

以某水利水电工程为例，浅析水闸施工关键技术

李乐乐

(中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610000)

摘要: 探讨了水利水电工程施工过程中水闸施工的关键技术, 并通过具体案例分析, 详细阐述了水闸基坑开挖与支护、混凝土施工、闸门安装与调试以及安全监测与控制等方面技术的应用, 为闸门的建设和安全稳定运行提供了一定参考。

关键词: 水利水电工程; 水闸施工; 应用

Taking a water conservancy and hydropower project as an example, the key technology of sluice construction is analyzed

Li Lele

Sinohydro Seventh Engineering Bureau Co., LTD. Chengdu, Sichuan 610000

Abstract: discusses the key technology of sluice construction in the process of water conservancy and hydropower engineering construction, and through the specific case analysis, elaborated the sluice foundation pit excavation and support, concrete construction, gate installation and debugging and the application of safety monitoring and control technology, for the construction and safe and stable operation of the gate provides a certain reference.

Key words: water conservancy and hydropower project; sluice construction; application

水闸施工是水利水电工程建设中重要的环节, 涉及到基坑开挖与支护、混凝土浇筑与养护、闸门安装与调试等关键技术。本文旨在探讨水闸施工的关键技术问题, 并以某水电站大型水闸为例, 深入分析其施工过程, 为相关工程实践提供经验和参考。

1、水闸施工技术概述

水闸是水利水电工程中的重要组成部分, 用于实现水流控制、水位调节航运运行等功能。水闸按功能可分为水位调节闸、船闸、溢洪闸等类型, 每种类型的水闸都有特定的施工要求与技术挑战[1]。水闸施工主要包括准备工作、基坑开挖与支护、混凝土施工和闸门安装与调试等阶段, 其每个阶段都涉及到关键技术要点。水闸施工过程中的技术决策和质量控制对于水闸的安全性、稳定性和长期运行效果至关重要。水闸施工技术的不断发展创新为提高施工效率工程质量提供了更多空间。

2、水闸施工准备

在水闸施工准备阶段, 首先要进行详细的勘测与设计工作, 包括地质勘测、水文水资源勘测、土质测试等, 以充分了解工程所处的地理环境和水文条件, 为施工方案的制定提供科学依据。其次, 要根据勘测与设计结果, 考虑施工效率、安全性和环境保护等多方面因素, 制定合理的施工方案, 并进行优化选择。同时, 水闸施工前期准备还包括材料采购与其质量控制, 需对相应的材料进行检测验收, 确保施工所用材料满足要求。全面合理的前期准备工作将为水闸施工奠定坚实基础, 为后续施工阶段的顺利进行打下重要基础。

3、水利水电工程中水闸施工关键技术

3.1 基坑开挖与支护技术

基坑开挖与支护技术是水闸施工的关键环节, 它直接影响着后续混凝土浇筑和闸门安装等工作的顺利进行, 同时也与水闸的稳定性与安全性密切相关。在进行基坑开挖前, 需要对施工现场进行详细的地质勘测和岩土力学分析, 以了解地质条件和地层特性, 判断基坑的稳定性, 并制定相应的开挖支护方案。

常用的基坑开挖方法包括机械开挖和爆破开挖。机械开挖适用于较小规模或较浅的基坑, 常见的机械为挖掘机。而对于较大规模或较深的基坑, 可能需要采用爆破开挖, 在爆破前需要进行周边建筑物的安全防护和振动监测, 确保施工过程中安全受控。基坑支护技术是基坑开挖的重要环节, 为防止基坑开挖后土体失稳或塌方, 需要采取支护措施。常用的支护方法包括钢支撑、混凝土支撑墙、土工支护措施等。在选择支护方式时, 需要综合考虑地质条件、开挖深度、土体性质地下水分布以及施工进度等因素, 确保支护结构的稳定性。

3.2 混凝土施工

3.2.1 混凝土配合比设计

需在实验室进行详细的混凝土配合比设计, 通过试验确定水泥、骨料、粉煤灰等材料的最佳配合比例, 在保证混凝土的强度、耐久性和稳定性的同时能够满足经济最优。同时, 需要严格控制混凝土原材料质量和混合搅拌工艺标准, 避免因原材料质量和工艺问题导致混凝土性能不稳定。

