



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105158205 B

(45)授权公告日 2018.05.01

(21)申请号 201510677167.6

(22)申请日 2015.10.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105158205 A

(43)申请公布日 2015.12.16

(73)专利权人 姚鹏信

地址 163316 黑龙江省大庆市高新区火炬新街40号新兴产业孵化器4号楼A座808室

(72)发明人 姚鹏信 刘松斌

(74)专利代理机构 大庆市远东专利商标事务所

23202

代理人 周英华

(51)Int.Cl.

G01N 21/39(2006.01)

(56)对比文件

CN 102914515 A,2013.02.06,

CN 104181953 A,2014.12.03,

CN 101149342 A,2008.03.26,

CN 104914219 A,2015.09.16,

US 3280625 A,1966.10.25,

US 3972125 A,1976.08.03,

CN 204989010 U,2016.01.20,

CN 104160294 A,2014.11.19,

审查员 刘东晓

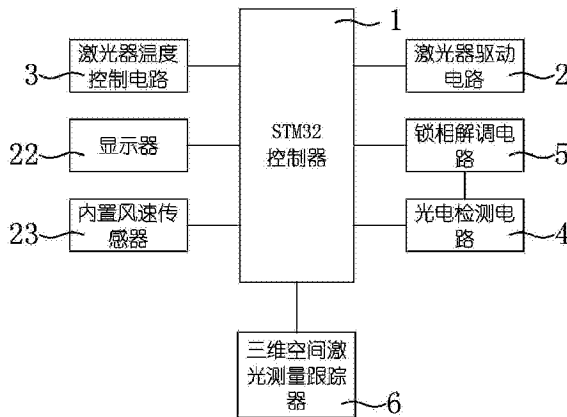
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置

(57)摘要

本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置涉及到气体检测分析领域,是由STM32控制器、激光器驱动电路、激光器温度控制电路、光电检测电路、锁相解调电路、三维空间激光测量跟踪器和内置风速传感器构成,STM32控制器分别与激光器驱动电路、激光器温度控制电路、锁相解调电路和三维空间激光测量跟踪器电路联接;光电检测电路与锁相解调电路联接。本发明其测量速度快,达到ms级的响应时间,测量灵敏度高,达到ppm量级,最大检测距离100米,30米长的范围一次检测完成,提高了检测效率;对环境要求不高,在高粉尘、强腐蚀性的被测气体环境,对测量结果无影响;而且遥距检测功能使得一些不能到达或者难以到达的地方检测得以实现。



1. 甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置测量甲烷浓度的方法,其特征在于识别甲烷气团在三维空间的界面分布,根据甲烷气体扩散规律,采用改进的高斯扩散模型作为甲烷气体扩散模型,动态模拟甲烷气体的实际工况,并通过可调量程激光近红外甲烷检测原理测得甲烷气团浓度,其具体操作步骤如下:

1) 甲烷气团界面的识别:向甲烷气团方向由下逐渐向上多次发射激光束,通过检测反射的激光束是否被吸收来判断其是否经过甲烷气团,并利用三维空间激光测量跟踪器记录此照射点的空间坐标,开始向下方发射的激光束测得甲烷气团浓度为零时,则表明该点下方区域无甲烷气体,甲烷气团浓度从无到有即视为经过甲烷气团下方边界,甲烷气团浓度从有到无即视为经过甲烷气团上方边界;

2) 甲烷气团界面垂直地面的切面距离的确认:通过步骤一获取的空间坐标数据并运用三角函数及微分积分方程,得到甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离;

3) 调节量程对甲烷气团浓度的检测:当激光检测确定泄漏点甲烷气团扩散边界,根据步骤二得到的甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离,通过可调量程激光遥测技术测定甲烷气团浓度,根据朗伯比尔定律、甲烷气团吸收洛伦兹线型和波长调制技术,得到直流以及谐波;

4) 甲烷气团浓度的计算:通过步骤1)、步骤2)和步骤3)并采用可调量程激光遥测技术和归一化的方法,即可确定甲烷气团的浓度。

甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及到气体检测分析领域,尤其涉及到一种甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置。

背景技术

[0002] 按照气体检测原理可以将甲烷气体检测方法分为如下几类:气敏检测法、气相色谱检测法、光干涉检测法、差分检测法、可调谐半导体激光吸收光谱检测法等,现对其的不足之处进行说明:气敏检测法存在的问题是检测性能与敏感元件的制作、工艺等密切相关,并且检测结果还受到检测现场温度等环境因素的影响。检测响应速度较慢、元件容易中毒且寿命短;气相色谱法需要待测物的纯品色谱定性数据,对组分未知的混合物难以做出定性的分析,采用过程可能会发生附加反应,响应时间较长、无法进行实时测量、测量系统复杂、无法实现在线测量,只能单点监测,不能反映被测环境的整体情况;光干涉检测法难以实现遥测,线性范围窄,长期稳定性差,需后期加工;可调谐二极管激光器气体光谱吸收检测法对激光器提出了很高的要求,需要光源可调谐范围较宽,频率稳定性高,对温度调谐和电流调谐控制精度很高,光源驱动电路较复杂,同时,激光器的价格比较昂贵。

