

锂离子电池三元正极材料资源化利用研究进展

徐海军

浙江友山新材料科技有限公司 浙江 嘉兴314500

摘要: 锂离子电池作为目前最主流的可再充电电池,已经广泛应用于移动设备、电动车辆和储能系统等领域。随着锂离子电池的广泛应用,废弃电池的处理和资源化利用成为了一个重要的问题。三元正极材料作为锂离子电池的关键组成部分,其资源化利用的研究具有重要意义。

关键词: 锂离子电池;三元正极材料;特性

随着全球能源危机和环境污染问题的日益严重,新能源技术和可持续资源化利用受到了广泛关注。锂离子电池作为一种高能、环保的能源存储技术,在电动汽车、移动设备等领域得到了广泛应用。作为锂离子电池的关键组成部分,三元正极材料的资源化利用对于降低环境影响、提高资源利用效率具有重要意义。因此,锂离子电池三元正极材料资源化利用的研究进展成为了当前研究的热点和重点。

1 锂离子电池三元正极材料的种类和特性

锂离子电池是一种常用的可充电电池,其正极材料是决定电池性能的关键因素之一。而在锂离子电池中,三元正极材料是应用最为广泛的一类。三元正极材料由锂、镍、钴和锰的化合物组成,常用的有锂镍钴锰氧化物(NMC)和锂镍钴铝氧化物(NCA)两种。NMC材料具有相对平衡的性能,可以提供较高的电容量、较高的放电平台电压和较好的循环寿命。NMC正极材料在电动汽车和便携式电子设备等领域得到了广泛应用。NCA材料是一种高镍锂离子电池正极材料,它具有较高的电容量和高放电平台电压,可以提供更高的能量密度。由于其在高温下的稳定性较好,NCA正极材料多用于电动汽车等对能量密度要求较高的应用中。除了具有不同的化学成分外,锂离子电池三元正极材料还具有以下共同特性:(1)高比能量:三元正极材料可以提供较高的比能量,使锂离子电池具有更高的储能能力和续航里程。(2)良好的循环寿命:三元正极材料具有较好的循环稳定性,能够保持长周期的充放电性能,延长电池的使用寿命。(3)良好的安全性能:三元正极材料的热稳定性和耐高温性较好,为锂离子电池的安全性能提供了保障。总之,锂离子电池的三元正极材料具有多样的种类和独特的特性,为现代能源存储领域的发展和應用提供了重要的支撑^[1]。

2 三元正极材料中重要元素的资源状况

三元正极材料中包含的重要元素如锂、镍、钴和锰

等在锂离子电池工业中具有重要的地位。然而,随着电动汽车及可再生能源的快速发展,对这些元素的需求也呈现出快速增长的趋势,给相关资源的供应造成了一定的压力。首先是锂的资源状况。锂广泛存在于地壳中,但其高纯度的提取仍然是一项具有挑战性的工作。目前,锂主要通过矿石开采、盐湖蒸发和海水提锂等方式进行获取。尽管全球锂资源储量较为丰富,但集中分布在少数国家,导致供应地域性问题。其次是镍、钴和锰等金属的资源状况。镍、钴和锰是三元正极材料中的关键组成元素,它们的供应也受到了一定的限制。镍主要来自于镍矿石的开采,目前全球镍资源供应相对充足。而钴和锰则主要由铜、镍和锌矿石中提取。然而,钴主要集中在刚果民主共和国等少数国家,其供应风险较高。锰的资源供应比较充足,但也存在在高纯度和可回收性方面的挑战。针对以上资源状况的挑战,研究人员正在积极探索以提高资源利用效率和开发替代材料等方向。例如,研发钴替代型或低钴含量的三元正极材料,减少对钴资源的依赖^[2]。通过增强旧电池回收利用和开展循环经济,可以有效减轻对资源的压力。因此,对三元正极材料中重要元素的资源状况的了解和合理利用,对于保障锂离子电池行业的稳定供应和可持续发展至关重要。

3 三元正极材料的资源化利用面临的问题

三元正极材料的资源化利用是实现可持续发展和循环经济的重要环节,但面临一些挑战和问题。第一,三元正极材料的回收和再利用过程存在一定的技术难题。目前,大部分锂离子电池的回收工作仍处于初级阶段,回收效率较低。三元正极材料中的元素存在复杂的组成和结构,回收过程中需要进行有效的分离和提取,而这些过程在技术上仍面临一定的难度。回收过程还涉及到废旧电池的处理和资源提取,需要高效的回收通道和环保的处理方法。第二,三元正极材料中的重要元素如镍、钴和锰等都是有限资源,供应面临一定的压力。尤

