



中华人民共和国国家标准

GB/T 39518—2020

产品几何技术规范(GPS) 使用单探针和多探针接触式探测系统 坐标测量机的检测不确定度评估指南

Geometrical product specifications (GPS)—Guidelines for the evaluation of
coordinate measuring machine (CMM) test uncertainty for CMMs using
single and multiple stylus contacting probing systems

(ISO/TS 17865:2016, MOD)

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 检测值的不确定度评估	1
4.1 检测球支撑杆的弯曲和不良装夹产生的影响	1
4.2 检测球的形状	2
4.3 探测系统形状误差的检测	2
4.4 探测系统尺寸值的检测	2
4.5 探测系统位置值的检测	3
附录 A (资料性附录) 用圆度值近似替代形状误差的问题	4
附录 B (资料性附录) 与 GPS 矩阵模型的关系	5
参考文献	6

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO/TS 17865:2016《产品几何技术规范(GPS) 使用单探针和多探针接触式探测系统坐标测量机的检测不确定度评估指南》。

本标准与 ISO/TS 17865:2016 的技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用等效采用国际标准的 GB/T 16857.1 代替 ISO 10360-1(见第 3 章)；
- 用等效采用国际标准的 GB/T 18779.1—2002 代替 ISO 14253-1:1998(见第 3 章、4.3)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 24637.2 代替 ISO 17450-2(见第 3 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 34881 代替 ISO/TS 23165(见第 3 章)；
- 用 JJF 1001 代替 ISO/IEC Guide 99(见第 3 章)；
- 用 JJF 1059.1 代替 ISO/IEC Guide 98-3(见第 3 章)。

本标准做了下列编辑性修改：

——按照 GB/T 1.1—2009 要求，在“范围”一章，增加了“本标准适用于配置接触式探测系统，使用离散点探测模式的坐标测量机”。

本标准由全国产品几何技术规范标准化技术委员会(SAC/TC 240)提出并归口。

本标准起草单位：海克斯康测量技术(青岛)有限公司、江苏锐精光电研究院有限公司、中机生产力促进中心、广东省计量科学研究院、浙江亚太机电股份有限公司、浙大宁波理工学院。

本标准主要起草人：王晋、明翠新、张欣宇、朱悦、施瑞康、陈刚、马修水。

产品几何技术规范(GPS)

使用单探针和多探针接触式探测系统 坐标测量机的检测不确定度评估指南

1 范围

本标准给出了按照 GB/T 16857.5 检验坐标测量机时评估检测不确定度方法的指南。
本标准适用于配置接触式探测系统,使用离散点探测模式的坐标测量机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16857.1 产品几何量技术规范(GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测 第1部分:词汇(GB/T 16857.1—2002,eqv ISO 10360-1:2000)

GB/T 16857.5—2017 产品几何技术规范(GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测 第5部分:使用单探针或多探针接触式探测系统的坐标测量机(ISO 10360-5:2010,IDT)

GB/T 18779.1—2002 产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第1部分:按规范检验合格或不合格的判定规则(eqiv ISO 14253-1:1998)

GB/T 24637.2 产品几何技术规范(GPS) 通用概念 第2部分:基本原则、规范、操作集和不确定度(GB/T 24637.2—2020,ISO 17450-2:2012,MOD)

GB/T 34881 产品几何技术规范(GPS) 坐标测量机的检测不确定度评估指南(GB/T 34881—2017,ISO/TS 23165:2006,IDT)

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

GB/T 16857.1、GB/T 16857.5、GB/T 18779.1、GB/T 24637.2、GB/T 34881、JJF 1001 和 JJF 1059.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 检测值的不确定度评估

4.1 检测球支撑杆的弯曲和不良装夹产生的影响

在某些应用中,以下因素可能影响到检测值:

- 检测球的装夹:如果检测球的装夹不够紧固,或者存在振动源,则检测球在测量期间可能会由探测力、振动和惯性力等因素引发位移;
- 检测球支撑杆的弯曲:如果检测球支撑杆的刚性不足,探测力引起的弯曲将会成为检测值不确定度的一个显著来源。

这些效果的影响,可以通过对检测球施加一个等值的探测力(即测头进行点探测的力度),同时用位移传感器(例如,精密指示表或者电容测微仪)来实际测量。在本标准中这个位移距离被称为 $d_{\text{FIXTURING}}$ 。

