

供水管网改造中节水技术应用与效益评价

张子惟

中铁水务集团有限公司 陕西 西安 710000

【摘要】：供水管网是城市供水系统重要组成部分，而供水管网老化、漏水严重造成大量水资源浪费，影响城市水资源有效使用。在供水管网改造过程中引入节水技术是发展节水型城市、减少供水费用开支、提高水利用率的有效措施。本文从供水管网改造出发分析节水技术的重要性和存在的问题，总结供水管网改造中的主要节水技术及应用要点，建立合理的效益评估方法并提出改进措施，以期对供水管网改造节水应用起到一定借鉴作用和指导意义。

【关键词】：供水管网改造；节水技术；漏损控制；效益评价；水资源利用；管网优化

DOI:10.12417/3083-5526.25.07.031

引言

据《2024年中国城市供水统计年鉴》数据显示，全国城市公共供水管网平均漏损率约为15.2%，部分老城区漏损率更是高达25%~35%，年漏损水量超100亿 m^3 ；而经过系统化节水改造后，管网漏损率可降至10%以内，重点城市更能控制在8%以下，单个城市年节水量可达500~2000万 m^3 。供水管网改造虽能有效解决上述问题，但合理应用节水技术对提升改造成效至关重要。本文聚焦供水管网改造中的节水技术与效果评估，旨在筛选适配不同管网条件的节水技术，建立全面的效果评估方法，为节水型城市建设提供支撑。

1 供水管网改造中节水技术的核心价值

在供水管网改造中应用节水技术，不仅能大幅节约水资源，还可收获显著的经济效益、社会效益与环保效益，具有十分重要的现实意义。从水资源利用角度来看，节水技术可精准管控管网漏水问题，有效降低管网漏损率，减少不必要的水资源消耗，提高水资源利用率，进而缓解城市缺水困境，为城市水资源的长效可持续发展提供保障。工程实测数据表明：管网漏损率每降低1个百分点，一座50万人口的城市每年可节水300~500万 m^3 ，减少制水能耗约15~25万kWh，降低供水运营成本80~150万元；全面推行节水改造后，城市综合水利用率可提升15%~30%。

从经济角度，节水技术可以降低水厂的购水费用以及管网维修费用和能耗等，提高水厂经济效益；而从社会角度看，供水管道改造及节水技术的应用可使城市的供水更加可靠、安全，满足人们的生活用水和工业生产用水需要，改善城市环境，提高人民生活水平。

从环境保护角度而言，减少水资源浪费可以减轻对水资源开发的压力，保护水资源环境不受破坏，避免由于大量开发水资源引起地面沉降、水体污染等问题；而且，采用节水技术可以节约供水过程中的能量消耗以及减少污染物排放，有利于促进经济社会可持续发展，有利于实现“双碳”。

2 供水管网改造中节水技术应用的现存困境

节水技术的选择不合理，在一些供水企业的管网改造中，未根据自身的管网情况选取适合的节水技术，而是盲目地采用先进的技术或者不适合自身现状的技术，造成所采用的技术与管网的情况不相符，达不到良好的节水效果。

二是技术应用不到位，大部分管网改造只停留在管网更新、漏水检测等基本节水措施上，在智能化、精细化节水方面投入较少，缺少对管网运行情况进行实时监控及科学调配手段，难以取得良好节水效果^[1]。三是经费短缺，进行供水管网建设和推广使用节水新技术都需要较大开支，而一些地方财政紧张或者供水企业自身经济条件较差，无力负担先进节水设备购置、安装以及后期保养费用。

四是一些单位节水管理制度不够健全，缺少专门的节水技术人员，技术人员业务水平不高，不能很好地掌握节水设施使用、保养、调试等方法，使节水设施不能正常发挥功效，甚至发生问题不能得到及时解决；五是创新能力不强，虽然我国节水技术取得一定进步，但是很多关键技术仍然依靠进口，自主研发能力较差，技术更新换代较慢，无法适应复杂管网改造对节水提出的更高要求。

3 供水管网改造中关键节水技术的应用要点

3.1 管网漏损检测与修复节水技术

管网漏损是造成水资源极大浪费的重要原因，在供水管网改造过程中，漏损检测及修复的技术是最基本也是最重要的节水技术，其关键是准确检测、及时维修，使管网漏损率不断减少。常用的漏损检测方法主要有声学检测法、压力检测法、光纤检测法以及智能监控法。声学检测是利用漏水产生声音进行检测，准确判断漏水点位置，适合地下管道、隐蔽管道的漏水检测，操作简单、定位准确、经济实惠，在小城市供水管网改造中大量使用，其定位准确率可达92%以上，单点位修复后可减少日漏水量5~50 m^3 ；而智能漏损监控系统可使漏损发现时间从平均72小时缩短至2小时内，漏损量降低30%~50%。

