

手持式间隙面差 测量系统在焊装车间的应用

周文斌, 赵鑫鑫, 朱立高, 李斌, 卢旭, 邓双奇

一汽解放青岛汽车有限公司 山东青岛 266200

摘要: 探讨了一种手持式间隙面差测量系统在焊装车间的应用, 讲述了此系统的系统构成、测量原理、应用案例和影响测量精度的因素等。

关键词: 间隙面差; 测量系统; 调试过程; 测量过程; 系统价值

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.08.001

作为整车制造的重要一环, 车身的间隙面差精度直接决定了车身外观的好坏, 也就往往决定了消费者对汽车的第一印象。同时, 对汽车间隙面差的监控能够反映车辆生产上下游的一系列问题, 因此如何检测间隙面差以及提高车身的间隙面差品质是各汽车生产厂的重点工作之一。

汽车零部件在焊接拼装过程中, 因后续装配或产品外观要求, 需要对车身多个部位的间隙与面差进行检测和控制。目前汽车车身的间隙面差测量工具主要为间隙尺和面差尺, 测量方式为测量人员手持工具测量, 但是这种测量方式存在节拍慢、测量结果受测量角度与测量位置影响大的缺陷, 测量结果的准确性与客观性受到影响, 且无法进行数据统计分析。

目前越来越多的汽车公司开始寻求一种新的测量间隙面差的方案, 以提升检测准确性及便捷程度, 优化人力资源配置, 目前有机机器人在线测量间隙面差和手持式测量间隙面差测量系统。相较于机器人在线测

量间隙面差, 手持式间隙面差测量系统测量速度与测量精度一样高, 且无需精确定位驾驶室位置, 具备灵活性高、可在线、可离线测量等特点。

系统构成及测量原理

1. 系统构成

手持式间隙面差测量系统由硬件和软件两部分组成。其中, 硬件部分包括手持式测量枪、工控机、大屏显示子系统及射频识别扫码(Radio Frequency Identification, RFID)读写头等。软件部分包括安装在线边工控机上的专业测量软件。

(1) 手持式测量枪 通信形式有有线和无线两种, 测量方便灵活, 完全手持式独立运行的传感器, 可不借助计算机或其他设备进行测量、查看数据和表面轮廓图, 用于获取间隙形貌的3D空间坐标并结合工控机测量软件计算准确的间隙面差值。

(2) 工控机 用于安装专用测量软件、收集统计分析数据及与可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）通信。

(3) 大屏显示子系统 用于实时显示所有测点间隙和面差数据，以及各个测点的趋势图。后台软件支持多屏异显功能，分别展示车身各个位置测量结果，为不同工位操作员提供参考。

(4) RFID读写头 用于读取滑撬载码体中驾驶室信息，将读取信息反馈给PLC。

2.运行环境及性能参数

以某品牌的手持式间隙面差测量系统为例，其性能参数及运行参数要求见表1。

表1 性能参数及运行参数

温度 /℃	湿度 (%)	用电 /V	精度 /mm	测量时间 / (s/点)
-10~40	10~90	7.2±10% 测量枪 220±10% 工控机 220±10% 显示大屏	±0.05	5

3. 测量原理及方法

(1) 测量原理 在线检测系统是一种基于视觉检测技术和激光技术的在线非接触测量系统，其3D激光传感器是基于三角测量原理设计，利用线状激光构造被测特征，获得被测特征的表面信息^[1]。

手持式间隙面差间隙面差是基于三角测量原理和双目立体视觉原理，利用双边传感器的激光线获取卷边内部形貌，同时从两个视角获取间隙内部完整轮廓，避免了单侧传感器测量不准确或旋转带来的操作不便。双传感器不同曝光，在不同材质和颜色上均可以同时获取高质量图像。

(2) 测量方法 间隙测量方法有两种。方法一：两个确定的测量点，在一确定投影边上的投影点间的距离。 P_1 和 P_2 为测量点， L_1 为投影边，如图1所示。

