

# 新能源汽车动力电池环保技术现状与发展方向

汪炫妍

(国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心,广州 510555)

**摘要:** 新能源汽车动力电池在全生命周期的处理不当会造成环境污染和资源浪费,从当前的材料选择、回收体系以及政策扶持3个方面探讨了新能源汽车动力电池环保技术的现状,并从材料创新、回收体系升级、扶持政策跟进3个方面探讨了未来动力电池环保技术的发展方向。

**关键词:** 新能源 动力电池 环保

中图分类号:U463.63

文献标志码:B

DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20250101

## Status Quo and Development of Environmental Protection Technologies for New Energy Vehicle Power Batteries

Wang Xuanyan

(Guangdong Center of Patent Examination Collaboration, State Intellectual Property Office, Guangzhou 510555)

**Abstract:** Improper handling of the power batteries of New Vnergy vehicle (NEV) throughout the life cycle will cause environment pollution and waste of resources. This paper discusses the current status of environmental protection technology for NEV power battery in terms of current materials selection, recovery systems and policy support. It also explores the development direction of power battery environmental protection technology from 3 aspects of innovation of materials, upgrading of recovery systems and follow-up of support policies.

**Key words:** New energy, Power butteries, Environmental protection

### 1 前言

新能源汽车利用电池提供动力,相比传统燃油汽车,具有多方面的优势<sup>[1]</sup>。特别是在环境保护方面,新能源汽车行驶中不会产生二氧化碳、氮氧化物等污染物,可显著改善空气质量,即使考虑到电力生产环节,使用不可再生或可再生能源充电,其全生命周期的碳排放仍低于燃油汽车。新能源汽车可从多种途径获取电能,可显著摆脱对石油的依赖。目前,世界各国陆续颁布了一系列扶持政策,大力推进新能源汽车发展<sup>[2]</sup>。但随着新能源汽车报废时限的高峰期到来,会有大量电池退役,若电池回收处理不当,会给全球环境带来极大危

害,产生巨大经济损失。因此,新能源汽车电池环保技术的发展迫在眉睫。本文从材料选择与创新、回收体系现状与未来政策驱动的可能性探讨了新能源汽车动力电池环保技术的现状与发展方向。

### 2 发展现状

#### 2.1 材料选择

目前,量产的新能源汽车动力电池主要有锂离子电池和钠离子电池。

##### 2.1.1 锂离子电池

锂离子电池通过锂离子在正负极之间的往复嵌入、脱出实现电能与化学能的转换,其能量密度

**作者简介:**汪炫妍(1985—),女,助理研究员,学士学位,研究方向为专利审查。

**参考文献引用格式:**

汪炫妍. 新能源汽车动力电池环保技术现状与发展方向[J]. 汽车工艺与材料, 2025(8): 41-45.

WANG X Y. Status Quo and Development of Environmental Protection Technologies for New Energy Vehicle Power Batteries[J]. Automobile Technology & Material, 2025(8): 41-45.

较高、循环寿命较长、自放电率较低,是当前应用最为广泛的电池种类<sup>[3]</sup>,主要类型如下:

a. 磷酸铁锂电池( $\text{LiFePO}_4$ , LFP)具有环保性和低成本的特性,是当前主流动力电池之一<sup>[4]</sup>,其材料体系涵盖正极、负极、电解液、隔膜以及其他辅助材料。

磷酸铁锂电池正极材料中包含活性物质、导电剂和粘结剂,活性物质为磷酸铁锂,其中无钴、镍等高价金属,主要原料为铁、磷;导电剂常用材料为炭黑、碳纳米管、石墨烯;粘结剂大致分为3种,传统材料为聚偏二氟乙烯,需要搭配有毒溶剂N-甲基吡咯烷酮(N-Methyl-2-pyrrolidone, NMP),水性粘结剂和生物基粘结剂可以作为环保替代方案。

主流负极材料有3种,一是石墨类材料,主要通过人造或开采获得,石墨开采会破坏植被,不利于环保,石墨的再生是值得关注的方向;二是未来可能成为主流的硅基材料;三是硬碳,由椰子壳等生物质经碳化形成。

电解液材料主要由锂盐、有机溶剂和添加剂构成。主流锂盐为六氟磷酸锂,但其易水解生成氟化氢(有毒),可替换为双氟磺酰亚胺锂。碳酸乙烯酯(Ethylene Carbonate, EC)、碳酸二甲酯(Dimethyl Carbonate, DMC)、碳酸甲乙酯(Ethyl Methyl Carbonate, EMC)是有机溶剂的常规组合,不易挥发的离子液体电解液是其可能的发展方向。添加剂主要根据电池需要达到的功能进行添加,种类多样。