3.2.2 浇筑工艺与设备

在混凝土浇筑过程中, 需要合理选择浇筑工艺和施工设备,

以确保混凝土的均匀性和密实性。常用的浇筑工艺有自流平浇筑、抛筛浇筑和振捣浇筑等。合理选用不同的振捣设备可以有效除去混凝土中的气泡, 在满足结构要求的前提下提高施工安全性和经济性。

3.2.3 浇筑温度控制

浇筑温度对于混凝土硬化过程和强度发展特别重要, 是控制混凝土温度裂缝的重要措施。在高温季节, 需采取降温措施, 如使用冷却剂或遮阳网, 采用预冷和加冰等措施, 防止混凝土温度裂缝的产生。在低温季节, 需要采取加热或保温措施, 保持混凝土的适宜硬化温度, 避免因温度过低被冻胀。

3.2.4 养护措施

混凝土浇筑后需要进行养护, 以保持其适宜的湿度和温度条件, 促进混凝土的硬化。养护期间需要保持混凝土表面湿润, 并做好成品保护。养护时间的长短根据混凝土配合比、气候条件和施工要求等因素而定, 在复杂部位采用养护剂能够在满足养护要求的前提下有效降低养护成本。养护后还需要对混凝土的强度和质量进行检测和效果分析, 确保混凝土的养护效果符合要求。

3.3 闸门安装与调试

闸门是水闸工程中重要的水流控制设施, 其安装与调试是确保水闸正常运行的关键步骤。在闸门安装与调试阶段, 需要考虑以下几个关键技术要点和具体步骤: ①闸门制造与质检: 在安装前, 首先要对闸门进行制造和质检。闸门的制造应符合相关标准和设计要求, 确保闸门的强度和密封性。进行质检时, 需要对闸门的尺寸、材料、焊缝、涂层等进行检测, 确保其质量合格^[2]。②闸门制造和质检后, 需要通过运输到达施工现场, 运输过程中要注意防止闸门受损或变形。在施工现场, 需要使用合适的吊装设备进行闸门的安全吊装, 确保闸门的位置精度。③闸门安装与连接: 将闸门吊装到预定位置后, 需要进行准确的安装和连接。这包括闸门与闸墩、墩墙的连接, 以及闸门间的连接。采用螺栓连接或焊接等方法, 确保闸门与周围结构紧密配合, 同时保证其灵活运动。④闸门密封性测试: 安装完成后, 需要进行闸门的密封性测试, 可以通过灌水试验或气密性测试来进行。在灌水试验中, 闸门的泄漏量应小于设计要求的标准值^[3]。⑤闸门启闭与运动测试: 在确保密封性测试合格后, 对闸门的启闭和运动进行测试和调试。测试闸门的开启和关闭过程, 确保运动平稳、灵活。数据监测分析可以提供闸门启闭的运动曲线, 确保其运动性能符合设计要求。⑥闸门操作与控制系统调试: 闸门的操作与控制系统调试主要包括控制闸门启闭机械、液压或电动装置的测试, 以及闸门的遥控和自动化控制系统的调试。通常包括空载试验、静载试验、动载试验和动水试验, 以确保闸门能够按需准确地进行启闭和控制。

3.4 安全监测与控制技术

3.4.1 结构安全监测

水闸结构的安全监测是确保水闸稳定性和耐久性的基础。常用的结构安全监测技术包括倾斜测量、应力监测、振动监测等。倾斜测量可用于监测闸墩和闸门的倾斜情况, 及时发现可能影响结构稳定性的问题。应力监测可以实时监测闸门结构的受力状态, 确保结构的安全承载^[4]。振动监测可用于监测闸门的

振动情况，及时发现振动异常，避免振动引发的损坏和破坏。

3.4.2 渗流监测

水闸渗漏是常见问题，会影响水闸的密封性和运行效率。渗流监测可以通过水位差监测、流量监测和渗流监测等方式进行^[5]。通过检测结果，可以定量地及时发现和处理渗流问题，有效防止土体侵蚀和结构损坏或损坏扩大。

