



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1242—2010

---

## 激光跟踪三维坐标测量系统校准规范

Calibration Specification for Laser Tracker  
3-Dimensional Measuring System

2010-01-05 发布

2010-04-05 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 激光跟踪三维坐标测量系统 校准规范

Calibration Specification for Laser  
Tracker 3-Dimensional Measuring System

JJF 1242—2010

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 1 月 5 日批准，并自 2010 年 4 月 5 日起施行。

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

本规范由归口单位负责解释

本规范起草人：

王为农（中国计量科学研究院）

裴丽梅（中国计量科学研究院）

任国营（中国计量科学研究院）

# 目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 点对点长度示值误差	(2)
5.2 双面示值误差	(2)
5.3 距离示值误差	(2)
5.4 球面反射靶标误差	(2)
5.5 动态速度极限	(2)
5.6 动态示值误差	(2)
5.7 动态示值变动量	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 标准设备	(3)
7 校准项目和方法	(3)
7.1 点对点长度示值误差	(3)
7.2 双面示值误差	(6)
7.3 距离示值误差	(7)
7.4 球面反射靶标误差	(8)
7.5 动态速度极限	(9)
7.6 动态示值误差	(9)
7.7 动态示值变动量	(9)
7.8 未能满足最大允许误差要求时的处理	(9)
8 校准结果	(10)
9 复校时间间隔	(10)
附录 A 额定条件和校准结果记录表	(11)
附录 B 利用稳定的靶座间距离获得参考长度的不确定度	(14)

## 激光跟踪三维坐标测量系统校准规范

### 1 范围

本规范规定了激光跟踪三维坐标测量系统的校准方法，以下以激光跟踪仪为例进行表述，适用于当作工业测量仪器的激光跟踪仪和原理相同的其他测量仪器的校准。

### 2 引用文献

ASME B89.4.19—2006 基于激光的球坐标测量系统性能评价 Performance Evaluation of Laser-Based Spherical Coordinate Measurement Systems

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1094—2003 测量仪器的特性评定

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

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 术语

以下规定了本规范用到术语的定义。其他术语和定义符合 JJF 1001—1998。

#### 3.1 测距仪 absolute distance meter, ADM

内置于激光跟踪仪的测距仪，也被称为电子测距仪（electronic distance meter, EDM）。

#### 3.2 前视/后视 front sight/back sight

这些是测量的模式。前视是仪器的正常测量模式。后视通过下列方式得到：仪器绕垂直轴旋转 180°，光束绕水平轴旋转后重新照准目标点。

注意：前视/后视有时被称为正视/倒视或面 1/面 2。

#### 3.3 基点 home point

相对激光跟踪仪固定的位置，与仪器坐标系统原点的关系已经准确确定。

注意：基点用作激光跟踪仪测距装置的距离参考。

#### 3.4 干涉仪 interferometer, IFM

内置于激光跟踪仪的激光位移干涉仪。

#### 3.5 测量能力指数 measurement capability index, $C_m$

长度测量的最大允许误差绝对值与相应参考长度的扩展不确定度的比率。

$$C_m = |MPE|/U$$

#### 3.6 球面反射靶标 spherically mounted retroreflector, SMR

安装在球形外壳中的反射靶标。

注意：对开放的角锥棱镜，其顶点通常调整至与球心一致。

#### 3.7 双面测试 two-face test

使用前视/后视进行的测试，用于评定仪器的某些特定几何误差的影响。

## 4 概述

激光跟踪三维坐标测量系统由主机和反射靶标组成。主机通过干涉仪或测距仪与两个互相垂直的测角系统构成，建立了一个球坐标系。通过双轴旋转驱动机构控制光线跟踪反射靶标的移动，同时测量主机到反射靶标之间的距离，以及这些旋转轴的角坐标，确定靶标在坐标系中的位置，可以测量静止目标，跟踪和测量活动目标。

激光跟踪仪的距离测量使用内置的干涉仪或测距仪。有的激光跟踪仪只具备其中一种距离测量能力，有的则同时具备两种方式。不同的配置使激光跟踪仪对不同的误差源比较敏感，因此对只配有干涉仪、只配有测距仪或同时配有干涉仪和测距仪的激光跟踪仪要求校准不同的计量特性组合。

