



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105736953 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(21)申请号 201610260148.8

(22)申请日 2016.04.22

(71)申请人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市江干经济开发区学源街258号

(72)发明人 曲方 胡凯 李二明 张亮  
董林翰

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 郑海峰

(51)Int.Cl.

F17D 5/02(2006.01)

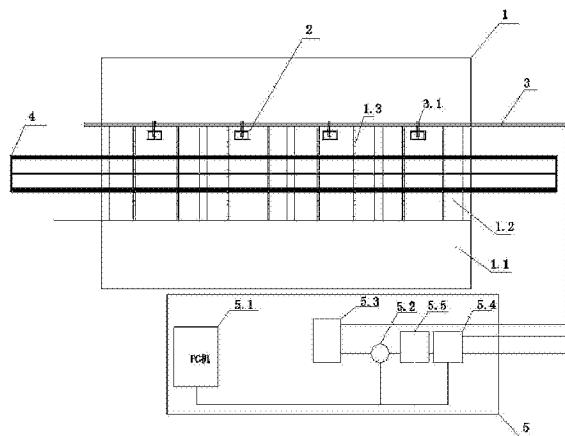
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

## (54)发明名称

一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统及其方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统及其方法。包括包覆层装置、压力感应器、电缆、液氨管道和数据处理系统；包覆层装置包裹在液氨管道外围，在包覆层装置内设有独立密闭气室，密闭气室内安装压力感应器，当管道某处发生泄露时，压力感应器检测信号发送给数据处理系统，由数据处理系统计算分析发送泄露的部位。本系统还设有自检单元，用于检测线路故障，保障系统的正常运行。本发明工作的电路原理简易，在不发生泄漏时电路处于断路状态，提高了系统的安全性。同时泄漏时可以测得单股线缆长度和压力感应器电阻片阻值两个有效数据，可以利用对较少感应器编号处理就能够监测长距离液氨的管道。



1. 一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,其特征在于包括包覆层装置(1)、压力感应器(2)、电缆(3)、液氨管道(4)和数据处理系统(5);

所述的包覆层装置(1)包裹在液氨管道(4)外围,包覆层装置(1)包括包覆层(1.1)、隔离构件(1.2)、支撑构件(1.3),隔离构件(1.2)设置在包覆层(1.1)与液氨管道(4)之间,将包覆层(1.1)与液氨管道(4)之间的空间分割成相互隔离的密闭气室,隔离构件(1.2)之间安装有用于保障密闭气室内气体自由流动的支撑构件(1.3);

所述的电缆(3)包括若干个第一电磁阀(3.1)、与第一电磁阀(3.1)相连的电阻、连接线、以及与压力感应器(2)相连的控制开关;所述的第一电磁阀(3.1)受数据处理系统(5)的控制;

一个压力传感器和与该传感器相连的控制开关构成一个压力感应器单元,一个第一电磁阀(3.1)和与其相连的电阻构成一个自检单元,每一个密闭气室内安装有一个压力感应器单元和一个自检单元,

所述的数据处理系统(5)包括pc机(5.1)、电流表(5.2)、稳压电源(5.3)、第二电磁阀(5.4)、第三电磁阀(5.5);

所述的所有压力传感器单元并联连接,并联连接后的压力传感器单元与电流表(5.2)、稳压电源(5.3)、第三电磁阀(5.5)串联成回路;所述的同一个密闭气室内的自检单元与压力感应器单元并联连接,所述的第二电磁阀(5.4)的一端与稳压电源(5.3)相连,另一端分别与所有的压力传感器单元的控制开关和第一电磁阀(3.1)相连;

所述的pc机(5.1)与电流表(5.2)、稳压电源(5.3)、第二电磁阀(5.4)、第三电磁阀(5.5)和所有的第一电磁阀(3.1)相连。

2. 根据权利要求1所述的基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,其特征在于所述的压力感应器(2)包括外壳(2.1)、橡胶片(2.2)、电阻片(2.3)、电线(2.4)和两个金属片,所述的电线(2.4)与外壳(2.1)紧密接触,分为两股线,两股线分别与两个金属片相连,所述的橡胶片(2.2)与外壳(2.1)无缝接触,并使感应器内部存有一定气压的气体。橡胶片(2.2)内侧与电阻片(2.3)紧密接触,橡胶片(2.2)外侧暴露在密闭气室内,阻片(2.3)和金属片之间设有距离。

3. 根据权利要求1所述的基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,其特征在于所述的不同的压力感应器单元内的电阻片(2.3)的阻值各不相同,所述的不同自检单元内的电阻阻值各不相同。

4. 根据权利要求1所述的基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,其特征在于所述连接线的三芯电线,第一电磁阀(3.1)有两个接线头分别于电缆(3)上的零线和火线相连接。

5. 根据权利要求2所述的基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,其特征在于所述的电线(2.4)的一股线与连接线的两股相连,电线(2.4)的另一股线与连接线剩余的一股相连。

6. 一种如权利要求1-5任一项所述液氨管道泄漏检测系统的检测方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤1、液氨管道发生泄漏后,内部高压的液氨会迅速从泄漏点释放并气化导致每一个独立的密闭气室内部的压力上升;

