

冲压件视觉检测研究和应用

文 | 陈达源、别大勇、李坤义

汽车冲压件是构成汽车外形和内部零件的重要部件，如四门两盖、左右侧围、前后地板等。冲压件表面的精度直接影响整车的外观美观度，是最直接影响消费者观感的部件；同时，这些冲压件在车辆行驶过程中承担着支撑、保护等功能，如果冲压件存在缺陷，可能导致车辆性能下降，影响车辆的结构完整性和安全性，进而影响驾驶操作和乘坐舒适度。因此，对冲压件进行质量检测是十分必要的。一方面，通过零件质检反馈及早发现并纠正生产工艺中的问题，减少不合格品的数量，降低不良品率和返修成本，提高生产效率和经济效益。另一方面，在竞争日益激烈的汽车市场中，提高汽车冲压件质量是提升企业市场竞争力的对策之一，对于企业形象和品牌影响极大，能够增加消费者的信任感和购买意愿，加强企业口碑以及品牌形象。

目前大多冲压件制造基地采用人工目视检测形式，通过打油石、抹油对光、划线计数等手段辅助。但这种传统的方式容易受到员工经验、判断标准、工作状态和环境差异等因素的影响，可能存在误判或漏检的情况，特别是对于细小、隐蔽、不易被察觉的缺陷，容易被人眼忽略或评估不准确。随着冲压件产量的提升，其效率较慢，需要耗费大量的人力、物力和时间，增加成本和生产周期。因此，一些冲压基地开始着手优化质检工作。

随着技术的发展，行业内出现光学测量、三维扫描等技术，可通过扫描获得整个零件的三维信息，运用大数据比对算法进行判定。这些技术能提供高精度的质检结果，能捕捉到人眼难以察觉的问题，准确度高，可降低对人力资源的依赖性。但由于其原始数据是大量的点云数据，需要进行特殊的数据处理。而数据处理过程中需要进行精确的拟合、比对和分析，以获得准确的结果，所以扫描测量的时间较长，价

格往往较为昂贵且对人员要求较高，需具备专业技能的人员操作。这对于小型企业可能存在阻碍，需要仔细考虑投资回报与成本效益。

除了光学测量，机器视觉和人工智能在冲压件质检的应用也逐渐增多。机器视觉是一项涉及硬件、软件、技术等多个领域的交叉技术，利用相机、光源、图像处理算法等技术，对目标物体进行图像采集、处理和分析，从而实现智能识别、检测、分类等功能的一种技术。人工智能则是利用计算机模拟人类智能的一种技术，包括机器学习、神经网络、数据挖掘等技术，通过给机器程序力，从而实现图像处理、缺陷识别、优化处理等人类智能的表现形式。在冲压件质检中，机器视觉和人工智能可以通过图像采集、灰度处理、形状识别等技术，对冲压件的尺寸、外观质量等进行检测。国内外也有不少图像分析处理软件，例如 VisionMasster、SGvision、Banner Vision Inspector 等。工作方式往往是先采用规则和特征分别进行分类和判定，后结合深度学习等技术进行图像的识别、检测和分类，这具有效率高、处理速度快等优点。但视觉检测耗费较多资源进行图像处理和计算，这需要高性能的硬件设备，以及高额的算法开发调试成本，也就决定了视觉质检系统的价格不菲，为缩短投资回收期，大部分冲压基地会选择在线检测，即在冲压线尾进行实时的检测，直接削减线尾质检人员。在线质检尚存在一些问题，一方面模型需投入大量的训练数据集进行训练，另一方面冲压件的大小形状复杂，且随皮带运动，这对图像获取带来不小的挑战。

相较于人工质检效率低，在线质检成本高的状况，笔者提出一个适合抽检使用的成本较低的冲压件离线自动数孔系统，旨在提高冲压件孔数量检测的工作效率，降低抽检人员劳动强度，提升冲压车间自动化水平。



