

---

JJF(浙)

浙江省地方计量技术规范

JJF(浙)×××—201×

---

分布光度计转台校准规范

Calibration Specification for Goniophotometer Table

(报批稿)

201×— — 发布

201×— — 实施

---

浙江省质量技术监督局 发布

分布光度计转台

校准规范

Calibration Specification for Goniophotometer Table

JJF(浙)×××× -

归口单位：浙江省质量技术监督局

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

参加起草单位：杭州远方光电信息股份有限公司

浙江省产品质量安全检测研究院

本规范委托浙江省计量科学研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

叶 欣（浙江省计量科学研究院）

周闻青（浙江省计量科学研究院）

吴春晖（浙江省计量科学研究院）

卢 歆（浙江省计量科学研究院）

**参加起草人：**

潘建根（杭州远方光电信息股份有限公司）

须持平（浙江省产品质量安全检测研究院）

陈 挺（浙江省计量科学研究院）

# 目 录

1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
2 术语定义.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	3
4.1 角位置控制误差.....	3
4.2 角位置控制重复性.....	3
4.3 各旋转轴间夹角.....	3
4.4 各旋转轴间距离.....	3
4.5 光源姿态变化量.....	3
5 校准条件.....	3
5.1 环境条件.....	4
5.2 校准用标准器及其它设备.....	4
6 校准方法.....	4
6.1 角位置控制误差.....	4
6.2 角位置控制重复性.....	5
6.3 各旋转轴间夹角.....	5
6.4 各旋转轴间距离.....	5
6.5 光源姿态变化量.....	6
7 校准结果表达.....	6
8 复校时间间隔.....	6
附录 A .....	7
附录 B.....	12

# 引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次制定文件。

# 分布光度计转台校准规范

## 1 范围

本规范适用于概述中所述并且被测光源或灯具到探测器的测量光程在 1m 以上的各类分布光度计转台的校准。

## 2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值

JJG 472-2007 多齿分度台检定规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

## 2 术语定义

角位置控制误差——分布光度计转台控制柜角度读数与跟踪仪测得角度读数的差值。

角位置控制重复性——对分布光度计转台正反行程进行角度位置测量得一组正向角度位置  $f_n$  和一组反向旋转的角度位置  $f_n'$

$$\text{测角重复性: } \Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_i')^2}{2n}}$$

$n$  ——测量点个数；

$f_i$  ——第  $i$  个正向测量点

$f_i'$  ——第  $i$  个反向测量点

## 3 概述

分布光度计是测量光源或者灯具的光度量、光谱功率和色度参数随空间角度变化分布情况的仪器。分布光度计转台是用于支承和定位被测光源及探测器的机械结构，为光源空间光学特性的测量提供准确的空间角度位置，通常与其它必须的传感器和测量信号处理系统等相互配合使用。

