



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105927863 B

(45)授权公告日 2018.06.29

(21)申请号 201610302392.6

(22)申请日 2016.05.07

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105927863 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(73)专利权人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工
路2号

(72)发明人 王孝良 刘颖

(74)专利代理机构 大连星海专利事务所有限公

司 21208

代理人 王树本

(51)Int.Cl.

F17D 5/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 103939749 A,2014.07.23,

CN 202082629 U,2011.12.21,

CN 205090197 U,2016.03.16,

WO 2012059390 A1,2012.05.10,

杨进等.自适应供水管网泄漏检测定位仪器
系统.《仪表技术与传感器》.2005,(第02期),

审查员 王欣

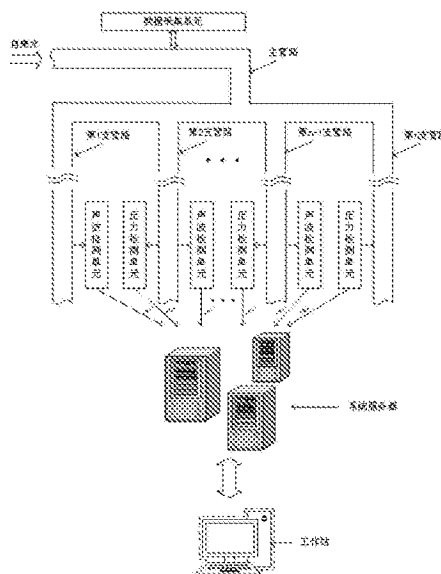
权利要求书4页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

DMA分区管网泄漏在线检测定位系统及其检
测定位方法

(57)摘要

本发明涉及自来水供水管网测漏技术领域，
一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统及其检
测定位方法，其中，系统包括DMA分区自来水主管
路、DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路、数据采
集单元、压力检测单元、声波检测单元、系统服务
器及工作站，所述数据采集单元，安装在DMA分区
入口处的自来水主管路上，并通过GPRS/3G/4G模
块将数据上传至系统服务器；所述第1、2...N-1、N
自来水支管路上，分别安装有压力检测单元或声
波检测单元或压力检测单元及声波检测单元，所
述压力检测单元、声波检测单元、分别通过GPRS/
3G/4G模块将数据上传至系统服务器，系统服务
器与工作站之间通过工业以太网进行通讯。本发
明适合于地下供水管网、易于安装、很好地解决
了城市各DMA分区的末端管网泄漏诊断与定位问
题。



CN 105927863 B

1. 一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统,包括DMA分区自来水主管路、DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路、数据采集单元、压力检测单元、声波检测单元、系统服务器及工作站,其特征在于:所述数据采集单元,包括压力传感器、流量传感器及数据采集RTU模块,其中压力传感器、流量传感器安装在DMA分区入口处的自来水主管路上,数据采集RTU模块安装在邻近阀门井的井壁上,所述压力传感器、流量传感器分别与数据采集RTU模块上两个RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区入口处的自来水主管路上的压力、流量数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器;所述DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路上,根据现场工况安装有压力检测单元及声波检测单元,所述压力检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的压力传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述声波检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的管道声传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述压力传感器、管道声传感器分别与数据采集RTU模块上RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区内的自来水支路上的压力及声波数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器,系统服务器与工作站之间通过工业以太网进行通讯;所述工作站,包括数据采集控制单元、统计模型参数计算单元、管网诊断单元、声特性计算分析单元、泄漏点测漏定位单元及DMA分区监控显示单元,其中,所述数据采集控制单元,还包括采集目标配置子单元、数据采集模式配置子单元、数据收发及通讯协议解析子单元、实时库数据管理子单元、历史库接口子单元及相关定位数据采集协同控制子单元,基于数据采集单元、压力检测单元及声波检测单元采集的数据,经统计模型参数计算单元与管网诊断单元共同完成管网泄漏是否存在的判断及泄漏方位的判断,声特性计算分析单元完成所判断泄漏方位周围的管道声波数据计算。

2. 根据权利要求1所述一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统的检测定位方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤1、建立DMA分区供水管网运行状态规律统计学模型,所述统计学模型建立前提为管道正常运行且无泄漏,根据实际工况,将24小时分为n个时间段,DMA分区内共有1个流量监测点,p个压力监测点,具体包括以下子步骤:

(a) 单个时间段内DMA分区入口数据采集单元中流量传感器采集m次DMA分区自来水主管路流量数据,每次采集1个流量数据,每个流量数据均包含有该流量数据的采集时间,找到该时间段内流量数据的最大值 \max_1 及最小值 \min_1 ,峰峰值 P_1 通过公式(1)计算得到,

$$P_1 = \max_1 - \min_1 \quad (1)$$

该时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的平均值 \bar{X}_1 通过公式(2)计算得到,

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i \quad (2)$$

式中,m表示该时间段内采集的DMA分区自来水主管路流量数据总个数, X_i 表示该时间段内m个DMA分区自来水主管路流量数据中的第i个数据,单个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的方差值 s_1^2 通过公式(3)计算得到,

$$s_1^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad (3)$$

(b) 建立时间-流量模型,重复子步骤(a) n次,分别计算出一天内n个不同时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,首先记录第1个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_1 ,然后以第2个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_2 ,依此类推记录第n个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_n ,根据数据的变化动态修正上述模型 $Q_1 \sim Q_n$;

(c) 单个时间段内压力检测单元中压力传感器在单个压力监测点采集k次压力数据,每次采集1个压力数据,每个压力数据均包含有该压力数据的采集时间,所以在单个时间段内,单个监测点采集压力数据共k个,找到该时间段内压力数据的最大值 \max_2 及最小值 \min_2 ,峰峰值 P_2 通过公式(4)算得到,

$$P_2 = \max_2 - \min_2 \quad (4)$$

单个压力监测点压力数据的平均值 \bar{X}_2 通过公式(5)计算得到,

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k X_j \quad (5)$$

式中,k表示该时间段内单个压力监测点采集的压力数据总个数, X_j 表示该时间段内中单个压力监测点采集的压力数据中第j个数据,单个压力监测点压力数据的方差值 s_2^2 通过公式(6)计算得到,

$$s_2^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_2)^2 \quad (6)$$

(d) 重复子步骤(c) p次,计算单个时间段内第1个压力检测到第p个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值;

(e) 建立时间-压力模型,重复子步骤(d) n次,计算一天内第1个时间段内到第n个时间段内第1~p个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值,首先记录第1个时间段内第1个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,第1个时间段内第1个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{11} ;记录第1个时间段内第2个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内第2个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{12} ;依此类推该时间段内第p个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内第p个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{1p} ,同理,分别记录第2个时间段内第1~p个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,以第2个时间段内压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 $P_{21} \sim P_{2p}$,依此类推分别记录第n个时间段内第1~p个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,以第n个时间段内压力数据与该压力数据采集时间

