

孙晨刚, 胡靓, 郭慧超, 等. 城市供水管网运行风险评估模型优化及应用[J]. 净水技术, 2026, 45(2): 81-88.

Sun C G, Hu L, Guo H C, et al. Application and optimization of risk assessment model for urban water supply distribution networks [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(2): 81-88.

城市供水管网运行风险评估模型优化及应用

孙晨刚^{1,*}, 胡靓², 郭慧超², 王亚楠¹

(1. 上海市供水调度监测中心, 上海 200080; 2. 上海市供水水表强制检定站有限公司, 上海 201900)

摘要 【目的】供水管网是城市关键基础设施, 其运行状态与城市功能需求和安全保障紧密关联。城市供水管网具有聚集度高、管龄跨度大、维护环境复杂等特点, 越来越多的供水管道在超出设计寿命或存在不同程度损伤的状态下持续运行, 成为影响城市公共安全的重要风险因素。现亟需通过系统化流程及科学的方法, 提升城市供水管网的运维安全水平。

【方法】供水管网安全风险评估方法作为一种前置性风险管控工具, 对管网系统中的薄弱环节和高风险区域进行识别、量化与分析, 实现了从管道事故的被动响应向风险主动预测与预防的转变。随着城市供水管网基础数据及信息化系统的逐步完善, 供水管网安全风险评估应用日趋成熟。其中, 供水管网风险评估经验模型因其对数据完备性要求较低、数据容错能力较强等优势, 具备良好的适用性与推广潜力, 成为当前供水管网风险评估领域较为常用的模型。文章依据上海市地方标准《城市供水管网安全风险评估技术规范》(DB31/T 1332—2021) (以下简称《规范》), 结合上海市区域内管网实际情况及管网客观规律, 提出一种具有普适性的管网风险评分标准, 对管网安全风险进行量化评估。【结果】以上海市某区域为例进行供水管网运行安全风险评估, 结果表明: 2. 11% 管线评估结果为 V 级风险 (安全), 63. 19% 管线评估结果为 IV 级风险 (低风险), 32. 80% 管线评估结果为 III 级风险 (中风险), 1. 90% 管线评估结果为 II 级风险 (高风险)。管网分级情况良好, 对供水企业管网运行管理具有指导意义。【结论】基于《规范》提出的管网风险评估标准, 可推广应用于不同管网情况的供水区域, 有助于供水企业准确掌握供水管网风险分布状态, 实施基于风险等级的供水管网分级管理, 并配套针对性预防措施。

关键词 供水管网 经验模型 风险评估标准 模型优化 案例分析

中图分类号: TU991 文献标志码: A 文章编号: 1009-0177(2026)02-0081-08

DOI: 10. 15890/j. cnki. jsjs. 2026. 02. 008

Application and Optimization of Risk Assessment Model in Operation of Urban Water Supply Distribution Networks

Sun Chengang^{1,*}, Hu Liang², Guo Huichao², Wang Yanan¹

(1. Shanghai Municipal Monitoring Center of Water Supply, Shanghai 200080, China;

2. Shanghai Water Supply Meter Compulsory Verification Station Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

Abstract [Objective] The water supply networks is a key infrastructure in cities, and its operation status is closely related to urban functional requirements and safety guarantees. The urban water supply pipeline networks have the characteristics of high aggregation, large pipe age span, and complex maintenance environment. More and more water supply pipelines continue to operate beyond their design life or with varying degrees of damage, becoming an important risk factor affecting urban public safety. It is urgent to improve the operational safety level of urban water supply networks through systematic processes and scientific method.

[Methods] As a proactive risk management tool, the water supply networks safety risk assessment method identified, quantified, and analyzed weak links and high-risk areas in the pipeline system, achieving a transition from passive response to pipeline accidents to active risk prediction and prevention. With the gradual improvement of basic data and information systems for urban water supply networks, the application of water supply network safety risk assessment was becoming increasingly mature. Among them, the empirical model for risk assessment of water supply networks had good applicability and potential for promotion due to its low requirements for

