

温度引起的放射性气溶胶连续监测仪 峰位漂移修正技术

张志龙,傅翠明,陈宝维,李建龙

(中国辐射防护研究院,山西太原 030006)

摘要:本工作研究放射性气溶胶连续监测仪中由半导体探测器的温度特性引起的 α 谱的峰位漂移对测量结果的影响,并采用温度跟踪方法和计算机软件处理技术消除这一问题。修正采取了2种方法:第1种是对峰位进行温度修正,得到修正过的各道计数;第2种是采用跟踪天然放射性核素 ^{214}Po 峰位的漂移,再根据被测人工放射性核素能量与 ^{214}Po 能量的相对值来进行修正。

关键词:放射性气溶胶监测仪;峰位漂移;温度效应;补偿

中图分类号:TL364.5

文献标识码:A

文章编号:1000-6931(2006)06-0752-04

Compensation Technology on Peak Shift Caused by Temperature Effect in Continuous Radioactive Aerosols Monitor

ZHANG Zhi-long, FU Cui-ming, CHEN Bao-wei, LI Jian-long

(China Institute for Radiation Protection, P. O. Box 120, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The research concerns in the influence of peak shift related to temperature effect in the continuous radioactive aerosols monitor on the measured data. The tracking measurement of temperature and the data processing computer software technology were adopted in order to eliminate this influence. The method includes two approaches. The first is calculating the channel's offset by temperature, and the counts of every channel are corrected by software. The second is tracing the peak shift of ^{214}Po which is daughter of ^{220}Rn , and the peaks of other nuclides can be corrected according to the relative value of energy.

Key words: radioactive aerosols monitor; peak shift; temperature effect; compensation

α 和 β 放射性气溶胶连续监测仪^[1,2]用以监测空气中 α 和 β 放射性气溶胶。在实际应用中,为控制和保证测量结果的稳定性,对温度变化可能造成的 α 谱的峰位漂移采取了补偿措施,从而提高了监测仪器的稳定性和可靠性。

随着时间和环境条件的变化,气溶胶监测仪的 α 谱峰位会出现峰位漂移,现场使用中峰位漂移现象更为突出,严重影响检测结果的准确度。因此,进行能谱峰位的漂移修正是必要的。在理论分析基础上,经过实验证实,通过跟

踪温湿度的变化并采用计算机软件处理技术来解决这一问题,并得到较好效果。

1 温度对峰位的影响

为确定放射性气溶胶连续监测仪系统中温度的影响,对该系统中的相关部分进行试验,以获得峰位与温度间的关系。

1.1 放大器温度试验

将信号发生器作为信号源,接入前置放大器的检验端。前置放大器输出小,需经主放大器放大后再接入多道分析器进行 α 谱峰位测量。对应不同的温湿度条件,每10 min测量1次峰位。信号发生器型号为HEWLETT 33120A,输出波形是方波,幅度460 mV,频率20 Hz。图1、2分别示出CAM0401监测仪主放大器、前置放大器和主放大器的温度变化对测量峰位的影响。

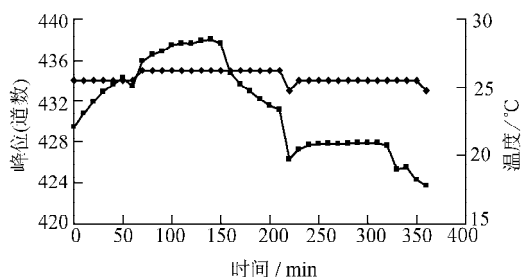


图1 峰位随主放大器的温度变化

Fig. 1 Peak shift vs. temperature of main amplifier for CAM0401 monitor

◆——峰位; ■——温度

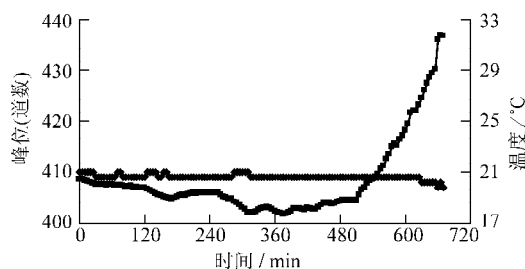


图2 前置放大器和主放大器的温度变化对测量峰位的影响

Fig. 2 Peak shift vs. temperature of preamplifier and main amplifier for CAM0401 monitor