## 5 计量特性

### 5.1 点对点长度示值误差

激光跟踪仪对短标尺进行点对点长度测量时，其示值与参考值之差。该测量需要在水平、垂直、对角线和用户指定的任意方位进行。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.2 双面示值误差

激光跟踪仪对固定点进行双面测试时，前视/后视测量同一点时激光跟踪仪的示值之差。该测量需要对三个不同位置的点进行。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.3 距离示值误差

激光跟踪仪对沿测量轴安装的长标尺测量时，激光跟踪仪示值与参考值之差。该测量需要对四个不同参考长度进行；具有测距仪功能的激光跟踪仪，还要增加两个额外的长度。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.4 球面反射靶标误差

旋转安装在基点的球面反射靶标，激光跟踪仪测量示值的变化量。该测量需要将球面反射靶标绕激光入射轴旋转四个位置，绕激光垂直轴摆动四个位置进行。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.5 动态速度极限

靶标沿圆周运动时，激光跟踪仪可以保持跟踪能力时的最高转速  $R_L$ 。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.6 动态示值误差

靶标沿圆周运动，速度达到  $0.7R_L$  时，激光跟踪仪测量靶标运动轨迹直径的示值误差。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

### 5.7 动态示值变动量

靶标沿圆周运动，速度达到  $0.7R_L$  时，激光跟踪仪测量靶标运动轨迹半径的示值变化范围，用半径示值的标准差表示。需要进行符合性评定时，由生产商或用户规定最大允许误差，并填入表 A.1。

## 6 校准条件

校准应在被校仪器的额定条件下进行。额定条件根据表 A.2 项目按照生产商提供的参数填入。

### 6.1 环境条件

环境条件指温度、湿度和大气压力的允许范围，按照生产商的规定或由用户规定，填入表 A.2。

### 6.2 标准设备

6.2.1 短标尺，用于点对点长度示值校准，长度应当不小于 2.3 m，其参考长度的扩展不确定度  $U$  应当不超过表 A.1 中规定的最大允许误差的  $1/4$ 。这相当于测量能力指数  $C_m=4$ 。

短标尺有多种型式，包括：

- (a) 可以用反射靶标测量其端点的，经过校准的标准器；
- (b) 安装在刚性结构上的两个靶标靶座，靶座之间的距离通过测距或测位移设备校准；
- (c) 通过内置的距离或位移测量设备产生参考长度的导轨测量系统。

本规范中以安装两块靶座的独立刚性结构作为点对点长度测量标准器进行表述。

6.2.2 双面测试使用在不同高度固定安装的两个靶座作为标准器，如表 5 中的图示。两个靶座放置位置：一个在地面上，一个大约在激光跟踪仪高度，一个在距地面两倍激光跟踪仪高度处。 $D$  表示仪器与地面上靶座之间的距离。

6.2.3 长标尺，用于距离测量示值校准，长度应当不小于 20 m，其参考长度的扩展不确定度应当不超过表 A.1 中规定的最大允许误差绝对值的  $1/2$ 。这相当于测量能力指数  $C_m=2$ 。

长标尺具有多种型式，包括：

- (a) 利用激光位移干涉仪测量滑架在轨道上的运动距离作为参考长度。
- (b) 安装在刚性结构上的多个靶座，靶座之间的距离采用适当技术校准，例如采用激光位移干涉仪。

本规范中以利用位移干涉仪测量滑架在轨道上的运动距离作为参考长度进行表述。

6.2.4 标准圆轨迹发生器，靶座距精密轴系的距离约 500 mm。标准圆直径的测量不确定度  $U$  应当不超过表 A.1 中规定的最大允许误差绝对值的  $1/4$ 。这相当于测量能力指数  $C_m=4$ 。

## 7 校准项目和方法

### 7.1 点对点长度示值误差

建议使用单个球面反射靶标进行本规范中描述的所有校准项目。当使用测距仪时，为了减少校准时间，可以使用多个球面反射靶标，但这种方式进行校准可能明显加大长度测量误差。

如果使用实物标准器，应当监控和记录标准器的温度。如果校准中标准器温度偏离

标准温度，应当利用这些数据来补偿热膨胀引起的参考长度的变化，并确定相应的扩展不确定度。

作为可替换方法，如果使用独立式结构或导轨测量系统获得参考长度，则必须监控环境条件，以修正空气的折射率的变化。

校准中，激光跟踪仪需绕立轴旋转，在四个规定的水平角位置测量。对于被校准的激光跟踪仪，若无法在规定的水平角进行测量，则应在可利用的角度范围内均匀等距分布测量点进行测量。

