 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11533

Establishment of a Dynamic Risk Management System for Production Safety on the Smart Water Management Platform

Lichun Zhao

Guangxi Lvcheng Water Group Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

Urban water treatment plants are core components of municipal public infrastructure. Their safety performance directly determines the reliability of urban water supply systems and is closely related to the protection of public welfare and the stable operation of cities. Based on system safety theory and guided by the concept of full life-cycle risk management, this paper proposes a dynamic safety production risk control framework for smart water platforms. The framework integrates five core functions: ubiquitous risk information perception, intelligent risk status assessment, proactive risk trend warning, coordinated risk response, and closed-loop responsibility traceability. It promotes the transformation of safety management in water treatment plants from reactive response to proactive prevention and from static institutional management to dynamic adaptive management, thereby providing a systematic solution framework for improving intrinsic safety.

Keywords

smart water; safety production; dynamic control; risk early warning; closed-loop management

智慧水务平台安全生产风险动态管控体系搭建

赵力春

广西绿城水务集团股份有限公司，中国 · 广西 南宁 530000

摘　要

城市水厂是市政公用基础设施的节点，安全生产状况直接关系到城市供水系统的可靠性，关系到社会公众的基本生活权益及城市运行秩序的稳定性。本文根据系统安全理论，以风险全生命周期管理为主线，提出一套面向智慧水务平台的安全生产风险动态管控体系架构，实现风险信息泛在感知、风险状态智能评估、风险趋势主动预警、风险处置协同联动、责任链条闭环追溯五大重点功能，助推水厂安全生产管理从事后解决型向事前预防型、从静态制度型向动态适应型转变，为增强水厂本质安全水平提供系统性的解决方案框架。

关键词

智慧水务；安全生产；动态管控；风险预警；闭环管理

1 引言

水厂安全生产管理属于城市供水安全保障体系的重要部分。伴随经济社会一直发展，公众对供水水质、水量的要求越来越高，水厂生产运行所处的内外部环境也变得越来越冗杂。近些年来，智慧水务建设的迅速发展给破解上述困境赋予了技术条件。物联网感知装备的普及使水厂运行数据的采集频次以及维度大大增加，工业互联网平台的建立冲破了传统自动化系统的信息孤岛，大数据分析以及人工智能技术的加入给风险识别和趋势预估赋予了新的方法论工具。怎样把上述技术能力系统性地转化为安全生产风险管控效能，是目前水厂安全管理升级的主要问题。

【作者简介】赵力春（1974–），男，中国河北定兴人，本科，工程师，从事水务计算机技术应用与安全生产等研究。

2 安全生产风险管控的理论逻辑

安全生产风险管控的基本逻辑就是把风险管理的关口前移，把风险转变为隐患、隐患发展为事故之前实行有效的干预。该逻辑的实现要遵循三个基本原则。

全面性原则要求风险辨识要包含水厂生产运行的全部活动、全部区域、全部岗位，不光囊括常规生产作业中设备故障、工艺异常等风险，也含有极端工况、外部干扰、人为失误等非常规风险，做到横向到边、纵向到底，不留盲区、不留死角。

分级原则就是根据风险发生的可能性及后果的严重程度来对风险实行分级分类，对不同等级的风险采取不同的管控资源以及响应方案。高风险事项由高层级管理者直接关注并配置专项措施，低风险事项纳入日常巡检及标准化作业流程管理，到了管控资源的改良配置。

动态原则认为风险状态的评定不是一次性的，而应该

伴随生产工况、环境条件、人员状态等发生变化而不断更新。风险等级不是一成不变的，管控措施的针对性、成效也会随之变化，继而形成风险管理的动态循环。

3 动态管控体系的目标定位与架构设计

3.1 体系建设的总体目标

水厂安全生产风险动态管控体系的建立，要达到五个层次的主要目的。

第一层目标就是风险底数的清晰化。凭借系统化的风险辨识方法和持续更新的风险数据库，保证水厂安全管理团队对自身管辖范围内所有的风险源、风险等级、风险分布、风险转变趋势始终保持准确的掌握，杜绝因底数不清造成的管理盲区。

第二层目标就是状态感知实时化。借助建立精进的感知网络及可靠的传输通道，保证风险表征参数在设定的时间分辨率内稳定上传，使远程监控中心以及各级管理人员对现场安全状态有远程实时可见的能力。

第三层目标就是预警研判智能化。凭借建立专业的风险评估模型和智能预警算法，把采集到的原始数据自动转化为风险等级判断以及预警信号，减少对值班人员个人经验和注意力的过度依赖，增加风险识别的准确性以及响应速度。

