

水利工程中水库堤坝防渗施工技术分析

付建宝 彭笑孔

(长江水利水电工程建设<武汉>有限责任公司, 山东 济南 250109)

【摘要】 水库堤坝防渗施工技术是水利工程中关键的一环, 直接关系到工程的安全和长期稳定性。本文围绕水库堤坝防渗施工技术展开深入分析, 首先探讨防渗施工技术的必要性, 然后对主要的水库堤坝防渗施工技术进行系统性的解析, 包括防渗材料的选择、施工工艺、监测与评估等方面, 最后突出目前水库堤坝防渗施工技术的研究现状, 并对未来可能的发展方向提出了展望。

【关键词】 水利工程; 水库堤坝防渗; 施工技术

引言:

水库是水利工程中的重要组成部分, 具有蓄水、调蓄、发电等多种功能。而水库的安全性和稳定性直接关系到周边地区的安全和人民群众的生命财产安全。其中水库堤坝作为水库的主要构造物, 其稳定性尤为关键。在水利工程中, 防渗施工技术是确保水库堤坝长期稳定运行的核心要素之一。防渗施工技术的合理应用能够有效降低水库的渗漏风险, 确保工程的安全性和可持续性。

一、水库堤坝防渗施工技术的必要性

防渗施工技术的应用直接关系到水库堤坝的安全性, 水库堤坝如果存在渗漏问题, 可能导致坝体稳定性下降, 进而引发坝体破坏、泥石流等危险情况。通过采用防渗施工技术, 能够有效预防水库渗漏问题, 提高水库堤坝的整体安全水平。防渗施工技术的应用有助于提高水库堤坝的耐久性和稳定性, 延长工程的寿命。这对于保障水资源的可持续利用、防洪、供水等水利工程功能具有重要意义。有效的防渗施工技术能够减少水库渗漏引起的土壤侵蚀、地下水位下降等环境问题, 对周边生态环境的保护起到积极作用。通过科学合理的防渗施工, 可以减少工程维护和修复的成本, 提高水库的整体经济效益。

二、水库堤坝防渗施工技术的具体应用

(一) 防渗材料的选择

防渗材料的选择在水库堤坝防渗施工中起着至关重要的作用, 因为不同的地质条件要求不同类型的防渗材料以确保水库的长期安全运行。针对不同的地质条件, 工程师需要根据地层特性、渗透性以及工程的具体需求选择适宜的防渗材料。在一些地区, 土壤可能较为疏松, 水库堤坝易受到水的渗透, 这时土工合成材料是一种常用的选择。土工合成材料是由人工合成的高分子材料构成, 具有优异的抗渗性和机械性能, 可以有效防止水分的渗透, 提高土体的抗渗性。对于一些基岩地质, 水泥

搅拌桩和注浆是常见的防渗加固手段。水泥搅拌桩是通过在土中搅拌注入水泥浆, 形成一根根水泥柱, 增加土体的强度和密实度, 达到防渗的目的。而注浆则是通过在地层中注入特定的固化剂, 使土体固结, 形成一层坚实的灰渣体, 防止水分的渗透。此外, 防渗墙也是一种常见的防渗手段, 尤其适用于具有一定坡度或高度的水库堤坝。防渗墙是在堤坝中央嵌入一道具有高抗渗性的墙体, 通常采用混凝土、玻璃钢等材料构建。这种墙体的设置可以阻断水的渗透路径, 起到了可靠的防渗效果。对于基岩地质, 除了水泥搅拌桩和注浆之外, 也可以考虑采用压裂技术。压裂是通过在岩石中注入高压液体, 使岩石裂隙扩张, 形成一定范围的裂缝, 从而提高岩石的渗透能力, 减缓水的渗透速度。在选择防渗材料时, 工程师还需考虑工程的经济性、环保性和可行性。不同的材料可能具有不同的成本、施工难度和环境影响。

