

供水管网漏损治理节水技术

一、技术名称

供水管网漏损治理节水技术

二、所属技术类型

节水技术

三、技术/产品简述

（一）技术概述

1. 技术原理及特点

供水管网漏损治理节水技术融合了窄带物联网（NB-IoT）技术、大数据技术及人工智能技术，依托自身一体化的技术创新和系统优化能力，建立了智慧漏损治理平台，可以轻松完成水务采集、异构数据、分散数据的整合，快速发掘隐藏在数据背后的巨大商业价值。该智慧漏损治理平台建立了统一的数据中心，通过对海量数据信息及时采集、分析与处理，建立了水务生产调度模型、管网压力监测模型、居民表后漏损监测模型、城市管网漏损监测模型、供水预测模型等水务监测模型，起到预警、预测、及时治理等效果，实现更加精细和动态的管理，支持用户的整个生产、管理和服务流程。平台深度应用人工智能技术，通过大数据学习与分析处理，自动调整优化相关的水务监测模型，使得漏损

治理过程更加智能化，效果更加明显。

2. 创新点

采用新技术、新手段和新管理方式解决了传统数据采集频率低、时效慢、计算时点不准、数据采集量少、大规模部署困难等问题，形成水治理物联网的“感知层”，结合漏损治理模型，向“禹之水”智慧漏损治理系统提供实时准确的数据，将传统的被动式检漏策略转变为主动式检漏策略。智慧漏损治理平台从感知层、传输层、应用层 3 个层面层层研发建设，充分应用了物联网技术、大数据技术和人工智能技术，通过大数据学习与分析处理，自动调整优化相关的水务监测模型，使得漏损治理过程更加智能化，效果更加明显。

3. 解决问题

使用了人工智能技术，建立了各种水务监测模型，并且不断地学习优化模型，完全改变了以往漏损治理中存在的问题，使得漏损治理过程更加精细化，更加及时化，更加智能化，效果更加显著，减少水资源的流失，产生良好的经济与社会效益。

（二）技术参数

1. 智慧漏损治理平台主要技术参数

- （1）SOA 架构和 B/O 架构。
- （2）采用 GIS 技术。
- （3）数据采集 5min/次，数据传输 2 次/d。
- （4）系统响应时间为 2s。

