

混凝土防渗墙施工技术 with 质量控制研究

温海峰

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750001

摘 要：混凝土防渗墙作为一种重要的防渗结构，在水利、建筑等工程领域得到了广泛应用。其施工质量直接关系到工程的整体稳定性和安全性。本文深入探讨了混凝土防渗墙施工技术的各个环节，包括施工准备、成槽工艺、混凝土浇筑等，并针对施工过程中的质量控制要点进行了详细分析，旨在为提高混凝土防渗墙的施工质量提供理论支持和实践指导。

关键词：混凝土防渗墙；施工技术；质量控制

1 引言

在众多水利工程（如水库大坝、堤防工程）、地下建筑工程（如地铁站、地下停车场）以及环境工程（如垃圾填埋场）中，防渗处理是保障工程长期稳定运行的核心环节。混凝土防渗墙凭借其出色的防渗性能、较高的强度以及良好的耐久性，成为解决复杂地质条件下防渗难题的有效手段。然而，混凝土防渗墙施工过程繁杂，涉及多个技术环节与质量控制要点，任何一个环节出现疏漏都可能影响防渗墙的整体质量。因此，深入研究混凝土防渗墙施工技术 with 质量控制具有极其重要的现实意义。

2 混凝土防渗墙施工技术概述

2.1 施工准备

2.1.1 地质勘察

详细的地质勘察是混凝土防渗墙施工的基础。通过地质勘察，了解施工区域的地层结构、岩土性质、地下水位、地质构造等情况，为施工方案的设计提供准确依据。例如，在软土地层中施工，需要考虑地基的承载能力和变形特性，采取相应的地基处理措施；在岩石地层中，要确定岩石的硬度、风化程度等，以便选择合适的成槽设备和工艺。

2.1.2 施工场地布置

合理布置场地是保障。施工道路满足大型设备通行，宽不小于6m，转弯半径不小于15m，路面承载不小于30t/m²。材料堆放区分类存放，水泥存干燥通风仓库，地面高出室外300mm以上并设防潮层；砂石堆场硬化，做好防潮防晒。水电供应稳定可靠，用水符合拌合标准，供电设双回路或备用发电机。

2.1.3 施工设备与材料准备

依方案选设备，抓斗成槽机适用于软土、砂土层；冲击钻成槽机适用于岩石、硬土层；铣槽机适用于

各种地层，精度高但成本高。设备进场需调试检修。准备合格原材料，水泥用强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥；砂选质地坚硬、级配良好的中粗砂；石选质地坚硬、粒径均匀的碎石或卵石^[1]。原材料进场要检验，水泥每批做强度、安定性试验，砂石每400m³或600t做一次颗粒级配、含泥量检验。

2.2 成槽工艺

2.2.1 导墙施工

导墙是防渗墙施工重要导向结构，控制槽孔垂直度与成槽稳定性。一般用钢筋混凝土结构，截面多为“ Γ ”形或“ U ”形。施工含测量放线、基槽开挖等环节。测量放线精度 $\pm 10\text{mm}$ 内；基槽开挖深1.5-2.0m，宽比导墙大0.3-0.5m；钢筋绑扎规格、数量等符合设计，搭接长度 $\geq 35d$ ；模板安装牢固平整，垂直度偏差 $\leq 3\%$ ；混凝土浇筑分层振捣，每层 $\leq 300\text{mm}$ ，振捣棒插入下层50-100mm。导墙强度等级 $\geq \text{C}20$ ，养护 $\geq 7\text{d}$ ，严格控制尺寸、位置和垂直度。

2.2.2 成槽方法选择

根据地层条件和工程要求，选择合适的成槽方法。常见的成槽方法有抓斗成槽法、冲击钻成槽法、铣槽机成槽法等。抓斗成槽法适用于软土地层和砂土地层，具有施工效率高、成槽质量好等优点；冲击钻成槽法适用于岩石地层和硬土层，能够破碎较硬的岩土；铣槽机成槽法适用于各种地层，尤其是对槽孔垂直度要求较高的工程，成槽精度高，但设备成本较高。

2.2.3 成槽施工控制

严格控制槽孔垂直度、深度和宽度。用超声波测斜仪监测垂直度，精度 $\pm 1\%$ ，每2-3m测一次，超差及时调整设备姿态。用测绳或超声波测深仪测深度，测绳精度 $\pm 10\text{cm}$ ，超声波测深仪精度 $\pm 5\text{cm}$ ；用标尺或专用工具测宽度。注意泥浆护壁，密度1.05-1.25g/cm³，粘度18-25s，

