



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 765—1992

平面标准器

Flatness Standard

1992-02-15 发布


1992-08-01 实施

国家技术监督局 发布

平面标准器检定规程

Verification Regulation of

Flatness Standard



JJG 765—1992

本检定规程经国家技术监督局于 1992 年 02 月 15 日批准，并自 1992 年 08 月 01 日起施行。

归口单位： 航空航天工业部三〇四研究所

起草单位： 航空航天工业部三〇四研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

苏铁志 （航空航天工业部三〇四研究所）

参加起草人：

陈奇清 （航空航天工业部三〇四研究所）

目 录

一 概述	(1)
二 检定项目和检定条件	(1)
三 技术要求和检定方法	(2)
四 检定结果的处理和检定周期	(7)
附录 四面互检时计算检定方法误差实例 (平面标准器总不确定度)	(8)

平面标准器检定规程

本规程适用于建标后作量值传递的平面标准器的周期检定。

一 概 述

平面标准器包括标准平面等倾干涉仪、 $\phi 150$ mm 平面标准平晶组及 210 mm 长平晶组。

平面等倾干涉仪是用来检测平面平晶、长平晶、研磨面平尺平面度的一种高精度平面测量光学仪器，其光学原理如图 1。

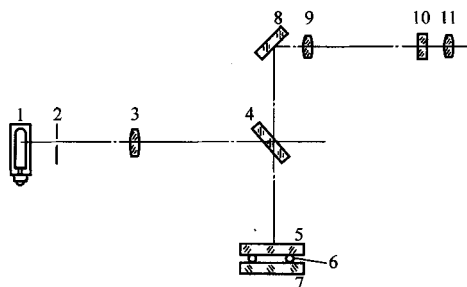


图 1

- 1—光源（钠光灯）；2—小孔光阑；3—透镜；4—半反射镜；
5—上平晶；6—钢球支承架；7—下平晶；8—半透半反镜；
9—物镜；10—目镜分划板；11—目镜

标准平晶组是用来传递工作平晶用的高精度平面标准。

长平晶组是用来传递研磨面平尺平面度的标准。

二 检定项目和检定条件

1 平面标准器受检项目和主要检定工具列于表 1（主要影响平面标准器测量准确度的基本技术指标）。

2 检定平面标准器时室内温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。检定标准平晶时应放在检定室内时间不少于 30 h，放置在检定仪器内等温时间不少于 2 h。平晶标准器的综合误差检定时室温变化在 24 h 内应不大于 1°C ，在 1 h 的变化应不大于 0.1°C 。

表 1

序号	检 定 项 目	主 要 检 定 工 具
1	等倾干涉仪测微目镜的示值误差及回程误差	万能工具显微镜
2	等倾干涉仪纵向手轮示值误差及回程误差	300 mm 标准尺
3	等倾干涉仪接长筒的作用	长平晶
4	标准干涉环直径 D_0 值的标准偏差	210 mm 长平晶及 $\phi 150$ mm 平晶及对应支承架
5	等倾干涉仪干涉条纹小数测量的重复性	210 mm 长平晶及 $\phi 150$ mm 平晶及对应支承架
6	标准平晶的平面度	工作计量器具等倾干涉仪
7	$\phi 150$ mm 标准平晶二截面平面度差	工作计量器具等倾干涉仪
8	标准平晶的局部平面度	平面等倾干涉仪及 $\phi 60$ mm 一级平晶
9	标准平晶的稳定度	观察数据
10	平面标准器的总不确定度	平面等倾干涉仪标准平晶组