◆——峰位; ■——温度

从图1、2可看出,前置放大器和主放大器

的温度变化对检测仪的峰位漂移无影响。

1.2 探测器温度试验

选取国外某公司和国内某厂家不同规格的探测器,考察探测器温度变化对 α 峰位的影响。为此,将探测器接入前置放大器、主放大器和多道分析器系统中构成测试系统,用 ^{239}Pu α 源进行峰位和温度的跟踪测量。图3示出进口探测器CAM300($\phi 20$ mm)、CAM1200($\phi 40$ mm)和国产金硅面垒探测器GM $\phi 20$ mm、GM $\phi 40$ mm的温度变化对CAM0401监测仪 α 峰位漂移的影响。

由图3可知,探测器温度变化, α 峰位随之明显改变。探测器的温度变化对峰位漂移是不容忽视的。

1.3 峰位与温度的关系

通过对气溶胶监测仪大量的试验和验证,包括探测器温湿度试验、前置放大器温湿度试验、主放大器温湿度试验,获得了相关试验数据。对试验数据进行线性拟合处理,得到峰位偏移道数与探测器温度间近似呈线性关系。探测器的探测面积和型号的不同,峰位漂移道数随温度变化的函数关系的系数略有不同。

对于 $\phi 40$ mm探测器,峰位漂移道数 $\approx -5\Delta t$ 。

对于 $\phi 20$ mm探测器,峰位漂移道数 $\approx -2.5\Delta t$ 。

2 峰位动态跟踪

在采样测量的滤纸样品上收集有大量氡钍子体气溶胶,其中,RaC'的峰位比较明显。在高氡本底条件下,该峰位易于测量。图4所示为对采样1 h、衰变0.5 h后用GM $\phi 20$ mm探测器测量0.5 h获得的能谱图。

从图4可看出,核素 ^{214}Po 的 α 峰位明显可见,这样,通过跟踪 ^{214}Po (RaC')的峰位漂移,再根据被测放射性核素的能量与 ^{214}Po 能量的相对值,进行软件计算和处理,就可以消除峰位漂移对测量结果的影响。