的对应关系,以时间为横轴,该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 $P_{n1} \sim P_{np}$,根据数据的变化动态修正上述模型 $P_{11} \sim P_{1p}$ 、 $P_{21} \sim P_{2p}$ 直至 $P_{n1} \sim P_{np}$;

(f) 建立流量-压力模型,记录一天内DMA分区自来水主管路流量数据及p个压力监测点数据,首先,以不同DMA分区自来水主管路流量数据与第1个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第1个压力监测点流量-压力模型 A_1 ,然后,以不同DMA分区自来水主管路流量数据与第2个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第2个压力监测点流量-压力模型 A_2 ,依此类推以不同DMA分区自来水主管路流量数据与第p个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第p个压力监测点流量-压力模型 A_p ;

步骤2、泄漏诊断单元判断是否存在泄漏点及泄漏方位,根据实际情况,设定计算窗口时间长度,窗口时间长度记为t,所述系统可设定各项数据的阈值,具体包括以下子步骤:

(a) 设当前时间段为第d个时间段,通过步骤1子步骤(a)中公式(1)计算当前第d个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的峰峰值,通过步骤1子步骤(a)中公式(2)计算当前第d个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的平均值,通过步骤1子步骤(a)中公式(3)计算当前第d个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的方差值,记录以上所述当前第d个时间段内峰峰值、平均值和方差值,以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,当前第d个时间段内流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型S,将模型S中峰峰值、平均值与方差值与步骤1子步骤(b)中建立的时间-流量模型 $Q_1 \sim Q_n$ 中相对应时间段的模型 Q_d 中峰峰值、平均值与方差值对应相比较,若峰峰值的差异未超过系统阈值,平均值的差异和方差值的差异均超过系统阈值,则判断该DMA分区存在泄漏,若峰峰值、平均值和方差值的差异均超过系统阈值,则在该时间段内以系统设定的窗口长度t计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 st^2 ,设该时间段起始时间为 T_1 ,结束时间为 T_2 ,将该时间段分为第1个窗口 $T_1 \sim T_1+t$,第2个窗口 $t \sim T_1+2t$,……,第x个窗口 $T_1+xt \sim T_2$,在第y个窗口内计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 st^2 ,平均值 \bar{X}_t 通过公式(7)计算,

$$\bar{X}_t = \frac{1}{e} \sum_{f=1}^e X_f \quad (7)$$

式中,e表示第y个窗口内流量数据总个数, X_f 表示第y个窗口内流量数据总个数中第f个数据,方差值 st^2 通过公式(8)计算,

$$s_t^2 = \frac{1}{e-1} \sum_{f=1}^e (X_f - \bar{X}_t)^2 \quad (8)$$

找到该时间段内第1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_1 ;找到该时间段内最后1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_2 ,第1个出现异常的窗口到最后一个出现异常的窗口之间的时间差记为 Δt , Δt 通过公式(9)计算,

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (9)$$

若 Δt 超过系统设定的最大时间间隔,则判断存在泄漏;

(b) 若步骤2子步骤(a)中判断该DMA分区内管网存在泄漏,则根据步骤1子步骤(c)中公

式(4)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的峰峰值、根据步骤1子步骤(c)中公式(5)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的平均值和根据步骤1子步骤(c)中公式(6)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的方差值,若第u个压力监测点的峰峰值、平均值和方差值其中一项或两项或三项超过系统对应阈值,则找到当前第d个时间段内该压力监测点的最大值和最小值,根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的采集时间,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\max} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的流量值 C_{\max} ;根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的时间点,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\min} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的流量值 C_{\min} ,将 B_{\max} 与 C_{\max} 相比、 B_{\min} 与 C_{\min} 相比,若所述以上两项均超过系统阈值,则判断该压力监测点所在管段存在泄漏,完成对泄漏点的方位判断;

步骤3、根据步骤2中对泄漏点的方位判断,泄漏点定位单元启动安装于与该方位相关位置的声传感器完成声波数据采集并计算,依据相关定位测量计算方法计算出泄漏点距临近声传感器的距离。

DMA分区管网泄漏在线检测定位系统及其检测定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统及其检测定位方法,属于自来水供水管网测漏技术领域。

背景技术

[0002] 城市供水管网泄露所造成的“非收益水费”居高不下是城市供水公司提高经济效益的重大障碍。城市供水管网泄漏主要源于供水管网末端的小泄露点的海量泄露累积。如果不及时准确检测、定位城市供水管网的泄露点,将会给水资源造成极大的浪费。

[0003] 随着现代化城市的发展,城市供水管网的优化与解耦改造、进行合理DMA分区是城市供水行业的共识与发展趋势。供水系统管网独立计量分区(DMA)的合理优化建设与改造是简化管网拓扑、平衡管网负荷、提高供水安全性和强化供水系统监控与管理水平的必经之路。

发明内容

[0004] 为了克服已有技术存在的问题,本发明提出一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统及其检测定位方法,该系统适合于地下供水管网环境、易于安装、成本低廉,很好地解决了城市供水管网DMA分区末端管网的泄漏诊断与定位问题,能够及时检出泄漏点,减少了水资源的大量流失。

[0005] 为了实现上述发明目的,本发明采用的技术方案是:一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统,包括DMA分区自来水主管路、DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路、数据采集单元、压力检测单元、声波检测单元、系统服务器及工作站,所述数据采集单元,包括压力传感器、流量传感器及数据采集RTU模块,其中压力传感器、流量传感器安装在DMA分区入口处的自来水主管路上,数据采集RTU模块安装在邻近阀门井的井壁上,所述压力传感器、流量传感器分别与数据采集RTU模块上两个RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区入口处的自来水主管路上的压力、流量数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器;所述DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路上,根据现场工况分别安装有压力检测单元或声波检测单元或压力检测单元及声波检测单元,所述压力检测单元,包括安装在DMA分区自来水支管路上的压力传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述声波检测单元,包括安装在DMA分区自来水支管路上的管道声传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述压力传感器、管道声传感器分别与数据采集RTU模块上RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区内的自来水支管路上的压力及声波数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器,系统服务器与工作站之间通过工业以太网进行通讯;所述工作站,包括数据采集控制单元、统计模型参数计算单元、管网诊断单元、声特性计算分析单元、泄漏点测漏定位单元及DMA分区监控显示单元,其中,所述数据采集控制单元,还包括采集目标配置子单元、数据采集模式配置子单元、数据收发及通讯协议解析子单元、实时库数据管理

