**JJF**

**中华人民共和国国家计量技术规范**

**JJF XXXX—202X**

荧光相对强度和荧光量子效率

测量装置校准规范

**Calibration specification for fluorescence relative intensity and fluorescence quantum efficiency measuring devices**

**（征求意见稿）**

201×-××-××发布201×-××-××实施

国家市场监督管理总局发 布

JJF XXXX-202X

荧光相对强度和荧光量子效率

测量装置校准规范

Calibration specification for fluorescence relative

intensity and fluorescence quantum efficiency measuring devices

归口单位：全国新材料与纳米计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：

**本规范委托全国新材料与纳米计量技术委员会负责解释**

本规范主要起草人：

参加起草人：

**目 录**

[引 言 II](#_Toc32184)

[1 范围 1](#_Toc15318)

[2 引用文件 1](#_Toc12791)

[3 概述 1](#_Toc21141)

[4 计量特性 2](#_Toc27241)

[4.1 波长校准 2](#_Toc28117)

[4.2 光谱相对强度校准 2](#_Toc6920)

[5 校准条件 2](#_Toc25720)

[5.1 环境条件 2](#_Toc28344)

[5.2 荧光量子效率标准及其他设备 2](#_Toc20281)

[6 校准项目和校准方法 2](#_Toc22311)

[6.1 校准项目 2](#_Toc3453)

[6.2 校准方法 2](#_Toc24779)

[7 校准结果表达 4](#_Toc8675)

[8 复校时间间隔 4](#_Toc5055)

[附录A 5](#_Toc11311)

[荧光量子效率测量系统的不确定度评定示例 5](#_Toc12424)

[附录B 8](#_Toc13168)

[校准记录格式 8](#_Toc20495)

[附录C 9](#_Toc19104)

[校准证书（内页）格式 9](#_Toc26701)

# 引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》和JJF 1094《测量仪器特性评定》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参考了JJG 537-2006 《荧光分光光度计》、GB/T 37664.1-2019 《纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料 第1部分：量子效率》的相关内容，适用于荧光相对强度和荧光量子效率测量装置的校准。

本规范为首次发布。

**荧光绝对量子产率测量仪器校准规范**

# 1 范围

本规范适用于荧光量子效率标准装置（本规范中简称标准装置）的校准。

# 2 引用文件

本规范引用下列文献：

JJG 537-2006 荧光分光光度计

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 37664.1-2019 纳米制造 关键控制特性 发光纳米材料 第1部分：量子效率

