

# 水利工程水闸施工技术及质量控制策略研究

文 / 高俊华 无棣县农村供水服务中心

**摘要:** 本文深入剖析了水闸施工的全流程技术, 不仅涵盖基础施工中测量、开挖、地基处理等精细操作, 闸室施工中模板、钢筋、混凝土工程的关键要点, 还包括闸门及启闭机安装的专业技术。同时, 针对各环节易出现的诸如基础沉降、混凝土裂缝、闸门止水失效等质量问题, 提出了涵盖制度建设、材料管控、过程监督及人员培训等多维度的详尽质量控制策略, 旨在切实提升水闸施工质量, 保障水利工程的长期效益, 为水利事业的可持续发展筑牢技术根基。

**关键词:** 水利工程; 水闸; 混凝土; 模板; 启闭机

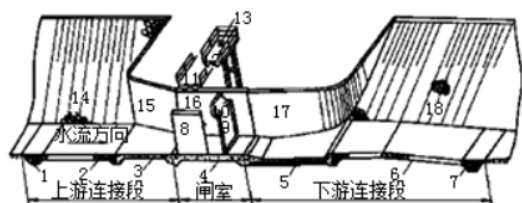
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.089

## 引言

在当今社会经济蓬勃发展的进程中, 水利工程作为保障国家水资源合理利用、促进农业生产、防御洪涝灾害的重要基础设施, 其地位愈发凸显。水闸作为水利工程的核心组成部分, 承担着防洪、灌溉、排涝、航运等多重关键功能, 其施工质量直接关乎水利工程的整体性能和使用寿命。然而, 当前水闸施工面临着诸多挑战, 如地质条件复杂导致基础施工难度增大, 施工工艺不规范引发质量隐患, 以及质量监管不到位等问题。因此, 深入研究水利工程水闸施工技术及质量控制策略, 对于提高水闸工程质量、确保水利工程安全运行、推动水利事业高质量发展具有至关重要的现实意义。

## 一、水利工程水闸定义与组成

如图 1 所示, 水利工程水闸是一种利用闸门挡水和泄水的水工建筑物, 通常由闸室、上游连接段和下游连接段三大部分组成。闸室是水闸的主体部分, 包括底板、闸墩、闸门、工作桥和交通桥等结构。底板是闸室的基础, 承受闸室的全部荷载, 并将其传递到地基上; 闸墩用于分隔闸孔, 支撑闸门、工作桥和交通桥等; 闸门是控制水流的关键部件, 通过启闭操作来调节水位和流量; 工作桥和交通桥则分别为安装启闭设备和满足人员、车辆通行提供平台。上游连接段一般包括上游翼墙、铺盖、护底等, 其作用是引导水流平稳地进入闸室, 防止水流对闸前河床及岸坡的冲刷。下游连接段主要有下游翼墙、消力池、海漫和防冲槽等, 主要功能是消除过闸水流的能量, 使水流均匀扩散, 防止下游河床及岸坡遭受冲刷<sup>[1]</sup>。



1-上游防冲槽; 2-上游护底; 3-铺盖; 4-闸室底板; 5-护坦(消力池); 6-海漫; 7-下游防冲槽; 8-闸墩; 9-闸门; 10-胸墙; 11-交通桥; 12-工作桥; 13-启闭机; 14-上游护坡; 15-上游翼墙; 16-边墩; 17-下游翼墙; 18-下游护坡

图 1 水利工程水闸结构示意图

## 二、水工程水闸施工准备

### (一) 技术准备

组织施工单位、设计单位、监理单位等有关人员进行水闸施工图纸会审, 审查图纸的精准性、完整性、合理性, 检查图纸内是否有矛盾、遗漏、错误之处, 发现问题后及时协商处理<sup>[2]</sup>。施工前, 由技术负责人向施工人员展开技术交底, 包括施工图纸要求、工艺、质量标准、安全事项等, 使施工人员明确作业内容以及技术要求。并解答施工人员提出的问题, 保证施工人员能掌握施工技术要点。

### (二) 物资准备

对所采购的原材料严格检验, 确保原材料质量达标。不合格材料严禁使用, 并不得入场。对闸门、启闭机等构配件, 按照设计标准进行加工和采购。构配件入场前展开严格质量检查与验收, 如构配件尺寸、形状、性能等。根据施工组织设计标准, 配备齐全、性能良好的施工设备, 如起重机、挖掘机、混凝土搅拌机、振捣器等, 做好施工设备的调试与维护, 保证能正常运行<sup>[3]</sup>。

### (三) 现场准备

平整施工场地, 清除施工现场的杂草、树木、石头等障碍物, 为施工创造良好条件。结合施工图纸、测量控制点进行测量放线, 确定水闸的轴线、边界、高程控制点。保障测量放线精度, 严格按照规范标准操作, 保证水闸位置、尺寸等达到设计要求。施工现场搭设临时设施, 如办公室、仓库、宿舍、加工棚等, 做好防火工作, 以保安全, 便于施工和材料堆放。

