



中华人民共和国国家标准

GB/T 33523.70—2020

产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第 70 部分:实物测量标准

Geometrical product specification (GPS)—Surface texture: Areal—
Part 70: Material measures

(ISO 25178-70:2014, MOD)

2020-12-14 发布

2021-07-01 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 总则 1

5 实物测量标准的要求 2

6 实物测量标准的类型 2

7 轮廓法实物测量标准 4

8 区域法实物测量标准 12

9 实物计量证书 19

附录 A（规范性附录） 测量要求 20

附录 B（资料性附录） 实物测量标准名称的对照表 21

附录 C（资料性附录） 评价区域仪器上的间距测量值 22

附录 D（资料性附录） 不规则的测量标准 24

附录 E（资料性附录） 与 GPS 矩阵模型的关系 26

参考文献 27

前 言

GB/T 33523《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法》分为如下部分：

- 第1部分：表面结构的表示法；
- 第2部分：术语、定义及表面结构参数；
- 第3部分：规范操作集；
- 第6部分：表面结构测量方法的分类；
- 第70部分：实物测量标准；
- 第71部分：软件测量标准；
- 第72部分：XML文件格式 x3p；
- 第73部分：材料测量表面缺陷的术语和定义；
- 第600部分：区域形貌测量法的计量特性；
- 第601部分：接触(触针)式仪器的标称特性；
- 第602部分：非接触(共聚焦色差测头)式仪器的标称特性；
- 第603部分：非接触(相移干涉显微镜)式仪器的标称特性；
- 第604部分：非接触(相干扫描干涉)式仪器的标称特性；
- 第605部分：非接触(点自动对焦测头)式仪器的标称特性；
- 第606部分：非接触式(变焦)仪器的标称特性；
- 第607部分：非接触(共焦显微镜)式仪器的标称特性；
- 第701部分：接触(触针)式仪器的校准及测量标准。

本部分为 GB/T 33523 的第 70 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 25178-70:2014《产品几何技术规范(GPS) 表面结构：区域法 第 70 部分：实物测量标准》。

本部分与 ISO 25178-70:2014 相比存在技术性差异。相应技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本部分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：

- 用等同采用国际标准的 GB/T 6062 代替 ISO 3274(见第 3 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 19022 代替 ISO 10012(见第 9 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 27025 代替 ISO/IEC 17025(见第 9 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 33523.2 代替 ISO 25178-2(见第 3 章、第 4 章)；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 33523.601 代替 ISO 25178-601(见第 3 章)；
- 用 JJF 1001—2011 代替 ISO/IEC Guide 99:2007(见第 3 章)。

本部分还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“本部分适用于基于区域法表面结构标准链，链环 G 定义的轮廓表面结构和区域表面结构测量仪器的计量特性校准的测量标准。”。

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：清华大学、山东大学、中机生产力促进中心、哈尔滨工业大学、山东道先为智能科技有限公司、华中科技大学、山东省计量科学研究院。

本部分主要起草人：张震、闫鹏、明翠新、郎岩梅、刘辰光、卢文龙、朱悦、曹丛。

产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第 70 部分:实物测量标准

1 范围

GB/T 33523 的本部分规定了用于定期验证和调整区域法表面结构测量仪器的实物测量标准的特性。

本部分适用于基于区域法表面结构标准链,链环 G 定义的轮廓表面结构和区域表面结构测量仪器的计量特性校准的测量标准。

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 6062 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的标称特性(GB/T 6062—2009,ISO 3274:1996,IDT)

GB/T 19022 测量管理体系 测量过程和测量设备的要求(GB/T 19022—2003,ISO 10012:2003,IDT)

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求(GB/T 27025—2019,ISO/IEC 17025:2017,IDT)

GB/T 33523.2 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第 2 部分:术语、定义及表面结构参数(GB/T 33523.2—2017,ISO 25178-2:2012,IDT)

GB/T 33523.601 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第 601 部分:接触(触针)式仪器的标称特性(GB/T 33523.601—2017,ISO 25178-601:2010,IDT)

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

3 术语和定义

GB/T 6062、GB/T 33523.2、GB/T 33523.601 和 JJF 1001 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

实物测量标准 material measure

具有所赋量值,使用时以固定形态复现或提供具有一个或多个量值的用于表面结构测量的专用测量标准。

注 1: 实物测量标准的示值是所赋的量值。

注 2: 实物测量标准可以是测量标准。

注 3: 实物测量标准有时称为校准样件,校准样品,校准标准,标准制品,物理测量标准或物理标准。

注 4: 改写 JJF 1001—2011,定义 6.5。

4 总则

实物测量标准一般可用于两种不同的目的:

- 仪器计量特性的校准,需要测量不确定度的评定;
- 用户用来调整测量仪器,生成被测量的修正因子。

两种目的效果均取决于实物测量标准的计量特性(参见 GB/T 33523.700 系列)。

本部分中的实物测量标准适用于这两种目的,但这些实物测量标准用于仪器系统误差的评定和修正更为适合。通过对修正系数 C_x , C_y 和 C_z 的评定和检验对 X 、 Y 和 Z 的坐标值进行校准(参见 GB/T 33523.600 系列)。

使用这些实物测量标准无法将仪器引入的误差与滤波和计算算法引起的误差分开。这些计算方法可以用软件测量标准来测试(参见 GB/T 19067.2, GB/T 33523.71 和 ISO 25178-72)。

本部分所述的大多数实物测量标准均可用来验证和修正区域法测量仪器的驱动单元 X 与驱动单元 Y 之间的垂直度偏差。

测量方法和实物测量标准的特性应由其制造商提供。

在 GB/T 33523.2 中,每个术语名称后面是它的参数(缩写),然后是它的符号。虽然缩写术语可以包含多个字母,但符号只包含一个带有下标的单个字母。对于这些术语,符号用于本文的等式中。这种区分是为了避免把复合字母误解为方程中的数字相乘。参数(缩写)在本文的其他部分,比如产品文档、图纸和数据表中使用。

5 实物测量标准的要求

实物测量标准的设计特性应符合实际应用要求。见附录 A。

实物测量标准的材料特性不应显著影响对其进行的测量。

实物测量标准的实际整体表面特征应具有规定的尺度限制,而尺度限定范围之外的特征应不影响测量。

特征举例如下:

- 实物测量标准的实际整体表面的平面度偏差;
- 沟槽的形状偏差(即 PGR, PGC, PDG, AGP, AGC 等);
- 沟槽底部圆弧半径(即 PGC, PCS, PDG, AGP, AGC 等);
- 三角形侧面的形状偏差(即 PPT, PCS, PDG, AGP 等);
- 沟槽之间的平行度误差(即 PDG, AGP 等);
- 沟槽之间的垂直度(即 AGP 等);
- 任意点的局部斜率(使用光学仪器时);
- 沟槽或三角形(线,平面或圆柱)的平分线,名义上应垂直于测量标准的基准平面;
- 表面反射率(使用光学仪器时);
- 材料的硬度(使用触针仪器时);
- 材料的折射率;
- 材料的颜色。

测量标准应该具有唯一标识。被测量的序列号、类型和标称值应刻在测量标准(量具)的本体和/或测量标准的外壳上。

6 实物测量标准的类型

表 1 和表 2 列出了 GB/T 33523 的本部分所涵盖的不同类型的实物测量标准。

注 1: 前缀 P 用于轮廓法实物测量标准类型。

注 2: 前缀 A 用于区域法实物测量标准类型。

本部分与其他标准(例如 GB/T 19067.1 和 GB/T 33523.701)中定义的实物测量标准的命名对照表参见附录 B。

表 1 轮廓法实物测量标准类型

类型	名称
PPS	周期正弦波形
PPT	周期三角形
PPR	周期矩形
PPA	周期弧形
PGR	矩形沟槽
PGC	圆形沟槽
PRO	不规则轮廓
PCR	圆形不规则轮廓
PRI	棱体
PRB	剃刀刀刃
PAS	近似正弦波形
PCS	轮廓标准
PDG	双沟槽

