

中 华 人 民 共 和 国

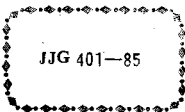
国家计量检定规程

球 径 仪

JJG 401—85

球径仪检定规程

Verification Regulation
of Spherometer



JYG 401—85

本检定规程经国家计量局于1985年9月29日批准，并自1986年5月1日起施行。

归口单位：湖北省计量局

起草单位：湖北省计量测试研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

何幼平（湖北省计量测试研究所）

夏良琦（湖北省计量测试研究所）

目 录

概述.....	(1)
二 技术要求.....	(3)
三 检定条件及检定项目.....	(4)
四 检定方法.....	(6)
五 检定结果的处理和检定周期.....	(11)

球径仪检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的接触式球径仪的检定。

一 概 述

球径仪是一种光学、机械式计量仪器。它借助于测量球面的矢高而间接求出其曲率半径，主要用于精密测量光学样板、透镜、球面反光镜等球面的曲率半径。主要规格：分度值0.001mm，矢高的测量范围±15mm，曲率半径的测量范围5~1000mm。仪器外形见图1，光学系统见图2，测量原理见图3、图4。

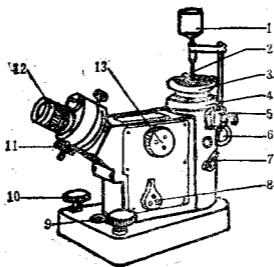


图 1

- 1—压重杆； 2—测头； 3—测量环；
 4—测量环座； 5—插座； 6—反光镜；
 7—测量轴锁紧手柄； 8—重锤锁紧手柄；
 9—圆形水准器； 10—调节螺钉； 11—测微
 鼓轮； 12—测微目镜； 13—测量轴升降手柄

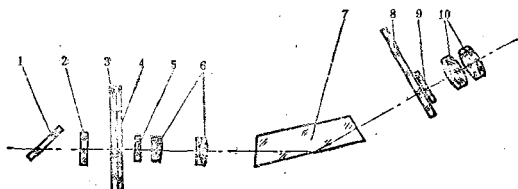


图 2

- 1—反光镜， 2—滤光片， 3—保护玻璃；
 4—mm刻度尺， 5—平板玻璃， 6—物镜；
 7—棱镜， 8—螺旋线分划板；
 9—0.1mm分划板， 10—目镜

