

## 水利工程机电设备安装的施工技术研究

吴志华 张光晔

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

**[摘要]**水利工程机电设备安装是保证工程安全、稳定、高效运转的重要部分, 安装施工技术的好坏直接影响设备的运行效率、使用寿命以及整个工程的安全性。文中根据水利工程机电设备组成及功能对目前水利工程机电设备安装施工中出现的技术规范执行不到位、设备安装精度控制不够、管线敷设和系统连接问题突出、安装过程质量监督不力等问题进行梳理, 从加强施工前技术准备和方案管理、优化设备基础施工和精准安装技术、强化电气设备安装和调试技术、完善安装过程质量检测和监管体系四个方面提出相应的优化措施, 为提高水利工程机电设备安装施工质量提供一定的参考。

**[关键词]**水利工程; 机电设备; 设备安装; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.33142/hst.v9i7.20241

中图分类号: TV547

文献标识码: A

## Research on Construction Technology of Mechanical and Electrical Equipment Installation in Water Conservancy Engineering

WU Zhihua, ZHANG Guangye

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

**Abstract:** The installation of mechanical and electrical equipment in hydraulic engineering is an important part of ensuring the safe, stable, and efficient operation of the project. The quality of installation and construction techniques directly affects the operational efficiency, service life, and overall safety of the equipment. Based on the composition and functions of hydraulic engineering mechanical and electrical equipment, this article summarizes the current problems in the installation and construction of hydraulic engineering mechanical and electrical equipment, such as inadequate implementation of technical specifications, insufficient control of equipment installation accuracy, prominent problems in pipeline laying and system connection, and inadequate quality supervision during the installation process. Corresponding optimization measures are proposed from four aspects: strengthening technical preparation and scheme management before construction, optimizing equipment foundation construction and precise installation technology, strengthening electrical equipment installation and commissioning technology, and improving the quality inspection and supervision system during the installation process. These measures provide a certain reference for improving the quality of hydraulic engineering mechanical and electrical equipment installation and construction.

**Keywords:** water conservancy engineering; mechanical and electrical equipment; equipment installation; construction technology; quality control

### 引言

水利工程属于国民经济重要基础设施, 水利工程的运行稳定性同水资源调配、防洪减灾以及区域经济发展息息相关。机电设备是水利工程的枢纽, 主要起到能量转换、水流控制的作用。机电设备种类繁多、系统复杂, 安装质量好坏直接关系到工程运行的安全和稳定。传统施工时土建和机电安装分阶段进行, 由于设计不连续、预埋有偏差、空间相冲突等原因造成返工频发、工期延误的现象时有发生。水轮发电机组是水电站平稳运行的关键, 机电安装工

序繁杂琐碎, 对施工精度有很高的要求, 是整个工程建设中非常考验技术实力的环节之一。在此情况下, 对水利工程机电设备安装施工技术进行深入研究, 分析安装过程中出现的问题, 并提出相应的改进措施, 对于提高机电设备安装质量、保证水利工程长期稳定运行有重大的理论意义和实践价值。

### 1 水利工程机电设备组成及功能

水利工程机电设备体系庞大、种类繁多, 按功能可分为主机设备、电气设备和辅助设备三大类。主机设备是水利工程能量转换、水流控制的中心。水电站水力机械有水

轮机、水泵水轮机和蓄能泵等。水泵种类繁多,选用时要根据使用地区自然条件和生产条件,因地制宜地选择水泵型号、规格及台数。闸门启闭机是控制水工建筑物闸门开闭的大型水利机械,安全性和操作便利性都会影响到水利设施的运行效率。电气设备是保证机电系统正常运转、实现自动化控制的神经中枢,分为一次系统和二次系统。电气设备分为一次系统(变压器、断路器等)和二次系统(自动化元件、仪表等),分别完成电力的输送和监视保护的功能。一次系统设备有变压器、断路器、母线、隔离开关、互感器、避雷器等,用来输送和分配电能;二次系统设备有自动化元件、自动装置、继电器、仪表等组成盘、柜、屏、台等。辅助设备给机组及电气设备运行提供公用系统支持,分为油、水、气三大系统,分别起到润滑冷却、技术供水、压缩空气供给的作用。

