



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1114—2004

---

## 光学、数显分度台校准规范

Calibration Specification for Optical & Digital Dividing Tables

2004 - 03 - 02 发布

2004 - 09 - 02 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

**本规范主要起草人：**

陈照聚 （中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所）

张玉文 （中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所）

## 目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 工作台的平面度	(1)
4.2 工作台的端面圆跳动	(2)
4.3 分度台主轴中心孔的径向跳动	(2)
4.4 光学分度台读数装置刻线的符合性	(2)
4.5 数显分度台数显漂移	(2)
4.6 数显分度台分辨力	(2)
4.7 分度台紧固时引起的示值变化	(2)
4.8 分度台分度误差	(2)
4.9 可倾分度台零值误差	(3)
4.10 可倾分度台倾斜分度的分度误差	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 校准用标准器及设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 工作台平面度	(3)
6.2 工作台的端面圆跳动	(4)
6.3 工作台主轴中心孔的径向圆跳动	(4)
6.4 光学分度台读数装置刻线符合性	(5)
6.5 数显分度台数显漂移	(5)
6.6 数显分度台分辨力	(5)
6.7 分度台紧固时引起的示值变化	(5)
6.8 分度台分度误差	(5)
6.9 可倾分度台零值误差	(6)
6.10 可倾分度台倾斜分度误差	(6)
7 校准结果的表达	(7)
8 复校时间间隔	(7)
附录 A 工作台平面度计算实例	(8)
附录 B 分度台分度误差测量不确定度评定	(9)
附录 C 校准证书内容	(11)

# 光学、数显分度台校准规范

Calibration Specification for

Optical & Digital Dividing Tables

JJF 1114—2004  
代替 JJG 305—1992

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 03 月 02 日批准，并自 2004 年 09 月 02 日起施行。

归口单位： 全国几何量角度计量技术委员会

起草单位： 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所

本规范委托归口单位负责解释

## 光学、数显分度台校准规范

### 1 范围

本规范适用于最小分度值大于或等于  $0.5''$ ，测量范围  $0^\circ \sim 360^\circ$  的光学、数显分度台的校准。

### 2 引用文献

JB/T 4370—1996 回转工作台

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度的评定与表示

JJG 57—1999 光学、数显分度头

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 概述

光学、数显分度台是以光学刻度盘或圆光栅或角度编码器为标准器的精密角度测量仪器，可用于角度和圆分度测量。可倾分度台的倾斜角度多为  $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

光学分度台外形如图 1。

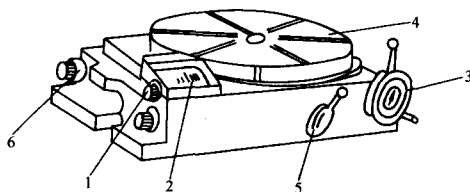


图 1

1—秒手轮；2—影屏；3—锁紧手柄；4—粗动手轮；5—工作台；6—调零手轮

### 4 计量特性

#### 4.1 工作台的平面度

工作台的平面度要求见表 1。

表 1

mm

工作台直径	$\leq 500$	$> 500 \sim 800$
要求	$\leq 0.007$	$\leq 0.01$

工作台中央不允许凸起。

#### 4.2 工作台的端面圆跳动

工作台的端面圆跳动要求见表 2。

表 2 mm

工作台直径	$\leq 500$	$> 500 \sim 800$
要求	$\leq 0.005$	$\leq 0.01$

#### 4.3 分度台主轴中心孔的径向跳动

分度台主轴中心孔的径向跳动要求见表 3。

表 3 mm

工作台直径	$\leq 500$	$> 500 \sim 800$
要求	$\leq 0.005$	$\leq 0.008$

#### 4.4 光学分度台读数装置刻线的符合性

光学分度台读数装置度刻线、分刻线及秒刻线符合性要求见表 4。

表 4

分度值	0.5"	1"	2"	5"
度刻线与分刻线的符合性	0.5"		1/2 刻度值	
分刻线与秒刻线的符合性	1"			