[收稿日期] 2025-08-05

[通信作者] 孙晨刚 (1974—), 男, 高级工程师, 主要从事城市供水调度管理及相关信息化技术等工作, E-mail: panzerat74@163.com。

data completeness and strong data fault tolerance, making it a commonly used model in the field of water supply networks risk assessment. Based on the Shanghai local standard—*Technical Specification of Safety Risk Assessment for Urban Water Supply Pipelines Network* (DB31/T 1332—2021) (hereinafter referred to as the *Specification*), combined with the actual situation and objective laws of the pipeline networks in Shanghai, this paper proposed a universal pipeline networks risk scoring standard to quantitatively evaluate the safety risks of the pipeline networks. [**Results**] A case study was conducted to evaluate the safety risks of water supply networks operation in a certain area of Shanghai. The result showed that 2. 11% of the pipeline assessment results were classified as level V risk (safety), 63. 19% of the pipeline assessment results were classified as level IV risk (low risk), 32. 80% of the pipeline assessment results were classified as level III risk (medium risk), and 1. 90% of the pipeline assessment results were classified as level II risk (high risk). The classification of the pipeline networks was good, which had guiding significance for the operation and management of the pipeline networks of water supply enterprises. [**Conclusion**] Based on the risk assessment criteria proposed in the *Specification*, it can be promoted and applied to water supply areas with different pipeline conditions, which helps water supply enterprises accurately grasp the distribution status of water supply networks risks and implement graded management of water supply networks based on risk levels, and provide targeted preventive measures.

Keywords water supply network empirical model risk assessment criteria model optimization case analysis

供水管网是城市重要的生命线基础设施,负责将自来水输送到用户终端,对保障城市正常运行至关重要^[1]。截至2024年底,全国城市供水管网长度达119.9万km。城市供水管网易受多种荷载叠加、耦合作用,进而产生腐蚀、破损、变形等多种病害,导致供水管道输配功能劣化、安全性能降低等问题日益突出。供水管网高漏损率、异常水质、严重爆管等事件造成的资源浪费、经济损失和社会影响巨大,制约城市可持续、高质量发展。

近年来,上海通过应用国内外先进的供水管网检测与监测技术,结合管网改造及非开挖修复等工程实践,构建了一套较为成熟的供水管网运行维护安全保障体系^[2]。上海作为超大型城市,若要保证各类检测、监测手段高覆盖率,则需要超负荷运维人力、设备配置,在此现实约束下,通过科学分级管理手段突破运维瓶颈可实现有限资源约束下的高效运维目标。

供水管网安全风险评估采用系统化方法,识别、分析和量化供水管网系统中的薄弱环节和高风险区域,从而达到管网风险分级管理的目的。近几年,随着城市供水管网基础数据及信息化系统的逐步完善,供水管网安全风险评估应用也日趋成熟。供水管网安全风险评估较为常用的供水管网数据包括,管网物理属性(例如管材、管径、管龄等),管网运维数据(例如漏损率、流速等),管网周边环境(例如土壤酸碱度、埋深等)。城市供水管网风险因素复杂且供水管网基础数据完善程度不一,制约了城市供水管网进行常态化、规模化、系统化的管网风险评估。上海在此方面有一定基础数据及较为完善的信

息化系统,满足管网评估的基础条件,因此可作为本次研究的应用案例。

1 供水管网安全风险评估模型及优化

1.1 供水管网安全风险评估经验模型

在供水管网安全风险评估领域,物理模型、数据模型及经验模型是当前较为常用的方法。其中,物理模型主要基于力学原理,通过分析管道承受的荷载、其自身抗力特性以及内外腐蚀的程度与范围,预测管道失效风险。数据模型则依托数学模型和机器学习技术等,对管网数据进行深度处理与分析,据此评估风险等级的空间分布或预测管道年平均损坏率的变化趋势^[3-4]。经验模型基于指标评估法,确定多个管道风险因素的指标评分,进一步通过指标赋权法,如客观赋权法、主观赋权法及组合赋权法,进行合理权重分配,最终实现供水管道的安全风险分级^[4-5]。上述模型对比如表1所示。

供水管网风险评估经验模型,因其对数据完整度要求不高、对数据容错率较高等优势,推广应用性较强,是现阶段较为常用的市政管网风险评估模型。为响应上海市推进精细化治理与建设安全韧性城市的目标,上海市于2022年正式颁布并实施了地方标准《城市供水管网安全风险评估技术规范》(DB31/T 1332—2021)^[6](以下简称《规范》)。该《规范》以经验模型为基础,基于风险发生可能性评价结果和风险后果评价结果,采用定量和定性相结合的评估方法对管网安全风险进行量化评估。依照风险等级的不同,对供水管网现行风险状况进行评价,并给出相应的处置对策。

