



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 10264—2014/IEC 61066:2006  
代替 GB/T 10264—1988

---

## 个人和环境监测用热释光剂量测量系统

Thermoluminescence dosimetry systems for  
personal and environmental monitoring

(IEC 61066:2006, IDT)

2014-09-03 发布

2015-02-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... V

引言 ..... VI

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 3

4 单位和符号..... 10

5 一般试验方法..... 12

    5.1 基本试验方法 ..... 12

    5.2 每次试验需考虑的试验方法 ..... 13

6 性能要求:概述 ..... 14

7 剂量测量系统的功能..... 19

    7.1 概述 ..... 19

    7.2 测量范围和辐射类型 ..... 19

    7.3 影响量的额定范围 ..... 19

    7.4 最大额定测量时间  $t_{max}$  ..... 19

    7.5 复用性 ..... 19

    7.6 模型函数 ..... 20

    7.7 剂量测量系统特性示例 ..... 20

8 剂量测量系统设计的有关要求..... 20

    8.1 概述 ..... 20

    8.2 剂量指示值(剂量测量系统) ..... 20

    8.3 剂量计(剂量测量系统)的剂量赋值 ..... 21

    8.4 仪器给出的信息(读出器和剂量计) ..... 21

    8.5 放射性污染的滞留和去除(剂量计) ..... 21

    8.6 评价指示值的算法(剂量测量系统) ..... 21

    8.7 混合辐射场用的剂量计(剂量测量系统) ..... 21

9 辐射性能要求与试验 (剂量测量系统)..... 21

    9.1 概述 ..... 21

    9.2 变异系数 ..... 21

    9.3 非线性响应 ..... 22

    9.4 过载特性、残余效应和复用性 ..... 23

    9.5  $H_p(10)$ 和  $H^*(10)$ 剂量计的辐射能量和入射角 ..... 23

    9.6  $H_p(0.07)$ 剂量计的辐射能量和入射角 ..... 25

    9.7 从  $H_p(10)$ 或  $H_p(0.07)$ 剂量计的侧面照射 ..... 26

10 (剂量测量系统)指示值的可加性 ..... 27

    10.1 要求 ..... 27

10.2 试验方法 .....	27
10.3 结果解释 .....	28
11 环境性能要求和试验 .....	28
11.1 概述 .....	28
11.2 环境温度和相对湿度(剂量计) .....	28
11.3 光照(剂量计) .....	29
11.4 剂量累积、衰退、自辐照和对天然辐射的响应(剂量计) .....	30
11.5 密封(剂量计) .....	30
11.6 读出器稳定性(读出器) .....	31
11.7 环境温度(读出器) .....	31
11.8 光照(读出器) .....	32
11.9 电源(读出器) .....	32
11.10 总的结果解释 .....	33
12 电磁性能要求和试验(剂量测量系统) .....	33
12.1 概述 .....	33
12.2 要求 .....	33
12.3 试验方法 .....	33
12.4 结果解释 .....	34
13 机械性能要求和试验 .....	34
13.1 概述 .....	34
13.2 跌落试验(剂量计) .....	34
13.3 振动试验(剂量计和重量小于 15 kg 的读出器) .....	35
13.4 总的结果解释 .....	35
14 剂量测量系统的软件、数据和接口 .....	35
14.1 概述 .....	35
14.2 要求 .....	36
14.3 测试方法 .....	37
15 使用手册 .....	39
15.1 概述 .....	39
15.2 技术数据说明 .....	39
16 文件 .....	40
16.1 型式试验报告 .....	40
16.2 型式试验实验室颁发的合格证书 .....	40
附录 A (规范性附录) 置信限 .....	41
附录 B (资料性附录) 读出信号、指示值和被测量值之间的因果关系 .....	43
附录 C (资料性附录) 按本标准进行型式试验所采取的必要行动概述 .....	44
附录 NA (资料性附录) 本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件的对应关系 .....	45
图 A.1 置信区间的试验 .....	41
图 B.1 剂量测量系统的数据评价 .....	43

表 1 符号和缩写词 ..... 10

表 2 参考条件和标准试验条件 ..... 12

表 3  $H_p(10)$ 剂量计的性能要求 ..... 14

表 4  $H_p(0.07)$ 剂量计的性能要求 ..... 15

表 5  $H^*(10)$ 剂量计的性能要求 ..... 16

表 6 剂量计和读出器的环境性能要求 ..... 17

表 7 按第 12 章对读出器电磁骚扰的性能要求 ..... 18

表 8 剂量计和读出器的机械性能要求 ..... 19

表 A.1 95%置信水平的双侧学生分布的包含因子 ..... 42

表 C.1 满足最小额定范围要求的  $H_p(10)$ 剂量计型式试验一览表 ..... 44

表 NA.1 本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件的对应关系 ..... 45

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 10264—1988《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》，与 GB/T 10264—1988 相比，主要技术变化如下：

- 标准的文本结构改变，编写格式和技术内容按 IEC 61066:2006。
- “1 范围”不再区分环境监测与个人监测的能量范围，对于  $H_p(10)$  和  $H^*(10)$ ，光子辐射的能量范围扩展为 12 keV~7 MeV， $\beta$  辐射的最大能量范围扩展为 225 keV~3.54 MeV，增加了对  $H_p(0.07)$  的光子辐射能量范围 8 keV~250 keV。
- 增加了“2 规范性引用文件”。
- “3 术语和定义”修改、补充了术语及其定义。
- “4 单位和符号”增加了剂量当量的单位希[沃特](Sv)和表 1“符号和缩略语”。
- 产品分类不再沿用原来的方法，不区分环境剂量计和个人剂量计性能要求的差异。
- 技术要求的变化：
  - 型式试验的参考条件，辐射本底小于  $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 、参考辐射为 S-Cs、N-80；
  - 型式试验的标准试验条件， $\beta$  参考辐射源为  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ； $\gamma$  辐射本底  $\leq 0.25 \mu\text{Sv/h}$ ；
  - 对剂量测量系统的性能评价方法进行了简化和条理化；
  - 增加了对剂量测量系统软件、参数和接口的性能要求。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 61066:2006《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》。

本标准对 IEC 61066:2006 做了下列编辑性修改：

- 在“2 规范性引用文件”中以新版标准代替老版标准(以 IEC 60050-394:2007 代替 IEC 60050-394:1995)并将已有相应国家标准的国际标准改为我国标准；
- 将“2 规范性引用文件”中 ISO 4037-1、ISO 4037-2、ISO 4037-3 和 ISO 4037-4 合并为 ISO 4037 (所有部分)，将 ISO 8529-1、ISO 8529-2 和 ISO 8529-3 合并为 ISO 8529(所有部分)；
- 删除正文中未出现的 IEC 60359:2001；
- 在表 3~表 5 之后的文字中，按汉语习惯用  $[0.71, 1.67]$  代替  $[0.71...1.67]$  表示数据区间；
- 为了便于下面的叙述符合汉语习惯，11.9.3 中“第 1 组(参考组)：标称电压和标称频率”修改为“第 1 组(参考组)：标称电压( $U_n$ )，标称频率( $f_n$ )”；
- 增加附录 NA“本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件的对应关系”。

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 30)提出并归口。

本标准起草单位：台山核电合营有限公司、中核核电运行管理有限公司。

本标准主要起草人：郭志军、王川、曾进忠。

本标准于 1988 年 12 月首次发布，本次修订为第一次修订。

## 引 言

热释光剂量测量系统(TLD)可由下列部分组成:

- a) 无源器件(在本标准中指剂量计):一个或多个辐射探测器以及某些标识方法;
- b) 读出器:用于加热受电离辐射照射后的探测器并测量加热时的发光量,以确定辐射剂量;
- c) 带有读出器控制软件的计算机:存储从读出器传来的数据,以电子文件或纸质文本方式计算、显示和存储评价剂量数据;
- d) 辅助设备和程序文件(使用手册):用于进行相关处理,例如,删除存储的剂量信息、清洁剂量计或确保整个系统有效性的必要工作。

个人和环境监测用热释光剂量测量系统

1 范围

本标准适用于测量剂量范围在 0.01 mSv~10 Sv 内的光子或 β 辐射外照射个人剂量当量  $H_p(10)$  或  $H_p(0.07)$ 、或者周围剂量当量  $H^*(10)$  的热释光剂量测量(TLD)系统。对于不同的实用量和辐射类型,分别规定了不同的能量范围(见下表)。表中的全部能量值均为常用剂量学量的平均能量。

实用量	光子辐射	β 辐射
$H_p(10); H^*(10)$	12 keV~7 MeV	—
$H_p(0.07)$	8 keV~250 keV	0.07 MeV <sup>a</sup> ~1.2 MeV 几乎等于 225 keV~3.54 MeV 的最大能量 $E_{max}$ 范围
<sup>a</sup> 能量大于 0.07 MeV 的 β 辐射粒子才能穿透标称深度 0.07 mm 的皮肤死层(相当于 0.07 mm 的 ICRU 组织等效深度)。		

注 1: 除非另有说明,本标准中“剂量”指个人剂量当量或周围剂量当量。  
注 2: 对于  $H_p(10)$  和  $H^*(10)$ ,不考虑 β 辐射,因为在 ICRU 56、ICRU 57 以及 ISO 6980 中没有其适用的转换系数。

本标准适用于能以所需的单位(Sv)评价读出剂量的热释光剂量(TLD)测量系统。仅对使用其他剂量计测量的天然本底辐射进行修正。

注 3: 可在剂量计算之前或之后进行天然本底辐射的修正。  
对于影响量的固定范围,本标准规定了最低要求,例如,光子能量范围 80 keV~1.25 MeV(表 3~表 5)。剂量测量系统应满足针对最低范围规定的要求。但制造厂可对不同影响量规定更大的范围,例如,60 keV~7 MeV。这些更大的范围称为额定范围。在这种情况下,剂量测量系统应满足针对额定范围规定的要求。因此,通过规定一组满足本标准规定要求的范围(剂量、能量、温度等)对剂量测量系统进行分类。

本标准规定了上述热释光剂量测量系统的一般特性、一般试验方法和性能要求、辐射特性以及环境、电气、机械、软件和安全特性。

由于仅关注系统性能,在型式试验期间按本标准要求不检查热释光剂量测量系统的绝对校准。在常规试验期间检查绝对校准。

本标准内容不包括对 neutron 剂量计的要求,也不涉及对结果数据的处理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.81—2008 电工术语 核仪器 物理现象和基本概念(IEC 60050-393:2003,IDT)  
GB/T 2900.82—2008 电工术语 核仪器 仪器、系统、设备和探测器(IEC 60050-394:2007,IDT)

IEC 60050-311:2001 国际电工词汇(IEV) 电和电子测量及测量仪器 第 311 部分:测量的通用术语(International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Electrical and electronic measurements and measuring instruments—Part 311: General terms relating to measurements)

IEC 60068-2-32 环境试验 第 2 部分:试验 试验 Ed: 自由跌落(Environmental testing—

Part 2: Tests; Test Ed: Free fall)

IEC 60904-3 光电器件 第3部分:具有参考光谱辐照度数据的陆地光电(PV)太阳能器件的测量原理(Photovoltaic devices—Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)

IEC 61000-4-2 电磁兼容 第4-2部分:试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-2: Testing and measurement techniques—Electrostatic discharge immunity test)

IEC 61000-4-3 电磁兼容 第4-3部分:试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-3: Testing and measurement techniques—Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test)

IEC 61000-4-4 电磁兼容 第4-4部分:试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-4: Testing and measurement techniques—Electrical fast transient/burst immunity test)

IEC 61000-4-5 电磁兼容 第4-5部分:试验和测量技术 浪涌抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-5: Testing and measurement techniques—Surge immunity test)

IEC 61000-4-6 电磁兼容 第4-6部分:试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-6: Testing and measurement techniques—Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)

IEC 61000-4-8 电磁兼容 第4-8部分:试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-8: Testing and measurement techniques—Power frequency magnetic field immunity test)

IEC 61000-4-11 电磁兼容 第4-11部分:试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-11: Testing and measurement techniques—Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests)

IEC 61000-6-2 电磁兼容 第6-2部分:通用标准 工业环境中的抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-2: Generic standards—Immunity for industrial environments)

ISO 测量不确定度的表示导则(Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)), 1995

ISO 4037(所有部分) 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其响应的X和 $\gamma$ 参考辐射(X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy)

ISO 6980 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其响应的 $\beta$ 参考辐射(Reference beta radiations for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of beta radiation energy)

ISO 6980-2 核能  $\beta$ 参考辐射 第2部分:与表征辐射场基本量相关的校准基础(Nuclear energy—Reference beta-particle radiation—Part 2: Calibration fundamentals related to basic quantities characterizing the radiation field)

ISO 8529(所有部分) 中子参考辐射(Reference neutron radiations)

ISO 12794:2000 核能 辐射防护 肢端和眼睛热释光个人剂量计(Nuclear energy—Radiation protection—Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes)

ICRU Report 39 对外部辐射源产生的剂量当量的测定(Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources)

ICRU Report 51 辐射防护用的量和单位(Quantities and units in radiation protection dosimetry)



ICRU Report 56 辐射防护用外部  $\beta$  射线的剂量测量 (Dosimetry of external beta rays for radiation protection)

ICRU Report 57 对外部辐射的辐射防护用转换因子 (Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

与 TLD 相关的定义，一部分引自本标准的第一版 (GB/T 10264—1988)，另一部分引自 ISO 12794:2000，修改在方括号中说明。

与测量相关的定义主要引自 IEC 60050-311:2001、GB/T 2900.81—2008 和 GB/T 2900.82—2008。另外，少数定义引自 ISO 4037-3 和 ISO 测量不确定度的表示导则 (GUM):1995。

方括号内表示引用文件。方括号后的信息仅对本标准有效并不表示其出处。

术语中圆括号内的词起限定语的作用，在不会引起相似术语间混淆的情况下可以省略。

术语以英文字母顺序列出。

3.1

**周围剂量当量 ambient dose equivalent**

$H^*(d)$

在一辐射场某点处，相应的齐向扩展场在 ICRU 球内，逆齐向场方向的半径上深度  $d$  处产生的剂量当量。

[ICRU 51]

注 1：对于环境监测， $H^*(d)$  中  $d$  的推荐深度是 10 mm，于是  $H^*(d)$  可以写作  $H^*(10)$ 。[GB/T 2900.81—2008 中 393-14-95]

注 2：见 ICRU 39 号报告。

3.2

**退火 annealing**

热释光探测器或剂量计在读出前、读出期间或读出后和(或)在使用前对其进行的受控热处理。  
[ISO 12794:2000 的 3.10，修改]

3.3

**(参考)校准因子 (reference) calibration factor**

$N_0$

在参考条件下，参考辐射在试验点处的约定真值  $C_{r,0}$  与指示值  $E_{r,0}$  之比。由式(1)给出：

$$N_0 = \frac{C_{r,0}}{E_{r,0}} \dots\dots\dots (1)$$

注 1：校准因子的倒数等于参考条件下的响应。校准因子只相对于参考条件而言，而响应可以针对测量时的任何条件。

[ISO 4037-3 的 3.2.12，修改]

注 2：该定义对具有非线性响应的剂量计极为重要。

注 3：参考值  $C_{r,0}$  由表 2 给出。

3.4

**变异系数 coefficient of variation**

$v$

一组  $n$  个测量值  $E_j$  (指示值) 的标准偏差  $s$  与算术平均值  $\bar{E}$  之比，由式(2)给出：

$$v = \frac{s}{E} = \frac{1}{E} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2} \dots\dots\dots (2)$$

[GB/T 2900.82—2008 的 394-40-14,修改]

### 3.5

**[量的]约定真值 conventional true value ( of a quantity )**

**C**

赋予一个特定量的值,对于某一给定目的具有的不确定度,有时按惯例可以接受。

注:“约定真值”有时也被称为“给定值”“最佳估算值”“约定值”或“参考值”。

[GB/T 2900.77—2008 的 311-01-06, GUM B.2.4]