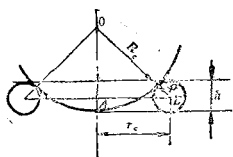


图 3

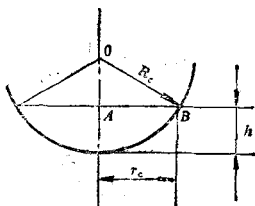


图 4

由图 3 可得公式：

$$R_c = \frac{r_c^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad (1)$$

由图 4 可得公式：

$$R_c = \frac{r_c^2}{2h} + \frac{h}{2} \mp \rho \quad (2)$$

式中： r_c ——测量环半径；

ρ ——钢球半径，对凸球面取“-”号，对凹球面取
“+”号。

r_c 、 ρ 为给定数值（见检定证书）， h 由仪器测出，按式（1）、（2）求得球面半径 R_c 。

二 技术要求

1 外观和各部分的相互作用

1.1 仪器各工作面上均不应有锈迹、碰伤和显著的划痕，以及影响测量的其它缺陷。仪器表面涂漆和镀层不应有脱落现象。

1.2 光学系统的成象应清晰。在视场范围内和刻度尺全长上不应有油迹、灰尘、水迹、霉点及影响读数的其它缺陷。视场内的亮度要均匀。

1.3 刻度尺的刻线应平直，所有刻线都不应有大于该刻线宽度一半的断裂、线结和变粗等缺陷，在 mm 刻线中部不允许有断裂、线结和变粗现象。

1.4 各活动部分移动应平稳，不应有阻滞和跳动现象。各锁紧手柄的作用应切实有效。

1.5 测量轴的移动范围应大于 30mm。

1.6 测量环的安装应方便可靠。

1.7 仪器上应标明制造厂名（或厂标）、出厂编号及仪器的型号。

1.8 使用中和修理后的仪器允许有不影响使用准确度的外观缺陷。

2 mm 刻度尺与测量轴移动方向的平行度。mm 刻度尺所有刻线均应同样清晰，在全长范围内 mm 刻线线端的位移不应超过 μm 刻线间距的 1/4 格。

3 读数装置中各刻线间的视差和相对位置。指标线与 μm 刻线之间，mm 刻线与螺旋线（或双线）之间均不应有目力可见的视差和倾斜。mm 刻度尺的刻线应对称于 0.1mm 刻度尺。

- 4 螺旋线分划板中心与回转中心的重合性, 不应有目力可见的位移。
- 5 0.1mm 刻度尺与螺旋线分划板的相对位置, 不应超过 $\pm 1\mu\text{m}$ 。
- 6 读数装置的回程误差不应超过 $0.3\mu\text{m}$ 。
- 7 读数装置放大倍数的正确性, 在1mm长度上不应超过 $0.5\mu\text{m}$ 。
- 8 读数装置的示值误差不应超过 $0.6\mu\text{m}$ 。
- 9 示值变动性不应超过 $0.3\mu\text{m}$ 。
- 10 测力应在 $1.5 \pm 0.2\text{N}$ 范围内。
- 11 平晶工作面的平面度应符合二级平晶的要求。
- 12 测量头与压重杆中心线的重合性, 不应超过 0.5mm 。
- 13 mm 刻度尺的示值误差不应超过 $1\mu\text{m}$ 。
- 14 测量环半径的检定极限误差不应超过 $\pm 1.2\mu\text{m}$ 。
- 15 仪器的综合误差不应超过表 1 的规定。

表 1

测量环标称半径 r (mm)	标准凸球面样板 标称半径 $R_{\text{凸}}$ (mm)	标准凹球面样板 标称半径 $R_{\text{凹}}$ (mm)	仪器的综合 误差 δ
3, 3.25, 3.5, 4	7 ± 0.2	10 ± 0.2	$\leq \pm 0.1\%$
5, 5.5, 6	12 ± 0.2	12 ± 0.2	$\leq \pm 0.1\%$
7.5, 8	15 ± 0.5	15 ± 0.5	$\leq \pm 0.06\%$
10, 10.5	20 ± 0.5	20 ± 0.5	$\leq \pm 0.06\%$
15	30 ± 1	30 ± 1	$\leq \pm 0.03\%$
21, 23	58 ± 2	58 ± 2	$\leq \pm 0.03\%$
30, 33	120 ± 2	120 ± 2	$\leq \pm 0.03\%$
42.5, 45	250 ± 5	250 ± 5	$\leq \pm 0.03\%$
60	1000 ± 5	1000 ± 5	$\leq \pm 0.06\%$

三 检定条件及检定项目

- 16 检定仪器的室内温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 室温变化每小时不超过

0.5℃, 被检仪器在室内平衡温度的时间不少于 24 h (小时), 被检仪器和检定工具的温差不应超过 0.5℃。

17 仪器的检定项目和主要检定工具列于表 2。

表 2

序号	检定项目	主要检定工具	检定类别		
			新制的	使用中	修理后
1	外观和各部分的相互作用	—	+	+	+
2	mm 刻度尺与测量移动方向的平行度	—	+	+	+
3	读数装置中各刻线间的视差和相对位置	—	+	+	+
4	螺旋线分划板中心与回转中心的重合性	—	+	+	+
5	0.1mm 刻度尺与螺旋线分划板的相对位置	—	+	+	+
6	读数装置的回程误差	—	+	+	+
7	读数装置放大倍数的正确性	—	+	+	+
8	读数装置的示值误差	3等量块、2级平晶	+	-	+
9	示值变动性	2级平晶	+	+	+
10	测力	砝码	+	+	+
11	平晶工作面的平面度	—	+	+	+
12	测量头与压重杆中心线的重合性	—	+	-	+
13	mm 刻度尺的示值误差	3等量块、2级平晶、专用环	+	+	+
14	测量环半径	1. 万能工具显微镜、专用目镜、专用平行平晶、垂直反射照明装置 2. 标准球面板、2级平晶	+	+	+
15	仪器的综合误差	标准球面板、2级平晶	+	+	+

