老旧水库安全风险分析与对策研究

刘六宴[1,2]

（1.水利部大坝安全管理中心，210029，南京；2.水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院，210029，南京）

摘 要：近年来，受暴雨洪水等自然灾害冲击影响，少数老旧水库出险甚至溃坝，造成生命财产损失，给老旧水库安全管理敲响警钟。目前，应对老旧水库风险挑战的对策措施尚不健全且针对性不足，系统分析老旧水库存在的安全隐患与风险挑战、全面提升老旧水库安全运行能力极为迫切。本文针对老旧水库占比高、工程基础条件较差、老化问题日益凸显等特点，分析老旧水库面临的风险挑战及其成因，针对性提出老旧水库安全运行能力提升、防范垮坝的对策措施。根据本研究，老旧水库存在防洪标准不够、防洪能力与下游防洪保护对象重要性不相适应、工程老化严重、安全韧性不足、监测预警能力建设滞后、应急处突机制不健全、应急处置能力不足等核心问题，建议对老旧水库风险进行排查与评估，坚持工程措施与非工程措施并重、夯实安全根基与提升安全韧性相结合、人防和技防相结合，全面系统推进老旧水库安全运行能力改造提升工作，切实守住老旧水库安全底线。

关键词：老旧水库改造提升；小型水库；除险加固；安全韧性；人防与技防；降等报废

Safety risks analysis and countermeasures for aging reservoirs

LIU Liuyan[1,2]

(1.Dam Safety Management Center, Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China; 2.Nanjing Hydraulic Research Institute, Ministry of Water Resources, Ministry of Transport, National Energy Administration, Nanjing 210029, China)

Abstract: In recent years, affected by natural disasters such as heavy rainfall and floods, a small number of aging reservoirs have experienced emergencies or even dam breaches, causing loss of life and property and sounding a serious alarm for the safety management of aging reservoirs. At present, countermeasures for addressing the risks and challenges of aging reservoirs remain inadequate and insufficiently targeted, and it is urgently necessary to systematically analyze the safety hazards and risk challenges of aging reservoirs and comprehensively enhance their safe operation capacity. Focusing on the characteristics of aging reservoirs, which include high proportions, poor engineering foundation conditions, and increasingly prominent aging problems, this paper analyzed the risks and challenges they face and their causes, and proposed targeted countermeasures for enhancing the safe operation capacity of aging reservoirs and preventing dam failures. According to this study, aging reservoirs face core problems including inadequate flood control standards, a mismatch between flood control capacity and the importance of downstream flood protection objects, severe engineering aging, insufficient safety resilience, lagging monitoring and early warning capacity, an incomplete emergency response mechanism, and insufficient emergency handling capacity. It is recommended that risk screening and assessment of aging reservoirs be carried out, that equal importance be attached to engineering and non-engineering measures, that consolidating the safety foundation be combined with enhancing safety

收稿日期：2026-10-19

作者简介：刘六宴，主任，正高级工程师，主要从事大坝安全与管理研究工作。E-mail：lyliu@nhri.cn

基金项目：水利部重大科技项目（SKS-2025019）；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（Yj726007）。

resilience, and that human defense be combined with technical defense, so as to comprehensively and systematically advance the upgrading of the safe operation capacity of aging reservoirs and firmly safeguard the safety bottom line of aging reservoirs.

Keywords: renovation and upgrading of aging reservoirs; small reservoir; hazard elimination and reinforcement; safety resilience; human defense and technical defense; downgrading and decommissioning
中图分类号：TV62 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-1123(2026)20-0019-10
DOI：10.3969/j.issn.1000-1123.2026.20.003

一、引 言

党中央、国务院高度重视水库安全。我国超65%的水库坝龄已超过工程合理使用年限，占比高，工程基础条件较差，老化问题日益凸显，影响工程安全和效益发挥。近年来，全球气候变化影响加剧，极端暴雨洪水事件趋频趋强，城镇化发展和区域经济社会布局深刻改变水库下游保护对象与运行环境，老旧水库安全风险进一步累积和显现。提升老旧水库安全运行与管理能力，已成为保障国家水安全、防范重大公共安全风险、推动水利高质量发展的紧迫任务。

已有研究从老旧水库大坝本体安全、防洪安全、安全韧性、管理体制改革等方面开展了大量工作，分析了包括老旧水库在内的水库大坝安全管理存在的主要问题，提出了对策措施，但对老旧水库的统计分析与问题梳理、根源分析尚不够系统和具有针对性。与新建水库相比，老旧水库安全问题具有明显的累积性、隐蔽性、系统性和突发性。其风险不仅来自工程老化和先天缺陷，也来自运行环境变化、管理能力不足和极端事件冲击。因此，不能简单套用常规水库安全管理思路，有必要从老旧水库的基本特征出发，系统分析其风险挑战和成因，研究提出具有针对性、可操作性的安全能力提升路径。

本文立足老旧水库安全能力提升工作，系统梳理我国老旧水库基本情况和管理实践，分析其面临的主要风险挑战，提出老旧水库安全能力提升对策建议，为相关工作提供参考。

二、我国老旧水库基本情况

1.数量统计

截至2025年底，我国已建成94 300座水库，按照坝龄、建设年代、坝型、坝高进行统计，具有如下特征：

按坝龄统计。我国水库平均坝龄54年，其中，土石坝55年、混凝土坝32年。若按照坝龄大于50年进行统计，全国共有65 714座老旧水库，占全国水库总数量的70%，其中，大型281座、中型2075座、小(1)型11 602座、小(2)型51 756座。