7.1.1 水平长度测量。短标尺按照表 1 所示水平方向设置。距离  $A$  应当不小于 2.3 m。激光跟踪仪的高度  $h$ ，应当大约与靶座  $a$  和  $b$  的高度一样。 $D$  表示参考长度与激光跟踪仪之间的距离。此外，激光跟踪仪的安装应当使其与靶座  $a$  和  $b$  的距离近似相等。

按照表 1 中描述的位置和方向，对激光跟踪仪进行测量。同一个方位进行三次重复测量。数据处理方法见 7.1.6，测量结果填入表 A.1。

表 1 水平长度测量

The diagram illustrates a horizontal length measurement setup. A laser tracker is positioned at a height  $h$  from a base. Two target seats, labeled  $a$  and  $b$ , are mounted on a vertical axis (立轴) at a distance  $A$  from each other. The distance  $D$  is the distance from the laser tracker to the targets. The diagram shows the laser beam path and the horizontal distance  $A$  between the targets.

位置  
序号

距离  $D$   
(近似值)

相对靶座  $a$  的测量  
水平角 ( $^{\circ}$ )

1

$0.1A$

任意

2

$1.2A$

0

3

$1.2A$

90

4

$1.2A$

180

5

$1.2A$

270

6

$2.7A$

0

7

$2.7A$

90

8

$2.7A$

180

9

$2.7A$

270

7.1.2 垂直长度测量。短标尺按照表 2 所示垂直方向设置。距离  $A$  应当不小于 2.3 m。激光跟踪仪的高度  $h$ ，应当大约在靶座  $a$  和  $b$  的高度之间的中点。 $D$  表示参考长度与激光跟踪仪之间的距离。

按照表 2 中描述的位置和方向，对激光跟踪仪进行测量。同一个方位进行三次重复测量。数据处理方法见 7.1.6，测量结果填入表 A.1。

7.1.3 右对角长度测量。短标尺按照表 3 所示右对角线方向设置。长度  $A$  应当不小于 2.3 m。激光跟踪仪的高度  $h$ ，应当大约在靶座  $a$  和  $b$  的高度之间的中点。 $D$  表示参考长度与激光跟踪仪之间的距离。

按照表 3 中描述的位置和方向，对激光跟踪仪进行测量。同一个方位进行三次重复测量。数据处理方法见 7.1.6，测量结果填入表 A.1。



表 2 垂直长度测量

位置 序号	距离 $D$ (近似值)	相对靶座 $a$ 和 $b$ 的 测量水平角 ( $^{\circ}$ )
1	$1.2A$	0
2	$1.2A$	90
3	$1.2A$	180
4	$1.2A$	270
5	$2.7A$	0
6	$2.7A$	90
7	$2.7A$	180
8	$2.7A$	270

表 3 右对角长度测量

位置 序号	距离 $D$ (近似值)	相对靶座 $a$ 的测量 水平角 ( $^{\circ}$ )
1	$1.2A$	0
2	$1.2A$	90
3	$1.2A$	180
4	$1.2A$	270
5	$2.7A$	0
6	$2.7A$	90
7	$2.7A$	180
8	$2.7A$	270

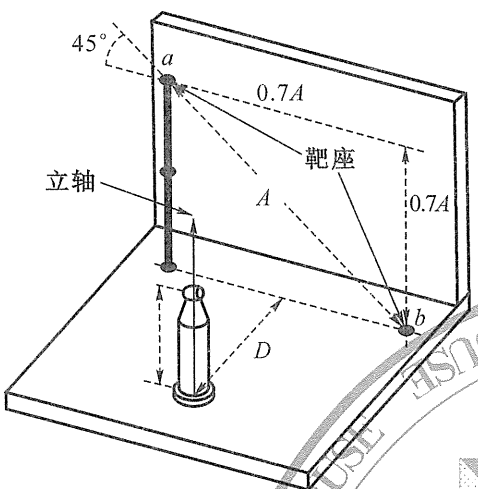
注释：长度和角度是近似值。

7.1.4 左对角长度测量。短标尺按照表 4 所示左对角线方向设置。长度  $A$  应当不小于 2.3 m。激光跟踪仪的高度  $h$ ，应当大约在靶座  $a$  和  $b$  之间的中点高度。 $D$  表示参考长度与激光跟踪仪之间的距离。