子单元、历史库接口子单元及相关定位数据采集协同控制子单元,基于数据采集单元、压力检测单元及声波检测单元采集的数据,经统计模型参数计算单元与管网诊断单元共同完成管网泄漏是否存在的判断及泄漏方位的判断,声特性计算分析单元完成所判断泄漏方位周围的管道声波数据计算。

[0006] 所述一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统的检测定位方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1、建立DMA分区供水管网运行状态规律统计学模型,所述统计学模型建立前提为管道正常运行且无泄漏,根据实际工况,将24小时分为n个时间段,DMA分区内共有1个流量监测点,p个压力监测点,具体包括以下子步骤:

[0008] (a) 单个时间段内DMA分区入口数据采集单元中流量传感器采集m次DMA分区自来水主管路流量数据,每次采集1个流量数据,每个流量数据均包含有该流量数据的采集时间,找到该时间段内流量数据的最大值 \max_1 及最小值 \min_1 ,峰峰值 P_1 通过公式(1)计算得到,

$$[0009] \quad P_1 = \max_1 - \min_1 \quad (1)$$

[0010] 该时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的平均值 \bar{X}_1 通过公式(2)计算得到,

$$[0011] \quad \bar{X}_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i \quad (2)$$

[0012] 式中,m表示该时间段内采集的DMA分区自来水主管路流量数据总个数, X_i 表示该时间段内m个DMA分区自来水主管路流量数据中的第i个数据,单个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的方差值 s_1^2 通过公式(3)计算得到,

$$[0013] \quad s_1^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad (3)$$

[0014] (b) 建立时间-流量模型,重复子步骤(a)n次,分别计算出一天内n个不同时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,首先记录第1个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_1 ,然后以第2个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_2 ,依此类推记录第n个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_n ,根据数据的变化动态修正上述模型 $Q_1 \sim Q_n$;

[0015] (c) 单个时间段内压力检测单元中压力传感器在单个压力监测点采集k次压力数据,每次采集1个压力数据,每个压力数据均包含有该压力数据的采集时间,所以在单个时间段内,单个监测点采集压力数据共k个,找到该时间段内压力数据的最大值 \max_2 及最小值 \min_2 ,峰峰值 P_2 通过公式(4)算得到,

$$[0016] \quad P_2 = \max_2 - \min_2 \quad (4)$$

[0017] 单个压力监测点压力数据的平均值 \bar{X}_2 通过公式(5)计算得到,

$$[0018] \quad \bar{X}_2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k X_j \quad (5)$$

[0019] 式中, k 表示该时间段内单个压力监测点采集的压力数据总个数, X_j 表示该时间段内单个压力监测点采集的压力数据中第 j 个数据, 单个压力监测点压力数据的方差值 s_2^2 通过公式 (6) 计算得到,

$$[0020] \quad s_2^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_2)^2 \quad (6)$$

[0021] (d) 重复子步骤 (c) p 次, 计算单个时间段内第 1 个压力检测点到第 p 个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值;

[0022] (e) 建立时间-压力模型, 重复子步骤 (d) n 次, 计算一天内第 1 个时间段内到第 n 个时间段内第 1~ p 个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值, 首先记录第 1 个时间段内第 1 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值, 并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系, 以时间为横轴, 第 1 个时间段内第 1 个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线, 即建立模型 P_{11} ; 记录第 1 个时间段内第 2 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值, 并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系, 以时间为横轴, 该时间段内第 2 个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线, 即建立模型 P_{12} ; 依此类推该时间段内第 p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值, 并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系, 以时间为横轴, 该时间段内第 p 个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线, 即建立模型 P_{1p} , 同理, 分别记录第 2 个时间段内第 1~ p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值, 以第 2 个时间段内压力数据与该压力数据采集时间的对应关系, 以时间为横轴, 该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线, 即建立模型 $P_{21} \sim P_{2p}$, 依此类推分别记录第 n 个时间段内第 1~ p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值, 以第 n 个时间段内压力数据与该压力数据采集时间的对应关系, 以时间为横轴, 该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线, 即建立模型 $P_{n1} \sim P_{np}$ 。根据数据的变化动态修正上述模型 $P_{11} \sim P_{1p}$ 、 $P_{21} \sim P_{2p}$ 直至 $P_{n1} \sim P_{np}$;

[0023] (f) 建立流量-压力模型, 记录一天内 DMA 分区自来水主管路流量数据及 p 个压力监测点数据, 首先, 以不同 DMA 分区自来水主管路流量数据与第 1 个压力监测点压力数据的对应关系, 流量为横轴, 压力为纵轴建立第 1 个压力监测点流量-压力模型 A_1 , 然后, 以不同 DMA 分区自来水主管路流量数据与第 2 个压力监测点压力数据的对应关系, 流量为横轴, 压力为纵轴建立第 2 个压力监测点流量-压力模型 A_2 , 依此类推以不同 DMA 分区自来水主管路流量数据与第 p 个压力监测点压力数据的对应关系, 流量为横轴, 压力为纵轴建立第 p 个压力监测点流量-压力模型 A_p ;

[0024] 步骤 2、泄漏诊断单元判断是否存在泄漏点及泄漏方位, 根据实际情况, 设定计算窗口时间长度, 窗口时间长度记为 t , 本发明所述系统可设定各项数据的阈值, 具体包括以下子步骤:

[0025] (a) 设当前时间段为第 d 个时间段, 通过步骤 1 子步骤 (a) 中公式 (1) 计算当前第 d 个时间段内 DMA 分区自来水主管路流量数据的峰峰值, 通过步骤 1 子步骤 (a) 中公式 (2) 计算当前第 d 个时间段内 DMA 分区自来水主管路流量数据的平均值, 通过步骤 1 子步骤 (a) 中公式 (3) 计算当前第 d 个时间段内 DMA 分区自来水主管路流量数据的方差值, 记录以上所述当前第 d 个时间段内峰峰值、平均值和方差值, 以流量数据与该数据采集时间的对应关系, 以时

