt GLOBAL CHEMICAL
June 2022
Foxconn and PTT gain approval of $1.04 billion BEV JV from Thailand's BOI

Nidec FREYR
August 2022
Joint venture to establish a provider of utility scale battery energy storage products



回收利用

posco GS Energy
October 2022
POSCO and GS Energy sign agreement to establish a recycling joing venture

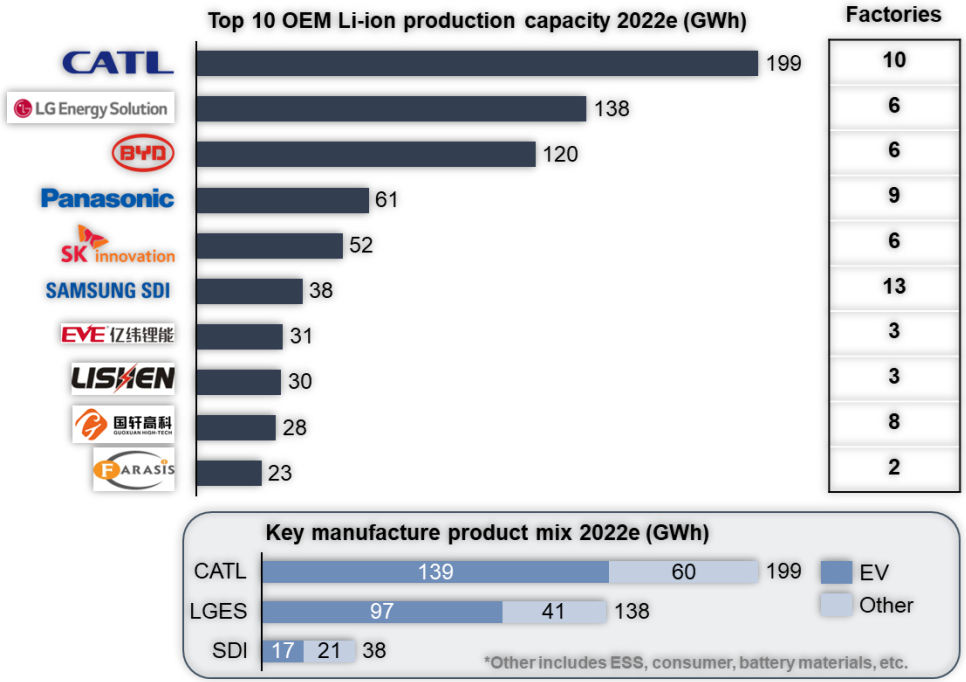
GLENCORE BRITISHVOLT
February 2022
Glencore and Britishvolt form a recycling joint venture with a capacity of 10ktpa

LG Chem 华友钴业
July 2022
LG Chem and Huayou Cobalt joint venture to recycle nickel, cobalt, and lithium

资料来源：Honda and LGES, VinES and Gotion, Solvay and Orbia, Ford and SK On, GM and Microvast, PowerCo and Umicore, Stellantis and Samsung SDI, LG Chem and Huayou Cobalt, LG Chem and B&M, Nidec and FREYR, Foxconn and PTT, POSCO and GS Energy, Glencore and Britishvolt, Renault and Minth Group, POSCO and GM, Sony and Honda

业界动态 | 动力电池厂商 | 概览

2022 年，动力电池厂商加速扩大产能（约 600 - 700 GWh[1,2,5,6]），以满足不断增长的市场需求（约 450 GWh），主要来自汽车整车厂商（电动汽车），当然也包括储能系统（ESS）和消费类电子等细分市场。



注*电池工厂的产能利用率一般约是理论产能的 70%；因此额定产能需要远远高于实际电池需求量[1]

2022 年动力电池厂商趋势

2022 年，**全球前六大动力电池厂商**的锂电池产能约占全球产能的 82% 。[1]

宁德时代仍然保持显著领先优势。 2022 年上半年，宁德时代全球动力电池销量为 70.9 GWh，稳居行业第一，并计划进一步扩大其全球业务范围。[3]

比亚迪不断挑战 LG 新能源，2022 年 7 月和 8 月，比亚迪动力电池装机量 2 次超越 LG 新能源[3, 4]。

加强与整车厂商的合作，确保电池关键原材料的供应，以及降低制造成本是 2022 年顶级电池厂商关注的几个重点领域。

资料来源：1. Automotive Battery Supply Chain 2022, 2. IEA - Li-ion production capacity, 3. Electrive.com, 4. BloombergNEF, 5. SNE Research, 6. Company Data

业界动态 | 动力电池厂商

CATL

投资

- **洛阳**
  投资 19 亿美元建设新能源电池生产基地
- **洛阳钼业**
  宁德时代收购洛阳钼业 25% 的股份
- **安脉盛**
  完成 C 轮融资，投资建设智能工厂
- **杉杉股份**
  与比亚迪和宁德新能源（ATL）携手战略投资 4.7 亿美元，以扩大锂电池负极生产规模

合作伙伴

- **福特**
  考虑在弗吉尼亚州或密歇根州建设动力电池工厂
- **匈牙利超级工厂**
  投资 76 亿美金在匈牙利建设工厂，其动力电池总产能为 100 GWh，将直接向奔驰、宝马、大众 和 Stellantis 集团供货
- **电动卡车**
  与戴姆勒卡车和 Trailer Dynamics 合作，并与瑞士 Kyberg 签署谅解备忘录
- **起亚**
  起亚首次在韩国本土出售的车辆中采用来自其它国家的电池
- **FlexGen**
  达成 10 GWh 电池储能系统供应协议

LG Energy Solution

投资

- **韩国奥昌**
  投资 5.68 亿美元用于扩大产能
- **OnePredict**
  C 轮融资获 2500 万美元，开发智能工厂软件
- **LG 新能源动力电池挑战赛**
  为创新的初创企业提供 100 万美元现金奖励
- **增加资本支出**
  投资 53 亿美元扩大电动汽车电池产能
- **锂电池回收**
  LG 新能源与 LG 化学投资 5000 万美元布局锂电回收

合作伙伴

- **本田**
  成立合资公司，投资 44 亿美元在美国俄亥俄州建造电动汽车电池工厂
- **通用**
  与通用汽车合资公司 Ultium 共同投资 26 亿美元，在美国建第三家工厂（50 GWh）
- **北美地区原材料供应**
  与 Snow Lake Resources、Electra 电池材料公司和阿瓦隆先进材料公司签署合作协议，加强其在北美的钴和锂供应链
- **智能工厂**
  与西门子和 RIST 签署合作协议，推进智能工厂建设
- **现代**
  现代联手 LG 新能源，考虑在美国建造两家合资电池工厂

业界动态 | 动力电池厂商

BYD

投资

电池制造
拟投资 41 亿美元在宜春建设年产能 30 GWh 的动力电池项目

锂矿
购 6 座非洲锂矿，具体金额暂未披露

合作伙伴

Inchcape
进军比利时和卢森堡的电动汽车市场

一汽集团
在长春建设年产能 45 GWh 的动力电池项目

壳牌
在中国和欧洲开展电动汽车充电领域的合作

Sixt
到 2028 年，将向比亚迪购买 10 万辆电动汽车

Panasonic

投资

提高 1 号超级工厂产能
将年产能从 39 GWh 提升至 43 GWh

堪萨斯工厂
投资40 亿美元建造年产能为 30 GWh 的电池工厂，为特斯拉生产和供应最新的 4680 电池

合作伙伴

新世界石墨（NMG）
在北美建立石墨供应链

Redwood Materials
采购回收再利用的电池正极材料

Lucid Motors
松下能源将为豪华电动汽车 Lucid Air 供应锂电池

SK innovation

投资

Ascend Elements
SK Eco 投资 5000 万美元用于锂电池材料回收

泰拉能源（Terra Power）
SK 将向小型核反应堆（SMR）投资 7.5 亿美元

扩张美国市场
拟在美国投资 300 亿美元，用于电动汽车电池、氢能、储能等环保业务

合作伙伴

福特和 Koc
在土耳其合建电池工厂（年产能 30-45 GWh）

现代
签署合作谅解备忘录，投资 55 亿美元在北美建造电池工厂

Lake Resources（锂）
将收购 Lake Resources 10% 的股份，承购协议为期 5 年， 每年供应 1.5-2.5 万吨

SAMSUNG SDI

投资

增加研发投入
在美国、德国和中国建立锂电池研发中心

马来西亚电池工厂
投资 13 亿美元在马来西亚建造圆柱形电池工厂

固态电池
2023 年初建造完成固态电池试产线

合作伙伴

Stellantis
投资 25 亿美元在美国印第安纳州建造锂电池工厂，计划年产能 23 GWh

EcoPro EM
合资投建年产 5.4 万吨的负极材料工厂

业界玩家 | 动力电池和电动汽车整车厂商供应链关系图

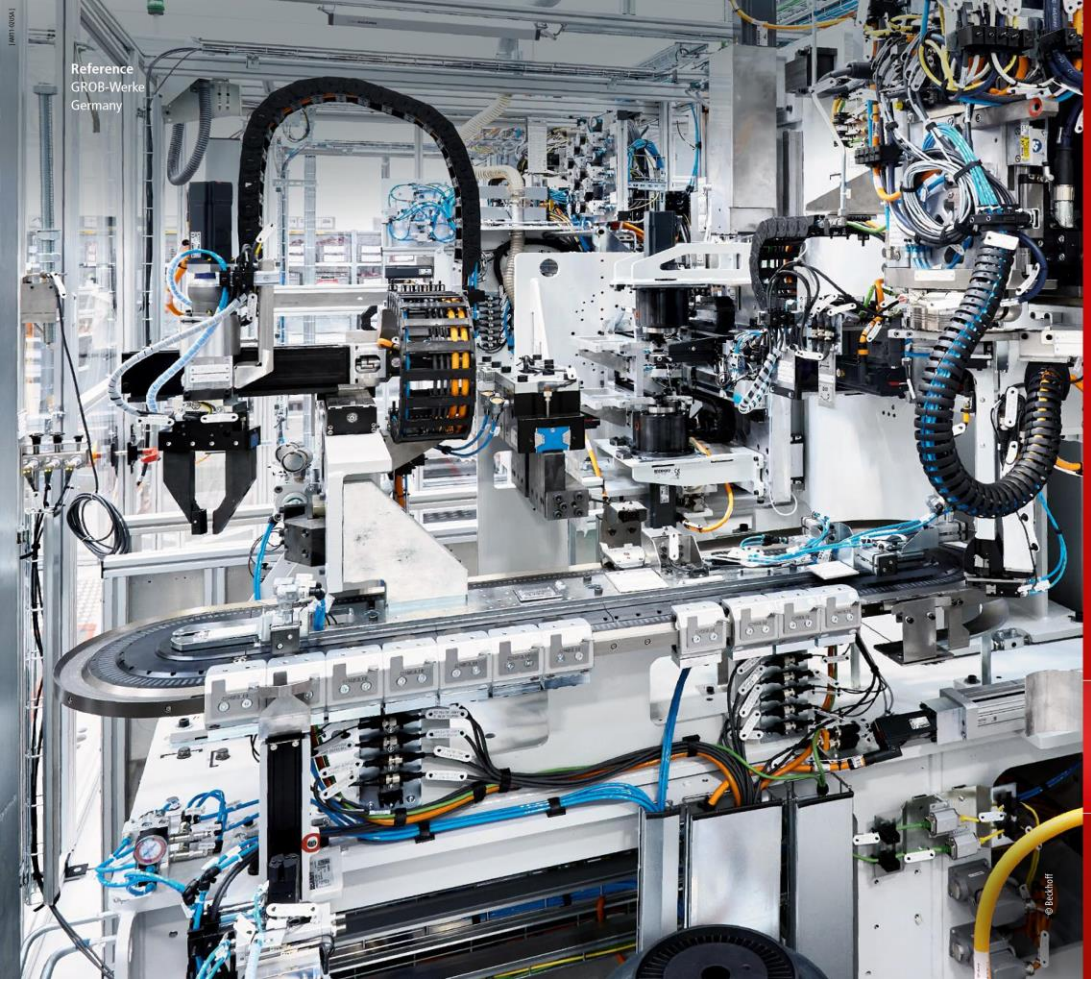
2022 年，车企与动力电池企业继续加强建立合作伙伴关系，成立合资企业，共建稳健的电动汽车电池材料供需体系

	2022e EV Li-ion market share	*34%*	*14%*	*12%*	*10%*	*7%*	*5%*	*4%*	*3%*	*11%*	
	Auto OEM	**CATL**	**LGES**	**BYD**	**Panasonic**	**SKI**	**SDI**	**CALB**	**Gotion**	**Others**	**Most common form factor**
U.S.A.	Tesla	✓	✓	✓	✓						Mostly cylindrical, prismatic
	GM	✓	✓								Pouch
	Ford	✓	✓	✓	✓	✓	✓				Pouch & Prismatic
	Rivian		P				✓		P		Cylindrical
Europe	BMW	✓					✓				Prismatic, cylindrical
	Mercedes-Benz	✓	✓	✓			✓	✓			Pouch, prismatic, cylindrical
	VW Group	✓	✓			✓	✓		✓		Mostly prismatic
	Stellantis	✓	✓			✓					Pouch and Prismatic
Asia	BYD			✓							Prismatic
	Toyota	✓		✓	✓			✓			Prismatic, cylindrical, pouch
	Honda	✓	✓		✓						Pouch
	Nissan	✓	✓		✓						
	Hyundai/Kia	✓	✓			✓					Pouch and Prismatic
	SAIC	✓						✓	✓		Prismatic

Legend ✓ Current battery supply relationship
P Potential battery supply

*内容非详尽无遗

资料来源：Elektric Drive, SNE Research, E Source, Company data



PC 控制技术助力
传统车企电动化转型

更多信息： **www.beckhoff.com.cn/automotive**

基于 PC 的控制技术帮助传统汽车、新能源汽车及电池生产商占据行业领先地位：

- 实现生产制造以及组装全过程端到端自动化：从电池生产到白车身加工制造
- 将所有控制功能集成在统一的 PC 平台中，实现加工效率最大化
- 具有高可扩展性、模块化的自动化产品系列：工业 PC，I/O 系统，驱动技术，IIoT，TwinCAT 自动化软件
- 高速 EtherCAT 现场总线用作通用型超高速通信系统
- 支持多种接口，显著提高设备设计的灵活性
- XTS 和 XPlanar 智能产品输送系统广泛应用于零部件组装



CIBF 深圳国际电池技术交流会暨展览会 China International Battery Fair

展位号：5 号馆，5T033
2023.5.16 - 5.18，深圳国际会展中心（宝安新馆）

欢迎莅临参观倍福展台！

New Automation Technology **BECKHOFF**

业界玩家 | 动力电池制造供应关系

	CATL	LG Energy Solution	BYD	Panasonic	SK innovation	SAMSUNG SDI	CALB	国轩高科 GUOXUAN HIGH-TECH
正极	宁波容百 巴斯夫 深圳德方纳米（LFP） 锂源新能源 河北晟华新材料	中伟新材料 LG 化学 宁波杉杉尤利卡 浦项钢铁 优美科 北京当升材料	宁波容百 厦门钨业 深圳德方纳米（LFP） 锂源新能源 河北晟华新材料 北京当升材料	广东芳源新材料 住友金屬礦山 浙江新能源 优美科 北京当升材料	宁波容百 韩国EcoPro 广东芳源新材料	宁波容百 韩国EcoPro 广东芳源新材料 深圳格林美 优美科	厦门钨业 国轩高科 科恒新能源	国轩高科 科恒新能源 厦门钨业
负极	贝特瑞新材料 广东凯金 宁波杉杉尤利卡 澳大利亚Novonix 上海璞泰来 湖南中科电气	贝特瑞新材料 宁波杉杉尤利卡 澳大利亚Novonix 上海璞泰来 日本日立化成	贝特瑞新材料 江西紫宸 宁波杉杉尤利卡 上海璞泰来 湖南中科电气	贝特瑞新材料 澳大利亚Novonix 日本日立化成	贝特瑞新材料	贝特瑞新材料 上海璞泰来	贝特瑞新材料 广东凯金	贝特瑞新材料 广东凯金
电解液	宁波杉杉尤利卡 天赐材料 江苏国泰 韩国Enchem	江苏国泰 宁波杉杉尤利卡 韩国Enchem	宁波杉杉尤利卡 深圳新宙邦	深圳新宙邦 韩国Enchem	韩国Enchem	深圳新宙邦 瑞泰新材 韩国Dongwha 韩国Enchem	深圳新宙邦 天赐材料	深圳星源材质 韩国Enchem
金属箔	安徽铜冠铜箔 江苏鼎胜新能源 湖北中一 嘉元科技 诺德新材料	江苏鼎胜新能源 诺德新材料	安徽铜冠铜箔 江苏鼎胜新能源 河南明泰铝业 诺德新材料	诺德新材料	韩国SK Nexilus 韩国IlJin Materials	韩国Dongwha	诺德新材料	安徽铜冠铜箔 江苏鼎胜新能源 诺德新材料
隔膜	恩捷股份 上海璞泰来 深圳星源材质 苏州捷力新能源	恩捷股份 上海璞泰来 深圳星源材质 日本旭化成	恩捷股份 上海璞泰来 深圳星源材质	恩捷股份 住友金屬礦山 日本旭化成 美国Celgard	韩国SKI	日本旭化成 日本Toray Tonen 韩国SKI	上海璞泰来 沧州明珠	恩捷股份 深圳星源材质

资料来源：Exawatt analysis of 2021 and 2022 financial disclosures of cell manufacturers and suppliers. NB the list is not exhaustive



山东海科新源材料科技股份有限公司

我们的锂离子电池电解液溶剂
主要应用于新能源领域

DMC / EMC / DEC / EC / PC

更多信息: www.hi-techspring.com

动力电池
电解液领域

储能电池
电解液领域

数码电池
电解液领域

微信扫一扫
了解更多资讯

CIBF 2023 [2023.05.16-18]
第十五届深圳国际电池技术交流会/展览会

展位号：4T151
邮箱：hkxy@hi-techspring.com

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电芯材料发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

生产制造

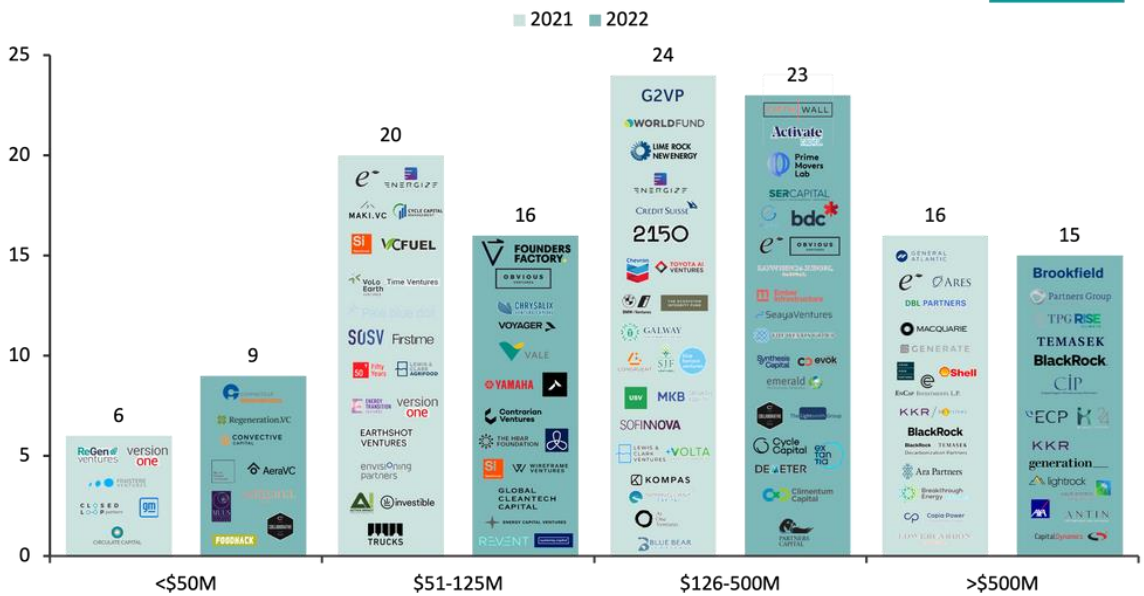
安全/法规

投资| 气候技术风险投资

投资额度翻番，超大型基金(10亿美元)进入气候技术投资领域

气候技术新投资机构

新增气候技术投资基金根据管理金额计数
（从21-22年）



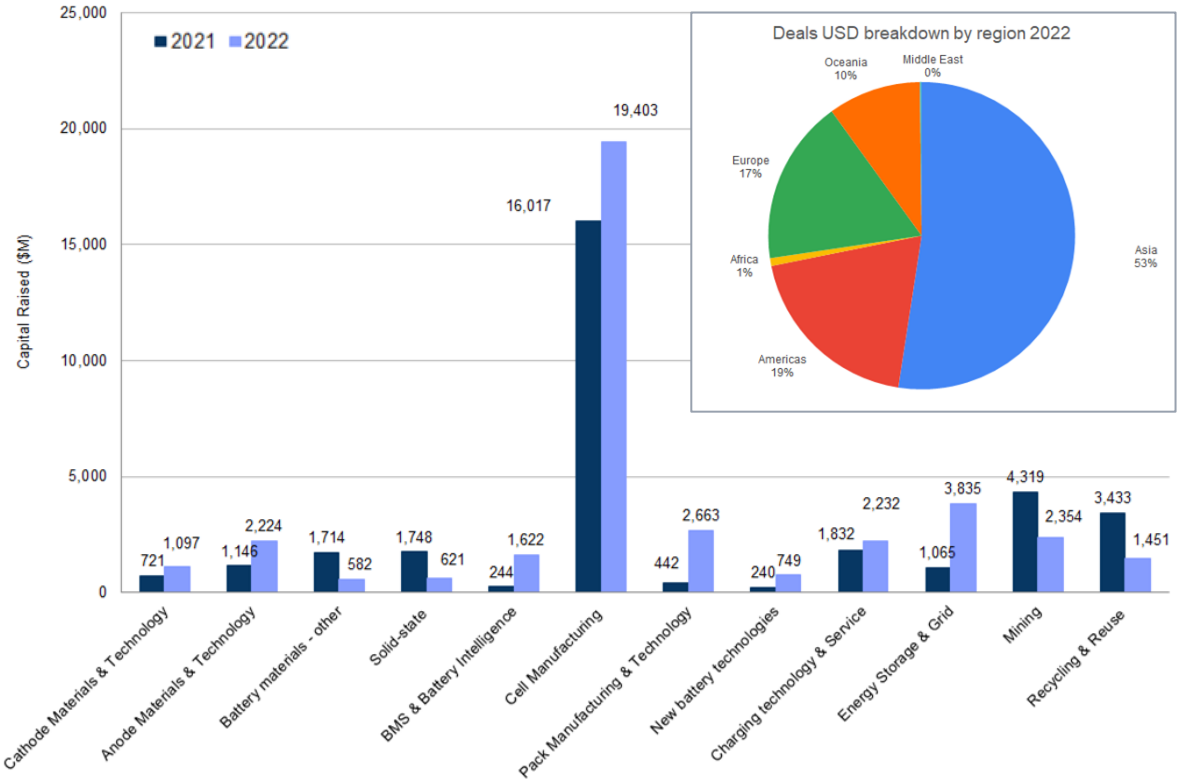
根据Climate Tech VC的数据，2022年有63家气候基金筹集了**640亿美元**，而2021年有62家气候基金筹集了300亿美元。自2021年以来筹集了940亿美元，未来预期仍有370亿美元的资金用于气候投资。

在2022年筹集了5只超大型基金(10亿美元): Brookfield全球过渡基金(150亿美元)、TPG Rise Climate (70亿美元)、淡马锡GenZero (36亿美元)、Energy Capital Partners (30亿美元)和Generation Investment Management (17亿美元)。

Source: Climate Tech VC

投资| 电池工业界投资项目

电池领域的总投资持续逐年增长



关键趋势

- 2021 总融资额度: $330亿美金
- 2022 总融资额度: $390亿美金

根据Pitchbook数据，这些数据包括PE/增长、风险投资、收购/杠杆收购、公司、债务、借壳上市(SPAC)、PIPE(私募股权投资)和IPO。

与去年相比，BMS和电池智能、封装制造技术、新电池技术以及负极材料的投资在2022年增长最快。

Cell Manufacturing保持了持续的势头，并在2022年吸引了最多的资金。

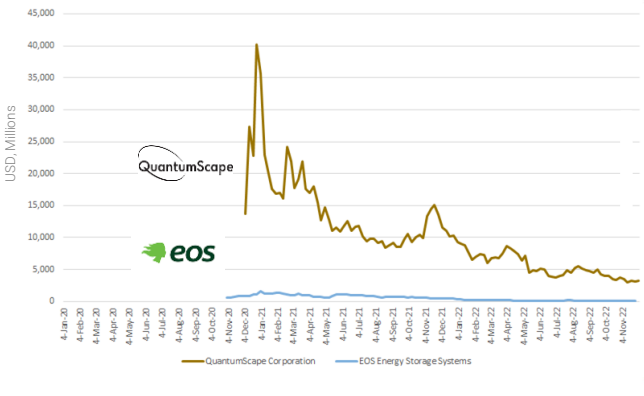
这些数字不包括LG能源解决方案IPO，该IPO在2022年1月以600亿美元的估值筹集了约100亿美元。

Source: Pitchbook as of Nov 2022

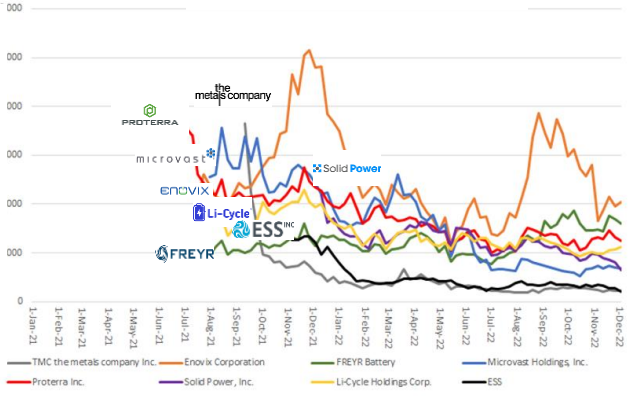
投资 | 电池项目 SPAC 借壳上市趋势

自2020以来借壳上市电池公司的市场表现

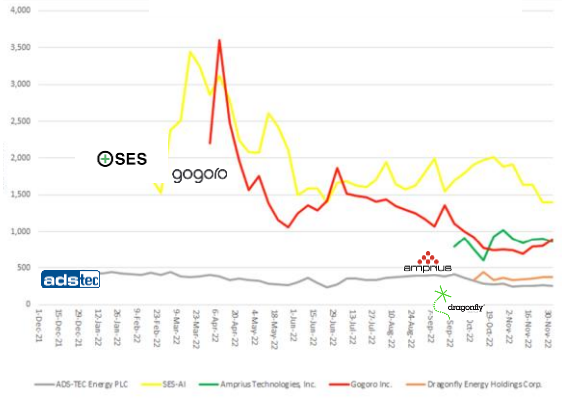
2020 电池借壳上市公司



2021 电池借壳上市公司



2022 电池借壳上市公司



由于财务业绩表现不佳，2020年和2021年电池SPACs的市值继续低于原始估值。挪威电池制造商Freyr Battery是个例外，该公司目前的股价高于最初估值。

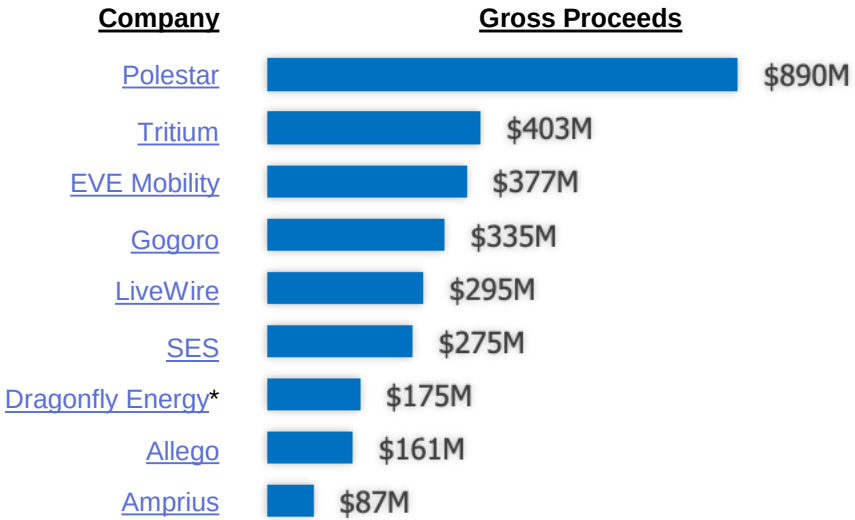
2022年电池领域的SPAC也表现不佳，甚至每个SPAC的募资金额也在逐年减少。尽管由于最初的过度炒作，投资者在目前的估值水平上遭受了损失，但随着这些新技术进入市场，通过SPACs筹集的大量资金仍然可以促进创新并实现长期价值。

Source: Capital IQ as of Nov 2022

投资| 电池领域SPAC(借壳上市)与IPO

在2022年，我们统计了9家借壳上市公司和5家通过IPO上市公司(专注于电池、储能、电动汽车、电动垂直起降和充电)。

电动出行类 2022 年SPAC 借壳上市项目



关键趋势

SPAC活动在2022年大幅下降。通过SPAC上市的电动交通公司仅筹集了30亿美元，远低于2021年32家通过SPAC上市的电动交通公司筹集的120亿美元。

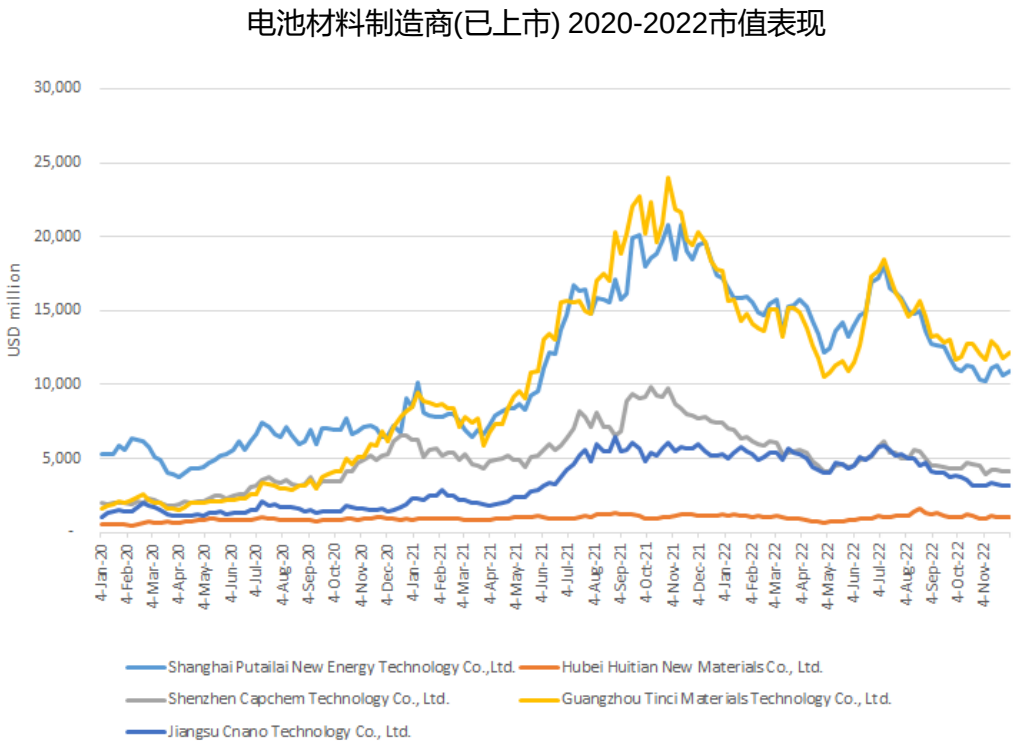
由于SPAC在股市上的表现不佳，它们的活动可能在2023年再次减少。到2022年底，几乎所有同感SPAC上市的电动汽车公司的股价相对于上市之初都是亏损的。原因之一是，许多通过SPAC上市的初创公司几乎没有营业额。

LG Energy Solutions和Leapmotor的电动汽车IPO最为引人注目。LG能源解决方案是全球最大的电池制造商之一，而Leapmotor是一家新兴的中国电动汽车制造商。Atlis Motors、SebitChem(电池回收)和Phoenix Motor的IPO规模也较小。

Source: Bloomberg News, press releases. Note: (*) Excludes loans.

投资| 电池材料制造商的市场趋势

自2020年以来，采用传统IPO方式上市的主要电池材料公司的市值增长了3-4倍，但低于2021年底的峰值。

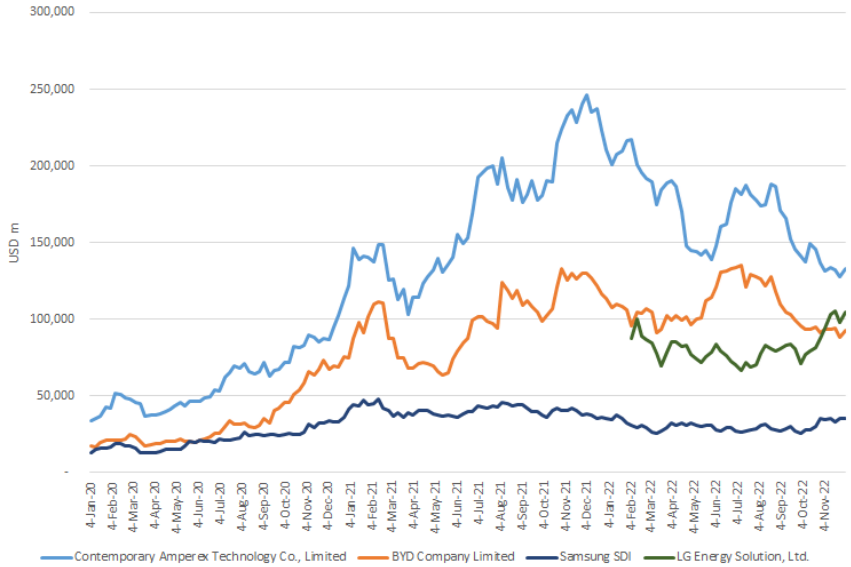


Source: Capital IQ as of Nov 2022

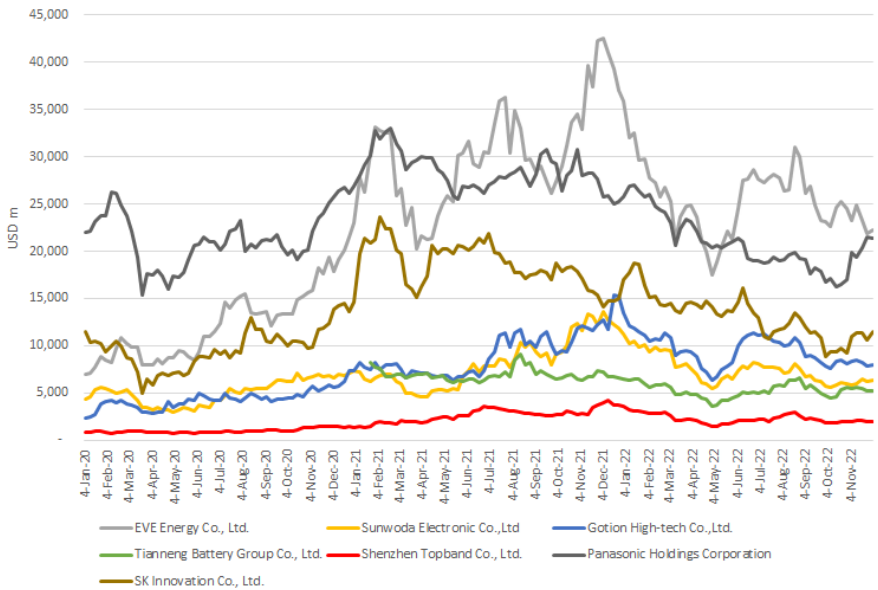
投资 | 电池制造商的市场趋势

自2020年以来，采用传统IPO上市的大型上市电池公司的市值增长了2-3倍，但低于2021年底的峰值。

大型电池制造商(已上市) 2020-2022市值表现



主要电池制造商(已上市) 2020-2022市值表现



Source: Capital IQ as of Nov 2022

Source: Capital IQ as of Nov 2022

投资 | 主要公司及投资机构



Source: Pitchbook as of Nov 2022

outliers

Turn Science Fiction into Scientific Facts and Technological Inventions through Collective Intelligence-Driven Investing

Outliers Fund is a venture capital fund started by MIT students and professors in 2016. In the last six years, Outliers has evaluated 6,000+ ventures, invested in 50 and incubated 10 with 2 filing IPO, 3 being acquired and $100M+ raised collectively. These include Quantstamp, XYO Network, and Prysmatic Labs (Ethereum 2.0).

Outliers Fund I / II have returned over 16x and 11x respectively. Outliers Fund III is a $50M VC fund focusing on infrastructure-level research innovations. Outliers Fund IV will expand the scope to Metaverse and Deep Tech, which includes Quantum Physics, Reality Computing, Clean Tech, Time and Space Travel.







Poseidon Ho (Founding Partner) started Outliers Fund I, II, III and Outliers Lab. He is known for Ant-Inspired Collective Intelligence / Reality Computing research at MIT Media Lab, San Diego Zoo Research and Microsoft Research. He received his B.S. MIS from National Taiwan University and dropped out from University of Washington and Tsinghua University. Poseidon's mission is to identify, scale and connect outliers, those who are able to turn science fiction into scientific facts and technological inventions.

Contact Information of Outliers Fund

Website: https://outliers.fund
Email: hello@outliers.fund
LinkedIn: https://www.linkedin.com/company/outliers-fund
Twitter: https://twitter.com/OutliersFund
Facebook: https://www.facebook.com/OutliersFund

Contact Information of Poseidon Ho

Email: p@outliers.fund
LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/poseidonho
Twitter: https://twitter.com/PoseidonOutlier
Facebook: https://www.facebook.com/poseidon.vc

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电芯材料发展动态

技术应用

成本

供应链

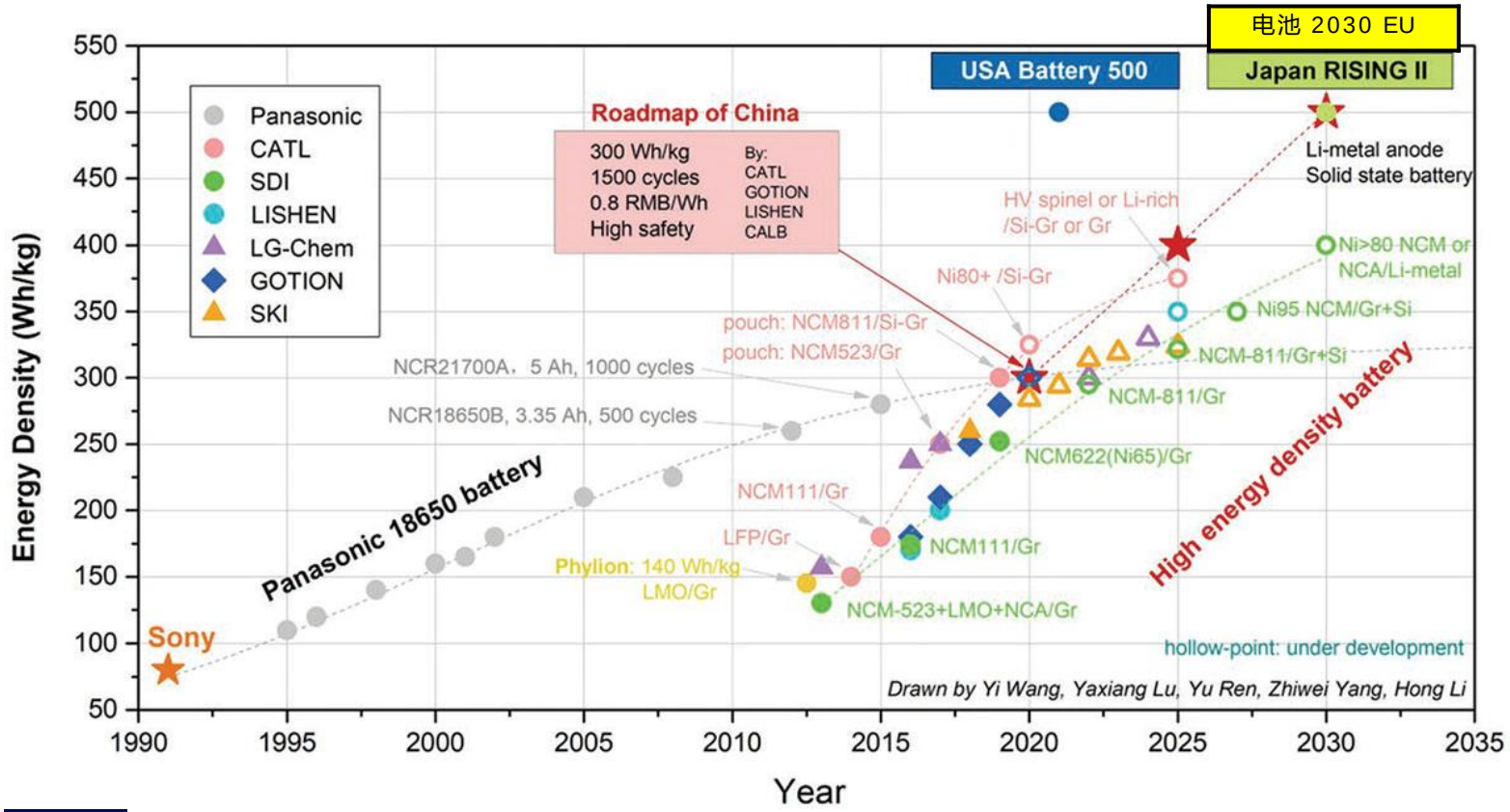
回收

生产制造

安全/法规

技术 | 电芯材料体系发展路线图

电池化学体系路线图（2030年及以后）



*美国 电池 500计划

*日本 崛起 II 计划(现在是崛起 III 计划)

*欧盟电池 2030计划

** 500 Wh/kg的锂金属固态电池是美国、欧盟和日本政府的目标

2030年及以后的电池化学体系的路线图(图表)

技术 | 电芯材料体系的权衡 (制造过程)

基于关键电池材料体系的制造过程

Battery Talk: Battery Application Break Down 101/2023		Li-Ion (NMC811-Gr)		Li-Ion (NCA-Gr)		Li-Ion (LFP-Gr)		Li-Ion (LCO-Gr)		Li-Ion High Voltage (LNMO)		Lithium Metal (High Ni-Li)		Silicon (High Ni- Majority Silicon)		Sodium ion (NaMOx) **Not Commercial		Lithium Sulfur Battery (LSB) ** Not Commercial		Solid State Sulfidic Lithium Metal Anode **Not Commercial			Solid State Oxidic Lithium Metal Anode **Not Commercial			Price	Total Cell Cost
Manufacturing Processes for Key Battery Chemistries		Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Cathode	Anode	Electrolyte	Cathode	Anode	Electrolyte	Cathode	$	$9.77
Electrode Production	Extruding and Calendering											X				X		X		X			X				
	Gassing											X				X		X		X			X				
	Lamination											X				X		X		X			X			Anode	Cathode
	Mixing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X		X	X		X	X	$0.44	$0.31
	Coating Active Material	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X			X			X	$0.22	$0.19
	Coating Electrolyte																				X						
	Sintering																								X		
	Calendering	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X		X	X				$0.31	$0.25
	Slitting	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	$0.35	$0.30
	Drying	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X							$0.62	$0.49
Cell Production	Cutting	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
	Aerosol Deposition																							X			
	Tempering																							X			
	Stacking	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	$1.62	
	Pressing																			X	X	X					
	Contacting	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	$0.28	
	Enclosing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	$1.03	
	Filling	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							$0.50	
Conditioning	Formation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							$2.46	
	Ageing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	$0.40	

技术 | 电芯材料体系的权衡 (指标表现)

电池关键材料电化学指标表现

Performance Metrics for Key Battery Chemistries	Li-Ion (NMC811-Gr)	Li-Ion (NCA-Gr)	Li-Ion (LFP-Gr)	Li-Ion (LCO-Gr)	Li-Ion High Voltage (LNMO)	Lithium Metal (High Ni-Li)	Silicon (High Ni- Majority Silicon)	Sodium ion (NaMOx) **Not Commercial	Lithium Sulfur Battery (LSB) **Not Commercial	Solid State Sulfidic Lithium Metal Anode **Not Commercial	Solid State Oxidic Lithium Metal Anode **Not Commercial
Gravimetric Energy Density Wh/kg (cell level)	265-290	250-280	160-200	180-200	150-165	400-450	325-350	~150	**~500	**300 to 450	**300 to 450
Volumetric Energy Density Wh/L (cell level)	~735	~550	~390	~400	280-300	~800	750-900	~190	**~600	**~800	**~800
Power Density W/kg (cell level) (5Ah, 3C rate)	1100	700	200	380	1400	2000	1100	1000	500	**	**
Nominal Voltage (V)	3.7 (2.5 - 4.2)	3.6 (3.0-4.2)	3.2 (2.5 - 3.65)	3.6 (3.0 - 4.2)	4.0 (3.0 -5.0)	3.7 (2.5 - 4.2)	3.7 (2.5 - 4.2)	3 (1.0 - 4.2)	2.1 (1.8 - 2.4)	3.7 (2.5 - 4.2)	3.7 (2.5 - 4.2)
Cost $/kWh (Cathode BOM) (Q1 2022 pricing)	$57.00	$52.00	$62.20	$82.60	$41.70	$67-75	$55-60	**	**~$10 estimated	Typically High Nickel ~$60	Typically High Nickel ~$60
Cost $/kWh (cell level at GWh+ production) **Materials and Production Cost only	$113.77	$107.97	$118.17	$138.57	$97.67	$124.07	**	**	**$58.61 estimated	**Higher than traditional Li-Ion / Li Metal	**Higher than traditional Li-Ion / Li Metal
Cost $/kWh/Cycle (cell level at GWh+ production)	$0.0758	$0.1080	$0.0591	$0.1848	$0.2605	**	**	**	**$0.5861 estimated	**Higher than traditional Li-Ion / Li Metal	**Higher than traditional Li-Ion / Li Metal
Cycle Life (C/2+ rate)	1500	1000	2000	750	250-500	200-400	500	**	**150	**250-500	**250-500
Self Discharge (Qual)	Avg	Avg	Avg	Avg	Bad	Bad	Avg	**Avg	**Bad	**Good	**Good
Calender aging (Qual)	Avg	Avg	Avg	Avg	Bad	Avg	Avg	**Avg	**Avg	**Bad	**Bad
Rate Capability (Qual)	Avg	Avg	Avg	Good	Avg	Good	Good	**Avg	**Poor	Good	**Poor
Safety (Qualitative)	Poor	Poor	Avg	Poor	Good	Bad	Poor	**Good	**Avg	**Poor	**Good
High Temperature Operation (60C+)(Qual)	Bad	Bad	Bad	Bad	Bad	Bad	Bad	**Good	**Good	**Good	**Good
Low Temperature Operation (10C-)(Qual)	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	Avg	**Bad	**Bad	**Bad	**Bad
Recycle Value (Li, Co, Ni, Cu) for Cost/Effort	Avg	Avg	Poor	Avg	Bad	Avg	Avg	**Bad	**Poor	**Poor to Bad	**Poor to Bad

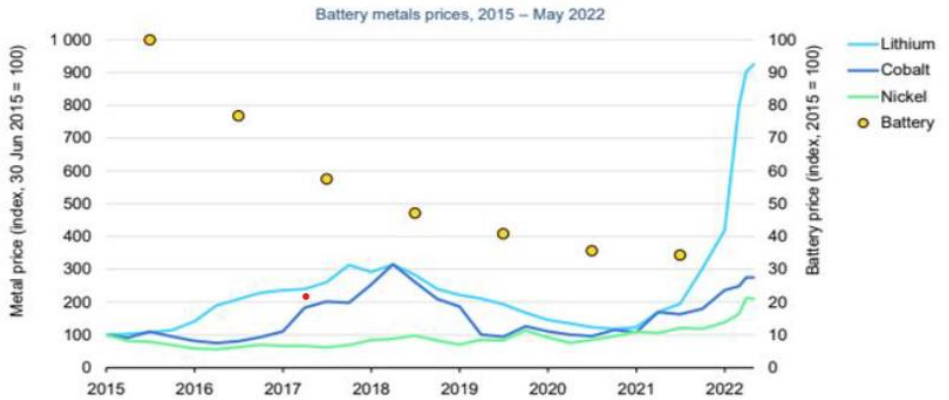
Legend
- Great
- Good
- Avg
- Poor
- Bad

技术 | 电芯材料体系的权衡 (成本)

锂离子电池由于关键金属价格飙升，降本路线再难突破

锂金属价格在2022年飙升，供应无法满足激增的需求，导致正极材料和电池成本大幅上升。

Battery metal prices increased dramatically in early 2022, posing a significant challenge to the EV industry



US $/kWh	LFP			NMC811	
	Q1 2020	Q1 2022		Q1 2020	Q1 2022
Total Material Cost	**$38.20**	**$108.40**	**Total Material Cost**	**$50.30**	**$104.00**
Cathode	$14.50	$62.20	Cathode	$20.80	$57.00
All Metal	$3.70	$33.30	All Metal	$11.30	$36.50
Lithium Carbonate	$3.60	$33.20	Nickel sulfate	$6.60	$12.00
Iron	$0.10	$0.10	Cobalt sulfate	$1.80	$4.20
Additive, binder, solvent, etc	$10.90	$28.90	lithium hydroxide	$2.80	$20.10
			Manganese sulfate	$0.10	$0.10
			Additive, binder, solvent, etc	$9.50	$20.50
Anode	$10.20	$15.70	Anode	$12.70	$15.70
Graphite based anode	$3.50	$5.50	Graphite based anode	$7.10	$8.00
Battery Foil	$5.90	$8.20	Battery Foil	$4.80	$6.70
Additive, binder, solvent, etc	$0.70	$2.10	Additive, binder, solvent, etc	$0.80	$1.00
Electrolyte	$6.30	$22.80	Electrolyte	$5.10	$18.30
Lithium Salt (LiPF6)	$2.00	$14.90	Lithium Salt (LiPF6)	$1.60	$11.90
Liquid Electrolyte	$4.30	$7.90	Liquid Electrolyte	$3.50	$6.30
Separators	$4.20	$4.60	Separators	$6.70	$8.00
non-Major Raw Materials	$3.00	$3.00	non-Major Raw Materials	$5.00	$5.00

LFP Material Cost Increase	283.77%
LFP Cathode Cost increase	428.97%
All Metal Cost increase	900.00%
Lithium Carbonate increase	922.22%
Electrolyte cost increase	361.90%
Lithium Salt (LiPF6)	745.00%

NMC Material Cost Increase	206.76%
NMC Cathode Cost increase	274.04%
All Metal Cost increase	323.01%
lithium hydroxide	717.86%
Electrolyte cost increase	358.82%
Lithium Salt (LiPF6)	743.75%

成本:每LG化学原料生产和金属现货成本

Source: Iccsino, Antaike, Asian Metals, Wind, BNEF, J.P. Morgan estimates. Note: Based on spot raw material prices and actual sourcing cost might be different.

