

LY-1型核子皮带秤

叶克江 雷存第 李辛是 刘兆远

(兰州大学现代物理系 兰州 730000)

摘要 对目前国内外核子皮带秤的技术现状作了全面的比较,并详细阐述了一种新型核子皮带秤的优点及其技术水平,提出了更接近实际的数据处理方法。

关键词 核子皮带秤(HZC) 全恒温阵列式 G-M管探测器 非线性 外猝灭技术

1 核子皮带秤简介

核子皮带秤(HZC)是一种对运输皮带及固定形状管道内物料(固态、液态或粉末状)进行在线连续称重计量及控制的新型特种核子仪表.它可以测量负载厚度(kg/m)、质量流量(kg/s)和累计重量(kg或t)等.可广泛用于冶金、化工、煤炭、建材及粮食等行业。

板式、斗式、履带式、链式输入机等。

HZC目前已实现整个系统的智能化,具有可选择的预编程功能,便于与上位机及自动调节控制装置联机,备有打印及通讯接口,以完成恒量物料和自动配比物料的目的并予以记录。

HZC的基本工作原理可用框图1表示.应用核物理的方法,测量传输带的物料负载量 $F(\text{kg}/\text{m})$.HZC由三部分组成,1.传感器系统(又称一次仪表),2.数据处理系统(又称二次仪表),3.电源系统。

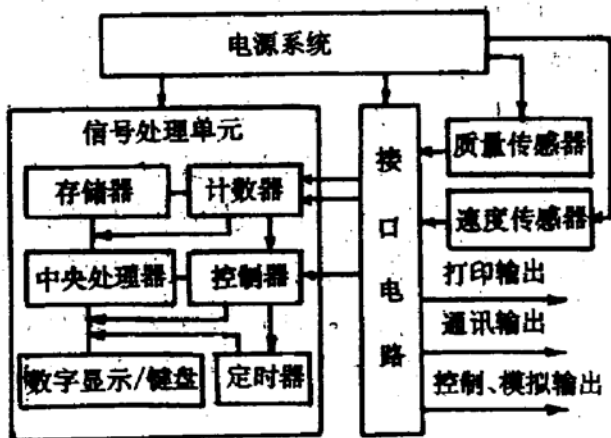


图1 核子皮带秤工作原理框图

HZC是一种非接触式仪表.在测量过程中不与皮带或管道接触,不受机械振动、皮带张力、皮带倾角、惯性冲击、物料过载等因素的影响.与普通电子称相比,核子秤具有不需机械维护、安装简便、不需停机即可完成安装、稳定可靠、长久耐用、定标简单、精度高及适应现场恶劣环境等优点,特别适用于那些普通电子秤所不能应用的场合,如螺旋式、刮

2 国内外核子皮带秤技术现状及比较

国内外HZC多以电离室作为传感器,电离室成本高昂,其电离电流仅约 $10^{-12} \sim 10^{-14}$ A,需要弱电流放大器并且必须工作在恒温状态,弱电流放大器对温度十分敏感,因此对恒温装置的恒温指标要求严格,弱电流放大技术在一般工业现场的恶劣环境中出于对成本的考虑及其现有技术水平应用十分困难.整个一次仪表系统庞大、不便于安装和对恶劣环境适应性差.存在很大的零点漂移(2.5~5.0kg/m),稳定性不好,因此零点需经常定期或不定期的复标校正.校正时要求输送机空转甚至停机,影响生产工艺流程秩序配合,需要的放射源(^{137}Cs)一般为100mCi,不利于屏蔽防护,安全性差.国外HZC是以电离室作一次仪表测量负载传感器

(又称探头)的,精度最好可达0.5%,国内 HZC 精度最好可达1.0%,但这对短期运行可给出精度,而对长期运行过程中的精度则不能保证,为此,才要求定期(一般为1~3个月)或不定期的复标,以校正零点漂移及有关参数。此外,国内 HZC 的应用实例故障率很高,维护工作量更大。

HZC 也用闪烁体或其它晶体作探头,此种情形对电源要求甚高,电压需在500~2500V内可调,输出电流不少于1.0mA,电源稳定度要求好于0.1%,闪烁体或晶体温度系数大,光电倍增管也存在疲劳问题,闪烁体易碎裂,点探头线源不易制作均匀,且不易屏蔽防护。线探头点源时,长棒状晶体更不易加工制作,抗振性差,成本高昂,探测效率不均匀,对温度十分灵敏。与电离室式探头一样,系统庞大笨重、线路复杂、故障率高和功率大。晶体的优点在于探测效率较高,可实现高计数率以及应用较小的放射源(30~50mCi),寿命与电离室相当(2~5a)。

HZC 也有用传统的盖革-弥勒计数管(G-M管)作为探头的,其缺点为输出脉冲宽度约100~200 μ s,不能实现高计数率,探测效率低,要求用较大的放射源(~100mCi),而优点在于体积小,抗振性好,温度系数小,线路简单,对高压源要求小于400V(正负高压绝对值的和),稳定性好于0.5%~1.0%即可,输出电流不大于0.5mA,成本低廉探头重量轻,便于运输安装。