表 1 供水管网安全风险评估模型对比
Tab. 1 Comparison of Safety Risk Assessment Models for Water Supply Networks

模型分类	优点	缺点	应用条件
经验模型	易于操作、数据容错率高	有一定主观性	管网基础数据较为完善
数据模型	可减少主观性造成的不确定性与误差	对数据准确率、完整性要求极高,模型结果有效性严重依赖于数据质量	管网基础数据十分完善,数据质量高
物理模型	适用于评估体量较小的特定管网分析	更为精细复杂,对管网结构参数及周边环境参数要求较高	评估体量小,数据质量高

《规范》提出基础风险评估、详细风险评估与专项风险评估 3 个层次评估体系。该体系既全面覆盖了管网系统不同管控层级的需求,又通过三类评估间的内在联系与相互支撑,形成了立体的风险评估框架。其中,基础风险评估主要依托管网基础数据,所需数据指标量最少,旨在对管网风险基本状态做出评估。此评估适合每年常态化开展,有助于管理部门和供水企业掌握管网安全风险的总体态势,并为后续风险排查工作提供指导^[7]。

《规范》规定的基础风险评估,其风险发生可能性评价共计 8 项指标;风险后果评价共计 3 项指标,具体指标如表 2 所示。采用加权求和法对表 2 所列各项指标的评分体系及对应权重进行计算可分别计算出风险发生可能性和风险后果的评价分值。最终,依据这两项分值的组合关系,将风险评估结果划分为 I 级、II 级、III 级、IV 级和 V 级,共 5 个等级。

表 2 城市供水管网安全基础风险评估指标体系
Tab. 2 Basic Risk Assessment Index System for Urban Water Supply Networks Safety

指标类别	指标子类	指标细分类
风险发生可能性	管道物理属性	管材
		管径
		管龄
	管网周边环境	道路等级
		覆土深度(SD)
		区域环境
管网运维状态	管网漏损	
	历史事件	
	影响用户量(NU)	—
风险后果	敷设区域	—
	管网可靠性	—

1.2 供水管网安全风险评估经验模型优化

《规范》评估模型中的各项指标评分体系,主要

基于编制组以上海中心城区为研究实践对象的总结成果,因此具有一定的区域适用性局限。例如,《规范》在统计上海市中心城区供水管网事故数据后发现,DN600~DN800 管径的管道事故发生概率最高;基于这一统计结果,其评分系统相应地将 DN600~DN800 管径的风险评分设定为 9 分,如表 3 所示。而在上海其他区域却呈现 DN300~DN400 管径的管道单位里程事故数最多,由于每个区域管理方式不同,不同口径运用的管材及批次不同,区域内道路施工等对不同管径均有影响,仅根据区域内管损情况来确定管径评分具有一定的区域局限性。文章在《规范》基础上结合管网本体特征,弱化管理因素对评估结果的影响,提出一种更具有普适性的管网基础评估指标评分体系。

表 3 《规范》物理属性指标评分值——管径
Tab. 3 Physical Attribute Index Score Values of the Specification——Pipe Diameters

管径/mm	建议值
500≤管径<600	5
600≤管径<800	9
800≤管径<1 200	4
管径≥1 200	7

文章对《规范》中风险发生可能性评价结果及风险后果评价结果的评分上下限采用《规范》中的加权总和法进行求解,即所有指标取值均落到分值最高/最低区间的得分情况,如表 4~表 7 所示。风险发生可能性得分为 1.212 5~8.417 5,风险发生后后果得分为 2.50~7.35。映射到《规范》中的耦合矩阵,若采用评分向上取整方法,则在评估矩阵中有效等级区间仅 48%(有效等级区间中 I 级占比为 2.1%,II 级占比为 18.75%,III 级占比为 58.3%,IV 级占比为 18.75%,V 级占比为 2.1%);若采用评分向下取整方法,则在评估矩阵中有效等级区间仅 48%(该等级区间 I 级占比为 0,II 级占比为 6.3%,

