



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118242564 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 25

(21) 申请号 202410666434.9

(22) 申请日 2024.05.28

(71) 申请人 普利莱(天津)燃气设备有限公司

地址 300401 天津市北辰区天津北辰经济
技术开发区京福公路东侧优谷新科园
26-2

申请人 滨州职业学院

(72) 发明人 薛炳青 魏景璇 张利建 李玉群
崔海娜 邓毅丁 李颖 王凯丽(74) 专利代理机构 北京卓岚智财知识产权代理
有限公司 11624

专利代理师 沈煜华

(51) Int. Cl.

F17D 3/12 (2006.01)

F17D 1/02 (2006.01)

G01N 33/22 (2006.01)

G01N 27/06 (2006.01)

G01N 27/62 (2021.01)

G01N 30/02 (2006.01)

G01N 33/00 (2006.01)

G01N 9/00 (2006.01)

G01N 21/35 (2014.01)

G01N 21/3504 (2014.01)

G01D 21/02 (2006.01)

G01M 3/22 (2006.01)

G06N 3/0464 (2023.01)

G06N 3/0442 (2023.01)

G06N 3/045 (2023.01)

G06N 3/06 (2006.01)

G06N 3/08 (2023.01)

权利要求书3页 说明书18页 附图4页

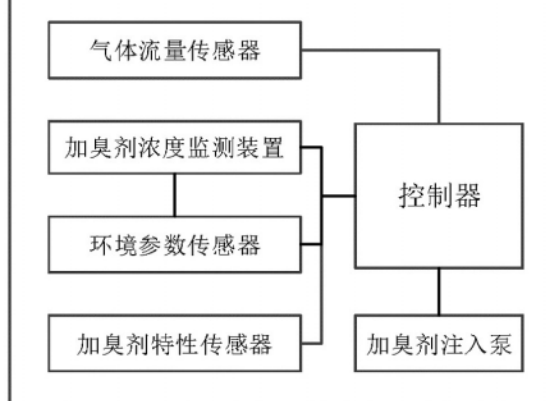
(54) 发明名称

一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统
和控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统和控制方法,属于天然气加臭剂浓度监控领域,该系统包括气体流量传感器、加臭剂注入泵、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器、加臭剂特性传感器和控制器。控制器包括数据处理模块、加臭剂注入策略确定模块和控制模块。数据处理模块接收并处理包括实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据;加臭剂注入策略确定模块基于深度学习的神经网络模型,结合实时数据,输出最优的加臭剂注入策略;控制模块根据最优的加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数。本发明通过智能化和自适应的控制,实现了加臭剂注入过程的精确控制和优化。

一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统



1. 一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,包括:气体流量传感器、加臭剂注入泵、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器、加臭剂特性传感器和控制器;

所述气体流量传感器,用于获取天然气管道中的实时气体流量检测数据;

所述加臭剂浓度监测装置,用于获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据;

所述环境参数传感器,安装在天然气管道周围,并与所述控制器电连接,用于获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数;

所述加臭剂特性传感器,用于实时检测天然气中的实时加臭剂特性参数;

所述加臭剂注入泵与加臭剂储罐连接,用于在所述控制器的控制下将所述加臭剂储罐中的加臭剂注入天然气管道中;

所述控制器包括:

数据处理模块,用于接收并处理包括所述实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据;

加臭剂注入策略确定模块,用于基于深度学习的神经网络模型,结合所述实时数据,输出最优的加臭剂注入策略;

控制模块,用于根据所述最优的加臭剂注入策略,控制所述加臭剂注入泵的多个参数,所述多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。

2. 根据权利要求1所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,所述加臭剂浓度监测装置包括:

加臭剂分析模块,用于检测天然气中的不同种类的加臭剂分别对应的浓度,获得实时加臭剂浓度检测数据;

温度补偿模块,用于根据实时获取的环境温度数据对所述实时加臭剂浓度检测数据进行温度补偿,获得温度补偿后的加臭剂浓度检测数据;

环境湿度补偿模块,用于根据实时获取的环境湿度数据对所述温度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行湿度补偿,获得湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据;

大气压力补偿模块,用于根据实时获取的大气压力数据对所述湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行压力补偿,获得压力补偿后的加臭剂浓度检测数据。

3. 根据权利要求2所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,

所述温度补偿模块采用以下温度补偿算法:

$Ctemp_comp = C_{raw} + ktemp \times (T - T_{ref})$; 其中, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, C_{raw} 是初步检测的实时加臭剂浓度检测数据, $ktemp$ 是温度补偿系数, T 是当前实时获取的环境温度数据, T_{ref} 是参考环境温度数据;

所述环境湿度补偿模块采用以下湿度补偿算法:

$Chum_comp = Ctemp_comp + k_{hum1} \times H + k_{hum2} \times H^2$; 其中, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, k_{hum1} 和 k_{hum2} 是湿度补偿系数, H 是当前实时获取的环境湿度数据;

所述大气压力补偿模块采用以下压力补偿算法:

$Cpress_comp = Chum_comp + kpress \times (P - Pref)$; 其中, $Cpress_comp$ 是压力补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $kpress$ 是压力补偿系数, P 是当前实时获取的大气压力数据, $Pref$ 是参考大气压力数据。

4. 根据权利要求1所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,所述加臭剂特性传感器包括:

密度传感器,用于检测加臭剂的密度;

气味强度传感器,用于检测加臭剂所散发的气味强度;

挥发性传感器,用于检测加臭剂在天然气中的挥发性特性;

表面吸附分析仪,用于测量加臭剂在不同材料表面的吸附特性;

电导率传感器,用于检测加臭剂的电导率。

5. 根据权利要求4所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,

所述密度传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的密度数据传输至控制器;

所述气味强度传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的气味强度数据传输至控制器;

所述挥发性传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的挥发性数据传输至控制器;

所述表面吸附分析仪安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的吸附数据传输至控制器;

所述电导率传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的电导率数据传输至控制器。

6. 根据权利要求4所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,

所述挥发性传感器包括气相色谱仪、质谱仪或者傅里叶变换红外光谱仪,用于检测加臭剂的挥发性有机化合物;

所述气味强度传感器包括电子鼻,所述电子鼻由多个化学传感器组成,每个化学传感器对不同的气味成分敏感;

所述表面吸附分析仪通过测量加臭剂分子在固体表面上的吸附量和吸附速率来评估其吸附特性。

7. 根据权利要求1所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,所述基于深度学习的神经网络模型包括:

输入层,用于接收标准化后的历史数据,包括气体流量检测数据、加臭剂浓度检测数据、环境参数和加臭剂特性参数;

多个隐藏层,每个隐藏层包括多个神经元,所述神经元采用线性整流函数作为激活函数,用于提取和处理输入的历史数据的特征;

输出层,用于根据所述历史数据的特征,输出最优的加臭剂注入策略,所述输出层的输出包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。

8. 根据权利要求7所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,

所述隐藏层使用多层感知器结构时,每个隐藏层包括多个神经元,所有神经元之间是全连接的,每个神经元接收前一层所有神经元的输出,并通过激活函数进行非线性变换;

所述隐藏层使用卷积神经网络结构时,每个隐藏层包括多个卷积核,每个卷积核在输入数据上滑动,进行局部连接和权重共享,提取局部特征;

所述隐藏层使用长短期记忆网络LSTM结构时,每个隐藏层包括多个LSTM单元,每个

LSTM单元通过输入门、遗忘门和输出门控制信息的流动,捕捉序列数据中的长短期依赖关系。

9.根据权利要求1所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其特征在于,所述控制器还包括:预测警报模块,用于根据所述实时气体流量检测数据和所述实时加臭剂浓度检测数据,计算天然气管道中加臭剂的消耗速率,并根据计算出的加臭剂消耗速率,预测所述加臭剂储罐的剩余量,当所述剩余量低于预设阈值时,触发加臭剂补充警报。

10.一种根据权利要求1-9中任一项所述的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的控制方法,其特征在于,所述控制方法包括:

- S1:获取天然气管道中的实时气体流量检测数据;
- S2:获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据;
- S3:获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数;
- S4:获取检测天然气中的实时加臭剂特性参数;
- S5:接收并处理包括所述实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据;
- S6:基于深度学习的神经网络模型,结合所述实时数据,输出最优的加臭剂注入策略;
- S7:根据所述最优的加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,所述多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,将加臭剂注入天然气管道中。

一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统和控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及天然气加臭剂浓度监测和控制领域,尤其涉及一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统和控制方法。

背景技术

[0002] 天然气是一种无色无味的气体,为了确保其在泄漏时能够被及时发现,通常在天然气中添加加臭剂,使其具有明显的气味。然而,传统的加臭剂注入系统通常依赖于固定的注入量或简单的控制算法,难以适应天然气流量和环境条件的变化,导致加臭剂浓度不稳定,影响天然气的安全性和使用效果。