步骤2、压力感应器在高压气体的作用下,橡胶片产生形变带动电阻片逐渐上升直至与上部的金属片相接触,即压力传感器单元内的控制开关闭合,从而使该压力感应器所在压力感应器单元的电路接通过路,压力感应器中电阻片与金属片之间的距离可以根据如下计算方法进行确定:

$$h = k \frac{nRT}{S} \cdot \frac{\Delta P}{P_0(P_0 + \Delta P)}$$

式中:h-压力感应器电阻片与金属片之间的距离;

S-压力感应器橡胶片的面积;

$\Delta P$ -压力感应器工作的压力变化值;

$P_0$ -压力感应器初始的压力值;

n-压力传感器中气体物质的量;

k-修正系数;

R-气体常量;

T-绝对温度;

步骤3、在稳压电源的作用下,压力感应器内部的电阻片会使线路产生特定的电流值 $I_1$ ,电流值 $I_1$ 被电流表测得并发送给pc机,然后pc机控制第二电磁阀工作,使得稳压电源与压力感应器之间的连接线并联上一条形同的连接线,由于连接线存在内阻,使得电路中电流发送变化,产生电流值 $I_2$ ,电流值 $I_2$ 被电流表测得并发送给pc机;

步骤4、不同的电流值被pc机收集,并根据电流的大小计算出电路中压力传感器的安装距离L和感应器电阻片的阻值 $R_i$ ,由于每个压力传感器与数据处理系统(5)之间的线缆长度不同,且每个压力传感器的阻值不同,从而可以确定发生泄露密闭气室的压力感应器的位置,并对监控人员发出警告,通过推理化简其计算方法为:

$$L = \frac{2S}{\rho} \left( \frac{U}{I_1} - \frac{U}{I_2} \right)$$

$$R_i = 4 \frac{U}{I_2} - 3 \frac{U}{I_1}$$

式中: $R_i$ -压力感应器电阻片的电阻值,i取1、2...n;

U-稳压电源的电压;

$I_1$ -电磁阀未工作前电路通过的电流值;

$I_2$ -电磁阀工作后电路通过的电流值;

L-工作电路中压力传感器的安装距离L,即压力传感器与电源间线缆的长度;

S-线缆的截面积;

$\rho$ -线缆的电阻率;

步骤5、当电流值 $I_1$ 和 $I_2$ 上传至pc机时,pc机向位于电路干路的第三电磁阀发出指令,第三电磁阀断开电路,使系统处于不通电状态从而保障发生泄漏后不会产生安全隐患,在技术人员修复液氨管道后,通过pc机将第三电磁阀恢复到初始状态;

步骤6、计算机对位于包覆层内部电缆上的第一电磁阀发出指令,让所有第一电磁阀从近及远逐次工作,检查线路的完好性,确认线路完好后,系统重新处于检测状态。

## 一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及液氨管道泄漏检测研究领域,特别涉及一种基于压力感应的非常规情况下带包覆层的液氨管道泄漏检测系统及其方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着我国社会经济的快速发展,冷库作为储存食物和一些特殊产品的工具被广泛的应用于人民日常生活中。氨作为冷库制冷系统的一种制冷剂(编号R717),其热力学性质是所有制冷剂中最佳的,是目前使用最广泛的一种中温中压制冷剂。在我国大、中型冷库制冷系统中,采用氨作为制冷剂占80%以上。

[0003] 基于压力感应测量气体参数是一种安全、高效的测量技术。它根据气体物理特性表现出不同的测量方式。但是当工作环境为带有包覆层的液氨管道,传统的压力检测就面临一个较为尴尬的处境。通过对检测线路的设计和压力感应器的改进,依靠计算机技术,克服了导致传统压力感应仪器无法测量的难题,同时可以完成在带包覆层的液氨压力管道发生泄漏的情况下的实时监测和定位。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的不足,提出了一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测的系统及其方法。

[0005] 一种基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统包括包覆层装置、压力感应器、电缆、液氨管道和数据处理系统;

[0006] 所述的包覆层装置包裹在液氨管道外围,包覆层装置包括包覆层、隔离构件、支撑构件,隔离构件设置在包覆层与液氨管道之间,将包覆层与液氨管道之间的空间分割成相互隔离的密闭气室,隔离构件之间安装有用于保障密闭气室内气体自由流动的支撑构件;

[0007] 所述的电缆包括若干个第一电磁阀、与第一电磁阀相连的电阻、连接线、以及与压力感应器相连的控制开关;所述的第一电磁阀受数据处理系统的控制;

[0008] 一个压力传感器和与该传感器相连的控制开关构成一个压力感应器单元,一个第一电磁阀和与其相连的电阻构成一个自检单元,每一个密闭气室内安装有一个压力感应器单元和一个自检单元,

[0009] 所述的数据处理系统包括pc机、电流表、稳压电源、第二电磁阀、第三电磁阀;

[0010] 所述的所有压力传感器单元并联连接,并联连接后的压力传感器单元与电流表、稳压电源、第三电磁阀串联成回路;所述的同一个密闭气室内的自检单元与压力感应器单元并联连接,所述的第二电磁阀的一端与稳压电源相连,另一端分别与所有的压力传感器单元的控制开关和第一电磁阀相连;

