

球径仪校准规范

1 范围

本规范适用于接触式球径仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF1071—2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T308.1—2013 滚动轴承 球 第1部分：钢球

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 概述

接触式球径仪（以下简称球径仪）是一种用于测量球面曲率半径的计量仪器，主要用于测量球面光学对板、光样板、球面透镜、球面反射镜等的球面曲率半径。球径仪主要由测量环和矢高测量机构组成，通过测量球面的矢高而间接测量出球面的曲率半径。

球径仪的测量原理如图1、图2所示。图1、图2中的弦半径 r 也就是球径仪计量特性中的测量环半径。

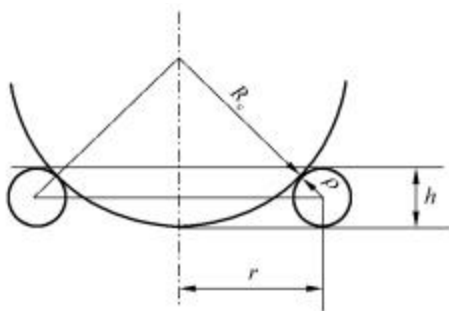


图1 使用钢球型测量环测量矢高的原理图

R_c —被测球面的曲率半径； r —弦半径；

h —矢高测量机构的测得值； ρ —钢球半径

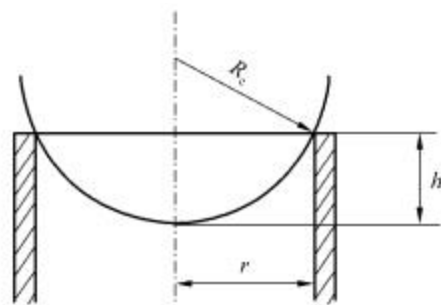


图2 使用刃型测量环测量矢高的原理图

R_c —被测球面的曲率半径； r —弦半径；

h —矢高测量机构的测得值

4 计量特性

- 4.1 测量环半径。
- 4.2 球面曲率半径测量的相对误差。
- 4.3 矢高测量机构的示值误差。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度为 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ ，室温变化不大于 $0.5^\circ\text{C}/\text{h}$ ，被校仪器与测量标准在室内平衡温度的时间不少于 6h，相对湿度不大于 75%。

5.2 测量标准及配套设备

5.2.1 标准凸（凹）球面样板

标准凸（凹）球面样板技术指标见表 1。

表 1 标准球面样板的技术指标

标准球面样板标称 半径 R/mm	技术指标		
	标准凸球面样板的圆度	半径光圈数 ($\lambda/2$)	光圈局部误差 ($\lambda/2$)
5~85	$\leq 0.3\mu\text{m}$	≤ 0.5	≤ 0.1
86~130	$\leq 2\mu\text{m}$		
注：标准凸球面样板标称半径（5~130）mm 范围内应按全球或超半球型式制造。样板均应凸凹成对制造与校准；半径光圈数、光圈局部误差分别为凸凹样板相合时所产生的干涉圈数（或干涉条纹数）及其不规则程度。			

5.2.2 平面平晶

用于校准 4.1、4.2、4.3 项目。平面平晶与标准球面样板的质量差不应超过 100g。

5.2.3 三等量块

用于校准矢高测量机构的示值误差。该组量块包含以下标称长度（单位：mm）：

2, 5, 10, 20, 30。

5.2.4 专用环

校准球径仪的矢高测量机构的示值误差时，专用环是安放平晶的辅助工具，其工作面与定位面的平行度不超过 $5\mu\text{m}$ ，高度为 30mm（负公差），如图 3 所示。

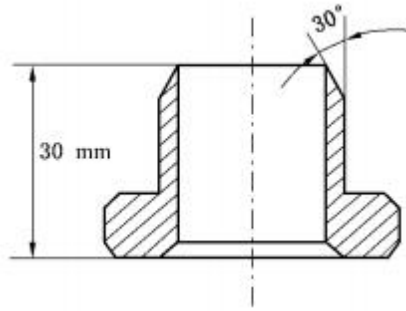


图 3 专用环结构示意图

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目的说明

一般情况下，仅校准测量环半径、球面曲率半径测量的相对误差。

当发现球面曲率半径测量的相对误差超过仪器相关技术要求时，应校准矢高测量机构的示值误差。

6.2 测量环半径

用标准凸（凹）球面样板校准测量环半径。

6.2.1 根据测量环半径的标称值，建议参照表 2 选择适当尺寸的标准凸（凹）球面样板作为测量标准。对于刃型测量环的内径和钢球型测量环，用标准凸球面样板校准测量环半径的测得值 r_c ；对于刃型测量环的外径，用标准凹球面样板校准测量环半径的测得值 r_c 。

