

## 基于智能监测的锂电生产企业安全风险识别方法研究

许文浩

孚能科技（镇江）有限公司，江苏 镇江 212132

**[摘要]**随着锂电池产业快速向前发展，其在生产环节当中的安全风险管理遭遇到了十分严峻的挑战，传统的办法对于复杂且多变的环境很难加以应对。本研究尝试去构建一种依靠智能监测来开展的安全风险识别方式，通过对生产工艺以及风险节点展开分析，进而设计出多源监测数据采集体系和风险识别指标体系，并且构建起智能识别模型架构。

**[关键词]**锂电池生产；安全风险；智能监测；风险识别；预警系统

DOI: 10.33142/sca.v8i10.18281 中图分类号: TM911 文献标识码: A

## Research on Safety Risk Identification Method for Lithium Battery Production Enterprises Based on Intelligent Monitoring

XU Wenhao

Farasis Energy Technology (Zhenjiang) Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212132, China

**Abstract:** With the rapid development of the lithium battery industry, its safety risk management in the production process has encountered severe challenges, and traditional methods are difficult to cope with complex and changing environments. This study attempts to construct a safety risk identification method that relies on intelligent monitoring. By analyzing the production process and risk nodes, a multi-source monitoring data collection system and risk identification index system are designed, and an intelligent identification model architecture is constructed.

**Keywords:** lithium battery production; safety risk; intelligent monitoring; risk identification; warning system

2024年“两会”政府工作报告中，强调了加强生态文明建设，推动绿色低碳发展。深入践行“绿水青山就是金山银山”的理念，积极推进降碳、减污、扩绿、促增长，努力构建人与自然和谐共生的美丽中国。在具体工作中，“两会”提出了大力发展绿色低碳经济的重要任务，包括推动废弃物循环利用产业发展以及促进节能降碳先进技术的研发和应用，以及加速建立绿色、低碳的供应链。为达成这一目标，需要积极推动能源革命，限制化石能源的使用，并加快新型储能技术的研发，大力推进新型能源体系的建设。目前我国在锂电池生产和消费方面都跃升至世界首位，锂电池已广泛运用于动力、储能和数码领域。不过在锂电池生产的进程当中，存在着不少的安全风险，这些风险极有可能会引发像火灾、爆炸这类相当严重的事故，进而对人员的生命以及财产的安全带来颇为明显的威胁。智能监测技术在不断发展，这就给风险识别开拓出了全新的思路。借助对传感器数据加以集成并且运用机器学习算法的方式，能够达成对生产环境展开实时监控以及发出风险预警的目的。

### 1 锂电生产企业安全风险特征分析

#### 1.1 锂电生产工艺流程与风险节点

锂电生产工艺流程涵盖电极制备、装配、注液、化成等众多环节，各个环节均会涉及到化学物质的运用以及能量的转换，由此便会产生潜在的安全风险节点。在电极制备这个阶段，粉末材料在混合与涂布的过程当中，有可能会出现粉尘爆炸的风险，而这一风险的出现是由于活性物质具备较高的反应性所导致的。在装配环节之中，倘若电池壳体密封处理得不好，又或者电极片出现错位的情况，那么这将会直接致使短路或者漏液的发生，如此一来便会使热失控的概率有所增加。注液过程涉及到电解液的添加操作，而电解液本身具有易燃易爆这样的特性，要是发生泄漏或者与空气相接触，那么就极有可能会引发火灾。化成阶段主要是通过充放电的方式来激活电池，然而要是出现过充或者过放的情况，那么就很可能会引起内部短路，进而产生大量的热量，最终导致热蔓延乃至爆炸的后果。

