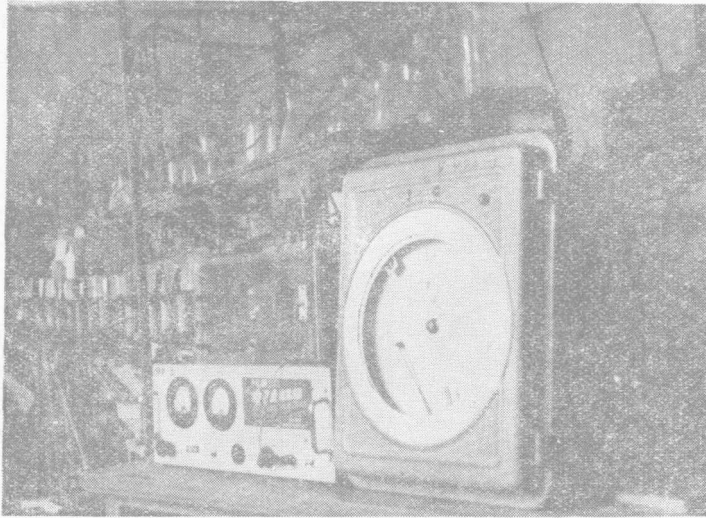


矿浆 pH 值自动检测*

金振亚 刘恩亨

摘 要

本文叙述了应用电导法原理在浮选工艺过程中对矿浆 pH 值的自动检测实验情况。采用常规的 pH 测定方法难以解决实际测量问题，而文中介绍的这种方法在实践中已证明是更能解决问题的。本文包括原理、线路设计、技术特性和实验数据。



一、前 言

影响浮选过程的因素,除了矿浆的浓度、温度和药剂的供给情况以外,最重要的因素是矿浆的 pH 值,调节 pH 值可以造成有利的表面反应条件。根据资料记载:在黄铁矿的浮选过程中,当 pH 值等于 6 时,采收率为 100%, pH 值等于 7 时,则降低至 50%,故国内外选厂对此参数的测量要求极为迫切,对现有的测量方法——比色法和玻璃电极法,已感不能满足工艺要求。此二方法的主要缺点为:

1. 矿浆本身往往就带有各种不同的颜色,影响比色法测量的精确度;
2. 矿浆是动的并带有较大的冲击力,玻璃电极不能直接插入,因此不能及时测量出矿浆 pH 值的大小;
3. 此二方法均不能及时指示和连续记录出浮选过程矿浆 pH 值的变化;
4. 测量过程复杂,不易操作。

* 本文曾于 1965 年 7 月在中国自动化学会年会上宣读。本文于 1964 年 8 月 30 日收到。

针对上述测量方法的缺点,我们采用了电导法原理对矿浆的 pH 值进行检测,经过半年来的实验研究工作,获得了较好的效果。

应用电导法原理自动检测矿浆的 pH 值,对其浮选工艺过程的 pH 值,可及时指示并作出连续记录曲线,这个问题目前国内尚未得到解决。由于条件限制,我们仅在连续浮选车间进行了实验和运转,肯定了其使用意义,受到使用单位的欢迎。但是,由于我们技术水平很低,本文也一定存在着很多的缺点和错误,敬请读者批评指正。

