



电池行业年度报告 2021

该报告由以下单位制作并翻译



Volta Foundation

volta.foundation



Intercalation

intercalation.co



能斯特未来新能源



· 能斯特带您预见未来 ·

“电池技术正当时。”- 经济学人

在这份报告中，我们总结了2021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：研究 | 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[Intercalation](#) and [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

电池工业界正在迅速向更高能量密度和更低成本的 电池技术努力，以达成零碳排放的目标。技术方向包括硅负极的研发，固态电池的探索，以及磷酸铁锂，钠离子电池等领域的拓展。

主要的趋势包括电池和车企构建合资企业，大规模的清洁能源资本投资，以及早期电池初创公司的SPAC上市，以及车企对未来电动汽车的投资。

年度事件

主要趋势

业界动态

创新者

投资

生产制造

供应链

可持续发展

媒体

年度事件 | Q1 2021

季度精选新闻



Sila Nano 筹集 5.9 亿美元用来资助其电池材料工厂



通用汽车宣布 2035 年以前全面实现零排放汽车



特斯拉与Dalhousie大学的合作关系延长5年



EnevatE公司在E轮融资中筹集8100万美元



大众举办Power Day 活动展示了其新的技术和产品开发计划



Northvolt收购了出身于斯坦福大学的锂金属电池初创公司Cuberg

Jan

Feb

Mar



欧盟将通过国家援助(State Aid)向特斯拉、宝马和其他 OEM 投资 3.5B 欧元



电动汽车电池制造商 Microvast公司 通过 SPAC上市



StoreDot

StoreDot 宣布其5分钟快充电池的工程样品程



Ford宣布在2025年以前投入290亿美元来发展电动化和自动驾驶



Ample公司在美国湾区为Uber司机建造了5个电池换电站



Volvo在2030年以前全面电动化

年度事件 | Q2 2021



孚能科技宣布成功开发出330Wh/kg的电动车动力电池



BYD比亚迪宣布为其全电动车型推出刀片电池



Solid Power公司宣布完成1.3亿美元的B轮融资投资人包括福特、宝马、Volta Energy Technologies



Murata公司宣布其用于音频、可穿戴设备物联网行业固态电池的商业化



Volvo宣布了其于欧洲电池制造商巨头Northvolt公司达成了合作协议在2026年前预定了50GWh的产能



雷诺分别宣布了其与中国电池制造商远景动力和Verkor公司在高性能电池方面达成合作

Apr

May

Jun



澳大利亚矿业公司Orocobre和Galaxy公司完成了价值40亿美元的合并



Sk Innovation和福特成立合资公司BlueOvalSK用以在2025年建立60GWh的电池工厂



锂-硫初创公司Oxis Energy宣布破产



保时捷和Custom Cells宣布成立合资公司生产特殊定制化的电动赛车电池



Ascend Elements和本田公司达成合作协议在2022年回收利用淘汰的锂离子动力电池



SK向LG化学支付了高达8亿美元的知识产权纠纷费

年度事件 | Q3 2021

CATL

宁德时代推出其钠离子电池

**REDWOOD
MATERIALS**

Redwood在新一轮筹集到了7亿美元

**Form
energy**

Form Energy宣布其用于大规模电网储能的铁空气电池

LILIUM

垂直起飞降落电动飞机公司Lilium和巴西航空公司Azul签署供应协议

Ford

SK innovation

福特和SK宣布了在其新成立的合资电池工厂BlueOvalSK里投资110亿美元

**REDWOOD
MATERIALS**

Redwood Materials公司宣布生产铜箔和正极材料

Jul

Aug

Sep

DAIMLER

ALBEMARLE

戴姆勒和Albemarle宣布合作以便直接保证其未来的锂供应和回收需求

gm

GM召回价值18亿美元的NCM锂离子电池

QuantumScape

QS在投资人备忘录里公布了其10层极片软包电池的布了技术细节

SK innovation

GROUP14

SK和G14宣布成立合资公司用以建造G14硅碳的生产基地

SVOLT

蜂巢宣布了其方壳NMx无钴电池7月开始生产

SILA

Sila Nano宣布其已经在WHOOP智能手表成功商用其硅负极材料

NIO

蔚来宣布其75度同时装有磷酸铁锂和三元电池的电池包

年度事件 | Q4 2021



赫兹宣布向特斯拉购买10万辆汽车用于其租车服务



Factorial Energy宣布其收到了韩国汽车公司现代和起亚的战略投资



Johnson Matthey宣布其有意向退出正极业务



SES在其Battery World活动上披露了其107Ah锂离子金属电池原型数据



Mitra Chem进入美国磷酸铁锂电池业务在A轮融资中获得2000亿美元融资



大众宣布了其分别与材料供应商Umicore, 电池制造商24M还有锂供应商Vulvan达成了合作协议

Oct

Nov

Dec



Stellantis和LG宣布于2024年建造40GWh的合资电池工厂



宁德时代在湖北成立价值50亿美元的电池回收基地



Northvolt宣布向其瑞典Vasteras的研发中心投资7500万美元



电池包价格在2021年进一步下降了6%到了132美元/度



FREYR电池公司从未披露姓名的储能系统(ESS)供应商获得了31GWh的电池合同



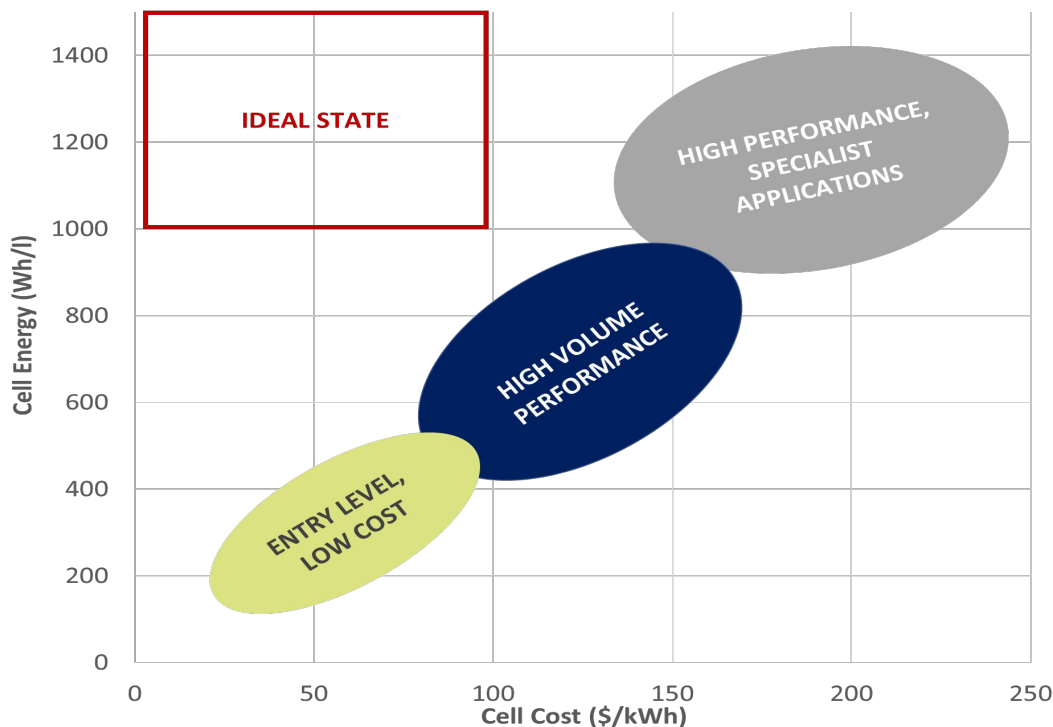
Amita Thailand和Energy Absolute公司在东南亚建造50GWh的电池工厂



丰田向电动车开发投入350亿美元计划在2030年每年销售250万辆电动车

行业趋势 | 整车厂解决方案

汽车行业有三种主流电池技术路线, 整车厂在具体解决方案上存在一定差异



ENTRY LEVEL LOW COST

LFP

Na-ion

Mn-rich

Na-Ni-Cl

NFA

HIGH VOLUME PERFORMANCE

NCA

NMC

NCMA

eLNO

Gr-Si
Blend
Anodes

Mn-rich

HIGH PERFORMANCE, SPECIALIST APPLICATION

Ultra-High Ni
Blends

Silicon
Anodes

Lithium Metal
Anodes

Solid State
Electrolyte

Li-S

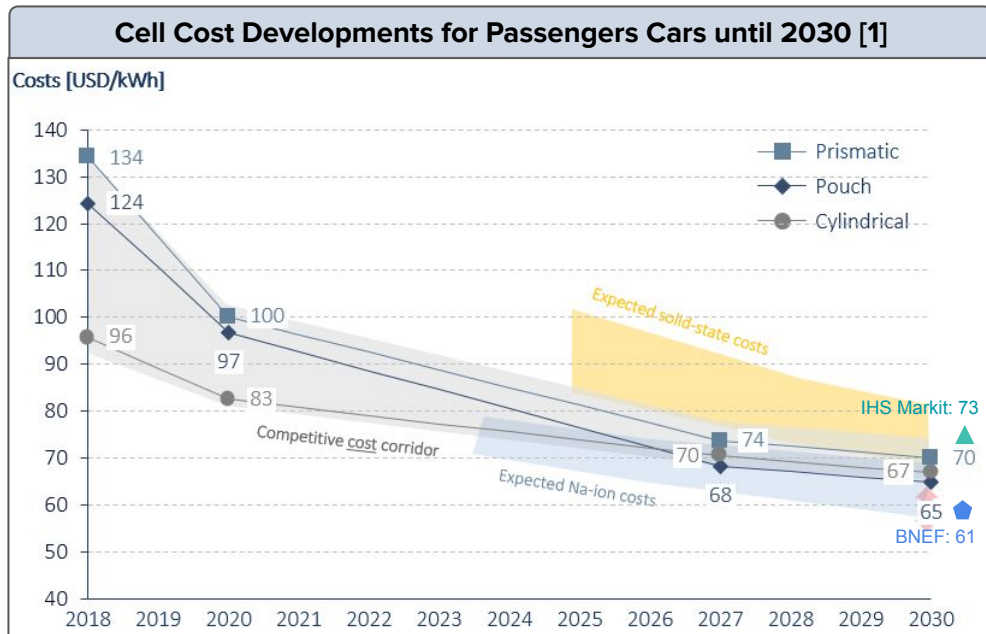
HV-Spinel
Cathodes

Rapid Charge
Anodes

Lithium Air

行业趋势 | 整车厂电芯成本

锂电池的电芯成本持续下降，让其他新技术难以与之竞争



1. High-volume production of >8 GWh/a with dedicated facility

Note: Cost values tabulated by P3 Consulting, unless otherwise specified.

锂电池技术:到 2030 年, 领先的方形和软包电池制造商(宁德时代、三星SDI、LG、SK)的未来电池成本将在 **65-70 美元/kWh** 的范围内。未来特斯拉的4680电池将进一步降低成本。

固态电池技术:材料昂贵且加工方法尚未成熟。制造成本很大程度上取决于固体电解质的生产。任何成本优势都源于生产步骤的简化(例如没有锂电池化成、老化等工序)。

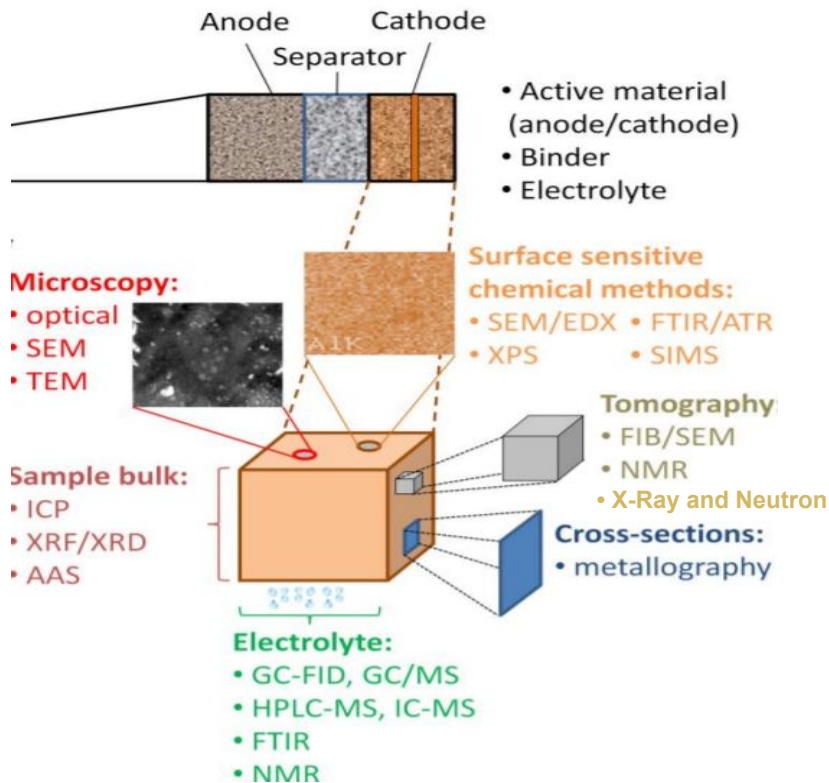
钠电池技术:钠离子技术的材料成本将会显著降低。然而由于其较低的能量密度, 总体成本降低空间有限, 预计下降10-30%/kWh。

行业趋势 | 特性分析

电池材料和电芯特性分析在 2021 年得到行业重视

为了保持竞争力，各大公司需充分了解产品材料特性和性能。随着大量新技术的涌现，行业需运用全面的分析方法来解决技术挑战，例如深入了解固体电解质界面膜、提高电解质添加剂的性能，测试固态材料和电芯等。

此外，为确保电池安全，企业也需要加强出厂检测分析，以 X 射线、超声波、CT 扫描和缺陷预测等多种工具及手段，减少问题电池比率。不少公司开始加大工具开发、优化流程的力度，以争取将电池故障率降低到十亿分之一级别，以降低未来财务、时间、客户及声誉上的风险。



行业趋势 | 储能平准化度电成本

储能度电成本逐年下降

在不同应用领域和使用场景，储能平准化成本 (LCOS) 各异。大型应用(电力市场等)有着最低的度电成本。家用电池等小型应用的度电成本最高。

度电成本也因具体储能技术而异，为简化起见，本研究仅聚焦磷酸铁锂 (LFP)、NMC三元锂和液流技术。

Unsubsidized Levelized Cost of Storage Comparison—Energy (\$/MWh)

Lazard's LCOS analysis evaluates storage systems on a levelized basis to derive cost metrics based on annual energy output



行业趋势 | 磷酸铁锂(LFP)发展史

磷酸铁锂海外核心专利将在2022年过期, 电池厂商在过去几年始对LFP加码

1996	2016	2020	May 2020	2021 Nov
德州大学John Goodenough教授带领A.K. Padhi 等人发明了磷酸铁锂正极材料	中国新能源补贴开始侧重更高能量密度的电池。NMC三元锂电池公司开始崛起, 以低能量密度电池为主线的比亚迪和国轩高科面临日益激烈的竞争。	比亚迪推出刀片电池, 与宁德时代一同将磷酸铁锂电池包提高到NMC-523相应的能量密度。磷酸铁锂电池在成本和安全性方面有额外优势, 越来越受到市场青睐。	中国磷酸铁锂电池产量三年来首次超过NMC。	电芯级能量密度低于180 Wh/kg 的电动车电池拟将禁止在中国继续生产, 这对磷酸铁锂技术是一个挑战。
美国电池上市公司A123专注于磷酸铁锂电池在电动车及电动工具方面应用, 美国菲斯克电动车公司采用了其电池。2012年, A123申请破产, 其汽车业务被中国万向集团收购。随着A123破产, 磷酸铁锂在美国从此一蹶不振。	中国开始削减对纯电、混动汽车的补贴。 宁德时代引入了其Cell-to-Pack无模组技术, 以提高空间利用率并简化电池包设计	大众汽车在Power Day活动中宣布入门级电动车会采用磷酸铁锂电池。	特斯拉宣布为所有标准版产品均采用磷酸铁锂电池。 戴姆勒将从2024年起入门级电动车(例如EQA、EQB BEV车型)将采用磷酸铁锂电池。	预计 2025年 磷酸铁锂电池全球年产量为 770吉瓦时 。
2012-18	2019	Mar 2021	Oct 2021	

行业趋势 | 磷酸铁锂(LFP)SWOT分析

磷酸铁锂卷土重来, 与高镍(>60%) NMC三元锂电池相比孰优孰劣?

LFP 优势

- 成本
- 安全性
- 寿命
- 铁资源丰富

S

NMC 优势

- 能量密度
- 低温性能
- 充放电功率

LFP 劣势

- 能量密度
- 低温性能
- 充放电功率

W

NMC 劣势

- 成本
- 安全性
- 镍钴供应链
- 寿命

LFP 机会

- 入门级(中短续航)电动车
- 电动巴士, 电动自行车
- 储能
- 对成本敏感的应用

O

NMC 机会

- 长续航、高档品牌电动车
- 储能
- 电动巴士、电动自行车、摩托
- 电动工具, 对功率要求高的应用

LFP 威胁

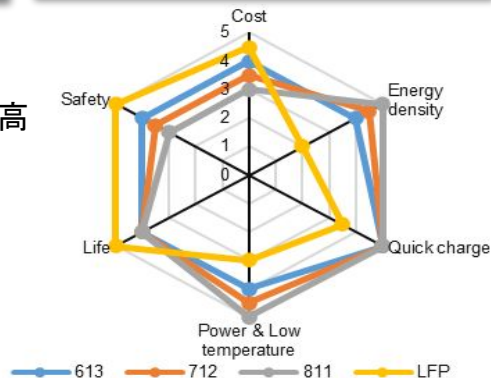
- NMC、高压LNMC
- 钠电池
- 最低能量密度标准
- 原材料成本上升

T

NMC 威胁

- LFP、高压LNMC
- 热失控相关安全规范
- 原材料成本上升

相同条件下LFP与三种高镍NMC的性能比较



行业趋势 | 安全

整车厂所面临着电池安全挑战。为了加快产品落地，企业在成本、生产方面走捷径不免对电池安全有所忽视，导致代价高昂的产品召回。

如假设每辆车含有400 个电芯，当电芯缺陷率为 **0.001%**(百万分之十，10 ppm)，每 250 辆电动汽车中有一辆可能面临电池故障风险。如按照 2030 年 2 亿辆电动车的市场预测来算，0.001%的缺陷率可能意味着 2030 年会有多达 80万辆电动车存在潜在电池故障问题。2021 年，通用汽车召回约 14.2万 辆雪佛兰 Bolt，损失总计18亿美元。特斯拉在澳大利亚维多利亚省大型储能项目发生火灾。鉴于对电池安全的考量，我们列出以下三类解决方案：

电芯/化学材料	制造工艺	电池管理(BMS)
转向能量密度更低更为安全的电池，例如 LFP。或使用更安全(但成本更高)的材料，例如使用固态电解质通来替代易燃的电解液，在电解液中加入添加剂如离子液体等。耐高温的隔膜和集流体可以帮助阻止、减缓和降低热失控。	对电池生产的每一个重要环节进行质量控制测试(从浆料搅拌、电极涂层处理、电芯组装，成品电池包安装等)。 企业还可以进一步改进电芯结构、外形封装、出厂外包装等设计	运用成熟的BMS监控和软件解决方案，准确预测电池寿命、识别故障电池、提供预测分析，以提高电池寿命。

产业动向 | 合资企业和伙伴关系

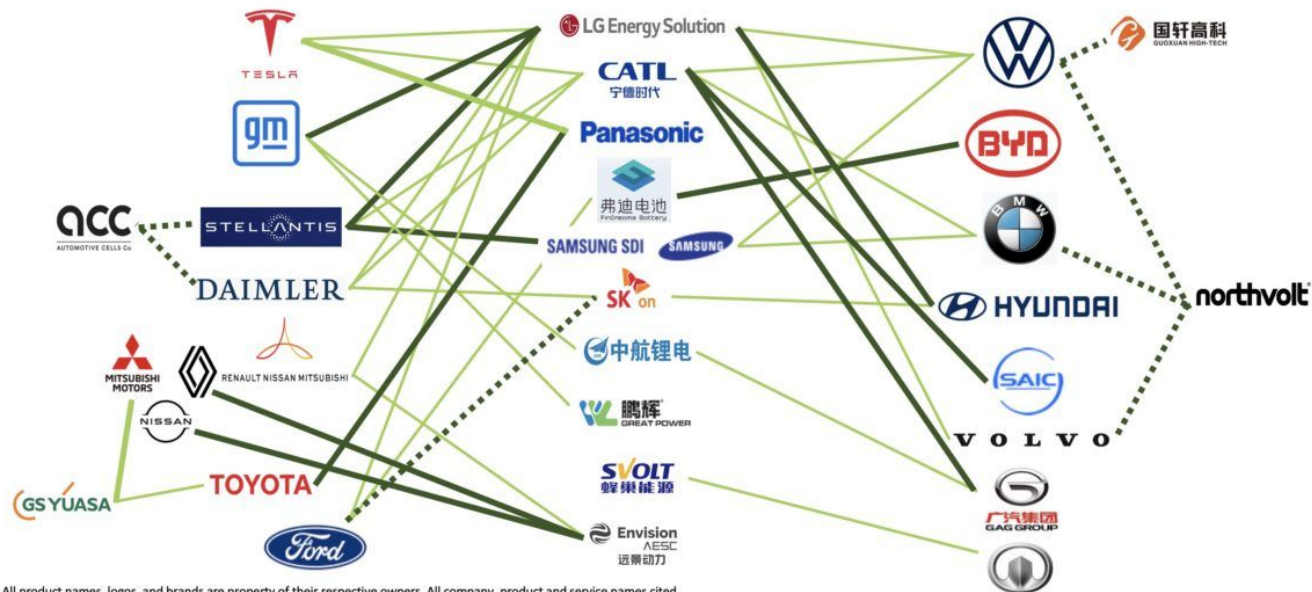
汽车制造商与电池供应商的战略合作

Currently in a battery supply relationship

Currently in a battery supply relationship and have cooperated to build battery plants

Currently in a battery supply relationship and will cooperate to build battery plants

Currently no battery supply relationship but will cooperate to build battery plants



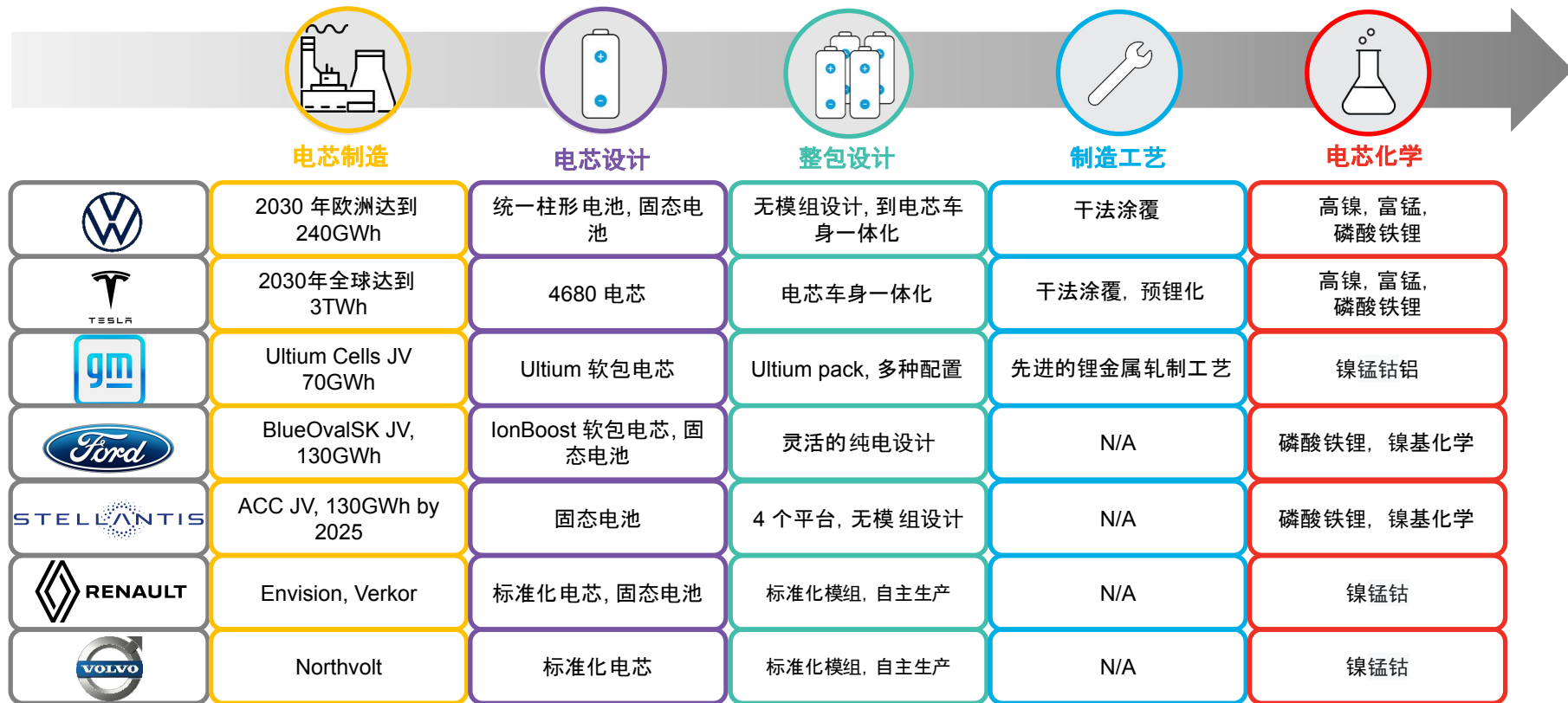
Note: All product names, logos, and brands are property of their respective owners. All company, product and service names cited herein are for identification purposes only. Use of these names, logos, and brands does not imply endorsement.

3大合作趋势:

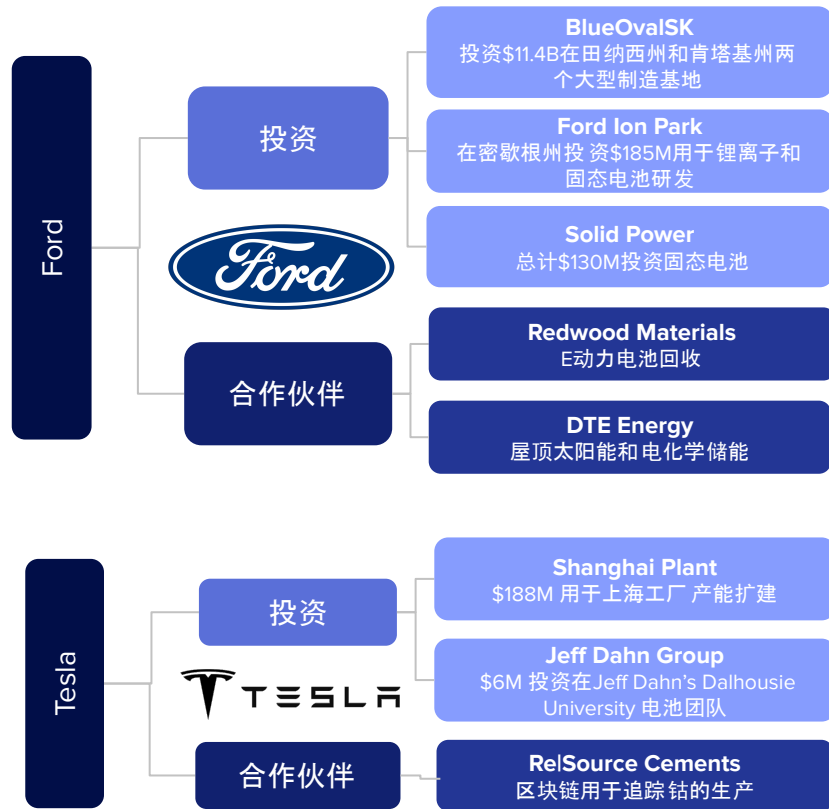
- 美国 OEM正在与日本和韩国的电池制造商(通用汽车、特斯拉等)建立合作关系。
- 欧洲 OEM计划培育本地电池供应链(宝马、沃尔沃、大众、Stellantis 等)。
- 中国、日本和韩国的OEM正在与当地的电池制造商(丰田、比亚迪、现代)密切合作。

