



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 28—2019

平

晶

Optical Flats

2019-09-27 发布

2020-03-27 实施

国家市场监督管理总局 发布

订单号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

上海星庆光学仪器有限公司 专用

平晶检定规程

Verification Regulation of Optical Flats

JJG 28—2019
代替 JJG 28—2000

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：湖南省计量检测研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：苏州慧利仪器有限责任公司

中国兵器工业第 205 研究所

本规程委托全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

陈 勇（湖南省计量检测研究院）

张 恒（中国计量科学研究院）

曾 琰（湖南省计量检测研究院）

刘丽娟（湖南省计量检测研究院）

参加起草人：

韩 森（苏州慧利仪器有限责任公司）

柏文琦（湖南省计量检测研究院）

王生云（中国兵器工业第 205 研究所）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(3)
4.1 平行度	(3)
4.2 工作面平面度	(3)
4.3 非工作面的平面度	(4)
4.4 稳定性	(4)
5 通用技术要求	(5)
5.1 外观及表面质量	(5)
5.2 外形尺寸	(5)
5.3 长平晶十字刻线位置	(6)
5.4 两端面夹角	(6)
5.5 工作面与圆柱母线的垂直度	(7)
6 计量器具控制	(7)
6.1 检定项目和主要检定设备	(7)
6.2 检定条件	(7)
6.3 检定方法	(9)
6.4 检定结果处理	(12)
6.5 检定周期	(12)
附录 A 平晶表面疵病的尺寸及数量	(13)
附录 B 相移式激光等厚干涉测量法	(15)
附录 C 等厚干涉测量法	(18)
附录 D 等倾干涉测量法	(20)
附录 E 四面互检法检定长平晶数据处理示例	(22)
附录 F 长平晶自重变形量	(25)
附录 G 检定证书和检定结果通知书内页格式	(27)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规程修订工作的基础性系列技术法规。

本规程与 JJG 28—2000《平晶》相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

——更正了 JJG 28—2000《平晶》的印刷错误：

JJG 28—2000 6.3.8.2b) 中式 (6)： $u_2 = \sqrt{\frac{5}{12}}u_1$ ，更正为： $u_b = \sqrt{\frac{5}{12}}u_a$ [见现版式 (5)]；

JJG 28—2000 附录 C 中表 C.1 的表头第 8 列： $E_i = (L_i/L_n) K_n$ ，更正为： $E_i = (L_i/L_n) \Delta K_n$ (见现版表 E.1)；

JJG 28—2000 附录 D 中式 (D.2)： $\Delta F = \left(\frac{d^2}{96}\right) \times F_{96}$ ，更正为： $\Delta F = \left(\frac{d}{96}\right)^2 \times F_{96}$ [见现版式 (C.2)]。

——310 mm 长平晶两次周期检定平面度之差从 0.020 μm 放宽为 0.030 μm (见 4.4)。

——依据 JJG 146—2011《量块》，取消了 6 等量块，改用 5 等量块 (见 6.3.2)。

——取消了平行平晶平行度在激光平面等厚干涉仪上检定的方法。

——增加相移式等厚测量装置的结构概述、测量方法 (见附录 B) 等相关内容。

——增加标准平晶 F_{96} 范围内的平面度计算方法 (见附录 C)

本规程的历次版本发布情况：

——JJG 28—2000；

——JJG 28—1991；

——JJG 28—1980。

平晶检定规程

1 范围

本规程适用于平晶（包括平面平晶、平行平晶和长平晶）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

GB/T 903—2019 无色光学玻璃

JB/T 7401—1994 平面平晶

JB/T 7402—1994 平行平晶

ISO 14999-4: 2015 (E) 光学和光子学 光学元件和光学系统的干涉仪测量 第 4 部分：在 ISO 10110 中所明确规定的公差说明和评价 (Optics and photonics—Interferometric measurement of optical elements and optical systems—Part 4: Interpretation and evaluation of tolerances specified in ISO 10110)

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

3 概述

平晶是以光波干涉法测量平面度、直线度、研合性以及平行度的计量器具，包括平面平晶、平行平晶和长平晶。平面平晶按工作面数可分为单工作面平晶和双工作面平晶，其外形示意图 1；按用途又可分为标准平晶和工作平晶两大类，标准平晶分为一、二等，工作平晶分为一、二级。