注: 表中“+”表示应检定, “-”表示不必检定。

四 检定方法

18 外观和各部分的相互作用

观察与试验。

19 mm 刻度尺与测量轴移动方向的平行度

移动测量轴，在读数装置中观察 mm 刻度尺的刻线影象，在全长上均应同样清晰。

移动测量轴，使 mm 刻度尺零线的线端与 μm 刻线线端相切，再移动测量轴，观察 mm 刻度尺末刻线的线端与原 μm 刻线是否相切，若不相切时，读出其位移量。不应超过 μm 刻线间距的 $1/4$ 格。

20 读数装置中各刻线间的视差和相对位置

借助手轮转动 μm 分划板，使 μm 刻线与指标线相靠并留一适当间隙，观察两刻线间有无倾斜，并在目镜视场中左右两侧观察两刻线，不应有明显的位移。这一检定，应在 μm 分划板的四个均匀分布的位置上进行。

移动测量轴，使 mm 刻度尺的刻线与任一螺旋线（或双线）对准后，在目镜视场中上下（或左右）部位观察两刻线，不应有明显的位移，同时观察 mm 刻线是否对称于 0.1mm 刻度尺。

21 螺旋线分划板中心与回转中心的重合性

移动测量轴，使 mm 刻度尺的任一刻线与微米刻线的线端（或辅助圆）相切，固紧测量轴，转动螺旋线分划板一周，观察 mm 刻度尺的刻线与微米刻线的线端（或辅助圆）之间有无目力可见的位移。

22 0.1 mm 刻度尺与螺旋线分划板的相对位置

转动螺旋线分划板，使螺旋线对准 0.1mm 刻度尺上的 0.5mm 刻线，从螺旋线分划板上读出其零位相对于指标线的偏移量。

23 读数装置的回程误差

转动 μm 分划板，使螺旋线（或双线）对准 mm 刻度尺的任一刻线，正反方向各对准四次并读数。正方向四次读数的算术平均值和反方向读数的算术平均值之差不应超过 $0.3\mu\text{m}$ 。

回程误差的检定，至少应在 μm 分划板的四个均匀分布的位置上

进行。

24 读数装置放大倍数的正确性

将 μm 分划板置于零位，使 mm 刻度尺的任一时刻线对在第一对螺旋线（或双线）正中间，观测相邻一条 mm 刻线是否在最末一对螺旋线（或双线）正中间，如不居中，转动 μm 分划板使之对中，并读数。在刻度尺上连续检五个位置，取其算术平均值作为检定结果，其偏移量不应超过 $0.5\mu\text{m}$ 。

25 读数装置的示值误差

用尺寸为 $1.00, 1.02, 1.04, 1.06, 1.08, 1.10, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.00\text{mm}$ 的3等量块检定。

用尺寸为 1.00mm 的量块研合在平晶的工作面上，把平晶朝下放在仪器的测量环上，移动测量轴使测头与量块相接触。转动测微鼓轮，使螺旋线（或双线）与 mm 刻度尺的刻线对准，从读数装置中读数。然后，依次将尺寸为 $1.02, 1.04, 1.06, 1.08, 1.10, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.00\text{mm}$ 的量块分别与平晶研合，并依次地使螺旋线（或双线）与 mm 刻线对准，依次从读数装置中读数。每点均应进行四次瞄准和读数，取其平均值作为该点的测得值。各受检点上的误差 δ_i 可按下式计算：

$$\delta_i = [(a_i - a_0) - (L_i - L_0)] \times 1000 \quad (\mu\text{m}) \quad (3)$$

