

前 言

本标准是对 GB/T 13161—1991《直读式个人 X 和 γ 辐射剂量当量和剂量当量率监测仪》(以下简称原标准)的修订。本标准修改采用国际电工委员会(IEC)出版物 IEC 61283:1995《辐射防护仪表 直读式个人 X、 γ 和高能 β 辐射剂量当量(率)监测仪(Radiation protection instrumentation—Direct reading personal dose equivalent (rate) monitors—X, gamma and high energy beta radiation)》,技术内容等效,编写格式符合 GB/T 1.1—2000 的规定,在本标准中将 IEC 61283 中引用的 IEC 标准和 ISO 标准改为我国的相应标准。

鉴于国内个人辐射防护仪表的现状,国内大多数单位仍然使用无源个人剂量计,多数剂量元件是热释光元件,还有极少数无源直读式个人 X、 γ 辐射照射量仪(如石英丝照射量仪)。最近十多年内,国内多数单位纷纷使用有源直读式个人剂量当量监测仪。自从原标准发布后,对统一国内有源直读式个人辐射防护仪主要技术要求和指标起到了积极的推动作用,各个生产厂家还根据原标准制定了本企业标准。但是,后来由于 ICRU 发表了 ICRU—39 号报告的两个后续报告,即 ICRU—43 号报告和 ICRU—47 号报告,据此 IEC 于 1995 年发布了 IEC 61283,在附录 A 中对个人剂量当量监测仪的校准和型式检验作了重大改变,选用 ISO 的 30 cm \times 30 cm \times 15 cm 深的平板水体模作为个人剂量当量监测仪进行校准和型式检验用的体模,从而导致原标准的技术不能满足 IEC 61283 的要求,所以需对原标准进行修订,使之与相应的国际标准一致。

本标准与 IEC 61283 的差异是删除了高能 β 的部分。本标准与原标准的区别是采用 IEC 61283 附录 A 的内容,对其进行修改;对标准的编排顺序做了适当的调整,例如将 IEC 61283 关于监测仪的几何尺寸、重量、外壳、开关和相关读出系统等要求均合并列入本标准的第 4 章。

国际和国内辐射防护发展的总趋势是使用有受体的辐射量代替无受体的辐射量,对个人剂量监测将使用有源直读个人剂量仪代替无源个人剂量计,所以本标准发布、实施后,对统一国内有源直读式个人辐射防护仪表的主要技术要求和指标,将起到积极的推动作用。

本标准的附录 A 和附录 B 是规范性附录。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位:中国辐射防护研究院。

本标准主要起草人:刘扬。

直读式个人 X 和 γ 辐射剂量 当量和剂量当量率监测仪

1 范围

本标准规定了有源直读式个人 X 和 γ 辐射剂量当量和剂量当量率监测仪的设计要求及性能特性。

本标准适用于佩带在人体躯干上用来测定佩带者所受 X 和 γ 辐射外照射个人剂量当量和个人剂量当量率的监测仪(简称监测仪)。

本标准适用于测量能量范围为 50 keV~1.5 MeV 的 X 和 γ 辐射产生的个人剂量当量和剂量当量率。如果用该监测仪测量能量上限为 10 MeV 的光子产生的个人剂量当量,例如反应堆核设施周围存在的 6 MeV 能量的 γ 光子,则应在相应的能量下测定其响应。

本标准所规定的设计要求可能不适用于脉冲辐射场。

本标准不适用于测量中子个人剂量当量和弱贯穿辐射的个人剂量当量,如低能 β 辐射,也不适用于无源剂量计,如胶片剂量计、热释光剂量计和石英丝静电剂量计等。

本标准规定该监测仪的校准应在体模上进行,故它不宜用作便携式测量装置。

本标准规定了上述监测仪的一般特性、检验程序、辐射特性、电气特性、机械特性、安全特性和环境特性。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4960.5 核科学技术术语 辐射防护与辐射源安全(GB/T 4960.5—1996, neq ISO/DIS 921, 1992)

GB/T 4960.6 核科学技术术语 核仪器仪表

GB/T 12162.1 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 1 部分:辐射特性及产生方法(GB/T 12162.1—2000, idt ISO 4037-1:1996)

GB/T 12164 用于校准剂量(率)仪及确定其能量响应的 β 参考辐射(GB/T 12164—1999, eqv ISO 6980:1996)

ISO 4037-2:1997 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 2 部分:辐射防护用的能量范围 8 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 的参考辐射剂量测定

ISO 4037-3:1999 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 3 部分:场所剂量仪和个人剂量计的校准及其能量响应和角响应的测定

3 术语和定义

GB/T 4960.5 和 GB/T 4960.6 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

量的约定真值 conventional true value of quantity

该量的最佳估计值。通常,它的数值由基准或次级标准确定,或者用一台按基准或次级标准校准过的参考装置确定。

GB/T 13161—2003

3.2

指示值 indication

监测仪所给出的剂量当量和剂量当量率的值。

3.3

指示值的误差 error of indication

一个量的指示值 H_i 和该量在测量点的约定真值 H_i 之差,用 $H_i - H_i$ 表示。

3.4

响应 response

R

指示值 H_i 除以约定真值 H_i 所得的商,可用(1)式表示:

$$R = \frac{H_i}{H_i} \dots\dots\dots(1)$$

3.5

指示值的相对误差 relative error of indication

$I(\%)$

指示值的误差除以约定真值所得的商,以百分数表示的误差可由(2)式给出:

$$I(\%) = \frac{H_i - H_i}{H_i} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

3.6

相对固有误差 relative intrinsic error

在规定的参考条件下,使用规定的参考辐射,监测仪指示值的相对误差。

3.7

有效测量范围 effective range of measurement

待定量数值范围,在此范围内监测仪的性能满足本标准的要求。

3.8

变异系数 coefficient of variation

V

一组 n 次测量值 X_i 的标准偏差估计值 S 与其算术平均值 \bar{X} 的比值:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots(3)$$

3.9

监测仪参考点 reference point of a monitor

用于指示探测器灵敏体积中心位置而在监测仪外面刻印的一种标志点。

3.10

测量点 point of measurement

约定真值已确定的位置,检验时将监测仪的参考点置于该点上。

3.11

参考取向和校准方向 reference orientation and calibration direction

参考取向是由厂家指定的相对于辐射入射方向的取向,除了进行读数随入射角方向变化的检验之外,在进行使用辐射的任何检验时均采用该取向。上述辐射入射方向就是校准方向。

3.12

组织 tissue

本标准中的“组织”指的是辐射防护中使用的“软组织”,其成分分为:

