

中国退役动力电池 循环利用技术 与产业发展报告



人 民 出 版 社



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

X734.2
222



定价：78.00元

张斌 (9787) 目录张斌张斌

中国退役动力电池循环利用技术 与产业发展报告

名誉顾问：张 毅 段 强 段 强 江 吴 峰

编委会主任：马 中国科学院过程工程研究所

北京资源强制回收环保产业技术创新战略联盟

主 编：资源与环境安全战略研究中心 编著

副 主 编：中国物资再生协会

执行主编：何晓 中国环境科学研究院

编委会成员

 人 民 出 版 社

 科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

中国退役动力电池循环利用技术与产业发展报告 / 中国科学院过程工程研究所等编著. —北京: 科学技术文献出版社: 人民出版社, 2019.12

ISBN 978-7-5189-6088-0

I. ①中… II. ①中… III. ①蓄电池—废物综合利用—产业发展—研究报告—中国 IV. ①X734.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 195831 号

中国退役动力电池循环利用技术与产业发展报告

策划编辑: 孙江莉 责任编辑: 李鑫 段海宝 责任校对: 文浩 责任出版: 张志平

出版者 科学技术文献出版社 人民出版社
地址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编务部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发行部 (010) 58882868, 58882870 (传真)
邮购部 (010) 58882873
官方网址 www.stdp.com.cn
发行者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印刷者 北京虎彩文化传播有限公司
版次 2019年12月第1版 2019年12月第1次印刷
开本 710×1000 1/16
字数 258千
印张 16
书号 ISBN 978-7-5189-6088-0
定价 78.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《中国退役动力电池循环利用技术与产业发展报告》 编委会

名誉顾问：张懿 段宁 张锁江 吴锋

编委会主任：马荣

副主任：许军祥 乔琦

主 编：曹宏斌

副 主 编：孙峙 郭玉文

执行主编：何晓霞

编委会成员：（按姓氏笔画排序）

丁鹤 于可利 王海波 区汉成

庄培 刘秀庆 齐涛 阮丁山

李丽 余海军 张永祥 张西华

陈龙 陈进昭 林晓 郑邴

曹国庆 崔燕 董悦 鲍伟

序 一

党的十八大以来，国家高度重视新能源汽车产业发展，国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020年）》提出发展目标，到2020年，纯电动汽车和插电式混合动力汽车累计产销量超过500万辆。新能源汽车产业进入快速发展期，产量和销售量快速增长，2016年产量为51.9万台，2017年产量为79.4万台，而2018年产量为127万台、动力蓄电池装机量总电量约56.9 GW·h。随着首批新能源汽车上路已满8年，我国即将迎来动力电池退役“小高峰”，行业专家从企业质保期限、电池循环寿命、车辆使用工况等方面综合测算，普遍认为2018年是动力蓄电池报废元年，预计到2020年累计将超过25 GW·h。据工业和信息化部发布的《新能源汽车动力蓄电池回收利用调研报告》，在“十城千辆工程”推广期间生产的新能源汽车共计产生退役动力蓄电池约1.22 GW·h；主要集中在深圳、合肥、北京等新能源汽车推广力度较大的城市，具有显著的地域特征。废旧动力蓄电池具有安全、环境与资源多重属性：从安全层面来看，废旧动力蓄电池处置不当存在触电、短路燃爆及氟化氢腐蚀等隐患；从环境层面看，废旧动力蓄电池存在镍、钴、铜、锰等重金属污染和电解液等有机污染，回收过程可能会存在粉尘、废气、废水和废渣污染；从资源层面看，废旧动力蓄电池含有锂、镍、钴、锰及稀土（镍氢电池）等关键资源。

