

水库大坝安全问题及应对措施探讨

刘玉东

新疆塔里木河流域希尼尔水库管理局

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6240

[摘要] 水库大坝作为重要的水利工程设施,在防洪、灌溉、发电等方面发挥着举足轻重的作用。然而,随着使用年限的增长以及自然和人为因素的双重影响,水库大坝面临着诸多安全挑战。本文旨在探讨水库大坝的安全问题及其应对措施,以期为水库大坝的安全管理提供参考。

[关键词] 水库大坝; 安全问题; 应对措施

中图分类号: TV62 **文献标识码:** A

Discussion on Safety Issues and Countermeasures of Reservoir Dams

Yudong Liu

Xinier Reservoir Management Bureau in Tarim River Basin, Xinjiang

[Abstract] Reservoir dams, as important hydraulic engineering facilities, play a crucial role in flood control, irrigation, power generation, and other aspects. However, with the increase of service life and the dual effects of natural and human factors, reservoir dams are facing many safety challenges. This article aims to explore the safety issues and countermeasures of reservoir dams, in order to provide reference for the safety management of reservoir dams.

[Key words] reservoir dam; Security issues; Countermeasures

引言

在当今社会,水库大坝作为重要的水利设施,不仅在防洪、灌溉、供水等方面发挥着巨大作用,同时也关系到下游地区的安全与稳定。然而,由于自然条件的复杂多变以及人为因素的影响,水库大坝的安全问题日益凸显,成为了一个不容忽视的议题。本文将对水库大坝的安全问题进行深入探讨,并提出相应的应对措施。

1 水库大坝的安全挑战

1.1 地震与地质活动的影响

地震活动对水库大坝构成了重大威胁。地震波的传播可能会导致大坝结构的物理损伤,这些损伤可能表现为裂缝的出现、结构的位移,甚至可能影响到大坝的整体稳定性。地质活动,包括断层活动、地面沉降或滑坡等现象,同样会对大坝的安全构成直接的风险。这些自然现象不仅可能直接导致大坝的损坏,还可能通过改变水库的水文条件间接地影响大坝的稳定性。例如,地震可能引发山体滑坡,导致大量泥沙涌入水库,这将显著增加大坝的负荷。因此,对地震和地质活动进行持续的监测和预警,以及采取适当的工程措施来减轻这些自然现象对大坝的潜在影响,是确保水库大坝安全运行的关键。

1.2 人为因素与管理问题

1.2.1 设计与施工缺陷

设计与施工缺陷是导致水库大坝安全问题的重要人为因素。在项目初期,设计上的疏漏可能导致大坝承受超出预期的荷载,例如,对地质条件评估不准确,可能会使大坝基础在长期水压下发生不均匀沉降。施工质量的把控同样关键。使用劣质材料或施工工艺不达标,可能导致大坝结构强度不足,随着时间推移,微小的裂缝可能逐渐扩大,最终威胁大坝的整体稳定性。此外,施工过程中的时间压力和成本控制也可能妥协安全。为了追求进度,关键工序可能被简化,或者必要的质量检查可能被忽视。这种情况下,即使设计本身没有问题,实际建成的大坝也可能存在安全隐患。

1.2.2 老化与维护不足

水库大坝作为重要的基础设施,其老化与维护不足是全球范围内不容忽视的安全问题。随着时间的推移,大坝的结构材料会逐渐劣化,如混凝土的裂缝、金属部件的腐蚀等,这些都可能降低大坝的承载能力和功能完整性。据估计,全球有超过一半的大型水库大坝已超过50年历史,其中许多未得到充分的定期维护和更新。缺乏维护不仅影响大坝的物理状态,还可能导致管理系统的落后,如早期的自动化水平低、监测设备陈旧,无法有效应对现代的极端气候事件。此外,资金不足、管理机构变动或信息传递不畅也可能导致维护工作的滞后,进一步加剧安全风险。

1.2.3 人为干扰与环境变化

人为干扰与环境变化是水库大坝安全挑战的重要方面。在21世纪,随着全球化的推进和人类活动的增加,大坝所承受的压力日益增大。例如,过度的水资源开发导致河流流量变化,影响大坝的稳定性和使用寿命。同时,城市化进程中的不规范建设活动,如非法采矿和非法排污,可能破坏大坝周边的地质结构,增加滑坡和渗漏的风险。此外,环境变化,特别是全球气候变化,对大坝安全构成了新的威胁。极端气候事件如暴雨、洪水和干旱的频率和强度增加,对大坝的泄洪能力和结构设计提出了更高要求。根据IPCC的报告,21世纪内,全球超过90%的大型水库可能面临极端降水事件的显著增加。因此,对于人为干扰与环境变化的深入理解和有效管理,是确保水库大坝安全的关键。这需要结合先进的风险评估模型,如集成气候模型和地理信息系统,以预测和量化这些因素对大坝安全的潜在影响,并据此制定适应性管理策略。

