

塑料闪烁体核子秤的研制

孔祥忠 李公平 李东仓 杨保太 杨景康

(兰州大学 兰州 730001)

高 峰

(包头钢铁稀土公司冶金研究所 包头 014010)

摘要 塑料闪烁体核子秤是一种新型的非接触式在线计量和控制仪表。具有安装维护简单、动态精度高、可靠性好等特点。介绍了塑料闪烁体核子秤的工作原理、结构及性能。

关键词 塑料闪烁体, 核子秤

核子秤所用的 γ 射线探测器有G-M计数管、电离室、正比计数管和NaI(Tl)闪烁计数器^[1-5]等几种类型。前三种气体探测器的共同缺点是探测效率低, 所需放射源活度大。NaI(Tl)闪烁计数器制成的核子秤虽然灵敏度高、所用 γ 源活度小, 但线状源制作难度高, 且 γ 源的防护也较困难。

我们在比较和吸收国内外核子秤先进技术的基础上, 采用长塑料闪烁体作为 γ 射线探测器, 研制了塑料闪烁体多功能微机核子秤。该核子秤的研制为非接触式的物料在线计量与控制增添了一种新型的动态精度高、稳定性好、所用放射源活度小以及可在恶劣环境条件下工作的计量测量控制设备。

1 工 作 原 理

塑料闪烁体多功能微机核子秤是利用物质对 γ 射线的吸收原理制成的。它由源部件(γ 放射源和铅罐)、A型支架、 γ 射线探测器、电子线路、速度传感器及微机电源系统组成(见图1)。

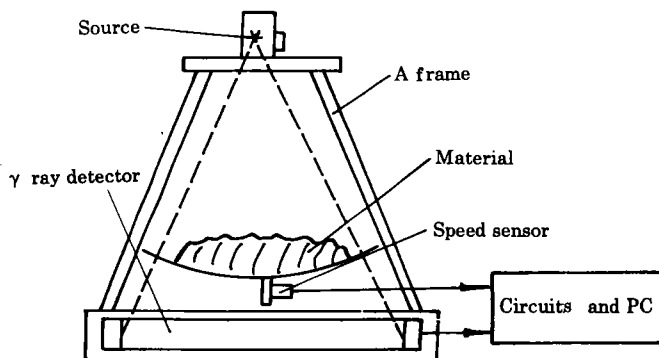


图1 塑料闪烁体核子秤的结构示意图
Fig.1 Diagram of a nuclear weighing-scale

放射源射出的 γ 射线在A型支架构成的平面内呈扇形照射,物料从A型支架中间穿过,射线的一部分被物料吸收,其余部分穿透物料照射到 γ 射线探测器上,因此 γ 射线探测器输出信号的多少可反映输送机上物料的多少。

γ 射线穿透物料后的强度变化规律为

$$N = N_0 e^{-\mu_m F/S} \quad (1)$$

式中, μ_m 为物料的质量吸收系数; F 为输送机物料单位长度上的载荷量; S 为输送机载料面宽度; N_0 、 N 分别为空载和负载时探测器输出的信号数。

令 $K_2 = -S/\mu_m$,并增加一个修正因子 K_1 ,则

$$F = K_2 \ln(N_0/N) + K_1 \quad (2)$$

通过测量 N 、 N_0 ,并通过标定确定 K_1 、 K_2 后即可得到 F 。

输送机的速度 V 可由测速装置输出的脉冲数(N_V)经计算得到

$$V = K_3 N_V \quad (3)$$

输送机输送的物料流量 $P = F \cdot V$;由此可求得物料累计量 W

$$W = \sum_{i=1}^N F_i V_i T \quad (4)$$

式中, F_i 为输送机瞬时载荷量; V_i 为输送机瞬时速度; T 为采样周期; N 为采样次数。

2 结 构

2.1 源部件

塑料闪烁体核子秤使用的 γ 源为 ^{137}Cs ,活度为 $1.1 \times 10^9 \text{Bq}$,射线能量为 0.662MeV ,半衰期为 30.1a 。 γ 源材料为铝硅酸铯,装入不锈钢壳内,用氩弧焊密封。活性区为 $\phi 5 \text{mm} \times 5 \text{mm}$,外形尺寸为 $\phi 8 \text{mm} \times 10 \text{mm}$,装在 $\phi 180 \text{mm} \times 190 \text{mm}$ 的铅罐内,以保证放射性物质不会泄漏。放射源的开关由旋转塞控制,旋到“开”处, γ 射线通过准直孔射出,旋到“关”处, γ 射线几乎全被铅罐吸收。

2.2 γ 射线探测器

塑料闪烁体核子秤使用的 γ 射线探测器是专门研制的长塑料闪烁体^[6],具有探测效率高、性能稳定、结构简单、使用寿命长、抗机械损伤等优点。塑料闪烁体有多种规格,适用于不同宽度的输送机。

