

表 1 1972年3月18日中国第14次核试验后在阿肯色州费耶特维尔的雨水样品中的放射性
锶同位素和钋子体

日 期	^{88}Sr	^{90}Sr	^{210}Pb	^{210}Po	平 均 阻 留 时 间	
	10^{-12} 居里/升				由 $^{88}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 算得	由 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 算得
1972.5.1	10.6 ± 1.5	0.44 ± 0.10	2.52 ± 0.21	0.35 ± 0.04	27^{+7}_{-5}	40^{+8}_{-9}
1972.5.7~8	15.6 ± 1.8	1.3 ± 0.1	4.10 ± 0.30	0.22 ± 0.02	9^{+5}_{-9}	17^{+2}_{-4}
1972.5.12	27.7 ± 1.9	1.1 ± 0.1	4.26 ± 0.46	0.45 ± 0.05	34^{+5}_{-4}	31^{+6}_{-2}
1972.5.22~23	72.6 ± 5.4	4.6 ± 0.7	12.50 ± 0.66	1.45 ± 0.15	27^{+8}_{-7}	34^{+7}_{-5}
1972.5.26~27	27.6 ± 2.2	2.1 ± 0.1	7.00 ± 0.44	0.73 ± 0.07	25^{+4}_{-3}	29^{+5}_{-8}
1972.5.28	25.8 ± 2.9	1.8 ± 0.4	6.48 ± 0.72	0.81 ± 0.08	30^{+9}_{-10}	37^{+6}_{-8}
1972.6.14	8.2 ± 0.8	0.5 ± 0.2	1.50 ± 0.20	0.35 ± 0.07	55^{+10}_{-12}	68^{+36}_{-6}
1972.6.27	7.6 ± 0.9	0.64 ± 0.12	8.70 ± 0.60	0.78 ± 0.16	53^{+12}_{-10}	38^{+14}_{-9}
1972.6.30	8.4 ± 0.9	0.84 ± 0.11	4.90 ± 0.40	0.65 ± 0.13	49^{+4}_{-9}	37^{+12}_{-9}
1972.7.1	8.1 ± 0.8	0.82 ± 0.15	2.50 ± 0.30	0.28 ± 0.06	49^{+12}_{-11}	31^{+13}_{-8}
1972.7.3	17.1 ± 3.1	1.0 ± 0.1	4.90 ± 0.40	0.51 ± 0.10	98^{+32}_{-36}	30^{+9}_{-7}
1972.7.28	5.3 ± 0.7	0.90 ± 0.09	7.70 ± 0.50	0.90 ± 0.20	51^{+11}_{-9}	33^{+10}_{-8}
1972.7.29	5.7 ± 0.9	0.79 ± 0.16	5.20 ± 0.25	0.63 ± 0.13	66^{+21}_{-18}	34^{+10}_{-12}
1972.8.4	0.71 ± 0.06	0.14 ± 0.01	2.00 ± 0.40	0.36 ± 0.07	51^{+7}_{-9}	52^{+31}_{-18}
1972.8.14	3.3 ± 0.6	0.67 ± 0.13	8.60 ± 0.70	0.69 ± 0.14	62^{+17}_{-23}	53^{+19}_{-13}

流层中的代表。从根据雨水中 $^{88}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值和 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值求得的阻留时间基本一致这一事实出发,似乎可以排除在对流层中存在有大量过

剩的、并非来源于大气中 ^{222}Rn 衰变的 ^{210}Po 的可能性。

(Kuroda PK等;J Radioanal Chem 43(2): 443~450, 1978 (英文)苏龙能摘 张景源 章仲侯审校)

工业照相射线质范围内个人 剂量的ICRP新概念和照射量的关系

器官剂量的计算

按ICRP出版物26的建议,个人剂量是通过不同器官的剂量乘以各器官的权重因子后相加来计算的,而器官的权重因子与这个器官的辐射灵敏度有关,其值列于表1。对于没有列出的器官,我们采用消化道所吸收的剂量。

因为权重因子只涉及到女性乳房,所以当计算

男人的ICRP剂量时,其乳房剂量忽略不计。

骨骼中红骨髓的分布由Ellis和Hashimoto及Yamado作过研究。这两篇报告给出的分布稍有不同。在表2中列出了这些作者给出的红骨髓的数值。红骨髓的剂量由下式计算:

$$D_m = \sum_{i=1}^6 f_i D_i \quad (1)$$

表 1 ICRP 建议的权重因子

组 织	
性 腺	0.25
女 性 乳 房	0.15
红 骨 髓	0.12
肺	0.12
甲 状 腺	0.03
骨 表 面	0.03
其 它*	0.30

*取作与消化道等值

其中, D_m 是红骨髓的剂量, D_i 是第 i 部分骨骼的剂量, f_i 是已知那部分骨骼占全红骨髓量的百分数。在本文中, 采用表 2 列出的两种分布的剂量的平均值。