76.2%	氧	10.1%	氢
11.1%	碳	2.6%	氮

软组织密度取值为 1 g/cm³。

3.13

剂量当量率 dose equivalent rate

\dot{H}

剂量当量率 \dot{H} 是 dH 除以 dt 所得的商：

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

dH——在时间间隔 dt 内的剂量当量的增量，单位为希沃特(Sv)。

4 一般技术要求

4.1 监测仪的机械特性

4.1.1 几何尺寸

监测仪的体积不应超过 15 cm(长)×8 cm(宽)×3 cm(高)，其中不包括夹子(或其他佩带物)。

4.1.2 质量

质量不应超过 200 g

4.1.3 外壳

外壳应光滑、坚固、抗震、防尘、防潮和防雨。

4.1.4 开关

如果监测仪设有外部开关，应能有效地防止其误动作。任何外部开关的操作不应影响监测仪的积多功能。

4.2 监测仪的分类

1类：在所有正常环境条件下，监测仪能保持所贮存的剂量信息。

2类：在主要电源失效事件的条件下，监测仪可能丢失所贮存的剂量信息。

4.3 读数显示

直读式监测仪的指示值应以数字显示，其单位应以剂量当量或剂量当量率为单位，如 Sv 或 Sv·h⁻¹。显示值应清晰可见，佩带者易读。

4.4 监测仪标志

用于校准和检验的参考点，其位置标志应在监测仪外部标出。与佩带者有关的参考取向也应在监测仪外部标出。

4.5 防止放射性污染

监测仪的设计和结构应保证在其使用过程中受到放射性污染的危险最小和容易去污。

4.6 剂量当量率和剂量当量范围

监测仪测量剂量当量率范围为 1 μSv·h⁻¹~1 Sv·h⁻¹，在此范围内至少为 4 位十进制数。

监测仪测量剂量当量范围为 1 μSv~1 Sv，在此范围内从 1 μSv 起始至少为 4 位十进制数。

4.7 有效测量范围

有效测量范围是从每个量程上的倒数第二位最小有效数字 1 开始到最大数字显示为止(例如数字显示器的最大值为 199.9，有效测量范围应从 1.0 开始到 199.9 止)。

当使用多个探测器来完成全程测量时，各探测器之间应具有自动切换开关。监测仪的量程变换应是自动的。

GB/T 13161—2003

4.8 可预置报警阈

从设计上应保证报警阈不能由监测仪外部开关调节。报警阈应通过相关读出系统调节或者通过带有限制系统的电气(或机械)调节孔调节,以便防止未经许可者调节报警阈。

4.8.1 剂量当量报警

监测仪的剂量当量报警阈数值应在整个有效测量范围内连续可调,或在此范围内的每个量级中至少设定一个报警阈,如 $3 \mu\text{Sv}$ 、 $30 \mu\text{Sv}$ 、 0.3 mSv 、 3 mSv 、 30 mSv 和 300 mSv 。

4.8.2 剂量当量率报警

监测仪的剂量当量率报警阈数值应在整个有效测量范围内连续可调,或在此范围内的每个量级中至少设定一个报警阈,如 $3 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $30 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $0.3 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $3 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $30 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $300 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

4.8.3 报警输出

4.8.3.1 位置

当监测仪佩带在人体上时,其声或光报警器件应位于使佩带者能够听到或看见的位置。

4.8.3.2 声响报警

声响报警的频率应在 $1\,000 \text{ Hz} \sim 5\,000 \text{ Hz}$ 范围内。采用间断报警方式时,其信号间隔时间不应超过 2 s 。在离声源 30 cm 处的声强值应在 $85 \text{ dBA} \sim 100 \text{ dBA}$ 范围内。如果周围噪声水平太高而使报警声响听不见,则应采用灯光报警信号。

4.8.4 附加指示

如果电池的电压太低、探测器失效或辐射场剂量当量率太高使得指示值的精确度达不到本标准规定的要求时,应给出这些不正常工作状态的指示。

4.9 相关读出系统

4.9.1 如果带有相关读出系统,对其设计要求也应做出规定。对相关读出系统的要求是它对剂量当量读出准确度的影响和对报警阈调节的影响。由监测仪到读出系统和由读出系统到监测仪这两个方向的数据传输应准确到十进制最末位有效数字一个字。

4.9.2 个人佩带的监测仪应能给出剂量当量或剂量当量率的直接读数,也可以用剂量当量或剂量当量率的相关读出系统直接读数,还应带有对剂量当量或剂量当量率预置可调的声光报警功能。

如果监测仪带有相关读出系统,则可用于调节监测仪的报警阈或对其读数的读出和保存。

5 一般检验程序和方法

5.1 检验性质

除非另有规定,本标准的全部检验均为型式检验。根据厂家和用户之间的协议,其中的某些部分可以作为接收检验。

5.2 参考条件和标准检验条件

表 1 给出了参考条件和标准检验条件。除非另有规定,本标准的检验应在标准检验条件下进行,其检验项目列于表 2。对于在非标准条件下进行的检验,应说明检验时的温度、大气压力和相对湿度,而且应把响应值按参考条件给予相应的修正。

表 1 参考条件和标准检验条件(除非厂家另有说明)

影响量	参考条件	标准检验条件
γ 参考辐射	^{137}Cs	^{137}Cs
稳定时间	5 min	5 min
环境温度	20°C	$18^\circ\text{C} \sim 22^\circ\text{C}$

表 1(续)

影响量	参考条件	标准检验条件
相对湿度	65%	50%~75% ^a
大气压力	101.3 kPa	86 kPa~106 kPa ^a
电源电压 ^b	额定电压 U_N	额定电压 $U_N \pm 1\% U_N$
电源频率 ^b	额定频率 f_N	额定频率 $f_N \pm 1\% f_N$
交流电源波形 ^b	正弦波	正弦波总谐波畸变低于 5%
辐射的人射角	由厂家给出校准方向	给出方向 $\pm 5^\circ$
γ 辐射本底	空气中吸收剂量率小于 $0.1 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$	空气中吸收剂量率小于 $0.25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
β 辐射本底	可忽略	可忽略
外界电磁场	可忽略	小于产生干扰的最低值
外界磁感应	可忽略	小于地磁场感应的两倍
监测仪取向	由厂家给出	厂家给出的取向 $\pm 5^\circ$
监测仪控制器调整位置	置于正常工作位置	置于正常工作位置
放射性元素污染	可忽略	可忽略

^a 应说明检验时这些量的实际值, 这些值适用于温带气候。在较热和较冷的气候条件下, 检验时应说明这些量的实际值。相应地, 在高海拔条件下允许的大气压的下限是 70 kPa。

^b 只适用于由主电源供电的读出系统。

5.3 改变影响量的检验

这些检验的目的是确定影响量变化时产生的影响。表 2 给出了相应的检验项目, 并给出了每种影响量的变化范围以及由这些变化所引起的监测仪的指示值变化限值。为了检验表 2 所列的每一项影响量变化产生的影响, 其他所有影响量应保持在表 1 规定的标准检验条件的限值之内。如果受条件限制, 允许厂家采用其他代替方法, 但要对检验结果作出相应的修正。

