

机电设备全生命周期安全风险识别与预防控制体系构建

马磊

石家庄市智慧安评科技中心有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 伴随着现代工业技术的快速发展, 机电设备在各个领域中日益广泛, 发挥着不可替代的作用, 其运行的稳定性与安全性对操作人员的生命、生产经营的稳定性有着直接的影响。文章研究聚焦于机电设备全生命周期(设计研发、采购制造、安装调试、运行维护以及报废处置), 首先对各个阶段存在的安全风险进行深入的分析, 制定一系列控制措施, 从而有效地降低风险的发生概率, 以供参考。

[关键词] 机电设备; 全生命周期; 安全风险识别; 预防控制体系

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18963

中图分类号: TP319

文献标识码: A

Construction of Safety Risk Identification and Prevention Control System for the Whole Life Cycle of Mechanical and Electrical Equipment

MA Lei

Shijiazhuang Smart Security Evaluation Technology Center Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of modern industrial technology, electromechanical equipment is becoming increasingly widespread in various fields and plays an irreplaceable role. The stability and safety of its operation have a direct impact on the lives of operators and the stability of production and operation. The article focuses on the whole life cycle of mechanical and electrical equipment (design and development, procurement and manufacturing, installation and commissioning, operation and maintenance, and disposal). Firstly, a deep analysis of the safety risks existing in each stage is conducted, and a series of control measures are formulated to effectively reduce the probability of risk occurrence for reference.

Keywords: mechanical and electrical equipment; whole life cycle; safety risk identification; prevention and control system

引言

近年来, 随着工业化的不断推进以及科学技术水平的不断提高, 机电设备的智能化、大型化及复杂化趋势越来越明显, 并在各行各业中的使用越来越广泛^[1]。同时, 在整个生命周期中, 影响机电设备安全运行的因素越来越多, 其中任意一个环节如果安全管理不当或者出现疏漏, 则可能导致设备损坏、停机停产, 甚至酿成重大安全事故。传统机电设备安全管理往往仅限于运行期间的检修维护及故障排除, 缺少对整个设备生命周期进行整体性、预防性的管理控制手段, 不能从根本上防范安全隐患^[2]。鉴于此, 为了确保项目的成功顺利实施, 本文研究首先对机电设备全生命周期的安全风险进行了分析与探讨, 同时制定一系列有效的预防控制体系, 旨在弥补传统安全管理模式的不足, 为机电设备安全稳定运行、降低风险的发生概率, 确保项目成功实施提供保障。

1 机电设备全生命周期安全风险识别

机电设备的全生命周期, 指的是设备概念构思、设计研发、设备的采购制造、设备的安装与调试以及后续的运行维护等环节, 直至达到使用寿命期限并实施报废处理的完整过程^[3]。在全生命周期内不同阶段设备的工作任务, 设备状态以及所处的环境均有所不同, 安全风险的类型以及相关因素

也存在一定差异, 各阶段安全风险识别要点如下表所示:

表1 各阶段安全风险识别要点

生命周期阶段	核心风险类型	风险表现要点
设计研发阶段	先天性安全隐患	安全设计理念缺失、设计参数不合理、人机工程设计不当、标准规范不达标
采购制造阶段	质量安全风险	供应商选择不当、采购物资质量不达标、制造工艺不合理、质量控制缺失、生产环境不佳
安装调试阶段	施工与调试风险	安装方案不完善、施工操作不规范、安全防护措施不到位、参数设置不当、调试流程不规范
运行维护阶段	动态运行风险	设备磨损老化、操作不当、维护保养不到位、环境因素影响
报废处置阶段	处置安全与环境风险	拆解过程风险、危险废物处置不当、资源回收不规范

