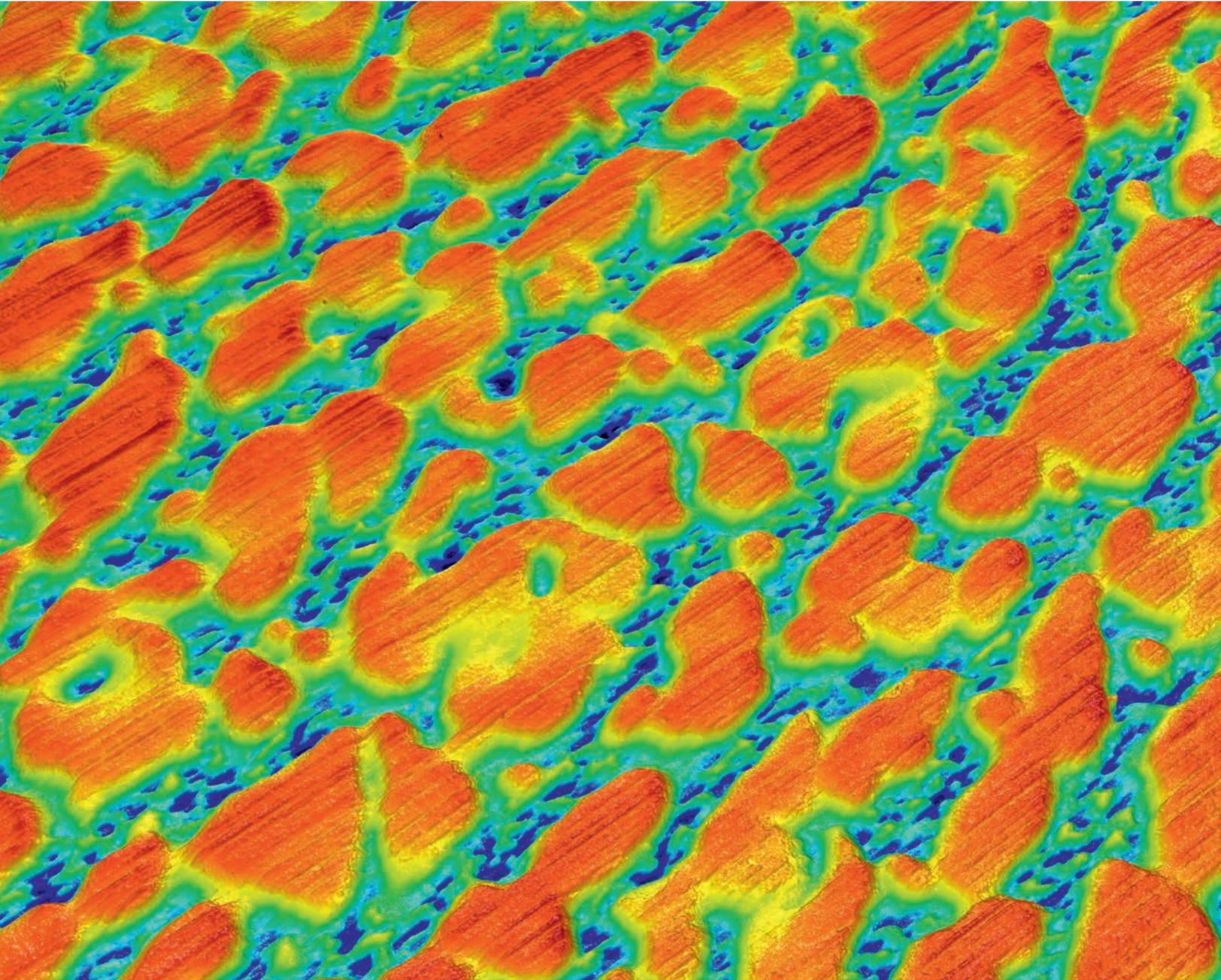


## 2D vs. 3D 计量： 如何为你的应用选择正确的表面测量



对工程表面进行合格的分析取决于选择正确的测量程序。但是，选择合适的策略并不总是那么容易，因为非接触式测量和光学程序都可以同时使用，并且两者都能提供类似的结果。



如今，3D测量设备与已熟知的2D技术一起提供了对表面结构和处理的新见解。最佳方法取决于个别用例的细节，目标应用程序的相关要求以及标准。

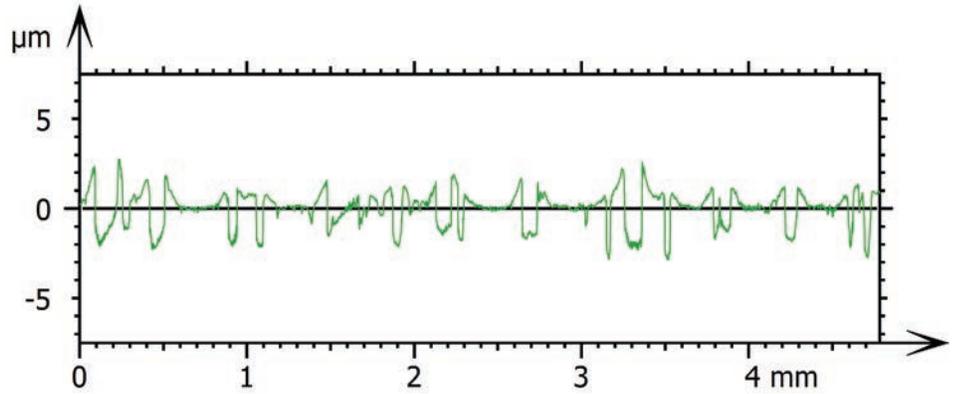
## 2D 测量

垂直测量时，曲面的2D图将显示整个平面的任何偏差，这有助于识别和量化流程和输出的质量。自20世纪30年代以来，粗糙度和波纹度分析一直是质量控制的组成部分。传统上，使用2D扫描工具获取表面的一个或多个轮廓，该工具记录粗糙度/波纹度测量所需的关键特性。通常需要制造商执行这些详细的轮廓测量，以检查工程表面上的任何表面缺陷或突起。