近年来，在国务院、国家发展改革委、工业和信息化部等多部门的共同推动下，先后发布了《生产者责任延伸制度推行方案》《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》《新能源汽车动力蓄电池回收利用溯源管理暂行规定》《新能源汽车动力蓄电池回收利用试点实施方案》等一系列政策强化推动新能源汽车动力蓄电池回收利用体系建设。同时也推进了一系列国家、行业、团体标准的发布与实施。废旧动力电池回收技术方面也取得了长足进步，并实现了产业应用，然而在异构电池兼容处理、废磷酸铁锂资源循环、复杂混合物料金属回收、材料短程再生、装备自动化、过程污染控制等方面仍存在诸多技术瓶颈。

本书旨在从动力电池回收利用全产业链角度出发，分析资源供给、利用技术与装备、过程污染控制、政策法规、产业上下游等多层面的发展现状，最终形成废旧动力电池回收利用产业发展路线规划，为新能源汽车产业的可持续发展提供支撑。

总结

2019年11月于中科院过程所

序 二

近年来，在环境问题日益严峻、能源多样化战略逐渐成为发展共识的背景下，多国政府加大了对新能源汽车产业的扶持力度，全球新能源汽车行业进入了快速发展阶段。随着新能源汽车市场规模不断增长，预计动力电池的报废量也会出现快速增长的趋势。从环境治理和资源利用角度来看，废旧动力电池循环利用将成新能源汽车产业的重要一环。尽管废旧动力电池循环利用的重要性在业界已达成共识，但其循环利用市场尚处于初级阶段，无论是政策法规、工艺技术还是回收体系，都亟待进一步加强研究和规范。

《中国退役动力电池循环利用技术与产业发展报告》着重从动力电池产业相关资源现状分析、废旧动力电池回收技术发展、废旧动力电池回收产业特征分析、动力电池回收行业宏观政策与标准、动力电池回收产业发展趋势及典型技术案例介绍6个章节着重介绍国内废旧动力电池产业发展实际情况。动力电池产业相关资源现状分析章节从我国工业现状出发，着重分析锂离子动力电池相关原材料从资源关键性、物质流向等角度分析供给风险并提出相应的解决策略与建议；废旧动力电池回收技术进展章节对目前退役动力电池回收利用的技术现状进行分析，对比不同技术的特点与差异、与产业的结合程度与应用情况；废旧动力电池回收产业特征分析章节对目前废旧动力电池回收产业链中各环节中涉及主体、对应职责及其作用进行梳理，同时从产业链上游电池原材料到中游动力电池制造

集成再到下游新能源汽车对产业格局及集中度、分布情况及聚集区进行分析；动力电池回收行业宏观政策与标准章节对动力电池回收行业已发布的相关部委政策及全产业链的标准体系加以归纳梳理，分析未来工作开展的重要方向；动力电池回收产业发展趋势章节从我国动力电池回收行业发展环境出发，着重分析动力电池回收产业链发展趋势，从梯次利用、破碎拆解、金属提取等步骤分析三元电池及磷酸铁锂电池的回收成本和收益；典型技术案例介绍章节介绍了相关企业在废电池回收中实践应用情况。

在此，感谢本书专家顾问、编委会组成人员及联盟相关成员单位为本书的策划和编写提供的宝贵意见和建议，感谢人民出版社、科学技术文献出版社对本次出版发行提供的帮助，感谢为此书的出版给予大力支持的各界人士。

本书能够成功出版凝聚了多人的辛劳付出，但由于时间仓促，书中可能还有不足之外，恳请各位专家、读者批评指正。

马荣

2019年11月于北京

目 录

第一章 动力电池产业相关资源现状分析	1
1.1 动力电池市场概况	1
1.1.1 中国新能源汽车市场分析	1
1.1.2 动力电池社会保有量分析	3
1.2 中国动力电池资源供给现状	5
1.2.1 关键性评估	7
1.2.2 关键性材料物质流分析	10
1.2.3 动力电池相关金属行业市场分析	21
1.3 动力电池回收处理行业问题分析	27
第二章 废旧动力电池回收技术进展	29
2.1 废动力电池资源化利用全产业链技术体系	30
2.2 梯次利用	31
2.2.1 废旧动力电池梯级利用商业模式及技术难点	32
2.2.2 废旧动力电池梯次利用现状	40
2.2.3 废旧动力电池梯次利用问题及展望	46
2.3 预处理	47
2.3.1 放电或失活过程	48
2.3.2 热处理法	49
2.3.3 机械分离法	52
2.3.4 机械化学处理	55
2.3.5 溶剂溶解法	57
2.3.6 碱液溶解法	57

