

小型水库雨水情测报和大坝安全监测 设施建设的现实意义

——以玛纳斯河莫索湾水库为例

习雪峰

新疆维吾尔自治区新疆生产建设兵团第八师石河子市水利工程管理服务中心, 新疆 石河子

收稿日期: 2024年4月6日; 录用日期: 2024年5月6日; 发布日期: 2024年5月14日

摘 要

小型水库在防洪保安全、保障供水、农业灌溉和养鱼等方面发挥着重要作用。莫索湾水库是一座位于玛纳斯河流域的小(1)型注入式平原水库, 在保障流域内农业生产和人民生活安全稳定方面具有重要作用。本文首先对莫索湾水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的现状及存在问题进行了分析, 然后针对莫索湾水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的重要现实意义, 基于目前的现状提出了针对雨水情测报和大坝安全监测设施建设的对策建议, 以期能通过提高水库的整体功能, 实现水库的规范化、标准化和信息化管理, 确保水库安全的长效运行。

关键词

莫索湾水库, 雨水情测报, 大坝安全监测, 对策建议

Practical Significance of Small Reservoir Rainwater Monitoring and Dam Safety Monitoring Facility Construction

—A Case Study of the Mosuowan Reservoir in the Manas River

Xuefeng Xi

Eighth Division Shihezi Water Conservancy Engineering Management Service Center, Xinjiang Production and Construction Corps, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shihezi Xinjiang

文章引用: 习雪峰. 小型水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的现实意义[J]. 服务科学和管理, 2024, 13(3): 275-282. DOI: 10.12677/ssem.2024.133034

Abstract

Small reservoirs play a crucial role in flood prevention, security, ensuring water supply, agricultural irrigation, and fish farming. The Mosuowan Reservoir, located in the Manas River basin, is a small (1) injection-type plain reservoir, which plays an important role in ensuring agricultural production and the safety and stability of people's lives in the basin. This paper first analyzed the current situation and existing problems of rainwater monitoring and dam safety monitoring facility construction at the Mosuowan Reservoir. Subsequently, in view of the important practical significance of rainwater monitoring and dam safety monitoring facility construction for the Mosuowan Reservoir, the article proposed specific recommendations and suggestions based on the current status. The aim is to enhance the overall functionality of the Mosuowan Reservoir and achieve standardized and information-based reservoir management, ensuring the long-term effective operation of safety of the reservoir.

Keywords

The Mosuowan Reservoir, Rainwater Monitoring, Dam Safety Monitoring, Recommendations and Suggestions

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候变化和人口增长的背景下,水资源的合理开发利用和管理成为了各国政府和科研机构关注的焦点。小型水库在我国水利工程中占有重要地位,主要承担着农业灌溉、城市供水、防洪减灾、生态环境保护等任务,其对保障国家粮食安全、促进经济发展和改善民生具有重要意义。截至 2020 年底,我国已建成各类水库 98,566 座,其中小型水库 93,694 座,占水库总量的 95.1%,这些水库在保障国家粮食安全、促进经济发展和改善民生方面发挥着举足轻重的作用[1]。然而,由于约 80%的小型水库都修建于 20 世纪 50 至 80 年代,监测设施不完善,存在安全隐患,因此加强小型水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设,对于提高监测水平、确保水库安全运行具有重要意义。而通过实时、准确地掌握水库的雨水情信息和大坝安全状况,可以为防汛抗旱、应急抢险、生态保护等提供科学依据,并降低水库的安全风险。当前,国家也高度重视小型水库的安全和管护,并于 2021 年 4 月印发了《国务院办公厅关于切实加强水库除险加固和运行管护工作的通知》(国办发[2021] 8 号),明确提出要加强小型水库的雨水情测报和大坝安全监测,从而为我国水资源的可持续利用和社会经济的可持续发展提供有力支撑[2] [3]。