## 轮廓测量

轮廓测量的选项包括：2D测针，2D光学点传感器和3D光学（从面测量中提取轮廓）。2D系统在许多工业过程中仍然非常有价值。通常，行业通常将2D轮廓分析用于：

- 规范和流程定义明确的应用（技术图纸标注）
- 客户或供应商已提供标准操作程序（SOP）进行测量的应用
- 良好理解/记录了测量SOP的情况下



▲ 2D表面轮廓

2D测量系统的优点包括：

- 易于使用且投资少
- 小型便携式解决方案
- 测量大小工件的高度灵活性
- 在困难区域，位置或孔中进行测量
- 易于操作和实施
- 建立了全球可追溯性



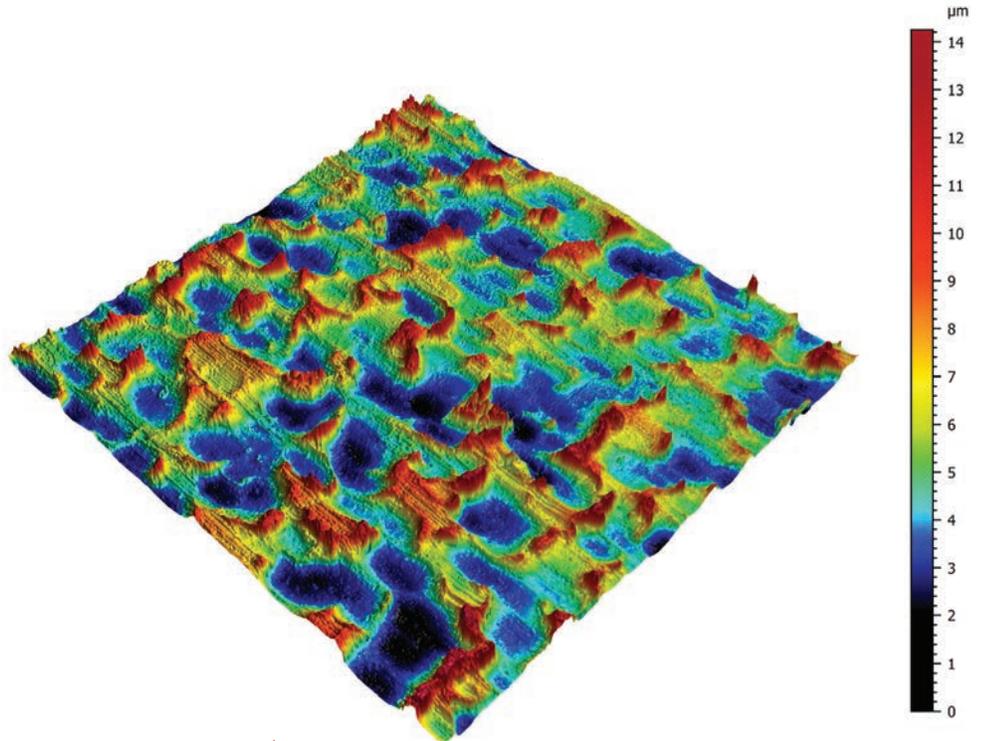
▲ Mahr Pocket Surf - 手持式2D表面测量仪

## 何时应首选3D测量？

如果你需要更好地了解表面结构，并且仅使用一个轮廓信息是不够的，则应首选3D测量。随着新工艺和材料的出现，以及对涂层，粘结，润滑，摩擦等的更高级理解，表面结构越来越成为确保特定性能和寿命的重要元素。请记住，最先进的制造表面上的结构很少定向排列，而是随机分布，因此具有3D值的好处和需求变得显而易见。这些在表面上随机分布的结构元素根本无法在2D模式下看到。