隔膜主要由带或不带涂层的聚烯烃类组成,生物基隔膜和固态电解质膜是未来创新的方向。

b. 三元锂电池(Ni-Co-Mn/ Ni-Co-Al, NCM/NCA)的材料体系涵盖正极、负极、电解液、隔膜以及其他辅助材料,与磷酸铁锂电池的核心差异点为正极材料,其正极材料为三元活性物质,镍钴锰酸锂中含有钴和镍,造成环保问题的概率更高,镍钴铝酸锂同样存在环保问题<sup>[5]</sup>。其他材料与磷酸铁锂电池类似。

c. 锰酸锂电池( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , LMO)正极材料中的活性物质为三维尖晶石结构的锰酸锂,锰资源丰富,成本低廉,但锰酸锂电池的容量较低,作为动

力电池会造成车辆续航里程偏低,且锰在循环中衰减更为突出。

锰酸锂电池负极材料除石墨类外,还可使用钛酸锂(Lithium Titanium Oxide, LTO),可应用于高安全需求领域(如新能源公交车)。

### 2.1.2 钠离子电池

钠离子电池能量密度较低,但原料资源丰富、环境友好、成本低廉,是锂离子电池的重要补充技术,其材料体系与锂电池类似,且基于钠离子的特性进行了针对性设计。

钠离子电池正极材料可使用层状氧化物( $\text{Na}_x\text{MO}_2$ ),磷酸盐类、硫酸盐类聚阴离子化合物,普鲁士蓝类化合物。

电解质材料有以钠盐为代表的液态电解质,也有以氧化物、硫化物为代表的固态电解质。

负极材料、隔膜材料与锂离子电池类似。

综合以上电池的材料利用情况,总结如表1所示的环保清单。

## 2.2 动力电池回收体系的现状

在动力电池回收技术方面,主流回收工艺有湿法冶金、火法冶金、物理分选法以及直接修复法<sup>[6]</sup>。

湿法冶金通过酸/碱溶液来萃取锂、钴、镍等金属,回收率极高,但对废水、废气的处理难度大,成本高。

火法冶金通过高温熔炼进行合金分离,可用于处理混合电池,但能耗高、锂损失大。

物理分选法直接通过物理方式对电池进行破碎、筛分和磁选,低碳低成本,但分选纯度低,后续需要精炼。

直接修复法通过补锂和热处理进行正极的再生,碳排放低,但仅能用于磷酸铁锂等化学性质稳定的材料。

表2为电池回收的主流工艺及在环境保护方面的情况。

## 2.3 动力电池相关政策与标准

目前,全球主要国家均有相关政策规范动力电池的回收。中国由工信部、科技部、环保部、交通运输部、商务部、质检总局、能源局等于2018年联合印发《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理

办法》,要求车企承担回收主体责任,并要求2025年回收率不低于95%、再生材料利用率高于20%,启用“白名单”制度,已公示4批近百家合规回收企业<sup>[7]</sup>。欧盟于2023年发布《新电池法规》,要求

2030年电池含再生钴12%以上、再生锂4%以上,设立电池护照,可全生命周期溯源,高碳足迹电池将面临额外的关税。美国各州自行立法,实施《通胀削减法案》,提供30%的税收抵免,鼓励本土回收<sup>[8]</sup>。

表1 常规动力电池环保清单

电池种类	电池组成	细分组成	环保程度	原因
磷酸铁锂电池	正极	磷酸铁锂	高	无钴、镍,原料铁、磷储量丰富且低毒性,高温稳定性好
		碳包覆材料	高	常用生物质碳或再生石墨,不依赖对天然石墨的开采
		导电剂	中	生产过程中能耗高,但用量少、无毒性残留
		粘结剂	中	使用有毒溶剂,但有无毒溶剂替代
	负极	人造石墨	中	需高温石墨化,可回收再生
		天然石墨	中	开采过程生态影响大,但无需石墨化工艺
		生物质硬碳	高	原料天然且可降解
		硅碳复合材料	中	硅资源丰富,但纳米硅制备能耗高
	电解液	六氟磷酸锂(锂盐)/磷酸三甲酯(阻燃剂)	低	六氟磷酸锂易分解产生有毒物质氟化氢,磷酸三甲酯含磷有机物,燃烧可能释放磷氧化物(P <sub>ox</sub> ),生物降解性差
		双氟磺酰亚胺锂、碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯	中	双氟磺酰亚胺锂含氟、碳酸乙烯酯毒性低,但生产过程不环保、难生物降解,碳酸二甲酯和碳酸甲乙酯可再利用,但对呼吸系统有害
	隔膜	离子液体、固态电解质	高	无污染
		聚乙烯、聚丙烯、陶瓷涂层	中	聚乙烯、聚丙烯为石油基材料,不可再生、不可降解,但可回收,陶瓷涂层安全性高、可回收,但生产能耗高
		氟聚合物涂层	低	释放氟化物
		生物基隔膜	高	可降解
		固态电解质膜	高	无液体电解质,无泄漏和污染风险
		再生聚烯烃隔膜	中	回收塑料制成,但性能略低
辅助材料	原生铝、铜箔	中	开采过程有污染	
	再生铝、铜箔	高	循环经济	
三元锂电池	正极	镍钴锰酸锂	低	依赖钴、镍资源,高碳排放
	负极、电解液、隔膜、辅助材料	与磷酸铁锂电池相同		
锰酸锂电池	正极	锰酸锂	中	锰矿资源丰富,但开采有污染
		三维尖晶石结构的锰酸锂	低	含镍
	负极	同磷酸铁锂电池负极		
		钛酸锂	中	寿命长,但钛矿开采有污染
电解液、隔膜、辅助材料	与磷酸铁锂电池相同			
钠离子电池	正极	层状氧化物、普鲁士蓝类似物	中	层状氧化物含镍,但钠资源丰富,可减少对锂的依赖;普鲁士蓝类似物合成温度低,但有潜在毒性
		聚阴离子化合物	高	无钴、镍,原料矾、磷储量高,合成工艺低碳环保
	负极	同磷酸锂电池负极		
	电解液	钠盐	低	易生成有毒物质
		有机溶剂	中	存在挥发性有机物,但可回收
隔膜、辅助材料	水系电解液	高	无毒、不可燃	
		与磷酸铁锂电池相同		

