****

**中华人民共和国国家计量技术规范**

**JJF XXXX-202X**

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪校准规范

Calibration Specification for Direct Reading Neutron Personal Dose Equivalent Meters and Monitors

**（征求意见稿）**

202X-XX-XX发布 202X-XX-XX实施

**国家市场监督管理总局 发 布**

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪校准规范

JJF 202X-XXXX

Calibration Specification for Direct Reading Personal Neutron Dose Equivalent Meters and Monitors

归口单位：全国电离辐射计量技术委员会

主要起草单位：中国工程物理研究院材料研究所

中国计量科学研究院

中国工程物理研究院应用电子学研究所

参加起草单位：中国原子能科学研究院

本规范委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李仕成（中国工程物理研究院材料研究所）

张 辉（中国计量科学研究院）

任忠国（中国工程物理研究院应用电子学研究所）

熊忠华（中国工程物理研究院材料研究所）

参加起草人：

刘毅娜（中国原子能科学研究院）

彭薇颖（中国工程物理研究院材料研究所）

目 录

[引 言 II](#_Toc160452209)

[直读式中子个人剂量当量仪和监测仪校准规范 1](#_Toc160452210)

[1 范围 1](#_Toc160452211)

[2 引用文件 1](#_Toc160452212)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc160452213)

[3.1 术语 1](#_Toc160452214)

[3.2 计量单位 2](#_Toc160452215)

[4 概述 2](#_Toc160452216)

[5 计量特性 3](#_Toc160452217)

[5.1 校准因子 3](#_Toc160452218)

[5.2 重复性 3](#_Toc160452219)

[6 校准条件 3](#_Toc160452220)

[6.1 环境条件 3](#_Toc160452221)

[6.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc160452222)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc160452223)

[7.1 校准通用要求 4](#_Toc160452224)

[7.2 校准因子 4](#_Toc160452225)

[7.3 重复性 4](#_Toc160452226)

[8 校准结果 5](#_Toc160452227)

[附录A 统计涨落 6](#_Toc160452228)

[附录B 散射修正 8](#_Toc160452230)

[附录C 空气减弱修正因子 10](#_Toc160452234)

[附录D 总空气散射修正 11](#_Toc160452236)

[附录E 校准记录推荐格式 12](#_Toc160452238)

[附录F 校准证书内页内容 13](#_Toc160452240)

[附录G 校准因子不确定度评定示例 14](#_Toc160452244)

引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》起草。

本规范编制主要参考了GB/T 14055.1-2008《中子参考辐射 第1部分：辐射特性和产生方法》、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 8529-3: 2023《中子参考辐射 第3部分：场所剂量仪和个人剂量仪的校准及其能量响应和角响应的确定》（Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of neutron energy and angle of incidence）和GB/T 13161-2015《辐射防护仪器 测量X、γ、中子和β辐射个人剂量当量*H*p(10)和*H*p(0.07)——直读式个人剂量当量仪》。

本规范为首次发布。

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪校准规范

# 1 范围

本规范适用于监测中子个人剂量当量的直读式中子个人剂量当量仪和监测仪的校准。

# 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 14055.1 中子参考辐射 第1部分：辐射特性和产生方法

GB/T 14055.2 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 8529-3 中子参考辐射 第3部分：场所剂量仪和个人剂量仪的校准及其能量响应和角响应的确定（Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of neutron energy and angle of incidence）

