

智能化超声氯气浓度计的研制及应用

汤建明, 阎玉舜, 陈亦娟

(同济大学声学研究所, 上海 200092)

摘要: 本文介绍了一种智能化氯气浓度计的原理、仪器及换能器设计要点, 最后给出实验结果, 经工厂使用与化学分析对比, 其或然误差小于 0.1%。

关键词: 智能的; 氯气浓度计; 或然误差

中图分类号: TB559 文献标识码: A

Development and application of intelligent ultrasonic chloridometer

TANG Jian-ming, YAN Yu-shun, CHEN Yi-juan

(Institute of Acoustics Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper describes principle, circuit, transducer and experimental results of intellectual chloridometer. After being used in factory and compared with the chemical method, it showed that the probable error of the intellectual chloridometer is less than 0.1%.

Key words: intelligent; chloridometer; probable error

1 前言

早期曾报道了用模拟电路测量氯气浓度的实验装置^[1], 但这种测量装置存在一些缺陷: 仪器用表头指示, 精度不太高; 外加恒温器进行温度补偿, 装置复杂; 需要实测定标比对, 根据校正曲线确定浓度; 功能单一, 难以扩展其它气体。我们针对这些问题, 采用单片机技术研制了一套实时在线氯气浓度检测仪, 在上海天原化工厂氯碱车间运行, 代替了手工化学分析, 得到了令人满意的结果。

2 测量工作原理

该仪器的设计根据超声波在不同气体介质中传播时有不同声速的原理, 采用声速技术对气体成分进行分析。其要点为: 从气体状态方程入手, 推导出混合气体浓度与声速的

一元二次方程式, 该方程的系数是声速和温度的函数, 方程的根就是气体浓度。至于声速与浓度之间的理论关系, 我们已有详细的介绍^[2], 故不再重复, 这里只给出导出的结果。

对于混合气体的平均声速^[3]可表示为:

$$\bar{c}^2 = (\gamma RT) / \bar{M} \quad (1)$$

式中: \bar{c} 为二元混合气体平均声速; γ 为二元混合气体平均定压定容比热比; \bar{M} 为二元混合气体平均分子量; T 为绝对温度; R 为普适气体常数。

令(1)式为参量 Y , 则

$$Y = \bar{c}^2 / RT = \gamma \bar{M} \quad (2)$$

经整理得: $An^2 + Bn + K = 0 \quad (3)$

系数 A, B, K 为参量 Y 的函数, 将氯气常数、空气常数代入方程(3), 再由声速及温度两个量, 单片机可直接计算出浓度 n 。声速 c 的测量采用脉冲法, 温度 T 通过温度传感器由单片机采样运算。于是式(2)又可表示为:

$$Y = L^2 / (t - t_0)^2 RT \quad (4)$$

利用单片机对(4)式编程就可进行测量。

收稿日期: 99-11-12; 修订日期: 2000-03-21
作者简介: 汤建明(1954), 男, 高级工程师。

3 测量装置

超声波氯气浓度计的硬件装置原理图如图 1 所示, 图 2 为测量原理的波形。其工作过程如下: 单片机发出一个触发脉冲, 它在触发发射电路的同时也触发了一个计时双稳门; 发射电路通过功率放大后, 去推动发射换能器 F 发射一个声脉冲, 声脉冲在测量筒中经传播一定的时间后到接收换能器 S, 接收换能器将声信号转化为电信号, 经过放大整形后去触发计时双稳关门。计时门的宽度即为声波在测量筒中传播的时间(声时)。为提高测量精度, 采用高频晶振信号对计时门进行填充, 再由单片机的计数器计算出脉冲数, 进而计算出实测声时 t , 同时再将实测温度 T 一并代入表达式 (4) 进行处理运算。声程 L 、仪器的零读数 t_0 经测定后编在软件中。最后显示测量结果。

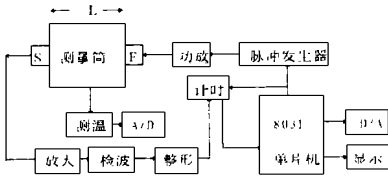


图 1 超声氯气浓度计的硬件原理框图

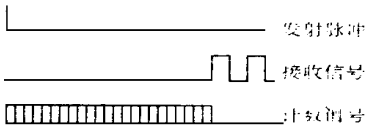


图 2 脉冲法测量仪器的波形

仪器在软件的支持下, 通过键盘可进行人机对话。图 3 为仪器键盘示意图, 其功能为:

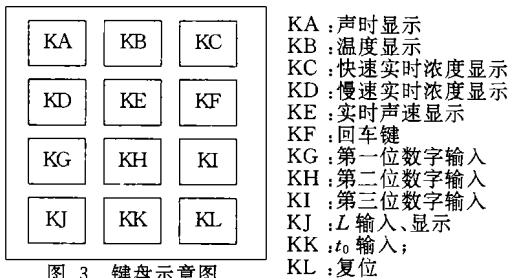


图 3 键盘示意图

仪器的软件流程如图四, 通过以下步骤完成一次测量: 发射一个触发信号使硬件电路工作; 读入计数信号, 得到实测声时; 对实测声时处理, 决定是否需漏波处理, 最后得实际声时; 读入温度信号; 对声时和温度信号进行计算、处理后得实时的氯气浓度值; 检查浓度的高、低报警; 给出工业检测信号 D/A 值; 显示所需显示的参数; 检查是否需要输入 L、 T_0 值(测量修正用)。