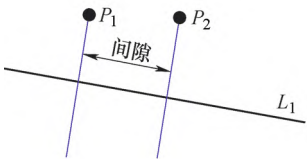


图1 间隙测量方法一

方法二：一个确定的测量点，与一确定基准边的

垂直距离。 P_3 为测量点， L_2 为投影边，如图2所示。

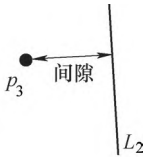


图2 间隙测量方法二

面差测量方法则 测量边上一个确定的测量点，与一确定基准边的垂直距离。 L_3 为基准边， P_4 为测量点，如图3所示。



图3 面差测量方法

应用案例

1.平面布局

某公司调整线采用手持式间隙面差测量系统，其中检测人员数量和手持式测量枪数量由驾驶室生产节拍、测点数量及测点位置决定。现场平面布局如图4所示，人员配备2人，手持式测量枪配备2把，RFID读写头1个，工控机1台，大屏显示子系统包含显示屏4台。

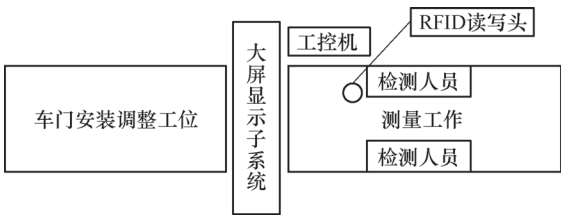


图4 平面布局

2.测点选取

根据产品匹配标准，并且参考之前测点检测操作性选取测点，测点主要分布在白车身车门与侧围区域，如图5所示，S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7及S8就是需要检测的间隙面差点位（左右对称）。

3.调试过程

在设备安装之后，要进行设备配置、软件调试、一致性对比等工作。

(1) 设备配置 工控机与手持式测量枪支持2.4G无

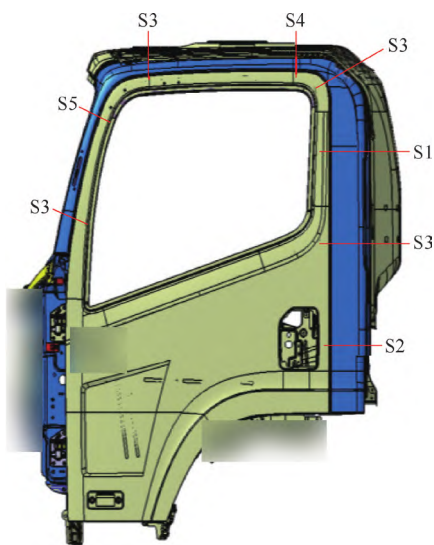


图5 测点布局

线和5G无线连接，将工控机与手持式测量枪连接在同一个无线网络，之后在专业测量软件待添加列表中添加已连接的测量枪，如图6所示。



图6 网络连接示意

(2) 软件调试 在专业测量软件中创建检测计划，配置当前测量计划的名称、车型、工位号以及工厂等信息。配置完成后继续配置计划部件，将车门部件图上传，设置部件名称，之后在车门部件图片中，依据图5设置检测点。

测点添加后，角类型默认为卷边，各参数若未配置，则以默认参数生效。测点新建后，可修改测点名称，完善测点类型，设置各项数值的参考值、公差等，通过设备选项，可设置手持式检测枪的曝光、亮度、测点姿态指示是否启用及各项指示参数，具体根据生产现场及标准设置。系统会自动保存设置的参数，如果需要添加多个测量点，重复该步骤即可。

创建和设置检测计划完成后，可以将专业测量软

件中的检测计划下载传递至手持式检测枪，后续可进行检测。

(3) 一致性对比 一致性对比是为了检查人工用手持式间隙面差测量系统与面差尺、间隙尺测量的结果是否一致。通过在同一台白车身相同测量位置分别用测量枪和面差尺、间隙尺测量，对比不同工具的检测结果，要求测量点检测结果差距在 $\pm 0.2\text{mm}$ 以内，若测量结果未在要求之内，则调整测量计划设置的参数，以达最终测量结果满足要求。

4.测量流程

自动导引运输车 (Automated Guided Vehicle, AGV) 通过滑撬承载驾驶室运行至测量工位，AGV将到位信息传递给PLC，RFID读写头读取滑撬载码体中驾驶室车型信息与唯一码，然后将信息传递给PLC，PLC将车型信息及唯一码传递给手持式间隙面差测量系统，手持式测量枪跳转检测界面，人工手持进行检测。测量完所有测点后，测量系统将测量数据与驾驶室唯一码 (标签) 一一绑定，在手持式测量枪 (见图7) 和显示大屏显示 (见图8)。



