



中华人民共和国国家标准

GB/T 14318—2019/IEC 61005:2014
代替 GB/T 14318—2008

辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪

Radiation protection instrumentation—
Neutron ambient dose equivalent (rate) meters

(IEC 61005:2014, IDT)

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语和符号、量和单位	2
3.1 术语和定义	2
3.2 试验术语	7
3.3 缩略语和符号	7
3.4 量和单位	7
4 一般试验方法	8
4.1 试验要求	8
4.2 随影响量变化进行的试验	8
4.3 非线性考虑	8
4.4 剂量(率)仪中多个探测器或多个信号的考虑	9
4.5 统计涨落	9
4.6 辐射源	9
4.7 工作场所中子场	9
5 一般要求	9
5.1 要求的归纳	9
5.2 一般特性	10
5.3 机械特性	10
5.4 接口要求	11
5.5 计算指示值的算法	11
6 辐射探测要求	11
6.1 概述	11
6.2 约定量值不确定度的考虑	11
6.3 剂量率响应稳定性、剂量依赖性和统计涨落	11
6.4 响应随中子能量的变化	13
6.5 仪器响应的蒙特卡罗计算	14
6.6 响应随辐射入射角的变化	15
6.7 过载特性	15
6.8 响应时间	16
6.9 响应时间与统计涨落之间的关系	17
6.10 剂量当量率报警	17
6.11 剂量当量报警	18
6.12 对光子辐射的响应	18
6.13 对其他外部电离辐射的响应	19
7 指示值的叠加	19

7.1	要求	19
7.2	试验方法	19
7.3	结果的解释	19
8	软件	19
8.1	概述	19
8.2	要求	20
8.3	试验方法	21
9	电气特性	21
9.1	零点指示值稳定性随时间的变化	21
9.2	预热时间	21
9.3	电源-电池供电	22
9.4	电源-交流供电	23
10	环境要求	24
10.1	概述	24
10.2	环境温度	24
10.3	温度冲击	24
10.4	相对湿度	24
10.5	大气压力	24
10.6	防水和防尘(IP 分级)	25
10.7	储存和运输	25
11	机械要求	25
11.1	概述	25
11.2	跌落试验	25
11.3	振动试验	25
11.4	颠簸碰撞	25
11.5	机械冲击	26
12	电磁兼容要求	26
12.1	概述	26
12.2	电磁辐射发射	26
12.3	静电放电	26
12.4	射频骚扰	26
12.5	磁场	26
12.6	交流供电设备要求	27
13	文件	27
13.1	操作和维修手册	27
13.2	合格证书	27
13.3	型式试验报告	28
附录 A (资料性附录)	中子注量-周围剂量当量转换系数	34
参考文献		37
图 A.1	单能中子注量-周围剂量当量转换系数 ^[13]	35

表 1 参考条件和标准试验条件	28
表 2 中子周围剂量当量(率)仪的辐射特性	28
表 3 ω 个不同剂量值和每个剂量值的 n 个指示值的 c_1 和 c_2 值 ^[9]	29
表 4 中子周围剂量当量(率)仪的电气和环境特性	30
表 5 机械要求产生的最大偏差值	31
表 6 电磁骚扰产生的最大偏差值	31
表 7 发射频率范围	31
表 8 本标准使用的符号和缩略语	32
表 A.1 单能中子注量-周围剂量当量转换系数([13]、[14])	34
表 A.2 中子参考辐射源的中子注量-周围剂量当量转换系数([13]和 ISO 8529-3)	36

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 14318—2008《辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪》，与 GB/T 14318—2008 相比主要技术变化如下：

- 修改了范围，将“能量为 16 MeV 以下”改为“能量在 20 MeV 以下”(见第 1 章，2008 年版的第 1 章)；
- 第 3 章中增加报警(见 3.1.1)、本底水平(见 3.1.4)、约定量值(见 3.1.7)、偏差(见 3.1.8)、影响量(见 3.1.11)、F 类影响量(见 3.1.12)、S 类影响量(见 3.1.13)、有效测量范围的下限(见 3.1.14)、中子注量响应(见 3.1.22)、非线性(见 3.1.24)、参考响应(见 3.1.30)、参考标准(见 3.1.31)、相对响应(见 3.1.32)、辐射测量装置的响应(见 3.1.33)、标准试验条件(见 3.1.34)、标准试验值(见 3.1.35)、缩写词和符号(见 3.3)、量和单位(见 3.4)；
- 删除第 4 章，将相关内容(例如：仪器的标识、仪器的指示值、有效测量范围等)合并到第 5 章中(见第 5.2，2008 年版的第 4 章)；
- 增加了“仪器响应的蒙特卡罗计算”(见 6.5)；
- 增加了过载特性、易去污的位置(见 6.7、5.3.3，2008 年版的 10.1、10.2)；
- 删除了安全特性内容(见 2008 年版的第 10 章)；
- 增加了“指示值的叠加”“软件”的内容(见第 7 章和第 8 章)。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 61005:2014《辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 2900(所有部分) 电工术语[IEC 60050(所有部分)]；
- GB/T 8897.1—2013 原电池 第 1 部分：总则(IEC 60086-1:2011, MOD)；
- GB/T 8897.2—2013 原电池 第 2 部分：外形尺寸和电性能要求(IEC 60086-2:2011, MOD)；
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013, IDT)；
- GB/T 16511—1996 电气和电子测量设备随机文件(IEC 61187:1993, IDT)；
- GB/T 34138—2017 辐射防护仪器 环境、电磁和机械性能要求(IEC 62706:2012, IDT)。

本标准做了下列编辑性修改：

- 将 3.1.25 的英文术语“point of test a dose (rate) equivalent meter”改为“point of test a dose equivalent (rate) meter”，原文有误；
- 6.10.3 中引用的 6.11.1 改为 6.10.1，原文有误；
- 6.11.3 中引用的 6.12.1 改为 6.11.1，原文有误；
- 6.12.2 和 6.12.3 中引用的 6.13.1 改为 6.12.1，原文有误；
- 7.1 第三段“ ΔG_{mix} ”改为“ ΔH_{mix} ”，原文有误；
- 7.2 式(14)“ $\Delta H_{\text{mix}} = \frac{H_{\text{IK}} + H_{\text{IL}} + H_{\text{IK+L}}}{H_{\text{IK+L}}}$ ”改为“ $\Delta H_{\text{mix}} = \frac{H_{\text{IK}} + H_{\text{IL}} - H_{\text{IK+L}}}{H_{\text{IK+L}}}$ ”，原文有误；
- 表 1“中子参考辐射”中的“ ${}^7\text{L}(p, n)$ ”改为“ ${}^7\text{Li}(p, n)$ ”，原文有误；
- 表 6“磁场”中的“80 A/m”与 IEC 62706 不符，改为“100 A/m”。

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：厦门市计量检定测试院、厦门福信光电集成有限公司、厦门美亚中敏科技有限公

GB/T 14318—2019/IEC 61005:2014

司、上海市计量测试技术研究院、深圳市计量质量检测研究院、中核核电运行管理有限公司、陕西卫峰核电子有限公司、上海仁机仪器仪表有限公司、厦门杰晟科技有限公司、厦门光服科技有限公司、广州盛达科技有限公司。

本标准主要起草人：郑鹏、蒋淑恋、韩瑜、李名兆、忻智炜、洪亚德、杨佳悦、刘志勇、王孔钊、曲广卫、张志勇、谢瑞钦、陈珺、郑永安。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 14318—2008。

辐射防护仪器

中子周围剂量当量(率)仪

1 范围

本标准适用于测量能量在 20 MeV 以下中子辐射产生的周围剂量当量(率)的仪器,其至少包括:

- a) 探测装置,例如:由热中子探测器与探测器周围的中子慢化和吸收介质组成的装置;
- b) 带有显示测量量的测量装置,它可以与探测装置形成一体,也可以是采用电缆连接的分立装置。

本标准包括能量范围高达 20 MeV 的仪器。如果仪器还提供中子剂量的指示值,宜满足本标准说明的中子剂量要求。

本标准未规定在脉冲辐射场中仪器性能要求的试验方法。不能确定满足本标准设计的装置是否适用于脉冲辐射场。

本标准规定了中子周围剂量当量(率)仪的性能要求和为了确定其性能满足本标准要求的试验方法。本标准规定了中子周围剂量当量(率)仪的一般特性、一般试验方法、辐射特性、电气特性、机械特性、安全特性和环境特性,并给出了合格证书的要求(见 13.2),还规定了对具有报警功能的中子周围剂量当量(率)仪的要求和试验方法。

注:中子周围剂量当量(率)仪的响应与能量有关,可能与一致性要求有较大偏离。然而,在实际中子场的响应因不同能量范围的偏离倾向于相互抵消,因此对实际中子场的响应往往接近于一致。

EJ/T 20086.1—2014 及 ISO 12789-2 规定了一系列适用于这类仪器试验的宽能谱中子源。例如:在已知能谱的环境进行试验时,可由制造厂与用户之间协商确定 EJ/T 20086.1—2014 及 ISO 12789-2 中规定的模拟工作场所中子场。

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。凡是注明日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 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,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,IDT)

EJ/T 20086.1—2014 参考辐射场 模拟工作场所中子场 第 1 部分:辐射特性和产生方法(ISO 12789-1:2008,IDT)

ISO 8529-3:1998 中子参考辐射 第 3 部分:场所和个人剂量仪的校准以及能量和角响应的确定(Reference neutron radiation—Part 3:Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence)

ISO 11929:2010 电离辐射测量特性限值(判断阈、探测限和置信区间的限值)的确定 基础和应用程序[Determination of the characteristic limits(decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval)for measurements of ionizing radiation—Fundamentals and application]

ISO 12789-2:2008 参考辐射场 模拟工作场所中子场 第 2 部分:基本量相关的校准基础(Reference radiation fields—Simulate workplace neutron fields—Part 2:Calibration fundamentals relate to

basic quantities)

IEC 60050(所有部分) 国际电工词典(International Electrotechnical Vocabulary)(在 <http://www.electropedia.org> 查阅)

IEC 60086-1:2011 原电池 第1部分:总则(Primary batteries—Part 1:General)

IEC 60086-2:2011 原电池 第2部分:外形尺寸和电性能要求(Primary batteries—Part 2:Physical and electrical specifications)

IEC 60529 外壳防护等级(IP代码)[Degrees of protection provided by enclosure(IP Code)]

IEC 61187 电气和电子测量设备 文件(Electrical and electronic measuring equipment Documentation)

IEC 62706 辐射防护仪器 环境、电磁和机械性能要求(Radiation protection instrumentation—Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements)

3 术语和定义、缩略语和符号、量和单位

3.1 术语和定义

IEC 60050-395 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注:为了使本标准的句子清晰和正文简明,术语“中子周围剂量当量(率)仪”缩写为“中子剂量(率)仪”或“剂量(率)仪”。在本标准中出现术语“中子剂量(率)仪”或“剂量(率)仪”时,可理解为是“中子周围剂量当量(率)仪”。

3.1.1

报警 alarm

当仪器的读数超过一个预设值或处于一个预设范围之外、仪器不能正常工作(部件失效)或仪器依据预设的条件探测到辐射源存在时,触发听觉、视觉或其他信号。

3.1.2

周围剂量当量 ambient dose equivalent

$H^*(10)$

在一辐射场某点处,相应的齐向扩展场在ICRU球体内,逆齐向场方向的半径上深度为10 mm处产生的剂量当量([11]、[13]¹⁾。

注:具有各向同性响应的仪器在辐射场中测量 $H^*(10)$ 时,辐射场应在整个仪器的尺度范围内保持均匀。

3.1.3

周围剂量当量率 ambient dose equivalent rate

$H^{\dot{*}}(10)$

$dH^*(10)$ 与 dt 的商,其中 $dH^*(10)$ 是剂量当量在时间间隔 dt 内的增量:

$$H^{\dot{*}}(10) = \frac{dH^*(10)}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

