

水利水电工程中水闸施工技术与管理的研究

张鹏飞

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 50000

【摘要】：水闸作为水利水电工程中承担泄洪、挡水、调控水位及保障河湖工程安全的重要建筑物，其施工技术水平和质量管理直接关系到工程整体运行效率与安全性。随着我国水利建设需求持续增加，水闸工程呈现规模扩大、结构复杂、技术密集等新趋势，对施工管理与技术应用提出更高要求。本文围绕水闸工程的施工特点、关键技术要点、管理策略及质量安全控制进行系统研究，从施工准备、主体施工工艺、材料性能控制、施工期监测管理及后期运行衔接等多方面论述其技术路径，并分析影响施工质量的主要因素。研究认为，提高水闸施工质量需强化科技支撑、优化技术流程、加强精细化管理、建立全过程质量控制体系。文章旨在为水利水电工程中水闸施工技术的发展提供理论与实践参考。

【关键词】：水闸工程；施工技术；质量管理；水利水电；安全控制

DOI:10.12417/2705-0998.25.24.047

引言

水闸是水利水电工程中最关键的控制性建筑物之一，承担着调节流量、防洪排涝、维持水位稳定及保障区域供水安全等重要功能。随着流域治理、水资源调控、水生态修复等工程规模不断扩大，水闸建设数量持续增加，其工程结构愈加复杂、运行方式更加多样化，对施工技术和管理水平提出更高要求。传统水闸施工实践中存在施工组织粗放、工序衔接不当、材料性能控制不足、监测体系不健全等问题，导致部分工程存在变形、渗漏、耐久性不足等风险。因此，研究水闸工程施工技术体系并构建适应现代工程管理理念的施工管理机制，对提升工程质量和保障水闸长期稳定运行具有重要现实意义。本文从施工技术、管理要点及优化路径三方面分析水闸工程建设中存在的问题，提出相应的改进策略，为行业提供参考。

1 水闸工程施工的总体特点及技术需求

1.1 水闸工程的结构复杂性与技术精细性要求

水闸由闸室、闸门、启闭设备、过闸通道及基础结构等多部分组成，各结构受力状态不同，施工工艺差异显著，技术衔接性强。其荷载包括水压力、闸门自重、振动荷载及地基压力等，施工中需严格保障结构整体性和受力均衡。大型水闸多采用钢筋混凝土结构，要求模板、钢筋、混凝土浇筑等工序达到高精度，以避免缝隙渗漏、结构偏移等问题。因此，水闸施工技术需具备高精度、高可靠性和高适应性。

1.2 施工环境不确定性带来的技术挑战

多数水闸工程位于河道、水库或湿地环境，水文条件复杂，水位变化频繁，施工过程极易受汛期洪水、季节性枯水、地下水渗流等因素影响。此外，施工场地多为软土、水饱和地层，易发生地基沉降或侧向变形，需采取有效防渗、排水及地基加固措施。因此施工技术必须满足水文条件变化大、操作环境湿度高、基础稳定性难控制等特点。

1.3 水闸工程建设对材料与设备的特殊要求

钢筋混凝土需具备较高抗渗性、抗冻性、抗冲磨性和耐久性；闸门钢结构需具备耐腐蚀、高强度及抗疲劳性能；启闭设备需保证动力系统稳定可靠、精准控制。施工中，材料的配比、加工工艺和现场安装精度均影响成品质量，因而必须严格执行标准规范并确保质量控制体系健全。

2 水闸基础施工技术与质量控制要点

2.1 地基处理技术的应用与施工规范

水闸基础常需承受巨大的水压力和结构荷载，地基稳定性直接关系到工程整体安全。常用地基处理技术包括强夯、砂石垫层、旋喷桩、灌浆加固、高压喷射等。选择地基加固方式需结合地层结构、水位变化、荷载特征等因素，确保基础具有足够承载力和抗变形能力。地基处理施工中应严控施工深度、灰浆配比、施工压力等参数，确保加固效果均匀连续。

2.2 围堰施工与排水技术

围堰是保证水闸主体施工顺利进行的重要临时工程。常见围堰形式包括土围堰、钢板桩围堰、双排桩围堰等。围堰设计需考虑水位变化、流速条件和地基稳定性，同时确保在汛期水位上涨时具有足够安全余量。围堰施工完成后应配套布设排水系统，采用明排、井点降水、渗沟排水等方式，保持施工面干燥，提高混凝土施工质量。

2.3 基础开挖及底板施工的质量控制

基础开挖需严格控制标高、坡度及边坡稳定性。施工中应加强地质变化监测，避免因局部软弱土层导致滑坡或基底扰动。底板混凝土作为承受水压力的重要结构，需确保厚度、钢筋位置及混凝土强度达到设计要求。浇筑过程中应避免出现冷缝、蜂窝麻面及孔洞，振捣应均匀充分，并做好养护工作以提升抗渗性能。