技术 | 电芯材料体系的权衡 (应用需求)

与关键电池电化学性能指标相匹配的应用

Battery Talk: Battery Application Break Down 101/2023		Li-Ion (NMC811-Gr)	Li-Ion (NCA-Gr)	Li-Ion (LFP-Gr)	Li-Ion (LCO-Gr)	Li-Ion High Voltage (LNMO)	Lithium Metal (High Ni-Li)	Silicon (High Ni- Majority Silicon)	Sodium ion (NaMOx) **Not Commercial	Lithium Sulfur Battery (LSB) ** Not Commercial	Solid State Sulfidic Lithium Metal Anode **Not Commercial	Solid State Oxidic Lithium Metal Anode **Not Commercial
	Medium Earth Orbit Satellites (Cycle Life > Wh/kg > Safety / Reliability)	Avg	Avg	Poor	Avg	Bad	Bad	Avg	**Avg	**Avg	**Avg	**Avg
	Geostationary Orbit Satellites (Cycle Life > Wh/kg > Safety / Reliability)	Avg	Avg	Poor	Avg	Bad	Bad	Poor	**Avg	**Avg	**Avg	**Avg
Automotive	Moped (Wh/Kg > Cost > Self Discharge)	Avg	Avg	Good	Poor	Poor	Bad	Avg	Poor	Bad	**Bad	**Bad
	Motorcycle (Rate > Wh/L > Wh/Kg)	Avg	Avg	Poor	Poor	Bad	Avg	Good	**Bad	Poor	**Avg	**Avg
	Sports Car (Wh/L > Rate > Cycle Life)	Good	Good	Avg	Avg	Poor	Bad	Avg	**Bad	Bad	**Poor	**Poor
	Sedan (Cost > Wh/L > Cycle Life)	Poor	Poor	Avg	Poor	Avg	Bad	Bad	**Avg	Poor	**Bad	**Bad
	Sports Utility Vehicle (Wh/L > Cost > Cycle Life)	Avg	Avg	Avg	Avg	Poor	Bad	Poor	**Bad	Poor	**Bad	**Bad
	Pickup Trucks (Wh/L > Wh/Kg > Cycle Life)	Poor	Poor	Poor	Bad	Bad	Bad	Avg	**Bad	**Avg	**Good	**Good
	Heavy Duty Trucks (Wh/Kg > Cycle Life > Cost)	Poor	Poor	Poor	Bad	Bad	Bad	Poor	**Bad	**Good	**Bad	**Bad
Consumer Electronics	Computers & Tablets (Wh/L > Cost > Safety / Reliability)	Avg	Poor	Avg	Poor	Good	Bad	Poor	**Poor	**Bad	**Poor	**Poor
	Smart Phones & Smart Watches (Wh/L > Cost > Safety / Reliability)	Avg	Poor	Avg	Poor	Good	Bad	Poor	**Poor	**Bad	**Poor	**Poor
	Power Tools & Gardening Equipment (Rate > Cost > Safety / Reliability)	Poor	Poor	Avg	Avg	Good	Bad	Poor	**Poor	**Bad	**Bad	**Bad
	E-Bikes (Cost >Wh/Kg > Rate)	Avg	Avg	Avg	Avg	Good	Poor	Poor	**Good	**Good	**Bad	**Bad
Grid	Grid Balancing (Cost/kWh/Cycle > Safety / Reliability > Cycle Life)	Bad	Bad	Bad	Bad	Poor	Bad	Bad	**Good	**Poor	**Bad	**Bad
	Residential Storage + Smart Grid (Safety / Reliability > Cost/kWh/Cycle > Cycle Life)	Bad	Bad	Poor	Bad	Avg	Bad	Bad	**Great	**Bad	**Bad	**Bad
Military	Infantry (Safety / Reliability > Wh/Kg > Wh/L)	Poor	Poor	Poor	Poor	Bad	Bad	Avg	**Bad	**Good	**Good	**Good
	Backup Power (Communications) (Safety/Reliability > Wh/Kg > Wh/L)	Poor	Poor	Bad	Poor	Bad	Bad	Avg	**Bad	**Good	**Avg	**Avg
	Missiles (Rate > Wh/Kg > Wh/L)	Avg	Avg	Poor	Poor	Bad	Avg	Good	**Bad	**Bad	**Avg	**Avg
	Drones (Wh/Kg > Rate > Safety / Reliability)	Avg	Poor	Poor	Poor	Bad	Poor	Avg	**Bad	**Poor	**Avg	**Avg

Legend

- Great
- Good
- Avg
- Poor
- Bad

技术 | 电池化学体系，应用前景，概述

每个子行业的前3个关键指标排名，排序从最有价值的指标开始



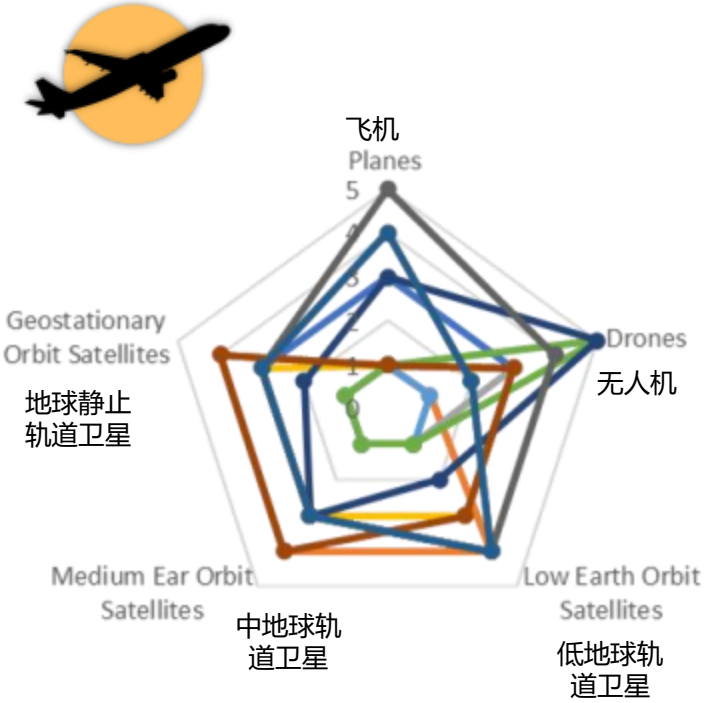


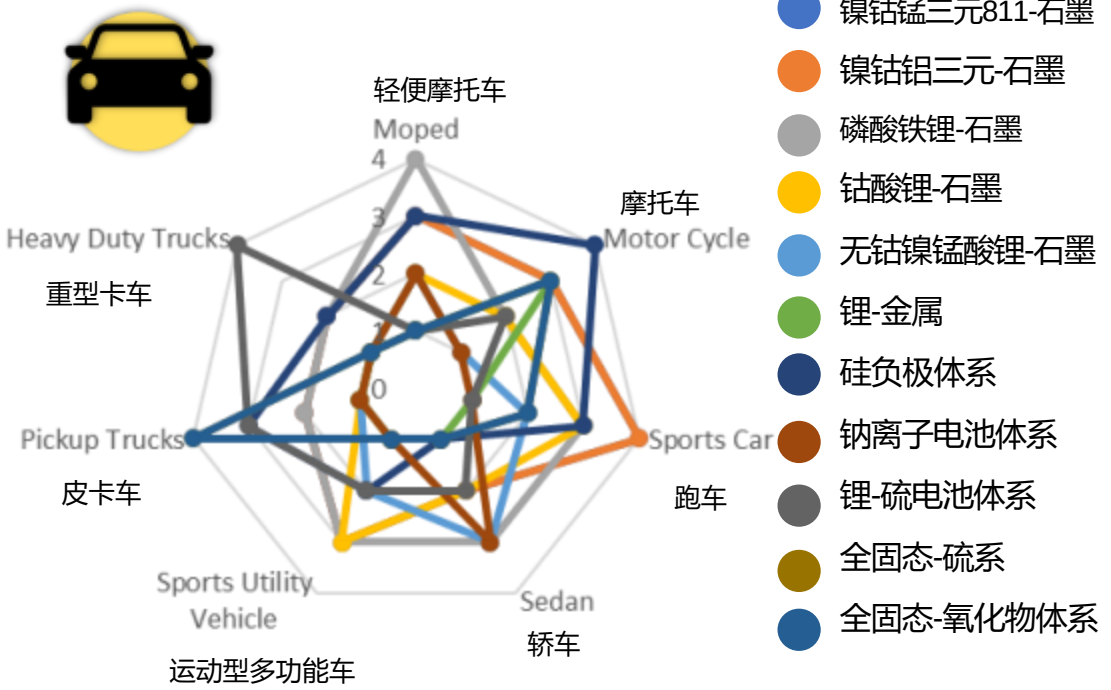



飞机 质量能量密度 > 倍率 > 安全/可靠性	**助力车** 质量能量密度 > 成本 >自放电	**电脑 & 平板电脑** 体积能量密度 > 成本 > 安全/可靠性	**负载均衡** 瓦时/循环成本 > 安全/可靠性 > 循环寿命	**除颤器** 安全/可靠性 > 倍率 > 体积能量密度	**军用设备** 安全/可靠性 > 质量能量密度 > 体积能量密度
遥控飞行器 质量能量密度 > 倍率 > 成本	**摩托车** 倍率 > 体积能量密度 > 质量能量密度				
	跑车 体积能量密度 > 倍率 > 循环寿命	**手机 & 智能手表** 体积能量密度 > 成本 > 安全/可靠性	**频率均衡** 瓦时/循环成本 > 安全/可靠性 > 放电电流	**手术工具** 安全/可靠性 > 倍率 > 循环寿命	**备用电源 (通信用)** 安全/可靠性 > 质量能量密度 > 体积能量密度
地球低轨卫星 质量能量密度 > 循环寿命 > 安全/可靠性	**轿车** 成本 > 体积能量密度 > 循环寿命				
中轨道卫星 循环寿命 > 质量能量密度> 安全/可靠性	**多用途车** 体积能量密度 > 成本 > 循环寿命	**电动工具 & 园林设备** 倍率 > 成本 > 安全/可靠性	**用户侧储能 + 智能电网** 安全/可靠性 > 瓦时/循环成本 > 循环寿命	**起搏器** 安全/可靠性 > 循环寿命	**导弹** 倍率 > 质量能量密度> 体积能量密度
	小货车 体积能量密度 > 质量能量密度 > 循环寿命				
地球同步轨道卫星 循环寿命 > 质量能量密度> 安全/可靠性	**重型卡车** 质量能量密度 > 循环寿命 > 成本	**助力自行车** 成本 > 质量能量密度 > 倍率		**监控设备** 循环寿命 > 成本 > 安全/可靠性	**遥控飞行器** 质量能量密度 > 倍率 > 安全/可靠性

技术 | 电池化学体系，应用前景，概述

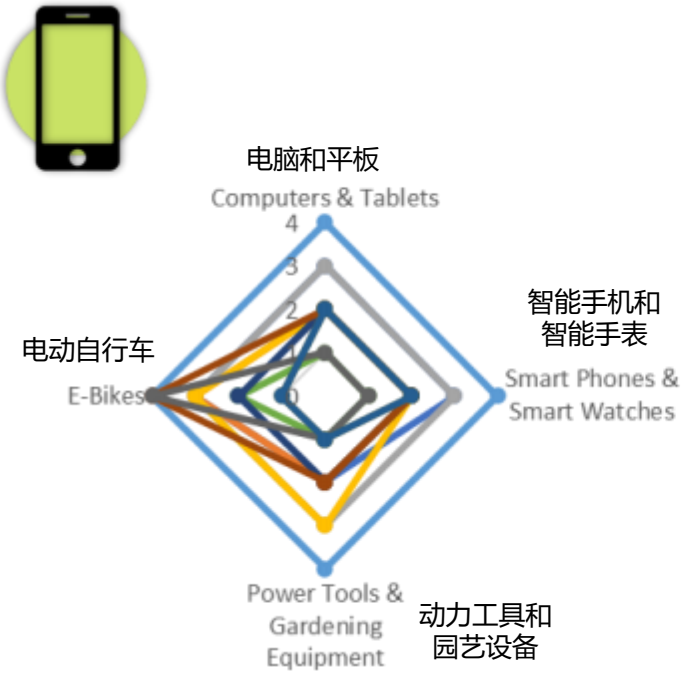
不同电池化学体系的应用领域

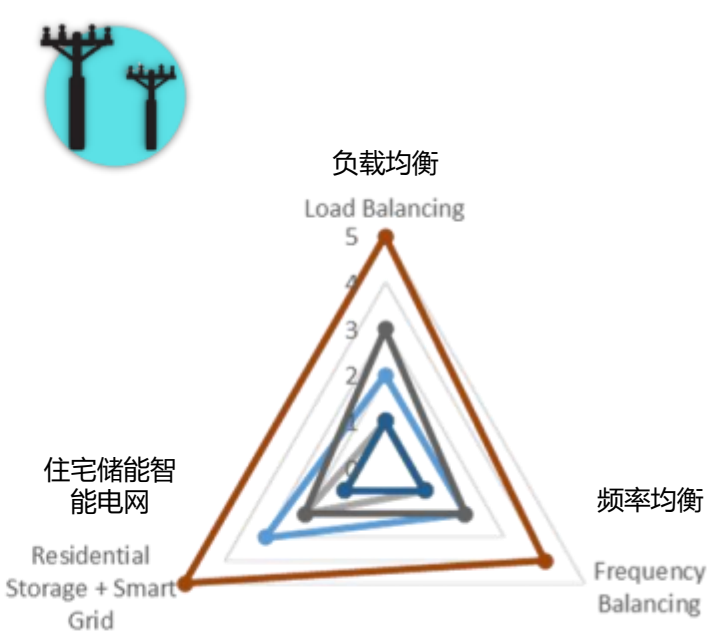




技术 | 电池化学体系，应用前景，概述

不同电池化学体系的应用领域

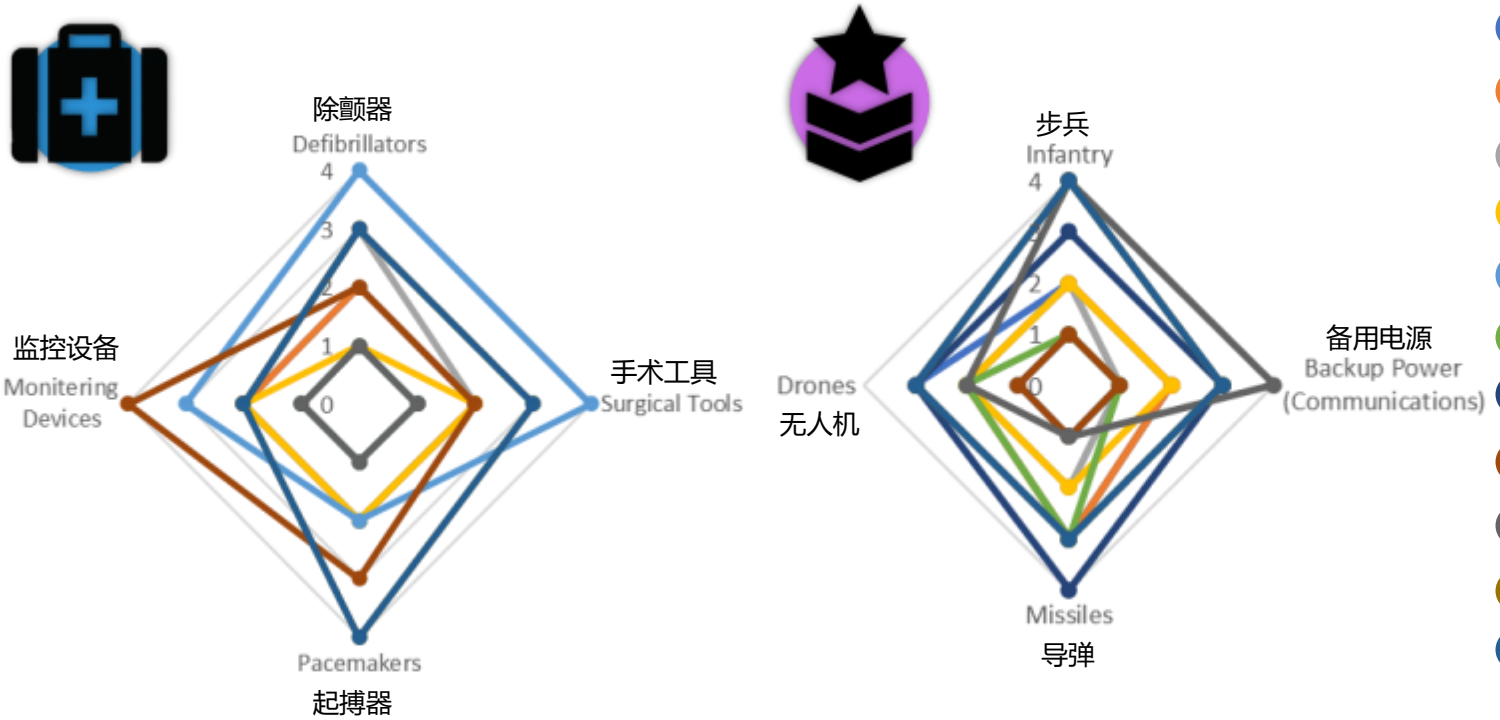




- 镍钴锰三元811-石墨
- 镍钴铝三元-石墨
- 磷酸铁锂-石墨
- 钴酸锂-石墨
- 无钴镍锰酸锂-石墨
- 锂-金属
- 硅负极体系
- 钠离子电池体系
- 锂-硫电池体系
- 全固态-硫系
- 全固态-氧化物体系

技术 | 电池化学体系，应用前景，概述

不同电池化学体系的应用领域



技术 | 磷酸铁锂 vs. 镍钴锰三元 SWOT 对比分析

优劣势分析：磷酸铁锂 (LFP) vs. 镍钴锰三元 (NCM)

S

磷酸铁锂 优势

- 高安全性
- 长循环寿命
- 铁蕴藏量充足

镍钴锰三元 优势

- 能量密度
- 低温性能
- 功率密度
- 完善的电池供应链
- 高回收价值

W

磷酸铁锂 劣势

- 重量
- 能量密度
- 低温性能
- 薄弱的材料供应链(材料需求 > 供应)
- 功率密度
- 难以读取充电状态
- 回收价值低

镍钴锰三元 劣势

- 成本
- 安全性
- 镍/钴供应链

O

磷酸铁锂 机会

- 低/中档/入门级电动汽车
- 电动巴士，电动自行车
- 储能
- 对成本敏感的应用

镍钴锰三元 机会

- 长续航/高端电动汽车
- 电动巴士，电动自行车，电动摩托车
- 电动工具 / 对性能敏感的应用

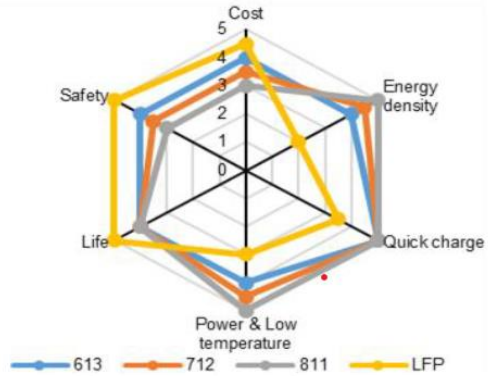
T

磷酸铁锂 挑战

- 镍钴锰三元/高电压无钴镍锰酸锂
- 钠离子电池
- 无法满足高能量密度的规定
- 材料成本增加

镍钴锰三元 挑战

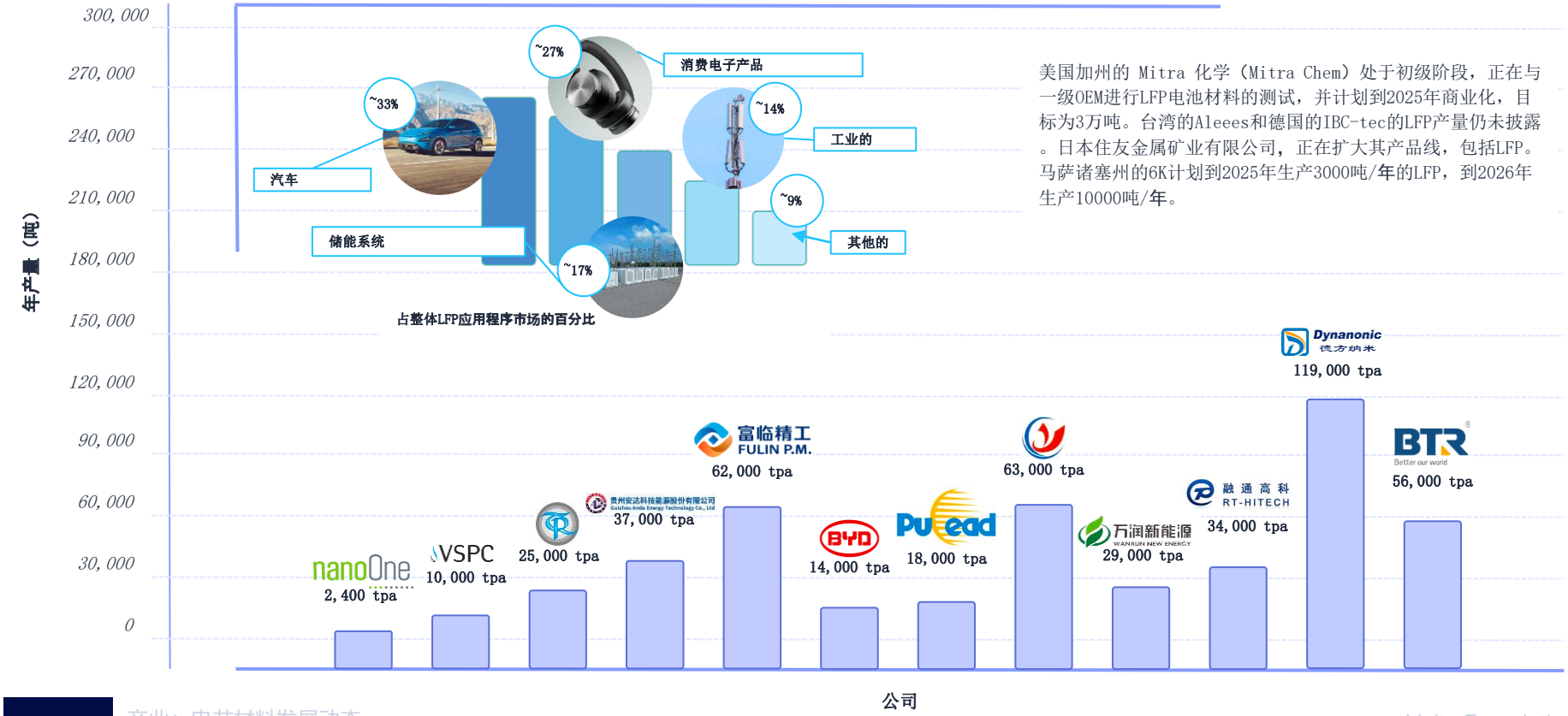
- 磷酸铁锂/高电压尖晶石型无钴镍锰酸锂
- 原材料成本增加



资料来源: 磷酸铁锂 优劣势, 太平洋西北工业实验室- 磷酸铁锂 vs. 镍钴锰三元路线之争, 生态树- 锂电池的磷酸铁锂 vs. 镍钴锰三元路线之争

技术 | 磷酸铁锂（LFP）

主要公司在2022年的LFP生产能力



美国加州的 Mitra 化学（Mitra Chem）处于初级阶段，正在与一级OEM进行LFP电池材料的测试，并计划到2025年商业化，目标为3万吨。台湾的Aleees和德国的IBC-tec的LFP产量仍未披露。日本住友金属矿业有限公司，正在扩大其产品线，包括LFP。马萨诸塞州的6K计划到2025年生产3000吨/年的LFP，到2026年生产10000吨/年。

资料来源：木麦肯齐，LFP生产，宝石有限公司。，VSPC，IBU-TEC，Aleees，Mitra化学，纳米一，锂陶瓷，纳米一生产，住友金属，美国能源部两党基础设施法，LFP市场，工业应用

技术 | 磷酸铁锂（LFP）

2022年的关键事件

2022Q1

SVOLT

2022年1月

蜂巢能源推出了新的LFP“短刀片”电池。L300和L600型用于电池电动汽车，L400用于混合动力汽车，L500用于商用车辆。

2022Q2

SOLARIS CATL

2022年5月

CATL签署了一项协议，为索拉里斯电动巴士提供电池到封装技术。

IBU | tec

2022年4月

IBU-Tec扩展了其产品系列的LFP电池材料与第二个变种与更小的颗粒。

MORROW

2022年5月

Morrow电池公司和IBC-tec签署谅解备忘录，以开发和确认商业规模的LFP供应。

2022Q3

aleees ICL

2022年7月

ICL与Aleees签署了生产LFP正极材料的谅解备忘录。

nanoOne JM

2022年5月

NanoOne以约800万美元的价格收购了JM的电池材料公司。该工厂目前的LFP产量为2400吨/年，还有扩建空间。

广汽集团 GAC GROUP

2022年7月

广汽在广汽技术日发布了新的LFP技术，质量能量密度增加13.5%，体积能量密度增加20%，-20°C低温容量增加约10%，快速充电超过2C。

TESLA BYD

2022年8月

BYD将为特斯拉提供刀片电池，这是一种基于LFP的电池。

EVE BTR SK

2022年8月

SK On，亿纬锂能，和贝特瑞新材料集团合资进入一个LFP正极材料制造工厂。

2022Q4

Mitra Chem

2022年9月

Mitra化学公司将LFP样品运送到一级电池制造商进行测试。

国轩高科 GUOXUAN HIGH-TECH

2022年9月

国轩计划投资24亿美元在密歇根州大急流城附近的一家电池制造厂。

aleees AVENIRA

2022年9月

Aleees与Avenira以及澳洲地方政府签署谅解备忘录，开发第一个LFP正极材料工厂。

aleees FREYR

2022年10月

Freyr与台湾LFP正极材料制造商Aleees签署了许可证和服务协议。

ICL

2022年10月

ICL集团计划在密苏里州的圣路易斯建造一个价值4亿美元的LFP正极材料制造工厂。

ITOCHU FREYR

2022年10月

Freyr从伊藤忠采购LFP正极材料。

one

2022年10月

Our Next Energy宣布投资16亿美元建造20 GWh LFP电池制造工厂。

国轩高科 GUOXUAN HIGH-TECH VinES

2022年11月

国轩和VinES宣布了一个5千瓦时/年的LFP电池制造工厂。

技术|LMFP/M3P

LMFP

LFP和LMFP具有相同的橄榄石晶体结构，但锰的加入使LMFP的理论能量密度高达230 Wh/kg。

利弊

\+
- 与LFP相比，能量密度更高了15-20%
- 与NMC/NCA相比，成本较低
- 比NMC/NCA安全
- 优良的低温性能

\-
- 内部电阻高
- 与LFP相比，电池循环寿命更低
- 回收率低

- CATL预计将在2023年大量生产LMFP电池，并有望成为第一家将这种化学物质推向市场的制造商。

研究LMFP电池的公司

CATL　国轩高科 GOTION HIGH-TECH　EVE 亿纬锂能

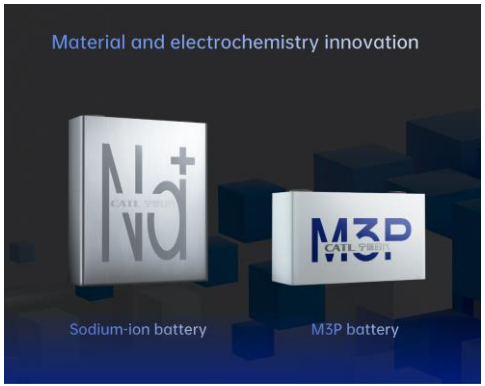
NIO　SUNWODA　ACC AUTOMOTIVE CELLS Co

M3P

由CATL开发的M3P电池是基于LFP的橄榄石结构，一些铁被掺杂镁、锌和铝所取代。CATL称其为磷酸盐化学系统中的三元锂电池，但M3P的合成来自于LMFP工艺，其成本更接近于LFP，而不是镍基三元电池。

CATL将应用范围瞄准为700公里的电动汽车市场。

- CATL于2022年第四季度为特斯拉的Model Y提供M3P电池。



技术|镍钴锰（NMC）

主要公司在2022年的NMC生产能力



技术|钴酸锂（LCO）VS 磷酸铁锂（LFP）

LCO与LFP的利弊比较（SWOT分析法）

S

LCO的优势
- 能量密度
- 重量
- 倍率性能

LFP的优势
- 安全
- 循环寿命(1500-200）
- 铁的资源丰富度

W

LCO的弱项
- 循环寿命(500个循环）
- 安全
- 低放电电流
- 成本（*2022）

LFP的弱项
- 重量
- 能量密度
- 低温性能
- 功率

O

LCO的机遇
- VR头显
- 紧凑型便携式无人机
- 小型便携式电子产品

LFP的机遇
- 中低级电动汽车
- 电子巴士，电子自行车
- 储能
- 其他成本敏感的应用场景

T

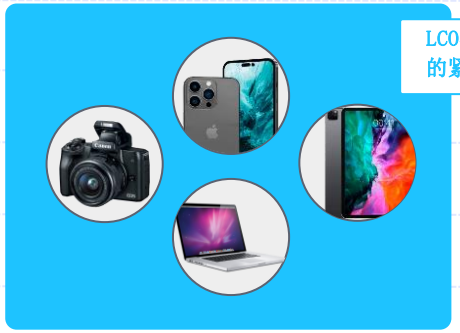
LCO的挑战
- 增加材料成本
- 地缘政治风险（DRC）
- 钴矿开采规定

LFP的挑战
- NMC/高压LNMO
- 钠离子电池
- 能量密度的法规
- 增加材料成本

资料来源： LCO概述，LFP的利与弊，LCO vs LFP，LCO生命周期，刚果的钴争议，

技术|钴酸锂（LCO）VS 磷酸铁锂（LFP）

主要公司在2022年LCO的生产能力



LCO与消费电子产品的紧密关系

技术|锂硫电池（Li-S）

2022年的关键事件

1Q22

2022年1月

Lyten 通过在太空应用中演示其电池技术获奖。Lyten还获得了其他交易（OT）协议，以支持国防创新单位（DIU）围绕高比能量存储和管理解决方案，以增加美国太空部队小型卫星的占空比，这是新的Li-S电池技术的众多应用之一。

2Q22

2022年2月

Zeta能源公司以其先进的锂硫技术完成了2300万美元的A轮融资，由摩尔战略投资公司牵头。Zeta能源公司使用一种获得专利的碳纳米管石墨烯杂化材料作为正极。

2022年2月

Drexel大学的研究人员发现了一种生产和稳定一种稀有硫的新方法，这种硫在碳酸盐电解质中发挥作用。这一发展不仅有潜力使硫电池在商业上可行，而且可以提供4000个循环的3倍容量。

2022年4月

该公司的新任首席执行官乌尔里希·埃姆斯博士推出了适用于所有移动应用程序的Li-S晶体电池。该离子的专利生产工艺使用结晶硫作为正极，碳纳米管作为负极，以及一种专有的固体电解质。

3Q22

2022年8月

Li-S能源公司与plomX美国公司达成协议，开发和评估其锂硫和锂金属电池，其中包括其专利纳米复合氮化硼纳米管和锂纳米网技术。

4Q22

2022年9月

NexTech电池因其5.4 Ah半固态锂硫电池获得了UN 38.3.5交通相关测试标准的安全认证。

2022年10月

美国宇航局的固态电池研究超越了使用硫硒活性物质的多孔石墨烯和固体电解质的最初目标。该团队使用了新材料来大幅提高电池放电率，同时重新设计电池结构，以实现500Wh/公斤的重量密度。

锂硫：大众消费市场的电池研发新突破

Lyten的LytCell™技术是未来汽车、航空航天和国防应用的可持续电池，这些应用需要高能量密度、轻质、安全、低成本和北美供应链。

Lyten 的优势

Lyten是一家先进材料公司，开发了一种名为Lyten 3D石墨烯™的材料，它是通过甲烷气体脱碳设计的。我们的3D石墨烯技术使我们能够用丰富的硫来制造正极材料，而不是越来越稀缺和昂贵的镍或钴。

这将使之能够开发首款北美的电动汽车等高性能电池平台。更重要的是，我们可以将创新性的化学结构应用到软包和圆柱的因素，使其成为一个有意义的化学为最广泛的应用。

了解更多信息

Lyten一直在寻找那些认可我们的使命，并创造突破性解决方案的人。查看我们的网站和我们的职业页面，了解更多关于Lyten如何改变和向我们的世界供能。



技术|锂硫电池电池技术

公司	技术	员工数量	专利数量	总资金（$）	备注：
LYTEN	硫正极/锂金属负极	169	117	2.1亿	该公司资金充足，拥有大量员工和专利组合，有望为该领域做出巨大贡献，但尚未公布任何公开数据。根据员工数量，他们最有可能进入试验开发阶段，并将成为该领域的领导者。
theion	单斜晶体硫正极/锂金属负极	24	4	未披露的种子基金	最近成立的一家公司是基于德雷克塞尔大学的研究。由于没有披露资金数量，Li-S能源很可能处于研究和扩大规模的早期阶段。
Li-S Energy	硫正极/锂金属负极	8	1	1.67亿（截至2023年1月14日的市值）	Li-S能源公司率先上市了氮化硼基负极。根据员工数量和专利数量，该公司很可能会试图确定如何安排他们的资本，以获得最佳的发展回报。
NexTech Batteries	硫正极/锂金属负极	15	3	400万	较低的员工数量和专利数量表明开发依然在早期阶段，但最近的UN38.3认证是显著的软包电池开发的证据。Nextech很可能是在送样阶段，但它们的低专利数量可能无法提供足够的护城河。
Zeta ENERGY	硫正极/三维碳负极	17	5	2720万	最近获得了能源部拨款，是Li-S领域具有巨大潜力的新参与者。尽管他们最近获得了大量的政府资金，但他们的员工和专利数量表明其发展还处于早期阶段。

技术|钠离子电池

技术发展史

1970年

首次报道了钠的层状正极材料。

2011年 faradion

Faradion公司的成立旨在将钠离子电池推向市场。

2017年 中科海钠 HiNa BATTERY

中科海纳是中国第一家钠离子电池公司。

2021年6月 中科海钠 HiNa BATTERY

中科海钠离和中国科学院物理研究所开发了第一个1 MWh的钠离子电池。

2021年7月 CATL

CATL显示，钠离子电池的能量密度为160 Wh/kg。

2022年3月 中科海钠 HiNa BATTERY

中科海钠电池获得A轮融资1亿元人民币，设立首条量产钠离子电池生产线。

2022年10月 Natron Energy

Natron能源公司和Arxada公司开始大规模生产用于钠离子电池的普鲁士蓝电池材料。

2022年11月 BYD

据传，BYD公司计划生产用于电动汽车的钠离子电池。

2022年12月 中科海钠 HiNa BATTERY

三峡公司与中科海钠在阜阳的1 GWh电池厂进行了合作。

2023年1月 佳纳能源 JIANA ENERGY

佳纳能源公司筹集了数百万美元来建设试点工厂。

1970 | 2011 | 2017 | 2021 | 2022 | 2023

钠离子电池技术的关键参与者

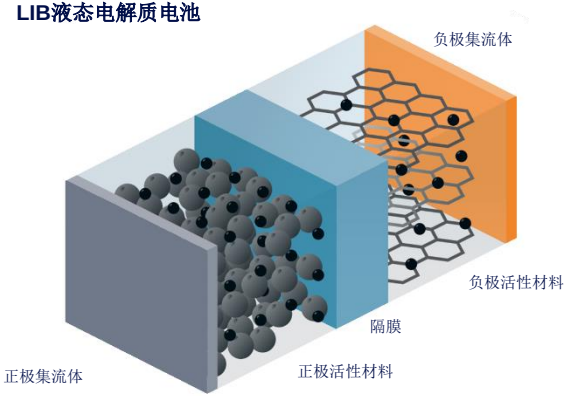
faradion, amte power, 钠创 NATRIUM, TIAMAT, 中科海钠 HiNa BATTERY, INDI ENERGY, Natron Energy, ALTRIS, 鹏辉 GREAT POWER, NGK, CATL 宁德时代, Power Innovator 에너지

技术|固态电池

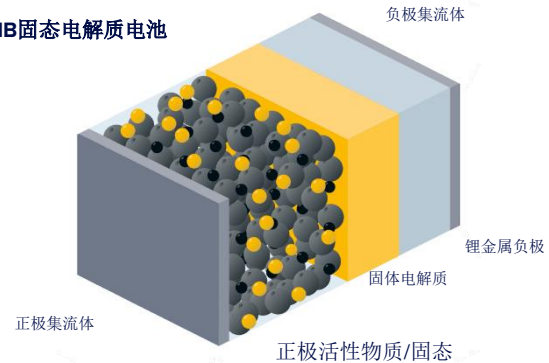
电池结构

固态电池的一般结构包括固体电解质隔膜、负极电解质复合层、正极电解质复合层以及负极和正极活性材料。这些关键材料中的每一个都有不同的选择，从而开启了各种可能的组合。

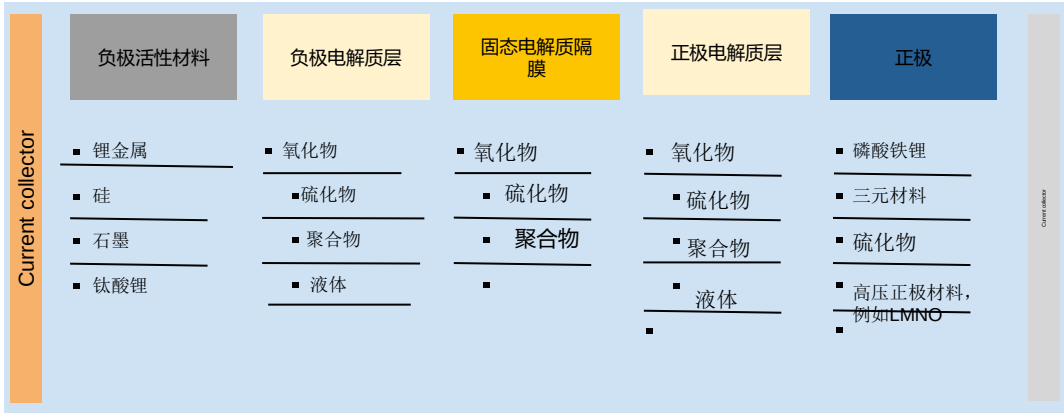
LIB液态电解质电池



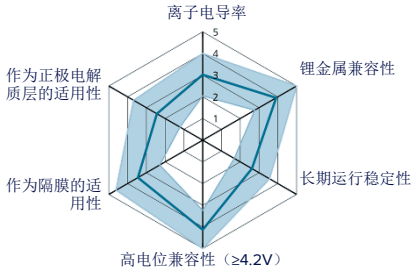
LIB固态电解质电池



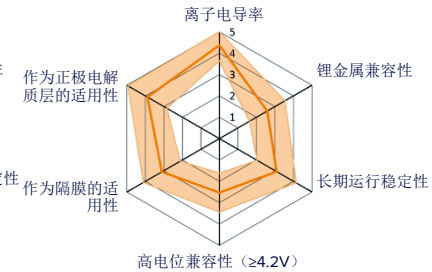
正极活性物质/固态电解质复合材料



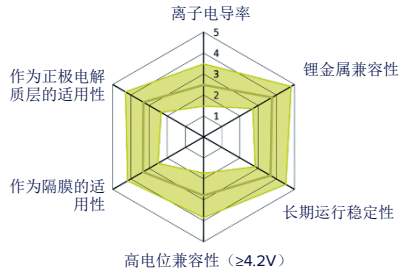
氧化物电解质



硫化物电解质



聚合物电解质



资料来源：Fraunhofer ISI《2035+固态电池路线图》

技术|固态电池

2022重要事件

Q1

StoreDot
VINFAST
由越南OEM VinFast牵头，StoreDot完成了8000万美元的D轮融资

QuantumScape
FLUENCE
A Siemens and AES Company
Fluence与QuantumScape达成协议，在固定存储应用中引入基于氧化物的固态技术

Factorial
Factorial筹集了2亿美元，作为梅赛德斯-奔驰（Mercedes-Benz）和Stellantis领导的D轮融资的一部分

SES
Beyond Li-ion™
SES在韩国建立了一个预生产设施，以加快与通用、现代和本田的样本联合开发

LiMETAL
BlueSolutions
BOLLORÉ
Li Metal和Blue Solutions之间签订联合开发和商业化协议，以推进固态电池

ProLogium
gogoro
辉能宣布全球首款Gogoro可更换电池的滑板车原型

NISSAN
东风日产在日本推出了全固态电池的OEM设备

Q2

TOYOTA
丰田宣布，其首款固态电池汽车将于2025年在混合动力汽车（HEV）中率先上市

HONDA
The Power of Dreams
SES
Beyond Li-ion™
本田与SES签署了锂金属电池领域的联合开发协议

ProLogium
Mercedes-Benz
辉能与梅赛德斯-奔驰达成技术合作协议

QuantumScape
QuantumScape扩展到亚太地区，在日本设立了新的研发中心

WELION
卫蓝新能源
卫蓝在中国淄博启动了一个100 GWh固态锂电池项目，预计年产能为20 GWh

SAMSUNG
SAMSUNG SDI
三星SDI开始在韩国建设固态电池制造试验线

SCB
Swiss Clean Battery AG
新成立的瑞士清洁电池股份公司在瑞士建立了第一家纯固态电池的超级工厂

技术|固态电池

2022重要事件

Polestar投资StoreDot公司

国轩开始大规模生产半固态电池

Solid Power宣布安装电动汽车固态电池试点线路。

vinfast和辉能合作并投资固态电池开发

Svolt在德国为欧洲市场建立电池工厂

POSCO JK Solid Solution开设了固体电解质工厂，初期产量为每年24吨

卫蓝完成了蔚来的150千瓦时电池组的首个半固态电池

QuantumScape向电动汽车制造商运送第一批能量型24层固态电池

Q3

辉能宣布2023年起，将批量生产自动化SSB

蜂巢成功开发了使用硫化物基电解质的20 Ah固态电池

索尔维在法国启动了最先进的固态电池创新试验装置

StoreDot实现了30 Ah硅负极电池1000次循环的重要里程碑，并开始向OEM合作伙伴发货

Q4

辉能和Automotive Cells公司之间的谅解备忘录，包括合作开发固态电池

Factorial在韩国开设了新的固态电池工厂

SES分享50 Ah和100 Ah锂金属电池性能指标

技术|固态电池主要参与方

全固态 | 半固态

公司	技术	总资金, 系列	合作商 / 投资商
IONIC materials	锂/石墨, 聚合物	$65M, D轮	HYUNDAI, MITSUBISHI MOTORS, RENAULT, A123 SYSTEMS
ProLogium	锂/石墨/Si, 氧化物	$426M, E轮	Mercedes-Benz, NIO, ACC AUTOMOTIVE CELLS Co, EVA AIR, NOVATEC
Solid Power	锂/Si, 硫化物	$186M, 二级市场	BMW, Ford, HYUNDAI, SAMSUNG, A123 SYSTEMS
ilika	Si, 氧化物	$43.8M, 二级市场	JAGUAR, LAND ROVER, HONDA The Power of Dreams, McLaren
QuantumScape	无负级, 无机陶瓷, 凝胶正极电解液	$1.2B, 二级市场	VW, FLUENCE A Siemens and AES Company
WELION	锂, 基于PEO聚合物	$302.7M, D轮	xiaomi, TCL, NIO
StoreDot	纳米硅, 半固态	$269M, D轮	Mercedes-Benz, bp, DAIMLER, EVE, SAMSUNG, VINFAST, TDK, VOLVO
SES Beyond Li-ion	锂, 半固态	$600.1M, 二级市场	HYUNDAI, KIA, HONDA The Power of Dreams, gm, SK innovation
Factorial	半固态	$240M, D轮	HYUNDAI, KIA, Mercedes-Benz, STELLANTIS
SVOLT	硫化物 (+ 凝胶)	$2.9B, B轮	STELLANTIS, BASF, EXIDE
Sion Power	锂, 无机陶瓷+聚合物	$70M, 私募	BASF, SAMSUNG, Cummins

技术|硅负极

硅负极概述

硅基材料能够大幅改善电池的能量密度，是因为1个硅原子可以吸引4个锂原子，而在现在的石墨负极中，6个碳原子只能吸引1个锂原子 。硅负极有高达3600 mAh/g的理论容量。相比较，石墨则只有 372 mAh/g。

不足之处包括：在锂与硅反应时巨大的体积变化 (300-400%) ，会导致SEI膜的不可控过量生长；同时也会使得硅本体发生碎裂。 因此，目前硅在负极里面的添加量只有有限的3-8%。

接下来，我们将介绍下目前已公开信息的硅负极初创公司。

Anode Materials	C	Li	Si	Sn	Sb	Al	Mg	$Li_4Ti_5O_{12}$	Bi
Lithiated phase	LiC_6	Li	$Li_{4.4}Si$	$Li_{4.4}Sn$	Li3Sb	LiAl	Li_3Mg	$Li_{12}Ti_5O_{12}$	Li_3Bi
Theoretical specific capacity (mAh g_{-1})	372	3,862	4,200	994	660	993	3,350	175	385
Theoretical volume capacity (mAh cm^{-3})	837	2,047	9,786	7,246	4,422	2,681	4,355	613	3,765
Volume change (%)	12	100	320	260	200	96	100	1	215
Potential vs. Li (~v)	0.05	0	0.4	0.6	0.9	0.3	0.1	1.6	0.8

Source: https://www.batterypowertips.com/li-ion-batteries-part-3-anodes-faq/

技术|硅负极初创公司全面比较

硅负极初创公司正在持续发展并与工业界伙伴不断增加联系

公司	Sila	ENEVATE	ENOVIX	amprius	GROUP14	IONBLOX	nexeon	OneD BATTERY SCIENCES	StoreDot	ADVANO	LeydenJar
总部地址/成立时间	美国加州 2011	美国加州 2005	美国加州 2007	美国加州 2008	美国华盛顿州2015	美国加州 2017	英国 2006	美国加州 2013	以色列 2012	美国路易斯安那州2016	荷兰 2016
员工数*	327	71	220	51	69	18	81	23	119	30	58
融资规模/估值	$933M/3.3B	$202M/501M	$414M/1.1B	$622M/939M	$435M/3B	$34M/74M	$262M/352M	$48.4/325M	$269M/1.27B	$40/Unknown	$29M/Unknown
投资阶段	F轮	E轮	已上市	已上市	C轮	B轮	D轮	C轮	D轮	A轮	A轮
硅含量	50%	70-100%	100%	100%	50%		80%			5-75%	100%
技术路线	包裹有坚硬碳壳的含硅多孔颗粒	包裹有SiC/C壳的微米级硅颗粒	带金属-半导体涂层的硅颗粒，3D 电芯制造技术	带有硅氧化层的硅纳米线	硅被渗入到多孔碳中	包裹有碳壳和金属涂层的纳米硅和氧化亚硅颗粒	包裹在SiC壳和硅氧化物中的纳米硅颗粒	通过铜催化剂在石墨表面生长纳米硅线	固定在导电支架结构里的有金属涂层的纳米硅	用硅碎渣为原料，功能化表面的纳米硅	通过PECVD在铜基体上生长的多孔硅
性能表现	800 Wh/L	350 Wh/kg, 5分钟充电至75%	900 Wh/L 297 Wh/kg	435 Wh/kg, 1200 Wh/L, 1000 圈	/	305 Wh/kg 640 Wh/L	400-450mAh/g	/	5分钟极速充电	350 Wh/kg 90美金/kWh	450 Wh/kg 1350 Wh/L
目标应用	电动车，消费电子	电动车，消费电子	消费电子	国防，飞行器	消费电子	飞行器	电动车，消费电子	电动车	电动车	电动车，消费电子，储能	国防，飞行器
投资合作伙伴	Mercedes, Whoop, CATL, TDK, Samsung	RNM Alliance; LGES, Samsung	Intel, Qualcomm	Airbus, US Army	ATL(TDK), BASF, Showa Denko, SK	Applied Materials, Lilium	WACKER, SK Chemicals	GM Ventures, Volta Energy Technologies	BP, EVE, Daimler, Vinfast,Samsung, TDK	Mitsui Kinzoku	EIB

Source: Pitchbook & Intercalation Station Silicon Series (1, 2, 3, 4)

储慧智能 | 储慧智能科技有限公司

为电池上下游企业提供一站式数字转型服务

服务于锂电、钠电、材料、汽车等众多相关企业

一站式数智创新平台 dCore

实验室管理系统 dLIMS

智能制造执行系统 dMES dMES(小试版)

产品成本分析系统 dCost

苏州	总部和产品研发中心，华东业务中心
武汉	服务和交付中心，华中业务中心
溧阳	产业基地和客户中心
深圳/广州	华南业务中心
北京（怀柔科学城）	行业平台中心

一站式数字化解决方案



战略合作伙伴

中科院物理研究所 天目湖先进储能技术研究院 西门子股份公司

合作高校

华中科技大学 北京化工大学 南京大学 中山大学

欢迎咨询了解~

[储慧智能]官微 [储慧智能]客服

储慧智能科技有限公司

网站：www.unicoresoft.com

电话：18151090023

地址：苏州工业园区星海街16号三层D区

年度事件

业界企业及动态

投资

电芯材料发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

生产制造

安全/法规

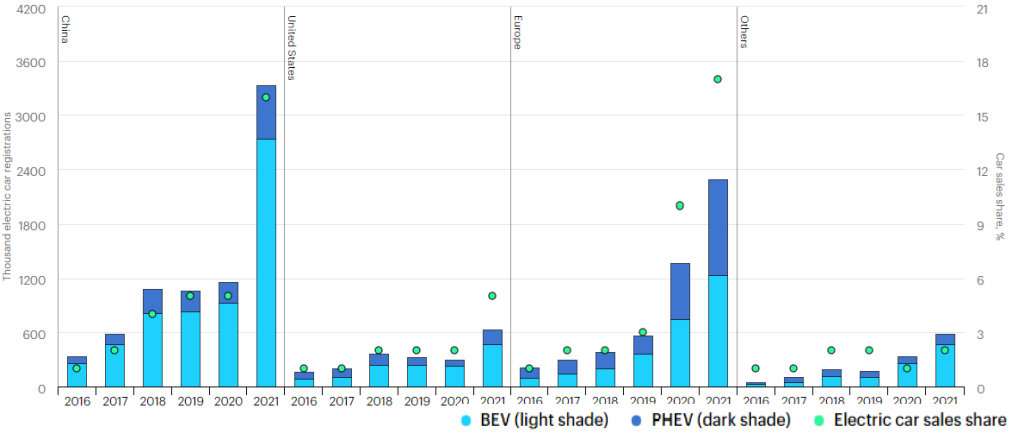
电动车 | 电动车市场份额

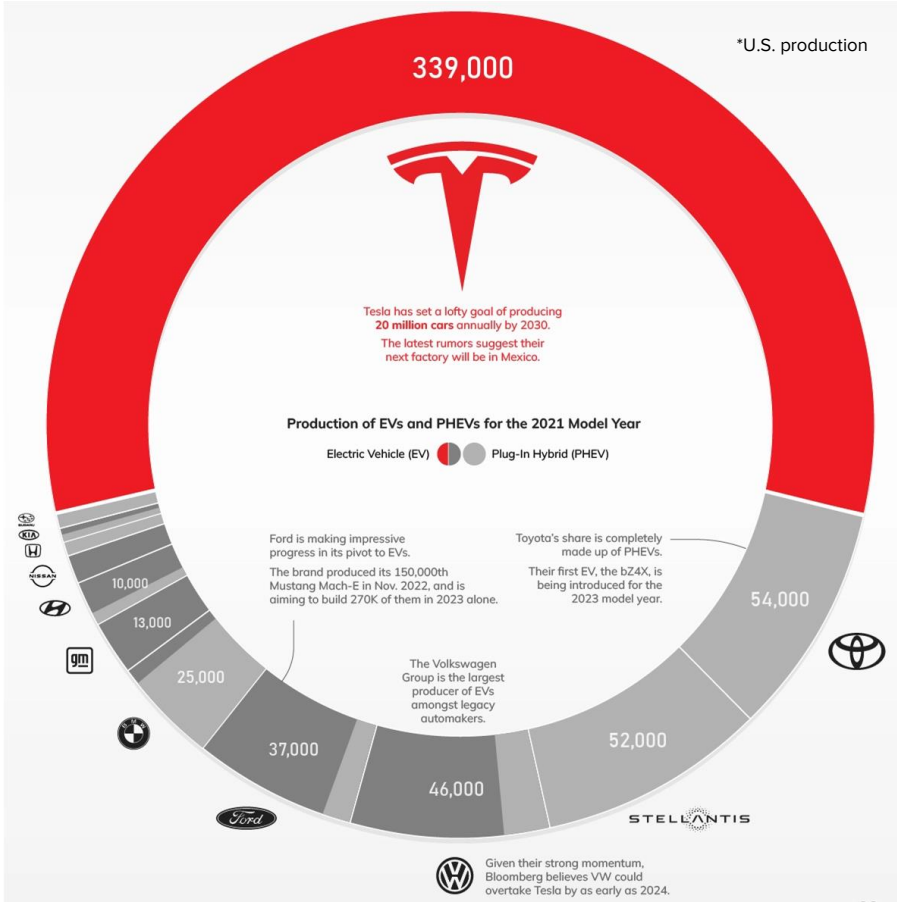
纯电动车在2020年至2021年的市场份额大致翻了一番

欧洲和中国的电动车（包括电池电动车和插电式混合动力车）的普及率最高。

在此期间，电动车的市场份额在中国增加了两倍，在美国增加了一倍。

特斯拉在美国的这一领域继续保持对其他主机厂的健康领先。虽然随着新进入者的到来，特斯拉的市场份额一直在下降，但随着整个市场的增长，销售量预计将继续增加。



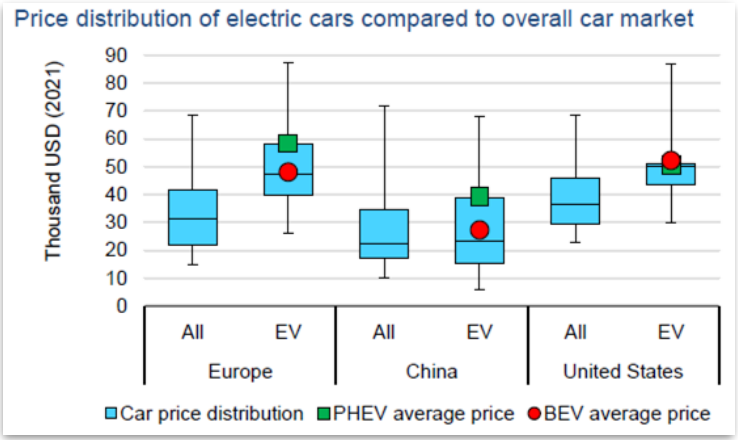


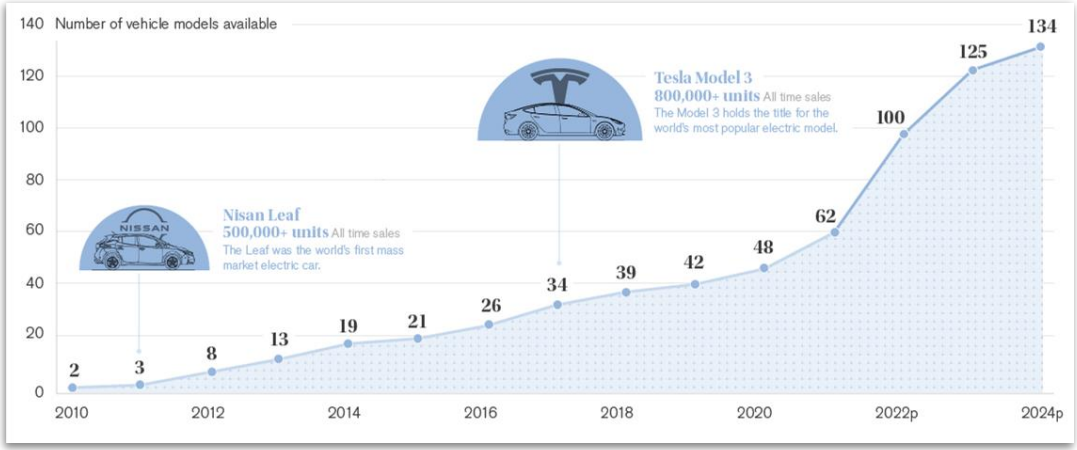
Source: IEA Global EV Outlook 2022, Visual Capitalist, EPA Automotive Trends Report 2022

电动车 | 纯电动车的消费者选项

随着传统制造商宣布雄心勃勃的计划并开始规模生产，BEV阵容不断扩大

传统的汽车制造商正在扩大他们的纯电动车阵容，有若干计划到2030-35年只提供BEVs。





然而有几款车型仍然是针对奢侈品市场的。因此，

- 电池组尺寸正在稳步增加
- 主机厂将电气化工作集中在大型和昂贵的SUV、卡车和跨界车上
- 除中国外，电动车价格仍高于平均车价

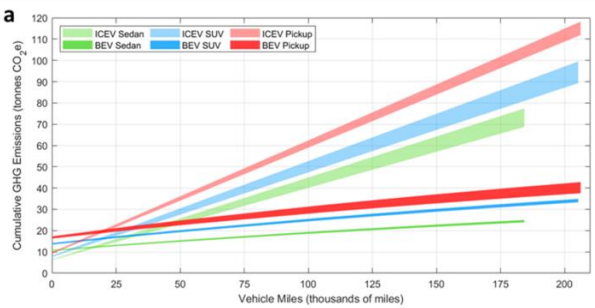
Source: Visual Capitalist, IEA Global EV Outlook 2022

电动车 | 皮卡

2022年发布了几款电动皮卡，预计2023年还会有更多推出。但更大的车辆需要更大的电池组，延长了碳排放跨界车的时间

密歇根大学和福特公司的研究人员研究了皮卡在电气化中的作用。电气化的好处取决于一个特定地理位置的电网电力的碳强度。

根据这项研究的假设，平均而言，纯电皮卡在25000英里之前就能达到与内燃机皮卡的CO2平价，在40000英里之前就能达到与混动皮卡的平价。尽管如此，在纯电皮卡行驶10万英里时，预计50%的CO2将完全来自电池制造。在短期内，在电网碳强度高的地区，混动车可能会更快地实现二氧化碳平价。



内燃机和纯电皮卡的终生二氧化碳排放量。纯电车显示在25000英里之前达到CO2平价。

	ICEV	HEV	BEV
Pickup	543-573 100%	388-410 72%	182-207 35%
SUV	435-485 82%	317-345 59%	162-170 31%
Sedan	373-420 71%	262-287 49%	129-136 24%

每种车辆类别和动力系统组合的终身“从摇篮到坟墓”的温室气体排放（基本型和高级型），单位为g CO2e/mile，平均温室气体排放占内燃机皮卡排放的百分比。

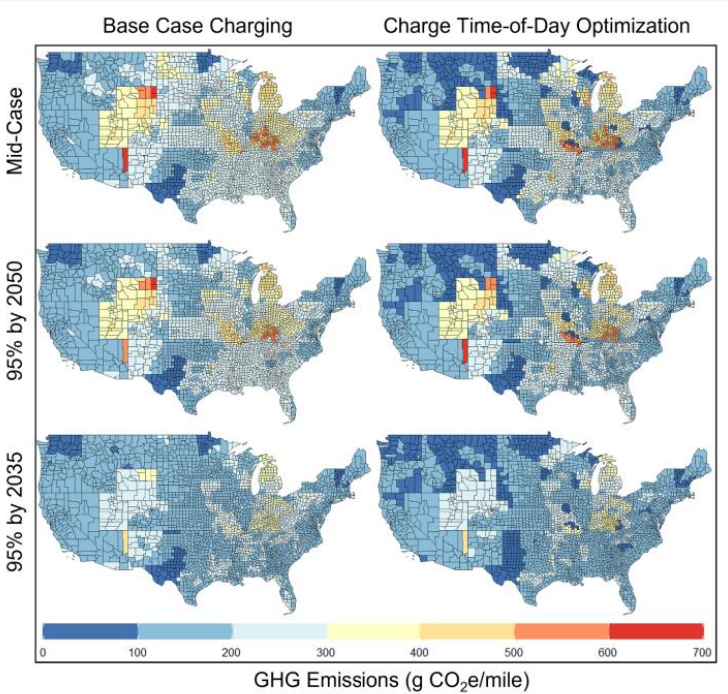


Figure 7. GHG emissions of a BEV pickup truck for base case grid emissions projections, a rapid decarbonization scenario, charge time-of-day optimization, and charge time-of-day optimization combined with rapid grid decarbonization.

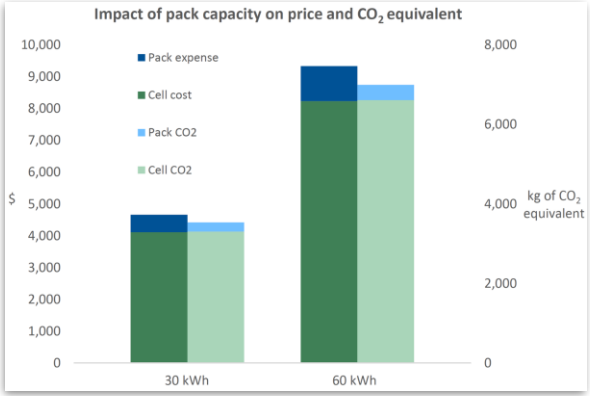
Source: Woody et al., Burton et al.

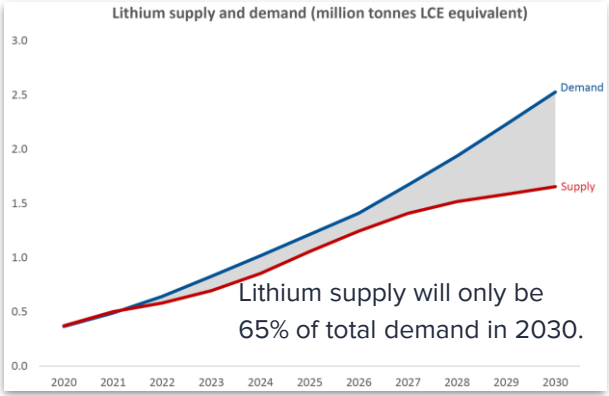
电动车 | 电池能量大小对锂供应和碳排放的影响

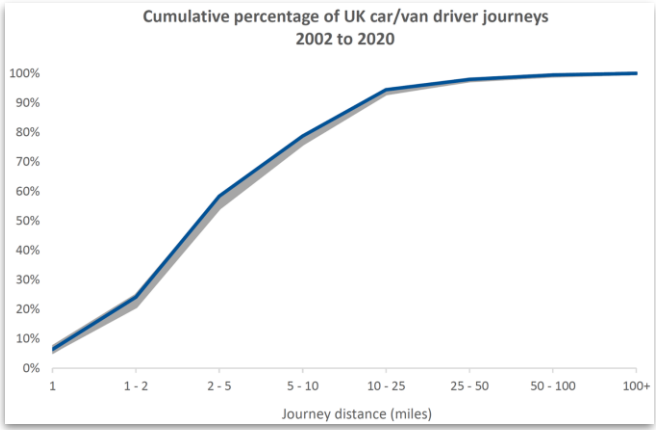
较小的电池组将主机厂的成本、原材料的使用和二氧化碳的排放降到最低。

Exawatt和Minviro发表了一份白皮书，详细介绍了对小型电池组的需求，作为解决材料供应紧张的方案，并最终实现可持续的电池行业。电动汽车中较小的电池组可以最大限度地减少主机厂的成本、原材料的使用和排放，同时满足消费者的大部分要求。

英国99%的汽车行程都在100英里以下，80%的行程都在10英里以下。举例来说，从60千瓦时的电池组转向30千瓦时的电池组可以节省高达9000美元的成本和3500公斤的二氧化碳排放。



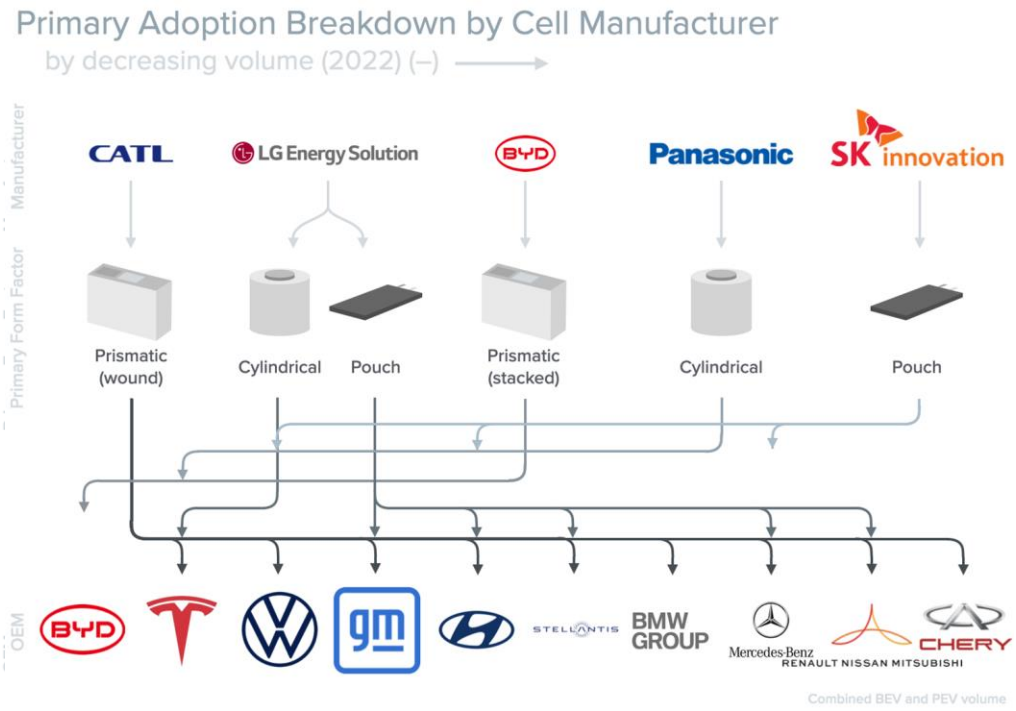


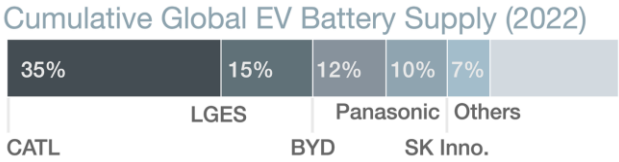


Source: Edward Rackley, Aaron Wade, Elijah Santos, Catherine Kohler, Jordan Lindsay, Robert Pell. Size Matters, The Economic and Environmental Impact of Smaller EV Batteries.