按建设年代统计。1949年以前建设315座；50至70年代建设74 059座，占比78.5%；80至90年代建设11 426座，占比12.1%；2000年以后建设8500座，占比9.0%。小型水库建设年代统计与全国水库统计特征具有相似性，1949年新中国成立之前小型水库仅297座，50至70年代建成71 463座，80至90年代建成10 663座，2000年至今建成6747座。

按坝型统计。土石坝85 012座，占比90.2%；混凝土坝3143座，占比3.3%；浆砌石坝6145座，占比6.5%。其中，小型土石坝81 357座，占小型水库总数的91.2%，占绝大多数；小型浆砌石坝5666座，占6.4%；小型混凝土坝2147座，占2.4%。

按坝高统计。坝高30 m以下(低坝)有86 653座、占91.89%；坝高30～70 m(中坝)有6932座，占7.35%；70m以上(高坝)有715座，占0.76%。其中，坝高100～200 m有235座，坝高200～300 m有17座，坝高300 m以上2座。小型水库中低坝占绝大多数，坝高30 m以下的共计84 495座，占小型水库总数的94.76%，坝高10～30 m共有56 533座、占63.40%；坝高30～70 m共4611座，仅占5.17%。

2.管理情况

我国高度重视水库安全，多措并举提升水库安全管理能力。一是实施病险水库除险加固。1998年大水之后，特别是“十四五”以来，严格实施水库大坝安全鉴定，对鉴定发现的病险水库实施除险加固，工程安全状况显著改善。二是做好水库安全管理。持续推进水库管理体制改革，落实管护经费、人员，改善提升管理条件，加强注册登记管理；对全国水库实施台账管理，强化大坝安全管理责任制和小型水库防汛“三个责任人”落实；健全完善水库管理制度，推行水库专业化管护，提升安全运行与管理水平。三是全力保障水库安全度汛。细化实化度汛措施，组织各地加强安全隐患

排查治理，完善调度规程和应急预案，科学实施水库调度，病险水库主汛期一律空库运行，对具备条件的水库开展降等报废处理。

针对大量老旧小水库，一是大规模开展病险水库除险加固。截至“十四五”末，接近8万座（次）小型病险水库纳入历次专项规划得到加固。二是通过小型水库管理体制改革样板县创建、全面推行小型水库专业化管护模式、落实运行管护资金、开展巡查人员培训等重点工作，进一步压实地方县级人民政府主体责任，明晰工程产权，落实小型水库运行管护主体，改善小型水库工程面貌。三是印发《小型水库防汛“三个责任人”履职手册（试行）和小型水库防汛“三个重点环节”工作指南（试行）》，逐步规范与强化小型水库防汛“三个责任人”和“三个重点环节”。四是2018—2021年连续三年开展小型水库安全运行监督检查与整改。五是不断完善小型水库管理制度和管理设施，印发《坝高小于15米的小（2）型水库大坝安全鉴定办法（试行）》，“十四五”期间完成6.2万座雨水情测报设施和5.5万座大坝安全监测设施建设。六是在“十四五”期间，对4000余座淤积严重、功能丧失、病险问题复杂的小型水库实施报废处理。

三、风险挑战及成因分析

1.风险挑战

近年来，受全球气候变化影响，极端暴雨频发多发，威胁水库安全运行。2021年内蒙古永安水库、新发水库溃坝及河南郭家嘴水库漫顶，2026年广西六蓝等水库发生溃坝或漫顶等重大险情，暴露出水库防洪标准偏低、监测预报预警能力不足、运行管护和应急处置工作薄弱等短板弱项，大坝安全与防汛安全韧性不足，特别是老旧中小水库安全运行面临突出风险挑战。

（1）工程建设先天不足，病害问题突出，老化问题日趋严重，影响安全运行

我国水库特点是总量多、类型多、小坝多、土石坝多、老旧坝多、病险问题复杂。现有水库约80%建于20世纪80年代以前，特别是面广量大的中小型水库，受当时技术经济条件制约，普遍存在清基不彻底、防渗体系不完善、填筑材料不合格与压实度不足等先天质量缺陷，虽大多经过除险加固，但先天与隐伏病害往往很难彻底治理，每年还有不少水库因工程老化、水毁、维护不善等原因产生新的病险。同时，水库运行管理经费和专业人员不足，维修养护条件差，随着运行年限增长，材料老化和结构性能退化问题日渐突出，由于得不到及时维修养护，大坝渗漏与坝下埋涵（管）接触渗漏、输泄水建筑物冻融剥蚀与结构破损、消能防冲设施水毁、闸门与启闭设施老化锈蚀等工程老化病害问题多发，削弱了老旧水库抵御极端暴雨洪水、地震等突发事件的能力，在极端条件下更易发生险情。还有一些水库存在淤积和白蚁危害等问题，导致潜在风险持续累积，影响水库安全运行和防洪兴利功能发挥。对2023、2024、2025年全国水库大坝安全鉴定情况进行统计，其中，三类坝分别占鉴定水库总数的1.3%、1.2%、1.6%，总体看，新增三类坝数量占比在1%～2%，除险加固和日常安全管理不断强化会有效降低病险率，但受工程老化、极端暴雨洪水、地震等因素影响，不同年份三类坝数量仍可能波动。对我国水库服役年限进行统计（见表1），近半数中型、绝大多数小型水库已超合理使用年限，中型水库使用年限超过50年的2075座，占比48.5%，小型水库使用年限超过50年、30年的分别为63 358、81 379座，占比71.1%、91.3%。

