

在线检测

9D 激光雷达在白车身在线检测领域的应用

文 | 美国自动精密工程公司

API 品牌最新推出的动态 9D 激光雷达 (9D LADAR)，大幅提升了原基于常规激光雷达 (Laser Radar) 对白车身进行非接触检测的效率，在速度、精度、灵活性、便携性和重复性等诸多方面的性能都有令人信服的优异表现。

生产中遇到的问题

伴随着科学技术的发展，汽车工业步入了崭新的阶段。为生产出更高质量的汽车产品，对于汽车制造工艺的要求持续上升。制造过程中，更小的公差和更高的效率，都是现阶段汽车制造工艺的要素。根据弗诺斯特沙利文公司 (Forest & Sullivan) 2019 年白皮书《白车身在线检测的范式转变 (A Paradigm Shift of In-Line Inspection in Body-in-White)》中，97% 的行业抽样受访者认为：内部效率提升是工业 4.0 体系的关键因素。

其中一个关键点即尺寸检测工艺。行业内正在推进装配线上对行进中的白车身进行测量的概念。这一概念的提出，意味着数以百计的高精度测量将在生产线上快速完成，而整个检测过程不耽误生产线运转。这对检测工艺而言，是一项重大挑战。

弗诺斯特沙利文公司 (Forest & Sullivan) 在 2019 年对尺寸计量系统的分析表明，激光雷达 (Laser Radar) 技术是提供白车身在线检测的“同类最佳”技术。激光雷达 (Laser Radar) 是一种全自动、多功能的系统，将非接触式测量引入生产线。系统可以无目标运

行，同时以很高的精度进行检测。这是一种新颖的方法，对表面和特征细节都有较好的测量能力，其功能可实现白车身所有尺寸检测需求。激光雷达 (Laser Radar) 测量系统在诸多方面都较传统的三坐标 (CMM) 测量机或其它测量设备具有优势，尤其在便捷性和效率方面。

API 一直以来都在密切关注行业对于白车身在线检测的最新概念和目标，并通过大量的行业内的调查与交流，获悉目前的激光雷达 (Laser Radar) 测量技术还无法真正完全实现在线检测的最高目标，随即基于品牌近 40 年在高性能传感器、高精密尺寸测量领域的积淀、以及针对性地结合业内的实际需求，开发了全新的动态 9D 激光雷达 (9D LADAR)，在精度、效率、灵活性和重复性等诸多方面都较传统激光雷达

(Laser Radar) 有大幅的提升，为汽车制造商提供了更接近于行业最高制造标准的测量解决方案。

突破性尺寸测量解决方案

API 品牌 9D 激光雷达 (9D LADAR) 采用了光频域干涉测量技术 (OFCI-Optical Frequency Chirping Interferometry)，是基于激光干涉、且可实现非接触测量的激光雷达设备，拥有极高的测量精度和测量效率，可迅速捕获工件尺寸及表面几何数据。

基于 OFCI 技术的 9D 激光雷达，在工作时会产生广谱光学干涉、探测干涉信号并实现测量数据的采集，其灵敏度较常规激光雷达提升超过 100 倍，故而可提供较常规激光雷达更高的测量精度和更佳的测量效率。9D 激光雷达提供微

