

· 争鸣与探索 ·

# 居室石材放射性监测方法探讨

张起虹, 张平, 王凤英

(江苏省辐射环境监测管理站, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 选择 GB 6566-86《建筑材料放射性卫生防护标准》及 JC 518-93《天然石材放射防护分类控制标准》, 作为居室石材放射性监测依据, 使用 X- $\gamma$  剂量率仪对部分居室石材的放射性水平进行了现场监测, 结果表明: 进行现场测量时, 当 X- $\gamma$  剂量率仪的探头质心距地面 10 cm、测量值小于 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h 时, 可以确定该石材属于 A 类, 能用于居室装饰; 当测量值大于 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h 时, 要进一步做  $\gamma$  放射性比活度测量, 以确定其放射性水平是否超标。

**关键词:** 居室; 石材; 放射性; 监测

中图分类号: X 830.2

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2000)05-0040-02

## On the Radioactive Monitoring Method for Housing's Decorative Stone Material

ZHANG Qi-hong, ZHANG Ping, WANG Feng-ying

(Jiangsu Provincial Radioactive Environmental Monitoring Station, Nanjing, Jiangsu 210029, China)

**Abstract:** In accordance with GB 6566-86 and JC 518-93, some housing's radioactivity of decorative stone material was monitored on-site. When the probe of X- $\gamma$  dosage rate detector was 10 cm from the ground, the detection value was less than 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h, the stone material belonged to Class A and can be used for decoration. When the detection value was more than 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h, it must undertake determination of relative  $\gamma$ -radioactivity.

**Key words:** Housing; Decorative stone material; Radioactivity; Monitoring

居民约有 50% 以上的时间是在居室内度过, 而居室建筑装饰材料如水泥、石材等均含有天然放射性物质, 尤其是在一些花岗岩、大理石等石材中所含天然放射性物质远高于其他建材, 因此, 了解居室内石材的放射性水平很重要。现就居室石材放射性水平的测量方法加以探讨。

### 1 相关标准

我国颁布的建筑材料放射性相关标准有 GB 9196-88《掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准》、GB 6566-86《建筑材料放射性卫生防护标准》、GB 6763-86《建筑材料用工业废渣放射性物质限制标准》、JC 518-93《天然石材放射防护分类控制标准》。但依据这些标准对居室石材放射性进行监测时均有局限性。江苏省辐射环境监测管理站选择 GB 6566-86 和 JC 518-93, 作为居室石材放射性监测依据, 并作了一定的方法修正。

JC 518-93 第 3 条规定, 镭当量浓度计算公式

为:  $C_{Ra}^e = C_{Ra} + 1.35C_{Th} + 0.088C_K$ , 式中  $C_{Ra}^e$  为镭当量浓度,  $C_{Ra}$  为镭的浓度,  $C_{Th}$  为钍的浓度,  $C_K$  为钾的浓度。

A 类石材要求: 同时满足  $C_{Ra}^e \leq 350$  Bq/kg 及  $C_{Ra} \leq 200$  Bq/kg。

B 类石材要求: 同时满足  $C_{Ra}^e \leq 700$  Bq/kg 及  $C_{Ra} \leq 250$  Bq/kg。

C 类石材要求: 满足  $C_{Ra}^e \leq 1000$  Bq/kg。

A 类产品使用范围不受限制; B 类产品不可用于居室内饰面, 但可用于其他建筑物的内、外饰面; C 类产品可用于一切建筑物的外饰面; 放射性比活度大于 C 类控制值的天然石材, 可用于海堤、桥墩及碑石等处。可见, 对于居室内装饰石材, 超过 A 类石材标准即为超标。这种测量放射性比活度的方法虽然准确, 但需要在采集样品时进行前处理并

收稿日期: 2000-05-16

第一作者简介: 张起虹(1968-), 女, 安徽当涂人, 工程师, 本科, 从事环境辐射监测。

封存较长时间后用  $\gamma$  谱仪测量,耗时长,代价高。

两个标准中均规定当  $\gamma$  照射量率低于或等于 20  $\mu\text{R}/\text{h}$  时(包括宇宙射线致电离成分)不必做放射性比活度测量,这对已做好装修的居室石材测量有实际意义。因为  $\gamma$  照射量率可以现场测量,而且对于不超标的石材也没必要进一步做放射性比活度测量。但两个标准中对  $\gamma$  照射量率的测量条件都有相似要求。GB 6566-86 要求现场测量环境应满足面积大于  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ ,厚度大于 0.5 m,探测器在堆场中央,离堆场表面高度 10 cm 处测量。然而对居室监测时,因其堆场厚度无法满足以上要求,故应通过对石材不同厚度的测量试验确定  $\gamma$  照射量率厚度系数,以便对仪器测量值进行一定修正。在实际测量时,高于测量修正值的石材要进一步做比活度分析,以确定其是否超标;低于测量修正值的石材可以确定符合 A 类石材标准。