式中： a_i, a_0 ——分别为受检点和起始点时的测得值（ mm ）；

L_i, L_0 ——分别为受检点和起始点时所用量块的实际尺寸（ mm ）。

读数装置的示值误差，以各点误差中的最大值和最小值之差确定。

26 示值变动性

将平晶工作面朝下放在仪器的测量环上，移动测量轴使测头接触平晶，升降测量轴十次（其测头每次升起时均与平晶接触），依次从读数装置中读数。十次读数中最大值与最小值之差不应超过 $0.3\mu\text{m}$ 。

27 测力

将测头取下，松开测量轴的锁紧手柄，把砝码放在测量轴的上端

面,当砝码加到测量轴开始下降时,记下砝码所标数值 m (kg)。测力按 $F = mg$ (N) 计算,不应超过要求。

注: g 可取 9.81m/s^2 。

28 平晶工作面的平面度

见平晶检定规程。

29 测量头与压重杆中心线的重合性

调整仪器,使压重杆与测量头相接触,用目力观察其错位程度。

30 mm 刻度尺的示值误差

用尺寸为 5、10、15、20、25、30mm 的 3 等量块和专用环(工作面与定位面的平行度不超过 $5\mu\text{m}$) 进行检定。

取下测量环,将专用环(见图 5) 安装在仪器上,放上平晶,移动测量轴使测头与平晶工作面相接触。按本规程第 25 条检定方法及公式 (3) 得出各受检点上的误差 δ_i 。示值误差以各点误差中的最大值和最小值之差确定。

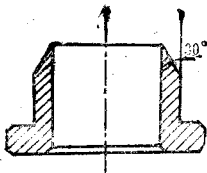


图 5

31 测量环半径

对钢球形测量环用万能工具显微镜检定。

在万能工具显微镜的主显微镜上装上 5 倍物镜,将垂直反射照明装置固定在物镜筒上,拿下测角目镜,换上装有圆圈分划板的专用目镜。

把受检测量环放在玻璃工作台上,将专用平行平晶(楔角不应超过 $5''$,工作面的平面度偏差不应超过 $0.1\mu\text{m}$) 放在测量环上,即可用主显微镜观察钢球与平晶接触点周围的干涉环。调整主显微镜与照明

装置，使干涉环影象清晰。当干涉环失圆时，应转动钢球。调整两干涉环的中心连线平行于导轨运动方向。然后，用专用目镜上的圆圈套住干涉环，从读数装置中读数。两干涉环的中心距应测量五次，取五次测量的算术平均值为中心距测得值 a 。用上述方法同样测得中心距 b 、 c 。

测量环半径的测得值 r_c 用下式计算：

$$r_c = \frac{abc}{4\sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}} \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

式中： $S = \frac{1}{2}(a+b+c)$ (mm)

a, b, c ——三个干涉环中心距的测得值 (mm)。

当 a, b, c 中最大值与最小值之差不超过 0.1mm 时，也可用下式计算：

$$r_c = \frac{a+b+c}{3\sqrt{3}} = 0.19245(a+b+c) \quad (\text{mm}) \quad (5)$$

对刃形测量环内（外）径，采用标准凸（凹）球面样板检定。钢球形测量环也可用标准凸样板检定。标准球面样板的误差不应超过表 3 的规定。检定时标准球面样板与平晶的重量差不应超过 100g。

