

乡村小型闸站水利工程设计及施工要点分析

吴锦¹ 韦勇² 张仲禹³ 刘海雷⁴

1 淮安市淮安区渠南水利管理所

2 江苏省洪泽湖水利工程管理处

3 淮安市淮安区茭陵抽水站

4 江苏淮源工程建设监理有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i7.7073

[摘要] 乡村小型闸站是农村水利基础设施体系的核心组成部分,承担着灌溉调蓄、防洪排涝与水资源调度等多重功能,其设计合理性与施工质量直接关系到乡村农业生产保障与水利工程安全防护能力。本文结合乡村水利工程的建设特点,系统梳理小型闸站工程的设计原则与总体布局要求,从闸基处理、防渗设计、消能防冲等维度阐述关键部位的技术要点,同时围绕施工全流程分析基础施工、主体结构施工及质量安全管控的核心要求。针对设计与施工阶段的常见问题提出针对性应对策略,以期为同类乡村小型闸站工程的建设提供参考,助力农村水利工程品质提升与长效稳定运行。

[关键词] 乡村小型闸站; 水利工程设计; 施工技术; 质量控制; 运维管理

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Analysis of Design and Construction Key Points for Rural Small Watergate Station Hydraulic Engineering

Jin Wu¹ Yong Wei² Zhongyu Zhang³ Hailei Liu⁴

1 Huai'an City Huai'an District Qunnan Water Conservancy Management Station

2 Jiangsu Huaizhou Lake Water Conservancy Management Office

3 Huai'an City Huai'an District Xiaoling Pumping Station

4 Jiangsu Huaiyuan Engineering Construction Supervision Co., Ltd.

[Abstract] Rural small watergate stations are the core components of the rural water conservancy infrastructure system, undertaking multiple functions such as irrigation regulation, flood control and drainage, and water resource scheduling. The rationality of their design and the quality of construction directly affect the agricultural production guarantee and water safety protection capabilities of rural areas. This paper, based on the construction characteristics of rural water conservancy projects, systematically summarizes the design principles and overall layout requirements of small watergate station projects, elaborates on the technical key points of critical parts from aspects such as foundation treatment, seepage prevention design, and energy dissipation and anti-erosion, and analyzes the core requirements of basic construction, main structure construction, and quality control throughout the construction process. It proposes targeted countermeasures for common problems in the design and construction stages, with the aim of providing reference for the construction of similar rural small watergate station projects, and helping to improve the quality and long-term stable operation of rural water conservancy projects.

[Key words] Rural small watergate station; Water conservancy engineering design; Construction technology; Quality control; Operation and maintenance management

引言

随着乡村建设的持续推进,小型闸站工程的建设需求不断提升,但受乡村建设条件、技术投入等因素限制,部分工程存在设计适配性不足、施工管控不严等问题的影响。本文围绕乡村

小型闸站工程的全建设周期展开分析,明确设计阶段的核心原则与技术要点,梳理施工各环节的管控重点,针对建设过程中的共性问题提出解决路径与长效运维思路,为乡村小型水利工程的规范化建设提供理论参考。

1 乡村小型闸站水利工程的设计要点

1.1 设计原则

1.1.1 实事求是原则: 实地调研与需求分析。乡村小型闸站的设计要先进行实地调研, 充分掌握工程当地的地形、水文和河道现状, 再结合区域灌溉、排涝的实际需求确定工程规模和功能定位。设计不能直接套用大型工程的标准, 要充分考虑乡村的运维能力与建设条件, 保证方案贴合当地实际, 同时兼顾经济性与实用性。

1.1.2 安全第一原则: 结构稳定性与防洪标准。结构安全是小型闸站设计的主要要求, 要把结构稳定性贯穿设计的整个流程, 结合区域的水文条件确定合适的防洪标准, 保证主体结构在设计要求的工况下拥有抗滑、抗倾覆的能力。设计还要考虑极端天气带来的影响, 增强结构的耐久性, 选择适合乡村环境的建筑材料, 降低后续维护的难度。

