



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

大尺寸激光三角测长系统校准规范

Calibration Specification for

Long Ranges Dual Opposed Laser Triangulation Sensors

(征求意见稿)

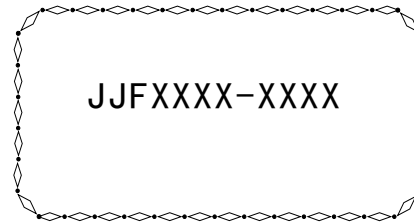
XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

大尺寸激光三角测长系统 校准规范

Calibration Specification for
Long Ranges Dual Opposed Laser
Triangulation Sensors



归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国几何量长度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 |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用文件 | 1 |
| 3 术语和计量单位 | 1 |
| 4 概述 | 2 |
| 5 计量特性 | 4 |
| 6 校准条件 | 5 |
| 7 校准项目和校准方法 | 6 |
| 7.1 一般原则 | 6 |
| 7.2 单端激光发射器光束的准直度 | 6 |
| 7.3 双端激光发射器光束的同轴度 | 6 |
| 7.4 示值误差 | 6 |
| 7.5 测量结果的重复性 | 7 |
| 7.6 量程 | 7 |
| 7.7 校对用量杆 | 7 |
| 8 校准结果表达 | 8 |
| 9 复校时间间隔 | 8 |
| 附录 A 大尺寸激光三角测长系统示值误差的测量不确定度评定示例 | 9 |
| 附录 B 直角坐标靶样式示例 | 12 |
| 附录 C 夹持装置示例 | 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》和JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制订工作的基础性规范。

本规范为首次发布。

大尺寸激光三角测长系统校准规范

1 范围

本规范适用于对向发射直射式激光三角位移传感器组成测长系统的工业现场校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1088—2015 大尺寸外径千分尺校准规范

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

GB/T 18779.6—2020 产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第6部分：仪器和工件接受拒收的通用判定规则

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

3 术语和计量单位

3.1 差分测量 differential measurement

两支激光三角位移传感器对向发射，将两传感器输出信号进行数学运算，得到测量值的方法。

3.2 多探测系统 multiple detection system

激光三角位移传感器由两个图像采集器和同一激光发射器组成，依被测物体表面距离的不同，可分段被两个图像采集器采集，用于扩大量程。

3.3 辅助设备 auxiliary equipment

依据被校激光三角测长系统的型式与生产线工况，设计用于装夹和调整标准器的设备。

3.4 最大测量距离 maximum measurement distance

单端激光三角位移传感器可测量的最大距离。

3.5 最小测量距离 minimum measurement distance

单端激光三角位移传感器可测量的最小距离。

3.6 量程 range

对单端激光三角位移传感器，为最大测量距离与最小测量距离之差。

对激光三角测长系统，由两端传感器的最大测量距离与最小测量距离之差构成，可以重叠或分离。

3.7 直角坐标靶 coordinate target

表面刻划或印制有二维正交栅格的毛玻璃或亚克力观察屏，简称靶标。

4 概述

激光三角位移传感器是利用激光在空间传播过程中的光学反射规律和相似三角形原理，在接收透镜的物空间与像空间构成相似关系，利用边角关系计算被测物体位移变化的测量仪器，见

