

实现可靠的高精度测量
H-1000-3309-01-A

精密测针







目录

第1章	
测针对精密测量的重要性	4
第2章	
选择及使用测针组件	8
第3章	
选择及使用测针	38
第4章	
标定测针	48
第5章	
使用测针组件关键标准概述	52

测针对精密测量的重要性

近年来质量保证标准不断完善和提高。只有具备超强的生产过程稳定性和卓越的品质——而且要越快越好，企业才能保持竞争力。质量保证和坐标测量技术在这些过程中发挥着关键作用。



为了保持竞争力，制造商不断地升级坐标测量机。如今坐标测量机 (CMM) 已直接融入制造业，成为生产过程的一部分，而高速、高性能的扫描系统则能保证测量机在极短的期限内实现极为精确的测量。

雷尼绍及其测头测量系统一直走在发展的最前沿。测针及附件的质量在工业测量技术中发挥着重大作用，为此我们专门为您编写了此手册，汇总了相关的重要信息。

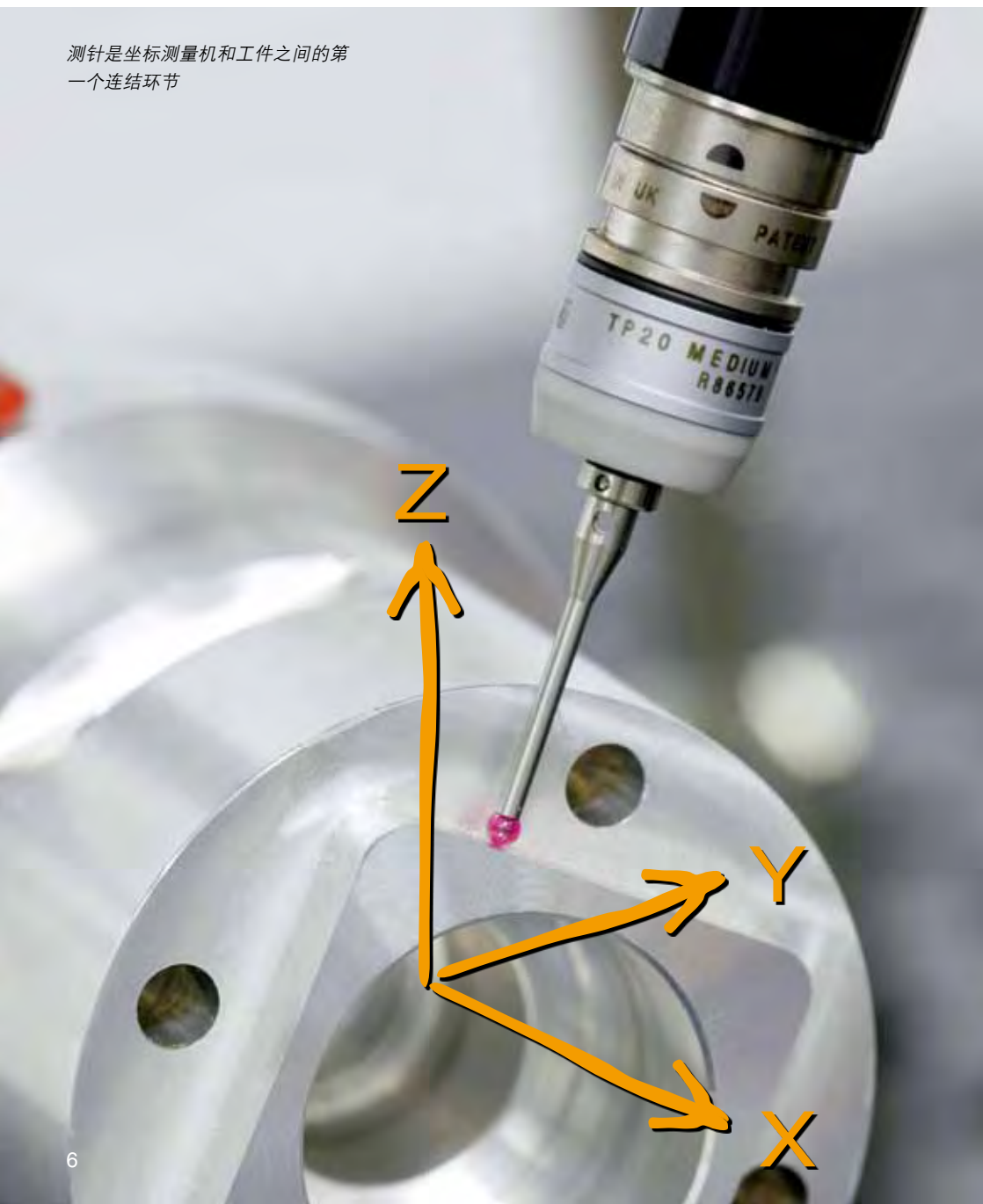
我们希望阅读本手册能让您受益匪浅！

雷尼绍公司谨上



雷尼绍测针为您提供高精度和卓越品质

测针是坐标测量机和工件之间的第一个连结环节



什么是测针?

