

# 2026年2月至3月全球电池回收行业深度研报 ：政策共振、技术突破与金属定价体系重构

自2026年2月下旬至3月初，全球电池回收产业在极短的时间窗口内经历了一系列深远的结构性剧变。随着早期投放市场的新能源汽车(NEV)及海量消费电子产品的大规模退役潮真正到来，电池回收已彻底脱离了单一的环保合规范畴，全面跃升为大国博弈的核心战略节点与高附加值材料循环再造的超级赛道。本报告聚焦于2026年2月23日至3月3日这一关键时间段，通过对全球新出台政策的穿透式解读、核心电池金属原材料现货市场的价格高频波动分析、颠覆性直接回收专利的底层技术拆解，以及一二级资本市场的并购与融资重组动向，为全产业链提供详尽、深度且兼具前瞻性的战略洞察。

数据表明，全球电动汽车电池回收市场正处于爆发式增长的前夜，其市场规模预计将从2025年的253.7亿美元迅猛扩张至2026年的298.6亿美元，并有望在2032年达到877.1亿美元，年复合增长率(CAGR)高达19.38%<sup>1</sup>。然而，在这一宏大的增长叙事之下，产业微观层面正经受着“黑粉”(Black Mass)成本倒挂、政策强制溯源以及技术路线更迭的多重挤压。行业正在从“粗放式产能扩张”向“技术护城河与精细化数字运营”加速演进。

## 第一章 全球政策矩阵重构与全生命周期数字溯源落地

在2026年2月至3月的监测期内，全球主要经济体的电池回收政策呈现出高度的一致性：即全面强化生产者责任延伸制(EPR)，并通过强制性的数字化溯源手段，试图在物理实体与数字空间中建立严密的监管闭环。这种由“自愿性回收”向“强制性合规”的政策倾斜，正在重塑整个行业的准入壁垒与竞争生态。

### 1.1 中国：4月1日新规大限与白名单生态的终极重塑

作为全球最大的新能源汽车生产与消费中心，中国在废旧电池末端管理上的政策迭代对全球供应链具有决定性的溢出效应。据生态环境部(MEE)估算，至2025年底，中国退役锂电池总量已达到134.49吉瓦时(GWh)，这为回收产业提供了庞大的绝对物质基础<sup>2</sup>。然而，长期以来，非正规回收渠道(即缺乏环保资质的“灰产”作坊)以非理性的高价抢夺废旧电池源，导致拥有先进环保设施的正规“白名单”企业普遍面临产能闲置与“吃不饱”的困境<sup>2</sup>。

为彻底廓清行业生态，中国工业和信息化部(MIIT)等多个国家部委联合出台了《新能源汽车退役动力电池回收利用管理暂行办法》，并明确该法规将于2026年4月1日正式生效<sup>3</sup>。在2月至3月的政策消化期内，行业对该法规的核心威慑力有了深刻认知。新规在物理链条上切断了灰产的原料获取路径，强制规定报废的新能源汽车在拆解时，其动力电池必须随车保留，严禁私自拆卸与非法流转；所有电池交换站与售后服务企业必须将退役电池移交至获得合法审批的综合利用企业，或由整车及电池制造商建立的官方回收网络<sup>4</sup>。

更为深远的系统性变革在于国家级数字化基础设施的强制接入。中国正在全面铺开全国新能源汽车动力电池溯源信息平台及数字身份管理系统。根据新规，每一块投入市场的动力电池都将被赋予符合GB/T 34014等国家标准的唯一数字标识(ID)<sup>4</sup>。这一数字护照将完整记录电池从前端生

产、终端销售、中期维修更换，直至末端报废拆解与再生利用的“全渠道、全链条、全生命周期”数据<sup>3</sup>。通过这种数字确权与实时物流追踪，监管部门不仅能够实施穿透式监管，精准打击非法倾倒与违规倒卖，更能为合规回收企业提供稳定、可预期的原料供给。此外，新规还向前延伸至产品设计端，要求制造商在电池生产中优先采用低毒性、易回收的材料，并向合法回收商开放底层拆解技术信息<sup>4</sup>。这种从“事后末端围堵”向“事前标准统一与全程数据透明”的治理模式转变，标志着中国电池回收产业即将迎来优质产能的集中释放与头部企业的估值重塑。

## 1.2 美国联邦与州级立法共振：DOE巨额拨款与加州EPR制度前沿

与中国侧重于产业链全局统筹与灰产出清的逻辑不同，美国的政策驱动力更多源于联邦政府对关键矿产供应链安全的极度焦虑，以及各地方州在环境保护层面的自发性立法试探。在2026年2月下旬至3月初，美国在资金扶持与地方法规落地方面双管齐下。

在联邦层面，美国能源部(DOE)宣布释放高达1.92亿美元的专项资金，旨在全面提升美国本土的电池回收技术与基础设施。值得注意的是，这笔资金的分配结构反映了政策重心的微妙下沉：其中约1.25亿美元被明确指定用于消费电子产品电池的收集、分类与处理技术升级，涵盖了从公众教育活动、行为改变倡议到零售商收集与物流运输系统的全环节支持；另外最高6000万美元将拨付给由大学、国家实验室及车企组成的先进电池研发联盟，重点开发低成本、少稀有金属依赖的新型电池化学体系及其配套回收路径<sup>7</sup>。这一资金流向表明，在动力电池回收产能初步建立后，数量更为庞杂、收集难度极高且火灾风险频发的消费级微型电池已成为联邦政府补齐供应链短板的下一个重点。

在州级立法层面，2026年见证了美国生产者责任延伸制(EPR)的跨越式发展。加利福尼亚州作为环保立法的先锋，其第1215号参议院法案(SB 1215)在2026年正式进入实质性运转阶段。该法案针对内嵌式(不可轻易拆卸)电池产品创设了全新的资金反哺机制。自2026年1月1日起，加州消费者在购买任何含有内嵌电池的电子产品时，必须缴纳1.5%的回收附加费(单件上限15美元)<sup>8</sup>。进入2月与3月，加州资源回收和循环利用部(CalRecycle)密集部署实施细则，定于2026年3月17日召开月度公开会议，并计划从2026年4月1日起正式接受合规回收商的费用报销申请<sup>8</sup>。这项政策深刻揭示了现代消费电子产品设计中“电池内嵌化”趋势带来的高昂外部成本——在常规废弃物处理设施中，锂离子电池频繁引发灾难性火灾。通过向终端消费环节征收定额费用，加州政府成功为下游高风险、高成本的手工及半自动化拆解提供了不可或缺的资金兜底<sup>10</sup>。