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

# 3 概述

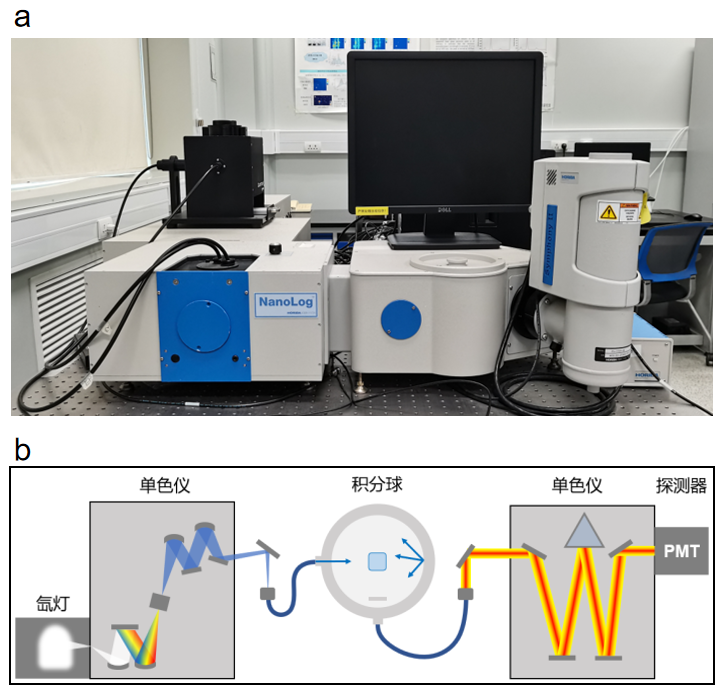


图1 荧光相对强度和荧光量子效率测量装置光路示意图

荧光相对强度和荧光量子效率测量装置由光源、激发侧单色器、积分球（样品仓）、发射侧单色器和探测器组成（见图1）。其工作原理为：激发光经过光纤接入到积分球，并激发积分球内的样品后发射荧光。经样品吸收后剩余的激发光和样品激发后发射的荧光经过积分球均匀化，通过光纤传输到光谱仪进行光谱采集，将扣除空白样品后的发射波段的光谱进行归一化得到荧光相对强度，将激发光波段和发射光波段的光谱进行积分，计算样品发射的光子数与吸收的光子数之比，得到荧光量子效率。

# 4 计量特性

4.1 发射侧波长重复性

标准偏差≤0.05 nm。

4.2 激发侧波长重复性

标准偏差≤0.2 nm。

4.3 荧光相对强度校准曲线

4.4 荧光相对强度重复性

相对标准偏差≤2.0%。

4.5 荧光量子效率测量重复性

相对标准偏差≤4.0%。

注：以上指标不作为合格性判断标准，仅供参考。

# 5 校准条件

5.1 校准环境条件

5.1.1 室内温度（22±5）℃，湿度≤65 % RH。

5.1.2 校准地点附近不应有影响测量的振动和电磁干扰。

5.1.3 装置应放置于隔振光学平台上。

5.2校准用标准器和其他设备

校准主要使用的标准器和其他设备见表1

表1 校准项目和校准所用标准器和其他设备一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校 准 项 目 | 校准用标准器和其他设备 |
| 1 | 发射侧波长重复性 | 标准汞氩灯 |
| 2 | 激发侧波长重复性 | 氙灯 |
| 3 | 荧光相对强度校准曲线 | 相对光谱辐射照度标准器（氘灯、带积分球的卤钨灯） |
| 4 | 荧光相对强度重复性 | 相对光谱辐射照度标准器（氘灯、带积分球的卤钨灯） |
| 5 | 荧光量子效率测量重复性 | 硫酸奎宁荧光标准物质（GBW(E)130100）配制的溶液和空白溶液 |

# 6 校准方法

6.1校准前准备

装置所有紧固件均应安装牢固，连接件（如光纤）应连接良好，软件能正常工作；

将装置的光源（氙灯）和校准用标准器（标准汞氩灯、相对光谱辐射照度标准器（氘灯、带积分球的卤钨灯））进行预热，氙灯预热时间≥30 min，标准汞氩灯预热时间≥10 min，氘灯预热时间≥15 min，带积分球的卤钨灯预热时间≥5 min，以确保光源强度的稳定。

6.2 波长重复性

6.2.1发射侧单色器波长重复性

6.2.1.1发射侧波长校准

首先进行发射侧单色器波长校准，将标准汞氩灯放置于发射侧单色器的入口处进行测量，采集标准汞氩灯的特征峰（365.02 nm），如果峰位置有偏差，则调整发射侧单色器的光栅，将特征峰的量值调整为365.02 nm，从而完成对发射侧单色器波长的校准。

6.2.1.2 发射侧波长重复性

在光栅密度为1200 g/mm，发射侧单色器狭缝大小为0.01 nm，积分时间为0.3 s的测量条件下，重复测量汞氩灯365.02 nm特征峰的谱线10次，该峰位量值的标准偏差为发射侧波长测量重复性：

（1）

式中：——发射侧波长重复性；

*λi*——波长测量值；

——波长测量平均值；

*n*——测量次数。

6.2.2激发侧单色器波长重复性

6.2.2.1 激发侧波长校准

首先进行激发侧单色器波长校准，将发射侧单色器光栅设置为零级，采集仪器配置的氙灯的特征峰（473.5 nm），如果峰位置有偏差，则调整激发侧单色器的光栅，将特征峰的量值调整为473.5 nm，从而完成对激发侧单色器波长的校准。在实际测量中，激发侧单色器波长的校准，将根据待测荧光材料的激发波长来确定，例如根据需要设置激发光波长为350 nm，如果采集到的激发波长光谱峰位有偏差，则调整激发侧单色器的光栅，将单色光的峰位调整为设置的350 nm，从而完成对所需激发光波长的校准。

