

水利工程防渗技术及施工方法

余金鹏¹ 邓奎² 郑传东³

1. 湖北山江伟业建设工程有限公司 湖北黄石 435200

2. 黄石市水利政务服务中心 湖北黄石 435000

3. 阳新县水利和湖泊局阳新县富池电排站 湖北黄石 435200

【摘要】水利工程中的防渗技术是确保工程安全和寿命的重要环节。本文旨在探讨水利工程中常见的防渗技术及其施工方法。首先介绍了防渗技术的基本概念和重要性，其次详细分析了几种常用的防渗技术，包括土工膜防渗、混凝土防渗化学灌浆防渗、粘土防渗和水泥灌浆，讨论了防渗施工过程中的关键技术和管理措施。通过分析，总结了有效的防渗策略和施工方法，为今后类似工程提供参考。

【关键词】水利工程；防渗技术；土工膜；混凝土；化学灌浆

引言：

水利工程作为国民经济发展的基础设施，其安全性和耐久性直接关系到人民的生命财产安全。在水利工程中，防渗技术作为关键环节，起到防止水体渗漏、保护结构稳定的作用。由于水利工程环境复杂、防渗要求高，因此，研究和应用科学有效的防渗技术显得尤为重要。本文将围绕水利工程中的防渗技术及其施工方法展开讨论，以期对相关领域的研究和工程实践提供参考。

1 土工膜防渗技术

土工膜作为一种高分子合成材料，广泛应用于水利工程的防渗处理。具有良好的防水性能、耐化学腐蚀、施工便捷等优点。

1.1 土工膜的材料特性

土工膜主要由聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）等高分子材料制成，具有高强度、高延伸率、低渗透性等特点。根据不同的工程需求，可以选择不同厚度和规格的土工膜材料。常见的土工膜厚度一般在0.5mm到3.0mm之间，根据防渗要求和地质条件进行选择。高密度聚乙烯（HDPE）土工膜是目前应用最广泛的类型之一，其具有优异的耐老化性能和化学稳定性，能够抵抗酸碱等化学物质的侵蚀。^[1] HDPE土工膜不仅在物理性能上表现出色，还在环境适应性上具有很高的优势。在长期暴露于阳光、氧气和水等自然环境中，HDPE土工膜能够保持其优异的机械性能，延长使用寿命。此外，土工膜还具有良好的柔韧性，能够适应不均匀沉降和地基变形，保持连续的防渗效果。土工膜的材料特性不仅决定了其防渗性能，还影响其使用寿命和施

工难度。因此，在选择土工膜时，需综合考虑材料的物理力学性能、环境适应性以及工程的具体需求。例如，在酸碱度较高的环境中，应选择耐化学腐蚀性更强的土工膜材料；在地基沉降较大的区域，应选择延伸率更高的土工膜，以适应地基变形，避免膜材破裂。

1.2 土工膜的施工工艺

基底处理是土工膜施工的关键，需清除尖锐物、杂草等，并填平坑洼以保证表面平整，确保基底压实度达到设计要求。铺设土工膜时应避免极端温度，以防膜材热胀冷缩影响质量，铺设顺序从高处向低处展开，保持膜材平整紧贴基底，搭接宽度一般不小于10cm。边缘密封通过热焊接设备加热膜材接缝，并严格控制焊接温度和速度，确保焊缝质量和防渗性能。特殊部位需采用补片或专用密封材料加固，焊缝检查可通过目测、气压检测等方法，确保其连续性和均匀性。合理选择土工膜材料和严格控制施工工艺是确保土工膜防渗效果的关键，应综合考虑地质条件和环境因素制定科学施工方案，以确保防渗工程的质量和效果。

2 混凝土防渗技术

混凝土作为一种传统的建筑材料，在水利工程防渗中也有着广泛应用。通过对混凝土材料配比和施工工艺的优化，可以大幅提高其防渗性能。

2.1 混凝土材料的选用

防渗混凝土通常选用高强度、高密实度的混凝土材料，并掺加防水剂以增强其防渗性能。混凝土的主要成分包括水泥、骨料（砂和石子）和水，防水剂则用来进一步改善

混凝土的密实度和防水性能。高强度水泥是防渗混凝土的重要组成部分。一般来说,硅酸盐水泥由于其硬化速度快、强度高,是防渗混凝土的首选。硅酸盐水泥的细度较高,能够提高混凝土的早期强度,从而有效减少结构中的毛细孔,提升防渗性能。此外,硅酸盐水泥的稳定性和耐久性较好,能够在各种恶劣环境中保持其性能,确保混凝土的长期防渗效果。合理的骨料级配对提高混凝土的密实度至关重要。细骨料和粗骨料的比例需合理搭配,以确保混凝土拌合物的和易性和流动性,从而避免施工过程中出现离析和泌水现象。细骨料应选择颗粒级配均匀的砂子,而粗骨料则应选择坚硬、耐久的碎石或卵石。水灰比(W/C)是影响混凝土防渗性能的重要参数。水灰比越低,混凝土的密实度越高,防渗性能也越好。因此,在保证施工和易性的前提下,应尽量降低水灰比。一般来说,防渗混凝土的水灰比应控制在0.4以下,这样能够显著提高混凝土的密实度和抗渗性能。此外,掺加适量的防水剂,如硅酸钠、聚氨酯等,可以进一步增强混凝土的防水性。^[2]防水剂的作用主要是通过改变混凝土内部的孔隙结构,减少毛细孔的数量和大小,从而阻止水分渗透进入混凝土。

