



中华人民共和国国家标准

GB/T 16857.5—2004/ISO 10360-5:2000

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5部分:使用 多探针探测系统的坐标测量机

Geometrical Product Specifications (GPS)—
Acceptance and reverification tests for coordinate
measuring machines(CMM)—Part 5:
CMMs using multiple-stylus probing systems

(ISO 10360-5:2000, IDT)

2004-11-11 发布

2005-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 16857《产品几何量技术规范(GPS) 坐标测量机(CMM)的验收检测和复检检测》分为如下几部分:

- 第1部分:词汇;
- 第2部分:用于测量尺寸的坐标测量机;
- 第3部分:配置转台的轴线作为第四轴的坐标测量机;
- 第4部分:在扫描模式下使用的坐标测量机;
- 第5部分:使用多探针探测系统的坐标测量机;
- 第6部分:计算高斯拟合要素的误差评定。

本部分为 GB/T 16857 的第5部分。

本部分等同采用国际标准 ISO 10360-5:2000《产品几何量技术规范(GPS) 坐标测量机(CMM)的验收检测和复检检测 第5部分:使用多探针探测系统的坐标测量机》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 10360-5:2000。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

——‘本部分国际标准’一词改为‘本部分’;

——删除了国际标准的前言。

本部分的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本部分由全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位:机械科学研究院、中国航天科技集团公司第一计量测试研究所、中国航空工业第一集团公司北京航空精密机械研究所、上海上机精密量仪有限公司、青岛前哨朗普测量技术有限公司。

本部分主要起草人:李晓沛、王正强、陈秀政、高国平、唐禹民、王晋。

本部分系首次发布。

引 言

GB/T 16857 的本部分是一项产品几何量技术规范(GPS)标准并属于通用 GPS 标准(见 ISO/TR 14638)。本部分影响尺寸、距离、角度、形状、方向、位置、跳动和基准的标准链的链环 5。

本部分与其他标准的关系及 GPS 矩阵模式的较详细信息参见附录 B。

本部分中规定的验收检测和复检检测适用于测量工件时,采用多探针或多探针方位的坐标测量机。

经验表明,用本部分计算出来的误差是值得注意的,同时也是坐标测量机中主要的误差。由于现代坐标测量机探测系统配置的多样性,本部分所规定的检测只局限于规定一种检测形式。检测意在提供有关用多探针、多测头或万向测头位置测量单个要素或多个要素的坐标测量机能力的信息。

适用情况包括:

- 连接于坐标测量机测头的多探针(例如星形探针);
- 采用能预标定的万向探测系统(机动的或手动的)的装置;
- 采用可重复测头交换系统的装置;
- 采用可重复探针交换系统的装置;
- 多测头装置。

相信本部分中规定的程序对具体的测量工作将有助于使探测系统的不确定度成分减至最小,且用户可通过移置如加长杆和探针等作用元件来降低误差,然后再检测新的配置装置。

本部分中规定的检测对坐标测量机和探测系统两者的许多误差较敏感,除 GB/T 16857.2 中规定的尺寸测量检测(只用一个探针进行)和探测系统的检测(或替代此检测)外,还需要进行本检测。

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5部分:使用多探针探测系统的坐标测量机

1 范围

GB/T 16857 的本部分规定了具有多探针探测系统的坐标测量机性能的验收检测和复检检测。探测系统包括装在单个测头上的固定多探针系统(例如“星形”探针)、多测头系统(例如每个测头一个探针)以及万向探测系统。

本部分只适用于:

- 使用任何类型接触式探测系统的坐标测量机;
- 探针系统的配置能够预先标定(亦即系统运行的重复性足够,不必每次使用时对探针进行标定);

注:为了进行探针配置的预先标定,对各种不可重复的探针系统配置,可以设计一种相似的方案进行检测。

- 探针为球形的、半球形的或圆盘形的。

本部分不适用于非接触式的探测系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 16857 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 16857.1—2002 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(eqv ISO 10360-1:2000)