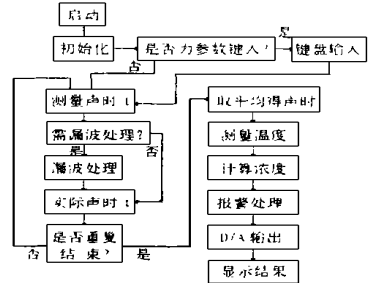


图 4 软件工作流程图

在设计和研制仪器时, 发射换能器固定, 移动接收换能器使其接收到的首波信号有 $350\mu s$ 的动态范围, 并且信号仍处于饱和, 就能在氯气浓度 80% 以上, 得到正确的测量结果。为了有可靠的测量结果、保证首波不丢失的措施是提高发射信号的强度, 即提高换能器发射效率和接收灵敏度。

4 换能器

4.1 换能器工作频率的选择

由于超声波在气体中传播时衰减要比液体大一个数量级, 对同属气体的氯气和空气, 前者比后者也要大几倍。不同浓度的氯气, 声衰减的特性也不相同。由实验得知, 在接近和超过气体弛豫频率, 气体的弛豫吸收将明显增大, 而氯气的弛豫频率低到 56kHz 。考虑到这一因素, 采用弯曲振动模式、工作频率为 26kHz 的压电换能器。经测定, 发射与接收两者相距 15cm 时, 不经过放大器可接收到信号 $0.5V_{p-p}$ 。图 5 为换能器的结构示意图。

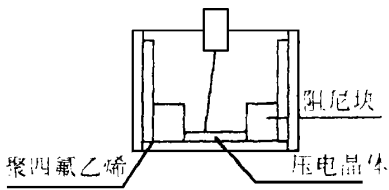


图 5 换能器结构图

4.2 换能器抗腐蚀设计

由于氯气是一种强腐蚀性气体,对测量装置侵害极大,针对这一情况,除了对测量仪表本身防腐蚀密封外,还需对与氯气直接接触的换能器和测量筒采取防腐蚀措施。为此,将换能器安装在抗腐蚀的聚四氟乙烯衬套内。但聚四氟乙烯与换能器耦合时,对超声波衰减很大,使发射、接收的效率和灵敏度降低。另外,聚四氟乙烯与换能器的耦合又难以用胶水粘联。故我们采用了高温不干胶等特制的材料作耦合剂,经使用实验效果均为良好。

4.3 其他问题

换能器与测量筒的安装也很重要,主要避免发射换能器通过筒体传导对接收换能器的影响,安装时应将这一影响减小到最小,最有效的方法是选用适当的耐氯腐蚀的减震材料,另外还要注意测量筒的密封,以防止漏气。温度补偿用的传感选择和设计也很重要,市售常用的温度传感器难以达到抗氯气腐蚀的要求,我们采用特别加工的半导体温度头,将其封装在聚四氟乙烯小管中,经使用效果良好。

5 实验结果

仪表在上海天原化工厂氯碱车间运行、考核,证明其稳定性和测量的准确性都达到了设计要求,与该厂的计量室用手工化学分析法所得的结果一致,二者误差小于 1%,完全满足生产需要。

表 1 所示的是仪器的运行数据。表 2 为仪器的测量范围。

表 1 仪器运行实验数据

日/月	21/10	24/10	25/10	27/10	1/11	3/11	4/11	5/11	24/11	30/11
化学法	92.8	91.0	94.2	94.4	94.2	94.0	94.2	94.2	96.0	93.8
超声法	92.9	91.0	94.2	94.6	94.2	94.1	94.2	94.2	96.0	93.8
误差	0.1	0	0	0.2	0	0.1	0	0	0	0

表 2 仪器测量范围实验结果(94.11.2)

化学法	0.0	40.4	58.4	63.2	68.0	68.4	85.8	93.2	94.2
超声法	0.04	39.8	59.7	63.9	68.8	68.2	85.9	93.1	94.2
误差	0.04	0.6	1.3	0.7	0.8	0.2	0.1	0.1	0

6 结束语

我们研制的氯气浓度计,经现场使用,结果表明它具有以下特点:

(1) 仪器性能稳定,测量精度高,能在线、连续自动进行分析测量,可减少因人工分析时散漏氯气对环境的污染,有利于减轻分析操作人员的劳动强度。

(2) 可进行绝对测量,不需要现场标定来求得氯气浓度值。

(3) 本仪器只要在软件中更改部分参数,即可对其它气体成分作测量,实现一机多用。

故超声波智能氯气浓度计在我国化工氯碱行业中是一种十分有用的自动化计量仪表。

7 感谢

在仪器的研制过程中,得到了上海天原化工厂计量室郑程伦、许长兴两位主任的支持和帮助,并为我们提供了实验场所,该室的匡永祥师傅提供了该仪器测量运行期间的实验数据,在此作者深表感谢。

参考文献:

- [1] 阎玉舜. 分析工业氯气纯度的超声方法[J]. 同济大学学报, 1979.
- [2] 阎玉舜等. 超声分析二元混合气体浓度的理论及应用[J]. 声学技术 1995, (3): 105-108.
- [3] 翁武忠, 曹培熙, 《热与热力学》[M]. 徐氏基金会出版, 1948.
- [4] 张友德. 单片微型机原理、应用与实验[M]. 复旦大学出版, 1992 第二版.
- [5] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配制与接口技术[M]. 北京航空航天大学出版社, 1990.