与此同时，伊利诺伊州也于2026年1月1日正式实施了《便携式及中型电池管理法案》(Portable and Medium-Format Battery Stewardship Act)，成为全美第16个通过电池EPR立法的州<sup>13</sup>。该法案的创新之处在于其管辖范围不仅涵盖传统的碱性电池，还明确将重量在4.4至25磅之间的中型锂离子电池(如电动滑板车、大型电动工具电池)纳入强制管理体系。法案要求生产商必须出资建立全州性的收集运输网络，并由伊利诺伊州环境保护局全程监督<sup>14</sup>。此外，密歇根州环境、大湖和能源部(EGLE)也在2026年2月26日召开了“电池循环计划”的利益相关者启动会议，旨在绘制该州废旧电池终端生命周期的解决方案路线图<sup>15</sup>。这些密集的州级立法行动预示着，美国正在从局部试点走向全域覆盖的废旧电池生命周期管理网络。

## 1.3 欧洲与亚洲其他地区：数字电池护照预演与韩国强制认证扩容

欧洲大陆在电池生命周期管理上一直奉行通过极高的环保标准建立非关税贸易壁垒的策略。2026年2月18日，欧盟《电池与废电池法规》设定的关键期限如期而至：所有进入欧盟市场的工业电池（容量大于2kWh）被强制要求提供碳足迹声明（Carbon Footprint Declaration）<sup>16</sup>。这是继2025年电动汽车电池实施该要求后的又一重大扩容。这一阶段性措施为即将到来的性能评级与全面数字化奠定了数据基础。按照既定时间表，至2026年8月18日，EV电池必须贴有基于其碳排放强度的性能等级标签；而到2027年2月18日，带有二维码的完整“数字电池护照”（Digital Battery Passport）将成为所有大容量电池的市场准入红线<sup>3</sup>。欧盟通过碳足迹的前置约束，巧妙地迫使全球电池制造商在生产中必须掺入更高比例的低碳回收金属（再生金属的碳排放远低于原生矿石），从而为欧洲本土尚处于高成本培育期的回收产业创造了确定性的刚需市场。中国企业如宁德时代（CATL）已敏锐察觉这一趋势，并在近期与宝马集团深化合作，共同开展动力电池数字护照与碳足迹管理的试点项目，以确保在欧洲市场的长期合规优势<sup>19</sup>。

在亚洲市场，资源高度依赖进口的韩国正加速织密其循环经济法网。2026年初，韩国环境部正式扩大了回收指令的适用范围。一项引人注目的举措是将包含电池驱动的非电子塑料玩具纳入特定管理轨道：非电子塑料玩具可归入一般塑料可回收物，而电池驱动或电子玩具则必须通过指定的小型家电回收渠道进行处理，以从源头上消除火灾或爆炸风险<sup>20</sup>。更为宏大的是韩国正在推进的《废旧电池管理法案》。该法案不仅对“废旧电池”进行了清晰的法律界定，更计划引入极具约束力的“再生材料认证系统”，用于精确验证整个电池供应链中再生材料的生产来源、使用节点与确切含量，并计划据此为国内制造或进口的电池设定法定的再生材料最低含量目标（Target Ratio）<sup>21</sup>。这一系列具有前瞻性的立法布局，旨在确保韩国本土企业（如LG新能源、SK On和三星SDI）能在全球关键矿产供应链动荡加剧的宏观环境下，通过内循环机制掌握战略主动权。

区域/国家	生效/关键节点	核心政策与法案名称	产业影响及战略意义深解
中国	2026年4月1日	《新能源汽车退役动力电池回收利用管理暂行办法》	强制废旧电池随车报废并实施全链条数字溯源。从根本上阻断灰产供应链，重塑白名单合规企业的原料获取优势与议价能力 <sup>3</sup> 。
欧盟	2026年2月18日	欧盟电池法规（工业电池碳足迹声明阶段）	为2027年实施全面数字护照铺平道路。强制要求披露并量化碳足迹，利用环保壁垒拉动再生金属的刚性需求 <sup>16</sup> 。

美国(加州)	2026年4月1日	SB 1215 电子废弃物回收附加费法案	向终端消费者征收1.5%附加费。外部环境成本内部化,用于反哺合规回收商拆解高火灾风险内嵌电池的极端成本 <sup>8</sup> 。
美国(联邦)	2026年下半年	DOE 1.92亿美元电池回收与研发资金计划	重点扶持消费电子电池回收与低稀有金属电池研发。推动回收体系向高难度微型电池下沉,降低对单一金属原料的长期依赖 <sup>7</sup> 。
韩国	2026年内推进	《废旧电池管理法》及EPR扩容	拟设立强制性的再生材料最低含量目标。提升废弃物分类精度,应对日益严峻的全球供应链孤岛化趋势 <sup>20</sup> 。

## 第二章 核心金属原料现货市场与黑粉定价博弈

2026年第一季度,电池回收企业的盈利模型经受了核心金属价格剧烈波动的严峻考验。电池回收的核心商业模式本质上是金属价值的“时间套利”与“工艺套利”——以低于金属内在标定价值的成本获取废料(即“黑粉”或废旧电池极片),通过复杂的物理粉碎与化学湿法浸出工艺提取锂、钴、镍等金属盐类,并最终按即期现货价格出售。因此,上游大宗商品市场的价格走势与结构性供需错配,直接构成了回收企业生死存亡的生命线。在2月23日至3月3日的交易窗口内,锂、钴、镍市场展现出了截然不同的定价逻辑。

### 2.1 碳酸锂:储能需求托底与高位宽幅震荡的结构分析

经历过前两年的残酷去库存周期与价格崩盘后,碳酸锂价格在2026年初呈现出显著的触底反弹与高位震荡特征。这种价格复苏并非单纯的金融资本炒作,而是基于供给端紧缩与需求端超预期强化的共振反应。

从需求端宏观动向来看,尽管欧美电动化渗透率因高利率与充电基建滞后而有所放缓,但中国及部分新兴市场的新能源汽车产销依然保持高位运行。更为关键的是,全球电网级储能系统(BESS)迎来了爆发式增长。随着AI数据中心对全天候不间断绿色电力的海量需求,储能市场正加速从短时的频率响应(如2小时系统)向长时储能(4小时及以上资产配置)转型,这直接导致了对大容量磷酸铁锂(LFP)电芯采购需求的几何级攀升<sup>22</sup>。从供给端来看,澳大利亚、南美等传统锂矿产区由