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(eqv ISO 14253-1:1998)。

JJF 1001—1998 通用计量名词及定义

3 术语和定义

GB/T 16857.1、GB/T 18779.1 和 JJF 1001 确立的术语和定义适用于 GB/T 16857 的本部分。

4 计量特性要求

4.1 探测误差

固定多探针探测系统和万向探测系统的误差 MF 、 MS 、 ML 和 AF 、 AS 、 AL 应不超过各自对应的最大允许误差 MPE_{MF} 、 MPE_{MS} 、 MPE_{ML} 及 MPE_{AF} 、 MPE_{AS} 、 MPE_{AL} 。

最大允许误差:

- 验收检测,由制造商规定;
- 复检检测,由用户规定。

各误差及对应的最大允许误差的单位用“微米”表示。

注:多探针探测系统的误差分为形状相关误差(MF 、 AF)、尺寸相关误差(MS 、 AS)及位置相关误差(ML 、 AL),其不同的组合对各种不同测量任务的测量不确定度至关重要。

4.2 探针

第5章规定的用于检测的探针应为已被认可可以在该坐标测量机使用的,即具有同样的材料、同样的测杆直径和标称长度,并具有同样的探针针尖质量。考虑到可能与用于检测程序的探针长度不是完全相同,探针长度的变化范围在6 mm或标称长度的10%内,可以使用二者中较大的。

4.3 环境条件

坐标测量机安装场地影响测量的环境条件,如温度条件、空气湿度和震动等的允许极限,验收检测时由制造商规定,复检检测时由用户规定。

验收检测或复检检测时,用户可在允许极限内随意选择环境条件。

4.4 操作条件

当进行本部分第5章中规定的检测时应采用制造商的操作说明书中规定的程序操作坐标测量机。操作时特别应遵守操作说明书中列举的以下几方面:

- a) 机器启动/预热;
- b) 探针系统配置及组装;
- c) 探针针头,检测球及标准球的清洁程序;
- d) 探测系统的标定。

探测系统标定前,应清洁所有探针针头,检测球及标准球,以清除可能影响测量或检测结果的残留物。

探测系统标定前及标定过程中应确保探测系统基本达到热平衡。

5 验收检测和复检检测

5.1 固定多探针探测系统

5.1.1 原则

本检测程序的原则是用5个不同的固定探针测量检测球的形状、尺寸和位置。每个探针在检测球上探测25点,所有5个探针总共探测125点。

如果坐标测量机配有探针或测头交换系统,则需进行5次交换,且在每个探针探测前交换一次。每个探针所采集的25点为一组,生成一个最小二乘拟合球,总共得到5个拟合球。

计算出所有5个拟合球球心坐标(X 、 Y 和 Z)的变化范围,这三个变化范围的最大值给出位置误差 ML 。另外,通过全部125点产生的最小二乘拟合球用于评定形状和尺寸的示值误差,由此计算得出尺寸误差 MS 和形状误差 MF 。

由于检测结果受探针系统的影响很大,为此应考虑不同的探针长度;但只检测坐标测量机制造商规定可用于探针系统的那些长度。

检测球位置的选择对检测结果有显著影响。

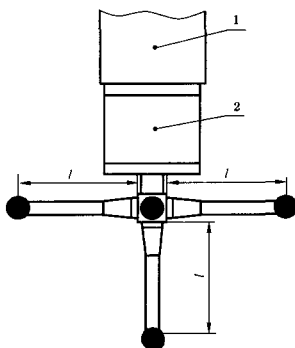
5.1.2 测量器具

尺寸实物标准器(即检测球)的直径应不小于10 mm,并不大于50 mm。检测球的尺寸和形状需经校准。标定坐标测量机的标准球不能用作检测球。

5.1.3 程序

5.1.3.1 星形探针系统由平行于测头轴向的一个探针和在垂直于测头轴向的一个平面内且互成 90° 的4个探针构成。从测头到探针连接点的距离应该最小,一般用随机所带的配件(见图1)。

探针长度 l 的值应相等并由坐标测量机制造商规定,其值应从下列数值中选择:10 mm、20 mm、30 mm、50 mm、100 mm、200 mm和400 mm(见图2)。只有那些坐标测量机制造商规定可用于探针系统的长度需要检测。除非另有规定,应使用那些已被认可的坐标测量机探测系统的探针配件。



