

水利水电工程中大坝加固设计技术分析

周有萌

西安景天水利水电勘测设计咨询有限公司 陕西 西安 710000

摘要：水利工程建设对国家经济的发展有着至关重要的影响，同时也是保证人民生命财产安全的前提基础。水利水电工程中的大坝加固设计技术分析涉及多种关键技术，包括新材料的应用、智能化监测与预警系统以及微生物诱导碳酸钙沉积（MICP）技术等。这些技术旨在提升大坝的稳定性和耐久性，确保水利水电工程的安全运行。通过新材料的使用，如高性能混凝土和土工合成材料，大坝的加固效果得到显著提升。同时，智能化监测与预警系统的引入，实现了对大坝运行状态的实时监测和预警，为大坝的安全提供了有力保障。MICP技术作为一项创新技术，也展现出在大坝加固中的巨大潜力。

关键词：水利水电工程；大坝加固；设计技术

引言：现如今，我国水利水电工程的建设数量逐步增多，在水利水电工程建设过程中，水库大坝扮演着不言而喻的重要作用，然而，随着运行年限的增长和自然环境的影响，大坝往往会出现各种损伤和安全隐患。因此，大坝加固设计技术成为确保大坝安全运行的关键。本文将对水利水电工程中的大坝加固设计技术进行深入分析，探讨各种加固技术的原理、特点及应用效果，旨在为大坝加固工程提供科学依据和技术支持，确保水利水电工程的长期稳定运行。

1 大坝加固设计的重要性

大坝作为拦截江河渠道水流以抬高水位或调节流量的挡水建筑物，在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着巨大作用。然而，随着运行时间的推移，大坝往往会受到自然环境、人为因素等多种影响，出现老化、损伤、渗漏、裂缝等问题，严重威胁到大坝的安全性和稳定性。大坝加固设计的主要体现，第一，大坝加固设计是确保大坝安全运行的必要手段。通过加固设计，可以修复大坝的损伤，提高其抗灾能力，确保在极端天气和自然灾害面前能够保持稳定，防止溃坝等灾难性事故的发生。第二，大坝加固设计有助于延长大坝的使用寿命。大坝作为重要的基础设施，其使用寿命的长短直接关系到水利水电工程的效益和可持续发展。通过加固设计，可以延缓大坝的老化过程，延长其使用寿命，为水利水电工程的长期稳定运行提供有力保障。第三，大坝加固设计还关系到人民群众的生命财产安全。大坝一旦出现问题，将直接威胁到下游地区人民群众的生命财产安全。因此，加强大坝加固设计，提高大坝的安全性和稳定性，是保障人民群众生命财产安全的重要举措^[1]。大坝加固设计在水利水电工程中具有不可替代的重要性，

应该高度重视大坝加固设计工作，采用先进的技术手段和方法，确保大坝的安全性和稳定性，为水利水电工程的可持续发展做出积极贡献。同时，还需要加强大坝的日常维护和监测工作，及时发现和处理潜在的安全隐患，确保大坝的长期安全运行。

2 水利水电工程中的大坝加固设计关键技术

2.1 高压喷射防渗墙与帷幕灌浆技术

高压喷射防渗墙与帷幕灌浆技术是一种高效且广泛应用的防渗加固手段。这两种技术均基于浆液的高压灌输原理，通过特定的施工方式，形成连续的防渗体，从而显著提升大坝的抗渗性能和结构稳定性。高压喷射防渗墙技术利用高压射流的冲击力，将水泥浆等防渗材料灌输到坝体或坝基的裂隙和孔隙中。这一过程中，高压射流不仅能够有效破坏和清理坝体内部的杂质和软弱层，还能使浆液与坝体颗粒紧密结合，形成高强度、高密实度的防渗墙。这种防渗墙不仅能够有效阻止水流的渗透，还能提升坝体的整体抗渗性能和承载能力。帷幕灌浆技术则是通过钻孔灌浆的方式，将浆液灌输到坝体或坝基的深层裂隙和孔隙中，形成连续的防渗帷幕。帷幕灌浆的施工过程需要严格控制灌浆压力、浆液浓度和灌浆速度等参数，以确保浆液能够充分填充坝体内部的裂隙和孔隙，形成有效的防渗屏障。帷幕灌浆技术不仅能够提升坝体的抗渗性能，还能通过浆液的固化作用，增强坝体的整体强度和稳定性。这两种技术在大坝加固设计中的应用，不仅能够有效解决大坝的渗漏问题，还能提升大坝的整体性能和安全性。