### 3.6

**非线性响应的修正 correction for non-linear response**

**$r_n$**

仅在剂量当量值变化的条件下,响应值  $R_n$  与参考响应  $R_0$  的商。由式(3)给出:

$$r_n = \frac{R_n}{R_0} \dots\dots\dots (3)$$

注:对于具有线性响应的剂量测量系统,  $r_n = 1$ 。

### 3.7

**包含因子 coverage factor**

**$k$**

为求得扩展不确定度,对测量结果的合成标准不确定度所乘的数字因子。

注1:包含因子  $k$  的典型范围在 2~3 内。

[GUM 2.3.6]

注2:扩展不确定度可以定义一个测量结果的区间,使用在 2~3 范围内的包含因子时该区间约有 95% 的值可以合理地认为是由被测量产生的。

### 3.8

**偏差 deviation**

**D**

当某一影响量相继取两个不同的值时,剂量测量系统对同一被测量值的指示值的差。由式(4)给出:

[GB/T 2900.77—2008 的 311-07-03,修改]

$$D = E - E_r \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$E$  ——受 S 类影响量影响的指示值;

$E_r$  ——参考条件下的指示值。

注1:该术语源于 GB/T 2900.77—2008 中的 311-07-03“(由影响量产生的)变化”,为了避免混淆“(指示值的)变化”和“响应的变化”,在本标准中将该术语称为偏差。

注2:偏差可正可负,分别取决于指示值的增加或减少。

### 3.9

**扩展不确定度 expanded uncertainty**

**U**

确定测量结果区间的量,该区间的大部分值可以合理地认为是由被测量产生的。

[GUM 2.3.5]

注1:扩展不确定度由合成标准不确定度乘以包含因子得到。

注2:在本标准中,置信水平取 95%。

## 3.10

**指示值 indicated value** **$E$** 

测量仪器根据其校准曲线直接给出的被测量值。

[GB/T 2900.77—2008 的 311-01-08]

注 1: 在本标准中,指示值是指剂量测量系统以剂量当量单位(Sv)给出的,作为最终评价结果的值(例如,软件显示、打印出),见 8.2。

注 2: 指示值等于本标准第一版(GB/T 10264—1988 的附录 C)和 ISO 12794:2000 附录 D 中的评定值。

注 3: 详细资料参见附录 B。

## 3.11

**影响量 influence quantity**

不是被测量却能影响测量结果的量。

注 1: 例如,使用千分尺测量长度时的温度。

[GB/T 2900.82—2008 的 394-40-27, GUM B.2.10]

注 2: 如果一个影响量对测量结果的影响取决于其他影响量,则将这些影响量作为一个影响量处理。在本标准中,有两对影响量的例子:

- a) “辐射能量和辐射入射角”属于这种情况;
- b) “环境温度和相对湿度”。

## 3.12

**S 类影响量 influence quantity of type S**

使指示值产生偏差的影响量,该偏差与指示值无关。

注 1: 例如,电磁骚扰。

注 2: 对 S 类影响量的所有要求以偏差  $D$  来表示。

注 3: “S”代表和。

## 3.13

**F 类影响量 influence quantity of type F**

在响应中影响指示值变化的影响量。

注 1: 例如,辐射能量和辐射入射角。

注 2: F 代表系数。

## 3.14

**测量范围的下限 lower limit range of measurement** **$H_{\text{low}}$** 

测量范围内的最低剂量值。

## 3.15

**最大额定测量时间 maximum rated measurement time** **$t_{\text{max}}$** 

从准备探测器到读出数据之间的最长时间,在此期间,满足本标准的全部要求。

注: 最大额定测量时间取决于测量范围下限  $H_{\text{low}}$ 、衰退等因素。

## 3.16

**测量范围 measuring range**

由两个被测量值或给定量值定义的范围,在此范围内,规定测量仪器不确定度限值。

[GB/T 2900.77—2008 的 311-03-12,修改]

注: 在本标准中,测量范围是剂量当量范围,在此范围中,满足本标准的要求并限定不确定度。

3.17

**最小额定(使用)范围** **minimal rated range (of use)**

为影响量或仪器参数规定的最小范围,在此范围内,剂量测量系统应按本标准的要求运行。

注:本标准涉及的影响量的最小额定范围在表 3~表 7 中的第 2 列给出。

3.18

**个人剂量当量** **personal dose equivalent**

$H_p(d)$

人体某一指定点下面适当深度  $d$  处的软组织内的剂量当量。

[ICRU 51]

注 1: 对贯穿辐射推荐深度是 10 mm,对于表面辐射推荐深度是 0.07 mm。[GB/T 2900.81—2008 的 393-14-97]

注 2: 软组织指 ICRU 的 4 元素组织,见 ICRU 39 号报告。

3.19

**试验点** **point of test**

辐射场中被测量约定真值已知的某一点。

[ISO 4037-3 中 3.2.6,修改]

3.20

**准备** **prepare**

剂量计或探测器在日常使用前进行的常规处理,例如:退火、清洁等。

[ISO 12794:2000 中 3.11,修改]

3.21

**(标称)额定(使用)范围** **(nominal) rated range (of use)**

影响量引起响应的偏差或变化不超出规定限值的指定数值范围。

[GB/T 2900.77—2008 中 311-07-05,修改]

注:在 GB/T 2900.77—2008 的 311-07-05 中,该术语称为“标称使用范围”。为了避免使用像“影响量的适用范围”这类复杂的术语但又像“影响量的额定范围”一样易读,本标准使用“额定范围”。

3.22

**读出** **readout**

在读出器里加热释光探测器并测量所发射光的过程。

[ISO 12794:2000 中 3.12]

3.23

**参考条件** **reference conditions**

一组规定值和(或)影响量的数值范围,在此条件下,剂量测量系统可接受的不确定度最小。

[GB/T 2900.77—2008 中 311-06-02,修改]

3.24

**参考方向** **reference direction**

剂量计坐标系的方向,单向辐射场中,通常要测量辐射入射方向相对于参考方向形成的夹角。

[ISO 4037-3 中 3.2.7]

3.25

**参考取向** **reference orientation**

辐射入射方向与剂量计的参考方向相一致时的剂量计方位。

[ISO 4037-3 中 3.2.8]

3.26

**剂量计的参考点** **reference point of a dosimeter**

在剂量计外部的实际标志所确定的点,用于将其定位于试验点。

[GB/T 2900.82—2008 中 394-40-15,修改]

3.27

**参考响应 reference response**

$R_0$

在参考条件下,被测量参考值  $C_{r,0}$  相应的指示值  $E_{r,0}$  与被测量参考值  $C_{r,0}$  的比值。由式(5)给出:

$$R_0 = \frac{E_{r,0}}{C_{r,0}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$E_{r,0}$ ——相应的指示值。

注 1: 参考响应是参考校准因子的倒数。

注 2: 参考值见表 2。

3.28

**相对扩展不确定度 relative expanded uncertainty**

$U_{rel}$

扩展不确定度除以测量结果。

3.29

**相对响应 relative response**

$r$

响应  $R$  与参考响应  $R_0$  的商。由式(6)给出:

$$r = \frac{R}{R_0} \dots\dots\dots (6)$$

3.30

**(辐射测量装置的)响应 response (of a radiation measuring assembly)**

$R$

在规定的条件下由式(7)给出的比值:

$$R = \frac{E}{C} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$E$ ——受试设备或装置指示的被测量值;

$C$ ——该量的约定真值。

[GB/T 2900.82—2008 中 394-40-21,修改]

注: 响应值可以随所测剂量的变化而变化。在这种情况下,剂量测量系统存在非线性响应。

3.31

**测量结果 result of a measurement**

赋予被测量的一组值。

注 1: 可选择全部测量结果的代表值作为被测量值,表征离散度的参数作为不确定度。

注 2: 测量结果与仪器指示值、通过校准和使用模型的修正值有关。

[GB/T 2900.77—2008 中 311-01-01,修改]

注 3: 在本标准中,“被测量值”(见注 1)简写为  $M$ ,见 3.44。

注 4: 在本标准中,“仪器给出的指示指”(见注 2)是“指示值” $E$ ,见 3.10。

注 5:  $M$  的估计值可能基于一个或多个指示值。

3.32

**(读出)信号 (readout)signal**

$S$

对探测器测读结束后读出器显示的量,通过该量评价剂量当量指示值。

注 1: 例如:光电倍增管测量的热释光致电荷量;热释光探测器加热发光曲线特定区域的面积;对加热发光曲线分析评价的拟合参数。

注 2: 原则上,从一个探测器可能得到多个信号(例如,从一条发光曲线分析得到数个拟合参数)。

注 3: 使用多个探测器意味着使用多个信号。

注 4: 在 GB/T 10264—1988 的 3.15 和 ISO 12794:2000 的 3.12 中,“信号”和“读出值”相似。

注 5: 详细信息参见本标准的附录 B。

3.33

(实验)标准偏差 (experimental)standard deviation

$s$

对于同一被测量的一组  $n$  次测量,量  $s$  表征测量结果的离散度。由式(8)给出:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$E_j$  ——第  $j$  次测量的结果;

$\bar{E}$  ——所考虑的  $n$  次测量结果的算术平均值。

注 1: 将此组的  $n$  个测量值作为结果分布的样本,  $\bar{E}$  为此分布的平均值  $\mu$  的无偏估计,  $s^2$  为此分布的方差  $\sigma^2$  的无偏估计。

注 2: 表达式  $s/\sqrt{n}$  是  $\bar{E}$  分布的标准偏差估算值,称为“实验平均标准偏差”。

注 3: “实验平均标准偏差”有时误称为“平均标准误差”。

[GB/T 2900.82—2008 中 394-40-40,修改]

3.34

标准试验条件 standard test conditions

进行校准或确定仪表响应时的一组影响量数值范围。

注 1: 理想条件下,校准宜在参考条件下进行。但参考条件并不是总能达到(如环境气压)或不容易达到(如环境温度),所以允许使用以参考条件为中心的一个(小)区间值。原则上,宜修正由于条件偏离参考条件所引起的校准因子的偏离。但实际上,往往设定一个不确定度作为判据,判断哪些影响量已经在修正中得到考虑或将其影响已包含在不确定度中。

注 2: 在型式试验中,非试验目的的影响量值均固定在标准试验条件范围内。

[ISO 4037-3 中 3.2.3]

3.35

标准不确定度 standard uncertainty

$u$

以标准偏差表示的测量结果的不确定度。

[GUM 2.3.1]

3.36

热释光 thermoluminescence

TL

某些物质呈现的一种特性,即被电离辐射或紫外线辐射照过的物质受热时发射光。

注: 严格讲,这种特性宜称为辐射致热释光,但通常简称为热释光。

[ISO 12794:2000 中 3.1]

3.37

热释光材料 thermoluminescent (TL) material

呈现热释光特性的物质。

[ISO 12794:2000 中 3.2]

## 3.38

**热释光探测器** thermoluminescent (TL) detector

(简称:探测器)

一定量的热释光材料,或该材料与其他非发光材料按一定重量比构成的具有确定重量、形状或尺寸的混合物。

[ISO 12794:2000 中 3.3]

## 3.39

**热释光剂量计** thermoluminescent (TL) dosimeter

(简称:剂量计)

由一个或多个热释光探测器组成的无源器件。探测器通常安装在适合使用的盒内,以便于人体佩戴或置于环境中用来评价它所处位置或附近的剂量当量。

[ISO 12794:2000 中 3.4]

## 3.40

**热释光剂量计读出器** thermoluminescent (TL) dosimeter reader

(简称:读出器)

测量热释光剂量计中探测器发射光的仪器,主要由加热装置、测光装置和相关电子学部分组成。

[ISO 12794:2000 中 3.5]

## 3.41

**热释光剂量测量系统** thermoluminescent dosimetry (TLD) system

(简称:剂量测量系统)

由热释光剂量计、读出器和全部附加设备、程序组成的完整系统,用于评价指示值。

## 3.42

**型式试验** type test

对代表产品的一个或多个物项进行的符合性试验。

[GB/T 2900.82—2008 中 394-40-02]

## 3.43

**测量范围上限** upper limit of the measuring range

$H_{up}$

在测量范围内指示的剂量最大值。

## 3.44

**被测量值** value of the measurand

$M$

将模型函数应用于测量结果后,由指示值  $E$  得到的值。

注 1: 不确定度模型函数将指示值  $E$  与参考校准因子  $N_0$ 、非线性响应修正  $r_n$ 、S 类影响量的第  $l$  个偏差  $D_p$  ( $p=1, \dots, l$ ) 以及 F 类影响量的第  $m$  个相对响应值  $r_q$  ( $q=1, \dots, m$ ) 合并:

$$M = \frac{N_0}{r_n \prod_{q=1}^m r_q} \left[ E - \sum_{p=1}^l D_p \right]$$

对于测量系统不确定度评价,该不确定度模型函数是必不可少的。

注 2: “模型”函数见 3.31 的注 2。

注 3: 除非特定影响量已知、已采用适当修正的情况,一般不按该模型函数进行计算。根据 GUM(见 GUM 的 3.1.6、3.4.1 和 4.1),该模型函数对于任何不确定度的确定是必不可少的。

注 4: 如果必要,可使用与某些剂量测量系统设计更接近的另一个模型函数。

注 5: 详细资料参见附录 B。

4 单位和符号

本标准使用国际单位制(SI)单位。此外,还可使用下列单位:

——能量:电子伏特(eV), $1\text{ eV} = 1.602\times 10^{-19}\text{ J}$ ;

——时间:年(a)、月、日(d)、小时(h)、分钟(min)。

按 SI 单位制的规定,可使用 SI 单位的倍数和分数单位。

剂量当量的 SI 单位是  $1\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

剂量当量单位的专门名称为希[沃特](Sv), $1\text{ Sv} = 1\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

表 1 给出了符号和缩写词。

表 1 符号和缩写词

符号	含义	单位
$\alpha$	辐射入射角	(°)
$\alpha_{\max}$	辐射入射角额定范围的最大值	(°)
$b$	一只剂量计的信号数,用于评价指示的剂量值	—
$C$	剂量约定真值	Sv
$C_i$	第 $i$ 照射组的剂量约定真值	Sv
$C_r$	在参考条件下(传递)剂量当量的剂量约定真值,剂量值 $C_r\neq C_{r,0}$ 除外	Sv
$C_{r,0}$	传递参考剂量的量值,见表 2 的第 1 行	Sv
$D$	偏差	Sv
$d$	ICRU 四元素组织或软组织内的深度,推荐深度为 10 mm 和 0.07 mm	m
$D_p$	由编号为 $p$ 的 S 类影响量产生的偏差	Sv
$E$	指示值	Sv
$E_r$	在参考条件下剂量当量的指示值,(传递)剂量当量值 $C_r\neq C_{r,0}$ 除外	Sv
$E_j$	多次等效测量时,第 $j$ 次测量的指示值, $j=1,\dots,n$	Sv
$\bar{E}_i$	第 $i$ 照射组的平均指示值	Sv
$E_K$	由剂量约定真值 $C_K$ 单独照射产生的剂量指示值	Sv
$E_{K+L}$	由剂量约定真值 $C_K+C_L$ 组合照射产生的剂量指示值	Sv
$E_L$	由剂量约定真值 $C_L$ 单独照射产生的剂量指示值	Sv
$E_r$	在参考条件下的剂量指示值,与参考条件不同的剂量当量值除外	Sv
$E_{r,0}$	在参考条件下由参考剂量 $C_{r,0}$ 照射产生的剂量指示值	Sv
$f(S_g)$	描述剂量测量系统内评价算法的函数,用于评价指示值	—
$g$	剂量计传输的某个特定信号的指示符	—
$H$	剂量当量,可以是 $H_p(10)$ 、 $H_p(0.07)$ 或 $H^*(10)$	Sv
$H_{\text{low}}$	测量范围的剂量下限	Sv
$H_{\text{up}}$	测量范围的剂量上限	Sv



表 1 (续)

