

河南省工业废渣建筑材料放射性水平与剂量估算

武 丽, 秦文华, 王建华

中图分类号: R144; R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2003)03-0175-01

【摘要】 目的 调查河南省工业废渣建材成品及原料的放射性水平及所致居民剂量。方法 放化分析法或  $\gamma$  能谱法。结果 煤渣砖  $m_{Ra}$  为 0.30,  $m_r$  为 0.40,  $H_{E外}+H_{E内}$  为 0.78; 粉煤灰砖  $m_{Ra}$  为 0.29,  $m_r$  为 0.53,  $H_{E外}+H_{E内}$  为 0.68; 325 级矿渣水泥  $m_{Ra}$  为 0.30,  $m_r$  为 0.68,  $H_{E外}+H_{E内}$  为 0.97。结论 工业废渣能使建筑材料放射性水平增加。

【关键词】 建筑材料; 放射性; 剂量

近年来, 建筑材料工业发展迅速, 粉煤灰、煤矸石、矿渣、炉渣等废物应用于建筑材料产品中, 这些废渣能改变或增加建筑材料的放射性水平。为了切实加强建材放射水平的控制, 1995 年以来, 我们对河南省几种工业废渣建材进行了辐射水平的调查, 并估算了居民的受照剂量。

1 材料与方法

- 1.1 采样 建材成品及工业废渣由厂家采集送样, 一般送 5~10 kg。
- 1.2 样品处理 机械破碎 10 mm 以下, 充分混合, 取 2 kg 为代表性样品, 再经粉碎研磨, 过 40 目筛后, 放入烘箱内, 于 105℃ 恒温下烘干 2 h, 放置干燥器冷却, 备用。

2 仪器与测定

- 2.1 仪器 FD-125 型室内氡钍分析仪, 721 型分光光度计, AA-670 型原子吸收分光光度计, MicroACE-32 型  $\gamma$  能谱仪 (美国 EG&G ORTEC 生产)。

2.2 分析方法

- 2.2.1 放化分析法  $^{226}Ra$  采用碱熔融处理样品, 用 FD-125 型室内氡钍分析仪测定;  $^{232}Th$  采用酸溶样处理, 721 型分光光度计测定;  $^{40}K$  采用氢氟酸处理, AA-670 型原子吸收分光光度计测定。
- 2.2.2  $\gamma$  能谱法 将处理好的样品装入直径 75 mm 高 75 mm 的圆柱形样品盒内, 称重, 密封, 放置 2 周达到平衡后, 放入  $\gamma$  能谱仪进行测量。

3 结果与分析

- 3.1 工业废渣建材放射性核素含量 (见表 1) 根据《建筑材料放射卫生防护标准》限制式<sup>[1]</sup> 求出内照射指数  $m_{Ra}$ , 外照射指数  $m_r$  也列于表 1。从表 1 中可见, 煤渣砖  $^{226}Ra$  含量较高; 325 级矿渣水泥  $^{232}Th$  含量较高; 粉煤灰砖  $^{40}K$  较高。内照射指数以煤渣砖、325 级矿渣水泥较高; 外照射指数以 325 级矿渣水泥较高。

表 1 工业废渣建材放射性核素含量(Bq/kg)及内外照射指数

样品名称	样品数	$^{226}Ra$	$^{232}Th$	$^{40}K$	$m_{Ra}^{1)}$	$m_r^{2)}$
煤渣砖	21	60.91±26.33 (27.80~100.56)	58.29±29.99 (21.40~154.73)	116.05±73.12 (0.00~345.40)	0.30±0.14 (0.10~0.63)	0.40±0.15 (0.20~0.71)
粉煤灰砖	16	56.88±28.09 (12.36~98.30)	86.29±54.36 (16.79~206.70)	186.69±175.29 (34.60~683.53)	0.29±0.13 (0.10~0.50)	0.53±0.26 (0.25~1.01)
325 级 矿渣水泥	4	55.75±21.74 (28.70~75.60)	133.40±86.28 (59.60~231.90)	162.55±83.76 (52.6~249.0)	0.30±0.14 (0.10~0.40)	0.68±0.26 (0.40~0.90)

注: 1)  $m_{Ra} = A_{Ra}/200$ ; 2)  $m_r = A_{Ra}/370 + A_{Th}/260 + A_K/4000$

3.2 工业废渣放射性核素含量 (见表 2) 从表 2 可见, 粉煤灰  $^{226}Ra$ 、 $^{232}Th$  含量较高; 土块  $^{40}K$  含量较高; 内、外照射指数均以粉煤灰较高。

