

# 高效节能供水技术在城市管网中的优化策略

任祎, 赵丹阳

广东粤港供水有限公司, 广东 深圳 518001

**摘要:** 随着城市化进程的加速, 城市供水系统面临着供水效率低、能源消耗高等问题。高效节能供水技术的应用不仅能提高供水系统的运行效率, 还能有效减少能源的消耗, 促进城市可持续发展。本文从城市管网供水系统的现状出发, 分析了其存在的主要问题, 并详细探讨了高效节能供水技术的应用前景及优化策略。文章从智能化调度、管网漏损控制、新型节能设备应用等方面, 提出了优化城市供水系统的具体措施。同时, 结合实例分析了这些技术对供水效率提升和节能减排的积极影响, 最后为未来供水技术的创新与发展提供了参考依据。

**关键词:** 节能供水; 城市管网; 优化

## Optimization Strategy of High Efficiency and Energy Saving Water Supply Technology in Urban Pipe Network

Ren Yi, Zhao Danyang

Guangdong Guangdong-Hong Kong Water Supply Co., Ltd. Shenzhen, Guangdong 518001

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, urban water supply systems are facing problems such as low water supply efficiency and high energy consumption. The application of high-efficiency and energy-saving water supply technologies can not only improve the operating efficiency of the water supply system but also effectively reduce energy consumption and promote sustainable urban development. Starting from the current situation of urban pipe network water supply systems, this paper analyzes the main problems existing in them and discusses in detail the application prospects and optimization strategies of high-efficiency and energy-saving water supply technologies. The article proposes specific measures to optimize urban water supply systems from aspects such as intelligent scheduling, pipe network leakage control, and the application of new energy-saving equipment. At the same time, combined with examples, it analyzes the positive impacts of these technologies on improving water supply efficiency and energy conservation and emission reduction. Finally, it provides a reference basis for the innovation and development of future water supply technologies.

**Keywords:** energy saving water supply; urban pipe network; optimize

## 引言

随着城市化进程的加快和人口的持续增长, 城市供水系统面临着日益严峻的挑战。传统的供水管网由于设计陈旧、设备老化和不完善, 常常面临高能耗、漏损严重、水质难以保障等问题, 严重影响了供水的效率和稳定性。为应对这些挑战, 提升供水系统的节能效率成为关键目标。高效节能供水技术在此背景下应运而生, 通过引入智能化调度、管网监测、漏损控制及新型节能设备等手段, 能够有效优化供水系统的运行效率<sup>[1]</sup>。本研究旨在探讨这些技术的应用原理和优化策略, 为城市供水系统的可持续发展提供理论支持和实践依据。

## 一、城市管网供水系统现状与问题

城市管网供水系统作为城市基础设施的重要组成部分, 承担着为居民、商业、工业等领域提供清洁水资源的关键任务。然而, 随着城市规模的不断扩大, 人口的增加以及用水需求的日益

增长, 城市供水管网面临着多重挑战。现状表明, 许多城市的供水系统仍依赖于较为陈旧的设施和技术, 这在供水安全、能源消耗和运行效率等方面暴露出诸多问题<sup>[2]</sup>。

一是供水管网的老化问题十分突出。许多城市的供水管道建设年代久远, 管道材质老化、腐蚀严重, 容易出现漏损或破裂。

项目基金: 供水管网漏损智能监测与管控关键技术研究及示范应用 (ZDYF2023GXJS159)。

作者简介: 任祎 (1979.12-), 男, 汉族, 湖北襄樊, 硕士研究生, 水工建筑中级工程师, 水利技术管理、智慧水利技术。

据统计,部分城市的管网漏损率高达20%~30%,不仅造成了大量的水资源浪费,还导致供水公司的运行成本增加。管道漏损还会导致水压不足,影响居民和企业的正常用水,严重时还可能引发公共安全问题,如管道破裂造成的城市道路塌陷等<sup>[3]</sup>。