[0003] 此外,传统系统缺乏智能化和自适应能力,无法根据实时数据动态调整加臭剂的注入策略,导致加臭剂的浪费和运行成本的增加。此外,传统系统在面对复杂的环境条件和多变的天然气流量时,难以保证加臭剂的均匀分布和浓度的稳定性,进一步影响了天然气的使用安全和用户体验。

[0004] 因此,亟需一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,以实现加臭剂注入过程的精确控制和优化。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统和控制方法,以解决上述技术问题。

[0006] 为实现上述目的,第一方面,提供一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,其包括:气体流量传感器、加臭剂注入泵、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器、加臭剂特性传感器和控制器;

所述气体流量传感器,用于获取天然气管道中的实时气体流量检测数据;

所述加臭剂浓度监测装置,用于获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据;

所述环境参数传感器,安装在天然气管道周围,并与所述控制器电连接,用于获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数;

所述加臭剂特性传感器,用于实时检测天然气中的实时加臭剂特性参数;

所述加臭剂注入泵与加臭剂储罐连接,用于在所述控制器的控制下将所述加臭剂储罐中的加臭剂注入天然气管道中;

所述控制器包括:

数据处理模块,用于接收并处理包括所述实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据;

加臭剂注入策略确定模块,用于基于深度学习的神经网络模型,结合所述实时数据,输出最优的加臭剂注入策略;

控制模块,用于根据所述最优的加臭剂注入策略,控制所述加臭剂注入泵的多个参数,所述多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。

[0007] 在一些可能的实施方式中,所述加臭剂浓度监测装置包括:

加臭剂分析模块,用于检测天然气中的不同种类的加臭剂分别对应的浓度,获得实时加臭剂浓度检测数据;

温度补偿模块,用于根据实时获取的环境温度数据对所述实时加臭剂浓度检测数据进行温度补偿,获得温度补偿后的加臭剂浓度检测数据;

环境湿度补偿模块,用于根据实时获取的环境湿度数据对所述温度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行湿度补偿,获得湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据;

大气压力补偿模块,用于根据实时获取的大气压力数据对所述湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行压力补偿,获得压力补偿后的加臭剂浓度检测数据。

[0008] 在一些可能的实施方式中,所述温度补偿模块采用以下温度补偿算法:

$Ctemp_comp = C_{raw} + ktemp \times (T - T_{ref})$; 其中, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, C_{raw} 是初步检测的实时加臭剂浓度检测数据, $ktemp$ 是温度补偿系数, T 是当前实时获取的环境温度数据, T_{ref} 是参考环境温度数据;

所述环境湿度补偿模块采用以下湿度补偿算法:

$Chum_comp = Ctemp_comp + k_{hum1} \times H + k_{hum2} \times H^2$; 其中, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, k_{hum1} 和 k_{hum2} 是湿度补偿系数, H 是当前实时获取的环境湿度数据;

所述大气压力补偿模块采用以下压力补偿算法:

$Cpress_comp = Chum_comp + kpress \times (P - P_{ref})$; 其中, $Cpress_comp$ 是压力补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $kpress$ 是压力补偿系数, P 是当前实时获取的大气压力数据, P_{ref} 是参考大气压力数据。

[0009] 在一些可能的实施方式中,所述加臭剂特性传感器包括:

密度传感器,用于检测加臭剂的密度;

气味强度传感器,用于检测加臭剂所散发的气味强度;

挥发性传感器,用于检测加臭剂在天然气中的挥发性特性;

表面吸附分析仪,用于测量加臭剂在不同材料表面的吸附特性;

电导率传感器,用于检测加臭剂的电导率。

[0010] 在一些可能的实施方式中,所述密度传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的密度数据传输至控制器;

所述气味强度传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的气味强度数据传输至控制器;

所述挥发性传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的挥发性数据传输至控制器;

所述表面吸附分析仪安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的吸附数据传输至控制器;

所述电导率传感器安装在天然气管道上,通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的电导率数据传输至控制器。

[0011] 在一些可能的实施方式中,所述挥发性传感器包括气相色谱仪、质谱仪或者傅里叶变换红外光谱仪,用于检测加臭剂的挥发性有机化合物;

所述气味强度传感器包括电子鼻,所述电子鼻由多个化学传感器组成,每个化学传感器对不同的气味成分敏感;

所述表面吸附分析仪通过测量加臭剂分子在固体表面上的吸附量和吸附速率来评估其吸附特性。

[0012] 在一些可能的实施方式中,所述基于深度学习的神经网络模型包括:

输入层,用于接收标准化后的历史数据,包括气体流量检测数据、加臭剂浓度检测数据、环境参数和加臭剂特性参数;

多个隐藏层,每个隐藏层包括多个神经元,所述神经元采用线性整流函数作为激活函数,用于提取和处理输入的历史数据的特征;

输出层,用于根据所述历史数据的特征,输出最优的加臭剂注入策略,所述输出层的输出包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。

[0013] 在一些可能的实施方式中,所述隐藏层使用多层感知器结构时,每个隐藏层包括多个神经元,所有神经元之间是全连接的,每个神经元接收前一层所有神经元的输出,并通过激活函数进行非线性变换;

所述隐藏层使用卷积神经网络结构时,每个隐藏层包括多个卷积核,每个卷积核在输入数据上滑动,进行局部连接和权重共享,提取局部特征;

所述隐藏层使用长短期记忆网络LSTM结构时,每个隐藏层包括多个LSTM单元,每个LSTM单元通过输入门、遗忘门和输出门控制信息的流动,捕捉序列数据中的长短期依赖关系。

[0014] 在一些可能的实施方式中,所述控制器还包括:预测警报模块,用于根据所述实时气体流量检测数据和所述实时加臭剂浓度检测数据,计算天然气管道中加臭剂的消耗速率,并根据计算出的加臭剂消耗速率,预测所述加臭剂储罐的剩余量,当所述剩余量低于预设阈值时,触发加臭剂补充警报。

[0015] 第二方面,本发明提供一种根据如上所述的任意一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的控制方法,所述控制方法包括:

S1:获取天然气管道中的实时气体流量检测数据;

S2:获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据;

S3:获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数;

S4:获取检测天然气中的实时加臭剂特性参数;

S5:接收并处理包括所述实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据;

S6:基于深度学习的神经网络模型,结合所述实时数据,输出最优的加臭剂注入策略;

S7:根据所述最优的加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,所述多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,将加臭剂注入天然气管道中。。

[0016] 上述技术方案具有如下有益技术效果:

通过气体流量传感器、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器和加臭剂特性传感器的协同工作,系统能够实时获取高精度的检测数据,确保数据的准确性和可靠性。

[0017] 基于深度学习的神经网络模型,系统能够结合实时数据和历史数据,输出最优的

加臭剂注入策略,实现智能化控制。该策略能够动态调整注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,以适应不同的运行条件和环境变化。

[0018] 系统能够根据实时数据和预测结果,动态调整加臭剂注入策略,具有较强的自适应能力。无论是在高流量还是低流量条件下,系统都能保持加臭剂浓度的稳定性和均匀性。

[0019] 通过优化加臭剂注入策略,系统能够有效减少加臭剂的浪费,提高能源利用效率,降低运行成本。

附图说明

[0020] 附图用于更好地理解本发明,不构成对本发明的不当限定。其中:

图1是本发明实施例的一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的逻辑结构框图;

图2是本发明实施例的加臭剂浓度监测装置的逻辑结构框图;

图3是本发明实施例的加臭剂特性传感器的逻辑结构框图;

图4是本发明实施例的预测警报模块的逻辑结构框图;

图5是本发明实施例的一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制方法的流程图;

图6是本发明实施例的一种电子设备的逻辑结构框图。

具体实施方式

[0021] 以下结合附图对本发明的示范性实施例做出说明,其中包括本发明实施例的各种细节以助于理解,应当将它们认为仅仅是示范性的。因此,本领域普通技术人员应当认识到,可以对这里描述的实施例做出各种改变和修改,而不会背离本发明的范围和精神。同样,为了清楚和简明,以下的描述中省略了对公知功能和结构的描述。

实施例一

[0022] 如图1所示,本实施例提供了一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统,包括气体流量传感器、加臭剂注入泵、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器、加臭剂特性传感器和控制器。

[0023] 气体流量传感器,安装在天然气管道上,用于获取天然气管道中的实时气体流量检测数据。例如,使用超声波流量计,可以实现高精度的流量检测。

[0024] 加臭剂浓度监测装置,安装在天然气管道上,用于获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据。例如,使用电化学传感器,可以检测不同种类的加臭剂分别对应的浓度。

[0025] 环境参数传感器,安装在天然气管道周围,并与控制器电连接,用于获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数。例如,使用集成温度、湿度和压力传感器模块,可以同时获取多种环境参数。

[0026] 加臭剂特性传感器,用于实时检测天然气中的实时加臭剂特性参数。例如,使用密度传感器、折光率传感器、电导率传感器,可以全面检测加臭剂的特性。

[0027] 密度传感器,用于检测加臭剂的密度。密度是加臭剂质量和体积的关系指标,影响注入量的准确性。通过实时检测密度,可以根据密度变化调整注入策略,确保加臭剂的精确注入。

