

曹智, 孙梦琪, 林明利, 等. 华北平原城市供水漏损控制策略案例[J]. 净水技术, 2024, 43(8): 146-153.

CAO Z, SUN M Q, LIN M L, et al. Case study on solutions of urban water supply leakage control in north China plain cities[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(8): 146-153.

华北平原城市供水漏损控制策略案例

曹智^{1,2,*}, 孙梦琪^{1,2}, 林明利^{1,2}, 劳德坤³, 张荣鼎³

(1. 住房和城乡建设部饮用水安全保障工程技术创新中心, 北京 100044; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044; 3. 北京海悦金宏环保科技有限公司, 北京 100080)

摘要 华北平原城市普遍存在水资源短缺问题, 成为制约城市发展的重要因素, 城市公共供水管网漏损控制是城市节水的重要内容。研究以 A 市为例开展华北平原城市供水漏损控制策略案例研究, 提出了一套基于供水水量平衡分析与漏损控制潜力预测的漏损控制目标制定方法, 并结合华北平原城市供水系统特点制定一套漏损控制系统方案, 并重点介绍了 A 市分区计量管理建设与运维方案。研究结果表明, 华北平原城市可从摸清家底、更新设施、调控压力、提升计量、引智赋能、完善机制 6 个方面开展城市公共供水管网漏损控制工作, 对于以小区管网漏损为主的的城市应采取自下而上的分区计量建设路线, 并完善分区计量平台、建立管理体制、规范工作流程。研究可为同类城市开展城市公共供水管网漏损控制工作提供指导。

关键词 供水管道 漏损控制 分区计量 水资源 水平衡分析

中图分类号: TU991 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2024)08-0146-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.08.020

Case Study on Solutions of Urban Water Supply Leakage Control in North China Plain Cities

CAO Zhi^{1,2,*}, SUN Mengqi^{1,2}, LIN Mingli^{1,2}, LAO Dekun³, ZHANG Rongding³

(1. Engineering Technology Innovation Center for Drinking Water Safety and Security, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing 100044, China;

2. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China;

3. Beijing Haiyue Jinhong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Beijing 100080, China)

Abstract The shortage of water resources is a common problem in North China Plain cities, which has become an important factor restricting urban development. Leakage control of urban public water supply network is an important part of urban water conservation. This study took City A as an example to carry out a case study of urban water supply leakage control strategy in North China Plain, proposed a set of leakage control target formulation methods based on water supply balance analysis and leakage control potential prediction, and developed a set of leakage control system scheme in combination with the characteristics of the urban water supply system in North China Plain, and focused on introducing the zoning metering management construction and operation and maintenance scheme of City A. The research results showed that cities in the North China Plain could carry out the leakage control of urban public water supply pipe network from six aspects: finding out the family background, updating facilities, regulating pressure, improving measurement, introducing intelligence and enabling, and improving the mechanism. For cities with small area pipe network leakage as the main factor, the bottom-up district meter areas construction route should be adopted, and the zoning measurement platform should be improved, the management system established, and the workflow standardized. Research can provide guidance for similar cities to carry out urban public water supply network leakage control work.

Keywords water supply pipeline leakage control district meter areas water resource water balance analysis

[收稿日期] 2024-05-07

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2021YFC3200802)

[通信作者] 曹智(1995—), 男, 硕士, 研究方向为城市供水管网漏损控制、海绵城市, E-mail: 2292817440@qq.com.

加强城市供水管网漏损控制, 提升水资源利用效率和效益, 是深入贯彻落实习总书记生态文明思想、关于节水工作的重要讲话和指示批示精神的具体行动, 是缓解城市水资源供需矛盾、保障水安全的

必然选择,对推进城市供给侧改造,实现高质量发展具有重要意义^[1]。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出,实施国家节水行动,建立水资源刚性约束制度,强化城镇节水降损。《“十四五”节水型社会建设规划》明确提出,到2025年城市公共供水管网漏损率控制在9%以内^[2]。华北平原城市普遍存在水资源短缺问题,成为制约城市发展的重要因素,在该地区实施公共供水管网漏损控制具有显著的经济效益与社会效益^[3]。本研究以A市为例开展华北平原城市供水漏损控制策略研究,明确了漏损控制目标制定方法,并提出了华北平原城市漏损控制系统方案,为同类城市公共供水管网漏损控制提供参考。

