

广西建筑主体材料放射性水平评价

陈益兰<sup>1</sup>, 刘承伟<sup>1</sup>, 刘守廷<sup>2</sup>, 罗平<sup>2</sup>, 莫达松<sup>2</sup>

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)04-0450-02

【摘要】 目的 通过对广西建筑主体材料放射性进行检测与评价, 为广西建筑主体材料的合理生产与应用提供参考依据。方法 依据国家标准《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2001)进行检测。结果 广西建筑主体材料除了部分煤渣砖超标外, 页岩砖、粘土砖、水泥、砌块和混凝土等材料的内、外照射指数水平均符合国家标准。但在对不同类型的建筑主体材料检测中发现, 部分页岩砖、粘土砖及复合水泥的放射性水平含量相对偏高。结论 广西大部分建筑主体材料可不受限制地应用于各种建筑工程中。

【关键词】 建筑材料; 放射性; 评价

建筑主体材料是指用于建造建筑物主体工程所使用的建筑材料。建筑材料产品都或多或少含有天然的放射性核素, 是室内辐射和空气中氡的主要来源之一, 对人们的健康产生影响。自 20 世纪 70 年代以来, 关于建筑材料放射性的危害引起了国内外学者的高度重视。R Hewananna 等<sup>[1]</sup>对建筑施工用的粘土砖的天然放射性及  $\gamma$  剂量进行了检测与分析, M Nisnevici 等<sup>[2]</sup>对利用煤灰生产轻质混凝土的辐射安全方面进行了探讨, 路建超等<sup>[3]</sup>对我国建材放射性水平的动态进行了研究, 认为我国建材中放射性物质含量是相对偏高的。

目前, 广西建筑主体材料生产和应用技术水平相对比较落后, 且产品结构不尽合理。近年来广西各地市的建筑主体材料发展很快、品种繁多, 由于各类工业废渣普遍使用, 导致部分建筑材料中放射性水平增加, 而大多数建筑材料缺乏对放射性的检测。刘晓军等<sup>[4]</sup>曾对南宁市建筑材料放射性进行了检测, 发现煤渣砖的放射性核素水平较高。笔者对广西各地市生产和使用的各类建筑主体材料产品的放射性水平进行了全面地检测与评价, 并对  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  所致居民剂量进行了估算, 实验结果将为广西建筑主体材料的合理生产与应用提供参考

依据, 同时有利于加强广西建筑主体材料的市场管理, 以及确保建筑主体材料行业的可持续发展。

- 1 材料与方法
- 1.1 样品的采集与制备 样品取自广西南宁、桂林、柳州、梧州、河池、百色等城市的建筑主体材料生产企业和建材市场。样品经磨细至粒径不大于  $0.16\text{mm}$  在  $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$  烘干至恒重, 放入聚乙烯盒中, 称重, 密封四周, 待测。
- 1.2 测量 当检测样品中天然放射性衰变链基本达到平衡后, 在于标准样品测量条件相同情况下, 采用低本底多道  $\gamma$  能谱仪对其进行  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  活度浓度测量。
- 1.3 评价依据 《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2001) 标准<sup>[5]</sup>

- 2 结果与分析
- 2.1 广西建筑主体材料放射性核素含量 将制备好的样品用低本底多道  $\gamma$  能谱仪进行检测, 测得  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  放射性核素含量如表 1 所示。