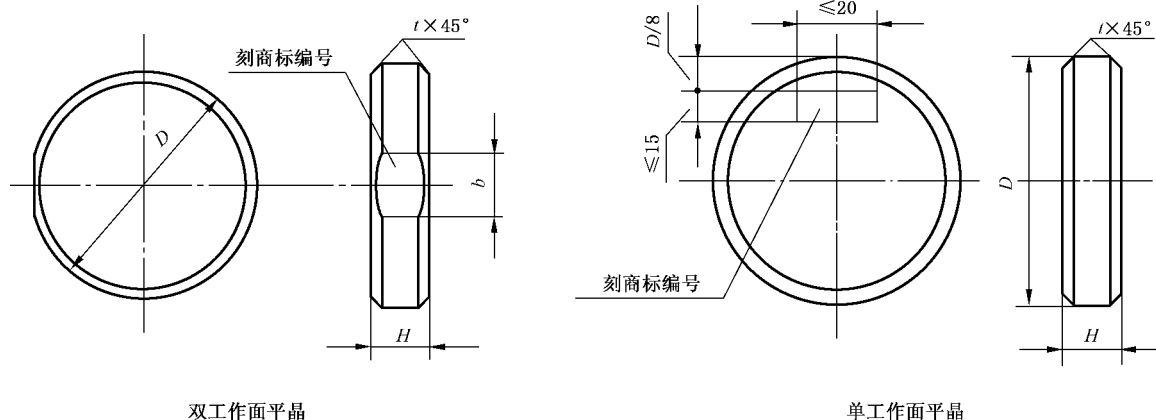


图1 平面平晶示意图

D —直径； t —倒角厚度； H —厚度； b —宽度

平行平晶按尺寸分为4个系列，每个系列中尺寸相邻的4块可组成1套，其外形示意图见图2。

长平晶按尺寸分别为210 mm和310 mm 2种，其外形示意图见图3。

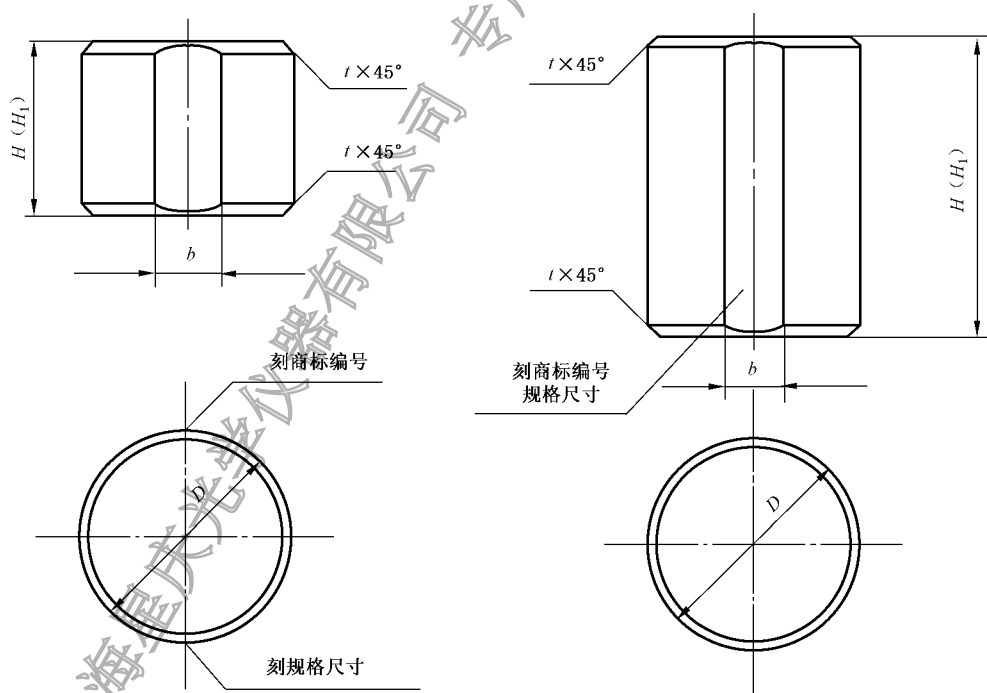


图2 平行平晶示意图

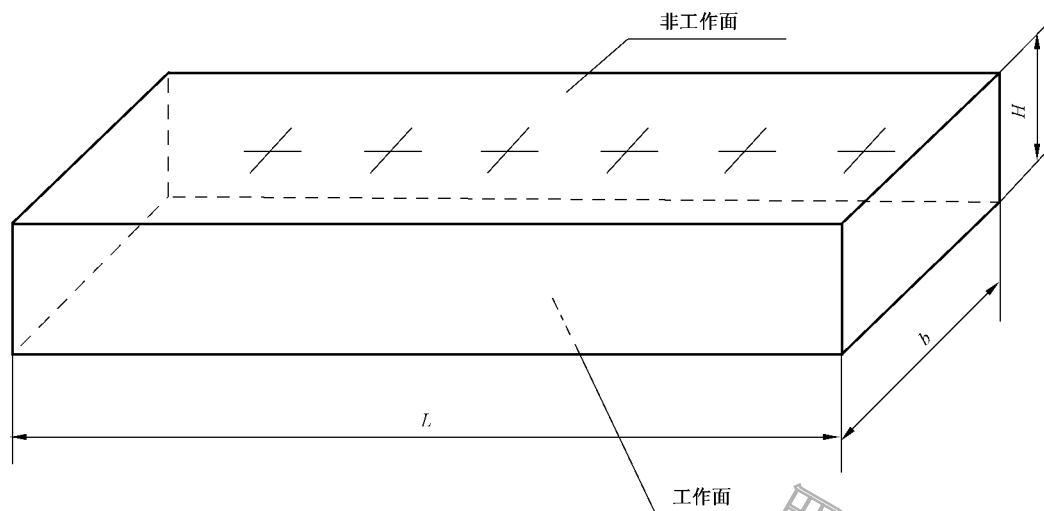


图3 长平晶示意图

L —长度； H —厚度； b —宽度

4 计量性能要求

4.1 平行度

平行平晶两工作面的平行度要求见表1。

表1 平行平晶两工作面的平行度

系列	两工作面的平行度/ μm
I, II	0.6
III	0.8
IV	1.0

4.2 工作面平面度

4.2.1 平面平晶工作面的平面度

一级、二级平面平晶工作面的平面度见表2。

表2 工作平面平晶工作面的平面度

规格 mm	有效直径 (d) mm	平面度/ μm			
		一级		二级	
		d 范围内	$(2/3)d$ 范围内	d 范围内	$(2/3)d$ 范围内
30	25	0.03	—	0.10	0.05
45	39	0.03	—	0.10	0.05
60	54	0.03	—	0.10	0.05
80	72	0.05	0.03	0.10	0.05
100	92	0.05	0.03	0.10	0.05

订购号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

表 2 (续)

规格 mm	有效直径 (d) mm	平面度/ μm			
		一级		二级	
		d 范围内	$(2/3) d$ 范围内	d 范围内	$(2/3) d$ 范围内
150	140	0.05	0.03	0.10	0.05
200	188	0.08	0.05	0.12	0.06
注: 1 $(2/3) d$ 指直径为有效直径 d 的 $2/3$, 且在平晶的中心部位区域。 2 工作平晶在有效直径外允许塌边。					

一等标准平晶在 d 内的平面度不大于 $0.03 \mu\text{m}$, 任意两相互垂直截面方向的平面度之差不大于 $0.015 \mu\text{m}$, $(2/3) d$ 内的平面度不大于 $0.015 \mu\text{m}$; 二等标准平晶在 d 内的平面度不大于 $0.05 \mu\text{m}$, 任意两个相互垂直截面平面度之差不大于 $0.03 \mu\text{m}$, $(2/3) d$ 内的平面度不大于 $0.03 \mu\text{m}$ 。标准平晶在 $(2/3) d$ 内的平面度应与总偏差方向一致, 两相互垂直截面方向上的偏差方向也应一致。标准平晶的规格尺寸应不小于 $D150 \text{ mm}$ 。

4.2.2 平行平晶工作面的平面度

平行平晶工作面的平面度不大于 $0.1 \mu\text{m}$ (在有效直径外允许塌边), 中间 $(2/3) d$ 范围内的平面度不大于 $0.05 \mu\text{m}$ 。

4.2.3 长平晶工作面的平面度

长平晶工作面的平面度见表 3。

表 3 长平晶工作面的平面度

规格 mm	平面度/ μm	
	在工作长度内 (在无自重变形时)	在横向 40 mm 内
210	$-0.30 \sim 0$	0.10
310	$-0.45 \sim -0.15$	0.10
注: “—” 表示凹。		

注: 依据测量状态, 对新制造或修理后的长平晶有时还应测量其自重变形量, 测量方法和要求见附录 F。

4.3 非工作面的平面度

4.3.1 平面平晶非工作面的平面度

平面平晶非工作面的平面度 $\leq 3.0 \mu\text{m}$ 。

4.3.2 长平晶非工作面的平面度

长平晶非工作面的平面度 $\leq 1.0 \mu\text{m}$ (在任意 100 mm 内)。

4.4 稳定性

一等标准平晶两次检定周期的平面度之差不大于 $0.010 \mu\text{m}$, 二等标准平晶和

210 mm长平晶两次检定周期的平面度之差不大于 $0.020\ \mu\text{m}$ ，310 mm 长平晶两次检定周期的平面度之差不大于 $0.030\ \mu\text{m}$ 。

5 通用技术要求

5.1 外观及表面质量

平晶非工作面上应标有制造厂厂名（或厂标）、出厂编号，长平晶非工作面上还应刻有受检点位置的十字刻线，刻字、刻线应清晰。

平晶表面应无破损，玻璃材质应透明，无明显的气泡和条纹，对于新制造的和修理后的平晶表面疵病的尺寸和数量见附录 A。使用中的平晶工作面允许有不影响准确度和不损伤被测量具工作面的划痕和破损。

5.2 外形尺寸

5.2.1 平面平晶的外形尺寸

平面平晶的外形尺寸见表 4，修理后的平晶厚度尺寸 H 允许比标称尺寸小 3 mm。

5.2.2 平行平晶的外形尺寸

平行平晶的外形尺寸见表 5 的规定。对于修理后的平晶，其外形尺寸应不小于 H_1 ，但四块平晶尺寸 H 的递差必须在 $0.11\ \text{mm}\sim 0.14\ \text{mm}$ 之间。

表 4 平面平晶的外形尺寸

mm

规格	D 基本尺寸与极限偏差	H 基本尺寸与极限偏差	t 基本尺寸与极限偏差	b
30	30 ± 0.8	10 ± 1.35	$1^{+0.4}_0$	6~8
45	45 ± 0.8	15 ± 1.35	$1^{+0.4}_0$	10
60	60 ± 0.95	20 ± 1.65	$1^{+0.4}_0$	10
80	80 ± 0.95	20 ± 1.65	$1.5^{+0.4}_0$	10
100	100 ± 1.1	25 ± 1.65	$1.5^{+0.4}_0$	10
150	150 ± 1.25	30 ± 1.65	$2^{+0.4}_0$	10
200	200 ± 1.45	40 ± 1.95	$3^{+0.4}_0$	10

表 5 平行平晶的外形尺寸

mm

尺寸	极限偏差	规格尺寸系列			
		I	II	III	IV
H	± 0.01	15.00	40.00	65.00	90.00
		15.12	40.12	65.12	90.12
		15.25	40.25	65.25	90.25
		15.37	40.37	65.37	90.37

购买单位：上海星庆光学仪器有限公司
防伪编号：2026-0623-0933-2692-3026
订单号：0205260623980510

表 5（续）

尺寸	极限偏差	规格尺寸系列			
		I	II	III	IV
H	± 0.01	15.50	40.50	65.50	90.50
		15.62	40.62	65.62	90.62
		15.75	40.75	65.75	90.75
		15.87	40.87	65.87	90.87
		16.00	41.00	66.00	91.00
D	± 0.8	30	30	40	50
b		6~8	6~8	8	8
H_1		9	34	59	84
t		$1^{+0.4}_{-0}$			