为了使测量更有意义，需要使用光学测量装置进行三维表面测量。当需要专注于功能结构（例如凸起或凹陷）以及确定核心参数和表面的承载能力时，3D测量非常有用。一个典型的用例是需要非破坏性的，与材料无关的表面量化，通常是在评估不均匀和多孔的表面（例如陶瓷和铸造材料）时。

在这些情况下，使用面积测量来提供有关特定表面的结构/特征的更深入的信息。而不是像2D中那样进行线测量，而是捕获表面的3D图像。高分辨率光学表面计量



▲ 钢板表面的3D形貌

系统创建一个地形图，其中包含有关测量区域中每个点的高度，强度和颜色的高度详细的信息。

这使操作员能够获得复杂特征的真实表示，并通过更大的数据集大小提供更大的统计确定性。

此外，3D测量系统可以提供微米和纳米分辨率的表面光洁度和微观几何信息，其中包括：2D和3D表面粗糙度，承载面积，平面度，深度，体积等等。



◀ MarSurf CM Mobile – 便携式3D表面计量工具

## 面测量

3D面积测量选项包括：基于3D测针

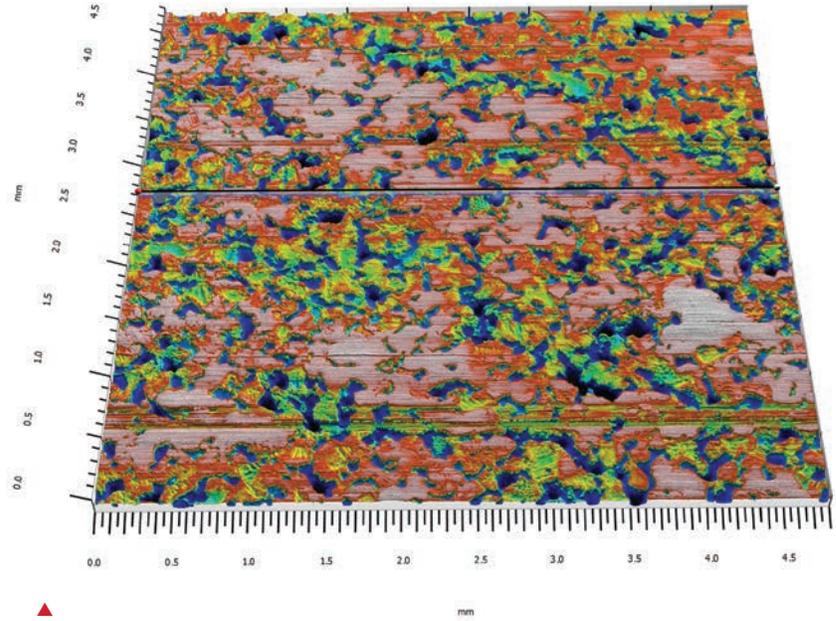
(逐行测量)，3D光学点传感器(逐行测量)和3D光学(捕获区域)。在以下情况下，必须进行3D光学面积测量：

- 被测件非常脆弱/微妙，不能被触针划伤
- 表面太软，有粘性，不连续等
- 测量涂层和不均匀的表面
- 测量多孔表面，例如陶瓷和铸造材料
- 只能使用3D参数(例如体积)对要测量的一个或多个特征进行量化
- 评估没有机加工结构的表面

