

病险水库除险加固工程的设计优化与风险管控

荣硕 郭金梅

菏泽市水务事业发展中心, 中国·山东 菏泽 274000

摘要: 论文聚焦于病险水库除险加固工程的设计优化与风险管控。论文讨论了这些工程的现状, 指出设计过程中存在的挑战与局限性。提出了优化设计的策略, 包括结构性改进和针对环境条件的适应性解决方案。同时, 强调了在这些工程管理中, 风险识别、评估与控制的重要性。论文介绍了一套风险管控体系, 提出了在加固过程中减少潜在危险的方法。通过分析若干典型案例, 展示了设计优化与风险管控的实际应用效果。最后, 论文提出了未来在设计技术和风险管控体系方面的改进方向。

关键词: 水库加固; 设计优化; 风险管控; 危险识别; 结构改进

Design Optimization and Risk Control of Hazard Removal and Reinforcement Engineering for Dangerous Reservoirs

Shuo Rong Jinmei Guo

Heze Water Service Development Center, Heze, Shandong, 274000, China

Abstract: This paper focuses on the design optimization and risk control of the reinforcement project for dangerous reservoirs. The paper discusses the current status of these projects and points out the challenges and limitations that exist in the design process. Proposed optimization design strategies, including structural improvements and adaptive solutions for environmental conditions. At the same time, it emphasizes the importance of risk identification, assessment, and control in these engineering management processes. The paper introduces a risk management system and proposes methods to reduce potential hazards during the reinforcement process. By analyzing several typical cases, the practical application effects of design optimization and risk control were demonstrated. Finally, the paper proposes directions for future improvements in design technology and risk management systems.

Keywords: reservoir reinforcement; design optimization; risk management and control; hazard identification; structural improvement

0 前言

病险水库对公共安全、基础设施和环境构成了重大风险。这些水库通常因为老化或维护不当, 存在结构性薄弱的问题, 特别是在极端天气事件下, 水库失效的可能性增大。通过加固工程解决这些水库的安全问题, 对于减少这些风险至关重要。病险水库的现状亟需关注, 因为忽视其修复可能带来灾难性后果。本研究旨在探讨病险水库加固中的现有挑战, 重点关注设计优化和有效的风险管控策略。通过提高这些基础设施的安全性和稳定性, 本研究期望为水库系统的可持续发展和风险减少做出贡献。

1 病险水库除险加固工程设计现状

病险水库加固工程对于确保水库系统的安全性和长期可用性至关重要。这些水库通常存在老化、结构缺陷或因自然灾害而受到损害。随着气候变化和极端天气事件的增加, 有效的加固设计需求也日益增长。目前的加固工作主要依赖于传统工程方法, 如加高大坝、加固基础和扩展溢洪道。这些解决方案旨在提高结构完整性并延长水库的使用寿命。尽管传统设计方案有效, 但它们通常侧重于解决眼前的安全问

题, 而没有充分考虑长期风险或环境条件的变化。许多现有方案依赖于过时的气候和环境假设, 这些假设可能已经不再适用。例如, 设计可能未能充分考虑降雨强度、地震活动或气候变化的影响。此外, 许多加固工作未能融入先进材料、创新技术或应对不可预见风险的适应性措施。为了克服这些局限, 水库加固项目必须考虑现代工程技术和材料的应用。这包括使用土工合成材料以增强加固效果, 以及引入智能监测系统实时风险评估。设计还必须具有灵活性, 以便随着环境条件的变化进行调整。此外, 全面的风险评估和现场特征分析对于确保设计有效应对当前和未来的威胁至关重要。通过整合这些技术要求, 水库可以更好地应对现有和潜在的风险。

2 病险水库加固工程的设计优化策略

2.1 优化设计方法与技术

水库加固设计的优化旨在提高水库的安全性、延长使用寿命并最大化成本效益。设计优化不仅包括对传统加固技术的改进, 还涉及先进技术的应用, 以确保加固方案的高效性和可持续性。优化设计的过程通常从对现有水库进行深入

分析开始,使用先进技术和方法找到最适合的加固解决方案。其中,计算建模与仿真技术是设计优化的关键手段。通过这些工具,工程师能够预测水库在极端天气、地震、洪水等极端条件下的反应,并模拟不同设计方案的效果。例如,有限元分析和流体动力学模型可以帮助评估大坝和其他结构在多种外力下的表现,从而识别潜在的薄弱环节。此外,工程师还可以通过仿真对水库的长期稳定性进行评估,确保加固方案在未来的运行中仍能有效应对各种风险。除了计算建模外,遗传算法和多目标优化方法也被广泛应用。这些方法通过智能化的算法测试不同的设计参数组合,系统地筛选出最佳方案。遗传算法能够在多个目标之间找到最佳平衡点,确保水库在满足安全性要求的同时,减少成本和环境影响。多目标优化方法则能协同优化多个设计目标,如安全性、成本、环境影响等,使得设计更加高效和精细。