第四层目标就是处置联动协同化。创建统一的应急指挥信息平台，打通值班调度、现场处置、物资保障、技术支持等环节之间的信息壁垒，实现突发事件状态下多部门、多角色的高效协同。

第五层目标就是责任追溯全程化。借助管理行为全流程数字化留痕，每一个风险点的管控责任人、每一次巡检的执行情况、每一条隐患的整改过程、每一次预警的处置结果都有迹可循、有据可查，为安全管理绩效考核及责任追究给出客观依据。

3.2 体系架构的分层设计

根据以上目标，本文将动态管控体系设计成感知层、数据层、模型层、应用层四层技术架构，以及贯穿四层的安全保障以及运维管理体系。

感知层是体系的数据源头，完成风险表征参数的采集工作。感知层建设内容为水质在线监测仪表、设备振动与温度传感器、流量以及压力变送器、气体浓度检测仪、视频监控摄像头、门禁以及周界报警装置等各类前端感知设备。感知层的设计要点是测点的专业布设，即根据风险辨识结果在核心风险点位配置相应的感知设备，避免盲目布点造成的投资浪费及关键点位缺失并存的问题。

数据层完成多源异构感知数据的汇聚、存储、清洗和融合。水厂内部部署的感知设备一般会使用多种通信协议和数据格式，数据层用统一的物联网接入平台把异构数据标准化转换。数据层创建风险主题数据库，将分散的原始数据按照风险管理的业务观点重新组织，形成以风险点为主键的关联数据视图，方便上层应用的数据调用。

模型层是实现智能化分析的主要部分。模型层是封装风险评定算法、趋势预测模型、异常识别规则等数据分析逻辑的地方。模型层设计上坚持可配置、可扩展的原则，不只包含通用的风险评定方法论作为基本框架，又给水厂根据自身工艺特点及管理经验对模型参数实行定制调整留有余地。模型层输出结果主要是风险等级判定、预警信号、趋势分析报告等结构化信息，供应用层调用展示。

应用层是体系面向管理用户的交互界面，包含风险全景展示、预警信息推送、处置任务管理、隐患闭环跟踪、应急指挥调度、责任考核统计等功能模块。应用层的设计以用户角色为中心，不同岗位的人员登录后会看到与其职责有关的信息视图以及操作权限，不会造成信息过载，也不会遗漏核心信息。

4 动态管控体系的核心功能模块与实现路径

4.1 风险辨识与分级管理模块

风险辨识是动态管控体系的逻辑起点。该模块的主要功能就是建立并维护水厂安全生产风险数据库。风险辨识工作以水厂生产工艺流程为主线，按照取水、混凝、沉淀、过滤、消毒、送水等主要工艺单元实行逐项分解，对每个单元中涉及的设备设施、作业活动、化学药剂、能源介质、环境条件等实行全面整合，识别出其中可能引发安全事故的危险源。

风险辨识的方法是定性辨识和半定量评定相结合的方式。定性辨识阶段用工作危害分析法对每一个作业步骤中可能存在的危害因素实行系统排查；半定量评定阶段用风险矩阵法，从事故发生的可能性及后果严重程度两个方面对已辨识出的危险源实行融合评分，据此将风险分为重大风险、较大风险、一般风险以及低风险四个等级。

分级管理是风险辨识的延伸应用。不同等级风险配置不同的管控方略，重大风险由水厂主要负责人直接包保，制定专项管控方案并定期现场核查；较大风险由分管负责人包保，纳入月度重点管控计划；一般风险由部门负责人纳入日常管理；低风险由岗位人员在标准化作业中自主管控。风险分级结果用安全风险四色图在厂区公示，在平台上动态更新，保证全员对风险分布情况了如指掌。

4.2 实时监测与智能预警模块

实时监测和智能预警模块是体系实现主动预防功能的技术基础。该模块是在感知层采集到的实时数据流的基础上运行的，其功能包含监测数据实时展示、异常状态自动识别、预警信号逐级推送这三个子环节。

实时展示模块以工艺流程图为底图，在各个工艺节点上叠加显示核心参数的实时数值和变化趋势曲线，值班人员只需要看一张大屏就可以了解全厂安全运行的态势。监测参数显示的时候还带有正常范围的标识，实时数值接近或者超出设定阈值时，显示界面会发出告警提示。

模块中自带多种分析算法来增加预警的准确性、前瞻性。阈值比较法是最基本的预警方式，即当监测值超过预设的高限或者低限时发出报警。变化速率监测法则关注参数在单位时间内的变化幅度，即使目前值还在正常范围内，但是变化速率过快时也会发出警示，有利于发现突发性事故的早期征兆。多参数关联分析法同时监测多个相关参数，当它们的组合状态偏离正常运行区域时发出预警，可以发现单一参数分析不能发现的非正常工况。