间为横轴,当前第d个时间段内流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型S,将模型S中峰峰值、平均值与方差值与步骤1子步骤(b)中建立的时间-流量模型 $Q_1 \sim Q_n$ 中相对应时间段的模型 Q_d 中峰峰值、平均值与方差值对应相比较,若峰峰值的差异未超过系统阈值,平均值的差异和方差值的差异均超过系统阈值,则判断该DMA分区存在泄漏,若峰峰值、平均值和方差值的差异均超过系统阈值,则在该时间段内以系统设定的窗口长度t计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 s_t^2 ,设该时间段起始时间为 T_1 ,结束时间为 T_2 ,将该时间段分为第1个窗口 $T_1 \sim T_1 + t$,第2个窗口 $t \sim T_1 + 2t$,……,第x个窗口 $T_1 + xt \sim T_2$,在第y个窗口内计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 s_t^2 ,平均值 \bar{X}_t 通过公式(7)计算,

$$[0026] \quad \bar{X}_t = \frac{1}{e} \sum_{f=1}^e X_f \quad (7)$$

[0027] 式中,e表示第y个窗口内流量数据总个数, X_f 表示第y个窗口内流量数据总个数中第f个数据,方差值 s_t^2 通过公式(8)计算,

$$[0028] \quad s_t^2 = \frac{1}{e-1} \sum_{f=1}^e (X_f - \bar{X}_t)^2 \quad (8)$$

[0029] 找到该时间段内第1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_1 ;找到该时间段内最后1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_2 ,第1个出现异常的窗口到最后一个出现异常的窗口之间的时间差记为 Δt , Δt 通过公式(9)计算,

$$[0030] \quad \Delta t = t_2 - t_1 \quad (9)$$

[0031] 若 Δt 超过系统设定的最大时间间隔,则判断存在泄漏;

[0032] (b)若步骤2子步骤(a)中判断该DMA分区内管网存在泄漏,则根据步骤1子步骤(c)中公式(4)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的峰峰值、根据步骤1子步骤(c)中公式(5)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的平均值和根据步骤1子步骤(c)中公式(6)计算当前第d个时间段内p个压力监测点的方差值,若第u个压力监测点的峰峰值、平均值和方差值其中一项或两项或三项超过系统对应阈值,则找到当前第d个时间段内该压力监测点的最大值和最小值,根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的采集时间,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\max} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的流量值 C_{\max} ;根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的的时间点,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\min} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的流量值 C_{\min} ,将 B_{\max} 与 C_{\max} 相比、 B_{\min} 与 C_{\min} 相比,若所述以上两项均超过系统阈值,则判断该压力监测点所在管段存在泄漏,完成对泄漏点的方位判断;

[0033] 步骤3、根据步骤2中对泄漏点的方位判断,泄漏点定位单元启动安装于与该方位相关位置的声传感器完成声波数据采集并计算,依据相关定位测量计算方法计算出泄漏点距临近声传感器的距离。

[0034] 本发明有益效果是:一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统,包括DMA分区自来

水主管路、DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路、数据采集单元、压力检测单元、声波检测单元、系统服务器及工作站,所述数据采集单元,包括压力传感器、流量传感器及数据采集RTU模块,其中压力传感器、流量传感器安装在DMA分区入口处的自来水主管路上,数据采集RTU模块安装在阀门井的井壁上,所述压力传感器、流量传感器分别与数据采集RTU模块上两个RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区入口处的自来水主管路上的压力、流量数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器;所述DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路上,根据现场工况分别安装有压力检测单元或声波检测单元或压力检测单元及声波检测单元,所述压力检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的压力传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述声波检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的管道声传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述压力传感器、管道声传感器分别与数据采集RTU模块上RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区内的自来水支路上的压力及声波数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器,系统服务器与工作站之间通过工业以太网进行通讯;与已有技术相比,本发明适合于地下供水管网、易于安装、成本低廉,很好地解决了城市各DMA分区的末端管网泄漏诊断与定位问题,及时发现泄露点,及时得到处理,减少了水资源的大量流失。

附图说明

- [0035] 图1是本发明系统的总体结构框图。
[0036] 图2是本发明系统中的工作站内部结构框图。
[0037] 图3是安装在DMA分区自来水主管路上的数据采集单元结构框图。
[0038] 图4是安装在DMA分区管网支路上的压力检测单元结构框图。
[0039] 图5是安装在DMA分区管网支路上的声波检测单元结构框图。
[0040] 图6是安装在DMA分区管网支路上的压力检测单元及声波检测单元结构框图。
[0041] 图7是本发明方法步骤流程图。

具体实施方式

- [0042] 下面结合附图对本发明作进一步说明。
[0043] 如图1、2、3、4、5、6所示,一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统,包括DMA分区自来水主管路、DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路、数据采集单元、压力检测单元、声波检测单元、系统服务器及工作站,所述数据采集单元,包括压力传感器、流量传感器及数据采集RTU模块,其中压力传感器、流量传感器安装在DMA分区入口处的自来水主管路上,数据采集RTU模块安装在邻近阀门井的井壁上,所述压力传感器、流量传感器分别与数据采集RTU模块上两个RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区入口处的自来水主管路上的压力、流量数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器;所述DMA分区第1、2...N-1、N自来水支管路上,根据现场工况分别安装有压力检测单元或声波检测单元或压力检测单元及声波检测单元,所述压力检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的压力传感器及安装在邻近阀门井的井壁上的数据采集RTU模块,所述声波检测单元,包括安装在DMA分区自来水支路上的管道声传感器及安装在邻近阀门井

的井壁上的数据采集RTU模块,所述压力传感器、管道声传感器分别与数据采集RTU模块上RS-485接口相连,用于将采集到DMA分区内的自来水支管路上的压力及声波数据通过内置于数据采集RTU模块的GPRS/3G/4G模块以定时或实时的方式将数据上传至系统服务器,系统服务器与工作站之间通过工业以太网进行通讯;所述工作站,包括数据采集控制单元、统计模型参数计算单元、管网诊断单元、声特性计算分析单元、泄漏点测漏定位单元及DMA分区监控显示单元,其中,所述数据采集控制单元,还包括采集目标配置子单元、数据采集模式配置子单元、数据收发及通讯协议解析子单元、实时库数据管理子单元、历史库接口子单元及相关定位数据采集协同控制子单元,基于数据采集单元、压力检测单元及声波检测单元采集的数据,经统计模型参数计算单元与管网诊断单元共同完成管网泄漏是否存在的判断及泄漏方位的判断,声特性计算分析单元完成所判断泄漏方位周围的管道声波数据计算。系统工作的具体过程为:管网诊断单元与泄漏点测漏定位单元通过DMA分区数据采集控制单元中的采集目标配置子单元、数据采集模式配置子单元完成系统初始化配置,然后,数据采集单元、压力检测单元、声波检测单元采集到的相关数据并上传至系统服务器。根据采集的数据,统计模型参数计算单元计算供水统计模型,管网诊断单元诊断管网运行状态,声波检测单元分析管网声信号特性,完成对管网运行状态及所采集声信号的分析。然后,再由泄漏点测漏定位单元下达相关测量命令并计算泄漏点位置,实现对管网泄漏的检测与定位,并将管网各项数据及对管网泄漏检测与定位的结果显示于DMA分区的监控显示界面上。

