

退役动力电池梯次利用相关政策对比分析

李建林¹, 王哲¹, 许德智², 刘道坦³

(1. 储能技术工程研究中心(北方工业大学), 北京市石景山区 100144; 2. 江南大学物联网工程学院, 江苏省无锡市 214122; 3. 蓝谷智慧(北京)能源科技有限公司, 北京市大兴区 100176)

A Comparative Analysis of Relevant Policies is Made on Retired Power Batteries

LI Jianlin¹, WANG Zhe¹, XU Dezhi², LIU Daotan³

(1. Energy Storage Technology Engineering Research Center (North China University of Technology), Shijingshan District, Beijing 100144, China; 2. School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu Province, China; 3. Blue Valley Wisdom (Beijing) Energy Technology Co., Ltd., Daxing District, Beijing 100176, China)

摘要: 随着动力电池退役量的持续增长, 动力电池退役后的梯次利用市场规模和应用场景的种类不断扩大, 使得我国的梯次回收利用体系需要完善。针对退役动力电池在梯次回收利用的使用现状, 首先梳理了国内退役动力电池梯次利用的国家和地方政策以及标准, 解析了政策和标准的意义, 接着调研了国内动力电池梯次回收利用的典型示范企业、动力电池梯次利用的试点企业, 分析了示范企业和试点企业的效果及作用, 最后根据政策和标准的意义以及示范和试点企业的现状对退役动力电池的梯次回收利用进行了展望。

关键词: 退役动力电池; 梯次利用; 政策; 标准; 示范企业; 试点企业

Abstract: Along with the persistent growth of the quantity of retired power battery, the market size and the kind of application scenarios of the cascaded recycling of retired power battery in China are constantly expanded, so it leads to that the domestic cascaded recycling system need to be improved. In allusion to the present situation of cascaded recycling of the retired power battery, firstly, the national and local policies and corresponding standards for the cascaded recycling of decommissioned power battery were sorted out and the meaning of the policies and standards were analyzed in-depth. Secondly, both typical domestic demonstration enterprise, which performed cascaded recycling of power battery, and the pilot enterprise, which performed cascaded utilization of power battery, were investigated, and the result and effect of these enterprises were

analyzed. Finally, according to the meaning of the policy and the standard as well as present situation of these enterprises the cascaded recycling of power battery was prospected.

Keywords: Retired power battery; Step utilization; Policy; Standard; Demonstration enterprises; Pilot enterprises

DOI: 10.19725/j.cnki.1007-2322.2020.0403

0 引言

我国电动汽车在近几年里使用规模快速扩大, 动力电池退役的期限已经到来^[1], 到 2020 年底我国累计退役动力电池超过 25 万 t^[2]。根据目前相关数据进行推算, 预计未来几年的动力电池将要进入退役高峰期: 退役动力电池的回收量庞大, 预计 2021—2022 年动力电池的回收量将达到 36~40 万 t/年。按照中国汽车产业中长期发展规划, 在 2025 年我国新能源汽车销量占总销量比例达到 20%以上^[3], 同时动力电池累计退役量达到 78 万 t 左右, 其中约有 55 万 t 退役动力电池可进入梯次利用环节, 动力电池梯次利用市场进一步扩容。

退役动力电池仍有很大的使用空间。动力电池主要的材料是: Li、Co、Ni、Mn、Fe、Al、C 等^[4-7]。其中, Co、Ni、Li 等金属在我国的储量相对较小, 进口依存度高, 回收价值较大^[8-9]。对退役动力电池进行大规模回收, 可以有效弥补我国 Li、Co、Ni 等电池材料的资源短缺现状^[10], 若将其采用梯次回收的方式对电池进行再利用, 可以在不同应用场景下继续供电^[11], 可节约和高

基金项目: 北京市自然科学基金项目(21JC0026)

Project Supported by Beijing Natural Science Foundation Project (21JC0026)

效利用大量的资源^[12-13]；由于动力电池中含有大量有害重金属，将动力电池梯次利用，避免了大规模废旧动力电池的随意搁置和废弃，减少废弃电池对人体和环境的污染^[14-16]，很大程度上保护了我国本土的生态环境；退役动力电池在使用一定周期或发生剧烈碰撞后，锂电芯内部正负极隔膜就会容易发生错位，使得电池内部正负极直接相连，产生短路，进而引起电池自燃^[17]。若加强退役动力电池梯次回收利用工作，将有利于实现废旧动力电池的规范、安全处置，消除安全隐患。

由于新能源汽车市场的迅速发展以及梯次利用电池的使用空间，退役动力电池的梯次利用行业一直备受关注。截止至 2020 年 10 月，国家已颁布多个退役电池梯次利用相关政策^[18]。但是，退役动力电池梯次利用一直处于一种难以实施、难以管控的情况，若梯次利用相关政策能够细化至全国各地，动力电池梯次利用可以逐步规范化，由示范工程牵头，带领更多的试点企业参与动力电池梯次利用项目，并将动力电池梯次利用的范围逐步推广，必能在退役动力电池梯次利用方面节约更多的资源，更有效地保护环境^[19]。

1 我国梯次利用现状分析

2015 年动力电池累计报废量约在 2~4 万 t 左右，到 2020 年底，我国仅纯电动乘用车和混合动力乘用车动力电池累计报废量将达到 12~17 万 t 的规模^[20-21]。其中，报废量中的电池包含退役梯次利用的电池和拆解回收的电池，根据有关数据，预测未来用于梯次利用的电池累计退役量如图 1 所示。

