医用诊断牙科X射线辐射源检定规程不确定度评定

空气比释动能率测量不确定度评定示例

**1 测量方法**

将剂量仪探测器有效测量点置于牙科X射线机焦点与影像接受器之间X射线束主射束轴上，将牙科机管电压调至额定值或工作电压，管电流调至额定值。在上述条件下，连续测量至少3次，记录测量结果。

表1 空气比释动能率测量结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| 测量值*M*（mGy/min） | 27.74 | 27.83 | 28.06 |

**2 数学模型**

$$\dot{K}=\overbar{M}∙N\_{K}∙K\_{TP}$$

式中：$\overbar{M}$—诊断水平剂量计测量平均值，div；

 *NK*—剂量计校准因子，mGy·min-1div-1；

*KTP*—电离室型探测器温度、气压密度修正。计算公式如下：

$$K\_{TP}=\left(\frac{273.15+t}{293.15}\right)∙\left(\frac{101.3}{p}\right)$$

式中：*t*—检定时室内温度，℃；

*P*—检定时室内气压，kPa。

**3 标准不确定度评定**

3.1 $\overbar{M}$的相对标准不确定度

$\overbar{M}$的不确定度主要是由测量重复性引起,采用A类方法进行评定因测量次数为3次测量次数较少采用极差法，单个测得值的实验标准差*s*可近似的评定为：

$$s=\frac{R}{C}$$

式中：

*R*—极差

*C*—极差系数

则测量*M*值的相对标准不确定度为：

$$u\_{rel}\left(\overbar{M}\right)=\frac{s\left(\overbar{M}\right)}{\sqrt{n}\overbar{M}}=0.4\%$$

3.2 *N*K的相对标准不确定度

*N*K是根据校准证书得到,采用标准不确定度的B类进行评定：

从校准证书上得到*N*K的扩展不确定度为2.4%，覆盖因子为k=2，则NK的相对标准不确定度为：

$$u\_{rel}\left(N\_{K}\right)=\frac{2.4\%}{2}=1.2\%$$

3.3 温度 T的相对标准不确定度

实验室温度波动与不均匀引起电离室探头与室内平均温度的最大偏差为1℃,在此区间内可认为服从矩形分布,包含因子取$\sqrt{3}$

，温度计示值误差引入的不确定度可忽略,所以半宽

$$a=\frac{0.5}{273.15+20}×100\%=0.17\%$$

$u\_{rel}\left(T\right)=\frac{a}{\sqrt{3}}=0.10\%$

3.4 气压P的相对标准不确定度

气压变化在区间内服从矩阵分布,包含因子取$\sqrt{3}$。气压计的示值误差为±0.1kPa时，半宽：

$$a=\frac{0.1}{101.3}=0.10\%$$

$$u\_{rel}\left(P\right)=\frac{a}{\sqrt{3}}=0.06\%$$

3.5 KTP的相对标准不确定度

$$u\_{rel}\left(K\_{TP}\right)=\sqrt{u\_{rel}^{2}\left(T\right)+u\_{rel}^{2}\left(P\right)}≈0.2\%$$

**4 合成相对标准不确定度**

4.1　数学模型

$$\dot{K}=M∙N\_{K}∙K\_{TP}$$

4.2　标准不确定度汇总

各个量的标准不确定度汇总如下：

表2 标准不确定度汇总

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度urel（Xi） | 不确定度来源 | 标准不确定度值 |
| $$u\_{rel}\left(M\_{i}\right)$$ | 测量重复性 | 0.4% |
| $$u\_{rel}\left(N\_{K}\right)$$ | 剂量计校准因子 | 1.2% |
| $$u\_{rel}\left(K\_{TP}\right)$$ | 温度,气压 | 0.2% |

4.3　 合成相对标准不确定度

输入量M,NK,T,P彼此独立互不相关,所以合成相对标准不确定度可按下式得到:

$$u\_{c}^{2}\left(y\right)=\sum\_{i=1}^{n}u\_{i}^{2}\left(y\right)$$

$$u\_{c}\left(y\right)=\sqrt{u\_{rel}^{2}\left(M\_{i}\right)+u\_{rel}^{2}\left(N\_{K}\right)+u\_{rel}^{2}\left(K\_{TP}\right)}≈1.4\%$$

**5　扩展不确定度**

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

$$U=ku\_{c}=2.8\%$$

剂量面积乘积测量不确定度评定示例

**1 测量方法**

将剂量面积乘积仪的探测器置于X射线照射野中心。牙科X射线辐射源在连续工作方式下以移动方式工作时，将剂量面积乘积仪的探测器固定于辐射出束口，在正常使用范围内常规使用条件下连续测量至少3次取平均值。牙科X射线辐射源在连续工作方式下以固定方式工作时，将剂量面积乘积仪的探测器置于常规诊断位置，在正常使用范围内常规使用条件下连续测量至少3次取平均值。

