

高精度氯浓度实时检测方法研究

刘录明

(四川理工学院自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

摘要: 文章在分析国内外关于对工业游离氯的各种主要检测方法的基础上, 依照 Kapton 散射和 Lambert-Berr 定理, 采用 SMM 双波分光光度法, 实现了高精度氯浓度的实时检测, 通过现场应用验证了该方法的正确性和有效性。

关键词: 氯; 在线控制; 实时检测

中图分类号: TP273

文献标识码: A

引言

在科学研究中, 针对不同的测试对象, 有不同的检测方法, 本文为了能有效的提取课题研究的相关信息, 在分析国内外的主要在线检测方法基础上, 鉴于目前使用的奥萨特离线气体浓度分析法已经远不能满足化工实时在线生产检测的需要, 提出了高精度氯浓度的实时检测方法。本方法在在线测量方面具有重要的工程应用价值, 特别是在环境保护方面更具有深远的意义。

1 系统设计的理论基础

1.1 光电效应、Kapton 散射及 Lambert-Berr 定理

根据爱因斯坦光子理论, 光强决定光子数。而每个光子的能量为 $h\nu$ 只与光的频率有关 (h 为普朗克常数, ν 为频率), 当光照射到介质表面时, 电子吸收光子的能量, 克服介质的脱出功 W 后飞离介质。根据能量守恒定律, 光电子的速度 V 应满足爱因斯坦方程:

$$mV^2 = 2(h\nu - W)$$

Kapton 认为, 频率为 ν 的 X 射线, 实际上是一群能量为 $E = h\nu$ 的光子。根据相对论, 能量为 E 的光子同时具有动量 $P = E/c = h\nu/c$ 而散射被看作是光子与原子中电子的弹性碰撞。

每种气体分子中的电子脱出功 W 是不相同的, 它们对应于各自光的频率。

由于气体中原子数量少, 特定频率光子碰撞产生的

光电子亦少, Kapton 散射又进一步减弱了光电子的影响。所以气体对光波都有吸收, 但吸收光强较弱, 光电子的影响则更弱。

Lambert-Berr 进一步推导出: 设某一波长光的入射光强为 I_0 , 通过厚度为 L 的介质后光强为 I , 透过光强和吸光介质的浓度 C 之间关系为:

$$I = I_0 e^{-\varepsilon(\lambda)CL}$$

其中 $\varepsilon(\lambda)$ 为吸收系数。

1.2 氯的吸收光谱分析

通过分析研究对氯的检测相关资料, 得图 1 所示的氯被紫外线吸收光谱曲线。

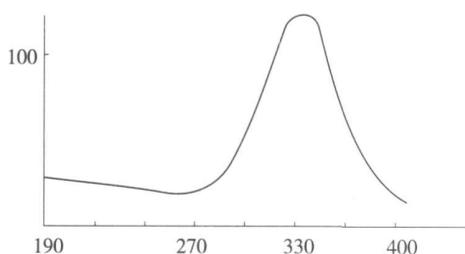


图 1 氯的紫外吸收光谱图

从图 1 可知, 280nm - 390nm 为氯的紫外线吸收区, 吸收峰值为 330nm, 光谱曲线在一定范围内服从于正态分布。

由于氯为双原子分子, 所以它在红外区内没有吸收。根据 Lambert-Berr 定理^[1-2], 设

$$K_1 = \varepsilon(\lambda)L$$

则氯浓度 C 的计算公式为:

$$C = 1/K_1 (lg I_0 - lg I)$$

1.3 SMM 双波长分光光度法的理论基础

根据相关资料, 得双波长分光光度法的工作原理框图如图 2 所示。

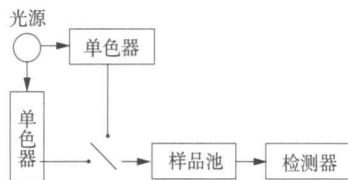


图 2 双波长分光光度计的工作原理

用双波长分光光度法测定时, 要求干扰组份在参比和吸收波长上有等吸收点。而在干扰组份无等吸收点, 或虽有等吸收点而测定组分吸光度 ΔA 值较小时就无法应用。SMM 法扩展了双波长法的功能, 其原理如下:

设两组分由待测组份 x 和干扰组份 y 构成, 它们的波长 λ 和 ϵ 处的吸光度分别为 A_{x_1} , A_{x_2} 和 A_{y_1} , A_{y_2} , 混合物的吸光度为 A_1 和 A_2 取系数 K , 使 $K = A_{y_1} / A_{y_2}$, 即 $KA_{y_2} - A_{y_1} = 0$ 在满足 Berr 定律和加和性的条件下:

$$A_1 = A_{x_1} + A_{y_1}, A_2 = A_{x_2} + A_{y_2}$$

$$\text{令 } \Delta A = KA_2 - A_1$$

则

$$\begin{aligned} \Delta A &= K(A_{x_2} + A_{y_2}) - (A_{x_1} + A_{y_1}) = KA_{x_2} - A_{x_1} \\ &= K \epsilon_{x_2} C_x L - \epsilon_{x_1} C_x L = (K \epsilon_{x_2} - \epsilon_{x_1}) C_x L \end{aligned}$$

由此可见 $\Delta A \propto C_x$, 即与干扰组份的浓度无关。而

$$K = A_{y_1} / A_{y_2} = \epsilon_{y_1} C_y L / (\epsilon_{y_2} C_y L) = \epsilon_{y_1} / \epsilon_{y_2}$$

