

我国东海海产品中 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度水平分析

黄卫琴, 刘海宽, 吴锦海, 王力, 卢顺琦, 史少飞

中图分类号: TL75+1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)04-0426-01

**【摘要】** 目的 研究日本福岛第一核电站核泄漏事故对我国东海海产品 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度的影响。方法 选取 13 种类共 46 个样品, 采样时间从 2011 年 3 月 29 日至 2011 年 5 月 3 日, 采用高纯锗(HPGe)  $\gamma$  谱仪分析样品中的 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度。结果  $^{131}\text{I}$  未检出的样品有 40 个, 检出的有 6 个, 其活度浓度范围在 0.03~0.31 Bq/kg;  $^{137}\text{Cs}$  未检出的样品有 38 个, 检出的有 8 个, 其活度浓度范围在 0.02~0.48 Bq/kg。结论 目前我国东海海产品 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度远低于国标 GB14882-94《食品中放射性物质限制浓度标准》中肉鱼虾类的限制浓度。

**【关键词】** 东海海产品;  $\gamma$  谱仪; 活度浓度

2011 年 3 月 11 日东日本发生里氏 9 级地震, 地震及其引发的海啸导致断电, 福岛第一核电站反应堆无法降温, 从而发生一系列机组氢气爆炸和部分堆芯融损, 核裂变产物随着大气气溶胶扩散至北半球, 中国各地环保部门在其后相继检测到了微量的 $^{131}\text{I}$ 核素。4 月 1 日至 4 月 6 日, 东京电力公司以平均 4.3 t/h 的流速将放射性污水排向大海。福岛第一核电站 4 月初泄露至海水中“污水”的实际放射性活度达  $5 \times 10^{15}$  Bq, 包括总量约  $4.7 \times 10^{15}$  Bq 的 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 。4 月 1 日, 茨城县近海捕捞的玉筋鱼被查出放射性碘活度达 4 080 Bq/kg, 为此日本厚生劳动省为水产品紧急设定放射性碘活度标准。为了掌握我国东海海产品的人工放射性核素 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度现状, 我们对我国东海海产品进行了抽样检测。

## 1 材料与方法

1.1  $\gamma$  谱仪 测量用的  $\gamma$  谱仪为 GEM40P HPGe 多道能谱仪, 相对效率保证值为 40%, 对 $^{60}\text{Co}$  1 332 keV  $\gamma$  射线的能量分辨率为 1.85 keV, 分析器有 8 192 道<sup>[1]</sup>, 本底计数率为 2.1 cps (50 keV~1 825 keV)<sup>[2]</sup>。探测器屏蔽室选用 10 cm 铅当量制作, 内腔大小为 44 cm × 44 cm × 47 cm, 内壁从外向里衬有 2 mm 铜和 5 mm 有机玻璃。样品盒直径 75 mm, 高 70 mm。

1.2 样品采集与制备 共对 13 种我国东海的海产品进行了抽样检测, 采样时间从 2011 年 3 月 29 日至 2011 年 5 月 3 日, 样品总数共计 46 个。被检海产品名称和样品数见表 1。

海产品捕捞上岸分拣后即冰鲜快递至上海, 共分 10 个批次送样。按照 GB14883.1-94“食品中放射性物质检验总则”要求对样品预处理, 先用水洗涤样品, 然后用网篮晾干至表面水刚除尽, 按我国居民食用习惯采取可食部分, 将其切碎、剪碎后装入样品盒中墩实、压紧制备成合适的样品用于  $\gamma$  谱分析<sup>[3]</sup>,

作者单位: 复旦大学放射医学研究所, 上海 200032

作者简介: 黄卫琴(1962~), 女, 汉族, 上海市人, 主管技师, 学士, 放射卫生。

通讯作者: 刘海宽(1978~), Email: liuhk@fudan.edu.cn

①应对操作人员进行培训, 测量人员必须熟练使用仪器后才可以从事测量工作。②实验室应结合个人剂量监测系统的性能指标, 编制完善的操作规范和质控规程。③在比对中以及在日常工作中, 操作人员还应特别注意刻度因子的选择。测量哪种射线, 计算结果就必须采用哪种射线相对应的刻度因子, 特别是对 X 射线而言, 因其在低能部分能量响应的变化是较大的。

质量保证是职业外照射个人监测的重要组成部分, 应将质量保证始终贯穿于从监测计划到结果评价的全过程<sup>[2]</sup>。通过参加比对、盲样考核等措施, 以达到对实验室日常工作中的质量控制。

并称重贴标签。装样密度尽可能均匀, 并尽量与刻度源的质量密度和体积接近。由于 $^{131}\text{I}$ 属于易挥发放射性核素, 我们采用食品鲜样来分析 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度<sup>[2,4]</sup>。