[0011] 所述的pc机与电流表、稳压电源、第二电磁阀、第三电磁阀和所有的第一电磁阀相连。

[0012] 优选的,所述的压力感应器包括外壳.、橡胶片.、电阻片.、电线.和两个金属片,所述的电线.与外壳.紧密接触,分为两股线,两股线分别与两个金属片相连,所述的橡胶片.与外壳.无缝接触,并使感应器内部存有一定气压的气体。橡胶片.内侧与电阻片.紧密接触,橡胶片.外侧暴露在密闭气室内,阻片.和金属片之间设有距离。

[0013] 优选的,所述的不同的压力感应器单元内的电阻片.的阻值各不相同,所述的不同自检单元内的电阻阻值各不相同。

[0014] 优选的,所述连接线的三芯电线,第一电磁阀.有两个接线头分别于电缆上的零线和火线相连接。

[0015] 优选的,所述的电线.的一股线与连接线的两股相连,电线.的另一股线与连接线剩余的一股相连。

[0016] 所述的外壳用不燃材料制作而成,外壳中间为中空结构,外壳上部突出部分与电线无缝连接,外壳内部伸出一部分,使电线深入到内部;

[0017] 所述的橡胶片与外壳内部紧密粘结,并将外壳内部隔离出含有一定气压的气体,橡胶片内侧与电阻片紧密连接;

[0018] 所述的稳压电源为整个监测电路提供稳定的电压;

[0019] 所述的第二电磁阀在电路通路时接受计算机系统发出的信号,使阀门闭合为系统测量第二组数据提供保障;

[0020] 所述的电流表在电路通路时测量通过电路的两次电流大小,为计算机系统分析泄漏情况提供依据;

[0021] 所述的计算机系统接受到由电流表统计的数据,并根据设置好的计算程序计算出发生作用的压力感应器型号与位置,同时向工作人员发出警告。

[0022] 所述液氨管道泄漏检测系统的检测方法包括以下步骤:

[0023] 步骤1、液氨管道发生泄漏后,内部高压的液氨会迅速从泄漏点释放并气化导致每一个独立的密闭气室内部的压力上升;

[0024] 步骤2、压力感应器在高压气体的作用下,橡胶片产生形变带动电阻片逐渐上升直至与上部的金属片相接触,即压力传感器单元内的控制开关闭合,从而使该压力感应器所在压力感应器单元的电路接通过路,以第一压力感应器单元导通为例,即“稳压电源-电流表-第三电磁阀-电阻片1-控制开关1-稳压电源”电路接通过路,压力感应器中电阻片与金属片之间的距离可以根据如下计算方法进行确定:

$$[0025] \quad h = k \frac{nRT}{S} \cdot \frac{\Delta P}{P_0(P_0 + \Delta P)}$$

[0026] 式中:h-压力感应器电阻片与金属片之间的距离;

[0027] S-压力感应器橡胶片的面积;

[0028]  $\Delta P$ -压力感应器工作的压力变化值;

[0029]  $P_0$ -压力感应器初始的压力值;

[0030] n-压力传感器中气体物质的量;

[0031] k-修正系数;

[0032] R-气体常量;

[0033] T-绝对温度;

[0034] 步骤3、在稳压电源的作用下,压力感应器内部的电阻片会使线路产生特定的电流值 $I_1$ ,电流值 $I_1$ 被电流表测得并发送给pc机,然后pc机控制第二电磁阀工作,使得稳压电源与压力感应器之间的连接线并联上一条形同的连接线,由于连接线存在内阻,使得电路中电流发生变化,产生电流值 $I_2$ ,电流值 $I_2$ 被电流表测得并发送给pc机;

[0035] 步骤4、不同的电流值被pc机收集,并根据电流的大小计算出电路中压力传感器的安装距离 $L$ 和感应器电阻片的阻值 $R_i$ ,由于每个压力传感器与数据处理系统(5)之间的线缆长度不同,且每个压力传感器的阻值不同,从而可以确定发生泄露密闭气室的压力传感器的位置,并对监控人员发出警告,通过推理化简其

$$[0036] \quad L = \frac{2S}{\rho} \left( \frac{U}{I_1} - \frac{U}{I_2} \right)$$

[0037] 计算方法为:

$$[0038] \quad R_i = 4 \frac{U}{I_2} - 3 \frac{U}{I_1}$$

[0039] 式中: $R_i$ -压力感应器电阻片的电阻值, $i$ 取1、2...n;

[0040]  $U$ -稳压电源的电压;

[0041]  $I_1$ -电磁阀未工作前电路通过的电流值;

[0042]  $I_2$ -电磁阀工作后电路通过的电流值;

[0043]  $L$ -工作电路中压力传感器的安装距离 $L$ ;

[0044]  $S$ -线缆的截面积;

[0045]  $\rho$ -线缆的电阻率;

[0046] 步骤5、当电流值 $I_1$ 和 $I_2$ 上传至pc机时,pc机向位于电路干路的第三电磁阀发出指令,第三电磁阀断开电路,使系统处于不通电状态从而保障发生泄漏后不会产生安全隐患,在技术人员修复液氨管道后,通过pc机将第三电磁阀恢复到初始状态;

