

农田水利灌溉渠道工程设计分析

刘洪娜

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 本文聚焦灌溉渠道设计, 全面涵盖布置、断面、防渗及边坡防护四大核心板块。布置设计旨在构建高效输水体系, 平面依农田分布划分渠道层级, 竖向精准控制纵坡坡度; 断面设计科学选定形式、精准确定尺寸, 并优化水力特性; 防渗处理精心挑选材料、适配施工工艺, 兼顾后期维护便利性; 边坡防护合理选择方式、精心设计结构, 并针对特殊工况处理。各环节紧密关联、协同作用, 全方位保障灌溉渠道稳定运行, 提升灌溉效率与综合效益。

关键词: 农田水利; 灌溉渠道; 工程设计; 分析

引言: 灌溉渠道设计是农田水利工程建设的关键环节, 关乎水资源高效利用与农业可持续发展。其设计涵盖布置、断面、防渗及边坡防护等多个方面。科学合理的布置设计能构建高效稳定的水流连接体系; 精准的断面设计可保障渠道稳定高效输水; 有效的防渗处理能减少水资源渗漏损失; 可靠的边坡防护则能确保渠道结构安全稳定。本文将围绕灌溉渠道布置、断面、防渗及边坡防护设计展开深入探讨, 旨在为灌溉渠道工程设计与建设提供全面、专业的理论支持与实践指导。

1 灌溉渠道的布置设计

灌溉渠道布置作为工程设计的基础环节, 其核心在于构建水源与灌溉区域间高效、稳定的连接体系, 保障灌溉范围全面覆盖, 水流输送顺畅无阻, 同时紧密适配场地地形与土壤条件, 最大限度降低工程开挖与建设难度。(1) 平面布置上, 要依据农田分布形态, 科学划分干、支、斗、农等层级渠道。干渠作为输水主干, 承担着从水源引水并分配至各支渠的重任; 支渠则将干渠来水进一步细分至斗渠; 斗渠负责将水输送至农渠, 最终由农渠将水引入田间。各级渠道功能定位明确, 灌溉范围清晰, 且衔接紧密, 确保水流均匀分配。在地形复杂区域, 应精心规划线路, 避免渠道穿越陡坡、洼地等不利地段。若实在无法避开, 需通过合理调整坡度、设置跌水或陡坡等局部处理措施, 保障渠道稳定运行。同时, 要充分考虑与田间道路、排水系统的协调性, 防止相互干扰, 提升农田生产综合便利性。(2) 竖向布置方面, 渠道纵坡坡度控制至关重要。需综合考量水流输送动力需求, 防止流速过快冲刷渠道边坡, 也要避免流速过慢引发泥沙淤积, 降低输水效率。纵坡设计要结合土壤抗冲刷能力与渠道断面形式, 通过精确计算确定合理坡度范围, 确保水流处于稳定水力状态。此外, 还需兼顾灌溉区域地面高程, 保证渠道水位能够满足田间灌溉最低水

位要求, 实现全区域均匀灌溉, 为农作物生长提供稳定可靠的水源保障^[1]。

2 灌溉渠道的断面设计

2.1 断面形式选择灌溉渠道断面形式多样, 梯形、矩形、U形是较为常见的类型, 选择时需充分考虑土壤条件与地形场景。(1) 梯形断面优势显著, 其边坡坡度能根据实际需求灵活调整, 在面对不同土壤质地时, 可有效增强抗冲刷能力, 保障渠道稳定运行。而且施工过程相对简便, 降低了施工难度与成本, 因此广泛应用于大多数农田灌溉渠道, 特别是土壤质地松散、对边坡稳定性要求较高的区域。(2) 矩形断面适用于地形平坦开阔、土壤承载力强的区域。这种断面形式结构紧凑, 在相同过水断面面积下, 输水能力较大, 能有效提高灌溉效率。不过, 矩形断面边坡稳定性较差, 对边坡防护要求较高, 通常需采用衬砌等措施来增强其稳定性, 防止边坡坍塌。(3) U形断面多采用预制构件拼装而成, 其独特的形状使水流条件更为优越, 泥沙不易在渠道内淤积, 保证了输水的顺畅性。同时, 它占地面积小, 能有效节约土地资源, 适用于小型灌溉渠道以及高标准农田灌溉工程^[2]。

2.2 断面尺寸确定灌溉渠道断面尺寸的精准确定, 是保障渠道正常运行的关键环节。它需依据设计流量、纵坡坡度以及水力半径等关键参数, 通过严谨的水力计算得出, 核心目标在于确保渠道能够稳定、高效地输送设计流量, 同时将水流速度严格控制在合理区间。(1) 设计流量的确定至关重要, 要综合考量灌溉区域内作物的需水量、灌溉周期以及水源的实际供给能力, 以此精准满足农田灌溉的峰值需求。在水力计算环节, 需借助专业公式, 精确推导渠道的底宽、水深、边坡坡度等核心尺寸, 使断面的水力半径与水流速度达到最佳适配状态, 防止因流速过大引发渠道冲刷, 或因流速过小导致泥沙淤积。(2) 断面尺寸设计还需兼顾工程经济性。在充分

