

# 水利大坝工程混凝土防渗加固措施研究

时 欢

驻马店市薄山水库运行中心 河南 驻马店 463000

**摘 要：**随着水利工程建设的不断推进，大坝混凝土防渗加固措施的研究显得愈发重要。鉴于水利大坝的安全稳固与国民经济发展紧密相连，其混凝土防渗性能尤为重要。文中首先分析了混凝土渗漏的主要表现形式及成因，随后介绍了灌浆加固、喷涂防渗涂层、增设防渗墙等常用技术，并探讨了新型混凝土防渗技术的发展趋势，如自愈合混凝土和UHPC技术等。这些技术措施对于确保大坝的抗渗性能、延长使用寿命具有重要意义，为水利大坝的安全稳定运行提供了有力保障。

**关键词：**水利大坝工程；混凝土；防渗加固措施

引言：水利大坝作为国家基础设施建设的关键，其稳固与安全至关重要。特别是，混凝土大坝的防渗性能直接关系到整体结构的稳固性和使用寿命。然而，由于长期服役、环境侵蚀和施工质量等多种因素的影响，大坝混凝土常常出现渗漏问题，给大坝的安全运营带来了严重威胁。因此，研究混凝土防渗加固措施，提高大坝的防渗性能，成为当前水利工程建设中亟待解决的问题。本文旨在综述目前水利大坝工程中混凝土防渗加固的主要技术措施，分析其优缺点，并探讨未来的发展方向，以期对相关领域的研究和实践提供参考。

## 1 水利大坝混凝土渗漏问题与成因分析

### 1.1 混凝土渗漏的常见表现形式

在水利大坝工程中，混凝土渗漏问题主要表现为以下几种形式：（1）表面渗湿。表面渗湿是水利大坝混凝土渗漏的一种常见现象。它通常发生在坝体表面，尤其是与水体直接接触的部位。由于混凝土材料的孔隙性和渗透性，当坝体两侧存在水压力差时，水分子会通过混凝土的微孔或裂缝逐渐渗透到坝体表面，形成可见的湿润现象。表面渗湿不仅影响大坝的外观，还可能加速混凝土的老化过程，降低其耐久性。（2）结构开裂渗漏。结构开裂渗漏是混凝土渗漏中较为严重的一种形式。当水利大坝的结构受到外力作用或内部应力变化时，混凝土可能产生裂缝。这些裂缝不仅破坏了结构的整体性，还为水分子的渗透提供了通道。水分子在裂缝中自由流动，形成连续的渗漏通道，导致大坝内部的水压逐渐升高，严重威胁大坝的安全。（3）管涌和渗水带。管涌和渗水带是水利大坝混凝土渗漏的另一种表现形式。管涌通常发生在坝基或坝肩等地质条件复杂的部位，由于地下水流的作用，砂土颗粒被冲刷带走，形成贯通的空腔，进而导致混凝土中产生管道状渗漏通道。渗水带则

是指在大坝的某个区域内，由于混凝土材料的不均匀性或施工质量问题，形成了局部低阻区，使得该区域内的水分子容易集中渗透。这两种形式的渗漏都会对大坝的结构安全造成严重影响<sup>[1]</sup>。

### 1.2 混凝土渗漏的主要成因

水利大坝混凝土渗漏问题的成因复杂多样，主要包括以下几个方面：（1）设计与施工质量问题。设计与施工质问题是导致水利大坝混凝土渗漏的重要因素之一。在设计阶段，如果未能充分考虑地质条件、水文条件等因素对大坝稳定性的影响，就可能导致设计方案不合理、结构存在缺陷等问题。在施工过程中，如果施工工艺不当、质量控制不严格等，也可能导致混凝土质量不达标、结构存在裂缝等问题。这些问题都为水分子的渗透提供了便利条件。（2）混凝土材料老化。混凝土材料老化是导致水利大坝混凝土渗漏的另一个重要原因。随着使用年限的增长和环境条件的变化，混凝土中的胶凝材料会逐渐发生水化反应、碳化反应等化学变化，导致混凝土强度降低、孔隙率增大等问题。这些变化都会降低混凝土的抗渗性能，使得水分子更容易渗透进入大坝内部<sup>[2]</sup>。（3）水文地质条件变化。水文地质条件的变化也会对水利大坝混凝土渗漏产生影响。例如，地下水位的变化、水流的冲刷作用等都可能导致大坝周围的土体发生变化，进而对大坝的稳定性和抗渗性能产生影响。此外，地震、洪水等自然灾害也可能对大坝造成损害，导致混凝土渗漏问题的出现。（4）自然灾害与人为因素。自然灾害如地震、洪水等可能导致大坝结构破坏，裂缝形成，从而引发渗漏问题。而人为因素，如工程维护不当、施工违规等，同样可能造成大坝混凝土的质量下降，引发渗漏现象。这些都需要我们在工程设计和施工中加以充分考虑和防范。

