



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

数显半径测量仪校准规范

Calibration Specification for

Radius Measuring Instruments with Digital Display

（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

数显半径测量仪校准规范

Calibration Specification for Radius Measuring Instruments with Digital Display

JJF（有色金属）XXXX
—20XX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

西南铝业（集团）有限责任公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

西安精科华创材料分析检测有限公司

赤峰市产品质量检验检测中心

陕西有色榆林新材料集团有限责任公司

青海大学

西安建筑科技大学

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王晨曦（西安汉唐分析检测有限公司）
余泽利（西安汉唐分析检测有限公司）
郑 铨（西安汉唐分析检测有限公司）
胡珍铭（西南铝业（集团）有限责任公司）
闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）
王 力（西安精科华创材料分析检测有限公司）
王玮华（赤峰市产品质量检验检测中心）
席 洋（陕西有色榆林新材料集团有限责任公司）
赵淑桦（青海大学）
华兴江（西安建筑科技大学）

目录

引言 (II)

1 范围 (1)

2 引用文件 (1)

3 概述 (1)

4 计量特性 (1)

4.1 两端球形测头半径偏差 (1)

4.2 两端球形测头球心间距偏差 (2)

4.3 数显指示表示值误差 (2)

4.4 零位偏差 (2)

4.5 半径示值误差 (2)

4.6 半径测量重复性 (2)

5 校准条件 (2)

5.1 环境条件 (2)

5.2 测量标准 (2)

6 校准项目和校准方法 (3)

6.1 校准项目 (2)

6.2 校准方法 (3)

7 校准结果表达 (5)

8 复校时间间隔 (6)

附录 A 圆弧半径标准块的技术要求和溯源方法 (7)

附录 B 校准原始记录参考格式 (8)

附录 C 校准证书内页参考格式 (10)

附录 D 数显半径测量仪半径示值误差的测量结果不确定度评定示例 (11)

引 言

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。本规范为首次发布。

数显半径测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于半径测量范围为（5～700）mm的数显半径测量仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 34-2022 指示表

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

数显半径测量仪（以下简称测量仪）是采用容栅位移传感器电子技术，用于直接测量圆弧半径的试验仪器。测量仪由数显指示表、指示表测量杆和测架等组合而成，其结构示意图如图 1 所示。不同的被测圆弧尺寸，对应不同的测架，每个测架对应一个跨距，跨距一般为 10mm、20mm、30mm、60mm、100mm。

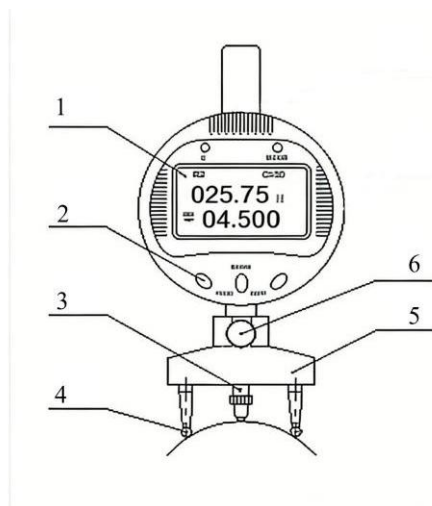


图1 数显半径测量仪结构示意图

1—数显指示表显示屏；2—按键；3—数显指示表测量杆；4—测架测头；5—测架；6—测架紧固螺钉

4 计量特性

4.1 两端球形测头半径偏差

两端球形测头半径偏差不超过 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

4.2 两端球形测头球心间距偏差

两端球形测头球心间距偏差不得超过 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

4.3 数显指示表示值误差

数显指示表示值误差按JJG 34-2022中4.8表7中最大允许误差部分要求执行。

4.4 零位偏差

零位偏差不得超过 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

4.5 半径示值误差

半径示值误差不得超过 $\pm 1\%$ 。

4.6 半径测量重复性

半径测量重复性不得超过 0.02mm 。

5 校准条件

5.1 环境条件

测量仪应在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 80\%$ 的条件下校准。校准环境中无腐蚀性介质，附近无影响校准结果的振源。校准前，测量仪与测量标准平衡温度时间不少于2h。

