

供水管网漏损管控体系构建与实践

蒋俊海

(广西绿城水务集团股份有限公司, 广西 南宁 530029)

摘要: 供水管网漏损即造成了水资源浪费,也给供水企业带来经济损失,严重影响企业可持续发展。漏损构成复杂,包括真实漏失、计量损失与管理损失等,如何精准找到漏损的关键控制因子,是提高控漏资金使用效率的核心。A市面对高漏损率挑战,构建并实施了一套涵盖水量平衡分析、管道探漏修漏、表具计量效率优化、管网分区管理及压力调控等措施的系统性漏损管控体系。通过供水漏损控制实例,实现了A市近三年综合漏损率由15.57%降至11.88%。该体系的构建思路与具体实践,达到节水控制效果显著,以为同类城市提供参考。

关键词: 漏损控制;分区计量;表务管理;加压站调蓄

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0374-06

Construction and Practice of Leakage Control System for Water Supply Network

JIANG Junhai

(Guangxi Nanning Waterworks Group Company Limited, Nanning 530029, China)

Abstract: The leakage of water supply network not only causes the waste of water resource, but also brings the economic loss to water supply enterprises, seriously affecting the sustainable development of enterprises. The leakage composition is complex, including real leakage, metering loss and management loss. How to accurately identify the key control factors of leakage is the core of improving the utilization efficiency of leakage control funds. Facing the challenge of high leakage rate in City A, a systematic leakage management and control system is built and implemented covering water balance analysis, pipeline leakage detection and repair, meter metering efficiency optimization, regionalized management of pipe network, pressure regulation and other measures. Through the case of water supply leakage control, the comprehensive leakage rate of City A has been reduced from 15.57% to 11.88% in the past three years. The construction idea and specific practice of this system have achieved remarkable water-saving control effects in order to provide reference for similar cities.

Keywords: leakage control; regionalized metering; management of meter affair; regulation of pressure-boosting station

0 引言

供水管网漏损既造成大量水资源浪费,也给供水企业造成严重经济损失,制约其财务可持续性。近年来,国家高度重视供水管网漏损控制(下称:控漏)。2022年,住房和城乡建设部与国家发展改革委办公厅联合发布《关于加强公共供水管网漏损控制的通知》,明确要求到2025年将全国城市公共供水管网漏损率力争控制在9%以内^[1]。然而,根据《城市

建设统计年鉴》^[2],我国2024年的平均管网漏损率仍高达12.4%,距目标尚有差距。因此,在今后很长一段时期内,管网漏损控制仍将是供水企业的一项重点工作。

供水管网漏损构成复杂^[3],主要包括真实漏失、计量损失和其他损失。真实漏失含明漏、暗漏、背景漏失及水箱水池的渗漏和溢流;计量损失指居民与非居民用户水表的计量误差;其他损失则包括未经水司授权的私自用水及因管理因素导致的损失(漏抄、水表丢失等)。目前,已有多种方法应用于漏损控制管理,例如主动漏失控制^[4]、表观漏损控制^[5]、夜间最小流量法分析^[6]、压力管理^[7]、独立计量区管理^[8]和绩效评估^[9]等。

漏损构成及控制的复杂性,使得漏损控制成为

收稿日期: 2026-04-13

基金项目: 广西绿城水务集团股份有限公司科研项目——南宁市供水管网漏损治理技术优化与示范项目

作者简介: 蒋俊海(1976—),男,学士,高级经济师,从事水处理技术、饮用水安全保障研究工作。

一个系统工程。供水企业如何选取突破点,识别关键控制因子,是提高控漏资金使用效率的关键。

1 供水系统基本概况

A 市 B 水务公司(下称 B 公司)服务人口超 500 万,拥有 8 座自来水厂,设计总供水规模约 190 万 m³/d,居民生活用水占总售水量约 70%,运营管网总长度超 5 000 km。

A 市 2022 年的综合漏损率为 15.57%(按行业标准修正前),通过分析 A 市的管网特征,发现主要存在以下问题。(1)管网漏损构成不明确。由于缺乏系统的管网水量计量体系,使得难以确定管网漏损的构成及空间分布,造成了漏损控制的盲目性。(2)管网老化程度较高。据不完全统计,A 市供水管网管龄超过 30 年的老旧管道总长度超 500 km,约占全市管网长度的 10%,使漏点频发。(3)管网压力难以调控。A 市地处典型丘陵地区,地区空间高程差异显著,同时由于缺乏市政直供楼层的明确标准,部分区域直供楼层最高可达 12 层,给市政管网的压力调控带来了较大困难。目前,管网平均运行压力为 0.27MPa,部分区域甚至超过 0.5MPa。(4)智能水表普及率低。非居民和居民用户水表智能化水平不高,水量计量仍以人工抄表为主,制约了数据的准确性和及时性。