[0028] 折光率传感器,用于检测加臭剂的折光率。折光率是加臭剂纯度和质量的指标,影

响其有效性。通过实时检测折光率,可以评估加臭剂的纯度,确保其质量一致性。

[0029] 电导率传感器,用于检测加臭剂的电导率。电导率是加臭剂离子浓度和化学性质的指标,影响其化学稳定性。通过实时检测电导率,可以评估加臭剂的离子浓度,确保其化学性质稳定。

[0030] 加臭剂注入泵,与加臭剂储罐连接,用于在控制器的控制下将加臭剂储罐中的加臭剂注入天然气管道中。例如,使用精密计量泵,可以精确控制加臭剂的注入量。

[0031] 控制器,包括数据处理模块、加臭剂注入策略确定模块和控制模块。数据处理模块用于接收并处理包括实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据。加臭剂注入策略确定模块用于基于深度学习的神经网络模型,结合作为输入的实时数据,输出最优的加臭剂注入策略。控制模块用于根据所述最优的加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。注入量分布是指在一定时间段内,加臭剂注入泵将加臭剂注入天然气管道中的具体方式和模式。它包括每次注入量以及注入的均匀性等方面。具体地,均匀性是指加臭剂在天然气管道中的分布是否均匀。例如,是否在整个管道长度上均匀分布,还是集中在某些特定区域。

[0032] 在一些实施例中,测定加臭剂在天然气管道中的均匀分布可以通过以下几种方法:

多点采样分析:在天然气管道的不同位置安装多个加臭剂浓度监测装置,实时检测各个位置的加臭剂浓度。通过比较不同位置的加臭剂浓度数据,评估加臭剂在管道中的分布均匀性。

[0033] 气体色谱分析:采集天然气管道中不同位置的气体样品,使用气相色谱仪分析样品中的加臭剂浓度。通过分析结果,评估加臭剂在管道中的分布均匀性。

[0034] 光谱分析:使用光谱分析技术(例如傅里叶变换红外光谱仪FTIR)检测天然气管道中不同位置的加臭剂浓度。通过光谱数据,评估加臭剂在管道中的分布均匀性。

[0035] 流体动力学模拟:使用计算流体动力学(Computational Fluid Dynamics,CFD)模拟天然气和加臭剂在管道中的流动情况。通过模拟结果,评估加臭剂在管道中的分布均匀性。

[0036] 均匀分布的加臭剂能够确保在天然气泄漏时,任何位置的泄漏都能被及时检测到,提高天然气的安全性。如果加臭剂分布不均匀,某些区域的加臭剂浓度可能过低,导致泄漏时无法及时被检测到,增加安全隐患。通过实时监测加臭剂的分布均匀性,可以动态调整加臭剂的注入策略,确保加臭剂在管道中的均匀分布。例如,在检测到某些区域的加臭剂浓度较低时,可以增加该区域的加臭剂注入量,确保整体的均匀分布。

[0037] 该智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统通过实时数据采集和处理、基于深度学习的智能决策、动态调整注入策略、预测和预警功能以及自学习和优化,体现了其智能自适应的特点。系统能够根据实时数据和历史数据,动态调整加臭剂的注入策略,确保加臭剂在天然气管道中的均匀分布,提高天然气的安全性和使用效果。

[0038] 该智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的工作方法包括如下步骤:

S11:数据采集。气体流量传感器实时获取天然气管道中的气体流量检测数据,并将数据传输至控制器。加臭剂浓度监测装置实时获取天然气中的加臭剂浓度检测数据,并

将数据传输至控制器。环境参数传感器实时获取环境温度、环境湿度和大气压力等环境参数,并将数据传输至控制器。加臭剂特性传感器实时检测加臭剂的特性参数,并将数据传输至控制器。

[0039] S12:数据处理。数据处理模块接收并处理上述实时数据,进行数据清洗和预处理,确保数据的准确性和一致性。

[0040] S13:策略计算。加臭剂注入策略确定模块基于深度学习的神经网络模型,结合处理后的实时数据,输出最优的加臭剂注入策略。例如,神经网络模型可以根据历史数据和实时数据进行训练和优化,以提高策略的准确性和鲁棒性。该神经网络模型的输出层则输出最优的加臭剂注入策略,包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。

[0041] S14:控制执行。控制模块根据输出的最优加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。例如,在高流量情况下,控制模块可以增加注入速率和注入频率,以确保加臭剂浓度的稳定性。通过实时调整注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,有利于确保加臭剂浓度的稳定性和均匀性,提高天然气的安全性。通过动态调整注入参数,避免过量或不足的加臭剂注入,减少加臭剂的浪费,提高资源利用效率。通过实时数据和深度学习模型,系统能够适应不同的流量和环境条件,灵活调整注入策略,确保加臭剂浓度的稳定性。通过优化注入策略,减少加臭剂的浪费和运行成本,提高系统的经济性。

[0042] 以下举例说明,假设在某天然气管道系统中,气体流量传感器检测到当前天然气流量为500立方米/小时,加臭剂浓度监测装置检测到当前加臭剂浓度为10 ppm,环境参数传感器检测到环境温度为25摄氏度、环境湿度为60%、大气压力为1013 hPa,加臭剂特性传感器检测到加臭剂的密度为0.8 g/cm³、气味强度为50 ppm、挥发性特性为20 kPa、在金属表面的吸附量为0.5 mg/m²、电导率为0.1 S/m。控制器的数据处理模块接收并处理上述数据,加臭剂注入策略确定模块基于深度学习的神经网络模型,结合实时数据,计算出最优的加臭剂注入策略。控制模块根据该策略,控制加臭剂注入泵的注入速率为0.5升/小时、注入时长为10分钟、注入频率为每小时注入一次、注入量分布为均匀分布。

[0043] 在一些实施例,该智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统具备自学习模块,根据历史数据和实时数据不断优化和更新加臭剂注入策略,提高系统的自适应能力和精确性。通过自学习和优化,系统能够适应不同的运行条件和环境变化,实现智能化和自适应的加臭剂注入控制。

[0044] 该基于深度学习的神经网络模型的训练过程包括如下步骤:

S21:数据收集与预处理。

[0045] 首先,系统需要收集运行过程中产生的各种数据,包括气体流量检测数据、加臭剂浓度检测数据、环境参数(环境温度、环境湿度、大气压力)和加臭剂特性参数(密度、气味强度、挥发性特性、吸附特性、电导率)。这些数据经过清洗去除异常值和噪声,并填补缺失值。接着,将不同量纲的数据标准化到相同的范围(例如将所有数据标准化到0-1范围),以提高模型的训练效果。最后,将数据集分为训练集、验证集和测试集,比例可以为70%训练集,15%验证集,15%测试集。

[0046] S22:模型构建。

[0047] 神经网络模型的结构包括输入层、隐藏层和输出层。输入层接收预处理后的输入

数据,包括气体流量、加臭剂浓度、环境参数和加臭剂特性参数。隐藏层包括多个神经元层,用于提取和处理输入数据的特征,可以使用多层感知器(Multi-Layer Perceptron,MLP)、卷积神经网络(Convolutional Neural Network,CNN)或长短期记忆网络(Long Short-Term Memory,LSTM)等结构。输出层则输出最优的加臭剂注入策略,包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。在一个举例中,隐藏层使用3层,每层包含64个神经元,激活函数为ReLU。

[0048] 在神经网络模型中,隐藏层的结构可以采用多层感知器(MLP)、卷积神经网络(CNN)或长短期记忆网络(LSTM)等不同的架构。每个隐藏层由多个神经元组成,这些神经元在不同的网络架构中具有不同的功能和连接方式。以下是这些架构与神经元之间的逻辑关系:

多层感知器(MLP)中,每个隐藏层由多个神经元组成,所有神经元之间是全连接的。每个神经元接收前一层所有神经元的输出,并通过激活函数(例如ReLU)进行非线性变换,输出到下一层的所有神经元。假设一个隐藏层有64个神经元,每个神经元接收前一层所有神经元的输出,并通过ReLU激活函数进行处理。

[0049] 在卷积神经网络(CNN)中,每个隐藏层由多个卷积核(filters)组成,每个卷积核相当于一个神经元。卷积核在输入数据上滑动,进行局部连接和权重共享,提取局部特征。卷积层通常后接池化层(Pooling Layer)以减少数据维度。假设一个卷积层有32个卷积核,每个卷积核在输入数据上滑动,提取局部特征,并通过ReLU激活函数进行处理。

[0050] 在长短期记忆网络(LSTM)中,每个隐藏层由多个LSTM单元组成,每个LSTM单元相当于一个神经元。LSTM单元通过输入门、遗忘门和输出门控制信息的流动,能够捕捉序列数据中的长短期依赖关系。假设一个LSTM层有128个LSTM单元,每个单元接收前一层的输出和自身的状态,通过门控机制进行处理。