产业动向 | OEM路线图

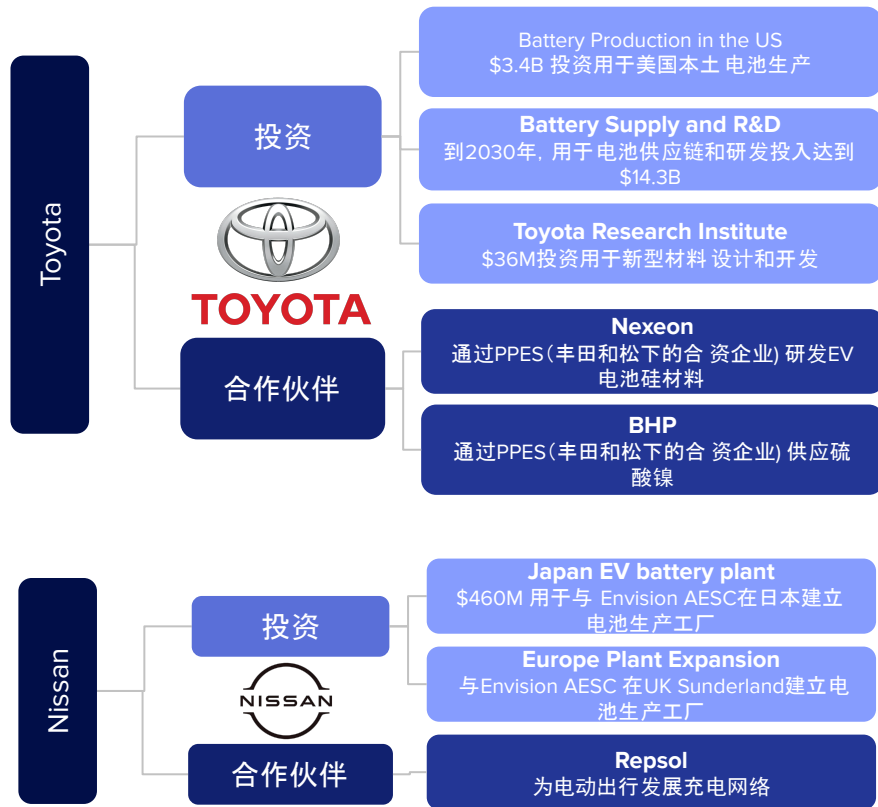
OEMs正在通过对各种方案的战略投资来确保竞争力



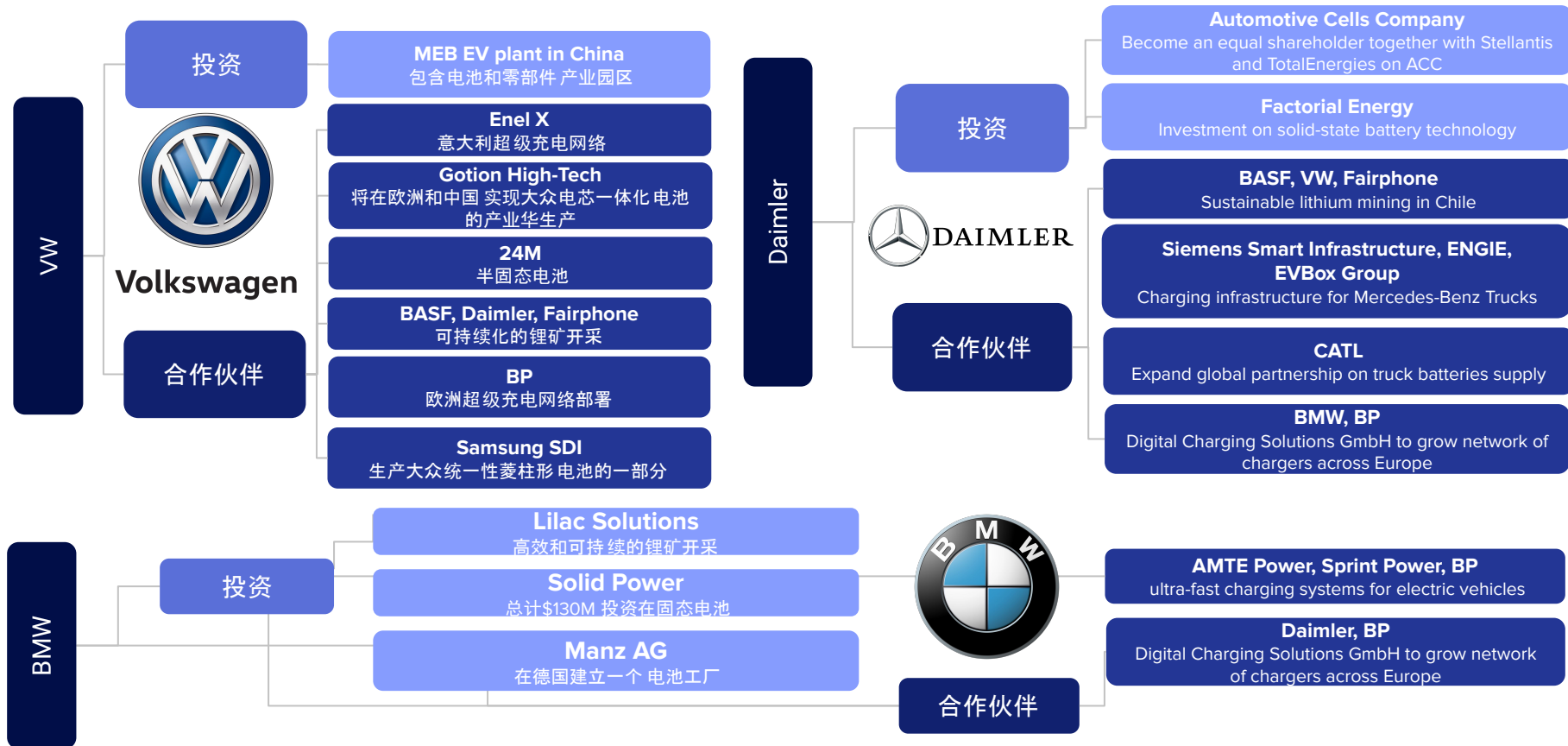
产业动向 | 美国整车厂



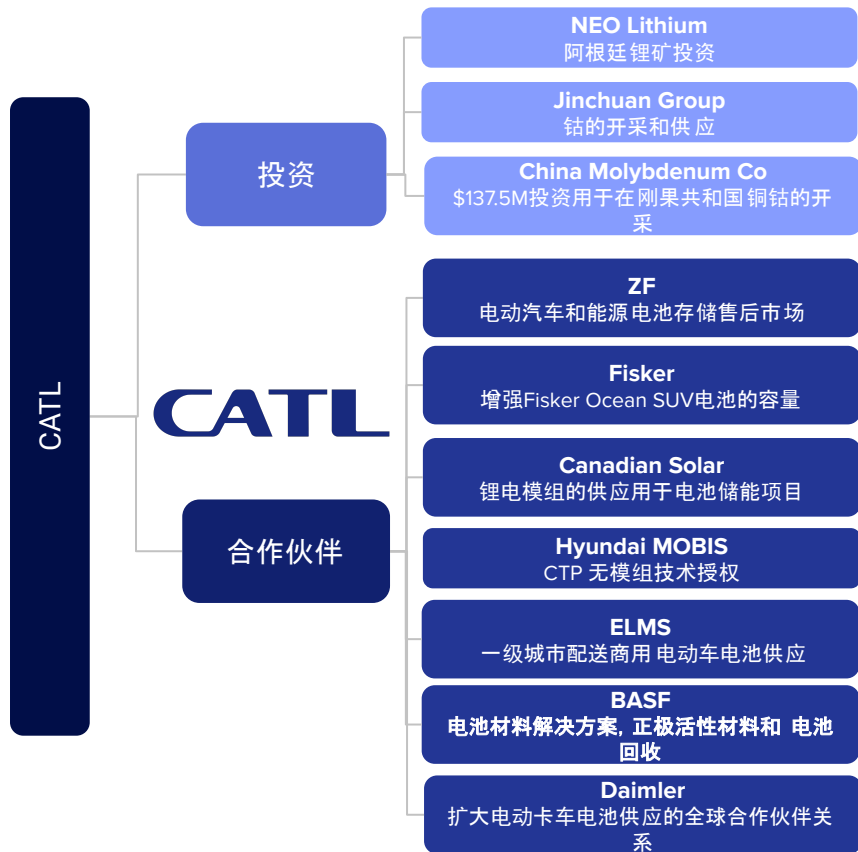
产业动向 | 亚洲整车厂



产业动向 | 欧洲整车厂



产业动向 | 电芯制造商

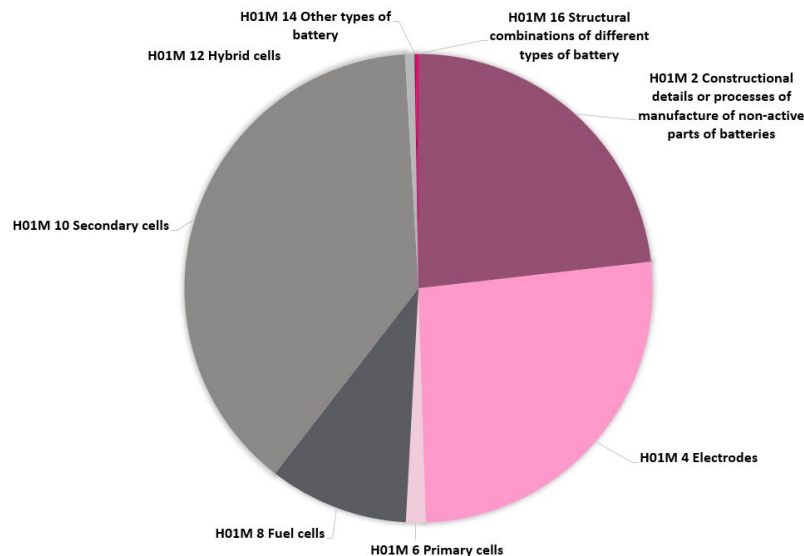


产业动向 | 专利申请

头部玩家主导专利申请

共计5290 PCT 专利申请 (国际) 在2021年1月1日至2021年10月21日之间以 IPC 代码H01M (“用于将化学能转化为电能的过程或手段, 例如电池”).

2021年按类别划分的PCT申请



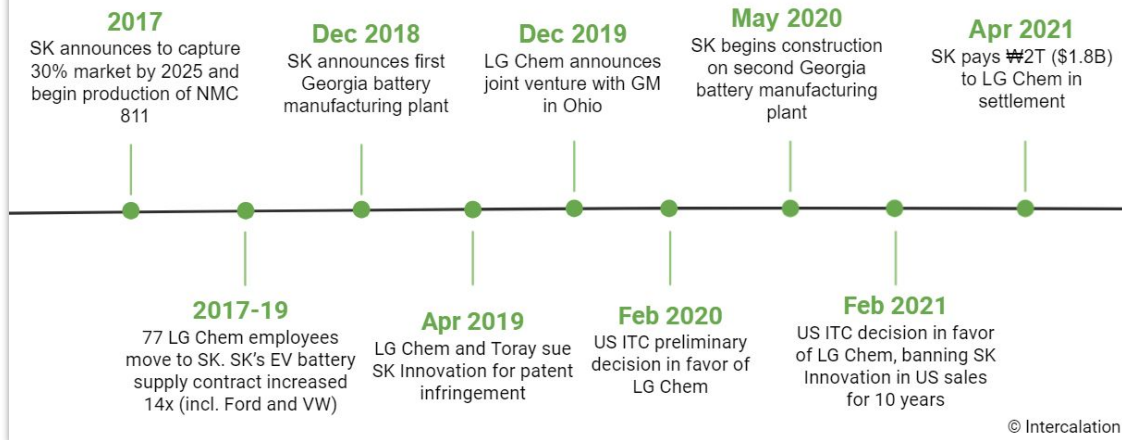
PCT按类别前5名申请人

H01M 2 电池的非活性部分 312 份申请	LG CATL SANYO Panasonic muRata INNOVATOR IN ELECTRONICS
H01M 4 电极 689 份申请	LG CATL SANYO Panasonic muRata INNOVATOR IN ELECTRONICS
H01M 6 主电芯 46 份申请	Panasonic muRata DAIKIN INNOVATOR IN ELECTRONICS MITSUBI KINZOKU 한양대학교 ERICA 산학협력단 INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANKYANG UNIVERSITY ERICA
H01M 8 燃料电池 223份申请	BOSCH 潍柴动力 WEICHAI POWER Panasonic KOLON INDUSTRIES AVL
H01M 10 次电芯 1050份申请	LG Panasonic muRata CATL SANYO INNOVATOR IN ELECTRONICS
H01M 12 混合电芯 27份申请	한양대학교 ERICA 산학협력단 INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANKYANG UNIVERSITY ERICA SHARP NTT FUJIKURA COMPOSITES Form energy

* 因申请数均小于20份, 未列出H01M14 and H01M16类别,

产业动向 | 知识产权诉讼

年度典型诉讼: SK INNOVATION v. LG CHEM



2019 年, 77 名员工从 LG 转到 SK 并涉嫌盗用商业机密, 这与 SK 的电池供应合同增加了 14 倍不谋而合。

该争议最初导致美国国际贸易委员会对 SK 电池进口实施 10 年禁令, 在 SK 同意在 2021 年向 LG Chem 支付 18 亿美元的和解金外加持续的特许权使用费以及 10 年相互承诺不起诉后, 这一争议才得以和解。

电池行业的飞速增长会吸引更多的投资同时也会加剧行业的竞争, 特别是大玩家之间的知识产权竞争将会愈演愈烈。与此同时, 竞争也会进一步驱动电池技术的创新, 以及带动行业标准和监管的完善。

创新者 | 电池产业价值链



在这里，我们分享并密切关注一些在 电池产业价值链不同位置的创新者们，他们分布在不同的阶段，从原材料到电芯设计，电池管理，以及电池回收和梯次利用。（注：这不是一个全面的列表，只是行业的一个片段-* 2020年的市场规模和复合年增长率数据）



原材料 提取，加工

\$11b market, 8.3% CAGR*

电芯组分 电极，电解液等

\$38b market, 4.9% CAGR*

电池数据 AI, 电池管理，等

\$3.6b market, 19.0% CAGR*



可持续发展 电池回收，梯次利用等

\$17.2b market, 6.1% CAGR*



创新者 | 硅负极

公司	技术路线	总融资额度, 阶段	主要战略投资、合作方
	纳米硅复合物	\$930M, F轮	 DAIMLER  W-HOOP  CATL  TDK  SAMSUNG
	硅材料3D构架	\$254M, SPAC上市	 intel  Qualcomm
	多孔硅结构	\$192M, E轮	 RENAULT NISSAN MITSUBISHI  LG Chem  SAMSUNG
	硅纳米颗粒	\$172M, PE轮	 bp  EVE  DAIMLER  VINFAST  SAMSUNG  TDK
	多孔硅纳米柱	£130M, PE轮	 WACKER  SK chemicals
	石墨纳米硅线	\$125M, PE轮	金融风投机构
	纳米硅线	\$191M, C轮	 AIRBUS  U.S. ARMY
	硅纳米颗粒	\$38.8M, A轮	 MITSUI KINZOKU
	硅碳纳米复合物	\$41.5M, B轮	 SK materials  TDK  BASF  FARASIS  StoreDot
	硅纳米柱	€33.2M, A轮	金融风投机构

创新者 | 固态电池

公司	技术路线	总融资额度, 阶段	主要战略投资、合作方
 QuantumScape	无负极, 氧化物固态电解质	\$1.2B, SPAC上市	
 Solid Power	硅负极/锂金属负极, 硫化物固态电解质	\$186M, SPAC上市	   SAMSUNG
 ProLogium	锂金属、石墨, 硅负极, 氧化物固态电解质	\$426M, Series E	  
 ilika	硅负极, 氧化物固态电解质	\$44M, 已上市	Financial VCs
 Sion Power	锂金属, 混合固态电解质	\$50M, PE轮	 BASF We create chemistry  HYUNDAI CRADLE  A123 SYSTEMS SAMSUNG
 IONIC materials	锂金属、石墨负极, 混合固态电解质	\$65M, C轮	 RENAULT  NISSAN  MITSUBISHI
 SES	锂金属, 混合固态电解质	\$325M, SPAC上市	 SK innovation  gm  HYUNDAI
 Factorial	半固态电解质	\$40M, PE轮	 Mercedes-Benz  STELLANTIS  HYUNDAI 
 北京卫蓝新能源科技有限公司 Beijing WeLion New Energy Technology Co., LTD	锂金属, 石墨负极, 混合固态电解质	\$78M, PE轮	 xiaomi  TPC TIANQI LITHIUM
 StoreDot	锂金属, 硅负极 (电解质未知)	\$140M, C轮	 bp  EVE DAIMLER  VINFAST SAMSUNG  TDK

创新者 | 静态储能

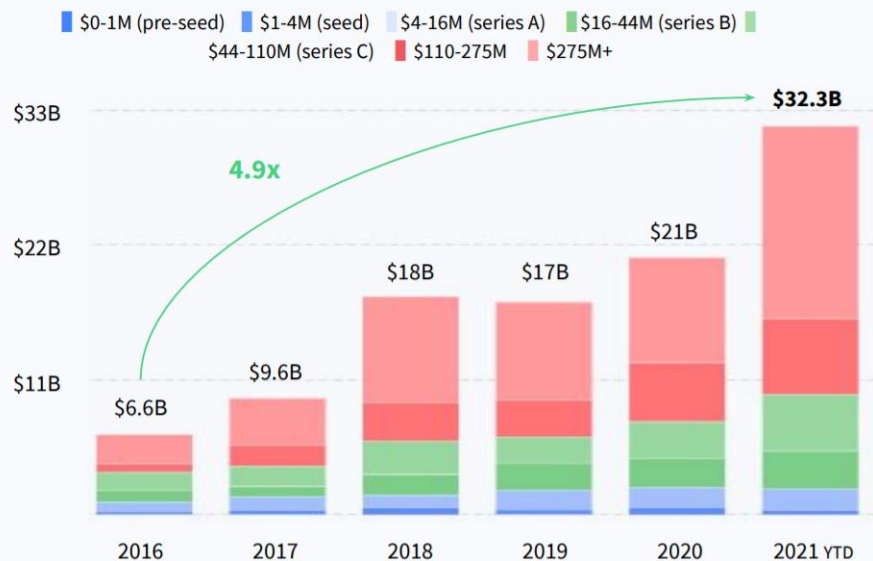
公司	技术路线	总融资额度, 阶段	主要战略投资、合作方
 ZincFive	可充电镍锌电池应急备用电源	\$36M, C轮	Helios Capital Ventures, Qiming Venture Partners
 ENERVENUE	金属氢化物电池于宽温度范围2h-12h储能	\$112M, A轮	Schlumberger, Peter Lee
 Form energy	超长时 (100-150 hrs) 可充铁空电池	\$368M, D轮	ArcelorMittal, Energy Impact Partners, Breakthrough Energy Ventures
 FREEWIRE	用于电网基础设施和电动汽车充电器的锂离子快速直流充电	\$105M, C轮	Riverstone Holdings, BP Ventures
 Ambri	用于风能和太阳能发电系统的熔盐电池	\$211M, C轮	Reliance Industries, Khosla Ventures
 MALTA	基于过热熔盐的热交换器	\$87M, B轮	Chevron Technology Ventures, Proman, Breakthrough Energy Ventures
 RELECTRIFY	电芯级电池管理系统和逆变器	\$4.5M, A轮	Energy Innovation Capital, Clean Energy Finance Corporation
 ESS ^{INC}	中时(4-12小时)铁液流电池	\$308M, SPAC上市	Bill Gates, SoftBank

* Non exhaustive list of companies

投资 | 气候技术风险投资

在2021年前3个季度，气候科技初创公司筹集了约亿美元，大约是2016年的5倍。

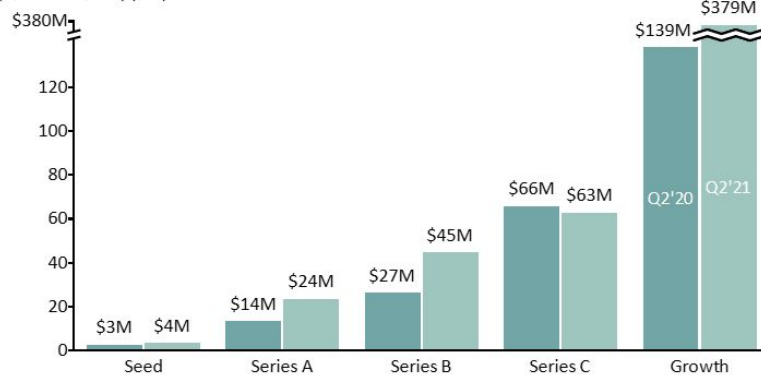
Global climate tech investment



交易规模激增。A轮和B轮的平均规模翻了一番，C轮之后的平均增长型交易从1.39亿美元增加到3.79亿美元。由于行业的乐观情绪和电气化的大力推动，大量资本正在流动。与这种兴奋相伴而生的风险是，企业将无法达到投资者的期望。

Climate Tech VC deal size by stage

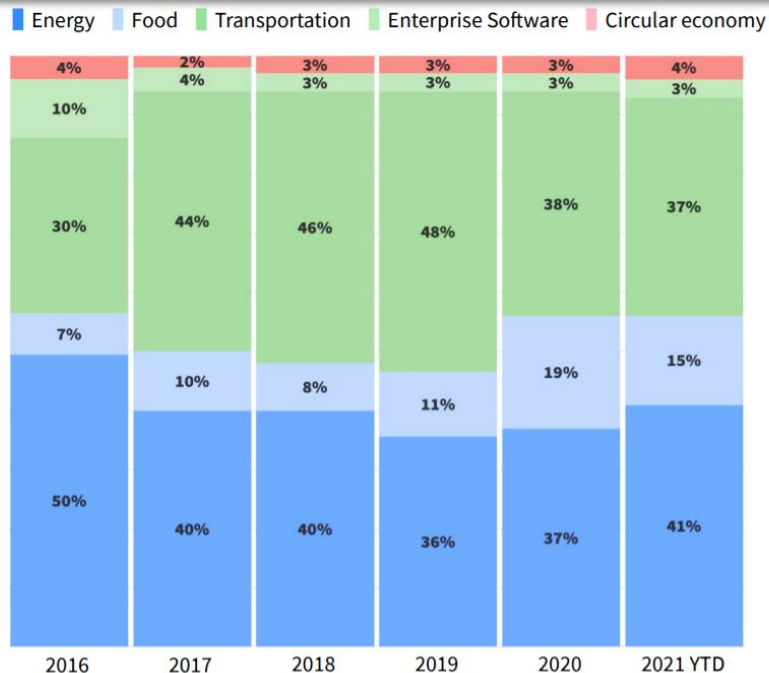
Average deal size comparison by stage
(Q2'20 vs Q2'21) (\$M)



投资 | 气候技术风险投资

运输和能源领域的交易在气候技术融资总额中所占比例略几乎达到 80%。

按行业划分的气候技术投资

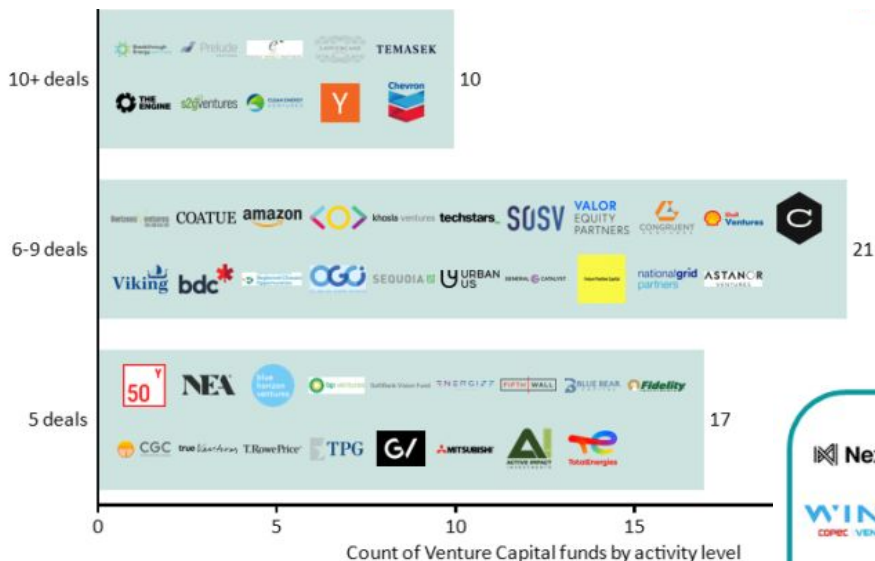


2021年第一季度至第三季度运输和能源行业最大规模的投资轮

Company	Transaction	Company	Transaction
 SILA NANOTECHNOLOGIES	\$590M F轮	 Ambri	\$144M 风投轮
 BETA	\$368M A轮	 SES Beyond Li-ion™	\$139M D轮
 ProLogium	\$326M 风投轮	 Solid Power	\$130M B轮
 Form energy	\$240M D轮	 Powin Energy	\$100M 风投轮
 ample	\$160M C轮	 OYIKA the way to go	\$100M 风投轮
 Lilac solutions	\$150M B轮	 ENERVENUE	\$100M A轮

投资 | 气候技术风险投资

气候科技VC最活跃的投资者第二季度20-第二季度21



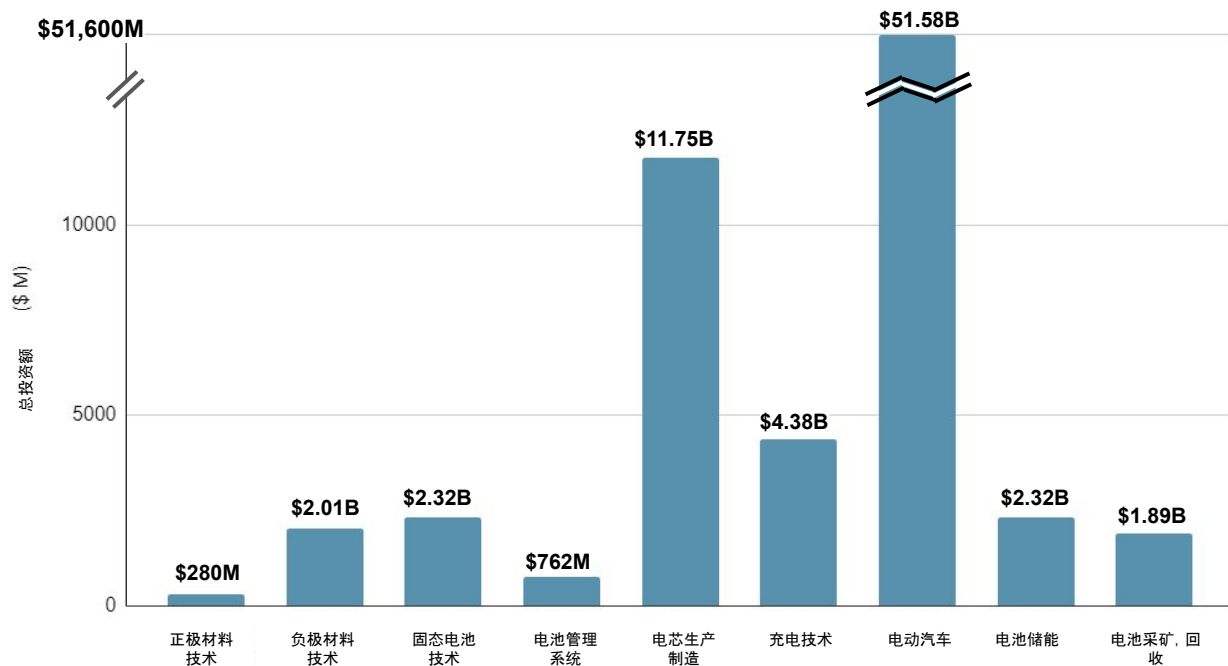
从2020年第二季度到2021年第二季度, 大约有1000家独立的投资公司参与了至少一笔气候技术交易。突破性能源投资公司(由比尔盖茨支持)参与了30项交易。

企业风投公司宣布授权了新的投资气候技术的基金。2021年新的企业风险投资CVC基金包括大众(3.55亿美元)、TDK(1.5亿美元)、瑞士信贷(3.18亿美元)等。根据CTVC对交易的跟踪, 在过去15个月里, cvc参与了45%的气候技术领域的投资。



投资 | 不同细分领域融资情况

按电池相关行业分类的电池投资



2021年电动汽车吸引的资金最多, 共有10家电动汽车初创企业融资10亿美元(美国5家;1在欧盟;其中, Rivian位列第一, 该公司在纳斯达克上市, 总融资230亿美元。

电池制造和充电基础设施是第二和第三大最受欢迎的资本投资领域。当欧盟和亚洲国家专注于制造更多的电池制造商时, 美国却在充电基础设施建设上投入了更多的资金。

美国正在引导对负极材料、固态技术、能源存储、采矿和回收的创业公司的投资。

投资 | 材料创新领域融资情况

Cathode Material & Technology

Total Raised: \$280.59M ***



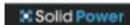
迄今筹资:正极材料与技术:2.8亿美元

Anode Materials & Technology

Total Raised: \$2.01B ***

Solid-state and Li-metal

Total Raised: \$2.32B ***

											
\$933.51M	\$414.28M	\$192.36M	\$191.90M	\$140.99M	\$35.07M	\$823.00M	\$520.50M	\$358.13M	\$290.35M	\$104.50M	\$78.13M
											
\$23.77M	\$23.19M	\$4.00M	\$23.06M	\$6.05M	\$5.00M	\$53.71M	\$42.50M	\$18.75M	\$18.45M	\$6.10M	\$3.96M
			迄今筹资: 负极材料与技术:20.1亿美元					迄今筹资: 固态和锂金属:23.2亿美元			
\$3.80M	\$1.55M	\$1.50M				\$3.00M	\$2.30M				

投资 | 电芯生产制造以及电池管理系统融资情况

BMS and Battery Intelligence

Total Raised: \$754.81M

											
\$327.78M	\$110.76M	\$95.63M	\$43.19M	\$42.18M	\$22.99M	\$19.88M	\$13.21M	\$12.05M	\$10.73M	\$10.26M	\$9.30M
											
\$5.86M	\$5.71M	\$5.00M	\$4.64M	\$4.99M	\$2.81M	\$2.44M	\$2.21M	\$2.20M	\$1.00M		

迄今筹资: BMS和电池智能:7.55亿美元

Cell Manufacturing

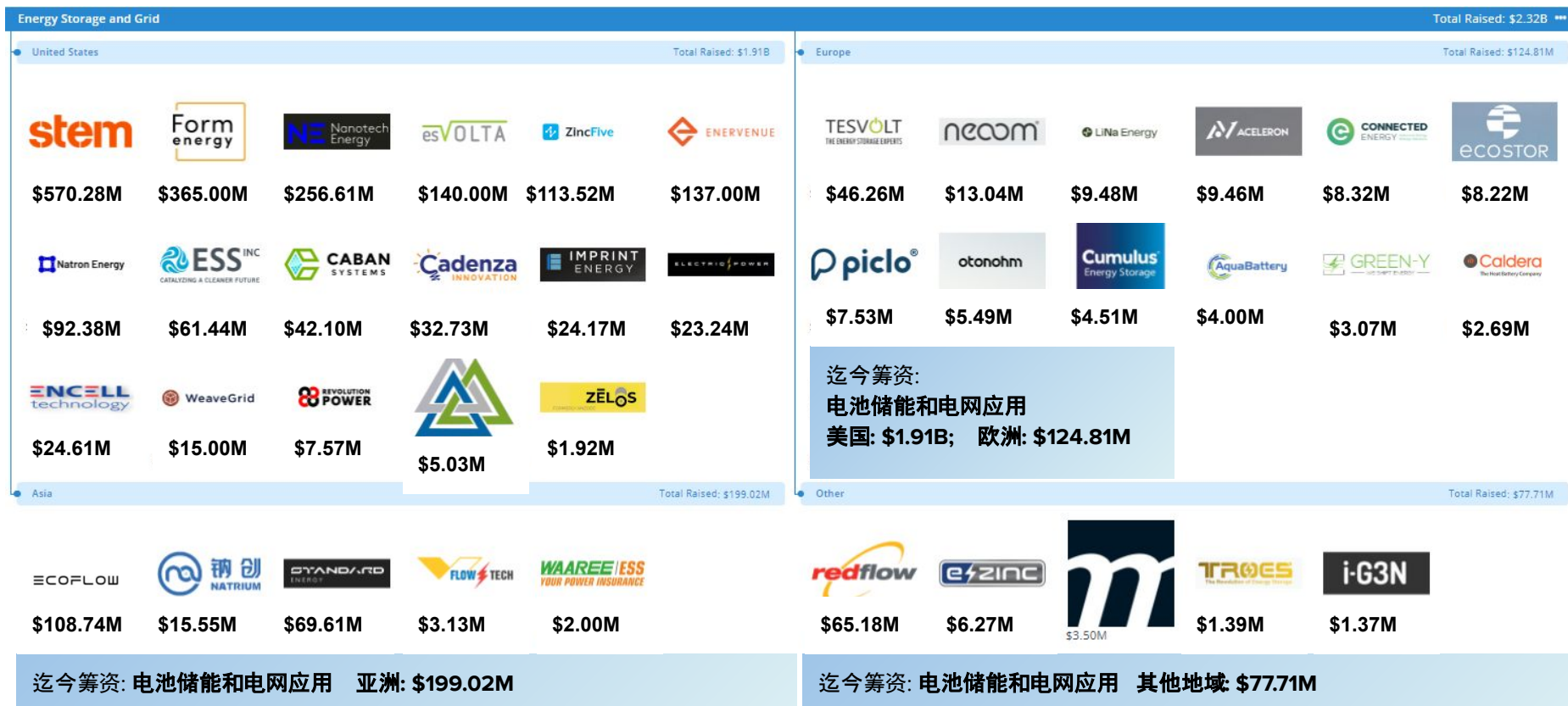
Total Raised: \$11.75B

											
\$6.42B	\$3.21B	\$990.00M	\$490.29M	\$172.68M	\$120.49M	\$100.26M	\$93.81M	\$85.00M	\$22.60M	\$14.63M	\$12.54M
											
\$5.00M	\$3.70M	\$3.85M	\$2.77M	\$2.02M	\$1.57M						

*根据Pitchbook的数据, 2021年披露了融资交易的公司

迄今筹资: 电池生产制造:117.5亿美元

投资 | 电池储能电网应用融资情况



投资 | 充电技术和充电服务融资情况

Charging Technology and Service												Total Raised: \$4.38B
United States						Europe						Total Raised: \$675.65M
Total Raised: \$2.79B												
												