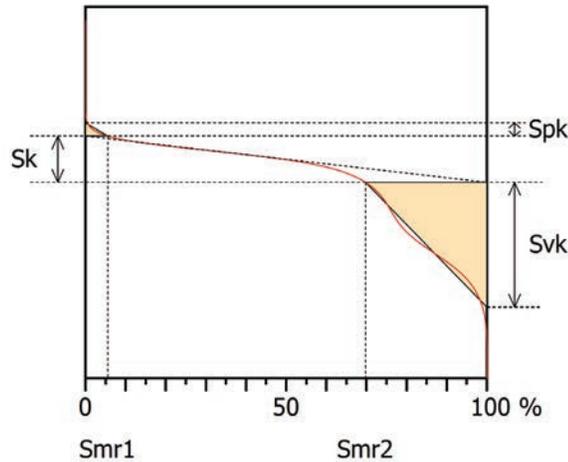
在以下情况下，使用3D面积测量也很有价值：

- 规范不存在或正在制定中
- 用于过程开发比较和优化
- 研究工程表面的外观和特性以进行过程控制

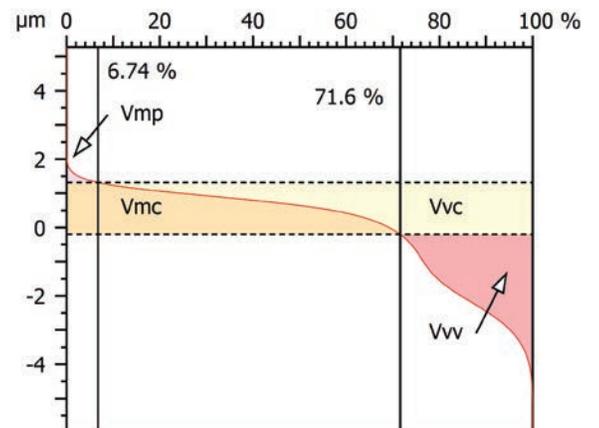
此外，为了消除以前对于缺少3D光学测量标准的误解，ISO 25178标准定义了全球可追溯性的基础。这是质量管理进入光学测量的主要挑战，而如今这一挑战已不复存在。



▲ 材料表面的3D形貌



▲ ISO 25178高度和体积表征使用材料比曲线( Abbott-Firestone曲线)进行



### 3D技术进行时

3D测量技术目前正在实验室或生产环境中广泛用于汽车，机械工程，医疗技术，光学，电气工程，可再生能源和航空航天工业中。需要进行3D测量的理想用例的一个示例是在汽车工业中使用的带纹理的钣金分析。

2D和3D测量均可用于检查此类钢板。很好地理解了用于此应用的传统轧制钢板的表面生成过程，并且可以通过2D测量进行控制。但是，在过去的十年中，激光纹理化和图案化已成为最新技术。为了量化这些表面并控制这些新过程，必须对3D数据集进行分析。

此外，在涂覆涂料，油漆或粘合剂时，表面必须具有一定的规定粗糙度，以确保可持续的粘合。使用2D测量时，仅检查特定线条的粗糙度质量，而3D表面分析可确保更广阔的面积，从而避免了代价高昂的过程中断和键合失败。

