

Eagle Eye 在汽车行业成品车分析测量中的应用研究

王永涛，卢好蕊

北京奔驰汽车有限公司 北京 100000

摘要：成品车分析测量是对于产生批量质量问题的成品车，通过测量设备对问题区域的零部件进行逆向追踪测量，并对尺寸链进行分析，用数据快速定位出问题的根本原因，从而降低批量质量问题导致的返修成本，是工业4.0背景下精益生产的重要问题解决手段。但成品车因为装配了底盘悬架，测量方式和传统的白车身测量有巨大的不同。主要论述Eagle Eye激光扫描技术在成品车分析测量中的尝试应用及效果评估，并论述适用的应用场景及方法，并与现今主流测量方式进行对比分析，结合实例展示应用效果。

关键词：成品车分析测量；Eagle Eye；激光扫描技术

工业4.0背景下，生产线自动化程度越来越高，非装配类质量问题在生产质量问题中的占比越来越高，且多数根本原因都和尺寸相关，诸如间隙面差及一致性，噪声、漏水、干涉及功能失效等。而精益生产，不容许批量质量问题造成的批量返修浪费。成品车分析测量对问题区域相关零部件尺寸状态进行层层逆向测量，进行尺寸链分析，用数据快速定位出问题根本原因，承担着专家快速诊断的角色。

EagleEye是蔡司的一种激光扫描测头，安装在悬臂测量机上，测量行程可达14m，且小巧灵活，360°旋转，测量范围广、灵活且精度高。

成品车分析测量技术难点

成品车分析测量的目的是通过测量设备快速定位

出问题根源，形成优化解决方案，故测量基准的选择、测量策略的制定、装配关系的分析确定等都至关重要。

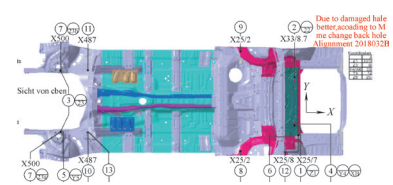
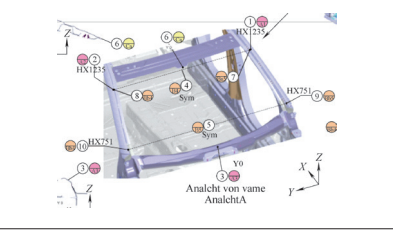
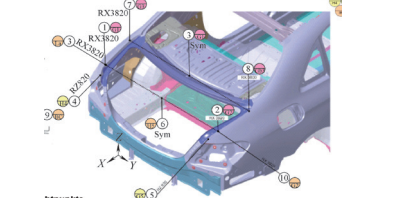
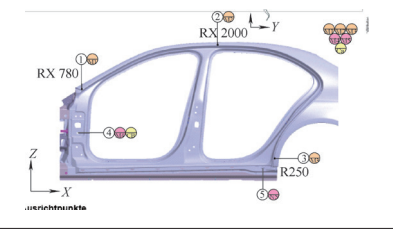
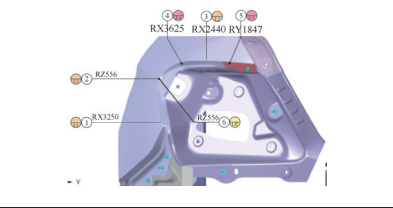
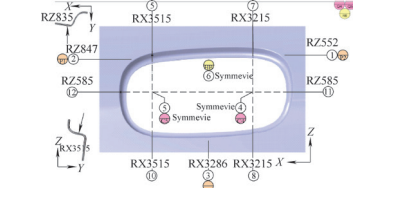
不同的问题所选用的测量方法不同，基本思路是先根据配合关系选择测量基准，即整车坐标系和局部坐标系。然后测量问题区域相关零部件的偏差，此偏差包含了装配偏差和单件尺寸偏差。再通过测量装配定位位置尺寸，分离出装配偏差和单件尺寸偏差，层层剥离，最后分离出问题根源。

1.测量坐标系基准的选择

成品车坐标系分为整车坐标系和各区域的局部坐标系，不同的装配关系分析问题时所选用的测量基准即坐标系不同，有些问题适合用局部坐标系测量，比如

车门外围匹配尺寸是以侧围为基准，故适用侧围坐标系测量进行尺寸链分析，车门附件玻璃、门板等是装配在车门上的，适合用车门坐标系进行测量。而前杠、后杠、顶盖及座椅等区域的问题都会受侧围姿态的影响，更适合用整车坐标系进行分析测量。一台车的设计有十余个坐标系，表1展示了车辆上常见的几种坐标系。