表 2 工业废渣放射性核素含量(Bq/kg)及内外照射指数

样品名称	样品数	$^{226}Ra$	$^{232}Th$	$^{40}K$	$m_{Ra}$	$m_r$
粉煤灰	13	121.81±66.75 (36.37~245.33)	131.50±74.96 (32.00~307.49)	331.03±192.16 (12.70~550.91)	0.61±0.34 (0.18~1.25)	0.92±0.42 (0.33~1.68)
煤矸石	2	65.55±1.75 (64.31~66.78)	65.88±20.82 (51.15~80.60)	450.80±38.23 (423.77~477.83)	0.33±0.01 (0.32~0.33)	0.55±0.06 (0.50~0.59)
炉渣	3	56.13±27.99 (28.46~84.42)	67.70±42.01 (23.23~106.73)	238.89±171.73 (61.88~404.80)	0.28±0.14 (0.14~0.42)	0.47±0.12 (0.33~0.55)
矿渣 土块 <sup>[2]</sup>	1 40	92.48 28.9±1.12 (14.8~45.9)	75.60 57.8±47.1 (27.3~338.9)	116.76 563.0±86.0 (308.4~827.3)	0.46 0.14±0.02 (0.12~0.16)	0.57 0.42±0.05 (0.37~0.50)

- 3.3 工业废渣建材中  $^{226}Ra$ 、 $^{232}Th$ 、 $^{40}K$  所致居民剂量估算<sup>[3]</sup>
- 公众室内接受  $\gamma$  外照射的年有效剂量当量  $H_{E外}$ :
- $$H_{E外} = 4.23 \times 10^{-3} A_{Th} + 3.14 \times 10^{-3} \times A_{Ra} + 0.275 \times 10^{-3} A_K$$
- (mSv/a) (下转第 177 页)

作者单位: 河南省职业病防治研究所, 河南 郑州 450052  
作者简介: 武丽 (1970-), 女, 河南郑州人, 主管技师, 主要从事环境放射性监测工作。

情况。由表 3 可见, 1998 年较 1996 年的治疗人数增加了 20.4%, 高于 17.7% 的全国平均水平<sup>[3]</sup>。全省“九五”期间年平均治疗例数最多的是食管癌, 占 43.4%, 其次是妇科癌占 10.9%, 第三位是肺胸部癌占 9.7%。食管癌治疗例数相对较多的原因: 一是我省某地食管癌发病率较高, 导致全省食管癌患者较多; 二是该地治疗食管癌技术较好, 吸引外省的患得来我省治疗。

表 3 放射治疗的肿瘤类型分布

肿瘤类型	1996 年		1998 年		加权平均	
	治疗人数	%	治疗人数	%	治疗人数	%
脑肿瘤	1 359	4.8	1 577	4.6	1 468	4.7
鼻咽癌	903	3.2	1 029	3.0	966	3.1
其他头颈癌	1 434	5.0	1 649	4.8	1 542	4.9
食道癌	12 663	44.7	14 428	42.3	13 546	43.4
其他肺/胸癌	2 612	9.2	3 462	10.2	3 037	9.7
乳腺癌	1 927	6.8	2 621	7.7	2 274	7.3
胃癌	757	2.7	660	1.9	708	2.3
肝癌	208	0.7	279	0.8	244	0.8
膀胱癌	121	0.4	348	1.0	234	0.7
前列腺癌	185	0.7	115	0.3	150	0.5
直肠癌	974	3.4	959	2.8	966	3.1
妇科癌	3 375	11.9	3 434	10.1	3 405	10.9
白血病	50	0.2	62	0.2	56	0.2
淋巴瘤	362	1.3	687	2.0	524	1.7
皮肤癌	376	1.3	1 278	3.8	827	2.6
良性肿瘤	214	0.8	360	1.1	287	0.9
其他	813	2.9	1 155	3.4	984	3.2
合计	28 333	100.0	34 103	100.0	31 218	100.0

2.4 患者的性别和年龄分布 表 4 列出了全省放射治疗典型调查结果。由表 4 可知, 放射治疗的男女性别比为 1.110:1, 比全省总人口中男女的自然性别比 1.058:1 略高, 说明接受放射治疗的男性略高于女性。从年龄分布看, 40 岁以上年龄组占放疗患者总数的 92.7%, 提示 40 岁以上为癌症高发年龄。

3 讨论

(1)通过本次调查基本上摸清了我省“九五”期间肿瘤放射治疗的基本情况, 为合理配置卫生资源和制定放射治疗的发展

规划提供了决策依据, 也为今后放射卫生监督管理工作打下基础。

(2)全省各市放射治疗单位数、人员数和设备数的分布差异很大, 反映出我省放射治疗资源配置不尽合理, 为此应进一步加强放射治疗设备, 特别是大型医疗设备的配置与管理工作, 但要考虑放疗设备的利用率, 对放疗设备利用率较低的地市不应再配备大型放射治疗设备, 要考虑如何提高现有放疗设备的利用率, 以避免卫生资源的浪费。