表 2 红骨髓的量 (%)

位 置	参 考 资 料	
	Ellis	Hashimoto
头 骨	13.1	7.5
手 臂 骨	1.9	3.7
脊 柱	42.4	35.9
肋 骨	16.5	19.3
骨 盆	22.3	22.2
腿 骨	3.8	11.4
	100	100

由照射量转换为剂量采用的系数通常都是按 ICRU 报告 10d 给出的: 对 X 射线 (见下一节) 为 0.93, 对 ^{192}Ir 和 ^{60}Co γ 射线为 0.96。为了考虑骨对骨髓吸收剂量的效应, 我们采用了一个系数, 这个系数参照了 NBS62 中描述的平均过剩骨髓剂量。对 X 射线而言, 这个系数采用 1.1, 对 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 采用 1.01。

骨表面照射量转换为吸收剂量的转换系数是按 NBS62 选择的: 对 150kvp 和 200kvp X 射线为 1.7, 对 250kvp 和 300kvp X 射线为 1.3, 对 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 为 0.96。

对所有其它器官, 拉德/伦系数对所有线质 X 射线和 γ 射线分别为 0.93 和 0.96。

实验方法和结果

我们是用照射一个接近组织等效材料做成的 Rando 体模来完成测量工作的。体模分成 2.5 厘米厚的许多薄片, 片上开有小孔, 可以放置热释光剂量计。体模有一对女性乳房, 内有一付骨骼架。为

了测量睾丸剂量, 我们使用了用 1 厘米厚有机玻璃 (聚甲基丙烯酸甲脂) 包起来的两个热释光剂量计。用 Ionex 次级标准校准的市售 LiF 剂量计放在体模器官位置以及通常放射线照相工作者佩戴个人剂量计的胸部位置上 (以下称为胶片佩章剂量位置)。对本研究的所有射线质的放射源而言, 热释光剂量计的方向性并不严重。自由空气照射量的测量是在移去体模后, 在放胶片佩章剂量计位置, 用 Ionex 剂量计来进行测量的。

我们研究了固有过滤相当于 5 毫米铝的一台市售工业 X 射线机的下面几种 X 射线的射线质: 150kvp (半值层: 0.25 毫米铜)、200kvp (半值层: 0.35 毫米铜)、250kvp (半值层: 0.47 毫米铜) 和 300kvp (半值层: 0.27 毫米铜)。

我们也研究了 ^{192}Ir 和 ^{60}Co 产生的 γ 射线的射线质。

为了得到一种真实的几何条件宽束的散射辐射, 我们把体模放在用作散射材料的混凝土墙的 3 米远处。原射线束被定向在离地面 1 米的水平方向。

虽然大多数工业射线工作者的照射是来自正面, 我们还是作了正面和旋转方向的测量。在表 3 中列出了器官剂量和胶片佩章剂量计照射量的比值。最后一行是按照 ICRP 26 给出的个人剂量。

工业射线照相工作者用监测仪来测量控制的场所。在挪威, 现用的一些仪器是由我们研究所进行校正的。这些仪器绝大多数是西德生产的。所有仪器都装有 GM 管, 并按毫伦/小时给出照射量。这些仪器的量程多数是从 0 到 100 毫伦/小时。为了适应现场工作, 它们都作得小而结实。用“真实”照射量率对监测仪器测得的照射量率的比值乘以自由空气照射量对个人剂量的转换系数, 就得到了仪器的校正系数。大多数仪器是用 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 校正, 它们对 γ 射线的响应是很好的。

表 4 给出了 ICRP 个人剂量率和监测仪器测得的照射量率的比值。这些最大、最小和平均值都是由我们研究所校正过的 8 种不同仪器得到的。

一个工业放射线照相工作者在使用 γ 源时, 可能由于携带装有核素的容器而接受一个额外的性腺剂量。我们用一个竖放的体模研究了这种性腺剂量的贡献。在紧靠体模的大腿处放置一个内装 7.5 居里 ^{192}Ir 的 Tech/Ops 容器, 在体模的大腿表面和睾丸处以及佩带胶片佩章剂量计的部位都放有热释光剂量计。

由热释光剂量计测得体模的照射量, 在大腿表

表 3 器官剂量和胶片佩章剂量计及自由空气照射量的比值(拉德/伦)