表 3

测量环标称半径 r (mm)	标准凸球面样板 标称半径 $R_{\text{凸}}$ (mm)	标准凹球面样板 标称半径 $R_{\text{凹}}$ (mm)	标准球面样板 的误差
3, 3.25, 3.5, 4	5 ± 0.2	7 ± 0.2	凸样板（超半球型式）： 圆度不超过 0.3 μm， 半径检定极限误差不超过 ± 0.5 μm 凹样板： 与凸样板相合的曲率半径光圈数不超过 0.5，局部光圈数不超过 0.1
5, 5.5, 6	7 ± 0.2	10 ± 0.2	
7.5, 8	10 ± 0.2	12 ± 0.2	
10, 10.5	12 ± 0.2	—	
15	20 ± 0.5	—	
21, 23	30 ± 1	—	
30, 33	45 ± 2	—	
42.5, 45	70 ± 2	—	
60	120 ± 2	—	

将测量环装在球径仪上，把平晶工作面朝下放在测量环上，使测头接触平晶，然后从读数装置中读数。重复操作五次，取五次读数的算术平均值。

拿下平晶，换上标准球面样板，使测头接触球面后读数。转动测量环和标准球面样板，重复操作五次，取五次读数的算术平均值。两平均值之差即为标准球面样板矢高的测得值 h 。

测量环半径的测得值 r_0 用下式计算：

$$r_0 = \sqrt{2h(R_s \pm \rho) - h^2} \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

式中： h ——标准球面样板矢高的测得值 (mm)；

R_s ——标准球面样板半径的实际值 (mm)；

ρ ——钢球半径的实际值 (mm)。凸面取“+”号，凹面取“-”号，对刃形测量环 ρ 为零。

注：对新制和使用中的测量环， ρ 取仪器的证书上所标明的数值。对修理后的测量环， ρ 应重新检定（检定极限误差不超过 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ ，三钢球直径差不超过 $1 \mu\text{m}$ ）。

32 仪器的综合误差

对刃形测量环内（外）径，用标准凸（凹）球面样板检定。标准球面样板的误差不应超过表 4 的规定。对钢球形测量环，用凹凸成对的标准球面样板检定，检定时标准球面样板与平晶的重量差不应超过 100 g。

表 4

标准球面样板标称半径 R (mm)	半径检定极限误差	半径光圈数 $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$	局部光圈数 $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$
$> 6 \sim 30$	凸样板 $\pm 0.5 \mu\text{m}$	0.5	0.1
$> 30 \sim 250$	凹样板 $\pm 0.01\%$	0.5	0.1
$> 250 \sim 1000$	凹样板 $\pm 0.02\%$	0.5	0.1

表 4 中，凸样板 $R > 6 \sim 30 \text{mm}$ 范围内应按全球或超半球形式制造，圆度不超过 $0.3 \mu\text{m}$ ，样板均应凹凸成对制造与检验。半径光圈

数、局部光圈数为凹凸样板相合时的光圈数。

按本规程第31条的检定方法，得到标准球面样板的矢高测得值 h ，标准球面样板半径的测得值 R_o 。用下式计算：

$$R_o = \frac{r_o^2}{2h} + \frac{h}{2} \mp \rho \quad (\text{mm}) \quad (7)$$

式中： r_o ——测量环半径的测得值 (mm)；

h ——标准球面样板矢高的测得值 (mm)；

ρ ——钢球半径的实际值 (mm)，凸面取“-”号，凹面取“+”号。

仪器的综合误差 δ 用下式计算：

$$\delta = \frac{R_o - R_s}{R_s} \times 100 \quad (\%) \quad (8)$$

式中： R_o ——标准球面样板半径的测得值 (mm)；

R_s ——标准球面样板半径的实际值 (mm)。

用凹凸成对的标准球面样板检定时，应分别测出凹、凸球面的矢高，并按式(7)、(8)分别计算，其综合误差均不应超过要求。

五 检定结果的处理和检定周期

33 经检定，符合本规程要求的球径仪应发给检定证书，不符合本规程要求的球径仪应发给检定结果通知书。

34 球径仪的检定证书上应给出各个测量环的 r_o 及 ρ 的测得值。

35 球径仪的检定周期应根据实际使用情况确定，但最长不得超过两年。

附加说明：

本检定规程经国家计量检定规程审定委员会长度专业委员会审定通过。