1 城市概况

A市是华北平原典型城市,中心城区面积为298 km²,城镇人口为174.58万人,属暖温带半湿润大陆型季风性气候。全市多年平均降水量为591.6 mm,受季风影响,雨量季节变化大,分布不均,其中

夏季(6月—8月)降水量为410.3 mm,占年降水量的69%左右。A市水资源禀赋较差,人均水资源量为308 m³,不足全国平均水平的1/6,属于极度缺水地区。在供水管网漏损控制方面,2021年A市城市建成区供水管网漏损水量为1 512万 m³,综合漏损率15.9%,修正后的漏损率为9.75%。

1.1 供水水源

无外调水源,过分依赖地下水源供水,“十三五”期间地下水源年均供水量为13.5亿 m³,约占全市总供水量的57%,浅层地下水和深层地下水开采率分别达到137%和345%,地下水超采严重。

1.2 供水管网

供水系统管网总长度为1 479.4 km,中心区域以环状管网为主,四周以支状管网向外辐射,环状管网比例为90%以上。球墨管材占比最大达到41%,DN75~DN300的管道占总管长的比例达到约69.5%,管龄30年以上的管网占比8%(图1)。供水管网平均压力约为0.37 MPa,压力分布相对均匀,没有明显的高压区与低压区之分。



图1 A市供水管网管材、管径、管龄分布

Fig. 1 Distribution of Pipes Materials, Diameters, and Ages in the Water Supply Network of City A

1.3 供水服务

水厂供水(生产部门)、管网营销(营收部门)水量,由设备部门按照流量计独立计量核算。原水费和水资源费较高,地表水源原水税费为1.29元/m³,地下水源原水税费为1.46元/m³。公共供水服务覆盖范围为223 km²,注册用水户为177.6万,其中居民用户为175万,非居民用户为2.6万。

2 漏损控制目标确定方法

为了制定合理的漏损控制目标,应实施城市供水水量平衡分析,针对漏损水量构成提出拟采取的漏损控制措施并预测措施漏损控制潜力,最后确定

漏损控制目标并识别工作重点^[4]。

2.1 供水水量平衡分析方法

供水水量平衡分析依据《城镇供水管网漏损控制及评定标准》(CJJ 92—2016)^[5]开展。

供水总量根据水厂出水流量计累积计量数据统计,计费用水量由营销部门收费水量统计,免费用水量主要是市政消防灭火及训练用水,由消防部门收集相关数据和实际用水协议等资料获得,其他免费用水量(如施工管线冲洗等)通过施工过程中计量数据统计获得。漏损水量为供水总量与计费水量和免费水量的差值。

漏失水量为明漏水量、暗漏水量、背景漏失水量以及水箱、水池的渗漏和溢流量之和。根据 A 市供水管网漏点实际检测数量,按照漏点流量计算方法^[6],估算 2021 年 A 市供水管网明漏水量和暗漏水量约为 450 万 m³。通过水量平衡法用漏损水量减去明漏暗漏水量、计量损失、其他损失得出背景漏失量为 705 万 m³。

计量损失可通过开展总分表计量损失试验确定。根据 A 市目前水表口径、月均用水量和用水特性的不同,根据水表计量管理部门掌握的数据统计,A 市供水计量损失水量占供水总量的比例约为 2.2%,2021 年为 209 万 m³。

其他损失包括非法用水、用户拒查等管理因素造成的误差,根据 2021 年 A 市用水稽查、多级检查发现的违规用水量统计,估算 2021 年 A 市供水中其他损失水量为 148 万 m³。

2.2 供水水量平衡分析结果

漏失水量占主导地位,其中小区供水管网是漏损重灾区。A 市 2021 年供水管网漏失水量为 1 155 万 m³,约占供水总量的 12.2%,约占总漏损水量的 76.4%。由此可见,漏失水量是 A 市供水管网