#### 1.2 典型安全风险类型与成因

锂电生产企业所存在的典型安全风险类型，主要涵盖

了化学风险、机械风险以及电气风险这几类。而这些不同类型的风险，其形成的原因是相当复杂的，种类繁多，并且彼此之间还存在着错综复杂的交织关联<sup>[1]</sup>。化学风险的出现，主要是由于电解液以及电极材料本身具备的不稳定特性所引起的。就好比说，电解液当中所含有的有机溶剂，在处于高温的环境之下时，是很容易发生分解的情况，进而产生出气体，使得压力不断积聚起来，最终极有可能引发爆炸这种严重后果。机械风险的产生，则是和生产设备在实际运行当中的具体状态紧密相关的。比如像涂布机又或者是卷绕机这类设备，一旦出现故障情况，那么就极有可能致使材料遭到损坏，从而产生出火花或者高温点这样的安全隐患。电气风险主要涉及到电池在充放电这个过程当中所呈现出的过电流或者过电压等现象。要是电池管理系统出现了失效的状况，那么就会使得能量的释放完全处于一种失控的状态，最终很可能会引发热失控的链式反应，造成极为严重的后果。除此之外，像温度、湿度以及通风条件等环境方面的因素，同样会对风险形成的原因产生影响。举例来讲，处在高温的环境当中，化学分解的速度会加快；而通风条件不好的情况下，则会让可燃气体大量积聚起来，进一步加剧风险发生的可能性。

## 2 基于智能监测的安全风险识别框架设计

### 2.1 多源监测数据采集体系

多源监测数据采集体系把生产设备、环境传感器以及操作记录等多种数据源整合到了一起，以此来达成对锂电生产整个过程的涵盖。生产设备数据包含涂布机的速度、压力还有温度参数，这些参数可反映出机械的运行状况，进而从侧面指出潜在的故障风险。环境传感器数据牵涉到车间的温度、湿度、气体浓度以及振动水平，就好比可燃气体传感器能够检测出电解液是否发生泄漏。操作记录数据是源自人工录入或者自动化系统，像是维护日志以及操作员行为数据，其有助于对人为因素引发的风险展开分析。

### 2.2 风险识别指标体系构建

风险识别指标体系的构建依托于多源数据采集体系，把原始数据转变成能够量化的风险指标，以此来满足智能识别模型对于输入方面的需求。该指标体系当中包含有直接风险指标以及间接风险指标这两种类型。其中，像温度超标率或者气体浓度峰值这类指标，它们属于直接风险指标，可以直接体现出安全状态出现恶化的状况；而间接风险指标是通过相关计算衍生出来的，比如设备运行效率呈现出的下降趋势又或者是操作失误的频率，这些都与潜在存在的机械风险或者人为风险有着关联。指标权重的确定会采用层次分析法或者专家打分法这样的方式，以此来反

映出不同指标在风险识别工作当中所具有的重要程度，就好比化学风险指标，其权重就有可能比较高，因为它是直接与严重的事故发生关联的。

### 2.3 智能识别模型架构

智能识别模型架构把数据预处理、特征提取以及算法模块集成起来，达成从数据到风险预警的端到端处理目的<sup>[2]</sup>。该架构可分成数据层、处理层还有应用层，其中数据层负责接收多源监测数据并且开展初步整合工作，在处理层里，卷积神经网络被用来处理像红外热像图这样的图像数据，以此来检测温度出现异常的区域，而时间序列分析则是应用于传感器数据上，用于预测风险趋势是如何演变的。模型架构另外还设有反馈循环机制，借助实际预警效果来对算法参数做出调整，进而提升识别精度，就好比说当误报率过高的时候就重新去训练模型。

## 3 安全风险智能识别模型构建

### 3.1 数据预处理与特征提取

数据预处理以及特征提取，其主要目的在于从原始的监测数据当中把噪声去除掉，并且从中提取出那些有用的信息，进而使得后续所要采用的识别算法能够具备更好的性能表现。就预处理这一环节而言，它包含了像数据清洗、归一化处理以及对缺失值的处理等一系列操作。比如说，可以通过运用滤波算法的方式来减少传感器所采集到的数据里面的那种随机出现的波动情况。而特征提取方面，则是从经过预处理之后的数据里面去衍生出与风险相关的各类特征。就好比说，可以从温度序列当中来计算滑动平均值还有标准差，以此来捕捉热积累呈现出的趋势走向。至于特征选择的方法，像主成分分析或者相关性分析等，它们是用来减少特征所处的维度，并且把其中的冗余信息给去除掉的。

