

水利水电工程中水闸施工技术分析

董俊峰

上海仁泓工程咨询有限公司，上海，310000；

摘要：水闸作为其中重要的水工建筑物，在水资源调节、防洪抗旱等方面发挥着重要作用，其施工技术的高低直接关系到整个水利水电工程的质量、安全与运行效能。本文结合某大型水利枢纽工程案例实践，深入剖析水闸工程的相关技术，总结归纳水闸工程施工的技术方法、质量要点、验收标准。

关键词：水利水电工程；水闸施工；技术分析

DOI：10.69979/3060-8767.25.02.012

引言

水利水电工程对于国家的水资源合理调配、经济社会的可持续发展具有不可估量的价值。水闸作为控制水流、调节水位的关键水工设施，广泛应用于灌溉、防洪、排涝以及航运等多个重要领域。据相关不完全统计，我国目前已建成的各类水闸数量超过10万座，它们分布于全国各地的江河湖泊之上，在庞大的水利工程体系中扮演着不可或缺的角色。然而，水闸施工面临着极为复杂的地质条件，不同地区的地质结构、岩土特性差异巨大；同时，多变的水文环境，如河流流量、水位的大幅波动，也给施工带来诸多挑战。此外，水闸作为永久性水工建筑物，对工程质量有着极高的要求。因此，深入且系统地研究水闸施工技术，对于保障水利水电工程的顺利建设以及长期稳定运行具有极其重要的现实意义。

1 水闸施工前期准备

1.1 工程勘察

在水闸施工启动之前，全面且精准的工程勘察是首要且关键的环节。地质勘察旨在详细探明施工现场的地质结构、岩土力学性质以及地下水位等关键信息。以某位于上海地区的大型水闸工程为例，通过地质钻探与原位测试等多种手段，查明该区域上部为粉质黏土，其厚度大致在5至8米之间。进一步的土工试验数据显示，该粉质黏土的天然含水量处于25%至30%的范围，孔隙比为0.8至1.0，依据相关岩土工程规范，其地基承载力特征值经计算约为120kPa。而下部为砂质粉土，厚度较为可观，地下水水位埋深在地面以下2至3米。这些详细的地质数据为后续基础设计方案的确定以及施工工艺的选择提供了决定性依据。

1.2 施工图纸设计与审核

施工图纸无疑是水闸施工得以顺利开展的重要依据。设计单位必须依据前期详细的勘察数据进行全面且

细致的设计工作。施工图纸应涵盖水闸的总体布置图，清晰展示水闸在整个水利枢纽中的位置与布局关系；结构配筋图，精确标注钢筋的规格、数量及布置方式，以确保结构的承载能力；地基处理图，针对不同地质条件给出具体的处理措施与参数。在某典型水闸设计案例中，闸室采用钢筋混凝土结构，底板厚度经计算确定为2.5米，顺水流方向长度为15米，闸墩厚度设计为1.2米。

为确保施工图纸的准确性、可行性以及可施工性，施工单位组织经验丰富的技术人员对图纸进行严格且细致的审核。在审核过程中，技术人员凭借专业知识与实践经验，发现部分钢筋在复杂节点处的布置存在施工难度较大的问题。例如，在闸墩与底板的连接部位，钢筋交叉密集，施工时难以保证钢筋的间距与锚固长度。经与设计单位及时沟通协调，双方通过优化钢筋布置方案，调整部分钢筋的直径与数量，并合理改变钢筋的锚固方式，成功解决了这一潜在问题，极大地提高了施工效率与质量。^[1]

2 水闸基础施工技术

2.1 土方开挖

土方开挖作为水闸基础施工的首要步骤，其施工质量与效率直接影响后续工序的开展。在开挖过程中，需要根据具体的地质条件以及设计要求，合理选择开挖方法与适用的施工设备。对于软土地基，考虑到土体的稳定性较差，通常采用分层分段开挖的方式，以有效防止土体因开挖产生过大变形甚至失稳。在某水闸工程施工中，选用反铲挖掘机进行土方开挖作业，为保证开挖精度与施工安全，每层开挖厚度严格控制在2至3米之间。为精确控制开挖边界与高程，施工过程中利用全站仪进行实时测量放线。全站仪凭借其高精度的测量性能，能够快速且准确地确定开挖位置，确保开挖边界误差控制在极小范围内。

2.2 地基处理

由于不同地区水闸建设面临的地质条件千差万别，因此地基处理方法也呈现多样化的特点。对于软土地基，换填法与桩基础法是较为常用的处理手段。而对于砂土地基，振冲法是一种行之有效的加固方式。在振冲过程中，通过精准控制振冲器的电流、水压等关键参数，使地基土在振动力与水压力的共同作用下逐渐密实，从而提高地基的承载能力与稳定性。具体如表1所示：

