

核事故后尿中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 的快速分析及内照射剂量的估算

赵淑权 江俭玲 汪建国 黄卫琴 胡和平

(上海医科大学放射医学研究所)

提要 本文介绍应用Ge(Li) γ 谱仪,对苏联切尔诺贝利核事故期间正在基辅的访问学者,连续测其24小时尿样中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 的浓度,并对其内照射剂量作了估算。

核事故应急分析,要求迅速判断污染核素的种类、活度,对人体造成的内照射剂量,以便采取应急救治措施,包括放射性污染的洗消和放射性核素的促排等等。目前国外普遍采用全身计数器直接活体测量 γ 放射性核素,以及尿样分析包括 γ 谱分析(有关的各种 γ 放射性核素)、液闪测定(^3H 、 ^{14}C 等)、放化分离— β 测量(^{89}Sr 、 ^{90}Sr 等)、放化分离— α 谱分析(^{226}Ra 、 ^{232}Th 及超铀元素、超钷元素)等。在我国目前全身计数器尚未普及的情况下,尿样分析显得更为重要。由于所需设备比较普及,随着分析方法的不断完善,可广泛应用于核事故的应急分析及内照射剂量的估算。

Ge(Li) γ 谱仪由于分辨率高,是非破坏性的分析,在事故情况下,可以直接测定,能同时分析几乎所有的 γ 放射性核素,达到快速分析的目的,因此成为核事故应急分析及内照射剂量估算的重要手段。

实验部分

一、仪器与试剂

1. S-80Ge(Li) γ 谱仪,美国CANBERRA公司生产,其能量分辨率为2.0keV,相对效率20%,峰康比为47.4,铅室厚10cm老铅,内衬3mm铜板和5mm有机玻璃板,内腔容积 $45 \times 45 \times 50\text{cm}^3$,在50keV~2MeV能量范围内积分本底1.6计数/S。

2. 塑料环形测量杯,由卫生部工业卫生实验所提供。

3. ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{57}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{88}Y 、 ^{109}Cd 、 ^{133}Ba 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 、 ^{241}Am 等放射性核素的标准溶液,均由上海市计量局提供。

二、标准源的制备与能量~效率刻度曲线的绘制,详见参考文献^[1]。

三、样品制备、测量及计算

收集24小时尿样,混匀,量得总体积,然后从中量取460ml尿样放入塑料环形测量杯中(测量杯预先用含稳定载体的稀硝酸溶液浸泡过),用Ge(Li) γ 谱仪直接测量,求得604.7、795.8、661.7keV γ 射线特征峰的净面积计数。然后根据能量~效率刻度曲线^[1],查出它们的探测效率,代入下式,迅速给出样品的比活度:

$$A_i = \frac{S_i \cdot V}{T \cdot Y_i \cdot F_i \cdot 0.46 \cdot e^{-0.693 / T_{1/2} \cdot t}}$$

式中 A_i —24小时尿样中待测核素的活度(Bq);

S_i —在测量时间 T 内,待测核素 γ 射线特征峰的净面积计数;

F_i —待测核素 γ 射线特征峰的探测效率;

Y_i —待测核素 γ 射线特征峰的发射率;

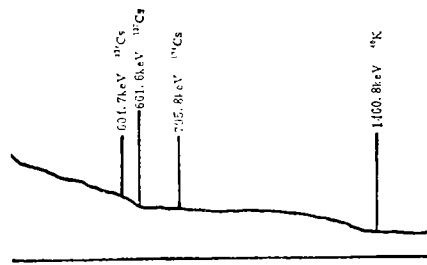
t —样品采集到测量的间隔时间(d);

$T_{1/2}$ —待测核素的半衰期(d);

T —样品测量时间(S);

0.46—测量样品的体积(L);

V —24小时尿样的总体积(L)。



附图 核事故后297天一个人尿样的 γ 能谱

结果及讨论

实验结果见表1。

表1 24小时尿样中¹³⁴Cs¹³⁷Cs分析结果

尿样采集时间	距事故后的天数	尿样体积(升)	¹³⁴ Cs(Bq)	¹³⁷ Cs(Bq)
87年2月	297	1.51	2.22	4.85
87年4月	351	1.63	1.04	4.12
87年5月	387	1.75	0.66	2.78

