

表面缺陷测量

采用远程视觉检测方法，实现表面缺陷尺寸测量



**Waygate
Technologies**

a Baker Hughes business

视频内窥镜采用远程视觉检查 (RVI) 无损检测 (NDE) 方法,可以满足您的高级测量需求。本文将为您解答有关测量精密度和准确度的诸多问题,包括:

- 使用Waygate Technologies的Real3D™ 立体和Real3D™ 相位测量在标准条件下,最小误差是多少?
- 哪一种测量模式更好——Real3D立体测量还是Real3D 结构光相位测量?
- Real3D可测量具体的表面吗?
- 可以测量多小的缺陷?精度是多少?
- 最大目标距离 (MTD) 是什么?它会影响准确度吗?
- 不同的光学镜头的“测量性能”有区别吗?
- 各种不同的测量类型是如何影响测量结果的?

要了解关于测量的更多信息,请查阅Waygate Technologies的Real3D™测量手册。

本文是为了更好地帮助检测人员了解视频内窥镜的先进测量技术,并解答在使用远程视觉检测 (RVI) 无损检测方法测量表面缺陷时遇到的各种问题。

如何选择测量类型和最佳测量方法,请查阅Real3D测量手册。

做出正确的决定

当我们在做一些关系到飞行安全或是否适合继续飞行的决定时,您可能需要准确的知道某个缺陷的大小、面积或深度,丢失材料的大小或叶尖间隙大小。Waygate Technologies的Real3D测量技术为您提供了做出最佳决定所需的关键数据。

Waygate的Mentor Visual iQ VideoProbe™是其他任何视频内窥镜都无法相比的,它拥有高达120万像素的成像技术和获得了专利的三维结构光测量技术,能生成缺陷的全表面点云图。

可靠、精密、准确的Mentor Visual iQ能够在微小缺陷发展成为严重问题前发现它们,从而节省了大量时间和数百万美元费用。此外,它还能生成一份详细的部件老化记录,在部件优化设计时提供数据支撑。

橙色的Mentor Visual iQ VideoProbe提供了多达八种不同的测量方法:

- 长度
- 多段线
- 点到线
- 深度剖面
- 深度
- 区域深度剖面
- 面积
- 叶尖间隙

还有虚拟测量平面功能,此功能允许将测量点放置在虚拟平面进行测量。另外还能实现测量功能自动选择,当您按顺序重复上述测量类型中的任何一种,那么自动重复功能可以在每次捕获测量图像时缩短测量设定时间。

Waygate Technologies研制的VideoProbe支持各种测量技术,包括阴影测量、传统立体测量、Real3D 立体测量和Real3D 相位测量。不论您是选择这些技术中的一种,还是其他厂商提供的测量技术,要实现测量的精密度和准确度,只有一个正确答案: **看实际情况!**

您需要了解什么

许多因素会影响Stereo、Real3D 立体和Real3D 相位测量的结果。这些因素包括:

· 测量数据可行性

– Real3D相位测量 (3DPM) 通过采集投影在平面上的结构光条纹图形,生成多个XYZ点。然后,利用算法处理这些数据,生成全表面点云图。即使在图像对焦不准确的情况下,仍然能生成可准确测量的XYZ数据。

– Stereo和Real3D 立体测量技术采用三维坐标系,通过在立体图像中匹配像素的原理。在左右两个视图中的光标位置非常关键;它们必须是同一个像素,这样测量结果才有保证。因此,必须保证图像对焦准确。

· 探头至目标的距离

目前所有的三维测量内窥镜系统都采用三角测量原理。随着测量距离的增大,测量的准确度会降低。因此,将内窥镜镜头靠近测量表面得到的测量结果,通常比远离测量表面到的测量结果更加准确。

对于深度测量而言,尤其如此。Real3D测量技术提供了一个最大目标距离 (MTD) 值,表示在某次测量中,从镜头到最远光标所在视图面的距离。当最大目标距离对于该测量类型和尺寸来说过大时,可为操作人员提供提示。

· 观察角度

探头与目标之间的角度会对测量结果产生很大的影响,尽量避免角度超过60度的情况。如有可能,重新调整探头或目标部件。如果现场这两种方法都无法调整,可以考虑使用其他测量镜头,如前视或侧视测量镜头。

· 表面状况

光滑的表面通常会导致观察图像产生炫光,从而使系统难以准确定位三维表面坐标。一些纹理很少的光滑表面对于立体测量来说挑战很大,立体测量依靠区分表面细节来确定三维表面数据。油性、透明或半透明表面也不是很好测量。

