



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108506740 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201810382550.2

(56)对比文件

(22)申请日 2018.04.26

CN 106895268 A,2017.06.27,

CN 106335490 A,2017.01.18,

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108506740 A

审查员 陈永清

(43)申请公布日 2018.09.07

(73)专利权人 南京缔尔达智能科技有限公司

地址 210000 江苏省南京市栖霞区尧佳路7

号上城风景北苑16幢906室

(72)发明人 金明辉

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 王戈

(51)Int.Cl.

F17D 5/02(2006.01)

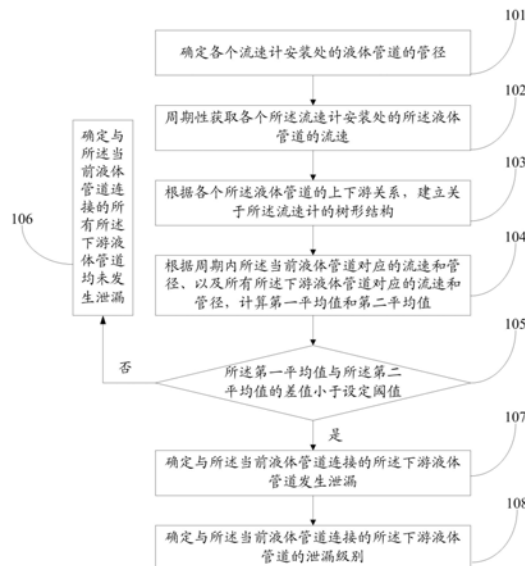
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统,该方法包括:确定各个流速计安装处的液体管道的管径、流速;根据各个液体管道的上下游关系建立关于流速计的树形结构;树形结构包括父代和子代;父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;子代为与当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;计算当前液体管道的液体体积的平均值与所有下游液体管道的液体体积和的平均值的差值;判断差值是否小于设定阈值;若是确定与当前液体管道连接的所有下游液体管道均未发生泄漏,否则发生泄漏。本发明提供方法或系统允许流量计所安装的管道之间可以有分支,扩大适用范围,提高确定液体管道泄漏区域的效率。



1. 一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法,其特征在于,所述液体管道泄漏区域确定方法包括:

确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计;

周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速;

根据各个所述液体管道的上下游关系,建立关于所述流速计的树形结构;所述树形结构包括父代和子代;所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;

根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值;所述第二平均值表示所有所述下游液体管道的液体体积和的平均值;

判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值,得到第一判断结果;

若所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值,则确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏;

若所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值,则确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏;

确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别;具体包括:确定第一区别阈值、第二区别阈值;其中,所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值;

计算泄漏比值;其中,泄漏比值计算公式为:  $L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij}$ ; 其中,  $L_i$  表示泄漏比值;  $m$

表示周期内测量的次数,  $m$  次测量的时间点分别为  $t_1, t_2, \dots, t_m$ ;

$$L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right),$$

$i$  表示当前液体管道,  $A_i$  表示当前液体管道的管径,  $V_{ij}$  表示在时间点  $t_j$  时当前液体管道的流速;  $S_k$  表示第  $k$  下游液体管道上的流速计,  $C(S_i)$  表示当前液体管道上的流速计的子代;  $A_k$  表示第  $k$  下游液体管道的管径,  $V_{kj}$  表示在时间点  $t_j$  时第  $k$  下游液体管道的流速;

将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果;

当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏;

当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏;

当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

2. 根据权利要求1所述的液体管道泄漏区域确定方法,其特征在于,根据以下公式计算所述第一平均值与所述第二平均值的差值;所述公式为:

$\Delta = E(A_i V_{ij}) - E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right)$ ; 其中, 所述  $\Delta$  表示差值;  $E(A_i V_{ij})$  表示第一平均值;  $E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right)$  表示第二平均值。

3. 一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定系统, 其特征在于, 所述液体管道泄漏区域确定系统包括:

管径确定模块, 用于确定各个流速计安装处的液体管道的管径; 其中, 在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计;

流速获取模块, 用于周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速;

树形结构建立模块, 用于根据各个所述液体管道的上下游关系, 建立关于所述流速计的树形结构; 所述树形结构包括父代和子代; 所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计; 所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;

液体体积平均值计算模块, 用于根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径, 计算第一平均值和第二平均值; 所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值; 所述第二平均值表示所有所述下游液体管道的液体体积和的平均值;

第一判断结果得到模块, 用于判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值, 得到第一判断结果;

液体管道未发生泄漏确定模块, 用于当所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值时, 确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏;

液体管道发生泄漏确定模块, 用于当所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值时, 确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏;

泄漏级别确定模块, 用于确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别; 具体包括:

区别阈值确定单元, 用于确定第一区别阈值、第二区别阈值; 其中, 所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值;

泄漏比值计算单元, 用于计算泄漏比值; 所述泄漏比值的计算公式为:  $L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij}$ ;

其中,  $L_i$  表示泄漏比值;  $m$  表示周期内测量的次数,  $m$  次测量的时间点分别为  $t_1, t_2, \dots, t_m$ ;

$L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right)$ ,  $i$  表示当前液体管道,  $A_i$  表示当前液体管道的管径,

$V_{ij}$  表示在时间点  $t_j$  时当前液体管道的流速;  $S_k$  表示第  $k$  下游液体管道上的流速计,  $C(S_i)$  表示当前液体管道上的流速计的子代;  $A_k$  表示第  $k$  下游液体管道的管径,  $V_{kj}$  表示在时间点  $t_j$  时第  $k$  下游液体管道的流速;

比较结果确定单元,用于将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果;

轻度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏;

中度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏;

重度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

## 一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及液体管道泄漏区域确定技术领域,特别涉及一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统。

### 背景技术

[0002] 当埋藏于地下的液体管道(如自来水管、油管等液体管道)有破损时,将导致液体外泄,造成液体由破损处流失,此时的液体管道需要尽快发现破损处并进行修补作业,以减少液体外泄所造成的损失。在绝大多数的情况下,液体外泄所造成的损失与其外泄的量成正比。当发现有多处管道破损,在有限的修补施工资源的情况下,就需要针对外泄程度进行评估,并依据评估结果以及修补施工资源的运行现况,来排定修补施工的顺序与时程。

