

机械自动化设备的安全控制管理

张战平

中铁三局集团线桥工程有限公司 浙江 杭州 311100

摘要: 机械自动化设备在工业生产中应用广泛,其安全控制管理至关重要。本文深入剖析机械自动化设备安全风险识别与分析方法,涵盖风险识别途径与多维度风险分析;详细阐述安全控制策略设计,包括硬件、软件及人机交互安全设计;介绍安全控制实施与运行流程,涉及系统部署、运行监控与维护;探讨安全控制管理优化举措,如持续改进机制与安全文化培育。通过全面系统的研究,为提升机械自动化设备安全控制管理水平提供理论支撑与实践指导。

关键词: 机械自动化设备;安全控制管理;风险识别;控制策略;管理优化

引言:在工业现代化进程不断加快的当下,机械自动化设备凭借高效、精准等优势,成为推动工业生产发展的关键力量。然而,设备在运行过程中面临诸多安全风险,一旦发生安全事故,不仅会造成设备损坏、生产停滞,还可能危及人员生命安全。因此,加强机械自动化设备的安全控制管理,有效识别和应对各类安全风险,制定科学合理的安全控制策略,并确保有效实施与持续优化,对于保障工业生产安全、稳定、高效运行具有不可忽视的重要意义。

1 安全风险识别与分析

1.1 风险识别方法

1.1.1 危险源辨识

危险源辨识基于系统安全工程理论,聚焦机械自动化设备全生命周期内可能引发安全隐患的各类潜在因素,涵盖机械结构运行过程中产生的动能、势能等物理性风险,电气系统中线路绝缘破损、接地不良等电气性风险,作业环境中温湿度异常、粉尘堆积等环境性风险,以及作业过程中操作流程偏差、安全意识不足等人为性风险^[1]。辨识过程需结合设备运行特性,全面排查各环节潜在隐患,为后续风险分析奠定基础,该方法思路源自系统安全管理体系相关研究成果。

1.1.2 故障模式与影响分析

故障模式与影响分析是一种系统性的风险识别技术,通过梳理机械自动化设备各组件、各系统可能出现的故障表现,分析各类故障对设备整体运行及作业安全的连锁影响,明确不同故障模式的发生路径与潜在危害。该方法强调对设备故障的前瞻性排查,通过规范的分析流程梳理故障关联关系,为风险控制提供针对性方向,其理论框架来源于可靠性工程领域的经典研究。

1.1.3 作业任务分析

作业任务分析围绕设备运行相关的各类作业环节展

开,针对设备操作、日常维护、定期检修等不同作业类型,梳理各作业步骤的操作要点、流程规范及潜在风险点。通过拆解作业流程,明确各环节的安全要求与风险隐患,识别作业过程中可能出现的不安全行为与环境因素,为风险识别提供具体的作业场景支撑,该方法广泛应用于工业安全管理的实践研究中。

1.2 风险分析维度

1.2.1 风险来源

风险来源可划分为内部来源与外部来源两大维度,内部来源主要指向设备自身组件老化、系统设计缺陷、作业流程不规范、内部管理疏漏等与设备运行及内部管控相关的因素;外部来源则包括外部环境变化、供应链故障、外部技术支持不足等超出内部管控范围各类因素,明确风险来源是精准开展风险分析的前提,相关分类方式符合工业安全风险分析的通用规范。

1.2.2 风险类型

风险类型结合机械自动化设备的运行特性进行划分,包括机械结构运行过程中产生的机械伤害类风险,电气系统故障引发的电气故障类风险,控制软件运行异常导致的软件错误类风险,以及作业环境异常、人为操作不当引发的其他相关风险,各类风险类型的划分基于机械自动化设备安全管理的学术研究与实践总结。

1.2.3 风险触发条件

风险触发条件是促使风险从潜在状态转变为实际危害的关键要素。作业人员操作过程中的流程偏差与操作失误、设备长期运行导致的组件老化与性能下降,以及作业环境中温湿度波动、粉尘超标、外力干扰等环境变化,均可能成为风险触发条件。这些条件相互关联、彼此影响,对触发条件的分析基于设备运行规律与安全风险演化机制的相关研究。

