

水利工程坝体防渗工程技术

李 恒

河北省水利工程局集团有限公司第三分公司 河北 石家庄 050000

摘 要：水利工程坝体防渗至关重要，关乎大坝安全及下游人民生命财产安全。本文分析了坝体渗漏的危害与成因，并探讨了土质防渗技术（黏土、土工合成材料）、混凝土防渗技术（防渗墙、面板）及灌浆防渗技术（水泥、化学灌浆）等常见防渗工程技术。各种技术各有优势，需根据具体情况选择，并注重施工质量和环保经济性，以确保大坝长期稳定运行。

关键词：水利工程；坝体防渗工程；技术

引言

水利工程中的坝体，作为蓄水调洪的关键结构，其防渗性能至关重要。坝体一旦出现渗漏，不仅会削弱坝体强度，还可能诱发溃坝灾难，严重威胁下游民众生命财产安全。因此，坝体防渗技术成为水利工程领域的研究重点。本文将深入探讨几种主流的坝体防渗工程技术，旨在为实际工程提供科学指导，确保大坝安全稳定，为防洪、灌溉等水利事业保驾护航。

1 水利工程坝体防渗的重要性

水利工程坝体防渗的重要性不言而喻，它是确保大坝安全、稳定和耐久运行的关键环节。大坝作为水利工程的重要组成部分，承担着蓄水、调节水流、防洪减灾等多重任务。然而，坝体一旦发生渗漏，其后果将不堪设想。有效的防渗措施能够像一道坚固的屏障，阻止水分渗透到坝体内部，从而保护坝体的整体结构不受破坏。防渗措施的实施，可以确保大坝在长期的运行过程中，始终保持稳定的性能和状态，避免因渗漏而导致的坝体裂缝、滑坡等安全隐患。同时，坝体防渗还直接关系到下游人民的生命财产安全。大坝一旦溃决，将给下游地区带来巨大的洪水灾害，造成人员伤亡和财产损失。此外，大坝还承担着农业灌溉、发电等重要任务，防渗措施的实施可以确保这些功能的正常发挥，为国民经济的发展提供有力支撑。因此，我们必须高度重视水利工程坝体防渗工作，采取科学有效的防渗措施，确保大坝的长期稳定运行，为下游地区的人民生命财产安全和经济发展提供有力保障^[1]。

2 水利工程坝体渗漏的危害与成因分析

2.1 坝体渗漏的危害

当坝体出现渗漏时，首先受到影响的是坝体内部的土质结构。水分渗透进入坝体，会使得原本紧密的土质逐渐软化，土壤颗粒间的粘结力减弱，从而导致土质的强度显著降低；这种强度的下降，不仅使得坝体整体的

承载能力受到威胁，还极易引发坝体裂缝的产生。裂缝的出现，是坝体结构稳定性受损的直接表现。随着渗漏的持续发展，裂缝可能会逐渐扩大，形成贯通性的裂缝网络，进一步削弱坝体的整体稳定性。在极端情况下，这些裂缝可能成为坝体滑坡的导火索，导致坝体部分或整体滑坡，对大坝的安全构成严重威胁。更为严重的是，当坝体渗漏发展到一定程度时，可能会危及大坝的整体稳定，甚至造成溃坝事故。溃坝一旦发生，其后果将是灾难性的；巨大的水流冲击力将摧毁下游的河流堤防，淹没周边的村庄和农田，对下游地区的人民生命财产安全构成严重威胁；溃坝还可能引发一系列次生灾害，如洪水、泥石流等，进一步加剧灾害的严重程度。

2.2 坝体渗漏的成因

首先，施工质量不佳是导致坝体渗漏的重要原因之一。在施工过程中，如果施工操作不规范、质量控制不严格，就可能导致坝体存在质量缺陷，如裂缝、空洞等。这些缺陷为水分的渗透提供了通道，从而引发渗漏问题。其次，材料选择不当也是坝体渗漏的一个常见原因。如果选用的筑坝材料质量不合格、性能不符合要求，就可能导致坝体的防渗性能下降；例如，使用渗透性较大的土壤或石材作为筑坝材料，就会增加坝体渗漏的风险。再者，地基处理不彻底也是导致坝体渗漏的一个重要因素。地基是坝体稳定的基础，如果地基处理不彻底、存在软弱土层或隐患，就可能导致坝体在运行过程中出现沉降或变形，进而引发渗漏问题。最后，水文地质条件复杂也是坝体渗漏的一个不可忽视的原因。在某些地区，由于地下水位较高、地质构造复杂等因素，使得坝体周边的水文地质条件较为恶劣；这种复杂的水文地质条件增加了坝体渗漏的风险和治理难度^[2]。

