

水利工程渠道防渗漏结构设计探究

焦铮

吉林省水利水电勘测设计研究院

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6449

[摘要] 渠道防渗漏结构的设计是水利工程建设的关键一环,与水资源的高效利用及工程的安全稳定直接相连。当下,渠道防渗漏结构设计仍有诸多弊病,诸如衬砌材料选择不恰当、断面设计缺乏科学性、施工质量控制未严格把关等;造成渗漏问题十分突出,水资源浪费问题极为凸显。急需加强针对渠道防渗漏结构设计的研究工作,恰当选取防渗材料,实现断面设计方案的优化,切实强化施工质量把控,整体性提升渠道防渗漏的水平。本文针对渠道防渗漏结构设计的重要意义、存在的问题与优化策略三个方面作系统说明,以期对相关工程设计提供参考借鉴,推动水利工程迈向高质量阶段。

[关键词] 水利工程;渠道;防渗漏;结构设计;优化策略

中图分类号: TV146+.1 **文献标识码:** A

Discussion on the design of seepage-proof structure of water conservancy project channel

Zheng Jiao

Jilin province water conservancy and hydropower survey design & research institute

[Abstract] The design of canal anti-leakage structure is a key link in water conservancy project construction, which is directly related to the efficient utilization of water resources and the safe and stable development of the project. At present, there are still many disadvantages in canal anti-leakage design, such as improper selection of lining materials, lack of scientific section design, and poor quality control of construction. The problem of leakage is very prominent, and the waste of water resources is extremely prominent. It is urgent to strengthen the research work on the design of canal anti-seepage structure, properly select anti-seepage materials, realize the optimization of section design scheme, effectively strengthen the control of construction quality, and improve the level of canal anti-seepage as a whole. In this paper, the significance, existing problems and optimization strategies of canal anti-leakage structure design are systematically explained in order to provide reference for related engineering design and promote water conservancy projects to a high-quality stage.

[Key words] water conservancy project; Channels; Seepage prevention; Structural design; Optimization strategy

引言

渠道作为水利工程中的关键构成部分,担负着输水、配水以及排水等多样功能,为农业灌溉及城乡供水提供基础支撑设施。受设计标准、材料工艺及施工条件等因素左右,渠道极容易出现渗漏毛病,造成大量水资源无端浪费,甚至诱发工程安全事故,对水利设施的安全运行构成威胁。据相关统计,每年我国渠道输水损失的水量高达400亿立方米,损失率达三成以上,远高于发达国家5%的平均水平。因此加强渠道防渗漏结构设计是水利工程建设眼下的紧要之事。基于此,本文将针对渠道防渗漏结构设计意义、问题以及优化策略等方面做深入分析,期望为相关研究提供思路借鉴。

1 渠道防渗漏结构设计的重要意义

1.1 提高水资源利用效率,减少渗漏损失

农业生产及社会经济发展,命脉是水资源。我国人均水资源占有量只有世界平均水平的四分之一,水资源匮乏已构成对经济社会可持续发展的瓶颈约束。大量渠道输水损失加剧了水资源的供需矛盾。依据非全面统计,现阶段我国渠道水损失率为30%~50%,明显比发达国家的5%~10%要高。增强渠道防渗漏设计力度,采用先进的防渗材料与作业工艺,能把渗漏造成的损失降到最低限度,增强水资源利用的效率,在缓解区域性缺水问题上作用重大^[1]。

1.2 保障水利工程安全稳定运行

因渠道渗漏而造成了水资源的浪费,而且容易引起工程类事故,危及到水利设施的安全平稳运行。渗漏水也许会对渠道基础、边坡之类的产生冲刷,引起工程结构的损毁,诱发垮塌、滑坡之类的次生灾害;大量的渗漏还会引起地下水位上扬,使土壤

盐碱化进一步加剧,诱发如坍塌、管涌的工程病害。一旦碰上险情,进而影响灌区农田实现抗旱保收,而且有危及下游城乡居民生命财产安全之虞。要保障水利工程安全运行,强化渠道防渗漏设计很关键^[2]。