漏损水量的主要组成。进一步分析漏失水量的构成可以发现,A 市小区庭院漏损水量为 1 015 万 m³,约占全年供水总量的 10.7%,约占全年漏失水量的 67.1%,为 A 市供水管网漏损水量的主要来源,是试点城市降低漏损率的主要方向。2021 年 A 市市政管网漏损水量为 140 万 m³,约占全年供水总量的 1.5%,约占全年漏失水量的 9.3%。

计量损失水量来源于非居民用户表具误差。A 市 2021 年计量损失水量 209 万 m³,约占总供水量的 2.2%,约占总漏损水量的 13.8%。其中有 131 万 m³ 是非居民用户表具误差引起的,这可能是由于 A 市工商业用户水表周换进度较慢,目前存在较多超期服役计量器具。

非法用水量下降空间大。2021 年非法用水及其他“人情水”等原因导致的漏损水量为 148 万 m³,约占总供水量的 1.5%,约占总漏损水量的 9.8%。非法用水主要来源为“人情水”、未按月抄表累积误差、私接偷漏水量及其他未明原因的非物理层面管网漏损水量。目前 A 市在非法用水管控方面力度不够,采取的技术手段相对落后,非法用水量下降空间较大。2021 年 A 市供水水量平衡分析如表 1 所示。

表 1 A 市 2021 年供水水量平衡分析
Tab. 1 Analysis of Water Supply Balance in City A in 2021

分类	水量/m ³	分类	水量/m ³	百分比	分类	水量/m ³	百分比	分类	水量/m ³	百分比
供水总量	9 498 万	注册用户水量	7 986 万	84.1%	计费用水量	7 796 万	82.1%	计费计量用水量	7 796 万	82.1%
								计费未计量用水量	0	0
					免费用水量	190 万	2.0%	免费计量用水量	109 万	1.1%
								免费未计量用水量	81 万	0.9%
		漏损水量	1 512 万	15.9%	漏失水量	1 155 万	12.2%	小区内水箱、楼前管、 入户管等损失	1 015 万	10.7%
								市政管网漏失	140 万	1.5%
					计量损失水量	209 万	2.2%	居民用户总分表差	78 万	0.8%
								非居民用户表具误差	131 万	1.4%
					其他损失水量	148 万	1.5%	非法用水、用户拒查等 管理因素造成的误差	148 万	1.5%

2.3 漏损控制潜力分析

2021 年 A 市城市建成区供水管网漏损水量为 1 512 万 m³,综合漏损率为 15.9%,修正后的漏损率为 9.75%,现状水量漏损包括漏水水量、计量损失水量和其他损失水量,但主要集中在未改造的老旧小区和劣质管材小区的供水管线漏损。随着“十四五”期间供水设施更新改造和供水管网分区计量工

程的完善,预计可降低 10%~13%小区内水箱、楼前管、入户管等损失,7.3%~13.8%市政管网漏失。通过加强计量器具全生命周期管理和非居民用户表具更换,预计可降低计量水量损失 12.0 万~23.0 万 m³。通过加强用水稽查和营收管理、大范围推广消防栓智能防盗水预警装置,预计可降低非法用水、用户拒查等管理因素造成的水量损失 20.0 万~30.0

万 m³。

在 2021 年城市供水管网水量平衡分析表的基础上,针对漏损构成,提出拟采取的漏损控制措施,预测措施实施后的预期成效,推演 2025 年供水管网

漏损水量在 1 308 万~1 368 万 m³,综合漏损率在 13.0%~13.6%,修正后的漏损率在 6.3%~6.9%,预计每年可节水 150 万 m³,节电 70 万 kW·h,大幅降低城市供水成本,详细推演过程如表 2 所示。

表 2 A 市 2025 年供水管网漏损控制预期目标推演分析

Tab. 2 Deduction and Analysis of Expected Target of Water Supply Network Leakage Control in 2025 in City A

