

# 电逻辑处理型光电浓度仪的研制

杨国成

陈宗琼

(华侨大学)

(集美航海学院)

**摘要** 报道溶液浓度光电自动检测中一种新的光电信号处理方法——电逻辑处理技术, 並利用电逻辑处理技术和光的全反射原理研制了具有电逻辑处理输出的光电浓度仪。介绍其原理、结构和电路。是一种经济实用和稳定可靠的过程溶液浓度自动测控仪器。

**关键词** 逻辑处理, 光电浓度仪, 检测

## 0 前言

介质溶液浓度的测控是实现生产过程自动化、提高产品的产量与质量、降低劳动强度和提高经济效益的不可缺少手段。目前国内在生产过程中的在线浓度检测实际应用中, 除传统的目视折光仪外, 基本上是采用由光电器件转换以电模拟量输出的光电折射仪<sup>[1]</sup>, 但由于电模拟量输出的不稳定性、误差大、可靠性差和不具备生产过程自动控制功能等缺点, 使生产应用受到较大限制。

为解决生产过程中的溶液浓度自动测控, 我们提出一种新的光电信号处理技术, 並利用光的全反射原理研制了一种可用于生产现场进行过程溶液浓度检测与控制的光电浓度仪, 该仪器采用光电信号的电逻辑处理技术, 是一种具有电逻辑处理输出的新型光电浓度仪。本仪器安装在单晶冰糖生产车间的罐体上作较长时间的现场试验, 证明该仪器测控准确、使用可靠, 且具有稳定性好、结构简单、价格低等优点。它适用于制糖工业、食品、啤酒、饮料、制药、化工等行业。

## 1 仪器的工作原理

由几何光学基本定律可知: 从光密介质入射到光疏介质的光束在入射角大于临界角时, 光束会在光密介质与光疏介质的分界面上产生全反射。设光密介质的折射率为 $n_0$ , 光疏介质的折射率为 $n$ , 则产生全反射所对应的临界角 $\theta_c = \arcsin(n/n_0)$ 。假如作为检测对象的介质溶液是光疏介质( $n$ ), 光密介质是玻璃( $n_0$ ), 且 $n_0$ 为固定值, 那么如图1所示。若

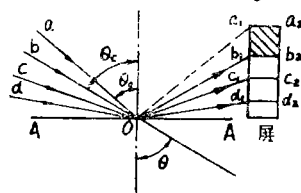


图1 全反射检测原理图

一会聚光束 $ad$ 入射到两介质( $n_0$ 和 $n$ )分界面 $AA'$ (会聚点为 $O$ )，则小于 $\theta_0$ 角的入射光线(如 $ab$ 间)产生折射进入溶液(在观察屏上形成暗区)，而大于 $\theta_0$ 角的光线(如 $bd$ 间)将会产生全反射，在观察屏(或分划板)上形成亮区。图示 $a_1a_2b_2b_1$ 为暗区， $b_1b_2d_2d_1$ 为亮区。光束的这种部分被折射和部分被全反射的结果就会在分划板上形成明暗分界线，如图1的 $b_1b_2$ 等等，且当 $n$ 值不同时，即溶液浓度不同时，其明暗分界线的位置也不同。依据明暗分界线位置与折射率(浓度)的对应关系即可用来检测溶液的浓度。而准确测量明暗分界线的位置是全反射法检测溶液浓度的关键。明暗分界线位移的自动检测可以用光电转换来实现，即当明暗区分界线移位时，分划板上的总光通量变化转化为电流或电压信号变化的电模拟量输出。显而易见，若明暗区的亮暗对比度越高，则明暗区分界线就越清晰，对分界线位移的检测就越准确，但是尽管光学系统是十分完善的，分划板上的明暗对比度不一定会高，这是由于入射光束在玻-液界面上的一部分入射角小于临界角的光线，虽然折射入溶液，但仍有一定的反射，使“暗区”并不完全“暗”，而是有一定的“亮度”。下面简要分析光线入射到介质 $n_0$ 与 $n$ 的分界面上时，自然光的反射率 $R_n$ 。

