

水利泵站施工技术措施探讨

张 洋

江苏省泗阳闸站管理所 江苏 宿迁 223700

摘要：水利泵站作为水利工程的核心枢纽，其施工质量直接决定水资源调控效能与工程运行稳定性。本文以水利泵站施工技术为研究对象，系统阐述泵站施工概述、前期准备、关键技术及质量控制措施。重点分析土方、模板、钢筋、混凝土及高喷防渗墙等关键工序的技术要点，明确各环节质量监控指标与检查频率，并针对混凝土裂缝、钢筋锈蚀等常见问题提出预防及处理方法。研究成果可为水利泵站施工提供技术支撑，助力提升施工质量与工程耐久性，保障泵站长期稳定运行。

关键词：水利泵站；施工关键技术；质量控制措施

引言：在水资源供需矛盾加剧与水安全保障需求提升的背景下，水利泵站的建设与施工质量愈发重要。作为统筹防洪排涝、农业灌溉、城乡供水的核心设施，泵站施工技术的科学性直接影响工程功能发挥。当前泵站施工面临环境复杂、技术综合、精度要求高等难题，亟需系统梳理施工技术体系与质量控制方法。本文围绕泵站施工全流程，从施工概述、前期准备入手，深入解析关键施工技术，构建完善的质量控制体系，为提升泵站施工水平提供理论与实践参考。

1 水利泵站施工概述

1.1 水利泵站的功能与分类

水利泵站是水利工程核心枢纽，在水资源调控与水安全保障中作用关键，核心功能涵盖防洪排涝、农业灌溉、城乡供水、生态补水及航运辅助，通过动力设备实现水流定向输送与水位调节，破解水资源分布不均问题。其在防洪中可快速排涝减险，灌溉中保障农田供水，供水系统中承担城乡及工业用水加压输送任务。

依据功能与结构特性，泵站分类多元：按核心功能分为排涝、灌溉、供水、调水及混合功能泵站；按水流方向分为进、出水泵站；按装机容量分为大、中、小型泵站；按安装方式分为地面式、地下式与半地下式泵站，不同类型泵站的设计标准与施工要求差异显著。

1.2 施工特点与难点分析

泵站施工具有鲜明特性：一是环境复杂，多选址江河湖海或低洼地带，水文地质多变，易受降雨、汛期影响，对施工时序与防护要求高；二是技术综合，涉及土方、混凝土、机电安装等领域，需实现技术统一与流程协同；三是结构承载要求高，主体施工与设备安装精度直接影响运行稳定。

施工难点集中在三方面：深基坑开挖风险高，易出

现边坡失稳、管涌，需严控支护质量；大体积混凝土浇筑易生温度裂缝，需通过配合比优化与温控措施抗裂；机电设备安装精度达毫米级，泵组、电机与管路对接及土建衔接协调难度大^[1]。

2 水利泵站施工前期准备工作

2.1 场地勘测与规划

场地勘测需系统采集区域地质、水文及气象数据，明确土层分布、地基承载力、地下水位变化规律及极端天气发生频率，为施工方案设计提供数据支撑。同时需核查场地周边管线分布、交通条件及生态敏感区域范围，避免施工与既有设施冲突。场地规划需结合施工流程划分功能区域，包括材料堆放区、设备停放区、混凝土搅拌区及临时办公区，确保各区域布局紧凑且动线合理。需设置完善的排水系统与防护设施，防范雨水积存及边坡冲刷，同时规划临时施工道路，保障物料运输通畅，满足重型设备通行需求。

2.2 材料与设备准备

材料准备需依据施工图纸制定详细采购计划，明确钢筋、水泥、砂石等主材及防水、防腐材料的规格型号与数量。严格执行材料进场检验制度，核查出厂合格证及性能检测报告，对钢筋力学性能、水泥强度等关键指标进行抽样复检，确保材料质量符合规范要求。设备准备需梳理施工所需各类机械，包括土方开挖机械、混凝土施工机械、起重设备及测量仪器等，核对设备型号与施工需求的匹配度。提前完成设备调试与维护，检查液压系统、制动系统等关键部件性能，确保设备运行稳定^[2]。