2. 玛纳斯河莫索湾水库简介

玛纳斯河流域位于新疆天山北麓,准葛尔盆地南缘,流域面积约 5156 km²。由于地处干旱区腹地,极端缺水,而独特的山盆结构使得流域内水资源循环特征与其他流域迥异。其中,玛纳斯河是流域内最主要河流,全长 400 km,年平均径流量约为 $12.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ [4] [5]。莫索湾水库是一座位于玛纳斯河流域的小(1)型注入式平原水库,水库位于石河子市东北约 60 km,农八师 148 团东南莫索湾总干渠达字路口

闸附近,水库地理坐标为北纬 44°16',东经 86°24'。莫索湾水库库区属于典型的大陆性气候,具有干旱少雨,四季气温悬殊,冬夏长春秋短,昼夜温差大,热量资源丰富等特点。多年平均气温 6.1℃,极端最高气温 43.10℃,极端最低气温-42.8℃,多年平均无霜期 163 d,多年平均降水量 117.2 mm,多年平均蒸发量 1943.8 mm。库区夏季多为东北风和西风,冬季多为西南风,最大风速 20 m/s,年平均风速 1.7 m/s,最大冻土深度 160 cm,多年平均最大冻深 134 cm。

莫索湾水库位于准噶尔-北天山褶皱系的准噶尔拗陷中央拗陷带内,地震动峰值加速度为 0.10 g,地震基本烈度为 VII 度,区域构造稳定性较好。水库主要由水库大坝(由主坝和副坝组成)、水库引水闸、水库放水闸、扬水泵站和交通桥等组成。水库的主要任务是补充灌溉、保障供水兼顾养鱼等,设计库容 345 万 m³,年调节水量约 500 万 m³。根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252-2000 规范,莫索湾水库工程规模为小(1)型,工程级别为 IV 等,水库大坝、引水闸、放水闸为 4 级,其它建筑物为 5 级。

3. 莫索湾水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的现状及存在问题

3.1. 建设现状

莫索湾水库始建于 2008 年 12 月,于 2009 年投入使用,工程标准较低。1999 年由于国家启动了病险水库除险加固政策,在 2010 年年底完成了对莫索湾水库的除险加固工程建设。之后,按照 2020 年 11 月 18 日国务院常务会议部署和 2020 年 12 月 2 日全国水库除险加固和运行管护工作会议要求,为推进区域内水库大坝安全监测和雨水情监测设施建设工作,切实提高水库安全运行管理能力,推动水利工程补短板、水利行业强监管的水利改革发展总基调向纵深发展。2021 年 4 月 9 日,新疆生产建设兵团水利局下发了《关于报送“十四五”小型水库雨水情测报和安全监测实施方案以及 2021 年度实施计划的通知》(兵水发电[2021] 27 号),要求各师市开展水库大坝安全监测和雨水情监测设施的摸底调查工作。第八师水利局高度重视,通过明确各水库信息化建设方面的责任,积极筹措资金以求如期完成建设任务。按照“十四五”末实现小型水库雨水情测报设施全覆盖、小(1)型水库安全监测设施全覆盖的建设目标,基于“没有设施新建、已有设施升级、够用设施整合”的原则,根据“兵水发电[2021] 27 号”文件的精神,2021 年 8 月 24 日第八师水利局下发了“关于转发《关于做好 2021 年兵团小型水库雨水情测报和安全监测项目建设工作的通知》的通知”,对第八师石河子市保障小型水库安全运行建设提出了要求,并于 2021 年 7 月底和 8 月初,对莫索湾水库进行了现场踏勘、调查和改建。