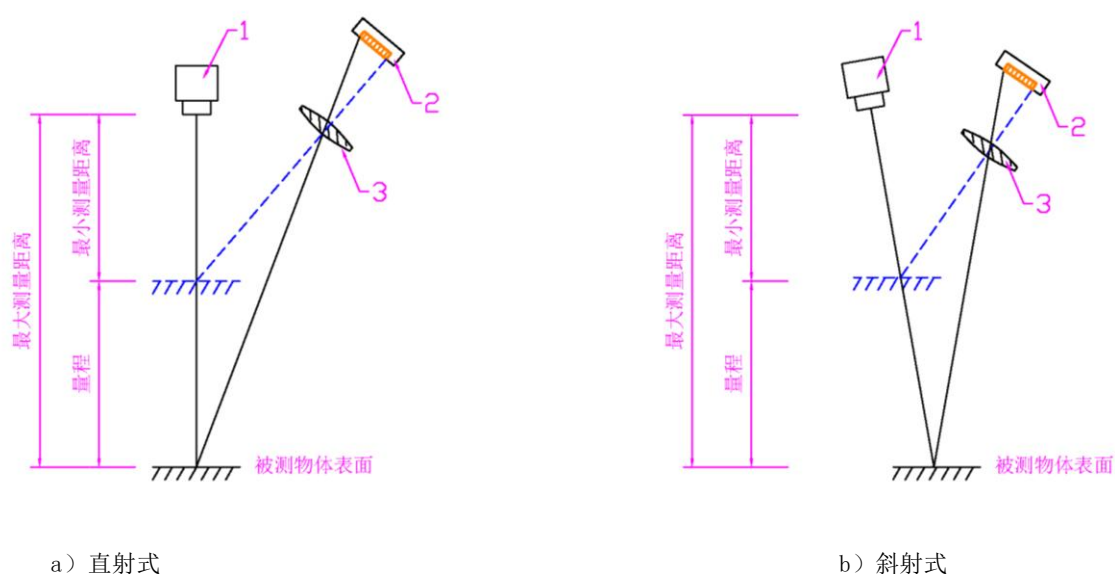


图 1。主要由激光光源、透镜、图像采集器、信号转换电路等组成。根据入射激光和被测物体表面法线之间的夹角, 可以将激光三角测量法分为直射式和斜射式。直射式激光由于光轴垂直于被测物面, 具有光强集中、光斑照射位置一致等特点, 在工业在线测量中获得广泛应用。

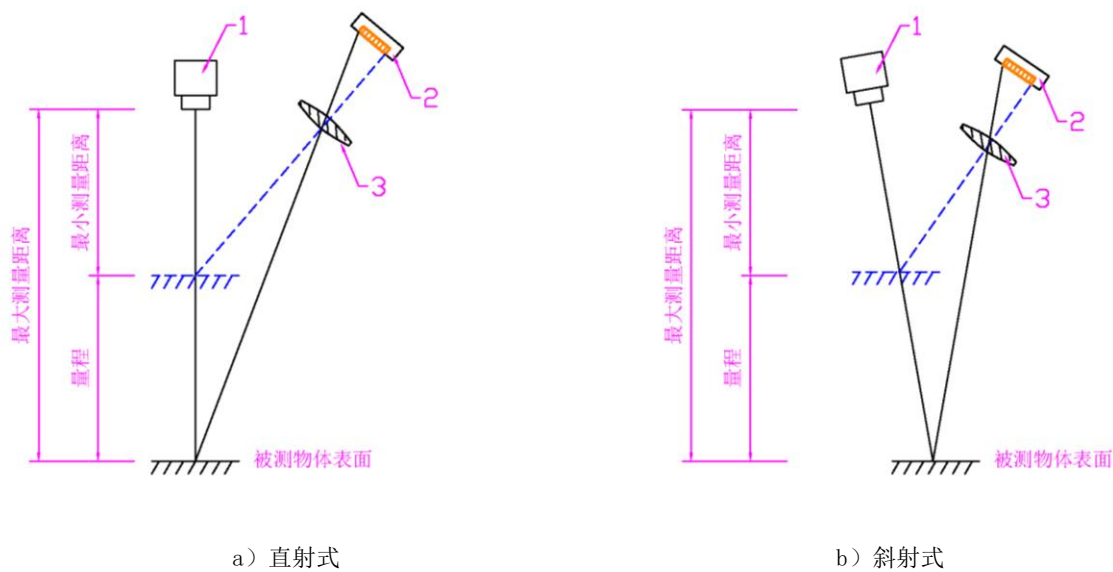


图 1 激光三角位移传感器示意图

1—激光器；2—图像采集器；3—透镜

在工业应用中，为防振动、高温等影响，激光三角位移传感器常与被测工件间隔一定距离，并由两套及以上激光三角位移传感器组成对射形式，采用差分测量，用来测量物体的厚度、宽度、长度等，本规范统称为大尺寸激光三角测长系统。分为分体式 and 一体式两种：光源和图像采集部件可分别调整的称为分体式；反之则为一体式。参见图 2。