退役动力电池的整个全寿命周期约为 20 年，但动力电池在新能源汽车中使用的寿命只有 3~5 年^[22]。我国相关行业的权威人士在动力电池回收过程方面可能更多的还是看中再次利用，形成多批次的使用。由图 1 可看出，未来动力电池退役规模正在逐渐扩大，这也意味着动力电池退役的管控也会越来越艰难。若没有强有力的政策标准对如此大规模的动力电池退役情况进行制约，将会导致退役动力电池市场秩序混乱。

如图 2 所示，从利用价值的角度分析，退役后进行梯次利用的动力电池在之后的利用价值越来越高，预计 2022 年梯次利用价值将达到 80 亿

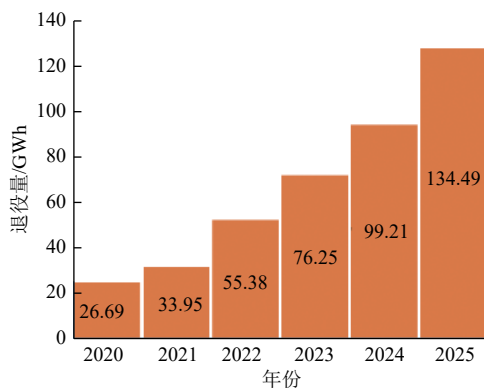


图 1 未来动力电池退役规模预测图

Fig. 1 Prediction chart of power battery retirement scale in future

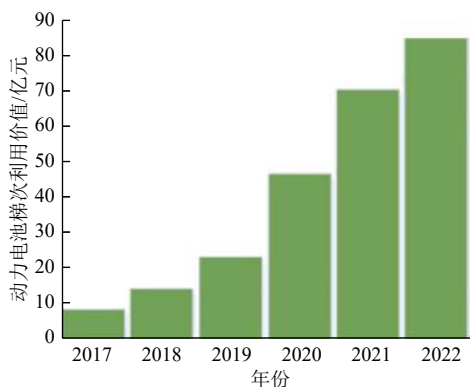


图 2 动力电池梯次利用预估图

Fig. 2 Estimated drawing of cascaded utilization of retired power battery

元以上。从实用性的角度分析，其使用成本约为 1000 元/kW·h，性价比远超过铅酸电池，因此动力电池梯次利用具有很大的竞争力。看到了梯次利用的广阔前景，一些企业发现了此领域的机遇并开始在此领域逐步探索^[23]。如北京匠芯电池研发了梯次利用光储系统，深圳比亚迪等企业生产用于备电领域的梯次利用电池等。

我国在电池梯次利用的技术研究方面处于起步阶段，技术难点有重组技术、寿命预测和离散整合技术等^[24-26]。梯次利用技术的核心要求是保证目标产品的品质和安全。具体而言，一是来料的品质安全控制，二是目标产品的生产过程控制，还有目标产品的控制和设计。目前国家把梯次利用检测技术作为重点研究，检测技术要求对退役电池包进行健康指数评价，包括电芯评估、电池包电性能检测、电池包的可靠性检测、电池包/模组外观检测。通常情况下，电芯的性能评估分为

寿命评估、安全性评估和可靠性评估,包括电池包的可靠性、电池包连接件可靠性以及管理系统硬件的可靠性等。电池包电性能检测能够排除安全隐患。此外,直流内阻的变化、电压差的变化以及电池包外形的变化等,都在健康指数的评估内容中。其中,从电池包的外形来看,在车载过程中难免会发生意外,比如车祸、内涝,都会引起一系列外部构件的变化,因此电池包外形变化也需要评估^[27]。

对于梯次电池应用的场景来看,通信基站备电、电网储能和低速车这3个应用得最为广泛^[28-31],如图3所示。

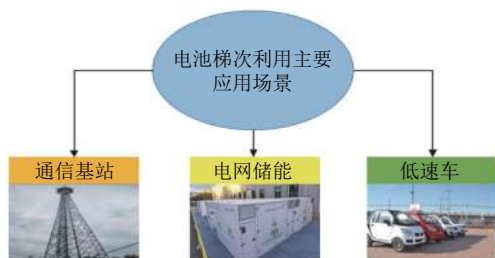


图3 电池梯次利用主要应用场景图

Fig. 3 Scene graph of main application of cascaded utilization of retired power battery

通信基站是我国退役动力电池主要梯次利用的应用场景之一。中国铁塔公司已在约12万个基站中使用梯次电池约1.5 GW·h,替代了约4.5万t铅酸电池。中国铁塔公司目前约有200万个基站,按单站电池容量需求约30 kW·h测算,该公司未来可能消纳约200万辆新能源汽车的退役电池^[32]。杭州某供电公司在通信基站中增加了100 kW·h的动力电池,这些动力电池与原有的电池共同出力,保证了信号的稳定传输。

电网储能领域中,国内首个电池梯次利用电网侧储能电站在南京开建,利用电池的余电继续为变电站和数据中心等设施供电,大幅提升了储能电池的经济性和可利用性,随后国内其他省市纷纷效仿:浙江省某微网储能项目为创造新的经济价值和起到削峰填谷的作用投运了电网储能电站,深圳市某两家公司合作建设了2.15 MW·h/7.27 MW·h梯次电池储能项目,用于工业园区,以实现削峰填谷的功能和为电网提供辅助服务。

