



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16857.2—2017/ISO 10360-2:2009  
代替 GB/T 16857.2—2006

## 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2部分:用于测量线性尺寸的坐标测量机

Geometrical product specifications (GPS)—  
Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM)—  
Part 2: CMMs used for measuring linear dimensions

(ISO 10360-2:2009, IDT)

2017-11-01 发布

2018-05-01 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



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准

**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2部分:用于测量线性尺寸的坐标测量机**  
GB/T 16857.2—2017/ISO 10360-2:2009

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线:400-168-0010

2017年11月第一版

\*

书号: 155066·1-58082

版权专有 侵权必究



## 前 言

GB/T 16857《产品几何技术规范(GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测》分为如下 10 个部分：

- 第 1 部分：词汇；
- 第 2 部分：用于测量线性尺寸的坐标测量机；
- 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：使用单探针或多探针接触式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；
- 第 7 部分：使用视觉探测系统的坐标测量机<sup>1)</sup>；
- 第 8 部分：使用光学距离传感器的坐标测量机<sup>1)</sup>；
- 第 9 部分：配置多种探测系统的坐标测量机<sup>1)</sup>；
- 第 10 部分：用于测量点到点距离的激光跟踪仪<sup>1)</sup>。

本部分为 GB/T 16857 的第 2 部分。

本部分是按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 16857.2—2006《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 2 部分：用于测量尺寸的坐标测量机》，与 GB/T 16857.2—2006 相比，主要技术变化如下：

- 修改了标准名称；
- 增加了探针偏置为 150 mm 时的长度测量误差  $E_{150}$ ；
- 增加了长度测量误差重复精度  $R_0$ ；
- 取消了最短量块长度不大于 30 mm 的要求；
- 详述了使用激光干涉仪的方法；
- 增加了低膨胀系数标准器比对测量的要求；
- 不合格的重测次数从 10 次减少到 3 次；
- 将探测误差转移到 GB/T 16857.5 中。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 10360-2:2009《产品几何技术规范(GPS) 坐标测量机(CMM)的验收检测和复检检测 第 2 部分：用于测量线性尺寸的坐标测量机》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 16857.1—2002 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 1 部分：词汇(eqv ISO 10360-1:2000)
- GB/T 18779.1—2002 产品几何技术规范(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)

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分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。

本部分起草单位：海克斯康测量技术(青岛)有限公司、中机生产力促进中心、苏州天准精密仪器有限公司、福建莆田市智舟高新技术产业园有限公司、上海大学、宁波理工学院。

本部分主要起草人：王晋、明翠新、姜雅彦、郑舜英、杨聪、李明、马修水、陈景玉、李海斌。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16857.2—1997、GB/T 16857.2—2006。

1) 待制定。





# 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2部分:用于测量线性尺寸的坐标测量机

#### 1 范围

GB/T 16857 的本部分规定了用于测量线性尺寸的坐标测量机,按照制造商给定的特性指标进行验收检测的验证方法。同时,也规定了用户对测量机进行周期复检检测的验证方法。

本部分规定的验收检测和复检检测的方法只适用于使用离散点探测模式的接触式探测系统的笛卡尔坐标系坐标测量机。

本部分没有明确地适用于:

——非笛卡尔坐标系的坐标测量机;经当事方同意,本部分也可用于非笛卡尔坐标系的坐标测量机。

——使用光学测头的坐标测量机;经当事方同意,本部分也可用于使用光学测头的坐标测量机。

本部分规定了由制造商或用户指定的坐标测量机特性指标的验收检测或复检检测的验证方法及检验一致性的规则。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件,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(包括所有修改单)适用于本文件。

GB/T 16857.5—2013 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 18780.1—2002 产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第1部分:基本术语和定义(idt ISO 14660-1:1999, IDT)

GB/T 34881—2017 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(ISO/TS 23165:2006, IDT)

ISO 10360-1:2000 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1部分:词汇[Geometrical Product Specifications (GPS)—Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM)—Part 1: Vocabulary]

ISO 14253-1:1998 产品几何技术规范(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[Geometrical Product Specifications(GPS)—Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment—Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications]

ISO/IEC Guide 99 国际计量学词汇 基本和通用概念和术语[International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms (VIM)]

#### 3 术语和定义

ISO 10360-1、ISO 14253-1、GB/T 18780.1、ISO/IEC Guide 99 和 GB/T 34881 界定的以及下列术

语和定义适用于本文件。

3.1

**探针偏置 ram axis stylus tip offset**

$L$

从探针针头中心到参考点间的距离(垂直于探测轴)。

注 1: 参考点由制造商定义,如果没有已知的由制造商定义的参考点,用户选择靠近探测系统安装位置的点做参考点。

注 2: 参考点一般来说在探测系统内部或靠近探测系统。

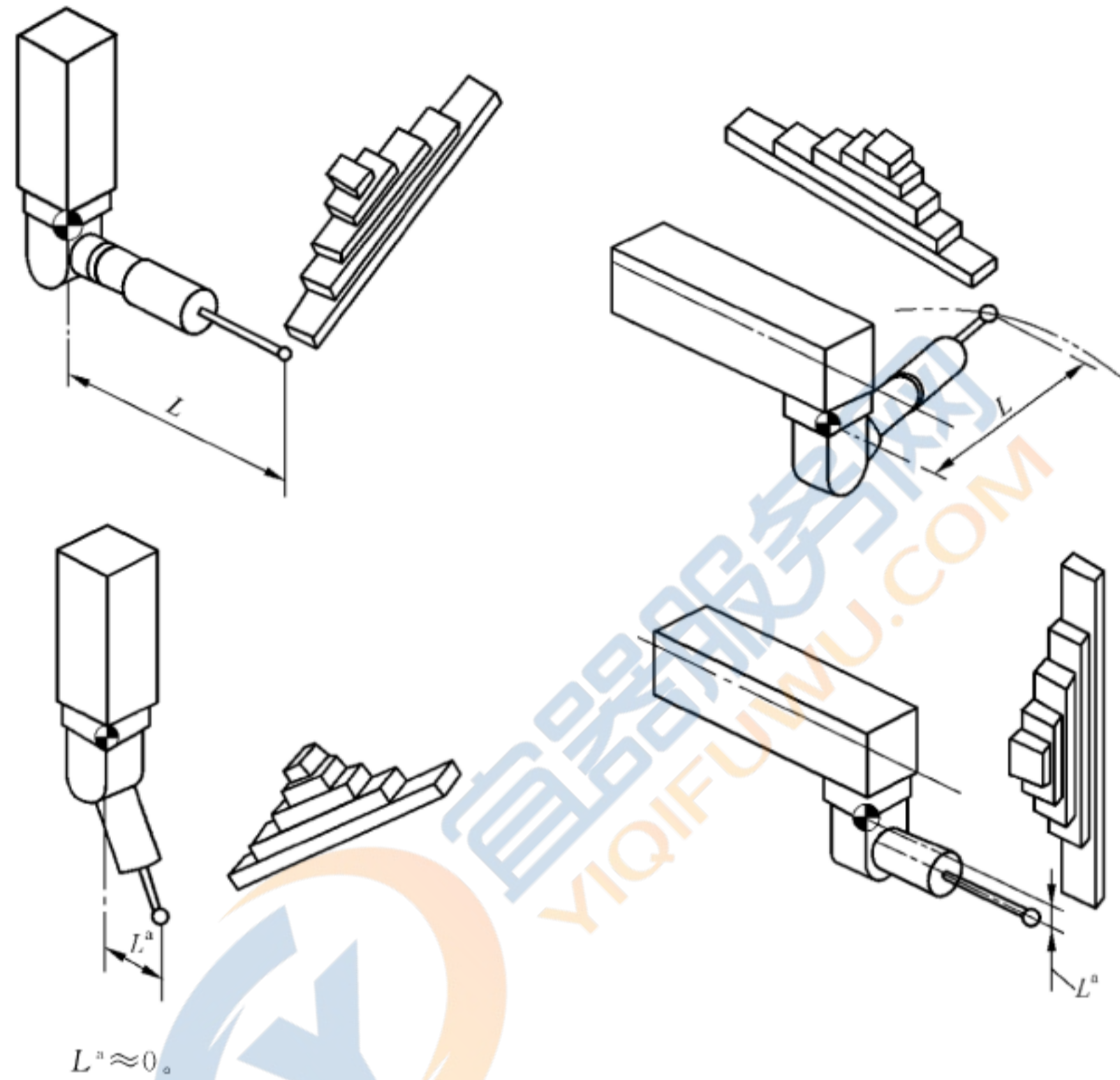


图 1 万向探测系统的探针偏置示例

3.2

**温度膨胀系数 coefficient of thermal expansion; CTE**

$\alpha$

材料在 20 °C 时的线性温度膨胀系数。

3.3

**常规温度膨胀系数材料 normal CTE material**

温度膨胀系数(CTE)在  $8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  到  $13 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  之间的材料。