符号	含义	单位
$H^*(10)$	深度为 10 mm 的周围剂量当量	Sv
$H^*(d)$	深度为 $d$ 的周围剂量当量	Sv
$H_p(0.07)$	深度为 0.07 mm 的个人剂量当量	Sv
$H_p(10)$	深度为 10 mm 的个人剂量当量	Sv
$H_p(d)$	深度为 $d$ 的个人剂量当量	Sv
$i$	受某一特定影响量影响的照射组指示符	—
$j$	受相同照射的 $n$ 个剂量计以外某个特定剂量计的指示符	—
$k$	包含因子	—
K	K 照射条件的符号,例如,3 mSv 和 N-80	—
$l$	S 类影响量的数量	—
L	L 照射条件的符号,例如,4 mSv 和 S-Co	—
$M$	被测量值	Sv
$m$	F 类影响量的数量	—
$n$	受相同照射的一组剂量计中剂量计的数量	—
$N_0$	(参考)校准因子	—
$p$	$l$ 个 S 类影响量以外的某个特定 S 类影响量的指示符	—
$q$	$m$ 个 F 类影响量以外的某个特定 F 类影响量的指示符	—
$r$	相对响应	—
$R$	响应	—
$R_0$	参考响应	—
$R_n$	在参考条件下的响应,与参考条件不同的剂量当量值除外	—
$r_n$	非线性响应修正	—
$r_q$	由第 $q$ 个 F 类影响量产生的相对响应, $q=1,\cdots,m$	—
$s$	标准偏差	作为可比较的量
$s_i$	第 $i$ 照射组的标准偏差	作为可比较的量
$S$	探测器的信号,一个探测器可得到多个信号	相互关联
$S_g$	剂量计的第 $g$ 个信号, $g=1,\cdots,b$	相互关联
$S_{g,K}$	K 辐射质产生的第 $g$ 个信号	相互关联
$S_{g,L}$	L 辐射质产生的第 $g$ 个信号	相互关联
$t_{\max}$	最大额定测量时间	月
$t_{n-1}$	$n$ 次重复测量的 Student's 分布 $t$ 因子	—
$U$	扩展不确定度	作为可比较的量
$U_{C,rel}$	约定真值的相对扩展不确定度	—
$U_{rel}$	相对扩展不确定度	—

表 1 (续)

符号	含义	单位
$U_m$	在 95%置信水平下某个平均值置信区间的半宽度	作为可比较的量
$U_{com}$	在 95%置信水平下某组合量的平均值置信区间的半宽度	作为可比较的量
$u$	标准不确定度	作为可比较的量
$v$	变异系数	—

5 一般试验方法

5.1 基本试验方法

5.1.1 使用说明

剂量测量系统的使用说明应在用户手册中明确给出,见第 15 章。对于型式试验和常规使用的全部说明应相同。

5.1.2 试验特性

除非在个别条款中另有规定,本标准列出的全部试验均认为是型式试验。

5.1.3 参考条件和标准试验条件

表 2 的第 2 列给出了参考条件。除非另有规定,试验应在表 2 第 3 列给出的标准试验条件下进行。

对于确定任一影响量变化的那些试验,所有其他的影响量应保持在表 2 给出的标准试验条件的限值以内,除非在试验程序方法中另有规定。

表 2 参考条件和标准试验条件

被测量,影响量	参考条件 (除非制造厂另有说明)	标准试验条件 (除非制造厂另有说明)
$H_p(10)$ 和 $H^*(10)$ 的参考剂量当量 $C_{r,0}$ $H_p(0.07)$ 的参考剂量当量 $C_{r,0}$	3 mSv 10 mSv	1 mSv~10 mSv 3 mSv~30 mSv
$H_p(10)$ 和 $H^*(10)$ 的光子辐射能量 $H_p(0.07)$ 的光子辐射能量	S-Cs (ISO 4037)* N-80*	S-Cs (ISO 4037)* N-80*
$H_p(0.07)$ 的 $\beta$ 辐射能量	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)*	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)*
辐射入射角	制造厂给出的参考方向	给出的方向 $\pm 2^\circ$
环境温度	20 $^\circ\text{C}$	15 $^\circ\text{C}$ ~25 $^\circ\text{C}^b$
相对湿度	65%	50%~75% <sup>b</sup>
大气压力	101.3 kPa	86.0 kPa~106.6 kPa <sup>b</sup>
电源电压	标称电压	标称电压(1 $\pm$ 1%)
频率	标称频率	标称频率(1 $\pm$ 1%)
交流电源波形	正弦波	正弦波总谐波失真小于 5%

表 2 (续)

被测量,影响量	参考条件 (除非制造厂另有说明)	标准试验条件 (除非制造厂另有说明)
外界电磁场	可忽略	小于引起干扰的最小值
外界磁感应	可忽略	小于两倍的地球磁场感应
剂量计控制旋钮	调到正常工作状态	调到正常工作状态
辐射本底	周围剂量当量率 0.1 μSv/h 或更小	周围剂量当量率小于 0.25 μSv/h
放射性物质的污染	可忽略	可忽略
<p><sup>a</sup> 如果需要并征得用户同意、使用适当的修正因子,可使用其他源。</p> <p><sup>b</sup> 宜说明试验时这些量的实际值。宜对剂量当量的约定真值进行偏离参考条件的修正。高海拔地区允许大气压力的下限为 70 kPa。</p>		

5.1.4 参考辐射的产生

所用辐射源的性质、结构和使用条件应符合 ISO 4037 系列标准和 ISO 6980 系列标准。

5.1.5 试验的体模选择

对于所有使用体模的试验,应使用 ISO 4037-3 中描述的 ISO 体模。在适用的 ISO 标准(ISO 4037 或 ISO 6980)中规定了照射几何条件。

5.1.6 试验时剂量计的位置

对于所有使用辐射的试验,应将剂量计的参考点置于试验点,并且剂量计的取向为参考取向。但对于确定响应随入射角变化的试验不适用。

5.2 每次试验需考虑的试验方法

5.2.1 每次试验使用的剂量计数量

任何一次试验使用的剂量计数量  $n$  (或照射次数) 不必相同,但可根据附录 A 确定。然而,随意使用 4、5、8、10、20 支剂量计(或照射次数),其学生分布的  $t$  值可从表 A.1 查到,分别是 3.18、2.78、2.37、2.26、2.09。

注: 使用附录 A,满足性能要求的置信水平为 95%。

5.2.2 约定真值的不确定度

应考虑剂量当量约定真值  $C$  的相对扩展不确定度  $U_{C,rel}$ 。 $U_{C,rel}$  应小于 7% (0.07),实验室应按 ISO GUM:1995 确定  $U_{C,rel}$ 。

5.2.3 非线性响应

对于全部试验,应通过下列措施避免非线性响应的影响:

- 对于具有线性响应的仪器,可自由选择与经校准仪器特性一致的被测量值;
- 对于具有非线性响应的仪器,指示值宜近似为  $E_{r,0} = C_{r,0} / N_0$  (见 3.3)。被测量不是一个影响量。

实用的方法是从非线性试验开始并在可忽略非线性(1%~2%)的剂量区域进行其他试验。

5.2.4 天然本底辐射

对于光子和β辐射的低剂量当量或低剂量当量率测量,需要考虑天然本底辐射对剂量当量的贡献。通常使用相当数量的剂量计(最少 10 支)作为本底剂量计。这些剂量计与试验剂量计以同样方式处理,但不受照射。试验剂量计的指示值应扣除这些本底剂量计的平均指示值。

5.2.5 剂量计有多个探测器或信号的情况

如果使用多个信号(见 3.32)或多个探测器(见 3.38)评价指示值,必要时应对所有探测器或信号进行全部试验。如果使用不同信号评价测量范围不同区域或影响量不同区域的指示值时,有必要分别进行试验。

注 1: 如果出现这种情况,意味着本标准的全部试验量要乘以不同范围内使用的信号数量。

注 2: 示例:

- 1) 如果第二个探测器或信号用于评价剂量当量大于 200 mSv 的剂量,对于该探测器或信号,应在其工作范围内测量本标准的全部要求,即大于 200 mSv 的剂量当量。
- 2) 如果第二个探测器或信号用于评价很低能量粒子的剂量(例如,很薄的探测器用于低能β辐射),对于该探测器或信号,应在其工作范围内测量本标准的全部要求,即低能粒子。

5.2.6 试验的效率

通过照射不同的剂量计组进行不同影响量的影响试验:一组是参考组,其他几组是测量影响量影响的试验组。为了限制必要的照射次数,将第 10 章~第 13 章的试验合并,仅需两个或三个参考组。

附录 C 给出了按本标准进行一次型式试验所需照射次数的列表。

6 性能要求: 概述

根据被测量的不同,表 3~表 5 给出了剂量测量系统的性能要求。 $H_p(10)$ 见表 3, $H_p(0.07)$ 见表 4, $H^*(10)$ 见表 5。

表 6~表 8 给出了表 3~表 5 中某些项目的详细说明。

表 3  $H_p(10)$ 剂量计的性能要求

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
1	剂量测量系统的功能	测量范围、影响量、 $t_{max}$ 、模型函数	由制造厂提供型式试验的文件	7
2	剂量测量系统设计的有关要求	剂量指示值,读出器、剂量计和评价算法的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	8
3	非预定辐射对测量的影响	对热中子、 $^{252}\text{Cf}$ 和 $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O}$ 慢化) 的响应	由制造厂说明响应	8.7
4	由非线性产生的相对响应	$0.1\text{ mSv} \leq H \leq 1\text{ Sv}$	$-9\% \sim +11\%$	9.3
5	变异系数, $v$	$H < 0.1\text{ mSv}$ $0.1\text{ mSv} \leq H < 1.1\text{ mSv}$ $H \geq 1.1\text{ mSv}$	15% $\left(16 - \frac{H}{0.1\text{ mSv}}\right)\%$ 5%	9.2
6	过载、残余效应和复用性	测量范围上限的 10 倍,即 $10H_{up}$ , 但最大值 10 Sv	观察到超出测量范围高端和残余效应不可导致错误测量	9.4

表 3 (续)

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
7	对平均光子辐射能量和入射角的相对响应	80 keV~1.25 MeV, 与参考方向呈 0°~±60°	-29%~+67%	9.5.1
8	对平均 β 辐射能量的相对响应	0.8 MeV	指示值为最大剂量当量 $H_p(0.07)$ 的 10%	9.5.2
9	与第 7 项和第 8 项相同, 但参考方向相反	如果制造厂未说明, 见第 7 项和第 8 项	如果制造厂未说明, 见第 7 项和第 8 项	8.4 f)
10	从剂量计侧面入射的辐射	从 60°~120°入射辐射	指示值小于正面照射指示值的 1.2 倍	9.7
11	指示值的叠加性	不同辐射质照射	-9%~+11%	10
12	由环境性能要求产生的相对响应	温度、光照、时间, 见表 6	±20%	11
13	由电磁性能要求产生的偏差	见表 7	±1.1 $H_{low}$	12
14	由机械性能要求产生的偏差	跌落、振动, 见表 8	±0.8 $H_{low}$	13
15	软件、数据和接口	软件的可靠性、数据的准确性和完整性	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	14
16	使用手册	正确使用仪器的信息、系统性能的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	15

相对响应  $r$  的非对称界限由校准因子  $(1/r)$  的对称界限导出, 例如:  
 $(1/r)$  的 ±40%  $\equiv (1/r) \in [0.6, 1.4] \rightarrow r \in [1/0.6, 1/1.4] \equiv [0.71, 1.67] \equiv r$  的 -29%~+67%。

表 4  $H_p(0.07)$  剂量计的性能要求

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
1	剂量测量系统的特性	测量范围、影响量、 $t_{max}$ 、模型函数	由制造厂提供型式试验的文件	7
2	有关剂量测量系统设计的要求	剂量指示值, 读出器、剂量计和评价算法的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	8
3	非预定辐射对测量的影响	对热中子、 $^{252}\text{Cf}$ 和 $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O}$ 慢化) 的响应	由制造厂说明响应	8.7
4	由非线性产生的相对响应	$1 \text{ mSv} \leq H \leq 10 \text{ Sv}$	-9%~+11%	9.3
5	变异系数, $v$	$H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $H \geq 11 \text{ mSv}$	15% $\left(16 - \frac{H}{1 \text{ mSv}}\right)\%$ 5%	9.2
6	过载、残余效应和复用性	测量范围上限的 10 倍, 即 $10H_{up}$ , 但最大值 10 Sv	观察到超出测量范围高端和残余效应不可导致错误测量	9.4

表 4 (续)

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
7	对平均光子辐射能量和入射角的相对响应	30 keV~250 keV,与参考方向呈 0°~±60°	-29%~+67%	9.6.1
8	对平均 β 辐射能量的相对响应	0.24 MeV~0.8 MeV,与参考方向呈 0°~±60°	-29%~+67%	9.6.2
9	与第 7 项和第 8 项相同,但参考方向相反	如果制造厂未说明,见第 7 项和第 8 项	如果制造厂未说明,见第 7 项和第 8 项	8.4 f)
10	从剂量计侧面入射的辐射	从 60°~120°入射辐射	指示值小于正面照射指示值的 1.2 倍	9.7
11	指示值的叠加性	不同辐射质照射	-9%~+11%	10
12	由环境性能要求产生的相对响应	温度、光照、时间,见表 6	±20%	11
13	由电磁性能要求产生的偏差	见表 7	±1.1H <sub>low</sub>	12
14	由机械性能要求产生的偏差	跌落、振动,见表 8	±0.8H <sub>low</sub>	13
15	软件、数据和接口	软件的可靠性、数据的准确性和完整性	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	14
16	使用手册	正确使用仪器的信息、系统性能的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	15

相对响应  $r$  的非对称界限由校准因子  $(1/r)$  的对称界限导出,例如:  
 $(1/r)$  的  $\pm 40\% \equiv (1/r) \in [0.6, 1.4] \rightarrow r \in [1/0.6, 1/1.4] \equiv [0.71, 1.67] \equiv r$  的  $-29\% \sim +67\%$ 。

表 5  $H^*(10)$  剂量计的性能要求

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
1	剂量测量系统的特性	测量范围、影响量、 $t_{\max}$ 、模型函数	由制造厂提供型式试验的文件	7
2	有关剂量测量系统设计的要求	剂量指示值、读出器、剂量计和评价算法的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	8
3	非预定辐射对测量的影响	对热中子、 $^{252}\text{Cf}$ 和 $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O}$ 慢化)的响应	由制造厂说明响应	8.7
4	由非线性产生的相对响应	$0.1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$ $0.5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$	-9%~+11% ±5%	9.3
5	变异系数, $v$	$H < 0.5 \text{ mSv}$ $0.5 \text{ mSv} \leq H < 20 \text{ mSv}$ $H \geq 20 \text{ mSv}$	5% 3% 5%	9.2
6	过载、残余效应和复用性	测量范围上限的 10 倍,即 $10H_{\text{up}}$ ,但最大值 10 Sv	观察到超出测量范围高端和残余效应不可导致错误测量	9.4

表 5 (续)

序号	试验特性	主要特性或最小测量范围 或影响量的最小额定范围	额定范围内的性能要求	条款编号
7	对平均光子辐射能量和入射角的相对响应	80 keV ~ 1.25 MeV, 0° ± 75°、180° ± 75°、75° ~ 105°	-29% ~ +67% -33% ~ +100%	9.5.1
8	对平均 β 辐射能量的相对响应	0.8 MeV	指示值为最大剂量当量 $H_p(0.07)$ 的 10%	9.5.2
9	指示值的叠加性	不同辐射质照射	-9% ~ +11%	10
10	由环境性能要求产生的相对响应	温度、光照、时间,见表 6	±20%	11
11	由电磁性能要求产生的偏差	见表 7	±1.1 $H_{low}$	12
12	由机械性能要求产生的偏差	跌落、振动,见表 8	±0.8 $H_{low}$	13
13	软件、数据和接口	软件的可靠性、数据的准确性和完整性	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	14
14	使用手册	正确使用仪器的信息、系统性能的信息	由制造厂提供型式试验和在型式试验期间检查的文件	15

相对响应  $r$  的非对称界限由校准因子  $(1/r)$  的对称界限导出,例如:  
 $(1/r)$  的 ±40%  $\equiv (1/r) \in [0.6, 1.4] \rightarrow r \in [1/0.6, 1/1.4] \equiv [0.71, 1.67] \equiv r$  的 -29% ~ +67%。