原则上，测针就是坐标测量机的“刀具”，就像车刀与车床、铣刀和镗刀与铣床的关系一样。

用接触式测头进行测量时，机床使用测针采集工件表面上的数据点。

每一次触发所生成的点都用X、Y和Z坐标值定义。然后通过这些点计算出特征、尺寸、形状及位置。

与之不同，扫描测头沿着工件表面采集连续的数据点。功能强大的软件利用这些数据计算工件上特征的尺寸、位置和形状。

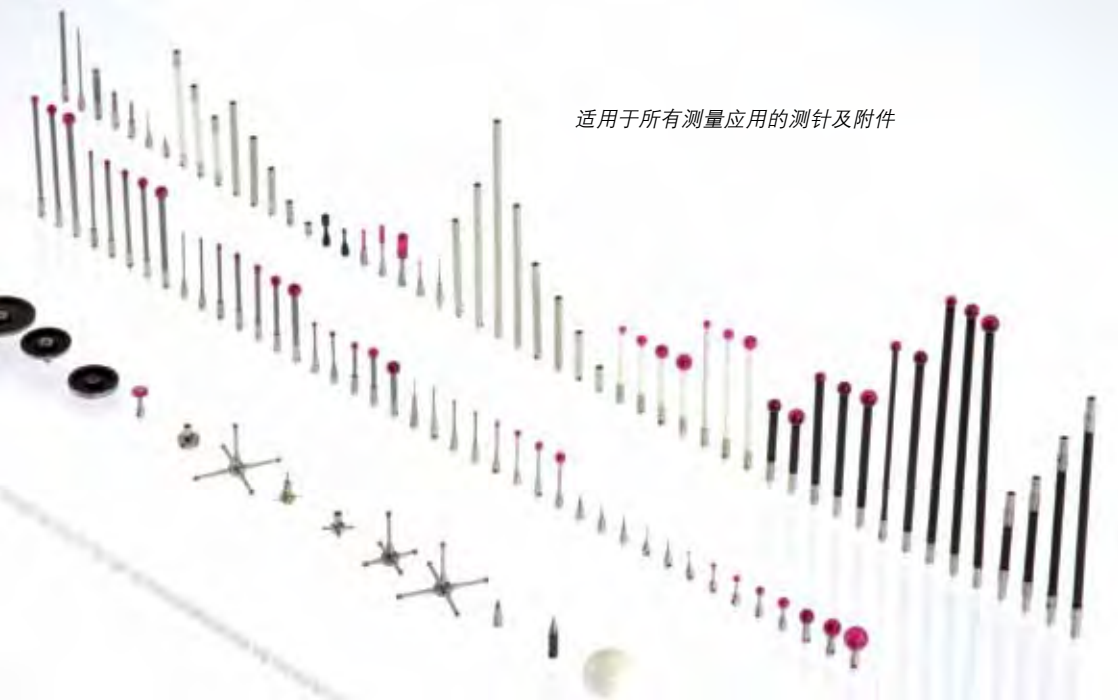
您如何选择合适的测针组件?

第2章详细介绍了所有主要参数及材料属性。



正如您所看到的，测针是测量机与工件之间的第一个连结环节。因此测针在接触点提供尽可能高的精度至关重要。

适用于所有测量应用的测针及附件



螺纹接头具有很大的灵活性，例如您可以在M5连接螺纹上使用M2/M3/M4。

选择及使用测针

选择测针时一定要非常谨慎，以确保最适合您的测量应用。本章描述了测针及附件的主要类型、关键参数及材料属性。

连接螺纹

基本上说来，选择测针总是涉及到坐标测量机传感器上的连接螺纹——通常是M2、M3、M4和M5螺纹。

雷尼绍传感器使用各种连接螺纹。

Zeiss传感器主要带M5和M3连接螺纹。

借助于螺纹转接头，测针使用起来十分灵活，例如您可以在M5传感器连接螺纹上使用M2/M3/M4测针。



借助于螺纹转接头，测针使用起来十分灵活，例如您可以在M5传感器连接螺纹上使用M2/M3/M4测针。

- 包括各种连接螺纹，
- 适用于所有制造商的传感器和附件，
- 另外还提供用于数控机床测头的测针。



测针配置，安装在转接块上

工件的几何形状决定了测针组件的选择

测针必须很容易到达工件的所有测量点。您在选择测针组件时一定要非常谨慎，使其对每一个被测特征都能达到所需的测量标准和测量能力。

如果您想在配有固定传感器的坐标测量机上对工件进行全面测量，通常需要很多测针，这些测针安装在不同方向，并需要不同形状的测针组件、加长杆及关节。所有这些组件的组合称为测针配置，安装在转接块上。

雷尼绍生产一系列不同材料的测针组件，因此您可以自行搭配测针配置，使其符合测量应用。



多组件复杂测针配置



当组装测针配置时，您需要参考传感器制造商指定的最大重量。最大重量可达500克。



PATENT No
US 5505005

PATENT No

RENISHAW

测针类型

雷尼绍提供众多类型的测针及配件，使您可以成功地执行各种测量。包括测针球头在内的所有组件均有一系列材料可供选择。

第3章详细介绍了测针及球头材料。

直测针

直测针是最简单、最常用的测针类型。有直肩形测杆和锥形测杆可供选择。当工件容易接近时，配锥形测杆的测针刚性更强。

测针球头材质为红宝石、氮化硅、氧化锆、陶瓷或碳化钨。

端部和测杆有一系列材料供选择——钛、碳化钨、不锈钢、陶瓷和碳纤维。

主要应用：

为避免测针变形，您应当选用尽可能短的测针，尤其在使用触发式测头系统时。



为避免测针变形，您应当选用尽可能短的测针，尤其在使用触发式测头系统时。

测量移动方向应尽量与坐标轴平行，并与工件表面呈直角。提供多种用于摆正测头的附件，如用于测量斜孔。

直测针，与工件表面呈直角



由5根安装牢固的测针组成的星形测针

测量复杂内部轮廓



星形测针

由安装牢固的测针组成的多测尖测针配置。测球材质为红宝石、氮化硅或氧化锆。您也可以使用测针中心座安装（最多）5个测针组件自行配置星形测针。



主要应用：

可直接接触的表面和孔。此配置灵活性
强，测尖可与不同的特征接触，无需更换测
针。



一种测针配置即可含括不同的特征

可旋转的测针

这是一种夹紧机构，可用于将测针调整到所需的角度的。

主要应用：

对于斜面和斜孔，此配置灵活性强，测尖可与不同的特征接触，无需更换测针。



灵活调整斜面和斜孔

盘形测针

这些测针是高球度测球的“截面”，有多种直径和厚度可选。盘形测针安装在栓上，材质为钢、陶瓷或红宝石。全方向旋转调整及添加中心测针的功能是盘形测针系列的特点。这使测针灵活性极强且易于使用。

主要应用：

这类测针用于检测星形测针无法触及的孔内退刀槽和凹槽。用简易盘形测针的“球形边缘”进行检测与以大直径测球的外圆或其附近进行检测同样有效。但该测球表面只有一小部分能够接触，因此为确保与待测目标有良好接触，需要对较薄的盘形测针进行角度调整。