1.3 能量刻度与效率刻度 能量刻度采用中国计量科学研究院制作的 Ra 体标准源和 KCsAm 体标准源, 效率刻度采用中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所制作的 243 g 液体源, 该液体源获得中国计量科学研究院测试证书。标准源盒与样品盒尺寸相同, 均为直径 75 mm, 高 70 mm。测量样品时, 其相对探测器的位置与测量刻度源时相同。

选用仪器自带的六次多项式方法来拟合效率实验点, 做效率曲线拟合, 再用拟合效率刻度样品。多项式效率与能量公式, 见公式(1):

$$\ln \varepsilon = \sum a_i E^{2-i} \quad (1)$$

式中:  $\varepsilon$  - 能量 E 处的效率;  $a_i$  - 拟合系数; E - 能量, MeV; i - 1 到 6。

1.4 最小可探测活度浓度的计算 若被测样品的活度浓度低于最小可探测活度浓度 MDC (Minimum Detectable Activity Concentration), 需要计算出 MDC 值<sup>[1]</sup>。MDC 的计算见公式(2):

$$MDC = 4.66 (n_b/t)^{1/2} / (\varepsilon P m) \quad (2)$$

式中:  $n_b$  - t 时间内测量的选用峰区本底计数率; t - 测量时间, s;  $\varepsilon$  -  $\gamma$  射线全能峰探测效率; P -  $\gamma$  射线发射几率; m - 被分析样品的质量, kg。

## 2 结果

本研究共抽取了 13 种东海水产样品, 每种样品的数量从 1 到 7 不等, 共计 46 个样品。46 个样品中检出 $^{131}\text{I}$ 的样品有 6 个, 未检出的样品有 40 个; 检出 $^{137}\text{Cs}$ 的样品有 8 个, 未检出的样品有 38 个。对测量结果进行分析发现, 多数样品的测量结果均小于最小可探测活度浓度; 对于小于最小可探测活度浓度的样品, 分别计算出样品的 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 最小可探测活度浓度作为该样品的 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度, 13 种水产样品的 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 活度浓度的测量结果见表 1。由表中数据可以看出, 核素 $^{131}\text{I}$

## 参考文献:

- [1] GB10264-88, 个人和环境监测用热释光剂量测量系统[S].
- [2] GBZ128-2002, 职业性外照射个人监测规范[S].
- [3] GBZ207-2008, 外照射个人剂量系统性能检验规范[S].
- [4] JJG593-2006, 个人与环境监测用 X、 $\gamma$  辐射热释光剂量测量(装置)系统检定规程[S].
- [5] 胡爱英, 徐辉, 袁龙. 全国外照射个人剂量计比对分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 27(4).

(收稿日期: 2011-05-06)

## 关于医用电子加速器辐射屏蔽两种计算结果的探讨

谢 萍 陈掌凡 赵新春 张会敏 黄玉龙

中图分类号:R144.1 文献标识码:B 文章编号:1004-714X(2011)04-0427-02

**【摘要】** 目的 对医用电子加速器机房辐射屏蔽厚度的两种计算方法进行比较。方法 依据国家相关标准和规范,对医用电子加速器机房的辐射屏蔽厚度分别采用周工作负荷和焦点最大输出剂量率进行核算。结果 两种计算方法得出的结果虽有差异,但均满足放射防护要求,其中以焦点最大输出剂量率计算的结果导致防护过度。结论 以防护最优化原则,采用周工作负荷计算医用电子加速器机房的辐射屏蔽厚度是达到既安全又经济的目的。

**【关键词】** 医用加速器;屏蔽计算

南宁市某医院引进一台瑞典医科达公司生产的 Synergy 型医用电子加速器, X 射线能量为 6MeV、10MeV 两档,对常规治疗对应焦点最大剂量率分别为 6Gy/min、4.5Gy/min。将此加速器安装在一个旧机房内,核算旧机房的屏蔽厚度,是否能满足安装新机的要求。如图 1 所示,以控制室内 A 点为例,在核算中,假设 1Gy = 1Sv,计算  $S_A$  值有两种方法。

## 1 计算方法

1.1 方法 1 长期以来延用的由周工作负荷和周剂量管理控制值计算  $S_A$  值<sup>[1-3]</sup>,其计算公式

$$S_A = TVTlg \frac{WUTF}{P_A R_A^2} \quad (1)$$

式中:  $S_A$ —主屏蔽墙体厚度,cm;  $TVT$ —十分之一值层厚度,cm;  $W$ —周工作负荷, mSv · m<sup>2</sup> · week<sup>-1</sup>;  $U$ —使用因子;

作者单位:广西壮族自治区疾病预防控制中心 广西 南宁 530021  
作者简介:谢萍,女,副主任医师,从事放射防护与管理工作。

的活度浓度的范围为 0.03 ~ 0.31 Bq/kg,活度浓度的最大值 0.31Bq/kg 出现在鲳鱼样品中;核素<sup>131</sup>I 的活度浓度以鲳鱼、马面鱼、舌鳎鱼、小红鱼和龙头鱼较高,蟹类、虾类、小黄鱼、安康鱼和青占鱼次之,章鱼、鱿鱼和带鱼最小。核素<sup>137</sup>Cs 活度浓度范围为 0.02 ~ 0.48 Bq/kg,活度浓度的最大值 0.48 Bq/kg 出现在虾类样品中。核素<sup>137</sup>Cs 的活度浓度以虾类、蟹类、带鱼和马面鱼较高,龙头鱼、安康鱼、舌鳎鱼、小黄鱼次之,青占鱼、章鱼、鱿鱼、鲳鱼和小红鱼最小。