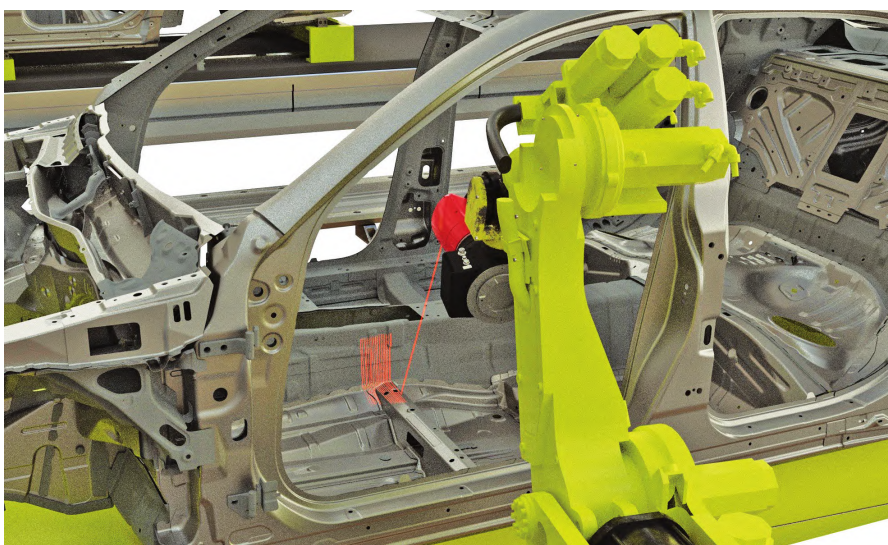


图 1 API 9D 激光雷达白车身检测作业中

米级别的测量精度、20 kHz 的数据采集速率，并在测量时不易受到外部环境的影响，有效避免了常规激光雷达使用中受材料反射率影响大、入射角度范围有限以及易受环境噪声影响等问题。

9D 激光雷达的技术提升

速度：9D 激光雷达（9D LADAR）以每秒 20 000 点的速度采集测量数据，扫描速度达到了 0.2 s/cm^2 。而目前已知常规激光雷达（Laser Radar）仅拥有最高 1000 点 / 秒的采数速率和最快 1 s/cm^2 的扫描速度。

精度：9D 激光雷达的 3D 测量精度为 $25 \mu\text{m}+6 \mu\text{m/m}$ ，而常规激光雷达的 3D 精度为 $20 \mu\text{m}+14.5 \mu\text{m/m}$ 。

灵活性：9D 激光雷达拥有水平 $\pm 320^\circ$ 的转角范围，且入射角 $\geq 85^\circ$ ；常规激光雷达则通常只具备水平 $\pm 180^\circ$ 水平转角范围及 45° 的入射角。

便携性：9D 激光雷达设计紧凑，采用集成式控制箱，整机重量仅 10.4 kg；而常规激光雷达重量往往达到 30 kg 级别，且带有一个额外的外部控制箱。尺寸方面，9D 激光雷达也较常规激光雷达更小巧，更方便加载于工业机器人和龙门三坐标或集成在生产线。