3 常见水利工程坝体防渗工程技术

3.1 土质防渗技术

3.1.1 黏土防渗

黏土防渗技术，作为土质防渗技术中的经典方法，其核心在于利用黏土自身具备的低渗透性特性。黏土，这一天然土壤材料，因其颗粒细小、结构紧密，在压实后能够形成一层致密且连续的防渗屏障，有效阻挡水分向坝体内部的渗透。（1）黏土防渗技术的施工过程相对系统且严谨。首先，黏土的选择至关重要。需要选用纯净度高、颗粒组成均匀、物理力学性质稳定的黏土作为防渗材料。在选用前，应对黏土进行严格的实验室测试，确保其各项性能指标均满足防渗要求。随后，将选定的黏土通过机械或人工方式均匀铺设于坝体表面或需要防渗的部位。铺设过程中，应注意黏土的厚度和均匀性，以确保防渗层的连续性。（2）铺设完成后，需要对黏土进行分层压实。压实是黏土防渗技术中的关键环节，它直接关系到防渗层的致密性和防渗效果。压实过程中，应采用合适的压实设备和压实方法，确保黏土颗粒之间的孔隙被充分填满，达到设计要求的压实度。同时，还应对压实后的黏土进行质量检测，确保其防渗性能满足设计要求。（3）黏土防渗技术的优势在于其成本低廉和施工简便。黏土作为天然材料，获取方便，且加工处理简单，无需高昂的材料费用和复杂的施工工艺。然而，这也并不意味着可以忽视黏土质量和施工压实度的控制。黏土中若含有杂质或压实度不足，都将严重影响防渗层的性能，甚至可能导致防渗失效。因此，在采用黏土防渗技术时，必须严格控制黏土的质量和施工压实度，确保防渗层具备足够的致密性和稳定性。

3.1.2 土工合成材料防渗

土工合成材料防渗技术，凭借其优异的防渗和反滤性能，在各类复杂地质条件下均展现出良好的应用效果。（1）土工膜，作为一种高分子防水隔膜，具有极高的防渗性能。其材质致密，能够有效阻挡水分子的渗透，形成一道坚固的防渗屏障。同时，土工膜还具有良好的耐化学腐蚀性和抗老化性能，能够在恶劣的环境中长期保持稳定的防渗效果。在坝体防渗工程中，土工膜可以单独使用，也可以与其他土工合成材料组合使用，以形成更加完善的防渗体系。（2）土工布则以其良好的反滤性能而著称。它不仅能够防止土壤颗粒随水分流失，还能够有效排水，保持防渗层的稳定性。土工布的多孔结构使其具有良好的透气性和透水性，能够在保持防渗效果的同时，确保坝体内部的排水畅通。在组合使用时，土工布通常被铺设在土工膜的下方，作为反滤层，以进一步提高防渗体系的稳定性和耐久性。（3）土工合成材料防渗技术的施工相对简便，且适应性强。土

工合成材料重量轻、易运输、易裁剪，能够适应各种复杂的地质条件和施工环境。无论是均质土坝、心墙坝还是斜墙坝，都可以采用土工合成材料进行防渗处理。在施工过程中，只需将土工合成材料按照设计要求铺设在坝体表面或需要防渗的部位，并进行适当的固定和连接即可。（4）土工合成材料防渗技术还具有成本相对较低的优势。虽然土工合成材料的单价可能高于传统土壤材料，但其施工速度快、工期短，能够大幅降低施工成本。同时，土工合成材料的使用寿命长，维护成本低，从长远来看，其经济性更为显著^[3]。

3.2 混凝土防渗技术

3.2.1 混凝土防渗墙

混凝土防渗墙是通过在坝体或地基中浇筑混凝土形成的连续防渗屏障，该技术主要应用于地基防渗和坝体防渗的关键部位，如坝基、坝肩、溢洪道等。（1）混凝土防渗墙的施工过程相对复杂。首先，需要进行详细的地质勘察和设计工作，确定防渗墙的位置、深度、厚度和配筋等参数。然后，根据设计要求进行开挖或钻孔，形成防渗墙的槽孔。在开挖或钻孔过程中，应严格控制槽孔的几何尺寸和位置精度，以确保防渗墙的连续性和稳定性。（2）槽孔开挖或钻孔完成后，需要进行清孔和验槽工作。清孔的目的是清除槽孔内的杂物和泥浆，确保混凝土与槽孔壁的良好粘结。验槽则是为了检查槽孔的几何尺寸和位置精度是否符合设计要求。清孔和验槽完成后，即可进行混凝土的浇筑工作。（3）混凝土浇筑是混凝土防渗墙施工中的关键环节。在浇筑过程中，应严格控制混凝土的配合比、坍落度和浇筑速度，确保混凝土的质量和性能满足设计要求。同时，还应采用合适的振捣方法，确保混凝土与槽孔壁的充分接触和密实。（4）混凝土防渗墙的优势在于其防渗效果好、耐久性强。混凝土作为一种高强度、低渗透性的材料，能够形成一道坚固的防渗屏障，有效阻挡水分的渗透。同时，混凝土还具有良好的抗冻融性、抗侵蚀性和抗老化性能，能够在恶劣的环境中长期保持稳定的防渗效果。然而，混凝土防渗墙的施工难度较大，需要专业的施工技术和设备，且施工周期长、成本较高。