5.2.3 长平晶的外形尺寸

长平晶的外形尺寸见表 6 的规定。两面角倒角为 (0.5 ± 0.1) mm，三面角倒角为 (1 ± 0.15) mm。

表 6 长平晶的外形尺寸

长平晶长度	宽度	厚度	
		新制的	修理后
210 ± 1	40 ± 1	25 ± 0.5	≥ 23
310 ± 1	40 ± 1	30 ± 0.5	≥ 27

5.3 长平晶十字刻线位置

长平晶的非工作面上有表示受检点位置的十字刻线，对于 210 mm 长平晶有 7 个十字刻线，刻线间隔为 30 mm，两端十字刻线距端面为 15 mm；对于 310 mm 长平晶两端十字刻线距端面为 20 mm，刻线间隔为 30 mm，共有 9 个间隔，另外在对称中点位置增加 1 个十字刻线，共 11 个十字刻线。

以非工作面向上，厂标刻字顺序为准，左边第 1 个十字刻线为零位十字刻线，从零位十字刻线至其他各十字刻线的距离对标称尺寸的偏差应不大于 0.1 mm，两端十字刻线距端面的距离对标称尺寸的偏差应不大于 0.2 mm，十字刻线在平晶上的位置应

5.4 两端面夹角

平面平晶工作面与其对应面夹角 α 为端面夹角，以平晶两面的厚度差表示，其极限值见表 7。

长平晶工作面与其对应面夹角，在纵向两端厚度差应不大于 0.1 mm，在横向两端厚度差应在 0.1 mm~0.2 mm 之间。

表 7 平面平晶工作面与其对应面的厚度差

平晶规格/mm	厚度差/mm
30	0.09~0.17
45	0.13~0.26
60	0.17~0.35
80	0.23~0.47
100	0.29~0.58
150	0.31~0.65
200	0.41~0.87

5.5 工作面与圆柱母线的垂直度

平行平晶工作面与圆柱母线的垂直度 $\leq 1^\circ$ 。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中的检查。

6.1 检定项目和主要检定设备

检定项目和主要检定设备见表 8。

6.2 检定条件

6.2.1 平面平晶、长平晶检定前必须放置在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和相对湿度不大于 80% 的检定室内进行等温，等温时间不少于表 9 规定。

6.2.2 平行平晶检定前必须放置在 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 和相对湿度不大于 80% 的检定室内进行等温，等温时间不少于 10 h。

表 8 检定项目和主要检定器具

序号	检定项目	主要检定器具	检定类别						
			首次 检定	后续检定		使用 中的 检查	平行 平晶	平面 平晶	长 平 晶
				修 理 后	周 期 检 定				
1	外观及表面质量	放大镜	+	+	+	+	$\triangle$	$\triangle$	$\triangle$
2	外形尺寸	游标卡尺 MPE: $\pm 0.03 \text{ mm}$; 立式光学计 MPE: $\pm 0.25 \mu\text{m}$; 5 等量块; 测长仪 MPE: $\pm (1 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6} L)$	+	+	—	—	$\triangle$	$\triangle$	$\triangle$

订购号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

表 8 (续)

序号	检定项目	主要检定器具	检定类别						
			首次 检定	后续检定		使用 中的 检查	平行 平晶	平面 平晶	长 平 晶
				修 理 后	周 期 检 定				
3	两端面夹角	百分表 MPE: 0.02 mm; 专用台架、表式卡规	+	+	—	—	*	△	△
4	十字刻线位置	万能工具显微镜 MPE: $\pm (1\ \mu\text{m} + 5 \times 10^{-5} L)$	+	+	—	—	*	*	△
5	工作面与母线 垂直度	角度规 MPE: ± 2	+	+	—	—	△	*	*
6	非工作面平面度	二级平面平晶	+	+	—	—	*	△	△
7	两工作面的平行度	立式光学计 MPE: $\pm 0.02\ \mu\text{m}$	+	+	+	+	△	*	*
8	工作面平面度	标准平晶 MPE: $\leq 0.05\ \mu\text{m}$; 相移式激光等厚干涉仪: 示值误差: $\leq \lambda/40\ \text{nm}$; 测量重复性 $PV_{10} \leq \lambda/500\ \text{nm}$; 平面等厚干涉仪: MPE: $\pm 0.02\ \mu\text{m}$; 平面等倾干涉仪: $U = \lambda/50\ \mu\text{m}$, $k = 2$	+	+	+	+	△	△	△
9	稳定性	标准平晶 MPE: $\leq 0.05\ \mu\text{m}$; 相移式激光等厚干涉仪: 示值误差: $\leq \lambda/40\ \text{nm}$; 测量重复性 $PV_{10} \leq \lambda/500\ \text{nm}$; 平面等厚干涉仪: MPE: $\pm 0.02\ \mu\text{m}$; 平面等倾干涉仪: $U = \lambda/50\ \mu\text{m}$, $k = 2$	—	—	+	—	*	△	△
注: 1 表中“+”表示应检定,“—”表示可不检定,“△”表示该类平晶有此项目,“*”表示该类平晶无此项目。 2 MPE 表示最大允许误差。									

表 9 平晶等温时间

平晶类别	平晶规格/mm	等温时间/h
平面平晶	30、45	10
	60	16
	80	18
	100	20
	150	30
	200	35
长平晶	210	40
	310	16

6.2.3 测量平面度时，平晶在仪器内等温的时间和室温变化见表 10 的规定。

表 10 平晶在仪器内等温的时间和室温变化

平晶类别	平晶规格 mm	等温时间 h	24 h 室温变化 ℃	1 h 室温变化 ℃
平面平晶	30、45、60	0.5	2.5	0.5
	80、100	1	1.5	0.2
	150、200	2	1.0	0.1
平行平晶	I，II 系列	0.5	2.5	0.5
	III，IV 系列	1	2.5	0.5
长平晶	210	1	1.0	0.1
	310	1.5	1.0	0.1

6.3 检定方法

6.3.1 外观及表面质量

以黑色屏幕为背景，在 8 W～15 W 日光灯照射下，借助 4～6 倍放大镜，目力观察。

6.3.2 外形尺寸

平行平晶中心长度尺寸 H 用 5 等量块在光学计上进行比较测量，也可以用测长仪直接测量。其他外形尺寸用游标卡尺进行测量。

6.3.3 长平晶十字刻线位置

在万能工具显微镜上测量。

6.3.4 两端面夹角

平面平晶两端面夹角用百分表和专用台架或表式卡规测量。测量时，在任意直径方向两端的读数差（端面间的厚度）的最大值作为测量结果。

长平晶两端面的夹角用分度值为 0.02 mm 的游标卡尺测量。

6.3.5 工作面与圆柱母线的垂直度

用分度值不大于 $2'$ 的角度规测量。

6.3.6 非工作面的平面度

平面平晶采用不小于被检平面平晶直径的二级平晶等厚干涉法测量，长平晶用 $D100\text{ mm}$ 二级平晶等厚干涉法测量。

6.3.7 平行度

用光学计测量时，在 4 个均匀的直径方向距边缘 1 mm 的 8 个点上进行测量，每点测量 2 次取平均值作为该点测得值，在 8 个测得值中，取其最大差值作为平行度。

也可用测量不确定度 $U \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$ ($k=3$ 或 $p=0.99$) 的其他方法进行测量。

6.3.8 工作面的平面度

平行平晶及 $D30\text{ mm} \sim D100\text{ mm}$ 工作平晶的平面度用比较测量法和绝对测量法测量。平面平晶的平面度等别在一等以下的一般用比较测量法测量，等别在一等（或二等）及更高精度的平面镜以绝对测量法测量。长平晶的平面度采用多面互检测量法在平面等倾干涉仪上测量。

6.3.8.1 比较测量法

平晶平面度比较测量可使用以下 3 种方法：1) 相移式等厚干涉测量法；2) 平面等厚干涉测量法；3) 平面等倾干涉测量法。

1) 相移式等厚干涉测量法：在相移式激光等厚干涉仪上安装、调整标准平晶与被测平晶，产生等厚干涉条纹，驱动标准平晶移动，从而产生多幅干涉图像，对其进行采集、处理和分析，求出平晶工作面的平面度（PV 值和 rms 值）。测量步骤：将一等标准平晶或精度优于一等平晶的标准平面镜安装在仪器参考镜镜架位置，被测的二等（或一级）工作平晶安装在被检测镜架（载物台）上，进行比较测量，读取相移式等厚干涉测量的平面度。相移式等厚干涉测量方法详见附录 B。