在低速车领域中,某公司将退役动力电池安装在低速电动车上使用,也有其他公司在低速快递物流车上使用退役动力电池。根据统计,退役

电池应用成本约为650元/kW·h,其收益要比铅酸电池用于低速车上的收益大很多。根据已有数据预测,在今年年底,预计低速车用退役电池成本低于300元/kW·h,收益在450元/kW·h以上。

电网储能、通信基站和低速车等领域是大规模消纳退役电池的有效手段。梯次利用给电网储能等领域的低成本化带来重大机遇,有望最大化发挥电池全寿命周期价值,因此有必要出台梯次利用政策来把握住此机遇。

2 国内退役动力电池梯次利用政策

国家从2010年就开始颁布退役动力电池激励政策,鼓励梯次利用企业研发梯次产品与技术,并围绕电池性能评估、分选重组、电热安全管理开展了大量研究工作,并在退役电芯一致性评测、模块直接重组利用等方面取得突破,但仍面临容量衰退预测难、快速批量分选技术缺失和安全故障演变机理不清晰等问题。

近年来,随着梯次利用示范规模逐渐增大及应用场景的多样化,上述问题叠加放大效应愈加突显,现有技术储备无法满足规模化工程应用的安全性和经济性要求。为此,国家仍需针对退役动力电池梯次利用的安全和经济问题进行综合考虑,国内政府机构需要利用出台的政策来推动相关技术问题的突破使得梯次利用的应用能够实现效益最大化。

2.1 国家顶层政策

梯次利用能够发挥出退役动力电池的最大价值,实现循环经济的利益最大化,动力电池梯次利用的前景是广阔的,但是实践起来不太容易。退役动力电池性能和规格参差不齐,难以实现集中式管理,以及检测配比难度高,实现电池的电压均衡较难等因素,增加了退役动力电池梯次利用产业化的难度。如果动力电池梯次利用的管理和技术水平能够提升起来,那么它的广阔前景就可以得到实现。所以,需要国家制定相关的政策来鼓励并支持各个地方企业参与到动力电池梯次利用的机制中来。为加强新能源汽车的退役动力电池梯次利用管理水平,保证梯次利用电池的安全性和质量,国家相关部门出台措施以扶持动力电池梯次利用,已颁布的一些动力电池梯次利用政策如表1所示^[33-35]。

表 1 退役动力电池梯次利用相关政策
Table 1 Relevant policies for the cascaded utilization of retired power battery

发布时间	发布部门	政策	要点
2020	工信部	《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》（征求意见稿）	对关于梯次利用的检测技术和设备进行创新。
	工信部节能与综合利用司	《新能源汽车动力蓄电池梯次利用管理办法》（征求意见稿）	梯次利用企业应符合《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》、鼓励采用先进技术和装备对废旧动力蓄电池进行梯次利用等。
2019	工信部节能与综合利用司	《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法》（修订征求意见稿）	鼓励退役车用电池实施梯次利用，以更好地适应新能源行业发展新形势。
	工信部节能与综合利用司	《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》（修订征求意见稿）	旨在促进梯次利用的综合企业加大在基站备电、储能、充换电等领域的应用，以此提高经济收益。
	工信部节能与综合利用司	《新能源汽车动力蓄电池回收服务网点建设和运营指南》（修订征求意见稿）	要求完善退役车用电池以及梯次利用的服务站建设，同时还要考虑到安全问题。
2018	工信部	《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》企业名单（第一批）	体现出国家对提高回收利用退役车用电池相关企业的规范程度的要求，同时要求回收电池的行业加快商业化进程。
	工信部	《新能源汽车蓄电池回收利用溯源管理暂行规定》	建立溯源管理平台，尤其是在电池生产、销售、使用、报废、回收等各个环节收集信息并实时监测。
2016	国家工信部、科技部、交通部等	《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》	对新能源汽车生产企业提出回收处理退役电池的要求，同时推进完善回收处理退役电池的机制。
	国家工信部、科技部、交通部等	《电动汽车动力蓄电池回收利用技术政策》	对电动汽车动力电池设计生产、回收主体、梯次利用及再生利用等作出了具体规定。

《新能源汽车动力蓄电池梯次利用管理办法》（征求意见稿）的提出可通过即将建立的数据管理平台加强新能源汽车动力蓄电池梯次利用的企业管理水平，通过即将完善的各个环节形成的梯次利用体系提升资源的综合利用水平，并且通过制定的检测机制来保障梯次利用电池产品的安全性。

《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》（征求意见稿）的提出可通过技术和设备对不同类型的电池进行梯次利用过程中的步骤，包括检测、分类、拆分和修复等，尽可能地替换掉以前缺点较多的技术和设备，从而发挥出创新的技术和设备节约资源、减少成本等优势。

国家工信部、科技部等部门发布的政策中包含了退役动力电池梯次利用的总体要求、综合管理、提高应用、鼓励实施等方案，这些政策表明了国家对梯次利用很重视，但这些方案大体是缺乏细节制定的，如梯次利用的具体生产线流程、退役电池线上线下交易和退役电池产品的规格尺寸等等，要落实到省、镇地区有一定的困难。因此，退役动力电池梯次利用领域亟待相关政策的完善，扩大退役动力电池梯次利用的管控范围，使得退役动力电池市场秩序更加稳定。

