

# 在线测量技术和闭环反馈加工补偿在自动化生产中的应用

文 | 海克斯康测量技术（青岛）有限公司 李建磊 黄灿

“中国制造 2025”将智能制造作为主攻方向，全力推进制造过程智能化。为了推进和实现“中国制造 2025”的阶段性目标，柔性数控机床、工业机器人、数字化控制和在线检测等技术手段将越来越多的应用到自动化生产过程中。质量是制造业生命线，同时也是实现《中国制造 2025》制造强国的关键内核。在智能化的工厂中，作为质量要素关键——测量环节，同样也需要适应新的变革，需要通过集成新检测技术、新检测产品以及新检测模式来适应不断发展的检测需求。

## 一、传统测量的局限性

传统的制造业中，作为测量手段的手动量具（如千分尺、百分表、游标卡尺和深度尺等）、计量室的三坐标测量设备仍处于由单一的检测仪器和设备构成的离线检测单元阶段，它普遍具有检测周转效率低、人力成本高和离线检测结果反馈不及时等缺点，已无法适应以数字化、网络化和智能化为技术核心的新型制造业。同时也无法满足智能生产中在线、高效和实时进行检测数据反馈或加工补偿的高端检测需求。

## 二、在线测量技术的应用

### 1、在线测量技术的应用需求

随着“中国制造 2025”的深入发展，自动化、数字化和智能化生产线成为中国制造的新常态，高效、柔性化和智能化的制造业对测量技术提出了更高的要求，并促进了测量技术的发展和变革。在线测量技术集成新的检测技术和产品，通过集成在线的形式与自动化、智能化生产线高度融合，满足高效、柔性和智能化的检测需求。

### 2、在线检测技术的主要类型

#### （1）在机测量方案

在机测量就是以机床硬件为载体，附以硬件（在机测头、对刀仪等）、软件（在机测头程序、3D 测量软件等）的测量工具，实现在工件加工过程中实时在机床上进行几何特征测量。机测头如图 1 所示，其能够替代人工，实现自动工件找正，通过简单测量解决由于工装夹具重复定位精度或工件毛坯差异带来的工件精度差异，并可以实现不拆卸工件直接在机进行关键尺寸的 3D 测量，解决重复装夹的精度损失。通过在机测量方案的使用掌控加工过程，提升产品

品质,减少了加工辅助工时,降低了成本,提高了效率,加强加工过程控制,提高产品质量一致性。

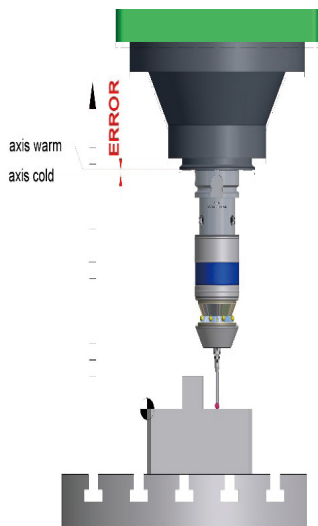


图1 机测头

### (2) 在线专机测量方案

在线专机检测方案,顾名思义是集成在线的针对特定产品和特定工序的专属检测设备。在线专机测量方案可以与自动化和智能化生产线高度集成,检测方法可根据检测特征进行方案定制。专机测量方案的特点就是检测节拍快,检测效率高,专机解决方案比较适合对检测节拍要求高、大批量工业化生产情况。但专机测量方案,对多品种、小批量的柔性生产模式不兼容,具有工件换产周期长和成本高的缺点,手机玻璃检测专机如图2所示。



图2 手机玻璃检测专机

### (3) 在线三坐标测量方案

在线三坐标测量方案是将标准三坐标测量设备集成到自动化生产线中,实现工件的自动化检测。三坐标测量设备本身具有测量精度高、测量功能兼容性高等优点,但同时也有对使用环境要求比较高的缺点。因此通过配置恒温机罩或增加减振选项的方式将三坐标测量机集成到自动化生产线中,解决了设备检测精度、设备兼容性检测以及设备使用环境等问题,并满足了在线自动化检测的需要,在线三坐标测量方案如图3所示。