表 6 剂量计和读出器的环境性能要求

序号	试验特性	影响量的最小额定范围	额定范围内 相对响应的最大允许变化	条款编号
1	电气和环境影响量的总影响,第 2 项~第 9 项给出	按第 2 项~第 9 项	$20\% \geq \sqrt{\sum_{2\text{项} \sim 9\text{项}} \left(\frac{1}{r_q} - 1\right)^2}$	11.1.1 和 11.10
2	(剂量计)由环境温度和相对湿度产生的相对响应	a) 室内使用 5 °C ~ 40 °C; b) 室外使用(个人剂量计) -10 °C ~ 40 °C; c) 环境剂量计 -20 °C ~ 50 °C; 相对湿度 40% ~ 90%,无冷凝 (最大水汽含量 30 g/m <sup>3</sup> )	-17% ~ +25%	11.2
3	(剂量计)由光照产生的相对响应	0 W/m <sup>2</sup> ~ 1 000 W/m <sup>2</sup> (光谱相当于明亮的阳光)	-9% ~ +11%	11.3
4	(剂量计)剂量累积、衰减、自辐照和对天然辐射的响应	最大额定测量时间: $t_{max} \geq 1$ 个月	-9% ~ +11% 和 $v(H_{low})$ , 根据表 3~表 5 的第 5 项及 $ E_{nat} - C_{nat}  \leq H_{low}$	11.4
5	(剂量计)密封	防止外物侵入	说明预防措施	11.5

表 6 (续)

序号	试验特性	影响量的最小额定范围	额定范围内 相对响应的最大允许变化	条款编号
6	(读出器)由读出器稳定性产生的相对响应	在 $t_{\max}$ 期间的稳定	$-9\% \sim +11\%$	11.6
7	(读出器)由环境温度产生的相对响应	$10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 持续 4 h	$-9\% \sim +11\%$ 和 $v(H_{\text{low}})$ , 根据表 3~表 5 的第 5 项	11.7
8	(读出器)由光照产生的相对响应	$0\text{ W/m}^2 \sim 1\text{ }000\text{ W/m}^2$ (光谱相当于明亮的阳光)	$-9\% \sim +11\%$ 和 $v(H_{\text{low}})$ , 根据表 3~表 5 的第 5 项	11.8
9	(读出器)由电源变化产生的相对响应	电源电压: 标称值 ( $85\% \sim 110\%$ ); 频率: 标称值 ( $98\% \sim 102\%$ )	$-9\% \sim +11\%$ 和 $v(H_{\text{low}})$ , 根据表 3~表 5 的第 5 项	11.9

表 7 按第 12 章对读出器电磁骚扰的性能要求

序号	影响量	影响量的最小 额定范围	试验方法	额定范围内的 最大允许偏差 $D_p$
1	所有电磁骚扰的影响由第 2 项~第 9 项给出	按第 2 项~第 9 项	按第 2 项~第 9 项	$1.1H_{\text{low}} \geq \sqrt{\sum_{2\text{项} \sim 9\text{项}} D_p^2}$
2	静电放电	0 kV~±8 kV 空气放电; 0 kV~±4 kV 接触放电	IEC 61000-4-2	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
3	射频调幅电磁场	80 MHz~1 000 MHz; 0 V/m~10 V/m(均方根, 未调制); 80% AM(1 kHz)	IEC 61000-4-3	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
4	射频调幅电磁场	800 MHz~960 MHz 和 1.4 GHz~2.4 GHz; 0 V/m~20 V/m(均方根, 未调制); 80% AM(1 kHz)	IEC 61000-4-3	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
5	传导骚扰: 快速瞬变	0 kV~±2 kV(交流电源端口); 0 kV~±1 kV(信号端口)*; 0 kV~±1 kV(接地端口); 5/50 ns( $t_r/t_h$ ); 5 kHz 重复频率	IEC 61000-4-4	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
6	传导骚扰: 浪涌	0 kV~±2 kV(交流电源端口, 线对地); 0 kV~±1 kV(交流电源端口, 线对线); 0 kV~±1 kV(信号端口, 线对地); 1.2/50(8/20) $\mu\text{s}$ ( $t_r/t_h$ )	IEC 61000-4-5	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
7	传导骚扰: 射频共模	150 kHz~80 MHz; 0 V~10 V(均方根, 未调制); 80% AM(1 kHz); (信号端口, 交流电源端口和接地端口)	IEC 61000-4-6	$\pm 0.7H_{\text{low}}$
8	电源频率、磁场	50 Hz, 30 A/m	IEC 61000-4-8	$\pm 0.7H_{\text{low}}$



表 7 (续)

序号	影响量	影响量的最小 额定范围	试验方法	额定范围内的 最大允许偏差 $D_p$
9	传导骚扰:电压暂降	0.5 个周期降 30%; 5 个周期降 60%	IEC 61000-4-11	$\pm 0.7 H_{low}$
* 只有当电缆长度大于 3 m 时,才需得到制造厂允许。				

表 8 剂量计和读出器的机械性能要求

序号	影响量	影响量的最小额定范围	额定范围内的最大允许偏差 $D_p$	条款编号
1	所有机械性能的影响由第 2 项和第 3 项给出	按第 2 项和第 3 项	$0.8 H_{low} \geq \sqrt{\sum_{2\text{项} \sim 3\text{项}} D_p^2}$	13.1.1 和 13.4
2	(剂量计)跌落到表面	从 1 m 高处跌落至混凝土表面(IEC 60068-2-32)	$\pm 0.7 H_{low}$	13.2
3	振动(剂量计和读出器小于 15 kg)	$50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (50 Hz 的频率)	$\pm 0.7 H_{low}$	13.3

7 剂量测量系统的功能

7.1 概述

应由制造厂说明下面使用的测量范围。剂量测量系统在这些范围内的试验应满足本标准的要求。应在剂量测量系统的文件(使用手册)中给出测量范围,以使剂量测量系统的用户了解仪器的功能。

7.2 测量范围和辐射类型

根据剂量学量的不同,测量范围限值应该至少覆盖表 3~表 5 的第 4 项给出的最小范围。应说明剂量计设计所针对的辐射类型。

7.3 影响量的额定范围

制造厂应在文件中说明任一影响量的额定范围。表 3~表 8 的第 3 列给出了每个影响量的最小范围。在额定范围内,应满足本标准的全部要求。

7.4 最大额定测量时间  $t_{max}$

制造厂应说明剂量测量的最大额定持续时间  $t_{max}$ 。此时间内满足本标准的要求,尤其应满足变异系数的要求。  
最大额定测量时间应至少一个月。

7.5 复用性

只要性能满足本标准的要求,就可以考虑剂量计的重复使用。如果剂量计不能无限次重复使用或其可用性取决于剂量计的历史,制造厂应说明这些情况。制造厂应给出剂量计使用的总次数和剂量值,高于该剂量值,剂量计不能再重复使用。所有重复使用的剂量计应满足与变异系数有关的性能要求。  
注:复用性受限的例子如大剂量照射后 TL 探测器零点信号显著增加。

7.6 模型函数

制造厂应说明剂量测量系统测量所用模型函数的通用表达式。制造厂可使用 3.44 中注 1 的示例或其他函数。制造厂应说明模型函数变量之间的相互关系。这些变量是校准因子、相对响应和偏差。

7.7 剂量测量系统特性示例

随意选取至少覆盖最小额定范围的下列数值,这些数值因剂量测量系统的不同而异。

用于测量由光子辐射产生的  $H_p(10)$  的剂量测量系统:

测量范围:  $0.05 \text{ mSv} \leq H_p(10) \leq 4 \text{ Sv}$ 。

对不同影响量,覆盖下列使用范围:

- 光子能量和入射角:  $50 \text{ keV} \sim 1.4 \text{ MeV}$  和  $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ ;
- 环境温度和相对湿度(剂量计):  $-15^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$  和  $40\% \sim 90\%$ ;
- 环境温度(读出器):  $10^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ ;
- 光照(剂量计和读出器): 高达  $1\,000 \text{ W/m}^2$ ;
- 电磁干扰(读出器): 最小范围,见表 7;
- 机械性能: 最小范围,见表 8。

最大额定测量时间: 6 个月。

剂量测量系统的剂量计可重复使用,除非其受到高达  $200 \text{ mSv}$  剂量当量的单次照射。

模型函数见式(9),详见 3.44 和附录 B。

$$M = \frac{N_0}{r_n \times r_{e,\alpha} \times r_{\text{env}}} \times [E - D_{\text{EMC}} - D_{\text{mech}}] \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $M$  ——被测量值;
- $N_0$  ——参考校准因子;
- $r_n$  ——由非线性产生的相对响应;
- $r_{e,\alpha}$  ——由能量和入射角产生的相对响应;
- $r_{\text{env}}$  ——由环境影响产生的相对响应;
- $E$  ——剂量测量系统的指示值;
- $D_{\text{EMC}}$  ——由电磁干扰引起的偏差;
- $D_{\text{mech}}$  ——由机械特性引起的偏差。

8 剂量测量系统设计的有关要求

8.1 概述

针对型式试验要求,制造厂应以书面形式提供本章要求的信息(使用手册中不要求)。剂量测量系统在使用期间,能够通过“查看”方式检查给出的要求。

8.2 剂量指示值(剂量测量系统)

指示值应以剂量当量的单位给出,如  $\mu\text{Sv}$ 。显示器还应清楚显示被测量。

如果读出器具有量程转换功能,应自动转换量程。

指示值的分辨率应好于 2%。在测量范围下限  $H_{\text{low}}$  处,10%的分辨率已足够。

注:这意味着在测量范围的下限  $H_{\text{low}}$  处至少显示两位有效数字。例如:  $H_{\text{low}} = 0.1 \text{ mSv}$  时,应显示  $0.10 \text{ mSv}$ 。大于  $10H_{\text{low}}$  时,应显示三位有效数字:  $1.00 \text{ mSv}$ 。

### 8.3 剂量计(剂量测量系统)的剂量赋值

应按剂量计的来源有区别地将指示值赋予剂量计。

注：为了确保赋值准确，从剂量计取出探测器的过程需特别小心。完成数据评价后，应将剂量计编号与指示值合并在一个数据组中一并处理。

### 8.4 仪器给出的信息(读出器和剂量计)

读出器和剂量计上应清晰可见地显示下列信息(仅当剂量计上有足够空间的情况)：

- 剂量测量系统分配给读出器和剂量计的标识；
- 被测量及其测量范围；
- 剂量计适用的辐射类型(如光子和/或  $\beta$ )；
- 粒子的额定能量范围；
- 仅在剂量计上显示：参考点和参考取向(或在手册中给出)；
- 仅在剂量计上显示：如果剂量计设计上不允许用户在两个取向上使用，那么剂量计应在两个取向上满足本标准的要求或明确说明剂量计在错误取向上使用可能产生错误结果；
- 仅在剂量计上显示：用户可读的识别码应始终在剂量计上。

注：b)~d)的示例： $0.1 \text{ mSv} \leq H_p(0.07) \leq 3 \text{ Sv}$ ； $65 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} \leq 1.4 \text{ MeV}$ ； $0.24 \text{ MeV} \leq E_{\text{Beta}} \leq 0.8 \text{ MeV}$ 。

### 8.5 放射性污染的滞留和去除(剂量计)

剂量计设计时应使放射性污染滞留最小，并易于去污。可以给剂量计配备一个附加护套，但有护套保护的剂量计仍应满足本标准的要求。

### 8.6 评价指示值的算法(剂量测量系统)

按本标准进行的型式试验，制造厂应给出从探测器信号开始的指示值评价算法。

如果使用多个信号评价指示值，制造厂应提供读出探测器各个信号供型式试验使用的选项。

注 1：附录 B 给出了信号、评价值和评价算法的详细说明。

注 2：该算法可以保密，仅供型式试验目的的实验室使用。

### 8.7 混合辐射场用的剂量计(剂量测量系统)

制造厂应在使用手册中说明，如果剂量计用于非设计目的的辐射场(例如：光子剂量计在光子、中子混合辐射场中使用)，这类辐射场对剂量计可能产生的影响(见第 15 章)。上述例子中，对于只能测量光子辐射的剂量计，中子辐射是一个影响量。制造厂应说明剂量计分别对热中子、铀源中子和重水慢化铀源中子的辐射响应。在中子照射不可避免的情况下，应按 ISO 8529 系列标准测量。

根据这些信息，用户可使用测量中子辐射的另一个剂量计确定对总剂量的影响。

## 9 辐射性能要求与试验(剂量测量系统)

### 9.1 概述

本章所述影响量均为 F 类影响量。

对于每种辐射质，应至少照射  $n(n=4)$  支剂量计。

如果剂量测量系统使用多个信号评价指示值，应考虑第 10 章的要求。在进行第 9 章要求的试验期间，应获得第 10 章所要求试验的必要信息。

### 9.2 变异系数

指示值的统计涨落应满足表 3~表 5 第 5 项规定的要求。

试验应与非线性响应试验一同进行。试验方法见 9.3。

9.3 非线性响应

9.3.1 要求

对于光子或  $\beta$  参考辐射,在整个测量范围内由剂量当量改变引起的响应变化不应超过表 3~表 5 第 4 项给出的值。

9.3.2 试验方法

a) 辐射源

对于  $H_p(10)$  和  $H^*(10)$ ,应使用  $^{137}\text{Cs}$  或  $^{60}\text{Co}$  源进行光子辐射试验。对于  $H_p(0.07)$ ,光子辐射试验的辐射质适用 H-300, $\beta$  辐射适用  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 。在试验期间,剂量计应在要求的体模(见 5.1.5)上以参考方向进行照射。

注:如果试验不能在要求的体模上进行(例如,由于不能产生要求的剂量率),也可在自由空气中进行试验,前提是用自由空气中照射的修正因子代替体模上照射的修正因子。对于试验的剂量计和使用的辐射质,修正因子是特定的,需要专门确定。

b) 进行的试验

应分别使用光子辐射和  $\beta$  辐射进行试验。

试验应照射 12 组剂量值,每组剂量值照射  $n_i=5$  支剂量计。例如,在测量范围为 0.1 mSv~1 Sv 的情况下(在两个剂量值下限处,两组应各照射  $n_i=5$  支剂量计),试验的剂量值应为:

0.1 mSv	0.1 mSv	0.3 mSv	0.3 mSv	1 mSv	3 mSv
10 mSv	30 mSv	100 mSv	300 mSv	1 000 mSv	

另外,在测量范围变化附近(如果已知)增加一个剂量值。

在测量范围为 1 mSv~10 Sv 的情况下,上述剂量值应乘以 10。

对每个剂量约定真值  $C_i$  确定平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。 $\overline{E}_i$  由照射相同剂量当量的全部剂量计确定,但不适用于标准偏差  $s_i$ 。

9.3.3 结果解释

对于每个剂量约定真值  $C_i$ ,如果不等式  $0.91 \leq \left[ \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right] \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.11$  成立,并且对于限定范围的  $H^*(10)$ (见表 5 第 4 项),如果不等式  $0.95 \leq \left[ \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right] \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.05$  成立,那么认为满足 9.3.1 的要求。

对于每个剂量约定真值  $C_i$ ,如果  $\frac{1}{1.77} \cdot \frac{s_i}{\overline{E}_i}$  值不大于表 3~表 5 第 5 项给出的数值;对于超过两个  $C_i$  和两个  $C_i$  不相邻的值,如果  $\frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{\overline{E}_i}$  值不大于表 3~表 5 第 5 项给出的数值,那么认为满足 9.2 的要求。

注 1:该试验方法可能无法精确测量变异系数。因此,试验结合了单边  $\chi^2$  试验的统计学方法。变异系数等于要求值 0.9 倍的剂量测量系统通过试验的概率约为 80%。变异系数等于要求值 1.1 倍的剂量测量系统不能通过试验的概率约为 80%。

注 2:结果的解释:对于每个剂量约定真值  $C_i$ ,如果  $\frac{s_i}{\overline{E}_i}$  值不会大于要求的值(常规的试验方法),那么变异系数等于

