

基于双重预防机制的南水北调中线工程 安全生产风险防控体系研究

王 雪, 韩鹏举

(中国南水北调集团中线有限公司河南分公司, 河南 郑州 450046)

摘 要 南水北调中线工程作为国家战略性水利基础设施,其安全生产不仅关乎区域供水安全,更与社会稳定息息相关。本研究立足于现地管理处的业务场景,以双重预防机制为核心,融合制度建设、安全培训、心理建设与法规约束等多维要素,构建一套系统性、动态化的风险防控体系。该体系借助“风险辨识—分级管控—隐患治理—数据反馈”的双循环机制,实现了对地质结构风险、气候水文风险、设备运行风险及人为社会风险的全链条防控。实践结果表明,该体系显著提升了隐患处置效率、人员风险辨识能力及应急响应速度,为超大型调水工程的精细化安全管理提供了新范式。

关键词 南水北调中线工程; 双重预防机制; 安全生产; 心理建设; 风险防控体系

中图分类号:TV67

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.028

0 引言

南水北调中线工程横跨长江流域与黄淮海平原,途经河南、河北、北京、天津四省市,全长 1 432 公里,涵盖渠段、泵站、隧洞、渡槽等各类建筑物,其长距离输水、多级调度、复杂地质条件下的运维等环节潜藏多重安全风险^[1]。传统安全管理模式以“事故响应”为核心,在风险预见性(如突发暴雨引发的渠道淤积)、隐患治理深度(如设备老化的根源性整改)及人员行为可靠性(如高强度值班下的操作失误)方面存在明显瓶颈。

双重预防机制（风险分级管控+隐患排查治理）为系统性防控提供了理论框架^[2]，但工程实践中需结合组织行为、制度环境与心理因素进行本土化创新。在“工程安全、供水安全、水质安全”三大战略目标指引下，传统模式已难以满足高标准运行需求。因此，推动安全管理向“关口前移、源头治理、科学预防”转变，构建符合工程特点的双重预防机制，成为保障工程安全运行的核心任务。近年来的实践表明，该机制已成为现地管理处落实安全生产责任的关键工具。

1 南水北调现地管理处安全生产现状与核心挑战

1.1 南水北调现地管理处安全生产现状

现地管理处作为工程运行的“神经末梢”，肩负着输水调度、设备巡检、工程设施日常维护、应急响应等核心职责，其安全生产管理面临着四大突出问题。

在风险动态辨识方面存在不足,水文气象如夏季强对流天气、地质变化如膨胀土渠段的湿度波动、设备老化如泵站电机绝缘性能衰减等动态风险,缺乏实时评估工具,主要依赖人工经验判断,这容易导致风险漏判^[3-4]。隐患治理呈现碎片化状态,跨部门协作存在壁垒,比如设施隐患需要工程科与调度科协同处理,但责任划分模糊,使得隐患整改存在“重上报、轻跟踪”的现象^[5],而且验证机制不健全。人员因素日益凸显,在高强度工作下,如防汛期24小时值班,人员容易出现疲劳、规程意识弱化如简化巡检步骤以及应急心理素质不足如突发闸门故障时决策迟疑等情况。制度法规落地困难,现有制度多为宏观要求,如“加强安全监管”,与一线操作脱节,未明确具体的危险作业与特种作业监管措施,导致法规约束力难以渗透至作业末端。

1.2 南水北调中线工程安全风险特征

通过近年来的安全生产管理实践探索发现,南水北调中线工程安全风险呈现出多元化、动态性、复杂性的特征,主要风险源可归纳为四类^[6-7]。南水北调中线工程主要风险分类与特征如表1所示。

2 融合创新的双重预防风险防控体系构建

针对现地管理处安全生产现状与挑战,本研究提出“一体两翼,四维驱动”防控体系:“一体”以双重预防机制为核心;“两翼”为风险精准管控与隐患

表 1 南水北调中线工程主要风险分类与特征

风险类别	典型表现	影响后果	管理难点
地质结构风险	膨胀土变形、边坡失稳、地基沉降	渠道结构破坏、输水中断	隐蔽性强、治理周期长
气候水文风险	冰塞形成、洪水冲刷、暴雨内涝	流量下降、工程损毁、水质污染	突发性强、预测难度大
设备运行风险	液压系统失效、电气控制故障、监测设备异常	调度失控、水位异常、响应延迟	设备种类多、维护专业性强
人为与社会风险	管理失误、外部破坏、水体污染	运行中断、水质恶化、公共安全事件	不确定因素多、防控覆盖面广