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

# 3 术语和计量单位

## 3.1 术语

### 3.1.1 中子注量（率）响应 neutron fluence (rate) response

在特定条件下，仪器的测量值除以中子注量（率）约定量值得到的商：

（1）

式中：

——在某个中子注量（率）下，经散射、非线性、几何等效应修正后仪器的中子个人剂量当量（率）测量值；

——试验点的中子注量（率）约定量值，cm-2（cm-2**·**s-1）。

### 3.1.2 个人剂量当量 personal dose equivalent

在人体软组织内深度为的一指定点处的剂量当量，对于强贯穿辐射推荐的深度为10 mm，可写为。

### 3.1.3 中子注量-个人剂量当量转换系数 neutron fluence-to-personal dose equivalent conversion coefficient

在未被照射物体干扰的辐射场中某点处中子个人剂量当量除以该点处中子注量得到的商：

（2）

### 3.1.4 中子个人剂量当量（率）响应 neutron personal dose equivalent (rate) response

在特定条件下，仪器的注量（率）响应除以中子注量-个人剂量当量转换系数得到的商：

（3）

### 3.1.5 参考点 reference point of an assembly

为校准目的对探测器装置的整体定位而设定的标记点。

注：校准直读式中子个人剂量当量仪和监测仪时，参考点位于体模前表面。

### 3.1.6 试验点 point of test

辐射场中个人剂量当量率约定量值已知的特定点，校准时探测器装置的参考点应准确定位于该点。

### 3.1.7 参考取向与校准方向 reference orientation and calibration direction

参考取向是由制造商指定的探测器装置关于辐射入射方向的取向，除了进行入射角响应变化的检测之外，所有其他辐射检测项目中应该采用该取向。上述辐射入射方向即校准方向。

## 3.2 计量单位

### 3.2.1 中子个人剂量当量：希沃特；符号：Sv，1 Sv=1 J·kg-1。

### 3.2.2 中子个人剂量当量率：希沃特每小时；符号：Sv·h-1。

### 3.2.3 中子注量-个人剂量当量转换系数：皮希沃特平方厘米；符号：pSv·cm2。

### 3.2.4 本规范所用到的其他量均采用国际单位制（SI）单位。另外，对辐射能量采用电子伏特；符号：eV，1 eV=1.602×10-19 J。

# 4 概述

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪是指佩带在人体躯干，主要用于测量中子外照射在人体上产生的个人剂量当量的直读式仪器。此类仪器的探测部件和测量部件是一体化的，可使佩带者方便清晰地看到测量结果，显示单位主要为剂量当量Sv，或兼有剂量当量率Sv·h-1显示。

# 5 计量特性

## 5.1 校准因子

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪有效量程范围内的校准因子一般为0.80～1.20。

## 5.2 重复性

直读式中子个人剂量当量仪和监测仪的重复性一般不超过20%。

注：以上计量特性指标不适用于合格性判定，仅供参考。

# 6 校准条件

## 6.1 环境条件

### 6.1.1 环境温度：15 ℃～25 ℃，校准过程中变化小于2 ℃。

### 6.1.2 相对湿度：≤85%。

### 6.1.3 大气压力：86 kPa～106 kPa。

### 6.1.4 辐射本底：周围剂量当量率不大于0.25 µSv·h-1。

### 6.1.5 放射性污染：可忽略。

### 6.1.6 周围无明显影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

### 6.1.7 其他：实验室空间应满足在试验点处房间散射中子对被校仪器读数的贡献应小于40%。

## 6.2 测量标准及其他设备

### 6.2.1 中子参考辐射

校准用放射性核素中子源的信息见表1所示。在不考虑中子注量-个人剂量当量转换系数的相对扩展不确定度时，试验点处中子个人剂量当量（率）约定量值的相对扩展不确定度。

表1 校准用放射性核素中子源

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中子源 | 半衰期/a | 注量平均能量/MeV | 谱平均注量-个人剂量当量转换系数/(pSv·cm2) |
| 252Cf+D2O慢化 | 2.65 | 0.55 | 119 |
| 252Cf | 2.65 | 2.13 | 400 |
| 241Am-Be(α，n) | 432 | 4.16 | 411 |
| 注：  1 本表数据引自GB/T 14055.1-2008和ISO 8529-3: 2023。  2 D2O慢化为直径30 cm的重水球外部包裹1 mm厚的Cd。  3 谱平均注量-个人剂量当量转换系数为。 | | | |

### 6.2.2 体模

本规范规定校准时使用ISO板状水体模。水体模外形尺寸为30 cm×30 cm×15 cm（高×宽×厚）的有机玻璃，前表面壁厚为2.5 mm，其他面壁厚为10 mm，内部充满水。

### 6.2.3 计时器

测量上限不低于1 000 s，最小分度值不大于0.1 s。

# 7 校准项目和校准方法

## 7.1 校准通用要求

校准时，被校仪器固定在体模前表面，被校仪器参考方向与体模前表面的法线重合，使被校仪器参考点置于试验点处，并选择入射角。被校仪器的参考点和参考方向宜由制造商给出。在没有参考点或参考方向信息情况下，这些参数应由校准实验室确定，并在校准证书中说明。若同时校准多个被校仪器，其摆放位置应满足ISO 8529-3: 2023的要求。