#### 4.5 数显分度台数显漂移

数显分度台数显漂移要求 2h 不超过 1 个读数值。

#### 4.6 数显分度台分辨力

数显分度台分辨力不应大于 1 个读数值。

#### 4.7 分度台紧固时引起的示值变化

分度台紧固时引起的示值变化不应大于 2"。

#### 4.8 分度台分度误差

分度台最大分度误差要求见表 5。

表 5

分度台直径/mm	分度值			
	0.5"	1"	2"	5"
$\leq 500$	2"	6"	12"	
$> 500 \sim 800$	2"	5"	10"	

## 4.9 可倾分度台零值误差

可倾分度台零值误差不应大于  $10''$ 。

## 4.10 可倾分度台倾斜分度的分度误差

可倾工作台倾斜分度的分度误差要求见表 6。

表 6

水平分度值	0.5''	1''	2''	5''
示值误差	15''			30''

由于校准不作出合格与否的结论，上述要求仅供参考。

## 5 校准条件

## 5.1 环境条件

温度  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；

室内温度变化  $\leq 0.5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

## 5.2 校准用标准器及设备

校准用标准器在室内平衡温度时间  $\geq 8\text{h}$ ，校准用标准器及要求见表 7。

表 7

序号	设备名称	技术要求
1	自准直仪	分度值不大于 $0.2''$ ； 分度值为 $1''$ 或 $0.005\text{mm}/\text{m}$
2	量块	4 等，10mm
3	测微表	分度值 $0.001\text{mm}$
4	杠杆千分表	分度值 $0.002\text{mm}$
5	标准心轴	直线度 $0.001\text{mm}$ ；径向圆跳动 $0.001\text{mm}$
6	多面棱体	23 面、17 面，3 等
7	光学倾斜仪	示值误差不大于 $5''$
8	平板	00 级、0 级

## 6 校准项目和校准方法

## 6.1 工作台平面度

测量出工作台台面上 3~5 条直径方向上的直线度，平面度以最大值计。

将自准直仪安装在平板上，装有反射镜的桥板置于被测工作台上，使自准直仪瞄准反射镜并读数  $\alpha_1$ 。然后沿直径方向依次移动桥板，每次移动时要首尾相衔接，并在自准直仪读数  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ 。

工作台台面每一条直径方向上直线度，各点对起始点与末端连线的偏差  $\Delta_{ni}$  按下式计算：

$$\Delta_{ni} = \tau L \left( \sum_{k=1}^i \alpha_k - \frac{i}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k \right)$$

式中： $\tau$ ——与自准直仪分度值有关的系数：

自准直仪分度值为 0.005mm/m 时， $\tau = 5 \times 10^{-3}$ ；

自准直仪分度值为 1" 时， $\tau = 4.85 \times 10^{-3}$ ；

$\sum_{k=1}^i \alpha_k$ ——从第一点到第  $i$  点读数的代数和；

$\sum_{k=1}^n \alpha_k$ ——从第一点到第  $n$  点读数的代数和；

$L$ ——桥板的跨距，mm；

$n$ ——测量点数。

工作台台面各被测直径方向上的直线度取各测量点偏差  $\Delta_{ni}$  中的最大值与最小值之差。测量示例见附录 A。

对于新制的刮制台面的光学分度台，除上述测量外，还应以涂色法检验接触点，在 25mm × 25mm 的面积上接触点个数不应少于 20 点，距工作台边缘 10mm 处不计在内。

用 300mm × 300mm 00 级平板作为涂色检验用平板。

## 6.2 工作台的端面圆跳动

将装有测微表的表架和仪器放置在平板上，把 10mm 的 4 等量块放在距工作台边缘 10mm 处，使测微表与量块工作面接触并读数。旋转工作台并移动量块，在工作台面圆周均匀分布的 8 点上上进行校准（见图 2a）。取最大与最小值之差为校准结果。

