

水利水电工程水闸施工技术研究

陈少华

浙江省围海建设集团股份有限公司 浙江 宁波 315100

摘要：本文围绕水利水电工程水闸施工技术展开研究，系统阐述水闸工程功能、特点及施工意义，深入分析施工前准备工作，包括工程地质勘察、方案编制等；详细探讨地基处理、闸室施工、闸门安装等关键技术要点；并对智能化施工、绿色施工等未来发展趋势进行展望。研究旨在为水闸施工提供全面技术参考，助力提升施工质量与效率，保障工程安全稳定运行，推动水利水电行业高质量发展。

关键词：水利水电工程；水闸施工；施工技术；施工准备；发展趋势

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的核心领域，在水资源科学调配、防洪减灾以及发电灌溉等方面发挥着不可替代的战略作用。水闸作为水利水电工程的关键枢纽，通过精准控制水位与流量，实现水资源的高效管理与合理利用，其施工质量直接关乎工程全生命周期的安全性、稳定性与耐久性，深刻影响区域经济发展与人民生命财产安全。随着我国水利水电事业迈向高质量发展阶段，水闸工程规模与技术要求持续攀升，传统施工技术在复杂地质条件与大型工程建设中的局限性日益凸显。在此背景下，深入探究水闸施工技术，剖析各环节要点与未来趋势，对推动行业技术革新与可持续发展意义重大。

1 水利水电水闸工程概述与施工意义

1.1 水闸工程的功能与特点

(1) 水闸是一种既能挡水又能泄水的水工建筑物，通过闸门的启闭操作，实现调节水位、控制流量、挡潮、排涝等多种功能。按其功能可分为节制闸、进水闸、排水闸、挡潮闸、分洪闸等类型。例如在河道上修建的节制闸，可抬高上游水位，满足灌溉、航运等用水需求；沿海地区的挡潮闸能够抵御潮水倒灌，保护内陆地区免受海水侵蚀。(2) 水闸工程具有显著特点。其结构组成复杂，通常包括闸室、上游连接段和下游连接段三大部分，各部分相互关联、协同工作。闸室是水闸的主体，承受水压力、土压力等荷载，并将荷载传递至地基；上游连接段用于引导水流平稳进入闸室，防止冲刷；下游连接段则起到消能防冲、保护河床的作用。此外，水闸工程受水文、地质等自然条件影响大，施工环境复杂，对施工技术和质量控制要求高。

1.2 水闸工程在水利水电系统中的重要性

在水利水电系统中，水闸工程占据核心地位。(1) 从水资源调配角度，水闸能够根据不同季节、不同区域

的用水需求，合理分配水资源，保障农业灌溉、工业用水和居民生活用水。在干旱季节，通过调节水闸开度，将上游水源引入灌区，缓解旱情；在汛期，及时排泄多余水量，降低河道水位，减轻防洪压力。(2) 在防洪减灾方面，水闸与水库、堤防等工程共同构成防洪体系。当洪水来临，水闸可与水库联合调度，控制下泄流量，削减洪峰，保护下游地区人民生命财产安全^[1]。例如在长江流域的防洪工程体系中，众多水闸发挥着关键作用，有效抵御了多次特大洪水。(3) 水闸还可用于改善通航条件，通过调节水位，保持航道水深，促进内河航运发展，对区域经济交流和贸易往来具有重要推动作用。

1.3 水闸施工质量对工程的影响

水闸施工质量直接决定工程的安全性和使用寿命。若施工过程中地基处理不当，可能导致闸室沉降不均匀，甚至发生倾斜、坍塌等严重事故；混凝土浇筑质量不达标，会出现裂缝、孔洞等缺陷，影响结构强度和防渗性能；闸门安装精度不足，将导致启闭困难、漏水严重，无法正常发挥水闸功能。某大型水闸工程因施工时对地基淤泥层处理不彻底，投入使用后闸室出现不均匀沉降，部分底板开裂，止水设施失效，严重影响工程安全运行，后期不得不耗费大量人力、物力进行加固处理。因此加强水闸施工技术研究，严格把控施工质量，是确保水闸工程长期稳定运行、充分发挥效益的关键。

2 水利水电工程水闸施工前的准备工作

2.1 工程地质勘察与水文分析

(1) 工程地质勘察是水闸施工前的重要基础工作。通过钻探、物探等方法，详细了解闸址处的地层结构、岩土性质、地下水水位及地质构造等情况。勘察结果将为地基处理方案设计、闸室基础型式选择提供依据。例如，若地基为软弱土层，需采取加固措施提高地基承载力；若地下水位较高，需考虑基坑排水和防渗问题。