## 2 测定

### 2.1 $\gamma$ 照射量率

$\gamma$  照射量率用北京核仪器厂生产的 BH 3103 便携式 X- $\gamma$  剂量率仪(量程为 0  $\text{nGy}/\text{h} \sim 10^5 \text{ nGy}/\text{h}$ ,固有误差  $\pm 10\%$ )测量。测量点数和点位视其铺设面积而定,一般应不少于 5 个测量点,即中央和 4 周各一个测量点位,探头与地面距离 10 cm。测量时 10 s 读取一个数据,连续读取 10 个数据,取其平均值。

### 2.2 放射性比活度

放射性比活度用美国 CZNBERRA 公司制造的 S-90  $\gamma$  能谱仪测量。其监测方法按 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》进行。

## 3 $\gamma$ 照射量率厚度系数的确定

在对居室石材放射性监测时,其测量面积应基本满足  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  的测试要求。当测量厚度达不到 50 cm 时,以厚度 1.8 cm 的花岗岩做试验,分别测量 1 块、2 块叠加、3 块叠加……34 块叠加时的浓度,测量时仪器探头质心距花岗岩表面中心 10 cm,监测数据见表 1。

表 1 不同厚度花岗岩  $\gamma$  照射量率监测结果

花岗岩厚度 /cm	1.8	3.6	5.4	9	18	27	45	54
测量结果 /( $\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ )	88	97	109	117	124	124	125	125

表 1 数据表明,石材厚度不同, $\gamma$  照射量率测量值也不同,并随厚度增加而增大,即  $\gamma$  射线是叠加的,但厚度达到 18 cm 以上,随着厚度增加,测量值基本不变,说明厚度达到一定程度, $\gamma$  射线存在一个饱和值。修正系数以一块花岗岩厚度测量值与饱和值相除:  $88/125 = 0.704$ 。

可见,测量居室石材  $\gamma$  照射量率,当测量数据为 20  $\mu\text{R}/\text{h}$ (相当于  $174.6 \text{ nGy}/\text{h}$ )  $\times 0.704$ ,即 123  $\text{nGy}/\text{h}$  时,就有可能超过 A 类石材标准,此厚度系数是否合理,需要同时做放射性比活度测量进行验证。

## 4 厚度修正系数的验证

部分居室  $\gamma$  照射量率值与同一样品的放射性比活度测量结果见表 2。

表 2 部分居室石材放射性核素浓度监测结果

样品名称	$\gamma$ 照射量率 /( $\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ )	放射性比活度 / ( $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ )				结论
		$C_{\text{Ra}}$	$C_{\text{Th}}$	$C_{\text{K}}$	$C_{\text{Ra}}^{\text{e}}$	
桂林红 (WANG)	190	260	246	1 582	731	C 类
枫叶红 (TANG)	160	260	234	1 597	716	C 类
枫叶红 (SUN)	159	255	247	1 566	727	C 类
樱花红 (ZHAN)	123	48	150	1 963	423	B 类
枫叶红 (LI)	156	224	212	1 436	640	B 类
枫叶红 (CHENG)	125	125	150	1 354	447	B 类
花岗岩 (SUN)	156	141	206	1 602	561	B 类
花岗岩 (LEI)	129	116	163	1 484	467	B 类
花岗岩 (MEI)	127	111	137	1 531	430	B 类
珍珠红 (ZHAN)	88	17	77	667	180	A 类
花岗岩 (CHEN)	83	17	29	564	66	A 类
夜里雪 (LI)	78	7	13	352	56	A 类
巨星红 (QING)	115	43	128	1 408	340	A 类