要求值 0.9 倍的剂量测量系统不能通过试验的概率约为 98%。换言之,如果“ $\frac{s_i}{\overline{E}_i}$  值不会大于要求值”的试验方法满足 85% 的概率,其变异系数一定不会大于要求值的 0.63 倍。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ ,  $\frac{C_{r,0}}{C_i}$  的相对扩展不确定度可忽略(低于 2%)。

## 9.4 过载特性、残余效应和复用性

### 9.4.1 要求

要求分为以下 3 部分:

- 过载识别:当以测量范围上限 10 倍的剂量  $10H_{\text{up}}$  (但最大剂量为 10 Sv)照射剂量计时,指示值不应小于  $H_{\text{up}}$ ,系统应显示过载信息。
- 残余效应:如果受高剂量照射的剂量计在随后的测量中产生残余效应,应采取适当的措施确保随后的测量满足本标准的要求。
- 复用性:如果剂量计不能无限次重复使用或其可用性取决于剂量计的照射史,制造厂应说明这些情况(见 7.5)。通常,最近一次的高剂量照射会对剂量计的复用性产生负面影响。一支仍然认为可以使用的剂量计应满足本标准的全部要求。

### 9.4.2 试验方法

本项试验需要用参考源照射 4 组剂量计。

第 1 组:参考组,应以  $C_{r,0}$  照射  $n(n \geq 5)$  支剂量计;

第 2 组:应以测量范围上限值 10 倍的剂量  $10H_{\text{up}}$  或 10 Sv(取较小值)照射一支剂量计;

第 3 组:应以测量范围下限值的剂量  $H_{\text{low}}$  照射  $n(n \geq 10)$  支剂量计;

第 4 组:应以可重复使用的最大剂量值照射  $n(n \geq 10)$  支剂量计,该剂量值由制造厂给出(见 7.5)。然后,按准备新一次照射的常规方法准备剂量计。最后,应以等于测量范围下限的剂量当量  $H_{\text{low}}$  照射剂量计。

剂量计按上述顺序读出。

对于每个剂量值,确定其平均指示值  $\overline{E_i}$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 9.4.3 结果解释

第 2 组(仅一支剂量计)的指示值至少应该是测量范围的上限,系统应显示过载信息。

对于其他 3 组剂量计,如果不等式  $0.91 \leq \left[ \frac{\overline{E_i}}{E_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right] \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.11$  成立和  $\frac{s_i}{\overline{E_i}}$  应小于表 3~表 5

第 5 项给出的数值,认为满足 9.4.1 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ ,  $\frac{C_{r,0}}{C_i}$  的相对扩展不确定度可忽略(低于 2%)。

## 9.5 $H_p(10)$ 和 $H^*(10)$ 剂量计的辐射能量和入射角

### 9.5.1 光子辐射

#### 9.5.1.1 要求

由辐射能量和入射角在额定范围内变化引起的相对响应变化不应超过表 3~表 5 第 7 项分别给出的  $H_p(10)$  或  $H^*(10)$ 。

#### 9.5.1.2 试验方法

应使用 ISO 4037 规定的下列辐射质:

——N-15、N-20、N-30、N-40、N-60、N-80、N-100、N-150、N-200、N-300;

——S-Cs( $^{137}\text{Cs}$ )、S-Co( $^{60}\text{Co}$ )、R-C(4.4 MeV)、R-F(6.7 MeV)。

应采用下列辐射能量和入射角  $\alpha$  进行照射：

$\alpha$	$H_p(10)$ 剂量计(在 5.1.5 规定的体模上照射)	$H^*(10)$ 剂量计(在自由空气中照射)
0°	平均能量在额定能量范围内的全部辐射质	平均能量在额定能量范围内的全部辐射质
±60°	额定能量范围内的 3 个最低能量	额定能量范围内的 3 个最低能量
± $\alpha_{\max}$	额定能量范围内的 3 个最低能量	额定能量范围内的 3 个最低能量
90°	9.7 的要求	额定能量范围内的 3 个最低能量
±(180°- $\alpha_{\max}$ )	同 $\alpha_{\max}$ , 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验[见 8.4 f)]	同 $\alpha_{\max}$ , 如果剂量计对称, 无需进行试验
±120°	同 60°, 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验[见 8.4 f)]	同 60°, 如果剂量计对称, 无需进行试验
±180°	同 0°, 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验[见 8.4 f)]	同 0°, 如果剂量计对称, 无需进行试验

对于  $\alpha \neq 0^\circ$ 、 $\alpha \neq 90^\circ$  和  $\alpha \neq 180^\circ$  的试验条件, 试验应在通过剂量计参考点、包括参考方向的两个相互垂直平面上进行。如果剂量计的结构不对称, 对某一入射角, 应从不同方向进行照射。

对于  $H^*(10)$  剂量计和  $\alpha = 90^\circ$  的试验条件, 照射期间剂量计应围绕其参考方向旋转。如果不能旋转, 应使用不同极角以  $45^\circ$  递增连续 8 次照射同一剂量计。当  $\alpha = 90^\circ$  时, 参考方向与辐射束垂直。

对于  $H_p(10)$  剂量计和  $\alpha \geq 90^\circ$  的试验条件, 应将剂量计置于体模上背对辐射源(检查错误方向佩戴是否产生不良结果)。

对于每种辐射质, 确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

注 1:  $i$  指接受相同照射的一组剂量计, 例如: N-30、60°(从上面)照射。意思是指对于一个人射角, 不同方向(水平从右至左、垂直从上至下)的照射不能平均。

注 2: 对于  $H_p(10)$  剂量计, 3 个最低照射能量的每一个, 至少照射 5 组剂量计: 1 组  $0^\circ$ 、其他 4 组  $60^\circ$ 。

注 3: 对于  $H^*(10)$  剂量计, 3 个最低照射能量的每一个, 至少照射 10 组剂量计: 1 组  $0^\circ$ 、4 组  $60^\circ$ 、4 组  $75^\circ$ 、1 组  $90^\circ$ 。

9.5.1.3 结果解释

对于  $H_p(10)$  剂量计, 应以  $C(\alpha) = C(\alpha - 180^\circ)$  给出入射角  $\alpha > 90^\circ$  的约定真值  $C$ 。例如, 如果剂量计佩戴方向错误,  $C(105^\circ) = C(75^\circ)$ 。

对于  $H_p(10)$  和  $H^*(10)$  剂量计和每种辐射质,  $\alpha \leq \alpha_{\max}$  和  $\alpha \geq 180^\circ - \alpha_{\max}$  入射角时, 如果不等式  $0.71 - U_{C,com} \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.67 + U_{C,com}$  成立; 并且, 对于  $H^*(10)$  剂量计和每种辐射质,  $\alpha = 90^\circ$  时, 如果不等式  $0.67 - U_{C,com} \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 2.00 + U_{C,com}$  成立, 认为满足 9.5.1.1 的要求。

例外, 如果入射角为  $0^\circ$  时表达式  $\left( \frac{\overline{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$  与允许限值只有 0.05 的偏差, 并且该能量下未进行角度依赖性照射, 应对那些指定能量进行相应的角度依赖性照射。

按式(A.5)计算  $U_{com}$ 。  $U_{C,com}$  是  $\frac{C_{r,0}}{C_i}$  的相对合成标准不确定度:  $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;i}^2}$ , 其中  $U_{C,rel;r,0}$  和  $U_{C,rel;i}$  分别是约定真值  $C_{r,0}$  和  $C_i$  对于不同辐射质的相对扩展不确定度。  $U_{C,rel}$  见 5.2.2。

9.5.2  $\beta$  辐射

9.5.2.1 要求

用于测量  $H_p(10)$  或  $H^*(10)$  的剂量计, 等效能量高达  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  源的  $\beta$  辐射照射产生的指示值应小

于  $0.1 H_p(0.07)$  (见表 3 和表 5)。

注: 对于  $\beta$  辐射,  $H_p(10)$  或  $H^*(10)$  不是评价有效剂量当量的合适量。

### 9.5.2.2 试验方法

本项试验的剂量计应置于要求的体模上(见 5.1.5)。根据 ISO 6980 规定的  $\beta$  参考辐射  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  (平均能量  $\approx 0.8 \text{ MeV}$ ), 以  $0^\circ$  入射角照射  $n(\geq 4)$  支剂量计。

照射的剂量当量应至少为  $H_p(0.07) = 100 \text{ mSv} = C$ 。

注: ISO 6980 给出了参考辐射和校准方法。

确定该辐射质的平均指示值  $\overline{E}$  和标准偏差  $s$ 。

### 9.5.2.3 结果解释

如果不等式  $\overline{E} + U_m \leq 0.1 \cdot C$  成立, 认为满足 9.5.2.1 的要求。

按式(A.3)计算  $U_m$ 。

## 9.6 $H_p(0.07)$ 剂量计的辐射能量和入射角

### 9.6.1 光子辐射

#### 9.6.1.1 要求

辐射能量和入射角在额定范围内的改变引起的相对响应变化, 不应超过表 4 第 7 项的给定值。

#### 9.6.1.2 试验方法

应使用 ISO 4037 规定的下列辐射质:

N-10、N-15、N-20、N-30、N-40、N-60、N-80、N-120、N-150、N-200、N-300。

应按下列能量和入射角  $\alpha$  进行照射:

$\alpha$	$H_p(0.07)$ 剂量计(置于体模上照射, 5.1.5)
$0^\circ$	平均能量在额定能量范围内的全部辐射质
$\pm 60^\circ$	额定能量范围内的 3 个最低能量
$\pm \alpha_{\max}$	额定能量范围内的 3 个最低能量
$90^\circ$	9.7 的要求
$\pm (180^\circ - \alpha_{\max})$	同 $\alpha_{\max}$ , 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验(见 8.4 f))
$\pm 120^\circ$	同 $60^\circ$ , 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验(见 8.4 f))
$180^\circ$	同 $0^\circ$ , 如果剂量计对称或禁止反向使用, 无需进行试验(见 8.4 f))

对于  $\alpha \neq 0^\circ$ 、 $\alpha \neq 90^\circ$  和  $\alpha \neq 180^\circ$  的试验条件, 试验应在通过剂量计参考点、包括参考方向的两个相互垂直平面上进行。如果剂量计的结构不对称, 对某一入射角, 应从不同方向进行照射。

对于  $H_p(10)$  剂量计和  $\alpha \geq 90^\circ$  的试验条件, 应将剂量计置于体模上、背对辐射源(检查佩戴方向错误是否产生不良结果)。

对于每种辐射质, 确定平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

注 1:  $i$  指接受相同照射的一组剂量计, 例如: N-30、 $60^\circ$  (从上面) 的照射。意思是指对于一个入射角, 来自不同方向(水平从右至左、垂直从上至下)的照射不能平均。

注 2: 对于  $H_p(0.07)$  剂量计, 3 个最低辐射能量的每一个, 至少照射 5 组剂量计: 1 组  $0^\circ$ 、其他 4 组  $60^\circ$ 。

#### 9.6.1.3 结果解释

对于  $H_p(0.07)$  剂量计, 应以  $C(\alpha) = C(\alpha - 180^\circ)$  给出入射角  $\alpha > 90^\circ$  的约定真值  $C$ 。例如, 如果剂

量计佩戴方向错误,  $C(105^\circ) = C(75^\circ)$ 。

对于每种辐射质, 如果不等式  $0.71 - U_{C,com} \leq \left( \frac{\bar{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.67 + U_{C,com}$  成立, 认为满足

9.6.1.1的要求。

例外: 如果入射角为  $0^\circ$  时表达式  $\left( \frac{\bar{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$  与允许限值仅有 0.05 的偏差, 并且该能量下未进行角度依赖性照射, 应对那些指定能量进行相应的角度依赖性照射。

按式(A.5)计算  $U_{com}$ 。 $U_{C,com}$  是  $\frac{C_{r,0}}{C_i}$  的相对合成标准不确定度:  $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;i}^2}$ , 其中  $U_{C,rel;r,0}$  和  $U_{C,rel;i}$  分别是约定真值  $C_{r,0}$  和  $C_i$  对于不同辐射质的相对扩展不确定度。 $U_{C,rel}$  见 5.2.2。

## 9.6.2 $\beta$ 辐射

### 9.6.2.1 要求

辐射能量和入射角在额定范围内的改变引起的相对响应变化, 不应超过表 4 第 8 项的给定值。

### 9.6.2.2 试验方法

应使用 ISO 6980 规定的下列参考辐射质:

$^{147}\text{Pm}$	(平均能量 $\approx 0.06$ MeV);
$^{204}\text{Tl}$ 或 $^{85}\text{Kr}$	(平均能量 $\approx 0.24$ MeV);
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	(平均能量 $\approx 0.8$ MeV);
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	(平均能量 $\approx 1.2$ MeV)。

应使用平均能量在额定能量范围内的辐射质进行试验。

注: ISO 6980 给出了参考辐射和校准方法。

应使用平均能量在额定能量范围内的辐射质进行照射。入射角如果包括在额定入射角范围内, 在通过剂量计参考点、包括参考方向的两个相互垂直平面上, 入射角取  $\alpha = 0^\circ$ 、 $\alpha = \pm 60^\circ$  和  $\alpha = \pm 75^\circ$ 。

对于每种辐射质, 确定其平均指示值  $\bar{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

注 1:  $i$  指接受相同照射的一组剂量计, 例如: N-30、 $60^\circ$  (从上面) 照射。意思是指对于一个人射角, 不同方向 (水平从右至左、垂直从上至下) 的照射不能平均。

注 2: 对于  $H_p(0.07)$  剂量计, 3 个最低辐射能量的每一个, 至少照射 5 组剂量计: 1 组  $0^\circ$ 、其他 4 组  $60^\circ$ 。

### 9.6.2.3 结果解释

对于每种辐射质, 如果不等式  $0.71 - U_{C,com} \leq \left( \frac{\bar{E}_i}{E_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1.67 + U_{C,com}$  成立, 认为满足

9.6.2.1的要求。

按式(A.5)计算  $U_{com}$ 。 $U_{C,com}$  是  $\frac{C_{r,0}}{C_i}$  的相对合成不确定度:  $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;i}^2}$ , 其中  $U_{C,rel;r,0}$  和  $U_{C,rel;i}$  分别是约定真值  $C_{r,0}$  和  $C_i$  对于不同辐射质的相对扩展不确定度。 $U_{C,rel}$  见 5.2.2。

## 9.7 从 $H_p(10)$ 或 $H_p(0.07)$ 剂量计的侧面照射

### 9.7.1 要求

如果从剂量计的侧面 ( $\alpha_{\max}$  到  $180^\circ - \alpha_{\max}$ ) 照射, 指示值不应超过相同辐射质从正面 ( $0^\circ$ ) 照射产生指示值的 1.2 倍。这项要求适用于额定能量范围内的全部辐射能量。

注: 如果从没有足够屏蔽的侧面照射, 该项要求可防止具有较高原子电荷  $z$  的探测器材料给出过高响应。



### 9.7.2 试验方法

本试验应对额定范围内的每一种辐射能量进行。对于少数几种辐射能,可以通过检查灵敏材料及其周围区域前面的材料进行试验。比如,如果预期侧面材料比正前方材料的物理吸收系数更大,此辐射能量试验可以省去。

应在自由空气中照射两组剂量计,照射的周围剂量当量  $H^*(10) \approx 3 \text{ mSv}$ 。

第1组:应以  $0^\circ$  入射角照射剂量计。

第2组:在照射期间,入射角应在  $\alpha_{\max}$  到  $180^\circ - \alpha_{\max}$  之间变化。另外,剂量计应围绕其参考方向旋转。如果不能旋转,应从不同入射角度对同一剂量计连续照射。

注:在  $\alpha_{\max} = 60^\circ$  的情况下,应从  $60^\circ$  到  $120^\circ$  进行照射。

应确定每组剂量计的平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 9.7.3 结果解释

如果不等式  $\frac{\overline{E}_{\alpha_{\max} \sim 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\overline{E}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 1.2$  成立,认为满足 9.7.1 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

