

江苏省大中型水库大坝安全监测现状 与运行安全状况分析

姜佩¹, 庞琼¹, 王刘宇²

(1. 南京水利科学研究所, 江苏南京 210029; 2. 江苏省水利科学研究所, 江苏南京 210017)

摘要: 结合2021—2024年江苏省大中型水库大坝安全监测数据分析工作, 从安全监测工作开展、监测设施运行状态、监测资料变化规律等方面对江苏省大中型水库大坝安全监测现状以及工程安全运行状况进行分析。结果表明, 全省大中型水库安全监测各项工作的规范性较2021年均有所提升, 渗流压力监测规范性优于表面变形和渗流量监测; 全省大中型水库监测数据总体连续、可靠; 全省有47座水库(95.92%)工程安全情况无明显异常, 水库工程整体安全水平较高。分析成果对于指导和规范全省大中型水库大坝安全监测工作具有借鉴意义。

关键词: 大中型水库大坝; 安全监测; 工程安全运行状况

中图分类号: TV698

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2026)01-0032-0005

Analysis of the current status of dam safety monitoring and operation safety of large and medium-sized reservoirs in Jiangsu Province

JIANG Pei¹, PANG Qiong¹, WANG Liuyu²

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China)

Abstract: Combined with the data analysis work of dam safety monitoring for large and medium-sized reservoirs in Jiangsu Province from 2021 to 2024, this study analyzes the current status of dam safety monitoring and the engineering operation safety of large and medium-sized reservoirs in Jiangsu Province from the aspects of the implementation of safety monitoring work, the operation status of monitoring facilities, and the variation law of monitoring data. The results show that the standardization of various safety monitoring work for large and medium-sized reservoirs across the province has been improved compared with that in 2021, and the standardization of seepage pressure monitoring is better than that of surface deformation and seepage flow monitoring. The monitoring data of large and medium-sized reservoirs in the province are generally continuous and reliable. There are 47 reservoirs (95.92%) in the province with no obvious abnormalities in engineering safety, indicating a relatively high overall safety level of reservoir projects. The analysis results of this paper can provide reference for guiding and standardizing the dam safety monitoring work of large and medium-sized reservoirs in the province.

Key words: large and medium-sized reservoir dam; safety monitoring; project safety operation status

收稿日期: 2025-08-12

基金项目: 江苏省水利科技项目(2024031); 南京水利科学研究所基本科研业务费科研创新团队建设项目(Y722003); 南京水利科学研究所研究生学位论文基金项目(Yy725003)

作者简介: 姜佩(2000—), 女, 硕士研究生, 主要从事大坝安全监测研究。E-mail: 2604249297@qq.com

江苏省现有大型水库6座、中型水库43座,这些水库兼具防洪、灌溉、供水、景观休闲等多重综合效益,对江苏省经济社会发展有着重要的保障和促进作用。近年来,极端事件出现的频度和强度呈增加趋势^[1],江苏省加强大坝安全监测工作。自2021年起每年组织开展全省大中型水库大坝安全监测数据分析工作,通过现场检查,利用省级监测平台开展监测资料及大坝安全鉴定等成果汇集,累计接入6 000余个监测测点、监测数据超500万条,定期对全省大中型水库安全监测工作规范性开展评估,评判水库工程运行性态,提出安全监测及工程存在的问题及隐患,为水库大坝安全运行及精细化管理提供支撑。本文在该工作的基础上,从安全监测工作开展、监测设施运行状态、监测资料变化规律等方面对江苏省大中型水库大坝安全监测现状以及工程安全运行状况进行评估,总结相关经验,为水库安全管理的标准化与智慧化升级提供实践参考。

1 安全监测现状

1.1 基本情况

江苏49座大中型水库具有土坝为主、坝高较矮、坝体较长等特点^[2],除油车水库为2009年新建

的黏土心墙坝外,其他水库均为建设于20世纪50—70年代的均质土坝。截至2024年,全省大中型水库均设置有表面变形和渗流压力监测项目,有33座水库设置了渗流量监测项目。全省49座大中型水库表面变形目前均为人工观测。渗流压力有11座水库(22.45%)为人工观测,30座水库(61.22%)为自动观测,8座水库(16.33%)为自动与人工相结合的观测方式;渗流量有10座水库(30.30%)为人工观测,23座水库(69.70%)为自动观测。图1展示了年度渗流压力和渗流量观测方式的变化情况,渗流压力自动化在全省49座大中型水库中的覆盖率持续维持在50%以上,渗流量自动化比例整体呈现波动上升。

