

新能源汽车动力电池梯次利用回收风险评估

张轲帅 刘玉峰

黄河交通学院 河南 武陟 454950

【摘要】：在碳中和背景下推进能源绿色低碳发展，以更好地应对能源供需新形势，新能源汽车产业发展将越来越注重环保。但由于新能源汽车动力电池在使用过程中伴随着电池性能衰减和定期更换的问题，当电池容量下降到初始容量的80%时，就会不符合要求而进行强制报废或者退役。随着我国动力电池大规模退役，如何有效回收动力电池以及如何更好的梯次利用成为关键。主要从动力电池现状阐述梯次利用的流程和回收工艺，并提出实现梯次利用回收的风险评估问题。

【关键词】：动力电池；梯次利用；回收；评估

Risk Assessment of Echelon Utilization and Recycling of New Energy Vehicle Power Batteries

Keshuai Zhang Yufeng Liu

Huanghe Traffic College Wuzhi Henan 454950

Abstract: In the context of carbon neutrality, to promote the green and low-carbon development of energy, in order to better cope with the new situation of energy supply and demand, the development of the new energy automobile industry will pay more and more attention to environmental protection. However, due to the problem of battery performance attenuation and regular replacement of the new energy vehicle power battery during use, when the battery capacity drops to 80% of the initial capacity, it will not meet the requirements and will be forcibly scrapped or decommissioned. With the large-scale decommissioning of power batteries in China, how to effectively recover power batteries and how to make better echelon utilization has become the key. Mainly from the current situation of power batteries, the process of cascade utilization and recycling process are expounded, and the risk assessment problem of realizing cascade utilization and recycling is proposed.

Keywords: Power battery; Cascade utilization; Recycling; Evaluation

1 背景

随着汽车数量的爆发式增长以及越来越严重的世界能源危机问题和环保问题，急需寻求一种新的能源驱动汽车行驶，因此，新能源汽车就此诞生。目前，新能源汽车包括 BEV、HEV、FCEV、氢发动机汽车及其他等。截止到 2021 年中国新能源汽车产量 354.5 万辆，销量 352.1 万辆，均同比增长 1.6 倍（中汽协 2020 年的产销数据分别是 136.6 万辆和 136.7 万辆），预计 2022 年中国市场的新能源汽车规模能达到 500 万辆以上。动力电池作为电动汽车的载体，从 2009 年到 2019 年国内动力电池装机量从 0.028GWh 增至 165.5GWh，其中，电动汽车市场 92.2GWh，其他市场合计 73.3GWh。增长超过千倍，并且还有很大的发展空间。而车用电池使用 5-6 年就会退役，如果用在商用车上只能使用 2-3 年。因此，2013 年在京津冀、长三角、珠三角地区使用的电池在 2018 进入退役阶段。2019 年电池会出现大规模退役，且预计 2025 年会有 78 万吨电池退役，其中 70%梯次利用约为 55 万吨，则剩下的就需要直接报废处理^[1]。电池退役后如果不能妥善处理，会对环境造成不可估量的污染，从而影响人类自身健康，也会浪费金属矿物等资源。环境方面：部分动力电池中的正极含有镍、钴等重金属，填埋、焚烧等会对土壤造成巨大污染，而且部分电池电解液也会对水资源造成污染；安全方面：废旧电池依然含有高压，不能回收处理的电池会有触电、燃爆、腐蚀等危险，当电池短路时产生较大电流进而产生热量，这

些热量不能及时排除就会使电池自燃；资源方面：目前多使用磷酸铁锂、三元锂电池，构成锂电池的关键材料中使用的有大量磷酸铁锂、镍钴锰酸锂等含锂、镍、钴、锰等稀有金属的化合物，对其进行回收处理并循环利用，能缓解我国矿产资源压力，降低对进口材料的依赖，同时也会节约大量成本。电池回收处理是可持续发展的前提。

2 动力电池回收现状

目前我国主要有与政府与新能源企业合作回收、专门第三方回收企业进行回收（格林美等）、电池企业回收自己所售的电池（宁德时代等）三种回收方式。车企制造商、电池生产供应商及第三方回收企业也在积极参与回收工作，回收网络正不断扩大。