（2）水库下游保护对象发生显著变化，安全风险剧增

我国水库在流域中与上下游、左右岸、干支流的工程存在关联，流域特征性强。早期建设的绝大多数水库（特别是中小型水库）下游当时多为农田、分散村庄，主要服务于农业生产生活。随着经济社会高速发展，城镇化率大幅度提高，水库下游人口、产业和重要基础设施大量建设、高度集聚，水库功能与运行环境

表1 全国水库已超合理使用年限情况统计

序号	工程规模	平均坝龄（年）	建筑物合理使用年限（年）	超出合理使用年限统计	
				超出数量（座）	超出占比（%）
1	大型	36	100（150）	0	0
2	中型	44	50	2075	48.5
3	小型	55	50（30）	63 358（81 379）	71.1（91.3）

发生显著变化，出现大量“头顶库”“串联库”，安全风险剧增，这对老旧水库防洪能力与调度运行提出了更高要求。河南省郑州市郭家嘴水库原为一座位于郊区的小（1）型水库，随着郑州城市化发展，逐渐变成二七区的一座“城中库”，下游3.6 km即为南水北调中线工程交叉建筑物，因此也是南水北调中线工程的“头顶库”，在2021年“7·20”特大暴雨中出现漫坝重大险情。南水北调中线左岸有1301座水库，其中不少水库防洪标准低于中线工程，任何一座溃坝都可能造成中线工程全线断水。2021年内蒙古永安、新发水库，2026年广西甘道、云表水库在极端暴雨洪水条件下发生连续溃坝，上述水库均为“串联库”。

（3）防洪能力与下游防洪保护对象重要性不相适应

我国水库洪水标准主要根据库容确定，以小型水库为例，山区、丘陵区小（1）水库土石坝的设计与校核洪水标准分别为30年一遇～50年一遇、300年一遇～1000年一遇，小（2）型水库土石坝分别为20年一遇～30年一遇、200年一遇～300年一遇；平原区小（1）水库土石坝的设计与校核洪水标准分别为10年一遇～20年一遇、50年一遇～100年一遇，小（2）型水库土石坝分别为10年一遇、20年一遇～50年一遇。近年来，全球气候变化影响加剧，水库遭遇超标准洪水冲击的概率显著增大，部分水库防洪标准不适应极端天气变化。特别是“头顶一盆水”与“高坝小库”等高风险小型水库的防洪标准与下游防洪保护对象的重要性及潜在风险不匹配，遭遇暴雨洪水冲击时，不仅发挥不了防洪保安作用，反而可能会成为下游城镇、重要基础设施、危化企业等的“夺命库”。对1954年以来不同时期超标准洪水导致漫顶垮坝的情况进行了统计（见表2），全国共有478座水库遭遇超标准洪水漫顶垮坝，其中，1979年以前该类垮坝数量占该阶段垮坝总数量的9.6%，1980—1999年占27.5%，2000年至今占47.6%，尤其是2018年至今15座垮坝事故中，有12座因超标准洪水所致，占80%，2026年汛期广西垮坝事件中，4座水库全为漫顶垮坝。

（4）工程安全韧性不足，难以抵御超标准洪水的冲击

老旧水库遭遇超标准洪水冲击出险的概率大，大多数老旧中小水库没有放空设施，遭遇暴雨洪水和出现重大工程险情等极端情况下难以提前预泄和快速降低库水位；小型水库溢洪道大多为无闸控制，也没有非常溢洪道，紧急情况下没有超泄能力；土石坝坝面防护不完善，一旦出现漫坝险情，难以抵御漫顶水流的长时间冲刷；老旧中小水库雨水情和安全监测设施不完善，难以提前预警上游来水和及时发现潜在安全风险，无法作出前瞻性预泄、加大泄量、工程抢险等决策。

（5）管理薄弱，应急处突机制不健全，应急处置能力不足

一是监测预警能力建设滞后，大部分中小型水库没有入库水文站，仅靠坝前水位监测，雨水情测报缺乏手段，一些水库大坝安全监测设施缺失或不完善，难以提前科学调度决策。二是巡视检查、调度运用、维修养护等工作规范性不足，调度运用方案（调度计划）与大坝安全管理（防汛）应急预案停留于表面，应急准备与应急演练不到位。三是防灾处置能力不足，地方应对极端情况的应急调度指挥和应急联动机制不健全，应急保坝预案、人员力量、技术装备不足，紧急情况下很容易出现断网、断电、断路“三断”，难以及时、高效应对突发险情。四是老旧水库人财物投入不足，中小型水库管理（护）队伍不稳定，人员专业技能和履职能力不足，责任意识、风险意识不够，也是重要影响因素。

进入新发展阶段，统筹发展和安全，完善自然灾害特别是洪涝灾害监测、防控措施，切实维护社会稳定，对水库安全管理提出新要求，老旧水库存在的上述风险与国家高质量发展对水库高水平安全的要求不相适应，与水利部提出的“人员不伤亡、水库不垮坝、重要堤防不决口、重要基础设施不受冲击”洪水防御目标不相匹配，对老旧水库安全运行与管理能力提出了现

表2 不同历史阶段超标准洪水导致垮坝数量与比例统计

年代	垮坝总数（座）	超标准洪水导致的垮坝数量（座）	超标准洪水导致垮坝比例（%）
1954—1979年	2914	279	9.6
1980—1999年	545	150	27.5
2000年至今	103	49	47.6
合计	3562	478	13.4