2.3 测速装置

塑料闪烁体核子秤的测速装置由光电编码器、从动轮及支架组成。从动轮压在皮带上,皮带带动从动轮转动,光电编码器输出的脉冲数与皮带速度成正比。

2.4 电子线路和微机测量系统

塑料闪烁体核子秤的电子线路和微机测量系统框图见图2。电子线路由射极输出器、线性放大器、单道、混合器、稳峰线路、高压电源、供电电源组成;微机测量系统采用先进实用的MCS-96系列准十六位单片机8098作为核心器件,扩展了相应存储器和外部接口,射线脉冲及皮带速度脉冲采用高性能16位计数器8254测量,单片机在软件上完成数据采集、流量和累加量计算、空带校准及人机对话功能,操作者通过16个键操作和8位数码管显示就可以完成人机对话。塑料闪烁体核子秤带有上位PC机,具有多机通信管理系统。通过PC机的RS-232串行口与8098 CPU的串行口相连,8098采用方式2进行通信设置。在不增加硬件

的情况下,很方便地实现多机通讯。PC机软件设定多个通讯站,可以管理多台塑料闪烁体核子秤的工作。PC机随时可以对下位机的数据进行采集,按一定格式在CRT上显示,定时打印运行报表或存盘处理。PC机还可以通过键盘对下位机的参数进行设置,管理下位机的工作。PC机采用菜单方式进行提示,使用户操作一目了然。PC机开机和停机对下位机不产生影响。

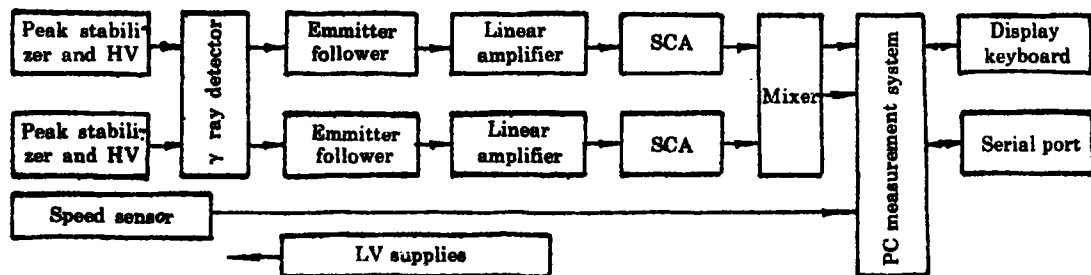


图2 塑料闪烁体核子秤的电子线路和微机测量系统框图
Fig.2 Circuitry and PC-measuring system of the nuclear weighing-scale

3 特 点

塑料闪烁体核子秤是一种非接触式在线计量和控制装置,具有如下特点。

- (1)用途广泛,适用于皮带、履带、刮板、螺旋、斗式提升机等多种输送机,可用于煤炭、建材、矿山、冶金、化工、电力、轻工及食品等行业多种物料的计量。
- (2)不受物料温度、湿度、腐蚀性的影响,也不受皮带磨损、张力、振动、惯性等因素影响,在恶劣的环境条件下能正常工作。
- (3)性能稳定,工作可靠,动态测量精度高。
- (4)结构简单,安装方便,维修量小,安装时不影响输送机正常工作,更不需要对输送机进行任何改动。
- (5)所需 γ 源活度小,易于防护,对工作人员造成的辐射危害小。

4 功 能

塑料闪烁体核子秤具有如下功能。

- (1)测量物料的瞬时量与累积量,控制物料累计总量,控制物料负荷最大值与最小值。
- (2)对皮带运行状态中停带、空带等进行状态指示与报警。
- (3)显示核子秤运行状态中输送机速度、输送机物料负荷、物料流量、物料累计重量等参数。
- (4)带有上位机与下位机通信管理,实现了多工作站系统,可以在预定时间或随时打印出物料累计量和两次打印间隔内输送机的物料量。

5 技 术 指 标

- (1)精度:在皮带正常负荷下标定,流量在(20%—100%)最大流量范围内变化,动态累

计误差 $<1\%$ 。

(2)物料含水量变化范围: $\pm 5\%$ 。

(3)稳定性:在正常工作条件下, 72h内 N_0 漂移 $<0.15\%$ 。

(4)使用环境:探头部分为温度 -30°C — $+60^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $<90\%$;主机部分为温度 $+10^{\circ}\text{C}$ — $+40^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $<90\%$;电源为50Hz、220V($1\pm 10\%$)。

参 考 文 献

- 1 施启存, 王明谦, 孙金华, 等. 核技术, 1993; 16(6):356
- 2 周立业. 核电子学与探测技术, 1992; 12(3):134
- 3 Richard E B, Mount C, Lawrence F, et al. United States Patent, 1971; 3:610, 925
- 4 宋炎太, 田惠丰, 毕 亮, 等. 实用新型专利申请说明书, 1991; Ch 2071333U
- 5 施启存, 孙金华, 王明谦. 核技术, 1993; 16(1):39
- 6 孔祥忠, 李公平, 杨景康, 等. 兰州大学学报(自然科学版), 1994; 30(3):165

A plastic scintillator nuclear weighing—scale

Kong Xiangzhong Li Gongping Li Dongcang Yang Baotai Yang Jingkang

(Lanzhou University, Lanzhou 730001)

Gao Feng

(Metallurgy Institute of Baotou Steel and Rare Earths Company, Baotou 014010)

Abstract

A plastic scintillator nuclear weighing—scale has been developed. In this paper the working principle, structure, main performance and characteristics of the nuclear weigh—scale are described. Combining nuclear detection technology with micro—computer, the non—contacting instrument features good accuracy, high reliability, simple installation and maintenance, and can therefore be used for on—line measurement and control of the cargoes on conveying machines.

Keywords. Plastic scintillator, Nuclear weigh scale