2 安全问题的后果

2.1 环境与生态影响

2.1.1 生物多样性损失

水库大坝的建设与运行对生物多样性的影响不容忽视。在生物多样性损失中,大坝的建设会直接导致水生生物的迁移路径受阻,如鱼类的洄游,据估计,全球约有四分之一的淡水鱼类受到大坝的影响。此外,改变了的水流和水温条件可能影响到水生生物的生存和繁殖,破坏原有的生物群落结构。例如,湄公河上的大坝建设影响了河口的营养物质输入,对依赖该生态服务的海洋生物多样性产生了负面影响。同时,大坝导致的水位变化会淹没原本的陆地生态系统,如森林和湿地,造成物种丧失栖息地。在巴西的贝罗蒙特大坝建设中,约4000平方公里的热带雨林被淹没,导致了大量特有物种的生境丧失。这种生态破碎化可能引发物种灭绝,并影响生态系统的抵抗力和恢复力。

2.1.2 水源污染

水库大坝的安全问题不仅仅局限于结构的稳定性和人类的安全保障,它还对周围的环境和生态系统,尤其是水源的质量,带来了深远的影响。水源污染是这一系列问题中不容忽视的一个重要方面。它可能导致有害物质的积累,这些物质包括但不限于重金属、化学肥料、农药残留以及生物毒素。这些污染物在降雨或洪水事件中可能被释放出来,进而污染下游地区的饮用水源,对人类健康和生态平衡构成严重威胁。

2.2 经济损失与重建成本

水库大坝的安全问题往往与巨大的经济损失和重建成本紧密相关。一旦大坝出现故障或灾难性事件,将造成巨额的直接经济损失,同时还需要巨额资金进行修复和重建。重建工作不仅涉及物理结构的恢复,还包括周边基础设施、居民安置以及环境修复等多个层面,时间跨度可能长达数年甚至数十年。此外,经济影响远不止于直接损失。大坝故障可能导致关键能源供应中断,如我国河南省的板桥水库溃坝事件,间接经济损失难以估量,因为工业生产、农业灌溉和日常生活都会受到严重影响。

3 应对措施与策略

3.1 技术创新与监测

3.1.1 智能监测系统

智能监测系统在保障水库大坝安全中扮演着至关重要的角色。通过集成先进的传感器技术、物联网(IoT)设备和数据分析算法,这些系统能够实时监测大坝的关键参数,如结构应力、渗水情况、位移变化等。例如,长江三峡大坝就配备了全面的监测系统,包括超过一万个监测点,确保对任何异常状况的快速响应。此外,智能监测系统还利用机器学习和人工智能(AI)技术,对收集到的大量数据进行深度分析,预测潜在的危险趋势。通过建立结构健康模型,系统可以识别出那些可能预示着结构恶化或故障的早期信号,从而提前采取维修或加固措施,防止灾难性事故的发生。

3.1.2 风险评估与预警

风险评估与预警是确保水库大坝安全的关键环节。通过科学的评估方法,可以预测潜在的灾害风险,从而采取预防措施,减少事故发生的可能性。例如,可以应用概率风险评估(PRA)模型,结合历史数据和地质调查,估算大坝因自然或人为因素发生故障的概率,如地震。此外,遥感技术和物联网设备的集成使用,可以实时监测大坝的微小变形、渗流变化,以及周边环境的动态。例如,三峡大坝就配备了先进的监测系统,包括数百个传感器,确保在出现异常情况时能迅速发出预警。一旦预警指标达到预设阈值,应启动应急预案,通知相关部门和周边社区,以便及时采取应对措施。在国际上,美国的“大坝安全改进法案”要求对联邦所有大坝每五年进行一次全面风险评估,确保风险控制在可接受的水平。这种做法为全球其他国家提供了借鉴,强调了风险评估的定期性和动态性。

3.2 新材料与技术应用

随着科技的快速发展,新材料与技术在水库大坝安全管理中扮演着越来越重要的角色。例如,采用先进的纳米复合材料进行结构加固,可以显著提高大坝抵抗侵蚀和渗漏的能力。这些新材料具有更高的强度和耐久性,能有效延长大坝的使用寿命。此外,利用无人机和遥感技术进行定期巡检,可以及时发现潜在的结构问题,如裂缝、变形等,从而提前采取修复措施。在监测技术方面,物联网传感器网络的部署是另一个创新点。这些传感器可以实时监测大坝的微小位移、内部应力变化以及水位变化,数据通过无线方式传输到中央监控系统,实现对大坝状态的全天候监控。人工智能(AI)和机器学习技术的应用也是提升安全管理效能的关键。通过训练AI模型,可以分析历史数据,预测潜在的灾害风险,甚至在异常情况发生前发出警报。同时,区块链技术的引入可以增强信息透明度和数据安全性。通过区块链技术记录的维护历史和检测报告,确保了数据的不可篡改性,增强了公众对大坝安全的信任。这种技术在未来的全球大坝安全管理中,有望成为建立公信力和促进国际合作的重要工具。