(5) 发现异常实时告警。

2. DN50 及以上智能远传水表主要技术参数

(1) 量程比： $R \geq 200$ 。

(2) 基表内置一体式成型的不锈钢滤网。

(3) 基表叶轮材质需采用高强度 PPO 玻纤。

(4) 基表流动剖面敏感度等级可达最高等级 U0/D0，无安装前后直管段要求。

(5) 准确度等级：2 级。

(6) 压力等级： $\geq 1.0 \text{MPa}$ 。

(7) 防水等级：IP68。

(8) 通讯方式：NB-IoT 网络实现数据传输。

(9) 通讯电池寿命： ≥ 2 年（采集周期 1 次/5 分钟，通讯间隔 2 次/天）。

3. DN40 及以下智能远传水表主要技术参数

(1) 量程比： $R \geq 160$ 。

(2) 计量精度：准确度等级 2 级及以上，应符合 JJG162《冷水水表》2 级水表的要求。

(3) 水表上所有接触水的零部件和防护材料应采用无毒、无污染、无生物活性的材料制造，应有足够的强度和耐用度，同时应耐水和大气等通常的内外腐蚀。

(4) 表玻璃：采用钢化玻璃，符合 JB/T8480 标准。

(5) 基表外壳采用球墨铸铁。

(6) 连接部件：螺母、接头，采用 304 不锈钢或黄铜。

(7) 通信方式：采用本地通信运营商的 NB-IoT 网络实现数据传输。

(8) 水表采用可更换通用锂电池，在每天一次数据上报的频率时，应确保电池的额定工作寿命 ≥ 6 年。

4. 智能远传流量计

(1) 流量计整机精度优于 0.5%；重复性优于 0.15%。

(2) 需要具有隔爆认证，且认证等级不低于 CT4。

(3) 具有 CE 认证。

(4) 准确度等级：0.5 级。

(5) 输入信号：来自传感器的与流量成正比的信号。

(6) 报警输出：流量上下限报警、空管报警。

(7) 显示功能：中英文显。

(8) 显示数据：瞬时流量、正反向累积量和净累积量、百分比。

(9) 通信方式：NB-IoT 网络实现数据传输。

四、适用条件与限制条件

该技术可在智慧水务细分领域：城市供水管网漏损治理、公共机构节水系统管理、高校漏损治理、高耗水企事业单位漏损治理、大型园区漏损治理、城乡供水一体化信息管理建设等领域。

五、节水效果

该系统在福州市自来水有限公司应用以来的效果：

节水效果：可挽回 60%-80%供水管网漏损水量；通过精细化管理可节约 5%-10%用水量。

测试方法：通过持续将 6 个月用水数据上传至漏损治理管理系统整合分析，采用同比分析法计算节水效果。

六、同类产品比较

（一）优点

1. 技术对比

传统节水分析统计技术：数据采集机械化且分散，整合困难，无法实时掌握用水异常。漏损发现滞后，漏损定位手段落后。

智慧漏损治理平台：NB-IoT 数据传输方式，低功耗，高效率，实时数据入库，能够查询统计，实现数据整合，集中展示，整理归档，实现日常业务处理，数据自动统计、汇总，出报表，可有机整合其他系统平台，提供数据分析和决策支持。第一时间发现漏损，并告警，树形结构管理模式可准确定位漏损区域。

2. 经济对比

传统节水分析统计技术：费时耗力，重复工作多，掌握全面用水情况需投入大量人力物力。

智慧漏损治理平台：安装后可一直在线运行，一次性投入，维护简单。

3. 效果对比

传统节水分析统计技术：提供用水量统计和定额分析。

智慧漏损治理平台：提供用水量统计、漏损分析、设备管理

信息、定额比对分析等功能，

4. 管理对比

传统节水分析统计技术：管理手段单一，方法落后，缺乏有效监管方式。

智慧漏损治理平台：实现智能化、精细化、可视化的节水管理模式，提供一站式节水管理平台，提供先进节水管理技术，达到最优节水效果。

七、典型应用案例一

（一）案例名称

福州市城市供水漏损治理合同节水管理项目

（二）案例时间及实施地点

2017年~2020年，福州市

（三）用能人数及建筑面积

约 160000 户

（四）改造情况

1. 项目基本情况

福州市城市供水漏损治理作为国内首个窄带物联网(NB-IoT)规模商用的承接项目，福水智联与福州市自来水有限公司同意按“合同节水管理”模式就福州市城市供水漏损治理合同节水管理项目进行专项节水服务。首期以老仓山区域为试点，边界范围为 81.5 平方公里，涉及 371 个小区、13 万注册用水户，年供水量约为 8000 万立方米，合同目标是：到 2020 年将漏损治理试点区

域的漏损率下降到 12%，实现年均减少自来水漏损 2000 万立方米，年均经济收益 3000 多万元。

2. 改造前情况

福州市自来水有限公司供水区域总面积约 150k m²，用水人口约 240 万人，2015 年日均用水量达到 68.91 万吨，年用水量为 25152 万吨。

老仓山试点片区供水区域总面积约 81.5 k m²，用水户约为 12 万户，根据最新水量报表数据，老仓山试点片区 2017 年 4 月份供水总量为 644 万吨，总售水量为 396.6 万吨。

3. 改造过程

对福州市老仓山（盖山西路以东）区域的管网进行分析并建立供水管网树型结构，在建立好的树型结构内计算市政管网及小区地面管网的漏损率以及精准量化各种漏损水量，及时发现、定位各类漏损的区域和地点，最大程度减少城市供水的漏损水量，实现到 2020 年将漏损治理试点区域的漏损率下降到 12% 的目标。