2) 平面等厚干涉测量法：用二等标准平晶与平面等厚干涉仪组成平面度标准装置，测量尺寸 $D30\text{ mm} \sim D100\text{ mm}$ 工作平面平晶，通过观测计算干涉条纹的弯曲量求出平面度（PV 值）。并以同样方法测量平行平晶平面度。等厚干涉测量方法详见附录 C。

3) 平面等倾干涉测量法：用一等标准平晶与平面等倾干涉仪组成平面度标准装置，测量尺寸 $D150\text{ mm}$ 的一级平晶；用二等标准平晶与平面等倾干涉仪组成平面度标准装置，测量尺寸 $D150\text{ mm}$ 的二级平晶。平面度的测量应在两相互垂直的方向上进行（见图 4）。计算平面度时，当所测 2 个截面平面度出现的符号相同时，取其中绝对值最大的为平面度，符号相反时，则取两者绝对值之和为平面度。平面等倾干涉测量方法详见附录 D。

6.3.8.2 绝对测量法

绝对测量法又称多面互检法，参加互检的平晶的外形尺寸、材料应一致，三面（或四面）互检组合中必须选用一块已知平面度（平面平晶应为一等、二等或同等精度的平面镜）的平晶参加互检，若该平晶此次测量结果与原已知的平面度之差不大于 $0.015\text{ }\mu\text{m}$ ，则此次的互检结果有效。平面平晶互检时应注意直径截面方向要一一对应。

三面互检在相移式激光等厚干涉仪或平面等倾干涉仪上进行，四面互检在平面等倾干涉仪上进行，其测量结果为被检平面平晶截面的平面度绝对测量值；全面形三面互检在相移式激光等厚干涉仪上进行，其测量结果为被检平面平晶全面形的平面度绝对测量值。

1) 三面互检法

三面互检法用 3 个平晶在相移式等厚干涉仪上互检，获得 3 个平晶绝对形貌，即所有测量点的真实高度。

参加互检的平面平晶被检 2 个截面应与刻字成 45° （见图 4），长平晶只检 1 个截面。

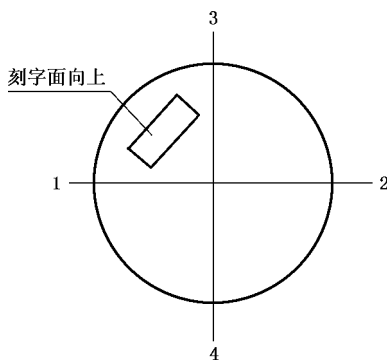


图 4 刻字位置示意图

用三面互检法（见附录 D）测量时，每块平晶每点的平面度偏差值由式（1）求出：

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{(T_{abi} + T_{aci} - T_{bci})}{2} \\ B_i &= \frac{(T_{abi} + T_{bci} - T_{aci})}{2} \\ C_i &= \frac{(T_{aci} + T_{bci} - T_{abi})}{2} \end{aligned} \quad (1)$$

式中：

A_i, B_i, C_i ——A, B, C 三块平晶在 i 点的平面度偏差值；

$T_{abi}, T_{aci}, T_{bci}$ ——A, B, C 三块平晶互检时，在 i 点的平面度偏差值之和。

2) 四面互检法

一等、二等标准平面平晶及长平晶在等倾干涉仪上用四面互检法（见附录 D）测量，四块平晶依次组合六次互检，每块平晶的平面度偏差值按式（2）计算：

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{2(T_{abi} + T_{aci} + T_{adi}) - (T_{bci} + T_{cdi} + T_{bdi})}{6} \\ B_i &= \frac{2(T_{abi} + T_{bci} + T_{bdi}) - (T_{aci} + T_{cdi} + T_{adi})}{6} \\ C_i &= \frac{2(T_{aci} + T_{bci} + T_{cdi}) - (T_{abi} + T_{adi} + T_{bdi})}{6} \\ D_i &= \frac{2(T_{adi} + T_{bdi} + T_{cdi}) - (T_{abi} + T_{bci} + T_{aci})}{6} \end{aligned} \quad (2)$$

并由式 (3) 计算测量结果的残差：

$$\Delta_{jki} = J_i + K_i - T_{jki} \quad (3)$$

式中：

Δ_{jki} ——平晶 J 和 K 互检时，在 i 点的残差；

J, K ——A, B, C, D 4 块平晶中的某 2 块；

T_{jki} ——互检的某 2 块平晶在 i 点的平面度偏差值之和；

J_i, K_i ——平晶 J, K 在 i 点的平面度偏差值。

测量两平晶平面度之和的标准不确定度 u_a 由式 (4) 计算：

$$u_a = \sqrt{\frac{\sum \Delta_{jki}^2}{2n}} \quad (4)$$

式中：

$\sum \Delta_{jki}^2$ —— $6n$ 个残差平方之和；

n ——截面被测点数。对于 D150 mm 平面平晶， $n=5$ ；对于 210 mm 长平晶， $n=7$ ；对于 310 mm 长平晶， $n=10$ 。

测量每块平晶的平面度的标准不确定度 u_b 可由式 (5) 求出：

$$u_b = \sqrt{\frac{5}{12}} u_a \quad (5)$$

对于一等平面平晶、210 mm 长平晶，其平面度的测量不确定度 $U \leq 0.010 \mu\text{m}$ ($k=3$ 或 $p=0.99$)；对于二等平面平晶、310 mm 长平晶，其平面度的测量不确定度 $U \leq 0.020 \mu\text{m}$ ($k=3$ 或 $p=0.99$)。四面互检法检定平晶的数据处理示例见附录 E。

3) 全面形三面互检法

一等平晶或更高精度的平面镜在相移式激光等厚干涉仪上用全面形三面互检法测量，在仪器的标准测量端和被检测测量端安装有专用旋转装置，其测量方法见附录 B。

不同测量方法导致检定结果出现争议时，以光波干涉法中移相式干涉测量方法的结果为准。

6.3.8.3 长平晶工作面横向 40 mm 内平面度

用 D60 mm 一级平晶等厚干涉法测量。

6.3.9 稳定性

标准平晶和长平晶的稳定性，以 2 次周期检定的平面度之差确定。

6.4 检定结果处理

经检定符合本规程要求的平晶，应出具检定证书，对于一、二等标准平晶和长平晶检定证书中应给出工作面平面度测量结果及其测量不确定度。不符合本规程要求的平晶应发检定结果通知书，并注明不合格项目。其证书格式见附录 G。

6.5 检定周期

工作平晶根据使用情况确定检定周期，最长不超过 1 年。

标准平晶和长平晶检定周期一般为 1 年，使用 5 年后可延长至 2 年。

附录 A

平晶表面疵病的尺寸及数量

A.1 平晶工作面的表面疵病允许值（见表 A.1 的规定）。

A.2 平晶的工作面表面疵病不应密集。对非工作面表面疵病未超过表 A.1 规定时，在限定 $D20\text{ mm}$ 范围内， $D0.4\text{ mm} \sim D0.7\text{ mm}$ 的粗麻点允许 3 个，宽度为 $0.04\text{ mm} \sim 0.07\text{ mm}$ 的粗擦痕允许 20 mm。

表 A.1 平晶工作面的表面疵病

序号	名称	单位	平面平晶/mm														平行平晶			
			$D30$		$D45$		$D60$		$D80$		$D100$		$D150$		$D200$		I	II	III	IV
			各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面				
1	$D0.015\text{ mm} \sim D0.2\text{ mm}$ 麻点总数量 $\leq$	个	20		31		43		57		73		112		150		22	22	30	38
2	$D0.015\text{ mm} \sim D0.7\text{ mm}$ 麻点总数量 $\leq$	个		25		39		54		72		92		140		188				
3	$D0.1\text{ mm} \sim D0.2\text{ mm}$ 粗麻点（其中） $\leq$	个	3		4		5		7		9		14		19		3	3	4	5
4	$D0.4\text{ mm} \sim D0.7\text{ mm}$ 粗麻点（其中） $\leq$	个		3		4		5		7		9		14		19				
5	宽度为 $0.006\text{ mm} \sim 0.02\text{ mm}$ 擦痕总长度 $\leq$	mm	50		78		108		142		184		280		376		56	56	76	96

订购号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

表 A.1 (续)

