

水利工程中病险水库加固工程技术研究

运新宝

天津市水务规划勘测设计有限公司 天津 300204

摘要：本文深入探讨了水利工程中病险水库加固工程技术。定义了病险水库的概念，分析了我国病险水库的现状与分布特点，并详细阐述病险水库的成因。重点介绍大坝加固、溢洪道加固和输水洞加固等主要加固工程技术，旨在提高水库的安全性和稳定性。展望了加固工程技术的发展趋势，包括新材料的应用、智能化技术的引入和生态友好型加固技术的发展，为病险水库的治理提供科学依据和技术支持。

关键词：水利工程；病险水库；加固工程技术

1 水利工程中病险水库的定义

在水利工程领域，病险水库是指那些存在安全隐患、功能受损或运行管理不善，导致水库的正常蓄水、防洪、灌溉、供水及发电等功能受到威胁或无法充分发挥的水利设施。这些水库通常因长期运行、自然侵蚀、设计缺陷、施工质量问题或维护不足等原因，而出现了一系列结构或功能上的病害与风险。病险水库可能表现为坝体裂缝、渗漏、滑坡、沉陷等结构安全问题，也可能存在溢洪道堵塞、输水管线破损、闸门失灵等功能失效问题。这些问题不仅影响水库的正常运行，还可能对下游人民群众的生命财产安全构成严重威胁。另外，病险水库还可能因管理不善而加剧其安全风险。例如，缺乏有效的监测预警系统、应急预案不完善、管理人员培训不足等，都可能导致在极端天气或突发事件下，水库无法及时有效地发挥防洪减灾作用^[1]。因此，对于病险水库，必须及时采取有效的治理措施，包括加固坝体、修复溢洪道、更新改造输水管线和闸门等关键设施，同时加强运行管理和监测预警，确保水库的安全运行和功能的充分发挥。这不仅是保障人民群众生命财产安全的需要，也是促进经济社会可持续发展的必然要求。

2 我国病险水库的现状与分布特点

我国病险水库数量众多，且分布广泛，现状不容乐观。这些水库大多建于上世纪五、六十年代，受当时技术水平、经济条件和建筑材料等因素的限制，许多水库存在设计标准低、施工质量差、管理维护不到位等问题，导致水库在长期使用过程中出现了不同程度的病害和安全隐患。

从分布特点来看，我国病险水库主要集中在中西部山区和经济欠发达地区。这些地区由于地形复杂、地质条件恶劣，加上经济基础薄弱，导致水库建设和维护的投入不足，使得水库的安全状况尤为突出。此外，受气

候和降雨条件的影响，一些地区的水库还面临着洪水和地质灾害的威胁，进一步加剧了水库的安全风险。

值得注意的是，尽管近年来我国加大了对病险水库的除险加固力度，但由于历史欠账较多，加上资金投入、技术力量和工期等方面的限制，目前仍有大量病险水库亟待整治。这些水库一旦失事，将对下游人民群众的生命财产安全构成严重威胁，给经济社会发展带来巨大损失^[2]。

3 病险水库的成因分析

3.1 设计缺陷、施工质量差

病险水库的成因之一在于设计缺陷与施工质量差。在水库设计阶段，如果设计人员对地质条件、水文特征等关键因素缺乏深入了解，或者设计标准偏低，未能充分考虑水库未来的运行需求和极端条件下的安全性能，就可能导致水库在建成后存在结构上的先天不足。此外，施工质量差也是导致水库出现病害的重要原因。在施工过程中，如果材料质量不达标、施工工艺不规范、监管不严格等，都可能造成水库坝体、溢洪道、输水管线等关键部位出现裂缝、渗漏、滑坡等问题，从而影响水库的安全运行。

3.2 自然环境因素（如地震、洪水等）

自然环境因素也是导致水库出现病害的重要原因。地震、洪水等自然灾害会对水库造成直接冲击和破坏。地震可能引发坝体裂缝、滑坡等安全问题，而洪水则可能冲刷坝脚、堵塞溢洪道，导致水库无法正常泄洪。此外，长期的风化、侵蚀作用也会逐渐削弱水库坝体的强度，增加其出现病害的风险。

3.3 运行管理不善

运行管理不善也是导致水库出现病害的不可忽视的原因。如果水库管理人员缺乏专业知识、责任心不强，或者管理制度不完善、执行不力，就可能导致水库在蓄

水、泄洪、灌溉、供水等过程中出现操作失误、设备损坏等问题。缺乏有效的监测预警系统、应急预案不完善等也会降低水库应对突发事件的能力^[3]。这些管理上的问题不仅会直接影响水库的安全运行,还可能加剧水库的病害程度,给下游人民群众的生命财产安全带来严重威胁。