[0003] 现在多数使用的为美国汉斯生产的专门用于甲烷的气体检测仪和日本东京燃气公司生产的32A型甲烷气体检测仪,前者经用户使用柱密度浓度值测量存在较大的误差,误报率比较高,同时,手持设备与机箱通过刚性连接管连接,在使用过程中易折断;后者测量距离比较短,工作环境温度必须在零摄氏度以上才能正常工作,这就限制了其使用,动态响应较慢,电池使用不能超过1小时。

[0004] 最重要的是国内外关于甲烷气体激光检测仪器设备,大都采用TDLAS技术测量的甲烷气团柱密度值,它的单位是ppm.m,这一结果不能实时显示甲烷气团当前浓度值,存在很大的偏差,这是当前测量仪器存在的重大缺陷。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是为了克服上述问题,提供了一种甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置。

[0006] 本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置,是由STM32控制器、激光器驱动电路、激光器温度控制电路、光电检测电路、锁相解调电路、三维空间激光测量跟踪器和内置风速传感器构成,STM32控制器分别与激光器驱动电路、激光器温度控制电路、锁相解调电路和三维空间激光测量跟踪器电路联接;光电检测电路与锁相解调电路联接。

[0007] 作为本发明的进一步改进,激光器驱动电路包括正弦波发生电路I、正弦波发生电路II、锯齿波发生电路、恒流源电路和激光器,其中正弦波发生电路I、正弦波发生电路II和锯齿波发生电路的一端均与STM32控制器电路联接,正弦波发生电路I的另一端电路连接有

带通滤波器I,正弦波发生电路II的另一端电路连接有带通滤波器II;带通滤波器I、锯齿波发生电路和STM32控制器的数模输出接口DA均与求和电路连接,求和电路、恒流源电路和激光器依次电路联接。

[0008] 作为本发明的进一步改进,激光器温度控制电路中包括TEC驱动芯片、激光器TEC、激光器温度检测电阻、恒流源发生电路和调理电路,其中TEC驱动芯片的一端与STM32控制器电路联接、另一端与激光器TEC电路联接,激光器温度检测电阻置于激光器内且分别与恒流源发生电路和调理电路联接,调理电路与STM32控制器电路联接。

[0009] 作为本发明的进一步改进,锁相解调电路是由依次电路联接的前置放大电路、带通滤波电路和锁相环电路构成,其中前置放大电路与光电检测电路联接;锁相环电路分别与带通滤波器I、带通滤波器II电路联接且通过电压调理电路与STM32控制器电路联接。

[0010] 作为本发明的进一步改进,该可调量程激光遥测甲烷浓度装置设有显示器,且该显示器与STM32控制器电路联接。

[0011] 使用甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置测量甲烷浓度的方法,识别甲烷气团在三维空间的界面分布,根据甲烷气体扩散规律,采用改进的高斯扩散模型作为甲烷气体扩散模型,动态模拟甲烷气体的实际工况,并通过可调量程激光近红外甲烷检测原理测得甲烷气团浓度,其具体操作步骤如下:

[0012] 1) 甲烷气团界面的识别:向甲烷气团方向由下逐渐向上多次发射激光束,通过检测反射的激光束是否被吸收来判断其是否经过甲烷气团,并利用三维空间激光测量跟踪器记录此照射点的空间坐标,开始向下方发射的激光束测得甲烷气团浓度为零时,则表明该点下方区域无甲烷气体,甲烷气团浓度从无到有即视为经过甲烷气团下方边界,甲烷气团浓度从有到无即视为经过甲烷气团上方边界;

[0013] 2) 甲烷气团界面垂直地面的切面距离的确认:通过步骤一获取的空间坐标数据并运用三角函数及微积分方程,得到甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离;

[0014] 3) 调节量程对甲烷气团浓度的检测:当激光检测确定泄漏点甲烷气团扩散边界,根据步骤二得到的甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离,通过可调量程激光遥测技术测定甲烷气团浓度,根据朗伯比尔定律、甲烷气团吸收洛伦兹线型和波长调制技术,得到直流以及谐波;

[0015] 4) 甲烷气团浓度的计算:通过步骤一、步骤二和步骤三并采用可调量程激光遥测技术和归一化的方法确定甲烷气团的浓度,即可确定甲烷气团的浓度。

[0016] 本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的方法和装置,操作灵活,可便携式巡检,也可装在车上进行车载式巡检;其测量速度快,可以达到ms级的响应时间,测量灵敏度高,可以达到ppm量级,最大检测距离100米,30米长的范围一次检测完成,大大提高了检测效率;对环境要求不高,在高粉尘、强腐蚀性的被测气体环境,对测量结果无影响;而且遥距检测功能使得一些不能到达或者难以到达的地方检测得以实现。

附图说明

[0017] 附图1为本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置的模块图;