3 软件计算与处理

3.1 温度补偿处理

对实验数据的统计分析表明,在现有的实验条件下,在10~40°C范围内,峰位与温度

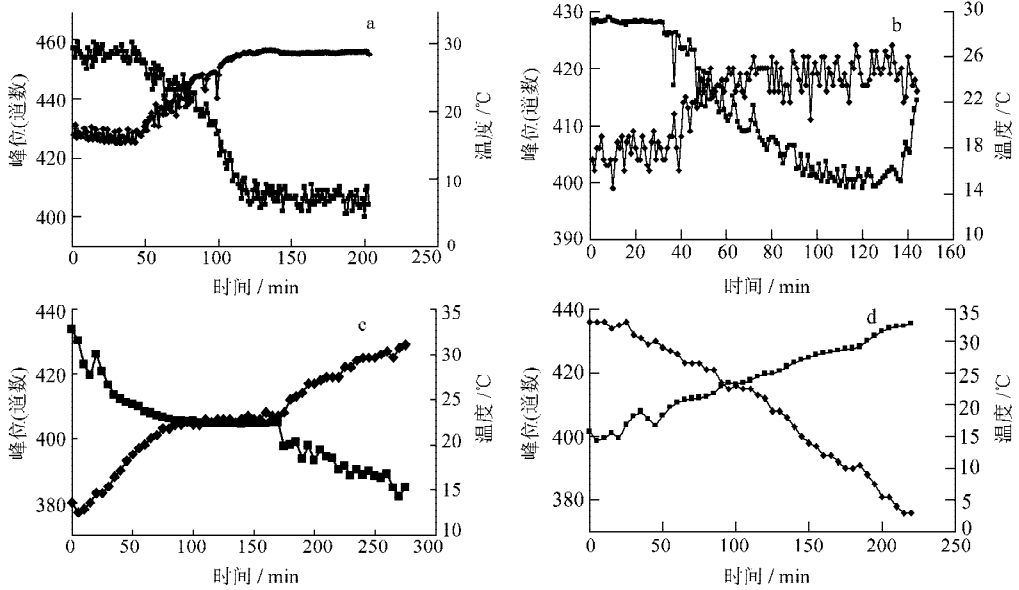


图3 探测器温度变化对CAM0401监测仪 α 峰位漂移的影响

Fig. 3 Effect of detector temperature on α -peak shift for CAM0401 monitor

a—CAM300; b—CAM1200; c—GM ϕ 20 mm; d—GM ϕ 40 mm

◆—峰位; ■—温度

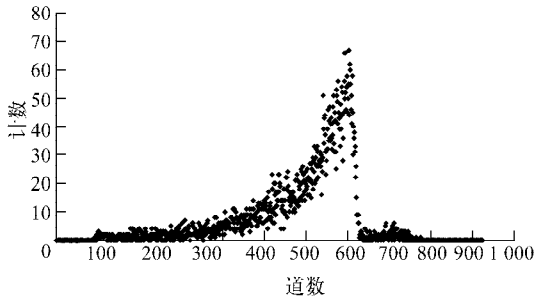


图4 ^{214}Po 样品的 α 能谱图

Fig. 4 α -spectrum of ^{214}Po sample

间存在如下关系:

$$P = P_{t_0} + F(t_1 - t_0) \quad (1)$$

式中: P 为测量时实际峰位所在道数; t_1 为测量时的温度; t_0 为调节主放大倍数时的温度(通常为 25°C); P_{t_0} 表示温度为 t_0 时对应的峰位; $F(t_1 - t_0)$ 是温度为 t_1 时的峰位偏移量函数。

当温度为 t_0 时,在 dt 时间内,各道的计数分别为 $X_i dt$,其中, i 为道数。在温度为 t_1 时, dt 时间内各道的计数为 $Y_i dt$,为将峰位虚拟显示在温度为 t_0 时对应的位置 P_{t_0} 处,则需将数组 Y 在 dt 时间内的计数累加到温度为 t_0 时对应的数组 X 中。

峰位修正到 P_{t_0} 的数组 $X_{i,\text{correct}}$ 计数应为:

$$X_{i,\text{correct}} = X_i + Y_{i+F(t_1-t_0)} \quad (2)$$

放射性气溶胶连续监测仪的多道谱在开始测量前总需清零,所以,只要对 $Y_{i+F(t_1-t_0)}$ 进行积分即可得到峰位为 P_{t_0} 时的各道数:

$$X_{i,\text{correct}} = \int_{t_0}^{t_1} Y_{i+F(t_1-t_0)} dt \quad (3)$$

由式(3)可将测得的任意时间段内随温度变化的各道内的计数修正到温度为 t_0 时的各道计数,从而实现温度修正。图5所示为GM ϕ 20 mm探测器经温度补偿修正后峰位和温度的跟踪测量试验结果。从图5可看出,经温度补偿修正后的峰位基本稳定不变。

3.2 动态峰位跟踪修正

在RaC'峰位较为显著的情况下,通过动态峰位跟踪修正技术^[3],可对由其它各种综合因素引起的峰位漂移进行进一步修正,使得计算结果更为精确。为此,先预定一合理RaC'峰位 P_E ,再寻找实测的峰位 P 。实测峰位 P 的寻找过程如下。