表 2 区域法实物测量标准类型

类型	名称
AGP	垂直沟槽
AGC	圆环沟槽
ASP	半球
APS	平面-球
ACG	交叉栅线
ACS	交叉正弦
ARS	径向正弦
ASG	星形沟槽
AIR	不规则形状
AFL	平面
APC	光致变色图案

7 轮廓法实物测量标准

7.1 PPS 型:周期正弦波形

7.1.1 设计特性

这种实物测量标准复现了一个单方向延伸的正弦波形。该正弦波的形状由周期 p 和幅值 d 确定(如图 1 所示)。

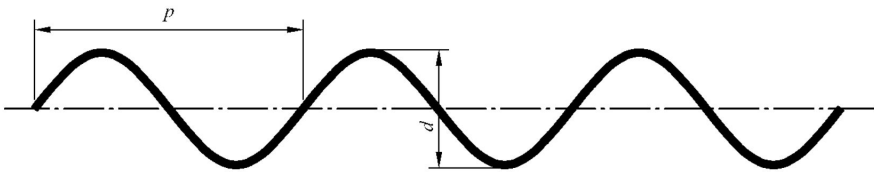


图 1 正弦波形

- 注 1: 根据 GB/T 19067.1,该实物测量标准根据其周期分为 B2 型或 C1 型(参见附录 B)。
- 注 2: PPS 型实物测量标准的一个特殊例子,啁啾信号,其周期会逐渐增大或减小。这种实物测量标准可以用来评价仪器带宽或者横向分辨力。

7.1.2 被测量

见表 3。

表 3 PPS 型实物测量标准的被测量

	轮廓法	区域法
Z 轴	Ra 或 Rq	Sa 或 Sq
X 轴(Y 轴)	RSm	平均 PSm

- 注 1: RSm 等于正弦波形的周期。
- 注 2: 在假定 λ_c 和 λ_s 滤波器的影响忽略不计的情况下, Ra 和 Rq 可以通过公式(1)和公式(2)计算:
- $Ra = \frac{d}{\pi} \dots\dots\dots (1)$
 $Rq = \frac{d}{2\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2)$
- 注 3: 此实物测量标准的最大斜率由比值 $\frac{\pi d}{p}$ 给出。
- 注 4: 对于“平均 PSm ”的定义,参见附录 C。

7.2 PPT 型:周期三角形

7.2.1 设计特性

该实物测量标准沿一个方向复现一个三角形。三角波形状由周期 p 和深度 d ,或者深度 d 和夹角 α (如图 2 所示)确定。

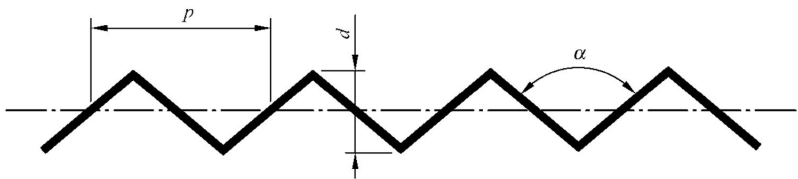


图 2 三角形

注：根据 GB/T 19067.1,图 2 说明了一种实物测量标准,根据其周期可分为 B2 或 C2 型(参考附录 B)。

7.2.2 被测量

见表 4。

表 4 PPT 型实物测量标准的被测量

	轮廓法	区域法
Z 轴	Ra 或 Rq	Sa 或 Sq
X 轴(Y 轴)	RSm	平均 PSm

注 1: RSm 等于三角形曲线的周期 p 。

注 2: 假定 λ_c 和 λ_s 滤波器的影响可忽略, Ra 和 Rq 可以通过公式(3)和公式(4)计算:

$$Ra = \frac{d}{4} \dots\dots\dots (3)$$

$$Rq = \frac{d}{2\sqrt{3}} \dots\dots\dots (4)$$

注 3: 对于“平均 PSm ”的定义,参见附录 C。

7.3 PPR 型:周期矩形

7.3.1 设计特性

该实物测量标准沿一个方向复现一个矩形波。矩形波形状由槽宽 w ,周期 p 和槽深 d 确定,如图 3 所示。

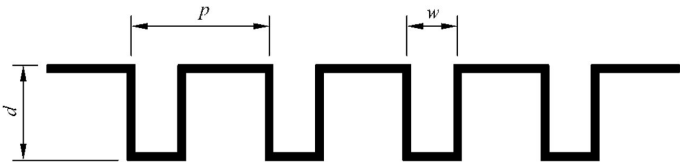


图 3 矩形

7.3.2 被测量

见表 5。

表 5 PPR 型实物测量标准的被测量

	轮廓法	区域法
Z 轴	Ra 或 Rq	Sa 或 Sq
X 轴(Y 轴)	RSm	平均 PSm

注 1: RSm 等于矩形波的周期 p 。
注 2: 假定 λ_c 和 λ_s 滤波器的影响可忽略, Ra 和 Rq 可以通过公式(5)和公式(6)计算:

$$Ra = 2 \times \frac{d \times w}{p} \times \left(1 - \frac{w}{p}\right) \dots\dots\dots (5)$$

$$Rq = \frac{d \times w}{p} \times \sqrt{\frac{p}{w} - 1} \dots\dots\dots (6)$$

注 3: 对于“平均 PSm ”的定义, 参见附录 C。

7.4 PPA 型:周期弧形

7.4.1 设计特性

该实物测量标准沿一个方向复现一个弧形。弧形由周期 p 和半径 r , 或者由周期 p 和深度 d 确定 (如图 4 所示)。

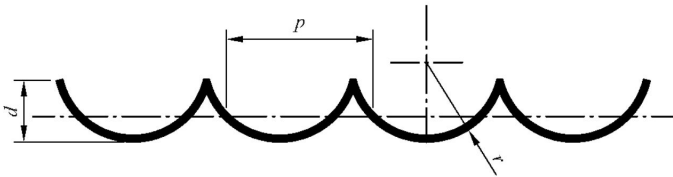


图 4 弧形波

注: 根据 GB/T 19067.1, 图 4 说明了一种实物测量标准, 根据其周期可分为 B2 或 C2 型 (参见附录 B)。

7.4.2 被测量

见表 6。

表 6 PPA 型实物测量标准的被测量

	轮廓法	区域法
Z 轴	Ra 或 Rq	Sa 或 Sq
X 轴(Y 轴)	RSm	平均 PSm

注 1: RSm 等于弧形曲线的周期 p 。
注 2: 对于“平均 PSm ”的定义, 参考附录 C。

7.5 PGR 型:矩形沟槽

7.5.1 设计特性

此实物测量标准具有一个带平坦底部的宽沟槽, 或者具有多个深度相等或深度逐渐增大的沟槽, 并且每个沟槽的宽度都足够大, 使其对仪器的横向分辨力不敏感 (例如触针针尖)。
每个沟槽由其宽度 W 和深度 d 确定 (如图 5 所示)。

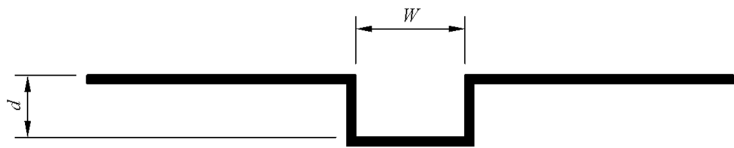


图 5 矩形沟槽形

注：根据标准 GB/T 19067.1,图 5 说明了一种 A1 型的实物测量标准(参见附录 B)。

7.5.2 被测量

被测量为深度 d ,可通过公式(7)评定：

$$Z = \alpha X + \beta + h\delta \dots\dots\dots (7)$$

式中：

其中 α, β, h 均为未知参数。用最小二乘法在长度等于沟槽宽度三倍的轮廓(见图 6)上拟合而成。变量 δ 在区间 A 和 B 上取值+1,在区间 C 上取值-1(见图 6)。沟槽深度 d 是 h 估计值的两倍。