4 水利工程中主要加固工程技术

4.1 大坝加固技术

在水利工程中,大坝作为重要的挡水结构,其安全性和稳定性对于保护下游地区人民群众的生命财产安全具有重要意义。随着时间的推移和自然因素的影响,大坝往往会出现各种病害,如裂缝、渗漏、滑坡等,这些问题都直接威胁到大坝的安全运行。因此,大坝加固技术成为了确保大坝安全的关键措施。大坝加固技术旨在提高大坝的整体稳定性、抗渗性能和耐久性。针对不同的病害,加固方法也多种多样。对于坝体裂缝,可以采用化学灌浆或表面封闭技术进行处理,这些技术可以有效地填充裂缝,防止水分和有害物质进入坝体内部,进而保障坝体的完整性。针对坝体渗漏问题,可以采取帷幕灌浆、水平防渗墙或土工膜铺设等措施,以构建连续且可靠的防渗体系,降低渗漏对大坝安全的威胁。除了处理坝体本身的病害,大坝加固还需要考虑坝基和坝肩的稳定性。对于坝基的不稳定,可以采用桩基加固、注浆加固等方法,提高坝基的承载能力和抗滑性能。而对于坝肩,可以修建抗滑桩、挡土墙等结构,防止山坡滑坡或崩塌对大坝的威胁。值得注意的是,大坝加固不仅仅是对病害的处理,更重要的是要对大坝进行全面检测和分析,了解其结构和功能状况,制定科学合理的加固方案。加固方案应充分考虑大坝的运行状态、自然环境条件以及可能的极端天气等因素,确保加固后的大坝能够在各种情况下保持稳定。

4.2 溢洪道加固技术

在水利工程的维护与管理中,溢洪道加固技术是一项至关重要的工程技术,旨在确保水库在遭遇超标洪水时能够及时、有效地排泄多余水量,从而保障水库大坝及其下游区域的安全。溢洪道作为水库的重要泄洪设施,其结构的稳定性和泄洪能力直接关系到水库的防洪调度效果和整体安全性能。然而,由于长期遭受水流冲刷、泥沙淤积、地质变动以及自然灾害等因素的影响,溢洪道往往会出现诸如边坡失稳、泄槽损坏、闸门及启闭设备故障等一系列问题,这些问题不仅会降低溢洪道的泄洪效率,还可能对水库大坝造成直接威胁。溢洪道加固技术主要包括结构加固、泄流能力提升以及闸门与

启闭设备维护三大方面。结构加固方面,针对边坡失稳、裂缝、渗漏等病害,可以采用注浆加固、抗滑桩或挡土墙修建、边坡削坡减载等方法,以提高溢洪道边坡的稳定性和抗冲刷能力^[4]。同时,对于泄槽的损坏,如冲刷磨损、裂缝、塌陷等,可采用混凝土或浆砌石等材料进行修补和加固,恢复其原有的泄洪能力。在泄流能力提升方面,可以通过拓宽溢洪道、加深泄槽、优化泄流曲线等手段,提高溢洪道的泄流能力和效率,确保在极端洪水条件下能够迅速、有效地排泄多余水量,减轻水库大坝的防洪压力。另外,对于闸门及启闭设备的维护也是溢洪道加固的重要一环,包括定期对闸门进行检查、更换损坏部件、加强润滑保养以及提升启闭设备的可靠性和稳定性,以确保在需要时能够迅速开启或关闭闸门,实现溢洪道的精准调控。

4.3 输水洞加固技术

在水利工程的维护与改造中,输水洞加固技术扮演着至关重要的角色,它是确保水库输水系统稳定运行、满足农业灌溉、城市供水及生态补水等多元化需求的关键措施。输水洞作为水库的重要组成部分,承担着调节水量、输送水源的重任,但长期受水流冲刷、地下水渗透、地质变动以及人为破坏等因素的影响,其结构完整性、防渗性能及输水效率往往会受到不同程度的损害。输水洞加固技术主要包括结构修复与加固、防渗处理以及流量调节与优化三大方面。在结构修复与加固方面,针对输水洞出现的裂缝、剥落、塌方等病害,采用化学灌浆、碳纤维布加固、钢筋混凝土衬砌或预应力锚固等方法,可以有效提高输水洞结构的整体稳定性和抗冲刷能力。防渗处理则是通过铺设防渗膜、注浆帷幕或设置防水层等手段,截断地下水对输水洞的渗透路径,防止渗漏造成的水量损失和水质污染,同时减少维护成本和能源消耗。在流量调节与优化方面,通过清理输水洞内的淤积物、优化洞身断面设计、增设或改造调节阀门等措施,可以有效提升输水洞的输水效率和流量控制能力,确保在不同季节和水文条件下,都能稳定、灵活地满足各类用水需求。