按照表 4 中描述的位置和方向，对激光跟踪仪进行测量。同一个方位进行三次重复测量。数据处理方法见 7.1.6，测量结果填入表 A.1。

7.1.5 用户选择的长度测量。用户可以在激光跟踪仪测量极限范围内任意位置规定两处附加长度测量。在用户没有明确规定附加的测量位置的情况下，推荐下列两处位置作为默认校准位置，对激光跟踪仪进行测量。同一个位置进行三次重复测量。数据处理方法见 7.1.6，测量结果填入表 A.1。

表 4 左对角长度测量

	位置 序号	距离 $D$ (近似值)	相对靶座 $a$ 的测量 水平角 ( $^{\circ}$ )
	1	$1.2A$	0
	2	$1.2A$	90
	3	$1.2A$	180
	4	$1.2A$	270
	5	$2.7A$	0
	6	$2.7A$	90
	7	$2.7A$	180
	8	$2.7A$	270
注释：长度和角度是近似值。			

(a) 第一处默认位置强烈推荐用户在垂直方向扩展测量，即该位置主要检测激光跟踪仪的垂直角编码器。校准位置类似于表 2 中的位置，但是短标尺进行垂直移位，使低位靶座（在表 2 插图中表示为  $b$ ）大约与激光跟踪仪等高。仪器应当尽可能靠近短标尺（即表 2 插图中距离  $D$  应当减到最小），但仍然可以测量高位靶座（即靶座  $a$  位于激光跟踪仪的垂直角编码器的测量范围内）。

(b) 第二处默认位置类似于 7.1.3 的位置，但是短标尺的摆放形成复合角，使测量时激光跟踪仪所有三轴（径向和两根角轴）均产生位移。短标尺的中心应当近似为激光跟踪仪的高度，距离  $D=5\text{ m}$ 。

7.1.6 点对点长度示值误差的计算：通过计算测量示值与短标尺参考长度之间的差值评价长度示值误差，使用公式 (1) 进行计算。

$$\delta = |L_m - L_{\text{ref}}| \quad (1)$$

式中： $L_m$ ——激光跟踪仪的长度示值；

$L_{\text{ref}}$ ——参考长度。

对应重复三次的测量，各校准位置具有三个值( $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ )。对于每次点对点长度测量误差，比较最大值  $\delta_{\text{max}} = \max(\delta_1, \delta_2, \delta_3)$  与该长度对应的最大允许误差参数，对于所有方向和位置，当  $\delta_{\text{max}} \leq |MPE|$ ，校准结果符合计量要求。对于一组校准位置，最大值  $\delta_{\text{max}}$  报告在表 A.1 中。

## 7.2 双面示值误差

7.2.1 校准方法：双面示值误差校准的设置图示于表 5 中。三个靶座放置位置：一个在地面上，一个大约在激光跟踪仪高度，一个在距地面两倍激光跟踪仪高度处。 $D$  表示仪器与地面上靶座之间的距离。按照表 5 中描述的位置和方向，对激光跟踪仪进行测量。

校准首先用前视方式测量各点的坐标，然后用后视方式测量各点的坐标。在各位置

中进行三次重复测量。数据处理方法见 7.2.2，测量结果填入表 A.1。

表 5 双面示值误差校准

位置 序号	距离 $D$ (近似值)	相对靶座 $b$ 的测量 水平角 ( $^{\circ}$ )
1	注释 (1)	0
2	注释 (1)	90
3	注释 (1)	180
4	注释 (1)	270
5	3 m	0
6	3 m	90
7	3 m	180
8	3 m	270
9	6 m	0
10	6 m	90
11	6 m	180
12	6 m	270