[0051] S23:模型训练。

[0052] 在模型训练过程中,选择合适的损失函数(例如均方误差(Mean Square Error,MSE))来衡量模型预测值与真实值之间的差异,并使用优化算法(例如Adam(Adaptive Moment Estimation,自适应矩估计)、SGD(Stochastic Gradient Descent,随机梯度下降))来最小化损失函数,调整模型参数。通过多次迭代(epoch)训练模型,每次迭代使用一批(batch)数据进行参数更新。训练过程中还需要调整超参数,例如学习率、批量大小、隐藏层数量和神经元数量,以找到最佳模型结构。学习率控制参数更新的步长,学习率过大或过小都会影响模型的收敛效果。批量大小是每次迭代使用的数据量,批量大小影响训练速度和模型性能。

[0053] 在一个举例中,使用以下参数进行模型训练:损失函数为均方误差(MSE),优化算法为Adam,学习率为0.001,批量大小为32,训练迭代为5000次。在训练过程中,模型通过多次迭代(epoch)学习数据的特征,并不断调整参数以最小化损失函数。相比于现有技术中的模型,本实施例的基于深度学习的神经网络模型在智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统中的应用具有以下优点:使用均方误差(MSE)作为损失函数,能够有效衡量模型预测值与真实值之间的差异,确保模型的高精度预测;采用Adam优化算法,能够自适应地调整学习率,提高模型的收敛速度和稳定性;模型通过多次迭代(epoch)学习数据的特征,并不断调整参数以最小化损失函数,能够动态适应实时数据和环境变化,提供最优的加臭剂注入策略;使

用批量大小为32的迷你批量梯度下降法,能够在保证训练速度的同时,提高模型的泛化能力,避免过拟合;深度学习模型(例如多层感知器MLP、卷积神经网络CNN、长短期记忆网络LSTM)具有强大的特征提取和表示能力,能够从复杂的多维数据中提取有用的特征,提高模型的预测和控制能力;深度学习模型具有高度的灵活性和扩展性,可以根据具体应用需求调整模型结构和参数,适应不同的运行条件和环境变化。

[0054] S24:模型验证与测试。

[0055] 在模型验证过程中,使用验证集数据评估模型的性能,调整超参数以提高模型的泛化能力。通过交叉验证(cross-validation)方法进一步验证模型的稳定性和可靠性。在模型测试过程中,使用测试集数据评估最终模型的性能,确保模型在未见过的数据上具有良好的预测能力。

[0056] S25:模型部署与应用。

[0057] 将训练好的模型部署到控制器中,实时接收和处理输入数据,输出最优的加臭剂注入策略。控制器根据模型输出的注入策略,动态调整加臭剂注入泵的多个参数,实现智能化和自适应的加臭剂注入控制。在一个举例中,例如,模型输出的注入策略为:注入速率0.5升/小时、注入时长10分钟、注入频率每小时一次、注入量分布均匀。

[0058] 在一些实施例中,可以实现注入速率的动态调整。控制模块根据实时气体流量、加臭剂浓度、环境温度和环境湿度,动态调整加臭剂的注入速率。在高流量和高温度情况下,增加注入速率;在低流量和低温度情况下,减少注入速率。例如,当气体流量增加到600立方米/小时,注入速率自动调整为0.6升/小时。

[0059] 在一些实施例中,可以实现注入时长的动态调整。控制模块根据天然气流量的波动、加臭剂浓度的变化和环境湿度,动态调整每次注入的持续时间。在流量波动较大和湿度较高时,延长注入时长以确保浓度稳定;在流量稳定和湿度较低时,缩短注入时长。例如,当流量波动较大时,注入时长自动调整为15分钟。

[0060] 在一些实施例中,可以实现注入频率的动态调整。控制模块根据天然气流量、加臭剂浓度的变化频率和环境压力,动态调整注入操作的间隔时间。在流量变化频繁和压力较低的情况下,增加注入频率;在流量稳定和压力较高的情况下,减少注入频率。例如,当流量变化频繁时,注入频率自动调整为每30分钟一次。

[0061] 在一些实施例中,可以实现注入量分布的动态调整。控制模块根据管道长度、天然气流动特性和加臭剂特性参数,动态调整加臭剂的分布方式。在长距离管道和高挥发性加臭剂情况下,采用多点注入方式,确保加臭剂均匀分布;在短距离管道和低挥发性加臭剂情况下,采用单点注入方式。例如,在长距离管道中,注入量分布自动调整为多点均匀分布。

[0062] 例如在某天然气管道系统中,气体流量传感器检测到当前天然气流量为500立方米/小时,加臭剂浓度监测装置检测到当前加臭剂浓度为10 ppm。环境参数传感器检测到环境温度为25摄氏度、环境湿度为60%、大气压力为1013 hPa。加臭剂特性传感器检测到加臭剂的密度为0.8 g/cm³、气味强度为50 ppm、挥发性特性为20 kPa、在金属表面的吸附量为0.5 mg/m²、电导率为0.1 S/m。系统实时获取上述数据,并进行数据清洗和预处理。加臭剂注入策略确定模块基于深度学习的神经网络模型,结合实时数据,计算出最优的加臭剂注入策略。控制模块根据输出的最优加臭剂注入策略,动态调整加臭剂注入泵的多个参数。例如,当前最优加臭剂注入策略为:注入速率0.5升/小时、注入时长10分钟、注入频率每小时

一次、注入量分布均匀。动态调整如下:当气体流量增加到600立方米/小时时,控制模块自动调整注入速率为0.6升/小时。当流量波动较大且环境湿度较高时,控制模块自动调整注入时长为15分钟。当流量变化频繁且大气压力较低时,控制模块自动调整注入频率为每30分钟一次。在长距离管道且加臭剂挥发性较高的情况下,控制模块自动调整注入量分布为多点均匀分布。

[0063] 本实施例的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统通过集成多种传感器和基于深度学习的控制算法,实现了对加臭剂注入过程的精确控制,具有以下技术效果:

通过气体流量传感器、加臭剂浓度监测装置、环境参数传感器和加臭剂特性传感器的协同工作,系统能够实时获取高精度的检测数据,确保数据的准确性和可靠性。

[0064] 基于深度学习的神经网络模型,系统能够结合实时数据和历史数据,输出最优的加臭剂注入策略,实现智能化控制。该策略能够动态调整注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,以适应不同的运行条件和环境变化。

[0065] 系统能够根据实时数据和预测结果,动态调整加臭剂注入策略,具有较强的自适应能力。无论是在高流量还是低流量条件下,系统都能保持加臭剂浓度的稳定性和均匀性。

[0066] 通过优化加臭剂注入策略,系统能够有效减少加臭剂的浪费,提高能源利用效率,降低运行成本。

实施例二

[0067] 如图2所示,本实施例提供了一种用于智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的加臭剂浓度监测装置,包括加臭剂分析模块、温度补偿模块、环境湿度补偿模块和大气压力补偿模块。

[0068] 加臭剂分析模块用于检测天然气中的不同种类的加臭剂分别对应的浓度,获得实时加臭剂浓度检测数据。在一些实施例中,可采用光谱分析模块、气相色谱模块和半导体气体传感器。气相色谱模块用于检测天然气中的不同种类的加臭剂分别对应的浓度,获得实时加臭剂浓度检测数据。气相色谱模块是一种基于气体分离和检测的技术,能够同时检测多种气体成分。气相色谱模块通过分离柱将混合气体中的各成分分离开来,然后通过检测器检测各成分的浓度。光谱分析模块用于检测天然气中的不同种类的加臭剂分别对应的浓度,获得实时加臭剂浓度检测数据。光谱分析技术通过检测气体分子的光吸收或发射特性来确定其浓度。具体来说,光谱分析模块包括光源、样品池、光谱仪和检测器。光源发出特定波长范围的光,可以使用紫外光、可见光或红外光,光源的选择取决于待测气体分子的光吸收或发射特性。待测气体通过样品池,光源发出的光穿过样品池中的气体分子。样品池的设计确保光能够均匀地穿过气体样品。光谱仪用于分离和分析通过样品池后的光,将光分解成不同波长的光谱,并测量每个波长的光强度。气体分子在特定波长范围内会吸收或发射光,导致光谱中出现特征吸收峰或发射峰。检测器用于测量光谱仪输出的光强度,并将其转换为电信号。检测器的输出信号与气体分子的浓度成正比。处理器接收检测器的输出信号,并通过光谱分析软件进行数据处理,通过比较光谱中的特征吸收峰或发射峰的强度和位置,确定加臭剂气体分子的浓度。