根据菲涅耳公式，在入射角小于临界角时，自然光的反射率 $R_n$ 为<sup>[2]</sup>

$$R_n = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{n \cos \theta_0 - n_0 \cos \theta}{n_0 \cos \theta + n \cos \theta_0} \right)^2 + \left( \frac{n_0 \cos \theta_0 - n \cos \theta}{n_0 \cos \theta_0 + n \cos \theta} \right)^2 \right], \quad (1)$$

由斯涅耳定律 $n_0 \sin \theta_0 = n \sin \theta$ 得

$$\sin \theta = \frac{n_0}{n} \sin \theta_0,$$

所以

$$\cos \theta = (1 - \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}} = (1 - \frac{n_0^2 \sin^2 \theta_0}{n^2})^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} (n^2 - n_0^2 \sin^2 \theta_0)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

将式(2)代入式(1)得

$$R_n = \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{n \cos \theta_0 - \frac{n_0}{n} (n^2 - n_0^2 \sin^2 \theta_0)^{\frac{1}{2}}}{n_0 \cos \theta_0 + \frac{n_0}{n} (n^2 - n_0^2 \sin^2 \theta_0)^{\frac{1}{2}}} \right]^2 + \left[ \frac{\frac{n_0}{n} \cos \theta_0 - (n^2 - n_0^2 \sin^2 \theta_0)^{\frac{1}{2}}}{n_0 \cos \theta_0 + (n^2 - n_0^2 \sin^2 \theta_0)^{\frac{1}{2}}} \right]^2 \right\}. \quad (3)$$

从式(3)可知，若 $n_0$ 为常数(固定值)，则 $R_n$ 是 $n$ ， $\theta_0$ 的函数，即反射率 $R_n$ 是随溶液折射率 $n$ 和入射角 $\theta_0$ (光束)的改变而改变的。因此，当 $n_0 > n$ 且光线入射角小于临界角时，不仅造成暗区光通量随溶液浓度不同而变化，而且暗区上各处光通量也呈现出不均匀性。若 $n_0 > n$ 且 $\theta = 90^\circ$ ，这时的光线入射角 $\theta_0$ 等于临界角 $\theta_c$ ， $R_n = 1$ ，则大于等于临界角 $\theta_c$ 的入射光线产生全反射，即亮区光通量不变，其结果是明暗区亮暗对比度随溶液浓度(折射率)的不同而变化。另一方面，由理论和实践研究证明：产生全反射时，在溶液中不是完全没有折射光，而是客观上存在有进入溶液中沿界面进行的光波，这种光波深入微小深度后还要返回作为第一介质的玻璃中，好象反射点在界面上有一平移<sup>[3]</sup>，虽然平移的数量级仅是入射光波长的量级，但会干扰分划板上明暗分界线的清晰度。由于以上原因和光源的光强涨落，以及光电器件本身的零漂等影响，采用直接光电转换的电模拟量输出作绝对或相对测量时，就会

出现较大的不稳定性和误差,无法满足使用要求。为克服上述问题和实现溶液浓度自动测控的精确性与可靠性,我们采用光电三极管阵列和电逻辑处理方法,消除了光强变化与亮暗对比度变化等影响,成功地实现了对明暗区分界线位移的光电自动检测,大大提高了仪器的检测精度与测控的可靠性。