4、案例分析

4.1 项目概况与背景

X水电站位于某条重要河流上，总装机容量为1000兆瓦，是某地区大型的水电站之一。其主要任务是发电和调节河流水位，同时提供灌溉和供水服务，对于当地经济和社会发展具有重要意义。某大型水闸是该工程的重要组成部分，主要用于调节河流水位，控制水流量，以满足上下游的用水需求和发电运行的要求。该水闸的尺寸宏大，包括3座闸门，每扇闸门宽度超过20米，高度超过30米。

同时，由于该工程位于特殊的地理环境中，常年气温较高，降雨量不稳定，施工季节受限。地质条件复杂，包括软土层和岩石层，需要采取特殊的基坑开挖与支护技术。水电站周边生态环境敏感，施工对环境的影响需被高度关注和控制。

4.2 水闸施工方案

4.2.1 基坑开挖与支护技术

①土质勘察：在大型水闸施工前，工程团队进行了细致的土质勘察。通过钻孔、采样和实地测试等方式，获取了基坑施工区域的土层和岩层信息，包括土壤类型、稳定性、含水量等参数。勘察数据显示，基坑施工区域主要为软黏土和砂土层，地下水位较高。②开挖方式选择：根据土质勘察结果和工程要求，工程团队选择了机械挖掘和爆破相结合的开挖方式。对于软黏土层，采用挖掘机开挖；对于岩石层，采用爆破方式开挖。爆破时，需要采取措施保护周边环境，防止对施工区域和附近居民造成影响。③开挖过程控制：在施工过程中，严格控制开挖深度和坡度，避免因超过设计要求而导致的基坑坍塌和滑坡等问题。实时监测基坑的变形和周边地表沉降情况，确保施工安全。④支护结构施工：根据开挖深度和土质条件，选择了桩墙和钢支撑相结合的支护结构。在软黏土层的基坑中，设置了土工格栅和钢支撑，以增强基坑的稳定性；在岩石层的基坑中，采用了桩墙作为支护结构，以保护基坑边坡稳定。⑤基坑排水：由于基坑施工区域地下水位较高，需要保持基坑内的排水畅通，以确保施工期间地下水位的稳定。采取排水设施，设置井点降水，利用井泵和排水管网，将基坑内的地下水迅速排出，降低地下水位，保证基坑稳定和无水作业环境。

详细数据见表1。

表1 X水电站大型水闸基坑开挖与支护技术施工数据

施工阶段	开挖深度 (m)	开挖方式	支护结构	地下水位 (m)
基坑1	10	机械挖掘	土工格栅和钢支撑	6.5
基坑2	12	机械挖掘和爆破	土工格栅和桩墙	8.2
基坑3	15	爆破	土工格栅和钢支撑	7.8

4.2.2 混凝土浇筑与养护技术

①混凝土搅拌：提前根据设计要求，进行配合比计算和试验，准备混凝土原材料，包括水泥、骨料、矿渣和水。通过混凝土搅拌设备，将这些原材料充分搅拌，形成混凝土砂浆。在水闸施工中，采用混凝土配合比为1:2:3的设计，即1份水泥，2份骨料，3份矿渣，满足设计和施工要求。②浇筑过程控制：将混凝土砂浆逐层倒入基坑中，采取自流平或人工振捣的方式，确保混凝土的均匀性和密实性。在浇筑过程中，需要根据施工进度和混凝土坍落度等参数，调整浇筑速度和振捣频率，以保证混凝土浇筑质量。施工人员还需使用振捣器进行外振以除去混凝土中的气泡，确保混凝土的致密性。③养护措施：混凝土浇筑后，初凝后进行连续养护。在水闸施工中，采用喷水养护方式，每天喷淋养护次数为4次，持续时间为9-18天。同时还采用保温措施，覆盖保温材料厚度为10厘米，保温时间为7天。详细数据情况见表2

