

大坝材料老化与耐久性评估及其对安全运行的影响

姚 丽

定西市水务局 甘肃 定西 743000

摘要: 大坝作为重要的水利基础设施,其长期稳定性和安全性直接关系到下游地区人民的生命财产安全。基于此,本文从大坝材料老化与耐久性评估入手,详细分析了大坝材料老化与耐久性对安全运行的影响,并提出了一些有效的维护加固措施,包括针对混凝土大坝的加固、对于大坝钢筋锈蚀问题的维护、注意对大坝的监测和维护等方面,以期对相关研究人员提供参考和借鉴。

关键词: 大坝材料;老化;耐久性评估;安全运行;影响

引言

大坝在长期的自然环境和运行条件下,其材料会经历各种物理、化学和生物作用,导致性能逐渐下降,即出现老化现象。材料老化不仅影响大坝的耐久性,还可能引发结构安全问题,严重威胁大坝的安全运行。因此,对大坝材料的老化与耐久性进行评估,并研究其对安全运行的影响,具有重要的理论和实践意义。

1 大坝材料老化与耐久性评估

1.1 大坝材料的老化评估

大坝材料的老化评估是确保大坝结构安全、延长使用寿命的重要环节,其中混凝土作为主要建筑材料,其老化现象尤为显著,对大坝的整体稳定性和耐久性构成严重威胁。混凝土内部微裂纹的扩展是大坝材料老化的一个直观表现,在长期的荷载作用下,混凝土内部会产生微小的裂纹,这些裂纹在冻融循环、温度变化等环境因素的持续作用下,会逐渐扩展、连通,形成更大的裂缝,从而削弱混凝土的强度和整体性。冻融循环是导致微裂纹扩展的主要因素之一,特别是在寒冷地区,混凝土中的水分在结冰时体积膨胀,对混凝土产生巨大的压力,导致微裂纹的产生和扩展。而钢筋锈蚀是混凝土大坝老化的另一个重要方面,在大坝结构中,钢筋通常被用作增强材料,以提高混凝土的抗拉强度。然而,当混凝土的保护层因各种原因(如施工质量不佳、保护层厚度不足、化学侵蚀等)受到破坏时,钢筋就会暴露在有害环境中,发生锈蚀。钢筋锈蚀不仅会导致钢筋截面积的减小,降低其承载能力,还会产生体积膨胀,对周围的混凝土产生压力,导致混凝土的开裂和剥落。这种锈蚀作用会进一步加速混凝土的老化过程,对大坝的结构安全构成严重威胁。此外,化学侵蚀是混凝土老化的另一个重要因素,混凝土中的某些成分(如水泥熟料中的氢氧化钙)会与环境中的某些物质(如酸、盐等)发生

化学反应,导致混凝土的膨胀、剥落等现象。例如,硫酸盐侵蚀会导致混凝土内部的硫酸根离子与钙离子结合,形成硫酸钙等膨胀性物质,使混凝土体积增大,产生裂缝和剥落。

1.2 大坝材料的评估

大坝材料的评估是确保大坝结构安全、稳定运行的关键步骤,它涉及对大坝材料性能的深入了解以及对其耐久性的全面评估。首先,对大坝材料进行取样分析是评估工作的基础,通过在大坝的不同部位采集具有代表性的样品,可以了解大坝材料的组成、结构和性能特点^[1]。这些样品可以包括混凝土、钢筋、防水材料等多种类型,每种材料都有其特定的评估方法和标准。例如,对于混凝土材料,可以分析其水泥熟料、骨料、外加剂等组成成分,以及混凝土的强度、密度、抗渗性等性能指标。对于钢筋材料,则需要关注其化学成分、抗拉强度、屈服强度、韧性等关键指标,通过对这些样品的详细分析,可以初步判断大坝材料的整体性能和潜在的老化问题。其次,在取样分析的基础上,利用先进的测试技术对大坝材料的力学性能、抗渗性能、耐久性能等进行全面评估。这些测试技术包括但不限于回弹法、超声法、钻芯取样法等。回弹法是一种通过测量材料表面回弹高度来推算其硬度和强度的非破坏性测试方法,适用于混凝土等硬质材料的评估;超声法则利用超声波在材料中的传播速度和衰减特性来评估材料的内部缺陷和性能变化;钻芯取样法则是一种更为直接的评估方法,通过在大坝材料中钻取芯样,可以对其内部结构和性能进行更为详细的分析。这些测试技术的综合运用,可以实现对大坝材料性能的全面、准确的评估。最后,除了对大坝材料进行直接的测试和分析外,还可以通过外观检查、内部探测等手段来了解大坝的裂缝、渗漏、剥落等病害情况。外观检查通常包括目视检查、拍照记录、测量裂缝