2021 年漏损现状	分类	水量/m ³	拟采取漏控措施	预期控制漏损量	2025 年漏损预期
漏损水量为 1 512 万 m ³ ,综合漏损率为 15.9%,修正后漏损率为 9.75%	小区内水箱、楼前管、入户管等	1 015 万	小区庭院供水管网改造 工商业户供水管网改造 二次供水设施进出水管网改造	降低 10%~13% 降低漏损水量为 101.5 万~132.0 万 m ³	漏损水量为 1 308 万~1 368 万 m ³ ,综合漏损率为 13.0%~13.6%,修正后漏损率为 6.3%~6.9%
	市政管网漏失	140 万	市政供水管网改造 市政供水管网阀门设施更新 分区计量体系完善 定期实施暗漏普查 加强市政供水管网压力监测 加强市政供水管网运行维护	降低 7.3%~13.8% 降低漏损水量为 10.3 万~19.4 万 m ³	
	居民用户总分表差	78 万	加强计量器具全生命周期管理	降低漏损水量为 2.0 万~3.0 万 m ³	
非居民用户表具误差	非居民用户表具	131 万	水厂出厂流量计更新改造 大范围推广智能取水栓 工商业户水表更新改造	降低漏损水量为 10.0 万~20.0 万 m ³	
	非法用水、用户拒查等管理因素造成的误差	148 万	加强用水稽查与营收管理 大范围推广消防栓智能防盗水预警装置	降低漏损水量为 20.0 万~30.0 万 m ³	

2.4 漏损控制目标制定

(1) 目标指标

到 2025 年,A 市城市供水管网设施基本健全,供水管网分区计量全覆盖,问题供水管网和超期服役计量器具基本改造完成,供水管网高效运行,管网压力调控稳定均衡,节能降耗效果显著,基本建成较为完善的公共供水管网建设改造、运行维护管理制度和约束激励机制,实现供水管网的网格化、精细化管理。

到 2022 年底,A 市城市供水管网漏损率控制在 9%以下,2023 年底达到 8.3%以下,2024 年达到 7.5%以下,2025 年达到 7%以内;城市供水管网分区计量覆盖率达到 98%以上;供水管网事故障率在 0.2 件/(km·a);城市供水输配千方水能耗在 2020 年的基础上下降 15%以上,净水厂自用水率控制在 5%以下;用户龙头水水压不低于 0.05 MPa,不高于 0.15 MPa。

(2) 重点工作

通过对 A 市供水管网漏损成因分析,确定了

“十四五”时期 A 市供水管网漏损控制 6 项重点工作。①加大漏损严重小区庭院供水管网改造力度;②深化完善供水分区计量管理体系;③更新升级智能化计量器具;④加大消防设施沿线窃水的整治力度;⑤建立供水管网漏损控制激励机制;⑥加强供水管网主动暗漏检测。

3 供水管网漏损控制系统方案

基于已确定的漏损控制目标指标与识别出的工作重点,以 A 市为例提供一套适用于华北平原城市的供水管网漏损控制系统方案,主要包括摸清家底、更新设施、调控压力、提升计量、引智赋能、完善机制 6 个方面(图 2)。

3.1 摸清家底

一是动态更新和完善供水管网 GIS 系统,全面掌握供水管网状态。查清地下管网及漏失情况是管网漏损控制的前提,由于部分市政供水管网老旧和小区管网未移交,导致资料缺失、管图不清的情况较为严重,管网数据准确率不高,覆盖面不全。进一步完善企业管网运维部门 GIS 数据长效动态更新工作