1.1 设计研发阶段安全风险识别

设计研发阶段是机电设备安全性能的源头保障阶段, 此阶段的设计缺陷将直接导致设备在后续运行过程中存在先天性安全隐患。此阶段的风险主要体现在以下几点: 一是缺少安全设计思想, 在进行设备的设计工作时只重视设备功能和性能, 并没有考虑到在实际使用中可能会出现各种安全隐患, 如过载、短路及机械卡顿等问题, 使得设备缺少相应的保护措施^[4]; 二是设计参数不合理, 设备

在运行过程中，若所承受的载荷、温度、压力等关键性参数出现偏差过大的情况，造成设备结构强度不足、散热不好，在正常运行工况下容易产生部件损坏、失效等情况；三是人机工程设计不当，设备的操作界面对人不友好、操作步骤繁杂或者设备在运行过程中所产生的噪声、振动超过人的接受能力，不仅会影响操作者的工作效率，也有可能造成人为误操作或者职业危害事故的发生；四是在标准方面不合规，在进行设计的过程中没有严格按照相关的安全标准以及技术规程来进行设计，使得相关的设计不能够满足行业的安全、技术规定，从而在一定程度上造成了安全隐患。

1.2 采购制造阶段安全风险识别

采购制造阶段是将设计方案转化为实体设备的关键环节，其安全风险主要体现在采购环节和制造环节两个方面。采购阶段的风险主要有：供方选择不当以及采购物资质量不达标。供方选择不当主要体现在采购的设备核心部件、原材料达不到设计要求或者供应商没有完善的质量保证体系，不能够提供稳定性、可靠性高的产品；采购物资质量不达标具体表现在原材料材质不合格、核心部件性能参数不达标等方面，这将会直接对设备的整体安全产生影响，加大了在使用过程中出现故障的概率。制造环节的风险主要来自制造工艺不合理、质量控制缺失及生产环境不佳等方面。制造工艺不合理会导致设备部件出现裂纹、变形、装配间隙大等问题；质量控制缺失是指对制造过程的关键工序缺乏有效监督检验，不能及时发现并剔除不合格产品；生产设备所处环境不理想，例如生产车间中存在大量灰尘或者空气潮湿以及温度变化剧烈等现象都会对机器零件的质量及稳定性造成影响，从而带来一定的危险性。

1.3 安装调试阶段安全风险识别

设备从出厂到正式投入到生产运行过程中的过渡阶段属于安装调试阶段，此阶段的调试结果以及施工质量，对设备的安全稳定运行有着决定性的影响。此阶段所存在的安全风险主要原因在于安装方案存在一定缺陷、安全防护措施未及时落实到位、未能严格按照规范流程进行施工操作等，均会提高安装施工风险与调试运行风险的发生概率^[5]。安装方案不完整是指在制定安装方案时没有考虑到设备安装环境、安装承载能力及与其他设施之间的协调性，在进行实际安装时容易造成设备位置偏移、固定不牢靠等情况；安装过程不规范，比如拧紧力度不够、接线错误等，可能引起设备零件破损、线路短路等问题；防护缺失是指在施工过程中缺少相应的安全标志及警戒线或者作业人员没有做好相应的劳动保护，极易出现高处坠落以及物体打击等事故的发生。

1.4 运行维护阶段安全风险识别

在机电设备全生命周期管理过程中，运行维护阶段是持续时间最长的一个阶段，同时也是安全风险发生概率较高的一个阶段。在此过程中，设备处于持续的运行工作中，会容易受到多种因素的综合作用影响，如设备的老化、

工人的操作方式、环境条件等均会增加风险的发生概率，风险类型也呈现出复杂多样性。机械磨损老化风险，机械设备长时间运行中，其零件会出现磨损、老化、性能降低等问题，如果不能及时发现并解决，则会导致机器故障扩大化，并造成事故的发生；人为操作失误风险，作业人员没有按照规定程序对机械设备进行操作，例如按错按钮或者强行超载使用以及私自更改机械设备的工作参数等，可能导致设备损坏甚至人身事故的发生；维护保养不力风险，没有建立规范化的维护保养制度或者维护保养工作存在应付了事的情况，就会造成设备缺陷积聚；环境因素影响风险，在设备运行过程中易受到环境的影响，如腐蚀性气体、高温、粉尘等，均会对设备部件的性能造成严重的干扰，降低其使用寿命，如高温环境导致设备散热不良等。