## 2 水利工程机电设备安装施工中存在的问题

### 2.1 施工技术规范执行不到位

施工技术规范是保证机电设备安装质量的基本准则,在实际施工过程中,技术规范的执行不到位现象比较严重。部分施工单位在安装作业中没有严格按照相关技术标准和规范要求进行施工,安装阶段设计方案执行偏差、跨专业协作障碍、基础施工质量缺陷、交叉作业冲突等问题时有发生。施工组织设计编制不细致,没有对具体设备类型、安装工况进行专项施工方案设计,技术交底流于形式,不能把设计意图和工艺要求传达到作业层。安装过程中部分作业人员凭经验施工,没有按照设计图纸、工艺文件的要求进行施工,对规范中规定的安装工艺参数、验收标准把握不准。同时,机电设备安装和土建施工的配合作业也成了影响工程进度、质量的因素之一,两者施工过程中会存在多个环节的交叉、重叠,如果协调不好就会造成施工进度延误,还会产生质量隐患、安全隐患等问题。

### 2.2 设备安装精度控制不足

机电设备安装精度好坏直接影响到设备工作是否安全、稳定。水轮发电机组是水电站正常运行的中心,机电安装工序繁杂琐碎,对施工精度有很高的要求。目前一些工程的设备安装精度控制存在问题。在大型水轮发电机组安装过程中,由于部件本身加工误差或者安装误差,其真实圆心点和测量基准圆心点之间必然存在一定的偏差,特别是机组转动部件的圆心偏差大小会对机组轴系摆度值产生直接的干扰因素,对机组的安全运行起着非常重要的作用。针对水利泵站机电设备安装施工过程中,各个机电设备安装精度达不到水利泵站质量要求的问题。设备基础标高、轴线位置偏差超标的状况时常出现,大型立式轴流泵的同心校正是保证泵站正常运转的重要环节。水泵机组

安装时联轴器同轴度调整不到位,水平度偏差超过允许值,造成设备运行时出现异常振动和噪声<sup>[1]</sup>。水轮发电机组轴线调整可以减小轴线误差、减轻机组运行时转动部件的不平衡力,轴线调整质量的好坏直接关系到机组运行的稳定性,是机组安装或者检修过程中非常重要的工作之一。部分工程设备吊装就位后没有做充分的精调、复核,安装精度不能达到质量要求。

### 2.3 管线敷设与系统连接问题突出

管线敷设及系统连接属于机电设备安装技术难度大、交叉作业多的环节,也是质量问题多发区。水利工程机电设备安装与土建施工协同作业包含多个环节互相交错、重合。电缆管线走向规划不合理,与其他专业管线在空间上互相矛盾,造成返工、延误工期。部分工程中电缆敷设达不到规范要求的弯曲半径,电缆沟内积水、积灰严重,电缆标识不清,给后期运行维护带来极大不便。管路连接方面,设备安装时基础施工不符合要求、设备定位不准、管道连接不严密、电气接线不规范等都会造成设备振动、泄漏或者运行故障,严重时还会对整个水利系统的正常调度造成影响。管道接口密封不良、法兰连接螺栓紧固力矩不够等都会造成运行中出现渗漏的情况。电气系统接线不规范,接地系统不符合设计要求,二次接线混乱、标识缺失等问题也较多。系统连接完毕后,在全部安装、调整、试验合格之后,还要并入电力系统带额定负荷运行,以检验各项机电设备的技术性能及制造、安装质量。