由表 2 可见,当  $\gamma$  照射量率为 123  $\text{nGy}/\text{h}$  时,镭当量浓度约为 400  $\text{Bq}/\text{kg}$ ,超过 A 类石材标准;当  $\gamma$  照射量率大于 123  $\text{nGy}/\text{h}$  时,属于 B 类或 C 类石材,超过居室石材标准。(下转第 43 页)

续表 1 横洛间断面高锰酸盐指数监测结果 mg/L

采样时间	垂线名称	采样点离水面距离 $h/m$			
		0.5	2	3	
1996-11-27	9 时	北	5.3	5.3	
		中	5.3	5.1	5.2
		南	5.5	5.1	
	12 时	北	4.9	4.9	
		中	4.9	5.0	4.9
		南	4.9	5.2	
15 时	北	4.8	4.9		
	中	5.1	4.9	4.9	
	南	4.7	4.5		
1996-11-28	9 时	北	6.0	5.5	
		中	5.8	6.0	6.3
		南	6.1	5.9	
	12 时	北	5.5	5.2	
		中	5.2	5.5	5.4
		南	5.3	5.0	
15 时	北	5.8	5.7		
	中	5.6	5.8	5.4	
	南	5.5	5.4		

表 2 1996 年横洛间断面采样期水文监测数据

项 目	采 样 时 间					
	9 月 24 日	9 月 25 日	9 月 26 日	11 月 26 日	11 月 27 日	11 月 28 日
中泓水深 $h/m$	4.0	4.0	4.1	3.7	3.7	3.5
中泓流速 $u/(m \cdot s^{-1})$	0.17	0.31	0.33	0.32	0.33	0.26
离岸边 10 m 处水深 $h/m$	2.7	2.8	2.8	2.6	2.6	2.5
离岸边 10 m 处流速 $u/(m \cdot s^{-1})$	0.14	0.26	0.29	0.29	0.29	0.24
断面平均流速 $u/(m \cdot s^{-1})$	0.15	0.24	0.29	0.27	0.26	0.22

3.3 南垂线监测结果与断面均值的比较

用南垂线水面下 0.5 m 处的高锰酸盐指数与断面高锰酸盐指数均值作对比, 经  $t$  检验:  $t = 0.336, t_{0.05, 17} = 2.11, t < t_{表}$ , 表明两者之间无显著性差异, 说明南垂线水面下 0.5 m 处的采样点有较好的代表性。

总体分析表明, 对高锰酸盐指数样品的采集, 应在南垂线水面下 0.5 m 处或在北垂线水面下

3 分析与讨论

应用文献[1, 2]的数理统计和数据处理方法, 对监测结果进行  $t$  检验, 以探讨高锰酸盐指数采样点的代表性。

3.1 中泓线监测结果与断面均值的比较

用中泓线水面下 0.5 m 处的高锰酸盐指数与断面高锰酸盐指数均值(算术均值, 下同)作对比, 经  $t$  检验:  $t = 4.621, t_{0.05, 17} = 2.11, t > t_{表}$ , 表明两者之间有显著性差异, 说明中泓线水面下 0.5 m 处的采样点代表性较差。

3.2 北垂线监测结果与断面均值的比较

用北垂线水面下 0.5 m 处的高锰酸盐指数与断面高锰酸盐指数均值作对比, 经  $t$  检验:  $t = 0.764, t_{0.05, 17} = 2.11, t < t_{表}$ , 表明两者之间无显著性差异, 说明北垂线水面下 0.5 m 处的采样点有较好的代表性。

0.5 m 处进行才较有代表性。

[参考文献]

[1] 邓 勃. 数理统计方法在化学分析中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1981.  
 [2] 肖明跃. 实验误差估计与数据处理[M]. 北京: 科学出版社, 1980.

本栏目责任编辑 董思文

(上接第 41 页)

5 结语

使用 X- $\gamma$  剂量率仪现场测量居室石材放射性水平, 当探头质心距地面 10 cm、测量值小于 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h 时, 可以确定该类石材属于 A 类, 能用于居室装饰; 当测量值大于 123 nGy/h  $\pm$  5 nGy/h 时, 要进一步做  $\gamma$  放射性比活度测量,

以确定其放射性水平是否超标。

由于该方法在鉴定时, 对墙体和居室内其他建筑材料的天然放射性影响忽略不计, 因此不排除其他建筑材料放射性水平较高从而导致  $\gamma$  照射量率监测值较高, 而石材放射性比活度分析却不超标的可能性。