(2) 水文分析主要包括收集流域内的降水、径流、洪水等资料,分析水位、流量变化规律,预测施工期和运行期可能出现的水文情况。准确的水文分析有助于确定水闸的防洪标准、设计水位和泄洪能力,合理安排施工进度,避免施工过程中遭受洪水灾害。在某水闸工程建设中,通过详细的水文分析,提前制定了洪水应急预案,并合理调整施工计划,确保了工程在汛期安全施工。

2.2 施工方案编制与技术交底

(1) 根据工程地质勘察和水文分析结果,结合工程特点和施工条件,编制科学合理的施工方案。施工方案应涵盖施工进度计划、施工方法、质量控制措施、安全保障措施等内容。例如,在施工进度计划中,需明确各施工阶段的时间节点,合理安排工序衔接;施工方法应针对不同施工部位,选择合适的工艺和设备。(2) 施工前进行技术交底是确保施工质量的关键环节。由技术负责人向施工人员详细讲解施工方案、技术要求、质量标准和安全注意事项,使施工人员熟悉施工流程和操作要点^[2]。通过技术交底,可避免因施工人员对技术要求理解不透彻而导致的质量问题,提高施工效率和质量。

2.3 施工场地布置与材料设备准备

(1) 合理的施工场地布置能够提高施工效率,保障施工安全。根据施工方案,规划施工道路、材料堆放区、设备停放区、临时办公区和生活区等区域。施工道路应满足运输车辆通行要求,确保材料和设备顺利运输至施工现场;材料堆放区应根据材料种类和使用顺序合理布局,便于取用和管理;设备停放区需考虑设备的安装、调试和维护空间。(2) 材料和设备准备是施工顺利进行的物质基础。提前采购符合质量要求的水泥、钢材、木材、止水材料等建筑材料,并按规定进行检验和试验。同时准备好施工所需的机械设备,如挖掘机、起重机械、混凝土搅拌机、振捣器等,并对设备进行调试和维护,确保设备性能良好,能够正常运行。

3 水利水电工程水闸施工关键技术

3.1 地基处理技术

地基处理是水闸施工的关键环节,直接影响闸室的稳定性。常见的地基处理方法包括换填法、强夯法、灌注桩法等。(1) 换填法适用于浅层软弱地基,通过挖除软弱土层,换填强度较高的砂石、灰土等材料,提高地基承载力。某小型水闸工程采用换填法处理地基,将原有的淤泥质土挖除,换填级配砂石,经检测,地基承载力满足设计要求。(2) 强夯法利用重锤从高处自由落下产生的冲击力,夯实地基土,提高地基密实度和承载力,适用于处理砂土、粉土、杂填土等。(3) 灌注桩法是在地基

中钻孔,放入钢筋笼,浇筑混凝土形成桩体,通过桩体将荷载传递至深层地基,常用于承载力要求较高的大型水闸工程。在某大型水闸建设中,采用钻孔灌注桩加固地基,有效提高了地基的承载能力和抗变形能力。

3.2 闸室施工技术

闸室施工包括底板施工和闸墩施工。(1) 底板是闸室的基础,承受上部结构传来的荷载,并将其均匀传递至地基。底板施工时,需控制好混凝土的浇筑质量,防止出现裂缝。采用分层分段浇筑方法,合理设置施工缝,控制浇筑速度和温度,加强混凝土的振捣和养护。在浇筑过程中,使用测温仪器实时监测混凝土内部温度,当内外温差超过规定值时,采取保温措施,如覆盖保温材料、蓄水养护等,避免温度裂缝产生。(2) 闸墩施工主要包括模板工程、钢筋工程和混凝土工程。模板安装要求具有足够的强度、刚度和稳定性,保证闸墩的尺寸和形状符合设计要求^[3]。采用组合钢模板或木模板,通过对拉螺栓、支撑系统固定模板。钢筋加工和安装需严格按照设计图纸进行,确保钢筋的规格、数量、间距准确无误。混凝土浇筑应连续进行,避免出现冷缝,振捣密实,保证混凝土表面平整光滑。

3.3 闸门安装技术

(1) 闸门是水闸实现挡水和泄水功能的关键设备,其安装质量直接影响水闸的运行效果。闸门安装前,需对门槽进行清理和检查,确保门槽尺寸符合设计要求,预埋件位置准确。闸门吊装时,采用合适的起重设备,按照设计顺序进行安装,控制好闸门的垂直度和水平度。(2) 闸门止水装置安装是防止漏水的重要环节。常用的止水材料有橡胶止水带、金属止水片等。安装时,确保止水装置与闸门和闸室接触紧密,止水带接头采用热压硫化等可靠方法连接,防止漏水。闸门启闭机安装应与闸门安装相配合,调试时检查启闭机的运行情况,确保闸门启闭灵活、平稳,满足设计要求。