### 3.2 风险特征融合方法

风险特征融合方法会把来自不同数据源的各类特征加以整合，进而生成较为完整的风险表征，如此一来便能够克服单一数据源所存在的局限性，进而促使识别模型的鲁棒性得以提升。融合方法涵盖早期融合以及晚期融合这两种方式。早期融合是在特征层展开操作的，就好比将温度特征和气体浓度特征直接拼接起来，进而形成多维特征向量。而晚期融合则是于决策层开展相关工作的，比如说要依据机械数据来训练一个子模型，同时又依据化学数据去训练另一个子模型，之后再借助加权投票的方式对这两个子模型的预测结果加以组合。除此之外，还会把注意力机制引入到融合过程当中，以此来动态地调整不同特征所对应的权重。特征融合还应当考虑到时间这一维度方面的

问题,比如可以把历史特征和实时特征相互结合起来,通过循环神经网络来捕捉风险演变的具体模式。

### 3.3 风险状态识别算法

风险状态识别算法会依据融合之后的特征,运用分类或者聚类的相关方法来对当前生产环境的安全状态加以判断,进而达成实时风险预警这一目的。该算法涵盖了监督学习以及无监督学习这两种情况。就监督学习而言,像支持向量机又或者是随机森林这类方法,会利用历史风险事件方面的数据去训练相应的模型,从而把风险状态划分成正常、警告以及危险等不同的类别。而无监督学习,比如聚类算法,其特点是在没有标签数据的前提之下,可自动去发现风险模式。凭借风险状态识别算法,智能监测系统可以实时地输出风险状态,进而为风险等级评估模型给予输入内容。

### 3.4 风险等级评估模型

风险等级评估模型会依据所识别出来的风险状态,进一步去量化风险的严重程度,从而给企业的管控决策给予分级方面的依据,进而实现对资源分配的优化。该模型运用模糊逻辑或者层次分析法,把风险状态映射至具体的等级,像是低、中、高这些等级。比如,可以结合温度超出标准的程度以及设备出现故障的概率来计算出综合风险分数。风险评估还会考虑到风险传播效应,比如说单个电池单元出现热失控的情况,是有可能引发连锁反应的,所以模型引入了网络分析的方法,以此来评估风险在生产线当中的扩散路径还有影响范围。模型的参数会借助历史事故数据或者仿真实验来进行校准,以此确保等级划分的合理性,举例来讲,就是根据以往火灾事故的损失数据去调整阈值的设置。凭借风险等级评估模型以及智能识别方法,能够从简单的状态识别提升至精细化的管理,进而强化预警的效能。

## 4 智能识别方法的应用分析

### 4.1 生产场景与数据基础分析

智能识别方法在锂电生产企业里的应用得结合具体生产场景以及数据基础来开展,如此才能保证该方法具备可行性以及有效性。不同的生产线各自有其特点,这些特点或许会对监测系统的部署情况产生影响。生产场景涵盖大规模量产线以及实验性小批量线这两种情况。在量产线上,设备分布较为密集,并且流程已经实现了标准化,所以数据采集工作能够较为完整地开展,不过噪声干扰的情况相对较多。就数据基础方面的分析而言,会涉及到数据量、数据质量以及数据类型等诸多方面。比如某企业所使用的监测系统,其每天会产生数 GB 之多的传感器数据,

而这些数据包含了温度、压力以及图像等多种信息。数据来源呈现出多样性的状况,这同样带来了集成方面的诸多挑战。比如说,由于设备制造商存在差异,这就导致数据格式并不一致,所以就需要去开发适配接口,进而实现对数据的统一处理操作。通过针对生产场景以及数据基础展开细致分析,便能够对智能识别方法的参数以及流程予以定制化的调整,以此来提升该方法的应用实际效果。

