

# 减少农村供水工程管网漏损的思考

徐佳<sup>1</sup>, 张砺寒<sup>2</sup>, 叶伟<sup>1,3</sup>, 赵妍<sup>1</sup>

(1. 中国灌溉排水发展中心(水利部农村饮水安全中心) 北京 100054;

2. 贵州省正安县水务投资有限责任公司, 贵州 遵义 563400; 3. 浙江省丽水市水利局, 浙江 丽水 323000)

**摘要:** 减少管网漏损可有效降低工程运行成本、增加水费收入、节约水资源、提升工程管理水平, 是促进农村供水工程良性运行强身固本的必然选择, 也是农村饮水安全巩固提升题中的应有之义, 亟待引起行业管理部门和农村供水工程管理单位的关注和重视。总结了农村供水管网漏损的现状, 分析了管网漏损的主要成因以及减少管网漏损的主要措施, 并提出了相关建议。

**关键词:** 农村供水; 管网漏损; 巩固提升; 长效运行

**中图分类号:** TV674 [TV93] **文献标识码:** B

我国农村饮水安全建设历经十余载, 累计解决了 5.2 亿农村居民和 4 700 多万农村学校师生的饮水安全问题, 使农村饮水安全问题得到了基本解决。共计建成集中供水工程 77 万处, 总供水能力已达 1 亿  $\text{m}^3/\text{d}$ , 供水管网长度已超 70 万  $\text{km}^{[1]}$ 。由于我国农村供水尚处于发展的初级阶段, 行业管理和工程运行管理存在不少薄弱环节, 其中, 管网漏损现象较为普遍, 有的水厂漏损十分严重, 不仅造成大量水资源浪费, 降低了供水保证率, 而且给供水单位造成经济损失, 影响工程长效运行。

## 1 农村供水管网漏损现状及减少漏损的意义

(1) 管网漏损含义。管网漏损又称管网水损失, 指农村供水工程输配水过程中水因管网破损而流失的现象。管网漏水量即供水总量与有效供水量之差, 取决于漏损流量和漏损时长。漏损率即管网漏水量与供水总量之比的百分率。管网漏损大致可分为明漏、暗漏和背景漏 3 种类型。明漏是管道上侧破损, 水溢出地表; 暗漏是管道下侧破损, 漏水向地下入渗, 较难被发现; 背景漏是指管道连接处漏水和管壁针孔滴水, 漏水量比前两种少但是很难避免。

(2) 供水管网漏损现状。据 2015 年调查资料分析, 我国 30 多万处设计供水规模 20  $\text{m}^3/\text{d}$  以上的集中供水工程平均管网漏损率约 26%<sup>[1]</sup>。受计量设施不完善以及工程运行管理水平等因素限制, 一些地区用“估值”填报, 使汇总分析数据的准确性打了折扣, 实际漏损率可能更大一些。

管网漏损造成大量经净化消毒、耗用大量人力、物力、财力

等成本的自来水白白浪费, 直接影响供水工程经济上的自我维持和良性运行。如东部某省一处农村供水工程, 设计供水规模 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 实际日供水量 3.9 万  $\text{m}^3$ , 监测分析管网漏损率约 30%。估算日均管网漏损水量约 1.17 万  $\text{m}^3$ , 按运行成本水价 1.6 元/ $\text{m}^3$  推算, 日均经济损失约 1.87 万元, 全年多达 683 万元。

(3) 加强管理并减少管网漏损的重要意义。《水法》第五十二条规定, 城市人民政府应当因地制宜采取有效措施, 推广节水型生活用水器具, 降低城市供水管网漏失率, 提高生活用水效率<sup>[2]</sup>。2015 年国务院印发的《水污染防治行动计划》明确要求, 对使用超过 50 年和材质落后的供水管网进行更新改造, 到 2017 年, 全国公共供水管网漏损率控制在 12% 以内; 到 2020 年, 控制在 10% 以内<sup>[3]</sup>。县级以上地方人民政府应当加强对公共供水系统运行的监督管理, 降低供水管网漏损率。公共供水企业和自建供水设施的单位应当加强供水设施的维护管理, 减少水的漏失。

《村镇供水工程运行管理规程》(SL689-2013) 规定, I、II、III、IV 型集中供水工程的管网漏损率上限标准分别为 12%、13%、14%、15%<sup>[4]</sup>。按照 IV 型工程漏损率上限值 15% 现状为 26% 考虑, 我国农村供水工程管网漏损率至少有 11 个百分点的提升空间。按全国集中供水工程实际日供水量 6 520 万  $\text{m}^3$  估算, 每年浪费水 26.2 亿  $\text{m}^3$  左右, 如能有效控制漏损, 则可少建 717 万  $\text{m}^3/\text{d}$  供水规模的工程, 按全国农村供水工程平均运行成本水价 1.92 元/ $\text{m}^3$  估算, 日均节约运行成本约 1 377 万元, 全年可达 50.2 亿元。