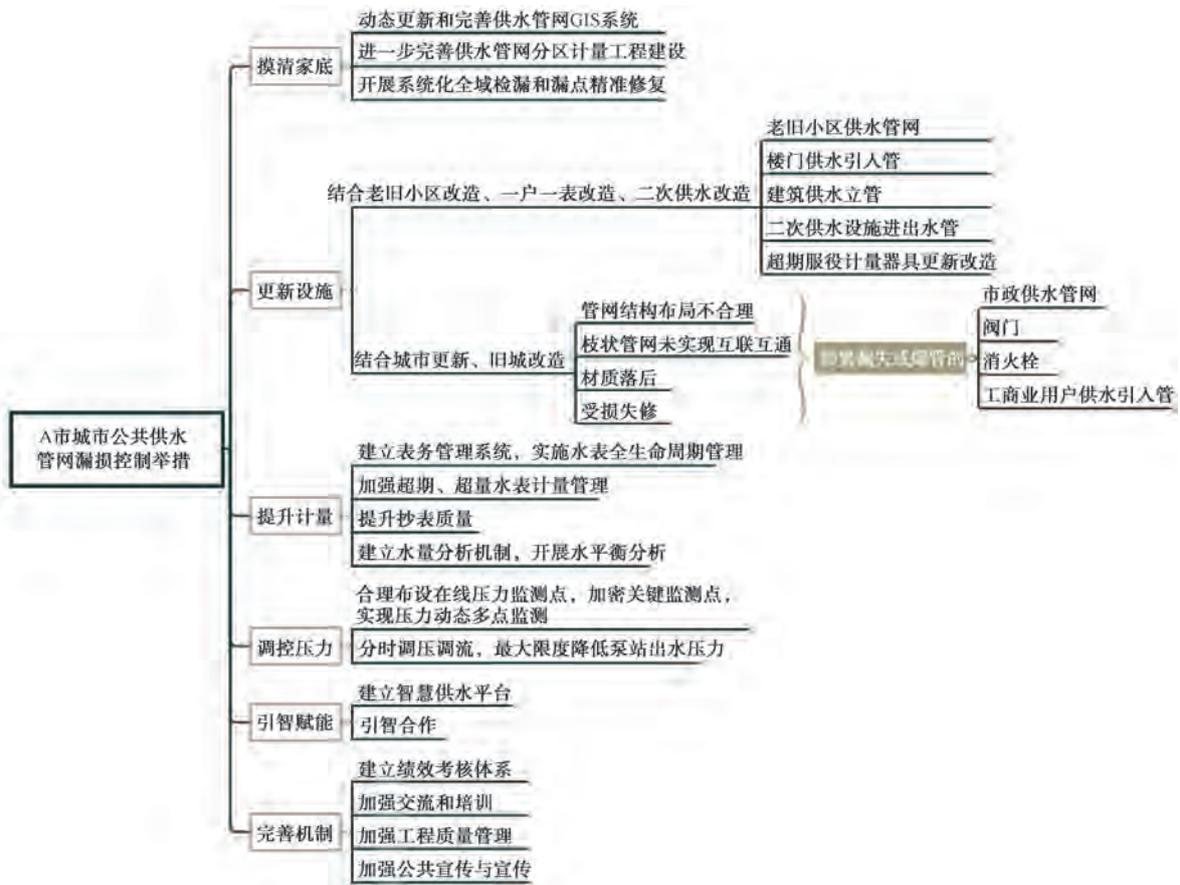


图2 供水管网漏损控制体系框架

Fig. 2 System Framework of Water Supply Network Leakage Control

机制,加强技术力量,通过图纸现场校对、探坑定点、关阀测试、巡管仪定位等多种方法,对不清管线全面勘察,做到查清一条记录一条,定准一片规划一片,完善管网多属性数据,逐步完善管网GIS系统,实现管网可视化管理、查询、分析、展示、空间拓扑关系。

二是进一步完善供水管网分区计量工程建设。以现有小区独立计量区域(DMA)管理作为二级分区,随着老旧小区逐步改造,进一步扩散DMA覆盖范围。在此基础上,逐步建立和完善一级分区,构建形成多级嵌套的涵盖出厂计量-各级分区计量-用户计量的管网流量计量传递体系,精准识别漏损空间分布和构成,将管网漏损监测、控制工作及其管理责任分解到各分区,实现供水的网格化、精细化管理。

三是开展系统化全域检漏和漏点精准修复。通过加强业务培训与交流,培养和扩大自有检漏队伍,完善绩效考核机制,实现检漏队伍全覆盖。通过实施合同节水管理模式,与漏损检测专业技术机构合

作,引进外援,与自有队伍形成良性竞争。同时,依靠科技手段,引进国内先进的噪声监测预警系统,实现由人工检漏向智能检漏、由被动检漏向主动检漏逐渐过渡,提高检漏效率和成效。