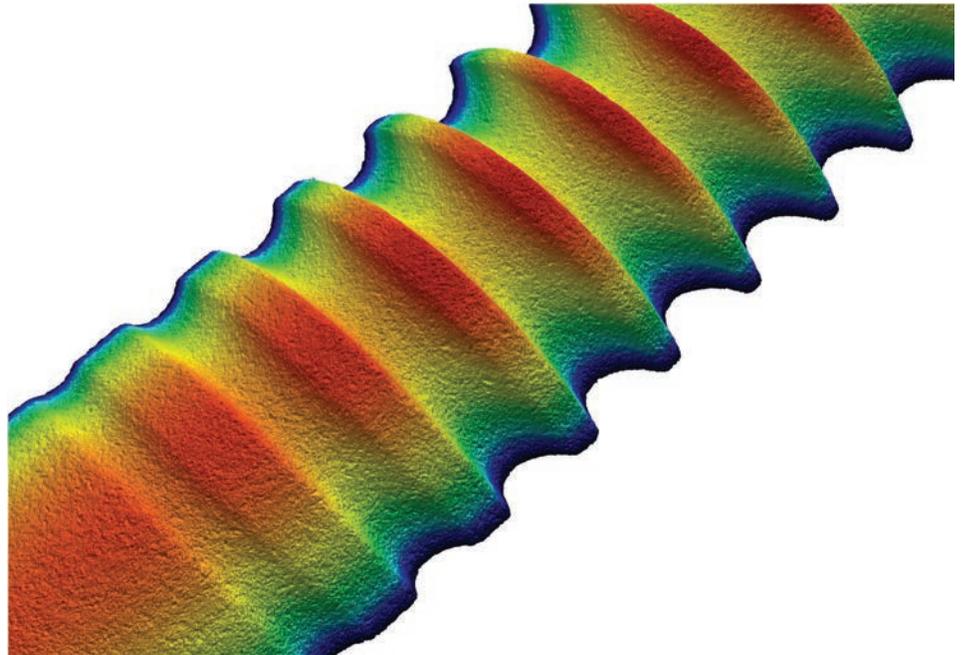
另一个例子是滑动接触元件或摩擦表面的生产。在这些应用中，需要彻底了解润滑剂运动或被留存的可能性。划痕或研磨痕迹可能会形成凹痕，使润滑剂可以进出。

如果在标记的位置执行单个2D轮廓，它可以接触对象的深槽并对其进行测量，但是没有其他数据可以确定它是否是刮擦，是可以输送润滑剂的凹痕，还是会捕获润滑剂孔或凹穴。

骨整合至关重要的表面需要极其粗糙和复杂的特征，骨骼才能长成并粘附。诸如股骨头之类的动态表面必须极其光滑且绝对无缺陷。此外，植入物中通常包含塑料，聚合物和陶瓷成分。光学工具具有功能带宽和高动态范围，可以测量不同材料而不受其特性（例如反射率或硬度）的影响。



▲  
可以评估牙科植入物的表面光洁度和微轮廓  
▼



## 相关行业标准

有助于确保在整个行业范围内进行比较的标准也是为特定应用选择正确的测量选项的关键因素。它们提供了执行粗糙度测量所需的步骤，例如，生成的Ra值为1。如果遵循正确的标准，则该Ra值的所有用户都可以具有有关如何生成该数值的统一信息。

某些标准要求不同的参数测量。有些可以使用2D和3D执行，而有些只能使用3D测量（例如，需要面积与单个轮廓的表面参数）。

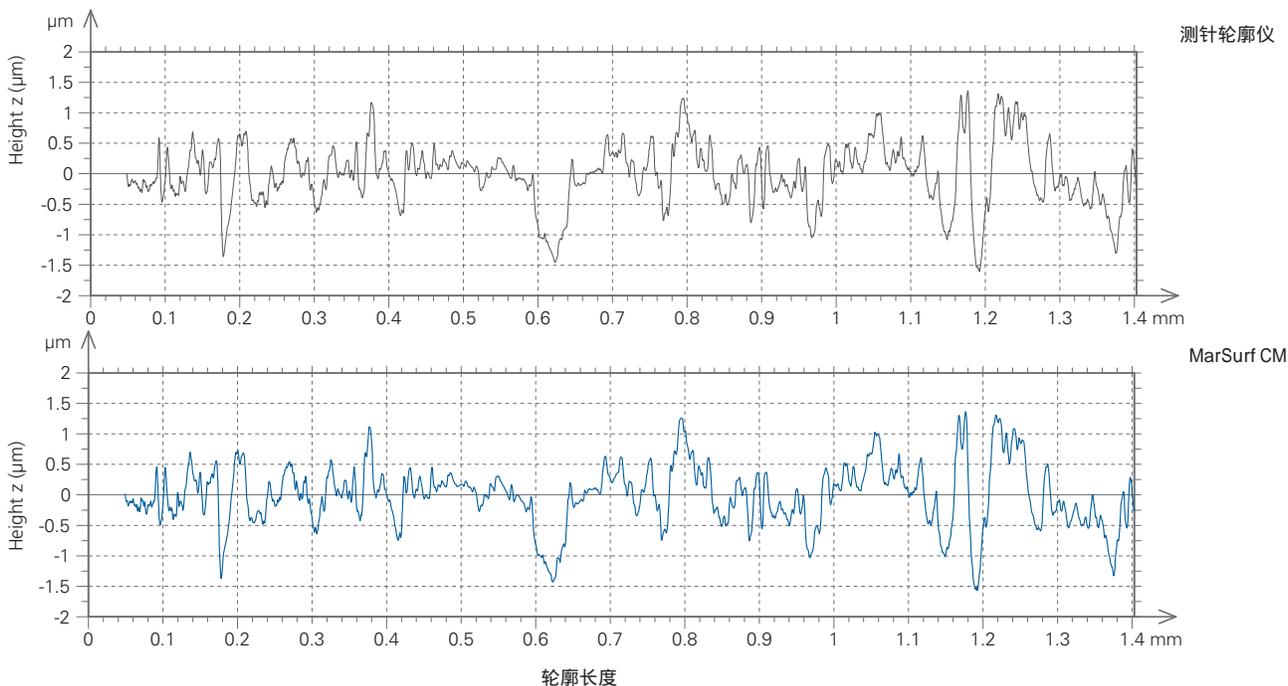
使用2D技术进行表面测量的两个常见标准是 ISO 4287和 ISO13565。