表 1 广西建筑主体材料放射性核素含量 ( $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

样品名称	样品数量(个)	$^{226}\text{Ra}$		$^{232}\text{Th}$		$^{40}\text{K}$	
		范围	均值	范围	均值	范围	均值
页岩砖	126	63.2~178.9	100.99	40.6~114.3	60.14	443.3~806.9	614.85
粘土砖	115	57.5~120.7	93.61	60.6~109.7	83.84	369.3~668.8	552.14
砌块	18	22.4~55.8	29.53	20.9~58.6	25.89	17.9~425.0	191.01
粉煤灰砖	9	42.0~54.2	47.73	22.9~34.5	29.90	65.8~107.5	86.30
陶粒砖	8	62.0~67.3	64.70	22.7~25.1	23.90	76.1~88.5	82.30
水泥	21	27.1~179.7	79.85	21.2~69.3	37.38	141.8~264.8	201.59
水泥砂石砖	12	16.3~23.5	19.80	21.1~24.6	22.80	246.2~319.0	282.20
煤渣砖	6	273.4~401.3	378.00	23.4~57.5	42.50	124.4~250.2	168.00
混凝土	6	23.8~24.1	24.50	13.8~17.3	15.70	72.2~76.3	74.70

基金项目: 广西自然科学基金资助(桂科自 0640025)  
作者单位: 1 广西大学, 广西 南宁 530004;  
2 广西分析研究测试中心  
作者简介: 陈益兰(1957~), 女, 教授, 研究方向: 材料科学与工程。

由表 1 可见, 各类建筑材料放射性活度浓度有很大的差异, 煤渣砖的  $^{226}\text{Ra}$  放射性活度浓度高达  $378.00\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 其次为页岩砖和粘土砖,  $^{226}\text{Ra}$  放射性活度浓度分别为  $100.99\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $93.61\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; 而砌块、陶粒砖、水泥砂石砖和混凝土

多叶准直器用于传统的常规放疗时, 须要进行质量保证和质量控制的内容和操作相对简单, 其方法和要求类似于加速器的常规准直器和射野挡块的检验, 主要的检测内容为 MLC 叶片的机械定位精度和射野边界的校准精度。当 MLC 用于 MRT 调强放疗时, 情况要复杂得多。由于 MRT 治疗时常常遇到为保护重要器官而要求比常规放疗有更大的剂量梯度, 某些时候甚至会达到每毫米  $10\%\sim 15\%$  的梯度, 而且叶片的到位精度可能直接影响各个射野或线束在靶区内形成的剂量强度分布, 因而对射野形状或叶片的到位精度要求也更高。MRT 治疗时, 机器出束时间大大多于常规放疗, 相邻叶片间和相对叶

片合拢时端面间的漏射线剂量将会对最终的剂量分布产生更大的影响, 叶片的运动速度的稳定性等对 MRT 剂量强度分布的影响也必须检测。多叶准直器的质量保证和质量控制是正确执行治疗的重要保证。根据有关规定的要求, 并结合本单位的具体条件进行修订, 不断完善后形成制度, 定期对上述内容进行验测, 以确保治疗的科学性和准确性。

参考文献:  
[1] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999  
130-131.

等材料的<sup>235</sup>Ra放射性活度浓度较低。<sup>232</sup>Th放射性活度浓度最高为粘土砖 83 84Bq· kg<sup>-1</sup>,其次为页岩砖 60 14Bq· kg<sup>-1</sup>。<sup>40</sup>K放射性活度浓度最高为页岩砖 614 85Bq· kg<sup>-1</sup>,其次为粘土砖 552 14Bq· kg<sup>-1</sup>。世界建材典型值<sup>226</sup>Ra<sup>232</sup>Th和<sup>40</sup>K分别为 50 50 500Bq· kg<sup>-1</sup>,与之相比,广西建筑主体材料中放射性含量相对偏高。

2 2 广西建筑主体材料的内、外照射指数水平 根据表 1 中测量的放射性核素含量,计算建筑主体材料的内、外照射指数,结果见表 2

表 2数据显示,在调查的广西建筑主体材料样品中,以煤渣砖的超标率最高,达到 33 33%。其他样品的检测结果均在《建筑材料放射性核素限量》(GB6566—2001)标准限量范围内。超标的煤渣砖是因<sup>226</sup>Ra含量过高(378Bq· kg<sup>-1</sup>)造成的,这主要是由于掺入的煤渣中含有较高放射性活度浓度的<sup>226</sup>Ra所致。

