

农田水利渠道衬砌施工技术的优化与质量控制研究

文 / 孙美义 凤阳县天龙水利建筑工程有限公司

摘要：在当前农村水利工程建设中，渠道施工技术的高低直接影响到水利工程发挥的效果。因此，对衬砌材料的选择以及施工工艺改进等关键环节的深入分析，能够提出具体的优化改进方案。基于此，本文就农田水利渠道衬砌施工技术的优化展开探究分析，以期为后续农田水利渠道衬砌施工技术的优化与质量改进提供必要的参考借鉴。

关键词：农田水利渠道；衬砌施工；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.074

引言

农田灌溉是农业生产中的重要环节，而渠道灌溉作为普遍采用的灌溉方式之一，其防渗能力直接关系到水资源的有效利用和灌溉效率。传统的渠道灌溉方式往往存在渗漏严重的问题，导致大量水资源浪费。因此，加强渠道防渗技术的研究与应用具有重要意义。然而，在实际施工中，由于材料选择不当、施工工艺不规范、管理不到位等问题，导致衬砌渠道的质量参差不齐，严重影响了渠道的防渗性能和灌溉效率。因此，开展农田水利渠道衬砌施工技术的优化与质量控制研究，对于提高灌溉效率、减少水资源浪费、促进农业可持续发展具有重要意义。

一、农田水利渠道衬砌施工技术优化

（一）材料优化

在对农田水利渠道衬砌施工技术优化中，材料优化是提升工程质量、延长使用寿命和降低维护成本的关键。在新型材料的应用方面，高性能混凝土因其优异的强度、耐久性和抗渗性而成为渠道衬砌的理想选择，其通过掺入高效减水剂、矿物掺合料和纤维等外加剂，显著提高了混凝土的抗冻融性、抗裂性和抗冲刷能力，特别适用于寒冷地区或高流速渠道。新型土工材料如复合土工膜、膨润土防水毯等（如图1所示），具有优异的防渗性能和抗老化特性，可有效解决传统土工膜易破损、接缝难处理等问题，同时简化施工工艺，降低工程成本。在材料配合比优化方面，通过系统的试验研究确定最佳配合比是确保材料性能的关键，例如针对高性能混凝土，需通过正交试验或响应面法分析水胶比、砂率、矿物掺合料掺量等因素对混凝土强度、耐久性和工作性的影响，从而确定最优配比^[1]。对于喷射混凝土或自密实混凝土等特殊工艺，还需调整配合比以满足其施工性能要求，此外，配合比优化还需考虑当地原材料特性、施工条件和环境因素，确保材料性能的稳定性和经济性。通过新型材料的应用和材

料配合比的优化，可以显著提高农田水利渠道衬砌的工程质量和使用寿命，为农业灌溉和水利工程的高效运行提供可靠保障。



图1：新型复合土工膜材料

（二）施工工艺优化

在改进现有农田水利渠道衬砌施工工艺方面，可通过优化施工流程、改进操作方法和加强工序衔接来实现效率提升和成本控制，例如在现浇混凝土衬砌施工中，采用滑模施工技术可显著提高衬砌的连续性和整体性，减少施工缝数量，同时降低模板拆装时间和人工成本。在预制混凝土板衬砌施工中（如图2所示），通过改进预制板安装工艺，采用机械化吊装和精确定位技术，可提高安装效率，减少接缝误差，增强衬砌结构的整体稳定性。对于土工膜衬砌施工，可通过改进膜材铺设和焊接工艺，采用热风焊接或双轨焊接技术，提高接缝质量和施工速度，降低渗漏风险。在引进先进施工技术方面，机械化施工和自动化施工是未来发展的趋势，例如采用混凝土喷射机械进行渠道衬砌施工，可大幅提高施工效率，减少人工投入，同时确保衬砌厚度均匀、密实度高。引入自动化控制系统，通过传感器和智能算法实时监测施工参数，自动调整施工设备的工作状态。此外，还可探索3D打印技术在