\$955.62M	\$631.19M	\$400.00M	\$275.73M	\$139.77M	\$90.45M	\$177.42M	\$174.67M	\$66.23M	\$47.54M	\$30.35M	\$29.61M	
												
\$70.08M	\$45.61M	\$28.63M	\$25.64M	\$24.47M	\$16.21M	\$27.90M	\$18.10M	\$16.99M	\$12.47M	\$10.61M	\$10.11M	
												
\$11.94M	\$11.79M	\$11.08M	\$9.00M	\$8.75M	\$5.30M	\$8.86M	\$8.13M	\$5.80M	\$4.74M	\$4.68M	\$4.00M	
												
\$5.19M	\$5.02M	\$3.16M	\$2.75M	\$2.25M	\$1.60M	\$3.17M	\$2.85M	\$2.78M	\$2.25M	\$2.21M	\$1.50M	
			迄今筹资: 充电技术和服务 美国: \$2.79B					迄今筹资: 充电技术和服务 欧洲: \$675.65M				
\$1.64M	\$1.25M	\$1.01M				\$1.45M	\$1.24M					

*根据Pitchbook的数据, 2021年披露了融资交易的公司

投资 | 充电技术及服务, 与电池材料开采回收融资情况

Charging Technology and Service

Total Raised: \$4.38B

Asia

Total Raised: \$681.80M

Other

Total Raised: \$240.56M



\$285.73M



\$232.07M



\$67.75M



\$26.16M



\$14.60M



\$11.58M



\$195.00M



\$7.00M



\$22.75M



\$6.05M



\$5.55M



\$4.21M



\$11.18M



\$9.59M



\$7.54M



\$4.70M



\$3.00M



\$2.00M



\$2.00M



\$1.54M



\$1.31M



\$1.06M

迄今筹资:

充电技术和服务

亚洲: \$681.80M 其他地域: \$240.56M

Mining, Recycling and Reuse

Total Raised: \$1.89B



\$824.64M



\$579.50M



\$173.60M



\$132.85M



\$37.00M



\$34.01M



\$17.61M



\$16.60M



\$15.68M



\$49.97M



\$2.60M



\$2.25M

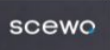
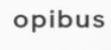


\$2.19M

迄今筹资: 材料开采和回收 \$1.89B

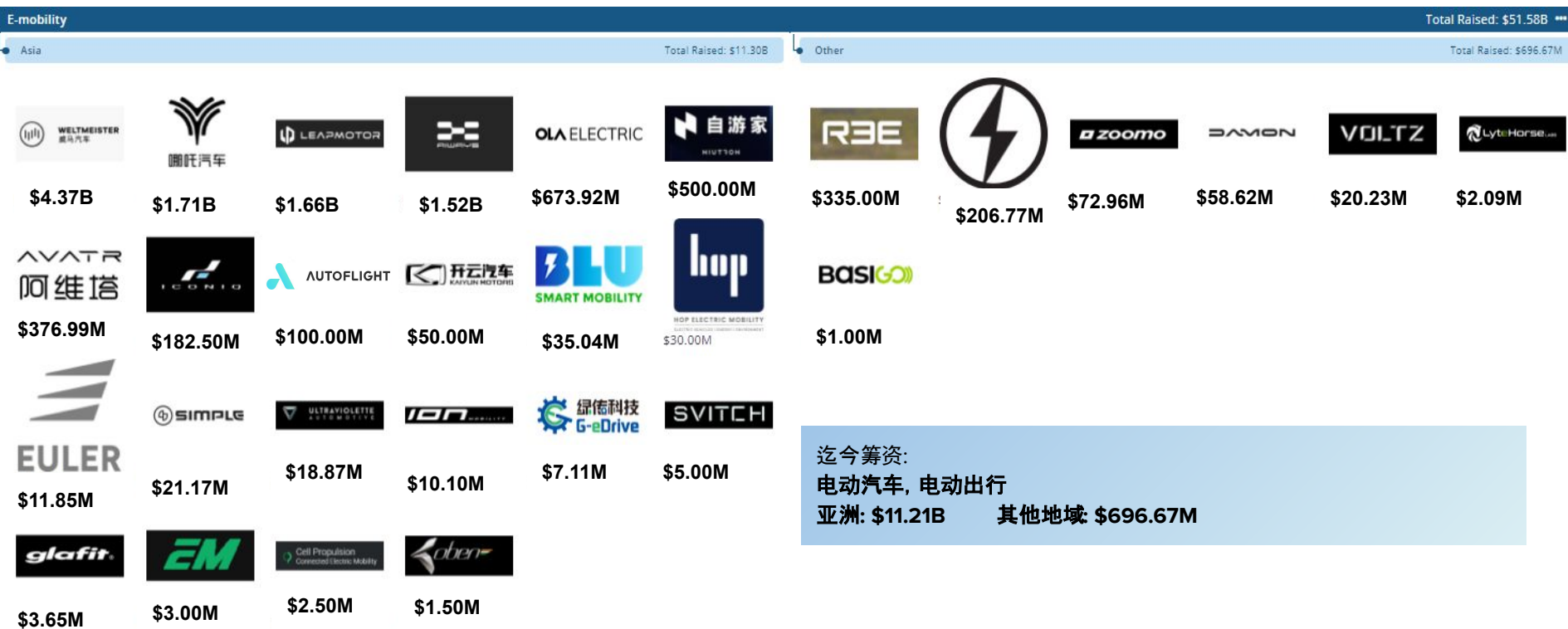
*根据Pitchbook的数据, 2021年披露了融资交易的公司

投资 | 电动汽车, 电动出行类融资情况

E-mobility						Total Raised: \$51.58B					
United States						Total Raised: \$35.54B					
											
\$23.09B	\$15.35B	\$2.70B	\$1.18B	\$1.14B	\$357.79M						
											
\$315.00M	\$292.75M	\$180.99M	\$152.70M	\$146.00M	\$109.04M						
											
\$105.30M	\$100.00M	\$56.75M	\$50.23M	\$40.60M	\$32.14M						
											
\$22.33M	\$15.00M	\$14.80M	\$13.02M	\$10.00M	\$10.00M						
											
\$7.50M	\$7.40M	\$5.75M	\$5.00M	\$4.54M	\$4.43M						
											
\$4.07M	\$4.50M	\$3.20M	\$2.67M	\$1.80M	1.07M						
Europe						Total Raised: \$4.13B					
											
\$1.25B	\$936.93M	\$621.65M	\$519.01M	\$324.23M	\$127.43M						
											
\$125.00M	\$71.56M	\$44.96M	\$21.55M	\$14.67M	\$14.18M						
											
\$8.77M	\$7.50M	\$5.70M	\$5.67M	\$5.00M	\$5.12M						
											
\$4.98M	\$3.90M	\$3.46M	\$3.00M	\$2.21M	\$2.04M						
											
\$1.82M	\$1.36M	\$1.30M	\$1.03M								

迄今筹资:
电动汽车, 电动出行 美国: \$35.54B 欧洲: \$4.13B

投资 | 电动汽车，电动出行类融资情况



迄今筹资:
电动汽车, 电动出行
亚洲: \$11.21B 其他地域: \$696.67M

投资 | 投资者一览

2021年在各自垂直领域的主要活跃投资者(VC、CVC、Corp)

正极材料技术



负极材料技术



固态电池和锂金属



BMS 和电池数据



电池生产制造



投资 | 投资者一览

2021年在各自垂直领域的主要活跃投资者(VC、CVC、Corp)

电池储能



电动汽车和电动出行



充电技术和服務



材料开采和电池回收



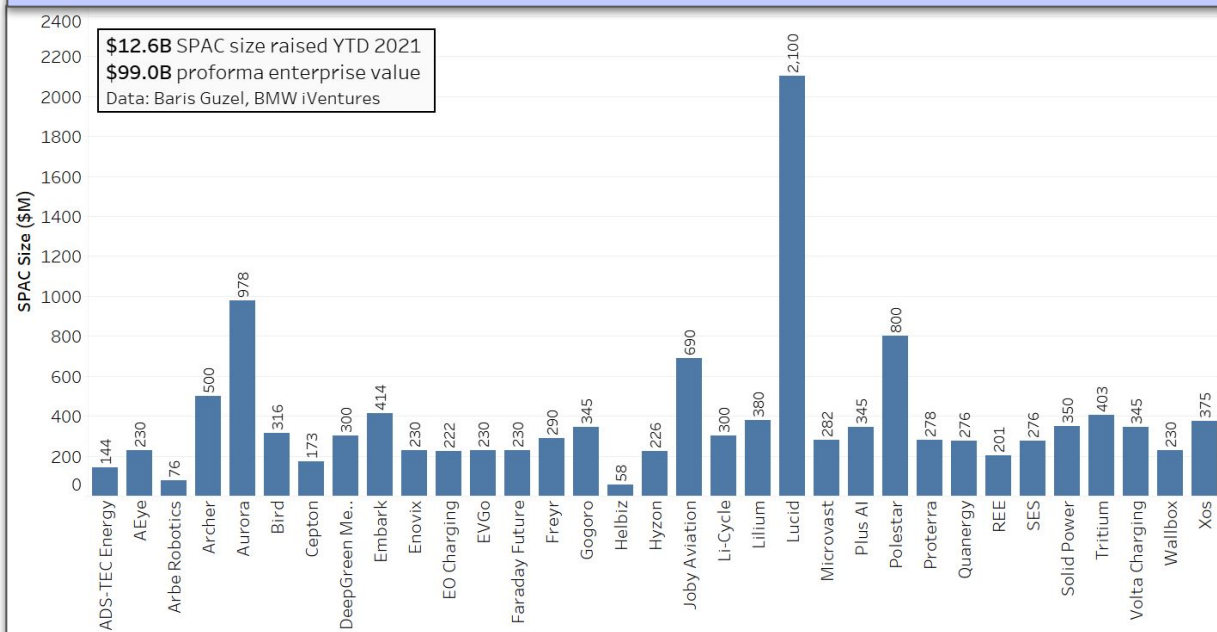
投资 | SPACs

与2020年相比, 2021年有更多公司通过SPAC上市。

特殊目的收购公司(SPAC)引起了轰动, 因为这些公司选择更快、更容易地筹集资金, 而不是通过私人资本/IPO。太空空间技术可能更适合需要大量资金和时间的深度/气候技术公司, 这种上市方式在2021年继续占据主导地位。

2021年,我们数了32公司出口通过特定目标(专注于电动车具体行业:电动汽车制造商、电池、传感器、自动驾驶, eVTOLs, FCEVs, 基础设施)的11.8美元总提出总企业价值79美元(5.9美元相比,提高了23家公司企业价值共2020年37.5美元)。

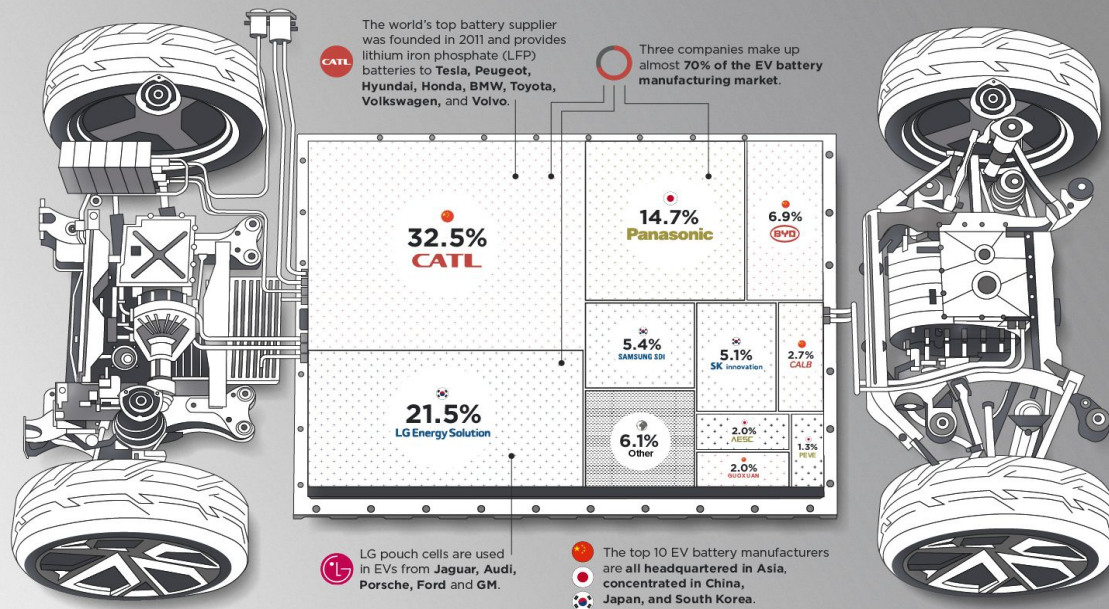
2021年电池相关的SPAC上市



BIG BATTERY: THE TOP 10

EV BATTERY MANUFACTURERS

With an increased interest in EVs, the electric car battery market is now a \$27 billion per year business.

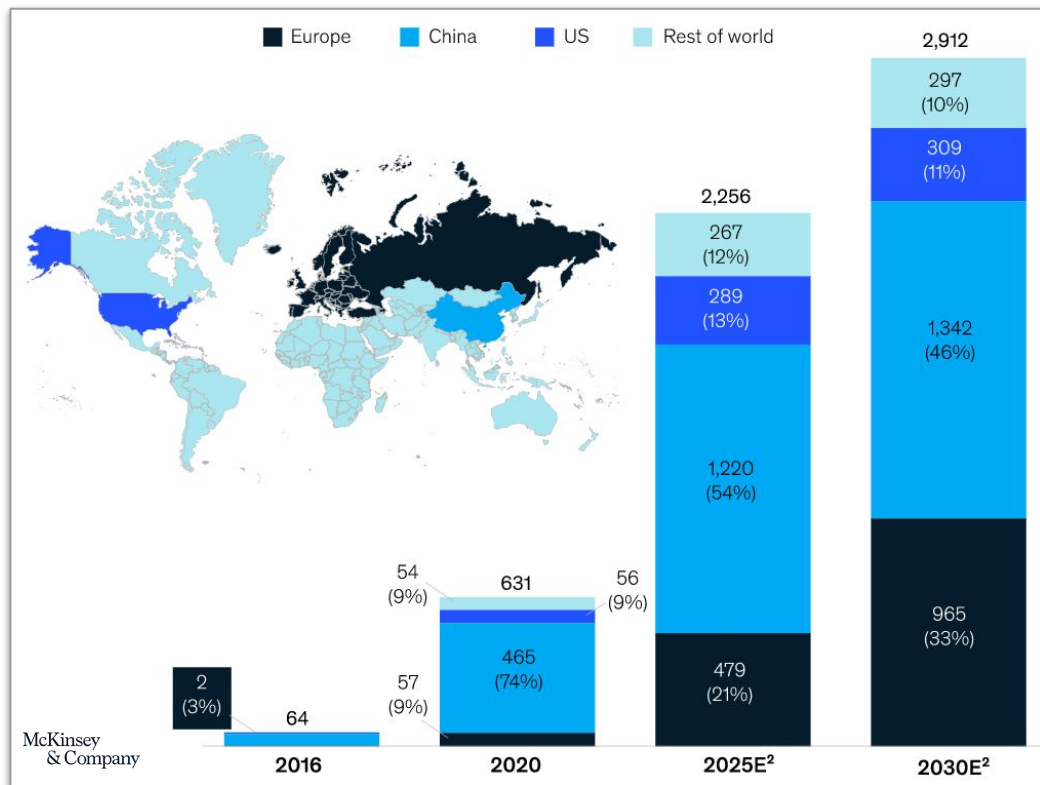


亚洲已经并将继续主导电池制造。按市场份额计算, 排名前 10 的电池制造商均位于中国、韩国和日本。其中最大的 3 家分别是宁德时代 (32.5%)、LG 能源解决方案 (21.5%) 以及松下 (14.7%)。

欧洲和北美的制造商正在寻求通过新建大量工厂, 并应用新技术来减少对中国供应商的依赖。

电池加工制造 | 全球概览

全球电池制造业预计将在这十年内激增

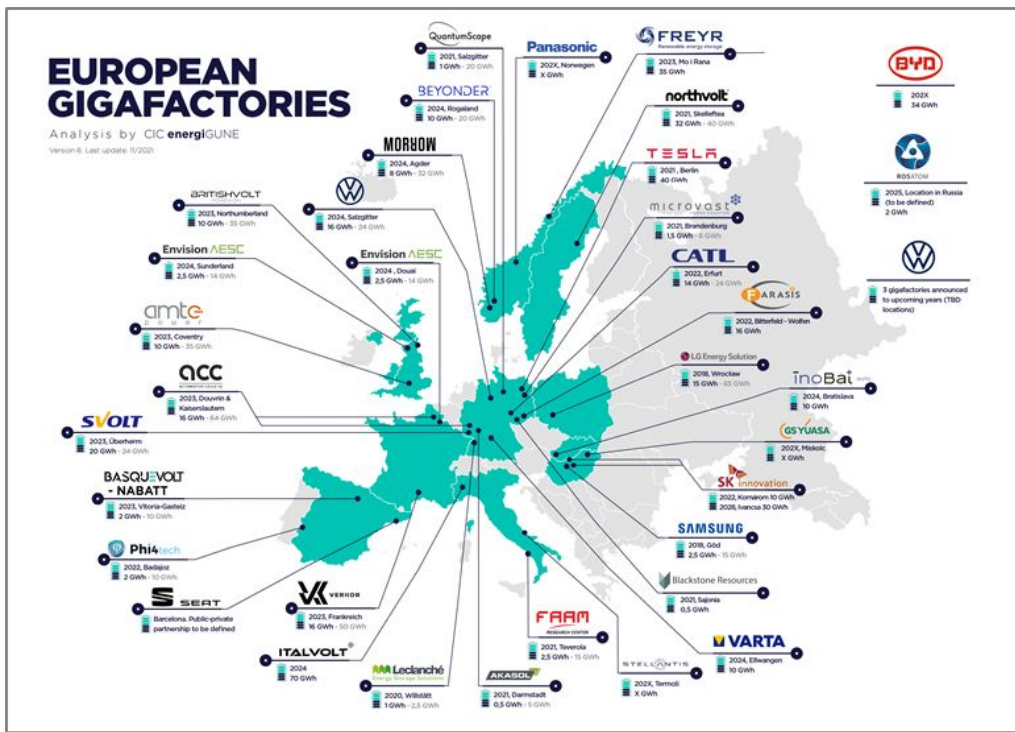


2020年，中国的电池总产能为465 GWh(占全球总量的74%)，美国为56 GWh(占全球总量的9%)，欧洲为57 GWh(占全球总量的4%)。

大型电池公司以及初创企业均已宣布产能提升计划，于2025年将总产能提升至2256 GWh。预计中国将以1220 GWh的总产能引领市场(将占全球总量的54%)，欧洲的总产能将达479 GWh(占全球总量的15%)，而美国的总产能将达289 GWh(占世界总量的13%)。

电池加工制造 | 欧洲地区

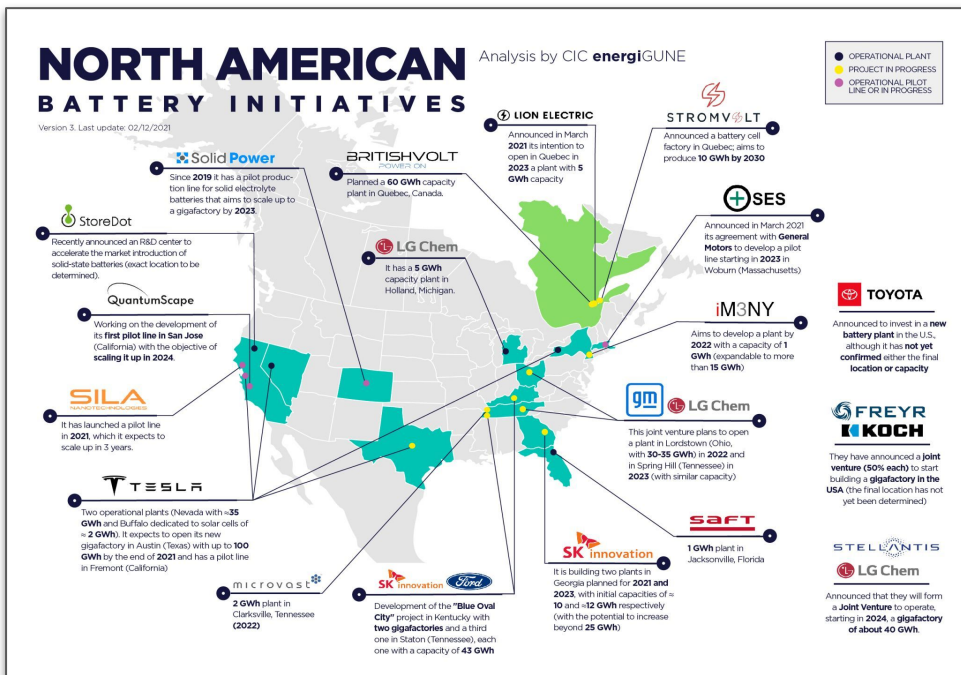
近年来, 欧洲在电池领域逐步占位以赶上亚洲



欧洲的各企业已相继宣布了35多个制造项目, 预计将于2030年投产。大众、雷诺和戴姆勒等OEM车厂与Northvolt、Vekkor 或 ACC 等公司和项目进行合作并推广, 是这些项目的主要推动者。大众汽车目前在诸多企业中表现突出, 其电池年产能到2030年预计将至少为 240 GWh。

欧盟基金等公共支持和资金正在帮助增加这些项目的数量。在未来几年里, 有必要密切关注其中一些处于早期阶段的项目。

与此同时，北美地区(尤其是美国)也开始 发展自己的电池产业

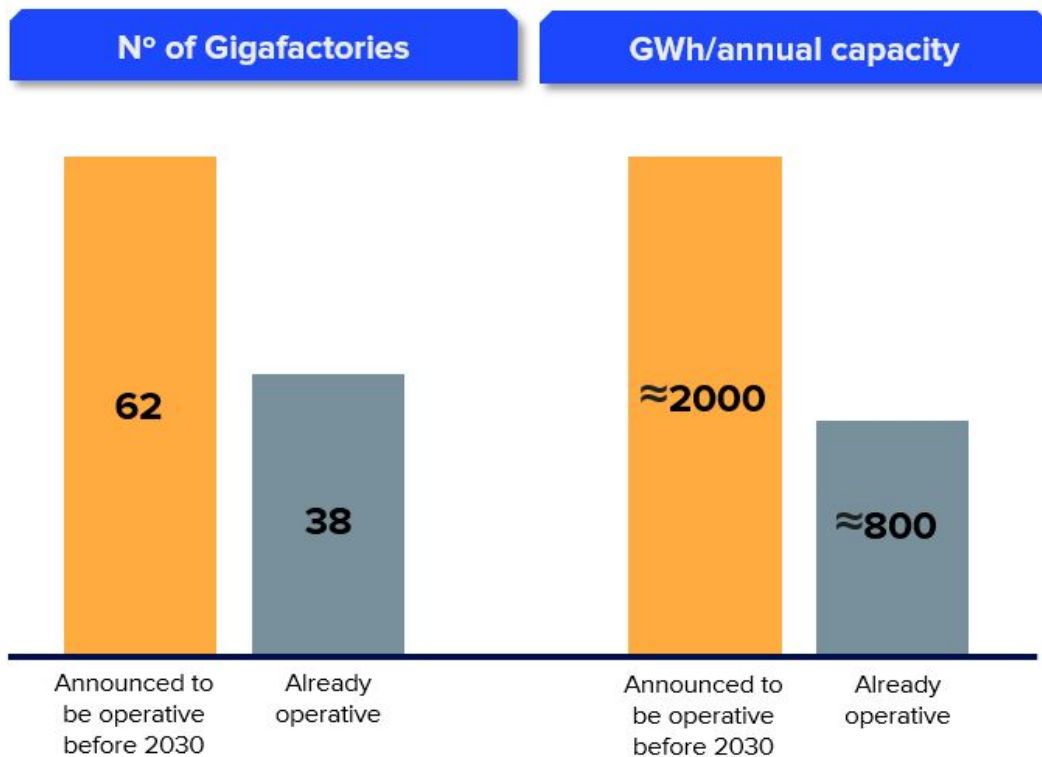


过去一年里，北美许多公司已经宣布了当地的超级工厂项目。在这之前，除了特斯拉已经开发或正在进行的项目外，其余项目几乎没有任何动静。得益于其国内的诸多大型车厂，美国主导着这些开发项目，同时也在寻求成为储能和电动汽车行业的领导者。

除了大型制造项目外，SolidPower、QuantumScape、Sila 和 Solid Energy 等小型初创公司的举措也脱颖而出，力求通过其技术创新彻底改变市场。

加拿大已经开始采取初步措施在全国范围内发展该行业，预计墨西哥也将很快紧随其后。

尽管其它地区做出了诸多努力，亚太地区仍将在未来几年继续引领该行业



基于其工厂数量, GWh级的产能, 以及该行业的主要参与者分布(比亚迪、宁德时代、SK Innovation、远景等), 亚洲地区的电池行业依然是全球的发展标杆。

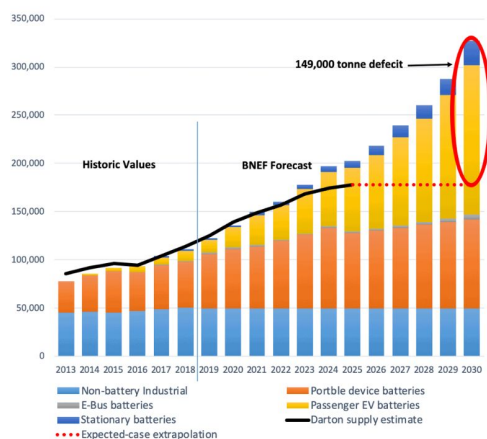
到 2030 年, 亚洲地区超级工厂的数量预计将比当前增加 50% 以上, 而产能将增长到目前水平的两倍以上。

中国则是则是脱颖而出, 到 2030 年将拥有该地区一半以上的工厂和 60% 的产能。

供应链洞察 | 原材料短缺

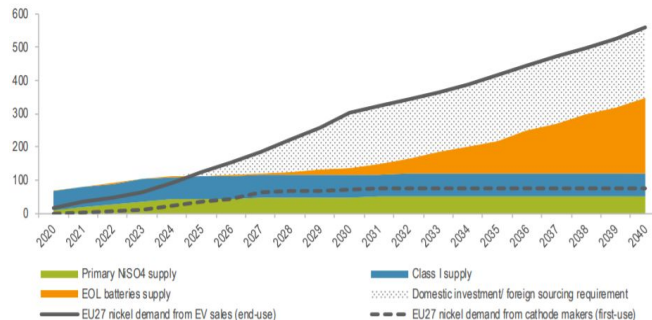
电池的三大主要材料正面临供应紧缺

钴: 预计到 2030 年将短缺 14.9 万吨



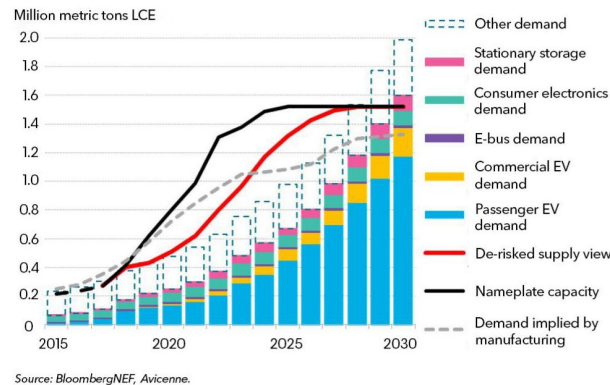
钴供需预测(吨)。资料来源: Investor Intel

镍: 需求量到 2030 年将增长 6 倍, 远超供应



精制镍供应和电池需求预测(千吨)。资料来源: Roskill

锂: 需求量到 2030 年将增长 5 倍, 远超供应



全球锂供需预测(百万吨)。资料来源: Bloomberg

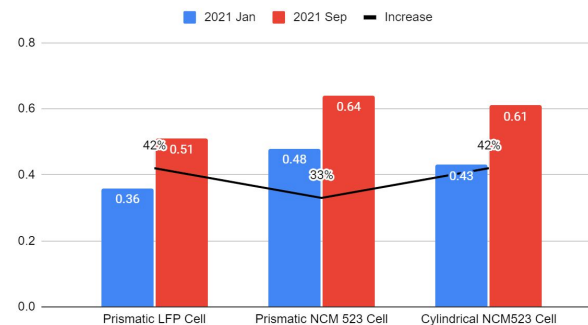
电池价格在过去十年中逐年下降, 现已至至 100 美元/千瓦时。但由于材料短缺, [电池价格突然逆升](#)。据比亚迪通告, 其从 2021 年 11 月开始将电池价格上浮 20%。由于铁基阴极材料丰富且供应短缺情况减少, 汽车制造商(例如[特斯拉](#)、[大众](#)、[戴姆勒](#))正转而使用该材料。

供应链洞察 | 原材料及电池价格

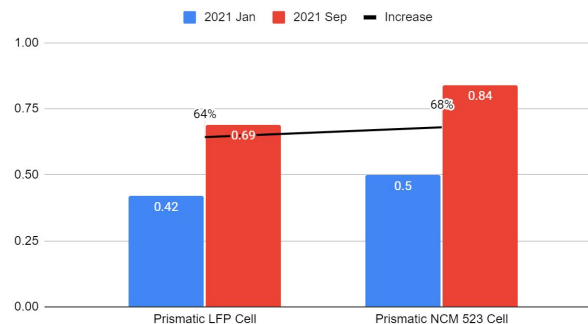
2021 年 1 月至 9 月在中国的原材料和电池成本

材料	2021年1月	2021年9月	平均涨幅(%)
磷酸铁锂 [万元/吨]	3.5-4	6-6.5	+67%
单晶镍钴锰 523 [万元/吨]	11-13	18-20	+58%
电解液 [万元/吨]	3.5-5	9-11	+135%
合成石墨 [万元/吨]	3.2-4.5	4.0-6.0	+30%
湿法制电池隔膜 (9+3微米) [元/平方米]	1.6-2	1.8-2.6	+22%
8u微米 铜箔 [万元/吨]	8-8.5	10.7-11	+32%
12微米 铝箔 [万元/吨]	2.6-3	3.4-3.8	+29%
导电剂 SP [万元/吨]	3.3-3.8	4.2-4.8	+27%
聚偏二氟乙 烯 PVDF [万元/吨]	10.5-13	28-32	+155%

China LIB Cell Cost increase from 2021 Jan to Sep [Wh/RMB]



China LIB Cell Cost increase from 2021 Jan to Nov [Wh/RMB]



供应链洞察 | 锂提取技术

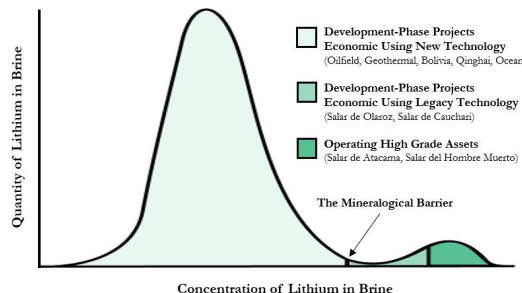
随着电池客户对碳酸锂和氢氧化锂需求的快速增长，锂行业正在加速为新客户提供产品并减少该行业对环境的影响。

新进的采矿开发商及主要生产商都筹集了大量资金，在世界各地推进了各种不同的锂矿项目。这一领域的发展有两个主线：

- 1) 将开采对象扩展到品位较低、纯度较低的自然资源的需求(例如开采沉积粘土)。
- 2) 应用更先进的技术，以减少提取和加工过程中产生的碳排放以及其他环境影响。

利用直接锂提取技术的锂卤水项目在 2021 年筹集了超过 5 亿美元，用于工艺规模化。力拓甚至收购了阿根廷的 DLE 盐水矿项目。伟晶岩矿产项目也更加专注于对可再生能源的整合，以减少碳排放。

The Mineralogical Barrier (Skinner, 1976)



Families of Lithium Natural Resources



Brine Resources	Minerals in Pegmatite Resources	Minerals in Volcanic & Sedimentary Resources
Salar Oilfield Geothermal Ocean Waste Streams	Spodumene Petalite Amblygonite Eucryptite Lepidolite Zinnwaldite	Smectites Illites Jadarite Zabuyelite Zeolites Amorphous Silicas
		



Standard Lithium Announces US\$100 Million Direct Investment From Koch Strategic Platforms



Strategic Investors Join Final Closing of Lilac Solutions' \$150 Million Series B for Lithium Extraction Technology



VULCAN ENERGY
ZERO CARBON LITHIUM™

Vulcan successfully completes A\$200 million Placement to accelerate and expand its dual renewable energy and lithium development strategy

Pilbara Minerals locks in Pilgangoora solar power

October 20, 2021 News Henry Ballard



Sigma Lithium Will Be Powered by Clean Energy and The Company Will Use State-of-the-Art Water Recirculation Circuits in its Processing Combined with Dry Stacking Tailings Management.

