

上海地区建筑材料中放射性核素的分析与研究

吴锦海 李金全 裴永法

(上海市放射医学研究所)

本文建立了建筑材料中放射性核素的分析方法,对上海主要建筑材料中的放射性核素水平作了测定,结果表明上海一些常用建材中放射性水平均在国家规定的建筑材料放射卫生标准范围内。

关键词: 建筑材料 铀 钍 镭-226 钾-40

一、前 言

建筑材料中含有 U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 等天然放射性核素。我们分析了上海常用的建筑材料,包括:红砖、沙、水泥及利用工业废渣制成的粉煤灰砖、硅酸盐砖和有关的建材原料如煤渣、原煤、磷石膏、粘土等,并讨论了上海常用建材中天然放射性核素浓度的典型值,同时与国外建筑材料中的放射性水平进行了比较。发现用工业废渣制成的建材放射性水平高于普通建材。

二、材料和方法

(1) U 的分析 精确称取经 100 目筛选后的建材样品 0.05 g,放入 50 ml 烧杯内,加 2 ml 浓 H_2SO_4 和 1 ml H_2O_2 ,在沙浴上加热,直至 H_2SO_4 蒸干,冷却后用去离子水溶解残渣,用 HCl 调节 $\text{pH}=3$,转入 50 ml 容量瓶中,用去离子水稀释至刻度,取 5 ml 溶液在铀激光仪上测量 U 含量,再换算成 Bq/kg。

(2) Th 的分析 精确称取经 100 目筛选后的建材样品 0.5g,置于 50 ml 刚玉坩埚内,加 Na_2O_2 3 g, NaOH 3 g,放入 600°C 马弗炉内熔融 10 min,取出后,用热水浸取,过滤,滤纸上沉淀物用 6 mol/l 10 ml 热 HNO_3 溶解,溶解液转入 60 ml 分液漏斗中,加入 20 ml N_2O_5 萃取,用 4 mol/l HCl 反萃取,反萃液转入 25 ml 容量瓶中,加入 1 ml 0.1% 偶氮胂 III,在 721 分光光度计 660 nm 波长处比色,在标准曲线上查到相应 Th 含量再换算成 Bq/kg。

(3) ^{226}Ra 的分析 精确称取经 100 目筛选后的建材样品 1g,加入 5g Na_2O_2 , 1g Na_2CO_3 , 0.5g BaCl_2 ,充分混合均匀,放入 500°C 马弗炉内灼烧 10min,呈红色透明液体取出,用冷水浸洗坩埚外壁后,将溶液转移到 500 ml 烧杯中,用 200 ml 温水提取,提取液经定量滤纸过滤后,用 1% NaHCO_3 -NaOH 混合液洗涤,弃去滤液和洗涤液,用 10ml 30% 热 HCl 溶解沉淀物,继用去离子水洗滤纸至无黄绿色,洗涤液合并于扩散器中,封存 15d 后测量。

(4) ^{40}K 的分析 精确称取经 100 目筛选建材样品 1g 在镍坩埚内,加 1g NH_4Cl 和 5g CaCO_3 充分混合均匀,表面加上 2g CaCO_3 ,将镍坩埚置于马弗炉内,150°C 灼烧 0.5h,再在 350°C 灼烧 0.5h,最后在 650°C 灼烧 1.5h,取出坩埚,冷却后加少量水(约 15 ml 左右)溶解,将溶解物全部转入到 250 ml 瓷蒸发皿内,加 60 ml 水煮沸 2 min,用定性滤纸将溶液过滤到 400 ml 烧杯中,再加上 60 ml 水于瓷蒸发皿中,煮沸、过滤,这样反复 3 次,弃去不溶物,用 6 mol/l CH_3COOH 中和至 pH 值为 4,定量地转入到 250 ml 容量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度,再吸取 25

ml 样品溶液置于 100 ml 烧杯中,用水稀释到 50 ml,再以 6 mol/l CH_3COOH 调节溶液 pH 至 4,在搅拌下加入 5 ml 2% 四苯硼钠溶液,使生成四苯硼钾沉淀,将此沉淀液全部滤于 4 号砂芯玻璃坩埚中,用水洗两次,再用 10 ml 无水乙醇洗一次,于 110°C 烘箱内烘至恒重,冷却后称重,先计算出样品中 K 含量,再换算出相当于 ^{40}K 的量 Bq/kg。

三、结 果

上海地区主要建筑材料中 U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 测定结果见表 1。

表 1 上海地区主要建筑材料中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的测定结果(Bq/kg)
Table 1 Determinations of ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra and ^{40}K in building materials in Shanghai

