

循环经济下废旧动力电池回收策略研究

黄新谋

中山职业技术学院, 中国·广东 中山 528404

摘要: 废旧电池的回收对于环境保护、资源节约和可持续发展具有重要意义。论文从废旧电池回收的背景和现状出发, 探讨了废旧电池回收的重要性, 并提出了一系列可行的对策, 包括政府政策支持、回收网络建设、宣传教育、安全处理等。同时, 还探讨了合作伙伴关系、规范与标准、创新技术应用、教育与培训、责任制与生产者责任扩展、奖励制度、产品设计考虑、研究与开发、国际合作、市场监管与执法以及效果评估等方面的对策。通过这些对策的综合应用, 可以促进废旧电池回收的推广和效率提升, 从而实现环境保护和可持续发展的目标。

关键词: 循环经济; 废旧动力电池回收; 策略研究

Research on the Recycling Strategy of Waste Power Batteries under Circular Economy

Xinmou Huang

Zhongshan Polytechnic, Zhongshan, Guangdong, 528404, China

Abstract: The recycling of used batteries is of great significance to environmental protection, resource conservation, and sustainable development. This paper starts from the background and current situation of used battery recycling, discusses the importance of recycling used batteries, and proposes a series of feasible strategies, including government policy support, recycling network construction, publicity and education, and safe disposal. At the same time, it also explores strategies in areas such as partnership relations, regulations and standards, innovative technology applications, education and training, responsibility and extended producer responsibility, incentive systems, product design considerations, research and development, international cooperation, market supervision and law enforcement, and effectiveness evaluation. Through the comprehensive application of these strategies, the promotion and efficiency improvement of recycling used batteries can be encouraged, thus achieving the goals of environmental protection and sustainable development.

Keywords: circular economy; recycling of used power batteries; strategy research

1 引言

近年来, 随着中国新能源汽车行业的高速发展, 新能源汽车产销量及动力电池装机量也随之快速上涨。数据显示, 中国动力电池的装机量自 2017 年的 36.1GWh 增加至 2022 年的 465.5GWh, 5 年增长近 12 倍。伴随新能源汽车火热发展而来的一个重要问题就是上游原材料的紧缺, 而动力电池回收能够在一定程度上缓解这个问题。为此, 自 2012 年以来, 国家先后出台了多项新能源汽车动力电池回收相关政策。经过十来年的发展, 动力电池回收体系正逐步规范完善。2021 年, “加快建设动力电池回收利用体系”首次写入政府工作报告。同年, 国家发改委印发了《“十四五”循环经济发展规划》并将“废旧动力电池循环利用”列入“五大工程、六大行动”。随着国家层面对动力电池回收产业高度重视, 中国动力电池回收行业体系建设及行业发展也将逐渐提速。

2 循环经济与逆向物流

2.1 循环经济

循环经济即物质循环流动型经济, 是指在人、自然资

源和科学技术的大系统内, 在资源投入、企业生产、产品消费及其废弃的全过程中, 把传统的依赖资源消耗的线性增长的经济, 转变为依靠生态型资源循环来发展的经济。循环经济活动是以 3R 原则作为行为准则, 即减量化原则、再使用原则、再循环原则。循环经济的提出可以追溯到 20 世纪 60 年代初, 由于人类活动引发的资源枯竭和环境问题, 学者们开始思考如何改变传统的线性经济模式。20 世纪 70 年代后期, 德国石油危机引起了人们对能源和资源的关注, 并促使了对资源的有效利用的研究。德国的一些学者开始提出“循环利用经济”的概念, 强调资源的再利用和循环利用。后来, 这一概念得到了扩展和进一步发展, 形成了现代循环经济的理论框架。

此外, 日本也是循环经济理念的重要贡献者之一。20 世纪 70 年代末和 20 世纪 80 年代初, 日本面临严重的环境问题和资源短缺, 政府和学者们开始推动资源节约和循环利用的政策和实践。日本的“循环型社会”理念强调从生产到消费到废弃物处理的全过程中, 资源的最大回收和再利用。