Rio Tinto Buys \$825 Million Lithium Project in Battery Push
RioTinto

Intercalation | Volta Foundation

可持续发展 | 概述

从供应链的角度来看，回收和可持续发展正成为越来越受关注的问题。

电池原材料竞争激烈，超级工厂的巨大增长将加剧现有的供应链问题。本节总结了在电池工业快速增长过程中催生出的以环保生态系统为导向的新话题：

1. 电池的生命周期分析(LCA)
2. 电动汽车与内燃发动机汽车产生的温室气体比较
3. 关键材料评论
4. 目前回收方法
5. 整车厂(OEM) 投资回收
6. 国家规定准则
7. 法规示例：欧盟电池法规提案

可持续发展 | 电池生命周期评估

截至2021年12月，中国以外的各大锂生产商都做出了净零排放承诺

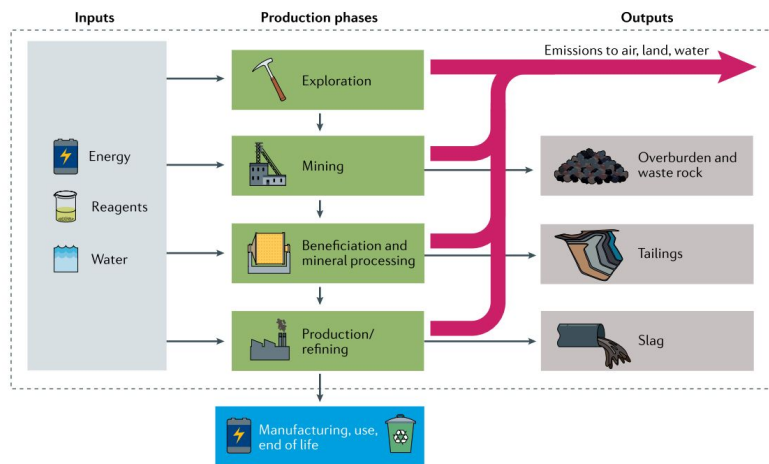
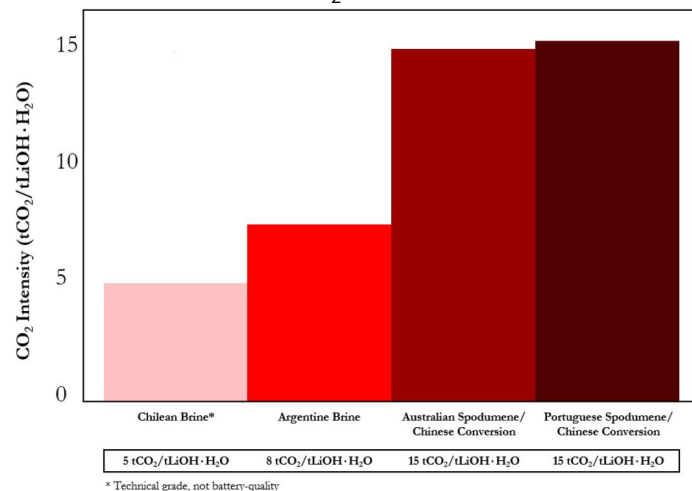


图2 | 技术材料的生产阶段。流程图概述了与电动汽车生产相关的投入、生产阶段和产出。排放可能包括温室气体排放、污染物和有毒物质。

制造不同 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 产品的二氧化碳强度



脱碳战略使电池原材料行业与客户的优先事项保持一致。生命周期评估 (LCA) 是一个用于量化采矿对气候、水和土地的环境影响的科学方法。Minviro公司利用现代能源和原材料的数据发布了第一个锂离子电池生命周期评估，这表明选择低排放的材料供应商是业界减少储能隐含排放的最重要杠杆。

可持续发展 | 电池生命周期评估

由于电池正负极都会对采矿产生影响, 因此对所有电池原材料进行脱碳至关重要。

全球变暖潜能值-石墨负极材料生产

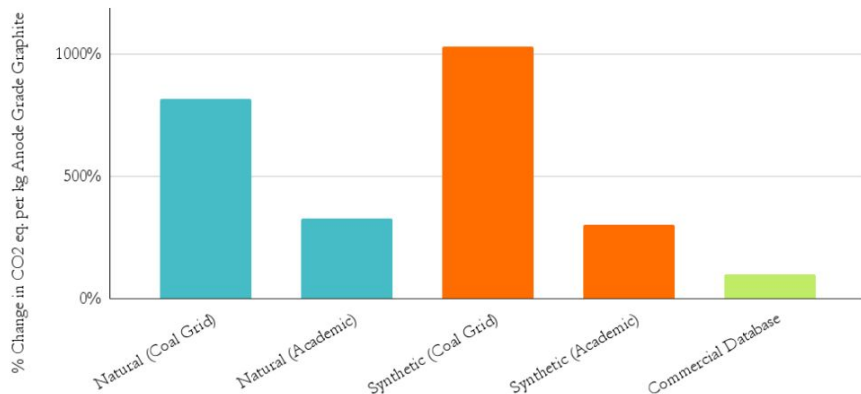
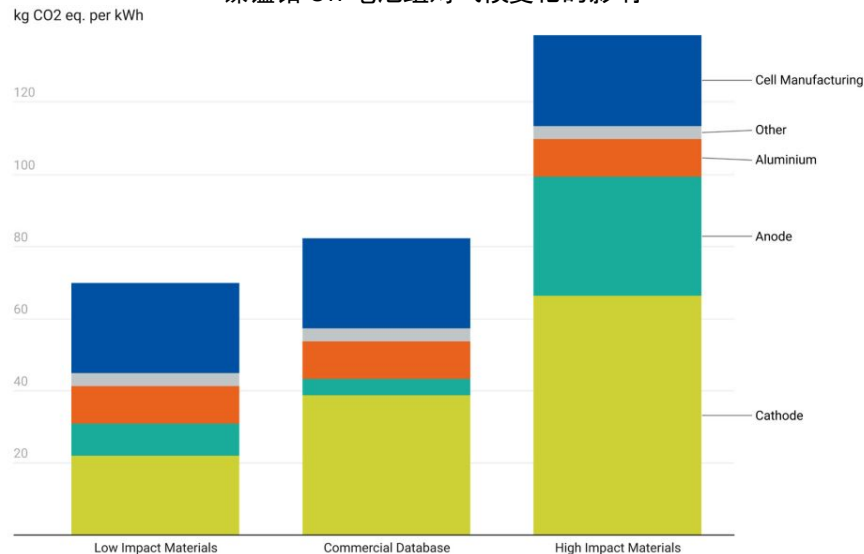


图2 | 各种电池级石墨 LCA 数据点的全球变暖潜能值 (gwp) 百分比变化, 标准化为数据库值。包括为本研究进行的两项新计算(煤基电网混合物的天然和合成路线)、天然学术数据、合成学术数据和商业 LCA 数据库中的电池级石墨条目。

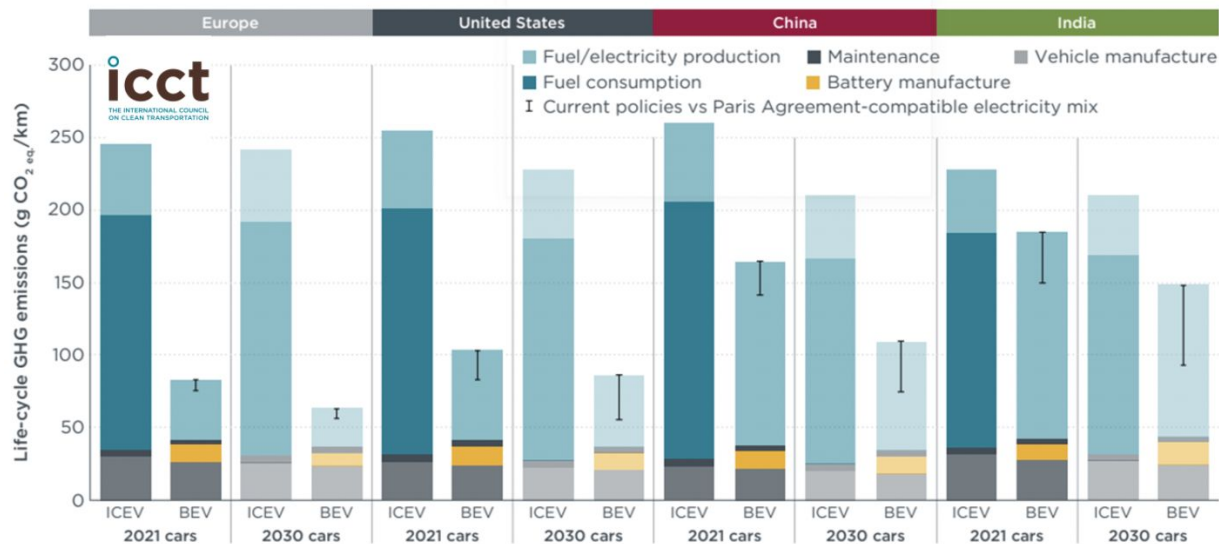
镍锰钴-811 电池组对气候变化的影响



脱碳策略适用于所有电池材料。新的创新者和现有的生产商创新和探索对所有原材料的“绿色生产”的新方法。这包括将可再生电力和热能整合到化学和采矿工艺中, 在某些情况下, 还包括对工艺技术的全面改造。

可持续发展 | 温室气体排放

电动汽车与内燃发动机汽车产生的温室气体比较



除了产生其他污染物外，原材料精炼和电池生产是碳密集型排放过程。近年来，电池生产的碳排放量有所减少。

电动车不会排放尾气温室气体，但电动车电池组的制造在初期[产生的碳足迹](#)比内燃机汽车高（它们也可能持续污染，其具体取决于为电动车充电的能源网）。制造业需要每年汽车制造过程中的碳赤字，与[数千辆燃油车一年的排放](#)相当。好消息是在过去十年中，由于[更大规模的电车生产提高了效率以及在全球电网中引入更多可再生能源](#)，电池生产产生的温室气体排放量有所减少。

可持续发展 | 温室气体排放

单人电动汽车的替代品

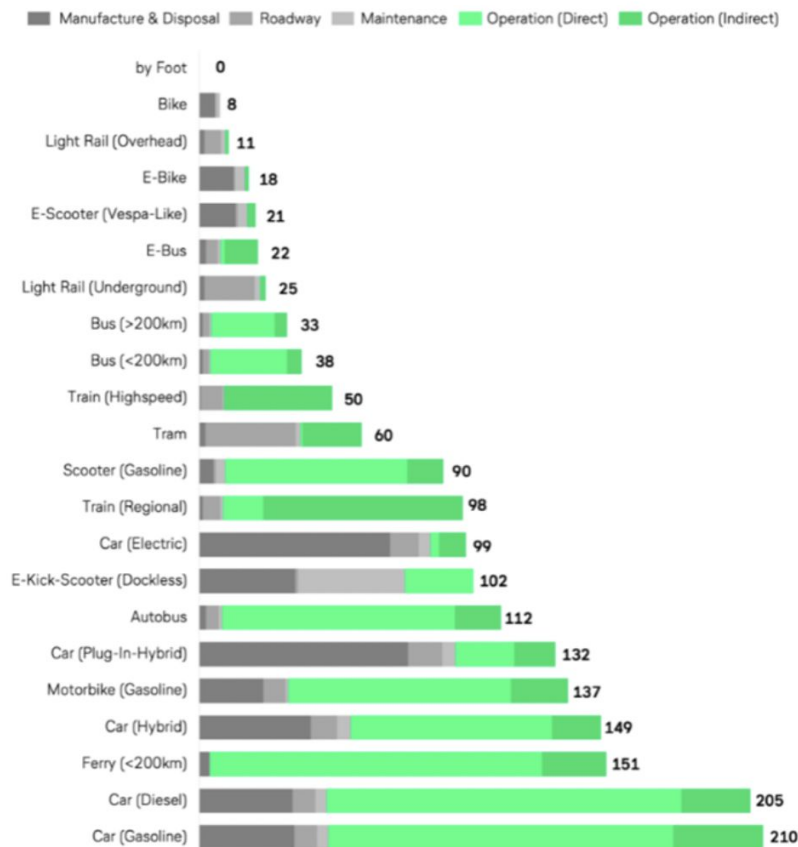
豪华电动汽车帮助迎来了当前的电动汽车热潮。然而，它们的温室气体排放量不可忽略，这与电池组的大小直接相关。此外，世界上没有足够的镍、钴或锂供每个车主驾驶高档豪华电动汽车。

可能值得考虑采用比电动汽车低碳且效率更高的替代交通方式，例如“[微型电动汽车](#)”、电动巴士、电动自行车和电动滑板车。

电动汽车并不是锂离子电池的唯一应用。公共汽车和自行车的电气化可以对减少温室气体排放产生更大的影响，同时使用更少的贵重材料。

按运输类型划分的平均碳排放量（克每旅客周转量）

TNMT



Sources: Lufthansa Innovation Hub Analysis, TNMT.com, press and various research studies — see extra Airtable

可持续发展 | 伦理

关键金属：人力成本

刚果民主共和国的劳工滥用行为——世界上一半以上的钴供应来自该国——是有据可查并被广泛报道（见国际特赦组织2016年发表的具有里程碑意义的[报告](#)）。尽管近年来许多行业领航倡议来解决这个问题，但[人权组织对其影响持怀疑态度](#)。此外，开采其他电池商品而对矿工及其社区构成的危险也鲜为人知。开采[镍](#)、[石墨](#)和[锂矿](#)都具有健康、安全和环境风险。

欧盟提议的[电池法规立法](#)包括一系列[尽职调查规则](#)，要求电池制造商限制其供应链中的侵犯人权和环境破坏（国际特赦组织认为可以进一步制定规则）。



“在一个社区地下发现钴后，刚果人开始在他们的房屋下挖掘”来自[纽约客Pola Maneli 的插图](#)

电动汽车需求和生产的蓬勃发展直接导致了围绕电池材料的淘金热和行业乱象。汽车制造商、电池制造商和政府必须解决这种负面影响，以确保电动汽车实现真正的绿色环保。

可持续发展 | 电池回收

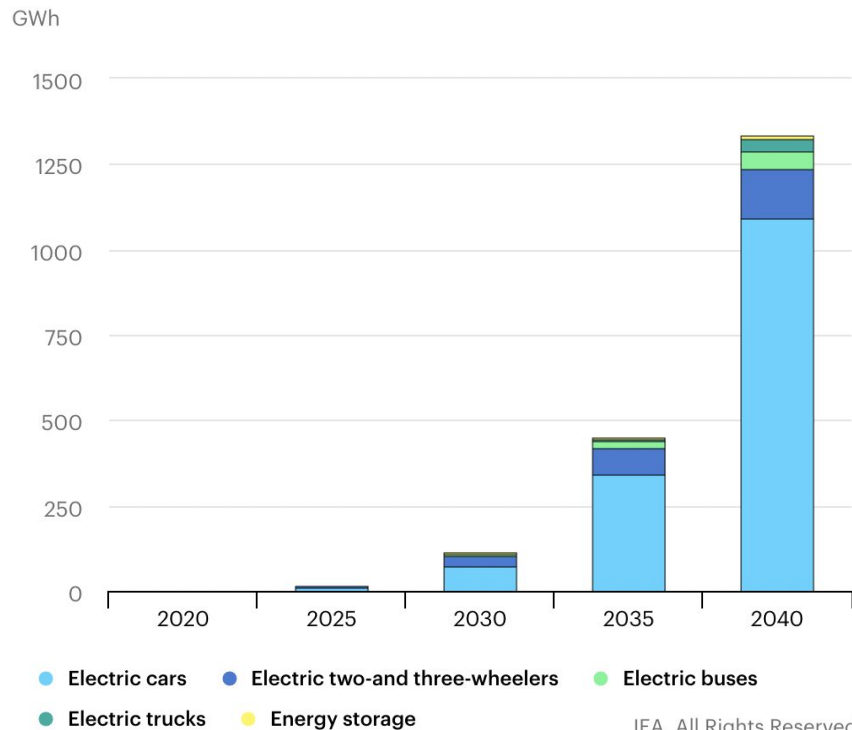
电池浪费问题

随着电动汽车产量的飙升，预计报废 (EoL) 电池废物量将增加。2030 年到 2040 年间，即使考虑到二手使用，每年将有数百万吨的电池(大约 1 TWh)被报废。

因为制造商需要获得关键部件的元素和材料，废旧电池提供了一个机会：回收电动汽车的电池提供有价值的二手材料来源。回收商主要针对阴极中的金属，如钴和镍，这些金属价格很高。回收利用提供了一个既可以将这些废物从垃圾填埋场中转移出来，也可以为日益资源匮乏的行业提供有价值的电池材料的机会。

政府补助和补贴是监管的重要组成部分，有助于鼓励回收利用。

可持续发展情景下电动汽车废旧锂离子电池数量和存储



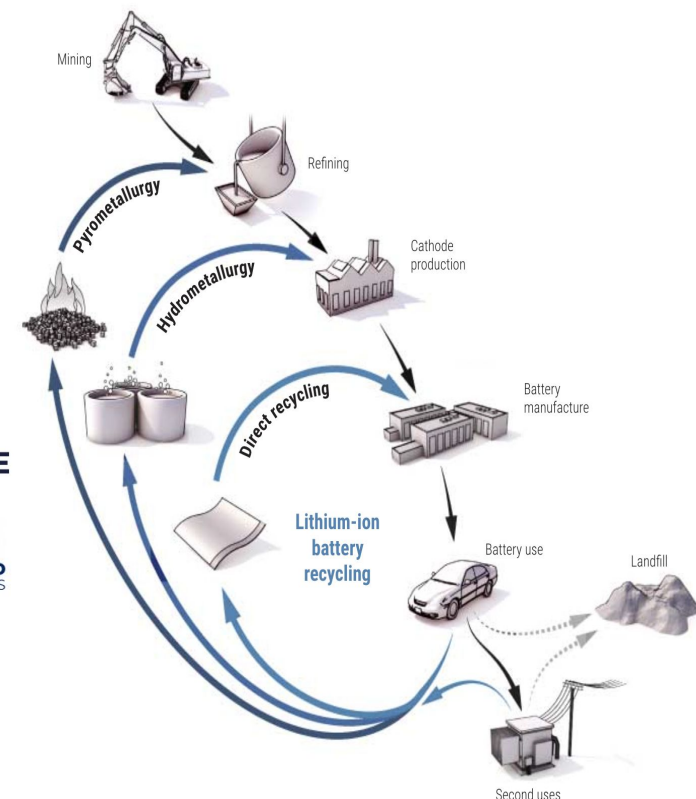
可持续发展 | 电池回收

概述主要回收的方法

火法冶金，或冶炼，是最简单和最成熟的回收方法。然而，它产生的二氧化碳排放量最高，可重复使用的电池组件比例最低，优先回收有价值的镍和钴，而不是锂、锰和铝。

湿法冶金是一种依靠水分离电池材料的成熟技术。它可以回收电池电极材料中大部分的金属(包括锂)，并且比火法冶金产生的废物更少。大多数水力技术使用酸来选择性地提取金属，然而，像Nth Cycle 这样的初创公司正在开发替代方法。

直接回收是对完整的电池组件进行仔细分离和处理，以便在新电池中重新使用。它代表着最大机会，最大限度减少浪费的同时保留有价值的阴极材料内在价值。然而，直接回收仍处于早期发展阶段。



可持续发展 | 电池回收

OEM在内部进行回收

虽然初创公司占据了回收的头条新闻，但汽车制造商和电池制造商已宣布计划建立自己的回收设施。制造和回收的垂直整合有助于OEM确保供应日益昂贵的电池商品。OEM也非常适合接受他们自己的退役电池组，因为他们知道其确切的组成和拆卸程序。以下为精选新闻：

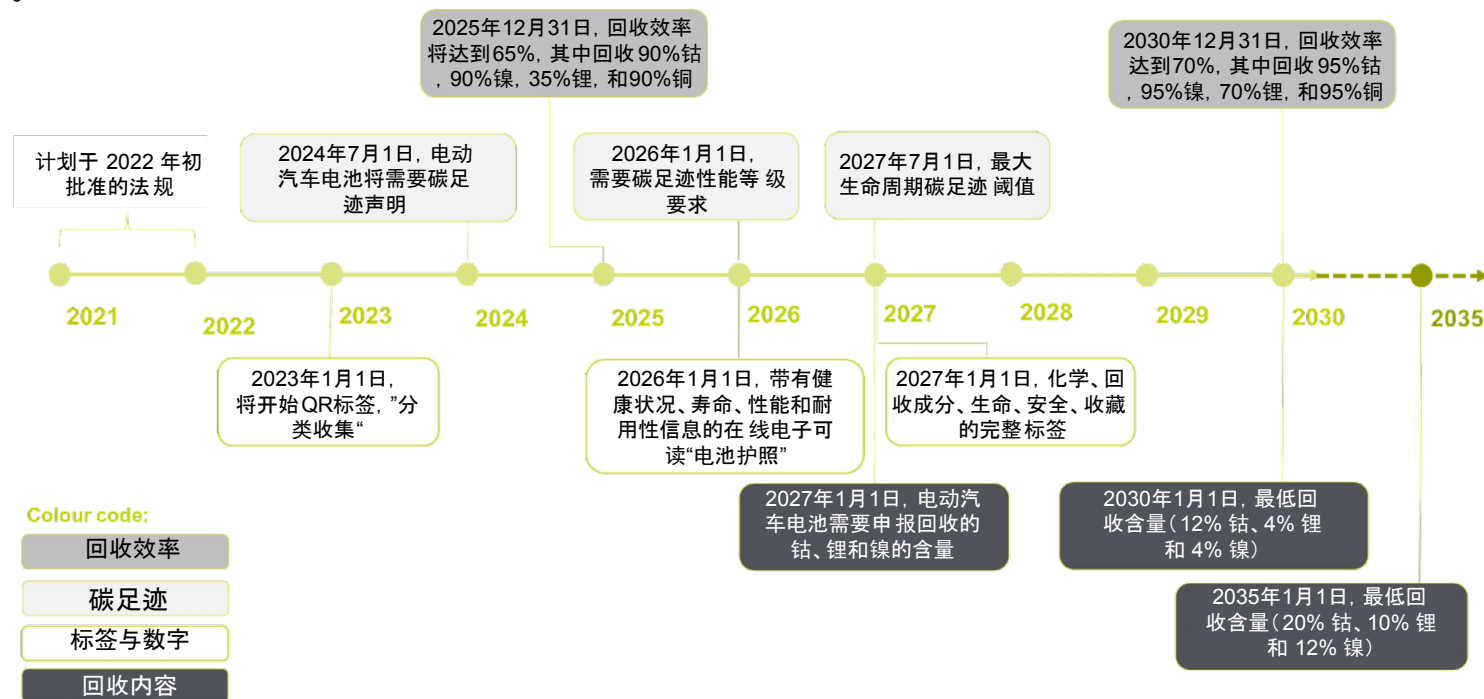
- **宁德时代**宣布与湖北宜化化工有限公司成立合资企业，在中国建设一个[价值 50 亿美元的回收设施](#)。这是与[巴斯夫](#)合作建立的欧洲阴极回收工厂的补充。
- **SK Innovations**计划在内部开发回收流程后，在其国际工厂之一建设一个[大型回收设施](#)。该公司还与[起亚](#)合作提供闭环回收。
- **大众汽车**正在为其[萨尔茨吉特工厂](#)建设回收生产线。
- **Northvolt**，大众汽车的密切合作伙伴，在瑞典建立了一个研发中心，重点关注电池回收。该公司声称已经用[100% 回收的阴极材料镍锰钴](#)制造了概念验证电池。
- **雷诺**已与[索尔维和威立雅](#)合作开发闭环电池回收流程。
- **特斯拉**声称已经在内华达州的超级工厂开发了[第一阶段的现场电池回收设施](#)。

无论OEM有没有产品，他们都可以将回收设施本地化。这可能意味着可将多个地区（北美、欧洲和亚洲）的电池进行回收利用。设施的战略布局使OEM能够维持稳定的电池材料供应。

可持续发展 | 电池回收

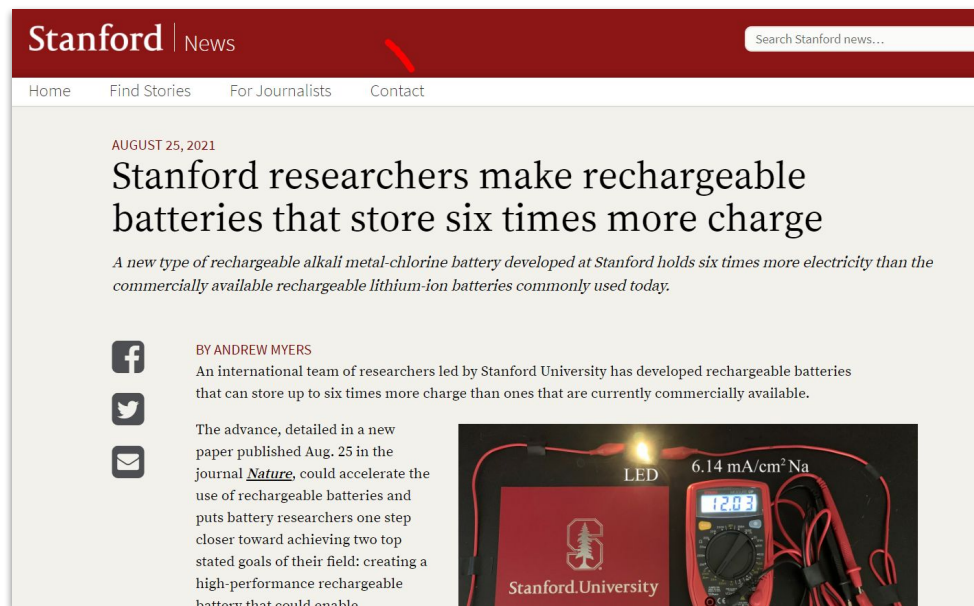
欧盟电池指令提案

2020 年 12 月，欧盟发布了新的可持续电池法规提案，旨在为电池生产在整个产品生命周期中的可持续性、可追溯性和循环性建立法律框架。



媒体时常会夸大“突破”和“下一代”技术，向业界也传递了错误的信号

我们希望更多的记者可以在发稿前向电池专家们核实一下内容和细节，专注于准确的报道而不是博眼球的标题



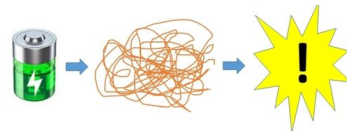
媒体 | 准确的报道

读者最应该注意的科学论文发表中的小“技巧”们

学术写作中过度夸大的结果促使科学界站出来帮助读者们在阅读电池研究时规避陷阱

Ten Ways to Fool the Masses When Presenting Battery Research**

Patrik Johansson,^{*,[a, b, c]} Sajid Alvi,^[a] Pedram Ghorbanzade,^[a] Martin Karlsmo,^[a] Laura Loaiza,^[a] Vigneshwaran Thangavel,^[a] Kasper Westman,^[a, d] and Fabian Årén^[a, c]