二是供水系统的能耗高、效率低问题也日益凸显。传统的供水系统设计多以保证供水充足为主,常常采用超标准水压输送水资源,导致能源浪费。水泵作为供水系统的核心设备,其能耗占整个供水系统的主要部分,但由于许多水泵的技术陈旧、效率低下,供水系统中的能耗问题一直得不到有效解决。此外,供水管网调度系统缺乏智能化,往往依赖人工监控和调节,这进一步降低了系统的运行效率。面对日益增长的用水需求和环保要求,传统供水系统的高能耗问题亟须改进<sup>[4]</sup>。

三是供水系统的管理和监控手段滞后,难以有效应对复杂多变的供水环境。虽然部分城市已经引入了现代化的监控设备和信息化管理系统,但大多数城市仍停留在以人工管理为主的阶段,难以做到实时监控与快速应对。特别是在用水高峰期和突发事件中,供水调度和管理的滞后会造成供水短缺、管网压力不稳定等问题,影响供水系统的稳定运行<sup>[5]</sup>。

## 二、高效节能供水技术的原理与应用

### (一) 节能泵与高效水泵技术的应用

节能泵与高效水泵技术是城市供水系统中实现节能的核心技术之一。传统水泵因设计老旧、效率低下,常常在运转过程中造成大量的能耗。节能泵通过优化的水力设计与高效电机技术,显著降低水流阻力,从而减少能量消耗。此外,节能泵采用了先进的变频控制技术,可以根据实时的供水需求调整水泵的运转频率,实现按需供水,避免了传统水泵在低负荷情况下依然满负荷运转的浪费现象。高效水泵则通过精确设计,提高泵体效率,使其在不同工况下均能保持高效运行,从而有效减少能源消耗。这些技术的结合应用,能够大幅度提升供水系统的整体能效,为城市供水的节能改造提供重要支撑<sup>[6]</sup>。

### (二) 管网压力优化与智能控制技术

管网压力优化与智能控制技术主要通过实时监控和调节供水管网中的压力,确保在满足用户需求的前提下,减少多余的能耗。传统供水系统中,压力往往被设定在较高水平,以保证所有用户能够获得足够的水压。然而这种方式往往导致在低需求时段,管网中多余的压力消耗大量能源。智能控制技术通过传感器和智能控制算法,能够实时监测管网各节点的压力情况,并动态调整水泵的运转频率,确保供水压力与实际需求匹配,从而减少不必要的能源消耗。同时,压力优化技术可以有效延长管网及设备的使用寿命,减少漏损风险,提高供水的安全性和稳定性。通过这些技术手段,管网的运行效率得到了显著提升<sup>[7]</sup>。

### (三) 管网监测与漏损控制技术

管网监测与漏损控制技术在现代城市供水系统中具有重要作用。漏损是供水系统中水资源浪费的主要问题,漏损不仅增加了水处理的能耗,还浪费了大量的水资源。管网监测技术通过在管

网中安装传感器,实时监控水流量、压力和水质等参数,能够及时发现管道中的漏损点。借助漏损控制技术,如非开挖修复技术、智能声波探测等,供水公司可以在不影响正常供水的情况下,快速修复漏损部分,减少水资源的浪费<sup>[8]</sup>。此外,漏损预测技术通过对历史数据的分析,能够提前预测漏损高发区域,并进行预防性维护。综合应用这些技术,漏损率大幅降低,供水系统的节能效果得到显著提高。

### (四) 其他新型节能设备及技术

随着技术的发展,越来越多的新型节能设备与技术被引入到城市供水系统中。太阳能供水技术是其中的一项创新应用,它通过将太阳能作为供水设备的能源来源,减少了对传统电力的依赖,特别适用于偏远地区的供水系统。此外,蓄能供水技术也开始广泛应用,它利用夜间低谷电价时段储存水资源,在白天用水高峰期释放,从而减少供水高峰时段的能耗。除此之外,还有新型水质处理技术如膜处理技术和高效杀菌技术,它们不仅能保证水质安全,还能降低能耗。通过这些新技术的应用,供水系统实现了更高的能源利用率,并推动了城市供水向更为绿色、可持续发展的方向。

## 三、城市管网中高效节能供水技术的优化策略

### (一) 基于智能化调度系统的优化策略

智能化调度系统是现代供水网络优化管理的核心技术之一。它通过实时采集和分析管网运行数据,实现对供水系统的自动化调度与优化控制。传统供水系统存在的主要问题是调度不够精确,导致供水过量或压力不稳定,进而增加了能耗。智能化调度系统可以根据实时需求变化,调整供水设备的运行状态,降低能源消耗并提高供水效率。