3.1.4

本底水平 background level

仪器工作场所中由天然放射性物质和宇宙辐射产生的辐射场水平。

3.1.5

校准距离 calibration distance

仪器参考点到校准源中心的距离。

1) 括号中的数字是参考文献的文献编号。

3.1.6

变异系数 coefficient of variation

一组 n 个指示值 H_j 的实验标准偏差 s 与其算术平均值 \bar{H} 之比。由式(2)给出:

$$v = \frac{s}{\bar{H}} = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (H_j - \bar{H})^2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

3.1.7

约定量值 conventional quantity value

H_i

按约定将量值赋予一给定目的的量。

- 注 1: 在本标准中,量是剂量当量(率)。
 注 2: 有时使用术语“量的约定真值”表示这一概念,但不鼓励使用。
 注 3: 有时约定量值是对真值的估算。
 注 4: 通常认为约定量值具有很小的测量不确定度,可能为零。

[VIM:2008,定义 2.12]

3.1.8

偏差 deviation

D

当在参考条件下测量时和当受影响量影响测量时,剂量当量(率)仪对相同被测量值给出的指示值之差,见式(3):

$$D = H_i - H_r \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

H_i ——受影响量影响的指示值;

H_r ——参考条件下的指示值。

- 注 1: 偏差可正可负,分别取决于指示值的增加或减少。
 注 2: 偏差对 S 类影响量特别重要。

3.1.9

有效测量范围 effective range of measurement

周围剂量当量(率)仪的性能满足本标准要求的周围剂量当量(率)量值范围。

3.1.10

指示值 indicated value

H_i

由剂量(率)仪给出以剂量当量或剂量当量率为单位的(数字)指示值。

3.1.11

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。
 注 2: 如果对一个影响量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。

3.1.12

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,由辐射产生的指示值乘以影响量系数。

3.1.13

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 表示。

注 3: S 代表和:指示值是由辐射与影响量(电磁骚扰)产生的指示值之和。

3.1.14

有效测量范围的下限 lower limit effective range of measurement

H_0 或 H^* 。

在有效测量范围内的最低剂量(率)值。

3.1.15

剂量(率)仪的最大剂量当量率 maximum dose equivalent rate for dose (rate)meters

$H_{m,eq}^*$

由制造厂规定的剂量率,低于该值,剂量率对剂量率仪读数的影响在规定的限值以内。

3.1.16

被测量值 measured value

M

测量时,利用模型函数由指示值 H_i 获得的值。

注 1: 按照 GUM(见^[14],3.1.6、3.4.1 和 4.1),评价测量值的不确定度需用模型函数。

注 2: 这里给出模型函数的一个实例。包括具有参考校准因子 N_0 的指示值 H_i 、非线性响应修正值 r_n 、 l 个 S 类影响量的偏差 D_p ($p=1 \dots l$) 和 m 个 F 类影响量的相对响应值 r_q ($q=1 \dots m$):

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

注 3: 通常,不按该模型函数计算,只有在已知特定影响量和进行适当修正的情况下才使用。

注 4: 如果需要,可使用其他更接近某种剂量(率)仪设计的模型函数。

注 5: 按制造厂的说明书调整校准控制旋钮,将参考校准因子、非线性响应修正值和所有相对响应值置 1,并将偏差置 0,这些设置引起测量不确定度,可通过测量响应值变化和测量偏差确定该不确定度。对于按本标准试验的剂量(率)仪,所有这些数据均适用。

3.1.17

最小额定使用范围 minimum rated range of use

为满足本标准,当剂量当量(率)仪在规定的变化限值内工作时,影响量或仪器参数值的最小范围。

注: 影响量的最小额定范围在表 2、表 4、表 5 和表 6 的第 2 列中详细列出。

3.1.18

中子周围剂量当量(率)仪 neutron ambient dose equivalent (rate) meter

用于测量中子辐射产生的周围剂量当量和/或周围剂量当量率的仪器。

3.1.19

中子剂量当量响应 neutron dose equivalent response

R_n

在规定的条件下,由式(4)给出的比值:

$$R_n = \frac{R_\phi}{h_\phi} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R_ϕ ——中子注量响应(见 3.1.22);

h_0 ——中子注量-周围剂量当量转换系数(见 3.1.23)。

3.1.20

中子注量 neutron fluence

Φ

dN 与 da 的商(见式 5),其中 dN 是人射到截面积为 da 球体中的中子数:

$$\Phi = \frac{dN}{da} \quad \dots\dots\dots(5)$$

注:中子注量的单位是 m^{-2} 。

3.1.21

中子注量率(通量密度) neutron fluence rate(flux density)

ϕ

$d\Phi$ 与 dt 的商(见式 6),其中 $d\Phi$ 是在时间间隔 dt 内中子注量的增量:

$$\phi = \frac{d\Phi}{dt} \quad \dots\dots\dots(6)$$

注:中子注量率的单位是 $m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。

3.1.22

中子注量响应 neutron fluence response

R_0

在规定的条件下,由式(7)给出的比值:

$$R_0 = \frac{M}{\Phi} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

M ——试验时仪器给出的中子注量读数;

Φ ——仪器受照射的中子注量约定量值。

注:中子注量响应的单位是 m^{-2} 。

3.1.23

中子注量-周围剂量当量转换系数 neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient

h_0

在辐射场的某点上,未受到照射物体干扰,中子周围剂量当量 $H^*(10)$ 与中子注量 Φ 之比,见式(8)。

$$h_0 = \frac{H^*(10)}{\Phi} \quad \dots\dots\dots(8)$$

注:附录 A 给出了该转换系数。

3.1.24

非线性 non-linearity

(相对)响应值随被测剂量(率)的变化。

3.1.25

剂量当量(率)仪的试验点 point of test a dose equivalent (rate) meter

约定量值已确定的点,校准和试验时剂量当量(率)仪的参考点置于该点上。

注:对于包括使用辐射的所有试验,仪器的参考点按制造厂规定的取向置于该点上,但响应随入射角变化的试验除外。

3.1.26

周围剂量当量(率)的量值 quantity value of ambient dose equivalent (rate)

用于校准仪器的周围剂量当量(率)真值的最佳估计值 $H^*(10)$ 。此值的大小及其不确定度由初级标准或次级标准确定,或由经过次级标准或初级标准校准过的参考仪器确定。

注:中子辐射的初级标准或次级标准通常用注量(率)表示。使用附录 A 中给出的注量-周围剂量当量转换系数将注量(率)转换为周围剂量当量(率)的约定量值。

3.1.27

剂量当量(率)仪的额定使用范围 rated range of use of a dose equivalent (rate) meter

当剂量当量(率)仪在规定的变化限值内工作时,影响量或仪器参数的数值范围。其限值是最大的和最小额定值。

3.1.28

参考方向 reference direction

剂量(率)仪所在坐标系中某一规定的方向,相对于该方向给出单向辐射场中辐射入射方向的角度。
[ISO 8529-3:1998,定义 3.2.7]

3.1.29

仪器的参考点 reference point of an assembly

仪器上用于将其定位于试验点的实际或虚拟的标志。该标志通常是探测器的几何中心或有效中心。

3.1.30

参考响应 reference response

R_r

在参考条件下,对被测量参考值的响应,见式(9):

$$R_r = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

H_r —— 在参考条件下的相应被测量指示值;

H_i —— 在参考条件下的约定量值(见 3.1.7)。

注 1:参考响应是参考校准因子的倒数。

注 2:表 1 给出了剂量(率)参考值。

3.1.31

参考标准 reference standard

在指定地区或组织内通常具有最高计量特性,并在该地区或组织内进行量值传递的测量标准。

[IEC 60050-395:2014,定义 395-03-118;GB/T 13163.1—2009 和 GB/T 13163.4—2014,定义 3.1.5]

3.1.32

相对响应 relative response

r

响应 R (3.1.33)与参考响应 R_r (3.1.30)的商,见式(10):

$$r = \frac{R}{R_r} \dots\dots\dots(10)$$

3.1.33

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(11)给出的比值:

$$R = \frac{H_1}{H_2} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

H_1 —— 试验时由仪器给出的被测量指示值(见 3.1.10);

H_2 —— 该量的约定量值(见 3.1.7)。

3.1.34

标准试验条件 standard test conditions

代表一组影响量取值范围的条件,在该条件下进行校准或确定响应。

3.1.35

标准试验值 standard test values

当进行校准或对其他影响量或仪器参数进行试验时,允许的某一影响量值或仪器参数值或其取值范围。

注:在标准试验条件下,影响量和仪器参数为其标准试验值。

3.2 试验术语

3.2.1

质量鉴定试验 qualification tests

为了验证仪器设计是否满足技术要求所进行的试验。质量鉴定试验分为型式试验和常规试验。

3.2.2

型式试验 type tests

在产品有代表性的一个或多个样本上进行的符合性试验。

3.2.3

常规试验 routine tests

在制造过程中或完工后对每台仪器所进行的试验,以确定其是否符合某种准则。

3.2.4

验收试验 acceptance tests

为了向客户证明仪器满足其说明书规定要求的合同试验。

3.2.5

补充试验 supplementary tests

为了提供仪器某些特性的补充信息的试验。

3.3 缩略语和符号

缩略语和符号在表 8 中给出。

3.4 量和单位

在本标准中,使用国际单位制(SI)单位²⁾。在 IEC 60050-395 中给出了辐射量的定义。相应的旧单位(非 SI 单位)在括号中标明。

此外,还可使用下列单位:

- a) 能量;电子伏特(eV), $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- b) 时间;天(d)、小时(h)、分(min)。

实际应用时可使用 SI 单位的倍数或分数单位。

2) 国际计量局,国际单位制,2006 第 8 版。

4 一般试验方法

4.1 试验要求

在以下条款中列举的所有试验均认为是型式试验(见 3.2.2)。在型式试验期间,所有与试验无关的影响量的数值保持在标准试验条件的范围以内。

此外,经制造厂与用户协商,某些试验也可作为验收试验。

表 1 规定了参考条件和标准试验条件。

本标准描述的试验可根据其是在标准试验条件下或是在其他条件下进行来分类。对于在标准试验条件下进行的试验,应说明试验时的温度、气压和相对湿度值,并进行适当的修正以给出参考条件下的响应。

4.2 随影响量变化进行的试验

4.2.1 概述

这些试验是用来确定影响量变化的影响。表 2 给出了每个影响量的变化范围以及由这些变化所引起的仪器指示值变化的可接受限值。表 2 中给出的影响量变化范围规定了仪器的标称工作范围,制造厂应说明在此范围内仪器指示值的变化限值。这些限值在任何情况下都不应超过表 2 的规定。

为了试验列于表 2 中任一影响量变化的影响,其他所有影响量应保持在表 1 给出的标准试验条件的限值之内,除非在有关的试验方法中另有说明。

4.2.2 F 类影响量的试验

可使用不小于 $10H_0$ 或 $10H_1$ 的被测量值进行这些试验。通过每次试验的结果,能分别确定相对响应 r 的变化。

F 类影响量试验中的某些影响可认为是由 S 类影响量产生的,其结果是可接受的。如果这些影响较小,在使用本标准时应将其忽略。如果在试验期间观察到较大的 S 类影响,那么应在 $10H_0$ 或 $10H_1$ 的剂量值处进行相应的试验并将结果记录在型式试验报告中。