[0003] 目前,检测泄漏的方法主要有两类:直接检测泄漏方法和间接检测泄漏方法。直接检测泄漏方法就是利用预置在管道外的检测组件(如检漏线缆或油敏感组件)直接测出泄漏介质,这种方法可以检测到微小的渗漏,并能定位,但要求在管道建设时与管道同时安装。由于无法预知在何处会有管道破损,并且这样的方式能够感知的范围有限,因此若采用直接检测泄漏方法,就必须大量布建检测组件,进而造成建置与维护成本的巨幅增加,并不适用于大面积监测。间接检测泄漏方法是通过检测管道运行参数的变化推断出泄漏的发生,如检测探测信号、压力、流量等方法。这种间接检测泄漏方法的灵敏度不如直接检测泄漏方法高,适合检测较大的泄漏(一般1%左右),优点是可在管道建设后不影响生产的情况下安装,并可不断升级。

[0004] 在间接检测泄漏方法中,目前较为精准的为次声波技术,该次声波技术是国内新近引入管道泄漏检测领域的一种新型检测技术,该次声波技术最早出现在台风、海啸、地震、火山、核暴等检测领域。因为次声波具有传播距离远和穿透能力强的特性,使得该次声波技术被广泛用于远距离爆发事件的检测。将该次声波技术用于管道泄漏检测的原理是检测管内流体在突破管壁束缚时产生的次声波。实践中,该次声波特性受管内的杂波影响极小,传播速度恒定,信号能够非常清晰的传递到远端接收单元,为准确定位创造有利条件。因此,结合次声波技术的检测系统能够对泄漏位置进行准确定位。

[0005] 次声波管道泄漏检测仪为一次表动态响应,并能根据输送管道动态变化设定量程的电声换能器。运行过程中,接收管道由于泄漏引起介质瞬间物理扰动而产生的次声波。次声波管道泄漏检测仪安装在管道的末端,捕捉由于泄漏声波到达次声波管道泄漏检测仪的时间差,从而计算泄漏点的具体位置。此次声波管道泄漏检测仪虽然具有精准测量泄漏位置的能力,然而却有着成本高的问题,因此对于自来水管泄漏测量而言,并不适合大范围长期监测的使用。

[0006] 为了有效解决系统布建与维护成本偏高的问题,采用流量计所测量到的流量数据,针对同一时间供水水管上进水口处和出水口处采集的实时水流流速进行比较,若供水水管进水口处实时水流流速和出水口处实时水流流速相等,则判断该条供水水管供水正常;若供水水管进水口处实时水流流速大于出水口处实时水流流速,则判断该条供水水管

出现漏水事故,以此方式来找出有损坏的供水水管。这样的方式虽然降低了系统布建与维护的成本,但却要求流量计所安装的水管不得有分支。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统,允许流量计所安装的管道之间可以有分支,降低系统布建与维护成本,扩大适用范围,提高确定液体管道泄漏区域的效率。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0009] 一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法,所述液体管道泄漏区域确定方法包括:

[0010] 确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计;

[0011] 周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速;

[0012] 根据各个所述液体管道的上下游关系,建立关于所述流速计的树形结构;所述树形结构包括父代和子代;所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;

[0013] 根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值;所述第二平均值表示所有所述下游液体管道的液体体积和的平均值;

[0014] 判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值,得到第一判断结果;

[0015] 若所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值,则确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏;

[0016] 若所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值,则确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏。

[0017] 可选的,在确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏之后,所述液体管道泄漏区域确定方法还包括:确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别。

[0018] 可选的,所述确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别,具体包括:

[0019] 确定第一区别阈值、第二区别阈值;其中,所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值;

[0020] 计算泄漏比值;

[0021] 将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果;

[0022] 当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏;

[0023] 当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值

时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏;

[0024] 当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

[0025] 可选的,所述计算泄漏比值,具体包括:

[0026] 根据以下公式计算泄漏比值;所述公式为:  $L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij}$ ;其中,  $L_i$  表示泄漏比值;  $m$  表示周期内测量的次数,  $m$  次测量的时间点分别为  $t_1, t_2, \dots, t_m$ ;

$$L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right),$$

$i$  表示当前液体管道,  $A_i$  表示当前液体管道的管径,  $V_{ij}$  表示在时间点  $t_j$  时当前液体管道的流速;  $S_k$  表示第  $k$  下游液体管道上的流速计,  $C(S_i)$  表示当前液体管道上的流速计的子代;  $A_k$  表示第  $k$  下游液体管道的管径,  $V_{kj}$  表示在时间点  $t_j$  时第  $k$  下游液体管道的流速。

[0027] 可选的,根据以下公式计算所述第一平均值与所述第二平均值的差值;所述公式为:

$$\Delta = E(A_i V_{ij}) - E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right);$$

其中,所述  $\Delta$  表示差值;  $E(A_i V_{ij})$  表示第一平均值;  $E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right)$  表示第二平均值。

[0029] 本发明还提供了一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定系统,所述液体管道泄漏区域确定系统包括:

[0030] 管径确定模块,用于确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计;

[0031] 流速获取模块,用于周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速;

[0032] 树形结构建立模块,用于根据各个所述液体管道的上下游关系,建立关于所述流速计的树形结构;所述树形结构包括父代和子代;所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;

[0033] 液体体积平均值计算模块,用于根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值;所述第二平均值表示所有所述下游液体管道的液体体积和的平均值;

[0034] 第一判断结果得到模块,用于判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值,得到第一判断结果;

[0035] 液体管道未发生泄漏确定模块,用于当所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值时,确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏;

[0036] 液体管道发生泄漏确定模块,用于当所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值时,确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏。

[0037] 可选的,所述液体管道泄漏区域确定系统还包括:泄漏级别确定模块;

[0038] 所述泄漏级别确定模块,用于确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别。

[0039] 可选的,所述泄漏级别确定模块,具体包括:

[0040] 区别阈值确定单元,用于确定第一区别阈值、第二区别阈值;其中,所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值;