（1）安装基于 NB-IoT 窄带物联网技术智能传感终端

在每个划分的二级分区以及三级分区（树形结构）的供水支管和出水支管安装智能流量计，用以监控二级及三级分区的用水量、压力和温度。在每个虚拟计量节点安装智能远传水表，用以监控虚拟计量节点的用水量、压力和温度。同时可监测供水管网的瞬时流量、压力和温度。在小区的最不利点安装智能压力变送器，用以监控小区内部最不利点的压力情况。

(2) 研发建立基于树形结构城市供水漏损治理模型

根据供水主管网走向对所监测的区域进行划定,所划定区域需能明确统计在该区域内的用水用户信息。

根据管网资料,将分区内的虚拟计量节点与主管网进行连接,建立树形结构。

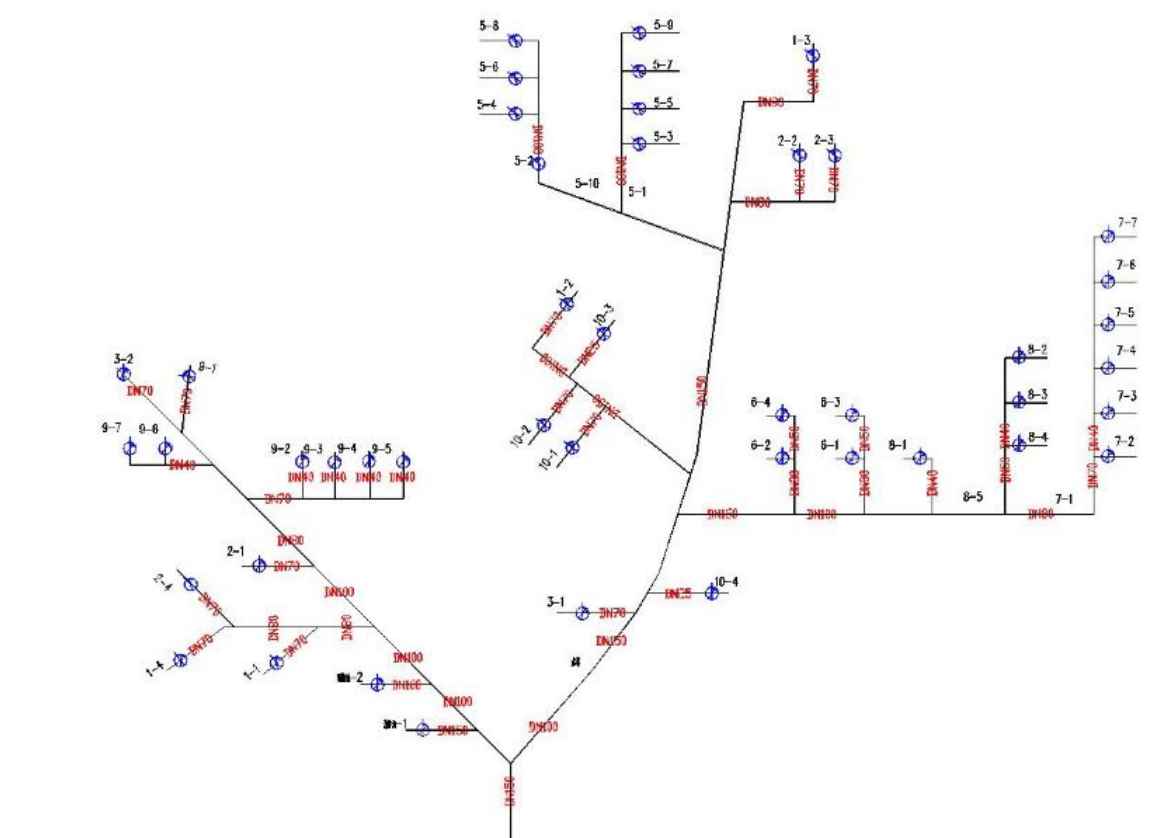


图 1 分区树形结构图

根据建立的树形结构图,可根据实际情况在相应的供水支管加装智能远传水表,可将整个监测区域内一个复杂的树形结构划分为多个简单的树形结构,方便对每个树形结构进行后续分析。