## 10 (剂量测量系统)指示值的可加性

### 10.1 要求

以下要求适用于仅使用一个信号的剂量测量系统,因而只有一个探测器评价指示值。

对于其他剂量测量系统,应确信其指示值对混合辐射具有可加性。混合辐射是指具有不同辐射质的两部分(或更多部分)剂量当量照射一支剂量计。不同的辐射质可能是:

- a) 不同的剂量值;和/或
- b) 某个特定影响量不同的值(例如,不同能量和辐射入射角);或
- c) 不同辐射类型,如果剂量测量系统使用多种辐射类型试验(例如,光子和  $\beta$  辐射的型式试验)。

对于 a) 项要求:混合照射的相对响应应在非线性响应要求的范围内。

对于 b) 项要求:混合照射的相对响应应在特定影响量要求的范围内。

对于 c) 项要求:由不同辐射类型混合引起的指示值相对变化  $(\Delta E/E)$  不应超过  $-9\% \sim +11\%$ 。

注1:本项要求确保:如果使用宽谱和/或几种混合辐射质照射剂量计,按本标准试验的结果也有效。

注2:本标准中的辐射质按 ISO 4037 或 ISO 6980 规定的符号和入射角给出,例如, N-30 和  $45^\circ$  入射角。

注3:用于评价指示值的算法如果是信号的线性组合或者其线性优化,即满足本要求,不再需要其他试验(算法具有可加性)。

注4:评价算法不可相加的剂量测量系统(尽管符合本标准),可以具有下列特性:用相同剂量当量(例如,  $20 \text{ mSv}$ ) 的同一辐射质(如  $^{137}\text{Cs}$ ,  $0^\circ$ ) 照射两支剂量计(A 和 B)。之后,再用另一个辐射质(例如,  $2 \text{ mSv}$ , N-40,  $0^\circ$ ) 照射剂量计 A。剂量计 A 的指示值(例如,  $21 \text{ mSv}$ ) 可能会小于剂量计 B 的指示值(例如,  $22 \text{ mSv}$ ),对于这两个剂量计,其相对响应均在  $0.71 \sim 1.67$  要求的范围内(满足 9.5.1 的要求),但指示值不可相加。

### 10.2 试验方法

本项试验应使用第 9 章试验期间获得的信息。

对于 a) 项和 b) 项要求:

对于依赖信号类型和算法评价指示值的试验,型式试验期间应确定可能与哪种影响量相关。

应在 K 条件和 L 条件(试验中的不同剂量值和/或不同影响量值)下进行剂量约定真值分别为  $C_K$

和  $C_L$  的两次照射。从剂量测量系统读出指示值  $E_K$  和  $E_L$ 。使用信号  $S_{i,K}$  和  $S_{i,L}$  以及评价算法(参见附录 B)计算相应的指示值  $f(S_{i,K})$  和  $f(S_{i,L})$ 。 $E_K$  和  $E_L$  分别与  $f(S_{i,K})$  和  $f(S_{i,L})$  比较。两值应相等, 否则制造厂应提供评价指示值的修正函数  $f(S_i)$ 。

可以通过计算信号  $S_{i,K} + S_{i,L}$  之和模拟混合照射。根据  $S_{i,K} + S_{i,L}$  之和, 计算  $K+L$  混合照射条件下剂量约定真值为  $C_{K+L} = C_K + C_L$  的指示值  $E_{K+L} = f(S_{i,K} + S_{i,L})$ 。指示值  $E_{K+L} = f(S_{i,K} + S_{i,L})$  可由任意  $C_K$  和  $C_L$  值以及任意照射条件  $K$  和  $L$  确定。应通过不同辐射质的组合对该计算进行试验验证。

相对响应由  $r = \frac{E_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{ref}}{E_{ref}}$  给出,  $r$  由任意约定真值  $C_K$  和  $C_L$  以及任意照射条件  $K$  和  $L$  确定。

注 1: 任何非线性因素均需校正。在使用不同剂量计确定  $E_K$  和  $E_L$  时, 还应考虑校准因子的任何差异。

注 2: 使用计算机模拟程序对本项试验有益。

对于 c) 项要求:

a) 项和 b) 项要求同样适用, 除非不同照射条件是指“不同剂量值和/或不同辐射类型”。

$\frac{\Delta E}{E} = \frac{E_K + E_L - E_{K+L}}{E_{K+L}}$  给出指示值的相对变化。应确定对任意约定真值  $C_K$  和  $C_L$  以及任意照射

条件  $K$  和  $L$  的  $\Delta E/E$ 。

### 10.3 结果解释

对于 a) 项和 b) 项要求:

全部计算得出的相对响应应在允许的响应变化范围内。

对于 c) 项要求:

指示值的相对变化( $\Delta E/E$ )不应超过  $-9\% \sim +11\%$ 。

如果以上均成立, 认为满足 10.1 的要求。

## 11 环境性能要求和试验

### 11.1 概述

#### 11.1.1 一般要求

本条涉及的影响量为 F 类影响量和 S 类影响量。为了简化, 将所有影响量作为 F 类影响量进行数学处理。

所有环境影响引起的响应变化几何和不应超过 20%(见表 6)。另外, 变异系数应满足 9.2 规定的要求。

对于读出器, 仅给出常规室内使用的要求(例如, 温度和光照变化、阳光通过大型窗户照射使读出器发热的影响)。

#### 11.1.2 一般试验方法

如果没有另外说明, 剂量当量的约定真值应为  $7H_{low}$ 。每组应照射  $n(\geq 6)$  支剂量计。

注: 如上所述, 影响量(可以为 S 类)由响应变化的最大允许值限制。当剂量当量的约定真值为  $7H_{low}$  时, 响应变化 10% 相当于  $0.7H_{low}$  的偏差。因此, 通过该试验方法, 可同时保证偏差和响应变化分别不大于上述给定的值:  $0.7H_{low}$  和 10%。

### 11.2 环境温度和相对湿度(剂量计)

#### 11.2.1 概述

本条涉及的影响量为 F 类影响量。

11.2.2 要求

环境温度和相对湿度在额定范围内变化产生的相对响应应在 0.83~1.25 范围内(见表 6)。

11.2.3 试验方法

本项试验应使用参考源照射 5 组剂量计,每组  $n(\geq 6)$  支剂量计。

5 组剂量计照射后的处理:

第 1 组:剂量计暴露在  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  条件下。

第 2 组:剂量计暴露在  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  和相对湿度 60% 的条件下(无凝结)。

第 3 组:剂量计暴露在温度额定范围的下限值条件。

第 4 组:剂量计暴露在温度额定范围的上限值和相对湿度额定范围的上限值(无冷凝)条件。

暴露的持续时间应为 48 h。如果最大额定测量时间  $t_{\max}$  大于一个月,剂量计暴露于影响量的时间

应为:  $t = 48\text{ h} \times \left[ 1 + \frac{t_{\max} - 1\text{ 个月}}{3\text{ 个月}} \right]$ 。

第 5 组(参考组):温度和相对湿度处于标准试验条件,见表 2。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

11.2.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $0.83 \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_{\text{第5组}}} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.25$  成立,认为满足 11.2.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

11.3 光照(剂量计)

11.3.1 概述

本条涉及的影响量为 F 类影响量。

11.3.2 要求

光照在其额定范围内变化产生的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$  (见表 6)。

11.3.3 试验方法

本项试验应使用参考源照射两组剂量计,每组  $n(\geq 6)$  支剂量计。

两组剂量计照射后的处理:

第 1 组:剂量计暴露在光照额定范围的极值条件下 48 h。如果最大额定测量时间  $t_{\max}$  大于一个月,

剂量计暴露于影响量的时间应为:  $t = 48\text{ h} \times \left[ 1 + \frac{t_{\max} - 1\text{ 个月}}{3\text{ 个月}} \right]$ 。

为了产生  $1\,000\text{ W/m}^2$  的光,使用一个能产生相当于日光光谱(295 nm~769 nm)的仪器,例如,氙灯(如果必要可加装合适滤光片)或使用日光色荧光灯。

注 1: IEC 60904-3 给出了参考太阳光谱辐射分布。

注 2:  $1\,000\text{ W/m}^2$  的日光包含约  $60\text{ W/m}^2$  的紫外光。

第 2 组(参考组):剂量计放在正常日光下的阴影处。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 11.3.4 结果解释

如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\overline{E}_1}{\overline{E}_{\text{第2组}}} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,认为满足 11.3.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

## 11.4 剂量累积、衰退、自辐照和对天然辐射的响应(剂量计)

### 11.4.1 概述

本条涉及的影响量为 F 类影响量和 S 类影响量。

### 11.4.2 要求

由剂量累积和衰退引起的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$ (见表 6)。

测量范围下限处的变异系数应满足 9.2 规定的要求。

在最大额定测量时间期间,由自辐照和天然辐射产生的指示值不应超过测量范围下限。

### 11.4.3 试验方法

本项试验应使用 5 组剂量计:

第 1 组~第 3 组:每组  $n (\geq 6)$  支剂量计,接受参考源照射。

第 4 组: $n (\geq 25)$  支剂量计接受测量范围下限值  $H_{\text{low}}$  的照射。

第 5 组: $n (\geq 25)$  支剂量计,不接受照射。

5 组剂量计照射后的处理:

应特别将第 4 组和第 5 组剂量计一起存放在天然本底剂量率已知的地方。

第 1 组,如果与仪器使用手册无矛盾,第 1 组剂量计应在照射后 1 h 读出;如果与使用手册矛盾,应取使用手册允许的照射与读出之间的最短时间。

第 2 组(参考组),应在照射后一星期读出。

第 3 组~第 5 组,应在照射后最大额定测量时间  $t_{\text{max}}$  之后读出。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

第 4 组的每个指示值  $E_{j,4}$  减去第 5 组的平均指示值  $\overline{E}_5$ :  $\{E_{j,4} - \overline{E}_5\}$ ,  $j=1 \cdots n_4$ 。由此确定新第 4' 组的平均指示值  $\overline{E}'_4$  和标准偏差  $s'_4$ 。

注:该减法模拟了最大额定测量时间内净剂量的测量。

### 11.4.4 结果解释

对于第 1 组~第 3 组,如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,并且  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{\overline{E}_i} \right)$  值小于表 3~表 5 第 5 项给出的数值;同时对于第 4' 组,如果  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s'_4}{\overline{E}'_4} \right)$  值小于表 3~表 5 第 5 项给出的数值;同时对于第 5 组,如果不等式  $-H_{\text{low}} \leq \overline{E}_5 \pm U_m - C_{\text{nat}} \leq +H_{\text{low}}$  成立,认为满足 11.4.2 的要求。

分别按式(A.5)和式(A.3) 计算  $U_{\text{com}}$  和  $U_m$ 。

$C_{\text{nat}}$  是第 4 组和第 5 组在存放期间,天然辐射的剂量当量约定真值。

## 11.5 密封(剂量计)

制造厂应说明为防止湿气进入剂量计所采取的措施,描述证明密封有效性的试验和结果。对于室

外使用的剂量计,这个因素非常重要。

## 11.6 读出器稳定性(读出器)

### 11.6.1 概述

本条涉及的影响量为 F 类影响量。

### 11.6.2 要求

在最大额定测量时间  $t_{\max}$  范围内,读出器稳定性引起的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$  (见表 6)。

### 11.6.3 试验方法

本项试验应使用 3 组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计:

第 1 组:应在型式试验开始时照射,在一星期后读出;

第 2 组:应在二分之一最大额定测量时间  $t_{\max}/2$  后照射,在一星期后读出;

第 3 组:应在最大额定测量时间  $t_{\max}$  后照射,在一星期后读出。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\bar{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 11.6.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,且  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{\bar{E}_i} \right)$  小于表 3~表 5 第 5 项给出的数值,认为满足 11.6.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

## 11.7 环境温度(读出器)

### 11.7.1 概述

本条涉及的影响量通常为 S 类影响量,也可以为 F 类影响量。

### 11.7.2 要求

温度在其额定范围内变化引起的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$  (见表 6)。

另外,在测量范围下限的变异系数应满足 9.2 规定的要求。

### 11.7.3 试验方法

本项试验使用参考源照射 3 组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计。

第 1 组:接受测量范围下限值  $H_{\text{low}}$  的照射。

第 2 组和第 3 组:接受  $7H_{\text{low}}$  照射。

3 组剂量计照射后的处理:

第 2 组(参考组):读出器温度应处于标准试验条件(见表 2),读出剂量计。

第 1 组和第 3 组:读出器温度应在额定范围的最高温度维持至少 4 h。在 4 h 后,保持给定温度情况下读出剂量计。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\bar{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

11.7.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,且  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{\overline{E}_i} \right)$  小于表 3~表 5 第 5 项给出的数值,认为满足 11.7.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

11.8 光照(读出器)

11.8.1 概述

本条涉及的影响量通常为 S 类影响量,也可是 F 类影响量。

11.8.2 要求

光照在其额定范围内变化引起的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$ (见表 6)。

另外,在测量范围下限的变异系数应满足 9.2 规定的要求。

11.8.3 试验方法

本项试验应使用参考源照射 3 组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计。

第 1 组:接受测量范围下限值  $H_{\text{low}}$  照射。

第 2 组和第 3 组:接受  $7H_{\text{low}}$  照射。

3 组剂量计照射后的处理:

剂量计不应(或尽可能少地)暴露于任一额外光源中。

第 2 组(参考组):读出器不应暴露在普通阴影光线外的其他额外光源中,读出剂量计。

第 1 组和第 3 组:靠近光电倍增管密封处的读出器部件或读出器的其他光敏部件应暴露于光照额定范围的极值条件下,读出剂量计。

为了产生  $1\,000\text{ W/m}^2$  的光,使用一个能产生相当于日光光谱(295 nm~769 nm)的仪器,例如,氙灯(如果必要可加装合适滤光片)或使用日光色荧光灯。

注 1: IEC 60904-3 给出了参考太阳光谱辐射分布。

注 2:  $1\,000\text{ W/m}^2$  的日光包含约  $60\text{ W/m}^2$  的紫外光。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

11.8.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\overline{E}_i}{\overline{E}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,并且  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{\overline{E}_i} \right)$  小于表 3~表 5 第 5 项给出的数值,认为满足 11.8.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

11.9 电源(读出器)

11.9.1 概述

本条涉及的影响量通常为 F 类影响量,也可以是 S 类影响量。

11.9.2 要求

电源电压和频率在其额定范围内变化引起的响应变化不应超过  $-9\% \sim +11\%$ (见表 6)。

另外,测量范围下限的变异系数应满足 9.2 规定的要求。

### 11.9.3 试验方法

本项试验应使用参考源照射 5 组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计。

5 组剂量计照射后的处理:

剂量计应在下列条件下测读:

第 1 组(参考组):标称电压( $U_n$ ),标称频率( $f_n$ );

第 2 组:电压为  $(1-15\%)U_n$ ,频率为  $(1-2\%)f_n$ ;

第 3 组:电压为  $(1+10\%)U_n$ ,频率为  $(1-2\%)f_n$ ;

第 4 组:电压为  $(1-15\%)U_n$ ,频率为  $(1+2\%)f_n$ ;

第 5 组:电压为  $(1+10\%)U_n$ ,频率为  $(1+2\%)f_n$ 。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\bar{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 11.9.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $0.91 \leq \left( \frac{\bar{E}_i}{E_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1.11$  成立,并且  $\left( \frac{1}{1.24} \cdot \frac{s_i}{E_i} \right)$  小于表 3~表 5

第 5 项给出的数值,认为满足 11.9.2 的要求。

按式(A.5)计算  $U_{\text{com}}$ 。

### 11.10 总的结果解释

对于 11.2~11.9 中的全部相对响应  $r_q$ ,如果不等式  $\sqrt{\sum_{11.2 \sim 11.9} \left[ \frac{1}{r_q} - 1 \right]^2} \leq 20\%$  成立,认为满足 11.1.1 的要求。

