JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

靶球校准规范

Calibration Specification for Target Ball

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布 XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局发布

靶球校准规范

Calibration Specification for Target Ball

JJF XXXX-XXXX

本规范经国家市场监督管理总局XXXX年XX月XX日批准，并自XXXX年XX月XX日起实施。

**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：**中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所

 中国合格评定国家认可中心

深圳中航技术检测所有限公司

**参加起草单位：**辽宁省计量科学研究院

 西安计量技术研究院

 四川拉姆达科技有限公司

本规范委托全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

孙玉玖（中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所）

钱 丰（中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所）

王 宁（中国合格评定国家认可中心）

刘克先（深圳中航技术检测所有限公司）

**参加起草人：**

刘 娜（辽宁省计量科学研究院）

胡 畅（西安计量技术研究院）

景洪伟（四川拉姆达科技有限公司）

目 录

[目 录 I](#_Toc138450526)

[引言 II](#_Toc138450527)

[1 范围 1](#_Toc138450528)

[2 引用文件 1](#_Toc138450529)

[3 术语与定义 1](#_Toc138450530)

[4 概述 1](#_Toc138450531)

[5 计量特性 2](#_Toc138450532)

[5.1 球体直径 3](#_Toc138450533)

[5.2 球体圆度 3](#_Toc138450534)

[5.3 中心偏移量 3](#_Toc138450535)

[5. 4 角锥棱镜的工作角偏差（跟踪仪靶球） 3](#_Toc138450536)

[6 校准条件 3](#_Toc138450537)

[6.1 环境条件 3](#_Toc138450538)

[6.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc138450539)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc138450540)

[7.1 校准项目 4](#_Toc138450541)

[7.2 校准方法 4](#_Toc138450542)

[8 校准结果表达 6](#_Toc138450543)

[9 复校时间间隔 6](#_Toc138450544)

[附录A 测量不确定度评定示例 7](#_Toc138450545)

[附录B 靶球校准记录推荐格式 12](#_Toc138450549)

[附录C 靶球校准证书内容及内页格式 13](#_Toc138450550)

引言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

靶球校准规范

1 范围

本规范适用于激光跟踪仪、经纬仪、全站仪、摄影测量系统等使用的靶球的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1242-2010 激光跟踪三维坐标测量系统校准规范

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 术语与定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1　靶球 target ball

球心加工或镶嵌了一个光学靶点或反射镜，为激光跟踪仪、经纬仪、全站仪、摄影测量系统等提供瞄准目标的计量器具。

3.2　中心偏移量 offset of center

靶球三个反射镜的交点或光学靶点的几何中心相对于球体球心的偏移量。

4 概述

靶球光学中心与球心重合，将靶球放置在靶座上，将靶座放置在被测件要测量的表面，为激光跟踪仪、经纬仪、全站仪、摄影测量系统提供可瞄准的参考点，利用靶球的直径及靶座的尺寸等几何关系，可以计算出被测件该测量点的空间坐标值。

靶球由一个球体的主体轮廓和一个与之相连接的光学靶标组成，光学靶标的中心与球体的球心重合。激光跟踪仪靶球的光学靶标一般为一组3面相互垂直的平面镜或玻璃棱镜构成；摄影测量系统靶球、全站仪靶球、经纬仪靶球的光学靶标一般为一个圆点、十字线或环形等。

