

三套 HPGe $\gamma$  谱仪对土壤标准样品的测量结果比对

周 程

中图分类号:R144 文献标识码:B 文章编号:1004-714X(2009)02-0196-01

【摘要】 目的 做好放射性测量的质量保证工作,检验本实验室三套 HPGe $\gamma$  谱仪的性能。方法 采用相对测量法,分别用三套谱仪对一个土壤标准样品进行测量比对。结果 对三台谱仪的测量结果进行 U 检验,各核素的 U 检验值 < 1.96 (置信水平为 0.95)。结论 本实验室三台谱仪性能可靠,质控措施可行,检测结果可信。

【关键词】 高纯锗; $\gamma$  谱仪;相对测量法;比对;U 检验

准确测量环境样品的放射性活度,除了实验室内部要认真进行质量控制技术研究,建立严格有效的质量保证体系之外,对标准源样品和实验室之间的的比对测量分析,是做好放射性测量质量保证工作的重要措施之一。

本实验室目前承担了田湾核电站外围环境大量样品的检测分析,同时也对全省辐射环境质量样品以及其他委托检测样品进行放射性分析。为了检验本实验室三套 HPGe $\gamma$  谱仪的性能,用三套  $\gamma$  谱仪分别对中国计量科学研究院提供的标准土壤样品进行了测量,测量时间为 86 400s,并将检测结果与标样数据(U-238, Th-232, Ra-226, K-40 活度浓度)进行了比对分析。本实验室的测量方法为效率曲线法,效率刻度的标准由中国国防科工委提供的底泥标准样品(样品编号:040517-4),待测样品和标准样品均装在直径为 70mm,高为 50mm 的聚乙烯圆柱形盒内。标样重量为 296.2g。

1 三套  $\gamma$  谱仪性能指标比较

为讨论方便,将三套谱仪分别标为谱仪 A、谱仪 B 和谱仪 C。谱仪 A 和谱仪 B 是美国 ORTEC 公司生产的 DSPEC PLUS 型和 DSPEC JR 型实验室谱仪,谱仪 C 是美国 CANBERRA 公司生产的 DSA 1000 型实验室谱仪。三套谱仪的主要技术指标见表 1。

表 1 三套谱仪的性能参数

性能指标	谱仪 A	谱仪 B	谱仪 C
高压	+4000V	+3800V	+2800V
探测器类型	同轴 P 型	同轴 P 型	同轴 P 型
相对效率	60%	64%	45%
能量分辨率( $^{60}\text{Co}$ )	1.87	1.96	1.83
峰康比( $^{60}\text{Co}$ )	130:1	72:1	74:1
铅室本底(cps)	1.73	1.9	1.73
峰漂(连续 100h)	1 道	0.52 道	0.24 道

2 测量分析方法<sup>[1,2]</sup>

2.1 能量刻度 选用国科委提供的标准混合源(Am-241, Ba-133, Co-57, Cs-137, Mn-54, Zn-65, Co-60)对三台谱仪进行了能量刻度。刻度时选用了从低能到高能 10 种  $\gamma$  射线,即 59.54, 81.00, 122.06, 302.84, 356.01, 661.65, 834.83, 1 115.52, 1 173.23, 1 332.49keV, 三台谱仪的能量刻度曲线如下:

谱仪 A: 能量 =  $0.1661 + 0.249437 \times \text{道址} + 4.00402 \times 10^{-8} \times \text{道址}^2$

谱仪 B: 能量 =  $0.0694 + 0.222608 \times \text{道址} - 1.00937 \times 10^{-8} \times \text{道址}^2$

谱仪 C: 能量 =  $-0.2186 + 0.2227 \times \text{道址} - 4.482 \times 10^{-8} \times \text{道址}^2$

2.2 效率刻度 本实验室选用的是效率曲线法,即采用一系列放射性强度和半衰期确知的标准源或一两种多  $\gamma$  核素标准

源对探测器进行效率刻度,获得探测器的效率随能量的关系曲线,如全能峰效率(EI)曲线。通过计算样品的  $\gamma$  能谱全能峰净面积,可得到特定能量  $\gamma$  射线的强度,进而得到样品中核素的放射性活度。