· 反射

抛光表面,例如涡轮压缩机叶片和护罩或洁净管道会产生反射影像,从而使系统难以准确定位三维表面点。

· 纵横比

如果被测量物体底部有狭窄的沟槽,系统的结构光可能无法完全打到沟槽内部,这会导致系统无法确定沟槽内部的准确三维数据。

通过适当的培训,需要开展测量作业的检测人员可以学习如何测量:

- 为给定应用场景选择最合适的测量技术、测量镜头和测量类型。
- 稳定探头末端,最大程度提高系统生成并用于计算测量结果的三维表面数据准确度。
- 将测量光标放置于缺陷测量的正确位置,从而获得准确的结果。
- 在采用Real3D 立体或Real3D相位测量时,利用三维表面覆盖图层和全表面三维点云视图,评估光标放置的三维数据质量和准确性。

考虑到上述影响因素和检查员技术水平的差异,对于公司来说,提高固定材料和缺陷类型的测量精度的最佳方法是,针对样件开展测量重复性和再现性研究。开展重复性和再现性研究的人员应具有与实际测量的人员类似的技能水平。

美国品质学会(AQS)在其[网站](#)描述了上述过程。

关于精度

Real3D™测量手册提供了关于Real3D测量技术的详细信息,包括准确度曲线,这些曲线是通过第三方的研究绘制的。表示由专业的检查人员在理想状况下使用所得到的数据。

Mentor Visual iQ展示了测量结果,以mm为单位的精度为0.01 mm (0.0004''),以英寸为单位的精度为0.001" (0.0254 mm)。在探头至目标的距离比较小时,测量结果会达到标准精度,但是当距离过大时,精度对于测量结果可能没有意义。

请记住,以毫米为单位进行测量会得到更加精确的数值:

- 0.0100 mm = 0.0004"
- 0.0254 mm = 0.0010"

Mentor Visual iQ显示了以毫米为单位的两位小数(x.xxmm)和以英寸为单位的三位小数(x.xxx'')。

提高固定材料和缺陷类型的测量精度的最佳方法是,针对样件开展测量重复性和再现性研究。

在理想状况下,对于不同缺陷类型和尺寸,Real3D™测量手册中列出了测量数据准确度与最大目标距离之间的关系。

通常更小的MTD值测量结果会更准确,但是并不是所有情况都是如此。MTD值是一个参考数据,它给分析过程提供了更多判断依据。

例如,参见图1和图2 第三方开展的量具重复性与再现性研究,另见Real3D™测量手册。



建议将0.125mm (0.005")作为测量的最小特征尺寸。

在理想状况下,测量微小缺陷时,Real3D相位和Real3D立体测量能够在长度和深度测量中,将误差保持在 $\pm 0.05\text{mm}$ (± 0.002 ")之内。

注意:这并不是说您能够在所有测量中实现这样的结果。您需要通过测量的重复性与再现性研究让任意给定测量达到预期结果。

不同的测量技术有不同的理想状况

Real3D相位测量理想状况

- 由经过培训并考核合格的操作人员进行测量操作
- 光学镜头保持清洁、测量功能通过校准
- 探头尽量靠近缺陷,即使存在轻微对焦不准
- 探头与测量平面不要完全垂直
- 在非反射表面测量
- 让结构光的反射和阴影影响降到最低
- 没有环境光的干扰
- 系统可能无法使用结构光或照明光同时观察并照亮狭窄沟槽的底部,这导致系统无法确定沟槽底部的准确三维数据。

Real3D 立体和双目立体测量理想状况:

- 由经过培训并考核合格的操作人员进行测量操作
- 光学镜头保持清洁、测量功能通过校准
- 探头尽量靠近缺陷,并保持对焦准确
- 在特征鲜明的表面进行测量
- 缺陷部位不要产生炫光
- 缺陷周围像素图形差异化