[0047] 步骤6、计算机对位于包覆层内部电缆上的第一电磁阀发出指令,让所有第一电磁阀从近及远逐次工作,检查线路的完好性,确认线路完好后,系统重新处于检测状态。

[0048] 本发明相对于现有技术具有如下的优点:

[0049] (1)本发明中隔离包覆层在液氨管道外部形成的独立的密闭空腔可以起到增强隔热的效果。

[0050] (2)本发明中发明的压力感应器,作为监测系统的末端感应器具有制作简单、反映灵敏、电阻特性不同,便于制作不同型号的压力感应器。

[0051] (3)本发明工作的电路原理简易,在不发生泄漏时电路处于断路状态,提高了系统的安全性。同时泄漏时可以测得单股线缆长度和压力感应器电阻片阻值两个有效数据,可以利用对较少感应器编号处理就能够监测长距离液氨的管道。

[0052] (4)本发明利用计算机系统,可以实现对数据实时处理和及时警告,并便于液氨管道泄漏情况资料的统计工作。

[0053] (5)本发明实用一般电缆作为信号传输线,同时在线缆设置检测线缆有无破损的设备可以保证监控效果,便于日常的维修工作。

## 附图说明

- [0054] 图1是本发明一种液氨管道泄漏检测系统示意图；  
[0055] 图2是本发明中工作原理电路示意图；  
[0056] 图3是本发明中压力感应器结构示意图；  
[0057] 图4是本发明中液氨管道泄漏检测元件布置示意图  
[0058] 图5是本发明的流程图。

## 具体实施方式

- [0059] 下面结合附图对本发明进一步说明。
- [0060] 如图1-4本发明的基于压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统包括包括包覆层装置1、压力感应器2、电缆3、液氨管道4和数据处理系统5；
- [0061] 所述的包覆层装置1包裹在液氨管道4外围，包覆层装置1包括包覆层1.1、隔离构件1.2、支撑构件1.3，隔离构件1.2设置在包覆层1.1与液氨管道4之间，将包覆层1.1与液氨管道4之间的空间分割成相互隔离的密闭气室，隔离构件1.2之间安装有用于保障密闭气室内气体自由流动的支撑构件1.3；
- [0062] 所述的电缆3包括若干个第一电磁阀3.1、与第一电磁阀3.1相连的电阻、连接线、以及与压力感应器2相连的控制开关；所述的第一电磁阀3.1受数据处理系统5的控制；
- [0063] 一个压力传感器和与该传感器相连的控制开关构成一个压力感应器单元，一个第一电磁阀3.1和与其相连的电阻构成一个自检单元，每一个密闭气室内安装有一个压力感应器单元和一个自检单元，
- [0064] 所述的数据处理系统5包括pc机5.1、电流表5.2、稳压电源5.3、第二电磁阀5.4、第三电磁阀5.5；
- [0065] 所述的所有压力传感器单元并联连接，并联连接后的压力传感器单元与电流表5.2、稳压电源5.3、第三电磁阀5.5串联成回路；所述的同一个密闭气室内的自检单元与压力感应器单元并联连接，所述的第二电磁阀5.4的一端与稳压电源5.3相连，另一端分别与所有的压力传感器单元的控制开关和第一电磁阀3.1相连；
- [0066] 所述的pc机5.1与电流表5.2、稳压电源5.3、第二电磁阀5.4、第三电磁阀5.5和所有的第一电磁阀3.1相连。
- [0067] 优选的，所述的压力感应器2包括外壳2.1、橡胶片2.2、电阻片2.3、电线2.4和两个金属片，所述的电线2.4与外壳2.1紧密接触，分为两股线，两股线分别与两个金属片相连，所述的橡胶片2.2与外壳2.1无缝接触，并使感应器内部存有一定气压的气体。橡胶片2.2内侧与电阻片2.3紧密接触，橡胶片2.2外侧暴露在密闭气室内，阻片2.3和金属片之间设有距离。
- [0068] 优选的，所述的不同的压力感应器单元内的电阻片2.3的阻值各不相同，所述的不同自检单元内的电阻阻值各不相同。
- [0069] 优选的，所述连接为三芯电线，第一电磁阀3.1有两个接线头分别于电缆3上的零线和火线相连接。
- [0070] 优选的，所述的电线2.4的一股线与连接线的两股相连，电线2.4的另一股线与连

接线剩余的一股相连。

[0071] 所述的pc机5.1可与电流表5.2、第二电磁阀5.4和第三电磁阀5.5进行数据上传和指令下发。

[0072] 所述的电流表5.2位于电路的干路上,可以测得电路中电流的大小。

[0073] 所述的稳压电源5.3可为整个监测系统提供稳定的电压。

[0074] 所述的第二电磁阀5.4和第三电磁阀5.5根据pc机的指令完成所处电路开路、断路动作。

[0075] 如图5所示,一种压力感应的带包覆层的液氨管道泄漏检测系统,具体工作原理包括以下步骤:

[0076] 步骤1、液氨管道发生泄漏后,内部高压的液氨会迅速从泄漏点释放并气化导致每一个独立的密闭气室内部的压力上升;