序号	名称	单位	平面平晶/mm														平行平晶			
			D30		D45		D60		D80		D100		D150		D200		I	II	III	IV
			各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面	各工作面	非工作面				
6	宽度为 0.01 mm~ 0.07 mm 擦痕总长度≤	mm		50		78		108		142		184		280		376				
7	宽度为 0.01 mm~ 0.02 mm 粗擦痕 (其中) ≤	mm	5		7.8		10.8		14.2		18.7		28		37.6		5.6	5.6	7.6	9.6
8	宽度为 0.04 mm~ 0.07 mm 粗擦痕 (其中) ≤	mm		5		7.8		10.8		14.2		18.4		28		37.6				
注：长平晶表面疵病参照 D150 mm 平面平晶的表面疵病要求。																				

附录 B

相移式激光等厚干涉测量法

B.1 相移式激光等厚干涉仪

在相移式激光等厚干涉仪中,参考平晶的反射波面与被检平晶的反射波面相干产生了干涉条纹,它每一个测量点 (x, y) 的条纹相位 ϕ 与其相对应的参考平晶反射面到被检平晶的反射面的距离 d 的关系式为

$$\phi(x, y) = \frac{4\pi}{\lambda}d(x, y), \quad (\text{B.1})$$

式(B.1)中 λ 为激光波长。相移式干涉测量方法采用PZT驱动等手段改变干涉条纹的相位从而得到多幅不同相位的干涉图像,对其分别采集、处理和分析,求出每一个测量点的条纹相位。由式(B.1)就得到参考平晶反射面到被检平晶的反射面每一个测量点的距离 $d(x, y)$ 。如果参考平晶反射面的形貌已知,被检平晶的形貌即每一个测量点的高度 $z(x, y)$ 也就可以直接从 $d(x, y)$ 中获得。然后根据在 $z(x, y)$ 计算出被检平晶的平面度(PV值和rms值)。

相移式激光等厚干涉仪的示意图见B.1。

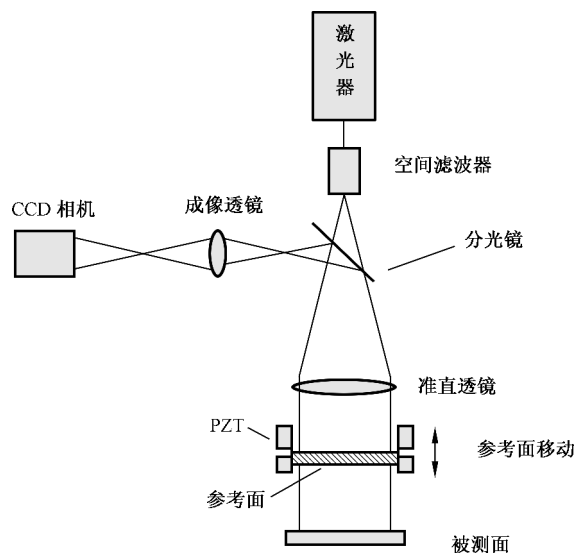


图 B.1 相移式激光等厚干涉仪

测量时,He-Ne激光器输出的单频激光被透镜会聚在位于准直物镜焦平面的孔径光阑上。从准直物镜出射的平行光束,一部分激光光束到达参考面后被反射回作为参考光束;另一部分激光光束穿过参考面后至被测平晶表面再反射回作为测试光束。参考光束和测试光束再通过光学系统成像于摄像机上,形成等厚干涉条纹。计算机输出移相指令给PZT移相器,驱动干涉仪的参考镜产生等间隔的位移从而引入相位调制,摄像机

将经等间隔调制的干涉条纹的光强图像数字化后送入计算机,通过移相算法对数字化的移相干涉图进行处理分析,即得到每一个测量点 (x, y) 的条纹相位 $\phi(x, y)$ 。

由条纹相位 $\phi(x, y)$ 就可以得到参考平晶反射面到被检平晶的反射面的距离为

$$d(x, y) = \frac{\lambda}{4\pi} \phi(x, y) \quad (\text{B. 2})$$

假设参考平晶反射面的形貌 $Z_R(x, y)$ 已知,那么被检平晶的形貌及每一个测量点的高度为

$$z(x, y) = C - [d(x, y) + Z_R(x, y)] \quad (\text{B. 3})$$

式 (B. 3) 中 C 为常数,一般取值为

$$C = \frac{1}{N} \sum_x \sum_y [d(x, y) + Z_R(x, y)] \quad (\text{B. 4})$$

式 (B. 4) 中 N 为测量点数。这里需要强调的是常数 C 的取值并不重要,这是因为它不会改变被检平晶的形貌,即任何两个测量点的相对高度保持不变。

最后,去掉 $z(x, y)$ 的倾斜面后,被检平晶的平面度 (PV 值和 rms 值) 按式 (B. 5)、式 (B. 6) 计算。

$$\text{PV} = \max[z(x, y)] - \min[z(x, y)] \quad (\text{B. 5})$$

$$\text{rms} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum \sum [z(x, y) - z_m]^2} \quad (\text{B. 6})$$

式 (B. 6) 中, z_m 为 $z(x, y)$ 的平均值。

B. 2 全面型三面互检法

全面型三平面互检法用 3 个平晶在相移式激光等厚干涉仪上互检,获得 3 个平晶绝对形貌,即所有测量点的真实高度。全面型三平面互检法测量示意图见图 B. 2。

全面型三平面互检法采用 2 块平晶 B、C 和被检平晶 A 进行 4 次分离测量。即 B+A、B+A 旋转 90° 、C+A、C+B。从这 4 个互检的结果即两个标准平晶反射面之间每一个测量点的距离 $d_1(x, y)$, $d_2(x, y)$, $d_3(x, y)$ 和 $d_4(x, y)$ 中直接由计算机算出 3 个平晶的绝对形貌 $Z_A(X, Y)$, $Z_B(X, Y)$ 和 $Z_C(X, Y)$ 。这 3 个平晶绝对形貌中的任何一个都可以是相移式激光等厚干涉仪的平晶反射面的形貌 $Z_R(x, y)$, 代入到式 (B. 3) 和式 (B. 4) 中。