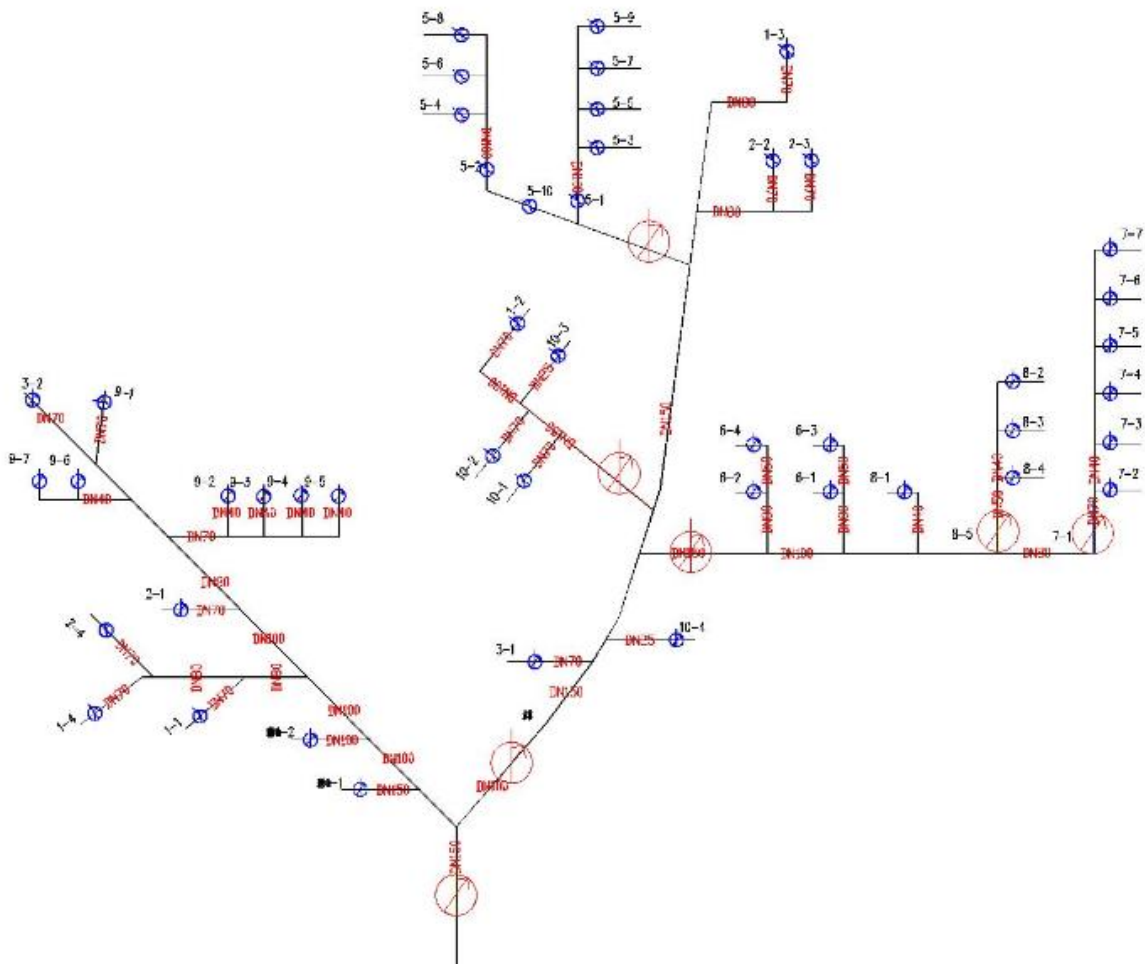


图 2 流量计分区树形结构图

为第二步建立的每个虚拟计量节点以及划分多个树形结构的供水支管安装智能远传水表,用以监控虚拟计量节点的用水量、压力和温度。同时可监测供水管网的瞬时流量、压力和温度。