常见的靶球有：激光跟踪仪靶球（见图1）、经纬仪靶球（见图2）、全站仪靶球（见图3）、摄影测量系统靶球等（见图4）。

1-角锥棱镜；2-球体；3-保护环

图1 激光跟踪仪靶球



1-球体；2-圆形目标点

图2 经纬仪靶球



1-球体；2-目标点

图3 全站仪靶球

1-球体；2-圆形反射面

图4 摄影测量系统靶球

靶球通过靶座连接在被测工件上，为激光跟踪仪、经纬仪、全站仪、摄影测量系统等提供可瞄准的参考点。

5 计量特性

5.1 球体直径

球体直径一般有*φ*12.7mm、*φ*38.1mm等几种尺寸，直径偏差一般不超过±3μm。

5.2 球体圆度

球体的圆度一般不超过2μm。

5.3 中心偏移量

中心偏移量一般不超过10μm。

5. 4 角锥棱镜的工作角偏差（跟踪仪靶球）

角锥棱镜的工作角偏差一般不超过±2″。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

a) 环境温度：20℃±1℃；测量时温度波动度≤0.5℃。

b) 相对湿度：30%～75%；

6.2 测量标准及其他设备

推荐使用表1所列测量标准，允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及其他设备进行校准。

表1 靶球校准的测量仪器

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 测量标准 |
| 设备名称 | 技术指标 |
| 1 | 球体直径 | 测长机/仪 | 测量范围：（0~100）mm测长机MPE：±（0.5μm+1×10-6*L*）测长仪MPE：±（0.5μm+5×10-6*L*） |
| 2 | 球体圆度 | 圆度仪 | 直径测量范围上限不小于：100mm**2级** |
| 3 | 中心偏移量 | 激光跟踪仪 | 测量范围：（0~1）m**测长MPE：±（0.03μm+1.5×10-6*L*）** |
| 激光干涉仪 | 测量范围：（0~1）m**测长MPE：±（0.03μm+1.5×10-6*L*）** |
| 带光学镜头的坐标测量机 | 测量范围上限不小于：100mm×100mm×100mm**MPE*E*3：±（2.0µm +5×10-6*L*）** |
| 4 | 角锥棱镜的工作角偏差 | 光电自准直仪 | 测量范围不小于：±10″**1级** |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

靶球的校准项目包括：球体直径、球体圆度、中心偏移量、角锥棱镜的工作角偏差。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备

校准前，需确认靶球外露面的镀层、涂层光洁，金属部件无锈蚀痕迹。光学靶标部分无污损等影响光学性能的缺陷，刻线清晰，没有其他影响校准计量性能的因素后方可进行校准。

7.2.2 球体直径

以测长仪为例：测量时，首先在测长仪头座和尾座测量杆上安装小平面测头，调整两测头平面平行，以两测头接触时读数为*Ai*0；然后移开头座（或尾座），将受校靶球放置在工作台上；通过调整仪器工作台位置，使靶球位于两测头平面之间，并在上下和前后两个方向上观察最大值位置，取此时读数为*Ai*，按公式（1）计算该位置的直径值*Di*。

*Di*= *Ai*-*Ai*0=*Li*  (1)

式中：

*Di* ——靶球在*i*位置的直径值，mm；

*Ai* ——测长仪在*i*位置的终点读数，mm；

*Ai*0 ——测长仪在*i*位置的起点读数，mm；

*Li* ——测长仪在*i*位置的移动距离，mm。

在大致均匀的3个方向测量直径，取3个结果的平均值作为测量结果。

7.2.3 球体圆度

球体圆度使用圆度仪进行校准。

测量时，先按仪器使用说明书预热并调整好圆度仪。然后将靶球置于圆度仪工作台中心并固定，调整靶球球体中心与圆度仪传感器回转中心同心。使测头中部与靶球球径处相接触，开始测量，记录圆度仪的圆度误差输出值*ERi*，按公式（2）计算坐标测量球在该截面的圆度误差*Fi*。

*Fi=ERi* (2)

式中：

*Fi*——靶球在*i*截面的圆度误差，μm；

*ERi*——圆度仪在*i*截面的圆度误差输出值，μm。

在尽量均匀分布且相互垂直的3个截面测量，取3个结果的最大值作为测量结果。

7.2.4 中心偏移量

激光跟踪仪靶球可以使用激光跟踪仪或激光干涉仪进行校准；经纬仪靶球、全站仪靶球、摄影测量系统靶球可以使用带光学镜头的坐标测量机进行校准。

7.2.4.1使用**激光跟踪仪**校准**激光跟踪仪**靶球中心偏移量

将靶球安装在某一固定的靶座上，对准激光入射方向，记录靶球到激光跟踪仪的轴向距离1，绕激光轴旋转90°、180°、270°记录轴向距离2、3、4。再分别绕与激光轴垂直的两个轴线转动可以测量的最大角度（若激光断光，则应选择重新测量），分别记录两次轴线转动测得的**轴向距离**5、6和**轴向距离**7、8。各测量轴位置如图9所示。激光跟踪仪与靶球的摆放位置如图10所示。



