

文章编号:1000-582X(2005)04-0056-04

基于 GSM/GPRS 的城域化管网泄漏监测与定位系统*

江朝元^{1,2},曹晓莉¹,甘思源²

(1. 重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院,重庆 400033;2. 重庆大学 自动化学院,重庆 400030)

摘要:针对城市供水管网的地下破裂和泄漏,设计了基于 GSM/GPRS 通信的远程泄漏监测与定位系统。由管网监测终端实时采集管网流量、流速、流向和压力,通过 GPRS 网络实现远程数据传输;系统基于 GIS 技术构建,针对供水管网突发性的爆管和地下泄漏特点,综合运用了负压波和流量检测法进行泄漏模式识别与漏点定位,可及时、准确的发现和定位泄漏点。该系统运用 GPRS 网络实现了低成本、高效率的城域化、网络化的管网泄漏检测,为城市供水管网的应急抢险提供了一个良好的平台,在实际使用中取得良好的效果。

关键词:通用无线分组业务;供水管网;泄漏监测;泄漏定位

中图分类号:TP393

文献标识码:A

城市供水管网担负着城市输水的重要任务,是城市工业生产、商业发展、居民生活的重要保障线。随着城市建设的快速发展,城市规模和供水管网不断扩大。由于自然力、城建施工或其它人为因素的作用,供水管道可能发生爆管和地下泄漏。一旦发生管道泄漏,必将造成大量的水量损失,致使工业生产、居民生活等受到影响;同时还危及生命和财物安全,产生负面的社会影响。

供水管道的破裂和地下泄漏在城市供水时时有发生,及时发现管道泄漏事故和抢险,具有十分重要的经济和社会意义。近年来,国内外针对输送管道泄漏检测的理论和应用得到了很大的发展^[1-4],它们主要针对石油、天然气等重要生产资料的输送管道,而针对城市供水主干管网(80 mm 口径及以上)在线泄漏监测的研究和应用还不多见。

鉴于此,笔者研究了一种基于 GSM/GPRS 无线通信平台建立的城市供水管网泄漏检测与定位系统,其采用智能监测终端监测管网节点流量、流速和压力,通过 GSM/GPRS 无线网络将各网点数据不断送达监测中心系统,并对管网检测参数进行计算、分析,判断管网中是否有泄漏出现,从而实施城市供水管网的城域化、网络化、信息化泄漏监测及定位,达到及时、准确定

位抢险的目的。

1 泄漏检测与定位原理

应用于管道泄漏检测的主要方法有压力梯度法、负压力波法、流量平衡法、声发射、超声波检测法等物理方法和一些化学方法;对泄漏信号的处理方法有经典谱、现代谱、小波、模式识别、神经网络等方法;对泄漏状态的判断问题综合了模式识别、神经网络、分形处理等技术。这些技术的特点和应用场合各不相同。

自来水管网的泄漏主要分为爆管和地下渗漏,水流泄漏会反映到压力、流量、流速和流向等参数上面。本研究中采用了负压波法与流量检测法相结合的检测和定位方法。

1.1 负压波法

负压波法是一种声学方法,所谓压力波实际是在管输介质中传播的声波。一旦管道发生泄漏时,管道内外形成压差,泄漏点的流体迅速流失,压力下降,形成负压。泄漏点两边的流体由于压差而向泄漏点处补充,这一过程依次向上下游传递,相当于泄漏点处产生了以一定速度传播的负压力波。

供水管网泄漏时生产的负压波波形如图 1 所示,横坐标为时间,纵坐标为压力。以一条直管端为例,当

* 收稿日期:2004-10-22

基金项目:国家经贸委“2002 年国家技术创新计划项目”([2002]566)