分布光度计转台可分为以下几种类型：

探测器运动式分布光度计转台：探测器围绕被测光源绕水平轴旋转，光源

本身绕垂直轴作旋转，如图 1 所示。

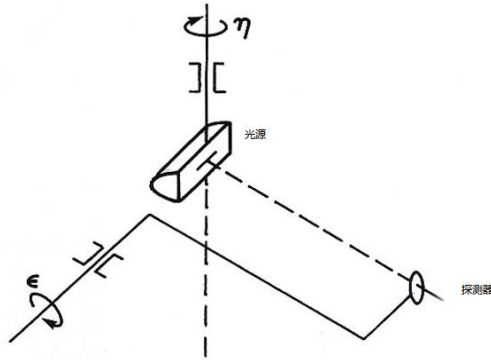


图 1 探测器运动式分布光度计转台原理图

光源旋转式分布光度计转台：使被测光源绕其水平轴和垂直轴旋转而探测器保持静止，如图 2 所示。

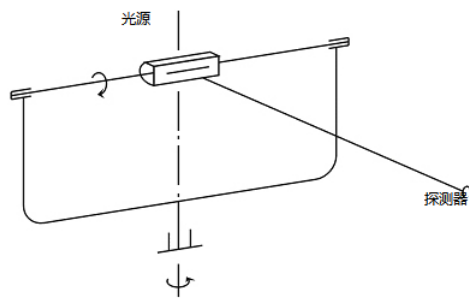


图 2 光源旋转式分布光度计转台原理图

双镜式分布光度计转台：被测光源处于旋转中心，仅绕其垂直轴旋转，可旋转反光镜绕被测光源旋转，将某一方向上测量光束反射到远处的第二反光镜上，并通过第二反光镜反射到探测器中，如图 3 所示。

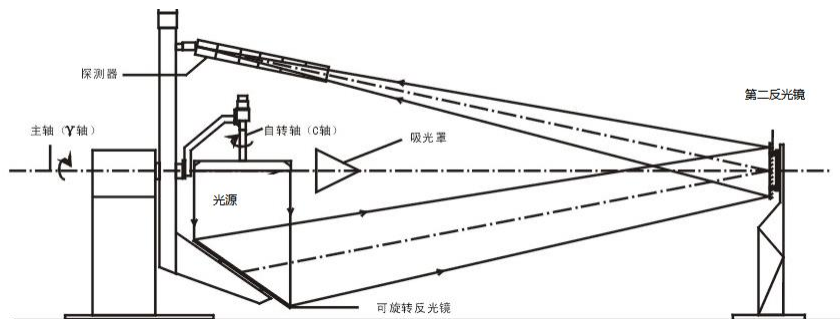


图 3 双镜式分布光度计转台原理图

圆周运动反光镜式分布光度计转台：被测光源处于旋转中心，仅绕其自身

垂直轴旋转；反光镜绕被测光源旋转，将在某一方向上测量光束反射到探测器中，如图4所示。

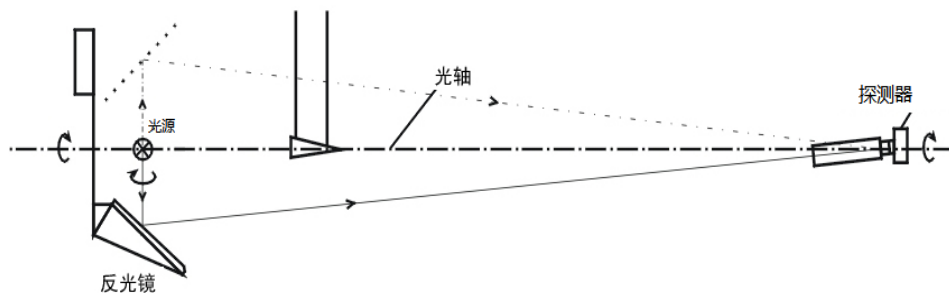


图4 圆周运动反光镜式光度计转台原理图

中心旋转反光镜式分布光度计转台：反光镜绕水平主轴旋转，而由灯臂夹持的被测光源绕反光镜转动，同时灯臂向相反方向绕辅助轴同步旋转，以保持被测光源姿态不变，被测光源绕自身垂直轴转动，测量中反光镜将被测光源的光束反射到与主轴同轴的光度探测器上，如图5所示。