其是钴这个重要的元素，其主要集中在少数国家，供应不稳定且易受到政治和地缘因素的影响。因此，研究和开发可替代材料以减少对有限资源的依赖，是资源化利用面临的重要问题。第三，三元正极材料的再制备和改性也是资源化利用面临的挑战。在将废旧三元正极材料再制备为新的正极材料时，需要考虑到材料的品质、性能和成本等因素。同时，三元正极材料的改性也需要针对其特性进行具体研究和优化，以提高其循环寿命、能量密度等性能指标。

4 锂离子电池三元正极材料资源化利用的研究进展

4.1 旧电池回收与资源回收技术

锂离子电池三元正极材料的资源化利用是当前锂电池领域研究的热点之一，其中旧电池回收与资源回收技术是实现资源化利用的重要环节。旧电池回收的技术路线主要包括整体回收和分解回收两种方式。整体回收是将废旧电池进行统一回收，然后通过物理分选和化学处理等方法对整体废旧电池进行资源回收，并进行适当的再利用；分解回收则是将废旧电池进行拆解，分离出不同的组成部分，再对其中的三元正极材料进行资源回收。在旧电池资源回收技术方面，目前已经有许多研究进展^[3]。例如，先进的物理分选技术可以通过振动筛、离心分离等设备，将废旧电池中的有用成分与次要成分进行分离；化学处理技术可以通过酸碱浸出、高温熔炼等方法，将废旧电池中的有价值的金属离子进行回收；同时，也有一些新兴的再利用技术，例如将废旧电池经过破碎、热处理等处理后制备成新型材料，进而实现三元正极材料的再利用。总之，旧电池回收与资源回收技术在锂离子电池三元正极材料的资源化利用中起着重要的作用。进一步加强相关研究，解决技术路线和回收效率的问题，提高废旧电池的回收与资源回收利用率，将有助于促进锂离子电池产业的可持续发展。

4.2 三元正极材料的物理、化学处理与再利用技术

锂离子电池三元正极材料的资源化利用是解决锂电池产业可持续发展和资源稀缺问题的关键。针对三元正极材料的资源化利用，研究者们已经开展了许多物理、化学处理和再利用技术的研究工作。在物理处理方面，常见的技术包括机械处理和磁选技术。机械处理通过破碎、磨碎等方法，将废旧电池中的三元正极材料与其他组成部分进行物理分离。磁选技术则是利用三元正极材料在磁场下的磁性特性，通过磁分选设备将其与非磁性物质分离。在化学处理方面，一些酸碱浸出和溶剂法的技术被广泛用于三元正极材料的资源回收。酸碱浸出是利用酸碱溶液对废旧电池进行处理，将三元正极材料中

的金属离子溶解出来，再进行沉淀、析出和电解等步骤进行纯化和回收。溶剂法则通过溶剂的选择和反应条件的调控，将三元正极材料中的有机物与无机物进行分离和回收。再利用技术是将经过物理或化学处理的三元正极材料进行二次利用。例如，利用磷酸二氢铵等物质进行热处理，将处理后的材料用作新型材料的合成；此外，还有通过电化学方法将回收的三元正极材料进行再组装，制备成新的电池正极材料等再利用方式^[4]。

5 锂离子电池三元正极材料资源化利用的发展趋势与前景

5.1 新兴技术的应用与推广

锂离子电池三元正极材料资源化利用的发展趋势与前景十分广阔，其中新兴技术的应用与推广是实现资源化利用的重要方向。一方面，新兴技术的应用将为三元正极材料的资源化利用提供更多可能性。例如，纳米材料技术可以通过控制材料的结构和形貌，提高材料的电化学性能和循环稳定性；杂化材料技术可以通过将三元正极材料与其他功能材料进行混合组成复合材料，提高电池的能量密度和循环寿命；固态电解质技术可以代替传统的液态电解质，提高电池的安全性和稳定性。这些新兴技术的应用有望进一步改善三元正极材料的性能和循环寿命，推动其资源化利用的发展。另一方面，新兴技术的推广将使资源化利用在实际应用中更加广泛。随着电动汽车、储能系统等领域的快速发展，对高性能、长寿命的三元正极材料的需求不断增加。新兴技术的推广将能够提高材料的产能和质量稳定性，并降低生产成本，使得资源化利用的技术更具竞争力和可行性。同时，新兴技术的应用还可以提升电池的性能和安全性，满足日益严格的环境保护要求和安全标准。因此，锂离子电池三元正极材料资源化利用的发展趋势与前景是积极向好的。通过引入新兴技术的应用与推广，可以提高材料的性能、资源回收效率和环境友好性，推动锂离子电池产业实现可持续发展。同时，大规模电动汽车市场的快速增长也为三元正极材料的资源化利用创造了更广阔的市场机遇。因此，进一步加强新兴技术的研究与开发，并积极推广应用，将有助于促进锂离子电池三元正极材料资源化利用的实际应用和商业化进程。