实而紧迫的挑战。

2.成因分析

（1）建设基础薄弱，长期运维不充分

20世纪50—70年代我国水库建设数量迅速增长，建设周期短、投资有限，清基不到位、施工质量控制手段落后，在坝基、防渗体系、溢洪设施等关键部位普遍存在问题，相当一部分为边勘测、边施工、边投入运行的“三边工程”或“三无工程”。加之当时勘测、设计、施工和运行监测手段简陋，地质条件、工程建设质量等真实情况难以全面掌握，为后续运行埋下隐患。大坝建成投运后，缺乏有效运行管护体系，部分病险长期积压，小病拖成大病，隐患拖成险情事故。

（2）自然条件复杂，运行环境变化

我国地形多样、水系复杂，是世界上河流最多、水情最复杂、治水任务最繁重的国家。受季风气候影响，水旱灾害严重，一些水库建于地质条件差或洪水特性突出的地区，天然赋存风险较高。如1975年河南“75·8”特大洪水引发多座水库溃坝，1963年“63·8”大洪水造成300余座水库溃坝，2018年7月新疆射月沟水库遭遇特大暴雨导致漫顶溃坝。近年来，极端天气事件频发强发，极端强降雨条件下薄弱工程极易失事。此外，随着经济社会高速发展和城市化进程大幅加快，水库保护对象发生很大变化，水库下游风险体量急剧增大。

（3）工程老化病险是客观规律，病险问题不可避免长期存在

我国水库平均运行年限已超50年，结构性能逐渐发生变化，叠加先天不足，出现病险和老化问题是正常现象。老旧水库工程基础条件较差，隐蔽病害发现难，一座水库往往多种险情并存，病险问题无法一次性彻底根治，极端天气与洪涝灾害影响进一步加重大坝安全隐患，病险问题将不可避免长期存在。工程老化病害是国际坝工界面临的普遍问题，很多国家专门针对老化病害制定应对策略，美国对于服役超过50年的大坝进行专项改造并每5年进行一次安全详查和更新许可，加拿大单设老库专题并对老化病险工程“随病随治”，英国和日本对于坝龄50年以上的老坝定期进行安全检查与“随病随治”。

（4）常态化管护机制尚不完善，应急处突机制不健全

我国老旧水库多，工程日常维修养护问题突出，目前，水库安全运行管理体制机制不够完善，日常运行维护与除险加固长效投资机制仍需健全，雨水情监测与大坝安全监测预警能力不足，一些水库的管理条件和人财物保障仍然是影响日常管理的重要因素，特别是中小型水库更加突出，水库运行管护能力与水平不足，管理粗放。管理水平不高，与管理精细化、信息化、现代化要求差距明显，上下游、左右岸影响防洪调度的要素信息尚未全面掌握，洪水预报、预警、预演、预案“四预”能力普遍不足，管理手段措施有待加强。水库应急处突机制不健全，应急处置能力不足，影响突发事件应急处置。

四、对策措施

1.夯实工程安全根基

针对老旧水库工程建设先天不足、下游保护对象发生重大变化、防洪能力偏低、老化病害渐重等突出问题，综合施策，运用除险加固、改造提升、降等报废等手段，及时消除老旧水库工程安全隐患和风险，夯实老旧水库安全根基，提升高风险老旧水库安全上限。

（1）拉网式开展老旧水库风险排查与评估，建立存在严重工程安全隐患与高风险老旧水库清单

按照《老旧水库改造提升技术指南》《水库大坝安全评价导则》《小（2）型水库大坝安全评价导则》《水库大坝除险加固设计导则》《水库大坝风险等级划分与评估导则》《水库降等与报废评估导则》等要求，组织对全国老旧水库开展“拉网式”排查，重点调查分析工程老化严重、防洪标准偏低、泄洪能力不足、下游防洪保护对象发生显著变化、本流域或临近流域遭遇极端暴雨洪水冲击、上下游水库防洪标准不协调，以及水库下游是否有新的限泄要求、水库功能与现有调度运用方式是否需要调整、大坝是否存在严重安全隐患等情况。综合考虑极端暴雨洪水增强、下游保护对象变化、水库淤积、工程超期服役，以及防洪能力、工程安全状况、监测预警能力、失事后果等因素，“一库一策”开展专项评估，提出存在风险隐患的老旧水库清单，以及除险加固、改造提升、降等报废等处置建议。

（2）常态化开展病害治理，对病险老旧水库实行动态清零

加强巡视检查和监测，对发现的老化病害、损毁及白蚁等害堤动物及时进行处置；对存在淤积问题且有防洪功能的水库，评估水库防洪能力，必要时实施清淤；建立健全病险老旧水库除险加固长效机制，对安全鉴定发现的重大安全隐患或运行中出现的严重险情，

按照动态清零原则及时进行除险加固，重点解决水库防洪标准与泄流能力不足，以及土石坝坝下埋涵接触渗漏、防渗体系不完善、大坝结构单薄、整体稳定不满足要求等重大安全隐患问题。

（3）提升高风险老旧水库防洪能力

对下游防洪保护对象发生显著变化、本流域或临近流域遭遇极端暴雨洪水冲击、上下游水库防洪标准不协调，且工程老化严重、泄洪能力不足、防洪标准偏低的高风险老旧水库，工程措施与非工程措施并重，通过提高防洪标准、泄洪能力与放空能力，以及坝体加高培厚、增设防浪墙、坝顶硬化和坝坡防护等综合措施，提升安全上限与应对超标准洪水能力，同步完善大坝安全监测与雨水情监测预报设施，提升“三断”条件下应急保障能力。