三 技术要求和检定方法

3 等倾干涉仪测微目镜的示值误差及回程误差

3.1 要求

在整个行程 8 mm 范围内应不大于 0.01 mm，回程误差应不大于 0.005 mm。

3.2 检定方法

在万能工具显微镜上检定，首先将仪器的测微目镜从仪器上取下，旋下它的目镜头后放置在万能工具显微镜的玻璃台上固定好。调整工作台使测微目镜分划板上的十字线移动方向平行，再将测微鼓轮对零。万能工具显微镜工作台再纵向移动，使测微鼓轮分划板十字刻线的中心在万能工具显微镜上读出零位的读数。然后依次将测微鼓轮对在 1, 2, 3, 3.5, 3.75, 4, 4.55, 6, 7, 8 mm 等点上，并依次在万能工具显微镜上分别读出以上位置的读数，每个读数减去零位点的读数即为该点的实际值。测微鼓轮上的受检点的标称值与实际值之差即为该点的示值误差。

回程误差是在上述检定正行各点检测后，再以最后一点对零。按上述各点反向转动

鼓轮得到其反向读数。正反两次同一点的读数差，即为该点的回程误差。其测量次数应不少于3次，取3次平均值定为回程误差。

4 等倾干涉仪纵向手轮示值误差及回程误差

4.1 要求

在180 mm内示值误差不大于0.1 mm，300 mm内不大于0.15 mm，回程误差不大于0.1 mm。

4.2 检定方法

将300 mm标准尺放在检310 mm长平晶支承架的工作台上，取下测微目镜接上接长管，调整测微目镜的位置，以便在视野内看清毫米标准尺上的刻度。调整标准尺使其刻度与工作台运动方向平行，再将手轮0刻线对准指标线。用测微目镜的测微螺旋副移动分划板上的十字线，使其与毫米标准尺的起始零刻线对准，然后移动工作台，每隔30 mm检一点，在手轮刻度上读出手轮的示值误差。手轮刻度的示值误差取与标准尺刻度值的最大差值确定。

手轮示值的回程误差由在正反行程同一点上的读数差值确定。其方法同3.2款。

5 等倾干涉仪接长筒的作用

5.1 要求

测微目镜配上接长筒。调节其位置使在工作台的不同高度位置上能看到长平晶非工作面上的十字刻线，最低位置是将长平晶工作面朝上放在长平晶支承架100 mm处。当按长平晶检定状况，应能在视野同时看见上下两长平晶的十字刻线。

5.2 检定方法

试验与观察

6 标准干涉环直径 D_0 值的标准偏差

6.1 要求

应不大于仪器本身给定的 D_0 值，不确定度0.01 mm。

6.2 检定方法

分别将 $\phi 150$ mm 平面平晶及210 mm长平晶支承架安装在等倾干涉仪上，放上相应的平晶后，测量视场内离中心最近较清楚两环的直径，并按式(1)求出 D_0

$$D_0 = \sqrt{D_{i+1}^2 - D_i^2} \quad (1)$$

式中： D_0 ——标准干涉环直径；

D_i ——内圈干涉环直径；

D_{i+1} ——外圈干涉环直径。

在10个不同干涉级的情况下，进行 D_0 的测量，并以10次测量结果的平均值作为其 D_0 值。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (D_{0i} - \bar{D}_0)^2}{90}} \quad (2)$$

式中： D_{0i} ——每次测量得 D_0 值；

\bar{D}_0 ——10 次 D_0 值的平均值。

其中由 (2) 式算得的 3σ 不大于 0.01 mm。

7 等倾干涉仪干涉环条纹小数测量的重复性

7.1 要求

重复性 3σ 应不超过 0.025 干涉级。

7.2 检定方法

在 3 种不同干涉级的情况下重复测量 10 次干涉环直径，并求出干涉级数，再按下式计算

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (K_i - \bar{K})^2}{9}} \quad (3)$$

式中： K_i ——干涉级测量计算值 $K_i = \left(\frac{D_i}{D_0}\right)^2$ ；

\bar{K} ——干涉级 10 次平均值。

最大重复性 (3σ) 应不超过 0.025 干涉级。

8 标准平晶的平面度

8.1 要求

对于 $\phi 150$ mm 的标准平晶平面度不应大于 $0.03 \mu\text{m}$ 。对于 210 mm 长平晶无自重变形的平面度在 $-0.3 \sim 0 \mu\text{m}$ 范围内。