3.2. 存在问题

2021 年的现场踏勘和调查表明,莫索湾水库虽建有放水闸视频监控和坝坡人工水位尺,但大坝的监测设施整体不完善,存在现有监测数据部分缺失或不连续,水库没有变形监测、渗流监测和渗漏量监测,一些零散监测设施没有接入水利信息化平台等问题。针对以上一些问题,第八师石河子市保障小型水库安全运行建设项目在 2022~2023 年做了以下一些改建内容:1) 雨水情自动测报系统(增加雨量站 1 座);2) 库水位监测系统(增加雷达水位计 1 处);3) 视频监控设施(增加球机 1 处,枪机 2 处);4) 加强了水库监控室建设,配套了网路及电力通信线路;5) 配套了水库中心水利专线及自动采集系统,专线接到第八师水利管理服务中心控制中心。虽然进行了改建,但莫索湾水库整体还是存在雨水情测报设施配套不全,观测项目精度低,监测网络不完善,数据实时性和准确性不足,缺乏高级数据分析能力;大坝监测点布局和技术落后,维护和更新不足,缺乏综合风险评估等问题。从而会导致水库的防洪能力弱,应急响应延迟,很难对水库的水资源进行合理化调度,水库的社会经济效益没有得到应有发挥,不能满足现代化水利工程管理要求等影响和后果。

4. 莫索湾水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的现实意义

据统计, 1954 年以来我国小型水库溃坝 3409 座, 占全国溃坝总数(3541 座)的 96.3% [6]; 2000 年以来, 小型水库溃坝 77 座, 占期间水库溃坝总数(84 座)的 91.7% [1]。我国小型水库数量多、分布广, 但安全隐患突出, 运行管理一直是水利安全工作的难点和重点。由于水库的安全关系到水库下游人民群众生命财产安全, 关系到当地经济社会的稳定和发展, 而雨水情自动化测报系统、大坝安全监测设施建设、视频监控系统等可为水库管理、用水调度管理、行政办公等决策与管理提供服务, 能够为水库带来显著的效益, 因此对其的建设具有十分重要的现实意义。

4.1. 雨水情测报建设的现实意义

雨水情测报建设的关键是雨水情测报技术的使用。雨水情测报技术是指用于收集、分析和预测降雨及其对水文环境影响的技术和方法。这些技术可包括气象雷达、卫星遥感、自动气象站、天气雷达、地面测雨仪网络、数值天气预报模型、移动应用和互联网服务等, 其在水资源管理、防洪控制和灾害预警中起着至关重要的作用。针对莫索湾水库, 对雨水情测报技术的建设和应用可带来以下一些主要的具体影响、效益和重要作用:

- 1) 提高洪水预警效率。通过实时监测降雨情况和预测未来的降雨模式, 雨水情测报技术能够帮助莫索湾水库管理者及时做出反应, 预防洪水风险, 尤其是在极端天气事件中。
- 2) 优化水库蓄水管理。通过准确的雨水情报告, 管理者可以更有效地规划水库的蓄水量, 确保在干旱季节有充足的水供应, 同时在雨季避免水库溢出或损坏。
- 3) 减少水质污染风险。在强降雨后, 径流可能携带污染物进入水库, 雨水情测报技术的使用可以帮助监测这些变化, 并采取适时的水质管理措施来减少污染风险。
- 4) 维护生态系统平衡。对降雨模式的准确预测和水位管理有助于保护莫索湾水库周边的生态系统, 避免因水位波动过大而对生物多样性造成负面影响。
- 5) 支持农业和社区用水规划。准确的雨水情报告可用于农业灌溉和社区用水的规划, 特别是在干旱地区, 这种规划对于保障水资源的可持续利用尤为重要。
- 6) 增强对气候变化的适应能力。随着气候变化影响的加剧, 雨水情测报技术可以帮助莫索湾水库更好地适应不断变化的气候条件, 例如预测和应对极端降雨和干旱事件。
- 7) 提高公共安全。有效的雨水情预报和洪水预警系统能够提高下游居民区的公共安全, 尤其是在应对突发洪水事件时。
- 8) 促进社区参与和意识提升。向公众提供关于降雨和水库状况的信息, 不仅有助于提升社区对水资源管理的意识, 还可以促进公众参与和支持相关项目。