6.2.2.2 激发侧波长重复性

在光栅密度为1200 g/mm，激发侧单色器狭缝大小为0.4 nm，发射侧单色器狭缝大小为5 nm，积分时间为0.3 s的测量条件下，重复测量氙灯473.5 nm特征峰的谱线10次，该峰位量值的标准偏差为激发侧波长测量重复性：

（2）

式中：——激发侧波长重复性；

*λi*——波长测量值；

——波长测量平均值；

*n*——测量次数。

6.3 荧光相对强度校准曲线和重复性

6.3.1 荧光相对强度校准曲线

采用溯源到国家光谱辐射照度基准、相对光谱辐射照度已知的相对光谱辐射照度标准器（氘灯、带积分球的卤钨灯）进行荧光相对强度校准。采用氘灯校准300 nm-350 nm波段，采用带积分球的卤钨灯校准350 nm-900 nm波段。将氘灯和带积分球的卤钨灯的标准光谱曲线在350 nm处连接起来作为标准光谱曲线*S*cs。分别将氘灯和带积分球的卤钨灯从系统的积分球入口处入射，分别测量其光谱曲线*S*mD和*S*mW，将两条曲线在350 nm处连接起来得到光谱曲线*S*m，最终通过*C*int=*S*cs/*S*m计算得到荧光相对强度校准曲线。

6.3.2 荧光相对强度重复性

在光栅密度为1200 g/mm，发射侧单色器狭缝大小为3 nm，积分时间为0.8 s的测量条件下，采用装置重复测量相对光谱辐射照度标准器的光谱10次，然后进行归一化，整个波段范围内每个波长下的测量重复性：

（3）

式中：——荧光相对强度测量重复性；

*Ii*——荧光相对强度测量值；

——荧光相对强度平均值；

*n*——测量次数。

6.4.1 荧光量子效率测量重复性

在光栅密度为1200 g/mm，激发波长为347 nm，激发侧单色器狭缝大小为10 nm，发射侧单色器狭缝大小为3 nm，积分时间为0.3 s的测量条件下进行测量。在积分球中分别放置盛有3.66 ml硫酸奎宁荧光标准物质（GBW(E)130100）溶液（浓度为3.5 μg/mL，溶剂为0.05 M的H2SO4溶液）的比色皿和盛有3.66 ml 0.05 M的H2SO4溶液（空白溶液）的比色皿，分别测得激发光波段（327 nm-367 nm）和发射光波段（360-710 nm）光谱，将测得的光谱乘以荧光相对强度校准曲线后进行积分，得到硫酸奎宁溶液的激发峰面积*L*a和发射峰面积*P*a以及空白样品的激发峰面积*L*b和发射峰面积*P*b，根据下式计算得到荧光量子效率：

（4）

重复测量荧光量子效率5次，荧光量子效率测量值的标准偏差为激发侧波长测量重复性：

（5）

式中：——荧光量子效率测量重复性；

*i*——荧光量子效率测量值；

——荧光量子效率平均值；

*n*——测量次数。

# 7 校准结果表达

附录A给出了发射侧波长重复性不确定度评定、荧光相对强度校准曲线不确定度评定及荧光量子效率测量不确定度评定的示例。激发侧波长重复性不确定度评定同发射侧波长重复性不确定度评定，荧光相对强度校准曲线不确定度评定包括重复性不确定度，荧光量子效率不确定度评定包括重复性不确定度评定。校准结果的不确定度评定示例参见附录A。

# 8 复校时间间隔

复校时间间隔由使用者根据仪器使用情况、仪器本身性能等因素自行决定，推荐复校时间间隔不超过1年。

# 附录A

# 校准结果的不确定度评定示例

A.1 发射侧波长重复性不确定度评定

A.1.1 数学模型

用标准汞氩灯对发射侧波长进行校准时，测量重复性为标准偏差，如式（1）所示。

A.1.2 测量不确定度来源

根据上述数学模型以及具体的测量过程，测量不确定度来源主要包括以下几个方面：

（1）测量重复性引入的标准不确定度*u*1(*λ*)

