

广东省建筑材料天然放射性水平与评价

高兆华 舒冬珍

(广东省放射卫生防护所, 广州)

近年来, 住房内的辐射水平与肺癌发病率之间的关系, 引起了学者们的关注。而建筑物内的辐射水平是与建筑材料(下简称建材)中放射性核素的含量有密切关系。随着建材工业的发展和各种废渣的综合利用, 天然放射性核素含量较高的岩石和废渣, 已被利用于生产各种类型的建材, 这些建材的广泛应用, 将会增加人群的受照剂量。

建材的放射性水平, 主要取决于U系、Th系核素和K的含量。为保障广大公众的健康、保护环境及工业废渣的综合利用, 我们对广东省13个市各类建材成品的放射性水平进行了调查, 掌握了放射性核素在各类建材中的分布规律, 并从中探讨了辐射水平与人体吸收剂量的关系。

一、调查范围与方法

1. 范围: 调查了韶关、深圳等13个地市(包括县、镇)500家建材厂700份建材样品。其中有砖、水泥等传统建材及渣水泥、渣砖等共14个品种。

2. 方法: 所有建材样品, 均从生产厂的建材样品堆上按5点法随机采样5kg, 混合后取1kg作核素分析。除水泥、石灰用原样品进行 γ 能谱法测量分析外, 其它样品均粉碎至60目。样品经酸融后用火焰光度计法测定K; 经碱融后用闪烁射气法测定 ^{226}Ra ; 经碱融后用 N_2 萃取、偶氮胂Ⅲ分光光度法测定Th含量。

二、结果与分析

1. 建材中天然放射性核素的比活度

表1 广东省各类建材中天然放射性核素含量($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)

种 类	样品数	^{226}Ra $\bar{x}\pm S$	^{232}Th $\bar{x}\pm S$	^{40}K $\bar{x}\pm S$	EC_{Ra}^*
普通水泥	136	56.4 ± 4.9	33.8 ± 3.2	195.4 ± 27.8	114.7
渣水泥	132	68.1 ± 8.2	37.4 ± 3.0	191.1 ± 21.0	129.5
渣 砖	25	53.8 ± 10.8	33.9 ± 7.0	703.9 ± 145.3	155.4
红 砖	95	40.6 ± 3.0	38.6 ± 2.1	646.2 ± 213.5	144.3
花 岗 岩	70	52.3 ± 14.1	48.2 ± 6.8	1229.0 ± 301.1	218.3
混 凝 土	2	34.6 ± 27.6	46.4 ± 6.4	583.8 ± 97.8	140.6
石 灰 石	3	20.2 ± 5.2	4.0 ± 2.3	51.2 ± 21.3	25.9
瓷 片	10	56.9 ± 27.9	45.5 ± 8.6	618.5 ± 117.3	162.8
碎 石	22	74.7 ± 23.6	47.9 ± 9.6	757.0 ± 158.7	199.8
马赛克	25	56.6 ± 8.1	47.2 ± 4.3	381.3 ± 145.9	148.0
建筑琉璃	2	97.8 ± 69.9	40.8 ± 14.4	1046.0 ± 528.6	236.8
彩釉地砖	47	63.4 ± 6.8	63.2 ± 4.4	1047.4 ± 164.6	233.1
无釉砖	1	138.0	67.4	315.8	247.9
膨胀珍珠岩	2	123.2 ± 24.5	57.0 ± 2.8	759.7 ± 118.6	259.0

* $\text{EC}_{\text{Ra}} = C_{\text{Ra}} + 1.26C_{\text{Th}} + 0.486C_{\text{K}}$; C_{Ra} 、 C_{Th} 、 C_{K} 分别 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 的含量

从表1可见, 广东省成品建材中 EC_{Ra} 变化范围为25.9~259.0 $\text{Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。成品建材 EC_{Ra} 最高值是最低值的10倍。此外, 各类成品建材单一核素含量之间差异很大。例如: 马赛克中 ^{226}Ra 含量最高值为153.3 $\text{Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$,

是其最低值的45倍; 普通水泥中 ^{232}Th 含量最高值为134.2 $\text{Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 是其最低值的45倍; 花岗岩中 ^{40}K 含量最高值为4873.3 $\text{Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 是其最低值的361倍。此结果与国内20个省市及美国、瑞典等国报导

