

物联网技术与供水管网测控系统

宁波水表股份有限公司 姚灵

1 物联网（IOT）技术

物联网技术是继计算机技术和互联网技术之后的第三次信息浪潮。

2010 年《政府工作报告》将物联网定义为：物联网是指通过信息传感设备、按照约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是互联网基础上延伸和扩展的网络。

物联网是一种 M2M 的系统，即是“人与人”（MEN TO MEN）、“人与机”（MEN TO MACHINE）及“机与机”（MACHINE TO MACHINE）之间的互联系统。而传统的互联网则主要解决“人与人”之间的联系与沟通。

物联网是通过各种信息传感设备及系统（如：传感网、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等）、条码与二维码、全球定位系统，按约定的通信协议，将物与物、人与物、人与人连接起来，通过各种接入网、互联网进行信息交换，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。物联网的主要特征是每个物件都可以寻址、控制和通信。

物联网技术主要由感知层、网络层和应用层所构成，其可能的体系构架见图 1。



图 1 物联网可能的构架

感知层主要是完成信息的感知与采集功能，同时也包括了网络接入等功能。网络接入功能主要由传感节点（或汇聚节点）、自组局域网和接入网关等实现，可以完成末梢各传感节点的组网控制和数据融合、汇聚及转发等功能。从发展趋势看，物联网感知层主要应包括各类新型传感与信号预处理技术、信号接口技术、数据采集与传输技术、无线传感器网络的组网技术及广域网的接入技术等内容。

网络层主要承担物联网感知层与应用层之间的数据通信任务，确保数据在网络上传输的安全与可靠。网络层的广域通信网络主要有：2~4G 移动通信网络、城市光纤网络、企业专

用网络等。数据如何安全、可靠、快速地在网络上传输是网络层应考虑的主要问题。

应用层由各种应用服务器组成,其主要功能包括对采集到的数据进行汇聚、转换、分析、挖掘、应用等。目前已经进入大数据时代,由众多传感器采集到的数据汇集成“数据海”,海量数据必须由“云计算”方能完成数据的分析与应用。应用层可以为用户提供各种应用接口,如移动互联网接口等。

目前,物联网已经在智慧城市建设中发挥着非常重要的作用,如:智能水务、智能交通、智能物流、智能健康、智能安防等,其主要应用类型见表1。

表1 物联网主要应用类型

应用分类	应用行业及用户	典型应用
数据采集	公用服务 机械制造 质量监管 气象预报 零售连锁 智能农业 石油化工	水、电、气、热自动抄表 智能停车场 环境监测(水、空气、污染物) 物品状态检测 自动售货机 产品质量监管 电梯监控
自动控制	医疗卫生 机械制造 智能建筑 公共设施 工业监控	供水管网水量调度 智能电网 远程医疗及监控 路灯监控 智能交通
生活便利	数字家庭 健康保健 金融服务 公共安全	市民服务卡 电子支付 智能家居 工业及楼宇自动化
定位应用	交通运输 物流管控	警务人员定位 物流、车辆定位监控

图2是利用物联网技术的智能家居构成示意图。



图2 物联网技术在智能家居中的应用

物联网的发展将呈现两大趋势。一是智能化趋势，如：接入物联网的“物品”要更加智能，能够自主地实现信息交换，这就需要对海量数据进行挖掘和处理。随着云计算技术的不断成熟，这一难题将会得到较好的解决；另一趋势是 IP 化。未来的物联网将给所有物品都赋予一个身份标识，实现“IP 到末梢”，只有这样才能随时随地地了解和控制物品的即使信息。这方面的应用，新一代互联网技术 IPv6 可以承担起这项重任。

2 管网测控系统构成

城镇地下供排水管网系统非常复杂，对它们进行有效管理和监控需要用到传感与信号处理、计算机与通信、自动控制等技术，并且涉及到管网地理信息系统、管网水力建模和控制策略与算法等现代科学技术等内容。

对城镇供水管网而言，因信息化、网络化、智能化等技术的推广与应用，构成管网测控系统的各项技术日益庞大和复杂，涉及的应用面也越来越广。目前已进入应用领域或尚在研发完善的测控系统主要有：管网地理信息系统、管网供水科学调度系统、管网在线水质监控系统、管网渗漏水检测与定位系统、管网参数综合测控系统等。

2.1 管网地理信息系统 (GIS)