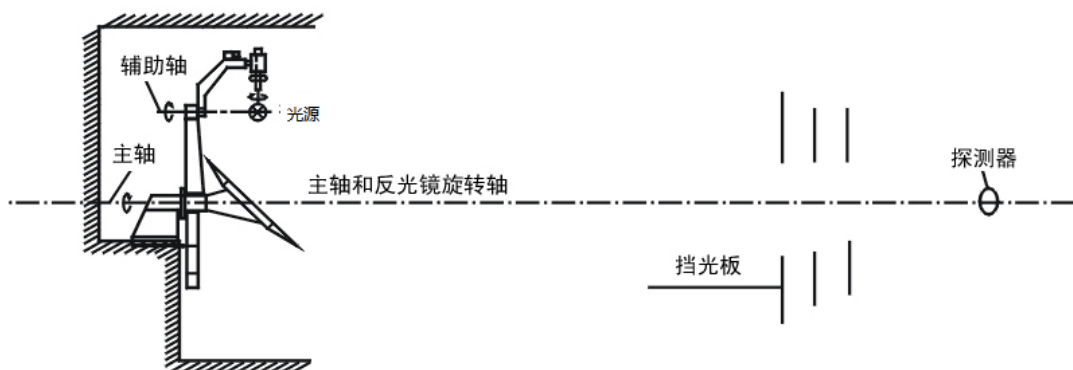


图5 中心旋转反光镜式分布光度计转台原理图

#### 4 计量特性

- 4.1 角位置控制误差
- 4.2 角位置控制重复性
- 4.3 各旋转轴间夹角
- 4.4 各旋转轴间距离
- 4.5 光源姿态变化量

#### 5 校准条件



## 5.1 环境条件

- 1、实验室内温度为  $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ 。
- 2、实验室内相对湿度不超过 80%。

## 5.2 校准用标准器及其它设备

校准用标准器及其他设备见表 1，允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准器及设备进行校准。

表 1 校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器
1	角位置控制误差	激光跟踪仪 MPE: $\pm (15 \mu\text{m} + 6 \times 10^{-6}L)$
2	角位置控制重复性	
3	各旋转轴间夹角	
4	各旋转轴间距离	
5	光源姿态变化量	

## 6 校准方法

### 6.1 角位置控制误差

先检查外观，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。使用激光跟踪仪测量，将靶球固定在分布光度计转台的旋转臂上，使靶球稳固并且尽量远离旋转轴轴心。

旋转分布光度计转台，依据被测仪器实际使用时的旋转方式，每隔  $30^\circ$  采集被测点的空间坐标  $P_n$ （可以根据要求进行更密集的测量）。

将测得的点通过最小二乘法拟合成一个圆，取出圆心点  $O$ 。

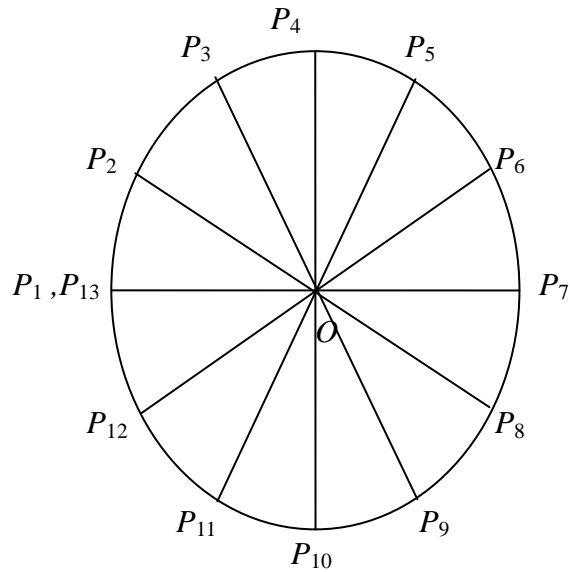


图 6 分布光度计转台角度位置测量原理

将圆心点与各测量点连成直线，分别计算  $OP_n$  到  $OP_1$  的角度  $\beta_n$ ，而转台控制的角度分别为  $\alpha_n$ ，由  $\text{Max}/\alpha_n - \beta_n$  得到分布光度计转台的角位置控制误差。

### 6.2 角位置控制重复性

角位置控制重复性测量方法同 6.1，对分布光度计转台正反行程进行角度位置测量得一组正向角度位置  $f_n$  和一组反向旋转的角度位置  $f'_n$

$$\text{测角重复性: } \Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f'_i)^2}{2n}} \quad (1)$$