3 水利泵站施工关键技术

3.1 土方工程技术

土方工程的核心技术围绕开挖与回填两大工序展开，具体要点如下：（1）土方开挖技术。开挖前需依据地

质勘察报告精准确定开挖边界与深度,划分分层开挖区域,每层厚度控制在1.5-2.0米,杜绝超挖或欠挖。采用分层分段开挖模式,优先施作排水明沟与集水井,将地下水水位降至开挖面以下0.5-1.0米,避免基坑积水。粘性土基坑边坡坡度按1:1.2-1:1.5设置,砂性土基坑需加密至1:1.5-1:2.0,地质条件复杂时采用钢板桩或排桩临时支护,支护结构入土深度需满足抗滑移与抗倾覆验算要求。开挖期间需实时监测边坡位移与沉降,24小时监测频率不少于1次,当位移速率超3mm/d时,立即停工并采取加固措施。(2)土方回填技术。回填前彻底清理基坑内杂物、浮土及积水,对坑底进行平整夯实,夯实度需达90%以上。优先选用级配良好的砂土或粉质粘土作为回填土料,严禁使用淤泥、冻土及含大块石的土料,土料含水量控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 范围,通过环刀法实时检测压实度。采用分层回填分层夯实工艺,每层虚铺厚度20-30厘米,选用蛙式打夯机或压路机夯实,夯实次数不少于3遍,相邻压实层搭接长度不小于0.5米。泵站基础周边、管道下方等狭小区域采用人工夯实,确保压实均匀无死角。

3.2 模板工程技术

模板工程的技术要点涵盖选型、制作安装及拆除全流程,具体如下:(1)模板选型与制作。根据泵站结构特性选择模板类型,主体结构优先采用面板厚度 $\geq 4\text{mm}$ 的组合钢模板,配套 $\Phi 48 \times 3.5\text{mm}$ 钢管支撑体系;异形结构可采用含水率 $\leq 15\%$ 的优质松木或杉木制作木模板,面板需刨光处理,平整度误差控制在 2mm/m 以内。模板加工严格按图纸尺寸施工,拼接缝采用企口形式,缝隙宽度 $\leq 2\text{mm}$,接缝处粘贴海绵条密封防漏浆。钢模板使用前需除锈并涂刷专用工业机油作为脱模剂,涂刷均匀且避免污染钢筋;木模板需提前进行防腐处理。(2)模板安装技术。安装前在基层弹出定位线与标高控制线,采用水准仪、经纬仪精准定位。支撑体系必须设置扫地杆、水平拉杆及剪刀撑,扫地杆距地 $\leq 20\text{cm}$,水平拉杆间距 $\leq 1.5\text{米}$,剪刀撑与地面夹角控制在 $45^\circ - 60^\circ$,确保整体稳固。安装过程中严控拼缝平整度与结构垂直度,墙面模板垂直度误差 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$,柱模垂直度误差 $\leq 5\text{mm}/3\text{m}$ 。高度超5米的高大模板需专项力学计算,采用穿墙螺栓加固,螺栓间距根据模板厚度及混凝土侧压力确定,通常不大于 60cm 。(3)模板拆除技术。遵循“先支后拆、后支先拆”原则,拆除时间依据混凝土强度确定:侧模需在混凝土强度达 2.5MPa 后拆除,底模则需混凝土强度达设计强度 100% 。拆除时使用专用工具缓慢撬动,禁止暴力作业损坏混凝土表面。