## 三、水利工程水闸施工技术

### (一) 基础施工

#### 1. 基坑开挖

结合地质条件、设计要求, 选择适宜的基坑开挖方案, 如机械开挖与人工开挖相结合。在开挖期间, 针对一般土质, 应将边坡控制在 1:1 至 1:1.5 之间, 以防基坑坍塌。针对软土地基, 应采取打桩、换填等加固措施, 以强化地基的承载性能。机械开挖中, 开挖至距离设计标高 200—300mm 时, 由人工清理土层, 以防机械设备扰动基底土。同时, 及时排除基坑内的积水, 保持基坑内部的干燥性, 为后续施工创造良好的条件<sup>[4]</sup>。

2. 地基处理

地基处理能进一步提升基坑承载力与稳定性。常见的基坑处理方法包括强夯法、换填法、灌注桩法等。在

地基处理方法选择中，应结合地基土质情况、水闸设计标准等因素综合考虑。不同地基处理方法的适用土质与应用效果如表 1 所示。

表 1 不同地基处理方法的适用土质与应用效果

地基处理方法	适用土质	关键参数	处理后效果
换填法	软弱地基	换填材料压实度达到 95% 以上，换填厚度根据实际情况确定	提高地基承载力，改善地基变形特性
强夯法	砂土地基	单击夯击能一般在 1000kN·m 至 4000kN·m 之间，夯击次数根据现场试验确定	地基密实度提高 20% 至 30%，承载力显著提升
灌注桩法	多种地基，特别是软土地基	桩径、桩长根据设计要求确定，混凝土强度等级不低于 C20	提供较高的竖向承载力，控制地基沉降

地基处理完成后，要进行质量检测，采用静载荷试验等方法，确保地基的承载力满足设计要求，一般要求地基承载力特征值不小于设计值的 1.1 倍。

(二) 闸室施工

1. 模板工程

模板制作与安装中，应选择质量好、强度高的模板（包括钢模板、木模板等）。模板安装中，应保持平整性、牢固性，接缝处的缝隙宽度不得大于 2mm，以防出现漏浆现象。同时，应根据闸室结构特点、施工标准，合理设置支撑体系，对高度超过 5m 的闸室墙模板，支撑系统设置的水平间距应不超过 1.2m，垂直间距应不超过 1.5m，保障模板在混凝土浇筑中不会产生位移、变形。

2. 钢筋工程

在钢筋加工和安装中，需严格按照设计标准操作。钢筋的材质、规格、数量必须满足设计标准，保障钢筋加工尺寸精度、形状规则。例如，钢筋的弯曲半径对于 HPB300 级钢筋不应小于钢筋直径的 2.5 倍，对于 HRB400 级钢筋不应小于钢筋直径的 4 倍。在钢筋安装中，应严控钢筋设置间距、位置、锚固长度，受力钢筋间距偏差不得超过 10mm，锚固长度应满足设计要求且不小于规定的最小值。保证钢筋连接的牢靠性，如图 2 所示，焊接期间，应确保焊缝长度、宽度、厚度等达标，焊接接头抗拉强度不低于钢筋母材的抗拉强度。同时，做好钢筋防锈、防腐处理工作，延长钢筋的使用寿命。钢筋工程不同等级钢筋参数标准如表 2 所示。

表 2 钢筋工程不同等级钢筋参数标准

钢筋等级	屈服强度标准值 (MPa)	抗拉强度标准值 (MPa)	伸长率 (%)	弯曲半径要求
HPB300	≥ 300	≥ 420	≥ 25	不小于钢筋直径的 2.5 倍
HPB400	≥ 400	≥ 540	≥ 16	不小于钢筋直径的 4 倍



图 2 钢筋焊接质量标准示意图

3. 混凝土工程

水闸闸室混凝土强度等级不得低于 C25，抗渗等级不低于 P6。混凝土浇筑应连续进行，避免出现冷缝，混凝土浇筑速度控制在 30-50m³/h 之间。在浇注期间，应采用适宜的振捣方法，插入式振捣器移动间距应不超过振捣器作用半径的 1.5 倍，振捣时间通常为 20-30s，以保障混凝土的密实度。同时，要做好混凝土养护工作，在混凝土浇筑完 12h 内，对其覆盖土工布和定期洒水，对于硅酸盐水泥拌制混凝土的养护周期不得少于 7d，对于有抗渗要求混凝土的养护周期不得少于 14d，以防因混凝土失水、温度变化产生裂缝<sup>[5]</sup>。

(三) 闸门及启闭安装

1. 闸门安装

闸门安装前，对闸门进行检查、调试，确保闸门尺

寸、形状、密封性能达标。闸门各项尺寸偏差应严格控制，门体宽度和高度偏差不超过 5mm，对角线长度差不超过 10mm。严格按照先埋件后闸门的顺序安装，埋件安装应保证位置精准、牢固，安装高程偏差不超过 5mm，水平度偏差不超过 1/1000。闸门安装中，应注意闸门与埋件间的间隙调整，止水橡皮和止水座板紧密接触，局部间隙不得超过 0.5mm，以保证闸门有良好的止水效果。