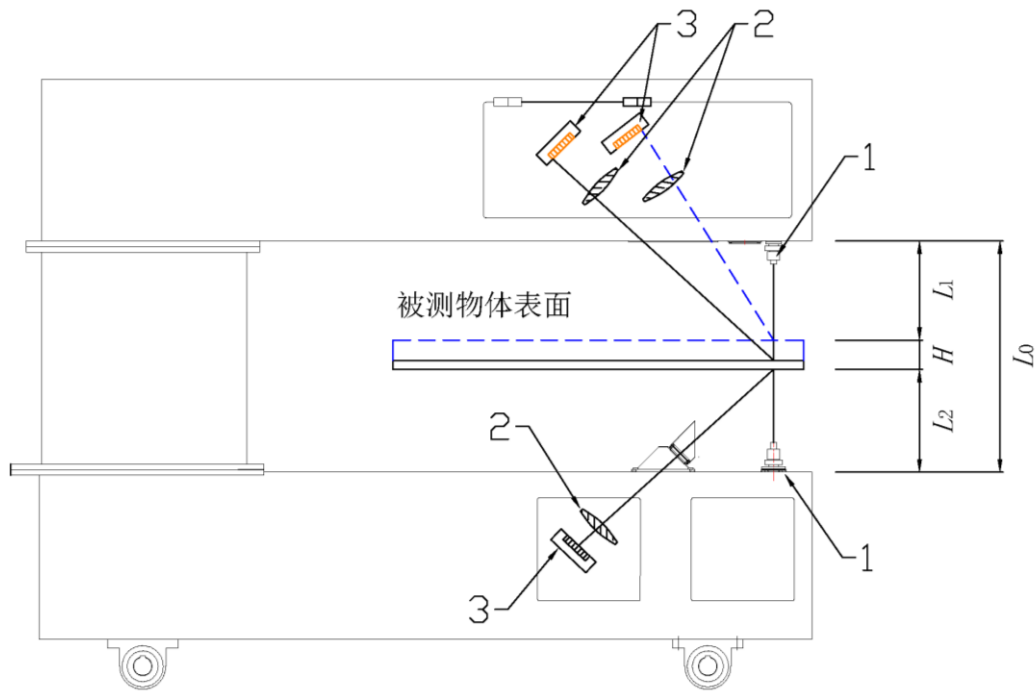


图 2 分体式测厚系统（双图像采集部件可拓展量程）

1—激光发射器；2—图像采集器；3—透镜

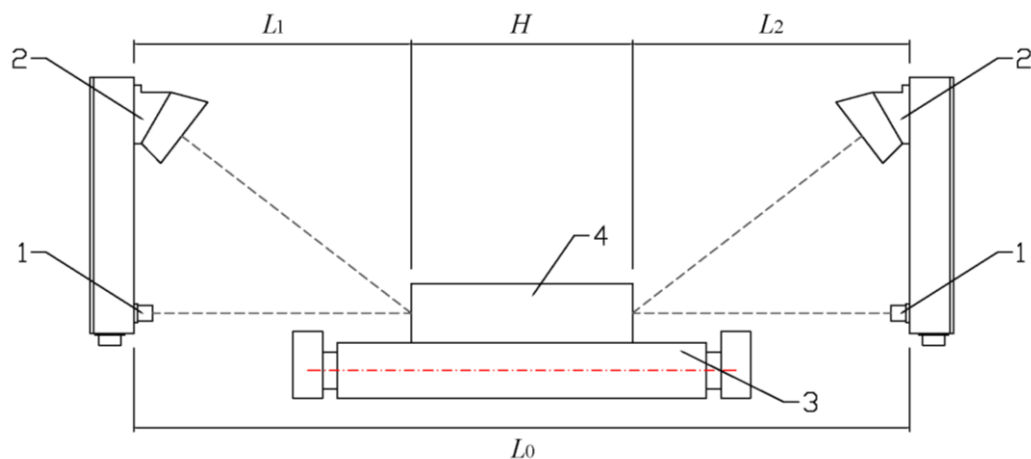


图 3 一体式测宽系统

1—激光发射器；2—图像采集部件；3—辊道；4—被测对象

测量原理如图 2、图 3，激光位移传感器（左）和激光位移传感器（右）以固定间距 L_0 对称布置，当被测物体厚/宽度发生变化时，物体表面光斑在传感器图像采集器上的成像位置也相应移动，通过传感器测量得到被测物表面至端口的距离 L_1 、 L_2 ，则被测物的厚度 $H=L_0-(L_1+L_2)$ 。

5 计量特性

5.1 单端激光发射器光束的准直度（与被测面的垂直性）

5.2 双端激光发射器光束的同轴度（对齐性）

5.3 示值误差

示值误差不超过被测对象公差值的 1/3 或按客户验收标准。

5.4 示值重复性

示值重复性不超过示值误差的 20%。

5.5 量程

5.6 校对用量杆示值

注：

1、参考 GB/T 18779.6-2020 规定，测量设备的最大允许误差不得超过被测量工件公差的 1/3。

2、校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时应考虑环境温度的影响，最理想条件是使标准器和被校准系统处于 20℃的环境下进行校准。如果偏离 20℃，应对长度测量标准进行温度测量和补偿，以获得修正到环境温度的校准结果；被校准系统机械部件和夹具的膨胀或收缩会物理改变传感器间隙，线性输出也会有温度漂移，有些传感器会以%FS/℃形式进行标注，标注与否均应在校准结果的不确定度中考虑。

被校系统开机后，需要至少 0.5 h 的预热时间才能稳定测量。

校准时不应受到强磁场、电场的电磁波干扰；确保无影响校准结果的气流、外部辐射（如日光、热源）和振动。