[0044] 所述一种DMA分区管网泄漏在线检测定位系统的检测定位方法,包括以下步骤:

[0045] 步骤1、建立DMA分区供水管网运行状态规律统计学模型,所述统计学模型建立前提为管道正常运行且无泄漏,根据实际工况,将24小时分为n个时间段,DMA分区内共有1个流量监测点,p个压力监测点,具体包括以下子步骤:

[0046] (a) 单个时间段内DMA分区入口数据采集单元中流量传感器采集m次DMA分区自来水主管路流量数据,每次采集1个流量数据,每个流量数据均包含有该流量数据的采集时间,找到该时间段内流量数据的最大值 \max_1 及最小值 \min_1 ,峰峰值 P_1 通过公式(1)计算得到,

$$[0047] \quad P_1 = \max_1 - \min_1 \quad (1)$$

[0048] 该时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的平均值 \bar{X}_1 通过公式(2)计算得到,

$$[0049] \quad \bar{X}_1 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i \quad (2)$$

[0050] 式中,m表示该时间段内采集的DMA分区自来水主管路流量数据总个数, X_i 表示该时间段内m个DMA分区自来水主管路流量数据中的第i个数据,单个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的方差值 s_1^2 通过公式(3)计算得到,

$$[0051] \quad s_1^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad (3)$$

[0052] (b) 建立时间-流量模型,重复子步骤(a)n次,分别计算出一天内n个不同时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,首先记录第1个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_1 ,然后以第2个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内

DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_2 ,依此类推记录第 n 个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据峰峰值、平均值和方差值,并以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内DMA分区入口数据采集单元流量传感器的流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 Q_n ,根据数据的变化动态修正上述模型 $Q_1 \sim Q_n$;

[0053] (c) 单个时间段内压力检测单元中压力传感器在单个压力监测点采集 k 次压力数据,每次采集1个压力数据,每个压力数据均包含有该压力数据的采集时间,所以在单个时间段内,单个监测点采集压力数据共 k 个,找到该时间段内压力数据的最大值 \max_2 及最小值 \min_2 ,峰峰值 P_2 通过公式(4)算得到,

$$[0054] \quad P_2 = \max_2 - \min_2 \quad (4)$$

[0055] 单个压力监测点压力数据的平均值 \bar{X}_2 通过公式(5)计算得到,

$$[0056] \quad \bar{X}_2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k X_j \quad (5)$$

[0057] 式中, k 表示该时间段内单个压力监测点采集的压力数据总个数, X_j 表示该时间段内中单个压力监测点采集的压力数据中第 j 个数据,单个压力监测点压力数据的方差值 s_2^2 通过公式(6)计算得到,

$$[0058] \quad s_2^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_2)^2 \quad (6)$$

[0059] (d) 重复子步骤(c) p 次,计算单个时间段内第1个压力检测到第 p 个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值;

[0060] (e) 建立时间-压力模型,重复子步骤(d) n 次,计算一天内第1个时间段内到第 n 个时间段内第1~ p 个压力监测点压力数据的峰峰值、平均值和方差值,首先记录第1个时间段内第1个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,第1个时间段内第1个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{11} ;记录第1个时间段内第2个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内第2个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{12} ;依此类推该时间段内第 p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,并以压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内第 p 个压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 P_{1p} ,同理,分别记录第2个时间段内第1~ p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,以第2个时间段内压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 $P_{21} \sim P_{2p}$,依此类推分别记录第 n 个时间段内第1~ p 个压力监测点压力数据峰峰值、平均值和方差值,以第 n 个时间段内压力数据与该压力数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,该时间段内压力监测点压力数据为纵轴建立曲线,即建立模型 $P_{n1} \sim P_{np}$ 。根据数据的变化动态修正上述模型 $P_{11} \sim P_{1p}$ 、 $P_{21} \sim P_{2p}$ 直至 $P_{n1} \sim P_{np}$;

[0061] (f) 建立流量-压力模型,记录一天内DMA分区自来水主管路流量数据及 p 个压力监测点数据,首先,以不同DMA分区自来水主管路流量数据与第1个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第1个压力监测点流量-压力模型 A_1 ,然后,以不同DMA

分区自来水主管路流量数据与第2个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第2个压力监测点流量-压力模型 A_2 ,依此类推以不同DMA分区自来水主管路流量数据与第 p 个压力监测点压力数据的对应关系,流量为横轴,压力为纵轴建立第 p 个压力监测点流量-压力模型 A_p ;

[0062] 步骤2、泄漏诊断单元判断是否存在泄漏点及泄漏方位,根据实际情况,设定计算窗口时间长度,窗口时间长度记为 t ,本发明所述系统可设定各项数据的阈值,具体包括以下子步骤:

[0063] (a) 设当前时间段为第 d 个时间段,通过步骤1子步骤(a)中公式(1)计算当前第 d 个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的峰峰值,通过步骤1子步骤(a)中公式(2)计算当前第 d 个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的平均值,通过步骤1子步骤(a)中公式(3)计算当前第 d 个时间段内DMA分区自来水主管路流量数据的方差值,记录以上所述当前第 d 个时间段内峰峰值、平均值和方差值,以流量数据与该数据采集时间的对应关系,以时间为横轴,当前第 d 个时间段内流量数据为纵轴建立曲线,即建立模型 S ,将模型 S 中峰峰值、平均值与方差值与步骤1子步骤(b)中建立的时间-流量模型 $Q_1 \sim Q_n$ 中相对应时间段的模型 Q_d 中峰峰值、平均值与方差值对应相比较,若峰峰值的差异未超过系统阈值,平均值的差异和方差值的差异均超过系统阈值,则判断该DMA分区存在泄漏,若峰峰值、平均值和方差值的差异均超过系统阈值,则在该时间段内以系统设定的窗口长度 t 计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 s_t^2 ,设该时间段起始时间为 T_1 ,结束时间为 T_2 ,将该时间段分为第1个窗口 $T_1 \sim T_1 + t$,第2个窗口 $t \sim T_1 + 2t$,……,第 x 个窗口 $T_1 + xt \sim T_2$,在第 y 个窗口内计算流量数据平均值 \bar{X}_t 、方差值 s_t^2 ,平均值 \bar{X}_t 通过公式(7)计算,

$$[0064] \quad \bar{X}_t = \frac{1}{e} \sum_{f=1}^e X_f \quad (7)$$

[0065] 式中, e 表示第 y 个窗口内流量数据总个数, X_f 表示第 y 个窗口内流量数据总个数中第 f 个数据,方差值 s_t^2 通过公式(8)计算,

$$[0066] \quad s_t^2 = \frac{1}{e-1} \sum_{f=1}^e (X_f - \bar{X}_t)^2 \quad (8)$$