表 2 改变影响量进行的检验

影响量	影响量的数值范围	指示值变化的限值	检验方法
相对固有误差	有效测量范围	剂量当量: $\pm 15\%^{ab}$ 剂量当量率: $\pm 20\%^{bc}$	6.1.2
响应时间	5 s	$< \pm 10\%$	6.2.2
报警阈准确度	全部调节范围	$\pm 20\%^{ab}$	剂量当量: 6.3.1.2 剂量当量率: 6.3.2.2
辐射能量	50 keV~1.5 MeV	$\pm 30\%^{*}$	6.4.2
	6 MeV ^d	$-50\% \sim 100\%^{*}$	6.4.2
入射角	$0^\circ \sim 75^\circ$	对于 ¹³⁷ Cs: $\pm 20\%^{*}$ 对于 ²⁴¹ Am: $\pm 50\%^{*}$	6.5.2
读数保持 1类和2类监测仪 仅适用于1类监测仪	主电源失效后		
	8 h	$\pm 2\%$	6.8.2.1
	24 h	$\pm 5\%$	6.8.2.2
过载	最大测量范围的 10 倍	指示值 $>$ 满刻度	6.10.2

GB/T 13161—2003

表 2(续)

影响量	影响量的数值范围	指示值变化的限值	检验方法
剂量当量率依赖性	$1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 1 \text{ Sv} \cdot \text{h}^{-1}$	$\leq 20\%$	6.9.2
其他电离辐射	$E_{\text{max}} = 3.5 \text{ MeV}$ 由厂家规定	$\pm 50\%$ 或由厂家规定 ^a	6.6.2
1 β		$< 5\%$	6.7.2
2 中子			
电源电压			
1 一次电池	连续工作 100 h 后	$\pm 15\%$ ^f	7.1.4
2 二次电池	连续工作 24 h 后	$\pm 15\%$ ^f	
跌落检验	1.5 m	$\pm 10\%$	8.1
机械振动	加速度 2 g 频率范围 10 Hz~33 Hz	$\pm 15\%$	8.2.2
环境温度 ^a	-10℃~40℃ -25℃~50℃	$\pm 20\%$ ^a $\pm 50\%$ ^a	9.1.2
冲击温度	-10℃~50℃	相当于 20℃, $\pm 15\%$	
相对湿度	35℃ 40%~90%	$\pm 10\%$ ^a	9.2
大气压力	无一般规定,如果需要确定指示值变化范围及影响量取值范围,需另行规定		9.3
外部电磁场	100 kHz~500 MHz 时 $10 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 500 MHz~1 GHz 时 $1 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$\pm 10\%$	9.4.2
外部磁场	50 Hz~60 Hz 时 $60 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$	$\pm 10\%$	9.6.2
静电场	6 kV, 2 mJ	$\pm 10\%$	9.7.2
<p>a 相对于标准检验条件下的指示值。</p> <p>b 这个误差附加在确定剂量当量率约定值时得到的误差之上。</p> <p>c 适用于最小十进制量级的 30%处或最小量程的 30%处。</p> <p>d 这个附加要求只适用于该监测仪用来测量核动力反应堆周围由¹⁶N产生的能量为 6 MeV 的 γ 辐射。</p> <p>e 与在表 3 给出的比值相比较；</p> <p>f 相对于最初指示值；</p> <p>g 监测仪设计用于温带气候。在较热或较冷的气候条件下可规定其他限值。对于很低温度下的监测仪，可对电池提供加热措施。</p> <p>h 本标准不包括高能 β，故监测仪对高能 β 响应由厂家规定。</p>			

5.4 检验时监测仪的位置

对于所有使用辐射的检验,监测仪的参考点应置于待测定量约定值已知的点上。监测仪相对于辐射方向的取向应符合厂家的规定。

5.5 低剂量当量率

对于低剂量当量率的测量,应考虑在检验点处辐射本底和固有影响(电子学噪声或固有放射性)对剂量当量率的贡献。可以采用一个总固有贡献低于 $0.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的部件。

5.6 统计涨落——剂量当量率指示值

对于使用辐射的所有检验,在其允许的指示值变化中,如果单独由辐射的随机性引起的统计涨落占有显著份额,则为验证该项性能要求是否得到满足,就应取足够多的读数,以保证能用足够的精度来

估计这些读数的平均值。为了保证这些读数在统计上是互不相关的,相邻两次读数之间的时间间隔至少是响应时间的三倍。

5.7 参考辐射

除了规定的个别检验方法外,凡是使用辐射源的每项检验应使用规定类型的参考辐射源进行检验(见表1)。辐射源的性质、结构和使用条件应满足 GB/T 12162.1、ISO 4037-2 和 ISO 4037-3 的规定。 γ 参考辐射源应是 ^{137}Cs 源,若使用 ^{60}Co 为 γ 参考辐射源时,应将其测量值按 ^{137}Cs γ 参考辐射的响应进行修正。

6 辐射性能要求和检验

6.1 相对固有误差

6.1.1 要求

在标准检验条件下,按照厂家的说明进行校准后,在全部有效测量范围内,监测仪剂量当量的相对固有误差不应超过 $\pm 15\%$,而其剂量当量率的相对固有误差不应超过 $\pm 20\%$ 。在剂量当量率的最低量级(或最低量程)内不应超过 $\pm 30\%$ 。

6.1.2 相对固有误差的确定

6.1.2.1 使用的源

对于此项检验,应知道检验点处的个人剂量当量或剂量当量率的约定真值,而且总不确定度应小于 10% 。检验时,应使用 ^{137}Cs 为 γ 参考辐射源,按照校准方向照射置于适当体模上的监测仪进行本项检验(见附录A)。为了能覆盖监测仪指示值的全部范围,可使用几个 ^{137}Cs 源。在这种情况下,所用源的相对活度选择原则如下:在检验点处每个源所得到的剂量当量(率)的范围(通过改变探测器和源之间的距离来实现)至少与所使用的另一个源所得到的剂量当量(率)范围的一部分相重叠。这样,就可以通过一个特定的源来校准所使用的全部辐射源的剂量当量(率),这个特定的源可认为是参考源。

在条件允许的情况下,测量监测仪剂量当量的相对固有误差时,应采用小于 $1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 的低剂量当量率。如因照射时间太长而不允许使用如此低的剂量当量率,则应对所用的较高的剂量当量率的非线性进行校正。

6.1.2.2 要完成的检验

至少对一批监测仪中的一台做型式检验,对每台监测仪做常规检验。

- 型式检验:应在每个量级的剂量当量或剂量当量率的三个点进行检验。三个点大约在每个量级满刻度的 20% 、 40% 和 80% 处。
- 常规检验:至少应对两个值进行检验。一个是在有效测量范围最灵敏的十进位数,另一个是在有效测量范围最大值的 50% 处。

6.1.3 结果解释

如果相对固有误差在下述范围之内,则认为符合6.1.1的要求:

如果剂量当量任何一个值的相对固有误差 $I(\%) \leq (15\% + x)$,其中 x 为剂量当量约定真值的不确定度, x 值应小于 10% 。

如果剂量当量率任何一个值的相对固有误差 $I(\%) \leq (20\% + x)$,而剂量当量率的最低十进制量级(或最低量程)的相对固有误差 $I(\%) \leq (30\% + x)$,其中 x 为剂量当量率约定真值的不确定度, x 值应小于 10% ,这里假定空气比释动能与剂量当量之间的转换因子没有不确定度。

上述要求也适用于所提供的相关读出系统。

6.2 响应时间

6.2.1 剂量当量率监测仪

6.2.1.1 要求

在剂量当量率大于 $10\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 的情况下,当监测仪的剂量当量率有一个阶跃增加和减少时,在 5s

GB/T 13161—2003

内监测仪的新读数误差应小于10%。

6.2.1.2 检验方法

对于该项检验,监测仪应置于剂量当量率大于 $10 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的光子辐射场中,待读数稳定后,读取此低剂量当量率读数,再迅速使剂量当量率增加大约10倍,连续记录读数直至监测仪读数稳定在新的剂量当量率时止,读取此高剂量当量率读数。达到此稳定读数的90%所需时间应小于5s。然后将剂量当量率迅速降至原来值,监测仪读数在5s之内应达到初始稳定读数的10%以内。

6.3 报警阈的准确度

6.3.1 剂量当量率监测仪

6.3.1.1 要求

当监测仪指示的剂量当量率是所设定报警点剂量当量率的0.80倍时,在10min内不应报警。当监测仪指示的剂量当量率是所设定报警点剂量当量率的1.20倍,应在5s内报警或该照射时间与报警点剂量当量率乘积小于 $10 \mu\text{Sv}$ 。

至少要进行两种检验,一种是将报警点调至接近最大量程的位置,另一种是将报警点调至接近十进制第二位最小有效数字最大值的位置。由于监测仪的指示值受剂量当量率约定真值误差的影响,则所用剂量当量率分别是设定报警点值的 $0.80(1-x/100)$ 倍和 $1.20(1+x/100)$ 倍,其中 $x\%$ 是以百分数表示的剂量当量率约定真值的不确定度。

6.3.1.2 检验方法

该项检验应将监测仪置于适当的体模上进行,见附录A。

用低剂量当量率照射监测仪,使其指示值为设定报警点剂量当量率的 $0.80(1-x/100)$ 倍时,在10min之内不应报警。

用高剂量当量率照射监测仪,使其指示值为设定报警点剂量当量率的 $1.20(1+x/100)$ 倍时,在5s内报警或该照射时间与报警点剂量当量率的乘积小于 $10 \mu\text{Sv}$ 。

6.3.2 剂量当量监测仪

6.3.2.1 要求

当监测仪受到0.85倍设定报警点剂量当量的照射时,不报警。当监测仪受到1.15倍设定报警点剂量当量的照射时,应立即报警。

至少进行两种检验,一种是把报警点调到最大量程附近,另一种是把报警点调到十进制第二位最小有效数字的最大值附近。

6.3.2.2 检验方法

该项检验应将监测仪置于适当的体模上进行,见附录A。

首先将监测仪复零,然后使其受预定的剂量当量率照射,至少在100s内不报警。应测量监测仪从受照射时起到产生报警的这段时间并满足下面准则:

测得的剂量当量率(以 $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 为单位)与时间(以s为单位)的乘积除以设定报警点剂量当量(以 Sv 为单位)所得的商应处于 $0.85(1-x/100)$ 和 $1.15(1+x/100)$ 之间,其中 $x\%$ 是以百分数表示的剂量当量率约定真值的不确定度。

6.4 能量响应

6.4.1 要求

在校准方向上监测仪对能量范围为50keV~1.5MeV入射 γ 辐射的能量响应与 ^{137}Cs γ 参考辐射源(662keV)响应的差值不应超过 $\pm 30\%$ 。如果用监测仪测量反应堆核设施附近产生的能量上限为10MeV高能 γ 辐射,其能量响应与 ^{137}Cs γ 参考辐射源(662keV)响应之差应在 $-50\% \sim +100\%$ 范围内。

6.4.2 检验方法

本项检验应在适合的体模上进行,见附录A。从GB/T 12162.1规定的参考辐射系列中选择下面

的能量:

- a) 48 keV, 60 keV (或²⁴¹Am), 87 keV, 109 keV, 149 keV 和 211 keV 的过滤 X 辐射;
- b) ¹³⁷Cs (662 keV) 和 ⁶⁰Co (1.17 MeV 和 1.33 MeV) 产生的 γ 辐射。

上述参考辐射照射监测仪的方向为厂家规定的入射方向, 所用的每种剂量当量(率)都应超过其所用量程最大值的 1/3。对每种辐射能量的响应, 其结果应表示为指示值与个人剂量当量(率) $H_p(10)$ 约定真值的比值。原则上, 对每种辐射能量, 本项检验应在相同的剂量当量(率)条件下进行, 但实际上很难做到, 所以各种能量下的剂量当量(率)指示值要对相应的固有误差进行校正, 并且尽量避免其他影响量对此项检验的干扰。

按照上述要求, 也应对 6 MeV 的 γ 辐射进行附加检验。在 6 MeV 高能 γ 辐射条件下对监测仪进行校准时, 受照射的监测仪应套上组织等效物质的电子平衡帽, 以便在电子平衡条件下测定其响应。由于探测器、监测仪和电子平衡帽三者的壁厚总和为 40 mm, 故能够从此总壁厚中测出电子平衡帽的最大壁厚(参见 GB/T 12162.2)。在上述高能 γ 光子辐射条件下, 可把该 γ 光子减弱曲线外推到 10 mm 深度, 而求出监测仪的指示值。

6.5 角响应(即响应随光子辐射入射角变化)

6.5.1 要求

本项检验要求把监测仪的参考点置于体模的前面板中心点, 用均匀、近似平行和单向的辐射束沿法线方向照射监测仪。再分别在两个互相垂直的水平平面和竖直平面内, 把监测仪随体模一起转动至不同的 α 角, 测定其角响应。入射角 α 在 $0^\circ \sim \pm 75^\circ$ 内变化, 监测仪的读数与校准方向为“ 0° ”的入射角读数的比值不应大于表 3 中所规定的比值, 对 ¹³⁷Cs γ 参考辐射源的角响应应在 $\pm 20\%$ 之内及 ²⁴¹Am (59.5 keV) (或过滤 X 射线 (60 keV)) γ 参考辐射源的角响应应在 $\pm 50\%$ 之内。

监测仪在入射角 90° 处的角响应由厂家规定。

表 3 用于测量个人剂量当量 [$H_p(10)$] 的监测仪对光子辐射入射方向为 α 角的读数与 $\alpha=0^\circ$ 的读数的比值的变化限值

辐射源	光子能量/keV	比值 = α 读数 / 0° 读数				
		$\alpha=15^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=75^\circ$
²⁴¹ Am (或过滤 X 辐射)	59.5 (或 60)	0.99	0.97	0.90	0.77	0.51
¹³⁷ Cs	662	1.0	1.0	0.98	0.95	0.80