3.4 混凝土施工技术

水闸工程中混凝土工程量大,混凝土施工技术至关重要。(1) 在混凝土配合比设计方面,根据工程部位、强度等级、耐久性等要求,合理选择水泥、骨料、外加剂等原材料,确定最佳配合比。对于大体积混凝土,为降低水化热,可采用低热水泥、掺加粉煤灰等掺合料,并控制水泥用量。(2) 混凝土浇筑过程中,采用分层浇筑、分层振捣的方法,确保混凝土密实。对于薄壁结构和钢筋密集部位,选用合适的振捣设备,加强振捣,防止出现蜂窝、麻面等缺陷。(3) 混凝土养护是保证其强度增长和耐久性的关键,采用洒水养护、覆盖塑料薄膜

或养护剂等方法，保持混凝土表面湿润，养护时间根据混凝土强度增长情况确定，一般不少于14天。

4 水利水电工程水闸施工未来发展趋势

4.1 智能化施工技术应用

随着信息技术革新，智能化施工技术将深度融入水闸施工。借助物联网技术，施工现场部署的传感器可实时采集设备状态、混凝土温度、地基沉降等关键数据，并上传至监控中心。通过大数据分析与人工智能算法，能够精准预测施工风险，及时调整施工策略，实现全流程智能化管控。如智能振捣设备可依据混凝土特性自动优化振捣参数，保障浇筑质量；无人机巡检则能快速掌握施工进度与质量状况，大幅提升管理效率，为水闸施工的精细化、高效化发展提供技术支撑。

4.2 绿色施工与环保技术发展

在可持续发展理念引领下，绿色施工与环保技术成为水闸施工的核心方向。推广再生骨料混凝土、环保外加剂等绿色建材，既能减少自然资源消耗，又可降低环境污染。施工工艺上，雨水回收用于养护降尘、节能设备替代传统机具，有效降低能耗^[4]。同时通过安装隔音屏障抑制噪声，喷淋系统控制扬尘，配套污水处理设施净化废水，确保施工各环节符合环保标准，实现水闸工程建设与生态保护的协同发展。

4.3 新型材料与工艺创新

未来新型材料和工艺将不断应用于水闸施工。高性能混凝土、纤维混凝土等新型建筑材料将以其优异的力学性能和耐久性，提高水闸结构的质量和使用寿命。例如，纤维混凝土具有良好的抗裂性能，可有效减少混凝土裂缝的产生，增强结构的防渗能力。在施工工艺方面，预制装配技术将得到进一步发展。通过在工厂预制水闸构件，如闸墩、底板等，然后运输至施工现场进行装配，可提高施工效率，保证构件质量，减少现场施工

时间和环境污染。此外，3D打印技术也有望在水闸施工中得到应用，实现复杂结构的快速建造。

4.4 施工安全与质量保障体系完善

在工程安全与质量要求趋严的背景下，水闸施工安全与质量保障体系的完善成为行业发展关键。通过建立健全安全管理制度与质量保证体系，开展系统化安全教育培训，切实提升施工人员安全意识与操作技能。借助智能安全帽等先进监测技术，实时追踪人员生命体征与作业状态，精准预警安全隐患。在质量管控上，严格把控原材料进场、施工过程及竣工验收全流程，引入质量追溯系统，完整记录关键数据，实现质量问题可溯源，为水闸工程安全稳定运行筑牢防线。

结语

水利水电工程水闸施工技术是保障工程质量与效益的核心要素。本文系统剖析水闸施工全流程，涵盖工程概述、施工准备、关键技术及发展趋势，明确各环节重点对质量安全的重要性。面对行业新需求与挑战，智能化、绿色化、创新化成为水闸施工技术发展方向。未来需深化新技术应用，完善安全质量保障体系，持续开展技术创新，总结实践经验，助力我国水利水电工程建设实现高质量发展。

参考文献

- [1]唐恺,马瑞.水利水电工程中水闸施工技术浅析[J].治淮,2022,(11):40-42.
- [2]王继航,王成俊,张登亮.水利水电工程的水闸施工技术分析[J].居舍,2022,(08):90-92.
- [3]冯诗舒.水利工程水闸加固施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(20):99-101.
- [4]毕力格巴特尔,古斯林.浅析水利水电工程的水闸施工技术[J].内蒙古水利,2023(12):33-34.