

测氮仪检测精度的改善方法研究^{*}

魏丽君 章若冰

(湖南铁道职业技术学院 株洲 412001)

摘要:介绍了测氮仪中的核心部件热导传感器,并对影响测氮仪中热导池检测精度的可能原因进行了分析,然后针对每一项可能引起测量精度下降的原因提出了具体的改善方法,通过对每一项的改进设计与实施,最后将改进后的各部分应用到测氮仪上,通过实验测到相应的信号,对测量速度和精度进行了比对,实验表明改进后的侧氮仪测量速度更快、精度更高,改进方案实用可行。

关键词:热导传感器;热导池;测氮仪;信噪比。

中图分类号: TP334.3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.3030

Study on the improvement of detection accuracy of nitrogen analyzer

Wei Lijun Zhang Ruobing

(Hunan Railway Professional Technology College, Zhuzhou 412001, China)

Abstract: This paper first introduces the measurement of the core components of the thermal conductivity sensor used in nitrogen, and the influence of measuring thermal conductivity of nitrogen analyzer detection accuracy are analysed, then for each of the possible causes of low accuracy put forward concrete improvement methods, through improvement on the design and implementation of each item, finally the various parts of the application of improved measuring instrument of nitrogen, measured by the corresponding signal through the experiment of measuring speed and precision are analyzed and compared. Experiments show that the measurement of nitrogen side speed of improved faster and more accurate, practical and feasible improvement scheme.

Keywords: thermal conductivity sensor; thermal conductivity cell; nitrogen meter; signal to noise ratio

0 引言

当前,热导传感器在检测氢气、氮气、氩气等双原子分析气体浓度时,比热电堆探测器具有更好的优越性,因而得到了广泛的应用。特别在测氮仪中,热导传感器的应用尤为重要,但是同时也存在一些问题,比如灵敏度低、环境温度补偿困难、取样误差大等^[1-4]。国内很多的学者在改进过程中,提出恒温检测方法、超温恒定电路等来改善这些问题,也取得了一定的效果,但是热导池的整体工艺精度以及取样误差带来的干扰并没有得到实质改善^[5-8]。基于此,本文针对侧氮仪的具体结构,对其核心部件热导传感器的结构和工艺部分进行了改进设计,通过实验检测表明,改进方案实用可行。

1 系统整体设计

侧氮仪整个硬件系统主要包括以下5个部分:热导池、

AD转换电路、信号放大与调理电路、单片机系统及外围辅助电路。设计框图如图1所示。恒流源的作用主要是为了区别一般的电流源,减小由于电源电压的波动而带来测量误差;A/D转换电路主要是为了将采集到的信号,转换为数字信号,方便信号放大与调理电路进行信号的放大与滤波以及信号的选频处理^[9-13];单片机系统采集信号,将处理后的信号进行软件滤波等处理,最后通过辅助电路将输出显示或发送到PC端进行处理。而其中最核心的部件当属热导池,其结构示意图如图2所示,为了保证测量的精度,热导池要置于一个有别于室温的恒温箱体里,中国矿业大学黄为勇和东南大学的曾庆喜等人设计的恒温检测方法就是基于此而设计,但是选择的恒温温度以及精度还不够好。

2 取样气路的改进

以往的采样部分的设计,一般只采用文字的方式描述为同等气体样品,但是在具体测量中,同等气体样品的衡量

收稿日期:2017-03

* 基金项目:湖南省教育厅科学研究项目(16C1046)资助

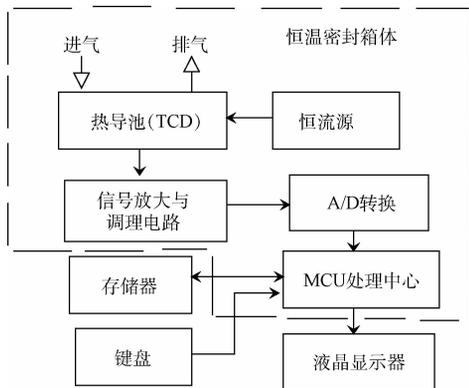


图 1 系统整体框图

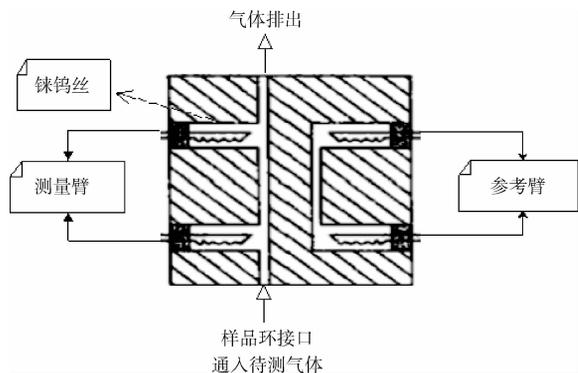


图 2 热导池示意图

是非常难界定的问题^[14-15]，而这可能是造成测量误差最大的原因，因为气体样品的体积本身就存在较大差异，测量的结果必然误差大。此外，气体浓度的均匀性对测量结果也有着不可忽视的影响。