2.2 地方相关政策

为了进一步细化退役动力电池梯次利用颁布

的国家政策，各级地方政府纷纷对此做出响应，部分退役动力电池梯次利用地方政策如表 2 所示^[36]。

福建省、湖南省和海南省发布的地方政策都重点把互联网技术与废旧动力电池梯次利用相结合，发挥出互联网实时传递信息和资源共享的优势，福建省发布的梯次利用政策主要是通过建立交易和回收平台，利用互联网与客户进行线上交易和交流，为客户的需求带来了便利；而湖南省和海南省发布的梯次利用政策则主要是构建产业回收网络体系信息数据库，以实现动力电池产品的来源及去向追踪，一旦车辆的蓄电池出现异常，电池监控系统就会及时监测出来，可以从远端追踪使用该车辆的车辆信息，提升了动力电池梯次利用的监控性能。

京津冀地区、四川省和广东省政策主要强调了加快梯次利用的关键技术研发，为推广动力电池梯次利用体系建设一系列示范项目。这一方案的实施大力推进了电池模块的快速检测、分选技术的研究，加大了对电池状态的跟踪和预测研究；同时也激励了企业、事业单位根据自身的研究技术现状，加快研制循环梯次回收标准体系，加强成果的转化。推广项目的建立也是国家在动力电池梯次利用领域对企业的一种激励方式，让其他相关企业看到本领域产生的环境保护和经济效益，

表2 退役动力电池梯次利用地方政策
Table 2 Local policies for cascaded utilization of retired power battery

地区	政策	要点
京津冀	《京津冀地区新能源汽车动力蓄电池回收利用试点实施方案》	支持企业开展动力蓄电池梯次利用在通信基站备用电源领域的商业化示范工程建设,在电力储能系统领域的示范验证,在移动充电、家庭储能、风光互补路灯等其他领域的探索应用。
福建	《福建省新能源汽车动力蓄电池回收利用体系建设实施方案》	鼓励开展退役电池梯次利用;开展异形异容电池组合梯次利用技术及模式研究,加强大数据、物联网等信息化技术应用,创新梯次利用商业模式,建设商业化服务平台,探索线上交易、线下交货的电池残值交易。
湖南	《湖南省新能源汽车动力蓄电池回收利用系统集成攻关实施方案》	重点支持全产业链共享的回收网络体系建设、梯级利用与有价值组分再生利用关键技术突破、产业化示范工程建设三个方向。
海南	《关于进一步做好新能源汽车动力蓄电池回收利用工作的指导意见》	构建动力蓄电池溯源监管机制和责任惩罚制度;探索梯次利用商业模式并建设动力蓄电池梯次利用商业化试点和示范工程;支持中国铁塔等企业参与大规模集中梯次利用。
宁波	《宁波市新能源汽车动力蓄电池回收利用试点实施方案》	前期重点推进0.6 MW·h/3 MW·h梯次利用储能系统等项目,市能源局负责指导和鼓励梯次利用企业开展储能项目试点,配合做好各类单一电池来源单一型号的储能电站技术开发和多种电池混合系统的研发应用工作。
四川	《四川省新能源汽车动力蓄电池回收利用试点工作方案》	积极推动中国铁塔四川公司0.28 GW·h/年动力蓄电池梯级利用项目。扩大梯次利用范围,打造四川省动力电池光伏电站梯次利用产业基地。创新梯级利用商业模式,开展动力电池梯级利用商业化试点示范工作。
安徽	《安徽省新能源汽车动力蓄电池回收利用试点方案》	推动废旧动力电池的大规模梯次利用;以能量型退役动力电池为基础,加入功率型或调频型的储能系统构建混合型多功能智慧储能电站;以用户侧分布式储能为基础,借助电动汽车等移动储能装置,使电能共享及储能电池共享成为可能。
广东	《广东省新能源汽车动力蓄电池回收利用试点实施方案》	鼓励梯次利用企业发展“以租代售”商业模式,即梯次利用企业从新能源汽车生产企业。

激发企业对本领域的热情和信心。

然而,梯次利用企业需要回收梯次利用电池产品生产、试验、使用等过程中产生的废旧动力蓄电池,集中贮存并移交至再生利用企业,这一系列的流程需要相应的标准来对此进行制约,从而确保梯次利用动力蓄电池的后期安装及使用的安全性。为了更好地开展动力电池退役后梯次利用,需要建设几套完整的技术标准体系或规范来引领梯次利用电池产业的健康发展。

3 梯次利用标准

为加强退役动力电池梯次利用管理,引导产业转型升级,大力培育战略性新兴产业,推动退役动力电池健康发展,国家针对退役动力电池制定了有关标准,部分标准如表3所示^[37-39]。

《车用动力电池回收利用 梯次利用 第2部分:拆卸要求》对具体设施和人员的考核、培训这三个方面给出了具体方案,从外部条件和人员限制入手,给退役动力电池梯次利用的整包电池开包拆解过程提供了良好的外部工作条件,增加了电池在拆解时的管理和安全性能,使得电池能够按部就班拆解,为后续电池的配组环节提供保障。