[0018] 附图2为本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置的激光器驱动电路的模块图；

[0019] 附图3为本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置的激光器温度控制电路的模块图；

[0020] 附图4为本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置的锁相解调电路的模块图；

[0021] 附图5为本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置的激光器TEC温度控制系统框图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置,作进一步说明:

[0023] 本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置,如图1所示,是由STM32控制器1、激光器驱动电路2、激光器温度控制电路3、光电检测电路4、锁相解调电路5和三维空间激光测量跟踪器6构成,STM32控制器1分别与激光器驱动电路2、激光器温度控制电路3、锁相解调电路5和三维空间激光测量跟踪器6电路联接;光电检测电路4与锁相解调电路5电路联接。

[0024] 如图2所示,激光器驱动电路包括正弦波发生电路I7、正弦波发生电路II 25、锯齿波发生电路8、恒流源电路9和激光器10,其中STM32控制器1外设接口SPI与正弦波发生电路I7、正弦波发生电路II 25和锯齿波发生电路8的串行外设接口相联接,STM32控制器1的GPIO与正弦波发生电路I7、正弦波发生电路II 25和锯齿波发生电路8芯片选通端相联接,正弦波发生电路I7的输出端与带通滤波器I11的输入端相联接,正弦波发生电路II 25的输出端与带通滤波器II 24的输入端相联接;STM32控制器1的数模输出接口DA、带通滤波器I11和锯齿波发生电路8与求和电路12的输入端相联接,求和电路12的输出端与恒流源电路9的输入端相联接,激光器10阳极与恒流源电路9的正极相联接,激光器10阴极与恒流源电路9开关管的漏极相联接。

[0025] STM32控制器1通过SPI串行外设接口驱动正弦波发生电路I7产生调制波信号、正弦波发生电路II 25产生倍频解调信号,调制波信号的频率范围为10KHz~50KHz,倍频解调信号的频率范围20KHz~100KHz,并且STM32控制器1还通过SPI串行外设接口驱动锯齿波发生电路8产生低频锯齿波扫描信号,低频锯齿波扫描信号的频率为0.2Hz~50Hz。调制波信号和倍频解调信号分别通过带通滤波器I11和带通滤波器II 24滤波后得到比较光滑的正弦波,调制波信号和低频锯齿波扫描信号、STM32控制器1数模输出接口DA产生的偏置信号共同叠加,通过恒流源电路9驱动激光器10产生甲烷气体吸收谱最大吸收峰值对应的波长。

[0026] 如图3所示,激光器温度控制电路3中包括TEC驱动芯片13、激光器TEC14、激光器温度检测电阻15、恒流源发生电路16和调理电路17,激光器温度检测电阻15置于激光器10内;STM32控制器1的脉冲宽度输出端与TEC驱动芯片13的PWM IN+和PWM IN-相联接,TEC驱动芯片13输出端TEC+和TEC-分别与激光器10的TEC+和TEC-相联接;激光器温度检测电阻15串联在恒流源发生电路16中,激光器温度检测电阻15差分输入端与一个仪表放大电路的同相输入端和反相输入端相联接,该仪表放大电路的输出端与调理电路17的输入端相联接,调理

电路17的输出端与STM32控制器1的模数转换端口AD相联接。

[0027] 恒流源发生电路16产生的恒流通过激光器温度检测电阻15,激光器温度检测电阻15检测激光器10内部实际的温度,将激光器10实际温度转换成电压信号,该电压信号经过调理电路17转换成STM32控制器1的模数转换端口AD端口电压范围内,与STM32控制器1内部给定电压基准作差,通过PID结合神经元自适应控制算法求出控制量,控制量与载波进行比较后产生可调的PWM信号驱动TEC驱动芯片13,TEC驱动芯片13输出端控制激光器TEC14的正极和负极,通过控制流过激光器TEC14电流的正向流动和反向流动,达到控制激光器10提高温度和降低温度的目的,这样可以控制激光器10实际温度跟随给定温度变化,稳态时实现稳态无静差,温度稳定精度达到 0.01°C ,实现了激光器10温度对波长的调谐。

[0028] 该激光器温度控制电路3还可以作为光电检测电路4的温度控制电路。

[0029] 如图4所示,光电检测电路4的输出端与前置放大电路18的输入端相联接,前置放大电路18输出端与带通滤波电路19的输入端联接,带通滤波电路19的输出端与锁相环电路20的输入端联接,带通滤波器I11和带通滤波器II24分别与锁相环电路20的输入端联接,锁相环电路20的输出端通过电压调理电路21与STM32控制器1的模数转换端口AD相联接。

[0030] 激光器10发出的激光经过开放的含有甲烷气团吸收后,照射到另一端的目標,部分经过漫反射之后微弱的光经光电检测电路4检测,由前置放大电路18放大,通过带通滤波电路19锁住有用的信号,并滤除干扰信号,将含有调制波信号和倍频信号通过锁相环电路20进行提取,电压调理电路21转换成STM32控制器1的模数转换端口AD端口的端口电压,采用低通滤波算法解算出甲烷气体的浓度。