1.5 报废处置阶段安全风险识别

报废处置期属于机电设备全生命周期中的最后一个阶段，这一时期的安全风险常被忽视，但是处置不妥也会造成安全事件及环境污染事故的发生。其存在的主要风险为：在对机电设备进行拆除的过程中，如果不能拟定出正确的拆除方案或者有关工作人员没有按照相关要求拆除作业，则会造成以下后果，导致设备中储存的能量(包括电能、液压能及机械能)突然释放而对工作人员带来危害；也可能在拆除作业中产生尘毒有害气体以及噪音污染，危害人体健康和破坏周围环境。另外，在资源回收方面，如果回收人员在回收过程中未做到有效的安全防护，未正确佩戴防护口罩、穿戴防护服等，均会导致回收人员接触有毒有害物质；因回收人员未严格按照操作规范进行回收，甚至会引发爆炸、火灾等重大安全事故的发生风险。

2 机电设备全生命周期安全风险预防控制体系构建

基于上述对机电设备全生命周期各阶段安全风险的识别，为实现对安全风险的全方位、全流程管控，本文从组织架构、管控机制、技术支撑、人员建设四个核心维度，构建机电设备全生命周期安全风险预防控制体系。各核心维度的构成及核心职责如下表所示：

表2 各核心维度的构成及核心职责

体系核心维度	核心构成要素	核心管控职责
风险管控组织架构	安全管理领导小组、专业执行部门、各相关部门	统筹管控目标、落实风险管控措施、明确部门职责、实现无缝衔接
全流程管控机制	事前预防、事中监控、事后改进	源头规避隐患、实时监控风险、及时处置故障、总结优化提升
技术支撑体系	风险识别评估技术、在线监测系统、先进维护技术、档案管理系统	精准识别风险、早期预警异常、提升维护效能、保障信息追溯
人员能力建设	分层培训、技能考核、绩效激励	提升专业能力、强化安全意识、规范操作行为、保障履职成效

2.1 搭建完善的风险管控组织架构

完善的组织机构是实施安全风险的有效控制前提,应明确各级、各部门对机电设备全生命周期安全管理的职责,做到“人人有责、级级负责”。一是成立专门的安全管理领导小组,以企业主要负责人为组长,统一领导全生命周期安全风险管控工作,确定总体的安全管理方针和原则,制定安全教育培训计划和各项安全管理制度;第二,成立专业的安全管理部门,配置具有机电设备知识背景和安全管理经验的专业管理人员对全生命周期内各个阶段的安全风险进行具体辨识评价、监测和预控措施,并开展设备安全档案的管理和维护工作。

2.2 建立全流程风险管控机制

在事前预防环节,重点针对设计研发、采购制造阶段开展风险管控。在设计研发过程中应建立健全安全设计审查制度,在完成设计方案后由安全管理部门、技术人员组成评审小组,对设计方案进行安全评审,重点审查安全防护装置的设计、设计参数是否合理、是否符合人机工程学及是否符合相关的安全标准,以期在源头上避免先天性的安全隐患;在采购制造环节中应建立严格合格供应商准入和评价制度,全面审查供应商资质、生产能力、质量保证体系,选择合格的供应商,并签订质量安全协议书;在设备生产过程中进行驻厂监造对关键工序、核心部件的质量进行全程监督,确保制造质量符合设计要求。另外,加强事中监控,针对安装调试及运行维护阶段实施过程中的风险控制进行监管。安装调试阶段严格执行安装方案的审批和安全技术交底制度,在设备各项性能指标达到要求、安全保护装置有效的情况下才可投入使用。运行维护阶段应形成常态化风险监控和巡检制度,制定科学的巡检计划,确定巡检内容、巡检周期、巡检方式,通过人工巡视、在线监测等方式,实时掌握设备运行状况,及时发现设备缺陷和安全隐患。