表2 电池回收的主流工艺

工艺	原理	优点	缺点
湿法冶金	酸碱溶解,金属萃取	回收率高	废水处理难,成本高
火法冶金	高温熔炼,合金分离	可处理混合电池	能耗高,锂损失大
物理分选法	破碎、筛分、磁选	低碳、低成本	纯度底
直接修复法	补锂+热处理再生正极	低碳	仅适用于稳定材料

当前,国内、外均有电池回收的行业标准,如UL 1974-2023-11《再利用或再制造电池的安全评估标准》,旨在为回收利用或重新制造电池的评估提供安全要求。GB/T 34015—2017《车用动力电池回收利用余能检测》适用于车用废旧锂离子动力电池和金属氢化物镍动力蓄电池单体、模块的余能检测,该标准的实施有利于促进退役动力电池梯级利用的发展。GB/T 39224—2020《废旧电池回收技术规范》规定了废旧电池回收的总体要求、收集要求、分拣要求、运输要求和贮存要求,适用于废旧电池回收的全过程<sup>[9]</sup>。

### 3 动力电池环保技术发展方向

#### 3.1 材料选择

根据对目前使用材料的性能、环保程度的分析,进一步探讨未来动力电池的材料选择。

在技术层面,可寻找绿色环保、能量密度高、使用寿命长、可再生利用率高的源材料,推动固态电池、钠离子电池的研发,在研发过程中考虑生产、使用、回收环节的环保性,多利用生物质、可再生资源作为电池材料<sup>[10]</sup>。

##### 3.1.1 固态电池

固态电池尚未实现车规级量产,但相较于液态锂电池,其通过材料的革新解决了液态电池的安全与能量密度的瓶颈,具有超长的循环寿命,其在电动汽车等领域的潜力巨大。固态电池采用固态电解质,如氧化物、硫化物、聚合物等替代液态电解液。正极材料除升级了传统锂离子正极外,还有新型高容量正极材料,如硫正极、富锂锰基正极。负极材料以石墨、钛酸锂作为过渡方案,此外还有硅基、锡基等合金类的负极材料,最终可能会采用锂金属负极。固态电池材料向无

毒化发展,无六氟磷酸锂、碳酸酯溶剂等有毒物质,可直接拆解分离,回收更简单。采用了干法电极工艺,省去溶剂回收步骤,可显著降低能耗<sup>[11]</sup>。

##### 3.1.2 大型生物电池

生物电池利用生物材料或生物过程实现能量转换,依赖生物分子、微生物或酶催化反应产生电能,可减少甚至无需使用金属材料,非常环保,但目前能量密度较低,常用于小型设备。

未来可尝试在生物学和材料科学中寻求交叉突破,制造大型的可提供高能量密度的生物电池作为新能源汽车动力电池。

#### 3.2 动力电池回收的发展方向

通过分析动力电池回收现状,找到其不足,在此基础上考虑产业链和商业模式的创新。

动力电池回收产业链主要有3大回收主体:一是主机厂,主机厂可对整车包括动力电池进行全生命周期管理,开发电池租赁业务,促进报废电池回收;二是电池厂商,我国电池大型生产企业宁德时代实施生产、使用、回收、再生的闭环管理模式;三是第三方回收商,以盈利为目的进行动力电池回收,但若材料价格下跌、收益率降低则会影响第三方回收商的回收积极性。