效率曲线法应用范围较广,可选用多个单能源、有多种能量的  $\gamma$  源或混合源,本实验室选用国科委提供的标准混合源(Am-241, Ba-133, Co-57, Cs-137, Mn-54, Zn-65, Co-60)分别对三台谱仪进行了效率曲线的刻度。ORTEC 公司的两台谱仪效率曲线拟合采用 polynomial(多项式),CANBERRA 公司的效率曲线拟合采用 Dual 方式,拟合的效率曲线见表 2。

表 2 三台谱仪对标准源的拟合效率

核素	能量 (keV)	拟合效率 (谱仪 A)	拟合效率 (谱仪 B)	拟合效率 (谱仪 C)
Am-241	59.54	0.02235	0.007602	0.01825
Ba-133	81.00	0.03529	0.02387	0.03691
	302.84	0.03614	0.03581	0.03305
	356.01	0.03284	0.03270	0.02942
Co-57	122.06	0.05743	0.04923	0.05214
Cs-137	661.65	0.02294	0.02297	0.01901
Mn-54	834.83	0.01960	0.01963	0.01603
Zn-65	1 115.52	0.01541	0.01544	0.01250
Co-60	1 173.23	0.01468	0.01471	0.01191
	1 332.49	0.01286	0.01280	0.01045

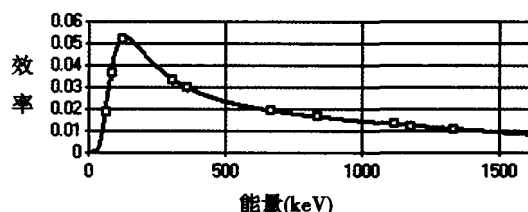


图 1 谱仪 C 对标准源的效率曲线图

2.3 被测核素特征  $\gamma$  能量的选择(表 3)表 3 被测核素特征  $\gamma$  能量和分支比

被测核素	子体核素	对应能量(keV)	分支比(%)
U-238	Th-234	63.29	3.81
Ra-226	Pb-214	295.21	18.7
	Pb-214	351.92	35.8
	Bi-214	609.32	45
Th-232	Ac-228	338.4	11.3
	Ac-228	911.07	26.6
K-40	K-40	1 460.75	10.67

2.4 测量方法 本次分析的样品是中辐院提供的标准样品(U-238, Ra-226, Th-232, K-40),样品置于直径 70mm,高 50mm 的聚乙烯塑料盒内(与标准源的样品盒相同),样品净重 296.2g,样品制备时间为 1989.3.19。

作者单位:江苏省辐射环境监测管理站,江苏 南京 210036

作者简介:周程(1981~),男,四川自贡人,从事环境监测与辐射防护工作。

## 【辐射环境】

## 城市轻轨交通沿线电磁污染的分析 and 调查

范 磊

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2009)02-0001-02

【摘要】 目的 了解城市轻轨产生的电磁污染情况。方法 根据城市轻轨电磁特性,按照相关电磁监测方法对其周围环境进行了监测。结果 高频综合电场强度和工频电场、工频磁场均符合标准。结论 轻轨机车运行时对沿线电磁环境影响较小,不会干扰周围居民的生活。

【关键词】 城市轻轨;电磁污染;监测结果

随着我国经济的高速发展和城市交通线路建设,城市轻轨交通作为解决大城市市内交通紧张的选择将日趋普及。轻轨交通沿线所经地段很多是居民区,与居民住宅很近,它所产生的电磁场直接影响周围环境,因此伴随着轻轨交通的大规模建设,人们越来越重视轻轨机车运行时沿线产生的电磁污染。

## 1 轻轨机车运行时的电磁污染分析

作者单位:江苏省辐射环境监测管理站,江苏 南京 210036

作者简介:范磊(1982~),男,江苏南京人,助理工程师,从事电磁辐射监测工作。

市内地面轨道交通一般称为轻轨交通,轻轨机车的电流回路示意图如图 1 所示。运行期间的电磁污染主要分为高频电磁污染和工频电场、工频磁场。

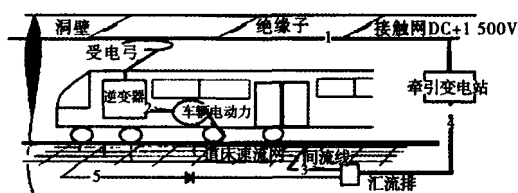


图 1 轻轨机车电流回路示意图

采用效率曲线法,计算公式:

$$A = (S/T - S_0/T_0) \cdot F \cdot F_2 \cdot HXB / (E \cdot Q \cdot F_1 \cdot P)$$