2.3.7	手工及其他拆解方法	58
2.4	金属再生	59
2.4.1	火法冶金技术	59
2.4.2	湿法冶金技术	62
2.4.3	直接再生技术	71
2.5	环境风险和污染防治	75
2.5.1	环境风险	75
2.5.2	节点控制	79
2.5.3	污染防治	82
第三章	废旧动力电池回收产业特征分析	85
3.1	产业集中度	85
3.2	产业聚集区	103
3.3	产业上下游	113
3.3.1	新能源汽车行业	113
3.3.2	动力电池行业	119
3.3.3	电池材料行业	124
第四章	动力电池回收行业宏观政策与标准	132
4.1	国家部委出台的动力电池回收处理管理政策	132
4.2	地方政府有关动力电池回收利用方面出台的政策	138
4.3	动力电池回收利用相关标准	142
4.3.1	废旧动力电池资源化全产业链标准体系	142
4.3.2	相关标准	144
第五章	动力电池回收产业发展趋势	148
5.1	行业发展趋势	148
5.1.1	行业发展环境	148
5.1.2	产业链发展趋势	151
5.1.3	技术成本分析	155
5.2	产业发展预测	157
5.2.1	中国废旧动力电池产生量预测	157

5.2.2	市场规模预测:情景 I	159
5.2.3	市场规模预测:情景 II	161
第六章	典型技术案例介绍	164
6.1	实践案例——深圳市泰力废旧电池回收技术有限公司	164
6.1.1	企业情况简介	164
6.1.2	企业经营管理模式	164
6.1.3	企业技术路线	164
6.1.4	未来发展规划	165
6.2	实践案例——中天鸿锂清源股份有限公司	165
6.2.1	企业情况简介	165
6.2.2	企业经营管理模式	165
6.2.3	企业技术路线	166
6.2.4	回收模式与技术	166
6.3	实践案例——赣州市豪鹏科技有限公司	166
6.3.1	企业情况简介	166
6.3.2	企业经营管理模式	167
6.3.3	回收模式与技术	167
6.3.4	企业发展规模	167
6.4	实践案例——浙江华友循环科技有限公司	168
6.4.1	企业情况简介	168
6.4.2	企业经营管理理念	168
6.4.3	系统完善的回收体系	168
6.4.4	相应的处理技术和设备	169
附录 A	动力电池行业政策法规	170
附录 B	动力电池行业团体标准(现行)	185

第一章 动力电池产业相关资源现状分析

新能源汽车产业的快速发展引起了全球对动力电池核心原材料供给安全的高度关注。2016年，欧盟发布了《2015—2030年新能源与交通技术领域的材料供应链瓶颈分析报告》，指出稀土、石墨、锂、钴、硅、银等具有显著的供应短缺风险，如何应对这些风险已受到欧盟各国的高度关注。作为主要的新能源汽车生产国之一，我国从一次矿物处理、初级材料制备、电池材料制备、电解液/隔膜/黏结剂/集流体金属箔等配套材料制备，到电池生产、组装等都形成了具有显著竞争力的产业链和相对完备的工业体系；然而我国锂、钴、镍、锰、铜等一次资源储量低、严重依赖进口，存在巨大的资源短缺风险，不利于产业的可持续发展。基于这一考虑，包括中国五矿集团、华友钴业、天齐锂业等在内的国内企业都在海外寻求合作，以保障持续的原料供给，随着我国动力电池装机量的持续增长，资源供给在产业链中的作用将进一步凸显。

本章将从我国工业现状出发，着重分析锂离子动力电池相关原材料，从资源关键性、物质流向等角度分析供给风险，并提出相应的解决策略与建议，希望为我国新能源汽车产业的健康发展提供技术支撑。

