

用量为 2.0 ml。

2.4 反应时间

在上述实验条件下, 固定反应温度 60 °C, 仅改变反应时间进行实验。随着反应时间的增加, ΔA 逐渐增大。为了减小吸光度的误差, 反应时间控制在 3~6 min 内, ΔA 与反应时间呈线性变化。本实验选取反应时间为 6 min。将终止反应后的体系在室温下静置 1 h, 体系的吸光度基本不变。

2.5 反应温度

控制反应时间 6 min, 按实验方法改变反应温度。结果表明, 室温下反应进行较慢; 随着温度的升高, 催化体系和非催化体系的反应速度均加快, 但温度对催化体系的影响更大, 故 ΔA 显著增大。当反应温度为 60 °C 时, ΔA 达到最大, 此后 ΔA 变化较小。选择 60 °C 为反应温度。

2.6 工作曲线, 精密度及检出限

在上述确定的实验条件下, 改变标准甲醛溶液的用量, 按实验方法进行实验。甲醛溶液浓度在 0.2~4.0 $\mu\text{g/ml}$ 范围内与 ΔA 成线性关系, 线性回归方程: $\Delta A = 0.1974C (\mu\text{g/ml}) - 0.0092$, 相关系数 $r = 0.993$ 。按实验方法, 对 1.0 $\mu\text{g/ml}$ 甲醛标准溶液进行 12 次重复实验, 测得其 A 、 A_0 以及 ΔA 的 RSD% 为 2.1、1.1 和 1.8, 说明该工作曲线有较好的精密度, 为样品分析结果的正确性提供了前提条件。对空白体系重复 12 次实验并计算吸光度的标准偏差, 得出该方法的检出限为

0.06 $\mu\text{g/ml}$ (按 3 $S_{\text{空白}}/\delta$ 计)。

2.7 干扰实验

在确定的实验条件下, 对常见的无机离子和部分有机物进行了干扰实验, 当甲醛浓度为 3.0 $\mu\text{g/ml}$, 相对误差控制在 5% 时, 共存物 (以倍计) NH_4^+ 、 F^- 、 Pb^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cd^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ (2000), Co^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} (1000), 乙醇 (300), Bi^{3+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{3+} (150), 苯、苯丙醛、苯酚、丙酮、 Cu^{2+} (50)、乙醛 (10) 对测定结果无干扰。

3 样品及回收率

按文献 [3], 用穿孔法取一定量的人造板材用重蒸水萃取 4 h, 移取一定量的萃取液按实验方法进行测定, 并做标准加入回收实验, 测定结果见表 1。

表 1 样品中甲醛含量的测定结果 ($n=6$) mg/g

| 样品 | 测定平均值 | 加入量 | 测定总量 | 回收率 (%) | RSD (%) |
|------|-------|------|------|---------|---------|
| 样品 1 | 0.58 | 0.50 | 1.07 | 98.3 | 2.4 |
| 样品 2 | 0.41 | 0.50 | 0.89 | 95.5 | 3.0 |

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部. 木质板材中甲醛的卫生规范 [S]. 2001.
- [2] 陈宁生, 郭新愿. 催化光度法测定水发食品中甲醛 [J]. 中国公共卫生, 2003, 19 (9): 1113.
- [3] 王雪梅, 张显权, 朱丽宾. 简述刨花板中甲醛释放机理及检测 [J]. 林业机械与木工设备, 2001, 29 (6): 7-9.

常州地产建材放射性水平及所致公众剂量估算

Estimation on the radioactivity levels of construction materials and the radiation dose the public received in Changzhou area

尤建国, 林琳

YOU Jian-guo, LIN Lin

(常州市疾病预防控制中心, 江苏 常州 213003)

摘要: 采用四道 γ 能谱仪直接定量测试地产建材成品放射性及致公众辐射剂量。结果所测建材 $I_{\text{Ra}} < 1$, $I_{\text{r}} < 1$ 。其中 I_{Ra} 最低 0.08, 最高 0.44; I_{r} 最低 0.15, 最高 0.76。 H_{E} 最高为 425 型水泥 1.16 mSv。6 种掺入工业废渣建材有 4 种高于本地土壤放射性水平。调查的地产建材放射性水平平均符合国家 A 类指标, 掺入工业废渣可使建材放射性水平增高。