表 2 测量环标称半径与标准球面样板半径的匹配要求（校准测量环半径时）

测量环标称半径 r/mm	标准球面样板半径 R_0/mm
3~4	5~6
5~6	6.5~8
7~8	9~13
9~12	11~14
13~17	17~22
18~27	26~31
28~38	44~47
39~50	62~75
60~65	125~130

6.2.2 将测量环装在球径仪上，把平面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得数值 a_{0i} 。

6.2.3 取下平面平晶，换上标准球面样板，使测头接触球面后，读得数值 a_i 。

6.2.4 转动测量环和标准球面样板，重复 6.2.2、6.2.3 的步骤 3 次，分别对 a_i 、 a_{0i}

计算 3 次读数的算术平均值 $a = (a_1 + a_2 + a_3) / 3$ 与零位值 $\bar{a}_0 = (a_{01} + a_{02} + a_{03}) / 3$ ，

二者之差即为标准球面样板矢高的测得值 $h = |a - a_0|$ 。

6.2.5 测量环半径的测量结果按公式 (1) 计算：

$$r_c = 2h(R_0 \pm \rho) - h^2 \quad (1)$$

式中：

r_c ——测量环半径的测得值，mm;

h ——球径仪对标准球面样板的矢高测得值，mm;

R_0 ——标准球面样板的半径参考值，mm;

ρ ——钢球半径的标定值（测量凸面取“+”号，测量凹面取“-”号，对于刃型环取0），mm。

对于未经修理的测量环， ρ 取仪器的证书上所标明的数值；测量环若需修理，新钢球装入测量环之前，应重新标定 ρ 值（测量时的扩展不确定度不大于 $0.5 \mu\text{m}$ ， $k=2$ ），

且同一测量环上三颗钢球的直径差不应超过 $0.5 \mu\text{m}$ ，即至少应满足 GB/T308.1-2013 对 G10级钢球的球批直径变动量的要求。

6.3 球面曲率半径测量的相对误差

6.3.1 在校准球径仪的球面曲率半径测量的相对误差时，对刃型测量环内径、外径，分别用标准凸球面样板、标准凹球面样板作为测量标准；对钢球型测量环，用凸凹成对的标准球面样板组作为测量标准。

6.3.2 根据测量环半径的标称值，建议按表 3 选择适当尺寸的标准凸（凹）球面样板作为测量标准。

表 3 测量环标称半径与标准球面样板半径的匹配要求（校准球面曲率半径测量的相对误差时）

测量环标称半径 r/mm	标准球面样板半径 R_s/mm
3~4	7~10
5~6	9~13
7~8	14~17
9~12	18~21
13~17	27~38
18~27	43~65
28~38	68~85
39~50	110~130

按 6.2.2~6.2.3 中的步骤，用球径仪测出所选用的标准球面样板的矢高测得值

$h_j = |a_j - a_{0j}|$ ，重复测量 3 次，用公式 (2) 计算得每一次对球面样板半径的测得值：

$$R_{c,j} = \frac{r_c^2}{2h_j} + \frac{h_j}{2} \mp \rho \quad (2)$$

式中：

$R_{c,j}$ ——球面曲率半径测得值（ j 为测量序号），mm；

r_c ——测量环半径的测得值（引用 6.2.5 的测量结果），mm；

h_j ——标准球面样板矢高的测得值，mm；

ρ ——钢球半径的标定值（测量凸面取“-”号，测量凹面取“+”号，对于刃型环取 0），mm。

取球面样板半径的测得值与参考值 R_s 偏离的绝对值最大时的差值为球面曲率半径测量的误差 δ ，即

$$\delta = \text{Max} \{ |R_{c_j} - R_s| \} \quad (3)$$

6.3.3 用球径仪测量球面曲率半径时，球面曲率半径测量的相对误差按公式 (4) 计算：

$$\delta_r = \frac{\text{Max} \{ |R_{c_j} - R_s| \}}{R_s} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_r ——球面曲率半径测量的相对误差；

R_{cj} ——球径仪对标准球面样板的球面曲率半径的测得值，mm；

R_s ——标准球面样板的球面曲率半径的参考值，可由其溯源证书上获得，mm。

用凹凸成对的标准球面样板校准时，应分别测出凹、凸球面的矢高，并按公式 (2) ~ 公式 (4) 计算球面曲率半径测量的相对误差。

6.4 矢高测量机构的示值误差

6.4.1 取下测量环，将专用环安装在仪器上，放上平面平晶，移动测量轴使测头与平晶工作面相接触。通过矢高测量机构读数，重复测量 3 次取其平均值作为起始点 a_0 的测得值。然后，依次将标称长度为（单位：mm）2, 5, 10, 20, 30 的量块分别与平晶研合后放到仪器上，适当恒温后，依次通过矢高测量机构读数，重复测量 3 次取其平均值作为各点的测得值 a_i 。