光电信号逻辑处理方法见图2。图2(a)是分划板位置上光电管阵列排放示意图。如

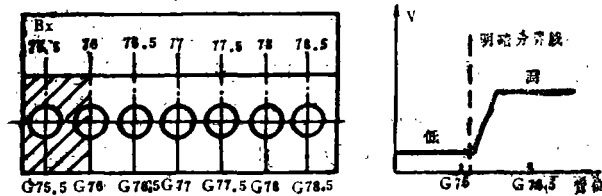


图2 信号的逻辑处理示意图

(a)光电管阵列(部分)排放法; (b)界线左右相邻光电管的输出电平示意图

图所示,各光电管位置分别与溶液浓度值相对应,而浓度测量间隔值由测量精度要求来设定。例如要求显示值为 $0.1Bx$ ,可每隔 $0.1Bx$ 放置一个光电管。本文为分析简便起见,设浓度值每隔 $0.5Bx$ 安置一个光电管,则相邻光电管所检测的对应溶液浓度值相差 $0.5Bx$ 。假定被测溶液浓度为 $76Bx$ ,则 $G75.5$ 及其左边的光电管全处于暗区,输出低电平, $G76$ 多于一半的受光面亦处于暗区,输出也是低电平,而 $G76.5$ 及其右边的光电管全处于亮区,并受光而导通,输出高电平,如输出低电平定为逻辑“0”,输出高电平定为逻辑“1”,则相邻光电管 $G76$ 输出逻辑“0”, $G76.5$ 输出逻辑“1”,即相邻光电管 $G76$ 、 $G76.5$ 输出的逻辑关系为“0 1”,只要检测出相邻二个光电管的逻辑输出为“0 1”时,输出“0”的光电管位置就是所对应的溶液浓度值。例如 $G76G76.5 = “0 1”$ 时,所检测的溶液浓度为 $76Bx$ 。逻辑输出的信号通过转换用来控制继电器或电磁阀,实现控制的功能。

## 2 仪器结构

本仪器主要由稳压电源、光学系统、光电转换系统、放大器、逻辑处理器、输出显示与控制系统等组成。光学系统包括光源、聚光镜组、检测棱镜、望远物镜、分划板等。仪器结构框图示于图3。

如图所示,光源发出的光线经聚光镜组后的光束会聚于检测棱镜与待测溶液分界面上的0点。随溶液浓度的不同,在分划板位置上所形成的明暗区分界线产生不同的位移,该变化由与浓度相对应的光电管来进行检测,进行光电转换。为减小体积和安装尺寸,光电管选用经过筛选的3DU51型光电三极管组成阵列。为了提高检测的准确性和可靠性,在光电管阵列前设置了与各个光电管相对应的长方形狭缝阵列,

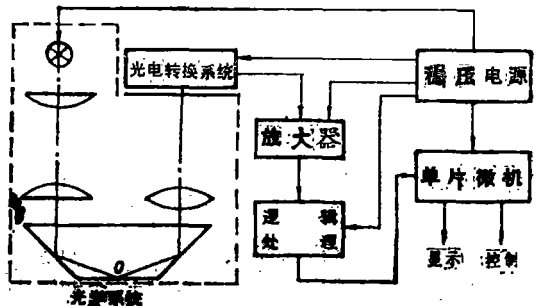


图3 仪器结构原理框图



## 参 考 文 献

- [1] 许咨钺、魏国良. 光电味精浓度仪的设计. 光学仪器, 10, 3 (1988), 32—37.
- [2] 尤金·赫克特著(曾贻伟等译). 光学(理论和习题). 北京师范大学出版社, (1983), 65—67.
- [3] 王之江主编. 光学技术手册(上册). 机械工业出版社. (1987), 240—243.
- [4] 杨国成. 光散射技术在液体介质计测中的应用. 计量与测试技术, 2 (1988), 26—31.

## A Logic Processor Type Photoelectric Instrument for Measuring the Concentration of Solution

Yang Gnocheng

Chen Zongqiong

(*hua qiao University*) (*Jimei Navigation College*)

**Abstract** For measuring the concentration of process solution, a new photoelectric signal processing method—electric logic processing technique is presented in this this paper. Based on this technique and the principle of total reflection of light, a photoelectric instrument with electric process output is developed. Of which the principle, construction and circuit are described in detail. The instrument is proved by practical use to be an economical, stable and reliable instrumentation.

**Key words** logic process, photoelectric concentration instrument, detection