

# 水利工程渠道工程施工中衬砌混凝土技术的应用

陶泽鑫

中国电建成都勘测设计研究院有限公司，四川成都，610000；

**摘要：**在水利工程渠道施工里，衬砌混凝土技术占据关键地位，它是保障渠道安全稳定运行的核心工艺。通过在渠道表面浇筑或铺设混凝土，能显著强化渠道结构，极大提升其防渗、抗冲能力，进而有效延长渠道使用寿命，提高输水效率。但在实际施工过程中，由于受到多种因素干扰，该技术在基底处理、接缝施工、材料选用与配比、温度控制以及整体施工工艺等方面暴露出诸多问题，这些问题严重影响了工程质量。为解决这些问题，本文针对性地提出一系列改进措施，涵盖从基底加固到施工工艺标准化等多个环节，旨在为水利工程渠道施工提供科学指导，确保衬砌混凝土技术能在渠道建设中充分发挥其优势，推动水利工程事业高质量发展。

**关键词：**水利工程；渠道施工；衬砌混凝土技术

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.03.006

## 引言

水利工程的渠道承担着输水、灌溉、防洪等重要使命，其施工质量直接关乎水利工程整体效益的发挥。衬砌混凝土技术作为渠道施工的关键技术，通过在渠道表面构建一层坚固的混凝土防护层，能有效改善渠道性能。随着水利工程建设规模不断扩大，施工环境日益复杂，对衬砌混凝土技术在渠道施工中的应用也提出了更高要求。然而，在实际应用中，该技术仍存在一些问题亟待解决。因此，深入研究衬砌混凝土技术在水利工程渠道施工中的应用，对提高渠道施工质量、保障水利工程长期稳定运行具有重要现实意义。

## 1 衬砌混凝土技术在水利工程渠道施工中的应用意义

### 1.1 提升渠道结构稳定性

在渠道施工时，运用衬砌混凝土技术，无论是采用现浇还是预制混凝土的方式，都能在渠道表面形成一个连续且紧密的防护层。这一防护层如同给渠道穿上了一层坚固的铠甲，极大地增强了渠道结构的整体性。在面对地基沉降时，由于混凝土的刚性和连续性，能有效分散地基传来的不均匀沉降力，防止渠道结构因局部沉降而出现开裂、变形等问题。同时，在水流的持续冲刷下，混凝土衬砌凭借其较高的强度和耐磨性，能够抵御水流的侵蚀作用，维持渠道断面的稳定性。例如，在一些流速较大的山区灌溉渠道中，采用衬砌混凝土技术后，渠道能够长期稳定运行，有效减少了因水流冲刷导致的渠道坍塌事故。

### 1.2 增强渠道防渗性能

渠道防渗是水利工程建设中的重要目标之一，而衬

砌混凝土技术在这方面发挥着不可替代的作用。混凝土具有良好的密实性，当在渠道表面浇筑或铺设混凝土后，能够有效阻断水分渗透路径。据相关数据统计，采用衬砌混凝土技术的渠道，其渗漏损失可减少85%以上。这不仅提高了水资源的利用效率，避免了水资源的浪费，还能防止因渗漏引发的周边土壤盐碱化问题。在一些干旱地区的水利工程中，衬砌混凝土技术的防渗优势尤为明显，确保了有限的水资源能够最大限度地用于灌溉和生产生活。

### 1.3 提高施工效率与经济效益

在大型水利工程渠道施工中，衬砌混凝土技术的机械化施工特性得以充分发挥。例如，通过使用先进的混凝土浇筑设备和预制构件安装机械，可以大大缩短施工周期，减少人工投入，从而降低施工成本。从工程全生命周期来看，由于衬砌混凝土技术能够有效延长渠道使用寿命，减少后期维护和修复的频率，进一步降低了工程的总体成本，实现了经济效益的最大化。同时，良好的防渗和抗冲性能，使得渠道能够长期稳定运行，保障了水利工程的正常效益发挥，为地区经济发展提供了有力支撑。

## 2 衬砌混凝土技术在水利工程渠道施工中的应用问题

### 2.1 基底处理环节存在缺陷

基底是衬砌混凝土的根基，其质量左右渠道结构稳定性。实际施工中，基底处理常出问题。土方开挖后，未规范夯实或砂基含水量控制不佳，会致基底松散，无法均摊衬砌混凝土重量，引发沉降不均，填方渠道尤甚。若施工前未预浸砂基增密实度，通水后水流冲刷易掏空