[0067] 找到该时间段内第1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_1 ;找到该时间段内最后1个流量数据的平均值、方差值与对应时间-流量模型 Q_d 的平均值、方差值相比较均超过系统阈值的窗口,记录该窗口的起始时间 t_2 ,第1个出现异常的窗口到最后一个出现异常的窗口之间的时间差记为 Δt , Δt 通过公式(9)计算,

$$[0068] \quad \Delta t = t_2 - t_1 \quad (9)$$

[0069] 若 Δt 超过系统设定的最大时间间隔,则判断存在泄漏;

[0070] (b) 若步骤2子步骤(a)中判断该DMA分区内管网存在泄漏,则根据步骤1子步骤(c)中公式(4)计算当前第 d 个时间段内 p 个压力监测点的峰峰值、根据步骤1子步骤(c)中公式(5)计算当前第 d 个时间段内 p 个压力监测点的平均值和根据步骤1子步骤(c)中公式(6)计算当前第 d 个时间段内 p 个压力监测点的方差值,若第 u 个压力监测点的峰峰值、平均值和方差值其中一项或两项或三项超过系统对应阈值,则找到当前第 d 个时间段内该压力监测点

的最大值和最小值,根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的采集时间,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\max} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最大值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最大值对应的流量值 C_{\max} ;根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的的时间点,在步骤2子步骤(a)建立的模型S中找到对应的流量值 B_{\min} ,同时根据当前第d个时间段内该压力监测点的最小值,在步骤1子步骤(f)中建立的模型 A_u 中找到当前第d个时间段内该压力监测点的最小值对应的流量值 C_{\min} ,将 B_{\max} 与 C_{\max} 相比、 B_{\min} 与 C_{\min} 相比,若所述以上两项均超过系统阈值,则判断该压力监测点所在管段存在泄漏,完成对泄漏点的方位判断;

[0071] 步骤3、根据步骤2中对泄漏点的方位判断,泄漏点定位单元启动安装于与该方位相关位置的声传感器完成声波数据采集并计算,依据相关定位测量计算方法计算出泄漏点距临近声传感器的距离。