（4）加强坝面防护，提升老旧水库土石坝安全韧性，确保漫而不溃或漫而缓溃

近年来，包括郭家嘴水库在内的多座水库土石坝漫而未溃案例表明，漫坝并不等于溃坝，真正决定坝体是否决口的关键，在于漫坝后的冲刷能否得到有效控制。针对位于极端暴雨易发区域、本流域或临近流域近期发生过特大暴雨的老旧水库土石坝，如果筑坝材料黏粒含量较高、坝高较低，结合除险加固与改造提升，实施由上游坝面砌石、堆石、混凝土或沥青混凝土护坡（下设垫层以抗风浪淘刷），坝顶防浪墙与硬化路面，下游坝面碎石、草皮或生态护坡（防雨水冲刷与冻融破坏），以及贴坡排水、棱体排水防冲护脚等构成的老旧水库土石坝坝面防护体系，力争实现老旧中小水库土石坝应对超标准洪水“漫而缓溃”甚至“漫而不溃”。在此基础上也可考虑采用空间自锁块结构、复合柔性生态防护结构、多层复合卷材型快速防护结构等大坝防漫溃韧性提升工程措施等。

（5）积极推动老旧水库降等报废

对功能丧失或萎缩，且运行环境发生显著变化、管理条件差、老化严重、风险突出，除险加固与改造提升没必要或技术不可行、经济不合理的老旧水库，实施降等报废处理。

2.强化非工程措施

在工程措施基础上，强化非工程措施，是现代化水库风险管理成熟且有效的国际经验。以老旧水库本体安全为前提，加强老旧水库非工程措施，提高安全管理能力，延缓工程结构老化，有效管控风险，提升老旧水库安全运行的软实力。

（1）强化安全运行管理

①进一步压实压紧安全责任。严格落实政府、主管部门、管理单位大坝安全责任人和防汛行政、技术、巡查责任人，强调其安全责任，做好业务培训，提高履职能力，落实巡查防守职责。研究建立水库责任人履职考核制度，对不履职、虚假履职等行为，严肃追究问责。

②规范工程日常运行管理。严格注册登记，严格水库大坝、水闸的注册、变更、注销登记程序要求，强化水库运行管理数据治理与基础数据质量。完善水库雨水情测报与安全监测设施，加强大中型水库工程监测设施建设与更新改造，规范开展巡视检查与安全监测，加强检查监测资料分析应用，提升监测预警水平。逐库完善水库调度规程（方案）和大坝安全管理（防汛）应急预案，严格履行审批和报备手续。严格按照调度指令和控制运用计划运用。

③持续强化工程安全运维。加强工程维修养护，延缓工程结构老化，确保大坝和设备设施始终处于良好运行状态；汛前组织对大坝、溢洪道、坝下埋涵等关键部位和闸门、启闭机等关键设备进行隐患排查整治，及时发现隐患问题、抓紧处置、尽早消除。积极探索预防式维修养护，提升维修养护科学性、及时性与效果。严格执行定期安全鉴定制度，建立病险水库台账，精准掌握工程安全状态，落实“随病随治”。病险水库主汛期一律空库运行。

④强化工程规范化管理。持续推动和严格落实水利工程管理和保护范围划定相关规定，加强工程保护管理范围管理。健全管理制度，明晰管理标准，规范操作流程，落实管理责任，提高执行力和工作效率，构建水利工程标准化管理体系。进一步推进老旧水库安全管理信息化建设，探索提升老旧水库运行管理智慧化水平，推动老旧工程安全运行管理向可预见、精准化、智能化、智慧化转变，切实提高管理效能。

⑤强化上下游、左右岸安全管理。加强库区、下游行洪通道常态化巡查，发现侵占库容、行洪通道等影响水库运行安全、库容安全、库岸稳定等问题，第一时间处置；对存在严重淤积或者侵占问题的水库及时开展库容曲线复核，准确掌握库容情况；对于库容损失严重的水库，科学调整水库汛期调度方案（计划），完善应急预案，切实落实安全度汛措施。

（2）强化安全度汛和应急管理

增强老旧水库运行中的安全风险意识，制定完善

应急预案，并与属地政府总体预案相衔接，强化抢险队伍、工具物料、电力、通信、道路等保障条件，完善突发事件快速响应机制，不断提高老旧水库工程韧性及安全度汛和应急管理能力。老旧水库防洪标准低，安全度汛风险高，安全度汛的核心在于防患于未然，“预字当先、关口前移、防线外推”的理念对防范老旧水库垮坝非常重要，强化以下“十预”方法，着力提高老旧水库安全度汛与应急处突能力。

①快速预报，支撑前瞻决策。特别是中小型水库流域汇水面积小、汇流速度快，具有突发性强、预见期短、涨幅迅猛的特点，若雨情水情研判滞后，极易导致措手不及、被动应对。因此，必须常态化做实水库雨水情精准预报工作。

②科学预判，及时识别风险。老旧水库运行风险主要分为工程本体、水文气象、人为管护三类，须结合日常巡查、年度排查、汛前检查开展风险预判。同时，建立水库风险台账，对排查预判出的各类隐患实行分级分类、销号管理，明确整改责任、时限、措施。

③提前预警，畅通响应链条。老旧水库多地处偏远，极易出现“险情已发生、群众未知晓”的被动局面。要规范预警分级机制，结合应急预案将库水位、降雨量、工程险情、洪水风险细化为四级预警，构建“技防+人防”的立体预警模式，严格落实预警响应机制。