于前期的价格低迷，导致部分高成本硬岩矿山关停或绿地项目投产延迟；同时，主要锂盐精炼商在产能利用率上执行了严格的资本纪律，使得现货流通量异常吃紧<sup>24</sup>。

具体到2026年2月的价格表现，全球各区域碳酸锂价格全面回暖，但呈现出极度不均衡的地缘特征。东北亚地区因占据全球电池制造的产能核心，碳酸锂价格领涨至17.38美元/公斤，环比暴涨32.5%；欧洲市场因进口依赖度高且海运物流受阻，价格升至13.36美元/公斤（涨12.1%）；北美市场在持续去库存后微涨至10.21美元/公斤（涨2.7%）；唯独南美市场作为原产地，受长期合约交割锁定及向亚洲优先出口的影响，价格出现1.5%的微幅背离下探，收于7.64美元/公斤<sup>26</sup>。

进入2月下旬至3月初的观测期，受期货市场多头获利了结及部分现货贸易商抛售情绪影响，中国国内现货价格出现技术性回调。根据权威报价机构数据，2026年3月3日，中国电池级碳酸锂（99.5% Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>）现货基准价收报161,000元人民币/吨（约合22,250美元/吨），较前一日下跌6.67%。然而，若拉长周期看，该价格相较于过去一个月仍录得5.23%的涨幅，同比2025年同期更是飙升了114.81%<sup>27</sup>。Mysteel于3月2日的每日现货基准调查同样印证了这一高位盘整态势，高级电池级与工业级碳酸锂均维持在宽幅震荡区间<sup>30</sup>。

对于回收行业而言，锂价维持在15,000至17,000美元/吨以上的区间，是确保湿法冶金企业（尤其是以处理LFP黑粉为主的企业）维持正向毛利率的关键警戒线<sup>24</sup>。高昂的锂价直接推升了富锂废料的内在估值，使得全行业对提锂技术的研发投入与产能扩建具备了极高的商业合理性。

## 2.2 钴与镍：地缘政策冲击、出口配额挤压与中间品价格倒挂

相较于锂的强势需求逻辑，钴与镍的市场定价权则完全被生产国的出口配额政策、地缘政治博弈及长期的结构性失衡所主导。

钴市场当前正面临极度扭曲的供应链挤压。全球最大的钴生产国刚果民主共和国（DRC）严格实施的出口配额系统在2026年持续发威，该系统旨在强制初级矿石在当地转化为更高附加值的中间产品，从而大幅限制了未经加工的钴原料流向全球冶炼端<sup>31</sup>。这一政策的直接后果是，包括中国在内的主要精炼国陷入了严重的中间品原料荒。在2月下旬至3月初期间，尽管下游春节假期后的采购需求极其低迷，但受制于原材料的绝对短缺，中国国内钴中间品供应商死守报价，导致价格高位坚挺在25.8至26.0美元/磅区间<sup>32</sup>。这种上游原料的坚挺与下游终端需求的疲软产生了剧烈摩擦，导致钴盐（如硫酸钴、三氧化二钴）等产品面临严重的价格倒挂与利润反噬<sup>32</sup>。截至2026年3月2日，全球钴衍生品差价合约（CFD）报价持平于56,290美元/吨，尽管短期内横盘，但同比去年仍大幅高出134.69%<sup>34</sup>。钴价的居高不下及其供应脆弱性，一方面促使电池制造商加速向高镍低钴或彻底无钴的LFP体系转型，另一方面也为含钴三元（NCM/NCA）电池的回收价值提供了极强的底部支撑。

镍市场则在“结构性过剩”与“政策性断供恐慌”中寻找新的脆弱平衡。自2022年以来，得益于印度尼西亚红土镍矿高压酸浸（HPAL）产能的集中释放，全球镍市场长期处于供过于求的状态<sup>31</sup>。然而，在2026年2月初，印尼政府出人意料地宣布大幅削减2026年镍矿开采配额，引发了全球市场的剧烈恐慌与短线逼空行情。随着市场情绪的逐步消化与获利盘的涌出，价格在3月初有所回落。2026年3月3日，镍价收于17,043.88美元/吨，日跌0.94%，月跌1.65%，但同比仍保有6.72%的涨幅<sup>36</sup>。中国强劲的电动汽车行业需求为短期镍价提供了核心托底力量。对于回收企业而言，印尼配额

事件犹如一记警钟，再次证明了摆脱单一原产国依赖的极端重要性，凸显了电池回收作为本土“城市矿山”的战略抗风险价值。

### 2.3 黑粉 (Black Mass) 市场倒挂与定价方法论的系统性修订

黑粉作为废旧电池经过深度放电、物理破碎、分选后得到的富金属混合物，是湿法及火法冶金工艺的直接输入原料。其定价机制复杂，通常基于其中所含目标金属(如锂、镍、钴)的现货基准价，并乘以一个动态谈判的折扣计价系数(Payable Percentage / Indicator)。2026年第一季度，全球黑粉市场呈现出高度紧张的“供需双紧”格局，将许多中小型回收企业推向了破产边缘。

一方面，高企的锂价和坚挺的钴价直接拉升了黑粉的绝对采购成本。在中国市场，LFP黑粉由于成分相对单一且对锂价波动极度敏感，其价格迅速飙升至2800-3000元人民币/每个百分点锂的惊人高位<sup>37</sup>。另一方面，从全球视角观察，尽管报废电池总量逐年攀升，但在区域分布上极度不均。欧美市场受限于极其严格的环保审批法规、高昂的物流仓储成本以及匮乏的初始端拆解产能，本土黑粉供应严重不足，根本无法满足当地正在规划或建设中的大规模湿法冶炼厂的需求<sup>31</sup>。这迫使大量产能闲置，进一步抬高了单位运营成本。

这种原材料采购价格的暴涨与产成品(电池级金属盐)价格向下的挤压，构成了致命的“剪刀差”。面对市场上混乱的计价标准与极端的利润波动，权威定价机构Fastmarkets在2026年初正式启动了针对NCM/NCA黑粉定价方法论的系统性修订提案。该提案旨在将亚洲及东南亚黑粉到岸价(CIF)的计价体系，更加紧密且科学地锚定LME现货镍、Fastmarkets标准级钴以及中日韩电池级碳酸锂现货价格的波动。该公众咨询通道将于2026年3月25日关闭，并于3月30日公布最终决策<sup>38</sup>。这一方法论的修订反映出，电池回收行业正迫切需要一套透明、公允且能够反映真实市场交易结构的金融基准，以对冲巨大的原材料现货敞口风险。