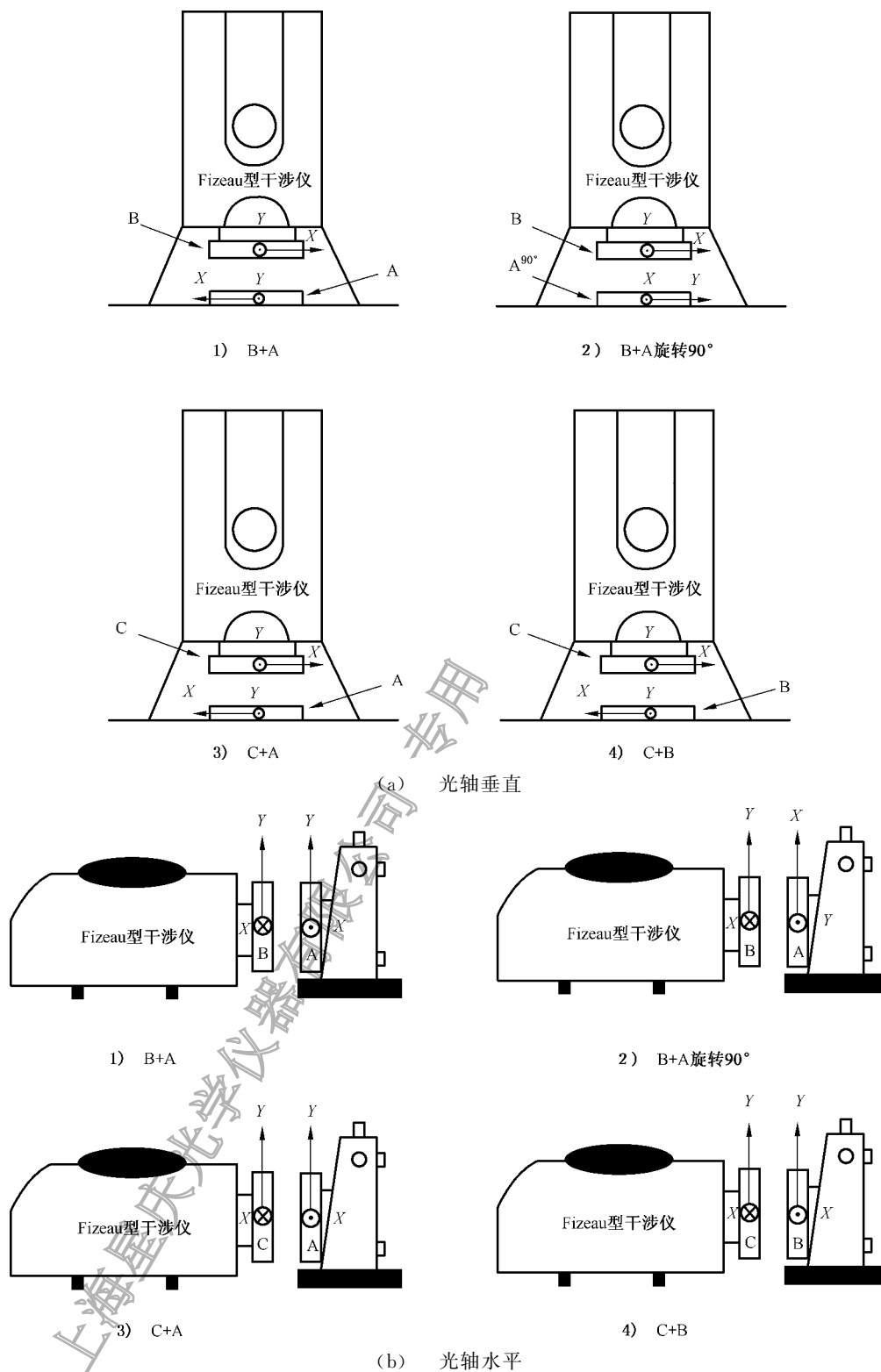


图 B.2 全面型三面互检法测量示意图

附录 C

等厚干涉测量法

C.1 在等厚干涉仪上测量平晶平面度时，应调整干涉条纹的间隔，使测量区域出现 3 或 5 条干涉条纹。

C.2 平面度 F 的大小，由通过直径的最大弯曲量 b 与条纹间隔 a 的比值乘以 $\lambda/2$ (λ 为所用光源波长) 来确定 (见图 C.1)，即

$$F = \frac{b}{a} \times \frac{\lambda}{2} \quad (\text{C.1})$$

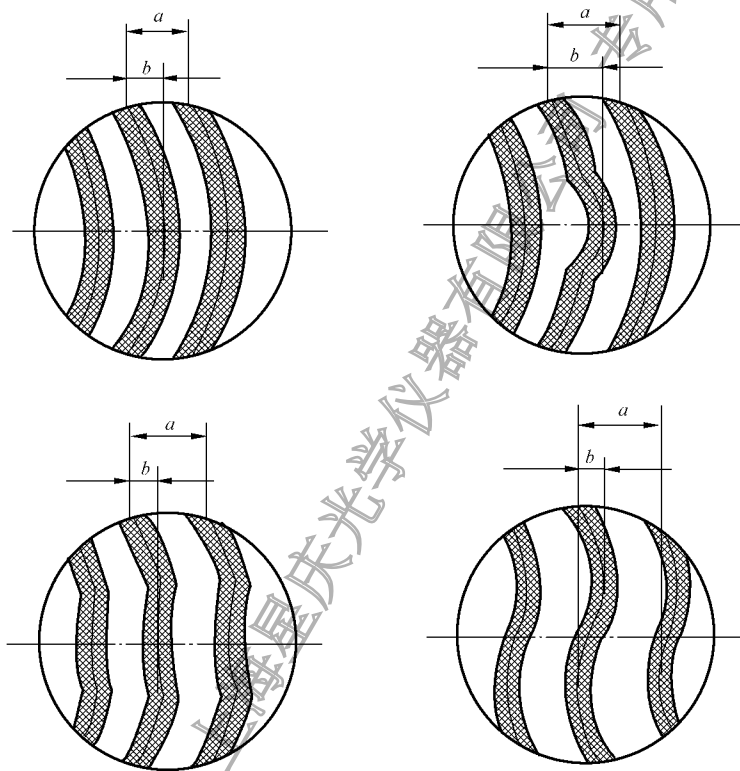


图 C.1 等厚干涉示意图

C.3 评估平面度时，当所测 2 个截面出现的平面度符号相同时，取其中绝对值最大值为平面度，符号相反时，则取两者绝对值之和为平面度 (见图 C.2)。

C.4 工作面呈凸形时，平面度取正号；工作面呈凹形时取负号。符号的判别按下述方法确定：

在图 C.3 的 a 或 b 轻轻加压，如果条纹变密，加压处是“接触点” (或低级条纹所处位置)；如果条纹变宽，则加压另一端是“接触点”。当条纹的曲率中心与“接触点”同侧，则表明呈凸形，测得值取正号；反之，则表明呈凹形，测得值取负号。

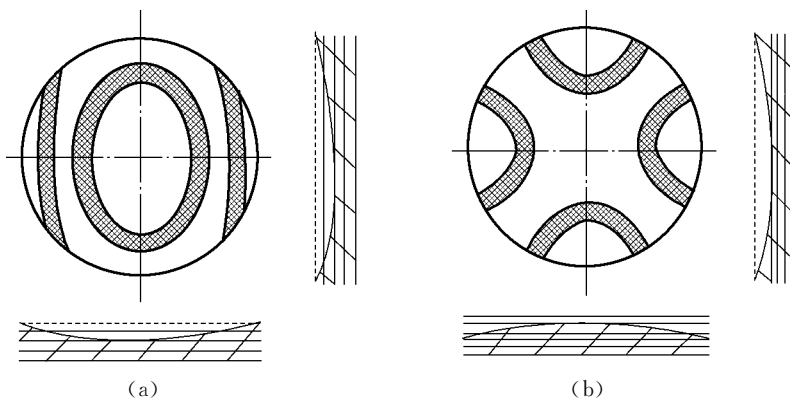


图 C.2 等厚干涉示意图

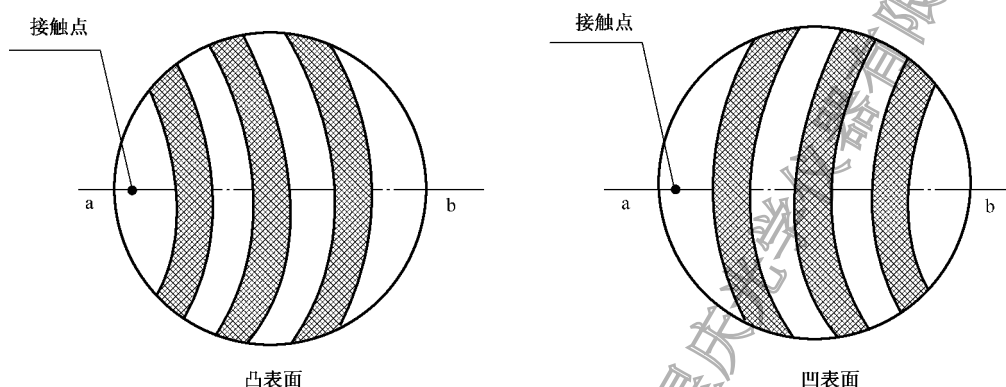


图 C.3 等厚干涉示意图

C.5 测量结果减去标准平晶的平面度，方为被检平晶的平面度。当被检工作平晶直径小于或等于 100 mm 时，应按下式计算标准平晶在该区域的平面度，即

$$\Delta F = \left(\frac{d}{96} \right)^2 \times F_{96} \quad (\text{C.2})$$

式中：

d ——被检平晶有效直径；

F_{96} ——标准平晶在 96 mm 范围内的平面度。

F_{96} 的确定可根据标准平晶平面度检定结果的中心范围内的三点数据来确定。例如标准平晶的数据：

1-2 截面为：0，+0.023 μm ，+0.035 μm ，+0.028 μm ，0；

3-4 截面为：0，+0.025 μm ，+0.041 μm ，+0.029 μm ，0。

则：

$$1-2 \text{ 截面 } F_{96} : 0.035 - \frac{0.023 + 0.028}{2} = 0.010 \text{ (}\mu\text{m)};$$

$$3-4 \text{ 截面 } F_{96} : 0.041 - \frac{0.025 + 0.029}{2} = 0.014 \text{ (}\mu\text{m)}。$$