另一种办法是使用两个有显著差别的测量力分别测量,然后比较检测误差 P 值,以评估装夹的影响程度。

4.2 检测球的形状

以下公式中使用了检测球的形状误差及其不确定度,检测球的形状误差已经按照 GB/T 16857.5—2017 的 6.2.3,进行了标定(检测球的形状误差等同于球度)。需要强调,标定的是形状误差而非圆度。然而,如果检测球标定的是圆度,即以球面上最大圆轨迹的圆度来近似球度,在供需双方达成一致意见的情况下,也可以参照附录 A 中的调整系数,用圆度来估算形状误差及不确定度。

4.3 探测系统形状误差的检测

探测误差标准不确定度 $u(P_{F-})$ 的推荐公式见公式(1):

$$u(P_{F-}) = \sqrt{\left(\frac{F_{\text{SPHERE}}}{2}\right)^2 + u^2(F_{\text{SPHERE}}) + \left(\frac{d_{\text{FIXTURING}}}{2}\right)^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- F_{SPHERE} ——检测球的形状误差;
- $u(F_{\text{SPHERE}})$ ——校准证书提供的检测球形状误差的标准不确定度;
- $d_{\text{FIXTURING}}$ ——探测力引起的检测球位移。

由于单向探测的特点,取包含因子 $k=1.645$,此时的置信度水平典型值为 95%。GB/T 18779.1—2002 第 4 章给出的缺省值 $k=2$,适用于双向探测测量。

校准证书提供的扩展不确定度 U 应除以包含因子 k ,转换为标准不确定度 $u, u=U/k$ 。 k 值同样由校准证书提供。

注:由于未知的、复杂的检测球形状误差和探测误差的交互作用,使得以上公式中给出的标准不确定度 $u(P_{F-})$ 可能发生过估(见 GB/T 18779.2)。这种过估在大部分情况下都不会成为问题,但是在某些情况下,当现场可用的或经济型的检测球的形状误差和最大允许探测误差 P_{F-} 相比不是足够小的话,供需双方就需要对如何进行验收达成一致,可以考虑以下的可能性:

- 基于 GB/T 18779.6,商议不同的验收判定规则;
- 使用更详细的公式对所得到的不确定度值作技术修正。

4.4 探测系统尺寸值的检测

尺寸误差标准不确定度 $u(P_{S-})$ 的推荐公式见公式(2):

$$u(P_{S-}) = \sqrt{u^2(D_{\text{cal}}) + [\alpha u(T)D_{\text{cal}}]^2 + [\Delta T u(\alpha)D_{\text{cal}}]^2 + \left(\frac{F_{\text{SPHERE}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{u(F_{\text{SPHERE}})}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_{\text{FIXTURING}}}{2}\right)^2} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $u(D_{\text{cal}})$ ——检测球标定直径的标准不确定度;
- D_{cal} ——检测球的标定直径;
- α ——检测球材料的热膨胀系数;
- $u(T)$ ——检测球温度值的标准不确定度;
- ΔT ——检测球的实际温度与 20 ℃ 之偏差;
- $u(\alpha)$ ——检测球热膨胀系数的标准不确定度;

- F_{SPHERE} ——检测球的形状误差；
 $u(F_{\text{SPHERE}})$ ——校准证书提供的检测球形状误差的标准不确定度；
 $d_{\text{FIXTURING}}$ ——探测力引起的检测球位移。

4.5 探测系统位置值的检测

位置值的标准不确定度 $u(P_{L-})$ 的推荐公式见公式(3)：

$$u(P_{L-}) = \sqrt{\left(\frac{F_{\text{SPHERE}}}{2}\right)^2 + u^2(F_{\text{SPHERE}}) + (d_{\text{FIXTURING}})^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- F_{SPHERE} ——检测球的形状误差；
 $u(F_{\text{SPHERE}})$ ——校准证书提供的检测球形状误差的标准不确定度；
 $d_{\text{FIXTURING}}$ ——探测力引起的检测球位移。

附录 A

(资料性附录)