金属原料	2026年3月初现货基准表现	核心宏观与行业驱动机制深度剖析
碳酸锂	161,000 CNY/T (日跌6.67%, 月涨5.23%) <sup>27</sup>	全球储能长时大容量需求超预期爆发与上游精炼产能克制共振。短线受资金获利了结引发急跌，但整体重心显著上移，支撑LFP黑粉高溢价。
钴	56,290 USD/T (月度持平，同比涨134.69%) <sup>34</sup>	刚果(金)严苛的出口配额极度收紧全球原料流通。中国市场出现中间品紧缺与终端需求萎靡的尖锐矛盾，导致硫酸钴价格严重倒挂。

镍	17,043.88 USD/T (月跌1.65% , 同比涨6.72%) <sup>36</sup>	市场在长期的结构性过剩与印尼意外削减2026采矿配额之间剧烈拉扯。短期炒作降温后回归理性，中国电动化需求构成强力底部支撑。
---	--	---

## 第三章 颠覆性技术更迭与前沿专利的商业化前夜

在原材料成本居高不下、政策合规门槛大幅提升的双重围剿下，2026年的电池回收技术正被迫经历一场深刻的革命。高能耗、长流程、重污染的传统火法冶炼与强酸湿法浸出工艺，正迅速被低碳排放、极短流程的“直接回收”以及全数字化智能管理所替代。技术的突破，已成为回收企业跨越盈亏平衡线、对抗资本寒冬的唯一护城河。

### 3.1 直接正极回收 (Direct Recycling) 的系统级突破：2月24日重磅专利深度拆解

传统的湿法冶金在处理锂离子电池时，必须使用大量强腐蚀性试剂（如硫酸、盐酸）将正极材料的晶格彻底摧毁，将其溶解为金属离子状态，随后通过极其繁琐、能耗极高的溶剂萃取、除杂与化学沉淀，将镍、钴、锰等元素逐一分离并重结晶，最后还需再耗费巨额能源重新烧成正极活性材料。这一过程不仅产生了海量的危废水处理负担，更因为彻底摧毁了原有材料的物理结构，导致经济效益大打折扣。

学界与产业界长久以来都在攻坚“直接再生”(Direct Regeneration)或“直接正极回收”(Direct Cathode Recovery)技术，期望在不破坏正极晶体结构的前提下，通过物理手段将其剥离并靶向修复，从而直接获得电池级活性材料<sup>39</sup>。2026年2月24日，美国专利商标局 (USPTO) 正式颁发了一项编号为 US 12,562,367 的革命性专利，该专利详细披露了一种用于锂离子电池直接回收的工业级系统方法，标志着该技术正式从实验室级构想向规模化商业应用迈出了决定性的一步<sup>40</sup>。

该专利技术的底层颠覆性在于，其创造性地利用了多级差速流体力学剪切与极度环保的水基物理梯度分离手段，完全剔除了高污染的化学溶解环节。其工艺核心链路包含以下关键步骤：首先，在物理破碎与清洗阶段，将废旧电池的正负极极片进行同步粉碎，并巧妙地引入异丙醇 (Isopropyl alcohol, IPA) 等有机溶剂进行冲洗。相较于传统工业使用的强毒性、高挥发性溶剂，异丙醇具备极佳的洗脱能力，能高效溶解并带走极片表面的电解液残留及六氟磷酸锂降解物，大幅降低了后续操作的安全风险与环境毒性。其次，进入技术最核心的\*\*选择性多级剥离 (Selective Delamination) 流程。系统巧妙利用了正负极粘结剂 (Binder) 理化性质与附着力的差异。在第一阶段，混合物在均质机中进行低速 (800至1000转/分钟) 柔性搅拌，使得附着力较弱的负极石墨材料率先从铜箔集流体上大面积脱落，随后通过设定孔径为1.7毫米的精密筛网进行拦截分离；在第二阶段，剩余的铝箔集流体与顽固附着正极极片进入高速均质腔，在16000至18000转/分钟的极高转速下，强大的流体剪切力与空化效应将正极活性材料 (如NMC粉末) 连同聚偏氟乙烯 (PVDF) 粘结剂从铝箔上实现分子级彻底剥离<sup>40</sup>。最后，剥离后的正极材料在经过45微米极细筛网过滤及物理刀片的高速解团聚后，被引入一套独创的水基重力梯度分离 (Water-based Gravity Separation) \*\*系统。在第一级静置分离容器中，由于密度差异，较轻的水溶液与PVDF粘结剂悬浮液自发从顶部溢流排出，而高密度的纯净正极活性颗粒则迅速沉降至底部，并顺次流入后续的第

二、第三、第四级分离器进行逐级纯化萃取<sup>40</sup>。

该专利的问世无疑在行业内投下了重磅炸弹。它不仅彻底规避了对极其昂贵的钴、镍、锂金属的化学破坏，将酸碱试剂的消耗量无限趋近于零，更因为全流程主要依靠水力与机械物理作用，实现了史无前例的低碳排放与环保效益。直接回收的高纯度NMC粉末在理论上仅需进行极少的低温热处理或靶向补锂，即可直接运往电池超级工厂用于下一代高能量密度电芯的制造。研究表明，若该技术成功量产，有望将高镍正极材料的总回收成本削减30%至40%以上，对现存的重资产湿法冶金巨头构成极其严峻的技术替代威胁<sup>39</sup>。同时，面对北美与欧洲在石墨等关键负极材料供应链上的脆弱性，针对电池中石墨的提取与高纯度再生专利（如同期申请的US 17/341,616等相关专利）也引发了资本的高度关注<sup>41</sup>。

### 3.2 固态电池的极限热测试与未来回收维度的深度推演

在传统液态锂离子电池回收工艺加速迭代的同期，被誉为“终极解决方案”的固态电池（Solid-State Batteries）的商业化进程在2026年初取得了里程碑式的进展，这将对未来十年的电池回收技术演进路线图提出前所未有的挑战与颠覆。