则该平晶 F_{96} 为 0.014 μm （两个截面取最大值）。

附录 D

等倾干涉测量法

D.1 在等倾干涉仪上测量平晶平面度时，D150 mm 的平面平晶测量 +70，+48，0，-48，-70 5 点；D200 mm 的平面平晶测量 +94，+70，+48，0，-48，-70，-94 7 点；210 mm 长平晶测量 7 点（十字刻线位置）；310 mm 长平晶测量 10 点（十字刻线位置）。

D.2 测量平晶平面度时，将被测平晶（或标准平晶）工作面朝上放在仪器工作台上，在平晶工作面上放置平晶专用支承架（支承架上的钢球直径为 3.18 mm，3 个钢球的直径差应小于 $0.1\ \mu\text{m}$ ），然后将另一块被测平晶工作面朝下放在支承架上，2 块平晶由 3 个钢球支承形成 1 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，在干涉仪目镜里可以观察到一组等倾干涉环。

a) 测量平面平晶平面度时，应放入平面平晶工作台和平面平晶专用支承架。调整专用支承架的 3 个支承点与工作台支承点相重合，使工作台从一端移至另一端时，两端干涉环的级数变化不超过一环。调整好测量位置，将仪器保温门关好，按要求平衡温度。

b) 测量长平晶平面度时，应放入长平晶工作台和长平晶专用支承架。调整专用支承架的 3 个支承点与工作台支承点相重合，使工作台从一端移至另一端时，两端干涉环的级数变化不超过一环。然后将测微目镜取下，装上接长管，重新套上测微目镜，调整目镜焦距（即调整接长管长度），使在目镜视场内能同时见到照明光斑的像和上、下长平晶的十字刻线，调整长平晶使各受检点的十字刻线与长平晶工作台运动方向平行，且通过光斑中心，同时还要保证上、下十字刻线重合，再将零十字刻线调整到光斑中心，然后取下接长管，安上测微目镜，再次检查干涉环变化，直到两端干涉环的变化小于一环为止，将仪器保温门关好，按要求平衡温度。

长平晶的支承架也可用量块代替，两块量块尺寸为 3.5 mm，尺寸差小于 $0.1\ \mu\text{m}$ ，量块支承需研合在长平晶工作面的两端。

D.3 用等倾干涉仪测量平面度，实际上是测量空气层厚度的变化，设各点空气层的厚度为 $H_0, H_1, H_2, \dots, H_{i+1}, \dots, H_{n-1}, H_n$ 等，则某一点 i 对两端点连线的偏差 F_i 为：

$$F_i = \left(1 - \frac{L_i}{L_n}\right) H_0 + \frac{L_i}{L_n} H_n - H_i \quad (\text{D.1})$$

式中：

F_i —— i 点对 0 点与 n 点连线的偏差；

H_0, H_i, H_n ——0 点， i 点， n 点空气层厚度；

L_i —— i 点到 0 点的距离；

L_n —— n 点到 0 点的距离。

设 0 点的空气层厚度 $H_0 = \Delta K_0 + K_0$ ， K_0 为 0 点空气层厚度中干涉级数的整数部

分, ΔK_0 为其干涉级数的小数部分, 其他各点 $H_i = \Delta K_i + K_0$, ΔK_i 为 i 点空气层厚度减去 K_0 而剩下的干涉级数, 若用干涉级数表示平面度偏差值, 则

$$F_i = \left(1 - \frac{L_i}{L_n}\right) \Delta K_0 + \frac{L_i}{L_n} \Delta K_n - \Delta K_i \quad (\text{D. 2})$$

当视场中干涉环直径增大时表明空气层厚度增大, 当干涉环增大至中心又产生一新环时, 则干涉环的整数部分增加一级; 反之, 当干涉环直径缩小表明空气层厚度减小, 若干涉环收缩至中心消失一个干涉环时, 则干涉环的整数部分减少一级, 0 级干涉条纹可以任意选定, 一般在 0 点选 K_0 为 0 级条纹, 若 $K_0 \times \lambda/2$ 大于 H_0 , 则最里面的干涉环的级序为 0 级; 若 $K_0 \times \lambda/2$ 小于 H_0 , 则最里面的干涉环的级序为 -1 级, 在 0 级环外第一环为 -1 级, 0 级环外第二环为 -2 级; 在 0 级环内第一环为 +1 级, 0 级环内第二环为 +2 级, 依此类推。0 级环的确定应使 ΔK_0 的绝对值小于 0.5, 一旦 0 级环选定后, 其余各环的级序也就确定, 在测量过程中一定要记下干涉环的级序, 某一点的干涉级数可用下式求出:

$$\Delta K_i = \left(\frac{D_i}{D_0}\right)^2 + N_i \quad (\text{D. 3})$$

式中:

ΔK_i —— i 点的干涉级数;

D_i —— i 点所测干涉环直径;

D_0 ——标准干涉环直径 (干涉环级数为整数时, 最里环直径);

N_i —— i 点被测干涉环的级序, 在 0 级环内为正, 在 0 级环外为负。

标准干涉环直径 D_0 是根据空气层厚度确定的仪器常数, 由仪器出厂及周期检定时提供, 也可以通过实测确定, 可由下式求出:

$$D_0 = \sqrt{D_{i+1}^2 - D_i^2} \quad (\text{D. 4})$$

式中:

D_{i+1} , D_i ——相邻两环的直径。

D.4 各截面的平面度由所测截面各点的最大值与最小值之差确定。工作平晶平面度的评定参照 C.3。

附录 E

四面互检法检定长平晶数据处理示例

表 E.1 原始记录及数据处理

检定 位置 mm	干涉 环级 序 N_1	干涉环直径/mm			干涉 环级 数 (K_i)	$\Delta K_i =$ $K_i - K_0$	$E_i =$ (L_i/L_n) ΔK_n	$\Delta_i =$ $E_i - \Delta K_i$	$F_i =$ $\Delta_i \lambda / 2$	温度 ℃	备注
		d_1	d_2	$D_1 =$ $d_1 - d_2$							
0	0	6.10	3.23	2.87	0.525	0	0	0	0	19.5	A B 组 合
30	+1	5.75	3.60	2.15	1.295	0.770	0.016	-0.754	-0.222		
60	+1	6.33	3.05	3.28	1.686	1.161	0.032	-1.129	-0.333		
90	+1	6.48	2.90	3.58	1.817	1.292	0.048	-1.244	-0.367		
120	+1	6.40	2.98	3.42	1.746	1.221	0.064	-1.157	-0.341		
150	+1	5.92	3.55	2.37	1.358	0.833	0.080	-0.753	-0.222		
180	0	6.29	3.17	3.12	0.621	0.096	0.096	0	0		
0	0	6.02	3.46	2.56	0.418	0	0	0	0	19.8	A C 组 合
30	0	6.75	2.61	4.14	1.093	0.675	0.032	-0.643	-0.190		
60	+1	6.15	3.30	2.85	1.518	1.100	0.065	-1.035	-0.305		
90	+1	6.38	3.01	3.37	1.724	1.306	0.098	-1.208	-0.356		
120	+1	6.22	3.29	2.93	1.547	1.129	0.130	-0.999	-0.295		
150	+1	5.53	3.93	1.60	1.163	0.745	0.162	-0.583	-0.172		
180	0	6.32	3.22	3.10	0.613	0.195	0.195	0	0		
0	0	6.20	3.33	2.87	0.525	0	0	0	0	20.5	A D 组 合
30	0	6.84	2.61	4.23	1.141	0.616	-0.030	-0.646	-0.191		
60	+1	6.17	3.38	2.79	1.496	0.971	-0.061	-1.032	-0.304		
90	+1	6.28	3.28	3.00	1.574	1.049	-0.091	-1.140	-0.336		
120	+1	6.01	3.56	2.45	1.383	0.858	-0.121	-0.979	-0.289		
150	0	6.70	2.82	3.88	0.960	0.435	-0.152	-0.587	-0.173		
180	0	5.97	3.65	2.32	0.343	-0.182	-0.182	0	0		

表 E.1 (续)