目前许多供水工程运营产多收少、入不敷出, 影响长效运行, 这是一个老大难问题。笔者认为解决问题的出路一方面是建立健全科学水价机制、控制好水费回收率, 增强管理机构效益; 另一方面是内部控漏, 采取综合措施合理降低运行成本, 打好“增收节支”的组合拳。减少管网漏损是“节支”的重点之

收稿日期: 2019-01-17

基金项目: 国家科技重大专项课题项目“农村饮用水安全保障技术标准化研究及规模化应用示范”(2015ZX07402003)。

作者简介: 徐佳(1985-), 博士, 高级工程师, 从事农村供水工程建设与管理工作。E-mail: xujia\_1119@mwr.gov.cn。

一,应引起更多重视,采取更有效的措施解决它。

## 2 农村供水管网漏损的主要原因

管网漏损居高不下原因可归纳为以下几点:一是部分工程管网老化破损较为严重。正在运行的供水工程中,有不小的比例建设年代相对较早,当时受资金、技术等条件限制,发展理念落后,规划不尽合理,管材多样,建设标准不高,经多年运行,破损老化严重,漏损率较高。有的工程因竣工验收未做好资料整理和技术交接,导致管线不清、埋深不明。一些工程的主管网虽在近年得到改造,但是分支管网因资金所限,改造进程滞后,普遍带病运行,漏损严重。二是管材质量和施工质量存在隐患。“十五”和“十一五”期间,工程建设任务重,大量使用PE管和PVC管。由于管材市场监管不严,一些地方执行招标投标制度追求低价中标,一些厂商以劣质的低价产品搞恶性竞争,造成一些工程所用的管材质量不高,运行抗压等级不一。在施工安装时,一些地方未严格执行技术规范标准,埋深不足、管道沟槽未严格平整、未采用细沙回填压实、未按规定设置支墩镇墩、穿越路桥的保护措施不到位。这些问题,使得部分供水管网“先天不足”埋下隐患。三是供水水压管控不严。实测资料表明,管网漏损水量与管网运行压力的平方根成正比,管网水压偏高将导致管道漏水面积和漏水量大幅增加。如某村村内管道的水压达0.4 MPa,管网末端水压逼近管材承压上限,虽然满足了《村镇供水单位资质标准》(SL308-2004)中“供水干线末端压力不宜低于0.12 MPa,边远或条件较差地区用户水压不应低于0.05 MPa”的要求<sup>[5]</sup>,但是管道经常在接近压力上限的工况下运行,增加了管网漏水量,也增加了爆管发生几率及水泵能耗。四是对管网检漏的重视不够。目前,仅少数地区有农村供水管网检漏维修专业机构队伍,大多数地区管网检漏尚处于空白状态,这与当前我国70万km<sup>2</sup>的农村供水管网规模及管网漏损率偏高的现状极不适应。一些供水单位专业技术力量不强,忽视产销计量管理,管网漏损情况不明,应对措施不力;管网检漏维修队伍专业技术水平参差不齐。

## 3 减少管网漏损的主要技术措施

(1) 科学管控管网水压。合理的管网供水压力,应在满足管网薄弱点稳定运行的同时,满足管网末梢和消防栓水压的要求,使管网在相对低的水压下运行。管控管网水压是漏损管控的一项基本措施,不仅能减少管道漏水面积、降低漏水量,而且能使部分承压薄弱点“转危为安”,降低新漏点出现的概率,同时还能减少加压水泵电耗。有调研资料表明,如果供水水压在保障正常供水状况下降低10%,管网漏损率将降下5个百分点左右。照此推算,上文所举东部某省农村供水工程案例,日均可减少漏损水量1950 m<sup>3</sup>,节约运行成本0.31万元,全年可节约114万元。

水压管理的措施包括分区控压、水泵控压、调蓄池水位控压、阀门控压等几种途径。分区控压主要适用于规模较大的供水工程,在综合考虑各受水区用水情况、地理高程以及管网级别、长度、管材种类与质量、建设年代等情况的基础上实施水压分区管控。将整个管网水压由统一压力调度改为适当降低供水压力,对配水距离较远或高程偏高的受水区另建二次加压泵

房,使大部分受水区管道压力在适宜区间内运行。水泵控压是在保证水泵运行工况和效率的情况下,通过不同功率配水泵的搭配使用实现管网水压合理调控。水泵变频调速能够实现更为精准高效的水压管控。调蓄池(清水池、高位水池、水塔)水位管控适用于重力自流供水工程,在夜间用水需求小的时段,适度降低调蓄池水位,也可以降低管网水压。阀门控压是通过人工操控或远程遥控阀门开度,产生一定的水头损失,从而管控阀门下游管网水压。在实际操作中,应加强水锤防控,严禁快速启闭阀门或水泵,避免造成管道薄弱处破裂损坏。