2026年3月初，欧洲前沿固态电池初创企业Donut Lab披露了由权威机构芬兰VTT技术研究中心进行的第三方高温极限测试数据，其结果震撼了整个电化学界。众所周知，传统的液态锂离子电池在环境温度达到60至70°C时，其内部微观结构便开始崩塌，极易引发不可逆的容量衰减甚至剧烈的热失控起火。然而，Donut Lab的固态电芯在极端高温下表现出了颠覆常规热力学定律的“反向升温增效”奇迹：在80°C的高温烘烤环境下，电池在1C放电倍率下不仅毫无衰减，反而超水平释放出室温标称容量的110%；更令人难以置信的是，在100°C的极端沸水温度阈值下，电池依然强悍地维持了约107%的容量输出（0.5C倍率下）<sup>43</sup>。测试报告特别指出，即使在100°C的高温下导致外部铝塑软包薄膜丧失真空密封状态，电芯内部的全固态电解质与活性物质架构依然固若金汤，未发生任何热降解，电池在自然冷却后仍能完美重新充电至4.15V的初始基准电压<sup>43</sup>。结合其此前于2月份公布的测试数据——单电芯可实现惊人的4.5分钟0-80%极速快充，以及公司宣称的高达400 Wh/kg的电芯级能量密度和突破10万次的循环寿命预期，该技术正在无限逼近规模量产的临界点。Donut Lab已与Verge Motorcycles达成深度绑定，若能在设定的2026年3月31日最后期限内，将搭载该固态电池的TS Pro与Ultra量产摩托车顺利交付，无疑将宣告固态电池正式跨越商业化的死亡之谷<sup>43</sup>。

对于长周期的电池回收行业而言，固态电池的大规模商业化既是重大利好，也潜藏着工艺路线的颠覆危机。其一，由于从根本上舍弃了高度易燃、易挥发的液态有机电解质，固态电池的物理破碎环节将变得“内生绝对安全”（Intrinsically Safe）。这意味着回收工厂将彻底免受爆炸隐患的困扰，不再需要耗费数千万美元构建防爆车间，或依赖像Li-Cycle那样复杂的“水下淹没式破碎”工艺，大幅削减了工厂的初始固定资产投资。其二，固态电池动辄数万次至十万次的超长物理循环寿命，意味着产品在终端市场的使用周期将被极度拉长。短期至中期内，流入末端回收梯队的废旧固态电池数量将十分稀少，这可能加剧回收企业前期的产能闲置与原料饥渴。其三，在微观结构上，固态电解质（无论是硫化物、氧化物还是聚合物体系）与正负极颗粒材料实现了前所未有的高度致密化结合。这种坚如磐石的物理绑定，可能导致前文所述的“流体力学剪切剥离”或基于溶剂的“直接回收”工艺完全失效。未来，回收技术的科研攻坚重心，必将向如何低能耗、高选择性地瓦解固态

电解质网络与正负极微晶颗粒的物理界面转移。

### 3.3 AI智能分拣与数字孪生：合规高压下的降本提效利器

在硬件工艺路线图发生底层突破的同时，软件算法特别是人工智能(AI)正在从工厂运营端，以前所未有的深度重塑电池回收体系的运转效率与碳资产管理水平。2026年初期的技术落地趋势表明，AI计算机视觉(Computer Vision)与“数字孪生”(Digital Twins)技术已从概念阶段全面步入一线回收工厂的标准化配置。

在废旧电池模组的早期接收、粗拆解与物料分拣环节，先进的AI机器视觉分拣系统正在发挥核心作用。面对各不相同、规格混乱的退役电池包，搭载深度学习算法的光学传感器现已能够以每秒3米的惊人高速，在流水线上实时识别并精准分离外观相似但内部化学体系(如LFP与NCM)完全迥异的圆柱或软包电池，并同步剔除各类高分子聚合物塑料外壳<sup>44</sup>。鉴于中国官方最新颁布的极其严苛的追溯法规，以及加州对电子废弃物精细化分类的强制要求，这种无人化的AI智能分拣不仅从源头上彻底切断了人工直接接触有毒重金属与高压漏电的致命风险，更有力保障了后续粉碎产出物(黑粉)的纯度上限与批次品质的一致性。

在能耗精细化管理与全生命周期碳足迹核算方面，“数字孪生”技术的引入则显得尤为战略关键。面对全球能源价格的剧烈动荡，以及欧盟数字电池护照强加的严苛碳减排与性能评级指标，领先的回收企业正争相在虚拟数字空间中构建与物理工厂完全1:1映射的数字孪生副本。通过将海量的物联网(IoT)传感器数据导入算法引擎，AI能够在云端模拟成千上万种生产调度策略与工艺参数控制场景，寻找能耗与产出的最优解。实地应用数据表明，在不增添或改动任何物理硬件设备的前提下，仅通过对水、电、热力等能源流向及物流瓶颈的数字孪生优化，回收工厂的碳排放总量平均可实现15%至20%的惊人降幅<sup>44</sup>。这不仅是企业在能源通胀周期中削减可变成本的利刃，更是其在全球绿色供应链博弈中，顺利获取“低碳认证”通行证的制胜法宝。

## 第四章 资本重构与产业链出清：重资产退潮与巨头收割

当政策的紧箍咒日益收紧，核心原材料的利润空间被无情挤压，而前沿技术的研发又需要无底洞般的资金投入时，2026年第一季度的全球电池回收行业迎来了史无前例的加速出清与惨烈的资本洗牌。资本市场的流向呈现出截然不同、却又逻辑自洽的两极分化：一方面是传统能源与矿业财团对深陷债务泥潭的回收新星展开残酷的“抄底”并购；另一方面则是顶级风险资本(VC)与政府战略基金对具备降维打击技术，或深度绑定下游储能基建生态的头部企业进行毫不吝啬的重金押注。

### 4.1 巨头抄底与初创梦碎：以嘉能可全面接管Li-Cycle为例

2026年第一季度最令业界震动、也最具标志性意义的行业重组事件，无疑是全球顶级大宗商品交易商与传统矿业巨头嘉能可(Glencore)正式完成了对曾经的北美电池回收明星企业Li-Cycle核心资产的破产收购<sup>45</sup>。这一事件不仅宣告了一个曾经辉煌的初创神话的破灭，更深刻揭示了在复杂的地缘政治与严苛的宏观经济环境下，重资产回收模式的极端脆弱性。

Li-Cycle曾是北美固废回收领域的现象级独角兽，其引以为傲的开创性“水下淹没式破碎”(Submerged Shredding)专利技术，能够极为有效地扼杀锂电池在物理粉碎过程中的热失控起火

风险，并高效率、高收率地产出富金属黑粉。凭借这一技术，Li-Cycle迅速在欧美市场跑马圈地。然而，当该公司的野心不再局限于前端物理破碎(Spoke)，而是试图向产业链深水区——即建设巨型湿法冶金提炼枢纽(Hub)，以图直接生产高附加值纯金属盐类延伸时，其噩梦便拉开了序幕。

