

乡镇灌溉渠道水工建筑物设计与施工

毛佳琪¹ 罗红景²

1 江西省吉安市井冈山市柏露乡人民政府

2 江西省吉安市吉州区水利局

DOI:10.32629/bd.v9i11.4587

[摘要] 乡镇灌溉渠道是农田水利工程的关键组成部分,其水工建筑物设计与施工质量直接关系到灌溉效率、工程寿命与农业用水安全。针对乡镇渠道流量小、断面窄、地质条件复杂、施工分散等特点,本文结合GB 50288-2018《灌溉与排水工程设计标准》与SL 18-2020《渠道防渗工程技术规范》,系统梳理渠道断面选型、水力计算、结构稳定、配套建筑物布置等设计要点,详细阐述基础处理、混凝土浇筑、浆砌石施工、防渗衬砌等关键施工技术,并提出全过程质量控制与长效运维措施。工程实践表明,优化设计参数、严控施工工艺、强化运维管理,可显著提升渠系输水能力与防渗抗冻性能,降低输水损失,为乡镇灌溉工程建设与基层水利管理提供实用技术参考。

[关键词] 乡镇灌溉渠道; 水工建筑物; 设计要点; 施工技术; 质量控制; 节水防渗

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Design and Construction of Hydraulic Structures for Township Irrigation Channels

Jiaqi Mao¹ Hongjing Luo²

1 People's Government of Bailu Township, Jinggangshan City, Ji'an City, Jiangxi Province

2 Jizhou District Water Resources Bureau, Ji'an City, Jiangxi Province

[Abstract] Township irrigation channels are key components of farmland water conservancy projects. The design and construction quality of their hydraulic structures are directly related to irrigation efficiency, service life and agricultural water safety. In view of the characteristics of small discharge, narrow section, complex geological conditions and scattered construction of township channels, this paper systematically summarizes the design key points such as channel section selection, hydraulic calculation, structural stability and layout of supporting structures, combined with GB 50288-2018 Design Standard for Irrigation and Drainage Engineering and SL 18-2020 Technical Code for Channel Seepage Control Engineering. The key construction technologies including foundation treatment, concrete pouring, masonry construction and anti-seepage lining are described in detail, and the whole-process quality control and long-term operation measures are put forward. Engineering practice shows that optimizing design parameters, strictly controlling construction technology and strengthening operation and maintenance management can significantly improve the water conveyance capacity, anti-seepage and frost resistance of canal system, reduce water loss, and provide practical technical reference for the construction of township irrigation projects and grassroots water conservancy management.

[Key words] Township Irrigation Channels; Hydraulic Structures; Design Essentials; Construction Technology; Quality Control; Water-Saving and Seepage Prevention

乡镇灌溉渠道是农田水利工程“最后一公里”的关键载体,水工建筑物的设计合理性与施工质量直接决定灌溉保证率、输水效率及粮食生产安全。当前乡镇灌溉工程普遍具有点多面广、单体规模小、地质条件复杂、施工队伍专业化水平有限等特点,在实际建设中易出现设计标准偏低、防渗抗冻性能不足、配套

建筑物与现场地形适配性差等问题,导致渠系水利用系数不高,难以满足现代农业高效节水灌溉发展需求。结合乡镇渠道流量小、布局分散、施工条件受限的实际情况,本文以输水、调节、消能防冲等典型水工建筑物为研究对象,重点探讨渠道断面优化、水力计算、结构稳定分析及细部构造设计等核心技术,系统

阐述基础处理、混凝土浇筑、浆砌石施工、防渗衬砌等关键施工工艺,并提出全过程质量控制与长效运行维护措施,可为乡镇灌溉渠道工程建设与管理提供实践参考。

1 乡镇灌溉渠道水工建筑物的类型与功能特点

1.1 水工建筑物的功能分类与构成。按功能可将乡镇灌溉渠道水工建筑物划分为输水、调节、交叉、消能防冲四类。输水建筑物以渠道为主体,搭配渡槽、倒虹吸管等实现水流连续输送,保障水源从取水口到田间高效通畅。调节建筑物含节制闸、分水闸、退水闸等,通过闸门启闭控制流量与水位,实现灌溉用水精准调度与按需配水。交叉建筑物包括涵洞、过路涵管、桥梁等,解决渠道与道路、河沟空间交叉问题,保障各类基础设施互不干扰、功能完备。消能防冲建筑物以跌水、陡坡、消力池为主,用于地形突变段落,消减水流动能,防止下游渠道冲刷破坏。