1——探测轴；

2——测头。

注：为清晰起见，图中仅可见 5 个探针中的 4 个探针及 3 个探针加长杆。

图 1 探针长度为 l 的固定多探针探测系统

5.1.3.2 5 个探针分别按坐标测量机制造商规定的操作程序标定。

5.1.3.3 球形实物标准器(即检测球)应置于 X 方向和 Y 方向距离探测系统标定用标准球不小于检测时所用的最大探针长度(见图 2)。用每个探针在检测球上测量 25 点,总共 125 点。

	$MPE_{MF}/\mu m$	$MPE_{MS}/\mu m$	$MPE_{ML}/\mu m$
固定多探针 $l=10\text{ mm}$			
固定多探针 $l=20\text{ mm}$			
固定多探针 $l=30\text{ mm}$			
固定多探针 $l=50\text{ mm}$			
固定多探针 $l=100\text{ mm}$			
固定多探针 $l=200\text{ mm}$			
固定多探针 $l=400\text{ mm}$			

图 2 固定多探针探测系统取样明细表

各测量点应在检测球上匀称分布,至少覆盖半个球面。对垂直探针,推荐采样点分布为:一点位于检测球极点;四点均布且与极点成 22.5° ;八点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 45° ;四点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 67.5° ;八点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 90° 。

对水平探针,应采用类似的采样点分布,同时极点由探针方向确定。

若随坐标测量机配备探针或测头交换系统,则应进行 5 次交换检测,每个探针交换一次,即使交换系统可用的测头或探针少于 5 个的情况下,仍需进行最多数的交换,此时某些探针或测头需交换一次以上,以达到总数为 5 次的交换。

5.1.4 数据分析

5.1.4.1 每个探针所采集的 25 点为一组,生成一个最小二乘拟合球,总共得到 5 个拟合球。计算出所有 5 个拟合球的球心坐标(X 、 Y 和 Z)的变化范围,将这三个变化范围的最大值作为位置误差 ML 。

5.1.4.2 取所有 5 个探针所采集的 125 点生成一个最小二乘拟合球。将拟合球直径与实物标准器的尺寸校准值之差作为固定多探针探测性能的尺寸误差 MS 。同样,将 125 点相对于最小二乘拟合球心的半径变化范围即球度作为固定多探针探测性能的形状误差 MF 。

5.1.5 对坐标测量机制造商所允许的每一个 l 值重复 5.1.3.1~5.1.4.2 步骤。

5.2 万向探测系统

5.2.1 原则

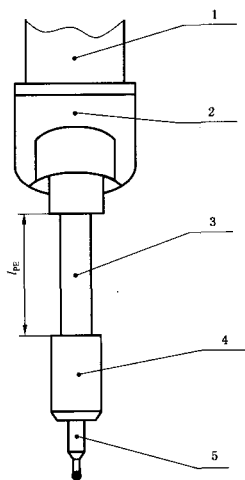
本检测的原则是用万向探测系统在 5 个不同转角位置测量检测球的形状、尺寸和位置(见图 3)。在每个转角位置对检测球测量 25 点,5 个位置总共 125 点。

如果随坐标测量机配备探针或测头交换系统,则需进行 5 次交换,并在每个转角位置检测前进行一次。每一转角位置所采集的 25 点为一组,生成一个最小二乘拟合球,总共得到 5 个拟合球。

计算出全部 5 个拟合球的球心坐标(X 、 Y 和 Z)的变化范围,按这三个变化范围的最大值给出位置误差 AL 。另外,通过全部 125 点生成的最小二乘拟合球用于评定形状示值误差和尺寸示值误差,分析计算给出尺寸误差 AS 和形状误差 AF 。

由于检测结果主要依赖于测头加长杆长度,应考虑一系列不同长度值的测头加长杆;但只检测坐标测量机制造商指定用于万向探测系统的那些长度。

检测球位置的选择对检测结果有显著影响。



- 1——探测轴;
- 2——万向测头座;
- 3——测头加长杆;
- 4——测头;
- 5——探针。

图 3 垂直方向位置的万向探测系统

5.2.2 测量器具

尺寸实物标准器(即检测球)的直径应不小于 10 mm,并不大于 50 mm。检测球的尺寸和形状需经校准。标定坐标测量机的标准球不能用作检测球。

5.2.3 程序

5.2.3.1 将较短的(20 mm,另有规定除外)直探针和测头加长杆配件连接到万向探测系统上。测头加长杆的长度 l_{PE} 应从下列数值中选择:0 mm、100 mm、200 mm 和 300 mm(见图 4)。除非另有规定,应使用那些已被认可,可用于坐标测量机探测系统的探针和测头加长杆配件。