随着时间的推移, 循环经济的思想逐渐传播到全球, 并在国际层面得到了广泛讨论和推动。例如, 联合国环境规

划署 (UNEP) 在 20 世纪 90 年代开始积极倡导循环经济,并于 2012 年在“里约 +20”大会上发布了名为《向绿色经济转型:从政策到实践的路线图》的报告,强调了循环经济对可持续发展的重要性。

2.2 逆向物流

逆向物流是指在物流运作中,将已使用的产品和材料从消费者端或回收点回收至生产或再利用的过程。逆向物流的提出是因为对资源浪费和环境影响的关注。在过去,物流主要关注产品从生产到消费的流动,而对于产品的退货、回收和再利用的流动则没有得到足够的重视。然而,随着对资源稀缺性和环境问题的认识增强,在一些企业和研究者的推动下,逆向物流开始受到更多的关注。1990 年美国通过了“废物物质流程规划和资源回收法案”(Resource Conservation and Recovery Act),要求企业制定逆向物流计划并促进废物的回收和再利用。同样,1991 年,德国通过了“包装回收法”(Packaging Recycling Act),对包装废物的回收和再利用进行了一系列规定。随着逆向物流发展的进一步推进,一些企业开始将逆向物流纳入其供应链管理中,以减少资源浪费和环境污染。同时,一些学者也开始研究逆向物流的优化方法和管理策略,使其成为可持续发展的一部分。

3 中国动力电池回收存在的现状

作为全球最大的新能源汽车市场,中国汽车动力电池的回收对于资源利用和环境保护具有重要意义。目前,中国的动力电池回收现状体现在四个方面。

其一,制定了较为完善的回收政策和法规。中国政府出台了一系列支持动力电池回收利用的政策和法规。例如,《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》等文件规定了动力电池回收利用的管理要求,并鼓励企业积极参与回收利用工作。

其二,初步建立了动力电池回收体系。中国的动力电池回收体系正在建设当中。一些车企和电池制造商积极参与动力电池回收利用,建立回收网络和回收站点,提供方便的回收渠道。同时,一些专业的回收企业也在不断发展,提供专业的动力电池回收服务。

其三,回收技术和处理方法不断发展和创新。传统的回收方法包括分拣、拆解和材料回收等。同时,一些高温熔炼技术和化学回收技术也得到了应用和推广。这些技术和方法旨在实现动力电池材料的高效回收和再利用。

其四,积极推动废旧电池回收产业协同和循环利用。例如,电动汽车制造商、电池制造商、材料供应商和回收企业之间的合作日益密切,形成了一个相对完整的产业链条。同时,推动动力电池的循环利用也成为重要的目标,通过再制造、二次利用等方式延长电池寿命和提高资源利用率。

尽管中国在推动动力电池循环利用方面已经取得了一定的成就,但也存在着一些亟待解决的问题,主要包括以下几个方面:

①复杂的回收流程:动力电池的回收过程相对复杂,涉及拆解、分类、处理等多个环节。动力电池的构造复杂,包含有害物质和高度易燃易爆材料,需要采取特殊的技术和设备进行安全拆解和处理。回收过程中可能涉及对环境和人员的风险,需要一定程度的专业知识和培训。

②材料回收和资源利用问题:动力电池中的许多材料,如锂、镍和钴等,是有价值的资源。由于回收技术和流程的限制,目前动力电池回收的效率仍然相对较低。这导致许多有价值的材料无法得到有效回收和再利用,浪费了宝贵资源。

③缺乏统一的回收政策和标准:在动力电池回收领域,缺乏统一的政策和标准,导致回收方式和流程存在差异。这给回收过程中的合规性和监管带来一定的挑战。同时,由于缺乏明确的回收责任和义务,一些回收商可能存在不规范的行为,影响回收效果和环境安全。