[0041] 泄漏比值计算单元,用于计算泄漏比值;所述泄漏比值的计算公式为:

$$L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij};$$

其中,  $L_i$  表示泄漏比值;  $m$  表示周期内测量的次数,  $m$  次测量的时间点分别

$$\text{为 } t_1, t_2, \dots, t_m; L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right),$$

$i$  表示当前液体管道,  $A_i$  表示当前液

体管道的管径,  $V_{ij}$  表示在时间点  $t_j$  时当前液体管道的流速;  $S_k$  表示第  $k$  下游液体管道上的流速计,  $C(S_i)$  表示当前液体管道上的流速计的子代;  $A_k$  表示第  $k$  下游液体管道的管径,  $V_{kj}$  表示在时间点  $t_j$  时第  $k$  下游液体管道的流速;

[0042] 比较结果确定单元,用于将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果;

[0043] 轻度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏;

[0044] 中度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏;

[0045] 重度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

[0046] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0047] 本发明提供了一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统,该方法包括:确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个液体管道上至少安装一个流速计;周期性获取各个流速计安装处的液体管道的流速;根据各个液体管道的上下游关系,建立关于流速计的树形结构;树形结构包括父代和子代;父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;子代为与当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;根据周期内当前液体管道对应的流速和管径、以及所有下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;第一平均值表示当前液体管道的液体体积的平均值;第二平均值表示所有下游液体管道的液体体积和的平均值;判断第一平均值与第二平均值的差值是否小于设定阈值;若是则确定与当前液体管道连接的所有下游液体管道均未发生泄漏;若否则确定与当前液体管道连接的下游液体管道发生泄漏。因此,采用本发明提供方法或系统,允许流量计所安装的管道之间可以有分支,降低系统布建与维护成本,扩大适用范围,提高确定液体管道泄漏区域的效率。



## 附图说明

[0048] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0049] 图1为本发明实施例液体管道泄漏区域确定方法的流程示意图;

[0050] 图2为本发明流速计布建于自来水管道的示意图;

[0051] 图3为本发明监管自来水管道泄漏系统的架构图;

[0052] 图4为本发明流速计布建方式所对应的树状结构图;

[0053] 图5为本发明自来水管道泄漏区域确定方法的原理说明图;

[0054] 图6为本发明自来水管道各区域泄漏程度的示意图;

[0055] 图7为本发明实施例液体管道泄漏区域确定系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0056] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0057] 本发明的目的是提供一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法及系统,允许流量计所安装的管道之间可以有分支,降低系统布建与维护成本,扩大适用范围,提高确定液体管道泄漏区域的效率。

[0058] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0059] 本发明采用低成本的流速计来改善成本问题,但因为流速计本身不具有测量液体管道破损位置与外泄程度的能力,因此必须有配套的方法才能够解决上述所提的问题。

[0060] 本发明所提出的方法通过流速计所测量到的液体管道中流速数据与液体管道结构确定破损位置与外泄程度,并将其确定结果给管道维护单位作为排定修补施工的顺序与时程的依据。

[0061] 图1为本发明实施例液体管道泄漏区域确定方法的流程示意图,如图1所示,本发明实施例提供的液体管道泄漏区域确定方法具体包括以下几个步骤:

[0062] 步骤101:确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计。

[0063] 步骤102:周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速。

[0064] 步骤103:根据各个所述液体管道的上下游关系,建立关于所述流速计的树形结构;所述树形结构包括父代和子代;所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计。

[0065] 步骤104:根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值;所述第二平均值表示所有所述下游液体管道的液体体积和

的平均值。

[0066] 步骤105:判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值,得到第一判断结果;若所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值,则执行步骤106;若所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值,则执行步骤107。

[0067] 步骤106:确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏。

[0068] 步骤107:确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏。

[0069] 步骤108:确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别。

[0070] 步骤108具体包括:

[0071] 确定第一区别阈值、第二区别阈值;其中,所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值。

[0072] 计算泄漏比值;所述泄漏比值的计算公式为:  $L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij}$  (1);其中, $L_i$ 表示

泄漏比值; $m$ 表示周期内测量的次数, $m$ 次测量的时间点分别为 $t_1, t_2, \dots, t_m$ ;

$$L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right), i \text{ 表示当前液体管道, } A_i \text{ 表示当前液体管道的管径,}$$

$V_{ij}$ 表示在时间点 $t_j$ 时当前液体管道的流速; $S_k$ 表示第 $k$ 下游液体管道上的流速计, $C(S_i)$ 表示当前液体管道上的流速计的子代; $A_k$ 表示第 $k$ 下游液体管道的管径, $V_{kj}$ 表示在时间点 $t_j$ 时第 $k$ 下游液体管道的流速。

[0073] 将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果。

[0074] 当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏。

[0075] 当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏。

[0076] 当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

[0077] 其中,计算所述第一平均值与所述第二平均值的差值的公式为:

$$[0078] \quad \Delta = E(A_i V_{ij}) - E \left( \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right) (2); \text{ 其中, 所述 } \Delta \text{ 表示差值; } E(A_i V_{ij}) \text{ 表}$$

示第一平均值;  $E \left( \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right)$  表示第二平均值。

[0079] 下面以自来水管为例,来说明本发明基于流速计的液体管道泄漏区域确定方法以及评估其泄漏程度的方法。

[0080] 图2为本发明流速计布建于自来水管道的示意图。

[0081] 如图2所示,深色圆圈并标示 $S_i$ 的为自来水管管道所布建的流速计。对于布建的要求

是每个自来水管道的必须至少安装一个流速计。

[0082] 图3为本发明监管自来水管道的架构图。

[0083] 如图3所示,所有流速计定期将其所测量到的自来水管道的流速上传到云端系统上。由于流速计一般都安装在户外地区,流速计与云端系统之间的网络以GSM/GPRS/3G/4G/NB-IoT/LoRa等运营商所维护的无线网络。为了能够确定泄漏区域与泄漏范围,流速计所布建的位置以及流速计的上下游关系所形成的树状结构已经存储于监管自来水管道的流量监管云平台中。

[0084] 为了有效说明本发明所提出的方法,规定以下符号的定义:

[0085] 在自来水管道的适当位置上安装流速计,由同一个液体供应厂的主要出口管道及其所延伸的所有自来水管道上安装的流速计均以 $S_0, S_1, \dots, S_n$ 表示。

[0086] 流速计 $S_i$ 所安装处的自来水管道的管径为 $A_i$ 。

[0087] 在时间点 $t_j$ 时流速计 $S_i$ 所测量到的自来水管道的流速为 $V_{ij}$ 。

[0088] 依据这些流速计 $S_0, S_1, \dots, S_n$ 的上下游关系,建构为一个Sensor Tree(传感器树),流速计 $S_0$ 为安装在液体供应厂的主要出口管道上的流速计,也是此传感器树的根。

[0089]  $\forall n \geq i > 0$ ,流速计 $S_i$ 的父代为 $P(S_i)$ ,流速计 $S_i$ 的子代为 $C(S_i) = \{S_j | P(S_j) = S_i\}$ 。

[0090] 依据以上符号之定义,流速计布建方式所对应的树状结构如图4所示。

[0091] 在自来水管道中的液体没有黏稠度改变(例如结冰等)以及因管道破损而泄漏的状况下,在同一个时段( $t_j, t_j + \Delta t$ )中,流经流速计 $S_i$ 的液体流量的期望值应该等于在该时段中经过流速计 $C(S_i)$ 的液体流量总和的期望值。若在流量计 $S_i$ 与流速计 $C(S_i)$ 之间有管道破损而泄漏的状况发生,则在同一个时段( $t_j, t_j + \Delta t$ )中,流经流速计 $S_i$ 的液体流量的期望值应该大于在该时段中经过流速计 $C(S_i)$ 的液体流量总和的期望值。

[0092] 图5为本发明液体管道泄漏区域确定方法的原理说明图。

[0093] 如图5所示,如果在流速计 $S_i$ 与所有流速计 $C(S_i)$ 之间的自来水管道的没有泄漏的情况下,基于质量守恒定理,同一个时段内流经流速计 $S_i$ 的液体体积应该等于流经流速计 $C(S_i)$ 的液体体积总和。由于在实际的测量中,因为管道中各位置液体压力可能会因为液体外泄而产生突然的变化,所以有时候在测量的时间点上流经流速计 $S_i$ 的液体流量并不等于在该时段中经过流速计 $C(S_i)$ 的液体流量总和。虽然不一定完全相同,但基于质量守恒定理,由于这个区间并没有新增与外泄的液体,因此这两者的期望值应该是相同的,也就是说,若多次测量,那么流经流速计 $S_i$ 的液体体积的平均值应该会越来越接近流经流速计 $C(S_i)$ 的液体体积总和的平均值。

[0094] 如果在流速计 $S_i$ 与所有流速计 $C(S_i)$ 之间的液体管道发生了液体的泄漏,那么泄漏的那部分液体就不会流经流速计 $C(S_i)$ 中任何一个流速计,因此流经 $S_i$ 的液体体积的平均值应该会大于流经流速计 $C(S_i)$ 的液体体积总和的平均值。

[0095] 基于以上说明得到以下结论:

[0096] 结论1:若在流速计 $S_i$ 与所有流速计 $C(S_i)$ 之间的自来水管道的没有泄漏,则

$$[0097] \quad E(A_i V_{ij}) = E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right);$$

[0098] 其中 $E(X)$ 表示随机变量 $X$ 的平均值。

[0099] 结论2:若在流速计 $S_i$ 与所有流速计 $C(S_i)$ 之间的自来水管道的发生泄漏,则

$$[0100] \quad E(A_i V_{ij}) > E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right);$$

[0101] 若泄漏的程度越严重,则 $E(A_i V_{ij}) - E\left(\sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj}\right)$ 会越大。

[0102] 基于结论1与结论2,本发明提出以下用来确定自来水管道的泄漏区域并评估其泄漏程度的方法包括几个步骤:

[0103] 第一步:周期性地测量所有流速计的流速,并将之纪录于监管自来水管道的泄漏系统中。

[0104] 第二步:将最近 $m$ 次测量的数据读出来进行比对分析(假设这 $m$ 次测量的时间点分别为 $t_1, t_2, \dots, t_m$ );

[0105] 对于流速计 $S_i$ 与时间 $t_j$ ,计算 $L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right)$ ;然后计算

$$L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij} \quad (2);$$

[0106] 流量计 $S_i$ 与流量计 $S_k$ 之间漏水程度与 $L_i$ 的值成正比。若 $L_i$ 的值越大,表示在时段 $(t_1, t_m)$ 中,流量计 $S_i$ 与流量计 $S_k$ 之间漏水程度越严重;若 $L_i$ 接近0,表示在时段 $(t_1, t_m)$ 中,流量计 $S_i$ 与流量计 $S_k$ 之间漏水程度很轻微甚至没有漏水,其中 $S_k \in C(S_i)$ 。

[0107] 图6为本发明自来水管道的各区域泄漏程度的示意图,如图6所示,根据 $L_i$ 的值,确定自来水管道的各区域泄漏区域以及泄漏程度。

[0108] 为实现上述目的,本发明还提供了一种基于流速计的液体管道泄漏区域确定系统。

[0109] 图7为本发明实施例液体管道泄漏区域确定系统的结构示意图,如图7所示,本发明实施例提供的所述液体管道泄漏区域确定系统包括:

[0110] 管径确定模块100,用于确定各个流速计安装处的液体管道的管径;其中,在每个所述液体管道上至少安装一个所述流速计;

[0111] 流速获取模块200,用于周期性获取各个所述流速计安装处的所述液体管道的流速;

[0112] 树形结构建立模块300,用于根据各个所述液体管道的上下游关系,建立关于所述流速计的树形结构;所述树形结构包括父代和子代;所述父代为与当前液体管道直接连接的上游液体管道上的流速计;所述子代为与所述当前液体管道连接的所有下游液体管道上的流速计;

[0113] 液体体积平均值计算模块400,用于根据周期内所述当前液体管道对应的流速和管径、以及所有所述下游液体管道对应的流速和管径,计算第一平均值和第二平均值;所述第一平均值表示所述当前液体管道的液体体积的平均值;所述第二平均值表示所有所述下

