

机电设备的的安全管理和安全分析

范津铭

阜新衡天矿山设备安全检测有限责任公司 辽宁 阜新 123000

摘要：机电设备的安全管理以全生命周期为核心，涵盖设计、制造、安装、使用、维护、报废各环节，通过制定规范、落实责任，实现风险可控。其分析方法包括FMEA、FTA等风险识别工具，以及定量与定性评估技术。管理策略注重工程控制、管理控制与应急控制的结合，并借助物联网、大数据等技术实现智能化监测与预测性维护，从而降低事故率，保障人员安全与设备稳定运行。

关键词：机电设备；安全管理；安全分析

引言：在现代工业生产中，机电设备作为核心要素，其安全性和可靠性直接关系到生产效率、人员安全及企业可持续发展。随着设备复杂度提升和运行环境多样化，传统“事后补救”的管理模式已难以满足安全需求。机电设备的安全管理需以全生命周期视角，融合风险识别、评估与控制技术，结合智能化监测手段，构建系统性安全分析框架。本文旨在探讨安全管理的理论基础、分析方法与实践策略，为降低事故风险提供科学依据。

1 机电设备安全管理理论基础

1.1 安全管理的核心概念

(1) 定义与内涵：机电设备安全管理以设备全生命周期为核心，覆盖设备设计、制造、安装、运行、维护、报废全流程，通过制定规范、落实责任，实现各阶段安全风险可控，保障设备稳定运行与人员生命财产安全，不仅关注设备本身安全状态，还注重全流程安全责任衔接与资源统筹。(2) 与传统管理的区别：传统管理多采用“事后处理”模式，设备故障或事故发生后才开展维修、追责；而现代安全管理以“预防性”为核心，通过提前排查隐患、制定预案、定期检测，主动规避风险，将安全管理重心从“事后补救”转移到“事前预防”，降低事故发生率与损失。

1.2 安全管理的理论基础

(1) 风险管理理论：遵循“风险识别→评估→控制”流程，先通过现场巡查、数据监测等识别设备潜在风险，再采用定性（如风险矩阵法）与定量（如概率统计法）相结合的方式评估风险等级，最后依据评估结果采取工程技术（如加装防护装置）、管理（如制定操作规程）等措施控制风险，实现风险动态管控。(2) 系统安全工程理论：强调“人-机-环”协同，将人员操作规范、设备技术状态、环境条件视为有机整体，分析三者间相互作用对安全的影响，例如人员操作失误可能引发设备故障，恶劣环

境会加速设备老化，通过优化三者匹配度提升整体安全水平。(3) 可靠性工程理论：以设备无故障运行能力为核心，通过MTBF（平均无故障工作时间）衡量设备可靠性，结合故障率模型（如浴盆曲线）分析设备不同生命周期（早期故障期、偶然故障期、耗损故障期）的故障规律，为设备维护周期制定、备件更换计划提供数据支撑，减少因设备可靠性不足引发的安全问题^[1]。

1.3 机电设备安全影响因素

(1) 设计缺陷：部分设备设计时未充分考虑安全需求，如防护装置不足（缺乏急停按钮、安全防护罩缺失）、结构设计不合理（承重部件强度不足），导致设备运行中易出现部件脱落、人员误触等安全隐患，从源头增加安全风险。(2) 操作维护不当：操作人员违规操作（如未按规程启动设备、超载使用设备）会直接引发设备故障；维护工作不到位，如未按维护周期检修、关键部件未及时更换，会导致设备性能下降，故障隐患累积，增加安全事故发生概率。(3) 环境因素：设备运行环境中的温度、湿度、腐蚀性物质等会影响设备安全，高温易导致设备线路老化、部件过热，高湿度会引发电气元件短路，腐蚀性气体或液体会损坏设备金属部件，降低设备使用寿命与安全性能，间接诱发安全事故。

2 机电设备安全分析方法体系

2.1 风险识别方法

(1) FMEA（故障模式与影响分析）：作为前瞻性风险识别工具，聚焦设备各部件可能出现的故障模式（如电机轴承磨损、线路短路），通过逐一分析每种故障对设备功能、人员安全及周边环境的影响程度，划分严重度、发生概率与探测难度等级，形成风险优先数（RPN）排序，为后续风险管控提供精准靶向，尤其适用于设备设计阶段与定期维护前的隐患排查，能提前规避潜在故障链引发的安全事故。(2) HAZOP（危险与可