用圆度值近似替代形状误差的问题

A.1 问题和建议的解决办法

本标准的公式中使用了检测球的形状误差及其不确定度。实际情况中,许多检测球标定的是圆度而非球度,即:沿球面测量若干个圆度,再把最大的圆度用来表示形状误差。

在这种情况下就不能直接使用前述公式,因为圆度并没有完全覆盖球面形状。本附录给出在这种情况下下的指导意见。

非理想的球面形状通常有两种缺陷模式,即四瓣模型(以一个规则的内接四面体的顶点为中心)和两瓣模型(长椭球体)。针对这种情况,采用模拟方法研究在大圆上测量的圆度能获取球度的比例值(模拟过程中,球面形状的方位是随机的),最后计算和确定调整系数,用来将最大圆度(四瓣和两瓣模型中的最坏情况)调整为球面形状误差。

如 4.2 所述,当现实中无法获得检测球形状误差的情况下,供需双方可以同意使用本附录给出的调整办法。

本附录公式中用到的参数定义如下:

F_{SPHERE} —— 检测球形状误差;

$u(F_{\text{SPHERE}})$ —— 检测球形状误差的标准不确定度;

R_{SPHERE} —— 检测球的圆度误差(测量多个圆轨迹的圆度最大值);

$u(R_{\text{SPHERE}})$ —— 校准证书提供的检测球圆度误差的标准不确定度。

A.2 三个大圆

当圆度是由三个相互垂直的大圆计算时,建议使用公式(A.1)和(A.2)的调整系数作评估:

$$F_{\text{SPHERE}} = 1.25(R_{\text{SPHERE}}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$u(F_{\text{SPHERE}}) = 1.25[u(R_{\text{SPHERE}})] \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

A.3 五个大圆

在有些情况下,圆度是通过五个大圆计算的。如果检测球带支撑杆,则支撑杆可看作坐标系的一Z方向。然后,五个圆的分布模式为:第一个位于XY平面内,其余四个圆的法线方向分别为 $[1,0,1]$, $[0,1,1]$, $[-1,0,1]$, $[0,-1,1]$ 。这种情况下,建议使用公式(A.3)和(A.4)的调整系数作评估:

$$F_{\text{SPHERE}} = 1.1(R_{\text{SPHERE}}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

$$u(F_{\text{SPHERE}}) = 1.1[u(R_{\text{SPHERE}})] \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

A.4 一个大圆

当仅计算一个大圆的圆度时,由于对球面缺乏足够的覆盖,这种方法会严重低估形状误差。实际模拟的调整量极大(在长椭球形状时,系数高达 10.5),因此,圆度不应用来导出形状误差。

附录 B
(资料性附录)
与 GPS 矩阵模型的关系

B.1 概述

关于 GPS 矩阵模型的完整细则,参见 GB/T 20308。

GB/T 20308 中的 GPS 矩阵模型对 GPS 体系进行了综述,本标准是该体系的一部分。除非另有说明,GB/T 4249 给出的 GPS 基本规则适用于本标准,GB/T 18779.1 给出的缺省规则适用于按照本标准制定的规范。

B.2 关于标准及其使用的信息

本标准给出了按照 GB/T 16857.5 检验坐标测量机时评估检测不确定度方法的指南。

B.3 在 GPS 矩阵模型中的位置

本标准是一项 GPS 通用标准。本标准给出的规则和原则适用于 GPS 矩阵中所有标有实心点(·)的部分。见表 B.1。

表 B.1 GPS 标准矩阵模型

几何特征	链环						
	A	B	C	D	E	F	G
	符号和标注	要素要求	要素特征	符合与不符合	测量	测量设备	校准
尺寸						·	
距离						·	
形状						·	
方向						·	
位置						·	
跳动						·	
轮廓表面结构						·	
区域表面结构						·	
表面缺陷						·	

B.4 相关的标准

表 B.1 所示标准链涉及的标准为相关的标准。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4249 产品几何技术规范(GPS) 基础 概念、原则和规则
 - [2] GB/T 18779.2 产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第2部分:测量设备校准和产品检验中 GPS 测量的不确定度评定指南
 - [3] GB/T 18779.5 产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第5部分:指示式测量仪器的检验不确定度
 - [4] GB/T 18779.6 产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第6部分:仪器和工件接受/拒收的通用判定规则
 - [5] GB/T 19765 产品几何量技术规范(GPS) 产品几何量技术规范和检验的标准参考温度
 - [6] GB/T 20308 产品几何技术规范(GPS) 矩阵模型
-