5.2 测量标准

测量标准的技术指标见表1。

表1 测量标准的技术指标

序号	测量标准	技术指标	用途
1	影像测量仪	最大允许误差： $\pm (3+L/200)\mu\text{m}$ ， L 为测量尺寸，单位为mm	用于两端球形测头半径偏差、两端球形测头球心间距偏差校准
2	指示表检定仪	最大允许误差绝对值： $1\mu\text{m}/1\text{mm}$ ， $1.5\mu\text{m}/2\text{mm}$ ， $3\mu\text{m}/10\text{mm}$ ， $4\mu\text{m}/30\text{mm}$	用于数显指示表示值误差校准
3	平板	1级	用于零位偏差、半径示值误差校准
4	圆弧半径标准块	$U_{\text{rel}}\leq 0.1\%$ ， $k=2$ 自行加工的圆弧半径标准块技术要求及溯源方法见附录A	用于半径示值误差及半径测量重复性校准

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目为两端球形测头半径偏差、两端球形测头球心间距偏差、数显指示表示值误差、零位偏差、半径示值误差和半径测量重复性。

6.2 校准方法

6.2.1 两端球形测头半径偏差

采用影像测量仪测量。将测架水平放置在工作台上，调整影像测量仪焦距使测架一端测头清晰成像，在该测头测量面对应的半圆弧内选取均匀分布不重叠的 3 个位置，每个位置取样圆弧不小于 45° ，测量该测头半圆弧的半径，3 个位置半径测得值的算术平均值与标称值之差即为该测头的半径偏差，见公式（1）。同理测得另一测头的半径偏差，取两测头半径偏差的较大值作为该测架两端球形测头的半径偏差。

$$\varepsilon = \bar{r} - r_0 \quad (1)$$

式中：

ε ——两端球形测头半径偏差，mm；

$\bar{r}$ ——测架测头 3 个位置测得值的算术平均值，mm；

r_0 ——测架测头半径的标称值，mm。

6.2.2 两端球形测头球心间距偏差

采用影像测量仪测量。将测架水平放置在工作台上，调整影像测量仪焦距使测架两端测头清晰成像，测量两端测头圆弧面的球心间距，重复测量 3 次，3 次测量的算术平均值与标称值之差即为该测架两端球形测头球心间距偏差，见公式（2）。

$$d = \bar{d} - d_0 \quad (2)$$

式中：

d ——测架两端测头球心间距偏差，mm；

$\bar{d}$ ——测架两端测头球心间距 3 次测量的算术平均值，mm；

d_0 ——测架两端测头球心间距的标称值，mm。

6.2.3 数显指示表示值误差

将数显指示表装夹在指示表检定仪上，使测量杆处于垂直向下或水平的状态，下压测量杆使数显指示表的示值置零，同时对指示表检定仪置零后开始测量，在测量杆正行程方向上，根据数显指示表分辨力及测量范围选择相应的校准间隔进行逐点测量，直至整个测量范围的终点，校准间隔见 JJG 34-2022 中表 11。在整个校准过程中，中途不应改变测量杆的移动方向，也不应对数显指示表和指示表检定仪作任何调整。数显指示表各校准点的示值误差计算见公式（3）。

$$e = L - L_0 \quad (3)$$

式中：

e ——数显指示表的示值误差，mm；

L ——数显指示表的示值，mm；

L_0 ——指示表检测仪的示值，mm。

数显指示表的全量程示值误差由行程内各校准点误差的最大值与最小值之差确定。任意区间示值误差的计算见 JJG 34-2022 中表 13。

6.2.4 零位偏差

将测量仪测架两端测头与指示表测量杆测头均处于自由状态并垂直与平板接触，将测量仪置零，提起测量仪再放下，使测量仪测架两端测头与指示表测量杆测头重新与平板垂直接触，读取测量仪示值，即为测量仪零位偏差。

6.2.5 半径示值误差

将测架安装于测量仪上，按使用说明在平板上将测量仪置零。分别测量外圆弧和内圆弧模式，每个测量模式应在量程内取至少 3 点作为校准点，宜包含接近量程上、下限的点，并均匀分布。

选取与测架跨距量程对应的圆弧半径标准块，沿圆弧半径标准块圆弧面半径方向，将测量仪与圆弧半径标准块的圆弧面接触，以测架的一个测头为基点，轻轻前后摆动测架的另一测头，直到在测量仪上读取到最小值，即为该校准点的半径示值。同理，更换对应的圆弧半径标准块，依次测得其他校准点的半径示值，各校准点的半径示值误差计算见公式（4）。外圆弧测量结束后，对内圆弧用同样方法进行测量，取内、外圆弧测量的 6 个校准点的半径示值误差最大值作为测量仪的半径示值误差。

$$\delta = \frac{R - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ ——半径示值误差；