2 管网漏损控制体系构建与成效

通过系统梳理管网漏损现状与主要问题,B 公司重点开展了水量平衡分析、管道主动探漏、表具计量效率分析、管网分区管理及压力调控等方面的技术开发与应用,形成了适合 A 市的漏损控制体系,使综合漏损率从 15.57%降至 11.88%。

2.1 水量平衡分析

水量平衡分析是掌握漏损构成的重要基础。国际水协会(International Water Association, IWA)建立了水量平衡分析的基本框架,我国行业标准《城镇供水管网漏损控制及评定标准》^[3]对其进行了适应性修正。实践表明,水量平衡表不应是一成不变的固定格式,而需根据具体供水系统的特征进行细化,方能实现准确分析。

基于此,综合了 IWA 与我国行业标准的水量平衡表,将 A 市供水总量分解为注册用户用水量和漏损水量两大部分。注册用户用水量进一步细分为计费用水量和免费用水量两大项;漏损水量则分解为

漏失水量、计量损失水量和其他损失水量三大项。其中,计费用水量分解为 5 小项,免费用水量分解为 12 小项;漏失水量分解为 7 小项,计量损失与其他损失各分解为 3 小项。最终形成“2 部分+5 大项+30 小项”的精细化供水量分解格局,便于逐项深入分析。2024 年水量平衡分析结果如表 1 所示。

表 1 2024 年 B 公司水量平衡表

注册用户用水量 86.80%	计费用水量	计费用水量	82.58%
	82.65%	计费未计量	0.07%
	免费用水量	免费计量	0.02%
	4.15%	免费未计量	4.13%
供水总量 100.00%	漏失水量	明漏	0.67%
		暗漏	9.78%
		背景漏失	0.15%
	计量损失水量	水箱、水池的渗漏和溢流	0.44%
		居民水表误差损失	0.02%
		非居民水表误差	1.26%
漏损水量 13.20%	其他损失水量	管理因素导致损失	0.88%
	0.88%		

由表 1 可知,在 13.20% 的总漏损水量中,漏失水量(11.04%)仍是主要构成。因此,管网漏点探测修复与管网改造等控制真实漏失的措施,应是当前漏损控制的重中之重。同时,免费用水量占比达 4.15%,显著高于其他城市。其下涵盖的 12 小项表明情形复杂,如何减少非必要的免费水量,也应成为未来的工作重点。

2.2 用水量及计量效率分析

表观漏损控制对供水企业的产销差管理至关重要,特别是大口径用户的水量管理,能对漏损控制产生显著影响^[10]。B 公司自 2023 年起,每年对大口径用户用水量进行分析。在册的 DN50~DN800 口径水表共 16 000 多个,占总水表数的 4.2%,但其近五年售水量占总售水量的 86%~88%(其中 DN150 口径水表占年售水量的 65%~68%),表明少量用户消耗了大部分水量。对 DN50~DN300 口径用户(约 8 200 户)的分析(见图 1)显示,水量前 22% 的用户(约 1 800 户)用水量占比超过 80%,占全市总用水量的 51%。因此,这 22% 用户的用水是关注的重点。

水表口径与实际流量的匹配是保证计量精度的主要因素。根据《饮用冷水水表和热水水表》^[11](GB/T 778.1—2018),水表在最小流量 Q_1 至分界流量 Q_2 区间的误差,显著高于 Q_2 至常用流量 Q_3 区间。因此,确保实际流量运行在 Q_2 与 Q_3 之间,能获得较高的计量效率。水表口径合理性诊断应基于瞬时流量分布,但多数水表缺乏高频瞬时数据,而日均用水量