根据水量平衡可计算得出每个树形结构的管网漏损率,可对漏损率高的树形结构进行进一步的漏损分析。根据安装在虚拟计量节点和供水分支上的智能远传水表所上传的压力变化值和时间差,采用流体负压波泄漏检测方法就可以进行泄漏定位,最后指派相应人员找到具体漏损点并及时采用相应措施进行修复。

(3) 建立禹之水智慧漏损治理分析系统

(4) 组建专业漏损治理团队

(五) 节能节水效果

该项目分 14 个片区，针对分区进行逐一治理，截止 2019 年 12 月底已累计找到并维修了 1366 个漏点，梳理并整治废弃管网 155 根。经测算，节约水量约 1600 万立方米/年。2019 年福州市供水漏损率控制在 10.11%，较 2018 年下降 8.16%。

(六) 经济效益及社会效益

1. 经济效益

水司投入约 2500 万元，投资回收期 6 年（不计息）。到 2019 年 12 月底，总节约水量：约 1600 万立方米/年，节约水费约 5187.6 万元。

2. 社会效益

(1) 减少供水管网漏损。

(2) 减少长期管网漏损对地面沉降的影响，有效预防管网漏损对加速城市地面沉降的影响。

(3) 大幅助力自来水公司实现智慧水务，提升我国智慧水务行业在国际上的竞争力。

(七) 主要经验

领导高度重视建设工作是前提，完善水计量器具配备，实现分户、功能分区计量，是节水管理的基础条件。

采用智能远传水计量器具，搭建漏损治理监测系统，可为管

理决策提供数据支撑，提高管理水平，实现精细化、可视化、数字化管理。

八、典型应用案例二

（一）案例名称

福州大学旗山校区合同节水管理服务项目

（二）案例时间及实施地点

2021年~2022年，福建省福州市闽侯县乌龙江大道2号福州大学旗山校区。

（三）用能人数及建筑面积

标准人数28011人，建筑面积74.91万m²。

（四）改造情况

1. 项目基本情况

为贯彻落实国家及福建省相关文件精神，教育引导广大学生树立节水意识，养成良好行为习惯和生活方式，加快推进用水方式由粗放向节约、集约转变，提高学校用水效率，减少水资源浪费，建设节水型高校，福州大学通过公开招投标遴选一家优质的节水服务企业，采用效益分享型合同节水管理模式，由节水服务企业在不减少用水科目、不降低使用舒适度的前提下，遵照《合同节水管理技术通则》GBT 34149、《节水型高校评价标准》T/CHES32. T/JYHQ0004和相关法律法规及行业标准规范，自行筹资全程实施，建立驻校供水用水服务团队，建立长效的节水管理机制，集成各种先进适用技术和管理理念，完成学校的节水综

合改造，协助学校创建节水型高校。

2. 改造前情况

福州大学旗山校区生活给水系统主要分为教学区和生活区两个部分，项目分多期建设，管道材料、供水设备和用水器具的规格存在较多种类，相关图纸也为分期保存，未绘制总图。

学校 2010 年安装建设有能源监控平台，生活区仅部分安装远程监控水表，其他为传统机械表。存在分级计量不完整、计量水表超过使用年限准确性差、多个水量监控系统且节水相关功能不足等问题。