由标准汞氩灯波长的波动、PMT探测噪声等因素引入的不确定度，通过多次重复测量计算的标准偏差作为该不确定度分量。

（2）标准汞氩灯引入的标准不确定度*u*2(*λ*)

由中国计量科学研究院校准证书中给出的汞氩灯365.02 nm特征峰波长的扩展不确定度为0.1 nm(*k*=2)。

（3）环境温度的影响

本规范规定的校准环境的温度条件为(22±5)℃，在此范围内,温度的波动对测量结果影响较小，因此可不予考虑。

A.1.3 测量不确定度评定

（1）测量重复性引入的标准不确定度*u*1(*λ*)

*u*1(*λ*)是测量重复性引入的标准不确定度，以标准汞氩灯的365.02 nm特征峰为例，重复测量10次，测量结果如下：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准汞氩灯波长  (nm) | 测量值 (nm) | | | | | 平均值  (nm) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 365.02 |
| 365.02 | 365.02 | 365.02 | 365.02 | 365.02 | 365.02 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 365.02 | 365.02 | 365.01 | 365.02 | 365.01 |

对标准汞氩灯365.02 nm单次测量结果的标准偏差为0.0042 nm，则重复测量引入的的标准不确定度为：

=0.0013 nm

（2）标准汞氩灯引入的标准不确定度*u*2(*λ*)

由中国计量科学研究院校准证书中给出的汞氩灯365.02 nm特征峰波长的扩展不确定度为0.1 nm(*k*=2)，因此，标准不确定度为*u*2(*λ*)=0.1 nm/2=0.05 nm。

（3）合成标准不确定度

以上各分量可近似不相关，故合成标准不确定度*u*c(*λ*)可通过下式进行合成计算：

0.05 nm

（4）扩展不确定度

扩展不确定度*U*(*λ*)等于包含因子*k*与合成标准不确定度*u*c(*λ*)之积，在此取*k*=2。

*U*

A.1.4 报告结果

通过以上分析和计算，可得波长重复性的测量不确定度为：*U*(*λ*)=(*k*=2) 。

A.2 荧光相对强度校准曲线不确定度评定

A.2.1 数学模型

氘灯或带积分球的卤钨灯的标准光谱曲线为*S*cs，标准辐射源从系统的积分球入口处入射，系统测得的光谱曲线为*S*m，获得荧光相对强度校准曲线为*C*int=*S*cs/*S*m。

A.2.2 测量不确定度来源

根据上述数学模型以及具体的测量过程，测量不确定度来源主要包括以下几个方面：

（1）测量重复性引入的相对标准不确定度*u*1 rel(*E*)

由氘灯和带积分球的卤钨灯光强的波动、PMT探测噪声等因素引入的不确定度，通过多次重复测量计算的相对标准偏差除以（*n*为重复测量次数）作为该不确定度分量。

（2）氘灯和带积分球的卤钨灯引入的相对标准不确定度*u*2 rel(*E*)

由中国计量科学研究院校准证书给出的相对扩展不确定度计算得到相对标准不确定度。

（3）环境温度的影响

本规范规定的校准环境的温度条件为(22±5)℃，在此范围内,温度的波动对测量结果影响较小，因此可不予考虑。

A.2.3 测量不确定度评定

（1）测量重复性引入的相对标准不确定度*u*1 rel(*E*)