6.2 操作条件

生产线检修期间是校准系统的最佳时机。校准前确保生产线拉闸断电，闸盒处挂“检修作业，禁止合闸”类警示牌，确保生产线不会在校准过程中启动。

校准人员佩戴符合现场要求及校准所需的安全用品。

6.3 测量标准及其他设备

一般来说，激光三角位移传感器是通过采集从目标漫反射的激光光斑进行测量的。最理想表面为白色哑光目标，如陶瓷量块。

本节以常用易得的标准器作为推荐，激光三角测长系统校准项目及所用设备见表 1。

表 1 激光三角测长系统校准项目及所用设备

| 序号 | 校准项目 | 设备名称及计量特性 |
|----|---------------|--------------------------|
| 1 | 单端激光发射器光束的准直度 | 分度值 1mm 深色半透明靶标*（详见附录 B） |
| 2 | 双端激光发射器光束的同轴度 | |
| 3 | 示值误差 | 5等量块；校对杆（如适用）；表面温度计；钢卷尺 |
| 4 | 示值重复性 | |
| 5 | 量程 | |
| 6 | 校对用量杆 | 测长仪或测长机 |

注：深色可吸收部分激光，目力观察或手机摄像头拍照观察。

7 校准项目和校准方法

7.1 一般原则

依据被校准大尺寸激光三角测长系统与生产线的形式，配置适合的辅助设备（如平板、V型块、夹持装置等）测量。夹持装置基本结构及部件有：基座、立柱及可上下运动的载物台。基座有3个支点起到支撑及调整作用，由水平仪、钢卷尺等量具配合将工装基面调整至与生产线运动平面平行，立柱垂直于基座，载物台与基座平行，载物台可在立柱上滑动，测厚系统的夹持装置示例之一见附录C。

校准中，各标准器表面应垂直于激光光束。

校准中，被校系统会以很高的采样频率持续进行数据采集，并按内置的数据处理规则（如平均值）输出测量值。在进行示值误差、示值重复性校准时，建议先遮挡一端激光光束，放置长度标准器后，再移开遮挡物使传感器输出，防止长度标准器未放稳时，输出包含错误数据的测量值。