电动车 | 电芯形状因子的选择：现状

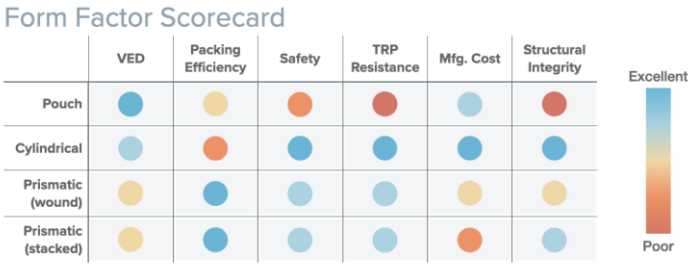
电芯设计的选择很大程度是由应用需求和化学成分驱动





电芯形状因子之间的重大权衡发生在体积能量密度、包装效率和安全性（热失控传播阻力）之间。

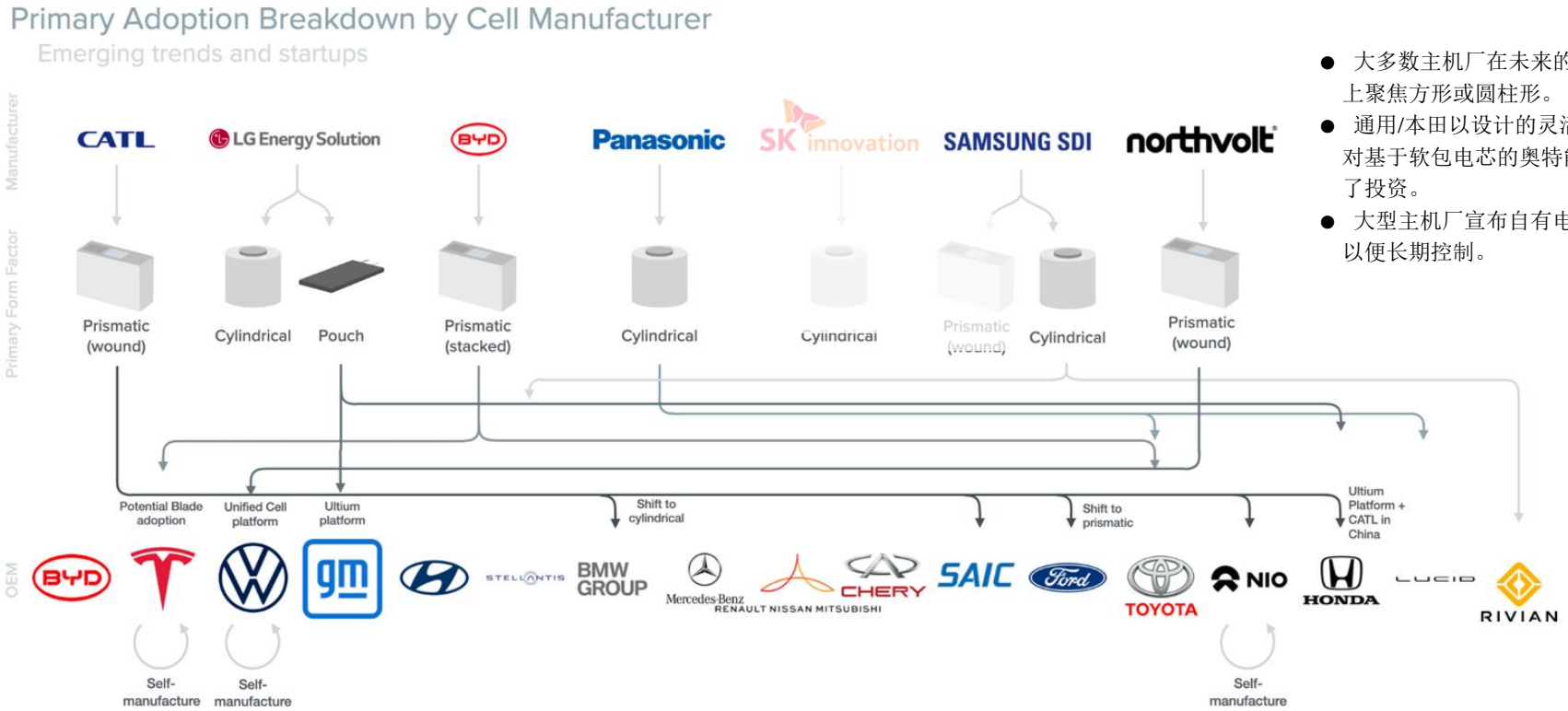
第一代电动车主要由圆柱形和软包电芯组成，因为它们有现成的工厂模具，所以在成本和可制造性方面有优势。



Source: Public announcements, J. P. Morgan

电动车 | 电芯形状因子的选择：新兴的电芯合作伙伴

主机厂和初创公司开始在合资企业和公告中对外形尺寸进行长期押注



- 大多数主机厂在未来的汽车平台上聚焦方形或圆柱形。
- 通用/本田以设计的灵活性为由，对基于软包电芯的奥特能平台进行了投资。
- 大型主机厂宣布自有电池制造厂，以便长期控制。

Sources: Electrek, VW 1, VW 2, GM 1, GM 2, CATL 1, CATL 2, CATL 3, Ford, NIO, Panasonic, Forbes, Reuters

电动车 | 电芯到电池包整合

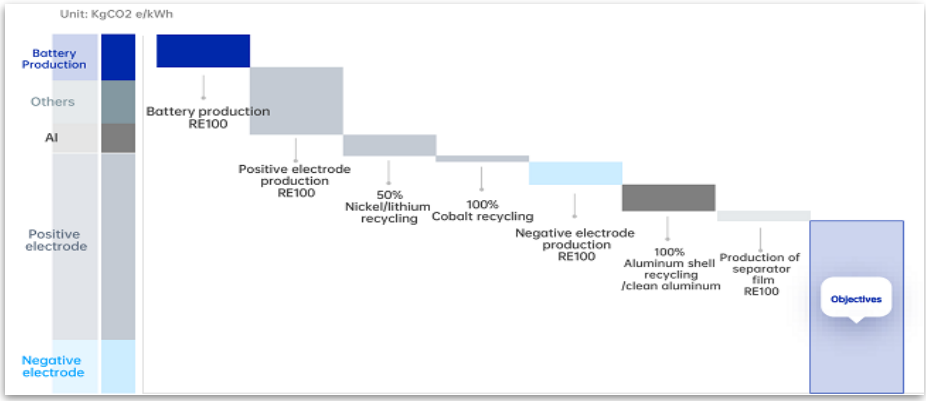
整包设计在不断发展，向整体设计发展，旨在消除自重，实现更高的包装效率和降低成本。

优势

取消了模块装配，减少了组件的数量和电池的装配成本，并提高了包装效率。CTP概念通常采用较大的电池外形，从而减少电池数量。这些优势预计也会降低碳强度（千克-二氧化碳/千瓦时）。

挑战

但是，在CTP实现所声称的成本降低之前，仍然存在诸如安全和热扩散等工程挑战。安全方面的挑战仍然存在，最近比亚迪刀片电池的召回事件就说明了这一点。



不同材料和工艺对二氧化碳排放的贡献

	BYD Blade	CATL CTP 3.0 Qilin	Tesla 4680
整包能量密度 [Wh/kg] ***(电芯形状)***	150 *(Blade LFP)*	>160 *(Prismatic LFP)* >255 *(Prismatic NCM)*	244 (cell level, *4680 cyl., NMC811*) 151 (pack)
体积装配效率	>60%	72%	63% 66% (grav.)
汽车里程 [mi]	375*	641**	280
快充	30-80% in 30 min	4C 10-80% in 10 min	0-80% in 32 min
成本 [$/kWh]	90	N/A	N/A
车型或品牌	BYD Tang	Zeekr, VinFast	Tesla Model Y

*里程基于比亚迪唐纯电动

**基于2023年Zeekr 001的CLTC循环，配备了140千瓦时的电池组

电动车 | 特斯拉4680电池结构

概览

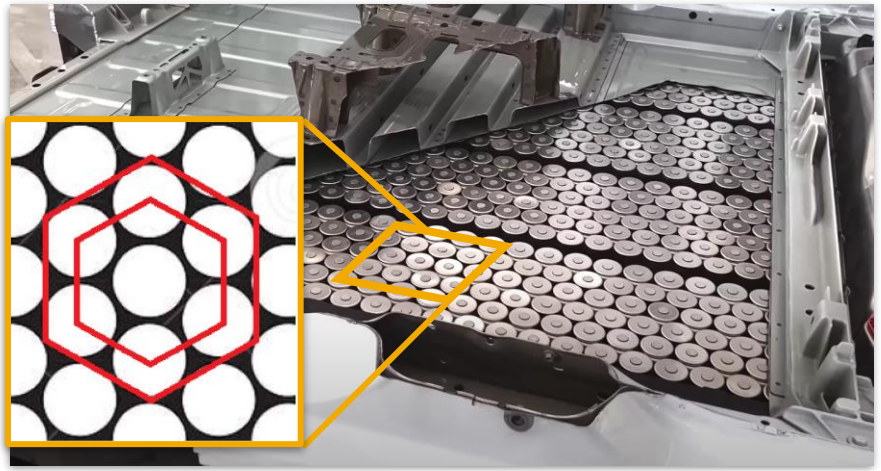
- 电池组与4680个圆柱形电池的整合，在2022年的Y型车中首先推出。
- 电池组（67.5千瓦时，445公斤）作为车辆的地板和跨车支撑，同时满足安全和噪音、振动和粗糙度标准。
- 电池被组装成4组六边形包装的特斯拉4680电池，所有这些电池都是通过用高硬度的聚氨酯泡沫填充电池组的间隙空间而形成的单一结构，这些泡沫也直接粘附在电池组盖上。

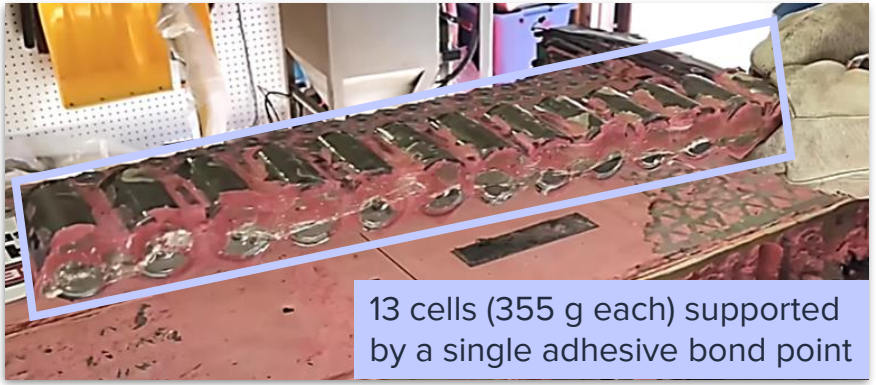
优点

- 提高了轴向的刚度和振动吸收，特别是当单元与单元之间的缝隙被聚氨酯泡沫填充时。
- 蜂窝状布局是圆柱形单元的独特优势，无法转化为软包或方形单元。
- 使得组装变得容易，并减少了零件的复杂性。
- 最终装配更坚固，更不容易出现质量故障。

缺点

- 该结构包无法被维修。

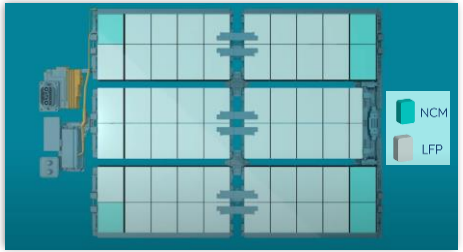
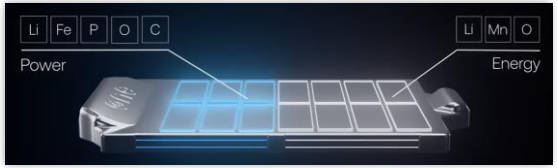


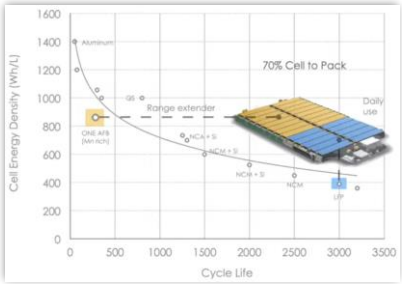


Source: MunroLive

电动车 | 混合化学结构

混合化学组合弥补了性能、成本和寿命方面的不足之处

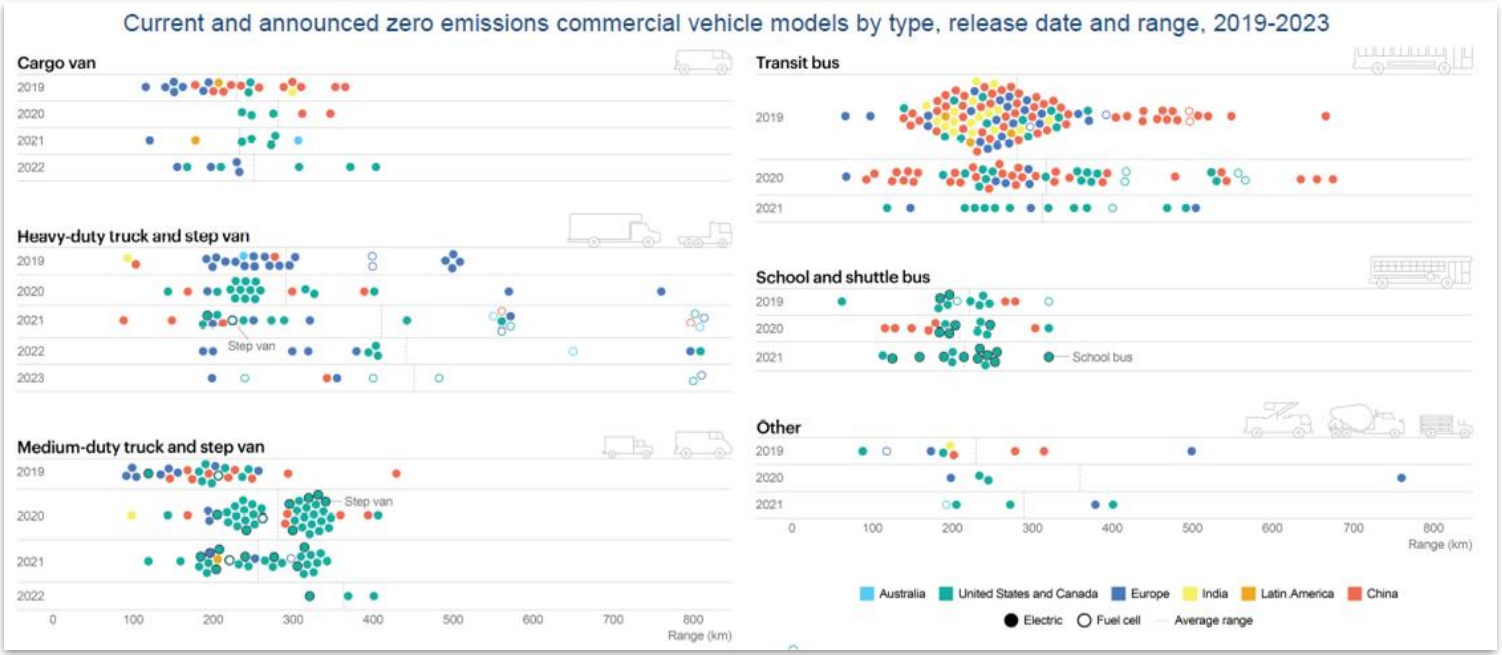
	蔚来汽车	宁德时代 Li+Na	ONE Gemini
			
化学	NCM + LFP	$Li^+ + Na^+$	Anode-free LMO + LFP
能量密度	142 Wh/kg	200 Wh/kg *(目标)*	310 Wh/kg, 420-475 Wh/L
目的	提高LFP在低温下的性能	降低成本，提高CTP架构的安全性	LFP用于牵引力和循环寿命，LMO用于增程器（高能量密度，低循环寿命）。
配合	LFP负责成本，NCM负责低温性能和优化SoC估算。	钠离子可降低成本和提升安全性，LFP可提高功率能力。	



- 混合化学电池组通过使用低成本的阴极材料显示出降低成本的希望，但在电气结构和BMS设计中引入了额外的复杂性。
- 与过去研究的能量驱动的混合电池组类似，化学混合电池组可能只是一个临时的解决方案，在实际应用中测试较新的化学成分，但在这些化学成分被大规模部署之前是利基应用。

电动车 | 商用车和最后一英里方案

商用车公告放缓，但多个产品进入多个市场生产阶段



- 2021/22年度产品发布的数量减少，因为大多数制造商专注于执行之前宣布的车辆。
- 中型和重型车辆的续航能力大多低于250英里。
- 在所有车辆领域，电池电动车比燃料电池电动车更突出。
- 中型车和校车是北美最常见的细分市场，而路线巴士是中国和印度的重点。

Source: IEA Global EV Outlook 2022

电动车 | 商用车（半挂卡车）

重型车领域的电气化是雄心勃勃的，产品显示出逐步增长的前景。

- 制造商正在接近所有重型车辆级别（5-8）。一些产品正在进入生产和交付阶段。
- 然而，由于特斯拉在2022年第四季度首次交付半卡车，第8类吸引了最多的关注。
- 市场上不同产品的续航能力在125至500英里之间，由400至1000千瓦时的大电池实现。每家汽车制造商提供的每辆车实现的续航能力取决于电池尺寸和能源效率。该领域的渗透率预计将在这十年中缓慢增长。

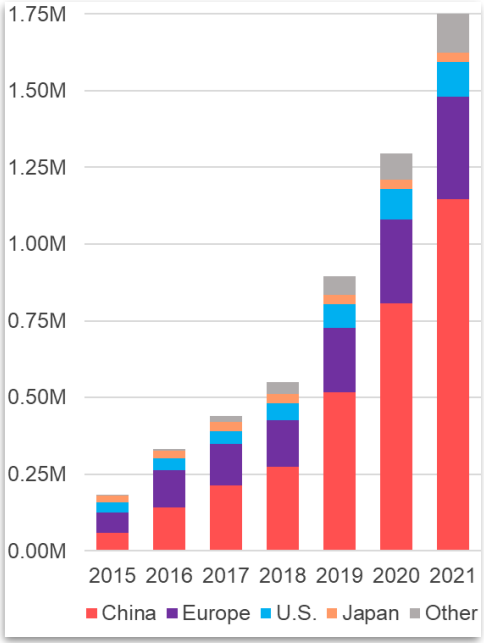
第8类卡车制造商	车型	电池供应商	电池能量密度 [kWh]	里程 [mi]*	效率 [mi/kWh]	最大充电功率 [kW]	最大扭矩 [lb-ft]	整备质量 (lbs)	声称充电时间	是否可用
BYD	BYD 8TT	BYD	409	125	0.3	185	1770	105,000	0-100% / 2.5 hr	In operation
FREIGHTLINER	eCascadia	CATL	438	230	0.52	270	23000	82,000	0-80% / 1.5 hr	2021
KENWORTH	T680E	Formerly Romeo Power (Current N/A)	396	150	0.38	120	1623	82,000	0-100% / 3.3 hr	2022
Mercedes-Benz	eActros	CATL	448	250	0.56	160	N/A	~88,200	20-80% / 1.5 hr	2024
NIKOLA	Tre BEV	Formerly Proterra Current Nikola/Romeo	733	330	0.45	170	28027	82,000	0-80% / 2.2 hr	2022
Peterbilt	579EV	Formerly Romeo Power (Current N/A)	396	150	0.38	150	N/A	82,000	0-100% / 3 hr	2022
TESLA	Semi	Tesla	850-1000	500	0.5-0.59	N/A	N/A	81,000	0-70% / 0.5 hr	2022
VOLVO	VNR Electric	Volvo	565	275	0.49	250	4,051	54,000	0-80% / 1.5 hr	2022

* 里程基于各制造商公布

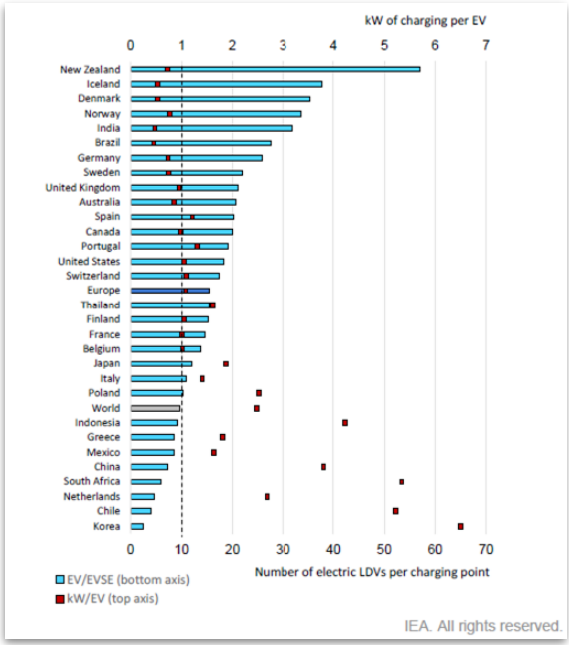
电动车 | 充电基础设施

随着政府、公用事业部门、石油和天然气公司以及纯粹的公司都在进行可观的投资，公共充电网络正在迅速发展。然而，要使电动汽车得到更广泛的采用，还需要更快的增长。

公共充电点数量



单个充电点的电动车主数量



重点趋势

2021年，全球公共充电点的数量增长了37%（2015-2021年的年复合增长率为46%）。现在总数已超过175万。

然而，还需要更多的充电点。充电网络的缓慢推出是广泛采用电动车的一个主要障碍。

缺少充电桩并不是唯一的问题。截至2021年，70%的公共充电点是慢速充电器。

扩大快速充电器部署的主要障碍是高 硬件/安装/许可成本高，正常运行时间短，以及不可预测的利用率。

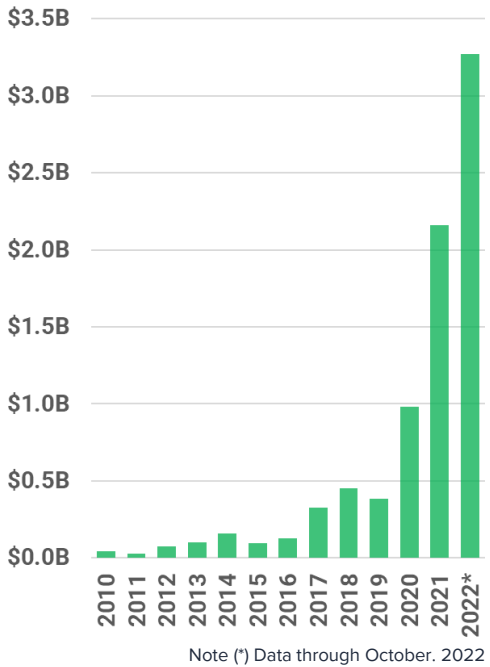
到2030年，全球充电点的数量需要增加到1300-1500万个，而快速充电器的比例需要接近40%。

Source: Axios, BloombergNEF, International Energy Agency, World Economic Forum

电动车 | 充电基础设施

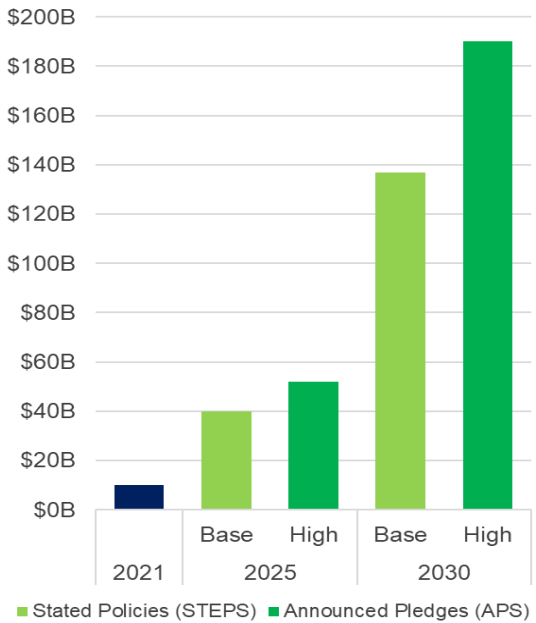
对电动车充电硬件和软件初创公司的私人投资正在蓬勃发展，2030年对电动车充电基础设施的年度投资可能达到1400-1900亿美元。

每年充电风投和私募



Note (*) Data through October. 2022

每年电动车充电资本支出



重点趋势

2022年，风投和私募对电动汽车充电硬件和软件初创企业的投资超过32.5亿美元。目前，对电动汽车充电初创企业的风投和私募累计投资超过82.5亿美元。

2021年，全球电动汽车充电基础设施的资本支出超过100亿美元。到2021年底，该行业的累计投资超过500亿美元。

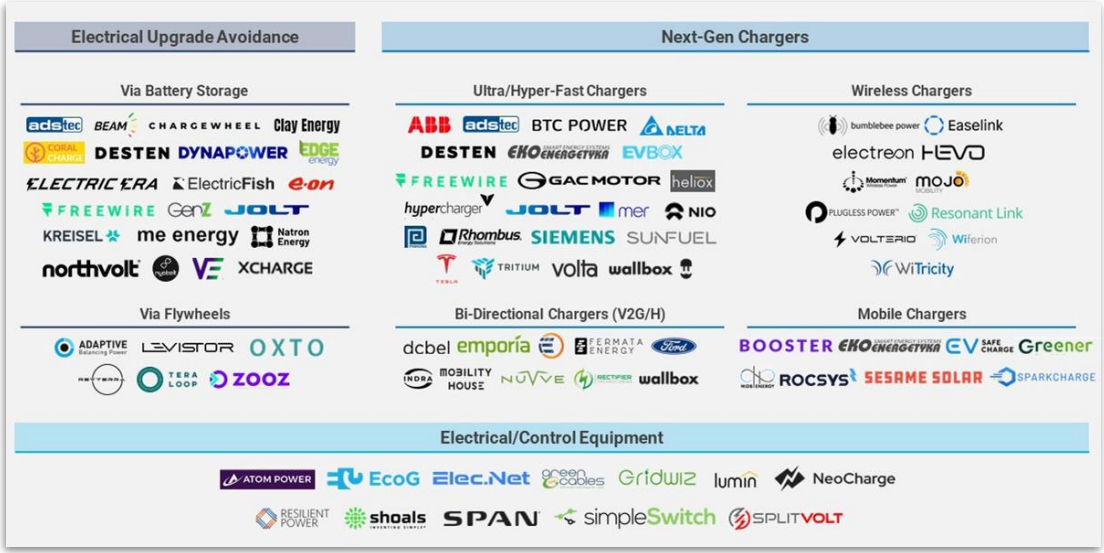
根据国际能源署的数据，到2030年，全球（公共和私人）电动汽车充电基础设施的年度资本支出将需要达到1400-1900亿美元，以支持电动汽车的预测采用。

Source: BloombergNEF, International Energy Agency, The Westly Group

电动车 | 充电基础设施技术

初创企业正在开拓下一代电动车充电，为快速充电、车辆到一切（V2X）、避免电力升级、充电管理等开发新的解决方案。

解决常见电动车充电痛点的著名公司



电动车充电痛点和解决方案

电力升级。快速和超快速充电器需要大量的电力，通常需要昂贵的电网升级。根据麦肯锡的报告，例如，四个150千瓦的充电器所需的电网升级费用可能超过15万美元。像Electric Era、FreeWire、Jolt等硬件初创公司正在将电池存储集成到他们的充电器中，以减轻对电网升级的需求。

低正常运行时间。许多公共电动车充电网络的正常运行时间很低，原因包括建造质量差、天气、连接性和用户错误。ChargerHelp等公司正在帮助充电网络更好地跟踪和补救离线的充电站。

电动车 | 车辆到一切（V2X）

车辆到电网（V2G）和车辆到家庭（V2H）几乎已经准备就绪。电动汽车的采用正在加速，汽车制造商正在推出具有V2G功能的电动汽车，而对电网服务的需求也在增长。

最近有V2X试点项目的著名公司

拥有V2X硬件/软件解决方案的著名公司

为何V2X有趣

双向充电使电动汽车--从乘用车和卡车到公共汽车和拖拉机--能够为设备、建筑物和电网供电。鉴于大部分的电池存储在电动车中，并将继续如此，整合电动车和电网将是关键。

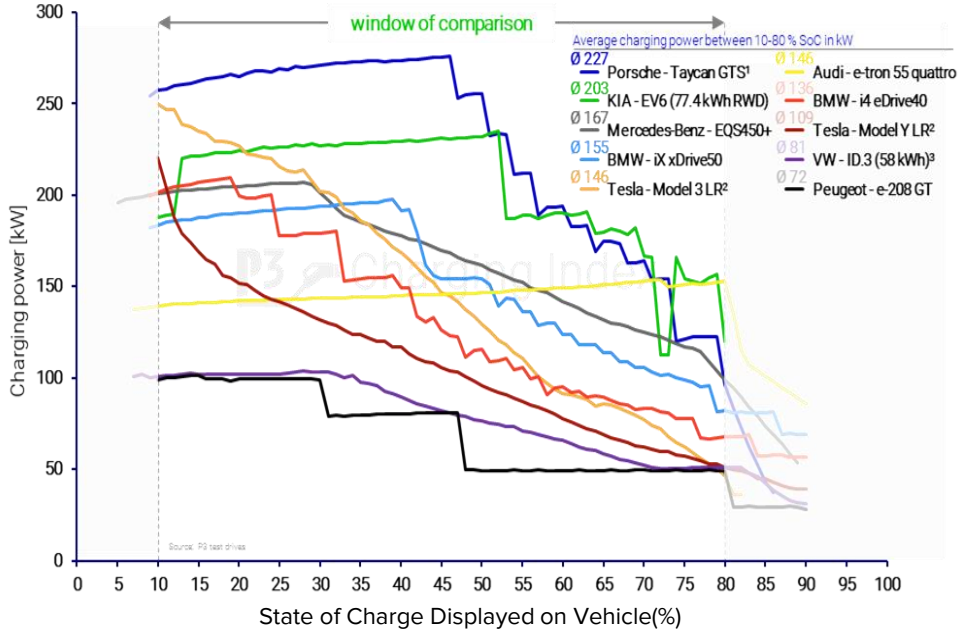
过去的不利因素。V2X活动一直是有限的，因为大多数电动车制造商担心双向充电会影响电动车电池的寿命，并没有实现V2X功能。此外，双向充电很昂贵，而且缺乏标准化。

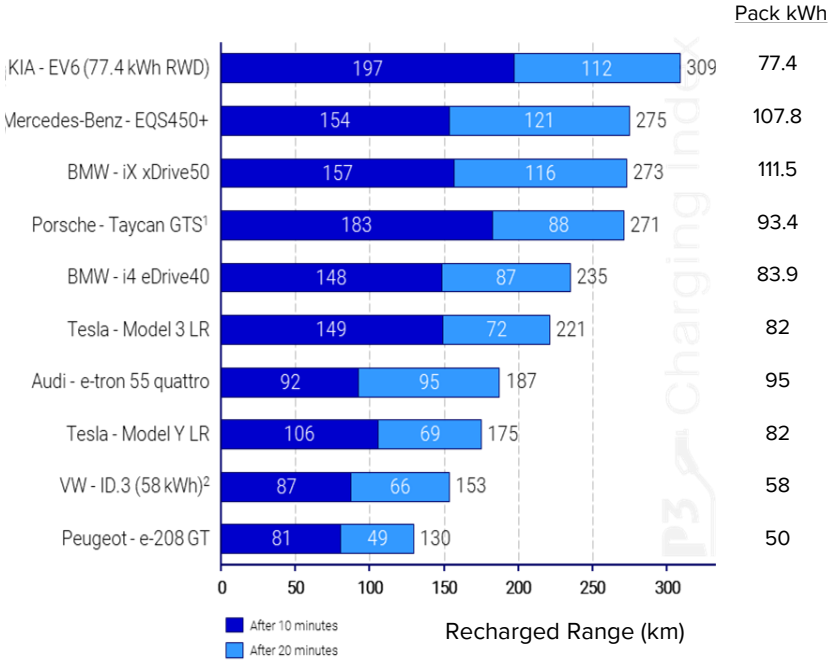
最近的风向。由于电池管理系统解决方案的改进，日产、福特和Lucid等汽车制造商已经在销售具有V2X功能的车辆。同时，通用汽车、现代-起亚、沃尔沃、大众和其他公司已宣布计划这样做。值得注意的是，福特的F-150 "闪电 "的电池容量与7个特斯拉Powerwall相同（理论上足以为一个美国家庭提供3天的电力）。

电动车 | 汽车充电公司

充电体验取决于充电功率、电池尺寸和车辆效率。

- 起亚EV6和保时捷Taycan在前10分钟内增加的里程数最多，这是因为800V架构带来的更高的充电功率。
- EV6的电池组能量比这个名单上的大多数汽车低，但在20分钟内增加的里程数最高。





Source: P3 Group; [1]Porsche Taycan GTS Sport Turismo model under review, named in the graphic as Porsche Taycan GTS [2]ID.3 measured with ID.Software 2.3

电动飞行器 | 2022年度事件

Q1

Textron 宣布收购Pipistrel以开发可持续飞机

Q2

欧洲航空安全局发布符合特殊条件VTOL的拟议手段

欧洲安全局发布Vertiports的原型设计规范

Cuberg发布5.1Ah电池的外部性能验证数据

Eve Holding, Inc.开始在纽约证券交易所以EVEX的名义进行交易

Q3

Lilium and SAUDIA宣布签署谅解备忘录，在中东和北非地区购买和运营100架飞机

Wisk and Boeing发布无人城市空中机动性的运营概念

Kittyhawk 决定停业

Q4

FAA发布Vertiport设计标准以支持先进的空中飞机的安全集成

FAA改变了认证EVTOL的方法，从飞机（21.17a）改为动力升降（21.17b）。

United又向电动飞行出租车市场投资1500万美元与Eve合作

Archer公布了名为"午夜"的生产型飞机。

Lilium 公司筹集了1.19亿美元的资本，为继续开发电动飞机提供资金。

Air New Zealand宣布与Beta Technologies、Cranfield Aerospace、Eviation和VoltAero建立伙伴关系

FAA 发布Joby JAS4-1和Archer M001的适航标准。

电动飞行器 | 概览

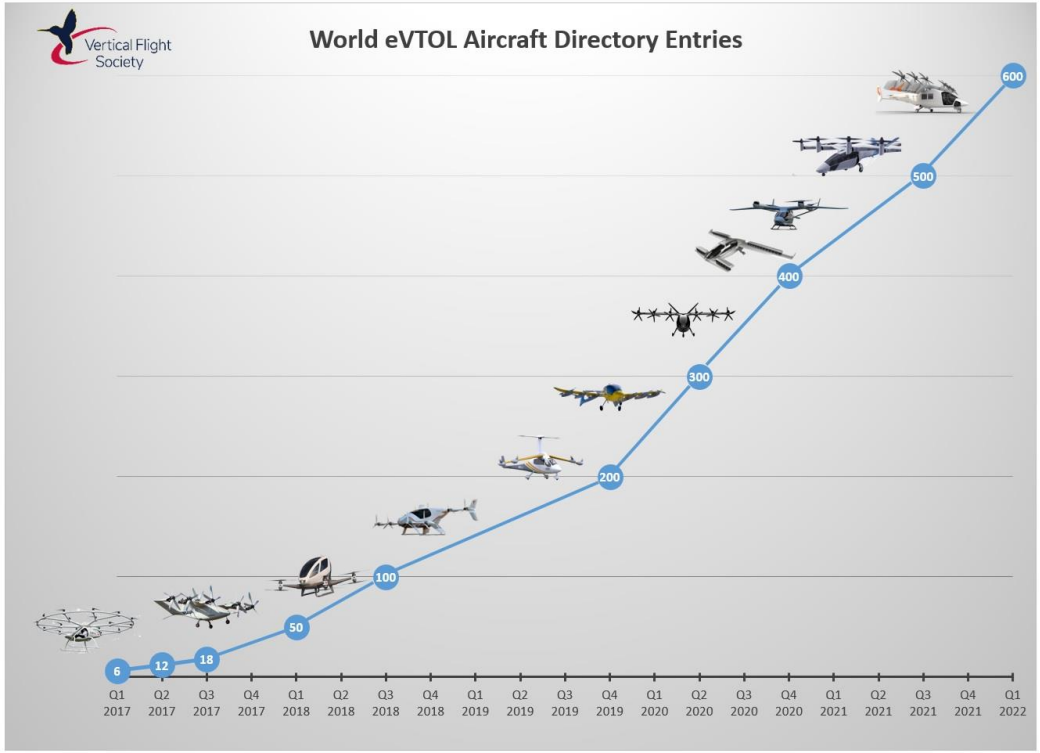
在技术进步、资金增加和监管清晰度提高的刺激下，各项工作迅速展开。

探索城市空中机动性和电气化航空市场的初创公司数量正在迅速增长。

在2022年第一季度，VFS eVTOL目录达到600架概念飞机。到2022年第三季度，VFS目录中已经有超过700架概念飞机被编入。虽然EVTOL获得了最多的关注，但一些概念也在探索短距离起飞和常规起飞。

在2021/22年，超过10架原型机进行了试飞，其中3架飞机（KittyHawk、Beta、Joby）完成了100多英里。

飞机认证正在启动，联邦航空局公布了Joby JAS4-1和Archer M001在动力升降机类别的第一个适航标准。鉴于飞机开发的资本密集型特点，特别是在城市环境中，目前还不清楚有多少公司能真正达到认证。



Source: eVTOL Aircraft Directory

电动飞行器 | 城市飞行器的电动垂直起降

正在尝试广泛的飞机概念，大多数的目标是在2025年左右推出，尽管由于资本密集型的路径来实现作为动力升降飞机的认证，预计会有整合。

	wisk	LILIUM	VERTICAL		ARCHER	supernal	KITTYHAWK	BETA	VOLOCOPTER	EVE	The ePlan Company
飞行器（推进类型）	6th Gen (L+C/VT)	Lilium Jet (VT)	VX4 (L+C/VT)	JAS4-1 (VT)	Midnight (L+C/VT)	- (L+C)	Heaviside (VT)	Alia (L+C)	VoloCity (Multicopter)	EVE	E200 (L+C/VT)
起飞重量[kg] 载量重量[kg] 乘客数量	- - 4	3175 - 6 + 1 pilot	- 450 4 + 1 pilot	2180 362 4 + 1 pilot	2950 455 4 + 1 pilot	- - 5	402 - 1	3175 - 2 + 1 pilot	900 200 1 + 1 pilot	1000 - 4-6	- 200 2 + 1 pilot
里程[mi]	90	100	100	150	100	60	100	250	40	60	124
电池容量[kWh] 能量密度 [Wh/kg]	-	*211 kWh *220 Wh/kg	-	*200 kWh *245 Wh/kg	142 kWh *170 Wh/kg	-	- *210 Wh/kg	- *240 Wh/kg	-	-	-
合作伙伴	Boeing, formerly Kittyhawk	Saudia, Netjets, Ionblox	American Airlines, AirAsia, Molicel	Toyota, Delta Airlines	United Airlines, Molicel	Hyundai, EP Systems	Boeing, Wisk	UPS, Air New Zealand	Mercedes, Honeywell	Embraer, United Airlines	-
认证/产品推出	~2028	2025	2025	2024	2024	2028	Wound down in 09/ 2022	2025	2024	2026	2024

Source: * Estimates from Sripad et al., eVTOL Aircraft Directory, AAM Reality Index, Company websites

电动飞行器 | 电动常规起降和电动短途起

传统和短距起降的电动飞行器不像垂直起降那样需要动力，更适合于区域空中机动性，采用混合动力系统和电动系统

	Jetson	AIRBUS	ELECTRA.AERO	ZEROAVIA	EVIATION	Heart Aerospace	PIPISTREL	PIPISTREL	NASA
飞行器	One (Multicopter EVTOL)	CityAirbus (EVTOL)	- (ESTOL)	HyFlyer II (ECTOL)	Alice (ESTOL)	- (Hybrid)	Velis Electro (ECTOL)	Alpha Electro (ECTOL)	X-57 Maxwell Mod IV (ECTOL)
起飞重量[kg] 载量重量[kg] 乘客数量	175 85 1	2200 250 4 + 1 pilot	- 1134 9 + 2 pilots	- - 9-19	8350 1134 3-5 + 1 pilot	- - 30	600 172 1 + 1 pilot	550 182 1 + 1 pilot	3000 - 2 pilots
里程[mi]	16	19	460	345	288	120	86	98	100
电池容量[kWh] 能量密度 [Wh/kg]	-	110 kWh	-	Hydrogen Electric	-	-	24.8 kWh	21 kWh	47 kWh 120 Wh/kg
合作伙伴	-	-	Welojets, Lockheed Martin	United Airlines	MagniX, Air New Zealand	United Airlines	Textron	Textron	-
认证/产品推出	-	2025	-	2025	2027	2028	EASA Type Certified	EASA Type Certified	Experimental platform

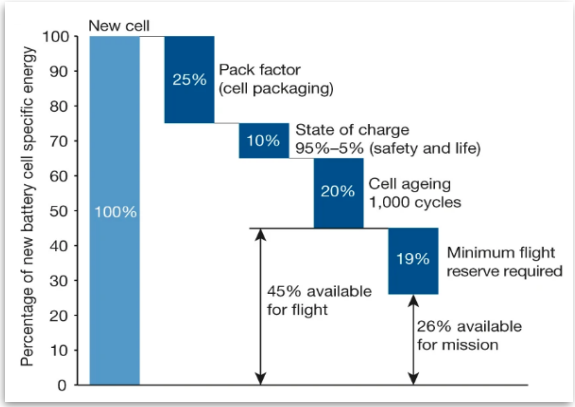
Source: eVTOL Aircraft Directory, Company websites

电动飞行器 | 电芯和模组

标准化的、经过安全认证的模块可以帮助加速集成到飞机上，但一些飞机设计者更喜欢内部开发，以提高集成效率。

航空专用电池离规模生产还有一段时间。利用现有技术的飞机有可能在认证和先发优势方面取得进展，同时只能支持短程飞机。

对于航空业来说，电芯比能量不能全部用于任务。包装、安全、老化和储备能量的监管要求意味着只有26%的新电芯比能量可用于飞行任务。



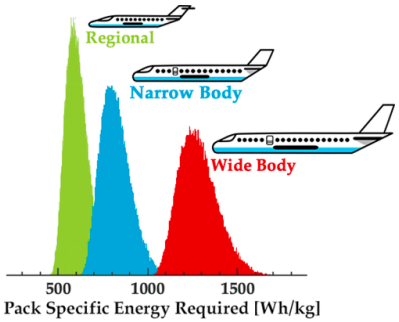
	产品（电芯/模组）	化学	目标比能量 [Wh/kg]	比功率	飞行制造商伙伴
CUBERG	C (pouch)	Li metal	380	2 kW/kg	-
amprius	C (pouch)	Si nanowire	360-500 1150 Wh/L	10C	-
IONBLOX (fka Zenlabs)	C (pouch)	811 NCM, >90% SiOx	>300 Wh/kg (340 at C/3)	>3 kW/kg	Lilium
MOLICEL®	C (cyl.)	NMC/A, Gr	>230 Wh/kg	-	Archer
eρ SYSTEMS	Module	-	205	-	NASA, Supernal, Plana
MOBIUS energy	Module (Husky2P50)	Molicel cells	215	7C (6 min), 1.56 kW/kg	Dovetail
ELECTRO FLIGHT	Module (cyl. cells)	-	196	-	Rolls Royce, Heart, Cuberg
H55 TRUE BLUE POWER	Module (cyl. cells)	-	200	-	Piper, Pratt & Whitney, BRM Aero
True Blue Power	Module (TB60,24P8S)	LFP (A123)	66	-	Conventional aircrafts

Source: Viswanathan et al., Company websites

电动飞行器 | 电池化学成分的选择

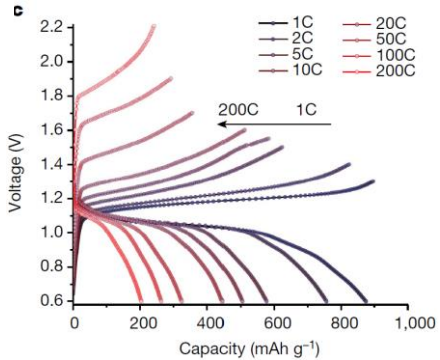
目前的飞机依靠锂离子进行认证，但长距离和高有效载荷将需要其他化学材料。

支线飞机的电气化需要高能量密度（>500Wh/kg）和功率（>3-10C）。虽然锂离子正在被用于UAM领域，但其他化学成分可能适合于远程区域飞机。熔盐和金属空气化学是潜在的替代品，它们也提供更高的安全水平。



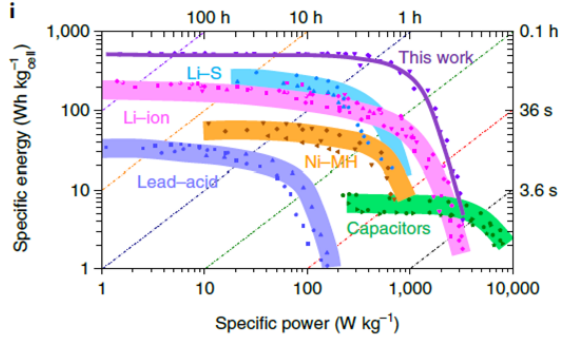
铝-硫。Pang等人提出了一项关于铝-硫电池的研究，该电池可以在200摄氏度下运行（相当于335A/gS，并且有可能实现非常低的成本（约9美元/千瓦时）。

采用熔盐电解质的铝-硫电池单元的预计能量密度与NMC622-Gr LIBs（526 Wh/L）相当，但该电池组可能不需要主动冷却系统。通过循环时产生的内部焦耳加热和适当的热绝缘，可以保持约90°C的温和的超环境工作温度。



全固态可充电锌空气电池。Shinde等人展示了全固态锌-空气软包电池，其电池级能量密度高达460-523 Wh/kg和1389-1609 Wh/L，在70%的放电深度下寿命可达1100次。在大于60秒的时间段内，还展示了大于1千瓦/千克的功率能力。

电池材料设计包括三维海绵磷化铜（CPS）、抗冻壳聚糖-生物纤维素超离子电解质和图案化的锌金属阳极。

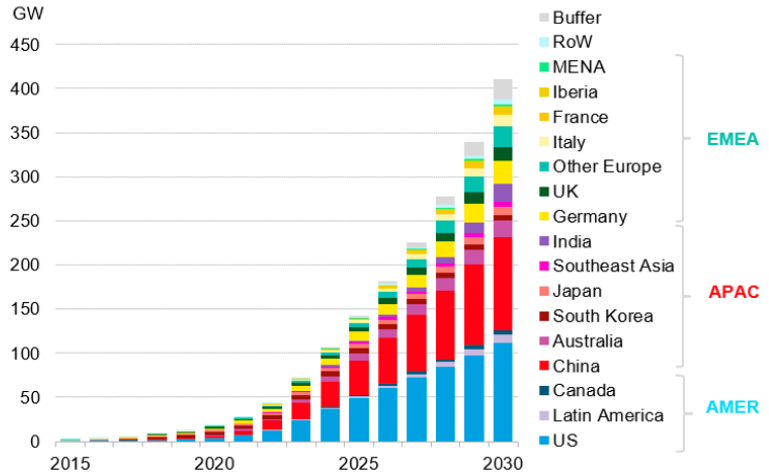


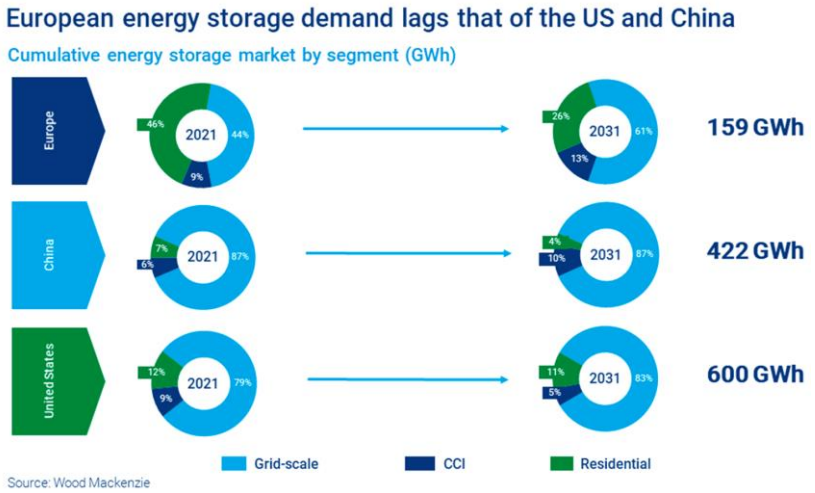
Source: Bills et al., Pang et al., Shinde et al.

固定式储能 | 电网存储市场趋势（锂离子）

储能系统ESS安装量预计将增长15倍，到2030年达到1194GWh。

Figure 1: Global cumulative energy storage installations, 2015-2030





- 美国和中国仍然是最大的ESS市场。
- 反通货膨胀法（IRA）和RePowerEU+等重大政策刺激ESS市场增长IRA推动了2022年至2030年111吉瓦时（30吉瓦）储能的发展，是2021年装机容量的15倍。
- 电网规模的ESS安装在存储容量中占主导地位，表后市场稳步增长。
- 基于锂离子（尤其是LFP）的ESS可能在未来十年内占主导地位，因为价格具有竞争力，而新兴的非锂离子技术在公用事业市场的示范/商业化方面取得进展。

Source: BloombergNEF (Oct 2022), Wood Mackenzie (July, 2022)

固定式储能 | 家用储能电池系统（锂离子）

越来越多的制造商现在提供住宅电池，与屋顶太阳能配对。

市场	主要州，国家	主要玩家
US	CA, PR, FL, HI, TX, MA, AZ	Tesla, LG Chem, Enphase, Generac, SunPower, lunar energy, solaredge
EU	Germany, Italy, UK	Tesla, Pylontech, sonnen, BYD, SENEC, E3/DC
APAC	Australia, Japan	Tesla, Alphaess, Huawei

市场增长。到2030年，全球住宅电池市场规模将增长280亿美元，由电网不可靠的地区和大量未开发的太阳能市场引领。

使用案例。备份是住宅ESS的主要使用案例。在一些市场上，公用事业账单的节省（随着加州NEM3的批准）和电网服务（即ERLP，ConnectedSolutions）可能是有吸引力的，但总体项目经济性通常低于非住宅部分。

竞争。虽然特斯拉仍然是排名第一的家用电池品牌，但2022年标志着家用电池玩家的涌入，包括许多电池/逆变器/光伏模块/家用电器制造商。

安全。最近在德国发生的住宅电池火灾[1][2]和LG化学RESU的召回事件增加了人们对安全的关注。

固定式储能 | 可选择的电池化学成分发展

到2025年，IDTechEx预测，非锂离子化学制品将占固定市场的10%以上，而2021年则为5%以下。

- 预计更多的长期存储将使可变可再生能源的渗透水平更高。
- 锂离子电池虽然在6-8小时范围内提供强大的峰值电力需求，但在提供可靠性事件和缺乏太阳能/风能覆盖时可能需要的多日存储方面，成本不具竞争力。

公司	技术	持续时间(单次循环)	2022 发展
Form energy	铁-空气电池	100-150 小时	● 宣布与西弗吉尼亚州政府合作，在韦尔顿建立7.6亿美元的电池厂。 ● 获得4.5亿美元的E轮融资，由TPG RiseClimate领投。
Ambri	高温锑基液态金属电池	4-24 小时	● 宣布与Xcel能源公司合作，在科罗拉多州奥罗拉市安装液体电池系统，以评估太阳能技术加速中心的性能。
ENERVENUE	镍-氢电池	8 小时	● 推出EnerVenue储能船（ESVs），具有可建造的灵活容量。
Highview Power®	低温储存/液体空气	1 小时(尖峰需求)	● 宣布计划为曼彻斯特工厂筹集4亿英镑，用液态空气储能为60万个家庭提供服务。
MALTA	电热	200 小时	● 宣布西南研究所（SwRI）完成了首个PHES公用事业级ESS的组装和调试，作为ARPA-E拨款的一部分。

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电池化学发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

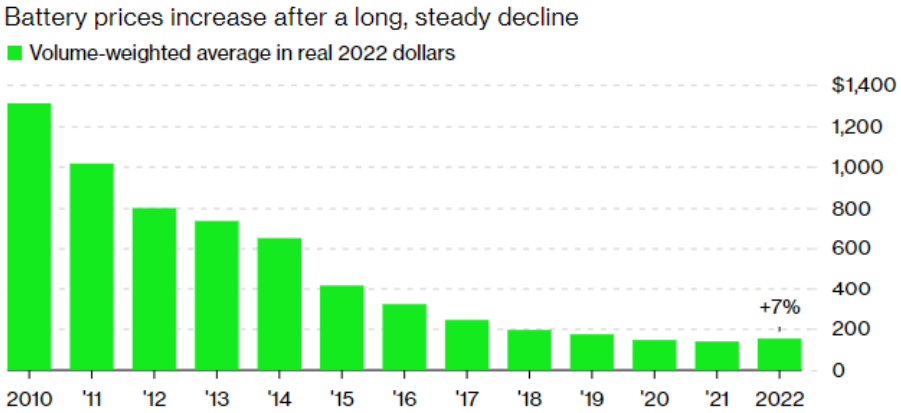
生产制造

安全/法规

成本 | 电池组

根据 BNEF 2022 年度价格调查，体积加权平均电池组价格在 2022 年首次上涨 7%。 2010-2022 年间，价格下跌了 88%。

体积加权平均电池组价格，来自 BNEF*



对电动汽车同等价格的影响. 尽管一些汽车制造商已锁定长期供应合同，但 BNEF 现在预计电池组价格将在 2026 年之前保持在 100 美元/千瓦时以上。这比最初预期晚了两年。 虽然一些高端电动汽车的前期价格已经与汽油电动汽车相当，但中端市场电动汽车的普及需要大约 100 美元/千瓦时的电池价格点。

主要趋势

短期价格上涨。 7月，BNEF预计2022年锂离子电池组体积加权价格上涨约2%。 截至 12 月，2022 年的价格上涨了 7%（至 151 美元/千瓦时），预计 2023 年将保持稳定。

- **价格上涨因素:** 供应紧张导致锂、钴、镍、电解液价格飙升； 通货膨胀; 地缘政治冲突； 挥之不去的 Covid-19 供应链问题是价格上涨的主要驱动因素。

长期价格下降。稳定和/或较低的商品价格、新的电池化学（例如使用更多镍和更少钴的化学物质，以及 LFP 的更多采用）以及规模经济应该会在 2024 年开始使平均电池组价格回落。

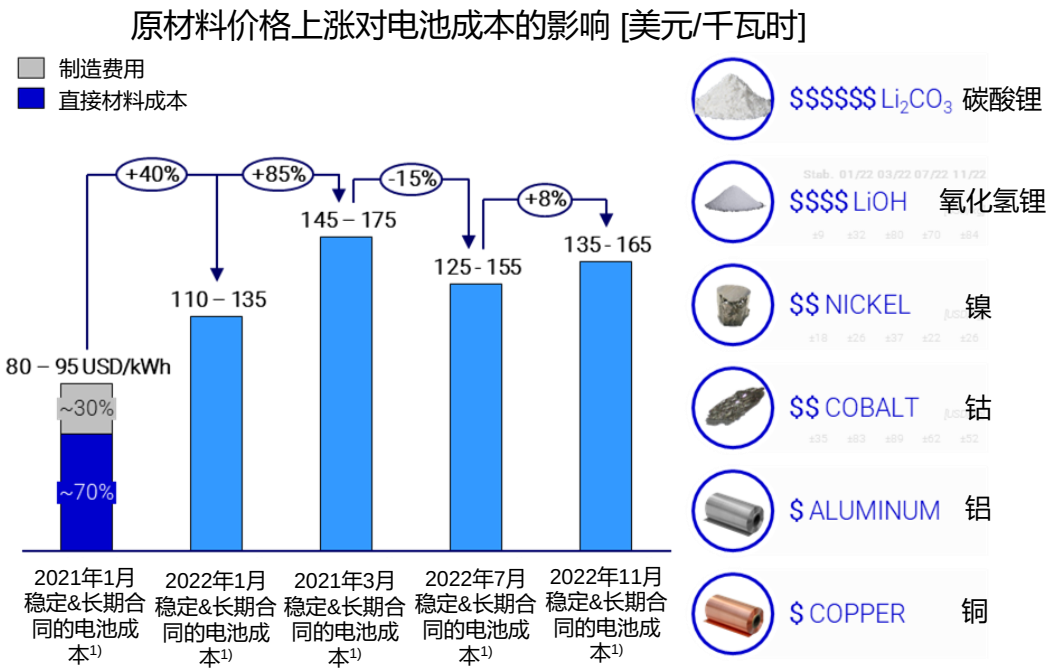
价格差异 源于应用、地区和化学。

- **应用:** 乘用 BEV（138 美元/千瓦时）的价格低于固定存储（169 美元/千瓦时）和乘用 PHEV（345 美元/千瓦时）。
- **地区:** 中国的价格最低（127 美元/千瓦时），其次是美国（157 美元/千瓦时）和欧洲（169 美元/千瓦时）。
- **化学:** LFP 电池比 NMC 电池便宜 20%。

Source: BNEF, P3 Group. (*) Values are averages across passenger EVs, commercial EVs, e-buses and stationary storage. Includes cell and pack.

