

# 机电设备安装施工中的安全管理与风险控制研究

王智凯<sup>1,2</sup>

1. 山西焦化集团有限公司 山西 临汾 041606

2. 山西德力信电子科技有限公司 山西 临汾 041606

**摘要:** 机电设备安装工程作为现代建筑、工业生产及基础设施建设的核心环节,其施工过程具有技术集成度高、交叉作业频繁、作业环境复杂、安全风险点多等特点。一旦发生安全事故,不仅会造成人员伤亡和财产损失,还可能引发严重的社会影响和生产中断。因此,深入研究机电设备安装施工中的安全管理与风险控制策略,对于保障工程顺利实施、维护人员生命安全、提升企业核心竞争力具有至关重要的现实意义。本文首先系统阐述了机电设备安装施工的基本特点与安全风险识别,深入剖析了当前安全管理中存在的主要问题,并在此基础上,从组织保障、风险预控、过程控制、技术赋能及文化建设五个维度,构建了一套系统化、全过程的安全管理与风险控制体系。最后,通过引入BIM技术、物联网等信息化手段,探讨了智能化安全管理的未来发展趋势,旨在为行业提供一套可借鉴、可操作的安全管理理论与实践路径。

**关键词:** 机电设备安装;安全管理;风险控制;危险源辨识;全过程管理;智能化

## 引言

随着我国城市化进程的加速和工业4.0战略的深入推进,各类大型公共建筑、高端制造工厂、能源基础设施等项目如雨后春笋般涌现。在这些宏大工程的背后,机电设备安装工程扮演着“神经系统”与“动力心脏”的关键角色。它涵盖了暖通空调(HVAC)、给排水、电气、消防、智能化等多个专业系统,是实现建筑功能、保障生产运行的核心保障。然而,机电安装施工过程并非一帆风顺,其固有的高风险性始终是悬在行业头顶的“达摩克利斯之剑”。一方面,机电安装作业往往在土建主体结构完成后进行,作业空间狭窄、立体交叉作业多,与装饰、消防等专业频繁交叉,协调难度大;另一方面,作业内容涉及高处作业、临时用电、起重吊装、动火作业、有限空间作业等多种高风险活动,任何一个环节的疏忽都可能酿成无法挽回的悲剧。近年来,行业内发生的多起重大安全事故,如大型设备吊装倾覆、触电伤亡、高处坠落等,无不暴露出当前机电安装安全管理中存在的深层次问题。传统的“事后处理、被动应对”式安全管理模式已难以适应现代工程复杂、高效、安全的要求。行业亟需向“事前预防、事中控制、事后总结”的全过程、精细化、智能化安全管理范式转型。基于此,本文旨在系统梳理机电设备安装施工的安全风险特征,深入诊断安全管理的痛点与难点,并提出一套科学、系统、前瞻的风险控制与安全管理策略,以期为提升我国机电安装行业的整体安全水平贡献理论与实践参考。

## 1 机电设备安装施工的特点与安全风险识别

要有效进行安全管理,首要任务是精准识别风险。机电设备安装施工因其独特的工程属性,呈现出一系列显著特点,并由此衍生出特定的安全风险。

### 1.1 施工特点分析

现代机电工程早已超越单一系统的简单叠加,而是集成了强电、弱电、暖通、给排水、消防、楼宇自控(BAS)等多个子系统的高度复杂综合体。这种高度的专业集成性意味着各专业管线纵横交错,设备接口繁多,对安装精度提出了极高要求,协调难度也随之剧增。与此同时,机电安装通常在土建、装饰等专业之后介入,作业面往往处于“半成品”状态,作业环境随工程进度不断动态变化,临边、洞口、脚手架、临时支撑等不安全因素普遍存在,且照明、通风条件常常不尽如人意<sup>[1]</sup>。更为严峻的是,在有限的作业空间内,机电安装队伍需要与土建、钢结构、幕墙、精装修等多个专业队伍同时作业,人员、物料、机具高度集中,相互干扰严重,极易因沟通不畅或协调失误而埋下事故隐患。此外,贯穿整个施工过程的高处作业、临时用电、起重吊装、动火作业等特种作业比例极高,构成了事故的高发领域。

### 1.2 主要安全风险识别

上述施工特点直接催生了多种典型的安全风险。其中,高处坠落风险最为常见且致命,作业人员在管廊、设备层、屋顶等高处进行作业时,若未设置或未正确使用安全防护设施,极易发生坠落事故。在密集的立体交