3 水闸主体结构施工技术及管理

3.1 混凝土浇筑与抗渗性能控制

水闸主体结构对抗渗性能要求极高，混凝土施工质量直接关系到工程的安全性与耐久性。在材料选用上，应采用低水胶比、高性能混凝土，通过严格控制配合比，提升混凝土密实度和抗渗能力。浇筑过程中，采用分区、分层和连续作业的施工方式，有助于保证结构整体性，减少冷缝产生的风险。振捣工序需要均匀充分，使混凝土内部致密，避免出现蜂窝或空洞现象。模板安装时应确保拼缝严密，防止漏浆影响结构质量。进入养护阶段后，保持混凝土表面持续湿润，有助于强度的稳定发展。根据现场气温变化，采取相应的保温或降温措施，可以有效控制温度应力，减少温差裂缝的产生。通过全过程精细化控制，水闸主体结构的抗渗性能和整体稳定性能够得到可靠保障。

3.2 闸门与启闭机安装技术

闸门安装属于水闸工程中的精细作业，对施工精度和工艺水平要求极高。导轨、门槛和门叶等关键部件在安装过程中，需要严格控制垂直度、平整度以及各部位之间的间隙尺寸，确保闸门运行顺畅且受力均匀。安装前，对钢结构进行规范的防腐处理，有助于提高构件在潮湿水工环境中的耐久性，减少后期维护压力。启闭机安装过程中，应保证动力装置与传动系统轴线一致，使运行过程保持平稳，避免偏载和异常磨损。设备安装完成后，通过满载试验对整体性能进行检验，验证启闭能力是否满足设计要求。调试阶段，需要对闸门启闭速度、运行噪声和振动情况进行全面观察，及时调整相关参数。规范的安装与调试，有助于保障设备长期稳定运行，为水闸安全可靠使用提供重要支撑。

3.3 金结工程焊接与防腐管理

水闸金属结构的焊接质量直接关系到闸门在长期运行中的抗疲劳性能和结构安全。焊接过程中，需要严格控制工艺参数，确保焊缝成形良好，并通过超声波检测与外观检查相结合的方式，对气孔、裂纹和未焊透等缺陷进行全面排查。高质量焊缝能够有效降低应力集中风险，为结构稳定运行提供保障。焊接完成后，金属表面应进行规范的除锈和喷砂处理，以提高后续防腐涂层的附着力。防腐涂层施工是延长金属结构使用寿命的重要环节，通过合理选择涂层体系，可以增强结构对水蚀和化学腐蚀的抵抗能力。在不同服役环境条件下，选用环氧树脂漆或聚氨酯漆等适宜材料，有助于提升整体耐久性，使闸门在复杂水工环境中保持良好性能。

4 水闸施工过程管理与安全控制策略

4.1 施工组织与进度管理

水闸工程施工周期较长、工序复杂，对施工组织管理提出了较高要求。建立科学合理的施工组织体系，有助于统筹各类资源，保障工程顺利推进。施工开始前，通过编制详尽的进度

计划和资源配置方案，可以明确各工序的实施顺序与时间节点，避免因衔接不当影响整体进度。围绕施工实施过程，人员、设备和材料的合理调配，有利于保持施工节奏的稳定性。面对雨季和汛期等不利因素，需要提前制定应急预案，对关键工序和重要节点进行重点管控，降低外部环境对工程进度的影响。施工组织管理中，坚持工序协调、过程受控和风险可预判的理念，有助于及时发现潜在问题并进行调整，使施工活动始终处于可控状态，为水闸工程按期高质量完成提供可靠保障。

4.2 施工安全管理与风险防控

水闸施工过程中存在多种安全风险，围堰失稳、基坑坍塌、水位突涨以及机械设备事故均可能对人员安全和工程进度造成严重影响。针对这些风险，施工单位需要建立完善而严格的安全管理制度，明确各级岗位责任，使安全管理要求落实到具体环节和人员。施工现场应加强安全培训与技术交底，提高作业人员对风险源的识别能力和应急处置意识。围绕现场管理，排水与防淹措施的有效执行、机械设备的定期检修以及脚手架规范使用，是保障施工安全的重要基础。施工过程中，通过实时监测水位变化和地基变形情况，能够及时掌握环境和结构状态，为风险预警和应急调整提供依据。安全管理措施的持续落实，有助于降低事故发生概率，确保水闸施工在受控状态下顺利推进。