G-M管式探头的零点漂移约为1.0~2.0 kg/m,闪烁体或晶体零点漂移约2.0~4.0 kg/m,电离室零点漂移约2.0~4.0 kg/m。

传统 G-M 管的主要缺点在于寿命短,一般为1~3个月,最长只有约6个月,脉冲记录次数最大约~ 10^9 次。目前国内以 G-M 管作为探头的 HZC,通过采用外猝灭前置放大技术,使其输出脉冲宽度小到~15 μ s,基本上解决了 G-M 管不能进行快速计数的问题,寿命延长至2a以上,与电离室或晶体相当。

目前, HZC 普遍存在两个主要问题。一是零点漂移问题,即稳定性很差,主要来自于一次仪表的探头部分造成短期定标精度与长期运行精度差别明显,有的情况甚至达到了目测即可判断其计量不准的程度,而且需经常复标,工作量大,影响生产,故障率也很高。二是非线性问题,即在负载厚度 F (kg/m)波动范围大或 F 很小时不能实现额定精度。在工业现场的一般情况下, F 波动范围较小,而且 F 都在20~30kg/m以上,标定时期按正常下料量下料,其标定的参数只适用于 F 波动的很小范围。一旦 F 偏离此范围,就不能满足精度要求。

3 产品的技术水平和数据处理方法

本产品采用全恒温阵列式 G-M 管作探头以及先进的数据处理技术和电路技术,使 HZC 的技术指标达到了很高的水平。

3.1 技术指标

1)探头内 G-M 管阵列式排列,长短结合,根据实际情况进行串并联组合,一般6~10支,大大提高探测效率,放射源小到10~30mCi,有利于校正因直接应用长度与输送带宽相当的 G-M 管产生的非线性误差。而且,长度大于0.7m的 G-M 管难以生产,目前国内还没有。

2)采用全新的猝灭电路技术,使 G-M 管输出脉宽小到~8 μ s,寿命延长至5a以上。

3)输出脉冲幅度约10V,传输距离可达800m。

4)探头全部处于恒温状态,控温精度为0.5 $^{\circ}$ C,适用于-40~+60 $^{\circ}$ C的温度环境,控温值连续可调。

5)电源系统包括+5.0V、+12V、+200V和-180V四组,其中高压电源输出~2.0mA,稳定性好于0.1%,其影响可以忽略。

6)传感器系统的探头温度系数<0.1%,测速传感器采用电磁式,输出标准10V脉冲,120个/转。

7) 线路简单, 均处于恒温状态, 维护量小, 故障率低.

8) 探头重量 < 15kg, 体积小, 便于运输和安装.

9) 负载范围波动大时, 利用硬软件相结合进行非线性校正, 只要 $F > 10\text{kg/m}$, 精度为 1.0% 和 $F > 20\text{kg/m}$, 精度为 0.5%.

10) 长期稳定工作, 一次定标, 终身无需复标, 大大减小维护工作量.

11) 零点漂移 < 0.1kg/m.

12) 数据处理系统用 MCS-51 系列 8031 单片机, 功能强, 编程灵活, 配备打印和通讯接口, 输出各种开关量及模拟量, 可与各种控制设备联机, 实现恒量物料及自动配比物料控制.

3.2 数据处理

HZC 一次仪表安装简图如图 2 所示, 一次仪表包括探头、A 型支架、放射源和测速器四个部分, 其中测速器装于皮带下方, 与皮带接触, 测量皮带的瞬时运行速度, 放射源扇形张角为 2θ , 完全覆盖物料, 皮带运行方向垂直纸面(未画出).

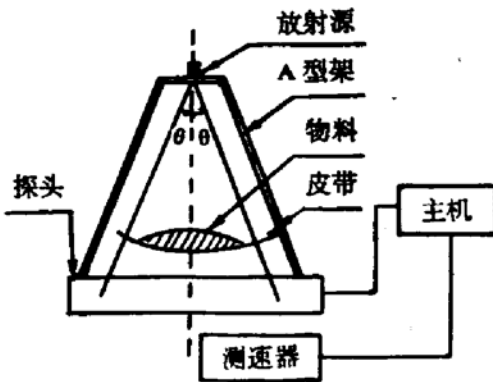


图2 测量安装简图

对线性厚度横向均匀的物料, 以平行放射源入射, 其负载厚度 $F(\text{kg/m})$ 与探头计数率的关系为

$$F = B \times \ln(N_0/N) \quad (1)$$

式中, N_0 为空带计数率, N 为有负载时的计数率, B 为定标线性系数.