通过自动汇交和人工填报等方式,省级监测平台汇集了全省大中型水库安全监测全过程全要素信息,包括工程概况、安全监测设计与竣工报告、监测测点布置图、监测设施考证资料、监测设施及运行情况、监测自动化及运行情况、监测数据、巡视检查成果、监测资料整编与分析报告、年度整改情况、存在问题、需求及建议等。

如表1所示,截至2024年底,省级监测平台接入测点总计6 094个,累计报送数据541.7万条,汇集

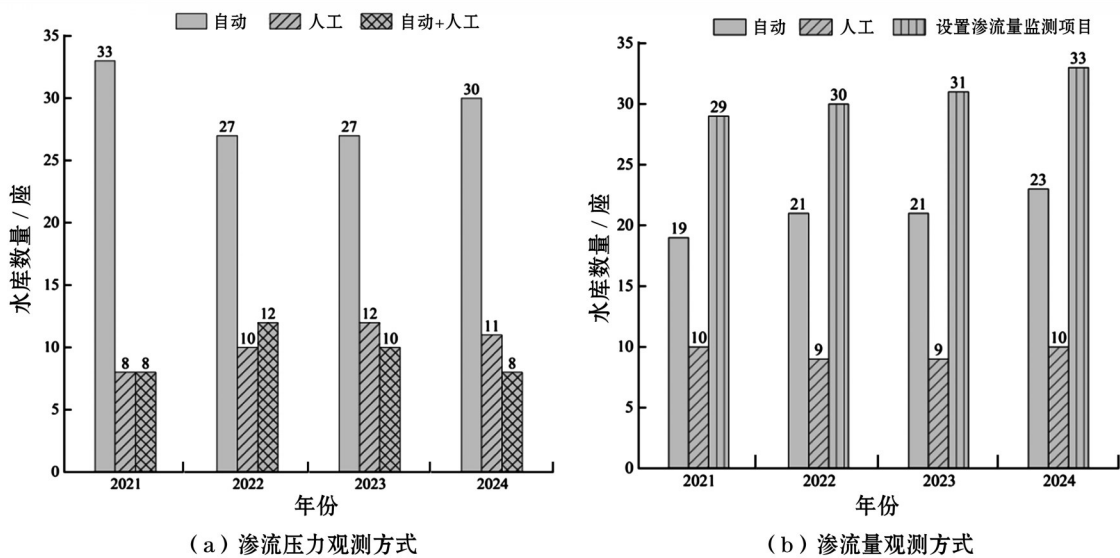


图1 2021—2024年度江苏省大中型水库渗流压力和渗流量观测方式

表1 接入平台测点数量统计结果(2021—2024年)

单位:个

序号	年份	库水位	降水量	渗流量	表面变形	渗流压力	总测点
2	2021	72	42	17	3 874	1 272	5 277
2	2022	78	48	21	4 077	1 523	5 747
3	2023	70	50	22	4 314	1 558	6 014
4	2024	70	50	22	4 366	1 586	6 094

了表面变形数据39 035条、渗流压力数据4 317 529条、渗流量数据214 762条、库水位数据211 128条以及降水量数据293 312条;累计收到工程概况等相关文档2 227份,这些数据为监测资料分析工作的开展奠定了良好的基础。年度测点接入数量变化情况显示,接入平台的测点数量呈增长趋势,表面变形测点增量最大。

1.2 安全监测工作开展情况评价

1.2.1 安全监测工作规范性统计

按照行业及江苏省相关观测技术要求,通过项目设置、监测频次、监测方法与精度、监测成果及报表等方面的安全监测工作是否符合相关技术标准的规定,是否满足工程运行实际需要,来分析评判全省49座大中型水库监测工作开展的规范性。具体评价标准如下:

(1)《水库工程观测任务书》规范性。任务书内容全面、监测项目合理且监测频次满足规范要求的水库评为“规范”,若监测项目缺项或者监测频次不满足规范要求的水库评为“不规范”。

(2)巡视检查规范性。巡视检查项目和内容全面、日常检查和年度检查频次满足规范要求且必要时开展了特别巡视检查的水库评为“规范”,若检查项目不全面或者检查频次不满足规范要求的水库评为“不规范”。