[0031] 本发明的甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置还设有显示器22,且该显示器22与STM32控制器1电路联接。

[0032] 使用甲烷气团界面识别和可调量程激光遥测甲烷浓度的装置测量甲烷浓度的方法,识别甲烷气团在三维空间的界面分布,根据甲烷气体扩散规律,采用改进的高斯扩散模型作为甲烷气体扩散模型,动态模拟甲烷气体的实际工况,并通过可调量程激光近红外甲烷检测原理测得甲烷气团浓度,其具体操作步骤如下:

[0033] 1) 甲烷气团界面的识别:当甲烷气体从泄漏点逸出并形成甲烷气团时,确定和识别甲烷气团在三维空间的界面分布非常重要,为下一步遥测甲烷气团浓度奠定基础。甲烷气团在空间任一点位置可通过本装置内置三维空间激光测量跟踪器6,检测人员每次向不同的方向发射激光束,激光束通过背景漫反射经光电检测电路4检测(检测仪器内部可集成多个光电检测电路4阵列,只有发射方向反射回来的激光束才能被检测),如果没有照射到甲烷气团,则检测甲烷浓度值为零,说明在激光照射点下方区域没有甲烷气体泄漏,同时,记录照射点空间位置信息;这样,不断地照射,并记录空间位置信息;当激光束照射到甲烷气团外边界时,激光被甲烷气团吸收,经过背景漫反射之后经光电检测电路4检测甲烷气团浓度发生了变化,此时说明激光束扫描到甲烷气团的外边界。同理,当甲烷气团浓度从无到有,说明激光束扫描到甲烷气团另一个边界。这样,通过激光甲烷检测和三维空间激光跟踪技术就可以确定高浓度甲烷气团扩散界面。

[0034] 总之,向甲烷气团方向由下逐渐向上多次发射激光束,通过检测反射的激光束是否被吸收来判断其是否经过甲烷气团,并记录此照射点的空间坐标,开始向下方发射的激光束测得甲烷气团浓度为零时,则表明该点下方区域无甲烷气团,甲烷气团浓度从无到有

即视为经过甲烷气团下方边界,甲烷气团浓度从有到无即视为经过甲烷气团上方边界,甲烷气体扩散模型采用改进的高斯扩散模型为:

$$[0035] \quad C(x, y, z) = \frac{1}{2} \chi \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{x}{\sqrt{2} \delta_x} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x - \bar{u}t}{\sqrt{2} \delta_x} \right] \right\}$$

$$[0036] \quad \chi = \frac{q}{2\pi\delta_y\delta_z\bar{u}} \exp\left(-\frac{y^2}{2\delta_y^2}\right) \left\{ \left[-\frac{(z-H)^2}{2\delta_z^2} \right] + \left[-\frac{(z+H)^2}{2\delta_z^2} \right] \right\}$$

[0037] 其中 $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-\eta^2) d\eta$, 该 $\operatorname{erf}(x)$ 为误差函数, $C(x, y, z)$ 为甲烷气团扩散

到空间的浓度, x, y, z 为任一点空间坐标, $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ 为 x, y, z 方向扩散标准差, x 为泄漏点连续排放甲烷气团浓度分布函数, \bar{u} 为内置风速传感器23测得的平均风速, H 为有效源高;

[0038] 2) 甲烷气团界面垂直地面的切面距离的确认: 通过步骤一获取的空间坐标数据并运用三角函数及微积分方程, 得到甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离;

[0039] 3) 调节量程对甲烷气团浓度的检测: 当激光检测确定泄漏点甲烷气团扩散边界, 根据步骤二得到的甲烷气团正对本装置的垂直地面的切面与本装置的直线距离, 通过调节激光器TEC14和STM32控制器1的数模输出接口DA来调整本装置的量程, 不同类型激光器10具有不同的特性曲线, 但激光器10输出激光的波长是温度和电流的二元函数, 即

$$[0040] \quad \lambda = f(T, i)$$

[0041] 上述式中 λ 是激光器输出激光的波长, T 激光器的温度, i 恒流源电路流过的偏置电流。通过可调量程激光遥测技术测定甲烷气团浓度, 根据朗伯比尔定律、甲烷气团吸收洛伦兹线型和波长调制技术, 可以得到归一化频率偏移为

$$[0042] \quad x = \frac{\nu - \nu_0}{\gamma} = \frac{\nu_c + \Delta\nu \cos \omega t - \nu_0}{\gamma} = x_0 + m \cos \omega t$$

[0043] 上述式中 $x_0 = \frac{\nu - \nu_0}{\gamma}$, 其中 $\nu = \nu_c + \Delta\nu \cos \omega t$, ν_c 是激光器中心频率, ν_0 是激光器偏

移中心的频率; γ 是谱线线宽, x_0 是归一化频率偏移, $m = \frac{\Delta\nu}{\gamma}$ 为波长调制系数, 根据实际调

制波幅值与谱线宽度进行实验调试;