综上所述, 雨水情测报技术对莫索湾水库的建设和应用不仅可以提升水库管理的效率和安全性, 还有助于优化水资源的利用、保护环境和提升公共安全。

4.2. 大坝安全监测设施建设的现实意义

大坝安全监测涉及一系列的技术和方法, 这些技术可用于实时或定期检测大坝的结构稳定性和运行情况。而有效的监测有助于早期发现潜在问题, 并通过采取预防措施, 从而确保大坝及周边地区的安全。常用的大坝安全监测技术和方法有: 位移监测技术(测量技术和遥感技术)、应力监测技术(应变仪器和应力计)、水文监测技术(水位计和液位计、流量计、水质监测)、地质和地下水监测技术(孔隙水压力测量、地震监测)、温度监测技术(温度传感器)、无人飞行器(无人机)技术(航拍监测)、数据采集和传输系统(遥测系统)等。针对莫索湾水库, 对其大坝安全监测设施的建设具有以下一些重要意义。

1) 人民生命安全保障。莫索湾水库在农田灌溉、供水、养鱼等方面发挥着重要作用。通过建设大坝安全监测设施,可以及时监测大坝结构的稳定性和安全状况,提前发现潜在的问题,从而减少大坝发生决堤等灾害的风险,最终保障周边居民的生命安全。

2) 水资源合理利用。莫索湾水库用于蓄水和灌溉,对于农业和生活用水有着重要作用。通过大坝安全监测设施,可以实时监测水库水位、水质等信息,提高水资源的管理效率,确保水资源的合理利用,防止由于大坝问题导致水资源浪费或供水中断。

3) 生态环境保护。大坝的建设和运行可能对周边生态环境产生一定的影响,包括水域生态系统和植被。通过对莫索湾水库大坝安全设施的监测,可以及时发现环境变化,采取保护措施,减轻大坝对周边生态环境的不利影响,促进生态平衡。

4) 社会经济可持续发展。莫索湾水库的安全监测设施有助于保障水资源的可持续利用,维护农业生产和供水系统的稳定运行,促进当地社会经济的可持续发展。

5) 防范自然灾害。莫索湾水库大坝在面对极端天气、地质变化等自然因素时容易受到影响。安全监测设施能够提前发现可能的问题,采取预防性措施,降低自然灾害对大坝的影响,增强大坝的抗灾能力。

6) 提高工程运行效率。莫索湾水库大坝安全监测设施有助于及时发现结构问题、水位异常等情况,提高工程的运行效率。及时的维护和修复能够降低运营成本,延长设施的使用寿命。

综合来看,莫索湾水库大坝安全监测设施建设对于人民的安全、水资源的合理利用、生态环境的保护以及社会经济的可持续发展都具有重要的意义。而这需要科学、综合、系统的监测和管理手段,以确保水利工程的安全、稳定和可持续运行。

5. 莫索湾水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的对策建议

鉴于前述雨水情测报和大坝安全监测设施建设对莫索湾水库的重要性和现实意义,基于当前莫索湾水库存在的问题,建议相关部门加大建设资金投入,并可采取以下一些对策建设,从而提高莫索湾水库在雨水情测报和大坝安全监测设施方面的效能,能更好地保障人民生命财产安全,促进水资源的合理利用和水利工程的可持续发展。

5.1. 雨水情测报建设的对策建议

1) 建设完善的监测系统。部署气象雷达、卫星遥感、自动气象站等多种监测设备,构建全面、多层次的雨水监测系统,以实现降水情况的全方位监测。如,利用气象雷达进行大范围、高精度的降水监测,结合卫星遥感技术对云系发展、降水趋势进行跟踪和预测。气象雷达能提供实时的降水强度和移动方向信息,而卫星遥感则能覆盖更广阔的区域,二者结合能实现对降水情况的全方位监测。在各小型水库周围部署自动气象站,实时收集温度、湿度、风速风向、降水量等气象数据。通过构建自动气象站网络,实现微观和宏观气象数据的实时监测和收集[7]。