关键词: 建材; 放射性水平; 公众; 剂量

中图分类号: R142 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2004)04-0269-02

近年来随着城市化建设的不断推进, 我市建材工业发展迅速, 为了解我市地产建材的放射性水平, 加强本市建材放射防护管理, 特于 2002 年对我市生产的建材放射性水平进行了调查, 并估算了居民的受照剂量。

收稿日期: 2003-11-26; 修回日期: 2004-02-09

作者简介: 尤建国 (1953-), 男, 主管医师, 从事放射卫生工作。

1 材料与方法

被测试的建材为本市 15 个生产企业的 9 种建筑主体材料和装饰材料。被测试建材堆垛体积不小于 $4\text{m} \times 4\text{m} \times 1\text{m}$, 且干燥并堆放整齐。

测试仪器放在被测建材堆垛上方表面的中央位置。

2 仪器与测试项目

2.1 仪器

上海核子仪器厂生产的 FJ-2207 四道 γ 能谱仪, 调查前经河北省核工业放射性勘查计量站在直径为 2 m、厚度为 0.6 m 的铀、钍、钾标准模型上进行溯源刻度, 调查中使用期间核查方法、检验仪器使用正常。

每个产品连续在同一点上测量 5 次, 结果取 5 次平行测量的平均值。测度时为晴天。

2.2 内照射指数^[1]

$$I_{\text{Ra}} = C_{\text{Ra}} / 200$$

式中: I_{Ra} 为内照射指数; C_{Ra} 为建材中天然放射性核素镭

-226 的比活度 (Bq/kg); 200 为仅考虑内照射时, 标准规定的建材中天然放射性核素镭-226 的比活度 (Bq/kg)。

2.3 外照射指数^[1]

$$I_r = C_{Ra}/370 + C_{Th}/260 + C_K/4200$$

式中: I_r 为外照射指数; C_{Ra} 、 C_{Th} 、 C_K 分别为建材中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 的比活度 (Bq/kg); 370、260、4200 分别为仅考虑外照射时, 标准规定的建材中天然放射性核素镭-226、钍-232、钾-40 在其各自单独存在时的限量

(Bq/kg)。

3 结果与分析

3.1 本次调查的地产建筑主体材料为 7 种、装饰建筑材料 2 种, 其放射性核素含量和根据《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2002) 中限制式求出的内、外照射指数 I_{Ra} 和 I_r 分别列于表 1。从表 1 中可见掺入工业矿渣的 425 型水泥的三种关键性放射性核素含量及其相应的内、外照射指数均明显高于其他建材。

表 1 地产建材放射性核素含量及内、外照射指数

| 建材名称 | n | ²²⁶ Ra (Bq/kg) | ²³² Th (Bq/kg) | ⁴⁰ K (Bq/kg) | I_{Ra} | I_r |
|-----------|---|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| 加气砼砌块 | 1 | 42.98 | 42.84 | 107.14 | 0.21 | 0.31 |
| 砼瓦 | 1 | 16.18 | 7.11 | 344.30 | 0.08 | 0.16 |
| 粉煤灰小型空心气块 | 1 | 67.55 | 64.27 | 90.77 | 0.34 | 0.45 |
| 钛白粉 | 1 | 37.86 | 30.26 | 380.08 | 0.19 | 0.31 |
| NK 系列粉刷石膏 | 1 | 20.04 | 18.37 | 115.36 | 0.10 | 0.15 |
| 实心轻集料小型砌砖 | 1 | 62.78 | 56.45 | 244.65 | 0.31 | 0.45 |
| 粉煤灰小型实心气块 | 2 | 61.87±17.70 | 57.58±1.60 | 221.78±32.34 | 0.31±0.08 | 0.49±0.03 |
| 425 型水泥 | 7 | 89.59±25.73 | 87.64±18.9 | 763.13±308.95 | 0.44±0.13 | 0.76±0.18 |
| 土块 | 2 | 43.63±1.94 | 35.84±2.94 | 306.65±112.95 | 0.22±0.01 | 0.33±0.04 |