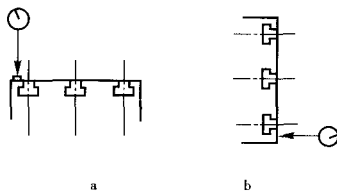


图 2

对于可倾光学分度台，还应在垂直位置上进行校准（见图 2b）。

## 6.3 工作台主轴中心孔的径向圆跳动

将专用心轴插入中心孔内，使测微表头接触心轴外圆（距台面  $h = 20\text{mm}$ ）并读数，转动光学分度台一周，观察并记录测微表的示值变化量，这一操作应分别在光学分度台主轴正转和反转下进行。然后将测微表离台面 100mm 处接触心轴，以同样的方法重复上述操作（见图 3a）。取各次测微表示值变化量的绝对值的最大值作为径向圆跳动。

对于可倾光学分度台，台面处于垂直位置时重复上述校准（见图 3b）。

对于直孔的分度台，可用杠杆千分表接触孔内壁直接进行校准。



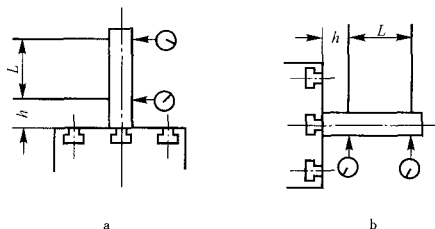


图 3

#### 6.4 光学分度台读数装置刻线符合性

##### 6.4.1 度刻线与分刻线符合性

转动仪器手轮，将任意一条度刻线与分刻线的零刻线对准并读数，再将相邻的度刻线与分刻线的尾线对准并读数，两次读数差即为符合性。这一校准应在度盘均匀分布的 4 个位置上进行，符合性以最大值计。

##### 6.4.2 分刻线与秒刻线符合性

将任意度刻线与分刻线对准，此时秒刻线位于  $0''$  位置，转动读数装置（单向引进），使度刻线移动到相邻的分刻线对准，误差由秒刻度尺读出，以三次测量的平均值作为校准结果。这一校准应在分刻线均匀分布的 4 个位置上进行，误差以最大值计。

#### 6.5 数显分度台数显漂移

打开数显分度台电源，仪器预热 15min 后，记下分度台读数，以后每隔半小时读一次数直到 2h，取全部读数中最大最小值之差作为漂移。

#### 6.6 数显分度台分辨力

将多面棱体安放在分度台上，用分度值不超过  $0.2''$  的自准直仪对准棱体任意工作面并读数，微动分度台使其发生一个读数变化，用自准直仪再次瞄准并读数，两次读数差记为  $\alpha_1$ 。再次微动分度台使其发生一个读数变化，同时用自准直仪瞄准并读数，得到  $\alpha_2$ 。重复上述操作，得到  $\alpha_3$ ， $\alpha_4$ ， $\alpha_5$ 。取 5 次结果的平均值作为数显分度台分辨力。

#### 6.7 分度台紧固时引起的示值变化

将多面棱体安放在分度台上，用自准直仪对准棱体任意工作面并读数，然后紧固分度台观察自准直仪的示值变化。

这一校准应在工作台圆周均匀分布的 4 个位置上进行，以最大值作为校准结果。

#### 6.8 分度台分度误差

对于分度值为  $0.5''$ 、 $1''$  的分度台，分度误差用 23 面三等棱体与分度值不超过  $0.2''$  的自准直仪直接校准；分度值大于  $2''$  的分度台，分度误差用 23 面或 17 面三等棱体与分度值不大于  $0.2''$  的自准直仪直接校准。

校准时分度台起始位置位于零位，将多面棱体固定在分度台工作台上，并调整棱体回转轴线至与分度台回转轴同心。自准直仪放在基座上，调整自准直仪，使光轴大致通过棱体工作面中心，并对准棱体  $0^\circ$  工作面，由棱体工作面反射回来的影像对准自准直

仪指标线，分度台读数为  $\alpha_1$  ( $\alpha_1 = 0$ )。然后转动分度台手轮，使棱体第 2, 3, …,  $n$  ( $n$  为棱体面数) 工作面依次对准自准直仪原始位置，并由分度台读出  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$  ( $n$  为棱体面数)，最后回到起始位置，回零差要求不超过被校准分度台的 1 个分度值，否则重测。