本专题在实验研究过程中取得的成绩是在全组同志和徐根灿等同志大力协助下取得的,朱舜奇等同志亦给予了很大的帮助,在此谨致以衷心的感谢。

二、方案的确定

第一方案 交流电子自动平衡电桥法(此法在国外杂志上有人提出过)。

其基本原理是应用测量仪表本身产生的交流电压作为补偿电压,去补偿测量线路产生的信号电压。如图 1。

由图可见,为使测量系统完全处于平衡状态,必须是二电压的幅值、角频率相等,而且相位角 $\phi = 0$ 。

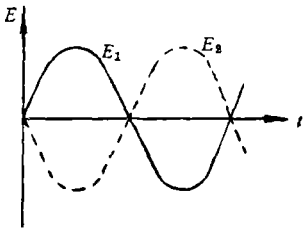


图 1 E_1 为信号电压; E_2 为补偿电压

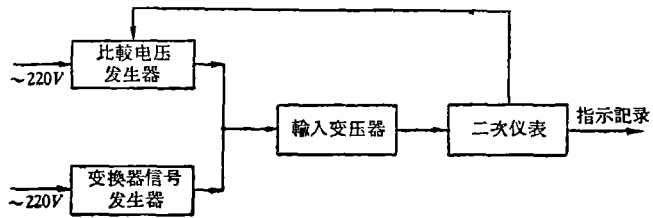


图 2 结构系统图

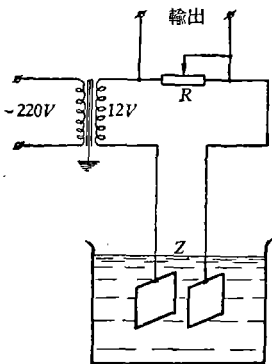


图 3 测量部分原理示意图

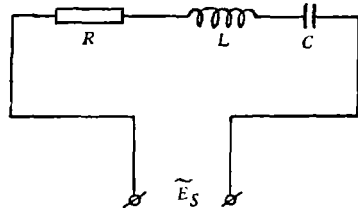


图 4 电极部分等效电路图

$$E_s = E_R + jE_L - jE_C = RI + j\omega LI - j\frac{1}{\omega C} I = ZI,$$

所以

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right).$$

如果 L 很小可以忽略,则

$$Z = R - j\frac{1}{\omega C}, E_s = RI - j\frac{1}{\omega C} I, \phi = -\text{tg}^{-1} \frac{E_C}{E_R}.$$

所以该信号电压,总是落后于电源电压一个相位角 ϕ ,并且 E_C 也随其电极间碱性(酸性)介质的不同而变化, ϕ 角亦随之改变;通过双线示波器的观察也得到与理论上推导的同一结果. 由于该测量系统无法达到完全平衡,故不被采用.

第二个方案 直流电子电位差计法. 该方法经实验研究证明是一种切实可行的方法.

1. 工作原理

矿浆 pH 值的自动检测,主要是由 pH—mV 变换装置和二次仪表电子电位差计来实现的. 在外加电压恒定的情况下,变换装置的输出信号值如能按矿浆 pH 值成比例地变化,则二次仪表即可相对应地指示和记录出该矿浆的 pH 值.

测量系统的一次敏感元件——铂电极对——直接插入被测量的矿浆中,作为阻抗电桥的一臂. 当 pH 值改变时,引起电极对间阻抗的变化,其阻抗为 $Z = R - j\frac{1}{\omega C}$;变换装置阻抗电桥产生不平衡电压,该电压经 $\Delta 1B \times 4$ 半导体全波整流后送入二次仪表自动电子电位差计进行指示和记录.

1) 测量线路

一般二次仪表电子电位差计常常安装在计器间内. 为了便于浮选工操作上的方便,

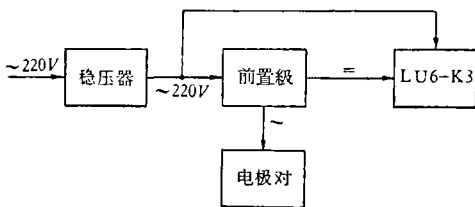


图 5 总体方框图

可以加入一套由开关 K 、 $\Delta 1B \times 4$ 、微安表等组成的测量系统,如图 7 的虚线部分(将微安表刻度成相对应的 pH 值). 在我们实验的工艺过程中,不需要该指示系统,所以尚未采用;该虚线部分只是一般性的设计,未经实验,仅供参考.

该电桥是一个交流低频(50)阻抗电桥,

如图 8 所示,则

$$\begin{aligned} Z_1 Z_4 e^{j(\phi_1 + \phi_4)} &= \\ &= Z_2 Z_3 e^{j(\phi_2 + \phi_3)}, \\ Z_1 Z_4 &= Z_2 Z_3, \\ \phi_1 + \phi_4 &= \phi_2 + \phi_3. \end{aligned}$$

该二是交流电桥平衡的

必要条件. 但对于我们的测量电桥, $\phi_1 + \phi_4 = \phi_2 + \phi_3$ 这个等式却永远不能满足,所以仪表刻度的始点也不是零. 由于 $X_c = \frac{1}{\omega C}$, 所以对其供电的频率和波形也要求较为严格.