[0069] 温度补偿模块用于根据实时获取的环境温度数据对所述实时加臭剂浓度检测数据进行温度补偿,获得温度补偿后的加臭剂浓度检测数据。

[0070] 环境湿度补偿模块用于根据实时获取的环境湿度数据对所述温度补偿后的加臭

剂浓度检测数据进行湿度补偿,获得湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据。

[0071] 大气压力补偿模块用于根据实时获取的大气压力数据对所述湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行压力补偿,获得压力补偿后的加臭剂浓度检测数据。

[0072] 加臭剂浓度监测装置的工作过程包括如下步骤:

S31:数据采集。

[0073] 加臭剂分析模块实时检测天然气中的加臭剂浓度,获得初步的加臭剂浓度检测数据。温度传感器实时获取环境温度数据,湿度传感器实时获取环境湿度数据,压力传感器实时获取大气压力数据。

[0074] S32:温度补偿。

[0075] 温度补偿模块根据实时获取的环境温度数据,基于温度补偿算法对初步检测的加臭剂浓度检测数据进行温度补偿,获得温度补偿后的加臭剂浓度检测数据。温度补偿算法可以使用线性回归模型,假设环境温度对加臭剂浓度的影响为线性关系:

$$Ctemp_comp = C_{raw} + ktemp \times (T - T_{ref})。$$

[0076] 其中, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, C_{raw} 是初步检测的实时加臭剂浓度检测数据, $ktemp$ 是温度补偿系数, T 是当前实时获取的环境温度数据, T_{ref} 是参考环境温度数据。

[0077] S33:湿度补偿。

[0078] 环境湿度补偿模块根据实时获取的环境湿度数据,对温度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行湿度补偿,获得湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据。湿度补偿算法可以使用多项式回归模型,假设湿度对浓度的影响为非线性关系:

$$Chum_comp = Ctemp_comp + k_{hum1} \times H + k_{hum2} \times H^2$$

其中, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Ctemp_comp$ 是温度补偿后的加臭剂浓度检测数据, k_{hum1} 和 k_{hum2} 是湿度补偿系数, H 是当前实时获取的环境湿度数据。

[0079] S33:压力补偿。

[0080] 大气压力补偿模块根据实时获取的大气压力数据,对湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行压力补偿,获得压力补偿后的加臭剂浓度检测数据。压力补偿算法可以使用线性回归模型,假设压力对浓度的影响为线性关系:

$$Cpress_comp = Chum_comp + kpress \times (P - P_{ref})。$$

[0081] 其中, $Cpress_comp$ 是压力补偿后的加臭剂浓度检测数据, $Chum_comp$ 是湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据, $kpress$ 是压力补偿系数, P 是当前实时获取的大气压力数据, P_{ref} 是参考大气压力数据。

[0082] 本实施例的加臭剂浓度监测装置通过集成加臭剂分析模块、温度补偿模块、环境湿度补偿模块和大气压力补偿模块,实现了对天然气中加臭剂浓度的高精度检测和多重补偿,具有以下具体技术效果:

加臭剂分析模块采用电化学传感器,能够高灵敏度和高选择性地检测天然气中的不同种类的加臭剂浓度。电化学传感器通过电化学反应原理,能够准确检测低浓度的加臭剂成分,确保检测结果的可靠性和准确性。

[0083] 温度补偿模块通过实时获取的环境温度数据,对加臭剂浓度检测数据进行温度补偿。温度补偿算法能够消除环境温度对检测结果的影响,确保在不同温度条件下检测结果

的一致性和准确性。例如,在环境温度变化较大的情况下,温度补偿模块能够动态调整检测数据,提供温度补偿后的准确浓度值。

[0084] 环境湿度补偿模块通过实时获取的环境湿度数据,对温度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行湿度补偿。湿度补偿算法能够消除环境湿度对检测结果的影响,确保在不同湿度条件下检测结果的稳定性和可靠性。例如,在高湿度环境中,湿度补偿模块能够有效调整检测数据,提供湿度补偿后的准确浓度值。

[0085] 大气压力补偿模块通过实时获取的大气压力数据,对湿度补偿后的加臭剂浓度检测数据进行压力补偿。压力补偿算法能够消除大气压力对检测结果的影响,确保在不同压力条件下检测结果的准确性和一致性。例如,在高海拔或低海拔环境中,压力补偿模块能够动态调整检测数据,提供压力补偿后的准确浓度值。

[0086] 通过集成温度补偿、湿度补偿和压力补偿模块,加臭剂浓度监测装置实现了多重补偿机制。多重补偿机制能够综合考虑环境温度、湿度和压力对检测结果的影响,提供多重补偿后的高精度加臭剂浓度检测数据。多重补偿机制确保了检测结果的稳定性和可靠性,适用于各种复杂环境条件下的加臭剂浓度检测。

[0087] 加臭剂浓度监测装置能够实时监测天然气中的加臭剂浓度,并根据实时获取的环境参数进行动态调整。实时监测和动态调整功能确保了检测数据的实时性和准确性,能够及时反映环境条件的变化,提供准确的加臭剂浓度检测结果。

[0088] 通过高精度的加臭剂浓度检测和多重补偿机制,加臭剂浓度监测装置能够为智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统提供准确的检测数据。准确的检测数据能够提高系统的整体性能,确保加臭剂注入策略的准确性和有效性,优化加臭剂的使用,提高系统的智能性和自适应能力。

实施例三

[0089] 如图3所示,本实施例提供了一种用于智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的加臭剂特性传感器,包括密度传感器、气味强度传感器、挥发性传感器、表面吸附分析仪和电导率传感器中的任意多个。

[0090] 密度传感器安装在天然气管道上,用于实时检测气体状态下加臭剂的密度。密度传感器通过电缆与控制器电连接,将检测到的密度数据传输至控制器。气体密度传感器的工作过程是通过测量气体的质量和体积来计算其密度。

[0091] 气味强度传感器安装在天然气管道上,用于实时检测加臭剂所散发的气味强度。气味强度传感器通过电缆与控制器电连接,将检测到的气味强度数据传输至控制器。气味强度传感器的工作过程是通过检测气体分子与传感器表面发生的化学反应,产生与气味强度成正比的电信号。

[0092] 挥发性传感器安装在天然气管道上,用于实时检测加臭剂在天然气中的挥发性特性。挥发性传感器通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的挥发性数据传输至控制器。挥发性传感器的工作过程是通过测量气体分子的蒸气压来评估其挥发性。

[0093] 表面吸附分析仪安装在天然气管道上,用于测量加臭剂在不同材料表面的吸附特性。表面吸附分析仪通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的吸附数据传输至控制器。表面吸附分析仪的工作过程是通过测量气体分子在不同材料表面的吸附量来评估其吸附特性。

[0094] 电导率传感器安装在天然气管道上,用于实时检测气体状态下加臭剂的电导率。电导率传感器通过电缆或无线通信方式与控制器电连接,将检测到的电导率数据传输至控制器。气体电导率传感器的工作过程是通过测量气体的电导率来评估其离子浓度和化学性质。

[0095] 所有传感器(密度传感器、气味强度传感器、挥发性传感器、表面吸附分析仪和电导率传感器)均安装在天然气管道上,彼此相邻,形成一个传感器阵列。这样可以确保在天然气流经管道时,所有传感器能够同时检测到加臭剂的特性参数。所有传感器通过电缆或无线通信方式与控制器电连接。每个传感器的输出端通过电缆或无线通信方式连接到控制器的输入端,控制器接收并处理来自各个传感器的检测数据。

[0096] 具体地,挥发性是指加臭剂在气体中的蒸发能力或倾向。挥发性较高的物质容易从液态或固态转变为气态,因此在天然气中更容易分布均匀。挥发性特性对于加臭剂非常重要,因为它直接影响加臭剂的扩散速度和效果,进而影响天然气在使用时的气味感知。

[0097] 在进行挥发性的检测时,首先通过采样设备从天然气管道中提取一定量的天然气样品。采样设备需要确保样品的代表性,并防止样品在采集过程中发生变化。

[0098] 然后利用如下分析设备检测挥发性有机化合物:

气相色谱仪(GC):气相色谱仪是一种检测挥发性有机化合物的设备。气体样品被注入气相色谱仪,通过载气(如氦气或氮气)的推动,样品中的各组分在色谱柱中分离。不同组分根据其化学性质在色谱柱中移动的速度不同,最终在检测器处被检测到。检测器将这些信号转化为色谱图,显示各组分的相对浓度和挥发性。

[0099] 质谱仪(MS):气相色谱仪与质谱仪(GC-MS)联用可以进一步提高检测精度。样品在气相色谱柱中分离后进入质谱仪,质谱仪通过电离和检测分子碎片的质量-电荷比来识别各组分的化学结构和浓度。这种方法能够提供非常精确的挥发性有机化合物的定性和定量信息。

[0100] 傅里叶变换红外光谱仪(FTIR):FTIR可以通过检测挥发性有机化合物在红外光谱区的吸收特性来分析其组成和浓度。气体样品被引入FTIR中,红外光通过样品时,各种成分会吸收特定波长的红外光,从而产生特征吸收谱图。通过分析这些谱图,可以确定挥发性有机化合物的种类和含量。