5.2 绿色、环保的资源化利用方向

随着环境保护的日益重视和可持续发展的要求，绿色、环保的资源回收与再利用方向受到了广泛关注。在三元正极材料的资源化利用中，绿色、环保的方向主要包括低能耗技术、无害化处理以及循环经济的应用。低能耗技术是指通过改进产业过程，降低能源消耗、减少

二氧化碳排放等，例如利用节能设备、优化工艺流程，实现资源的高效利用。无害化处理是指在资源回收过程中，采取环境友好的方式进行处理，避免对环境造成污染，例如采用无害化处理技术、建设封闭式循环处理系统等。循环经济的应用是指通过回收利用废旧电池产生的三元正极材料，实现循环再利用，减少对原始资源的依赖。绿色、环保的资源化利用方向对于锂离子电池三元正极材料具有重要意义。首先，它有助于减少对有限资源的开采压力，降低能源消耗和环境污染^[5]。其次，绿色、环保的资源化利用方向可以提高三元正极材料的可持续利用率，延长其使用寿命，减少电池废弃物的数量。此外，采用绿色、环保的资源化利用方向还能够提高电池产品的竞争力和市场占有率，符合消费者对环保产品的需求。因此，锂离子电池三元正极材料资源化利用的发展趋势与前景中，绿色、环保的资源化利用方向将逐渐成为主流。研究者们应进一步开展相关技术研究，加强新技术的开发与应用，促进绿色、环保的资源化利用方向的推广与实施，以实现锂离子电池产业的可持续发展和环境保护目标的共同达成。

5.3 政策与法规的支持与引导

随着全球对环保和可持续发展的日益关注，锂离子电池三元正极材料的资源化利用成为了行业发展的重要趋势。政策与法规的支持与引导在这一领域中发挥着至关重要的作用。首先，政策层面的支持为锂离子电池三元正极材料的资源化利用提供了有力保障。政府通过制定相关政策和规划，鼓励企业加大对三元正极材料回收和再利用的投入，推动行业向资源节约、环境友好的方向发展。同时，政府还通过税收优惠、财政补贴等措施，降低企业成本，提高其资源化利用的积极性。其次，法规的完善为锂离子电池三元正极材料的资源化利用提供了法律保障。各国政府纷纷出台相关法律法规，

明确电池生产商、使用商的责任与义务，规范废弃电池的处理流程。通过严格的环境标准和处罚措施，引导企业加强环保意识，推动三元正极材料的资源化利用。在政策与法规的支持与引导下，锂离子电池三元正极材料的资源化利用前景广阔。随着技术的进步和产业的升级，企业将研发出更高效、更环保的回收和处理技术，提高资源的回收率和使用率。同时，随着市场规模的扩大和产业链的完善，三元正极材料的资源化利用将成为行业发展的重要方向，为全球环保事业做出贡献。总之，政策与法规的支持与引导为锂离子电池三元正极材料的资源化利用提供了有力保障和广阔前景。在政府、企业和科研机构的共同努力下，这一领域将迎来更加美好的未来。

结束语

锂离子电池三元正极材料资源化利用是实现电池行业可持续发展和环保的重要途径。近年来，相关研究取得了显著的进展，包括回收技术的改进、再利用技术的研发以及政策法规的完善等。未来，需要进一步深入研究三元正极材料的资源化利用技术，推动相关政策的完善和落实，以实现锂离子电池行业的可持续发展。

参考文献

- [1]王亚平,胡淑婉,曹峰.锂离子电池正极材料研究进展[J].电源技术,2020,41(04):638-640.
- [2]郭红霞,乔月纯,穆培振.锂离子电池正极材料研究与应用进展[J].无机盐工业,2019,48(03):5-8+51.
- [3]梁晓丹,赵可可,刘鹏飞.锂离子电池三元正极材料资源化利用技术研究进展[J].电子科技,2021,44(01):78-83.
- [4]李跃进,张丹丹,王莉.锂离子电池三元正极材料清洗技术研究进展[J].能源研究与管理,2021,4(02):25-30.
- [5]陈强,徐宏亮,张书强.锂离子电池三元正极材料改性技术综述[J].新型电化能源材料,2021,49(03):53-58.