城市供水管网地理信息系统是融合计算机图形和数据于一体，储存和处理空间信息的高新技术，它把地理位置和相关属性有机结合起来，根据实际需要准确真实、图文并茂地输出给用户。满足市政部门对供水系统运行管理、设计和信息查询的需要，借助其独有的空间分析功能和可视化表达，进行各项管理和决策。

地理信息系统简称 GIS。广义上说，它是存储处理与地理空间分布有关信息的集合，主要由以下四部分组成：信息获取与输入，数据存储与管理，数据转换与分析，成果生成与输出。GIS 是以采集、存储、管理、描述、分析地球表面及空间和地理分布有关的数据的信息系统。它以地理空间数据库为基础，在计算机软硬件环境的支持下，对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示，并采用地理模型分析方法，适时提供多种空间和动态的地理信息，为地理研究、综合评价、管理、定量分析和决策服务而建立起来的一类计算机应用系统，是以计算机为工具，具有地理图形和空间定位功能的空间型数据管理系统。

管网 GIS 除了上述特征外，与一般地理信息系统尚有不同，主要有：

1) 管网 GIS 主要处理对象为供水管网的相应组件，包括：泵站、输配水管道、管道阀门井、水表井、泄压阀、泄水阀、排气阀、用户水表等。因此处理对象比较明确。

2) 管网系统及相应设施与市政道路、工商业、居民住宅区规划密切相关，管网 GIS 的

建立需要丰富、详实的相关数据和信息。

3) 管网 GIS 服务于供水企业, 以提供供水企业管理水平为目标, GIS 的设计应以契合并优化供水企业业务管理为宗旨, 因而 GIS 不但应该是单纯的地理信息系统, 同时也是一罐管理理想信息系统。

4) 供水管网 GIS 作为针对供水管网的专业软件系统, 应该考虑与该专业领域内相关软件系统或管理目标 (如: 管网规划设计、管网优化调度等) 相配合, 应该是一个既独立又开放的软件系统。

管网 GIS 的主要功能有: 1) 全面实现管网系统档案的数字化管理, 形成科学、高效、丰富、详实的供水管网档案管理体系, 建立管网系统中央数据库。2) 高效、生动地定位管道、阀门、水表等管网组件, 为实际生产运行提供可靠地依据。3) 为管网系统规划、改建、扩建提供图纸及数据依据, 对管网的改扩建的规划、改扩建后的运行进行计算机模拟, 辅助管网规划方案的优选。4) 为管网施工提供图纸。5) 科学高效地进行爆管抢修等事故处理。6) 用于供水企业日常运行的水表业务管理, 包括增设水表、水表定位、抄表数据等, 提供与供水企业运行管理软件的接口, 管理供水企业的水费收取等日常业务。

基于 GIS 的供水管理系统的基本功能: 数据录入、图形编辑、属性编辑、检索查询、管网运行数据管理、输出管理等。图 3 是供水管网 GIS 工作原理框图。

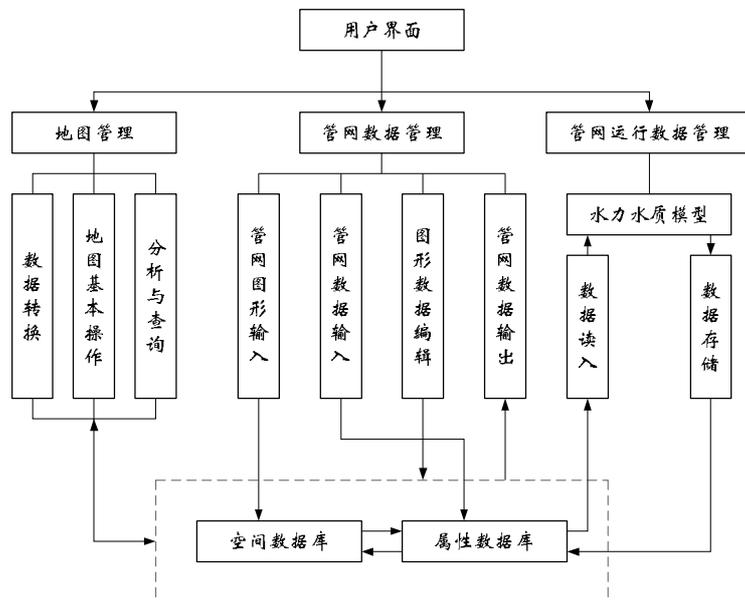


图 3 供水管网 GIS 工作原理框图

2.2 管网供水科学调度系统

供水系统科学调度的目的是安全可靠地将符合流量、压力和水质要求的水供应给用户, 并最大限度地提高供水系统大安全可靠, 降低供水运行成本, 提高运行管理科学技术水平。