表 4 放疗患者的性别与年龄分布

年份	项目	年龄分布(岁)			性别分布		男女性别比
		0~15	16~40	>40	男	女	
1996 年	患者数	6	90	1 160	646	610	1.059:1
	%	0.5	7.2	92.3	51.4	48.6	
1998 年	患者数	8	86	1 247	720	621	1.159:1
	%	0.6	6.4	93.0	53.7	46.3	
两年之和	患者数	14	176	2 407	1 366	1 231	1.110:1
	%	0.5	6.8	92.7	52.6	47.4	

(3)缺少物理人员和辅助放疗设备, 阻碍了放疗事业的发展, 影响了放疗质量的提高。建议卫生行政部门加强监督检查, 督促放射治疗单位配备合格的物理人员和模拟定位机、剂量仪等辅助设备, 并把其作为许可的必备条件, 只有这样才能保证放射治疗的质量, 使其更好地为患者服务。

(4)食道癌患者放射治疗占全部放疗患者的 43.4%, 显示出我省食道癌发病率较高, 加强食道癌的防治工作大有必要。40 岁以上为癌症高发年龄, 应加强该人群的癌症防治工作。

参考文献:

[1] 郑钧正, 李述唐, 岳保荣, 等. “九五”期间核医学的医疗照射水平调查[J]. 中国辐射卫生, 1999, 8(1): 19.  
[2] 赵尧贤, 吴寿明. 浙江省“九五”期间放射治疗照射水平调查[J]. 中国辐射卫生, 2002, 11(1): 44-45.  
[3] 郑钧正, 李述唐, 岳保荣, 等. 我国“九五”期间放射治疗的医疗照射频率水平[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2002, 20(增刊): 23-25.

(收稿日期: 2002-09-25)

(上接第 175 页)

公众在室内接受内照射的年有效剂量当量  $H_{E内}$ :

$$H_{E内} = 8.417 \times 10^{-2} A_{Ra} \cdot \eta \text{ (mSv/a)}$$

式中,  $A_{Th}$ 、 $A_{Ra}$ 、 $A_K$  分别为样品中 Ra、Th、K 的放射性比活度;  $\eta$  为建材氡释出率, 取 4%。结果列于表 3。

从表 3 可见, 四种建材以 325 级矿渣水泥所致居民的内外剂量最高 0.97 mSv/a, 土块最低 0.59 mSv/a。

表 3 工业废渣建材所致公众年有效剂量当量(mSv/a)

建材类型	$H_{E外}$	$H_{E内}$	$H_{E外} + H_{E内}$
煤渣砖	0.59	0.19	0.78
粉煤灰砖	0.47	0.21	0.68
325 级矿渣水泥	0.78	0.19	0.97
土块	0.49	0.10	0.59

4 讨论

从表 1、表 2 可以看出, 工业废渣原料放射性水平明显高出其相应的建材成品, 所以, 废渣能使建材成品放射性水平增加。为了合理有效利用工业废渣, 必须时时跟踪检测这些废渣的放射性水平, 使其对建材成品放射性的增加降低到合理水

平, 以保障公众的健康与安全。

从表 2 可以看出, 工业废渣对建材成品放射性水平增加的主要核素为  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ , 其原因为, 粉煤灰和炉渣是经高温处理后残留物, 大部分易挥发物质已被高温烧掉,  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  这些高熔点的金属残留量相对增加。 $^{40}\text{K}$  高温时易挥发掉, 所以土块的  $^{40}\text{K}$  含量相对较高。

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《放射卫生防护基本标准》(GB 4792-84) 中 3.2 条规定: “当长期持续受到电离辐射的照射时, 公众中个人在其一生中每年的全身照射的年剂量当量限值应不高于 1 mSv”。从表 3 可以看出, 河南省工业废渣建材所致居民的年有效剂量当量未超出国家标准。

参考文献:

[1] GB 6566-2000 建筑材料放射卫生防护标准[S].  
[2] 孟繁卿, 王建华, 武丽, 等. 河南省部分工业废渣建筑材料放射性水平及所致居民剂量[J]. 中国辐射卫生, 1996, 5(4): 232.  
[3] 中华人民共和国卫生部. 建筑材料放射卫生防护标准(GB 6566-86)的依据和说明[Z]. 1986.

(收稿日期: 2002-07-26)