器官/放射性		150kVp		200kVp		250kVp		300kVp		^{192}Ir		^{60}Co	
		F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
红骨髓	d/f	0.25	0.45	0.40	0.52	0.37	0.57	0.35	0.60	0.56	0.85	0.63	0.81
	d/a	0.31	0.33	0.48	0.51	0.53	0.55	0.50	0.56	0.61	0.62	0.67	0.69
卵 巢	d/f	0.34	0.55	0.48	0.68	0.50	0.65	0.50	0.63	0.73	0.90	0.80	0.55
	d/a	0.45	0.37	0.63	0.55	0.78	0.57	0.72	0.50	0.85	0.65	0.78	0.67
辜 丸	d/f	0.85	0.73	0.92	0.82	0.77	0.68	0.75	0.60	0.80	0.73	0.92	0.78
	d/a	1.14	0.55	1.10	0.80	1.05	0.68	1.02	0.52	0.96	0.65	1.00	0.68
肺	d/f	0.45	0.70	0.62	0.90	0.68	0.90	0.74	0.87	0.82	0.90	0.75	0.85
	d/a	0.60	0.48	0.73	0.70	0.92	0.72	1.00	0.78	0.94	0.70	0.85	0.65
甲状腺	d/f	0.72	0.68	0.75	0.70	0.85	0.72	0.85	0.78	0.92	0.87	0.87	0.80
	d/a	0.95	0.64	1.10	0.66	1.18	0.70	1.12	0.73	1.00	0.58	0.95	0.58
骨表面	d/f	0.58	0.93	0.91	1.05	0.65	0.83	0.55	0.80	0.53	0.85	0.60	0.75
	d/a	0.73	0.68	1.14	0.84	0.88	0.82	0.77	0.74	0.59	0.55	0.68	0.58
乳 房	d/f	0.79	0.75	0.82	0.77	0.90	0.80	0.92	0.83	0.97	0.90	0.97	0.88
	d/a	1.05	0.72	1.10	0.75	1.20	0.75	1.22	0.80	1.05	0.61	1.06	0.70
其 它	d/f	0.35	0.50	0.47	0.65	0.48	0.67	0.52	0.64	0.70	0.87	0.75	0.93
	d/a	0.52	0.40	0.67	0.58	0.80	0.61	0.76	0.63	0.85	0.66	0.80	0.69
ICRP 剂量 男 人	d/f	0.44	0.52	0.52	0.62	0.51	0.59	0.52	0.57	0.55	0.72	0.66	0.71
	d/a	0.60	0.40	0.69	0.56	0.74	0.55	0.72	0.53	0.73	0.56	0.72	0.57
ICRP 剂量 女 人	d/f	0.43	0.50	0.55	0.70	0.58	0.72	0.59	0.70	0.67	0.89	0.78	0.89
	d/a	0.59	0.46	0.74	0.61	0.85	0.64	0.83	0.66	0.86	0.65	0.83	0.68

F = 正面, R = 旋转, d/f = 器官剂量和胶片佩章剂量计照射量的比值, d/a = 器官剂量和自由空气照射量比值

表 4 ICRP 个人剂量和监测仪器照射量率的比值

放 射 性		校正系数(拉德/伦)		
		最 小	平 均	最 大
150kVp	正 面	0.5	1.3	1.7
	旋 转	0.4	1.1	1.4
200kVp	正 面	0.6	1.2	1.6
	旋 转	0.6	1.0	1.4
250kVp	正 面	0.6	1.2	1.4
	旋 转	0.6	1.2	1.4
300kVp	正 面	0.7	1.1	1.3
	旋 转	0.6	0.9	1.2
^{190}Ir	正 面	0.8	1.0	1.2
	旋 转	0.5	0.7	0.9
^{60}Co	正 面	0.9	1.0	1.1
	旋 转	0.6	0.7	0.8

面是2毫伦/小时-居里, 睾丸处是 0.08 毫伦/小时-居里, 佩带胶片佩章剂量计部位是0.01毫伦/小时-居里。因此, 每天携带20居里 ^{192}Ir 容器15分钟的放射线照相工作者, 一年内接受的睾丸剂量约为90毫拉德。而在佩带胶片佩章剂量计部位的照射量只有大约10毫伦。

除了体模测量外, 我们还对10名 γ 射线照相工作者在大腿处和胶片佩章剂量计部位佩带了一个月时间的热释光剂量计。测量结果表明, 这些工作人员由于携带核素容器在一个月内分泌接受的剂量为0~10毫拉德。

携带核素容器对ICRP个人剂量的贡献将完全取决于对睾丸剂量的贡献。从这个实际出发, 就意味着, 按性腺的权重因子为0.25的话, 一名 γ 射线照相工作者就可能接受到大约20毫拉德额外的ICRP个人剂量。

(Stranden E等: Health Phys 35(3)457~460, 1978(英文) 吴大可译 张良安校 徐海超审)