主机厂可建立电池共享数据库,基于物联网、大数据和区块链技术对电池全生命周期进行数据管理,实现电池生产、使用、回收等环节的数据透明化与协同优化。

电池厂商可推动干法、生物冶金的规模化应用,降低回收过程中的碳排放,提高各类资源的再生效率。对当前主流回收工艺分析可知,对同一类型、同一型号的动力电池集中回收,其经济性和回收率远大于混合电池回收。快速准确地进行电池分类可提高回收效能。可利用AI进行智能分选,通过深度学习识别电池型号,快速对电池进行分类,提高拆解效率。液态电池拆解会伴随有毒有害物的挥发,利用机器人进行拆解可降低人工成本和有害物质对人体的伤害。回收工艺的创新方面,采用生物冶金,利用微生物浸出金属,过程中无有害气体排放,有利于环保,是新兴的技术路线。干法回收通过物理分离配合低温热处理,提

高环保性、经济性和灵活性。石墨再生通过对负极石墨进行再生修复,提高石墨利用率,电解液采用化学或物理方法萃取回收,对材料进行高值化的利用。未来纯固态电池可直接拆解分离,没有溶剂回收步骤。

针对第三方回收商,可通过政策与市场的双重驱动,促进产业链整合、商业模式创新。主机厂、电池厂商、回收商可组成联盟,建立系统化、规模化的回收中心,建立电池银行,通过租赁模式租金回收,利用区块链溯源手段,跟踪电池全生命周期<sup>[12]</sup>。

### 3.3 动力电池回收产业的政策驱动

通过整理分析当前全球主要国家和地区的相关政策发现,政策会在全局层面驱动电池回收产业的发展,但当前各国法规、标准差异较大,很难实现跨国回收。占比最大的磷酸铁锂电池因其回收的经济性低,急需技术创新。自动化拆解、材料再生属于衍生领域,技术人才缺口较大。

在政策层面,未来可通过强制规定提高再生材料在电池中的使用比例,通过经济手段鼓励用户返还报废电池,比如参与电池回收可获补贴。对退役电池回收企业进行税收优惠,提炼再生材料可减免相关的税收。中国将于2026年7月1日实施GB38031—2025《电动汽车动力蓄电池安全要求》,标志着中国对动力电池安全进入“零容忍”时代,对材料选择和应用提出了更严苛的要求。欧盟将于2027年实施“电池护照”,要求披露回收材料比例。随着产业的不断扩大和全球对环保的持续倡导,将有更多的相关政策出台规范动力电池的环保技术。

## 4 结束语

新能源汽车动力电池环保技术是实现新能源

车辆绿色发展必要技术,与材料创新、回收体系的升级以及政策驱动的适时调整密不可分。开展对材料、回收体系的研究,倡导政策的出台或将为动力电池环保技术提供更直接的发展方向。

选择低污染、高能量密度的电池材料,建设健全回收体系,出台利好政策引导、规范电池相关产业的健康发展会将动力电池推向更高的发展轨道。

### 参考文献:

- [1] 黄兴林,黄朝志,丁运虎,等. 新能源动力电池壳环保无铬钝化工艺[J]. 电镀与涂饰, 2022, 41(21): 1531-1534.
- [2] 杨俊峰,余跃,王曦. 新能源汽车动力电池回收利用进展、挑战和建议[J]. 绿色矿冶, 2023, 39(2): 11-13+18.
- [3] 杜世龙,郝瀚. 退役动力电池回收的经济性分析[J]. 汽车安全与节能学报, 2025, 16(1): 86-96.
- [4] 明星,李国梁,杨荔,等. 甘肃省废铅蓄动力电池处理现状及对策研究[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(1): 110-112.
- [5] 李飞虎. 基于演化博弈模型的地方政府动力电池回收策略研究——以赣州市为例[J]. 现代商贸工业, 2025 (4): 245-248.
- [6] 蔡彩茵,刘素怡,张倩. 新能源汽车动力电池回收的标准化研究[J]. 标准科学, 2024(2): 116-123.
- [7] 曹韞纬,薛俭. “双碳”背景下动力电池企业绿色供应链管理[J]. 大众投资指南, 2024(35): 95-97.
- [8] 王天雅,宋端梅,贺文智,等. 废弃动力锂电池回收再利用技术及经济效益分析[J]. 上海节能, 2019(10): 814-820.
- [9] 新能源汽车动力蓄电池回收利用调研报告(简介)[J]. 资源再生, 2019(2): 47-49.
- [10] 新能源汽车动力蓄电池回收利用调研报告[J]. 广西节能, 2019(1): 22-23.
- [11] 王彩娟,朱相欢. 车用动力电池回收利用国家标准解读[J]. 电池工业, 2020, 24(4): 211-215.
- [12] 刘周佳. 基于多羧基有机配体的MOF材料设计、改进及其储锂性能研究[D]. 镇江: 江苏科技大学, 2022.