8.2 检定方法

$\phi 150$ mm 标准平晶在平面等倾干涉仪上用在 1 级平晶中选出的平面度较好的四块平晶，以四面互检法检定。长平晶选平面度较好的四块长平晶进行。

$\phi 150$ mm 平晶被检两个截面应与刻字位置成 45° 角，每个截面的方向如图 2 所示。

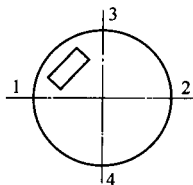


图 2

对长平晶应按非工作面上刻有的十字线位置进行四面互检法检定。

按四面法互检时，应采用规格相同的序号为 1, 2, 3, 4 四块平晶或长平晶依次组合 6 次。

按 1-2, 1-3, 2-3, 1-4, 2-4, 3-4 组合。

两两叠合的 i 点测得值分别设为 $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i$, 每块平晶在该点的计算值分别设为 I_i, II_i, III_i, IV_i , 由此可得出如下方程组:

$$\begin{cases} I_i + II_i = A_i \\ I_i + III_i = B_i \\ I_i + IV_i = C_i \\ II_i + III_i = D_i \\ II_i + IV_i = E_i \\ III_i + IV_i = F_i \end{cases}$$

$$\begin{aligned} I_i &= \frac{2(A_i + B_i + C_i) - (C_i + E_i + F_i)}{6} \\ II_i &= \frac{2(A_i + D_i + E_i) - (B_i + C_i + F_i)}{6} \\ III_i &= \frac{2(B_i + D_i + F_i) - (A_i + C_i + E_i)}{6} \\ IV_i &= \frac{2(C_i + E_i + F_i) - (A_i + B_i + D_i)}{6} \end{aligned} \quad (4)$$

可解得四块平晶在某一截面直径方向上第 i 点计算值。同理可求得另一截面直径方向上平晶各点的计算值。四块平晶的平面度, 按求得各点的计算值统一坐标中最大值与最小值之差来确定。其每块平晶的平面度应取两个截面中平面度最大值作为该块平晶的平面度。

对于长平晶只测一个截面。

在平面等倾干涉仪上检定标准平晶时, 将一块平晶工作面朝上, 放在仪器工作台上的专用支承圈上; 再放上另一个平晶专用支承圈, 然后将另一块平晶工作面朝下放在该支承圈上。两块被检平晶之间由 3 个支承钢球支承形成一个平行空气层, 它位于等倾干涉仪光路中的聚焦点附近并与光轴垂直。这时在干涉仪目镜里可观察到一组等倾干涉环。调整工作台支承螺钉, 使干涉环处于分划板十字线中心。将工作台从一端移至另一端时, 两端干涉环的级数变化不应超过一个干涉级, 支承圈上的 3 个支承点应与仪器工作台上另一个支承圈的三个支承点重合。调整好测量位置, 将仪器保温门关上, 按要求平衡温度后进行测量。测量时对于 $\phi 150$ mm 平晶按 $+70, +48, 0, -48, -70$ 五个点进行检定。长平晶按十字刻线每 30 mm 检定一点。

9 $\phi 150$ mm 标准平晶两个截面平面度差

9.1 要求

$\phi 150$ mm 标准平晶两个截面直径方向上的平面度之差不大于 $0.015 \mu\text{m}$ 。

9.2 检定方法

在第8款检定 $\phi 150$ mm标准平晶平面度时,求得两个截面的平面度,其二者之差即为两个截面的平面度差。

10 标准平晶的局部平面度

10.1 要求

对于 $\phi 150$ mm的标准平晶,在 $\frac{2}{3}D$ 范围内平面度不大于 $0.015 \mu\text{m}$;对于210 mm的长平晶在任意60 mm范围内平面度不大于 $0.1 \mu\text{m}$ 。

