

渠道防渗工程施工质量控制关键点

乔尚

鄂尔多斯市东胜区泊尔江海子镇人民政府，内蒙古鄂尔多斯市，017000；

摘要：在全球水资源供需矛盾日益尖锐的当下，水资源短缺已成为制约经济社会可持续发展的关键因素。渠道防渗工程作为水利基础设施建设的重要组成部分，其施工质量直接关系到水资源的有效利用和工程的长期稳定运行。本文深入剖析渠道防渗工程施工质量控制要点，系统研究施工准备、施工过程、质量检测与验收等核心环节。在施工准备阶段，详细探讨场地勘察测量、施工方案编制审核及材料设备筹备要点；施工过程中，深入分析土方工程与各类防渗材料施工质量管控重点；质量检测与验收环节，明确原材料、施工过程及成品质量检测要求与验收流程。通过对各环节质量控制要点和方法的深入剖析，旨在为提升施工质量提供科学依据与技术支撑，有效降低渠道渗漏，提高水资源利用率，实现工程经济与社会效益的协调发展，推动水利工程建设迈向高质量发展新阶段。

关键词：渠道防渗工程；施工质量控制；质量检测；验收标准

DOI：10.69979/3060-8767.25.06.026

引言

近年来，水资源短缺已成为全球性问题。联合国《世界水资源发展报告2024》指出，全球约20亿人口面临用水危机，提高水资源利用效率迫在眉睫。渠道防渗工程作为减少输水损耗的关键手段，广泛应用于农业灌溉、工业供水等领域。以我国为例，2023年农田灌溉水有效利用系数达0.572，较十年前提升12%，其中渠道防渗技术贡献显著。然而，实际工程中因地质条件复杂、工艺执行偏差等因素，渗漏、裂缝等质量问题时有发生。因此，深入研究施工质量控制要点，对保障工程功能发挥、推动水资源可持续利用具有重要现实意义。

1 渠道防渗工程概述

1.1 渠道防渗工程的定义与作用

渠道防渗工程，是指通过工程技术手段降低输水渠道渗漏损失的专项建设。传统土渠输水模式下，渗漏问题不仅造成水资源浪费，还可能引发土壤盐渍化、地下水异常波动等环境问题。以黄河流域为例，未防渗处理的渠道年均渗漏量占输水量的30%~40%，严重制约流域水资源综合利用。

防渗工程的核心作用体现在三方面：一是提升水资源利用效率，通过减少渗漏使更多水量抵达用水终端；二是增强输水能力，防渗处理后渠道糙率降低，水流速度平均提升20%~30%；三是延长工程寿命，有效抵御水流冲刷与冻融破坏，降低维护成本^[1]。如2023年建成的宁夏青铜峡灌区续建工程，通过混凝土防渗改造，年节约水量达2800万立方米，灌溉保证率提高至90%以上。

1.2 渠道防渗工程的常见类型

当前工程实践中，主要采用五种防渗类型：

土料防渗：利用黏土、壤土夯实形成防渗层，适用于小型农田渠道。其优势在于取材便利、成本低，但抗冲刷与抗冻性能差，新疆部分干旱地区应用案例显示，3~5年后渗漏率平均上升15%。

水泥土防渗：在土料中掺入5%~10%水泥，强度与防渗性优于纯土料。不过施工中易产生干缩裂缝，需配合养护措施，河南许昌清漯河灌区应用时通过覆盖土工布保湿，裂缝发生率降低40%。

砌石防渗：采用块石、条石砌筑，耐久性强，适合山区水流湍急的渠道。但施工效率低、成本高，石料运输与砌筑人工成本占比超总造价60%。如福建武夷山地区的山区渠道建设中，砌石防渗就面临此类问题。

混凝土防渗：应用最广泛的类型，可现场浇筑或预制安装，防渗效果达90%以上。2022年陕西泾惠渠改造工程采用C25混凝土衬砌，渗漏量较改造前减少85%。

膜料防渗：以PE、PVC膜为代表，具有质轻、施工快的特点，特别适用于复杂地形。但需做好防穿刺与老化保护，2021年甘肃定西渭源县秦祁河山地渠道采用复合土工膜防渗，配合30cm厚保护层，使用五年后仍保持良好性能。

2 施工准备阶段的质量控制

2.1 施工场地勘察与测量

场地勘察与测量是工程实施的基础。勘察工作需综合运用地质钻探、物探等手段，重点查明地层结构、地

下水埋深等关键参数。2023年江西赣抚平原灌区勘察中,通过高密度电法探测,发现3处隐伏溶洞,及时调整设计方案避免工程隐患。

测量环节要求达到毫米级精度,采用RTK、全站仪等设备进行三维建模。南水北调中线工程河南段曾因测量误差导致渠道坡度偏差0.3%,返工成本增加12%。实际操作中,需建立三级复核制度,重要控制点采用“双仪器观测+第三方复测”模式,确保数据可靠性。

