

城市供水系统计量管理与智能化监控技术研究

文 / 苗 蕾 济南水务集团有限公司

张 强 济南水务集团有限公司

摘要：本文探讨了城市供水系统的计量管理与智能化监控技术的应用与发展。随着城市化进程的加快，供水系统面临着管理效率低、资源浪费等问题，智能化技术的引入有助于提升供水系统的精确度与可靠性。本文分析了供水系统计量管理的现状与挑战，提出了基于物联网、人工智能等技术的智能化监控解决方案。研究表明，智能化监控不仅能够实时采集供水数据，优化水资源的分配，还能有效提升系统的应急响应能力和故障预测能力。最后，本文总结了智能化技术在供水系统中的应用前景，并对未来发展提出了展望。

关键词：城市供水；计量管理；智能化监控；物联网；人工智能

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.001

引言

随着城市化水平的提高，供水系统面临着日益严峻的挑战。传统的供水计量管理方法已无法满足现代城市供水的需求，尤其在水资源的精确管理、能源消耗控制、故障预警等方面，存在较大的优化空间。近年来，智能化监控技术的引入为供水系统的管理提供了新的解决方案。通过物联网、传感器、人工智能等技术，供水系统能够实现更精确的数据采集与实时监控，极大提升了管理的效率和响应速度。本文将探讨城市供水系统中智能化计量管理与监控技术的应用及其发展趋势。

一、城市供水系统的现状与挑战

（一）城市供水的现状

随着城市化进程的不断加速，城市供水系统在规模和覆盖范围上不断扩大。然而，现有的供水设施普遍存在老化和维护难题，许多城市的供水管网已经运行了几十年，存在着管道腐蚀、漏水和设施损坏等问题。根据统计数据，城市供水系统的漏损率较高，水资源在传输过程中损失严重，导致大量可用水资源浪费。此外，供水设施的更新换代和维护周期较长，维护资金的不足和技术人员的短缺使得管网的检修和更新变得更加困难。水资源的供需矛盾日益突出。城市化带来了人口的迅速增加，水需求量显著上升，而水资源的供给能力却未能同步提升。在部分地区，由于地理条件限制、气候变化等原因，水资源匮乏，出现了水源短缺问题。即使在水资源相对丰富的地区，随着需求的增长，水资源分配的压力也日益增大。水质污染和资源的过度开发也导致了供水系统运行的困难。

（二）传统供水管理模式的问题

传统的城市供水管理模式存在着许多亟待解决的问题。首先，计量误差与数据偏差是传统供水管理的突出问题。传统的水表往往无法实现精准的水量计量，部分地区由于水表老化、故障或人为干预，导致水量计量不准确。这不仅影响了收费的公正性，还使得供水公司难以实时掌握实际的水使用情况，进而影响决策和管理效率。传统模式下的供水系统存在大量的资源浪费与能源

消耗。由于管理信息化水平较低，水资源的分配和调度往往依赖人工操作，无法实现实时监控和动态调节。例如，部分地区存在管网漏水严重的情况，尽管供水公司知晓这一问题，但由于缺乏有效的监测系统，漏水问题未能及时得到处理。供水过程中的能耗高，也是一个亟需改进的方面。传统供水模式缺乏智能化的调度机制，水泵、阀门等设备的运行效率较低，造成了不必要的能源浪费。城市供水系统的传统管理模式已无法适应现代城市发展的需求，亟需引入先进的智能化技术来提升管理效率和资源利用率。如图1所示。

二、智能化计量管理技术概述

（一）智能水表与计量技术

智能水表是一种集成了传感、数据采集、通信等技术的先进计量工具，它通过数字化的方式精确记录用户的水量使用情况。智能水表的工作原理基于流量传感器和压力传感器，能够实时监测水流的变化，并将数据转换成数字信号进行处理。与传统的机械水表不同，智能水表通过嵌入式系统和无线通信模块，实现了远程数据传输、实时更新和在线监控。智能水表的应用具有显著的优势。首先，它可以精准记录用水量，避免了传统水表存在的读数误差或人为干预的风险，确保计费更加公正和透明。智能水表具备高精度、高灵敏度的特点，能够捕捉到微小的水流变化，及时发现漏水现象或异常用水情况，帮助供水公司快速定位问题，减少漏损，提升供水系统的运行效率。