(3)表面变形观测规范性。按规范要求频次开展表面变形观测的水库评为“规范”,未按规范要求频次开展表面变形观测的水库评为“不规范”。

(4)渗流压力观测规范性。按规范要求频次开展渗流观测的水库评为“规范”,未按规范要求频次开展渗流观测的水库评为“不规范”。

(5)渗流量观测规范性。下游坝脚有明流且按规范要求频次开展渗流量观测的水库,或因下游坝脚无明流未开展渗流量观测的水库评为“规范”;下游坝脚有明流但未按规范要求频次开展渗流量观测的水库评为“不规范”。

(6)监测资料成果整编规范性。历史监测资料较完整且每年按规范进行整编的水库评为“规范”,历史监测资料缺失较多或每年未按规范要求进行整编的水库评为“不规范”。

(7)安全监测工作开展情况。综合以上各项要素分析,各项要素都规范的水库评为“规范”,渗流压力监测不规范或巡视检查成果不规范的水库评为“不规范”,其余情况水库评为“基本规范”。

如图2所示,截至2024年,全省《水库工程观测

任务书》编制率达到了100%,编制规范的水库占全省大中型水库的96%,有2座水库表面变形观测频次未达到规范要求。巡视检查规范性不断提高,每座水库巡检内容与频次均满足规范要求。渗流压力监测工作开展规范性优于表面变形和渗流量监测,三者监测率分别为96%、92%、88%。渗流压力和表面变形监测不规范主要表现为有观测设施但未开展观测或观测频次不满足规范要求,渗流量监测不规范主要表现为有明流且有观测设施但未开展观测或有明流但未设置观测设施。监测资料成果整编规范性为92%,不规范的水库主要为缺乏专业技术力量的水库。

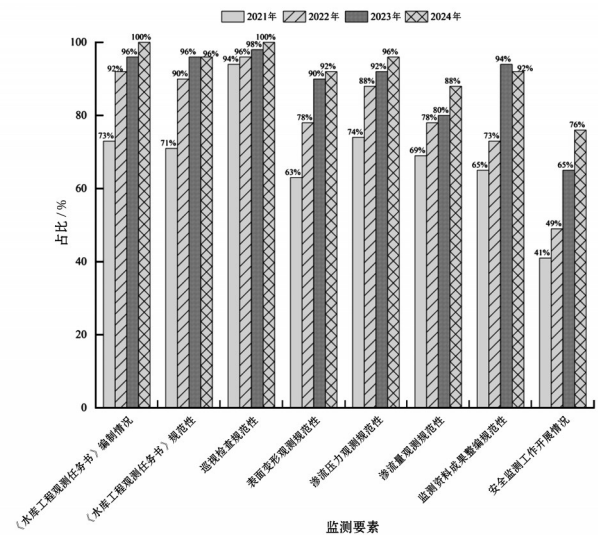


图2 2021-2024年安全监测工作开展规范性变化统计

1.2.2 监测设施运行状态

基于对监测资料的持续分析,当前江苏省49座大中型水库安全监测设施整体运行状态良好。监测数据表明,绝大多数测点(如渗压、变形等)数据连续、可靠,自动化采集系统运行稳定,监测设施运行过程存在的问题能及时发现处置。通过大中型水库监测设施检查及长系列成果分析总结,监测设施存在的主要问题表现在以下方面:(1)测压管因灵敏度不足、受外界客水影响两类问题引起监测数据异常;(2)渗压计仪器故障、测点考证信息不足;(3)量水堰受客水干扰、渗漏无法汇集以及仪器失效;(4)自动化数据采集装置性能不稳定、通讯中断以及系统运行故障。

2 工程安全运行状况评价

2.1 评价依据及标准

根据《水库大坝安全评价导则》(SL 258—2017)

中“根据监测资料分析结果对大坝安全性态进行分级”的原则,结合本年度巡视检查成果及近期大坝安全鉴定报告等资料,将大坝工作状态分为3个级别(图3),即正常、基本正常、异常。