渠道衬砌中的应用,通过数字化设计和自动化建造,实现复杂结构的高效施工。通过改进现有施工工艺和引进先进施工技术,能够显著提升农田水利渠道衬砌施工的技术水平,为工程建设的高质量、高效率推进提供有力支撑。



图 2: 预制混凝土板

(三) 施工机械优化

农田水利渠道衬砌施工技术优化中,在选用高效、节能、环保的施工机械方面,应根据工程特点和施工需求,优先选择技术先进、性能稳定的机械设备,例如采用智能化混凝土搅拌站,可精确控制混凝土配合比,确保混凝土质量稳定,同时减少材料浪费^[2]。选用低能耗、低排放的挖掘机和装载机,可降低施工过程中的能源消耗和环境污染,对于渠道衬砌施工,可采用多功能衬砌机,集混凝土输送、摊铺、振捣和抹平于一体,大幅提高施工效率,减少人工投入。在改进现有施工机械方面,可通过技术升级和功能优化提升设备性能,例如对传统混凝土振捣设备进行改进,增加变频控制和智能监测功能,实现振捣频率和时间的精准调节,提高混凝土密实度和表面平整度,针对土工膜铺设设备进行改良,增加自动纠偏和张紧功能,确保膜材铺设平整、无褶皱(如图3所示),提高防渗效果。此外,还可通过加装传感器和数据采集系统,实现施工机械的智能化监控和远程管理,提高设备利用率和施工质量。通过选用高效、节能、环保的施工机械和改进现有设备,可以显著提升农田水利渠道衬砌施工的机械化水平,为工程建设的高效推进和可持续发展提供有力保障。



图 3: 土工膜铺设

二、农田水利渠道衬砌施工质量控制

(一) 质量控制体系建立

在对农田水利渠道衬砌施工质量控制时,构建完善的质量控制体系,应建立健全质量管理体系,明确质量管理的组织架构、职责分工和 workflows,制定详细的质量管理制度和操作规程,确保施工过程中的每个环节都有章可循、有据可依。同时,建设单位应承担工程质量的首要责任,负责组织协调各参建单位,提供必要的技术支持和资源保障,而设计单位应确保设计方案的科学性和可行性,提供详细的设计图纸和技术要求,施工单位应严格按照设计文件和施工规范进行施工,确保施工工艺和材料质量符合标准。监理单位应履行监理职责,对施工过程进行全程监督,及时发现和纠正质量问题。通过明确各参建方的质量责任,形成齐抓共管的局面,确保工程质量目标的实现。

(二) 关键工序质量控制

对于农田水利渠道衬砌施工质量控制中,基础处理、衬砌材料和施工过程是质量控制的核心环节。基础处理质量控制是确保渠道衬砌稳定性和耐久性的前提,施工前需对渠道基础进行全面清理,清除杂草、淤泥和松散土体,确保基础面平整坚实,对于软弱地基或特殊地质条件,需采取换填、夯实或加固等措施,提高地基承载力,避免因基础沉降或不均匀变形导致衬砌结构开裂或损坏。而衬砌材料质量控制则是保证工程质量的物质基础,施工前应对水泥、砂石、钢筋、土工膜等原材料进行严格检验,确保其规格、性能和质量符合设计要求和相关标准,如表1所示。混凝土配合比设计应通过试验确定,确保其强度、抗渗性和抗冻性满足工程需求,预制混凝土板应检查其尺寸精度、表面平整度和强度指标,

确保安装后接缝严密、整体性好。施工过程中质量控制是确保工程质量的关键环节，施工过程中应严格按照设计图纸和施工规范进行操作，控制好模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑、振捣和养护等工序的质量。对于土工膜衬砌，需重点控制膜材铺设的平整度、接缝焊接质量和保护层

厚度，避免膜材破损或接缝渗漏，施工过程中应加强现场巡查和旁站监督，及时发现和纠正质量问题，确保每个施工环节都符合质量标准。通过加强关键工序的质量控制，可以有效提高农田水利渠道衬砌施工的整体质量，延长工程使用寿命，充分发挥其灌溉、排水和防洪等功能。