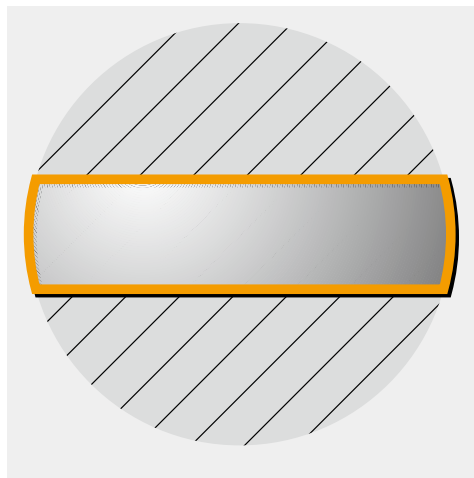


用于测量边缘或退刀槽的
盘形测针



盘形测针只需要标定一个直径，但仅限于X和Y方向的有效测量。在盘形测针上加一个“半球形滚子”即可进行Z方向测量，但该“半球形滚子”的中心位置须大于测头直径。

“半球形滚子”可用标准球或块规标定。将盘形测针绕其中心转动并锁定，可定位“半球形滚子”使之与实际应用位置适应。



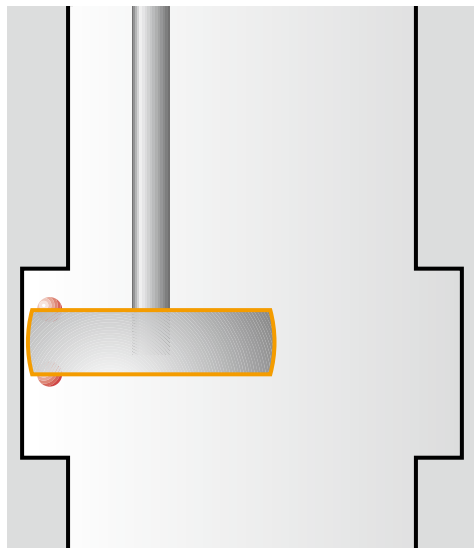
半球形盘形测针

这种测针有一个半球即滚子安装在每一个盘面上，两个滚子都位于下方和顶部，确保了Z方向上的点接触。

主要应用：

也用于退刀槽、梯形孔和孔内凹槽。使用上方及下方的半球形测针也可在Z方向进行测量，如测量凹槽宽度。

所有盘形测针的边缘均为曲面，好像一个自球体外圆上切下的截面。



凹槽的直径和宽度测量

柱形测针

柱形测针材质为碳化钨、红宝石或陶瓷。

主要应用：

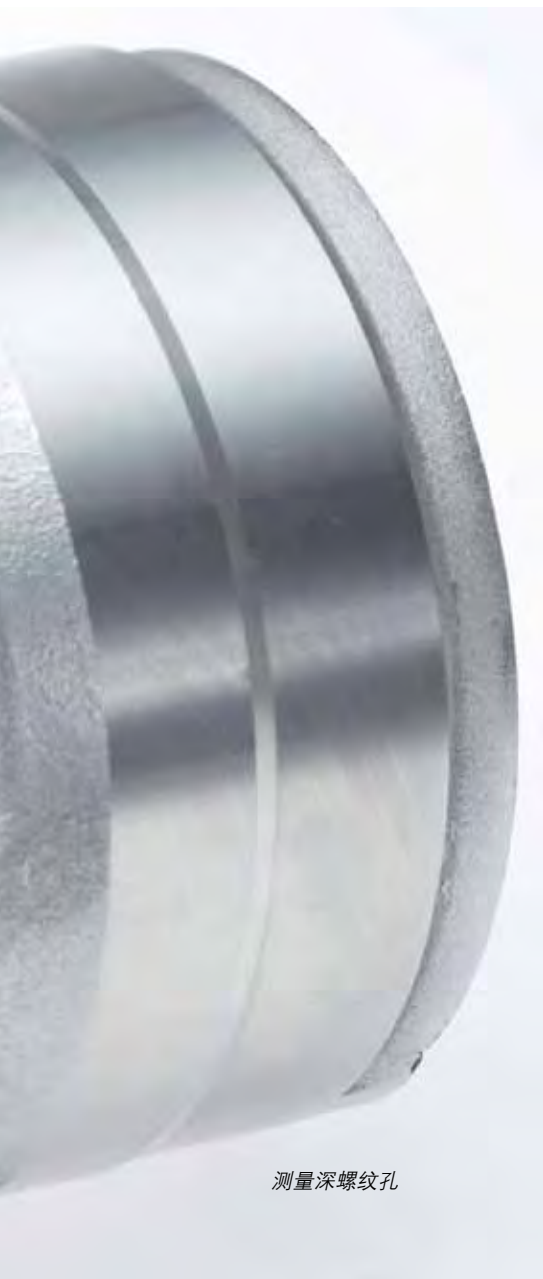
用于测量球形测针无法准确接触的金属片、模压组件和薄工件。还可测量各种螺纹特征、并可定位攻丝孔的中心。球端面柱形测针可进行全面标定及X、Y和Z向测量，因此可进行表面测量。



柱形测针，例如用于测量金属片







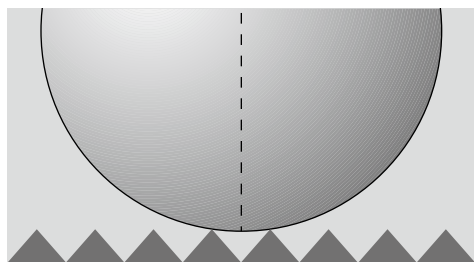
测量深螺纹孔

陶瓷半球形测针

优势在于有效测球直径大而重量极小。

主要应用：

用于测量深位特征和孔。还适合接触粗糙表面，因为粗糙度被大直径表面机械地过滤掉了。



用这种大直径测球测量可均化表面粗糙度造成的影响

转接块

如果您需要重复测量某些特征，在转接块上设定所需的测针配置是个好办法。



您可以将组装的转接块存放在测针盒或坐标测量机的架子上备用。无论何时需要更换测针，都无需重新标定测头，这样可以立即开始测量。有了测头架，即使高度复杂的工件都可以在数控模式下进行测量。