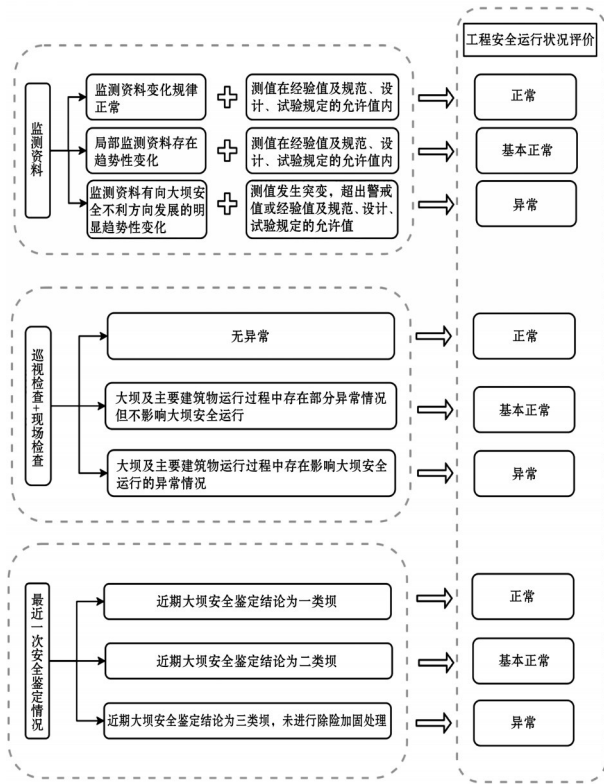


图3 工程安全运行状况评价

(1)当所有监测资料变化规律正常,测值在经验值及规范、设计、试验规定的允许值内,运行过程中无异常情况,或近期大坝安全鉴定结论为一类坝,可认为大坝运行状况正常。

(2)当局部监测资料存在趋势性变化现象,但测值仍在警戒值或经验值及规范、设计、试验规定的允许值以内,或本年度巡视检查成果反映大坝及主要建筑物运行过程中存在部分异常情况但不影响大坝安全运行,或近期大坝安全鉴定结论为二类坝,可认为大坝运行状况基本正常。

(3)当监测资料有向大坝安全不利方向发展的明显趋势性变化,或测值发生突变,超出警戒值或经验值及规范、设计、试验规定的允许值,或本年度巡视检查成果反映大坝及主要建筑物运行过程中存在影响大坝安全运行的异常情况,或近期大坝安全鉴定结论为三类坝,未进行除险加固处理,可认为大坝运行状况异常。

2.2 评价结论

2021—2024年全省49座大中型水库大坝安全

运行状况为正常的水库数量呈持续增长趋势,如图4所示,从25座增至34座,占比从51.02%提升至69.39%,累计提高18.37%,年均增长约4.6%,反映出通过建立安全巡查制度、年度安全评价机制等常态化手段,形成了可持续的安全保障能力。7座水库安全运行状况从“基本正常”提升为“正常”,表明水库管理部门对水库风险隐患的动态管控能力显著增强。个别异常水库主要问题为大坝局部存在渗水现象,后结合水库整改处理后监测资料以及巡视检查情况分析,水库安全整体工程安全水平较高。综合分析,江苏省大中型水库大坝安全运行正常。

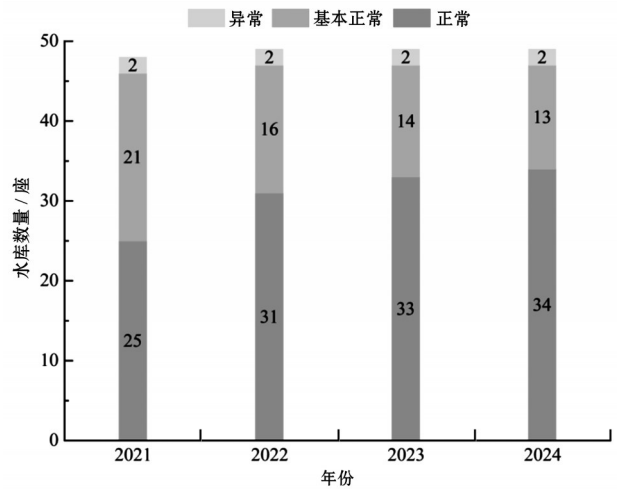


图4 工程安全运行状况

3 结 语

本文通过系统梳理江苏省2021—2024年大中型水库安全监测相关信息,分析全省大中型水库大坝安全监测现状与运行安全状况:

(1)江苏省不断增强水库管理意识,有效落实技术标准,持续投入基础保障,安全监测各项工作规范性较2021年均有所提升,其中渗流压力监测规范性优于表面变形和渗流量监测。在项目设置、监测频次、监测方法与精度、监测成果及报表等方面良好实践发挥了示范作用,推动闭环管理机制逐步形成,为全面提升监测工作的标准化、科学化水平奠定了坚实基础。

(2)得益于江苏省近年来在安全管理中持续强化的责任落实与制度执行、监测预警与闭环管理、工程维护与除险加固、科技应用与能力建设等系统性举措,全省47座大中型水库(95.92%)工程安全