1.1 动力电池市场概况

1.1.1 中国新能源汽车市场分析

从2013年新能源汽车财政补贴政策正式推广实施，中国的新能源汽车产业已经历近6年的高速发展阶段。根据中国汽车工业协会的数据显示，2013—2018年，中国新能源汽车累计产量、销量分别达到307万辆和292万辆，这使得中国成为全球最大的新能源汽车市场（图1.1）。虽然我国汽车产业在2018年受宏观经济、中美贸易战及优惠政策退坡的影响出现市场下滑，但新能源汽车产业发展仍然保持良好的势头。2018年，新能源汽车产量、销量分别为127万辆和125.6万辆，比上年同期分别增长59.9%和61.7%。其中，纯电动汽车产量、销量分别为98.6万辆和98.4万辆，比上年同期分别增长47.9%和50.8%；插电式混合动力汽车产量、销量分别为28.3万辆和

27.1 万辆，比上年同期分别增长 122% 和 118%。

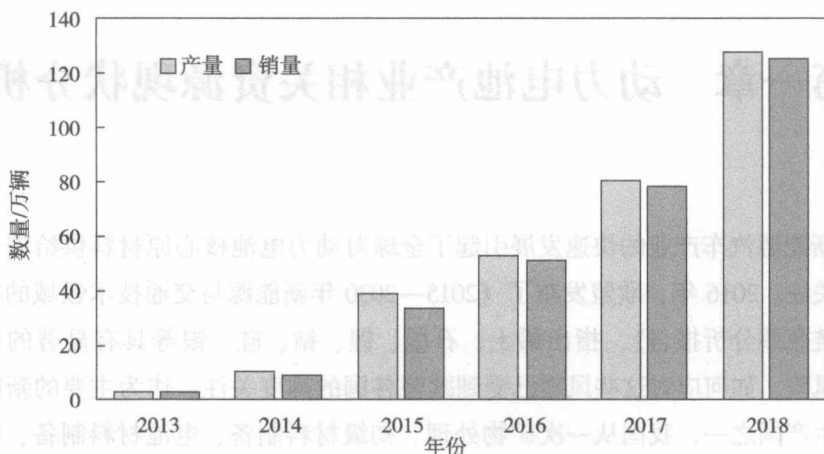


图 1.1 2013—2018 年中国新能源汽车生产量、销售量

数据来源：中国汽车工业协会。

从新能源汽车类别来看，2018 年，纯电动乘用车产量、销量分别为 79.2 万辆和 78.8 万辆，比上年同期分别增长 65.5% 和 68.4%；纯电动商用车产量、销量分别为 19.4 万辆和 19.6 万辆，产量、销量比上年同期分别增长 3% 和 6.3%；插电式混合动力乘用车产量、销量分别为 27.8 万辆和 26.5 万辆，比上年同期分别增长 143.3% 和 139.6%；插电式混合动力商用车产量、销量均为 0.6 万辆，比上年同期均下降 58%（图 1.2、图 1.3）。