（二）物联网技术在供水计量中的应用

物联网技术为城市供水计量系统提供了强大的数据采集和传输能力。通过将水表、传感器等设备与互联网连接，物联网可以实现数据的实时上传和远程监控。物联网设备通常包括智能水表、传感器、无线通信模块等，通过这些设备的协作，供水公司可以对整个供水网络进行全面的监控和管理。设备采集的数据通过无线网络传输至中央控制系统，供水公司可以通过平台查看各个区域的水流状况，实时掌握供水系统的运行情况。远程监控与自动数据采集是物联网技术在供水计量中的重要应

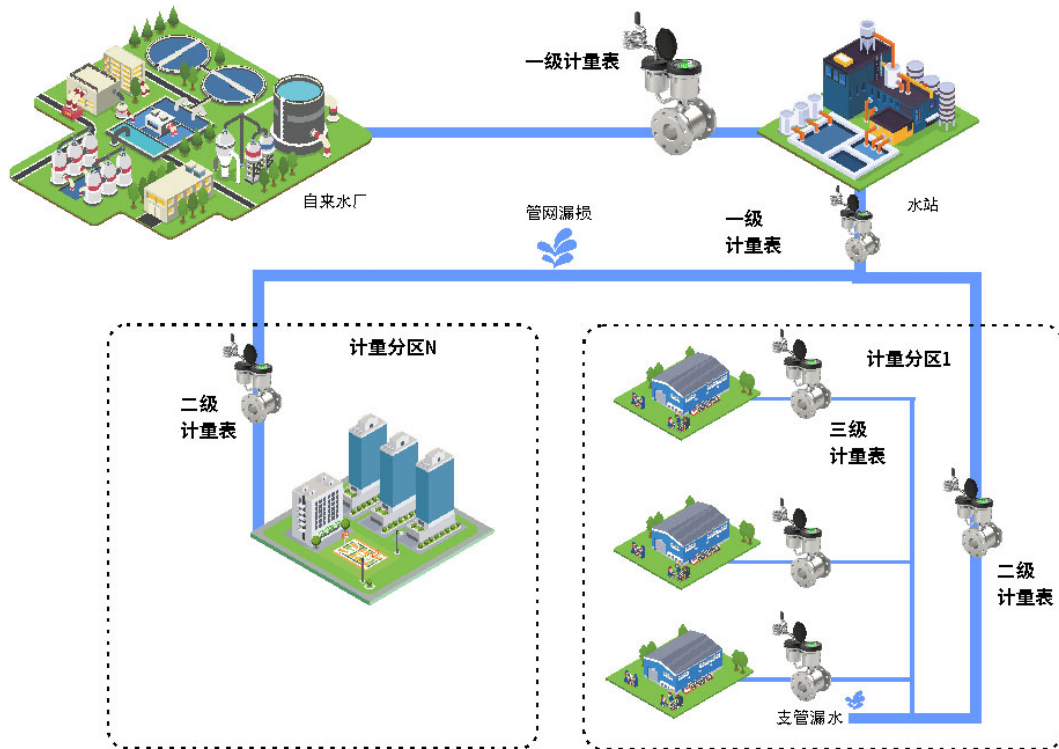


图 1 城市供水系统计量管理与智能化监控技术

用。传统的水表需要人工抄表，不仅耗时耗力，而且容易产生人为错误。借助物联网技术，供水公司可以实现自动化的抄表工作，数据采集的频率和精度大大提高。同时，远程监控技术使得供水管理人员能够随时随地查看实时水量数据和系统运行状态，一旦发生故障或异常情况，系统会自动发出警报，帮助管理人员迅速做出反应，及时解决问题。通过物联网技术的应用，供水系统可以更加智能化、精准化，减少了人工操作的干预，提升了数据的可靠性和供水系统的管理效率。这为实现更高效、更节能的城市水务管理提供了强有力的支持。