压力检测是通过对接管网的压力进行监控来判断管网是否

存在漏水现象以防止由于管网压力过大造成的管道爆裂而漏水以及合理地分配管网的压力从而降低漏水率；光纤检测是基于光纤传感技术对全网进行不间断、连续监测能够准确发现管道的腐蚀、损坏或者漏水等问题适合于长距离的大规模供水管网升级改造但由于其价格昂贵只适合在经济条件较好的地方推广使用；智能检测是基于物联网、大数据、云计算等先进技术建立一个管网漏水预警系统及时获取管网中的水量、压力、流速等信息然后通过对这些信息进行分析预测可能存在的漏水点并准确定位从而提高漏水检测的速度和精度^[2]。

3.2 新型管材与管件节水技术

供水管网管材及管件质量对管网漏损率以及节水效果有着重要影响，传统的管材耐腐蚀性较差，易老化，寿命较短，容易造成管道破裂漏水，在供水管网改造过程中大力推广使用新型节水型管材、管件以降低漏损率、实现节水是十分必要的，而合理选用适合当地实际情况的新型管材、管件则是其关键点。

常用的新型节水型管材主要有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PPR）、不锈钢管及球墨铸铁管等。PE管有耐腐蚀、抗老化、质轻、安装方便、寿命长等特点，无二次污染，适用于城市的供水主干管及支管改造，是目前使用最为广泛的一种新型节水型管材；PPR管具有耐高温、耐腐蚀、无毒环保等优点，适合于居民住宅户内管道改造。

3.3 管网智能化调控与优化节水技术

根据现有数据分析，智能化压力调控可使管网爆管率下降40%~60%，无效漏失水量减少20%~40%；AI优化调度可降低供水能耗8%~15%，单位供水成本下降0.05~0.12元/m³。这种技术主要是基于物联网、大数据、人工智能等方面的技术开发出一张智能化的供水管网管理系统，收集管网的各种信息、供水信息以及用水信息等，来达到对整个管网情况进行监控、调节及最优化的目的。

在实际使用过程中，在管网重要位置部署智能监测设备，对管网流量、压力、流速、水质等信息进行监测并上传至云端，在云平台上分析得到管网运行情况，发现漏水或者压力问题后立即采取措施，做到及时干预。

3.4 分区计量与阶梯水价配套节水技术

分区计量技术和阶梯水价结合使用，在供水管网改造过程中起到一定的节水作用，主要体现在通过分区计量有效控制管网漏损以及通过阶梯水价促使用户节约用水，从而达到“管网管控+用户引导”的目的^[3]。分区计量技术即DMA将整个供水管网分为若干个相对独立的小区域，在这些小区域内分别布设相应的智能化计费设施对各区域内用水量及漏损情况进行监控以及时发现并解决漏水问题从而降低水量损失。科学的DMA分区可使小区级漏损识别精度提升70%，管网漏损率平

均下降3~5个百分点，年节水量占总供水量的5%~8%；阶梯水价实施后，居民人均用水量下降10%~18%。

3.5 非常规水资源利用配套节水技术

供水管网改造过程中，结合非常规水资源利用技术可以更好地发挥节水效果，解决供水紧张问题，在此方面的重点是将非常规水资源（如再生水、雨水）引入城市给水系统，进行再利用，降低对传统水源的需求量。当城市再生水回用率达20%~30%时，可替代等量自来水，年节约优质饮用水200~800万m³；雨水收集利用率按15%~25%计，年可利用雨水量约为50~150万m³/km²。在管网建设的同时修建再生水管线以及雨水管线，再生水用于冲洗道路、绿化浇灌及工业降温等不需要饮用场景；而雨水收集并经处理后可用于绿化、景观等使用场合，从而达到分质供水的目的。

再生水回用技术主要有再生水处理技术和回用管网建设两部分，通过建设再生水处理设施将污水处理厂出水进一步处理满足回用要求，然后通过专用管道送到各个用水点；雨水收集利用技术包括雨水收集、储存、处理以及应用等方面，在管网改造过程中合理规划雨水管线位置设置雨水收集池并安装相应的雨水处理设备使雨水得到充分利用。