宽度和长度等步骤，可以直观地了解大坝表面的病害情况；内部探测则利用雷达、声波等无损检测技术，对大坝内部的结构和性能进行探测和评估。这些技术手段的应用，可以帮助发现大坝内部潜在的病害问题，为耐久性评估提供重要依据。

2 大坝材料老化与耐久性对安全运行的影响

2.1 大坝材料老化的影响

大坝材料的老化是一个复杂且持续的过程，它深刻地影响着大坝的结构完整性和运行安全。这一过程主要表现为混凝土内部的微裂纹扩展、钢筋锈蚀以及材料强度的整体下降，这些现象共同构成了大坝老化的核心问题，对大坝的承载能力、抗渗性能和耐久性产生了严重的负面影响。在长期的荷载作用和自然环境的侵蚀下，混凝土内部会逐渐形成微小的裂缝。这些裂缝在初期可能并不明显，但随着时间的推移，它们会在各种物理和化学因素的作用下逐渐扩展，最终可能形成贯穿性的大裂缝。这些裂缝的出现，极大地削弱了大坝的整体性和连续性，使得大坝在受到外力作用（如洪水、地震等）时，更容易发生结构破坏。此外，微裂纹的扩展还会降低混凝土的抗压强度和抗剪强度，进一步影响大坝的承载能力。

同时，材料强度的整体下降是大坝材料老化的直接后果，随着混凝土内部微裂纹的扩展和钢筋锈蚀的加剧，大坝材料的力学性能会逐渐下降^[2]。这种下降不仅表现为抗压强度、抗拉强度和抗剪强度的降低，还表现为材料的脆性增加和韧性下降，这些变化使得大坝在受到外力作用时更容易发生脆性破坏，且破坏后的修复难度和成本也会大大增加。最后，大坝材料的老化还会对其抗渗性能产生不利影响，混凝土内部的微裂纹和钢筋锈蚀都会导致大坝的渗漏问题加剧。渗漏不仅会造成水资源的浪费，还可能引发大坝内部的侵蚀和破坏。

2.2 大坝材料耐久性的影响

一些大坝在修建时由于资金限制、技术条件或材料供应等原因，采用了低质量的混凝土或钢筋等建筑材料，这些材料往往存在强度不足、抗渗性差、易腐蚀等缺陷，使得大坝在投入使用后不久就开始出现各种问题。其中，大坝材料耐久性差就会对大坝的安全性产生严重影响，大坝作为水利工程的重要组成部分，承担着挡水、蓄水、泄洪等多重功能，其安全性直接关系到下游人民生命财产的安全以及生态环境的平衡。当大坝材料耐久性差时，大坝在长期使用过程中容易发生各种病害现象，如裂缝、渗漏、剥落等，这些病害现象不仅会降低大坝的承载能力，还会影响大坝的抗渗性能和耐久

性，使得大坝在受到外力作用时更容易发生破坏。如在极端天气条件下，如暴雨、洪水等，耐久性差的大坝更容易发生溃坝等严重事故，对下游地区造成巨大的灾害。另外，大坝材料耐久性差还会对大坝的监测和维护工作带来困难，由于大坝材料的老化和劣化现象，大坝的监测数据可能会出现异常波动，使得监测人员难以准确判断大坝的实际状况。同时，耐久性差的大坝在维护过程中需要更加频繁地进行检查和修复工作，这不仅会增加维护成本，还会对大坝的正常运行产生干扰。

3 大坝的维护加固措施

3.1 针对混凝土大坝的加固

混凝土大坝的加固工作，首先需对其现状进行全面评估，包括结构完整性、裂缝分布、渗漏情况等。通过地质雷达、声波测试、钻孔取芯等无损检测技术，可以精确掌握大坝内部的损伤情况，为后续加固设计提供数据支持。在此基础上，针对大坝的具体病害，采取针对性的加固措施。第二，高压喷射防渗墙技术是提升混凝土大坝抗渗性能的有效手段，该技术通过在坝体内部或坝基设置高压喷射孔，将特制的浆液以高速喷射至孔内，浆液在高压作用下迅速膨胀并渗透至坝体微小裂缝中，形成致密的防渗层^[3]。这种防渗层能够有效阻断水流通道，显著提高大坝的抗渗能力，防止渗漏引起的坝体内部侵蚀和稳定性下降。第三，劈裂灌浆法则是利用水力劈裂原理，在大坝内部形成垂直于坝轴线的劈裂缝，随后向劈裂缝内灌注水泥浆液，浆液在劈裂缝中扩散、凝固，形成连续的防渗帷幕。这种方法不仅提高了大坝的抗渗性能，还能增强坝体的整体性和稳定性，对于处理大坝内部的深层裂缝和渗漏问题尤为有效。第四，帷幕灌浆技术则是通过在大坝坝基或坝肩等关键部位设置灌浆帷幕，利用浆液的压力和渗透性，将浆液注入坝基或坝肩的岩石裂隙中，填充并固结裂隙，形成连续的防渗屏障。帷幕灌浆技术对于提高大坝基础的抗渗性和稳定性具有重要作用，能够有效防止坝基渗漏和滑动破坏。第五，对于出现裂缝、剥落等病害的混凝土大坝，还需进行裂缝修补和表面防护工作。裂缝修补可采用化学注浆、环氧树脂粘贴碳纤维布等方法，通过填充裂缝并增强裂缝周边的材料强度，恢复大坝的整体性和承载能力。表面防护则可采用防水涂料、喷砂除锈后涂刷防腐漆等措施，提高大坝表面的耐久性和抗侵蚀能力，防止剥落和腐蚀现象的进一步发展。