由此可见系数 K 为干扰组份在两个波长点的吸收系数的比值。如果 $K = 1$, 即 $\epsilon_{y_1} = \epsilon_{y_2}$, 此时双波长等吸收法是 SMM 法中的特殊情况^[3]。

2 高精度氯浓度实时检测系统与试验

按照设计思路, 本研究拟完成高精度氯浓度实时检测系统的结构图如图 3 所示。

该系统能连续监视工艺过程中游离氯的浓度变化, 从而完成对混合气体中氯的实时检测。根据图 3 所示结构图连接, 对氯浓度的 SMM 法对照奥氏法在 0.086MPa 28°C 条件下对氯浓度的测试值的比较见表 1。

SMM 法误差的数学期望值 $P_s = \sum P_i = 0.226\%$, 而奥氏法误差的数学期望值 $A_s = \sum A_i = 0.86\%$ ($i = 1, 2, \dots, 6$)。

本系统的测试量程^[4]为 0—100%。图 4 是高精度氯浓度实时检测系统正常工作时显示的工作曲线。

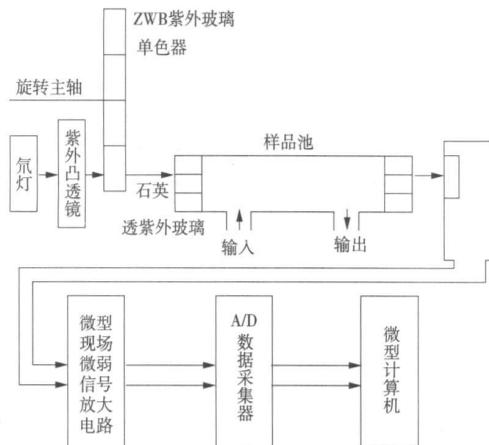


图 3 高精度氯浓度实时检测系统的结构图

表 1 SMM 法与奥氏法对氯浓度测试结果比较

氯浓度标准值 vol%	测试结果			
	SMM 法	相对误差%	奥氏法	相对误差%
44.3	44.1	-0.45	43.6	-1.80
58.9	58.8	-0.17	58.5	-0.68
69.8	69.9	0.14	69.5	-0.43
78.9	79.0	0.13	79.4	0.63
84.3	84.1	0.24	83.5	-0.98



图 4 高精度氯浓度实时检测系统工作曲线

3 结束语

氯浓度实时检测技术对解决大中型氯碱化工企业氯浓度实时监控的难题具有吸引力, 而提高氯浓度实时检测系统的测试精确度, 使系统实现真正意义上的实时在线测量具有重要的工程应用价值, 特别是在环境保护方面有着深远的意义。

参考文献:

- [1] 张永德. 量子力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2005
- [2] 倪光炯. 高等量子力学 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004
- [3] 陈国珍. 紫外—可见分光光度法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1978
- [4] 滕召胜, 罗隆福, 童调生. 智能检测系统与数据融合 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000

(下转第 112 页)

果信号频率非常低,那么在很多开关周期中将会出现占空比的正偏差,这将导致电感电流大量累计增加,且相位 \hat{d} 滞后 90° 。电感电流在关断时间内通过二极管时,造成输出电路的电流成相应比例的变化,且相位与电感电流相同。

同时,在交流小信号正半周期内,占空比的增大会造成二极管导通时间相应的变短,如果电感电流保持相对稳定,这就导致占空比增大时二极管的平均电流实际上减小了。

为了消除电感带来的极点,控制电路常以电流型控制为控制方式,此时输出滤波电容会带来一个极点和一个ESR零点,但由于电感带来的极点被内部环路消除,因此外部电压控制环路没有两极点谐振,但是RHP零

点仍明显的出现在电流型控制电路中。

参 考 文 献:

- [1] 王增福,魏永明. 软开关电源原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [2] 张占松,蔡宣三. 开关电源的原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999
- [3] 侯振义, 直流开关电源技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [4] 马丽梅,张少如. BUCK-boost DC/DC变换器的控制[J]. 河北工业大学学报, 2008 34(4): 100-105
- [5] 陈维,王耀南. DC/DC变换器的神经网络鲁棒控制[J]. 湖南大学学报:自然科学版, 2007, 34(7): 53-56

Right Half Plane Zero Spot Research of BUCK-BOOST DC/DC Converter

ZHOU Xi-xiang

(Yiyang Vocational Technical College, Yiyang 413049, China)

Abstract As for the BUCK-BOOST DC/DC converter, how to obtain the bigger stability margin and high frequency transient state performance is the researchers' thorny question. In order to make this kind of converter work normally, it often needs to slide away the control circuit's gain under a very low frequency to control circuit's gain. This paper has analyzed which right half plane zero spot dynamic characteristic based on converter's dutyfactor control mode and the current control formula. The theory basis for enhance electrical power system's stability is provided.

Key words right half plane zero spot; dutyfactor control; current control; small signal

(上接第 109页)

Realizing on High Precision for the Chlorine Density of Real Time Detecting

LIU Lu-ming

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract Based on the Kapton Scattering and Lambert-Beer principle, a new real-time double wave spectrum method for chlorine concentration detection is brought out in the paper. The results of the comparison and analysis of them a priori chlorine real-time detecting methods in industry showed that the correctness and effectiveness of this method are verified by the spot data in industry.

Key words chlorine; on-line control; real-time detecting