3.3 钢筋工程技术

钢筋工程的技术要点贯穿加工、绑扎安装及连接全过程,需严格控制精度与质量,具体如下:(1)钢筋加工技术。加工前先进行外观检查,剔除表面有裂纹、油污及严重锈蚀的钢筋,锈蚀钢筋除锈后需露出金属光泽。按图纸要求下料,采用钢筋切断机切割,切口平整无毛刺,长度误差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 内。钢筋弯曲采用弯曲机成型,弯起角度误差 $\leq \pm 2^\circ$,箍筋弯钩角度为 135° ,平直段长度 ≥ 10 倍钢筋直径。直径 $> 25\text{mm}$ 的钢筋加工前需冷拉调直,冷拉率控制在 $1\% - 2\%$,确保直线度误差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。(2)钢筋绑扎安装技术。绑扎前清理基层杂物,在模板或垫层上弹出钢筋定位线明确间距与排距。采用20-22号火烧丝绑扎,绑扎点间距按构件类型控制:板筋 $15 - 20\text{cm}$ 、梁筋 $10 - 15\text{cm}$ 、柱筋 $8 - 10\text{cm}$ 。绑扎接头需错开布置,同一截面内接头面积百分率 $\leq 50\%$ 。受力钢筋保护层厚度需符合设计:基础 $\geq 40\text{mm}$ 、梁柱 $\geq 30\text{mm}$,采用强度不低于混凝土强度的水泥砂浆垫块固定,垫块间距 $\leq 1\text{米}$ 。绑扎完成后核查钢筋数量、规格、间距及保护层厚度,确保与图纸一致。(3)钢筋连接技术。根据钢筋直径选择连接方式:直径 $< 16\text{mm}$ 采用绑扎连接, $16 - 25\text{mm}$ 采用电渣压力焊, $> 25\text{mm}$ 采用机械连接。电渣压力焊施工前,清理钢筋端部 10cm 内铁锈油污,确保钢筋轴线偏差 $\leq 2\text{mm}$,根据直径调整焊接电流,焊接后自然冷却 ≥ 5 分钟方可移动。机械连接优先采用滚轧直螺纹连接,丝头加工长度误差 $\pm 2\text{mm}$,表面无裂纹,连接时用扭矩扳手按规范拧紧,完成后检查丝头外露长度,外露丝扣不超过2扣^[3]。

3.4 混凝土工程技术

混凝土工程技术要点涵盖制备、运输、浇筑振捣及养护全流程,直接决定结构强度与耐久性,具体如下:(1)混凝土制备技术。根据设计强度等级及施工需求试配确定配合比,水泥选用 ≥ 42.5 级普通硅酸盐水泥,中砂含泥量 $\leq 3\%$, $5 - 31.5\text{mm}$ 碎石含泥量 $\leq 1\%$ 。采用强制式搅拌机搅拌,搅拌时间 ≥ 90 秒,确保拌合物均匀,坍落度控制在 $120 - 160\text{mm}$,每工作班检测不少于2次。原材料计量精度严格把控:水泥、外加剂误差 $\leq \pm 1\%$,砂石料误差 $\leq \pm 2\%$ 。(2)混凝土运输技术。采用搅拌运输车运输,途中保持罐体 $2 - 4\text{r/min}$ 慢速转动防离析。运输时间常温下 ≤ 120 分钟,高温天气 ≤ 90 分钟,运距超5公里需采取遮阳或保温措施。运至现场后重新检测坍落度,损失过大时可在专业指导下添加外加剂,严禁直接加水。卸料时需将罐内混凝土卸净,避免残留结块影响后续使用。(3)混凝土浇筑与振捣技术。浇筑前核查模板支撑、钢筋绑扎及预埋件位置,清理模板内杂物积水。采用分

层浇筑,插入式振捣器控制层厚30-50cm,平板式振捣器控制20-30cm,层间间隔不超过混凝土初凝时间。浇筑顺序遵循“从低到高、从中间到两侧”,避免产生施工冷缝。采用插入式振捣器振捣,点间距30-40cm,振捣10-30秒至表面浮浆不再下沉,振捣时避免碰撞模板、钢筋及预埋件。(4)混凝土养护技术。浇筑完成后12小时内启动养护,采用土工布覆盖洒水方式保持表面湿润。普通混凝土养护 ≥ 14 天,抗渗混凝土 ≥ 28 天。高温天气增加洒水频率防开裂,低温天气覆盖保温被或搭设暖棚,确保养护温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。