[0077] 步骤2、压力感应器在高压气体的作用下,橡胶片产生形变带动电阻片逐渐上升直至与上部的金属片相接触,即压力传感器单元内的控制开关闭合,从而使该压力感应器所在压力感应器单元的电路接通通路,以第一压力感应器单元导通为例,即“稳压电源-电流表-第三电磁阀-电阻片1-控制开关1-稳压电源”电路接通通路,压力感应器中电阻片与金属片之间的距离可以根据如下计算方法进行确定:

$$[0078] \quad h = k \frac{nRT}{S} \cdot \frac{\Delta P}{P_0(P_0 + \Delta P)}$$

[0079] 式中:h-压力感应器电阻片与金属片之间的距离;

[0080] S-压力感应器橡胶片的面积;

[0081]  $\Delta P$ -压力感应器工作的压力变化值;

[0082]  $P_0$ -压力感应器初始的压力值;

[0083] n-压力传感器中气体物质的量;

[0084] k-修正系数;

[0085] R-气体常量;

[0086] T-绝对温度;

[0087] 步骤3、在稳压电源的作用下,压力感应器内部的电阻片会使线路产生特定的电流值 $I_1$ ,电流值 $I_1$ 被电流表测得并发送给pc机,然后pc机控制第二电磁阀工作,使得稳压电源与压力感应器之间的连接线并联上一条形同的连接线,由于连接线存在内阻,使得电路中电流发送变化,产生电流值 $I_2$ ,电流值 $I_2$ 被电流表测得并发送给pc机;

[0088] 步骤4、不同的电流值被pc机收集,并根据电流的大小计算出电路中压力传感器的安装距离L和感应器电阻片的阻值 $R_i$ ,由于每个压力传感器与数据处理系统(5)之间的线缆长度不同,且每个压力传感器的阻值不同,从而可以确定发生泄露密闭气室的压力感应器的位置,并对监控人员发出警告,通过推理化简其计算方法为:

$$[0089] \quad L = \frac{2S}{\rho} \left( \frac{U}{I_1} - \frac{U}{I_2} \right)$$

$$[0090] \quad R_i = 4 \frac{U}{I_2} - 3 \frac{U}{I_1}$$



- [0091] 式中： $R_i$ -压力感应器电阻片的电阻值， $i$ 取1、2... $n$ ；
- [0092]  $U$ -稳压电源的电压；
- [0093]  $I_1$ -电磁阀未工作前电路通过的电流值；
- [0094]  $I_2$ -电磁阀工作后电路通过的电流值；
- [0095]  $L$ -工作电路中压力传感器的安装距离 $L$ ；
- [0096]  $S$ -线缆的截面积；
- [0097]  $\rho$ -线缆的电阻率；
- [0098] 步骤5、当电流值 $I_1$ 和 $I_2$ 上传至pc机时，pc机向位于电路干路的第三电磁阀发出指令，第三电磁阀断开电路，使系统处于不通电状态从而保障发生泄漏后不会产生事故隐患，在技术人员修复液氨管道后，通过pc机将第三电磁阀恢复到初始状态；
- [0099] 步骤6、计算机对位于包覆层内部电缆上的第一电磁阀发出指令，让所有第一电磁阀从近及远逐次工作，检查线路的完好性，确认线路完好后，系统重新处于检测状态。