2.2 坝体劈裂灌浆与固结灌浆技术

坝体劈裂灌浆与固结灌浆技术，是两种针对坝体内部缺陷进行有效修复和加固的重要手段。这两种技术均

基于灌浆原理,通过特定的施工方式,将浆液灌输到坝体内部,形成连续的防渗体和加固体,从而提升坝体的整体性能和安全性。坝体劈裂灌浆技术利用水力劈裂原理,通过钻孔和加压灌浆的方式,将坝体沿特定方向劈裂,并灌输适合工程加固要求的泥浆,形成铅直连续的防渗泥墙。这一过程中,灌浆压力的选择和控制至关重要,它既要足够大以劈开坝体并填充裂隙,又要避免对坝体造成过大的破坏^[2]。劈裂灌浆技术不仅能够修复坝体的渗漏问题,还能通过浆液的固化作用,增强坝体的整体强度和稳定性。同时,劈裂灌浆技术还能够调整坝体的应力分布,降低局部应力水平,提高坝体的变形稳定性。固结灌浆技术则是将一定比例的流动性胶质泥浆通过钻孔压入到坝体内部的不连续或破碎岩层裂缝中。这些泥浆在胶结和硬化后,能够显著提高岩层的强度和整体性,从而增强坝体的承载能力和抗渗性能。固结灌浆技术广泛应用于混凝土坝、土石坝等各类坝型的加固工程中。在施工过程中,需要严格控制灌浆压力、浆液浓度和灌浆速度等参数,以确保灌浆效果达到最佳。

2.3 土石坝坝坡滑动破坏加固技术

土石坝坝坡滑动破坏加固技术是针对土石坝坝坡因各种因素(如水流冲刷、地震作用、土壤弱化等)导致的滑动破坏问题而发展出的一系列加固措施。这类技术旨在增强坝坡的稳定性,防止滑动破坏的发生,确保土石坝的安全运行。土石坝坝坡滑动破坏加固技术的核心在于对坝坡土体的加固处理。一种常见的方法是采用土工合成材料(如土工格栅、土工布等)进行加筋处理。这些材料具有较高的抗拉强度和延伸率,能够有效分散坝坡土体的应力,增强土体的整体性和稳定性。加筋处理通常与土体压实、排水措施等相结合,以达到最佳的加固效果。另一种重要的技术是采用抗滑桩或抗滑墙进行加固。抗滑桩是一种深入坝坡土体的桩体结构,能够利用桩身的抗剪强度和土体的侧摩阻力共同抵抗坝坡的滑动。抗滑墙则是一种沿坝坡设置的连续墙体结构,通过增加坝坡的横向支撑力来防止滑动。这些结构在设计时需考虑其尺寸、间距、埋深等参数,以确保其加固效果满足要求^[3]。除此之外,对于土石坝坝坡的滑动破坏加固,还需注重排水措施的设置。排水设施能够有效降低坝坡土体的孔隙水压力,减少滑动破坏的风险。常见的排水设施包括排水孔、排水带等,它们应均匀分布于坝坡表面和内部,形成有效的排水系统。

2.4 土工合成材料加固技术

土工合成材料,如土工织物、土工膜、土工格栅等,因其高强度、高延伸性、耐腐蚀、耐老化等优良性

能,在大坝加固工程中得到了广泛应用。土工合成材料加固技术的核心在于利用这些材料的特性,对大坝的薄弱部位进行针对性的加固处理。例如,对于大坝的渗漏问题,可以采用土工膜进行防渗处理。土工膜是一种具有极高防渗性能的薄膜材料,其厚度通常在0.2mm至2.0mm之间,能够有效阻断水流通过坝体的渗漏通道,提高大坝的防渗能力。另外,土工格栅作为一种加筋材料,也常被用于大坝加固工程中。土工格栅由高强度合成纤维制成,具有优越的抗拉强度和延伸性。在大坝加固时,可以将土工格栅铺设在坝体内部或坝坡表面,通过其加筋作用,提高坝体的整体稳定性和承载能力。土工合成材料加固技术的施工质量和效果很大程度上取决于材料的选型和施工工艺。因此,在实际工程中,需要根据大坝的具体情况和加固需求,选择合适的土工合成材料,并严格按照施工工艺要求进行施工,以确保加固效果达到最佳。

3 大坝加固技术的创新与发展

3.1 新材料的应用

随着材料科学的不断进步,越来越多的高性能、高耐久性材料被引入到大坝加固工程中,这些新材料不仅提升了加固效果,还降低了施工难度和成本。其中,高性能混凝土是一种在大坝加固中广泛应用的新材料。相比传统混凝土,高性能混凝土具有更高的强度、更好的耐久性和更优异的工作性能。在大坝加固中,高性能混凝土可以用于修复裂缝、加固坝体结构、提高防渗性能等方面。其高强度特性使得加固后的坝体能够承受更大的水压力和地震力,而高耐久性则保证了加固效果的长期稳定性。除了高性能混凝土,新型土工合成材料也在大坝加固中发挥着重要作用。这些材料包括土工织物、土工膜、土工格栅等,它们具有高强度、高延伸性、耐腐蚀、耐老化等优良性能。在大坝加固中,土工合成材料可以用于防渗处理、加筋增强、排水减压等方面。例如,土工膜可以用于坝体的防渗处理,有效阻断水流通过坝体的渗漏通道;土工格栅则可以用于坝体的加筋增强,提高坝体的整体稳定性和承载能力。还有一些新型化学灌浆材料也被广泛应用于大坝加固中^[4]。这些材料具有快速固化、高强度、高渗透性等特性,可以用于填充坝体内部的裂缝和孔隙,提高坝体的密实度和防渗性能。与传统的灌浆材料相比,新型化学灌浆材料具有更高的施工效率和更好的加固效果。