4 供水管网改造中节水技术应用的效益评价体系

4.1 效益评价的核心原则

建立供水管网改造中节水技术应用效益评价标准，应基于节水技术应用情况，坚持科学性、全面性、可行性、目的性的原则，使评价真实可靠，为节水技术改进提供参考^[4]。首先，科学性原则，在选择指标以及制定评价方法时都要符合供水管网改造及节水技术应用的实际需要，考虑用水效率、经济效益、社会效益、生态效益等多种因素，使评价标准科学合理、条理分明；其次，全面系统性原则，评价标准要覆盖节水技术应用的所有方面，不能只注重节水效果，还要关注经济效益、社会效益和环境效益，从不同角度出发，全面反映节水技术应用的整体效果。

三是可操作性原则，评价指标要简单清晰、数据容易获得，评价方法要简便易行，尽量减少繁琐的计算和分析工作量，使供水企业和有关部门便于进行评价工作；四是针对性原则，根据不同城市、不同管网改造情况设置不同的评价指标及权重，使评价标准更符合实际情况，更具针对性；五是时效性原则，根据供水管网状况变化以及节水新技术的发展情况定期修改评价标准，更新评价指标及其所占比例，以保证评价结果能及时反映节水新技术的应用效果。

4.2 核心评价指标体系

一是节水效益指标，主要是指反映节水技术应用节水效果，包括管网漏损率、单位供水量节水率、水资源利用效率等指标一般要求改造后管网漏损率≤10%（国标优良），单位供

水量节水率 $\geq 15\%$ ，水资源利用效率 $\geq 90\%$ 。其中管网漏损率是管网漏损水量占总供水量的比例，是重要节水指标；单位供水量节水率是改造后单位供水量节约水量相对于改造前单位供水量的比例，表示节水技术节水效果；水资源利用效率是实际用水量与供水量之比，反映水资源利用合理性。

二是经济效益类指标，主要反映节水技术应用所取得的经济效益，如供水企业运营成本降低率、节水经济效益、投资回报率等。供水企业运营成本降低率是改造后运营成本与改造前的成本之比，表示运营成本节省程度；节水经济效益是由于节水而节省的水费开支以及由于漏水而节省的修缮费用总和；投资回报率是节水技术应用所带来的全部经济效益与投入的资金进行比较的结果，说明投资是否合理以及收益大小。

三是社会效益指标，主要反映节水技术应用对社会发展起到良好促进作用，如供水稳定性提高率、居民用水满意度以及节水意识提升情况等。供水稳定性提高率是改造前后供水稳定天数占总天数的比例，体现供水安全保障能力；居民用水满意度可通过发放调查问卷等形式获得，表示居民对于供水质量和供水稳定性的认可度；节水意识提升程度可从宣传普及的效果、用户的节水行为变化等方面考察。

4.3 评价方法与实施流程

供水管网改造中节水技术应用效果评估，采取定量评估与

定性评估相结合的方式进行，使评估更加公平合理、科学有效^[5]。定量评估是对可以量化的部分，在获取有关信息的基础上，利用统计分析、比较等手段得出定量评估结果；而定性评估则是对不能量化的内容，通过调查问卷、访谈、现场考察等形式听取专家的意见后得出定性评估结果。

具体的操作程序一般分为四步：首先，确定评价目标及范围，即供水管网改造所涉及的地域范围、节水技术种类及使用量以及评价时间等；其次，获取相关资料，如管网运行状况、节水效益、经济状况、公众意见、环境保护等方面的信息并保证其真实性、准确性、完整性；再次，对这些信息进行分析，进行定量和定性的评估，在此基础上根据设定的标准得出最终结论。

5 总结

供水管网改造过程中节水技术的应用，是解决管网漏水问题、节约用水、提高水的有效利用率的重要手段，在建设节水型城市、促进水资源合理有效开发方面发挥着重要作用。但是目前节水技术的应用还存在选择不当、资金短缺、管理不到位等问题，在节水技术的选择上应合理、创新地使用节水技术和加强相关保障工作来提高节水的效果。只有把节水技术与供水管网改造结合起来，才能使水资源得到充分利用并且保证供水管网良好运行。

参考文献：

- [1] 王娴,陶涛,严国.供水管网漏损控制方法与应用成效分析[J].净水技术, 2024, 43(9):54-62.
- [2] 王寒可.临港新片区大用户节水减碳效益分析及碳减排路径浅议[J].净水技术, 2025(z1).
- [3] 李梓峰.水表在建筑用水计量与漏损控制中的应用研究[J].行车指南, 2025(1):0124-0126.
- [4] 刘朝峰.高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J]. 2025(28):43-45.
- [5] 李 超.城市老旧供水管网漏损控制技术应用及经济分析[J].Urban Architecture & Development, 2025, 6(18).