记录被校仪器读数时，每次读出的时间间隔至少应是被校仪器响应时间的3倍。

在使用中子参考辐射的所有相关校准项目中，如果因电离辐射的随机涨落的自然属性而引起的被校仪器读数的统计涨落幅度与仪器所允许的读数涨落限值相比已明显不可忽略时，则可增加重复测量次数（见附录A），以保证测量平均值具有足够的准确度。

## 7.2 校准因子

选择6.2.1规定的中子参考辐射场确定被校仪器的剂量当量（率）校准因子。按7.1规定放置被校仪器和体模。采用中子源照射被校仪器，记录中子引起的被校仪器读数：

1. 确定被校仪器的剂量当量校准因子时，读数次数由校准实验室根据实际情况确定，多次读数情况下取读数的算术平均值作计算；
2. 确定被校仪器的剂量当量率校准因子时，读数应次数不少于6次，并取读数的算术平均值作计算。

附录B推荐了2种修正散射中子引起被校仪器读数的方法，应至少选择其中一种，并计算被校仪器的注量（率）响应。使用本规范表1中的中子注量-个人剂量当量转换系数，按公式（3）计算被校仪器的剂量当量（率）响应。

按公式（4）计算被校仪器的校准因子：

（4）

## 7.3 重复性

选择6.2.1规定的中子参考辐射场确定被校仪器的剂量当量（率）重复性。按7.1规定放置被校仪器和体模。

采用中子源照射被校仪器，记录总中子引起的被校仪器读数，重复测量次数不少于6次：

1. 本规范规定使用大于100 μSv的剂量当量约定量值确定被校仪器的剂量当量重复性；
2. 本规范规定使用小于1 mSv·h-1的剂量当量率约定量值确定被校仪器的剂量当量率重复性。

被校仪器的重复性采用变异系数表示，按公式（5）计算：

（5）

式中：

——测量次数，*n*≥6；

——第次测量时总中子引起被校仪器的剂量当量（率）读数，Sv（Sv·h-1）或其分数单位；

——次测量的总中子引起被校仪器剂量当量（率）读数的算术平均值，Sv（Sv·h-1）或其分数单位。

# 8 校准结果

按本规范进行校准，出具校准证书，校准证书内页格式见附录F。校准结果应给出直读式中子个人剂量当量仪和监测仪的校准因子及其测量结果的不确定度（评定示例见附录G）。

附录A

统计涨落

在使用到电离辐射的所有测量中，因辐射的随机涨落的自然属性而引起的测量值的统计涨落幅度可能会成为测试项目所允许的测量值的涨落范围中一个显著的分量，这时必须增加重复测量次数来保证其测量平均值具有足够的准确度来判定所测项目是否符合测试要求。表A.1给出了为确定被校仪器的两组读数在95%置信水平下的真差所需的被校仪器的测量次数。其中列出了两组平均值的百分比差别、两组读数的变异系数（假设每组读数相同）和被校仪器所需测量次数。

在进行这些测试时如有可能，所使用的剂量当量率以使被校仪器的统计涨落效应最小。处于相同目的，尽可能采用被校仪器的量程或第2（3）个最灵敏十进量级的中间的读数。

被校仪器的每两次读数之间的时间间隔应大于响应时间的3倍，以确保每次读数在统计意义上的独立性。

表A.1 为确定同一仪器的两组读数之间的真差（95%置信水平）所需的仪器的测量次数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 真值与测得值之间的  百分差值/% | 制造商给出的仪器的  变异系数/% | 为获得真差所需的  测量次数 |
| 5  5  5  5  5  5  5  5  5  5  5 | 0.5  1.0  2.0  3.0  4.0  5.0  7.5  10.0  12.5  15.0  20.0 | 1  1  4  9  16  25  56  99  154  223  396 |
| 10  10  10  10  10  10  10 | 0.5  1.0  2.0  3.0  4.0  5.0  7.5 | 1  1  1  3  4  6  14 |