3.2 更新设施

按照轻重缓急,聚焦工作重点,将有限的资金优先用在“刀刃”上,把老旧小区地下管线、楼门引入管、建筑给水立管、超期服役水表、问题市政管线等优先作为重点改造项目。

一是结合老旧小区改造、二次供水改造,对老旧小区供水管网、楼门供水引入管、建筑供水立管、二次供水设施进水管更新改造。

二是结合城市更新、旧城改造,对管网结构布局不合理、枝状管网未实现互联互通、材质落后或受损失修造成频繁漏失或爆管的市政供水管网、阀门、消防栓以及工商业用户供水引入管更新改造。

3.3 提升计量

严格表具管理,严格抄表质量,努力将计量损失

降至最低。

一是建立表务管理系统,实施水表全生命周期管理。统一规范水表选型、采购、入库、安装、检修、更换、报废各流程,开展水表普查,建立工作台账,形成常态化稽查机制,提高计量精度,减少计量损失。

二是加强超期、超量水表计量管理。整理超期、超量水表清单,开展周期性换表工作,结合表计累积水量、用水特点等建立水表动态周检机制。

三是提升抄表质量。全面推行手机抄表业务,提高抄表准确率,促进抄表催费业务一体化,实现表务信息及时维护。

四是完善水量分析机制,开展水平衡分析,对漏失水量、计量损失、管理损失进行全要素管理与分析。加强消防水量、绿化环卫水量、城中村、拆迁地区的分区监测,发现异常立即排查,加强用水稽查,打击窃水,确保水量应收尽收。

3.4 调控压力

通过优化管网布局,实时调控水厂出水压力和流量,优化管网压力调节模式,实行整体控压、局部增压(减压)、统一调度,实现经济控压、保障供水安全、降低漏损控制目的。合理布设在线压力监测点,加密关键监测点,实现压力动态多点监控。

小区供水水压以 21~25 m 的供水压力为控制节点,在小区进口加装控压阀和流量计,通过 DMA 分区建设精准调控小区水压。

3.5 引智赋能

一是建立智慧供水综合平台,逐步形成以数字化为手段、以信息化为支撑、以智能化为引领的智慧水务管理格局。通过信息化建设,打通 DMA 漏损管理系统、智慧水务管控一体化平台、营收系统、供水调度实时监测系统、二次供水远程监控中心、呼叫报装系统之间的壁垒,完成业务和数据集成应用,实现信息数据互联互通。依托 DMA 漏损管理系统、智慧水务管控一体化平台、营收系统、供水调度实时监测系统、二次供水远程监控中心、呼叫报装系统的建设与完善,有效指挥开展信息管理、管网运行、水量分析、应急处置、数据挖掘等工作,使漏损控制的科学化、精准化水平大幅提升。

二是引智合作,开展试点示范,以点带面积累漏损控制经验。实施合同节水管理,引入社会资本共同参与漏损控制,共享漏损效益。遵循“先消化、再转化、再优化、后固化”的思路,引进先进的管理理念、

机制和检漏控漏技术、设备,结合自身实际创新优化,形成漏损控制本土化特色。

3.6 完善机制

人是漏损控制的实施主体,要充分调动人、鼓励人、约束人,必须依靠机制完善,做到制度机制管住人。

一是建立绩效考核体系。打破平均主义、以包代管的管理模式,建立覆盖全流程、多层级、全岗位的绩效考核制度,逐层传递压力,严格奖优罚劣。

二是加强交流和培训。搭建内部交流平台,组织各类经验交流会,组织各类新技术培训会和实操培训。

三是加强工程质量管理。工程质保期由 2 年延长至 3 年,将施工-验收-责任人等全部信息纳入供水智慧综合管理平台,实施工程质量终身负责制。

四是加强公众宣传与参与。结合国家节水型城市建设,充分利用城市供水服务热线,广泛宣传城市节水,动员全社会广泛参与供水管网漏损控制工作。

4 分区计量建设方案

4.1 分区计量管理总体设计方案

根据《城镇供水管网分区计量管理工作指南——供水管网漏损管控体系构建(试行)》,基础资料较完善的管网、拓扑关系简单的管网、以输配水干线漏损为主的管网,宜优先采用自上而下的分区路线。基础资料不完善的管网、拓扑关系复杂的管网以配水支线漏损为主的管网,宜优先采用自下而上的分区路线。

