

# 水利工程明渠主体工程施工方法及技术要求

关晓旭

(四川省交通建设集团有限公司, 四川 成都 610036)

**摘要** 在我国水利基础设施建设稳步推进的背景下, 明渠主体工程作为水利输水体系的基础组成部分, 其施工质量直接影响着工程运行安全及输水效益。本文阐述了水利工程明渠主体工程施工的主要特点, 分析了渠道开挖、渠体衬砌及渠床防护等施工技术, 提出分层开挖、精准衬砌以及排水疏导等施工方法, 梳理施工要点及管控措施, 旨在为同类水利明渠工程施工提供实践参考。

**关键词** 明渠主体工程; 渠道开挖; 渠体衬砌; 渠床防护; 衬砌施工

**中图分类号**: TV551.3

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.031

## 0 引言

随着我国不断深入开展水资源优化配置工作, 明渠主体工程在输水灌溉及防洪排涝体系中发挥着重要作用。依据《水利工程质量事故处理规定》(2024 年) 相关建设要求, 明渠施工需严格遵循技术标准, 并实现全过程管控。科学合理的施工工艺以及严格的技术要求, 是保障明渠结构稳定、防渗可靠及长期安全运行的前提, 对完善水利工程建设、提高水资源利用效率具有现实意义。

## 1 水利工程明渠主体工程施工的主要特征

### 1.1 施工环境的复杂性

水利工程明渠主体工程施工环境复杂, 是其区别于不同工程施工的明显特征, 关系着明渠施工推进效率及技术实施效果。明渠主体工程多位于野外区域, 常受自然环境影响, 气候变化会对施工进度产生一定的影响, 不同季节的温湿度差异会改变施工条件。地形地貌多样也增加了施工环境复杂性, 明渠线路常需穿越不同地形区域, 地形起伏及地质条件差异, 使施工环境具有不确定性。同时, 水文条件波动同样加大环境复杂程度, 施工区域地下水位变化、地表径流状态都会制约施工基础条件。另外, 施工区域周边生态环境状况也是重要组成部分, 施工过程中需要考虑生态保护要求, 进一步体现明渠主体工程施工环境的复杂特征<sup>[1]</sup>。

### 1.2 施工工艺的专业性

明渠主体施工工艺对技术要求较高, 是保障工程结构成型质量及运行稳定的条件之一。此类工程的各

工序之间有着明确的先后顺序, 需要依据设计参数及技术标准来组织实施。同时, 施工过程对操作规范的依赖程度较高, 施工人员要按照既定工艺要求执行各项作业, 保证各项技术指标满足工程设计目标。另外, 施工工艺要适配现场条件, 结合地质、水文以及结构特点进行技术调整, 让施工过程保持稳定。各施工环节之间相互关联, 工艺控制要贯穿全过程, 借助连续化作业, 达成整体结构质量的协调统一, 从而保障明渠主体工程施工质量符合水利工程建设要求。

### 1.3 质量控制的严格性

明渠主体工程施工质量控制, 在水利工程建设中要求很严格, 是保障工程整体性能及运行安全的基础条件。质量控制要贯穿施工全过程, 明确要求各环节的技术指标, 按照设计标准及规范文件进行统一管理。质量管理内容涵盖结构成型及材料应用等方面, 对各环节的执行一致性要求较高。施工过程中的质量检测要同步技术标准, 对关键节点进行过程性约束, 让施工行为始终处于规范范围之内。同时, 质量控制强调全过程记录及技术追溯, 使各阶段的施工状态有可验证性。利用多环节协同控制, 稳定达到质量要求, 保证明渠主体工程整体质量适配水利工程建设标准<sup>[2]</sup>。

## 2 水利工程明渠主体工程施工技术分析

### 2.1 渠道开挖施工技术

渠道开挖施工技术是明渠主体工程施工的技术内容之一, 关系到渠体成型质量及后续施工基础。该技术将明渠设计参数作为依据, 结合地质勘察数据, 确定开挖技术参数, 保证开挖断面符合设计标准, 其中

