

Source Analysis and Control Measures of Metal Foreign Body in Cathode Material of Lithium Ion Battery

Yonghui Zhou Zhiping Qiu

Shenzhen Dynanonic Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In recent years, lithium-ion batteries have been widely used in portable electronic devices, electric vehicles, electrochemical energy storage, and so on. In this process, more and more people have begun to pay attention to their safety and stability. As a core component of lithium-ion batteries, the degree of impurity control in cathode material can have a direct impact on the overall performance of the batteries. Metal impurities, a common impurity, often appear in cathode material. Excessive metal impurities not only reduce the cycle life and capacity of batteries, but also may cause safety issues such as thermal runaway and short circuits. Based on this, the purpose of this paper is to first briefly introduce the main metal impurities that may be introduced into the cathode material, then analyze the sources of metal impurities based on Man-Machine-Material-Method-Environment, and finally explore the control measures for metal impurities, hoping to provide some reference for relevant personnel.

Keywords

lithium-ion battery; cathode material; source analysis; metal impurities

锂离子电池正极材料金属异物来源分析与控制措施

周永辉 邱志平

深圳市德方纳米科技股份有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

近年来, 在便携式电子设备、电动汽车、电化学储能等领域中锂离子电池应用广泛, 在此过程中越来越多人开始关注其安全性与稳定性。作为锂离子电池的核心组成部分, 正极材料杂质控制程度能够对电池整体性能产生直接影响。在正极材料中经常会出现金属异物这一常见杂质, 过量金属异物不但会导致电池的循环寿命和容量降低, 而且可能带来引起电池热失控、短路等安全问题。基于此, 论文旨在先简单介绍可能引入正极材料的主要金属异物, 然后依据人机料法环等环节分析金属异物来源, 最后探讨金属异物的控制措施, 希望可以为相关人员提供一定参考。

关键词

锂离子电池; 正极材料; 来源分析; 金属异物

1 引言

在当代能源利用技术中锂离子电池凭借自身环保性能好、能量密度高、循环寿命长等特性成为新能源概念的佼佼者。随着各项技术不断发展和市场需求持续变化, 人们也不断提高了对锂离子电池各方面性能的要求。正极材料在锂离子电池中就像人体的心脏一样, 其质量能够直接决定电池整体性能^[1]。金属异物属于正极材料中较为常见的不良因素, 其存在会在很大程度上影响锂离子电池的性能, 过量金属异物会加快循环性能、安全性能降低。基于此, 研究锂离子电池正极材料金属异物来源并进行预防与降低金属异物非常有必要。

2 金属异物概述

现如今, 行业内划分锂电正极材料金属异物的过程中存在不同的分类依据, 若是将成分作为划分依据, 一般分为无磁类物质、弱磁类物质以及强磁类物质; 以尺寸作为划分依据, 一般分成100 μm 以上颗粒、50~100 μm 颗粒以及50 μm 以下颗粒; 以形貌作为划分依据, 一般分成针状与片状、弧形和球形、块状三类; 按活性分类, 一般可分为活性金属异物、非活性金属异物以及潜在活性金属异物。以上各种分类对锂离子电池产品性能的影响程度存在差异^[2], 表1为其具体的风险程度。

3 锂离子电池正极材料金属异物来源

3.1 机器设备

锂离子正极材料金属异物来源广泛, 机器设备是主要引入源之一。内壁选材不当、内壁涂层稳定性不足、焊渣处

【作者简介】周永辉(1987-), 男, 中国河南周口人, 硕士, 工程师, 从事锂离子电池材料研究。

理不规范、零部件制作加工质量差、未完全清理装配环节的磨损物等均会导致金属异物直接出现在正极材料中。随着设备运行时间持续增长,传动部件的磨损、涂层局部异位变质、震动引起机器表面脱落等问题也是金属异物进入正极材料的常见途径。

表 1 金属异物影响风险评估情况

风险级别	高风险	中风险	低风险
按成分	强磁类物质	弱磁类物质	无磁类物质
按尺寸	100 μm 以上	50~100 μm	50 μm 以下
按形貌	针状与片状	块状	弧形和球形
按活性	活性金属异物	潜在活性金属异物	非活性金属异物