1. 始终将你的结果与 2010 年当时最先进的结果进行比较

2. 计算能量密度的时候仅考虑电化学反应

3. 仅根据使用的原材料报价

4. 谨慎选择你的循环条件

5. 悄悄地改变实验步骤、布局和材料成分

6. 玩面密度和比率的游戏

7. 永远不要对你(最有前途)材料进行合适的表征

8. 所有东西都可以是固体的不是吗？

9. 错误？不存在的

10. 如果所有都失败了，展示漂亮的照片和视频

第二部分 研究



概述 | 科研领域的流行课题

我们甄选了2021年最令人瞩目的同行评审学术论文，涵盖了以下主题。

正极

负极

电解质

固态电池

表征

回收

人工智能

仿真模拟

诊断

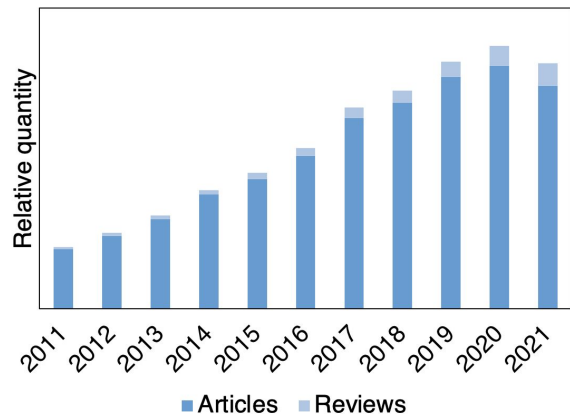
电池包设计

电池成本

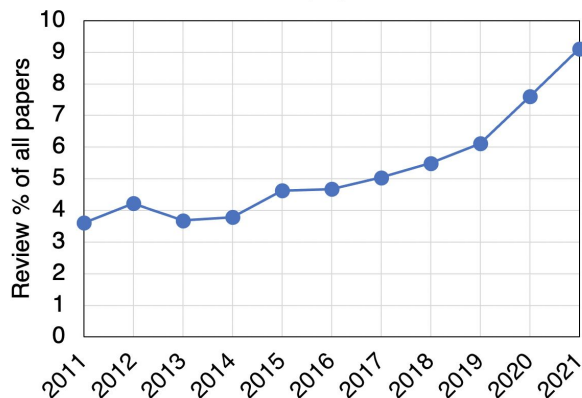
政策

概述 | 2021学术领域的趋势

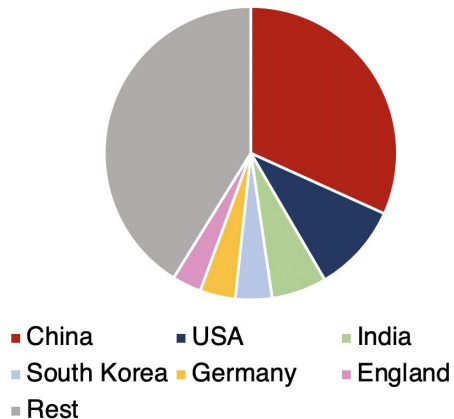
Papers published



Review papers



Research from regions



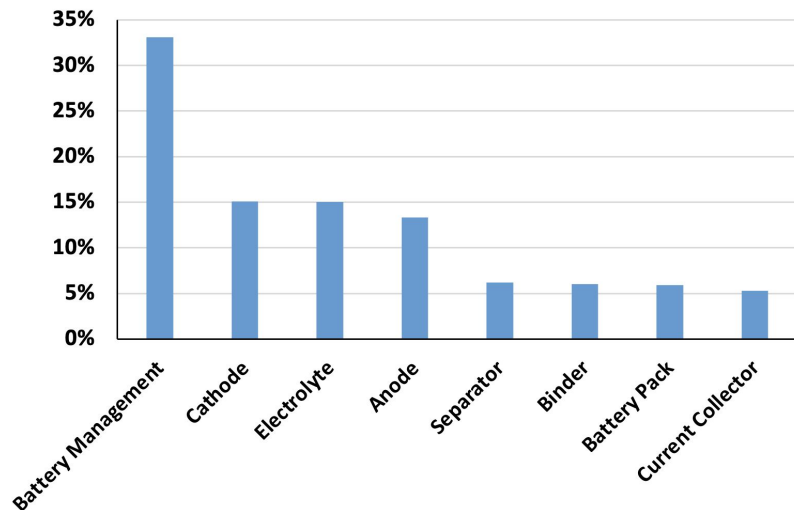
- 论文总发表量较去年减少(受疫情影响)
- 研究型论文较去年同期减少

- 综述类文章占10%
- 科研工作者更倾向于综述,而非原创研究型论文

- 中国继续主导电池领域学术论文的发表

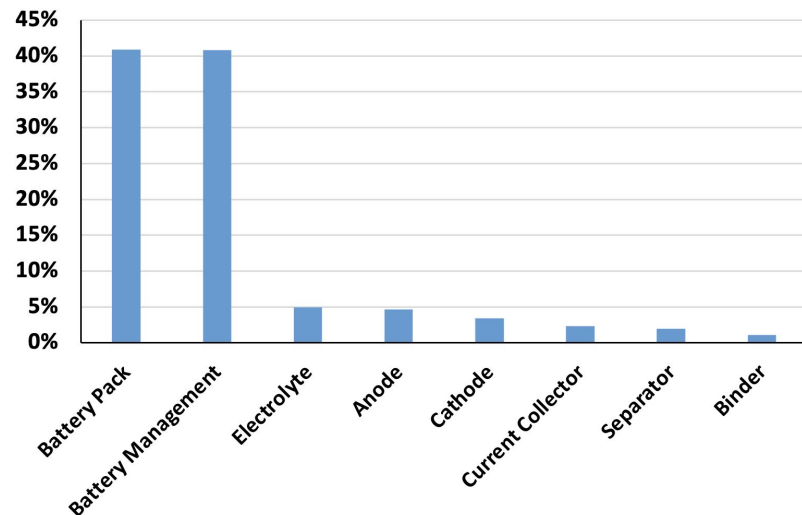
概述 | 电池管理系统的研究引人注目

2021 Publications by topic



- 2021年**电池管理系统**领域的论文发表量暴增
- 电池材料领域，**正负极材料和电解质**依旧最受学术界青睐

2021 Patents by topic



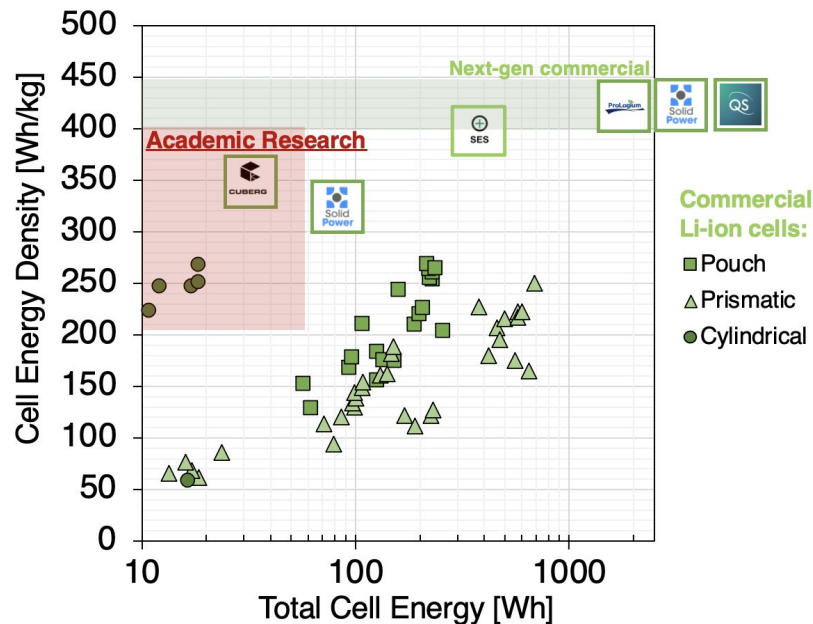
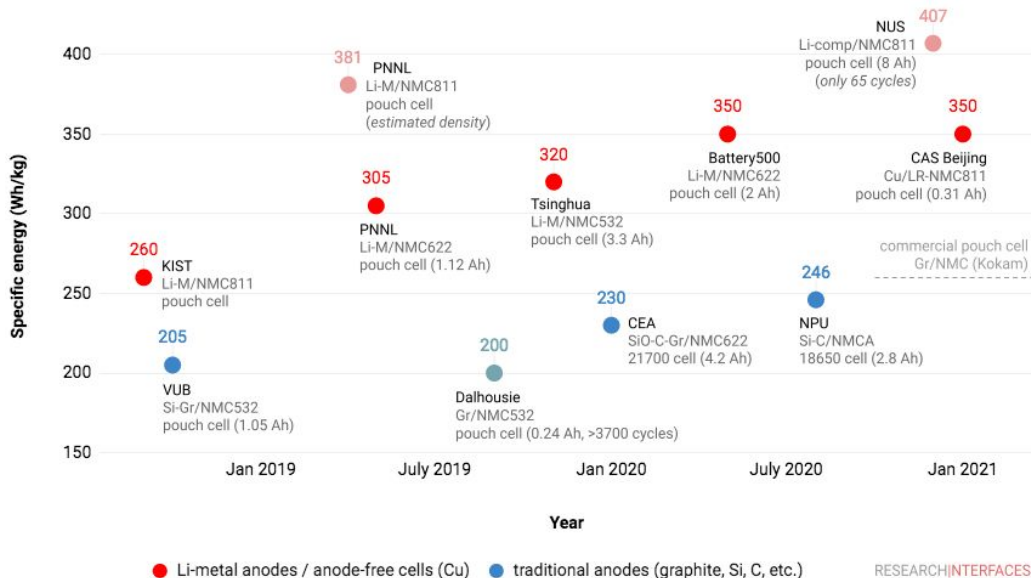
- 2021专利申请依旧集中在系统层面的创新，其中**电池包和电池管理系统**相关的专利数量独具鳌头。

概述 | 学术科研领域报道的最佳性能

- 学术界报道的最佳性能的电芯的容量近**10 Ah**，能量可达到**50 Wh**。
- 已实现的能量密度暂时达不到产业界2025到2030年的目标 (电芯级350 Wh/kg)。

Battery energy

State-of-the-art specific energy of Li-ion cells in academic research



科研 | 基础研究规范

	Confirmed	N/A	Additional comments
Battery assembly	☒	☒	
Design of cell structure (e.g., 2032-coin cell, 3 cm * 5 cm pouch type cell, or others)			
The relative weights of the active materials, conducting agent, and binder in an electrode			
The loading level of the active material (mg/cm ²) in the electrode			
The capacity balance between the cathode and anode (N/P) in a full cell			
Lithium metal thickness and size (lithium metal cells)			
Composition of electrolyte and details of additives			
The amount the electrolyte and the ratio of electrolyte to active material.			
Specifications of used materials (amount in grams, purity, concentration, vendor, etc.)			

Evaluation of electrochemical performance	☒	☒	
Type of cell (half or full cells) used for the electrochemical tests			
Number of the stacked electrodes and the corresponding total capacity (full cells)			
Cell capacity (mAh) or areal capacity (mAh/cm ²)			
Theoretical capacity to determine C-rate and C-rate for each electrochemical test			
The range of the operating voltage			
The ambient temperature during electrochemical evaluations			
Specified C-rate for each electrochemical test			
First cycle or initial pre-cycling conditions and electrochemical data			
Initial charge-discharge Ah efficiency and the capacity evaluated at a low C-rate (e.g., 0.1 C)			
Pressure applied to the cell (if additional pressure is applied during cycling)			
Method of calculation of energy density (material, electrode, cell, pack level, etc.)			
Electrochemical testing procedures and CC/CV mode			

电池学术界正在努力加强跨界合作，并通过一系列的提议和措施以保证科研成果具有透明度和可靠性。比如：

- [An Experimental Checklist for Reporting Battery Performances](#)
- [Ten Ways to Fool the Masses When Presenting Battery Research](#)
- [A Minimal Information Set To Enable Verifiable Theoretical Battery Research](#)
- 开源数据和代码: [BatteryArchive](#), [LiionDB](#), [PyBaMM](#).

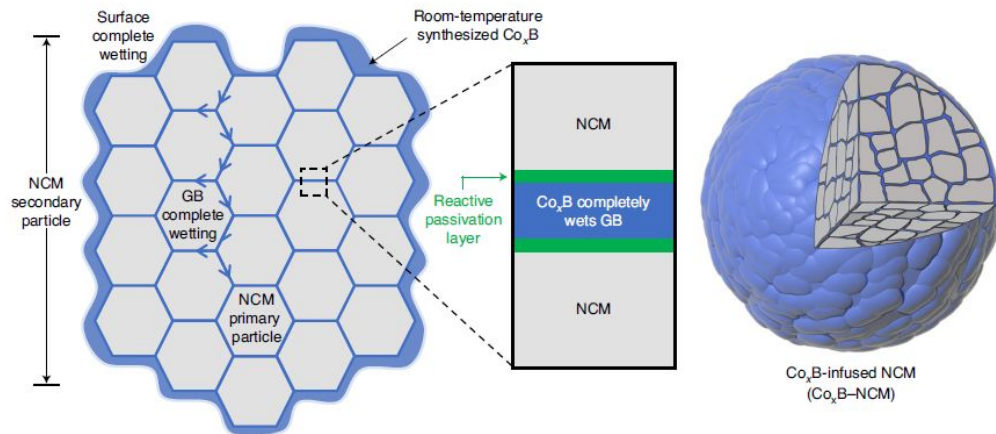
期刊一如既往地鼓励电池研究遵循经典惯例。例如，ACS Energy Letters就氧化还原液流电池的实验研究和电池模拟发布了标准清单以规范化流程，并用之前的案例进行了举例

科研人员需要一个简介且适用于不同类型电池研究的清单，已实现科研报告的标准。如何在更多学术期刊中广泛采用这一清单将是一个关键挑战。

正极 | 包覆层稳定高镍正极

麻省理工学院的研究人员已经报道了一种简单的溶-液方法, 通过与氧化物活性材料反应浸润来构建高质量的硼化钴包覆层。

数据显示, 在高倍率放电(7°C)和高温条件(45°C)下, 软包全电池的倍率性能和循环稳定性得到了改善。

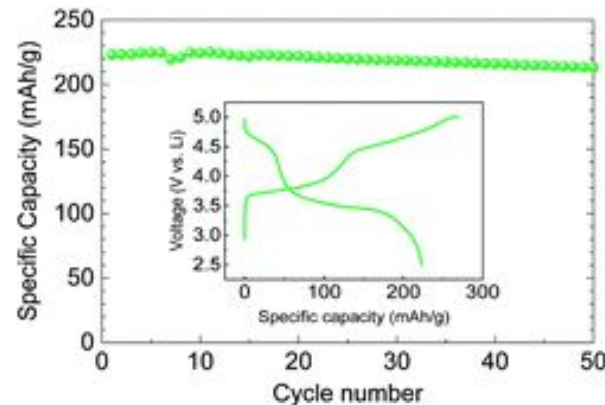
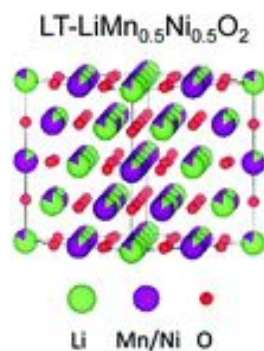


这种优异的性能是因为其同时抑制了微结构降解、晶间裂纹和与电解液的副反应。数据还表明, 硼浸润处理改善了安全性, 有助于延缓热失控的发生, 减少总热量的释放。

正极 | 高能量锂离子电池无钴正极

Argonne国家实验室与太平洋西北国家实验室的研究人员研究了具有岩状尖晶石和层状结构的无钴正极 $\text{LiMn}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_2$ 。

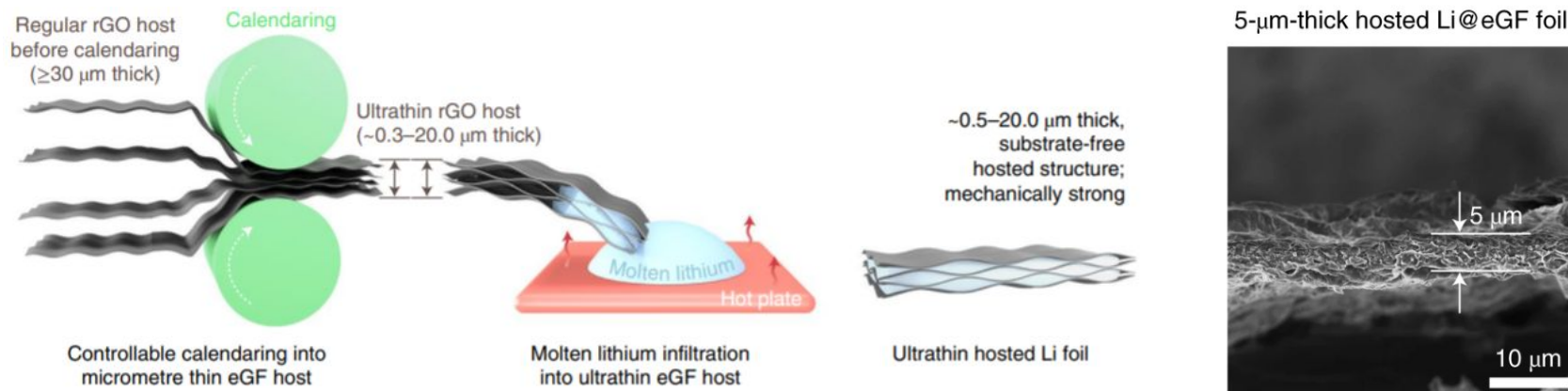
该材料是在 400°C 的低温下合成的，工作电压在2.5 - 5.0V之间，容量为225 mAh/g，早期评估表明，经过50次循环后，降解极小。在充放电过程中，与 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ (16%) 和 $\text{Li}_x\text{Mn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ (12%) 相比，其晶胞体积只膨胀了2.7%。



由于晶胞体积只有微小变化，无钴正极材料展示了其良好的性能，这在行业迈向无钴未来的过程中具有重要意义。

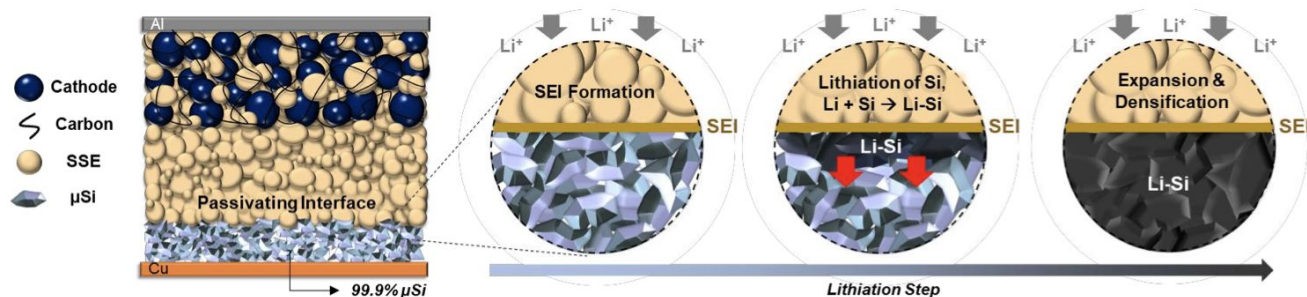
负极 | 超薄锂金属氧化石墨烯

斯坦福大学研究者通过将熔融的锂金属渗透到石墨烯氧化物基体中，设计并制备了一种超薄金属锂负极（最薄 $0.5\mu\text{m}$ ），该负极是独立的，且机械稳定性好，厚度可调，库仑效率接近100%，并且使锂离子电池容量能够增加8%。



完全无负极的电池目前仍然无法商业化，而制造这种锂负极的新方法可能会加速金属锂电池的发展。

负极 | 无碳高负载硅负极



来自加州大学圣地亚哥分校的研究人员展示了基于硅负极的固态电池 (SSB)，该系统有三个主要特点。1. 与锂金属负极相比，硅更便宜；2. 与固体电解质 (SE) 搭配的硅材料具有更低的副反应活性，同时保持相似的容量；(3) 硅负极的容量是石墨阳极的 10 倍。

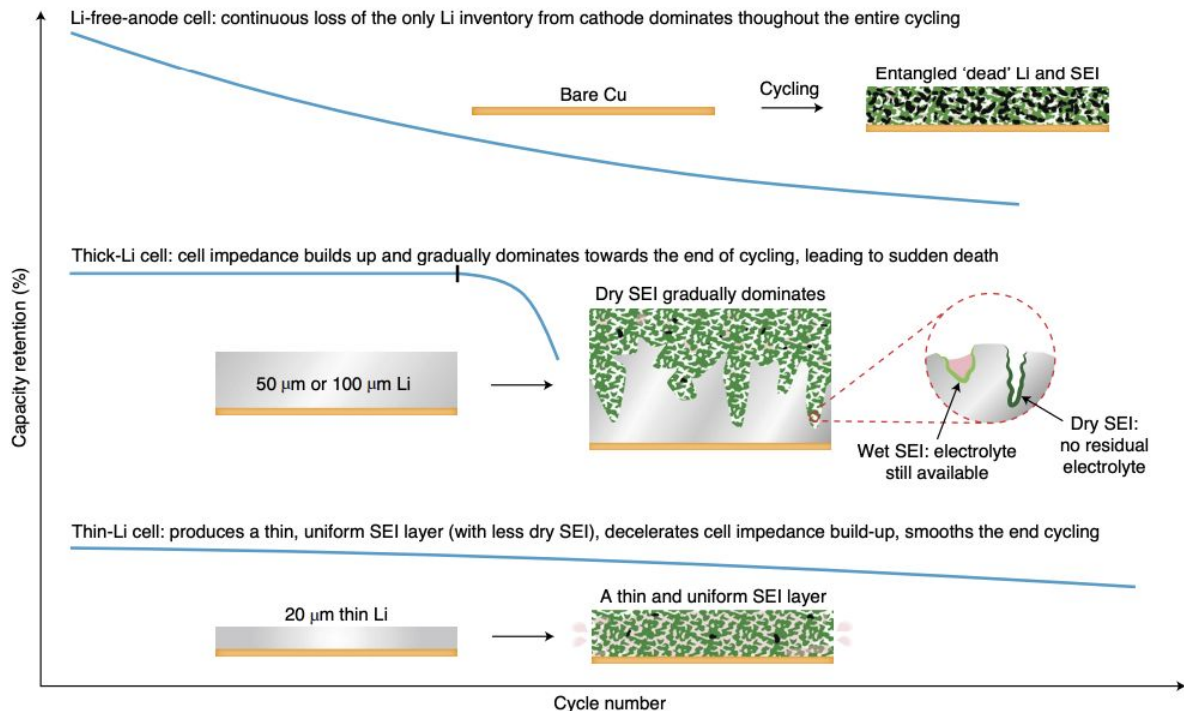
在锂化过程中，99.9 wt% 的微米硅被硫化物固体电解质 (SE) 钝化，形成固体电解质界面 (SEI)。SE/Si 界面合金中的锂离子与 Si 形成致密的 Li-Si，且高度可逆。

性能上的突破

- 微米硅的电流面密度大于 5 mA cm^{-2} ，且不需要含碳粘结剂。
- 高循环寿命：500圈后依然保持80%以上，且运行温度可在-20 到 80摄氏度的范围内。

硅负极，固态电池设计和更大范围的运行温度，对于锂电池都是具有挑战性的工作。该项目成功同时实现了三者，相当了不起。

负极 | 锂金属负极厚度优化

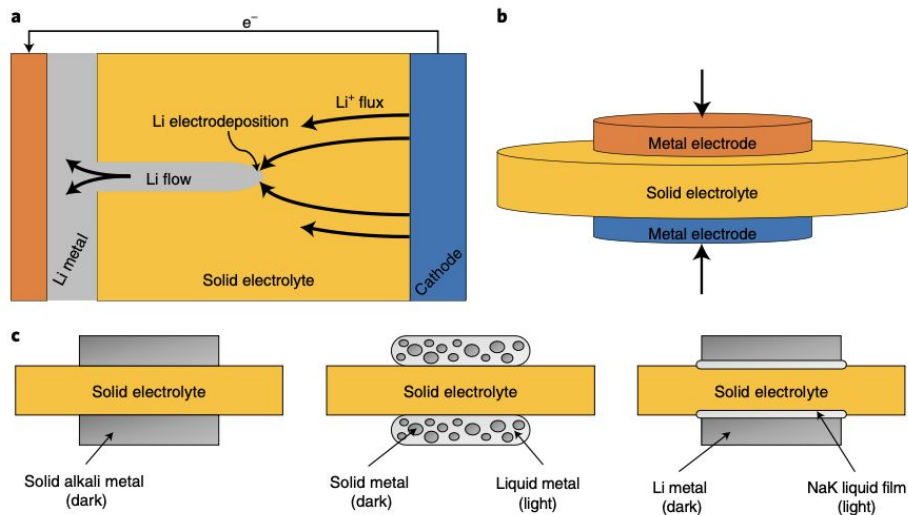


太平洋西北国家实验室的研究人员发表了一份无锂、厚锂和薄锂金属+液体电解液软包电池的比较报告。其软包电池使用LiFSI:DME:TTE电解液, 结果显示, “金发丝”般的20 μm 薄锂有更好的循环性能, 并且由于存在相互竞争的SEI效应, 厚锂和无锂负极循环较差。软包电性能最佳能够循环600次, 能量密度为350 Wh/kg。

该方法是一种商业上可行的金属锂电池负极厚度优化策略

负极 | 碱金属合金电极

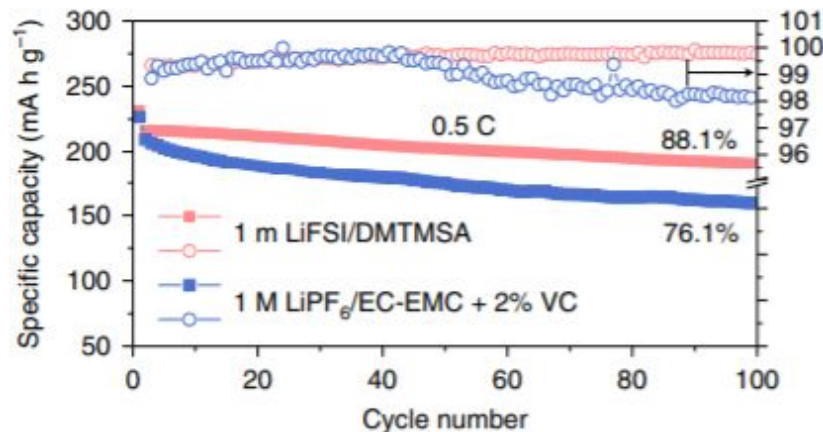
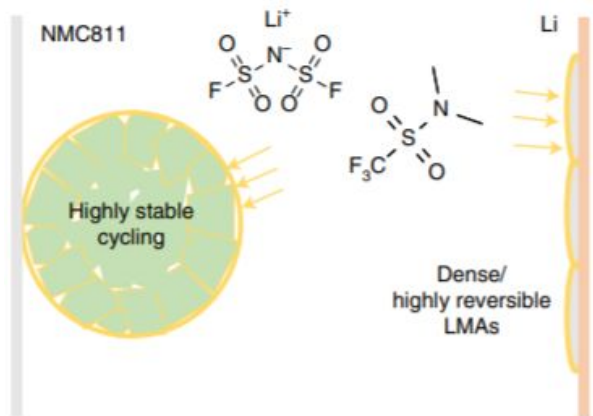
麻省理工学院、卡耐基梅隆大学、布朗大学和德州农工大学的研究人员在固态电池中展示了一种具有高电流密度的半固态碱金属电极，这种电极通过将锂金属与Na-K薄膜界面结合成锂合金使用。



这些设计有望改善金属锂与固态电解质之间的界面层，并有助于解决固态金属锂电池的电化学和机械稳定性问题。

电解质 | 高镍正极用磺胺基超高压电解质

麻省理工学院的研究人员为增加电池的循环稳定性设计了一种磺胺基电解质，该电池使用高镍正极，金属锂负极。新设计的电解质通过抑制副反应、气体析出、过渡金属(TM)溶解和晶间应力腐蚀开裂(SCC)，能够使NMC-811正极的循环电压达到4.7 V。也能最大限度地减少了锂金属的破裂。



这种新型电解质可以使高镍正极在更高的电压下工作，潜在的成为现有产线上的一种替代方案

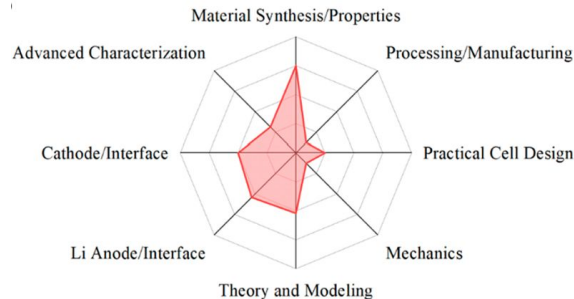
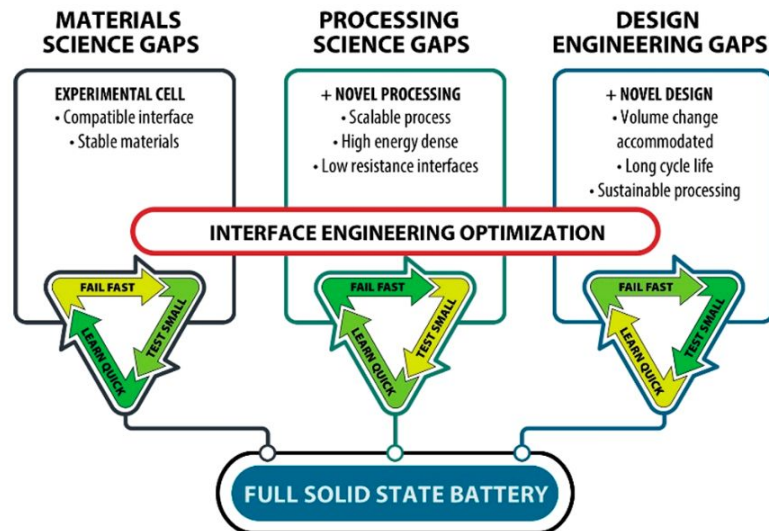
固态 | 通向全固态电池之路

橡树岭国家实验室(ORNL)举办了一场研讨会, 重点介绍锂金属固态电池在材料、加工和放大方面面临的挑战。来自国家实验室、大学和企业的30名固态电池专家出席了研讨会。

商业化挑战

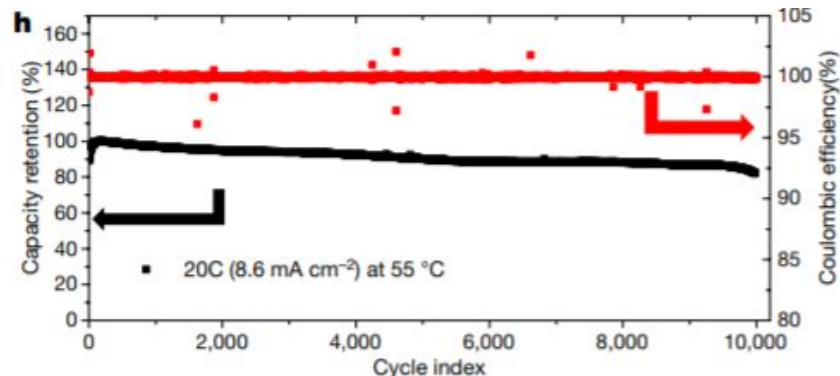
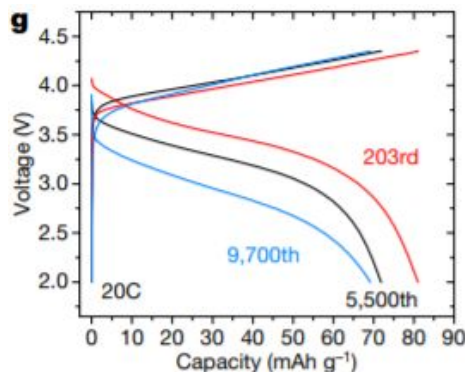
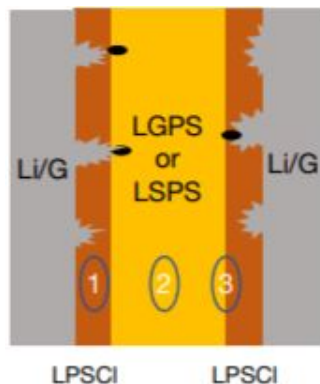
- 固态电解质(SE)与电极界面的控制。
- 解决延展性和成本挑战, 使其尽可能低于100美元/kWh。
- 最重要的是证明锂离子性能的优势, 目标为>500 Wh/kg和>1500 Wh/L。
- 保持最佳的固态电池堆压力, 减少循环期间的体积变化。
- 实际上, 电池的延展性和制造设计, 以及固态力学在学术文献中报道过少。

这是今年关于锂金属固态电池最全面的必读综述*, 涵盖了从学术界到工业界的见解, 从基础研究到产品设计的认知。



固态 | 固态电解质的多层稳定性设计

哈佛大学的研究人员设计了一种具有动态稳定性的多层固体电解质。设计的固体电解质通过良好的局部分解防止任何锂枝晶生长。结合NMC-811正极, 在超高倍率下, 制备的固态电池具有非常长的循环寿命, 在20°C下循环10000次后, 容量保持率为82%, 相应的能量密度可达631.1 Wh/kg。

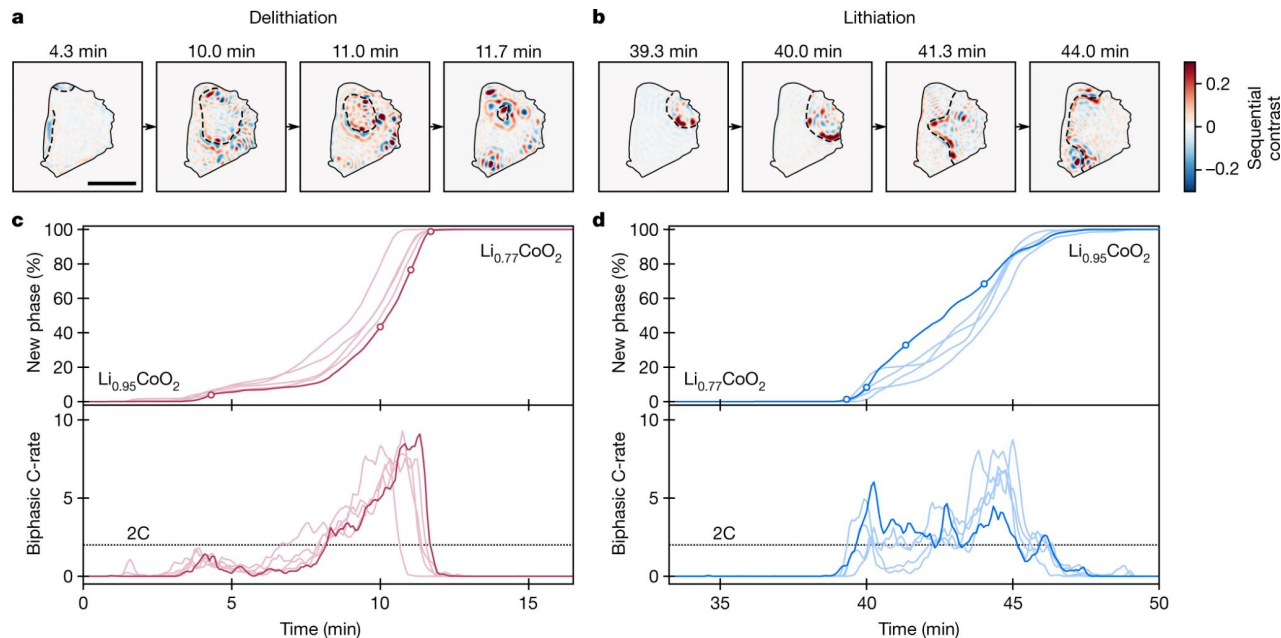


在20°C环境下, 固态电池的循环寿命达到10,000次, 同时能量密度可达631.1 Wh/kg, 这是一项令人瞩目的成就。尽管这项工作是在材料和电芯层面上进行的, 但潜力巨大。

