



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105003829 B

(45)授权公告日 2018.09.25

(21)申请号 201510472565.4

G01V 9/00(2006.01)

(22)申请日 2015.08.05

H04L 29/08(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105003829 A

(56)对比文件

CN 202840541 U, 2013.03.27, 说明书第11段以及附图1-2.

(43)申请公布日 2015.10.28

CN 101555991 A, 2009.10.14, 全文.

(73)专利权人 中南大学

CN 202634488 U, 2012.12.26, 全文.

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

CN 203243366 U, 2013.10.16, 全文.

(72)发明人 刘少强 樊晓平 尹超 刘延芳 翦林鹏

KR 20090099760 A, 2009.09.23, 全文.

陈祥勇. 机场油库油品泄漏监测的无线传感器节点设计.《油气储运》.2015, 第34卷(第7期), 第779-783页.

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所 43114

陈祥勇. 油库油品泄漏监测报警系统设计.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2015, (第3期), 第12-47页.

代理人 黄美成

审查员 杨卫如

(51)Int. Cl.

F17D 5/02(2006.01)

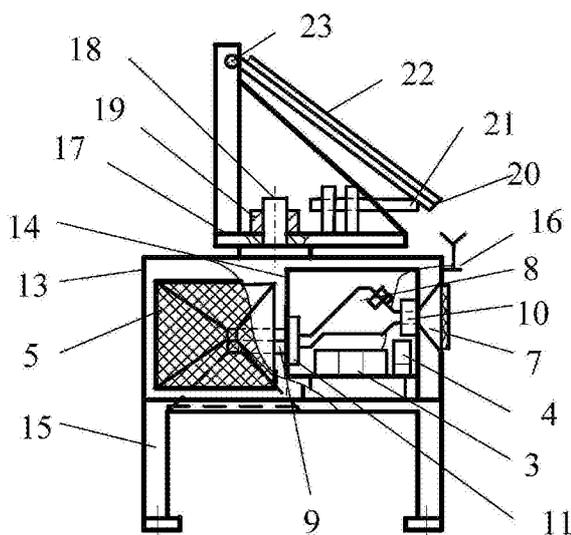
权利要求书3页 说明书14页 附图4页

## (54)发明名称

一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法,所述装置包括测控与通信模块、集气装置、机械结构、电源模块。含探测燃油挥发气体的集成光离子化传感器与温度传感器组合的测控与通信模块控制集气装置,定期检测油罐周围的油气浓度并以无线方式发送监测信息。所述系统及应用方法是以一个装置为一个节点、环绕一个油罐布置多个节点组成检测网,其中任一节点的两个邻节点均能直接通信,置于阀门区的主节点负责确认节点报送的异常信息并报送监控中心。本发明的优点是以无线传感器网络方式在线监测油库燃油泄漏并报警,以带太阳能补给的电池供电、以低功耗设计与管理以及低工作电压与密封设计,达到安全、可靠并节能的工作要求。



1. 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,其特征在于,包括支架(15)和固定在支架上的主箱体;

所述的主箱体内设有集气装置、气体检测室(8)、主控板(3)、电源模块、排气口(7)、气泵(10)和电磁气阀(11);主箱体上还设有天线(16);

所述的主控板、气泵和电磁气阀、气体检测室以及电源模块均置于固定在主箱体内的长方体形、金属材质的密封箱(14)内;电源模块为主控板、电磁气阀和气泵供电;

集气装置通过电磁气阀与气体检测室的入口相接;气泵与气体检测室出气口连接,气泵的出口与排气口相连,形成由集气口进入、再经由导气管、电磁气阀、气体检测室、气泵、排气口出来的气路,此气路无泄漏地穿过金属密封箱,并与密封箱内器件的电气部分完全隔离;

气体检测室设有PID和温度传感器,所述的PID为光离子化传感器;

天线、PID和温度传感器均与主控板相连;气泵和电磁气阀受控于主控板;

主箱体的外部设有一外罩(13);集气装置包括3个开口处装有过滤网(5)的漏斗形的集气口,其中一个集气口开口朝下放置在箱体的底部,作为主集气口,另外2个集气口分别安装在箱体内左右两侧壁上,开口朝外;三个集气口的出口分别通过导气管接到电磁气阀的入口,可通过控制电磁气阀选择其中一路与气体检测室连通;

气体检测室两端接近底部的位置上分别设有小口径的入口和出口,以底面为下底的45度等腰梯形截面的空腔结构;气体检测室的进气管与气体检测室底面呈45度角,出气口平行于底面并略高于底面;PID(1)的头部从气体检测室上侧面插入气体检测室中,迎面朝向进入其内的气流。

2. 根据权利要求1所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,其特征在于,所述的电源模块为锂电池,在主箱体上还设有太阳能电池组件;所述的太阳能电池组件包括托架(17)、托架转轴(18)、托架固定螺母(19)、托板(20)和太阳能电池板(22);

所述的托架通过托架转轴和托架固定螺母与主箱体顶部相连,使得托架能相对于主箱体旋转;

托板呈一倾斜角度设置在托架上;太阳能电池板设置在托架上,且太阳能电池板的底部由托板支撑。

3. 根据权利要求2所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,其特征在于,太阳能电池组件还包括用于调整太阳能电池板倾斜角度的倾角调整螺杆;太阳能电池板的上端通过轴销(23)与托架的顶端相连;倾角调整螺杆呈水平方向设置在托架上,倾角调整螺杆的前端穿过所述的托板作用在太阳能电池板的背面以驱动太阳能电池板绕轴销抬升或降低。

4. 根据权利要求3所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,其特征在于,主控板上设有内含A/D转换器的微控制器、支持无线传感器网络通信协议的无线射频通信模块和用于控制气泵、电磁气阀、电源管理模块的电子开关;所有电子开关均受控于微控制器,PID和温度传感器的输出端分别接入微控制器的A/D转换器和数字输入端口,所述的温度传感器为数字温度传感器;

太阳能电池板通过导线与位于密封箱内的超级电容相连,且导线接头处表面用绝缘胶完全覆盖保护,太阳能电池板通过充电管理器为锂电池充电;通过电子开关选择锂电池或超级电容为微控制器供电;天线通过电缆连接到主控板上的无线射频通信模块,无线射频

通信模块与微控制器连接并受控于微控制器；微控制器通过电子开关分别控制电磁气阀、气泵、PID和温度传感器。

5. 根据权利要求4所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置，其特征在于，微控制器采用MSP430系列控制器，电子开关采用ADG821或ADG823器件；主控板上的无线射频通信模块选用基于CC2530的通用通信模块；PID选用ZPP6018001型VOC集成探测器；充电管理器为集成器件CN3063；超级电容由两个2.7V、310F的电容器串接而成；气泵选用GminiP-4微型泵；电磁气阀采用双稳态脉冲电磁气阀JSD128D。

6. 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统，其特征在于，以权利要求4-5任一项所述的一个油库燃油泄漏监测装置为一个节点，由多个节点组成无线监测网络系统；

所述的多个节点环绕油罐布置在油罐的周边，并使得位于任一节点左、右的两个相邻节点之间能直接无线通信，不能直接连通的节点之间能采用多跳方式通信，无线监测网络系统与监控主机以无线方式通信连接；

基于所述的无线监测网络系统和监控主机监控油库燃油泄漏。

7. 根据权利要求6所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统，其特征在于，对于20米直径的油罐，油库燃油泄漏监测节点部署量为14个；14个节点沿油罐周向布置；其中2个布置在油罐的阀门区边界处，另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域；油库燃油泄漏监测装置的外罩底部距离地面高度为50~80厘米；天线距离油罐外壁130厘米。

8. 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测方法，其特征在于，采用权利要求7所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统实施燃油泄漏监测；

监测过程为：

置于油罐阀门区两侧的二个节点为主节点，编为1号和2号，其他节点按逆时针方向依次递增编号，序号为奇数的节点和序号偶数的节点各为一组；由两组节点组成的无线监测网络系统的工作步骤如下：

a) 当前进入工作状态的一组节点先启动PID和温度传感器，10秒后打开连接主集气口的电磁气阀，然后打开气泵，进行预检；工作节点预检测20秒后PID和温度传感器进入正常工作模式，持续工作5秒；

b) 工作节点若未探测到异常情况，则向主节点报送状态正常信号并等待主节点命令；主节点在收齐其他节点的报送信息后负责向监控主机发送信号；

c) 若工作节点在规定时限内未收到来自主节点的继续工作命令，则先关闭气泵，再关闭连接主集气口的阀门，之后进入休眠模式，但其无线射频通信模块会间歇性地侦听是否有紧急命令，节点无论是正常还是紧急唤醒，都转步骤a)；

d) 若有任一工作节点检测到异常，则它以无线方式唤醒与其紧邻的左、右2个节点进入工作模式，这3个节点依次打开各自的三个集气口采样检测，对所得检测数据进行处理分析后，依据阈值法判断是否发生泄露事件，并向主节点发送自己的编号和正常或异常信号，并等待主节点命令；

e) 主节点根据自己的检测数据或其他节点报送数据判断是否发生泄露事件；若主节点判定无泄露事件，则向所有当前处于工作状态的节点发送正常工作命令，转入下一步f)；若主节点判定发生泄露事件，则向监控主机发送燃油泄漏报警信号并命令节点继续工作，直至收到监控主机回复的“报警信号已收到信号”；

f) 各节点若收到继续工作的命令,则继续工作;若未收到继续工作命令,则按奇、偶数分组,使当前处于正常工作期的那一组的节点转入休眠状态,待唤醒后转步骤a);当前处于休眠期的另一组节点则直接转步骤a)。

