

水利供水系统管网安全运行管理研究

王禄宏

定西市水务投资集团有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要]随着城镇化步伐不断加快及社会发展水平不断提高,水利供水系统是城市生命线系统之一,供水系统管网的安全稳定运行关乎人民群众日常生活生产的生活秩序和社会公共安全问题。此文就供水系统管网的安全运行管理工作进行探讨,在供水管网的构成及其结构特征的基础上,着重剖析了目前管网存在的运行安全隐患,主要体现在管道老化损坏漏水现象、供水水质变差、设施设备发生故障等问题以及外部自然环境因素及人为干扰等方面。最后基于上述内容,分别在制度保障制定、巡查养护加强、智能监控方式运用、警报应急预案建设以及提高人员素质等几个方面提出有效的管理改进策略。研究分析了建立科学化、信息化的管道安全保障体系为保障水质安全的有效途径之一。

[关键词]供水管网; 安全运行; 风险分析; 智慧水务; 应急管理

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19166

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Research on Safe Operation and Management of Water Supply System Pipeline Network

WANG Luhong

Dingxi Water Investment Limited Company, Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: With the accelerating pace of urbanization and the continuous improvement of social development level, the water conservancy and water supply system is one of the lifeline systems of cities. The safe and stable operation of the water supply system pipeline network is related to the daily life and production order of the people and social public safety issues. This article discusses the safe operation and management of the water supply system pipeline network. Based on the composition and structural characteristics of the water supply pipeline network, it focuses on analyzing the current operational safety hazards of the pipeline network, mainly reflected in problems such as pipeline aging, damage, leakage, deterioration of water supply quality, equipment failure, as well as external natural environmental factors and human interference. Finally, based on the above content, effective management improvement strategies are proposed in several aspects, including the formulation of institutional guarantees, strengthening of inspection and maintenance, application of intelligent monitoring methods, construction of alarm and emergency plans, and improvement of personnel quality. The study analyzed that establishing a scientific and information-based pipeline safety assurance system is one of the effective ways to ensure water quality safety.

Keywords: water supply network; safe operation; risk analysis; smart water management; emergency management

引言

供水管网是城市基础设施的重要部分之一,负责把经过净化处理过的水送到千家万户的任务。供水工程建设总投资中,供水管网占有的造价大约为70%以上,所以必须要做多种方案计算对比,从而实现减少投资、节能降耗、保障供水安全等目的。伴随着我国城镇化水平逐年提升,供水管网覆盖范围也在逐渐扩大,整个管线总长也是不断增加,但是与此同时管网老化严重,泄漏量大增,水质安全隐患也不断增多等一系列问题也随之而来。尤其是很多城市供水管网建立时间相对久远,受限于当时技术水平

以及材料标准等问题的影响导致供水管道的基础性信息缺失严重、使用寿命过长、缺乏足够的保养等问题普遍存在着,对供水安全造成极大的威胁。强化供水管网的安全管理工作是保证城镇能够平稳发展的必要措施之一,同时还是建设节水型文明城、合理利用有限水资源的有效手段。文章将以供水系统的管网及其组成结构及特征为基础,对供水管道运行中存在的各类隐患进行全面剖析并给出改进意见,希望能够为供水公司做好自身的管理提供借鉴。

1 水利供水系统管网的组成与结构特点

供水网路是一个复杂的巨大系统,包括输水管道,配

表1 水利供水系统管网主要风险类型与特征

风险类型	主要成因	易发部位/环节	主要危害后果
管道破损与泄漏	管材老化、施工质量缺陷、地基沉降、压力波动	管道接口、弯头处、老旧管网	水资源浪费、水压下降、爆管、路面塌陷
水质污染	管道锈蚀、二次供水设施污染、负压吸入、管网末梢水停留	入户镀锌管、二次供水水箱、管网末端	危害公众健康、引发社会事件、水厂信誉受损
设备运行故障	机械磨损、电气老化、维护保养缺失	水泵机组、控制阀门、排气阀、监测仪表	供水中断、调度失灵、压力失控、水锤破坏
外部环境与人为	自然灾害、第三方施工破坏、交通荷载、误操作	交叉施工区域、野外敷设段、道路下方管道	突发性爆管、大规模停水、修复成本高昂