**作者简介**: 关晓旭 (1993-), 男, 本科, 研究方向: 水利水电工程。

渠道边坡坡度一般控制在  $1:1.5 \sim 1:2.5$ , 开挖深度误差不能超过  $\pm 5$  cm, 断面尺寸偏差控制在  $\pm 10$  cm 以内。其重点在于控制开挖坡度、深度以及断面尺寸, 保证渠体结构稳定, 为后续衬砌及防护施工提供条件。技术实施要结合地质条件, 选择合适的开挖方式, 并考虑开挖过程中的边坡稳定, 借助规范操作, 减少对周边土体的扰动, 避免土体失稳, 影响工程安全。同时, 该技术要衔接后续施工环节, 控制开挖面平整度误差不大于 3 cm, 保持开挖面洁净, 没有浮土杂物。

## 2.2 渠体衬砌施工技术

在明渠主体工程施工中, 渠体衬砌属于重要技术环节, 主要作用是提高渠体防渗性能及结构整体性, 适应明渠主体工程运行及输水需要。该技术结合渠体地质及水文条件, 以明渠设计标准为依据, 确定衬砌技术参数, 使衬砌结构贴合渠体。衬砌材料性能参数会影响技术实施效果, 常用衬砌材料厚度控制在  $8$  cm  $\sim$   $12$  cm, 抗压强度不低于 20 MPa, 抗渗等级不低于 P6, 衬砌表面平整度误差不能超过 2 mm/m。其控制衬砌层厚度、强度及平整度, 形成比较致密的防渗结构, 提高渠体抗冲刷及抗冻融能力, 保持结构稳定。另外, 该技术需连接渠道开挖施工成果, 使衬砌层结合开挖面, 利用技术管控, 保持衬砌结构的均匀性及密实性, 满足防渗性能及结构强度规定<sup>[3]</sup>。

## 2.3 渠床防护施工技术

为维持明渠主体工程运行稳定, 渠床防护作为必要技术部分, 多是针对渠床受水流冲刷、冻融循环及渗透破坏等作用, 采取相应防护措施。该技术依据明渠设计流量、流速及地质条件, 确定防护结构形式及参数, 使渠床具备抵抗水力冲击以及环境影响的能力。防护层厚度为主要控制指标, 一般控制在  $15$  cm  $\sim$   $25$  cm, 要结合渠底流速及地基条件, 确定具体取值, 流速大于  $3$  m/s 的渠段取上限值。防护材料抗压强度不低于 25 MPa, 抗冻等级不小于 F150, 以适配寒区明渠的使用需要。渠床防护层及渠体衬砌结构之间存在衔接界面, 其搭接宽度不小于 20 cm, 采用止水材料填充接缝部位, 防止水流沿缝隙下渗引发渠床掏空。防护层底面需设置反滤层, 反滤料粒径控制在  $5$  mm  $\sim$   $20$  mm, 厚度  $10$  cm  $\sim$   $15$  cm, 起到排水保土作用。对于高地下水位渠段, 防护层下部应该增设排水设施, 排水孔间距  $2$  m  $\sim$   $3$  m, 孔径  $5$  cm  $\sim$   $8$  cm, 使渗透水稳定排出, 减小扬压力对防护层的顶托作用。渠床防护施工完成后, 防护层平整度误差不超过 5 mm/m, 表面不能出现裂缝, 保证过流顺畅<sup>[4]</sup>。