游液体管道的液体体积和的平均值；

[0114] 第一判断结果得到模块500,用于判断所述第一平均值与所述第二平均值的差值是否小于设定阈值,得到第一判断结果；

[0115] 液体管道未发生泄漏确定模块600,用于当所述第一判断结果表示所述差值小于所述设定阈值时,确定与所述当前液体管道连接的所有所述下游液体管道均未发生泄漏；

[0116] 液体管道发生泄漏确定模块700,用于当所述第一判断结果表示所述差值大于或者等于所述设定阈值时,确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道发生泄漏。

[0117] 泄漏级别确定模块800,用于确定与所述当前液体管道连接的所述下游液体管道的泄漏级别。

[0118] 其中,所述泄漏级别确定模块800,具体包括：

[0119] 区别阈值确定单元,用于确定第一区别阈值、第二区别阈值；其中,所述第一区别阈值小于所述第二区别阈值。

[0120] 泄漏比值计算单元,用于计算泄漏比值；所述泄漏比值的计算公式为：

$$L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{ij}; \text{其中, } L_i \text{ 表示泄漏比值; } m \text{ 表示周期内测量的次数, } m \text{ 次测量的时间点分别为 } t_1, t_2, \dots, t_m; L_{ij} = \frac{1}{A_i V_{ij}} \left( A_i V_{ij} - \sum_{S_k \in C(S_i)} A_k V_{kj} \right), i \text{ 表示当前液体管道, } A_i \text{ 表示当前液体}$$

管道的管径,  $V_{ij}$  表示在时间点  $t_j$  时当前液体管道的流速;  $S_k$  表示第  $k$  下游液体管道上的流速计,  $C(S_i)$  表示当前液体管道上的流速计的子代;  $A_k$  表示第  $k$  下游液体管道的管径,  $V_{kj}$  表示在时间点  $t_j$  时第  $k$  下游液体管道的流速。

[0121] 比较结果确定单元,用于将所述泄漏比值分别与所述第一区别阈值、所述第二区别阈值比较,确定比较结果。

[0122] 轻度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值小于或者等于所述第一区别阈值时,将所述泄漏级别确定为轻度泄漏。

[0123] 中度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于所述第一区别阈值且小于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为中度泄漏。

[0124] 重度泄漏确定单元,用于当比较结果表示所述泄漏比值大于或者等于所述第二区别阈值时,将所述泄漏级别确定为重度泄漏。

[0125] 本发明所提出了一种只通过流速计就可以同时测量液体外泄区域的方法。该方法允许流量计所安装的管道之间可以有分支,大幅减少所需要布建的流量计的数量,大幅降低系统布建与维护成本,扩大适用范围。另外,还可以对于液体管道中的各个区域,得出一个单一且有范围的数字作为漏水程度的指标,通过该指标可以做为液体管道维护单位对于管道泄漏的维修工作进行排班排程作业的依据,并且还提出了一个确定管道泄漏程度的方法,能够让管道维修单位有效、准确的确定维修排班顺序。