这一校准应在分度台正反转方向各进行一次，按下式求得各测量点示值误差：

$$\Delta_i = \alpha_i - \beta_i$$

式中： $\Delta_i$ ——分度台受校准点示值误差；

$\alpha_i$ ——分度台受校准点读数；

$\beta_i$ ——棱体实际角度值。

取正反方向两个测回中测量值的最大值与最小值之差，作为分度台分度误差  $\Delta$ ：

$$\Delta = (\Delta_i)_{\max} - (\Delta_i)_{\min}$$

校准装置如图 4 所示。

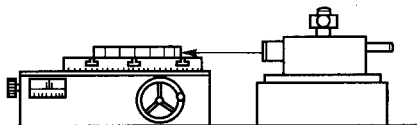


图 4

### 6.9 可倾分度台零值误差

将分度台置于 0 级平板上，转动分度台倾斜手轮，使倾斜工作台位于测微器  $0^{\circ}0'00''$  位置，此时工作台位于零位。移动装有测微表的表架，沿分度台倾斜轴垂直的直径方向，测量出距工作台边缘 10mm 处两位置的差值，其误差按下式计算：

$$\alpha = \frac{\Delta h}{L} \times 2 \times 10^5 (")$$

式中： $L$ ——两测量点的距离，mm；

$\Delta h$ ——两测量点的读数差值，mm。

### 6.10 可倾分度台倾斜分度误差

可倾分度台倾斜分度误差用示值误差不大于  $5''$  的倾斜仪校准。

可倾工作台位于  $0^{\circ}0'00''$  位置，将光学倾斜仪垂直于倾斜轴，固定在工作台上。调整光学倾斜仪的水泡，在读数显微镜中读数为  $\alpha_0$ 。转动手轮使可倾工作台倾斜  $15^{\circ}$ ，再次调整倾斜仪水泡，在读数显微镜中读数为  $\alpha_1$ 。依上述相同的方法对  $30^{\circ}$ ， $45^{\circ}$ ， $60^{\circ}$ ， $75^{\circ}$ ， $90^{\circ}$  位置进行校准，各校准点对零位的示值误差按下式计算：

$$\Delta\alpha_i = \beta_i - (\alpha_i - \alpha_0)$$

式中： $\Delta\alpha_i$ ——受检点的示值误差；

$\alpha_i, \alpha_0$ ——倾斜仪读数；

$\beta_i$ ——可倾工作台倾斜的角度值。

取各点示值误差中最大值与最小值之差为可倾分度台倾斜分度误差。  
校准装置如图 5 所示。

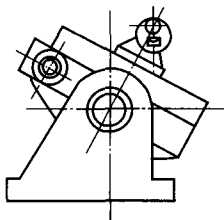


图 5

可倾分度台倾斜分度误差校准，也允许使用与光学倾斜仪相同准确度的其它方法进行。

#### 7 校准结果的表达

经校准的分度台发给校准证书，校准证书的内容见附录 C。

#### 8 复校时间间隔

根据使用状态由使用单位自行确定，校准时间间隔建议为 1 年。

## 附录 A

## 工作台平面度计算实例

测量所用自准直仪分度值为 0.005mm/m，桥板跨距为 100mm，测量时按表 A.1 格式记录数据，计算后画出曲线图，如图 A.1 所示。

表 A.1

顺序 (i)	$\alpha_i / \text{格}$	$\sum_{k=1}^i \alpha_k / \text{格}$	$\frac{i}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k / \text{格}$	$\sum_{k=1}^i \alpha_k - \frac{i}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k / \text{格}$	$\Delta_{ni} / \mu\text{m}$
1	-1.5	-1.5	-1.0	-0.5	-0.25
2	-3.5	-5.0	-2.0	-3.0	-1.5
3	-2.0	-7.0	-3.0	-4.0	-2.0
4	-3.0	-10.0	-4.0	-6.0	-3.0
5	-3.0	-13.0	-5.0	-8.0	-4.0
6	-2.0	-15.0	-6.0	-9.0	-4.5
7	+3.0	-12.0	-7.0	-5.0	-2.5
8	+4.0	-8.0	-8.0	0	0

注： $\Delta_{ni} = 5 \times 10^{-3} \times 100 \times \left( \sum_{k=1}^i \alpha_k - \frac{i}{n} \sum_{k=1}^n \alpha_k \right)$