水管路, 加压水泵站, 水塔, 水池及管网中的各种附件等。由水源地至水厂输水管道主要用于输送原水, 由水厂发出的管道叫配水管路, 在配水管路之中进行输送的主要管道叫干管, 分布在街区内部直接给用户供汽的就叫支管。管路上需要安装一些必须的配件, 在适当位置安装阀门, 消火栓, 在管路高处要安装排气阀, 在管路低处要安装排水阀等。根据结构形态分为枝状式与环状式两种基本方式, 枝状式管网构造简便, 费用较低, 但是供水安全性差; 环状管网管道互相交叉连接构成环状循环线路, 在某一段出现问题时可以关闭阀门切断这一部分使别的部分继续向外界供水, 安全性大大提高。管材方面, 水管材质有非金属管(如: 钢筋混凝土管、塑料管、增强型玻璃钢夹砂管等)、金属管(如: 铸铁管、球墨铸铁管、钢管等), 球墨铸铁管和各式各样的塑料管因为使用效果较好而越来越受到青睐。

2 水利供水系统管网安全运行面临的主要风险

2.1 管道破损与泄漏风险

管道破损及泄漏是供水管网运行过程中最常见的、危害最大的风险形式。损失不但会使大量的宝贵水资源流失掉, 而且会引起整个管网供水压力降低、耗电量上升, 极端情况下会造成爆管、路面塌陷等一系列事故的发生。而造成这种现象的原因主要是由于在管道施工过程中没有做好防水工作。水管地基差、管道沟槽底部凹凸不平、采用机械挖泥之后没有任何平整处理措施, 放水以后水管下沉幅度大以至于把接口处破坏甚至把水管破坏。除了这个之外还有就是管道敷设太浅也是一个造成漏水的主要方面, 在整个管网中出现漏水的地方大多数都在敷设深度小于1米的管道上, 埋藏得太浅的话, 抗压强度就小了, 很容易破裂渗漏^[1]。供水压力的影响也是不可小觑的, 在城市管网上水压分布不均, 一处漏水的话, 漏水的量与管网的压力成正比关系, 供水压力长时间处于高压状态或者瞬间压力变化太大都会导致爆管事件的发生。老化的供水管

网长期带病运行也是随处可见的现象, 城市的供水网基本是在上世纪八九十年代铺设完成至今已经有相当大的年限, 长期超期运行维护不到位, 许多供水管路已经非常陈旧, 出现跑、冒、滴、漏甚至爆管现象屡见不鲜。

2.2 水质污染风险

水质安全问题是供水工作的重点, 在输配水过程中水质受到污染直接影响到人民群众的身体健康。原因主要是输配水过程中水质污染的问题严重, 管道的材质问题值得重视, 入户的镀锌管道使用年限过长, 管道质量差而导致了管道腐蚀, 从而产生二次污染的问题。其次二次供水设施清洗不到位, 水罐、水塔长期不清刷消毒, 杂质沉积使得水质变差, 出现黄水以及出现悬浮物较多的现象, 再者由于管网运行状况的变化也会造成水质不合格的现象发生, 例如: 管网检修完之后没有清洗干净, 水流速度太慢造成了水在管道里长时间滞留, 产生负压吸进污染物等都会影响到管网末梢水质安全。

2.3 设备运行故障风险

给水管网的安全运行有赖各种重要设备相互配合。增压泵站是保障管网压力必不可少的部分, 泵机、电器控制等任何一个部分出现问题都会造成局部的压力不稳定乃至断水。阀门是整个管网系统中控制与切断的重要组成, 长期在水中或者潮湿的情况下很容易出现生锈导致卡滞现象, 一旦发生管线破裂等情况不能迅速切断故障段会造成大面积停水。排气阀失效会造成管道里的气体不能及时排除出去不但影响供水效率而且容易产生水锤现象。流量计、压力表等测量仪器出现偏差, 就会使得调度员不了解管网实际工作状况。