图7 手持式测量枪检测数据示意

5.系统价值

(1) 质量追溯 通过对白车身车门间隙面差100%的测量，并且将驾驶室信息 (唯一码) 与检测数据一一绑定，若后期出现相应质量问题，可以进行数据质量追溯，找到相应驾驶室的质量数据。

(2) 测量速度快、检测能力强、工位柔性高 测

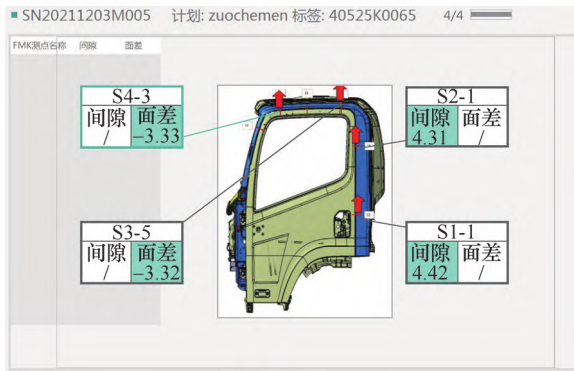


图8 大屏检测数据示意

量速度快，单点测量时间小于0.5s（仅视觉测量时间，不包含人工操作时间）；双传感器设计，可以获取间隙内部形貌，测量精度达 $\pm 0.05\text{mm}$ ；支持多车型、多颜色混线检测，能自动调取对应测量计划，对于新增车型无需额外增加测量硬件，无需重复进行调试；支持左右色差较大的工件、透明件、高反光件等高难度工件检测。

（3）多屏显示，高效协同 一套系统连接多个显示大屏，实时展示不同位置数据测量结果，为不同工位操作员提供参考，用于实时指导操作者安装调整车门。

（4）数据可视，决策智能 数据软件分析平台具有丰富的统计过程控制（Statistical Process Control, SPC）功能，能提供稳定过程能力指数（Capability Indices of Process, CP）/过程性能指数（Performance Indices of Process, PP）、车身制造综合误差指数（Continuous Improvement Indicator, CII）及合格率等统计报表，趋势图、相关性趋势图、直方图等数据分析图表，Excel和PDF等格式报表，可以根据驾驶室信息或报告生成时间来检索，提供数据生成、数据采集到数据分析的一站式服务，指导汽车生产工艺优化。

测量精度的影响因素

1. 光线的影响

测量特征的图像清晰度和测量稳定性的关键因素是光照强度，其直接影响着图像扫描结果，在测量工位硬避免阳光直射，应保持测量工位光照强度在一定范围内。

2. 测量特征的影响

当间隙面差特征组成的两个面为平面或者曲率较小，且基本平行时，测量稳定性较高；当两个面曲率较大、两个面呈一定夹角或与X/Y/Z三个方向都有夹角时，测量稳定性较差，一般在选定测量点时尽量避开此类装置^[2]。例如，选择驾驶室A柱与车门之间的测点，A柱区域弧面较大，测点在此区域的两个法向量皆不与X/Y/Z平行，且两个法向量有较大的夹角，在该区域中不容易获取准确的法向量，因该区域测量稳定性较差，所以一般不选取。

3. 人工测量出现的误差

手持式间隙面差测量枪由人工操作进行测量车门间隙面差，车门与侧围是由平面磁铁进行吸附平整，吸附力有限，测量枪前部附带测量支架，测量支架与车门接触，若人工用力过大，会使车门在Y向产生平移，影响检测结果；另一方面人工检测对于间隙面差无法保证一致性，测量角度与位置会存在一定差异性，对于检测结果会有一定影响。

结语

通过应用手持式间隙面差测量系统，可以实现白车身车门间隙面差100%的测量。通过将驾驶室唯一码与检测数据一一绑定，实现质量追溯功能，具备超高精度、超大视场及检测速度快等特点，可柔性测量，不挑车型，同时多屏显，高效协同，利用数据可视化，推进决策智能，对白车身车门间隙面差的质量监控、质量追溯和问题分析有主要作用。

参考文献：

- [1] 杜坤，吴卫枫，吴茜茜.在线检测技术在白车身焊装生产线的应用[J].汽车制造业，2017（8）：3.
- [2] 吴国辉.车身间隙面差在线测量技术及应用[J].汽车实用技术，2022，47（16）：123-127. **AUTO1950**