校准中，尤其是7.2、7.3执行后，发现偏差过大需要调整的，一般应进行调整并重新标定后，继续从7.2开始校准。

7.2 单端激光发射器光束的准直度

以方便观察的被校系统一端测量。夹持装置载物台上放置靶标切入该端传感器的出射光束，移动工作台及靶标观察光斑的移动，工作行程尽可能长（最大测量距离的70%），以光斑偏离初始位置的最大距离差作为该端激光光束的准直度。

7.3 双端激光发射器光束的同轴度

以7.2项中符合要求的激光束为准，移动靶标，工作行程尽可能长（最大测量距离的70%），观察正向/背向光斑相互位置的变化，以两光斑位置差最大值作为双端激光发射器光束的同轴度。

7.4 示值误差

在量程范围大致均布选择校准（5~7）点的对应量块，逐块放置在夹持装置载物台上，以量块中心位置测量每块量块的示值，每点放置3次读取3个示值。

以校准时的量块实际温度对量块示值进行修正。示值误差计算如下

$$\Delta = L_i - L_i' \alpha (t - 20) \quad (1)$$

式中：

Δ ——被校系统第*i*点的示值误差；

L_i ——被校系统第 i 点的示值；

L_i' ——第 i 块量块的校准值；

α ——量块膨胀系数；

t ——量块温度。

对量程 $>1000\text{mm}$ 的激光三角测长系统，可以采用量块、校对杆配合进行校准，校准方法同上。

取全部示值误差中的绝对值最大的作为被校系统的示值误差结果。

也可采用其它符合不确定度要求的方法校准。

7.5 测量结果的重复性

选取激光三角测长系统所能测量的量程下限附近的量块或校对杆，将量块或校对杆放在辅助设备载物台上，取下再放上，对准量块的中心位置重复测量 10 次；在量程上限附近选取量块或校对杆同样测量 10 次。

将取得的 10 个测量值依下式计算重复性，取 2 组标准偏差中的最大值作为被校系统的重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中：

s ——测量重复性；

L_i ——被校系统的第 i 次示值；

\bar{L} —— n 次示值的平均值；

i 、 n ——测量次数、总数。

7.6 量程

在量程范围内可测得的最大尺寸量块或校对杆测得。也可用钢卷尺测量被校系统可测量的两相对端面距离得到。

7.7 校对用量杆

校对用量杆的长度尺寸在测长仪/机上直接测量，测量时测头使用球面测帽，对零后将校对量杆固定在测长仪/机工作台上，校对量杆的支承点应在距两端测量面 $2L/9$ (L 为校对杆长度尺寸) 的贝塞尔点上。在校对量杆测量面的中心位置处重复测量 5 次，取

5 次测量结果的平均值作为校对量杆的长度尺寸。也可以用满足不确定度要求的其它设备进行测量。

8 校准结果表达

经校准的大尺寸激光三角测长系统出具校准证书。校准证书至少应包含：

- 校准条件
- 被校准的计量特性和测得值。如涉及调整，应给出调整前后的校准结果。
- 测得值的不确定度；

9 复校时间间隔

测量仪器应定期进行校准。由于复校时间间隔的长短影响测量数据的质量风险，大尺寸激光三角测长系统使用工况复杂，且在线校准一般需在停产检修阶段进行，使用单位应根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

大尺寸激光三角测长系统示值误差的测量不确定度评定示例

A.1 测量方法

按传感器按本规范 7.4 激光三角测长系统的示值误差校准方法。

A.2 测量模型

示值误差的按公式 (A.1) 计算：

$$\Delta = L - L' - L' \alpha (T - 20) + \delta \quad (\text{A.1})$$

式中：

Δ ——被校系统第 i 点的示值误差；

L ——被校系统第 i 点的平均示值；

L' ——第 i 块量块的校准值；

α ——量块膨胀系数，设为常数 $11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ；

T ——量块温度；

δ ——机架、传感器可能由温度偏离标准状态对示值造成的影响，期望值为 0。

A.3 灵敏系数与合成标准不确定度

A.3.1 灵敏系数

对式 (A.1) 中求各影响量的灵敏系数：

$$c_1 = 1 \quad c_2 = -1 - \alpha(T - 20) \approx -1$$

$$c_3 = -L' \alpha \quad c_4 = 1$$

A.3.2 合成标准不确定度

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u^2(L) + c_3^2 u^2(T) + c_4^2 u^2(\delta)$$