## 2 混凝土防渗加固技术的理论基础

### 2.1 混凝土防渗原理

混凝土防渗原理是混凝土防渗加固技术的核心和基础。它主要涉及渗透压力与防渗材料之间的关系以及防渗材料的抗渗性能。(1) 渗透压力与防渗材料的关系。渗透压力是水分子在混凝土内部传递时产生的作用力,它是混凝土渗漏的驱动力。当大坝两侧的水位存在高差时,就会产生渗透压力。为了阻止水分子的渗透,需要使用具有一定抗渗性能的防渗材料。这些材料能够阻挡水分子的渗透通道,减小渗透压力,从而实现混凝土的防渗功能。在混凝土防渗过程中,选择合适的防渗材料至关重要。这些材料需要具有良好的抗渗性能、耐久性和适应性等特点。同时,还需要根据具体的工程条件和要求,确定合适的防渗层厚度和构造形式,以确保防渗效果的最佳实现。(2) 防渗材料的抗渗性能。防渗材料的抗渗性能是指其抵抗水分子渗透的能力。这种性能主要取决于材料的组成、结构和物理化学性质等因素。为了提高防渗材料的抗渗性能,可以采用多种技术手段,如添加抗渗剂、改变材料的孔隙结构、提高材料的密实度等。此外,防渗材料的抗渗性能还受到环境因素的影响。例如,温度、湿度、化学物质等都可能对防渗材料的性能产生影响。因此,在选择防渗材料时,需要充分考虑环境因素的影响,并选择具有良好适应性的材料<sup>[3]</sup>。

### 2.2 防渗加固技术的设计原则

在混凝土防渗加固技术的设计中,为确保技术的有效实施、经济合理以及环境友好,必须严格遵循以下原则:(1) 安全性原则。安全性是任何工程设计的基石,特别是在水利工程中,混凝土防渗加固技术的设计必须首要考虑大坝的安全。在设计过程中,需要详细分析大坝的结构特点、水文地质条件、历史运行数据等,确保所选用的防渗加固技术能够充分满足大坝在各种工况下的安全要求。同时,要制定科学合理的施工方案和应急预案,确保在施工过程中能够有效预防和处理可能出现的各种安全问题。(2) 经济性原则。在保证安全的前提下,经济性原则在防渗加固技术设计中也尤为重要。需要全面考虑工程投资、施工周期、材料费用、维护成本等多个方面,力求实现工程成本的最优化。通过精心策划、科学设计、优化资源配置等方式,提高施工效率,降低工程成本,确保所选用的防渗加固技术具有较高的性价比。(3) 环保性原则。随着环保意识的日益增强,环保性原则在混凝土防渗加固技术设计中也愈发凸显其重要性。在设计过程中,需要优先选择环保型的防渗材料和施工技术,减少对环境的影响。同时,在施工过程

中,要采取切实有效的环保措施,如减少噪音、控制扬尘、合理处理废弃物等,确保施工活动对环境的影响最小化。通过环保设计,实现水利工程与生态环境的和谐共生。

## 3 水利大坝工程混凝土防渗加固技术措施研究

### 3.1 灌浆加固技术

灌浆加固技术通过向混凝土裂缝或孔隙中注入特定的灌浆材料,以提高混凝土的密实度和抗渗性能。(1) 灌浆材料的选择与制备。灌浆材料的选择应基于裂缝的宽度、深度、渗透性以及工程环境等因素。常用的灌浆材料包括水泥基灌浆材料、高分子聚合物灌浆材料、化学灌浆材料等。这些材料在制备时需要严格控制材料的配比、搅拌时间和温度等参数,以确保灌浆材料具有良好的流动性和固化性能。(2) 灌浆方法与施工工艺。灌浆方法包括压力灌浆、渗透灌浆和劈裂灌浆等。在实际施工中,需要根据裂缝的实际情况选择合适的灌浆方法。施工工艺主要包括钻孔、埋管、注浆、封孔等步骤。在注浆过程中,需要控制注浆压力和注浆量,确保灌浆材料能够充分渗透到裂缝或孔隙中,达到预期的加固效果<sup>[4]</sup>。(3) 灌浆加固技术的效果评估。效果评估是衡量灌浆加固技术效果的重要手段。常用的评估方法包括注浆量的变化、裂缝宽度的变化、渗漏量的变化等。通过对这些数据的分析和对比,可以评价灌浆加固技术的有效性。此外,还可以采用无损检测、声波检测等先进技术对加固效果进行定量评估。

