

制造自动化技术在柔性生产线上的应用

■ 东风汽车有限公司设备制造厂（湖北十堰 442022） 殷安文

■ 湖北汽车工业学院（十堰 442002） 陈君宝

摘要：制造自动化技术是未来先进制造技术的发展方向之一，在汽车柔性加工生产线上运用在线检测和加工自动补偿，物流自动控制，机床加工状态自动识别、判断和及时跟踪，刀具状况检测等制造自动化技术，可以大大增强柔性生产线的柔性化程度和提高生产线的制造自动化程度，提高产品质量和生产效率，为企业生产的产品快速推向市场提供保障。



机床技术开发部高级工程师 殷安文

汽车工业的快速发展使机床行业呈现出良好的发展势头，同时也对机床产品提出了更高的要求。随着数控技术的迅速发展和计算机集成系统的不断成熟，制造自动化技术在柔性生产线上将会得到越来越广泛的应用。

制造自动化技术，狭义上是指用机器（包括计算机）代替人的体力劳动或脑力劳动；其广义上是指制造过程的所有环节采用自动化技术，实现制造全过程的自动化，即对制造过程进行规划、动作、管理、组织、控制与协调优化，以使产品制造过程实现高

效、优质、低耗、及时和洁净的目标。以下结合我厂近年来多条柔性生产线的研制情况，从数控加工的角度来归纳、总结制造自动化技术在汽车柔性生产线上的应用。

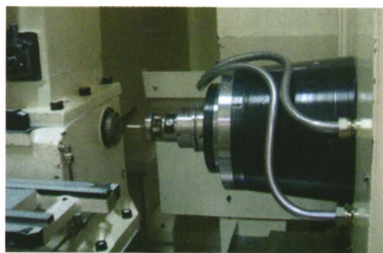
1. 在线检测自动补偿技术

（1）Z向尺寸的在线检测、自动实时补偿加工。神龙公司缸体线配有东风设备厂25台加工中心 and 若干台专机，这些设备用于粗精铣，粗精镗、钻、扩、铰孔及攻螺纹等工序。该线中OP60工位精铣止推面尺寸精度为 (46.45 ± 0.05) mm，OP180工位精铣凸台面，尺寸精度为 (230 ± 0.05) mm，由于这些尺寸在缸体零件中属于关键尺寸，需计算CPK值（ ≥ 1.1 ），加工过程中靠机床的Z轴进给来保证。

工件加工过程中，由于受环境温度和主轴热变形的影响，尺寸 (46.45 ± 0.05) mm和 (230 ± 0.05) mm一直都不太稳定，且存在无规律变化，CPK值一直无法通过。在常规加工工艺

无法解决的情况下，尝试在OP60工位和OP180工位增加雷尼绍测头，在线测量夹具的实际位置，通过光电发生器将测量的数据反馈给CNC系统，以此来实现刀具的自动补偿加工，如图1所示。

配备雷尼绍测头后，Z方向的尺寸是通过实测后的实时数值来保证，消除了Z轴伸缩对加工的影响，加工出的零件尺寸精度一直都很稳定，CPK值也比较好，提高了零件的加工质量。



NO.	外形(H)	磨损(H)	外形
057	0.000	0.000	0.
058	189.470	-0.000	0.
059	0.000	0.000	0.
060	0.000	0.000	0.
061	0.000	0.000	0.
062	0.000	0.000	0.
063	0.000	0.000	0.
064	0.000	0.000	0.
实际位置（相对坐标）			
X	-379.596		Y
Z	-543.969		B

图1 雷尼绍测头在线检测Z向尺寸

(2) 在线检测槽宽尺寸, 自动实时补偿加工 (见图2)。长安汽车发动机厂缸体、缸盖线配有东风设备厂28台加工中心和若干台专机, 这些设备用于粗精铣、粗精镗、钻、扩、铰孔及攻螺纹等工序。该线中OP270工位, 精铣缸体瓦盖槽结合面, 宽度尺寸 $100^{+0.02}_{-0.02}$ mm, 加工过程中存在刀具磨损, 尺寸 $100^{+0.02}_{-0.02}$ mm很难保证。加工过程中, 采用雷尼绍测头在线检测缸体瓦盖槽开挡实际尺寸, 根据所检测的尺寸, 加工程序进行自动实时补偿加工, 从而消除刀具尺寸的影响。