3.4

**长度测量误差 length measurement error**

$E_L$

当坐标测量机的探针偏置为  $L$ 、对已校准的检测长度的每一个端点采用单点(或相当的)探测方式测量时的示值误差。

注 1: 本部分规定  $L = 0 \text{ mm}$  和  $L = 150 \text{ mm}$  是默认值。

注 2: 测点采样策略的要求见附录 B。



## 3.5

**长度测量误差重复精度** **repeatability range of the length measurement error**

$R_0$

坐标测量机的探针偏置为 0 时,三次检测长度测量误差的重复精度(最大值与最小值之差)。

## 3.6

**长度测量最大允许误差** **maximum permissible error of length measurement**

$E_{L,MPE}$

技术规范所允许的长度测量误差  $E_L$  的极限值。

注 1: 本部分规定  $L=0$  mm 和  $L=150$  mm 是默认值。

注 2: 按技术规范验证 MPE 需要使用已校准的标准器。

注 3: MPE 可采用 ISO 10360-1:2000 的图 12、图 13 或图 14 的任一种方式表达。

## 3.7

**重复精度最大允许限** **maximum permissible limit of the repeatability range**

$R_{0,MPL}$

技术规范所允许的长度测量误差重复精度  $R_0$  的极限值。

注 1: 按技术规范验证 MPL 可不使用已校准的标准器。

注 2: MPL 可采用 ISO 10360-1:2000 的图 12、图 13 或图 14 的任一种方式表达。

## 3.8

**双探测轴坐标测量机** **dual ram CMM**

有两个独立的探测轴、两个探测轴的测量结果输出在同一坐标系下的坐标测量机。

注 1: 通常两个探测轴的测量范围有部分重合,但这不是必需的。

注 2: 这种工作模式可能需要一个找正程序建立同一坐标体系。

注 3: 双探测轴坐标测量机可以在各自坐标系下输出每个探测轴的测量结果,见单机操作模式 3.9。

## 3.9

**单机操作模式** **simplex operating mode**

将双探测轴坐标测量机当成两台独立的测量系统来使用的方法。

注: 在单机操作模式,两个探测轴的测量结果不在同一坐标系下。

## 3.10

**双机操作模式** **duplex operating mode**

将双探测轴坐标测量机的两个探测轴的测量结果输出在同一坐标系下的方法。

## 4 符号

本部分中所用到的符号如表 1 所示。

表 1 符号

符号	意义
$E_L$	长度测量误差
$R_0$	长度测量误差重复精度
$E_{L,MPE}$	长度测量最大允许误差
$R_{0,MPL}$	重复精度最大允许限

注: 第 9 章中所述的这些符号的对应标识可用在产品的说明书、图纸、技术文件中。

## 5 环境和计量要求

### 5.1 环境条件

环境条件的允许极限值(包括坐标测量机安装场地的温度、湿度和振动等)确定原则如下:

- 验收检测时,由制造商规定;
- 复检检测时,由用户规定。

在这两种情况下,用户可以在允许极限值(制造商在技术文件中提供的,见 ISO 10360-1:2000 修改单 1)的范围内任意选择环境条件,执行 GB/T 16857.2 的检测。

用户有责任为坐标测量机提供制造商技术文件中规定的环境。

如果环境不符合规范要求,不能要求验证本部分中的最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{L,MPE}$  和重复精度最大允许限  $R_{0,MPL}$ 。

### 5.2 操作条件

按第 6 章的规定检测时,坐标测量机应根据制造商操作手册给出的步骤进行操作。应遵守操作手册的有关规定,其主要包括:

- a) 机器启动/预热周期;
- b) 探针系统的配置;
- c) 探针针头的清洁;
- d) 探测系统的标定;
- e) 校准前探测系统的热平衡;
- f) 探针和/或探测系统的重量;
- g) 确定温度传感器的位置、型号和数量。

### 5.3 长度测量误差 $E_L$

长度测量误差( $E_L$  值)应不超过规定的长度测量最大允许误差  $E_{L,MPE}$ ,  $E_{L,MPE}$  的值:

- 验收检测时,由制造商规定;
- 复检检测时,由用户规定。

长度测量误差( $E_L$  值)和长度测量最大允许误差  $E_{L,MPE}$  的单位为微米。

注:  $L$  的默认值为 0 mm 和 150 mm,因此,  $E_L = E_0$  和  $E_L = E_{150}$ 。

### 5.4 长度测量误差重复精度 $R_0$

长度测量误差重复精度( $R_0$  值)应不超过规定的重复精度最大允许限  $R_{0,MPL}$ ,  $R_{0,MPL}$  的值:

- 验收检测时,由制造商规定;
- 复检检测时,由用户规定。

长度测量误差重复精度( $R_0$  值)和重复精度最大允许限  $R_{0,MPL}$  的单位为微米。

### 5.5 工件载荷的影响

当工件重量达到坐标测量机规定的最大载荷时,  $L = 0$  (或允许的最小值)时的长度测量误差  $E_0$  应不超过制造商规定的长度测量最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 。检测长度测量误差  $E_0$  时,可在用户选择的任意工件重量下进行(从 0 到最大载荷),但要遵从下列条件:

- 被测工件的实际体积应处于坐标测量机的测量空间之内且可自由放置;



- 制造商可以规定坐标测量机支撑表面(如:工作台)或支撑点上单位面积的最大载荷( $\text{kg}/\text{m}^2$ )的极限值;对点载荷来说,任意一个支撑点上的载荷不能大于另一个支撑点上的 2 倍;
  - 除非制造商另外规定,工件应该放置在坐标测量机工作台的大致中心且近似对称的位置。
- 用户和制造商应该准备有效的工件。
- 因为工件可能影响坐标测量机的测量结果,用户和制造商应该商量工件的装夹位置。

## 6 验收检测和复检检测

### 6.1 概述

6.1.1 根据本部分的要求,按照制造商的规范和程序进行验收检测。除非用户提供已校准的检测长度(依照 GB/T 34881),制造商可以选择附录 A、附录 B、附录 D 中所述的标准器来代表已校准的检测长度。

按照用户的规范和制造商的程序进行复检检测。

双探测轴坐标测量机按 6.6 所述进行。

6.1.2 本部分没有明确是否适用于使用光学测头的坐标测量机;如果当事方同意将本部分用于使用光学测头的坐标测量机,则应考虑增加下列几点:

- 因为是二维的传感器(探测轴不移动),可能需要给出一个 2D 的参数,如  $E_{0-2D}$ ;
- 因为是二维的系统,测量的方位和数量可以减少;
- 规定放大倍率和照明强度;
- 标准器的材料和表面加工,会影响检测结果;
- 双向探测模式的是否适用取决于标准器和探测系统(见附录 B)。

### 6.2 原理

评价方法的原理是使用已校准的检测长度(可溯源到米),在默认的探针偏置(0 和 150)下,确定坐标测量机的测量特性满足规定的长度测量最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和重复精度最大允许限  $R_{0,MPL}$  的要求。

评价应是对 5 个不同尺寸已校准的检测长度进行测量,每个尺寸测量三次,将示值与校准值作比较,示值通过将点到点的长度测量投影到基准方向上计算得出(参见附录 C)。

每个尺寸三次重复测量的测量方法是:如果检测长度一端标识为 A,另一端为 B,则测量顺序可以为 A1B1、A2B2、A3B3,也可以为 A1B1、B2A2、A3B3,不允许为 A1A2A3、B1B2B3。三次重复测量的每一次都应有自己独立的测量点,这就是说,B1、B2、B3 的目标点都是 B,但实际点是不同的。当一个长度测量开始后,在长度测量需要之外不允许再进行其他附加的采点测量,例如,在 A1 和 B3 之间不允许找正测量操作。

对不带工件温度膨胀补偿的坐标测量机,检测长度的温度膨胀和坐标测量机的不同,且不补偿会带来明显的误差,因此本部分要求公开检测长度的 CTE。

带有工件温度膨胀补偿的坐标测量机,温度误差会大大减少,对这种坐标测量机,残余的温度误差主要来源于检测长度的 CTE 的不确定度(即导致了不完整的温度膨胀补偿);因此本部分要求公开检测长度的 CTE 的不确定度。

### 6.3 探针偏置为 0 时的长度测量误差 $E_0$

#### 6.3.1 概述

测试  $E_0$  时,探针偏置应为 0 或尽量小。对于某些类型的坐标测量机,在特定的测量线上,可能需



要使用非 0 的探针偏置才能实现在已校准的检测长度上采点,在这种情形下,应使用最小的探针偏置。

注:图 1 是探针偏置的示例,包含了一些小的、非 0 的偏置。

在进行本部分测试之前,推荐先做 GB/T 16857.5 要求的单探针或多探针的探测系统测试,以便快速确认探测系统的特性满足技术规范的要求(见附录 E)。

### 6.3.2 测量设备

每个方位的已校准的检测长度的最大长度至少是沿着坐标测量机测量线方向最大行程的 66%,所以空间对角线方位的检测长度的最大长度要大于轴向方位的检测长度的最大长度。已校准的检测长度之间的长度应显著不同,在测量线上均布。原则上说,一个方位所使用的五个已校准的检测长度可能与其他方位所使用的长度不同,例如坐标测量机在每个测量线的行程不同。

