

抽水蓄能电站水轮机埋件质量控制与安全管理

李庆阳

中国水利水电第八工程局有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6634

[摘要] 水利工程抽水蓄能电站作为清洁能源体系的关键组成部分,其水轮机埋件的安装质量直接关系到电站的安全稳定运行和发电效率。本文以抽水蓄能电站水轮机埋件安装施工为研究对象,结合工程实际情况,深入分析当前施工中在质量控制和安全管理方面存在的问题,系统探讨施工前、施工过程中及施工后各阶段的质量控制和安全管理控制要点,为提升抽水蓄能电站水轮机埋件安装施工的整体水平提供理论参考和实践指导,确保工程质量达标、施工安全无虞,为电站的长期稳定运行奠定坚实基础。

[关键词] 水利工程; 抽水蓄能电站; 水轮机埋件; 质量控制; 安全管理

中图分类号: TU714 文献标识码: A

Quality control and safety management of turbine embedded parts in pumped storage power stations

Qingyang Li

Sinohydro Engineering Bureau 8 Co., LTD

[Abstract] As a critical component of the clean energy system, the installation quality of turbine foundation components in pumped storage hydropower stations directly impacts the plant's operational safety, stability, and power generation efficiency. This study focuses on the installation of turbine foundation components in pumped storage power stations. By analyzing current challenges in quality control and safety management during construction, and based on practical engineering conditions, the paper systematically explores key control points for quality assurance and safety management before, during, and after construction phases. The research provides theoretical references and practical guidance to enhance overall installation standards, ensuring project quality compliance and construction safety, thereby establishing a solid foundation for the plant's long-term stable operation.

[Key words] water conservancy project; pumped storage power station; turbine embedded parts; quality control; safety management

引言

随着全球能源结构向低碳化、清洁化转型,抽水蓄能电站凭借其调峰填谷、调频调相、事故备用等多重功能,在保障电网安全稳定运行、促进新能源消纳方面发挥着不可替代的作用。水轮机作为抽水蓄能电站的核心设备之一,其埋件部分的安装施工是电站建设中的关键环节,直接影响机组的安装精度、运行稳定性和使用寿命。在实际施工过程中,由于水轮机埋件体积大、重量重、安装位置特殊,加之施工现场多为地下洞室或高空作业环境,容易受到地质条件、气候因素以及施工工艺等多重因素的影响,若质量控制不到位或安全管理措施缺失,不仅可能导致安装精度偏差,甚至可能造成安全事故,影响工程进度和投资效益。因此,研究抽水蓄能电站水轮机埋件安装施工的质量控制要

点与安全管理策略具有重要的意义。

1 水轮机埋件的工作原理

水轮机埋件的工作原理是基于其在水轮发电机组运行过程中所承担的核心功能。座环作为水轮机的基础固定部件,其作用是承受水轮机运行时产生的轴向力和径向力,并将这些力传递给混凝土基础,同时为导水机构和转轮提供精确的安装定位基准。蜗壳则是一种螺旋形的通道结构,其主要功能是将来自压力钢管的水流均匀、平稳地引入转轮,使水流在进入转轮前形成一定的环量和速度,从而提高水轮机的能量转换效率。尾水管位于转轮的下游,其作用是将转轮流出的水流顺畅地排至下游河道,同时利用扩散段的作用回收水流的部分动能,减少水头损失,进一步提升水轮机的运行性能。水轮机埋件通过精确的安装和固

定,与水轮发电机组的转动部分和静止部分形成有机整体,共同保证水轮机在各种工况下能够稳定、高效地运行,实现水能向机械能的转换,并最终通过发电机转化为电能^[1]。

2 抽水蓄能电站水轮机埋件部分安装施工质量控制和安全管理的重要性

2.1 保障施工人员的安全

抽水蓄能电站水轮机埋件安装多在地下厂房进行,空间相对封闭,光线条件受限,且涉及大型起重设备吊装、焊接等多项高风险作业。若缺乏有效的安全管理措施,极易发生物体打击、高处坠落、机械伤害等安全事故。一旦在施工中发生安全事故,不仅影响到工程的正常运行,还会给施工单位带来重大的经济损失。因此,在抽水蓄能电站水轮机埋件安装过程中,加强安全管理,通过落实岗前安全培训、规范作业流程、配备合格的安全防护装备、设置警示标识、强化现场安全巡查等措施,能够有效识别和规避各类安全隐患,为施工人员创造安全的作业环境,最大限度降低安全事故发生的概率,保障施工人员的生命健康安全。