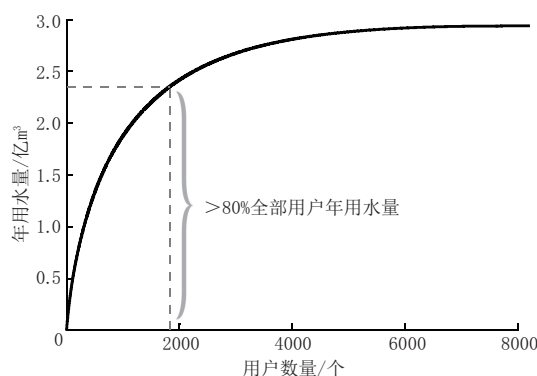


图1 累积水量与用户数量的关系

则易于获取。前期研究表明^[12],用户瞬时流量分布与日均用水量存在显著相关,可用后者替代前者判断水表选型是否合理。以DN150水表为例,若要保证50%的瞬时流量高于 Q_2 (作为口径合理的标准),则需保证月用水量大于3 300 m^3 。

对A市DN150水表月用水量的统计分析(见图2)显示,其中位值明显低于3 300 m^3 ,表明约60%的DN150水表存在“大马拉小车”现象,即大部分时间通水流量低于 Q_2 ,导致较高的计量损失。该问题主要源于两方面:其一,在《建筑给水排水与节水通用规范》(GB 55020—2021)^[13]实施前,A市作为以总表制为主的城市,生活用水表多与消防水表共用,导致小型生活小区也安装大口径水表;其二,新表报装时,常以预留的偏大的进水管口径为依据选型,造成水表口径过大。针对此,B公司重新制定了水表选型规范,并对不同口径水表缩径后的节水量进行经济性评估,据此逐步更换不合理水表。目前,表观漏损已基本控制在2%以下。

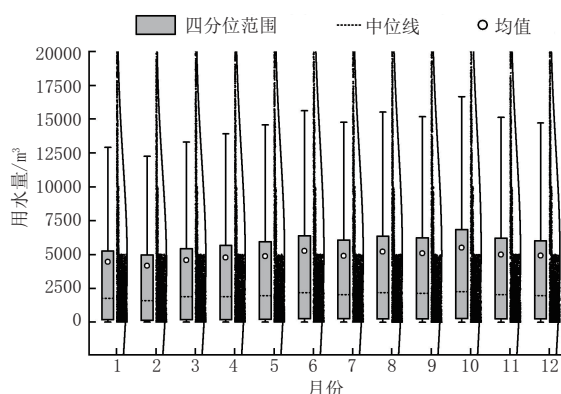


图2 DN150口径水表用水量分布

2.3 管网主动探漏效果分析

B公司将全市划分为9大区域,分别委托不同探漏公司,实行季度全覆盖与定期区域轮换的探漏模式。主动探漏显著提高了暗漏检出率,挽回了大量水量损失。如图3所示,暗漏修漏次数从2023年的

1 200次/年增至2025年的3 300次/年。2025年,暗漏与明漏数量比值首次超过1:1,表明大量漏点在地面冒水前即被探测修复,极大缩短了漏点存续时间,年挽回水量损失超1 400万 m^3 。

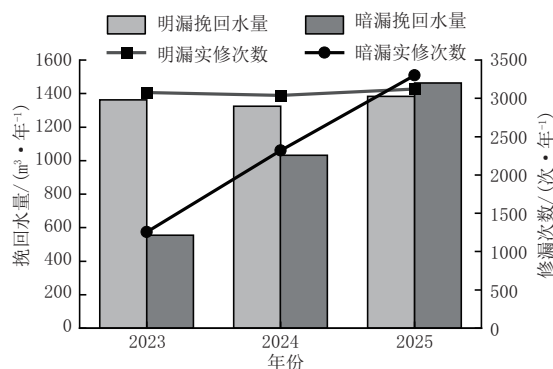


图3 A市B公司漏点检出与挽回水量图

然而,2025年明漏与暗漏的检出密度为1.2处/km,与国内漏损控制较好城市(约0.2处/km)相比仍有较大差距。同时,暗漏检出量的增加并未使明漏数量呈现下降趋势,说明管网上仍存在大量未被及时检出的暗漏点,并最终发展为明漏。因此,未来仍需加强暗漏检测,以实现“降存量、控新增”。只有当明漏数量显著下降时,才表明漏点检出速率超过了发生速率,暗漏检测力度达到合理水平。

对漏点数量与管材、管龄、管径等因素的关联分析(见图4)显示:从材质看,钢管和塑料管漏点占比达91%;从管龄看,10—20年管龄的管道漏点占比75%;从口径看,DN100及以下小口径管道漏点占比83%。

