

Research on Environmental Pollution Risk and Prevention Countermeasures in Lithium-ion Battery Manufacturing Industry

Kai Li Junbao Hu Dongchun Liu Xiacong Li Zhenhong Zhu

Ji'an Jinggangshan Ecological Environment Monitoring Station, Ji'an, Jiangxi, 343600, China

Abstract

The rapid development of new energy vehicles has driven the explosive growth of the lithium-ion battery industry. The rapid development of the lithium-ion battery industry also brings significant risks of ecological and environmental pollution. This paper through the data collection and analysis, enterprise field investigation and expert discussion, identify the lithium ion battery manufacturing industry of main environmental pollution risk point, from the environmental department of the early intervention, strengthen environmental supervision, strict emission standards and strengthen enterprise's main body responsibility put forward effective countermeasures, aims to promote green sustainable development of lithium battery manufacturing industry.

Keywords

lithium-ion battery; environmental pollution risk; prevention countermeasures; green development; sustainable development

锂离子电池制造行业环境污染风险及防范对策研究

李凯 胡军保 刘冬春 李小聪 朱臻鸿

吉安市井冈山生态环境监测站, 中国·江西吉安 343600

摘要

新能源汽车的快速发展带动了锂离子电池产业的爆发式增长。锂离子电池行业的迅猛发展也带来了显著的生态环境污染风险。论文通过资料收集与分析、企业现场调研及专家座谈交流等方式, 识别了锂离子电池制造产业的主要环境污染风险点, 从环境主管部门的早期介入、加大环境监管力度、严格排放标准以及强化企业主体责任等方面提出了有效的防范对策, 旨在推动锂电池制造行业的绿色可持续性发展。

关键词

锂离子电池; 环境污染风险; 防范对策; 绿色发展; 可持续发展

1 引言

在全球能源结构转型和碳中和目标的推动下, 锂离子电池以其高能量密度和长循环寿命等独特优势在便携式电子设备及新能源汽车领域发挥着至关重要的作用^[1]。根据全国排污许可证系统和江西省环境统计数据, 2022年江西省锂离子电池制造企业83家, 新能源产业营收达到4065亿元, 遍布江西省所有地级市及赣江新区, 主要集中在宜春、赣州、吉安、抚州、新余等地市, 宜春市企业数量和产值占比在全省均居首位。然而, 锂离子电池的生产涉及锂矿开采、锂盐生产、电解液合成和电池组装等步骤, 其中金属开采会导致生态破坏和水土污染, 电解液中的有毒化学物质如钴、镍和锂等也对环境构成威胁^[2,3]。目前, 国内外对电池制造行业

的研究主要集中在工艺优化、材料创新、性能提升以及废旧电池回收利用等领域^[4,5], 对其带来的环境影响和防范对策研究较少。因此, 深入研究锂离子电池制造产业的环境风险并制定有效的防范对策具有重要意义。论文基于对江西省锂离子电池制造产业的详细调查, 通过分析其污染物排放状况和环境风险, 并借鉴其他省份成功经验, 提出了一系列有效的风险防控策略, 以期能够为锂离子电池制造企业提供实用的环保指导, 为推动电池制造产业的可持续发展提供理论和实践支持。

2 锂离子电池制造行业污染物排放情况

锂离子电池生产主要原料为磷酸铁锂、镍钴锰酸锂、石墨等正负极材料、电解液、隔膜、铝箔、铜箔等, 生产工艺大体一致, 主要包括电极极片制作、电芯装配、模组组装等工序, 生产过程中将会产生一定的废气、废水、噪声及固体废物。与铅酸、镍铬、镍氢等传统电池, 锂电池不含铅、汞、

【作者简介】李凯(1986-), 男, 中国江西吉安人, 本科, 工程师, 从事生态环境管理与咨询研究。

镉等有毒有害重金属元素,相对污染较小,且其电解液为有机溶剂和锂盐,大多为无毒或低毒。锂电池生产工艺水平要求较高,相对较为环保,通过采取“余热回收+多级冷凝+喷淋”等先进的废气处理设施,使用到的溶剂可回收再利用,是相对其他电池生产更为绿色环保的能源产业。

锂离子电池生产过程中排放的大气污染物主要是涂布烘干、注液、预封、Degas排气及二封等工序产生的挥发性有机物、二封工序产生的少量氟化氢;废水则主要来源于正极制浆和涂布设备清洗,含有化学需氧量、悬浮物、氨氮、镍、钴、锰等污染物;固体废物包括废铝箔、铜箔、废隔膜等一般固废以及设备清洗产生的废浆料等危险废物。

3 锂离子电池制造行业环境污染风险

3.1 工艺特点本身造成的环境污染风险

3.1.1 有机溶剂事故泄漏造成的环境污染风险

锂离子电池生产过程涉及多种易燃的有机溶剂,如N-甲基吡咯烷酮(NMP)、胶溶剂以及电解液,这些物质若因设备故障、操作失误或管理疏忽等原因发生泄露,NMP、胶和电解液中的有机溶剂会释放到大气中造成VOCs泄露,严重影响大气环境质量。此外,这些溶剂遇热易分解、燃烧,甚至引发火灾,进一步加剧大气污染。