1.3 促进农业灌溉与区域经济可持续发展

作为国民经济基础产业的是农业,而灌溉恰恰是保证农业稳定高产的关键办法。我国的灌溉面积已攀升至9.5亿亩,灌溉用水占据农业用水总量的95%以上。渠道作为灌区进行输配水作业的主要载体,其防渗漏的性能对农田灌溉效果有直接关联。因渠道渗漏严重,造成灌溉用水无端浪费,而且很容易造成灌溉不均,农作物生长受阻滞,产量与品质皆下降。进一步强化渠道防渗漏设计,提高农田灌溉水有效利用的比率,在稳定粮食产量、保障国家粮食安全、促进区域经济社会全面繁荣上意义十分重大。

2 渠道防渗漏结构设计中存在的问题

2.1 渠道衬砌材料选择不当,渗漏问题严重

我国水利工程渠道所采用的衬砌材料,主要有混凝土、预制板、膜料等。不同衬砌材料之间防渗性能差异明显,依据工程实际合理进行材料选择,是渠道防渗设计的关键。当下诸多渠道工程在衬砌材料的选择上存在盲目随意性,未开展材料性能与渠道所在环境条件匹配性的相关研究,引起渗漏状况不断涌现。当处于寒冷区域,部分渠道采用普通混凝土予以衬砌,抗冻成效不好,冻融循环易引发面板开裂继而产生渗水;在黄土分布区域,只是采用混凝土预制板加以衬砌,与渠基之间达成理想粘结效果不易,遭水流冲刷,易造成渗漏现象;处在存在膨胀土的区域,仅仅采用土工膜做防渗手段,因热胀冷缩作用,易出现褶皱、穿孔现象,防渗效果急剧变差。某些渠道工程对衬砌材料耐久性的考虑有欠缺,材料老化的速度急剧攀升,寿命被极大地缩短。例如混凝土衬砌的抗氯离子渗透与抗硫酸盐侵蚀等性能未引起充分重视,未留意砂石料的碱活性反应、混凝土的泌水收缩等问题,结果造成衬砌开裂并发生渗漏;又如部分工程采用的土工膜老化速度比较快,对紫外线的抵抗能力欠佳,虽然开始阶段防渗效果好,可运行数年之后,膜料脆化开裂情况出现,防渗效果急剧下降^[3]。

2.2 渠道断面设计不合理,易产生裂缝渗漏

渠道断面设计直接左右着其过水能力与结构稳定性,成为渠道防渗漏设计的核心事项。部分渠道工程的断面设计有定型化、粗放化这样的倾向,对渠道工况及荷载特点关注未达应有程度,缺少必要的力学核算与校核审查,引发断面尺寸过大、配筋率不充足等问题显著暴露,留存渗漏潜在隐患。在软土地基地段修建渠道,若基础处理未达要求,处于不均匀沉降作用中,易出现贯穿性裂缝;在高边坡陡坎的地段修筑水渠,若坡比设计不合理,侧向土压力突破限值,大概会诱发纵向裂缝;在渠道的转弯区段,由于缺少对弯曲应力的科学计算,未运用扩缝、增添构造钢筋等手段,较易出现斜向、环向的裂缝。渠道断面设计存在重力式衬砌厚度不够、薄壁衬砌配筋率不充足、无衬砌渠道边坡

坡度太陡等普遍毛病,受外荷载影响,极易形成穿透性裂缝^[4]。

2.3 施工质量控制不严,防渗效果难以保证

渠道防渗漏设计的落地,离不开施工环节的坚实保障;可是当下不少渠道工程在施工质量把控上存在薄弱点,造成后期渗漏问题频繁显现。一是基础处理未能达标,渠基在碾压、夯实等环节马虎行事,软基处理的深度未达要求,再加上回填土质量难以把控,致使衬砌板出现不均匀的沉降情形,让渗漏隐患就此埋下;二是衬砌质量难以得到保障,混凝土配合比的搭配不科学,振捣密实度欠佳,养护管理存在漏洞,容易形成蜂窝麻面、离析以及收缩裂缝等缺陷;钢筋绑扎未按规范实施,马凳支架稳定性欠佳,保护层的厚度不达标,较易引发钢筋的锈蚀开裂;三是接缝处理未做到严密,混凝土浇筑冷缝清理未达干净要求,新老混凝土黏结欠佳,易引发渗漏的通道;变形缝止水布置方式不合理,橡胶止水带安装未依规范实施,钢边止水带严重锈蚀问题凸显,遇水情况下胀拉作用失灵;四是膜料铺设不平整,土工膜焊接密实度欠佳,搭接宽度未达要求,膜面出现了褶皱,还伴有穿孔,防渗效果急剧下滑;膜料两侧土工布防护未达要求,回填料的颗粒超出合理大小,极易戳破膜面。引发这些问题的缘由有设计考虑不周全,也涉及施工操作未循规范、管理把控有漏洞等情形^[5]。