2.2 结构优化与环境适应性改进

结构优化是水库加固设计中最为关键的一环。优化大坝、溢洪道、基础等关键结构部件的设计,能够确保加固后的水库能够承受来自水流、地震等外力的压力。结构优化不仅仅是改进材料和构件,还包括合理的布局和配置,从而提高水库整体稳定性。在结构优化方面,使用高强度混凝土、钢材和土工合成材料等先进材料尤为重要。这些材料具有优异的耐久性和抗磨损性能,有助于延长水库结构的使用寿命。高强度混凝土可以提高大坝的承载能力,抵御极端荷载;钢材则能增强大坝的韧性,抵抗腐蚀和磨损;土工合成材料则可以加强土壤和基础的稳定性,防止侵蚀和不均匀沉降等问题。此外,智能材料(如自愈混凝土)的应用可以在发生微裂缝时自动修复,从而减少了对频繁维护和修复的需求。此外,环境适应性是设计优化中的另一个重要因素。随着气候变化和自然灾害的频发,水库的设计必须能够适应不断变化的环境条件。为此,设计时应考虑未来可能出现的环境变化,并确保水库能够应对水位波动、极端天气等挑战。灵活的模块化设计是增强环境适应性的一种有效方法。这些设计元素可以根据需要进行调整或升级,以提高水库的功能和应对能力。环境适应性改进也要求采用可持续的设计实践,例如使用环保材料、减少施工废弃物、降低对周围环境的影响等。通过使用再生材料和减少碳排放,水库的加固工作不仅增强了其适应性,也减少了对环境的负面影响。此外,模块化设计可以确保水库根据未来的变化进行调整,以应对新的气候和地质条件。

3 病险水库加固工程的风险管控体系

3.1 风险识别与评估

有效的风险管控体系的第一步是识别和评估潜在的风险。病险水库面临的风险主要包括结构性问题、环境因素、操作失误和自然灾害等。结构性风险包括大坝或溢洪道的弱点、基础不稳定以及材料老化等,这些问题会直接威胁到水

库的稳定性。环境风险通常与气候变化相关,降水模式的改变、洪水频发或干旱加剧等,可能超过水库设计的承载能力。操作性风险通常来源于人为错误,如监测不足、不当维护或未及时应对问题。自然灾害(如地震、滑坡等)也是水库安全的重大风险因素,可能直接影响水库的结构。在识别这些风险后,需要进行风险评估,即分析每个风险的发生概率和可能带来的后果。通过概率风险分析(PRA)和故障树分析(FTA)等技术,可以量化风险的发生概率,并评估其潜在影响。评估的目标是根据风险的严重性和影响力进行优先级排序,将资源集中在最关键的风险管控上。评估结果应定期更新,以应对新环境或数据变化,确保加固方案长期有效。

3.2 风险管控方法与实践

风险管控的核心目标是通过设计改进、监测系统、维护措施和应急准备等手段,减少风险的发生概率并降低其可能带来的影响。以下是几种常见的风险管控方法:加固水库的关键结构部件是减少结构性风险的关键方法。通过加固大坝、溢洪道、基础等部件,可以有效提高水库的稳定性。加固方法通常包括增加加固层、提升材料质量、使用高强度混凝土、钢材等现代材料。此外,使用土工合成材料可以增强大坝基础的稳定性,防止土壤侵蚀和沉降等问题。智能监测系统的应用可以实时跟踪大坝的位移、渗透等数据,及时发现潜在问题,为工程师提供早期预警,从而避免灾难性故障。定期检查和维护是确保水库长期安全的必要措施。常规检查帮助发现潜在隐患,避免问题加剧。维护工作应包括预防性和纠正性措施,定期检查水库的各项设施,确保它们正常运行。检查的重点应包括大坝基础、溢洪道、排水系统等关键部分,防止因设计缺陷或环境变化引发的损害。例如,极端降水预期可能要求改造排水系统,以提升其应对能力。气候变化对水库带来新的挑战,水库设计需要具备足够的适应性,以应对水位上升、极端天气等变化。实时监测和预测建模系统可以帮助管理人员随时掌握水库的运行状况,并预测气候变化对水库的影响。通过集成气候模型、地质数据和水文信息,可以提前识别和评估环境变化对水库安全的影响,并采取必要的应对措施。应急准备是确保快速响应潜在灾难的关键部分。针对可能的灾难性事件(如大坝决口或洪水),需要制定详细的应急预案。这些预案应包括事故发生后的疏散程序、与地方政府和应急响应部门的协调机制等,确保一旦发生灾难,相关人员能够迅速、有效地采取措施。此外,应定期进行应急演练,提升各方的应急响应能力。