高效治理：“四维驱动”通过制度建设、安全培训、心理建设与法规约束提供支撑。

2.1 制度固本：构建“双循环”制度生态链

通过闭环设计实现风险与隐患管理的制度化、流程化。在风险管控闭环中，风险辨识结合安全监测数据如渠段位移传感器、测斜仪、MCU 传感器，建立“动态风险数据库”，每月更新监测月报及风险清单。科学定级引入 LEC-R 改进模型，即在传统 LEC 法基础上增加“应急资源响应能力”修正项，将风险分为“红、橙、黄、蓝”四级。分层管控制定处、科、班组三级责任清单，如红级风险由管理处处长牵头管控，蓝级风险由班组长负责。

隐患治理闭环设计为“智能巡检上报→分级派单→过程可视→效果回溯→纳入风险库”的全链条制度：一线巡检人员通过工程巡查系统移动端 APP 上传隐患信息，如拍摄闸门止水带破损照片并标注位置；系统自动匹配责任科室，如闸门问题派至调度科，推送整改通知并设定期限，如一般问题隐患 7 日内整改；整改过程通过照片上传实时跟踪；整改完成后，由安全科联合业务科室验证，合格后纳入风险库作为未来辨识依据。

2.2 培训强基：打造“三维一体”赋能体系

聚焦技能、法规、心理三维度，提升人员风险防控能力。

1. 技能维度基于岗位风险地图，如泵站运维岗的“液压系统故障”风险点，开发 VR 模拟实训平台，模拟场景包括闸门误操作如误按急停按钮导致输水中断、防汛抢险如渠道漫溢时的沙袋堆筑等，训练目标是通过反复模拟，强化“停机前先确认闸门状态”等肌肉记忆，提升应急处置速度。

2. 法规维度。将《安全生产法》《南水北调工程供水管理条例》拆解为岗位“行为红线清单”，如巡检岗红线包括“未携带气体检测仪进入有限空间”“雨天

未增加边坡巡查频次”等，配套“责任明白卡”，明确“违规将导致岗位考核降级”，实现法规具象化学习。

3. 心理维度。引入“安全心理韧性”培训，在压力管理上，通过呼吸训练、正念冥想缓解值班疲劳；注意力训练模拟暴雨天气下的设备读数，即在干扰环境中准确记录水位数据；应急决策演练则在突发水质污染时，让员工在“舆情压力+处置时限”双重约束下模拟方案选择，如优先关闸还是启动应急调度。

2.3 心理赋能：构筑“心防”安全屏障

1. 从心理层面减少人因失误，筑牢安全防线。风险感知前应开展常态化安全心理测评，如事故倾向性、心理疲劳度等，识别高风险心理状态个体并及时干预。压力源管理需建立“员工援助计划”，提供心理咨询与疏导服务，同时优化调度值班与防汛应急值班制度，减少因疲劳导致的人因失误。

2. 安全文化浸润。培育“互助互监”的团队心理，鼓励员工主动报告“吓一跳”事件，将心理安全纳入安全观察与沟通内容。开发适用于调度值班、设备巡检、工程巡查、土建绿化维护作业人员等关键岗位的“心理应急调适包”，包含快速平复情绪、提升专注力的简易心理工具，赋能一线员工即时自我管理。

2.4 法规铸盾：织密“刚性约束+柔性引导”责任网

1. 责任精准锚定。依据法规要求，细化管理处内部各层级、各岗位的安全生产法定职责清单，形成“责任矩阵图”。执法监督嵌入主动对接地方应急管理、水利监管等部门，将外部法规检查要点内化为日常管理标准，同时建立内部“合规性审计”机制。

2. 奖惩与诚信联动。将安全绩效、违规行为与个人/班组评优晋升、信用评价紧密挂钩，“三违”行为即违章指挥、违章操作、违反劳动纪律记入个人信用档案，影响评优评先，放大法规的威慑力与引导力。