9. 根据权利要求8所述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测方法,其特征在于,

对于20米直径的油罐,所述的节点为14个;其中2个布置在油罐的阀门区,另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域;外罩底部距离地面高度为50~80厘米;天线距离油罐外壁130厘米;

位于阀门区的2个主节点之间的距离小于其他节点间距,它们与油罐中心构成的圆心角为22度,则其余节点环绕油罐均匀分布,即当以相邻节点和储油罐中心为顶点构成的任一扇区的圆心角为26度。

## 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于油气安全工程领域,涉及一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法,主要面向油库燃油(如机场油库航空燃油等易挥发油品)泄漏事件在线监测与预警等的安全监控需求。

### 背景技术

[0002] 油品特别是燃油具有易挥发性和易燃性,当挥发的油气与空气混合达到一定程度时,即使遇到极小的火源也可能引发大火,甚至发生爆炸事故。因此,对于存储油品的场合都必须进行安全监测,以尽早发现可能出现的油品泄漏事件,并及时采取应对措施。对于存储易挥发燃油的大型油库而言,实时、可靠地在线监测可引发灾难的燃油泄漏更是至关重要。

[0003] 现有技术中,关于油气泄露监控的方案较多,典型的如下:

[0004] 1. 公开号为CN 101858488A的中国专利公开了一种油气管道泄漏监测方法及监测系统;【CN201010205435】,利用光的干涉来检测油气泄露,重点在于对泄漏点进行定位。

[0005] 2. 公开号为CN102606889A的中国专利公开了一种燃气阀井泄漏监测装置【CN201210048853.3】,主要包括I/O端口、16位RISC核、RAM/ROM、A/D转换、温度监测信号调理、水位侦测探头、设备异动监测、红外光谱成分分析仪、安装区域水位、气体采样。优点:将无线GPRS传输技术、低功耗控制技术、防盗报警技术与燃气泄漏探测技术结合,把预防管道燃气泄漏的人工巡检方式转变为昼夜实时监测的现代化自动模式,从而达到完善和提升整个城市燃气管网泄漏的预、报警能力,减少燃气泄漏事故造成的危害。该终端具有较多的优势,但是,不具备组网能力,且功耗较大。

[0006] 3. 中国专利CN102944364A提供一种基于网络传输的碳氢可燃气体泄漏监测装置及方法【CN201210486747.3】,主要采用光学的方法检测是否存在泄漏。该装置采用双波长红外监测原理,辅以结构设计,自带温度补偿、具有网络输出功能,具有监测精度高、稳定可靠等优点,满足基于网络传输的碳氢可燃气体泄漏监测的需要,不失为一种较为理想的方法。

[0007] 对于油库储存油品泄漏的检测,现有的手段主要还是借助便携式设备进行人工巡查,但这种属于传统方式的检测手段不仅效率低、可靠性差,而且人工成本高,对处于露天环境的大型油库,则因为难以实现全天候和实时检测而使人工巡查方式的可靠性更低。考虑到油库安全生产的特殊性以及降低成本等要求,采用在线自动检测方式代替人工巡查是一种必然趋势。然而目前的在线自动监测系统是以有线连接为主,这对于面向油库安全的在线监测应用,将会产生不少问题,例如符合安全规范要求的布线与维护以及安全检查方面存在的困难,电线表皮老化和破损使芯线裸露所带来的风险以及防爆处理等问题。

[0008] 总而言之,未发现基于网络节点的燃油泄漏监控的技术方案。

[0009] 因此,有必要设计一种新型的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法。

## 发明内容

[0010] 本发明所要解决的技术问题是提供一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法,该基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法易于实施,布置方便,具有无线监控功能。

[0011] 发明的技术解决方案如下:

[0012] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,包括支架(15)和固定在支架上的主箱体;

[0013] 所述的主箱体内设有集气装置、气体检测室(8)、主控板(3)、电源模块、排气口(7)、气泵(10)和电磁气阀(11);主箱体上还设有天线(16);

[0014] 所述的主控板、气泵和电磁气阀、气体检测室以及电源模块(不含太阳能电池部分)【以上均为带电的部件,用于将带电部件与燃油隔离防爆,保障装置与应用环境的安全性】均置于固定在主箱体内的长方体形、金属材质的密封箱(14)内;电源模块为主控板、电磁气阀和气泵供电;

[0015] 集气装置通过电磁气阀与气体检测室的入口相接;气泵与气体检测室出气口连接,气泵的出口与排气口相连,形成由集气口进入、再经由导气管、电磁阀、气体检测室、气泵、排气口出来的气路,此气路无泄漏地穿过金属密封箱,并与密封箱内器件的电气部分(除检测室内的传感器探头外)完全隔离;

[0016] 气体检测室设有PID和温度传感器【PID和温度传感器分别为集成的PID和集成温度传感器】,所述的PID为光离子化传感器;

[0017] 天线、PID和温度传感器均与主控板相连;气泵和电磁气阀受控于主控板。

[0018] 主箱体的外部设有一【近似长方体形的】金属外罩(13);集气装置包括3个开口处装有过滤网(5)的漏斗形的集气口,其中一个集气口开口朝下放置在箱体的底部,作为主集气口,另外2个集气口分别安装在箱体内左右两侧壁上,开口朝外;三个集气口的出口分别通过导气管接到电磁阀的入口,可通过控制电磁阀选择其中一路与气体检测室连通。

[0019] 所述的电源模块为锂电池,在终端箱体上还设有太阳能电池组件;所述的太阳能电池组件包括托架(17)、托架转轴(18)、托架固定螺母(19)、托板(20)和太阳能电池板(22);

[0020] 所述的托架通过托架转轴和托架固定螺母与终端箱体顶部相连,使得托架能相对于终端箱体旋转;

[0021] 托板呈一倾斜角度设置在托架上;太阳能电池板设置在托架上,且太阳能电池板的底部由托板支撑。

[0022] 所述电源模块包括可充电锂电池与电源管理电路以及设置在主箱体顶部的太阳能电池组件;太阳能电池板由托架支撑,该托架通过托架转轴和托架固定螺母与主箱体顶部固连,使托架能相对箱体旋转,从而可调整太阳能电池板的朝向;用于固定太阳能电池板的托板上端有可转动轴销插入托架安装孔内、托板下端可绕上端轴销转动,使太阳能电池板的倾角可按需调整。

[0023] 太阳能电池组件还包括用于调整太阳能板倾斜角度的倾角调整螺杆;太阳能电池板的上端通过轴销(23)与托架的顶端相连;倾角调整螺杆呈水平方向设置在托架上,倾角

调整螺杆的前端穿过所述的托板作用在太阳能电池板的背面以驱动太阳能电池板绕轴销抬升或降低。

[0024] 主控板上设有内含A/D转换器的微控制器、支持无线传感器网络通信协议的无线射频通信模块和用于控制气泵、电磁阀、电源管理模块的电子开关；所有电子开关均受控于微控制器，PID和温度传感器的输出端分别接入微控制器的A/D转换器和数字输入端口，所述的温度传感器为数字温度传感器；

[0025] 太阳能电池板通过导线与位于密封箱内的超级电容相连，且导线接头处表面用绝缘胶完全覆盖保护，太阳能电池板通过充电管理器为锂电池充电；通过电子开关选择锂电池或超级电容为微控制器供电；天线通过电缆连接到主控板上的无线模块，无线模块与微控制器连接并受控于微控制器；微控制器通过电子开关分别控制电磁气阀、气泵、PID和温度传感器。

[0026] 微控制器采用MSP430系列控制器，电子开关采用ADG821或ADG823器件；主控板上的无线通信模块选用基于CC2530的通用通信模块；PID选用ZPP6018001型VOC集成探测器；充电管理器为集成器件CN3063；超级电容由两个2.7V、310F的电容器串接而成；气泵选用GminiP-4微型泵；电磁气阀采用双稳态脉冲电磁阀JSD128D。

[0027] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统，以前述的一个油库燃油泄漏监测装置为一个节点，由多个节点组成无线监测网络系统；

[0028] 所述的多个节点环绕油罐布置在油罐的周边，并使得位于任一节点左、右的两个相邻节点之间能直接无线通信，不能直接连通的节点之间能采用多跳方式通信，无线监测网络系统与监控主机以无线方式通信连接；

[0029] 基于所述的无线监测网络和通信主机监控油库燃油泄漏。

[0030] 对于20米直径的油罐，所述的油库燃油泄漏监测节点部署量为14个；14个节点沿油罐周向布置；其中2个布置在油罐的阀门区边界处，另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域；油库燃油泄漏监测装置的外罩底部距离地面高度为50~80厘米；天线距离油罐外壁130厘米。

[0031] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测方法，采用前述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统实施燃油泄漏监测；

[0032] 监测过程为：

[0033] 置于油罐阀门区两侧的二个节点为主节点，编为1号和2号，其他节点按逆时针方向依次递增编号，序号为奇数的节点和序号偶数的节点各为一组；由两组节点组成的无线传感器网络监测系统的工作步骤如下：