满足输水需求的基础上,尽可能减小断面面积,从而降低土方开挖量与建材消耗量。对于土质渠道,要预留充足的安全系数,充分考虑土壤的压缩性与侵蚀性,合理调整断面尺寸,切实增强渠道的承载能力与耐久性。

2.3 水力特性优化在灌溉渠道断面设计中,充分考虑水流的水力特性并加以优化,是提升输水效率、保障渠道稳定运行的重要举措。(1)对于梯形断面,边坡坡度的合理确定至关重要。需依据土壤抗剪强度等参数进行精准计算,若坡度过陡,土壤所受剪切力增大,极易引发边坡坍塌,影响渠道结构安全;坡度过缓则会增加土方开挖量,提高工程成本。(2)U形断面的曲线设计需严格遵循水力最优条件。其独特的曲线形状能使水流速度分布更为均匀,有效减少水流在输送过程中的能量损耗,提高输水效率。(3)渠道进出口、转弯处等关键部位的水力条件复杂,水流易发生突变,导致冲刷或淤积问题。因此,要对这些部位的断面形式进行优化,合理设置过渡段。通过平滑的过渡设计,使水流状态逐渐改变,避免因水流突变产生的强大冲击力对渠道造成破坏,保障水流输送的稳定性,确保灌溉渠道长期、高效运行。

3 灌溉渠道的防渗处理设计

3.1 防渗材料选择防渗材料的选择需结合工程成本、土壤条件、使用寿命等因素,常见的防渗材料包括土料、水泥土、混凝土、土工膜等。土料防渗适用于土壤质地黏重、水源充足且对防渗要求不高的渠道,具有取材方便、施工简单、成本低廉的优势,但防渗效果有限,耐久性较差。水泥土防渗通过在土料中掺入水泥等胶凝材料,提升土壤的密实度与防渗性能,适用于中低等级灌溉渠道,兼顾经济性与防渗效果。混凝土衬砌防渗具有防渗效果好、耐久性强、抗冲刷能力突出等特点,适用于对防渗要求较高的干渠、支渠等主要渠道,但施工成本较高,需做好伸缩缝处理,防止因温度变化导致衬砌开裂。土工膜防渗则具有重量轻、防渗性能优异、施工便捷等优势,适用于各类渠道防渗工程,尤其适用于地形复杂、施工难度大的区域,但需做好膜体的保护,避免被尖锐物体刺穿,影响防渗效果^[3]。

3.2 防渗施工工艺防渗施工工艺需与所选防渗材料适配,确保防渗层的完整性与密实度。对于土料防渗,需采用分层夯实的方式,提高土壤的密实度,减少孔隙率,增强防渗性能;水泥土防渗需严格控制水泥掺量与含水量,搅拌均匀后分层铺设、夯实,确保层间结合紧密。混凝土衬砌防渗需按设计断面浇筑混凝土,做好振捣与养护工作,合理设置伸缩缝与沉降缝,填充密封材料,防止渗漏。土工膜防渗施工需先对渠道基底进行平整与压实,

清除尖锐杂物,再铺设土工膜,膜体搭接处需采用热熔焊接等方式密封,确保无渗漏点,铺设完成后需覆盖保护层,防止膜体老化与损坏。施工过程中需严格控制各环节质量,避免因施工不当导致防渗层破损,影响防渗效果。

3.3 防渗层维护考量在灌溉渠道防渗处理设计中,充分考虑后期维护的便利性是保障防渗系统长期有效运行的关键因素之一。需精心挑选易于检修且维护成本相对较低的防渗方案,以降低后续运营管理的难度与费用。(1)以常见的防渗方式为例,混凝土衬砌渠道在长期使用过程中,可能因温度变化、地基沉降等因素出现裂缝。针对此类问题,可采用注浆的方式,将合适的浆液注入裂缝中,填充缝隙,增强结构的整体性;也可使用贴补的方法,选用与原衬砌材料性能相近的片材,对裂缝部位进行修补覆盖。(2)对于土工膜防渗渠道,一旦发生破损,需迅速且精准地查找破损点。可通过专业的检测设备或人工排查的方式确定位置,然后采用热熔焊接或专用胶粘剂修补等方法进行修复。(3)防渗层设计要全面考量渠道周边的环境因素,如地下水浸泡、土壤冻胀等,提前采取防护措施,避免这些因素对防渗层造成损坏,从而提升防渗系统的耐久性,延长其使用寿命。