3.2 放射性核素含量与我市当地土壤相比, 偏低的建材是粉刷石膏、装饰建材和砼瓦。放射性核素含量介于土壤和 425 型水泥之间的主要是一些掺入煤渣、粉煤灰的一类砌块、气砖和钛白粉装饰建材。

3.3 表 1 中显示 9 种地产建材内、外照射指数均未超出 A 类建材指标。

3.4 9 种地产建材放射性核素²²⁶Ra、²³²Th、⁴⁰K 所致公众室内接受 γ 外照射和内照射的年有效剂量见表 2。

$$H_{E外} = 3.14 \times 10^{-3} \cdot C_{Ra} + 4.23 \times 10^{-3} \cdot C_{Th} + 0.275 \times 10^{-3} \cdot C_K \text{ (mSv/a)}^{[2]}$$

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

式中: $H_{E外}$ 、 $H_{E内}$ 分别为公众室内接受 γ 外照射和内照射的年有效剂量; C_{Ra} 、 C_{Th} 、 C_K 分别为²²⁶Ra、²³²Th、⁴⁰K 的放射性比活度; β 为 Rn 的释出率, 取 4%。

表 2 地产建材所致公众年有效剂量 mSv/a

| 建材名称 | $H_{E外}$ | $H_{E内}$ | 总 H_E |
|-----------|----------|----------|---------|
| 加气砼砌块 | 0.35 | 0.14 | 0.49 |
| 粉煤灰小型空心气块 | 0.51 | 0.23 | 0.74 |
| 粉煤灰小型实心气块 | 0.50 | 0.21 | 0.71 |
| 实心轻集料小型砌砖 | 0.50 | 0.21 | 0.71 |
| 425 型水泥 | 0.86 | 0.30 | 1.16 |
| 砼瓦 | 0.18 | 0.03 | 0.21 |
| 钛白粉 | 0.35 | 0.13 | 0.48 |
| NK 系列粉刷石膏 | 0.17 | 0.07 | 0.24 |
| 土块 | 0.29 | 0.15 | 0.44 |

4 讨论

从表 1 和表 2 显示的情况可以看出, 常州市地产的 7 种主

体建材和 2 种装饰建材属 A 类建材, 虽然按国家标准规定其使用不受任何限制, 但其各自的放射性核素含量均不同, ²²⁶Ra 高低可差 5 倍, ²³²Th 可差 12 倍, ⁴⁰K 可差 8 倍。其各自的内、外照射指数高低相差近 5 倍, 由此带来公众接受的年有效剂量高低也相差 5 倍。同时也可以看出放射性核素含量相对较高的主要是一些掺入工业废渣后的建材成品, 水泥中要掺入炼钢的残留物矿渣、炉渣, 气块、气砖中要掺入一定比例的煤渣、粉煤灰等。这些工业废渣均是经过高温处理后的残留物, 其可挥发物质减少而高熔点的放射性金属残留量相对被浓缩而增加。

我国《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定公众年有效剂量应不超过 1 mSv, 本次调查中 425 型水泥所致年有效剂量虽然略超过此值, 但水泥是一种建材原料, 必须与其他建材一起才能构建成建筑物, 因此公众实际生活的环境中单受水泥的辐射份额必然会大幅度下降, 从而在整体上公众的年有效剂量控制在国家标准之内是有保障的。值得注意的是辐射防护原则提醒我们, 接受辐射剂量应采取尽可能低的原则。因此, 为了国家可持续发展战略的实现, 我们应当在合理有效利用工业废渣并为其国民经济建设服务的同时, 也必须时刻保持警惕, 并跟踪、监测这些较高放射性水平的建材成品, 通过有效的宣传、工艺改进和放射卫生管理, 使其较高放射性水平的建材成品维持在可达到的合理水平, 以保障公众的健康与安全。

参考文献:

[1] GB6566-2002, 建筑材料放射性核素限量 [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.