2.2 保障施工的质量控制

抽水蓄能电站水轮机埋件安装质量是确保电站长期稳定运行的核心基础,其安装精度直接决定了水轮机的水力性能和结构稳定性。施工质量控制需从材料进场检验开始,对埋件的尺寸公差、表面平整度等关键指标进行严格复核,确保符合设计图纸和规范要求。在安装过程中,需采用高精度测量仪器监测座环、蜗壳等部件的定位参数,加强焊接工艺的全过程管控,包括焊前预热、焊接参数优化、焊后无损检测等环节,防止焊接变形和内部缺陷的产生。此外,混凝土浇筑过程中对埋件的保护措施也至关重要,需避免因混凝土振捣不当导致埋件位移或损坏,通过分层浇筑、对称振捣等方式确保埋件与混凝土结构的结合紧密性。只有将质量控制贯穿于材料验收、安装定位、焊接施工、混凝土浇筑等各个环节,才能有效保障水轮机埋件的安装质量,为电站的安全高效运行奠定坚实基础。

3 抽水蓄能电站水轮机埋件部分安装施工质量控制和安全管理存在的问题

3.1 施工前准备不足

在进行抽水蓄能电站水轮机埋件部分各部件安装施工之前,可能存在以下不足,具体为技术交底不够深入,施工人员对水轮机埋件的安装图纸、技术参数及质量标准理解存在偏差,未能充分掌握座环、蜗壳等关键部件的安装工艺要点;施工方案编制缺乏针对性,对复杂地质条件、特殊施工环境下的应对措施考虑不周,导致施工过程中出现方案与实际脱节的情况;材料与设备准备不到位,部分进场的埋件材料存在尺寸偏差、表面缺陷等问题,且起重机械、测量仪器等施工设备未按规定进行校验和调试,影响安装精度和施工效率;此外,施工现场的临时设施布置不合理,如作业平台搭设不规范、安全通道狭窄等,也为后续施工埋下了安全隐患。

3.2 安全管理制度不完善

部分施工单位在安全管理制度建设上存在形式化问题,制度条款多照搬通用模板,未结合水轮机埋件安装施工的高空作业、大型吊装、焊接动火等特殊作业场景制定针对性细则,导致制度与实际施工需求脱节。例如,在吊装作业安全管理方面,未明确不同吨位埋件吊装时的吊具选型标准、吊装区域警戒范围设置要求以及指挥信号规范,易因吊装参数不匹配或现场协调混乱引发安全事故。同时,安全责任划分模糊,未将安全管理责任具体落实到每个岗位和个人,存在“人人有责却人人不负责”的现象,使得安全检查流于表面,对违规操作行为的追责机制不健全,难以形成有效的安全约束。此外,安全培训内容缺乏实效性,多以理论宣讲为主,未结合埋件安装的典型事故案例开展情景模拟演练,导致施工人员对安全风险的辨识能力和应急处置能力不足,在遇到突发情况时无法迅速采取正确的应对措施,进一步加剧了安全管理的难度^[2]。

4 抽水蓄能电站水轮机埋件部分安装施工质量控制

4.1 施工前的质量控制

为确保施工质量,我们需要在施工前进行一系列的质量控制措施。首先,组织技术部门全面会审施工图纸,核查座环、蜗壳等埋件安装坐标及技术要求,确保施工人员理解设计意图。其次,严格把控材料进场检验,按规范检查座环、蜗壳、尾水管等埋件的尺寸偏差、表面平整度等。再者,合理编制施工组织设计和专项施工方案,明确各工序施工流程、技术标准、质量控制点及验收方法,针对大型埋件吊装、焊接等关键工序制定详细技术交底文件和作业指导书,组织施工人员专项培训和考核,确保掌握施工要点和质量控制要求。另外,全面检查和校验施工所需的起重设备、测量仪器、焊接设备等,确保设备性能良好、精度符合要求。最后,建立健全质量保证体系,明确各部门和人员的质量职责,制定质量奖惩制度,加强施工前的质量意识教育,使全体施工人员充分认识到施工前质量控制的重要性,为后续施工过程中的质量控制奠定坚实基础^[3]。

4.2 施工过程中的质量控制

在施工过程中,需建立全过程动态监测机制,利用全站仪、水准仪等高精度测量仪器对座环的水平度、同心度,蜗壳的安装位置、焊接变形量,尾水管的中心轴线与设计轴线偏差等关键参数进行实时跟踪测量,每道工序完成后均需进行数据复核,确保误差控制在设计允许范围内。对于焊接施工,应严格执行焊接工艺评定标准,根据不同材质和厚度的埋件制定专项焊接方案,明确焊接电流、电压、焊接速度等参数,焊前对坡口进行清理和预热,焊中安排专人监控层间温度和焊接顺序,焊后及时进行无损检测,确保焊接强度符合要求。此外,还需加强施工过程中的工序交接检验,上道工序未经检验合格不得进入下道工序,对施工中出现的质量问题及时分析原因,制定整改措施并跟踪落实,确保每个施工环节的质量都处于受控状态。

