

前 言

本标准是根据国际标准 ISO 10360-2:1994《坐标计量学——第 2 部分：坐标测量机的性能评定》(1994-02-01 第 1 版)进行制定的，在技术内容与编写顺序上与该国际标准等效。

在《坐标计量学》主标题下，等效采用国际标准将陆续分几部分制定，包括定义、基本几何原则的应用；回转轴为第四轴的坐标测量机的性能评定；扫描型坐标测量机的性能评定；复合测头探测系统坐标测量机的性能评定；坐标测量几何要素评定软件的检验一致性以及相应的实施规则等几部分构成 GB/T 16857 系列标准。本标准是系列标准的第 2 部分。

本标准的附录 A、附录 B 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国公差与配合标准化技术委员会、全国量具量仪标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：机械部机械科学研究院、机械部成都工具研究所、中国航空精密机械研究所、青岛前哨英柯发测量设备有限公司、上海机床厂、福建莆田智舟高新技术公司、北京机床研究所、中国计量科学研究院、航空工业总公司二零四研究所。

本标准主要起草人：李晓沛、谷延辉、吴文炳、唐禹民、朱志先、郑舜英、王正强、俞汉清。

本标准系首次发布。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是由各国标准团体(ISO 成员团体)组成的世界范围的联合组织。国际标准的起草工作一般通过 ISO 技术委员会来完成。每一个成员团体如对已成立的技术委员会的任务有兴趣,有权派代表参加其中工作。与 ISO 有联系的政府的或非政府的国际组织,也可参加工作。ISO 与从事电工标准化的国际电工委员会(IEC)有着密切的合作。

被技术委员会采纳的国际标准草案须经各成员团体通信投票表决。作为国际标准发布,须有 75% 以上的成员团体投票赞成。

国际标准 ISO 10360-2 是由技术委员会 ISO/TC3“极限与配合”起草的。

ISO 10360 在主标题“坐标计量学”下,由下列部分构成:

- 第 2 部分:坐标测量机的性能评定;
- 第 3 部分:回转轴为第四轴的坐标测量机的性能评定。

ISO 10360 本部分标准的附录 A 和附录 B 都是提示的附录。

坐标计量学

第2部分:坐标测量机的性能评定

GB/T 16857.2—1997
eqv ISO 10360-2:1994

Coordinate metrology

Part 2: Performance assessment of coordinate measuring machines

0 引言

坐标测量机(CMM)性能的基本评定,实际上是长度测量的任务。其理由是:

- 使检测尽可能与常用的测量过程一致;
- 对单位长度——米具有明确的溯源性。

坐标测量机探测系统的检测是为了评定探测误差。它包含一些在验收检测时反映不出来的误差,并且与坐标测量机的探测系统的探测型式有关。所以,通过探测系统的检测可以测得坐标测量机系统所固有的一些静态、动态误差。

按照 GB/T 16857 系列标准进行的坐标测量机的性能检测,评定了测量仪器的数项特性。在建立坐标测量机总的测量溯源性上体现了现代技术发展水平。

GB/T 16857 系列标准的性能检测结果不能保证坐标测量机全部可测量项目的溯源性。但是这些检测结果在现代技术发展水平上,为建立其他测量项目的溯源性所需要的测量不确定度的评估提供了充分的基础。

1 范围

本标准适用于测量笛卡尔坐标、圆柱坐标和球坐标的空间点的坐标测量机。对长度测量的三维误差,规定了测量机性能评定的三种检测方法:

- a) 验收检测 验证一台坐标测量机及其探测系统的性能是否符合制造商的规定;
- b) 周期复检 定期复检验证坐标测量机及其探测系统的性能;
- c) 中间检查[见附录 A(提示的附录)] 用户在规定的周期检测期内对坐标测量机及其探测系统进行检查。

检测可在坐标测量机工作空间内任意处进行有限次数的测量。应对非相关的三轴(不包括与探测系统有关的轴)进行测试。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 6093—85 量块

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 坐标测量机(CMM) coordinate measuring machine