《车用动力电池回收利用 梯次利用产品标识》的标准中具体要求了将过程中的检测、分类、拆解和重组部分标识区分,对每一个处于不同情况和流程的梯次利用单体电池进行标记,将代表梯次利用电池的标识规范化,与之前没有规范化标识的情况相比更能便利、清晰地辨识产品所处环节,避免将电池重新进行已经操作过的步骤或跳过未操作的步骤,其实施也方便梯次利用电池的管理延伸到电池的生产厂家。

退役动力电池相关标准的出台促进了退役动力电池行业的健康发展和市场的良性循环,便于国家对退役动力电池进行大规模管理,有利于维护废旧电池市场秩序。

4 试点企业与项目

为深入实施国家技术创新引导工程,贯彻落实强化科技创新战略布局,全面推动企业自主创新,充分发挥科技支撑发展,引领未来的重要作用,各个省的工部局、发改委等部门确定了多个退役动力电池梯次利用示范企业,部分示范企业如表4所示。

100 kW·h 梯次利用电池储能系统项目通过改

表 3 退役动力电池梯次利用相关标准
Table 3 Relevant standards for cascaded utilization of retired power battery

序号	标准号(项目号)	标准名称
1	GB/T 34015.2—2020	《车用动力电池回收利用 梯次利用 第2部分:拆卸要求》
2	20191068-T-339	《车用动力电池回收利用 梯次利用产品标识》
3	T/ATCRR 09-2019	《梯次利用锂离子电池 电动自行车用蓄电池》
4	GB/T 34015—2017	《车用动力电池回收利用 余能检测》
5	GB/T 34014—2017	《汽车动力蓄电池编码规则》
6	GB/T 33598—2017	《车用动力电池回收利用 拆解规范》
7	GB/T 34013—2017	《电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸》
8	20150671-T-339	《车用动力电池回收利用 梯次利用要求》

表 4 退役动力电池梯次利用示范企业
Table 4 Demonstration enterprises of cascaded utilization of retired power battery

序号	项目名称	项目申报单位
1	100 kW·h梯次利用电池储能系统	北京市政府、国家电网北京市电力公司等5家单位
2	兰石兰驼4 MW·h/1.5 MW·h“光-储-充”微电网	兰石恩力电池有限公司和兰石恩力微电网有限公司
3	大规模梯次再利用储能电站	国网(宁波)综合能源服务有限公司
4	动力蓄电池回收体系建设	北京金属回收有限公司
5	退役动力蓄电池价值评估与梯次利用	北京海博思创科技有限公司
6	南通积筒美居MW级三元电池梯次储能项目	江苏慧智能源工程技术创新研究院有限公司
7	新能源汽车动力蓄电池在铁塔基地的梯次利用	北京聚能鼎力科技股份有限公司
8	北京铁塔动力蓄电池回收体系试点	中国铁塔股份有限公司北京市分公司
9	退役动力蓄电池包智能回收拆解	格林美(天津)城市矿产循环产业发展有限公司
10	绿色再生退役动力蓄电池回收	石家庄绿色再生资源有限公司

变充电设备的接入方案来满足负荷直流快充的要求,为退役电池产业化发展进行了初步探索。

兰石兰驼 4 MW·h/1.5 MW·h“光-储-充”微电网项目打造了退役电池二次分选、拆解、重组这一规范化流程,为甘肃省新能源汽车的退役电池提供了一种新的再利用方案。

大规模梯次再利用储能电站项目通过组串联式架构的系统设计方案缓解了梯次电池初始容量不一致的问题,并通过配置能量管理系统实现了区域源、网、荷、储有效协同管理。

北京海博思创科技有限公司就退役动力蓄电池价值评估与梯次利用制定了完整的梯次利用流程,从电池现场评估、返场测试到方案设计、装配应用等,在返场评估方面,其电池剩余价值评估技术对车辆内部电池进行评估,仅需要 5 h 且不会影响车辆运营,电池健康度的准确度在 3% 以内,三元及锂电池均可评估。

出于国家对梯次利用的号召,又因退役动力电池梯次利用示范企业的成功事例让企业领导人

看到了梯次利用的前景,一些试点企业也纷纷踊跃参与了施行废旧动力电池梯次利用的生产线以及体系建设。部分试点企业如表 5 所示。

中国铁塔股份有限公司福建省分公司和湖南绿色再生资源公司旨在多场景下推广电池梯次利用。长沙比亚迪、中南冶金院和长沙新材料院等单位结合了各省市各自的产业基础和特点,加快动力蓄电池梯次利用及再生利用关键核心技术和装备研发,均对动力电池快速分选或余能检测技术进行开发并应用,研发了电池剩余生命周期预测、电池剩余价值的评估和筛选技术,以提高回收利用效率,构建出合理的电池回收服务网点。

企业建立和完善了动力蓄电池的技术开发与应用推广,建设了退役电池梯次利用生产线和相关服务网点,将每个单体电池的性能能够尽可能地发挥出来,也减轻了将大量动力电池进行直接回收这一工作的负担,同时有利于提高企业之间的竞争力,引领相关企业发挥各自的创新能力,进一步推动了梯次利用行业的发展。

表5 退役动力电池梯次利用试点企业
Table 5 List of pilot enterprises cascaded utilization of retired power battery

