

# 智能化超声波 NaOH 溶液浓度在线检测仪

卢 杰 梁军汀 朱士明

(同济大学声学研究所 上海 200092)

2002 年 7 月 30 日收到

**摘要** 本文简要介绍了用超声方法测定 NaOH 溶液浓度的原理, 浓度、温度及声时关系的测量结果, 以及智能化超声波 NaOH 溶液浓度在线检测仪的结构、提高精度方法。研制的在线式 NaOH 溶液浓度检测仪经现场使用证明其精度优于  $\pm 0.1\%$ 。

**关键词** NaOH, 声时测量, 浓度测量

## An intelligent ultrasonic on-line NaOH concentration meter

LU Jie LIANG Juntong ZHU Shiming

(Institute of Acoustics, Tongji University, Shanghai 200092)

**Abstract** The principle of NaOH concentration measurement using ultrasound, the relations between NaOH concentration, temperature and sound transit-time, the structure of our intelligent ultrasonic on-line NaOH concentration meter as well as its precision improving method are presented. It is proved by on-site usage that the on-line measuring precision of the NaOH concentration detected by this meter is higher than  $\pm 0.1\%$ .

**Key words** NaOH, Sound transit-time measurement, Concentration measurement

### 1 引言

在轧钢厂薄钢板的轧制过程中, 需要洗掉钢板表面的杂质和附着物, 这时用一定浓度的 NaOH 溶液作为清洗剂, 可以很好地对这些表面的杂质和附着物进行清洗, 以确保带钢表面的质量。因此, NaOH 溶液浓度的稳定及控制好对清洗效果至关重要, 若能连续测量并自动控制, 将对提高钢板轧制效果、提高钢板质量起到重要的作用。

对于溶液浓度的测量和控制, 过去常规的做法是让操作人员每班定时取样送化验室进行化学分析, 并根据化验的结果来调整溶液浓

度。由于从取样到取得数据需要较长时间, 有时需要大约 2-3 h, 而溶液的浓度在使用过程中会随着溶液的消耗不断地降低, 因此 NaOH 浓度的波动较大。若不及时调整, 不利于清洗质量的稳定, 而且也增加了工人的劳动强度。

智能化超声波 NaOH 溶液浓度在线检测及控制系统就是在此基础上为了解决这些问题而提出的, 它能够在较大的温度、浓度范围内实现浓度的在线测量及控制, 精度高, 测量快速。能根据预先设定的目标随时自动调节溶液至目标浓度。操作方便, 稳定可靠, 有广泛的应用前景。

## 2 浓度测量原理及浓度、温度、声时关系测量结果

每种媒质在一定的状态条件(如浓度、温度、压力)下具有固定的声速。当媒质在混合体内的浓度变化时其声速也改变。因此,我们可以通过测量声速来测量被测媒质的浓度<sup>[1]</sup>。在实际应用中,由于媒质的其它状态如温度、压力的变化也会使声速发生变化,因此必须考虑温度和压力的影响,对它们进行补偿。考虑到NaOH溶液的压力变化不大,压力对声速的影响很小,其影响可忽略不计,因而只考虑温度对声速的影响。由于声速是通过测量超声波在固定声程L上的传播时间(声时t)算出的,为简便起见,我们不是直接利用声速、温度、浓度之间的关系来测量浓度,而是通过预先测量得到温度、浓度、声时关系曲线,把它存入单片机或计算机中,然后单片机或计算机根据实际测量得到的温度、声时,利用储存的关系曲线计算出浓度。这样,省去了由声时算声速的步骤,实现了在大浓度、温度变化范围内对温度变化影响的自动补偿。

用自行研制的声程L=80mm的一发一收换能器及测时灵敏度为0.1ns、测温灵敏度为0.01°C的高精度测量仪,对0~30%浓度范围内的16个浓度已知的NaOH溶液样品进行了测试,其结果如图1所示。