一种使用时基座固定,能产生至少三个线位移或角位移,且三个位移中至少有一个为线位移的测量器具。

3.2 坐标测量机的示值误差 error of indication of a CMM

坐标测量机的示值减去被测量的(约定)真值。

注1:示值误差中包含长度实物标准器的误差。

3.3 尺寸测量的不确定度 uncertainty of dimensional measurement

表征被测量的真值在某个量值范围的一种评定。

3.4 实物标准器 material standard

能复现规定尺寸(长度、直径)值,且可溯源到国家基准的,用来检验坐标测量机的实物量具。

3.5 长度实物标准器 material standard of length

包含两个以上标称平行平面,且平行平面间的距离已经确定的一种实物标准器。

注2:按GB 6093制造的量块和步距规是这种长度实物标准器的实例。

3.6 坐标测量机长度测量的示值误差(E) error of indication of a CMM for length measurement

指用坐标测量机测量长度实物标准器的两标称平行平面间的法向(与一个面正交的)两相对点距离的示值误差。

坐标测量机长度测量的示值误差 E (以 μm 单位表示) 以下列三个表达式的任一式表示:

$$E = A + L/K \leq B$$

$$E = A + L/K$$

$$E = B$$

式中: A ——常数项, μm , 由坐标测量机制造商提供;

L ——被测长度, mm ;

K ——无量纲常数, 由坐标测量机制造商提供;

B —— E 的最大值, μm , 由坐标测量机制造商提供。

上列表达式适用于将长度实物标准器放在坐标测量机工作空间的任何位置和方向的测量。测量应该用制造商已规定 E 值的坐标测量机, 在三个轴都能用到的适当位置上进行。

3.7 周期复检的坐标测量机长度测量的示值误差(V) error of indication of a CMM for periodic reverification

用户根据其要求和测量机用途而选定的周期复检的示值误差。

3.8 探测误差(R) probing error

指用坐标测量机测量标准球半径的变化范围而确定的误差。

R 是一项正值常量误差, 其值由坐标测量机制造商提供。

R 值适用于标准球在坐标测量机工作空间的任何位置、任一探测方向的测量。

3.9 周期复检的探测误差(S) probing error for periodic reverification

用户根据其要求和测量机用途而选定的周期复检的探测误差。

3.10 径向距离(r) radial distance

最小二乘(高斯)球(替代要素)的中心与被测点之间的距离。

4 坐标测量机的验收检测和周期复检**4.1 检测条件**

在 4.2 和 4.3 条规定的检测开始前, 应按制造商在说明书中所列操作程序对坐标测量机作预运行, 测头配置包括探针长度应符合制造商的规定。制造商应为此提供必要的资料。

对 4.2 和 4.3 条中规定的检测应在制造商推荐的环境和工作条件下进行。

4.2 验收检测

4.2.1 原则

通过测定长度测量的误差值 ΔL ,证实坐标测量机的性能是否在制造商提供的 E 值范围内。

4.2.2 器具

4.2.2.1 被测的坐标测量机。

4.2.2.2 长度实物标准器,推荐采用符合 GB 6093 规定的一组量块或用步距规。

对采用的实物标准器建议:

——实物标准器的最大长度至少是坐标测量机工作空间对角线最大长度的 66%;

——实物标准器的最短长度应不大于 30 mm。

如使用坐标测量机制造商提供的实物标准器,则在 E 值中不另外再加不确定度。

如使用用户的实物标准器,并且用户的实物标准器的不确定度 F 值大于 E 值的 20%,则应以 E 和 F 的平方和的平方根值重新规定 E 值。

坐标测量机制造商的实物标准器校准值的不确定度应不大于 E 值的 20%。

4.2.3 检测程序

4.2.3.1 由用户任意选定 7 个不同方位(方向和位置的组合)对实物标准器进行向内或向外的双向测量。

4.2.3.2 对任意选定的 7 个方位的每一个,测量并记录 5 条测量长度,每条测量长度测 3 次,则 35 条测量长度的总测量次数为 105 次。每个长度测量只在测量长度的每端测一个点。