序号	试点单位	试点任务
1	中国铁塔股份有限公司福建省分公司	在国家电网推动的多站融合背景下扩大储能业务规模,在基站、家庭储能和应急电源等场景推广动力电池梯次利用。
2	湖南蒙达	对回收动力电池进行余能检测与评价;利用回收动力电池用于电网储能和制造备用电源。
3	长沙比亚迪	与授权销售服务店合作开展废旧动力电池回收服务网点的建设;建设梯次利用生产线。
4	中南冶金院	参与电池快速分拣和余能评价技术项目研究以及电池综合检测平台的建设。
5	长沙新材料院	模块化梯次电池储能系统的研制与生产;低速动力电池包的研制和生产;50 Kwh以下小型储能系统的研制和生产。
6	湖南绿色再生资源	梯次利用电池进行余能检测技术开发;梯次利用电池在光伏空调储能的应用技术开发;开发其他场景的梯次利用储能产品。

5 总结与展望

尽管我国动力电池梯次利用现已取得初步的成果,但从总体上来看我国整体及地方的动力蓄电池梯次利用体系尚未有效建立,在以下四点仍需加强与改进:

1) 梯次利用相关技术需要突破。

我们应在退役动力电池的重组技术、剩余寿命模型、安全性能评估和工程实际应用能力等方面进行深入研究并尽快研发出成果,这样才能更有效支撑规模化的动力蓄电池梯次利用。

2) 梯次利用政策需要细化。

我国梯次利用发展尚处于起步阶段,国家需要进一步细化地方级政策,促进企业与企业间发挥各自特长,扩大梯次利用规模、应用技术的研发和商业化规模。

3) 梯次利用相关标准仍需完善。

要对行业进行监管,政府要促使生产者对梯次利用电池的整个生命周期承担责任,建立规范的制作、安装流程,完善公平的竞争制度,使得动力电池梯次利用模式规范化。

4) 加强对示范企业和试点企业的监管力度。

面对相关企业已开展的多项示范项目和试点企业,对项目和企业应用的退役电池开展溯源管理,并对其退役电池进行全生命周期管理,保证其安全的进入正规梯次利用流程中。

参考文献

- [1] 赵小羽,黄祖朋,胡慧婧.动力电池梯次利用可行性及其应用场景[J].汽车实用技术,2019(12):25-26+36.
ZHAO Xiaoyu, HUANG Zupeng, HU Huijing. Feasibility and application of battery repurposing[J]. Automobile Applied Technology, 2019(12): 25-26+36(in Chinese).
- [2] 刘文婷.退役电池梯次利用须把好安全关[N].新能源汽车报,2019-06-03(4).
LIU Wenting. The safety of retired batteries must be checked in the echelon utilization[N]. New Energy Vehicles, 2019-06-03(4) (in Chinese).
- [3] 2025年新能源汽车销量占比将达20%以上[J].石油化工应用,2017,36(2):124.
In 2025, the sales volume of new energy vehicles will account for more than 20%[J]. Petrochemical Industry Application, 2017, 36(2): 124 (in Chinese).
- [4] 黄学杰,赵文武,邵志刚,等.我国新型能源材料发展战略研究[J].中国工程科学,2020,22(5):60-67.
HUANG Xuejie, ZHAO Wenwu, SHAO Zhigang, et al. Development strategies for new energy materials in China[J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(5): 60-67(in Chinese).
- [5] 邢佳韵,陈其慎,张艳飞,等.新能源汽车发展下锂钴镍等矿产资源需求展望[J].中国矿业,2019,28(12):67-71.
XING Jiayun, CHEN Qishen, ZHANG Yanfei, et al. Related mineral demand forecast under the development of global new energy automobile[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(12): 67-71(in Chinese).
- [6] 李浩强,范茂松,何鹏琛,等.退役三元动力电池回收利用进展[J].化学通报,2020,83(3):226-231.
LI Haoqiang, FAN Maosong, HE Pengchen, et al. Progress in recycling and utilization of retired ternary power batteries[J]. Chemistry, 2020, 83(3): 226-231(in Chinese).
- [7] Ulf Breddemann, Prof. Dr. Ingo Krossing. Review on synthesis, characterization, and electrochemical properties of fluorinated nickel - cobalt - manganese cathode active materials for lithium - ion batteries[J]. ChemElectroChem, 2020, 7(6): 1389-1430.
- [8] 佟丽珠,朱泳逾,李文娜.新能源汽车动力电池回收的相关问题分析[J].内燃机与配件,2018(11):43-44.
TONG Lizhu, ZHU Yongyu, LI Wenna. Analysis of problems related to power battery recovery of new energy