$Z = R - j\frac{1}{\omega C}$, 电源的波动会改变离子的活性,使得阻抗 Z 发生变化,所以也要求由稳定性比较高的稳压器供电. 最初我们采用磁饱和稳压器供电,结果不够稳定. 改用 ACBO-2 型电子交流稳压器则获得了较好的效果. 由于 LU6 电子电位差计是一低阻电位

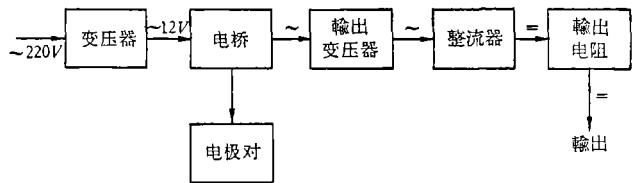


图 6 变换装置方框图

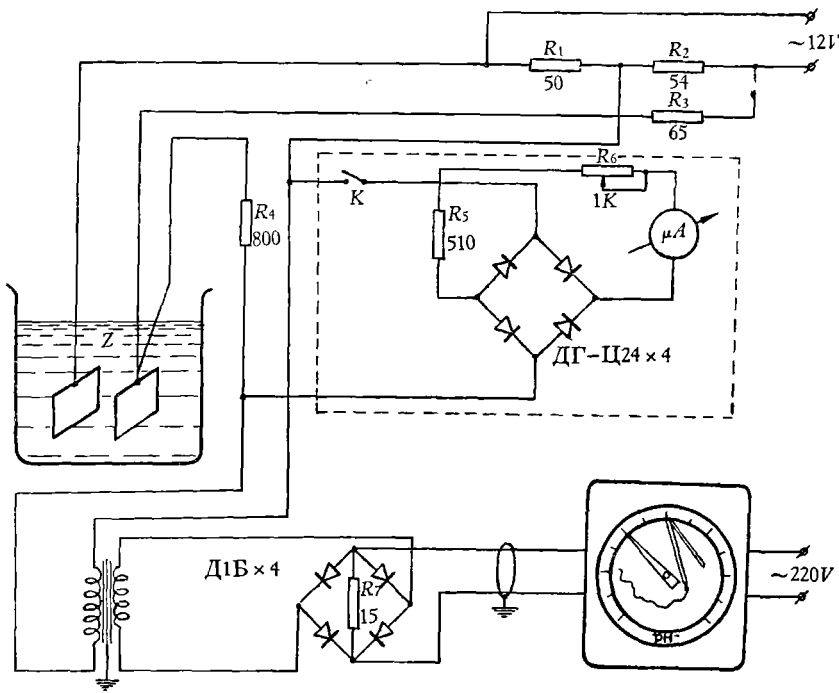


图 7 变换装置原理系统图

差计，对其输入阻抗的匹配应该十分注意，我们采用 15 欧输入电阻。如果选用得不好，亦会产生较大的误差。另外，特别注意，应将电极对插入溶液后，方可开动变换装置开关，否则将会产生烧毁仪表的危险。为了克服接线电阻的影响，我们采用了三线制接法，不受其接线长短的影响。