三、智能化监控技术的架构与功能

(一) 智能监控系统架构

智能监控系统架构通常由数据采集、数据传输、数据分析与处理等几个主要组成部分构成。这些部分协同工作，确保供水系统的实时监控和数据反馈。数据采集是智能监控系统的基础，它通过各种传感器、智能水表以及监控设备，实时采集供水系统中的各种数据，如流量、压力、水质等。传感器可以安装在供水管网、泵站、水处理厂等关键节点，监测水流、温度、pH值等重要参数。数据传输环节至关重要，它通过无线通信、物联网技术或有线网络将采集到的数据实时传输到中央数据中心或云平台。这一过程确保了监控数据的实时性和准确性，同时避免了人工抄表或定期检查的时间延迟。在数据传输后，数据分析与处理环节开始工作。通过大数据分析、机器学习等技术，监控系统能够对采集到的数据进行深度处理，从中挖掘出潜在的规律和趋势，识别出异常变化或潜在风险，为决策者提供及时、有效的数据支持。

数据分析结果不仅用于评估供水系统的运行状况，还能用于预测未来的水需求、识别系统中可能的故障点。

(二) 实时监控与故障检测

智能化监控技术的核心功能之一是实时监控与故障检测。通过实时数据采集和分析，智能监控系统能够时刻掌握供水系统的运行状态。一旦发现流量、压力或水质等参数异常，系统会自动触发警报并向管理人员发送实时通知，确保问题得到及时处理。例如，当某个区域的水压异常下降时，系统可以判断是否存在管网漏水或设备故障，迅速向维护人员提供问题定位。

故障预测与提前警报是智能化监控技术的另一个重要功能。通过历史数据分析和机器学习算法，智能监控系统可以识别供水系统中的潜在故障模式，并进行预测。这使得供水公司能够在故障发生之前采取预防措施，减少系统停运的时间和维修成本。例如，系统可以基于管道老化、设备过载等因素，提前发出预警，并安排定期检查或更换设备，从而有效避免了突发性故障的发生。系统优化与调度也是智能化监控的重要功能之一。通过对实时数据的分析，智能监控系统能够对供水流程进行动态调节，优化供水压力、流量等参数，确保水资源的高效利用。在水需求高峰期，系统能够自动调整泵站和水库的调度策略，以应对突发的用水高峰，避免供水中断或浪费。这种智能调度不仅提升了供水效率，还有效降低了能源消耗。

四、智能化技术在城市供水管理中的应用实例

(一) 国内外应用案例分析

在中国，多个大城市已开始逐步应用智能化技术优化供水管理。例如，深圳市通过引入智能水表和物联网

技术，构建了覆盖全市的智能供水监控系统。该系统实现了对各个区域供水情况的实时监控与管理，通过数据分析优化了供水压力和流量的调节，有效降低了水资源浪费。智能水表的数据实时传输到中央系统，供水公司可以快速获取用户用水数据，避免了人工抄表的误差，并通过分析用水行为，精确预测用水需求，确保供水系统的稳定运行。北京市也通过智能化技术解决了供水系统中的漏损问题。通过物联网技术，实时监测管网的压力和流量变化，系统能够及时发现漏水点，并自动报告故障位置，减少了人工检查和维修的时间。借助大数据分析，北京市优化了水资源的分配，提升了供水网络的运营效率。

（二）智能化技术的综合效益

智能化技术在供水管理中的应用有助于实现节水和资源优化。通过智能水表与物联网技术，供水公司可以实时掌握每个用户的用水情况，及时发现用水异常或水管漏水等问题。这不仅有助于减少水资源的浪费，还能够精确控制水的分配，避免了资源的过度开发。在用水高峰期，智能化系统能够根据实时数据调整供水量，避免了供水系统的负荷过重或不足。此外，通过数据分析，供水公司可以对城市不同区域的用水需求进行优化调度，提高水资源的整体利用效率。智能化技术的引入极大提升了供水管理的效率。传统的人工管理模式容易受到人为因素的干扰，且管理响应速度较慢，而智能化系统则可以实时监控供水管网，及时发现并修复问题。通过智能化调度与数据分析，供水公司能够科学地规划水资源的分配和使用，降低能源消耗，提升管理水平。此外，智能化系统还能够自动化执行数据采集、故障报警和维护调度等任务，减轻了工作人员的工作负担，缩短了故障处理的响应时间，整体提升了供水管理的智能化水平和运营效率。