注释 (1): 将  $D$  降到最小, 以便使靶座  $a$  和  $c$  之间运动的垂直角范围最大。

7.2.2 数据处理: 通过计算测量的前视和后视靶位示值的差来评价双面示值误差。对于每个取样位置, 前视模式下测量的靶位  $P$  的坐标为  $(x_F, y_F, z_F)$ 。后视模式下, 测量的靶位  $P$  的坐标为  $(x_B, y_B, z_B)$ 。通过激光跟踪仪软件计算  $P(x_F, y_F, z_F)$  和  $P(x_B, y_B, z_B)$  之间的距离是双面示值误差  $\Delta$ 。对应重复三次的测量, 每个位置具有三个值  $(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3)$ 。对于双面示值误差校准中测量的各位置, 用最大值  $\Delta_{\max} = \max(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3)$  与对应的最大允许误差比较, 对于所有位置, 均应满足  $\Delta_{\max} \leq |MPE|$ 。激光跟踪仪不同方向的双面示值误差校准结合在一起形成一组, 例如, 校准位置 1、2、3 和 4 (参看表 5)。对于一组校准位置, 规定了同样的最大允许误差参数, 最大值  $\Delta_{\max}$  报告在表 A.1 中。

### 7.3 距离示值误差

应当根据制造商的要求 (表 A.2) 保证激光束路径的温度环境。按照表 6 中描述的位置和方向, 对激光跟踪仪进行测量。

长标尺取  $L_1$  至  $L_4$ , 如表 6 中图示, 其中参考长度是离激光跟踪仪最近的靶座  $a$  与后面每个靶座之间的长度。靶座  $a$  应当放置在离激光跟踪仪 3 m 处。激光跟踪仪的径向通过靶座  $a$  和  $b$  的连线, 其高度大约为仪器高度  $h$ 。

7.3.1 干涉仪校准。干涉仪校准长度相关的误差, 包括细分线性误差和干涉测量条纹的正确计数。

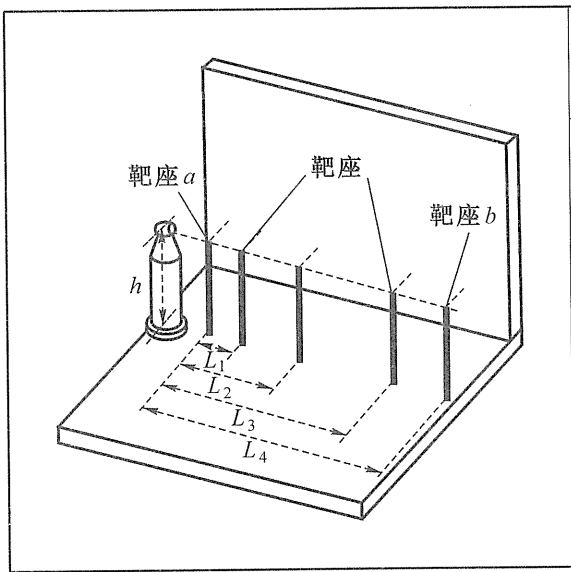
按照表 6 中规定的参考长度, 校准干涉仪的示值误差。表 6 中  $R$  表示干涉仪的最

大范围。按顺序测量到每个靶座的距离，从最远至最近。然后使用这些距离来计算表 6 插图中描述的长度。各参考长度应当进行三次测量，数据处理方法见 7.3.3，测量结果填入表 A.1。

7.3.2 测距仪校准。长标尺按照表 6 中规定的参考长度，校准测距仪的示值误差。表 6 中  $R$  表示测距仪的最大范围。对于测距仪校准，用户可以选择两个位置。用户选择的长度是靶座  $a$  与这两个靶位之间的长度。

按顺序测量到每个靶座的距离，从最远至最近。然后使用这些距离来计算表 6 图中描述的长度。各参考长度应当进行三次测量，每次测量前对光线进行短时间遮挡，测量结果填入表 A.1。

表 6 距离测量

	位置 序号	参考长度 [注释 (1)]	靶座 $a$ 和 $b$ 连线 的天顶角 ( $^{\circ}$ )
	1	$L_1=18\%R$	90
	2	$L_2=36\%R$	90
	3	$L_3=54\%R$	90
	4	$L_4=72\%R$	90
	5	用户选择	90
	6	用户选择	90