Ⅲ级占比为 49.9%,Ⅳ级占比为 31.3%,Ⅴ级占比为 12.5%)。可见评估矩阵能够有效取值的等级区间不足半数,且有效等级区间中各等级占比失衡。白金超^[7]使用《规范》提出的基础风险评估方法,对上海某郊区进行分析,分析结果集中在Ⅲ级,过于集中导致对分级管理缺乏指导意义。分析可知,《规范》中单指标评分上下限多数未达到 1 分或 10 分,导致评分区间较为集中,在一定程度上影响评估结果。文章在《规范》基础上增加评分跨度,提出一种更合理的管网基础评估指标评分体系。

表 4 风险发生可能性得分上限

Tab. 4 Upper Limits of Scores for Risk Occurrence Probability

项目	取值	指标评分	权重	得分
管材	灰口铸铁	8	0.16	1.28
管径	DN600~DN800	9	0.06	0.54
管龄	10~20 年/50~70 年	8	0.18	1.44
道路等级	快速路	8	0.1	0.8
SD	<0.6 m	8	0.087 5	0.7
区域环境	机动车道	7	0.062 5	0.437 5
管网漏损	≥12%	8	0.14	1.12
历史事件	年均 3 次以上	10	0.21	2.1

表 5 风险发生可能性得分下限

Tab. 5 Lower Limits of Scores for Risk Occurrence Probability

指标	取值	指标评分	权重	得分
管材	球墨铸铁	1	0.16	0.16
管径	DN400~DN1200	4	0.06	0.24
管龄	30~50 年	2	0.18	0.36
道路等级	支路	1	0.1	0.1
SD	≥2.5 m	1	0.087 5	0.087 5
区域环境	绿化带	2	0.062 5	0.125
管网漏损	<5%	1	0.14	0.14
历史事件	无	0	0.21	0

表 6 风险发生后果得分上限

Tab. 6 Upper Limits of Scores for Risk Occurrence Consequence

指标	取值	指标评分	权重	得分
NU	>2 000 户	7	0.2	1.4
敷设区域	重点区域	8	0.35	2.8
管网可靠性	未形成环状管网	7	0.45	3.15

1.2.1 风险发生可能性指标体系优化

(1) 管道物理属性指标

管道管径越小、管壁越薄,其失效风险相对越

表 7 风险发生后果得分下限

Tab. 7 Lower Limits of Scores for Risk Occurrence Consequence

指标	取值	指标评分	权重	得分
NU	≤500 户	1	0.2	0.2
敷设区域	一般区域	4	0.35	1.4
管网可靠性	环状多路供水	2	0.45	0.9

高,这主要源于两方面因素:一方面,较小管径与较薄管壁使其抗腐蚀能力减弱,更易腐蚀失效;另一方面,管壁较薄也意味着其结构强度较低,在同外部荷载(如土压力、交通荷载)或地面运动(如地震)作用下,承载能力相对较差,从而增加了失效概率。因此,综合作用下呈现出管径越小、管道失效率越高的普遍规律^[8],提出管径评分值如表 8 所示。

表 8 物理属性指标评分值——管径

Tab. 8 Physical Attribute Index Score Values——Pipe Diameters

管径/mm	《规范》 建议值	管径/mm	调研后调整 评分值
[500,600)	5	[300,400)	10
[600,800)	9	[400,600)	7
[800,1 200)	4	[600,800)	5
[1 200,+∞)	7	[800,1 000)	3
		[1 000,+∞)	1

管道的整个生命周期失效率通常用“浴缸曲线”表示,即随使用时间变化分为 3 个阶段:初生期、稳定期和衰退期^[9]。初生期主要由于管材本身或者管道施工质量造成管道事故的发生,而非管道本身劣化,考虑到不同区域管理水平不一致、施工质量不一致、管材批次不一致,难以得到一致的客观规律。研究^[10-11]也表明,管道敷设时间变长,管道劣化导致的失效概率更高,为客观有效的管网老化规律。因此文章提出的管龄评分值仅考虑管龄增长所造成管网老化致使的管网安全问题。结合国办发〔2022〕22 号《城市燃气管道等老化更新改造实施方案(2022—2025 年)》(以下简称《实施方案》)中提到的建议,更新改造供水管道包括运行年限满 30 年,存在安全隐患的其他管道相关内容,本次评分值的调整不再对 30 年以上的管道管龄进行细分,如表 9 所示。