图9 跟踪仪靶球测量轴位置图

2

3

1

1-激光跟踪仪；2-跟踪仪靶球；3-靶座

图10 跟踪仪靶球测量轴位置图

计算8个轴向距离**最大值与最小值的差值**，作为**测量结果。**

7.2.4.2 经纬仪靶球、全站仪靶球、摄影测量系统中心偏移量

将与靶球相适配的靶座固定在带光学镜头的坐标测量机工作台上，将靶球安装在靶座上，对准镜头方向，使用光学镜头测量圆形靶标，记录圆形靶标的中心点坐标。按7.2.4.1的位置取点，记录靶球在8个不同**姿态位置**圆形靶标中心点的坐标。坐标测量机与靶球的布置位置如图11所示。

4

3

1

2

1-靶座；2-靶球；3-镜头；4-工作台

图11 坐标测量机与靶球的摆放位置图

用8个测量点**拟合**一个球，取拟合球直径作为测量结果。

7.2.5 角锥棱镜的工作角偏差

按照光电自准直仪使用说明安装、预热光电自准直仪。将靶球安装在某一固定的靶座上，使靶球光轴正对光电自准直仪光轴，如图12所示。参考7.2.4.1的位置记录靶球在8个姿态位置光电自准直仪的读数的绝对值。取所有结果的最大值作为测量结果。

6.3侧工作面的平行度

3

2

1

1-光电自准值仪；2-跟踪仪靶球；3-靶座

图12 光电自准直仪与靶球的布置位置图

8 校准结果表达

靶球校准后应出具校准证书,校准证书应包含校准结果和测量不确定度。

9 复校时间间隔

靶球的复校时间间隔一般不超过12个月。由于复校时间间隔的长短是由量具的使用情况、使用者、量具本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录A
测量不确定度评定示例

**A.1 靶球球体直径的****测量不确定度评定示例**

**A.1.1测量方法**

靶球球体直径在测长仪上测量，取测长仪两次读数的差值作为测量结果。

**A.1.2 测量模型**

*Di*= *Ai*-*Ai*0=*Li*  (C.1)

式中：

*Di* ——靶球在*i*位置的直径值；

*Ai* ——测长仪在*i*位置的终点读数；

*Ai0* ——测长仪在*i*位置的起点读数；

*Li* ——测长仪在*i*位置的移动距离。

**A.1.3 不确定度传播公式**

 $u^{2}\left(D\right)=c^{2}u^{2}\left(L\right)$  （C.2）

式中，灵敏系数$c=∂D/∂L=1$。

**A.1.4标准不确定度分量的计算**

A.1.4.1测量重复性引入的标准不确定度分量*u*1

在各种条件均不改变的情况下，在短时间内，用标称值为38.1 mm的靶球进行重复性实验，共测量10次（即*n*=10）。实验数据为（单位：mm）：38.1001，38.1003，38.1002，38.1002，38.1002，38.1002，38.1001，38.1001，38.1003，38.1003。由贝塞尔公式计算得到*sn*(*x*)=0.003 μm，则重复性引入的标准不确定度分量为：

*u*1= *sn*(*x*) =0.08 μm

A.1.4.2 测长机引入的标准不确定度分量*u*2

测长仪最大允许误差为：±（0.5µm +5×10-6*L*），因为靶球直径一般小于38.1mm，因此最大允许误差不超过±0.75μm，**区间半宽度**为0.75 μm，符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则测长机引入的标准不确定度分量为：

*u*2=0.75/=0.43μm

A.1.4.3**测长仪分辨力**引入的标准不确定度分量*u*3

测长仪分辨力为0.1 μm，**区间半宽度**为0.05 μm，符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则由仪器分辨力引入的标准不确定度分量为：