2 3 广西建筑主体材料内、外照射指数的对比 将在广西范围内生产和使用的各种不同类型的建筑主体材料内、外照射指数进行对比,如图 1所示。

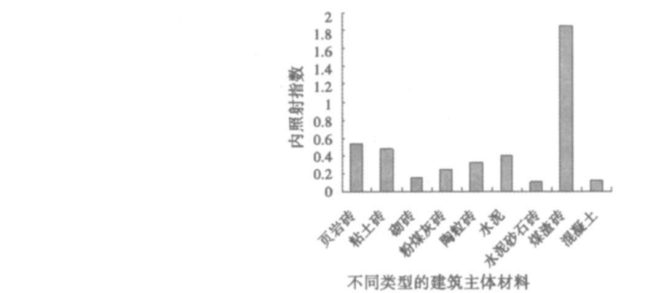


表 2 广西建筑主体材料内、外照射指数水平表								
样品名称	样品数量		$I_{Ra}$		$I_{\gamma}$		超标数	超标率/%
	(个)		范围	均值	范围	均值		
页岩砖	126	0 33	~0 86	0 53	0 41~0 87	0 65	0	0
粘土砖	115	0 41	~0 58	0 47	0 67~0 80	0 70	0	0
砌块	18	0 01	~0 26	0 15	0 04~0 49	0 23	0	0
粉煤灰砖	9	0 22	~0 26	0 24	0 23~0 29	0 27	0	0
陶粒砖	8	0 18	~0 46	0 32	0 13~0 45	0 29	0	0
水泥	21	0 14	~0 87	0 40	0 21~0 78	0 41	0	0
水泥砂砖	12	0 09	~0 11	0 11	0 22~0 67	0 45	0	0
煤渣砖	6	0 86	~3 18	1 89	0 65~2 01	1 22	2	33 33
混凝土	6	0 05	~0 21	0 12	0 02~0 18	0 14	0	0

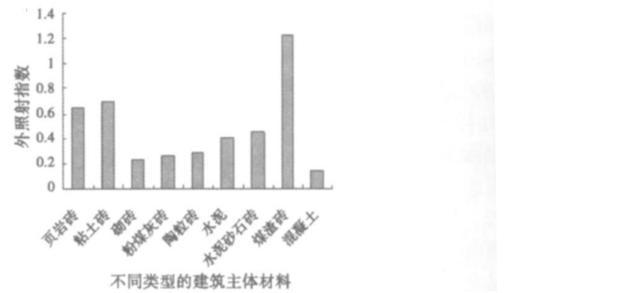


图 1 广西建筑主体材料内、外照射指数的对比

由图 1可见,各种建筑主体材料内照射指数 $I_{Ra}$ 从高到低依次为煤渣砖>页岩砖>粘土砖>水泥>陶粒砖>粉煤灰砖>砌块>混凝土>水泥砂砖,外照射指数 $I_{\gamma}$ 从高到低依次为煤渣砖>粘土砖>页岩砖>水泥砂砖>水泥>陶粒砖>粉煤灰砖>砌块>混凝土。在本次检测范围内,煤渣砖的内、外照射指数最高,部分页岩砖、粘土砖及掺工业废渣较多的复合水泥的放射性水平含量也相对较高。

2 4 广西建筑主体材料中<sup>226</sup>Ra<sup>232</sup>Th和<sup>40</sup>K所致居民剂量估算 根据文献推荐的方法<sup>[6]</sup>,公众室内接受 $\gamma$ 外照射的年有效剂量当量 $H_{\gamma}$ :

$$H_{\gamma} = 3.14 \times 10^{-3} C_{Ra} + 4.23 \times 10^{-3} C_{Th} + 0.275 \times 10^{-3} C_K \quad (\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1})$$

公众在室内接受内照射的年有效剂量当量 $H_{\gamma}$ :

$$H_{\gamma} = 8.417 \times 10^{-2} C_{Ra} \times \eta \quad (\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1})$$