3 现地管理处实践案例分析

3.1 “三个安全”综合防控实践

某管理处辖区渠段地质条件复杂,风险集中度高,在“三个安全”即工程安全、供水安全、水质安全的综合防控实践中取得了显著成效。在工程安全方面,采取“工程措施+智能监测”的双轨策略,一方面投入专项资金对左岸排水建筑物出口防洪影响工程、防洪能力不足渠段等进行治理;另一方面升级优化视频安防系统,设置AI识别自动报警及警告系统,并将工程防汛纳入地方体系,与地方水利、应急部门建立联合防汛机制,为工程设施安全提供了有力保障。在供水安全方面,构建“中枢调度+设备保障”系统,中控室实时收集各类数据并接入总调度中心,对辖区闸站液压系统推行“定人定机定标”维护制度,同时与地方联合开展“防溺水宣传”,降低人为因素导致的供水中断风险。在水质安全方面,建立“三级监测+应急联防”机制,涵盖地表水、地下水、藻类等多方面监测及污染源调查,并与环保部门共建水质污染应急联动网络,确保辖区内水质持续稳定在Ⅱ类及以上标准,不发生水污染事件。

3.2 工程巡查系统应用

工程巡查系统的应用在实践中发挥了重要作用,其具备移动巡检、智能派单、闭环追踪三大核心功能,现场人员通过APP即时上传隐患信息,系统自动记录相关数据,依据隐患类型和位置匹配业务科室并推送整改通知,对整改过程全程留痕并设置到期提醒预警。同时还具备统计分析功能,即将各时间段内的发现问题数量、整改过程情况、整改率、到期超期维护情况数据自动统计。

在2024年度工程巡查及维护中,该平台通过“平台+现场”的组合方式,完成了对防汛、衬砌面板、跨渠桥梁等部位的全面排查及专项排查,使隐患平均处置时间缩短40%,劳动强度降低,明确了各环节责任主体,避免推诿,且通过历史数据多维分析为风险研判提供依据,如跨渠桥梁伸缩缝损坏频数、截流沟塌陷、聚硫密封胶脱落情况分析指导2025年专项维护计划。

3.3 “六项机制”与安全意识建设

现地管理处通过在全年开展多元化安全生产管理培训,重点推进风险管控“六项机制”落地,其实践特色显著。在法制化建设方面,通过宣传并贯彻《河南省安全生产条例》《安全生产法》,强化依法治安理念,明确违法行为责任边界,推动责任落实从“要我安全”

向“我要安全”转变。建立文化长效浸润,持续开展“安全之星”评选、家属开放日、亲情助安、事故警示日、安全生产月等活动,使安全理念内化于心、外化于行。

案例化教学结合液压系统失控导致闸门操作事故、汛期边坡失稳等真实事故案例进行剖析,强化员工风险意识。机制化创新将“六项机制”细化双重预防要求,如规定作业人员每日填写班组安全活动记录表进行“风险查找”,业务科室每月召开风险分析会落实“研判预警”。实践表明,人员能力建设是双重预防机制落地的关键支撑,培训后员工对核心概念的理解水平显著提升,风险辨识覆盖率和准确率提升约30%,隐患按期整改率超98%，“三违”行为显著下降,员工主动报告安全事件的意愿增强,为工程安全运行奠定了坚实的基础。

4 结束语

安全管理是一项系统工程,只有多维度协同发力,才能筑牢工程长治久安的根基,为保障国计民生提供坚实的水利支撑。本研究构建的基于双重预防机制的南水北调中线工程安全生产风险防控体系,将双重预防机制与组织行为、心理科学、制度法规深度融合,突破了传统管理的路径依赖。该体系通过制度的闭环设计固化流程,借助精准培训提升能力与意识,依靠心理建设筑牢“人”的防线,通过法规约束明确责任边界,在南水北调中线工程复杂运行环境中实现了风险的可知、可防、可控。该体系为超大型调水工程的精细化管理提供了新范式,也为国家水网的持久安全运行提供了可复制、可推广的“中线经验”。

参考文献:

- [1] 张墨,辛家昭,柳春波,等.南水北调中线干线工程安全运行解析[J].四川建材,2023,49(08):249-250,253.
- [2] 徐志超,刘杰,杨文涛,等.安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制研究:以南水北调中线干线工程为例[J].中国水利,2021(08):25-27.
- [3] 赵鹏,魏芳.南水北调工程运行期的安全管理分析[J].河北农机,2020(07):35.
- [4] 庞晓明,林云.南水北调工程运行期的安全管理分析[J].现代经济信息,2019(20):317.
- [5] 王国平.南水北调运行期监管措施分析[J].河南水利与南水北调,2020,49(01):79-81.
- [6] 赵绍华,王英歌,邵青,等.南水北调干线工程交叉河道防洪风险分析与管控措施研究[J].北京水务,2024(05):1-6.
- [7] 郭学博,吕晓理,李忻语.调水工程运行期安全生产存在问题及应对措施[J].山东水利,2025(02):15-17.