表 1：不同地基处理方法技术参数对比

地基处理方法	适用地质条件	主要技术参数	承载力提升范围
换填法	浅层软弱地基	换填材料种类、换填厚度	50-100kPa (根据具体情况而定)
水泥搅拌桩法	软土地基	桩径(如0.5米)、桩间距(如1.2米)、桩长(10-12米)、水泥掺入量(15%-20%)	80-150kPa 以上
振冲法	砂土地基	振冲器电流、水压、加密段长度	30-80kPa左右

以上海某一水闸工程为例，该工程部分区域经勘察发现地基承载力无法满足设计要求，经过技术经济比较，最终采用了水泥搅拌桩进行地基处理。水泥搅拌桩设计直径为0.5米，桩间距设置为1.2米，桩长根据不同区域的地质情况在10至12米之间。在施工过程中，对水泥的掺入量进行了严格把控，一般控制在被加固土体质量的15%至20%之间。这一掺入量范围经过多次现场试验确定，既能保证地基加固效果，又能实现成本的有效控制。施工完成后，为检验地基处理效果，采用静载荷试验对地基承载力进行检测。试验结果表明，经水泥搅拌桩处理后的地基承载力特征值由原来的120kPa显著提高到了200kPa以上，完全满足了设计对地基承载力的要求。^[2]

3 水闸主体结构施工技术

3.1 模板工程

模板工程在保证水闸混凝土结构外形尺寸精度以及表面质量方面发挥着至关重要的作用。模板应具备足够的强度，以承受混凝土浇筑过程中的侧向压力；同时要有良好的刚度，防止在施工过程中发生变形；还需具备可靠的稳定性，确保在混凝土浇筑及振捣过程中不出现位移或倾覆现象。在某水闸闸室施工中，选用组合

钢模板作为模板体系，其面板厚度为3毫米，这种组合方式能够有效满足模板的强度、刚度与稳定性要求。在模板安装前，对模板表面进行了全面的清理与除锈工作，以保证模板表面的光洁度，同时涂刷脱模剂，便于混凝土浇筑完成后模板的拆除。在安装过程中，利用高精度的测量仪器对模板的垂直度与平整度进行严格控制。

3.2 钢筋工程

钢筋作为混凝土结构中主要的受力部件，其质量与施工质量直接关系到结构的安全性能。在钢筋加工过程中，严格遵循设计要求进行钢筋的调直、切断、弯曲等各项操作。例如，对于直径为20毫米的HRB400钢筋，依据相关规范，其冷拉率严格控制在1%以内，以保证钢筋的力学性能不受影响。钢筋连接方式主要有绑扎连接、焊接连接和机械连接等。在某水闸工程施工中，考虑到结构的重要性以及施工质量的可靠性，直径大于16毫米的钢筋采用直螺纹套筒连接方式。

在连接过程中，对套筒的质量进行了严格检验，确保套筒丝扣完整、无损伤，以保证连接的可靠性。同时，按照规范要求对钢筋连接接头进行抽样检测，其抗拉强度必须满足设计要求。在钢筋安装过程中，为严格控制钢筋的间距与保护层厚度，通过设置钢筋定位筋的方式，将钢筋间距偏差有效控制在±10毫米以内，保护层厚度偏差控制在±5毫米以内，从而保证钢筋在混凝土结构中能够充分发挥其受力作用。^[3]

4 水闸止水与排水施工技术

4.1 止水施工

止水是防止水闸漏水的关键技术措施，直接关系到水闸的运行安全与使用寿命。常见的止水材料包括橡胶止水带、塑料止水带和金属止水片等。在某水闸工程中，闸墩与底板之间的止水采用橡胶止水带。该橡胶止水带宽度为350毫米，厚度为8毫米，具有良好的弹性与抗老化性能。在安装过程中，将止水带准确固定在模板上，通过专用的夹具与固定螺栓，确保止水带位置准确、顺直，避免在混凝土浇筑过程中发生偏移。在混凝土浇筑过程中，安排专人负责对止水带进行保护，防止因振捣棒触碰等原因导致止水带损坏。对于止水带的接头，采用热硫化连接方式，这种连接方式能够使接头部位的橡胶分子发生交联反应，形成牢固的连接，连接强度不低于母材强度。施工完成后，通过现场打压试验对止水带的止水效果进行检验，试验结果表明，止水带的渗漏量控制在0.1升/分钟以内，止水效果良好，有效满足了工程对止水性能的要求。