3 优化渠道防渗漏结构设计的策略

3.1 合理选用渠道衬砌防渗材料

衬砌材料堪称渠道防渗的首道屏障。设计时需全面考量渠道所在的气候状况、水文地质状况以及荷载工况等要素,综合工程投资、工期安排、养护管理等实际诉求,结合具体状况甄选最优防渗材料。若面对寒冷的地区,不妨采用抗冻等级较高、线膨胀系数较小的混凝土或添加抗冻剂的砂浆,提高衬砌抗衡冻融循环的实力;面对膨胀土覆盖地区,可采用刚度较大的钢筋混凝土或钢筋砼预制板,可有效抵挡土体胀缩引起的形变;就岩溶发育地带而言,宜在衬砌层底部设置复合土工膜,切断渗漏水对基岩进一步溶蚀的途径;就季节性冻土的地区而言,可对衬砌板内进行电伴热系统的布设,切实消除因冰冻引发的渗漏风险。选择衬砌材料要依据当地实情、具体问题个别分析,切不可盲目照葫芦画瓢,让防渗性能与工程实际相协调匹配。

例如,一条山区渠道工程穿越了季节性冻土与岩溶地段,设计中采用了电伴热与复合土工膜防渗的手段。在渠道衬砌中预先埋入电伴热管线,采用智能温控系统实现调节,冬季实施通电加热,保证衬砌温度在零度以上,可有效阻止冰冻胀裂引起的渗漏现象;在渠道基础处往下铺设一层2mm厚HDPE膜,再铺设一层600g/m²规格的长丝无纺土工布保护层,依靠膜料卓越的耐腐蚀效能,阻隔岩溶水对基岩的溶蚀现象。经现场试水检验,常规设计的衬砌板渗水量,改进后降低了90%以上。工程实施的结果表明,目标针对性地采用电伴热、复合土工膜衬砌等途径,能把“因地制宜、科学防渗”理念充分施展,切实消除了区域性劣势因素的掣肘,达成了渠道防渗效果与工程效益的双赢局面。

3.2 优化渠道断面设计方案

科学合理的断面设计乃是渠道防渗漏的内在保障。应就渠

道所处地形地质条件开展精准的详细勘察,掌握涉及水文、土层、岩性的资料,并借助室内试验获取土体、岩体的力学参数,为断面设计供给基础层面的数据;采用有限元之类的数值模拟手段,全面考虑渠道自重、水压力、土压力及温度应力等荷载方面的作用,分析不同工况中渠道衬砌结构的应力应变状态,选出断面尺寸及配筋率等设计参数的优选方案。面对高填方渠段状况,可合理增大边墙厚度,增开竖向施工缝,释放温度引起的应力;就湿陷性黄土覆盖的地区而言,应强化对渠基的压实处理,采用砂砾石褥垫层设置,降低不均匀沉降程度;针对包含软弱下卧层的渠段,不妨采用桩板结合的复合地基处理措施,实现荷载的高效传递;着重强化渠道纵向裂缝防治,恰当地布置伸缩缝,设置后张法预应力,提高衬砌的整体质量。