4.3 质量控制体系建设

水闸工程的质量控制需要贯穿施工准备、材料验收、工序实施、检测评定和运行前评估等各个环节，形成连续、闭合的管理体系。在施工准备阶段，通过完善技术交底和质量策划，为后续施工奠定规范基础。材料采购环节中，应对原材料和构配件进行严格检验，确保其性能指标符合设计和规范要求。施工过程中，旁站监督与关键工序验收制度的落实，有助于及时发现和纠正施工偏差，保障工艺执行的规范性。针对混凝土、钢筋、防渗层等关键结构部位，需开展周期性的质量抽检和性能评估，确保结构强度与耐久性满足长期运行需求。工程完成后，通过闸门启闭试验和通水试验，对整体结构的稳定性和运行可靠性进行综合验证。全过程质量控制的系统实施，有助于提升水闸工程的安全水平和使用寿命，为工程稳定运行提供坚实保障。

5 水闸工程施工技术与管理的优化路径

5.1 推进信息化管理技术应用

在水闸工程建设过程中，引入 BIM 技术、施工过程监测系统与远程质量管理平台，有助于显著提升施工管理的可视化和精细化水平。通过构建完整的水闸施工数字模型，工程结构、工序安排和资源配置能够以直观方式呈现，施工管理人员对整体进度和关键节点的掌控更加清晰。数字模型支持对不同施工方案进行模拟分析，使潜在冲突和技术风险在施工前即可被识

别,从而降低返工概率。施工过程监测系统能够实时采集关键数据,为质量控制和安全管理提供可靠依据。远程质量管理平台的应用,使信息传递更加高效,管理决策更加及时。数字化手段的综合运用,不仅提升了施工效率和精度,也推动水闸施工管理向更加科学、规范的方向发展。

5.2 提高施工装备与材料技术水平

在水闸工程建设中,引入高性能混凝土材料、新型防腐技术和智能启闭设备,有助于显著提升结构的耐久性与运行可靠性。高性能混凝土在抗渗、抗裂和耐久方面表现优异,能够有效适应复杂水工环境下的长期服役需求。新型防腐技术的应用,降低了金属构件受腐蚀影响的风险,延长了关键部件的使用寿命。智能启闭设备在运行过程中具备更高的控制精度和稳定性,有利于保障水闸调度的安全性与灵活性。施工环节中,推广成套化和自动化施工装备,如自动化钢筋加工设备和智能混凝土浇筑装置,可使施工流程更加规范有序,减少人为操作误差。施工效率的提升,也有助于缩短工期并降低综合成本。新技术与新装备的协同应用,为水闸工程质量和水平全面提升提供了有力支撑。

5.3 建立全过程运维衔接机制

水闸施工完成后,建立施工单位与运维单位之间顺畅高效的交接机制,对于保障工程长期安全运行具有重要意义。通过系统移交施工图纸、施工记录、检测报告和隐蔽工程资料,运

维人员能够全面了解水闸结构特性和关键控制部位,为后续检查与维护提供可靠依据。完整的数据共享,有助于运维阶段准确判断结构状态,提升风险识别和处置能力。围绕工程全寿命周期,实施全过程质量追溯体系,可以将施工质量信息与运行管理有效衔接,使问题来源和责任界定更加清晰。质量追溯机制的建立,有利于及时发现潜在隐患并采取针对性维护措施,避免小问题演变为结构性风险。通过施工与运维协同管理,水闸工程的安全性和可靠性得以持续提升,为水利设施稳定运行提供坚实保障。

6 结论

水闸作为水利水电工程中的重要调控设施,其施工质量对工程运行安全和长期效益具有直接影响。施工过程中任何环节出现问题,都可能对防洪、灌溉和发电等功能产生不利影响。围绕水闸工程建设,对施工技术要点进行系统研究,有助于提升工程整体稳定性和使用寿命。通过科学实施地基处理,合理控制主体结构施工工艺,并加强设备安装精度与防腐技术应用,水闸结构的耐久性能够得到有效保障。施工管理水平的提升,同样是确保工程质量的重要基础,健全的过程管理和质量控制体系,有助于减少施工风险并提升执行效率。面向未来发展,将新技术、新材料与信息化管理手段引入水闸施工实践,有利于推动管理模式向更加规范化和智能化方向转变,为水利工程高质量建设提供持续而有力的支撑。

参考文献:

- [1] 聂威.绿色发展导向的水利工程施工技术管理创新与实践路径探析[C]/河南省豫商经济文化交流协会.2025 中国建筑经济研讨会科技与管理分论坛论文集.中国水利水电第五工程局有限公司,2025:125-127.
- [2] 邢晨阳.水利水电工程施工中大坝混凝土浇筑技术优化策略[J].大众标准化,2025,(24):66-68.
- [3] 张晋.探讨山地太阳能光伏发电施工技术[J].流体测量与控制,2025,6(06):87-90.
- [4] 王达,张啸.钢筋混凝土扭曲面翼墙施工技术在引黄闸工程中的应用研究[J].流体测量与控制,2025,6(06):80-82.
- [5] 廖立胜.水库大坝抗震性能分析与加固技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(36):70-72.