用于雷尼绍SP80测座的
转接块



用于Zeiss VAST测座的
转接块

附件

附件的作用在于使测头组件更好的适应具体测量任务。雷尼绍提供种类齐全的附件。由于篇幅所限，我们在本页只能介绍几个例子，但我们的产品样本对所有产品均有介绍。

本体、立方块

组合创建特殊测针配置

关节

对测头组件进行角度调整，使其垂直接触工件斜面或斜孔。



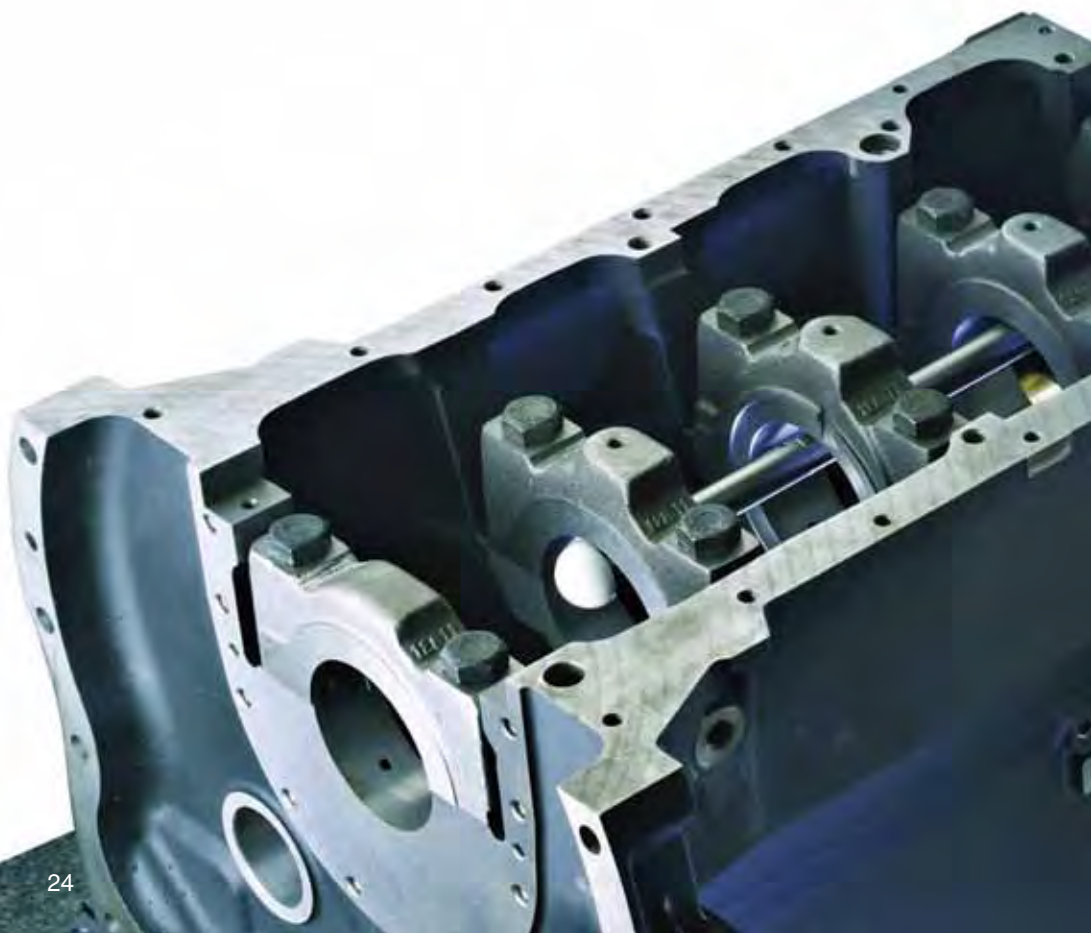
! 测量时如果不让测力改变测尖位置，关节必须经过精密加工且非常稳固。设计质量和材料非常重要。