通常更小的MTD值测量结果会更准确,但是并不是所有情况都是如此。MTD值是一个参考数据,它给分析过程提供了更多判断依据。

例如,参见图1和图2 第三方开展的量具重复性与再现性研究,另见Real3D™测量手册。

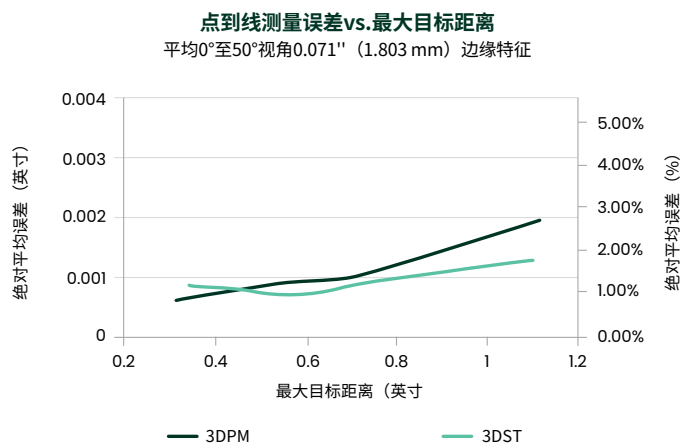


图1

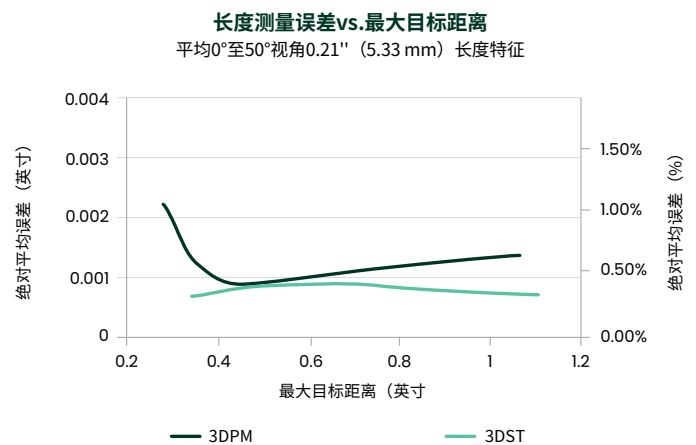


图2

注意图1, 更小的MTD值产生更小的3DPM绝对平均误差。但是, 在图2中, 更小的MTD值并没有产生更小的3DPM绝对平均误差。

此外, MTD值增加对深度测量造成的影响要大于对长度或面积测量造成的影响。这是因为, 随着探头至目标距离的增大 (MTD值更大), 像素点的Z值计算变得更加困难。主要原因: 基于给定的 Z (MTD) 值和像素的实际大小, 图像的像素具有不同的 X 和 Y 值。

另外, 缺陷测量的精度受到许多变量的影响, 其中之一就是MTD值的大小。另一个影响因素是, 测量平面没有建立在所需要的平面上

所以全表面三维点云图是Real3D测量中非常重要的一环。参见以下图1和图2。

图1是传统立体测量的典型视图。在这种情况下, 测量叶尖间隙 (喷气式发动机的涡轮叶片与护罩之间的间隙)。采用深度测量模式, 选定三个点在在护罩上建立了一个数字参考平面。测量结果如图所示, 叶尖与护罩上深度平面之间的距离 (间隙) 为1.24 mm (0.049'')。

