

# 水利水电工程施工中机电设备安装质量控制与安全管理

韦安顺<sup>1</sup> 侯媛媛<sup>2</sup> 王飞<sup>3</sup> 李卫东<sup>3</sup> 郑光昌<sup>1</sup>

1. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

2. 山东创元水务有限公司 山东 济南 250110

3. 山东环发工程管理有限公司 山东 济南 250100

**摘要:** 本文旨在提升水利水电工程机电设备安装质量与施工安全水平,采用文献研究及系统分析方法,从安装全流程探究质量控制关键点与安全管理难点。研究发现,设备选型适配不足、安装工艺不规范、安全责任体系不健全是主要问题。通过构建“事前预防-事中管控-事后验收”质量控制体系与“技术+管理”双重安全防护机制,可显著提升安装质量合格率、降低安全事故发生率。结论表明,科学管控模式能保障工程顺利推进,为同类工程提供参考。

**关键词:** 水利水电工程; 机电设备安装; 质量控制; 安全管理

## 引言

水利水电工程作为国家重要基础设施,承担防洪、水资源调配等核心任务,机电设备作为工程核心组件,其安装质量与施工安全直接决定工程功能发挥与长期稳定运行。随着工程规模扩大与技术升级,机电设备呈现大型化、智能化趋势,安装工艺愈发复杂,质量与安全风险隐患显著增加。近年来,安装质量缺陷与安全管理疏漏导致的工程事故频发,造成重大经济损失与社会影响。因此,开展机电设备安装质量控制与安全管理研究,对保障工程质量安全、提升建设效益具有重要现实意义。

### 1 机电设备安装质量控制与安全管理现状分析

#### 1.1 质量控制现状

当前水利水电工程机电设备安装质量控制虽已形成基础框架,但全流程仍存在明显短板。设备选型阶段,部分工程受成本约束存在“重价轻配”倾向,未充分结合水文条件与运行负荷匹配参数,导致设备安装后效率偏低、故障频发。安装施工环节,工艺标准化执行不足,管道焊接未严格遵循评定要求、电气接线虚接漏接、设备基础找平找正偏差超标等问题突出,直接影响运行稳定性。质量验收环节,指标量化程度低、检测方法单一,对隐蔽工程验收缺乏有效手段,难以及时发现深层隐患。此外,质量责任追溯机制不完善,多依赖纸质记录,信息传递滞后,问题发生后难以快速定位责任主体,制约管控效能提升。

#### 1.2 安全管理现状

安全管理面临意识、制度、防控多重挑战。安全意

识层面,部分施工人员存在侥幸心理,对高空坠落、触电等高危风险认知不足,违规操作时有发生。制度执行层面,安全管理制度“落地难”,应急预案缺乏针对性与可操作性,应急演练流于形式,难以应对突发事件。现场防护层面,安全投入不足导致设施配置不完善,高空作业防护缺失、临电未配漏电保护器等问题增加事故概率。安全监管层面,人员数量不足、专业能力参差不齐,对交叉作业、夜间施工等高危环节监管存在盲区,违规处罚力度不足,难以形成有效震慑,导致隐患长期存在<sup>[1]</sup>。

### 2 机电设备安装质量控制关键点分析

#### 2.1 设备选型与进场检验

设备选型需构建“工况适配-技术验证-全生命周期”三维体系,结合工程水文条件、负荷波动及腐蚀等级开展参数模拟,优先选择通过ISO认证且具备水利水电专项业绩的厂家,避免“重价轻能”导致的适配性问题。进场执行“三查四验”制度:核查型号规格与合同一致性,查验出厂合格证、检测报告及认证文件,检查外观损伤与密封情况,校验关键部件尺寸精度。对水泵叶轮、电机转子等核心部件采用超声波探伤、动平衡测试,高压电气设备需做绝缘电阻及介损值试验,检测合格并形成书面记录后方可入库安装,从源头阻断隐患。

#### 2.2 安装工艺控制

推行“标准化作业-技术交底-过程溯源”全流程管控,针对设备类型制定专项方案:水泵机组安装控制基础放线精度(轴线偏差 $\leq 2\text{mm}$ )、找平找正(水平度偏差 $\leq 0.02\text{mm/m}$ ),联轴器同轴度用百分表检测(径向跳动 $\leq 0.05\text{mm}$ ,端面跳动 $\leq 0.03\text{mm}$ );电气设备安装遵循《电气装置安装工程施工及验收规范》(GB 50254-

**作者简介:** 韦安顺(1994.1.20-),男,工程师,本科,从事工程监理及技术咨询。

2014), 电缆弯曲半径不小于直径15倍, 母线连接用力矩扳手紧固。施工前结合BIM技术模拟交底, 明确操作要点; 施工中用信息化手段记录工艺数据, 如焊接参数实时采集, 形成可追溯档案, 确保按标作业。

