



中华人民共和国工业和信息化部
兵工民品计量技术规范

JJF（兵工民品） 0032—2023

激光测平仪校准规范

Calibration Specification for Laser Flatness Measurer

（报批稿）

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

激光测平仪校准规范

Calibration Specification for Laser
Flatness Measurer

JJF（兵工民品） 0032—2023

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：山西北方机械制造有限责任公司

参与起草单位：山西工程科技职业大学

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

赵补红（山西北方机械制造有限公司）

刘开军（山西北方机械制造有限公司）

康晓丽（山西北方机械制造有限公司）

参加起草人：

张润哲（山西工程科技职业大学）

包 鹏（山西北方机械制造有限公司）

宋 浩（山西北方机械制造有限公司）

王 晶（山西北方机械制造有限公司）

高志红（山西北方机械制造有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 调平误差	(1)
4 概述	(1)
4.1 结构	(1)
4.2 原理	(1)
4.3 用途	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 重复性	(2)
5.2 调平误差	(2)
5.3 平面度测量重复性	(2)
5.4 示值误差	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 专用量块的技术要求	(7)
附录 B 激光测平仪校准原始记录格式	(8)
附录 C 校准证书内页格式	(10)
附录 D 示值误差测量不确定度评定示例	(11)

引 言

本规范依据 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》编写。

本规范为首次发布。

激光测平仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围不大于 60 mm 激光测平仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1166-2007 激光扫平仪校准规范

JJG 117-2013 平板检定规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；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 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

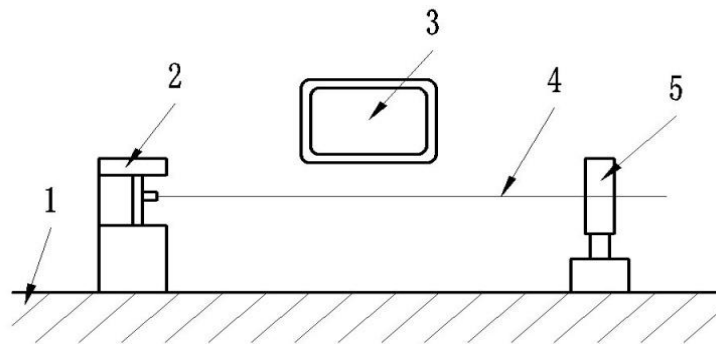
3.1 调平误差 leveling error

在激光平面上任意点与激光出射点的连线相对基准平面的最大夹角。

4 概述

4.1 结构

激光测平仪是采用激光束来测量水平度的一种仪器，由四部分组成：激光发射器、激光接收器、激光显示单元和系统。激光测平仪结构见图 1。



1-测量平面；2-激光发射器；3-平板电脑；4-激光束；5-激光接收器

图 1 激光测平仪结构图

4.2 原理

激光发射器放置在所测平面上，以被测平面为基准平面，激光发射器以旋转扫描激

光束建立一个激光扫描平面，激光平面覆盖被测平面，然后测出被测平面到激光平面的距离。利用这些原始数据，计算出该被测平面的最佳平面来，进而得出平面度的结果。

4.3 用途

激光测平仪广泛应用于风电工业中塔筒、机架、轮毂、法兰、偏航轴承和变桨轴承，机床导轨、平台及大型焊接结构件的平面度、平行度和直线度精确测量。通常会计算出峰峰值、均方根值、标准偏差等平面度指标，供不同行业采用。

5 计量特性

5.1 重复性

不大于 0.01 mm/m。

5.2 调平误差

不大于 0.02 mm/m。

5.3 平面度测量重复性

不大于 0.01 mm。

5.4 示值误差

激光测平仪示值最大允许误差： $\pm(0.002+0.5\%dx)$ mm。

注：1、式中 dx -被校仪器测量值；2、以上指标不是用于合格性判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： (20 ± 3) °C。