$n$  —— 测量点个数；

$f_i$  —— 第  $i$  个正向测量点

$f'_i$  —— 第  $i$  个反向测量点

### 6.3 各旋转轴间夹角

使用与 6.1 相同的测量方法，分别构造各旋转轴的虚拟轴线，计算各旋转轴线间的夹角。

### 6.4 各旋转轴间距离

同 6.3 的方法处理数据，计算各旋转轴线间的距离。

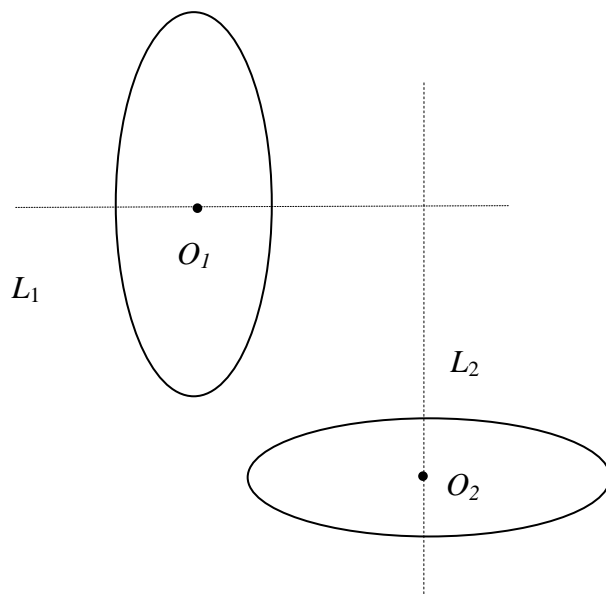


图7 旋转轴之间的关系示意图

### 6.5 光源姿态变化量

检测方法，如下图所示：将激光跟踪仪的6自由度测量系统固定在分布光度计转台的光源位置上，使分布光度计转台的各旋转轴旋转，由6自由度测量系统获得光源的位置坐标值和姿态角度。将所有测得的姿态角进行比较，最大值和最小值的差值，即为光源姿态变化量。

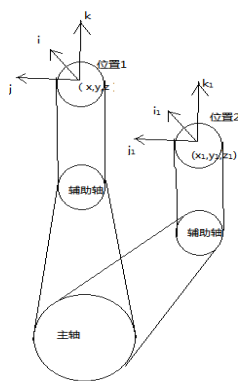


图8 分布光度计转台光源姿态变化量测量原理图

## 7 校准结果表达

经校准的分布光度计转台发给校准证书，校准证书内容及内页格式见附录

B。

## 8 复校时间间隔

分布光度计转台的复校时间间隔，根据实际情况由送校单位自主决定，建议为1年。

## 附录 A

## 分布光度计转台角度测量结果不确定度评定

## A.1 概述

A.1.1 环境条件：温度  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%

A.1.2 测量对象：分布光度计转台

A.1.3 测量仪器：激光跟踪仪

A.1.4 测量过程：在规定的环境条件下，激光跟踪仪对分布光度计转台角度定位进行校准。

## A.2 测量模型

现采用一台精度为  $0.05^\circ$  的分布光度计转台为例，对其中一个角度进行校准结果的不确定度分析，以校准规范 6.1 中的方法进行测量，得如下图所示测量模型：O 为拟合得到的圆心， $P_1$ 、 $P_2$  分别为两个测量点。

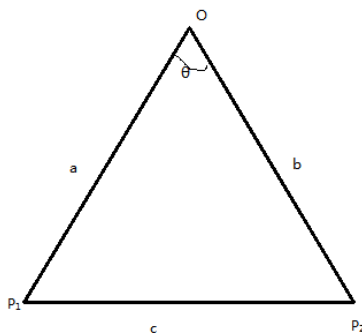


图 A1 测量模型

采用余弦定理获得最终结算的角度值误差：

$$\theta = \theta_B - \theta_A = \theta_B - \frac{180}{\pi} \times \arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right) \quad (\text{A-1})$$