6.5.2 检验方法

本项检验所使用的 γ 辐射源应为 ¹³⁷Cs (662 keV) 源、²⁴¹Am (59.5 keV) 源。辐射源的性质、结构和使用条件应满足 GB/T 12162.1 和 GB/T 12162.3 的规定。

把监测仪置于体模上正常位置, 见附录 A 的图 A.1。按厂家规定校准方向为辐射入射角“ 0° ”, 分别用 ¹³⁷Cs 的 γ 辐射和 ²⁴¹Am 的 γ 辐射照射监测仪, 记下该位置的读数。然后把监测仪及其体模一起, 分别在图 A.1 所示的两个互相垂直的水平平面和竖直平面内旋转 $\pm 15^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 75^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 角, 记下各个角度方向上的读数, 并计算出这些读数与“ 0° ”方向读数的比值。这些比值不应大于表 3 中规定的比值。 $\pm 90^\circ$ 角的读数与“ 0° ”方向读数比值由厂家规定。

6.6 对 β 辐射的响应

6.6.1 要求

监测仪对最大能量为 2 MeV ~ 3.5 MeV 的 β 辐射的响应由厂家规定, 但其响应变化不得超过个人剂量当量 $H_p(10)$ 约定真值的 $\pm 50\%$ 。监测仪对最大能量为 2 MeV 以下的 β 辐射不应有明显的响应。

6.6.2 检验方法

监测仪对 β 辐射响应是其指示值与检验点处空气吸收剂量(率)约定真值的比值, 本项检验应使用 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y β 参考辐射源(最大能量为 2.27 MeV)和 ¹⁰⁶Ra/¹⁰⁶Rh β 参考辐射源(最大能量为 3.5 MeV), 其

GB/T 13161—2003

β参考辐射源的结构、性质和使用条件应符合 GB/T 12164 的规定。

由于¹⁰⁶Ru/¹⁰⁶Rh β参考辐射源还发射光子辐射,所以用此类β参考辐射确定监测仪对β辐射响应时应考虑这种光子对剂量当量(率)的贡献。监测仪对¹⁰⁶Ru/¹⁰⁶Rh和⁹⁰Sr/⁹⁰Y β参考辐射的响应在±50%之内或者由厂家规定。

6.7 对中子辐射响应

6.7.1 要求

对中子辐射的响应应小于5%。

6.7.2 检验方法

此项检验应使用有3 mm厚的铅屏蔽²⁴¹Am/Be中子参考辐射源,照射在自由空气中的监测仪,对来自中子源的中子周围剂量当量响应应小于5%。

6.8 读数保持

此项检验只适用于测量剂量当量的监测仪,而不适用于剂量当量率的测量。

6.8.1 要求

6.8.1.1 从任一辐射照射周期结束时起,在8 h内监测仪的读数和相关读出系统的指示变化不应超过±2%或其显示值最低位有效数字只有一个字的变化,以二者中变化大的那一个为判别标准。

6.8.1.2 从供电电池失效时起到更换电池或给电池充电为止的24 h内,监测仪能够保持原测量的累积剂量当量,其变化不应超过±5%或其显示值最低位有效数字只有一个字的变化,以二者中变化大的那一个为判别标准。

6.8.2 检验方法

6.8.2.1 使监测仪受到足够高的剂量当量照射,以便可以忽略本底辐射的影响。在剂量当量累积过程完成后立即停止照射,并记下监测仪的读数。以后每隔1 h读一次读数,直到8 h止。这8个读数与最初读数相比,其差别均小于2%或有效数字末位数一个字。

6.8.2.2 使监测仪受到足够高的剂量当量照射,以便可以忽略本底辐射的影响。在剂量当量累积过程完成后立即停止照射,并记下监测仪的读数。从监测仪中取出电池,经过24 h后再将电池重新放回监测仪或再充电。这时监测仪剂量当量的读数与取出电池前最后读数的差别应小于5%。

6.9 剂量当量率的依赖性

6.9.1 要求

在 $1 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 1 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内各种剂量当量率照射条件下,监测仪的响应使其剂量当量的相对固有误差保持在±20%之内。这些要求同样适用于相关读出系统。

6.9.2 检验方法

用参考辐射源,按下述剂量当量率 $0.01 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $0.1 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $1 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 照射监测仪,然后使累积的剂量当量分别达到各十进位挡最大值的80%处,测量其相对固有误差。鉴于在低量程挡高剂量率照射时间太短,而在高量程挡低剂量率照射时间太长,故对监测仪所使用的照射时间应在3 s~10 h之间。

由于工作人员可能佩带监测仪穿过高剂量当量率区,所以应对监测仪在这种高剂量当量率短时间照射条件下进行检验。用大约 $1 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的剂量当量率照射监测仪5 s,其读数应在计算出的5 s内的累积剂量当量值的±20%之内。

6.10 过载特性

6.10.1 要求

用于量程最大值10倍的剂量当量率照射监测仪时,其指示值超过该量程的最大值,并处于溢出状态。厂家应规定在脱离过照射条件下之后,监测仪的指示值从“溢出”状态返回正常状态所需时间。

当剂量当量“溢出”时,监测仪脱离辐射场后则“溢出”状态应保持不变。若剂量当量仪处于不能测量的高剂量率条件下时,则监测仪器应有过载指示。厂家应说明不能测量的高剂量率。

6.10.2 检验方法

6.10.2.1 剂量当量监测仪

在检验期间,用10倍于量程最大值的剂量当量照射监测仪,其指示值应始终保持“过载”状态,并且有溢出显示。

6.10.2.2 剂量当量率监测仪

在检验期间,用10倍于量程最大值的剂量当量率照射监测仪,其指示值应始终保持“过载”状态,并且有溢出显示。

测量出监测仪脱离过载照射条件后指示值从过载状态返回到正常状态所需的时间。

7 电气性能要求和检验

7.1 电池供电

7.1.1 一般要求

在使用时,应提供在最大负载情况下检验电池的装置。对于 $0.1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 剂量当量率的正常工作条件,还应提供电池只剩下最后8h工作寿命的显示,外部相关读出系统也能显示出该情况下的电池寿命。当电池性能使监测仪不能满足本标准所规定的技术要求时,也应有显示。电池可按所需方式连接,但应能单独地进行更换,厂家应在监测仪上清楚地标出电池接法的正确极性。

7.1.2 一次电池的要求

7.1.2.1 当电源是一次电池时,电池容量要满足以下要求:用 $0.01 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 0.1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的剂量当量率照射监测仪,在标准检验条件下连续工作100h后,监测仪响应的变化不应大于15%,其他性能仍保持在规定的技术要求之内。