2.2 施工方案制定与审核

施工方案是工程实施的纲领性文件。编制时需结合工程特性选择工艺,如严寒地区混凝土防渗应采用抗冻标号F200以上材料,配合暖棚法施工;膜料防渗需根据风速选择铺设时段,避免大风导致褶皱。进度计划应采用甘特图细化至每日工序,预留10%~15%弹性工期应对天气等不可控因素。

审核流程实行“四方联审”制度。2022年广东珠三角水资源配置工程方案审核中,设计单位提出的“分段跳仓浇筑法”经施工单位实践验证,监理单位数据测算,最终将混凝土裂缝发生率控制在0.5%以内。审核重点关注技术可行性、经济合理性与安全保障性,确保方案可落地实施。

2.3 施工材料与设备的准备

材料质量直接决定工程寿命。水泥、钢材等主材采购需执行“三证查验+第三方检测”制度,杜绝不合格材料进入施工现场。现场应设置标准化材料仓库,依据材料特性实行分类分区管理,砂石料按粒径分级堆放以确保用料精准,膜料采用架空避光存储,防止因光照、潮湿等因素影响性能,从源头上保障工程质量。

设备配置需紧密匹配工艺需求,混凝土施工应配备自动计量搅拌站,将误差严格控制在±1%以内,保证混凝土配比精准;土方作业采用GPS定位推土机,实现渠道坡度的精准控制。同时,建立完善的设备全生命周期管理台账,详细记录设备的使用、维护、检修情况,确保设备始终处于良好运行状态,避免因设备故障影响施工进度与工程质量。

3 渠道防渗工程施工过程质量控制

3.1 土方工程施工质量控制

土方工程是防渗基础,其施工质量直接影响后续防渗工程的稳定性^[2]。开挖阶段采用“分层分段、预留保护层”工艺,这一工艺能有效避免因一次性开挖深度过大导致的边坡失稳问题。如2022年黑龙江佳木斯汤原

灌区,因未严格执行该工艺,一次性超挖导致边坡失稳,最终修复成本增加20%。回填时,严格控制土料含水率至关重要,采用“环刀法”每100m²检测3点,压实度不达标95%严禁进入下道工序。通过控制含水率,可使土料在压实过程中达到最佳密实状态,增强土体的承载能力。

排水系统设置关乎施工安全,在地下水位较高区域,需提前布设轻型井点降水。2023年江苏里下河地区施工中,通过降水使地下水位降至基底1.5米以下,保障了干地作业条件。同时设置截水沟拦截地表水,防止基坑浸泡,避免地基土因长期受水浸泡而强度降低。此外,土方开挖过程中,还需实时监测边坡位移情况,利用全站仪等设备进行定期测量,一旦发现位移异常,立即采取加固措施,确保施工安全^[3]。

3.2 防渗材料施工质量控制

混凝土防渗的质量把控贯穿于多个关键环节。配合比设计需进行严格的试配验证,2023年云南滇中引水工程通过正交试验确定最优配合比,使混凝土抗渗等级达P8。在浇筑环节,采用插入式振捣棒,遵循“快插慢拔、梅花布点”原则,振捣时间控制在20~30秒,以此保证混凝土内部密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。养护采用“土工布覆盖+自动喷淋”系统,确保7天内表面湿润,使混凝土在适宜的湿度环境下强度稳定增长。实际施工中,还会根据气温条件调整养护策略,如高温天气增加喷淋次数,低温天气采取保温养护措施。

膜料防渗施工的重点在于基层处理和铺设工艺。基层处理需达到“一平二净三无”标准,即平整度±1cm、无杂物、无尖锐物、无积水,为膜料铺设创造良好条件。铺设时预留15%伸缩量,搭接宽度不小于15cm,采用双轨热熔焊接工艺,焊缝强度需达母材的85%以上。2022年西藏雅砻灌区膜料铺设后,通过充气法检测,合格率达98%。在施工过程中,还应注意避免膜料受到阳光直射时间过长,防止加速老化;同时,安排专人对已铺设好的膜料进行巡查,及时发现并处理可能出现的破损、褶皱等问题。

4 渠道防渗工程质量检测与验收

4.1 质量检测的内容与方法

渠道防渗工程质量检测构建起了一套完整且严密的体系,涵盖“三阶段、九指标”。原材料检测作为质量把控的首道防线,包括水泥强度、砂石含泥量等关键指标检测,只有各项指标均符合标准,材料才能投入使用。过程检测则对施工中的关键环节进行实时监控,涉