图1中,与16个浓度逐渐升高的不同的

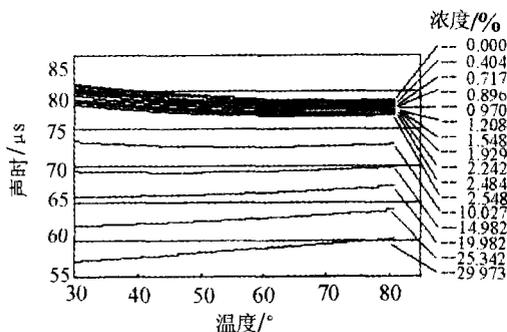


图1 NaOH溶液不同浓度下的温度、声时关系曲线

样品相对应,从上至下共有16根不同的温度、声时关系曲线,并且每根曲线之间互不交叉。针对清洗液在实际使用中浓度为2%左右的特点,因此在样品选择时,浓度在2.5%以下的较为密集,而超过2.5%的样品较少。从图中可以看出,温度低时相同温度变化引起的声时变化比温度高时大。浓度高时相同浓度变化引起的声时变化比浓度低时大。现取关系曲线上浓度2.242%、温度40°C的一点进行分析,此时声时为77.815 $\mu$ s。当浓度变化0.1%,声时变化113.6ns;当温度变化0.1°C,声时变化7.3ns。因此,要达到0.05%的浓度测量灵敏度,在温度不变的条件下声时的测量灵敏度至少要求高于113.6/2=56.8ns。可见对于声时的测量要求很高。由于我们在关系测试仪中采用了随机测量、多次平均和25MHz的高频时标等技术措施,使得声时测量灵敏度达到了0.1ns,温度测量灵敏度达到0.01°C,所以用我们的测温、测时方法及用此方法研制的浓度检测仪能满足现场条件下溶液浓度的高精度测量及控制要求。

## 3 浓度在线检测仪及其提高测量精度的方法

在NaOH清洗液的实际使用中,要求其浓度保持在1.8~2.2%的范围内,这样清洗效果最佳。

研制的高精度在线式超声波NaOH浓度检测及控制系统如图2所示,它集加料、检测与反馈控制为一体,实现了清洗液浓度的自动闭环控制。

图2中,配置槽中装有预先配置好的高浓度的NaOH溶液(约20%),经过电动阀与从循环槽中流出的液体经泵混合后通过浓度检测仪的超声测量换能器与温度传感器进入清洗槽,清洗槽中的液体再流回循环槽循环使用。浓度仪实时测出流经传感器的液体浓度值送入计算机,由控制算法算得电动阀的控制电压,经控制机中的D/A转换器转换后输送到电动

阀上,以控制其开口和流量,进而控制清洗槽中清洗液的浓度。由于清洗液在实际使用中是个不断消耗(浓度逐渐变低)的过程,并且其浓度变化较为缓慢,因此,整个控制系统只采用了加 NaOH 使浓度变浓的装置,而省略了加水的稀释装置。

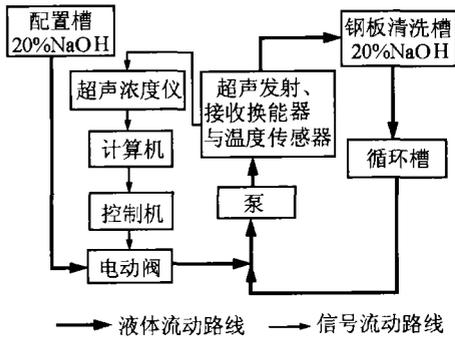


图 2 NaOH 溶液浓度在线检测及控制系统示意图

超声浓度计中声时的测量采用脉冲方法<sup>[2]</sup>,如图 3 所示。图中,首先由单片机触发发射电路,使超声发射换能器发出一超声脉冲,超声脉冲信号经对面的接收换能器接收后通过放大器放大,再由过零电平检测电路检测出接收信号前沿到达的瞬间。然后送入计时门电路,由计数器计出从超声发射到接收时间间隔内高频时标脉冲的个数,从而计算得到所需测量的声时。

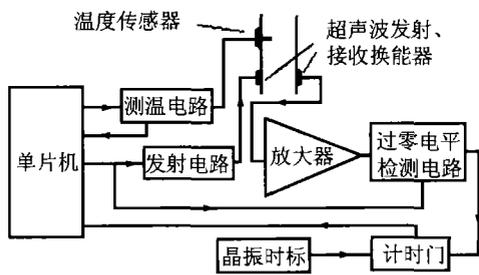


图 3 NaOH 浓度在线检测仪原理图

NaOH 液体浓度或温度变化时声时变化极小,一般来说,浓度变化 0.1% 或温度变化

应用声学

0.1°C 时,声时变化只有几十纳秒,因此对于液体浓度计来说其测时的精度要求极高,为此,我们在测时电路及软件中采用了(1)提高发射、接收能力,使接收信号尽可能饱和;(2)过零电平检测;(3)尽可能高的高频时标频率(25 MHz);(4)尽可能高的声波频率;(5)随机多次测量时间间隔后平均;(6)软件自动剔除因气泡、杂质或电干扰造成的声时变化过大、幅度过小的错误数据,只用正确的数据平均等技术措施,使得测时灵敏度达到 0.1 ns、精度 0.2 ns。保证了浓度计测量的准确性<sup>[3]</sup>。