依据《实施方案》,水泥管道、石棉水泥管道以及无内衬防腐措施的灰口铸铁管道被明确列为供水管网更新改造的重点对象。而球墨铸铁管和钢管在

表 9 物理属性指标评分值——管龄

Tab. 9 Physical Attribute Index Score Values——Pipe Ages

管龄/年	《规范》 建议值	管龄/年	调研后调整 评分值
[0,10)	5	[0,5)	1
[10,30)	8	[5,10)	2
[30,50)	2	[10,15)	3
[50,70)	8	[15,20)	5
[70,+∞)	6	[20,30)	8
		[30,+∞)	10

供水安全性方面表现突出,作为市政供水管线更具综合优势^[12]。根据材料可靠性,提出管材评分值如表 10 所示。

(2) 管网周边环境指标

管道 SD 是表征外部活动对其干扰程度的关键因素。SD 越浅,管道受地面交通荷载或周边施工等外部机械扰动的影响越显著,进而导致事故风险相应升高,提出 SD 评分值如表 11 所示。

道路等级越高,车辆荷载越复杂,对管线干扰程度越高。提出道路等级评分值如表 12 所示。

表 10 物理属性指标评分值——管材

Tab. 10 Physical Attribute Index Score Values——Pipe Materials

项目	球墨铸铁管	钢管	聚乙烯管	其他化学建材管道	石棉水泥管	灰口铸铁管
《规范》建议值	1	2	3	4	6	8
调研后调整评分值	1	2	3	4	10	10

表 11 管网周边环境指标评分值——SD

Tab. 11 Scoring Values of Environmental Index around the Pipelines Network——SD

项目	SD ≥ 2.5 m	1.5 m ≤ SD < 2.5 m	1.0 m ≤ SD < 1.5 m	0.6 m ≤ SD < 1.0 m	SD < 0.6 m
《规范》建议值	1	2	3	6	8
调研后调整评分值	1	2	4	6	10

表 12 管网周边环境指标评分值——道路等级

Tab. 12 Scoring Values of Environmental Index around the Pipelines Network——Road Grade

项目	支路	次干路	主干路	快速路
《规范》建议值	1	3	6	8
调研后调整评分值	1	4	7	10

考虑三交位置(交叉路口、交叠管线和交变荷载)的叠加作用对供水管道的扰动作用更严重,在《规范》基础上增加交通路口指标,提出区域环境评分值如表 13 所示。

表 13 管网周边环境指标评分值——区域环境

Tab. 13 Scoring Values of Environmental Index around the Pipelines Network——Regional Environment

项目	绿化带	人行道	非机动车道	机动车道	交通路口
《规范》建议值	2	4	5	7	—
调研后调整评分值	1	3	5	7	10

(3) 管网运维状态指标

参考各类政策文件均对供水管网漏损率(PL)做出了相关要求^[13-15],提出 PL 评分值如表 14 所示。

表 14 管网运维状态指标评分值——PL

Tab. 14 Scoring Values of Pipelines Operation and Maintenance Status Index——PL

PL	《规范》 建议值	PL	调研后调整 评分值
PL < 5%	1	PL < 6%	1
5% ≤ PL < 8%	3	6% ≤ PL < 9%	3
8% ≤ PL < 12%	6	9% ≤ PL < 12%	6
PL ≥ 12%	8	12% ≤ PL < 15%	8
		PL ≥ 15%	10

上海中心城区由于管网敷设密度更高、荷载作用更为复杂,管网损坏频率更高。在应用推广中,上海郊区管网损坏频率较低,综合考虑上海市各区域管径为 DN300 以上每年历史事件数量,在《规范》基础上降低、细化历史事件评分要求,提出评分值如表 15 所示。

1.2.2 风险发生后果指标体系优化

NU 的推算一方面考虑开放性爆管导致的突然的管道压降,影响的用户的用水量;另一方面,考虑到抢修期间管道的阀门关闭后,由于管网的结构影响,对用户造成的降压或断水等情况。在应

表 15 管网运维状态指标评分值——历史事件
Tab. 15 Scoring Values of Pipelines Operation and Maintenance Status Index——Historical Events

历史事件/次	《规范》建议值	历史事件/次	调研后调整评分值
无	0	无	0
年均次数小于 1 次	5	0<3 年总次数≤1	6
年均次数 1~3 次	7	1<3 年总次数≤2	7
年均次数 3 次以上	10	2<3 年总次数≤3	8
		3<3 年总次数≤4	9
		3 年总次数>4	10