表2 X水电站大型水闸混凝土浇筑与养护技术施工数据

表

施工阶段	砼强度 (MPa)	养护天数	养护效果
1号闸门混凝土	30	14	良好
2号闸门混凝土	35	18	优秀
3号闸门混凝土	25	9	达到要求

4.3 闸门安装与调试技术

①闸门吊装：在水闸施工中，采用大型起重设备对闸门进行吊装。首先，根据闸门的尺寸和重量，选择适当的起重设备和吊装方案。施工人员将吊装钢丝绳或链条牢固地绑扎在闸门的合适位置，保证吊装的稳定性。然后，起重设备缓慢提升，将闸门准确吊装到设计位置，与闸墩和墩墙对齐。②闸门连接：吊装好的闸门需要与闸墩和墩墙进行连接，确保闸门的稳固性和密封性。连接方式可以采用螺栓连接或焊接，视闸门和墙体的设计要求而定。在施工中，采用了螺栓连接，以便拆卸和维护。施工人员在连接过程中，仔细调整和检查各连接部位，确保连接牢固，不产生松动和漏水。③闸门密封性测试：为确保闸门具有良好的密封性能，需要进行密封性测试。在施工阶段，进行灌水试验或气密性测试。进行了灌水试验，将水流注入水闸上游，观察闸门周边是否有漏水现象。进行了气密性测试，通常采用压力测试仪器，对闸门进行气密性测试，检测是否有气体泄漏。测试结果显示符合设计要求，确保闸门在运行中具有有良好的密封性。④闸门启闭与运动测试：通过操纵控制系统，对闸门进行多次启闭操作，观察闸门的运动是否灵活顺畅，是否有异常声响和振动。测试过程中还需对闸门的启闭时间和动作精度进行记录和分析，以保证闸门在运行中的可靠性。详细数据见表3。

表3: X水电站大型水闸闸门安装与调试技术施工数据表

施工阶段	吊装高度	连接方式	密封性测试	启闭时间 (s)
1号闸门	15m	螺栓连接	通过灌水试验	30
2号闸门	18m	螺栓连接	通过气密性测试	35
3号闸门	20m	螺栓连接	通过灌水试验	40

4.4 施工效果

经过精心的水闸施工技术应用，基坑开挖与支护工程达到设计要求，混凝土浇筑与养护质量优良，闸门安装与调试顺利进行。X水电站大型水闸顺利完成施工，整体施工效果良好。水闸运行期间，闸门运动灵活，密封性良好，安全可靠。这些施工技术措施的成功应用，确保了水闸功能的实现。

5、结语

水闸施工技术在水利水电工程中扮演着至关重要的角色。本文通过对X水电站大型水闸施工的案例分析，详细讨论了基坑开挖与支护、混凝土施工、闸门安装与调试和安全监测与控制等关键技术的应用。对于类似工程实践具有一定的借鉴意义。

同时，不得不强调本文的研究范围仅限于传统意义上的水闸。近年来，随着工程实践的不断增多，水闸施工面临的情况也日趋复杂，部分建设在深厚覆盖层、高水头，或具有高抗渗要求的水闸对施工关键技术提出了新的要求。比如，采用钢板桩增加抗滑能力的水闸，采用复合基础的水闸等，其基础处理技术与传统方法不尽相同，尚需根据工程实践探索和总结完善抗滑或抗渗等关键技术。总之，合理的施工措施使得水闸施工过程顺利、效果优异，为工程功能实现、安全运行提供了技术基础，为优化参与各方经济效益提供了空间。

参考文献：

- [1]夏杰.水利水电工程中水闸施工技术与管理的研究[J].珠江水运,2023(11):114-116.
 - [2]李广峰.水利水电工程中水闸施工技术与管理的研究分析[J].水电站机电技术,2021,44(05):71-73.
 - [3]何巧清.水闸施工的技术要点及注意事项探讨[J].珠江水运,2023(13):101-103.
 - [4]霍开霖.水利工程中水闸施工技术与应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(06):154-156.
 - [5]金国磊,吴华欢,尹上.水利工程中水闸施工技术及管理措施分析[J].水电站机电技术,2023,46(05):96-98.
- 作者简介：李乐乐，1989.04—，男，汉族，四川成都，学士，中级工程师、从事水利水电工程管理工作