### 2.4 安装过程质量监督管理不完善

安装过程质量监督是保证机电设备安装质量的保证。水利工程机电设备安装时,必须严格按照要求进行监督,对相关人员的机电安装工作进行旁站监督,发现不合规行为及时制止,保证每一个环节都是标准化作业。但是目前质量监督管理不完善的状况仍然存在。主要对质量体系运行、质量行为合规性、工程实体质量(金属结构和机电设备安装等重要部位)进行监督。部分项目的监理人员专业水平不高,对机电设备安装的各个关键工序以及质量控制要点了解不够,旁站监督和工序验收的执行不力。机电工程项目监理属于水利水电工程建设监理工作中不可或缺的一部分,机电设备安装工艺繁杂、精度要求严格,是整个工程施工网络中的关键线路。部分项目的质量检测投入少,检测手段落后,不能对安装质量进行有效的把关<sup>[2]</sup>。隐蔽工程验收记录不完整,质量评定资料与实际施工情况不符,质量验收、工序评定、隐蔽验收等程序滞后的情况也较多。

## 3 水利工程机电设备安装施工技术优化策略

### 3.1 加强施工前技术准备与方案管理

施工前的技术准备及方案控制属于保证机电设备安装

装质量的前提工作。首先要重视设计图纸的审核和优化工作,保证勘察成果真实可靠,设计文件满足设计深度要求。施工单位应组织专业技术人员对设计图纸进行会审,重点对机电设备布置与土建结构的协调性、管线走向的合理性、设备基础尺寸的准确性进行检查,提前发现并解决设计不连贯、预埋有偏差、空间相冲突等问题。其次要编制详细的、可行的施工组织设计及专项施工方案,确定各类机电设备的安装工艺流程、质量控制重点、验收标准、安全保证措施。对水轮发电机组、主变压器、高压开关设备等重要设备的安装要制定专门的专项施工方案。再次应该加强技术交底工作,保证所有参加安装作业的人员对设计意图、工艺要求和质量标准有充分的理解,防止由于信息传递不到位而造成操作失误。

### 3.2 优化设备基础施工与精准安装技术

设备基础施工质量是保证安装精度的基础条件,精准安装技术是保证设备运行稳定性的主要方法。基础施工阶段采用地基强夯置换、激光三维测量等方法,在安装时将基础精度控制在毫米级。严格控制基础标高、轴线位置、地脚螺栓预埋精度等关键参数,基础验收必须按照规范要求进行,不合格的基础不得进行设备安装。在设备安装阶段,应该大力推广使用高精度测量技术,用高精度条式水平仪配合专用水平梁进行配合测量调整,严格控制安装精度。对大型立式轴流泵的同心校正、对中等重要工序可以使用先进的对中工艺来解决对中偏差过大等技术难题。通过对施工组织进行优化,并对关键施工技术参数加以严格控制,可以有效地提高机电设备安装精度和运行稳定性<sup>[3]</sup>。水泵机组安装时要严格控制联轴器同轴度、机组水平度等重要精度指标。水轮发电机组定子、转子安装属于精度要求较高的工序,设备安装完毕后应做好充分的精调及复核工作,以保证各项精度指标达到设计文件及验收标准的要求。

### 3.3 强化电气设备安装与调试技术

电气设备安装和调试属于机电设备安装工程的重要

部分,质量好坏直接关系到整个机电系统安全运行。电气设备安装中变压器安装与调试、GIS 组合电气安装与调试、电气盘柜安装与调试、电力电缆安装与调试等均应按照规范要求执行。高压电气设备的安装要特别注意绝缘处理及接地系统是否可靠,电缆敷设应有足够的弯曲半径,电缆沟内应做好排水和防火措施。一次系统设备(变压器、断路器等)和二次系统设备(自动化元件、仪表等)的安装要同步进行。电气设备安装全部完成之后,应当向监理人申请电气设备安装工程完工验收,提交安装竣工图及有关竣工资料。水轮发电机组在全部安装、调整、试验合格之后,还要并入电力系统带额定负荷运行 72 小时,检验各项机电设备的技术性能及制造、安装质量,以及机组和各系统运行情况,一切正常后方可交付投产发电。调试时要做好各项试验数据的记录和分析,保证继电保护、计算机监控系统等各项功能正常。