[0101] 电子鼻:电子鼻是一种模拟人类嗅觉的传感器系统,由多个化学传感器组成,每个传感器对不同的挥发性有机化合物敏感。样品气体通过传感器阵列时,各传感器产生的响应信号经过数据处理和模式识别,得到样品中挥发性成分的特征指纹图谱。这种方法可以快速检测并区分不同的挥发性有机化合物。

[0102] 挥发性的检测对于确保天然气加臭剂在整个管道系统中的均匀分布至关重要。高挥发性的加臭剂能够迅速扩散,确保即使在低浓度下也能被嗅觉感知,从而提高天然气的安全性。此外,检测加臭剂的挥发性特性还可以帮助优化加臭剂的配方和使用策略,提高其使用效果和经济性。

[0103] 具体地,气味强度指的是物质在气相中被嗅觉感知到的程度。气味强度与挥发性有关,但不仅仅取决于物质的挥发性,还与其化学性质和人类嗅觉系统的敏感性有关。气味强度检测设备如下:气味传感器(电子鼻),其由多个化学传感器组成,每个传感器对不同的气味成分敏感,模拟人类嗅觉系统。挥发性关注的是物质进入气态的能力和速度,主要影响

物质在气相中的分布。气味强度关注的是物质在气相中对嗅觉的影响,主要影响人类感知到的气味的强弱。挥发性的检测主要依赖气相色谱、质谱、红外光谱等设备,这些设备分析物质的化学成分和浓度。气味强度的检测更多依赖气味传感器(电子鼻),专注于物质对嗅觉的影响。

[0104] 具体地,吸附特性指的是加臭剂在天然气管道或容器内壁上的吸附行为。这种行为描述了加臭剂分子如何在接触固体表面(例如管道壁、储存罐内壁等)时,被表面物质捕获和停留的过程。吸附特性对加臭剂的有效性和浓度控制具有重要影响。过多的吸附会导致加臭剂在输送过程中被固体表面捕获,减少其在天然气中的有效浓度,从而影响加臭剂的功能。同时,了解吸附特性有助于选择适合的管道材料和涂层,以减少加臭剂的损耗。表面吸附分析仪通过测量加臭剂分子在固体表面上的吸附量和吸附速率来评估其吸附特性。

[0105] 加臭剂特性传感器的工作过程包括如下步骤:

S41、密度检测:天然气流经密度传感器,传感器测量气体的质量和体积,计算其密度,并将密度数据传输至控制器。

[0106] S42、气味强度检测:天然气流经气味强度传感器,传感器通过检测气体分子与传感器表面发生的化学反应,产生与气味强度成正比的电信号,并将气味强度数据传输至控制器。

[0107] S43、挥发性检测:天然气流经挥发性传感器,传感器通过测量气体分子的蒸气压来评估其挥发性,并将挥发性数据传输至控制器。

[0108] S44、表面吸附检测:天然气流经表面吸附分析仪,传感器通过测量气体分子在不同材料表面的吸附量来评估其吸附特性,并将吸附数据传输至控制器。

[0109] S45、电导率检测:天然气流经电导率传感器,传感器测量气体的电导率,评估其离子浓度和化学性质,并将电导率数据传输至控制器。

[0110] 假设在某天然气管道系统中,以下是各个传感器的检测数据:密度传感器检测到当前天然气中的加臭剂密度为 0.8 g/cm^3 。气味强度传感器检测到当前加臭剂的气味强度为50 ppm。挥发性传感器检测到当前加臭剂的蒸气压为20 kPa。表面吸附分析仪检测到当前加臭剂在金属表面的吸附量为 0.5 mg/m^2 。电导率传感器检测到当前加臭剂的电导率为 0.1 S/m 。控制器接收并处理上述数据,结合其他传感器的数据,计算出最优的加臭剂注入策略。

[0111] 在智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统中,加入加臭剂特性传感器并实时检测加臭剂的多种特性参数(密度、气味强度、挥发性、表面吸附、电导率)能够显著提高系统的精确性和智能化水平。

[0112] 通过实时检测加臭剂的密度、气味强度、挥发性、表面吸附和电导率等特性参数,系统能够全面了解加臭剂的物理和化学特性,从而制定更加精确的注入策略。例如,密度检测可以帮助确定加臭剂的质量和体积关系,确保注入量的准确性;气味强度检测可以确保加臭剂的气味效果达到预期;挥发性检测可以评估加臭剂在天然气中的扩散能力,确保其均匀分布;表面吸附检测可以评估加臭剂在管道内壁的吸附情况,避免加臭剂的损失;电导率检测可以评估加臭剂的离子浓度和化学性质,确保其化学稳定性。

[0113] 通过实时监测加臭剂的多种特性参数,系统能够根据实时数据动态调整注入策略,确保加臭剂在不同环境条件下的最佳效果。例如,在高温高湿环境下,挥发性较高的加

臭剂需要增加注入频率和注入量；在低温低湿环境下，密度较大的加臭剂需要延长注入时长和增加注入速率；在管道内壁吸附较严重的情况下，需要调整注入量分布，确保加臭剂在管道中的均匀分布。

[0114] 通过综合分析加臭剂的多种特性参数，系统能够自适应地调整注入策略，适应不同的运行条件和环境变化，提高系统的自适应能力。例如，系统可以根据实时数据和历史数据，预测加臭剂的消耗速率和剩余量，提前调整注入策略，避免加臭剂不足或过量；系统可以根据加臭剂的特性参数，优化注入策略，确保加臭剂在不同管道长度和流动特性下的均匀分布。

[0115] 通过精确控制加臭剂的注入量和分布，系统能够确保天然气的气味效果和安全性，提高用户的使用体验。例如，均匀分布的加臭剂能够确保天然气在泄漏时能够被及时检测到，提高天然气的安全性；精确控制的加臭剂注入量能够确保天然气在使用时具有一致的气味感知，提高用户的使用效果。

[0116] 通过精确控制加臭剂的注入量和分布，系统能够减少加臭剂的浪费，提高资源利用效率，降低运行成本。例如，通过实时监测和动态调整注入策略，系统能够避免过量或不足的加臭剂注入，减少加臭剂的浪费；通过优化注入策略，系统能够提高加臭剂的使用效率，降低运行成本。

[0117] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

实施例四

[0118] 如图4所示，本实施例提供了一种用于智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的预测警报模块。该预测警报模块用于根据实时气体流量检测数据和实时加臭剂浓度检测数据，计算天然气管道中加臭剂的消耗速率，并根据计算出的加臭剂消耗速率，预测加臭剂储罐的剩余量。当所述剩余量低于预设阈值时，触发加臭剂补充警报。

[0119] 预测警报模块安装在控制器中，通过电缆或无线通信方式与气体流量传感器和加臭剂浓度监测装置电连接。预测警报模块接收并处理来自气体流量传感器和加臭剂浓度监测装置的实时数据。

[0120] 预测警报模块的工作过程包括如下步骤：

S51、数据采集：预测警报模块实时接收气体流量传感器检测到的气体流量数据和加臭剂浓度监测装置检测到的加臭剂浓度数据。

[0121] S52、消耗速率计算：预测警报模块根据实时气体流量检测数据和实时加臭剂浓度检测数据，计算天然气管道中加臭剂的消耗速率。消耗速率的计算公式如下：

消耗速率=气体流量×加臭剂浓度。

[0122] S53、剩余量预测：预测警报模块采用先进的预测算法，例如时间序列分析 (ARIMA

(Autoregressive Integrated Moving Average, 自回归积分滑动平均) 模型)、机器学习算法(如随机森林、支持向量机)或深度学习算法(例如LSTM)来预测加臭剂储罐的剩余量。预测算法不仅考虑当前的消耗速率,还结合历史数据和环境参数进行综合分析。

[0123] 在预测警报模块的工作过程中,预测算法不仅考虑当前的消耗速率,还结合历史数据和环境参数进行综合分析,以提高预测的准确性和可靠性。具体地,当前的消耗速率通过实时气体流量检测数据和加臭剂浓度检测数据计算得出。预测算法例如时间序列分析(ARIMA模型)、机器学习算法(例如随机森林、支持向量机)或深度学习算法(例如LSTM)会将当前的消耗速率作为输入变量之一。同时,预测算法还会利用历史数据,包括过去的气体流量、加臭剂浓度、环境温度、环境湿度、大气压力等参数,来捕捉数据中的时间依赖性和趋势。此外,环境参数如温度、湿度和压力等也会作为输入变量,帮助算法更好地理解 and 预测加臭剂的消耗模式。通过综合分析当前的消耗速率、历史数据和环境参数,预测算法能够更准确地预测加臭剂储罐的剩余量,及时触发警报,确保系统的正常运行和加臭剂的及时补充。

