

水电站机电设备安装工程施工技术应用

李顺风，他得鹏

(中国水利水电第七工程局有限公司，四川 成都 610000)

摘 要 在水电站建设提质增效的背景下，机电设备安装工程施工技术已成为保障系统安全稳定运行的关键环节。基于此，本文阐述了水电站机电设备安装工程施工技术的必要性，并提出细化安装工艺流程、严控关键节点施工、推进智能化管理手段、建立多方协调模式策略，旨在对构建系统化施工技术路径有所裨益，进而助力水电站机电实现精准安装及高效协同，推动清洁能源工程高质量发展。

关键词 水电站；机电设备安装工程；技术规范；材料验收；图纸会审模式

中图分类号: TV7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.014

0 引言

水电站工程作为国家能源基础设施的重要组成部分，其机电设备安装工作对整体系统的安全性起着决定性作用。随着工程建设规模不断扩大，机电设备结构愈加复杂，设备布设更趋精细，施工管理环节的技术组织能力直接影响安装质量。施工过程中对精准度的要求促使技术管理前置化，图纸审阅、方案编制、材料核验等工作环节相互关联、层层推进，任何一环的失误都可能导致系统运行紊乱或后期返工。机电安装环节承担着技术执行任务，更承载着工程实施全过程中对设计、管理及协调能力的集中检验，必须以技术策略做统筹安排，以符合实际条件的施工方案保障设备高质量落地。

1 水电站机电设备安装工程中的施工技术控制要点分析

1.1 明确技术规范要求

水电站机电设备安装工程具有高度的专业性，其施工技术必须在明确的规范模式指导下。技术规范规定各类设备安装的具体参数标准，还对施工工艺、流程控制及验收方式作出清晰限定，构成整个工程技术执行的基础框架。由于水电站运行依赖多种机电设备之间的精准协同，若在安装阶段忽视技术标准的统一，极易导致设备运行误差、控制失灵或系统故障。因此，技术规范明确性是控制风险的起点，也是质量可控的前提。安装工程的实施单位需将技术标准落实至工程各节点，保证每一项操作均能在标准化管理下完成。唯有在规范约束中展开施工技术应用，才能保障水电站机电系统高效运行，形成良性的质量控制模式^[1]。

1.2 完善材料验收流程

水电站机电设备的安装质量取决于技术操作的精准性，也深受材料设备本身质量的制约。施工技术的执行需以合格的材料为前提，因而材料验收流程的完善程度直接关系到后续工作的技术基础。施工过程中涉及大量电气元件、控制装置及传动设备，任一环节材料出现质量瑕疵，均可能造成工程延期或结构安全隐患。验收流程必须建立在图纸设计及标准规范的严格对照之上，结合外观检测、性能检验及文书审核等多维手段可形成程序化的技术核查模式。对材料设备的进场、报验、存储等全过程设定明确技术要求，是提升施工技术可控性的关键一环。在材料管控未达标准的条件下，任何高质量的施工技术都难以达到预期成效，因此验收流程的完善性已成为施工技术价值能否充分释放的重要前提。

1.3 优化图纸会审模式

水电站机电设备安装涉及大量结构复杂、空间密集的布设内容，工程图纸承载着对施工技术路径的整体规划。在此基础上，图纸会审作为施工前的关键环节，肩负着核对设计合理性、发现潜在冲突及保证施工可行性的技术任务。由于水机电系统通常涵盖高压电气、水力控制、自动监测等多个子系统，图纸间接口协调及细节布设极易出现逻辑矛盾。若未经过严谨细致的图纸会审，施工过程中极易出现错位、返工甚至设备无法就位等技术问题，直接影响整个工程的推进节奏。施工单位优化图纸会审模式能够提前发现问题、预判风险并调整施工组织，从而减少现场不确定性。会审过程是技术比对的程序，也能全面验证施工技术的可执行

性,体现施工管理对技术风险控制能力的核心水平^[2]。

2 水电站机电设备安装工程施工技术的应用策略

2.1 细化安装工艺流程,保证机电系统对位精准

水电站机电设备安装工程的复杂性要求施工技术具备高度的精密性,机电系统中各类设备之间存在严密的结构衔接,对位精度直接决定运行的稳定性。因此,细化安装工艺流程是保障工程顺利的关键路径,也是保证整体机电系统精准对接的重要技术策略。在此过程中,过程质量控制思想很关键,在每一道工艺环节设置控制点,及时预警调整技术偏差及隐患可有效保障工艺执行的严谨性。只有当每一环节的施工技术都落实到标准、落实到细节,才能达成设备之间的精准匹配,最终构建起高质量、高稳定性的运行系统。

