

汽车动力电池逆向供应链网络研究现状分析

崔荣川

湖北汽车工业学院, 湖北 十堰 442000

DOI:10.61369/IED.2026020002

摘 要 : 近年来随着我国新能源汽车产业的快速发展, 我国目前已经发展成为全球动力电池第一大市场, 构建了包括生产, 供应, 销售, 回收一套完整的产业发展体系。产业发展势头在全球遥遥领先, 但是在高速发展的同时, 能源电池在供应链回收网络中存在着诸如回收处理成本过高, 逆向回收物流网络不够优化等问题^[1]。本文以动力电池逆向物流体系为先导, 对相关文献进行梳理和总结。提出建议和自身理解, 为企业在发展中关于动力电池逆向供应链回收体系的建设发展提供些许参考, 以求不断优化企业供应体系, 创造进一步发展的可能。

关 键 词 : 动力电池; 供应链; 逆向物流

Analysis of the Current Research Status on the Reverse Supply Chain Network of Automotive Power Batteries

Cui Rongchuan

Hubei Automotive Industries Institute, Shiyan, Hubei 442000

Abstract : In recent years, with the rapid development of China's new energy vehicle industry, China has emerged as the world's largest market for power batteries, establishing a comprehensive industrial development system encompassing production, supply, sales, and recycling. The industry's growth momentum leads globally, yet amidst this rapid expansion, challenges persist in the supply chain recycling network for energy batteries, such as excessively high recycling and processing costs, and suboptimal reverse recycling logistics networks^[1]. This paper takes the reverse logistics system of power batteries as a starting point, reviewing and summarizing relevant literature. It puts forward suggestions and personal insights to provide some reference for enterprises in constructing and developing a reverse supply chain recycling system for power batteries, aiming to continuously optimize the enterprise supply system and create opportunities for further development.

Keywords : power batteries; supply chain; reverse logistics

引言

随着全球能源结构转型与“双碳”目标的推进, 新能源汽车产业呈现爆发式增长, 在此背景下, 构建高效的逆向供应链回收网络成为实现资源循环与产业可持续发展的关键路径。当前学界在空间规划层面, 学者多采用混合整数规划(MIP)、多目标优化模型等工具解决回收点选址-路径协同问题; 运营模式研究则围绕生产者责任延伸制(EPR)展开博弈分析。然而, 现有研究未充分纳入需求波动、技术迭代等动态不确定性因素, 对“梯次利用+再生利用”双轨模式下的网络柔性适配研究不足, 鲜有文献量化拆解效率提升对网络拓扑的影响。这些理论缺口导致现有模型难以支撑复杂市场环境下的决策需求, 亟需构建更具适应性的分析框架。

本文通过系统梳理近五年国内外多篇核心文献分析, 旨在揭示动力电池RSCRN研究的演进脉络、方法论瓶颈及实践脱节现象。研究价值体现在: 理论层面, 整合多学科优化工具与不确定性分析方法; 实践层面, 为破解回收率低下(当前不足30%)、产业链协同不足等现实问题提供路径参考。

一、回收物流网络研究方法及相关理论

循环经济理论。指在人、自然资源和科学技术的大系统内, 在资源投入、企业生产、产品消费及废弃的全过程中, 把传统的依赖资源消耗的线型增长的经济, 转变为依靠生态资源循环来发

展的经济。循环经济研究的内容包括物流、能量流、信息流等。其中, 物流是载体, 信息流是媒体, 能量流是核心, 共同构成了循环经济的三大要素流。使物质和能源在整个经济活动中得到最大限度的合理与持久利用, 进而从根本上解决长期存在的经济发展与节约资源、保护环境的冲突问题。

作者简介: 崔荣川(2000.08-), 男, 汉族, 四川省绵阳市人, 研究生在读, 研究方向: 汽车物流与供应链管理。

产品生命周期理论。产品生命周期指产品从自然中来到自然中的去的全过程，包括了产品从自然中获取最初资源和能源，经过设计、开采、冶炼、加工、再加工等生产过程形成最终产品，又经过产品贮运、销售、消费、使用等过程，直至产品报废和处置，从而构成了一个物质转化的生命周期。