4.2.3 S 类影响量的试验

应使用不大于 10 倍有效测量范围下限值 H_0 或 H_1 的被测量值进行这些试验,如果在相关条款中没有给出其他规定并能剔除负偏差,甚至可能在零剂量(率)处进行试验。每次试验的结果都有一个偏差 D_p 。

S 类影响量试验中的某些少量影响可认为是由 F 类影响量产生的,其结果是可接受的。如果这些影响较小,在使用本标准时宜将其忽略。如果在试验期间观察到较大的 F 类影响或明显的负偏差,那么应在 $10H_0$ 或 $10H_1$ 的剂量值处进行相应的试验并将结果记录在型式试验报告中。当与 F 类影响量的试验比较时,由于本项试验的指示值通常较低,可增加必要的测量次数。

4.3 非线性考虑

应关注非线性响应的影响。

宜在非线性的剂量(率)区间内进行试验。一种实用方法是首先进行线性试验以鉴别非线性范围,然后在非线性可忽略(1%~2%)的剂量(率)区间内进行其他试验。

4.4 剂量(率)仪中多个探测器或多个信号的考虑

如果多个信号或多个探测器用于给出指示值,应分别对每个信号或每个探测器进行试验。只有当不同信号用于给出测量范围内不同剂量(率)区间的指示值,或用于给出一个影响量(例如:能量)在其不同区间的指示值时,需分别试验。

4.5 统计涨落

对于使用辐射的所有试验,如果单独由辐射的随机性引起的指示值统计涨落在试验中占有显著份额,那么就应取足够多的读数,以保证有足够的精确度估计这些指示值的平均值,用于确定是否满足试验特性的要求。宜使用 ISO 11929:2010 推荐的方法。

相邻两次读数之间的时间间隔应足够长,以保证这些仪器指示值在统计学上的独立性。

4.6 辐射源

中子参考辐射源应按 GB/T 14055.1—2008 的描述,并且是²⁴¹Am-Be 放射性核素源、²⁵²Cf 自发裂变源、由 30 cm 直径 D₂O 球慢化或由适当慢化/过滤的²⁵²Cf 源,或加速器靶源中的一种。对热中子和超热中子参考辐射场,可使用具有适当慢化/过滤布置的加速器靶、反应堆束、²⁴¹Am-Be 或²⁵²Cf 源。

辐射源的特性、结构和使用条件应符合 GB/T 14055.1—2008、GB/T 14055.2—2012 和 ISO 8529-3:1998 中的规定。

由上述中子源产生的周围剂量当量率量值可由源的潜注量率分布和中子注量-周围剂量当量转换系数(见表 A.1)获得。表 A.2 给出了五种参考源的平均中子注量-周围剂量当量转换系数。制造厂应说明所使用中子注量-周围剂量当量转换系数[见 13.2e)]。

中子源发射光子的周围剂量当量率宜明显小于中子的周围剂量当量率或使用合适的屏蔽,以保证探测器探测到的是中子。如果需要,应使用¹³⁷Cs 或⁶⁰Co 源和/或其他光子源确定仪器对 γ 射线的响应。

4.7 工作场所中子场

工作场所中子场可以是:

- EJ/T 20086.1—2014 及 ISO 12789-2 中规定的模拟场;
- 其他工作场所环境辐射场,该辐射场可通过谱计算和/或其量值可溯源到初级标准实验室或被初级标准实验室认可定义。

中子场的特性、产生方法和使用条件应与 EJ/T 20086.1—2014 及 ISO 12789-2 中推荐的一致。

在这些场中,测量点的周围剂量当量率约定量值可从潜注量率分布和中子注量-周围剂量当量转换系数(见表 A.1)获得。

注:待测量的中子场可能与参考辐射场差别很大。为了提高对这种中子场测量的准确度,可以用修正因子来修正仪器的读数;修正因子可分别从仪器的注量响应、中子注量-周围剂量当量转换系数和校准与测量场的潜注量计算得到。

5 一般要求

5.1 要求的归纳

表 2、表 4、表 5 和表 6 归纳了仪器的要求。

5.2 一般特性

5.2.1 有效测量范围

有效测量范围(从 H_0 或 H_1 起始)不应小于下述规定:

- a) 对于模拟显示(例如线性或对数)的剂量当量(率)仪,每个数量级只有一个量程的仪器为每个量程最大刻度偏转角的 10%~100%;每个数量级有两个量程的仪器为每个量程最大刻度偏转角的 30%~100%;
- b) 对于数字显示的剂量当量(率)仪,从每个量程第二位最低有效数字的指示值到最大指示值。例如:显示的最大指示值为 9 999.9,有效测量范围为 1.0~9 999.9(即四个数量级)或 3.0~9 999.9(即三个半数量级);
- c) 对于以科学计数法显示(例如: $x.yz E \pm ab$)的剂量当量(率)仪,应至少具有三位有效数字(例如: 1.00~9.99)。制造厂应规定有效测量范围(例如: $1.00 \times 10^{-7} \sim 9.99 \times 10^{-2}$, 单位是 $Sv \cdot h^{-1}$)。

对于具有一个刻度以上的剂量当量(率)仪,有效测量范围应从最低刻度量程的 10%到最高刻度量程的 100%,并且所有刻度的配置应使得有效测量范围覆盖全部量程。

当试验方法不能完全覆盖整个有效测量范围且观测到的任何变量接近允许的限值时,需做进一步的试验以证明剂量当量(率)仪在整个有效测量范围满足相关的要求。补充试验应由用户和制造厂协商确定。

5.2.2 最小测量范围

剂量当量率的最小有效测量范围应至少覆盖四个数量级并应包括 $10 \mu Sv \cdot h^{-1}$ [对测量量 H^{6+} (10)]。

剂量当量的最小有效测量范围应至少覆盖四个数量级并应包括 0.1 mSv。

5.2.3 影响量的额定范围

任何影响量的额定范围均应在文件中说明。此外,有些额定范围应在仪器上给出,见 5.3.2。

5.2.4 影响量的最小额定范围

表 2、表 4、表 5 和表 6 的第 2 列给出了规定影响量的最小额定范围。

5.2.5 仪器的指示值

仪器的指示值应采用周围剂量当量(率)的单位表示,例如: mSv($mSv \cdot h^{-1}$)。指示值可为模拟显示或数字显示。建议仪器的指示值可远程读取。

5.3 机械特性

5.3.1 IP 分级

应由制造厂按 IEC 60529 说明 IP 防护等级。IEC 62706 给出了手持式仪器的最低 IP 要求。

5.3.2 仪器的标识和标志

测量中子周围剂量当量(率)的仪器应使用专门的标识注明其用途。

下列信息应在剂量当量(率)仪上清晰可见:

- a) 被测量;
- b) 有效测量范围;

- c) 适合于剂量(率)仪测量的辐射类型(例如:中子);
- d) 粒子能量的额定范围;
- e) 参考点和参考方向(或在手册中说明);
- f) 仪器的序号。

5.3.3 易于去污

仪器的结构应易于去污。为此,仪器的外表面应尽可能光滑无孔、无缝隙或把仪器放在薄而柔软的封套内,封套的一部分是透明的,便于读取仪器指示值。

5.4 接口要求

建议提供可供远程读取的外部连接设备(例如:与外部计数器或积分器、记录仪或二次数字显示连接的设备),并且应有适当的标志。

如果仪器具有数据处理器和存储器,建议应有与外部数据设备连接的输出接口,例如:串行数据接口。

5.5 计算指示值的算法

对于按本标准进行的多个探测器装置的型式试验,制造厂应提供从探测器信号产生开始直到给出指示值全过程的算法。算法应包括所有计算和/或判定树。

注:这种算法可能涉密(涉及专利)并仅由实验室在型式试验中使用。

6 辐射探测要求

6.1 概述

本章中所述的所有影响量均认为是F类影响量。

注1:在参考条件(参考辐射和 0° 辐射入射角、参考剂量和/或剂量率以及表1给出的所有其他参考条件)下,根据参考响应 R ,给出对影响量辐射能量和辐射入射角的要求。GB/T 14055.1—2008中的表1给出了可能使用的中子参考辐射。表1给出了最常用的参考辐射,但有必要选择其他辐射作为参考辐射以满足对该影响量的要求,甚至在设有合适的实际辐射情况下,可以选择某个能量的辐射作为参考条件。在此条件下,通过适用的(虚拟)参考辐射和对(虚拟)参考辐射响应的偏差实现该(虚拟)参考辐射。

注2:IEC/TR 62461给出了由于辐射能量和辐射入射角产生的相对响应非对称限值。

6.2 约定量值不确定度的考虑

应考虑剂量当量或剂量当量率约定量值的扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$ 并宜不超过20%。这说明了将 U_{rel} 附加在相对响应的允许变化上。如果使用相同的辐射质进行几个试验(例如:响应稳定性试验),应仅考虑剂量当量(率)的实际值与参考值之比的不确定度。在有其他要求的情况下,这种考虑在各自的试验方法中描述。

6.3 剂量率响应稳定性、剂量依赖性和统计涨落

6.3.1 概述

使用相同的测量数据进行剂量率响应稳定性、剂量依赖性和统计涨落的试验。

如果制造厂能证明剂量(率)仪的技术设计保证对大范围剂量率值的剂量率响应满足稳定性要求,可减少试验次数。

6.3.2 要求

- a) 在标准试验条件下,按制造厂的说明书调整校准控制器,对于所选的中子参考辐射,由剂量率响应不稳定性产生的相对响应变化在整个有效测量范围内不应超过 $-17\% \sim 25\%$ 。剂量应在制造厂规定的剂量率测量时的整个剂量范围内变化。
- b) 按变异系数测量的指示值统计涨落应满足表3给出的要求。

6.3.3 使用源的试验方法

a) 使用的源

为了进行本项试验,应已知试验点处的周围剂量当量(率)约定量值。试验应使用表1给出合适活度的参考源(例如:中子辐射使用 $^{241}\text{Am-Be}$)在自由空气中照射剂量(率)仪。

b) 进行的试验

应在剂量率有效测量范围的每个数量级内至少取三个剂量率值测量响应。这些值在每个数量级最大值的20%、40%和80%附近。在不同剂量率值处,同样应使用剂量额定范围内的不同剂量值。应在 w 个剂量率值的每一个剂量率值处进行总计 n 次重复测量,这取决于剂量率的有效测量范围。通过测量 w 个响应值,可确定由响应不稳定性产生的相对响应变化。

6.3.4 使用源的试验结果解释

确定 w 个剂量率值中每一个剂量率值的 n 个指示值的平均值和变异系数。

使用 w 个平均值,由响应不稳定性产生相对响应的变化不应超过 $-17\% \sim 25\%$ 范围。也使用 w 个变异系数和表3给出的 c_1 和 c_2 值,这表明:

—— $(w-2)$ 个剂量率值的变异系数小于表3给出限值的 c_1 倍;

——剩余的两个剂量率值不应相邻,其变异系数小于表3给出限值的 c_2 倍。

在此种情况下,可认为满足6.3.2中a)和b)的要求。

注1: c_1 值永远小于 c_2 值。

注2: 该方法可确保试验通过的概率不依赖于进行试验时剂量值的数量 w 。如果没有使用系数 c_1 和 c_2 ,试验通过的概率将随着进行试验时剂量值的数量 w 的增加而减少。