2) 实时数据传输与共享。建立高效的数据采集和传输系统,确保雨水情测报的数据实时传递给相关部门和公众。促进数据共享,提高信息的及时性和准确性。如,利用无线传感网络技术部署监测传感器,实现数据的无缝采集和实时传输。无线传感器能够在恶劣的环境条件下稳定工作,保证数据的连续性和准确性。结合 4G/5G 网络和卫星通信技术,确保水库数据能够实时传输。特别是在极端天气条件下,卫星通信可以作为重要的备份通道,保障数据传输的可靠性。开发集中的数据管理与信息发布平台,整合来自各自动气象站、雷达站和卫星遥感等多源数据,实现数据的统一处理和分析。通过网站、移动应用程序(APP)、社交媒体等多渠道发布雨水情预警信息,确保信息能够快速传递给政府相关部门和公众,提高防灾减灾的响应速度[8]。

3) 预警系统建设。开发和建立预警系统,通过合理设置阈值和预警信号,及时通知居民和相关部门,提醒他们采取必要的防范措施。如,依据长期气象、水文数据分析确定不同级别的预警阈值。结合地形地貌、历史灾害数据和小型水库特性,设计预警逻辑和算法,确保预警系统能够精准响应不同程度的降水事件和潜在风险。整合气象预报模型、水文模型以及大坝稳定性分析模型,通过多模型集成提高预警准确性和可靠性。利用机器学习和人工智能技术,对模型进行持续优化和学习,以适应气候变化和水文环境的变化[9]。

4) 定期演练和培训。组织定期的应急演练,提高居民和相关人员的应急响应能力。开展培训活动,提高监测系统的使用率和应对灾害的能力。制定全年度的应急演练计划,涵盖从简单到复杂的多种灾害情景,如暴雨洪水、水库溃坝等,确保演练覆盖所有潜在风险。组织跨部门协同演练,包括气象、水利、应急管理、公安、卫生等部门和机构,提高跨部门之间的协调和响应速度。定期向居民和相关人员提供基础的应急知识培训,如灾害预警信号的识别、紧急疏散路线、自救互救技能等。对负责监测和预警系统操作的技术人员进行专业技能培训,包括最新监测技术、数据分析、系统维护等,确保技术人员能够有效利用监测系统。

5) 科技创新支持。不断引入新技术,如无人机、人工智能等,提高雨水情测报系统的智能化水平,增强其对复杂环境的适应性。如,利用无人机搭载高分辨率相机和多光谱传感器,进行高精度的降水监测和水库周边环境的详细勘察。无人机能够迅速覆盖广阔区域,为雨水情测报提供即时且精确的数据支持。开发基于人工智能的自动化决策支持系统,根据实时监测数据和预测结果,自动推荐最优的应对措施和调度方案,减少人为判断误差,提高应急响应的效率。利用物联网技术构建智能传感器网络,实现水库周边环境和水情的实时监控。智能传感器能够自动收集数据并通过无线网络发送到云平台,实现数据的即时上传和远程监控[10]。

5.2. 大坝安全监测设施建设的对策建议

1) 全面监测系统设计。综合运用位移监测、应力监测、水文监测、地质和地下水监测等技术,设计全面、多层次的大坝监测系统,确保对大坝结构各方面的监测。如,采用全站仪、GPS 测量技术和倾斜仪等设备对大坝的位移和变形进行实时监测,这些技术可以提供大坝结构移动的精确数据,用于评估大坝稳定性和预测可能的变形趋势。安装应力应变传感器,监测大坝结构内部的应力变化和裂缝发展情况。通过分析应力分布和变化趋势,可以评估大坝的承载能力和结构完整性。设置水位计和流量计等水文监测设备,实时监控水库水位、入库流量和溢洪道流量。水文监测数据对于水库运行管理和防洪安全具有重要意义。通过钻孔和安装地下水位计等设备,监测大坝基础和周边地质条件以及地下水位变化。地质和地下水监测有助于评估大坝基础稳定性和防止渗透引起的问题[11]。