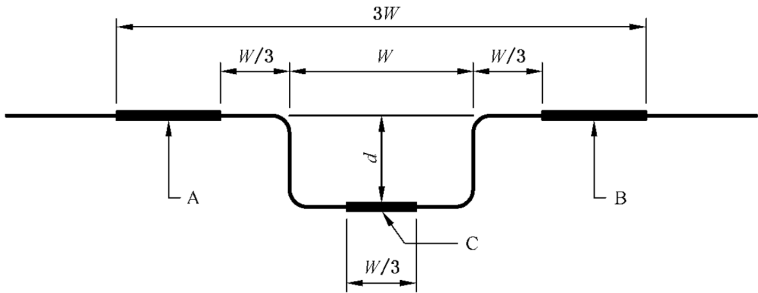


图 6 PGR 型参数评定

为了避免任何圆角的影响,忽略沟槽每侧的上下表面沿沟槽宽度的三分之一。沟槽底部的表面仅在其宽度的中心三分之一处进行评定。用于评定的部分是图 6 中 A,B 和 C 所示的部分。

7.6 PGC 型:圆形沟槽

7.6.1 设计特性

此实物测量标准类似于 PGR 类型,不同之处在于沟槽具有半径足够大的圆形底部,使其对仪器的横向分辨力限制不敏感。

该实物测量标准由其半径 r 和深度 d 确定,见图 7。

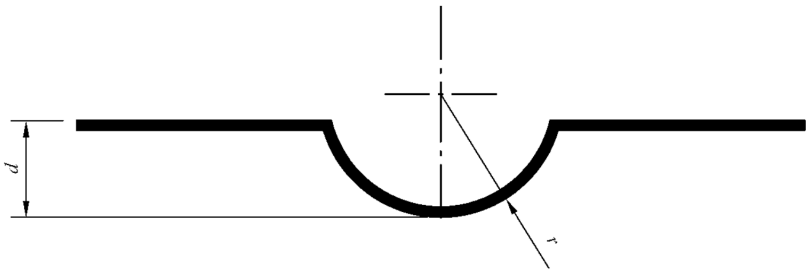


图 7 圆形沟槽形

注：根据 GB/T 19067.1,图 7 说明了一种 A2 型的实物测量标准。

7.6.2 被测量

用最小二乘直线表示沟槽上表面,以沟槽中心的三分之一宽度的轮廓拟合最小二乘圆。以拟合的直线到拟合圆的最低点的距离评定沟槽的深度(见图 8)。

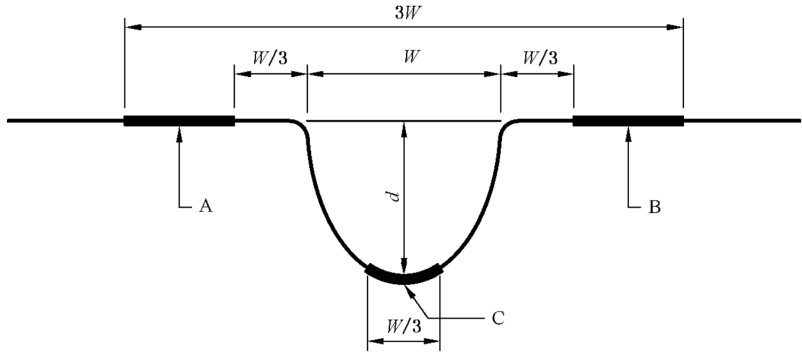


图 8 PGC 型参数评定

7.7 PRO 型:不规则轮廓

7.7.1 设计特性

这些实物测量标准在驱动方向上具有不规则的轮廓(例如通过磨削获得的轮廓)(见图 9)。
对于几种类型的 PRO 测量标准,在实物测量标准的纵向上每间隔 $5\lambda_c$ 重复不规则轮廓。在垂直于实物测量标准的测量方向,轮廓形状是恒定的。
实物测量标准模拟了包含各种波峰间距的工件,但减少了给出较好平均值所需的测量方向移动次数。为了保证测量结果的准确性,提供了对仪器调整的整体检查。

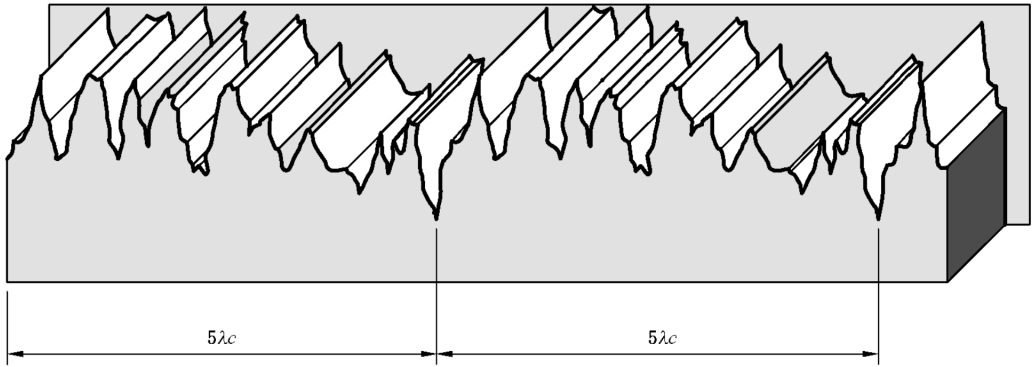


图 9 不规则轮廓标准

注: 根据 GB/T 19067.1,图 9 所示为一种 D1 型实物测量标准(参见附录 B)。

7.7.2 被测量

被测量为 Ra 和 Rz 。

7.8 PCR 型:圆形不规则轮廓

7.8.1 设计特性

这些圆形实物测量标准虽然在径向具有不规则的轮廓,但可以方便地在其圆周方向具有近似不变

的横截面。

这些实物测量标准具有不规则的轮廓,其在实物测量标准的径向每 $5\lambda c$ 重复一次。在垂直于实物测量标准的方向(沿圆周方向)上,轮廓形状是不变的(见图 10)。

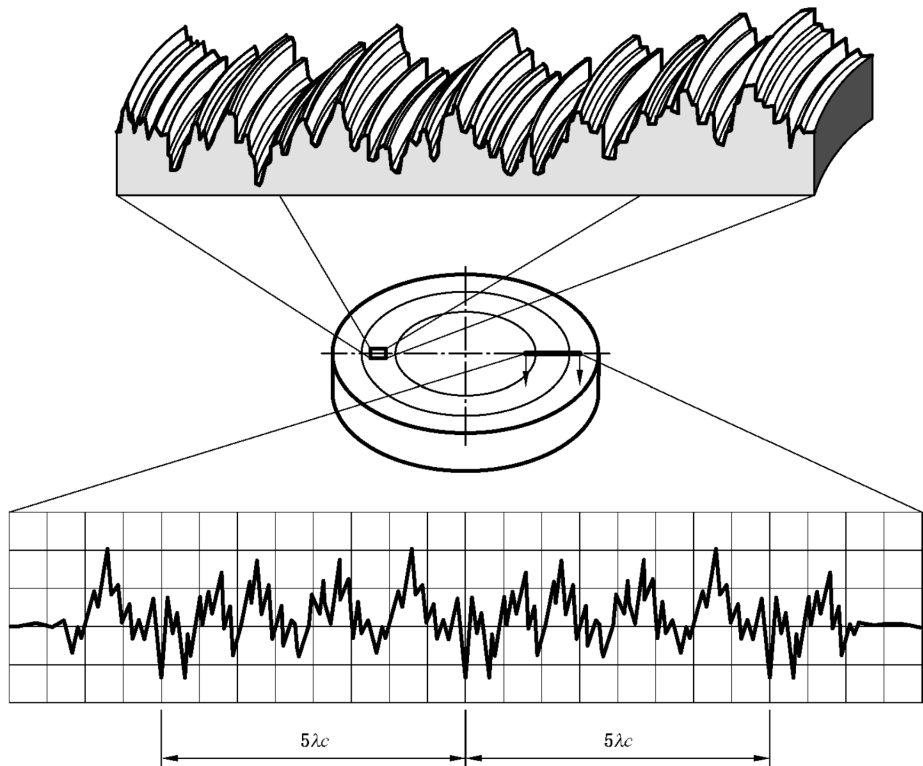


图 10 圆形不规则轮廓标准

注: 根据 GB/T 19067.1,图 10 所示为一种 D2 型实物测量标准。

7.8.2 被测量

被测量是 Ra 和 Rz 。

7.9 PRI 型:棱体

7.9.1 设计特性

该实物测量标准由具有梯形横截面的棱体组成。梯形的底部是平行表面的较长部分。由梯形上表面和梯形两侧面构成测量表面。两个侧面测量表面的角度设计值应覆盖测头的上升/下降范围,并可兼容测头所能测量的最大斜率(见图 11)。