3.1.2 固体废物管控不当造成的环境污染风险

锂离子电池生产过程中正、负极浆料配方不同,可能导致铈等重金属以及其他有机物混入清洗废浆料,以致废浆料可能成为危险废物,但部分企业对此疏于管理;以锂云母等矿石为原料的碳酸锂生产企业生产过程产生大量锂渣,锂渣中全盐量、氟化物、铍、铈等物质含量高,甚至可能鉴定为危险废物,严重影响锂渣的资源化利用,存在堆存量、无合理处置去向、转运不及时等问题。目前,江西省生态环境厅出台了《固体废物环境管理指南锂盐生产(试行)》,规范了锂渣等固体废物利用处置,但江西省碳酸锂生产企业内堆存了大量锂渣,严重影响相关企业的正常生产,增加了生态环境监管工作难度和环境污染风险。

3.1.3 污水排放给下游河流水质带来的环境风险

锂离子制造过程中的正负极制浆和涂布设备清洗工序会产生大量废水,磷酸铁锂电池废水还产生涉磷废水污染,锂电池制造企业外排废水总磷指标需执行GB30484—2013《电池工业污染物排放标准》中表3的特别排放标准0.5mg/L,对企业废水处理设施提出较高要求。江西省高度重视涉铈企业排查整治工作,省生态环境厅出台了《江西省生态环境厅铈污染防控工作方案》,碳酸锂生产企业产生涉铈废水,涉铈废水需车间排口达标,若雨污分离不彻底或处理不当流入地表水,将严重影响下游河流的水环境质量。

3.2 建设运营模式带来环境污染风险

N-甲基吡咯烷酮(NMP)由于其良好的物理和化学性质广泛用于锂离子电池正极材料的配制。原生态环境部土壤环境管理司《关于对锂电池生产厂家废弃的N-甲基吡咯烷

酮是否属于危险废物的答复》中明确:“锂电池生产厂家废弃的N-甲基吡咯烷酮未列入《国家危险废物名录》(2016年版),应根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法予以认定。”企业关于NMP废液的分在实际操作过程中存在差异。调研发现,目前仅少数企业将NMP认定为危险废物,而大部分企业将其视为一般固体废物。如定义为一般固体废物,只需返回原厂家或有回收再生能力的单位再生利用,其产生、转移和再生利用过程是否威胁生态环境安全和公共安全、再生产品是否符合相应产品标准、包装桶是否可以循环利用等问题容易成为监管空白。

3.3 企业违法违规行为引发环境污染风险

近年环境违法案件查处情况显示,部分电池制造企业环境保护意识不强,存在违法违规行为,如暗设软管偷排污水;雨污分离不彻底导致雨水排口污染物浓度超标;危废管理不规范,危废包装物上未按照规定设置危险废物识别标识等。

部分锂电池企业对固废的产生、转移和处置等环节监管不足,存在废水处理污泥、包装桶等一般固体废物和NMP废液混存,厂区堆存量较大且转运不及时等问题。碳酸锂生产企业还可能产生涉铈企业废水违规排放,污染周边地表水体等问题。

3.4 安全事故引发环境污染风险

相比较铅酸蓄电池,锂离子电池的安全性问题更受关注,其隐患主要有以下几个方面:①电池材料中存在的活跃化学材料,有挥发自燃的风险;②锂离子电池生产的电气线路敷设过程中存在敷设不规范或线路设备本身老化、故障导致火灾的风险;③锂离子电池生产以及回收过程中涉及大量活性高的金属锂和铝等材料,这些材料一旦与酸或水接触,可能引发火灾或爆炸;④生产过程中使用的粉体物料容易引发粉尘爆炸,有机溶剂在高温下可能发生分解或燃烧,增加了安全事故的风险。

4 行业环境污染风险防范对策

电池制造行业经过长期发展,已经形成了一条成熟的产业链,很多省份在电池制造上已经经历过长期的发展过程,积累了较多经验做法。尤其是在铅酸电池制造方面,浙江很多好的做法值得学习,包括推动产业集聚和绿色改造,结束电池产业“低、小、散、乱”的格局;推行绿色生产与技术创新,如自动化、智能化和零排放的循环处理模式;增强监管措施与管理手段,如建设重金属污染防治信息平台、完善电池企业动态数据库,以实现信息共享;实施全生命周期环境管理,如当地政府实施强制性清洁生产审核,生态环境部门对废气、废水进行监督性监测,对危废进行严格监管。具体行业环境污染风险防范对策建议如下。