成本 | 原材料价格上涨

从历史上看，电池成本随着材料价格的下降而下降。 今年，原材料价格的上涨将给新的市场进入者带来挑战。



1) 基于高镍 NMC 的电池成本参考。

- 原材料价格在整个价值链中上涨，**主要受正极活性材料、电解液和集电器价格强劲上涨的推动**，导致电池成本截至 01/2022 增加 >40%，截至 03/2022 增加 >85%。 当前的市场状况和危机导致原材料价格自 2022 年年中以来大幅波动
- **NMC 材料**在过去 1.5 年**几乎翻了两倍**，这主要是由于 Ni 和 Co 的价格上涨了约 2 倍，但尤其是由于 **LiOH 价格**与 2020/21 年相比**上涨**了 4-8 倍
- **LFP 变体受到 Li_2CO_3 价格上涨的影响**（比 2020/21 年上涨 6-10 倍）
- **对锂价格的依赖使电解质成分成本翻倍**（导电盐 LiPF6）
- **铝和铜价格上涨>50%**
- **价格上涨给新的市场进入者带来了额外的挑战，**他们不能依赖之前建立的长期合同

Source: All analysis by P3 group, Spot market prices from LME and ICC Sino

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电池化学发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

生产制造

安全/法规

供应链 | 国家排名

中国继续主导供应链，加拿大紧随其后

中国连续第三次在 BNEF 的全球锂离子电池供应链排名中占据主导地位，占据:

- 75% 所有电池制造产能
- 90% 负极材料和电解液生产产能
- 60% 全球电池级锂精炼产能
- 加拿大今年凭借对上游清洁能源供应的投资和美国- 墨西哥-加拿大协议 (USMCA) 的需求增加而升至第二位

跟2021 年相比之下，大多数欧洲国家的整体表现有所下降。

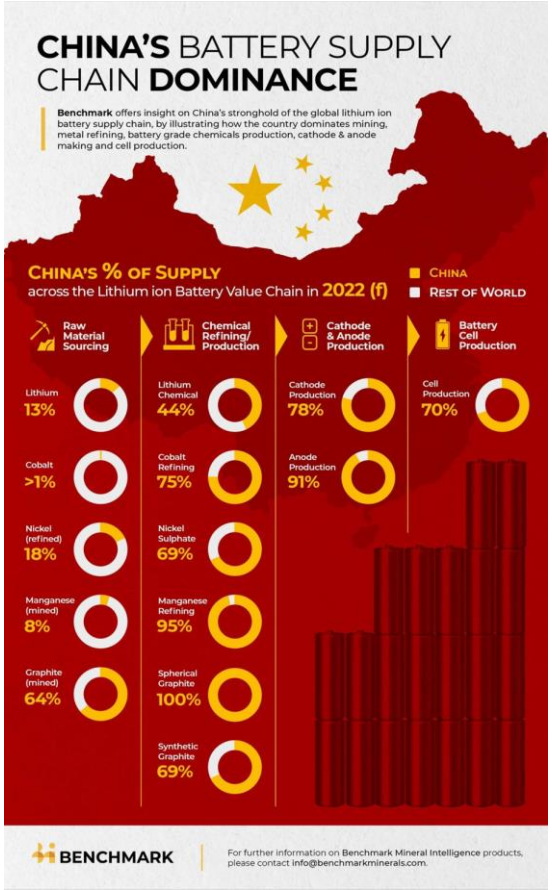
大多数资源丰富的国家由于缺乏国内电池制造能力和电动汽车需求而排名较低。

获得关键原材料和制造能力是影响 2022 BNEF 排名的关键因素。

Figure 1: BNEF 2022 global lithium-ion battery supply chain ranking

Country	Raw Materials	Battery manufacturing	ESG	Industry, innovation and infrastructure	Downstream demand	Overall ranking
China	1	1	17	9	1	1
Canada	3	8	6	4	10	2
US	6	4	16	5	2	3
Finland	9	15	2	1	11	4
Norway	18	10	1	3	7	5
Germany	21	6	4	7	2	6
South Korea	17	2	10	6	5	6
Sweden	21	9	3	2	8	8
Japan	13	3	8	12	8	9
Australia	2	15	9	13	11	10
France	24	10	5	10	5	11
UK	26	15	7	8	4	12
Czechia	23	10	11	11	18	13
Poland	24	5	15	16	15	14
Hungary	26	6	13	14	20	15
Chile	7	18	14	23	19	16
Turkey	15	18	21	15	13	17
India	13	10	26	21	13	18
Vietnam	20	10	20	18	17	19
South Africa	8	18	19	17	26	20
Brazil	4	18	23	22	20	21
Indonesia	5	18	22	27	25	22
Argentina	11	18	12	19	26	23
Slovakia	26	18	18	25	24	24
Thailand	26	18	24	20	16	25
Philippines	10	18	29	28	22	26
Mexico	16	18	27	26	23	27
Morocco	19	18	25	24	28	28
DRC	11	18	30	29	30	29
Bolivia	26	18	28	30	28	30

Source: BloombergNEF. Note: "III" stands for infrastructure, innovation, and industry.

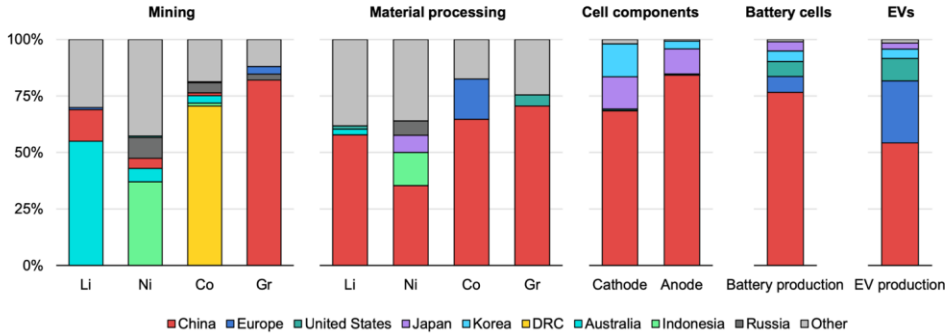


Source: Bloomberg, BNEF

供应链 | 矿物质 | 概述

锂、镍、钴、石墨和锰是电动汽车电池中的五种主要矿物质。澳大利亚、印度尼西亚和刚果民主共和国主导着采矿业，但中国主导着下游供应链。

全球电动汽车电池供应链的地理分布
来自国际能源署IEA



2020 年电动汽车电池中所用矿物质的分解图
来自TNE

Mineral	Cell Part	Amount Contained in the Avg. 2020 Battery (kg)	% of Total
Graphite	Anode	52kg	28.1%
Aluminum	Cathode, Casing, Current collectors	35kg	18.9%
Nickel	Cathode	29kg	15.7%
Copper	Current collectors	20kg	10.8%
Steel	Casing	20kg	10.8%
Manganese	Cathode	10kg	5.4%
Cobalt	Cathode	8kg	4.3%
Lithium	Cathode	6kg	3.2%
Iron	Cathode	5kg	2.7%
Total	**N/A**	**185kg**	**100%**

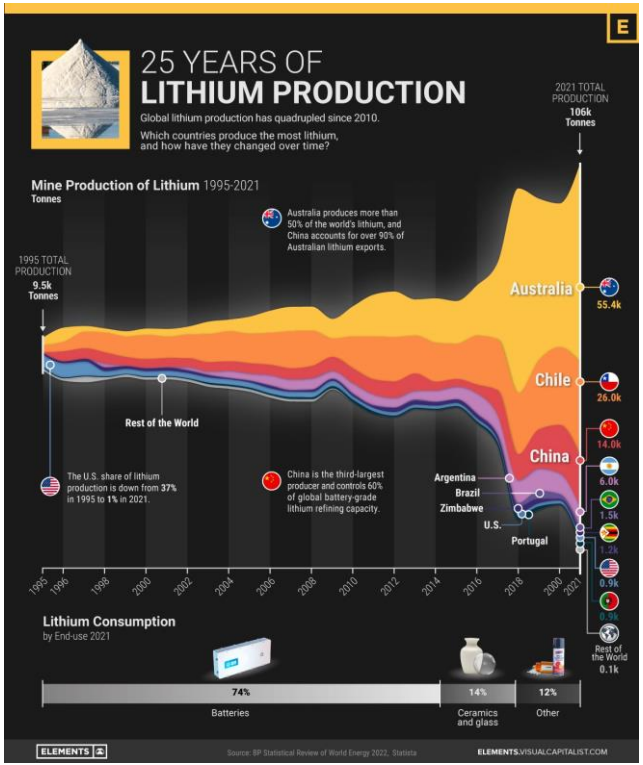
供应链地理:中国是最大的锂、镍、钴和石墨加工国，也是电池组件和电芯的最大 生产国，遥遥领先。该国还是最大的石墨生产国。欧洲和美国计划在电池制造领域发挥更大的作用，但 IEA 预计到 2030 年中国仍将占据主导地位。

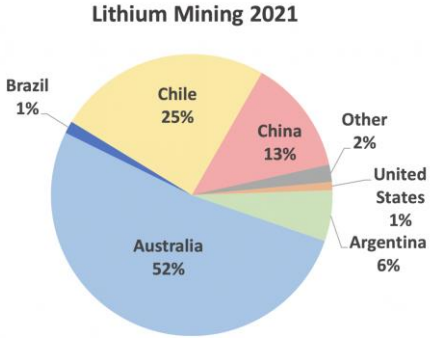
电池金属混合体:据总部位于英国的交通与环境部称，2020 年平均容 量为 60kWh(即与雪佛兰 Bolt 相同尺寸)的电动汽车电池包含约 185 公斤的材料。按重量计，石墨、铝、镍和铜是最主要的材料。

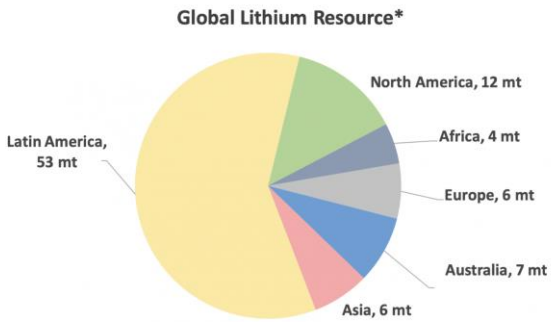
Source: Transport and Environment (via Visual Capitalist), International Energy Agency. Note: Li = lithium, Ni = nickel, Co = cobalt, Gr = graphite.

供应链 | 矿物质 | 锂

目前的锂市场高度集中:全球90%的锂产量来自3个国家:澳大利亚、智利、中国。







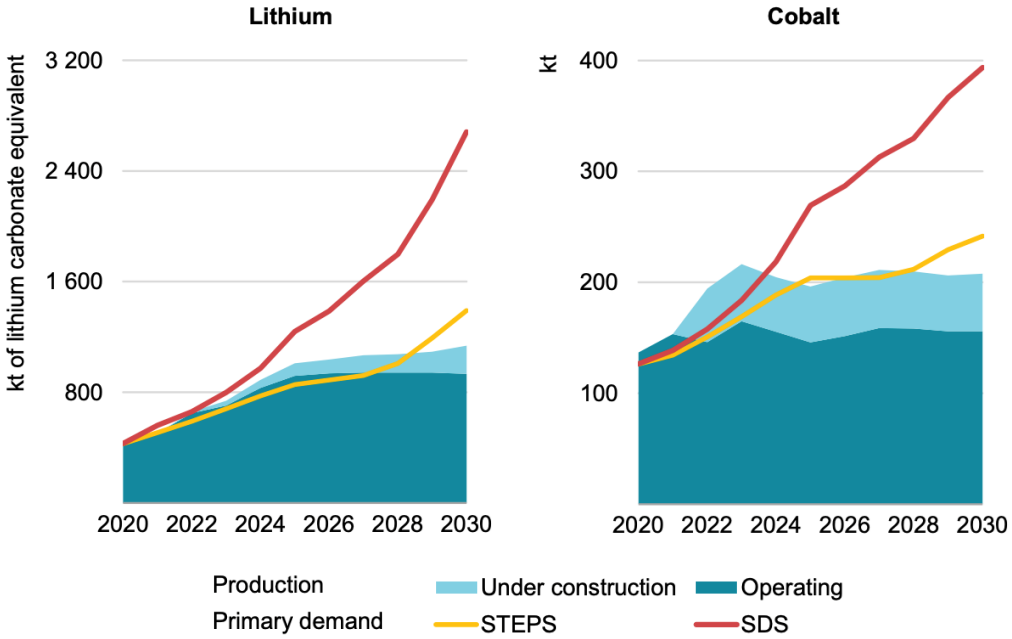
- 高度集中的市场在发生不可预见的事件(例如智利地震)时会带来供应链风险。
- 未开发的锂储量存在于拉丁美洲(主要是智利、阿根廷、玻利维亚，它们构成了锂三角)和北美(内华达州萨克帕斯;加利福尼亚州索尔顿海)，理论上足以满足未来的需求。
- 然而，并非所有储量都会达到生产状态，尤其是为了满足近期激增的需求。如果没有足够的投资来扩大生产，世界最早可能在 2025 年面临锂短缺 (IEA)。
  - 2010 年至 2019 年间开始运营的锂矿平均需要 16.5 年的开发时间(12 年用于勘探和可行性评估，4-5年建设周期) (国际能源署)
  - 从最近开发的低品位盐水中提取的锂，由于使用了更多的化学品而带来更高的运营成本和二氧化碳排放(BatteryBits)

Source: Visual Capitalist, ISS Insights

供应链 | 矿物质 | 锂和钴

从电动汽车销售预测和电池组化学/尺寸变化预期可得出一致结论：未来十年电动汽车电池的锂供应可能会保持紧张。

来自 IEA的锂和钴市场平衡图
(对比了矿场承诺年产量与两个主要需求场景的增长)



- 锂价开始下跌到2022 年底，但由于市场吃紧，价格仍 比2021年12月的价格高出约3倍。
- 彭博社预计，在短期内，“锂行业可能难以满足电动汽车不断增长的需求，除非在未来两年内迅速增加新项目。”标准普尔全球还预计2023 年市场将供应紧张。
- 国际能源署指出，从长远来看，满足锂（和钴）需求的快速增长可能需要“强劲的投资增长，以在未来十年带来新的供应来源”。
- 然而，汽车制造商已经改用钴含量较低的电池，因此与锂供应相比，钴供应挑战是一个相对没有挑战性的问题。

Source: BloombergNEF, IEA

供应链 | 矿物质 | 锂

ESG(环境社会治理)是一种关键的风险管理工具。随着采矿项目面临当地社区的强烈反对，ESG工具对于股东的重要性与日俱增。目前只有 42% 的运营锂矿商采用 ESG 报告。



锂矿业ESG问题

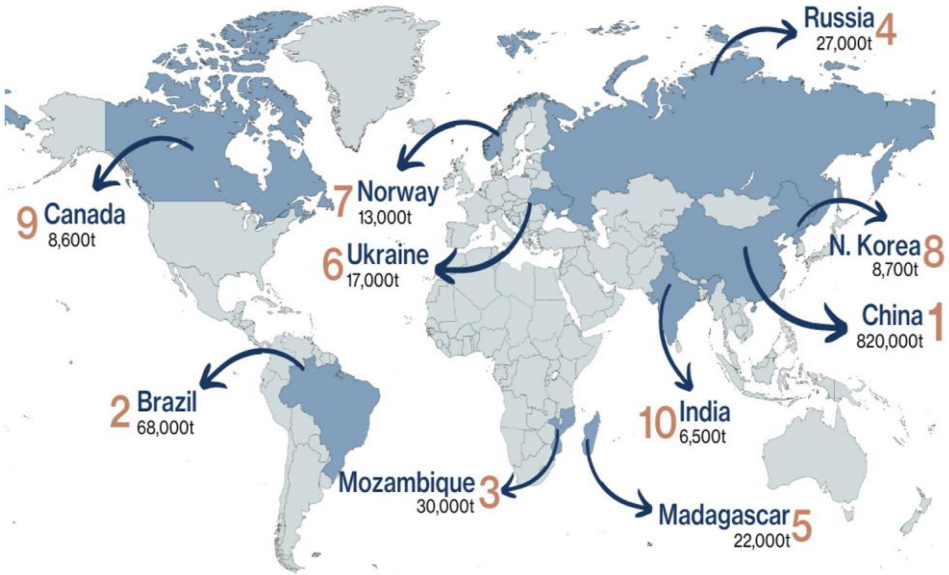
- 提锂方法主要有两种
  - 硬岩矿“锂辉石”（在澳大利亚很常见）
  - 盐水蒸发（在拉丁美洲很常见）
- 盐水蒸发是一个耗水量大的过程，锂储量通常位于干旱多发地区
  - 提取 1 吨锂会消耗 2+ 百万升水，这会导致地下水枯竭、土壤污染和其他形式的环境退化
  - 锂三角（智利、阿根廷、玻利维亚）拥有世界已知储量的 56%，并表现出中度至高度缺水
- 当地社区反对全球的锂矿开采项目
  - 塞尔维亚政府叫停 Jadar 锂项目
  - 澳大利亚的新项目面临民事和法律审查
  - 强烈反对内华达州 Thacker Pass 的开发

Source: ESG Reporting by Benchmark Mineral Intelligence, ISS Insights

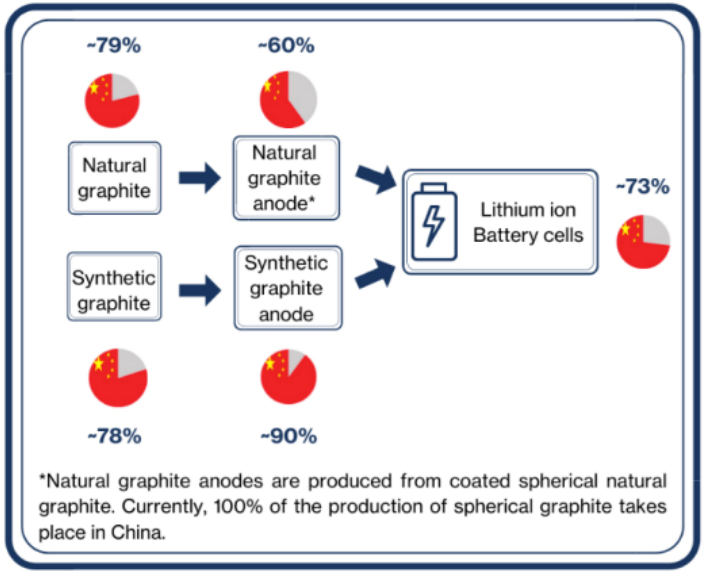
供应链 | 天然石墨

中国在天然片状石墨生产占据支配地位，同时垄断用于锂电池负极的球状石墨的转化工艺。球状石墨的纯化过程需要高强度酸处理，因此要用到氢氟酸等有害物质。这些有害物质在欧盟等司法管辖区受到严格管制。

2021年天然鳞片石墨产量（吨）前10名生产商



中国石墨供应处于支配地位



Source: Hague Centre for Strategic Studies

供应链 | 人造石墨

人造石墨2022年市场容量: 88.3亿美元

上游

中游

下游

针状焦（高端）

石油焦（低端）

原材料供应商

人造石墨生产厂家

锂电池电芯生产厂家

产业：供应链

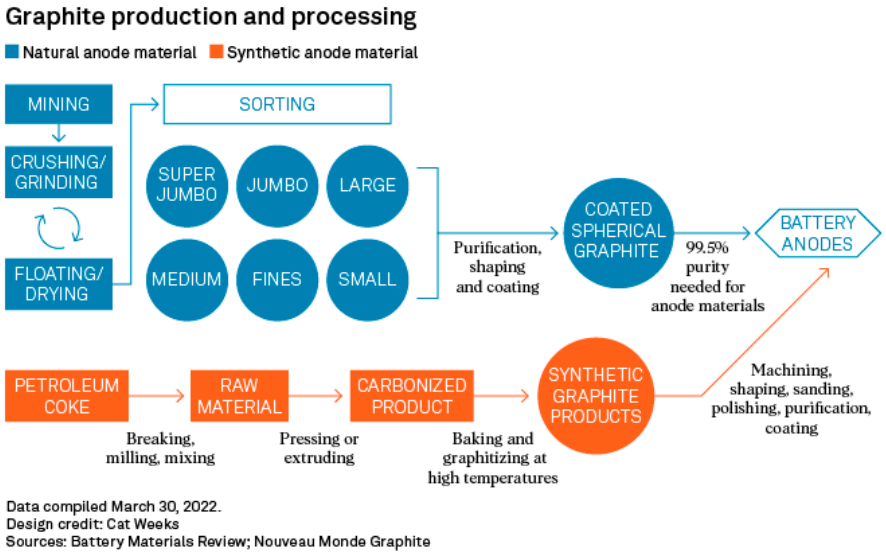
Source: Leadleo: overview of Li-ion batteries' anode in China 2022; Synthetic anode market size

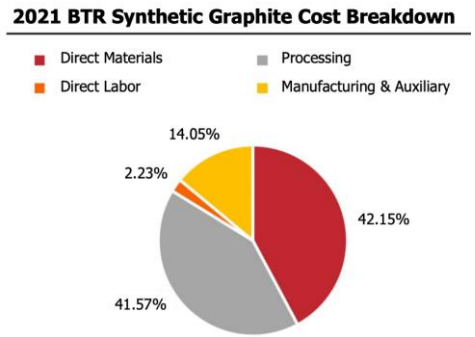
供应链 | 天然石墨与人造石墨生产工艺对比

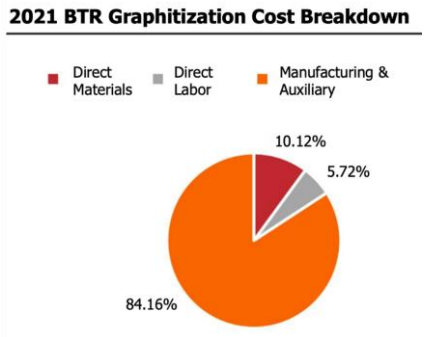
天然石墨更便宜，生产过程的碳密集度比人造石墨约低55%。人造石墨的成本高于天然石墨源于其石墨化过程，利用高温去规整石墨晶体和去除杂质。

	天然	人造
价格区间 ($/kg)	4-9	8.5-13
全球暖化潜能值 (kg CO_2排放/ kg 负极)	7 (中国均值）	14 (中国均值) 24 (内蒙古)

*不同区域具有不同能源结构，生产设施的选址对碳密集度有巨大影响







*电价波动对制造费用有巨大影响

Source: Noveau Monde, East Asia Qinghai Securities Co., Ltd, Benchmark Minerals

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电池化学发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

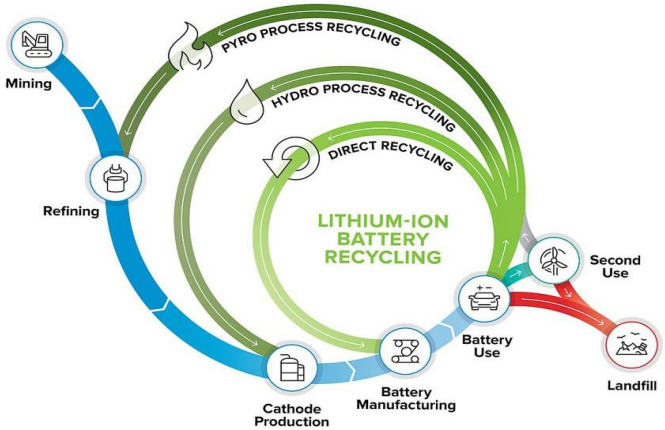
生产制造

安全/法规

回收 | 概览

不同回收技术驱动的保值循环

火法冶金是第一代回收技术， 但需要大量的再加工（回收成活性材料前驱体）， 而湿法冶金和直接回收更有可能保持材料原有状态（结构、涂层、形态）， 但需要更多的技术投资。正极直接回收处于开发和商业化的早期阶段， 但对制造商来说价值最高。考虑到关键技术、成本、材料回收和可持续性因素， 大多数领先公司都选择湿法冶金工艺。



Comparison of different LiB recycling methods Best … Worst

	Technology readiness	Complexity	Quality of recovered material	Quantity of recovered material	Waste generation	Energy usage	Capital cost	Production cost
Pyrometallurgy	●●●●●	●●●●●	●	●●●	●●	●	●	●●●●●
Hydrometallurgy	●●●●	●●●	●●●	●●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Direct recycling	●●	●	●●	●●●●●	●●●●	●●●	●●●	●

	Presorting of batteries required	Cathode morphology preserved	Material suitable for direct re-use	Cobalt recovered	Nickel recovered	Copper recovered	Manganese recovered	Aluminium recovered	Lithium recovered
Pyrometallurgy	●●●●●	No	No	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●	No	●
Hydrometallurgy	●●●●	No	No	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●	●●●●●	●●●
Direct recycling	●	●●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●

关键因素

火法冶金：基于热的提取和提纯过程， 包括焙烧、熔炼、精炼等步骤。 需要大量的能量， 因为锂电池被加热到 1200°C 到 1600°C 之间， 只有钴和镍等少数原材料可以回收利用。 锂、铝和锰最终会留在炉渣中，无法回收， 因此在经济上不可行。

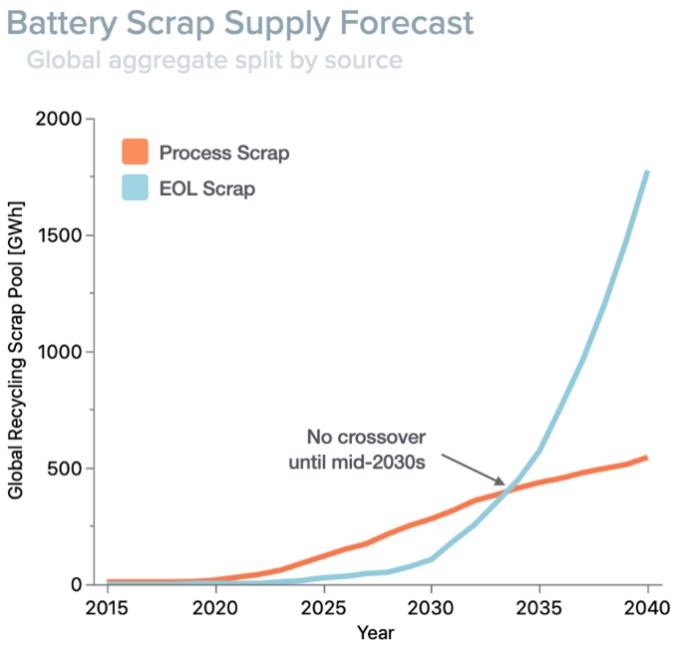
湿法冶金：该工艺用于从矿石中提取金属， 通过在连续的水基步骤中以盐的形式回收和溶解金属来实现， 包括浸出、纯化和通过选择性沉淀或电解沉积回收目标金属。 这种方法在提取战略金属和稀有金属方面起着至关重要的作用。

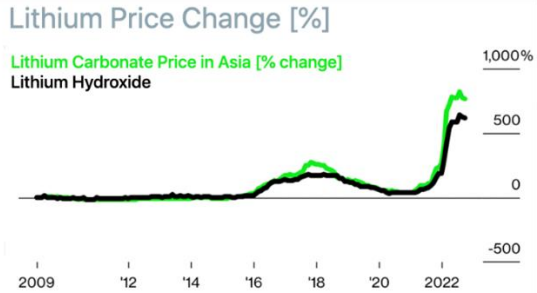
直接回收：直接回收首先在不分解活性材料的化学结构的情况下将电池切碎以分离电芯中的不同组分。由此产生的材料(通常称为黑色物质)， 是电池设计中回收、再生和再利用的理想选择。

Source: DOE launches its first lithium-ion battery recycling R&D center: ReCell, Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles

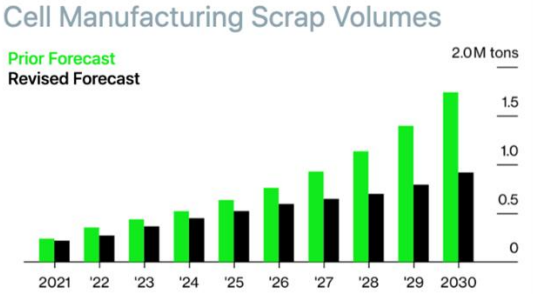
回收 | 市场前景

锂供应链的不确定性加剧了回收和产出效率/二次利用之间的竞争。
总体预测： 到 2030 年，锂离子电池回收市场规模预计将达到 $19.9B USD， 复合年增长率预计为7.6%。





Source: Benchmark Minerals Intelligence



Charts from BloombergNEF

- 在接下来的十年中，由于电动汽车生产需求增加了六倍，电池制造产生的废料将主导回收废料的供应。
- 过去12个月持续的锂供应限制可能会增加工艺废料产量提高和二次使用的激励和竞争。
- 由于其在废料金字塔中处于较低位置，回收将面临更多的供应限制。
- 一些预测通过改进在线诊断功能进一步降低了工艺废旧材料的供应预期。然而，电池制造商尚未验证这些新工具的有效性。

Source: BloombergNEF, Benchmark Minerals

回收 | 主要挑战

电池产量的增加、法规的收紧、可持续性的要求和原材料短缺推动了对回收的需求。然而，回收面临多方面的挑战。

大量竞争者

- 新进入者的窗口机会很小，欧盟已经宣布了 30 多个回收项目。
- 电池制造商、汽车代工商和传统回收商都在寻求引领能源转型并获取利润。

购买方议价能力

- 精炼材料市场由少数参与者主导，通常是正极制造商或集成电池制造商，这赋予了他们很高的议价能力。
- 精炼公司需要长期的承购协议来收回资本支出，从而赋予购买方更高的议价能力。

高准入门槛

- 当前的技术需要高运营支出和资本支出。
- 在新市场中竞争需要形成规模经济。
- 可能没有可持续性溢价。
- 电池和正极制造商面临的规模扩大和可变废品率挑战带来的不确定性。
- 回收技术以不同的成本回收不同的材料。

生命终结时的替代选项

- 二次应用会延迟电池的回收时间。
- 市场间不同危险废物法规可能会导致垃圾填埋处理电池废料，尤其是对于使用低价值材料的电池化学物质。

供应方议价能力

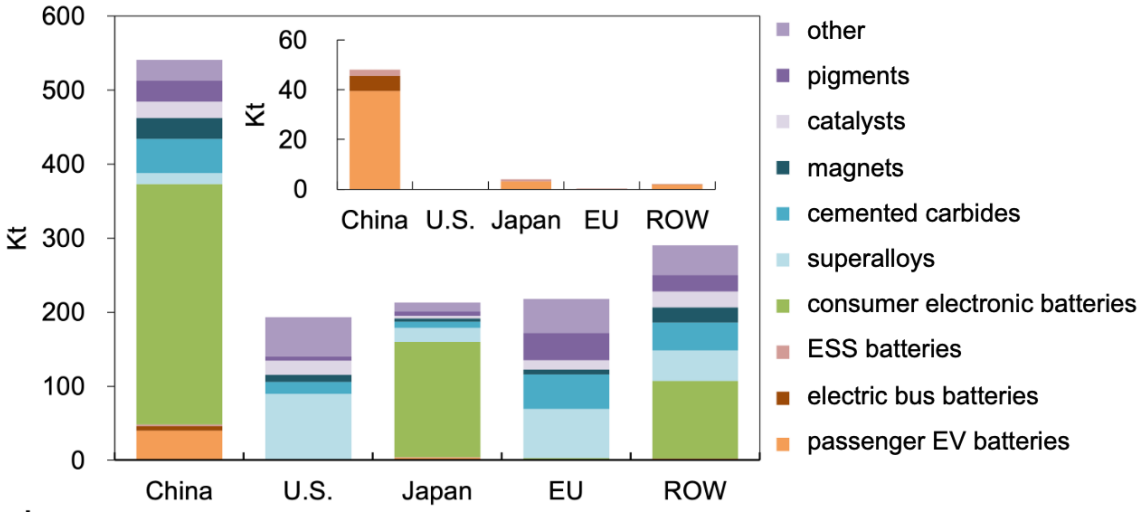
- 目前最大量的原料来自电池制造商的电池废料，这是一个高度集中的市场，具有很强的议价能力。
- 电池制造集中在一些区域，并且通常与供应商位于同一地点以降低运输成本。这给了区域参与者很高的议价能力。

回收 | 钴

我们是否会不可避免地出现钴短缺？

来自中国、丹麦和挪威的团队分析了 20 年的历史钴使用情况和未来 30 年的各种未来情景，并得出结论。即使是技术最乐观的情景，如电池寿命长、回收率高和加速采用低/无钴正极化学物质不足以防止中期（2028-2033 年）的钴供应短缺。作者敦促增加初级钴供应，以通过增加勘探、投资和技术开发来防止严重的瓶颈。

按地区和应用划分的钴消耗量，以公吨为单位

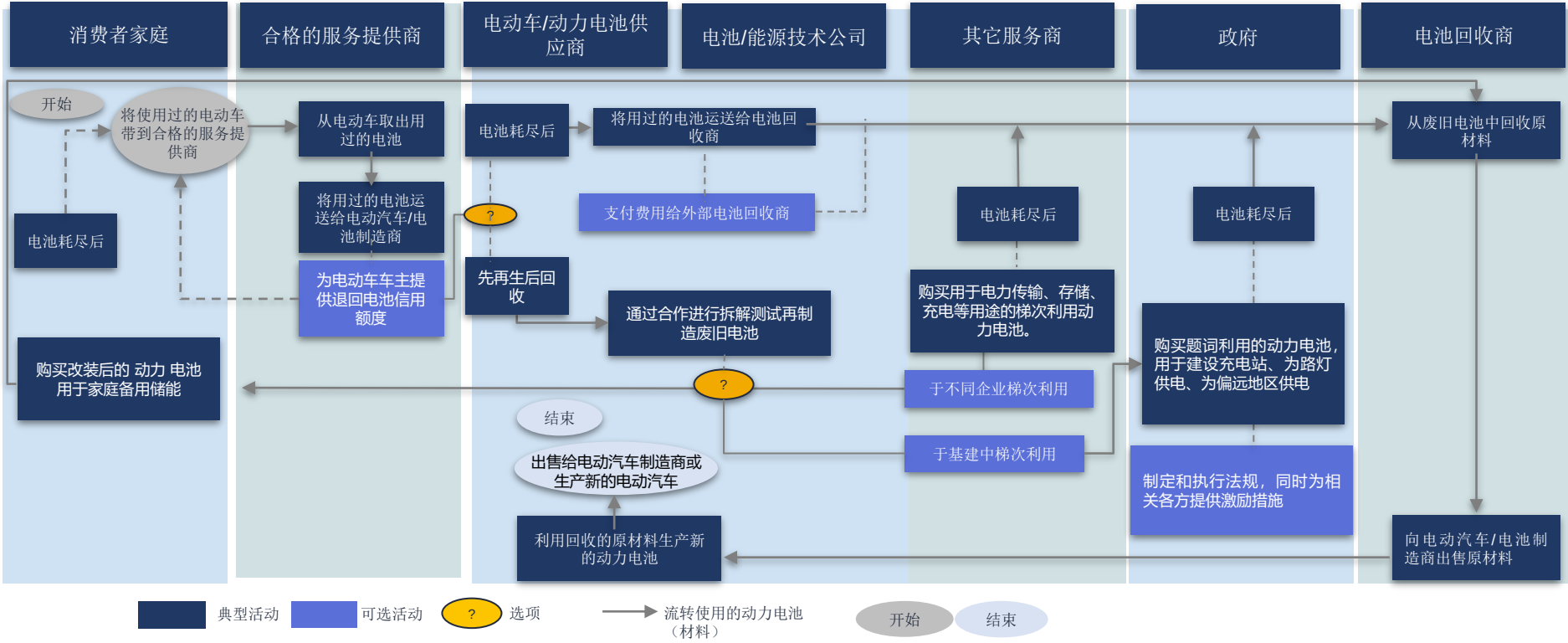


在未来十年内，即使采用乐观的正极使用和回收条件，我们也将面临钴短缺的困境，除非我们看到供应链的快速扩张。

Source: Zeng, Chen, Rasmussen, Zhu, Lundhaug, Müller, Tan, Keiding, Liu, Dai, Wang, and Liu

回收 | 供应链复杂性

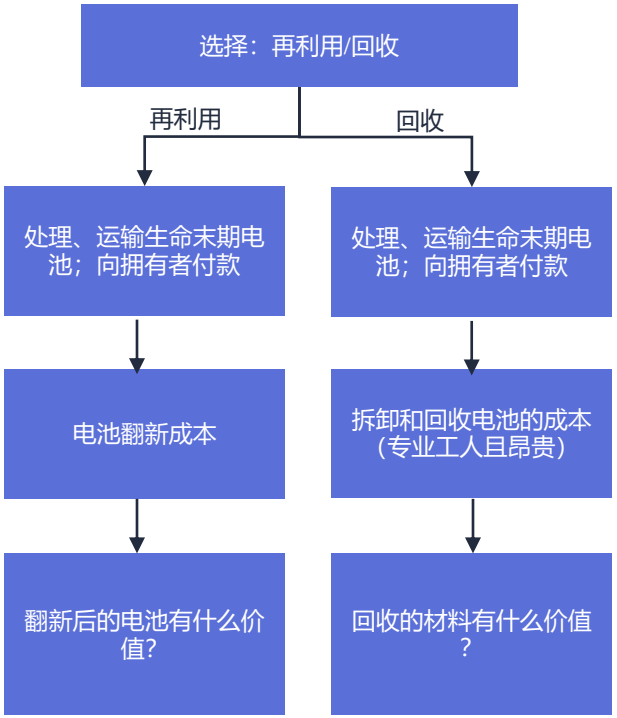
回收复杂的供应链限制了各个领域的盈利能力，并可能导致电动汽车电池出口增加到不对危险废物进行监管的国家。国际废物处理立法的标准化、明确各国生产者的责任将有助于规范和激励主要利益相关者。



*Source: Financial viability of electric vehicle lithium-ion battery recycling, Graphic credits: Benchmark Mineral Intelligence

回收 | 再利用还是回收？

获取最大价值是生命末期的电池如何流动的关键决定因素，电池拥有者目前将电池卖给出价最高的投标人，这在再利用和回收之间形成了一场内在的拉锯战。

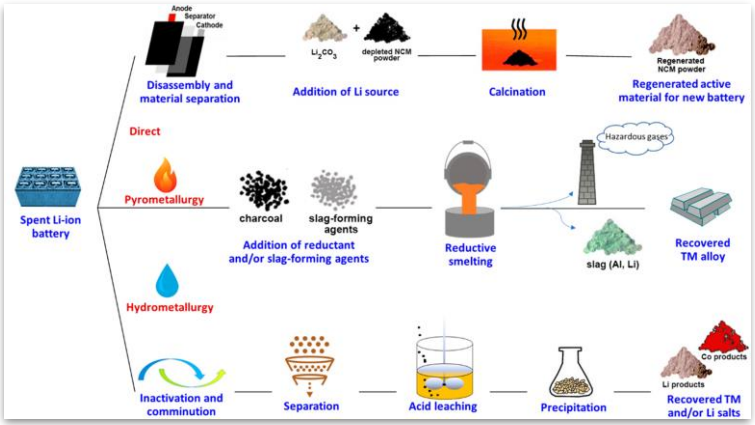


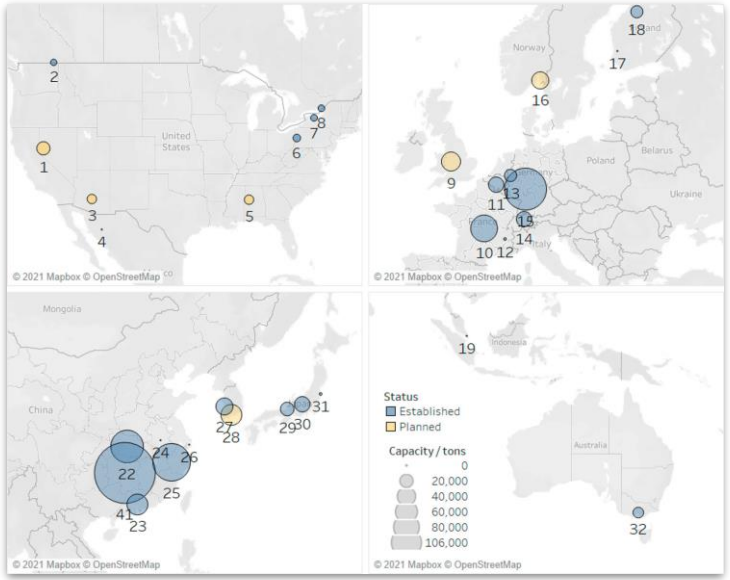
	再利用	回收
价值	翻新电池的价值*（Melin，二手电动汽车电池价格更新）高于回收的材料：问题/外观损坏最少的电芯，可以像新的电池组一样运行。	电池的闭环回收和这些回收金属的使用可以支持降低电池生产所需材料的供应链风险，减少电池生命周期中的垃圾填埋和二氧化碳排放，并支持遵守“原产地规则”法律。
成本	看看新的电池组定价已提高到平均$151/kWh，从而增加了在任何可能的情况下（例如储能系统的应用）再利用电池的需求，而不是选择新的电池包。	回收成本 亚洲 10 - 14 $/kWh (火法); 8 - 10 $/kWh (湿法) 西方 18 - 22 $/kWh (火法); 12 - 14$/kWh (湿法)
成功因素	具备战胜新电池的竞争能力，可靠和持续的原料供应采购以及细致的数据获取能力。	规模化能力，处理多种化学品的能力，或具有适当规模的同质供应，高产能利用率，原料易获得。
挑战	考虑到安全性、循环寿命、退化曲线和放电特性，并不是所有电池中的化学成分适合重复使用。	收集和运输成本、回收率、回收材料的价值、回收过程中产生的废物可能会带来挑战。

回收 | 学术研究和专利趋势

电池回收在出版物数量和全球容量方面都在快速增长。

美国化学学会下属的化学文摘社的一个团队对电池回收文献进行了元分析。值得注意的是，电池回收专利数量超过出版物200%，相比之下，整个化学文献中的专利与出版的比例为1:2。对活性金属回收的关注主要集中在锂，其次是钴、镍、锰，最后是铁。每年有超过30万吨的电池回收装机容量，未来还会有更多。





在全球范围内已建成和规划建设的电池回收设施

文献中关于电池回收出版物的数量增长率是以总体科学出版物增长率的8倍。

Source: Bird, Baum, Yu, and Ma; Baum, Bird, Yu, and Ma

电池回收 | 上下游合作

近期上下游回收企业之间已宣布多项合作。

技术合作

2020年2月：建立回收集群的合作

2020年7月：共同合作研发以开发先进的回收方法

2021年4月：合作开发高效的欧洲锂电池回收产业链

2021年10月：在电池回收以及原材料方面合作

合资

2020年6月：成立合资企业HydroVolt用于回收挪威的电动车电池

2020年8月：成立合资公司Primobius并建造实验工厂

2021年12月：设立合资公司建立前驱体和正极材料生产和回收能力

设立合资公司并将于2023年前在挪威建立工厂

2022年2月：设立合资公司并将在英国建立工厂

意向合作

2020年3月：建立回收集群的意向书

谅解备忘录

2021年3月：在电池工厂附近建立回收工厂的谅解备忘录

共同经营协议

2021年7月：建造示范工厂的联合运营协议

电池回收 | 早期孵化以及创业公司投资

宁德时代在具有规模的电池生产厂商和主要材料企业当中取得领先地位。

公司	计划投资额 (百万美金)	评论
CATL	5000	CATL与湖北宜化成立合资公司，回收用过的电动汽车电池来提取钴和锂等化学品。到2025年，公司将开始建设一家回收工厂。
BASF We create chemistry	50	巴斯夫（BASF）将在德国施瓦茨黑德（Schwarzheide）建立具有商业化规模的电池黑粉回收工厂，能够实现年产15.000吨电动汽车电池及生产废料。
umicore	525	Umicore将建设一座价值5.25亿美元的电池回收设施，到2026年，该设施的规模将是其在欧洲现有设施规模的的15倍，能够处理15万吨/年的废旧电池材料。
SungEel HiTech	65 (在欧洲) 37 (在美国)	韩国电池回收公司Sungel Hitech将在匈牙利开设一家动力电池预处理厂，每年加工处理能力为50,000吨电池。匈牙利布达佩斯以外的10,000吨/年工厂位于三星SDI和SK Innovation工厂附近。
POSCO 华友钴业 HUAYOU COBALT	91.6	华友钴业与浦项制铁HY清洁金属成立合资企业（浦项制铁华友回收韩国有限公司），投资1200亿韩元建设电池回收设施。该项目计划于2022年下半年完成，每年将处理1.2万吨电池黑粉。
POSCO GS Energy	121	浦项制铁（POSCO）和GS能源（GS Energy）将成立价值1.21亿美元的电池回收合资企业，专注于拆解废旧电池和提取锂、镍、钴和锰等矿物。
	17.73	德国联邦经济事务和气候保护部（BMWK）正在为LiBinfinity项目提供1,666万欧元的资金，以实现电池材料的高效回收管理，同时，梅赛德斯电池回收项目将在德国库彭海姆与梅赛德斯一起启动。
Korea Zinc	332	世界最大的铅锌冶炼厂韩国锌业以3.32亿美元收购了一家美国电子废弃物回收公司Igneo的多数股权。此次收购将扩大韩国锌业的铜冶炼能力，从目前的30,000吨/年供应给其全资铜箔生产子公司KZAM。

电池回收 | 早期孵化以及创业公司投资

专注于电池回收的初创企业借助先进的回收技术与电池工厂合作。

公司	计划投资额 (百万美金)	评论
Li-Cycle	200	总部位于加拿大的Li-Cycle公司已于2021通过SPAC的方式公开上市，该公司计划在2023年前通过中心辐射模式进行投资发展，并计划在欧洲扩张。它还获得了嘉能可2亿美元的投资。
REDWOOD MATERIALS	700	电池回收商Redwood Materials筹集了更多资金，将扩大锂、钴、镍和其他金属的回收。该公司正在扩大其回收流程，以增加将回收材料用于生产的份额占比，以实现其闭环目标。
ASCEND ELEMENTS	1000	Ascend Elements为未来几个可能的阶段筹集了10亿美元，以在美国霍普金维尔建立一个可持续的锂离子电池材料设施。SK Ecoplant还向Ascend Elements投资了5000万美元。
	92.98 + 以及一笔未披露金额投资	Lithion Recycling已从IMM的A系列投资中获得1.25亿加元（9298万美金）。 通用汽车的合资企业也将投资一笔未披露的金额，Lithion Recycling计划在2023年启动商业化运营。2025年，Lithion将启动其首个用于提取电池矿物的湿法冶金工厂。
northvolt	合资伙伴为1394万美元，挪威政府为450万美元	Hydrovolt公司已开始在其挪威的电池回收工厂（10,900吨每年的产能）进行商业化运营，该厂是Hydro公司和Northvolt公司的合资企业。Hydrovolt的目标是到2025年将电池组的回收能力提高到63,500吨，到2030年提高到272,000吨。
Cirba Solutions	82	2022年10月，Cirba Solutions从美国能源部获得7500万美元的赠款，以提高LIB回收能力，并于2022年11月从美国能源部再次获得额外的700多万美元。

电池回收 | 商业化计划

大多数现有的商业化技术以湿法/火法的单独或者组合使用。

湿法或者机械法+ 湿法

公司名称	国家	当前容量→公布的未来产能（吨/年）	工艺
ATTERO	印度	700 → 20,000	机械法+湿法
Duesenfeld	德国	<1,000	机械法+湿法
EXIGO	印度	450 →10,000	机械法+湿法
fortum	芬兰	3,000	机械法+湿法
GEM 格林美 资源有限 循环无限 Recycling for future!	中国	2,000	机械法+湿法
华友钴业 HUAYOU COBALT	中国	>1,000 → 10,000	机械法+湿法
Li-Cycle	北美	10,000	机械法+湿法
Cirba Solutions	加拿大	<1,000	机械法（水溶液法）+湿法
SMC	美国	NA → 5,000	机械法+湿法
tele recycle	中国	<1,000	机械法+湿法
Primobius	德国	18,250	湿法
TATA CHEMICALS	印度	0.1(实验)	湿法

干法或者干法+湿法

热解 + 物理插接 + 湿法

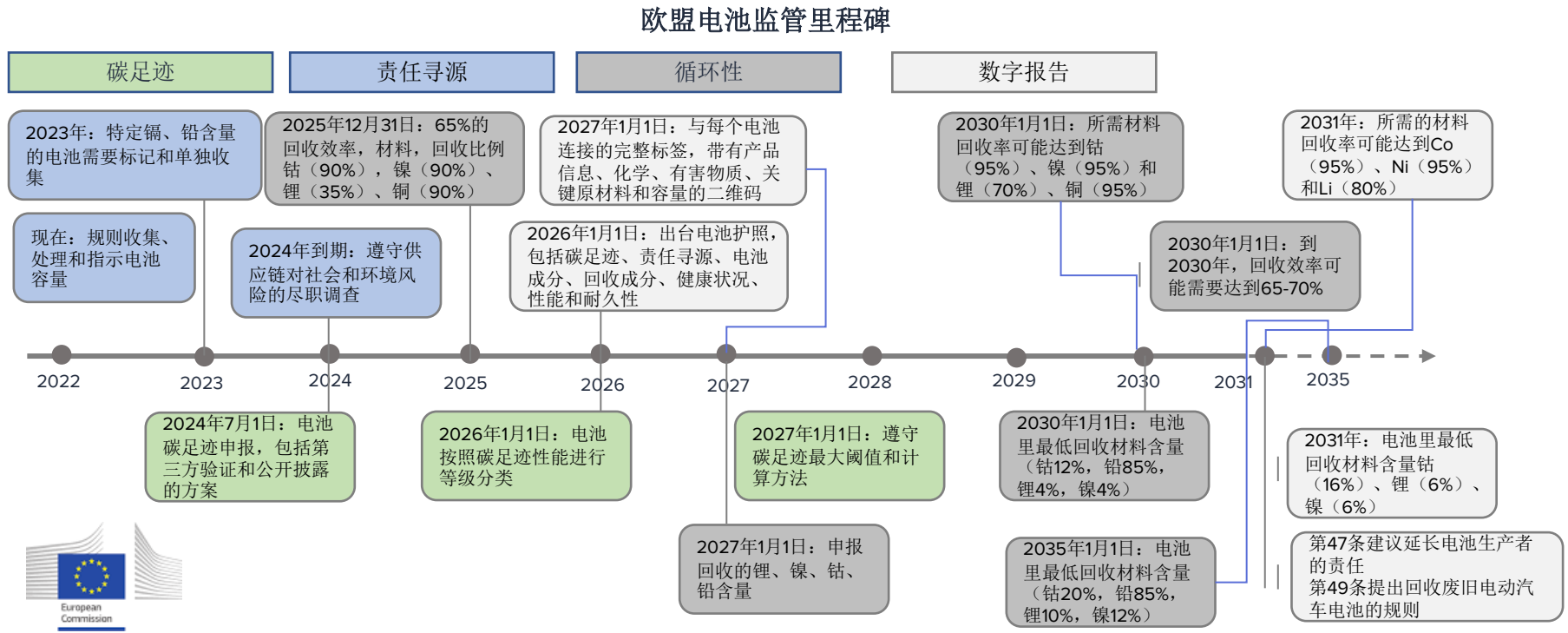
机械拆解 + 未知/注入气体/直接法

KYOEI SEIKO	日本	>1,000	火法
eramet	法国	20,000	火法
ACCUREC	德国	3,000	热 +机械法+ 火法 + 湿法
DOWA ECO-SYSTEM	日本	1,000	热 +机械法+ 湿法
HIGHPOWER 高鹏科技	中国	>1,000	机械法+ 火法 + 湿法
umicore	比利时	10,000 → 150,000	火法+湿法
	德国	7,000	热 + 火法 + 湿法
CATL	中国	6,000	热 +机械法+湿法
JX金属	日本	600	热 +机械法+湿法
SungEel HiTech	韩国	8,000 → 160,000	机械法+ 热解 +湿法
AKKUSER	芬兰	1,000	机械法+ 未知工艺
SARPI VEOLIA	法国	<1,000	机械法(湿法粉碎) + 未知工艺
REDUX	德国	<1,000	热 +机械法+ 未知工艺
Récupyl	法国	<1,000	机械法(惰性气体)

Source: NITI

电池回收 | 欧洲监管框架

各国政府正致力于循环经济和电池回收管理，这也要求回收材料含量最低。



Source: T&E analysis on European commission law

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电池化学发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

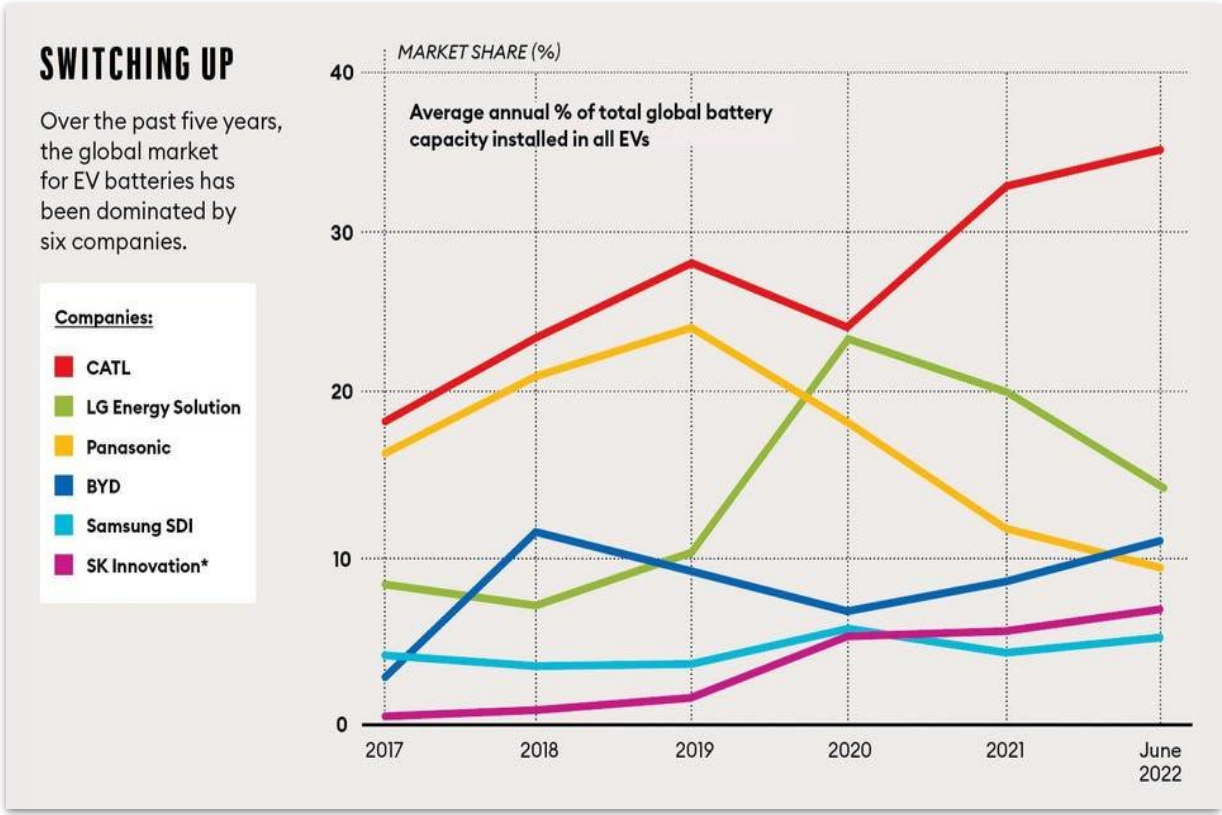
生产制造

安全/法规

生产制造 | 全球概览

2022 年总结 — 电池产能持续增长，全球总产能近 1 TWh。

- 尽管原材料价格上涨，全球电池产量较 2021 的 492 GWh 增长了约 54%（据 BNEF 统计）
- 宁德时代&比亚迪以最高的市场份额增长，领跑整个行业
- 每GWh 产能的利用率估计约为 85%
- 至2022年底，全球电池最大制造产能约为 985 GWh（ 8 月 22 日 BNEF 会议），全年交付量约为 757 GWh（据 BNEF 统计）
- 2022 年平均制造产能（按 2021 年末计算）： 约 893 GWh
- Factory Database Link：为所有电池工厂创建 excel ，作为公共资源