4.3 施工后的质量验收

水轮机埋件部分各部件安装施工完成后,应按设计图纸、施工规范及合同要求,组织人员对安装工程全面检验。验收内容包

括: 几何尺寸复核, 使用全站仪、水准仪等复测座环水平度、同心度, 蜗壳断面尺寸、进口中心位置, 尾水管中心坐标等关键参数, 确保符合设计偏差范围; 焊缝质量检测, 对承压及重要结构焊缝100%无损检测, 如超声波、射线探伤等, 验证焊接内部质量; 螺栓连接质量检查, 用扭矩扳手抽检螺栓预紧力, 检查是否松动、滑丝, 螺母与垫圈安装是否规范; 与混凝土结构结合面检查, 观察有无缝隙、空洞, 必要时做渗漏水试验, 确保结合紧密无渗漏。同时, 核查施工质量记录资料, 如材料检验报告、测量数据、焊接评定报告、无损检测报告、工序交接记录等, 确保资料全、数据真、签字齐。若验收发现问题, 及时下达整改通知, 明确要求和期限, 整改后复验, 所有项目合格方可签署验收文件, 为机组试运行及电站投产奠定基础。

5 抽水蓄能电站的水轮机埋件安装施工安全管理

5.1 安全管理体系及安全管理技术措施

水利工程抽水蓄能电站的水轮机埋件安装施工安全管理体系的构建需以“全员参与、责任到人”为核心, 建立由项目经理牵头、安全管理部门具体负责、各施工班组安全员协同配合的三级安全管理网络, 明确从管理层到作业层的安全职责, 将安全指标纳入绩效考核体系, 形成“横向到边、纵向到底”的责任链条。定期召开安委会、防汛部署会、应急研讨会等各类会议, 研究部署工程建设过程中遇到的重大安全事项, 并根据人员变动情况及时调整组织机构成员。^[1]同时, 需结合水轮机埋件安装的工艺特点, 制定相应的安全操作规程, 对高风险作业实施作业许可制度, 作业前必须办理《高处作业许可证》《动火作业许可证》等, 经安全管理人员现场核查安全措施落实情况后方可开工。

水利工程抽水蓄能电站的水轮机埋件安装施工安全管理技术措施方面, 首先要强化作业环境安全控制, 针对地下洞室或高空作业区域, 设置牢固的防护栏杆、安全网及防坠落装置, 在施工区域划分警戒区, 严禁非作业人员进入; 其次, 加强设备本质安全管理, 对核心部件进行进场检验, 确保其性能完好、安全附件齐全, 在吊装作业中选用符合承重要求的吊具和索具, 且吊装前必须进行试吊, 检查吊装平衡度和制动性能; 推广应用智能化安全监控技术, 在高空作业平台安装倾角传感器、在吊装区域设置视频监控系统, 实时监测作业状态, 通过技术手段提升安全风

险预警能力, 从体系构建与技术应用两方面形成安全管理闭环。

5.2 制定应急预案

应急预案制定应结合水轮机埋件安装施工的特点, 针对可能发生的高处坠落、设备倾覆触电等突发事件, 明确应急组织机构及各成员职责, 制定详细的应急响应流程。预案中需包含应急物资储备清单, 如急救药品、担架、灭火器、应急照明设备等, 并定期检查物资完好性和有效期。同时, 要规定不同类型事故的应急处置措施, 例如发生高处坠落事故时, 现场人员应立即停止作业, 拨打急救电话, 同时对伤者进行初步止血、固定等急救处理, 并保护好事故现场。此外, 定期组织应急演练, 模拟不同事故场景, 检验应急预案的可行性和应急队伍的协同处置能力, 根据演练结果持续优化预案内容, 确保在突发情况下能够迅速、有效地开展应急救援工作, 最大限度减少人员伤亡和财产损失。

6 结语

抽水蓄能电站水轮机埋件的安装施工质量控制与安全管理体系是确保电站整体建设质量和运行效益的关键环节。通过强化施工前的准备工作、优化施工过程中的动态管控、严格执行施工后的验收标准, 能够有效提升埋件安装精度, 保障水轮发电机组的长期稳定运行。同时, 构建完善的安全管理体系、落实针对性安全技术措施、制定科学应急预案, 可全面降低施工风险, 为工程顺利推进提供坚实保障。未来, 随着抽水蓄能电站向高参数、大容量方向发展, 需进一步加强智能化施工技术的应用与创新, 持续优化质量控制与安全管理模式, 推动行业施工水平迈向新高度, 为我国能源结构转型和可持续发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]严继松, 黄学铭, 朱金华. 抽水蓄能电站工程建设安全风险管理与探索[J]. 水电站机电技术, 2022, 45(11): 171-174.
- [2]杨庆文. 抽水蓄能电站水轮机埋件漏水排查与处理[J]. 水电站机电技术, 2024, 47(11): 83-85.
- [3]宋佳昱. 抽水蓄能电站检修的重要性及开展方式探究[J]. 中国设备工程, 2024, (22): 163-165.

作者简介:

李庆阳(1975--), 男, 汉族, 湖南省安化县人, 大专, 职称: 助理工程师, 工作领域: 水电站安装。