

表象缺陷，也实质性降低了事故发生概率。通过这种联动，企业可以将风险库、隐患库、整改库和责任库有机连接起来，形成基于数据积累的持续改进机制。

表 1 表明，炼化企业不同管理对象在风险类型、暴露

特点和治理重点上具有显著差异，因此必须根据装置特性和作业属性实施分类施策。通过将风险等级判定重点与控制手段相对应，可以提升企业风险治理的针对性和资源配置效率。

表 1 炼化企业安全生产风险分级管控与隐患治理要点

管理对象	主要风险 / 隐患表现	风险等级判定重点
反应装置	超温超压、反应失控、可燃介质泄漏	后果严重性高、连锁依赖度高
储运系统	罐区泄漏、静电积聚、装卸跑冒滴漏	影响范围广、扩散速度快
动设备系统	机泵振动异常、密封失效、轴承过热	发生概率较高、连续运行暴露频繁
特殊作业环节	动火失控、受限空间窒息、中毒爆炸	人员暴露集中、作业波动大
基础管理环节	培训不足、交接班信息失真、承包商失管	容易诱发系统性失误

5 炼化企业安全治理机制的优化路径

5.1 以岗位责任链重塑风险治理执行体系

炼化企业安全治理机制能否落地，关键在于责任是否真正穿透到岗位末端。企业应围绕“企业—厂级—运行部—班组—岗位”构建纵向到底的责任链条，将风险分级结果与岗位巡检内容、工艺监盘重点、设备点检项目和班组交接要求有机衔接。特别是在重大风险区域，应明确领导包保、专业技术支撑和岗位现场确认三类责任边界，避免出现“人人负责却无人真正负责”的责任虚化现象。同时，班组作为风险控制最前沿单元，应通过班前会风险提示、异常工况即时报告和岗位互保联保等方式，提高基层人员对风险的识别与应对能力。责任链条越清晰，风险控制措施越容易从制度文本转化为现场行动。

5.2 以信息化手段提升动态感知与协同能力

炼化企业安全管理正在由人工经验主导向数据驱动演进。企业应充分利用 DCS、SIS、可燃有毒气体检测系统、设备状态监测系统、视频监控和移动巡检平台等信息化手段，实现对关键参数、设备状态和人员行为的动态感知。在此基础上，进一步打通工艺、设备、安全和应急等业务数据，构建统一的风险预警与隐患治理平台，使风险清单动态更新、隐患整改进度实时可视、重大问题自动提醒。信息化的真正价值不在于简单上系统，而在于通过数据关联发现传统人工管理难以识别的异常模式。例如，同一机泵振动波动、润滑油升和密封泄漏信息的联动分析，能够更早发现设备失效征兆；同一区域报警频发与承包商作业叠加分析，则有助于识别现场组织失控风险。由此，信息化应成为双重预防机制常态运行的重要支撑。

5.3 以持续改进推动安全治理能力升级

炼化企业安全治理不可能一劳永逸，而应建立基于复盘、评估和优化的持续改进机制。一方面，企业应定期对风险分级准确性、隐患整改及时率、重复隐患发生率和重大风险受控状态进行评估，查找制度设计与执行中的薄弱环节；

另一方面，应重视事故事件、未遂事件和异常工况的经验反馈，将调查结论纳入风险再辨识和制度修订过程，形成以问题为导向的治理迭代。与此同时，安全治理能力提升还应与设备更新改造、工艺优化、员工能力建设和安全文化培育同步推进。只有把风险管控与企业经营运行、技术进步和组织管理深度融合，才能推动炼化企业安全生产从被动防守走向主动预控，从局部整改走向系统韧性提升。

6 结语

炼化企业安全生产风险分级管控与隐患治理机制建设，本质上是对高危流程工业安全治理逻辑的系统重塑。风险分级管控强调从危险源出发识别和预控事故可能性，隐患治理强调从现实缺陷出发消除风险失控条件，两者共同构成企业安全生产的基础性制度框架。如今炼化企业还需进一步推动自动化、数字化与安全管理深度融合，以更加精细、动态和协同的治理方式支撑企业高质量发展。

参考文献

- [1] 高伟伟,陈晓春,房玉东,等.基于FTA-BN-BTA的化工企业安全风险溯源与关键因素量化研究[J].北京化工大学学报(自然科学版),2026,53(1):17-28.DOI:10.13543/j.bhxbzr.2026.01.002.
- [2] 张璐,许开立,葛及,等.基于DEMATEL-ANP-可拓云模型的铜冶炼企业安全生产风险评价[J].安全与环境工程,2023,30(1):1-8. DOI:10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.20211349.
- [3] 丁洪玲,王福生,董宪伟,等.企业安全生产预警等级划分的阈值确定方法[J].安全与环境工程,2025,32(3):72-78.DOI:10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.20240190.
- [4] 吕似蕴,李翰庭,刁旭,等.基于风险与脆弱性评估的危险化学品企业安全生产责任保险计算方法研究[J].中国安全生产科学技术,2024,20(S1):18-24.DOI:10.11731/j.issn.1673-193x.2024.S1.003.
- [5] 张国之,王云龙,穆波.工业互联网在化工企业安全生产中的研究现状和发展趋势[J].应用化工,2022,51(5):1403-1407.