表A.1 （续）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 真值与测得值之间的  百分差值/% | 制造商给出的仪器的  变异系数/% | 为获得真差所需的  测量次数 |
| 10  10  10  10 | 10.0  12.5  15.0  20.0 | 24  37  53  94 |
| 15  15  15  15  15  15  15  15  15  15  15 | 0.5  1.0  2.0  3.0  4.0  5.0  7.5  10.0  12.5  15.0  20.0 | 1  1  1  1  2  3  6  10  10  23  40 |
| 20  20  20  20  20  20  20  20  20  20  20 | 0.5  1.0  2.0  3.0  4.0  5.0  7.5  10.0  12.5  15.0  20.0 | 1  1  1  1  1  2  3  6  9  12  21 |
| 注：本表是基于这样的假设而导出的：即两组读数（平均值）有差别但不存在真差的可能性与两组读数无差别但存在真差的可能性相同，均为0.05。 | | |

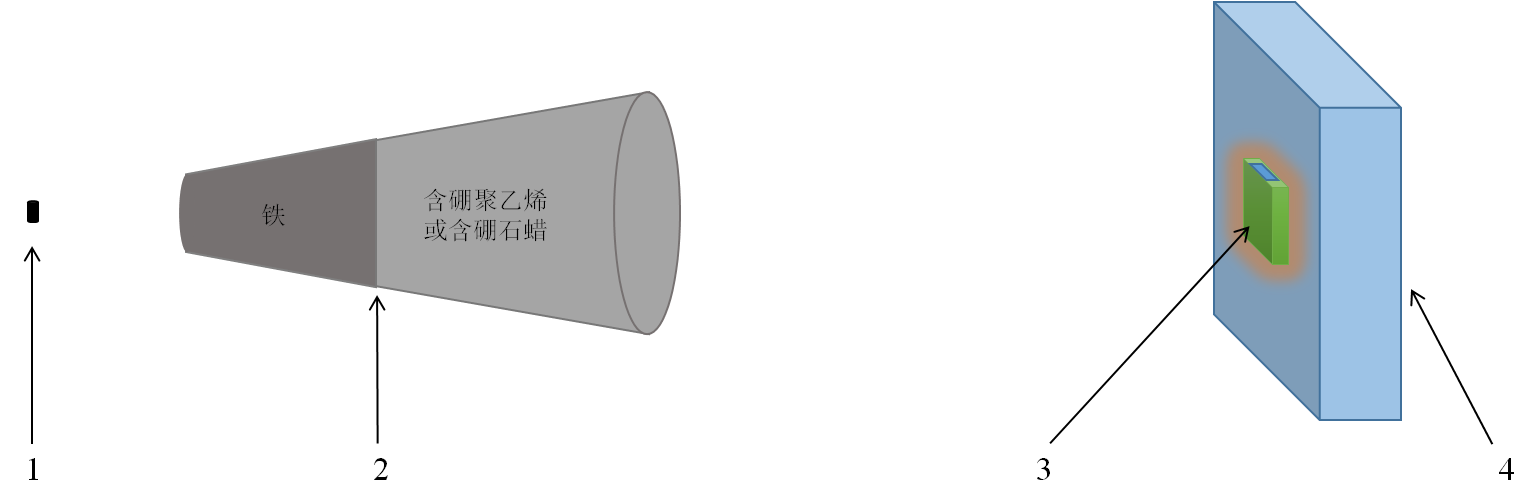
附录B

散射修正

本规范参照GB/T 14055.2-2012推荐了2种散射中子的测量方法，各校准实验室根据实际条件选择其中一种或两种。

# B.1 影锥法

应根据实验条件，选择合适的影锥。图B.1给出了用于中子源的影锥设计的例子。影锥由两部分组成，前端为20 cm长的铁，后端为30 cm长的含硼聚乙烯或含硼石蜡，其中硼的质量百分比不小于5%。影锥前端的直径取决于校准用中子源的尺寸，应略大于中子源的几何尺寸。影锥长度可将直接中子减弱至可忽略的强度，图例给出的影锥尺寸适用于本规范推荐的所有中子能量。