3.2 对于大坝钢筋锈蚀问题的维护

钢筋作为大坝结构中的重要承载元素，其锈蚀不仅削弱了大坝的整体强度和稳定性，还可能导致结构破坏

和安全事故。因此,针对大坝钢筋锈蚀问题的维护,必须采取一系列科学有效的措施,以确保大坝的安全运行和延长使用寿命。一方面,对于钢筋锈蚀的初步处理,关键在于除锈,这通常包括化学除锈和机械除锈两种方法。化学除锈利用特定的化学药剂,通过化学反应去除钢筋表面的锈迹。这种方法操作简便,除锈效率高,但需注意化学药剂的选择和使用量,以避免对钢筋本身和周围环境造成不良影响^[4]。机械除锈则是通过喷砂、打磨等物理手段,直接清除钢筋表面的锈蚀层,这种方法虽然耗时较长,但除锈效果更为彻底,且不会对钢筋材质造成化学改变。另一方面,在钢筋除锈后,必须立即进行防腐处理,以防止钢筋再次锈蚀。防腐处理的主要方法包括喷涂防腐涂料和包裹防腐材料。防腐涂料通常具有优异的耐候性、耐水性和耐化学腐蚀性,能够长期保护钢筋不受外界环境的侵蚀。喷涂防腐涂料时,需确保涂层均匀、完整,无漏涂和气泡,以提高防腐效果。此外,对于已经严重锈蚀、无法通过除锈和防腐处理恢复其性能的钢筋,必须进行更换或加固处理。更换钢筋时,需确保新钢筋的材质、规格和强度等级与原钢筋相匹配,且更换过程需严格遵守施工规范和安全操作规程,以避免对大坝结构造成二次损伤。

3.3 注意对大坝的监测和维护

在大坝的维护加固工作中,对大坝的持续监测和维护是至关重要的环节,它直接关系到大坝的安全运行和长期稳定性。这一环节不仅要求我们对大坝的现状有清晰的了解,还需要我们能够预见并应对可能出现的各种问题和风险。首先,监测设备的安装是大坝监测工作的基础,这些设备包括但不限于位移传感器、应力应变计、渗流监测仪、裂缝监测仪等,它们能够实时采集大坝的各项运行参数,如位移量、应力状态、渗流量、裂缝宽度等。通过将这些数据与预设的安全阈值进行对比

分析,我们可以及时发现大坝的异常变化,为后续的维护加固工作提供预警。其次,制定科学的监测计划是确保大坝监测工作有序进行的关键,监测计划应明确监测的目标、内容、频率和方法,确保监测工作的全面性和系统性。在制定监测计划时,我们需要综合考虑大坝的类型、规模、运行环境以及历史监测数据等因素,确保监测计划既符合大坝的实际情况,又能满足安全管理需要。此外,监测计划还应具有一定的灵活性,以便根据实际情况进行适时调整和优化。最后,定期进行安全检查和评估是大坝监测和维护工作的重要组成部分,通过定期的安全检查和评估,我们可以全面了解大坝的当前状况和未来发展趋势,为后续的维护加固工作提供科学依据。

结语

综上所述,大坝材料的老化与耐久性评估是确保大坝安全运行的关键环节。材料老化会导致大坝结构性能下降,增加安全风险。通过采用科学的耐久性评估方法和指标,可以及时发现大坝材料的老化问题,并采取相应的维护和管理措施。未来,随着科技的不断进步和工程实践经验的积累,我们需要不断探索和完善大坝材料老化与耐久性评估的方法和技术,为提升大坝的安全性和耐久性提供有力支持。

参考文献

- [1]杨丽涛.浅谈水库大坝工程安全管理及应急预案[J].智能建筑与工程机械,2020,2(11):106-107.
- [2]谭界雄,李星,杨光,等.新时期我国水库大坝安全管理若干思考[J].水利水电快报,2020,41(1):7.
- [3]易德铨.浅论水库大坝建设施工及其运行的安全管理[J].大科技,2020(20):86.
- [4]黄应彬.水库大坝安全运行及管理途径探讨[J].住宅与房地产,2019(24):15-16.