示例 1: 1 m 测量线所使用的均布的已校准的检测长度为:100 mm,200 mm,400 mm,600 mm,800 mm。

制造商需要标明已校准的检测长度的 CTE 的上限、下限、极限,制造商可能测量了一个已校准的检测长度的 CTE,制造商需要标明已校准的检测长度的 CTE 的最大不确定度( $k=2$ )。在已校准的检测长度由单向长度和短量块组成的情况下(见附录 B),CTE 需要被考虑为单向长度。除非制造商特殊说明,已校准的检测长度都默认为常规 CTE 材料。

如果已校准的检测长度是非常规(低)CTE 材料,则相应的  $E_{0,MPE}$  要用星号(\*)标注,并且应给出已校准的检测长度的 CTE 的说明。

示例 2:  $E_{0,MPE}^*$  殷钢材料标准器的 CTE 不大于  $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,CTE 的膨胀不确定度( $k=2$ )不大于  $0.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

如果制造商的规范中标明了已校准的检测长度是非常规 CTE 材料并且 CTE 小于  $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,则需要做 6.3.3.3 所述的附加测试。

依照附录 D 的要求,低 CTE 的检测长度可以修正为常规 CTE 材料的检测长度。无论如何,这种已校准的检测长度仍然被认为是低 CTE 材料,需要遵从 6.3.3.3 的要求。

附录 B 是已校准的检测长度示例。

### 6.3.3 步骤

#### 6.3.3.1 测量方位

5 个不同的已校准的检测长度应放置在坐标测量机测量空间的 7 个不同的方位(位置和方向),每个长度测量 3 次,合计共 105 次测量。7 个方位中的 4 个应是空间对角线,如表 2 所示。用户可以指定剩余的 3 个方位,默认的方位是平行于坐标测量机的三个坐标轴,如表 2 所示。

表 2 在测量空间的方向

方位序号	在测量空间的方向	必需或默认
1	沿空间对角线从点(1,0,0)到(0,1,1)	必需
2	沿空间对角线从点(1,1,0)到(0,0,1)	必需
3	沿空间对角线从点(0,1,0)到(1,0,1)	必需
4	沿空间对角线从点(0,0,0)到(1,1,1)	必需
5	平行于机器标尺从点(0,1/2,1/2)到(1,1/2,1/2)	默认
6	平行于机器标尺从点(1/2,0,1/2)到(1/2,1,1/2)	默认
7	平行于机器标尺从点(1/2,1/2,0)到(1/2,1/2,1)	默认

注:在此表中,坐标系(X、Y、Z)中测量空间对角点假设为(0,0,0)和(1,1,1)。



制造商可以为坐标测量机每个轴向(即方位 5-6-7)指定探针偏置为 0 时的长度测量最大允许误差。标记应为: $E_{0X}$ 和 $E_{0X,MPE}$ , $E_{0Y}$ 和 $E_{0Y,MPE}$ , $E_{0Z}$ 和 $E_{0Z,MPE}$ 。

如果坐标测量机的长宽比较大,在制造商和用户协商一致的前提下,推荐增加两个测量方位。长宽比较大的测量机是指最长轴的测量长度是中间轴测量长度的至少三倍。推荐的方位是垂直最长轴的平面对角线,每组五个已校准的检测长度,每个测量三次。例如 X 轴是最长轴,则这两个对角线在 YZ 平面内,位置大约在 X 轴中间。

### 6.3.3.2 测量步骤

按照制造商的正常步骤(见 5.2)设置并标定探测系统,所有探测系统的标定应使用制造商提供的标准球(或者制造商提供的标定探测系统的其他通用标准器),不能使用任何检测用的标准器或其他标准器。探针偏置为 0(或允许的最小值),测量已校准的检测长度。

对每组五个已校准的检测长度,得到三个测量结果。附录 B 是关于特定类型检测长度的详细测量步骤,对已校准的检测长度重复七个方位的测量共得到 105 个测量结果。

为了标准器的找正要求,可能需要额外的测量,标准器的找正方法宜与标准器校准时的一致。

制造商应在技术文件中明确地指定检测  $E_0$  时使用的探针,例如,使用 20 mm 长的直探针。如果制造商没有指定探针,用户可从坐标测量机所配置的探针组件中任意选择。

注:探针系统的改变可能显著地改变  $E_0$  的检测结果。

### 6.3.3.3 低 CTE 情况

如果制造商说明  $E_{0,MPE}$  的  $\alpha < 2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  (即非常规 CTE 材料),就需要增加测量常规 CTE 材料的已校准的检测长度,常规 CTE 材料的已校准的检测长度最小应大于 0.5 m 或坐标测量机最长轴行程的 50%,检测方位应位于坐标测量机测量空间的中间并平行于一个轴,测量三次,制造商可校准这个检测长度的 CTE。

注 1: 如果将激光干涉仪作为已校准的检测长度,参见附录 B,激光干涉仪被认为是低 CTE 的材料,所以需要测量常规 CTE 材料的已校准的检测长度。

注 2: 当使用激光干涉仪时,测量常规 CTE 材料的已校准的检测长度时最好沿着此前激光干涉仪测量的测量线。激光干涉仪和常规 CTE 标准器的示值误差的一致性可以快速确认工件 CTE 的补偿和折射率补偿是否正确。

### 6.3.4 检测数据分析

对于 105 次检测结果和 6.3.3 附加的三次检测(如果要求),通过计算每个检测长度的示值和校准值之间的差值得出每个长度测量误差  $E_0$  (在这里校准值当做约定的长度真值),已校准的检测长度的示值可以使用系统误差补偿;如果坐标测量机带有附加装置,可能还有热误差补偿(包括热膨胀)。如果坐标测量机的环境条件满足 5.1 的环境要求,不允许根据温度或其他补偿来手动修改计算机输出的检测结果。

注:对于有些坐标测量机,操作手册中说明,自动温度补偿系统需要用户输入标准器的 CTE 值和温度值,因此允许手动输入给坐标测量机软件执行温度补偿。否则,用户的手动温度补偿是不允许的。

在图表中绘制所有的长度测量误差( $E_0$  值),与  $E_{0,MPE}$  的图表(ISO 10360-1:2000 的图 12、图 13 或图 14)表达方式相同。

## 6.4 长度测量误差重复精度 $R_0$

对于 6.3 中每一组三次重复测量,通过评价长度测量误差的三次重复精度来计算重复精度  $R_0$ 。

在图表中绘制所有的长度测量误差重复精度( $R_0$  值),与  $R_{0,MPL}$  的图表(ISO 10360-1:2000 的图 12、图 13 或图 14)表达方式相同。



6.5 探针偏置为 150 mm 的长度测量误差  $E_{150}$

6.5.1 测量设备

每个方位的已校准的检测长度的最大长度至少是沿着坐标测量机测量线方向最大行程的 66%。

已校准的检测长度之间的长度应显著不同,他们的长度应在测量线上均布。原则上说,一个方位所使用的五个已校准的检测长度可能与其他方位所使用的长度不同,例如坐标测量机在每个测量线的行程不同。

示例 1: 1 m 测量线所使用的均布的已校准的检测长度为:100 mm,200 mm,400 mm,600 mm,800 mm。

除非制造商特殊说明,已校准的检测长度都默认为常规 CTE 材料。制造商需要标明已校准的检测长度的 CTE 的上限、下限、极限。制造商可能测量了一个已校准的检测长度的 CTE,制造商需要标明已校准的检测长度的 CTE 的最大允许不确定度( $k=2$ )。

如果已校准的检测长度是非常规 CTE 材料,则相应的  $E_{150,MPE}$  要用星号(\*)标注,并且应给出已校准的检测长度的 CTE 的说明。

示例 2:  $E_{150,MPE}^*$  殷钢材料的 CTE 不大于  $0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ,CTE 的不确定度( $k=2$ )不大于  $0.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

附录 B 是已校准的检测长度示例。

6.5.2 步骤

6.5.2.1 测头方向

按照制造商的正常步骤(见 5.2)设置并标定探测系统,所有探测系统的标定应使用制造商提供的标准球(或者制造商提供的标定探测系统的其他通用标准器),不能使用任何检测用的标准器或其他标准器。

探针偏置的默认值是 150 mm( $\pm 15$  mm),即  $E_{150}$ 。

探针偏置的方向是沿着坐标测量机的一个轴线、垂直于已校准的检测长度所定义的测量线。

对每个测量,用户可以指定探针偏置沿正轴向或负轴向,即:1A 或 1B 方位时选 +X 或 -X,2A 或 2B 方位时选 +Y 或 -Y(见图 2)。因此,表 3 中规定的四种检测长度方位和测头方向有八组可能的组合,用户可以选择任意两组进行测试。

6.5.2.2 可能的测量方位和测头方向

除非有其他的规定(见 6.5.2.3 的注 3),只检测八个已校准的检测长度方位和测头方向组合中的两组。

用户可从表 3 所示的四个方位中指定一个或两个已校准的检测长度。

用户可如 6.5.2.1 所述指定一个或两个测头方向。

如果只指定了一个方位的检测长度,则测头方向直接为 6.5.2.1 和 6.5.2.3 的注 4 所述的相对方向。

如果坐标测量机的探测轴不是 Z 轴,则表 3 中的方位和测头方向也要相应改变。

表 3 在测量空间的方向

方位序号	在测量空间的方向
1A	沿 YZ 平面的对角线从点(1/2,0,0)到(1/2,1,1)
1B	沿 YZ 平面的对角线从点(1/2,0,1)到(1/2,1,0)
2A	沿 XZ 平面的对角线从点(0,1/2,0)到(1,1/2,1)
2B	沿 XZ 平面的对角线从点(0,1/2,1)到(1,1/2,0)