供水系统运行调度技术发展经历了以下三个阶段:人工经验调度、计算机辅助优化调度、全自动优化调度与控制。

供水系统科学调度技术包括:管网计算机模拟技术、实时数据监测技术、优化控制和智能决策技术等。科学的运行调度应充分利用计算机信息化和自动控制技术,包括管网地理信息系统 GIS,管网压力、流量及水质的遥测和遥讯技术等,通过计算机数据库管理系统和管网水力及水质动态模拟软件,实现给水管网的程序逻辑控制和运行调度管理。

供水管网科学调度系统由以下几部分组成:

1) 数据采集与通信网络系统 (SCADA), 包括: 水压、流量、水质等参数数据采集和数据通讯网络; 通信网络与水厂过程控制系统、供水企业生产调度中心等联通, 建立统一的接口标准与通信协议。

2) 数据库系统。数据库系统是科学调度系统的数据中心, 具有规范的数据格式和完善的数据管理功能。一般包括: GIS、管网模型数据、各检测点压力、流量、水质等实时状态数据, 调度决策等数据。

3) 调度决策支持系统。调度决策支持系统是系统的指挥中心, 又分为生产调度决策系统和事故处理系统。生产调度决策系统具有系统仿真、状态预测、优化等功能; 事故处理系统则具有事件预警、侦测、报警、损失预估及最小化、状态恢复等功能。

4) 调度执行系统。由各种执行设备或智能控制设备组成, 可以分为开关执行系统和调节执行系统。开关执行系统控制设备的开关、启停等, 如控制阀门的开闭、水泵机组启停、调节、控制阀门的开度、电机转速等。

供水管网科学调度系统工作原理见图 4。

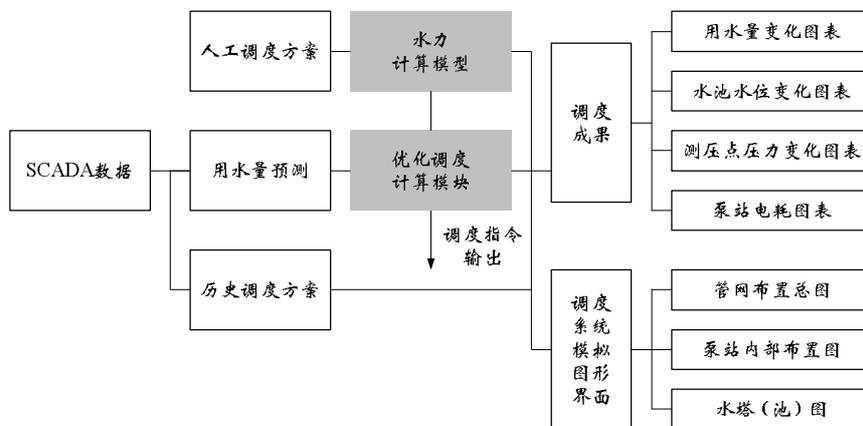


图 4 供水管网科学调度系统工作原理图

2.3 管网在线水质监控系统

管网在线检测是在原水、出厂水和管网水质监测与预警中的作用将得到进一步的加强。在线水质检测技术将朝多元化、集成化、远传化的方向发展。现代城市供水水质的实时、快速、准确、自动的水质监测系统可以通过网络进行数据传输和快速反应，对水质恶化和突发污染事件实现预警，如：在原水取水口建立包括浑浊度、pH、溶解氧、叶绿素 a、COD 等多参数的原水预警系统，应用发光细菌检测无机和有机毒性物质含量的在线水质毒性测定仪等在国内已有应用，对保障供水水质的安全将发挥重要作用。

水质自动监测是利用现代仪器分析技术、自动控制技术、计算机应用技术和通信传输网络组成的在线水质自动监测系统。水质自动监测站能自动、连续、准确地监测目标水域的水质及其变化状态，并对各仪器监测结果、运行状态进行采集，储存并传输至中心控制室，中心控制室可随时调取各水质自动监测站的监测数据及仪器状态信号，对监测数据进行统计处理、存入数据库，并以各种报告形式打印输出。