根据Cs尿排泄方程:

$$Ys(t) = 0.1e^{-0.693t} + 0.005e^{-0.008t} \quad (2)$$

求出尿样采集时刻的排泄分数,将该时刻的铯含量除以排泄分数,即得一次采样求得的初始摄入量,对¹³⁴Cs还作了衰变校正,计算结果见表2。

表2 由排泄方程求得¹³⁴Cs、¹³⁷Cs初始摄入量

距事故后的天数	Cs排泄分数, Ys	初始摄入量 ¹³⁴ Cs	q ₀ (Bq) ¹³⁷ Cs
297	8.415×10^{-4}	3466	5764
351	6.086×10^{-4}	2362	6770
387	4.904×10^{-4}	1922	5669
平均		2583	6068

由表2中得到 $q_0(^{134}\text{Cs}) : q_0(^{137}\text{Cs}) = 0.426$,该数值与事故时¹³⁴Cs与¹³⁷Cs的比例接近。

我们采用文献^[3]中报道的数据:

$D_{137} = 1.321 \times 10^{-8} \text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$, $D_{134} = 1.723 \times 10^{-8} \text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$, D为人体一年中摄入1 Bq ¹³⁴Cs或1 Bq ¹³⁷Cs所致内照射年剂量当量。由计算得到¹³⁷Cs的年剂量当量为80.2

μSv, ¹³⁴Cs为44.5μSv,总计为124.7μSv。低于⁴⁰K对人体产生的180μSv年有效剂量当量^[4]。由于剂量不大,我们未作铯的促排处理。

89年2月11~12日(即事故后2.8年),我们又作了随访采样测定,结果表明24小时尿样中¹³⁴Cs、¹³⁷Cs均已降到本底水平。先前的乏力,头晕嗜睡症状也全部消失。

由上述结果可以看出:

1.核事故受轻度污染的人员,在事故后一年多仍能明显地测出¹³⁴Cs、¹³⁷Cs,在未作促排处理的情况下,2.8年后尿中¹³⁴Cs、¹³⁷Cs降至本底。

2.在核事故的初期,尿中会含有其它更多的γ放射性核素。因此,用Ge(Li)γ谱仪快速测定尿样中γ放射性核素含量,在事故初期,对内照射剂量的估算,会有更为积极的意义。

综上所述,用Ge(Li)γ谱仪测定核事故后尿样中¹³⁴Cs、¹³⁷Cs的含量,方法简便、快速,可用于内照射剂量的估算。

参 考 文 献

- 1.赵淑权,等.液体样品中γ放射性核素的快速分析方法.中国辐射卫生 1992; 1(1):44.
- 2.ICRP Publication 10A, 1969.
- 3.Gedikoglu A, et al. Health Physics 1989; 56(1):97.
- 4.UNSCEAR. Report 1982.

(1994年1月4日收稿)

(上接第13页)

这次调查工作结果小结如下:

1.职业卫生综合管理率:经调查了解,核工业系统中厂矿长安全负责制和部门负责制基本落实,具有职业安全卫生中长期发展规划及年度工作计划,建立了必备的职业卫生管理制度(职业卫生档案建档率100%),因此,职业卫生综合管理率可评为90%,属1级。

2.作业环境质量合格率:①粉尘 5545个样品平均合格率为92.14%,属1级。

②电离辐射 (a)氡子体 7928个样品平均合格率为99.87%,属特级;(b)外照射 被监测人数4055人,合格率为99.85%,属特级;(c)内照射 被监测人数1556人,合格率为100%,属特级。电离辐射的总合格率≥99.85%,属特级。

3.有害作业职工健康管理 就业前健康

检查率100%,定期健康检查率82.92%(以两年一次计),职业病人分级管理100%,因此,有害作业职工健康综合管理率可评为90%,属1级。

4.职业卫生防护指数(%) 职业危害防护的防护率为82.08%(均以铀矿山有效风量率计)和个体防护用品佩戴率100%(极个别工人违章不佩戴)。因此,职业卫生防护指数为87.46%,属1级。

5.职业卫生教育 职业卫生教育普及率和合格率的均数可评为95%,属1级。

参 考 文 献

- 1.潘英杰.铀矿通风防护现状及综合防护措施.辐射防护 1991; 11(3):236.

(1993年6月4日收稿)