1) 对各道内的计数进行光滑。本软件采用5点3次光滑方法,光滑公式如下:

$$AY_0 = [69Y_0 + 4(Y_1 + Y_3) - 6Y_2 - Y_4]/70$$

$$AY_1 = [2(Y_0 + Y_4) + 27Y_1 + 12Y_2 - 8Y_3]/35$$

$$AY_2 = [-3(Y_0 + Y_4) + 12(Y_1 + Y_3) + 17Y_2]/35$$

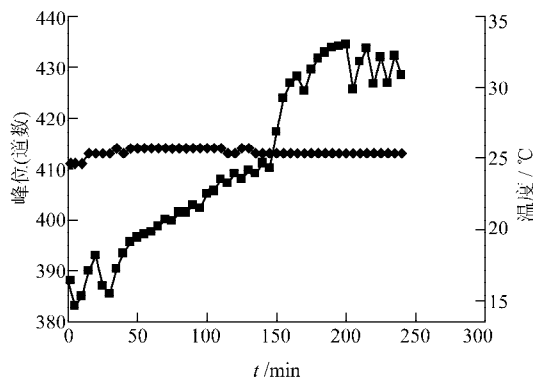


图5 国产探测器 GMφ20 mm
经温度补偿修正后峰位随温度的变化
Fig. 5 Peak shift after temperature
correction for detector GMφ20 mm
◆——峰位; ■——温度

$AY_3 = [2(Y_0 + Y_4) - 8Y_1 + 12Y_2 + 27Y_3]/35$
 $AY_4 = [-Y_0 + 4(Y_1 + Y_3) - 6Y_2 + 69Y_4]/70$
 其中: $Y_0、Y_1、Y_2、Y_3、Y_4$ 为光滑前5个相邻的点; $AY_0、AY_1、AY_2、AY_3、AY_4$ 为光滑后的5个点。

2) 构建一数组 Z 。 Z 的值由下式得出:

$$Z_k = \sum_{i=k}^{i=k+4} AY_i (0 \leq k \leq 1018)$$

该数组 Z 由每5个相邻数的和组成,为消除统计涨落影响而设置的。可根据实际情况设定5个或其它个数。

3) 寻找数组 Z 内的最大值。设数组 Z 内的最大值 Z_M ,则实测的峰位 $P = M + 2$,其中, M 为求得 Z_M 值的起始道数。因 Z 值由5个点的和求得,所以,实测峰位 $P = M + 2$ 。

由于统计涨落的原因,在计数较低的情况下,峰位的寻找可能不准确。因此,需设定一阈值 Z_G 。当 $Z_M > Z_G$ 时,方允许进行动态峰位跟踪修正。 Z_G 值由使用人员根据现场实际情况设定。

4 结论

放射性气溶胶连续监测仪的半导体探测器受温度变化的影响比较大,用温度跟踪补偿技术基本上可消除因探测器温度变化造成的峰位漂移。利用动态峰位跟踪方法可进行进一步补偿,从而提高监测灵敏度,并能适应核设施现场的监测要求。

参考文献:

[1] 李爱武,傅翠明,张志龙,等. 高灵敏度的放射性气溶胶连续监测仪[J]. 核电子学与探测技术, 2001,21(5):356-361.
 LI Aiwu, FU Cuiming, ZHANG Zhilong, et al. A high sensitive radioactive aerosol continuous monitor[J]. Nuclear Electronic & Detection Technology, 2001,21(5):356-361(in Chinese).
 [2] 卢正永,李爱武,张志龙,等. 放射性气溶胶监测仪探测限检测方法研究[J]. 原子能科学技术, 2001,35(6):518-524.
 LU Zhengyong, LI Aiwu, ZHANG Zhilong, et al. Study on verification methods for the detection limit of radioactive aerosol monitors[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2001,35(6):518-524(in Chinese).
 [3] 卢正永. 气溶胶科学引论[M]. 北京:原子能出版社,2000:165-185.