[0034] a) 当前进入工作状态的一组节点（初始启动时为奇数号的节点）先启动PID和温度传感器，10秒后打开连接主进气口的电磁阀门，然后打开气泵，进行预检；工作节点预检测20秒后传感器进入正常工作模式，持续工作5秒；

[0035] b) 工作节点若未探测到异常情况，则向主节点报送状态正常信号并等待主节点命令；主节点在收齐其他节点的报送信息后负责向监控主机（即监控中心）发送信号；

[0036] c) 若工作节点在规定时限内未收到来自主节点的继续工作命令，则先关闭气泵，再关闭连接主集气口的阀门，之后进入休眠模式，但其无线模块会间歇性地侦听是否有紧急命令，节点无论是正常还是紧急唤醒，都转步骤a)；

[0037] d) 若有任一工作节点检测到异常,则它以无线方式唤醒与其紧邻的左、右2个节点【任意两个节点的左右两个邻节点能直接通信,是指两者的通信范围(半径)不仅覆盖了夹在他们之间的那个邻节点,还能彼此覆盖到,这是为了实现后面的奇数号的邻节点或偶数号的邻节点之间能直接通信,也即可分奇数和偶数两组轮流工作。】进入工作模式,这3个节点依次打开各自的三个集气口采样检测,对所得检测数据进行处理分析(滤波和统计)后,依据阈值法(当前检测的浓度值是否超过正常浓度均值的0.5倍以上)判断是否发生泄露事件,并向主节点发送自己的编号和正常或异常信号,并等待主节点命令;

[0038] e) 主节点根据自己的检测数据或其他节点报送数据判断是否发生泄露事件(当一个节点和其邻居节点均判定事件发生时,主节点判定事件可能发生);若主节点判定无泄露事件,则向所有当前处于工作状态的节点发送正常工作命令,转入下一步f);若主节点判定发生泄露事件,则向监控中心发送燃油泄漏报警信号并命令节点继续工作,直至收到监控中心回复的“报警信号已收到信号”;【正常工作命令是指节点按正常状态的例行时间和顺序工作,工作期结束则转入休眠期;继续工作命令是指当前处于非正常状态,此时应按传感器系统的检测工作时序持续检测和报告。】【工作期主要参考PID的响应特性确定,PID一般需要40s以上,休眠期则根据供电能力和监测的实时性要求确定,应大于工作期。】

[0039] f) 各节点若收到继续工作的命令,则继续工作;若未收到继续工作命令,则按奇、偶数分组,使当前处于正常工作期的那一组的节点转入休眠状态,待唤醒后转步骤a);当前处于休眠期的另一组节点则直接转步骤a)。

[0040] 采用前述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统实施燃油泄漏监测;

[0041] 对于20米直径的油罐,所述的节点为14个;其中2个布置在油罐的阀门区,另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域;外罩底部距离地面高度为50~80厘米;天线距离油罐外壁130厘米;

[0042] 位于阀门区的2个主节点之间的距离小于其他节点间距,它们与油罐中心构成的圆心角为22度,则其余节点环绕油罐均匀分布,即当以相邻节点和储油罐中心为顶点构成的任一扇区的圆心角为26度。

[0043] 本发明的核心是利用无线监控,随着无线传感器网络技术的发展,采用无线通信方式的网络化检测系统可避免前述燃气泄露监测的问题。

[0044] 无线传感器网络是由大量静止的或移动的传感器节点构成的无线网络,以协作地感知、采集、处理和传输网络覆盖地理区域内被感知对象的信息,并最终把这些信息发送给网络所有者。为了获取准确信息,在监测区域通常部署大量的传感器节点。一般情况下,每个节点的处理能力、存储能力和通信能力相对较弱,且采用可充电电池供电。从网络功能上看,每个传感器节点除了进行本地信息收集和数据处理外,还要对其他节点转发来的数据进行存储、管理和融合,并与其他节点协作完成一些特定任务。

[0045] 无线传感器网络节点由微处理器、无线通信、传感器和电源模块四个部分构成。由于能量供给有限,无线传感器网络一般适用于实时性要求较低的情况。微处理器是整个节点的控制中心,负责数据采集、处理与无线通信,但并非一直处于高负荷的工作状态,因此节点的微处理器应具备多种工作模式以满足不同需求。

[0046] 采用无线网络化的监测方式,首先可以克服检测系统布线以及维护的困难问题,因网络节点之间相互独立,无需对相邻节点连线;只需要事先根据储油罐的尺寸规划好节

点装置的安装位置,再依次安装,不需要再考虑节点之间的联系重新连线。因此非常适合野外环境。

[0047] 整体上,这种分布式监测方式可提高系统的整体可靠性,没有线路裸露在外,不会产生电线破损引发的潜在安全问题,不会产生因电火花引起的火灾甚至爆炸情况,任意节点受到损坏或工作异常,不会对整体的工作产生大的影响,而且在异常情况出现时会自动报告监控中心,以提示到现场进行检查与修复装置。

[0048] 本发明的监控终端包括探测泄漏燃油的挥发物的测控与通信模块、能主动收集燃油挥发物(油气)的集气装置、起支撑和密封及防护作用的机械结构部件、具有太阳能补给的低电压电源模块共四部分。

[0049] 其测控与通信模块主要包括探测燃油挥发气体浓度的集成光离子化传感器(简称PID)(1)、用于补偿油气检测中的温度误差的集成温度传感器(2)和主控板(3);负责供电的低电压电源模块主要包括太阳能电池、可充电电池和稳压调整器。其中主控板(3)由内含A/D转换器的超低功耗微控制器子模块、控制集气装置和各功能电路供电的低功耗模拟电子开关、无线通信子模块,微控制器子模块负责控制气路开闭、子模块启用、模块的供电与节能管理、采样与数据处理,模拟电子开关用于各模块的供电电源连接和信号控制,含外置天线的通信模块负责收发报警、命令及异常信号。电源模块包括太阳能电池板、集成充电与管理器、电源电压调整器、锂电池、超级电容、低功耗模拟电子开关以及电源连接线。

[0050] 微控制器子模块(A)按工作周期采样PID所感知的油罐周边环境中的泄漏燃油挥发气体浓度信号,并根据紧靠PID的温度传感器所测环境温度,根据PID的温度特性曲线补偿PID测量中的温度误差;根据已补偿的燃油挥发气体浓度测量值判断所测油气浓度是否超阈值。如果判定检测浓度超阈值或者自检状态异常,则装置进入异常处理模式,启动无线通信模块发送报警或异常信息;如果未超阈值,则每当装置进入休眠状态前,向外发送一个正常状态信号。

[0051] 集气装置主要包括滤网(5)、漏斗形的集气口(6)、排气口(7)、气体检测室(8)、导气管(9)、微型气泵(10)、气路控制阀(11)等功能部件配合测控与通信模块中的电子开关;滤网(5)覆盖在喇叭状的集气口(6)和出气口(7)外表面上,用以滤去或阻挡空气中的杂质;PID头部置于气体检测室(8)内部,以感测目标气体的浓度;气泵(10)为低工作电压的微型气泵,与低工作电压的气路控制阀配合,在微控制器子模块的控制下,将吸入的气体送气体检测室(简称气室)以便有PID采样测量被测气体;上述部件均通过导气管(9)连程一体,已采样测量的气体由气泵(10)经出气口排到装置外。

[0052] 装置配有三个矩形漏斗型(或称为喇叭状)集气口,其中主集气口垂直放置且大端口朝下,主要负责收集来自所在位置地面方向的油气;两个副集气口水平放置,分别朝向装置的左、右外侧,且两个端口的方向夹角在面向油罐的方向上小于180度,用以收集侧面区域扩散来的油气;三个集气口分别用导气管连接到气路控制阀(即电磁气阀11),再经导气管接入气室;气室的出气口由导气管连接到气泵(10)。其中,气室两端接近底部的位置上分别设有小口径的入口和出口、中间是以底面为下底的45度等腰梯形截面的空腔结构,以利于气体扩散;气室的进气管与气室底面呈45度角,出气口平行于底面并略高于底面,PID(1)的头部从气室上侧面插入气室中,迎面朝向进入其内的气流,以便PID与待测气体充分接触。

[0053] 微控制器通过电子开关和气路控制阀可分别打开和关闭三个集气口(6)的气路,正常工作状态下只开启主集气口;在其他情况下选择开启左、右侧副集气口,以便确认来自装置两侧的油气浓度。集气装置工作顺序为:在电气测控子模块进入工作状态后,先由微控制器通过电子开关打开连接主集气口管路的阀门,再打开气泵(10);当需要排空气室内的气体或者装置休眠时,先关闭阀门,延时5~10秒后关闭气泵(10)。