将测量光标点放置于左侧图像上, 设备自动匹配右侧图像上的相同像素点。这张图即使是专业技术人员也无法找出存在的问题。

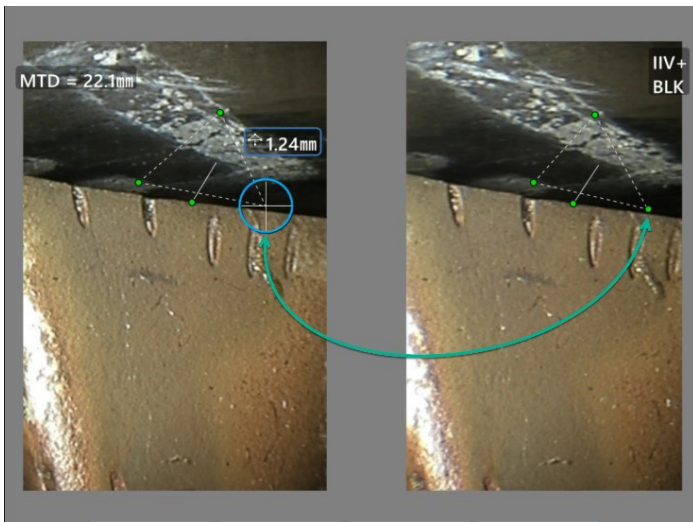


图1

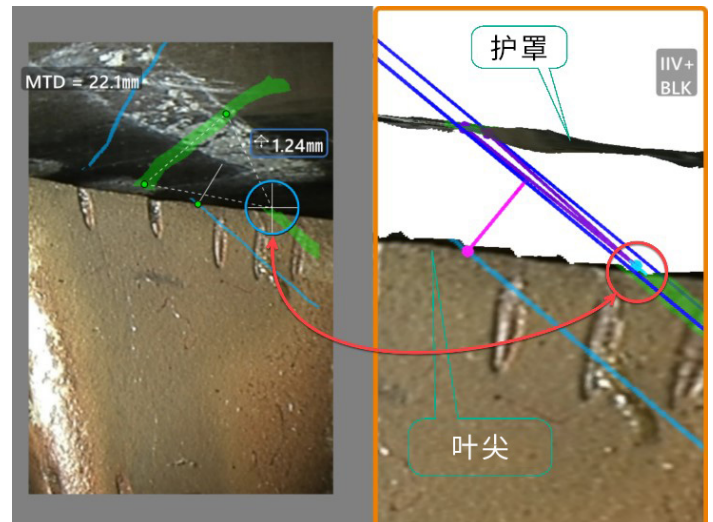


图2

图2通过观察Real3D 立体测量生成的全表面点云图。很明显, 虽然测量是非常准确的, 但是光标放置位置却是极其错误的! 深度参考平面的一个光标被放置在了叶片上, 而不是在护罩上。结果就是测量平面相对于护罩倾斜, 产生严重误差。如果没有通过点云图的验证, 会产生100多万美元的发动机拆卸和更换费用——或者更糟。

在图3中, 当我们将错误的光标从叶片移到护罩时, 深度参考平面的所有三个光标都在护罩上。此外, 护罩现在与参考平面 (点云数据周围的深蓝色方框) 对齐, 深度测量光标 (玫红色) 在叶尖上, 垂直于深度平面和护罩。现在的测量结果是1.56mm, 差异达0.32mm (0.013英寸)。此外, 请注意, 护罩上非常靠近深度平面的所有像素现在都以绿色覆盖。

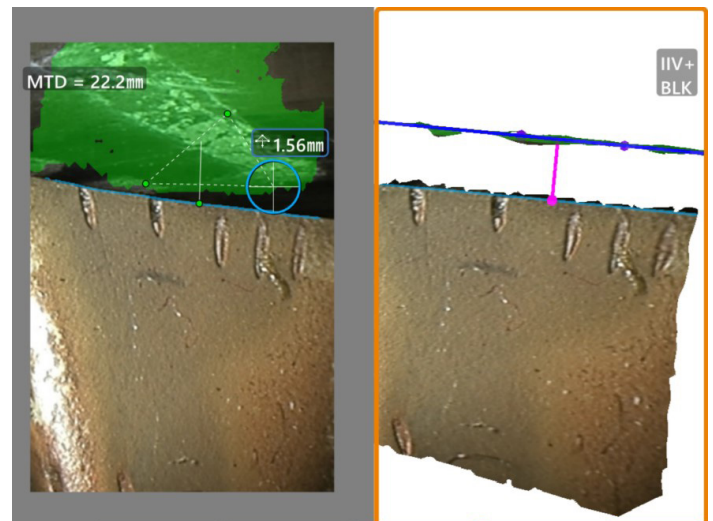


图3

总结

在各种场景中都有许多会影响测量精度的因素。专业的培训对于得到可靠的测量结果至关重要。虽然我们提供了理想条件下的测量指南和测量精度曲线，但这些数据可能并不能保证您在实际情况中得到这样的精度。因此，我们建议由训练有素且合格的检测人员对关键测量应用作 Gage R&R 研究。

Mentor Visual iQ 6.1mm 探头采用结构光进行 Real3D 立体测量和 Real3D 相位测量，通过第三方的 Gage R&R 工艺进行评估。评估结果在 Real3D™ 测量手册中发布。

通过带有 120 万像素高清 (HD) 摄像头的 6.1mm 或 8.4mm Mentor Visual iQ VideoProbe，测量结果的精度有了很大的提高。在一些应用中，检测人员可以将光标更精确地放置在测量图像的缺陷位置上。

由于标清 (SD) 和高清 (HD) 摄像头的测量技术和类型相同，因此精度预计大致相同。

最后，不要忽视训练有素的检测人员进行无损检测的重要性，包括使用 VideoProbe 进行 Real3D 测量，或任何测量视频内窥镜。对于给定了缺陷类型的情况，训练有素且合格的检测人员能在给定的表面上获得最佳结果。