④物资预置，保障高效抢险。严格按照应急预案和水库防汛抢险标准，常态化配齐补齐各类抢险物资，做到数量充足、存放规范、标识清晰，建立物资动态台账和定期盘点制度。从近年来漫顶抢险成功案例中发现，配套预置应急抢险机械设备（挖机等）对及时扩挖临时泄洪设施非常重要。针对高风险“头顶库”，提前预置抢险队伍、村级防汛网格员。

⑤提前预泄，腾出库容蓄洪。预泄是老旧水库防范漫溃最直接最有效的调度手段，特别是中小型水库。立足雨情水情预报成果，结合中长期天气趋势、短期强对流预警、水库汇流特征，提前研判汛期洪水风险，坚决杜绝超汛限蓄水、带病运行、侥幸蓄水等违规行为。在预判局地强降雨过程来临前，根据现状水位、库容余量，利用现有输水管涵或临时调集抽排设施，尽可能提前降低库水位，为承接暴雨洪水预留安全缓冲空间。提前预泄应坚持统筹兼顾、安全至上，杜绝盲目泄洪、无序泄洪。严格落实预泄报备、下游预警、河道巡查机制，防止因集中泄水引发下游漫滩淹没、冲刷等次生灾害。

⑥坝面预护，有效抵御冲刷。多数老旧中小型土石坝坝面抗冲能力不足，针对水头较低、垮坝影响相对有限的中低型土石坝（坝高多低于30 m），及时进行坝面防护（如彩条布、土工织物、复合卷材铺设）能够减缓垮坝过程，为下游撤离争取窗口期。需要指出的是，“漫而不溃”理念是极端条件下不得已的冗余考虑，土石坝设计运行的首要目标仍是严格禁止漫顶，漫坝前的及时防护则是应对极端暴雨洪水冲击的应急手段。这些措施的成败，高度依赖日常物资储备、实战演练、抢险经验与响应速度。

⑦常态预检，压实管护责任。老旧水库管护人员专业能力参差不齐，日常巡查缺位、检查不到位，极易导致隐性隐患长期积累，特别是应急能力弱的中小型水库更是如此。大坝安全责任人和防汛责任人是落实水库安全管理的基石，打通从决策部署、技术研判到现场排查的责任链条，有助于破解现实难题。

⑧周密预案，险情有序处置。近年来多起漫顶抢险成功案例表明，面对极端暴雨洪水，老旧水库并非只有“守”这一种选择，更重要的是科学研判、主动防范与应对。针对汛期最为紧急、风险最高的漫顶抢险，第一是“泄”，如扩挖溢洪道；第二是“挡”，如抢筑子堤；第三是“护”，即对坝面进行防护。漫坝抢险中，还有三个关键要领：第一是抢在前，漫顶抢险最宝贵的是时间；第二是抢得准，做到因险施策、精准抢险；第三是抢得科学，监测预警、巡查值守、应急调度、应急抢险、人员转移同步推进，实现人员不伤亡、水库不垮坝。

⑨实战预演，锤炼应急能力。老旧水库突发险情时，如存在防汛“三个责任人”风险意识不强、处置流程不熟悉、应急配合不顺畅、群众转移不及时等问题，极易延误最佳抢险时机。必须常态化开展防汛应急预演，以实战标准锻炼队伍、磨合机制、梳理流程，重点演练预警发布、水位管控、险情排查、应急抢险、群众转移、物资调配、部门联动等关键环节。

⑩全面预控，整合防控力量。健全部门联动、镇村联动、干群联动机制，整合水利、应急、气象、乡镇、村组各方力量，形成统一指挥、协同作战、上下联动的防控组织体系，实现风险提前防、隐患提前治、险情提前控，全方位筑牢风险防线。

3.健全常态化管护机制

针对老旧水库管理层级低，管理（护）队伍不稳定，管理（护）人员及相关责任人专业技能和履职能力不足、责任意识与风险意识不强，安全度汛与运行管理

制度不健全，巡视检查、调度运用、维修养护等工作随意性大等突出问题，从如下几个方面着手。

（1）深化水库工程管护体制机制改革

①建立健全分类管护机制。一是完善非经营性水库政府管护机制。没有收益的水库，按照权属关系，由地方政府负责组织管护。鼓励政府逐步由直接提供管护服务向购买服务转变，采用多种形式，有序引导社会力量参与管护。二是健全准经营性工程多元化管护机制。经营收益不足的准经营性工程，按照权属关系，由运营企业、地方政府组织负责管护，政府根据实际情况对运营企业予以合理补偿，运营企业应控制成本、提高效益。三是创新经营性水库工程市场化管护机制。经营收益可以弥补运营成本的经营性工程，由运营企业自行或者委托第三方管护。政府应完善相关支持政策，鼓励各类企业、专业机构从事运营管护。

②深化国有水库工程管护体制改革。持续深化水库工程管护体制改革，坚持管养分离，实施分类管护，推进大中型水库管护体制改革。一是落实水库工程日常维修养护经费。事业性质的水管单位的收益变化情况，及时向水行政主管部门和财政部门报告，并适时调整财政补贴额度；企业性质的水管单位，其所管理的水利工程的运行、管理和日常维修养护资金由水管单位自行筹集，企业性质的水管单位要加强资金积累，提高抗风险能力，保障水利工程维修养护资金足额到位，保证水库工程安全运行。积极推进水库工程维修养护定额修订，进一步落实、管好用好维修养护经费。二是继续推行水库工程养护市场化。精简管理机构，水库工程维修养护业务和养护人员从水管单位剥离出来组建专业化的维修养护企业，水管单位采取招标方式确定维修养护企业，提高养护水平，降低运行成本。三是探索创新管护机制。坚持政府和市场两手发力，鼓励有条件的水库办理不动产权确权登记，积极推行“资产变资本、资本变资金”，创新建立更加良性的运行维护体制机制。