二、正文

对于能源动力电池回收供应链的研究。Tang Y 等对于动力电池的回收发展提出了奖励机制和政策，使用了 Staklberg 相关博弈论的模型测试，以社会总福利为指标，选择最优回收模式，包括参与者的利润，消费者剩余，政府的监管成本，节能和碳减排效果^[2]。Ma X 等直接提出了动力电池回收的必要性和紧迫性，用必要的市场调查考虑了动力电池在回收过程中产生的经济效益^[3]。Yu H (2020) 等通过大数据分析资源整合方法，采用改进的 ant 算法获得最短路径模型，降低运输成本和风险，最大限度提升信息资源价值^[4]。赵梦娜 (2024) 在对退役动力电池的回收问题当中考虑了动力回收电池数量和质量上的不确定性，为不确定条件下退役动力电池逆向物流网络的构建和发展提供了决策参考，具有可行性，合理性和有效性^[5]。

在回收产业政策方面，王璇璇 (2024) 主要考虑了我国当前的一些政策激励机制，分析了各级政府对于动力电池回收的优待和相关激励政策^[6]。袁榴艳着重分析了中国锂电池回收产业的国内政策、发展特点以及存在的主要问题，并基于锂电池需求的回收规模，开展了锂电池产业增长预测分析^[7]。冯章伟从国家碳排放长远战略出发，研究表明区块链溯源技术使得供应商和第三方动力电池回收商的利润都得到提高^[8]。

在市场规模方面，吕聪慧分析了我国当前动力电池在发展速度和市场规模上不断向好的趋势^[9]。胡文婕主要分析不同模式下关键参数变化对均衡结果的影响，探讨了双渠道回收模式下政府补贴对供应链成员策略的调整^[10]。冯中伟主要是针对能源动力电池回收供应链体系中所组成的双寡头垄断系统，考虑了电池回收

参考文献

- [1] 陈仁坦, 姜文超. 我国动力电池产业发展现状及前景研究 [J]. 能源研究与利用, 2024, (05): 16-19. DOI:10.16404/j.cnki.issn1001-5523.2024.05.008.
- [2] Tang Y, Zhang Q, Li Y, et al. Recycling mechanisms and policy suggestions for spent electric vehicles' power battery - A case of Beijing [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 186: 388-406.
- [3] Ma X, Ma Y, Zhou J, et al. The Recycling of Spent Power Battery: Economic Benefits and Policy Suggestions [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 159 (1): 012017-012017.
- [4] Yu H, Dai H, Tian G, et al. Big-Data-Based Power Battery Recycling for New Energy Vehicles: Information Sharing Platform and Intelligent Transportation Optimization [J]. IEEE Access, 2020, PP (99): 1-1.
- [5] 赵梦娜, 刘勇, 马良. 不确定条件下新能源汽车动力电池回收网络模型及算法 [J/OL]. 系统工程, 1-15[2024-11-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1115.N.20241107.1052.004.html>.
- [6] 王璇璇, 卢超, 王倩倩. 专利授权和碳配额交易背景下财政补贴促进动力电池梯次利用的机制 [J/OL]. 系统管理学报, 1-19[2024-11-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.N.20241019.0958.004.html>.
- [7] 袁榴艳, 马文略, 刘畅, 等. 中国锂电池回收利用产业发展形势、问题及建议 [J]. 国际石油经济, 2024, 32 (S1): 77-83.
- [8] 冯章伟, 杜碧升, 于志勇, 等. 区块链驱动的新能源汽车动力电池回收与溯源技术投入策略研究 [J/OL]. 中国管理科学, 1-14[2024-11-18]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0319>.
- [9] 吕聪慧, 陈星. 动力电池回收的经济性与规范化探讨 [J]. 电池, 2024, 54 (03): 445-446.
- [10] 胡文婕, 周佳, 马成霖, 等. 双渠道退役动力电池回收闭环供应链模式选择 [J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44 (08): 2572-2595.
- [11] 冯中伟, 陈玉雯, 谭春桥. 考虑动力电池回收的供应商开发策略选择 [J]. 管理工程学报, 2024, 38 (05): 235-250. DOI:10.13587/j.cnki.jieem.2024.05.016.
- [12] 赖志颖, 赖文斌, 林楚园, 等. 退役动力电池回收的现状与核算研究进展 [J]. 过程工程学报, 2024, 24 (02): 139-150.
- [13] 王艺博, 阮久莉, 郭玉文. 发达国家退役汽车动力电池回收立法启示 [J]. 环境工程, 2023, 41 (S1): 425-429.
- [14] 危浪, 王翠霞. 基于 SD 演化博弈的新能源汽车动力电池回收监管策略研究 [J]. 系统科学与数学, 2023, 43 (05): 1314-1330.
- [15] 周兴建, 黎继子, 李菲, 等. 基于 Blockchain 的新能源汽车动力电池回收供应链模式 [J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29 (04): 1386-1398. DOI:10.13196/j.cims.2023.04.029.
- [16] 谢隽阳, 乐为, 郭本海. 基于生产者责任延伸的新能源汽车动力电池回收帕累托均衡 [J]. 中国管理科学, 2022, 30 (11): 309-320. DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.0956.
- [17] 邱泽国, 郑艺, 徐耀群. 新能源汽车动力电池闭环供应链回收补贴策略——基于演化博弈的分析 [J]. 商业研究, 2020, (08): 28-36. DOI:10.13902/j.cnki.syyj.2020.08.004.
- [18] 赵润泽, 钱阿姐. 退役动力电池回收及电池级碳酸锂制备研究进展 [J/OL]. 无机盐工业, 1-14[2024-11-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1069.TQ.20240516.1028.002.html>.