(3) 在线检测孔中心坐标, 自动补偿加工。东风汽车发动机厂DCI11缸体、缸盖线配有东风设备厂25台加工中心和若干台专机, 这些设备用于粗精铣、粗精镗、钻、扩、铰孔及攻螺纹等工序。缸体线中R2工位, 扩RV15孔和攻螺纹, 底孔由前序专机加工 (其他加工基准的需要)。缸盖线中R1工位, 扩FV1孔和铰孔, RV15和FV1底孔都由前序专机加工 (其他加工基准的需要)。

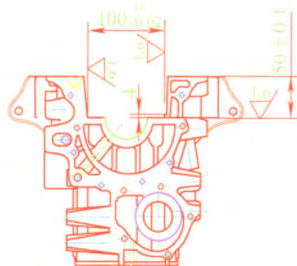
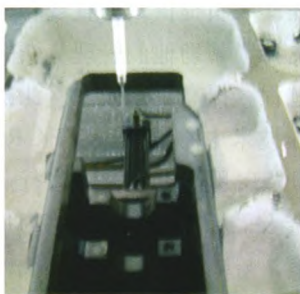


图2 雷尼绍测头在线检测槽宽尺寸

为了确保其加工时与原位置保持一致, 采用雷尼绍测头在线检测RV15和FV1孔的实际位置, 加工时再以所检位置为基准实时加工RV15和FV1孔。

(4) 在线测量刀具长度、直径 (见图3)。东风铸锻厂配有东风设备厂两台立式加工中心, 用于加工汽车零件产品。为了提高产品的加工质量和加工效率, 机床内配备了美德龙接触式对刀仪, 实现刀具的在线测量 (刀长和刀具半径) 和刀具破损检测, 从而消除刀具和主轴热变形等因素的影响。



图3 在线测量刀具长度和直径

2. 零件自动输送控制技术

(1) 不带上料机械手的物流控制。东风汽车发动机厂DCI11和4H缸体、缸盖线采用了目前我厂最为先进的物流输送技术, 零件从上料、各工位间传输到下料, 都由物流系统统一控制, 减少了人力, 降低了劳动强度, 缩短了加工时间。

为了精确控制线内物流, 机床控制面板上有联机、单机和排空三种状态, 程序在执行时有空运转“入”和“切”两种状态。两工位自动滚道间都设有下料位、中间位和上料位三个零件存放位。零件在输送和加工过程中会显现出不同的状况, 如机床当前是单机、联机还是排空, 机床内是否有零件, 零件是否已加工

完毕, 上料位和下料位是否有零件等。除了数控系统和物流控制系统必须具备各种控制功能外, 零件的数控加工程序也要能对各种情况作较强处理。

(2) 带上、下料机械手的物流控制。DCI11缸盖线R2工位加工高压限位孔, 受零件结构和加工方法的限制, 加工中心需配备X、Y、Z、A和B五个轴, 因而零件在输送时需借助上、下料机械手才能完成。零件输送时, 除需具有不带机械手的物流控制外, 还需增加机械手的控制, 如机械手内是否有零件, 机械手当前是处在上料位还是下料位、是去执行上料动作还是下料动作等。对于不同的情况, 除了数控系统、物流控制系统需具备各种控制功能外, 零件的数控加工程序也要能对各种情况作较强处理。

3. 自动识别、判断、跟踪技术

(1) 自动识别B轴是否处在正确的加工位。零件在加工过程, 受一些不可预知因素的影响, 如机床报警、突然断电等, 零件加工中断。消除故障 (机床重启后都需重新回到机床零位), 接着进行零件加工, 此时加工程序需能识别出当前刀具加工零件时B轴的转位情况, 以确保零件加工部位的正确。