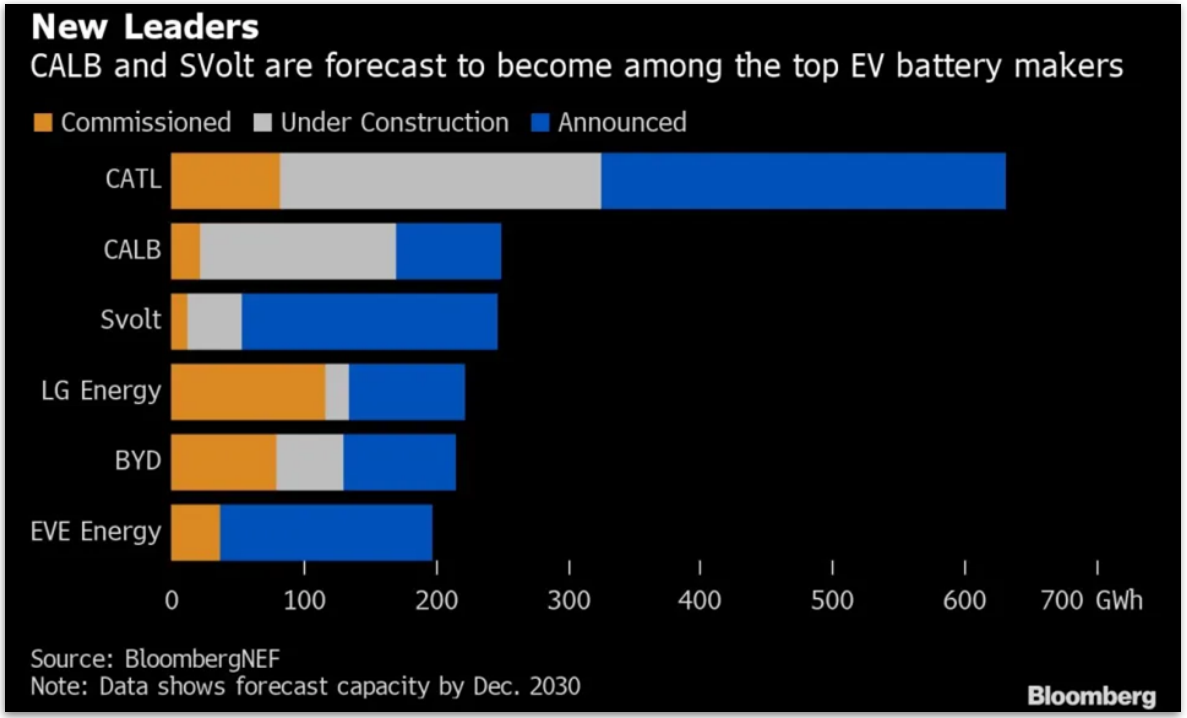
Source: Forbes

生产制造 | 全球概览

由于在市场需求、原材料供应、工厂实施以及制造工艺方面存在不确定性，产能预测存在较高的变数。

公司	2030 产能预测（GWh）
Wood Mac	5,500
S&P Global	5,900
BNEF	7,396
McKinsey*	5,625
Roland Berger	4,200
Goldman	7,800
SNE	8,247

*假设 4500 GWh 产量，设备综合效率达到 80%



“已公布” = 不确定性

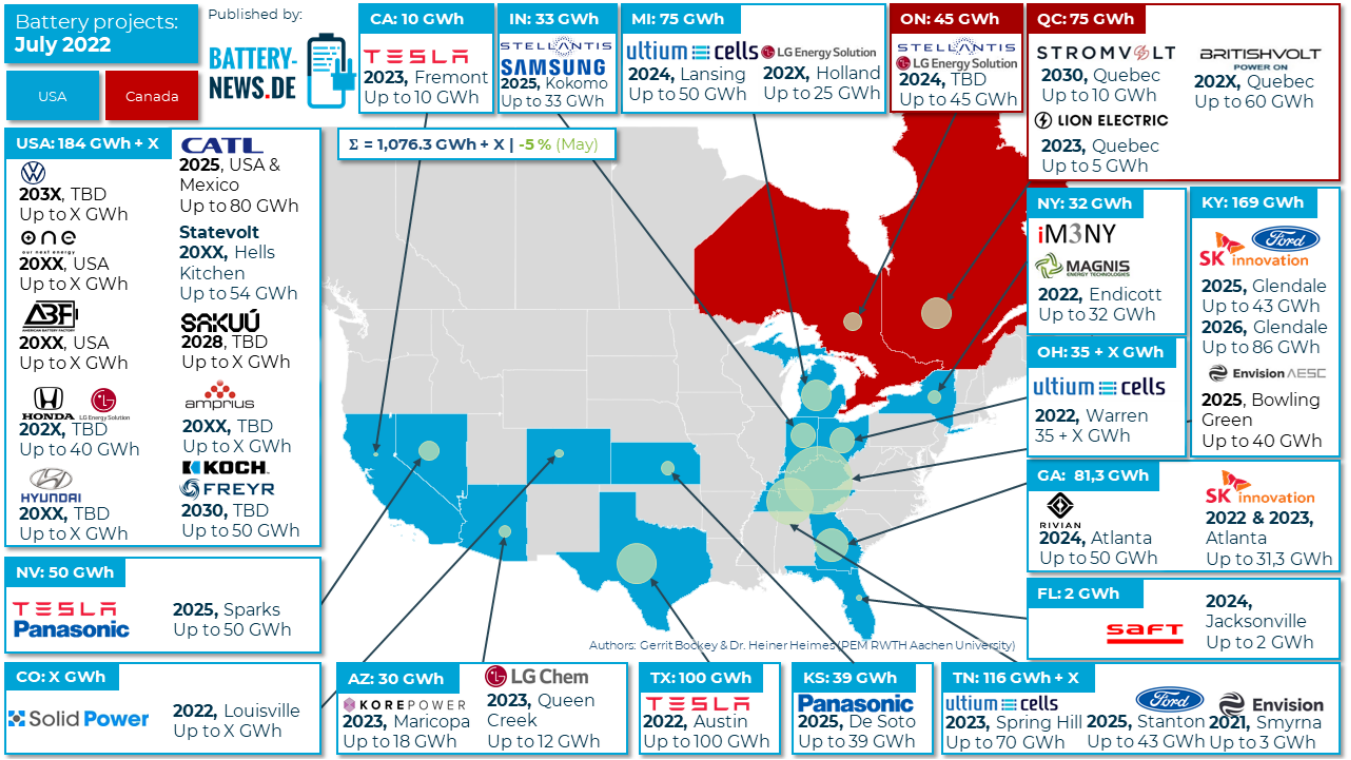
Source: BNEF/Yahoo Finance

生产制造 | 区域概览

北美 — 《通胀削减法案》的宣布导致预期产能激增。

“每个人都在关注这项法案”

Yet-Ming Chiang
美国麻省理工学院材料系教授



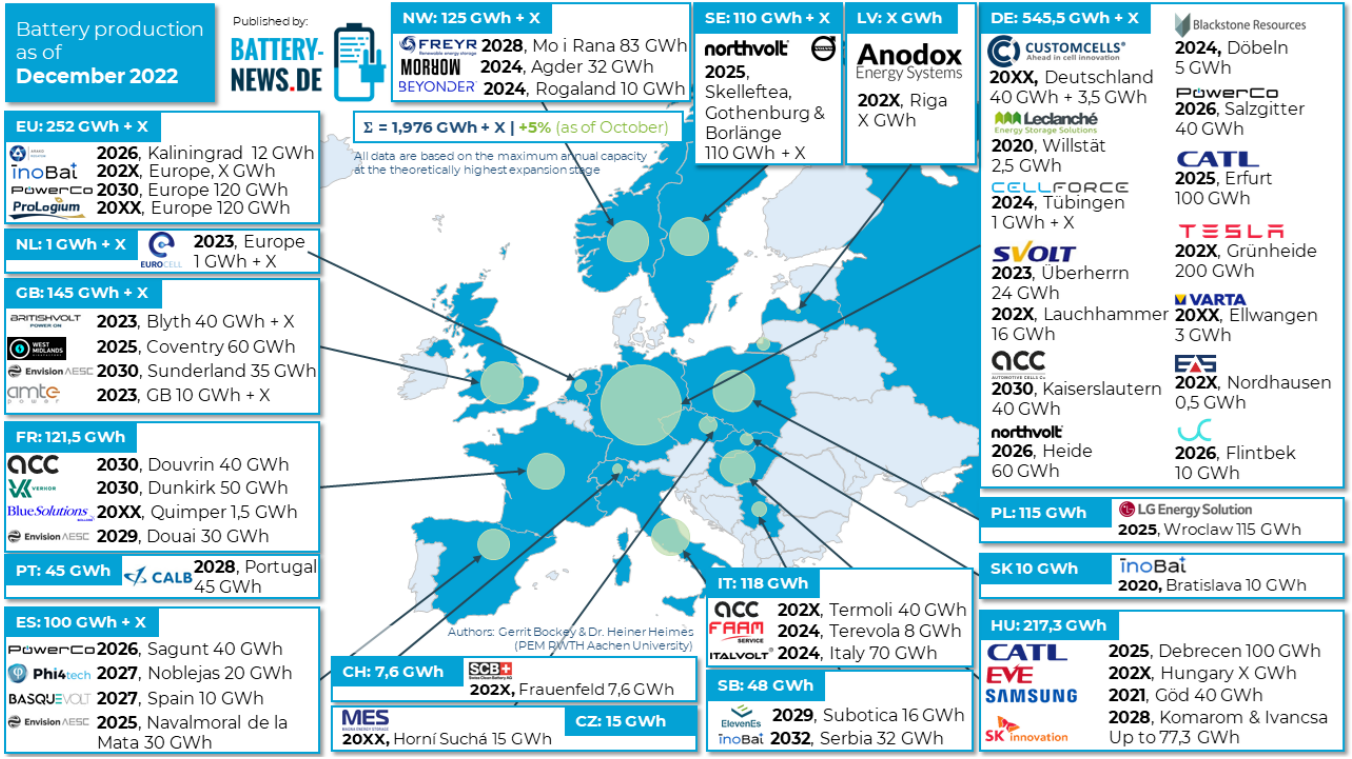
Source: Battery News Map

生产制造 | 区域概览

欧洲 —由于近期能源成本飙升引发市场担忧，包括 Northvolt 和 Varta 在内的大型项目已经暂停或取消。

“我们需要采取相应对策，出台欧洲版《通胀削减法案》”

Ursula von der Leyen
欧盟委员会主席



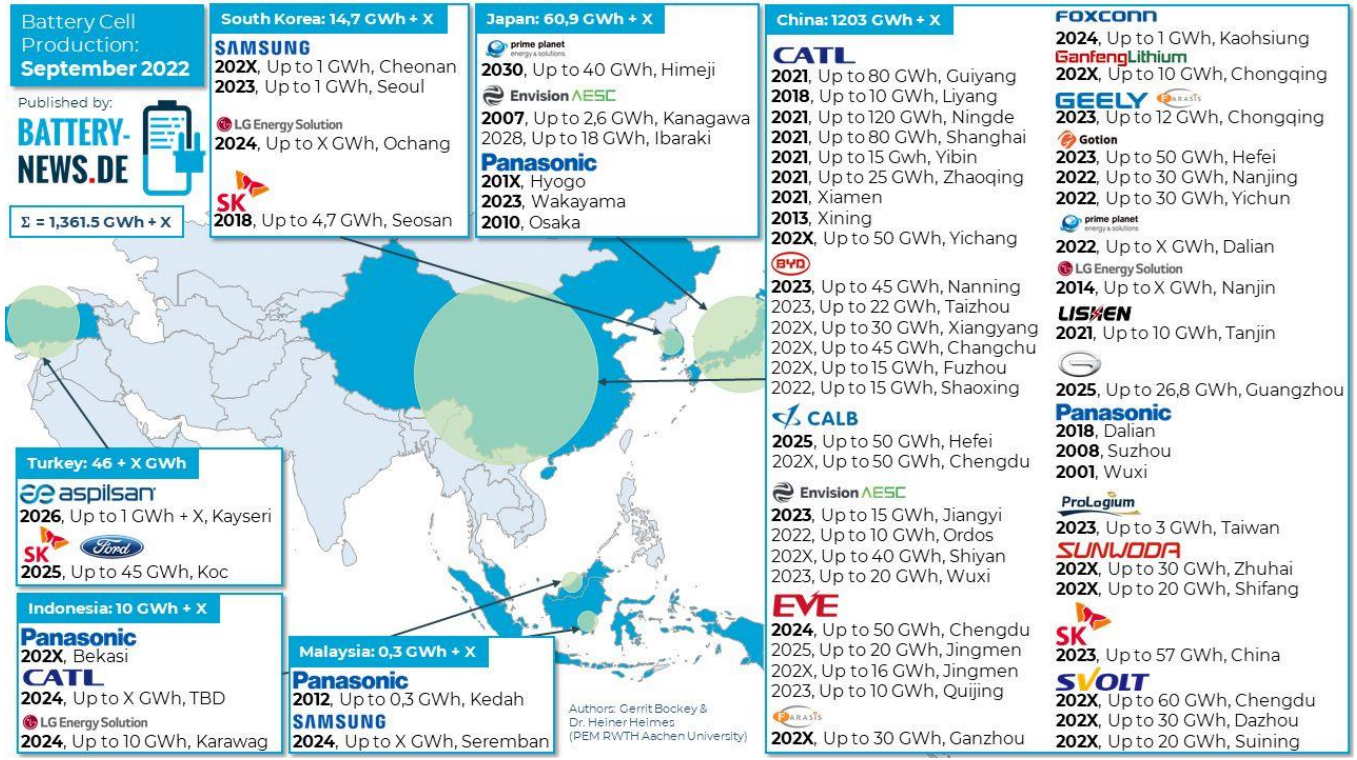
Source: Battery News Map, European Battery Alliance Joint Statement, “We need to give our answer, our European IRA,” - European Commission President Ursula von der Leyen

生产制造 | 区域概览

亚洲 — 预计中国将失去部分全球市场份额，但将持续提升全供应链产能。

“在此期间，中国电动汽车基础设施的增长可能非常巨大，仍将超过欧洲和美国。”

Ross Gregory
New Electric Partners 合伙人



Source: Battery News Map

生产制造 | 全球概览

超级工厂供应商 —上游制造业技术经济。

- 为电池超级工厂供应原材料的“材料超级工厂”需要提升材料供应能力才能满足需求。
- 全球各国出台的各项激励政策推动动力电池全价值链发展，加速引导电动汽车关键环节本土化生产。
- 电池材料行业被认为比电池制造业本身更具备可投资性，并能够更快地响应市场需求。
- 设备固定资产的短缺将是影响生产启动时间的主要决定因素。

Battery material economics overview

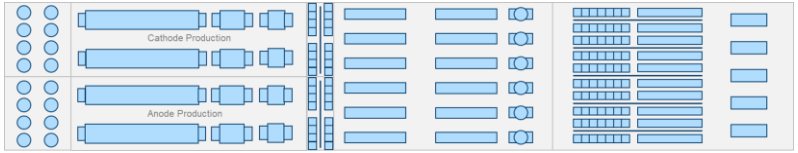
	Content Per 1GWh	ASP	Sales Per GWh	CAPEX Per GWh	EBITDA Per CAPEX
	Cathode 1.8kt	Cathode $31.5/kg	Cathode $56M/GWh	Cathode $14M/GWh	Cathode 35%
	Anode 1.4kt	Anode $5/kg	Anode $7M/GWh	Anode $7M/GWh	Anode 22%
	Separator 13mn sqm	Separator $0.9/sqm	Separator $10M/GWh	Separator $14M/GWh	Separator 31%
	Copper foil 0.7kt	Copper foil $17/kg	Copper foil $11M/GWh	Copper foil $8M/GWh	Copper foil 22%

Source: Company data, J.P. Morgan..

生产制造 | 超级工厂 & 工业园

电芯工厂正在成为新工业园区和共同供应商网络的结晶点。

材料生产 → 电池制造 → 电池模组/电池包组装



现场供应商

壳体供应商:电动已经制造好的壳体在运输过程中包装效率低，通常在现场冲压/成型。

电解液供应商：配制好的电解液通常通过管道系统输送至电池工厂，以确保最佳电解液质量。

供应商托管候选人

近距离供应商

正极活性材料（CAM）供应商：从电池重量构成上来看，正极活性材料占较大比例。大宗材料运输需要物流路线尽可能短。

电池模组&电池包组装： 动力电池有特殊的运输和包装规定，物流成本高于其它产品。规模较大的厂商会将电池模组和电池包的组装工厂设在电池工厂附近。

回收商： 电池生产过程中产生的废料可以闭环回收利用。回收商必须在以下两个方面具有优势：与重要的材料输入离得近，以及与主要客户离得近。

国际供应商

原材料供应商：电动原材料供应受到自然资源储量的限制。原材料供应依然是国际供应链中的重要部分。

设备供应商：成本压力和供应限制使得设备供应维持在国际水平上。

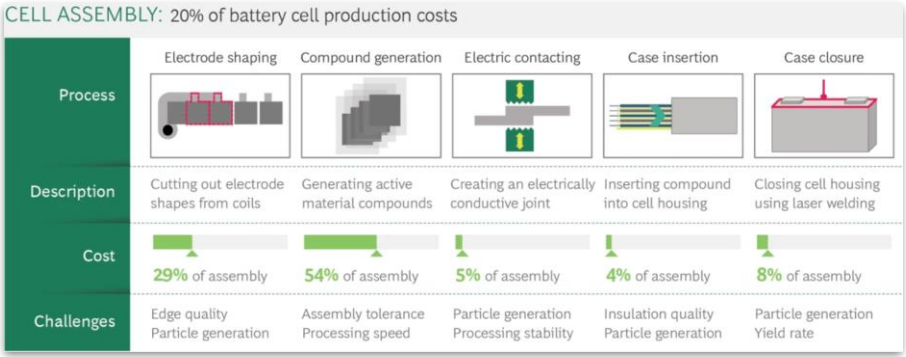
金属箔供应商：金属箔主要来自亚洲，运输方便，但存在供应链风险。

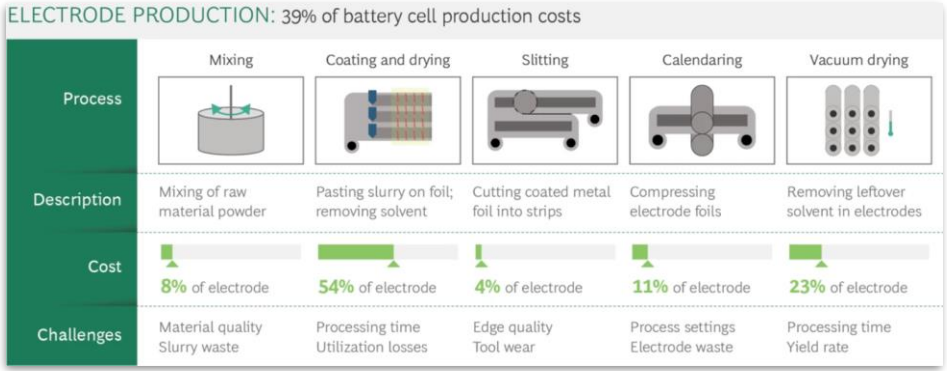
电池工厂规模的扩大和供应限制加速了供应链的本地化布局。

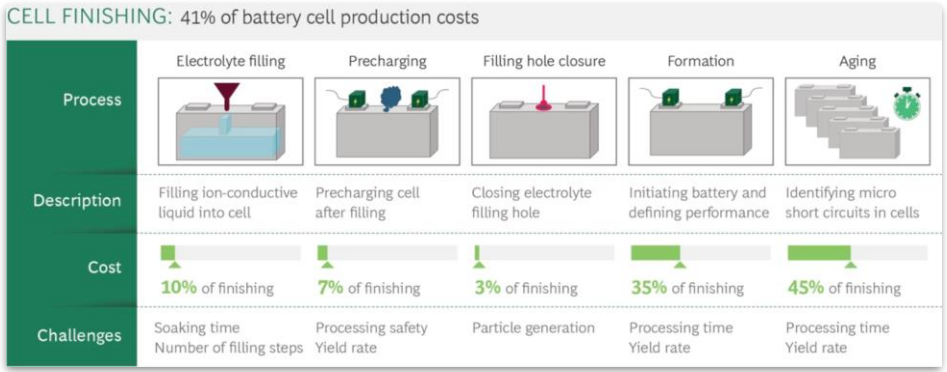
生产制造 | 当前传统制造业面临的瓶颈与挑战

通过生产的工艺流程确定和量化挑战。

波士顿咨询集团（Boston Consulting Group）按照电池生产工艺流程并通过进行了技术经济分析，汇总了关键工艺步骤、生产成本和制造商面临的共同挑战以及“未来电池工厂”可能采用的技术解决方案的工厂图。







生产制造 | 当前传统制造业面临的瓶颈与挑战

废料处理仍然是大容量动力电池生产面临的主要挑战。

- 大型锂离子电池制造业可能会受到低产量和低利润的经济压力，这是由于制造工艺严格的公差和大规模商品化生产所致
- 普遍缺乏快速在线检测过程，某些工艺步骤甚至根本没有
- 由于检测数据量大以及工艺迭代升级，因此反馈环形成速度很慢，需要经历数年的产能爬坡期
- 宁德时代等大型锂离子电池制造业电池行业的市场领导者在动力电池项目设计、工艺控制、反馈控制回路以及设施标准化设计方面做得较好，可以有效减少生产废料

产线试运行	爬坡期（1-5 年）	稳定状态
70%	80% 平均产量（20% 废料）	90%

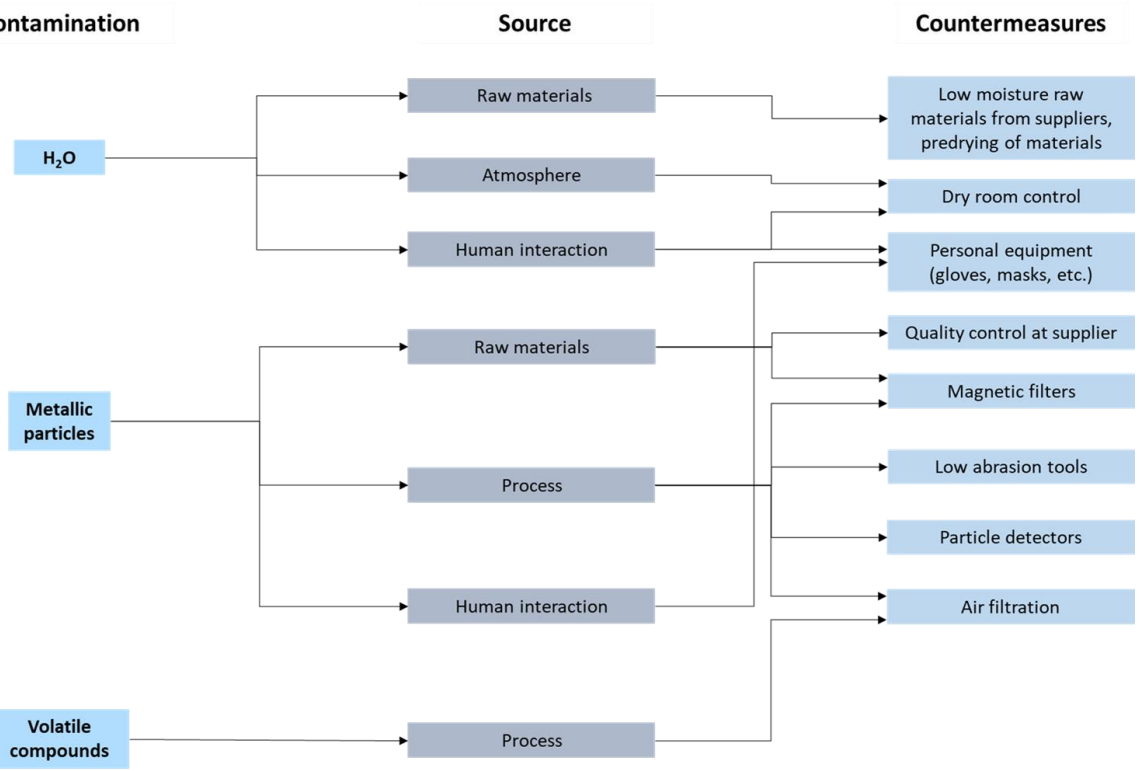
	电极	组装	化成	下线测试
丢弃（报废率）	5%	5%	9%	1%
累计电池成本	60%	93%	96%	99%

Source: For Manufacturing Yield: NREL, ANL, DOE, MIT & Carnegie Mellon, TU Braunschweig

生产制造 | 当前传统制造业面临的瓶颈与挑战

安全、高性能动力电池生产的关键是保证生产过程中的技术清洁度。

- 技术清洁度仍然是电池制造面临的关键难点，它会影响产品性能和安全性，特别是颗粒和物质的污染在电池制造中扮演着关键的角色
- 尘粒污染物的检测和追溯尤其具有挑战性，检测难度高，并且污染物对电池质量的影响有滞后性，贯穿整个电池使用寿命
- 电池制造商必须严格进行质量管控，并使用质量管理工具（如 Ishikawa、FMEA 等）加强细节管理



Source: Adapted from ELIBAMA

生产制造 | 当前传统制造业面临的瓶颈与挑战

电池厂商必须严格落实消防安全措施，确保安全生产。

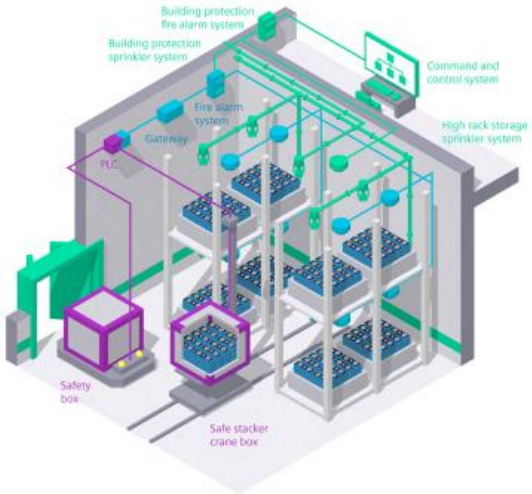
- 焊接过程中产生的烟尘污染以及组装过程中产生的静电极易引发火灾
- 化成和老化工序容易引发火灾，尤其是对于生产规模较大的工厂，需要采取专用的消防解决方案
- 消防措施需要随着所生产的电池的能量密度和功率密度的提升相应改进和调整
- 无论是对于建筑物、工艺、机械设备，还是对于生产作业层面，都需要将

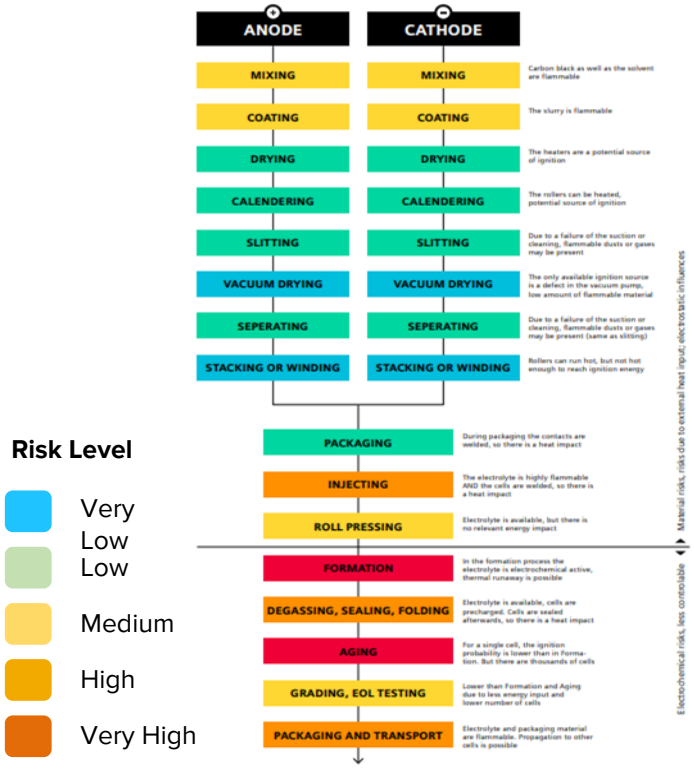
建筑物安全

工艺安全

机

生





Source: TUV SUD, SIEMENS

生产制造 | 当前传统制造业面临的瓶颈与挑战

生产灵活性是降低细分市场产品成本和小批量生产成本的关键。

- 电池组装和电池定型（化成和老化工序）工艺中的灵活性是关键。不同的电池形状和电池化学成分需要不同的工装、自动化和工艺环境。先进的生产设备主要通过添加并联运动机械的方式实现多机联动来提高灵活性。

- 需要提高自动化、设备功能以及工装方面的灵活性，这需要在成本和速度之间权衡取舍，因此是一个复杂的经济和技术挑战。

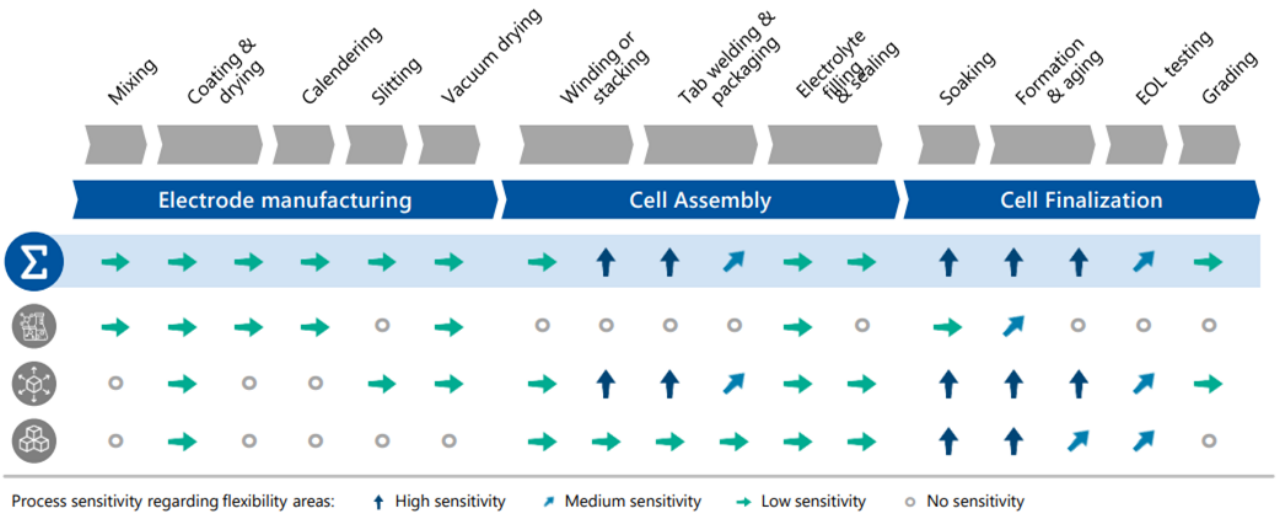


Figure 6: Process sensitivity of current production equipment with regard to product flexibility areas (Top-to-down: Σ Overall, Material, Size & Shape, Tabs & Terminals)

Source: Flexfactory, PEM

电池信息 | 电池分析与用例

基于机器学习和电化学算法在电池的整个使用寿命期间的跟踪是很重要的。

阶段	研发	生产	现场作业	二次寿命
案例	● 材料和环境评估 ● 寿命测试虚拟仿真 ● 确定电池温度和尺寸 ● 安全性评估	● 仿真电池组装后的电池化成 ● 找到生产过程和电池容量之间的关联模型	● 剩余使用寿命（RUL）预测 ● 精准的现场警报 ● 基于边缘控制设备的数据反馈路环（BMS 优化）	● 剩余使用寿命（RUL）预测 ● 精准的现场警报 ● 基于边缘控制设备的数据反馈路环（BMS 优化）
数据源	● 电池数据存储库 ● 定制化数据管道 ● 电池数据基因组	● 相似化学成分、材料和涂层数据的批量生产数据样本 ● 制造执行系统（MES）	● 电池管理系统（BMS）、传动链、合成数据生成工具	● 匿名化全/部分生命周期数据 ● 二次寿命应用知识
影响	● 使用数字孪生技术进行仿真，加快产品上市速度	● “电池化成”是最大瓶颈 ● 改进复合电极制备工艺	● 提高能效 ● 降低能源成本	● 提高材料回收率 ● 法规遵从性
挑战	● 规范化处理数据库中的海量数据 ● 由于电池技术迭代速度快，持续学习的投资回报率较低	● 通常在作业时间采集数据 ● 制造商通常不会实施跨行业数据挖掘标准流程（CRISP）	● 互联互通、数据格式、OTA 通道 ● 数据平台长期价值不明显	● 二次寿命工装流程技术介绍 ● 并非生成/采集所有电池数据
受益者	● 制造商/科研机构	● 制造商	● OEM /用户/保险公司	● 制造商/回收商/OEM


VOLTAIQ
THE LEADER IN ENTERPRISE BATTERY INTELLIGENCE
Voltaiq's EBI platform is the global standard
for analyzing and optimizing batteries at scale
Accelerate R&D and time to market • Shorten manufacturing ramp-up • Ensure high-quality battery supply • Optimize battery performance • Prevent fires and recalls
Learn About Our Software:
www.voltaiq.com
Work for the Industry Leader:
www.voltaiq.com/careers
Our Customers Are Global Leaders:
amazon
Mercedes-Benz
ALBEMARLE
Google
FORGE NANO
Microsoft

产业 | 概览

年度事件

业界企业及动态

投资

电池化学发展动态

技术应用

成本

供应链

回收

生产制造

安全/法规

安全法规 | 按 OEM/地区划分的事故

电动汽车因安全风险召回

2020

LG Energy Solution

EV车型：Kona、IONIQ
召回规模：90,000
召回成本：9 亿美元
事故：15 起火灾报告
潜在原因：折叠负极极耳

WELTMEISTER 威马汽车

EV车型：EX5 EV
召回规模：1,282
原因：电池中可能导致短路的污染物

Ford

EV车型：翼骏PHEV
召回规模：28,000
事件：充电过程中过热和起火
原因：生产过程中电池受到污染

2021

BAIC MOTOR　PARASIS

EV车型：EX360、EU400
召回规模：31,963
事件：高温下快速充电存在火灾风险
原因：电池合规性问题

SAMSUNG SDI

EV车型：所有PHEV
召回规模：26,900
事件：热事件
原因：电池中的碎屑可能导致短路

gm LG Energy Solution

EV 车型：雪佛兰博尔特
召回规模：141,000
召回成本：$2B
事故：24 起火灾报告
原因：负极片撕裂和隔板折叠

2022

RENAULT LG Energy Solution

电动车型号：ZOE
召回规模：733
原因：电池内部短路导致火灾风险增加

SAMSUNG SDI

EV车型：i4、iX
召回规模：83
起因：正极碎片存在火灾风险

CHRYSLER　STELLANTIS LG Energy Solution

EV 车型：Pacifica PHEV
电池制造商：LGES
召回规模：19,808
事件：12 起火灾
原因：正在调查中，与电池组有关

gm

EV车型：通用悍马EV
召回规模：424
原因：电池连接器腐蚀导致水进入电池组的风险

电动车型号：ID4
召回规模：351
原因：电池内部焊接不正确可能导致连接不可靠，使汽车容易发生碰撞

电动车型号：ID.3、ID.4
召回规模：10,130
潜在原因：制造缺陷导致电池自放电增加

安全法规 | 静态储能电池起火

在部署公用事业规模的存储项目时，系统工程、应急响应和社区参与方面的持续挑战。

维多利亚大电池火灾（特斯拉 Megapack）

事件日期：2021年7月31日

- **最终报告日期**：2022年1月25日
- **报告的原因**：液体冷却剂泄漏导致短路、热量积聚，最终引发事故单元中相邻电池模块的热失控。 *不是电池质量问题。*
- **损害**：两个 Megapack 单元（安装的 212 个单元中的约 1%）、一个事故和一个相邻单元的总损失。 没有受伤报告。
- **影响**：就地避难咨询发布了大约。 半天从当地时间下午 1 点开始。 受影响的社区远达 4.5 公里。

Moss Landing阶段 1 & 2 热事故

(LG 能源解决方案和 Fluence)

- **事件日期**：2021年9月4日 & 2022年2月13日
- **最终报告日期**：2022年1月21日
- **报告的原因**：传感器编程错误触发了带有泄漏管道的水抑制系统过早填充，水泄漏到电池架上，导致电气短路、热量积聚，并最终导致热事件。 *不是电池质量问题。*
- **损害**：~7% 的第 1 阶段安装的所有模块；没有提供第 2 阶段的估计或数字。没有受伤报告。
- **影响**：没有火灾报告，没有发布当地紧急警报，没有实施封路，周边社区没有受到影响。



维多利亚大电池火灾
(图上 & 图下)
火灾规模 vs. 安装系统



未来挑战:

- 系统集成、调试和运行仍在进行中。
- 尽管设施受到的损害得到控制，但对社区的影响是直接而重大的。
- 高度可见的事件，无论相对于系统大小的规模如何，都会引起社区的严重关注。
- 该行业必须继续通过标准化和明确、具体的答案正面解决这些问题。
- 这种动态目前可能是本地的，但随着世界各地的安装数量的增加，这种动态将走向全球。

Source: Victoria Big Battery Fire (Top Image) , Victoria Big Battery Fire (Bottom Image)

安全法规 | 电动汽车火灾应急响应

尽管电动汽车发生车辆火灾的频率低于内燃机，但扑灭电动汽车火灾需要更多资源和专门培训。

检测到关键事件 | 第一反应 | 第二反应







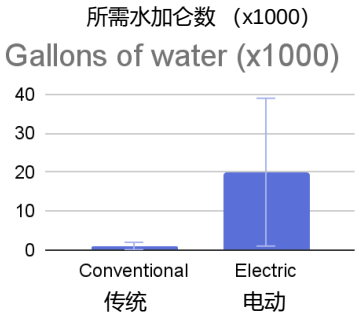


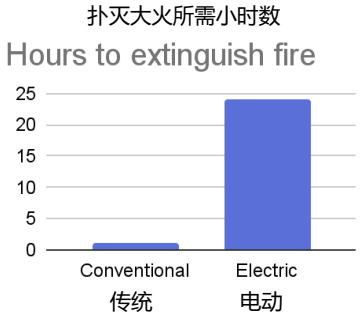
检测和警报

紧急响应人员缺乏信息和方法来监控电池组状况*和热失控危险。
* 温度、SOC、电压、气体等。

灭火和电池组冷却

扑灭 EV 火灾所需的水比传统车辆火灾多 40 倍，并且由于重新点燃需要 24 多个小时。





拖车

搁浅的能量会导致电池起火，这种情况可能发生在任何地方，包括在拖床上。



将损坏的 BMW EV 完全淹没在荷兰运输

储存

损坏的电动汽车存储空间效率低下。 建议要求在拖车场将损坏的 EV 周围半径 50 英尺，并在可能的情况下完全浸入水中。 复燃危险甚至可能在数周后仍然存在。

（图改编自 Tran 2021 会议演示文稿）

Source: NTSB Report, CTIP

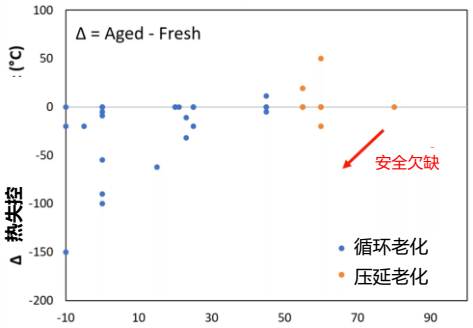
安全法规 | 电池老化对安全的影响

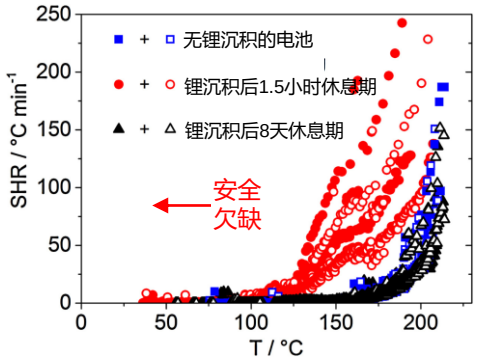
电池老化对安全性的影响已发表的文献有限，需要更多研究

防止热故障 (ARC) 的安全性

直到最近，日历和循环老化对电池安全性的影响还相对未知。

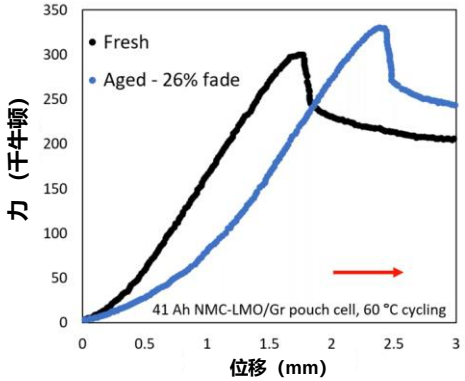
加速量热法 (ARC) 显示老化的电池通常具有更高的热失控起始温度。 **锂沉积可将起始温度降低**多达 50 °C。 增加锂电镀后的静置时间可提高电池安全性。

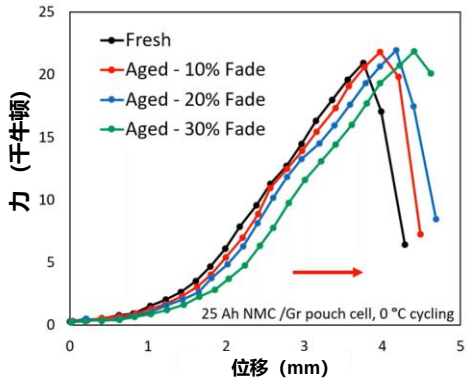




防止机械入侵的安全性

对于机械故障，老化的电池对内部短路表现出更高的抵抗力，从而使它们更安全，但需要进一步探索样本大小和电池设计的多样性以得出更有力的结论。





Sources: Preger et al., Jeevarajan et al., Waldmann et al., Kovachev et al., Liu et al.



第三部分
科研

概览 | 学术研究中的热点话题

发现有影响力的论文集中在以下领域

正极 | 负极 | 电解液 | 固态电池 | 锂金属 | 硫

钠离子 | 快充 | 制造 | 回收 | 诊断 | 电池信息

正极 – 潜在的竞争者包括无钴正极和低镍正极，综合性能和稳定性，NMCA正极仍占主导地位。

负极 – 界面和微结构研究推动 Si 和 Gr 负极材料。

电解液 – 非液态，液态和固态电解质的研究均有进展。

固态电解质 – 更多的混合态电解质被研究。关于高分子，氧化物和硫化物优势的讨论继续进行。

锂金属 – 提高锂金属负极的性能，包括循环次数和安全的研究稳步推进。

硫化物 – 新电解液和电极设计的突破有限。

钠离子 – 钠离子电池研究受到关注。现在的挑战包括有限的正负极选择。

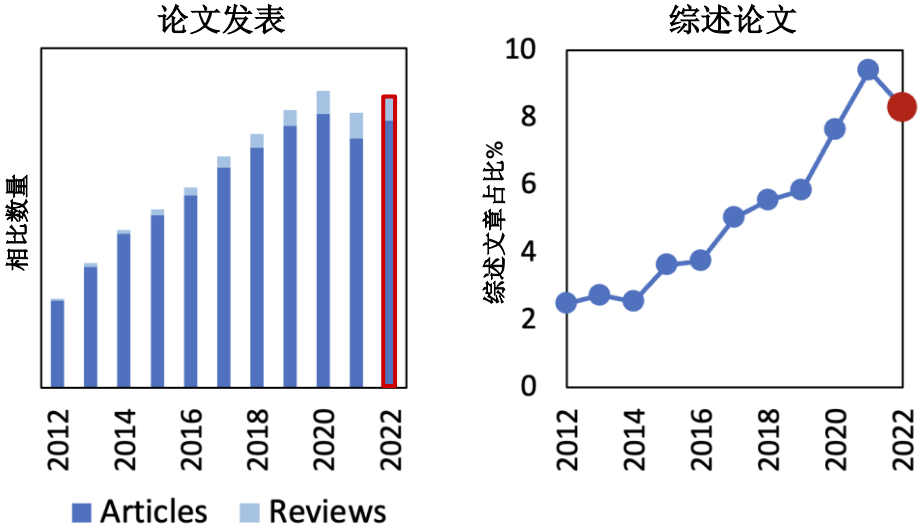
快充 – 特殊设计的电极和温度控制为高快充研究做好铺垫。

制造 – 现有的电池工厂内，基于量产和整合的研究正在被探索。

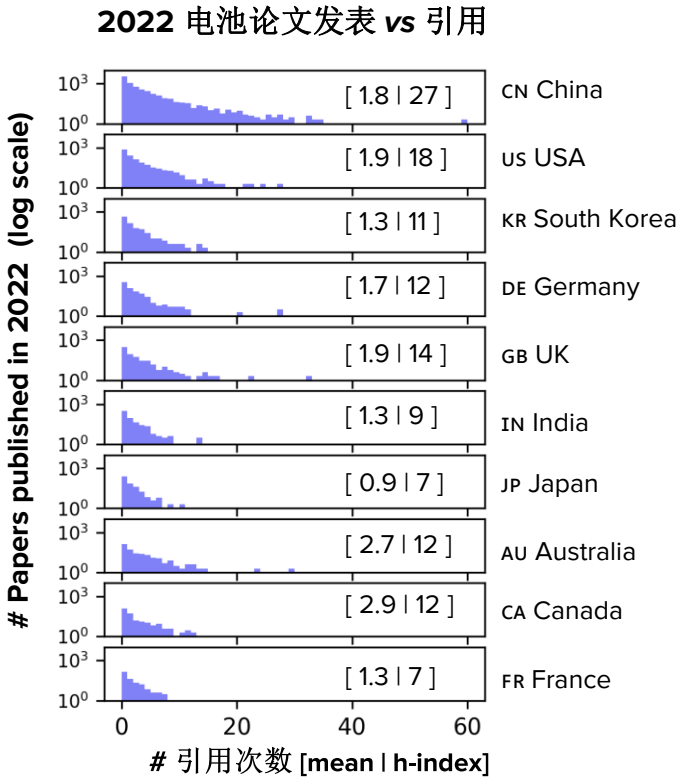
回收 – 低成本和低能耗的循环方法正在被研究，成为一个新的研究方向。预测未来会快速增长。

概览 | 科研领域内的趋势

论文类型和引用的宏观趋势。



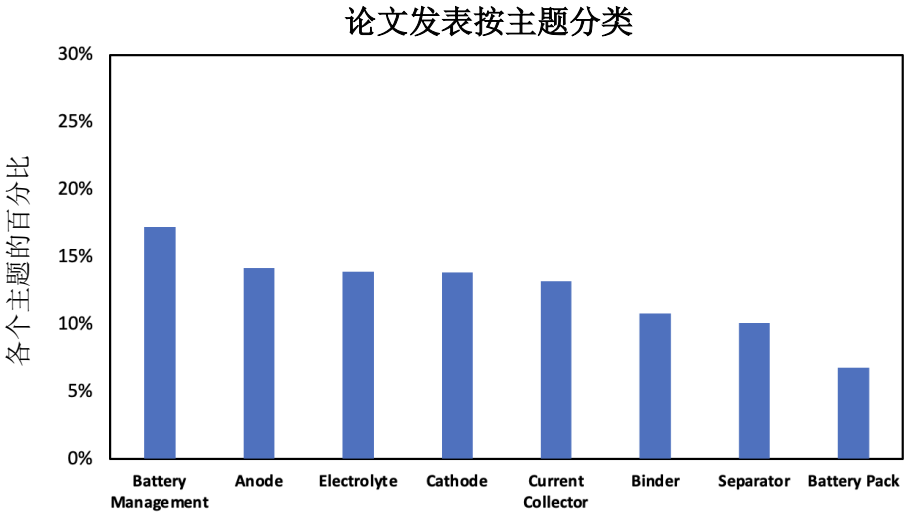
原创性电池论文 *vs.* 综述性文章重回增长轨道



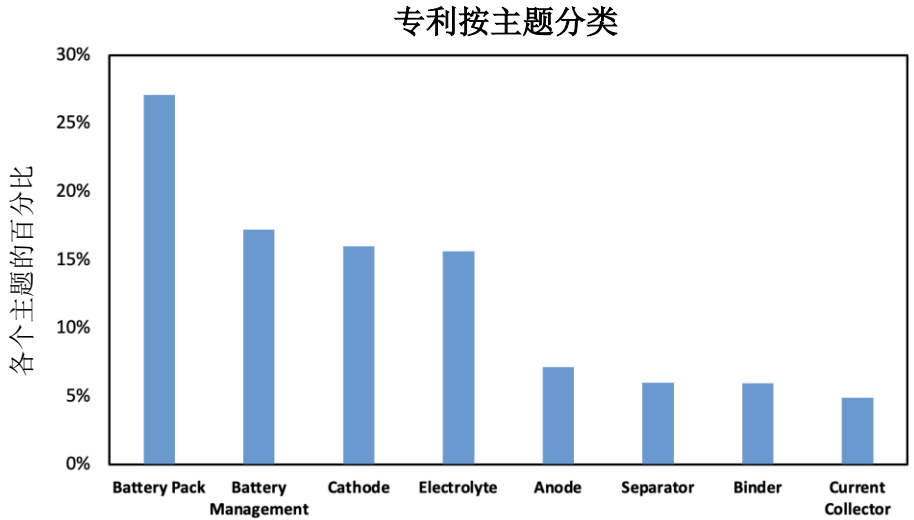
2022 中国领先论文发表数量, 加拿大领先每篇文章的引用次数

Source: Web of Science query: “lithium ion battery”, accessed 2022-12-11

概览 | 研究领域内的趋势



关于电池材料的研究，学术届重点关注电解液、负极和正极；电池管理的研究继续受到关注。



工业界主要关注系统层面的创新，电池系统和电池管理。

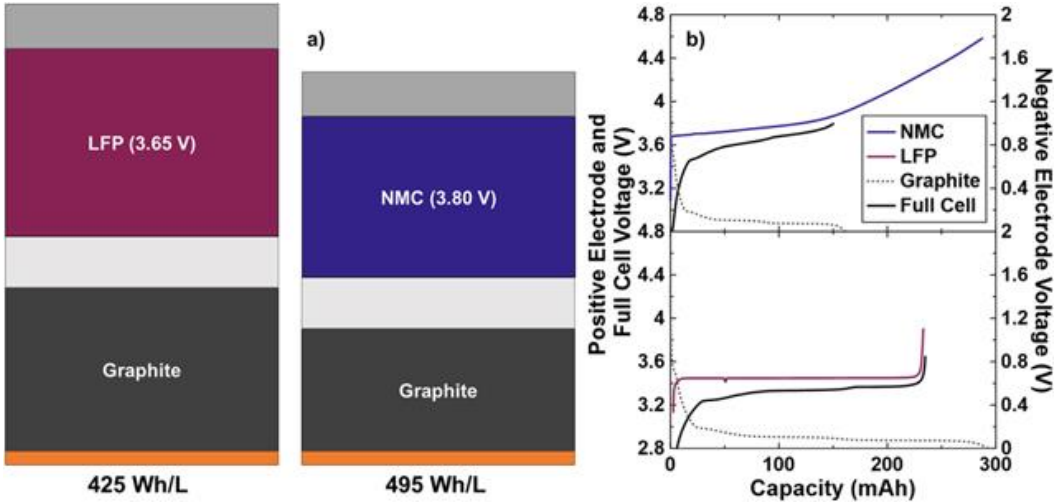
Source: Web of Science query

正极 | NMC | 循环优化

Jeff Dahn的100年电池。

有重要的研究表明LFP 有优于NMC的循环寿命。然而，Jeff Dahn课题组的工作表明与LFP相比，循环至3.65 V和 3.8 V的NMC532电池表现出更好的库伦效率，较少的容量衰减和较高的能量密度。

在2022年的国际电池研讨会上，Dahn的NMC 电池已达到15,000次循环，且容量损失<5%。这使得选择使用高镍/低钴而不会在较高电压下遭受结构衰退，并为车到电网和二次寿命应用打开了思路。



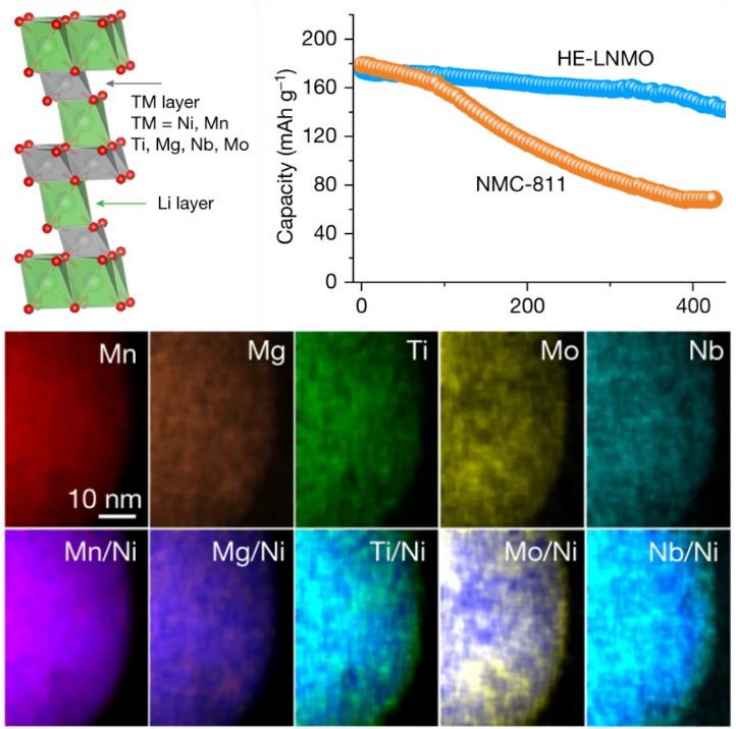
所用的$LiFePO_4$//石墨和$Li[Ni_{0.5}Mn_{0.3}Co_{0.2}]O_2$//石墨软包电池的近似堆叠能量密度示意图

限制NMC//石墨电池的电压窗口可实现15,000次循环，容量保持率为95%，同时保持优于 LFP//石墨电池的能量密度。

Source: Aiken, Logan, Eldesoky, Hebecker, Oxner, Harlow, Metzger, and Dahn; Griffith

正极 | NMC | 通过外部掺杂稳定高镍正极

尽管它们的构效机理有所不同， 但几乎每个元素都经过了测试。



NM(C)A 正极正朝着高镍含量方向发展。然而，$LiNiO_2$ 经历相变会导致颗粒开裂和容量衰减的有害相变。掺杂可抑制这类相变并稳定其长循环性能。

近期，两个研究小组开发了正交掺杂策略。Zhang等创建了一种Ni, Mn, Ti, Mg, Nb和Mo混合在过渡金属位点的高熵无钴层状。Wang等添加了一种元素镧，它实际上并没有掺杂到NMC811的晶格结构中，而是形成了类钙钛矿的$La_4Li[Ni,Mn,Co]O_8$作为共生的第二相。这两种策略都尽量减少了循环过程中的体积变化，并延长了循环寿命。

元素掺杂和第二相可以稳定高镍正极，可用于需要高能量密度和长循环寿命的场景

Source: Zhang, Wang, Zou, Lin, et al.; Wang, Liu, Wu, and Lu

正极 | NMC | 通过涂层稳定高镍正极

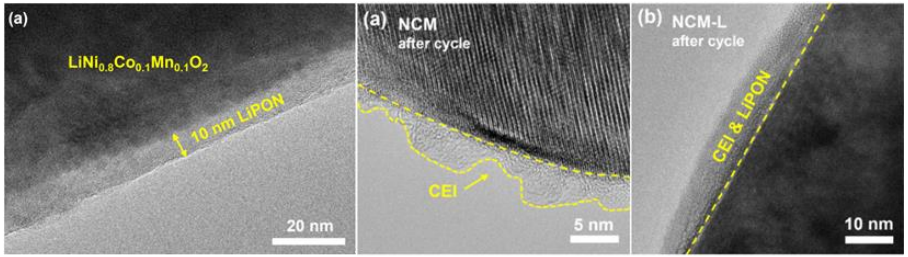
一种薄固态电解质作为NMC811涂层效果良好。

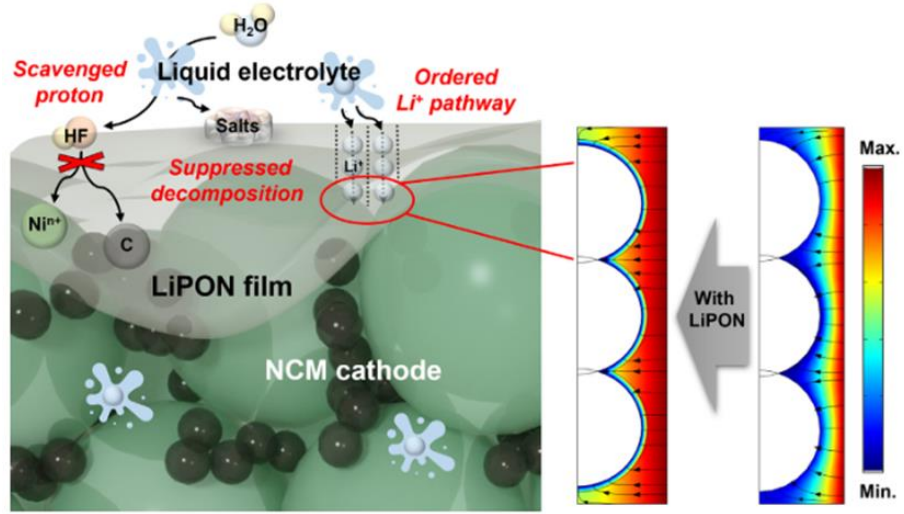
表面涂层有效地抑制NMC和电解质之间的副反应，例如电解质分解、高压下的氧损失和过渡金属溶解。这些副作用会导致容量衰减、功率损失和安全风险。

在NMC811正极上溅射10nm的锂磷氮氧（LiPON）层，使得颗粒表面稳定并形成更均匀的CEI。此外，LiPON的HF清除能力可以抑制过渡金属溶解到电解质中。

研究人员发现，LiPON涂层包覆的正极的电池阻抗更低，循环寿命更长，安全性更好。他们展示了一个1.3 Ah的袋式电池，其能量密度为364 Wh kg^{-1} ，在C/2 工况下循环745次的容量保持率为80%。