### 2.3 系统调试质量控制

构建“静态校验-动态测试-联合验收”三级体系。调试前核查安装及隐蔽工程资料, 管道系统做压力试验(设计压力的1.25-1.5倍), 电气系统测绝缘电阻(高压设备 $\geq 1000\text{M}\Omega$ )。动态调试分阶段进行: 单机监测空载参数(电机轴承温度 $\leq 75^\circ\text{C}$ 、振动加速度 $\leq 4.5\text{mm/s}^2$ ); 系统联动模拟工况, 测试设备协同性能(水泵流量扬程与设计值偏差 $\leq 5\%$ , 电气保护动作可靠)。用智能系统实时采集数据, 异常及时排查, 合格后签署报告作为验收核心依据。

### 2.4 质量验收与缺陷处理

遵循“分项验收-分部评定-竣工验收”原则, 建立“量化指标-多元检测-闭环整改”机制。制定细化标准, 明确设备安装偏差、焊缝合格率等指标需达100%。验收采用“目测+实测+试验”: 外观查平整度与紧固性, 实测用激光测距仪等测精度, 性能通过负荷及耐久性试验验证。缺陷建立电子台账, 明确责任、措施与期限, 实行“整改-复检-销号”闭环。隐蔽工程实行旁站监理, 合格后方可进入下道工序, 确保投运稳定<sup>[2]</sup>。

## 3 机电设备安装安全管理难点剖析

### 3.1 高危作业场景安全风险叠加

水利水电工程机电设备安装涉及高空、地下、水上及设备吊装等多类高危作业场景, 风险具有叠加性与突发性。高空作业中, 作业平台受地形限制稳定性不足, 加之风力、雨雪等自然因素影响, 易导致人员坠落; 地下作业环境封闭, 通风条件差, 存在坍塌、有毒有害气体积聚等风险, 且应急救援通道狭窄, 事故发生后疏散难度大。水上作业受水流速度、水位涨落等因素制约, 设备运输与安装过程中易发生船只倾覆、人员溺水。设备吊装作业中, 因大型设备吨位大、安装精度要求高, 吊具选型不当、吊装指挥信号不规范或地基承载力不足等问题, 均可能引发设备坠落、吊机失稳等恶性事故, 造成重大财产损失与人员伤亡。

### 3.2 多专业交叉作业安全协同不足

机电设备安装需与土建施工、金属结构安装、给排水工程等多个专业交叉进行, 作业面分散、人员流动性强, 安全协同管理难度大。不同专业施工单位之间存在施工计划衔接不畅、安全责任划分模糊等问题, 易出现作业冲突。例如, 土建施工未完成设备基础养护就开展

机电设备安装, 可能导致基础沉降; 金属结构焊接作业与电气设备接线同步进行时, 焊接火花易引燃电气线路绝缘层, 引发火灾或触电事故。此外, 交叉作业现场安全防护措施缺乏统一规划, 各专业施工人员安全操作标准不统一, 增加了误操作风险, 且安全监管难以实现全覆盖, 存在监管盲区<sup>[3]</sup>。

### 3.3 设备调试阶段安全管控难度大

设备调试阶段是安全事故高发期, 此时设备从静态安装转向动态运行, 风险点增多且隐蔽性强。高压电气设备调试时, 若未按规程进行绝缘电阻测试、耐压试验就通电, 可能导致短路放电, 甚至引发电弧灼伤; 水泵机组调试前未检查管道阀门启闭状态、排空管道内空气, 启动后易造成管道超压破裂, 高压水流喷射伤人。同时, 智能化设备调试涉及复杂的程序设置与参数调整, 调试人员若对设备控制系统不熟悉, 易因操作失误导致设备误动作。此外, 调试过程中需频繁进行启停操作, 设备状态切换频繁, 应急处置预案若缺乏针对性, 一旦出现异常情况, 调试人员难以及时采取有效措施, 可能导致事故扩大。

## 4 机电设备安装质量控制优化措施

### 4.1 构建全流程闭环质量管控体系

建立“事前预防-事中管控-事后追溯”全流程闭环体系, 明确各环节责任主体与标准。事前深化设计交底与图纸会审, 结合水文条件和运行需求优化设备选型, 引入全生命周期成本分析避免“重价轻配”; 制定专项施工组织设计与质量计划, 明确关键工序控制点及验收标准。事中严格推行“三检制”, 强化旁站监理, 对管道焊接、电气接线等关键工序实行“首件验收制”; 通过信息化平台实时采集焊接参数、安装偏差等数据, 实现质量动态监测预警。事后完善责任追溯机制, 建立电子质量档案, 将验收结果与绩效挂钩; 对质量问题实行“整改-复检-销号”闭环管理, 确保问题清零。