图 11 精密棱体

注: 根据 GB/T 19067.1,图 11 说明了一种 E2 型的实物测量标准(参见附录 B)。

7.9.2 被测量

实物测量标准由以下参数确定：

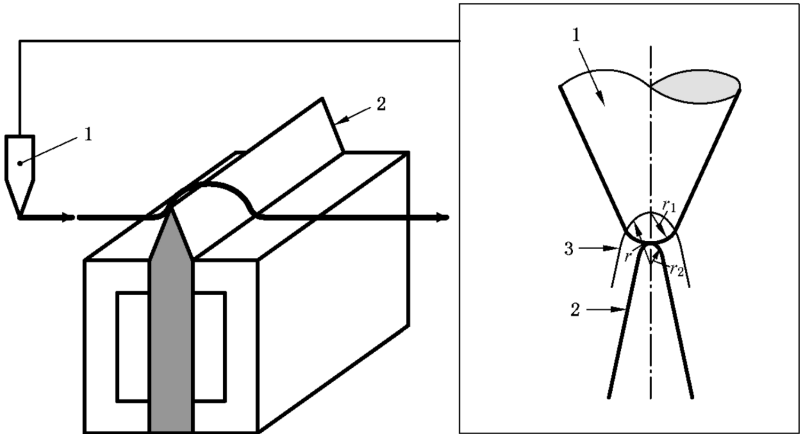
- 两侧面之间的夹角；
- 每个侧面上的 P_z 。

7.10 PRB 型：剃刀刀刃

7.10.1 设计特性

该实物测量标准具有精细的突出边缘。它主要用于评价触针式仪器的触针针尖半径。例如，未镀膜的剃刀刀刃具有约 $0.1\ \mu\text{m}$ 或更小的边缘宽度。

注：根据标准 GB/T 19067.1,图 12 说明了一种 B3 型的实物测量标准。



说明：

1——触针；

2——剃刀刀刃；

3——记录的轮廓。

注 1：剃刀刀刃痕迹的示意图，用于分析触针尖端的形状以确定其半径。

注 2：如果剃刀刀刃的半径和顶角更精细，则输出轮廓基本上代表触针尖端形状。

图 12 PRB 型实物测量标准的使用

7.10.2 被测量

触针形貌可以通过扫描锋利的突出边缘(例如剃刀刀刃)来测量,如图 12 所示。如果 r_1 是触针针尖半径, r_2 是剃刀刀刃的半径,则记录的轮廓具有半径 $r = r_1 + r_2$ 。此外,如果 r_2 远小于 r_1 ,则记录的半径大约等于触针针尖半径本身。此方法只能用于扫描速度非常慢的直接轮廓法记录仪器。

7.11 PAS 型：近似正弦波形

7.11.1 设计特性

图 13 所示的模拟正弦波,具有圆形或截头峰和谷的三角形轮廓,其谐波分量的总均方根(r.m.s.)不超过基波有效值的 10%。

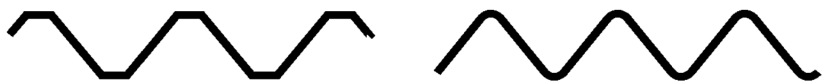


图 13 C3 沟槽型

注：根据 GB/T 19067.1,图 13 所示为一种 C3 型实物测量标准(参见附录 B)。

7.11.2 被测量

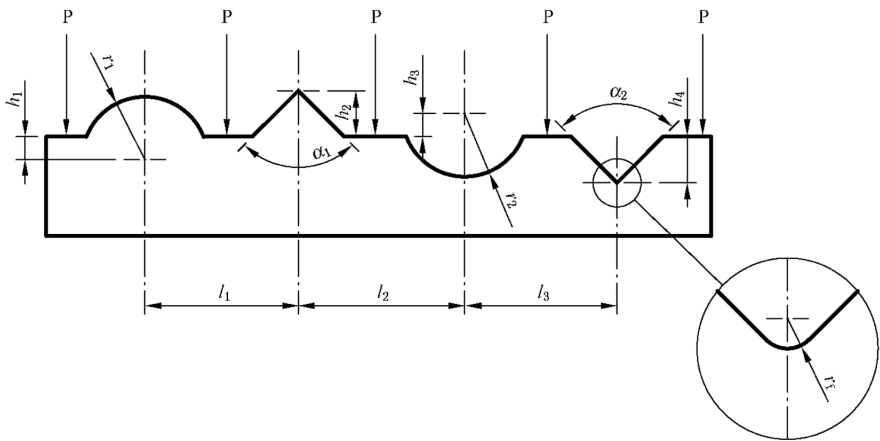
被测量为 RSm 和 Ra 。

7.12 PCS 型:轮廓标准

7.12.1 设计特性

此实物测量标准由一个包括不同几何图形的轮廓组成(见图 14)：

- 至少两个圆弧(一个凸圆弧、一个凹圆弧)；
- 至少两个楔形/三角形(一个凸形、一个凹形)。



说明：

- P ——在公共区域中有五个特征的基准平面；
- r_f ——沟槽底面半径；
- r_i ——圆弧半径；
- α_i ——楔形/三角形侧面之间的夹角；
- l_i ——在平行于圆心之间的平面 P 的方向上测量的距离和/或三角形的侧面相对于基准平面的交点；在平行于 P 方向上，圆心间和/或圆心与角分线(角两边交点)间的水平距离；
- h_i ——在垂直于圆心之间的平面 P 的方向和/或三角形的侧面的交叉点处测量的高度；在垂直于 P 方向上，圆心间和/或圆心与角分线(角两边交点)间的垂直距离。

图 14 轮廓标准

7.12.2 被测量

被测量为：

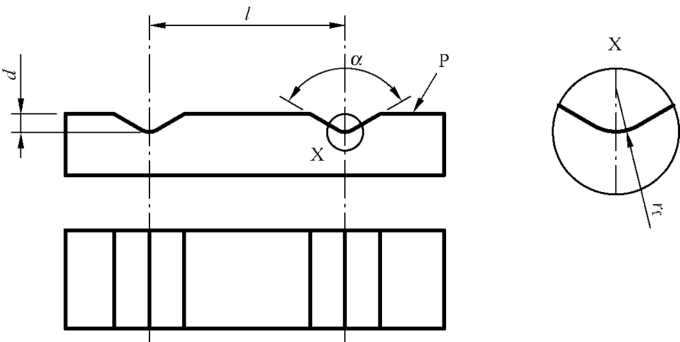
- r_i 圆弧半径；
- α_i 楔形/三角形侧面之间的夹角；
- l_i 在平行于圆心之间的平面 P 的方向上测量的距离和/或三角形的侧面相对于基准平面的交

点;在平行于 P 方向上,圆心间和/或圆心与角分线(角两边交点)间的水平距离;
—— h_i 在垂直于圆心之间的平面 P 的方向和/或三角形的侧面的交叉点处测量的高度;在垂直于 P 方向上,圆心间和/或圆心与角分线(角两边交点)间的垂直距离。