表 1 东海水产品样品中<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs 活度浓度(Bq/kg)

样品 种类	样品 数量	<sup>131</sup> I		<sup>137</sup> Cs	
		范围	$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$
龙头鱼	3	0.18 ~ 0.20	0.19 ± 0.01	0.09 ~ 0.10	0.10 ± 0.01
鲳鱼	3	0.12 ~ 0.19	0.16 ± 0.04	0.06 ~ 0.09	0.08 ± 0.02
安康鱼	6	0.10 ~ 0.21	0.17 ± 0.04	0.05 ~ 0.17	0.10 ± 0.04
章鱼	5	0.03 ~ 0.20	0.16 ± 0.07	0.05 ~ 0.09	0.08 ± 0.02
带鱼	3	0.09 ~ 0.19	0.15 ± 0.06	0.09 ~ 0.16	0.12 ± 0.04
虾类	2	0.13 ~ 0.21	0.17 ± 0.06	0.11 ~ 0.48	0.30 ± 0.26
蟹类	7	0.15 ~ 0.21	0.18 ± 0.03	0.09 ~ 0.38	0.14 ± 0.10
小黄鱼	3	0.12 ~ 0.21	0.17 ± 0.05	0.09 ~ 0.11	0.10 ± 0.01
青占鱼	7	0.15 ~ 0.18	0.17 ± 0.01	0.08 ~ 0.10	0.09 ± 0.01
马面鱼	2	0.20 ~ 0.21	0.21 ± 0.01	0.10 ~ 0.11	0.11 ± 0.01
鲳鱼	3	0.18 ~ 0.31	0.23 ± 0.07	0.02 ~ 0.11	0.07 ± 0.05
舌鳎鱼	1	0.20	0.20	0.10	0.10
小红鱼	1	0.19	0.19	0.06	0.06

$F$ —安全系数,一般取  $F=2$ ;  $R_A$ —靶点到 A 点距离, m;  $T$ —居留因子;  $P_A$ —A 点周剂量管理控制值, mSv · week<sup>-1</sup>。

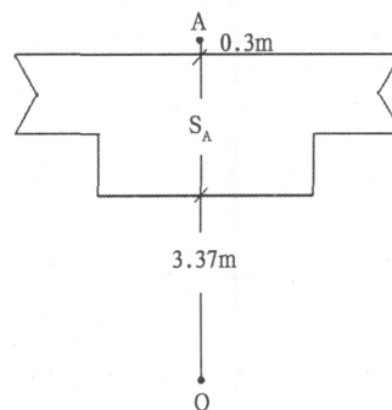


图 1 屏蔽计算点示意图

根据我国国家标准 GB14882-94《食品中放射性物质限制浓度标准》中肉类虾类的人工放射性核素<sup>131</sup>I 限制浓度为  $4.7 \times 10^2$  Bq/kg,肉类虾类的人工放射性核素<sup>137</sup>Cs 限制浓度为  $8.0 \times 10^2$  Bq/kg<sup>[5]</sup>。由此可见,本研究抽取的东海海产品中的污染远低于国标中的限制浓度。

朱梅等 2002 年曾对连云港地区出口水产品<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs 活度浓度进行了测量<sup>[6]</sup>,其测量结果连云港地区水产品<sup>131</sup>I 活度浓度为 0.05 ~ 2.89 Bq/kg,<sup>137</sup>Cs 活度浓度为 0.05 ~ 2.52 Bq/kg。对比以上测量结果可见,我国东海水产品<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs 活度浓度水平未超出 2002 年连云港水产品的测量结果,因此可以认为,截止 2011 年 5 月 3 日日本福岛核泄露事故对我国东海海产品的<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs 活度浓度水平未产生显著影响。

(志谢:本工作得到顾乃谷教授的指导,在此表示感谢!)

## 参考文献:

- [1] GB/T 16145-1995,生物样品中放射性核素的  $\gamma$  能谱分析方法[S].
- [2] GB 14883.9-94,食品中放射性物质检验 碘-131 的测定[S].
- [3] GB 14883.1-94,食品中放射性物质检验[S].
- [4] GB 14883.10-94,食品中放射性物质检验 铯-137 的测定[S].
- [5] GB 14882-94,食品中放射性物质限制浓度标准[S].
- [6] 朱梅,张浦玲,刘庆林.江苏省部分地区出口水产品中<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs 水平分析[J].江苏预防医学 2002,13(4):42-43.

(收稿日期:2011-06-23;修回日期:2011-06-30)