式中： $\theta_A$ ——激光跟踪仪测得的角度（单位为 $^\circ$ ）；

$\theta_B$ ——分布光度计转台读数的角度；

$a$ —— $OP_1$  的长度；

$b$ —— $OP_2$  的长度；

$c$ —— $P_1P_2$  的长度；

又因为激光跟踪仪通过点与点之间的距离公式计算得到空间两点之间的线段长度,在本次测量中,可以通过测量软件得到:

$$a = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \text{ mm};$$

$$b = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (z_2 - z_0)^2} \text{ mm};$$

$$c = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \text{ mm};$$

式中

$(x_0, y_0, z_0)$ ——拟合圆心  $O$  的坐标值;

$(x_1, y_1, z_1)$ ——第一个采样点  $P_1$  的坐标值;

$(x_2, y_2, z_2)$ ——第二个采样点  $P_2$  的坐标值。

### A.3 方差和灵敏系数

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u^2(\theta_B) + u^2(\theta_A) \\ &= c_B^2 \cdot u^2(B) + c_1^2 \cdot u^2(a) + c_2^2 \cdot u^2(b) + c_3^2 \cdot u^2(c) \end{aligned} \quad (\text{A-2})$$

方差和灵敏系数

$$c_B = 1$$

$$c_1 = \frac{180}{\pi} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)^2}} \times \frac{2a \cdot 2ab - 2b(a^2 + b^2 - c^2)}{4a^2b^2} \approx c_2$$

$$c_3 = \frac{180}{\pi} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)^2}} \times \frac{-c}{ab}$$

### A.4 标准不确定度的来源和评定

#### A.4.1 由测量重复性引入的不确定度分量 $u(B)$

由激光跟踪仪连续重复测量该被测角度 10 次,得到 1 组测量数据如下所示(单位 $^\circ$ ):

30.028, 30.029, 30.028, 30.027, 30.038, 30.019, 30.026, 30.042, 30.030, 30.033

通过贝塞尔公式计算得到由测量重复性引入的不确定度分量  
 $u(B)=0.0^\circ$

A.4.2 激光跟踪仪测量直线引入的不确定度  $u(a)$ 、 $u(b)$ 、 $u(c)$

$$\text{因 } a = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \text{ mm}$$

$$u^2(a) = c_4^2 \cdot u^2(x_1) + c_5^2 \cdot u^2(y_1) + c_6^2 \cdot u^2(z_1) + c_7^2 \cdot u^2(x_0) + c_8^2 \cdot u^2(y_0) + c_9^2 \cdot u^2(z_0) \quad (\text{A-3})$$

方差和灵敏系数:

$$c_4 = \frac{(x_1 - x_0)}{a}$$

$$c_5 = \frac{(y_1 - y_0)}{a}$$

$$c_6 = \frac{(z_1 - z_0)}{a}$$

$$c_7 = \frac{(x_0 - x_1)}{a}$$

$$c_8 = \frac{(y_0 - y_1)}{a}$$

$$c_9 = \frac{(z_0 - z_1)}{a}$$

同理还有  $u(b)$ 、 $u(c)$ ，由于实际测量中激光跟踪仪面对转台旋转面，所有测量点与激光跟踪仪的距离都值接近，因而获得的每个单点测量不确定度都很接近，故  $u(a) \approx u(b) \approx u(c)$ 。

以测量某分布光度计转台的第一个  $30^\circ$  转角为例，计算测量不确定度。

为了计算方便，将坐标系建立在圆心，即  $(x_0, y_0, z_0) = (0, 0, 0) \text{ mm}$

当前坐标系下  $(x_1, y_1, z_1) = (1960.762, 517.898, 0.125) \text{ mm}$

计算得到  $a = 2028.005 \text{ mm}$ :

$$b = 2028.021 \text{ mm}:$$

$$c = 1050.732 \text{ mm}:$$

分别计算  $c_1 \sim c_9$

$$c_1 = c_2 = 0.007, \quad c_3 = -0.003, \quad c_4 = -c_7 = 0.965, \quad c_5 = c_8 = 0.209, \quad c_6 = c_9 = 0.$$