3.5 高喷防渗墙技术

高喷防渗墙技术通过高压喷射形成连续防渗墙体阻挡地下水,技术要点如下:(1)施工前准备。清理场地杂物并平整施工平台,确保钻机安装稳定。依据地质勘察报告确定喷射压力、提升速度等参数,浆液采用 ≥ 42.5 级普通硅酸盐水泥配制,水灰比1:1-1.5:1,可掺加膨润土或外加剂提升性能。钻机安装后调平校正,钻杆垂直度误差 $\leq 1\%$ 。(2)钻孔施工。采用地质钻机钻孔,孔径根据高喷管直径确定为150-200mm,钻孔中详细记录地质情况,遇硬岩或孤石时改用冲击钻进。钻孔深度超设计防渗墙深度1-2米,确保嵌入不透水层。钻孔完成后清水洗孔至排出清水,清除孔内岩渣泥砂。(3)高压喷射施工。高喷管下至孔底后,启动设备试喷,参数达标后开始提升喷管。喷射参数控制:水压力 $\geq 30\text{MPa}$ 、浆压力 $\geq 20\text{MPa}$ 、气压 $\geq 0.7\text{MPa}$,提升速度8-15cm/min,旋转速度10-20r/min,确保浆液与土体充分混合^[4]。

4 水利泵站施工质量控制措施

4.1 施工过程质量监控要点

土方工程重点监控基坑开挖标高、边坡坡度及回填压实度,开挖标高每5米测1点,边坡坡度每10米检查1处,回填压实度采用环刀法,每300平方米取样1组。模板工程核查支撑刚度、拼缝严密性及垂直度,支撑体系每搭设完成一跨验收1次,拼缝宽度全数检测,垂直度用靠尺每2

米测量1处。钢筋工程把控规格、间距、保护层厚度及连接质量,钢筋间距每跨测3个断面,保护层厚度每构件测5点,连接接头按300个为一批抽样送检。混凝土工程严控坍落度与强度,坍落度每工作班测2次,强度试块每100立方米留1组,同条件养护试块同步留置。

4.2 质量问题预防与处理方法

混凝土裂缝多因温控不足或养护不当,预防需优化配合比、分层浇筑,浇筑后12小时内覆盖洒水。表层裂缝用环氧砂浆修补,深层裂缝采用压力注浆封闭。钢筋锈蚀源于保护层不足或防锈不到位,预防应保证垫块强度与间距,钢筋加工后及时除锈。轻微锈蚀可机械打磨,锈蚀严重的需检测力学性能,不合格则更换。模板漏浆易致蜂窝麻面,预防需用海绵条密封拼缝,缺陷部位剔除松散部分后,用高一等级混凝土修补压实。

结束语:本文系统探讨了水利泵站施工的技术措施与质量控制方法,明确施工前期准备是基础,关键工序技术是核心,质量管控是保障。通过规范土方、模板等工序施工,强化过程监控与问题处置,可有效提升泵站施工质量。但水利泵站施工技术仍需随工程需求迭代,未来可结合数字化技术实现施工过程智能化监控,推动绿色施工材料与工艺的应用。期望本文研究能为相关工程提供借鉴,助力水利泵站建设朝着高效、安全、耐久的方向发展,更好发挥水资源调控作用。

参考文献:

- [1]敦建顺.水利泵站施工技术研究[J].水利电力技术与应用,2025,7(7):10-11.
- [2]刘哲.浅谈水利泵站施工技术[J].水利电力技术与应用,2025,7(6):22-23.
- [3]姜景慧.水利泵站施工技术措施探讨[J].水利电力技术与应用,2025,7(8):15-16.
- [4]杨荣华.水利泵站施工技术措施探讨[J].水利电力技术与应用,2025,7(23):08-09.