3.3 安全法规

在水库大坝安全管理中,遵循国际标准与最佳实践至关重

要。例如,国际大坝委员会(ICOLD)制定的《大坝安全管理宪章》强调了预防、准备、响应和恢复四个关键阶段的管理原则。这些原则要求大坝所有者和管理者实施定期的安全评估,如ICOLD的《大坝安全评价导则》中所建议的,确保大坝设计符合或超越国际标准。此外,联合国教科文组织的“国际水文十年”计划推广了风险管理框架,提倡跨学科和跨部门合作,以提升全球水基础设施的安全水平。在具体实践中,美国的TVA(田纳西)在大坝安全管理上树立了典范。TVA不仅在其所有大坝中实施了先进的监测系统,包括地震监测和渗流监测,还建立了全面的应急响应计划,定期进行演练。同时,欧洲的“欧洲大坝安全项目”通过共享最佳实践,促进了成员国之间的技术交流。该项目强调了利用最新的遥感和GIS技术进行结构健康监测,以及通过跨学科研究改进风险预测模型。这些努力有助于确保大坝在面临如气候变化带来的极端事件时,能够做出及时和有效的响应。

3.4 公众参与社区意识培养

公众参与社区意识培养在确保水库大坝安全中扮演着至关重要的角色。社区作为大坝安全的第一道防线,其成员的警觉性、知识水平和应对能力直接影响到灾害预防和应急响应的效果。例如,可以引用印度的泰米尔纳德邦项目,该项目通过教育和公众宣传活动,成功提高了沿岸社区对洪水风险的认识,减少了因大坝安全问题导致的人员伤亡。因此,有必要建立一套系统性的社区教育和参与机制,包括定期举办安全培训、应急演练,以及通过社区广播、公告栏和社交媒体传播安全信息,确保信息的及时性和有效性。此外,可以采用参与式风险管理模型,鼓励社区居民参与大坝的日常监测和维护工作。例如,通过设立“社区安全观察员”制度,让当地居民在专业指导下,定期检查大坝周边的异常情况,及时报告潜在风险。这种模式不仅增强了社区的自我保护能力,也提升了社区与管理机构之间的沟通和协作。同时,应确保社区在决策过程中的知情权和表达权,例如在大坝改造、维修或应急计划制定时,充分听取社区的意见和需求,以实现更接地气的安全管理策略。为了增强社区意识的持久性,教育内容应涵盖大坝工程的基本知识、地质灾害的识别、环保

意识以及应急响应技能。通过学校教育、社区活动和家庭互动,让安全意识融入日常生活,形成“人人关注安全,人人参与安全”的文化氛围。例如,可以设计互动式的游戏或模拟演练,让学习过程更具趣味性和实践性。通过这些努力,社区将成为水库大坝安全管理的有力支撑,共同构建一个更加安全、可持续的水环境。

4 结束语

综上所述,水库大坝的安全问题涉及多个方面,包括自然因素的影响、人为因素与管理问题,这些问题不仅可能对大坝本身的结构安全构成威胁,还可能对环境和生态造成深远影响,进而引发一系列社会经济问题。为了确保水库大坝的安全,我们需要采取综合性的应对措施。技术创新与监测、新材料与技术应用、安全法规的制定与执行,以及公众参与和社区意识的培养,都是不可或缺的环节。通过这些措施的实施,我们可以有效地降低水库大坝的安全风险,保护人民生命财产安全,维护生态平衡,促进社会的可持续发展。在未来,随着科技的不断进步和社会各界的共同努力,相信,水库大坝的安全问题将得到更加有效地解决。

[参考文献]

- [1]石天豪,梁玲,杨眉.小型水库安全运行问题梳理及对策研究[J].中国防汛抗旱,2023,33(12):84-87+99.
- [2]刘利刚.陕西省水库大坝安全运行现状问题及对策建议探析[J].地下水,2023,45(06):292-293+323.
- [3]陈文龙,郭晓梅.水库供水工程安全运行存在问题与对策[J].水利技术监督,2023,(08):68-71.
- [4]陈兆昱.浅析水库供水环境安全问题研究[J].水上安全,2023,(06):136-138.
- [5]张道成.研究大中型水库大坝安全关键问题[J].水上安全,2023,(03):121-123.

作者简介:

刘玉(1974--),男,汉族,甘肃渭源人,大专,职称:工程师,研究方向:水利工程,农田节水灌溉技术,水库大坝安全运行。