作者简介:江朝元(1968-),男,重庆市人,重庆工商大学实验师,主要研究方向:智能仪器。

管道发生泄漏时,供水端检测到的压力在较短时间内迅速下降到一个低压稳定态,而出水端检测到的压力会随着水的持续泄漏或倒流持续泄压。



(a) 供水端负压波形



(b) 出水端负压波形

图 1 泄漏负压波形

负压波法就是根据泄漏产生的负压波传播到上下游的时间差和管内压力波的传播速度来计算出检测泄漏并确定泄漏点的位置,其定位的原理如图 2 所示, L 为管道长度, X 为泄漏点到监测近端的距离, v 为负压波波速, t_1, t_2 为负压波传播到上下游的时间,典型的定位计算公式为^[5]:

$$X = (L + v * (t_1 - t_2)) / 2$$

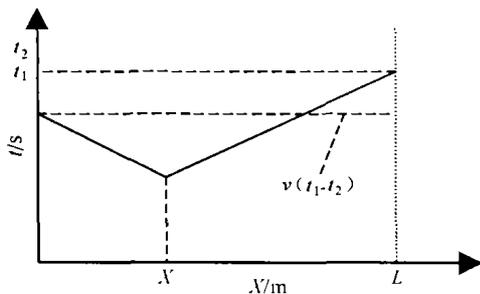


图 2 负压波泄漏定位原理

此公式成立的前提是负压波速为常数。声波的速度与介质的密度、压力、比热、温度和管道的材质等有关。笔者研究的介质是自来水,其密度、比热、压力基本一致,且通常在地面下深埋输送,管道及水的温度基本恒定,所以波速可以看作常数。显然由于我国南北方气温差异,波速要受到一定影响。

此外,由于管材的弹性模量、管道直径、管壁厚度等不同,负压波速还需要管道的约束条件作相关的修正。所以需要修正系数(C)来修正负压波的传播速度,其修正公式如下:

$$X = (L + C * v * (t_1 - t_2)) / 2$$

在实际工程中,需要根据管道规格、敷设方式来测定或

修正压力波的传播速度,在软件分析处理过程中作相应的修正处理或分别处理,最后综合管网拓扑结构分析和定位泄漏点。

1.2 流量检测法

所研究的供水管网是由水厂、调节池和泵站等向终端用户输水的主干管道网,管道出口在绝大多数时间都有动态变化的用水,管道内水压会因为用水情况变化而波动。除了泄漏,加压泵站内部的操作,如调泵、调阀,也会产生负压波,再加之环境对管道的影响,压力的变化可能会淹没在一片噪声之中,这种噪声情况特别易在接近输水末端和有泵站的管道中出现。所以仅靠压力检测就很难消除噪声干扰,提高识别的准确率。而流量、流速、流向的变化对于泄漏和干扰具有不同性质,通过分析流量、流速、流向的变化就可以识别修正负压波的来源,弥补单纯的压力检测难以消除干扰存在的缺点。

城市自来水的管网输送中有着显著的特点:末端用水情况只会引起流量、流速的不同,不会引起流向的改变;而管道中的泄漏会引起流量、流速的显著下降,同时还引起流向的改变,特别是在有坡度的管段上(在南方丘陵地区普遍存在)。因此,只要在压力监测的同时检测管道的流量、流速、流向,以可准确的区分泄漏、泵站操作和其它干扰。而流量、流速、流向和压力参数也正是城市供水管网监测中需要同时掌握的管网决策数据,以便根据输水情况作出调度,因而在此同时也研究了管网输水和泄漏监测。

2 系统构成

如图 3 所示,该系统主要由以数据库和 Web 服务器为核心的 LAN 管理平台、GPRS 无线通信网络平台和管网监测终端三大部分组成。其中 LAN 管理平台中的监测计算机负责通过 GPRS 无线 Modem 或宽带光纤接入 GPRS 网络,与安装在各网点的监测终端通过 GPRS 网络建立 TCP/IP 联接实时监测管网参数,并对采集到的管网参数进行预分析处理,写入数据库;管网泄漏监测分析由数据库服务器上运行的泄漏监测服务系统负责处理,Web 服务器通过数据库服务器中数据向管理决策、生产调度、管网抢险计算机提供信息和分发任务;管网监测终端实现管网的流量、流速、流向和压力监测,并通过 GPRS 网络实时发向管理平台中的监测计算机。