及混凝土坍落度、膜料粘接强度等指标。例如，混凝土坍落度若不符合要求，会直接影响其和易性与浇筑质量；膜料粘接强度不达标，则会导致防渗效果大打折扣。成品检测重点关注渠道渗漏量、外观质量，通过注水试验、外观检查等方式，对工程最终质量进行全面评估。

采用“随机抽检+重点检测”模式，对关键部位如伸缩缝、阴阳角等检测频率提高50%。新型检测技术不断应用，如探地雷达检测混凝土内部缺陷，红外热像仪检测膜料渗漏点。2023年安徽驷山河治理工程中，探地雷达发现混凝土衬砌3处孔洞，及时处理避免质量隐患。这些新技术的应用，大大提高了质量检测的准确性和效率，能够及时发现隐蔽工程中的质量问题。

4.2 质量验收的标准与程序

质量验收执行严格的“三检一验”制度。施工单位在完成每一道工序后，首先进行自检，确保工序质量符合要求；之后开展班组互检，通过不同班组间的相互检查，发现可能存在的疏漏；最后由项目部进行专检，从专业角度对施工质量进行全面检查，自检、互检、专检合格后，报监理单位组织验收^[4]。2023年浙江曹娥江大闸配套工程验收时，因1处混凝土蜂窝面积超标，监理单位要求局部凿除重做，确保工程质量。

竣工验收需提交28项资料，包括施工图纸、材料检测报告、隐蔽工程验收记录等，组织设计、施工、运行管理等六方联合评审。对验收提出的问题建立台账，明确整改责任人与期限，湖南韶山灌渠工程验收后整改问题17项，复检合格后方投入使用。在验收过程中，还会邀请行业专家参与，对工程质量进行客观、公正的评价，确保工程质量达到设计要求和相关标准^[5]。

5 结论与展望

5.1 结论

渠道防渗工程质量控制是一项系统且复杂的工程，需贯穿项目全生命周期。在施工准备阶段，通过精准的场地勘察与测量，为工程设计提供可靠数据；科学编制并严格审核施工方案，确保施工工艺合理可行；严格控制材料设备质量，从源头上消除质量隐患。施工过程中，土方工程的精细化施工与防渗材料的规范操作，保障了工程实体质量；质量检测与验收环节的严格把关，则为工程质量提供了最终保障。例如，宁夏青铜峡灌区续建

工程通过严格执行上述质量控制要点，项目建成后渗漏量较改造前下降82%，灌溉水利用系数提高至0.68，工程使用寿命预计延长20年。实践表明，只有严格落实各环节质量控制措施，才能有效降低渠道渗漏损失，提高水资源利用效率，实现工程经济效益与社会效益的最大化，为水利工程的长期稳定运行奠定坚实基础。

5.2 展望

随着科技的飞速发展与水利行业的不断进步，渠道防渗工程施工质量控制技术将迎来新的变革。在材料领域，纳米复合防渗材料凭借其优异的防渗性能和自修复能力，有望解决传统材料耐久性不足的问题；智能防渗膜可实时监测渗漏情况，实现精准预警与修复。施工技术方面，无人机测量与放样技术将进一步提升测量精度，减少人为误差；智能振捣机器人、自动化膜料铺设机械等设备的广泛应用，可实现施工过程的标准化与智能化，有效提高施工效率与质量稳定性。在管理层面，BIM与GIS技术的深度融合，将构建数字化管理平台，实现对工程全生命周期的动态监控与管理。此外，在“双碳”目标与生态文明建设的推动下，未来渠道防渗工程将更加注重生态友好性，通过采用生态型防渗材料、构建生态缓冲带等措施，实现水资源高效利用与生态环境保护的协同发展，推动水利工程向绿色、智慧方向迈进。

参考文献

- [1] 彭新梅. 水利工程施工中渠道防渗技术[J]. 建材发展导向, 2023, 21(12): 130-132.
- [2] 刘翔. 渠道防渗技术在水利工程施工中的应用[J]. 长江技术经济, 2020, 4(S1): 59-60.
- [3] 沈占胜, 周贺. “双碳”目标推动生态文明建设的底层逻辑与路径研究[J]. 上海节能, 2023, (11): 1620-1624.
- [4] 刘伟, 刘永明, 韩雷. 水资源与节水的分析[J]. 水利科技与经济, 2003, (02): 117.
- [5] 吉蕾蕾. 农业节水潜力有多大[J]. 农村·农业·农民(A版), 2021, (19): 20-21.

作者简介: 乔尚, 出生年月: 1986-06-30, 性别: 男, 民族: 汉族, 籍贯: 鄂尔多斯市东胜区, 学历: 本科, 职称: 中级水利工程师, 研究方向: 水利名称。