表 2-1 行业共建共享体系下各方的管理运营

回收主体	优势	具体操作
车生产企业	政策规定的责任主体	企业自建利用销售和售后服务网络逆向物流回收；委托回收由电池生产企业直接从车企网络中回收
电池生产企业	政策规定的责任主体	车企采购的电池由该电池生产企业直接回收
第三方回收企业	具备电池处理能力	企业自行建立回收网络、物流、设备等
其他行业回收体系改建	依托成熟回收体系改建	在已有的别的领域回收体系上，新增动力电池企业回收
行业共建共享	充分发挥参与方的优势	由各方合作共建回收体系

3 动力电池梯次利用

梯次利用是指产品达到设计寿命之后,用其他方法能全部或部分恢复其功能继续使用,通常用于同一级别或降级的场所使用。从成本方面考虑,应优先进行电池包(Pack)级的梯次利用,其次是模组级(Batteries),电池单体(Cell)级不推荐。梯次利用可以最大限度地利用产品价值,延长设计周期,减少垃圾排放,是一种循环、低碳的生产方式,应大力推广应用^[2]。

3.1 梯次利用流程

(1) 当退役电池通过回收网络送回到专业的回收利用企业后,首先要对电池包进行外观检查是否有漏液、破损等现象出现,若出现该情况,需要释放掉剩余电量,然后拆解报废处理。

(2) 如果外观合格,从原电池包BMS系统读取健康度信息,选取大于或等于原电池60%健康度的电池包拆解至电池模组。

(3) 采用恒流、恒压将电池模组充满电,进行内阻检测,选取内阻小于出厂内阻的300%的电池模组进行放电,进行容量检测,如果容量较低直接拆解,然后按容量的大小将模组分类。

(4) 下一步检测模组内电芯的电压差,对电压差达标的模组进行搁置实验,并观察搁置期间电池容量衰减速度,选取出符合标准的模组。

(5) 然后进行机械和安全测试,通常包括过充放电、跌落、加热、针刺、温度循环等项目,将全部通过的模组按容量大小重组成电池包。

(6) 把新电池包充满电,对其进行均衡处理,保证其一致性,根据新电池包内模组的内阻、容量等数据计算得到新电池包的健康度,放入BMS系统的储存单元中,对新电池包健康状况进行评估。

(7) 评估合格的电池包可以根据应用场景对不同电池容量的要求进行梯次利用,如果检查有一致性较好的电池包也可直接利用。对于拆解出的金属矿物等原材料进行提纯后可以交给电池企业进行再利用,拆解到单体电池成本较高,技术更加复杂、难以无损拆解,暂时不作考虑。

3.2 回收工艺

(1) 化学法回收,由破碎分选和金属提取分离两个部分组成。先分析电池的结构、连接方式等,然后使用物理方式(重力法、磁力法、和静电吸引法)拆解电池,对其筛选归类,最后通过化学法将其进行回收^[3]。

(2) 火法工艺回收,通过高温燃烧去除电极材料中的有机粘结剂,同时使金属及其化合物发生氧化还原反应,以冷凝的形式回收低沸点的金属及其化合物,对炉渣中的金属

采用筛分、热解、磁选或化学方法等进行回收。这种方法适用于大规模处理一些比较复杂的电池,但成本较高。

(3) 湿法回收,利用材料在低温下的脆性,在液氮中(-198℃)将废电池低温粉碎,然后再先后用酸、碱将粉碎的物料溶解,分别回收出碳酸锂、金属氧化物、塑料屑。典型的湿法提取主要步骤:预处理→酸液浸出→浸出液除杂→分离萃取→元素沉淀。

另外还可以使用物理法回收,物理法主要包括机械破碎浮选法、机械研磨法,物理法回收的材料,简单处理之后就能再用于电池生产,但要求电池材料、型号、尺寸统一,目前较难实现。

4 回收风险评估

4.1 经济风险评估

梯次利用的市场广阔毋庸置疑。专业机构预测,2020年我国将有市场规模超过100亿元的动力电池退役,2025年更是达到380亿元^[4]。电池的回收利用将成为我国重要的新兴领域。梯次利用的优势是以最低的价格换得最好的性能,因此其技术发展以降低梯次利用成本为核心。而电池回收利用只有出售可直接梯次利用的电池、拆解的原材料、修复过的正/负极材料这三个方面能盈利。而成本方面主要包括回收过程的收购和运输;拆解时人工成本;检测筛选的人工成本、测试设备费及电费;成组时的人工成本和设备及电费;最后是集成环节BMS成本和电力电子成本以及运营维护的成本等。按铅酸电池经验估计,梯次利用价格应努力降至0.8元/wh以下才能实现市场化。