本取样气路采用平面六通阀和定量阀以及长管气路设计的方式。如图 3 所示。

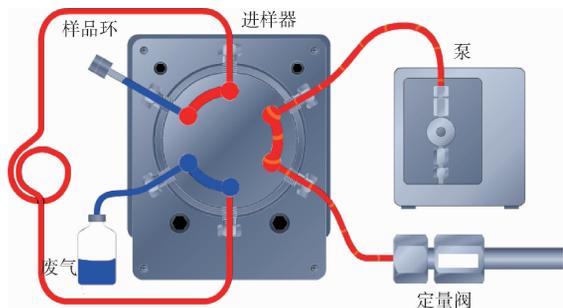


图 3 气路连接图

进气、检测和排气设计在同一个平面六通阀中，定量阀确定被测样品气体体积，确保每次测量的体积保证高度一致。此外，被测气体在长管中能充分的混合均匀，避免了由于浓度具有随机性而带来的误差，从源头解决了人为确定被测样体积与浓度不均带来的精度误差。

3 热导池改进方案

热导池的整体结构设计如图 2 所示，选用铱钨丝设计成 H 桥式的测量电路结构。铱钨丝是一种随被测气体浓度变化其电阻值会发生相应变化的元件，根据浓度的不同，H 桥式电路输出与不同浓度对应的电压值。

热导池的改进方案如下：

1) 设计了参考臂。参考臂的设计是将其密封在氢气中，氢气的热导率和空气一致，且可以防止氧化，参考臂的存在主要是为测量臂提供一个测量标准，根据已知测量点，在测量中找到参照点，使测到的数据更有说服力，更加精确。

2) 池体内部采用高精度镀金工艺。镀金管置于一个正方形管的腔体里，这样设计的主要目的是保证镀金管的热传导性好、热容大且表面形成氧化膜后防腐性能好，受气流的波动影响更小；此外高精度镀金工艺，大幅度降低了由于金属管中平滑度不够带来的漫反射而造成的误差。

4 压控恒流源设计

电源电压的波动可能对后续处理电路的设计带来很大的困难，因为电源的波动很难处理掉。因此恒流源的设计至关重要。本改进设计采用压控恒流源，它的功能是用电压来控制电流的变化。确保电源电压的波动给电路信号带来的干扰，电路如图 4 所示。

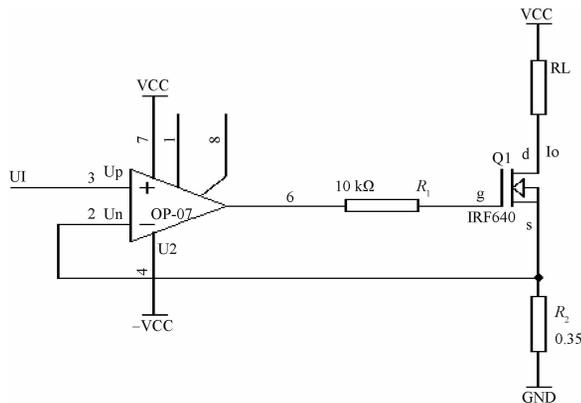


图 4 压控恒流源原理

5 高精密恒温系统设计

本系统的热导池和信号检测均处在一个恒温密封箱体中，温度的控制非常重要，检测桥臂本身就是通过温度的改变来达到改变铱钨丝阻值而实现检测的。之前的学者在这个问题上进行了颇多的研究，完成了一些恒温测量方法的设计，取得了一定的成效。但是当前的设计中恒温点几乎与室温相同，热导池周围遇到较大温度改变时，容易受到干扰，同时控温精度不够。

针对以上的问题，在改进设计时，将恒温点设置在

48℃。远高于室温,这样当系统达到平衡时,腔体内一般小温度变化不会对系统整体精度产生较大影响,此外热导池腔体中,设计有加热片和风扇,风路采用迂回形式,使得整个系统中的温度更加均匀。最终的控制结果如图5所示。控温精度达到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$,较当前控制精度提高10倍以上。



图5 温度采集与A/D转换模块

6 系统软件设计

系统的整体软件设计流程主要讲下位机的设计流程。上位机主要负责数据的显示与流程操作。下位机软件主要完成传感器信号检测、A/D转换,以及浓度换算等。其流程如图6所示。