7.1.2.2 装好新电池后,立即用适当的剂量当量率照射监测仪,使其产生声响和灯光报警,监测仪在报警条件下至少工作15min。

7.1.2.3 需使用专用工具更换一次电池。

7.1.3 二次电池的要求

7.1.3.1 当电源是二次电池时,电池容量要满足以下要求:监测仪在 $0.01 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 0.1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 剂量当量率下,至少连续工作24h后,其响应的变化不应大于15%,其他性能仍保持在规定的技术要求之内。

7.1.3.2 电池充电后,立即用适当的剂量当量率照射监测仪,使其产生声响和灯光报警,监测仪在报警条件下至少工作15min。

如果使用二次电池,应在12h之内用市电完成充电。

7.1.4 检验方法

电池的每项检验,应使用厂家指明型号的新一一次电池或充满电的二次电池。

7.1.4.1 用适当的测量装置指示辐射场剂量当量率的值。监测仪应处于工作状态,按7.1.2.1或7.1.3.1所规定的时间置于该辐射场中照射,在每段照射时间结束时,记下读数,每个读数都应符合7.1.2.1和7.1.3.1的相应要求。

7.1.4.2 将监测仪的报警阀调到最低剂量当量和(或)剂量当量率报警阀设定的位置。用 $0.01 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 0.1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的剂量当量率照射监测仪直至发出报警声和灯光显示,然后再照射15min,监测仪在这段时间内保持报警状态。

8 机械性能要求和检验

8.1 跌落检验

监测仪应能经受从1.5m高度自由跌落到铺有硬木板地面上的检验而不影响其性能,其读数变化应在 $\pm 10\%$ 之内。应对监测仪的每个面都要进行该项检验。储存的剂量信息不受跌落检验的影响。

8.2 机械振动

GB/T 13161—2003

8.2.1 要求

此项检验仅限于型式检验。监测仪应能分别经受三个互相垂直方向的简谐振动,振动的加速度为 $2g(g=9.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2})$,频率范围为 $10\text{ Hz}\sim 33\text{ Hz}$,振动时间为 15 min 。监测仪的平均读数与振动前一组参考读数之差不应大于 15% 。监测仪的物理状态不得受此种检验的影响(例如焊点不得脱开,螺母及螺钉不得松动)。

8.2.2 检验方法

在可重复的几何条件下,用足够的 γ 参考辐射源照射监测仪,以便减少统计涨落对其读数的影响,测定读数的平均值。然后,在 $10\text{ Hz}\sim 21\text{ Hz}$ 和 $22\text{ Hz}\sim 33\text{ Hz}$ 的频率范围内,用加速度为 $2g$ 的简谐振动,使监测仪分别在三个互相垂直方向上受振动 15 min 。在其经受每 15 min 振动之后,按相同的几何条件照射监测仪,测定其平均读数,并与振动前的一组读数比较。应检查监测仪有无损坏并记录其物理状态。

9 环境性能要求和检验

9.1 环境温度

9.1.1 要求

9.1.1.1 温度

在表2规定的温度范围内,监测仪的指示值应在该表规定的限值内。

9.1.1.2 温度冲击

当监测仪所处的环境温度在小于 5 min 的时间内从参考温度 20°C 变到 50°C 或 -10°C 时,其指示值变化不应大于 15% 。反之,当监测仪在小于 5 min 时间内从极限温度 50°C 或 -10°C 恢复到参考温度 20°C 时,其指示值变化也不应大于 15% 。

9.1.2 检验方法

在标准检验条件下,用 γ 参考辐射源照射监测仪,并测量其指示值。

9.1.2.1 每种极限温度至少维持 4 h ,在此期间最后 30 min 内测量监测仪的指示值,指示值的变化限值应在表2规定的限值以内,即在 $-10^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ 条件下应小于 20% 。在 $-25^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 条件下应小于 50% 。

9.1.2.2 将监测仪置于 $+20^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中,至少要经过 60 min 温度稳定时间,在可重复的几何条件下,为减少统计涨落对监测仪读数的影响,要用足够强的 γ 参考辐射源照射监测仪使其指示值居量程之中,然后按照5.6的要求获取足够的读数,给出读数平均值。然后在同样的照射几何条件下,将监测仪和辐射源迅速移到温度约为 50°C 的环境室中,该操作过程在 5 min 内完成。此后,在 2 h 内每 15 min 应测量一次监测仪的平均读数。若在第 1 h 内检验没有失效,则在第 2 h 内不必再测定其平均读数,但是为了达到温度稳定,监测仪应在这种环境温度中再保持 1 h 。

当监测仪在 50°C 的环境中达到温度稳定后,在同样照射几何条件下,将监测仪和辐射源移至温度约为 $+20^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 的环境中,该项操作应在 5 min 内完成。此后,在 2 h 内每 15 min 应测量一次监测仪的平均读数,若在第 1 h 内检验失效,则在第 2 h 内测定其平均读数,若在第 1 h 内检验没有失效,则在第 2 h 内不必再测定其平均读数。

在环境室内部温度为 -10^{+5}°C 的条件下,对监测仪应重复上述检验。

9.2 相对湿度

9.2.1 要求

当相对湿度在 $40\%\sim 90\%$ 范围内变化时,监测仪指示值的变化应在 $\pm 10\%$ 之内。

9.2.2 检验方法

本项检验应在 35°C 的调温调湿箱内进行。检验时,在标准检验条件下用 γ 参考辐射源照射监测仪,使其给出足够多的指示值。

监测仪在每种极限湿度下至少维持 4 h,在此期间的最后 30 min 内,记下监测仪的指示值。按表 2 的规定,指示值的变化应在 $\pm 10\%$ 之内,还应加上单独由于温度引起的附加误差。

9.3 大气压力

在一般情况下,只对以空气为介质的非密封探测器进行此项检验,而厂家应说明大气压力的变化所产生的影响。如果需要,应在其他大气压力下进行有代表性的检验。用户与厂家协商确定气压变化范围和检验方法。

9.4 密封

厂家应规定监测仪的探测器所采取的防潮密封措施,应给出此项检验方法和结果并证明该种密封措施的有效性。对户外使用的监测仪,其密封性能是非常重要的因素。

9.5 外部电磁场

如果不在监测仪的设计中采取特殊的预防措施,当外部电磁场特别是射频电磁场存在时,可能使监测仪不工作或给出剂量当量(率)的错误指示。

9.5.1 要求

如果外部电磁场的存在可能影响监测仪的指示值,厂家应给出该影响的警告指示。如果厂家声明监测仪对电磁场不灵敏,则应说明已对监测仪做过试验的电磁场类型和频率范围。

当电磁场强度为 $10 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 、频率为 100 kHz~500 MHz 及电磁场强度为 $1 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 、频率为 500 MHz~1 GHz 时,监测仪的响应变化不应大于 10%。