## 3 水利工程明渠主体工程施工方法探究

### 3.1 分层开挖作业, 保障施工安全

分层开挖作业在明渠主体工程中应用较为普遍, 围绕施工安全管控及施工质量展开, 符合明渠主体工程施工技术要求。施工组织以开挖技术要求为依据, 基于渠体地质条件、开挖深度及边坡稳定性情况, 把整体开挖任务划分成若干分层段落, 按照顺序推进。分层控制开挖高度、坡度及进度, 可降低土体失稳风险, 便于调控开挖参数, 适应后续衬砌及防护施工需要<sup>[5]</sup>。例如: 水利明渠主体工程, 渠道总长 8.6 km, 设计开挖深度  $3.5$  m  $\sim$   $6.2$  m, 边坡坡度  $1:1.8$ , 地质以粉质壤土为主, 地下水位埋深 2.3 m, 结合工程技术要求, 采用分层开挖作业保障施工安全。该工程基于开挖深度及地质条件, 把开挖作业划分为 3 个分层, 第一层开挖高度 1.5 m, 第二层开挖高度 1.8 m, 第三层开挖高度结合剩余深度灵活调整, 每层开挖完成后, 及时进行边坡修整, 使边坡坡度符合设计标准。开挖过程中, 严格控制每层开挖进度, 每天开挖长度不超过 50 m, 避免一次性开挖过深致使土体应力集中。针对粉质壤土遇水易软化的特性, 每层开挖后, 立刻清理开挖面浮土, 铺设临时排水设施, 控制地下水位不高于开挖面以下 0.5 m, 防止土体软化失稳。同时, 用专业设备检测边坡平整度及坡度, 保证误差控制在技术要求范围内, 检测合格后, 方可进入下一层开挖作业。开挖过程中安排专人全程值守, 监测边坡位移及土体沉降情况, 实时记录施工数据。借助分层开挖作业, 该工程控制边坡坍塌风险, 避免开挖过程中安全事故的发生, 为后续渠体衬砌及渠床防护施工奠定良好基础, 体现分层开挖作业在明渠主体工程中保障施工安全、契合技术要求的价值。

### 3.2 精准衬砌施工, 提高防渗性能

在明渠主体工程施工方法中, 精准衬砌以防渗性能及结构成型为主要控制目标。该方法以衬砌层厚度、施工精度及结构贴合情况为主要控制内容, 按照设计标准, 确定施工参数, 使衬砌层符合使用条件。衬砌作业需保持连续性, 避免接缝处产生不均匀变形。同时, 让衬砌表面保持平整状态, 改善过水条件, 为渠体结构提供基础条件。

依据明渠主体工程衬砌技术标准, 工程渠道总长 9.2 km, 设计输水流量  $18$  m<sup>3</sup>/s, 渠体衬砌采用 C25 混凝土材料, 结合工程技术要求, 采用精准衬砌施工提高防渗性能。工程以渠体衬砌技术参数为依据, 控制衬砌材料质量, 使混凝土抗压强度达到 25 MPa, 抗渗

等级符合 P6 标准,衬砌厚度统一控制在 10 cm,偏差不超过  $\pm 2$  mm。施工前,清理开挖面,让表面洁净平整,平整度误差控制在 3 cm 以内,适配衬砌施工要求。衬砌施工过程中,采用专业设备进行浇筑作业,控制浇筑速度及振捣频率,保证衬砌层密实无孔隙,以防出现麻面等质量问题。浇筑完成后,及时进行养护,养护时间不少于 14 天,养护期间控制环境温度在  $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ,防止衬砌层出现裂缝。同时,精准处理衬砌接缝,用专用止水材料填充,使接缝严密,搭接宽度控制在 20 cm,不让水流沿接缝渗漏。施工全过程同步进行质量检测,实时监测衬砌厚度、强度及平整度。凭借精准衬砌施工,该工程降低输水渗漏损耗,渗漏量控制在设计标准以内,衬砌结构整体平整密实,抗冲刷及抗冻融能力达标,既能保障明渠输水效能,又能延长工程使用年限,体现精准衬砌施工在明渠主体工程中提高防渗性能的价值。