④成本和经济可行性:动力电池的回收需要投入大量的人力、设备和技术,回收成本较高。由于目前动力电池回收产业还处于发展初期,规模相对较小,难以实现经济规模效益。这使得一些回收商面临经济可行性和盈利能力的挑战,难以持续开展回收业务。

4 国外废旧动力电池回收经验

4.1 欧盟动力电池回收模式

在欧盟,动力电池回收受到了一系列的法规和政策监管和推动。欧盟在 2019 年颁布了《电池废物法规》(Battery Waste Regulation),其中包括了关于动力电池回收和处理的规定。根据这一法规,汽车制造商和电池供应商有责任确保回收和处理其销售的电池废物。根据《电池废物法规》,欧盟成员国需要建立回收体系,以确保动力电池的回收和再利用。这些成员国通过与汽车制造商、电池供应商和回收企业的合作,建立了一系列回收网络和设施。这些回收网络覆盖了整个区域,并提供了便捷的回收通道,以处理从电动车中回收的动力电池。除了回收和再利用,欧盟也推动了动力电池的设计和制造方面的可持续性。欧盟通过一系列倡议和标准,鼓励汽车制造商在产品设计和生命周期管理中考虑电池的可重复使用性和可回收性。欧盟通过法规 and 政策的推动,为动力电池的回收和再利用建立了规范和机制。这有助于实现动力电池的循环利用,减少资源消耗和环境影响。欧盟在动力电池回收领域的努力为其他地区和国家提供了借鉴和参考的经验,以德国为例,其动力电池回收模式如图 1 所示。

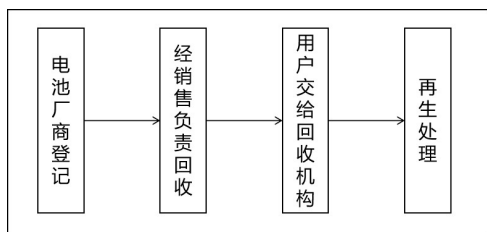


图 1 德国废旧电池回收体系

4.2 美国动力电池回收模式

美国政府也通过一系列法规和计划来推动动力电池回收。例如，联邦政府在 2019 年通过了《废物电池处理法案》（Battery Waste Disposal Act），要求电池制造商和供应商负责管理和回收他们的产品。此外，美国环保局（EPA）也发布了一系列针对动力电池回收和处理的指导和规范。例如，EPA 制定了《废物电池管理计划》，鼓励各州建立电池回收网点和处理设施，确保电池废物得到妥善处理。在实践方面，美国的动力电池回收主要是通过汽车制造商、电池供应商和回收企业的合作来进行的。一些汽车制造商已经建立了回收网络，并与回收企业合作，确保动力电池得到回收和再利用。回收的动力电池经过分类和测试后，可以进行再利用、回收零部件或进行废弃物处理。可再利用的电池可能会被回收供应商重新制造和销售，或用于其他能源存储领域。零部件回收可以将电池拆解为不同的部件进行再利用。废弃电池则需要进入特定的处理流程，以确保安全和环境友好的处理方式。如图 2 所示。

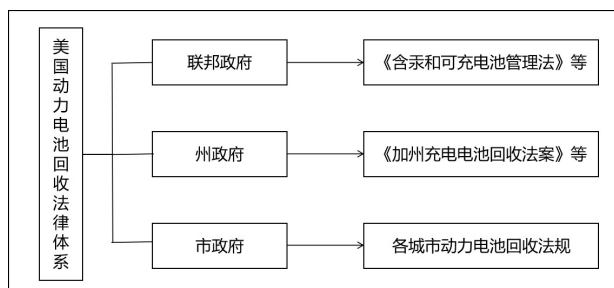


图 2 美国动力电池回收法律体系

4.3 日本动力电池回收模式

日本是世界上在动力电池回收领域做得最好的国家之一。在日本，动力电池回收被视为一项重要的环保任务，目的是最大限度地回收和再利用电池中的有价值的材料，减少资源浪费和环境污染。2008 年，日本政府颁布了《废旧电池回收法》，规定了动力电池的回收和处理责任。一方面，一些汽车制造商和电池供应商与回收企业合作，建立了一系列的回收网络和设施。这些回收网络覆盖了整个国家，并且