乡镇渠系设计流量多为 $0.1\sim 2.0\text{m}^3/\text{s}$,灌溉面积多在几百至几千亩,建筑物宜采用小型化、定型化、标准化构造,便于乡村施工队伍按图作业,降低施工难度。

1.2 典型建筑物的适用条件与设计要点。渡槽适用于跨越冲沟、洼地等低洼渠段,槽下净空与跨度需按原沟道设计洪水位、流量复核,确保行洪安全。倒虹吸管多用于跨越深沟或道路下方,采用管内有压流输水,进出口必须设置拦污栅与检修井,防止堵塞、便于运维。

节制闸宜布置于干渠分水口下游,闸孔净宽多为 $0.5\text{m}\sim 1.5\text{m}$,优先选用螺杆式启闭机;分水闸按下级渠道流量需求确定开度,闸前保证足够淹没度,保障出流稳定。所有设计均结合乡镇实际地形与用水条件确定,兼顾实用性与经济性。

1.3 消能防冲设施的选型与参数确定。跌水适用于落差 $\leq 3\text{m}$ 渠段,采用阶梯式跌落消能,结构简单、施工便捷;陡坡适用于落差较大、地形平缓部位,依托斜坡摩擦消能,需配套护坦保护下游渠段。消力池为核心消能构件,长度按水力学公式精确计算,确保水跃在池内形成,避免下游冲刷。设施布置兼顾乡镇材料供应、施工技术水平,优先选用浆砌石等当地材料与成熟工艺,提升工程可实施性,抵御水流冲击与长期磨损。

乡镇地区地形起伏多变,部分渠段存在土质松软、地下水位偏高等问题,消能防冲设施在设计阶段必须结合现场地质条件开展专项验算,避免因水流冲刷、基础沉降导致结构开裂、掏空失效。对于常年运行的渠段,还应适当提高消能构件的抗冲耐磨标准,延长检修周期,降低后期维护频次与成本。

2 水工建筑物的设计要点

2.1 渠道断面选型与参数设计。乡镇灌溉渠道断面设计需兼顾设计流量、地形坡降与施工可行性。土渠多采用梯形断面,边坡系数按土质稳定性取 $1:1.0\sim 1:1.5$,保障边坡稳定;混凝土衬砌渠道优先选用矩形或U形断面,适配预制构件拼装,提升施工效率。

断面尺寸结合水力要素综合确定,在满足过流能力基础上,兼顾抗冲防淤要求。针对乡镇渠道小流量特点优化宽深比,避免占地过大或水流不畅。设计结合当地气象条件与运行经验预留

安全余量,保障极端工况下输水安全。

在断面优化过程中,应充分考虑耕作机械通行、田间管护便利等实际需求,合理控制渠道占地宽度。对于冻胀地区,还应在断面设计中预留冻胀变形空间,适当增加衬砌厚度与基础换填深度,避免冬季冻胀导致衬砌隆起、开裂、脱落,从设计源头提升工程抗冻能力。

2.2 水力计算与输水安全保障。水力计算采用明渠均匀流公式 $Q=\omega CRi$,糙率 n 按衬砌材料精准选取:浆砌石渠道取 0.025 ,现浇混凝土取 $0.014\sim 0.017$,预制混凝土板取 0.015 左右。

设计纵坡控制在 $1/1000\sim 1/5000$,通过试算调整断面尺寸,将平均流速控制在 $0.4\sim 0.8\text{m/s}$,既避免流速过高引发土渠冲刷,也防止流速过低导致泥沙淤积。渠道超高按规范取设计水深的 $1/4\sim 1/5$ 且不小于 0.2m ,应对风浪与水位突变扰动,保障水流平顺、不漫溢,提升输水安全性与稳定性。

水力计算应结合渠道多年运行水位、流量变化规律进行复核,避免仅按理论计算取值而与实际运行不符。对于多泥沙水源地区,可适当提高设计流速,减少泥沙淤积;对于土质易冲刷渠段,则应降低流速并加强衬砌防护,实现水力条件与工程安全的平衡。