在设备出现安全隐患或者是发生故障之后,需要快速进行相应的处理。组织专业人员对故障进行排查,探讨分析,基于实际情况制定针对性的改进措施,不断优化设备各个环节中的管理措施,以免再次发生故障。在设备达到使用寿命之后,应该第一时间向相关部门提出报废申请,可按照相关规定标准对设备进行合理的报废处理,在处理过程中要确保处置过程的环保与安全。

2.3 构建有力的技术支撑体系

技术支撑体系是提升安全风险管控效能的重要手段,需结合机电设备的技术特点,运用先进的技术手段为全生命周期风险管控提供保障^[6]。一是引进先进的风险辨识评价技术,比如使用故障模式及影响分析、危险及可操作性分析等方式,对各个阶段安全风险进行系统的、全面的辨识评价,并确定风险等级以及控制重点;二是建立设备运行状态在线监测平台,运用传感、物联网、大数据等技术,实时监测设备在运行过程中产生的关键信息(温度、压力、

振动、电流、电压等),并对其进行统计分析,提前预判设备的不安全状况,及时排查安全隐患。

2.4 强化人员能力建设

人员是安全风险管控工作的执行者,通过加强对人员安全意识以及技能水平的提高,可以有效降低安全风险的发生概率。定期组织设计研发人员参加安全培训活动,在培训的过程中,加强安全教育以及宣传工作,强化其安全理念,使其在设计过程中能够将安全因素充分考虑其中。再次,加强安装调试、运行维护、报废处置等一线操作人员的专业技能和培训,强化其风险识别能力以及应急处置能力。通过理论讲解、实操演练等方式使其熟练掌握设备的操作流程、安全注意事项,使一线操作人员可以严格按照操作规程开展工作,在施工现场张贴安全标语、宣传画等,营造浓厚的安全氛围。最后,建立定期的人员考核机制,进行定期的安全知识和操作技能考核,并且将考核结果与工作人员的绩效挂钩,激励人员积极参与安全风险管控工作,同时对考核不合格的人员进行再培训或调整岗位,确保每个操作人员都具备必要的安全知识和操作技能。

3 结论

通过对机电设备全生命周期内各阶段存在的风险进行深入分析,可以明确地看到,有效的风险识别与管理对策对保障项目的顺利进行至关重要,传统的单一阶段安全管理模式难以实现对风险的有效管控。本文通过搭建完善的组织架构、建立全流程管控机制、构建有力的技术支撑体系以及强化人员能力建设,实现了对设备从设计研发到报废处置的全流程、全方位风险管控,降低设备故障和安全事故发生率,保障人员生命和财产安全。未来,随着智能化技术的不断发展,可进一步将人工智能、数字孪生等先进技术融入预防控制体系,提升风险识别和管控的智能化水平,实现更为精准、高效的安全管理。

[参考文献]

- [1]黄建勋.机电设备安装工程的项目管理要点与注意事项[J].造纸装备及材料,2024,53(1):48-50.
- [2]禹周.工业机电设备安装项目管理研究[J].中国机械,2023,11(14):84-87.
- [3]孙序营.J 泵站机电设备安装工程安全风险问题研究[D].山东:青岛大学,2021.
- [4]朱敏.机电设备安装项目施工安全管理[J].中国建筑装饰装修,2021,11(3):114-115.
- [5]马洋.机电设备安装工程项目施工安全管理[J].居舍,2020,11(17):149-150.
- [6]武宏旺.煤矿机电设备安装要点分析[J].石化技术,2020,27(5):113-115.

作者简介:马磊(1984.12—),毕业院校:河北科技大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,职务:安全培训师,职称级别:机械工程师。