加长杆

雷尼绍制造多种长度和材料的加长杆 — 材质包括钢、钛、铝、陶瓷和碳纤维。

主要应用：

加长杆用于测量极深的特征和孔，或测量难以到达的点。





碳纤维制成的
加长杆



与选择测针组件一样，选择加长杆材料对测量也同样重要。尤其在使用长加长杆时，您要特别注意材料的热膨胀特性。

雷尼绍测针组件的材料

我们的产品系列可满足各种材料组合的需要。测量所用的各种材料如下所述。

端部

测杆连接在螺纹端部上。钢和钛是端部的理想材料。钛比钢轻的多，应在需要体积轻巧的部件时使用。



测杆

测杆必须设计具有最大的刚性，确保在测量过程中将弯曲量降至最低。

碳化钨

提供优异的刚性，尤其适用测杆直径小和肩形测针的情况。

选用大测杆直径和长测针时，您需要特别注意重量。非常适合最标准的应用。

陶瓷

由于重量轻，陶瓷主要用于长测针。它具有热稳定的特点，用于生产领域的应用。在机床应用中它还可用作防撞装置。

钢

用于具有超强刚性的测针，适合无需考虑重量因素的标准应用。

碳纤维（热稳定）

还非常适合长测针，因为碳纤维测针重量仅是碳化钨测针的20%。其热稳定的特点具有极大优势，用于长测针时尤其如此，因此非常适合用在生产环境。





加长杆/加长板材料参数与测针杆的相同



碳化钨

防绕曲碳化钨测杆，用于稳定环境温度下的各种标准应用，主要在测量室使用。



钢

用于具有超强刚性的加长杆，适合无需考虑重量因素的标准应用。



铝

极轻，因此原则上非常适合加长杆，但由于热膨胀只适合稳定的空调环境。



陶瓷

重量轻、坚固、热稳定，用于生产领域的应用。



碳纤维（热稳定、低重量）

在温度波动的环境，采用高科技材料的超长加长杆是绝对必要的。我们的20 mm直径加长杆使测头配置的组装具有极大的挠曲刚性。



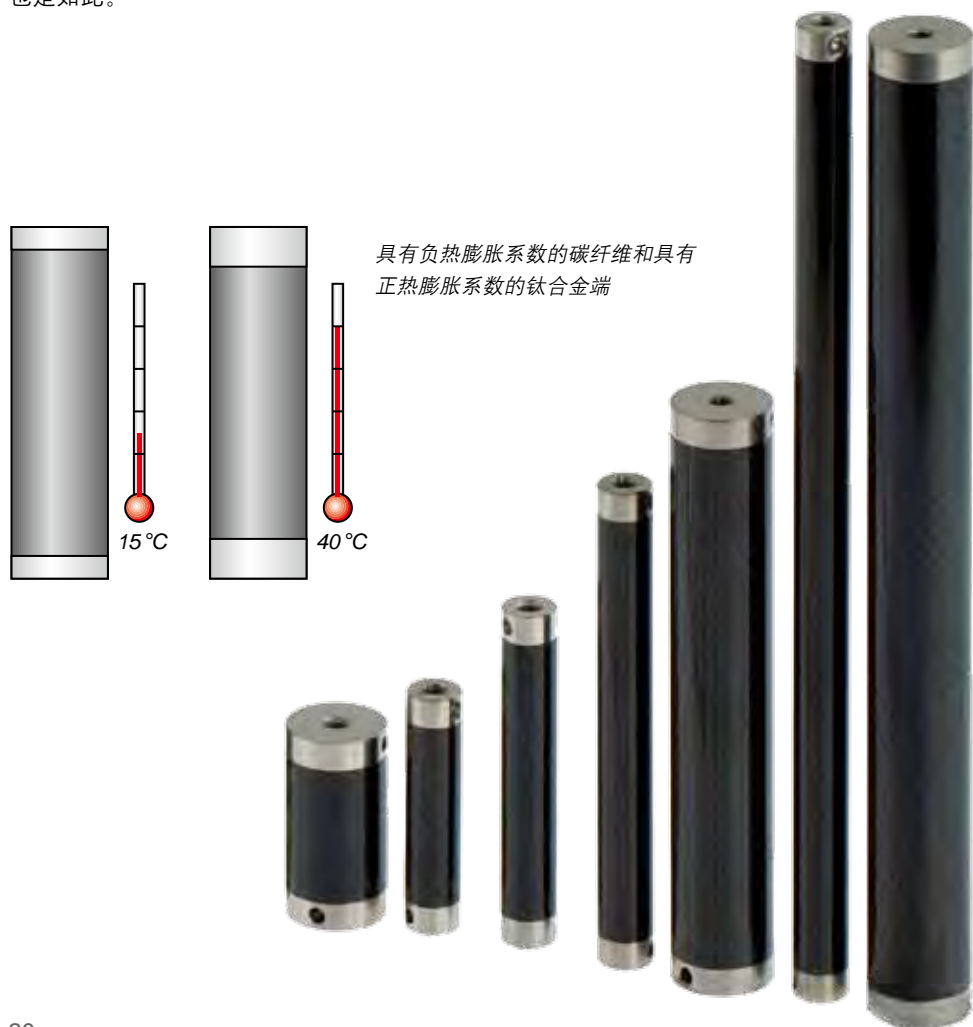
钛

与铝相比，具有热稳定、挠曲刚性强、重量极轻的优点！因此非常适合长加长杆。

热稳定加长杆的特殊特性

连接部件的材质为具有正热膨胀系数的钛，而加长杆管体的材质为具有负热膨胀系数的碳纤维。这两种部件设计用于彼此匹配，因此在加热时碳纤维缩小的量与钛膨胀的量相同。

结果是这些加长杆几乎不膨胀，即使温度变化达到15 - 40 °C时也是如此。



连接部件的材料

钛

我们提供较大的M5附件，如钛合金关节和立方块，以保证产品重量极轻。



13g



11.2g



钢

较小的产品通常为不锈钢材质



请记住：本文介绍的材料对产品价格有影响。不过，在选择测针及相

关组件时，您应当优先考虑测量应用及环境条件。错误的测量无异于浪费时间和金钱！

选择测针组件及附件材料

选择材料的关键标准:

- 环境条件
- 长度 / 挠曲刚性
- 传感器制造商指定的允许重量



本章提供了所应使用材料的相关信息。

温度变化可能导致严重的测量误差。

如果在温度稳定在20 °C的空调环境操作坐标测量机，通常不会出现这种影响（超长加长杆除外）。否则，温度变化通常会造成极大的热膨胀，并使测头组件或加长杆长度发生变化，进而导致测量误差，除非进行补偿。



请记住，即使极小的温度变化也会造成测量误差。如果正确地选择了测杆或加长杆的材料，您可以极大降低这些误差。



超长加长杆，碳纤维材质

计算长度变化

长度变化取决于温度变化、使用的测针柄长度和材料膨胀特性。

长度变化的计算方法

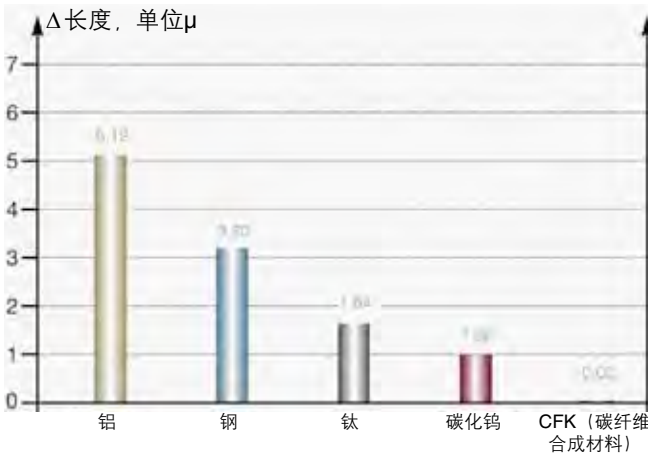
$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t$$

ΔL = 长度变化

L = 测头长度

α = 膨胀系数

Δt = 温度变化



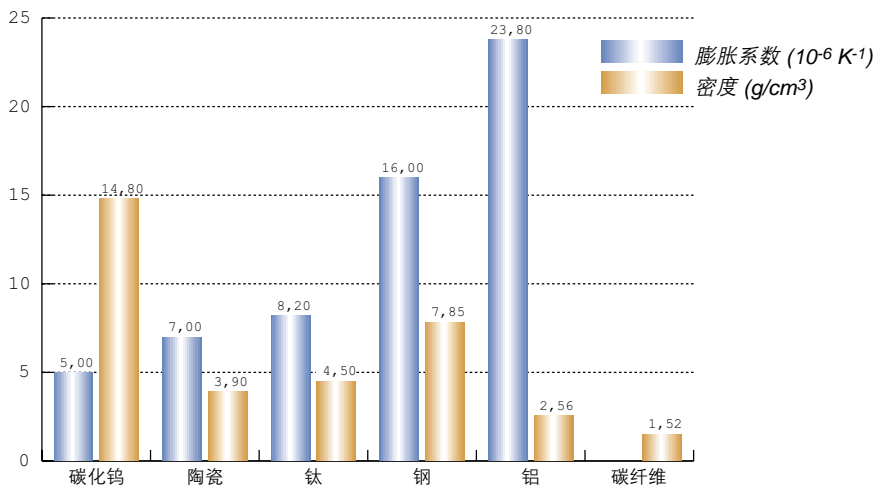
200 mm测头加长杆因热膨胀长度增长 (单位μ), 温度变化为1 k

请记住：您正在进行μ级测量！



材料比较：热膨胀系数/重量

材料	热膨胀	密度 (g/cm ³)
碳化钨:	$5.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	14.8
陶瓷:	$7.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	3.9
钛:	$5.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	4.5
钢:	$16.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	7.85
铝:	$23.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	2.56
CFK:	$\sim 0,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	1.52



200 mm测头加长杆因热膨胀长度增长 (单位 μ)，温度变化为1 k



对于超长加长杆，您应当选用碳纤维材料，因为在此类应用中即使微小的温度差别也会造成严重的测量误差。

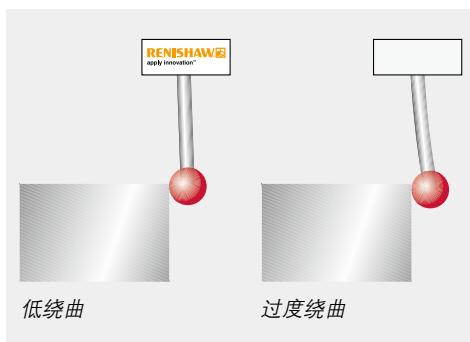
正如您所看到的，不同材料的热膨胀系数和重量都存在很大差异。

碳纤维兼具重量极小、温度稳定性最大的优点。

挠曲刚性

测针杆必须设计具有极大的刚性。在测量过程中，测力不得造成测针过度弯曲，因为这会直接影响机器的测量不确定度，尤其是在所有空间方向同步测量的动态测量（扫描）。

底线：测针应尽可能坚固！



绕曲直接影响测量精度

材料挠曲刚性比较

在材料技术中，**弹性模量**是一种材料特性，用于描述固体变形时张力与膨胀之间的关系。弹性模量值越大，材料的抗变形能力越强。因此弹性模量高的材料刚性强，而弹性模量低的材料易变形。