6.4.2 矢高测量机构各校准点上的示值误差 δ_{hi} 按式 (5) 计算：

$$\delta_{hi} = (a_i - a_0) - L_i \quad (5)$$

式中：

a_i, a_0 ——分别为校准点与起始点的测得值，mm；

L_i ——校准点所用量块的参考值（该值来源于其溯源证书），mm。

7 校准结果表达

校准证书应符合 JJF1071—2010 中 5.12 的要求。

校准证书中应包含校准项目的测量结果及其测量不确定度。

校准证书应包含的信息、格式参见附录 D。

8 复校时间间隔

送校单位可根据仪器的使用情况、仪器本身质量等诸因素，自主决定复校时间间隔。

附录 A

球径仪测量环半径测得值的不确定度评定实例

A.1 概述

被校对象：JQJ1型球径仪 [目视光机型；矢高的测量范围为 $\pm 15\text{mm}$ ，分度值为 0.001mm ；曲率半径的测量范围为 $(5\sim 1000)\text{mm}$] 的 1#、2#钢球环与 8#刃型环 (内环、外环)。

环境条件：温度为 $(20\pm 2)\text{℃}$ ，室温变化每小时不超过 0.5℃ ，被检仪器与测量标准在室内平衡温度的时间不少于 6h ，相对湿度不大于 75% 。

测量标准：标称值分别为 127mm ， 70mm ， 6.5mm 的标准超半球对样板。

测量方法：按本规范 6.2。

A.2 测量模型与灵敏系数

以 6.2 中的公式 (1) 为测量模型，令 $t=2h(R_0\pm\rho)-h^2$ ，则 $r_c=t^{1/2}$ 。

对公式 (1) 全微分，可得：

$$dr_c = \frac{\partial r_c}{\partial h} dh + \frac{\partial r_c}{\partial R_0} dR_0 + \frac{\partial r_c}{\partial \rho} d\rho$$

灵敏系数：

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{\partial r_c}{\partial h} \\ &= \frac{\partial r_c}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial h} \\ &= \frac{1}{2} t^{-1/2} \cdot [2(R_0\pm\rho) - 2h] \\ &= \frac{R_0\pm\rho - h}{2h(R_0\pm\rho) - h^2} \end{aligned}$$

即：

$$c_1 = \frac{R_0\pm\rho - h}{r_c} \quad (\text{A.1})$$

其中：测量凸面 ρ 取 “+” 号，测量凹面 ρ 取 “-” 号，对于刃型环取 $\rho=0$ 。

$$c_2 = \frac{\partial r_c}{\partial R_0}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\partial r_c}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial R_0} \\ &= \frac{1}{2} t^{-1/2} \cdot 2h \\ &= \frac{h}{\sqrt{2h(R_0 \pm \rho) - h^2}} \end{aligned}$$

即：

$$\begin{aligned}
 c_2 &= \frac{h}{r_c} & (A.2) \\
 c_3 &= \frac{\partial r_c}{\partial \rho} \\
 &= \frac{\partial r_c}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial \rho} \\
 &= \frac{1}{2} t^{-1/2} \cdot (\pm 2h) \\
 &= \frac{\pm h}{2h(R_0 \pm \rho) - h^2}
 \end{aligned}$$

即：

$$c_3 = \pm \frac{h}{r_c} \quad (A.3)$$

其中，对于钢球环，测量凸面 c_3 取 “+” 号，测量凹面 c_3 取 “-” 号；对于刃型

环取 $c_3=0$ 。

A.3 输入量的标准不确定度评定

A.3.1 输入量 h 的标准不确定度 $u(h)$ 的评定

输入量 h 的标准不确定度 $u(h)$ 的来源包括：

- 1) 球径仪测量 h 时的测量重复性引入的不确定度分量 $u(h_1)$ ；
- 2) 矢高测量机构的示值误差引入的标准不确定度 $u(h_2)$ 。

至于平晶面形、温度相对于 20 °C 的偏离、球径仪与检校工具的温差引入的不确定度分量，远小于前述 2 项，因此可以忽略不计。

A.3.1.1 球径仪测量 h 时的测量重复性引入的不确定度分量 $u(h_1)$ 的评定

任选一台 JQJ1 型球径仪，以 2# 环为例，对参考值为 $R_0=7.0299$ mm 的超半球在重复性条件下作 $n=10$ 次测量（每一次都用平晶重新对零位）得测量列 a_i （单位：mm）：27.6152, 27.6151, 27.6153, 27.6150, 27.6150, 27.6150, 27.6151, 27.6153, 27.6152, 27.6150。按公式 (A.4) 计算 a_i 的平均值：

$$\begin{aligned}
 \bar{a} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i \\
 &= 27.6152 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

按公式 (A.5) 计算 a_i 的单次测量的实验标准差：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/616003121215010104>