叉作业环境中,物体打击风险同样突出,上方作业不慎掉落工具、材料乃至吊装过程中失控的设备构件,都可能对下方人员造成严重伤害。触电风险则源于大量临时用电和电气设备调试活动,临时线路私拉乱接、配电箱管理混乱、漏电保护失效等问题,都是潜在的“电老虎”。对于大型机电设备如冷水机组、锅炉、变压器的吊装作业,其风险更是集中体现在方案不合理、机械带病作业、吊具索具失效、指挥信号不清等多个环节,任何一环的疏忽都可能导致灾难性的起重伤害。此外,动火作业若管理不善,极易引燃周边易燃物,酿成火灾甚至爆炸;小型电动工具的不当使用则可能导致机械伤害;而在风管、水箱、电缆井等有限空间内作业,若通风检测不到位、监护缺失,则可能使作业人员面临窒息或中毒的生命威胁。

## 2 当前机电设备安装安全管理中存在的主要问题

尽管行业对安全的重视程度日益提高,但在实际操作层面,机电安装安全管理仍面临诸多挑战。许多施工企业,特别是中小型分包单位,其安全管理体系往往流于形式,缺乏针对性和可操作性。安全生产责任制未能有效分解到每个岗位和每位工人,“一岗双责”落实不力,总包单位对分包单位存在“以包代管”现象,导致安全管理链条断裂。在风险管控方面,不少项目依然停留在“头痛医头、脚痛医脚”的被动模式,对危险源的辨识不全面、不深入,隐患排查治理也常常走过场,未能形成有效的闭环管理,使得同类隐患反复出现。安全教育培训的实效性普遍较差,内容陈旧、形式单一,难以触及工人的内心,新入场、转岗及特种作业人员的安全教育未能真正落地,导致一线作业人员安全意识淡薄、技能不足,习惯性违章行为屡禁不止。与此同时,现场专职安全管理人员不仅数量不足,部分人员还缺乏机电安装的专业知识背景,面对专业性强的风险点难以进行有效监管,过度依赖低效的人工巡检,监管存在明显盲区<sup>[2]</sup>。更为关键的是,在数字化浪潮席卷各行各业的今天,许多项目的安全管理仍停留在纸质台账、人工记录的初级阶段,未能有效利用BIM、物联网、大数据等先进技术进行风险预警和智能分析,安全管理的精细化与前瞻性水平严重滞后。

## 3 构建系统化的机电设备安装安全管理体系

针对上述问题,必须构建一个覆盖“事前、事中、事后”全周期,融合“人、机、料、法、环”各要素的系统化安全管理体系。

### 3.1 强化组织保障,压实安全责任

健全的安全管理始于强有力的组织保障。项目应建

立以项目经理为第一责任人的安全生产领导小组,清晰界定总包、分包、监理各方的安全管理边界与职责。总包单位必须摒弃“以包代管”的思维,将分包单位全面纳入统一的安全管理体系,实行“同标准、同要求、同考核”,确保管理无死角。在此基础上,企业需完善涵盖所有高风险作业的专项安全管理制度和操作规程,并通过推行安全生产责任清单,将责任层层压实到具体岗位和个人。同时,必须保障安全措施费用的足额投入,确保安全防护用品、设施、培训及隐患整改等关键环节有充足的资源支持,坚决杜绝因成本压缩而牺牲安全底线的行为。

### 3.2 深化风险预控,实施源头治理

有效的安全管理必须关口前移,将重心放在风险的源头治理上。项目应在启动阶段及各分部分项工程开工前,组织技术、安全、施工等多方力量,运用JSA(工作安全分析)、LEC(作业条件危险性评价)等科学方法,对所有作业活动进行全面、动态的危险源辨识与风险评估,形成并持续更新《重大危险源清单》和《风险分级管控清单》。这些抽象的风险评估结果必须转化为具体、可执行的安全技术措施,并通过可视化交底(如BIM动画、现场样板)等方式,清晰地传达给每一位作业人员,确保他们明确作业内容、风险所在及防范方法。对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程,如大型设备吊装,必须编制详尽的专项施工方案,组织专家论证,并在实施前完成严格的审批和全员交底程序,从方案源头上筑牢安全防线。

### 3.3 聚焦过程控制,筑牢安全防线

再完美的方案也需要在过程中得到严格执行。在高风险作业的实施阶段,必须加强全过程、全方位的监管。高处作业必须坚持“先防护、后作业”的铁律,确保安全带高挂低用,临边洞口的防护及时、牢固;临时用电管理要严格执行“三级配电、两级保护”原则,所有配电箱上锁,由持证电工负责,并定期巡检;起重吊装作业须实行许可制度,作业前全面检查机具索具,划定警戒区域,确保专人指挥、信号明确;动火作业则必须严格履行审批手续,彻底清理现场易燃物,配备足量消防器材,并设专人全程监护<sup>[3]</sup>。同时,应建立“日巡查、周检查、月排查”的常态化隐患排查机制,并借助信息化平台,实现隐患从发现、登记、整改到复查、销项的全流程闭环管理,确保整改措施责任、措施、资金、时限、预案“五落实”。面对复杂的交叉作业局面,总包单位应牵头建立高效的协调机制,通过每日协调会、BIM碰撞检查等手段,提前规划作业区域与时间,