[0054] 机械结构部件包括用不锈钢制作的近似长方体形的外罩(13)和用钝化的硬铝板制作的长方体形内罩(14)、用不锈钢制作的底座支架(15)、天线(16)和固定太阳能电池板的侧面为直角三角形的托架(17)。其中,水平放置的外罩(13)支撑、固定集气装置并对安装在其内部的内罩(14)起遮挡、保护作用;内罩(14)将主控板、电源模块以及集气装置中的气泵(10)、气阀、PID的连接端及太阳能电源输入线接头等密封在其内,且所有电气接线端均经过绝缘密封处理,起电气隔离与防爆作用;底座支架(15)支撑固定外罩,将装置固联在地面;天线固定在外罩的天线座上。天线通过导线与主控板相连。外罩顶面靠近中心的部位固定有一垂直向上的钢轴(即托架转轴),托架通过底部(水平的直角边)中心的轴孔套在该轴上并用托架固定螺母固定,松动螺母后托架可相对外罩调整水平方位角;构成托架斜边的托板用来固定太阳能板,该板与水平面的夹角可在45~60度范围变动,其上端通过一根轴销插入位于托架顶端两侧的轴孔中,靠近平板下端的部位被一根套在托架底部的水平的倾角调整螺杆(21)顶住,通过转动螺杆可调节平板的水平倾角,使太阳能电池板可分别通过托架的转动和平板的倾角设置来按需调整朝阳方向与角度。

[0055] 该终端的工作与节能管理方式如下:功能子模块不需工作时,由微控制器通过电子开关切断子模块的供电,使微控制器在进入低功耗模式之前其他模块先进入休眠状态;当装置进入工作状态时,先启动PID和温度传感器,使PID预热20秒,然后依次打开进气阀和微型气泵,PID工作16秒之后先关闭气阀、再关闭气泵,微控制器将PID和温度传感器数据处理后,根据检测结果决定下一步的工作状态。如果结果正常,则断开PID和温度传感器的供电,向外发送状态正常信号,结束本轮检测任务;如果结果异常(超过警戒阈值范围),则延迟16秒后再次使PID上电,先后启动微型气泵和气阀,待上电20秒后第二次采样测量,如果检测结果仍然超阈值,则装置认定泄漏事件发生,如果未超阈值,则认为前面的超阈值数据为误报。

[0056] 监测过程中,以一个无线传感装置为一个节点,将多个节点环绕储油罐近似均匀布置,使任一节点的左右两个相邻节点可直接无线连通,组成一个基于无线传感器网络的监测系统,其中在重点监测的阀门区两侧各布置一个节点并作为主节点。各节点可根据自身所处方位,通过托架调整太阳能电池板的朝向与倾角,使电池板的朝向正对正午时刻的太阳。为使各节点的两个相邻节点都能实现直接通信,各节点的外罩底部距地面高50~80

厘米,节点天线距油罐表面的距离按  $d = \frac{r}{\cos((360 - \alpha_0)/(n-1))} - r$  计算后向上取整得到,其

中r为油罐半径,n为依据油罐大小选定的节点数, $\alpha_0$ 为两个置于阀门区两侧的二个节点与油罐中心构成的圆心角。依据目前标准储油罐的尺寸,对于20米直径的油罐可使用14个节点,使位于阀门区的二个节点与油罐中心构成的圆心角为22度,则其余节点环绕油罐均匀分布,即当以相邻节点和储油罐中心为顶点构成的任一扇区的圆心角为26度,由此可得r约为130厘米。

### [0057] 测控与通信模块

[0058] 方案所述的测控与通信模块包括基于PID、温度传感器和微控制器以及气泵和气阀供电控制开关组成的测控部分和基于CC2530的通信模块部分,如图4和5所示。

[0059] 测控部分主要由微处理器,气体探测传感器【即PID】,温度传感器及其附属连线、模拟电子开关构成。在该模块中,微控制器作为控制核心,主要用于收集并处理传感器传来的数据,根据计算结果判断环境状态,以控制无线通信模块是否发送警报信号、通过控制电子开关的闭合控制各子模块的启用与关停等。

[0060] 上述测控部分中,PID用于收集目标环境的有机化合物浓度信息,并将浓度值转换为数字信号传送给微控制器作进一步处理。温度传感器主要用于监测环境温度并将温度数据传送给微处理器,以此对气体探测传感器的数据进行温度矫正。探测气体的PID和温度传感器外表接触,一起固定于气室侧壁上,其中PID的探测头部深入气室内,分别监测目标气体浓度和PID的温度。另外,温度传感器也可监测装置内部的温度值,并以此作为节点异常的依据,通过微控制器控制无线通信芯片向监控中心发送异常信号。

[0061] 在通信模块中,无线通信芯片主要用于接收微处理器的指令并向监控中心发送或接收无线信号。

### [0062] 电源模块

[0063] 系统方案中,测控部分和集气装置中的气泵和气阀的电能均由电源模块提供。该电源模块包括太阳能电池板,超级电容,可充电锂离子电池,充电管理器和电源调整稳压器及相应的连接线。

[0064] 在本电源模块中,太阳能电池板为整个系统提供持续的能量,在太阳能充裕的情况下,太阳能电池一方面为备用的可充电锂离子电池以及超级电容充电,另一方面电能经过电源调整稳压器的调理,直接为系统供电。在太阳能不充裕的情况下,可以根据电能储备情况,由微控制器选择可充电锂离子电池或超级电容用以为系统提供稳定电量。

[0065] 在本电源模块中,超级电容和电源调整稳压器主要用以对太阳能电池板产生的不稳定电量进行调理,产生稳定的电压和电流,供系统使用。

[0066] 当本电源模块中的锂离子电池的电压小于预先设定的低压值时,微控制器将会在定期的电源电压检测中探测到,此时将控制无线通信模块向监控中心报送低电压报警信号。

### [0067] 集气装置

[0068] 本系统方案中,集气装置用以获取稳定的环境气流,以达到平稳监测的目的。该集气装置主要包括微型气泵,电磁阀,三个方形漏斗型集气口,滤网,外罩,金属(不锈钢或铜)导气管。

[0069] 在此集气装置中,微型气泵用来为气室提供持续的环境气流,使得气体探测传感器能够准确判断周围环境情况。电磁阀由控制系统控制,用以打开或者关闭气泵。

[0070] 在本集气装置中,三个集气口的入口分别朝下、左、右三个方向布置,如图1所示。集气口底部的电子开关控制其打开和关闭。气泵工作时,环境中的气体将通过集气口形成汇聚气流,流入气室。

[0071] 在本集气装置中,滤网安装于集气口的开口处,用以滤除吸入的杂质,以避免因异物阻塞导致气泵的损坏,同时保护传感器探头不受异物的损坏。

[0072] 在本集气装置中,集气口必须先于气泵打开,而在气泵关闭之后关闭。

[0073] 本集气装置中的气室被设计成突然扩大的空腔,如图2所示,这使得经过导气管流过来的收集气体能急速扩散到PID探头处,将PID探头置于朝向进入气流的上侧面,有利于监测,同时也有利于减少集气时的噪声。

[0074] 在本系统方案中,主控板(3)与电源处理模块均用绝缘胶密封于内罩内,只将PID的敏感头部分伸入气室中,通过绝缘胶密封使得主控板与电源处理模块与气室保持物理隔离。外罩用以对整体装置提供支撑作用,同时保护装置中的电气部分不受日晒,雨淋、光照、大气腐蚀等因素影响。外罩使用不锈钢、内罩使用钝化处理过的铝材,既可实现良好的散热效果,又具有良好的防腐蚀能力。

[0075] 在本系统方案中,以一个无线传感装置为一个节点,采用多个有无线通信能力的节点环绕油罐均匀布置,组成一个网络检测系统。各节点在其微控制器控制下,定期把通过PID获得所处环境的油气浓度数据,并依据温度传感器输出进行温度误差修正,若修正后的结果超过设定的油气浓度阈值,则启用无线通信模块向位于阀门区的主节点发送预警信息;若未超过阈值,则依据工作周期发送正常信息。主节点则根据多个节点的信息综合判断是否发生泄漏并根据判定结果决定是否向处于外部的监控中心发送告警信息。

[0076] 有益效果:

[0077] 本发明的基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置、系统及方法,所述终端包括测控与通信模块、集气装置、机械结构、电源模块。含探测燃油挥发气体的集成光离子化传感器与温度传感器组合的测控与通信模块控制集气装置,定期检测油罐周围的油气浓度并以无线方式发送监测信息。所述应用方法是以一个无线传感装置为一个节点、环绕一个油罐布置多个节点组成环形网,其中任一节点左右两侧的两个紧邻节点均能直接通信,置于阀门区的主节点负责确认节点报送的异常信息并报送监控中心。本发明的优点是以无线传感器网络方式在线监测油库燃油泄漏并报警,由太阳能补给电池供电、以低功耗设计与管理以及低工作电压与密封设计,达到安全、可靠并节能的工作要求。

[0078] 本发明的优势体现在以下几个方面:

[0079] 1)以低功耗方式实现了对油库油品泄露的在线监测,降低了系统的维护成本,提高了系统的可靠性。主要体现在以下几个方面:

[0080] 通过选择低功耗器件,特别是对于功耗相对大的器件如气泵和气阀,尽可能选择功耗低的微型器件,对需要长期工作的微控制器和电子开关等关键器件,选择超低功耗的MSP430系列控制器MSP430F2618和具有超低功耗的模拟电子开关ADG821,使系统可以从硬件上保持尽可能低的功耗水平。

[0081] 在工作流程上,为系统采用间歇工作模式并且可以分两组轮流替换,使节点装置轮流处于工作与休眠状态。同时,对功耗较大的模块采用启用和关闭时刻都错开的控制时序,显著降低了峰值功耗。

[0082] 采用太阳能补给和可充电锂电池加超级电容器储能的高效组合供电方式,一方面实现对无人值守的油气监测装置所需的能源补给,另一方面避免在特殊情况下电源供电不足所导致的监测失效危险,从而提高了系统可靠性。