材料	弹性模量 (单位kN/mm ²)
碳化钨	620
钢	200
铝	70
钛	150
陶瓷	300–400
碳纤维	≥450



选择及使用测针

测球材料的选择取决于测量方法及工件材料。请记住测球质量等级 — 雷尼绍只使用3级到5级的高精密测球。



红宝石

红宝石是已知的最硬的材料之一，硬度仅次于金刚石，因此它是大多数标准应用的理想材料。



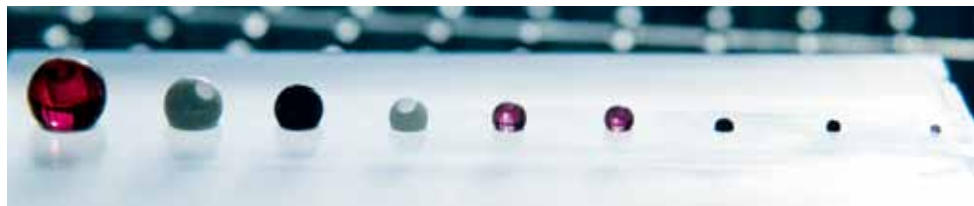
氮化硅

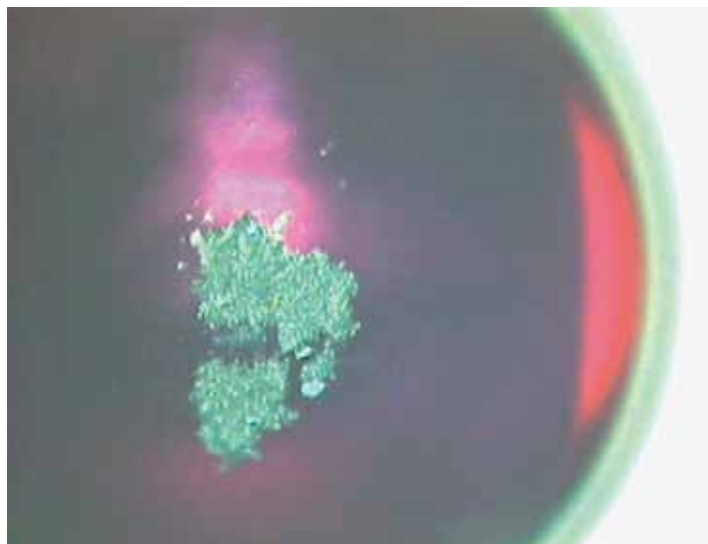
就技术属性而言，氮化硅与红宝石十分相似。它是一种非常耐磨的陶瓷材料，可加工成理想的球体，表面可处理得极为光滑。氮化硅与铝不发生吸附。因此，这种材料非常适合扫描铝材表面，因为与红宝石不同，铝材表面铝颗粒不会堆积在测球上。