专门处理从电动车和混合动力车中回收的动力电池。另一方面，回收的动力电池在经过一系列的处理和测试后，被分类为可再利用、零部件再利用或废弃电池。可再利用的电池可以被回收供应商重新制造和销售，以提供给其他应用领域，如储能系统等。为了规范废旧电池回收行业的发展，日本从基本法、综合法、特别法三个层面出台了相应的法律法规，并且鼓励汽车制造商关注与汽车电池回收技术相关的资源回收研究。丰田、日产和三菱等汽车制造商都积极投资于电池回收的研究和开发以响应日本政府的“新能源汽车制造商有义务对废旧电池进行回收处理”理念。如图 3 所示。

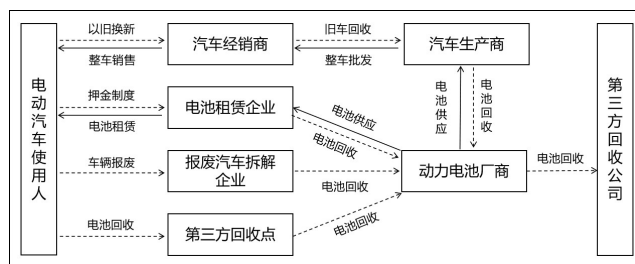


图 3 日本废旧动力电池回收体系

5 废旧动力电池回收流程

废旧动力电池回收一般包含以下步骤：

①收集。动力电池回收的第一步是收集。收集可以分为两种方式：一种是主动回收，即由回收企业主动收集废旧电池；另一种是被动回收，即由消费者将废旧电池送到回收点。

②分类。对回收的废弃电池进行分类，根据电池类型、型号等进行分类，以便进行下一步的处理，不同种类的电池需要采用不同的处理方式。

③检测。对废旧电池进行检测，主要是检测废旧电池的残留电量和有害物质含量。

④分离和拆卸。将废旧电池进行分离和拆卸，电池外壳可以回收利用，内部的有害物质需要进行分离和处理。

⑤处理和回收。这是废旧电池回收的最重要环节。对回收的电池进行处理，主要有以下几种方式：

再生：通过对电池进行加工和处理，有用物质可以进行回收和再利用，如镍、钴等可以用于生产新电池，使电池中的有价值材料得以再利用。

重组：将不同的废弃电池进行组合，使其能够产生新的电池，以减少废弃物的数量。

危废处理：有害物质需要进行环保处理，可以采用化学处理、热解等方式进行处理，以减少对环境和人类的危害。

废旧动力电池回收流程如图 4 所示。

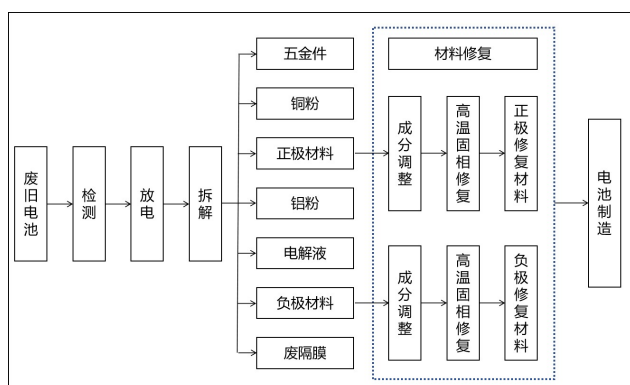


图 4 废旧动力电池回收流程

6 废旧动力电池回收的策略

6.1 政府层面

①建设废旧动力电池溯源管理体系。

建设动力电池溯源管理平台是有效管理和监控动力电池生命周期的重要手段。通过建立一个全面的数据采集系统，记录动力电池的生产、流通、使用和回收等环节的关键信息，这些信息包括电池厂商信息、电池生产批次、供应链信息、充电与放电记录、维修与更换记录等。同时，为每个动力电池赋予唯一的标识码或二维码，并与生产信息进行关联通过扫描和识别，可以实现对动力电池的追踪和管理，确保数据的准确性和可追溯性。