注释 (1)：  $R$  = 最大测程。

7.3.3 距离测量的评价：对于参考距离法，通过计算测量示值与参考长度之间的差值大小来评价距离测量结果，使用公式 (1) 进行计算。

对每个距离测量，比较  $\delta$  值与该长度对应的最大允许误差；对于所有长度

$$\delta \leqslant |MPE| \tag{2}$$

校准结果符合计量要求。对于一组校准位置，最大值  $\delta_{\max}$  报告在表 A.1 中。

7.4 球面反射靶标误差

7.4.1 校准方法

将球面反射靶标安装在基点，对准激光入射方向，如表 7 所示，记录激光跟踪仪示值；

绕激光入射轴旋转四个位置，记录激光跟踪仪示值；

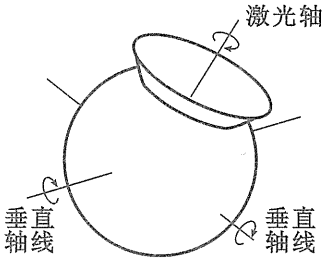
分别绕与激光轴垂直的两个轴线摆动两个位置，记录激光跟踪仪示值。

7.4.2 数据处理

通过激光跟踪仪软件计算测量  $(x_i, y_i, z_i)$  和  $(x_j, y_j, z_j)$  间的距离作为靶标误差  $\Delta$ ，其中  $i, j$  分别取 1, 3；2, 4；5, 6；7, 8。对应一组数据，有四个距离值

$(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4)$ ，用最大值  $\Delta_{\max} = \max(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4)$  与对应的最大允许误差比较，应满足  $\Delta_{\max} \leq |MPE|$ 。

表 7 球面反射靶标误差测量

	位置序号	旋转轴	旋转角度 (°)
	1	激光轴	0
	2	激光轴	90
	3	激光轴	180
	4	激光轴	270
	5	垂直轴 1	40
	6	垂直轴 1	-40
	7	垂直轴 2	40
	8	垂直轴 2	-40

### 7.5 动态速度极限

将球面反射靶标安置在标准圆轨迹发生器的靶座上，激光跟踪仪安装在与球面反射靶标运动平面垂直的方向，距离 3 m。

激光跟踪仪照准球面反射靶标。逐步增加旋转速度，至激光跟踪仪脱离跟踪状态。此时标准圆轨迹发生器显示的转速  $R_m$ ，则该激光跟踪仪的动态速度极限：

$$R_L = 0.9R_m \quad (3)$$

式中： $R_m$ ——激光跟踪仪无法保持跟踪状态时的标准器转速，r/min。

当规定了动态速度极限，可以逐步增加旋转速度到动态速度极限，当激光跟踪仪可以稳定跟踪靶标的运动，可以判断激光跟踪仪满足指标要求。

### 7.6 动态示值误差

将球面反射靶标安置在标准圆轨迹发生器的靶座上，激光跟踪仪安装在与球面反射靶标运动平面垂直的方向，距离 3 m。

激光跟踪仪照准球面反射靶标。逐步增加旋转速度至  $0.7R_L$ ，利用激光跟踪仪定距采样功能间隔 5 mm 采样，取一周的测量点集，利用激光跟踪仪软件计算圆周直径。直径示值与参考值之差，为激光跟踪仪的动态示值误差  $\Delta$ 。与对应的最大允许误差比较，应满足  $|\Delta| \leq |MPE|$ 。

### 7.7 动态示值变动量

利用 7.6 的测量点集，拟合圆心，计算所有点到圆心之间的距离，计算距离的标准差，作为动态示值变动量。

### 7.8 未能满足最大允许误差要求时的处理

如果校准期间，校准结果未能符合相应的最大允许误差要求，而环境满足表 A.2 的要求，那么应当采取下列措施：

步骤 1：检查参考长度，以评价其稳定性。如果必要，重新校准参考长度。这尤其

针对 6.2.1 (a) 和 6.2.3 (b), 此时靶座的位置漂移可能降低参考长度的准确度。

步骤 2: 在超差的位置重新测量五次, 并选择最大误差 (测量示值减去参考长度) 的值替换原值。

步骤 3: 如果重新测量结果满足最大允许误差要求, 那么激光跟踪仪符合要求, 校准可以继续。如果新值不满足最大允许误差要求, 那么可以再次重复步骤 1 和 2 (但不超过两次), 如果激光跟踪仪仍然未能满足测量的最大允许误差, 那么仪器不符合要求。

## 8 校准结果

表 A.1 作为校准结果的汇总, 成为校准证书的组成部分。如果激光跟踪仪没有测距仪功能或干涉仪功能, 可以将相关部分注明不适用。

不做动态应用的激光跟踪仪, 可以不进行动态示值误差和动态变动量校准, 相应部分注明不适用。

如果需要进行符合性评定, 任何长度差  $\delta$  或任何示值间距  $\Delta$  大于规定的最大允许误差, 那么激光跟踪仪的这次校准结果未能满足制造商或用户的计量性能要求。在这种情况下, 应当执行 7.8 的程序。