7.13 PDG 型:双沟槽

7.13.1 设计特性

该实物测量标准具有两条平行的沟槽(见图 15)。



说明:

- d —— 沟槽深度;
- l —— 沟槽间距;
- α —— 沟槽两侧面的夹角;
- P —— 基准平面;
- r_f —— 沟槽底部圆弧半径。

图 15 双沟槽标准

7.13.2 被测量

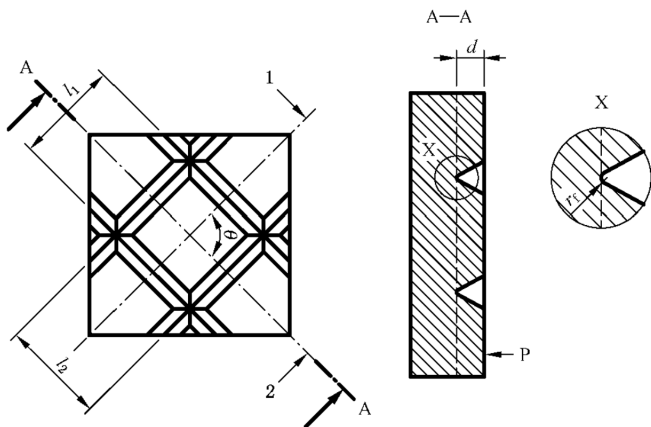
被测量为:
—— l 沟槽间距;
—— d 沟槽深度。

8 区域法实物测量标准

8.1 AGP 型:垂直沟槽

8.1.1 设计特性

该实物测量标准由四条沟槽组成一个矩形(如图 16)。



说明：
 d —— 沟槽深度；
 l_1, l_2 —— 沟槽间距；
1, 2 —— 平行沟槽的对角线；
 θ —— 沟槽间夹角；
P —— 基准平面；
 r_f —— 沟槽底部圆弧半径。

图 16 区域法沟槽标准

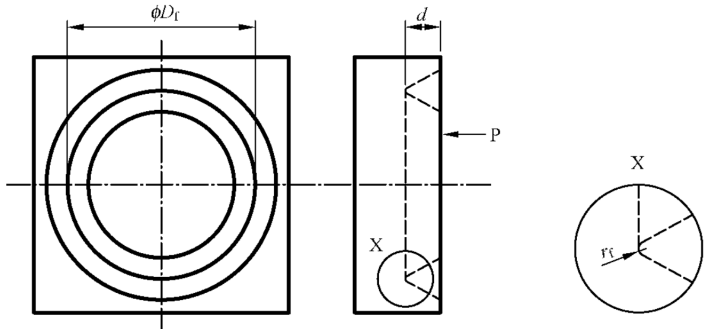
8.1.2 被测量

被测量为：
—— l_1, l_2 每对沟槽之间的两个间距；
—— d 沟槽的深度；
—— θ 沟槽间夹角, 定义为两对平行沟槽的对称轴线相交所成夹角(如图 16)。

8.2 AGC 型: 圆环沟槽

8.2.1 设计特性

该实物测量标准具有一个圆环沟槽(如图 17)。



说明：
 d —— 沟槽深度；
 D_f —— 沟槽直径；
P —— 基准平面；
 r_f —— 沟槽底部圆弧半径。

图 17 圆形槽标准

8.2.2 被测量

被测量为：
—— D_i 沟槽直径,定义为沟槽两侧面相交圆的直径；
—— d 沟槽深度。

8.3 ASP 型:半球

8.3.1 设计特性

该实物测量标准包括一个半球。

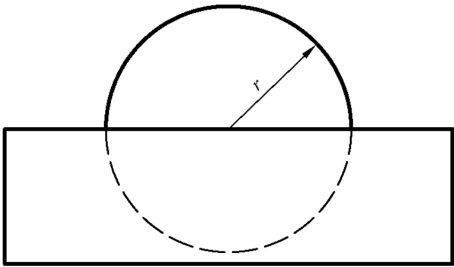


图 18 半球标准

球体的半径应在测头的有效测量范围之内：
——允许触针针尖的球形部分保持接触(而不是触针的任何其他部分)；
——允许光学测头保持在其工作角度内。

注 1: 根据 GB/T 19067.1,图 18 说明了 E1 类型的实物测量标准(如附录 B)。

注 2: 球体周围的水平面不是实物测量标准的一部分。

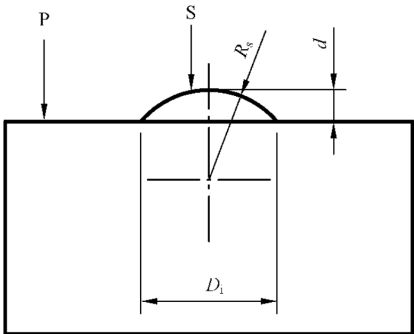
8.3.2 测量值

被测量是球体(或半球)的半径。

8.4 APS 型:平面-球

8.4.1 设计特性

该实物测量标准由部分球 S 和基准平面 P 组成(如图 19)。



说明：

d ——从球顶端到基准平面 P 的距离；
 S ——部分球；
 R_s ——球体半径；
 D_i ——相交圆直径；
 P ——基准平面。

图 19 平面-球标准

8.4.2 被测量

- 被测量为：
- d 球上一点到基准平面 P 的最大距离；
 - R_s 球半径；
 - D_i 相交圆直径,由部分球 S 与基准平面 P 的交线得到(见图 4),它是部分球高度 d 和球半径 r_s 的函数。其评定算法见公式(8)：

$$D_i = 2 \sqrt{R_s^2 - (R_s - d)^2} \dots\dots\dots (8)$$

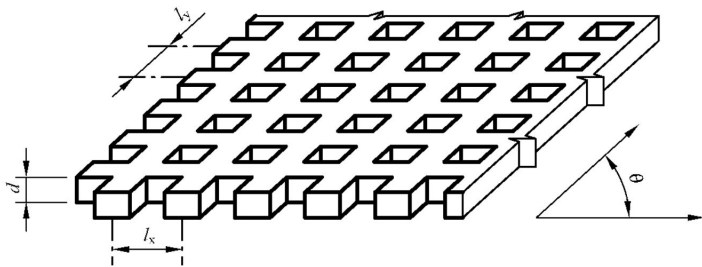
D_x, D_y 沿 X 轴和沿 Y 轴的直径,用于计算沿 X 轴和沿 Y 轴的放大系数。

注: X 轴和 Y 轴的垂直度可以根据球体和平面之间交线的形状来评定。

8.5 ACG 型:交叉栅线

8.5.1 设计特性

该实物测量标准具有二维阵列图形,由凸起的线条、沟槽或点组成(见图 20)。应标明 X 轴、 Y 轴及其有效区域。可用参考标记标明在测量标准上,也可在测量标准的校准证书上注明。



- 说明：
- l_x —— X 轴方向的栅距；
 - l_y —— Y 轴方向的栅距；
 - θ —— X 轴和 Y 轴之间的夹角；
 - d ——沟槽深度。

图 20 交叉栅线标准

注：一些栅线没有明显的深度,仅用于横向校准,例如间距和节距。

8.5.2 被测量

- 被测量为：
- l_x, l_y 在测量标准的全部有效区域内 X 轴和 Y 轴上的平均栅距；
 - li_x, li_y X 和 Y 轴上的单个节距,用于计算线性偏差；
 - θ 在测量标准的全部有效区域内 X 轴和 Y 轴之间的平均夹角；
 - d 在测量标准的全部有效区域内平底沟槽的平均深度。

8.6 ACS 型:交叉正弦

8.6.1 设计特性

该实物测量标准是通过沿 X 轴的正弦波型(由其周期 p_x 和振幅 a_x 定义)和沿 Y 轴的正弦波型(由其周期 p_y 和振幅 a_y 定义)叠加而成(如图 21 所示)。