A 市小区供水管网漏损严重,同时已建设了 587 个 DMA 小区,根据《城镇供水管网分区计量管理工作指南——供水管网漏损管控体系构建(试行)》,拟采用自下而上的分区路线,建设三级计量分区,以城区主要干道、过市区铁路和自然地形为边界划分 8 个一级计量分区,在 8 个一级计量分区的基础上根据城区道路及供水管理情况进一步划分为 12 个二级计量分区,在现状 587 个 DMA 分区的基础上每年新增 60 个 DMA 分区作为三级计量分区,如图 3 所示。

4.2 分区计量设备与数据传输设备选型安装

分区计量仪表选择应考虑:1)是否运行稳定、可靠;2)是否具备数字信号无线传输接口或无线传输功能;3)是否满足一定恶劣条件下的防腐要求;



图3 A市分区DMA管理总体设计方案

Fig. 3 Overall Design Plan for DMA Management in City A

4) 售后服务、价格等其他因素。针对A市分区计量的数据采集点多且分散,以及户外环境条件差的特点,确定分区计量仪表选型以超声波双向计量表及多声道超声波流量计为主,选择SCL-76和SCL-80超声波流量计。流量计应能采集并存储下列相关数据:起始读数、终止读数、总用水量、夜间最小流量及出现时间、夜间最大流量及出现时间、瞬时流量、累积流量、时间、速度及速度分布、压力等,可以根据实际需要选择相关数据。如仪表出现故障应能存储不低于48h的数据。远传系统数据采集时间宜设置在5min或10min或15min,根据实际需要可以调整;以每天的00:00起,每4h上传一次数据(也可以根据实际需要调整);如出现故障,修复后应能续传未传的数据。如使用电池供电,供电时间应不少于3年。

待建一级分区拟安装具有远传功能的流量计29台,分别需要加装DN600流量计1处、DN500流量计2处、DN400流量计12处、DN300流量计9处、DN200流量计1处、DN150流量计3处、DN100流

量计1处。在一级计量分区基础上二级分区计划安装流量计3台,安装大用户远传3套。分别需要加装流量计DN500流量计2处, DN300流量计1处。

4.3 分区计量平台完善

A市已建设DMA分区计量管理平台,拟从以下3个方面进一步完善该平台。

一是制定数据标准,提高传输数据的准确性。为了保证分区数据统计的准确性,营收系统须明确用户所在的DMA分区,待营收系统将用户与分区的对应关系明确后,再将用户信息、月用水量、抄表日期等数据传给DMA管理系统,保证数据的准确性。

二是完善平台功能,实现一级、二级分区计量。进一步完善分区计量管理平台有关用户数量、用水量、分区进(出)水量、夜间最小流量、水压、水质等数据的存储、统计分析及决策支持功能。

三是打通数据孤岛,协同推进分区计量管理。对接智慧水务管控一体化平台、营收系统、供水调度实时监测系统、二次供水远程监控中心、呼叫系统,做好数据对接,打通信息孤岛^[7]。

4.4 分区计量运维管理

A市自来水公司拟围绕分区计量平台建立健全漏损控制运维管理体制机制,明确工程部、营业部、抢修部、降差办等部门在供水管理漏损控制方面的工作职责与工作流程,充分发挥分区计量体系在漏损控制方面的作用。

针对分区计量平台提示结果异常的管段,营业部应及时通知工程部,由工程部组织测漏小组使用相关仪、多探头相关仪、听漏仪等设备对漏水点进行精确定位,并通知抢修部进行抢修。抢修部抢修时应对漏点数据做好记录,包括漏点区域地点、发现时间、修复时间、漏水原因、管材和管径大小、事故点运行压力、漏点破损面积、漏点流量、漏水性质、漏点照片等;并将数据提交降差办,降差办对漏点数据信息做好整理分析,为评价城市漏损控制成果、系统研究城市漏损控制潜力提供数据基础。