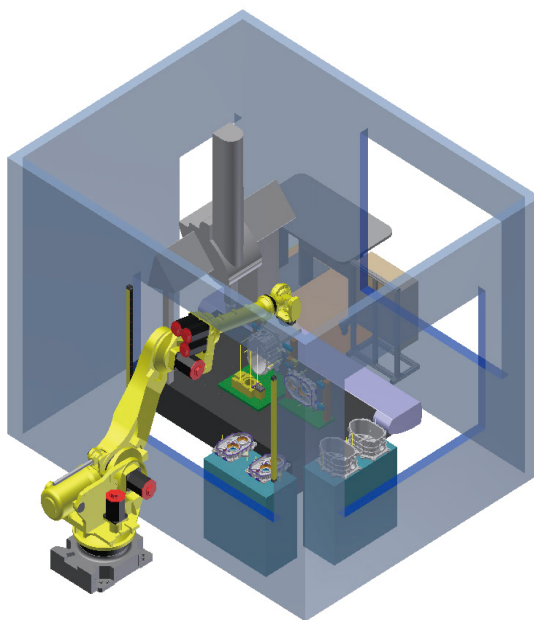


图3 在线三坐标测量方案

## 三、在线闭环反馈加工补偿方案

随着制造业的高速发展,对数控机床加工精度要求日益提高。为了弥补加工机床的不精确性,在线自动化检测方案通过在机对刀仪、智能刀补方案,对机床的刀具磨损、热形变和机器漂移等因素引起的综合误差进行有效补偿。

### 1、在机测量方案

在机测量方案中可通过对刀仪在机床上测量刀具长度、刀具直径等参数,并自动将测量结果反馈补偿到机床控制系统,从而对刀具磨损进行实时补偿,有效提高工件加工精度,对刀仪如图4所示。



图 4 对刀仪

## 2、智能刀补方案

智能刀补方案通过专业的统计分析和刀补软件,自动统计分析计算工件和刀具的尺寸及形位公差数值曲线,通过调整计算刀具参数,并将刀补参数直接反馈补偿到机床控制系统,对由于刀具磨损、热形变和机器漂移等引起的综合误差进行有效补偿,以保证持续高质量的零件加工,智能刀补方案如图 5 所示。例如,孔直径: 21.710mm; 工件公差:  $\pm 0.025\text{mm}$ ; 干预边界:  $\pm 0.015\text{mm}$ , 超过干预边界,系统计算刀具校正并将数据上传到机床控制器上,智能刀补方案刀补数据处理示意图如图 6 所示。



图 5 智能刀补方案

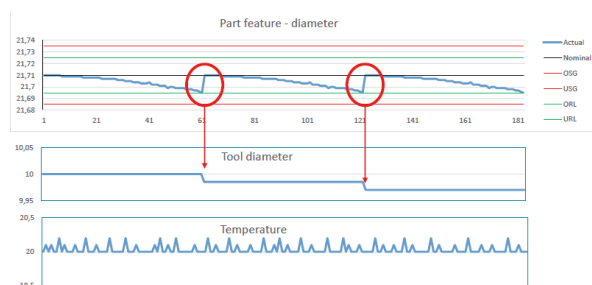


图 6 刀补数据处理示意图

## 四、结论

在线测量技术在自动化、智能制造生产中的应用,可以减少生产中间环节、缩短生产辅助时间、减轻操作人员劳动强度以及提高生产效率,并可以根据不同检测需求选择高节拍的专机检测方案或柔性在线三坐标测量方案。海克斯康制造智能的在线闭环反馈加工补偿方案的应用,可以通过在机对刀仪、智能刀补方案对机床的刀具磨损、热形变和机器漂移等因素引起的综合误差进行有效补偿,方案可改进工具利用率、减少机器停机时间、提高零件质量和加工效率,以及确保零件加工质量的连续性;在线闭环反馈加工补偿方案安全地监控自动制造监控和反馈回路的相关生产参数,并在整个生产过程中提供可追溯性,且方案具有反馈和调整加工过程的能力,可通过质量数据的回馈影响和优化生产流程;海克斯康制造智能的在线闭环反馈加工补偿方案的闭环反馈技术的应用成为全球首例智能闭环技术的践行者,并成为“中国制造 2025”在线检测技术发展的引领者。