注3: [9]给出了更多试验方法的信息。

6.3.5 改变校准距离的试验方法

GB/T 14055.2—2012中规定了几种使用中子参考辐射源确定仪器响应的实用方法,这些方法考虑了散射辐射的贡献和仪器参考点的位置。该方法包括确定在一系列校准距离上的指示值,这些指示值的范围可能在一个或多个数量级内。由数据分析拟合方法确定响应、散射贡献和几何参数。在这种情况下,任一指示值可认为是6.4.2中给出的各量程中的一点。如果对散射和几何参数的拟合值与通过计算或实验确定的经验值一致,则可以使用拟合的指示值来确定各量程的固有相对误差。

6.3.6 等效电信号试验方法

当所用的中子源无法提供试验所要求的全部量程的周围剂量当量率时,对辐射源不能提供的周围剂量当量率,允许使用等效电信号试验方法确定相对误差。

在这种情况下,对于型式试验,辐射源应在仪器有效测量范围的较高端至少能提供一个周围剂量当量率,同时辐射源应在仪器有效测量范围的较低端至少能提供一个周围剂量当量率。电信号的波形应尽可能接近来自于探测器的信号波形。在信号输入的位置上,应能试验除探测器本身或闪烁探测器的光电倍增管以外的整机性能。

当仪器受到由合适的中子参考辐射源给出的周围剂量当量率约定量值为 $H^{k*}_n(10)$ 照射时,如果仪器指示的周围剂量当量率为 $H^{k*}_n(10)$,则应输入一个电信号 S_1 以使仪器产生相同的指示值 $H^{k*}_n(10)$ 。如果由另一个输入信号 S_2 产生另一个指示值 $H^{k*}_n(10)$,相对误差 I 由式(12)给出:

$$I = \left[\frac{H^{k*}_n(10) \times S_1}{H^{k*}_n(10) \times S_2} - 1 \right] \dots\dots\dots (12)$$

观测值应落在 6.3.7 给出的限值之内。如果使用等效电信号试验方法,宜在仪器随带的文件中说明。

6.3.7 等效电信号试验结果的解释

需考虑在试验中所用的周围剂量当量率约定量值的相对扩展不确定度 $U_{rel}(k=2)$ 。如果观测到的相对误差平均值 \bar{I} 都不超过 $\pm(20\%+U_{rel})$,则满足剂量率响应稳定性的要求。

6.4 响应随中子能量的变化

6.4.1 概述

所有中子剂量(率)仪的响应完全取决于中子能量^[10]。用于辐射防护目的时,希望仪器响应随中子能量的变化在从热中子到制造厂规定最大能量的整个范围内不超过 1.5。但直至今日,仍未达到这一要求。

对于所有现有的和正在开发的仪器,主要基于适当探测器响应的计算,其计算结果应适用于整个中子能量范围,在该范围内中子能量的每个十进位位至少有两个能量点的计算数据。

6.4.2 要求

周围剂量当量(率)相对响应 $r_{H^*(10)}$ 和 $r_{H^{k*}(10)}$ 随中子能量的变化应为:

- 热中子到 50 keV 能量范围:制造厂应规定周围剂量当量(率)相对响应随中子能量的变化。相对响应变化应至少在 0.2~8.0 范围内。
- 50 keV~10 MeV 能量范围:在 0.5~2.0 范围内。
- 10 MeV~20 MeV 能量范围:制造厂应规定周围剂量当量(率)相对响应随中子能量的变化。相对响应变化应至少在 0.2~2.0 范围内。

此处的相对响应是相对于中子参考能量和中子辐射入射角与参考方向之间的角度为 0°时的响应。应由制造厂规定仪器的轴、参考平面和入射参考方向。

每台仪器对 50 keV~10 MeV 中子能量范围的要求是强制性的。对于其余的能量范围,制造厂应说明其仪器满足规定要求的能量范围。

所有剂量指示值应进行响应不稳定性修正,如果必要,还需进行作为影响量的剂量率对剂量测量影响的修正。

6.4.3 试验方法

本项试验应将剂量(率)仪置于自由空气中。应使用 GB/T 14055.1—2008、GB/T 14055.2—2012、ISO 8529-3:1998 和 EJ/T 20086—2014、ISO 12789-2:2008 中规定的中子辐射质。

由于不可能在从热中子到 20 MeV 的九个能量的量级上检查仪器的性能和验证计算的数据,所以可使用下列能量:

- 低于 50 keV,至少有两种中子能量,其中之一是热中子能量;
- 在 50 keV~10 MeV 能量范围中,至少有三种中子能量;
- 至少有一种宽能谱源(例如:²⁵²Cf 或²⁴¹Am-Be);

d) 超过 10 MeV,至少有一种中子能量。

要求仅使用在制造厂规定能量范围内的能量进行试验。此外,建议说明对标准模拟工作场所中子场的响应。

试验距离宜至少为源和探测器最大线性尺寸总和的三倍。散射中子对仪器指示值的贡献不应超过由非散射中子对指示值贡献的 20%。散射贡献的确定应符合 GB/T 14055.2—2012 的规定。

原则上,最好在同样的周围剂量当量率条件下对每个辐射能量进行本项试验。但实际上很难做到,在这种情况下,每种能量的周围剂量当量率指示值应在相同指示值下对中子参考辐射的相对响应(如果需要可内插)进行修正。

利用所提供的计算响应函数计算 6.4.3 中 a)~d) 中所选中子能量的周围剂量当量(率),并与试验测量值进行比较。

注:GB/T 14055.1—2008、GB/T 14055.2—2012、ISO 8529-3:1998 给出了参考辐射的详情和校准方法。模拟实际工作场所中子场见 EJ/T 20086—2014、ISO 12789-2:2008。

6.4.4 结果的解释

当所有试验测量的由中子能量变化产生的相对响应值在 6.4.2 规定的范围内和周围剂量当量(率)计算值在试验测量值的±20%以内时,则满足 6.4 的要求。

6.5 仪器响应的蒙特卡罗计算

6.5.1 概述

现有的和正在开发的中子剂量(率)仪在不适合或不方便测量的中子能量区域的响应,基本上是基于蒙特卡罗计算。计算相对响应曲线通常是对应于²⁵²Cf 的响应。

6.5.2 要求

为了覆盖制造厂说明的能量范围,应由制造厂提供蒙特卡罗响应曲线。应提供 6.4.3 中 a)~d) 中每个被测能量的响应计算数值。应在为填补适用单能场之间的空隙和扩展覆盖全部能量范围的附加能量上提供附加响应计算数值。应至少在中子能量的每个数量级(例如: 10^{-3} eV、 10^{-1} eV、 10^0 eV、 10^1 eV、……、 10^4 eV、 10^7 eV,大于 10^7 eV)中提供响应的计算数值。对探测器响应的蒙特卡罗结果准确性应是:以 6.4.3 中 a)~d) 中所选中子能量计算的周围剂量当量(率)在其测量值的±20%以内。蒙特卡罗计算应完全文件化,以便能由独立机构或实验室重复(验证)计算。

注:该信息如果涉密,则仅供实验室的型式试验使用。

6.5.3 试验方法

蒙特卡罗计算响应曲线覆盖制造厂说明的全部能量区域。蒙特卡罗计算是完全文件化的并能独立重复,可通过重复部分计算或文件审查完成验证。验证提供的 6.4.3 中 a)~d) 中所选能量的响应计算数值。至少在中子能量的每个数量级验证提供的 6.4.3 中 a)~d) 中所选那些能量之间能量的响应计算数值。

6.5.4 结果的解释

如果满足下列条件,则仪器满足 6.5.2 的要求:

- 提供的蒙特卡罗计算响应曲线覆盖由制造厂说明的全部能量区域;
- 蒙特卡罗计算是完全文件化的并能独立重复;
- 在 6.4.3 中 a)~d) 中所选能量点的计算和试验数据,其相对偏差在±20%以内;
- 提供在 6.4.3 中 a)~d) 中所选那些能量之间的中子能量每个数量级的响应计算数值。

6.6 响应随辐射入射角的变化

6.6.1 概述

本标准针对具有广接收角且在一个平面上圆形对称的探测器装置,在整个 4π 立体角内达到响应一致存在实际限制。

6.6.2 要求

在参考平面中,辐射相对于参考(校准)方向从 $0^\circ\sim 90^\circ$ 任何角度入射时的仪器指示值变化在额定能量范围内不应超过 $\pm 25\%$ 。

在参考平面中,辐射相对于参考方向从 $90^\circ\sim 180^\circ$ 和 $-90^\circ\sim -180^\circ$ 任何角度入射时的仪器指示值变化应由制造厂说明。在与参考方向正交的平面中,辐射相对于参考方向以任何角度入射时的仪器指示值变化宜由制造厂说明。应由制造厂规定参考平面和辐射入射的参考方向。

6.6.3 试验方法

应使用 4.6 中规定的任何一种中子参考辐射源照射探测装置。应将仪器置于在参考方向上的辐射源所处的参考平面中(即制造厂规定的相对于所用辐射源的校准方向)。校准距离宜至少为源和探测器最大线性尺寸总和的三倍。散射中子对仪器指示值的贡献不应超过由非散射中子对指示值贡献的 20%。散射贡献的确定应符合 GB/T 14055.2—2012 的规定。将探测装置在参考平面旋转,从 0° 转到 $\pm 180^\circ$,每次转 30° ,并记录读数。然后,在与参考方向正交(垂直)的平面内旋转探测装置时,应进行类似的测量。

6.6.4 结果的解释

如果满足下列条件,则仪器满足 6.6.2 的要求:

- 在参考平面中,辐射相对于参考方向从 $0^\circ\sim 90^\circ$ 任何角度入射时的仪器指示值变化不超过 $\pm 25\%$;
- 在参考平面中,辐射相对于参考方向从 $90^\circ\sim 180^\circ$ 和 $-90^\circ\sim -180^\circ$ 任何角度入射时的仪器指示值变化不超过由制造厂说明的值;
- 在与参考方向正交的平面中,辐射相对于参考方向以任何角度入射时的仪器指示值变化不超过由制造厂说明的值。

6.7 过载特性

6.7.1 剂量当量仪

6.7.1.1 要求

在过载条件下,剂量仪应满足:

- 当受到大于其测量量程最大值的剂量照射时,剂量当量仪的指示值应超过满刻度或应指示过载。该要求应适用于所有量程。
- 当受到足够高剂量率照射引起剂量指示值错误时,仪器应能给出不能提供正确剂量的提示。

6.7.1.2 试验方法

可使用合适的中子源进行试验。如果无法获得高中子剂量率,也可将合适的信号注入到测量装置的输入端进行试验(见 6.3.6)。

- a) 使用 1 Sv~50 Sv 和超过十倍于仪器能指示的最大剂量照射剂量当量仪。照射期间的剂量率应小于制造厂规定的最大剂量率。在受到试验剂量照射后,至少 30 min 仪器不应复位或关机。
- b) 使用超过制造厂规定限值 10% 的剂量率照射剂量当量仪 100 s。在没有出现错误剂量指示值(由剂量率过载引起)的情况下,以每次增加 10% 的剂量率照射剂量当量仪 100 s,直至显示错误剂量指示值(由剂量率过载引起)。

6.7.1.3 结果的解释

如果满足下列条件,则仪器满足 6.7.1.1 的要求:

- a) 剂量当量仪指示值应超过满刻度或应指示过载并保持,直至剂量指示值复位或仪器关机。
- b) 保证剂量指示值已适度增加(在制造厂说明的容差内)或给出错误剂量指示值(由剂量率过载引起)。在出现错误剂量指示值前,剂量指示值在其容差内适度增加。

6.7.2 剂量当量率仪

6.7.2.1 要求

当受到大于其测量量程最大值的剂量率照射时,剂量当量率仪应在量程高端超过刻度或应指示过载。该要求应适用于所有量程。

6.7.2.2 试验方法

可使用合适的中子源进行试验。如果无法获得高中子剂量率,也可将合适的信号输入到测量装置的输入端进行试验(见 6.3.6)。

剂量当量率仪应承受十倍于量程(刻度)最大值的剂量当量率照射 5 min。

6.7.2.3 结果的解释

在整个试验期间,剂量当量率仪的指示值应在量程高端超过刻度或应指示过载。在完成试验后,剂量当量率仪应在 5 min 内功能符合规定。如果仪器在规定时间内功能不满足规定,应显示报警。只有当仪器不受限制地再次满足规定时,可解除报警。本项试验适用于每个量程。

6.8 响应时间

6.8.1 要求

响应时间应符合下述要求,如果周围剂量当量率发生突然改变,指示值应达到下述值:

$$H^{k_i} (10) + \frac{90}{100} [H^{k_i} (10) - H^{k_i} (10)] \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$H^{k_i} (10)$ ——初始指示值;

$H^{k_i} (10)$ ——最终指示值。

此时所需时间应满足下列规定:

- a) 增加或减少的周围剂量当量率小于 0.1 mSv · h⁻¹时,小于 30 s;
- b) 增加或减少的周围剂量当量率在 0.1 mSv · h⁻¹~1 mSv · h⁻¹之间,小于 10 s;
- c) 增加或减少的周围剂量当量率大于 1 mSv · h⁻¹时,小于 4 s。

制造厂应说明响应时间。

6.8.2 试验方法

本项试验既可使用合适的中子源来进行,也可将合适的电信号输入到仪器的输入端来进行。

周围剂量当量率的初始指示值和最终指示值应至少相差十倍,并按此倍数进行增加和减少周围剂量当量率的两种测量。

如果使用电信号试验方法,输入信号应符合上述要求。

对于增加周围剂量当量率的试验,探测装置应首先受较高的周围剂量当量率照射并应记录指示值 $H_i^{b_1}$ (10)。

然后,探测装置再受较低的周围剂量当量率照射,照射时间要足以使指示值 $H_i^{b_1}$ (10) 达到稳定值并应记录指示值。

最后,尽可能快地将周围剂量当量率改变到相当于 $H_i^{b_1}$ (10) 的周围剂量当量率并应测量指示值达到 6.8.1 式(13)给出值所需的时间。

减少周围剂量当量率的试验应按同样方式进行,只是 $H_i^{b_1}$ (10) 和 $H_i^{b_2}$ (10) 对应的的周围剂量当量率数值互换。

6.8.3 结果的解释

如果周围剂量当量率突然改变后的指示值在小于 6.8.1 规定的时间内达到式(13)规定的值,则仪器满足要求。

6.9 响应时间与统计涨落之间的关系

响应时间与统计涨落的变异系数是两个相互关联的特性,在 6.8.1 和 6.3.2 中给出了可接受的限值。

对于高周围剂量当量率,建议在满足统计涨落限值的条件下,宜尽可能减少响应时间。

当响应时间小于 1 s 时,宜更注重减少统计涨落。

6.10 剂量当量率报警

6.10.1 要求

在标准试验条件下,当剂量当量(率)仪受到相当于剂量当量率报警阈值 0.8 倍的剂量当量率照射 10 min 时,触发报警的时间不应超过该试验时间段的 10%。同样,当受到报警阈值 1.2 倍的剂量当量率照射时,触发报警的时间应至少超过该试验时间段的 90%。当剂量当量(率)仪受到剂量当量率报警阈值 1.2 倍的剂量当量率照射时,应在 5 s 内或与剂量当量率报警阈值的乘积小于 $10 \mu\text{Sv}$ 的时间内触发报警。

当剂量当量(率)仪使用多个探测器覆盖剂量当量(率)仪指示值的整个量程时,上述要求分别适用于每个探测器的相关量程。

6.10.2 试验方法

应至少进行两次试验,一次使用接近最大有效指示值的报警阈值,另一次使用接近第二个最低有效十进位位最大值的报警阈值。

6.10.3 结果的解释

如果满足 6.10.1 对两个报警阈值(一个接近最大有效指示值的报警阈值,另一个接近第二个最低有效十进位位最大值的报警阈值)的要求,则仪器满足剂量当量率报警的要求。应考虑中子剂量(率)仪受照射的剂量当量率约定量值的相对扩展不确定度($k=2$)。如果相对扩展不确定度是 U_{rel} ,所用的剂

量率应是：报警网剂量当量率报警阈值的 $0.8(1-U_{rel})$ 倍和 $1.2(1+U_{rel})$ 倍。

6.11 剂量当量报警

6.11.1 要求

在标准试验条件下，当剂量当量仪受到相当于剂量当量报警阈值 0.8 倍的剂量当量照射时，不应触发报警。当剂量当量仪受到剂量当量报警阈值 1.2 倍的剂量当量照射时，应触发报警。

6.11.2 试验方法

应至少进行两次试验，一次使用接近最大有效指示值的报警阈值，另一次使用接近第二个最低有效十进位位的最大值的报警阈值。报警应复位，然后使剂量当量仪受到剂量当量率约定量值的照射，使其至少在 100 s 内不报警。应测量剂量当量仪受照射的时间。

6.11.3 结果的解释

如果满足 6.11.1 对两个报警阈值（一个接近最大有效指示值的报警阈值，另一个接近第二个最低有效十进位位最大值的报警阈值）的要求以及报警阈值除以所用剂量当量率与测量时间乘积的商在 $0.8(1-U_{rel}) \sim 1.2(1+U_{rel})$ 范围内，则仪器满足剂量当量报警的要求。

6.12 对光子辐射的响应

6.12.1 要求

实际上所有中子辐射场都含有光子辐射，有必要确定对光子辐射的响应。

对光子辐射的响应应以仪器在试验点处单位光子周围剂量当量率的指示值来表示。

入射到中子仪器的光子辐射不仅可导致仪器出现指示值，还可改变仪器对中子辐射的响应。因此应在两方面分别要求：

- 由光子周围剂量当量率为 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 源产生的指示值不应大于由 $0.1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 中子周围剂量当量率产生的指示值。
- 在产生 $1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 指示值的中子参考辐射场中，用由 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 产生的 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 光子辐射源照射仪器，其指示值变化不应大于 10%。上述试验使用的 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 源宜满足 GB/T 12162 系列标准的要求。
- 此外，由于在一些测量中子周围剂量当量率的场所中可能存在高能光子辐射（例如： ^{16}N 产生的 6 MeV 光子），应由制造厂与用户协商确定在较高光子能量和 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 能量上检查对光子辐射的响应。在这种情况下，制造厂应说明仪器对高能光子辐射的响应。

6.12.2 试验方法

对于 6.12.1 中 a) 的要求，应使用 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 源照射仪器，使其参考点处于周围剂量当量率为 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 的光子辐射场中。

对于 6.12.1 中 b) 的要求，应使用中子参考源照射仪器，使其指示值为 $1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。然后再叠加 ^{137}Cs 或 ^{60}Co 源照射，使仪器在试验点处的光子周围剂量当量率为 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

对于 6.12.1 中 c) 的要求，试验所用的辐射源应满足 GB/T 12162 系列标准的要求。

6.12.3 结果的解释

如果由 ^{137}Cs 和高能光子（大于 1.5 MeV）产生的 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 周围剂量当量率引起的指示值小于由 $1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 中子周围剂量当量率产生的指示值，则仪器满足 6.12.1 中 a) 和 c) 的要求。对光子辐射

的响应应以仪器在试验点处单位光子周围剂量当量率的指示值来表示。

当受到由¹³⁷Cs产生的 $10 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 光子周围剂量当量率照射时,如果中子周围剂量当量率的指示值变化不大于10%,则仪器满足6.12.1中b)的要求。

6.13 对其他外部电离辐射的响应

根据设计,这类仪器对 α 和 β 辐射一般无响应,因此不进行此项试验。

7 指示值的叠加

7.1 要求

在不同辐射类型(例如,光子和中子)以及不同中子能量和辐射入射角的同时照射时,应给出叠加的指示值。

如果剂量(率)仅仅使用一个信号(用一个探测器测量)计算指示值,则满足该要求。

如果剂量(率)仅使用多个信号(或用多个探测器测量,或用一个探测器进行脉冲高度分析)计算指示值,则不会自动满足该要求。在此情况下,应确保由混合辐射产生的指示值相对变化 ΔH_{mix} 不应超过 ± 0.1 。

如果用于计算指示值的算法是信号的线性组合或是信号的线性优化,则满足该要求或不需再进行试验。

7.2 试验方法

在两种不同照射条件K和L(不同能量、不同辐射入射角甚至不同辐射类型)下,以约定量值 H_{K} 和 H_{L} 依次进行两次照射,确定两次照射的指示值 H_{K} 和 H_{L} 。然后在两种不同照射条件K和L下,以约定量值 $H_{\text{K+L}} = H_{\text{K}} + H_{\text{L}}$ 进行第三次同时照射并确定该同时混合照射的指示值 $H_{\text{K+L}}$ 。

指示值的相对变化由式(14)给出:

$$\Delta H_{\text{mix}} = \frac{H_{\text{K}} + H_{\text{L}} - H_{\text{K+L}}}{H_{\text{K+L}}} \dots\dots\dots (14)$$

对于任何 H_{K} 和 H_{L} 值以及 S_{K} 和 S_{L} 辐射场的任意同时组合,应确定 ΔH_{mix} 。由于很难进行同时照射,本项试验允许并推荐使用计算代替同时照射。使用计算的必要条件是知道每个信号对所有照射条件K和L的被测响应值和评价过程,以确定对这些信号的指示值。为了确定每个信号对所有照射条件的响应值,不允许借助于辐射传递模拟来计算整个剂量(率)的响应。

4.3和6.3中论述了信号的非线性。因此,当没有进行计算时,本项试验应对信号进行非线性修正。当不同剂量(率)仅用于确定 H_{K} 、 H_{L} 和 $H_{\text{K+L}}$ 时,应修正参考校准因子中的差异。

7.3 结果的解释

指示值的相对变化 ΔH_{mix} 不应超过 ± 0.1 。在这种情况下,可认为满足7.1的要求。

8 软件

8.1 概述

由于计量学试验间接地包括大部分的软件试验,在型式试验开始时应使用软件的最终版本。制造厂应知道软件数据相关部分的任何变化可能对型式试验的有效性产生疑问这一事实。

注:在现代仪器中,软件对于产生测量值的作用越来越重要。因此,型式试验应包括试验期间软件在仪器内运行的

性能。根据给出的要求予以考虑。

由 WELMEC“7.2 软件指南”给出这些要求,见[17]。这些要求是基于对专用于测量仪(P类)和 B 级风险(低水平)嵌入式软件的仪器要求。

8.2 要求

8.2.1 一般要求

设置的要求应防止对软件数据的任何非故意修改。此外,应禁止试图对软件的任何修改,除非在经授权人员的监督下并按规定的方法进行修改。

8.2.2 软件的设计和结构

应以指示值相关部分不受其他软件影响的方式设计软件,除非这种影响是正确使用剂量当量(率)仪所要求的。

注:一个可能的技术解决方案是将软件分为两部分。一部分包含计算、储存和显示指示值所需的全部功能,这部分是数据相关部分。软件的另一部分是非数据相关部分(例如:某一最大指示的数值、日期和时间)。数据相关部分规定了用于与非数据相关部分的通讯功能(软件接口)。软件分离技术具有可在不影响数据相关部分的情况下修改非数据相关部分的优势。软件分离技术代表了软件工程中的技术发展水平。