10.2 检定方法

同8款。

对于 $\phi 150$ mm的标准平晶,应计算+48, 0, -48范围内的平面度值。对于210 mm长平晶应计算相邻3个测定点范围的平面度。

11 标准平晶的稳定度

11.1 要求

标准平晶的平面度必须稳定。年变化量应不大于 $0.010 \mu\text{m}$ 。要求有连续3年的检定证书。

对于210 mm长平晶,两个周期检定的平面度之差应不大于 $0.015 \mu\text{m}$ 。

11.2 检定方法

查对3年检定数据。

12 平面标准器的总不确定度

12.1 要求

12.1.1 必须各有一组(四块) $\phi 150$ mm标准平晶组及210 mm的长平晶组,其中应各有一块上级计量部门溯源比时有各点具体平面度值的标准平晶,在用四面法组合检定中,与标准平晶其各点差值应小于 $0.01 \mu\text{m}$ 。

12.1.2 对于标准平晶组在平面等倾干涉仪上四面互检的总不确定度不大于 $0.010 \mu\text{m}$ 。

12.2 检定方法

按8款要求进行检定。检定出两个截面和各点平面度值应和参考标准平晶两个截面同一点平面度值比较,其差值应符合上述要求。其不确定度计算可将式(4)的计算结果代入原来的6个测量方程式中,可得6个残差。

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{1i} = I_i + II_i - A_i \\ \delta_{2i} = I_i + III_i - B_i \\ \delta_{3i} = I_i + IV_i - C_i \\ \delta_{4i} = II_i + III_i - D_i \\ \delta_{5i} = II_i + IV_i - E_i \\ \delta_{6i} = III_i + IV_i - F_i \end{array} \right. \quad (5)$$

两块平晶平面度之和的测量不确定度 σ ，由公式 (6) 计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^6 \delta_{ji}^2}{2n}} \quad (6)$$

每块平晶平面度的测量不确定度为

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{P}}$$

式中： P ——测量结果的权数，4 块互检 $P = \frac{12}{5}$ ；

n ——截面的被测点数，4 块互检 $n = 5$ 。

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{\frac{12}{5}}} \quad (7)$$

总不确定度 $3S$ 应不超过 $0.010 \mu\text{m}$ 。

四 检定结果的处理和检定周期

13 经检定符合本规程要求的平面标准器应出具计量标准器检定证书。不符合本规程要求的不能作为平面标准器，填发检定结果通知书。

14 平面标准器应两年溯源比对一次，以确保量值传递的准确、可靠。

四面互检时计算检定方法误差实例 (平面标准器总不确定度)

平晶四块互检检定记录 (任一截面)

送检单位: 标准比对 规格: $\phi 150$ 温度: $(20 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 标准平晶: 四块互检 干涉环标准直径: 3.96 mm

互检编号: (1) 82-03/68016 (2) 72048/68016 (3) 68016/64016

(4) 72048/82-03 (5) 82-03/64016 (6) 72048/64016

互检 次序	检定 位置	干涉环直径 (mm)			干涉环级数		$c_i = k_i - k_0$	$\frac{i}{n} c_n$	$d_i = c_i - \frac{i}{n} c_n$	2块互检 $\Delta_i = d_i \cdot \frac{\lambda}{2}$
		a_1	a_2	$d = a_1 - a_2$	k_i					
(1) 82-03/68016	+70	6.39	1.45	4.84	-0.56	0	0	0	0	0
	+48	6.35	1.25	4.83	-0.49	+0.07	+0.010	-0.03	-0.008 9	
	0	6.22	1.65	4.57	-0.33	+0.23	+0.35	-0.12	-0.035 4	
	-48	5.95	1.97	3.98	-0.01	+0.55	+0.58	-0.03	-0.008 9	
	-70	5.80	2.10	3.70	+0.13	+0.69	+0.69	0	0	
	+70	6.38	1.52	4.86	-0.51	0	0	0	0	
	+48	6.24	1.70	4.54	-0.31	+0.20	+0.12	+0.08	+0.023 6	
(2) 72048/68016	0	6.03	1.91	4.12	-0.08	+0.43	+0.37	+0.06	+0.017 7	
	-48	5.73	2.18	3.55	-0.20	+0.71	+0.62	+0.09	+0.026 6	
	-70	5.70	2.22	3.48	+0.23	+0.74	+0.74	0	0	