含砂率 $\leq 4\%$, 及时补充泥浆, 液面高于地下水位0.5-1.0m防坍塌。

2.3 混凝土浇筑

2.3.1 混凝土配合比设计

配合比设计是保证防渗墙质量的关键。依工程要求与原材料性能试验确定。如某工程, 设计C25强度、W8抗渗等级, 确定配合比为水泥: 砂: 石: 水: 外加剂 = 1: 2.1: 3.2: 0.5: 0.02, 水泥用量 $380\text{kg}/\text{m}^3$, 砂细度模数2.6, 石粒径5-20mm, 外加剂用高效减水剂, 减水率超20%, 可提高流动性和强度。设计时考虑强度、抗渗性、和易性, 降水泥用量防收缩裂缝, 通过调整外加剂优化配合比。

2.3.2 导管法浇筑

防渗墙常用导管法浇筑, 原理是导管插入槽底, 连续灌入混凝土自下而上置换泥浆。导管用直径200-300mm无缝钢管, 连接处密封防漏浆。浇筑前做水密性试验, 压力0.6-1.0MPa, 15min不漏为合格^[2]。下放导管垂直缓慢, 距槽底300-500mm。浇筑时控制埋深2-6m, 混凝土上升快可适当提管, 每次不超300mm; 上升慢则增混凝土供应, 防埋深过深。保证混凝土供应连续, 防施工冷缝, 供应速度每小时不小于 30m^3 。

2.3.3 混凝土浇筑质量控制

浇筑时检测混凝土坍落度、和易性, 坍落度控制在18-22cm, 每车必检, 不符合要求及时调整。观察混凝土上升情况, 异常或堵管及时处理。堵管原因可能是大块石子、导管密封不严或供应中断, 可用长杆冲捣、抖动或提升导管再下放处理。浇筑后抹平混凝土表面, 平整度偏差 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。

3 混凝土防渗墙施工质量控制要点

3.1 原材料质量控制

3.1.1 水泥

水泥是混凝土主要胶凝材料, 影响强度与耐久性。选质量稳定、信誉好的厂家, 严格检验进场水泥。检查品种、强度等级、出厂日期等, 做安定性(沸煮法, 试饼无裂缝翘曲、雷氏夹指针增加 $\leq 5.0\text{mm}$ 为合格)、强度(3d抗压强度 $\geq$ 设计强度30%, 28d抗压强度符合设计等级)试验。注意储存, 存干燥通风仓库, 堆高 ≤ 10 袋, 不同品种、等级分别堆放并标识。

3.1.2 砂、石

砂、石为混凝土骨料, 影响强度与性能。砂选质地坚硬、级配良好的中粗砂, C25-C30混凝土含泥量 $\leq 3\%$, C35及以上 $\leq 2\%$; 石粒径均匀, C25-C30混凝土针片状颗粒含量 $\leq 15\%$, C35及以上 $\leq 10\%$ 。进场砂、石

每 400m^3 或600t抽样检验颗粒级配(筛分法)、含泥量、泥块含量等指标。

3.1.3 外加剂

外加剂可改善混凝土性能, 如提高流动性、减水泥用量、增强抗渗性。依工程和混凝土性能要求选品种与掺量。外加剂应有合格证明, 进场抽检性能指标(如减水率、缓凝时间), 减水率试验对比掺与不掺的混凝土坍落度和用水量计算, 缓凝时间试验测定初凝和终凝时间。掺量按配合比设计严格控制, 误差 $\leq \pm 1\%$ 。

3.2 成槽施工质量控制

3.2.1 槽孔垂直度控制

在成槽施工过程中, 要采用先进的监测设备, 如超声波测斜仪等, 对槽孔的垂直度进行实时监测。超声波测斜仪通过发射和接收超声波信号, 测量槽孔壁的倾斜角度, 从而计算出槽孔的垂直度。一般要求槽孔垂直度允许偏差应控制在 3% 以内。一旦发现槽孔垂直度偏差超过允许范围, 要及时调整成槽设备的姿态。如采用液压抓斗成槽机时, 可通过调整抓斗的液压系统压力和抓斗的倾斜角度来纠正偏差; 采用冲击钻成槽机时, 可通过调整钻头的重量和冲击方向来控制垂直度。同时, 要定期对成槽设备进行维护和保养, 确保设备的精度和稳定性。

3.2.2 槽壁稳定性控制

在成槽过程中, 要保持槽内泥浆液面的稳定, 泥浆液面应高于地下水位一定高度, 一般不小于0.5m, 以形成足够的泥浆压力, 防止槽壁坍塌。泥浆的密度、粘度等性能指标应根据地层情况进行调整。在软土地层中, 泥浆密度可控制在 $1.1-1.25\text{g}/\text{cm}^3$, 粘度控制在20-25s; 在砂砾石地层中, 泥浆密度可控制在 $1.2-1.3\text{g}/\text{cm}^3$, 粘度控制在22-28s。同时, 要根据地层情况合理选择泥浆的配合比, 调整泥浆的密度、粘度等性能指标, 提高泥浆的护壁效果。在软土地层或易坍塌地层中施工时, 可适当增加泥浆的密度和粘度, 并采取分段成槽、快速成槽等措施, 减少槽壁暴露时间, 保证槽壁稳定性^[3]。分段成槽时, 每段长度不宜超过6m, 成槽后应及时进行混凝土浇筑。

