

(研究简报)

## 利用同位素技术和微机监测 煤浆浓度的研究

卢允信 刘雨人 谢亚丽 王永海 杜幼玲

(黄河水利委员会水利科学研究所, 郑州)

**关键词** 煤浆, 浓度, 低能 $\gamma$ 射线源, 微机。

### 一、引 言

煤浆浓度是洗煤生产中需要随时观测的重要参数之一, 到目前为止, 生产过程中一直是人工取样称重、计算、分析得到这一参数的。国内已有的几种 $\gamma$ 射线密度计<sup>[1]</sup>, 因其只适用于高浓度的测量, 不能满足洗煤生产过程中煤浆浓度测量的需要。为此, 我们研制了TN-1型同位素浓度计。用它与取样称重法做了对比, 相对误差小于10%的数据占对比总数的85%以上, 相对标准误差小于4.3%, 基本上满足生产需要。

### 二、工作原理

利用同位素技术测量浓度, 是根据射线与物质作用其强度被衰减的原理实现的。我们采用低能 $\gamma$ 射线源 $^{241}\text{Am}$ 。当宽束 $\gamma$ 射线通过物质时, 其强度减弱(图1)可用下式表示:

$$I = I_0 B e^{-\mu \rho d} \quad (1)$$

式中  $I$  为通过物质后探测器所探测到的 $\gamma$ 射线计数率(计数/s);  $I_0$  为没有物质时探测器所探测到的 $\gamma$ 射线计数率(计数/s);  $\mu$  为物质的质量吸收系数( $\text{cm}^2/\text{g}$ );  $d$  为 $\gamma$ 射线通过的物质厚度(cm);  $\rho$  为物质的密度( $\text{g/l}$ );  $B$  为积累因子。在低能射线的情况下,  $B$  近似为大于1的常数。

对于确定的被测物质,  $I_0$ ,  $\mu$ ,  $d$ ,  $B$  均为常数, 因此(1)式可写为:

$$I = ac^{-bc} \quad (2)$$

由(2)式(式中 $a$ ,  $b$ 为常数)可知, 对于确定的被测物质, 其浓度 $c$ 的变化仅与通过物质的 $\gamma$ 射线强度 $I$ 有关, 且随物质浓度的增大, 射线强度减弱。这样, 就可以通过测量 $\gamma$ 射线的强度间接地确定被测物质的浓度。

本文采用 $^{241}\text{Am}$ 低能 $\gamma$ 射线源。低能 $\gamma$ 光子与物质原子主要发生光电吸收, 其吸收系数 $\mu$ 与光子能量的3.5次方成反比, 可见使用低能源测量浓度的灵敏度较高。实验还发现<sup>[2]</sup>, 使用低能源时吸收规律不严格服从指数规律, 如果射线中有几种不同的能量, 则射线强度的减弱更不能用单一的指数函数来描述, 而是有一定的偏离, 这一偏离使得测量曲线的斜率增大, 即测量灵敏度提高了。因此能进行很低浓度的测量。

本文用煤泥水做了室内实验, 实验结果示于图2。

由图 2 曲线可知，在煤浆浓度  $c$  为  $100\text{g/l}$  时（计数时间为  $10\text{s}$ ），浓度测量的标准误差小于  $1\%$ 。延长测量时间可以减小这一误差，但对洗煤生产来说是不必要的。