[0124] S54、警报触发:当预测的加臭剂储罐剩余量低于预设阈值时,预测警报模块触发加臭剂补充警报,通知操作人员进行加臭剂补充。

[0125] 假设在某天然气管道系统中,气体流量传感器检测到当前天然气流量为500立方米/小时,加臭剂浓度监测装置检测到当前加臭剂浓度为10 ppm。加臭剂储罐的初始储量为1000升,预设阈值为100升。

[0126] 在数据采集步骤,预测警报模块实时接收气体流量数据(500立方米/小时)和加臭剂浓度数据(10 ppm)。

[0127] 在消耗速率计算步骤,预测警报模块计算加臭剂的消耗速率:

$$\text{消耗速率} = 500 \text{ 立方米/小时} \times 10 \text{ ppm} = 5 \text{ 升/小时}。$$

[0128] 在剩余量预测步骤,预测警报模块采用LSTM模型进行剩余量预测。LSTM模型通过学习历史数据和当前数据,预测未来的加臭剂消耗情况。假设经过100小时的运行时间,LSTM模型预测未来80小时的消耗速率如下:

$$\text{未来消耗速率} = [5.1, 5.2, 5.0, 4.9, 5.3, \dots] \text{ 升/小时}。$$

[0129] 根据预测的消耗速率,计算未来80小时的总消耗量:

$$\text{总消耗量} = \sum_{i=1}^{80} \text{未来消耗速率}_i。$$

[0130] 假设总消耗量为400升,则剩余量预测如下:

$$\text{剩余量} = 1000 \text{ 升} - 400 \text{ 升} = 600 \text{ 升}。$$

[0131] 在警报触发步骤,当预测的加臭剂储罐剩余量低于预设阈值(100升)时,预测警报模块触发加臭剂补充警报。假设经过180小时的运行时间,LSTM模型预测未来20小时的总消耗量为100升,则剩余量计算如下:

$$\text{剩余量} = 600 \text{ 升} - 100 \text{ 升} = 500 \text{ 升}。$$

[0132] 此时,预测警报模块触发加臭剂补充警报,通知操作人员进行加臭剂补充。

[0133] 预测警报模块通过先进的预测算法,结合实时监测和历史数据,准确预测加臭剂储罐的剩余量,并在需要时及时触发警报,确保系统的正常运行和加臭剂的及时补充。

[0134] 实施例五

如图5所示,本实施例提供了一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制方法,包括以下步骤:

S1:获取天然气管道中的实时气体流量检测数据。

[0135] 通过安装在天然气管道上的气体流量传感器,实时获取天然气管道中的气体流量检测数据。例如,气体流量传感器检测到当前天然气流量为500立方米/小时。

[0136] S2:获取天然气中的实时加臭剂浓度检测数据。

[0137] 通过安装在天然气管道上的加臭剂浓度监测装置,实时获取天然气中的加臭剂浓度检测数据。例如,加臭剂浓度监测装置检测到当前加臭剂浓度为10 ppm。

[0138] S3:获取包括环境温度、环境湿度和大气压力在内的实时环境参数。

[0139] 通过安装在天然气管道周围的环境参数传感器,实时获取环境温度、环境湿度和大气压力等环境参数。例如,环境参数传感器检测到环境温度为25摄氏度、环境湿度为60%、大气压力为1013 hPa。

[0140] S4:获取天然气中的实时加臭剂特性参数。

[0141] 通过加臭剂特性传感器,实时检测天然气中的加臭剂特性参数。例如,加臭剂特性传感器检测到加臭剂的密度为0.8 g/cm³、气味强度为50 ppm、挥发性特性为20 kPa、在金属表面的吸附量为0.5 mg/m²、电导率为0.1 S/m。

[0142] S5:接收并处理包括所述实时气体流量检测数据、实时加臭剂浓度检测数据、实时环境参数和实时加臭剂特性参数在内的实时数据。

[0143] 控制器的数据处理模块接收并处理上述实时数据,进行数据清洗和预处理,确保数据的准确性和一致性。

[0144] S6:基于深度学习的神经网络模型,结合所述实时数据,输出最优的加臭剂注入策略。

[0145] 加臭剂注入策略确定模块基于深度学习的神经网络模型,结合实时数据,计算出最优的加臭剂注入策略。神经网络模型通过多层感知器(MLP)、卷积神经网络(CNN)或长短期记忆网络(LSTM)等结构,提取和处理输入数据的特征,输出最优的加臭剂注入策略。

[0146] S7:根据所述最优的加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,所述多个参数包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布,将加臭剂注入天然气管道中。

[0147] 控制模块根据计算出的最优加臭剂注入策略,控制加臭剂注入泵的多个参数,包括注入速率、注入时长、注入频率和注入量分布。例如,控制模块控制加臭剂注入泵的注入速率为0.5升/小时、注入时长为10分钟、注入频率为每小时注入一次、注入量分布为均匀分布。

[0148] 本实施例展示了智能自适应天然气加臭剂浓度控制方法的工作原理,各个传感器协同工作,实时检测气体状态下加臭剂的多种特性参数,并将数据传输至控制器,控制器基于深度学习的神经网络模型计算出最优的加臭剂注入策略,从而实现智能化和自适应的加臭剂注入控制。

[0149] 实施例六

本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述程序被处理器执行时实现如上述任意一种智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的控制方

法。

[0150] 所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。当然,还有其他方式的可读存储介质,例如量子存储器、石墨烯存储器等等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0151] 本发明还提供了一种电子设备。本发明实施例的电子设备包括:一个或多个处理器;存储装置,用于存储一个或多个程序,当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现本发明所提供的智能自适应天然气加臭剂浓度控制系统的控制方法。

[0152] 下面参考图6,其示出了适于用来实现本发明实施例的电子设备的计算机系统600的结构示意图。图6示出的电子设备仅仅是一个示例,不应对本发明实施例的功能和使用范围带来任何限制。

[0153] 如图6所示,计算机系统600包括中央处理单元(CPU)601,其可以根据存储在只读存储器(ROM)602中的程序或者从存储部分608加载到随机访问存储器(RAM)603中的程序而执行各种适当的动作和处理。在RAM603中,还存储有计算机系统600操作所需的各种程序和数据。CPU601、ROM 602以及RAM 603通过总线604彼此相连。输入/输出(I/O)接口605也连接至总线604。

[0154] 以下部件连接至I/O接口605:包括键盘、鼠标等的输入部分606;包括诸如阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)等以及扬声器等的输出部分607;包括硬盘等的存储部分608;以及包括诸如LAN卡、调制解调器等的网络接口卡的通信部分609。通信部分609经由诸如因特网的网络执行通信处理。驱动器610也根据需要连接至I/O接口605。可拆卸介质611,诸如磁盘、光盘、磁光盘、半导体存储器等等,根据需要安装在驱动器610上,以便从其上读出的计算机程序根据需要被安装入存储部分608。

[0155] 特别地,根据本发明公开的实施例,上文的主要步骤图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如,本发明实施例包括一种计算机程序产品,其包括承载在计算机可读介质上的计算机程序,该计算机程序包含用于执行主要步骤图所示的方法的程序代码。在上述实施例中,该计算机程序可以通过通信部分609从网络上被下载和安装,和/或从可拆卸介质611被安装。在该计算机程序被中央处理单元601执行时,执行本发明的系统中限定的上述功能。

[0156] 需要说明的是,本发明所示的计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是一——但不

限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件,或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于:具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器(CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本发明中,计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。在本发明中,计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号,其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式,包括但不限于电磁信号、光信号或上述任意合适的组合。计算机可读信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质,该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括但不限于:无线、电线、光缆、RF等等,或者上述的任意合适的组合。

[0157] 附图中的流程图和框图,图示了按照本发明各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分,上述模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这根据所涉及的功能而定。也要注意,框图或流程图中的每个方框、以及框图或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0158] 描述于本发明实施例中涉及到的单元可以通过软件的方式实现,也可以通过硬件的方式来实现。所描述的单元也可以设置在处理器中,这些单元的名称在某种情况下并不构成对该单元本身的限定。

[0159] 上述具体实施方式,并不构成对本发明保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是,取决于设计要求和因素,可以发生各种各样的修改、组合、子组合和替代。任何在本发明的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明保护范围之内。