ISO4287详细介绍了使用测针轮廓仪评估表面纹理的规则和程序，通常记录长度为几毫米的轮廓。ISO 13565详细介绍了用于具有分层功能特性的表面的过滤方法。这些表面具有相对较小的波纹度，并且该滤波方法抑制了对参考线的波谷影响。

只要结构可见且没有不均匀性，ISO 4287和ISO 13565都能够对表面进行定量。因此，ISO 4287和ISO 13565标准都可以使用2D接触（轮廓）测量。但是，请记住，可以从3D测量中提取单个轮廓来评估2D参数。

ISO 25178详细介绍了3D表面纹理参数及其识别方法。这是第一个同时考虑3D表面纹理的测量和规范并涵盖非接触式测量技术的国际标准。该标准遵循2D轮廓测量法，将3D表面计量方法引入了官方领域。

在2D和3D测量之间进行比较时，至关重要的是要全面了解测量技术的物理基础和描述如何一致使用此技术的标准。许多因素将成为此决策过程的一部分，所有这些都需要仔细考虑。



### 接触式轮廓仪与MarSurf CM共聚焦显微镜之间的相关性

具有代表性比较研究中的99%相关性（CCF）：通过四种技术对NIST SRM 2460标准子弹进行的表面形貌测量的相关性 Meas. Sci. Technol., London, 2006

## 2D vs. 3D

这些技术之间的主要区别在于2D系统使用测针的针尖和表面之间的接触来测量沿轮廓的点的高度。当今的3D光学系统功能强大，同时使用极其敏感的表面反射分布信号来创建区域的高度图。因此，2D和3D技术采用两种物理上不同的测量方法。

测量和计算可比较的参数，可以注意以下几点：

- 测量参数应相同
- 测针半径和横向分辨率必须相当
- 脱模，微粗糙度和波纹度滤波必须相同
- 所获取数据的位置和长度必须相同
- 必须考虑测量方向

在许多行业和程序中，存在数十年的2D测量数据和经验，这已成为测量表面质量的事实上的标准。此外，对于许多应用程序和生产过程，它过去甚至现在也仍然完全够用。3D测量现在可以在功能和速度上提供相同且更多的粗糙度参数。二维测量的保真度已得到证明。

## 结论

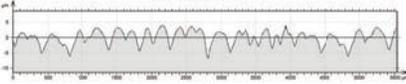
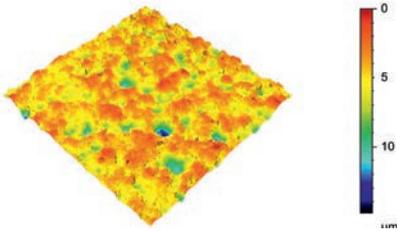
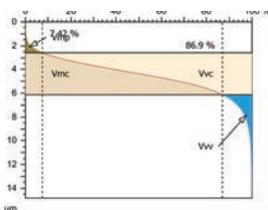
为特定应用选择正确的测量过程并不总是那么容易。快速的准则是，2D接触式测量是快速验证众所周知的产品和工艺的表面光洁度的绝佳选择。