R ——半径示值，mm；

R_0 ——相应圆弧半径标准块的半径实际值，mm。

6.2.6 半径测量重复性

将测架安装于测量仪上，选用约为跨距量程二分之一的圆弧半径标准块（内/外圆弧均可），在同一位置重复测量该圆弧半径标准块 3 次，半径测量重复性计算见公式（5）。

$$s = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{C_n} \quad (5)$$

式中：

s ——半径测量重复性，mm；

$R_{\max}$ ——3 次测量的半径最大值，mm；

$R_{\min}$ ——3 次测量的半径最小值，mm；

C_n ——极差系数， $C_3=1.69$ 。

7 校准结果表达

经校准的测量仪出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和联络信息；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准活动的日期，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和证书发布日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
- l) 对校准规范偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录 B，校准证书内页参考格式见附录 C。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

圆弧半径标准块的技术要求和溯源方法

A.1 技术要求

校准用圆弧半径标准块的技术要求见表 A.1。

表 A.1 圆弧半径标准块的技术要求

单位：mm

测架跨距	外圆弧测量模式		内圆弧测量模式	
	测量范围	半径标称值	测量范围	半径标称值
10	5~13	7、10、12	6.5~15	8、10、14
20	11~30	12、20、26	14~30	14、20、28
30	22~100	26、60、96	27~100	28、60、96
60	94~260	96、180、258	94~260	96、180、258
100	225~700	258、450、650	225~700	258、450、650

圆弧半径标准块的圆弧角不小于 120° ，半径尺寸的扩展不确定度 $U \leq 0.001R$ ($k=2$)，工作面的圆柱度小于 $0.001R$ (R 为测量半径)。

A.2 溯源方法

A.2.1 圆弧半径标准块半径溯源方法

使用三坐标测量机，在圆弧半径标准块（如图 A.1）的中截面上使用三坐标测量机扫描测头模式测量，测量范围应超过圆弧面整体的 $2/3$ ，至少测量 3 次，得到圆弧半径值。

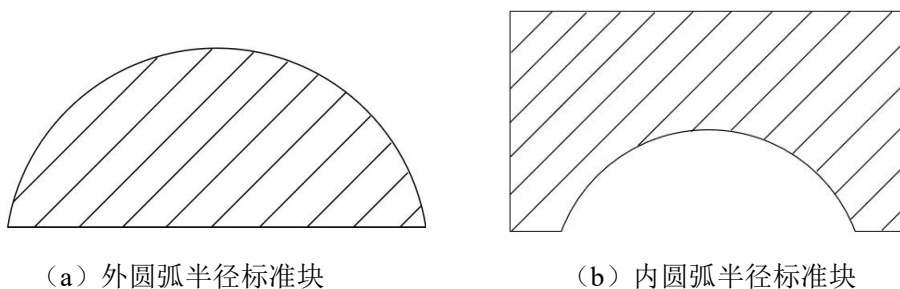


图 A.1 圆弧半径标准块示意图

A.2.2 圆弧半径标准块圆柱度溯源方法

使用三坐标测量机，在圆弧半径标准块工作面上使用三坐标测量机扫描测头模式测量，测量范围应超过圆弧面整体的 $2/3$ ，至少测量 3 次，利用软件拟合圆柱，得到圆柱度。

附录 B

校准原始记录参考格式

证书编号				委托单位			
校准依据				校准日期			
校准地点				环境条件	℃	%RH	
被校设备信息							
器具名称				出厂编号			
型号/规格				制造厂家			
测量标准信息							
名称	型号	设备编号	证书编号	准确度等级/ 最大允许误差/不确定度		有效期	
校准结果							
1 两端球形测头半径偏差							
测架跨距/mm	标称值/mm		实测值/mm			平均值/mm	偏差/mm
			1	2	3		
	测头 1						
	测头 2						
两端球形测头半径偏差/mm							
扩展不确定度:							
2 两端球形测头球心间距偏差							
测架跨距/mm	实测值/mm			平均值/mm		偏差/mm	
	1	2	3				
扩展不确定度:							
3 数显指示表示值误差							
分辨力/mm							
测量范围/mm							
任意 0.02mm	测量范围/mm	检定仪示值/mm					
		示值/mm					
任意 0.2mm	测量范围/mm	检定仪示值/mm					
		示值/mm					
任意 1mm	测量范围/mm	检定仪示值/mm					
		示值/mm					
任意 0.02mm 示值误差/mm							
任意 0.2mm 示值误差/mm							
任意 1mm 示值误差/mm							
全量程示值误差/mm							