## 12 电磁性能要求和试验(剂量测量系统)

### 12.1 概述

设计剂量测量系统时,应采取特别措施确保存在电磁骚扰时系统工作正常。电磁骚扰主要为 S 类影响量。

### 12.2 要求

对每个单一的影响量,电磁骚扰引起的偏差绝对值不应超过  $0.7H_{\text{low}}$ 。在剂量测量系统给出出错提示说明特定指示值有错时,可能有一个指示值的偏差大于  $0.7H_{\text{low}}$ 。在出现这类出错信息时,剂量测量系统应自动停止读数。另外,不允许剂量测量系统由于异常运行而丢失一个以上的指示值,见 14.2.3.3。

全部电磁骚扰产生的偏差几何和不应超过  $1.1H_{\text{low}}$ (见表 7)。

全部影响量的最小额定范围见 IEC 61000-6-2。

使用“射频幅度调制电磁场”(表 7 第 3 项)和“工频磁场”(表 7 第 8 项)的试验不仅非常耗时而且需要大量剂量计。如果制造厂声明电磁场不会影响剂量计的读出,不必再做这些试验。但是要求该声明应有科学的解释。

### 12.3 试验方法

本项试验使用参考源照射 8 组剂量计,每组  $n (\geq 10)$  支剂量计,照射的剂量当量为  $7H_{\text{low}}$ 。

第 1 组(参考组):应在没有任何电磁影响的情况下读出。

其他组:读出器按表 7 的规定(与 IEC 61000-4 系列标准一致)施加不同电磁影响时读出。应在读

出探测器期间施加电磁影响。如果可能,应观察读出器的输出(例如:发光曲线)。不应出现任何异常特性(例如:在发光曲线上的尖峰会引起不可忽略的剂量)。

对于每组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

#### 12.4 结果解释

对于每组剂量计,如果不等式  $\overline{E}_i - \overline{E}_1 \pm U_m \leq \pm 0.7H_{low}$  成立,

并且  $\sqrt{\sum_{i=2}^8 \{(\max|\overline{E}_i - \overline{E}_1 \pm U_m|)^2\}} \leq 1.1H_{low}$  成立,认为满足 12.2 的要求。

按式(A.3)计算  $U_m$ 。

注 1: 最大值从  $|\overline{E}_i - \overline{E}_1 + U_m|$  和  $|\overline{E}_i - \overline{E}_1 - U_m|$  这两个值中产生。

注 2: 表达式中“ $\sqrt{\cdots}$ ”表示偏差平方和的平方根。

### 13 机械性能要求和试验

#### 13.1 概述

##### 13.1.1 一般要求

机械干扰影响主要是 S 类影响量,也可是 F 类影响量。为了简化计算,数学处理时将全部影响量视为 S 类影响量。

对于每个单一的影响量,由机械影响引起的偏差绝对值不应超过  $0.7H_{low}$ 。在剂量测量系统给出出错提示说明特定指示值有错时,可能有一个指示值的偏差大于  $0.7H_{low}$ 。在出现这类出错信息时,剂量测量系统应自动停止读数。

剂量计受机械干扰影响后,其内部(例如,过滤材料松动)和外部不应受到损坏。

全部机械影响产生的偏差几何和不应超过  $0.8H_{low}$ (见表 8)。

不允许剂量测量系统由于异常运行丢失多于一个的指示值,见 14.2.3.3。

##### 13.1.2 一般试验方法

本项试验应使用参考源照射 4 组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计,照射的剂量当量为  $7H_{low}$ 。

第 1 组:剂量计跌落试验,见 13.2;

第 2 组:参考组;

第 3 组:剂量计振动试验,见 13.3;

第 4 组:读出器振动试验,见 13.3。

注:如上所述,影响量(可以是 F 类)由偏差的最大允许值  $\pm 0.7H_{low}$  限制。当剂量当量的约定真值为  $7H_{low}$  时,  $\pm 0.7H_{low}$  的偏差相当于  $\pm 10\%$  的响应变化。因此,使用该试验方法能同时保证偏差和响应变化均不大于上述给定数值(分别为  $\pm 0.7H_{low}$  和  $\pm 10\%$ )。

#### 13.2 跌落试验(剂量计)

##### 13.2.1 要求

剂量计应能承受从 1 m 高度跌落至平坦和坚硬的混凝土或钢制表面(IEC 60068-2-32),跌落后的偏差不超过  $\pm 0.7H_{low}$ 。应对剂量计的各个面进行试验。

剂量计的內部(例如,过滤材料松动)和外部不应受到损坏。

##### 13.2.2 试验方法

本项试验使用参考源照射两组剂量计,每组  $n (\geq 6)$  支剂量计,照射的剂量当量为  $7H_{low}$ 。



第1组:每支剂量计均应接受6个面的跌落试验。

应检查剂量计并记录其物理状态,例如:过滤材料是否牢固和仍在合适位置。

第2组:参考组。

所有试验结束后,读出剂量计并确定指示值。

对于第1组和第2组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 13.2.3 结果解释

对于两组剂量计,如果不等式  $|\overline{E}_1 - \overline{E}_2 \pm U_m| \leq 0.7H_{low}$  成立,认为满足 13.2.1 的要求。

按式(A.3)计算  $U_m$ 。

## 13.3 振动试验(剂量计和重量小于 15 kg 的读出器)

### 13.3.1 要求

剂量计或读出器在读出期间由频率为 50 Hz、谐波负载约为  $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  的振动产生的偏差绝对值不应超过  $0.7H_{low}$ 。剂量计和读出器的物理状态不应受振动的影响(例如,焊点应牢固、螺帽和螺栓不应松动)。

### 13.3.2 试验方法

第3组:剂量计安装在3个正交方向的每个平面上(每个方向有三分之一的剂量计)。剂量计在垂直方向以频率 50 Hz、峰-峰振幅 1 mm 作正弦振动,持续 15 min。

检查剂量计,记录其物理状态。例如:过滤材料是否牢固和仍在合适的位置。

然后,读出剂量计,确定指示值。

第4组:当读出器经受上述加速度时读出剂量计。检查并记录读出器的物理状态。

对于第3组和第4组剂量计,确定其平均指示值  $\overline{E}_i$  和标准偏差  $s_i$ 。

### 13.3.3 结果解释

对于第2组~第4组,如果不等式  $|\overline{E}_i - \overline{E}_2 \pm U_m| \leq 0.7H_{low}$  成立,认为满足 13.3.1 的要求。

按式(A.3)计算  $U_m$ 。

## 13.4 总的结果解释

对于全部四组剂量计,如果不等式  $\sqrt{\sum_{i=1}^4 \{(\max |\overline{E}_i - \overline{E}_2 \pm U_m|)^2\}} \leq 0.8H_{low}$  (见注)成立,认为满足 13.1.1 的要求。

按式(A.3)计算  $U_m$ 。

注1:最大值从  $|\overline{E}_i - \overline{E}_1 + U_m|$  和  $|\overline{E}_i - \overline{E}_1 - U_m|$  两个值中产生。

注2:表达式中“ $\sqrt{\dots}$ ”表示偏差平方和的平方根。

## 14 剂量测量系统的软件、数据和接口

### 14.1 概述

在型式试验开始时,软件的最终版本应为可用状态,因为计量学试验间接包含了大部分软件测试。

## 14.2 要求

### 14.2.1 一般要求

应防止对软件或数据的任何非故意修改。另外,也应防止在软件编写人员的帮助下对软件或数据的任何故意修改。

### 14.2.2 软件的设计和结构要求

软件应设计成不受其他软件不可接受的影响。

注:一种技术解决方案是将软件分成两部分。一部分包括控制读出器和评价、存储和显示指示值必需的全部功能。该部分是“数据相关部分”。另一部分是“非数据相关部分”,包含了诸如某个剂量值出现频率的统计功能。数据相关部分具有用于与非数据相关软件部分通讯的、定义明确的功能(软件接口)。软件隔离的技术概念具有修改“非数据相关部分”不影响“数据相关部分”的优点。软件隔离的概念代表了软件工程的技术发展水平,即为人所知的结构化或模块化编程,或者面向对象编程。

### 14.2.3 软件和数据保护的要求

#### 14.2.3.1 识别码

软件的“数据相关部分”(见 14.2.2 的注)应有一个识别码。在软件运行时应能显示该识别码。该码可以与试验记录或用户手册中给出的编码比较。在软件发生变化(仅改变版本号是不够的)的情况下,识别码应自动改变。

注:一种技术解决方案是在软件上建立电子签名,见下条的注。

#### 14.2.3.2 软件的真实性的

用户应不可能修改软件,不论采取何种方式,包括在软件编写人员的帮助下。软件保护应包括对无意外行为(无意的错误操作)和由编写人员的有意行为(操纵)两方面。一旦软件被修改,程序应在启动时中止并跳出信息“软件真实性遭侵犯;未经授权修改程序!”。

注:一种可行的技术解决方案是:在软件启动时,在整个软件上产生一个电子签名(校验和,至少是有秘密初始值的 CRC-16)。该校验和与包含执行代码中的总和值(非字符串格式)比较。如果不匹配,软件不运行。

#### 14.2.3.3 系统在异常工作状况下的报警和停用

当系统部件中有异常工作状况开始发展时,剂量测量系统应自动停止运行,同时应向操作员发出(声或光)报警。异常运行状况包括引起错误读出或剂量信息丢失的工况,例如:光电倍增管的高压故障、打印机缺纸、读出器加热温度低于或高于正常运行温度范围等。

异常运行状况丢失的指示值不应多于一个,然后剂量测量系统应停止读出。

#### 14.2.3.4 剂量测量系统输入数据的控制

确定指示值的全部数值(例如,校准因子、光电倍增管暗电流或高压)应由剂量测量系统控制。

注:确保这些值在一个固定范围内,实现数据输入控制。

#### 14.2.3.5 存储数据的完整性

a) 仪器参数:用户应不能随意修改仪器参数(例如,校准因子、光电倍增管的高压范围)。仪器参数的修改应该只能通过软件为此提供的专用路径实现(例如,授权用户通过口令进行校准测量或输入,口令缺省值见使用手册,用户可以修改)。

注:一种可行的技术解决方案是:全部数据组合在定义明确的数据集中,全部数据集通过电子签名(循环冗余校验,

至少是有秘密初始值的 CRC-16)保护。

- b) 测量结果:应不作任何更改地记录和存储全部测量结果(包括读出日期和时间、剂量计识别码、指示值和使用的校准因子)。这些记录可硬拷贝打印或以电子形式存放在与数据显示软件连接的硬盘中(查询程序是“数据相关程序”,见 14.2.2 的注)。应保护数据防止丢失。

注:一种可行的技术解决方案是:将全部数据组合在定义明确的数据集中。全部数据集通过电子签名(循环冗余校验,长度至少 2 个字节)保护。数据存储在与 RAID 控制管理的两块硬盘上。

#### 14.2.3.6 传输数据的完整性

如果数据不是通过简单的电子数据接头从一台设备传输到另一台设备,例如,数据是通过网络传输的,那么应做到对这些数据不能进行修改、删除或增加。另外,剂量测量系统的接收端(例如,计算机),应确保接收到的数据可信。这就要求接收端应该能识别这些数据是来自其他设备还是来自剂量测量系统指定的读出器。

注:一种可行的技术解决方案是:将全部传输数据组合在定义明确的数据集中,该数据集包括数据集产生的日期和时间、顺序号、传输部分的识别号(例如,读出器的序号)和相关数据。全部数据集通过电子签名(循环冗余校验,至少是有秘密初始值的 CRC-16)保护。接收端(例如,计算机)检查包含的数据以确保没有顺序号丢失(或重复)和传输部分的识别码正确。

#### 14.2.3.7 硬件和软件接口

通过接口接收的全部输入命令或数值只能以可接受的方式影响仪器的数据和功能。全部命令或数值应经过定义,即命令和数值应有意义和仪器应能执行,或者仪器应识别其无效。无效命令不应影响仪器的数据和功能产生任何影响。

注:原则上,应尽量不使用软件接口。当软件的数据相关部分在隔离文件中实现时(见 14.3.2),通常使用软件隔离避免使用软件接口,见 14.2.2 的注。

#### 14.2.4 文件

##### 14.2.4.1 使用手册中的文件

使用手册中应描述软件的全部功能、全部菜单和子菜单,见第 15 章。

##### 14.2.4.2 型式试验的文件

除 14.2.4.1 中列出的文件外,制造厂还应给出以下信息:

- 按 14.2.2 的要求描述软件结构;
- 评价识别码的方法,见 14.2.3.1;
- 防止任意改动软件的措施,见 14.2.3.2;
- 识别错误操作的措施,见 14.2.3.3;
- 确保仪器参数在允许范围内的方法,见 14.2.3.4;
- 数据存储途径,防止存储的数据发生任何变化或丢失的措施,见 14.2.3.5;
- 数据传输途径、防止任意修改、丢失或增加传输数据的措施,见 14.2.3.6;
- 硬件接口和软件接口接受的指令和参数的完整描述,包括描述完整性的声明,见 14.2.3.7;
- 操作系统和计算机硬件的其他必要特征。

#### 14.3 测试方法

##### 14.3.1 概述

软件测试是一项非常复杂的工作,但不应占用很多试验时间。可将大量试验交给制造厂按其文件

(见 14.2.4)进行试验。为了确保软件功能符合文件要求,需要进行少量简单的实际试验。

### 14.3.2 软件的设计和结构测试

文件:描述的措施应合理考虑计算机操作系统的类型。

实际试验:确保软件是可执行文件。在软件隔离(见 14.2.2 的注)的条件下,不同软件部分应是独立文件(例如:动态链接库和程序库)。

### 14.3.3 软件和数据保护功能的测试

#### 14.3.3.1 识别码试验

文件:在软件改动的情况下,产生识别码的方法应立刻引起编码改变。

实际试验:见 14.3.3.2。

#### 14.3.3.2 软件的真实性的试验

文件:防止软件任意改动的措施(例如,评价校验和)应合理。

实际试验:在程序编写人员的帮助下修改执行编码中的一个字符串值(例如,显示“ $\mu\text{Sv}$ ”改为显示“ $\text{mSv}$ ”),运行软件。如果软件运行,即不满足要求。

#### 14.3.3.3 异常运行状况下的系统试验

文件:识别运行故障的措施应合理。

实际试验:在读出期间模拟一些硬件故障,例如,断开加热装置的电源或断开读出器与计算机之间的数据线。如果每次模拟硬件故障因异常工作状况丢失超过一个指示值,即不满足要求。

#### 14.3.3.4 输入数据控制试验

文件:确保仪器参数在其允许范围内的措施应合理。

实际试验:改变仪器一些参数使参数超出其范围,例如,光电倍增管高压或氮气压力。如果每次模拟参数超出其范围仍读出超过一个探测器,即不满足要求。

#### 14.3.3.5 存储数据完整性试验

文件:存储数据的方法和防止这些数据改变或丢失的措施(例如,评价校验和的方法)应明显有效。

实际试验:

- 试图通过软件本身修改仪器参数或指示值。如果没有专业知识就能修改(例如,密码或软件结构细节),即不满足要求。
- 在程序编写人员的帮助下打开一个数据文件并修改单个值,然后关闭文件。如果剂量测量系统软件仍可读取该数据文件并传送修改值,即不满足要求。
- 试图从硬盘删除一个数据文件。如果没有专业知识就能删除(例如,密码或软件结构细节),即不满足要求。

#### 14.3.3.6 传输数据完整性试验

应使用 14.3.3.5 的试验方法。

#### 14.3.3.7 硬件和软件接口的完整性试验

文件:硬件接口和软件接口接受的命令和参数列表应清晰完整。例如,如果根据此列表和软件结构

信息不能进行校准,该列表即不完整。

实际试验:如果剂量测量系统带有附属软件并可通过另一台计算机操作接口,应检查剂量测量系统对某些命令是否按文件的要求工作。另外,应通过接口传输一些其他命令。如果剂量测量系统受到影响,即不满足要求。

#### 14.3.4 文件测试

型式试验期间使用的软件将用到许多菜单。操作手册中所有菜单应以文件形式规定。应通过运行软件并与使用手册的相应部分比较的办法检查菜单的其他部分。如果软件中的菜单和操作手册中的菜单不能完全一致,即不满足要求。

