

云南省墙体材料放射性水平及致居民剂量估算

胡 培 武国亮 熊菊英 杨 璐

(云南省卫生防疫站, 昆明 650022)

近年来, 大量工业废渣引入建材生产, 但由于部分废渣放射性核素比活度较高, 增加了建筑物致公众放射性危害的可能性。为此, 1994 年至 1996 年, 对云南省 61 家主要废渣墙体材料生产厂家煤渣砌块和磷渣砌块共 88 个成品, 及 12 家代表性传统窑烧泥土砖生产厂家 18 个成品进行了放射性核素 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 比活度采样分析。

1 实验分析

按统计学要求, 所有样品均在堆场 5 点以上随机取样 5 千克, 混合后取其中 1 千克, 经研磨粉碎, 过 80 目筛, 于 110°C 烘干备用。

表 1 不同墙体材料放射性核素比活度(Bq/kg)

样品数	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	m_{Ra}	m_{r}
煤渣砌块	74 90.8(20.7~525.3)	48.7(5.6~113.2)	239(131~555)	0.45	0.51
磷渣砌块	14 116.0(42.8~303.2)	25.3(6.4~70.6)	214(38~368)	0.58	0.48
泥土砖	18 53.6(24.7~94.4)	42.8(9.5~95.3)	501(335~762)	0.27	0.44
土壤	45 45.6(24.7~103.2)	67.1(28.2~128)	486(149~1010)	0.23	0.51

从表 1 看, 土壤与泥土砖放射性核素比活度值极其相近, 与实际情况相符, 废渣建材比活度值则与二者相差很大。以 ^{226}Ra 而言, 大小顺序为: 磷渣砌块 > 煤渣砌块 > 泥土砖 > 土壤, ^{232}Th 比活度变化: 土壤 > 煤渣砌块 > 泥土砖 > 磷渣砌块, ^{40}K 比活度则表现为: 泥土砖 > 土壤 > 煤渣砌块 > 磷渣砌块。

按国家标准要求^[1], 为保障公众及其的后代健康与安全, 代表建材成品内照射与外照射剂量相对贡献的限制系数 m_{Ra} 、 m_{r} 值应分别小于 1。其中:

$$m_{\text{Ra}} = A_{\text{Ra}}/200$$

$$m_{\text{r}} = A_{\text{Ra}}/350 + A_{\text{Th}}/260 + A_{\text{K}}/4000$$

分析表 1 数据可见, 煤渣砌块和磷渣砌块内照射限制系数大于泥土砖和土壤, 而外照射系数几乎没有差别。

煤渣砌块超过国家标准限制值成品 4 个, 超标率 5%, 磷渣砌块超过国家标准限制值成品 1 个, 超标率 7%。所有超标废渣成品均为 m_{Ra} 、 m_{r} 同时大于 1, 提示内、外照射限制系数指征彼此吻合。18 个窑烧泥土砖成品全部符合国家标准要求。

2.2 居民受照剂量估算

按文献^[2], 建筑材料对公众所致 γ 外照射年有效剂量当量 $H_{\text{E外}}$ 及内照射年有效剂量当量 $H_{\text{E内}}$ 可

^{226}Ra 比活度分析: 闪烁射气法。

^{232}Th 比活度分析: 离子交换-分光光度法

^{40}K 比活度分析: 火焰光度法

方法检出限为 18.5 贝可/千克, 总不确定度小于 20%。

2 结果讨论

2.1 放射性核素比活度

表 1 给出不同墙体材料放射性核素比活度均值及变化范围, 作为对照, 并列出现云南省土壤中放射性核素比活度相应值。

按下式计算:

$$H_{\text{E外}} = 3.14 \times 10^{-3} A_{\text{Ra}} + 4.23 \times 10^{-3} A_{\text{Th}} + 2.75 \times 10^{-4} A_{\text{K}}$$

$$H_{\text{E内}} = 8.417 \times 10^{-4} A_{\text{Ra}} \times \eta$$

建材中氡释放率 η 按混合建材住房取 4%, 计算出不同墙体材料致居民放射性受照剂量估算值。同时, 以土壤致居民内、外照射剂量总和为基准, 计算出不同墙体材料对居民附加照射剂量 $H_{\text{E附}}$, 列于表 2。

表 2 不同墙体材料致居民照射剂量(mSv/a)

	$H_{\text{E外}}$	$H_{\text{E内}}$	$H_{\text{E附}}$
煤渣砌块	0.56	0.31	0.16
磷渣砌块	0.53	0.39	0.21
泥土砖	0.49	0.18	-0.04
土壤	0.56	0.15	

就外照射剂量估算值而言, 废渣墙体材料与与泥土砖和土壤数值基本一致, 而内照射剂量估算值则表现出很大差异, 废渣墙体材料明显高于泥土砖和土壤相应值, 达一倍之差。说明废渣墙体材料的引入将主要通过废渣中释放氡向室内扩散。

