

工业设备安装质量控制创新方法与实践

黄文杰

湖南省工业设备安装有限公司 湖南 株洲 412000

摘要: 本文深入探讨了工业设备安装质量控制创新方法与实践。首先分析了工业设备安装质量控制的重要性以及当前面临的问题,随后详细阐述了一系列创新方法,包括引入先进的质量管理理念、利用数字化技术、构建协同工作平台等,并结合实际案例介绍了这些方法在实践中的应用。通过研究得出,创新方法的应用能够显著提高工业设备安装质量,提升安装效率,降低安装成本,对工业生产的稳定运行和企业的可持续发展具有重要意义。

关键词: 工业设备安装; 质量控制; 创新方法; 实践应用

1 引言

工业设备安装是工业项目建设中的关键环节,其安装质量直接关系到工业生产的正常运行、设备的使用寿命以及企业的经济效益。随着工业技术的不断发展和进步,工业设备的复杂程度日益提高,对安装质量的要求也越来越严格。传统的工业设备安装质量控制方法在面对新的挑战时逐渐暴露出一些不足之处,因此,探索和应用创新的质量控制方法具有重要的现实意义。

2 工业设备安装质量控制的重要性

工业设备安装质量控制对于保障工业生产安全、提高设备运行效率、延长设备使用寿命及降低企业运营成本具有重要意义。在恶劣工作条件下,如化工企业的反应釜和管道,安装不当会引发安全事故,威胁生命与财产安全;电力行业的发电机若安装精准,则能提升发电效率和电网稳定性。高质量安装不仅减少了设备间的磨损和疲劳,例如机械制造中的机床,确保其加工精度和寿命,还降低了返工、维修频次及其相关成本。通过减少设备故障造成的生产中断,提高了生产效率,从而全面降低了企业的运营成本。因此,严格的质量控制是工业设备安装过程中不可或缺的一环。

3 工业设备安装质量控制面临的问题

工业设备安装质量控制面临诸多挑战。首先,施工人员素质参差不齐,部分人员缺乏专业培训,对安装工艺和标准掌握不清,影响安装质量。其次,随着新型设备不断出现,安装工艺和标准更新滞后,导致施工缺乏科学指导,仅凭经验操作易引发问题。同时,质量检测手段仍较落后,传统人工检测精度低、效率差,难以发现细微缺陷,埋下安全隐患。此外,施工过程管理不善也是一大问题,多环节、多专业的协调不畅导致进度安排不合理、工序交接混乱、质量监督不到位,严重影响整体安装质量的控制与保障。

4 工业设备安装质量控制创新方法

4.1 引入先进的质量管理理念

4.1.1 全面质量管理(TQM)理念

全面质量管理强调以质量为中心,以全员参与为基础,通过让顾客满意和本组织所有成员及社会受益而达到长期成功的管理途径。在工业设备安装中,引入全面质量管理理念,要求企业从项目策划、设计、采购、施工到验收的全过程都注重质量控制,将质量目标分解到各个部门和岗位,形成全员参与的质量管理体系^[1]。例如,在项目策划阶段,就要充分考虑设备安装的质量要求,制定详细的质量计划;在施工过程中,加强对施工人员的培训和质量意识教育,鼓励他们积极参与质量管理活动,及时发现和解决质量问题。

4.1.2 六西格玛管理理念

六西格玛管理是一种以数据为基础,追求几乎完美的质量管理方法。它通过定义、测量、分析、改进、控制(DMAIC)五个阶段,对工业设备安装过程中的质量问题进行系统分析和改进。例如,在设备安装过程中,通过收集和分析安装质量数据,找出影响安装质量的关键因素,然后制定针对性的改进措施,不断提高安装质量的稳定性。

4.2 利用数字化技术

4.2.1 建筑信息模型(BIM)技术

BIM技术是一种应用于工程设计、建造、管理的数据化工具,通过对建筑的数据化、信息化模型整合,在项目策划、运行和维护的全生命周期过程中进行共享和传递,使工程技术人员对各种建筑信息作出正确理解和高效应对。在工业设备安装中,利用BIM技术可以建立设备安装的三维模型,提前发现设备安装过程中的碰撞问题,优化安装方案,提高安装效率和质量。例如,在大型化工项目中,通过BIM技术可以对各种管道、设备进行