表 1：衬砌材料质量控制表

材料类型	检测项目	标准要求	数据	检验方法
水泥	强度等级	符合设计要求（如 P. O 42.5）	抗压强度：45 MPa， 抗折强度：7.5 MPa	GB/T17671-2021
	凝结时间	初凝 ≥ 45 min， 终凝 ≤ 600 min	初凝：120 min， 终凝：240 min	GB/T 1346-2011
	安定性	沸煮法合格	合格	GB/T 1346-2011
砂石	颗粒级配	符合 GB/T 14684-2022 标准	细度模数：2.6， 含泥量：1.2%	GB/T 14684-2022
	含泥量	≤ 3%	1.50%	GB/T 14684-2022
	压碎指标	≤ 30%	25%	GB/T 14684-2022
钢筋	抗拉强度	符合设计要求（如 HRB400）	抗拉强度：540 MPa	GB/T 228.1-2021
	屈服强度	≥ 400 MPa	435 MPa	GB/T 228.1-2021
	伸长率	≥ 16%	18%	GB/T 228.1-2021
	厚度	符合设计要求（如 0.5 mm）	0.52 mm	GB/T 17688-2018
土工膜	抗拉强度	≥ 20 MPa（纵横向）	纵向：22 MPa， 横向：21 MPa	GB/T 17688-2018
	断裂伸长率	≥ 500%	纵向：550%，横向：530%	GB/T 17688-2018
	抗渗性能	符合设计要求（如 1×10^{-13} cm/s）	渗透系数： 9×10^{-14} cm/s	GB/T 17688-2018

（三）质量检测与验收

在农田水利渠道衬砌施工质量检测与验收环节，首先，应建立健全质量检测制度，明确检测内容、检测方法、检测频率和检测标准，形成覆盖施工全过程的检测体系。检测制度应包括原材料进场检验、施工过程抽检和竣工验收检测等内容，确保每个环节的质量都处于受控状态^[3]。其次，采用先进的检测技术和设备是提高检测效率和准确性的重要手段，例如利用超声波检测仪对混凝土内部缺陷进行无损检测，使用激光扫描仪对衬砌表面平整度和几何尺寸进行精确测量，采用红外热成像技术对土工膜接缝质量进行快速评估。通过引入先进的检测技术和设备，可以更全面、更精准地掌握工程质量状况，为质量控制提供科学依据。最后，严格按照规范进行验收是确保工程质量的最后一道关口，验收工作应按照相关规范和标准进行，重点检查衬砌结构的几何尺寸、表面平整度、接缝质量、抗渗性能和整体稳定性等指标。对于不符合验收标准的部位，应及时进行整改，直至达到设计要求，验收过程中应做好记录和资料归档，为工程后期运行和维护提供依据。通过建立健全质量检测制度、采用先进的检测技术和设备以及严格按照规范

进行验收，可以有效提升农田水利渠道衬砌施工的质量水平，为工程的长期稳定运行提供有力保障。

结语

通过对农田水利渠道衬砌施工技术的优化与质量控制进行深入探讨，并提出具体的优化方案和质量控制体系。研究表明，优化后的衬砌施工技术能够显著提高渠道的防渗性能和使用寿命，减少水资源浪费，提高灌溉效率。同时，完善的质量控制体系确保了施工质量的稳定性和可靠性，为农田水利工程的安全运行和可持续发展提供了有力保障。

参考文献

[1] 武兴伟. 农田水利灌溉防渗渠道施工及质量控制[J]. 农村科学实验, 2024, (08): 61-63.
 [2] 魏长军. 评价农田水利灌溉渠道工程建设施工要点与质量控制[J]. 农业技术与装备, 2020, (11): 122-123.
 [3] 汪家丽. 农田水利灌溉防渗渠道施工质量控制技术[J]. 水利科技与经济, 2022, 28 (07): 125-129.
 作者简介：孙美义，1972-11，男，汉族，安徽人，一级建造师，专科学历，研究方向：农田水利。