9.5.2 检验方法

该项检验由厂家和用户协商确定。应特别注意检测外部电磁场特殊频率点的任一种增强响应。应对 9.5.1 中特殊要求进行检验。

9.6 外部磁场

9.6.1 要求

9.6.1.1 一般要求

如果外部磁场的磁感应的存在影响监测仪的指示值,厂家应给出此种影响的警告指示并在使用说明书中对这种影响应给予说明。

9.6.1.2 特殊要求

当监测仪受到强度为 $60 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 、频率为 50 Hz~60 Hz 的磁感应影响时,其响应变化不应大于 10%。

9.6.2 检验方法

该项检验由厂家和用户协商确定,但应对 9.6.1.2 的特殊要求进行检验。

9.7 静电放电

9.7.1 要求

当静电放电对地电压 6 kV、能量为 2 mJ、单次放电时间间隔最小为 10 s 时,监测仪的响应变化不应大于 10%。该项检验方法由厂家和用户协商确定。

9.7.2 检验方法

该项检验方法由厂家和用户协商确定。在正常工作条件下,监测仪与使用者身体和衣服接触的所有部分应按 9.7.1 的要求进行检验。

10 贮存、运输、包装、标志

10.1 贮存

温带地区使用的监测仪,在厂家包装的条件下,在 $-25^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,不带电池存放(或运输)至少三个月后,其技术性能仍符合本标准的规定。

在某些情况下,可以要求有更严格的技术条件,例如可以经受得起周围是低气压的飞机运输。

GB/T 13161—2003

10.2 运输

监测仪在外包装条件下,允许以汽车、火车、飞机或轮船等任意方式运输。

有特殊运输要求的仪器应在说明书中加以说明。

10.3 包装

检验合格的监测仪出厂时应取出电池,另行包装。

携带箱内的减震措施应保证监测仪不致因携带、运输而损坏。运输包装的减震设计应保证监测仪在规定的运输方式下,不致因长途运输而损坏。还应考虑包装的防潮。

10.4 标志

监测仪外部适当位置应有铭牌,包括监测仪的名称、型号、编号、出厂日期、制造厂名等内容。监测仪的外部操作机构应有名称和操作标记。

携带箱上应有监测仪型号。

运输箱上应有精密仪器,小心轻放和防雨、防倒置等标记。

11 文件

11.1 型式检验报告

当用户要求提供型式检验报告时,厂家应给出有效的符合本标准技术性能要求的型式检验报告。

11.2 合格证书

每台监测仪出厂时应附有一份合格证书,至少应包括下列资料:

- 厂家名称或注册商标;
- 监测仪的型号和序号;
- 监测仪的等级(1类或2类)
- 探测器的类型;
- 监测仪可测量的辐射种类;
- 监测仪的参考点、校准用的校准方向及相对于辐射源的取向;
- 探测器的灵敏体积大小及其灵敏中心的位置;
- 包围灵敏体积壁材料和每种材料的质量厚度($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$);
- 测量的有效范围和固有误差;
- 响应随辐射能量的变化;
- 响应随入射角的变化;
- 仪器的质量和几何尺寸;
- 供电电源规格;
- 温度检验的结果(型式检验结果)。

12 使用和维修说明书

监测仪的使用和维修说明书至少应包含下列的资料:

- 完整的方框图、电路图(包括单元线路图);
- 使用、维修和校准方法;
- 贮存剂量信息的保持方法(只限于1类监测仪)。

附录 A
(规范性附录)

个人剂量仪的校准和型式检验

对个人剂量监测, ICRU—39 号报告定义了两个实用量, 即贯穿个人剂量当量 $H_p(d)$ 和浅表个人剂量当量 $H_s(d)$ 。

A.1 贯穿个人剂量当量, $H_p(d)$

贯穿个人剂量当量 $H_p(d)$ 是身体上某一特定点下深度 d 处的软组织剂量当量, 它适用于强贯穿辐射。

对监测贯穿个人剂量当量 $H_p(d)$ 而言, 目前推荐的深度为 10 mm, 记作 $H_p(10)$ 。

A.2 浅表个人剂量当量, $H_s(d)$

浅表个人剂量当量 $H_s(d)$ 是指身体上某一特定点下深度 d 处的软组织剂量当量, 它适用于弱贯穿辐射。

对监测浅表个人剂量当量 $H_s(d)$ 而言, 目前推荐的深度为 0.07 mm, 记作 $H_s(0.07)$ 。

上述这些定义要求在一个恰当的能代表佩带者身体和能模仿人体散射条件的体模上进行个人剂量的型式检验。当剂量计佩带在躯干上使用时, ICRU—39 号报告说明了 ICRU 组织等效球是适合的体模。这就意味着对于这种剂量计应使用相应的球量(即周围剂量当量 $H^*(d)$ 或定向剂量当量 $H'(d)$) 进行校准, 并对其能量响应和角响应特性进行型式检验。

参考文件[1](参见 A.4)中已指出, 在组织等效球上检验个人剂量计时, 定向剂量当量是适合的球量。然而, 国际辐射单位与测量委员会(ICRU)继其 ICRU—39 号报告后又出版了两个后续报告, 即 ICRU—43 号报告和 ICRU—47 号报告。ICRU—43 号报告是涉及合理选择推荐量方面的资料, ICRU—47 号报告是涉及测量实用量的监测仪设计和校准方面的资料。

在后一个报告(ICRU—47 号报告)中, 对实用量已做出了若干重要的改变, 首先是把贯穿个人剂量当量和浅表个人剂量当量合并为一个量, 称为个人剂量当量, 其定义如下(参见 A.3)。

A.3 个人剂量当量

个人剂量当量 $H_p(d)$ 是人体某一指定点下面深度为 d 处的软组织内的剂量当量。

对弱贯穿辐射和强贯穿辐射推荐的深度 d 分别为 0.07 mm 和 10 mm。这便导致了该量的两种变化形式, 分别写作 $H_p(0.07)$ 和 $H_p(10)$, 并以此区分 ICRU—47 号报告以前定义的实用量 $H_s(0.07)$ 和 $H_p(10)$ 。

其次, 对实际校准而言, 个人剂量当量的定义仍然是考虑了应采用 ICRU 组织等效体模适当深度的剂量当量。目前, 推荐的体模形状是 30 cm × 30 cm × 15 cm 的平板体模。参考文件[2]和[3](参见 A.4)已经计算出在均匀的、平行的光子束中的 ICRU 组织等效平板体模内深度分别为 0.07 mm、3 mm 和 10 mm 处的个人剂量当量与空气比释动能之间的转换系数。在光子能量为 10 keV~1 MeV 范围内, 不仅给出了垂直入射条件下的转换系数值, 而且还给出了入射角为 0°~180°条件下的转换系数值。在本标准中均是指有关 10 mm 深度的转换系数值。

正常情况下应使用 ISO 限定谱宽的参考辐射对监测仪进行校准和型式检验。参考文件[2]和[3]把 ISO 参考辐射谱(见参考文件[4])折算成单能光子后, 推导出 ISO 参考辐射的转换系数。在表 A.1 中给出了该推导结果的数据。