(2) 定期开展管网检漏。经验表明,有约八成的管网漏损水量出自破损较大的漏点,相对于小的漏点来说,大的漏点更容易被发现并及时处理。农村供水工程管理部门应定期开展管网巡查工作,检漏人员应全面掌握包括管道的位置、埋深、管径、水压、周边土壤类型、地下水位以及管道使用年限和维修等情况,沿途检查管线埋设地表是否有积水或湿痕,检查阀门、排气阀、排水阀、检查井等有无埋压损坏,查看管网末端水压和用户用水量等情况,及时处置漏损及存在的隐患。与此同时,应逐步加大主动检漏工作力度。独立分区计量是主动检漏的基础环节,即将管网划分为若干层级的多个片区,安装多级水表和阀门,实施层层计量和控制,根据水量平衡原理,对日常供水和夜间最小流量供水的水量差进行统计分析,评估管网漏损状况,为漏点定位缩小范围、框定区域,以制定管网更新改造计划。也可同时采取听音检漏等方法查找漏点。

(3) 统筹管网更新改造。农村饮水安全巩固提升的管网建设与更新改造,应综合考虑解决供水保障、系统安全、水质稳定、服务水压、管网漏损和节能降耗等各个方面的需求,统筹规划、系统设计、精心施工。应根据管网漏损现状及工程运行状况,结合本地实际情况,科学制定管网更新改造标准,并在管网检漏的基础上,制定管网更新改造计划。有条件的应尽可能采用管网地理信息系统、水力模型、漏损计量检测等方法,开展管网漏损状况评估,为管网更新改造计划制定提供技术支撑。对管网实施更新改造,需测算新增投资与减少管网漏损带来的经济收益之间投入产出关系,讲求经济效益。

(4) 完善水量计量装置。应加强村镇供水工程规范化设计与标准化建设,按照相关规范要求,配装原水、回用水、出厂水、供水片区(受益村)、用户等多级水量计量装置。同时,要加强对水表管理工作的技术指导,综合考虑水表购置成本与使用寿命之间的关系,科学水表选型,优化更换周期<sup>[6]</sup>。

(5) 推进信息化自动化建设。信息化、自动化是提高供水工程运行管理效率、降低管网漏损的有效手段。可通过水厂生产过程中取水、输水、净水、配水全套生产环节实行自动监控,全面掌握管网运行状态,实现漏损计量远程获取,水压管理远程控制,及时处置爆管等大流量突发漏损事故。此外,可在建模的基础上,开展情景设定模拟研究,不断优化管网运行水压调度,完善工程运行操作规程,提高工程智能化管理水平。有条件的地区可对已具备信息化、自动化的水厂做进一步升级,推动村镇智慧水厂建设,开展更多有关供水安全保障和工程运行节水节能降耗的研究。

## 4 几点建议

一是将减少管网漏损工程措施纳入农村饮水安全巩固提

升内容。加强管网漏损管控是农村饮水安全巩固提升的题中应有之意,应适时开展全国农村供水管网漏损调查,全面摸清漏损构成和成因,明确管网漏损管控目标任务,规划工程措施和实现路径。在管网漏损管控工作较好的地区抓一批试点,探索总结经验。

二是将减少管网漏损纳入农村饮水安全保障责任制考核内容。优化当前以工程建设进度、农村集中供水率、自来水普及率等建设指标为主的考核体系,应将包括管网漏损率、计量设施配套率、水费回收率等管理指标纳入其中,按照目标与任务完成情况严格考核,强化责任约束,督促各地提高重视程度,并将责任压力层层传导,倒逼供水单位积极行动,有所作为。

三是建立健全供水单位内部管网漏损管控激励机制。应将减少管网漏损以及管控水厂自用水量等节能降耗指标纳入员工绩效考核,将节能降耗创造的经济收益与员工绩效工资挂钩,实行经济奖惩,充分调动员工主观能动性。要加强人员专业技术培训,加大宣传力度,使各岗位人员对管网漏损管控等节水节能降耗理念内化于心、外化于行。

四是充实完善管网漏损管控技术标准。已有农村供水技术标准和规范规程中,虽有一些涉及管网漏损管控的内容,但尚不能满足实际需要,要建立健全管材质检标准,应加强相关技术的科研攻关,重点解决如降低检漏成本,提高漏点定位精度,开发信息化管网监测,提升管网漏损管控效率等技术难题。

五是探索创建管网漏损管控社会化服务体系。引导具有相应资质的企业进入农村供水市场,拓展管网漏损管控咨询业务,通过政府购买服务等方式开展合作。鼓励有条件的地区,建立服务于农村供水工程运行管理和管网检漏的准公益性的专业技术服务队伍。