3.2.3 槽孔深度和宽度控制

槽孔深度和宽度应符合设计要求。在成槽过程中, 要准确测量槽孔的深度和宽度, 可采用测绳、超声波测深仪等设备进行测量。测绳测量时, 要定期对测绳进行校准, 确保测量精度。超声波测深仪通过发射超声波信号, 测量超声波从发射到接收的时间, 从而计算出槽孔的深度。对于深度较大的槽孔, 要分阶段进行测量, 确

保槽孔深度达到设计要求。同时,要严格控制槽孔的宽度,避免出现超挖或欠挖现象。如发现槽孔尺寸不符合要求,要及时进行处理。超挖部分可采用低强度等级的混凝土或水泥砂浆进行回填;欠挖部分可采用抓斗或冲击钻进行修整。

3.3 混凝土浇筑质量控制

3.3.1 混凝土和易性控制

混凝土的和易性是指混凝土在搅拌、运输、浇筑等过程中易于操作,并能获得均匀密实结构的性能。在混凝土浇筑过程中,要严格控制混凝土的和易性,通过调整混凝土的配合比、外加剂掺量等措施,使混凝土具有良好的流动性、粘聚性和保水性。流动性可通过坍落度试验进行检测,粘聚性和保水性可通过观察混凝土的外观和进行捣棒试验来判断。如发现混凝土和易性不良,如出现离析、泌水等现象,要及时进行处理。离析可能是由于水泥用量不足、砂率过小或外加剂掺量不当等原因引起的,可通过增加水泥用量、调整砂率或优化外加剂掺量等方法进行处理;泌水可能是由于混凝土中自由水过多或外加剂保水性差等原因引起的,可通过减少用水量、更换保水性好的外加剂等方法进行处理。

3.3.2 导管理深控制

导管理深是导管法浇筑混凝土的关键控制参数之一。导管理深过浅,容易导致混凝土夹泥、断桩等质量问题;导管理深过深,会增加混凝土上升的阻力,导致混凝土浇筑困难,甚至出现堵管现象。在混凝土浇筑过程中,要根据混凝土的上升速度、导管直径等因素,合理控制导管的埋深,一般控制在2-6m之间。可通过测量混凝土上升高度和导管提升高度来计算导管理深^[4]。同时,要定期提升和拆卸导管,保持导管的埋深在合理范围内。导管提升时应缓慢、均匀,避免导管碰撞槽壁或拔出混凝土面。

3.3.3 施工冷缝控制

施工冷缝是指混凝土浇筑过程中,由于各种原因导致混凝土浇筑中断,新旧混凝土之间形成的薄弱界面。

施工冷缝会严重影响混凝土防渗墙的抗渗性能和整体性。在混凝土浇筑过程中,要保证混凝土的供应连续性,合理安排施工进度,避免出现浇筑中断现象。如因不可抗力因素导致浇筑中断,中断时间超过混凝土的初凝时间时,要采取相应的处理措施。混凝土的初凝时间可通过试验确定,一般普通硅酸盐水泥混凝土的初凝时间不小于45min。对已浇筑的混凝土表面进行凿毛处理,凿毛深度宜为10-15mm,并清除表面的浮浆和杂物。在浇筑新混凝土前,先铺一层与混凝土同配合比的水泥砂浆,水泥砂浆的厚度宜为30-50mm,确保新旧混凝土结合良好。

结语

混凝土防渗墙施工技术 with 质量控制是一个系统工程,涉及到施工准备、成槽工艺、混凝土浇筑等多个环节。在施工过程中,要严格按照施工规范和质量标准进行操作,加强原材料质量控制、成槽施工质量控制和混凝土浇筑质量控制。同时,要建立健全质量管理体系,加强施工过程质量监控,严格质量检验与验收。通过采取有效的质量控制措施,确保混凝土防渗墙的施工质量,提高工程的整体稳定性和安全性。在实际工程中,要根据不同的地层条件和工程要求,合理选择施工技术和质量控制方法,不断总结经验,提高混凝土防渗墙的施工水平。随着科技的不断进步,新的施工技术和设备不断涌现,混凝土防渗墙施工技术 with 质量控制也将不断发展和完善,为工程建设提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1]杨金宇.混凝土水库大坝防渗墙施工质量控制技术研究[J].中国高新科技,2024,(22):152-154.
- [2]张国莉.某水库工程混凝土防渗墙施工质量保证与安全管理措施[J].河南水利与南水北调,2023,52(08):105-106.
- [3]阿拉坦吐力古尔.水库大坝混凝土防渗墙施工质量控制及实施效果[J].水科学与工程技术,2020,(04):68-71.
- [4]杨普军.拦河闸工程塑性混凝土防渗墙施工技术应用研究[J].石河子科技,2025,(03):64-65.