图B.1 中子源、影锥、被校仪器、体模几何位置示意图（1—中子源，2—影锥，3—被校仪器，4—体模）

影锥放置在中子源与被校仪器中间，建议影锥后端与被校仪器的距离至少等于影锥的长度。

应选择合适的影锥，其锥角大于被校仪器的立体角，但又不大于被校仪器立体角的两倍，一组完整的测量可能需要多个影锥。

采用影锥法时，一般宜在大于影锥长度两倍距离的试验点上进行校准，此时可以忽略中子源或被校仪器的有限尺寸影响的修正。中子源与被校仪器的最大距离由室散射中子引起的被校仪器读数的贡献小于40%的限制条件决定。

按7.1规定放置被校仪器和体模，采用6.2.1规定的中子参考辐射照射被校仪器，记录总中子引起的被校仪器读数。在中子源与被校仪器至之间放置影锥，然后进行照射，记录散射中子引起的被校仪器读数，则有下列关系：

（B.1）

式中：

——空气减弱修正因子，计算方法见附录C；

——源-探测器特征常数，按公式（B.2）计算：

（B.2）

——源中心与被校仪器参考点的距离。

利用测量数据可计算给出被校仪器的注量（率）响应，再根据公式（3）和公式（4）分别计算给出被校仪器的剂量当量（率）响应和校准因子。

# B.2 距离变化法

距离变化法是基于假设散射中子引起的仪器读数的份额可以依据读数偏离平方律的大小求出。采用距离变化法时，最大校准距离由室散射中子引起的被校仪器读数的贡献小于40%的限制条件决定。距离变化法适用于主要的散射中子来源为墙壁、地板和天花板。

按7.1规定放置被校仪器和体模，采用6.2.1规定的中子参考辐射照射被校仪器，记录总中子引起的被校仪器读数，则有下列关系：

（B.3）

式中：

——单位校准距离上室散射贡献的份额；

——几何修正因子，通常在体模上照射的个人剂量仪不作几何修正；

——总的空气散射修正（内散射减去外散射），其中是净空气散射成分，附录D给出了的计算值。

公式（B.3）左侧对作图，应得到一条直线。利用加权最小二乘法拟合这些数据，得到的截距为注量（率）响应，利用斜率可计算出室散射份额。对同型号仪器，只要确定了，则后续的类似校准可以在一个或多个校准距离上测量，然后通过公式（B.3）计算注量（率）响应，再根据公式（3）和公式（4）分别计算给出被校仪器的剂量当量（率）响应和校准因子。

附录C

空气减弱修正因子

空气减弱修正因子主要来自于空气中氮和氧的贡献。当温度为21 ℃、气压为100.4 kPa、相对湿度为50%时，空气减弱修正因子按公式（E.1）计算：

（E.1）

式中：

——氮和氧元素的中子全截面对中子源的中子能谱分布平均得到的线性减弱系数，表E.1给出了校准用放射性核素中子源的谱平均线性减弱系数平均值；

——中子能量为*E*时的氮元素中子核反应全截面；

——中子能量为*E*时的氧元素中子核反应全截面。

表E.1 校准用放射性核素中子源的谱平均线性减弱系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中子源 | 252Cf+D2O慢化 | 252Cf | 241Am-Be |
| /(10-7 cm -1) | 2 964 | 1 055 | 890 |
| 注：本表数据引自GB/T 14055.2-2012，的相对标准不确定度为1.5%。 | | | |

附录D

总空气散射修正

使用本规范规定的放射性核素中子源校准时，计算出的空气散射对响应的净增加值见表D.1。

表D.1 由于空气散射而使校准用放射性核素中子源的几种类型响应增加的值 10-4 cm-1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中子源 | 252Cf+D2O慢化 | 252Cf | 241Am-Be |
|  | 1.7 | 1.2 | 0.8 |
| 典型剂量率仪 | 2.6 | 1.2 | 0.9 |
| 在体模上的典型反照率剂量计 | 3.7 | 1.2 | 1.0 |
| 注：本表数据引自GB/T 14055.2-2012。 | | | |