8.2.3 软件和数据保护

8.2.3.1 标识

软件的数据相关部分(见 8.2.2 的注)应具有一个标识。当软件运行时,应能显示该标识。该标识可与试验记录或用户说明书中给出的标识比较。

注:如果标识随软件变化而自动变化,只有简单的版本号是不够的,最好给出其他的信息。识别剂量当量(率)仪软件中的存储数据位的变化(例如:由辐射产生)。一种可能的技术解决方法是设置在软件上的校验和算法(至少为 CRC-16),见[17]。计算和存储软件所有字节校验和的参考值。在仪器开机时,重新计算校验和并与存储的参考值比较。如果发生变化,软件停止运行并提供一个适当的错误信息。

8.2.3.2 异常工作状态的报警

当剂量当量(率)仪的部件出现异常工作状态时,应给出指示。这些异常工作状态包括导致故障指示或剂量信息丢失的状态,例如:光电倍增管高压故障。

8.2.3.3 输入数据的控制

应保护用于确定指示值的所有数值(例如:校准因子和高压)免受未经授权的修改。

注:一种可能的技术解决方法是在修改数据前要求输入密码。

8.2.3.4 用户界面、硬件接口和软件接口

所有输入的命令和通过接口(例如:作为用户界面的键盘、软件接口)接收的数值将仅以一种容许的方式影响仪器的数据和功能。应对所有的指令和数值进行定义,每个指令和数值都有含义,并能由仪器进行处理,否则仪器应认定其无效。无效命令对仪器的数据和功能不会产生任何影响。

注:原则上,可能涉及软件接口。当以单独的二进制文件实现软件的数据相关部分时,通常可使用软件分离予以排除,见 8.2.2 的注。

8.2.4 文件

8.2.4.1 说明书中的文件

应在说明书中描述软件的全部功能、菜单和子菜单,见 13.1。

8.2.4.2 型式试验的文件

除了第 13 章列出的文件以外,制造厂还应对型式试验给出下列信息:

- 软件结构的描述,见 8.2.2;
- 评价和显示标识以及防止测量随软件变化的方法,见 8.2.3.1;
- 识别异常工作状态的测量,见 8.2.3.2;
- 所有相关参数、参数的范围和标称值、确定参数在允许范围的方法、参数的存储地址、如何观察参数以及参数如何变化的完整列表,见 8.2.3.3;
- 可能通过接口接收到全部命令(例如,菜单项目)和数值的完整列表,包括命令和数值的作用,见 8.2.3.4。

8.3 试验方法

8.3.1 概述

软件试验可能是一项十分复杂的试验,但不应占用过多的试验时间。因此,没有给出特定的试验,而将大量的职责移交给制造厂。唯一的软件试验是通过使用最新版本软件进行型式试验和按照制造厂文件(见 8.2.4)进行试验来间接完成。唯一的试验在文件中说明。

8.3.2 文件测试

在型式试验期间,所用软件将使用许多菜单。全部用到的菜单应在说明手册中记录。有些菜单应通过使用运行软件并与说明手册的相应部分相比较进行检查。如果软件中的菜单与说明手册中的一致,则满足要求。还宜对附加软件和接口进行试验。此外,还应显示标识(见 8.2.3.1)并在合格证书中给出。

9 电气特性

9.1 零点指示值稳定性随时间的变化

9.1.1 要求

在接通电源后的 300 min 内,剂量当量(率)仪指示值的变化不应超过 $\pm 0.2H$ 。或 $\pm 0.2H^{\frac{1}{2}}$ 。在此期间允许由环境本底产生的 H 。变化。

9.1.2 试验方法

接通剂量当量(率)仪的电源,预热 30 min。如果仪器具有调零控制器,操作人员将指示值调到制造厂说明的零点。对于某些具有非线性刻度的剂量当量(率)仪,调零控制器是将指示值调到某一合适参考点而不是调到零点,如果是这种情况,控制器将指示值调到某一合适的参考点。

应将剂量当量(率)仪放置在上述条件下,在随后的 270 min 内,每隔 30 min 记录一次读数。

9.1.3 结果的解释

如果记录的读数在 9.1.1 的限值内,则满足要求。

9.2 预热时间

9.2.1 要求

制造厂应说明预热时间。

9.2.2 试验方法

关断仪器的电源,用合适的参考辐射源照射仪器,该源可使指示值至少达到最灵敏量程或十进位位最大的一半。

接通仪器电源并按制造厂说明的时间预热。然后,剂量当量(率)仪进行10~20次测量并取平均值。

在接通仪器电源后的30 min,剂量当量(率)仪另外进行10~20次测量,并以其平均值作为指示值的“最终值”。

9.2.3 结果的解释

如果最终值与在制造厂说明的预热时间后立即测量所取平均值的相对偏差在±10%以内,则满足试验要求。

9.3 电源-电池供电

9.3.1 概述

应提供在最大负载条件下检查电池状态的方法。在显示部件上应清晰地指示仪器性能仍满足本标准要求要求的电池剩余容量。

可按所需的任意方式连接电池,但应能单独更换;制造厂应在仪器上清楚地标出电池的极性。

9.3.2 要求

制造厂应说明满足本标准要求要求的电池制造商和型号。宜使用按IEC 60086-1:2007或IEC 60086-2:2007规定外形尺寸的原电池或二次电池。

电池的容量应满足下述要求:在标准试验条件下,间断使用40 h³⁾,剂量当量(率)仪的指示值与初始值的差别不应超过±10%,其他功能满足技术要求。

制造厂应说明二次电池的充电时间。

在-10℃以下,大多数类型的电池容量随温度的降低而明显下降,应予以考虑。

9.3.3 试验方法

9.3.3.1 概述

可通过测量内部电池的实际电压或(特别是对于二次电池)在使用和在充电期间通过进行充放电测量评价剂量当量(率)仪的电池剩余容量。

提供两种试验方法。第一种方法使用电池,第二种方法使用电源。如果在使用和在充电期间通过进行充电测量来确定电池的剩余容量,应选择第一种方法;如果通过测量内部电池的实际电压来确定电池的剩余容量,可选择第二种方法。

9.3.3.2 使用电池的试验

9.3.3.2.1 概述

本项试验应使用由制造厂指定型号的新原电池或充满电的二次电池。

3) 间断使用40 h是每天连续使用8 h,其余16 h关闭剂量当量(率)仪,持续5 d。

9.3.3.2.2 试验方法

以 $10 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内的剂量当量率照射中子剂量(率)仪。

使剂量当量(率)仪在该辐射场中工作 8 h, 在随后的 16 h 关闭剂量当量(率)仪。本项试验连续进行 5 d 并在试验结束时记录读数。

9.3.3.2.3 结果的解释

如果剂量当量(率)仪的指示值与初始值的差别不超过 $\pm 10\%$ 并且仪器不显示电池电压低的信息(例如:“欠压”), 则满足要求。

9.3.3.3 使用电源的试验

9.3.3.3.1 概述

应将内部电池取出并通过一适用的串联电阻器将仪器与外部电源连接, 以模拟电池的阻抗。应将电源设置为电池的标称电压 U_{nom} 。

9.3.3.3.2 试验方法

以 $10 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \sim 1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内的剂量当量率照射中子剂量(率)仪。应接通仪器的电源并使其稳定。

然后, 应记录中子剂量(率)仪的指示值 G_{nom} 。随后应降低电源电压直到仪器指示电池电压低(例如:“欠压”)。应记录相应的电源电流 I_{low} 和仪器的指示值 G_{low} 。

9.3.3.3.3 结果的解释

如果满足下述所有要求, 即为通过试验:

$$\text{--- } 0.91 \leq \frac{G_{\text{low}}}{G_{\text{nom}}} \leq 1.1;$$

$$\text{--- 所选的全部辅助功能均工作, 并且 } \frac{Q_{\text{nom}}}{I_{\text{low}}} \geq 40 \text{ h.}$$

Q_{nom} 是在适当放电条件下并考虑到温度额定范围(见 10.2)的电池标称容量(例如: 以 $\text{mA} \cdot \text{h}$ 给出)。

9.4 电源-交流供电

9.4.1 要求

交流供电的剂量当量(率)仪应设计为使用单相 50 Hz(有些国家为 60 Hz)、交流电压为下列之一:

—系列 I: 220 V~230 V;

—系列 II: 110 V~120 V 和/或 240 V (有些国家单相交流电压标称值为 117 V 和/或 234 V, 60 Hz)。

交流供电的剂量当量(率)仪应在电压标称值变化 10% 和 -12% 、频率 $50 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz}$ 或 $60 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz}$ 下也能正常工作。

在电源电压的整个范围内, 剂量当量(率)指示值的变化应在 $\pm 10\%$ 以内, 其他功能满足技术要求。

9.4.2 试验方法

将探测装置置于中子辐射场中, 试验点处的剂量当量率大约是仪器有效测量范围下限的三倍。当

电源电压为标称值 U_N 时,读取足够多的周围剂量当量率读数并求其平均值。当电压高于标称值的 10% 和低于标称值的 12% 时,分别读取足够多的读数并求其平均值。

在周围剂量当量率至少相当于有效测量范围上限的 2/3 处重复上述试验。

再将仪器分别置于上述两个的周围剂量当量率下。在每个周围剂量当量率下,当电源频率为标称值 50 Hz(或 60 Hz)、53 Hz(或 63 Hz)和 47 Hz(或 57 Hz)时,分别读取足够多的读数并求其平均值。

如果仪器没有以交流电源频率为基频定时的功能,则不需进行频率变化的试验。

9.4.3 结果的解释

如果剂量当量(率)仪的指示值变化不超过其初始值的 $\pm 10\%$,则满足要求。

10 环境要求

10.1 概述

环境温度 and 温度冲击影响量同为 F、S 类影响量,相对湿度和大气压力影响量为 F 类影响量,储存和运输影响量为 S 类影响量。

10.2 环境温度

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关环境温度的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $-15\% \sim 22\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受环境温度影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。

10.3 温度冲击

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关温度冲击的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $-15\% \sim 22\%$ 范围以内。在没有辐射源存在的情况下,受温度冲击影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。

10.4 相对湿度

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关相对湿度的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $-15\% \sim 22\%$ 范围以内。在没有辐射源存在的情况下,受相对湿度影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。

10.5 大气压力

通常,大气压力对仪器响应没有明显的影响。

如果要求,需在其他大气压力下进行典型试验,例如,某些仪器需要在空中低大气压力条件下使用。

10.6 防水和防尘(IP 分级)

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关 IP 分级的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $\pm 5\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受 IP 分级影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。

10.7 储存和运输

所有仪器的设计应保证能在制造厂的包装条件下、温度在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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。

在某些条件下,可能需要制定更严格的规定,例如:空运时具有承受低环境压力的能力。

11 机械要求

11.1 概述

跌落、振动、颠簸和机械冲击为 S 类影响量。

11.2 跌落试验

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关跌落试验的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $\pm 5\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受跌落影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。在试验后,应检查仪器并且仪器应正常工作。