Research on Maintenance and Operation Maintenance Strategies for Chemical Electrical Equipment

Shibin Wang

Jilin Jihua Northern Jinjiang Petrochemical Co., Ltd., Jilin, Jilin, 132000, China

Abstract

Electrical equipment in chemical production operates under complex conditions characterized by high temperature, high humidity, corrosive media, and flammable and explosive environments, which significantly increases the risk of equipment failure. Focusing on the requirements of inspection, maintenance, and operation of chemical electrical equipment, this study systematically analyzes the inspection technology system and operation and maintenance strategies from the perspectives of operational characteristics, failure mechanisms, and management requirements. By integrating condition monitoring, preventive maintenance, and refined management approaches, the pathways for risk identification and control during equipment operation are examined, and optimization measures for explosion-proof safety and emergency response are proposed. On this basis, a coordinated management model integrating inspection and operation is established, with enhanced information support and lifecycle management concepts, to continuously improve the stability and safety of equipment operation and provide technical support and managerial references for the safe and efficient operation of chemical production systems.

Keywords

chemical electrical equipment; inspection technology; operation and maintenance; risk control; safety management

化工电气设备检修及运行维护对策研究

王世斌

吉林市吉化北方锦江石化有限公司, 中国·吉林 吉林 132000

摘要

化工生产过程中电气设备运行环境复杂, 长期处于高温、高湿、腐蚀及易燃易爆等多重因素作用下, 设备故障风险显著增加。围绕化工电气设备检修及运行维护需求, 从设备运行特性、故障机理及管理要求出发, 对检修技术体系与运行维护策略进行系统梳理。结合状态监测、预防性检修及精细化管理手段, 对设备运行过程中的风险识别与控制路径进行分析, 并针对防爆安全与应急处置提出优化措施。在此基础上, 构建检修与运行协同的管理模式, 强化信息化支撑与全生命周期管理理念, 实现设备运行稳定性与安全性的持续提升, 为化工生产系统安全高效运行提供技术支撑与管理参考。

关键词

化工电气设备; 检修技术; 运行维护; 风险控制; 安全管理

1 引言

化工行业作为高风险、高能耗的典型工业领域, 其生产系统对电气设备的稳定运行具有极高依赖性。电气设备一旦出现故障, 不仅会影响生产连续性, 还可能引发火灾、爆炸等安全事故, 对人员安全与环境造成严重影响。复杂工艺条件与多变运行负荷, 使设备长期处于应力叠加状态, 运行可靠性面临持续挑战。传统以事后检修为主的维护方式已难以满足当前安全生产与精细管理要求, 亟需向以状态监测与风险预控为核心的运行维护模式转变。在设备管理实践中, 通过强化检修技术体系构建与运行维护机制优化, 推动电气

设备管理由分散管理向系统化、协同化方向发展, 对于提升化工生产安全水平与运行效率具有重要意义。

2 化工电气设备运行特性与检修维护需求分析

2.1 化工生产环境对电气设备运行的影响特征

化工生产过程普遍伴随高温蒸汽、强腐蚀性气体及粉尘颗粒, 电气设备长期暴露在复杂环境中, 其绝缘性能与结构稳定性易受到持续侵蚀。部分装置区域温度可达 60℃ 以上, 湿度维持在 80% 以上, 绝缘材料吸湿后电阻值下降幅度可超过 30%, 增加泄漏电流与短路风险。腐蚀性气体如硫化氢、氯气对金属外壳与接线端子产生电化学腐蚀, 导致接触电阻升高至原有数值的 1.5 倍以上, 引发局部过热。粉尘沉积在电气柜内形成导电通道, 影响散热与绝缘距离。易燃易爆环境对防爆结构提出更高要求, 设备密封性能下降后

【作者简介】王世斌(1979-), 男, 满族, 中国吉林吉林人, 助理工程师, 从事石油化工设备方向研究。

可能引发爆炸隐患。

2.2 化工电气设备故障类型与失效机理分析

电气设备故障类型主要集中于绝缘失效、接触不良、过载运行及控制系统异常等方面。绝缘失效多源于长期受潮、热老化及污染沉积，绝缘电阻由正常值 $10M\Omega$ 以上下降至 $1M\Omega$ 以下时，击穿概率明显增加。接触不良常见于接线端子松动或氧化，接触电阻由 0.01Ω 上升至 0.05Ω 时，局部温升可超过 30°C ，形成热失效。过载运行使电动机绕组温度持续高于额定值 10°C 以上，寿命缩短约 50%。控制系统故障多与元件老化及信号干扰有关，误动作概率在复杂电磁环境中提升至 5% 以上。设备失效过程呈现渐进性与突发性并存特征，局部缺陷在长时间积累后可能演变为系统性故障，影响生产连续性与安全性。