3 监测终端

监测终端主要完成三大任务:一是保证可靠接入

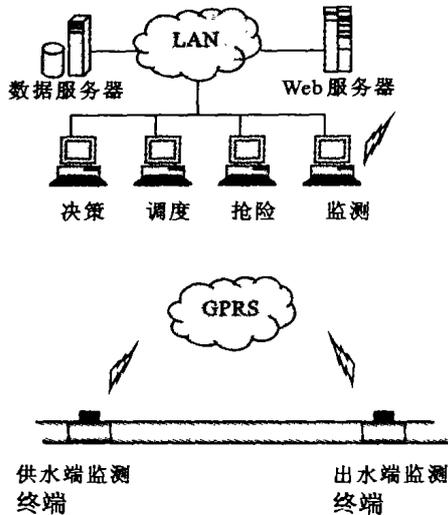


图3 GPRS供水管网泄漏监测与定位系统

GPRS网络,主动向监测中心请示并建立TCP联接,保持实时通信畅通;二是负责实时采集监测点管道的流量、流速、流向和压力参数,并对数据作本地热备份;三是响应管理决策下达指令,并按决策要求定时上报管网参数。其构成原理框图如图4所示,主要由3部分组成:以MCU为核心的监测单元、GPRS通信单元和传感单元。

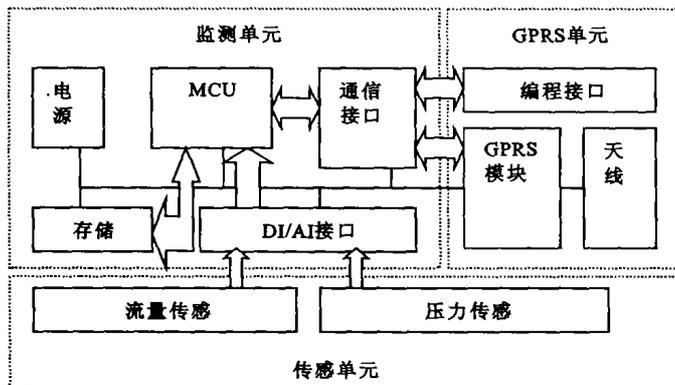


图4 监测终端构成原理框图

监测终端采用AC200V供电工作,只有当外部停电时才自动切换到内置锂电池供电,此时要向监管中心发出3包停电报警信息,此后只供监测单元和传感单元工作检测管网参数,停止向GPRS单元供电,以节约电池能量。

监测单元的MCU是带Flash存储的精简指令系统,支持编程接口在线编程。通信接口与GPRS模块采用TTL电平232接口规范,实现MCU与GPRS模块间的电气联接。存储器用于热备份管网监测参数,同时存储预置的维护Web页面,以便管理平台计算机可以直观的访问指定终端页面,进行终端工作参数和性能维护,此功能只支持工作在静态IP情况下的GPRS虚拟子网终端,不支持公网动态IP情况下的终端。

DI/AI接口是流量和压力传感器的接口。流量、流速、流向采用脉冲式非对称光电扫描方式测量,以DI方式供MCU读取,可以检测到管道累积流量、瞬时流速、水流方向以及反转流量,其中流量检测范围为0~9 999 999 m³,精度为0.001 m³;压力检测采用以色列的直插式压力传感器,测量范围为0~6 MPa,精度为0.001 MPa,以AI方式供MCU内部12位A/D转换。

GPRS模块采用索爱的GR47,其内置TCP、UDP协议,支持TTL电平232接口,具有快速附着到网络的特点。由于GPRS工作原理是语音与数据共用信道(仅极少地区网络不是),在人口密集地段信道资源紧张时,移动通信系统将按语音优先的原则使GPRS数据信道让出给语音服务,会出现一定时间的GPRS通信中断或速率下降。为保证管网监测通信不被中断,设计中必须同时考虑其它的通信承载方式,如短信或超级短信(USSD)。当监测终端检测到GPRS通信异常时自动切换到短信方式,同时监测GPRS网络状态;当GPRS恢复正常时,再切换回到GPRS通信。

4 监测中心系统

监测中心系统采用B/S计算机模式设计^[6],管网泄漏监测与定位以后台服务方式设计,通过Web页面向业务客户端提供信息,实现了真正的瘦客户端。其系统的模块构成及工作原理如图5所示,分为服务和交互两部分。