#### 2. 启闭机安装

启闭机安装前，要对启闭机进行检查、调试，确保启闭机的性能良好。启闭机的安装应严格按照设计标准和启闭机类型进行，安装期间要注意启闭机的水平度和垂直度，其水平度偏差不超过 0.5/1000，垂直度偏差不超过 1/1000，确保启闭机的运行平稳。同时，要做好启闭机的电气设备安装和调试工作，电气设备的绝缘电阻应不小于 0.5MΩ，确保电气设备的安全可靠<sup>[6]</sup>。

### 四、水利工程水闸施工质量控制策略

#### (一) 建立完善的质量管理制度

##### 1. 明确质量目标

水闸施工前，根据设计要求与标准制定明确的质量目标。质量目标应具体、可衡量，如混凝土强度需达到设计强度等级，且混凝土强度合格率达到 95% 以上；闸门止水效果要求漏水率不超过 0.1L/(s·m)；水闸的整体抗滑稳定安全系数在设计工况下不小于 1.3，在校核工况下不小于 1.2 等。同时，将质量目标分解到各个施工环节、岗位，明确各个岗位权责，确保质控目标得以实现。

##### 2. 健全质量管理体系

包括质量检验制度、质量验收制度、质量奖惩制度等。其中，质量检验制度应明确检验项目、方法、频率，确保施工质量符合要求。质量验收制度应严格按照有关标准进行，对不合格的项目坚决不给予验收。质量奖惩制度应根据施工质量的优劣，对施工人员给予奖励或惩罚，提高施工人员的质量意识。

#### (二) 加强原材料和构配件的质量控制

##### 1. 原材料采购管理

原材料采购中，选择信誉好、质量可靠的供应商，对原材料进行严格验收。同时，建立原材料的追溯制度，确保原材料质量可追溯。对于每个批次的原材料，都要记录其来源、检验情况等信息，便于在出现质量问题时能及时查找原因<sup>[7]</sup>。

##### 2. 构配件质量检验

对于闸门、启闭机等构配件，在进场前应进行严格的质量检验，包括尺寸、形状、性能等方面，确保达标。例如，闸门的门叶厚度偏差应控制在 ±2mm 以内，启闭机的额定启门力偏差不超过 ±5%。对于不合格的构配件，坚决不予使用。同时，要做好构配件的保管和维护工作，防止构配件在储存和运输过程中受到损坏。

#### (三) 强化施工过程的质量控制

##### 1. 施工工艺控制

施工过程中，严格按照规范设计标准进行操作，确保施工工艺的科学性、合理性。例如，在混凝土浇筑中，严控混凝土的浇筑速度、振捣时间等参数，保证混凝土的密实度。同时，加强对施工工艺的改进与创新，提高施工质量与效率。采用新工艺、新技术，如混凝土的智能温控技术，可将混凝土内部温度与表面温度差控制在 25℃ 以内，有效减少温度裂缝的产生。

##### 2. 施工质量检验

质量检验包括自检、互检、专检等环节。其中，自检要求施工班组在完成每道工序后，全面检查本班组负责项目的施工质量，合格率需达到 100%；互检要求不同施工班组间相互检查，发现问题后及时通知并整改；专检由专业质量检验人员进行，对关键工序、重要部位的施工质量严格把关，检验不合格率应不超过 5%。针对检验中发现的质量问题，及时限期整改，并进行复检，合格后再开展下一道工序。同时，要做好质量检验记录，为工程质量验收提供依据<sup>[8]</sup>。

#### 结语

综上所述，水利工程水闸施工技术和质量控制是一项系统工程，涉及多个环节和方面。在水闸施工过程中，要合理应用施工技术，严格控制施工质量，确保水闸的安全性、稳定性和耐久性。通过建立完善的质量管理制度、加强原材料和构配件的质量控制、强化施工过程的质量控制等措施，可以有效地提高水闸施工质量，为水利工程的正常运行和功能发挥提供有力保障。随着水利工程建设的不断发展，水闸施工技术和质量控制也需要不断创新和改进，以适应新的工程需求和挑战。

#### 参考文献

- [1] 李渊. 水利工程中水闸施工技术的应用与管理措施研究[J]. 价值工程, 2024, 43(27): 30-32.
- [2] 王立芳, 袁芳. 水利工程中水闸施工技术研究[J]. 门窗, 2024(15): 112-114.
- [3] 陈宇航. 水利工程中水闸施工技术研究[J]. 水利科技与经济, 2022, 28(10): 145-148.
- [4] 方险峰. 水利工程中水闸施工工艺要点及施工质量控制分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(7): 67-69.
- [5] 杨泽中. 水利工程施工管理特点及质量控制策略研究——评《水利工程管理与施工技术》[J]. 水利水电技术, 2020, 51(5): 25-28.
- [6] 贺燕平, 李冬梅. 水利施工中水闸施工技术分析——以广西桂林某水库为例[J]. 电脑迷, 2023(8): 157-159.
- [7] 张满利. 水利工程中水闸施工技术要点及其注意事项[J]. 黑龙江科学, 2022(16): 13-16.
- [8] 刘勇. 水利水电工程中的水闸施工技术研究[J]. 灌篮, 2020(33): 168-169.