Li-Cycle在纽约州罗切斯特(Rochester)大举规划建设的巨型湿法冶炼Hub项目，最终成为了拖垮公司的泥潭。由于缺乏超大型化工项目的工程管理经验、遭遇通货膨胀导致建筑材料与人工成本的成倍飙升，以及湿法工艺在从实验室走向大规模工业量产时被无限放大的技术挑战，该项目的资本开支(CAPEX)严重失控并出现巨额超支。尽管美国能源部(DOE)曾于2024年慷慨批准为其提供高达4.75亿美元的低息贷款，以彰显国家意志对本土供应链的扶持，但受制于特朗普政府时期对于部分新能源清洁技术资助政策的摇摆与撤回倾向，以及市场环境的急剧恶化<sup>48</sup>，至2025年，Li-Cycle的现金流已彻底枯竭。公司不仅无力满足提款的前置硬性条件，工程也被迫全面无限期停工。最终，在高达4.46亿美元的沉重债务压迫、惨不忍睹的0.58流动比率，以及-173.57%的灾难性毛利率拖累下，Li-Cycle轰然倒塌，被迫寻求债权人保护(CCAA与Chapter 15破产程序)<sup>45</sup>。

在此次破产重组的盛宴中，作为其最大担保债权人的嘉能可展现了老牌资本的冷酷与精准。嘉能可仅动用了约4000万至4640万美元的信用投标额度(Credit Bid)，便以令人咋舌的极低折价，将Li-Cycle此前耗费数亿美元建立的庞大帝国悉数收入囊中，包括位于德国、亚利桑那、阿拉巴马、纽约和安大略省的五个核心前端物理破碎工厂(Spokes)、罗切斯特枢纽项目的全部基础设施，以及极其宝贵的底层知识产权专利组合<sup>45</sup>。这一并购案向全行业发出了振聋发聩的警示：在电池回收这一重资产、长周期的硬核科技赛道中，缺乏极致成本控制能力、盲目进行产能堆砌的初创企业，终将在资金链断裂的寒冬中沦为成熟工业巨头的廉价并购标的。对于嘉能可而言，此举不仅完美补齐了其在电池循环经济战略版图中的短板，更以几乎零试错成本的方式获得了完备的北美与欧洲现成产能布局，使其在面对随时可能爆发的地缘政治冲突与初级矿产供应链断裂风险时，拥有了坚不可摧的战略纵深与缓冲垫。

## 4.2 VC风向逆转：从单一材料提取转向“能源存储基建网络”的降维布局

与Li-Cycle因重资产拖累而轰然倒下的悲剧形成极其鲜明对比的，是那些拥有闭环商业模式或深厚技术护城河的回收企业，依然在凛冽的资本寒冬中备受顶级风投的狂热追捧。其中最耀眼的明星当属由特斯拉联合创始人JB Straubel创立的美国电池回收巨头Redwood Materials。

在2025年底至2026年1月的融资极寒期，Redwood Materials逆势完成了令人瞩目的E轮巨额融资。公司首先获得了由硬科技知名风投Eclipse Ventures领投、英伟达(Nvidia's NVentures)重磅参投的3.5亿美元，随后势如破竹，将该轮融资总规模一举拉升至4.25亿美元<sup>50</sup>。然而，深刻剖析这笔巨额资金的真实流向，方能看清产业演进的最前沿趋势。Redwood筹集的数亿美元不仅用于进一步夯实内华达州与南卡罗来纳州超级工厂的电池关键材料闭环制造能力(将回收金属直接制备为正负极材料供应松下等电芯厂)，更被极具战略前瞻性地引向了一个更为庞大且利润丰厚的蓝海市场——大规模电网级储能系统(BESS)的研发、制造与部署。

这一战略级布局的背后，是深刻洞察了全球宏观经济运行的底层逻辑。当前，人工智能(AI)大模型与海量数据中心的爆发式增长，正在吞噬着难以计数的电力，引发了对全天候、不间断绿色电力的海量需求，电网的不堪重负已成为制约科技发展的首要瓶颈。Redwood敏锐地抓住了这一时代痛点，通过将回收提取的低成本、高纯度关键金属材料直接转化为本地化生产的大型储能电站设备，实现了极其高明的商业闭环<sup>50</sup>。这种模式不仅完美消化了上游回收端的金属产能波动，

更将公司从一个传统的“废料处理与金属倒卖商”，成功升维至“下一代新能源电力数字基建的综合提供商”。资本正是看中了这种跨越周期的抗风险能力与指数级增长的商业想象空间，才毫不吝啬地投下重注。

与此同时，大洋彼岸的欧洲市场也呈现出对极早期、高壁垒硬核技术的青睐。德国初创企业Cylib凭借其在电池关键原材料高收率提取上的底层专利突破，成功斩获6400万美元的A轮融资；而总部位于慕尼黑的Tozero则在其建立锂离子电池前端回收示范工厂的愿景下，顺利拿下了1200万美元的种子轮融资<sup>52</sup>。这无不昭示着，资本的偏好已彻底抛弃了低效的产能重复建设，转而将重兵囤积于能够从源头上颠覆传统湿法工艺的高效提取技术节点。

## 第五章 结论与全景战略展望

纵观2026年2月至3月这一激荡的短周期，全球电池回收产业在政策强制力、原材料价格重构、前沿技术破壁与资本无情洗牌的多重作用下，完成了不可逆的结构性跃迁。基于本报告的详尽数据分析与多维交叉推演，对产业链未来的中长期演化趋势提出以下三大核心战略研判：

第一，全球监管体制已步入“物理隔绝与数据全景透视”的终极强监管纪元。以中国MIIT于4月1日落地执行的“废旧电池禁止剥离车辆”及“全生命周期唯一数字ID溯源”新规为绝对风向标，标志着监管核心已从传统的末端环境污染治理，彻底升级为事关国家经济命脉的战略金属资源“防失血”与“反渗透”战役。欧洲步步紧逼的碳足迹护照时间线与美国加州、伊州不断强化的生产者责任延伸(EPR)网络及惩罚性附加费，本质上皆是殊途同归——即通过设置极高的数据透明度与环保合规门槛，建立起高度封闭且排他的区域性逆向物流壁垒。在这一不可逆的趋势下，那些无法无缝接入官方数字溯源平台、无法提供清晰可审计碳足迹证明的游击式非正规回收商，将被彻底碾碎并清退出局，行业产能集中度与白名单企业的市占率将迎来历史性的脉冲式飙升。