扩展不确定度：								
4 零位偏差								
实测值/mm					偏差/mm			
扩展不确定度：								
5 半径示值误差								
测架跨距/mm	外/内圆弧		标准值/mm			示值/mm		示值误差（%）
	外圆弧							
	内圆弧							
半径示值误差/%：								
扩展不确定度：								
6 半径测量重复性								
测架跨距 /mm	测量模式	标准值 /mm	实测值/mm			最大值 /mm	最小值 /mm	重复性/mm
			1	2	3			

附录 C

校准证书内页参考格式

校准结果			
校准项目		校准结果	扩展不确定度
1.两端球形测头半径偏差/mm	测架跨距:		
2.两端球形测头球心间距偏差/mm	测架跨距:		
3.数显指示表示值误差/mm	任意 0.02mm		
	任意 0.2mm		
	任意 1mm		
	全量程		
4.零位偏差/mm			
5.半径示值误差/%	测架跨距:		
6.半径测量重复性/mm			/

附录 D

数显半径测量仪半径示值误差的测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据

本规范。

D.1.2 测量标准

半径 10mm 的圆弧半径标准块（外圆弧），半径实际值 $R_0=10\text{mm}$ ， $U_{\text{rel}}=0.1\%$ ， $k=2$ 。
1 级平板。

D.1.3 被校对象

分辨力为 0.005mm 的数显半径测量仪，搭配跨距 10mm 的测架。

D.1.4 校准方法

数显半径测量仪的半径示值误差校准方法见本规范 6.2.5。按照 6.2.5 要求应在量程范围内取均匀分布的三个校准点，本示例仅取 10mm 半径为例评定半径示值误差测量结果不确定度，其他校准点也可参考本示例评定不确定度。

D.2 测量模型

半径示值误差的测量模型可简化为公式（D.1）。

$$\delta = R - R_0 \quad (\text{D.1})$$

式中：

δ ——半径示值误差；

R ——半径示值，mm；

R_0 ——相应圆弧半径标准块的半径实际值，mm。

由于输入量各分量彼此之间相互独立不相关，则其合成不确定度计算见公式（D.2）。

$$u_c^2(\delta) = c_1^2 u^2(R) + c_2^2 u^2(R_0) \quad (\text{D.2})$$

灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial R} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial R_0} = -1$$

D.3 测量不确定度的来源分析

测量不确定度的来源有：

- 1) 测量重复性引入的不确定度 u_1 ；
- 2) 分辨力引入的不确定度 u_2 ；
- 3) 圆弧半径标准块引入的不确定度 u_3 ；
- 4) 平板引入的不确定度 u_4 。

D.4 测量不确定度评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

用数显半径测量仪重复测量半径 10mm 的圆弧标准件 10 次。10 次测量值分别为：10.005mm、10.010mm、10.005mm、10.015mm、10.010mm、10.010mm、10.005mm、10.005mm、10.020mm、10.015mm，得其平均值为：

$$\bar{x} = 10.01\text{mm}$$

标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.005\text{mm}$$

因实际测量取单次测量为测量结果，则：

$$u_1 = s = 0.005\text{mm}$$

D.4.2 分辨力引入的不确定度 u_2

由于数显半径测量仪的分辨力为 0.005mm，则区间半宽 $a=0.0025\text{mm}$ ，假设服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.0025}{\sqrt{3}} = 0.0014\text{mm}$$

D.4.3 圆弧半径标准块引入的不确定度 u_3

由于圆弧半径标准块不确定度为 $U_{\text{rel}}=0.1\%$ ($k=2$)，则 10mm 圆弧半径标准块不确定度为 $U=10 \times 0.1\%=0.01\text{mm}$ ， $k=2$ ，则：

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{U}{k} = \frac{0.01}{2} = 0.005\text{mm}$$

D.4.4 平板引入的不确定度 u_4

由于测量前需先在 1 级平板上调至零位，1 级平板平面度不超过 $7\mu\text{m}$ ，则区间半宽 $a=0.0035\text{mm}$ ，假设服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.0035}{\sqrt{3}} = 0.002\text{mm}$$

D.5 合成不确定度

由于各分量彼此独立互不相关，且重复性引入的不确定度 u_1 和分辨力引入的不确定度 u_2 取较大者，则 u_2 可忽略不计。

当 $R=10\text{mm}$ 时，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.007\text{mm}$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $R=10\text{mm}$ 时，测量仪半径示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 0.014\text{mm}$$

则其相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{R_0} \times 100\% = 0.14\%$$