注 3:为找正需要而进行的一些辅助测量,其方法可与测头校准时的一致。

4.2.4 检测结果计算

计算 105 次测量的每个长度测量的误差值 ΔL ,其值取示值与相应测量长度真值之差的绝对值。

如果坐标测量机配备有修正系统误差的附件或相应的计算机软件,则检测测量(选定方位的选定测量长度)的示值可按系统误差加以修正。当用户具备了制造商推荐的环境条件时,就不允许对计算机输出的结果进行温度或其他因素的人工修正。

计算时,取实物标准器两测量面间的校准长度作为测量长度的真值。仅当被测的坐标测量机软件中带有温度修正功能时,该值方可进行温度修正。

4.2.5 检测结果分析

按 4.2.4 条中计算得到的 105 个长度测量的误差值(换算成 μm)中如果无一个超出制造商规定的 E 值,则被测坐标测量机性能的验收检测被通过。

35 组测量长度中,允许最多有 5 组,其三次重复测量中有一次超出制造商规定的 E 值。对每个超差的测量长度,应在相应的方位再复测 10 次。如 10 次复测得到的所有长度测量的误差值 ΔL 均在 E 值内,则该坐标测量机的性能验收检测被通过。

4.3 周期复检

周期复检的程序和结果的计算按 4.2 条的规定进行。

当以 V 代替 E 时,如满足 4.2.5 条中规定的条件,则坐标测量机性能的周期复检被通过。

5 坐标测量机探测系统的验收检测和周期复检

5.1 原则

通过测定标准球上径向距离 r 值的变化范围,验证坐标测量机的探测系统是否符合制造商提供的 R 值。

5.2 器具

5.2.1 被测坐标测量机探测系统

在制造商限定的范围(例如规定的探针长度)内,用户可随意选择测头探针的配置型式。

5.2.2 经检定的标准球

——球的直径在 10 mm~50 mm 之间。

注 4: 通常采用直径不超过 30 mm 的球。

——球的形状误差检定值不得大于 $R/5$ 。

本检测不应使用随机配备的、用于测头标定的球。

检测用球应安装牢固,不致因有偏移而产生误差。

5.3 检测程序

5.3.1 测头系统的方位,可从坐标测量机长度测量检测的 7 个方位中任选一个或其他方位,建议选不与坐标测量机的任一轴平行的方位(见 4.2.3.1 条)。

5.3.2 按坐标测量机制造商规定的程序设置并标定测头系统。

5.3.3 在标准球上随机取 25 个典型点,测量并记录结果。各点在半球上的分布应尽量均匀。半球的方位可由用户选定。

5.4 检测结果计算

用全部 25 个测量值计算出最小二乘(高斯)球(替代要素)的中心,并对 25 个测量值分别计算出径向距离 r 。

5.5 检测结果分析

如按 5.4 条测得的 25 个径向距离的变化范围($r_{\max}-r_{\min}$)未超过坐标测量机制造商规定的 R 值,则探测系统的性能检测被通过。

如径向距离 r 的变化范围超过制造商规定的 R 值,则应对探测系统作彻底检查,并从测头系统的再标定开始,重新检测一次。如果复测得到的 r 值变化范围在 R 值内,则探测系统的性能检验应被通过。

5.6 周期复检

按第 5 章的检测程序和检测结果计算进行。如果满足 5.5 条规定的条件,则坐标测量机探测系统性能的周期复检被通过。

附录 A
(提示的附录)
坐标测量机的中间检查

A1 坐标测量机的中间检查

本标准建议在周期复检之间定期安排坐标测量机的检查。检查的间隔时间应视环境条件和要求测量的性能规定。

在发生影响坐标测量机性能的重大事件后,应立即对该机进行检查。

建议测量一些长度实物标准器以外的其他实物标准器的表征尺寸。测量应在性能检测后立即进行,记下这些标准物体的位置和方向,并能在以后复现。

建议根据该坐标测量机的测量任务,挑选以下常用标准物体中最适宜的:

- 能体现典型几何要素特征的特制测试件,该测试件应尺寸稳定、机械结构坚固,而且具有不显著影响测量不确定度的表面粗糙度;
- 环形标准物体,如环规;
- 孔板;
- 球端量棒;
- 球板;
- 能在固定标准球和坐标测量机探针球之间按运动学方式定位的量棒。