(二) 施工工艺

1. 土石坝的施工工艺

土工合成材料垫层: 对于土石坝, 一种常见的防渗工艺是在坝体底部铺设土工合成材料垫层。这层材料通常是由聚合物或合成纤维构成, 具有较强的抗渗性能。通过在坝体底部设置土工合成材料垫层, 可以有效地阻止水分渗透, 提高土体的密实度。

混凝土面板: 在土石坝的施工中, 混凝土面板是一种常见的加固手段。通过在坝体内部设置一层坚固的混凝土面板, 可以增强土石坝的整体结构强度, 减缓水的渗透速度, 达到防渗的效果。

搅拌桩: 对于土石坝, 尤其是土性较差的地区, 可以采用搅拌桩的施工工艺。搅拌桩是通过机械设备在土体中注入水泥浆, 形成一系列搅拌桩, 提高土体的强度和抗渗性。

2. 混凝土坝的施工工艺

混凝土墙: 在混凝土坝的施工中, 设置混凝土墙是一种常见的防渗工艺。混凝土墙通常位于坝体的中

央位置，是一道由高强度混凝土构成的墙体。它具有较高的抗渗性和抗冲刷性能，可以阻断水的渗透，提高坝体的整体稳定性。

压浆灌浆：压浆灌浆是一种通过在坝体中注入水泥浆或其他固化材料，填充土砂间隙，提高土体的抗渗性的施工工艺。这种工艺适用于混凝土坝的坝体加固和修复，能够有效减缓水的渗透速度，提高坝体的整体强度。

（三）监测与评估

监测与评估是水库堤坝防渗施工后的重要环节，其目的是确保工程的长期稳定性、安全性，及时发现潜在问题并采取有效措施进行修复和加固。

1. 渗流监测

渗流监测是水库堤坝防渗施工后的重要环节之一。通过在堤坝中设置渗流监测点，实时监测水库内外的水分渗透情况。渗流监测通常采用水位计、温度计等传感器设备，通过定期采集数据进行分析，以评估防渗效果。如果监测数据显示出现异常渗流，即时采取措施进行修复，防止问题进一步扩大。

2. 位移监测

位移监测是为了评估水库堤坝结构的变形情况。通过设置位移监测点，采用测斜仪、全站仪等装置，实时监测堤坝的位移情况。位移监测数据的变化可以反映出土体的变形情况，从而及时判断是否存在结构松动或沉降等问题。通过定期的位移监测，可以及时发现变形趋势，为工程的维护和管理提供科学依据。

3. 应力监测

应力监测是通过在关键部位设置应力监测点，采用应力计、压力计等设备，监测土体和结构体的内部应力状态，这对于评估土体的稳定性和结构的强度非常关键。通过实时监测应力变化，可以了解工程结构在不同工况下的受力状况，从而预测是否存在可能的破坏风险。及时调整结构，改善受力状况，有助于确保水库堤坝的安全运行。

4. 定期评估

除了实时监测外，定期评估是确保水库堤坝长期稳定运行的关键步骤。通过定期的结构检查、材料评估、监测数据分析等手段，全面评估水库堤坝的整体状况。定期评估的频率可以根据工程的特点和使用年限来确定，一般包括年度评估和更长周期的定期大修计划。评估结果将为后续维护和修复提供科学依据，确保水库堤坝的长期安全稳定。

5. 预警与应急措施

监测与评估的最终目的是为了预防和应对潜在问题。因此，在监测数据出现异常情况时，需要建立完善的预警系统，并制定相应的应急措施。包括但不限于及时通知相关部门和人员、启动紧急维修计划、对