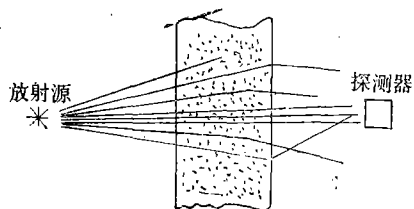


图1 宽束 $\gamma$ 射线通过物质时强度衰减示意图

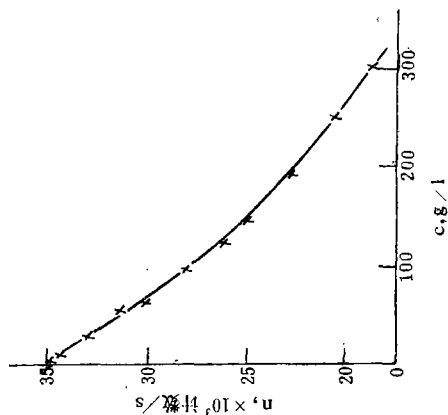


图2  $n$ - $c$ 关系曲线

### 三、仪器的组成和性能

TN-1型同位素浓度计是由源室、 $\gamma$ 射线探测器，核插件和 Z-80 单板机组成的。其框图示于图 3。

$^{241}\text{Am}$ 放射源发出的  $\gamma$ 光子经被测物质吸收、散射后，进入正比计数管，形成电脉冲；经过电荷灵敏放大器<sup>[3]</sup>放大后通过电缆传输到主放大器。信号经放大、甄别成形后输入到 Z-80 单板机进行处理，直接显示出浓度值。该机使用的程序是用 Z-80 汇编语言编写的，其程序框图示于图 4。单板机配有打印机接口，供与打印机联配。

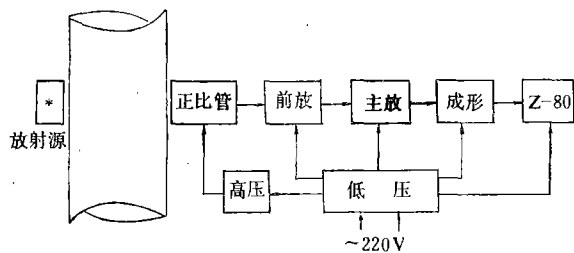


图3 仪器框图

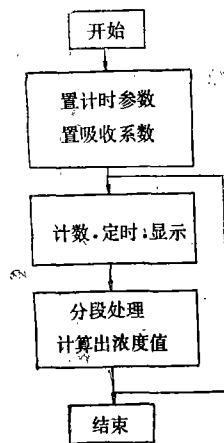


图4 程序框图

整机主要性能：测量时间为  $10\text{s}$  时，测量浓度范围为  $(0.003-0.6)\text{g/ml}$ ，测量精度为  $\pm 0.001\text{g/ml}$ ； $8\text{h}$  放射性活度变化系数优于  $\pm 0.05\%$ ；温度系数为  $0.0001\text{g/ml}\cdot^\circ\text{C}$ ，距放射源  $1\text{m}$  处  $\gamma$  剂量接近于本底。

### 四、现场标定

实际测量时不能用室内实验的数据，因为配制的煤泥水样品与实际煤浆组成不同。事实上各洗煤厂的原煤种类都不相同，对于固定的煤种，它对射线的吸收系数 $\mu$ 是常数。当煤的组成发生了变化， $\mu$ 不为常数，且对低能光子， $\mu$ 是以一种复杂的形式随吸收物质的原子序数 $Z$ 变化的，可粗略地表示为 $\mu \propto Z^{4.5}$ ，足见化学成份的变化会影响浓度的测量。为了最大限度地减少这一影响，对不同煤浆进行现场标定。图5为在株洲洗煤厂试用的标定曲线。

在标定及对比测量的过程中，为了保证所测样品与取样称重样品的一致性，在测量管下部开口，接一取样导管，由阀门控制，做到测量与取样同步进行。

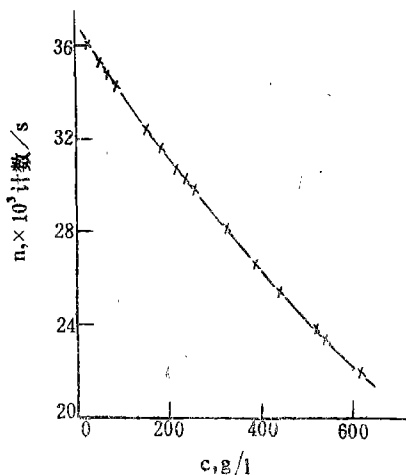


图5 现场标定曲线

### 五、现场试用

1987年12月我们利用该仪器在株洲选煤厂试测了“523”煤泥水的浓度，测值与取样称重计算值作了对比。在浓度为25—600g/l的范围内做了近300个对比数据，相对误差小于10%的数据占对比总数的91.1%，相对标准误差为 $\pm 4.3\%$ 。1988年4—5月，又在淮北后石台选煤厂试测了过滤机入料煤浆的浓度。在浓度为100—600g/l的范围内做了300多个测量与称重计算的对比数据，相对误差小于10%的数据占对比总数的85.5%，相对标准误差为 $\pm 3.4\%$ 。试用对比结果示于图6。