注:在此表中,坐标系(X、Y、Z)中测量空间对角点假设为(0,0,0)和(1,1,1)。



注：对非常小的坐标测量机，可能需要沿着 XZ 或 YZ 对角线方向平移已校准的检测长度，以便为测量提供足够的净空，即 1A 可能从点(1,0,0)到(1,1,1)。

### 6.5.2.3 测量

对每个检测长度方位和测头方向的组合，需要检测五个不同的已校准的检测长度，每个检测三次。所以对两组所选择的组合，共需要执行 30 次测量。附录 B 是关于特定类型检测长度的详细测量步骤，为了标准器的找正，可能需要额外的测量，标准器的找正方法宜与标准器校准时的一致(参见附录 C)。

注 1：制造商可以为  $E_{L,MPE}$  指定另一个探针偏置值  $L$ ，尤其是大型坐标测量机经常使用长的探针偏置。根据与制造商的合同，用户可以得到一个指定  $L$  值下的  $E_{L,MPE}$ 。

注 2：探针偏置的默认值是 150 mm(±15 mm)；为了证明与技术规范一致，制造商可以选择更长的探针偏置。

注 3：虽然只从八组检测长度方位和测头方向的组合中选择两组测试，如果用户和制造商协商同意，可以增加测试。

注 4：只选择一个方位、用两组相对方向的测头(直径上对置的)测试  $E_{150}$  常常是最有利的。这两个示值误差(用直径上对置的测头测量)的差值是对探测轴的自转误差的评估。

测试  $E_{150}$  时的探针在探测轴方向的位置肯定与测试  $E_0$  时不同。如果坐标测量机行程允许，探针在两种情况下的位置差别(在探测轴方向)应当与探针偏置(相对探测轴)相同，偏置方向可以在探测轴的正向或负向。3.1 和图 1 说明了不同的探针位置导致不同的探针偏置。

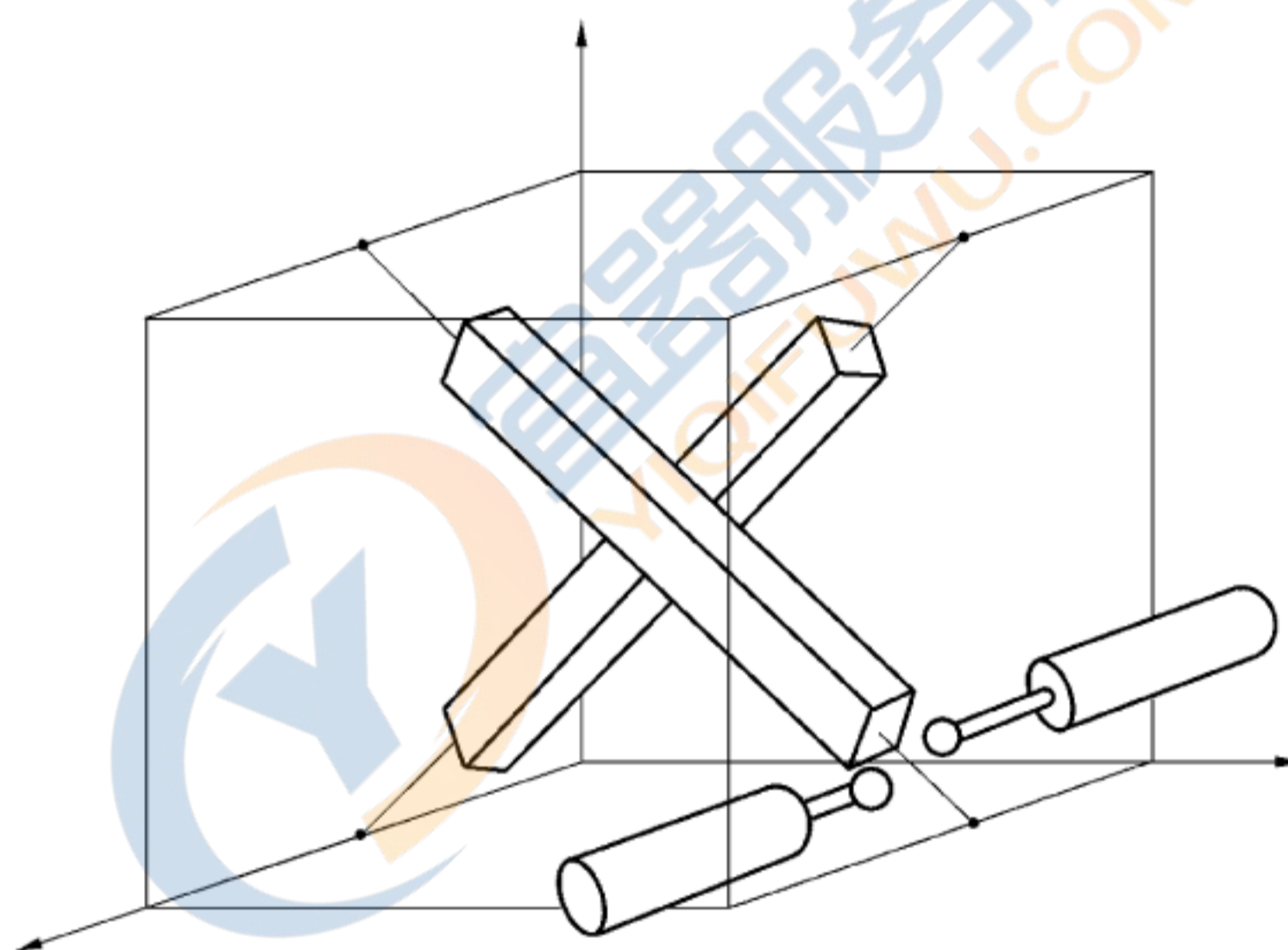


图 2 检测  $E_{150}$  时 4 个检测长度方位中的 2 个和 4 个测头方向中的 2 个

### 6.5.3 检测数据分析

对于 30 次检测结果，通过计算每个检测长度的示值和校准值之间的差值得出每个长度测量误差  $E_{150}$  (在这里校准值当做长度约定真值)，已校准的检测长度的示值可以使用系统误差补偿；如果坐标测量机带有附加装置，可能还有热误差补偿(包括温度膨胀)。如果坐标测量机的环境条件满足 5.1 的环境要求，不允许根据温度或其他补偿来手动更改计算机输出的检测结果。

注：对于有些坐标测量机，操作手册中说明，自动温度补偿系统需要用户输入标准器的 CTE 值和温度值，因此允许手动输入给坐标测量机软件执行温度补偿。否则，用户的手动温度补偿是不允许的。

在图表中绘制所有的长度测量误差( $E_{150}$  值)，与图表中(ISO 10360-1:2000 的图 12、图 13 或图 14)



表示的  $E_{150,MPE}$  的表达方式相同。

## 6.6 双探测轴坐标测量机

### 6.6.1 单机操作模式

每个独立探测轴独立工作定义为单机操作模式。单机操作模式与单探测轴坐标测量机类似,按 6.3、6.4 和 6.5 所定义的程序进行。单机操作模式下单探测轴的测量范围在独立探测轴配置最小测头和探针加长杆情况下确定。

### 6.6.2 双机操作模式

6.6.2.1 一台双机操作模式的坐标测量机需要遵从 6.3、6.4 和 6.5 的程序及下列的修订部分。

6.6.2.2 在测试程序开始之前,宜将检测球放置在测量行程中间并用每个探测轴分别测量球的位置。两个球心位置的差值应该小于标准器长度为 0 时的  $E_{0,MPE}$ ,这可快速确认两个探测轴之间的关系是否已经校准。

每个已校准的检测长度的一端用一个探测轴探测,另一端用另一个探测轴探测。

推荐每个已校准的检测长度的中心点都离开两个探测轴的中心平面。

6.6.2.3 当距离中心平面的距离对称时,独立探测轴的有些误差近似相等。在双机操作模式下,将已校准的检测长度放置在以中心平面对称距离位置处,这些误差的影响会被抵消。将已校准的检测长度放置在中心点离开中心平面将减少这种对称误差被相互抵消的趋势。例如:当使用激光干涉仪时,先将两个探测轴移动到测量空间的中心位置,然后将一个探测轴回退行程的 1/3,另一个探测轴回退行程的 1/2,很容易使 5 个检测长度达到不小于最大行程 66% 的要求。

如果在没有接触式探测的情况下用激光干涉仪作为已校准的检测长度(类似于 B.3.3.4),应将反射镜装在一个探测轴上,将干涉镜装在另一个探测轴上,用激光束确定测量线。每个探测轴分别移动到测量线上 5 个已校准的检测长度的端点处进行该长度的测量。为满足 B.3 的要求并检验两个探测轴的计量关系,在每个测量线上,每个探测轴应在短量块的端点测 1 点,重复 3 次。