浓度仪测得 NaOH 的温度、声时值后,单片机根据储存在内的温度、声时、浓度关系曲线算出 NaOH 的浓度。若测得的温度、声时正好是某一根关系曲线上的一个点,那么浓度就是这根曲线的 NaOH 的浓度,否则单片机找出最临近的二根浓度、温度、声时曲线,再用插入法求出这一点对应的浓度。由于我们储存了 16 根曲线,特别是在工况附近各根曲线的浓度差值很小,因此,在实际应用中我们用线性插入的方法来求液体的浓度,其误差很小。

由于 NaOH 溶液在钢板清洗及循环过程中会产生大量的气泡,因此在溶液浓度测量过程中首先必须消除气泡对测量的影响,为此,除了在软件中采用了剔除因气泡等引起的错误数据的方法,还在管道中增加了如图 4 所示的气泡消除装置,溶液流经该装置后可以大大减少液体中气泡的含量,基本上消除了气泡的影响。

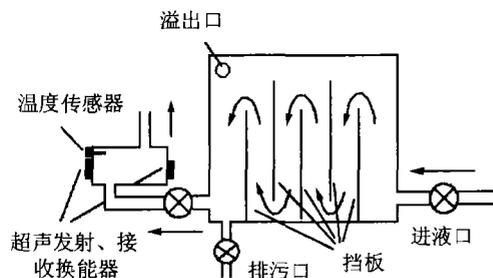


图 4 气泡消除装置示意图

## 4 现场使用及测量结果

在 NaOH 溶液的实际使用过程中, 由于钢板清洗槽的体积较大, 其内部溶液的浓度不可能完全一致, 另外, 随着 NaOH 溶液使用时间的增加, 从钢板表面清洗下来的杂质含量也会逐渐增加, 这会给浓度的测量和控制带来误差。

NaOH 溶液浓度在线检测及控制系统制成后, 已在现场运行近一年的时间。表 1 为在宝钢冷轧厂现场使用过程中, 浓度仪显示的浓度与化验室取样分析结果浓度的对比表, 从表中可以看出, 其浓度误差均在  $\pm 0.1\%$  以内。达到了很好的控制效果。

表 1 现场取样测试与浓度仪显示结果对比

浓度仪测试结果 (%)	化验室化验结果 (%)	浓度误差 (%)
2.026	2.075	-0.049
2.052	2.000	0.052
2.006	2.095	-0.089
2.070	2.085	-0.015
2.002	2.010	-0.008

## 6 结束语

智能化超声波 NaOH 浓度检测仪经过实验室测试和现场使用表明:

(1) 测量精度高, 优于  $\pm 0.1\%$ , 满足了实际生产要求。

(2) 实现了在线测量及控制, 对提高钢板的清洗质量、降低能耗起到了良好的作用。

(3) 由于采用了计算机, 使得浓度检测仪的功能大大增加。计算机不仅可直接以图表和数字方式显示 NaOH 的浓度、温度等参数; 给出各班次浓度、温度的平均值、标准误差; 按时储存关键数据; 而且可随时对任何日期的生产情况进行回访、打印。有关人员据此可以很容易地对各班生产操作的好坏作出正确评价。当 NaOH 浓度、温度过高或过低时, 计算机还可以根据需要以声音或测量值闪烁显示等方式进行报警。

(4) 计算机的采用, 还为液体浓度的计算机自动闭环控制提供了条件。

**致谢** 本工作得到了上海宝钢冷轧厂及其它各方面的大力支持, 在此表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- 1 George S K Wong. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1995, **97**(3): 1732-1736.
- 2 梁军汀等. *声学技术*, 1998, **17**(4): 173-176.
- 3 朱士明等. *声学技术*, 1990, **9**(3): 36-40.

## “中国东西部地区声学学术交流会”将于 7 月在丽江市召开

为促进中国西部地区声学科技事业的发展, 及该地区与全国各地声学科技工作者之间的交流与沟通, 浙江省声学学会、陕西省声学学会、西安声学学会、重庆市电子学会及四川省声学学会经协商, 联合发起定于 2003 年 7 月中旬在云南丽江市召开“2003’中国东西部地区声学学术交流会”会议由中国电子科技集团公司 26 所, 中国声学学会超声电子学分会及四川省声学学会共同承办。会议诚望和欢迎东西部地区和全国各地从事声学科技工作的广大科技专家、学者及管理人员, 为开发西部多做贡献, 积极投稿, 并踊跃参加交流。

欲知有关会议详情, 请与以下单位联系:  
浙江省声学学会 电话 (0571)63332083,  
E-mail: sxdg@chinajournal.net.cn,  
陕西省声学学会 电话 (029)8492618, 8493254,  
E-mail:sxsdsxs@snnu.edu.cn,  
西安声学学会 电话 (029)5251775, 5308026,  
四川省声学学会 电话 (028)85169636,  
85169727(钟明), FAX (028) 85184877,  
E-mail: zhiyi-zh@hotmail.com。

(四川省声学学会)