(2) 自动判断机床所处的状态。现场加工中, 机床所处的状态有联机、单机、排空和正常加工、空运转。是否需要攻螺纹, 攻螺纹到哪个孔位, 机床内是否有料, 零件是否完成或加工到哪个工步, 这些都可以在加工程序中编制相应的程序代码中进行自

动判断，从而决定机床如何运行。

(3) 自动跟踪零件加工工步号。零件加工中断，机床复位或重启，再进行后续加工，这些都无需人为干预，加工程序自动跟踪零件加工工步，完成余下工步的加工。

4. 自动防撞技术

(1) 刀具长度自动比较。刀具长度和半径补偿功能是加工中心所具备的一项最基本功能，它能很好地解决由于不同刀具长度及半径对零件加工带来的影响。刀具长度、半径数值的丢失（系统或人为）和人为输入错误都可能导致撞机。在加工程序中增加刀具长度自动比较功能，就能解决由于刀具数据错误带来的撞机风险。

(2) 小直径刀具破损自动检测。小直径刀具在加工过程中易折断，如不进行实时检测，会对后续刀具加工造成影响，导致撞机。零件加工中增加小直径刀具破损自动检测，可以避免这一风险。此操作通常是通过在加工程序中执行M信号来完成。

(3) 大直径刀具主轴有无刀自动判断。目前，大直径的刀具在我厂设计制造的生产线中无法进行刀具破损检测，但对于主轴上是否有刀，可以通过在主轴刀具夹紧时的信号来判断，从而避免上一道工序未加工就进行下道工序的加工。

5. 结语

数控机床正朝着高速度、高精度、多功能化、智能化（自适应控制技术）及可靠性最大化等

方向快速发展，我厂的柔性加工生产线在用户要求不断提升的推动下，应用了诸多先进的数控技术，使其制造自动化程度得到了逐年提升。

在柔性加工生产线上的数控加工程序中增加了在线检测、物流自动控制、机床状态自动识别、自动判断和及时跟踪、刀具状况检测等功能，大大增强了柔性加工生产线的安全性，提高了零件加工时自动化程度和零件加工精度。制造自动化技术是未来先进制造技术的发展方向之一，利用与数控相关的软、硬件及网络环境、机器人等，实现工厂自动化，可以大大提高企业的制造能力和竞争能力，为企业的生产产品快速推向市场提供保障。MW

（收稿日期：20151109）

山崎马扎克大连技术中心成功举办技术开放日活动



2015年10月16日，山崎马扎克大连技术中心技术开放日活动成功举办，来自各行业100余名用户代表莅临参加。当日，用户们在大连技术中心参观了马扎克最新锐机床的加工演示，探讨高效加工解决方案；深入到山崎马扎克机床（辽宁）有限公司内，观摩智能化工厂生产、制造全过程，了解全球统一品质制造体系；聆听技术讲座，对全球最先进的加工解决方案深入了解，完成了一次智能制造与技术创新的体验之旅。

在大连技术中心展厅内，陈列着马扎克最新锐的机床及数控系统，包括五轴联动加工机、车铣复合加工机、数控车床、立式加工中心、卧式加工中心及第七代数控系统MAZATROL SmoothX操作器等，以及各行业核心功能部件成品。

大连技术中心还展出了一台搭载第七代数控系统MAZATROL SmoothX的车铣复合加工机INTEGREX i-100S，供用户操作体验，以感受Smooth技术带来的顺畅加工。INTEGREX i-100S融入了马扎克“DONE IN ONE”（一次装夹完成全部加工）理念，可以高精度、高效率地应对复杂零件加工，所搭载的MAZATROL SmoothX系统还可以为操作人员提供最为直观和全面的支持，帮助他们管理复杂的加工过程，提高生产效率。此次，大连技术中心通过INTEGREX i-100S向用户展现了医疗行业钛合金人工骨骼类精密零件的加工方案，与MATRIX系统相比，加工效率最大可提升30%。