基底,致使衬砌层开裂、塌陷。在寒冷地区,冻融循环还会使松散基底胀缩,增大衬砌层应力,加速结构破坏。

## 2.2 接缝施工质量不达标

接缝是衬砌混凝土施工中的薄弱部位,其密封性能直接影响渠道的防渗和抗冻性能。在部分水利工程渠道施工中,接缝设计存在不合理之处,比如伸缩缝间距设置过大,超过了混凝土在温度变化时的伸缩极限,或者在选择接缝填料时,未充分考虑工程实际环境的要求,导致填料无法有效适应混凝土的变形。在施工过程中,若对接缝界面清理不彻底,存在杂物、灰尘等,会使得闭孔泡沫板、沥青油膏等填充材料无法与混凝土紧密粘结,从而无法发挥其应有的密封作用。以横向伸缩缝为例,如果未按照 4-8 米的合理间距设置,当温度发生较大变化时,混凝土的伸缩变形将超出材料的耐受范围,极易产生贯穿性裂缝,为渠道渗漏埋下隐患。而纵向接缝若处理不当,还可能形成渗水通道,导致衬砌层与基底之间出现剥离,严重影响渠道的结构安全。

## 2.3 材料选用与配比不合理

混凝土材料的性能直接决定了衬砌混凝土在渠道施工中的应用效果。在实际施工中,材料选用与配比方面存在诸多问题。水灰比过高会导致混凝土的密实度降低,孔隙增多,从而严重影响其抗渗性能。骨料级配不合理,如粗骨料粒径过大或过小,或者细骨料的模数不符合要求,都会影响混凝土的和易性和强度。外加剂添加不足或种类选择不当,也无法满足混凝土在不同环境下的性能需求。例如,在高寒地区的渠道施工中,如果混凝土中未掺入适量的引气剂,在冻融循环作用下,混凝土内部极易形成微裂纹,随着时间推移,这些微裂纹会不断扩展,最终降低结构的耐久性。此外,骨料含泥量超标会削弱骨料与水泥之间的胶结力,水泥存储不当(如受潮结块)则会影响其活性,导致混凝土强度离散性增大,无法保证渠道施工质量稳定性。

## 2.4 温度控制措施不到位

在混凝土浇筑后的养护过程中,温度控制至关重要。由于混凝土具有热胀冷缩的特性,在温度梯度变化较大时,尤其是在昼夜温差大的地区或冬季施工时,若不采取有效的温控措施,混凝土内部与表面会产生较大温差,从而引发拉应力集中。在夏季高温时段,混凝土浇筑后若未及时进行覆盖养护,表面水分会迅速蒸发,导致混凝土表面收缩过快,形成干缩裂缝。而在冬季低温环境下,如果在施工前未对骨料进行预热处理,或者未使用低温早强剂,混凝土的早期强度发展会非常迟缓,难以抵抗冻胀应力,容易出现裂缝和冻害现象。这些温度裂

缝不仅会影响渠道的外观质量,还会降低衬砌混凝土的防渗和结构承载能力。

## 2.5 施工工艺整体水平不高

衬砌混凝土施工是一个多工序协同作业的过程,任何一个环节出现问题都会影响最终的施工质量。在渠道削坡工序中,如果未按照设计要求预留保护层,或者在人工修整时操作不精细,会导致衬砌基面不平整,使得后续浇筑的混凝土厚度不均匀,影响混凝土的整体性能。在模板安装环节,若模板的强度、刚度不足,或者安装不牢固、不规范,在混凝土浇筑过程中容易发生变形、位移,导致渠道尺寸偏差。振捣环节是保证混凝土密实度的关键,如果振捣不充分,混凝土内部会形成蜂窝麻面等缺陷,严重削弱其防渗性能。养护环节同样不容忽视,养护周期不足或洒水频率过低,会使混凝土水化反应不充分,表面出现粉化脱落现象,降低结构的整体性和耐久性。此外,在整个施工过程中,缺乏科学合理的施工组织和管理,各工序之间衔接不顺畅,也会影响施工进度和质量。

## 3 衬砌混凝土技术在水利工程渠道施工中的应用对策

### 3.1 强化基底处理与地基加固措施

复合工艺提升基底密实度:针对砂基松散问题,在渠道施工中可采用预浸水结合机械夯实的复合工艺。在填方渠道施工时,基底开挖后应预留 30cm 的保护层,采用人工拉网格线的方式进行精准削坡,确保基面平整度误差小于 2mm。然后进行预浸水操作,使砂基在水的作用下自然沉降,增加密实度。之后,利用大型压实机械进行分层填筑和动态压实,每层填筑厚度控制在合理范围内,通过多次碾压,使基底达到设计要求的密实度。

增设辅助结构增强抗变形能力:对于软弱地基,可在基底增设碎石垫层或土工格栅。碎石垫层能够起到扩散荷载的作用,将上部衬砌混凝土传来的集中力均匀分散到地基中,减小地基所承受的压力。土工格栅则可以与地基土形成一个整体,增强地基的抗变形能力。在高地下水位区域,为避免渗流压力对衬砌结构造成破坏,需设置反滤层与排水盲沟。反滤层能够阻止地基土颗粒随水流流失,保证地基的稳定性;排水盲沟则可以及时排除地下水,降低地下水位,减小渗流压力。