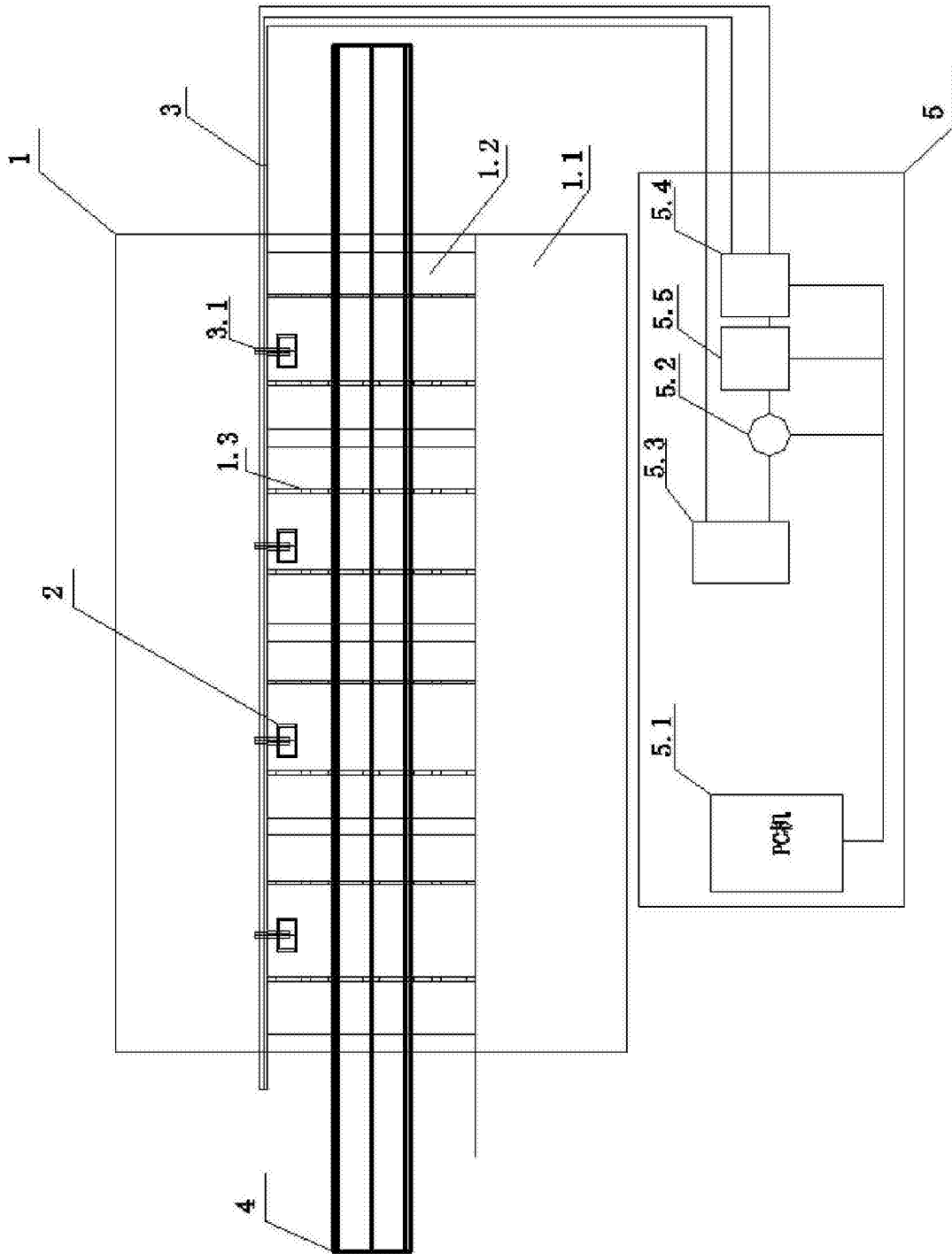


图1

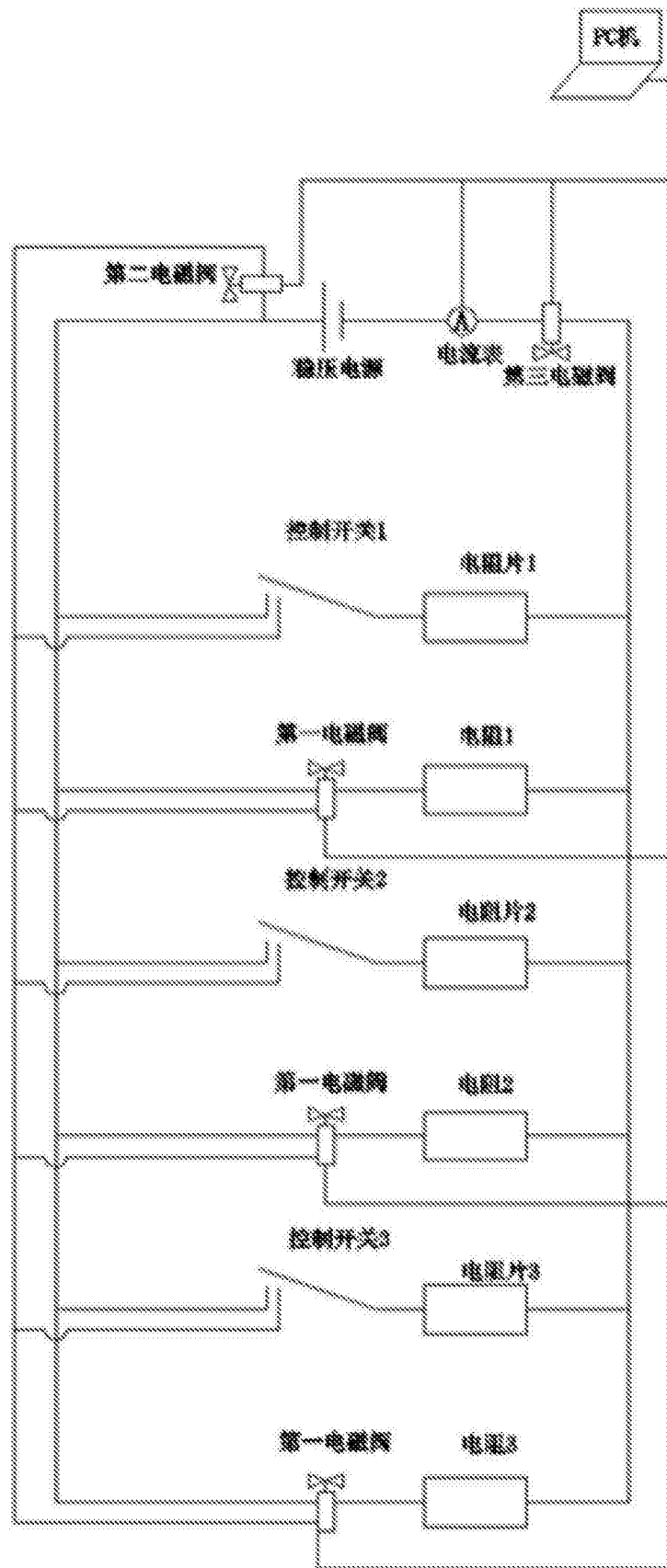