(下转第 157 页)

表 2 荧光透视机监测结果

监测项目	监测台数	合格台数	合格率 (%)
荧光屏视觉分辨率	22	19	86.4
荧光屏比亮度	22	15	68.2
空气比释动能率	22	8	63.6

从表 2 可见, 荧光屏视觉分辨率合格率较高, 荧光屏比亮度和空气比释动能率合格率较低。说明荧光屏老化较普遍, 荧光屏比亮度降低, 影响临床阳性检出率。

3.3 影像增强系统透视结果 见表 3

表 3 影像增强系统透视结果

监测项目	监测台数	合格台数	合格率 (%)
高对比度分辨率	31	21	67.8
低对比度分辨率	31	25	80.7

表 3 显示, 高对比度分辨率合格率为 67.8%, 低对比度分辨率稍优达 80.7%。这类机器主要用于介入放射学、碎石定位和骨折整复等。国产机 14 台, 不合格 8 台, 其中 3 台在监测时图像剧烈跳动或电视屏一片雪白已不能使用。进口机 17 台, 其中二手货 6 台, 有 2 台在安装时没有认真调试, 高对比度分辨率不达标。上述不合格机器经检修调试后除 1 台低对比度分辨率仍不合格外, 其它均达有关标准要求。

4 讨论

4.1 从本次监测结果看, 不论摄影机或透视机都存在不少问题。如两野一致性偏差达 5.0~9.6% SID 的占 18.2%, 荧光屏比亮度有的仅达要求值的 1/4, 透视空气比释动能率有的高达 $7.5\text{cGy}\cdot\text{min}^{-1}$, 高对比度分辨率有的最大网格 (16 目/2.5cm) 也看不清, 滤线栅对中心有 1 台偏差 5cm, 导致片感光度

边浓边淡, 等等。由于诸多原因, 造成废片率、重拍率增多, 阳性检出率受影响, 受检者受照剂量增加。应通过实施放射诊断质量保证计划予以纠正。

4.2 X 射线诊断机必须定期检修调试。本文监测的 36 个医院(所)中有 3 台以上 X 射线机的有 13 个单位, 其中有专职 X 射线机检修人员的仅 2 个单位, 兼职(器械科或投照技术员)的 4 个单位。监测结果显示有专职人员并能定期检修的合格率较高, 有的虽有兼职检修人员, 但不作定期检修, 机器出现问题而照常使用。曾有两个医院因两野一致性偏离大、输出量重复性不好和滤线栅不对中心, 影片质量差, 放射科领导错责投照人员。众所周知, 影像增强器透视系统是由影像增强器、光学透镜系统、摄像机及电视监视器组成, 其中任何一个系统偏离聚焦都会降低其分辨率。分辨率降低必定影响疾病诊断效果。曾有一医院, 检测时发现高对比度分辨率不合格, 找来兼职检修人员, 仅用几分钟就把影像增强器的电子透镜偏离调正, 分辨率由 0.56 升至 $1.2\text{Lp}\cdot\text{mm}^{-1}$ 。由此可见, 定期检修调试的必要性。建议县以上医院设置 X 射线诊断设备专职检修人员, 并建立定期检修制度, 确保机器的完好率, 延长机器与零部件寿命, 提高摄片质量, 减少废片与重拍率, 节省经费开支。这是一项既有经济效益又有社会效益的好措施。

参考文献

- 何顺升, 等. 山东省部分地市县医院用诊断 X 射线机质量控制监测结果分析. 中国辐射卫生, 1995, 4(4): 234.
- 张洪成, 田大勇. 泰安市医用诊断 X 射线机质量控制及防护检测结果分析. 中国辐射卫生, 1997, 6(1): 61.

(1997 年 10 月 30 日收稿)

(上接第 155 页)

3 小结

本次调查共采集煤渣砌块和磷渣砌块成品 88 个、传统窑烧泥土砖成品 18 个, 经放射性核素比活度分析, 传统砖成品全部达到国家标准要求, 5 个废渣墙体材料成品超过标准限制值。对废渣建材成品的生产必须严格检验分析, 不合格产品严禁出厂, 以杜绝隐患。

废渣墙体材料取代传统窑烧泥土砖将主要增加居民内照射受照射剂量, 即通过氡的释放, 经人体吸

入后产生危害。由于空调设施的引入和现代建筑密封性的加强, 室、内外空气交换降低, 因此, 住宅氡问题应得到进一步关注。

参考文献

- 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)。
- 中华人民共和国卫生部. 建筑材料放射卫生防护标准(6566-86)的依据和说明. 1986.

(1998 年 1 月 12 日收稿)