*u*3=0.05/=0.03 μm

A.1.4.4靶球的圆度引入的标准不确定度分量*u*4

新制靶球圆度**一般在2μm范围内变化**，**区间半宽度为1 μm**，测量角度可以控制在±10°范围内，占整个圆周的20°/180°=1/9，假设符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则靶球圆度引入标准不确定度分量为：

*u*4=1/9/=0.065μm

**A.1.5合成标准不确定度计算**

由于各标准不确定度分量互不相关，合成标准不确定度为：

=0.44μm （C.3）

**A.1.6扩展不确定度计算**

取包含因子*k* = 2，则扩展不确定度*U*：

=0.9μm（*k* = 2）

**A.2 靶球球体圆度的测量不确定度评定示例**

**A.2.1 测量方法**

靶球球体圆度在圆度仪上测量，取圆度仪在该截面圆度误差输出值作为测量结果。

**A.2.2 测量模型**

*Fi=ERi*  (D.1)

式中：

*Fi*——靶球在*i*截面的圆度误差；

*ERi*——圆度仪在*i*截面的圆度误差输出值。

**A.2.3 不确定度传播公式**

 $u^{2}\left(F\right)=c^{2}u^{2}\left(E\_{R}\right)$ （D.2）

式中，灵敏系数$c=∂F/∂E\_{R}=1$。

**A.2.4标准不确定度分量的计算**

A.2.4.1测量重复性引入的标准不确定度分量*u*1

在各种条件均不改变的情况下，在短时间内，用标称值为38.1 mm的靶球进行重复性实验，共测量10次（即*n*=10）。实验数据为（单位：μm）：0.141，0.142，0.139，0.143，0.139，0.137，0.142，0.136，0.135，0.142。由贝塞尔公式计算得到*sn*(*x*)=0.003 μm，则重复性引入的标准不确定度分量为：

*u*1=0.003 μm

A.2.4.2 圆度仪引入的标准不确定度分量*u*2

2级圆度仪的的径向跳动的最大允许值为0.05 μm，**区间半宽度**为0.025 μm，符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则圆度仪引入的标准不确定度分量为：

*u*2=0.025/=0.014μm

A.2.4.3 **圆度仪分辨力**引入的标准不确定度分量*u*3

仪器分辨力为0.001 μm，区间半宽度为0.0005 μm，符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则由仪器分辨力引入的标准不确定度分量为：

*u*3=0.0005/=0.0003 μm

A.2.4.4 靶球各个截面圆度的一致性引入的标准不确定度分量*u*4

新制靶球各个截面**圆度一致性一般在0.3μm范围**，假设符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则靶球各个截面圆度变化引入的标准不确定度分量为：

*u*4=0.3/=**0.17μm**

**A.2.5合成标准不确定度计算**

由于各标准不确定度分量互不相关，合成标准不确定度为：

 =0.17μm （D.3）

**A.2.6扩展不确定度计算**

取包含因子*k* = 2，则扩展不确定度*U*：



**A.3 激光跟踪仪靶座中心偏移量的测量不确定度评定示例**

**A.3.1测量方法**

靶座中心偏移量使用激光跟踪仪测量。将靶球安装在某一固定的靶座上，对准激光入射方向，记录激光跟踪仪读数绝对值1，绕激光轴旋转90°、180°、270°记录激光跟踪仪读数绝对值2、3、4；再分别绕与激光轴垂直的两个轴线转动可以测量的最大角度（若激光断光，则应选择重新测量），记录激光跟踪仪读数绝对值5、6、7、8。计算最大值与最小值的差值作为测量结果。

**A.3.2测量模型**

 *E=δR=Rmax——Rmin*  (E.1)