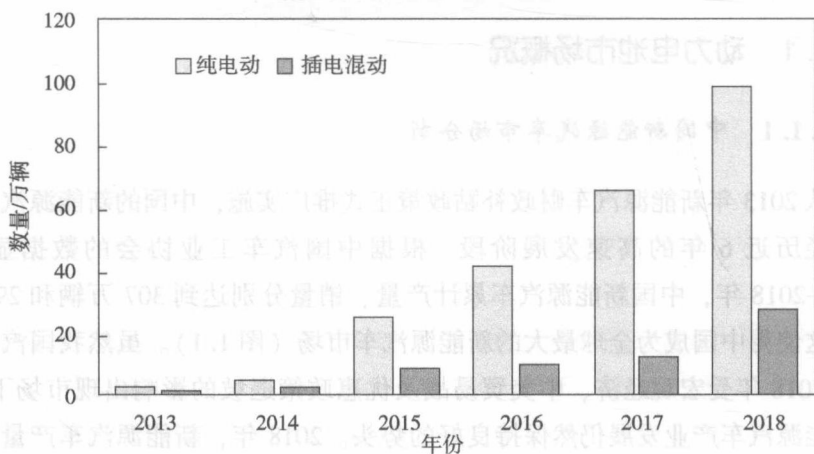


图 1.2 2013—2018 年我国纯电动汽车、混合动力汽车销量

数据来源：中国汽车工业协会。

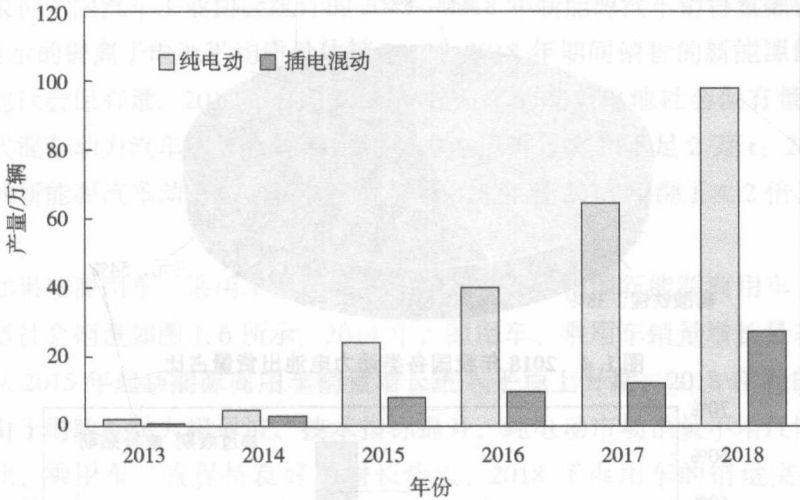


图 1.3 2013—2018 年我国纯电动汽车、混合动力汽车产量

数据来源：中国汽车工业协会。

1.1.2 动力电池社会保有量分析

随着新能源汽车产销量的不断增长，带动了动力电池产业的快速发展，动力电池等相关产品的技术成熟度及市场格局也日趋稳定。2018 年我国动力电池装机量达 57.0 GW·h，其中，三元电池累计生产 30.74 GW·h，占总装机量的 53.9%；磷酸铁锂电池累计生产 21.57 GW·h，占总装机量的 38.5%；其他材料电池累计生产 469 GW·h，占总装机量的 7.6%。2018 年装机量居前 10 位动力电池企业为宁德时代、比亚迪、合肥国轩、力神、孚能科技、比克、亿纬锂能、北京国能、中航锂电、卡耐新能源。前 10 家动力电池企业电池累积生产量占总装机量的 83%。受到新能源补贴政策调整退坡、转向扶优扶强的影响，乘用车动力电池从 2017 年起就逐步转向搭载能量密度更高的三元电池。2018 年三元动力电池出货量首次超过磷酸铁锂电池，约占总出货量的 54%（图 1.4）。图 1.5 为 2018 年纯电动乘用车过渡期与补贴期能量密度分析。表 1.1 为纯电动乘用车过渡期与补贴期系统能量密度及补贴系数。

年份	系统能量密度 (Wh/kg)	补贴系数
2013	100-120	0.45
2014	110-130	0.45
2015	120-140	0.45
2016	130-150	0.45
2017	140-160	0.45
2018	150-170	0.45