- vehicles[J]. *Internal Combustion Engine & Parts*, 2018(11): 43-44(in Chinese).
- [9] 刘光富, 林锦灿, 田婷婷. 新能源汽车动力电池报废量估算和资源潜力分析[J]. *中国资源综合利用*, 2020, 38(1): 96-99.
LIU Guangfu, LIN Jincan, TIAN Tingting. Quantity prediction and resources potential analysis of spent lithiumion battery of new energy automobile[J]. *China Resources Comprehensive Utilization*, 2020, 38(1): 96-99(in Chinese).
- [10] 韩路, 贺狄龙, 刘爱菊, 等. 动力电池梯次利用研究进展[J]. *电源技术*, 2014, 3: 548-550.
HAN Lu, HE Dilong, LIU Aiju, *et al.* Advances in secondary use research of power Li-ion battery[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2014, 3: 548-550(in Chinese).
- [11] 李敬, 杜刚, 殷娟娟. 退役电池回收产业现状及经济性分析[J]. *化工学报*, 2020, 71(S1): 494-500.
LI Jing, DU Gang, YIN Juanjuan. Current situation and economic analysis of waste battery recycling industry[J]. *CIESC Journal*, 2020, 71(S1): 494-500(in Chinese).
- [12] 姚燕, 蒋琼. 汽车报废动力电池回收利用模式分析[J]. *汽车零部件*, 2019(12): 91-94.
YAO Yan, JIANG Qiong. Recovery mode analysis of vehicle spent power battery[J]. *Automobile Parts*, 2019(12): 91-94(in Chinese).
- [13] 郑旭, 林知微, 郭汾, 等. 动力电池梯次利用研究[J]. *电源技术*, 2019, 43(4): 702-705.
ZHENG XU, LIN Zhiwei, GUO Fen, *et al.* Research on echelon use of power battery[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2019, 43(4): 702-705(in Chinese).
- [14] 伍德佑, 刘志强, 饶帅, 等. 废旧磷酸铁锂电池正极材料回收利用技术的研究进展[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2020(10): 70-78.
WU Deyou, LIU Zhiqiang, RAO Shuai, *et al.* Research progress in recycling technology of cathode materials for spent lithium iron phosphate batteries[J]. *Nonferrous Metals(Extractive Metallurgy)*, 2020(10): 70-78(in Chinese).
- [15] Pengwei Li, Shaohua Luo, Yafeng Wang, *et al.* Cleaner and effective recovery of metals and synthetic lithium-ion batteries from extracted vanadium residue through selective leaching[J]. *Journal of Power Sources.*, 2021, 482(15).
- [16] 刘超, 邱显扬, 刘勇, 等. 废锂离子电池物理分选技术研究现状及展望[J/OL]. *稀有金属*[2019-12-02] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2111.TF.20191202.0951.006.html>. DOI: 10.13373/j.cnki.cjrm.XY19080040
LIU Chao, QIU Xianyang, LIU Yong, *et al.* Research status and Prospects of physical separation technology of Spent Lithium-ion batteries [J/OL]. *Chinese Journal of Rare Metals*. [2019-12-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2111.TF.20191202.0951.006.html>. DOI: 10.13373/j.cnki.cjrm.XY19080040.
- [17] 王景辉. 锂电池自燃原因及处置对策[J]. *现代工业经济和信息化*, 2020, 10(02): 106-107.
WANG Jinghui. Causes and countermeasures of lithium battery spontaneous combustion[J]. *Modern Industrial Economy and Informationization*, 2020, 10(02): 106-107(in Chinese).
- [18] 李建林, 李雅欣, 周喜超, 等. 储能商业化应用政策解析[J]. *电力系统保护与控制*, 2020, 48(19): 168-178.
LI Jianlin, LI Yaxin, ZHOU Xichao, *et al.* Analysis of energy storage policy in commercial application[J]. *Power System Protection and Control*, 2020, 48(19): 168-178(in Chinese).
- [19] 刘颖琦, 李苏秀, 张雷, 等. 梯次利用动力电池储能的特点及应用展望[J]. *科技管理研究*, 2017(1): 59-65.
LIU Yingqi, LI Suxiu, ZHANG Lei, *et al.* Characteristics and application prospects of second use batteries for energy storage[J]. *Science and Technology Management Research*, 2017(1): 59-65(in Chinese).
- [20] 苗雪丰. 我国车用动力电池循环利用模式研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2019.
MIAO Xuefeng. Research on vehicle power battery recycling model in China[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2019.
- [21] 陈柯元, 陈臻, 包启科, 等. 论退役锂电池梯次利用技术[J]. *科技风*, 2020(26): 10-11.
CHEN Keyuan, CHEN Zhen, BAO Qike, *et al.* On echelon utilization technology of retired lithium batteries[J]. *Technology Wind*, 2020(26): 10-11(in Chinese).
- [22] 夏重凯. 动力电池梯次利用现状及政策分析[J]. *汽车与配件*, 2016(38): 42-45.
XIA Zhongkai. Current situation and policy analysis of power battery echelon utilization[J]. *Automobile & Parts*, 2016(38): 42-45(in Chinese).
- [23] 何英. 梯次利用储能市场受追捧[N]. *中国能源报*, 2018.
HE Ying. The popularity of echelon energy storage market[N]. *China Energy News*, 2018.
- [24] 王开让, 白恺, 李娜, 等. 电动汽车动力电池梯次利用寿命预测方法研究[J]. *全球能源互联网*, 2012, 1(3): 375-382.
WANG Kairang, BAI Kai, Li Na, *et al.* Research on life prediction for second-use of electric vehicle power battery[J]. *Journal of Global Energy Interconnection*, 2012, 1(3): 375-382(in Chinese).
- [25] 肖伟, 钟卫东, 舒小农, 等. 基于大数据的电池健康状态(SOH)的估算及应用[J]. *汽车安全与节能学报*, 2019, 10(1): 101-105.
XIAO Wei, ZHONG Weidong, SHU Xiaonong, *et al.* Bat-