2.2 混凝土防渗施工工艺

模板支设是混凝土施工的第一步,模板的质量和安装精度直接影响成型效果和防渗性能,通常使用木模板、钢模板和塑料模板,其中钢模板应用广泛。模板安装应严格按照设计要求,确保位置准确、接缝紧密,使用密封胶带或密封条处理接缝,并在内表面涂刷脱模剂。混凝土浇筑应连续进行,避免施工缝,采用分层浇筑,每层厚度不超过30cm,防止自由下落高度过大,必要时使用导管或溜槽。振捣是保证密实度的关键,振捣工具包括振动棒和振动台,振捣时间应控制在20秒左右,快插慢拔,确保均匀密实。合理选择混凝土材料和严格控制施工工艺是确保防渗效果的关键,需综合考虑地质条件和环境因素,制定科学合理的施工方案,以确保防渗工程的质量和效果。

3 化学灌浆防渗技术

化学灌浆是一种通过向土体或结构裂缝中注入化学浆液,固结后形成防渗层的技术。其具有施工灵活、适应性强、效果显著等优点,常用于处理复杂的防渗问题。

3.1 化学灌浆材料

常用的化学灌浆材料包括水泥浆液、聚氨酯浆液、硅酸钠浆液等。不同材料具有不同的特性,应根据实际工程需求选择合适的灌浆材料。水泥浆液是一种传统的灌浆材料,主要由水泥、水和适量的外加剂组成。水泥浆液具有良好的流

动性和固结强度,适用于较大裂缝和孔隙的填充。然而,由于其固结时间较长,适用范围受到一定限制。水泥浆液通常用于大面积和大体积的防渗工程,其施工成本相对较低,但需要较长的养护时间。聚氨酯浆液是一种新型的化学灌浆材料,具有快速固结和高强度的特点。聚氨酯浆液在遇水后会迅速膨胀并固化,形成密实的防渗层,特别适用于处理细小裂缝和微细孔隙的防渗问题。聚氨酯浆液的化学反应迅速,能够在短时间内形成稳定的固结体,从而有效阻止水流的渗透。由于其膨胀性和柔韧性,聚氨酯浆液在防渗过程中能够适应结构的微小变形,保持长期的防渗效果。硅酸钠浆液是一种无机化学灌浆材料,具有优异的渗透性和固结性能。硅酸钠浆液在灌注后会与土体或结构中的钙离子发生反应,形成不溶于水的硅酸钙胶体,封堵裂缝和孔隙,达到防渗效果。^[3]硅酸钠浆液适用于渗水严重、裂缝较大且环境条件复杂的防渗工程。硅酸钠浆液的渗透能力强,能够深入细小裂缝和微孔中,形成致密的防渗层。硅酸钠浆液的固结体耐久性好,能够在长期的水流冲刷和侵蚀下保持其防渗性能,是解决复杂防渗问题的理想材料。

3.2 化学灌浆施工工艺

孔位布置是化学灌浆施工的第一步,直接影响灌浆效果。应根据结构裂缝和渗漏情况设计孔位布置,常采用梅花形或环形方式,确保浆液均匀分布。科学合理的孔位间距(0.5m到1.5m)能有效避免灌浆死角,提升防渗效果。钻孔是第二步,应注意保持结构完整性,控制钻孔深度和直径,使用适当的设备如旋转钻机,严格控制垂直度和孔径。清孔后,采用高压空气或水冲洗,确保孔内干净。注浆是关键步骤,需控制压力和浆液量,选择适当的注浆设备如高压泵,确保均匀分布在裂缝和孔隙中。封孔处理后,使用水泥浆或聚氨酯泡沫封闭孔口,防止浆液回流和漏浆。合理选择材料和工艺,根据具体地质和渗漏情况,是确保化学灌浆防渗效果的关键。

4 粘土防渗施工技术

在水利工程和环境工程中,粘土防渗技术以其卓越的防渗效果和可靠的工程适应性,成为保护工程结构安全的关键措施。

4.1 粘土防渗材料

粘土防渗材料在水利工程和环境工程中扮演着不可替代的角色,其关键功能涵盖吸附、阻隔和凝固等多重作用,有效防止地下水和有害物质的渗透,保护工程结构和环境安全。粘土矿物作为主要成分之一,包括膨润土、陶土和混合土等,在微观结构上具有显著的孔隙率和表面积,这使得它