激光干涉仪可以认为是低 CTE 材料(见附录 B),要遵从 6.3.3.3 的要求。

为了避免歧义,双探测轴坐标测量机的技术规范中,MPE 和 MPL 值应明确标注是“单机操作模式”或“双机操作模式”。

## 7 按规范检验合格

### 7.1 验收检测

#### 7.1.1 验收准则

如果满足下列要求,则测量线性尺寸的坐标测量机的特性合格。

——探针偏置为 0 时的长度测量误差( $E_0$  值)在制造商规定的长度测量最大允许误差  $E_{0,MPE}$  范围内,按 ISO 10360-1:2000 中图 12、图 13 或图 14 绘制合适的图表,且按照 ISO 14253-1 和 GB/T 34881 考虑测量不确定度。

——长度测量误差重复精度( $R_0$  值)在制造商规定的重复精度最大允许限  $R_{0,MPL}$  范围内,按 GB/T ISO 10360-1:2000 中图 12、图 13 或图 14 绘制合适的图表,且按照 ISO 14253-1 和 GB/T 34881 考虑测量不确定度。

——探针偏置为 150 mm 时的长度测量误差( $E_{150}$  值)在制造商规定的长度测量最大允许误差  $E_{150,MPE}$  范围内,按 ISO 10360-1:2000 中图 12、图 13 或图 14 绘制合适的图表,且按照 ISO 14253-1 和 GB/T 34881 考虑测量不确定度。



如果坐标测量机没有打算使用探针偏置,或没有能力使用任何长度  $L$  的探针偏置,则不需要验证长度测量误差  $E_L$ 。

## 7.1.2 数据剔除和重检

### 7.1.2.1 探针偏置为 0 时的长度测量误差 $E_0$

按照 6.3 要求的 35 组(或 36 组,按照 6.3.3.3 需要)长度测量误差中最多 5 个、3 次重复中最多 1 次(不多于 1 次)超出合格范围。

每个超出合格范围的测量要在相应方位重复测量 3 次(依据 ISO 14253-1)。

如果 3 次重复测量的长度测量误差值都在合格范围之内(依据 ISO 14253-1),则坐标测量机在这个方位的特性检测合格。

### 7.1.2.2 长度测量误差重复精度 $R_0$

如果一个已校准的检测长度按照 7.1.2.1 重新测量,则 3 次测量的重复精度用于计算这个方位新的  $R_0$ ,3 个原始测量值应剔除。不需要附加额外的重复测量(7.1.2.1 允许的除外)。

### 7.1.2.3 探针偏置为 150 mm 时的长度测量误差 $E_{150}$

按照 6.5 要求的 10 组长长度测量误差中最多 2 个、3 次重复中最多 1 次(不多于 1 次)超出合格范围。

每个超出合格范围的测量要在相应方位重复测量 3 次(依据 ISO 14253-1)。

如果 3 次重复测量的长度测量误差值都在合格范围之内(依据 ISO 14253-1),则坐标测量机在这个方位的特性检测合格。

## 7.2 复检检测

同 7.1 的规定,用于测量线性尺寸的坐标测量机的  $E_0$ 、 $R_0$ 、 $E_{150}$  (6.3、6.4、6.5 所检测的)都不大于最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和最大允许限  $R_{0,MPL}$ 。

## 8 应用

### 8.1 验收检测

在制造商和用户签订的下列合同中:

- 采购合同;
- 维护合同;
- 维修合同;
- 改造合同;
- 升级合同。

本部分所规定的验收检测,可用作验证测量线性尺寸坐标测量机是否符合由制造商和用户一致同意的最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和最大允许限  $R_{0,MPL}$ 。

允许制造商为  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和  $R_{0,MPL}$  给出详细的适用限制,如果没有给出这样的说明, $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和  $R_{0,MPL}$  可应用于测量空间的任意位置和方向。

### 8.2 复检检测

在组织内部的质量保证体系中,本部分所规定的特性检测可用于用户复检检测时验证测量线性尺寸坐标测量系统的特性,由用户来确定最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和最大允许限  $R_{0,MPL}$ 。允许用户为

$E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和  $R_{0,MPL}$  给出详细的适用限制。

注 1: 检测者根据 ISO 14253-1 给出检测不确定度,因此,复检检测(检测者一般是用户)可能和验收检测的一致性区间不同。

注 2: 在验收检测中,一致性区间来源于制造商的技术规范。在复检检测中,复检限值可以来源于用户的计量需要。

### 8.3 中间检查

在组织内部的质量保证系统中,周期性地使用简化的特性检测来验证坐标测量机是否满足最大允许误差  $E_{0,MPE}$ 、 $E_{150,MPE}$  和最大允许限  $R_{0,MPL}$  的要求。可通过减少测量次数和方位简化本部分所规定的特性检测的范围(参见附录 A)。

注: 本部分主要关注于验收检测和复检检测,经常和质量保证有关的中间检查。关于与坐标测量机的测量不确定度有关的进一步讨论,参见 GB/T 24635 系列标准。

## 9 产品文件和数据页的说明

第 4 章中给出的符号不适合用于产品文件、图纸、数据页等,表 4 给出了允许的对应标识。

表 4 产品文件、图纸、数据页等符号和对应标识

本部分中使用的符号	对应标识
$E_L$	$EL$
$R_0$	$R0$
$E_{L,MPE}$	$MPE(EL)$
$R_{0,MPL}$	$MPL(R0)$



附 录 A  
(资料性附录)  
中 间 检 查

### A.1 坐标测量机的中间检查

强烈建议坐标测量机在复检周期内做定期检查,检查间隔取决于环境条件和测量特性需要。在发生可能影响坐标测量机特性的重大事故后应马上检查。

不同于附录 B 所述的已校准的检测长度的标准器也可用于中间检查。这种测量应在特性验证检测后马上进行,标准器的位置和方向应做标注以便其后重复。

取决于坐标测量机的测量任务,可选择下列经常使用的标准器:

- 一个特制的测试部件,具有典型的几何形状特征,尺寸稳定,结构坚固,具有不会显著影响测量不确定度的抛光表面;
- 一个球板;
- 一个孔板;
- 一个球棒;
- 一个孔棒;
- 一个可以安装在固定的参考球和坐标测量机探针针头之间的活动棒;
- 一个圆形标准器(例如环规)。

强烈建议标准器的材料与坐标测量机所测量的典型工件具有相似的 CTE。

包括附录 D 中所述的低 CTE 标准器的数学修正方法可以用于中间检查。但是,用于检测低 CTE 标准器温度的温度计应该是独立的,而不应是坐标测量机的一部分。

### A.2 中间检查及与规范比对

#### A.2.1 概述

在有些情况下,希望执行中间检查,并将结果与制造商技术规范中的  $E_{0,MPE}$ 、 $R_{0,MPL}$  和  $E_{150,MPE}$  进行比对。在这种情况下,使用附录 B 所述的已校准的检测长度,并按照本部分的测量程序进行。

为了减少时间,中间检查的简短测试程序应关注于坐标测量机经常显露问题的方位。例如,原则上说,在每个空间对角线检测单一的长检测长度比在轴向检测 5 个检测长度更容易显露坐标测量机的误差。

中间检查的每个示值误差都应当小于对应的特性指标,只有测试程序按照本部分执行,并且环境条件满足制造商的要求,测量结果才是有效的。

#### A.2.2 使用单向标准器的中间检查

如果使用单向标准器作中间检查,并且希望用最小的检测量实现与制造商的技术规范比对,可以使用下面的方法。在这个方法中,用 GB/T 16857.5 中所述的单探针形状误差  $P_{FTU}$  和尺寸误差  $P_{STU}$  的组合测量代替使用单向标准器产生的已校准的检测长度中所需要的短量块测量。 $P_{FTU}$  和  $P_{STU}$  值的检测是中间检查的一部分, $L=0$  mm 或  $L=150$  mm:

- 如果单向偏差大于或等于 0,  $E_L$  以单向偏差加  $(P_{FTU} + |P_{STU}|)$  估算;

——如果单向偏差小于0,  $E_L$  以单向偏差减( $P_{FTU} + |P_{STU}|$ )估算。

这个方法确定的示值误差是第6章规定方法的近似值,可能误差估计过高。因此,如果中间检查中的示值误差超过了所对应的MPE值,则需要使用第6章规定的步骤在这个方位重新测量。

使用不带接触式探测的激光干涉仪情况下,不推荐使用此方法(见B.3.3.4),因为没有足够的信息依据来修正重复精度值(见下文)。这个方法中的形状误差和尺寸误差测量所用探针应与长度测量的探针一致。

当使用这个方法与制造商技术规范中的重复精度  $R_{0,MPL}$  比对时,用下列方法计算  $R_0$ 。

步距规采用单向方法时(见B.3.3.1),重复精度  $R_0$  的计算方法为:3次单向长度测量的重复精度乘以1.73。这同样应用于激光干涉仪带触发式探测的单向方法(见B.3.3.3),此时测量表面是平面。