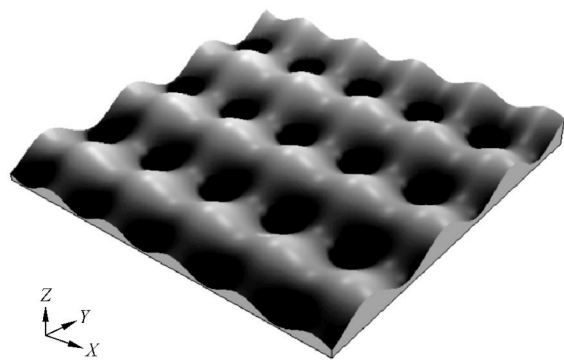


图 21 交叉正弦标准

8.6.2 被测量

- 被测量为：
- S_a 表面高度的算术平均值；
 - S_q 表面高度的均方根值。

8.7 ARS 型：径向正弦

8.7.1 设计特性

该实物测量标准由径向正弦波型(即从中心的任何方向的横截面给出线性正弦波)形成,由其周期 p 和其幅度 d 定义(如图 22 所示)。

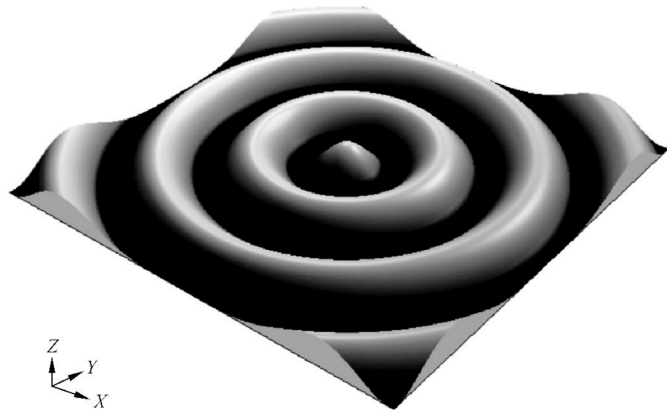


图 22 径向正弦标准

8.7.2 被测量

- 被测量为：
- S_a 表面高度的算术平均值；
 - S_q 表面高度的均方根值。

8.8 ASG 型：星形沟槽

8.8.1 设计特性

该标准包括许多在 X-Y 平面中相对于方位角方向具有三角形横截面的沟槽。它主要用于验证仪

器的横向分辨力。

沟槽从公共中心辐射,随着它们越来越远而变宽(见图 23)。沟槽在 X-Y 平面中具有平坦底面,并且垂直侧壁与 X-Y 平面正交。两个连续的径向方向侧面之间的夹角相等。

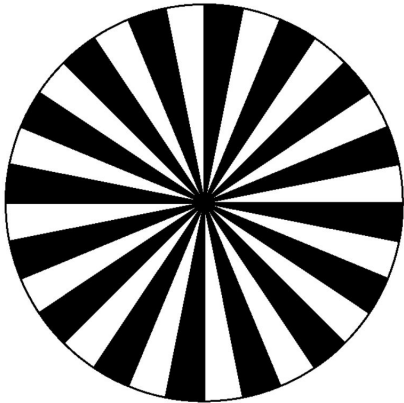


图 23 星形图案标准,其中暗色区与浅色区对比

8.8.2 被测量

被测量是 d , 作为 PSm 的函数的轮廓深度。

注: 在圆形轮廓上测量被测量, 该圆形轮廓被提取为与图案的顶点同心。随着圆形轮廓的测量更接近顶点, PSm 将发生变化。当 PSm 接近仪器分辨力值的两倍时, 轮廓的深度将发生变化。

8.9 AIR 型: 不规则形状

8.9.1 设计特性

实物测量标准的表面形貌由有限范围的波长分量组成。应定义表面周期或单位取样区域。应标记实物测量标准的 X 轴和 Y 轴, 以使其与仪器的坐标系匹配。

应定义活动区域。无论取样位置如何, 取样区域都应包含相同的高度值(见图 24)。表面形貌应是各向同性的, 并且要评估其表面结构参数值, 例如 Sq (或 Sa), Sz , Ssk 和 Sku 。

实物测量标准的表面形貌由有限范围的波长分量组成。

注: 通过使用随机制造工艺或通过自回归模型控制制造工艺, 可以实现不规则的实物测量标准(参见附录 D)。

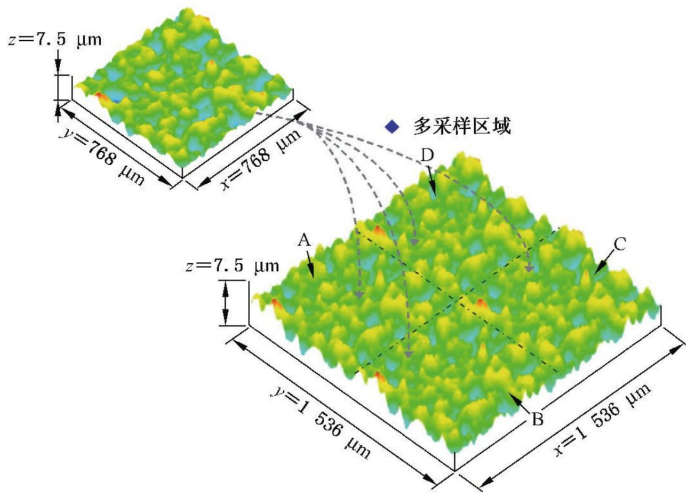


图 24 不规则区域实物测量标准

8.9.2 被测量

- 被测量为：
- S_a 表面高度的算术平均值；
 - S_q 表面高度的均方根值；
 - S_z 最大表面高度；
 - S_{sk} 表面偏斜；
 - S_{ku} 表面峰态陡峭度。

8.10 AFL 型：平面

8.10.1 设计特性

该实物测量标准是可忽略形状偏差和粗糙度的平面，通常由抛光玻璃制成。

8.10.2 被测量

见表 7。

表 7 实物测量标准的测量值——AFL 型

	轮廓法	区域法
Z 轴	P_t, P_q, R_q 或 R_z	S_q 或 S_z
Z 轴	STR_t	FLT_t

注：在扫描仪器上，平面也可垂直使用，以评定沿 Y 轴的 X 方向的直线度偏差，或沿 X 轴的 Y 方向的直线度偏差。

8.11 APC 类：光致变色图案

8.11.1 设计特性

该实物测量标准不应有高度变化，只应有颜色变化。它旨在评估光学仪器的某些特性。
各种图案均可以使用和生成，例如，图 25 为由尺寸为 d 的黑色和白色（或透明）正方形制成的棋盘图案。

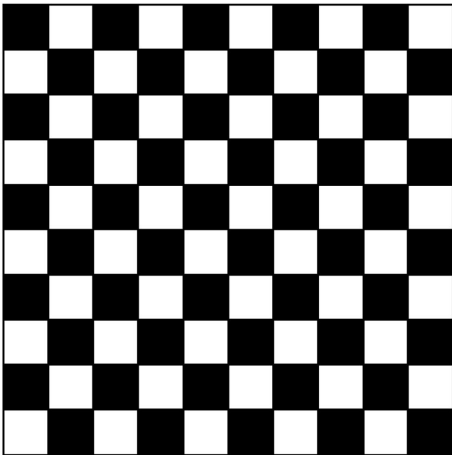


图 25 棋盘图案

这些实物测量标准旨在通过测量光强来获得。

8.11.2 被测量

被测量取决于在实物测量标准上绘制的模式,用户应参考证书来了解所需的被测量。

9 实物计量证书

当需要实物测量标准证书时,至少应满足 GB/T 19022,GB/T 27025 中定义的实物测量标准信息
的最低要求,并在适用的情况下,提供以下信息:

- a) 校准设备的配置;
 - b) 校准程序的细节,包括评估基准,所采取的测量次数,测量位置,滤波器等;
 - c) 对于每个相关的被测量,平均值及其相关的不确定性(参见 GB/T 18779.2 和 JJF 1059.1)。
- 应从测量中排除可能影响测量的可见缺陷。

附 录 A
(规范性附录)
测 量 要 求

A.1 测量区域的选择

在测量前应对实物表面进行目视检查,并选择无缺陷的清洁区域。局部缺陷或污垢可能会严重影响被测量的评估,还会在校准或调整计量特性时引入误差。

在测量之后,应检查轮廓或表面以检测在测量数据上是否有肉眼看不到可见缺陷。

A.2 测量次数

为了减少被测量的不确定性,建议进行一系列测量(例如,五次测量)并计算被测量的平均值。应研究与标称值显著不同的极值,以确定原因,如果它们是由表面缺陷或其他不常见的可解释的测量误差引起的,则将其去除。

附 录 B
(资料性附录)

实物测量标准名称的对照表

本部分中描述的一些实物测量标准在现行标准中已有描述,例如 GB/T 19067.1 和 GB/T 33523.701。
表 B.1 提供了新旧名称在现行标准中重命名的对照。

表 B.1 命名对照表

GB/T 33523.70	GB/T 19067.1	GB/T 33523.701
PPS	C1 or B2	—
PPT	B2 or C2	—
PPR	—	—
PPA	C4 or B2	—
PGR	A1	—
PGC	A2	—
PRO	D1	—
PCR	D2	—
PRI	E2	—
PRB	B3	—
PAS	C3	—
PCS	—	CS
PDG	—	ER1
AGP	—	ER2
AGC	—	ER3
ASP	E1	—
APS	—	ES
ACG	—	CG2
ACS	—	—
ARS	—	—
ASG	—	—
AIR	—	—
AFL	—	—
APC	—	—

附 录 C
(资料性附录)
评价区域仪器上的间距测量值

C.1 简介

轮廓实物测量标准需要评估沟槽之间的间距,以便验证或校准横向放大系数。当使用直接产生表面形貌图像的区域仪器测量这些实物测量标准而不扫描剖面图(例如成像共聚焦显微镜)时,应使用下述方法之一来评估间距测量值。

C.2 平均 PSm

从主要表面:

- a) 从每个表面形貌中提取轮廓;
- b) 在每个轮廓的整个长度上计算一个 PSm 参数值;
- c) 平均值确定。

C.3 主导波长

在周期性结构上测量的表面的傅立叶频谱将显示在与这些结构之间的间隔相对应的波长处的峰值(参见图 C.1)。

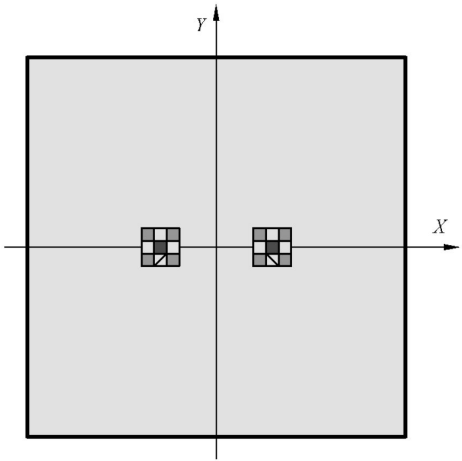


图 C.1 PPS 实物测量标准的频谱

波长是从频谱上的 X 和 Y 位置计算出来的,见公式(C.1):

$$\lambda_x = \frac{N_x \Delta_x}{x}, \quad \lambda_y = \frac{N_y \Delta_y}{y} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

其中,

- N_x 和 N_y 是频谱的点数;
- Δ_x 和 Δ_y 是测量表面上与 λ_x 和 λ_y 相同单位的间隔值;
- x 和 y 是频谱中波长的索引值。

当对准不完美时,峰值分布在最大点周围的小区域上。
因此,建议使用最大峰值附近的 3×3 或 5×5 邻域的质心计算来计算精确位置 (λ_x, λ_y) 。
然后通过公式(C.2)计算平均间距:

$$\lambda_{xy} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2}}} \dots\dots\dots (C.2)$$

C.4 提取的特征之间的间距

一种可能的评估方法是检测线特征(参见图 C.2),例如在每个周期形状的顶部,并计算它们在垂直方向上的平均间距。
可以通过找到最大点(无论是否使用插值)或使用分割方法(例如 GB/T 33523.2 中描述的)来检测线。

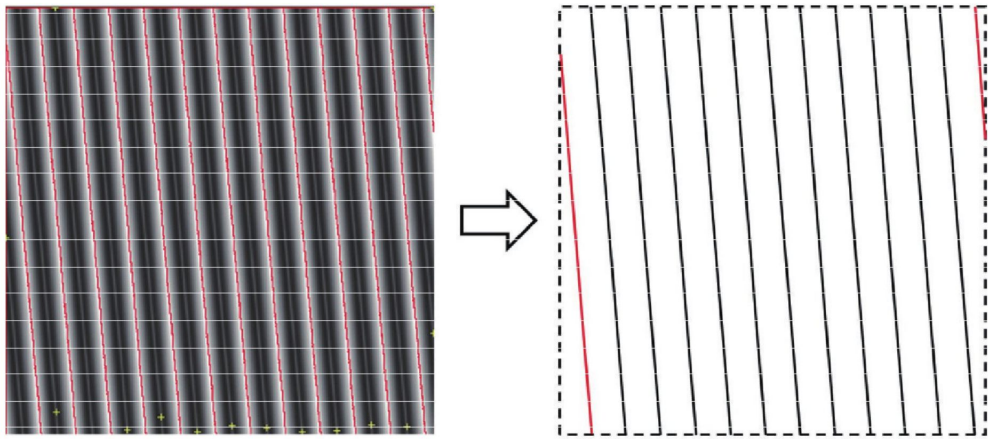


图 C.2 线条特征的提取(左)和间距的计算(右)

C.5 检查对齐方式

该方法对实物测量标准的对准度敏感。
实物尺寸应对准,使周期形状垂直于仪器坐标系的 X 轴或 Y 轴。
可以通过计算 GB/T 33523.2 中定义的 *Std* 参数来执行该对准的验证。

附录 D

(资料性附录)

不规则的测量标准

D.1 简介

这些测量标准可以通过含有受控参数的方程生成。它们可以用作软测量标准(参见 GB/T 33523.71)或者可以加工以产生实物测量标准。

D.2 自回归模型

区域法自回归(AR)模型可用于为单位取样区域生成以下两种类型的表面形貌数据:

- a) 封闭边界条件下的周期性(循环)不规则表面形貌数据;
- b) 具有指定特征索引的表面形貌数据。

区域法 AR 模型由公式(D.1)和公式(D.2)表示。

$$z(x, y) = \sum \sum \varphi(i, j) \{z(x-i, y-j) + z(x+i, y+j)\} + \alpha(x, y) \quad \cdots \cdots (D.1)$$

其中 $(i, j) \in D$

$$D = \{(i, j) \mid (1 \leq i \leq m, j=0) \cup (-m \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n)\} \quad \cdots \cdots (D.2)$$

$z(x, y)$ 是位置 x 和 y 的高度;

$\varphi(i, j)$ 是加权函数的 AR 参数;

$\alpha(x, y)$ 是随机噪声成分;

D 是线性加权求和的面积;

m 和 n 是 x 和 y 方向的 AR 次序。

因此, $z(x, y)$ 与沿轴向的周围数据有关。

使用此区域法 AR 模型生成不规则表面形貌数据需要六个参数:

- 相关长度 (β_x 和 β_y);
- 幂指数 w ;
- 高度均方根值 Sq ;
- 斜度 Ssk ;
- 峰度(陡峭度) Sk_u 。

β_x, β_y 和 w 与自相关系数(ACC)和 Sq, Ssk 和 Sk_u 与高度概率密度函数(HPDF)相关。

如果 $\beta_x = \beta_y$, 则生成的数据可以是各向同性的。

D.3 例子

图 D.1 和图 D.2 说明了各种类型加工的数据。

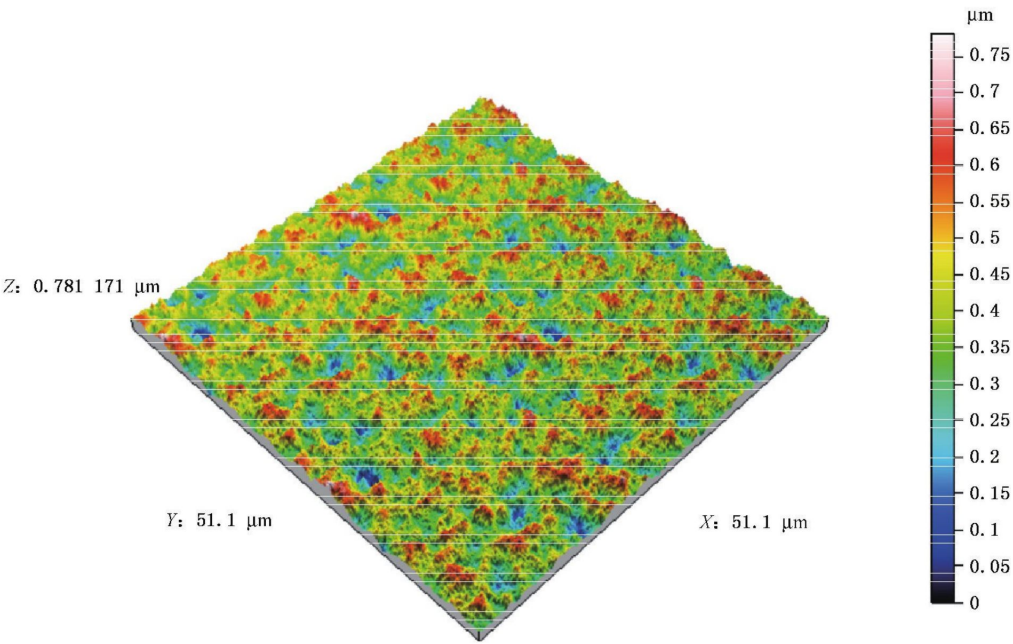


图 D.1 聚焦离子束加工数据($\beta_x = \beta_y$)

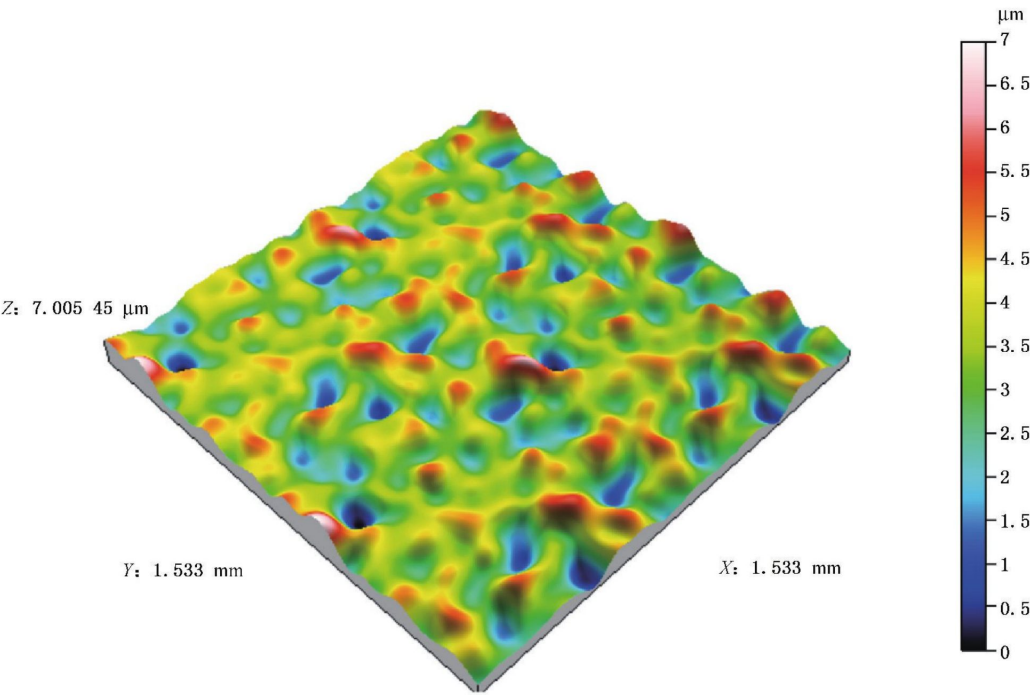


图 D.2 高精度加工数据($\beta_x = \beta_y$)

附 录 E
(资料性附录)
与 GPS 矩阵模型的关系

E.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,本部分是该体系的一部分。除非另有说明,GB/T 4249 给出的 GPS 基本规则适用于本部分,GB/T 18779.1 给出的缺省规则适用于按照本部分制定的规范。

E.2 关于标准及其使用的信息

本部分规定了区域表面纹理测量仪器的材料测量特性。

E.3 在 GPS 矩阵模型中的位置

本部分是一项 GPS 通用标准。本部分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 E.1。

表 E.1 GPS 标准矩阵模型

	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							

E.4 相关的标准

表 E.1 所示标准链涉及的标准为相关的标准。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3505 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数
- [2] GB/T 4249 产品几何技术规范(GPS) 基础 概念、原则和规则
- [3] GB/T 10610 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法
- [4] GB/T 18779.1 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
- [5] 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
- [6] GB/T 19067.1 产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分:实物测量标准
- [7] GB/T 19067.2 产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 测量标准 第2部分:软件测量标准
- [8] GB/T 19600 产品几何量技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 接触(触针)式仪器的校准
- [9] GB/T 20308 产品几何技术规范(GPS) 矩阵模型
- [10] GB/T 24634 产品几何技术规范(GPS) GPS 测量设备通用概念和要求
- [11] GB/T 33523.1 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第1部分:表面结构的表示法
- [12] GB/T 33523.71 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第71部分:软件测量标准
- [13] GB/T 33523.602 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第602部分:非接触式(彩色共焦测头)仪器的标称特性
- [14] GB/T 33523.701 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 区域法 第701部分:接触(触针)式仪器的校准与测量标准
- [15] JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示
- [16] ISO 14406:2010 Geometrical product specifications (GPS)—Extraction
- [17] ISO 25178-72 Geometrical product specification(GPS)—Surface texture:Areal—Part 72:XML file format x3p
- [18] Blunt L., & Jiang X. Advanced Techniques for Assessment Surface Topography: Development of a Basis for 3D Surface Textures. Kogan Page Science, London, 2003
- [19] Leach R. Fundamental principles of engineering nanometrology. Elsevier, 2009
- [20] Uchidate M., Yanagi K., Yoshida I., Shimizu T., Iwabuchi A. Generation of 3D random topography datasets with periodic boundaries for surface metrology algorithms and measurement standards. Wear, 2011, 271 pp. 565-570
- [21] Nemoto K., Yanagi K., Aketagawa M., Yoshida I., Uchidate M., Iyaguchi T., Maruyama H. Development of a roughness measurement standard with irregular surface topography for improving 3D surface texture measurement. Meas. Sci. Technol., 2009, 20 pp. 1-7
- [22] Uchidate M., Shimizu T., Iwabuchi A., Yanagi K. Generation of reference data of 3D surface texture using non-causal of 2D AR model. Wear, 2004, 257 pp. 1288-1295

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
产品几何技术规范(GPS) 表面结构
区域法 第 70 部分:实物测量标准
GB/T 33523.70—2020

*

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

服务热线:400-168-0010

2020 年 12 月第一版

*

书号: 155066 • 1-66579

版权专有 侵权必究



GB/T 33523.70-2020