式中: $C_{Ra}$ 、 $C_{Th}$ 、 $C_K$ 分别为样品中<sup>226</sup>Ra<sup>232</sup>Th<sup>40</sup>K的放射性活度浓度, $\eta$ 为建材氡析出率,取 4%。广西建筑主体材料所致居民内、外照射剂量见表 3。

表 3 广西建筑主体材料所致居民有效剂量当量(mSv·a <sup>-1</sup> )			
样品名称	$H_{\gamma}$	$H_{\gamma}$	$H_{\gamma} + H_{\gamma}$
页岩砖	0 74	0 34	1 08
粘土砖	0 80	0 32	1 12
砌块	0 25	0 10	0 35
粉煤灰砖	0 30	0 16	0 46
陶粒砖	0 33	0 22	0 55
水泥	0 46	0 27	0 73
水泥砂砖	0 24	0 07	0 31
煤渣砖	1 41	1 27	2 68
混凝土	0 16	0 08	0 24

从表 3中可以看出,煤渣砖所致居民剂量最高,为 2 68 mSv·a<sup>-1</sup>,其次为页岩砖和粘土砖,所致居民剂量分别为 1 08 和 1 12 mSv·a<sup>-1</sup>,建筑物内由建材给出的 $\gamma$ 射线的外照射和氡子体的内照射,属于公众长期持续受到的照射。根据《电离辐射与辐射源安全》(GB18871—2002)规定正常照射所致公众个人总年有效剂量不得超过 1mSv。广西的部分煤渣砖、页岩砖和粘

土砖所致居民年有效剂量当量超出了国家标准规定的限值(1 mSv·a<sup>-1</sup>)。在南宁、桂林、柳州、河池和百色等区域的调查发现,页岩砖和粘土砖主要是在生产过程中加入了含<sup>226</sup>Ra较高的煤或煤渣作为内掺燃料,在高温烧结过程中大部分易挥发物质已挥发掉,煤灰残留物中<sup>226</sup>Ra的残留量相对增加,使产品的放射性核素含量增加,从而导致产品的致居民年有效剂量当量偏高。

3 讨论

广西大部分建筑主体材料放射性水平在国家标准《建筑材料放射性核素限量》(GB6566—2001)的限值范围之内,可较广泛的应用于各种建筑工程中;在检测范围内,南宁地区煤渣砖的有害辐射较高,超标率达 33 33%,河池市、百色市的部分页岩砖及桂林市、柳州市的部分粘土砖辐射水平相对偏高,应引起足够的重视。工业废渣能使建材成品放射性水平增加,必须加强建材用工业废渣的放射性水平检测,使其对建材成品放射性的增加降低到合理水平。建材主管部门应加强监督管理,生产厂家注意选择合理的原料和配方,把建材产品的放射性含量控制在国家标准规定的限量以内,限制超标的建材用于住房和公共设施建设,以保障公众的健康与安全。

参考文献:

[ 1 ] R Hewamanna. Natural radioactivity and gamma dose from Sri Lankan clay bricks used in building construction [ J ]. Applied Radiation and Isotopes, 2001 ( 54 ): 365—369

[ 2 ] M Nisevich et al. Radiological safety aspects of utilizing coal ashes for production of lightweight concrete [ J ]. Fuel 2008 87 1 610—1 616

[ 3 ] 路建超,王少杰. 我国建材放射性水平研究动态[ J ]. 中华放射医学与防护杂志, 2007 27(6): 613—614

[ 4 ] 刘晓军,林树旺. 南宁市建筑材料放射性水平及剂量估算[ J ]. 广西预防医学, 1998 4(5): 275—277

[ 5 ] GB6566—2001 建筑材料放射性核素限量[ S ].

[ 6 ] 中华人民共和国卫生部. 建筑材料放射卫生防护标准(GB6566—86)的依据和说明[ Z ]. 1986