6.1.2 相对湿度：不大于 75%。

6.1.3 被校准仪器与校准用标准器在室内平衡温度时间不少于 4 h。

6.2 测量标准及其它设备

校准设备应经过法定计量技术机构检定或校准，满足校准使用要求，并在有效期内使用。专用量块的技术要求见附录 A。校准标准及其他设备见表 1。

表 1 校准标准及其他设备

序号	标准器及其他设备名称	技术要求
1	平板	测量范围：(1 600×1 000) mm；准确度等级：0 级
2	钢卷尺	测量范围：(0~5) m；准确度等级：II 级
3	专用量块	测量范围：3.65 mm、7.30 mm、10.95 mm、14.60 mm、18.25 mm、21.90 mm、25.55 mm、29.60 mm；高度最大允许误差： ± 0.002 mm

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

激光测平仪校准项目见表2。

表 2 激光测平仪校准项目

序号	校准项目	校准方法条款	标准测量设备
1	重复性	7.2.2	平板、钢卷尺
2	调平误差	7.2.3	平板、钢卷尺
3	平面度测量重复性	7.2.4	平板、钢卷尺
4	示值误差	7.2.5	平板、专用量块

7.2 校准方法

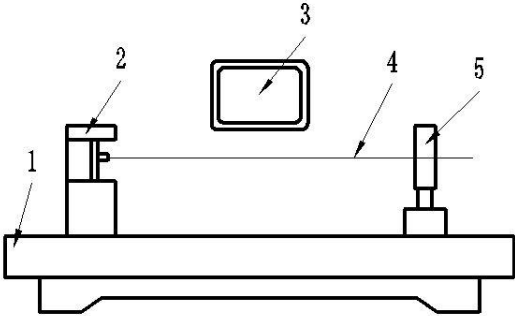
7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 在对仪器的外观和各部分相互作用检查正常且仪器能够正常工作时，才能进行相应的校准。

7.2.1.2 测量前，应调整平板工作面使其基本处于水平状态；对激光发射器进行粗调，实现激光发射器扫描出来的激光平面与平板平面大致平行。

7.2.2 重复性

7.2.2.1 重复性校准示意图见图 2。



1-平板；2-激光发射器；3-平板电脑；4-激光平面；5-激光接收器

图 2 重复性校准示意图

7.2.2.2 将激光发射器和激光接收器放在平板上，仪器开机正常后，通过调试激光发射器的旋转激光，使激光平面与平板平面保持平行。将激光接收器放置在距离激光发射器一米的位置上，在该点进行重复性测量，记录激光测平仪的读数值 d_i ，共测量十次，得到激光测平仪十次读数值，按照贝塞尔公式（1）计算实验标准偏差 s ，即激光测平仪的重复性。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 \right)} \quad (1)$$

式中:

s ——重复测量实验标准偏差, mm/m;

d_i ——第 i 次测量的测量值, mm/m;

\bar{d} —— n 次测量所得测量值的算术平均值, mm/m;

n ——测量次数, 次。

7.2.3 调平误差

根据 JJF 1166-2007, 按图 2 所示将激光发射器和激光接收器放在平板平面上, 调试激光平面和平板平面平行。将激光接收器放在距离激光发射器一米的位置上, 按 90° 间隔旋转激光发射器, 并记录在四个不同位置上的测量值 d_i , 将其代入公式 (2) 计算仪器调平误差 e 。

$$e = \left| \frac{d_0 + d_{90} + d_{180} + d_{270}}{4} \right| + \sqrt{\left(\frac{d_0 - d_{180}}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_{90} - d_{270}}{2} \right)^2} \quad (2)$$

式中:

$d_0, d_{90}, d_{180}, d_{270}$ ——各个位置的测量值, mm/m;

e ——调平误差, mm/m。

7.2.4 平面度测量重复性

将激光发射器和激光接收器放在平板平面上, 调试激光平面和平板平面平行。在平板平面上以平板中心为圆点, 画出两个 $\Phi 900$ mm 和 $\Phi 600$ mm 的圆, 在每个圆周上均匀地标出八个点。在被校激光测平仪操作软件上输入相关设置后, 开始在每个测量点进行测量, 完成所有 16 个点的测量后, 选择数据处理方式为“最佳参考分析”, 软件自动计算平板平面度测量值 P_i , 共测量十次, 得到 s 次平面度的测量值, 按照贝塞尔公式 (3) 计算实验标准偏差 $s(P)$, 即激光测平仪平面度测量的重复性。

$$s(P) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \right)} \quad (3)$$

式中:

$s(P)$ ——平面度重复测量实验标准偏差, mm;

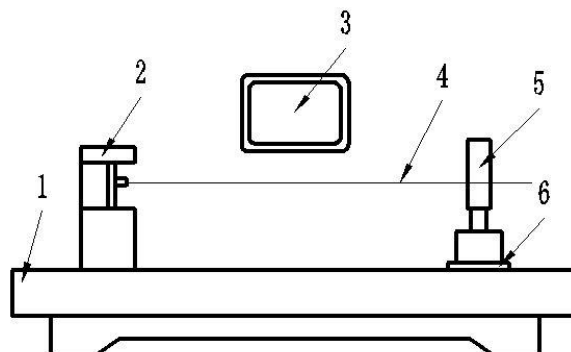
P_i ——第 i 次平面度测量值, mm;

\bar{P} —— n 次平面度测量值的算术平均值, mm;

n ——测量次数。

7.2.5 示值误差

7.2.5.1 示值误差校准示意图见图 3。



1-平板；2-激光发射器；3-平板电脑；4-激光平面；5-激光接收器；6-专用量块

图 3 示值误差校准示意图

7.2.5.2 用专用量块测量。校准点的分布：对于激光接收器接收范围在 ± 30 mm 内的激光测平仪，选定校准点为 3.65 mm、7.30 mm、10.95 mm、14.60 mm、18.25 mm、21.90 mm、25.55 mm、29.60 mm、-3.65 mm、-7.30 mm、-10.95 mm、-14.60 mm、-18.25 mm、-21.90 mm、-25.55 mm、-29.60 mm。根据激光接收器接收范围的不同选取最多的测量点进行校准，不少于六点。

7.2.5.3 激光接收器接收范围内正值校准点的测量：按照 7.2.2 的方法调试被测激光测平仪，按图 3 的方法，激光发射器放在平板平面一端，将专用量块先放在平板平面另一端，激光接收器放在专用量块上。选取相应高度的专用量块依次进行测量，每个校准点测量三次，以三次测量值的平均值作为该校准点的测量结果 d_x ，减去专用量块的标称值 d_s ，得到该校准点的示值误差 Δ ，参见公式（4）。

7.2.5.4 激光接收器接收范围内负值校准点的测量：按照 7.2.2 的方法调试被测激光测平仪，按图 3 的方法，激光接收器放在平板平面一端，将专用量块先放在平板上另一端，激光发射器放在专用量块上。选取相应高度的专用量块依次进行测量，每个校准点测量三次，以三次测量值的平均值作为该校准点的测量结果 d_x ，减去专用量块的标称值 d_s ，得到该校准点的示值误差 Δ ，按公式（4）计算。将测量结果记录在校准原始记录中，原始记录的格式参见附录 B。

$$\Delta = d_x - d_s \quad (4)$$

式中：

Δ ——测量值的示值误差，mm；

d_x ——校准点的测量值，mm；

d_s ——专用量块的标称值，mm。

8 校准结果表达

校准结束后出具校准证书, 推荐校准证书内页格式见附录 C。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出, 并给出测量不确定度, 不确定度评定示例见附录 D。校准证书至少包含以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- 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和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果有效性应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 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) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议不超过一年。