2) 电极对的结构

在我们实验过程中采用的是 10 × 10 间距为 10 毫米的铂金片电极对(铂金片没有加固)。国内已有定型产品。

2. 技术特性

1) 对其浮选对象具有较高的精确度。

误差^D ≤ 0.2 pH。

2) 能及时自动指示和记录出矿浆的 pH 值，得出 pH = f(t) 曲线。

3) 测量元件可以直接装于矿浆中，不怕搅拌和冲击，并可同时测量几个被测点的 pH 值。如搅拌槽、粗、中、精选等各处 pH 值。

4) 使用方便，易于维护。

5) 为实现矿浆 pH 值自动调节创造了有利条件；为实现浮选过程全盘自动化提供了极为重要的参数。

我们所实验的浮选流程最佳 pH 值为 11。为了增加仪表刻度盘工作部分的长度，我

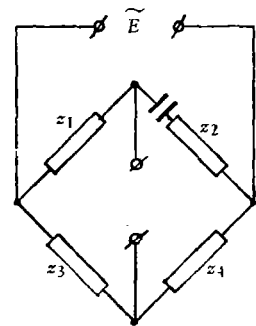
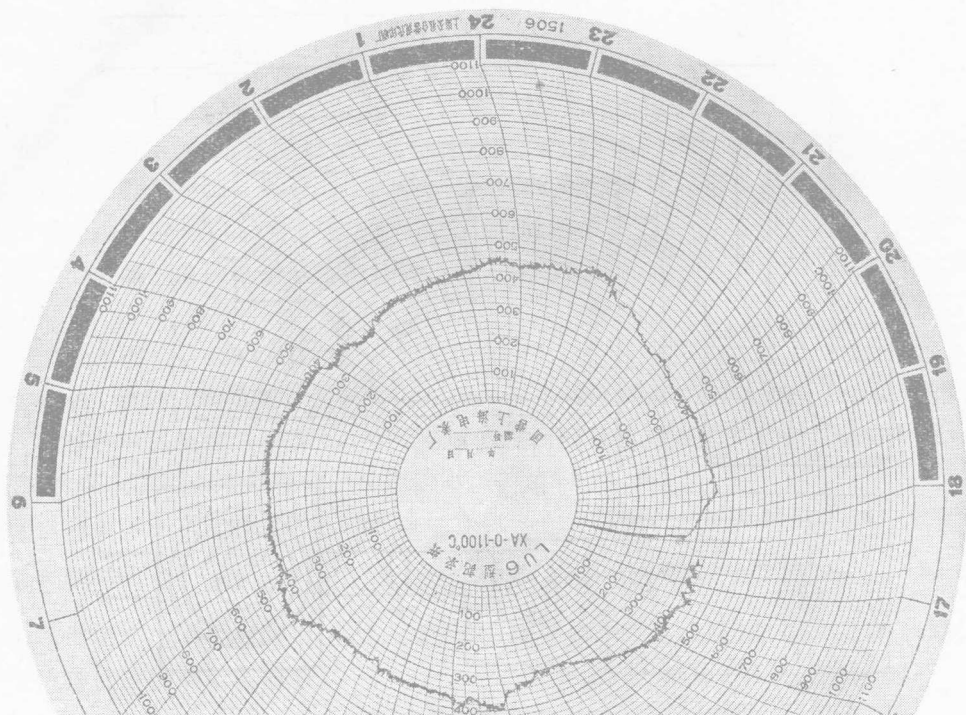
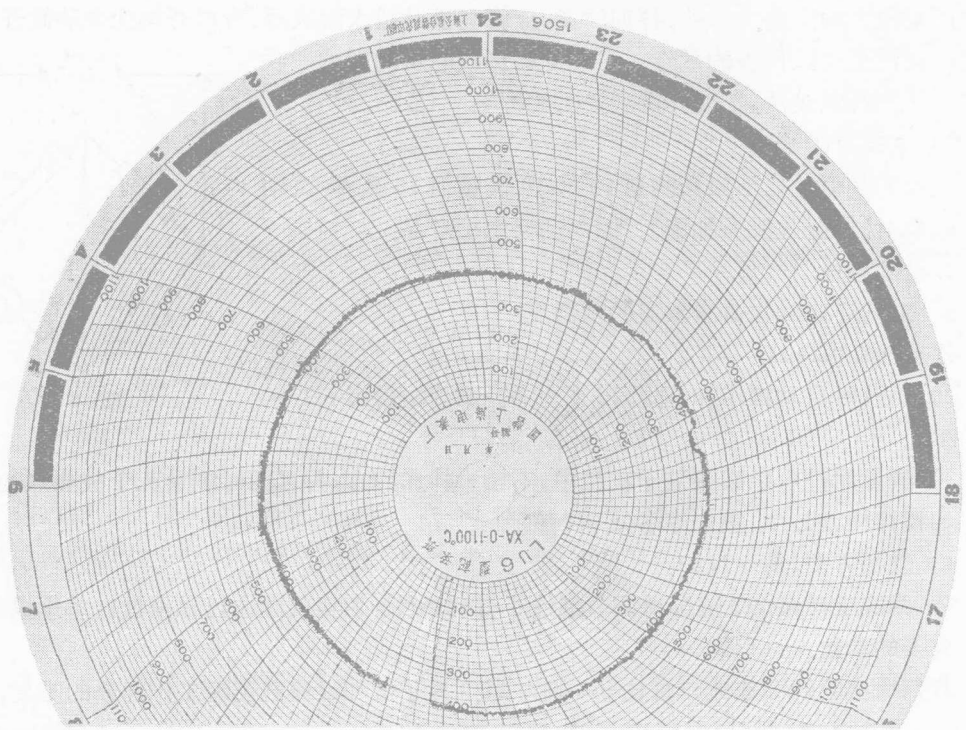