*u*1 rel(*E*)是测量重复性引入的相对标准不确定度，以带积分球的卤钨灯为例，重复测量10次，并进行归一化，部分波长下的测量结果如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 波长  (nm) | 测量值 | | | | | | | | | | 平均值 | 相对标准偏差 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 400 | 0.162 | 0.161 | 0.162 | 0.161 | 0.162 | 0.162 | 0.163 | 0.162 | 0.162 | 0.162 | 0.162 | 0.0026 |
| 500 | 0.824 | 0.822 | 0.824 | 0.821 | 0.823 | 0.823 | 0.825 | 0.823 | 0.822 | 0.823 | 0.823 | 0.0013 |
| 600 | 0.916 | 0.915 | 0.916 | 0.915 | 0.919 | 0.916 | 0.916 | 0.916 | 0.917 | 0.915 | 0.916 | 0.0012 |
| 700 | 0.418 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.417 | 0.416 | 0.418 | 0.416 | 0.417 | 0.417 | 0.0016 |
| 800 | 0.158 | 0.157 | 0.158 | 0.157 | 0.157 | 0.157 | 0.159 | 0.159 | 0.158 | 0.157 | 0.158 | 0.0038 |
| 900 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.013 | 0.014 | 0.0064 |

其中，以500 nm的测量结果为例进行计算，单次测量结果的相对标准偏差为0.0013（0.13%），则重复测量引入的相对标准不确定度为：

=0.04%

（2）氘灯和带积分球的卤钨灯引入的相对标准不确定度*u*2 rel(*E*)

由中国计量科学研究院校准证书给出的带积分球的卤钨灯在500 nm处的相对扩展不确定度为2.4%(*k*=2)，因此，相对标准不确定度为*u*2 rel(*E*)=2.4%/2=1.2%。

（3）合成相对标准不确定度

以上各分量可近似不相关，故在500 nm处的合成相对标准不确定度*u*c rel(*E*)可通过下式进行合成计算：

1.2%

（4）相对扩展不确定度

相对扩展不确定度*U*rel(*E*)等于包含因子*k*与合成相对标准不确定度*u*c rel(*E*)之积，在此取*k*=2。

*U*rel(*k*=2)

A.2.4 报告结果

通过以上分析和计算，可得荧光相对强度校准曲线的相对扩展不确定度为：*U*rel(*E*)=(*k*=2)。

A.3 荧光量子效率测量不确定度评定

A.3.1 数学模型

荧光量子效率是材料发射到自由空间中的光子数与吸收的光子数之比，其测量模型及转换如下：

= = == （A. 1）

其中，代表荧光量子效率；*N*代表光子数总和；下标abs和em分别代表吸收和发射；代表辐射通量，单位为W；*E*代表辐射照度，单位为W/m2；*λ*代表波长，单位为nm，*λ*1和*λ*2分别代表激发波长的起始波长和结束波长的数值，无量纲，*λ*3和*λ*4分别代表发射波长的起始波长和结束波长的数值，无量纲；在激发和发射波段确定的情况下，*A*为常数，；*S*代表探测器的光敏面被光照射到的面积，单位为m2，由于在采集激发光波段和发射光波段时采用的狭缝大小相同，因此对于激发光波段和发射光波段，*S*是相同的；*h*代表普朗克常数；*c*代表光在真空中的速度，单位为m/s。

A.3.2 测量不确定度来源

根据上述数学模型以及具体的测量过程，测量不确定度来源主要包括以下几个方面：

（1）测量重复性引入的相对标准不确定度*u*r rel(*η*)

由氙灯光强的波动、PMT探测噪声等因素引入的不确定度，通过多次重复测量计算的相对标准偏差除以（*n*为重复测量次数）作为该不确定度分量。

（2）波长校准引入的相对标准不确定度*u*rel(*λ*)

从公式（A.1）的测量模型中可以看到，输入量*λ*abs和*λ*em的不确定度来源于单色仪波长校准，由中国计量科学研究院校准证书给出的相对扩展不确定度计算得到相对标准不确定度。

（3）荧光相对强度校准引入的相对标准不确定度*u*rel(*E*)

从公式（A.1）的测量模型中可以看到，输入量*E*abs和*E*em的不确定度来源于光谱相对强度校准，由中国计量科学研究院校准证书给出的相对扩展不确定度计算得到相对标准不确定度。

（4）环境温度的影响

本规范规定的校准环境的温度条件为(22±5)℃，在此范围内,温度的波动对测量结果影响较小，因此可不予考虑。

A.3.3 测量不确定度评定

（1）测量重复性引入的相对标准不确定度*u*1 rel(*η*)