注1: 倍乘系数1.73补偿长度测量的3个单边点的平均值,以取代短量块测量。

球板或球棒采用单向方法时(见B.3.3.2),重复精度  $R_0$  的计算方法为:3次单向长度测量的重复精度乘以1.41。这同样适用于激光干涉仪带触发式探测的单向方法(见B.3.3.3),此时测量表面是5个探测点的球。

注2: 倍乘系数1.41补偿每个中心点都来自于5个测量点,以取代短量块测量。





## 附录 B

(规范性附录)

## 代表已校准的检测长度的标准器

## B.1 概述

出于经济实用性考虑,本部分允许多种类型的标准器用于坐标测量机的检测,只要它们被适当地修正(见本附录描述),得到同样的已校准的检测长度。

本部分中对已校准的检测长度的测量,被设计成探测三种类型的坐标测量机误差:

- 1) 测量长度两个端点之间的,与坐标测量机有关的几何误差和温度误差;
- 2) 探针针尖直径的尺寸误差;
- 3) 通过端面上的单点探测对已校准的检测长度测量的重复性评估;

B.2 和 B.3 介绍了可用作已校准的检测长度的一些通用标准器。

在有些情况下,尤其是检测特别大的坐标测量机时,这些标准器不合适或不够长。在这种情况下,双方可以同意采用其他方法来生成已校准的检测长度。这可能包括长度基准通过相互“拼接”(例如使用端到端交叠)而形成一个长标准器,或其他基于激光的长度类型的标准器,例如激光多点定位。在后一种的情形下,没有接触式测头的问题将在 B.3 中说明。在所有这种情形中,这些步骤需要有正式文件,技术手段的不确定度需要充分考虑。

已校准的激光干涉仪的空气折射率的 CTE 为 0 ( $\alpha=0$ ),所以,如果它被用来提供已校准的检测长度,就要当作低 CTE 材料并遵从 6.3.3.3 的要求。另外,如果激光干涉仪有工件温度传感器,则激光干涉仪软件中的工件 CTE 应设为 0。如果激光干涉仪用于带温度补偿的 CMM,则 CMM 软件中的工件 CTE 应设为 0。

如果激光干涉仪被用来提供已校准的检测长度,CMM 将定位在一个名义坐标点上,而不作平面探测。在这种情形下,有些 CMM 可能不能准确到达名义位置,这并不会带来 CMM 实际位置的长度测量示值误差。所以,对每一个检测长度,CMM 坐标所给出的点 A 与 B 的空间距离应与激光干涉仪所指示的距离相比对,应确保用于误差计算的 CMM 坐标包含了探测过程所有的补偿。

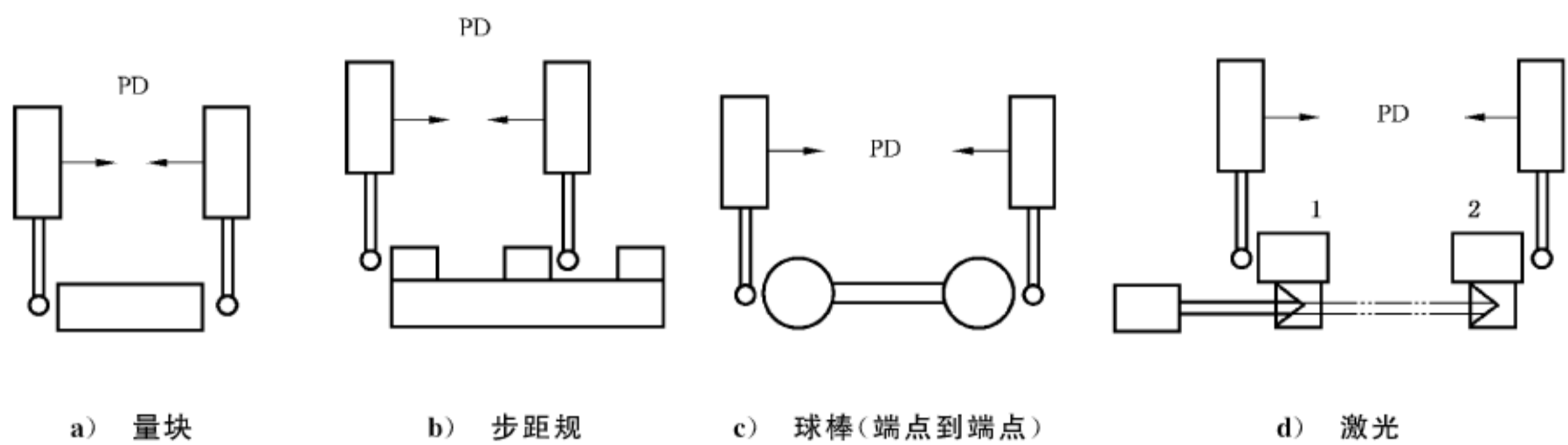
有些标准器,如步距规、球棒、球板、激光干涉仪,可提供相对于“参考零位”的多种长度。例如:步距规可测量 A 到 B、A 到 C 等长度,激光干涉仪可以测量从初始位置到一系列随后位置的位移(每一个不同长度)。为了与量块所规定的相同,参考位置(即 0 位)需要对每个已校准的检测长度都重新测量。这就是说,A 到 B 长度和 A 到 C 长度都应有自己的 A 测量步骤。同样,对激光干涉仪来说,用来提供已校准的检测长度的每一个位移的初始位置都需要重新测量。

## B.2 双向测量

## B.2.1 概述

双向测量量规代表一个已校准的检测长度。双向测量涉及到在量规的每端探测一个单点,并从探针针尖直径相反的方向逼近(见图 B.1)。在一条测量线上,不能混用内部和外部双向测量。下面描述了几种可能的双向测量方法。





说明:

PD —— 探测方向;

1 —— 位置 1;

2 —— 位置 2。

图 B.1 每个方向单点探测方式的双向测量示例

### B.2.2 量块

可用点到点测量已校准的量块的方法提供已校准的检测长度,建议每个探测点位于量块的校准点,找正程序见附录 C。

### B.2.3 步距规用于双向测量

可用点到点双向测量已校准的步距规来提供已校准的检测长度(见图 B.1),找正程序见附录 C。

### B.2.4 球棒/球板用于双向测量

可用球棒或球板提供已校准的检测长度,这里长度等于已校准的球心距离加每个球的校准直径的一半,采用点到点双向测量方法(与量块一样),找正程序见附录 C。

### B.2.5 带接触式探测的激光干涉仪用于双向测量

可用激光干涉仪和量块组合提供已校准的检测长度,已校准的检测长度是量块的校准长度与校准的激光干涉仪记录的位移总和。方法是,在初始位置探测量块的一个点,在第 2 个位置探测量块相对面的一个点(见图 B.1)。