图 8

1) 是以 601 型 pH 测定仪作为标准仪表。



a



b

图9 矿浆 pH 值自动记录曲线

们将原 LU6 电子电位差计的整个刻度盘只刻度成三个刻度 10, 11, 12 pH, 该测量范围已足以满足工艺上的要求。对于各种不同的选厂, 应该根据不同的最佳 pH 值来确定仪表的刻度范围。调正方法, 只要适当的调节测量电桥 (如图 7 所示) 的 R_1, R_2, R_3 即可。另外, 应将原电子电位差计的冷端自动补偿电阻 R_M 取下, 另换一个锰铜电阻。

矿浆 pH 值自动检测仪表在浮选过程中使用的经济意义:

为了保证浮选过程的采收率、精矿品位和最少的药剂消耗, 该工艺条件最佳 pH 值定为 11, 如果矿浆 pH 值大于或者小于该数值, 都会严重的影响到浮选的经济指标。显然, 保证最佳的浮选条件是极为重要的。通过图 9 a 与 b 的比较, 就可明显地看出该仪表使用的经济意义。

图 9a 没有按照仪表的示数调节矿浆 pH 值, 结果是 pH 值波动很大, 对其浮选经济指标影响较大; 图 9b 按照仪表的示数调节矿浆的 pH 值, 结果保证了最佳的 pH 值浮选条件, 保证了浮选的经济指标。

三、结 束 语

本专题除了重点的解决了连续浮选的 pH 值测定以外, 并对温度自动补偿、提高测量精度和实现矿浆 pH 值自动调节的可能性等问题作了初步探索, 提供参考。

1. 对电极对结构的改进意见

在实验过程中发现铂金片易受矿浆的冲击发生振荡和变形。为了更进一步的满足以矿浆 pH 值为测量对象的要求, 特作了如下的改进设计, 仅供参考 (上海雷磁仪器厂生产与本设计相似的产品), 如图 10 所示。

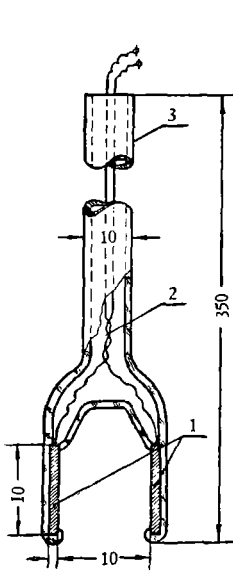


图 10 电极对结构图
1——铂金片 (10×10);
2——导线; 3——玻璃管

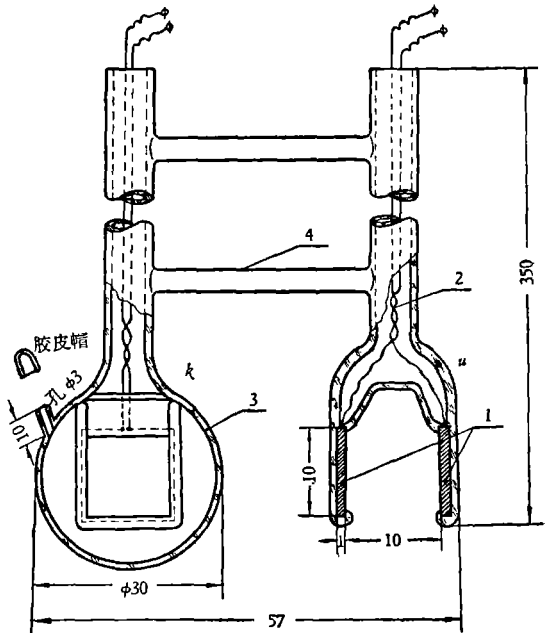


图 11
“——测量电极对; k——补偿电极对; 1——铂金片 10×10;
2——导线; 3——玻璃球; 4——横梁

这样铂金片就不能因受矿浆的冲击而振动或变形。

2. 带有矿浆温度自动补偿装置的测量系统

电极间的阻抗除了主要决定于矿浆的 pH 值大小以外, 也受其矿浆温度波动的影响。所以对于温度波动较大的浮选过程, 应该采用带有温度自动补偿装置的测量系统。由于我们实验的浮选流程温度波动不超过 $\pm 3^{\circ}\text{C}$, 对测量系统影响很小, 所以我们尚未采用温度自动补偿装置。