4 灌溉渠道的边坡防护设计

4.1 防护方式选择常见的边坡防护方式包括植被防护、砌石防护、混凝土预制块防护、土工格栅防护等。植被防护属于生态型防护方式,通过种植固土能力强的草本、灌木等植物,增强土壤凝聚力,减少水流冲刷与土壤侵蚀,适用于坡度较缓、水流速度较小的渠道边坡,具有成本低、生态效果好的优势,但防护效果受植被生长状况影响较大。砌石防护分为浆砌石与干砌石两种,浆砌石防护强度高、抗冲刷能力强,适用于水流速度大、边坡稳定性要求高的区域;干砌石防护则具有一定的柔韧性,能够适应边坡的轻微变形,适用于土壤质地较好、坡度适中的渠道边坡。混凝土预制块防护施工便捷、耐久性强,适用于各类渠道边坡,尤其适用于对防护外观与强度有较高要求的工程。土工格栅防护通过铺设土工格栅增强土壤的抗剪强度,适用于边坡较陡、土壤稳定性较差的区域,能够有效防止边坡滑坡与坍塌^[4]。

4.2 防护结构设计灌溉渠道边坡防护结构设计是一项严谨且综合性的工作,需全面考量边坡坡度、土壤抗剪强度、水流速度等关键参数,以此精准确定防护层的厚度、材质与铺设方式。(1)以浆砌石防护层为例,其厚度需依据水流速度进行精确计算。水流速度越大,对防护层的冲刷力越强,所需厚度也就相应增加,确保能有效抵御水流的侵蚀,保障边坡稳定。植被防护方面,要

科学合理搭配植物种类,采用乔灌草结合的立体模式。乔木可提供一定的遮荫和根系固土作用,灌木能增加植被覆盖度,草本植物则生长迅速,可快速形成地表保护层,共同提升防护的稳定性与持久性。(2)防护结构设计必须重视排水需求。在防护层合理设置排水孔,能及时排出边坡内部的地下水,防止地下水积压导致边坡土体软化、失稳。对于土质松散、易发生侵蚀的边坡,可采用复合防护结构,将植被防护与砌石、土工格栅防护有机结合,兼顾生态效益与防护强度。此外,边坡防护设计要与渠道防渗处理相协调,避免两者相互干扰,确保防护结构与防渗层协同作用,切实保障渠道边坡的稳定性与防渗性能。

4.3 特殊工况防护处理灌溉渠道在运行过程中,会面临季节性水流变化、土壤冻胀等诸多特殊工况,这就要求边坡防护设计必须具备高度的针对性和适应性。(1)在寒冷地区,土壤冻胀是影响边坡稳定性的关键因素之一。由于土壤在冻结过程中体积膨胀,会对边坡防护层产生强大的推力,若防护材料刚性过强,极易导致防护层开裂。因此,应选择具有一定柔韧性的防护材料,如土工格室、柔性混凝土等,使其能够通过自身变形来缓冲冻胀力,避免开裂情况的发生。同时,可在边坡底部设置防冻层,一般采用粗砂、碎石等透水性良好的材料,减少地下水在冻结过程中的积聚,从而降低冻胀对边坡结构的破坏程度。(2)对于水流速度随季节变化较大的渠道,汛期水流速度大幅增加,对边坡的冲刷作用显著增强。为确保边坡安全,需按照最大水流速度来设计防护结构,适

当增加防护层的厚度,选用抗冲刷性能更强的材料,如浆砌石、混凝土预制块等,以增强防护层的抗冲刷能力,防止汛期水流冲刷导致边坡损坏,保障渠道在各种工况下的稳定运行^[5]。

结束语

灌溉渠道设计涵盖布置、断面、防渗及边坡防护等多方面,各环节紧密相连、相辅相成。科学合理的布置设计构建起高效输水体系;精准的断面设计保障水流稳定输送;适宜的防渗处理减少水资源渗漏损失;可靠的边坡防护确保渠道结构安全。面对复杂多变的场地条件与特殊工况,需综合考量各项因素,灵活选用材料与工艺,优化设计方案。唯有如此,才能打造出功能完备、运行稳定、经济耐用的灌溉渠道,为农田灌溉提供坚实保障,促进农业可持续发展,实现水资源的高效利用与合理配置。

参考文献

- [1]李广宇.滴灌技术在农田水利灌溉中的应用[J].现代农村科技,2025(2):83-84.
- [2]曹灵娜.节水灌溉技术在农田水利灌溉中的应用[J].现代农村科技,2025(1):70-71.
- [3]丁国山.农田水利灌溉渠道防渗节水技术研究[J].农业灾害研究,2025,15(1):232-234.
- [4]朱金胜.节水灌溉技术在农田水利灌溉中的应用研究[J].建材与装饰,2025,21(12):148-150.
- [5]王翠娟.农田水利灌溉渠道工程运行维护及管理[J].农村实用技术,2021(3):177-178.