工作台在该方向上直线度为  $0 - (-4.5) = 4.5(\mu\text{m})$

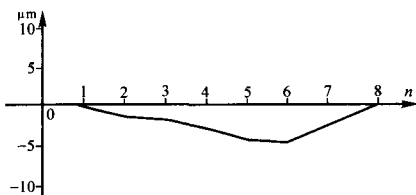


图 A.1

## 附录 B

## 分度台分度误差测量不确定度评定

## B.1 测量原理

以分度值为  $0.2''$  的自准直仪和三等棱体作为标准器，直接校准分度值为  $1''$  的分度台分度误差。校准时，以自准直仪定位，以分度台读数装置读数。

## B.2 数学模型

直接校准分度值为  $1''$  的分度台时，其分度误差为

$$\Delta = (\Delta_i)_{\max} - (\Delta_i)_{\min}$$

式中： $\Delta_i = \alpha_i - \beta_i$ ；

$\alpha_i$ ——分度台受校准点测得值；

$\beta_i$ ——棱体实际值。

## B.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta) = [u^2(\alpha_i) + u^2(\beta_i)] + [u^2(\alpha_i) + u^2(\beta_i)]$$

## B.4 标准不确定度分量分析

B.4.1 影响分度台受校准点测得值不确定度  $u(\alpha_i)$  的不确定度分量

## B.4.1.1 测量重复性

用自准直仪瞄准，以分度台瞄准，重复读数 10 次，求得标准偏差为  $0.05''$ ，则

$$u_1 = 0.05''$$

自由度

$$\nu_1 = 10 - 1 = 9$$

## B.4.1.2 自准直仪量化误差

自准直仪分度值为  $0.2''$ ，其半宽度为  $0.1''$ ，符合均匀分布，则

$$u_2 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06''$$

相对不确定度 75%，则自由度

$$\nu_2 = 8$$

## B.4.1.3 分度台回零差

多面棱体回转一周回到起始零位后，分度台读数回零差要求小于  $1''$ ，在数据处理时取首尾两次读数平均值：

$$u_3 = 0.5/\sqrt{3} = 0.28''$$

相对不确定度 70%，则自由度

$$\nu_3 = 6$$

故  $u(\alpha_i) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.06^2 + 0.28^2} = 0.29''$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}}(\alpha_i) = \frac{0.29^4}{\frac{0.05^4}{9} + \frac{0.06^4}{8} + \frac{0.28^4}{6}} = 7$$

B.4.2 多面棱体工作角不确定度  $u(\beta_i)$ 

三等棱体测量不确定度  $U = 0.5''$ ,  $k = 3$ , 则

$$u(\beta_i) = 0.5/3 = 0.17''$$

相对不确定度 90%, 则自由度

$$\nu(\beta_i) = 50$$

## B.5 合成不确定度

$$u_c^2(\Delta) = 2[u^2(\alpha_i) + u^2(\beta_i)] = 2 \times (0.29^2 + 0.17^2) = 0.23$$

$$u_c(\Delta) = 0.5''$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}}(\Delta) = \frac{0.5^4}{2 \times \left( \frac{0.29^4}{7} + \frac{0.17^4}{50} \right)} = 30$$

## B.6 扩展不确定度

由于  $\nu_{\text{eff}}(\Delta) = 30$ , 且被测量接近正态分布, 因此  $k_{95} = 2$ , 故扩展不确定度为

$$U_{95} = 0.5 \times 2 = 1.0''$$

## 附录 C

### 校准证书内容

校准证书内容应排列有序，格式清楚，至少应包括以下内容：

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 证书编号、页码及总页数；
5. 送校单位名称和地址；
6. 被校准仪器名称、制造厂、型号规格及编号；
7. 校准所使用的计量标准名称及有效期；
8. 本规范的名称、编号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
9. 校准时的环境温度、湿度情况；
10. 校准项目及校准结果；
11. 分度误差校准结果的不确定度；
12. 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
13. 校准证书签发日期；
14. 复校时间间隔的建议；
15. 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。