2.3 结构稳定分析与材料适配。水工建筑物结构设计重点解决抗滑、抗倾覆、抗渗、抗冻问题。节制闸闸墩、跌水陡墙等挡水建筑物,必须开展基底应力验算与抗滑稳定分析,基底合力作用点偏心距 $e\leq B/6$,基底不应出现拉应力;基本荷载组合下抗滑安全系数不小于 1.20 。

材料选用:混凝土强度等级采用C20、C25,受冻地区抗冻等级不低F50,重要部位采用F100;浆砌石采用M7.5或M10水泥砂浆砌筑,毛石饱满率不低于 80% ,砌缝错开搭接长度不小于 10cm 。地基承载力不足时,采用换填砂砾石或灰土垫层处理,分层夯实,压实系数不小于 0.94 ,从源头保障结构安全^[1]。

2.4 配套建筑物布局与细部构造。配套建筑物与渠道整体布置协同:节制闸布置于直线渠段,距弯道不小于 5 倍渠底宽;分水闸门口门宜垂直干渠或设置进水喇叭口,改善进水条件。

涵洞按流态设计:明流涵洞净空率不小于 15% ,有压涵洞按压力管道标准执行,进出口设八字翼墙或扭面,长度取 $3\sim 4$ 倍洞径。消力池总长度宜为 $8\sim 15$ 倍跃后水深,出口整流段长度不小于 3 倍跃后水深,对称收缩角 $8^\circ\sim 20^\circ$ 。跌水墙体厚度结合落差与土压力计算,底部厚度不小于 0.4m ,墙后分层碾压回填,设置反滤层与孔径 50mm 左右梅花形排水孔,以精细化构造提升工程耐久性。

3 施工工艺与技术控制

3.1 施工准备与测量放线精度控制。施工准备阶段完成图纸会审、施工组织设计编制与临时设施搭建,材料设备按计划进场报验。测量放线以设计控制桩为基准,采用全站仪或GNSS-RTK精确定线,渠道中心线偏差 $\leq \pm 20\text{mm}$,高程偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ ^[2]。

开挖前复测原地面,结合实测地形微调断面与建筑物位置,实现挖填平衡、节约成本。地基开挖按分段、分层实施,松散土

层超挖部分采用砂砾石分层回填夯实;遇地下水设置集水井与排水沟降水,保障基坑干地施工。混凝土建筑物基础超挖不大于100mm,浆砌石基础超挖不大于200mm,超挖部分采用同强度等级材料回填,保障地基承载力。

施工放样前应全面复核设计图纸与现场地形的一致性,对局部地形变化较大的地段及时优化调整,避免因放样偏差造成返工。基础开挖完成后须及时组织验槽,检查基底土质、标高、尺寸是否满足设计要求,验收合格后方可进入下一道工序,杜绝因基础处理不到位留下结构安全隐患。

3.2混凝土主体结构施工关键技术。混凝土严格控制配合比,渠道衬砌坍落度50~90mm,闸室结构70~120mm,水泥比不大于0.55;每日检测砂石含水率,及时调整用水量,保障拌合物质量稳定。

浇筑采用分层连续推进,每层厚度不超过300mm,振捣棒插入下层不小于50mm,间距不大于振捣半径1.5倍,杜绝漏振、过振。环境气温大于30℃采取降温缓凝措施,小于5℃掺加防冻剂并蓄热保温。养护要求:普通混凝土养护时间不少于14d,闸墩、跌水墙等重要部位不少于21d,高温环境养护不少于28d,保持表面湿润、覆盖保湿,防止裂缝产生。

3.3浆砌石砌筑工艺与质量控制。浆砌石施工遵循先角后边、由下而上、错缝坐浆原则,严禁先码石后灌浆。砌筑前洒水润湿石块,砂浆饱满度不低于砌缝深度80%。单日砌筑高度不大于1.2m,避免砂浆未凝固引发变形。

砌缝错开搭接长度不小于10cm,外露面随砌随抹平,内部灰缝填满捣实。水平缝厚度控制在20~30mm,竖向缝不超过40mm。挡墙类结构同步设置泄水孔与反滤层,保障墙后积水顺畅排出,施工全过程符合GB 50288-2018、SL 18-2020规范要求^[3]。