2 安全控制策略设计

2.1 硬件安全设计

硬件安全设计是机械自动化设备安全控制的基础支撑,核心围绕设备物理安全与电气安全构建全方位防护体系。安全防护装置作为直接防护手段,涵盖防护栏、联锁装置、急停按钮等核心组件,通过物理隔离与即时控制,阻断危险区域接触路径,快速响应突发安全隐患,为设备运行与人员操作提供直接安全屏障^[2]。安全相关电气系统是设备安全运行的核心控制中枢,安全PLC凭借高可靠性与抗干扰能力,实现安全逻辑的精准执行,冗余设计通过多重备份架构,降低电气系统故障导致的安全风险,保障设备在单一组件失效情况下仍能维持安全运行状态。机械结构安全聚焦设备本体结构稳定性,抗冲击设计通过优化结构强度参数,抵御运行过程中的瞬时冲击力,防卡滞设计则通过结构优化与润滑防护,避免机械部件卡滞引发的设备故障与安全隐患,筑牢设备硬件安全防线。

2.2 软件安全设计

软件安全设计是保障机械自动化设备安全运行的核心环节,通过逻辑管控与风险防控,实现设备运行的精准化、安全化控制。安全逻辑控制聚焦操作权限与流程规范,权限管理通过分级授权模式,规范不同岗位人员的操作范围,操作顺序限制通过预设逻辑规则,避免违规操作引发的设备误动与安全事故。故障诊断与容错机制是软件安全的重要保障,自检功能可实时监测软件运行状态,及时发现潜在故障隐患,异常处理通过预设应急逻辑,在故障发生时快速切换运行模式,降低故障对设备安全的影响。数据安全聚焦设备运行数据与控制数据的防护,加密技术可有效保护数据传输与存储过程的安全性,访问控制通过严格的权限审核,限制数据访问范围,防范数据泄露与恶意篡改,为设备安全控制提供数据层面的保障。

2.3 人机交互安全

人机交互安全聚焦人与设备的协同安全,通过界面优化、规范管理与行为监测,减少人为因素引发的安全风险。操作界面设计以人性化与安全性为核心,可视化提示通过清晰的信号反馈,帮助操作人员快速掌握设备运行状态,防误操作设计通过操作逻辑限制与提示引导,避免人为误操作导致的安全隐患。人员培训与操作规范是人机交互安全的重要支撑,标准化作业流程明确操作步骤与安全要求,通过系统培训引导操作人员熟练掌握操作规范,规范操作行为,提升安全操作能力。人员定位与行为监测通过智能化技术,实现作业区域的精准管控,区域限制可划定危险作业区域,禁止无关人员

进入,异常行为预警可实时捕捉违规操作与异常行为,及时发出预警信号,保障人员操作安全与设备稳定运行。

3 安全控制实施与运行

3.1 安全控制系统的部署

3.1.1 系统集成与调试

系统集成与调试是安全控制系统部署的核心环节,聚焦硬件与软件的协同适配,保障系统整体安全性能达标。硬件安装遵循机械自动化设备安全安装规范,精准完成各硬件组件装配与固定,保障硬件连接稳定安全;软件配置围绕系统安全需求,合理设置运行参数、调试控制逻辑,实现软硬件高效协同^[3]。相关操作流程参考工业控制系统集成与调试的学术研究成果,为系统稳定运行筑牢基础。

3.1.2 安全功能验证

安全功能验证是保障系统有效发挥作用的关键步骤,通过科学测试检验安全功能的完整性与可靠性。功能测试聚焦核心安全功能,排查各类控制逻辑执行效果,确保系统精准响应安全需求;边界条件测试针对极限场景与特殊工况,检验系统极端条件下的安全运行能力,规避相关安全隐患。验证过程遵循工业安全系统功能验证标准,测试方法源自安全系统验证与测试领域的经典学术研究。

3.1.3 应急预案制定

应急预案制定围绕系统运行中的突发情况展开,梳理故障场景与安全风险,明确应对流程与处置措施。故障处理流程梳理故障排查步骤与处置方法,确保故障发生后快速定位、妥善处理;紧急停机程序聚焦重大安全隐患,明确操作步骤与责任分工,确保紧急情况下快速切断设备运行、阻断风险扩散。预案设计参考工业安全应急预案编制的学术研究与实践规范。

3.2 运行监控与维护

3.2.1 实时状态监测

实时状态监测是系统运行中的常态化安全保障手段,通过各类传感器采集设备运行数据,精准捕捉运行状态细微变化。数据采集聚焦设备关键组件、电气系统与控制软件,确保数据准确实时;异常信号报警机制针对异常数据快速发出提示,及时提醒人员处置潜在隐患。监测模式基于设备状态监测与故障预警的学术研究,为设备安全运行提供保障。