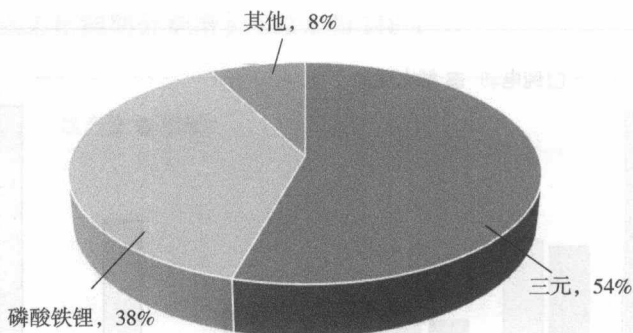


图 1.4 2018 年我国各类动力电池出货量占比

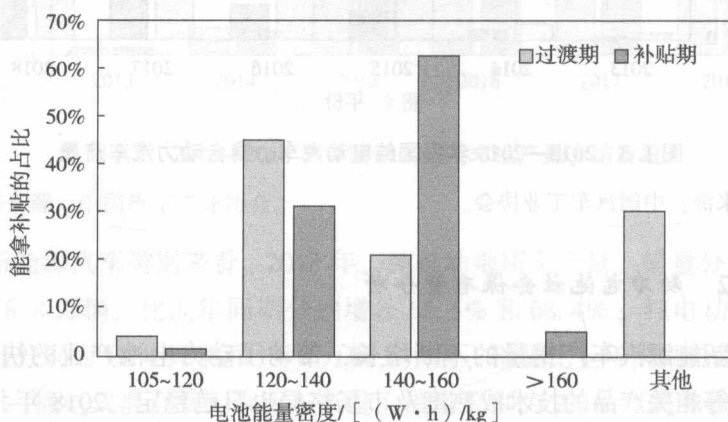


图 1.5 2018 年纯电动乘用车过渡期与补贴期能量密度分析

表 1.1 纯电动乘用车过渡期与补贴期系统能量密度及补贴系数

	能量密度 / [(W·h) / kg]	105 ~ 120	120 ~ 140	140 ~ 160	> 160
补贴期	补贴系数/倍	0.6	1.0	1.1	1.2

目前，磷酸铁锂电池主要用于纯电动商务车，而三元材料电池在纯电动乘用车大量配套。不同类型新能源汽车中动力电池重量存在一定的差异（表 1.2），插电式混合动力的商务车和乘用车的动力电池重量相差不大，但是纯电动汽车中商务车的动力电池平均重量约为乘用车的 3.5 倍。

表 1.2 不同类型新能源汽车的动力电池重量估算

单位：辆

车型	插电式混合动力乘用车	插电式混合动力商用车	纯电动乘用车	纯电动商用车
电池类型	锂离子电池	锂离子电池	锂离子电池	锂离子电池
重量/kg	150 ~ 400	120 ~ 350	300 ~ 800	800 ~ 3000
平均重量/kg	275	235	550	1900

根据中国汽车工业协会统计的 2013—2018 年新能源汽车销售量数据、表 1.2 所示的锂离子电池平均质量估算 2013—2018 年期间销售的新能源汽车动力电池社会保有量。2013 年销售的新能源汽车的动力电池社会保有量较少,插电式混合动力汽车和纯电动汽车的动力电池重量之和不足 2 万 t; 2015 年销售的新能源汽车动力电池超过 30 万 t; 2018 年较 2015 年翻了 4.2 倍, 约为 125 万 t。

如果按商用车、乘用车来划分, 2013—2018 年我国新能源商用车、乘用车新增社会销量如图 1.6 所示。2014 年, 商用车、乘用车销量增长量基本相当, 从 2015 年起新能源商用车销量增长进入平稳上升期, 2018 年新能源商用车由于财政补贴大幅退坡、技术指标提升, 纯电动市场销量不增反降; 与之相比, 乘用车一直保持良好的增长势头, 2018 年乘用车的销量突破 100 万辆。



图 1.6 2013—2018 年我国新能源商用车、乘用车新增社会销量

若乘用车报废周期按 5 年计算, 预测至 2019 年年底, 乘用车动力电池社会销量累计约为 99 万 t; 若商用车动力电池报废周期按 3 年计算, 预测至 2019 年年底, 商用车动力电池社会销量累计约为 91 万 t。由此预测, 至 2019 年年底我国新能源汽车动力电池社会销量累计约为 190 万 t。

1.2 中国动力电池资源供给现状

动力电池行业的快速发展引起专家对动力电池核心材料开发过程带来的环境影响和资源安全的关注。在环境影响方面, 动力电池作为典型电子废弃