*u*1 rel(*η*)是测量重复性引入的相对标准不确定度，荧光量子效率重复测量结果如下：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量值（%） | | | | | 平均值（%） | 相对  标准  偏差（%） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 55.61 | 54.71 | 53.78 | 52.61 | 54.61 | 54.26 | 2.08% |

单次测量结果的相对标准偏差为2.08%，则重复测量引入的相对标准不确定度为：

=0.93%

（2）波长校准引入的相对标准不确定度*u*rel(*λ*)

标准汞氩灯校准证书中的扩展不确定度（*U*λ）为0.1 nm，包含因子*k*=2，其相对标准不确定度可以采用激发和发射波段内的最大不确定度，即激发波长处（347 nm）的相对标准不确定度：

1. 荧光相对强度校准引入的相对标准不确定度*u*rel(*E*)

重复测量相对光谱辐射照度标准器10次，并进行归一化，在激发光波段347 nm（取与之接近的346 nm）处相对光谱辐射照度标准器的光谱测量重复性引入的相对标准不确定为：

=0.12%

在发射光波段（硫酸奎宁溶液发光峰附近450 nm处）相对光谱辐射照度标准器的光谱测量重复性引入的相对标准不确定为：

=0.042%

相对光谱辐射照度标准器校准证书中在激发光波段347 nm（取与之接近的346 nm）处的相对扩展不确定度*U*rel(*E*abs)为5.2%，包含因子*k*=2，则347 nm处的相对标准不确定度为：

相对光谱辐射照度标准器准证书中在发射光波段（370 nm-700 nm）的发光峰附近450 nm处的相对扩展不确定度*U*rel(*E*em)为3.0%，包含因子*k*=2，则其相对标准不确定度为：

荧光相对强度校准引入的相对标准不确定度为：

1. 合成相对标准不确定度

由于测量模型中仅包含输入量的积和商，以上各分量可近似不相关，故合成相对标准不确定度*u*c rel(*E*)可通过下式进行合成计算：

3.14%

（4）相对扩展不确定度

相对扩展不确定度*U*rel(*η*)等于包含因子*k*与合成标准不确定度*u*c rel(*η*)之积，在此取*k*=2。

*U*rel(*k*=2)

A.3.4 报告结果

通过以上分析和计算，可得硫酸奎宁溶液荧光量子效率测量的扩展不确定度为：*U*rel(*η*)=(*k*=2)。

# 附录B

# 校准记录格式

送校单位： 制 造 厂：

证书编号： 仪器名称：

型 号： 出厂编号：

环境温度： ℃ 相对湿度： %

1. 波长重复性

发射侧波长测量条件：

激发侧波长测量条件：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 波长  (nm) | 测量值（nm） | | | | | | | | | | 平均值  （nm） | 标准  偏差  （nm） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 365.02 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 473.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2. 荧光相对强度校准曲线

测量条件：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. 荧光相对强度测量重复性

测量条件：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 波长  (nm) | 测量值 | | | | | | | | | | 平均值 | 相对  标准  偏差 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. 荧光量子效率测量重复性

测量条件：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量值（%） | | | | | 平均值（%） | 相对  标准  偏差 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |  |  |

# 附录C

# 校准证书（内页）格式

C.1 校准证书第2页式样

证书编号：XXXX-XXXX

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准机构授权说明 | | | | |
| 校准环境条件及其地点： | | | | |
| 温度： 　 ℃　　　 　相对湿度：　　　％  地点：　　　　　　　　　　　 其它： | | | | |
| 测量标准及其他设备 | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |

声明：1、本单位仅对加盖“×××校准专用章”的完整证书负责。

2、本证书的校准结果仅对所校准器具有效。

第x页　共x页

第x页　共x页

C.2 校准证书结果页式样

证书编号：XXXX-XXXX

校准结果

校准结果如下表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准项目 | 测量结果 | 备注 |
| 发射侧波长重复性 |  |  |
| 激发侧波长重复性 |  |  |
| 荧光相对强度测量重复性 |  |  |
| 荧光量子效率测量重复性 |  |  |

荧光相对强度校准曲线：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 | 波长  (nm) | 校准  因子 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

以下空白

第x页　共x页