表1 车辆常见的几个局部坐标系

整车坐标系	
风窗坐标系	
行李舱开口坐标系	
侧围坐标系	
尾灯开口坐标系	
加油口盖坐标系	

如图1所示，整车坐标系建系点在车辆前桥和后桥，决定了测量设备的行程必须覆盖全车，且建系精度需在0.1mm范围内。成品车底盘悬测点附近空间非常狭小，仅可容纳1cm直径的测杆探入进行测量，如图2所示。故而整车坐标系的建系仅能依靠接触式测量设备完成。而大部分光学测量设备都无法实现整车坐标系的建立。

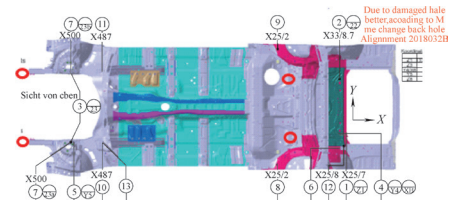


图1 整车建系点分布区域



图2 整车系Z1点测量位置

局部坐标系因所涉及范围小，光学测量设备量程可覆盖，故探针接触式测量和光学测量都可以完成建系工作。

为保证测量出来的尺寸偏差可直接指导车间进行车身尺寸优化，测量所选用的整车坐标系和局部坐标系都需采用设计基准点，和装焊白车身的测量基准一致。

2.Eagle Eye建立整车坐标系

局部坐标系比如尾灯开口系、加油口盖坐标系等，坐标系范围小，Eagle Eye测量行程都可以覆盖，所以可直接建系进行测量。但整车坐标系因为建系基准在底盘前后桥区域，而成品车因装配了底盘悬架，间隙点附件零件繁多，测量空间狭小，故几乎所有光学设备都无法进行测量，但EagleEye是装配在蔡司测量臂上进行测量的，是一个光学测头，与探针测头可以柔性切换，故而可以探针测量建系（见图3），直接将探针测头切换为光学测头（见图4），坐标系可自动识别，实现了快速整车坐标系建系和光学测量的效果。

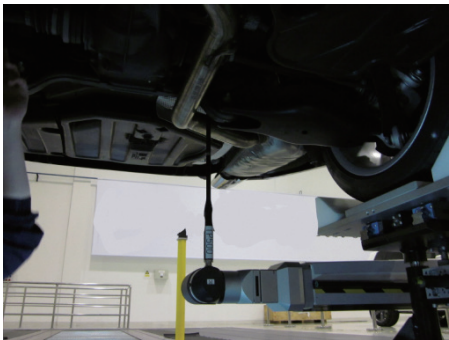


图3 探针建系测量



图4 EagleEye探头切换直接测量

3.Eagle Eye测量不同特征元素

Eagle Eye是基于光学三角理论设计的线激光扫描测头传感器，发出的IEC60825-1/EN60825-1标准2M等级激光。激光发射窗发出的线性激光会被测量物体表面反射。光会反射到各个方向，其中一部分会被CCD相机窗口接收，软、硬件将会放大并记录这个信号。如图5~图7所示。