### 3.2 喷涂防渗涂层技术

喷涂防渗涂层技术通过在混凝土表面喷涂一层防渗涂层,提高混凝土的抗渗性能。(1) 防渗涂层材料的性能要求。防渗涂层材料应具有良好的附着性、耐水性、耐候性和耐化学腐蚀性。常用的防渗涂层材料包括环氧树脂、聚氨酯、聚脲等。这些材料在制备时需要严格控制材料的配比、固化时间和施工温度等参数,以确保涂层的质量和性能。(2) 喷涂施工工艺与质量控制。喷涂施工工艺包括表面处理、材料制备、喷涂施工和养护等步骤。在喷涂前需要对混凝土表面进行清洁和打磨处理,确保涂层与混凝土表面紧密结合。在喷涂过程中需要控制喷涂压力和喷涂速度等参数,确保涂层均匀、连续、无遗漏。此外,还需要对涂层进行充分的养护和保护,以提高涂层的使用寿命。(3) 喷涂防渗涂层技术的适用性分析。喷涂防渗涂层技术适用于各种类型的混凝土表面,特别是对于表面裂缝和孔隙较多的混凝土表面具有较好的适用性。然而,需要注意的是,涂层的使用寿命会受到使用环境的影响。因此,在使用喷涂防渗涂

层技术时需要对环境和使用性能和涂层性能进行充分的考虑和评估。

### 3.3 增设防渗墙技术

增设防渗墙技术是在大坝上游或下游侧修建一道独立的防渗墙，以隔绝水源和大坝。(1) 防渗墙的设计与施工。在设计防渗墙时，必须深入考虑大坝的结构特性、地质条件和水文条件。首先，确定合适的防渗墙厚度和高度，以保证其能够承受预期的水压和土压力。其次，防渗墙的位置选择也至关重要，要确保其能够有效阻断渗漏通道，同时不影响大坝的整体结构安全<sup>[5]</sup>。

(2) 防渗墙与坝体结构的连接处理。在施工阶段，选择合适的施工方法和设备至关重要。高质量的施工能确保防渗墙的稳定性和持久性。此外，防渗墙与坝体结构的连接处理是确保加固效果的关键步骤。通过锚固连接、焊接连接等方式，确保防渗墙与坝体之间紧密连接，共同受力。(3) 防渗墙加固技术的效果评估。为了评估防渗墙加固技术的效果，需要采用多种评估方法。最常用的方法包括监测渗漏量的变化和坝体位移的变化。通过长期观测这些指标，可以直观地评估防渗墙的效果。同时，利用无损检测和声波检测等先进技术，可以获取更为准确的加固效果数据，为后续维护和加固提供科学依据。

### 3.4 新型混凝土防渗技术

随着科技的进步和工程实践的不断深入，新型混凝土防渗技术不断涌现。自愈合混凝土技术、超高性能混凝土(UHPC)防渗技术和纳米材料在混凝土防渗中的应用等都是值得关注的研究方向。这些新型混凝土防渗技术具有独特的优势和潜力，在未来的水利工程建设中具有广阔的应用前景。(1) 自愈合混凝土技术。自愈合混凝土技术通过在混凝土中添加特殊的愈合剂，使混凝土在出现裂缝时能够自我修复。这种技术不仅可以提高混凝土的抗渗性能，还可以延长混凝土的使用寿命。目前，自愈合混凝土技术已经在一些工程中得到了应用，并取得了良好的效果。(2) 超高性能混凝土(UHPC)

防渗技术。UHPC作为一种具有高强度、高密实性和高耐久性的新型混凝土材料，在防渗领域具有广阔的应用前景。UHPC可以通过减小混凝土的孔隙率，提高混凝土的密实度，从而达到防渗的效果。同时，UHPC还具有优异的耐腐蚀性能，能够在恶劣的环境中保持稳定<sup>[6]</sup>。(3) 纳米材料在混凝土防渗中的应用。纳米材料具有独特的物理化学性质，可以在混凝土中发挥多种作用。例如，纳米材料可以作为混凝土的增强剂，提高混凝土的强度和密实度；也可以作为防渗涂层的添加剂，改善涂层的性能和耐久性。随着纳米技术的不断发展，纳米材料在混凝土防渗领域的应用将会越来越广泛。

### 结束语

综上所述，水利大坝工程混凝土防渗加固措施研究至关重要，它直接关系到大坝的安全稳定运行及下游人民的生命财产安全。本文综合分析了当前的主要防渗加固措施，展现了它们在提高大坝防渗性能方面的积极作用。未来，我们期待更多创新技术和材料的出现，以进一步提升大坝的耐久性和安全性。同时，强化工程质量管理、完善施工工艺也至关重要。让我们携手共进，为水利大坝的安全稳定贡献力量。

### 参考文献

- [1] 娄利华. 水库大坝灌溉施工技术与防渗加固处理研究[J]. 湖南水利水电, 2019(23): 88-90.
- [2] 蔡范光. 水库大坝防渗与加固工程技术探讨[J]. 黑龙江水利科技, 2020(11): 14-16.
- [3] 王卫明. 水库大坝防渗加固施工技术探讨[J]. 低碳世界, 2019(12): 123-124.
- [4] 钟为延. 水利大坝工程混凝土防渗加固措施研究[J]. 珠江水运, 2020(24): 107-108.
- [5] 刘中伟, 孙若红. 抓斗混凝土防渗墙技术在水库大坝除险加固中的运用[J]. 水利建设与管理, 2020(03): 112-113.
- [6] 丁德安. 浅谈水库大坝加固技术及防渗措施[J]. 建材与装饰, 2021(03): 12-14.