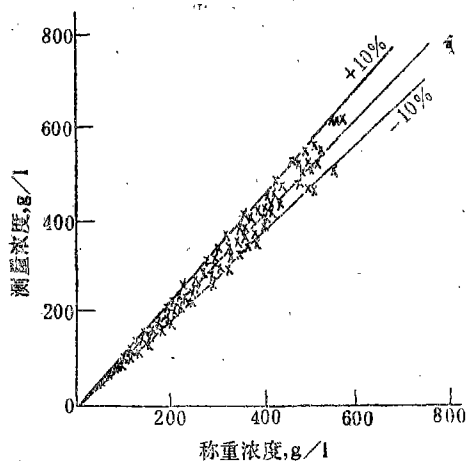


图6 对比结果图

从这两个选煤厂的试用效果看，测量基本上满足生产过程的需要。

### 六、误差分析

在选煤厂试用中，测量结果与取样称重值的对比误差较大，其主要原因有：

1. 煤的组成成份的影响。对于同一煤种，尽管其成份复杂，但在组成不变的情况下，测量精度是高的。然而选煤厂的原煤往往不是一个矿的煤，其成份不尽相同。如株洲选煤厂原煤有山西煤、牛马寺煤、恩口煤等。这些煤的成份及其含量是不同的。因未做煤的成份分析，现只就上述几种煤的比重差异（表1）来估算一下给对比带来的误差。以比重为1.52和1.42两种煤为例，在计算浓度时，由于比重不同，置换系数 $a = d / (d - d_w)$ 亦不同（式中 $d$ ， $d_w$ 分别表示煤和水的比重）。当比重为1.42和1.52时， $a$ 分别为3.38和2.92，在取样称重计

算中, 采用了 $a=3.3$ , 与实际相比, 有 $|\Delta a|=0.38$ , 故当浓度为 $100\text{g/l}$ 时, 有误差 $11.5\text{g}$ , 因而会引起 $10\%$ 左右的对比误差。后石台选煤厂原煤有两种, 也有同样的情况。

2. 取样称重给对比带来的误差。考虑到磅称的感量和取样浓度的影响, 估算这一误差也可达 $10\%$ 左右。因此, 现场实验对比误差较大。

表1 选煤厂原煤比重表\*

煤 种	山 西				牛马寺	恩 口
	樟 树	五 阳	王 庄	石 砭 节		
比 重	1.46—1.48	1.46—1.48	1.47	1.48—1.52	1.42—1.43	1.51

\* 该资料由株洲选煤厂研究所提供。

## 七、结 束 语

1. 该方法与取样法对比标准误差小于 $5\%$ , 基本上解决了工业生产过程中低浓度测量问题。可用于选煤厂煤浆浓度的监测, 也可用于冶金、化工、环保等部门进行管道、槽内介质浓度的连续测量和过程控制, 还可以配合流量计测量介质的质量流率。

2. 用微机对回归曲线进行分段处理, 即在测量中, 随着煤质的变化相应地改变(2)式中的常数 $a$ 和 $b$ 的值, 以减小煤质变化给测量带来的误差。

## 参 考 文 献

- [1] 张伦和,  $\gamma$ 射线矿浆密度计在氧化铝生产中的应用, 核技术成果选编, 北京, 1983年, 第133—135页; 张焕福, FD-3型 $\gamma$ 射线密度计, 核技术成果选编, 北京, 1983年, 第285—286页。
- [2] 刘雨人等, 核电子学与探测技术, 7(3), 186(1987)。
- [3] 刘雨人等, 水文, (49), 7(1989)。

# A STUDY OF MEASURING COAL THICK LIQUID DENSITY BY THE ISOTOPE TECHNIQUE AND MICROCOMPUTER

Lu Yunxin Liu Yuren Xie Yali

Wang Yonghai and Du Youling

(Institute of Hydraulic Research YRCC, Zhengzhou)

## ABSTRACT

The coal thick liquid densitometer consists of  $^{241}\text{Am}$  low energy radiation source, proportional counter and Z-80 microcomputer. The instrument has been tested in Zhuzhou and Huaibei and compared with sampling method. The relative standard deviation is  $\pm 4.3\%$  and  $\pm 3.4\%$  respectively.

**Key Words** coal thick liquid, density, low-energy  $\gamma$ -ray source, microcomputer.