根据图3和图4的分析结果,发现管龄在10—20年的小口径PE管和钢管为漏点易发管道,未来应对其重点探漏或改造。

2.4 管网分区计量建设及管理

管网分区计量包括大分区管理与独立计量区(DMA)两种方式^[14]。大分区是从管理角度,将管网划分为若干责任区,通过下放管理责任调动全员控漏积极性;DMA则是从技术角度,通过实时监测区域流量来识别和预警漏失,缩短漏点存续时间^[15]。

A市逐步推进了管网分区计量建设。在大分区方面,规划了9个一级分区(见图5),其中两个分区已完成。在DMA建设方面,当前主要依托居民小区进行构建。为提高DMA覆盖率,制定了“由大到小”的DMA建设规划。发现若对500户以上的小区建设DMA,仅需新建101个,结合现有220个DMA,即可覆盖63%的抄表到户用户,达到较理想的覆盖度。

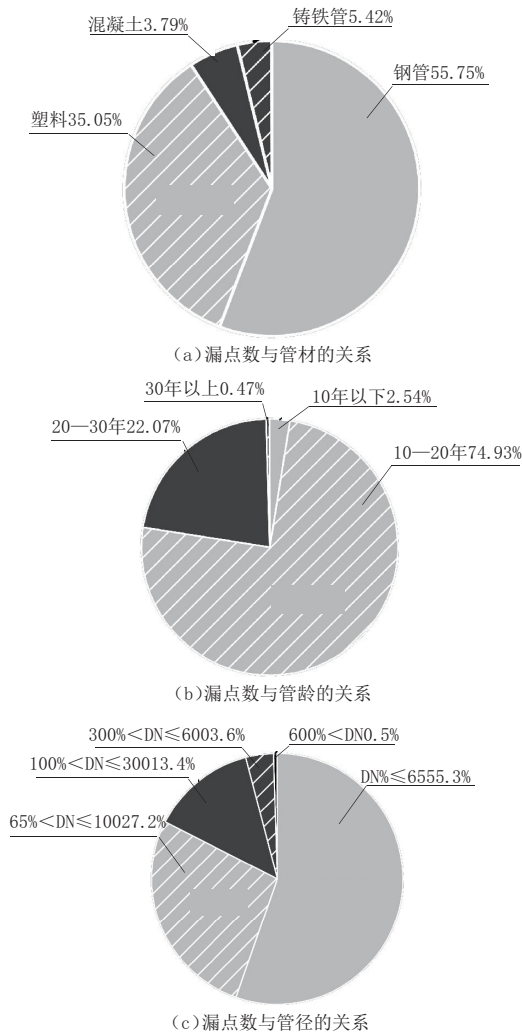


图4 漏点数与管材、管龄和管径的关系

将 DMA 最小规模设定为 500 户,符合国际水协会 (IWA) 的建议^[16],可避免户数过少导致的数据波动大和成本高问题。

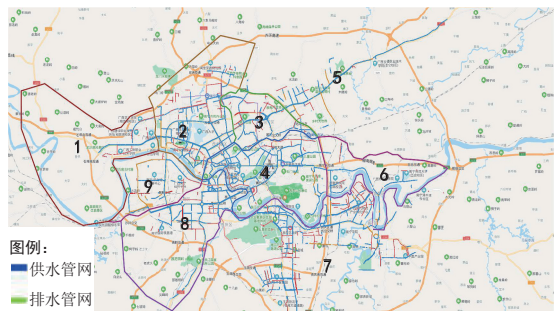


图5 A市管网大分区划分图

DMA 建成后,采用最小夜间流量(MNF)作为主要漏损识别指标。结合 A 市夜间用水分析并参考国内外经验,制定了 3L/h/户的 MNF 预警阈值。当 DMA 实际 MNF 低于此值时暂不干预,高于时则派员探查。同时,为提升判断准确性,辅以“最小夜间流量与日均流量的比值”作为另一指标,当该比值大于 20% 时,则认为存在漏点。若两个指标同时预警,则

列为重点排查对象。

按照上述方法,以月为周期,对各 DMA 的每日 MNF 变化量进行持续监测。通过分析流量波动数据,精准识别漏损最为严重的若干小区,并对其集中开展探漏与修漏工作。该方法显著提升了修漏效率,截至 2025 年,各 DMA 小区的平均漏损率均已控制在 7% 以下。