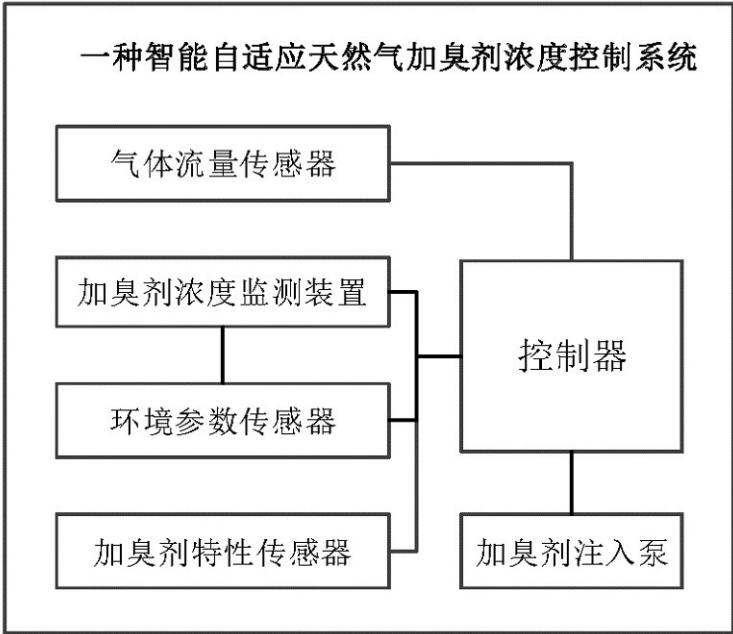


图 1

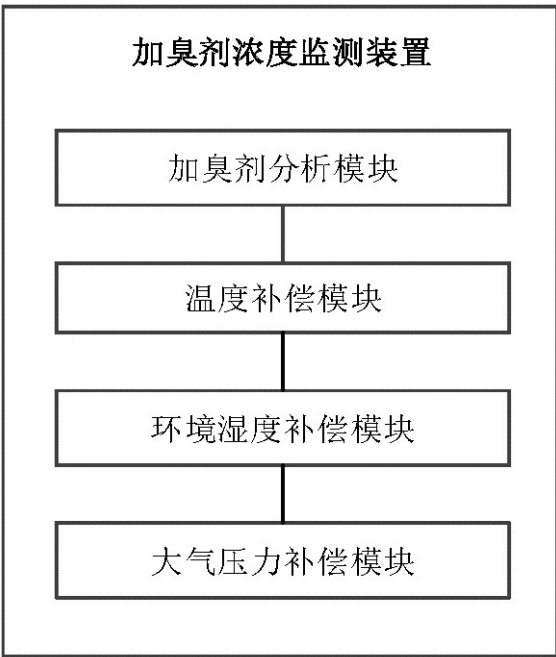


图 2

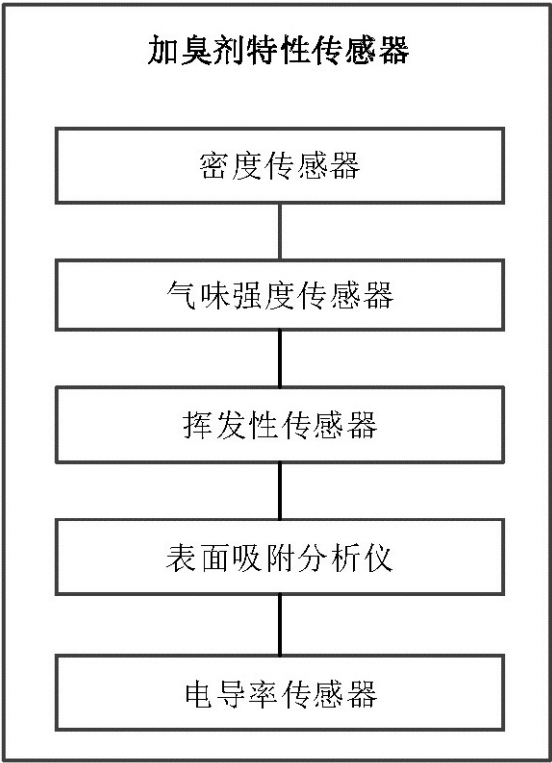


图 3

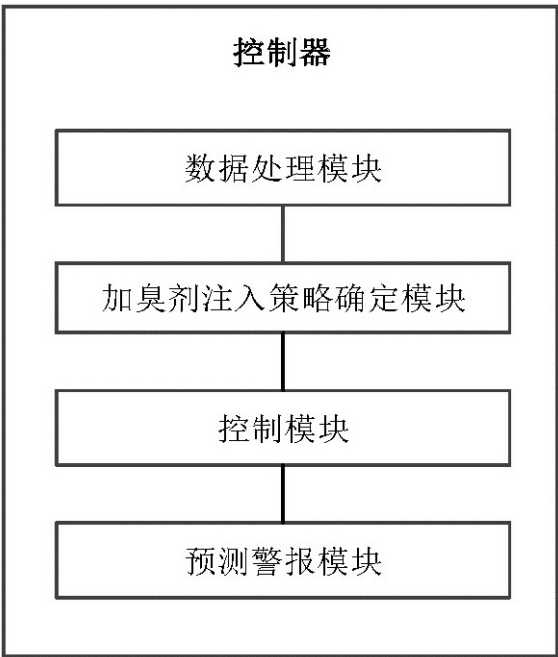


图 4

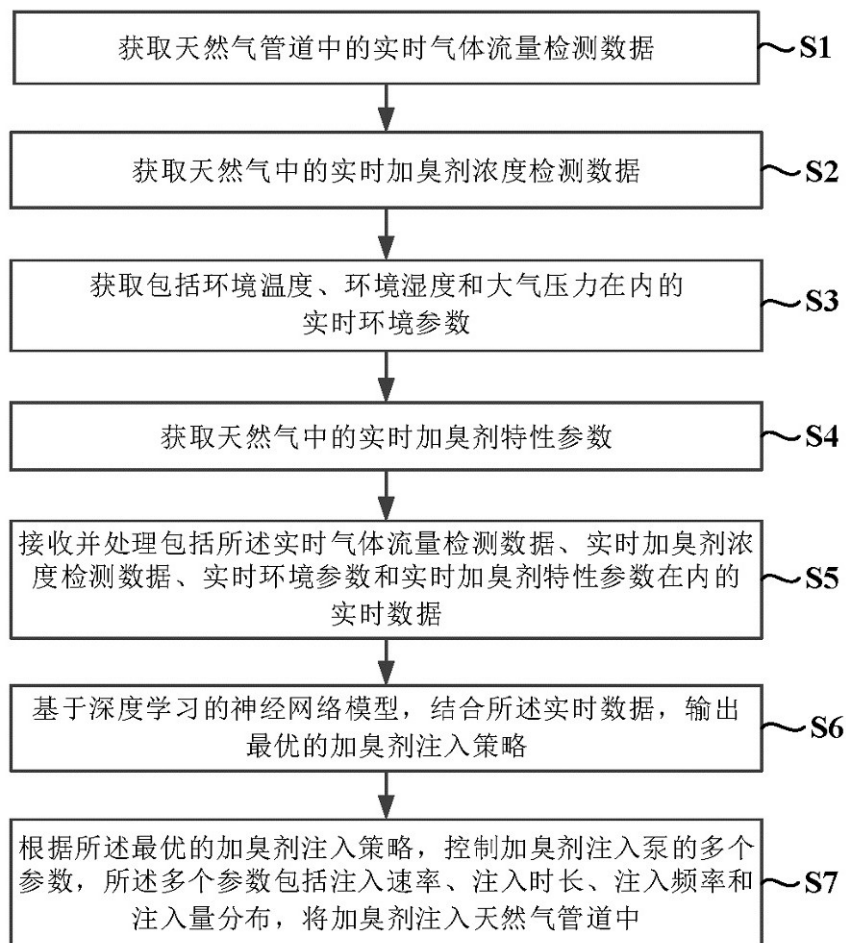


图 5

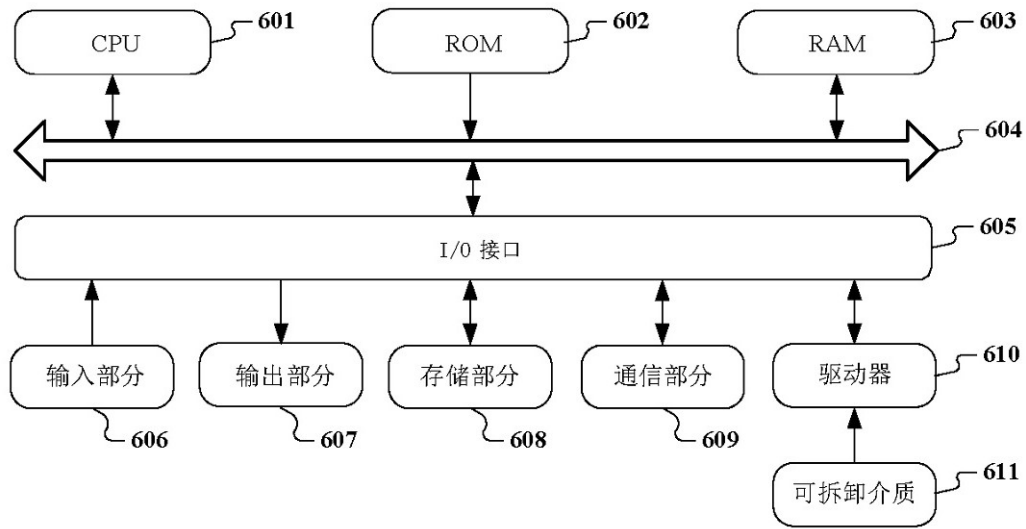
600

图 6