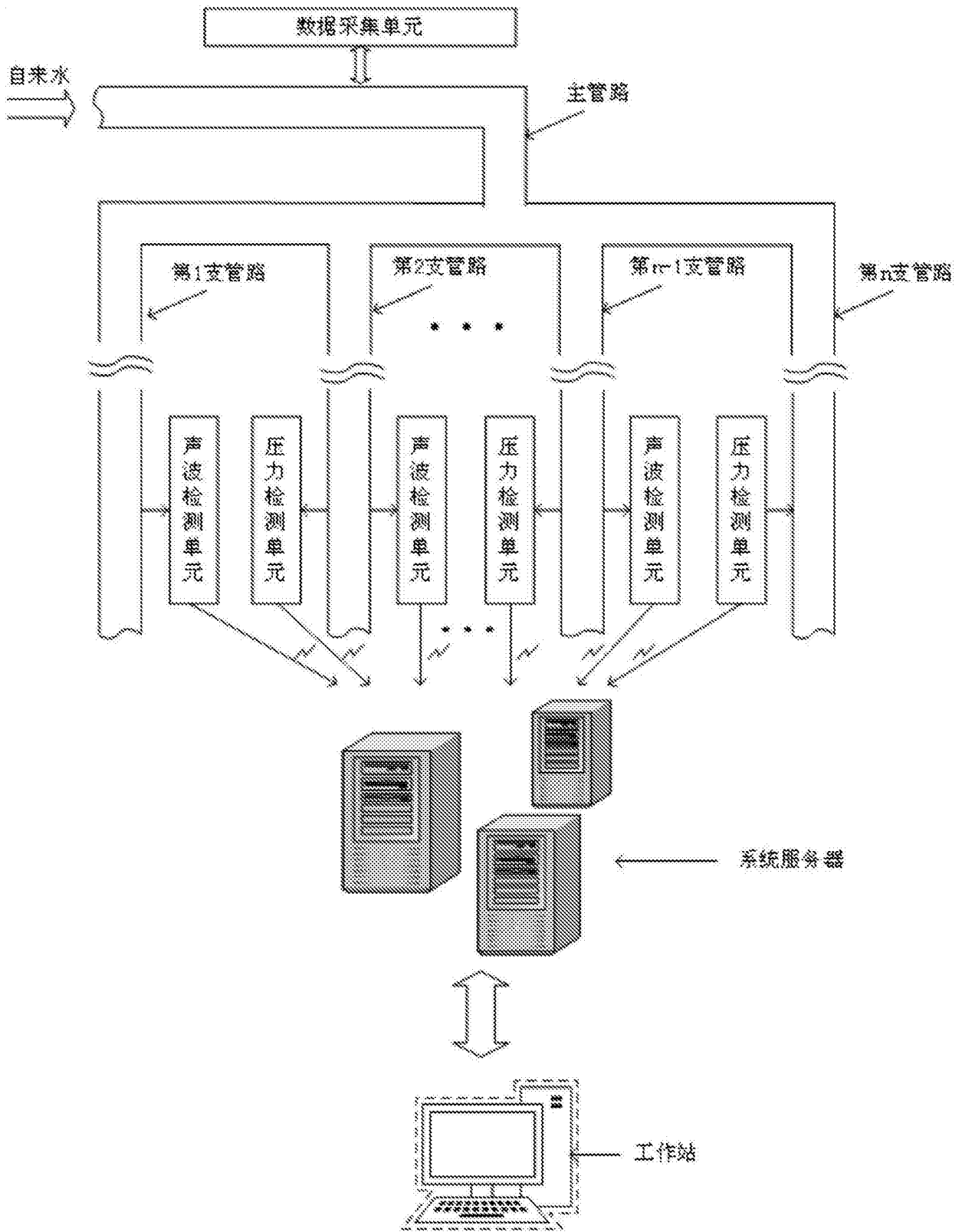


图1

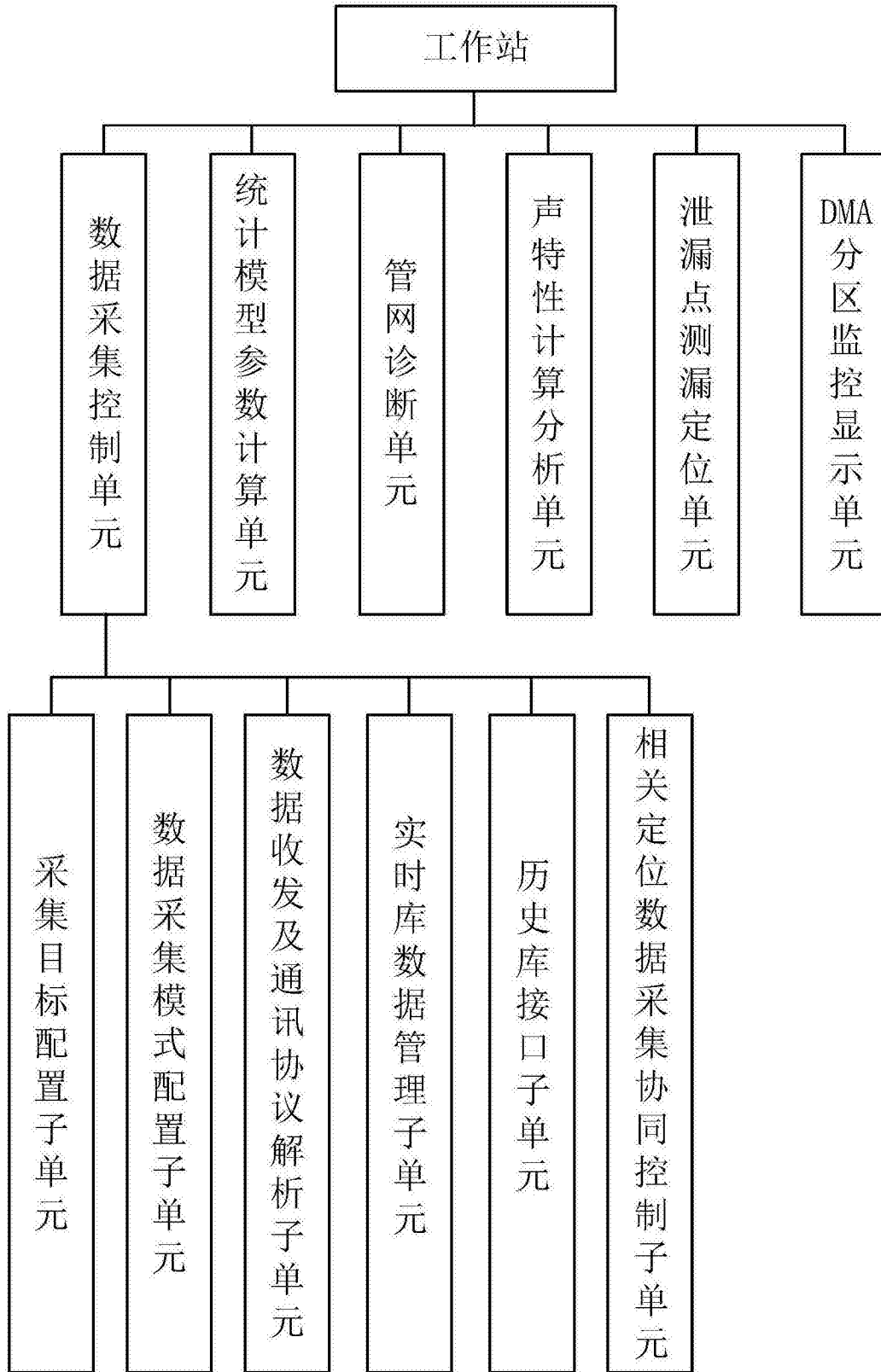


图2

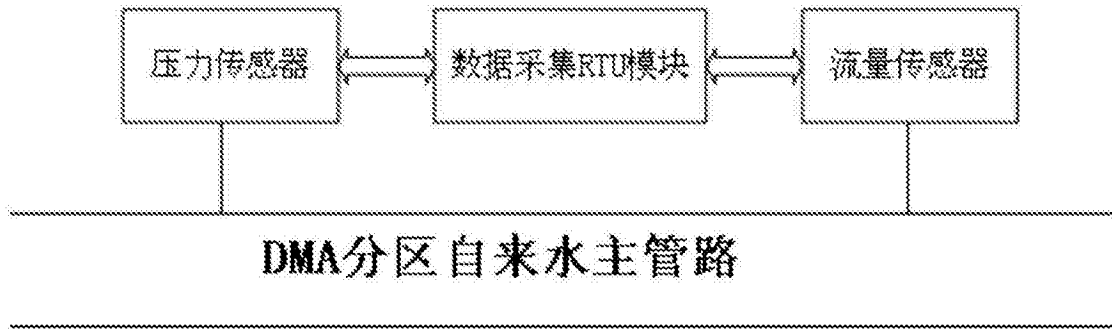


图3

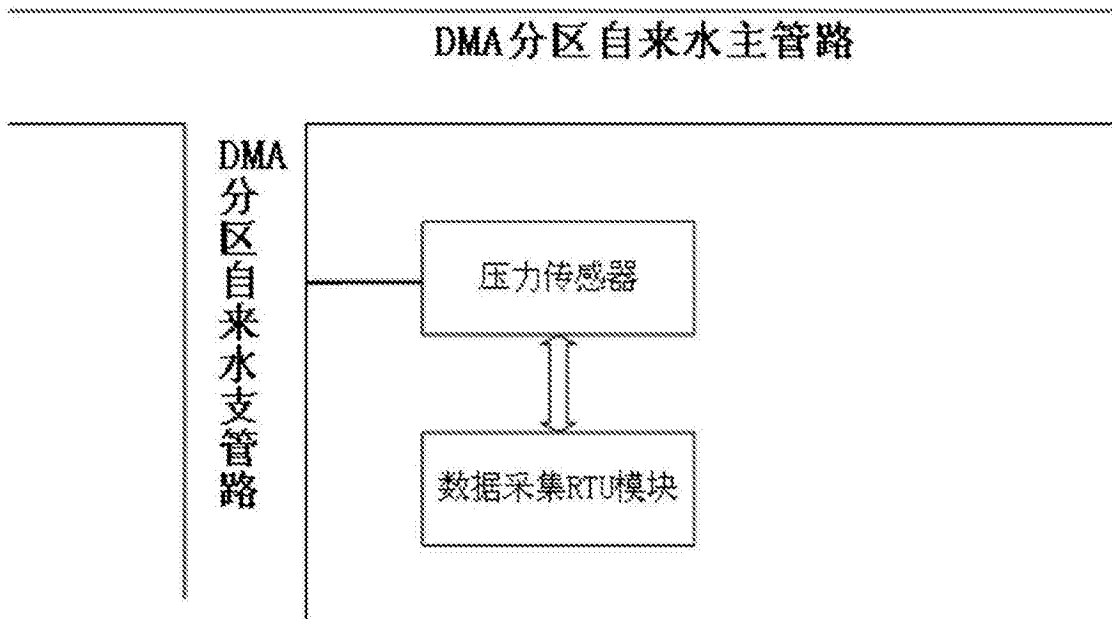