[0126] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说

明即可。

[0127] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

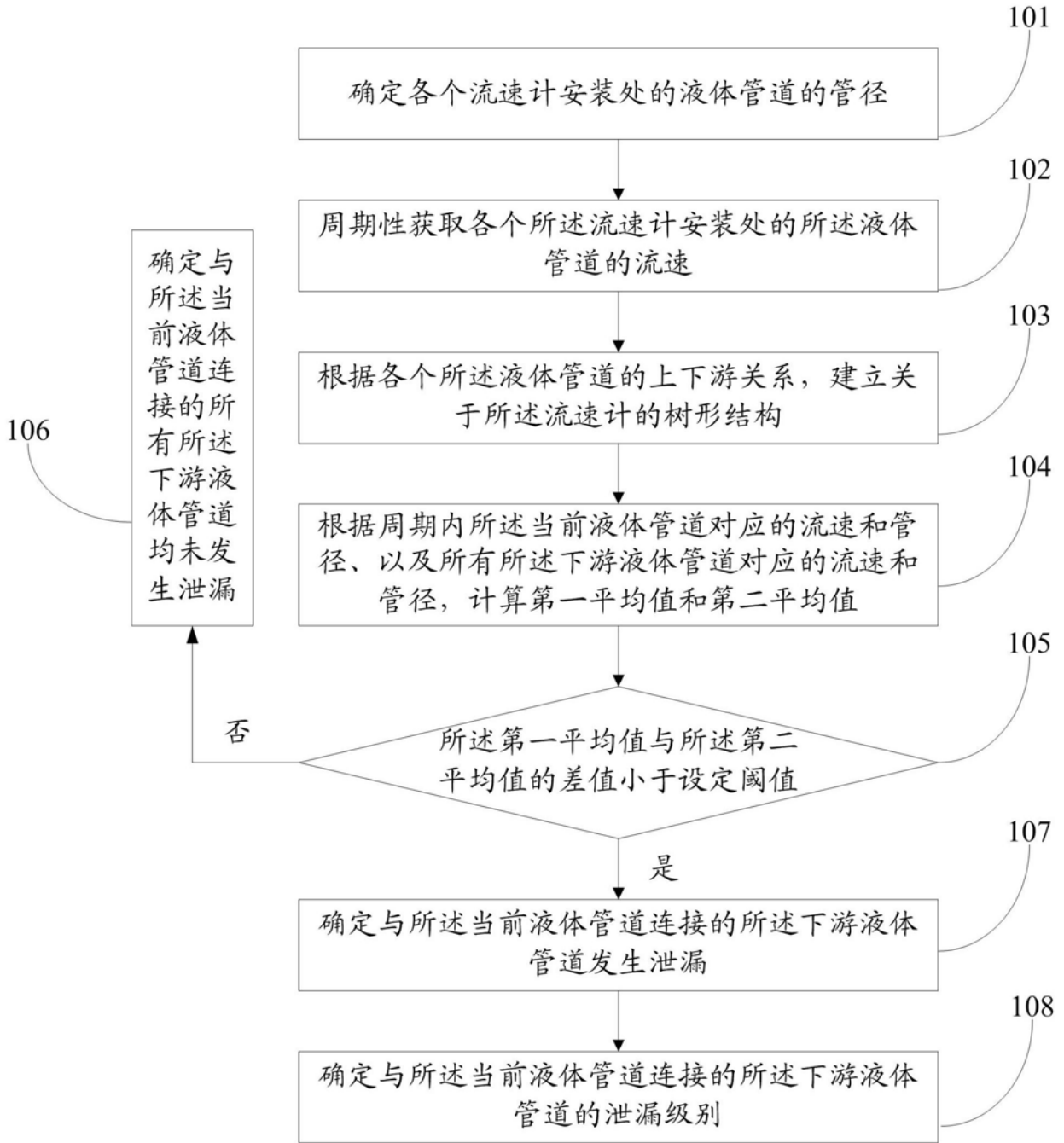


图1

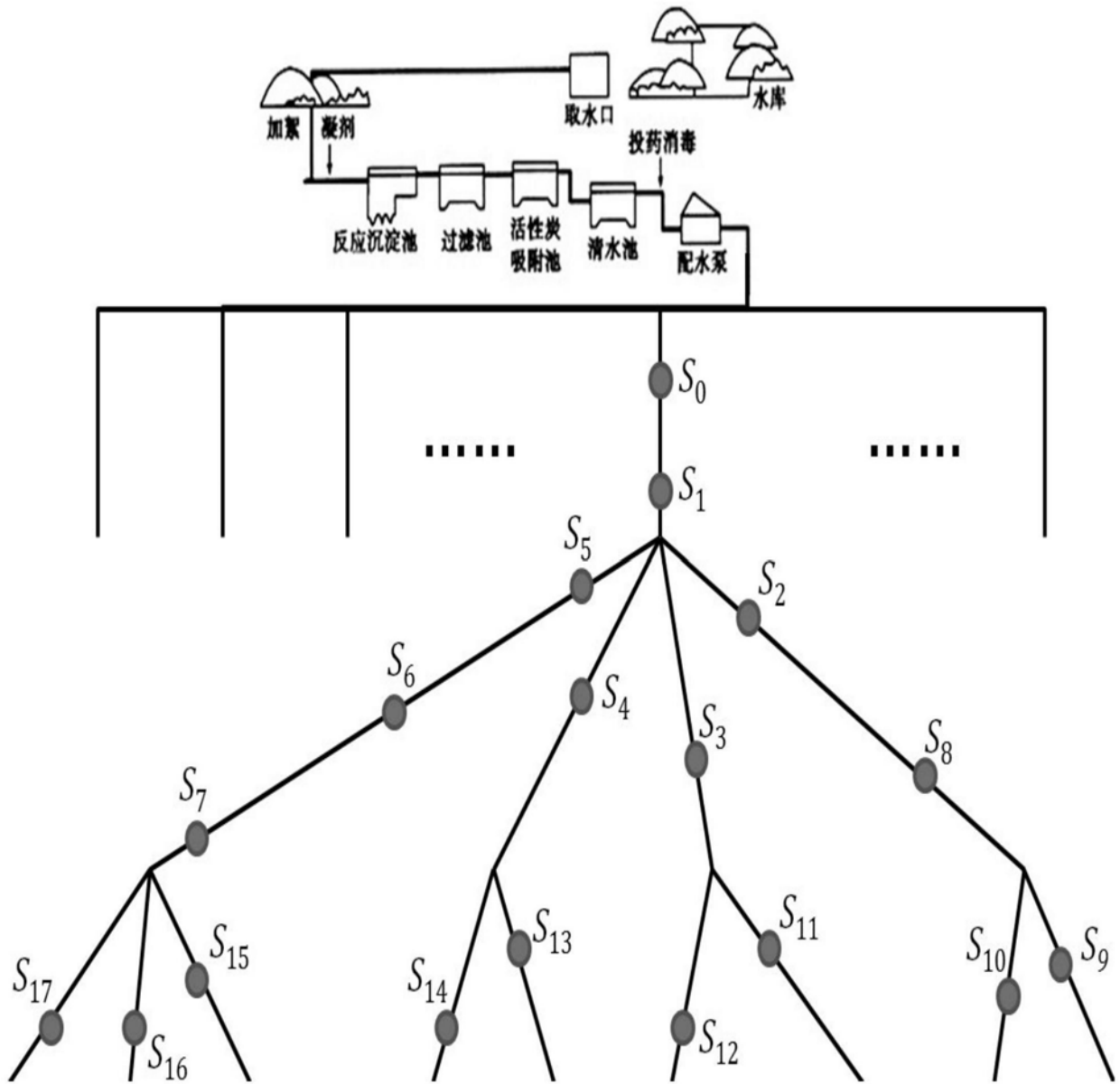


图2