六是发挥市场机制作用培育引进企业参与农村供水管网漏损管控。供水工程管网漏损管控初期效益明显、收益丰厚,应充分利用经济效益杠杆和市场规律,调动社会资本参与积极性,推进合同节水管理在农村供水领域的应用。建立健全引进社会资本参与工程运行管理的激励机制,鼓励节水服务机构等专业企业与农村供水单位签订管理合同,提供管网漏损管控等节能降耗的技术诊断、融资、改造服务,以分享节能降耗经济效益的方式获得合理收益。 □

参考文献:

- [1] 中国灌溉排水发展中心(水利部农村饮水安全中心). 全国农村饮水工程现状与需求调查报告[R]. 2015.
- [2] 中华人民共和国水法[Z]. 2002.
- [3] 国务院. 水污染防治行动计划[Z]. 2015.
- [4] SL689-2013, 村镇供水工程运行管理规程[S].
- [5] SL308-2004, 村镇供水单位资质标准[S].
- [6] 徐佳. 加强农村供水水表管理的几点建议[J]. 中国水利, 2015(9): 53-55.

(上接第92页)

表1 不同预测模型误差分析

Tab.1 Error analysis of different prediction models

误差	BP神经网络	最小二乘支持向量机	GPR	DA-GPR
MAPE	0.262	0.183	0.232	0.006
MAE	1.129	0.721	0.859	0.024
MAE	1.429	0.658	1.008	0.001

模型的居民社区时用水量预测精度优于BP神经网络、最小二乘支持向量机和高斯过程回归模型,取得了较好的预测效果。

### 3 结语

居民社区时用水量具有较强的不确定性和随机性,传统的ANN、SVM等预测方法只能得到确定的点预测结果和未来某一时刻的预测结果,无法给出预测的区间,也不能进行实时预测。为了克服这些缺点,本文提出了一种基于蜻蜓-高斯过程回归耦合的居民社区时用水量动态实时区间预测方法。为进一步提高预测精度,进行了改进,最终得到了一定置信水平下的区间预测结果。仿真结果表明,本文构建的区间预测方法与常规方法相比,不仅能够预测未知量的期望值,还能给出其分布状况,同时也能进行实时预测。而且预测精度较高,最大的相对误差为仅0.019,具有较强的实用价值,为未来水资源实时调度提供理论依据。 □

参考文献:

- [1] 赵培培, 奚明, 洪梅, 等. 最严格水资源管理制度下的流域水权二次交易模型[J]. 中国农村水利水电, 2016(1): 21-30.

- [2] 金菊良, 董涛, 郦建强, 等. 不同承载标准下水资源承载力评价[J]. 水科学进展, 2018, 29(1): 31-39.
- [3] 陈磊, 石也. 变结构遗传最小二乘支持向量机法预测日用水量[J]. 浙江工业大学学报, 2017, 45(1): 69-72.
- [4] 郭亚男, 吴泽宁, 高建菊. 基于主成分分析的支持向量机需水预测模型及其应用[J]. 中国农村水利水电, 2012(7): 76-82.
- [5] Rasmussen C E, Williams K I. Gaussian processes for machine learning[M]. Massachusetts: the MIT Press, 2006.
- [6] 李振刚. 基于高斯过程回归的网络流量预测模型[J]. 计算机应用, 2014, 34(5): 1251-1254.
- [7] 宗文婷, 卫志农, 孙国强, 等. 基于改进高斯过程回归模型的短期负荷区间预测[J]. 电力系统及其自动化学报, 2017, 29(8): 22-28.
- [8] Mirjalili S. Dragonfly algorithm: a new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete and multi-objective problems[J]. Neural Computing and Applications, 2016, 27(4): 1053-1073.
- [9] 韩鹏, 陈锋. 一种改进的多目标蜻蜓优化算法[J]. 微型机与应用, 2017, 36(20): 27-29.
- [10] 宋俊敏. 蜻蜓算法的改进及在甘蔗收获机中的应用[D]. 南宁: 广西民族大学, 2017.
- [11] 傅军栋, 陈俐, 康水华, 等. 基于蜻蜓算法和支持向量机的变压器故障诊断[J]. 华东交通大学学报, 2016, 33(4): 103-112.
- [12] Kang F, Han S X, Rodrigo, et al. System probabilistic analysis of slopes using Gaussian process regression with latin hypercube sampling[J]. Computers and Geotechnics, 2015, 63(1): 1-25.
- [13] M Hariharan, R Sindhu, Vikneswaran Vijejan, et al. Improved binary dragonfly optimization algorithm and wavelet packet based non-linear features for infant cry classification[J]. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2018, 155(5): 39-51.