虚拟安装,检查管道与设备、管道与管道之间的空间位置关系,避免在实际安装过程中出现碰撞和干涉问题。

4.2.2 物联网技术

物联网技术是通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等各种装置与技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息,通过各类可能的网络接入,实现物与物、物与人的泛在连接,实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。在工业设备安装中,利用物联网技术可以对设备的安装过程进行实时监控,采集设备的安装位置、姿态、应力等数据,及时发现安装过程中的异常情况并进行预警^[2]。例如,在大型桥梁设备的安装过程中,通过在设备上安装传感器,实时监测设备的安装状态,确保设备安装的精度和安全性。

4.2.3 大数据分析技术

大数据分析技术是指对规模巨大的数据进行分析,从中提取有价值的信息和知识。在工业设备安装中,通过收集和分析设备安装过程中的各种数据,如安装工艺参数、质量检测数据、设备运行数据等,可以发现设备安装质量的规律和趋势,为质量控制提供决策支持。例如,通过对大量设备安装质量数据的分析,找出影响安装质量的主要因素,制定相应的预防措施,提高安装质量的稳定性。

4.3 构建协同工作平台

4.3.1 项目管理协同平台

建立项目管理协同平台,将项目业主、设计单位、施工单位、监理单位等各方纳入平台,实现项目信息的实时共享和协同工作。在平台上,各方可以及时上传和下载项目文件、图纸、变更通知等资料,进行在线沟通和交流,及时解决施工过程中出现的问题。例如,在设备安装过程中,如果发现设计图纸存在问题,施工单位可以通过协同平台及时与设计单位沟通,设计单位可以快速对图纸进行修改和回复,避免因沟通不畅导致的安装质量问题。

4.3.2 供应链协同平台

工业设备安装涉及到大量的设备和材料采购,建立供应链协同平台可以实现设备供应商、材料供应商与施工单位之间的信息共享和协同运作。在平台上,施工单位可以实时了解设备和材料的生产进度、运输情况等信息,合理安排施工计划;供应商可以根据施工单位的需求及时调整生产和供应计划,确保设备和材料的及时供应。例如,在大型工业项目中,通过供应链协同平台可

以实现对关键设备的全程跟踪,确保设备按时、按质、按量到达施工现场,为设备安装提供保障。

4.4 加强人员培训和管理

4.4.1 开展专业技能培训

针对施工人员素质参差不齐的问题,企业应定期开展专业技能培训,提高施工人员的安装技术水平。培训内容可以包括设备安装工艺、质量标准、安全操作规程等方面,通过理论教学和实际操作相结合的方式,使施工人员熟练掌握安装技能^[3]。例如,对于新型设备的安装,企业可以邀请设备制造商的技术人员对施工人员进行培训,让他们了解设备的结构、性能和安装要点。

4.4.2 建立绩效考核机制

建立科学合理的绩效考核机制,对施工人员的工作质量和效率进行考核评价,将考核结果与薪酬、晋升等挂钩,激励施工人员提高工作质量和效率。例如,设立安装质量奖励基金,对安装质量优秀的施工人员进行奖励;对出现安装质量问题的施工人员进行处罚,促使他们增强质量意识。

4.5 优化质量检测手段

4.5.1 采用无损检测技术

无损检测技术是指在不损害或不影响被检测对象使用性能的前提下,利用材料的内部结构异常或缺陷存在引起的热、声、光、电、磁等反应的变化,以物理或化学方法为手段,借助现代化的技术和设备器材,对试件内部及表面的结构、性质、状态及缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化进行检查和测试的方法。在工业设备安装质量检测中,采用无损检测技术可以检测设备内部的缺陷,如裂纹、气孔等,提高检测的准确性和可靠性^[4]。例如,在压力容器安装完成后,采用超声波检测、射线检测等无损检测技术对容器进行全面检测,确保容器的安全性能。

4.5.2 应用智能检测设备

随着科技的发展,智能检测设备不断涌现,这些设备具有检测精度高、效率高、自动化程度高等优点。在工业设备安装质量检测中,应用智能检测设备可以提高检测效率和质量。例如,采用激光跟踪仪对大型设备的安装精度进行检测,可以快速、准确地获取设备的安装位置和姿态数据,为设备安装的调整和校正提供依据。