4.2 排水施工

水闸排水系统主要包括闸基排水和闸室排水两个部分。闸基排水一般采用在地基中设置排水孔的方式。在某水闸工程中,排水孔直径设计为50毫米,孔距为2米,孔深根据地基情况在8至10米之间。排水孔内设置排水管,管外包裹滤网,滤网的作用是防止泥沙等杂质进入排水管,造成排水孔堵塞。在排水孔施工过程中,利用专业的钻孔设备,严格控制钻孔的垂直度与深度,确保排水孔能够有效发挥排水作用。通过长期观测排水孔的排水量数据,在正常运行情况下,单个排水孔的排水量在0.5至1.0升/分钟之间,这一数据能够直观反映地基的渗流情况,为工程运行管理提供重要参考。闸室排水采用在闸室底板设置排水沟的方式,排水沟坡度设计为0.3%至0.5%,通过这一坡度设置,确保闸室内的积水能够顺利排出。排水沟的尺寸与结构根据水闸的规模与排水要求进行设计,在施工过程中,保证排水沟的内壁平整光滑,排水畅通无阻,有效防止闸室内积水对结构造成侵蚀破坏。

5 水闸施工质量控制与验收

5.1 质量控制措施

在水闸施工全过程中,建立一套完善且严格的质量控制体系至关重要。施工单位首先应制定详细的质量管理制度,明确各部门与人员在质量控制中的具体职责,确保质量管理工作责任到人。加强对原材料与构配件的质量检验工作,对每一批次进场的水泥、钢筋、砂石料等主要原材料进行严格的抽样检测。例如,对水泥的安定性、凝结时间、强度等关键指标进行全面检验,要求合格率必须达到100%,从源头上保证工程质量。^[4]

在施工过程中,强化工序质量控制,严格执行“三检”制度,即班组自检、施工队复检、项目部终检。每一道工序完成后,先由施工班组进行自我检查,确认合格后上报施工队进行复检,施工队复检合格后再由项目部进行最终检验。对于关键工序与隐蔽工程,实行旁站监理制度。以基础混凝土浇筑过程为例,监理人员全程旁站监督,对混凝土的浇筑工艺、振捣质量、原材料使用等进行实时检查,确保每一个施工环节都符合规范与设计要求。

5.2 验收标准与流程

水闸施工全部完成后,必须按照相关标准进行严格的验收。验收标准主要依据《水利水电工程施工质量检验与评定规程》等国家及行业规范。验收流程包括单元工程验收、分部工程验收、单位工程验收和竣工验收四个主要阶段。

在单元工程验收中,对模板安装、钢筋加工与安装、混凝土浇筑等各个分项工程进行详细的质量评定。例如,在模板安装分项工程验收中,规定模板安装的允许偏差符合规范要求的点数占总检查点数的比例不低于90%,则该分项工程质量评定为合格。

分部工程验收由项目法人组织,相关参建单位共同参与,对该分部工程所包含的所有单元工程质量进行汇总评定,检查各单元工程之间的衔接是否符合设计要求,确保分部工程的整体质量。

单位工程验收由项目法人主持,对单位工程的质量、外观、运行功能等进行全面检查验收。竣工验收则由竣工验收主持单位组织,对水闸工程的整体质量、运行情况、工程档案资料等进行综合评价。只有通过各个阶段严格验收的水闸工程,才能正式投入运行,确保其在水利水电工程体系中安全、稳定地发挥作用。

6 结论

水利水电工程中水闸施工技术涵盖了从前期准备阶段的工程勘察、图纸设计审核,到基础施工阶段的土方开挖、地基处理,再到主体结构施工阶段的模板、钢筋、混凝土工程,以及止水排水施工和质量控制与验收等多个紧密相连的环节。通过合理运用各项先进的施工技术,结合实际工程中的详细数据进行科学的施工管理与严格的质量控制,能够切实有效地保证水闸施工质量,显著提高水闸的运行效率与安全性。随着科技的持续进步,诸如新型建筑材料、智能化施工设备以及先进的施工管理理念等将不断应用于水闸施工领域,为水利水电事业的蓬勃发展注入新的活力。在未来的水闸施工实践中,应进一步加大技术创新力度,不断总结实践经验,持续提升水闸施工技术水平,为我国水利水电工程建设事业的高质量发展做出更为卓越的贡献。

参考文献

- [1] 鲁一. 水利水电工程中水闸施工技术管理分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [2] 徐超, 于强强. 论水利水电工程中的水闸施工技术[J]. 中国科技纵横, 2024(8): 109-111.
- [3] 李波. 水闸施工技术在水利水电工程中的运用探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(20): 214-216.
- [4] 赵辉. 水利水电工程中水闸施工技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023(011): 000.

作者简介: 董俊峰(1987年9月-), 男, 汉, 江苏泰州, 本科, 中级工程师, 研究方向为水利水电。