的规律基本相符。

近年来，由于使用了一些工业废渣制成一些新型建材，某些工业废渣中有一部分放射性核素被浓缩，致使掺用这些废渣的建材所产生的辐射水平高于传统产品。如掺有煤渣、煤杆石、油页岩的砖、水泥含镭量比不掺入废渣的红砖、普通水泥要高。

广东省地质构造比较复杂，各地的岩层结构不同，矿物类型有异，致使花岗岩的核素含量相差很大，其中6份样品高于《建筑材料放射卫生防护标准》的限制值（ m_{Ra} 为1.04， m_{γ} 为1.98）。

2. 建材放射性水平的变化趋势

根据测定结果，成品建材 EC_{Ra} 变化有如下趋势：膨胀珍珠岩>无釉砖>建筑琉璃>彩釉地砖>花岗岩>碎石>瓷片>渣砖>马赛克>红砖>混凝土>渣水泥>普通水泥>石灰石。

成品建材中的膨胀珍珠岩、无釉砖、建筑琉璃、彩釉地砖 EC_{Ra} 高于其它成品建材。

其中膨胀珍珠岩是用纯矿砂提炼而成， EC_{Ra} 达259.0Bq·kg⁻¹（主要是²²⁶Ra含量高）。有人认为²²⁶Ra含量高低与矿物中原有²²⁶Ra含量及工艺过程对²²⁶Ra富集程度有关，所以对镭当量较高的膨胀珍珠岩，在制造轻质建材时，其用量应予以控制。

潮州市的无釉砖 EC_{Ra} 达247.9Bq·kg⁻¹。其原料主要是含30~35%超标的风化长石。此长石 $m_{Ra}=0.7$ ， $m_{\gamma}=1.3$ ，致使其 EC_{Ra} 高于花岗岩的 EC_{Ra} 值。

此外，喷涂在瓷砖表面的熔块粉（俗称彩釉）以及建筑琉璃的²²⁶Ra、²³²Th、⁴⁰K含量亦很高。其 EC_{Ra} 均大于222.0Bq·kg⁻¹。这与熔块粉含有20~25%长石粉及10~20%的锆英砂有关。而建筑琉璃含长石粉高达55%。由于这些原料的掺入，再加上富集过程的浓缩，而使其镭当量高于其它的成品建材。

3. 与国内建材比较

表2给出6种建材与国内其它省市建材

表2 与国内建材的比活度水平比较

建材名称	产地	核素含量均值(Bq·kg ⁻¹)			m_{Ra} *	m_{γ} *
		A_{Ra}	A_{Th}	A_K		
普通水泥	广东省	56.4	33.8	195.4	0.3	0.4
	25省市	55.9	29.5	133.0	0.3	0.3
渣水泥	广东省	68.1	37.4	191.1	0.4	0.4
	15省市	74.9	35.1	77.5	0.4	0.4
红 砖	广东省	40.6	38.6	646.2	0.2	0.4
	28省市	58.2	65.8	543.3	0.3	0.6
石灰石	广东省	20.2	4.0	152.0	0.2	0.2
	5省市	33.6	7.0	103.6	0.2	0.2
混 凝 土	广东省	34.6	46.4	583.8	0.2	0.4
	2省市	45.2	27.5	435.0	0.2	0.3
碎 石	广东省	74.7	47.9	757.0	0.4	0.5
	4省市	34.3	57.7	903.0	0.2	0.5

* $m_{Ra} = \frac{A_{Ra}}{200}$; $m_{\gamma} = \frac{A_{Ra}}{350} + \frac{A_{Th}}{260} + \frac{A_K}{4000}$

（其余建材没有相应的比较材料，未列入）

比较。除渣水泥的⁴⁰K外，6种成品建材 A_{Ra} 、 A_{Th} 、 A_K 值是相似的。内照射指数 m_{Ra} 除碎石、外照射指数 m_{γ} 除红砖相差稍大外，其它几种建材也基本相近。所有的 m_{Ra} 值和 m_{γ} 均小于1.0。低于《建筑材料放射卫