表1 剂量面积乘积测量结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| 测量值*M*（mGycm2） | 91.6 | 91.6 | 91.9 |

**2 数学模型**

$$P\_{KA}=M^{'}∙N\_{P\_{KA}}∙K\_{TP}$$

式中：$M^{'}$—剂量面积乘积仪测量平均值，div；

 $N\_{P\_{KA}}$—剂量面积乘积仪校准因子；

*KTP*—温度、气压修正。计算公式如下：

$$K\_{TP}=\left(\frac{273.15+t}{293.15}\right)∙\left(\frac{101.3}{p}\right)$$

式中：*t*—检定时室内温度，℃；

*P*—检定时室内气压，kPa。

**3 标准不确定度评定**

3.1 $M^{'}$的相对标准不确定度

$M^{'}$的不确定度主要是由测量重复性引起,采用A类方法进行评定因测量次数为3次测量次数较少采用极差法，单个测得值的实验标准差*s*可近似的评定为：

$$s=\frac{R}{C}$$

式中：

*R*—极差

*C*—极差系数

则测量*M*值的相对标准不确定度为：

$$u\_{rel}\left(\overbar{M}\right)=\frac{s\left(\overbar{M}\right)}{\sqrt{n}\overbar{M}}=0.1\%$$

3.2 $N\_{P\_{KA}}$的相对标准不确定度

$N\_{P\_{KA}}$是根据校准证书得到,采用标准不确定度的B类进行评定：

从校准证书上得到$N\_{P\_{KA}}$的扩展不确定度为5.1%，覆盖因子为k=2，则$N\_{P\_{KA}}$的相对标准不确定度为：

$$u\_{rel}\left(N\_{K}\right)=\frac{5.1\%}{2}≈2.6\%$$

3.3 温度 T的相对标准不确定度

实验室温度波动与不均匀引起电离室探头与室内平均温度的最大偏差为1℃,在此区间内可认为服从矩形分布,包含因子取$\sqrt{3}$

，温度计示值误差引入的不确定度可忽略,所以半宽

$$a=\frac{0.5}{273.15+20}×100\%=0.17\%$$

$u\_{rel}\left(T\right)=\frac{a}{\sqrt{3}}=0.10\%$

3.4 气压P的相对标准不确定度

气压变化在区间内服从矩阵分布,包含因子取$\sqrt{3}$。气压计的示值误差为±0.1kPa时，半宽：

$$a=\frac{0.1}{101.3}=0.10\%$$

$$u\_{rel}\left(P\right)=\frac{a}{\sqrt{3}}=0.06\%$$

3.5 KTP的相对标准不确定度

$$u\_{rel}\left(K\_{TP}\right)=\sqrt{u\_{rel}^{2}\left(T\right)+u\_{rel}^{2}\left(P\right)}≈0.2\%$$

**4 合成相对标准不确定度**

4.1　数学模型

$$P\_{KA}=M^{'}∙N\_{P\_{KA}}∙K\_{TP}$$

4.2　标准不确定度汇总

各个量的标准不确定度汇总如下：

表2 标准不确定度汇总

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度值 |
| $$u\_{rel}\left(M\_{i}\right)$$ | 测量重复性 | 0.1% |
| $$u\_{rel}\left(N\_{P\_{KA}}\right)$$ | 剂量计校准因子 | 2.6% |
| $$u\_{rel}\left(K\_{TP}\right)$$ | 温度,气压 | 0.2% |

4.3　 合成相对标准不确定度

输入量M,NK,T,P彼此独立互不相关,所以合成相对标准不确定度可按下式得到:

$$u\_{c}^{2}\left(y\right)=\sum\_{i=1}^{n}u\_{i}^{2}\left(y\right)$$

$$u\_{c}\left(y\right)=\sqrt{u\_{rel}^{2}\left(M\_{i}\right)+u\_{rel}^{2}\left(N\_{K}\right)+u\_{rel}^{2}\left(K\_{TP}\right)}≈2.7\%$$

**5　扩展不确定度**

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

$$U=ku\_{c}=5.4\%$$

管电压测量不确定度评定示例

**1　测量方法**

以牙科X射线机设定的电压值为标准值，以测量仪器测量示值的平均值作为测量值，计算相对偏差。

**2　测量模型**

$$E\_{V}=\frac{V\_{i}-\overbar{V}\_{0}}{\overbar{V}\_{0}}×100\%$$

式中：*Vi—*X射线管电压的设定值，kV；

 $\overbar{V}\_{0}$—测量的X射线管电压的实际平均值，kV。

**3　测量不确定度分析**

测量不确定度的主要来源包括以下两部分：

1) 检定点测量示值平均值，由测量重复性引入的不确定度；

2) 牙科X射线机设定电压值引入的不确定度。

**4测量数据**

表1　牙科X射线机管电压测量数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设定值（kV） | 受检仪器测量值示值(kV) | 平均值(kV) | 相对偏差（%） |
| 1 | 2 | 3 |
| 76 | 77.37 | 77.46 | 77.68 | 77.50 | -1.94 |
| 88 | 95.38 | 95.26 | 92.96 | 94.53 | -6.91 |
| 68 | 67.19 | 66.56 | 66.12 | 66.62 | 2.07 |