### 4.2 风险识别过程与输出分析

风险识别这一过程依托智能监测系统展开,从数据采集环节一直到预警输出环节,形成一个完整的闭环流程。其输出结果对于生产管控决策有着直接影响。该过程始于对多源数据的同步采集,随后借助物联网网关将数据传送到中心服务器,在这里会进行预处理以及特征提取的操作<sup>[3]</sup>。之后,运用风险特征融合的方法来整合各个数据流,将其作为输入送入识别算法当中,以此来进行状态的判断。比如可以使用经过训练的随机森林模型去对当前的风险状态进行分类,并且输出相应的概率分数。输出分析包含风险状态报告以及可视化界面,举例来讲,会在监控大屏上以不同区域的风险等级颜色编码形式呈现出来,与此同时还会生成详细的日志,以便于后续的审计工作。输出还存在可能触发自动控制动作的情况,就像当识别出是高风险状态的时候,会发送短信警报或者启动通风系统,不过要在这其中去权衡自动化与人工干预之间的平衡关系。

### 4.3 预警效能与管控优势分析

预警效能以及管控优势展开分析,对其在实际运用当中的具体表现予以评估,把传统方法拿来作为参照对象,以此凸显出它在风险响应速度还有准确性这些方面所取得的改进成效。预警效能指标涵盖预警时间提前量以及误报率这两方面,就好比智能监测系统能够在热失控出现之前好几分钟便发出预警信号。管控优势主要表现在资源优化以及决策支持这两个层面上,系统借助风险等级评估来对管控措施加以指导,比如优先针对高风险区域展开处理,进而减少那些不必要的停机时长。除此之外,智能识别方法具备学习能力,这使得它可以适应新的风险模式,就像通过在线更新算法的方式来识别未知故障类型,然而传统方法依靠的是固定的规则,其灵活性明显有所欠缺。在长期的应用过程当中,系统所积累的数据能够用于趋势分析以及预测维护工作,从而进一步促使总体风险水平得以降低。

### 4.4 实施路径分析

实施路径方面,要深入分析探讨智能识别方法在锂电生产企业中的部署步骤以及所面临的挑战,还需提出阶段性推广策略,以此来确保该方法能够顺利落地并且实现持

续改进。具体而言，其路径可划分成规划阶段、试点阶段以及扩展阶段，在规划阶段，得对企业现有的基础设施以及实际需求加以评估，进而设计出具有针对性的定制化监测方案。到了试点阶段，便要在某一条生产线或者某个车间开展小范围的测试工作，通过收集相关反馈信息并做出相应的参数调整，以此来验证这种方法是否有效，并且要解决在初期可能出现的各种问题<sup>[4]</sup>。而在扩展阶段，就需要把在试点阶段取得的成功经验推广至整个工厂，并且将其整合进企业安全管理体系当中，比如可以建立一个中央监控中心，并且对操作人员展开培训。在实施的整个过程当中，会面临诸多挑战，像是技术集成方面的难度、成本投入方面的情况以及员工接受度方面的问题，举例来讲，对老旧设备进行改造可能会使得成本有所增加，而员工对于自动化系统存在抵触情绪，则需要依靠培训的方式来加以缓解。

## 5 结束语

本研究聚焦于基于智能监测的锂电生产企业安全风险识别方法，经分析风险特征、设计识别框架、构建智能

模型以及应用分析等环节，给出了一套系统性的解决办法。智能识别方法把多源监测数据和先进算法整合起来，达成对化学、机械还有电气风险的实时识别与评估，大幅提升了预警效能以及管控优势。后续的工作可以去探索将深度学习和边缘计算相结合的方式，以此来强化系统的实时处理能力，并且将其应用拓展至其他的高危行业当中。

## 【参考文献】

- [1] OXM200. 助力锂电行业实现降本增效 [J]. 现代制造, 2023(11):72.
- [2] 蒋凌洙. 锂电材料生产废水处理技术探析 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(8):20-22.
- [3] 张翔. 基于 AHP-FCE 的 X 锂电企业绿色供应链绩效评价及优化策略研究 [D]. 河南: 中原工学院, 2024.
- [4] 共启锂电智造新纪元台达三大维度化解行业难题. 赋能产业升级 [J]. 自动化博览, 2025, 42(5):6.

作者简介：许文浩（1992.9—），性别：男，毕业院校：上海应用技术大学，所学专业：安全工程，目前职称：中级注册安全工程师，一级注册消防工程师。