5 创新方法在工业设备安装质量控制中的实践应用

5.1 中科炼化一体化项目设备安装质量控制实践

5.1.1 项目概况

中科炼化一体化项目是中国石化重点建设的千万吨级炼油、百万吨级乙烯项目,位于广东湛江,涉及大量

复杂化工设备安装,包括催化裂化装置、加氢反应器、乙烯裂解炉等。项目对设备安装精度、焊接质量及防腐性能要求极高,直接关系到装置长周期安全运行。

5.1.2 创新方法应用

(1) BIM+激光扫描深度融合技术:在设备安装阶段,项目团队采用BIM技术构建全厂三维模型,结合激光扫描技术对已安装设备进行实测数据采集。通过将点云数据与BIM模型对比,动态校核设备垂直度、水平度及间距偏差,精度达 $\pm 2\text{mm}$ 。例如,在催化裂化装置沉降器安装中,发现传统测量方法难以察觉的 0.3° 倾斜偏差,及时调整支撑结构,避免后期返工。(2) 焊接质量数字化管控系统:开发焊接质量管理系统(WQMS),通过物联网传感器实时采集焊接电流、电压、层间温度等参数,结合焊工身份识别技术,实现焊接过程100%可追溯。在乙烯装置低温储罐焊接中,系统自动预警3次超热输入事件,将焊接一次合格率从92%提升至98.7%。

(3) 防腐施工智能监控:应用无人机搭载多光谱成像仪,对设备防腐涂层进行全覆盖检测。通过AI算法分析涂层厚度、针孔缺陷,检测效率较传统人工检测提升5倍。在加氢反应器防腐施工中,发现并修复12处隐蔽缺陷,避免投产后的腐蚀泄漏风险。

5.1.3 应用效果

项目设备安装质量验收合格率达99.3%,焊接返修率下降67%,防腐涂层验收一次通过率100%。项目提前3个月中交,获评中国石化“优质工程金奖”,投产以来连续安全运行超1000天。

5.2 白鹤滩水电站机组安装质量控制实践

5.2.1 项目概况

白鹤滩水电站是全球在建装机规模最大的水电站,单机容量100万千瓦的水轮发电机组安装精度要求达到0.01mm级,远超行业常规标准。项目面临超大尺寸部件吊装、复杂应力场控制等技术挑战。

5.2.2 创新方法应用

(1) 高精度磁悬浮测量系统:自主研发磁悬浮坐标测量系统,通过激光干涉仪与磁力吸附装置结合,实现转子、定子间隙的动态测量。在首台机组安装中,将轴系摆度控制在0.02mm以内(行业标准为0.05mm),机组运行振动值仅0.01mm,达国际领先水平。(2) 应力应变实时监测网络:在机组基础环、推力轴承等关键部

位布置3000余个光纤光栅传感器,构建三维应力场监测系统。通过实时分析混凝土徐变、温度梯度对机组的影响,优化浇筑养护工艺。监测数据显示,基础环最大沉降量控制在0.15mm内,仅为设计允许值的30%。(3) 虚拟调试技术:搭建机组数字孪生模型,在计算机中模拟机组运行工况,提前发现水力激振、电磁振动等潜在问题。通过2000余次虚拟调试,优化导叶开度曲线、冷却水流速等参数,使机组效率达96.7%,较传统设计提升1.2个百分点。

5.2.3 应用效果

项目16台机组全部实现“零配重”安装,运行稳定性达国际顶尖水平。其中8号机组获评“全球最佳效率机组”,项目获2022年度国际大坝委员会“碾压混凝土里程碑工程奖”,为我国高端装备制造制造树立新标杆。

结语

工业设备安装质量控制是工业项目建设中的重要环节,关系到工业生产的安全、效率和经济效益。面对当前工业设备安装质量控制中存在的问题,引入先进的质量管理理念、利用数字化技术、构建协同工作平台、加强人员培训和管理以及优化质量检测手段等创新方法具有重要的应用价值。通过实际案例可以看出,这些创新方法的应用能够显著提高工业设备安装质量,提升安装效率,降低安装成本。在未来的工业设备安装中,应进一步推广和应用这些创新方法,不断完善质量控制体系,以适应工业技术不断发展的需求,为工业生产的稳定运行和企业的可持续发展提供有力保障。同时,随着科技的不断进步,还应积极探索和应用新的质量控制技术和方法,推动工业设备安装质量控制水平不断提高。

参考文献

- [1]熊政.提升工业设备安装施工质量的策略与实践[C]//贵州煤炭经济2024年论文选编.广西建工集团第一安装工程有限公司,2024:159-161.
- [2]赵武斌.工业设备安装施工质量的影响因素及控制策略[J].造纸装备及材料,2022,51(12):163-165.
- [3]李中祥.工业设备安装质量控制探讨[J].低碳世界,2022,12(01):193-195.
- [4]董小震.工业设备安装技术的质量管理要点分析[J].中国设备工程,2021,(01):212-213.