[0044] 经过甲烷气团吸收后, 通过光电检测电路检测得到的输出端信号为

$$[0045] \quad S(x) = I(x) = I(x_0 + m \cos \omega t)$$

[0046] 采用Arndt's理论模型, 经光电检测电路检测得到的输出端信号可以用各次谐波信号表示为

$$[0047] \quad S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} S_n(x) \cos n\omega t$$

$$[0048] \quad S_n(x) = I_0 \left\{ J_n(0) - \frac{\alpha_0 CL}{2} \left[(-1)^n \varepsilon_n \times \frac{[\sqrt{(1-ix)^2 + m^2} - (1-ix)]^n}{m^n \sqrt{(1-ix)^2 + m^2}} \right] \right\}$$

[0049] 上述式中 J_n 为第一类 n 阶贝塞尔函数, α_0 为吸收系数, C 为甲烷气团浓度, L 为气体吸收光程,当 $n=0,1,2,3$ 时,可以得到直流以及1,2,3谐波信号;

[0050] 4) 甲烷气团浓度的计算:通过步骤一和步骤三中的公式可以解算出甲烷气团的浓度,,采用归一化的方法确定甲烷气团的浓度,根据甲烷气团的自身特性以及步骤一中得到的扩散参数、环境参数和测量边界信息确定甲烷气团模型边界条件为

$$[0051] \quad g(x, y, z) = A$$

[0052] 对其变形得到公式

$$[0053] \quad \varphi(x, y, z) = A - g(x, y, z)$$

[0054] 由步骤一中公式和上述构造新的函数,得

$$[0055] \quad f(x, y, z, \lambda) = C(x, y, z) + \lambda\varphi(x, y, z)$$

[0056] 其中 λ 为拉格朗日系数,求解上述函数的最值,将空间甲烷气团直流以及步骤三中得到的1,2,3次谐波与最大值进行比较,采用归一化甲烷气团二次谐波得到甲烷气团浓度值单位为ppm而不是甲烷气团柱密度值 $\text{ppm} \cdot \text{m}$;

[0057] 5) 将上述过程得到的各种参数和结果显示在显示器上,并对超标的数值进行显示警告。

[0058] 上述的,步骤一中的激光束的波长应是甲烷吸收光谱的吸收峰波长。

[0059] 本发明的可调量程激光遥测甲烷浓度装置中的激光器温度控制电路采用先进的神经元自适应结合经典PID温度闭环控制算法,具有动态响应快,抵抗外界扰动,系统鲁棒性强,消除稳态时的静差的优点,使温度稳定精度达到 0.01°C 。

[0060] 为了实现激光器温度对波长的调谐,控制激光器的实际温度跟随给定温度进行变化,提高动态响应,实现稳态无静差。激光器温度控制电路采用先进的神经元自适应结合经典PID算法构成温度闭环控制系统,激光器温度控制电路中的激光器TEC14温度控制系统框图如附图5所示。图中 T_r 为控制激光器10实现温度对波长调谐的给定温度; T 为检测的激光器10实际温度; e 为偏差信号; k 为加权系数;被控对象为激光器TEC14。

[0061] 控制算法如下:

$$[0062] \quad u(n) = u(n-1) + k \sum_{i=1}^3 w_i(n) x_i(n)$$

$$[0063] \quad w_i(n) = w_{ij}(n) / \sum_{j=1}^3 |w_{ij}(n)|$$

$$[0064] \quad w_1(n) = w_1(n-1) + \eta_{IZ}(n) u(n) \{e(n) + \Delta e(n)\}$$

$$[0065] \quad w_2(n) = w_2(n-1) + \eta_{PZ}(n) u(n) \{e(n) + \Delta e(n)\}$$

$$[0066] \quad w_3(n) = w_3(n-1) + \eta_{DZ}(n) u(n) \{e(n) + \Delta e(n)\}$$

$$[0067] \quad e(n) = T_r(n) - T(n)$$

$$[0068] \quad \Delta e(n) = e(n) - e(n-1)$$

$$[0069] \quad z(n) = e(n)$$

[0070] 式中: n 为第 n 采样。

[0071] 为了实现激光器温度对波长的调谐,首先对激光器10进行温度标定,这样可获得大量的样本空间,通过样本空间对有监督的Hebb学习规则进行训练,采用不同的学习速率

对PID参数进行整定,根据偏差设定值(0.01℃)对闭环控制算法PID参数进行寻优,实现激光器高精度温度调谐控制,温度稳定精度可达0.01℃。

[0072] 为了消除外界噪声对甲烷气体浓度的影响,提高甲烷气体浓度检测精度经锁相环电路20解调出调制波信号和倍频解调信号,经过电压调理电路21和AD转换被STM32控制器1所采集,解算出调制波信号和倍频解调信号的幅值,分别对应于检测回来的光功率和甲烷气体浓度信息,由于外界噪声及激光器本身热噪声的干扰,有用信号必须从噪声信号中提取出来。本发明采用数字低通滤波器技术解算出光功率信息和甲烷气团浓度信息。