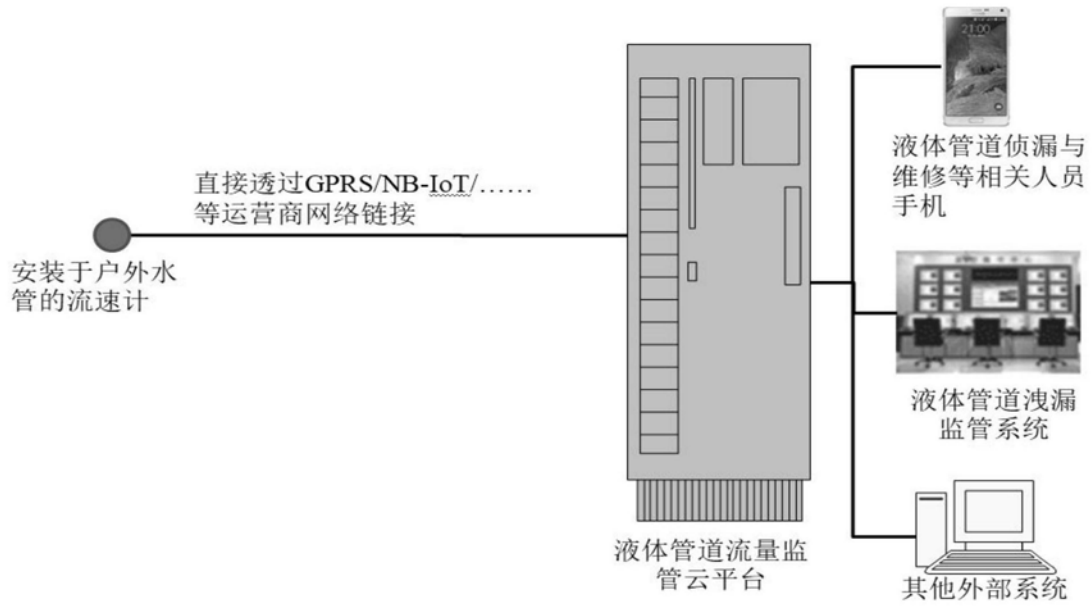
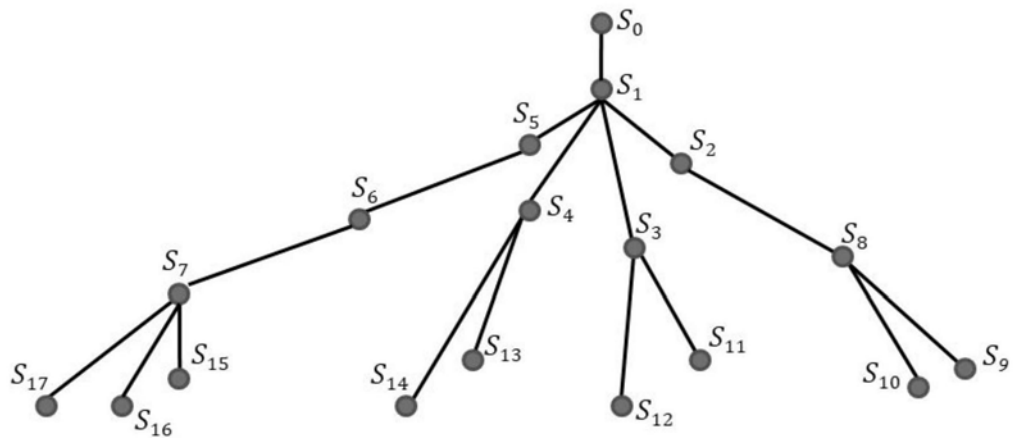


图3



- ◆  $P(S_1) = S_0, P(S_4) = S_1, P(S_{13}) = S_4, \dots$
- ◆  $C(S_0) = \{S_1\}, C(S_1) = \{S_2, S_3, S_4, S_5\}, C(S_3) = \{S_{11}, S_{12}\}, \dots$