涂覆在NMC811表面上的超薄LiPON可以
有效稳定正极-电解质界面并延长电池的循环寿命。

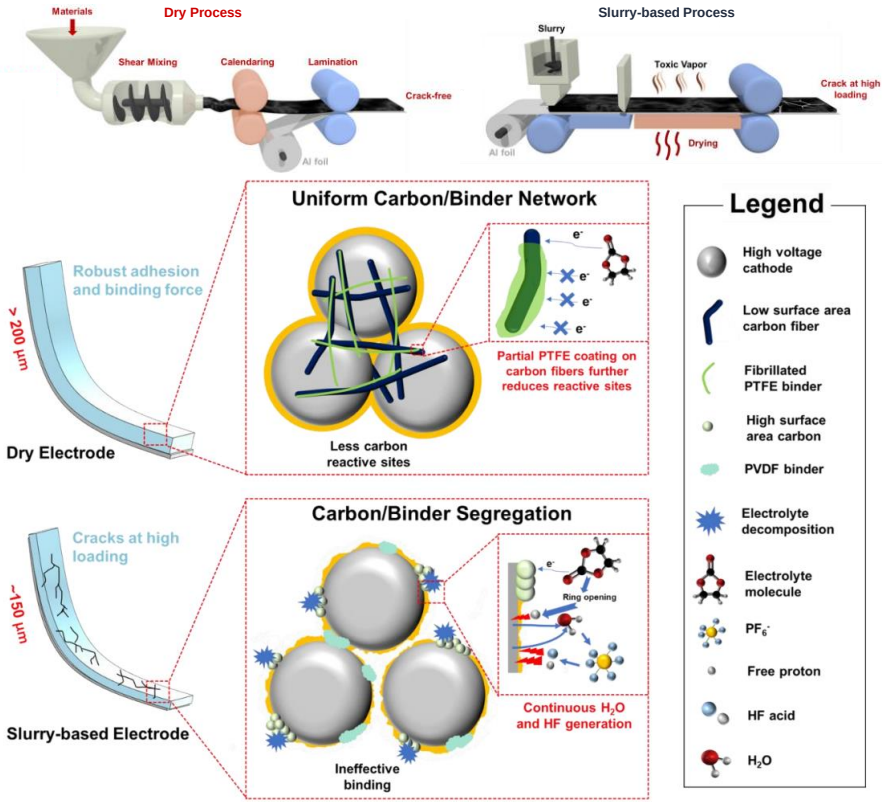




Source: Yang, Shadike, Wang, Yue, Xia, Bak, Du, Li, and Fu

正极 | LNMO | 高载量电极的干法涂敷

利用干法电极涂敷工艺实现优异的循环稳定性。



尖晶石型$LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ (LNMO) 正极材料由于其高工作电压和无钴化学性质而引起了研究人员极大的兴趣。然而，严重的容量退化和较差的相间稳定性至今阻碍了其实际应用。

干法涂敷工艺，即在不使用溶剂基浆料的情况下制造正极，被证明能够使高负载电极（高达 9.5 mAh/cm²）具有比溶剂基浆料电极更好的长循环性能。性能改进的原因是减少了与电解质的寄生反应，高分散、互连的电子渗透网络以及稳固的机械性能。载量为3 mAh/cm² 的电极在C/3倍率下经过1000次循环后展示出99.96%的平均库伦效率。

干法电极涂敷工艺是一种成本效益高且可持续的制造解决方案，此工艺适用于长寿命、高负载LNMO正极（高达 9.5 mAh/cm² ）。

Source: Yao, Chouchane, Li, Bai, Liu, Li, Chen. Sayahpour, Shimizu, Raghavendran, Chen, Tan, Sreenarayanan, Waters, Sichler, Gould, Kountz, Lipomi, Zhang, and Meng

正极 | 无序岩盐 | 利用阴离子氧化还原获得高能量密度

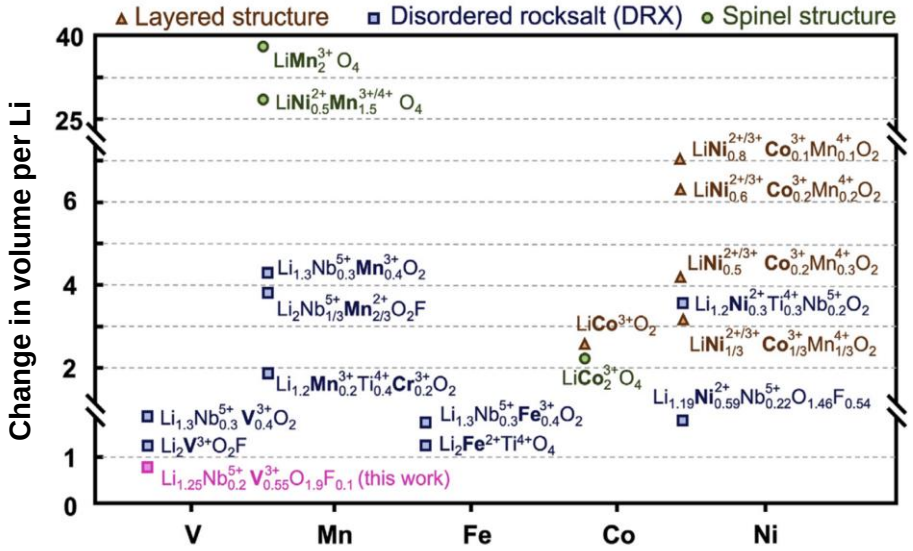
最小化循环过程中的体积变化，以限制机械化学衰退。

具有无序岩盐结构的富锂化合物为锂运输提供了渗透途径。过量的锂还能够实现比传统的Li(Ni,Mn,Co)O_2 层状材料更高的容量。与几乎所有电极材料一样，锂嵌入和脱出过程中的体积变化会导致无序岩盐材料中的颗粒开裂和容量衰退。

加州大学伯克利分校的研究人员发现了一种无序岩盐结构的混合阳离子和混合阴离子化合物，其充电或放电至200mAh/g时体积变化小于1%。

几个月后，一个国际团队发现了一种体积变化小于0.01%的无序岩盐材料。

调控锂、金属阳离子和阴离子组成可产生循环过程中机械稳定的零应变无序岩盐正极。



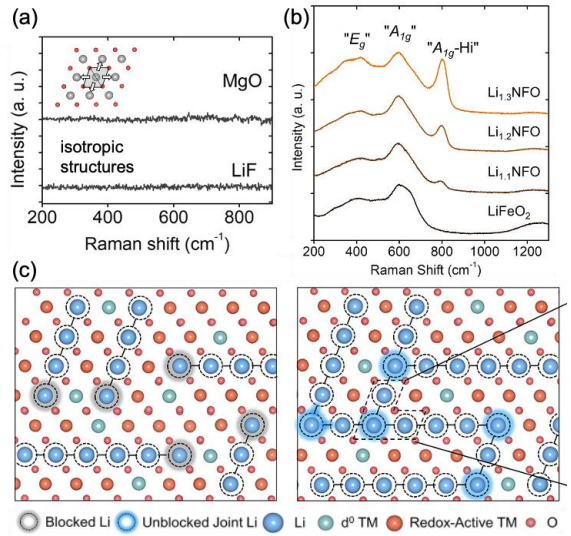
无序岩盐、层状和尖晶石正极材料每单位锂嵌入或脱出的体积变化图。

Source: Zhao, Tian, Lun, Cai, Chen, Ouyang, and Ceder; Zhou, Li, Ha, Zhang, Dachraoui, Liu, Zhang, Liu, Liu, Battaglia, Yang, Liu, and Yang

正极 | 无序岩盐 | 局部结构域

“无序岩盐”正极并非完全无序，其有序性影响锂离子扩散。

无序岩盐正极可能具有层状畴（类似在LCO中的那些），这可以促进无序畴之间的扩散。



（a） 各向同性无序结构，无拉曼信号。（b） 立方无序岩盐的拉曼信号。（c） 具有层状畴的DRX结构模型。

在无序岩盐结构的理想化模型中，锂和过渡金属离子随机占据每个阳离子位点，使其各向同性（即在所有方向上都相同）。拉曼光谱中，在完全各向同性的立方结构中是没信号的。

来自新墨西哥大学和NTNU的一个团队证明具有与无序岩盐结构对应的XRD峰的 $Li_{1+x}Nb_xMn_{1-2x}O_2$ 和 $Li_{1+x}Nb_xFe_{1-2x}O_2$确实存在拉曼信号。 无序岩盐相中的层状畴可以解释其结果。

具有1:1 Li:过渡金属比的层状化合物如LCO和NMC在层之间具有天然锂扩散面。无序岩盐不具有锂扩散路径，除非锂与过渡金属的比率大于1（接近1.2）。重要的是，作者注意到，即使存在层状畴，离子传输仍需要锂过量成分。

Source: Wang, Huang, Raji-Adefila, Outka, Wang, and Chen

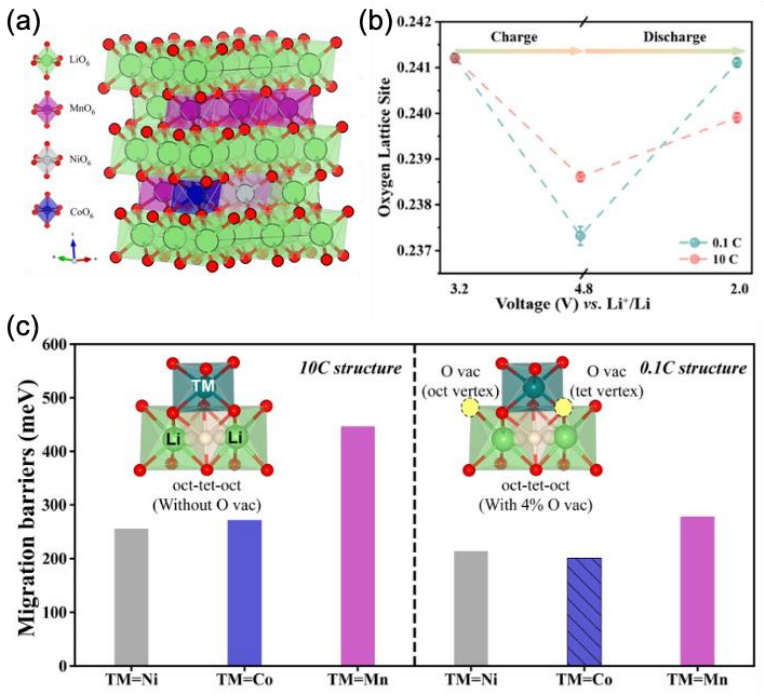
正极 | 富锂和富锰 | 利用阴离子氧化还原获得高能量密度

倍率影响反应途径和氧化还原反应。

富锂和富锰（LMR）层状正极与无序岩盐相似，因为它们含有可以去除的过量锂，从而产生高容量。然而，在LMR正极中，仍有不同的锂层，过量的锂仅进入过渡金属层。

最近的一篇论文显示了LMR中不同的结构演变机制与充电/放电速率的关系。作者认为，快速充电阻碍后续锂化，而缓慢充电促进锂扩散。

富锂和富锰层状正极的快速充电抑制了氧空位，这增加了锂在随后循环中的迁移障碍。



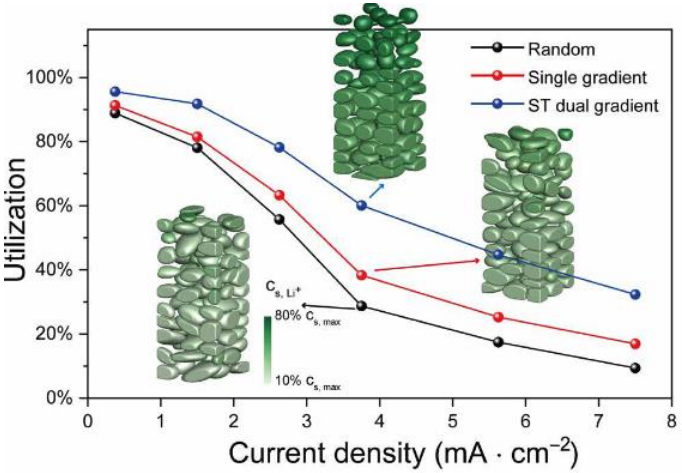
（a） 富锂和富锰层状氧化物的晶体结构。（b） 在10C与C/10倍率下变化的氧损失和可逆性。（c） $Li_{1.2}Ni_{0.16}Co_{0.08}Mn_{0.56}O_2$ 在10C和C/10下的结构模型和迁移能垒。

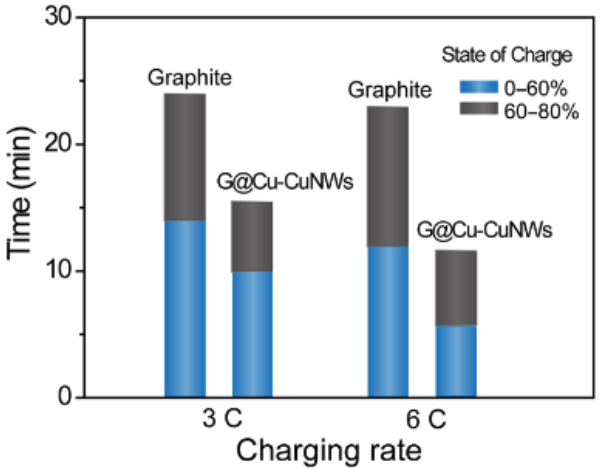
Source: He, Wu, Zhu, Liu, Li, Zhou, Hou, Wang, Zhang, Bresser, Fu, Crafton, McCloskey, Chen, An, Liu, Jain, Li, Yang, Yang, Winter, and Kostecki

负极 | 石墨 | 双梯度结构设计实现超级快充

一种克服锂离子电池超级快充瓶颈的新型电极设计。

锂离子电池的充电倍率受到石墨负极的限制。为了实现超级快充，研究人员提出了一种称为双梯度结构的新型电极设计。采用这种设计，电极中的孔隙率从隔膜侧到集电体侧减小，而颗粒尺寸在相同方向上增大。为了实现这种结构，开发了一种包含铜包覆石墨(G@Cu)颗粒和铜纳米线（CuNWs）的聚合物无粘合剂浆料路线。这一G@Cu-CuNWs电池在6分钟内达到60%的再充电，并且在6 C的高充电倍率下具有701 Wh/l的高体积能量密度。





具有双梯度结构的石墨负极在超级快充条件下性能优于传统的均质电极。

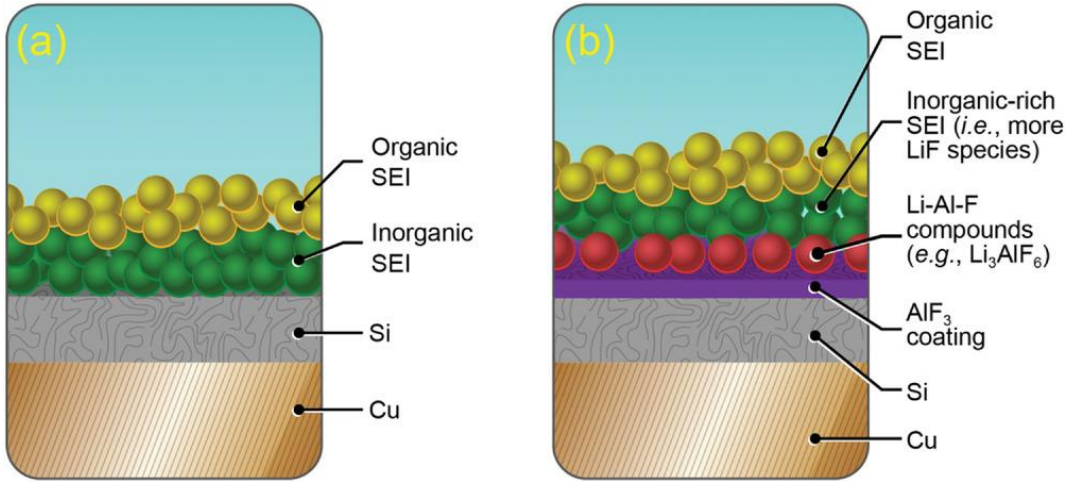
Source: Lu, Lu, Zhu, Shao, Yao, Wang, Zhang, Ni, Wang, and Yu

负极 | 硅 | 人造SEI助力稳定硅负极

采用高能量密度硅负极的途径。

虽然硅是高能量密度电池的一种很有前途的负极技术，但在固体电解质界面形成方面存在重大挑战。

Münster大学的研究表明，硅薄膜上的5–20 nm AlF3 薄涂层通过改善SEI的组分来促进生成可增强电荷转移动力学的锂离子导体Li-Al-F化合物，从而在界面处提供保护。



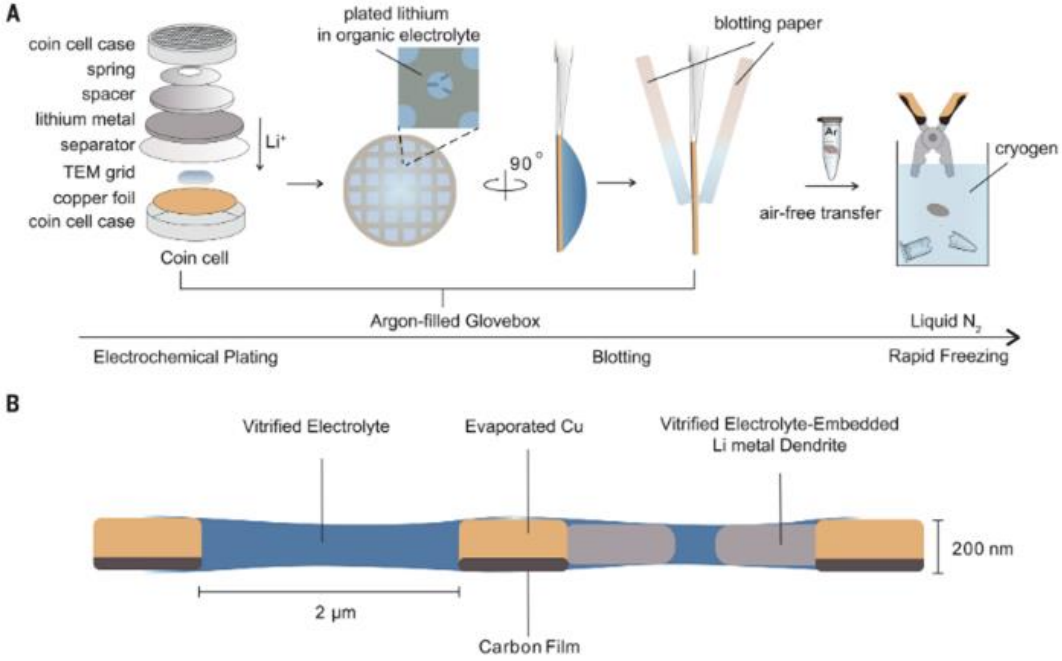
a）无涂层和b）含AlF_3涂层的Si电极上的SEI示意图。在含涂层的Si电极中，SEI形成机制涉及 AlF_3 向Li-Al-F化合物（例如 Li_3AlF_6 ）的转化。

AlF_3 涂层有助于延长硅负极材料的寿命和性能

Source: Adhitama, Wickeren, Neuhaus, Frankenstein, Demelash, Javed, Haneke, Nowak, Winter, Gomez-Martin, and Placke

负极 | SEI | 捕获锂金属电池中的SEI膨胀

通过改进的冷冻显微镜和光谱学实现SEI膨胀分析。



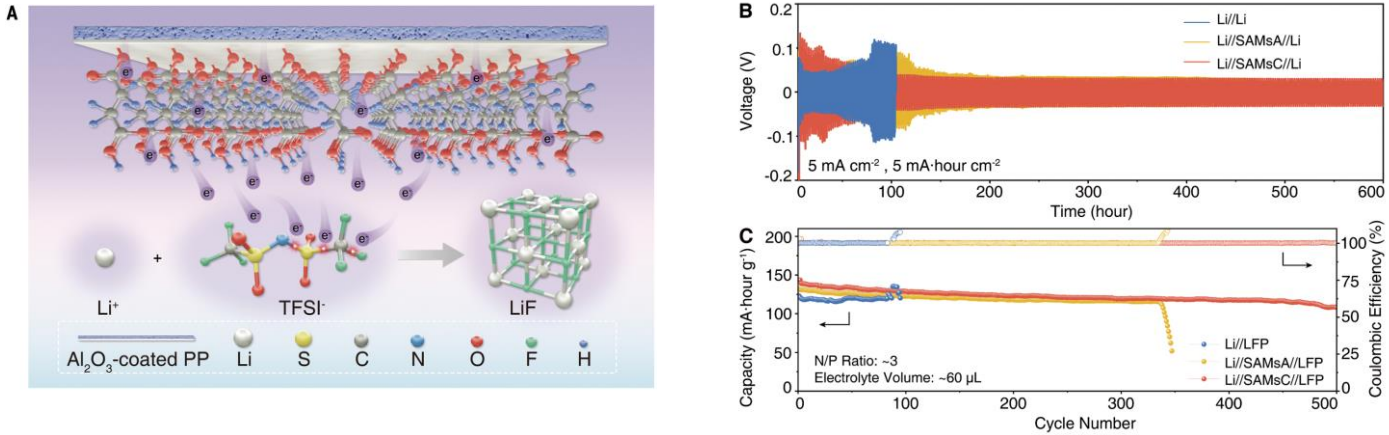
固体电解质界面（SEI）的纳米尺度成像是关键和具有挑战性的。斯坦福大学的研究人员使用薄膜玻璃化方法将锂金属的SEI保持在原生状态，并在操作过程中实现高分辨率成像。他们应用冷冻电子显微镜和光谱学定量测量SEI含量，并研究电解质中的膨胀行为。他们揭示了SEI处于膨胀状态，以及膨胀对锂离子传输的影响。

一种提供纳米分辨率SEI图像并研究SEI膨胀行为的新方法。

Source: Zhang, Li, Xu, Zhou, Li, Oyakhire, Wu, Xu, Wang, Yu, Boyle, Huang, Ye, Chen, Wan, Bao, Chiu, and Cui

负极 | 锂金属 | 自组装单层

用于超长寿命锂金属电池的自组装单层。



南洋理工大学和浙江理工大学的研究人员通过自组装单层（SAMs）提高了锂金属电池的循环稳定性。含有极性羧基的SAMs沉积在氧化铝涂层涂敷的聚丙烯隔膜上。SAMs促进了富LiF固体电解质界面（SEI）的形成，从而促进了锂离子扩散并减缓了锂枝晶的生长。

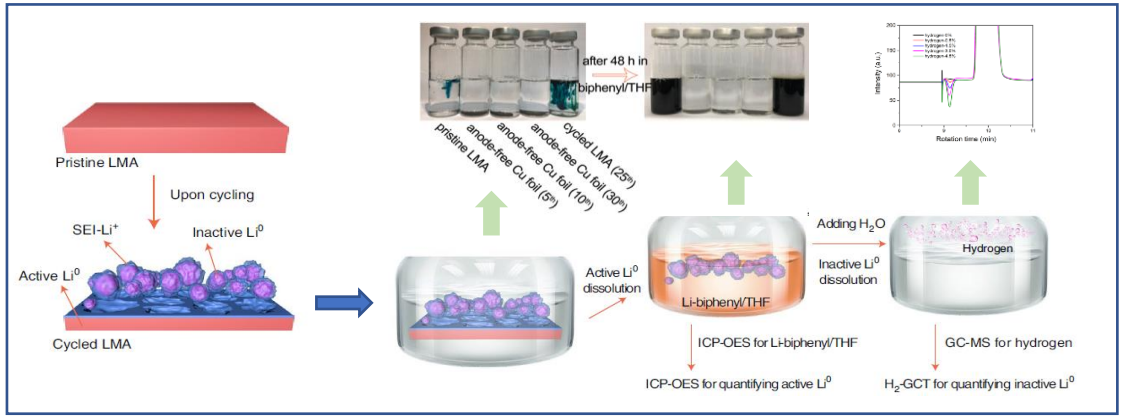
沉积在氧化铝涂层包覆的聚丙烯隔膜上的含羧基的自组装单层（SAMs）促进了富LiF固体电解质界面（SEI）的形成。

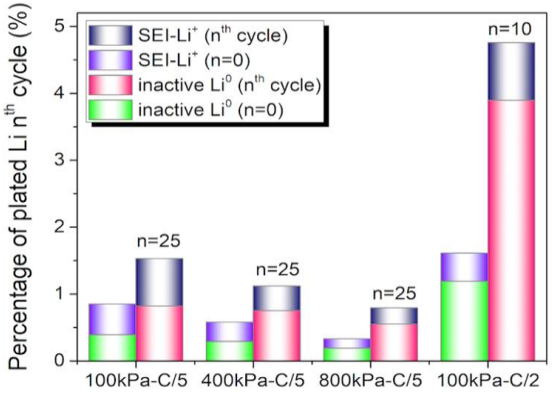
Source: Liu, Tao, Wang, Jiang, Ma. Sheng, Lu, and Lou

负极 | 锂金属 | 可逆和不可逆锂的量化

评估锂金属电池中的锂损失。

芝加哥大学和中科院宁波材料所的研究人员报告了一种新的方法，用于区分和量化循环后的锂金属负极中的活性锂和非活性锂，以评估锂金属电池的可逆性。该研究评估了压力和电流密度对锂电镀和剥离可逆性的影响，结果表明，高堆叠压力通过最小化SEI的破裂来抑制固有的锂损失。在高电流密度下，“死锂”会发生聚集。



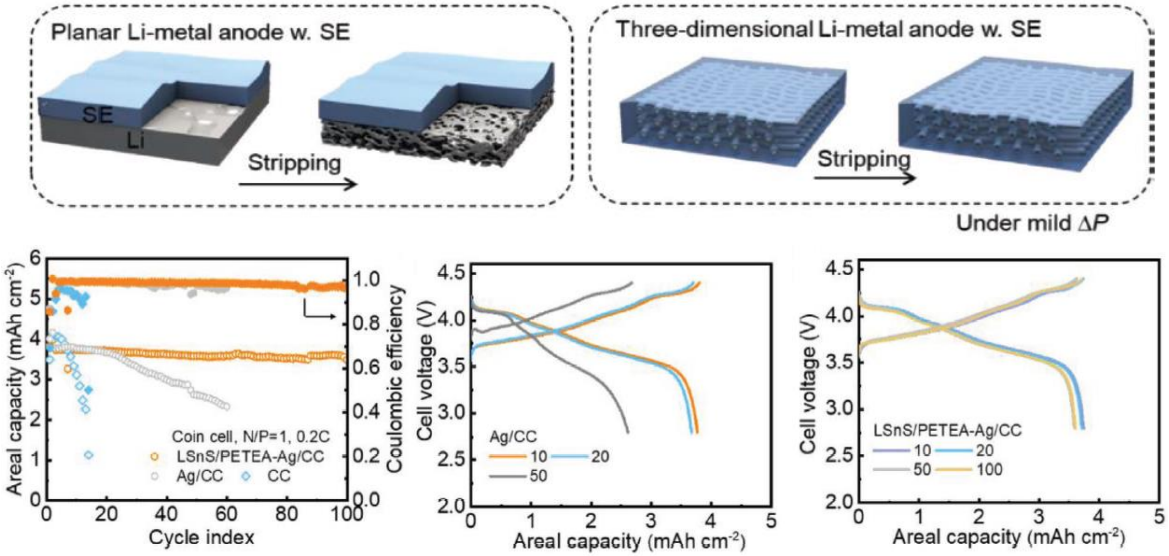


大多数锂金属电池中过量的锂阻碍了对剩余锂健康状况的准确诊断。本文报告了一种评估锂金属电池降解机制和循环寿命的方法。

Source: Deng, Yin, Bao, Zhou, Hu, He, Qiu, Meng, and Liu

负极 | 锂金属 | 复合电解质保护的三维锂金属负极

在低堆叠压力下容纳锂金属的3D支架。



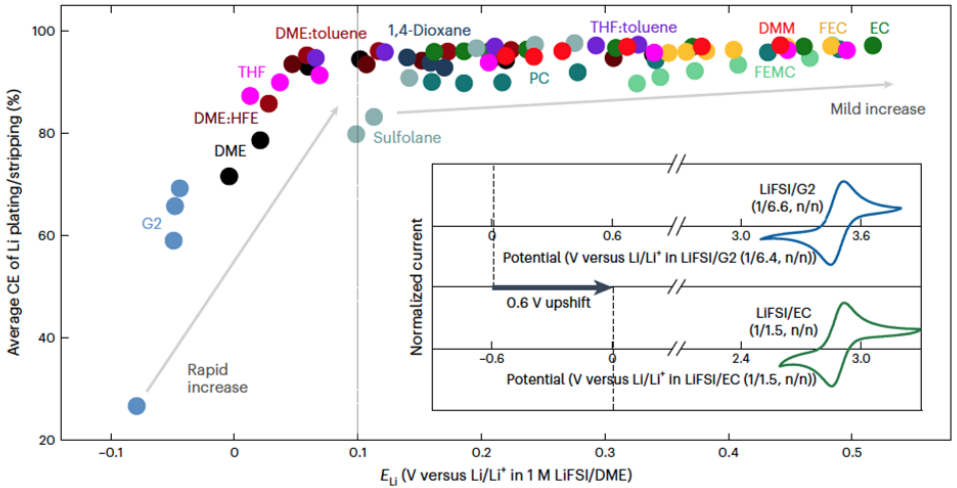
当与锂金属配对时，无机固体电解质可以提供高能量密度、可逆性和安全性。然而，较差的界面接触需要较高的堆叠压力。奥斯汀大学的研究人员开发了一种三维中空银/碳支架锂金属负极。支架锂金属负极在低至320 kPa的合理堆压下运行，实现了循环100次后90.5%的容量保持率。

复合电解质与锂金属形成了动力学稳定的界面。银/碳支架降低了局部电流密度，并保持了与复合电解质的紧密接触。

Source: Ren, Shin, and Manthiram

负极 | 锂金属 |电极电位对库仑效率的影响

库仑效率与锂电极电位的正相关。



锂沉积和剥离的库仑效率在很大程度上受锂金属的热力学电极电位（E_{Li}）的影响。增加 E_{Li} 反映了锂金属还原倾向的降低，这可以最小化电解质的还原分解，从而提高库仑效率。本研究中发现的规律与其他当下最新研究的锂金属电池的电解质（弱溶剂化电解质、高浓电解质和局部高浓电解质）的库仑效率一致。

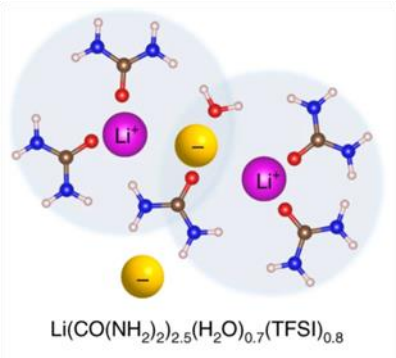
电解液的特性直接影响锂金属的电极电位，进而影响库仑效率。高 E_{Li} 抑制电解质分解，并促成锂金属电池较高的沉积/剥离效率。

Source: Ko, Obukata, Shimada, Takenaka, Nakayama, Yamada, and Yamada

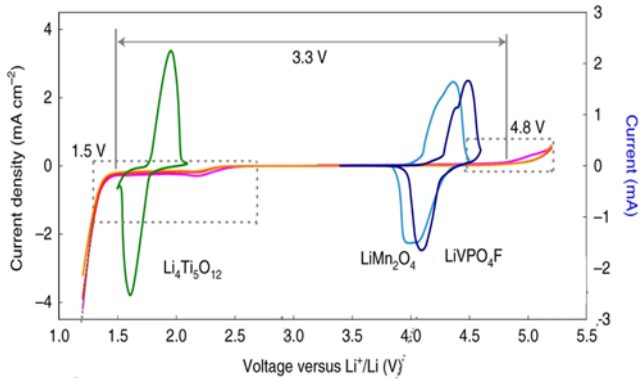
电解液 | 水系电解液 | 长循环水系电解液

2.5 V LMO//LTO 水系高浓度电解液。

高浓度电解液含有足够的锂盐，基本上可以结合每一个水分子，最大程度的减少电极表面和游离水之间的分解反应。
更进一步，来自马里兰大学的研究人员采用用锂盐LiTFSI、氢氧化钾和尿素制备了一种水系锂离子电解液。这种三元中等浓度的电解液由于水-尿素的强相互作用，比高浓度电解液更稳定。其中的氢氧化钾有助于形成稳定的富含 LiF 的 SEI。
$Li_{1.5}Mn_2O_4$//$Li_4Ti_5O_{12}$ 软包电池采用这种新电解液，500圈循环后，容量保持率>90%。



高锂盐浓度不是唯一的解决水系电解液稳定的方法。与水有强烈相互作用的添加剂可以抑制副反应的发生，从而提高电解液的稳定性。



4.1–5.1 m LiTFSI 三元电解液循环伏安曲线LTO (绿色), LMO (浅蓝), LVPF (深蓝)

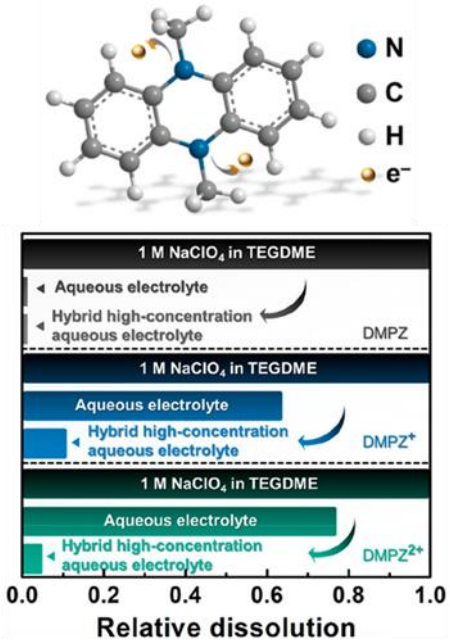
Source: Xu, Ji, Zhang, Yang, Wang, Liu, Ludwig, Chen, Kofinas, and Wang

电解液 | 水系电解液 | 抑制有机电极的溶解

可稳定高比容量有机电极的先进水系电解液。

5,10-二氢-5,10-二甲基吩噻 (DMPZ) 中的两个氮原子可以可逆地存储两个电子，比容量可以达到225 mAh/g 以上。然而在1 M NaClO4四乙二醇二甲醚或水系电解液中，它的各种氧化态会存在溶解的问题。
首尔国立大学的研究人员利用由 17 m NaClO4 和 0.5 m Zn(CF3SO3)2 组成的高浓度水系，有效抑制了90~95%的DMPZ溶解，该电解液由另外一个组发明，能够可逆的沉积锌金属，而不产生枝晶。在这个体系中，DMPZ为正极，锌为负极，电极材料的比容量200 mAh/g，为以C/5或1C的倍率循环1000圈，容量保持率为80%。

通过设计水系电解液，可以缓解有机正极材料氧化还原态的活性分子在有机电解液中的溶解问题



不同价态（0价，+1价，+2价）的DMP在不同电解液中的溶解性

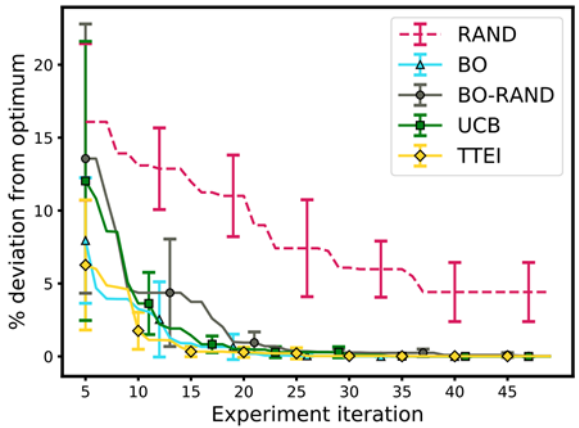
Source: Lee, Kwon, Lim, Kim, Kim, Lee, Kim, Eum, Song, Park, Seong, Jung, and Kang

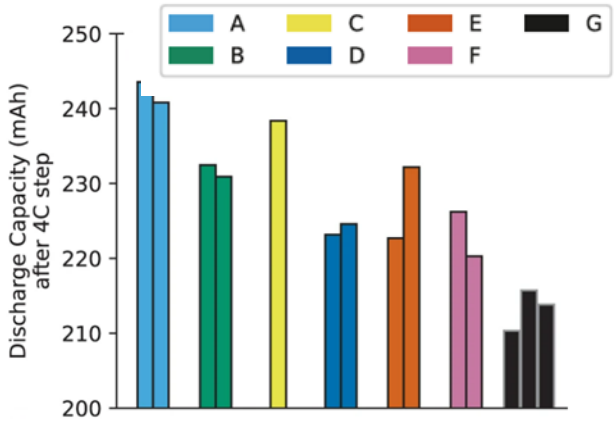
电解液 | 非水系电解液 | 自主优化电解液

通过机器人实验和机器学习加速最优电解液设计。

液态电解液的优化特别具有挑战性因为其溶剂和溶质有很多选择，优化的成分通常包括三、四种以上，来自卡内基梅隆大学的研究人员开发了一个机器人平台，能够自动执行非水电解质溶液的闭环优化。选择了一种单盐三元溶剂体系，目的是优化快速充电应用中的电解液电导率。通过使用不同的贝叶斯优化策略(BO，BO-RAND，UCB，TTEI)，研究人员达到了六倍的时间加速比随机搜索(RAND)执行相同的自动化实验。该机器人平台(A-F)开发的电解液在电池中进行了测试，证明了相对于基础电解液(G)，优化的电解液提高了充电倍率。

电解液的优化耗时费力，这限制了电池的创新。机器人技术和机器学习相结合的方式可以加速新型电解液的开发。





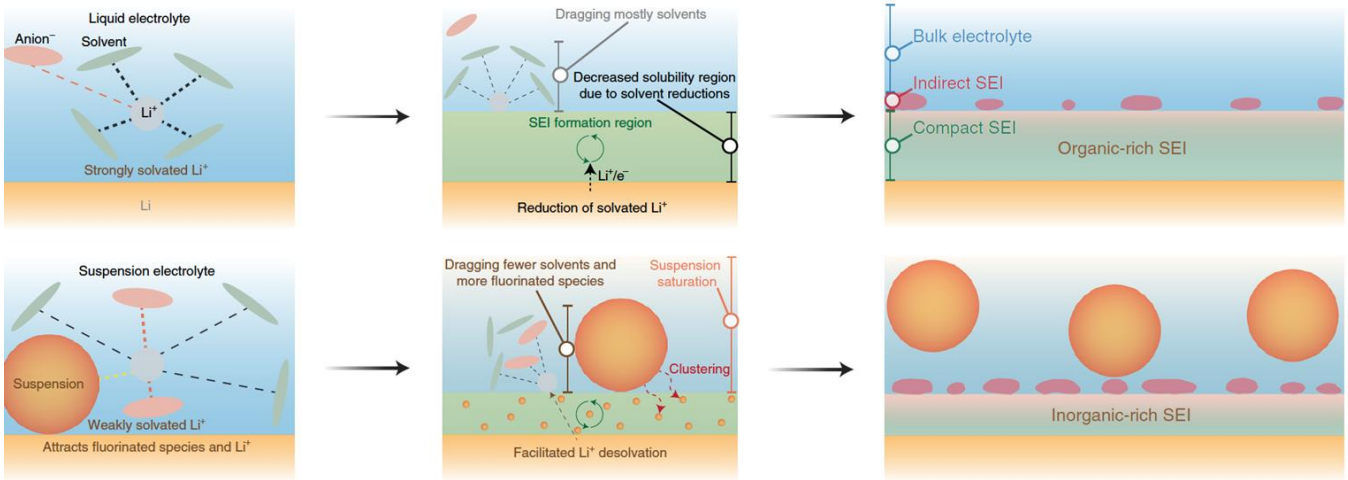
A-G不同电解液的组成

Source: Dave, Mitchell, Burke, Lin, Whitacre, and Viswanathan

电解液 | Li金属 | 悬浮电解液

纳米颗粒悬浮于液体电解液中，制备悬浮电解液，形成稳定的固体电解质界面膜（SEI）。

液体锂金属电池长寿命和安全的的基础是具备稳定的 SEI 。斯坦福大学的研究人员通过制备含有无机 Li_2O 纳米颗粒的非水系悬浮电解液，在电极表面形成稳定的富含无机物的 SEI。将 Li2O 纳米颗粒悬浮在三种不同的液体电解液中进行研究，结果表明Li_2O 的加入提高了锂的库仑效率，降低了锂的形核过电位，稳定了相界面的锂离子电导率。

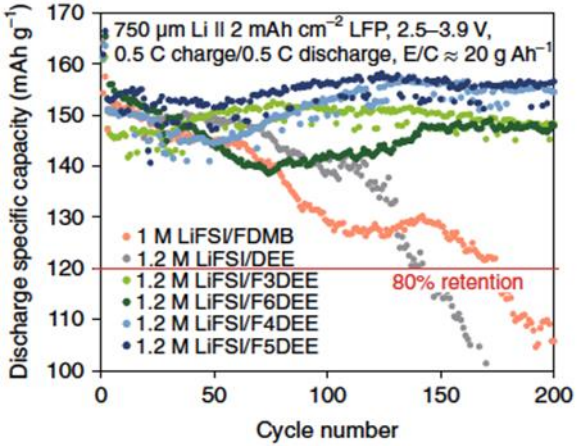


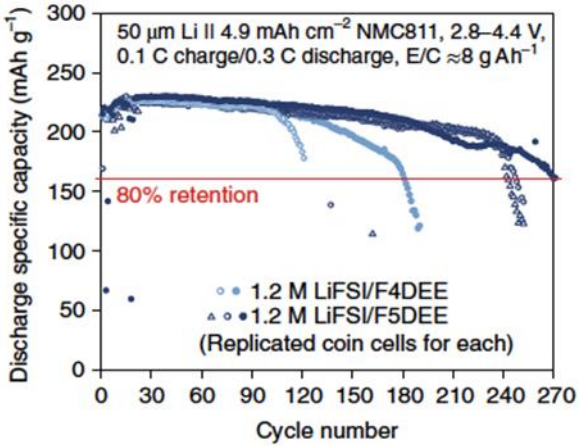
在液体电解质中添加无机纳米粒子有助于形成稳定的 SEI，从而延长锂金属电池的使用寿命、提高其安全性。

Source: Kim, Zhang, Rudnicki, Yu, Wang, Wang, Oyakhire, Chen, Kim, Zhang, Boyle, Kong, Xu, Huang, Huang, Bent, Wang, Qin, Bao, and Cui

电解液 | Li金属 | 溶剂设计

通过溶剂分子设计，提高库伦效率。





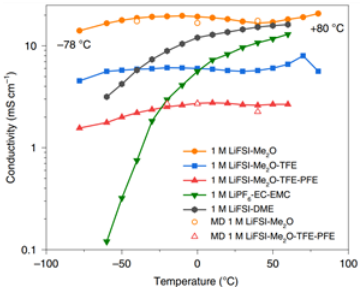
氟醚类溶剂能稳定锂金属电池。在1,2-二乙氧基乙烷(DEE)上 F 原子的位置和数目对电解质的性能有很大的影响。研究结果表明，在 Li//NMC811和 Li//LFP 电池中, -CHF_2基团相比 -CF_3基团具有高的锂离子电导率、低和稳定的过电位以及长循环寿命。

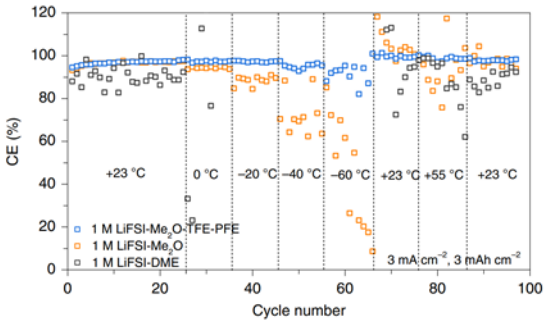
通过分子设计和化学合成来实现快速离子传导和电极稳定性之间的平衡是最优解决方案。

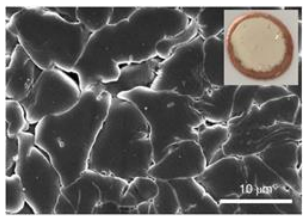
Source：Yu, Rudnicki, Zhang, Huang, Celik, Oyakhire, Chen, Kong, Kim, Xiao, Wang, Zheng, Kamat, Kim, Bent, Qin, Cui, and Bao

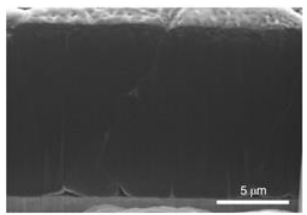
电解液 | Li金属 | 液化气电解液

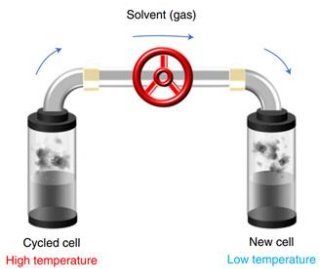
同时实现高能量密度，提高安全性，宽温度区间和可持续性。











Schematic of the practical process of liquefied-gas solvent collection and recycling

虽然锂金属电池中存在不易燃溶剂，但在长期的循环过程中，其电化学稳定性往往是有问题的，这主要是由于它与锂金属的不稳定性造成的。

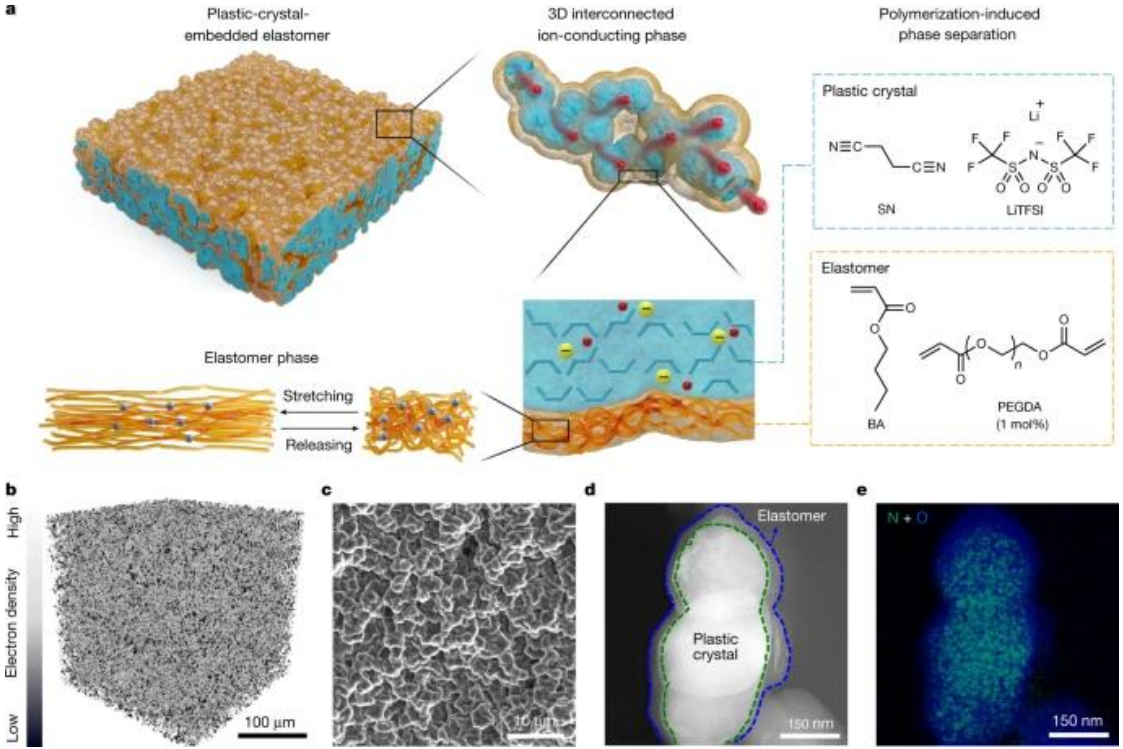
研究人员发现，基于1,1,1,2-四氟乙烷和五氟乙烷(灭火剂)的液化气电解质本身是安全的，可以在 -78 °C 至 + 80 °C 之间保持>3 ms cm^{-1}的离子导电率。除了Li//NMC622电池从 -60到 + 55 ° C 的稳定循环之外，对称的 Li//Li 电池在3mA cm^{-2}和3mAh cm^{-2}的电流密度下200个循环后，其库仑效率在99%以上。
此外，基于电解质在不同温度下的蒸汽压差不同，一步溶剂回收过程有望在制造规模上实现可持续性。

一种新型电解液为长寿命的、具有温度弹性的锂金属电池铺平了道路，该电池可在非常宽的温度范围(- 60至55°C)内工作。

Source: Yin, Yang, Cheng, Mayer, Holoubek, Li, Raghavendran, Liu, Lu, Davies, Chen, Borodin, and Meng

固态 | 电解质| 弹性聚合物电解质

一种新型聚合物固体电解质，促进高能量密度固态锂电池的发展。



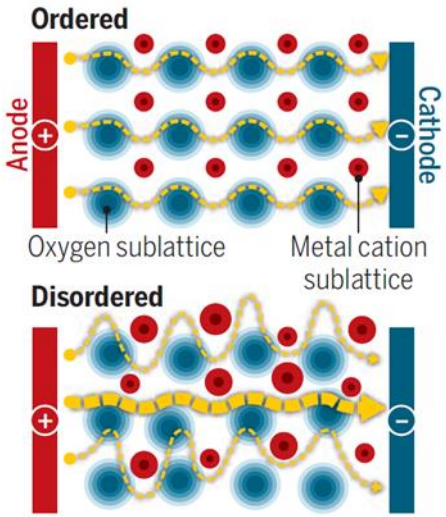
乔治亚理工学院和韩国高级科学技术学院的研究人员设计了一种新型弹性固态电解质，它在弹性体基质中有一个3D 相互连接的塑料-晶体相。该弹性固态电解质具有高离子电导率和机械强度，能够在有限的锂源、薄电解质和高负载富镍正极的电池装配条件下稳定地实现电池的充放电过程，电池能量密度>410wh/kg。

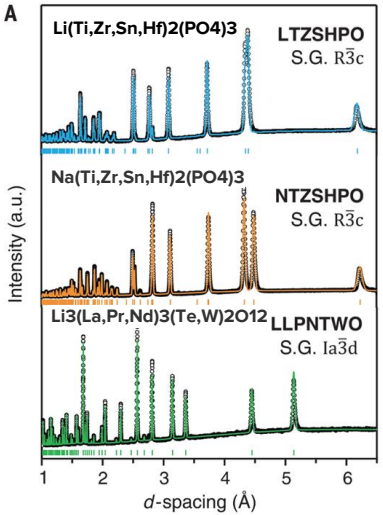
弹性固态电解质具有高离子导电性，同时保持高机械强度，实现高能量密度固态锂金属电池的制备。

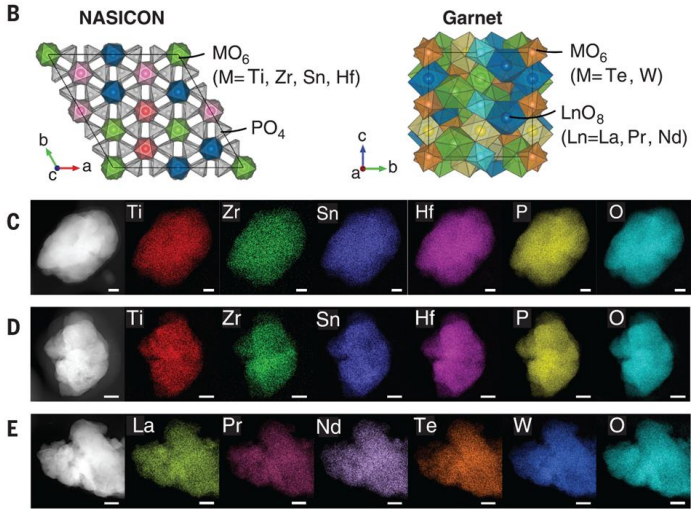
Source: Lee, Han, Lee, Lee, Kim, Jung, Kim, and Lee

固态 | 电解质| 高熵氧化物固态电解质

高熵增强无机氧化物固体电解质的离子导电性。







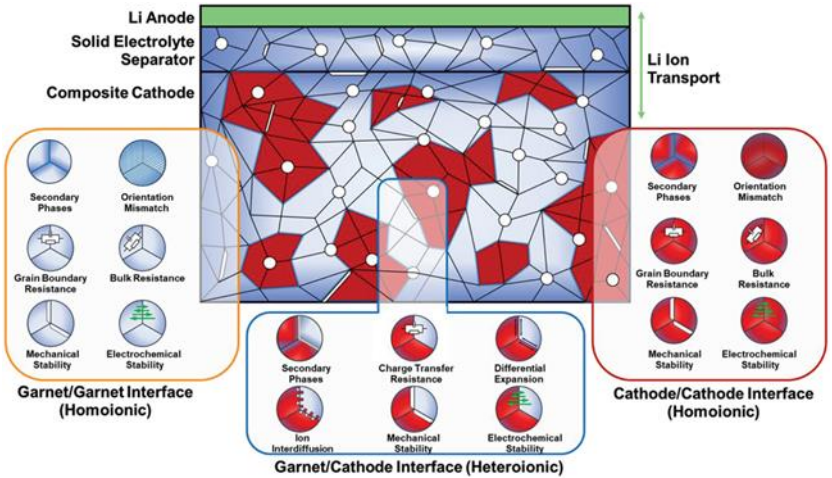
劳伦斯伯克利国家实验室和佛罗里达州立大学的研究人员开发了一种高熵锂和钠固体电解质，具有超导电性，用于固态锂/钠基电池。高熵金属阳离子在固体电解质中的混合会引起混乱，使位点能量重叠分布，减少锂扩散的活化能，从而促进数量级的离子导电性。

增强固态锂钠电池超导结构框架的新策略

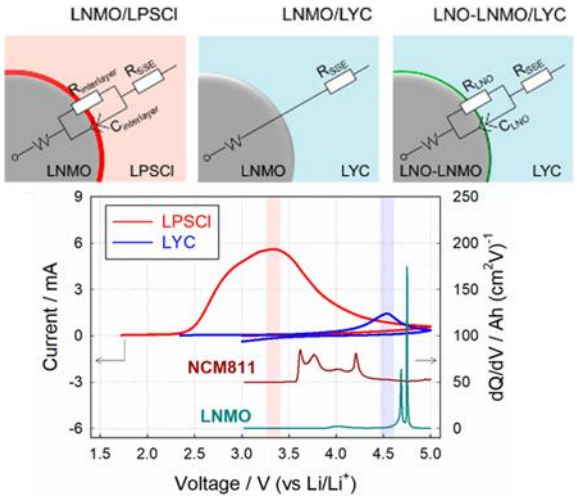
Source: Zeng, Ouyang, Liu, Byeon, Cai, Miara, Wang, and Ceder; Botros and Janek

固态 | 正极和正极/固态电解质之间的界面

界面的化学稳定性、多重界面阻抗和晶格失配等问题需要解决。



正极和正极-固体电解质界面是固态电池发展的主要障碍。面临的挑战包括体积变化、机械降解和来自晶界的阻抗、反应产物和多个界面等。



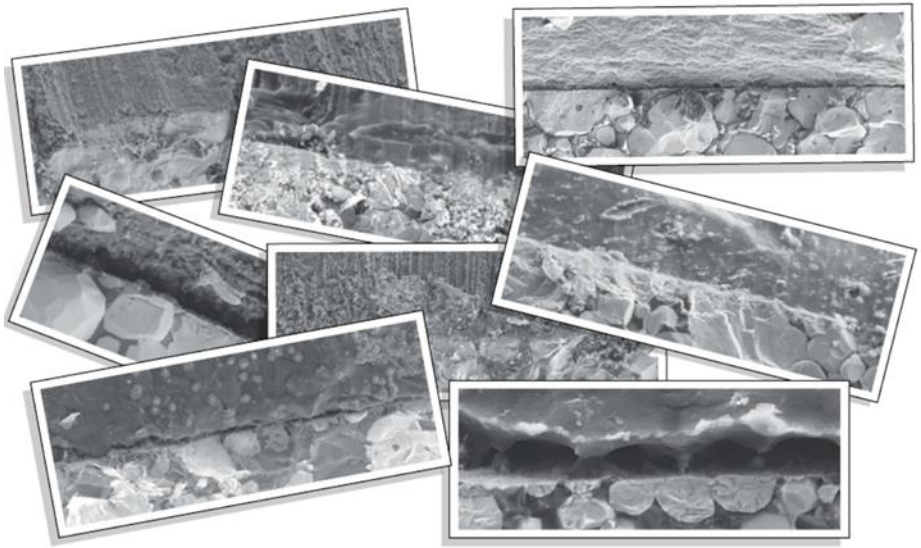
加州大学圣地亚哥分校的研究人员证明，LNMO 与银辉石固体电解质具有内在的化学相容性，从而使电池阻抗最小化并增加稳定性。

正极/固体电解质的化学和机械相容性是固态电池开发的关键

Source: Jang, Chen, Deysher, Cheng, et al; Ren, Danner, Moy, et al.