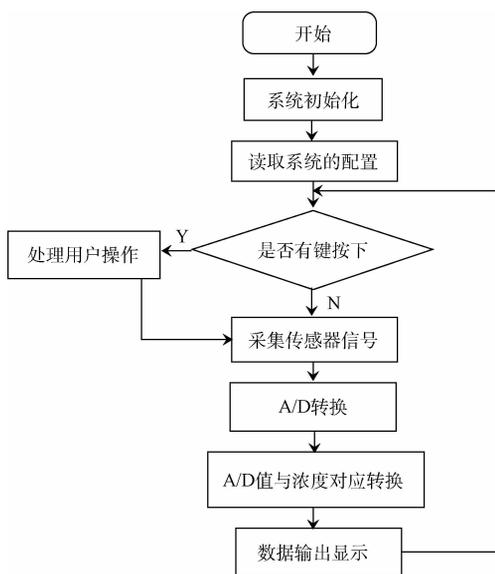


图6 软件流程

7 测试

经过对热导传感器影响信噪比的各个部分进行了分析,在此基础上,提出了优化改进的方案,改进前后探测器测到的信号波形分别如图7和图8所示。

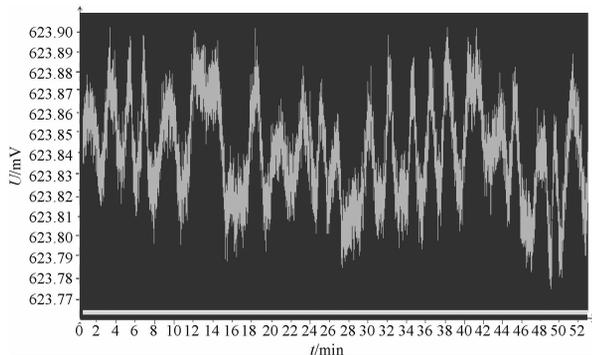


图7 改进前探测的信号波形

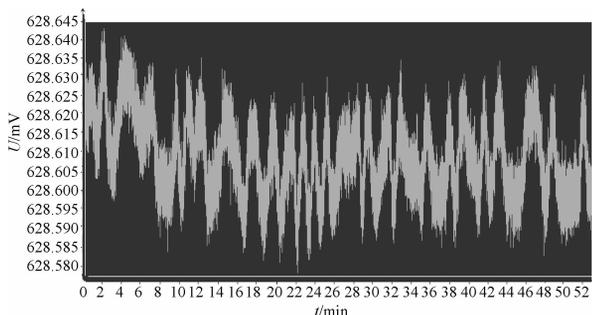


图8 改进后的信号波形

8 结论

从以上的测试结果可以看出,经过改进后,信号的整体波动从原来的 $140\mu\text{V}$ 减小到 $50\mu\text{V}$ 左右,改进效果明显。因此本文提出的改进方案可行。后期应用在测氮仪设备上,取得了较好的应用效果。

参考文献

- [1] 龚江涛. 电调制 NDIR 传感器信噪比改善方法研究[J]. 传感器与微系统, 2014(8):34-36.
- [2] 魏丽君. 热导传感器的信噪比改善方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(12). 4256-4258.
- [3] 谢永超. 高精密恒温系统在 NDIR 气体分析仪中的应用 [J]. 传感器与微系统, 2014, 33(11). 156-158.
- [4] 苏垒, 勒斌, 毛秀芬. 热导检测器精密恒流源的设计与实现[J]. 微型机与应用, 2011, 14(30):16-19.
- [5] 郭宗平, 王厚军, 戴志坚. 信号采集中峰值检测电路的设计与实现[J]. 中国测试, 2011, 37(3): 63-65.
- [6] 朱金涑, 毛翔. 朱高剑. 峰值检测电路中过峰时刻判断方法研究[J]. 电子元器件应用, 2012, 12(5): 50-53.
- [7] 章若冰, 魏丽君. 红外碳硫传感器信噪比改善方法研究[J]. 计算机测量与控制. 2016, 24(2):314-316.
- [8] 徐湛. 基于稀疏小波变换的超宽带低信噪比信号检测

- 算法[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(4): 825-829.
- [9] 徐湛, 赵熠飞, 周春晖, 等. 基于压缩传感的超宽带系统窄带干扰频率估计方法[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(3): 610-614.
- [10] 陈晨, 李欣, 丁宏, 等. 减小超宽带穿墙定位中 NLOS 误差的方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(5): 451-457.
- [11] 王颖, 雷彬. 基于雷达信噪比模型的目标跟踪算法研究[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(1): 28-31.
- [12] 蒋薇薇, 鲁昌华, 张玉钧, 等. 基于提升小波改进阈值的光谱信号去噪研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(12): 1363-1367.
- [13] 刘艳萍, 高国荣, 龚宁. 提升小波变换与中值滤波结合的红外光谱消噪[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(8): 2085-2088.
- [14] 曹晓英, 张智军, 向建军. 基于提升小波改进阈值的雷达信号去噪方法[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(14): 143-147.
- [15] 赵鹏, 孙斌, 刘天栋. 一种新型改进阈值函数的第二代小波降噪方法[J]. 热能动力工程, 2011, 26(3): 284-289.

作者简介

魏丽君, 1983 年出生, 毕业于中南大学, 硕士, 讲师, 主要研究方向为智能仪器仪表、电子技术。

章若冰(通讯作者), 1984 年出生, 毕业于湘潭大学, 学士, 讲师, 主要研究方向为电子技术应用。