A.4 各影响量的不确定度分量

A.4.1 示值的重复性

通过实验，获得示值的重复性为 10 μm。

A.4.2 标准量块中心长度引入的标准不确定度分量

设量块长度 $L' \approx L$ ，线膨胀系数 $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ， $T = 30^\circ\text{C}$ 。5 等量块的中心长度示值扩展不确定度为 $0.5 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6} L$ ， $k_{99} = 2.62$ ，，不确定度分量为

$$u_2 = |c_2|u(L) = [1 + \alpha(T - 20)] \times \frac{0.5 + 5 \times 10^{-6} L}{2.62} \approx 0.19 + 1.9 \times 10^{-6} L (\mu\text{m})$$

A.4.3 温度测量误差引入的标准不确定度

假设量块温度的测量误差区间为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，则由温度测量不准引入的标准不确定度分量为

$$u_3 = c_3 u(T) = L \times 11.5 \times 10^{-6} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 6.64 \times 10^{-6} L (\mu\text{m})$$

A.4.4 温度变化导致示值偏移的标准不确定度分量

估计校准温度偏离标定时温度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 时，当 C 型架间距 1 m 时，温度变化对示值造成的误差影响量为 $\pm 11.5 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其标准不确定度分量为

$$u_4 = c_4 u(\delta) = \frac{0.01\% L T}{\sqrt{3}} = 6.6 (\mu\text{m})$$

A.5 标准不确定度分量一览表

| 序号 | 标准不确定度分量 | 符号 | 标准不确定值/μm |
|----|---------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | 重复性 | s | 10 |
| 2 | 标准量块中心长度引入的标准不确定度分量 | $ c_2 u(L)$ | $0.19 + 0.19 \times 10^{-6} L$ |
| 3 | 温度测量误差引入的标准不确定度分量 | $c_3 u(T)$ | $6.64 \times 10^{-6} L$ |
| 4 | 温度变化导致示值偏移的标准不确定度分量 | $c_4 u(\delta)$ | 6.6 |