福州大学旗山校区 2019 年总用水量 2371541m^3 ，标准人数 28011 人，人均用水量 $84\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{年})$ ，高于水利部的《服务业用水定额：高校》中的南方高校用水定额先进值 ($45\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{年})$)。

3. 改造过程

(1) 管网梳理：收集并分析现状管网资料，辅以探管仪，从教学区或生活区的自来水公司总表开始，对所有供水管网进行探测、核实、梳理，做好标注记录，同步录入高校节水监测系统。绘制供水管网总平面图、生活区和教学区的生活给水管网系统图、消防给水管网系统图等。

(2) 用水分级计量：

建立 DMA 分区计量漏损监测模型：对校区的供水管网进行合理的 DMA 分区，关键节点安装 NB-IoT 的智能远传计量设备，建立 DMA 分区计量漏损监测模型，靶向漏损区域，分析漏损类型，

采取高效措施进行治理。

生活供水一、二、三级表具计量系统完善：在学校重要节点安装若干台 NB-IoT 智能远传流量计、智能远传水表、智能远传压力变送器，采集各用水点流量、压力等重要用水数据，通过远传通讯模块传输至系统平台、手机终端 APP 等。

消防系统计量器具配备：在消防主管网重要分区节点等位置安装若干台窄带物联网智能远传水表及智能远传流量计。采集消防重要节点流量数据，通过通讯模块传输至系统平台、手机终端 APP 等，及时发现管道漏损、消火栓异常用水情况，向用水户发出警报信息，及时处理，防止跑、冒、滴、漏现象的发生。

在部分教学楼、宿舍楼及消防泵房的出口管道等重要位置安装智能远传压力表。

设备清单：共配备 274 台智能远传水表，17 台 NB-IoT 智能远传流量计，32 台压力变送器和 2 台液位计，均采用 NB-IoT 数据传输方式，数据上传高校节水监测系统。

（3）搭建高校节水监测系统：将供水管网信息、智能远传终端等设备信息及数据上传至高校节水监测系统。结合 DMA 分区技术，建立树形结构漏损治理模型，第一时间发现漏损，并告警，准确定位漏损区域。

（4）管网探漏维修：高校节水监测系统自动对所有上传的数据进行分析，系统综合比对分析某 DMA 分区的进、出水流量，结合夜间最小流，有漏损情况即弹窗提示告警。

依据系统靶向的区域范围，白天在区域现场依据管网总图熟悉管网走向、材质、埋深等信息，探漏专员在凌晨夜深人静的时候进场探漏，准确定位漏点并修复。

(5) 其他节水措施：包括终端节水改造、湖水绿化节水改造、节水宣传等。

(6) 建立长期运维管理机制：对平台、供水管网、计量设备和用水终端建立长期运维的制度，发现漏水点和设备有故障的情况下在 24 小时内解决故障，确保用水效率长期达标。



图 3 长效运维管理图

(五) 节水效果

节水效益：截止 2022 年 3 月，福州大学旗山校区第一季度用水量 32.167 万吨，同比基准值 2019 年第一季度用水量 48.453 万吨，用水量降低了 16.286 万吨，节水率 > 30%。成效显著，师生用水体验满意度持续升高。

测算依据：高校节水监测系统统计分析 NB-IoT 智能远传水表数据。

（六）经济效益及社会效益

1. 经济效益

企业自筹及银行贷款 1737 万元，投资回收期约 10 年。

截止 2022 年 3 月，福州大学旗山校区第一季度用水量同比 2019 年第一季度用水量降低了 16.286 万吨，按现行水价 2.65 元/吨，折算年节水效益 43 万元。

2. 社会效益

（1）节约水资源。

（2）建立节水监测系统，修复漏损管网，有助于提升管理水平，保障供水安全，减少停水区域和停水时间，保障师生用水。

（七）主要经验

领导重视，建立健全各项能源管理制度和责任网络是前提，完善水计量器具配备，实现分户、功能分区计量，是节水管理的基础条件。