式中：

*E* ——靶座中心偏移量；

*Rmax*——测量到球心的最大距离；

*Rmin*——测量到球心的最小距离；

*δR* ——球心距离的差值

**A.3.3不确定度传播公式**

$u^{2}\left(E\right)=c^{2}u^{2}\left(δR\right)$ （E.2）

式中，灵敏系数$c=∂E/∂δR=1$。

**A.3.4标准不确定度分量的计算**

A.3.4.1激光跟踪仪引入的标准不确定度分量*u*1

由于靶球放置在靶座上，靶座固定不动，因此在旋转靶球时，角度方向变化很小，跟踪仪引入的不确定度基本为测长部分的不确定度，因测量结果为两次结果的差，测量长度近似为零，假设符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则激光跟踪仪引入的标准不确定度分量为：

0.41μm

A.3.4.2 靶球圆度误差引入的标准不确定度分量*u*2

靶球的圆度一般不超过1μm，假设符合均匀分布，取包含因子*k*＝，则靶球圆度误差引入的标准不确定度分量为：

=0.58μm

A.3.4.3 测量重复性引入的标准不确定度分量*u*3

对某一靶座，先按规范要求进行布置，并记录位置1读数，在按规范所述方法进行旋转，在2~8每个位置之后都回到1位置进行读数，进行次为一组的连续测量，得到一组测量结果（799.9763，799.9773，799.9771，799.9766，799.9769，799.9775，799.9768，799.9769），则标准偏差可用贝塞尔公式计算：

0.4μm则：



**A.3.5 合成标准不确定度计算**

由于各标准不确定度分量互不相关，合成标准不确定度为：

0.82μm

**A.3.6扩展不确定度计算**

取包含因子*k* = 2，则扩展不确定度*U*：



附录B
靶球校准记录推荐格式

1、激光跟踪仪靶球校准

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1、球体直径校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 平均值（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 位置1 | 位置2 | 位置3 |
|  |  |  |  |  |

2、球体圆度校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 最大值（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 截面1 | 截面2 | 截面3 |
|  |  |  |  |  |

3、中心偏移量校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 测量结果（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 位置1 | 位置2 | 位置3 | 位置4 | 位置5 | 位置6 | 位置7 | 位置8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. 角锥棱镜的工作角偏差校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 测量结果（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 位置1 | 位置2 | 位置3 | 位置4 | 位置5 | 位置6 | 位置7 | 位置8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 |

2、经纬仪靶球、全站仪靶球、摄影测量系统靶球校准

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1、球体直径校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 平均值（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 位置1 | 位置2 | 位置3 |
|  |  |  |  |  |

2、球体圆度校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 最大值（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 截面1 | 截面2 | 截面3 |
|  |  |  |  |  |

3、中心偏移量校准：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测得值（mm） | 测量结果（mm） | 扩展不确定度*U k=2* |
| 位置1 | 位置2 | 位置3 | 位置4 | 位置5 | 位置6 | 位置7 | 位置8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 |

附录C
靶球校准证书内容及内页格式

**C.1 校准证书应至少包括以下信息：**

a）标题：“校准证书”；

b）实验室的名称和地址；

c）进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d）证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e）送校单位的名称；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，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；

h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

l) 校准结果及测量不确定度的说明；

m）对校准规范的偏离的说明；

n）校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o）校准结果仅对校准对象有效的声明；

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。

**C.2** **靶球校准推荐的校准证书内页格式如下：**

校准证书内页格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准结果1、激光跟踪仪靶球校准：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准结果 | 扩展不确定度*U k=2* |
| 1 | 球体直径/mm |  |  |
| 2 | 球体圆度/μm |  |  |
| 3 | 中心偏移量/μm |  |  |
| 4 | 角锥棱镜的工作角偏差/″ |  |  |

2、经纬仪靶球、全站仪靶球、摄影测量系统靶球校准：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准结果 | 扩展不确定度*U k=2* |
| 1 | 球体直径/mm |  |  |
| 2 | 球体圆度/μm |  |  |
| 3 | 中心偏移量/μm |  |  |

 |

注：校准证书的内容应符合JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。由于各实验室对校准证书有自己的设计，本附录仅建议与校准结果相关部分的内页格式。其中的部分内容可以由于实验室的证书格式不同而在其他部分表述。