A.6 合成标准不确定度

因各分量独立，当 $L=100\text{mm}$ 时，

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \approx 12(\mu\text{m})$$

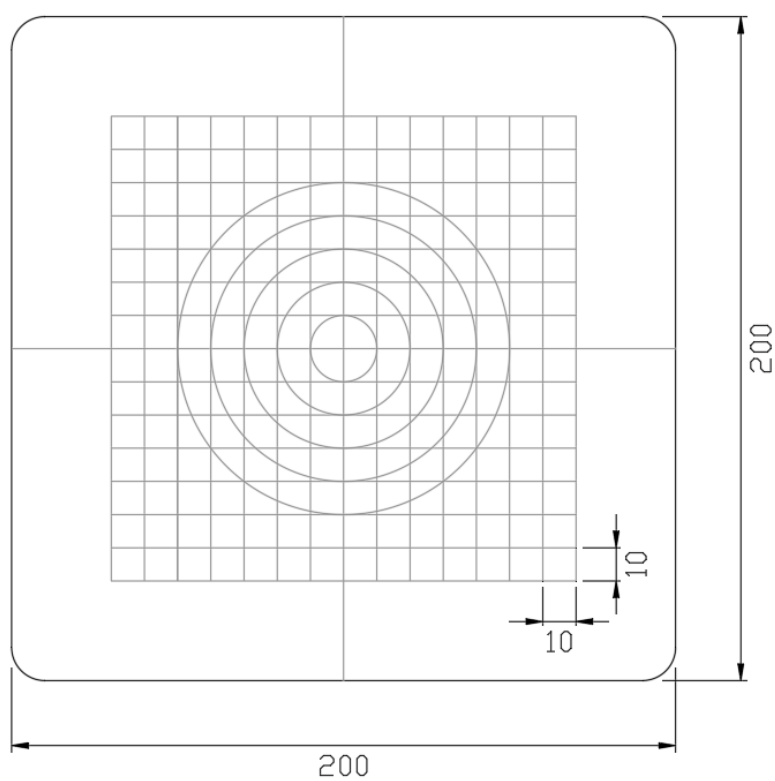
A.7 扩展不确定度

当 $k=2$ 时，大尺寸激光三角测长系统示值误差的扩展不确定度为 $U=24\mu\text{m}$ 。

附录 B

直角坐标靶样式示例

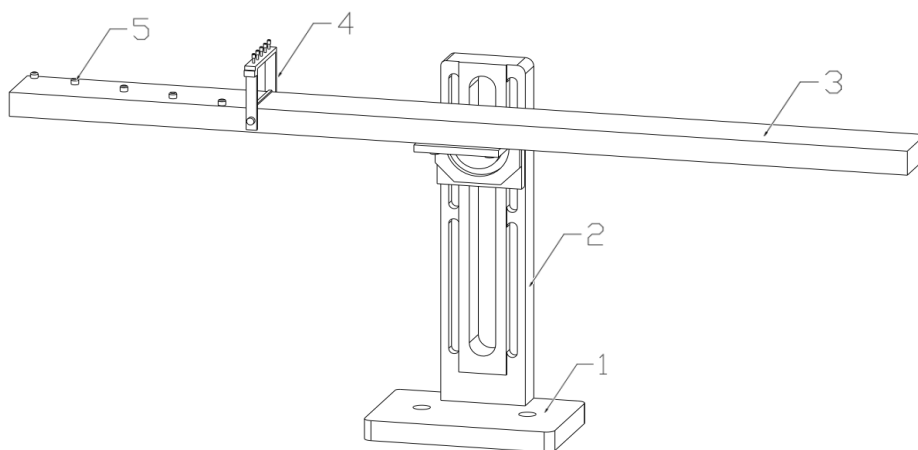
激光标靶为白色透明优质亚克力板，尺寸为（200×200）mm，其中分化刻度为1mm/格。



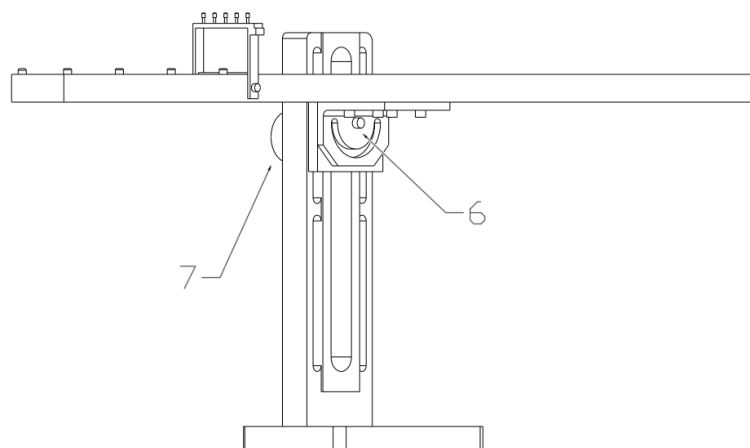
此标靶为推荐样式，可用其它透明亚克力板代替，板中分化刻度的大小及样式也可使用满足其测量功能的其它样式。

附录C

夹持装置示例



1—底座；2—立柱；3—装夹平台；4—“门”型固定架；5—末端定位销；



6—俯仰角调节螺栓；7—高低调节旋钮

本量块支架为推荐样式，其它可固定量块，且具有高低及俯仰调节功能的支架亦可使用。

中华人民共和国
国家计量技术规范
XXXXXXXXXX 校准规范
JJFXXXX—XXXX
国家市场监督管理总局发布