③深化农村小型水库工程管护机制创新。进一步深化小型水库管护体制改革，保障管护经费，稳定管护队伍，改善管护条件。一是落实县级政府管护主体责任，充分发挥村级组织和受益群体作用。深化小型水库管护体制改革，持续督促县级政府落实管护责任，加大典型经验做法总结提炼和宣传推广力度。二是多渠道落实工程养护经费。切实管好用好中央财政中小型水库维修养护补助资金，发挥其撬动作用，稳定地方财政投入，鼓励民间投资。探索农村准经营性、经营性水利工程收费制度。三是实行专业化管护模式。积极创新管护机制，深入推行县域统管、政府购买服务、以大带小等模式，因地制宜提级管理，培育专业化市场，提升专业化管护水平。积极探索“工程保险”等水库管护模式；探索引入社会资本参与小型水库经营，用经营收益承担部分管护费用，督促经营者参与管护工作；鼓励将小型水库与中小河流堤防、小型水闸、农村饮水等农村公共基础设施实行一体化管护；合理设置市场准入门槛，探索小型水库管护市场信用体系建设。

（2）健全完善相关管理制度和标准体系

针对与老旧水库运行管理相关的法规制度及标准体系存在的短板，研究现有水库安全运行管理制度和标准体系，厘清当前老旧水库运行管理现状与制度标准需求，开展水库运行管理领域调度运行、安全鉴定、维修养护、应急管理、降等报废等重点环节的法规制度及标准体系建设，健全完善老旧水库工程运行期全覆盖的规范标准体系。一是完善法规制度标准体系。加快修订《中华人民共和国水法》《中华人民共和国防洪法》《水库大坝安全管理条例》等，为进一步完善老旧水库管理体制机制和现代化水库安全运行管理制度提供法律基础。二是进一步完善老旧水库安全管理法规制度与技术标准体系，针对老旧水库改造提升提出相应技术指南与项目建设管理办法等专门性文件，加快制修订《水利水电工程等级划分与洪水标准》《大坝安全智能监测技术导则》《水工建筑物水下缺陷修复技术导则》《水库淤积影响评价导则》《水库库容测算技术导则》《大坝应急检查和监测技术规程》《现代化水库运行管理矩阵技术指南》等标准。

（3）强化老旧水库管理能力建设

加强老旧水库运行管理（护）队伍建设，提升水库管理（护）人员专业技能。强化管理（护）人员业务培训与职业教育，增强调度运行、检查监测、维修养护、险情识别、临机判断与应急处置等专业技能，逐步实现工程关键岗位不培训不上岗，推进水库管理达标建设。对老旧水库管理人员进行常态化培训，强化水利工程公共安全教育和科普，积极推动国家防汛抢险演练基地建设，加强应急培训和演练，提高应急组织、指挥的协调性和科学性。组织开展职业技能竞赛，鼓励技能提升，培育精益求精的工匠精神。坚持人防和技防相结合，充分发挥专家和“老把式”作用，强化实训实战

演练，切实提升水库管理和应急处置水平。

4.加强科技赋能与应用

围绕老旧水库，坚持全局思维、系统观念、问题导向，强化高新技术手段应用与科技创新攻关，开展相关研究与应用，为老旧水库安全运行提供强有力的科技支撑。

①攻关研究老旧水库大坝长效运行关键技术。亟需建立贯通大坝建设—运维—鉴定—加固—报废等全生命期的大坝病害时序高质量数据集，强化大数据挖掘分析，系统开展变化环境下老旧坝风险演化与控制、大坝耐久性评估与智能诊断、工程老化机理与监测防治、防洪能力提升标准与措施、溃坝应急抢险装备与工艺研究等，全面提升水库大坝本质安全能力和安全韧性。

②针对性开展科技攻关，系统解决老旧水库防范垮坝的卡脖子技术和装备短板。充分利用大数据、数字孪生、卫星遥感、人工智能等高新技术，围绕老旧水库，研发简单、实用、高效的一体化自动测报及大坝智能巡检系统，无损探测与智能感知、险情早期识别与预警、隐患治理和应急抢险等技术、材料和装备，以及坝面防护和快速构建应急泄洪通道的技术、材料、工艺和装备，大幅提高老旧水库突发事件早期预警、应急处置能力和水平。

③加强前瞻性研究，提出老旧水库防范垮坝适应性对策。当前，变化环境下极端天气事件发生的频率和强度显著增加，水文一致性假定不复存在，同时，经济社会快速发展，水库运行环境和下游影响对象发生显著变化，应重点围绕提升老旧水库工程韧性与应对极端暴雨洪水冲击本质安全能力开展前瞻性研究，提出适应性对策，确保老旧水库不垮坝。

④强化“四预”措施，支撑老旧水库应对极端事件、防范垮坝的前瞻性决策。加大卫星遥感、北斗、无人机、无人船、5G等先进技术装备应用力度，着力构建老旧水库安全风险全天候动态监控体系，强化“三断”条件下应急保障能力建设，全面提升老旧水库雨情水情工情灾情监测感知能力，对“四情”和垮坝风险进行精准预报、提前预警，正向—逆向—正向预演洪水调蓄与淹没情形，根据预演成果迭代优化应急预案，为老旧水库垮坝应急决策提供科学依据。