2) 定期巡检和维护。建立定期的大坝巡检和维护制度,利用监测数据进行结构健康评估,及时发现潜在问题,采取预防性维护措施,确保大坝的长期稳定运行。如,根据大坝的类型、年龄、历史运行情况 and 环境条件等因素,制定详细的巡检计划。该计划应包括巡检的频率、重点检查项目、巡检人员分工等内容。除常规巡检外,还需根据季节变化和极端天气事件增加临时巡检。特别是在雨季前后和遭受极端气象事件如洪水、地震之后,进行特别巡检。利用实时监测数据和历史监测记录,结合先进的数据分析方法和结构健康评估模型,对大坝的整体和局部结构健康状况进行评估。识别大坝的弱点和潜在风险区域。通过对监测数据的持续分析,采用预测性维护策略,预先识别可能导致故障或损害的趋势,从而在问题发生前采取维修或加固措施。

3) 应急响应计划。制定完善的大坝灾害应急响应计划,明确各级责任、应对措施和应急通信系统,以便在发生紧急情况时迅速而有序地进行处置。如,进行大坝的风险评估,包括潜在的自然灾害(如洪水、

地震)和人为因素(如运维失误),根据风险等级分类制定相应的应急响应计划。详细界定各级(国家、地方、水库管理单位)的责任和职责,确保每个部门和个人在应急响应中的角色和任务清晰明确。制定基于不同预警级别的疏散计划,包括疏散路线、安全区域、疏散所需时间等,确保居民和相关人员能够迅速且安全地撤离危险区域。根据不同的灾害类型和严重程度,制定大坝紧急加固和修复的方案和措施,包括临时加固材料的储备和使用方法。明确紧急情况下所需物资(如沙袋、抢修工具、生活供给等)和资源(如人力、机械设备)的调配计划和供应链。

4) 远程监测与自动化控制。引入远程监测技术和自动化控制系统,实现对大坝的远程监测和实时控制,提高反应速度和准确性。如,在大坝关键部位部署高精度的位移、压力、应力、渗流和水位等传感器,实时收集大坝状态数据。这些传感器应具有良好的环境适应性,保证在恶劣天气条件下也能稳定工作。定期使用无人机进行大坝表面和周边环境的巡查,收集高分辨率影像资料。结合卫星遥感技术,对大坝及其周边区域进行较大范围的监测,特别是在不易到达的区域。建立一个中心数据处理系统,对来自各种传感器的数据进行实时分析,利用预设的算法和模型自动识别潜在的风险和异常状态。在监测到异常或达到预警阈值时,自动化控制系统能够根据预设的响应策略自动执行控制命令[12]。

5) 多元化数据共享。建立与相关机构和专业人员的数据共享机制,促进信息的交流和共享,提高整体监测和应对水平。如,构建一个能集成水库监测数据、气象信息、地质数据等多源信息的数据共享平台,为各相关机构和专业人员提供一个统一的数据访问和信息交流接口。确保数据共享平台支持国家和行业数据标准,实现数据的互操作性,便于不同机构和系统之间的数据交换和共享。与气象部门、地质勘探机构、水利管理局等相关部门建立稳定的协作关系,形成一个跨机构的数据共享和协作框架。定期举行跨机构的会议和工作坊,讨论和更新数据共享的范围、机制和需求,促进信息交流和知识共享。