[0073] 首先根据低通滤波器指标的要求如通带截止频率、通带纹波、过渡带带宽及最大衰减等设计模拟低通滤波器,将模拟低通滤波器数字化成数字低通滤波器,把S域映射到Z域,采用双线性变换法得到数字滤波器的系统函数为:

$$[0074] \quad H(z) = \frac{\sum_{i=0}^N A_i z^{-i}}{1 + \sum_{i=1}^N B_i z^{-i}} = \frac{A_0 + A_1 z^{-1} + \dots + A_{N-1} z^{-(N-1)} + A_N z^{-N}}{1 + B_1 z^{-1} + \dots + B_{N-1} z^{-(N-1)} + B_N z^{-N}}$$

[0075] 为了获得更好的低通滤波特性,滤波器的N值尽量高些,从而提高检测精度,消除外界的干扰。

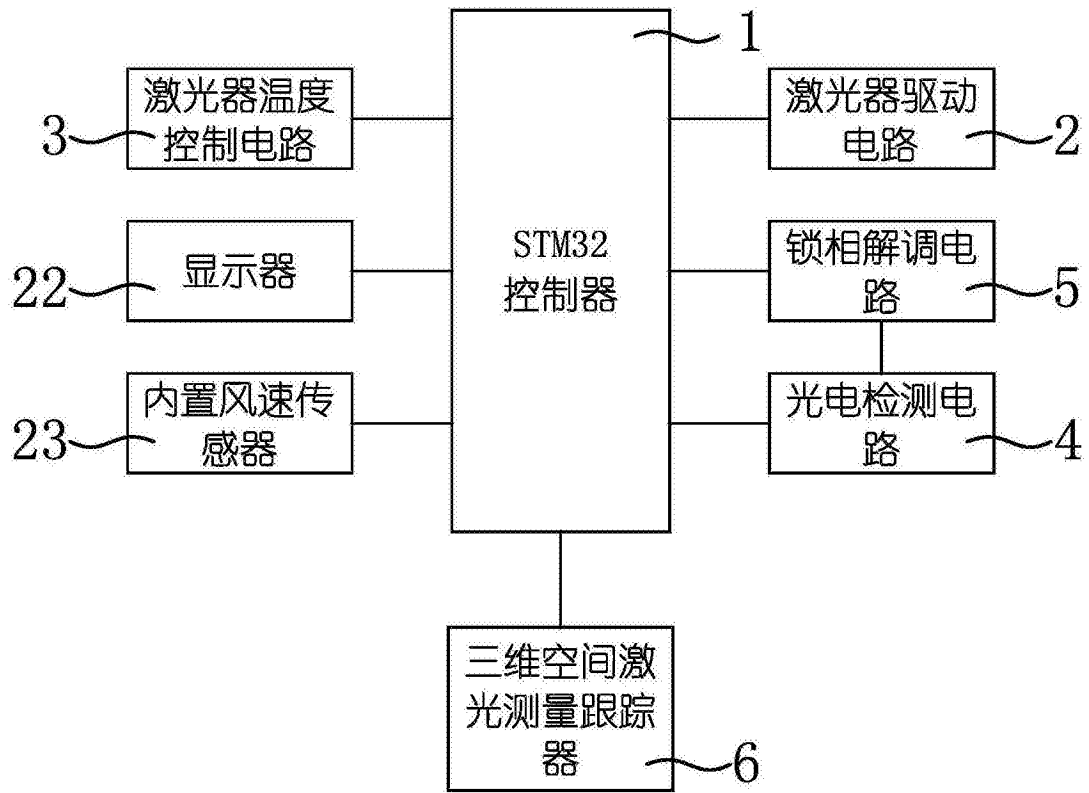