在机电设备安装过程中,相关工作人员需严格依照“施工图纸与技术规范”开展具体工作,注重细化过程质量控制环节。在水电站主机设备基础施工完成后,技术人员先依据图纸核查主设备安装位置,使用全站仪对基准线及中心点复测,保证坐标点数据与设计图完全一致。在主机底座定位完成后,焊接工段负责人则对连接部件焊缝设定全过程质量控制点,实施质量检测每一道焊接工序。焊工在完成一道焊接后应立即提交检验,质检人员可严格审核焊缝的外观平整度、接头尺寸及内部缺陷,排除气孔、夹渣等隐患。合格后方可进入下一道焊缝连接。在电气设备接线环节,电气工程师可对电缆敷设、端子压接、电压测试等步骤同步设置关键节点的质量验收要求。若电缆绝缘电阻数值不在标准范围内,则立即停止下一步工序推进,返工至符合技术要求。在整个安装流程中,各工序负责人每日对已完成节点填写施工记录,技术主管定期组织回顾会议,对质量控制点的实际执行效果反馈修正。采用这种全过程质量控制的技术管理模式能够保证水电站机电设备安装过程中达到精准对位,促进现场可视、可控、可检的具体行动。

2.2 严控关键节点施工,压实水电设备质量基础

在水电站机电设备安装工程中,关键节点的施工质量直接决定设备整体运行性能及结构安全性^[3]。施工技术的有效性并非均质分布于各个环节,而是集中体现于高风险、高精度、高强度的关键工序中。这些节点往往涉及重型部件的吊装、复杂系统的接口安装或高压设备的接入连接,容错空间极小。若不对其前置性技术规划及阶段性质量压实,将会在后续运

行中引发系统协调障碍、频繁维修乃至功能失效。为保证安装工程质量基础扎实可靠,必须将关键节点列为重点监管区域,详细制定方案、人员培训及资源配置,形成专门化的施工技术处理路径。推动技术管理向深度及精度延伸,是保障整座水电站工程技术水准的重要举措。

在水轮发电机组安装前,相关工作人员可组织开展详细施工准备工作,技术负责人可依据设计图纸及设备技术说明,专门规划转子吊装环节,明确起吊点、旋转角度、吊装路线及安装标高的误差允许值。由于该转子属于大型构件,重量达百余吨,施工技术组在设备选型阶段需跟设备厂家联合测算,最终确定采用特种定制的液压塔式起重机以保证操作空间及承载能力满足施工需求。吊装方案经监理审核后,施工人员需分组接受专项技术交底,由工程师分别讲解设备技术参数、作业区域风险点、操作规范及质量验收标准,保证每位操作人员对关键节点施工流程及安全技术要点达到熟练掌握。在转子吊装正式开始前,工程物资部门提前调拨高强度吊耳、锁紧装置、测距定位器等辅助工具,并完成材质检测。施工现场配备专用监测系统,全程记录转子起吊过程中的角度偏移。项目安全员在作业区域设置硬质隔离,并在全过程内保持通讯联络畅通。在转子就位过程中,技术员需使用激光测距仪精准比对轴心位置,控制偏差在毫米级范围内。整个作业流程完成后,工程技术负责人可组织现场验收会议,对比施工过程及技术交底内容核查,并将过程数据纳入质量备案系统。严控这一关键节点的施工环节,以全面保障水电站核心机电设备的安装精度以及结构稳定性,从根本上夯实整个工程的质量基础。

2.3 推进智能化管理手段,增强工程调度执行力

随着水电站机电设备安装工程建设规模及技术要求持续提升,传统施工技术及管理方式已逐渐难以满足复杂系统的动态协调需求。借助智能化设备及信息集成平台,施工现场能够实现实时数据采集、自动预警响应及远程技术调控,使安装过程更加精准、高效及可控。与此同时,智能传感、自动控制及远程监控等新型功能已逐渐嵌入各类水电站核心机电设备中,打破传统管理依赖人工巡检、纸质记录及手动调度的低效模式。这一策略的核心在于以数据驱动决策、以系统支撑操作、以平台促进协同,从而全面提升机电设备安装施工技术的响应速度,使调度环节从“依经验”走向“可量化”。

