

# IAEA/RCA组织的光子个人剂量计第二次国际 比对情况介绍

王其亮

(卫生部工业卫生实验所,北京 100088)

国际放射防护委员会(ICRP)第60号出版物建议在辐射防护中采用新的剂量限值量——有效剂量。由于有效剂量是人体器官或组织中的平均剂量加权值的总和,所以它不能被直接测量。对辐射防护实践,早在1985年,国际辐射单位和测量委员会(ICRU)在其第39号报告中,推荐了几个新的实用量作为剂量限值的保守估计,这些量是可以直接测量的。在其后的10年间,对这些量的概念及其如何实施得到了进一步发展。目前,这些新的实用量已在世界范围内逐渐被采用。欧共体国家已推荐使用个人剂量当量,并为此制定了各种技术标准和法规,欧美其他国家也正准备采用。我国国家技术监督局已发布了关于“量和单位”的国家标准,并于1994年7月1日开始实施。在这个国家标准中,已采用了ICRU推荐的辐射防护中的新的实用量。为了检验和促进新的实用量在个人剂量监测中的应用,IAEA/RCA于1995年下半年和1996年上半年,组织了光子个人剂量计第二次国际比对(第一比对阶段),要求参加者一律用ICRU新的实用量——个人剂量当量 $H_p(d)$ 提供全部评定结果。为了推动我国个人剂量监测工作按国际和国家标准的要求顺利发展,现根据这次比对方案和最近收到的有关资料,把这次比对的有关情况作一介绍,以供参考。

## 1 比对目的

- 1.1 评估地区性利用ICRU新的实用量实施光子个人剂量监测和开展剂量学服务的能力;
- 1.2 为参加者用各种光子辐射品质定度他们的测量系统提供一个在其他情况下得不到的途径;
- 1.3 为地区性个人剂量监测的资料交换提供一个很好的机会;
- 1.4 为参加者提供可用的资料,以改进他们的剂量测量系统的性能。

## 2 方案设计

这次比对分两个阶段实施,第一阶段用6个不同的光子辐射场照射比对剂量计。第二阶段将在第一阶段完成后大约5个月开始。这次比对由来自每个参加地区合作协定(RCA)的成员国的代表组成的专家咨询组会议得出结论,其比对结果将作为IAEA的一份报告被编辑出版。

### 2.1 照射用光子辐射场的检验

首先,在参加者提供的比对剂量计被照射之前,几个被这次比对委托的照射实验室之间进行他们的光子辐射场相互比对,以保证这几个实验室之间照射的可比性。另外,希望各参加者具有可溯源到IAEA/WHO网络中的次级标准剂量学实验室(SSDL)的剂量计定度条件。比对组织者用辐射光致发光磷酸盐玻璃(RPG)剂量计核对有关SSDL的 $^{137}\text{Cs}$ 或 $^{60}\text{Co}$ 光子辐射场的可靠性。在每个参加RCA的成员国内,至少用RPG剂量计核对一个SSDL。

### 2.2 要求参加者提供的剂量计数量

要求每个参加者提供30个常规个人剂量计,在6个光子辐射场的每一个辐射场中照射3个剂量计,即18个剂量计用于比对照射,6个作为对照剂量计,6个作为备用剂量计。对照剂量计用来扣除比对剂量计在贮存和运输过程中接受的附加照射。备用剂量计是在比对剂量计万一照射失误时,用来补充比对照射剂量计。最后未被使用的备用剂量计可作为对照剂量计使用。

### 2.3 比对剂量计的照射

照射所用6个光子辐射场的能量范围为19.7keV~1.25MeV,其中X射线辐射场为国际标准化组织(ISO)所指定的。剂量计照射在充满水的反散射体模上进行,剂量计放置在体模的前表面上,离照射源的距离为4米。照射的个人剂量当量范围约为0.5~5mSv。要求参加者利用个人剂量监测的ICRU新的实用量 $H_p(d)$ 报告全部比对结果。

上述充满水的反散射体模由ISO推荐,其特性是:用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)材料制成,外尺寸为30cm×30cm×15cm,入射窗(30cm×30cm的前表面)厚度为2.5mm,其余壁厚为1cm。

### 2.4 比对照射的实验室

这次比对照射的实验室是:澳大利亚辐射实验所(ARL),墨尔本;日本原子能研究所(JAERI),Tokai-Mura;日本动力堆与核燃料发展有限公司(PNC),Tokai-Mura;新西兰国家辐射实验所(NRL),Christchurch。其中JAERI和PNC对收到的比对剂量计负责向有关照射实验室进行分配,并对比对结果的编辑提供技术协调。