**5　标准不确定度分量的评定**

(1) 灵敏度系数

$c\_{1}\left(\overbar{V\_{0}}\right)=-\frac{V\_{i}}{\overbar{V\_{0}}^{2}}$ *,* $c\_{2}(V\_{i})=\frac{1}{\overbar{V\_{0}}}$

(2) 牙科x射线机在检定点的测量重复性引入的不确定度u1

采用A类方法评定。根据3次的测量值，采用极差法计算平均值的实验标准偏差：

$$u\_{1}(\overbar{V\_{0}})=\frac{R}{C\sqrt{3}}$$

其中Ｒ为极差，Ｃ为极差系数，C=1.69。

 (3) 牙科X射线机设定电压值引入的不确定度

由于设定值恒定不变，示值的标准不确定度为0。

$$u\_{2}\left(V\_{i}\right)=0$$

**6　计算合成标准不确定度**

$$u\_{c}=\sqrt{c\_{1}^{2}u\_{1}^{2}+c\_{2}^{2}u\_{2}^{2}}$$

**7　扩展不确定度**

取包含因子为k=2，扩展不确定度*U=kuc。*

 表2　相对偏差合成不确定度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设定值 kV | 平均示值kV | 示值误差kV | *C1* | *C2* | $$u\_{1}(\overbar{V })$$ | $$u\_{2}\left(V\_{0}\right)$$ | uc(%) | *U*(%) |
| 76 | 77.50 | -1.94 | -0.01 | 0.01 | 0.10 | 0 | 0.1  | 0.2  |
| 88 | 94.53 | -6.91 | -0.01 | 0.01 | 0.82 | 0 | 0.8  | 1.6  |
| 68 | 66.62 | 2.07 | -0.02 | 0.02 | 0.36 | 0 | 0.7  | 1.4  |

曝光时间测量不确定度评定示例

**1　测量方法**

以牙科X射线机设定的曝光时间为标准值，以测量仪器测量示值的平均值作为测量值，计算示值误差。

**2　测量模型**

$$∆T=T\_{0}-\overbar{T}$$

式中：

*T*——牙科X射线机示值误差，s；

*T0*──牙科X射线机设定的曝光时间，s；

$\overbar{T}$──检定点测量示值平均值，s。

**3　测量不确定度分析**

测量不确定度的主要来源包括以下两部分：

1) 检定点测量示值平均值，由测量重复性引入的不确定度；

2) 牙科X射线机设定曝光时间引入的不确定度。

**4测量数据**

表1　牙科X射线机曝光时间测量数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设定值（s） | 受检仪器测量值示值(s) | 平均值(s) | 示值误差（s） |
| 1 | 2 | 3 |
| 14 | 13.56 | 13.58 | 13.56 | 13.56 | 0.44 |
| 15 | 15.02 | 15.02 | 15.02 | 15.02 | -0.02 |
| 12 | 12.02 | 12.02 | 12.00 | 12.01 | -0.01 |

**5　标准不确定度分量的评定**

(1) 灵敏度系数

$c\_{1}\left(\overbar{T }\right)=-1$*，*$c\_{2}\left(T\_{0}\right)=1$

(2) 牙科x射线机在检定点的测量重复性引入的不确定度u1

采用A类方法评定。根据3次的测量值，采用极差法计算平均值的实验标准偏差：

$$u\_{1}(\overbar{T })=\frac{R}{C\sqrt{3}}$$

其中*Ｒ*为极差，*Ｃ*为极差系数，*C*=1.69。

 (3) 牙科X射线机设定曝光时间引入的不确定度

曝光时间设定值恒定，标准不确定度为0：

$$u\_{2}\left(T\_{0}\right)=0$$

**6　计算合成标准不确定度**

$$u\_{c}=\sqrt{c\_{1}^{2}u\_{1}^{2}+c\_{2}^{2}u\_{2}^{2}}$$

**7　扩展不确定度**

取包含因子为*k*=2，扩展不确定度*U=kuc。*

 表2　示值误差合成不确定度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设定值 s | 平均值s | 示值误差s | $$c\_{1}(\overbar{T })$$ | $$c\_{2}\left(T\_{0}\right)$$ | $$u\_{1}(\overbar{T })$$s | $$u\_{2}\left(T\_{0}\right)$$s | s | s |
| 14 | 13.56 | 0.44 | -1 | 1 | 0.006 | 0 | 0.006 | 0.012 |
| 15 | 15.02 | -0.02 | -1 | 1 | 0.006 | 0 | 0.006 | 0.012 |
| 12 | 12.01 | -0.01 | -1 | 1 | 0.006 | 0 | 0.006 | 0.012 |