2.4 外部环境与人为因素影响

给水管道铺设在地下, 它的运行安全保障受外部环境以及人为活动的巨大影响。由于天灾的原因: 强烈的地震会造成地表变动、土壤疏松、建筑物倒塌等现象的发生,

使输水配水管线发生偏转或爆炸、井盖被压、掩埋；大雨、大洪水造成崩塌、建筑物倒塌，也使输水配水管线发生偏转或爆炸，这些均会使供水管线受损。由于人祸的原因：恐怖主义破坏供水管网虽然是很极端的情况，但是供水管网被称为城市的“生命线”，也是恐怖主义分子扰乱社会稳定的一种方式，例如破坏输水配水管线干线或者非法关闭主控开关造成全市性的停水等。最普遍的原因就是第三方施工破坏，在城市建设中道路挖掘、铺设地下管线、打孔等如果没有与供水管网保持足够的安全间距或缺乏必要的防护措施就有可能导致供水管网遭到破坏^[2]；除此之外还有由于行车荷载反复碾压，管道周围土体被侵蚀以及绿化种植深根性植物等都会给管道埋下安全隐患。

3 水利供水系统管网安全运行管理优化措施

3.1 完善管网运行管理制度体系

机制是管理的基础，完善健全权责分明的供水管道运营管理机制体系是做好供水安全的根本基础。供水公司一定要坚持做好“安全第一、预防为主”的工作方针。建立权责分明、运转高效的安全生产责任制体系，在组织架构上建立健全安全生产委员会，做到层层有责、环环相扣，全面落实好安全生产责任制；在制度建设上，要细化落实好责任追究、教育培训、危险作业管控等一系列重要制度，加强制度支撑力度，制订出台安全生产制度 27 项，包括责任追究、教育培训、危险作业管控等重点工作环节，保证制度贯彻落实到位。另外还要建立健全隐患治理双重预防机制，在整个供水链条上全面梳理分析风险隐患源并编制《安全风险分级管控清单》，持续进行隐患排查整治工作并形成闭合式管理，健全相关制度还应该涵盖管网工程技术档案管理、设备台账管理、维修保养记录、事故统计分析等方面内容，使管网运维工作有章可循。

3.2 加强管网巡检与维护管理

管网巡查是排查风险隐患的第一道屏障，供水企业要组建专业的巡查队伍，实施“日巡+专查”并重巡查方式保障管网运行安全，日巡做到主要支路、老城区管网及其附属设施全盘检查，重点是巡视是否有锈蚀，是否老化等问题；汛期、冬季等特殊时期进行针对性检查，提前防范风险。管网巡查要采取分区划块到人负责的方式只有明确管段才能杜绝重复或者盲区的问题发生。管网巡查频率最好以一天两次为宜，巡线频率过高实际上就是走过场，导致管网无人管理的状态出现。如果存在周边有其它管线施工或者道路改造的地点，在突发事故的预防期内，巡查频率应调整为每日两次或者每隔一小时巡查一次。严重情况下 24 小时派人值守。巡检的内容包括静态与动态两个部

分，静态是指对管线所经过的道路地形，阀门井部位等是否发生变化，动态则是看是否出现明显的泄漏或是隐性漏水等问题，自八月份至今已进行巡查 500 多次，通过事先预防处理的方式建立安全保障的实际案例证明了经常性的细致检查可以减少事故的发生概率。

3.3 推进信息化与智能化监测技术应用

新兴的信息技术给对管网的安全运维管理提供有力的技术支持，供水单位要尽快建立智慧水务平台，发挥 GIS 系统的远传流量计、压力传感器的监控作用，及时获取供水管网的运行资料，把握好供水管网实时的运行状况，利用 GIS 系统的管网资产管理，把管网的空间坐标、埋深、管线材质、管线直径、建成年限等属性进行量化，作为日常维保及突发抢修时的可靠依据。对于漏损控制，利用管网水力模型，根据民用需求进行分区改造，并设置多层次的计量装置，在对比查看 DMA 分区水量及管网压力值等情况时可以迅速定位到管网的故障问题^[3]；监测预警方面，基于测压测流系统实时监测的特点建立起了“预警-联动-修复”的及时反应体系，做到了整个管道系统的实时智能检测、分析处理、预警判定等功能。智能检测供水管网的压力流量以及各区段的漏水情况等。城市生命线工程实践也证明了这个系统经过试点运营之后其应急处置能力提高了 3 倍，智能化程度非常高。

表 2 供水管网信息化与智能化监测技术对比

技术手段	核心功能	主要优点	应用场景与局限性
GIS 地理信息系统	管网资产可视化、空间定位、属性查询	数据管理规范、辅助规划设计、应急定位准确	依赖数据录入准确性，主要反映静态信息
SCADA 监测系统	实时监测压力、流量、水位、水泵状态	实时性强、数据连续、支持远程控制	投资较高，对微小泄漏的识别存在局限
DMA 分区计量	区域流量监控、夜间最小流量分析	主动漏损控制效果好、漏点定位精准	需管网具备分区条件，初期建设停水影响较大
在线水质监测	连续监测余氯、浊度、pH、电导率	预警水质突变、保障末梢用水安全	传感器需定期校准维护，设备成本较高