3.2 原料

对于锂离子电池正极材料来说,其金属异物有一部分是在原料中直接引入的。在其他条件相同的情况下,如果原料中本身磁性异物含量较高,那么最终产出的正极材料也将含有较高的磁性异物,这部分金属杂质一般可以进行定量分析,多组分叠加计算得出对成品材料的贡献值。以高镍三元产品为例,在其生产过程中,原料的使用包括添加剂、氢氧化锂、三元前驱体等,根据 YS/T 1568—2022《电池级无水氢氧化锂》^[1],电池级氢氧化锂需要控制磁性异物不大于 50ppm(产品牌号 LiOH-D1)。

3.3 辅料

辅料成分对最终正极材料的质量也有较大影响,同样需要严格控制金属异物的含量,相对原料而言,辅料中的金属异物对正极材料成品的影响方式更复杂。尽管行业标准对辅料中的金属异物含量有明确要求,但由于市场供应紧张,这些管控标准在实际操作中往往被忽视,导致辅料中金属异物的含量容易超出标准。

3.4 人员

在锂离子电池正极材料生产过程中,倘若生产人员、检测人员、维修人员等不能严谨、认真地对待工作,缺乏正确的金属异物认知,无法规范执行各项操作,均会提高正极材料中出现金属异物的风险。例如,生产人员开袋与投料、加入添加剂、检查与清理振动筛筛网等工作可能会直接带入工具或随身杂物,或者在未仔细清理盖子表面的情况下直接打开盖子,都极有可能导致金属粉尘进入反应容器内;维修人员在保养和维护机械机器设备时缺少必要的清理步骤,或清理步骤不科学带入二次污染;检测人员在取样和检验等工作实施后未有效密封,或本身工具生锈接触物料后脱落,这些都是锂离子电池正极材料中金属异物的来源。

3.5 环境

作业环境也是常见的金属异物来源。若生产车间内未严格按照相关标准控制空气洁净度,会导致原辅料中存在地面、设备以及钢结构的磁性物质颗粒;若未有效过滤的气体进入反应装置内,也容易将载气风机和管道中的磁性物质带

入反应容器内。其次,人员进出车间厂房未严格管控,同样会造成作业环境污染,间接提升正极材料中存在过量金属异物的风险。

4 锂离子电池正极材料金属异物控制措施

4.1 加大机器设备管控力度

出于有效控制锂离子电池正极材料中金属异物的目的,相关人员需要制定全面且细致的机器设备管控措施,防止因为机器设备因素导致的金属异物引入。

提升设计选型的科学性和前瞻性,在设备选型与优化方面,应当选用高品质、耐磨性强、具有优良防腐性能的设备材料,保证机器设备在长期运行后也不会出现磨损物,旨在从根本上降低设备在长期使用过程中产生金属异物的风险^[4]。相关技术人员应该认真审核设备的设计和选型工作,减少金属异物引入的品质风险。

提升使用维护的合理性和有效性,相关人员需要构建并优化设备维护体系。该体系包括对设备的一般点检、全面检查、迅速修复和提前更换损耗部件等步骤,贯穿设备从进场到报废全生命周期的管控,以保障设备运行状态符合要求。特别是内壁含有特殊涂层的设备,相关人员应该定期检查涂层完整性,及时对设备表层特殊涂装的修复或加固,保持涂层的完整性、可靠性,防止因涂层剥落导致金属杂质混入正极材料。在管理手段上,企业应重视对操作人员的技术培训,通过一系列培训课程,提升员工对设备养护的知识水平,增强员工的操作技巧和责任心,提升员工自检能力,使得操作人员能够更加得心应手地解决设备在运行过程中可能出现的各类问题,有效减少金属杂质的出现。

设置防异物引入关键步骤的强化措施,在焊渣的处理与监控方面,相关人员需要制定标准化流程,防止焊渣混入正极材料的生产线。强化对焊接作业的监控,采取多项措施预防焊渣的形成。通过这些举措,可从根本上杜绝机器设备方面直接混入金属杂质,确保了锂离子电池正极材料的纯度和品质。

4.2 严格管理原料

原料的品质与安全性对正极材料成品有较强的直接影响,必须在来料、运输、使用、储存等多层面对原料进行严格的控制。首先,在原材料购买和接收过程中,有关部门要对原材料来源实施严密控制,保证原材料质量。需要强化原材料的检验,尤其是金属杂质的定量分析,以保证产品达到控制标准。其次,要有健全的供应商评价制度,对其实施经常性的评审,以保证其符合品质标准。再次,在原料的贮存和利用上,要有专门的原料存放区,并保证该存放区和其他材料的存放区要有明确的分隔,间距合理,标签稳固,色标清晰,防呆滞料措施有效,防止发生混料,减少外来杂质对原料的污染。最后,要构建原料可溯源体系,保证原料的溯源,一旦出现问题,及时处理。