附录E

校准记录推荐格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 直读式中子个人剂量当量仪和监测仪校准记录 | | | | | | | | | | | | | | |
| 送校单位 |  | | | | | | | | | | | | | |
| 仪器名称 |  | | | | | | 型号/规格 | | |  | | | | |
| 出厂编号 |  | | | | | | 生产厂家 | | |  | | | | |
| 校准日期 |  | | | | | | 证书编号 | | |  | | | | |
| 校准依据的技术文件 |  | | | | | | | | | | | | | |
| 校准环境条件 | 温度： 相对湿度： | | | | | | | | | | | | | |
| 计量标准证书编号 |  | | | | | | 有效期 | | |  | | | | |
| 1. 校准因子 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 影锥法 | | | | | | | | | | | | | | |
| 中子个人剂量当量（率）约定量值 | 被校仪器读数 | | | | | | | | 校准因子 | | | 不确定度 | | |
| 有影锥 | | | | 无影锥 | | | |
|  |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
| 1.2 距离变化法 | | | | | | | | | | | | | | |
| 距离/cm |  | |  | |  | | |  |  | |  |  | |  |
| 中子个人剂量当量（率）约定量值 |  | |  | |  | | |  |  | |  |  | |  |
| 被校仪器读数 |  | |  | |  | | |  |  | |  |  | |  |
| 校准因子 |  | | | | 不确定度 | | | | | |  | | | |
| 2. 重复性 | | | | | | | | | | | | | | |
| 中子个人剂量当量（率）约定量值 | 被校仪器总读数 | | | | | | | | | | | | 重复性 | |
| 1次 | 2次 | | 3次 | | 4次 | | 5次 | 6次 | | 平均值 | |
|  |  |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |

附录F

校准证书内页内容

# F.1 校准证书内页内容

至少应包括以下信息：

1. 被校对象的名称、型号、编号；
2. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
3. 本次校准时的环境条件；
4. 校准结果及其测量不确定度的说明。

# F.2 校准结果

1. 校准因子

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 中子个人剂量当量（率）约定量值  （□Sv，□Sv·h-1） | 校准因子 | 相对扩展不确定度 |
|  |  |  |

2. 重复性

|  |  |
| --- | --- |
| 中子个人剂量当量（率）约定量值  （□Sv，□Sv·h-1） | 重复性 |
|  |  |

附录G

校准因子不确定度评定示例

# G.1 测量条件与测量方法

## G.1.1 环境条件：

1. 实验室温度：(20±1) ℃；
2. 相对湿度：(40～70)%；
3. 大气压力：(90～95) kPa；
4. 辐射本底：周围剂量当量率不大于0.25 µSv·h-1；
5. 放射性污染：可忽略；
6. 其他：周围无明显影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

## G.1.2 测量标准：

1. 中子注量（率）标准装置；
2. 中子注量率范围：（10～103）cm-2·s-1；
3. 中子注量率相对扩展不确定度：6.0%（*k*=2）。

## G.1.3 测量参数：直读式中子个人剂量当量仪的校准因子。

## G.1.4 测量方法：按照本校准规范的第7.2条校准一台直读式中子个人剂量当量仪的校准因子。采用241Am-Be中子源作为参考辐射，按第B.1条的影锥法作散射修正。

# G.2 测量模型

（G.1）

式中：

——被校仪器的校准因子；

——中子注量约定量值，cm-2；

——中子注量-个人剂量当量转换系数，Sv·cm2；

——试验点处直接中子引起的被校仪器读数，Sv；

——空气减弱修正因子。

# G.3 不确定度分量引入的相对标准不确定度

## G.3.1 被校仪器校准因子不确定度分量来源

被校仪器校准因子不确定度分量来源主要有公式（G.1）中的、、等输入量以及散射修正、校准距离等因素。

## G.3.2 输入量引入的相对标准不确定度

采用B类方法评定。

输入量的标准不确定度为试验点处中子注量的不确定度，由上一级计量标准实验室给出。本示例中，中子注量的相对扩展不确定度为。因此，中子注量的标准不确定度为。依据不确定度传播律，中子注量引入的相对标准不确定度为。

## G.3.3 输入量引入的相对标准不确定度

采用B类方法评定。

在本示例中，根据GB/T 14055.2-2012，241Am-Be中子源的谱平均注量-个人剂量当量转换系数的相对标准不确定度为。依据不确定度传播律，中子注量-个人剂量当量转换系数引入的相对标准不确定度为。