②完善废旧动力电池回收法律体系。

为更好、更高效地促进废旧动力电池回收，规范动力电池回收市场，促进动力电池回收行业健康发展，政府应制定相关法律法规，明确废旧动力电池回收的责任主体、回收环节和管理要求，对废旧动力电池的定义、回收义务、回收标准、处置要求等方面的明确规定。建立废旧动力电池生产者责任延伸制度，要求电池生产商在销售电池时对废旧电池负有回收和处理的责任。建立健全的处罚与奖励机制，对违反回收法规的企业和个人进行相应处罚，同时对积极参与废旧电池回收的企业和个人给予奖励和激励，通过约束和激励电池生产商，促进他们积极参与废旧电池回收工作。

③规范废旧动力电池回收市场。

当前市场上存在着众多规模小、无资质的小作坊企业，既无专业人员也无专业设备，严重影响着动力电池的正常回收。政府相关部门可通过制定相关的法律法规，明确动力电池回收市场的准入条件、监管要求和责任主体。同时，建立动力电池回收企业的资质认证体系，确保回收企业具备必要的技术、设备和管理能力。通过资质认证，促进回收市场的健康竞争和可持续发展。

6.2 企业层面

①提升废旧动力电池回收服务能力。

建立废旧动力电池回收的网络和合作伙伴关系，包括回收站点、回收箱、配送车辆等，确保覆盖面广、便利可及，提高回收的便捷性和时效性。同时，为员工提供必要的培训 and 技能提升机会，确保他们具备专业知识和操作能力。包括回收流程、安全操作、质量控制等方面的培训，提高团队的整体素质。

②提升废旧动力电池回收技术水平。

提升废旧动力电池回收技术水平是关键，可以提高回收效率、降低环境风险，并促进电池资源的循环利用。具体技术包括：开发和应用先进的自动化分拣和识别技术，以准确、高效地判断和分离不同类型的废旧动力电池，提高回收效率和产品质量；研发和采用安全可靠的电池拆卸和处理技术，以确保废旧动力电池在回收过程中不会受损或引发安全风险；研究开发废旧动力电池的二次利用和再制造技术，包括电池组件的再利用、材料的回收和再生等方面。

7 结论

废旧电池回收是一项重要的环境保护和资源节约工作，对于可持续发展具有重要意义。论文从废旧电池回收的重要性出发，提出了一系列可行的对策，包括政府政策支持、回收网络建设、宣传教育、安全处理、合作伙伴关系等。这些对策的综合应用可以有效促进废旧电池回收的推广和效率提升。未来，还应加强研究和技术创新，进一步完善废旧电池回收体系，实现废旧电池的最大化回收利用，为环境保护和可持续发展做出更大贡献。

参考文献：

- [1] Niu H, Chen H, Xia B. The recycling of waste EV batteries: A review of current research and recommendations[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2020(152):104501.
- [2] Ji B, Xu M, Zhang H. Sustainable supply chain and closed-loop supply chain management in the automotive industry: A systematic literature review[J]. Journal of Cleaner Production, 2019(239):117951.
- [3] Kumar A, Asif N, Pecht M, et al. A sustainable collection network design for electric vehicle battery recycling using multi-objective optimization[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2021(166):105366.
- [4] 刘建平. 电子垃圾废物回收与环境保护[J]. 中国电视大学学报, 2004, 18(2): 43-46.
- [5] 阮宜卿, 范洪钦. 电池回收及应对措施探讨[J]. 铅锌, 2016, 38(5): 12-14.
- [6] 彭敏. 废旧电池回收对策研究[J]. 建材世界, 2019(2): 152.

作者简介：黄新谋（1984-），男，中国福建仙游人，硕士，从事物流与供应链管理研究。