智能化调度系统能够精确控制供水压力。在传统系统中,供水压力通常被设定在较高水平,以应对峰值需求。但在非高峰时段,这种设定会导致能耗增加<sup>[9]</sup>。智能调度系统能够实时监控管网各节点的压力情况,并根据用户的用水需求动态调整供水设备的运行状态,保证在满足需求的前提下降低不必要的能量浪费。

智能调度系统可以实现供水资源的优化配置。在城市管网中,水源分布不均衡可能导致部分区域供水不足,而其他区域供水过剩。通过大数据分析和模拟技术,智能化调度系统可以预测未来的用水需求变化,合理分配水资源,确保各区域的供水平衡。这不仅能避免供水短缺,还能减少不必要的水泵运转,达到节能的目的<sup>[10]</sup>。

智能调度系统还可以提高供水的安全性和稳定性。通过对水管网的实时监测,系统能够迅速检测到异常情况,如管网漏水、压力异常等,并进行及时的调整或报警,确保供水的稳定和高效。在应急情况下,智能调度系统可以自动启动备用水源或设备,保证供水不中断,并减少事故带来的经济损失。

### (二) 管网监测与漏损控制的综合应用

管网漏损是城市供水系统中能源浪费的主要问题之一,不仅会导致大量的水资源损失,还会增加供水系统的运行成本。通过综合应用管网监测与漏损控制技术,可以显著降低漏损率,提高

供水系统的节能效率。管网监测技术借助传感器和数据分析平台，实时跟踪管网中的流量、压力等参数，而漏损控制技术则通过优化管网维护和修复手段减少漏损。

建立全面的管网监测系统是实施漏损控制的基础。通过在管网各关键节点安装智能传感器，能够实时监控水流、压力和温度等参数。监测系统可以对管网的运行状况进行连续监控，并在数据出现异常时发出报警，提示供水管理人员及时处理可能出现的漏损问题。特别是在地下管网的监测中，智能监测设备可以通过声波、温差等手段探测到难以察觉的渗漏点，确保漏损早发现、早修复。

漏损控制的核心在于优化管网的维护和修复措施。漏损的产生与管网的老化、设备的磨损密切相关。通过定期的管网检修和及时的设备更换，可以有效预防漏损的发生。同时，结合现代化的漏损修复技术，如非开挖修复技术，可以在不影响城市正常供水的情况下，迅速修复地下管道的破损部分，减少因施工带来的供水中断和能源消耗。

### （三）节能设备与技术的优化配置

在城市供水系统中，设备的能效直接关系到供水的能源消耗。传统的供水设备往往效率较低，导致系统运行中的能源浪费。而通过采用高效节能设备，并进行合理的技术配置，可以大幅提升供水系统的节能效果。节能设备的优化配置主要包括节能泵、高效水泵、变频器等技术的应用，以及新型设备的引入。

节能泵和高效水泵是实现节能的关键设备。传统水泵的工作效率较低，特别是在部分负荷条件下，能源浪费严重。高效水泵通过优化设计，使其在不同负荷条件下都能保持较高的运行效率。同时，节能泵采用了先进的流体力学设计，能够大幅降低水流阻力，减少能源消耗。此外，节能泵的自动化控制系统可以根据实际供水需求，动态调整水泵的运行状态，进一步降低能源浪费。

变频器的应用可以有效提高供水系统的节能效果。变频器能够根据用水需求的变化，调节水泵的转速，从而实现精确供水。传统供水系统往往在低需求时也维持高转速运转，导致能源浪费。而变频器通过调节电机转速，可以根据实际需求优化水泵的运行状态，显著降低能耗。在一些供水高峰时段，变频器还可以提高设备的工作效率，确保系统平稳运行。

太阳能供水、蓄能供水等新型节能技术也正在逐步应用于城市供水系统。太阳能供水系统利用太阳能作为供水设备的能源来源，大大降低了对传统电力能源的依赖；蓄能供水技术则通过在夜间低谷电价时段进行蓄水，在高峰时段使用储存的水资源，减少供水过程中的电力消耗。这些新技术的应用为供水系统提供了更为环保、高效的解决方案。