4 病险水库加固工程的案例分析

4.1 典型病险水库加固案例

一个典型的案例是位于地震活跃区域的X水库加固。该水库的原设计未充分考虑抗震要求,导致其在地震发生时容易出现失效。为了解决这一问题,制定了全面的加固计划,主要包括大坝和基础的结构加固,以及安装先进的地震监测

系统。加固策略的重点是使用高强度混凝土强化大坝的核心结构,提升溢洪道的通行能力,以应对更多水流,并通过土工合成材料稳定周围土壤,从而增强水库基础的稳定性。此外,安装地震监测系统以实时监测大坝的健康状况,为灾后恢复和结构维护提供数据支持。另一个显著案例是 Y 水库的加固。由于气候变化导致的降水量增加,水库面临溢洪的风险。原设计未考虑极端天气事件的可能性,导致水库的溢洪道无法有效应对增加的水流。为解决这一问题,水库对溢洪道进行了扩建,并安装了自动化洪水预警系统。同时,建设了额外的堤坝和洪水滞留区,增强水库的蓄水能力,缓解极端降水带来的压力。这些加固措施旨在应对极端天气事件,减少洪水对水库结构和周围环境的威胁。

4.2 设计优化与风险管控应用效果

在这些案例中,实施的设计优化和风险管控策略在提高水库的安全性和性能方面发挥了关键作用。在 X 水库的案例中,设计优化通过现代工程技术,如先进的计算建模和抗震分析,成功识别了原设计中的关键弱点。采用高强度混凝土和土工合成材料等先进材料,有效增强了抗震能力,确保水库能够抵御地震带来的风险。实时地震监测系统使得风险管控更加主动,可以实时跟踪水库结构的健康状况,提前发现潜在问题,为维护提供必要数据。这样的设计优化不仅提升了水库的抗震能力,还增强了其抗灾韧性。在 Y 水库的案例中,风险管控的主要着力点是应对由于气候变化引发的极端降水导致的洪水风险。优化过程通过使用更新的水文数据和气候预测,重新计算了溢洪道的设计容量。增加堤坝和滞洪区提高了水库的蓄水能力,减少了溢洪风险。此外,安装的自动化洪水预警系统增强了水库在洪水事件中的应急响应能力,可以有效预防和减轻因降水剧增而带来的风险。这些优化和风险管控措施确保了水库在极端气候条件下的安全性,减少了溢洪和灾难性故障的发生。

4.3 设计优化与风险管控效果

X 水库和 Y 水库的加固项目展示了设计优化和风险管控在提高水库安全性和功能性方面的显著效果。通过加固后的设计, X 水库能够承受原本可能导致灾难性失败的地震事件。经过高强度混凝土和土工合成材料加固后的大坝,结构

强度得到了显著提高,并且实时监测系统的支持确保了水库在地震发生时能够稳定运行,避免了对周围社区造成风险。同样, Y 水库通过对溢洪道的优化和洪水控制措施的增强,有效减少了因极端天气引起的溢洪风险。新增的堤坝和滞洪区大大提高了水库应对极端降水事件的能力,降低了溢洪和灾难性故障的可能性。自动化洪水预警系统提高了应急响应效率,使水库能够快速响应水位上升,避免了重大洪水事件对水库的影响。这些加固工作不仅提高了水库的抗洪能力,还增强了其应对气候变化带来的环境变化的适应性。这两个案例表明,设计优化和风险管控能够显著提高水库的安全性,减少潜在的风险,尤其是在面对极端天气和自然灾害时。现代工程技术和材料的应用,如高强度混凝土、土工合成材料和智能监测系统,显著增强了水库的稳定性和韧性。

5 结语

病险水库的加固通过设计优化和风险管控对于确保这些关键基础设施的长期安全性和功能性至关重要。先进的工程技术,如计算建模、现代材料和实时监测系统,已被证明在增强水库韧性和减轻潜在风险方面是有效的。然而,随着气候变化和环境因素的不断变化,越来越需要具有适应性和灵活性的设计,以应对不断变化的条件。未来该领域的发展应着重于整合新兴技术,如智能材料和基于人工智能的监测系统,以提高预测能力和响应速度。此外,更全面的风险管理方法,考虑环境和操作因素,将对水库系统的可持续性至关重要。

参考文献:

- [1] 马福恒,沈振中,李子阳,等.病险水库除险加固效果评价[M].北京:中国水利水电出版社,2021.
- [2] 刘惠娟.旺盛江水库除险加固工程施工导流方案优化设计[J].广西水利水电,2023(5):86-88+97.
- [3] 卢一驹.病险水库除险加固工程项目风险管理研究[D].南宁:广西大学,2019.

作者简介:荣硕(1994-),男,中国山东曹县人,本科,工程师。