生防护标准》的限制值。

4. 建材的天然放射性给人体可能造成的外照射附加剂量当量

广东省成品建材的天然放射性给人体可能造成的外照射附加剂量当量H附列于表3。

表3 各类建材的ECR_a及H_附

建材种类	ECR _a (Bq·kg ⁻¹)	H _年 (μSv/a)	H _附 * (μSv/a)	H _附 /H _地
普通水泥	114.7	367.0	67.0	0.2
渣水泥	129.5	414.4	114.4	0.4
渣 砖	155.4	497.3	197.3	0.7
红 砖	144.3	461.8	161.8	0.5
花岗岩	218.3	698.6	398.6	1.3
混凝土	140.6	449.9	149.9	0.5
石灰石	25.9	82.9	-217.1	0.7
瓷 片	162.8	521.0	221.0	-0.7
碎 石	199.8	639.4	339.4	1.1
马赛克	148.0	473.6	173.6	0.6
建筑琉璃	236.8	757.8	457.8	1.5
彩釉地砖	233.1	745.9	445.9	1.5
无釉砖	247.9	793.3	493.3	1.6
膨胀珍珠岩	259.0	828.8	528.8	1.8

* 已扣除地壳辐射H_地=300μSv/a

从表3中可见,广东省成品建材给人体的外照射附加剂量当量为67.0~528.8μSv/a。其中较高的膨胀珍珠岩、无釉砖、建筑琉璃、彩釉地砖H_地是地壳辐射的2倍左右,花岗岩为1.3倍,碎石为1.1倍。其它的成品建材与地壳辐射值接近,而石灰石的辐

射剂量贡献最小,甚至低于地壳辐射。上述结果与国内报道的有关材料基本一致。必须强调的是,由材料中天然放射性核素所释放的氢原子体给人体可能造成的内照射附加剂量更为重要。此工作我们尚在探讨中。

(本调查由广东省十三个市职业病防治院、所,卫生防疫站及中山大学有关同志协作进行。本文承蒙查永如主任医师审阅、指导,特此一并致谢。)

参 考 文 献

1. 中华人民共和国国家标准: 建筑材料放射卫生防护标准GB6566—86
2. 中华人民共和国国家标准: 掺工业废渣建筑材料产品放射性物质控制标准GB9196—88
3. 刘雄华, 等. 湖北省传统建筑材料的放射性水平及其剂量贡献. 中华放射医学与防护杂志 1985; 5(4): 271
4. 邵庆翔, 等. 一些建材中的天然放射性水平. 辐射防护 1985; 5(5): 387
5. Kkisiuk E M and Karpov V I: Health Phys 39(5): 819, 1980
6. UNSCEAR 1982 Report

(1994年4月5日收稿)

· 短篇报道 ·

朝阳市两起放射源丢失事故分析

辛彩民 王贵学* 孙瑞田 侯 成* 王 军

(辽宁省朝阳市劳动卫生职业病防治所)

我市北票于1984年和1992年先后发生了两起放射源丢失事故,均为重大责任事故,致使6人受到不同程度的意外照射,造成了近万元的经济损失和不良的社会影响,现将事故经过及主要原因做一简介,以便吸取教训。

一、事故经过

1. 1984年2月11日,某矿务局钻井队将用于测井的2枚⁶⁰Co放射源调试仪器后没有入库,放在院内的空地上,无人看管,2月13日发现源已丢失,经卫生、公安部门二十六小时的查巡,在废品收购站的废品堆找到一个已破损的源罐,在盗源者家中找到两枚放射源。

2. 某水泥厂在春节放假期间,值班人员麻痹大意,擅自离岗,于92年2月9日下午料位仪上的¹³⁷Cs放射源被3名儿童卸下带走,至6天后巡查人员才发现放射源铅罐被砸开,放射源丢失。经卫生、公安部门的查巡,于发现丢源的第二天将源找到。

二、原因分析

这两起事故均是因偷盗而引起的重大责任事

故,直接原因是值班人员防盗观念淡漠,疏忽大意,放射源无人看管。但其间接原因为:

1. 放射防护监督部门对放射法规宣传不够和放射工作单位领导法制观念淡漠、缺乏防护方面的知识,有些单位的领导对放射防护法规一无所知。

2. 使用单位没有严格的执行审批制度,没有放射防护管理制度和操作规程,责任不明,放射源无专人保管以及没有任何危险标志。

3. 放射源购进渠道混乱,一些放射源是随成套设备购进。销售单位不把关,没有任何审批手续,购进后使用单位有的怕麻烦、有的不懂,不向放射防护监督部门申请,致使多年不被发现(发生事故的一家无证使用达8年之久),造成了监督上的死角。

4. 两起事故均发生在春节前后,说明在放假期间易忽视管理,没有严密的防范措施也是重要原因之一。

*朝阳市劳动卫生监督监测所

(1993年8月4日收稿)