5 病险水库加固工程技术的发展趋势

5.1 新材料在加固工程中的应用前景

随着科技的进步,新材料在病险水库加固工程中的应用前景愈发广阔,传统的加固材料,如钢材、混凝土等,虽然在水库加固中发挥了重要作用,但新材料的应用无疑为加固工程带来了更多的可能性。高性能、轻量化、耐腐蚀的新材料,如碳纤维、高强钢、新型复合材料等,在提高加固效果、降低成本、缩短施工周期方面具有显著优

势。碳纤维加固技术具有高强度、轻质、耐腐蚀等优点，已广泛应用于桥梁、建筑等领域的加固施工，其在水库加固中的应用也将逐渐增多。此外，新型复合材料如芳纶纤维、玄武岩纤维等，因具有独特的物理和化学性质，也在水库加固工程中展现出良好的应用前景。这些新材料的应用，不仅可以提高加固工程的整体质量，还能减少材料消耗和环境污染，实现可持续发展。

5.2 智能化技术在加固工程中的应用探索

智能化技术在病险水库加固工程中的应用，正逐渐成为加固工程领域的一个重要趋势。通过引入智能传感器、物联网、大数据分析等智能化技术，可以实现对加固工程的实时监测、精准分析和科学管理。智能传感器可以实时监测水库加固工程的各项数据，如位移、应力、变形等，这些数据通过物联网技术实时传输至中央数据库，进行集中存储和分析。利用大数据分析和机器学习算法，可以对这些数据进行深度挖掘和模式识别，及时发现潜在的安全隐患，并提前采取措施进行干预^[5]。另外，智能化技术还可以应用于加固工程的设计和施工环节，通过模拟仿真和数据分析，优化设计方案，提高施工效率和质量。例如，利用BIM技术进行三维建模和施工模拟，可以实现对加固工程的可视化管理，降低施工风险和成本。

5.3 生态友好型加固技术的发展趋势

随着全球环保意识的提升，生态友好型加固技术正逐渐成为病险水库加固工程的重要发展方向。生态友好型加固技术则强调在保证水库安全的同时，最大限度地减少对自然环境的影响。生态友好型加固技术主要包括生态混凝土、植被护坡、生态修复等技术。生态混凝土是一种具有多孔结构、能够与植物生长相结合的新型混凝土材料，它不仅可以提高水库边坡的稳定性，还能作为植物生长提供空间，促进生态系统的恢复。植被护坡则是通过在边坡上种植适宜的植被，利用植被的根系和

土壤微生物的相互作用，增强边坡的抗冲刷和抗滑移能力，同时美化环境、改善生态；生态修复技术也是生态友好型加固技术的重要组成部分。它主要包括人工湿地、生态浮岛等技术，通过构建人工生态系统，恢复水库周边地区的生物多样性，提高生态系统的自我调节能力和稳定性。未来，随着环保意识的普及和科技的进步，生态友好型加固技术将会在病险水库加固工程中得到更广泛的应用和推广。

结束语

综上所述，病险水库加固工程技术的研究与应用对于保障水库安全、促进经济社会可持续发展具有重要意义。未来，随着科技的进步和环保意识的提升，新材料、智能化技术和生态友好型加固技术将得到更广泛的应用，为病险水库的治理提供更加高效、环保的解决方案。同时，加强病险水库的监测预警和应急管理，也是确保水库安全运行不可或缺的一环。

参考文献

- [1] 于宁. 水利工程中病险水库加固工程技术研究[J]. 模型世界, 2024(11):138-140. DOI:10.3969/j.issn.1008-8016.2024.11.045.
- [2] 李毅, 刘田珂. 病险水库大坝加固工程帷幕灌浆施工技术研究[J]. 四川建材, 2024, 50(2). DOI:10.3969/j.issn.1672-4011.2024.02.052.
- [3] 卢常兴. 水利工程中水库坝体护坡板加固施工技术[J]. 水上安全, 2023, (12).
- [4] 陈光辉. 基于帷幕灌浆加固技术的水库大坝防渗处理[J]. 水利技术监督, 2023, (5). DOI:10.3969/j.issn.1008-1305.2023.05.072.
- [5] 汤涌. 水利工程中病险水库加固工程技术研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(20). DOI:10.19981/j.CN23-1581/G3.2022.20.035.