表 16 风险后果指标评分值——NU
Tab. 16 Risk Consequence Index Score Values——NU

项目	NU≤500 户	500 户<NU≤1 000 户	1 000 户<NU≤2 000 户	2 000 户<NU≤4 000 户	NU>4 000 户
《规范》建议值	1	3	5	7	—
调研后调整评分值	1	3	5	7	10

表 17 风险后果指标评分值——敷设区域
Tab. 17 Risk Consequence Index Score Values——Pipelines Trench Area

项目	一般区域	重点区域 辐射区	重点区域 邻近区	重点区域
《规范》建议值	4	—	6	8
调研后调整评分值	1	5	7	10

表 18 风险后果指标评分值——管网可靠性
Tab. 18 Score Values of Risk Consequence Index——Pipelines Reliability

项目	形成环状 管网且有 多路供水	形成环状 管网仅有 单路供水	未形成 环状 管网	未形成环状管 网且为区域输 水主干管
《规范》建议值	2	5	7	—
调研后调整评分值	1	5	8	10

2 供水管网安全风险评估模型应用案例

文章以上海市某区域管径为 DN300 及以上的供水管网作为风险评估目标对象,基础数据资料由该区域供水企业提供,管网总长度统计为 1 163 396 m。目标管网的管径分布在 DN300~DN1600;所涉管材依据规范分类方法,包含球墨铸铁管、钢管、聚乙烯管、灰口铸铁管、其他化学建材管道及石棉水泥管,共计 6 类;管网服役年限为 0~46 年。此外,研究统计了该区域 2019 年—2023 年的管道历史事件数据, DN300 及以上管损事件 512 起中共计 502 起管损事件成功提取响应坐标,将坐标导入至地理信息系统(GIS),剔除掉误差大于 30 m 或管径不对应及

用推广中,降压造成的 NU 普遍较高,在《规范》基础上增加 NU>4 000 户评分区间;提出评分值如表 16 所示。

敷设区域在《规范》基础上引入重点区域辐射区(重点用户的直径 1 000 m 范围内的供水管线)的概念,以对区块进行更为细致的划分;提出评分值如表 17 所示。

管网可靠性指标考虑到未形成环状管网且为区域输水主干管管损事件引起的风险后果,增加该评分区间,提出评分值如表 18 所示。

坐标不合理的管道,共收集有效管损事件记录 404 起。根据新的指标评分体系及《规范》中的量化方法进行风险评估,结果表明,评估中风险发生可能性结果为 2~8 分,共计 7 档,如表 19 所示;风险发生后果结果为 1~10 分,共计 10 档,如表 20 所示。将风险发生可能性结果与风险发生后果结果进行耦合分析显示,2.11% 管线为 V 级风险(安全),63.19% 管线评估结果为 IV 级风险(低风险),32.80% 管线评估结果为 III 级风险(中风险),1.90% 管线为 II 级风险(高风险),分布情况如图 1 所示。风险等级结果分为 4 个等级,管网分级情况良好,并对供水企业管网运行管理具有指导意义。

表 19 风险发生可能性结果
Tab. 19 Results of Risk Probability

风险发生可能性等级	总长/km	占比
2 分	0.33	0.03%
3 分	95.69	8.22%
4 分	643.21	55.29%
5 分	299.07	25.71%
6 分	89.28	7.67%
7 分	35.59	3.06%
8 分	0.22	0.02%

依据《规范》设定的评估结果可靠性验证标准,若历史风险事件中发生在 I 级、II 级及 III 级高风险管道的比例达到事件总量的 50% 及以上,则可判定评估结果具备可靠性。本次评估中,基于管网

表 20 风险发生后果结果
Tab. 20 Results of Risk Consequences

风险发生后果等级	总长/km	占比
1分	17.25	1.48%
2分	31.27	2.69%
3分	201.37	17.31%
4分	242.42	20.84%
5分	422.12	36.28%
6分	180.63	15.53%
7分	42.27	3.63%
8分	24.84	2.14%
9分	1.21	0.10%
10分	0.01	0