1.2 总体布局设计

1.2.1 选址要求: 地形、地质条件评估。闸站选址要优先挑河道顺直、水流平缓的河段, 保证闸站进出口的水流条件稳定, 在地质条件上, 优先选择地基均匀、承载力符合要求的区域, 避开地质条件较差的地段, 以此降低基础处理的花费, 减少交通方面的成本。

1.2.2 闸室结构: 闸孔尺寸、闸门选型。闸室是闸站的核心结构, 闸孔尺寸会结合河道过流能力、水位差来合理确定, 能同时满足排涝和灌溉两项需求。闸门选型会适配小型闸站的运行特点, 优先选用操作简单、使用寿命长且维护成本低类型, 和乡村运维人员的操作能力相匹配, 能保障闸门开关可靠、操作方便。

1.3 关键部位设计技术

1.3.1 闸基处理: 地基承载力计算与加固方法。闸基的稳定性直接影响闸站整体安全, 设计环节需要测算地基的承载力, 结合勘察结果判断天然地基能不能满足荷载要求。针对承载力不够的软弱地基, 要按照土层分布选择合适的加固方法, 浅层土层使用换填法加固, 深层土层选用桩基工艺, 以此保证地基均匀承载, 避免出现不均匀沉降的问题。

1.3.2 防渗设计: 渗流控制与排水设施布置。渗流破坏是小型闸站十分常见的安全隐患, 进行防渗设计需要搭建完整的渗流管控体系, 利用防渗铺盖、防渗墙延长渗径, 降低渗透坡降, 避免出现渗透变形。同时搭配排水设施, 在闸基下游设置排水系统, 降低扬压力, 达成防渗与排水协同作用, 保障闸基抗渗稳定性。

2 乡村小型闸站水利工程的施工要点

2.1 施工准备阶段

2.1.1 现场踏勘与施工组织设计。施工前开展全面现场踏勘, 核实施工区域地形、地质与水文条件, 排查环境影响因素, 结合设计文件编制施工组织设计。合理规划施工工序、工期与场地布置, 与属地村委做好施工便道、临时占地的协调, 合理规划临时堆土、材料堆放区域, 尽量利用闲置地块, 避免占用耕地与村民通行道路, 同步制定施工期河道临时导流方案, 适配乡村施工条件, 制定特殊天气施工预案, 保障施工有序推进。

2.1.2 材料设备进场检验。工程材料与施工设备是工程质量

的基础, 所有运进施工现场的材料都要严格按照检验流程操作, 逐一核查质量证明文件, 对核心材料要抽取样品做检测, 不合格的材料绝对不能进场。结合乡村运输条件有限的特点, 提前做好材料进场的批次以及运输路线, 避免大型设备和大宗材料没法进场耽误工期, 针对砂石这类本地材料, 提前进行产地核验, 施工设备进场前完成调试和检查, 保证设备状态符合要求。

2.2 基础施工

2.2.1 基坑开挖与支护技术要求。基坑开挖要严格按照设计标高和坡度执行, 管控好开挖速度和顺序, 降低开挖对周围土体的干扰。挖出来的土方要运到指定位置整齐堆放, 绝对不能在基坑周边大量集中堆载, 避免边坡受力过大出现失稳问题, 开挖过程中要同步进行降排水, 维持基坑内部干燥, 避免积水泡软地基, 基坑周边要修建截水沟, 阻挡地表径流, 防止雨水冲刷边坡引发土体垮塌, 对于深度较大或者地质条件不好的基坑, 要采用匹配的支护方案, 保障边坡稳定, 消除坍塌隐患。

2.2.2 地基处理施工: 换填、桩基等工艺。地基处理需严格按照设计工艺施工, 换填作业要彻底清理软弱土层, 管控换填材料的质量和分层压实的厚度, 逐层检测压实效果, 每一层压实质量合格后, 才能进行上层施工, 保证地基承载力符合要求。桩基施工要精准把控桩位、桩深以及桩身质量, 施工过程中同步记录钻进参数, 核对现场地质条件和勘察报告的差异, 发现异常后及时调整施工工艺, 成桩后按规范进行质量检测, 确保地基均匀稳定。