无明显异常,工程安全运行状况较2021年持续提升;经过除险加固后,水库安全整体工程安全水平较高。

(3)在极端气候风险加剧以及水库数字化转型加速的背景下,水库大坝安全监测与运行管理面临新挑战:亟须进一步提升监测规范性、降低监测设施故障率、管控工程运行异常风险。为此建议:强化全域监管与人才赋能,构建规范化监管体系;优化监测设施全周期运维,重点加强关键监测设施的定期鉴定与维护,最大程度降低设施故障率,以保障监测系统可靠运行^[3-4];充分挖掘监测成果的双重价值,通过监测数据双维度解析,实现大坝安全与设备健康的协同管控;结合现代化水库运管矩阵与

数字孪生建设需求,推进监测系统智慧化升级,并构建“天空地水工”一体化立体感知体系,为水库安全提供长效支撑。

参考文献:

- [1] 张建云,盛金保,金君良,等. 全国水库大坝应急管理存在问题和对策建议[J]. 中国应急管理科学, 2022(9): 23-30.
- [2] 葛忆,周贵宝,邵园园,等. 江苏水库基本特征分析[J]. 江苏水利, 2018(7): 69-72.
- [3] 王士军,谷艳昌,葛从兵. 大坝安全监测系统评价体系[J]. 水利水运工程学报, 2019(4): 63-67.
- [4] 王敏洁. 论述水库监测设施的日常运行及其管理[J/OL]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(9): 143-145.

(上接第24页)

致总碳储量最低,但其单位叶面积固碳效率高,适宜作为辅助树种进行搭配。另外,本研究采用“地上部分碳储量/林龄”估算年均固碳量,该方法未考虑枯枝落叶等凋落物对土壤碳库的贡献,可能低估了部分树种(如刺槐、女贞等凋落物量较大的树种)的实际年固碳能力。未来研究应结合地下生物量与凋落物动态,更全面地评估树种的全生态系统碳汇功能。

4 结 论

‘中山杉302’在单位土地面积固碳释氧能力方面表现最优,作为一个半长绿的长寿树种,‘中山杉302’适用于长期碳汇管理。‘35杨’生长迅速、生物量大,整株固碳释氧能力及年均固碳量最高,适用于快速固碳。女贞为常绿树种,其在单位叶面积固碳释氧能力方面表现最强,但其地上部分总碳储量最低,适于作为景观搭配树种。综上,进行江苏海堤防护林建设时,可根据当地生态效益需求,对这3种树种进行科学配置,以提高江苏省沿海地区的生态服务功能。

参考文献:

- [1] 王忠君. 福州植物园绿量与固碳释氧效益研究[J]. 中国园林, 2010, 26(12): 1-6.
- [2] 郝鑫杰,李素英,王继伟,等. 呼和浩特市13种绿化植物固碳释氧效率的比较研究[J]. 西北植物学报, 2017,

37(6): 1196-1204.

- [3] 冯晶红,刘德富,吴耕华,等. 三峡库区消落带适生植物固碳释氧能力研究[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(1): 1-8.
- [4] 郭晖,周慧,张家洋. 郑州市15种常见园林树种固碳释氧能力分析研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(4): 52-56.
- [5] 郑思静,方杰,左思敏,等. 林龄和林分密度对杨树人工林有机碳储量的影响[J]. 森林与环境学报, 2025, 45(3): 264-272.
- [6] 庄红蕾, XAVIER B, 肖春波,等. 上海崇明岛水杉人工林生物量方程构建及固碳潜力研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2012, 30(2): 48-55.
- [7] 曹兆阳. 扬州3种常见绿化树种的生物量分配格局及异速生长模型[J]. 林业科技通讯, 2021(10): 36-38.
- [8] SHI Q, HUA J F, DAVID C, et al. Biomass estimation and carbon storage of Taxodium Hybrid Zhongshanshan Plantations in the Yangtze River Basin[J]. Forests, 2022, 13(10): 1725-1725.
- [9] 王哲,杜宝明,韩玉洁,等. 上海外环线带女贞人工林生态系统碳储量[J]. 生态学杂志, 2014, 33(4): 910-914.
- [10] 惠毓坤,张法琴. 北方盐碱地区引种大叶女贞试验[J]. 安徽农业科学, 2007(9): 2598-2599.
- [11] 赵天雅,王心童,张祯,等. 华东地区6种常见低洼滩地绿化树种的固碳释氧功能研究[J/OL]. 生态与农村环境学报, 1-13[2025-06-27].
- [12] 陈永辉,伍寿彭,王名金,等. 中山杉302和401无性系在碱地上的生长和适应性的初步研究[J]. 江苏林业科技, 1989(3): 14-18.