### 3.4 完善安装过程质量检测与监管体系

完善的质量检测和监管体系是保证机电设备安装质量的第二道防线。水利水电工程永久设备监理工作要包含制造、运输和交付、安装和调试、试运行和验收、信息管理等全部内容。首先要建立质量检测制度。用液氮深冷装配和相控阵超声等方法保证旋转部件的安装质量。监理单位应审查被监理单位的质量管理体系,检查并复核原材料、中间产品、设备质量,不得将质量检验不合格的签发合格证书。未经监理工程师签字的原材料、中间产品和设备不得在工程上使用或安装。其次,加强关键工序的旁站监督和隐蔽工程验收,在施工过程中严格按照要求对材料、设备进场进行检验,对关键工序进行旁站检查<sup>[4]</sup>。要求机电工程项目监理人员全过程参与机电设备及安装招标投标工作,实行驻厂监造方式严格把好质量关,加强施工阶段三大目标控制。再次应该建立质量问题台账以及整改闭环机制,对出现的质量问题实施“发现、登记、整改、复核、销号”闭环管理。

表 1 水利工程机电设备安装过程质量检测与监管要点

| 检测阶段   | 检测对象               | 核心检测内容                        | 检测方法/工具             | 责任主体           |
|--------|--------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|
| 安装前准备  | 设备基础、预埋件、地脚螺栓      | 基础标高、轴线位置、预埋件定位精度、混凝土强度       | 水准仪、全站仪、钢尺、回弹仪      | 施工单位、监理单位      |
| 设备安装过程 | 水轮机/水泵、发电机/电机、辅助设备 | 水平度、同轴度、垂直度、间隙等安装精度           | 精密水准仪、激光对中仪、塞尺、百分表  | 施工单位、监理单位      |
| 电气安装   | 变压器、配电柜、电缆、接地系统    | 绝缘电阻、接地电阻、接线正确性、耐压试验          | 兆欧表、接地电阻测试仪、耐压测试仪   | 施工单位、监理单位      |
| 系统调试   | 整套机电设备系统           | 空载运行参数、带载运行参数、保护动作试验、72 小时试运行 | 万用表、示波器、综合测试仪、振动分析仪 | 施工单位、监理单位、设备厂家 |
| 竣工验收   | 竣工资料与实体质量          | 检测报告、试运行记录、隐蔽工程验收记录、竣工图       | 资料审查、现场复查、性能测试      | 项目法人、质量监督机构    |

#### 4 结语

水利工程机电设备安装施工属于技术密集型工程,它牵涉到许多领域,而且对精度有着很高的要求,因此其质量同整个水利工程的安全性,运行状况以及寿命息息相关。目前机电设备安装施工中还存在着技术规范执行不到位、设备安装精度控制不好、管线敷设及系统连接问题严重、安装过程质量监督管理不到位等状况。针对上述问题,应从施工前的技术准备和方案管理、设备基础施工及精准安装技术、电气设备安装及调试技术、安装过程质量检测及监管体系等几个方面入手,建立一个系统的、标准化的、精细化的机电设备安装施工技术体系。随着水利工程建设规模不断扩大、机电设备技术不断进步,机电设备安装施工技术要求越来越高、挑战越来越大,不断推动机电设备安装施工技术的创新与优化,对保证水利工程长期安全稳定运行有着十分重要的意义。

#### [参考文献]

- [1]罗新兴.新时期水利工程建设管理创新思路研究[J].水上安全,2026(3):22-24.
  - [2]王鹏,刘健.水利工程建设质量监督管理的常见问题及改进措施[J].内蒙古水利,2025(12):112-113.
  - [3]许彬.水利水电工程建设中质量控制管理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2026(13):202-204.
  - [4]廖长茂.水利工程建设施工过程当中的质量管理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024(35):214-216.
- 作者简介:吴志华(1982—),男,汉族,浙江龙游人,助理工程师,大专,重庆大学/机电一体化技术,电气工程及其自动化,研究方向为水利水电工程项目管理;张光晔(1999—),男,汉族,甘肃张掖人,助理工程师,本科浙江海洋大学,机械设计制造及其自动化,研究方向为水利水电工程项目管理。