电池再利用能否实现盈利尚不能完全确定,所以很多企业进入该行业却没有大规模进行回收利用工作。据统计,回收废旧磷酸铁锂电池的成本是8500左右,而再生材料的售价仅8100,亏损400元。目前动力电池能有较好经济性的还是正极材料再造,梯次利用的拆解是严重亏损的,想要实现自动化拆解,要投入很多成本。

4.2 环境风险评估

退役锂电池含有多种重金属,也有充放电过程中的反应产物,这些物质很多对皮肤、呼吸系统以及眼睛等部位造成危害。电解液是由有机溶剂和电解质组成的混合物,约占动力电池质量的15%~25%。常见电解质是LiPF₆,燃烧后会产生HF、P₂O₅等有毒气体。电池的电解液泄露时会对周边环境造成污染,也会对车间拆解工人健康造成不良影响。

回收的电池如果在储存运输时出现剧烈碰撞、外壳破损等现象,会使电解液发生泄漏,泄露的电解液会直接污染环境,也存在火灾、爆炸等风险。此外,退役动力电池包拆解、梯次利用时的再组装也同样存在安全风险导致的潜在环境风险。而且作为回收主力的第三方回收企业无人监管,很多

企业私自拆卸与暴力拆解，电池拆解后的废物也不进行处理就直接排放。

动力电池回收工艺中的各个环节几乎都可能产生二次污染物。比如破碎、高温熔融过程中产生的含 HF、氮氧化物等废气以及火法、湿法处理过程中产生的含重金属的废渣等。

4.3 现有条件评估

4.3.1 政策方面

我国对新能源汽车非常重视，不断完善的政策体系促进该行业的健康发展，电池回收的商业化进程脚步也不断加快。目前我国政策体系已初步成型，对梯次利用行业发展非常有利。在试点先行、规范化+激励的政策下，各大城市根据本地行业发展现状，补充或推出地方性政策。

4.3.2 成功经验的推广

无论是美国、日本还是德国针对电池回收布局都比较早，回收相关法律健全，且公民环保意识较强，回收渠道和回收机制都相对完善。这些经验可以帮助我们快速探索出适合我国的回收利用体系。而且我国也有较多试点项目比较成功，这些的项目充分证明了梯次利用的安全性、经济性以及技术的可行性。

4.4 不足之处

4.4.1 回收网络和支撑体系不完善

电池企业、车企、4S 店、消费者、梯次利用等环节都将

产生废旧动力电池。电池回收产业健康快速的发展的前提是建立科学高效的回收网络。电池回收参与者少、回收渠道不多使得我国回收体系尚不健全。相关政策要求，汽车企业负责回收电池，但车企会把责任转移给电池制造商，而电池制造商并没有全国性的回收网络，协调共建的回收体系还远没有形成，而且回收利用管理规范及政策不够完善。

4.4.2 技术方面

我国回收处理工艺水平比较低，目前的回收处理只是简单地当做废物处理，没有具体的工艺措施和装备能保证回收过程中的安全问题和环境保护。电池退役判定标准及检测、剩余价值评估、自动拆解以及材料分选技术都急需突破。

4.4.3 商业模式缺乏创新

目前电动汽车、储能等行业市场尚未完全开放，新能源汽车企、电池企业所掌握的 BMS 数据并不向第三方回收企业开放，导致第三方回收企业经营难度较大，难以实现商业模式创新^[5]。

5 总结

随着新能源汽车的大力转型发展及《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》的布局来看，新能源汽车中动力电池等关键技术的创新将成为重点专项工作。伴随碳达峰、碳中和目标的确定及国家层面出台了多个顶层设计文件，无论从政策趋势到标准法规，还是再到技术创新，电池回收利用的研究都将成为未来构建低碳排放、再生利用的发展趋势。

参考文献:

- [1] 国内外动力锂电池回收及梯次利用研究分析.钜大锂电.<http://www.juda.cn/news/105268.html>.2020-02-15.
- [2] 动力电池梯次利用简述.人人文库网.<https://www.renrendoc.com/p-36105904.html>.2020-02-18.
- [3] 郑旭,林知微,郭汾等.动力电池梯次利用研究[J].电源技术.2019,4(12):234-237.
- [4] 张长令.加快动力电池回收利用体系建设的问题及对策[J].汽车纵横.2018,1(12):123-124.
- [5] 陶志军,贾晓峰.中国动力电池回收利用产业商业模式研究[J].汽车工业研究.2018,10(6):33-42.