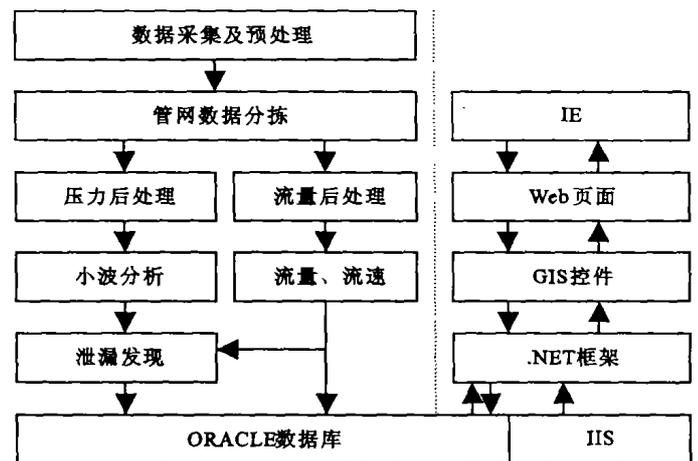


图5 监测中心系统模块构成及工作原理

服务程序实现按管理策略采集数据及预处理、数据分拣、数据分析和数据记录。由于现场电磁干扰、管道振动和泵站操作等,采集到的压力波信号附加有大量噪声,消除各种噪声干扰至关重要。因此,为精确获得泄漏引发的压力波传播到上下游传感器的时间差,需要准确地捕捉到泄漏负压波信号序列的对应特征。

根据不同情况下的信号特征,可通过实验中信号特征的研究分析和预处理,在系统嵌入信号处理函数,可使得系统能够针对不同的信号做出相应的处理。如泵启停产生的尖锐噪声特点,可采用中值滤波消除,其它环境噪声采用小波分析处理。采用压力与流量结合的模式识别技术发现和定位泄漏,提高泄漏捕捉的准确性,减少或避免误报。

人机交互部分 Web 程序基于 .NET C# 和 GIS 技术开发。其中 .NET C# 编程实现数据库访问、管网信息展现和业务操作;GIS 控件通过编程展现管网地图和各地点的监测点参数,提供直观的地图定位观测和监管。

5 结 论

基于 GSM/GPRS 无线网络的管网泄漏监测与定位系统实现了城域化、网络化、信息化的管网泄漏监测和定位抢险,系统泄漏捕捉时间小于 120 s,定位误差 50 m(80%),其具有低成本、低费用、高可靠的性能和特点,特别适应我国的国情和城市管网监管的需求。

目前,本系统在试用中成功监测到多起管道泄漏和回流,为提高供水企业的管理效益和社会形象发挥着重要作用。

参考文献:

- [1] 唐秀家. 不等温长输管道定位理论[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1997, 33(5): 575 - 579.
- [2] 靳世久, 唐秀家, 王立宁, 等. 原油管道泄漏检测与定位[J]. 仪器仪表学报, 1997, 18(4): 343 - 348.
- [3] 王立宁. 原油输送管道泄漏检测——理论及其监测系统的研究[D]. 天津: 天津大学, 1998.
- [4] 王潜龙, 冯全科, 屈展, 等. 基于声发射与小波包理论的压力管道泄漏检测[J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(5): 515 - 518.
- [5] 陈悦, 吕琛, 王桂增. 基于 SCADA 的输油管线泄漏监测系统[J]. 自动化仪表, 2003, 24(9): 5 - 8.
- [6] 李一宁, 汪泉弟, 何为. 基于 C/S 和 B/S 混合模式的电能管理信息系统[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2003, 26(6): 56 - 59.

GSM/GPRS Based Leakage Monitoring and Locating System of Tap Water Pipe Network in City Area

JIANG Chao-yuan^{1,2}, CAO Xiao-li¹, GAN Si-yuan²

(1. College of Computer and Information Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400033, China; 2. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: On the underground booster and leakage of the city water network pipe, a remote leakage monitoring and locating system based on GSM/GPRS is developed. The parameters of tap water pipe network, i. e., flow, velocity, direction and pressure are collected by monitor terminal, the data transmission is realized by GSM/GPRS network. Aiming at the feature of the underground booster and leakage of the water pipe, with the GIS technology and the signal processing methods, such as negative P wave and flow detecting, accurate and prompt positioning of leakage location can be detected. The system can not only realize the leakage detection of low cost, city area, networking by GPRS network but also provide a emergency platform of tap water pipe network. The system has been used in practical tap water pipe network with excellent results.

Key words: GSM/GPRS; water pipe network; leakage monitoring; leakage locating