3.2.2 混凝土面板防渗

混凝土面板防渗是在坝体表面铺设一层混凝土面板，形成防渗层。该技术主要应用于坝面较平整、无较大变形的坝体，如碾压式土石坝等。（1）混凝土面板防渗的施工相对简便。首先，需要对坝体表面进行清理和整平工作，确保混凝土面板与坝体的良好粘结。然后，根据设计要求进行混凝土面板的浇筑和养护工作。在

浇筑过程中,应严格控制混凝土的配合比、坍落度和浇筑速度,确保混凝土的质量和性能满足设计要求。养护则是为了保证混凝土面板的强度和耐久性,防止其因干燥、冻融等因素而开裂或损坏。(2)混凝土面板防渗的优势在于其施工方便、成本较低。混凝土面板可以直接在坝体表面浇筑,无需开挖或钻孔,大大简化了施工过程;混凝土面板的厚度相对较小,所需材料较少,降低了施工成本。然而,混凝土面板防渗也存在一定的局限性。它主要适用于坝面较平整、无较大变形的坝体,对于坝面起伏较大或存在较大变形的坝体,其防渗效果可能不佳^[4]。

3.3 灌浆防渗技术

3.3.1 水泥灌浆

水泥灌浆是通过将水泥浆液注入坝体或地基中的裂隙、孔隙中,形成固化体,达到防渗目的。(1)水泥灌浆的施工过程相对复杂。首先,需要进行详细的地质勘察和设计工作,确定灌浆孔的位置、深度、间距和灌浆压力等参数。然后,根据设计要求进行钻孔和清孔工作。钻孔的目的是形成灌浆孔道,清孔则是为了清除孔内的杂物和泥浆,确保浆液的顺利注入。(2)清孔完成后,即可进行水泥浆液的配制和灌注工作。水泥浆液的配制应根据设计要求进行,严格控制水泥、水和其他添加剂的比例和用量。灌注过程中,应严格控制灌浆压力和灌浆速度,确保浆液能够充分填充裂隙和孔隙,形成连续的固化体。(3)水泥灌浆的优势在于其适用范围广、防渗效果好。水泥作为一种常见的建筑材料,具有来源广泛、成本低廉的优点;水泥浆液在固化后能够形成坚硬的固化体,有效堵塞裂隙和孔隙,达到防渗目的。然而,水泥灌浆也存在一定的局限性。对于裂隙细小或渗透性较低的坝体或地基,水泥浆液的灌注效果可能不佳。此外,灌浆过程中还可能对坝体或地基造成一定的扰动或破坏,需要严格控制灌浆压力和灌浆速度。

3.3.2 化学灌浆

化学灌浆是利用化学浆液(如聚氨酯、环氧树脂等)的化学反应特性,形成防渗层或堵塞裂隙。(1)化学灌浆的施工过程相对灵活。先需要根据裂隙或渗漏部

位的具体情况选择合适的化学浆液和灌浆方法。然后,进行灌浆孔道的钻设和清孔工作。钻设孔道的目的是为化学浆液的注入提供通道,清孔则是为了确保孔道的畅通和浆液的顺利注入。(2)清孔完成后,即可进行化学浆液的配制和灌注工作。化学浆液的配制应根据设计要求进行,严格控制各种化学原料的比例和用量。灌注过程中,应密切关注浆液的化学反应情况和灌浆压力的变化,确保浆液能够充分填充裂隙或渗漏部位,形成有效的防渗层或堵塞物。(3)化学灌浆的优势在于其防渗效果显著、施工灵活。化学浆液在化学反应后能够形成坚硬的固化体或防渗层,有效堵塞裂隙或渗漏部位;化学灌浆还可以根据裂隙或渗漏部位的具体情况选择合适的灌浆方法和化学浆液,具有较高的适应性和灵活性。然而,化学灌浆也存在一定的缺点。化学浆液的成本相对较高,且在使用过程中可能对环境造成一定的污染。于是,在采用化学灌浆技术时,应充分考虑其经济性和环保性,做到因地制宜^[5]。

结语

本文全面分析了水利工程坝体防渗的重要性、渗漏的危害与成因,并深入探讨了多种防渗工程技术。通过对比各种技术的优势与局限性,我们认识到选择合适的防渗技术对于确保大坝安全至关重要。未来,我们应继续加强防渗技术的研究与应用,注重施工质量和环保经济性,为水利工程的长期稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]张子茹.水利工程中坝体防渗技术方案的优化策略浅谈[J].环球市场,2020(7):283.
- [2]朱锋.水利工程中坝体防渗技术方案的优化策略浅谈[J].建筑工程技术与设计,2020(7):2662.
- [3]于江涛.水利工程中坝体防渗技术方案的优化策略浅谈[J].百科论坛电子杂志,2021(9):1327.
- [4]任伟.水利工程中坝体防渗技术方案的优化策略浅谈[J].建筑工程技术与设计,2020(35):2832.
- [5]李静波.水利工程施工的混凝土防渗墙施工技术分析[J].中国水泥,2024(8):99-101.