附近居民进行预警等。这样可以在问题发生之初就采取迅速有效的措施，最大限度地减小可能造成的影响。

（四）工程质量控制

在水库堤坝防渗施工过程中，建立完善的施工管理体系是确保工程质量的首要步骤，其中包括项目管理、质量管理、安全管理等方面。通过明确施工计划、制定施工方案、明确各阶段的验收标准和程序，确保施工过程中的每个环节都符合设计要求。在施工过程中，实施严格的质量检测和验收程序是保障工程质量的关键措施。通过设立专业的质检团队，对施工现场进行定期检测和抽查，确保材料的质量符合标准，施工工艺符合规范。验收时要对工程的各个阶段进行全面检查，确保每个环节都符合设计和施工要求。针对不同类型的水库堤坝和地质条件，施工工艺的选择对于工程质量至关重要。在施工过程中，要根据实际情况采用合适的施工工艺，确保每一步都符合设计要求。例如，在土石坝的施工中，要确保土工合成材料垫层、混凝土面板、搅拌桩等工艺的合理施工；对于混凝土坝，混凝土墙、压浆灌浆等工艺的施工要合理严密。在施工过程中，要建立完善的记录和档案管理体系，对施工的每一个步骤、每一个材料、每一个工艺进行详细的记录，包括工程日记、施工记录、质检报告等。通过做好记录和档案管理，不仅能够追溯施工过程中的每一个环节，也为后期的运维提供了重要的参考资料。确保施工人员的专业水平和技术能力是保障工程质量的重要因素，在施工前进行人员培训，提高其对施工工艺和质量标准的认识，确保施工过程中能够做到心中有数、临危不乱。同时，为施工人员提供必要的技术支持，解决他们在实际操作中遇到的问题，确保施工工艺的正确施行。在水库堤坝防渗施工中，不同的地质条件、工程类型可能存在不同的施工风险。在施工前进行全面的风险评估，确定可能的风险点和对应的应对措施，包括但不限于地质灾害、材料质量问题、施工工艺不当等方面的风险。在施工过程中，及时采取有效的应对措施，降低风险发生的可能性。

三、水库堤坝防渗施工技术的效果与挑战

（一）效果

水库堤坝防渗施工技术的合理应用对水库工程效果具有显著的提升作用。通过科学的工艺选择、质量控制、监测与评估等综合手段，水库堤坝的抗渗性能得以有效增强。首先，合理选择防渗材料和施工工艺，有效地隔绝了水分的渗透，降低了渗漏的风险。其次，通过施工管理体系的建立和质量检测的执行，确保了每个施工环节的符合设计要求，保障了工程的整体质量。定期的监测与评估使得工程在运行中能够及时发现问题并采取相应措施，提高了水库堤坝的维

护效率。

（二）挑战

在水库堤坝防渗施工技术的实际应用中，面临着一系列挑战。第一，不同地质条件下的水库堤坝可能需要采用不同的防渗方案，因此需要根据具体情况进行科学合理的选择。工程规模的不同也可能导致施工难度和风险的变化，需要综合考虑各项因素，确保在各类工程中都能取得良好的效果。第二，施工工艺的选择在一定程度上影响了防渗效果。不同类型的水库堤坝可能需要采用不同的施工工艺，而一些工艺的实施可能涉及到复杂的技术问题。因此，在施工过程中需要加强技术支持和培训，确保施工人员熟练掌握先进的施工技术。第三，由于水库堤坝是长期运行的工程，防渗施工技术需要考虑其长期稳定性和可持续性。因工程的长期使用可能受到各种因素的影响，如地质变化、气候变化等，这对防渗工程的耐久性提出了更高的要求。因此，防渗施工技术的选择和实施需要考虑到工程的长期维护和管理，以确保其在使用寿命内保持良好的防渗效果。

四、水库堤坝防渗施工技术研究现状与展望

（一）研究现状

目前，水库堤坝防渗施工技术在理论研究和实际应用中都取得了显著的成果。在理论方面，学者们通过对不同地质条件下的渗透机理进行深入研究，提出了多种防渗材料和施工工艺的选择方案。同时，借助先进的数值模拟技术，对水库堤坝的渗透行为进行模拟分析，为实际施工提供了理论支持。在实际应用方面，各类水库工程在采用不同的防渗施工技术后，都取得了良好的防渗效果。土工合成材料、水泥搅拌桩、防渗墙等技术的应用，有效提高了水库堤坝的抗渗性能，降低了渗漏风险。先进的监测与评估技术在实际工程中的应用，进一步提高了水库堤坝长期稳定性的把控水平。