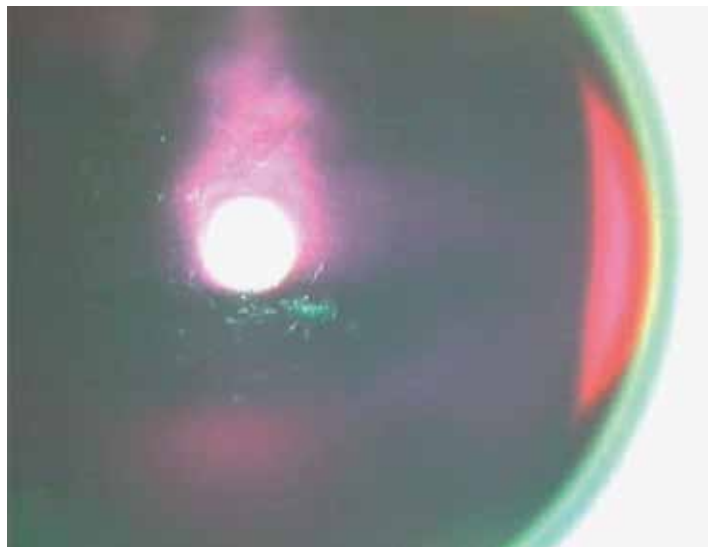
氧化锆

这种材料表面的特性使其非常适合扫描粗糙工件，如铸铁件。





进行350 m扫描后红宝石测球的典型杂质涂层



用干净的无绒布清洁后的同一个测球

扫描注意事项

在点测量中，测球只与工件表面接触极短的时间。扫描与之不同，因为测球沿着工件表面滑动。由于是连续接触，因此测球和工件表面之间有一段持续的滑行。

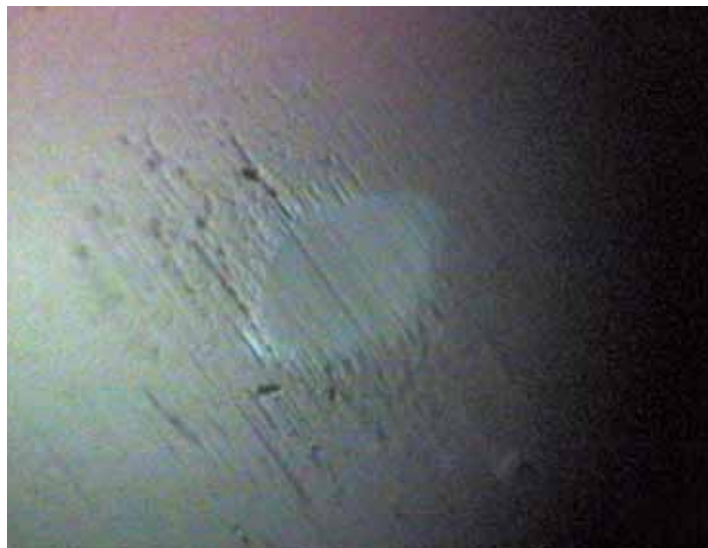
测球磨损及扫描后的残留物会对测量产生影响

雷尼绍开展了一项广泛的研究计划，检验测球材料与工件表面的相互作用。



杂质

对测球材料的所有测试均显示材料堆积在测球表面。建议在两次测量之间用干净的无绒布擦拭测球，清除残留物。



此红宝石测球表面的划痕
清晰可见



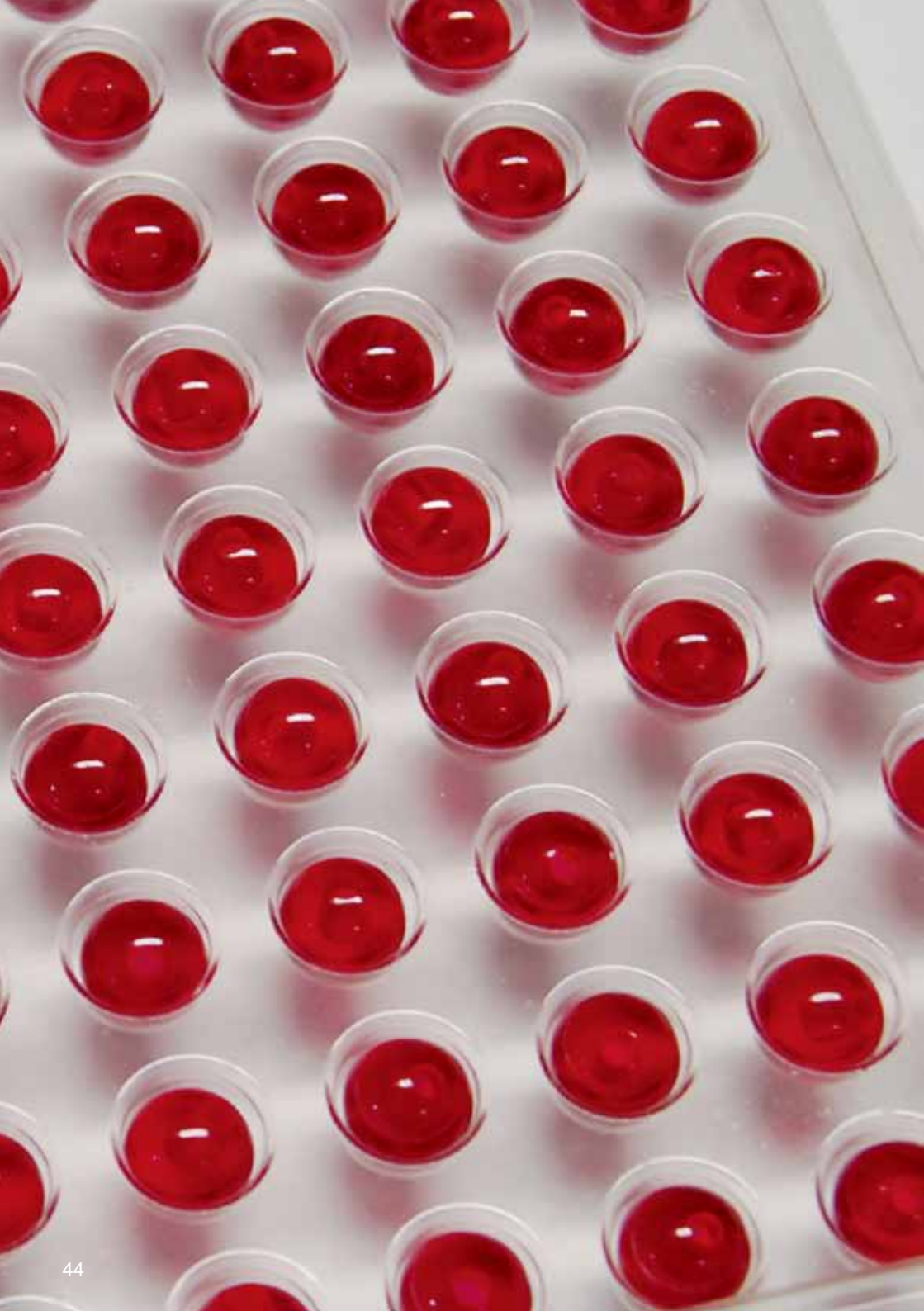
此红宝石测球的铝涂层
清晰可见

粘附磨损（扫描研磨材料）

例如，如果测量的是铸铁工件，球形测针和工件表面都会因粘附而受到磨损。极小的残留微粒可能造成球形测针和工件表面出现细小划痕。我们建议在此类应用中使用氧化锆测针，将这种影响降至最低。

粘附磨损（扫描铝工件）

当用红宝石测球扫描铝表面时，这两种材料相互粘附。材料通常从较软的表面传递到较硬的表面。这意味着铝会堆积在测球表面，而用测球一次仅测量100 μm 之后测球上就清楚可见铝涂层。我们推荐此类应用使用氮化硅球形测针。该种材料与铝相斥，所以残留物的影响很少发生。

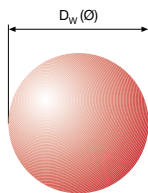


测球精度（等级）

测球等级用于描述测球的精密度。精密度从48级（最低精密度）到3级（最高）。雷尼绍使用3级和5级测球。

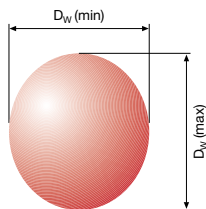
精度等级表

等级	σ 偏差	圆度
20	$\pm 0.50 \mu\text{m}$	0.50 μm
16	$\pm 0.40 \mu\text{m}$	0.40 μm
10	$\pm 0.25 \mu\text{m}$	0.25 μm
5	$\pm 0.13 \mu\text{m}$	0.13 μm
3	$\pm 0.08 \mu\text{m}$	0.08 μm



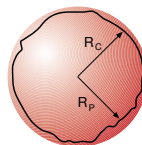
标称测球直径 D_w

用于识别测球尺寸的直径值。



σ 偏差

测球最大直径和最小直径的差值。



偏差圆度

测球表面外切球和测球表面任意点之间的任意径向平面上的最大径向距离。



圆度偏差（测球的形状缺陷）对测量有直接影响。

直径允差对3维测量无关紧要，因为有效球形测针中心和直径是在标定过程中确定的（参见第4章）。



栓固定式测针



采用栓固定式的测球保证了超强的稳定性和很长的使用寿命

杯连接或栓连接测球组件

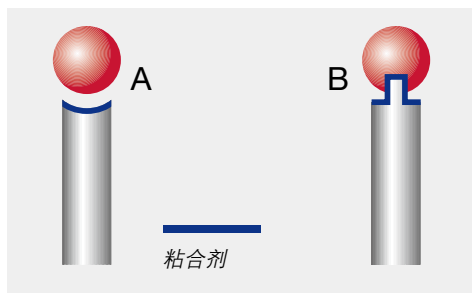
把测杆连接到测球上通常有两种选择 — 杯连接或栓连接。

雷尼绍的大多数测针使用栓固定的设计制造。

这说明我们可以在测球上钻0.5 mm直径的孔，在轴上磨出栓，然后将测球粘到栓上。

优势显而易见 — 粘合剂在工程设计中应用极为广泛，尤其在测杆很细的情况下 — 粘合面积更大。在使用细测杆的场合，由于粘合区有限，传统的粘合技术即使在测力很小的情况下也可能导致测球从测杆上快速脱落。