11.3 振动试验

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关振动的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $\pm 5\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受振动影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。在试验后,应检查仪器并且仪器应正常工作。

11.4 颠簸碰撞

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关颠簸碰撞的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,周围剂量当量和周围剂量当量率的仪器指示值变化应在试验前数值的 $\pm 5\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受颠簸碰撞影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。在试验后,应检查仪器并且仪器应正常工作。

11.5 机械冲击

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关机械冲击的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用参考中子源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

在标准试验条件下,仪器的周围剂量当量和周围剂量当量率指示值变化应在试验前数值的 $\pm 5\%$ 以内。在没有辐射源存在的情况下,受振动影响,仪器不应出现报警或虚假指示值。在试验后,应检查仪器并且仪器应正常工作。

12 电磁兼容要求

12.1 概述

在中子剂量(率)仪的设计中应采取特殊措施以保证其在电磁骚扰(特别是射频场)存在的情况下能正常工作。给出对有效测量范围下限值 H_0 或 H_0^k 的要求。对于 12.3~12.6 给出的每一项电磁兼容试验,应将剂量当量(率)仪设置在最灵敏量程并将剂量值置零,同时由试验产生的任何偏差不应超过 $\pm 0.7H_0$ 或 $\pm 0.7H_0^k$ 。

应对仪器将要使用的模式进行所有试验,即通常的剂量当量和剂量当量率两种模式。

宜使用一个合适的放射性稳定检查装置(例如:2 GBq 的 $^{241}\text{Am-Be}$ 源),使剂量当量(率)仪在测量期间产生最灵敏量程的指示值或七倍于有效测量范围下限的指示值。检查装置不应干扰试验中的剂量当量(率)仪。

12.2 电磁辐射发射

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关辐射发射的规定。

12.3 静电放电

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关静电放电的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。10 次放电后,由静电放电产生的最大虚假指示值(包括瞬态和稳态)或数据输出的偏差不应超过 $\pm 0.7H_0$ 或 $\pm 0.7H_0^k$ 。

12.4 射频骚扰

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关射频的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用和不使用辐射源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

由 IEC 62706 说明的电磁场产生的最大虚假指示值(包括瞬态和稳态)或数据输出的偏差不应超过 $\pm 0.7H_0$ 或 $\pm 0.7H_0^k$ 。

12.5 磁场

仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关磁场的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由使用和不使用辐射源测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

由 IEC 62706 说明的磁场产生的附加虚假指示值(包括瞬态和稳态)或数据输出的偏差不应超过

$\pm 0.7H_0$ 或 $\pm 0.7H^k$ 。

12.6 交流供电设备要求

如果仪器由交流供电或能由交流供电,仪器应符合 IEC 62706 中手持式仪器有关交流供电设备要求的规定。

在标准试验条件下,功能性试验应由测量周围剂量当量和(或)周围剂量当量率(无论适用于哪一个或都适用)组成。应在功能性试验之前、期间和之后进行测量。

由电压和频率波动、浪涌或振铃波、射频传导产生的最大虚假指示值(包括瞬态和稳态)或数据输出应小于无这些骚扰时指示值的 10%。

当测量仪或监测仪处于这些骚扰时,不应触发报警或其他输出。仅由电池供电的剂量当量(率)仪不进行本项试验。

13 文件

13.1 操作和维修手册

每台仪器应随带一份给出下列全部信息的详细操作说明、维修和技术文件:

- a) 仪器的结构;
- b) 仪器的功能;
- c) 仪器的性能和局限性;
- d) 工作模式和仪器操作;
- e) 控制探测装置软件(如果有)的使用和存储的数据;
- f) 探测器和慢化体的详情;
- g) 死时间的数据;
- h) 仪器在脉冲辐射场的特性[中子剂量(率)仅不用于脉冲场];
- i) 服务、调整和试验的适用信息;
- j) 相关的维修指南(见 IEC 61187)。

13.2 合格证书

每台剂量仪应随带一份至少给出下列信息的合格证书(见 IEC 61187):

- a) 制造厂名称或注册商标;
- b) 仪器的型号和序号;
- c) 每个测量量程的刻度限值;
- d) 校准所用的参考源;
- e) 参考源所用的中子注量-周围剂量当量转换系数;
- f) 在整个能量范围内相对响应随中子能量的变化;
- g) 对光子辐射的相对响应;
- h) 仪器的参考点(如果需要,取决于中子能量)和校准取向;
- i) 探测器的类型和规格;
- j) 探测装置和整台仪器的尺寸和重量;
- k) 经过检查的满足入射角要求的中子能量;
- l) 响应随辐射入射角的变化;
- m) 仪器含有的任何危险和可燃性材料;
- n) 说明本仪器通过了本标准的试验并全部满足要求。

13.3 型式试验报告

应客户要求,制造厂应提供按本标准要求进行型式试验的报告。

表 1 参考条件和标准试验条件

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)
中子参考辐射	²⁴¹ Am-Be, ²⁵² Cf, ²⁵² Cf (D ₂ O) 或 D(d,n) ³ He, T(d,n) ⁴ He 以及 ⁷ Li(p,n) 加速器中子源	²⁴¹ Am-Be, ²⁵² Cf, ²⁵² Cf (D ₂ O) 或 D(d,n) ³ He, T(d,n) ⁴ He 以及 ⁷ Li(p,n) 加速器中子源
剂量 H* (10)	100 μSv	10 μSv~1 mSv
剂量率 H* (10)	10 μSv · h ⁻¹	3 μSv · h ⁻¹ ~100 μSv · h ⁻¹
预热时间	由制造厂说明	由制造厂说明
环境温度	20 ℃	18 ℃~22 ℃
相对湿度	65%	50%~75%
大气压强	101.3 kPa	86.0 kPa~106.0 kPa
电源电压*	标称电压 U _N	标称电压(1±1%)U _N
电源频率*	标称频率 f _N	标称频率(1±1%)f _N
电源波形*	正弦波	正弦波总谐波畸变小于 5%
辐射入射角	制造厂给定的校准方向	给定的方向±10°
外界电磁场	可忽略	小于引起干扰的最小值
外界感应磁场	可忽略	小于地磁场感应值的两倍
仪器的取向	由制造厂说明	说明的取向±5°
仪器的控制旋钮	调到正常工作状态	调到正常工作状态
放射性物质的污染	可忽略	可忽略

* 仅针对交流电源供电(或也可用交流供电)的仪器。

表 2 中子周围剂量当量(率)仪的辐射特性

试验特性或影响量	影响量的(最小)额定范围	仪器参数或相对响应在整个 额定范围内的变化限值	条款编号
响应随剂量率的变化	5 μSv · h ⁻¹ ~1 Sv · h ⁻¹	-17%~25%*	6.3
响应随中子能量的变化	热中子~50 keV 50 keV~10 MeV 大于 10 MeV	由制造厂说明 建议相对响应在 0.2~8.0 范围内 相对响应在 0.5~2.0 范围内 由制造厂说明 建议相对响应在 0.2~2.0 范围内	6.4
响应随入射角的变化	0°~90° 90°~180° -90°~-180°	±25% 由制造厂说明 由制造厂说明	6.6

表 2 (续)

试验特性或影响量	影响量的(最小)额定范围	仪器参数或相对响应在整个额定范围内的变化限值	条款编号
过载	使用超过制造厂规定剂量率限值10%的周围剂量当量率照射 使用十倍于仪器能指示的最大剂量的周围剂量当量照射	指示值应在量程高端超过刻度或应指示过载并保持,直至剂量指示值复位或仪器关机	6.7
响应时间	周围剂量当量率发生突然改变后,达到最终指示值90%的时间	周围剂量当量率小于0.1 mSv·h ⁻¹ 时,小于30 s ^a 周围剂量当量率在0.1 mSv·h ⁻¹ ~1 mSv·h ⁻¹ 之间,小于10 s ^a 周围剂量当量率大于1 mSv·h ⁻¹ 时,小于4 s ^a	6.8
剂量率报警阈值设置在H _a ^b 的准确度 ^c	H _a ^b ≥第二个最小有效数量级的最大值	如果仪器受到0.8H _a ^b 照射,在超过10%的试验时间段内不应触发报警。如果仪器受到1.2H _a ^b 照射,至少在90%的试验时间段内应触发报警	6.10
剂量报警阈值设置在H _a 的准确度 ^c	H _a ≥第二个最小有效数量级的最大值	如果仪器受到0.8H _a 照射,在超过10%的试验时间段内不应触发报警。如果仪器受到1.2H _a 照射,至少在90%的试验时间段内应触发报警	6.11
对光子辐射的响应	周围剂量当量率等于由 ¹³⁷ Cs源产生的10 mSv·h ⁻¹	指示值小于0.1 mSv·h ⁻¹	6.12
指示值的叠加	在两种不同照射条件K和L下,指示值的相对变化是: $\Delta H_{\min} = \frac{H_{K+L} + H_L - H_{K+L}}{H_{K+L}}$	指示值的相对变化ΔH _{min} 不应超过±0.1	7.1~7.3
^a 该相对响应的变化附加了在确定剂量当量(率)约定量值中的不确定度。 ^b 最小剂量率合理可行尽量低。如果制造厂规定在剂量测量时的最大剂量率小于1 Sv·h ⁻¹ ,宜在剂量(率)仪上显示。 ^c H _a 和H _a ^b 是剂量和剂量率的报警阈值。			

表 3 w 个不同剂量值和每个剂量值的 n 个指示值的 c₁ 和 c₂ 值^[8]

w	c ₁ 值							c ₂ 值						
	4	7	10	15	20	25	∞	4	7	10	15	20	25	∞
5	1.000	1.007	1.009	1.009	1.009	1.009	1	1.499	1.400	1.344	1.290	1.255	1.231	1
6	1.058	1.051	1.046	1.039	1.035	1.032	1	1.572	1.454	1.389	1.326	1.287	1.261	1
8	1.147	1.117	1.100	1.084	1.074	1.067	1	1.687	1.536	1.458	1.383	1.336	1.304	1

表 3 (续)

w	c ₁ 值							c ₂ 值						
	4	7	10	15	20	25	∞	4	7	10	15	20	25	∞
10	1.215	1.166	1.141	1.117	1.102	1.092	1	1.772	1.597	1.508	1.423	1.372	1.335	1
12	1.269	1.205	1.173	1.143	1.124	1.112	1	1.840	1.645	1.548	1.455	1.399	1.360	1
14	1.315	1.238	1.200	1.164	1.142	1.128	1	1.895	1.684	1.578	1.480	1.421	1.379	1
16	1.351	1.265	1.222	1.182	1.158	1.142	1	1.940	1.716	1.605	1.502	1.440	1.396	1
18	1.388	1.289	1.242	1.211	1.171	1.153	1	1.980	1.743	1.628	1.409	1.453	1.409	1
20	1.418	1.311	1.259	1.233	1.183	1.164	1	2.015	1.767	1.646	1.394	1.466	1.421	1
25	1.483	1.355	1.295	1.240	1.210	1.186	1	2.081	1.812	1.683	1.563	1.445	1.444	1
50	1.683	1.494	1.407	1.328	1.283	1.252	1	2.275	1.945	1.789	1.646	1.561	1.504	1