图1

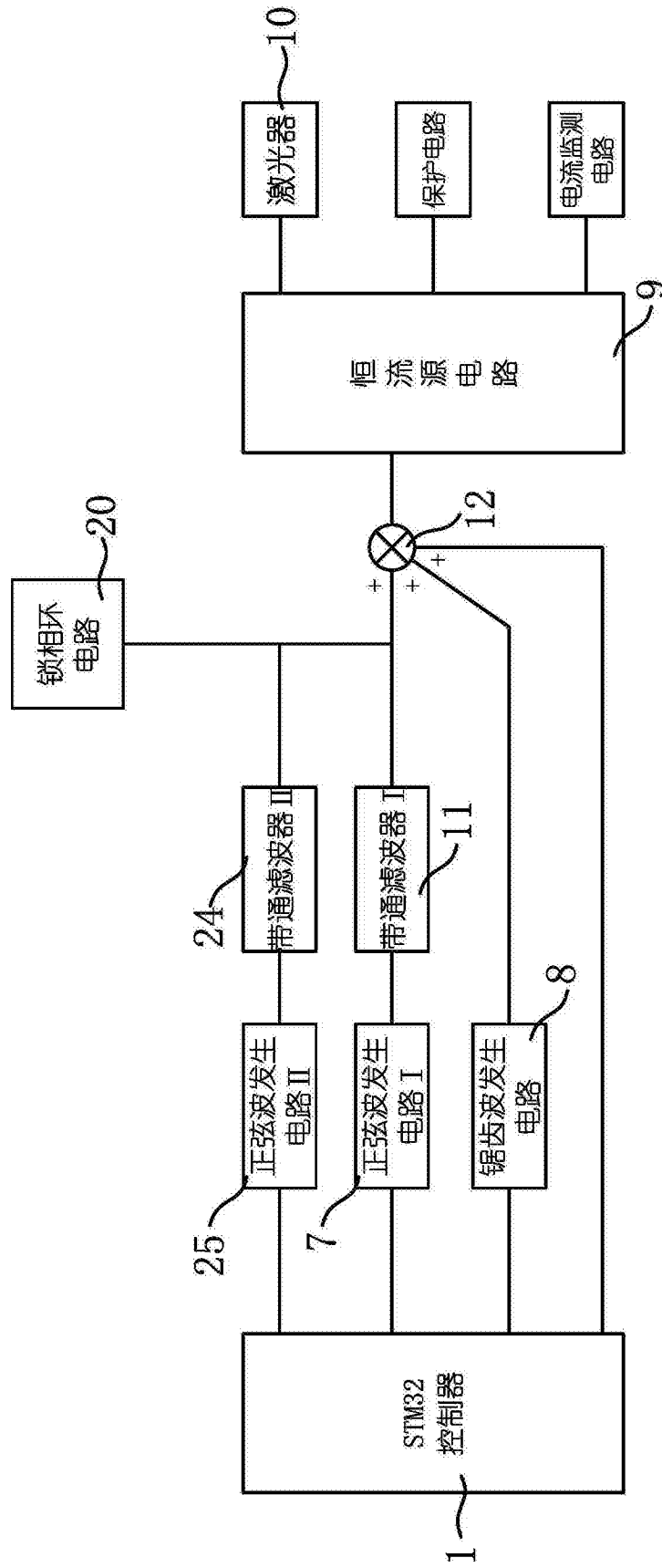


图2

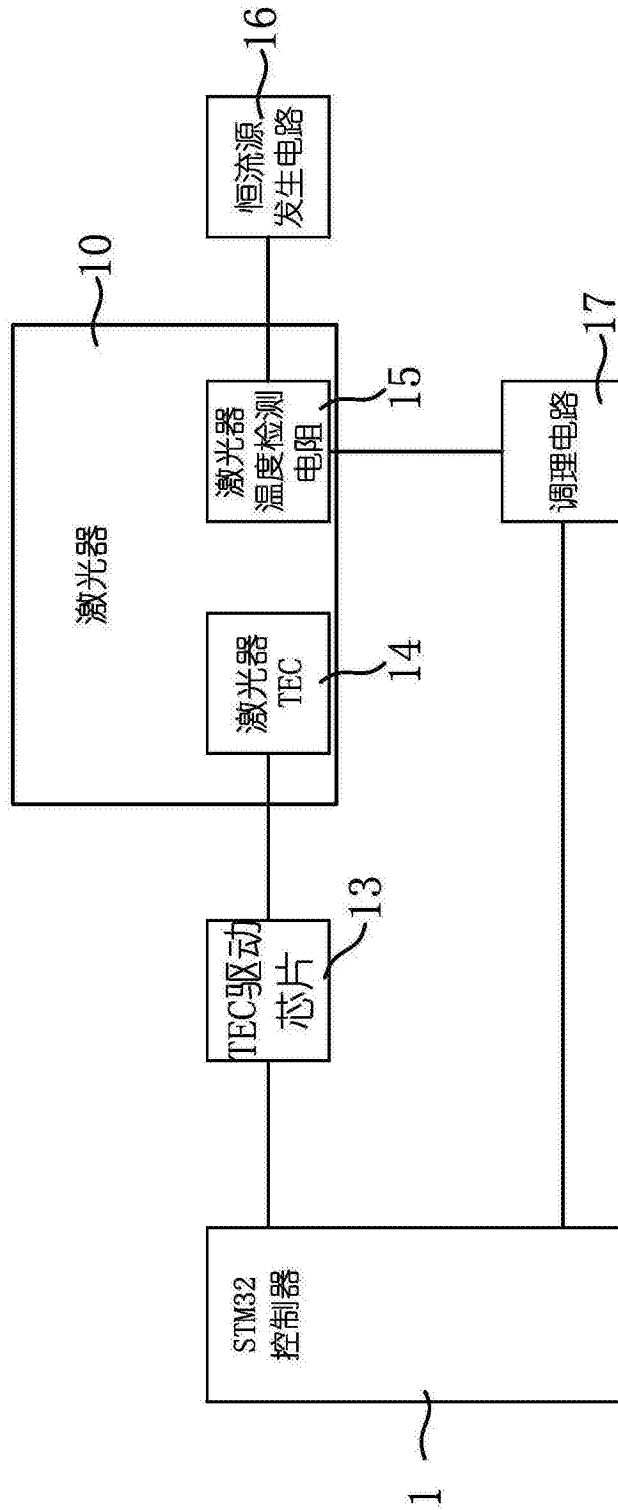


图3

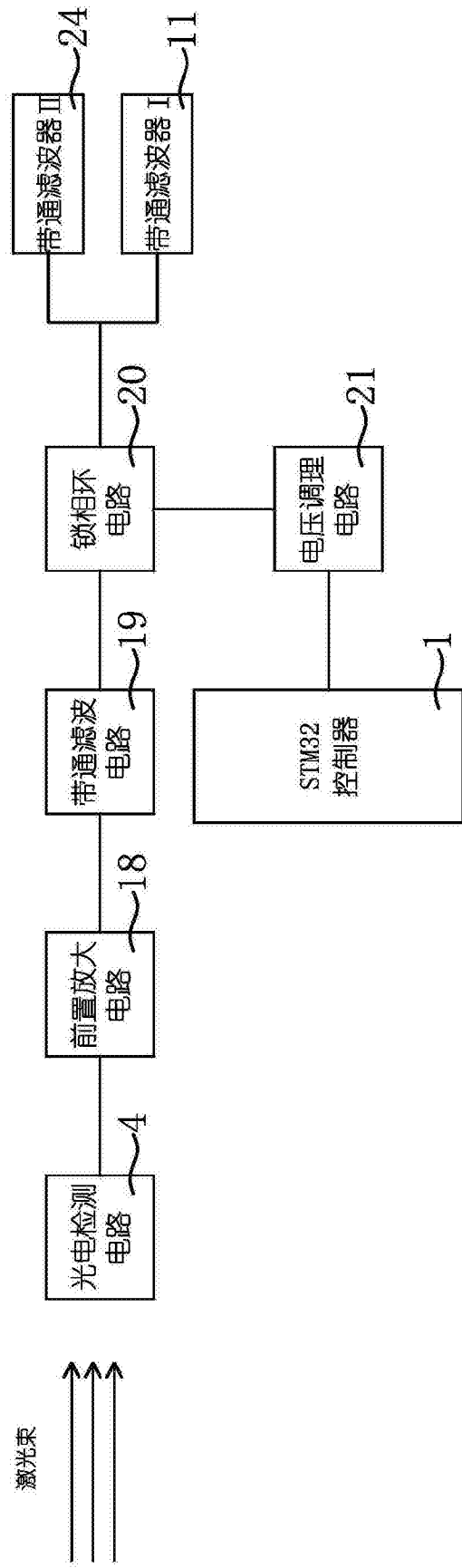


图4

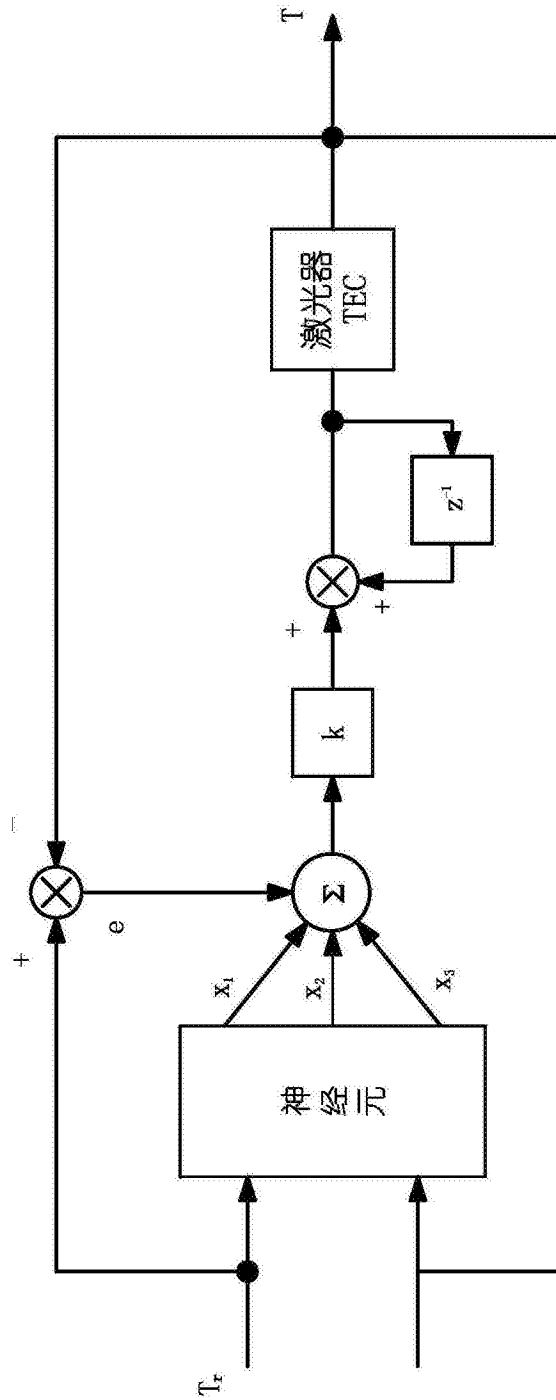


图5