商应该承担的相应责任^[11]。赖志颖提出了当前能源动力电池在回收方面的一些经济成本的核算方法，点出了回收利用的一些必要和可持续性^[12]。王艺博主要分析得出发达国家退役汽车动力电池搞笑回收的必要因素，提出可提高回收数量与效率的管理建议，促进回收体系建设，提升再利用率^[13]。

关于三个主体，危浪研究为制定有效的新能源汽车动力电池回收监管政策提供了理论依据^[14]。周兴建表明区块链技术下的回收供应链模式其效率高于传统回收模式^[15]。谢隽阳通过模型求解，分析帕累托均衡状态，表明整车企业策略选择极大程度上决定了电池生产企业承担延伸责任的积极性^[16]。邱泽国以演化博弈方法为基础，说明政府可以通过减税等方式补贴激励企业参与动力电池回收^[17]。回收过程中的工艺问题，赵润泽对退役动力电池中锂回收及电池级碳酸锂制备的研究进展和面临挑战提出展望^[18]，以上学者从多角度对当前动力电池市场作了探索性研究。

三、结论

本文在对动力电池逆向供应链回收网络分析的研究中，探讨了动力电池回收过程中的关键环节、网络结构优化以及回收效率提升的策略。通过分析，不难得出动力电池逆向供应链网络结构的优化对于提高回收效率、降低成本具有至关重要的作用。构建多级回收网络模型，我们发现合理的网络布局可以有效降低回收过程中的物流成本，同时提高回收率。回收效率与成本的平衡：在动力电池回收网络中，效率与成本之间存在一个动态平衡。通过优化回收路径和节点配置，可以在保证回收效率的同时，有效控制成本。政策与市场机制的协同：政府政策和市场机制在动力电池回收网络中发挥着重要作用。技术创新，尤其是回收技术和处理技术的进步，对动力电池回收网络的效率和成本有显著影响。本文探讨了其对逆向物流回收网络优化的贡献。在后续对动力电池的回收研究中，应该扩大视野，立足于理论基础，合理运用算法模型增强对实例的应用研究。