模块根据研判结果确定预警等级，按照预设的规则将预警信息送达相应的管理人员。预警信息的内容有风险位置、风险描述、目前监测数据、可能后果、建议措施。预警发出之后，模块会自动开始计时，如果在设定的时间内没有收到确认接收或者处置反馈，系统就会自动将预警等级升级，并且通知上一级管理人员，然后形成强制性的响应保障机制。

4.3 隐患闭环治理模块

隐患就是风险管控失效的直接体现。隐患闭环治理模块是对已经发现的安全隐患从登记到销号的全过程管理，保证隐患治理不流于形式、不悬而不决。

隐患的来源有三个渠道，一是风险监测预警触发的异常事件经过初步研判后确认为隐患的；二是岗位人员借助巡检或者操作过程中发现的设备缺陷、环境问题、违章行为等；三是外部检查、安全审计等活动中提出的整改事项。所有渠道发现的隐患全部录入平台，生成唯一的隐患编号，完整记录隐患发现时间、发现人、隐患位置、隐患描述、初步判定原因、现场照片等证据信息。

隐患治理流程用 PDCA 循环。计划环节，系统根据隐患等级自动匹配出建议的整改期限，责任部门负责人制定详细的整改方案，指定整改责任人。执行环节，整改责任人按照方案实行治理，平台支持整改过程的阶段性进展填报。检查环节，整改完成后由安全管理部门的专职人员现场验收，确认隐患已经消除且没有产生新的风险。处置环节验收凭借后隐患状态变更为已销号，完整归档；验收不凭借退回整改环节重新处理。

该模块运行时有两个管理要点。其一为超期预警功能，即系统根据整改期限自动提醒即将到期的隐患事项，防止因为遗忘或者拖延造成隐患长期存在；其二为统计分析功能，平台自动生成隐患排查治理的各种统计报表，囊括隐患发现率、整改完成率、平均整改周期、隐患类型分布等，为安全管理决策给出量化依据。

4.4 应急指挥联动模块

应急指挥联动模块是为突发事件状态下的快速响应而服务的，它的价值就是把传统应急响应中靠着人工协调的信息传递以及资源调度流程，转变为平台支撑的标准化、可视化协同流程。

该模块的主要功能有预案数字化管理与智能匹配、应急资源动态管理、指挥过程实时记录这三大部分。预案数字化管理把水厂各种应急预案拆分成结构化的任务单元，每一个任务单元都有执行角色、操作内容及完成时限。突发事件发生时，平台根据事件类型自动调用相应的预案模板，向各个执行角色下发任务指令，避免层层传达造成的时间延误。

应急资源动态管理模块在平台地图上标注应急物资仓库、应急设备存放点、应急队伍驻地、医疗救援机构、外部支援力量等信息，并维护各类资源的目前库存或者可用状态。指挥人员在地图上点选就可以查询到某类资源的位置以及数量，然后快速制定出资源调配方案。

指挥过程实时记录功能可以保证应急处置全过程有迹可循。平台用时间轴的形式来记录事件接报时间、各个岗位响应时间、核心决策时间、任务完成时间等节点信息，然后自动汇总形成处置过程的时间线视图。不只给事后处置评估给予原始依据，又给复盘分析、预案修订给予真实实例数据。

5 结语

水厂安全生产风险管控的数字化转型，不但是技术工具的更新换代，更是安全管理理念和管理模式的深度变革。本文建立的依据智慧水务平台的安全生产风险动态管控体系，以风险全生命周期管理为主线，靠着感知网络、数据中枢、分析模型、业务应用的有机整合，达成风险辨识系统化、状态监测实时化、预警研判智能化、处置协同联动化、责任追溯全程化的目的。该体系的重点价值就是把安全管理由靠着个体经验、间断性检查的被动模式，转变为靠着系统能力、持续监测的主动形式，从根本上增加了风险管控的可靠性、时效性。

参考文献

[1] 雷爱民.智慧水务赋能下的市政给排水系统实时监控与运维优化[J].智能建筑与智慧城市,2026,(S1):280-282.

[2] 吴长峰,谢志诚,钟燕.基于多源信息融合的智慧水务管控平台建设与应用[J].中国设备工程,2026,(12):204-206.

[3] 叶莹.关于智慧水务工程中数据与指令传输系统的设计探讨[J].智能建筑与智慧城市,2026,(6):202-204.

[4] 李卫建.智慧水务的城市雨污分流截流井智能调控[J].智慧中国,2026,(5):14-15.

[5] 黄铎,曲珂,苏尧.智慧水务理念下造纸生产供水一体化智能管控体系构建[J].华东纸业,2026,56(5):97-99.