电池表征 | 单颗粒的离子动力学研究

剑桥大学的研究人员开发了一种简单的光学干涉散射显微镜，能够解析电极内的纳米级别的细节。

众所周知，快速充电发生得很快。这使得在这些时间尺度内表征纳米级结构特征极具挑战性。该方法可应用于多种电极材料，具有巨大的未来研究潜力。



新型二维结构表征技术的突破现在允许在整个操作过程中监控和量化锂化和脱锂过程。

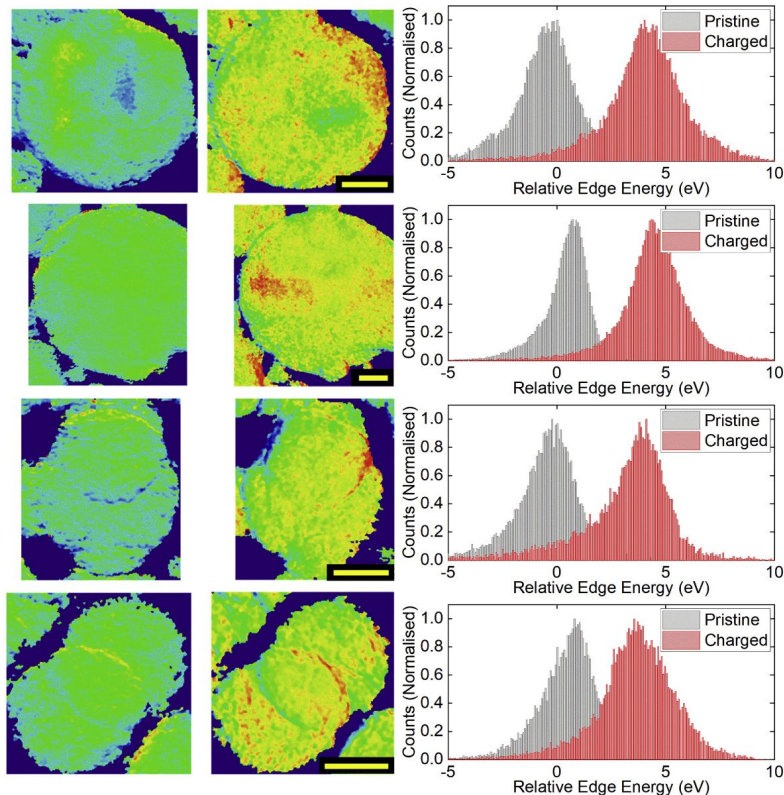
电池表征 | 纳米尺度上的充放电状态信息的捕获

同步辐射产生高强度 X 射线, 允许进行 4D(空间 + 时间)的研究, 但通常下这些专业设施的预约很紧俏, 很难被广大研究人员所使用。尽管采集时间明显较长, 此种研究确实在实验室级别上大幅提升了相应的反应动态图像的分辨率, 是对其他同步表征的有力补充。

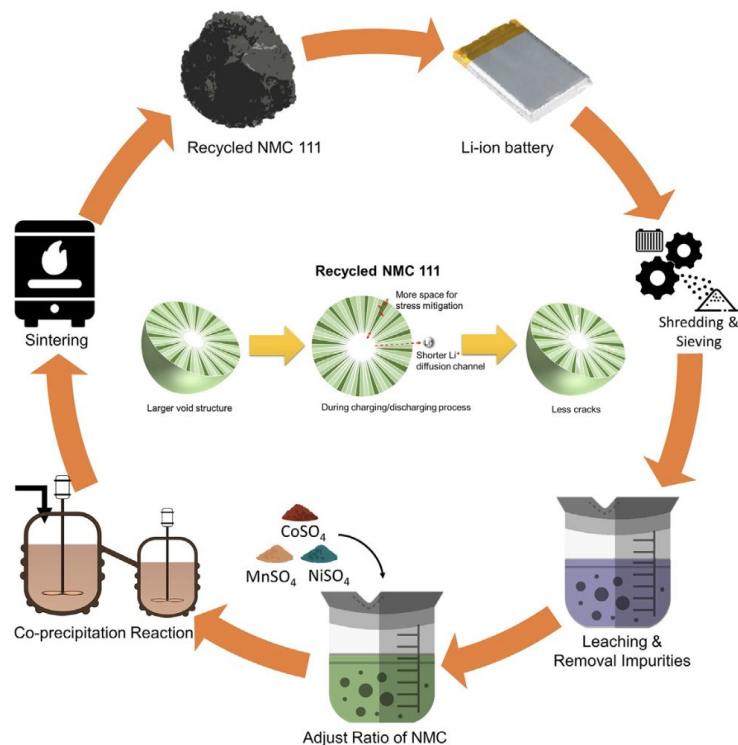
通过同步辐射技术, 斯坦福大学同步辐射中心(SSRL) 和伦敦大学 (UCL) 的研究人员开发了一种新的样品制备和表征方法, 能够量化单个晶体颗粒的充放电状态并监测它们在整个电化学过程中的变化。

在这项研究中, 实验室系统允许加速和优化新的样品制备技术的迭代设计。使其在对初始时间敏感的同时辐射测试之前就能完成。

在4D 表征技术上的突破使单颗粒的充放电状态在整个运行过程中可以被量化和监测。



回收 | 回收材料带来的卓越性能



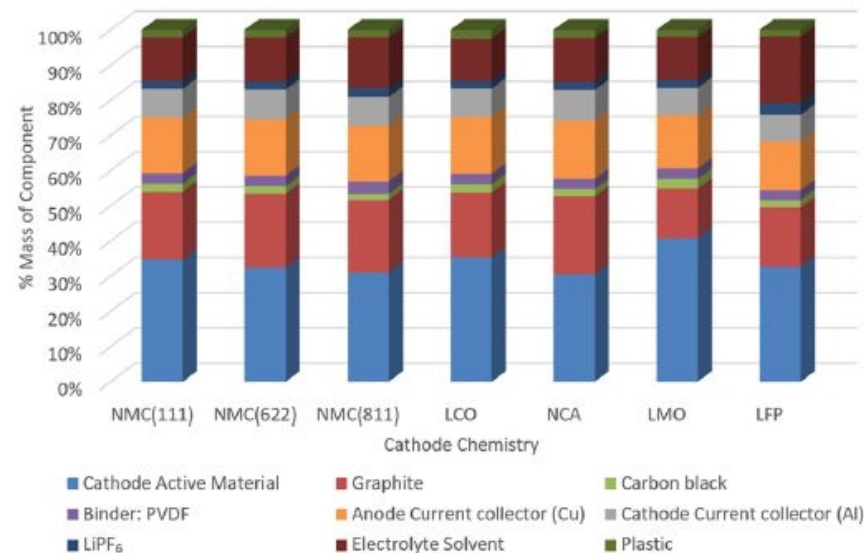
美国伍斯特理工大学科学家开发了一种阴极回收技术, 该技术创造了一种独特的微结构NMC111, 这使回收材料比商业材料更耐用。

性能成就

- NMC111的1Ah 电芯 在 80% 和 70% 的容量保持率下实现了 4200 次循环和 11600 次循环, 与最先进的商用 NMC111 相比提高了 33% 和 53%。
- 回收的材料展现了优化的微观结构, 比如更大表面积、累积孔体积和更大内部空隙。
- 这会产生更高的锂化学扩散系数, 从而减轻循环过程中的应变并减少相变。

生产高性能回收材料(与原正极材料相当的)对于推动循环经济至关重要。

回收| 电池回收过程的评估

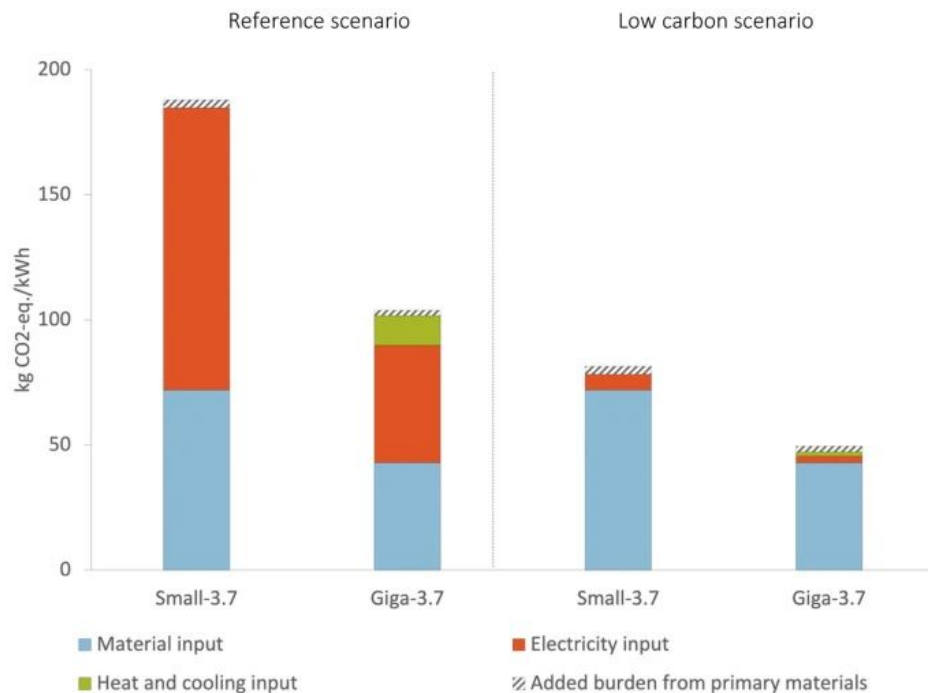


大多数回收商使用机械处理、火法冶金或湿法冶金中的一种或多种，专注于高价值金属提取，而不是金属或成分材料的闭环回收，这突出了环境和技术的差距。

伯明翰大学、华威大学和纽卡斯尔大学的研究员提出了一种新的定性评估矩阵，称为“战略材料加权和价值评估”(SWAVE)，以比较战略重要性和锂电池里各种材料在报废时的价值。

为改善当前电池循环的经济性，我们需要考虑进一步发展再利用材料（闭环回收），而不是单纯的回收或回收金属。

回收 | 规模量产电池的影响

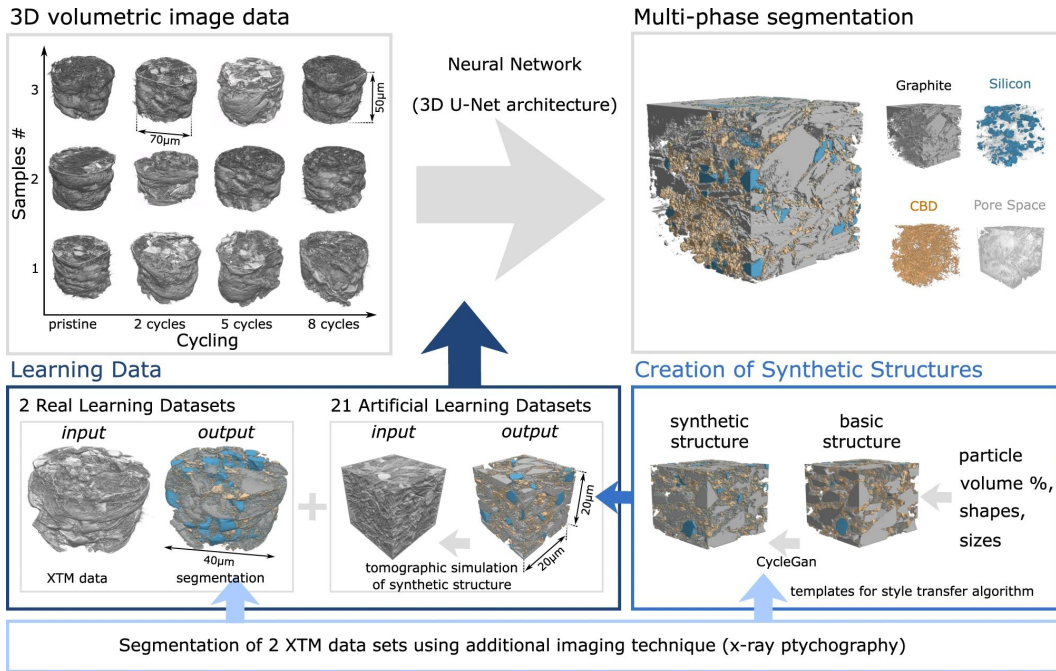


查尔姆斯理工大学和交通经济研究所的研究员发表了一项研究，通过生命周期评估 (LCA) 调查锂离子规模量产对环境影响。该论文对 NMC811 圆柱形电池工厂进行了建模，并探索了各种碳浓度情景。

- 硫酸镍和硫酸钴等活性正极材料对资源使用的影响最大。
- 规模经济可减少高达 45% 的排放，如果使用清洁能源组合，排放量更少。
- 韩国和瑞典生产电芯的排放量估计分别为 102 和 62 kg CO₂/kWh (假设工厂为 16 GWh)。

进一步减少排放是可能的，但上游供应链的能源使用拥有最大的影响。

人工智能 | 深度学习改进影像处理



苏黎世联邦理工大学和阿贡国家实验室的研究人员使用深度学习中的图像分割模型，改进电池工作时锂离子电极微观结构的断层重建工作。

人工智能如同强大的显微镜，可以理清影像图谱隐藏的数据，帮助人们理解复杂的电化学机理。

断层重建技术对电池的事后分析和表征颇有裨益，可以降低总体故障率。

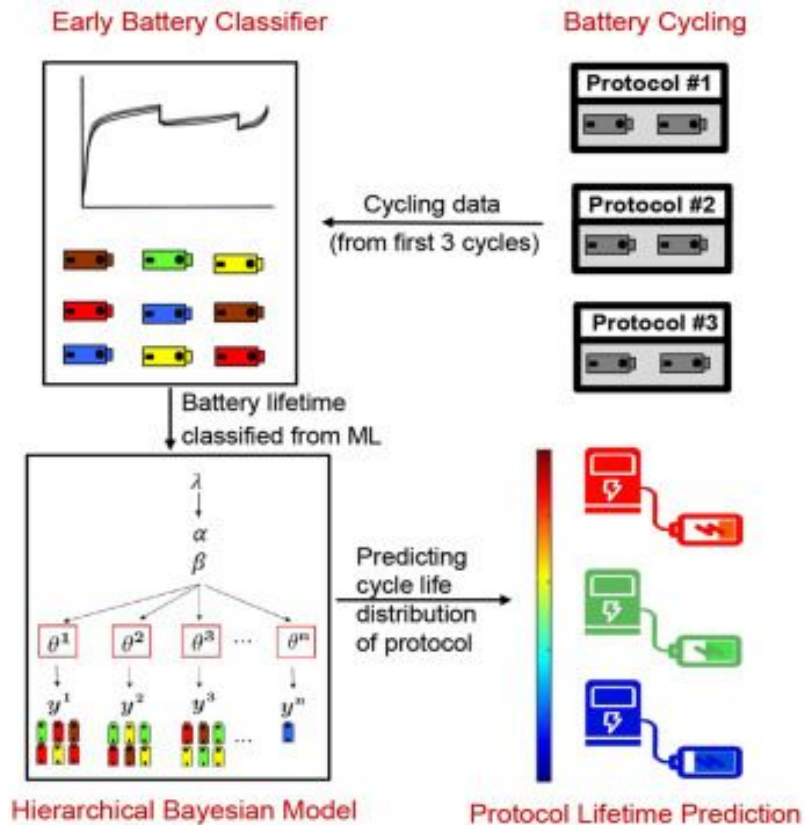
人工智能 | 循环寿命预测

麻省理工和斯坦福的研究者将预测寿命所需的循环时间降低了一个数量级。

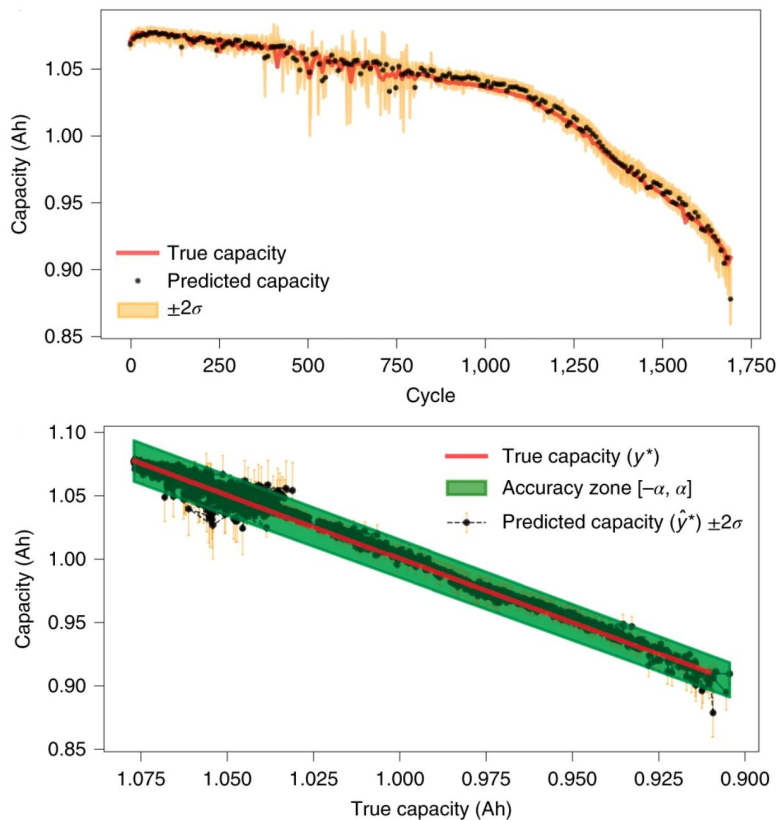
之前的工作将预测寿命所需的循环时间从500天下降到16天。这次最新的工作将测试阶段降至3-18个循环。

基于人工智能的方法将电池循环方案的设计从理论驱动转变为数据驱动。此类优化方法在工业和制造业中占有巨大优势。

只需要用18个循环就预测寿命，可以加速测试过程，以更快速度评估电池设计及其化学机理。



人工智能 | 预测健康状态



赫瑞瓦特大学、代尔夫特理工及马里兰大学的研究者利用在不同条件下循环的179个单电池，评估了一个机器学习流程预测电池健康状态的能力。

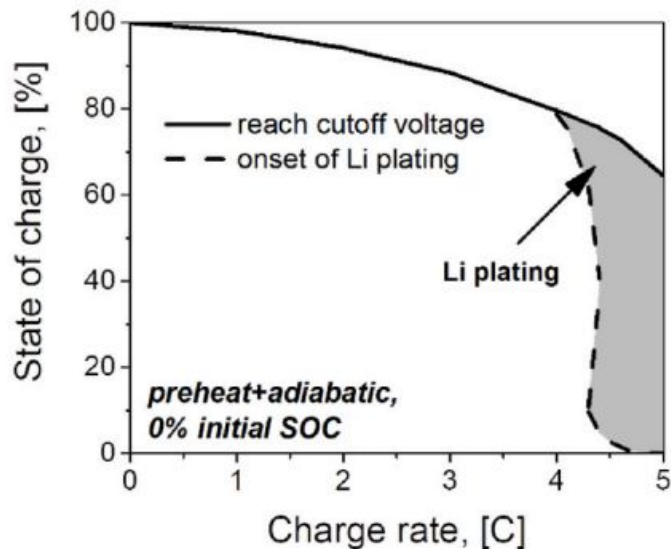
人工智能集成模型可以泛化得更好，以捕捉到电池衰退过程中复杂且非线性的动态过程。此类方法在应用到对应领域时，有望改进大规模电池运行及管理。

利用搭载计算机进行可靠的实时健康状态预测，对电池运行的安全，以及进一步而言所有设备的安全，都至关重要。

建模| 温度环境对锂离子电池快充的影响

宾州州立大学和EC Power评估了不同温度环境对锂离子电池快充的影响。他们发现对充电速率和循环寿命最佳的方式是快速预热，然后放于接近绝热的环境；该方法与之前常见的作法不同。

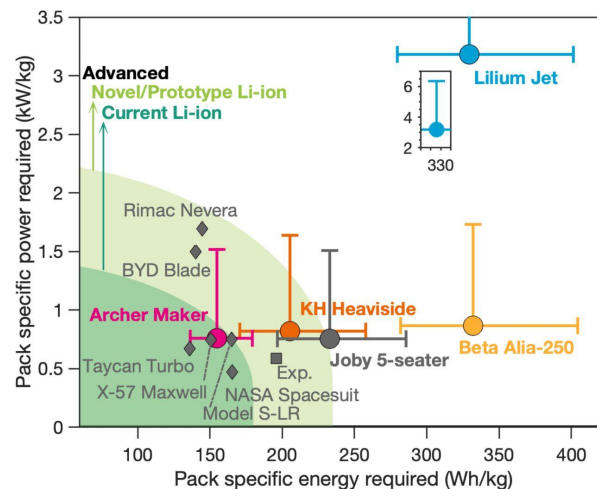
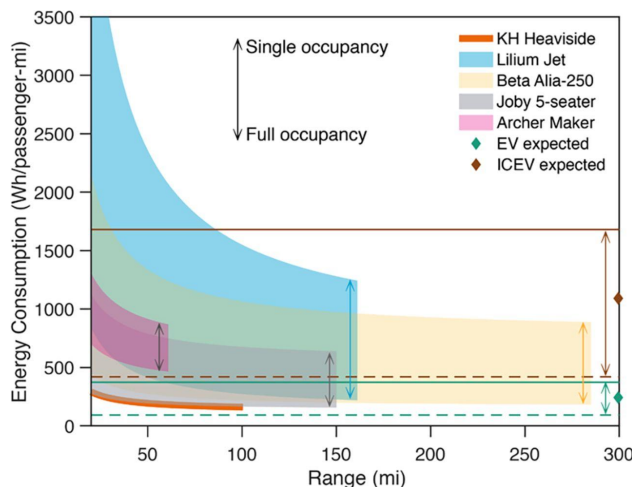
实践中通常采取大容量冷却方案以维持预设温度。由于实践中电池尺寸很大，该方案会引起电池内部产生对其不利的温度梯度。在某个预设温度下绝热快充可以提供最大的稳定性和一致性，并且综合来看在高温下暴露的时间有限。使用文章提供的方案最大的挑战在于如何快速预热，不过作者提到他们已在之前的工作中通过将加热器嵌入电池，解决了此问题。



快速充电是大规模市场应用的一大障碍。若电池的温度可以调节，则有助于快充性能，尤其是在低温环境下。

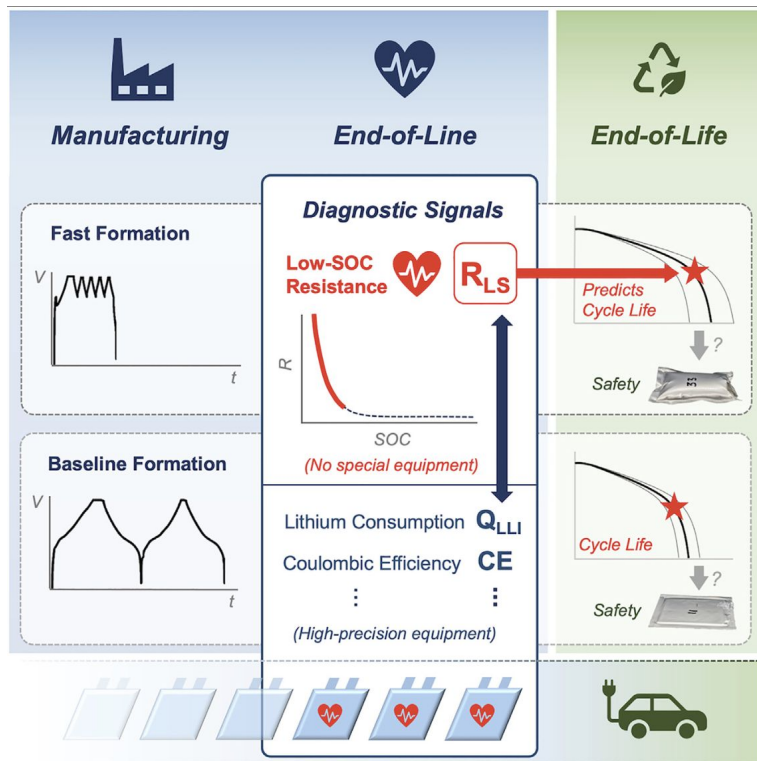
建模 | 高效能电池供电的飞行汽车

卡内基梅隆大学的研究人员探索了电池供电的城市飞机的技术准备情况，基于比功率和比能量，他们发现几种飞机设计已经逐渐接近技术上可行的阶段，不过关于充电和寿命的问题仍然存在。



电池供电的城市电动飞机有望为乘客和货物提供比同等地面运输快 2-6 倍的新运输模式，一些利用固定翼巡航的飞机设计可以比地面电动汽车更节能！

诊断 | 评估制造中的化成方案



化成占据了电池制造成本的很大比重。

密歇根大学的研究者证明了低电量时的电阻是推断化成方案和循环寿命关系的一个较好指标。

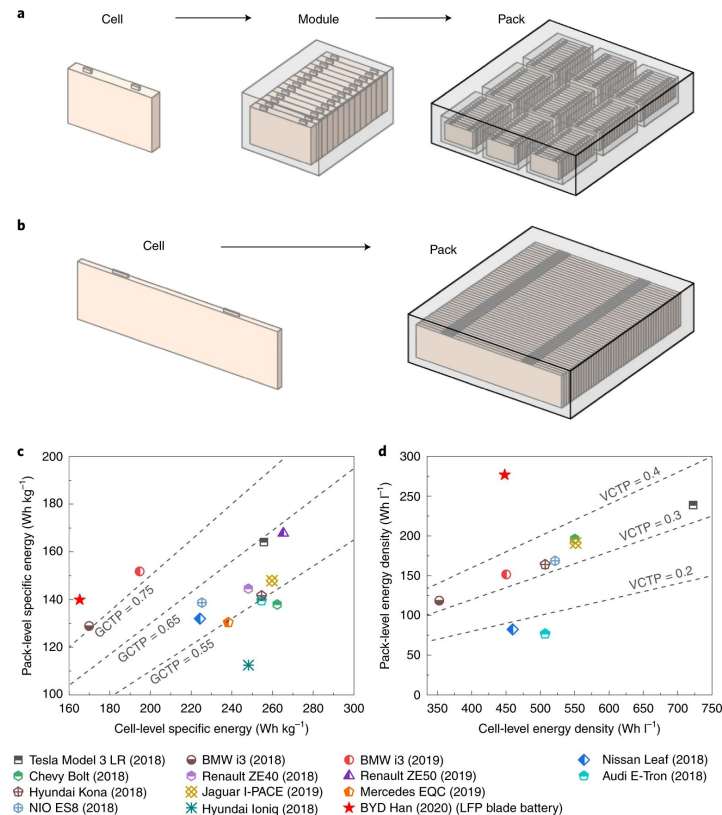
该指标显示了寿命早期锂在化成中的消耗。快速化成的方案会产生额外气体。该诊断方法可在没有特殊设备的情况下轻松实施。

准确预测寿命可以加快制造过程并提高工厂良率，这将是事半功倍的关键。

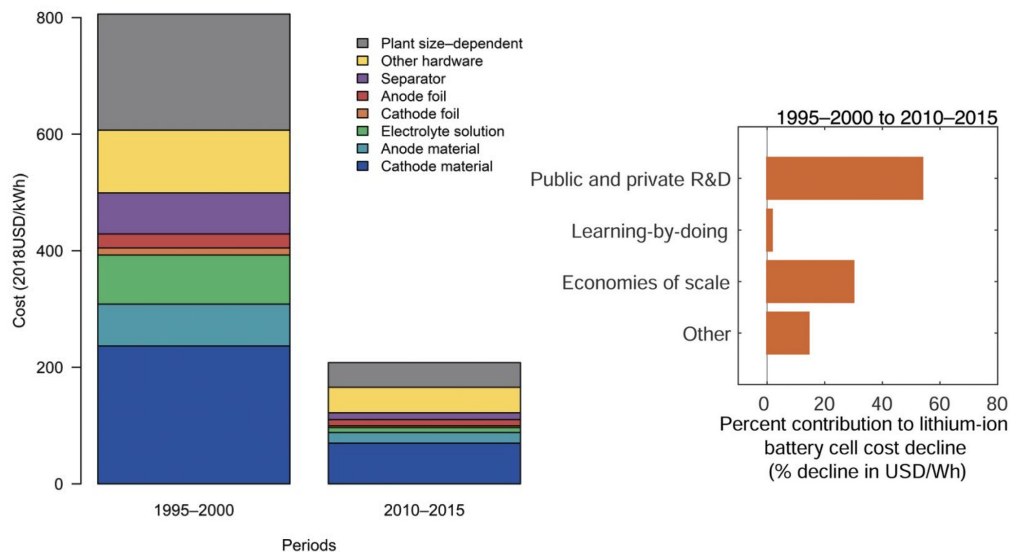
电池包设计 | 预热无模组化的磷酸铁锂电池包

宾夕法尼亚州立大学报道一个预热的无模组化(电芯-电池包)磷酸铁锂 LFP刀片电池在6C下充电到 80% SOC只需10分钟, 并具有 200 万英里的使用寿命。但此结论仍基于电化学热模型, 仍有待实际测试。快速预热后接近绝热条件将提供充电速率和循环寿命的优化峰值。此研究小组也展示了在电芯内嵌入加热器的热调节的有效性。

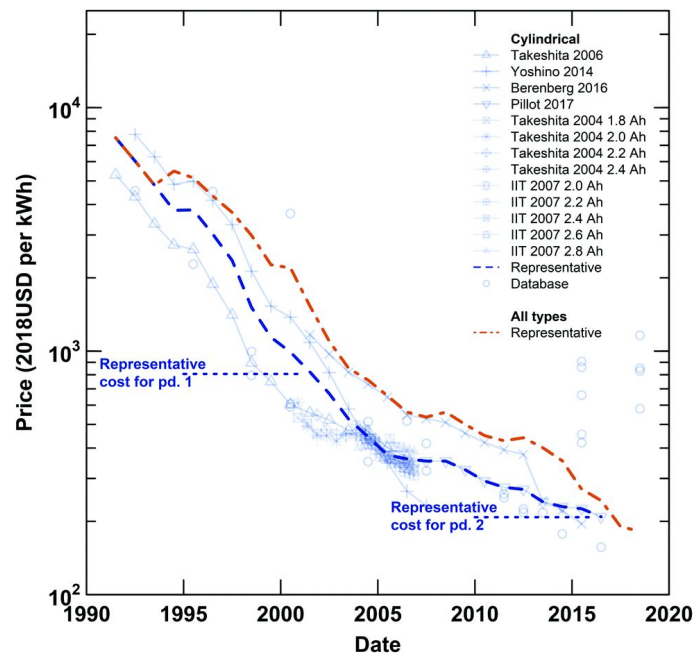
今天的锂电池难以在低温环境中工作。预热电芯有助于锂电池在推动大众市场的应用, 尤其是在较冷的气候中。



成本| 电池降本的关键因素



麻省理工学院的研究员调查了导致锂离子电池自 1991 年商业化以来成本降低 97% 的因素。从物理特性角度看，充电密度的增加对降本的贡献最大。在降本方面，材料和化学研发比规模化量产发挥了更大的作用。



针对进一步降本，材料表征和归因的贡献对于指导未来的研究和政策导向至关重要。

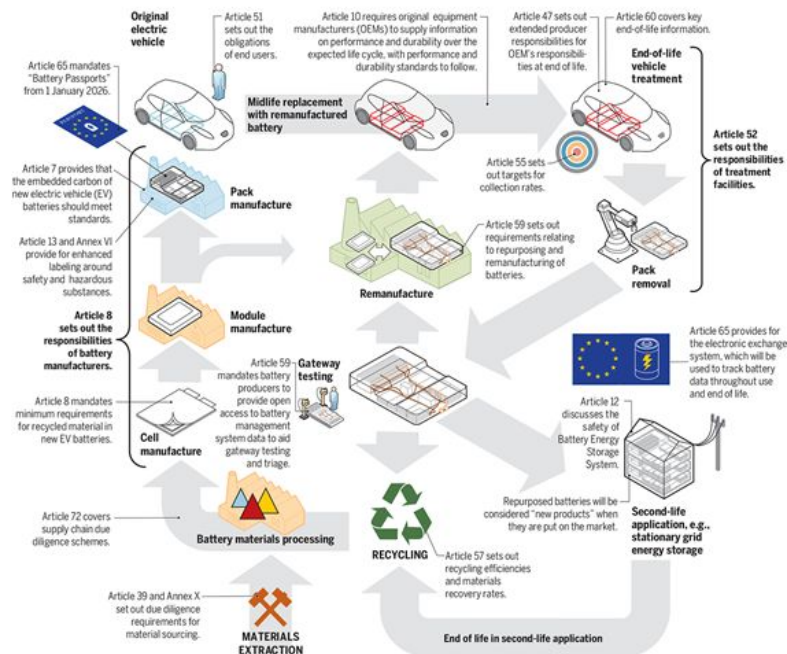
政策|欧盟电池新法规对于全球的影响

来自循环储能研究咨询公司和纽卡斯尔大学的研究员研究了欧盟电池新法规的全球影响。该法规具有令人钦佩的目标，并将电池的可持续性提升到与任何其他产品完全不同的水平。

研究员暗示欧盟电池新法规可能为可持续电池的价值链铺平道路，并在全球范围内创造一个公平的竞争环境。这可以为能够遵守规定的欧洲参与者创造竞争优势。然而这可能会有意想不到的后果。在最坏的情况下，该法规可能会减缓欧洲电池公司的增长和投资，并阻碍电动化步伐以及电池在汽车、储能电池系统和其他应用中的应用。

A circular economy for electric vehicle batteries: Key articles from the proposed EU Battery Regulation

The proposed Regulation addresses the battery life cycle, from initial extraction of raw materials (bottom left) through end of life and recycling.