操作性分析)：以设备工艺流程或操作步骤为核心，通过组建跨专业团队(如技术、操作、安全人员)，围绕“偏差”展开讨论(如介质流量过高/过低、温度偏离设定值)，分析偏差产生的原因、可能导致的危险后果及现有防控措施的有效性，形成结构化分析报告，多用于化工、能源领域的复杂机电系统，可全面识别操作过程中因参数波动或人为失误引发的安全风险^[2]。(3)事故树分析(FTA)与事件树分析(ETA)：FTA为“逆向追溯”法，以特定事故(如设备爆炸、人员触电)为顶事件，通过逻辑门(与门、或门)逐层分解导致事故的直接原因(如部件失效、保护装置失灵)，构建事故树模型，明确关键致因路径；ETA为“正向推演”法，以初始事件(如线路短路)为起点，分析事件发展的不同可能性(如及时断电止损、引发火灾)，评估各路径的后果严重度，二者结合可实现对事故因果关系的全方位拆解，提升风险识别的系统性。

2.2 风险评估技术

(1)定量评估：通过量化“暴露于危险环境的频繁程度(E)”“危险发生的可能性(L)”“事故后果严重程度(C)”三个维度，按公式“危险性分值(D)=L×E×C”计算风险等级，依据D值划分“可忽略(D≤20)、可接受(20<D≤70)、需改进(70<D≤160)、应立即整改(160<D≤320)、极高风险(D>320)”五级，适用于设备操作岗位的风险量化，为安全投入优先级划分提供数据支撑。(2)定性评估：以“风险发生概率”(如极低、低、中、高、极高)为横轴，“后果严重程度”(如轻微伤害、严重伤害、死亡/重大财产损失)为纵轴，构建矩阵表格，将识别出的风险对应到矩阵单元格中，标注不同颜色(如绿色、黄色、红色)区分风险等级，操作简便直观，无需复杂数据计算，适合在设备风险初步筛查或基层安全培训中使用，快速明确重点管控风险。

2.3 安全控制策略

(1)工程控制：从设备硬件层面消除或降低风险，通过物理隔离(如加装设备防护罩、设置安全围栏)阻断人员与危险区域/部件的直接接触；安装连锁装置(如急停连锁、门机连锁)，当设备出现异常状态(如防护门未关闭)时自动切断电源或停止运行，从技术上强制规避操作失误引发的安全事故，是保障设备本质安全的核心手段。(2)管理控制：依托制度流程规范安全行为，制定针对性操作规程(如设备启停步骤、维护作业流程)，明确操作禁忌与安全要求；搭建分层级培训体系，针对操作人员开展设备原理、应急处置培训，针对

管理人员开展风险管控、责任落实培训，通过定期考核与日常监督，将安全管理要求转化为全员自觉行为，填补工程控制无法覆盖的管理盲区。(3)应急控制：聚焦事故发生后的损失控制，制定专项应急预案(如设备火灾应急预案、触电事故应急预案)，明确应急组织机构、响应流程、救援措施与物资储备；定期组织实战化演练(如桌面推演、现场模拟演练)，检验预案可行性与人员应急处置能力，确保事故发生时能快速启动响应、有序开展救援，最大限度降低人员伤亡与财产损失^[3]。

2.4 智能化安全分析技术

(1)物联网监测：通过在设备关键部件(如轴承、电机、电气柜)部署多类型传感器(振动传感器、温度传感器、电流传感器)，实时采集设备运行数据(如振动频率、绕组温度、电流波动)，数据经无线传输至云端平台，实现对设备运行状态的24小时不间断监测，相比传统人工巡检，能更及时发现设备早期异常信号(如温度异常升高)，为风险预警提供实时数据支撑。(2)大数据分析：基于物联网采集的海量历史数据与实时数据，运用机器学习、深度学习算法构建设备故障预测模型，通过分析数据特征(如振动频谱变化、电流趋势异常)识别设备潜在故障征兆，预测故障发生时间与故障类型；同时结合设备健康状态评估，制定个性化维护计划(如预测性维护)，替代传统“定期维护”模式，减少因过度维护或维护不足导致的安全风险，实现设备安全管理的智能化与精细化。