2.3 电气设备检修与运行维护的关键需求识别

化工电气设备检修与运行维护需要围绕安全性、可靠性与连续性展开，重点在于实现故障预判与风险前移控制。设备运行数据需保持连续采集，关键参数如电流、电压及温度变化应控制在允许波动范围内，电流偏差超过额定值 10% 时需及时干预。检修工作应覆盖重点设备与关键节点，对防爆设备密封性能、接地电阻及绝缘状态进行周期检测，接地电阻控制在 4Ω 以内以保障安全运行。人员技术能力与标准化操作水平直接影响维护效果，需形成规范化管理体系，以支撑设备长期稳定运行。

3 化工电气设备检修技术体系构建

3.1 电气设备状态检修技术应用策略

状态检修以设备运行数据为基础，通过在线监测与趋势分析实现精准维护。关键设备安装温度传感器与振动监测装置，实时采集数据并进行动态分析，当温度异常升高 5°C 以上或振动幅值超过设定阈值时触发预警机制。红外测温技术可对电气连接点进行快速检测，识别潜在发热点，其检测效率较传统方式提升 40% 以上。局部放电检测技术应用于高压设备，可在绝缘缺陷早期阶段发现隐患，降低突发故障风险。数据分析系统对历史运行数据进行比对，识别变化趋势并形成维护建议，使检修由经验驱动转向数据驱动，提高检修准确性与针对性。

3.2 关键设备预防性检修方法与周期优化

预防性检修通过制定合理周期与实施计划性维护，降低设备突发故障概率。对于变压器与高压开关设备，可按照运行时间与负荷情况设定检修周期，运行 3000 小时后进行全面检测，关键部件更换周期控制在 2 至 3 年范围内。电动机绝缘检测周期一般为 6 个月一次，当绝缘电阻下降幅度超过 20% 时需提前检修。通过对设备历史故障数据进行统计分析，可优化检修周期，将不必要的检修频次降低约 15%，同时避免检修不足带来的风险。结合负荷变化与运行环境差异，对不同设备实施差异化检修策略，使资源配置更加合理，提高整体维护效率。

3.3 检修过程质量控制与安全管理措施

检修过程质量直接影响设备运行状态，需建立全过程控制机制。作业前对检修方案进行审核，明确技术要求与风险点，确保操作规范性。检修过程中对关键环节进行质量检测，如紧固力矩控制在规定范围内，接线端子压接强度满足标准要求，避免二次故障发生。安全管理措施需覆盖作业全流程，对高压设备检修实施停电挂牌制度，确保无误操作风险。防爆区域检修需严格执行防爆规范，工具选用防爆型设备，环境气体浓度控制在安全范围内。通过强化质量与安全双重控制，可将检修缺陷率降低至 2% 以下，保障设备恢复运行后的稳定性。

4 化工电气设备运行维护管理机制优化

4.1 设备运行监测与数据采集体系构建

设备运行监测体系以数据采集为核心，通过多源传感设备实现对关键参数的实时获取。电流、电压、温度及振动等数据通过采集终端传输至监控平台，采集频率可达到每秒 1 次，实现连续监控。数据平台对采集信息进行处理与存储，形成完整运行记录，为后续分析提供依据。通过设置报警阈值，当参数偏离正常范围时系统自动提示，响应时间控制在 5 秒以内。数据可视化界面直观展示设备运行状态，便于运维人员快速判断异常情况。该体系提升了运行透明度与管理效率，使设备状态可控性显著增强。

4.2 运行维护标准化与精细化管理路径

运行维护工作需以标准化为基础，通过制度与流程规范操作行为。建立统一作业标准，对巡检频次、检查内容及记录方式进行明确规定，巡检周期控制在每日 1 次至每周 1 次范围内。精细化管理体现在对设备运行参数的精准控制，如电压波动范围控制在 $\pm 5\%$ 以内，温升控制在允许范围内。维护记录实现电子化管理，数据完整率达到 95% 以上，有利于历史追溯与问题分析。人员培训与考核制度同步推进，提升操作规范性与技术水平。通过标准化与精细化结合，可提高设备运行稳定性与管理效率。

4.3 设备运行风险识别与动态管控机制

风险识别依托设备运行数据与历史故障信息，对潜在隐患进行动态评估。通过建立风险等级划分标准，将设备状态划分为正常、预警及危险三级，当关键参数超出设定范围 10% 以上时进入预警状态。动态管控机制根据风险等级调整维护策略，对高风险设备实施重点监控与优先检修。数据分析模型对趋势变化进行预测，当连续三次监测数据呈上升趋势时，判定为潜在风险并提前干预。风险信息通过管理平台共享，实现多部门协同处理，提高响应效率。该机制使风险控制由被动应对转向主动防控，有效降低故障发生概率。

5 化工电气设备安全运行保障与应急处置策略

5.1 防爆电气设备运行安全控制技术

防爆电气设备在易燃易爆环境中承担关键安全保障功