- tery state of health (SoH) estimation method and application based on big data[J]. *Journal of Automotive Safety and Energy*, 2019, 10(1): 101-105(in Chinese).
- [26] 来小康. 关于动力电池梯次利用的一些思考[J]. *储能科学与技术*, 2020, 9(2): 598-602.
LAI Xiaokang. Opinions on the reuse of retired power batteries[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2020, 9(2): 598-602(in Chinese).
- [27] 徐懋, 刘东, 王德钊. 退役磷酸铁锂动力电池梯次利用分析[J]. *电源技术*, 2020, 44(8): 1227-1230.
XU Mao, LIU Dong, WANG Dezhao. Analysis on echelon utilization of retired lithium iron phosphate power battery[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2020, 44(8): 1227-1230(in Chinese).
- [28] 崔林. 铁锂电池在通信基站中的梯次利用实践[J]. *电子技术与软件工程*, 2018(12): 21.
CUI Lin. Step utilization of lithium iron battery in communication base station[J]. *Electronic Technology & Software Engineering*, 2018(12): 21(in Chinese).
- [29] 李建林, 李雅欣, 吕超, 等. 退役动力电池梯次利用关键技术及现状分析[J]. *电力系统自动化*, 2020, 44(13): 172-184.
LI Jianlin, LI Yaxin, LÜ Chao, *et al.* Key technology and research status of cascaded utilization in decommissioned power battery[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2020, 44(13): 172-184(in Chinese).
- [30] 贾晓峰, 冯乾隆, 陶志军, 等. 动力电池梯次利用场景与回收技术经济性研究[J]. *汽车工程师*, 2018(6): 14-19.
JIA Xiaofeng, FENG Qianlong, TAO Zhijun, *et al.* Study on the echelon used scenario and technical recycling economy of power battery[J]. *Auto Engineer.*, 2018(6): 14-19(in Chinese).
- [31] 高明飞, 马科, 李红宇, 等. 退役动力电池作为储能系统应用的探讨[J]. *科技与创新*, 2020(19): 154-155.
GAO Mingfei, MA Ke, LI Hongyu, *et al.* Application of retired power battery as energy storage system[J]. *Science and Technology & Innovation*, 2020(19): 154-155(in Chinese).
- [32] 吴蒙. 退役动力电池梯次利用现状、问题及对策[J]. *资源再生*, 2019(10): 28-31.
WU Meng. Current situation, problems and countermeasures of ladder utilization of decommissioned traction battery[J]. *Resource Recycling*, 2019(10): 28-31(in Chinese).
- [33] 潘寻, 赵静, 蒋京呈. 中国新能源汽车动力电池回收政策解读及建议[J]. *世界环境*, 2020(03): 33-36.
PAN Xun, ZHAO Jing, JIANG Jingcheng. Interpretation of China's new energy vehicle power battery recycling policy and related suggestions[J]. *World Environment*, 2020(03): 33-36(in Chinese).
- [34] 杨晓红. 新能源汽车2019上半年十大重要政策[J]. *汽车与运动*, 2019(8): 12-15.
YANG Xiaohong. Ten important policies for new energy vehicles in the first half of 2019[J]. *Evo China*, 2019(8): 12-15(in Chinese).
- [35] 陈吉清, 翁楚滨, 兰凤崇, 等. 政策影响下的动力电池产业发展现状与趋势[J]. *科技管理研究*, 2019, 9: 148-157.
CHEN Jiqing, WENG Chubin, LAN Fengchong, *et al.* Development status and trend of power battery industry under the influence of policy[J]. *Science and Technology Management Research*, 2019, 9: 148-157(in Chinese).
- [36] 锂电池回收利用政策利好 梯次利用已形成示范效应[J]. *资源再生*, 2019, (2): 24-26.
Lithium battery recycling policy is good, and the use of ladders has formed a demonstration effect[J]. *Resource Recycling*, 2019, (02): 24-26(in Chinese).
- [37] 肖武坤, 张辉. 中国废旧车用锂离子电池回收利用概况[J]. *电源技术*, 2020, 44(8): 1217-1222.
XIAO Wukun, ZHANG Hui. Recycling status of spent lithium-ion batteries for electric vehicle in China[J]. *Chinese Journal of Power Sources*, 2020, 44(8): 1217-1222(in Chinese).
- [38] 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.
WANG Caijuan, Zhu Xianghuan. Interpretation of GB standard for recovery and utilization of automotive power battery[J]. *Chinese Battery Industry*, 2020, 24(4): 211-215(in Chinese).
- [39] 王萍, 刘波, 高二平, 等. 车用动力电池回收利用标准的现状及建议[J]. *电池*, 2020, 50(3): 280-283.
WANG Ping, LIU Bo, GAO Erping, *et al.* Status quo and suggestions of recycling standard for vehicle power battery[J]. *Battery Bimonthly*, 2020, 50(3): 280-283(in Chinese).

收稿日期: 2020-11-29

作者简介:

李建林(1976), 男, 通信作者, 博士, 教授, 主要从事大规模储能技术研究, E-mail: dkyjl@163.com;

王哲(1997), 男, 硕士, 主要从事大规模储能技术研究, E-mail: maxmax202101@163.com;

许德智(1985), 男, 博士, 副教授, 主要从事故障诊断与容错控制研究, E-mail: xudezhi@jiangnan.edu.cn;

刘道坦(1977), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事锂离子电池及储能技术研究, E-mail: daotan.liu@gmail.com.