3.4 建立完善的风险预警与应急管理机制

对于各种突发风险必须建立健全风险预警及应急管理体系。供水公司需建立健全“全时段、全流程、全覆盖”的应急管理体系。针对预案制定要编制专项应急预案和现场处置方案，包括水管破裂漏水，水质污染，自然灾害等

不同情景,及时评估更新保证预案切实可行。针对应急队伍建设,要有专业的维修队伍,加强培训和演练提高协同作战能力。应急响应最重要的就是快,采用系统预警加人工复查的方式及时筛查出上半年供水高峰期的二十多个漏点,给后面的抢修工作争取了充裕的时间。应急物资储存也是一个不可缺少的部分,应制定好供水管道(各类管径及材质)的应急抢修方案,编制应急抢修设备机具准备计划,如应对不同类型管材进行快速卡固修复的方法及工具、切割器械以及柔性管件快速通水装置等。另外还要保持好管网控制阀门、放空冲洗排放阀门等设施良好状态,供水管网发生紧急事件时,第一要务就是要迅速将问题地段从管网中排除掉,尽量保障整个管网可以继续使用。

3.5 提升运行管理人员专业能力

所有先进技术和完善的制度,最后还是要由人去落实实施。加强运行管理人才队伍建设是保证管网安全正常运行的前提性工作。供水公司应当定时组织进行技能知识的培训学习,课程以泵站运作实践为核心,采取“理论+实践+交流讨论”三位一体的教学方法,包括电力电气基本常识、水泵机组操控技术、巡视保养检修、安全生产规章制度、突发事件处理技巧等内容,结合大学讲师系统的讲解和现场实操以及一线工程师的经验传授,并结合现场教学和小组讨论的方式加深理解记忆,使学员掌握全面的业务技能知识^[4]。巡查员是管网运维的一线哨兵,巡查员的职业素质至关重要,强化巡视员职业素质以及专业化能力的培养是提高管网管理水平的重要一环,更是从被动维护到主动维护的重要方式,在此基础上还要完善考核奖惩制度,把管网巡查到位情况、隐患排查数量、故障修复速度等列入考评依据之中,增强工作人员的使命感与积极性;管网出现问题越早发现并且处理越快就能越少投入管网

维修保养成本,提升服务质量。

4 结语

供水管网的安全运营管理是一个综合性的系统工程,包括有:设备设施、运行管理、监测手段、应急管理以及人员素质等方面;目前很多城市的供水管网都面临着老化的趋势越来越严重以及漏水率增加等问题,传统的被动式维修方式已经不能满足新的发展形势需要了,针对这些问题进行系统的剖析管网运行过程中的风险隐患点,从健全管理制度、强化巡视维修、实施科学监测、建立应急响应机制、提高人员水平等方面探索改进方法。随着互联网+、大数据、AI等新一代信息技术迅速发展起来,管网安全管理工作正在朝着智能化、精准化、预见性发展的趋势去走。下一步,将进一步聚焦于安全这条主线,不断加强压实责任、防范化解各类风险隐患和完善应急预案体系建设,加快实施一系列供水安全保障项目,全面构筑起城市供水安全保障网,要以科技创新、管理创新双管齐下,不断增强供水管网的安全性,以更好满足人民群众对供水安全的需求。

[参考文献]

- [1]韩笑锋,寇焱.绍里木城市供水系统的工程管理及优化措施[J].中国建筑金属结构,2023,22(11):196-198.
- [2]于洪恩,王瑞锋,吴婷,等.水利工程供水管道工程施工技术探讨[J].建材发展导向,2026,24(1):82-84.
- [3]王亚兵.论水利供水管道顶管施工技术及管理[J].全面腐蚀控制,2025,39(6):81-83.
- [4]高学先.水利工程供水管道安装施工中技术的应用[J].中国储运,2024(9):71-72.

作者简介:王禄宏(1986.10—),男,毕业院校:河西学院,专业:土木工程,目前就职单位:定西市水务投资集团有限公司,职称:中级。