2.5 管网压力调控

A 市供水管网设有较多区域加压泵站,具备较好的流量“削峰填谷”的潜力。即通过调节加压站进水量,在用水高峰时段减少进水、优先使用储水池存水;在用水低谷期增大进水,向储水池补水。此举可平衡管网压力,避免压力波动过大,同时利用夜间低谷电价蓄水,实现降本增效。

以 L 加压站与 W 加压站的“削峰填谷”调控为例,调控结果如图 6 所示。调控前,加压站进出水流量曲线在大部分时段近乎重合,未能有效发挥储水池的调蓄作用。调控后,成功利用夜间蓄水降低了用水高峰期的进水量(见图 6 中黄色椭圆形区域)。以削峰水量评价调控效果,L 站和 W 站的小时平均削峰流量在早高峰(8:00—10:00)分别为 436 m³/h 和 244 m³/h,在晚高峰(20:00—22:00)分别为 1 333 m³/h 和 255m³/h,有效平抑了流量峰值。

根据加压站与测压点的空间位置,分析了其上游 2 个测压点(1#,2#)和下游 4 个测压点(3#~6#)在调控前后典型时段的压力变化(见图 7)。结果表明,上游测压点在早晚高峰时段,调控后压力平均值较调控前提升约 0.01 MPa;在下午用水低谷期,压力降低约 0.01 MPa。下游 4 个测压点在夜间蓄水期间压力均有所下降(0.015~0.035 MPa);用水高峰期压力略低于调控前,可能是调控期间整体用水量较高所致,若无调控,压力可能更低。总体表明,泵站调蓄使管网压力更加均衡,降低了用水低谷期的冗余压力,有助于减少漏损。