第二，“直接回收”(Direct Recycling)等颠覆性极短流程工艺将重铸行业的终极成本护城河。以2026年2月24日获得授权的美国第12,562,367号专利为代表，其所展示的多级高速流体剪切剥离与极低能耗的水基重力分离技术，代表了彻底摒弃传统湿法高危污染、高额能源消耗与剧烈晶体破坏路径的最优解。随着此类革命性技术快速跨越实验室阶段并迈向量产中试，现存的大量重资产、高负债的传统酸浸湿法产能将面临极其惨烈的加速折旧与资产减值压力。率先掌握低碳排、高收率、免二次烧结物理再生工艺的创新企业，将能够以远低于行业平均水平的边际成本，向急需完成减排指标的全球头部电池制造商提供完全符合欧美严苛碳配额标准的零碳原材料，从而在极其内卷的市场中攫取结构性的超额垄断利润。

第三，“城市矿山”的抗地缘风险属性凸显，终局之战将是基于AI的能源网络生态战。面对印尼政府毫无预兆的镍矿开采配额腰斩，以及刚果(金)长期悬而未决的钴矿出口管制，依赖初级矿产国资源输入的主机厂与电池巨头深刻意识到，构建本土化、闭环运作的电池回收网络，已成为对冲资源民族主义政治风险的唯一有效金融与实体工具。正如嘉能可对Li-Cycle的冷酷收割所揭示的，纯粹依托风险资本催熟的孤立回收工厂极其脆弱；而Redwood Materials通过巨额融资转型AI储能基建网络，则指明了产业进化的终极形态。未来，电池回收将不再是一个孤立的化工冶炼环节，而是深度融合AI智能分拣与数字孪生优化，并与下游大电网储能生态、数据中心供电网络产生强力化学反应的复合型超级基建。

综上所述，2026年的春天是全球电池回收行业从野蛮无序的蛮荒生长，迈向高度精细化、技术寡

头化与全域数字智能化的历史分水岭。达摩克利斯之剑已经轰然落下，新周期的帷幕已经拉开。唯有那些在合规高压下恪守数字透明，在技术研发上敢于拥抱底层创新，并在资本运作上具备跨周期视野，能够巧妙利用再生金属反哺未来能源基建的综合性巨擘，方能在这一场波澜壮阔、史无前例的“绿色大航海时代”中破浪突围，最终重塑并统治未来全球新能源材料体系的权力版图。

## 引用的著作

1. Electric Vehicles Battery Recycling Market - Global - GlobeNewswire, 访问时间为三月 3, 2026,  
<https://www.globenewswire.com/news-release/2026/02/25/3244756/0/en/Electric-Vehicles-Battery-Recycling-Market-Global-Forecast-Report-2026-2032-Tap-Into-New-Opportunities-from-Large-scale-Vehicle-Electrification-and-Material-Recovery.html>
2. China needs clearer standards to support growth of battery recycling industry - Fastmarkets, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.fastmarkets.com/insights/china-needs-clearer-standards-to-support-battery-recycling-industry/>
3. China set to launch digital battery passport scheme, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.batteriesinternational.com/2026/02/27/china-set-to-launch-digital-battery-passport-scheme/>
4. China implements strict EV battery recycling rules for 2026, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://carnewschina.com/2026/01/16/china-implements-strict-ev-battery-recycling-rules-for-2026/>
5. China Cracks Down on EV Battery Recycling, Scrapped Cars Must Keep Batteries - Caricarz, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.caricarz.com/detail/amp/en/news/china-cracks-down-on-ev-battery-recycling-scrapped-cars-must-keep-batteries/21283>
6. China to strengthen recycling management of used power batteries from NEVs, 访问时间为 三月 3, 2026,  
[https://english.www.gov.cn/news/202601/16/content\\_WS6969df0cc6d00ca5f9a089c0.html](https://english.www.gov.cn/news/202601/16/content_WS6969df0cc6d00ca5f9a089c0.html)
7. US Energy Dept. Announces \$192M to Advance Battery Recycling Tech, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.batterytechonline.com/battery-recycling/us-energy-dept-announces-192m-to-advance-battery-recycling-tech>
8. California's New Battery Recycling Law Takes Effect January 1, 2026 | Sales Tax Institute, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.salestaxinstitute.com/resources/california-battery-recycling-law-effective-2026>
9. California: Recycling fees to apply for battery-embedded products from 2026 - ERP Global, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://erp-recycling.org/news-and-events/2025/12/california-recycling-fees-to-apply-for-battery-embedded-products-from-2026/>
10. New California fee targets batteries in PlayStations, power tools and singing

- cards, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://calmatters.org/environment/2026/01/battery-fee-product-stewardship/>
11. Archives: Events - CalRecycle Home Page - CA.gov, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://calrecycle.ca.gov/events/>
  12. SB 1215 Workshop Covered Electronic Waste Informational Session - CalRecycle, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www2.calrecycle.ca.gov/PublicNotices/Documents/14776>
  13. Know before you throw, new law expands free battery recycling options - Illinois Extension, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://extension.illinois.edu/news-releases/know-you-throw-new-law-expands-free-battery-recycling-options>
  14. Illinois Enacts Nation's 16th Battery Recycling Law - Environmental Council of the States, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.ecos.org/news-and-updates/illinois-enacts-nations-16th-battery-recycling-law/>
  15. New program focuses on battery collection, recycling, reuse, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.michigan.gov/egle/newsroom/press-releases/2026/02/24/announcing-battery-circularity-program>
  16. EU Battery Passport Deadlines: How to Prepare for EU Market Before 2027 - DigiProd Pass, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://digiprodpass.com/blogs/battery-passport-deadlines-2027>
  17. EU battery passport regulation requirements - Circularise, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.circularise.com/blogs/eu-battery-passport-regulation-requirements>
  18. IMPLEMENTING THE EU DIGITAL BATTERY PASSPORT - European Circular Economy Stakeholder Platform, 访问时间为 三月 3, 2026,  
[https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2024-03/1qp5rxiz-C-EPS-InDepthAnalysis-2024-05\\_Implementing-the-EU-digital-battery-passport.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2024-03/1qp5rxiz-C-EPS-InDepthAnalysis-2024-05_Implementing-the-EU-digital-battery-passport.pdf)
  19. Gasgoo Weekly Highlights | CATL and BMW Launch Battery ..., 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://autonews.gasgoo.com/articles/news/gasgoo-weekly-highlights-catl-and-bmw-launch-battery-passport-pilot-is-xiaomi-supercar-coming-2028674448872181761>
  20. South Korea to Add Plastic Toys to EPR Recycling Scheme from 2026 - OPIS, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.opis.com/resources/energy-market-news-from-opis/south-korea-to-add-plastic-toys-to-epr-recycling-scheme-from-2026/>
  21. South Korea proposes new bill requiring safety inspections for used batteries prior to removal | Envilience ASIA, 访问时间为 三月 3, 2026,  
[https://envilience.com/regions/east-asia/kr/report\\_13900](https://envilience.com/regions/east-asia/kr/report_13900)
  22. Benchmark Mineral Intelligence, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://rhomotion.com/news/the-realities-of-the-battery-recycling-market-four-key-challenges-chinese-recyclers-are-facing-industry-update/>