示例：对于 12 个不同剂量值和每个剂量值的 10 个指示值，c₁=1.173 和 c₂=1.548。

表 4 中子周围剂量当量(率)仪的电气和环境特性

试验特性或影响量	影响量的(最小)额定范围	仪器参数或相对响应在整个额定范围内的变化限值	条款编号
零点漂移	连续工作 300 min(预热 30 min 后)	不超过±0.2F。或±0.2F ^b 。	9.1
预热时间	不适用	参考条件下读数在最终值±10%以内的时间在制造厂说明的限值内	9.2
电源	间断使用 40 h (88%~110%)U _N	初始值的±10%	9.3
		初始值的±10%	9.4
a) 原电池	47(57)Hz~53(63)Hz	初始值的±10%	9.4
b) 交流电源(如适用) ^a			
环境温度	按 IEC 62706 中手持式仪器的规定 -20 °C~50 °C	-15%~22%	10.2
温度冲击	按 IEC 62706 中手持式仪器的规定 20 °C~50 °C 20 °C~-20 °C	-15%~22% -15%~22% 应由制造厂说明仪器恢复正常工作所需的时间	10.3
相对湿度	按 IEC 62706 的规定 35 °C 时相对湿度高达 93%	-15%~22% ^b	10.4
密封	按 IEC 62706 中手持式仪器的规定， IP 53	说明防止水进入的措施	10.6
储存	-25 °C~50 °C 存放三个月	去除包装并达到环境温度后满足说明书要求	10.7

^a U_N 是交流电源的标称电压。
^b 指示值在 35 °C 和参考湿度下的变化限值。

表 5 机械要求产生的最大偏差值

试验特性或影响量	影响量的最小额定范围	试验依据	在整个额定范围内的最大允许偏差值 D_s	条款编号
跌落	从 30 cm 跌落到硬木地面	IEC 62706	试验前数值的±5%	11.2
振动	在 5 Hz 和 500 Hz 频率点, $0.01 g^2 \cdot Hz^{-1}$	IEC 62706	试验前数值的±5%	11.3
颤振	0.2 J 的剧烈碰撞	IEC 62706	试验前数值的±5%	11.4
机械冲击	50 g 峰值加速度的 10 次冲击脉冲	IEC 62706	试验前数值的±5%	11.5

表 6 电磁骚扰产生的最大偏差值

试验特性或影响量	影响量的最小额定范围	试验依据	最大偏差值*	条款编号
电磁辐射发射	不适用	IEC 62706	不超过表 7 的数值	12.2
静电放电 充电电压	0 kV~±8 kV 空气放电 0 kV~±6 kV 接触放电	IEC 62706	±0.7H _s 或 ±0.7H _s ^b	12.3
射频骚扰	80 MHz~6 GHz, $10 V \cdot m^{-1}$	IEC 62706	±0.7H _s 或 ±0.7H _s ^b	12.4
磁场	50 Hz 或 60 Hz 磁场, 100 A/m	IEC 62706	±0.7H _s 或 ±0.7H _s ^b	12.5
交流供电的仪器 ^a 电压和频率波动 射频传导抗扰度 浪涌和振铃波	(88%~110%)U _n 47 Hz~53 Hz/57 Hz~63 Hz 150 kHz~80 MHz, 140 dB(μV) 使用 1 kHz 的正弦波调幅 2 kV 振铃波 1.2/50 μs 和 8/20 μs, 2 kV 组合波	IEC 62706	小于 10% 无 干扰指示值	12.6
<p>* H_s 是有效测量范围的下限。</p> <p>^b 如果适用交流供电。</p>				

表 7 发射频率范围

发射频率范围 MHz	场强(峰值) μV/m
30~88	100
88~216	150
216~960	200
>960	500

表 8 本标准使用的符号和缩略语

符号	说明
AC	交流电
CRC-16	基于校验数据包中所有字节的和来检测数据变化的算法 ^[17]
Φ	中子注量
φ	中子注量率
g	自由落体加速度
$H^*(10)$	周围剂量当量
$H^{k,*}(10)$	周围剂量当量率
H_0	周围剂量当量有效测量范围的下限
H_0^k	周围剂量当量率有效测量范围的下限
$H_0^{k_1}(10)$	周围剂量当量率的初始指示值
$H_0^{k_f}(10)$	周围剂量当量率的最终指示值
H_a	剂量报警阈值
H_a^k	剂量率报警阈值
h_0	中子注量-周围剂量当量转换系数
H_i	量的指示值
H_j	约定量值
H_{Kk}	照射条件 K 的约定量值
H_{Kk}	H_{Kk} 的指示值
$H_{K(K+L)}$	在两种不同照射条件 K 和 L 下同时照射的约定量值
$H_{K(K+L)}$	$H_{K(K+L)}$ 的指示值
ΔH_{min}	两种不同辐射类型 K 和 L(或中子能量,或辐射入射角)同时照射时指示值的相对变化
S_0	产生指示值 $H_0^{k_1}(10)$ 时输入的电信号
S_1	产生指示值 $H_1^{k_1}(10)$ 时输入的电信号
U_{nom}	标称电池电压
IP 防护等级	按 IEC 60529 规定的侵入防护级别
R_0	参考响应
RF	射频
U	扩展不确定度
U_{rel}	相对扩展不确定度
U_N	交流电源的标称电压

表 8 (续)

符号	说明
ν	变异系数
WELMEC	欧洲法定计量联盟和欧洲自由贸易联盟的合作组织。WELMEC 指南为测量仪器制造厂提供纯咨询性质的指导

附录 A
(资料性附录)

中子注量-周围剂量当量转换系数

表 A.1 单能中子注量-周围剂量当量转换系数([13],[14])

中子能量 MeV	中子注量-周围剂量当量转换系数 $H^*(10)/\phi$ pSv · cm ²
1.00×10^{-1}	6.60
1.00×10^{-2}	9.00
2.53×10^{-3}	10.6
1.00×10^{-3}	12.9
2.00×10^{-3}	13.5
5.00×10^{-3}	13.6
1.00×10^{-2}	13.3
2.00×10^{-2}	12.9
5.00×10^{-2}	12.0
1.00×10^{-1}	11.3
2.00×10^{-1}	10.6
5.00×10^{-1}	9.90
1.00×10^{-1}	9.40
2.00×10^{-1}	8.90
5.00×10^{-1}	8.30
1.00×10^{-1}	7.90
2.00×10^{-1}	7.70
5.00×10^{-1}	8.00
1.00×10^{-1}	10.5
2.00×10^{-1}	16.6
3.00×10^{-1}	23.7
5.00×10^{-1}	41.1
7.00×10^{-1}	60.0
1.00×10^{-1}	88.0
1.50×10^{-1}	132
2.00×10^{-1}	170
3.00×10^{-1}	233
5.00×10^{-1}	322
7.00×10^{-1}	375
9.00×10^{-1}	400

表 A.1 (续)

中子能量 MeV	中子注量-周围剂量当量转换系数 $H^*(10)/\phi$ $\text{pSv} \cdot \text{cm}^2$
1.00	416
1.20	425
2.00	420
3.00	412
4.00	408
5.00	405
6.00	400
7.00	405
8.00	409
9.00	420
10.0	440
12.0	480
14.0	520
15.0	540
16.0	555
18.0	570
20.0	600

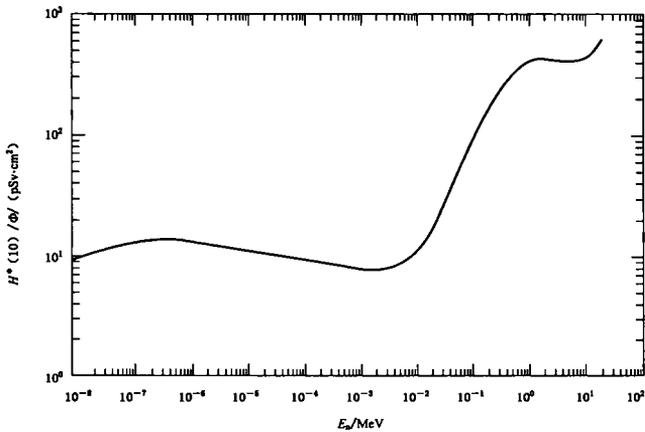
图 A.1 单能中子注量-周围剂量当量转换系数^[13]

表 A.2 中子参考辐射源的中子注量-周围剂量当量转换系数([13]和 ISO 8529-3)

中子源	按注量计算的平均中子能量 MeV	平均中子注量-周围剂量当量转换系数 $H^*(10)/\phi$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{cm}^2$
^{252}Cf	2.13	385
$^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$ 慢化	0.55	105
$^{241}\text{Am-Be}(\alpha, n)$	4.16	391
$\text{D}(\text{d}, n)^3\text{He}$	2.8	413
$\text{T}(\text{d}, n)^4\text{He}$	14.8	536
注：本表提供了 $\text{D}(\text{d}, n)^3\text{He}$ 和 $\text{T}(\text{d}, n)^4\text{He}$ 以相对于入射氘核方向 0° 发射中子的平均中子能量和平均中子注量-周围剂量当量转换系数。		

参 考 文 献

- [1] IEC 60050-394:2007—Part:394 International Electrotechnical Vocabulary Nuclear Instrumentation-Instruments, systems, equipment and detector
- [2] 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, IDT)
- [3] 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 8 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 的参考辐射的剂量测定(ISO 4037-2;1997, IDT)
- [4] 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, IDT)
- [5] GB/T 13163.1—2009 辐射防护仪器 氦及氦子体测量仪 第 1 部分:一般原则(IEC 61577-1;2006, IDT)
- [6] GB/T 13163.4—2014 辐射防护仪器 氦及氦子体测量仪 第 4 部分:含氦同位素及其子体参考大气的产生设备(氦环境试验系统)(IEC 61577-4;2009, IDT)
- [7] IEC 60050-395: 2014—Part 395: International Electrotechnical Vocabulary Nuclear instrumentation; Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors
- [8] IEC TR 62461, Radiation protection instrumentation Determination of uncertainty in measurement
- [9] Brunzendorf, J. and Behrens, R., "How to type test the coefficient of variation of an indication", Radiation Protection Dosimetry, Vol.123, pp.21-31, 2007
- [10] IAEA Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes, Supplemental to Technical Report Series No. 318, Technical Report Series No.403, International Atomic Energy Agency, Vienna 2001
- [11] ICRP Publication 74; 1996, "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation", Annals of the ICRP, Vol.26, 2/4
- [12] ICRU Report 51; 1993, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry
- [13] ICRU Report 57; 1998, Conversion Coefficients for use in Radiation Protection Against External Radiation
- [14] ICRU Report 66; 2001, Determination of Operational Dose Equivalent Quantities for Neutrons
- [15] JCGM 100; 2008, Guide to the expression of uncertainty in Measurement(GUM)
- [16] JCGM 200; 2008, International vocabulary of metrology Basic and general concepts and associated terms(VIM) 3rd Edition
- [17] WELMEC; 2012, WELMEC 7.2, Software Guide; Measuring Instruments Directive 2004/22/EC, issue 5, down from <http://www.welmecc.org/latetest/guides/72.html>

中 华 人 民 共 和 国

国 家 标 准

辐 射 防 护 仪 器

中 子 周 围 剂 量 当 量 (率) 仪

GB/T 14318—2019/IEC 61005:2014

*

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

总 编 室 : (010)68533533 发 行 中 心 : (010)51780238

读 者 服 务 部 : (010)68523946

中 国 标 准 出 版 社 泰 皇 岛 印 刷 厂 印 刷

各 地 新 华 书 店 经 销

*

开 本 880×1230 1/16 印 张 3 字 数 74 千 字

2019 年 6 月 第 一 版 2019 年 6 月 第 一 次 印 刷

*

书 号 : 155066 · 1-62857 定 价 42.00 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 14318—2019