### 15 使用手册

#### 15.1 概述

应提供一本使用手册,手册应明确标明相关的剂量测量系统。应为每台剂量测量系统配备供用户使用的手册。使用手册应包含剂量测量系统及其部件的结构、功能、运行与操作内容,包括控制剂量测量系统和存储数据的软件的用法。

#### 15.2 技术数据说明

剂量测量系统总体:

- 制造厂名称或注册商标(如果系统作为整体制造);
- 剂量测量系统的型号和工作原理;
- 剂量测量系统的框图,包括硬件、软件和数据;
- 剂量测量系统的软件名称和识别码(见 14.2.3.1);
- 软件的功能、全部菜单及子菜单的说明;
- 操作方法的细节、维护和校准方法;
- 在评价算法不可相加的情况下,按 10.1 注 4 评价的说明;
- 测量的模型函数,见 7.6。

读出器:

- 制造厂名称或注册商标;
- 读出器的型号;
- 电源要求;
- 读出器的稳定时间;
- 在读出期间,使用气体吹扫剂量计或其部件的必要性提示;
- 如果长时间存放在高湿度环境中,对读出器有害的警告。

剂量计:

- 制造厂名称或注册商标;
- 剂量计的型号;
- 探测器类型;
- 剂量计测量的辐射类型;
- 剂量计的参考点,供校准用的参考方向;
- 相对辐射源的参考取向,相对佩戴者的参考取向;
- 剂量计(包括探测器)的简图;

- 灵敏体积周围的壁密度( $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ );
- 剂量计的质量和尺寸;
- 剂量计清洁和干燥方法。

剂量学特性:

- 测量量;
- 测量范围,由非线性响应产生的响应变化;
- 剂量当量的变异系数;
- 最大额定测量时间;
- 对天然环境辐射的响应,见 11.4;
- 随辐射能量和入射角变化的相对响应(对于  $\beta$  和光子辐射);
- 所有其他影响量的额定范围,响应或偏差的相应变化;
- 对非预定辐射测量的响应(例如中子辐射),见 8.7。

## 16 文件

### 16.1 型式试验报告

制造厂应根据用户要求提供按本标准要求进行的型式试验报告。

### 16.2 型式试验实验室颁发的合格证书

对每台剂量测量系统应颁发合格证书,证书中应至少提供以下信息:

剂量测量系统总体:

- 制造厂名称或注册商标(如果系统作为一个整体制造);
- 剂量测量系统的型号和工作原理;
- 设备按本标准进行型式试验的声明,满足本标准要求的声明;
- 剂量测量系统的软件名称和识别码(见 14.2.3.1);
- 在评价算法不可相加的情况下,按 10.1 注 4 评价的说明。

读出器:

- 制造厂名称或注册商标;
- 读出器型号和测试的读出器序列号。

剂量计:

- 制造厂名称或注册商标;
- 剂量计型号和测试的读出器序列号;
- 探测器的类型;
- 剂量计要测量的辐射类型。

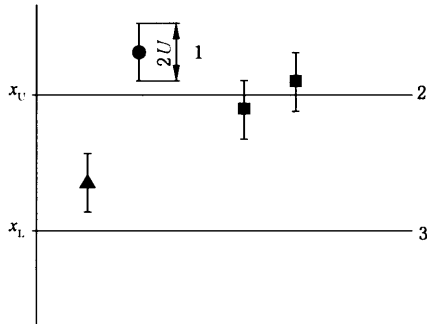
剂量学特性:

- 测量量;
- 测量范围和由非线性响应产生的响应变化;
- 剂量当量的变异系数;
- 最大额定测量时间;
- 随辐射能量和入射角变化的相对响应(对于  $\beta$  和光子辐射);
- 所有其他影响量的额定范围、响应或偏差的相应变化。

附 录 A  
(规范性附录)  
置 信 限

A.1 概述

如果指示值的随机不确定度在该指示值允许偏差中占有显著份额,应考虑进行多次测量的方法处理随机不确定度。测量次数或样本容量应这样选择:在 95% 的置信水平(指示值的扩展不确定度,  $U$ ) 下,每个平均值  $\bar{x}$  的置信区间或位于试验允许的指示值变化范围之内(试验通过,图 A.1 中的三角形)或位于这些限值以外(试验失败,图 A.1 中的圆形)。如果允许的变化限值之一  $x_U$  或  $x_L$  位于置信区间之内(图 A.1 中的方形),为了获得上述两种情况之一,可增加测量次数或样品容量以减少置信区间的宽度  $2U$ ,这样对于明确判断试验是否通过相当重要。



说明:  
1——平均值的置信区间,宽度  $2U$ ;  
2——允许的变化上限,  $x_U$ ;  
3——允许的变化下限,  $x_L$ 。

图 A.1 置信区间的试验

如果平均值  $\bar{x}$  两侧的置信区间宽度  $2U$  在允许的变化上限  $x_U$  和变化下限  $x_L$  之间,则试验通过:  
$$x_L + U < \bar{x} < x_U - U \quad \dots\dots\dots (A.1)$$
  
如果证明有必要减少置信区间  $2U$  的宽度,宜增加测量次数(见 A.2)。

A.2 平均值  $\bar{x}$  的置信区间

平均值  $\bar{x}$  的置信区间为:  
$$(\bar{x} - U_m, \bar{x} + U_m) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:  
 $U_m$ —— $\bar{x}$  的置信区间半宽度。

当由  $n$  次测量值计算  $\bar{x}$  时,95 % 置信水平的置信区间半宽度  $U_m$  由式(A.3)给出(见 GUM 的附录 G.3 中公式 G.1 d):

$$U_m = \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}} \cdot s \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$s$  ——指定测量组的标准偏差；

$t_{n-1}$  (95%置信水平的包含因子) ——取自表 A.1 的  $n$  次测量值,例如,  $n=10$  时,  $U_m = \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}} \cdot s = 0.72 \cdot s$ 。

表 A.1 95%置信水平的双侧学生分布的包含因子

$n$	$t_{n-1}$	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$	$n$	$t_{n-1}$	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
2	12.71	9.0	15	2.15	0.55
3	4.30	2.5	20	2.09	0.47
4	3.18	1.59	25	2.06	0.41
5	2.78	1.24	30	2.05	0.37
6	2.57	1.05	40	2.02	0.32
7	2.45	0.92	60	2.00	0.26
8	2.37	0.84	120	1.98	0.18
9	2.31	0.77	$\infty$	1.96	$1.96/\sqrt{n}$
10	2.26	0.72			

A.3 合成量的置信区间

假设给出了  $k$  个量的平均值  $\bar{x}_i$  ( $i=1, \dots, k$ ) 和相应置信区间的半宽度  $U_i$  ( $i=1, \dots, k$ )。令  $\bar{x}$  为这些  $k$  个平均值的合成量：

$$\bar{x} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k) \dots\dots\dots (A.4)$$

那么,合成量  $\bar{x}$  的置信区间半宽度  $U_{\text{com}}$  由式(A.5)近似给出：

$$U_{\text{com}} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left( \frac{\partial \bar{x}}{\partial x_i} \cdot U_i \right)^2} \dots\dots\dots (A.5)$$

如果  $k$  个量为正态分布(见 GUM 中附录 E.3.3)且不相干,式(A.5)才成立。确定合成量  $\bar{x}$  置信区间的正确方法见 GUM 的附录 G.4.1。然而,仅就本标准而言,式(A.5)可作为良好的近似。

下述示例使用式(A.5)：

示例 1： $\bar{x} = \bar{x}_1 \pm \bar{x}_2$ ，因此： $U_{\text{com}} \approx \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$

一般情况  $\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i$ ，因此  $U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}$

示例 2： $\bar{x} = \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2}$ ，因此  $U_{\text{com}} \approx \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_1}{\bar{x}_1}\right)^2 + \left(\frac{U_2}{\bar{x}_2}\right)^2}$



附录 B  
(资料性附录)

读出信号、指示值和被测量值之间的因果关系

(读出)信号(见 3.22)、指示值(见 3.10)和被测量值(见 3.44)之间的因果关系见图 B.1。

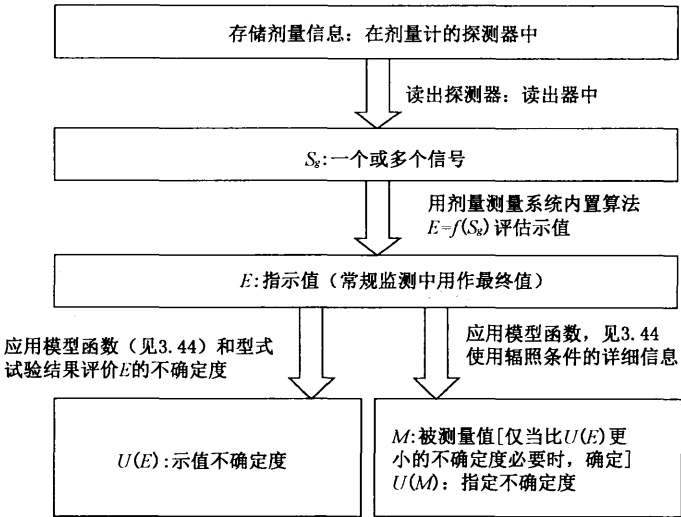


图 B.1 剂量测量系统的数据评价

数据评价的起点是探测器中存储的剂量信息。

读出信息和读出器产生一个或多个信号(例如,在测量光电倍增管中由于 TL 光产生的电荷,被称为  $S_g, g=1, \dots, b$ )是指一支剂量计可能存在多个信号。

以该信号为基础,剂量测量系统(计算机或其他)评价指示值。为了根据信号确定指示值  $E$ ,在剂量测量系统内自动执行一系列步骤。这些步骤使用校准因子、探测器灵敏度因子和使用计算机算法综合多个信号。函数  $f(S_i)$  概括了这些步骤(见 8.6)。在常规监测中,指示值  $E$  作为最终结果。但  $E$  的不确定度到此仍未可知。

指示值的不确定度  $U(E)$  可使用模型函数(见 3.44)和其他更多信息(例如:按本标准进行型式试验的结果)确定。

在应确定十分准确的剂量值情况下(例如,在事故环境中),可使用照射条件的详细信息以修正指示值。可使用模型函数(见 3.44)完成上述工作。将该结果称为被测量值  $M$ ,  $M$  非常接近具有很小不确定度的剂量真值。

在涉及不确定度  $U(M)$  的技术报告中将予以解释。

附 录 C  
(资料性附录)

按本标准进行型式试验所采取的必要行动概述

表 C.1 给出了满足本标准最小额定范围的剂量计型式试验一览表。扩展的额定范围表明应进行更多的照射。

表 C.1 满足最小额定范围要求的  $H_p(10)$  剂量计型式试验一览表

序号	试验特性	型式试验所采取的行动	照射的组数/剂量计数	条款编号
1	剂量测量系统的特性	制造厂的文件:检查是否覆盖最低范围	0/0	7
2	剂量测量系统设计方面的要求	制造厂的文件:检查是否满足要求和给出评价算法	0/0	8
3	非预定辐射对测量的影响	制造厂的文件:检查是否给出中子辐射响应	0/0	8.7
4	非线性响应	进行照射	12/75	9.3
5	变异系数, $v$			9.2
6	过载、残余效应和复用性	进行照射	4/26	9.4
7	由光子平均辐射能量和入射角产生的响应	检查剂量计结构是否旋转对称,然后进行照射	对称结构:18/72 非对称结构:36/144	9.5.1
8	由 $\beta$ 平均辐射能量产生的响应	进行照射	1/5	9.5.2
9	仅对个人剂量计:与第 7 项和第 8 项相同,但新的参考方向与其相反	检查剂量计是否给出信息或检查剂量计是否与探测器的平面对称; 如果不是这两种情况,进行照射	通常 0/0 可能与第 7 项相同	8.4 f)
10	辐射由剂量计侧面入射	目视剂量计检查结构:侧壁是否比前壁厚。 如果不比前壁厚,进行照射	通常 0/0 可能 6/24	9.7
11	指示值的可加性	通过熟悉评价算法检查;如果不具有可加性,按第 9 章辐照并计算	通常 0/0 可能 3/12	10
12	环境性能要求的响应	进行照射和其他影响量试验,例如,3 组剂量计存储 $t_{\max}$ 时间	18/108 3/60	11
13	电磁性能要求的偏差	进行照射和其他影响量试验	8/80	12
14	机械性能要求的偏差	进行照射和其他影响量试验	4/24	13
15	软件、数据和接口	检查制造厂的文件,进行简单测试	0/0	14
16	使用手册	检查手册	0/0	15

附 录 NA  
(资料性附录)

本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件的对应关系

本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件(不包括等同采用国际标准的我国文件)的对应关系以及它们的最新版本见表 NA.1。

表 NA.1 本标准规范性引用文件中国际文件与我国文件的对应关系

我国文件或标准的编号和名称	国际文件的编号和名称	一致性程度
GB/T 2423.8—1995 电工电子产品环境试验 第二部分:试验方法 试验 Ed:自由跌落	IEC 60068-2-32:1990 环境试验 第 2 部分:试验 Ed:自由跌落	IDT
GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(IEC 61000-4-2:2001, IDT)	IEC 61000-4-2:2008 电磁兼容 第 4-2 部分:试验和测量技术 静电放电试验	
GB/T 17626.3—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(IEC 61000-4-3:2002, IDT)	IEC 61000-4-3:2006 电磁兼容 第 4-3 部分:试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验	
GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	IEC 61000-4-4:2004 电磁兼容 第 4-4 部分:试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	IDT
GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验	IEC 61000-4-5:2005 电磁兼容 第 4-5 部分:试验和测量技术 浪涌抗扰度试验	IDT
GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(IEC 61000-4-6:2006, IDT)	IEC 61000-4-6:2008 电磁兼容 第 4-6 部分:试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度	
GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验	IEC 61000-4-8:2001 电磁兼容 第 4-8 部分:试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验	IDT
GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验	IEC 61000-4-11:2004 电磁兼容 第 4-11 部分:试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验	IDT
GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验	IEC 61000-6-2:1999 电磁兼容 第 6-2 部分:通用标准 工业环境中的抗扰度试验	IDT
GB/T 12162.1—2000 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	ISO 4037-1:1996 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	IDT
GB/T 12162.2—2004 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为 80 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 的参考辐射的剂量测定	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为 80 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 的参考辐射的剂量测定	IDT
GB/T 12162.3—2004 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	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	IDT

表 NA.1 (续)

我国文件或标准的编号和名称	国际文件的编号和名称	一致性程度
GB/T 12162.4—2010 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 $\gamma$ 参考辐射 第 4 部分:低能 X 射线参考辐射场中场所和个人剂量仪的校准	ISO 4037-4:2004 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 $\gamma$ 参考辐射 第 4 部分:低能 X 射线参考辐射场中场所和个人剂量仪的校准	IDT
GB/T 14055.1—2008 中子参考辐射 第 1 部分:辐射特性和产生方法	ISO 8529-1:2001 中子参考辐射 第 1 部分:辐射特性和产生方法	IDT
GB/T 14055.2—2012 中子参考辐射 第 2 部分:与表征辐射场基本量相关的辐射防护仪表校准基础	ISO 8529-2:2000 中子参考辐射 第 2 部分:与表征辐射场基本量相关的辐射防护仪表校准基础	IDT
EJ/T 1178—2005 肢端和眼睛热释光个人剂量计	ISO 12794:2000 核能 辐射防护 肢端和眼睛热释光个人剂量计	MOD

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
个人和环境监测用热释光剂量测量系统  
GB/T 10264—2014/IEC 61066:2006

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)  
网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

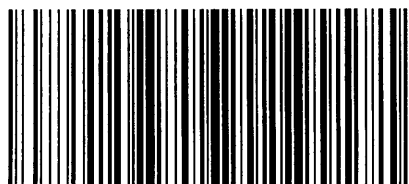
\*

开本 880×1230 1/16 印张 3.5 字数 87 千字  
2015年1月第一版 2015年1月第一次印刷

\*

书号: 155066 • 1-50754 定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 10264-2014