这里存在一个较为困难问题, 例如不能用精确的 ICRU 组织成分的材料制造体模, 而要选择替代材

GB/T 13161—2003

料。各种各样的替代物质是可用的,例如 MS20 就是一种很好的 ICRU 组织替代材料。通常使用的平板体模就是用这种材料制造的,但是对监测仪进行校准和型式检验时应使用表 A.1 给出的 ICRU 组织转换系数计算出体模中的剂量当量后,再与监测仪的响应相比较。当使用 ISO 参考辐射校准个人剂量计时,应使用 ISO 推荐的 30 cm×30 cm×15 cm 的平板水体模。该水体模的前面板是由 2.5 mm 厚的有机玻璃(PMMA)板组成,体模的其余各面应是 10 mm 厚的有机玻璃(PMMA)板。然而,需再次强调指出,所使用的体模应具有与用 ICRU 建造的平板体模相同的转换系数,即与表 A.1 给出的转换系数相同。

在图 A.1 中给出了剂量计校准和型式检验的实验安排。实际上,严格的平行入射光子束很难达到,所以剂量计与源之间的距离选择应至少大于 2 m,才能保证测量结果的误差小到可接受的程度。对监测仪进行校准和型式检验时,应精确测定监测仪和体模均不存在的情况下该点的空气比释动能。将该点的空气比释动能乘以相应的转换因子就得出了体模中深度为 10 mm 的 p 点处的个人剂量当量 $H_p(10)$ 的值,再把 $H_p(10)$ 的值与剂量计响应相比较。

除非剂量计是高度对称之外,对监测仪进行角响应检验时,应将监测仪(剂量计)的参考点置于平板水体模前面板中心点上,用均匀、近似平行的单向辐射束,沿法线方向照射剂量计,再分别沿着两个互相垂直的水平轴和垂直轴,把监测仪随体模一起转动至不同的 α 角,测定其响应。

A.4 参考文件

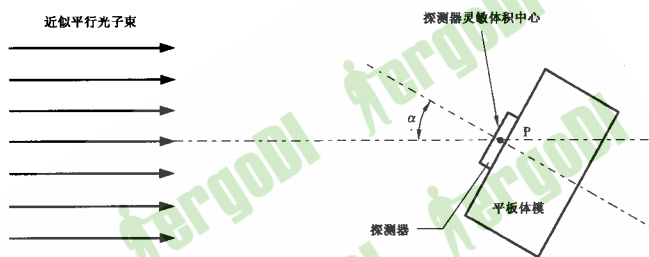
- [1] 国家放射防护局. 放射防护中实际使用的 ICRU 推荐的新的辐射量; 联合国实施. NRPB 报告 GS5(1986)
National Radiological Protection Board. New Radiation Quantities Recommended by ICRU for Practical Use in Radiological Protection; The Implementation in the United Kingdom. NRPB Report GS5 (1986)
- [2] CROSSWENDT. B.. 关于校准个人光子剂量计用的 ICRU 组织的立方体模和有机玻璃平板水体模中定义的剂量当量的转换系数, 辐射防护剂量学, 32 卷, 第 4 期, 219—231 页(1990)
GROSSWENDT. B.. Conversion Coefficients for Calibrating Individual Photon Dosimeters in Terms of Dose Equivalents Defined in an ICRU Tissue Cube and PMMA Slabs, Rad. Prot. Dosim., Vol. 32 No. 4, p219-231(1990)
- [3] GROSSWENDT. B.. 在有机玻璃(PMMA)平板体模和组织等效材料中光子剂量当量的角度依赖性和辐照几何因子(将在《辐射防护剂量学》刊物中待发表)
GROSSWENDT. B.. The Angular Dependence and Irradiation Geometry Factor for the Dose Equivalent for Photons in PMMA Slab Phantoms and Tissue Equivalent Material (to be published in Rad. Prot. Dosim)
- [4] HES, W. J.. 私人通讯(待发表)
HES, W. J.. Private Communication (to be published)

表 A.1 对 GB/T 12162.1 的低空气比释动能率的过滤 X 射线系列所推荐的空气比释动能与个人剂量当量 $H_p(10)$ 之间的转换因子

恒定电压/kV	平均能量/keV	转换因子
		$H_p(10)/K_a/(Sv/Gy)$
55	48	1.70
70	60	1.88
100	87	1.86
125	109	1.76
170	148	1.61
240	211	1.47

表 A.2 对 GB/T 12162.1 的 γ 参考辐射源所推荐的空气比释动能与
 个人剂量当量 $H_p(10)$ 之间的转换因子

放射性核素	转换因子
	$H_p(10)/K_a/(Sv/Gy)$
^{241}Am	1.88
^{137}Cs	1.22
^{60}Co	1.18


 图 A.1 辐射入射角为 α 时个人剂量计校准的几何安排

附录 B
(规范性附录)
统计涨落

对任何一项要使用辐射的检验,在其所允许的平均读数变化中,若单独由辐射随机性引起的统计涨落占有显著份额,那么为了验证该项性能要求是否得到满足,就应取足够多的读数,以保证能用足够的精度来估计这些读数的平均值。

为了在 95%置信水平的条件下确定监测仪两组读数之间的真差,表 B.1 提供了对监测仪读数次数要求的导则。该表中已列入了平均值之间的百分差,每组读数的变异系数(假定每组读数次数相等)以及对监测仪读数次数的要求。

为了达到减少统计涨落影响的目的,对监测仪的读数必须在其第二或第三最灵敏度量程居中值处获取读数,或者在最灵敏的十进制位居中值处获取读数。为了保证这些读数在统计上是互不相关的,相邻两次读数之间的时间间隔应是响应时间的三倍。

表 B.1 同一仪器在置信度为 95% 的条件下,给定测量的组间“真差”时所需的读数次数

测量值和“真值”之间的百分误差/%	厂家规定的变异系数/%	获得百分误差所需的读数次数
5	0.5	1
5	1.0	1
5	2.0	4
5	3.0	9
5	4.0	16
5	5.0	25
5	7.5	56
5	10.0	99
5	12.5	154
5	15.0	223
5	20.0	396
10	0.5	1
10	1.0	1
10	2.0	1
10	3.0	3
10	4.0	4
10	5.0	6
10	7.5	14
10	10.0	24
10	12.5	37
10	15.0	53
10	20.0	94
15	0.5	1
15	1.0	1
15	2.0	1
15	3.0	1
15	4.0	2
15	5.0	3
15	7.5	6

表 B. 1(续)

测量值和“真值”之间的百分误差/%	厂家规定的变异系数/%	获得百分误差所需的读数次数
15	10.0	10
15	12.5	10
15	15.0	23
15	20.0	40
20	0.5	1
20	1.0	1
20	2.0	1
20	3.0	1
20	4.0	1
20	5.0	2
20	7.5	3
20	10.0	6
20	12.5	9
20	15.0	12
20	20.0	21

注：此表推导的条件是假设无“真差”存在时而实际上存在差别的几率和假设有“真差”存在而实际上无差别存在几率相等，其值均为 0.05。