4.3 加大辅料管理力度

相关人员要建立标准化辅料的应用程序,尤其是在开袋和投料等重要步骤,要采用适当的方法来防止混入金属杂质。例如,采用金属检测器及磁力分选装置,对辅料进行二次检验与清洗,以保证辅料中不含过量金属杂质。此外,还应为员工进行严格的技术指导,以保证生产过程中辅料正确应用,减少污染,从而保证正极材料的质量。在生产过程中,对辅料中出现的产品质量问题,需要预先制定相应的停用、转移等应急管理方案,确保可快速处理相关问题,使得正极材料的工艺质量足够稳定。

4.4 强化人员管理

在金属异物控制工作中,需要在人员层面采取一系列具体而有效的措施,以进一步强化管理。首先,提高相关人员对外来金属杂质在锂离子电池正极材料中的危险性认知,清楚金属异物可能导致电芯电量降低、循环减少、内部短路等故障,提升员工进行金属异物防控的品质意识、安全意识、工作价值认同感。通过定期的职业训练、案例分析和风险分析等方式,使相关人员对金属异物的危险性有更深入的了解。在此基础上,通过海报、讲座、短视频、知识竞赛等多种形式,加强相关人员的安全意识^[5]。

其次,建立标准化作业程序。作业指导书应细化到每个工序,从原料的预处理到生产的投料过程,从原料的杂质检测到半成品、成品的品质监控,对金属异物引入导致的产品失效模式进行分析,对可能出现的主要金属杂质进行详细说明,制定相应的一般控制措施、关键步骤强化控制措施。此外,作业指导书中也应有紧急处置程序,员工在遇到金属异物时能快速地采取适当的行动,及时止损。强化现场管理,保证生产作业、检测作业、维修作业规范地实施,具体措施为多级检查制度、专职抽查与岗位互检制度、利用监测装置对重要作业实施实时监测等^[6]。

最后,制定完善的人员评估制度,也是保证外来金属杂质控制的重要措施。在评价体系中,把对金属异物的控制,列为一项重要的评价指标并纳入工作人员的工作业绩及奖惩体系。促使员工在平时工作中会更加注意对金属异物的预防,提升员工个人的经济效益。评价体系要公开透明,保证

每个人都有一个清晰的目标,齐心协力,为控制金属杂质做出自己的贡献。

4.5 构建良好作业环境

生产车间、维修车间、仓库、实验室等各相关区域都应当建立环境控制制度,严格遵循环境控制标准,构建无污染且整洁的环境,最大程度上控制金属异物污染。关键区域根据实际需求制定完善的原辅料和人员进出管理制度,防止将金属异物带入作业环境,进一步降低正极材料中出现金属异物的风险。此外,还需做好金属异物的监测和评价工作,在关键区域内部开展常态化的金属异物检测,借助各种先进的检测技术与设备,定量分析洁净度水平,及早发现关键区域内存在的环境恶化因素,并实施有针对性的处理措施,以保证正极材料生产环境的洁净度、安全性与稳定性^[7]。

5 结语

综上所述,机器设备、原料、辅料、人员、作业环境等因素都可能导致锂离子电池正极材料存在金属异物,为了避免此类问题,相关人员应借助加大机器设备管控力度、严格管理原料、加大辅料管理力度、强化人员管理、构建良好作业环境等措施加以控制。

参考文献

- [1] 李博,陈自然,何旭东,等.退役三元正极材料锂离子电池化学沉淀法回收锂工艺热力学研究[J].四川职业技术学院学报,2024,34(4):158-162.
- [2] 梁裕镗,张学梅,万思成,等.锂离子电池正极材料标准现状分析及整合建议[J].电池工业,2022,26(6):321-324.
- [3] 崔妍,张蕴,莫子璇.锂离子电池用正极材料标准体系现状研究 TM912[J].中国金属通报,2020(5):1-3.
- [4] 吕超.锂离子电池正极材料生产线金属异物的来源以及控制方法[J].装备制造技术,2020(1):82-85.
- [5] 聂磊,荣强,孔祥鹏.金属杂质对三元材料锂离子电池自放电的影响[J].电池,2023,53(4):419-423.
- [6] 徐先华,程星华,宋宣,等.锂离子电池洁净厂房环境控制方法综述[J].电池工业,2023,27(5):261-265.
- [7] 方婷婷,范海燕,丁磊.几种锂离子电池材料的前处理方法[J].广州化工,2023,51(10):18-20.