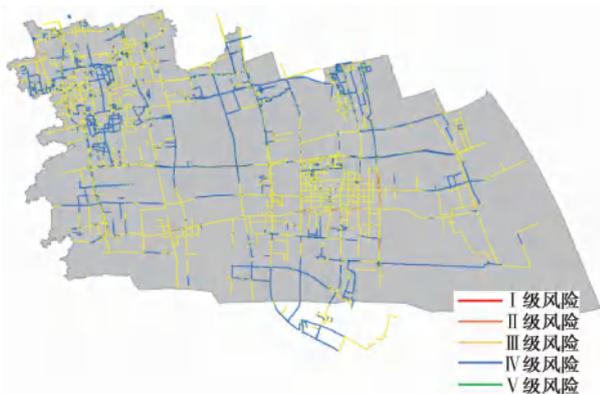


图 1 上海市某区域供水管网运行风险等级图
(DN≥300 mm)

Fig. 1 Risk Level Map of Water Supply Networks Operation in a Certain Area of Shanghai (DN≥300 mm)

系统历年事件记录及维修数据对结果进行验证。由表 21 可知, 76.2% 的历史风险事件分布于上述 I ~ III 级高风险管道, 显著超过可靠性阈值; 同时, 高风险管网的分布情况经供水企业实地核实, 与本区域实际状况相符。综上, 本次风险评估结果可信度较高。

表 21 项目验证
Tab. 21 Project Validation

项目	数值
管损管道	378 段
I ~ III 级风险等级管道	288 段
I ~ III 级风险等级管道占比	76.2%

3 总结与展望

风险评估经验模型以其操作性强、容错率高、指标全面等优势, 常被应用于供水管道的安全风险评

估。《规范》评估模型中各指标的评分体系是参考上海中心城区的相关管道基础数据进行总结而成, 具有一定区域局限性, 但《规范》表明: 其提出的评估内容与实施要求并不是强制性和约束性内容, 随着管网评估的技术更新和在应用中的验证, 可根据实际情况进行适当扩展与完善。因此本文在《规范》的基础风险评估体系的基础上结合管网本体特征, 弱化管理因素对评估结果的影响, 提出一种具有普适性的管网基础评估指标评分体系。在调整后的评估体系中, 管材、管径、管龄等管道基础属性更加重视管道客观规律的影响。各项指标的评分值最低设为 1 分、最高设为 10 分, 且评分区间缩小或各区间分值分布差距加大, 并结合区域实际情况及政策要求等, 增加或改变部分指标的评分区间项, 如区域环境、PL、历史事件、敷设环境、管网可靠性等, 使评分体系更加详尽及完善。

通过该评估体系对上海市某区域供水管网进行安全风险评工作, 并得到相应的管网风险等级。分析表明, 该区域管网风险等级结果为 II ~ V 级, 管网分级情况良好, 管网运行情况符合本区域现状, 可为该区域供水管网系统的短期、长期维护改造提供可靠依据。基于《规范》调整后的评估体系, 也可为其他城市管网风险评估的有效应用提供强有力的技术支撑, 为全国管网风险评估方法的普及奠定良好基础。

同时在对该区域的风险评估工作中发现, 基础资料存在部分数据不完善、不准确、不统一的情况。管网风险评估工作中基础数据处理为最重要的环节之一, 基础数据的完整度、准确度将直接对评估结果造成较大的影响。因此建议供水企业进一步完善供水管道基本信息、环境信息及运维信息, 并纳入供水管理信息系统, 实现动态更新, 以加强基础数据及管网运维的精细化管理。

针对已有管网风险评估体系, 后期可通过数字化手段, 分阶段实现自动化评估, 最终达到供水管网一键化、自动化、可视化风险评估的目的。通过各区域管网风险评估工作, 逐步建立全市管网风险隐患清单, 进而通过上海市全市一体化管网风险评估, 统筹了解全市供水管网综合运维情况, 可对行业管理提出建设性建议或措施。