3.2 智能化监测与预警系统

在大坝加固技术的创新与发展中,智能化监测与预警系统的引入结合了物联网、大数据、人工智能等先进

技术,实现了对大坝运行状态的实时监测和预警,为大坝的安全稳定运行提供了有力保障。智能化监测与预警系统通过在大坝上安装各类高精度传感器,如位移传感器、渗压传感器、应力传感器等,实时采集大坝的变形、渗流、应力等关键数据。这些数据通过物联网技术实时传输至数据中心,进行存储、处理和分析。借助大数据分析技术,系统能够挖掘数据中的潜在规律和异常模式,及时发现大坝的安全隐患。另外,人工智能技术的应用则进一步提升了系统的智能化水平。通过机器学习算法,系统能够自动学习大坝的正常运行状态,建立精确的数学模型。当实际监测数据偏离模型预测范围时,系统能够迅速发出预警,通知相关人员采取措施进行干预。这种智能化的预警机制不仅提高了预警的准确性和及时性,还大大减轻了人工监测的工作量。最后,智能化监测与预警系统还具有远程监控和自动化管理的功能。管理人员可以通过手机、电脑等终端设备远程查看大坝的实时监测数据和预警信息,随时掌握大坝的运行状态。同时,系统还能够根据监测数据自动调整大坝的运行参数,实现自动化管理。智能化监测与预警系统在大坝加固技术的创新与发展中发挥着重要作用。它不仅能够实时监测大坝的运行状态,及时发现安全隐患,还能够实现远程监控和自动化管理,为大坝的安全稳定运行提供了有力保障。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,智能化监测与预警系统将在更多领域发挥重要作用。

3.3 微生物诱导碳酸钙沉积(MICP)技术

微生物诱导碳酸钙沉积(MICP)技术是大坝加固技术中的一项创新与发展,它利用自然界中的微生物(如巴氏芽孢杆菌)在新陈代谢过程中产生的脲酶,将尿素分解为碳酸根离子和氨,碳酸根离子再与自然环境中的钙离子结合,形成碳酸钙沉积物。这种技术不仅环保、经济,而且能够有效提升大坝土体的强度和稳定性。MICP技术在大坝加固中的应用主要可以通过在坝体内部或表面形成致密的碳酸钙沉积层,显著提高坝体的抗渗

性能和整体稳定性。这种沉积层能够填充坝体内部的微小裂缝和孔隙,减少水分渗透,防止坝体因长期渗流作用而发生的侵蚀和破坏。通过微生物的作用,碳酸钙沉积物在坝体内部形成胶结结构,增强了土体颗粒间的相互作用力,从而提高了坝体的抗压强度和抗剪强度。这种改变使得坝体能够更好地承受外部荷载和地震等自然灾害的冲击。MICP技术还具有施工简便、成本较低的优势^[5]。与传统的加固方法相比,MICP技术不需要大型机械设备和复杂的施工工艺,只需将含有微生物的营养液注入坝体内部或表面即可。同时,由于微生物的生长和代谢过程在自然条件下即可进行,因此不需要额外的能源消耗和环境污染。

结语

总之,水利水电工程中的大坝加固设计技术是一项复杂而重要的任务,涉及多种技术手段和方法。通过新材料的应用、智能化监测与预警系统的建立以及微生物诱导碳酸钙沉积等创新技术的引入,大坝加固设计技术取得了显著进展。这些技术不仅提高了大坝的稳定性和耐久性,还为水利水电工程的安全运行提供了有力保障。未来,随着科技的不断进步和创新,大坝加固设计技术将继续发展,为水利水电工程的可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]李冰.刍议水利工程中小型水库除险加固设计的常见问题[J].绿色环保建材,2020(6):238+240.
- [2]代明洁,梁晓峰.水库大坝防渗与加固工程处理技术探讨[J].建筑工程技术与设计,2020(20):8-9.
- [3]卢晓鹏,龚伏秋.振冲法在土坝除险加固工程中的应用研究[J].人民长江,2020,43(11):43-45.
- [4]奉立.水库大坝灌浆施工技术与防渗加固处理探析[J].湖南水利水电,2019(02):21-22+43.
- [5]任世强.大中型水库大坝除险加固工程设计及施工技术分析[J].黑龙江水利科技,2019(8):181-182.