## 9 复校时间间隔

在进行期间核查的情况下, 建议复校时间间隔一般为 1 年。送校单位可以根据实际使用情况自行确定。

## 附录 A

## 额定条件和校准结果记录表

表 A.1 计量特性和校准结果

 $\mu\text{m}$ 

	校准位置		干涉仪			测距仪				
			MPE <sub>IFM</sub>	$\delta_{\max}$ 或 $\Delta_{\max}$ [注释 (1)]	结 论	MPE <sub>测距仪</sub>	$\delta_{\max}$ 或 $\Delta_{\max}$ [注释 (1)]	结 论		
点 对 点 长 度 示 值 误 差	水平 (1)									
	水平 (2, 3, 4, 5)									
	水平 (6, 7, 8, 9)									
	垂直 (1, 2, 3, 4)									
	垂直 (5, 6, 7, 8)									
	右对角 (1, 2, 3, 4)									
	右对角 (5, 6, 7, 8)									
	左对角 (1, 2, 3, 4)									
	左对角 (5, 6, 7, 8)									
	用户选择 (1)									
	用户选择 (2)									
双 面 示 值 误 差	双面 (1, 2, 3, 4)			[注释 (2)]			[注释 (2)]			
	双面 (5, 6, 7, 8)			[注释 (2)]			[注释 (2)]			
	双面 (9, 10, 11, 12)			[注释 (2)]			[注释 (2)]			
距 离 示 值 误 差	干涉仪测距, $L$ (1) =			[注释 (3)]						
	干涉仪测距, $L$ (2) =			[注释 (3)]						
	干涉仪测距, $L$ (3) =			[注释 (3)]						
	干涉仪测距, $L$ (4) =			[注释 (3)]						
	测距仪测距, $L$ (1) =									
	测距仪测距, $L$ (2) =									
	测距仪测距, $L$ (3) =									
	测距仪测距, $L$ (4) =									
	测距仪测距, $L$ 用户 (1) =									
	测距仪测距, $L$ 用户 (2) =									
	计算最大允许误差的公式或 附上最大允许误差参数表 [注释 (4)]									
球 面 反 射 靶 标 误 差	序 号		靶标编号		MPE		$\delta_{\max}$		结 论	
动 态 计 量 特 性	项 目		测量值							
	动态速度极限									
	动态示值误差									
	动态示值变动量									

校准员：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_ 仪器序列号：\_\_\_\_\_

干涉仪长度测量的  $C_m$ ：\_\_\_\_\_；干涉仪距离测量的  $C_m$ ：\_\_\_\_\_ 如果  $1 \leq C_m < 2$  标记 ☐ “低  $- C_m$ ”

测距仪长度测量的  $C_m$ ：\_\_\_\_\_；测距仪距离测量的  $C_m$ ：\_\_\_\_\_ 如果  $1 \leq C_m < 2$  标记 ☐ “低  $- C_m$ ”