五、智能化技术的未来发展与挑战

（一）智能化技术的前景

随着大数据和人工智能技术的飞速发展，智能化技术在水务管理中的前景十分广阔。大数据技术能够处理来自各类传感器和智能水表的大量实时数据，并通过数据挖掘技术分析供水系统的运行状态、用水需求、资源分配等关键因素。与人工智能的结合，使得供水系统不仅能够进行数据存储和分析，还能通过机器学习和模式识别，预测未来的用水趋势和潜在的故障风险。人工智能算法能够根据数据提供智能决策支持，优化供水网络的运行，提升水资源的配置效率，减少不必要的浪费。例如，基于大数据和人工智能的预测模型能够实时监控水源、管网状态、气候变化等多重因素，预测供水需求的波动。智能系统可以自动调节泵站的运行策略，动态调整水流量和水压，保证水资源的最优配置。随着5G通信技术的发展，智能化供水系统的实时性和覆盖范围将得到大幅提升。5G网络能够提供更高的传输速度和更低的延迟，使得供水系统能够在更大范围内实现实时监控和数据传输。与传统的4G网络相比，5G技术能够同时

连接更多的设备，支持更大规模的传感器网络，进一步提升城市供水系统的智能化水平。

（二）未来面临的挑战与对策

尽管智能化技术具有显著的优势，但其普及仍面临一定的挑战。首先，智能化设备的成本相对较高，尤其是高精度的智能水表和传感器，以及相关的通信和数据存储设备。这些设备的部署需要较大的资金投入，可能导致部分地方，尤其是中小城市和经济条件较差地区，无法承担实施的成本。为解决这一问题，政府可以通过财政补贴、政策支持等方式鼓励智能化技术的应用。随着技术的不断进步和规模化生产，智能化设备的成本有望逐步下降，从而提高其普及度。随着智能化技术的广泛应用，供水系统将产生大量敏感数据，如水质数据、用户用水数据等。这些数据的安全性和隐私保护问题日益凸显。数据泄露或篡改可能导致供水系统出现严重问题，甚至引发社会恐慌。确保数据安全是智能化供水系统发展中的一项重大挑战。必须加强网络安全技术的应用，采用加密算法和多重认证机制，保护数据传输和存储过程的安全。政府和企业应制定严格的数据隐私保护法规，确保用户的个人信息不会被滥用或泄露。尽管智能化技术在水务管理中具有广阔的前景，但其普及和发展仍需克服技术成本、数据安全等多方面的挑战。

结语

随着城市供水系统面临的挑战日益加剧，智能化技术的应用为解决传统管理方式中的诸多问题提供了新思路。本文探讨了城市供水系统中计量管理与智能化监控技术的应用，揭示了其在提升供水效率、降低资源浪费、提高管理精度等方面的显著优势。未来，随着技术的进一步发展，智能化监控技术将在城市供水领域中发挥更大的作用。尽管仍面临一些挑战，如技术普及与数据安全等问题，但智能化供水系统的建设无疑是推动城市水务管理现代化的重要方向。

参考文献

- [1] 张婕. 城市供水系统漏损技术与管理研究 [D]. 山东建筑大学, 2020.
- [2] 唐君言, 司马文卉, 赵政阳, 孙学良, 李东来. 超大城市供水系统管网漏损控制策略与潜力分析 [J]. 西北水电, 2023(05): 42-47.
- [3] 许月霞. 城市供水系统漏损控制策略研究与应用 [D]. 郑州大学, 2017.
- [4] 郝志萍, 于书红. 浅议城市供水智能管理系统的构建 [J]. 中国科技信息, 2014(08): 50-51.
- [5] 孟玮. 城市供水管网测压点的优化布置及压力测量方法探究 [J]. 科技视界, 2012(26): 364-365.

作者简介：苗蕾，1987年1月，女，汉，山东烟台市，学士，本科，中级，研究方向：净水工艺、自控、智慧供水，供水仪表。张强，1986年7月，男，汉，泰安，学士，本科，中级，研究方向：净水工艺、自控、智慧供水，供水仪表。