图2

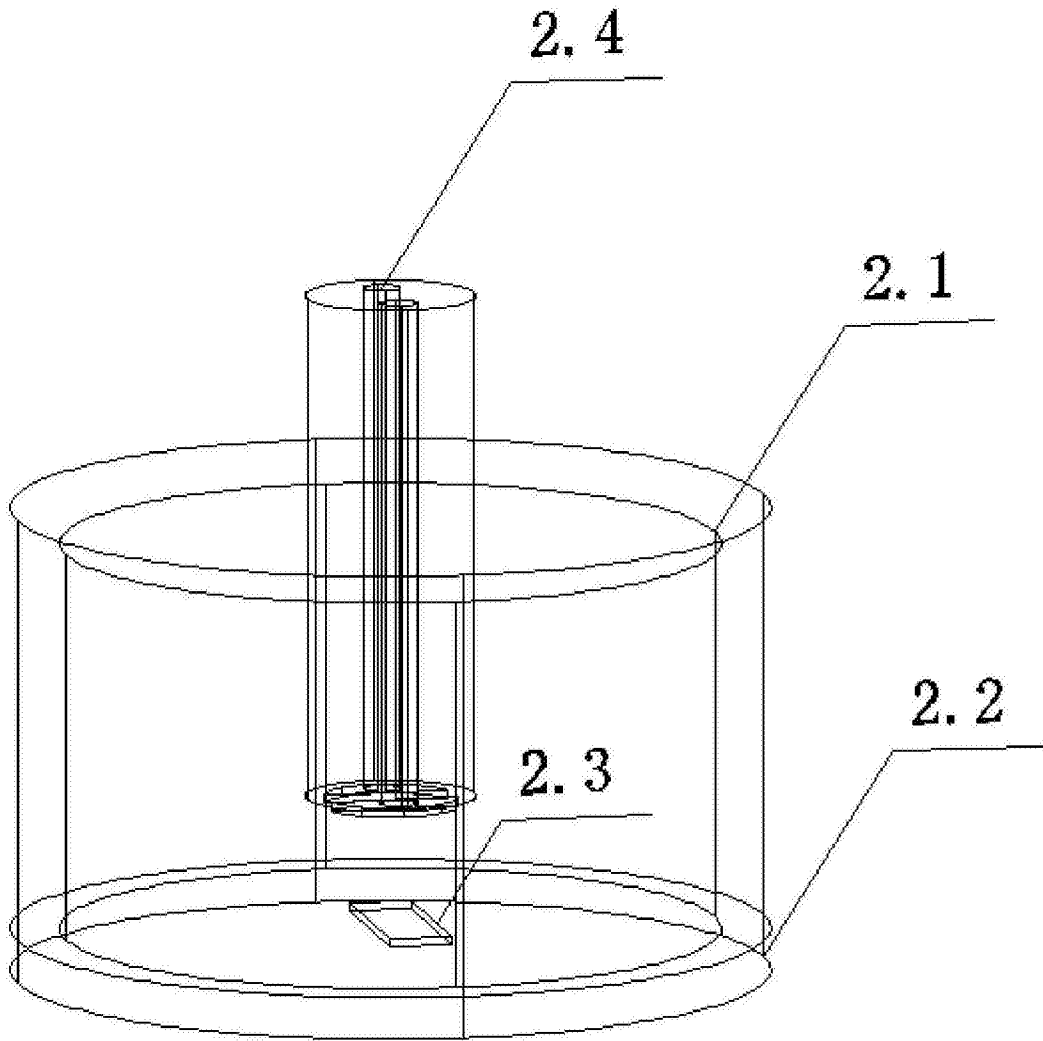


图3