### 3.3 合理排水疏导,避免渠体冲刷

在明渠主体工程运行过程中,渠体冲刷问题多与积水及渗透水排出不畅有关。因此,在施工阶段,需提前设计并布置排水系统。合理排水疏导的实施重点放在排水路径设置及排水能力匹配上,结合水文条件及输水流量,分区安排不同渠段的排水方式,使积水及渗透水,能够按既定路径排离渠体区域。例如:水利明渠主体工程,渠道总长 10.5 km,设计输水流量  $22\text{ m}^3/\text{s}$ ,渠底坡度  $1/2\ 500$ ,地质以砂壤土为主,渠段沿线地下水位较高且汛期降雨集中,采用合理排水疏导施工避免渠体冲刷。明渠排水系统的设计要结合水文地质、渠道结构及周边环境。在进行地表排水系统设计时,要依据集水面积计算排水沟断面尺寸与纵坡。采用梯形或矩形断面,边坡坡度  $1:1 \sim 1:1.5$ ,沟底宽不小于 30 cm,保障排水能力符合暴雨强度要求。高填方渠段在填方体内部设纵向排水盲沟,用粒径 20 mm  $\sim$  40 mm 的碎石或卵石作反滤层,厚度不少于 30 cm,与横向排水管连通,构成立体排水网络。同时,在渠体两侧布设排水边沟,沟底宽度控制在 80 cm,深度 60 cm,与渠体轴线平行布设,使排水顺畅。在渠床底部每隔 2.5 m 布设排水盲管,管径 10 cm,外包土工布,防止泥沙堵塞。汛期前,检查并调试排水系统,使其具备排出地表汇水及地下渗透水的能力。输水期间,实时监测排水流量及渠体周边水位,基于变化调整排水速率,将地下水位控制在渠底以下 1.2 m。凭借合理排水疏导施工,该工程控制水流对渠体的冲刷作用,渠体边坡及渠底未出现破损,过流状态平稳,符合明渠主体工程施工技术要求,保障工程输水效能。

### 3.4 全程监测管控,筑牢工程质量

全程监测管控,把质量检验由结果验收前移到施工各环节。其依据设计文件及技术规范,确定监测点位及检测频率,让开挖断面、衬砌成型及防护层铺设等工序处于受控状态。检测数据及时反馈至作业面,为调整施工参数提供依据。监测结果要对照技术要求,偏差超出允许范围时及时修正,按照规定交接各工序,稳定达成明渠主体工程质量目标。例如:在该水利明渠主体工程施工过程中,渠道总长 7.8 km,设计输水流量  $16\text{ m}^3/\text{s}$ ,基于工程技术要求,用全程监测管控方式强化工程质量。该工程结合明渠主体工程施工各环节特点,在开挖、衬砌、防护及排水施工阶段均布设监测点位,明确监测指标及控制标准,边坡位移监测频率为每 2 小时 1 次,衬砌强度监测每 50 m 布设 1 个检测点,渠床平整度允许误差不超过 5 mm/m。监测内容涵盖边坡位移、衬砌强度及排水流量等,使用专业监测设备,实时采集数据,安排专人整理分析数据,每天生成监测报告,上报施工管理部门。在监测过程中,仔细对照施工技术要求,发现参数偏差,立即暂停作业,调整施工工艺直至达标,同步更新监测数据,施工全过程记录监测数据及调整情况。借助全程监测管控,该工程各施工环节参数都符合设计标准,没有质量隐患,防渗及抗冲刷性能达标,表明此方法能够稳定控制工程质量,使工程运行状态保持可靠。

## 4 结束语

规范明渠主体工程施工方法,并落实技术要求,是保障水利工程输水效能、延长工程使用年限的前提,对推动水利基础设施发展具有重要价值。未来,需结合水利建设新需求,继续优化施工工艺,强化技术应用,使施工方法适配技术管控,促进水利工程更好地发挥水资源调配及保障作用,为水利事业长远发展奠定坚实的基础。

### 参考文献:

- [1] 高利宁,王强.水利工程施工中导流施工技术的应用研究[J].产品可靠性报告,2025(12):139-140.
- [2] 马超.明渠施工技术在农田水利工程建设中的应用[J].村委主任,2025(13):266-268.
- [3] 谢军.探析水利工程项目梯形明渠施工技术[J].产品可靠性报告,2025(06):133-134.
- [4] 李心雨.水利工程施工中导流施工技术的应用[J].科技与创新,2024(14):106-108.
- [5] 牟畅,何楚,福亚旭,等.导流明渠在水利工程中的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(03):149-151.