最大限度减少冲突,保障作业安全有序。

### 3.4 赋能技术驱动,提升管理效能

科技是提升安全管理效能的关键引擎。BIM技术的应用不应仅限于管线综合排布,更应深度融入安全管理。通过4D/5D施工模拟,可以提前预演施工过程,发现潜在的空间冲突和安全风险,并将安全防护设施如生命线、操作平台等预先集成到BIM模型中,用于方案验证和可视化交底。物联网(IoT)技术则为现场监控带来了革命性变化,为高处作业人员配备的智能安全帽或手环可实时监测其位置与状态,一旦发生异常可自动报警;在关键点位部署的智能传感器能对电流、电压、吊装载荷等数据进行实时监控,超限时自动预警;AI视频监控系统更能自动识别未戴安全帽、未系安全带等违章行为,并即时推送预警信息。最终,通过整合BIM、IoT、人员定位、视频监控等多源数据,构建项目级智慧安全管控平台,利用大数据分析实现对安全风险的动态感知、智能预警和辅助决策,真正实现从被动响应到主动预防的转变。

### 3.5 厚植安全文化,激发内生动力

制度和技术的硬约束,而安全文化则是软实力,是激发全员参与安全管理的内生动力。安全教育培训必须打破传统“填鸭式”灌输的窠臼,积极采用VR/AR等沉浸式技术,让工人在虚拟环境中亲身体会违章操作的惨痛后果,从而在思想深处树立安全红线。通过开展“安全之星”评选、“行为安全观察(BBS)”等活动,鼓励员工主动发现隐患、制止违章,营造人人都是安全员的良好氛围。在此基础上,建立正向激励与负向惩戒相结合的机制,对安全表现突出者给予奖励,对重复违章、酿成事故者严肃追责,以此引导形成“人人讲安全、事事为安全、时时想安全、处处要安全”的强大文化磁场<sup>[4]</sup>。尤为重要的是,要将安全管理的重心下沉至班组,选好配强班组长,赋予其相应的安全管理权责,并通过班前会、安全日活动等形式,将安全理念和要求融入日常工作的点滴之中,打造坚实可靠的安全管理

“细胞”。

## 4 结语

本文通过对该领域风险特征的深入剖析和现存问题的系统诊断,提出了一套融合组织保障、风险预控、过程控制、技术赋能与文化建设于一体的五维安全管理体系。这一体系的核心价值在于推动安全管理范式从“被动应对”向“主动预防”、从“人防为主”向“技防+人防”深度融合的根本性转变,致力于构建一个全员参与、全过程覆盖、全方位受控的动态安全生态。展望未来,随着人工智能、数字孪生、5G通信等前沿技术的持续迭代与成熟,机电安装安全管理必将迈入一个更高阶的智能化时代。未来的智慧工地将不再仅仅是数据的采集中心,而是一个具备自我感知、自我分析和自我决策能力的有机体。通过构建与物理世界完全映射的项目数字孪生体,安全管理系统将能够实时洞察施工状态,精准预测潜在风险,并自动生成最优的干预策略,真正实现“预测-预警-预控”的一体化闭环。这不仅是技术工具的升级,更是安全管理哲学的深刻变革。唯有以开放的心态拥抱技术创新,以系统的思维推进综合治理,以文化的浸润凝聚全员共识,方能真正筑牢机电设备安装施工的安全防线,为行业的高质量、可持续发展保驾护航。

## 参考文献

- [1]郑福伟,林超群,沈阳峰.试分析机电设备安装项目安全管理[C]//中国机电装备维修与改造技术协会.机电装备技术论文交流及技术人才培育与发展研讨会论文集.温州警诚电气消防设施安全检测有限公司;温州市数智安责险服务保障中心;温州启达安全科技有限公司,2025:806-810.
- [2]曹巧珍.机电设备安装项目安全管理研究[J].水电站机电技术,2024,47(09):153-155+161.
- [3]陶利兵.机电设备安装工程的安全风险识别分析与评价[J].装备制造技术,2024,(07):113-116.
- [4]黄建勋.机电设备安装中的安全问题及管理实施路径[J].造纸装备及材料,2023,52(12):49-51.