式中,  $S$  为样品全能峰净面积,  $T$  为样品测量时间,  $S_0$  为本底谱全能峰净面积,  $T_0$  为本底测量时间,  $HXB$  为灰鲜比,  $E$  为

全能峰效率,  $Q$  为取样量,  $P$  为全能峰分支比,  $F$  为采样修正,  $F_1$  为存放修正,  $F_2$  为测量修正。

3 比对结果<sup>[3-6]</sup>

表 4 三台谱仪的测量结果比较

被测核素	标准值 (Bq/kg)		谱仪 A (Bq/kg)				谱仪 B (Bq/kg)				谱仪 C (Bq/kg)			
	值	误差%, K=2	值	误差%, K=2	比值	偏差	值	误差%, K=2	比值	偏差	值	误差%, K=2	比值	偏差
U-238	192.7	4.0	196	7.1	1.02	1.7%	179	18	0.93	-7.1%	192	16	1.00	-0.4%
Th-232	175.9	4.0	173	6.2	0.98	-1.6%	169	6.2	0.96	-3.9%	162	7.5	0.92	-7.9%
Ra-226	186.2	3.5	186	5.9	1.00	-0.1%	178	5.9	0.96	-4.4%	175	7.5	0.94	-6.0%
K-40	349.7	4.0	352	6.2	1.01	0.7%	360	6.3	1.03	2.9%	359	7.0	1.03	2.7%

注:比值 = 测量值/标准值。

表 5 三台谱仪的 U 检验结果<sup>[4]</sup>

被测核素	U 检验 <sup>(1)</sup>		
	谱仪 C	谱仪 A	谱仪 B
U-238	0.21	0.4	0.02
Th-232	0.23	0.5	0.99
Ra-226	0.02	0.7	0.76
K-40	0.09	0.4	0.32

注:1) U 检验 = |测量值 - 标准值| / SQRT(U2 测量值 + U2 标准值), 表示测量准确度。

## 4 结论

综合分析以上数据,可以看出:

(1) U-238 的比值范围为 0.93 ~ 1.02, 测量偏差 ( $K=2$ ) 为 0.4% ~ 7.1%; Th-232 的比值范围为 0.92 ~ 0.98, 测量偏差 ( $K=2$ ) 为 1.6% ~ 7.9%; Ra-226 的比值范围为 0.94 ~ 1, 测量偏差 ( $K=2$ ) 为 0.1% ~ 6.0%; K-40 的比值范围为 1.01 ~ 1.03, 测量偏差 ( $K=2$ ) 为 0.7% ~ 2.9%。

(2) 对三台谱仪的测量结果进行了 U 检验, 结果表明, 各核素的 U 检验值均 < 1.96 (置信水平为 0.95)。

(3) ORTEC 的谱仪 A 和谱仪 B 效率曲线的拟合方式为 Pol-

ynomial (多项式拟合), CANBERRA 的谱仪 C 为 Dual (双曲拟合), 两个不同厂家的拟合计算方法对测量结果没有系统误差。

(4) 峰康比 (谱仪 A) 越大, 对低能  $\gamma$  射线 (U-238, 63.29 keV) 探测能力越强, 统计误差越小, 测量偏差越小。

(5) 通过对测量值与标准值的误差和比值分析, 经 U 检验, 证明测量结果与标准值符合较好, 证明了本实验室的检测方法可靠, 质控措施可行, 检测结果可信。

## 参考文献:

- [1] GB 11713-89, 用半导体  $\gamma$  谱仪分析低比活度  $\gamma$  放射性样品的标准方法 [S].
- [2] GB 11743-89, 土壤中放射性核素的  $\gamma$  能谱分析方法.
- [3] 王文海. 建材中放射性核素含量比对测量结果 [J]. 核电子学与探测技术, 2005, 7.
- [4] 黄治俭. 关于环境样品中  $\gamma$  能谱测量中质量控制的几个问题 [J]. 辐射防护, 1994, 9.
- [5] 衡俊华. 比对试验数据处理的 3 种方法 [J]. 金属制品, 2002, 12.
- [6] 符颖操. 实验室间比对结果分析统计方法的探讨 [J]. 理化检验 - 物理分册, 2006, 42.

(收稿日期: 2009-01-04)