3 机电设备安全管理实践框架

3.1 全生命周期安全管理

(1)设计阶段：以“从源头规避风险”为核心，采用冗余设计(如关键电路双回路备份、核心部件双重防护)，确保单一组件失效时设备仍能安全运行；落实失效安全原则(如断电后阀门自动关闭、过载时传动系统自动脱开)，避免故障扩大引发安全事故。同时，结合设备使用场景预判潜在风险，将安全防护融入设计细节，减少后续改造的安全隐患。(2)使用阶段：制定清晰的设备操作规范，明确开机检查、运行监控、关机流程等关键步骤，禁止违规操作(如超负载运行、擅自修改参数)；建立分级权限管理体系，依据岗位职责划分操作权限(如普通操作员仅能执行基础启停，技术员可进行参数调试)，通过密码验证、权限卡等方式防止非授权人员操作，降低人为失误风险。(3)维护阶段：依托设备运行数据(如振动、温度、能耗)开展预测性维护，通过算法分析设备健康状态，提前规划维护时间(如根据轴承振动趋势预判更换周期)，替代传统“到

期必修”模式，减少不必要停机与维护遗漏；建立备件分类管理机制，对关键安全备件（如急停按钮、安全传感器）优先储备，确保故障时能快速更换，缩短设备不安全运行时长^[4]。

3.2 安全管理制度建设

（1）责任体系：明确从管理层到一线员工的安全责任，如设备管理员负责设备安全状态定期检查，操作员对操作过程中的安全风险直接负责，形成“人人有责、层层落实”的责任链条；建立责任追溯机制，若发生安全事故，按责任划分严肃追责，同时将安全绩效纳入岗位考核，推动责任落地。（2）标准化流程：针对设备操作、维护、检修等环节制定SOP，细化每一步操作的安全要求（如维护时需先断电并悬挂“禁止合闸”标识），确保流程统一、可追溯；定期评审SOP适用性，结合设备更新、工艺调整及时修订，避免因流程滞后导致安全风险，同时通过培训确保员工熟练掌握SOP内容。

3.3 人员培训与安全文化

（1）技能培训：采用“理论+实操”结合模式，通过模拟操作（如利用仿真系统演练设备异常处置）提升员工实操能力，确保应对突发情况时操作规范；定期组织应急演练（如设备火灾扑救、触电救援），让员工熟悉应急流程、掌握救援工具使用方法，增强实战应对能力，减少事故发生时的慌乱失误。（2）安全意识提升：通过典型安全事故案例分享（如违规操作导致的设备损坏、人员伤亡案例），直观展示风险后果，强化员工安全敬畏心；建立奖惩机制，对严格遵守安全规范、及时发现隐患的员工给予奖励（如奖金、荣誉表彰），对违规操作行为严肃处罚，营造“重视安全、遵守安全”的氛围，推动安全意识融入日常工作^[5]。

3.4 法规与标准遵循

（1）国际标准：严格遵循ISO13849（机械安全-控制系统安全相关部件），确保设备控制系统的安全性能达

标，如安全回路的故障检测与响应能力；符合IEC61508（功能安全）要求，对涉及安全的电子、电气系统进行风险评估与验证，保障设备在全生命周期内的功能安全性，同时为设备进出口贸易提供合规基础。（2）国内标准：执行GB/T2893（安全色标），在设备危险区域（如旋转部件、高压柜）标注规范的安全色（红、黄、蓝、绿）与安全标志（警示、禁止、指令、提示），引导人员安全操作；遵守行业特定规范（如化工领域的《化工机械设备安全管理规定》、建筑领域的《建筑施工机械安全使用规程》），结合行业特点细化安全管理要求，确保合规性与实用性统一。

结束语

机电设备的安全管理与安全分析是保障工业生产稳定运行、守护人员生命财产的关键防线。通过全生命周期管理理念的践行、多元化风险分析方法的运用，以及智能化技术的深度融合，能够实现对安全隐患的精准识别、动态评估与有效控制。未来，需持续强化制度建设、人员培训与技术创新，推动安全管理向精细化、智能化迈进，为构建安全、高效、可持续的工业环境奠定坚实基础。

参考文献

- [1]黄振东.解析机电设备安全管理与风险管理[J].世界有色金属,2020,(19):225-226.
- [2]高超.机电类设备检验业务系统的数据规范化管理[J].设备管理与维修,2020,(12):16-17.
- [3]崔璨.机电设备安全管理与风险管理研究[J].南方农机,2021,50(22):185-186.
- [4]刘炜.煤矿机电设备安全巡检系统实现及应用[J].矿业装备,2023,(12):164-165.
- [5]陈杰,唐杰.机电自动化设备安全控制的有效措施研究[J].中国机械,2023,(08):49-51.