3.4防渗衬砌施工与渗漏检测。防渗衬砌是减少输水损失的核心措施,乡镇渠道常用现浇混凝土板、预制板、复合土工膜三类。

现浇混凝土衬砌:厚度100~120mm,冻胀区域不小于120mm;纵向伸缩缝间距4~6m,寒冷地区3~4m,缝内填充聚氨酯密封胶。

预制板:规格500mm×500mm×60mm,板缝采用M10水泥砂浆勾缝,深度不小于15mm。

复合土工膜:采用“两布一膜”结构,膜厚≥0.5mm;基面平整无尖石,搭接宽度不小于200mm,采用双轨热熔焊机在260~320℃焊接。

衬砌完工后进行充水试验,观测24h渗漏量,超出规范限值时标记渗漏点并采用化学灌浆封堵,保障防渗效果长效稳定。

4 质量控制与运行维护

4.1施工过程质量管理

实行班组自检、施工员互检、专职质检员专检三检制,关键工序与隐蔽工程实施旁站监理。原材料进场严格报验,水泥检测安定性与强度,砂石检测含泥量与级配,钢筋检测屈服强度与冷弯性能;混凝土现场留置试块,用于28d强度评定。

施工记录与工程实体同步,包含测量放样、隐蔽验收、混凝

土浇筑、试块检验、质量评定等资料^[4]。质量缺陷按返工、加固、限制使用三级原则处理;蜂窝麻面深度大于10mm时凿除至密实部位,用同强度等级砂浆修补,渗水部位采用化学灌浆封堵。

4.2验收与试运行。工程完工后实施分项工程、单位工程、合同段三级验收。分项工程以质量评定表为依据,合格率满足规范要求;单位工程形成验收鉴定书并存档。验收合格后开展通水试运行,初期流量按设计流量的1/3控制,稳定24h后逐级加至2/3,再升至设计流量,观测渠道与建筑物运行状态。

重点检查衬砌板裂缝隆起、伸缩缝渗漏、闸门启闭灵活性、消力池消能效果,对沉降、裂缝、淘刷等异常部位立即处置,合格后方可正式投运,杜绝带病运行。

4.3后期养护与管理。建立常态化养护机制:日常开展渠道清淤、杂草清除、衬砌缝修补、闸门保养;每年灌溉期前后各开展一次全面巡查,核查防渗体系完整性与建筑物结构状态^[5]。

冬季停水期应对闸门启闭设备除锈、刷漆、注油,未涂层钢构件防腐周期不大于3年。建立工程设施档案,记录维修信息与责任人,实现管护可追溯。基层水利管理单位应结合工程实际制定简易可行的管护制度,明确日常巡查、维修养护、安全警示等工作内容,引导群众参与护渠,减少人为损坏。通过常态化巡查、及时化处置、规范化记录,不断提升渠系运行稳定性,延长工程使用年限,真正实现“建得成、管得好、长受益”。

5 结束语

乡镇灌溉渠道水工建筑物设计与施工是融合水力学、结构力学、施工技术与运行管理的综合性工程。设计阶段聚焦断面优化、结构稳定计算、配套建筑物合理布置,兼顾输水安全与经济适用;施工阶段严控测量放样、材料质量、主体浇筑、防渗衬砌等关键环节,确保符合现行规范标准;后期通过制度化养护与定期检修,延长工程使用寿命、提升灌溉保证率。结合各地实际、灌溉规模与经济水平,选用适配结构形式与施工工艺,是提升乡镇灌溉工程综合效益、保障粮食生产与乡村振兴的基础支撑。

【参考文献】

- [1]买小龙.农田灌溉设计与施工质量管控措施分析[J].农业科技与信息,2021(16):97-98.
- [2]吕柏霖.农田水利工程渠道设计与施工管理关键点分析[J].农家参谋,2020(23):84+91.
- [3]王海波,成志超,单庆安.渠道改造在农田灌溉水利用系数提升中的应用[J].河南水利与南水北调,2019,48(09):28-30.
- [4]刘丽欣.灌区农田水利渠道设计及其施工技术分析[J].低碳世界,2018(08):92-93.
- [5]吴小计.农田水利渠道设计与施工中存在的问题和对策探究[J].黑龙江水利科技,2017,45(06):179-181.

作者简介:

毛佳琪(1998--),女,汉族,江西井冈山山人,本科,助理工程师,研究方向:乡镇灌溉渠道水工建筑物设计与施工。