五、结论与建议

我国老旧水库数量多、基础条件差，坝龄超过50年的老旧水库占全国水库总数量的70%，加之当前极端天气事件发生趋频趋强和强人类活动影响加剧，老旧水库度汛面临不可忽视的安全风险：防洪标准不够、防洪能力与下游防洪保护对象重要性不相适应、工程老化严重、安全韧性不足、监测预警能力建设滞后、应急处突机制不健全、应急处置能力不足等。导致上述风险成因包括：水库建设基础薄弱，长期运行维护不充分；自然条件复杂，水库运行环境变化；工程老化病险是客观规律，病险问题不可避免长期存在；常态化管护机制尚不完善，应急处突机制不健全。

针对老旧水库安全能力提升，应坚持工程措施与非工程措施并重，夯实安全根基与提升安全韧性结合，人防和技防结合，筑牢老旧水库防范垮坝风险防线。建议：高度重视极端天气事件下老旧水库安全运行风险；强化老旧水库安全管理责任落实，增强相关责任主体的风险意识、责任意识和履职能力；全面开展老旧水库遭遇超标准洪水专项风险普查评估与分级管控；持续强化老旧水库能力提升和病险水库除险加固工作；统筹工程措施与非工程措施，提升老旧水库应对超标准洪水冲击的综合韧性；强化老旧水库全生命期运行管理和“四预”措施，健全垮坝风险防控机制；加强老旧水库应对极端事件挑战的科技支撑，强化科技创新与应用；加大政府资金投入力度和探索多元投资模式。

参考文献：

[1] 中华人民共和国水利部.2025年全国水利发展统计公报[M].北京：中国水利水电出版社，2026.
[2] 水利部科学技术委员会超标准洪水下的库坝安全专家咨询组.超标准洪水下的库坝安全保障相关问题探讨[J].中国水利，2026(16)：1-4.
[3] 张建云，杨正华，蒋金平.我国水库大坝病险及溃决规律分析[J].中国科学：技术科学，2017，47(12)：1313-1320.
[4] 钮新强，谭界雄，李星，等.以系统治理理念提高中小水库防洪能力[J].中国水利，2023(1)：11-14.
[5] 钮新强.水库病害特点及除险加固技术[J].岩土工程学报，2010，32(1)：153-157.
[6] 周创兵，向衍，姚池，等.安全－生态－智能库坝建设的挑战与展望[J].中国水利，2026(2)：1-10.
[7] 张文洁.加快构建运行管理矩阵 提升工程安全管理水平[N].中国水利报，2024-01-24(1).
[8] 刘六宴.构建现代化水库运行管理矩阵与发展水利新质生产力[J].中国水利，2024(9)：5-8.

[9] 刘六宴，张士辰.中国水库大坝运行管理实践成效与发展思考[J].中国水利，2025(16):31-38.
[10] 盛金保，李宏恩，盛韬桢.我国水库溃坝及其生命损失统计分析[J].水利水运工程学报，2023(1):1-15.
[11] 景来红，李宏恩.超标准洪水下中小型水库大坝安全保障与韧性提升对策研究[J].中国水利，2025(15):46-51.
[12] 向衍，王亚坤，雷勇，等.基于人机协同的库坝系统水下缺陷检测与修复加固范式[J].水科学进展，2025，36(6):1016-1029.
[13] 张士辰，李宏恩.近期我国土石坝溃决或出险事故及其启示[J].水利水运工程学报，2023(1):27-33.
[14] 邓刚，李维朝，蔡红，等.中小型土石堤坝超标准洪水漫溃防范长效工程措施研究[J].中国水利，2026(13):1-8.
[15] Shirzaei M，Vahedifard F，Sadhasivam N，et al.Aging dams，political instability，poor human decisions and climate change：recipe for human disaster[J].npj Natural Hazards，2025，2(1):5.
[16] 尹江珊，侯文昂，黄健峰，等.基于全国水库大坝病害数据库的大坝安全隐患特征统计分析[J].岩土工程学报，2026，48(9):1827-1836.
[17] Concha L P，Lall U，Hariri-Ardebili M A.Needs for portfolio risk assessment of aging dams in the United States[J].Journal of Water Resources Planning and Management，2023，149(3):04022083.
[18] Zamarrón-Mieza I，Yepes V，Moreno-Jiménez J M.A systematic review of application of multi-criteria decision analysis for aging-dam management[J].Journal of Cleaner Production，2017，147:217-230.
[19] Choi J H，Jun C，Liu P，et al.Resolving emerging issues with aging dams under climate change projections[J].Journal of Water Resources Planning and Management，2020，146(5):04020025.
[20] 高长胜，胡江.气候变化对我国水利基础设施安全影响及应对建议[J].中国水利，2024(24):60-67.
[21] 程晓陶.2021年郑州“7·20”特大暴雨洪涝灾害郭家咀水库案例的教训与反思[J].中国防汛抗旱，2022，32(3):32-36.
[22] 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.
[23] Huang Jianfeng，Hou Wenang，Zhang Shichen，et al.Dam defects ontology and knowledge graph construction from Multi-Source hazard data using large language models[J].Advanced Engineering Informatics，2026，76:104987.
[24] Peyras L，Royet P，Boissier D.Dam ageing diagnosis and risk analysis:Development of methods to support expert judgment[J].Canadian Geotechnical Journal，2006，43(2):169-186.

责任编辑　杨文杰