[0083] 2)选用新型的适于探测燃油挥发气体浓度的新型集成光离子化传感器(PID)作为探测目标气体的敏感器件,并选用集成温度传感器来补偿环境温度变化所导致的PID测量

误差,可实现对目标物的高精度在线检测,提高了系统的性能;由于该集成敏感器件具有低工作电压特点,便于使用电池供电,因而有利于系统的可靠性与安全性。

[0084] 3) 该装置的所有电气与电源模块(除了位于顶部的太阳能电池板外)均被密封于金属内罩中,可实现与外界环境与该装置的电气隔绝,达到防火、防爆的安全性要求。同时因为采用防腐处理过的金属铝制作的内罩放置在不锈钢制作的外罩内,既可以使内罩中的电气部分免受外部环境的影响,又可以保证电气部分因工作产生的热量可通过金属铝传递到外部散发,因而有利于提高系统的可靠性。

[0085] 4) 整个装置供电电压为3.3V,其中微控制器在34kHz、3.3V工作环境下,其功耗非常低,最大工作电流不超过0.2mA,功耗不会超过0.6mW;PID的最大功率为100mW,工作电压为3.3V;含CC2530的无线通信模块的最大功率为125mW、休眠时3.3uW,微型气泵功率约100mW,阀门工作时的脉冲功率约为700mW。通过使各大功耗模块错峰工作的时序,整个系统的平均功率约为300mW。该装置系统适于采用低工作电压,这不仅有利于节能而且有利于保证系统的安全性。

[0086] 5) 在系统应用中,以一个无线传感装置为一个节点,采用多个节点协同工作,各节点装置之间采用基于无线传感器网络协议的网络通信方式,这既消除了传统自动监测中的供电与通信线路布置与维护的困难,避免因电缆损坏、短路等可能引发的安全问题,又因为多节点协同监测具有信息冗余,使得检测结果更加可靠,因而提高了整个系统的可靠性。

## 附图说明

[0087] 图1为装置结构示意图(主视图);

[0088] 图2为装置结构示意图(俯视图);

[0089] 图3为检测气室结构与传感器位置示意图;

[0090] 图4为节点主要电路结构框图;

[0091] 图5为节点电源模块结构框图;

[0092] 图6为主控板电路原理图;

[0093] 图7为节点电源及管理电路原理图;

[0094] 图8为组成网络的节点位置布置示意图。

[0095] 标号说明:1-PID,2-温度传感器,3-主控板,4-锂电池,5-滤网,6-集气口,7-排气口,8-气体检测室,9-导气管,10-气泵,11-电磁气阀,13-外罩,14-密封箱,15-底座支架,16-天线,17-托架,18-托架转轴,19-托架固定螺母,20-托板,21-倾角调整螺杆,22-太阳能电池板,23-轴销,24-螺杆支座。

## 具体实施方式

[0096] 以下将结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明:

[0097] 实施例1:

[0098] 以下结合附图及具体实施过程对本发明作进一步描述。

[0099] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置,包括支架(15)和固定在支架上的主箱体;

[0100] 所述的主箱体内设有集气装置、气体检测室(8)、主控板(3)、电源模块、排气口

(7)、气泵(10)和电磁气阀(11);主箱体上还设有天线(16);

[0101] 所述的主控板、气泵和电磁气阀、气体检测室以及电源模块(不含太阳能电池部分)【以上均为带电的部件,用于将带电部件与燃油隔离防爆,保障装置与应用环境的安全性】均置于固定在主箱体内的长方体形、金属材质的密封箱(14)内;电源模块为主控板、电磁气阀和气泵供电;

[0102] 集气装置通过电磁气阀与气体检测室的入口相接;气泵与气体检测室出气口连接,气泵的出口与排气口相连,形成由集气口进入、再经由导气管、电磁阀、气体检测室、气泵、排气口出来的气路,此气路无泄漏地穿过金属密封箱,并与密封箱内器件的电气部分(除检测室内的传感器探头外)完全隔离;

[0103] 气体检测室设有PID和温度传感器【PID和温度传感器分别为集成的PID和集成温度传感器】,所述的PID为光离子化传感器;

[0104] 天线、PID和温度传感器均与主控板相连;气泵和电磁气阀受控于主控板。

[0105] 主箱体的外部设有一【近似长方体形的】金属外罩(13);集气装置包括3个开口处装有过滤网(5)的漏斗形的集气口,其中一个集气口开口朝下放置在箱体的底部,作为主集气口,另外2个集气口分别安装在箱体内左右两侧壁上,开口朝外;三个集气口的出口分别通过导气管接到电磁阀的入口,可通过控制电磁阀选择其中一路与气体检测室连通。

[0106] 所述的电源模块为锂电池,在终端箱体上还设有太阳能电池组件;所述的太阳能电池组件包括托架(17)、托架转轴(18)、托架固定螺母(19)、托板(20)和太阳能电池板(22);

[0107] 所述的托架通过托架转轴和托架固定螺母与终端箱体顶部相连,使得托架能相对于终端箱体旋转;

[0108] 托板呈一倾斜角度设置在托架上;太阳能电池板设置在托架上,且太阳能电池板的底部由托板支撑。

[0109] 所述电源模块包括可充电锂电池与电源管理电路以及设置在主箱体顶部的太阳能电池组件;太阳能电池板由托架支撑,该托架通过托架转轴和托架固定螺母与主箱体顶部固连,使托架能相对箱体旋转,从而可调整太阳能电池板的朝向;用于固定太阳能电池板的托板上端有可转动轴销插入托架安装孔内、托板下端可绕上端轴销转动,使太阳能电池板的倾角可按需调整。

[0110] 太阳能电池组件还包括用于调整太阳能板倾斜角度的倾角调整螺杆;太阳能电池板的上端通过轴销(23)与托架的顶端相连;倾角调整螺杆呈水平方向设置在托架上,倾角调整螺杆的前端穿过所述的托板作用在太阳能电池板的背面以驱动太阳能电池板绕轴销抬升或降低。

[0111] 主控板上设有内含A/D转换器的微控制器、支持无线传感器网络通信协议的无线射频通信模块和用于控制气泵、电磁阀、电源管理模块的电子开关;所有电子开关均受控于微控制器,PID和温度传感器的输出端分别接入微控制器的A/D转换器和数字输入端口,所述的温度传感器为数字温度传感器;

[0112] 太阳能电池板通过导线与位于密封箱内的超级电容相连,且导线接头处表面用绝缘胶完全覆盖保护,太阳能电池板通过充电管理器为锂电池充电;通过电子开关选择锂电池或超级电容为微控制器供电;天线通过电缆连接到主控板上的无线模块,无线模块与微

控制器连接并受控于微控制器；微控制器通过电子开关分别控制电磁气阀、气泵、PID和温度传感器。

[0113] 微控制器采用MSP430系列控制器，电子开关采用ADG821或ADG823器件；主控板上的无线通信模块选用基于CC2530的通用通信模块；PID选用ZPP6018001型VOC集成探测器；充电管理器为集成器件CN3063；超级电容由两个2.7V、310F的电容器串接而成；气泵选用GminiP-4微型泵；电磁气阀采用双稳态脉冲电磁阀JSD128D。

[0114] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统，以前述的一个油库燃油泄漏监测装置为一个节点，由多个节点组成无线监测网络系统；

[0115] 所述的多个节点环绕油罐布置在油罐的周边，并使得位于任一节点左、右的两个相邻节点之间能直接无线通信，不能直接连通的节点之间能采用多跳方式通信，无线监测网络系统与监控主机以无线方式通信连接；

[0116] 基于所述的无线监测网络和通信主机监控油库燃油泄漏。

[0117] 对于20米直径的油罐，所述的油库燃油泄漏监测节点部署量为14个；14个节点沿油罐周向布置；其中2个布置在油罐的阀门区边界处，另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域；油库燃油泄漏监测装置的外罩底部距离地面高度为50~80厘米；天线距离油罐外壁130厘米。

[0118] 一种基于无线传感的油库燃油泄漏监测方法，采用前述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统实施燃油泄漏监测；

[0119] 监测过程为：

[0120] 置于油罐阀门区两侧的二个节点为主节点，编为1号和2号，其他节点按逆时针方向依次递增编号，序号为奇数的节点和序号偶数的节点各为一组；由两组节点组成的无线传感器网络监测系统的工作步骤如下：

[0121] a) 当前进入工作状态的一组节点（初始启动时为奇数号的节点）先启动PID和温度传感器，10秒后打开连接主进气口的电磁阀门，然后打开气泵，进行预检；工作节点预检测20秒后传感器进入正常工作模式，持续工作5秒；

[0122] b) 工作节点若未探测到异常情况，则向主节点报送状态正常信号并等待主节点命令；主节点在收齐其他节点的报送信息后负责向监控主机（即监控中心）发送信号；

[0123] c) 若工作节点在规定时限内未收到来自主节点的继续工作命令，则先关闭气泵，再关闭连接主集气口的阀门，之后进入休眠模式，但其无线模块会间歇性地侦听是否有紧急命令，节点无论是正常还是紧急唤醒，都转步骤a)；