表1是这些实验室在第一阶段比对结束时向参加者提供的有关参数。

表 1 IAEA/RCA 个人剂量计比对照射的有关参数

照射 编号	照射 实验室	辐射品质 <sup>1)</sup>	约定真值 <sup>2)</sup> (mSv)		转换系数 <sup>3)</sup> (Sv Gy <sup>-1</sup> )	
			Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)
1	ARL	X线, ISO宽谱系列 60kV, (45keV)	1.01	1.05	1.49	1.55
2	ARL	X线, ISO宽谱系列 200kV, (134keV)	1.58	1.68	1.55	1.65
3	JAERI	<sup>60</sup> Co, γ线 (1250keV)	(1.74)	1.74	(1.15)	1.15
4	PNC	<sup>137</sup> Cs, γ线 (662keV)	(1.29)	1.29	(1.21)	1.21
5	NRL	X线, ISO高空气比释动能 率系列, 30kV, (19.7keV)	8.35	3.22	1.01	0.39
6	NRL	X线, ISO宽谱系列, 110kV, (79keV)	3.33	3.64	1.71	1.87

1)括号中的能量值是每种辐射品质的平均能量 2)由于 X射线的照射条件略有差异,所以各参加者的约定真值不一定完全相同 3)由于在最近的 ISO- 4037标准中,没有列出在 <sup>137</sup>Cs 和 <sup>60</sup>Co 情况下 Hp(0.07)的转换系数 (Sv Gy<sup>-1</sup>),故这里暂时与 Hp(10)的转换系数取相同的值

2.5 时间安排

第一比对阶段的时间安排列于表 2 对每个参加者来说,最重要的是把 30个剂量计于 10月 1日前航

运到 JAERI,以便能按时实施照射。组织者建议比对剂量计于 9月 1日前寄出,以确保于 10月 1日前到达 JAERI

表 2 比对时间安排一览表

日期	负责者	工作内容
1995. 7. 1	JAERI	参加检验的 SSDL收到 JAERI的 RPG 剂量计
1995. 7. 15	SSDL	SSDL把照射后的 RPG剂量计寄回 JAERI
1995. 8. 1	JAERI	收到全部的 RPG 剂量计
1995. 8. 15	JAERI	完成 RPG 剂量计读出,并对有关的 SSDL 邮寄结果
1995. 9. 1	参加者	邮寄比对用个人剂量计
1995. 10. 1	(JAERI)	比对剂量计到达 JAERI
1995. 10. 8	JAERI/PNC	比对剂量计到达 ARL, NRL
1995. 11. 15	ARL, NRL	完成照射,剂量计返回 JAERI
1995. 12. 1	JAERI/PNC	把个人剂量计返回到参加者
1996. 2. 15	参加者	对 IAEA/JAERI提供剂量计评定结果
1996. 4. 1	JAERI/PNC	把第一阶段的比对结果邮寄给各参加者

3 比对结果

参加本次比对共有 38套个人剂量计 ( TLD, 26套, T- 1~ T- 26 胶片, 10套, F- 1~ F- 10;玻璃剂量计, 2套, R- 1~ R- 2),报告出 Hp(0.07)的结果的有 27套 ( TLD, 21套;胶片, 4套;玻璃剂量计, 2套),其中有一套 ( TLD)只报告了第 5和第 6组的评定数据;报告出 Hp(10)的结果的为 34套 ( TLD, 25套;胶片 7套,其中 1套未报告第 2 3 4三组的数据, 1套未报告第 5组的数据;玻璃剂量计 2套)

表 3 比对结果—评定值/约定真值落在各比值范围内的百分数

照射 编号	各比值范围内的百分数 (%)									
	0.95~ 1.05		0.90~ 1.10		0.80~ 1.20		0.70~ 1.30		< 0.70 &gt; 1.30	
	Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)
1	26.9	23.5	53.8	35.3	69.2	50.0	80.8	67.6	19.2	32.4
2	23.1	27.3	50.0	39.4	69.2	60.6	80.8	81.8	19.2	18.2
3	23.1	24.2	50.0	45.4	65.4	63.6	76.9	81.8	23.1	18.2
4	34.6	39.4	50.0	48.5	76.9	75.8	80.8	78.8	19.2	21.2
5	14.8	6.1	29.6	15.2	48.1	33.4	59.3	63.6	40.7	36.4
6	37.0	14.7	48.1	41.2	74.0	70.6	85.2	79.4	14.8	20.6
总计	26.6	22.5	46.9	37.5	67.1	59.0	77.3	75.5	22.7	24.5

IAEA/RCA用  $H_p(d)$ 的评定值与其约定真值之比评估了这次比对结果。表 3归纳了这次比对的结果。由表 3可见,第 5组的剂量评定值与约定真值的偏差比其他各组要大,其偏差在 10% 以内的仅占 15%,偏差大于 30% 的约占 40%。其原因似乎不是照射剂量水平的问题(它比其他各组的剂量水平要高),而可能是由于在低能(19.7keV)条件下剂量计的定度存在问题,我国目前就没有低能 X 线的国家基准。