实际情况是, F 变化时 B 也变化, 即 F 与 $\ln(N_0/N)$ 的关系为非线性的. 理论表明, 设

$\Phi = \ln(N_0/N)$, 有

$$F = b \times \Phi^{(1+\delta)} \quad (2)$$

式中, b 为线性参数, 与公式(1)中 B 意义类同, δ 为非线性校正参数, $|\delta| \leq 0.15$. 通过实物标定, 可求出 b 和 δ 参数. 根据皮带速度 v , 可求出瞬时负载流量为

$$P = F \times v \quad (\text{kg/s})$$

对 P 求时间积分, 求得的累计负载总量为

$$Y = \int P dt = \sum P \times \Delta t \quad (\text{kg 或 t})$$

一般选 $\Delta t = 1\text{s}$.

上述计算及显示均由 MCS-51 系列 8031 单片机完成.

4 产品的主要功能

1) 显示、打印瞬时负载厚度 $F(\text{kg/m})$; 2) 显示、打印瞬时负载流量 $P(\text{kg/s})$; 3) 显示、随机或定时打印负载总量 $Y(\text{kg/t})$; 4) 显示、打印时间, 定时可任意设置; 5) 显示、打印平均或瞬时探头采样; 6) 备有通讯接口, 可与上位机联机; 7) 可实现定时或定量控制.

5 标定方法及应用实例

标定方法有两种, 即动态和静态标定.

1) 静态标定方法

在探头正上方 1m 宽的皮带上铺设物料, 模拟实际物料形状, 在正常物料负载厚度 $F_{\text{平均}}$ 附近选取数点 (5~10 个点), 分别铺设负载厚度为 F_1, F_2, \dots, F_m 得到的计数率分别为 N_1, N_2, \dots, N_m , 测定空带计数率 N_0 , 由此组数据即拟合出公式(2)中的 b 和 δ , 测速参数为固定已知参数, 由所用的测速器决定.

2) 动态标定方法

先将测速参数输入主机, 并设置初值 $b = 100.0, \delta = 0.00$, 称取定量的物料 W_i (已知), 主机显示物料重量 W_i (显示出), ($i = 1, 2, 3 \dots m, m = 5 \sim 10$ 次), 根据一组数据 $W_i - W_i$ 即可拟合出 b 和 δ , 此种方法定标精度最高.

(下转第 39 页)

$^{123}\text{Xe}-^{123}\text{I}$ 和 (3) $^{124}\text{Xe}(p, x)^{123}\text{Xe}-^{123}\text{I}$. 对于 (1), $E_p = 23 \sim 25\text{MeV}$, $\sigma = 1000 \sim 1300\text{mb}$; 对于 (2), $E_p = 54 \sim 57\text{MeV}$, $\sigma = 500 \sim 400\text{mb}$; 对于 (3), $E_p = 23 \sim 30\text{MeV}$, $\sigma = 210 \sim 200\text{mb}$. 因为 Cyclon-30 最高质子能量为 30MeV , 所以过程 (1) 和 (3) 才是它可利用的核反应.

能量 30MeV 以下质子加速器上可生产的放射性同位素和核反应选自 INDC(NDS)-209/GZ(1988) 和有关的报告.

半衰期和衰变型式及分支比数据取于放射性同位素表 (1986) 和核衰变数据手册

(1990). Q 值来自期刊“核数据表”(Nuclear Data Tables). 极大截面值 (σ_{\max}) 和相应的入射质子能量 ($E\sigma_{\max}$) 和实验测量的能量范围以及厚靶产额等来源于 EXFOR 实验数据库. 由于篇幅有限, 这些数据连同参考文献不可能逐一列出, 有兴趣者可来函索取.

应当指出的是, 在同位素生产过程中核数据的作用是重要的, 但不应过分地强调, 靶的问题、在辐照期间形成的核素的化学特性及产物的放射性比度等项工作的恰当处置往往需要付出更大的努力.

Production and Application of Medical Radioisotopes

Zhuang Youxiang Cai Dunjiu Zhao Zhixiang

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

Abstract The choice criteria and categories for medical radioisotopes are described. The medical radioisotopes produced at intense proton accelerator with the energy below 30MeV and the related nuclear data are compiled, and a comparison with the reactor irradiated medical radioisotopes is given.

Key Words accelerator reactor medical radioisotopes nuclear data

(上接第49页)

本产品应用于酒泉钢铁公司烧结厂精矿车间, 自1984年12月以来运行良好, 性能稳定, 采用静态标定方法, 精度1.0%.

核子皮带秤具有性能稳定、精度高、维护

量小、安装简便、适应恶劣环境等许多优点, 可广泛应用于很多行业进行自动计量和控制, 优化管理, 节约能源, 提高产品质量和劳动生产率, 具有综合的社会效益.

LY-1 Nucleon Belt Gauge

Ye Kejiang Lei Chundi Li Xinshi Liu Zhaoyan

(Modern Physics Department of Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract The recent technical situations of nucleon belt gauge at home and abroad are contrasted completely in this paper, and the characteristics and technical level of a new nucleon belt gauge are given. A better method of data calculations is proposed.

Key Words nucleon belt gauge whole thermostat array G-M tube detector nonlinear external abruption