[0124] d) 若有任一工作节点检测到异常，则它以无线方式唤醒与其紧邻的左、右2个节点【任意两个节点的左右两个邻节点能直接通信，是指两者的通信范围（半径）不仅覆盖了夹在他们之间的那个邻节点，还能彼此覆盖到，这是为了实现后面的奇数号的邻节点或偶数号的邻节点之间能直接通信，也即可分奇数和偶数两组轮流工作。】进入工作模式，这3个节点依次打开各自的三个集气口采样检测，对所得检测数据进行处理分析（滤波和统计）后，依据阈值法（当前检测的浓度值是否超过正常浓度均值的0.5倍以上）判断是否发生泄露事件，并向主节点发送自己的编号和正常或异常信号，并等待主节点命令；

[0125] e) 主节点根据自己的检测数据或其他节点报送数据判断是否发生泄露事件（当一个节点和其邻居节点均判定事件发生时，主节点判定事件可能发生）；若主节点判定无泄露

事件,则向所有当前处于工作状态的节点发送正常工作命令,转入下一步f);若主节点判定发生泄漏事件,则向监控中心发送燃油泄漏报警信号并命令节点继续工作,直至收到监控中心回复的“报警信号已收到信号”;【正常工作命令是指节点按正常状态的例行时间和顺序工作,工作期结束则转入休眠期;继续工作命令是指当前处于非正常状态,此时应按传感器系统的检测工作时序持续检测和报告。】【工作期主要参考PID的响应特性确定,PID一般需要40s以上,休眠期则根据供电能力和监测的实时性要求确定,应大于工作期。】

[0126] f) 各节点若收到继续工作的命令,则继续工作;若未收到继续工作命令,则按奇、偶数分组,使当前处于正常工作期的那一组的节点转入休眠状态,待唤醒后转步骤a);当前处于休眠期的另一组节点则直接转步骤a)。

[0127] 采用前述的基于无线传感的油库燃油泄漏监测系统实施燃油泄漏监测;

[0128] 对于20米直径的油罐,所述的节点为14个;其中2个布置在油罐的阀门区,另外12个均匀布置在油罐的周边的阀门区外的区域;外罩底部距离地面高度为50~80厘米;天线距离油罐外壁130厘米;

[0129] 位于阀门区的2个主节点之间的距离小于其他节点间距,它们与油罐中心构成的圆心角为22度,则其余节点环绕油罐均匀分布,即当以相邻节点和储油罐中心为顶点构成的任一扇区的圆心角为26度。

[0130] 1) 装置的基本组成与器件型号、连接方式

[0131] 如图1~3所示,本发明设计的一种监测油库燃油罐泄漏的无线传感装置(又称基于无线传感的油库燃油泄漏监测装置)包括:光离子化传感器(PID)(1)、温度传感器(2)、主控板(3)、电源模块、滤网(5)、漏斗形的集气口(6)、出气口(7)、气体检测室(8)、导气管(9)、微型气泵、气路控制阀、电子开关、主箱体的外罩(框架)(13),密封箱(14),支架,天线、太阳能电池板托架。

[0132] 该装置的基本监测原理是在主控板(3)上的微控制器控制下,按检测频度要求定期打开气泵、气阀,将环境气体由主集气口或两侧集气口导入油气检测气室内,主要由PID测量油罐所处环境中的油气浓度并利用数字温度传感器来补偿PID的温度误差;当所测油气浓度值超出预先设定的油气浓度阈值时,微控制器启动无线通信模块,向外发送预警信息。负责监测网络成员节点信息的主节点获得有装置报送预警信息后会启动其他节点装置开始检测油气浓度,当主节点判定油气泄漏发生后会及时向位于外部的监控中心发送报警信号。

[0133] 该装置中,所述探测油气浓度的PID选用美国膜康公司的PID-TECH-10000ppm系列ZPP6018001型易挥发有机混合物(VOC)集成探测器,温度传感器选用数字集成温度传感器18B20,微控制器选用具有超低功耗的MSP430F2618,无线通信收发器选用基于CC2530的通用通信模块,电源模块中,太阳能电池选用5.5V、4W电池板、太阳能充电与管理器选用集成器件CN3063、电源电压调整器选用TPS63033、锂电池选用3.7V、2400mAH的可充电锂电池、超级电容选用两个2.7V,310F的电容器串接,集成模拟电子开关选用ADG820。所述的微型气泵和气路控制阀均采用防爆型器件,微型气泵选用GminiP-4微型泵,气路控制阀选用低功耗双稳态脉冲电磁阀JSD128D,其供电电压3~4.5V,工作电流230mA。

[0134] 该装置电气部分的具体实现原理方案如下。如图4所示的该装置的电气结构框图,从电气结构看,该装置有三个部分:电源模块(图5)、测控与通信模块以及集气装置中的气

路模块(气泵、气阀),三部分的器件都采用3.3V工作电压。如图6、7所示,测控模块中,微控制器MSP430F2618通过电子开关ADG821-3分别控制PID和集成温度传感器的电源供应,实现它们的开启和关闭,同样,通过控制电子开关ADG821-4来选通接入PID和温度传感器的测量信号;由于所选用的无线子模块具有自动休眠功能,因此只需在需要通信时,由微控制器把发送数据传给其中的CC2530,因此只需连接CC2530与微控制器之间的通信端口。在电源模块中,太阳能电池的输出通过二极管接入超级电容和充电管理器CN3063的输入端,由CN3063调整电压后对锂电池充电并管理,该模块同时还通过电子开关ADG821-1提供了对超级电容上的电量(电压)和锂电池电量(电压)的检测,以便微控制器根据两者的储能情况,通过单刀单掷开关(ADG820)在两者中择一输入供电;锂电池的输出或超级电容的输出经电压调整器TPS63031调整稳压后传送到主控板,并在主控板的微控制器控制下传送到气泵、气阀和传感器。本装置中,对气路模块的控制主要是对气泵和气阀的供电控制,微控制器选通电子开关ADG821-1和-2的两个控制端,通过控制气泵和气阀供电电源的通、断,分别实现气泵和气阀的开启、关闭。

### [0135] 2) 机械结构与材料

[0136] 如图1-2所示,本装置的底座支架(15)用不锈钢制作,其位于前后两端的四条腿的底部的支架脚为有内孔的平板,可通过地脚螺栓来固定装置;

[0137] 支架上面是由不锈钢制作的矩形框架座,用于支撑和固定装置的外罩;外罩是用不锈钢薄板制作的箱体框架,其底部固定在支架上,其顶部用于支撑和固定可转动的托架,其内部底板用于支撑固定内罩和其他零部件如集气口、导气管、出气口、天线架和密封箱;

[0138] 密封箱采用硬铝板制作并经过表面钝化保护处理,其底部通过支撑柱固联在外罩底部,气阀、气泵、气室和连接气阀、气泵、气室的导气管以及连接集气口、出气口的导气管的一部分都位于密封箱内,电气测控与通信模块、电源模块(除太阳能电池板外)及连接太阳能电池和天线的导线接线端子也固定在密封箱内部,并且全都采用绝缘胶密封,其电气部分的产生的热量将通过作为固定基座的铝板导热处送到内罩外表散热。导气管采用金属或塑料材质的耐压管,集气口和排气口的滤网采用18目铜网并可拆卸。天线通过导线从内罩中引出,与位于外罩背部的天线上的天线连接。

[0139] 托架采用不锈钢制作,其基本框架是通过把位于两侧平行的直角三角形(直角边分别处于水平和垂直位置)的三个顶点用三根钢条连接而成,其斜面是用来固定太阳能板的底板,该底板上端两侧焊接有同心的转轴,以将此底板插入托架斜面的上端两侧圆孔中并可转动,底板上面制作有螺孔和矩形框,用来固定矩形太阳能电池板,该底板下端为非固定端,但其下表面中部由一个水平放置并可转动的螺杆的端部顶住;框架的水平直角边用矩形钢板连接,该钢板上螺孔用于将托架整体固联在外罩顶部的短螺杆头圆柱销上,可通过松动螺母来转动托架,该钢板上还有用于固定水平螺杆的螺母。

### [0140] 3) 集气装置与气路及连接

[0141] 如图1-2所示,集气装置位于外罩内。集气口为矩形开口的漏斗形;主集气口安装于外罩底板上,两个辅集气口安装于外罩两侧立面上,在靠近油罐一端的外罩两侧立面的法线形成的夹角小于180度;可拆洗的滤网固定在集气口上,三个集气口通过导气管连接到气路控制阀,再由导气管连接到气体检测室,气室有导气管连接微型气泵,再有一根导气管最终连接到位于外罩背立面的排气口;如图2所示,外壳和接线端被密封在内罩的PID的敏

感头部分伸入到检测气室中,迎面朝向气室的进气口;气室剖面为近似等腰梯形结构,进气口的轴线与气室底面呈45度角,出气口的轴线水平,与气室底面平行但位置约高于一个导气管管径。气体经集气口、气阀、导气管进入气室后,将通过气泵和导气管出气口排除,除了在气室内会与PID的敏感元件接触外,由于气路的密封性而不会泄露进入电气测控模块所在内罩部位,也即与电气部分是隔离的。

#### [0142] 4) 节点位置布置

[0143] 装置进行组网安装时,先将单个装置组装好。如图8所示,由于阀门区是易发生泄露的关键区域,虽然面积不大,为提高可靠性,因此在靠近油罐阀门区左右两侧的位置上分别安装一个节点,作为网络系统的主节点,并保持外罩底部距离地面高度为50~80厘米;然后再按逆时针方向环绕油罐均布剩余的12个节点(对于20米直径的油罐)。各节点距离地面的高度与主节点一样,节点的天线处距离油罐外壁面约130厘米的距离。