## B.3 单向测量(需要补充双向测量)

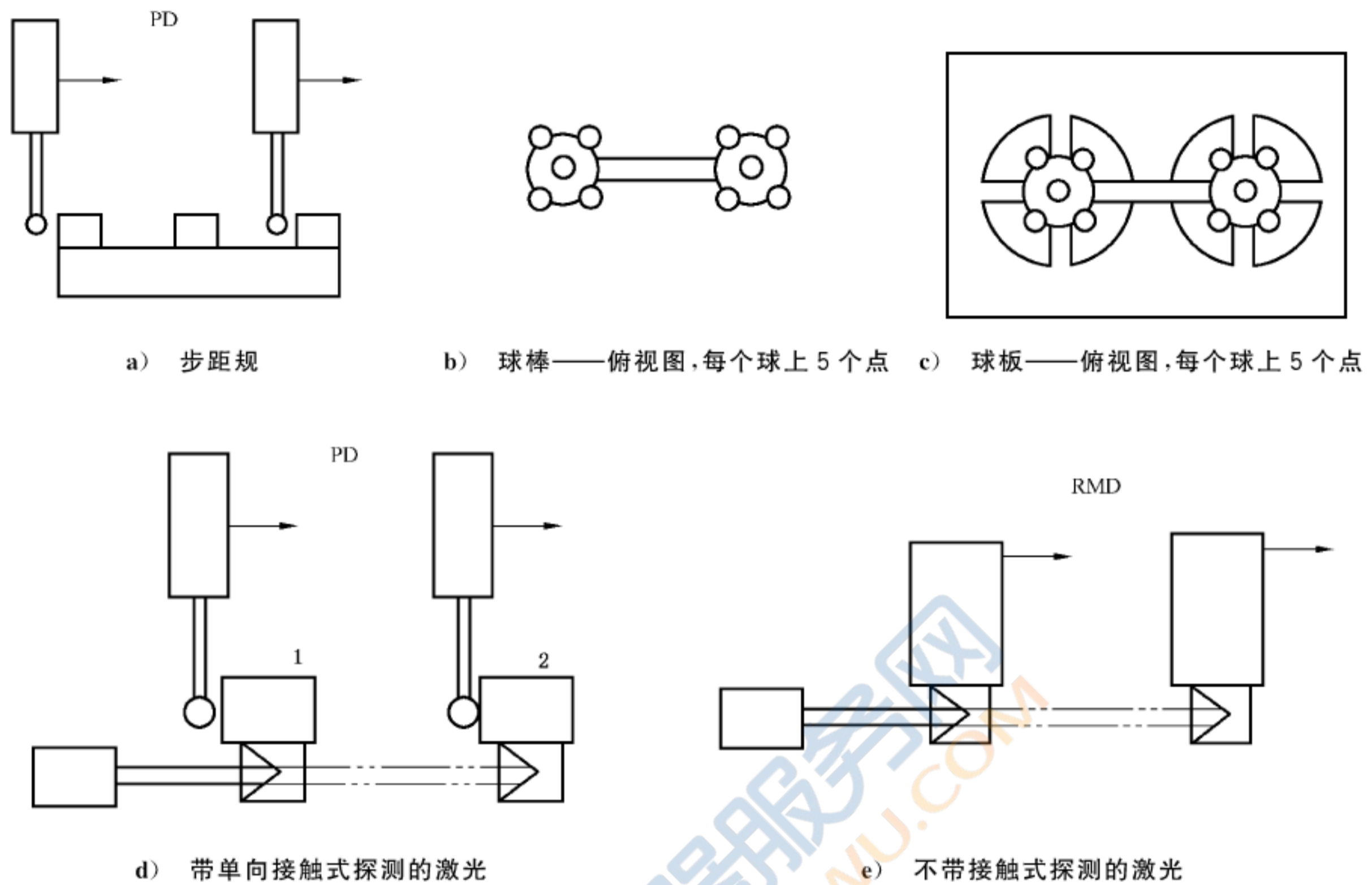
### B.3.1 概述

本部分规定,单向测量是指非双向测量的任何测量,包括步距规的单向测量、球板和球棒的球心到球心距离测量、及使用激光干涉仪的一些方法(见图 B.2)。

为了提供本部分测试要求的已校准的检测长度,单向测量需要与双向测量结合。

可以用校准的单向长度与校准的双向长度(默认是短量块)的算术和提供已校准的检测长度,校准的双向长度采用点到点测量方法。





说明:

PD ——探测方向;

RMD ——探测轴运动方向;

1 ——位置1;

2 ——位置2。

图 B.2 单向测量示例

### B.3.2 单向长度和短量块组成的已校准的检测长度

对每一条测试的测量线( $E_0$ 有七条线, $E_{150}$ 是可能的四条线里的两条线),用 B.2.2 所述的双向测量方法测量已校准的短量块(默认为 25 mm)。

短量块应沿着测量线放置,即短量块的轴向与测试的测量线的方向大约一致,短量块的位置要尽量靠近测试的测量线;当然,为了装夹的方便,量块的放置可以靠近 CMM 工作台面。

例如:如果测试 CMM 空间对角线的测量线,则短量块的方向要平行于空间对角线,但可以装夹在对角线下面的工作台台面上。

短量块应测量三次并按顺序记录其示值误差;对特殊情况下的  $E_{150}$  测量,如果同一条测量线用两个相反方向的测头测量,则短量块应用一个方向的测头测量三次,再用相反方向的测头重复一遍。

对每组五个长度(每条测量线),测量校准的单向长度三次并按顺序记录其示值误差。详细的单向测量的具体类型参见 B.3.3 的描述。

每个单向长度的三次示值误差加上(通常是算术方法)相对应的短量块双向示值误差生成已校准的检测长度的示值误差。重复测量每条测量线的五个长度;对每条测量线,共包含了 15 个单向测量和三个双向短量块的测量。

注:测量结果会受到短量块位置的影响;例如,将量块放置在靠近工作台位置可能改变 CMM 的测试特性,因为 CMM 的探测轴处于伸长状态。如果需要刻意体现 CMM 的特性,可以将短量块放置在测量线中间的位置,当

然这可能带来装夹问题。只能通过测试者选择最好的折中方法。

一种可以替代短量块的方法是用下述双向方法测量小的校准球(默认 25 mm),其中两个测量点在平行于测量线的球直径上相对位置,另两个位于垂直于测量线并通过球心的平面内,在空间相隔 90°,这种方法测量的球径等于短量块的双向测量值。

这个变通方法的使用取决于用户和制造商的约定;否则,应使用短量块。

### B.3.3 单向测量的标准器

#### B.3.3.1 步距规用于单向测量的方法

单向测量的步距规的每个测量面需有三个离散探测点(同一个目标接触点)和坐标平均值。

长度由坐标平均值确定,测量按单向方法完成(见图 B.2),找正程序见附录 C。

单向测量步距规的每个测量面上的三个点需要作平均,再与短量块的误差结合,就等效出双向点到点测量的结果。

#### B.3.3.2 球板和球棒用于单向测量的方法

球板和球棒这样的球形表面标准器的单向测量时,对每个球测量五点、长度由球心到球心(最小二乘法拟合)的距离来决定。

测量点的取样策略见图 B.2。

#### B.3.3.3 带接触式探测的激光干涉仪用于单向测量的方法

已校准的激光干涉仪加测量面可以实现单向测量,测量面可以是平面或球。

测量包括用激光干涉仪测量 CMM 所探测(接触式)的测量面的位移,测量面与激光干涉仪的反射镜一起随滑架移动。

在测量面是球的情形下,球心位置用 B.3.3.2 所述的五点法测量。在测量面是平面的情形下,在每个位置探测平面三个点并用 B.3.3.1 所述的方法计算坐标平均值,探测方向在初始和最终位置处保持相同(见图 B.2)。

#### B.3.3.4 不带接触式探测的激光干涉仪用于单向测量的方法

在有些情形下(尤其是大型 CMM),用反射镜代替探测系统并用激光干涉仪测量 CMM 的位移可能比较方便。

每个激光位移测量都是单向测量(见图 B.2)。

对于有些 CMM,干涉测量可能无法实现几何误差补偿,因此,示值误差可能远远大于带接触式探测的方法。在这种情形下,就要采用带接触式探测的已校准的检测长度。



附 录 C  
(资料性附录)  
量规的找正

### C.1 概述

为了比对 CMM 的测量长度与检测长度的校准值,就需要适当地找正检测长度。如果检测长度的校准证书提供了找正的操作指南,则在长度测量前要按照此操作指南执行。如果校准证书没有提供找正的操作指南,制造商可决定找正程序。

### C.2 平行面量规

对平行面量规,下面的找正程序可能比较有效。

测头多点探测一个测量面建立一个基准面(最小二乘拟合),垂直这个面的方向是基准方向(量规轴线)。在每个量块端面测量一个点,这个点尽量靠近校准点,构造点到点的长度,将此长度投影到基准方向(量规轴线)上,投影长度与量规的校准长度进行比对。

有些长度远远大于测量面尺寸的量规(例如:校准长度大于测量面尺寸的 10 倍),基准方向的建立可以使用非测量面上的点,例如,量块两个长侧面上的测量点可能被用来建立基准方向(量规轴线)。如果校准证书没有提供找正程序,这样的找正技术也同样用于步距规。

在每个量块端面上测量的单点用于构造点到点的长度,并投影到基准方向上,将投影长度与量规的校准长度进行比对。

### C.3 球棒/球板量规

在双向测量中,球棒或球板的一种找正方法是确保测头的逼近方向沿着量规轴线,即这条线通过球心。量规轴线即两个球的球心到球心连线。采用这种找正方法,这种类型的已校准的检测长度只能用于探测逼近运动受计算机控制的 CMM。

在双向测量中球棒或球板的另一种找正方法是每个球测量四点,一个点在球上并与量规轴线相交(即端点),另外三个点  $90^\circ$  间隔分布,位于垂直于量规轴线并通过球心的平面内的球上(即赤道上),这三个点用于找正球棒或球板,见图 C.1。

在这两种方法中,双向球棒或球板测量规定了已校准的检测长度由已校准的球心到球心距离加每个球校准直径的一半组成。

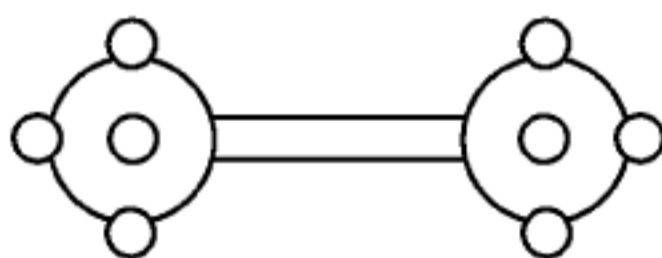


图 C.1 双向测量球棒上四个探测点分布的俯视图

球棒或球板用在单向测量(球心到球心)方式时,每个球具有唯一的几何球心位置,所以不需要专门的找正方法。

当使用球棒或球板时,要确保测试中的探测点分布要尽量接近校准证书中规定的探测点分布。如

果做不到这点,就要采用图 B.2 中所述的分布,并要考虑由此带来附加的测试不确定度。

双向测量球棒只能用于计算机控制的 CMM,遵照标准器的找正程序,在执行双向测量之前,先测量两个球来决定量规轴线。

在有多个球的球棒情况下,不存在公共测量轴线。在有些情况下,只有相邻球的球心距离被校准,由两个非相邻球组成的长度,参考值由空间距离总和计算得出,因为球心位置的几何介入,要计算由此带来的附加不确定度(见图 C.2)。