例如,大型灌区干渠途经黄土湿陷性地层,设计过程中优化了渠道断面的形式。鉴于渠基土湿陷系数在0.03到0.06的高值范围,依托常规压实处理这一基础,增建了20cm厚的砂砾石褥垫层,依靠砂砾石颗粒彼此的嵌锁作用实现应力均化,减少了衬砌板沉降变形的量值;鉴于渠道走向和地层倾向形成的夹角数值较大,土体容易出现滑动现象,沿着渠道纵向每隔8m设置一条伸缩缝,宽度3cm的缝隙,往内嵌入651型橡胶止水带,中间以沥青麻絮填充,有效抑制了温度应力集中的效应显现,消除了渗漏的潜在风险。采用优化断面的设计方式,历经3年连续运行,衬砌板不见明显的变形及开裂迹象,与原设计相比,渗漏量降低了2个量级,综合防渗效果格外明显。

3.3 加强渠道工程施工质量控制

渠道防渗漏设计的最终效果需依靠施工质量的有力支撑。施工时要切实落实“三检制”,即自己检验、彼此检验、专业检验,对原材料、配合比、基础处理、钢筋绑扎、混凝土浇筑、接缝处理、膜料铺设等关键环节进行全链条、全领域管控。就基础处理方面而言,应依照地质情形,结合地质情形,有目的地采用强夯、换填、注浆等举措,不得偷工减料、擅自缩短工期;就衬砌施工相关事宜,要对混凝土配合比做优化,增进防渗的等级水平,再采用二次振捣等工艺,降低气泡、蜂窝等瑕疵出现几率;针对接缝的处理事项,应当采用高性能的止水材料,采用有效的固定手段,保证变形缝止水的实际效果;就膜料铺设的具体实施,需对基础充分地夯实与压平,则采用热熔焊接一类工艺,切实严控搭接宽度,防止膜面出现褶皱、造成损伤。加大施工过程检验检测力度,若工序不合格,当机立断返工重做,继而构建起质量追溯机制,把责任精准地落实到人,从根源防范渗漏方面质量通病。

例如,以某山区渠道衬砌施工做示例,项目部切实把好“三关”,即原材料质量把控关、工艺流程合规关、过程检验监测关,全面提高施工质量管控水平。于水泥、砂石、外加剂等原料采购期间,严格审核进场的批次以及相关证明文件,应留置样品,检测合格之后才可运用;在实施混凝土拌合之际,指定专人记录各材料称量数据,保证各类材料计量精准无误,且随机进行坍落度和含气量的测定;以插入式振捣器实施振捣,振点相互的间距不得超过有效半径的1.25倍,保障振捣到位,无漏振与欠振现象;进行浇筑时采用分层模式,每层所达厚度不超30cm,层与层之间的间隔时间控制在2小时以内,迅速实施二次收面操作,12小时内把湿养护工作做完;在开展伸缩缝与施工缝处理工作之际,先将表面凿毛,再去涂刷水泥基渗透结晶型的防水漆料,浇筑新混凝土之际开展同步振捣,继而嵌装止水带,最终把防水密封膏涂抹好。依靠全阶段精细管控,切实保障了衬砌施工质量,2年多连续运行下来,未检测出渗漏现象。

4 结语

渠道防渗漏结构设计作为水利工程建设的关键环节,与工程的社会效益、生态效益、经济效益直接相关联。然而我国渠道防渗漏结构设计依然有着诸多亟待破解的难题,比如衬砌材料选取失当、断面设计欠佳、施工质量把控不严等问题依旧显著。因此必须重视渠道防渗漏这一水利工程“最后一公里”问题,着重加大科技创新及成果转化的强度,逐步完善设计理念、改进施工手段、强化质量把关,着力打破制约渠道防渗漏能力进步的技术壁垒。

[参考文献]

- [1]严锐.水利工程渠道的防渗漏结构设计分析[J].建材发展导向,2024,22(17):53-55.
- [2]罗金柳.水利工程渠道覆盖断面结构设计优化[J].河南水利与南水北调,2023,52(11):67-69.
- [3]葛红花,魏俊勇.水利工程渠道的防渗漏结构设计探讨[J].水上安全,2023,(11):189-191.
- [4]周云,郭金平.水利工程渠道防渗漏结构设计探究[J/OL].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3)[2025-04-01].
- [5]焦鹏飞.水利工程渠道防渗漏结构设计探究[J].科技与创新,2024,(18):96-98.

作者简介:

焦铮(1994—),男,汉族,吉林省通化市人,硕士研究生,工程师,水利工程。