由测量软件直接获得（单位：mm）：

$$(u(x_0), u(y_0), u(z_0)) = (0.014, 0.013, 0.013)$$

$$(u(x_1), u(y_1), u(z_1)) = (0.014, 0.013, 0.014)$$

$$(u(x_2), u(y_2), u(z_2)) = (0.014, 0.014, 0.013)$$

带入 A.4 中的公式(A-3)得到长度  $a$  的标准不确定度：

表 A-1 长度  $a$  不确定度来源表

不确定来源	标准不确定度 (mm)	$ c_i \times u $
激光跟踪仪 $P_1$ 点 X 方向采点引入 的不确定度	$u(x_1) = 0.014$	$ c_4 \cdot u(x_1)  = 0.0135\text{mm}$
激光跟踪仪 $P_1$ 点 Y 方向采点引入 的不确定度	$u(y_1) = 0.013$	$ c_5 \cdot u(y_1)  = 0.0035\text{mm}$
激光跟踪仪 $P_1$ 点 Z 方向采点引入 的不确定度	$u(z_1) = 0.014$	$ c_6 \cdot u(z_1)  = 0\text{mm}$
激光跟踪仪圆心 点 X 方向采点引 入的不确定度	$u(x_0) = 0.014$	$ c_7 \cdot u(x_0)  = 0.0135\text{mm}$
激光跟踪仪圆心 点 Y 方向采点引 入的不确定度	$u(y_0) = 0.013$	$ c_8 \cdot u(y_0)  = 0.0035\text{mm}$
激光跟踪仪圆心 点 Z 方向采点引 入的不确定度	$u(z_0) = 0.013$	$ c_9 \cdot u(z_0)  = 0\text{mm}$

合成标准不确定度  $u(a)$

$$u(a) = \sqrt{c_4^2 \cdot u^2(x_1) + c_5^2 \cdot u^2(y_1) + c_6^2 \cdot u^2(z_1) + c_7^2 \cdot u^2(x_0) + c_8^2 \cdot u^2(y_0) + c_9^2 \cdot u^2(z_0)}$$

$$= 0.02\text{mm}$$

因此  $u(a) = u(b) = u(c) = 0.020\text{mm}$

#### A.4.3 合成标准不确定度

表 A-2  $\theta$  的不确定度来源

不确定来源	标准不确定度	$ c_i \times u $
被测仪器重复性引入的不确定度	$u(B) = 0.007^\circ$	$ c_B \cdot u(B)  = 0.007^\circ$
边长 a 的测长引入的不确定度	$u(a) = 0.020\text{mm}$	$ c_1 \cdot u(a)  = 0.00015^\circ$
边长 b 的测长引入的不确定度	$u(b) = 0.020\text{mm}$	$ c_2 \cdot u(b)  = 0.00015^\circ$
边长 c 的测长引入的不确定度	$u(c) = 0.020\text{mm}$	$ c_3 \cdot u(c)  = 0.00005^\circ$

合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u^2(\theta_B) + u^2(\theta_A)} = \sqrt{c_B^2 \cdot u^2(B) + c_1^2 \cdot u^2(a) + c_2^2 \cdot u^2(b) + c_3^2 \cdot u^2(c)} = 0.007^\circ$$

#### A.4.4 扩展不确定度

扩展不确定度： $U = k \times u_c$  当  $k=2$  时

$$U = 2 \times 0.007 = 0.014^\circ$$



## 附录 B

## 校准证书或校准报告内容

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性的应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准内容应根据校准项目给出相应的角位置控制误差（应给出靶球的拟合旋转半径）、角位置控制重复性、各旋转轴间夹角、各旋转轴间距离、光源姿态变化量的校准结果及测量不确定度；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。