### 4.2 推进安装工艺标准化与智能化升级

制定工艺标准手册, 细化设备安装技术要求、操作步骤及验收指标, 实现标准化全覆盖。加强施工人员培训, 结合VR虚拟仿真开展实操演练, 定期考核合格后方可上岗。引入先进技术设备, 利用BIM技术进行施工模拟与碰撞检测, 优化安装路径; 采用自动化焊接机器人、激光对齐仪等智能设备, 提升焊接质量与安装精度。建立工艺监督机制, 通过现场巡检、视频监控核查落实情况, 对违规操作严肃追责, 确保标准落地<sup>[4]</sup>。

### 4.3 优化质量检测与验收评价体系

构建“传统检测+智能监测”多元化体系, 提升检测

准确性。对焊缝、零部件采用超声波探伤、射线检测等无损技术,及时发现内部缺陷;对电气绝缘性能、水泵振动等参数,通过智能传感器实时采集数据,经大数据分析评估质量。完善验收标准,细化量化指标,验收采用“目测+实测+性能试验”结合的方法,重点核查隐蔽工程记录与调试报告。引入第三方检测机构进行独立验收,确保结果客观公正,合格后方可进入下道工序。

#### 4.4 强化供应链协同质量管控

建立供应商与分包单位协同机制,实现全链条质量管控。采购阶段严格审核供应商资质,签订战略合作协议及质量协议,明确性能参数、检测标准及违约责任;引入供应商评价体系,定期考核优胜劣汰。施工中加强技术对接,要求供应商派驻人员现场指导;对分包单位实行“准入制”,审核资质与能力并纳入整体质量体系,定期开展检查考核。建立供应链质量信息共享平台,实时传递生产、安装、检测等信息,实现问题快速响应与协同解决。

### 5 机电设备安装安全管理提升策略

#### 5.1 强化安全意识与培训教育

树立“安全第一、预防为主”的理念,加强安全宣传教育,提高施工人员的安全意识与自我防护能力。制定系统的安全培训计划,对新进场人员进行三级安全教育,对特种作业人员进行专项培训与考核,考核合格后方可持证上岗。定期组织安全知识讲座、案例分析会等活动,增强施工人员对安全风险的认知与应急处置能力。同时,将安全绩效与个人薪酬挂钩,激励施工人员规范操作。

#### 5.2 完善安全管理制度与责任体系

健全安全管理制度,制定涵盖高空作业、用电安全、设备吊装各环节的安全操作规程,完善应急预案,定期组织应急演练,提高应急处置能力。建立“横向到边、纵向到底”的安全责任体系,明确项目负责人、技术负责人、施工班组负责人及施工人员的安全责任,签订安全责任书,将安全责任层层落实到位。加强安全监管力度,配备足够的安全管理人员,加大对违规操作行为的处罚力度,形成“不敢违、不能违、不想

违”的安全管理氛围。

#### 5.3 加强现场安全防护与风险管控

加大安全投入,完善现场安全防护设施,如在高空作业区域设置安全网、防护栏杆,在临电作业场所配备漏电保护器,为施工人员配备合格的个人防护用品。对施工现场进行风险分级管控,识别重大安全风险源,制定专项防控方案,设置明显的安全警示标志。加强施工现场的日常安全巡检,及时发现并消除安全隐患,对排查出的隐患建立台账,明确整改责任与期限,确保隐患整改到位。

#### 5.4 优化多专业交叉作业协调管理

建立多专业交叉作业协调机制,明确各专业施工顺序与时间节点,避免作业冲突。设立专门的协调机构,负责各专业之间的沟通协调,及时解决施工中的矛盾与问题。在交叉作业前,组织各专业施工人员进行安全技术交底,明确安全注意事项与防护措施。加强现场监护,在交叉作业区域安排专人监护,确保施工安全有序进行。

### 6 结语

本文通过现场调研,深入探讨水利水电工程机电设备安装质量控制与安全管理的现状、关键点及难点,提出全流程质量管控、工艺标准化建设、安全意识提升、责任体系完善等优化措施。研究表明,科学的管控模式能有效提升安装质量、降低安全事故发生率,保障工程顺利推进。未来可聚焦智能化技术应用,如利用物联网实时监测安装过程、结合人工智能预测风险,为机电设备安装提供更高效精准的管控手段。

#### 参考文献

- [1]孙承鹏.大型泵站机电设备安装管理的分析与探讨[J].水电站机电技术,2024,47(02):106-109.
- [2]李昂.大型泵站机电设备安装分析及措施[J].水电站机电技术,2024,47(02):27-30+123.
- [3]魏国.BIM技术在机电设备安装及运行管理中的应用[J].山东水利,2022,(03):65-67.
- [4]荣中秋.陆上风电项目设备安装现场监理质量控制措施[J].建设监理,2021,(07):85-87.