续表

互检 次序	检定 位置	干涉环直径 (mm)			干涉环级数 k_i	$c_i = k_i - k_0$	$\frac{i}{n} c_n$	$d_i = c_i - \frac{i}{n} c_n$	2块互检 $\Delta_j = d_i, \frac{\lambda}{2}$
		a_1	a_2	$d = a_1 - a_2$					
(3) 64016/68016	+70	6.62	1.20	5.24	-0.87	0	0	0	0
	+48	6.47	1.33	5.14	-0.68	+0.19	+0.16	+0.03	+0.008 9
	0	6.21	1.61	4.60	-0.35	+0.52	+0.52	0	0
	-48	5.86	1.96	3.90	+0.03	+0.90	+0.88	+0.02	+0.005 9
	-70	5.72	2.12	3.60	+0.17	+1.04	+1.04	0	0
	+70	6.56	1.60	4.96	-0.57	0	0	0	0
(4) 72048/82-03	+48	6.37	1.80	4.57	-0.33	+0.24	+0.11	+0.13	+0.038 4
	0	6.16	2.00	4.16	-0.10	+0.47	+0.36	+0.11	+0.032 5
	-48	5.88	2.27	3.61	+0.17	+0.74	+0.61	+0.13	+0.038 4
	-70	5.91	2.25	3.66	+0.15	+0.72	+0.72	0	0
	+70	6.63	1.52	5.11	-0.67	0	0	0	0
	+48	6.61	1.57	5.04	-0.62	+0.05	+0.04	+0.01	+0.003 0
(5) 82-03/64016	0	6.57	1.62	4.95	-0.56	+0.11	+0.13	-0.02	-0.005 9
	-48	6.43	1.71	4.72	-0.42	+0.25	+0.21	+0.04	+0.011 8
	-70	6.43	1.71	4.72	-0.42	+0.25	+0.25	0	0
	+70	6.76	1.44	5.32	-0.80	0	0	0	0
	+48	6.58	1.65	4.93	-0.55	+0.25	+0.11	+0.14	+0.041 3
	0	6.35	1.86	4.49	-0.29	+0.51	+0.35	+0.16	+0.047 2
(6) 72048/64016	-48	6.17	2.06	4.11	-0.08	+0.72	+0.59	+0.13	+0.038 4
	-70	6.16	2.01	4.15	-0.10	+0.70	+0.70	0	0

设 x (68016), y (64016), z (72048), m (82-03) 分别为 I、II、III、IV 按式 (4) 解得: (单位: μm) 每块平晶的平面度偏差如下:

0	0	0	0
I	II	III	IV
{	{	{	{
- 0.006 6	+ 0.007 4	+ 0.034	- 0.002 2
- 0.017 4	+ 0.013 5	+ 0.039	- 0.015 0
- 0.005 6	+ 0.011 0	+ 0.033	+ 0.001 7
}	}	}	}
0	0	0	0

计算方法试差: 按式 (5) 解得残差如下:

① $\delta_1 = -0.005 4$	① $\delta_2 = 0.002 4$	① $\delta_3 = 0.003 4$	① $\delta_4 = 0.002 3$
① $\delta_5 = -0.003$	① $\delta_6 = -0.005 5$		
② $\delta_1 = -0.003 7$	② $\delta_2 = 0.003 8$	② $\delta_3 = 0.000 1$	② $\delta_4 = 0.000 1$
② $\delta_5 = 0.003 7$	② $\delta_6 = -0.003 6$		
③ $\delta_1 = -0.002 0$	③ $\delta_2 = -0.000 7$	③ $\delta_3 = -0.002$	③ $\delta_4 = 0.001 2$
③ $\delta_5 = -0.000 5$	③ $\delta_6 = -0.002 2$		

按 (7) 式解得 $S \approx 0.002 569$

平面标准器总不确定度为 0.007 7。