锂金属 | 固态|中间层对界面的影响

金属中间层可使 Li/SE 固体电解质界面均匀化，抑制枝晶生长。



在锂溶解过程中，由于锂空位的积累，在电极-电解质界面上预计会形成空洞。中间层设计，最大限度地减少空洞的形成，也将提高电池的性能。

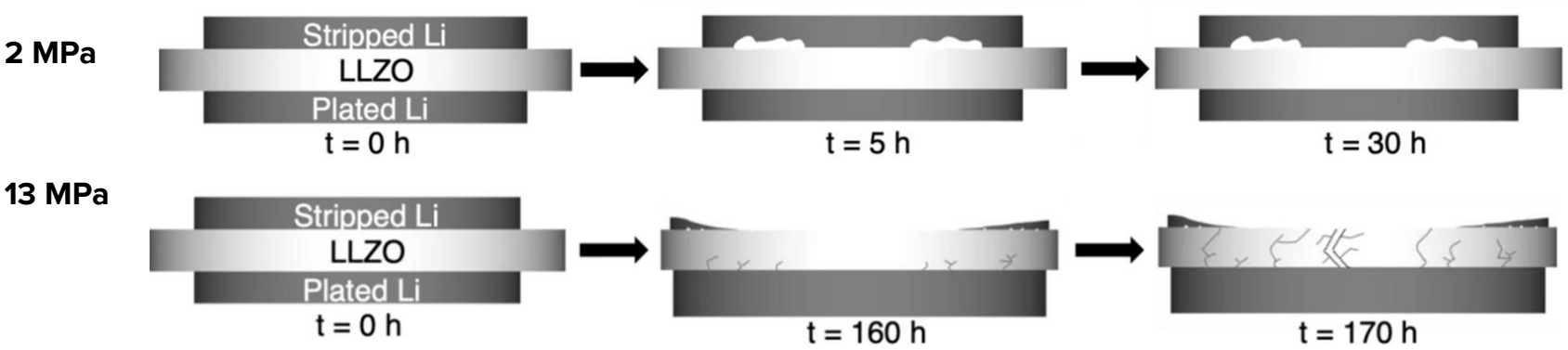
印度科学研究所和卡内基梅隆大学的研究人员提出，Li/SEI 界面的空洞先于枝晶生长。从而建议在负极和固体电解质之间使用一种非常薄的难熔金属，以提高电池的倍率性能，同时抑制锂枝晶的生长。使用这种纳米界面层，实验证明了与使用锂铝合金界面层的电池相比，电荷放电倍率提高了2.5倍。

进一步的理论计算表明，铝有利于形成空洞，而 W，具有较低的锂溶解度，不会形成空洞。因此，界面工程对锂枝晶形成的影响比固体电解质的影响大得多。

Source: Raj, Venturi, Kankanallu, Kuiri, Vishwanathan, and Aetukuri; Pacchioni

锂金属 | 固态|压力对界面的影响

高堆积压力使 Li/SEI 界面均匀化，但也加速了枝晶生长。



哥伦比亚大学的研究人员使用同步操作装置研究了堆积压力在 Li//LLZO *//Li 界面上的作用，该装置可以探测循环过程中界面下的微观结构和力学。他们发现2 MPa 或更小的堆积压力在循环过程中不能维持界面的均匀性。在13MPa 的高堆积压力下，界面均匀性得以保持，但高压也加速了枝晶的生长。这是由于局部静应力的增加，导致固体电解质断裂和锂金属的渗透。如此高的压力对于商用电池的开发可能是不切实际的。

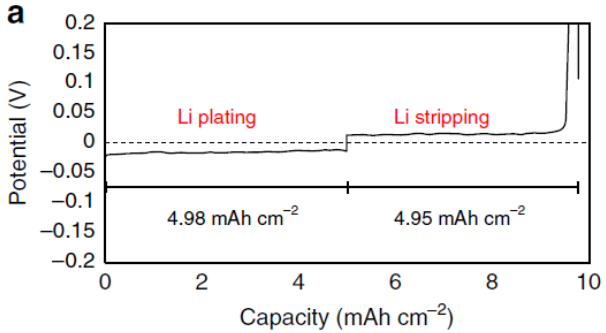
高堆积压力对于固态电池的开发既不利也不实用。在较低的堆积压力下，研究使界面均匀化的策略。

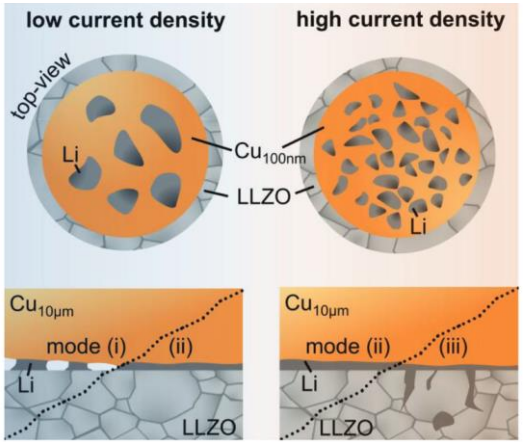
* $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO)

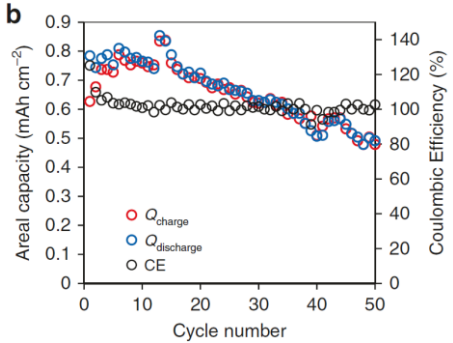
Source: Chang, May, Wang, Thorsteinsson, Sakamoto, Marbella, and Steingart

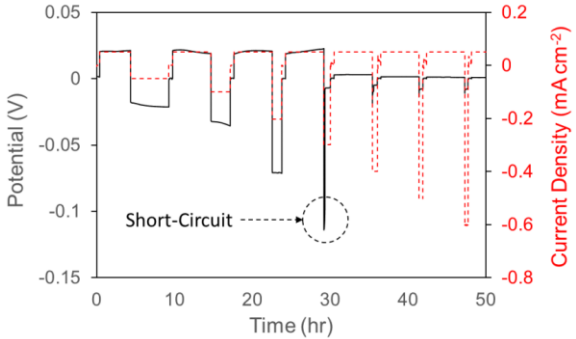
锂金属 | 固态|无负极方法

集流体的力学性能有助于减少无负极 SSB 中的枝晶。









2020年底，密歇根大学的研究人员研究了无负极电池的结构可行性，锂仅来自于正极。该电池成功地证明了电池具有高的库仑效率 (> 99.9%)。然而，该电池的电流密度相对较低，仍然会有锂枝晶的生长。

2022年吉森大学的研究人员进行的一项研究解释了在如此低的电流密度下枝晶生长的问题。他们假设在第一次充电过程中形成了锂金属的异质镀层。该项工作表明，使用较厚的集流体和优化的镀层电流密度有助于减少锂晶须穿透集流体和固体电解质的可能性，从而有助于均匀化锂镀层。

最佳的集流体厚度和镀锂方案有助于防止无负极固态电池中锂枝晶的形成。

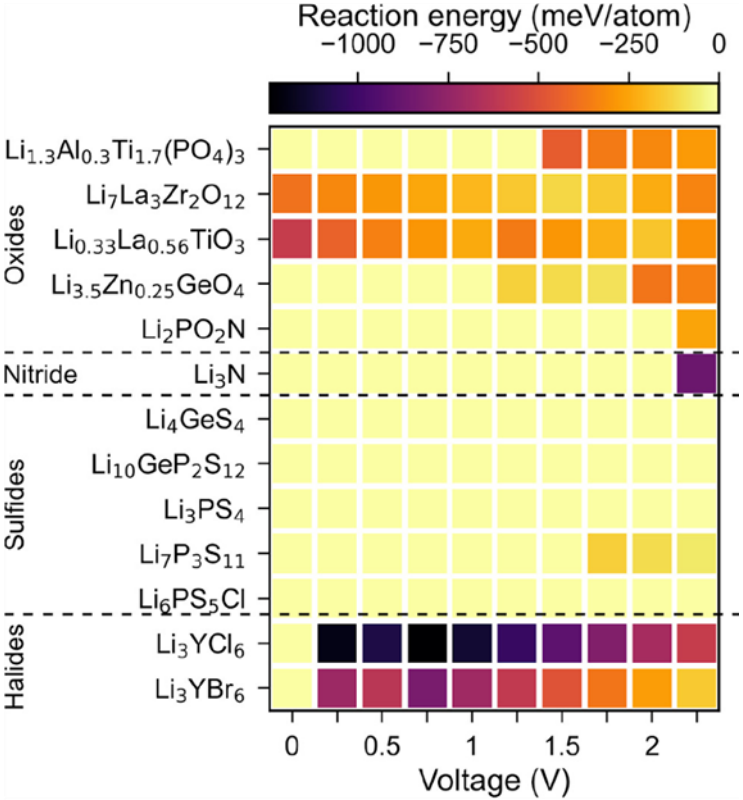
Source: Fuchs, ecker, Haslam, Lerch, Sakamoto, Richter, and Janek; Wang, Carmona, Gupta, Albertus, and Sakamoto

硫 | 界面动力学和热力学

Li-S 电池中正极-固体电解质界面的稳定性。

加州大学圣地亚哥分校的研究人员使用了密度函数理论，纳秒级的分子动力学，以及被动和主动学习的机器学习等方法，模拟了正极-电解质界面的热力学和动力学，该界面包含各种电极缓冲层和固体电解质条件下的充电态和放电态的硫正极和Li_2S 。硫化物固体电解质在热力学上对 硫正极最稳定，是锂硫电池的高效缓冲层。

计算表明硫化物固态电解质对于硫正极是最稳定的，但是其他固态电解质(例如氧化物，卤化物)可以受益于作为缓冲层的二元和三元原位反应产物，实现对硫正极的稳定性。

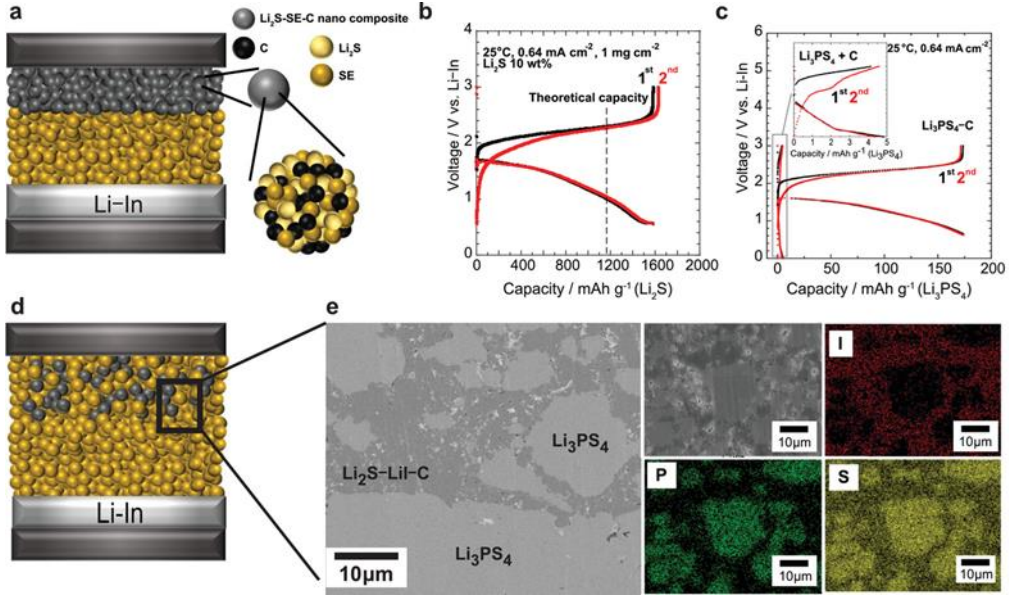


Source: Chandrappa, Qi, Chen, Banerjee, and Ong

硫 | 高容量锂硫电极

提高固体电解质的氧化稳定性。

加州大学圣地亚哥分校的研究人员使用了密度函数理论，纳秒级的分子动力学，以及被动和主动学习的机器学习等方法，模拟了正极-电解质界面的热力学和动力学，该界面包含各种电极缓冲层和固体电解质条件下的充电态和放电态的硫正极和Li_2S 。硫化物固体电解质在热力学上对 硫正极最稳定，是锂硫电池的高效缓冲层。



固态电池的通用的复合正极，包括(a) Li_2S、 C 和粘结剂，(b)正极中含有10% 质量百分比 Li_2S（C）固体电解质， (e)正极的扫描电子显微镜(SEM)图像和特征K谱线(EDX)图像。

具有高临界氧化稳定性的固体电解质与高能量密度Li_2S电池的正极相容。

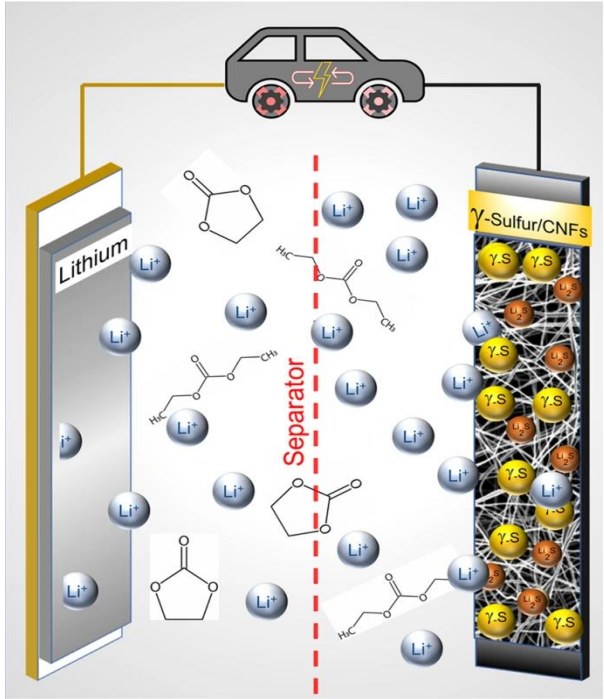
Source: Hakari, Fujita, Deguchi, Kawasaki, Otoyama, Yoneda, Sakuda, Tatsumisago, and Hayashi

硫 | γ硫正极

锂硫电池中多硫穿梭问题的解决。

碳酸酯电解液容易与多硫化物发生反应，从而限制了锂硫电池的循环寿命。这一过程被称为多硫化物穿梭效应，涉及到多硫化锂在电解液中的溶解，是锂硫电池低循环的主要原因之一。
来自Drexel大学的研究证明了从 γ-单斜硫到Li_2S，中间无多硫化物(Li_2S_8，Li_2S_6等)的生成，从而使电池的循环稳定。研究人员通过在碳纤维上沉积硫合成了这种材料。

克服锂硫电池中多硫化物穿梭效应的挑战，将为锂硫电池的商业化打开大门。



在碳纳米纤维表面沉积了 γ-单斜硫。黄色球体表示表面沉积的单斜 γ-硫，红橙色球体表示硫化锂，是硫还原后的产物。灰色球体是锂离子。

Source: Pai, Singh, Tang, and Kalra

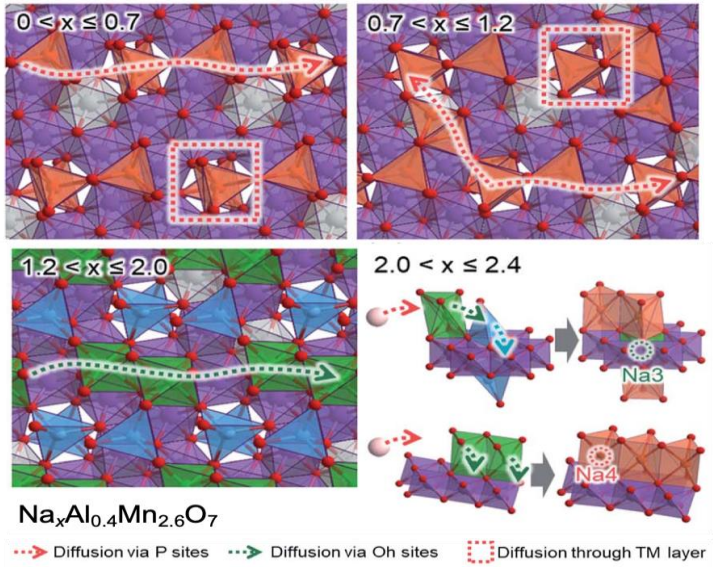
钠 | 正极 | 地球储量丰富材料

具有氧化还原活性的钠铝锰氧化物正极。

钠离子电池避免了锂供应链中迫在眉睫的限制。它们不太可能比肩锂离子电池的能量密度，而是更强调成本和可持续性，因此地球储量丰富的材料至关重要。

来自Lancaster, UCL, and Diamond Light Source 的研究人员展示了富钠化合物$Na_{2.4}Al_{0.6}Mn_{2.6}O_7$ (源自$Na_2Mn_3O_7$) 能以3.0 V的平均电压循环容量超过 200 mAh/g。

$Na_{2.4}Al_{0.6}Mn_{2.6}O_7$是一种过渡金属缺陷的层状化合物，其高容量归因于锰和氧的氧化还原活性。



Al掺杂的$Na_2Mn_3O_7$解锁了Mn氧化还原和更多的O氧化还原，由此得到了高容量的钠离子电池正极

Source: Soares, Silván, Choi, Celorrio, Seymour, Cibin, Griffin, Scanlon, and Tapia-Ruiz

钠 | 标志性商业化进展 | 普鲁士蓝类似物

电力公司ABB评估了Natron Energy的普鲁士蓝基软包电池。

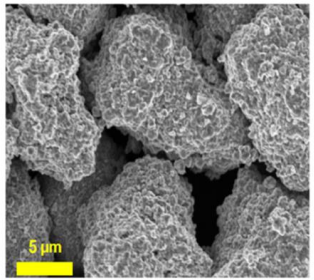
商用标准电池的已发布数据为学术研究和工业目标提供了支撑。电极特性包括：

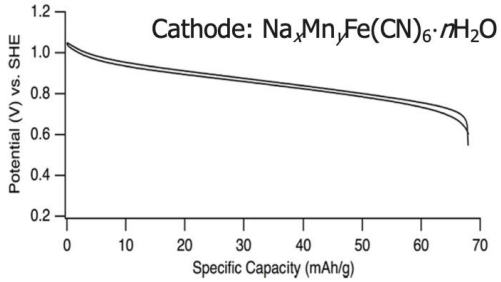
正极: $Na_xMn_yFe(CN)_6{\cdot}nH_2O$ 具有由200–500 nm的一次颗粒组成的10–20 µm 的二次颗粒

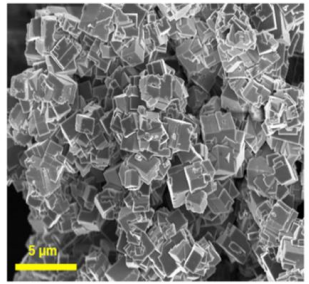
负极: $Na_xMn_yMn(CN)_6{\cdot}nH_2O$ 是 2–3 µm 的团聚立方

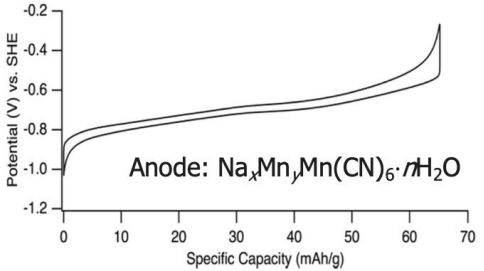
活性材料容量（正极或负极）：67–68 mAh/g

电池特性: Eavg = 1.56 V；从1.81 V上限截止电压到1.0 V下限截止电压，在1C/1C工况下为23 Wh/kg 和 37 Wh/l ；在10C/10C的工况下可获得>80%的容量；在10C/10C的工况下循环至100%放电深度>4000，拥有98%的容量保持率（循环至80%放电深度有40,000圈，根据Natron）。









商用普鲁士蓝类似物钠离子电池提供低能量密度和长循环寿命。

Source: He, Davis, Chartouni, Johnson, Abplanalp, Troendle, and Suetterlin

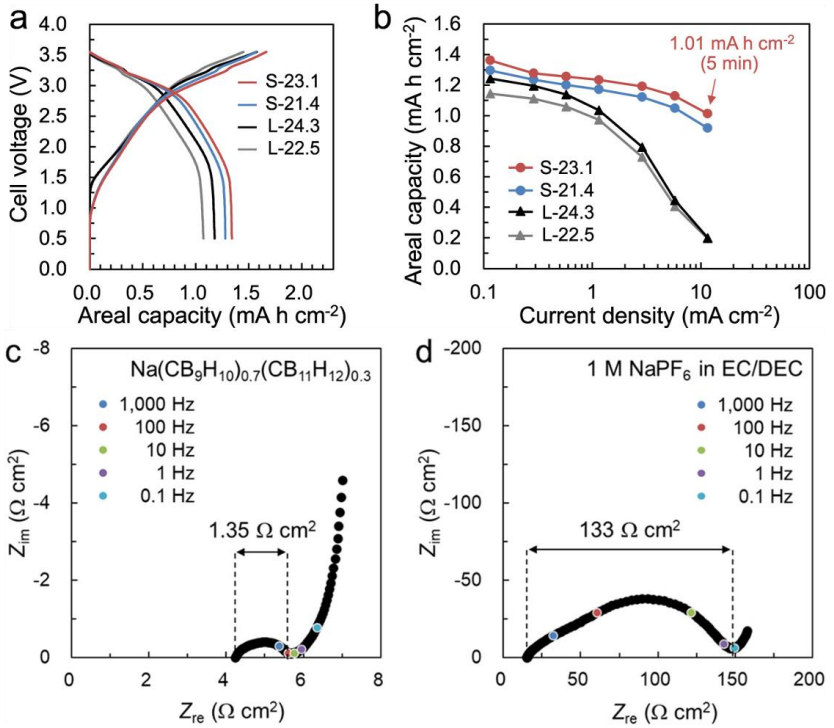
钠 | 负极 | 全固态电池

电极-电解质界面优化。

丰田公司的研究人员探究了使用硬碳负极和硼氢化钠固体电解质的全固态钠离子电池，以实现快速充电。

硬碳和$Na(CB_9H_{10})_{0.7}(CB_{11}H_{12})_{0.3}$的低阻抗界面实现了10 mA/cm² 的高电流密度，同时保持超过1 mAh/cm² 的容量。全固态电池明显优于类似的具有液态钠离子电解质的常规电池。

兼容的电极/电解质界面解锁了全固态钠离子电池的快速充电。

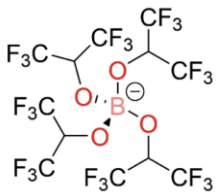


（a）固态和液态Na-NMC//硬碳电池的电压曲线和（b）倍率性能。 S-23.1 和 S-21.4 是正极活性物质载量分别为23.1 和 21.4 mg cm^{-2} 的固态电解质电池。 L-24.3 和 L-22.5 是 正极活性物质裁量分别为 24.3 和 22.5 mg cm^{-2} 的液体电解质电池。（c） 固态和（d）液态阻抗曲线。

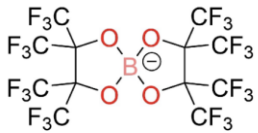
Source: Niitani, Ushiroda, Kuwata, Ohata, Shimo, Hozumi, Matsunaga, and Nakanishi

钠 | 电解质 | 液体电解质用硼酸钠盐

与锂类似物相比，钠离子电池电解液和添加剂的研究较少，研究工作仍在持续发现最佳特性和性能。

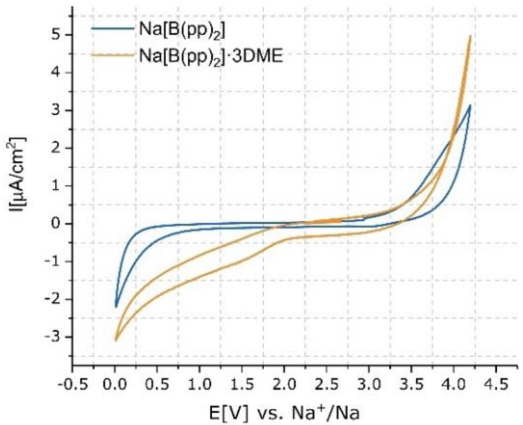


$Na[B(hfip)_4]$



$Na[B(pp)_2]$

钠离子电池通常使用 $NaPF_6$ 作为电解质盐，但它具有吸湿性并会产生HF，这会影响电池的长循环性能。剑桥大学的两个研究组与Faradion合作，开发了一系列硼酸钠盐（见图），它们在大气条件下相对稳定，形成良好的SEI，并产生比$NaPF_6$更好的电化学性能。电解质盐$Na[B(pp)_2]$ (图，顶部) 对空气和水具有耐受性，其电导率超过8 mS/cm （1 M in EC:DEC 1:1 v/v），并且对钠金属具有良好的稳定性（图，底部）。 这种电解质盐在$Na_{0.79}Ni_{0.27}Mn_{0.42}Mg_{0.15}Ti_{0.17}O_2$//硬碳电池中也展示出良好的初始电化学性能。



电解质的开发是后锂电池化学发展的重要因素。

Source: Ould, Menkin, Smith, Riesgo-Gonzalez, Jónsson, O'Keefe, Coowar, Barker, Bond, Grey, and Wright

快充 | 正极

NMC811 或许比低镍含量NMCs更适合超级快充。

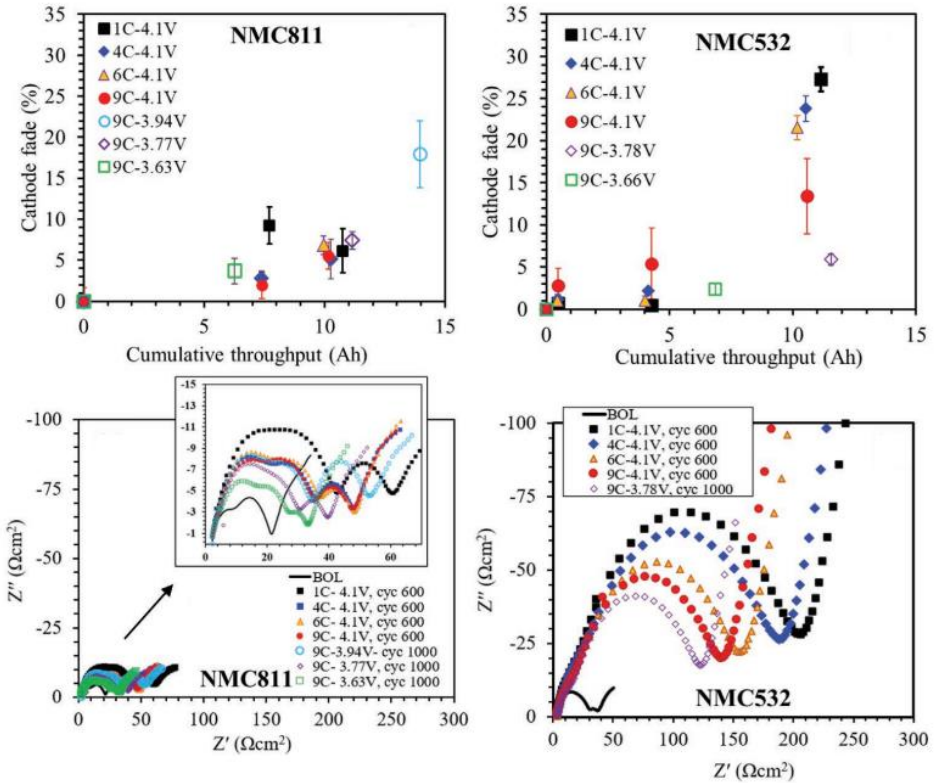
阿贡实验室，爱达荷国家实验室和国家可再生能源实验室的研究人员已经评估了极端快速充电对镍含量不同的镍锰钴（NMC）基锂离子电池的影响。

超级快充（XFC）基础设施必须能够在15分钟或更短的时间内为电池充电，以与燃油车的加油时间相竞争。

据报道，NMC 811比NMC 532具有更好的寿命开始（BOL）和循环寿命。

NMC 811在XFC下的容量保持率比NMC 532提高了3.15倍至4.6倍。与NMC 532相比，NMC 811显示出明显更低的阻抗。

合适的电极组分是锂离子电池超级快充能力实现的保障。

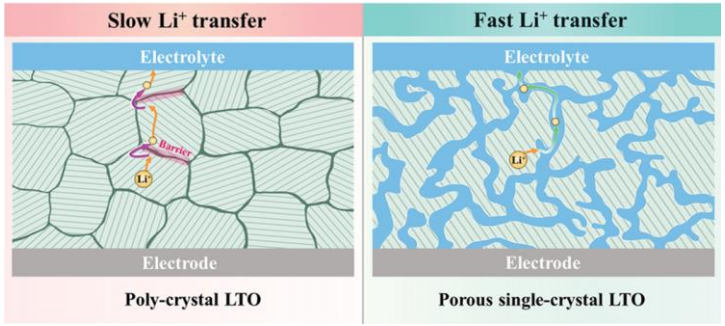


不同NMC组分的电池在XFC后的容量衰减和阻抗。

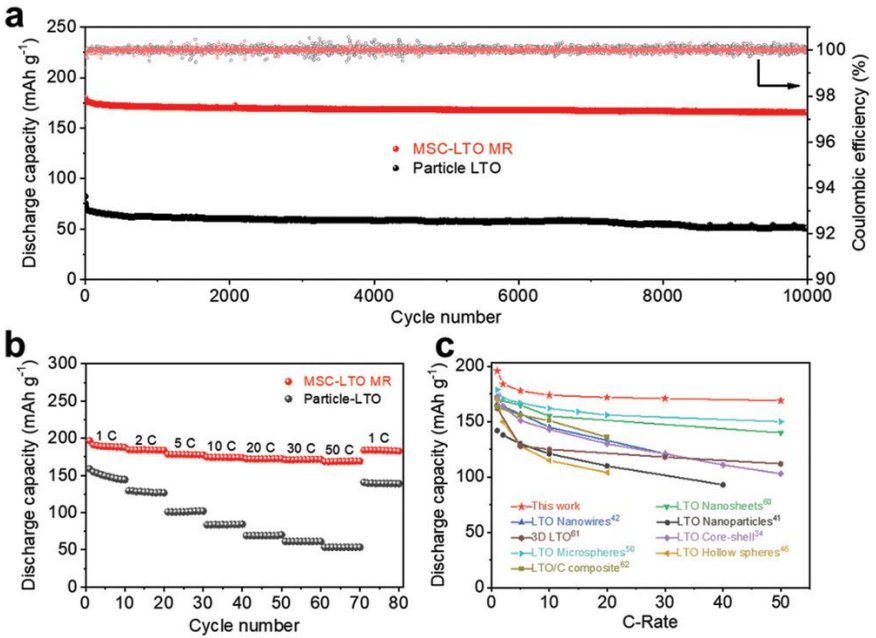
Source: Tanim et al, Tanim et al, Yang et al

快充 | 负极 | 20 C 钛酸锂(LTO)

介孔单晶钛酸锂负极实现20C 超级快充和10000次循环寿命。



中石油和中国科学技术大学的研究人员设计了作为锂离子电池快充负极的介孔单晶钛酸锂（$Li_4Ti_5O_{12}$，LTO）微米棒。单晶微结构和互连孔有利于锂离子扩散和电解质渗透。负极在低负载下表现出稳定的循环（在20 C下循环10000次后有92%的容量保持率）和优异的倍率性能（在50 C下容量大约有169 mAh g^{-1}），在8–11 mg/cm^2及5 C的工况下容量为136 mAh g^{-1}。



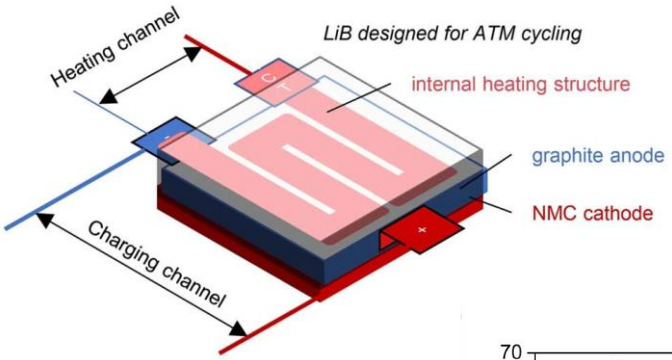
具有超快和稳定循环性能的LTO负极助力实现锂离子电池的超级快充。

Source: Jin, Han, Zhang, Chen, Li, Yang, Wang, Li, Han, Wang, Liu, Jiao, Ke, Sui, Cao, Zhang, Tang, Yan, and Jiao

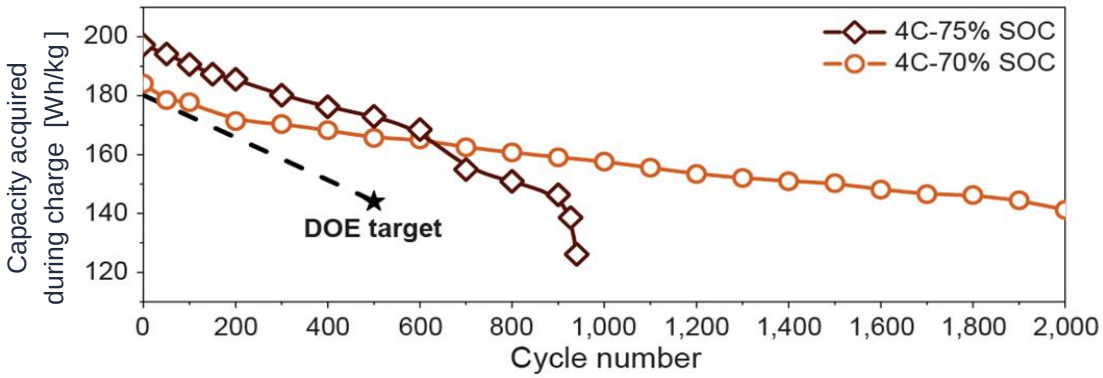
快充 | 用于快充的内部热调制

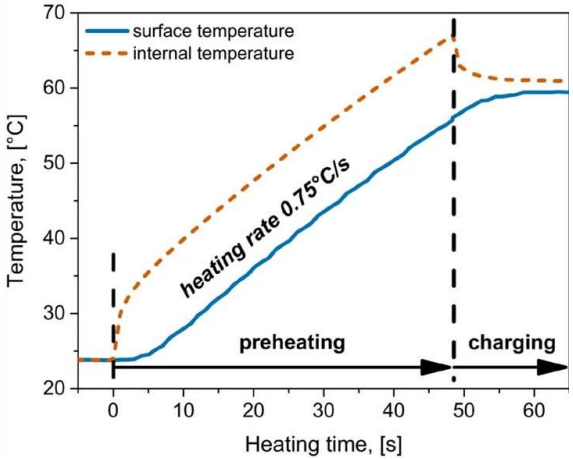
通过内部加热电池实现快充倍率的方法。

来自宾夕法尼亚州立大学和初创公司EC Power的团队开发了一种新的热管理解决方案，称之为不对称热调制，为了主动调节电池的内部温度。 电极层之间的植入式镍箔电阻加热器预热电池，以实现高倍率充电。此外，使用双盐（ $LiPF_6$–LiFSI ）电解质和高孔隙率负极改善了离子传输动力学。



快充协议:
1. 在1分钟内内部电池加热到 60 °C
2. 恒流4 C倍率充电





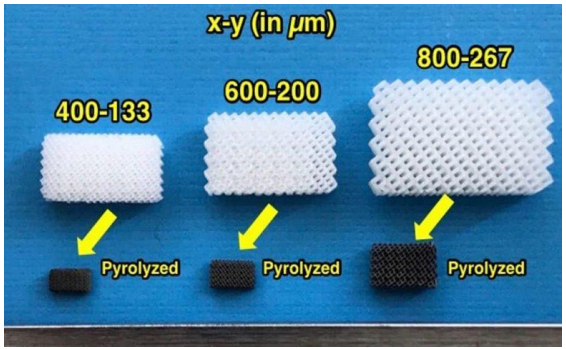
Source: Wang, Liu, Yang, Ge, Stanley, Rountree, Leng, and McCarthy

制造 | 3D打印三维电极

探索3D结构，以增加电池功率性能和提高电池容量。

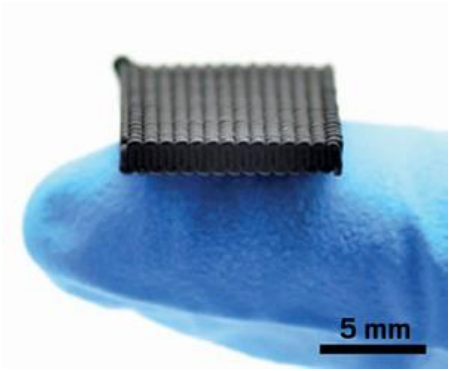
3D打印自支撑 碳网

技术: 立体光刻 (SLA)
关键成就: 21.3mAh/cm^2 @ 98 mg/cm^2
挑战/可伸缩性: 在碳中50 um 的穿透深度, 36mm/hour实现表面光洁度，产能利用率低



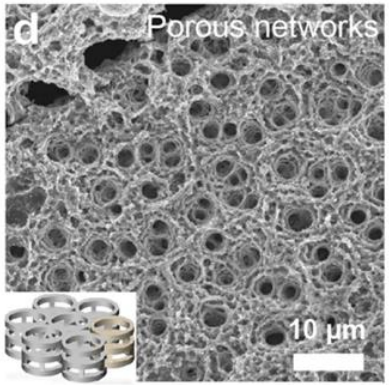
3D打印碳负极

技术:聚乳酸(PLA) 挤压, 3D 打印
关键成就: 1mm厚的电极面容量77 mAh/g
挑战/可伸缩性:打印速度仅为200 mm/h, 产能利用率低



3D打印MoS_2泡沫负极

技术: 电流体力学 (EHD) 3D 打印
关键成就: 1200 mAh/g @ 5 A/g
挑战/可伸缩性: MoS_2 具有可放大性，但不是一个商业化的负极，具有低的体积能量密度



Source: Pai, Singh, Tang, and Kalra

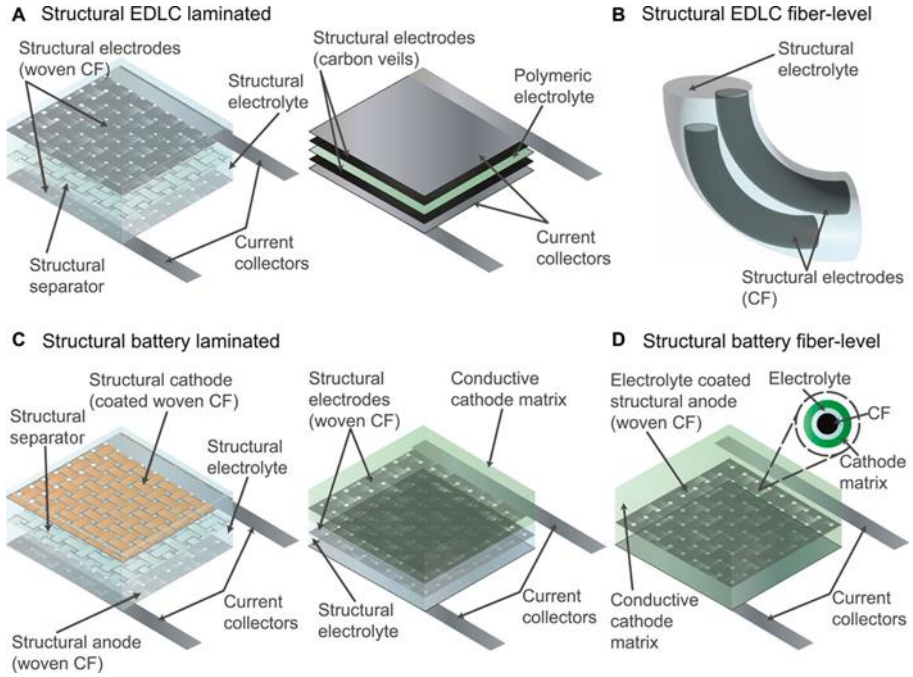
制造 | 增强电芯的结构性能

结合机械和能量储存功能。

提高电池性能的一种方法是赋予它第二种功能，从而降低对辅助部件的需求: 例如，在储存和提供能量的同时能够承受机械负载的能力。这在质量管理至关重要的系统中很重要，例如，结构动力。

2022年的研究包括 Xu 等人在碳纤维和/或玻璃纤维复合板之间嵌入电池，以及 Dong 等人展示了一种电池结构，该结构具有碳纤维编织物（CFWF） 正极和负极，玻璃纤维编织物 (GFWF) 电解质和 GFWF/环氧树脂填料。

结构电池的能量和功率密度比传统电池低两数量级。随着改进，它们可以服务于小型应用，但在重大的工程和制造方面仍然存在挑战。



Source: Navarro-Suárez and Shaffer

制造 | 资源对环境的影响|岩石-金属比率

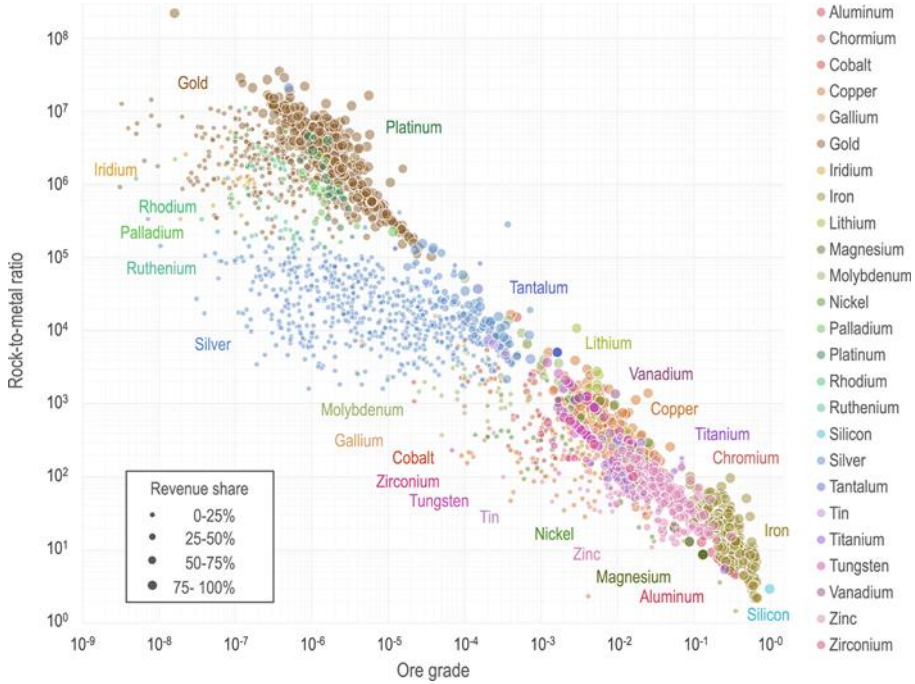
每单位金属需要去除的岩石的质量大约在7个维度内变化。

来自美国地质调查局和苹果公司的一个团队分析、计算和估算了25种金属的采矿和炼油数据，包括与锂电相关的元素，如 Li、 Co、 Ni、 Fe、 Cu、 Al、 Zn、 V、 Zr 和 Mg。

这些数据不仅包括矿石品位，还包括覆盖层和加工效率，从而产生一个总体的岩石-金属比率，这个比率在可能的情况下被分解为单个操作。

毫不奇怪，铂和金比钴和镍更加资源密集，但是电池金属内部和加工方式之间的差异巨大。例如，镍的平均岩石-金属比为329，而铜的平均岩石-金属比为564，但是单独的铜从2.3到17,000不等。

岩石-金属比例是评估材料对环境影响的指标，同时也是材料供应商选择的指标。

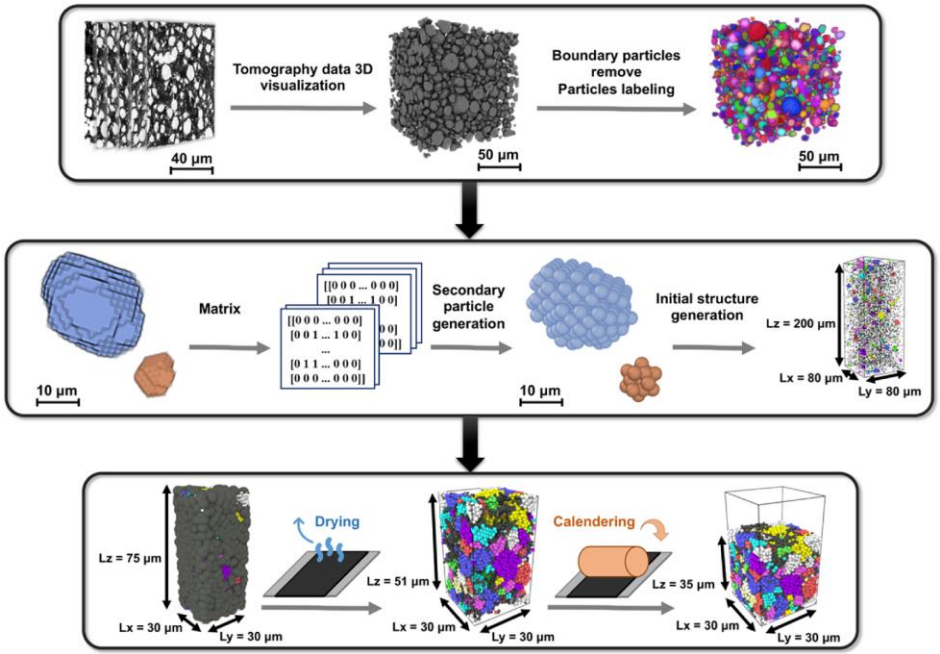


按矿石等级分列的25种矿物产品中岩石-金属比率。单个元素的多个数据点表示不同的处理方式。圆的大小指示元素是作为初级产品还是二次产品。

Source: Nassar, Lederer, Brainard, Padilla, and Lessard

制造 | 模型| 3D活性材料颗粒模型

制造业推动实验合成具有特性形貌的活性材料。



来自皮卡迪大学儒勒凡尔纳分校的研究人员开发了一个新的基于三维物理的建模工作流程，以预测制造工艺参数对电极微观结构的影响。模拟从 X 射线微电子计算机断层扫描获得的实验活性材料颗粒形状入手，跟踪制造过程中颗粒二次变形和电极非均匀性的变化。

将制造工艺参数与实际电极微观结构联系起来建立数字模型，是优化电池制造工艺必不可少的，这可以提高提高锂电池生产效率和降低制造成本。

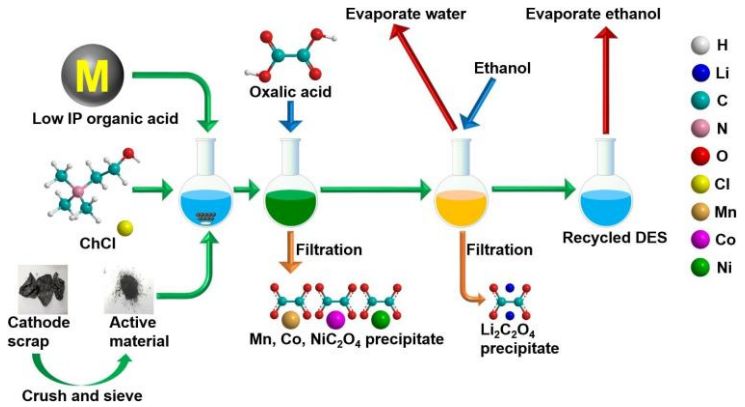
Source: Xu, Ngandjong, Liu, Zanotto, Arcelus, Demortière, and Franco

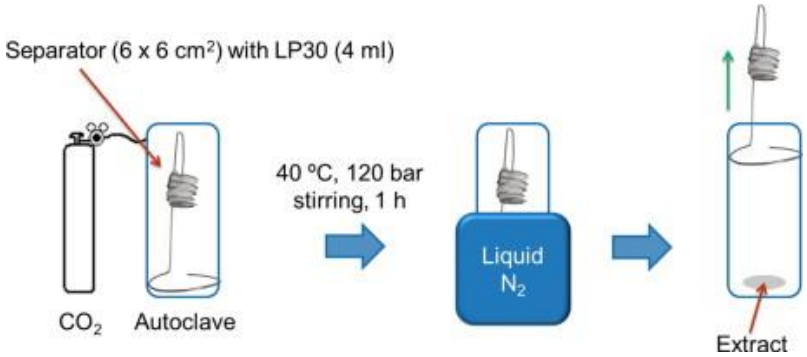
回收 | 新兴技术

新方法的目标在于高效提取金属、满足监管要求和实现氟回收。

传统的电池回收通常采用热冶金或湿冶金技术，以回收有价值的金属或者含有Co、Ni、Cu和Li的盐。直接法回收活性材料而不返回到原始反应物中。新方法旨在以更高效的方式回收更多的电池材料。

深共熔溶剂在金属浸出中具有可调控性和选择性，并且比湿冶金中使用的传统酸更少毒性，因此对其具有吸引力。 超临界CO_2萃取也正在研究中作为一种回收LiPF6电解质盐的方法，由于其易于形成HF，因此在废物流中会出现问题。但这两种方法都有相对缓慢和需要高温的缺点。





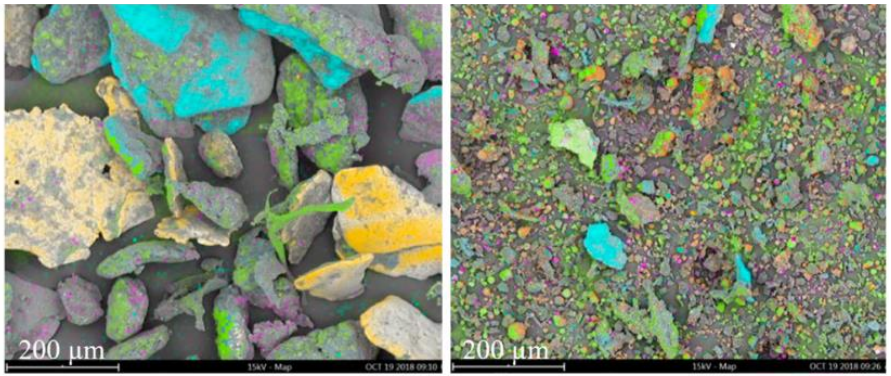
Source: Nowak and Winter; Hua, Sun, Fan, Wang, Xu, Zhao, and Zhang

循环利用 | 杂质的影响

金属铜、镁和硅加速直接回收电池的降解。

来自美国国家可再生能源实验室和阿贡国家实验室的研究人员研究了黑粉中或者直接法生产的再生电极中存在的一些常见的金属杂质对电池的影响。

铁、铝、镁、铜和硅被确定为主要的可能污染物。其中，铜和硅对正极影响最大。它们在循环过程中交联并干扰SEI膜的形成。在负极侧，铜和镁最为棘手，因为它们会形成合金并催化电解液的分解反应。



purple = Ni, Co; orange = Mn; light blue = Al; gold = Cu; green = O

碎电池的异质构成
左边是较大的颗粒，右边是较细的颗粒。

回收过程中的残留杂质对使用再生电极的电池进行长期循环会产生不利影响。必须了解这些杂质并采取有效措施进行管理。

Source: Fink, Polzin, Vaughey, Major, Dunlop, Trask, Jeka, Spangenberger, and Keyser

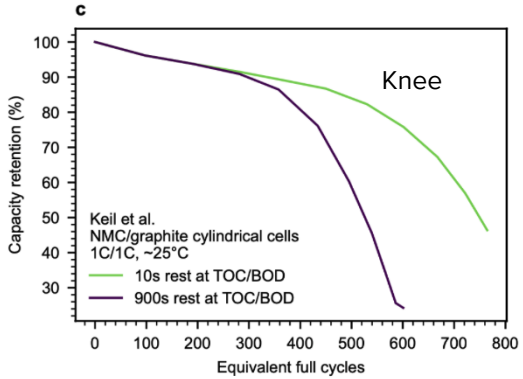
诊断 | 衰减

了解长周期循环中非线性容量损失的根本原因。

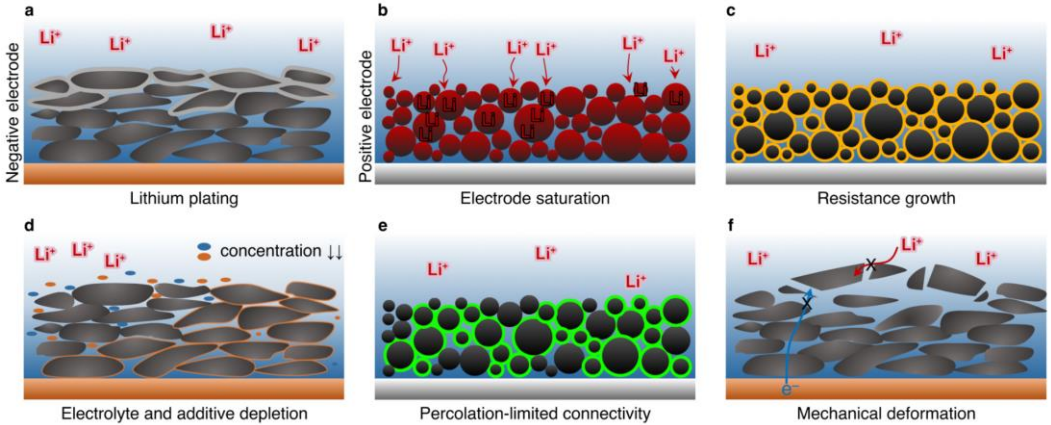
一个大型国际研究小组研究了电池循环期间观察到的迅速非线性容量衰减，也被称为 "膝盖 " 效应。

许多衰减途径，如锂镀层和电解液耗尽，都可能引起“膝盖”效应。这些途径可以在长度尺度上相互作用，并对电池制造和使用中的微小差异敏感。

尽管模拟和预测“膝盖”效应具有挑战性，这项工作是全面理解这一现象的第一步。



“膝盖”效应威胁着实现“百万英里电池”的努力，并且存在多种复杂的根本原因，但诊断技术的一系列应用可以帮助我们理解并预防某种电池应用中的“膝盖”效应。



Source: Attia, Bills, Planella, Dechent, Reis, Dubarry, Gasper, Gilchrist, Greenbank, and Howey

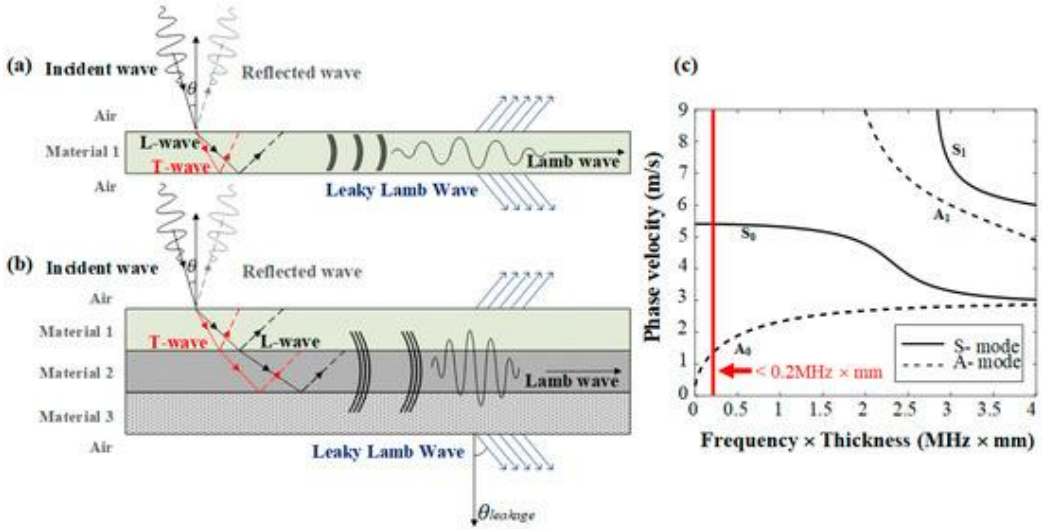
诊断 | 超声表征和检测

越来越多的研究正在围绕使用超声波进行无损电池检测。

超声波越来越成为一种流行的方法，用于表征和检查电池单元，以确保其可靠性和安全性。高频声波可以探测电极和完整电池的性能。

韩国西江大学和美国华盛顿大学的研究人员展示了一种空气耦合非接触检测方法，用于检查袋式电池中铅片和层压外壳之间的密封完整性和任何缺陷。

超声波技术可以快速识别制造问题，从而提高工厂效率。



兰姆波x线在 (a) 单板和(b) 多层结构。 (c) Al 中的相速度色散曲线。

Source: Cho, Kil, Jang, Kang, Song, and Yoo

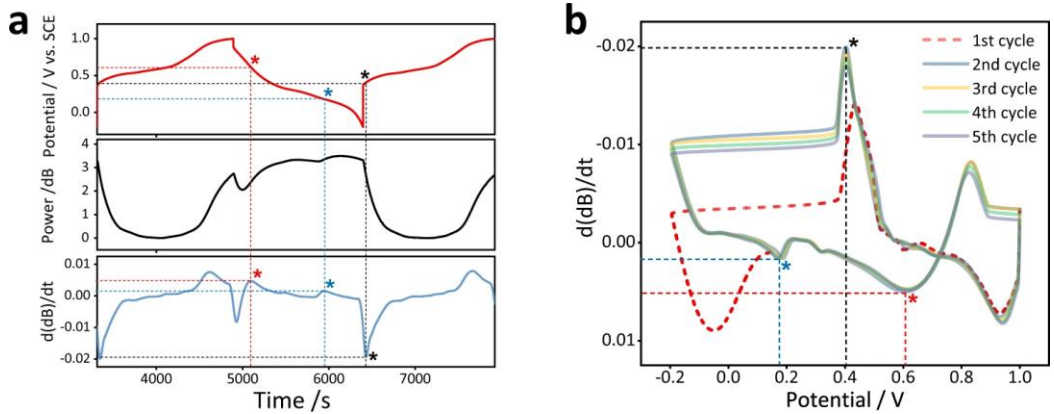
诊断 | 光纤传感 | 水性电池

嵌入式光纤对表面反应机制进行操作性检测。

科研人员研制出一种光纤传感器用于追踪插入机制。表面等离子体共振传感是通过商业光纤中的倾斜光纤布拉格光栅实现的。该传感器对电化学性能没有可观察到的影响，并且在操作性诊断工具中相对独特，因为它可以选择性地检测表面现象。

当该技术在MnO_2//Zn水电池上演示时，来自传感器的功率谱特征与多步骤电化学特征相关，这些特征被指定为H^+和Zn^{2+}插入（图a）。该检测方法还发现了MnO_2/Zn发生的不可逆的第一周期过程（图b）。

离子体共振传感的光纤技术已经被开发出来，用于操作性反应监测。它对表面现象和电解质浓度敏感。



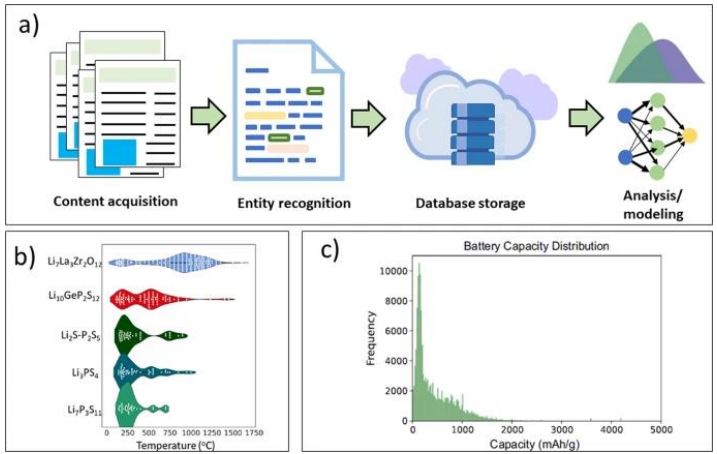
将光学测量与水性MnO2 //Zn电池中的电化学特征关联起来。（左图，自上而下）电流电压曲线、光功率及其时间导数。（右图）前五个电化学循环的光功率导数曲线。

Source: Wang, Zhang, Liu, Liu, Han, Liu, Li, Xiao, Albert, Lu, and Guo

电池信息 | 机器学习

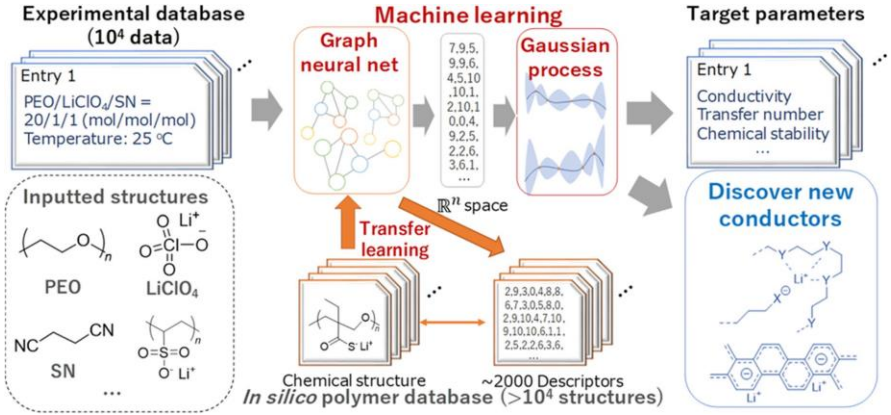
丰田研究所总结了十几种机器学习可以改进电池开发并跨越数据鸿沟的方法。

温度和容量提取实例



文本分类技术可以从超过22.9万篇研究论文中提取测试信息（如温度）和材料信息（如容量），从而生成一个材料知识数据库。

电导率预测实例

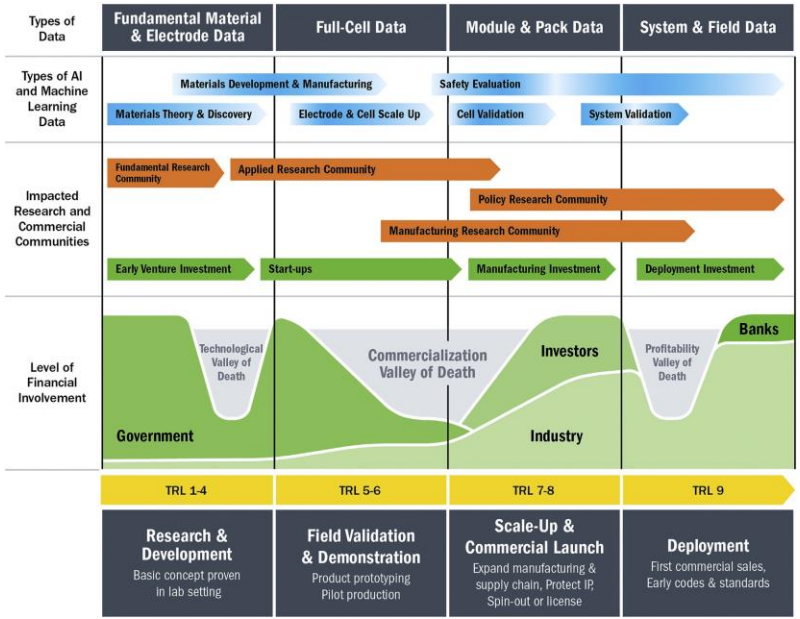


在最大的导电固体聚合物电解质数据库（约10,000个条目）中，转移学习的图形神经网络准确地预测了电导率（平均绝对误差小于1的对数）。

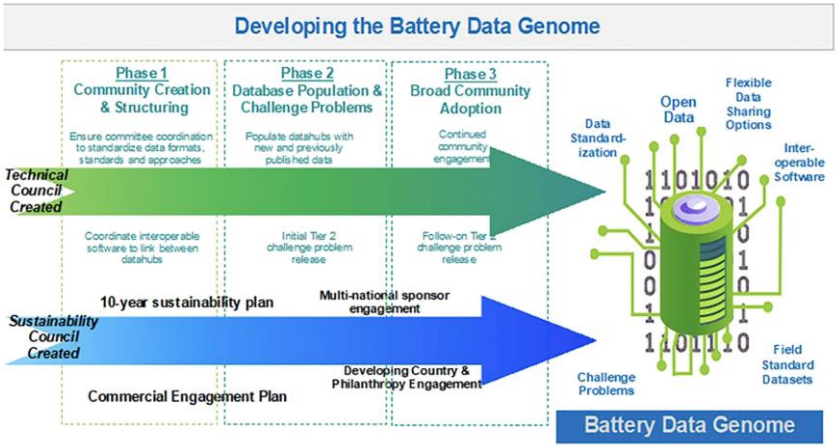
Source: Ling

电池信息 | 电池数据基因组

来自 15 个机构的 28 位作者提议启动全球电池数据科学计划。



所有类型的电池 AI/ML 创新跨越所有技术成熟阶段 (TRL)，并对研究和商业社区的利益相关者产生积极影响。



实施电池数据基因组的路线图- 一种多阶段方法，包括技术和可持续性专注委员会。

电池数据基因组 (BDG) 面临两大数据挑战：
(1) **异构性**—建立数据和元数据约定，使异构电池数据有用并实现互通性；
(2) **规模**—从多个来源和贡献者快速、大规模地捕获数据。

Source: Ward, Babinec, Dufek, Howey, et al.