在这个非常复杂且快速发展的电池行业中，欧盟新法规作为首批主要的国际法规之一，此论文进行了全面的跨学科分析。

第三部分



人才与社区

人才 | 岗位创造

电池价值链为创造就业机会提供了许多全新的岗位角色。

电池价值链各阶段概况

	原材料	活性材料	电芯与电池模组		应 用			回收及二次利用
白 领 职 业	■ 电化学 ■ 材料提炼提纯 ■ 环境管理	■ 电化学 ■ 湿化学法 ■ 洁净室处理 ■ 环境流程整合与集成 ■ 材料合成	■ 无机化学 ■ 材料科学 ■ 电化学与电芯设计 ■ 储能 ■ 功率与能量密度 ■ 能量转换效率 ■ 性能因子与优化 ■ 建模与仿真 ■ 数据科学	■ 包装与安全性 ■ 测试与监控 ■ 数据科学 ■ 机械工程 ■ 系统工程 ■ 直流系统设计 ■ 热能与动力特性	■ 电动汽车拓扑 ■ 充电基础设施建设 ■ V2G 车辆输电至电网 ■ 可持续性移动 ■ 商业模式 ■ 政策与监管 ■ 电动火车与飞机电池	■ 智慧楼宇 ■ 可持续性 ■ 能源管理 ■ 发电厂 ■ 智慧电网, 离网与微电网 ■ 电池能源库 ■ 商业模式 ■ 政策与监管	■ 太阳能储能 ■ 风机控制与监管 ■ 耦合燃料电池 ■ 系统优化 ■ 成本计算 ■ 生命周期评估 LCA ■ 政策与监管	■ 材料性能与生命周期 ■ 稀有资源处理与回收 ■ 化学资源 ■ 分离过程与技术 ■ 电化学 ■ 控制与处理 ■ 循环经济模型 ■ 环境管理与立法 ■ 标准化
	■ 材料提取与提纯 ■ 采购 ■ 物流 ■ 测量与控制 ■ 化学品安全 ■ 废料管理 ■ 环境管理	■ 化学处理法 ■ 物理处理法 ■ 化学器材设计 ■ 测量与控制 ■ 化学品安全与废料处理	■ 物理处理法 ■ 混合, 涂料与干燥处理 ■ 测量与控制 ■ 化学品安全 ■ 废料管理 ■ 高速机械安装	■ 电化学生产制造 ■ 自动化工程 ■ 汽车技术 ■ 电子 ■ 电力安全	■ 电动汽车基础 ■ 运营, 诊断以及修复 ■ 系统 ■ 电动机与控制器 ■ 诊断工具与设备	■ 能源装置 ■ 电动汽车充电系统 ■ 自动化与控制 ■ 电子产品 ■ 数字化 ■ 系统安全	■ 机器人与自动化 ■ 再生能源与电网 ■ 数字化技术 ■ 电力安全	■ 材料提取与提纯 ■ 化学与物理处理 ■ 物流 ■ 数字化技术 ■ 化学品与电力安全 ■ 废料管理

人才 | 岗位预估

未来十年, 工作岗位数量预计将增加 10 倍, 上游价值链对工人的需求旺盛。



来源:作者基于以下文献的计算:BatPac Model (ANL) & Hettesheimer et. Al (2018): 电池机械化和农作物工程产业中的就业影响和价值链 VDMA/Fraunhofer ISI (10/2018)。关于电池需求的教育技能意见书。

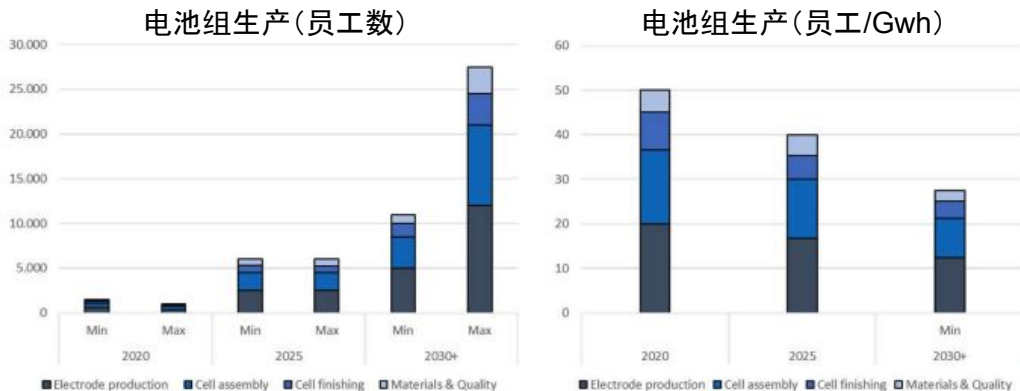
图2: 欧洲市场的员工需求绝对数量, 以及电池生产(原料, 电池包装)相关的每千瓦时所需的员工数量。

人才 | 岗位预估

未来十年，工作岗位数量预计将增加 10 倍，上游价值链对工人的需求旺盛。



- 对上游价值链产生巨大的影响力达到仅仅电池生产所产生的4-6倍
- 在当前研究中汽车制造的就业影响有高不确定性
- 电池制造就业需求高
- 对设备和机器供应相关人才的需求高
- 电极生产岗位的高需求
- 对电池包装的岗位需求相对下降，源于该岗位潜在的可自动化



Source: Own calculations based on BatPac Model (ANL) & Hettesheimer et. al (2018): Employment effects and value chains in the battery machinery and plant engineering industries VDMA/Fraunhofer ISI (10/2018); Battery demand from Position Paper on Education and Skills

电池生产的就业需求目前是肉眼可见的热点。但是一些间接的就业需求也是巨大而且不容忽视的。

图4: 欧洲市场电池生产的就业人数统计，以及就业/GWh的统计。

人才 | 岗位创造

需要广泛的技能来满足该产业板块的需求。

储能行业五类必要技能

流程，运营以及数字化

包含开发与实施重要的的运营流程，价值链中将要开发的系列活动，以及与数字化相关的持续流程改进

集成与应用

包含与开发和识别不同应用场景中实现解决方案的相关配置文件以及电池市场的需求

科技与研发

包含与价值链中技术科技发展相关的岗位与活动

社会环境影响

包含组织价值链各阶段的相关活动来影响周围社会与环境

管理

包含从经济，法律，人力等视角下与管理有关的岗位



人才 | 工作估计

到 2030 年，循环电池价值链的发展可能会在全球创造 1000 万个工作岗位。



到2030年，1千万个工作岗位
基于电池价值链的需求

根据 世界经济论坛，就业 电池价值链 预计总数将增加到 1000 万个工作岗位在 2030年，这些工作中有一半以上在 发展中国家。这相当于约 3800 个工作岗位/ GWh。1000 万个工作岗位的总估计将与当今全球汽车行业的就业岗位处于同一 水平(即每生产 5-10 辆汽车大约有 1 个工作岗位)。

生产规模	每GWh创造的就业机会
小型 (~50 GWh)	90-180 (直接) 350-1400 (间接)
大型 (<1000 GWh)	40-90 (直接) 400 (间接)
TWh (>1000 GWh)	250 (直接 + 间接)

人才 | 欧洲

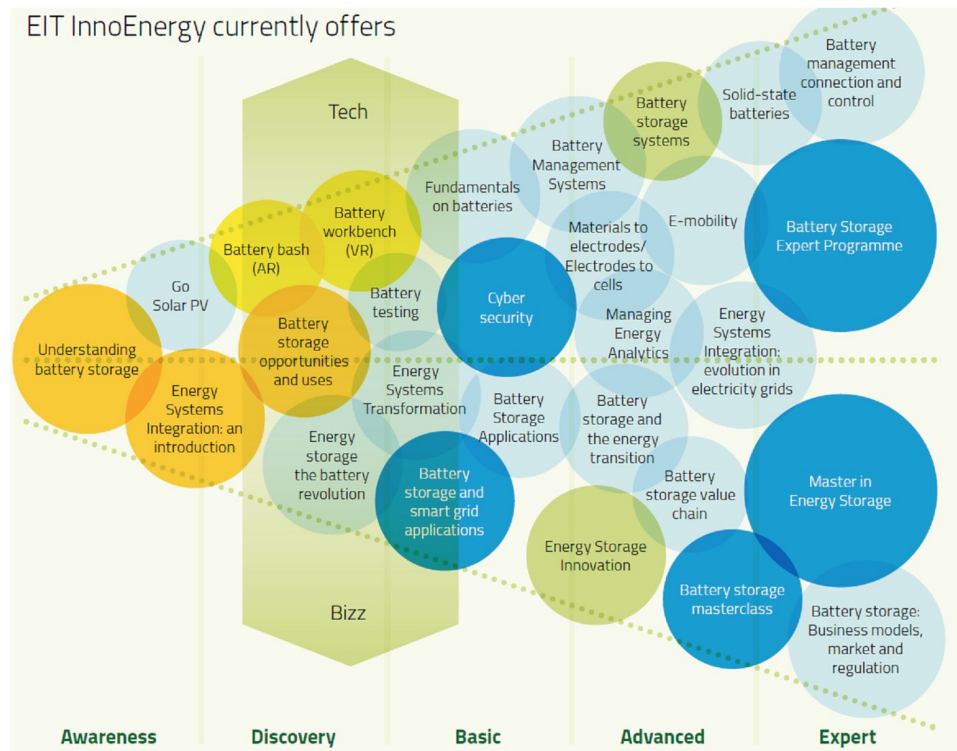
欧洲启动了积极的培训计划来解决人才供应短缺问题。

EBA250 Academy Partners: Spain, France, Central Europe, Benelux, Germany, Portugal, Scandinavia.

欧盟委员会预计到 2025 年将创造多达 400 万个新工作岗位，并计划到 2025 年培训 800,000 名工人（每年大约需要培训 160,000 名工人）。

EIT InnoEnergy 与欧洲电池联盟成员国合作推出 EBA250 学院，根据行业需求开发课程和培训内容，并与当地培训专业人员合作，以“再培训和提高技能”工人。

EBA250 学院合作伙伴：西班牙、法国、中欧、比荷卢经济联盟、德国、葡萄牙、北欧地区。



LG、SK、三星面临着研究和工程专家的短缺。

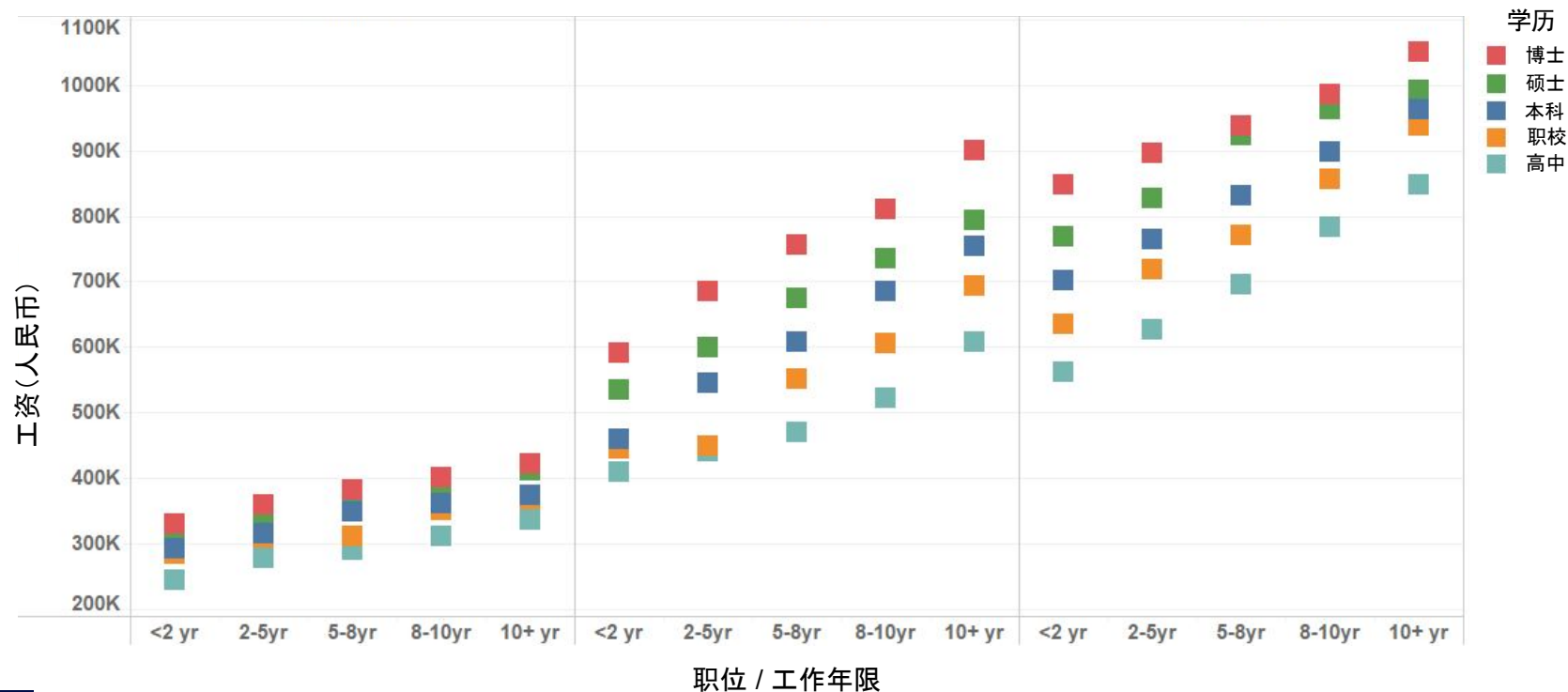
- 外来人才库: 韩国在研究和设计(韩国电池工业协会)等领域缺少近 3,000个研究生学位职位。根据韩国主要的两位消息人士的说法, 刚毕业并获得博士学位的电池专家每年可以赚取高达1亿韩元(85,000 美元)的收入, 而没有这种资格水平的人在获得几年经验后平均收入约为8000万韩元。根据税务机关的数据, 2019 年韩国的平均年薪为 3740 万韩元。
- 与海外公司的人才竞争: 一些现有员工为了获得更好的报酬而转向外国竞争对手, 这加剧了人才短缺(路透社)。为了更直接地解决人才短缺问题, 韩国公司正在海外大力招聘。LG Energy Solution 的 CEO 和他的经理们去了洛杉矶, 而 SK Innovation 的 CEO 和员工在旧金山举办了一场活动。
- 建立内部培训管道: LG Energy Solution(韩国销量第一的电池制造商)计划于 2022 年春季在著名的高丽大学开设一个新的“电池智能工厂部门”, 为毕业生提供就业保障。

人才短缺, 就职福利及内卷

- 入驻人才库少, 无法满足市场需求: 《中国制造业人才发展规划指南》预计, 2025年中国清洁能源行业整体人才需求为120万人, 人才缺口为103万人。每年数以千计的应届毕业生不足以满足当前的需求。此外, 需要更新课程以平衡理论与实践, 最终满足市场需求。
- 激烈的人才战: 知名公司的员工每天接到猎头公司约 10 个电话的情况并不少见。公司愿意为有经验的工人支付 100% 的高薪, 为经验不足的工人支付 30-50% 的薪水。因此, 工人获得加薪的最快方式是转公司, 因为内部加薪有限。作为参考, 宁德时代支付制造和技术工程师的月薪为 15600元人民币和 2 万元人民币, 而国轩高科分别支付 9900元人民币和 一万零两百元人民币。
- 人才内卷: “一些大公司并不缺人才。他们宁愿以高薪聘用多余的人才, 也不愿让潜在的竞争对手聘用他们。” “一旦人才离开规模较大的公司, 他们就不太可能回到规模较小的公司。这也是很多小型电池初创企业最终倒闭的原因之一。”
- 中国继续其职业培训计划: 2020年8月以来, 我国已举办了12届电池生产工程师职业培训班, 已有1000余人获得认证。

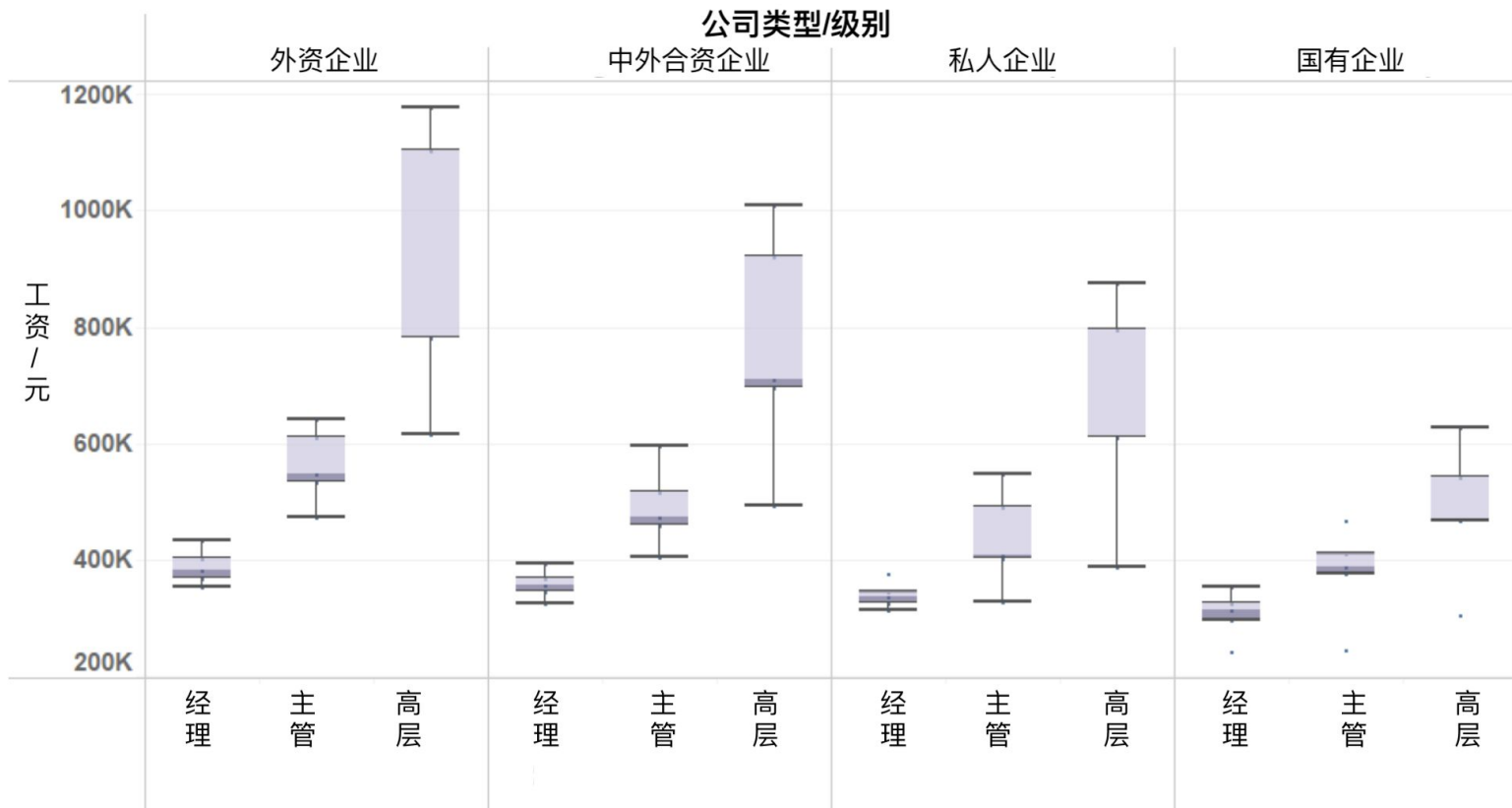
工资 | 中国

教育程度和经验年限对董事和高管层的薪酬影响更为显著。



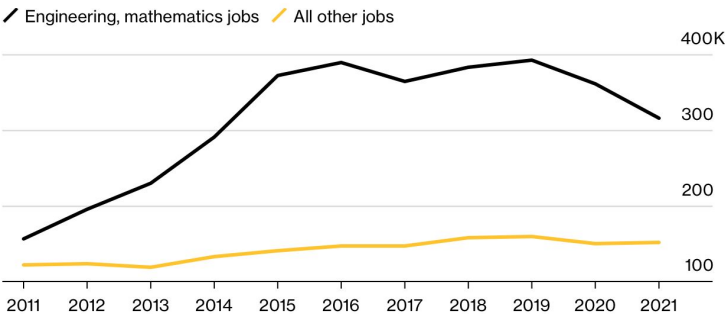
工资 | 中国

在中国的各类公司中，不同级别之间的薪酬涨幅最高。



H-1B 签证概述

Number of applications for H-1B visas



U.S. Department of Labor data compiled by Bloomberg News
Data includes government-certified full-time jobs receiving annual salaries.



H-1B 是美国移民和国籍法第 101 条规定的签证，允许美国雇主临时雇用外国工人从事特殊职业。

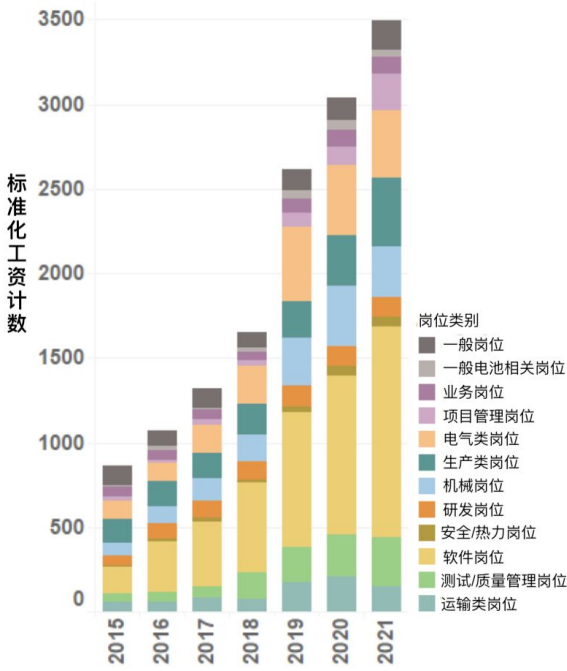
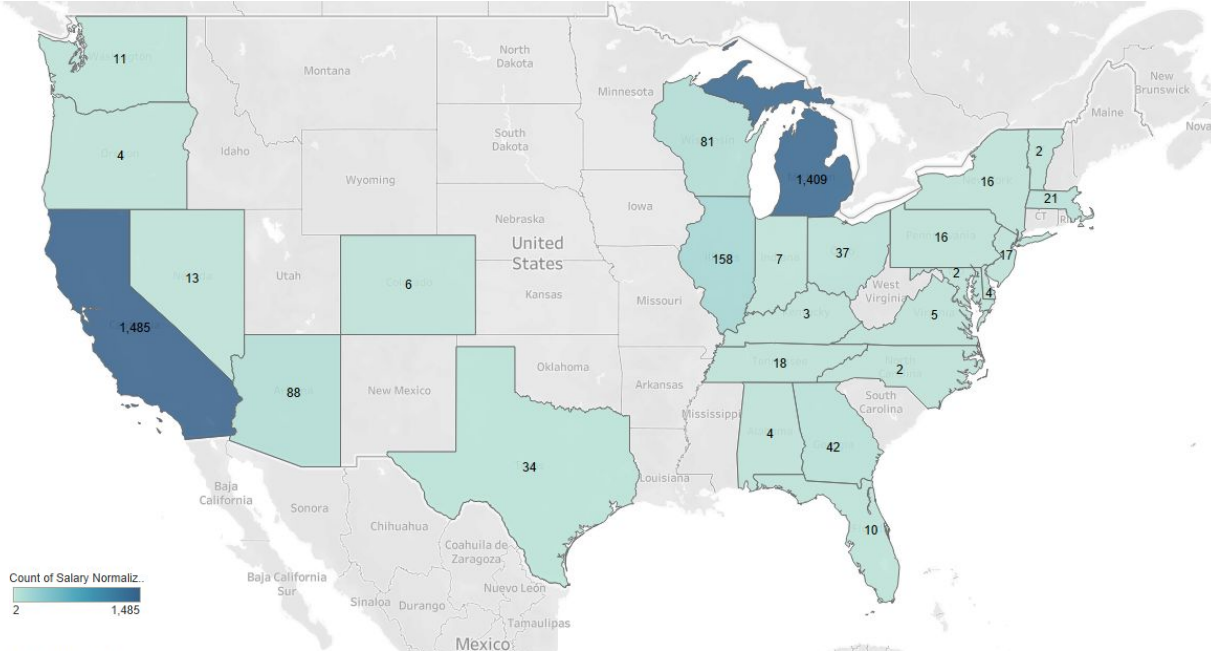
应用：由于大流行导致签证处理放缓和移民政策收紧，H-1B签证的外国高科技工人申请数量创十年来最大降幅。与 2019 年疫情之前的水平相比，STEM 工作的申请下降了 19%。

签发的签证：H-1B 签证的批准率上升(97-98%)，而特朗普政府在 2018 年和 2019 年的批准率约为 84%。(注意申请批准流程与 H-1B 抽签流程不同)。

电池相关角色：电池相关职位的 H-1B 招聘人数在 2019 年增幅最大，但在 2020 年至 2021 年期间没有显著增加。大约 50% 的招聘人员处于初级职位。

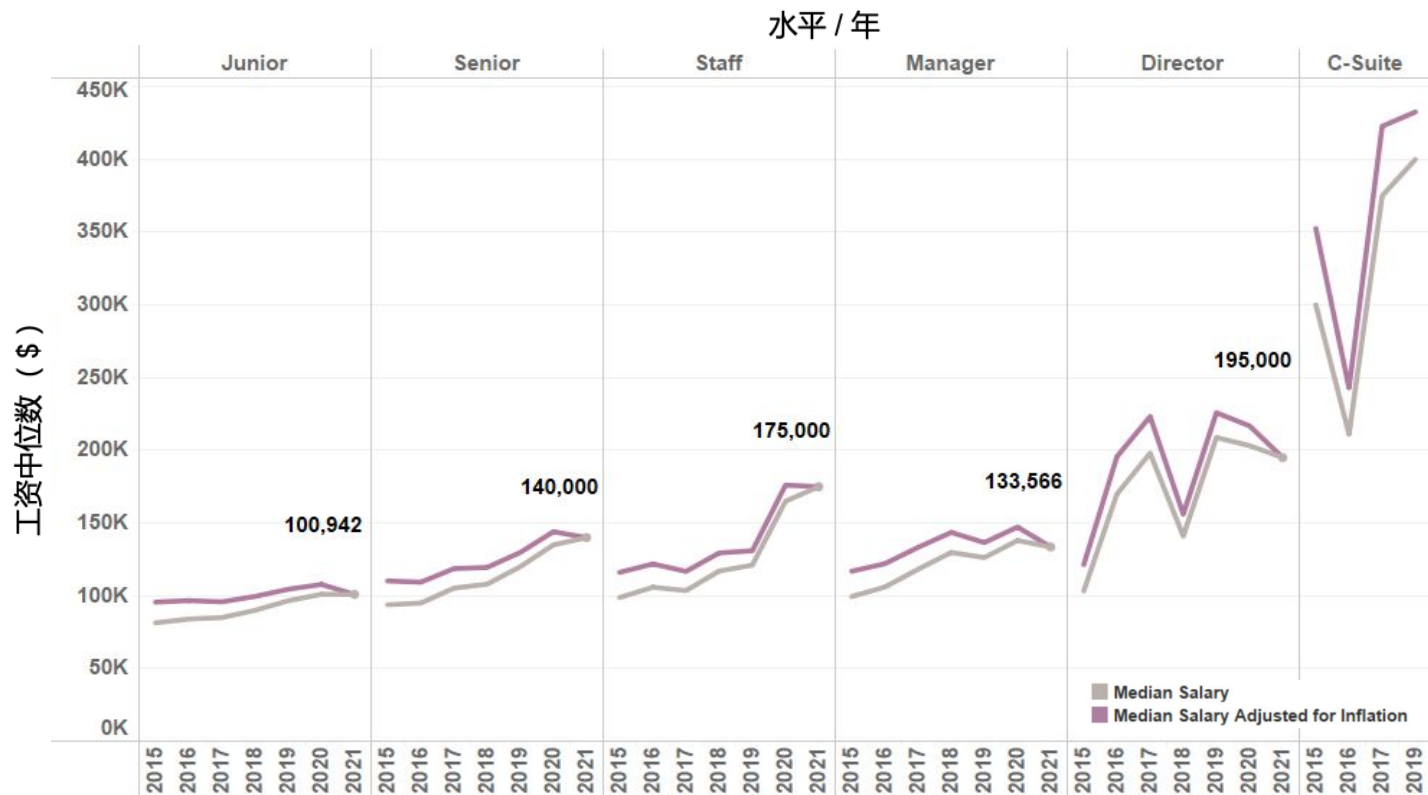
工资 | 美国

2021 H-1B 岗位在地理上由加利福尼亚和密歇根主导，软件是主要类别。
在各个类别中，软件的职位数量同比增长最大。



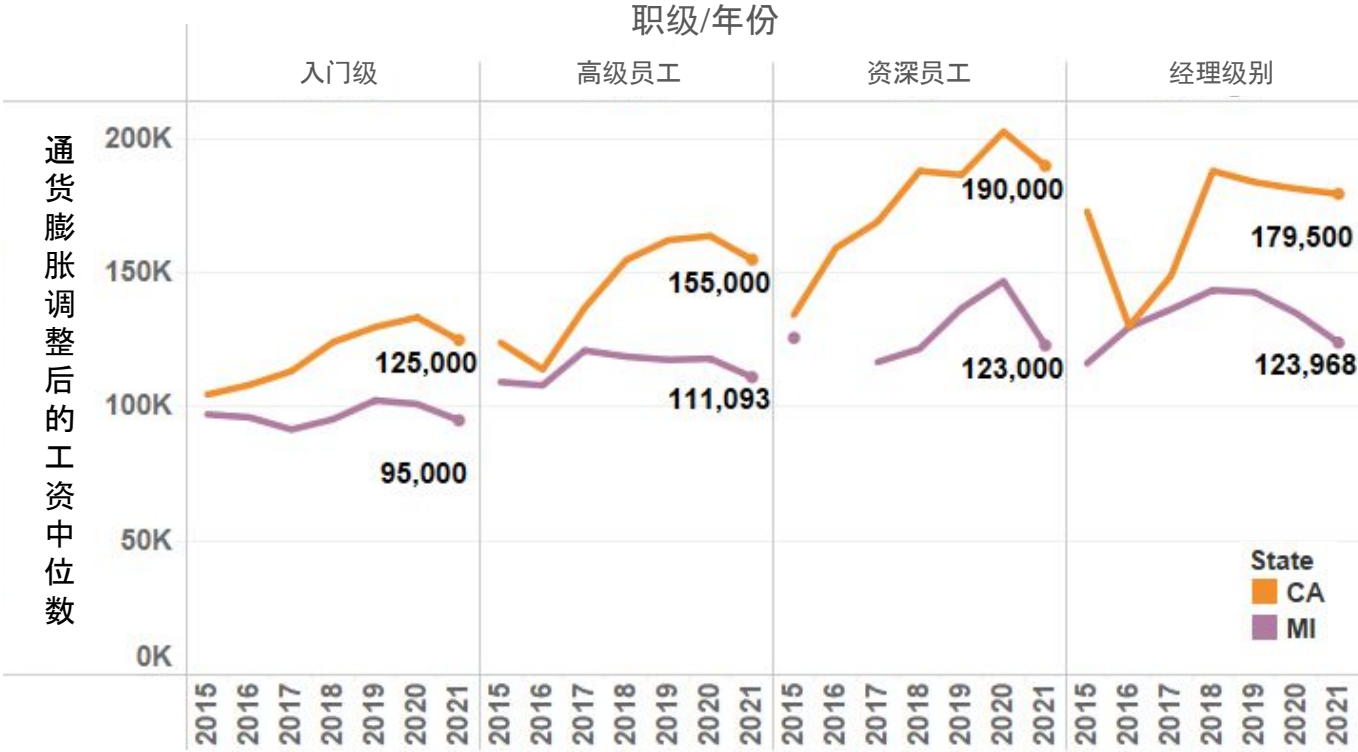
工资 | 美国

美国报告的电池行业职位的工资(H1B)在2021年增长了2.3%，但没有跟上通货膨胀率(6.8%)。



工资 | 美国

按州划分后，员工和经理的薪水具有可比性。加州(CA) 的工资平均比密歇根(MI) 的工资高 40%。



我们希望与行业保持同步的一些事情!