图4

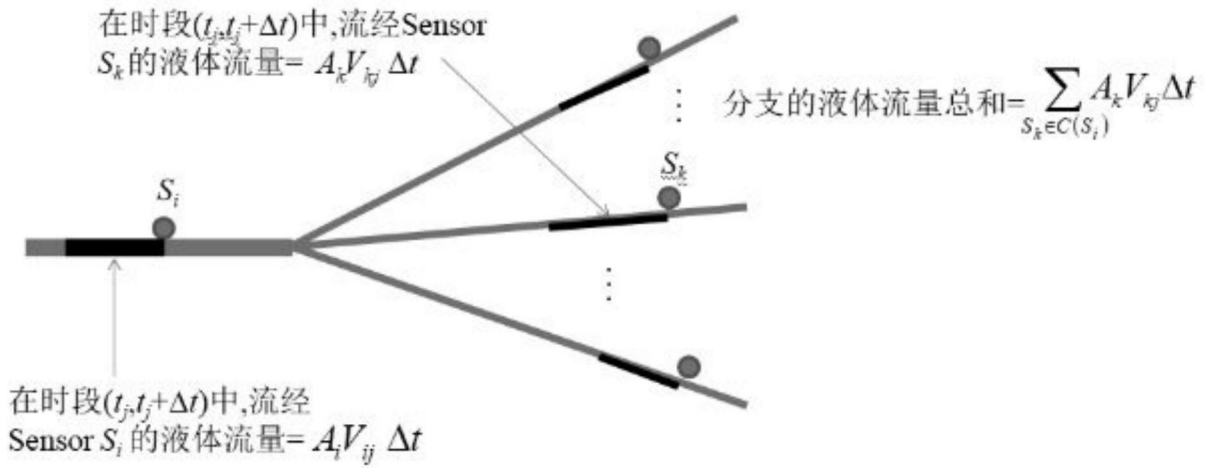


图5

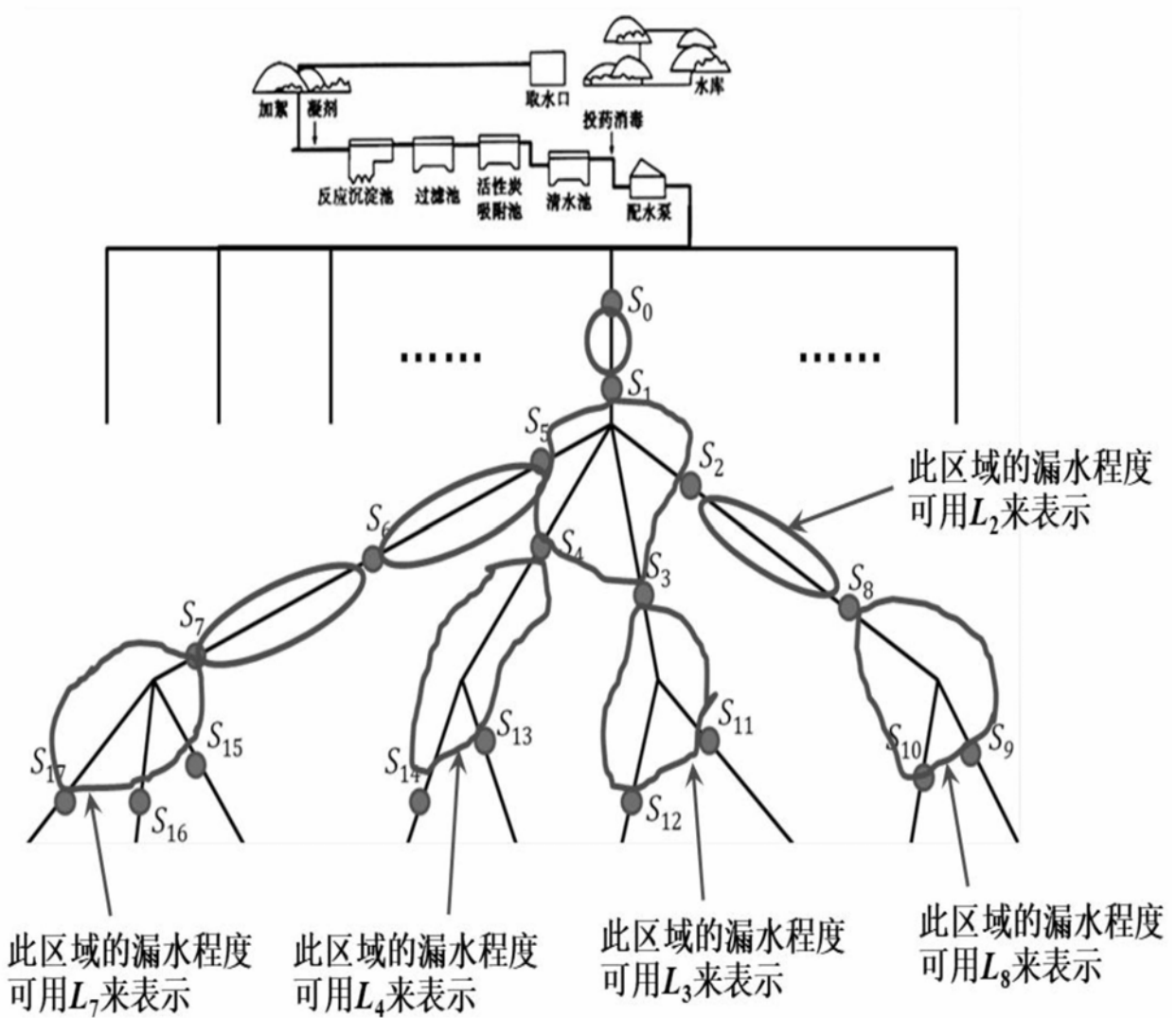


图6

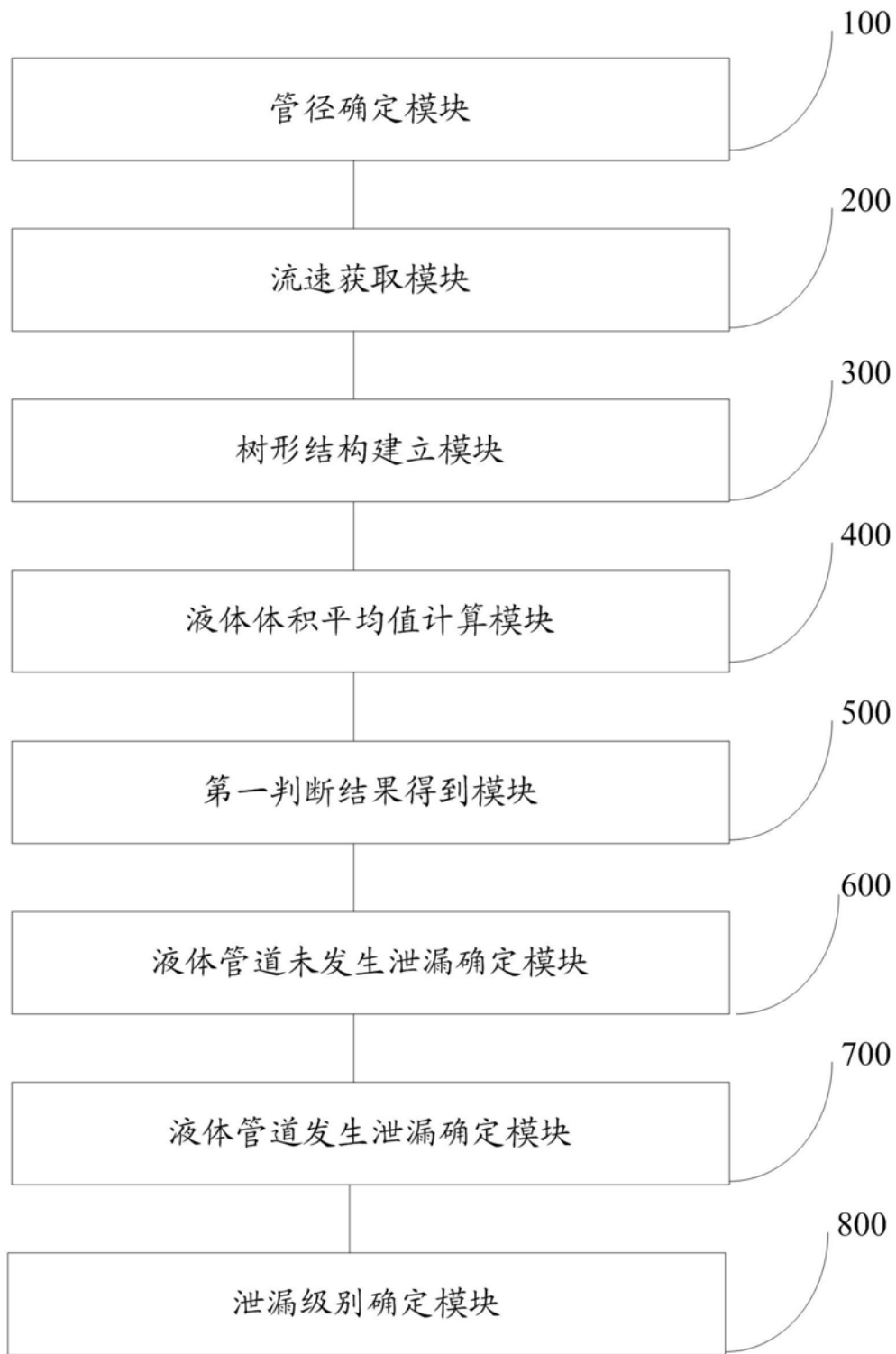


图7