附录 A

专用量块的技术要求

A.1 推荐的专用量块

A.1.1 专用量块的结构示意图见图 A.1。

A.1.2 材料：GCr15。

A.1.3 测量面与非测量面不应有锈迹、划痕碰伤。

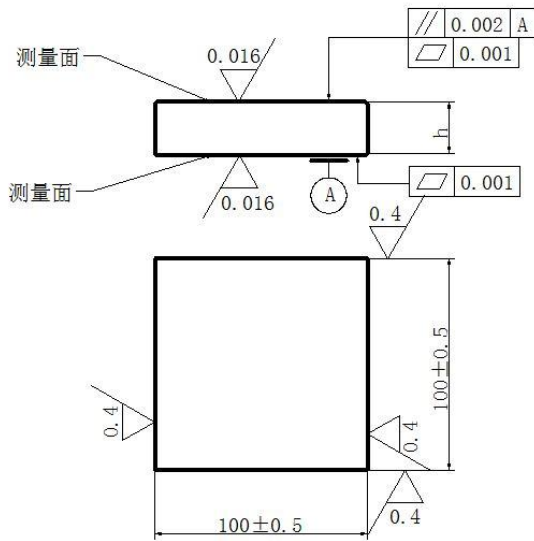


图 A.1 专用量块的结构示意图

A.2 推荐的专用量块的其他技术要求

推荐的专用量块的其他技术要求见表 A.1。

表 A.1 推荐的专用量块的其他技术要求

序号	高度 h	高度最大允许误差	测量面的表面粗糙度 Ra	测量面间的平行度	测量面的平面度
1	3.65 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
2	7.30 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
3	10.95 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
4	14.60 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
5	18.25 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
6	21.90 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
7	25.55 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm
8	29.60 mm	±0.002 mm	≤0.016 μm	≤0.002 mm	≤0.001 mm

附录 B

激光测平仪校准原始记录格式

第 页 共 页

委托单位：	校准证书编号：	
委托单位地址：	校准日期： 年 月 日	
仪器名称：	依据文件：	
出厂编号：	制造商：	
型号规格：	仪器状况：	
校准地点：	温度： ℃	相对湿度： %

校准用主要计量标准器具：

名称	出厂编号	测量范围	测量不确定度/准确度等级/最大允许误差	溯源单位	证书编号	有效期

测量结果

一、重复性单位: mm/m										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>s</i>
二、调平误差单位: mm/m										
<i>d</i> ₀		<i>d</i> ₉₀		<i>d</i> ₁₈₀		<i>d</i> ₂₇₀		<i>e</i>		
三、平面度测量重复性单位: mm										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>s</i> (<i>P</i>)
四、示值误差										
专用量块 标定值	测量值			平均值	示值误差	测量不确定度 <i>U</i>				
	第一次	第二次	第三次							
29.60 mm										
25.55 mm										

21.90 mm						
18.25 mm						
14.60 mm						
10.95 mm						
7.30 mm						
3.65 mm						
-3.65 mm						
-7.30 mm						
-10.95 mm						
-14.60 mm						
-18.25 mm						
-21.90 mm						
-25.55 mm						
-29.60 mm						

校准人：

核验人：

附录 C

校准证书内页格式

证书编号××××××-×××××

校准结果

第 页 共 页

重复性			
调平误差			
平面度测量重复性			
示值误差			
标准值/mm	测量值/mm	示值误差/mm	测量不确定度 U/mm ($k=2$)

附录 D

示值误差测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量标准器

测量标准器包含：

- a) 专用量块：标称值 3.65 mm，高度最大允许误差： ± 0.002 mm；
- b) 平板：规格（1 600×1 000）mm，0 级。

D.1.2 被测对象

激光测平仪：测量范围：22 mm，最大允许误差 $\pm (0.002 + 0.5\% d_x)$ mm。

D.1.3 测量方法

依据 7.2.3 测量 3.65 mm 专用量块为例进行测量不确定度评定。将激光发射器放在标准平板上一端，在激光发射器 1 m 处放置专用量块，激光接收器放在专用量块上，开机进行测量，记录被测仪器测量值。