23. Benchmark Mineral Intelligence, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://source.benchmarkminerals.com/>
24. Lithium Prices Surge Amid Strong Demand Forecasts, Could Reach Up to \$28,000/Ton by 2026 - Carbon Credits, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://carboncredits.com/lithium-prices-surge-amid-strong-demand-forecasts-could-reach-up-to-28000-ton-by-2026-nili/>
25. Lithium Carbonate Price Trend, Chart & Index 2026 - Blog - Global Risk Community, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://globalriskcommunity.com/profiles/blogs/lithium-carbonate-price-trend-chart-index-2026>
26. Lithium Carbonate Price Index, Chart 2026 & Forecast - IMARC, 访问时间为 三月 3, 2026, <https://www.imarcgroup.com/lithium-carbonate-pricing-report>
27. Lithium - Price - Chart - Historical Data - News - Trading Economics, 访问时间为 三月 3, 2026, <https://tradingeconomics.com/commodity/lithium>
28. Lithium Carbonate 99%Min China Spot Historical Data - Investing.com, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.investing.com/commodities/lithium-carbonate-99-min-china-futures-historical-data>
29. Lithium carbonate 99.5% Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> min, battery grade, spot prices cif China, Japan & Korea, \$/kg - Fastmarkets, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.fastmarkets.com/commodity-prices/lithium-carbonate-99-5-li2co3-min-battery-grade-spot-prices-cif-china-japan-and-korea-dollar-kg-mb-li-0029/>
30. Lithium carbonate prices: China (Mar 02, 2026 01:11) | Mysteel, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.mysteel.net/daily-prices/6924331-lithium-carbonate-prices-china>
31. Fastmarkets monthly BRM market update, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.fastmarkets.com/metals-and-mining/battery-raw-materials/brm-monthly-market-update-2026/>
32. China Cobalt Market Price & Cost Review Weekly 20260302 | Mysteel, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.mysteel.net/news/5114459-china-cobalt-market-price-and-cost-review-weekly-20260302>
33. Survey: China daily Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> price 2026.03.02 - Mysteel, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://m.mysteel.net/mysteel-surveys/5114494-survey-china-daily-co3o4-price-20260302>
34. Cobalt - Price - Chart - Historical Data - News - Trading Economics, 访问时间为 三月 3, 2026, <https://tradingeconomics.com/commodity/cobalt>
35. Daily Topic of China Commodity Data (March 3, 2026) - SunSirs, 访问时间为 三月 3, 2026, [https://www.sunsirs.com/uk/detail\\_news-30923.html](https://www.sunsirs.com/uk/detail_news-30923.html)
36. Nickel - Price - Chart - Historical Data - News - Trading Economics, 访问时间为 三月 3, 2026, <https://tradingeconomics.com/commodity/nickel>
37. LFP black mass and battery scrap prices surge in China - Fastmarkets, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.fastmarkets.com/insights/lfp-black-mass-and-battery-scrap-prices->

- [surge-in-china/](#)
38. Fastmarkets proposes to amend NCM/NCA black mass methodology specifications, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.fastmarkets.com/insights/fastmarkets-proposes-to-amend-ncm-nc-a-black-mass-methodology-specifications/>
  39. AI Study Highlights Emerging Path in EV Battery Recycling, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.usa.ev-battery-recycling.com/news/ai-study-highlights-emerging-path-in-ev-battery-recycling>
  40. U.S. Patent for Direct recycling method for lithium-ion batteries ..., 访问时间为 三月 3, 2026, <https://patents.justia.com/patent/12562367>
  41. Application Data - Patent File Wrapper, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://data.uspto.gov/patent-file-wrapper/search/details/17341616/application-data>
  42. Li-ion Battery Recycling Market 2025-2045: Markets, Forecasts, Technologies, and Players, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.idtechex.com/en/research-report/li-ion-battery-recycling-market/1090>
  43. Donut Lab Solid-State Battery Aces Heat Test But Questions Remain, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.batterytechonline.com/design-manufacturing/donut-lab-s-solid-state-battery-aces-heat-test-but-can-it-deliver-on-production-promise>
  44. Green Tech 2026: 3 Innovations Leading the Way to Sustainability This Year | SmartGreen Post | news about the environment, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.smartgreenpost.com/2026/01/07/green-tech-2026-3-innovations-leading-the-way-to-sustainability-this-year/>
  45. Glencore acquires Li-Cycle assets in completed credit bid sale - Investing.com Canada, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://ca.investing.com/news/company-news/glencore-acquires-licycle-assets-in-completed-credit-bid-sale-93CH-4144949>
  46. Li-Cycle Completes Sale of Certain of its Subsidiaries and Assets to Glencore, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.businesswire.com/news/home/20250807105473/en/Li-Cycle-Completes-Sale-of-Certain-of-its-Subsidiaries-and-Assets-to-Glencore>
  47. Li-Cycle completes sale of certain of its subsidiaries and assets to Glencore | Work, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.torys.com/work/2025/05/deb56f52-ba11-4698-961a-200a37477d14>
  48. Lithium-ion battery recyclers see challenges, opportunities under Trump | Waste Dive, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.wastedive.com/news/lithium-ion-battery-recyclers-trump-doe-cirba-abtc-li-cycle/757867/>
  49. Glencore completes takeover of Li-Cycle battery recycling assets | Waste Dive, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.wastedive.com/news/glencore-completes-takeover-of-li-cycle-battery-recycling-assets/757199/>

50. Investors Spot the Next Clean Energy Power Move - Battery Recycling & Reuse 2026, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.usa.ev-battery-recycling.com/news/investors-spot-the-next-clean-energy-power-move>
51. News | Redwood Materials, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://www.redwoodmaterials.com/news/>
52. Startups Supplying Scarce Materials And Rare Earth Elements See Abundant VC Funding, 访问时间为 三月 3, 2026,  
<https://news.crunchbase.com/venture/funding-startups-recycle-batteries-mining-scarce-materials/>