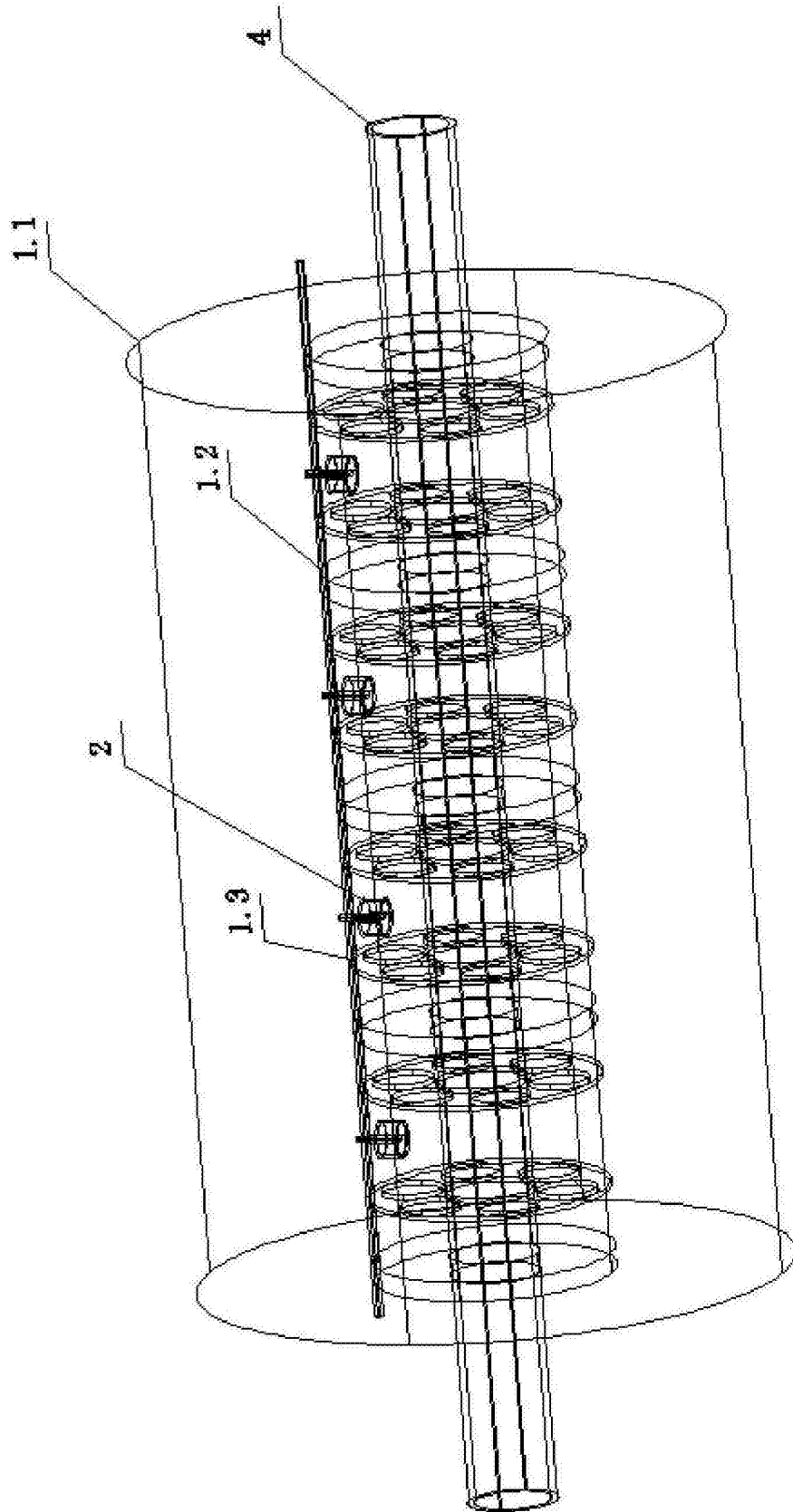


图4

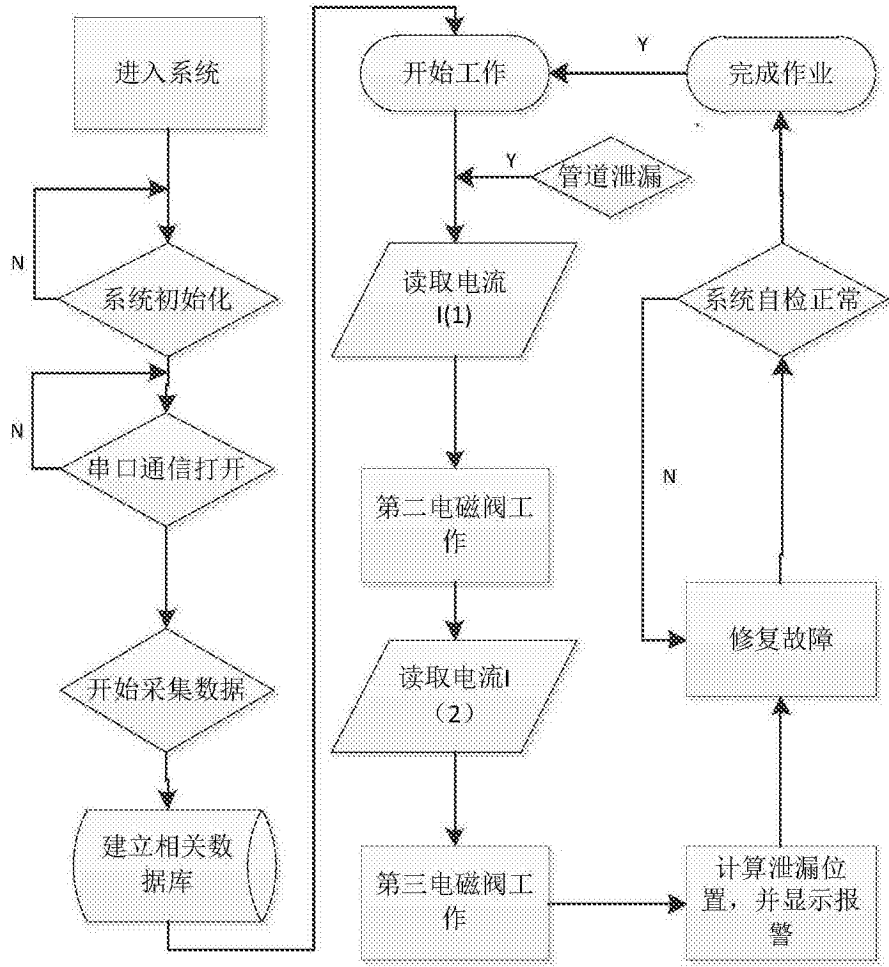


图5