水质自动监测站主要由六个部分组成，即采水系统、配水系统、在线水质分析仪器、PLC 控制系统、数据采集传输系统、监测站房及配套设备。

2.4 管网渗漏水探测与定位系统

管网渗漏水探测技术主要包括：流量法、压力法、噪声法、听音法、区域法、相关分析法及其它方法（如：管道内窥法、探地雷达法、地表温度测量法和气体示踪法等）。这些探测方法各有利弊，目前都在探索使用之中。

噪声法是一种很有发展前景的管网渗漏水自动探测方法。通过在管网各个节点（如：水表、阀门、消防栓等）上布置噪声传感器，利用自身无线通信装置或智能水表、电控阀等的通信收发器，可以方便、实时地将渗漏水信号第一时间发送至控制中心。在管网分布模型和定位算法配合下，就能基本确定管网渗漏水的具体位置，为及时维修提供了极大的方便。

噪声法探测渗漏水的基本原理是，利用传感器探测到的声音频谱识别渗漏水信号，利用各节点传感器输出信号强度确定管网渗漏水位置。

图 5 是利用噪声法探测管网渗漏水的传感器及安装示意图



图 5 噪声法探测传感器

3 管网参数综合检测技术

管网测控系统及物联网应用均离不开管网参数的综合检测与处理。及时掌握管网供水参数以及供水环境条件等的变动情况是制定管网控制策略的基本依据,也是决定控制策略是否有效的重要保证。因此,传感与检测技术是任何闭环控制系统中必不可少的重要环节。

管网综合参数检测是通过终端计量表计及各类传感器完成的。

管网综合检测技术可以分为:饮用水物性参数检测、饮用水水质参数检测、其它状态参数检测等。

1) 饮用水物性参数检测

如:流量(瞬时、累计流量)、压力(脉动、平均压力)、水温、正逆流、满空管等。

2) 饮用水水质参数检测

如:浑浊度、PH值、余氯、氨氮等。

3) 其它状态参数检测

如:管道渗漏水、管网测控设施工作状态、环境参数(温度、湿度、电磁、振动等)、水泵电参磁数等。表 2 是管网在线检测参数一览表。

表 2 管网饮用水在线检测参数一览表

检测项目分类	检测项目
饮用水物性参数	瞬时流量、累积流量
	脉动压力、平均压力
	管内水温
	正向流、逆向流
	液位、空管等
饮用水水质参数	常规水质参数: COD、BOD、氨氮、总磷、浊度、pH、溶解氧
	重金属
	生物毒性、综合毒性
	藻类、油类、颗粒等

其它状态参数	管道渗漏水
	表计、传感器、控制阀等内部特性参数
	表计、传感器、控制阀等外部工况图像
	环境温度、湿度变化
	环境振动、电磁干扰
	水泵: 机械特性、电磁特性

4 智能水表在管网测控系统中的作用

智能水表作为管网测控系统中的重要一员，承担着智能计量终端和控制执行器的作用。管网参数中用水量和水流量参数是其最主要的参数之一，通过智能水表对其准确、可靠计量，为水费结算和实时用水量提供了依据和信息。

传统水表仅担负着用水量的计量，由于计量数据不能远传，只能通过人工抄表、人工计算输入方式完成用户水费结算等工作。这是一种离线的工作方式，实时性非常差，不能为水量调度提供及时的信息和参考。

目前，机械水表通过安装机电转换和信号处理等电子装置，也可以和无机械运动机构的电子水表一样，输出用水参数电信号，直接进入测控网络和系统，将水计量结果传输至供水企业，为控制策略制定及时提供依据。

管网测控系统不仅仅需要了解各用户和各管网节点在数天、数月的用水量信息，而且还需要掌握数小时、数分钟内的实时用水量数据，以及各管网节点的瞬时流量等情况，便于给科学用水调度提供更为详实的参数。因此，对智能水表而言，除了具有网络接入功能外，还需从测量方面做出改进和完善。

智能水表的计量准确度、可靠性和使用寿命也应符合测控系统的要求，如：在不同的气候和环境条件下开展工作，电池寿命，密封状态，电子密钥管理等。

2015. 11. 18