除泵站调蓄外,A 市还采用了以下调控手段优化管网压力分布。

(1)通过对管网拓扑结构及各供水区域最不利压力点的分析,合理调整了各水厂及加压站的供水片区,有效平衡了加压站供水区域之间的水压分布。

(2)实施分时段控压策略,结合不同区域的用水规律,在保障用水需求的前提下,动态调整加压站及水厂的出水压力,实现错峰调压。

(3)在局部低压片区增设小型加压站,既能够满

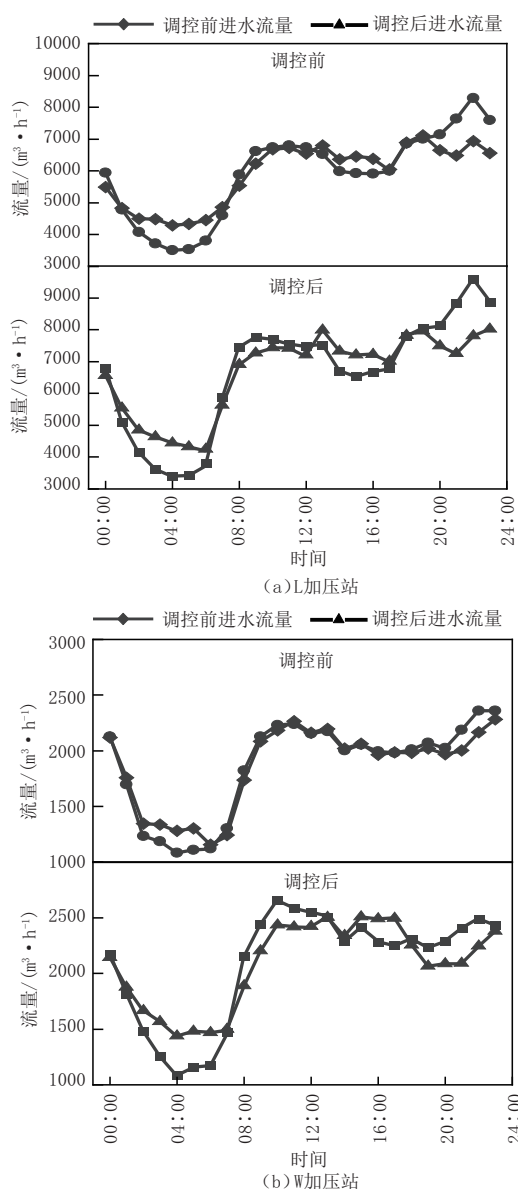


图6 A加压站2025年2月和3月平均进出水流量变化曲线

足局部区域的用水压力需求,又有助于降低整体管网的运行压力,进一步优化管网压力的均衡性。

3 结 语

漏损控制是一项系统性工程,需要从制度、组织、技术等多维度协同发力,构建“系统抓、抓系统”的全链条管控体系。结合A市B公司的实践经验,形成如下思考与建议。

(1)控漏工作的长效推进,离不开完善的制度化、标准化、规范化体系作为支撑。B公司的实践表明,从规范的抢修、报装等基础流程,到DMA建设运行、水量平衡分析、水表选型等专项技术标准,制度的固化与细化是实现“人走制存”、保障工作连续性的关键所在。企业应结合自身实际情况,全面梳理控漏全流程中的制度空白与短板,编制漏损控制相

关各环节的标准化文件,明确操作流程、责任主体及考核标准。

(2)优化组织架构,打破部门协同壁垒。控漏工作涉及调度、管网、营业、计量等多个部门,部门间的协同效率直接影响控漏成效。由高层领导挂帅,组建跨部门的常设控漏团队,打破部门壁垒,实现资源集中调配与信息高效共享。同时,设立专门的数据分析岗位,负责日常的管网数据监测、异常水量分析与漏损趋势预判,为控漏决策提供数据支撑,推动控漏工作从“被动抢修”向“主动防控”转变。

(3)坚持科技赋能,推动控漏智能化转型。随着水务行业的数字化发展,科技创新已成为提升控漏效率的关键驱动力。B公司通过科研攻关,开发漏损分析先进算法,建设大数据分析系统,构建覆盖管网全生命周期的智能监测体系,实现了控漏工作从经验驱动向数据驱动的转型。

(4)注重持续改进,构建可持续控漏体系。控漏工作是一个动态的、持续改进的过程,需要建立常态化的评估与优化机制,定期对控漏工作的成效进行总结评估,分析各项措施的实施效果,总结经验教训,及时调整控漏策略。此外,要注重员工的培训与能力提升,通过开展专业技能培训、案例分享等活动,提高员工的控漏意识与业务水平,为控漏工作的可持续推进提供人才保障。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部办公厅,发展改革委办公厅.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) [2026-04-15]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/04/content_5671995.htm.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,2024年城市建设统计年鉴, <https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgknr/sjfb/index.html>.
- [3] CJJ 92—2016 城镇供水管网漏损控制及评定标准[S].
- [4] Mutikanga H E, Sharma S, Vairavamoorthy K. Water loss management in developing countries: Challenges and prospects[J]. Journal American Water Works Association, 2009, 101(12): 57-68.
- [5] Xin K L, Tao T, Lu Y J, et al. Apparent losses analysis in district metered areas of water distribution systems[J]. Water Resources Management, 2014, 28(3): 683-696.
- [6] Eugene M. Predictive leakage estimation using the cumulative minimum night flow approach[J]. American Journal of Water Resources, 2017, 5(1): 1-4.
- [7] Fontana N, Giugni M, Glielmo L, et al. Real-time control of pressure for leakage reduction in water distribution network: Field experiments[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2018, 144(3): 04017096.
- [8] Bashir H, Rathi S. Identification of District-Metered Areas in water