5.2.3.2 对万向探测系统 5 个转角位置分别按坐标测量机制造商规定的操作程序进行标定。这 5 个转角位置由一个垂直方向位置和四个互成 90° 的水平位置组成。

5.2.3.3 检测球应置于 X 方向和 Y 方向距离探测系统标定用标准球不小于检测时所用的最大的测头加长杆长度位置(见图 4)。每一转角位置在检测球上测量 25 点,总共 125 点。

	$MPE_{AF}/\mu m$	$MPE_{AS}/\mu m$	$MPE_{AL}/\mu m$
万向探测系统			
测头加长杆长度 $l_{PE}=0$ mm			
万向探测系统			
测头加长杆长度 $l_{PE}=100$ mm			
万向探测系统			
测头加长杆长度 $l_{PE}=200$ mm			
万向探测系统			
测头加长杆长度 $l_{PE}=300$ mm			

图 4 万向探测系统取样明细表

各测量点应在检测球上均匀分布,至少覆盖半个球面。对垂直探针,推荐取样的布点为:一点位于检测球极点;四点均布且与极点成 22.5° ;八点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 45° ;四点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 67.5° ;八点均布,相对于前者旋转 22.5° 且与极点成 90° 。

对水平转角位置的探针,应采用类似取样布点,同时极点由探针方向确定。

若坐标测量机配备探针或测头交换系统,需对缺省探针进行 5 次交换。在每个转角位置需更换探针或测头,检测过程中总共进行 5 次交换。

5.2.4 数据分析

5.2.4.1 每一转角位置所采集的 25 点为一组,生成一个最小二乘拟合球,总共得到 5 个拟合球。计算出所有 5 个拟合球的球心坐标(X、Y 和 Z)的变化范围,按这三个变化范围的最大值给出万向探测系统的位置误差 AL。

5.2.4.2 取全部 5 个转角位置所采集的 125 点生成一个最小二乘拟合球。将拟合球直径与实物标准的尺寸校准值之差作为万向探测性能的尺寸误差 AS。同样,将 125 点相对于最小二乘拟合球心的半径变化范围即球度作为万向探测性能的形状误差 AF。

5.2.5 对坐标测量机制造商所允许的每一测头加长杆长度值重复 5.2.3.1 至 5.2.4.2 步骤。

6 按规范检验合格

6.1 验收检测

按本部分检测使用固定多探针探测系统的坐标测量机性能,对每一个探针长度 l 的允许值,如果 $MF \leq MPE_{MF}$ 、 $MS \leq MPE_{MS}$ 和 $ML \leq MPE_{ML}$,则其性能检测被通过。 MPE_{MF} 、 MPE_{MS} 和 MPE_{ML} 由制造商给定并按 GB/T 18779.1 考虑测量不确定度。

按本部分检测使用万向探测系统的坐标测量机性能,对每一个测头加长杆长度 l_{PE} 的允许值,如果 $AF \leq MPE_{AF}$ 、 $AS \leq MPE_{AS}$ 和 $AL \leq MPE_{AL}$,则其性能验收检测被通过。 MPE_{AF} 、 MPE_{AS} 和 MPE_{AL} 由制造商给定并按 GB/T 18779.1 考虑测量不确定度。

如果使用多探针的坐标测量机性能检测未被通过,则应彻底检查所有测量器具是否有影响测量结果的灰尘、污垢,或操作者在组装探针系统中引起的问题,还应检查确认探测系统的各部分处于热平衡

状态。纠正各种问题后,以相同的目标接触点从探测系统标定开始,仅可再重复检测一次。

6.2 复检检测

按本部分检测使用多探针探测系统的坐标测量机性能,对每一个探针长度 l 的允许值,如果 $MF \leq MPE_{MF}$ 、 $MS \leq MPE_{MS}$ 和 $ML \leq MPE_{ML}$,则其复检检测被通过。 MPE_{MF} 、 MPE_{MS} 和 MPE_{ML} 由用户给定并按 GB/T 18779.1 考虑测量不确定度。