图 1 冲压件离线自动数孔工作站

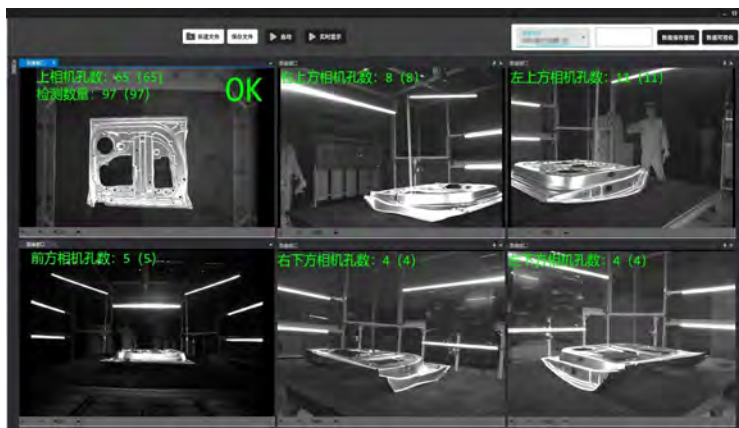


图 2 检测结果展示

视觉检测易受到光照、角度和距离等外界环境因素的影响，如果环境光线不佳，或者物体的角度或距离与视觉系统预期的不同，可能会导致检测结果出现较大误差。因此，为保证获取较佳的图像效果，离线自动数孔系统需搭建一个工作站，如图 1 所示。工作站由多个高像素的 CMOS 千兆以太网工业面阵相机、定焦光学镜头、条形光源、光源控制器、图像采集分析软件、显示大屏、工作台及工控机等部分组成。由于冲压件尺寸大、曲面多，为了视觉能够全覆盖零件范围，本系统使用多个相机组，分别位于工作台的上方、前方、左下方、左上方、右上方、右下方。环境光对图像影响较大，为获取更好的图像呈现效果，需对零件均匀打光，检测系统采用多组带散热风扇的高亮条形光源，分别与水平约成 30° 和 60° 为零件打光。

该系统当前可实现自动数孔功能，解决抽检人员的工作瓶颈，检测工作可分为两部分：零件建模和上件检测。

零件建模的流程如下：（1）图像获取。选择所需连接的相机，使用前可调整曝光、帧率等相机参数，便于在较优环境下进行建模工作。

（2）引导定位。选取零件具有特征的位置作为定位点。设置查找分数、金字塔层数、贪婪度等参数，其中查找分数越高，要求查找到模板的匹配程度越高，可一定程度上消化上件位置偏差。

（3）孔位标记。选取多相识别模板匹配工具对孔位进行标定并设置及格分数。

（4）定义正确孔数。系统将各个相机检测到的孔数汇总，并与正确的孔数进行对比，输出结果，如图 2 所示。同时自动生成记录并保存检测图片。

上件检测的工作常由质检人员完成，只需把待测零件按照提示放置于工作台上，按下“启动”按钮，就可在大屏幕上获取检测结果。

该系统支持一定日期区段内全部检测信息可追溯，对有缺陷的图片实时保存，能够按照时间、零件号等信息进行结果筛选统计，生成报表及时反馈生产最近批次的质量状况，以便管理人员把握模具设备状态，及时采取相应的措施来避免或消除潜在的质量问题。

冲压零件离线自动数孔系统可有效提高数孔效率，降低质检人员的劳动强度，但同时也存在着一些“硬伤”。其中一方面是由于冲压件型面复杂，某些角度会导致冲孔被遮挡，相机无法抓取正确的图片，进而导致系统出现误报的现象，故对操作人员上件精度有一定的要求。目前，对于该问题的有效对策是设置定位框，要求操作人员把零件放在框内，在工作台前方放置一面显示屏，辅助操作人员放件。另一方面是目前系统需要人工标定孔位，该部分工作量较大，后续继续研究开发算法进行自动识别标定，减少建模工作量。在现有的设备基础上，迁移至在线的质检，通过机器人上下件保证精度，同时优化算法以应用于零部件的缺陷分类和识别，进一步提高线尾质检效率和智能化水平，这是未来的研究方向。MFC