在主厂房水轮发电机组安装期间,相关工作人员可引入带有“智能监控系统”的新型发电机本体,该设备配备的高精度振动传感器及嵌入式温度传感模块能够实时监测转子运行状态并将数据同步上传至项目调度平台。相关工作人员在系统配置初期对传感器标定,需保证数据精度满足 $\pm 0.01\text{ mm}$ 的动态误差控制。设备启动调试阶段,系统则自动记录各类参数变动情况,并结合算法识别异常趋势。当某一测点温度偏离预设阈值时,控制中心第一时间收到警报,调度人员则立即根据系统反馈调整散热装置运行频率,并发出暂停指令至就近作业组。现场工程师利用手持终端设备,接收调度中心推送的实时调整指令可迅速完成检修操作。在设备就位过程中,项目负责人依托远程图像传输系统全程监控起吊过程,平台智能识别吊装角度及位移幅度,并自动生成过程记录存档。经过这套智能化管理系统,项目调度层能够动态掌握施工节奏合理调配作业资源,显著减少等待工序及重复操作的出现率。安装工程在全过程中保持高效、精密、有序运行,从而为水电站后期运行阶段的运维模式预设数字化管理基础。

2.4 建立多方协调模式,优化复杂设备安装路径

在水电站机电设备安装工程中,设备类型多、系统接口复杂、技术环节密集,顺利推进任何一项施工技术都依赖于设计、施工、监理等多方的高效配合。设备安装路径的合理与否不仅影响工程进度,也直接关系到能否在设计意图下充分发挥设备性能^[4]。因此,建立多方协调模式已成为优化复杂设备安装路径的关键环节。设计交底、实时沟通及联动调整,不同主体间能够根据设备结构特点、安装空间、施工工序等问题形成清晰共识,减少误解冲突,提高技术决策的针对性。在面对现场与图纸不符、设计细节遗漏或环境条件变化等情况时,多方协作模式可实现快速响应及同步修正,保证施工技术方案在全过程中保持逻辑闭合及执行通畅。构建协同模式的最终目标,是以最短路径、最小风险、最高效率完成复杂设备的性能保障^[5]。

在进行进水口闸门安装前,相关工作人员可以组织召开“设计单位与施工团队的专项协调会”。相关工作人员需详尽讲解闸门结构参数、开启角度、导轨嵌入深度及密封结构要求,并在会议现场展示 3D 设计模型,使施工技术组充分掌握设备构造及安装意图。结构工程师在翻阅地质勘查资料过程中,发现实际岩层厚度及原始设计存在偏差,若按原图纸施工,将导

致闸门基础锚固深度不足。技术负责人则在现场提出疑点,并随即发起书面技术交底函。与此同时,设计单位将派出主设计师联合地质专家抵达项目现场,与施工项目负责人、测量工程师联合复测。专家组需确认地质差异对设备基础产生实际影响,随后在会议室共同会审图纸调整方案,提出扩大基础预埋锚筋长度、增加补强钢筋网密度的结构优化方案。设计单位当场绘制调整节点图纸,并在当日晚间正式发出设计变更通知单。施工负责人依据新图纸重新编制施工方案,并协调材料供应商加急提供加固型锚固件。各单位围绕技术变更密切配合能够使设备安装节点不受影响,保证后续施工路径得以顺利推进。经过此次设计联动,复杂设备安装路径可实现动态优化,从而实现水电站机电设备安装工程的现实价值,彰显全过程技术协同对于施工执行力提升的深远意义。

3 结束语

在水电站建设进入高质量发展阶段的背景下,机电设备安装工程的施工技术已成为工程成败的核心变量。通过规范标准执行、强化过程控制、推动技术融合及优化协作模式,施工管理可实现由粗放式向精细化、由经验驱动向数据驱动的深层转型。精密安装水电站机电设备是一项工程行为,更是一种系统工程理念,其技术组织能力、调度执行效率及动态应变水平共同构筑设备运行的安全屏障。唯有持续深耕施工技术策略,强化专业协同联动,方可支撑水电站机电系统在长周期运行中保持高稳定性,为国家清洁能源模式构建提供坚实的技术支撑。

参考文献:

- [1] 张珊,刘梦丹,梁筱君.水电站机电安装工程的施工安全管理研究[J].电站系统工程,2024,40(06):85-86,88.
- [2] 薛惠娟.水电站机电设备安装工程合同费用控制的影响因素研究[J].西北水电,2024(01):99-102.
- [3] 全德刚,施辉雨,黄登.水电站机电设备安装工程施工技术质量管理[J].水电站机电技术,2023,46(07):153-155.
- [4] 任丰兰.《水电站机电安装工程基础知识》指导下的水利工程机电一体化设备安装调试研究[J].人民黄河,2021,43(11):162.
- [5] 郑继萍.水电站机电设备的安装和管理[J].科技资讯,2021,19(29):47-49.