4.1 提高项目引入门槛

在项目引入阶段,应慎重选择电池制造项目,明确入驻项目的准入或禁止、限制性要求,坚决反对引入短平快式

的小企业。对新审批的项目，环评文件中明确要求企业加强重金属污染源头防控要求，减少使用高铊原料，完善铊元素物料平衡分析，明确铊污染物排放量或最终去向。切实实施项目联审机制，生态环境主管部门提前介入，主动对接招商部门，建立定期调度和信息互通机制，提前评估并预判环境风险，避免在环境评估中遗漏关键污染物，出现环评被动审批，甚至不得不批的局面。

4.2 科学区域规划布局

完善园区规划及产业布局，强化园区规划环评，禁止入驻规划环评中负面清单行业企业，同时充分考虑并落实电池制造企业防护距离要求，避免将电池制造企业布置在医药、食品等劳动密集型企业周边。对锂离子电池企业 NMP 废液开展“点对点”的定向利用审批，缓解企业危险废物储存压力。碳酸锂产业集中的地区要开展铊污染物水环境承载能力现状评价，制定降低不良影响措施，确保产业发展与环境保护相协调；充分发挥规划环评在地方经济高质量发展中的调控、引领和约束作用，指导涉铊项目科学选址合理布局，从源头防控环境风险。

4.3 加强对电池制造企业的监测监控力度

严格按照《江西省生态环境厅铊污染防治工作方案》等要求，强化监测监控，督促企业按要求落实自行监测要求和周边水、气、土壤、地下水环境质量监测，关注变化趋势，对出现长期性或环境质量变差的趋势，及时查清原因，对症下药。同时，各级生态环境部门在环境准入、执法、督察、监测、应急工作中，要严格执行各项环保法规和标准规范，协同加强涉铊项目环境监管。配合地方政府和产业主管部门，推动经整改仍达不到环保要求的企业依法依规关闭退出，切实防范环境污染风险。

4.4 严格电池企业的排放标准

对于涉磷电池制造企业需严格标准排放，如建议袁河流域企业根据《江西省生态环境厅关于在袁河流域（芦溪至江口水库坝址段）执行总磷水污染物特别排放限值的通知》（赣环水字〔2018〕51号）要求，企业外排废水总磷指标需严格执行 GB30484—2013《电池工业污染物排放标准》中特别排放标准。有废水、废气排放的涉铊企业要设置除铊治理设施，外排废气需满足相应行业污染物排放标准中铊污染物排放限值，外排废水执行 DB36/1149—2019《工业废水铊污染物排放标准》等标准要求。对于生产废水零排放的项目，监测计划中应在企业总排口和雨水排口增加水污染监测

因子。

4.5 进一步压实企业的环境保护主体责任

①对铊超标等问题的锂离子电池企业，应督促其提升工艺技术水平，提高废水、废气、废渣的处理效率，并执行清洁生产要求，最大限度地减少生产过程中的污染物排放。如针对污染物铊的问题，企业必须落实设置除铊设施、增加铊的监测监控等措施。

②对锂电池制造中的 NMP 废液等问题，加强企业危废管理培训，明确企业责任，提升固废管理水平，并鼓励投资 NMP 废液回收利用，以解决后顾之忧。同时，使用平台数据进行危险废物清零行动，及时发现并处置超期存储和管理不规范的固体废物。

③针对电池企业潜在的环境安全风险问题，要坚持“大事小事按大事准备，有事无事按有事准备”的标准，做好企业的应急能力建设和应急物资储备，推动企业开展环保教育培训，做到生态环境保护的责任、管理、投入、培训、应急演练“五到位”，做到有备无患，确保生态环境保护的各项措施到位。

5 结论与展望

锂离子电池作为高效能量存储设备，在新能源产业发展过程中扮演着日益重要的角色。本研究全面评估了锂离子电池制造产业在工艺特点、企业建设运营模式、环境监管等方面的环境污染风险。同时，提出了从企业和环境主管部门的角度出发的一系列防范对策，如环境主管部门提前介入、加大环境监管力度、严格排放标准以及落实企业主体责任等。未来，锂离子电池制造产业的发展必将通过工艺技术的持续改进和环境管理措施的不断加强做到绿色可持续发展。

参考文献

- [1] 毛松科. 锂离子电池生产工艺及其发展前景[J]. 化工时刊, 2019, 33(9): 29-32.
- [2] 中国锂动力电池产业链污染调查评估及风险管控[J]. 环境污染与防治, 2024, 46(3): 387-391+399.
- [3] 刘亚飞, 陈彦彬. 商用锂离子电池层状正极材料制造工艺发展趋势[J]. 新材料产业, 2019(9): 26-31.
- [4] 裴启飞, 卢文鹏, 邓蓉蓉, 等. 退役铅酸蓄电池铅膏回收策略及研究进展[J]. 有色金属科学与工程, 2024, 15(2): 147-157.
- [5] 马永喜, 喻伟, 王娟丽. 铅酸蓄电池行业重金属污染治理与环境管理研究[J]. 环境科学与管理, 2017, 42(1): 5-9.