ICRP60号建议书指出:“在好的实验室条件下辐照场的测定通常不难达到在 95% 置信度时约 10% 的准确度。”表 3中除了第 5组以外,其他各组  $H_p(0.07)$ 的评定值与约定真值在 10% 以内符合的约占 50%,而  $H_p(10)$ 约占 40%;在 20% 以内符合的分别不到 70% 和 60%;偏差超过 30% 的大约仍占 20% 以上。看来对半数以上的实验室来说,个人剂量监测的技术水平还有待提高。在实验室情况下,剂量评定的质量一般取决于测量技术(包括读出器、探测器和退火炉等测量系统的质量及其操作技术)、剂量计鉴别光子能量的能力,以及定度质量(包括用符合 ISO 标准要求的光子辐射场进行能量定度和剂量定度,以及定度时标准体模的正确使用等)。

4 结束语

4.1 参加国际比对,可使参加者利用 ICRU 新的实用量进行个人剂量监测的能力得到检验,而且也可以从中得到其他收益。参加者可借此难得的机会用比对照射的各种标准光子辐射品质定度他们的测量系统;各参加者之间可以进行个人剂量监测的资料交换;可以获得比对照组织者提供的有关资料,进一步改进剂量测量系统的性能,提高个人剂量监测的质量。据悉我国有不少放射防护监测机构参加了这次国际比对,它将对促进我国的个人剂量监测尽快与国际标准接轨起到积极作用。

4.2 本次国际比对有热释光剂量计、胶片剂量计和荧光玻璃剂量计。从表面看,胶片个人剂量计虽然为数不多(10套),但在西方发达国家至今仍在广泛使用,在日本,有近 80% 的放射工作人员采用胶片个人剂量计进行个人剂量监测。在我国 70年代以前,也曾研制和应用胶片个人剂量计,后来随着热释光剂量学

的发展,热释光剂量计逐步取代了胶片个人剂量计。在一个发展中的大国出现这种情况本来不是正常现象,就连国外的一些辐射防护专家也感到难以理解。随着辐射防护事业的不断进步,一般认为应该改变我国的这种历史形成的不合理状况,应重新按现代要求发展一部分胶片个人剂量计,与热释光个人剂量计相辅相成,互为补充,这将对应用 ICRU 新的实用量开展个人剂量监测具有十分重要的意义,对提高我国个人剂量监测率起到推动作用。当然应用胶片个人剂量计不宜象推广热释光那样,在各省市区,甚至有些地市县都有成套设备。从经济和质量控制考虑,在全国卫生系统建立一两个胶片个人剂量测量中心,承担全国胶片个人剂量的监测任务是适宜的。

4.3 目前全国个人剂量监测亟待解决的问题,一是着手考虑采用 ICRU 推荐的新的实用量  $H_p(d)$ 提供个人剂量的监测结果,这关系到贯彻执行国家的有关标准及与国际标准接轨的问题;二是尽快提高监测率,这关系到全国个人剂量监测的执法问题。热释光个人剂量计是解决以上问题的手段之一,不过,单靠热释光难以彻底解决问题。因为要鉴别射线种类和能量,一般需要三组热释光探测器,成本偏高;要提高监测率,首先要有较高监测能力的监测方法,而热释光剂量测量系统的监测能力有限。胶片剂量计的优点之一是价格便宜,而且用一枚胶片便可达到鉴别射线种类和能量的目的。考虑到个人剂量计在现场使用中的丢失率(据统计每年大约可丢失 50%),在某种程度上抵消了热释光可重复使用的优势。从监测能力考虑,国内卫生系统现有的一套胶片测量系统的最大日处理能力为 5000枚胶片,比一套热释光系统的监测能力大得多。因此,在我国发展一部分胶片个人剂量,建立一两个监测中心是必要的。

4.4 本次比对发现第 5组的结果明显差于其他各组。第 5组照射与其他各组相比的特点就是能量低(为 19.7keV 的低能 X 线)。因此,加强和改善国家的低能 X 线基准和次级标准是提高低能 X 线个人剂量监测质量的关键。

(1996年 6月 3日收稿)

征 订 启 事

最近发布的 44个放射卫生标准和放射病诊断标准(目录详见本刊 1996年第 5卷第 3期第 190页)将于近期出版,现受中国预防医学科学院标准处委托,由我们分委会组织征订。凡是在近期内未收到征订单,以需订购这些标准的,可来函或来电话索取征订单,通讯地址:“100088 北京 8018信箱 周舜元,电话:(010)- 62389950

放射卫生标准分委员会