5 结论

本研究以A市为例开展华北平原城市供水漏损控制策略研究,明确了漏损控制目标制定方法,并提出了华北平原城市漏损控制系统方案,为同类城市公共供水管网漏损控制提供参考,主要结论如下。

(1)为了制定合理的漏损控制目标,应实施城市供水水量平衡分析,针对漏损水量构成提出拟采取的漏损控制措施并预测措施漏损控制潜力,最后确定漏损控制目标并识别工作重点。

(2)华北平原城市可从摸清家底、更新设施、调控压力、提升计量、引智赋能、完善机制 6 个方面开展城市公共供水管网漏损控制工作。

(3)对于以小区管网漏损为主的城市应采取自下而上的分区计量建设路线,并完善分区计量平台、建立管理体制、规范工作流程。

参考文献

- [1] 王瑞彬,陈峰,张蕊,等. DMA 管理在济南市供水漏损控制中的应用[J]. 净水技术, 2019, 38(2): 1-6, 46.
WANG R B, CHEN F, ZHANG R, et al. Application of DMA management in leakage loss control in Jinan water supply [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(2): 1-6, 46.
- [2] 张志果. 论城市公共供水管网漏损控制的内涵与要求[J]. 净水技术, 2022, 41(4): 1-3, 22.
ZHANG Z G. Discussion on connotations and requirements of leakage control for public water supply networks [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(4): 1-3, 22.
- [3] 梁灵君,刘翠珠. 降水及人类活动对北京市平原区地下水位变化影响分析[J]. 净水技术, 2021, 40(10): 78-85, 143.

- LIANG L J, LIU C Z. Influence of precipitation and human activities on groundwater level change in plain area of Beijing City [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 78-85, 143.
- [4] 胡颖梦. 基于水量平衡分析的供水管网漏损研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2022.
HU Y M. Study on leakage of water supply pipe network based on water balance analysis [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2022.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇供水管网漏损控制及评定标准: CJJ 92—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for water loss control and assessment of urban water distribution system: CJJ 92—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [6] 李辰晨,李晶. 管道漏点漏失流量的数值模拟计算[J]. 城镇供水, 2020(2): 33-36, 11.
LI C C, LI J. Numerical simulation of leakage flow in pipeline leak point [J]. City and Town Water Supply, 2020(2): 33-36, 11.
- [7] 施焯. 基于区域供水实际的供水管网分区及漏损控制[J]. 净水技术, 2021, 40(s2): 1-5.
SHI Y. Division and leakage control of water supply network based on regional water supply practice [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(s2): 1-5.

(上接第 145 页)

- [6] 李萌,郭效琛,徐一凡,等. 宁波市海绵城市在线监测体系构建及应用[J]. 给水排水, 2019, 55(9): 133-138.
LI M, GUO X C, XU Y F, et al. The building and application of sponge city online monitoring system in Ningbo City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(9): 133-138.
- [7] 郑涛,唐志芳,张敏. 基于监测及排水模型的海绵城市小区建设效果评估[J]. 中国给水排水, 2022, 38(9): 118-122.
ZHENG T, TANG Z F, ZHANG M. Assessment of community reconstruction performance during sponge city construction based on online monitoring and drainage model [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(9): 118-122.
- [8] 郭效琛,赵冬泉,辛克刚,等. 基于在线监测的海绵城市源头项目径流控制效果评价研究[J]. 给水排水, 2020, 56(1): 57-63.
GUO X C, ZHAO D Q, XIN K G, et al. Research on runoff volume control assessment of source control projects in sponge city

- based on on-line monitoring [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(1): 57-63.
- [9] 吕永鹏,张格,莫祖澜,等. 再谈平原河网地区汇水分区分[J]. 给水排水, 2019, 55(9): 55-59.
LÜ Y P, ZHANG G, MO Z L, et al. A new approach for watershed delineation in plain river network area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(9): 55-59.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 海绵城市建设评价标准: GB/T 51345—2018[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Assessment standard for sponge city construction effect: GB/T 51345—2018 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.