检定 位置 mm	干涉 环级 序 N_1	干涉环直径/mm			干涉 环级 数 (K_i)	$\Delta K_i =$ $K_i - K_0$	$E_i =$ (L_i/L_n) ΔK_n	$\Delta_i =$ $E_i - \Delta K_i$	$F_i =$ $\Delta_i \lambda / 2$	温度 ℃	备注
		d_1	d_2	$D_1 =$ $d_1 - d_2$							
0	0	6.51	3.33	3.18	0.645	0	0	0	0	20.0	B C 组 合
30	0	6.96	2.79	4.17	1.109	0.464	0.004	-0.460	-0.136		
60	+1	6.04	3.74	2.30	1.337	0.692	0.008	-0.684	-0.202		
90	+1	6.22	3.62	2.60	1.431	0.786	0.012	-0.774	-0.228		
120	+1	6.26	3.54	2.72	1.472	0.827	0.016	-0.811	-0.239		
150	+1	5.93	3.92	2.01	1.258	0.613	0.020	-0.593	-0.175		
180	0	6.56	3.32	3.24	0.669	0.024	0.024	0	0		
0	0	6.42	3.62	2.80	0.500	0	0	0	0	19.4	B D 组 合
30	0	6.94	3.03	3.91	0.975	0.475	0.020	-0.455	-0.134		
60	+1	5.95	4.08	1.87	1.223	0.723	0.039	-0.684	-0.202		
90	+1	6.14	3.90	2.24	1.320	0.820	0.058	-0.762	-0.225		
120	+1	6.25	3.72	2.53	1.408	0.908	0.078	-0.830	-0.245		
150	+1	5.84	4.16	1.68	1.180	0.680	0.098	-0.582	-0.172		
180	0	6.57	3.46	3.11	0.617	0.117	0	0	0		
0	0	7.32	2.85	4.47	1.274	0	0	0	0	19.2	C D 组 合
30	+1	6.73	3.47	3.26	1.678	0.404	0.062	-0.342	-0.101		
60	+1	7.12	3.07	4.05	2.046	0.772	0.125	-0.647	-0.191		
90	+2	6.04	4.15	1.89	2.228	0.954	0.188	-0.766	-0.226		
120	+2	6.02	4.24	1.78	2.202	0.928	0.250	-0.678	-0.200		
150	+1	7.11	3.10	4.01	2.025	0.751	0.312	-0.439	-0.130		
180	+1	6.73	3.54	3.19	1.649	0.375	0	0	0		

表 E.2 长平晶检定结果

检定位置/mm	工作面无自重变形平面度/ μm			
	平晶 A	平晶 B	平晶 C	平晶 D
0	0	0	0	0
30	-0.139	-0.085	-0.053	-0.050
60	-0.215	-0.112	-0.093	-0.092
90	-0.240	-0.120	-0.116	-0.104
120	-0.194	-0.144	-0.099	-0.099
150	-0.110	-0.111	-0.064	-0.063
180	0	0	0	0
$U=0.010\ \mu\text{m}$				
注： $D_0=3.96\ \text{mm}$ ， $\lambda=0.590\ \mu\text{m}$ 。				

附录 F

长平晶自重变形量

对于新制造的和修理后的长平晶需要检定其自重变形量

F.1 用加载法测出弯曲变形，算出弹性模量 E 。

先将两块同一材料的长平晶按检定平面度的方法放置在等倾干涉仪内，测量它们之间的无自重变形平面度之和，然后在长平晶的对称中心的十字刻线位置上放置一个 200 g 的圆形专用砝码，其中部有一直径不小于 10 mm 的通光孔，砝码质量的测量不确定度 U ($k=2$ 或 $p=0.95$) 不超过 ± 0.1 g。再次测量加载后两长平晶间平面度之和，它包括两块长平晶无自重变形平面度之和，以及上长平晶受集中载荷而产生的变形。它减去第一次未放砝码时所测的两块无自重变形平面度之和，即为长平晶的加载变形量。并取各对称点变形的平均值作为其变形量 Δy_i 。

弹性模量 E_i 可由式 (F.1) 算出：

$$E_i = \frac{MK_i}{48J\Delta y_i} \times 10^3 \quad (\text{F.1})$$

式中：

E_i ——根据 i 点的变形量求出的弹性模量， N/mm^2 ；

M ——砝码的重量， N ；

J ——长平晶的转动惯量， $J=bH^3/12$ ， mm^4 ；

b ——长平晶宽度， mm ；

H ——长平晶厚度， mm ；

Δy_i —— i 点的加载变形量， μm ；

K_i —— i 点的位置系数，见式 (F.2)。

$$K_i = 3L^2 (Z_i - Z_0) - 4 (Z_i^3 - Z_0^3) \quad (\text{F.2})$$

式中：

Z_i —— i 点距支承端的距离 ($Z_i < L/2$)， mm ；

Z_0 ——0 点距支承端的距离 ($Z_0 < L/2$)， mm ；

L ——长平晶两支承端的距离， mm 。

变形量测量不确定度 U ($k=3$ 或 $p=0.99$) 不超过 $0.010 \mu\text{m}$ (对于 210 mm 长平晶)，或不超过 $0.02 \mu\text{m}$ (对于 310 mm 长平晶)。并以各点的弹性模量的平均值作为弹性模量的一次测量结果。整个测量不少于 5 次，并取其平均值作为弹性模量的实测值。若实测值与给定值之差不超过 9%，便采用给定值；若超过 9% 时应按实测值计算自重变形量。

F.2 长平晶的自重变形量按式 (F.3) 计算。

$$\Delta y_i = \frac{490\rho K_i}{EH^2} \quad (\text{F.3})$$

式中：

ρ ——长平晶材料的密度，对于 K_9 玻璃 $\rho = 2.53 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ ；对于 K_4 玻璃 $\rho =$

订购号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

$2.50 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$; 对于 QK_2 玻璃 $\rho = 2.27 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$;

E ——长平晶的弹性模量; 对于 K_9 玻璃 $E = 8.132 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$; 对于 K_4 玻璃 $E = 7.144 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$; 对于 QK_2 玻璃 $E = 6.845 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$;

H ——长平晶厚度, cm;

K_i ——位置系数, 见式 (F.4);

$$K_i = 2L (Z_i^3 - Z_0^3) - (Z_i^4 - Z_0^4) - L^3 (Z_i - Z_0) \quad (\text{F.4})$$

式中:

Z_i —— i 点距支承端的距离 ($Z_i < L/2$), cm;

Z_0 ——0 点距支承端的距离 ($Z_0 < L/2$), cm;

L ——长平晶两支承端的距离, cm。

F.3 按本规程技术要求所制造的 210 mm 长平晶 (材料: K_9 玻璃) 支承于两端的自重变形量见表 F.1。

表 F.1 210 mm 长平晶支承于两端的自重变形量

位置/mm	0	30	60	90	120	150	180
变形量/mm	0	+0.053	+0.090	+0.103	+0.090	+0.053	0

按本规程技术要求所制造的 310 mm 长平晶 (材料: K_9 玻璃) 支承于两端的自重变形量见表 F.2。

表 F.2 310 mm 长平晶支承于两端的自重变形量

位置/mm	0	30	60	90	120	135	150	180	210	240	270
变形量/mm	0	+0.129	+0.237	+0.315	+0.355	+0.360	+0.355	+0.315	+0.237	+0.129	0

修理后的长平晶应根据实际厚度计算其自重变形量。

附录 G

检定证书和检定结果通知书内页格式

G.1 检定证书内页格式

检 定 结 果

温度： ℃

相对湿度： %

序号	主要检定项目	检定结果
1	外观及表面质量	
2	外形尺寸	
3	两端面夹角	
4	十字刻线位置	
5	工作面与母线垂直度	
6	非工作面平面度	
7	两工作面间的平行度	
8	工作面平面度	
9	长平晶自重变形量	
检定依据：JJG 28—2019《平晶》		

检定结果：给出量化的值。

G.2 检定结果通知书内页格式

温度： ℃

相对湿度： %

序号	主要检定项目	检定结果	合格判断
1			
2			
3			
...			
检定依据：JJG 28—2019《平晶》			

检定结果：给出量化的值，注明合格与否。

订单号: 0205260623980510 防伪编号: 2026-0623-0933-2692-3026 购买单位: 上海星庆光学仪器有限公司

上海星庆光学仪器有限公司 专用

上海星庆光学仪器有限公司 专用

 版权声明

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 检 定 规 程

平 晶

JJG 28—2019

国家市场监督管理总局发布

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2020年5月第一版

*

书号:155066·J-3626

版权专有 侵权必究

购买者:上海星庆光学仪器有限公司
时 间:2026-06-23
定 价:43元



JJG 28-2019