#### [0144] 5) 节点工作流程

[0145] 当节点进入工作状态时,首先微控制器模块通过电子开关(B-1)给PID和温度传感器上电,预热20秒钟后,通过选通电子开关(B-2),依次接通气路控制阀和微型气泵电源并持续工作16秒,之后关闭微型气泵和进气阀门,待上述PID和温度传感器输出结果稳定后,由微控制器读取检测数据,并依据PID的温度特性曲线对其输出的油气浓度数据进行温度校正,然后根据校正的检测结果正常与否决定节点下一步的工作状态。如果检测结果正常,则PID和温度传感器断电,完成该节点本轮的环境气体检测任务,由微控制器控制节点装置进入休眠状态;如果检测结果超过警戒阈值(或异常),则控制PID断电后延迟20秒再通电,然后再次开启微型气泵和进气阀门,持续工作20秒,如果此时检测结果仍超过阈值,则该节点认定发生了泄漏事件,此时启动无线模块,向主节点发送相关报警信息,如果未超阈值,则认为是误报(或数据异常),忽略此次异常,微控制器控制该装置进入休眠状态。

#### [0146] 6) 网络工作流程

[0147] 在开启装置进行气体检测之前,先要将所环绕油库的所有节点按奇偶相间分隔方式分为A、B两组,并将靠近油罐阀门区两侧的节点设置为主节点,具体布置位置如图8所示。

[0148] 在正常工作状态时,保持A、B两组依次工作与休眠,其工作流程如下:工作的一组(设为A组)首先启动PID,让其预热20秒后打开连接主进气口的阀门,再打开微型气泵,进行预检工作,持续约15秒,之后进入正常工作模式约5秒钟,微控制器对来自PID的数字油气浓度信号进行分析与判断,如果未达设定的报警阈值,则认为该节点正常,依次向主节点发送正常状态信号,主节点汇总组内所有节点的状态信号;如果都正常,则由主节点向监控中心发送一个正常通知信号,然后控制所有节点准备进入休眠模式,并同时通知另一个主节点准备进入工作模式。

[0149] 如果在工作状态下,有任一节点检测到异常,则自动唤醒与其紧邻的左、右侧节点进入工作模式,并依次打开三个机器口进行采样检测。如果只有一个节点检测到异常,则认为该节点工作异常,由主节点向监控中心发送节点异常的通知信号。如果有两个以上的节点检测到异常,则认定为泄漏事件。此时又主节点向监控中心发送泄漏报警信号,并通知组内其他节点继续工作(不进入休眠状态),直到监控中心发送已收到报警信息的确认信号。