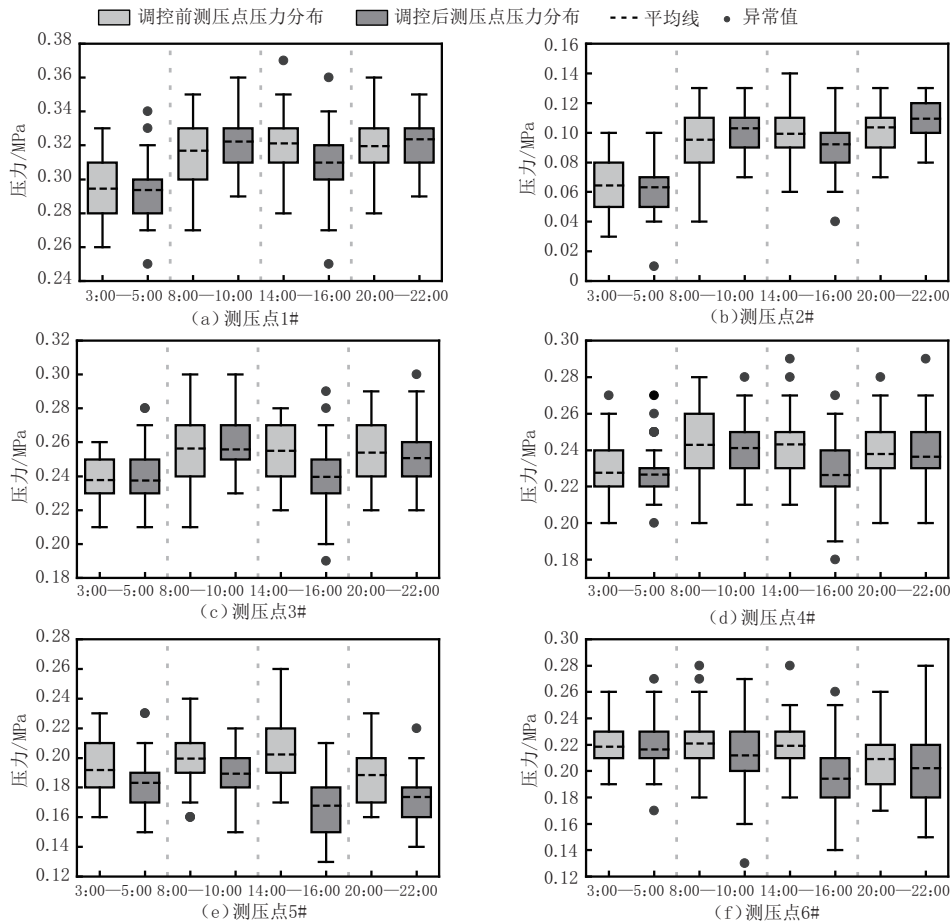


图7 加压站关联测压点调控前后不同时刻压力分布

distribution systems: A review[C]//Proceedings of ICWROEE 2024. London: Institution of Water and Environmental Management, 2024: 145-156.

[9] Haider H, Sadiq R, Tesfamariam S. Multilevel performance management framework for small to medium sized water utilities in Canada[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2015, 42 (11): 889-900.

[10] 陈文庆. 浅谈大口径贸易结算水表的设计选型及运维管理[J]. 城镇供水, 2023(2): 82-87; 73.

[11] GB/T 778.1—2018 饮用冷水水表和热水水表 [S].

[12] 钟子哲, 蒋才芳, 许萍, 等. 基于日均用水量与瞬时流量关系的口径过大水表识别方法, 给水排水, 2026, 62(1): 42-47.

[13] GB 55020—2021 建筑给水排水与节水通用规范 [S].

[14] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇供水管网分区计量管理工作指南—管网漏损管控体系构建(试行)[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2018.

[15] 李露, 余健, 李栋, 等. 基于DMA技术的小区漏损控制案例分析[J]. 给水排水, 2016, 42(3): 115-118.

[16] Pearson D. Standard definitions for water losses[S]. IWA Publishing Alliance House. London, UK, 2019.

(上接第 354 页)

[5] 翟之阳, 聂东清, 张毅, 等. 下沉式竖井掘进工法在软土地区的应用研究[J]. 地基处理, 2024, 6(2): 202-207.

[6] 黄铭亮, 张振光, 徐杰, 等. 基于VSM沉井施工过程的井壁受力实测研究: 以南京沉井式地下智能停车库工程为例[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(6): 1033-1043.

[7] 王海林, 彭芳乐, 徐正良, 等. 气压沉箱施工对周边地层环境影响的现场监测与数值模拟[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(增刊2): 3941-3951.

[8] 王卫东, 徐中华, 宗露丹, 等. 软土地区56 m深圆形基坑的优化设计与实践[J]. 建筑结构, 2022, 52(10): 1-10.

[9] Abugu C T. Integrating Building Information Modelling (BIM) for Effective Construction Planning, Execution, and Lifecycle Management[J]. International Journal of Research Publication and Reviews, 2025, 6(1): 4347-4364.

[10] Yu C Z, Liu Z S, Wang H T, et al. Intelligent Analysis of Construction Safety of Large Underground Space Based on Digital Twin[J]. Buildings, 2024, 14(6): 1551-1565.

[11] Pan P, Sun S H, Feng J X, et al. Intelligent Monitoring System for Deep Foundation Pit Based on Digital Twin[J]. Buildings, 2025, 15(3): 366-389.