A2 探测系统的中间检查

按 5.2~5.4 条中规定的器具、检测程序和检测结果计算进行。

由于探测误差会随着实际使用的各种不同测头探针配置(例如多探针和接长探针)而改变,建议应在周期复检之间定期进行检查。

附录 B
(提示的附录)
坐标测量机数据表(格式内容)

建议坐标测量机制造商和用户采用下列表 B1、表 B2 和表 B3 的表格内容。

表 B1 型式尺寸综合规范数据

1	型号	
2	结构型式	
3	制造厂	
4	生产年月	
5	出厂编号	
6	探测系统型式	
7	操作方式	
8	测量(控制)方式	
9	计算机操作系统	
10	软件	
11	附件	
12	行程范围*)	X 轴: mm
		Y 轴: mm
		Z 轴: mm
13	系统的最小安装区域	(长×宽×高) mm
14	重量	主机: kg
		控制柜: kg
		外部设备: kg
15	允许承载	kg
16	装夹区域	X 向: mm
		Y 向: mm
		工件最大高度 Z 向: mm
17	转台	为避免碰撞,工件的最大尺寸: mm
		最大承载: kg
		由于偏载,可承受的最大倾覆力矩: N·m
		最大惯性矩: kg·m ²
*) 坐标显示的名义范围。		

表 B2 性能数据

1	长度测量系统的分辨力	μm	
2	长度测量的示值误差 E	μm	
3	探测误差 R	μm	
4	测量力(点测量时适用)	定值:	N
		可预选的: 从 N 到	N
		可分级预选的(分辨力):	N
5	探针最大重量	g	
6	探针最大长度	mm	
7	测头的超程	超程量: \pm mm, 或: \pm (°)	
		超程点的最大测力:	N
		探针长度:	mm
8	测头/探针更换或连接的重复性	在所有平面(范围)内, 工作探针球中心的重复性:	μm
		探针长度(重复性测试时所用的):	mm
9	扫 描	分辨力:	μm
		工作范围: \pm	μm
		采样速率:	1/s
		探测误差 R :	μm
		扫描测试时间:	s
		扫描测试工作条件: 1. 探针长度: mm 2. 探针球的直径: mm 3. 测量点数: 4. 扫描速度: m/min 5. 测量线的位置和数量:	
10	运行的速度与加速度 (在规定的 E 值下)	探测速度:	mm/s
		CNC 方式的运行速度:	mm/s
		加速度:	mm/s ²
11	调整及测试操作的速度	mm/s	
12	球的测量时间(探测误差 $\leq R$)	s	
13	转 台	测角系统的分辨力:	($''$)
		角速度:	(°)/s
		角加速度:	(°)/s ²
		90°转位时间:	s

表 B3 能源及环境数据

1	电 源	电压(单相/三相):	单相/三相	V	
		容许电压波动:		± %	
		容许电压峰值:	在 μs 和 μs 间	V	
		频 率:	从 Hz 到	Hz	
		消耗功率(需要时可详述):		VA	
2	气 源	压 力:	从 MPa 到	MPa	
		耗气量:	在 MPa 压力时	L/min	
		纯度要求:			
3	允许的环境条件	空气相对湿度:	从 %到	%	
		地基最小尺寸要求:	(长×宽×深),可附图		
		安装场地的震动	垂直或水平振幅:	μm	
			速 度:	m/s	
			加速度:	m/s^2	
			频率范围:从	Hz 到	Hz
		温度范围	闲置时:	从 $^{\circ}\text{C}$ 到 $^{\circ}\text{C}$	
			工作时:	从 $^{\circ}\text{C}$ 到 $^{\circ}\text{C}$	
		保证规定的长度测量 不确定度所需的温度条件	室 温:	$20^{\circ}\text{C} \pm$	$^{\circ}\text{C}$
			室温变化:	每小时: K/h 每 天: K/d	
室温梯度:	水 平: K/m 垂 直: K/m				