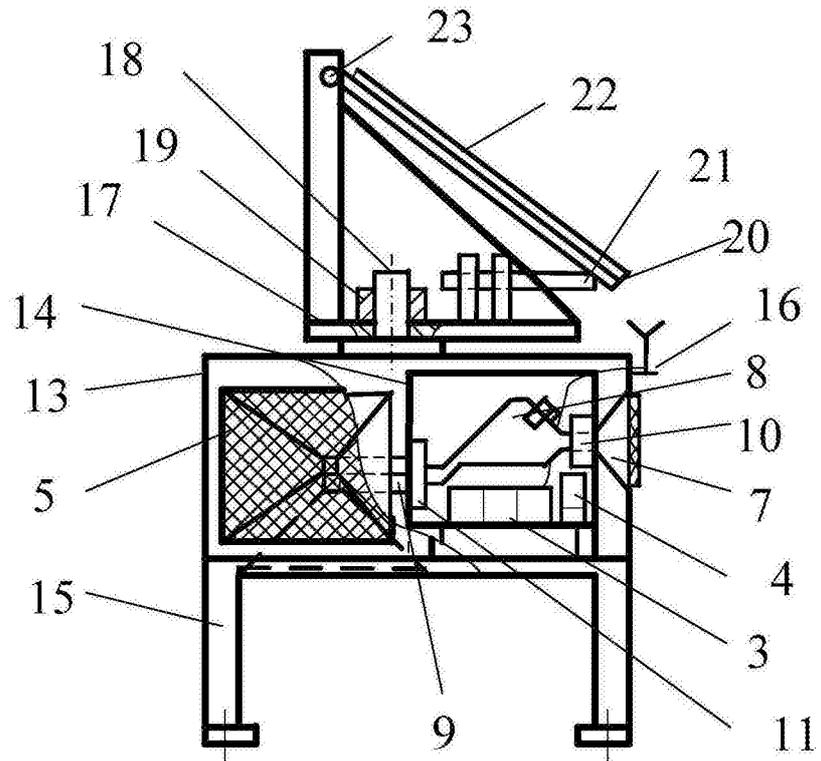


图1

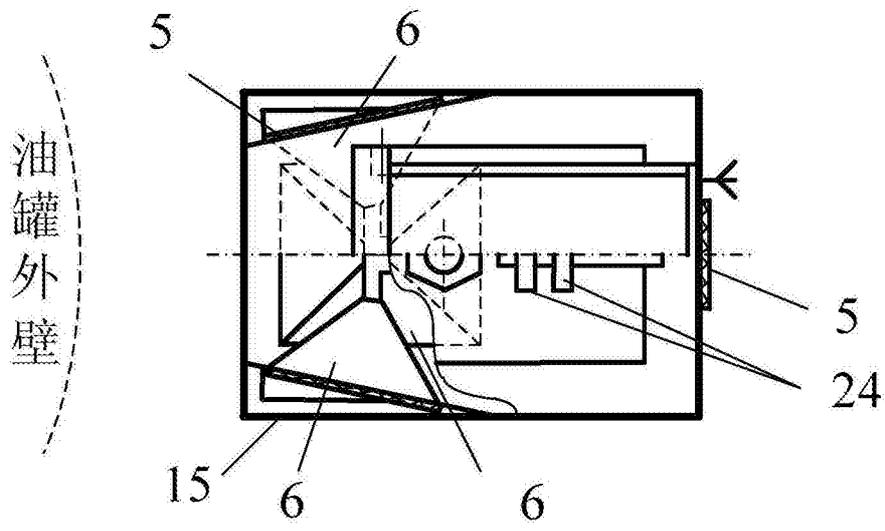


图2

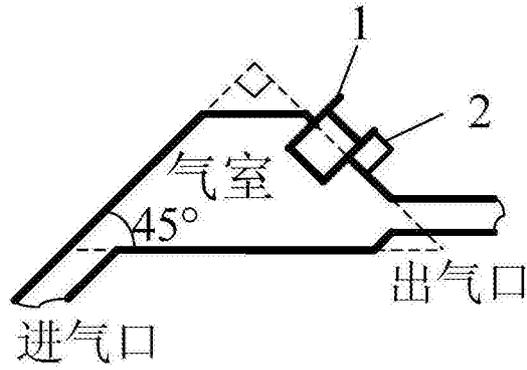


图3

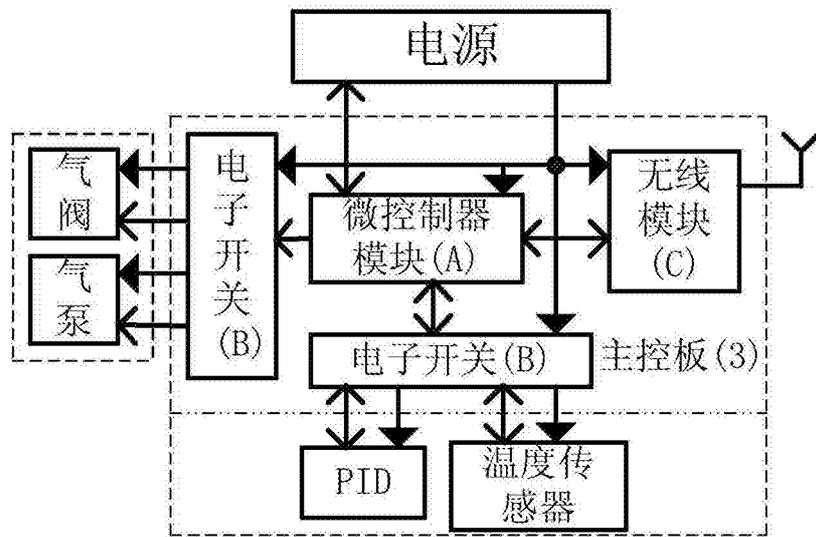


图4

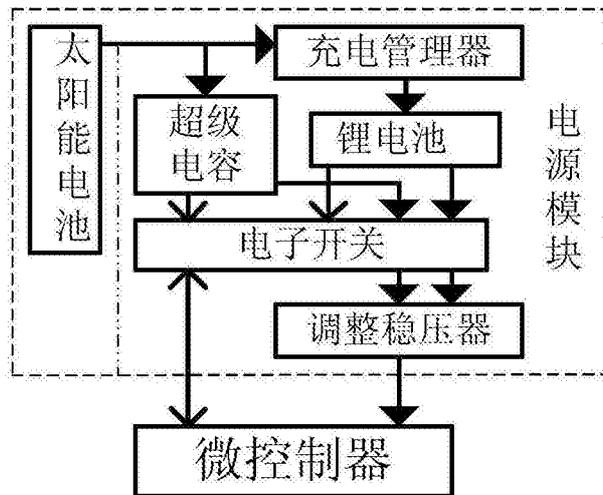


图5

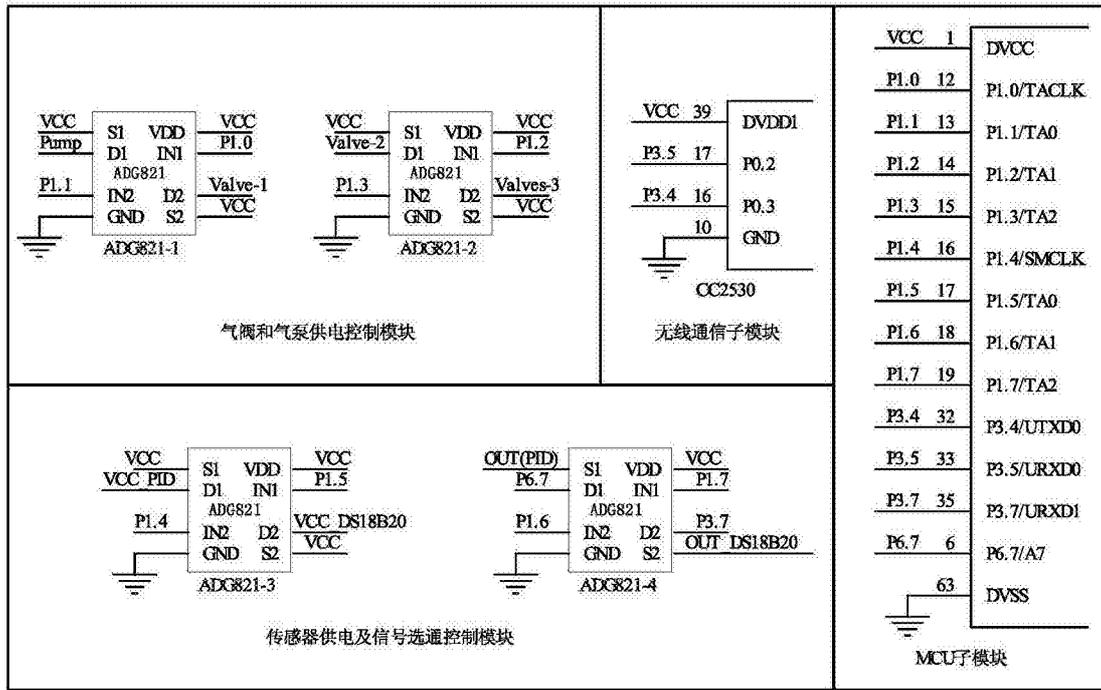


图6

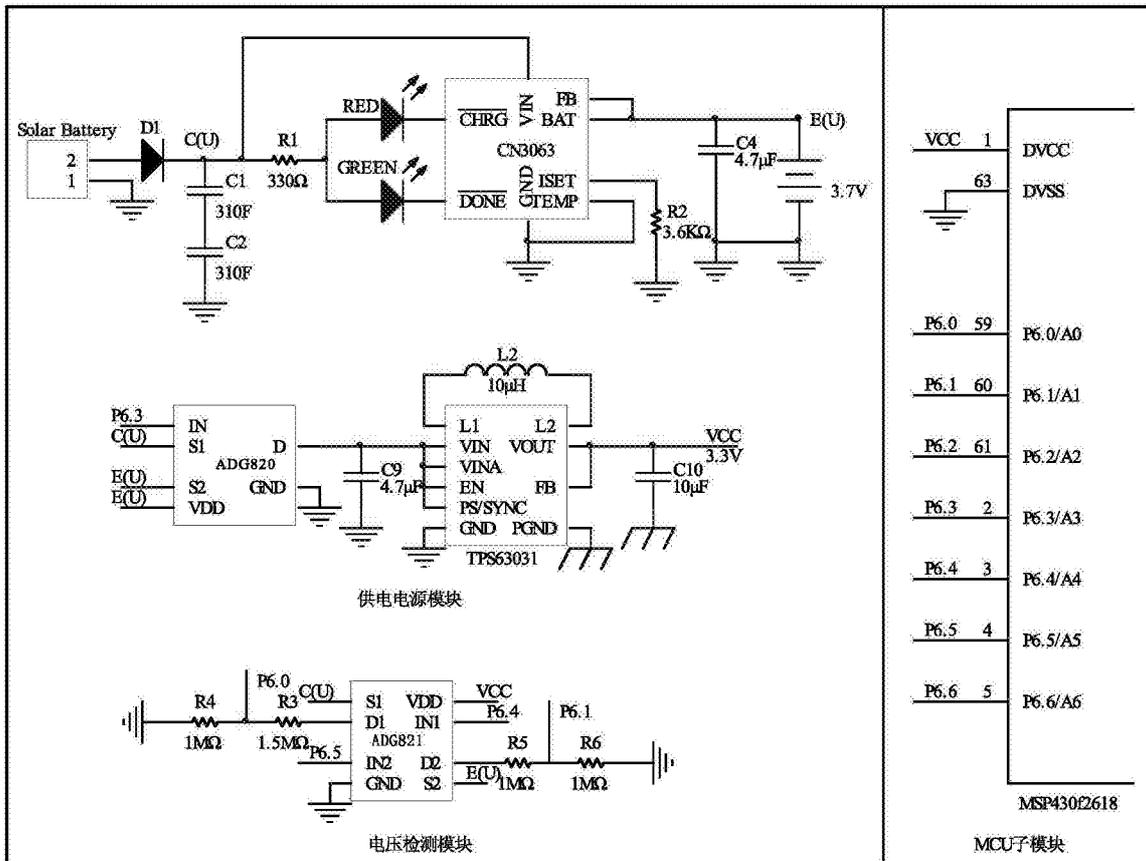


图7

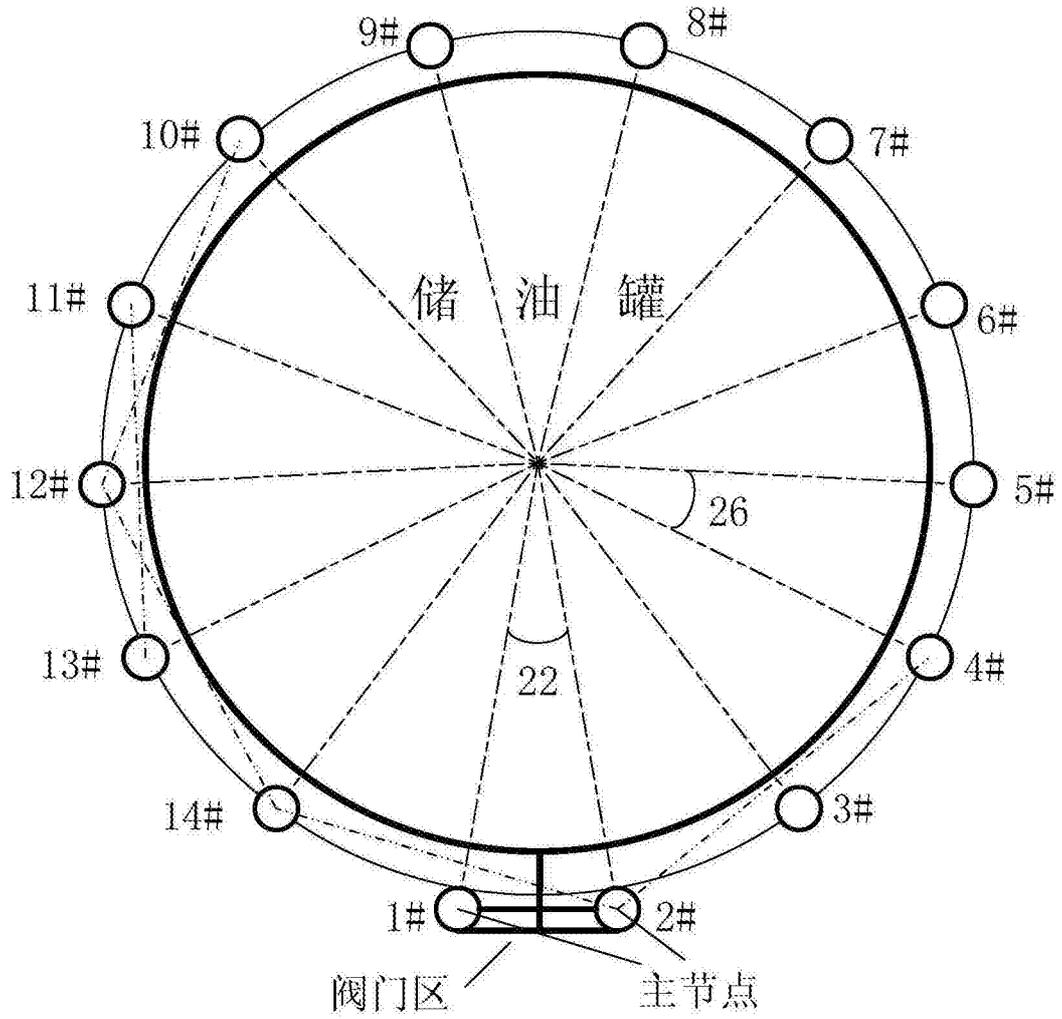


图8