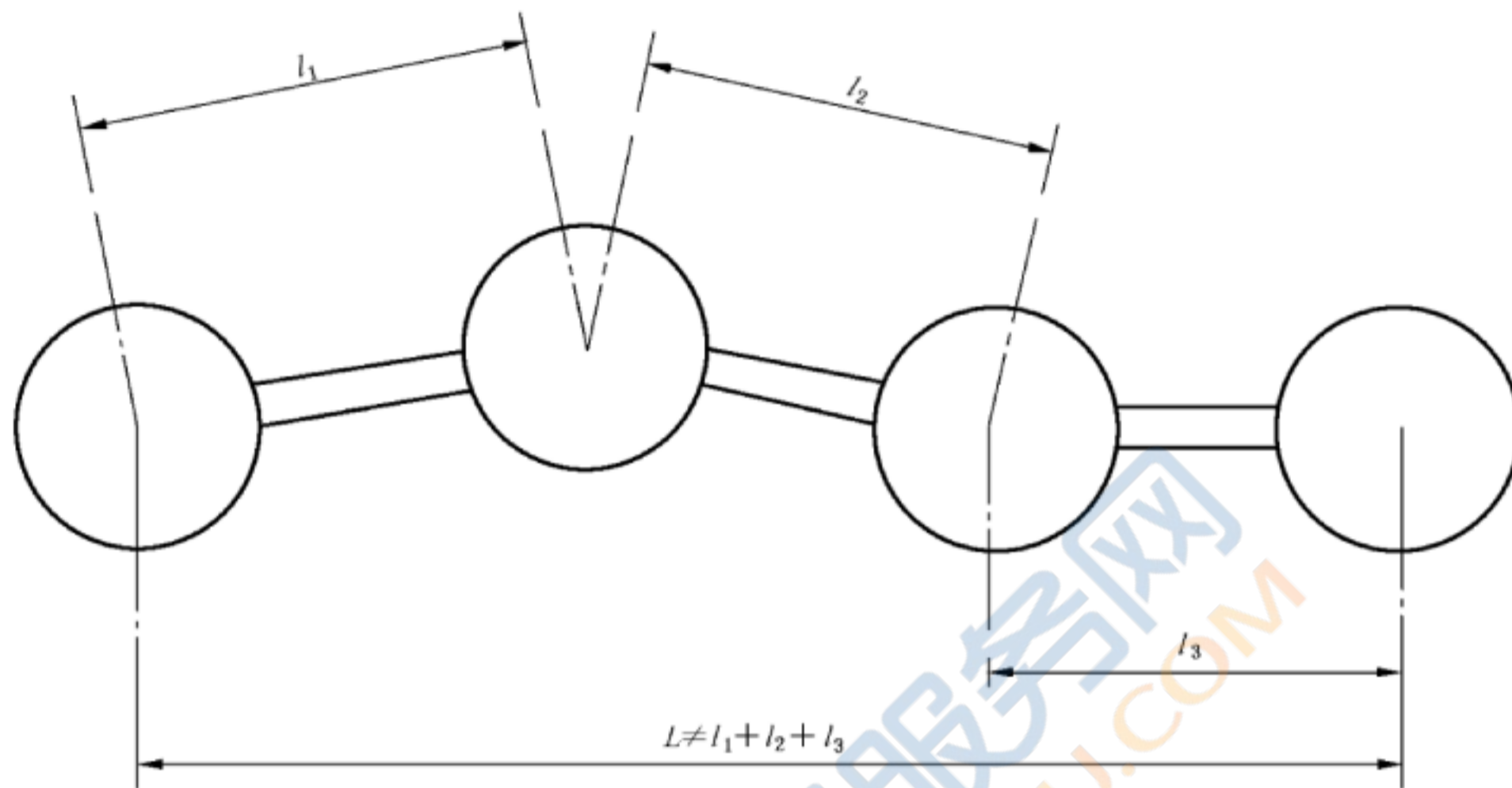


图 C.2 评估多个球的球棒的球间距离



**附录 D**  
(规范性附录)  
**低 CTE 标准器的数学修正**

### D.1 概述

在有些环境中,温度膨胀系数的数学修正有利于减少 CMM 的测试困难。

考虑一台钢材料的大型 CMM 用于测量钢工件时,没有任何方法计算工件温度膨胀。这种大型 CMM 需要长的已校准的检测长度,因此,常规 CTE 标准器的热平衡就非常重要。为了减少热平衡条件不好的影响,可以使用低 CTE 检测长度。

然而,与常规 CTE 的检测长度相比,低 CTE 的检测长度具有较大的未修正的温度膨胀系数。因此,当测量钢工件时,将得到较大的长度测量误差(即  $E_0$  值),这是非特性误差。解决办法是对低 CTE 标准器的检测长度进行数学修正,使它对 CMM 的表现像钢一样。

在执行这样的修正时,需要在每个检测前( $E_0$  和  $E_{150}$ )用校准过的温度计测量低 CTE 检测长度的温度,这个温度用于计算与具有确切知道的 CTE( $\alpha = 11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )的钢量规相等的“假想长度”。这样的修正结果改变了低 CTE 检测长度的校准值,相当于在测试温度下 CTE 为  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  时的假想长度。在上面给出的例子中,这种程序的优点是钢 CMM 将测量“假想钢”的检测长度,因此不会受到未修正的温度膨胀系数误差的影响。

注:低 CTE 标准器的数学修正由测试者根据 D.2 的要求执行,这种修正等于对标准器的再校准,不违反 6.3.4 和 6.5.3 所描述的对 CMM 测量结果进行手动调整的禁令。

### D.2 要求

当在验收检测或复检检测中进行修正时,有几点需要注意:

- 修正只允许用于 CMM,对工件的温度膨胀补偿无能为力;
- 修正只允许用于标准器的 CTE 为  $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  或更低;
- 在检测 CMM 之前,标准器的 CTE 应该在校准证书上规定;
- 修正应准确地调整到  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,不能使用其他假想 CTE;
- 修正只能针对  $E_0$  检测和  $E_{150}$  (重新测量温度)检测各一次,在每次检测前应先测量温度;
- 应使用校准过的温度计测量低 CTE 校准长度,不能使用 CMM 提供的温度测量系统;
- 这个修正遵照 6.3.3.3 所述的低 CTE 标准器的要求,应执行 6.3.3.3 所述的附加检测长度;
- 修正中所进行的温度测量应按照 6.3.3.3 所述,对在其环境中达到热平衡的钢量块,或相同温度的钢件;
- 当执行数学修正程序时,检测长度的 CTE 和其合成 CTE 都应记录在检测结果中,例如,“检测长度的 CTE 从  $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  数学修正到  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ”。

注:当使用低 CTE 标准器时,温度梯度对已校准的检测长度的影响被大大地抑制了。但当使用普通标准器(如钢)时,这种影响就可能表现为长度测量误差。

附 录 E  
(资料性附录)  
单探针探测测试的位置

GB/T 16857.2—2006 中的单探针探测测试在这个版本中不再出现,它被移到代替 GB/T 16857.5—2004 的新版 GB/T 16857.5—2013 中了。





**附录 F**  
(资料性附录)  
**与 GPS 矩阵模型的关系**

**F.1 概述**

完整详细的 GPS 矩阵模型见 GB/Z 20308。

**F.2 关于本部分的信息及其应用**

本部分规定了验证用于测量线性尺寸的坐标测量机的特性是否满足制造商的规定的验收方法,本部分规定的检测也适用于用户对测量线性尺寸的 CMM 的周期性复检检测。

**F.3 在 GPS 矩阵模型中的位置**

本部分属于 GPS 通用标准,它影响通用 GPS 矩阵模型中尺寸、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 F.1 所示。

GPS 综合标准						
GPS 通用标准						
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						
波纹度轮廓						
原始轮廓						
表面缺陷						
棱边						

GPS 基础  
标准

图 F.1 在 GPS 矩阵模式中的位置

**F.4 相关的标准**

相关的标准为图 F.1 所示标准链涉及的标准。

参 考 文 献

- [1] ISO 3650 Geometrical Product Specifications (GPS)—Length standards—Gauge blocks
- [2] ISO 10360-3 Geometrical product specifications (GPS)—Acceptance and reverification test for coordinate measuring machines (CMM)—Part 3: CMMs with the axis of a rotary table as the fourth axis
- [3] ISO 10360-4 Geometrical product specifications (GPS)—Acceptance and reverification test for coordinate measuring machines (CMM)—Part 4: CMMs used in scanning measuring mode
- [4] GB/T 16857.5—2013 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)
- [5] ISO/TR 14638 Geometrical Product Specifications (GPS)—Masterplan
- [6] ISO/TS 15530 (all parts) Geometrical product specifications (GPS)—Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement
- [7] ISO/TR 16015 Geometrical product specifications (GPS)—Systematic errors and contributions to measurement uncertainty of length measurement due to thermal influences
- [8] ISO/PAS 12868 Geometrical product specifications (GPS)—Coordinate measuring machines(CMM): Testing the performance of CMMs using single-stylus contacting probing systems



GB/T 16857.2-2017

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066·1-58082