我们生产的所有3级球形测针都是采用未钻孔的测球粘合到球形杯座的方式制成的。对使用如此高规格测球的测针设计及结构效用的研究显示，在测球上加工孔或因测球粘到栓上而发生变形会导致球度降低。组装前后进行的测量显示，测球形状在整个测量过程中保持完好。由于测量能力和粘合强度所限，3级球形测针的最小直径为1 mm。



A: 杯连接，粘合面积较小

B: 栓连接，粘合面积更大，更牢固



制造商确保栓的长度和钻孔深度一致非常重要。如果孔太深，空气会存留在里面，当在Z方向测量时测球很快就会松动。如果栓太长，孔的底部就会变成锥形或圆形，这样就可能出现气穴并导致稳定性差。



标定测针

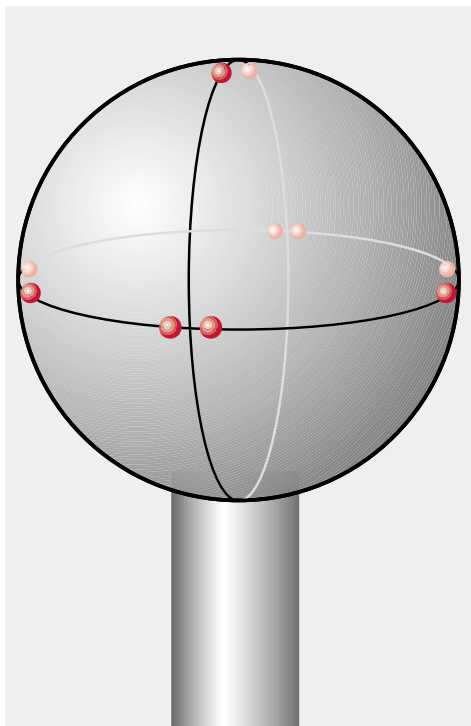
在开始测量前，针对所有测量步骤对测针进行精确标定至关重要。如果要获得精确的测量结果，必须确定测头组件的有效尺寸。这些值保存在坐标测量机的数据处理器中。

工作原理

利用一个专用测头标定程序确定各个球形测针的位置及其直径（参阅机床制造商用户手册）。

用要使用的所有测针依次接触参考点。使用的参考点通常为具有已知直径的极为精确的人造球。被标定测球的精确尺寸被输入到测量软件中。

如果测针被用于测量独立的点，则使用参考球顶点上的若干个点标定测针（见图）。在扫描系统中需要采集更多的点。标定测针的正确测量方法在机床制造商用户手册中有述。



确保使用的已标定测球的值已被输入软件，尤其在使用多台坐标测量机的情况下。

结果

测量时测头标定程序确定了测尖的有效直径、测头和测针两者之间及机器坐标系的相对位置。

专用分析程序和已标定测球的已知直径被用于确定测尖的未知直径。

第一个被标定的测针球头的球心坐标被作为参考坐标存储在坐标测量机的数据处理器中。

所有其它测尖位置也通过生成与第一个位置的差值被存储为测球球心坐标。

测针配置的各个测尖一旦被标定，其中心点就会被坐标测量机软件补偿，这样所有测针的测量都会像用同一根测针完成的一样。

这说明不论您用哪一根测针测量一个点，始终会得到相同的结果。



进行测量时，坐标测量机对测针位置和测尖尺寸进行补偿。这样测尖形状就成为影响测量的唯一因素。

标定其它成形组件

除了参考球之外，也可以使用其它参考装置，如端测规、环规和销规等标定测针。典型例子为柱形测针和盘形测针。基本原则不变。此类标定程序在机床制造商用户手册中有述。

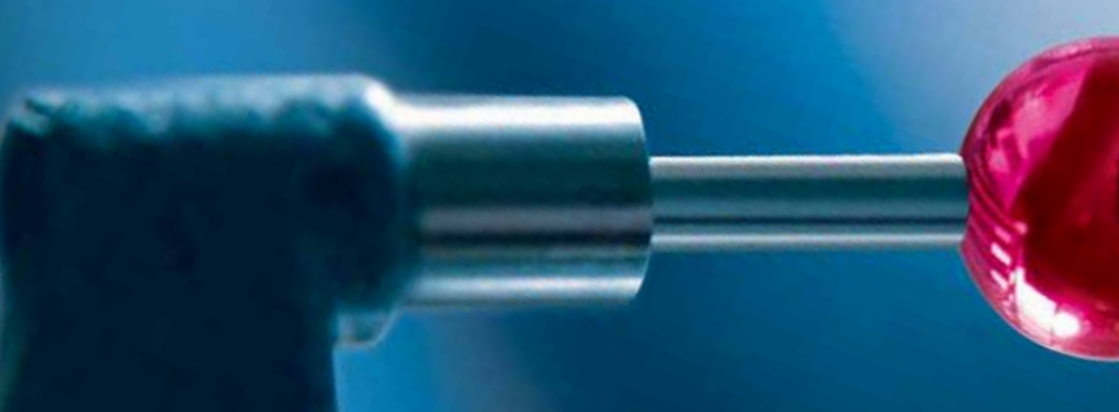




使用测头组件关键标准概要

在坐标测量机行业，设备制造商花费大量资金确保测量不确定度到最小范围。这从坐标测量机的高成本投资中可略见一斑。

如果您使用的测球球度差、位置不正、螺纹公差大，或因设计不当使测量时产生过量的扰度变形，则很容易降低测量效果。为了确保采集数据的正确性，请务必从雷尼绍原产的全系列测针中指定和选用测针。



清单

- 使用的测针一定要尽量短、尽量稳定！对长测针组件，确保其稳定度符合要求。
- 确保您使用的测针没有瑕疵，尤其是螺纹和底座。这会确保安装非常牢固。
- 偏差？确保测头组件连接牢固。
- 更换磨损测针！
- 您是否正在使用热稳定的测针？请记住环境条件。
- 组装测针配置时，请参考传感器制造商指定的允许重量。
- 避免过多的螺纹连接。尽可能使用最少数量的单独组件。



- 您有扫描应用吗？
利用碳化硅测球的优势扫描铝材！
- 尽可能使用大测球。
测球直径愈大，工件表面的细洁度越不会被大球形测针所破坏。
- 测针应始终与被测表面直角对准，或尽量接近直角。对于斜面测量，有斜立方块和关节可供选择，可确保测针准确地调整。

同样适用于斜孔！
- 确保测力和动态性能适合测针组件。对于测杆很细的小球形测针，您应当在必要时减小这些值。