图4

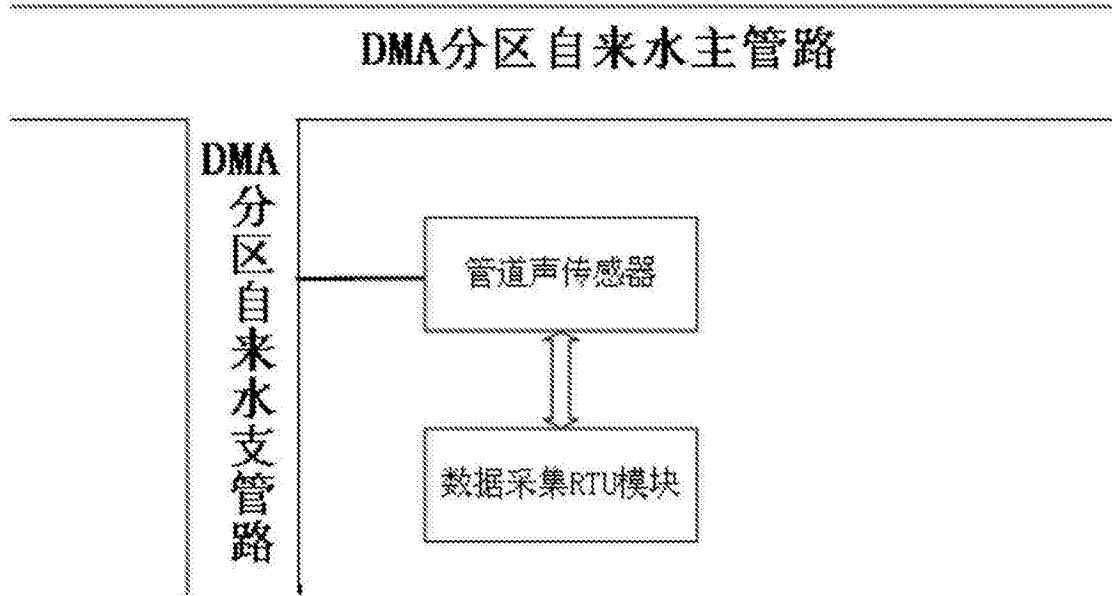


图5

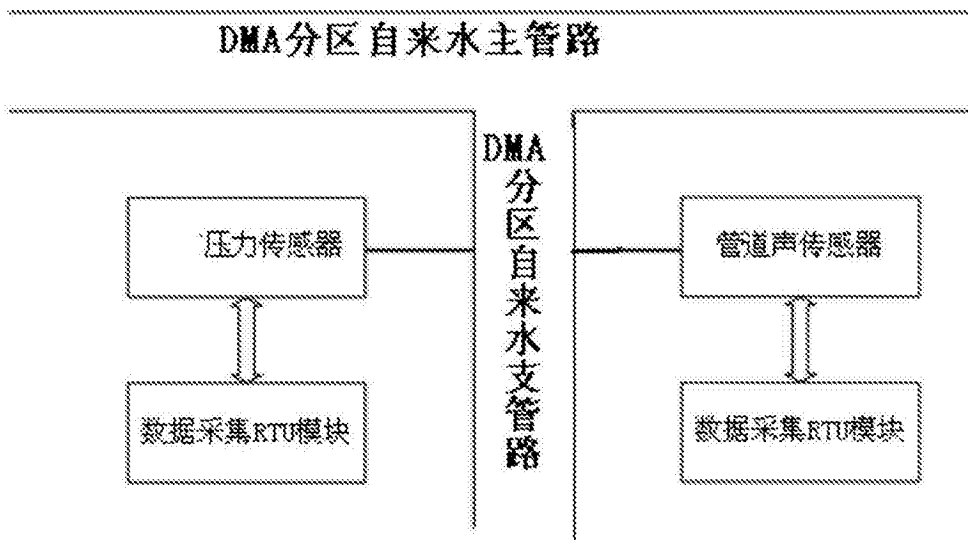


图6

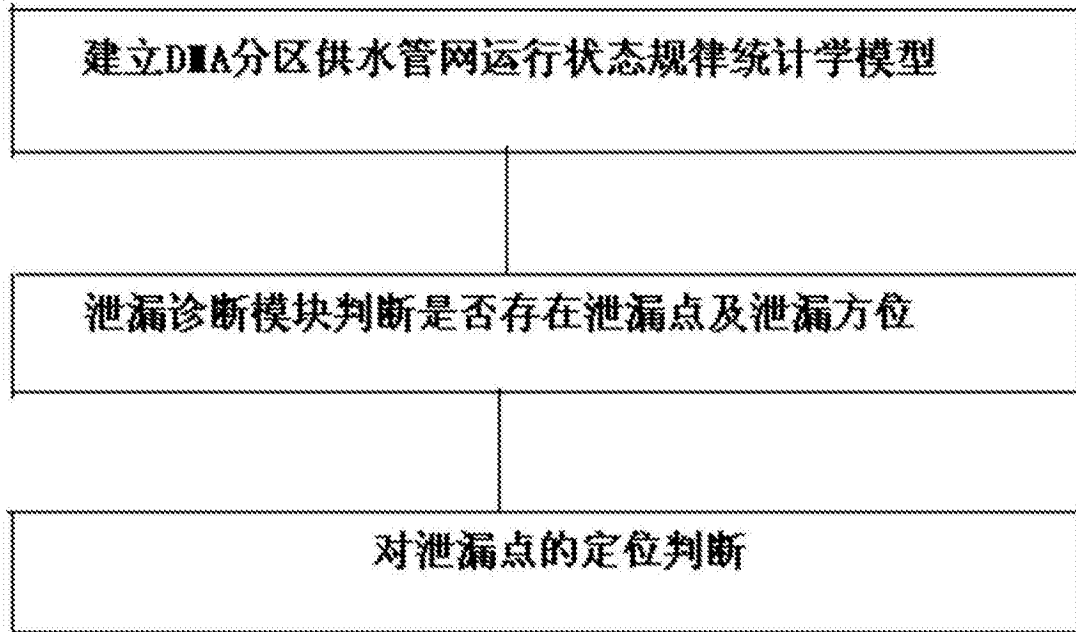


图7