重复性：9D 激光雷达的重复性平均误差为 $35 \mu\text{m}$ ，常规激光雷达为 $150 \mu\text{m}$ 。

解决常规激光雷达在生产中遇到的问题

实际生产中，一辆白车身的测量，往往需要有数百个必须检测的位置，而常规激光雷达（Laser Radar）测量技术在某些环节中，由于其自身功能和特征

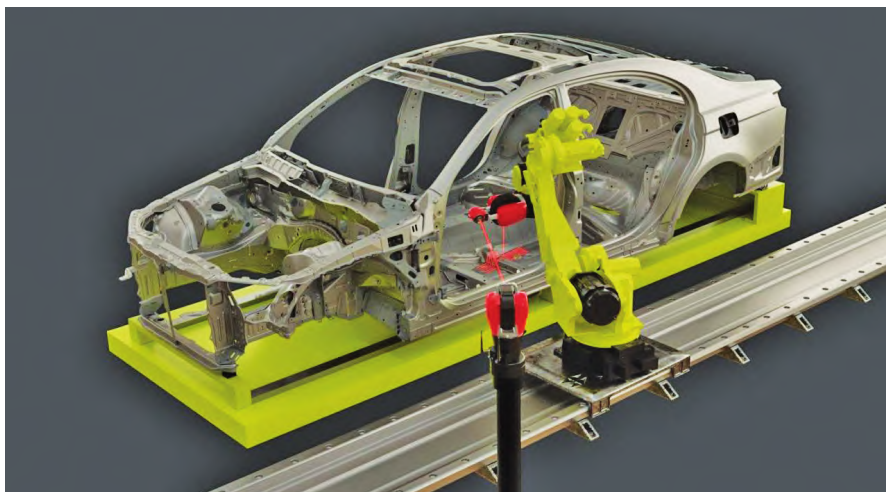


图 3 基于 Radian 激光跟踪仪实时精准定位的 API 9D 激光雷达白车身测量作业中

的限制，无法达到最理想的测量效果，9D 激光雷达（9D LADAR）的问世，在以下方面克服了常规激光雷达在实际生产中遇到的问题。

问题一：测量中，常规激光雷达每次移动发生位置变化，就必须重新定位自己相对于白车身的位置，基于其性能，这个定位过程的实现较为繁琐，并需要频繁配合扫描“定位球”来实现，由此才可以继续针对目标白车身实施精准测量。而 9D 激光雷达基于其自身的原理和优异的性能，让繁琐的定位过程大大简化、甚至完全避免定位球的使用（Radian 激光跟踪仪配合实时精准定位）。

问题二：常规激光雷达技术的最大问题是扫描速度，目前的常规激光雷达系统扫描速度仅为每秒 1000 点，而 API 9D 激光雷达的扫描速度则可达每秒 20 000 点，在效率上解决了常规激光雷达相对测量速度较慢的问题。

问题三：入射角能力。目前的常规

激光雷达系统可以实现 45° 入射角的精确测量；而 9D 激光雷达可以精确测量入射角超过 85° 的零件。这就意味着，与常规激光雷达相比，9D 激光雷达移动更少的位置就可以测量同样多的数据。

9D 激光雷达与 6 自由度激光跟踪仪联合解决方案

在针对有极致测量精度需求的作业中，可以使用同为 API 品牌旗下的 9D 激光雷达与 Radian 激光跟踪仪相配合的解决方案，利用 9D 激光雷达高效、非接触的扫描功能获取大量点云数据的同时，使用 Radian 激光跟踪仪为 9D 激光雷达提供实时跟踪定位。如此，既快速高效地获得了大量点云数据，又拥有无限精确的机器人姿态，真正做到了极致高精度与高效率的兼得。

结论

凭借更快的扫描速度、范围更大的入射角和更高的数据采样速率，使用 API 9D 激光雷达（9D LADAR）进行白车身测量作业，可相较于使用常规激光雷达（Laser Radar）的工作效率提升 4 倍甚至以上；在有极致测量精度需求时，还可配合 API Radian 激光跟踪仪进行全局实时跟踪定位扫描测量，在高效检测的同时，保障测量的高质量高标准，提供极致的测量精度保证。MM

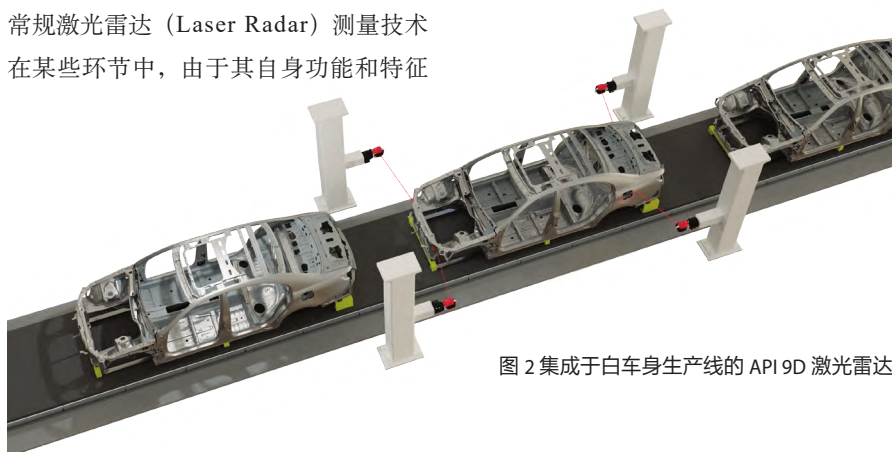


图 2 集成于白车身生产线的 API 9D 激光雷达