温度自动补偿的主要原理在于在 pH—mV 变换装置的阻抗电桥内, 在测量电极对的相邻桥臂上加接一个同样的电极对来代替 R_1 , 称之补偿电极对, 该电极对外面用很薄的玻璃球封闭起来, 其内充入过滤后的矿浆溶液。矿浆温度的波动在测量电极对间和补偿电极对间产生同样的作用, 以达到自动补偿的目的。电极结构如图 11 所示。

图 12a 为没有温度自动补偿装置矿浆温度从 23.5°C — 34.5°C 的矿浆 pH 值记录曲线。图 12b 为带有温度自动补偿装置, 矿浆温度从 23°C — 35°C 的矿浆 pH 值记录曲线。

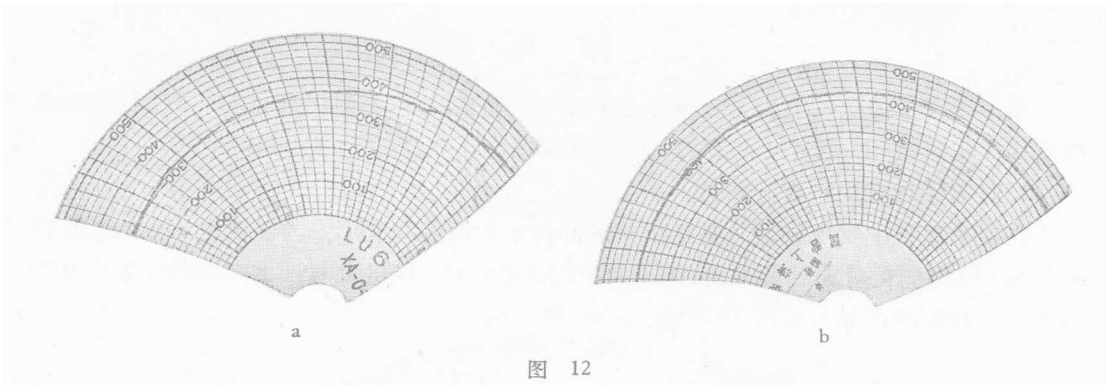


图 12

此实验只是在实验室内作的, 不能完全模拟出现场的实际情况。我们是用一个小烧杯代替 k 电极的玻璃球, 用电炉下部加热, 结果在加热过程补偿较好, 如图 12 所示。在冷却过程补偿得不够好, 滞后现象大。如采用图 11 的电极结构插入流动的矿浆中, 预计可以达到较好的效果。

3. 进一步提高测量精度和实现矿浆 pH 值自动调节的可能性

现有的测量系统采用的是低阻电桥。如将它改为高阻电桥, 并尽力增加仪表刻度盘有效工作部分长度, 再加之电子电位差计本身具有较高的灵敏度 (0.1%), 预想一定可以达到提高精度的目的。

由于该测量系统二次仪表采用的是电子电位差计, 这样就为实现自动调节创造了有利条件。可以与调节器、执行机构、组成比例或比例加积分的调节系统。

选厂大都采用 NaOH 溶液和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 二种药剂作为矿浆 pH 值的调节剂, 所以特提出如下二种矿浆 pH 值自动调节系统方案供参考, 对其它药剂作为 pH 调节剂的情况也有一定参考价值。

1) 以 NaOH 溶液作为 pH 调节剂的自动调节系统, 如图 13 所示。由于该药剂质量好, 反映速度快, 所以一般试验厂和小型厂常应用 NaOH 溶液作为矿浆 pH 值调节剂。