（二）展望未来

1. 地质条件下的防渗机理研究：通过对地质结构和水文地质特征的深入分析，可以更全面地了解不同地质环境中水分渗透的规律，这样有助于科学选择合适的防渗材料和施工工艺，提供更为科学的依据。同时，精准的地质条件研究为水库堤坝的防渗设计提供了准确的技术支持，使工程更具可行性和长期稳定性，这一研究方向将为未来水利工程的可持续发展提供坚实的基础。

2. 新材料、新工艺的引入：随着科技不断进步，水库堤坝防渗施工技术将迎来新材料和新工艺的引入。引入先进的纳米材料、生物材料等，有望显著提高防渗性能并增强环保性。纳米材料的应用可以在微观层面上改善材料的性能，增强其抗渗能力；而生物材料

的环保性质则有助于减少对生态环境的影响。这一趋势将为水库堤坝工程提供更多选择，推动防渗施工技术向更高水平迈进，同时促进工程的可持续发展。

3. 监测与评估技术的创新：在水库堤坝防渗施工技术领域，创新监测与评估技术是未来发展的重要方向。引入更先进的监测技术，如物联网和人工智能，可以实现对水库堤坝长期稳定性的实时监控。建立智能化的监测系统能够迅速捕捉潜在问题，提高对工程状况的即时了解。这种创新将有助于及时发现并采取预防性的措施，从而降低风险，确保水库堤坝的长期安全运行。这种技术的引入将为工程管理提供更精准、高效的手段，为水利工程领域带来新的发展机遇。

4. 环境适应性与可持续性：随着气候变化和环境压力的增大，工程设计和施工应更注重环保和生态保护。在防渗施工中，选择对环境影响较小的材料和工艺，以减少对周边生态系统的干扰。此外，强调可持续性意味着在工程整个生命周期内考虑资源利用效率、能源消耗等方面，以确保水库堤坝长期运行的可持续性。这一方向的发展将有助于建设更环保、可持续的水利工程，促进生态和工程的和谐共存。

5. 国际合作与经验分享：加强与其他国家的合作，特别是在水利工程领域经验丰富的国家，可以带来宝贵的技术创新和实践经验。通过国际交流，吸取其他国家在防渗施工技术方面的创新成果，有助于推动该领域的全球化发展。经验分享不仅能够加速新技术的传播和应用，还有助于形成更为全面和综合的解决方案。这种国际合作模式将促进水库堤坝防渗施工技术的跨国交流，为全球水利工程提供更多解决方案和经验借鉴的机会。

结束语：

综上所述，通过深入了解水库堤坝防渗施工技术，水利工程领域的从业者和研究人员能够更好地应对工程实践中的挑战，推动水利工程领域的可持续发展。同时，不断创新与探索将为防渗施工技术的提升带来新的机遇和前景。水库堤坝防渗施工技术的研究和应用将继续为水利工程领域的进步和发展做出贡献。

参考文献：

- [1] 郭光明. 水利工程中水库堤坝防渗施工技术研究[J]. 中国资源综合利用, 2020, 38 (04): 61-63.
- [2] 陈鹏. 水利工程中水库堤坝防渗施工技术和防治分析[J]. 建筑技术开发, 2020, 47 (06): 33-34.
- [3] 陈梦. 水利工程中水库堤坝防渗施工技术和防治方法[J]. 绿色环保建材, 2019, (01): 228+231.
- [4] 李青松. 水利工程中水库堤坝防渗施工技术和防治措施分析[J]. 南方农机, 2017, 48 (23): 59+61.