样品 Sample	^{232}Th	^{238}U	^{226}Ra	^{40}K
粘土砖 Clay brick	43.1 ± 4.1	59.2 ± 4.1	34.3 ± 4.4	554.3 ± 26.7
石灰 Lime	7.1 ± 1.7	27.2 ± 0.9	9.3 ± 0.7	88.4 ± 12.7
水泥300* Cement	40.8 ± 6.0	46.7 ± 3.7	39.0 ± 1.9	109.3 ± 18.0
水泥500* Cement	39.2 ± 5.7	40.3 ± 3.0	59.1 ± 3.7	100.0 ± 10.1
沙 Sand	18.7 ± 2.1	18.2 ± 0.6	10.7 ± 0.6	629.0 ± 79.3
煤渣 Coal slag	85.1 ± 9.0	124.3 ± 21.0	64.4 ± 7.7	336.7 ± 27.2
粉煤灰砖 Coal slag brick	54.0 ± 7.0	140.1 ± 11.0	46.6 ± 4.1	390.6 ± 36.0
原煤 Coal	27.8 ± 1.6	67.6 ± 7.0	37.2 ± 8.1	287.3 ± 21.1
石煤 Bone coal	48.8 ± 10.7	130.7 ± 19.2	100.9 ± 14.2	595.9 ± 43.0
磷石膏 Apatite	64.7 ± 7.6	41.4 ± 1.7	36.3 ± 3.1	34.4 ± 1.7
混凝土 Concrete	39.6 ± 3.9	48.2 ± 4.3	37.0 ± 4.0	619.0 ± 25.6
粘土 Clay	40.1 ± 6.1	44.1 ± 3.8	37.1 ± 4.0	427.1 ± 24.1

由表 1 可见,工业废渣制成的建材,如煤渣砖,尤其是石煤渣砖等其它混合材料中放射性核素水平高于普通建材。普通建材放射性核素水平一般与我国典型土壤中放射性水平接近^[1]。表中列出的建材中放射性核素平均值略低于东欧典型值(东欧国家建材中放射性核素浓度典型值: ^{226}Ra 和 ^{232}Th 均为 50 Bq/kg, ^{40}K 为 500 Bq/kg)^[2]。

上海主要建材中放射性核素水平与澳大利亚比较见表 2。

表2 上海与澳大利亚建材中放射性水平的比较(Bq/kg)

Table 2 Radioactive level comparison between Shanghai and Australian building materials

样品 Sample	产地 Sources	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
沙 Sand	上海 Shanghai	18.7	10.7	629.0
	澳大利亚 Australia	40.7	3.7	44.4
石灰 Lime	上海 Shanghai	7.1	9.3	88.4
	澳大利亚 Australia	11.1	—	—
水泥 Cement	上海 Shanghai	40.0	49.1	104.7
	澳大利亚 Australia	48.1	51.8	114.7
混凝土 Concrete	上海 Shanghai	39.6	37.0	619.0
	澳大利亚 Australia	51.8	18.5	358.9
粘土砖 Clay brick	上海 Shanghai	43.1	34.3	554.3
	澳大利亚 Australia	88.8	40.7	680.8
粘土 Clay	上海 Shanghai	40.1	37.1	427.1
	澳大利亚 Australia	211.6	96.2	203.8
磷石膏 Apatite	上海 Shanghai	64.7	36.3	34.1
	澳大利亚 Australia	11.1	451.4	—
粉煤灰砖 Coal slag brick	上海 Shanghai	54.0	46.6	390.6
	澳大利亚 Australia	170.2	96.2	203.5

四、讨 论

本文用微量核素分析方法分析了上海主要建材中放射性核素水平,误差在 $\pm 20\%$ 以内,所分析样品都经过统计处理,其值都在我国正常本底值范围内。我国1986年发布了建筑材料的放射卫生标准,对建筑材料成品中 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 比活度有限制规定^[3]。从分析得出上海目前使用的建材都在国家规定(GB6566-86 建筑材料放射卫生标准)范围内。但值得注意的是工业废渣制成的建材放射性水平高于普通建材,尤其是石煤渣制成的建筑材料。建议在新产品的开发和利用时需进行卫生学评价

参 考 文 献

- [1] 吴锦海等,放射卫生,3(1990),2:65.
- [2] V. I. Karpov. et al., Health Physics, 39 (1980), 819.
- [3] 卫生部,建筑材料放射卫生标准,GB6566-86,1986.

Analysis of radioactive nuclides in building materials in Shanghai

Wu Jinhai Li Jinquan Pei Yongfa

(Shanghai Institute of Radiation Medicine)

Abstract

An analytical method for main radioactive nuclides in building materials is described. It was used in determining radioactive level in building materials used in Shanghai. The radioactive levels measured were found to be all within the limits allowed by the State Standard on Radiological Health.

Keywords: Building materials U Th ^{226}Ra ^{40}K

(1990年11月22日收到)