D.2 测量模型

设 d_s 为专用量块标称值， d_x 为被测激光测平仪的显示值。在标准条件下，温度、湿度等影响可忽略，示值误差按式 (D.1) 计算。

$$\Delta = d_x - d_s \quad (\text{D.1})$$

考虑到平板的平面度误差对测量结果的影响，得到如下测量模型公式 (D.2)。

$$\Delta = d_x - d_s + \delta \quad (\text{D.2})$$

式中：

Δ ——被测激光测平仪平面度示值误差，mm；

d_x ——被测测量值，mm；

d_s ——专用量块标称值，mm；

δ ——平板平面度误差影响，mm。

D.3 标准不确定度评定

D.3.1 被测激光测平仪示值重复性引入的标准不确定度 $u(d_x)$

专用量块标称值为 3.65 mm，被测激光测平仪在重复性测试条件下进行测量，重复测量十次，得到数据见表 D.1。

表 D.1 测量值重复性测量数据

第 i 次 测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值 \bar{d}
测量值 d_i/mm	3.654	3.659	3.652	3.653	3.654	3.650	3.653	3.654	3.658	3.651	3.654

单次测量值的实验标准偏差为:

$$s(d_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 \right)} = 0.0028 \text{ mm}$$

被校激光测平仪的测量值由三次读数的平均值得到, 故由测量重复性引起的标准不确定度用下式计算得到:

$$u(d_x) = \frac{s(d_k)}{\sqrt{3}} = \frac{0.0028}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0016 \text{ mm}$$

D.3.2 由专用量块引入的标准不确定度 $u(d_s)$

用 B 类方法评定。专用量块经法定计量技术机构校准, 确认合格。其最大允许误差为: $\pm 0.002 \text{ mm}$, 其半宽度 $a = 0.002 \text{ mm}$, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(d_s) = \frac{a}{k} = \frac{0.002}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0011 \text{ mm}$$

D.3.3 由平板引入的标准不确定度 $u(\delta)$

用 B 类方法评定。根据 JJG 117-2013 平板检定规程规定, (1 600×1 000) mm、0 级平板工作面平面度允许限为 $8 \mu\text{m}$, 则不确定度区间半宽度为 $a = 0.004 \text{ mm}$, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则由平板引入的标准不确定度为:

$$u(\delta) = \frac{a}{k} = \frac{0.004}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0023 \text{ mm}$$

D.4 合成标准不确定度

D.4.1 标准不确定度的汇总

标准不确定度汇总见表 D.2。

表 D.2 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度 $u(x_i)$	$u(x_i) / \text{mm}$	概率分布	灵敏系数 c_i	输出量的不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i) / \text{mm}$
被测激光测平仪测量值重复性引入的标准不确定度 $u(d_x)$	0.0016	正态	1	0.0016
由专用量块误差引入标准不确定度 $u(d_s)$	0.0011	均匀	-1	0.0011

表 D. 2 (续)

输入量的标准不确定度 $u(x_i)$	$u(x_i) / \text{mm}$	概率分布	灵敏系数 c_i	输出量的不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i) / \text{mm}$
由平板工作面平面度引入的标准不确定度 $u(\delta)$	0.0023	均匀	1	0.0023

D.4.2 计算合成标准不确定度

以上各项输入量是互不相关的，所以合成标准不确定度计算为：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.0016^2 + 0.0011^2 + 0.0023^2} = 0.0030 \text{ mm}$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c(\Delta) = 2 \times 0.0030 \text{ mm} = 0.006 \text{ mm}$$

所以被校激光测平仪在 3.65 mm 校准时示值误差的扩展不确定度为： $U=0.006 \text{ mm}$ ； $k=2$ 。

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

激光测平仪校准规范

JJF（兵工民品）0032—2023

版权所有 不得翻印