2.3 主体结构施工

2.3.1 混凝土浇筑: 模板支护、振捣与养护。混凝土浇筑开始前, 要严格检查模板的强度、刚度和平整度, 确保模板拼接严密, 不会出现漏浆问题, 浇筑时要控制下料高度和振捣工艺, 严格把控混凝土配合比, 定期校准计量设备, 防止人工配料出现偏差影响混凝土强度, 保证混凝土密实, 避免出现蜂窝、麻面这类缺陷。浇筑结束后要及时进行养护, 保证混凝土强度平稳增长, 避免温度应力造成表面开裂, 降低裂缝出现的可能性。

2.3.2 金属结构安装: 闸门与启闭机调试。金属结构安装要严格把控精度, 闸门安装要保证门体和闸槽贴合, 以此确保止水效果, 避免出现渗漏问题, 启闭机需要和闸门精准对准位置, 保证传动过程顺畅, 安装结束后要进行全行程调试, 检查启闭动作是否灵活、限位定位是否准确, 同时测试锁定装置的工作可靠性。在安装调试过程中, 可以同步给后续负责运维的人员进行实操培训, 讲解闸门日常操作、简单故障排查的基础方法, 保证工程交付后, 运维人员可以快速上手进行日常管理。

2.3.3 砌石与防渗体施工质量控制。砌石施工要选择质地均匀、强度符合要求的石料, 把控砂浆饱满度与灰缝厚度, 砌筑施工要做到错缝搭接, 避免通缝破坏结构整体性, 保证砌体密实牢固。防渗体施工要重点管控搭接位置, 铺设时要躲开尖锐石块等硬物, 防止扎破防渗层, 确保材料拼接严密, 堵住渗漏通道, 完工后分段进行闭水试验, 逐段检查渗漏隐患, 及时修补缺陷, 保障防渗体系完整有效。

2.4 施工质量控制与安全管理

2.4.1 关键工序验收标准。在整个施工过程中, 要建立严格

的工序验收机制,明确各个关键工序的验收标准,上一道工序不合格绝对不能进入下一道工序施工。同时要建立工序报验台账,每一道工序都要留存对应的影像资料和书面记录;隐蔽工程要留存完整的施工记录与验收记录,针对闸基、防渗、混凝土结构这类核心部位,要联合设计单位、监理单位以及属地水利管理部门共同核验,保障基础、防渗这类隐蔽部位的质量符合要求,保证验收流程规范严谨,从源头消除各类质量隐患。

2.4.2雨季施工防护措施。雨季施工需制定专项防护方案,提前完善基坑周边排水设施,提前储备防雨物资与应急排水设备,安排专人关注气象预警信息。加强边坡稳定性监测,遇强降雨天气及时停止基坑与高空作业,撤离施工人员,雨天加密巡查频次,雨后复工前先排查边坡与基坑稳定性,及时排除滑塌隐患,保障施工安全与质量。

2.4.3安全生产管理要点。施工落实全员安全生产责任,结合乡村施工环境制定专项安全方案,开展全员安全培训与技术交底。针对乡村施工人员流动性大的特点,落实进场安全教育全覆盖,施工现场规范布设防护设施,设置醒目警示标识,封闭施工区域,防止无关村民进入引发安全意外,重点管控高空、用电与机械作业安全,定期排查隐患并及时整改,杜绝安全事故。

3 乡村小型闸站水利工程设计与施工中的常见问题与对策分析

3.1设计阶段问题与对策分析

3.1.1地质勘察不足导致结构失稳及其对策。部分小型闸站在早期进行地质勘察时,勘察深度达不到要求,乡村小型工程一般存在勘察经费投入不多、勘察点位数量不够的问题,没法完整呈现场地的地质条件,很容易让地基承载力的判断出现偏差,最终造成后期结构出现不均匀沉降,引发结构失稳。要解决这个问题,就得强化前期勘察工作,结合河道过去出现过险情的位置加密勘察,合理增加勘察点位,彻底摸清土层分布和不良地质的具体情况,清除勘察盲区,给设计工作给出准确参考依据。