们能够高效地吸附水分子和有机分子，形成致密的屏障，防止渗漏的发生。例如，膨润土因其层状结构和优异的吸水能力，被广泛应用于防渗材料中，能够迅速吸收并封闭水分子，有效防止土壤和地下水体之间的不良交互作用。除了粘土矿物本身的特性外，添加剂在粘土防渗材料中的应用也起到至关重要的作用。活性炭和石墨等添加剂能够显著提升材料的化学吸附能力，有效降低水中有害物质的浓度，从而进一步增强了阻隔效果。这些添加剂通过其大表面积和孔隙结构，能够吸附并稳定有机分子，保持材料长期的防渗性能。同时，聚合物乳液和硅酸盐等改性剂则通过改善粘土的流变性和强度，增强了材料在工程实践中的耐久性和抗渗能力。这些改性剂不仅提高了粘土防渗材料的工程适应性，还确保了其在复杂环境条件下的稳定表现，为工程结构的长期可靠性提供了重要保障。

4.2 粘土防渗施工工艺

粘土防渗施工工艺的有效实施直接影响着工程的防渗效果和长期运行性能。在施工前期，对施工面的准备尤为关键，必须彻底清理和平整施工区域，确保基础结构的牢固和平整度。预处理阶段包括粘土防渗材料的准备和配比，应根据工程的具体要求和设计配方精确搭配，以保证施工材料的稳定性和可控性。施工操作包括粘土防渗层的铺设和压实，必须确保其厚度和均匀性，以防止可能的漏铺现象和浆液不均匀的风险。后续监测阶段则需要定期评估粘土防渗层的厚度、密实度和渗透性，采取必要的调整和维护措施，以确保其持久的防渗效果和工程的长期稳定性。

5 水泥灌浆施工技术

在工程施工中，水泥灌浆技术通过其高效的填隙固结效应，成为保障结构密实性和防渗性能的关键技术手段。

5.1 水泥灌浆材料

水泥灌浆材料在工程中具有重要的应用价值，其主要由水泥、砂浆、添加剂和混合水组成，通过水泥水化反应产生的固结效应，能够有效填充结构裂缝和孔隙，提高工程结构的密实性和渗透性。水泥作为水泥浆液的主要成分，其选用应根据国家标准和具体工程要求进行选择，常见的水泥类型包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和高性能水泥等，各自具有不同的早强性和耐久性特点。硅酸盐水泥因其早期强度较高，常用于对结构强度要求较高或对早期使用的工程；普通硅酸盐水泥适用于一般工程结构，具有良好的耐久性和普遍的应用性；而高性能水泥则因其高强度和优异的耐久性，在特殊工程和高强度要求下得到广泛应

用。砂浆在水泥灌浆材料中的配比非常关键，配比应根据结构裂缝的宽度和深度进行精确确定，以确保灌浆效果和结构的长期耐久性。良好的砂浆配比不仅能够提高灌浆材料的流动性和可塑性，还能保证水泥浆液在填充裂缝和孔隙时的均匀性和稳定性，从而有效防止未来可能出现的渗漏问题。除了基础材料外，水泥灌浆材料中的添加剂也发挥着重要作用。减水剂、防水剂等添加剂能够显著改善水泥浆液的流变性能和耐久性，降低水泥浆液的黏度，增加其流动性和易施工性，从而提高施工效率和灌浆效果。这些添加剂通过优化水泥浆液的物理和化学性质，不仅能够增强灌浆材料的耐久性，还能在不同的环境条件下保持其稳定性和长期性能，为工程结构的保护和维修提供可靠的技术支持。

5.2 水泥灌浆施工工艺

水泥灌浆施工工艺包括孔位布置、钻孔施工、浆液调配和注浆施工等关键步骤。孔位布置应根据结构的裂缝分布和孔隙情况确定，通常采用密集均匀的布置方式，以保证浆液能够充分填充裂缝和孔隙。钻孔施工应选择适当的钻孔设备和操作技术，控制钻孔的深度和直径，避免结构的二次损伤和钻孔效果不良。浆液调配应根据设计配方和现场需求进行精确配比，确保浆液的流动性和固结性符合工程要求。注浆施工过程中需控制注浆压力和流量，避免因压力过大或过小导致灌浆效果不理想。施工完成后应及时清理孔口和表面，保证施工区域的整洁和结构的完整性。

结束语：

水利工程防渗技术作为保障工程安全和使用寿命的重要手段，在实际工程中具有广泛的应用前景。通过对土工膜防渗、混凝土防渗、化学灌浆防渗、粘土防渗、水泥灌浆技术的探讨，分析了各自的材料特性、施工工艺。未来，随着科技的发展和工程需求的变化，防渗技术必将不断创新和完善，为水利工程建设提供更加科学、可靠的技术保障。

参考文献：

- [1] 黎柳坤. 水利工程施工中防渗技术的应用探究[J]. 中国高新科技, 2022, (17): 63-65.
- [2] 马清香, 张卫国. 农业水利工程施工中防渗技术的应用分析[J]. 居舍, 2021, (22): 55-56.
- [3] 王乐天. 试论水利工程中的防渗施工技术[J]. 绿色环保建材, 2021, (06): 170-171.