第三部分



人才与社区

在科技和通信公司中，电池职位是最难招聘的

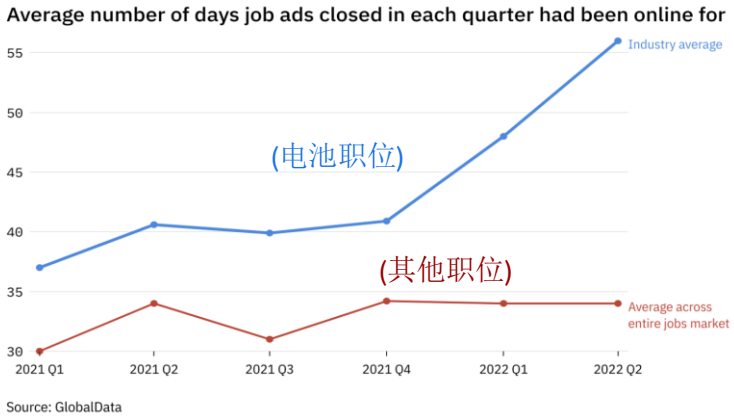
	Job type	Days	Departure from average*	Jobs closed
1	Batteries	56.0	+65%	1,291
2	Blockchain	52.0	+21%	1,469
3	Quantum Computing	47.8	NA	454
4	3D Printing	47.0	+35%	1,476
5	RegTech	42.0	+9%	506

*Shows, for each job type, how much more/less time it took to recruit roles in the sector compared to the average across the entire job market

Source: GlobalData

Verdict

在2022年第二季度科技行业招聘中，电池职位的招聘要困难得多



Source: GlobalData

电池制造业正在创造大量就业机会

在美国国内，很多电池制造厂，正在积极寻求如何快速扩大产量并避免供应链中断。对于一些州，它们是该州历史上最大的经济发展项目。

CleanTechnica

福特为寻求电动汽车转型，裁员3000人

此举正值汽车制造商在全行业失业之时努力应对向零排放汽车和卡车的过渡。

Washington Post

人才 | 岗位

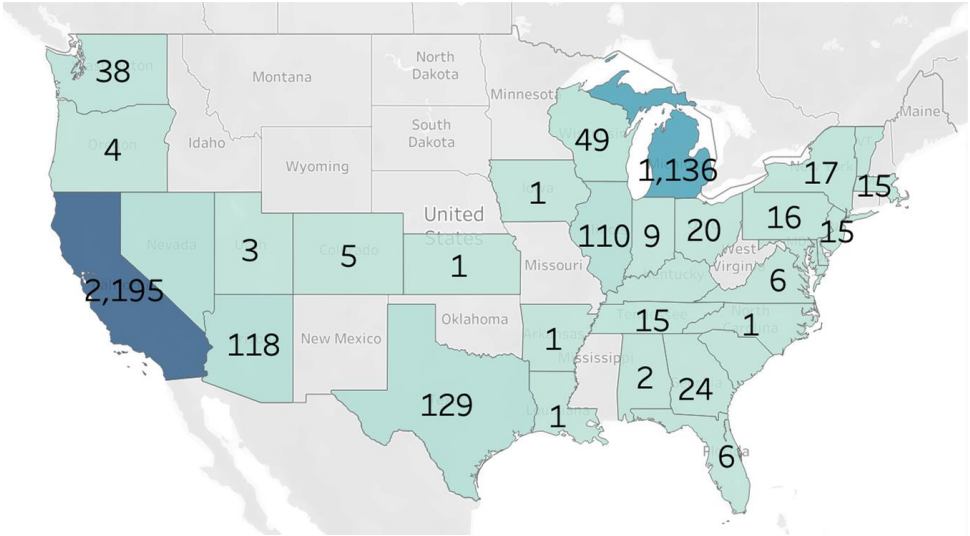
电池价值链为创造就业机会提供了许多全新的岗位角色。



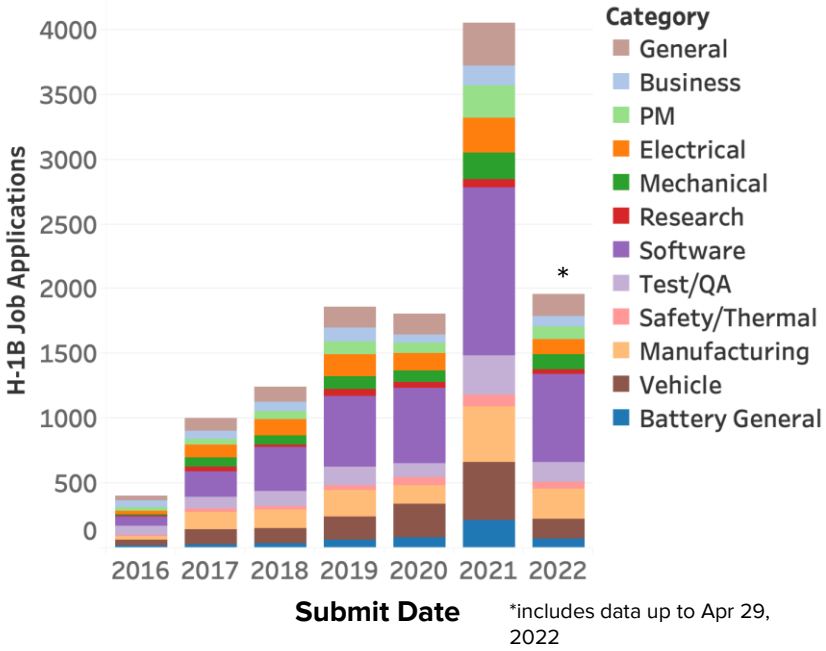
Source: CIC energiGUNE, InnoEnergy

人才 | 2022美国H-1B工作签证

H-1B是美国移民和国籍法第101条规定的一种签证，允许美国雇主临时雇用外国工人从事特殊职业。 H-1B申请信息包括公司、职位和薪水，可通过h1bdata.info公开获取。我们分析了这些数据并总结出最新趋势。



该图显示了2022年1月3日至2022年4月29日期间提交的H-1B签证申请的分布情况，已筛选出电池相关公司（电池生产商或电动汽车生产商）。 资料来源: h1bdata.info. 代码来源: GitHub.



*includes data up to Apr 29, 2022

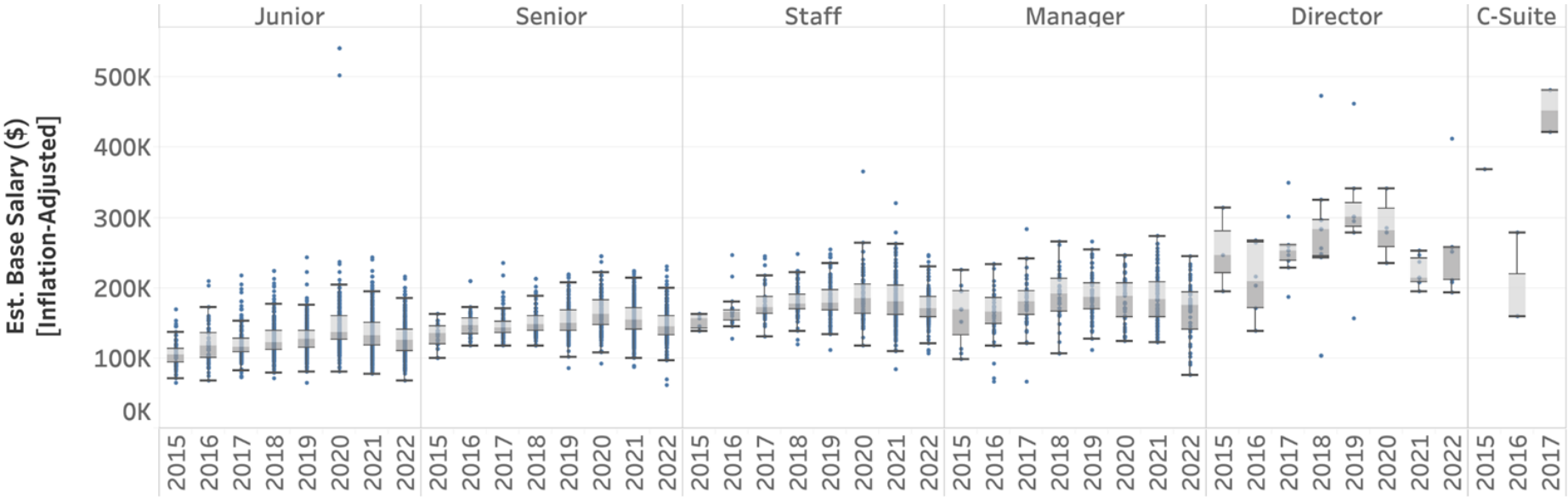
相关资源

2022 H-1B General Policy Changes (Forbes)

2022 H-1B Trends (Waylit)

美国H-1B调查 | 工资涨了吗?

由于公司和职位等级的不同，基本工资差异很大。



该图显示了在 2011年1月1日至2022年4月29日期间提交的H-1B工作签证申请中显示的工资，已筛选出电池相关公司（电池生产商或电动汽车生产商）。工资是根据通货膨胀调整到2022年的。工作级别是根据资料显示的标准确定的。

资料来源: h1bdata.info 代码来源: GitHub

人才 | 制造业岗位：未来一年的承诺

公司/制造商	地点	承诺岗位数	计划产能	来源
Panasonic	De Soto, Kansas	4,000	30 GWh by 2025	InsideEVs, 11/6
Canoo	Pryor, Oklahoma	2,000	3.2 GWh by 2023	InsideEVs, 11/3, Canoo
Envision AESC | BMW	Kentucky	2,000	30 GWh by 2025	InsideEVs, 5/16
Electrovaya	New York	250	1.5 GWh by 2023	InsideEVs, 10/24
Our Next Energy	Michigan	2,112	20 GWh by 2027	InsideEVs, 10/11
Toyota	North Carolina	2,100	TBD	InsideEVs, 8/31
Samsung SDI | Stellantis	Kokomo, Indiana	1,400	23 GWh by 2025	InsideEVs, 5/24
LG Chem | Stellantis	Ontario (Canada)	2,500	45 GWh by 2024	InsideEVs, 6/5
SK Innovation	Georgia	3,000	22 GWh by 2023	AJC, 3/28
SK Innovation | Ford	Kentucky	5,000	43 GWh by 2026	Ford, 9/29 (2021)
SK Innovation | Ford	Tennessee	6,000	43 GWh by 2025	Ford, 9/21 (2021)
Gotion	Big Rapids, Michigan	2,350	TBD	MLive, 10/5
Ford	Michigan	3,200	TBD	MLive, 6/2
LG Energy Solutions | GM	Holland, Michigan	1,200	50 GWh by 2025	AP News, 3/22
LG Chem | GM	Spring Hill, Tennessee	1,300	35 GWh by 2023	GM, 4/1 (2021)
LG Energy Solutions | GM	Warren, Ohio	1,100	30 GWh by 2022	GM, 12/05 (2021)
Hyundai	Georgia	8,100	TBD	georgia.gov, 5/20
Rivian	Savannah, Georgia	7,500	TBD	savannahnow, 12/17 (2021)

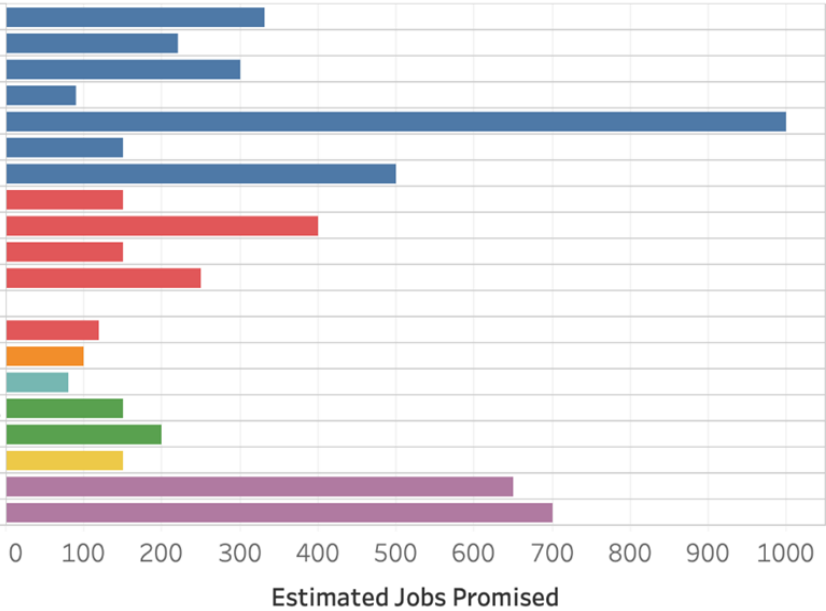
相关其他观点: European perspective “Mega” trends

人才 | 制造业岗位：未来一年的承诺

“两党基础设施法资助12个州的20家公司将加强美国的能源独立性，创造高薪建筑和制造业工作，并降低成本”。

DOE Announcement 和 Project Fact Sheet

Material	State	Year	Company
Anode		TBD	Amprius
	Mississippi	2023	Syrah
	New York	TBD	Anovion
	North Carolina	TBD	Applied Materials
	Tennessee	TBD	Novonix
	Washington	2026	Sila Nanotechnologies
		TBD	Group14
Cathode		2025	6k Inc
	Kentucky	TBD	Ascend
	Montana	2024	ICL-IP
	Nevada	TBD	Lilac
	North Dakota	TBD	Talon
	Tennessee	2025	Piemont Lithium
Binder	Georgia	TBD	Solvay
Electrolyte	Louisiana	TBD	Koura
Lithium	Nevada	TBD	American Battery Technology..
	North Carolina	TBD	Albemarle U.S. Inc.
Recycling	Ohio	TBD	Cirba Solutions
Separator	Oregon	TBD	Membrane Holdings LLC
	Texas	TBD	Microvast



人才 | 教育和培训

需要什么技能以及应该在哪里教授这些技能？

	技校	内部培训	大专	普通本科	研究生以上	Total Responses
电池材料	11%	13%	21%	57%	57%	79%
采矿	9%	7%	9%	13%	11%	25%
电工	7%	7%	25%	27%	13%	41%
电子	7%	5%	20%	30%	18%	43%
软件/电池管理	4%	5%	21%	39%	21%	55%
系统设计	4%	7%	14%	38%	25%	54%
原型设计	9%	20%	20%	32%	16%	45%
电池测试	23%	25%	38%	41%	16%	63%
废物管理设计	11%	11%	16%	29%	14%	36%
电池回收	16%	14%	23%	32%	27%	48%
环境工程	4%	5%	7%	25%	14%	30%
项目管理	5%	13%	21%	29%	11%	38%
技术主管/管理	5%	16%	13%	34%	20%	45%
供应链管理	5%	13%	20%	29%	9%	43%
制造(包括工厂设计)	4%	9%	18%	39%	20%	50%
应用 (安装, 操作)	11%	11%	21%	23%	11%	38%
电池系统安装	20%	16%	25%	14%	9%	38%
系统操作和维护	25%	23%	20%	18%	4%	39%
高压电子技术	29%	23%	36%	23%	7%	52%
安全 (电气、危险品、火灾)	20%	20%	27%	25%	14%	41%
电池火灾第一反应能力	18%	25%	23%	14%	9%	36%
	48%	46%	63%	77%	75%	

56名受访者中有32名表示他们将会雇用具有大学学历、具有电池材料知识的人员。

- 大专和四年制大学教育项目的差距最大
- 安全、电工、安装等基础操作领域，大专相较技校和内部培训优势明显

Source: Table adapted from NAATBatt job skills survey, with 56 total participants. (Alyssa McQuilling - Project Lead, Energy Storage Southern Research, 2022)

人才与社区 | 2022年度人气资源

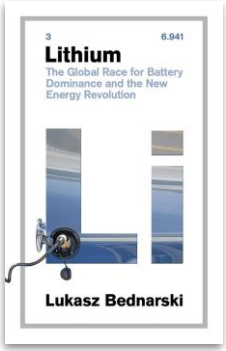
新闻订阅

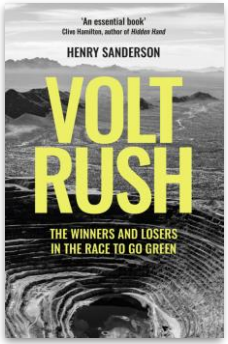
- Intercalation Station Newsletter
- The Electric
- Techtricity Newsletter
- Better Batteries Newsletter
- Lithium Valle Newsletter
- Green Rocks Newsletter
- Electrode Newsletter

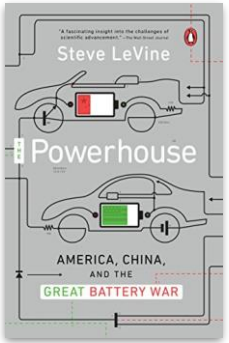
多媒体

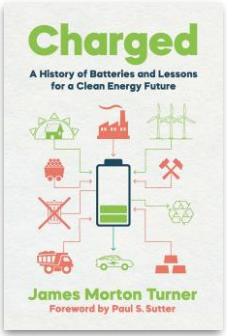
- The Limiting Factor YouTube
- The Global Lithium Podcast
- Recharge by Battery Materials Review
- Battery Generation Podcast
- Battery + Storage Podcast
- Redefining Energy

书籍

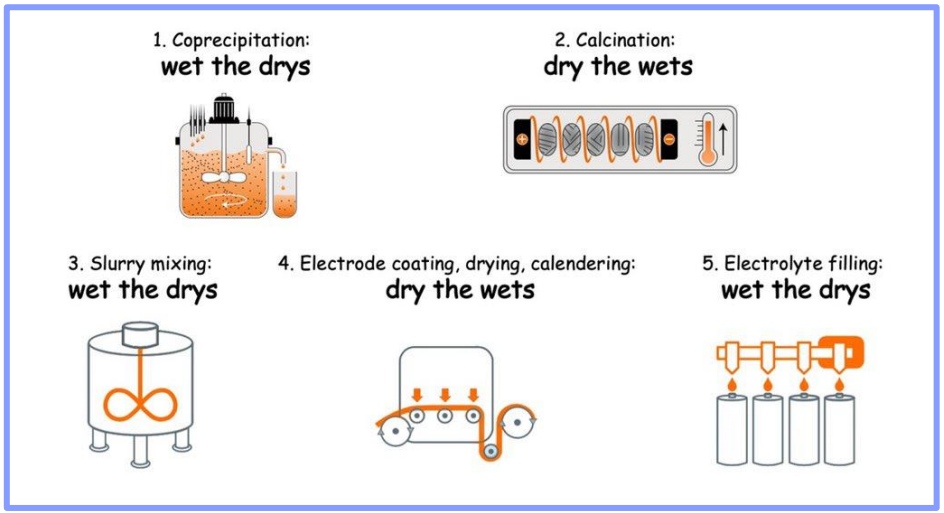








电池制造和炸鸡





Source : Andrew Wang Twitter

第四部分
政策



概览 | 全球概览

实现政策目标的区域方法各不相同，大多数涉及本地化。供应链将致力于在有机会且胡萝卜多于大棒的地方发展。

欧洲

- 欧盟议会-欧盟电池法规
- 英国运输



美国

- IRA《反通胀法案》
- BIL 奖

加拿大

- 联邦政策

亚洲 & 澳大利亚

- 东亚
- 印度拍卖结果
- 印尼原材料税
- 澳大利亚矿业

国际组织& 行业机构

- 国际非政府组织
- 协会与联盟

美国 | 反通胀法案 (IRA)

数十亿美元的供应方和需求方激励措施，以创建国内电池价值链。

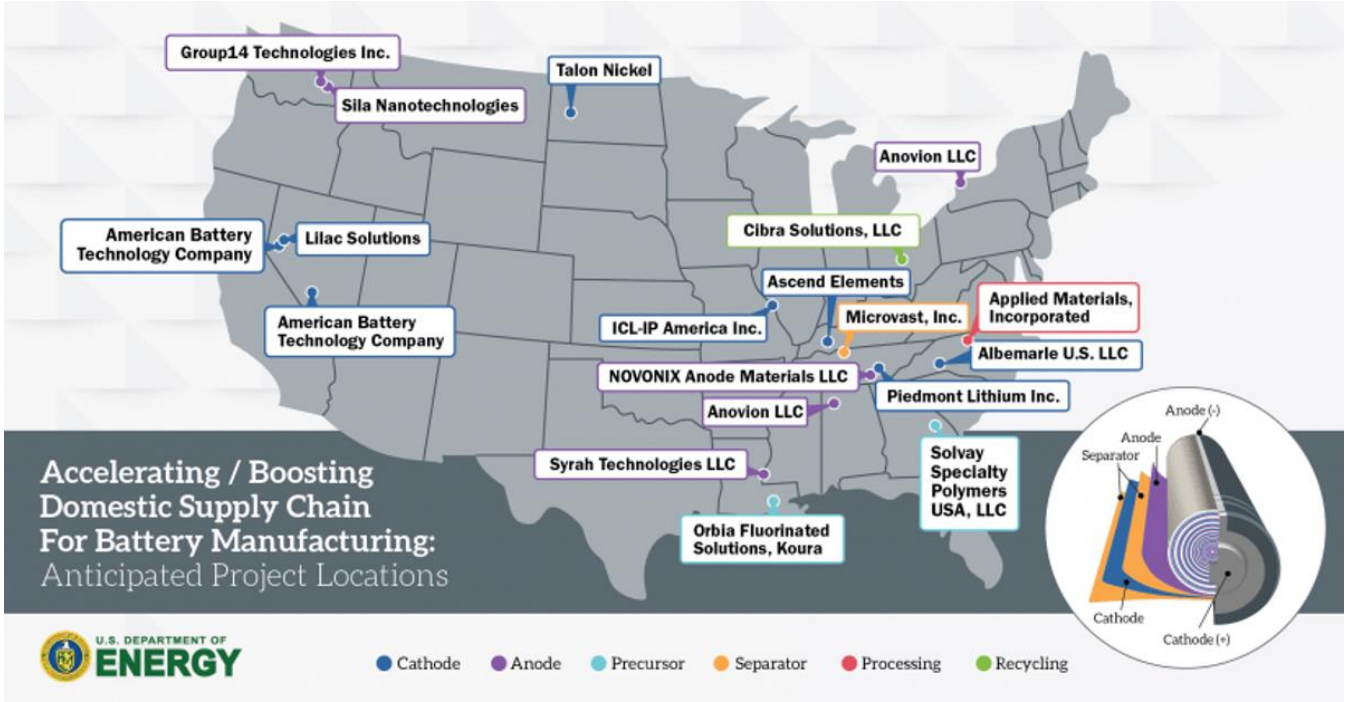
款项	描述	估值 (单位：亿美元)
30D: 清洁车辆税收抵免	● 新电动汽车最高 7,500 美元，二手电动汽车最高 4,000 美元 ● 材料采购要求、EV 价格上限和消费者收入限制	89
45W: 商业电动汽车税收抵免	● 有资格获得相当于车辆成本 30% 的税收抵免	36
30C:替代燃料汽车加油基础设施税收抵免	● 个人：1000 美元或安装成本的 30% 中的较小者 ● 商业：项目的最高奖励为 30%，最高可达 10 万美元	17
45X: 先进制造生产信贷	● 电池 35 美元/千瓦时，模块 10 美元/千瓦时 ● 在美国或美国拥有的生产 ● **从 2029 年开始逐步淘汰，每年减少 25%**	306
先进能源项目税收抵免	● 包括电动汽车的技术、组件、材料以及相关的充电或加油基础设施 ● 也适用于加工、精炼或回收	63
邮政车辆电气化	● 13 亿美元用于车辆，17 亿美元用于支持基础设施	30
贷款项目办公室	● 将现有和新的贷款机构增加高达 3500 亿美元	117

Source: Inflation Reduction Act (H.R.5376) IRA Guidebook Congressional Budget Office Analysis Treasury (Nov), Treasury (Dec) & IRS Guidance

美国 | 两党基础设施法

28 亿美元授予 20 家公司。

10 大奖项（单位：百万美元）	
Ascend Elements	$481 MM
Syrah Technologies	$220 MM
ENTEK	$200 MM
Microvast	$200 MM
ICL-IP	$197 MM
Solvay	$178 MM
NOVONIX	$150 MM
Albemarle	$150 MM
Piedmont Lithium	$142 MM
Anovion	$117 MM



DOE 公告 和 项目概况说明书

图：加速/提升国内电池制造供应链: 预期项目地点。来源：美国能源部。Cathode：正极；Anode：负极；Precursor：前体；Separator：隔膜；Processing：加工；Recycling：回收。

加拿大 | 净零加速器和关键矿物战略

新政策得到遗留贸易协定的帮助。

加速净零排放

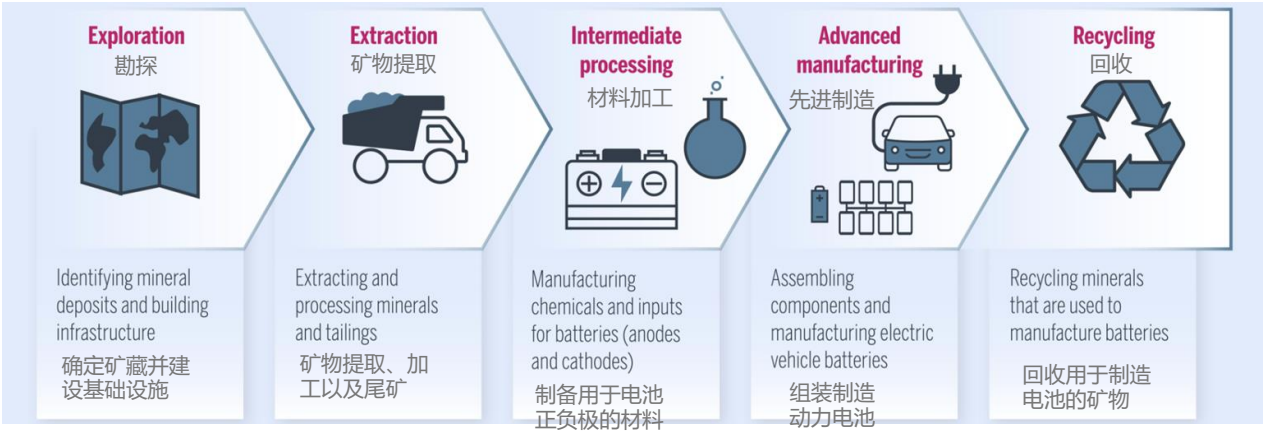
- 在 7 年内投入 80 亿美元，用于加快大型排放源（包括汽车）的脱碳项目。优先考虑具有国内知识产权/供应链/制造的项目，或产生大量国内就业创造/保留

关键矿产战略

- $3.8B 用于国内关键矿产价值链，在联邦预算中占
- 分配尚未确定，但可能集中在锂、石墨、镍、钴、铜和稀土元素上
- 专注于勘探/勘探、加快项目开发和审批、加工基础设施开发，这些政策补充了美国 IRA，特别是在 FTA 合作伙伴或北美关键矿产和电池组件采购方面政策与美国IRA互补, 特别是在FTA合作伙伴或北美关键矿产和电池构件采购方面

加拿大的整个价值链目标

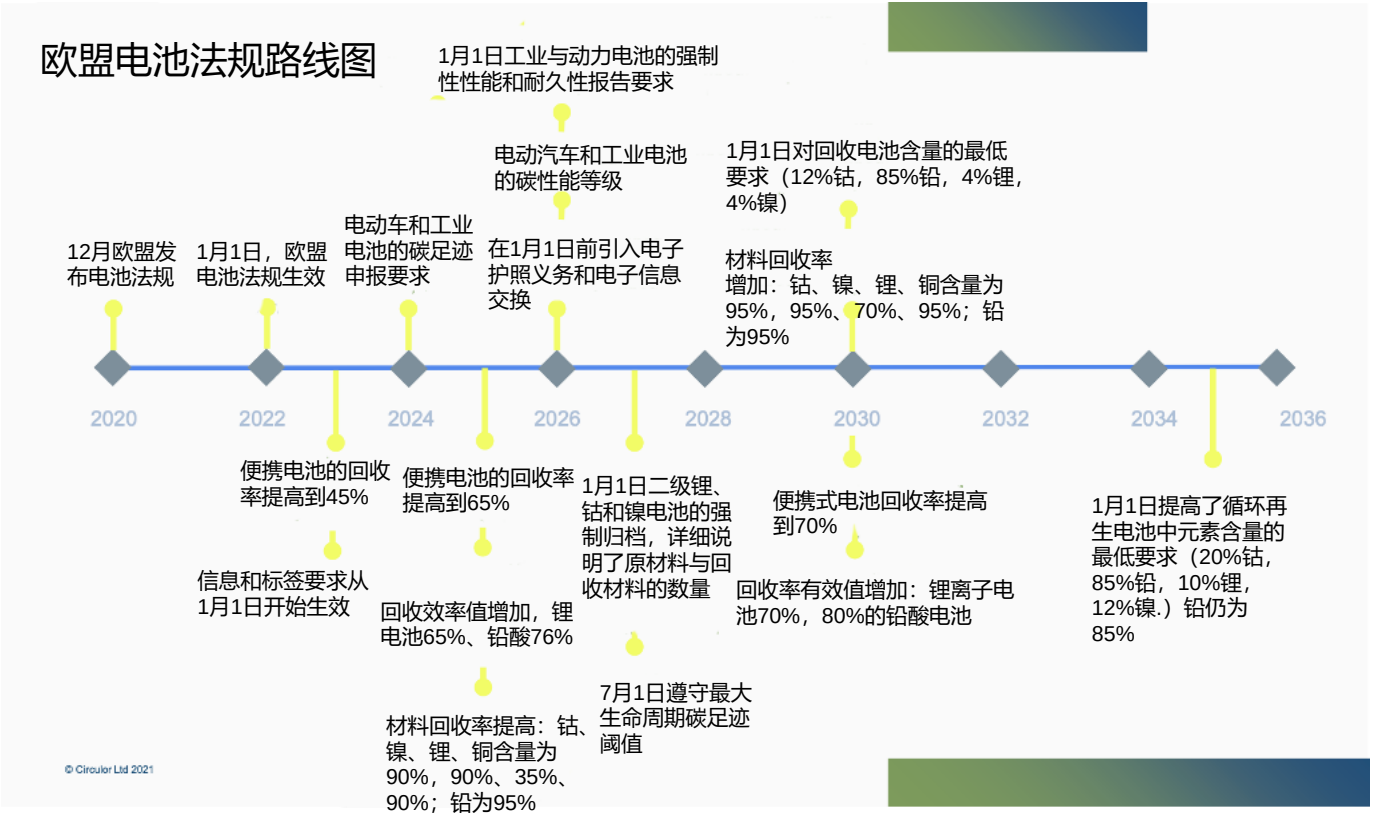
- 和其他国家一样，加拿大有野心将下游价值链发展成为区域和全球市场领导者。



欧盟 | 欧盟电池法规, 创新基金

2022年生效, 某些关键规定指标还未确定。

- 欧盟的一些产业领导者将电池法规和其他工业政策视为IRA之后的竞争壁垒
- 30亿欧元创新基金包括储能在内的“创新清洁技术制造”创新基金
- 欧盟电池法规
- 2022年12月9日电池法规更新

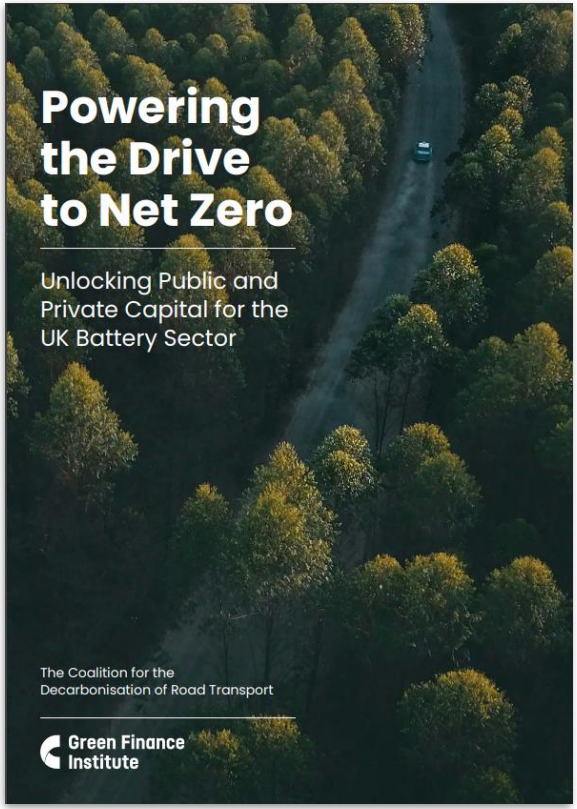


Source: Circulor

英国 | A2Z，基础设施，研发，基于市场的解决方案

发展较小规模的供应链面临着独特的挑战。

- 根据最新COP 26 声明，要求到 2035 年所有新汽车和货车的尾气完全零排放
- 到 2030 年电气化所有汽车和货车商业车队的
- 一项 4.22 亿英镑的投资（其中 2 亿英镑是政府的基石投资），由私营部门基金经理在商业基础上进行管理和投资。该基金致力于推动推出强大且多样化的公共电动汽车充电基础设施。到目前为止，CIIF 已经进行了四项投资：InstaVolt、Liberty Charge、char.gy 和 Zest.
- 2.11 亿英镑的政府资金通过法拉第电池挑战赛确认用于电池研究
- 绿色金融研究所 - 道路运输脱碳联盟采用金融优先政策方法为英国电池行业实施基于市场的解决方案

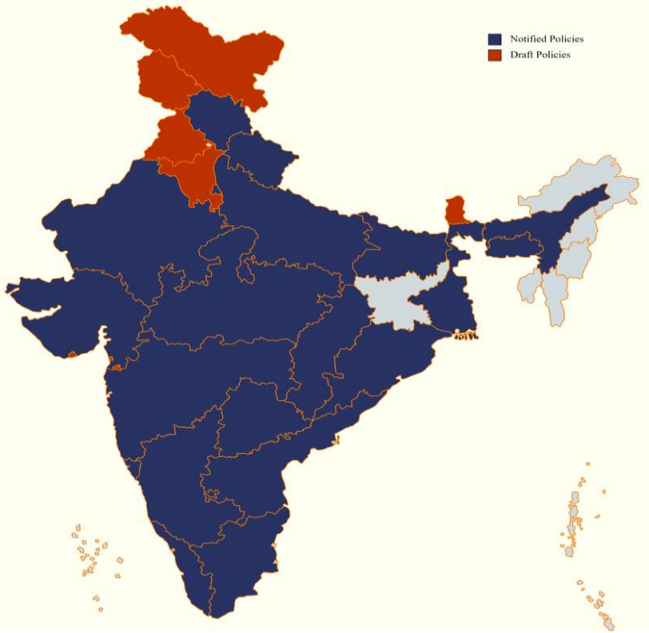


印度 | 电池制造拍卖结果和规则

联邦 &州政策。

拍卖结果于 2022 年公布，设施将在两年内建成。奖励将在五年内发放给印度制造的电池销售。选定的 3 个投标人：Reliance New Energy Limited、Ola Electric Mobility Private Limited 和 Rajesh Exports Limited 获得相当于 ~$2.2 B USD 的奖励，由重工业部根据 PLI 计划分配产能。预计私营企业将创造约 95 GWh 的电池制造能力。

国家消费者/需求激励	国家产业/供应激励
● 高达 10,000 卢比/千瓦时的细分补贴激励（125 美元/千瓦时） ● 早鸟优惠 ● 报废福利 ● 道路税和登记费减免 ● 购买 EV 的 SGST 金额报销 ● **提供超过联邦政府奖励的福利**	● 电动汽车/电池公园的土地分配 ● 设立孵化中心 ● 对土地价值的资本支出提供补贴 ● 补贴能源成本 ● 无利息贷款 ● 国家特定的生产相关激励措施



印度尼西亚 & 澳大利亚 | 商品巨头

供应链发展的不同途径。

印度尼西亚	澳大利亚
● 印尼希望发展一体化的电动汽车EV供应链，成为EV电池生产国和出口国。东南亚最大的经济体制定了雄心勃勃的目标，即到 2030 年生产容量为 140 吉瓦时 (GWh) 的电池. ● 国有企业部 (BUMN Pahala) 副部长 Nugraha Mansury 表示，50 GWh 可以出口到国外。据 Pahala 称，其余的将由印度尼西亚电池公司（IBC）用于在该国生产电动汽车. ● 所需投资的价值估计为 238 万亿印尼盾（17B 美元）. ● 印度尼西亚第一个在建电池厂是现代和 LG Energy Solutions 的 50:50 合资企业，靠近现代的电动汽车工厂，位于当前首都雅加达以东。	● 政府支持帮助澳大利亚成为锂矿开采和提炼领域的全球领导者. ● 新铜矿和镍矿的开发已致力于实现温室气体净零排放，以帮助获得 EPA 批准. ● 澳大利亚的*关键矿产战略：讨论文件*未提及国家安全或中国，但暗示澳大利亚对中国主导关键矿产供应链的担忧. ● Future Battery Industries 设定目标制定国家电池战略. ● 2.2-28 亿美元寻求发展澳大利亚的清洁能源基础设施.

东亚 | 保持现状

保护市场份额的新举措。

中国	韩国	日本
● 2023年1月1日至2023年12月31日期间购买新能源汽车，继续免征车辆购置税 ● 只有列入免征购置税新能源汽车车型清单的新能源汽车才有资格免税 ● “产业政策扶持”助力中国连续第三次蝉联彭博新能源财经（BNEF）全球锂离子电池供应链排名榜首	● 政府支持的电池联盟旨在更好地采购关键金属以支持该国的电池行业：现代、LGES、SK On、三星 SDI、浦项化学 ○ 贸易、工业和能源部表示，韩国公司计划到 2030 年在当地投资 50 兆韩元（350 亿美元），以开发主要用于电动汽车和工厂的二次电池先进技术. ○ 到 2030 年，KRW19.5trn 用于研发，另外还有 KRW30.5trn 用于国内设施投资.	● 责任制电池战略的专家小组还设定了到2030年为电池制制造和供应链确保30,000名训练有素的工人的目标 ● 该面板已经设定了到2030年国内电动汽车和储能电池产能为150吉瓦时的目标，日本制造商的全球产能为600吉瓦时. ● 估计需要来自私营和公共部门的 3.4 万亿日元（240 亿美元）用于发展. ● 日本要求美国对非美国汽车制造商的电动汽车 (EV) 购买激励措施更加灵活

全球非政府组织和行业团体 | 打造全球政策

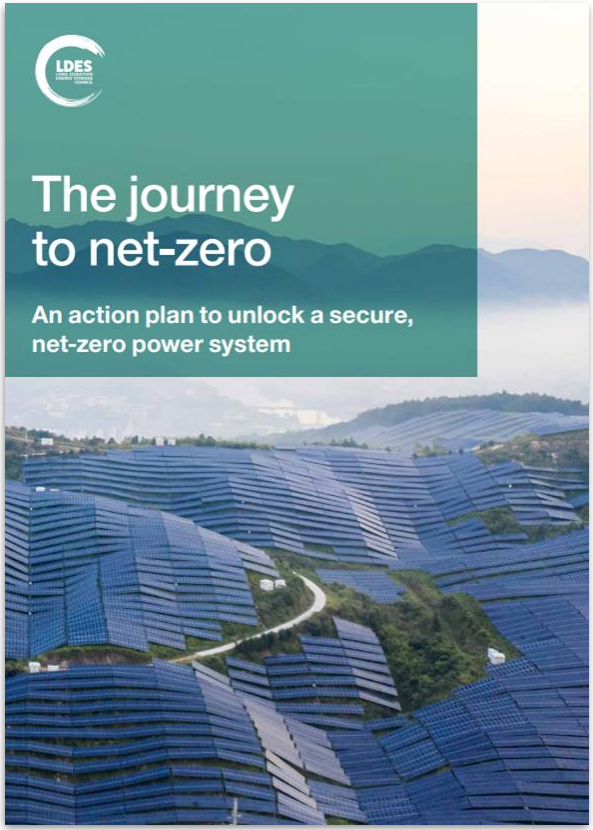
政策影响者，强大的利益相关者。

非政府组织

- 世界银行/IFC/IDA -COP 27
- 联合国 - 联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯呼吁建立“全球电池存储联盟”
- ICCT - 支持多家零排放组织和电池技术研究

行业团体

- Volta 基金 -具有广泛计划的专业和行业团体，包括联盟建设、劳动力发展和政策宣传
- 加速归零 (A2Z) 联盟 - 在 COP 27 上首次亮相
- 长期储能委员会——在 COP 26 上首次亮相，一年后监管/政策选择是一个优先主题
- 零排放运输协会——发布年度报告
- 全球电池联盟 - 企业 - 政府 - 学术合作伙伴关系通过电池护照等行动合作伙伴关系帮助确保合规性



第五部分
预测

预测 | 未来12个月

1. 相对于 2022 年的水平，对电池和电动汽车的投资将继续加速，特别是与本地和区域电池制造、电池材料、组件、设备供应链和电动汽车基础设施相关的主题。 到 2023 年，电池和电动汽车投资的资金将达到450亿美元。
2. Cell-to-Module 和 Cell-to-Pack 设计将走向成熟，并在量产汽车中实现商业化。
3. 由于供应链产能滞后于飙升的需求，电池原材料成本将增加。 2023年NCM正极活性材料价格至少上涨10%。
4. 中试规模和超级工厂的制造规模扩大将遇到成长的烦恼，尤其是在美国和欧洲。 2023 年将宣布至少 5 个新的生产时间表延迟。
5. 随着全球原始设备制造商在实现规模经济的竞争中争夺市场份额，消费者的电动汽车价格将会下降。 到 2023 年，类似 EV 产品线的 ASP（平均销售价格）将至少下降 10%。
6. 新型电池技术将因解决电动汽车以外的应用而受到关注，例如电网存储、可穿戴设备、无人机、机器人、物联网等。 至少有 5 家新公司或现有公司将获得资助，为电动汽车以外的市场生产电池。
7. 美国将需要其他国家的援助，以启动其国内电池供应链和制造能力。 IRA 激励措施将向目前与美国签订自由贸易协定的 20 个国家以外的国家开放。
8. 电动汽车市场渗透率继续加速——全球电动汽车销量将首次突破1000万辆乘用车。



结尾

Credit: Black_Kira/Shutterstock

主要作者（排名不分先后）



Linda Jing
Volta Foundation



Yen T. Yeh
Volta Foundation



Aubert Demaray
SpectraPower



Kent Griffith
UC San Diego



Charlie Parker
Ratel Consulting



Josh Stilling
Anzu Partners



Sriram Bharath
UC Berkeley



Andrew Weng
Volta Foundation



Eric Zheng
Volta Foundation



Jeffrey Bell
Lyten



Mouda Abusukheila
Sylvatex, Inc.



Nick Albanese
The Westly Group



Nicholas Yiu
About:Energy
Intercalation



Katherine He
TDK Ventures
Volta Foundation



Rohit Kumar
Johnson Matthey



Jhalak Sharma
Consulting- Auto,
Manufacturing

Disclaimer: The views expressed herein are solely those of the authors and contributors, and have not been reviewed or approved by any other organization, agency, employer or company. The primary purpose of this work is to educate and inform. The Content is for entertainment and informational purposes only and you should not construe any such information as investment, financial, or other advice. Data and information is from publicly available sources and often self-reported by the companies. The authors and contributors declare no conflicts of interest in producing this report.

翻译团队（排名不分先后）



郑永为
Voltage Foundation
新能源情报局



尚谷楠
Wood Mackenzie



孟星华
硅源新能



陈众
比亚迪



黄之问
孚能科技



梁梦蕾
SEI Investments



何倩然
TDK Ventures



陈鹏
Beckhoff Automation
USA



胡小毛
特隆美储能



李新
Beckhoff自动化



张秩燕



Echo Li
特隆美储能



刘晓兆
华南理工大学



王淑慧
联泓（江苏）新材料
研究院有限公司



童谣
深职院霍夫
曼研究院



刘美汐
深圳市金捷新能源
科技有限公司



王全
长江联合金融租
赁有限公司



沈俊

参与编写

AUTHORS

Notable Events
Eric Zheng, Volta Foundation

Industry Players & Movements
Josh Stilling, Anzu Partners
Katherine He, TDK Ventures

Cell Chemistry
Aubert Demaray, SpectraPower, Battery Talk
Jeffrey Bell, Lyten, Battery Talk
Mouda Abusukheila, Sylvatex

Technology Applications
Sriram Bharath, UC Berkeley

Costs & Supply Chain
Nick Albanese, Westly Group
Nicholas Yiu, Intercalation Station, About:Energy

Manufacturing
Charlie Parker, Ratel Consulting

Recycling
Rohit Kumar, Johnson Matthey
Jhalak Sharma, Business Consulting

Research
Kent Griffith, UC San Diego

Talent
Andrew Weng, Volta Foundation

Policy
Charlie Parker, Ratel Consulting

Predictions
Yen T. Yeh, Volta Foundation
Aubert Demaray, SpectraPower, Battery Talk

CONTRIBUTORS

INDUSTRY
Frank Harley, GRST
Sneha Solanki, Liminal
Michael Liu, Apple
Siyi Zhang, Lunar Energy
Antonio DiNunno, Munro & Associates
Richard May, Columbia University
Sivasambu Bohm, Imperial College London
Yao Tong, Shenzhen Polytechnic
Vivian Tran, University of Michigan
Xiaofeng (Cesar) Qin, Rivian
Christopher Chico
Dhevathi Kannan, Nikola Motors
Shashank Sripad, Carnegie Mellon University
Crystal Jain, Form Energy
Ines Miller, P3
Marian Cammerer, P3
Simon Price, Exawatt
Rosie Madge, Exawatt
Edward Rackley, Exawatt
Benedikt Konersmann
Devashish Aneja, Invest India
Jeff Engler, Wright Electric
Eden Yates, Cling Systems
Rasmus Lindqvist, Cling Systems
Amol Wankhede, Quantaflare
Derek Meng

RESEARCH
Alex Cipolla, Anxer, Volta Foundation
Andrew Wang, Intercalation, Columbia
Vikalp Raj, UT Austin
Ljalem Abrha, UT-Austin
Fan Yu, McGill University
Shreyashree S
Christian Daake, P3
Marco Siniscalchi, University of Oxford
Jin Pan, Byterat
Gabe Hege, Amplabs, Volta Foundation
Siva Bohm, Huzhou Institute of Technology
Irina Agafonkina, Ariel University
Daniel Clark, Villara Energy Systems

POLICY
Radhika Shivaprasad, Ratel Consulting
Dev Ashish Aneja, Vice President C4V-USA, Ex Head of Batteries & EVs for Invest India, Govt of India

SUPPORTERS
Zhiwen Huang, Farasis Energy
Tim Suen, Volta Foundation
Benjamin Lesel, NanoDian, Inc.
Gibson Kawago, WAGA Tanzania
Luc Geysen, PSA Global
Daren J. Clare, UP Catalyst
Rémi CORNUBERT, STRAT ANTICIPATION
Singyuk Hou, Albemarle Corporation
Vincent Boissonneault

顾问委员会

感谢顾问委员会对本报告提出的宝贵建议。



Bob Galyen
Principal,
Galyen Energy LLC



Shirley Meng
Professor,
University of Chicago
Chief Scientist,
Argonne National
Laboratory



Steve LeVine
Editor,
The Electric



Anna Stefanopoulou
Professor,
University of Michigan



James Frith
Principal,
Volta Energy
Technologies



Dee Strand
Chief Scientific Officer,
Wildcat Discovery
Technologies

独家合作媒体平台

未经许可，严禁转载或用于任何商业用途。如有转载等合作意向，欢迎联系Contact@nernstenerz.com。





















引用要求

“The Battery Report 2022.” *Volta Foundation*, X January 2022. Web. [Date accessed].

请根据以上格式恰当引用本报告

反馈

关于报告的任何问题或建议，请联系Contact@NernstEnerZ.com。

授权许可

Creative Commons Attribution 4.0 International License

赞助

如对赞助本报告或相关活动感兴趣，请联系sponsorship@volta.foundation 和 Contact@NernstEnerZ.com。

关于Volta Foundation



Volta Foundation基金会旨在利用社区的力量推动电池行业的发展。

由代表超过2,000 个组织的 40,000 多名行业专家组成的社区，我们制作月度活动 (Battery Brunch)、出版物 (Battery Bits)、行业报告 (Battery Report) 和开放的沟通渠道 (Battery Street)。

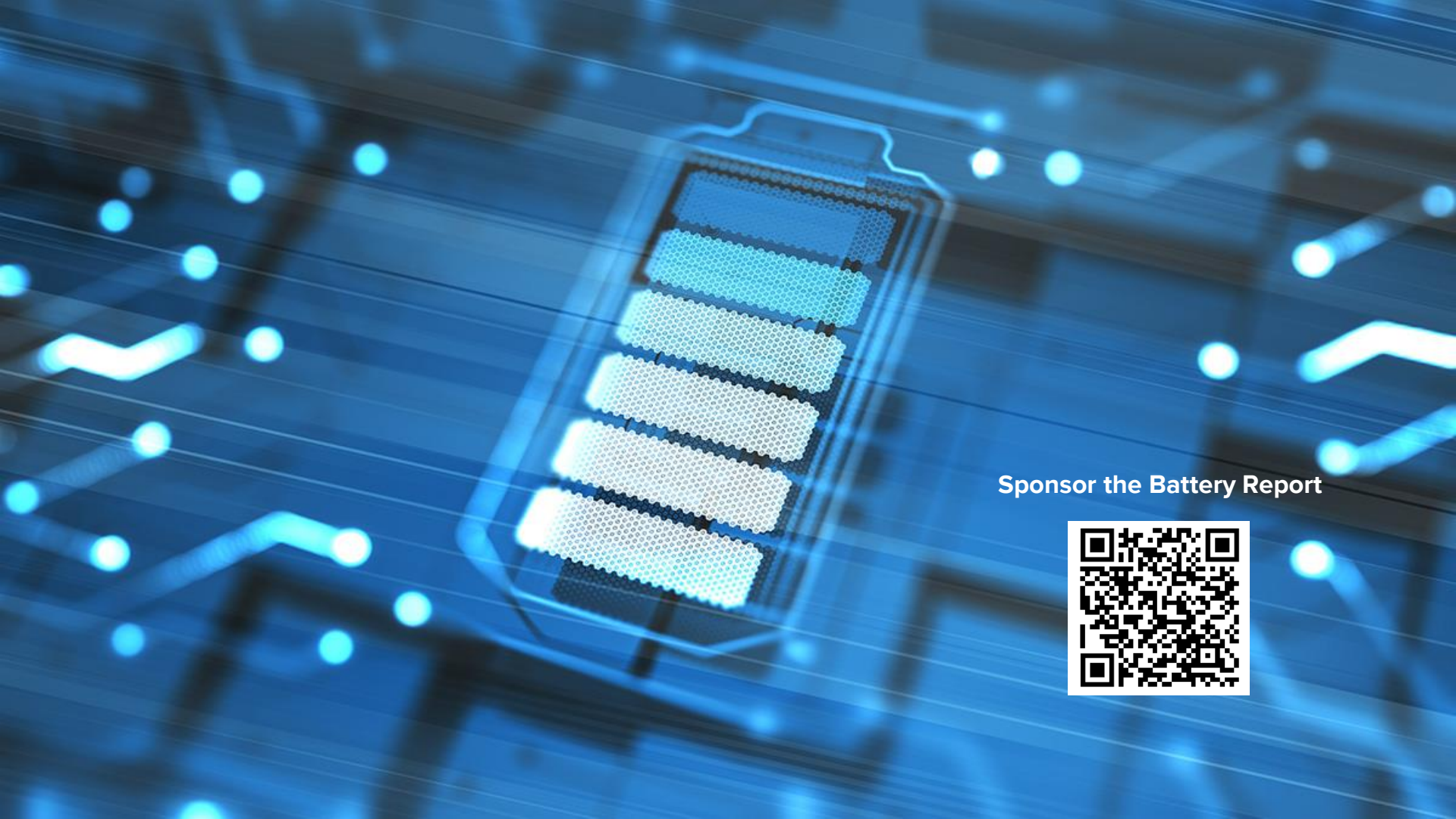
更多信息: https://www.volta.foundation/

关于新能源情报局

新能源情报局电池是国内新能源、锂电池、电动汽车领域的首家国际化讯息媒体平台，侧重于全球产业新闻、商业投资、政策导向。新能源情报局以非盈利的方式运营，目标用户为该领域内的技术专家、商业领袖及有出海意愿的企业。新能源情报局下的旗舰项目包括同名微信公众号、视频号，电池圆桌派和电池年度报告。电池圆桌派线上论坛活动自2021年上线以来，已成功举办多期，汇聚了国内外锂电行业精英和头部企业，包括美国Ascent Elements电池回收公司、阿贡国家实验室、SES固态电池公司、孚能科技等。电池年度报告为新能源情报局与美国电池非盈利组织Volta Foundation联合推出，汇集电池行业专家共同编写，在北美、欧洲和东亚产生广泛影响，获得美国雅虎财经、美通社等主流财经媒体的报道。

新能源情报局母公司能斯特未来新能源（Nernst EnerZ）发源于美国硅谷，是一家集新能源领域产业咨询、技术咨询、风险投资、人才培养、行业技术交流于一体的初创公司。核心创业团队融合了来自于美国一线电动汽车公司、互联网公司和金融服务公司的高端人才，并依托于与时俱进的新能源电池技术与商业模式，旨在通过专业的经验和服务，进一步推进中美新能源产业研发、生产、供应链间的合作，专注于打造顶级产学研-投资-创业平台，促进中美高端人才联动，增强行业间技术交流，推动国家新能源事业的发展。

更多信息请扫码关注


Sponsor the Battery Report