3.1.2防洪标准偏低应对策略。受建设成本与规划的限制,不少闸站的防洪标准偏低,没法应对极端高水位的情况,存在漫顶与结构被破坏的风险。需要结合流域防洪规划与区域防护需求,充分考虑远期河道淤积、上游来水变化等因素,合理确定防洪标准,在兼顾经济性的同时预留安全余量,在投资可控范围内适当提高闸顶高程与泄流裕度,优化闸室高程与泄流能力,避免工程建成后短时间内就无法满足防洪需求,提高极端工况的应对能力。

3.2施工阶段问题及其对策分析

3.2.1地基沉降的处理对策。地基沉降是施工过程中常见的问题,大多是因为地基处理不彻底或是荷载分布不均引发的,很容易导致闸体开裂和止水失效。施工时需要提前布设沉降观测点,定期进行连续监测,掌握沉降速率以及沉降差的变化情况,一旦发现异常就要立刻暂停上部施工,分析问题原因后采取对应的加固措施,还要联合设计单位评估沉降带来的影响,选择注浆加固这类对已有结构影响较小的微创方式处理,降低对已完工结构的扰动。

3.2.2混凝土裂缝的防治对策。混凝土裂缝是主体结构的常见缺陷,温度改变、收缩变形、施工工艺出错都可能引发这类问题,乡村施工的昼夜温差更大,会进一步加剧裂缝产生,最终影响结构的耐久性和防渗能力。要从多个施工环节做好防控,优化混凝土配合比降低水化热,控制浇筑环节的温差,重点落实混凝土浇筑完成后的保温保湿养护工作,避免表面和内部温差过大引发温度裂缝。如果已经出现细微裂缝,要及时封堵,防止裂缝进一步扩大。

3.2.3渗流破坏的应急措施。施工中出现渗流破坏迹象时,需第一时间在上游封堵渗漏入口,减少渗流量,同时在下游增设反滤排水设施,采用级配砂石反滤压重,制止土体持续流失,严禁直接封堵出口造成渗压升高引发更大破坏。应急处置后全面排查渗漏路径,通过补做防渗结构、完善排水系统彻底解决渗漏问题,避免破坏扩大引发安全事故。

3.3长效运维建议

3.3.1定期检查与维护制度。小型闸站长效运行需依托常态化维护,建立县乡联动、村级管护的运维体系,明确村级管护人员的日常巡查职责,制定简单易懂的检查清单,建立定期检查维护制度,重点关注闸门止水、岸坡渗漏等易发现的隐患,排查结构变形、锈蚀、渗漏等隐患。对发现的问题及时维修养护,专业检修由县级水利部门定期开展,定期开展金属部件防腐与设备保养,形成分级管护机制,保障设备良好运行,延长工程寿命。

3.3.2信息化监测技术应用。依托信息化技术可提升运维效率,在闸站关键部位布设监测设备,适配乡村运维条件选用低成本、易操作的监测设备,简化数据展示界面,实时采集水位、沉降、渗流压力等数据,构建远程监测系统。设置阈值自动预警功能,无需专业人员即可读取运行状态,通过数据分析掌握运行状态,对异常数据及时预警,实现隐患早发现早处置,弥补乡村专业运维力量不足的短板,提升运行安全性与管理精细化水平。

4 结束语

乡村小型闸站工程是农村水利体系的重要节点,其设计质量与施工水平直接决定工程的运行效益与安全寿命。做好小型闸站的设计与施工管控,需立足乡村实际需求,遵循科学的设计原则,把控关键部位的技术要点,同时强化施工全流程的质量与安全管理,针对性解决建设过程中的共性问题。优质的乡村小型闸站工程能够有效夯实农村水利基础,为农业生产、乡村防洪与生态改善提供坚实支撑,助力乡村振兴背景下的农村水利高质量发展。

[参考文献]

- [1]张甲.水利工程中水闸施工技术分析[J].工程技术研究,2025,10(24):107-109.
- [2]魏延和.水利工程中水闸施工技术及管理研究[J].散装水泥,2025,(6):123-125.
- [3]廖伟.水利工程中水闸施工的技术要点研究[J].水上安全,2025,(17):165-167.

作者简介:

吴锦(1994—),男,江苏省淮安市人,本科,研究方向:水利工程施工管理。