### （四）管网扩容与更新的节能规划

随着城市人口的增长和用水需求的增加，城市供水管网面临着扩容和更新的需求。老化的管网不仅漏损率高，供水效率低，还存在较大的安全隐患。通过科学规划管网的扩容与更新，可以显著提升供水系统的节能效果，同时提高供水的稳定性和安全性。

管网的扩容需要综合考虑城市发展的长远规划。传统的管网设计往往不能适应城市快速发展的需要，容易出现供水能力不足的问题。通过前瞻性的扩容规划，可以为未来的供水需求留出足够的冗余空间，减少因供水不足而导致的频繁管网改造。此外，扩容过程中应充分应用高效节能技术，如低阻力管道材料、优化的水泵站布局等，确保新建管网具备良好的节能效果。

老化管网的更新是节能改造的重要一环。城市中许多供水管网因年代久远，材料老化，漏损严重。对老旧管网的全面更新不仅能减少漏水率，还能降低管网的能量损耗。在更新过程中，应采用先进的管道材料，如防腐蚀、低摩擦的材料，以提高管网的使用寿命和传输效率。同时，更新后的管网应配备智能化监测系统，便于实时检测管网运行状态，防止新问题的产生。

管网扩容与更新的节能规划还需要与城市整体节能目标相结合。在实施过程中，可以引入节能建筑设计理念，与其他市政基础设施协同进行节能改造。例如，在规划新建供水管网时，可以与城市雨水收集系统结合，形成循环供水系统，减少自来水的用量。这种综合规划方式能够最大限度地提高城市供水系统的节能效果，推动城市整体的绿色发展。

## 四、结束语

综上所述，高效节能供水技术在城市管网中的应用，不仅能够有效降低供水系统的能耗，还能提升管网的运行效率与稳定性。通过智能化调度、管网监测与漏损控制、节能设备优化配置等多方面的策略，城市供水系统的整体性能得到了显著改善。这些技术的持续发展和推广将为城市的可持续发展提供强有力的支持，减少水资源浪费，降低能源消耗，实现绿色环保的目标。未来，随着技术的不断进步和管理方式的革新，城市供水系统有望进一步迈向智能化、高效化，为居民生活和城市运行提供更为可靠的水资源保障。

## 参考文献

- [1] 丁晓欣, 苏旭冉, 高静思, 等. BIM 技术在城市供排水管网中的应用研究 [J]. 海河水利, 2023(2): 63-66.
- [2] 刘升升. 城市供水管网改扩建智能优化技术研究与实践 [D]. 青岛理工大学, 2023.
- [3] 隋毅, 张佳正. 城市供水管网分区供水技术分析 [J]. 中国高新科技, 2023(13): 74-75.
- [4] 马彪. 城市供水管网分区供水技术研究 [J]. 石油石化物资采购, 2022(35).
- [5] 郭佳静, 郭佳进. 关于城市供水安全保障及应急体系构建探讨 [C]//2023 (第二届) 城市水利与洪涝防治学术研讨会论文集. 2023.
- [6] 陈财会, 张天, 黄健康, 等. 基于 DQN 算法的泵站供水系统节能控制优化 [J]. 净水技术, 2024, 43(04): 60-67+127. DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.04.008.
- [7] 齐俊祥, 齐元山, 李大应. 冷却循环水系统节能技术对比分析 [J]. 氮肥技术, 2023, 44(04): 12-14+20.
- [8] 晏毅. 基于用水量预测的供水泵站优化运行及控制 [D]. 西华大学, 2023. DOI: 10.27411/d.cnki.gscgc.2023.000934.
- [9] 韩猛. 变频恒压供水装置在溧阳市防洪工程中的应用研究 [J]. 水利建设与管理, 2021, 41(08): 27-30. DOI: 10.16616/j.cnki.11-4446/TV.2021.08.06.
- [10] 董静, 李先磊, 杨瑶. 江宁区国家级县城节水型社会达标建设实践与思考 [J]. 水利发展研究, 2020, 20(03): 21-23. DOI: 10.13928/j.cnki.wrd.2020.03.006.