### 3.2 优化接缝设计与密封施工技术

合理设计接缝参数:在接缝设计方面,应根据渠道的跨度、所处地区的温差变化等因素,合理设置伸缩缝间距,一般控制在 4-8 米之间。同时,选择合适的接缝

填充材料,采用聚乙烯闭孔泡沫板与聚氨酯密封胶复合填充的方式,既能满足混凝土在温度变化时的弹性变形需求,又能保证长期的密封效果。

**严格把控接缝施工质量:**在施工过程中,对接缝界面要进行彻底清理,去除杂物、灰尘等,然后涂刷界面剂,增强填充材料与混凝土之间的粘结力。例如,在处理土工膜接缝时,可采用双缝焊接技术,并通过充气压力检测(0.1-0.2MPa)来验证密封性。对于纵向接缝,可增设止水铜片或橡胶带,有效阻断渗水路径,提高渠道的防渗性能。

### 3.3 科学选用材料与严格控制质量

**优化混凝土配合比:**根据渠道工程的具体要求,如防渗、抗冻等性能指标,采用高性能混凝土(HPC)配方。在混凝土中掺入适量的粉煤灰与硅灰,它们能够填充混凝土内部的孔隙,减少孔隙率,提高混凝土的密实度。在北方寒区的渠道工程中,为提高混凝土的抗冻融能力,可在C20混凝土中掺入4%-6%的引气剂,使混凝土内部形成均匀的微气泡结构,这些微气泡能够在冻胀过程中起到缓冲作用,有效缓解冻胀应力。

**严格控制原材料质量:**在骨料选择上,要严格控制含泥量,确保粗骨料最大粒径不超过钢筋净距的2/3,细骨料模数控制在2.3-3.0之间。同时,加强对水泥等原材料的存储管理,防止水泥受潮结块。建立全过程质量控制体系,从原材料进场检验开始,对每一批次的原材料进行严格检测,确保其质量符合标准要求。在混凝土拌制过程中,实时监测拌合物的坍落度等性能指标,及时调整配合比,保证混凝土性能的稳定性。

### 3.4 实施全面温度控制与抗裂措施

**浇筑阶段温控措施:**在混凝土浇筑阶段,采用跳仓分块技术,合理划分仓面。根据不同季节的气温条件,控制好浇筑间隔时间,夏季一般控制在2.5小时以上,冬季则需3小时以上,以减少混凝土收缩应力的累积。在大跨度渠道工程中,可按8-12米分段进行跳仓浇筑,并在混凝土内部预埋冷却水管,通过循环通水的方式降低混凝土内部温升,控制内部温度与表面温度之差在合理范围内。

**养护阶段温控与保湿措施:**在养护期间,对混凝土表面覆盖保水薄膜与保温棉被,结合自动喷淋系统,保持混凝土表面湿度>90%,这样既能抑制混凝土表面水分过快蒸发,防止干缩裂缝的产生,又能起到保温作用,

减小混凝土内部与表面的温差。在冬季施工时,可采用蓄热法或电热毯加热等方式,确保混凝土入模温度>5℃,在混凝土强度达到设计要求之前,避免其遭受冻融循环的破坏。

### 3.5 规范施工工艺与加强精细化管理

**标准化模板工程:**在模板工程中,优先选用钢模或高强度木模,以保证模板的强度和刚度。在安装模板时,利用全站仪进行精确校准,确保模板净距偏差小于±10mm,保证渠道的尺寸精度。模板安装要牢固可靠,防止在混凝土浇筑过程中出现变形、位移等问题。

**精细化混凝土浇筑与振捣:**混凝土浇筑采用分层布料的方式,每层厚度不超过30cm,确保混凝土能够均匀分布。采用高频振捣棒进行振捣,振捣棒插入间距小于50cm,避免出现漏振或过振现象。例如,在U型渠道衬砌施工中,可采用滑模摊铺机一次成型技术,这样既能提高施工效率,又能保证渠道表面的平整度和结构的连续性。

**引入先进管理技术:**推行BIM技术在渠道施工中的应用,通过建立三维模型,对施工流程进行模拟分析,提前发现施工中可能出现的问题,并优化资源配置和工序衔接。利用BIM模型进行技术交底,使施工人员更加直观地了解施工工艺和质量要求,降低人为失误风险,提高施工质量和管理水平。

## 4 结束语

衬砌混凝土技术对水利工程渠道施工意义重大,能提升结构稳定性与防渗性,有力保障工程高效运行。但当前应用存在基底处理、材料及工艺等问题,亟待改进。未来,纳米改性混凝土等新材料和物联网监测等新技术的应用,将推动其升级。构建标准化施工体系,加强全生命周期管理,该技术会在渠道建设中发挥更大效能,助力水资源利用、生态保护与水利工程可持续发展。

### 参考文献

- [1]朱艳红.水利工程渠道工程施工中衬砌混凝土技术的应用解析[J].科研[2025-04-17].
- [2]王跃华,张帅.水利工程渠道工程施工中衬砌混凝土技术的应用[C]//2023智慧城市建设论坛广州分论坛论文集.2023.
- [3]付经毅.试论水利水电渠道工程施工中衬砌混凝土技术的运用[J].2023(6):248-250.