最终结论（通过/未通过）：\_\_\_\_\_

注：

对只带有干涉仪的激光跟踪仪，必须校准干涉仪的所有参数，填入结果；

对只带有测距仪的仪器，必须校准测距仪的所有参数，填入结果；

对带有干涉仪和测距仪的仪器，两列参数均必须校准，并填入结果。

注释：

(1)  $\delta$  用于长度系统结果， $\Delta$  用于双面结果；参看 7.1 和 7.2。

(2) 双面测试既可以用干涉仪，也可以用测距仪进行校准。

(3) 这些结果可以利用长标尺校准获得，也可以利用短标尺校准并计算，或通过干涉仪的校准证书获得（7.3.1）。

(4) 制造商可以为点对点长度测量、距离测量和双面测试分别规定最大允许误差公式。

表 A.2 通用参数和额定条件

额定条件		
测量条件		
距离	最小_____ m	最大_____ m
水平角范围		_____ °
垂直角范围		_____ °
a. 温度范围		
操作	最低_____ °C	最高_____ °C
温度梯度限制	最低_____ °C/m	最高_____ °C/m
b. 湿度范围		
操作	最低_____ %RH	最高_____ %RH
c. 大气压力范围		
操作	最低_____ Pa	最高_____ Pa
d. 环境光：如果任何环境光降低了性能参数，制造商应当进行相应的规定。		
e. 电气：供应给仪器的电源可能影响其测量的准确度和重复性。当仪器使用计算机进行控制或读数功能时，这一点尤为重要。		
电压	_____ V	电流_____ A
频率	_____ Hz	波动_____ V
最大瞬时电压和持续时间	_____ V	_____ s
f. 探头类型：校准期间应当规定的探头直径和反射镜类型（例如，角锥棱镜，玻璃棱镜）。		
直径：	_____ mm	反射镜类型_____



表 A.2 (续)

g. 采样方案：制造商应当规定测量采集时间（平均时间）和采样频率（点数/秒），以满足参数要求。		
采样时间	_____ s	频率_____点数/s
限制条件		
h. 温度范围	最低_____℃	最高_____℃
i. 湿度范围	最低_____ %RH	最高_____ %RH
j. 大气压力范围	最低_____ Pa	最高_____ Pa

## 附录 B

## 利用稳定的靶座间距离获得参考长度的不确定度

在这种获得参考长度的方法中,靶座安装在一个稳定的结构上,以保持靶座间距离的稳定。靶座之间的距离使用位移干涉仪测量。干涉仪激光束平行对准两个靶座的连线,当靶标从一个靶座移动到另一个靶座时,干涉仪测量其位移。这种测量获得的值是干涉仪测量获得的参考长度。

对于已经通过 7.3.1 程序校准的激光跟踪仪,干涉仪可以用来确定参考长度。该干涉仪激光束应平行对准两个靶座的连线,以便它们之间的距离可以只使用干涉仪来测量(即纯径向测量)。

## B.1 参考长度的不确定度

利用已经通过 7.3.1 程序校准的激光跟踪仪,干涉仪可以用来确定参考长度。

由于靶座间的距离预先通过的校准获得参考值,用于的激光跟踪仪进行校准。因此,使用时环境温度和其自身温度特性会影响其准确度。

## B.1.1 参考长度中由于波长补偿误差引起的不确定度

经校准,激光跟踪仪的干涉仪经波长补偿误差后的测量示值误差优于  $10^{-6}L$ ,  $L$  为测量长度。

参考长度取 2.4 m,激光跟踪仪的干涉仪经波长补偿误差后的示值误差优于  $2.4 \mu\text{m}$ 。

按均匀分布,引入不确定度分量  $u_1 = 1.5 \mu\text{m}$ 。

## B.1.2 热膨胀系数引起的不确定度

万向距离标准器热膨胀系数  $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ,环境温度  $20 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,温度平均值偏离不超过  $\Delta t = 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。引入误差:

$$\Delta L = L \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta t = 2.4 \text{ m} \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 0.2 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.48 \mu\text{m}$$

按均匀分布,引入不确定度分量  $u_2 = 0.3 \mu\text{m}$ 。

## B.1.3 温度测量引起的不确定度

万向距离标准器热膨胀系数  $\alpha = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ,环境温度  $20 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,温度测量不确定度优于  $0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t = 2.4 \text{ m} \times 10^{-6} \times 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} = 2.76 \mu\text{m}$$

按均匀分布,引入不确定度分量  $u_3 = 1.7 \mu\text{m}$ 。

## B.1.4 重复性

重复性:  $u_4 = 1.4 \mu\text{m}$

## B.1.5 扩展不确定度

合成标准不确定度:  $u_c = 2.7 \mu\text{m}$

$$U = 6 \mu\text{m}, k = 2$$

通常激光跟踪仪的最大允许示值误差,在 2.5 m 时为  $\pm 30 \mu\text{m}$ 。此时的测量能力

指数：

$$C_m = |MPE|/U = 5$$

满足校准需求。

---

中华人民共和国  
国家计量技术规范  
激光跟踪三维坐标测量系统校准规范  
JJF 1242—2010  
国家质量监督检验检疫总局发布

\*

中国计量出版社出版  
北京和平里西街甲2号  
邮政编码 100013  
电话(010)64275360  
<http://www.zgjl.com.cn>  
北京市迪鑫印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
版权所有 不得翻印

\*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1.25 字数22千字  
2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷  
印数1—1 000  
统一书号 155026—2471