## G.3.4 输入量引入的相对标准不确定度

### G3.4.1 输入量的不确定度来源

按第B.1条作散射修正，被校仪器分别在不使用影锥和使用影锥条件下的中子照射时间一致。按公式（G.2）计算输入量：

（G.2）

式中：

——试验点处总中子引起的被校仪器读数平均值，Sv；

——试验点处散射中子引起的被校仪器读数平均值，Sv。

根据公式（G.2）输入量的不确定度来源主要有和。

### G3.4.2 输入量的标准不确定度

采用A类方法评定。

输入量的标准不确定度主要由被校仪器读数的测量重复性引入，其标准不确定度由公式（G.3）计算得出：

（G.3）

式中：

——不使用影锥条件下，第次总中子引起的被校仪器读数，Sv；

——测量次数。

在本示例中，被校仪器连续6次读数见表G.1。计算出被校仪器6次读数的平均值为，由公式（G.3）计算被校仪器读数平均值的标准不确定度为。

表G.1 被校仪器的读数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量第次 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 第6次 |
| 仪器读数/mSv | 2.291 | 2.279 | 2.307 | 2.214 | 2.369 | 2.238 |

### G3.4.3 输入量的标准不确定度

采用A类方法评定。

输入量的标准不确定度主要由被校仪器读数的测量重复性引入。在本示例中，被校仪器连续6次读数见表G.2。计算出被校仪器6次读数的平均值为，按公式（G.3）计算被校仪器读数平均值的标准不确定度为。

表G.2 被校仪器的读数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量第次 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 第6次 |
| 仪器读数/mSv | 0.122 | 0.119 | 0.107 | 0.111 | 0.154 | 0.094 |

### G3.4.4 输入量的标准不确定度

按公式（G.4）计算输入量的标准不确定度：

（G.4）

按公式（G.5）计算输入量的相对标准不确定度：

（G.5）

经计算，输入量的标准不确定度和相对标准不确定度分别为和。

### G3.4.5 输入量引入的标准不确定度

依据不确定度传播律，输入量引入的相对标准不确定度为。

## G.3.5 输入量空气减弱修正因子引入的相对标准不确定度

采用B类方法评定。

从附录C可知，241Am-Be中子源的谱平均线性减弱系数为890×10-7 cm-1，其相对标准不确定度为1.5%。在本示例中，依据不确定度传播律，经计算空气减弱修正因子的相对标准不确定度为。

依据不确定度传播律，输入量空气减弱修正因子引入的相对标准不确定度为。

## G.3.6 散射修正引入的相对标准不确定度

采用B类方法评定。

根据GB/T 14055.2-2012，采用影锥法进行散射修正时，散射修正引入的相对标准不确定度按公式（G.6）计算：

（G.6）

在本示例中，结合表G.1和表G.2中的数据，散射修正引入的相对标准不确定度为。

## G.3.7 校准距离引入的相对标准不确定度

采用B类方法评定。

在本示例中，被校仪器参考点与中子源中心距离为120 cm，距离变化不大于0.5 cm。距离变化按均匀分布考虑，包含因子取，距离变化的标准不确定度为。校准距离引入的相对标准不确定度按公式（G.7）计算：

（G.7）

经计算，校准距离引入的相对标准不确定度为。

# G.4 合成相对标准不确定度

被校仪器校准因子不确定度分量汇总见表G.3。

表G.3 直读式中子个人剂量当量仪校准因子不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度 | 评定类型 |
|  | 中子注量率 | 3.0% | B |
|  | 中子注量-个人剂量当量转换系数 | 4% | B |
|  | 仪器读数重复性 | 1.1% | A |
|  | 空气减弱修正 | 0.016% | B |
|  | 散射修正 | 0.16% | B |
|  | 校准距离 | 0.48% | B |

各不确定度分量相互独立，按公式（G.8）合成直读式中子个人剂量当量仪校准因子的相对标准不确定度：

（G.8）

经计算，直读式中子个人剂量当量仪校准因子的相对标准不确定度为。

# G.4 相对扩展不确定度

取包含因子，被校仪器校准因子的相对扩展不确定度为：

，取

直读式中子个人剂量当量仪校准因子的相对扩展不确定度为：