按本部分检测使用万向探测系统的坐标测量机性能,对每一个测头加长杆长度 l_{PE} 的允许值,如果 $AF \leq MPE_{AF}$ 、 $AS \leq MPE_{AS}$ 和 $AL \leq MPE_{AL}$,则其性能复检检测被通过。 MPE_{AF} 、 MPE_{AS} 和 MPE_{AL} 由用户给定并按 GB/T 18779.1 考虑测量不确定度。

如果使用多探针的坐标测量机性能检测未被通过,则应彻底检查所有测量器具是否有影响测量结果的灰尘、污垢或操作者在组装探针系统中引起的问题,还应检查确认探测系统的各部分处于热平衡状态。纠正各种问题后,以相同的目标接触点从探测系统标定开始,仅可再重复检测一次。

7 应用

7.1 验收检测

在供方和用户签订了购货、维护、维修、改造或升级合同的情况下,GB/T 16857 的本部分所规定的验收检测,可用作使用固定多探针探测系统或万向探测系统的坐标测量机性能的检测,确认符合供方和顾客一致同意的最大允许误差。

如果供方未规定任何限制,则规定的最大允许误差应适用于坐标测量机上检测球的任何方位。

7.2 复检检测

本部分所规定的复检检测在组织内部的质量保证体系中可用来按用户考虑所有可能和具体应用限制因素后而规定的适宜的最大允许误差,检测证实使用固定多探针探测系统或万向探测系统的坐标测量机的性能。

7.3 中间检查

在组织内部的质量保证体系中,可采用简化的复检检测,周期性地检测证实坐标测量机具有符合 6.1 所规定的最大允许误差要求的能力。

本部分所规定的复检检测可通过减少探针数目与评定的实际测量点数来简化。参见附录 A。

附 录 A
(资料性附录)
中 间 检 查

建议在周期复检之间定期检查探测系统。

建议使用日常测量所用的一套探针配置进行探测系统的检查。中间检查应遵循同样的程序。最初的检查应在复检检测之后立即进行。记下探针配置、标准球的位置及其他参数并能在以后复现。

附录 B
(资料性附录)
在 GPS 矩阵模式中的位置

GPS 矩阵模式的全部详情参见 ISO/TR 14638。

B.1 有关 GB/T 16857 本部分的信息及其应用

本部分规定了证实坐标测量机的性能是否满足规定的最大允许误差的检测方法。本部分给定的检测：

- 用于能使用多探针的坐标测量机；
- 用来提供有关使用多探针、多测头或万向测头位置测量单个要素或多个要素的坐标测量机能力的信息；
- 进行除 GB/T 16857.2 中规定的尺寸测量检测(只用一个探针进行)外的检测。

B.2 在 GPS 矩阵模式中的位置

本部分属于通用的 GPS 标准，它影响通用 GPS 矩阵模式中尺寸、距离、半径、角度、形状、方向、位置、跳动和基准标准链的链环 5，如图 B.1 所示。

B.3 相关的标准

相关的标准为图 B.1 所示标准链涉及的标准。

基础的 GPS 标准	综合的 GPS 标准						
	通用的 GPS 标准						
	链环号	1	2	3	4	5	6
	尺寸						
	距离						
	半径						
	角度						
	与基准无关的线形状						
	与基准相关的线形状						
	与基准无关的面形状						
	与基准相关的面形状						
	方向						
	位置						
	圆跳动						
	全跳动						
	基准						
	粗糙度轮廓						
	波纹理轮廓						
	原始轮廓						
	表面缺陷						
	棱边						

图 B.1

参 考 资 料

- [1] GB/T 16857.2—1997¹⁾ 坐标计量学 第2部分:坐标测量机的性能评定(eqv ISO 10360-2:1994)
 - [2] ISO 10360-3:2000 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3部分:配置转台轴线为第4轴的坐标测量机
 - [3] ISO 10360-4:2000 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4部分:在扫描模式下使用的坐标测量机
 - [4] ISO/TR 14638:1995 产品几何量技术规范(GPS) 总体规划
-

1) 待修订。