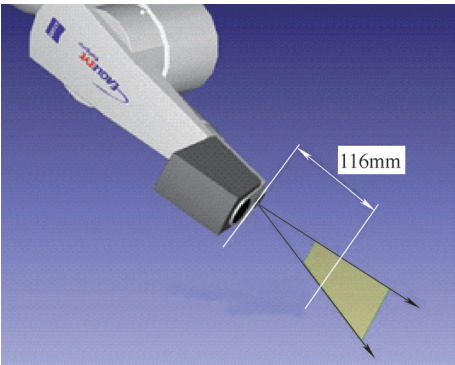


图5 激光扫描头光束范围

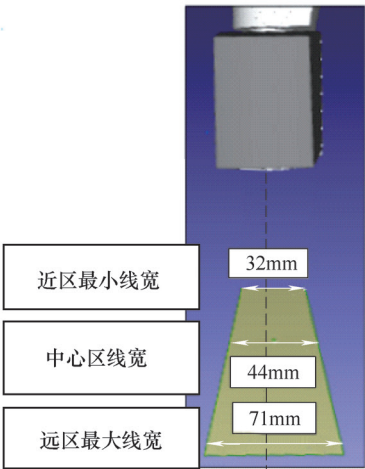


图6 激光扫描头的数据采集范围

成品车测量的目的是通过尺寸链分析，用数据快速定位出问题根源，可以解决的尺寸问题覆盖了所有内外饰，诸如噪声、漏水、间隙面差、干涉及配合不

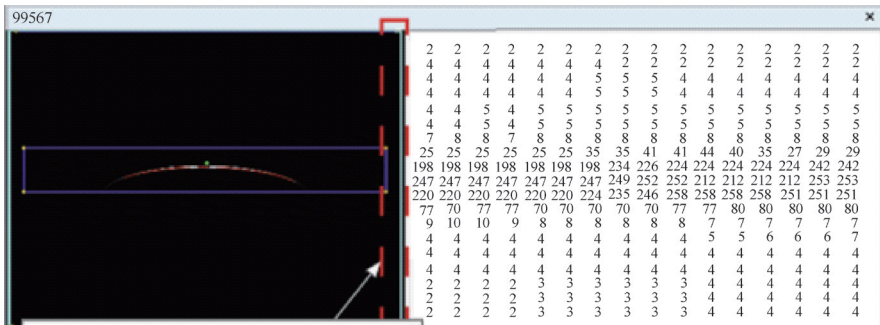


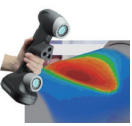
图7 图像表面灰度值采集

良等都可以通过成品车分析测量快速找寻到问题根本原因。

但车辆内外饰数千种零部件的材质、形态等都不相同。目前主流的测量设备是探针接触式测量和光学设备，光学设备又有GOM蓝光拍照，手持激光扫描仪

和FARO关节臂等。但GOM无法探入车内进行内饰件的测量且无法建立整车坐标系；FARO关节臂测量精度稍低，行程有限且无法建立整车坐标系；手持激光扫描仪也无法建立整车坐标系，精度也比Eagle Eye稍差。表2总结了各种测量设备的适用场景及优劣势。

表2 成品车分析测量主流设备及使用场景

设备类型	接触式探针测量			光学测量		
	Renishaw测头	蔡司RST测头	FARO关节臂	GOM蓝光拍照	EagleEye激光扫描测头	手持扫描仪
						
整车坐标系	✓	✓	×	×	✓	×
适用场景	内外饰均可测量各种坐标系	硬质内外饰测量	零部件和整车局部测量	零部件和整车局部测量	零部件和整车内外饰均可测量，可和探针结合使用	零部件和整车内外饰均可测量
优势	触发力小 灵敏度更高 测量精度高 测量范围广，内外饰大部分区域	触发力稍大 测量精度较光学高 测量范围广	测量灵活 便携测量设备	测量点云信息丰富 测量精度高	小巧灵活 内外饰大部分都可测量 测量点云信息丰富 测量精度高	测量灵活便携 测量设备
劣势	点测量，测量信息有限 非便携	触发力稍大 测量信息有限 非便携	精度稍差 测量行程有限	测量范围有限，无法探入车内测量内饰	测量前需要编程，效率稍低	测量精度稍低

应用方法

成品车分析测量不仅是测量，还需要有清晰的思维逻辑进行问题分析，才能快速测量出问题根本原因，故需要有问题分析的方法指导测量。常用的问题分析方法有8D问题分析法、5W问题分析法和Deltalyze方法等。

如图8所示，一个完整的分析测量过程应该包括以下步骤：

- 1) 客户需求及问题背景分析。
- 2) 测量策略制定，比如坐标系的选择、测量方法的确定等。
- 3) 测量数模准备及程序编写。
- 4) 建立坐标系，测量输出报告，报告分析，基于初步分析结论进一步测量。
- 5) 汇总报告行成问题结论及优化措施。
- 6) 验证优化措施。