3.2.2 定期维护与保养

定期维护与保养聚焦设备长期安全运行需求,按规范周期开展维护工作,延长设备使用寿命、防范组件老化风险。润滑针对机械传动部件选用适配介质,减少磨

损；清洁聚焦关键部位，清除影响运行的粉尘杂物；部件更换及时替换老化损坏组件，确保设备性能稳定。维护流程参考机械自动化设备维护管理的学术研究，形成标准化体系。

3.2.3 变更管理

变更管理针对设备运行中的各类变更场景，建立完善安全审查机制，防范变更引发的安全风险。设备改造时全面审查改造方案与工艺，确认改造后安全性能达标；软件升级时审查程序安全性与兼容性，排查潜在漏洞，确保升级后稳定运行。变更管理思路源自工业设备变更安全管理的学术研究，为各类变更行为提供规范。

4 安全控制管理优化

4.1 持续改进机制

4.1.1 事故与故障分析

安全控制管理的持续改进需建立在对事故与故障的系统分析之上，采用根本原因分析方法，深入挖掘设备安全事故及运行故障产生的深层诱因，摒弃表面化分析模式^[4]。通过对设备运行数据、故障记录的系统梳理，明确故障发生的关键节点与影响因素，在此基础上制定针对性改进措施，确保改进方向贴合实际安全需求，实现对同类问题的有效规避，推动安全控制管理水平逐步提升。

4.1.2 技术升级

技术升级是提升机械自动化设备安全控制能力的重要路径，依托现代工业自动化技术发展成果，引入先进安全控制技术与设备，替代传统落后的安全控制手段。结合机械自动化设备的运行特性与安全管理需求，合理融入智能监测、智能预警等新型技术，优化设备安全控制的精准度与时效性，通过技术层面的迭代更新，弥补传统安全控制模式的不足，进一步强化设备运行过程中的安全保障能力。

4.1.3 管理流程优化

管理流程优化聚焦安全控制管理的效率提升，对现有安全管理审批流程进行梳理整合，删减冗余环节、简化不必要的流程步骤，提升安全管理指令的响应效率与执行效果。结合机械自动化设备安全管理的实际场景，优化流程衔接逻辑，明确各环节的执行标准与时间节点，确保安全管理流程更加科学合理，既满足安全控制的核心要求，又能适配设备运行的动态需求，提升整体安全管理工作的运转效率。

4.2 安全文化培育

4.2.1 安全意识教育

安全文化培育以安全意识教育为基础，建立常态化教育机制，定期开展安全知识培训与安全宣传活动，普

及机械自动化设备安全操作规范、安全风险防控知识。通过多样化的教育形式，引导相关人员主动学习安全知识，树立正确的安全管理理念，摒弃侥幸心理与违规操作行为，将安全意识融入日常工作的各个环节，形成人人重视安全、主动防范风险的良好氛围。

4.2.2 安全责任落实

安全责任落实是安全文化培育的核心内容，结合机械自动化设备安全控制管理的岗位设置，明确各岗位的安全职责，细化责任分工，确保安全管理责任覆盖每一个工作环节、每一位工作人员。通过清晰的责任划分，让相关人员明确自身在安全控制管理中的职责与义务，主动履行安全管理职责，形成权责清晰、层层落实的安全责任体系，为设备安全运行提供坚实保障。

4.2.3 安全绩效激励

安全绩效激励是推动安全文化落地的重要保障，建立科学的安全绩效考核体系，将安全工作表现与岗位绩效直接关联，通过明确的考核标准，对安全工作表现突出的个人与集体给予相应奖励，对违规操作、安全责任落实不到位的情况进行规范处置^[5]。通过合理的激励机制，充分调动相关人员参与安全控制管理的积极性与主动性，引导全员主动践行安全管理要求，推动安全文化深入人心。

结束语

机械自动化设备的安全控制管理是一个系统性、长期性的工程。通过全面深入的风险识别与分析，能够精准把握设备运行过程中的潜在安全隐患；科学合理的安全控制策略设计，为设备安全运行提供了坚实的技术支撑；严谨细致的安全控制实施与运行，确保了安全措施的有效落地；持续改进机制与安全文化培育，则进一步提升了安全控制管理的水平与效果。只有将各个环节紧密结合、协同推进，才能切实保障机械自动化设备的安全运行，为工业生产的持续发展保驾护航。

参考文献

- [1]孙存虎,申雪草.机械自动化设备的安全控制管理[J].中国设备工程,2021(2):45-46.
- [2]马洪德.机械自动化设备的安全控制管理探讨[J].模型世界,2023(25):17-19.
- [3]张家栋.机械自动化设备的安全控制问题[J].商品与质量,2021(28):194.
- [4]袁秋明.机械自动化设备的安全控制管理[J].商品与质量,2021(19):16.
- [5]李现明.机械自动化设备的安全控制管理[J].探索科学,2021(2):21-22.