社交网络

Twitter

[@stevelevine](#)
[@MjLacey](#)
[@DavidHowey](#)
[@venkis](#)
[@DennisKopjar](#)
[@BrianTHeligman](#)
[@UldericoUlissi](#)
[@JamesTFrith](#)
[@bout_kieran](#)
[@electrochemicat](#)
[@TECHtricityblog](#)
[@kristinaEdstrm2](#)
[@BatteryPapers](#)
[@mart_de_bi](#)
[@ndrewwang](#)
[@sdmoores](#)

阅读

新闻订阅

[BatteryBits](#)
[Intercalation Station](#)
[The Limiting Factor](#)
[The Mobilist](#)
[The Electric](#)
[Batteries are Complicated](#)
[Battery Discovery](#)
[Climate Tech VC](#)
[EV Universe](#)
[TECHtricity](#)

书籍

[Lithium: The Global Race for Battery
Dominance and the New Energy
Revolution](#)
[Power Play: Tesla, Elon Musk, and the
Bet of the Century Hardcover](#)

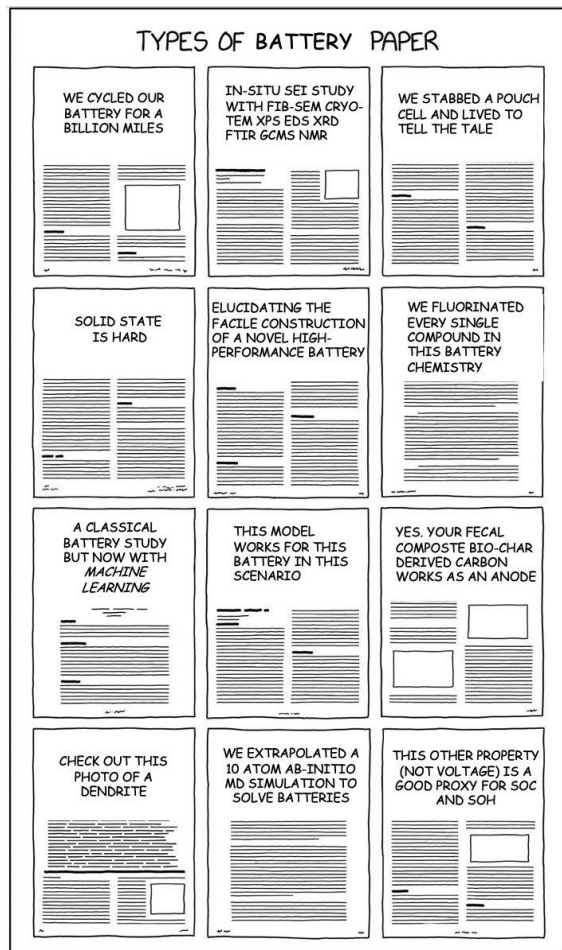
社区

团体

[Battery Brunch](#)
[Battery Pub](#)
[Battery Modelling Webinar Series](#)
[Battery Street Slack](#)
[Stanford StorageX](#)

气候社区

[My Climate Journey](#)
[On Deck](#)
[Terra.do](#)



第四部分 政策



政策 | 概览

政府致力于加速构建一个健康的电池生态系统, 促进经济发展

1. **国际立法:** 在COP26全球气候大会上, 超过100个国家和省市级政府, 商业公司签署了《格拉斯哥零排放汽车和货车宣言》, 致力于2035年和2040年分别在主要国家和全球范围内终结燃油车的销售。至少有13个国家承诺在2040年终结重型燃油车辆的销售。
2. **国家立法案例(需求端):**

	燃油车终结年	电动车刺激计划	2021年年累计混动车市场份额
挪威	2025	不收购买税或增值税	85.1%
荷兰	2030	€4,000 补贴, 税务豁免	24.0%

3. **国家立法案例 (供给端):** 国家计划里包含了国家和地区层面的电池供应链和技术发展:
 - 欧洲: 29亿欧元的欧洲电池创新计划, 欧盟电池法规, 视野欧洲
 - 美国: 国家能源部170亿美元的汽车制造贷款项目, 储能挑战项目

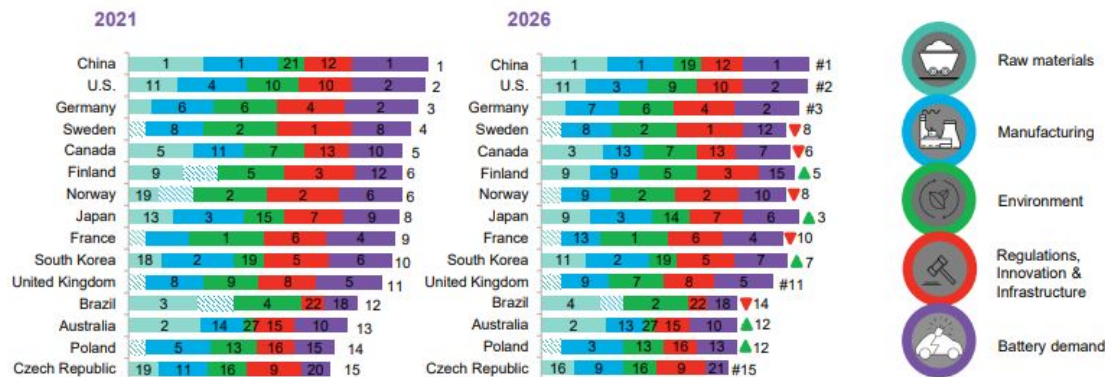
政策 | 制造本土化

中国在电池制造、原材料、基建方面独占鳌头，其他国家开始奋起直追

2025年将会有约2300吉瓦时的产能需求。对此，各地政府争相角逐下一个超级电池工厂，以财政补贴、税收关税减免、低廉劳动力

低运输成本、本土市场前景、低价可靠的电力供给、宽松政策等优渥条件吸引企业进驻。

全球电池供应链排名(前15)



Source: BloombergNEF. Note: Shaded areas for manufacturing and/or raw materials indicate that the country has no capacity and comes joint last in the rankings with other countries. Final rankings are an average of the five metrics. The overall ranking for countries in 2026 is shown in the data label but the list is not ordered. The arrow indicates whether the new ranking is higher or lower than in 2021.

“Northvolt作为欧洲电池领跑者之一，将建立欧洲第一家本土 锂离子电池超级工厂。Northvolt还会遵照欧盟政策低碳运营工厂，减少电池制造对气候影响.....我们下定决心进一步保证欧洲在关键行业和技术方面的战略自主权。”

Maroš Šefčovič, 欧盟委员会副主席

“我们迫切需要在美国本土增强科研、开发、制造和销售电池的能力.....如今美国相关供应链薄弱，严重依赖从国外进口电池组件，所有主要电池组件和电芯制造能力为全球市场份额不到10%。”

Jennifer M. Granholm, 美国能源部部长

政策 | 美国

建设区域性供应链 | 评估和实行其他成功的电动汽车项目

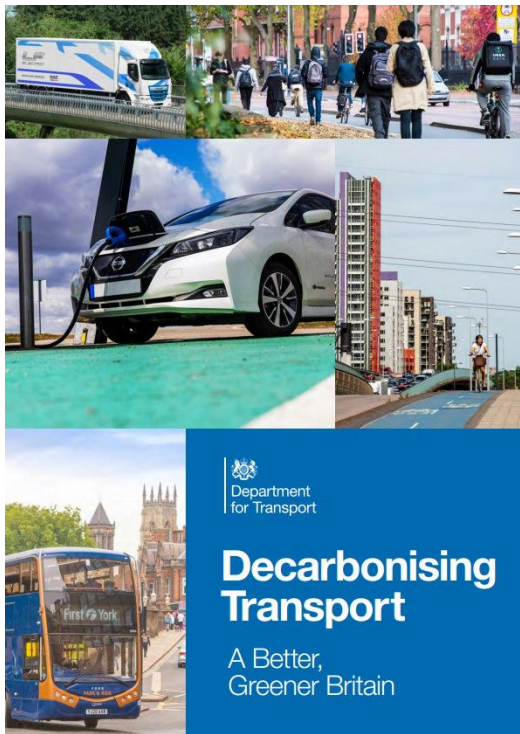
2021年11月15日，美国通过了1.2兆美元的基础设施投资项目和就业法案。此项法案包括75亿美元的投资用于搭建电动汽车充电网络，75亿美元用于推动电动公共汽车和渡轮发展，1080亿美元用于升级电力网络，包括电池。前沿技术方面，美国能源部正在实施一些项目，致力于推动美国电池公司和国内制造业的发展。关键项目包括“国家锂电池发展规划”(The National Blueprint for Lithium Batteries)， “国家长时储能项目”(Long Duration Storage Shot)， 和“国家储能挑战路线图”(Energy Storage Grand Challenge Roadmap)。拜登政府宣布2030年美国出售的汽车里一半将会是电动汽车，燃料汽车和插电式混合动力车。正在评估中的1.7兆美元的Build Back Better Act法案包括一项提议来增加联邦政府的电动汽车税额抵免以确保大部分电动汽车的价格低于同类型燃油车。

	现在状况	规划中
最大额度数目	\$7,500	\$7,500-\$12,500
最低收入	~\$90,000*	None
最高收入	None	\$400,000
最高车辆价格	\$80,000	\$55,000-\$74,000
不含车企	GM, Tesla	None

需要达到最低收入的要求来获得全部税额抵免。基于2021年税法，2个结婚人士（持有W-2表格）可以共同享用。

政策 | 欧洲

欧盟、英国开始建立可持续的电池产业经济



欧盟电池法规(提案)于 2020 年 12 月发布, 于 2022 年 1 月 1 日起生效。新法规将在未来十年影响到电池价值链每个部分, 包括刚刚起步的欧洲电池制造业。该提案旨在促进经济发展, 减少环境负面影响, 确保生产出更环保、更便宜的电池, 将关键电池原材料保留在欧盟内部循环使用。

欧盟出台了 **Fit for 55** 计划, 提出了到 2030 年将乘用车二氧化碳排放量减少 55%, 2035 年减少 100%。此外, 欧盟还通过了**地平线欧洲(Horizon Europe)项目**, 这笔高达 955 亿欧元的创新科研基金可用于基础科学研究、商业、生命周期管理、可持续发展等方面, 储能将成为该基金重点领域。

英国政府于 2021 年 7 月发布了 **交通脱碳计划** - 制定了英国 2050 年实现全交通行业脱碳的路线图。该计划强调了金融机制将在交通脱碳方面发挥的作用, 公私合作模式的必要性, 以加速减少英国国内温室气体排放。

亚洲国家竭力维持全球市场中的龙头地位

		2020/21年政策和措施
中国		尽管补贴比例降低, 2021年中国最新的政策决定将新能源车的补贴制度延长至2022年(起初决定在2020年终止)。里程在300-400km 的纯电动汽车补贴降至每车 13,000 元 (\$2,013), 比2020年降低20%。里程为400km或以上的插入式电动车每车补贴降至18,000 元 (\$2,787), 比2020年降低20%。补贴制度的延长和补贴比例降低和中国的宏观目标一致: 中国计划到2030年所有出售的车辆中40%是电动汽车。
日本		日本将投资8.77亿美元补贴电池工厂的建设。此外, 覆盖各大公司的日本电池供应链协会建立, 旨在影响其会员公司的决策, 包括日产, 本田, 松下等公司。
韩国		韩国总统宣布了2030年投资300亿美元的 计划 , 旨在巩固和加强其电池领导者地位, 与其他亚洲国家更好的角逐。countries.
印度		印度新的24.6亿美元“ 国家先进电化学储能 ”项目旨在增强国内的电池制造能力。
印度尼西亚		2021年3月四家印度尼西亚的国有公司联合成立了 印尼电池公司 (IBC) 来构建本土全套的电动汽车电池供应链。印尼电池公司计划和其他公司建立合作关系, 包括 中国的宁德时代 和 韩国的LG化学 。

政策 | 能源平等

各国以储能为催化剂开展扶贫项目



能源支出占低收入家庭收入的10%以上。光储产品可节省电费、提供备用电力，然而作为租客的低收入群体往往不能安装光伏储能。在美国，州政府出台了一系列补贴政策，以解决储能价格过高，能源不平等问题。

- 加州 [自营发电补贴项目](#) (设立了专项能源平等专项补贴)
- 马塞诸塞州 [ConnectedSolutions](#) 电池补贴项目

全球有超过7亿人民用不上电，这造成了负面的经济、健康和社会影响。和先前通讯技术推广带来的积极效果一样，储能将提升不在电网覆盖之内的地区人民的生活质量。联合国、世界银行等国际组织已开始制定储能项目的可行性规划。



- 联合国 - [目标7 - 平价清洁能源](#)
- 世界银行 - [发展中国家储能性能质保条款](#)

政策 | 最低电池性能标准

印度和中国推出性能标准来获取补贴，推动创新。



2021年中国政府发布[中国电池行业规范条件](#)，提醒无法满足条件的设备将会被终止大规模使用，并逐步退出。

	消费类	能量型汽车	功率型汽车	储能
电芯能量	≥230 Wh/kg	≥210 Wh/kg	≥500 W/kg	≥145 Wh/kg
系统能量	≥180 Wh/kg	≥150 Wh/kg	≥350 W/kg	≥100 Wh/kg
循环寿命	≥500	≥1000	≥1000	≥5000
保持率	≥80%	≥80%	≥80%	≥80%



印度政府推出[补贴项目](#)推动本国50 GWh电池生产。如果符合相关指标，该补贴合计每千瓦时\$26.84。相关决标信将会在2022年2月4日发布。

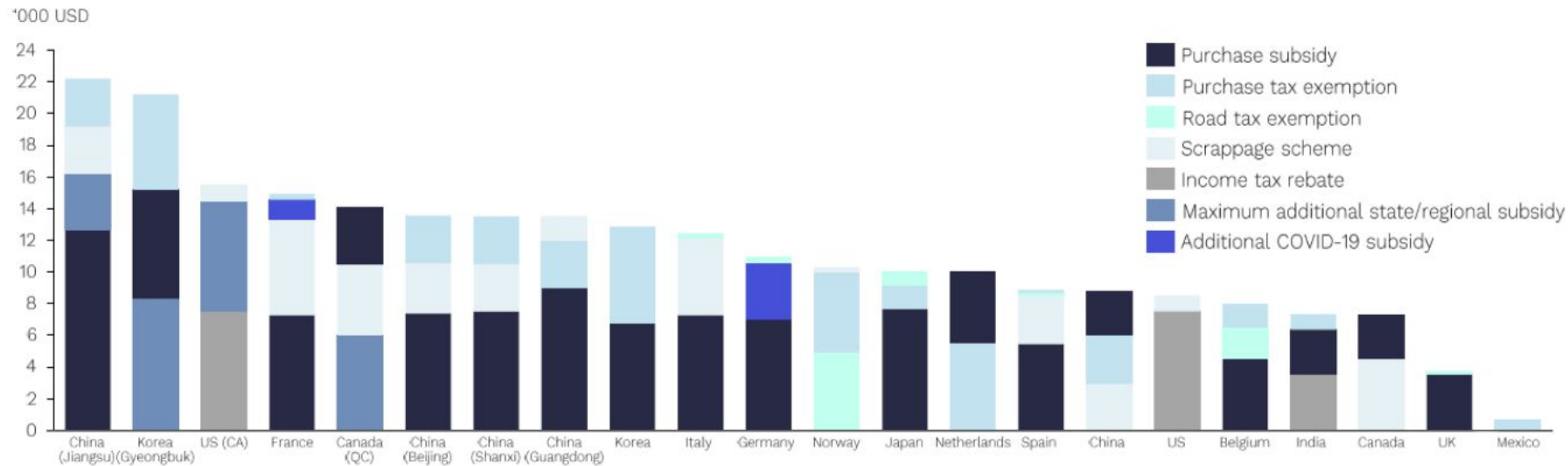
最高补贴性能列表(卢布/千瓦时)		能量密度 (Wh/kg)				
		≥50	≥125	≥200	≥275	≥350
循环寿命	≥1,000	-	-	-	965	1,157
	≥2,000	-	-	965	1,157	1,389
	≥4,000	-	965	1,157	1,389	1,667
	≥10,000	965	1,157	1,389	1,667	2,000

政策 | 需求侧补贴

国家及地方设立补贴以刺激电动车市场

需求侧补贴旨在激励电动车购买，是在车厂实现规模经济前的短期干预手段。补贴将会退坡，逐渐被针对内燃机车辆的处罚措施取代。

Maximum permissible EV subsidy by country, 2021



政策 | 燃油车

燃油车禁售时间表

				2020 ICE sales (million)	% change (from 2019)
		Hainan province 2030 all vehicle ICE ban	China 2040 new vehicle sale and production ICE ban (government target)	22.17	↓ 13.6
No USA national ban announced		Washington 2030 all diesel & petrol ban	California and New York 2035 PC & LDV sales zero emission only	14.26	↓ 16.1
Diesel ban multiple German cities 2014-19		Germany 2030 all new vehicles sales ICE ban (passed by Bundesrat vote – not in legislation)		2.53	↓ 22.0
		UK 2030 new car sales petrol & diesel ban		1.74	↓ 35.6
Paris 2025 diesel vehicles ban			France 2040 new vehicle sales ICE ban (government target)	1.86	↓ 31.1
		India 2030 30% new vehicles sales ICE ban (government target)		2.81	↑ 7.7
British Columbia 2025 diesel & petrol ban			Canada 2040 new vehicle sales ICE ban	1.51	0.0
		Netherlands 2030 all cars diesel & petrol ban		0.27	↓ 4.7
Norway 2025 all cars diesel & petrol ban		Oslo 2030 all emitting vehicles ban		0.07	↓ 6.7



2025

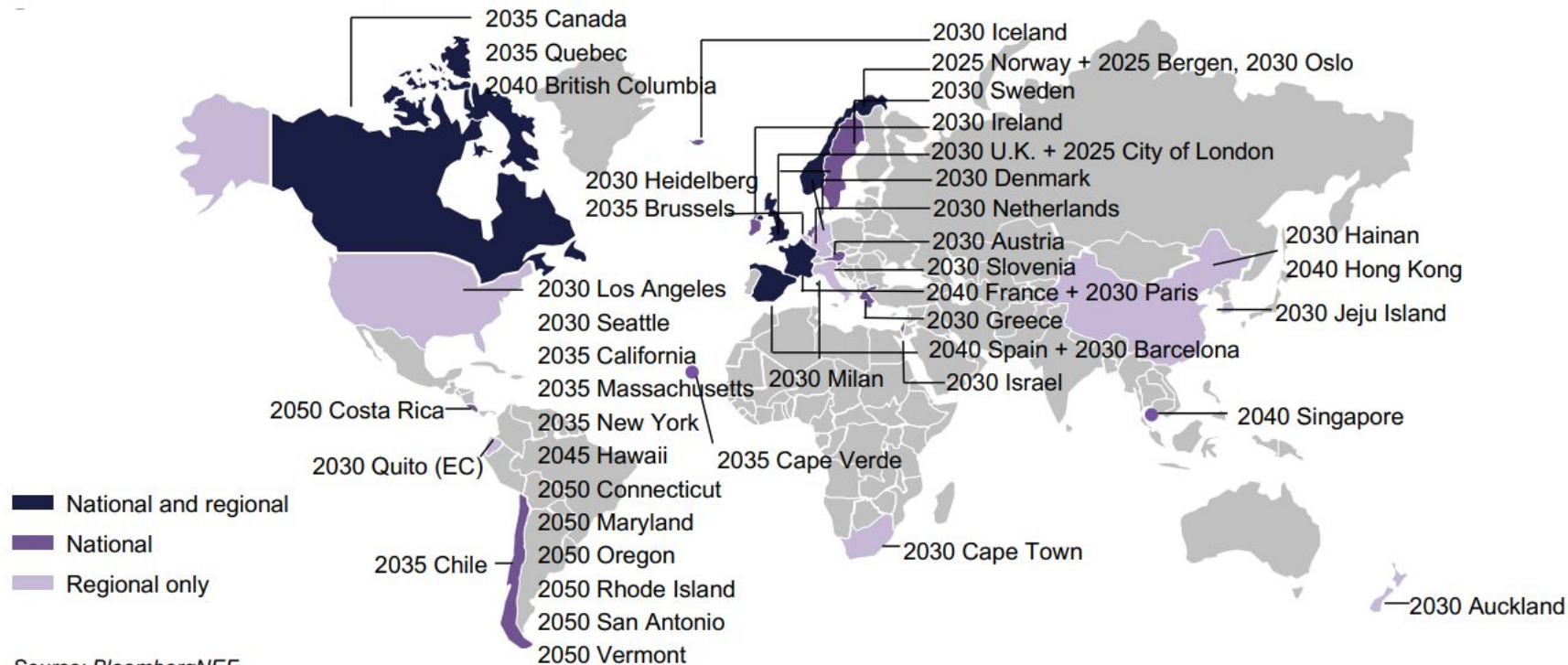
2030

2035

2040

政策 | 化石燃料汽车

电动汽车是当今最大的电池市场。迄今为止，30多个国家或地区公开宣布了淘汰化石燃料汽车的承诺



Source: BloombergNEF.

政策 | 燃油车

电动汽车是目前电池最大的市场。迄今为止，30个国家或地区已经公开宣布退出化石燃料汽车。

- 奥地利, 2035
- 比利时, 2026
- 美国加州, 2035
- 加拿大, 2040
- [智利, 2035*](#)
- 中国, 2035
- 哥斯达黎加, 2050
- 丹麦, 2030
- 埃及, 2040
- 法国, 2040
- 德国, 2030
- [香港, 2035*](#)
- 冰岛, 2030
- 印度, 2030
- [印度尼西亚, 2050*](#)
- 以色列, 2030
- 日本, 2035
- [Lausanne, 2030*](#)
- 美国麻州, 2035
- 荷兰, 2030
- [美国纽约州, 2035*](#)
- 挪威, 2050
- 新加坡, 2040
- 斯洛文尼亚, 2030
- 西班牙, 2040
- 斯里兰卡, 2040
- 瑞典, 2030
- 台湾, 2040
- [泰国, 2025*](#)
- 英国, 2030

* 2021宣布的国家



第五部分 预测

预测 | 未来12个月

1. 电池领域的风险投资和私募股权资金将继续增长。储能初创公司将在 2022 年筹集超过50亿美元的私人投资。
2. 电动汽车市场将开始转向“新型”电池化学，以优化续航里程或成本。NMCA 和 LFP 等化学物质将出现在新的电动汽车中。
3. 随着供应链寻求新的平衡，电池原材料的价格波动将继续存在。锂金属、碳酸锂和氢氧化锂价格将出现 30% 以上的波动。
4. 开发固态电池技术，实现120Ah 电芯的工业化。
5. 传统汽车将进一步加快电气化转型。到 2022 年，在美国市场将有至少40 种电动汽车车型可供消费者选择
6. 随着大公司寻求获得新技术和人才供应的短缺，将出现更多并购或收购。至少5家电池初创公司将被大公司收购。
7. 退役电池的数量将与电动汽车生产同步增加。2022年将出现至少5 家以电池梯次利用、回收及周边产业为核心业务的初创公司。
8. 全球电池总装机量将超过800 GWh。

联系我们

感谢您阅读2021电池行业年度报告！

我们总结并突出了2021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。

关于报告反馈、合作和邀约，请联系邮箱editors@batterybits.com.

谢谢！

[*Volta Foundation*](#) and [*Intercalation*](#)

关于作者(排名不分先后)



[Nicholas Yiu](#)

UCL Business
Intercalation



[Yen T. Yeh](#)

Voltaiq
Volta Foundation



[Eric Zheng](#)

Romeo Power
BatteryBits



[Ethan Alter](#)

Dalhousie University
Intercalation



[Andrew Wang](#)

Univ of Oxford
Intercalation



[Katherine He](#)

TDK Ventures
BatteryBits



[Aubert Demaray](#)

SpectraPower



[Charlie Parker](#)

Ratel Consulting



[Jon Regnart](#)

Advanced Propulsion Centre



[Zhiwen Huang](#)

Farasis Energy
BatteryBits



[Crystal Jain](#)

Form Energy
BatteryBits



[Ashish Gogia](#)

University of Dayton
BatteryBits

翻译团队(排名不分先后)



郑永为

Romeo Power



何倩然

TDK Ventures



宗玮炜

University of Michigan



张思艺

Lunar Energy



黄之问

孚能科技



卓传佳

元算力资本



胡小毛

特隆美储能



孟星华

硅源新能



戴金松

Sensata Technologies



邓昌宇

University of Michigan



陈众

比亚迪



梁梦董

SEI

顾问委员会

感谢顾问委员会对本报告提出的宝贵建议。



Steve LeVine

Editor, The Electric



Dee Strand

Chief Scientific Officer,
Wildcat Discovery Technologies



James Frith

Head of Energy Storage,
BloombergNEF



Prof. Shirley Meng

Professor, University of Chicago
Chief Scientist, Argonne National
Laboratory

鸣谢

感谢以下创作人员对报告各个部分的撰写与贡献。

研究

Charles Yang, Stealth Startup (人工智能)
Shashank Sripad, Carnegie Mellon (模拟)
Pooja Vadhva, University College London (固态电池)
Eric Rountree, EC Power (快充)
Tom Heenan, Gaussion & UCL/Faraday Institution (表征)
Chun Tan, Gaussion & UCL/Faraday Institution (表征)

产业

Iñigo Careaga, CIC energiGUNE (电池制造)
Miriam Gutiérrez, CIC energiGUNE (电池制造)
Nuria Gisbert, CIC energiGUNE (电池制造)
Sara Ortiz, CIC energiGUNE (电池制造)
Pooja Vadhva, University College London (固态电池)
Ines Miller, P3 Consulting (电池成本)
Benedikt Konersmann, P3 Consulting (电池成本)
Darren Lim, Amber Kinetics (储存成本)
Katherine He, TDK Ventures (投资)

产业 (接上文)

Alex Grant, Jade Cove Partners (锂矿开采, 生命周期分析)
Sam Kanakamedala, Qnovo (电池安全)
Callum McGuinn, Mewburn Ellis (知识产权)
Robert Pell, Minviro (生命周期分析)
Tejal Sawant, BatteryBits & Lilac Solutions (多个部分)

人才

Iñigo Careaga, CIC energiGUNE (职业)
Miriam Gutiérrez, CIC energiGUNE (职业)
Nuria Gisbert, CIC energiGUNE (职业)
Sara Ortiz, CIC energiGUNE (职业)
Gabe Hege, Apple (数据)

政策

Melissa Zhang, Harvard/Stanford (对个部分)

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@hernstenerz.com。



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。

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.

引用要求

“The Battery Report 2021.” *Volta Foundation & Intercalation*, 8 January 2022. Web. [Date accessed].

请根据以上格式恰当引用本 报告

如有问题请联系邮箱 editors@batterybits.com.

加入我们

BatteryBits 是为全球电池专家服务的出版平台，旨在提供业内人士对行业趋势和方向的想法。我们发布来自工业、学术界、政策和金融领域的电池专家的意见和想法。自 2020 年 6 月以来，我们的出版物的浏览量已超过 15 万次。

如果有兴趣分享您的对电池领域的独到见解，请点击此链接申请投稿 [Apply here](#).

咨询、演讲活动或任何其它问题，请发邮件至editors@batterybits.com

关于Intercalation



Intercalation成立于2020年，是一家致力于电池行业的独立研究机构。我们的目标是通过专业洞察力向公众展示真实的科学，并将最新的技术研究带给全球观众，而不是那些匪夷所思的故事。

Intercalation 为新能源技术提供技术见解和评估，以帮助在产业界、学术界和政府之间建立知识桥梁。我们积极跟踪 100 多家公司，并在我们的时事通讯以及年度电池行业报告中发布我们的研究和分析。Intercalation 总部位于英国伦敦。

阅读更多文章请点击[website](#), [twitter](#), and our [newsletter](#).

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 10,000 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)。

支持我们: tinyurl.com/VoltaFoundationIntro

关于Nernst EnerZ



能斯特未来新能源 (Nernst EnerZ) 成立于2021年，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中美一线电动汽车公司、电池公司和金融服务公司的高端人才，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。

能斯特未来目前旗下特色项目包括新能源领域国际化知识讯息平台“新能源情报局”和国内首家产学研投跨领域交流活动“电池圆桌派”，欢迎扫描二维码关注我们。