本系统主要是借助于改变斗式给药机的旋转速度以改变 NaOH 溶液加入量的方法

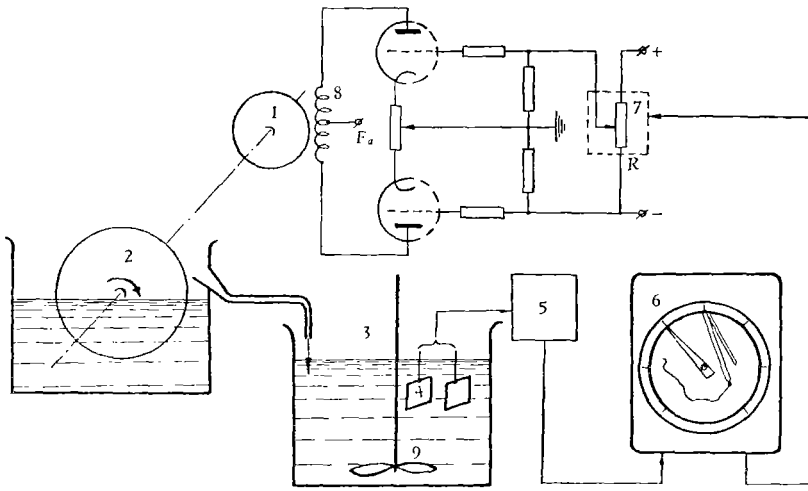


图 13

- 1—直流电动机；2—斗式给药机；3—搅拌槽；4—电极对；5—pH—mV 变换装置；
6—LU6-K3 电子电位差计；7—LU6-K3 的传送电阻 R；8—直流电动机的激磁绕组；
9—搅拌器

来实现闭路自动调节。当实测 pH 值与给定值发生偏差时，便有一扰动讯号经传送电阻 R 送至电子管放大器，改变了激磁绕组的电流，改变电动机的转速，则 NaOH 溶液的加入量亦发生改变，以达到自动调节的目的。

2) 以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 作为 pH 值调节剂的自动调节系统，如图 14 所示。因为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 远比 NaOH 成本低，适于大量应用，所以大、中型选厂常以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 作为矿浆 pH 值调节剂。

当给定值与实测 pH 值发生偏差时，二次仪表 LU6-K3 经传送电阻给 IP-130 再调节器一不平衡讯号，IP-130 再调调节器便产生比例加积分的调节作用，并通过执行机构改变翻板的翻转角度，改变了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的加入量，以达到矿浆 pH 值自动调节目的。

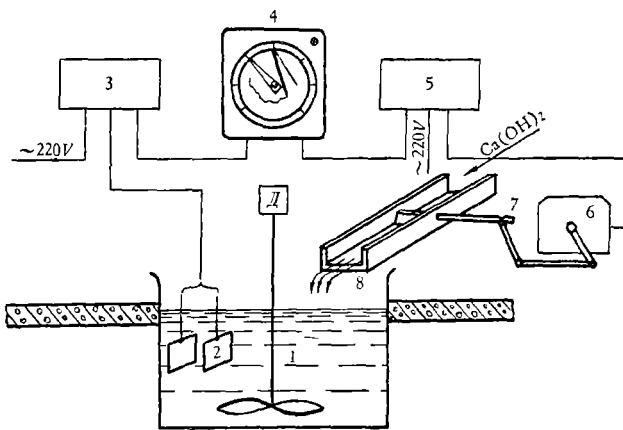


图 14

- 1—搅拌槽；2—电极对；3—pH—mV 变换装置；4—二次仪表 LU6-K3；
5—IP-130 再调调节器；6—执行机构；7—翻板；8— $\text{Ca}(\text{OH})_2$

参 考 文 献

- [1] Крюков, В. П., Подойницы, Б. А., Сафонов, А. Е., Автоматическое регулирование щелочности пульпы, *Механизация и автоматизация производства*, 1961.
- [2] Вертячих, А., Опыт применения кондуктометрического метода для автоматического регулирования щелочности пульпы, *Цветные металлы*, 1961.

**AUTOMATIC pH-VALUE DETERMINATION FOR
MINERAL PULPS**

KING CHIN-YA, LIU EN-HUNG

An automatic pH-value measuring procedure for mineral pulps during floatation process in ore dressing is described in this paper. It is based upon electrical conductivity principle. As the ordinary means of pH-determination is difficult to apply in production practice, application of this technique has proved to be more appropriate. This paper presents the working principle, electrical circuits, technical characteristics and experimental data pertaining to this method.