从预算和技术角度来看，也很容易获得这些技术。

当表面在技术上很复杂，需要额外的统计确定性或材料需要非接触时，3D非接触式测量是更好的选择。

考虑到所有不同的选项和标准，与拥有深厚专业知识和经验（包括对2D和3D测量技术的全面了解）的值得信赖的合作伙伴合作，将有助于确定最适合你的特定需求的技术。

Mahr提供经过验证的2D测量系统以及最先进的光学3D表面计量系统，这些系统具有相同的高精度和专业知识，这使得Mahr多年来一直是计量行业的领导者。

接触式	光学																																								
<p>ISO 4287 / ISO 13565 充分描述了表面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 如果加工结构可见并且不存在不均匀的表面</li> </ul> <p>触觉系统</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 入门级设备的价格非常便宜</li> <li>• 可提供小型和移动解决方案</li> <li>• 系统易于使用</li> <li>• 孔内的测量</li> <li>• 具有高灵活性的复杂工件的测量</li> <li>• 通过既定标准可实现全球追溯</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ISO 4287</th> <th>Context</th> <th>Mean</th> <th>Std dev</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Amplitude parameters - Roughness profile</td> </tr> <tr> <td>Ra</td> <td>µm Gaussian filter, 0.8 mm</td> <td>1.594</td> <td>0.092</td> </tr> <tr> <td>Rq</td> <td>µm Gaussian filter, 0.8 mm</td> <td>1.928</td> <td>0.093</td> </tr> <tr> <td>Rz</td> <td>µm Gaussian filter, 0.8 mm</td> <td>7.844</td> <td>0.032</td> </tr> <tr> <td>Rt</td> <td>µm Gaussian filter, 0.8 mm</td> <td>9.454</td> <td>0.213</td> </tr> </tbody> </table>  <p>粗糙度标准块</p> 	ISO 4287	Context	Mean	Std dev	Amplitude parameters - Roughness profile				Ra	µm Gaussian filter, 0.8 mm	1.594	0.092	Rq	µm Gaussian filter, 0.8 mm	1.928	0.093	Rz	µm Gaussian filter, 0.8 mm	7.844	0.032	Rt	µm Gaussian filter, 0.8 mm	9.454	0.213	<p>光学面积测量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 非破坏性，与材料无关的测量</li> <li>• 提高ISO 4287 / ISO 13565参数（周期性表面）的统计意义</li> <li>• 根据ISO 25178进行基于区域的评估</li> <li>• 基于区域的评估可以分析：             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 没有机械加工结构且具有最佳取向的表面</li> <li>- 涂层和不均匀表面</li> <li>- 多孔表面，例如陶瓷，铸件</li> </ul> </li> </ul>  <p>结构钣金</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ISO 25178</th> <th>Height Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sa</td> <td>1.17 µm Arithmetic mean height</td> </tr> <tr> <td>Sq</td> <td>1.56 µm Root mean square height</td> </tr> <tr> <td>Sp</td> <td>4.53 µm Maximum peak height</td> </tr> <tr> <td>Sv</td> <td>10.3 µm Maximum pit height</td> </tr> <tr> <td>Sz</td> <td>14.8 µm Maximum height</td> </tr> <tr> <th>Feature Parameters</th> <td></td> </tr> <tr> <td>S10z</td> <td>10.2 µm Ten point height</td> </tr> </tbody> </table> 	ISO 25178	Height Parameters	Sa	1.17 µm Arithmetic mean height	Sq	1.56 µm Root mean square height	Sp	4.53 µm Maximum peak height	Sv	10.3 µm Maximum pit height	Sz	14.8 µm Maximum height	Feature Parameters		S10z	10.2 µm Ten point height
ISO 4287	Context	Mean	Std dev																																						
Amplitude parameters - Roughness profile																																									
Ra	µm Gaussian filter, 0.8 mm	1.594	0.092																																						
Rq	µm Gaussian filter, 0.8 mm	1.928	0.093																																						
Rz	µm Gaussian filter, 0.8 mm	7.844	0.032																																						
Rt	µm Gaussian filter, 0.8 mm	9.454	0.213																																						
ISO 25178	Height Parameters																																								
Sa	1.17 µm Arithmetic mean height																																								
Sq	1.56 µm Root mean square height																																								
Sp	4.53 µm Maximum peak height																																								
Sv	10.3 µm Maximum pit height																																								
Sz	14.8 µm Maximum height																																								
Feature Parameters																																									
S10z	10.2 µm Ten point height																																								

▲ 根据国际标准进行2D和3D表面处理