参考文献

[1] 李永林, 叶春明. 城市供水系统风险评估模型研究 [M]. 上

- 海:复旦大学出版社,2015.
- Li Y L, Ye C M. Research on risk assessment model of urban water supply system[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2015.
- [2] 胡靓. 基于经验模型的供水管网风险评估[J]. 工程技术研究, 2024, 9(12): 226-228.
- Hu L. Risk assessment of water supply pipe network based on empirical model[J]. Engineering and Technological Research, 2024, 9(12): 226-228.
- [3] 王云亮, 乔庆, 韩冰. 数据驱动的供水管网安全评估模型应用实践[J]. 给水排水, 2023, 49(7): 140-147.
- Wang Y L, Qiao Q, Han B. Application practice of data-driven safety assessment model of water supply pipeline network[J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 49(7): 140-147.
- [4] 乔庆, 徐兆凯, 王云亮. 基于 AHP-熵权法组合赋权的供水管网安全评估方法[J]. 城镇供水, 2022(6): 50-57.
- Qiao Q, Xu Z K, Wang Y L. Water supply network safety assessment method based on AHP entropy weighting combined weighting[J]. City and Town Water Supply, 2022(6): 50-57.
- [5] 李兰娟, 孟珊. 基于层次分析法和风险矩阵法的城镇供水管道安全风险评估[J]. 净水技术, 2025, 44(3): 52-59.
- Li L J, Meng S. Safety risks assessment of urban water supply pipelines based on AHP and risk matrix methods[J]. Water Purification Technology, 2025, 44(3): 52-59.
- [6] DB31/T 1332—2021 城市供水管网安全风险评估技术规范[S].
- DB31/T 1332—2021 Technical specification of safety risk assessment for urban water supply pipelines network[S].
- [7] 白金超. 城市供水管网基础风险评估的若干问题[J]. 中国市政工程, 2024(2): 58-61, 145-146.
- Bai J C. Several issues on risk assessment of urban water supply network foundation[J]. China Municipal Engineering, 2024(2): 58-61, 145-146.
- [8] 靖一丹. 考虑失效风险评估因素的城市供水管网系统优化调度[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- Jing Y D. Optimization and scheduling of urban water supply network system considering failure risk assessment factors[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2021.
- [9] 张圆. 城市供水管网健康诊断方法研究及应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- Zhang Y. Research and application of health diagnosis method for municipal water supply network[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.
- [10] 侯奕伶, 徐连军, 信昆仑. 基于管道寿命分析的爆管风险统计改进方法[J]. 净水技术, 2021, 40(1): 96-100, 128.
- Hou Y L, Xu L J, Xin K L. Improved statistics method of burst risk for water supply pipelines based on analysis of pipe's lifetime[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(1): 96-100, 128.
- [11] 陈能, 信昆仑, 莫宇琨. 基于管材分类的供水管网爆管风险预测模型[J]. 净水技术, 2018, 37(1): 112-116.
- Chen N, Xin K L, Mo Y K. Model of risk prediction for water supply pipelines burst based on pipe material classification[J]. Water Purification Technology, 2018, 37(1): 112-116.
- [12] 郭金鹏, 齐轶昆, 刘彦辉, 等. 北方某城市供水管道破损分析及预防措施研究[J]. 给水排水, 2023, 49(5): 150-155.
- Guo J P, Qi Y K, Liu Y H, et al. Damage analysis and prevention measures of municipal water supply pipeline in north city of China[J]. Water & Wastewater Engineering, 2023, 49(5): 150-155.
- [13] 中华人民共和国国务院. 水污染防治行动计划[M]. 北京: 人民出版社, 2015.
- The State Council of People's Republic of China. Action plan for prevention and control of water pollution [M]. Beijing: People's Publishing House, 2015.
- [14] 住房和城乡建设部办公厅, 国家发展改革委办公厅. 关于加强公共供水管网漏损控制的通知[EB/OL]. (2022-01-19) [2025-08-05]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/04/content_5671995.htm, 2022-01-19.
- Office of the Ministry of Housing and Urban Rural Development, Office of the National Development and Reform Commission. Notice on strengthening leakage control of public water supply pipeline network[EB/OL]. (2022-01-19) [2025-08-05]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/04/content_5671995.htm, 2022-01-19.
- [15] 上海市人民政府办公厅. 关于印发《上海市水系统治理“十四五”规划》的通知[EB/OL]. (2021-06-23) [2025-08-05]. <https://swj.sh.gov.cn/ghjhua/20231026/5ff13d6928654c82a744e7e0efbca063.html>, 2021-06-23.
- Office of the Shanghai Municipal People's Government. Notice on issuing the 14th five year plan for water system management in Shanghai[EB/OL]. (2021-06-23) [2025-08-05] <https://swj.sh.gov.cn/ghjhua/20231026/5ff13d6928654c82a744e7e0efbca063.html>, 2021-06-23.