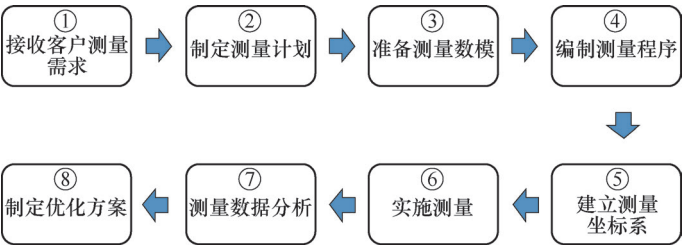


图8 分析测量方法及过程

成品车分析测量实例

通过对反光差的黑色车漆钣金、塑料内饰件、布纹内饰件等进行测量验证不同材质的影响。效果都和探针测量进行比对，计算关系如下：

$$\Delta Y_{Deviation} = Y_{EagleEye} - Y_{Prob} \tag{1}$$

式中 $Y_{EagleEye}$ ——EagleEye测量结果，单位为mm；

Y_{Prob} ——探针测量结果，单位为mm；

$\Delta Y_{Deviation}$ ——偏差评估，单位为mm。

各种材质测量出的偏差见表3。

经过上述验证，EagleEye适用车辆大部分内外饰分析测量。成品车分析测量严格按照前述流程及步骤，层层剥离，即可快速定位问题根源。

1. 钣金测量案例

某车翼子板和前门平顺度上下一致性超差，标准是0~1mm，实测1.5mm。无法确定是什么原因引起的。用手摸是波浪形的，用传统的探针测量可以测量出偏差来源，但需要很密集的测点，耗时长，且偏差结果不直观，测量信息有限。此问题用光学扫描设备，效果更为理想。

车门的匹配问题用侧围坐标系更合适，但因为建系点在前门位置，建立侧围系需要将前门拆掉，破坏

表3 各种材质的测量偏差

测量材质	黑色漆后钣金	塑料材质	镀珞材质	布纹材质	橡胶材质
图片					
$\Delta Y_{deviation}$	0.02mm	0.01mm	0.1mm	0.05mm	0.02mm

问题表象。故只能采用整车坐标系进行测量，如图9所示。

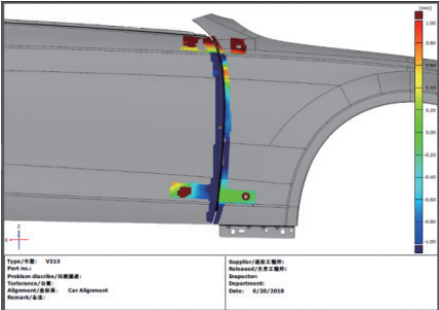


图9 翼子板和前门匹配状态扫描

车漆是黑色的，但测量的点云质量状态非常好，通过测量发现翼子板上部外闪，下部内凹，前门上下调节。故偏差主要根源来自翼子板，下一步对翼子板装配位置进行优化调整，看改善效果，经过验证，装配也有影响，但比较低。翼子板单件进行扫描测量，偏差都在合格范围内，但不太好。

经过验证将翼子板Y向尺寸总体状态进行调整，问题消失，开始批量处理。

2. 胶皮、内饰等的测量案例

某车型门洞胶条鼓包，将胶条材料和顶衬边沿进行优化后问题没有改善，顾客需求制定测量方案，找寻问题根源，如图10和图11所示。



图10 门洞区域尺寸测量

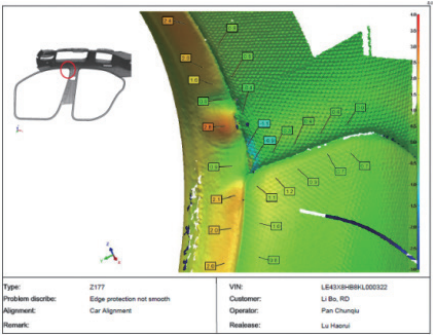


图11 胶条鼓包区域测量

通过测量，发现胶皮表面鼓包将近3.5mm，顶衬边沿状态OK，B柱饰板尺寸偏差在1mm左右。将胶条拆除测量胶条安装法兰及顶衬的折边状态。发现顶衬的折边形态和数模不符，偏差较大，推动商家进行折边优化，问题最终解决。

结语

通过实例及测试验证，EagleEye可以很好地应用于成品车分析测量，弥补目前主流的探针设备触发力大无法直接测量车辆软内饰和光学测量设备无法建立整车坐标系及无法自如探入车内测量车辆内饰的问题。能够大大提升分析测量的测量能力和效率。

参考文献：

[1] 刘鹏鑫，李敏，刘璇. 光学扫描和CMM测量数据的配准研究[J].现代制造工程， 2012（2）：24~26，91.

[2] 孔俊. 灰理论在CMM数据测量中的应用[D]. 无锡：江南大学，2007.

[3] Armagan Altinisik, Emre Bolova. A comparison of off-line laser scanning measurement capability with coordinate measuring machines[C]. Measurement, 2021. **AUTO1950**