6) 国际标准和最佳实践。参考国际上的大坝监测标准和最佳实践,吸收先进的技术和管理经验,提高大坝监测和管理水平。如,参考由国际大坝委员会发布的大坝安全、监测和维护等方面的标准和技术指南。借鉴世界银行和联合国开发计划署在水资源管理和灾害风险减少方面的最佳实践和指南,特别是关于可持续性和环境影响评估的部分。关注和引进国际上最新的大坝监测技术,如卫星遥感技术、无人机监测、智能传感器网络等,提高监测系统的覆盖范围和数据准确性。学习国际先进的大坝灾害风险管理经验,建立科学的风险评估体系和灾害预警机制,实施基于风险的大坝安全管理策略。鼓励管理和技术人员参加国际研讨会、工作坊和培训课程,学习国际上的先进理念和技术,增强专业技能。

6. 结语

水库是促进社会经济高质量发展的重要基础设施,其安全运行与效益发挥关系着人民对美好生活的向往[13]。小型水库工程建设可促进当地农业生产和发展,改善局地生态环境条件。近年来,小型水库的安全一直是国家关注的重点工程安全问题,也是水利科技工作者研究的热点[14]。莫索湾水库虽然近几年进行了一些雨水情测报和大坝安全监测设施的改建,但整体现状还是不容乐观,存在较多问题,仍有待后续通过加大投资力度、全面建设水库的雨水情测报系统、大坝安全监测设施、健全水库安全运行监测系统来提升水库的信息化管理能力,从而实现莫索湾水库的规范化、标准化和信息化管理,确保水库安全的长效运行[15]。

参考文献

- [1] 苟其青,舒富林,周宝佳. 小型水库运行管理问题与对策[J]. 水利信息化, 2023(1): 87-92.
- [2] 中华人民共和国国务院办公厅. 国务院办公厅关于切实加强水库除险加固和运行管护工作的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2021(11): 18-20.

- [3] 高月明, 陈希瑶. 广东省小型水库雨水情测报和大坝安全监测系统建设[J]. 水利信息化, 2022(6): 84-90.
- [4] 王禹植. 节水灌溉技术下玛纳斯河流域农业水资源配置分析研究[D]: [硕士学位论文]. 石河子: 石河子大学, 2022.
- [5] 习雪峰. 气候变化背景下玛纳斯河莫索湾灌区配出水量变化分析[J]. 水土保持, 2023, 11(3): 19-27.
- [6] 李宏恩, 马桂珍, 王芳, 等. 2000-2018 年中国水库溃坝规律分析与对策[J]. 水利水运工程学报, 2021(5): 101-111.
- [7] 董文佳. 小型水库雨水情测报和大坝安全监测系统建设研究[J]. 科技资讯, 2023, 21(13): 129-132.
- [8] 何云发. 基于物联网技术的小型水库大坝安全监测及雨水情测报系统应用及研究[J]. 湖南水利水电, 2023(6): 51-54.
- [9] 何成斌. 小型水库智能化云监测预警分析系统的搭建[J]. 水科学与工程, 2023(3): 93-96.
- [10] 陆世征, 梁学文, 肖珍宝. 柳城县小型水库雨水情测报和安全监测系统设计[J]. 广西水利水电, 2023(2): 90-94.
- [11] 王强. 第六师小型水库雨水情测报和安全监测设施建设对策[J]. 新疆农垦科技, 2022, 45(6): 49-52.
- [12] 曲树国, 孙湛博. 山东省水库大坝安全监测现状及对策[J]. 山东水利, 2020(11): 60-61.
- [13] 陶也. 岳阳市小型水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设刍议[J]. 中国设备工程, 2022(17): 91-93.
- [14] 许浩, 李越川, 张威. 小型水库雨水情测报与工程安全监测标准化研究[J]. 水利信息化, 2021(6): 55-58+72.
- [15] 肖珍宝, 梁学文, 班华珍, 等. 广西小型水库雨水情测报和大坝安全监测系统建设[J]. 广西水利水电, 2022(1): 105-107.