从行业需求看数控加工技术的发展

沈阳机床股份有限公司 （辽宁 110142） 乔保中 郭智春

编者按：首次采用OEM方案的沈阳机床集团，走出了改变全链条生产模式，转向精加工和集成为主的新型制造模式升级道路。作为国内机床行业的领军企业，沈阳机床集团拥有大量的行业信息和产业信息，本刊记者特约请沈阳机床集团设计研究院的乔保中，站在机床设备提供商的角度审视先进数控加工技术的发展，介绍了高速加工技术、复合加工技术在飞机制造、汽车制造行业中的应用。

航空工业和汽车工业是机床行业的重要客户，其中汽车制造业消耗近40%的机械加工设备，而航空工业则是技术密集型的代表，新技术、新工艺往往发源于此。这两个行业的加工需求一定程度反映了加工技术的发展方向。

高速加工在航空工业的应用

飞机机身结构件是飞机制造中需要机械加工的两类零件之一，其典型零件有梁、肋、肋板、框及壁板等，特点是薄壁、形状复杂。随着航空技术的发展，为了有效降低飞机整机重量，减少零件数量，提高零件强度和工作可靠性，大型整体结构件越来越多，零件轮廓尺寸增大，形状更加复杂。此种零件在毛坯上直接加工形成，材料去除率大，达到90%甚至更高；而且零件壁薄，存在大量薄壁深腔结构，形状复杂，刚性差，容易产生加工变形。因此小变形要求和大的材料去除率存在矛盾，高速加工技术便是解决此矛盾的有效手段。

高速加工起源于德国切削物理学家萨洛蒙的超高速切削理论，萨洛蒙指出：在常规的切削速度范围内，切削温度随着切削速度的增大而提高，对于每一种工件材料，存在一个速度范围，在这个范围的终点，由于切削温度太高，任何刀具都无法承受，切削加工不可能进行。但是，切削速度进一步提高，超过这个速度范围后，切削温度反而降低，同时切削力也会大幅度下降。

高速加工采用小切宽、小切深、多次快速走刀来提高效率，与常规切削相比，高速切削具有明显优点：加工时间减少60%～80%，进给速度提高5～10倍，材料去除率提高3～5倍，刀具寿命提高70%，切削力减少约30%，表面加工质量高，表面粗糙度值R_{amax}=8～10μm，工件温升低，热变形、热膨胀减小，适宜加工细长、复杂薄壁零件等。以上优势使得高速加工率先在飞机制造中采用，并成为飞机机加技术的一种趋势。

一些机床制造商专门开发了针对飞机结构件高速加工的产品，比如：FOREST LINE的TH&HS系列，兹默曼的FZ系列等，有的设备材料去除率可以达到7 000cm^3/min。图1是兹默曼公司是专门用于对铝件和复合材料进行五面完全加工以及对钢件进行五轴联动的高效精加工数控龙门铣床，该机床最大加工长度为4 000mm，配置VH2主轴最高转速可达30 000r/min，进给速度可达50m/min，直线加速度2.5~3.5m/s^2。该机床在航空工业和汽车工业已有应用。

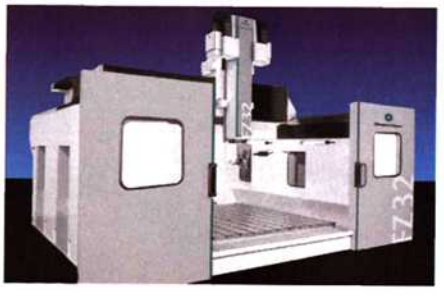

图1 兹默曼公司数控龙门铣床——FZ32

高速加工在汽车工业的应用

近年来，随着汽车工业的发展，产品更新换代加速，汽车零部件加工柔性要求提高，应用高速加工技术的高速柔性生产线，兼顾高效率和高柔性，在汽车生产中应用日渐广泛。高速加工中心、高速磨削等得到普遍应用，主轴转速可达24 000r/min，进给速度可以达到76.2m/min。

当然，高速加工技术不是简单的提高主轴转速、提高进给速度，它对刀具材料、刀具夹持系统、切削工艺（切削参数选择、加工编程等）、冷却润滑、机床性能都提出了更高的要求，文中不一一赘述。

复合加工技术的应用

对于飞机工业中的大型零件加工，飞机、汽车复杂零件加工，复合加工技术的优势凸显。其主要优点在于：提高工序集中度，减少工件因为上下料时间和工件在不同机床工序间的转运时间，因此可以提高生产效率，缩短生产周期；通过工序集中，减少零件多次装夹定位的误差，提高了加工精度。

复合加工追求在一次装夹下完成零件的全部加工，包括两方面内容：工序复合和工艺复合。工序复合指将零件加工的工序集中，使用尽量少的设备完成加工，减少零件多次定位装夹造成的误差；工艺复合是指将不同的工艺手段集中，在一台机床上实现多种工艺，不仅有车、钻、镗、铣、磨等切削工艺的复合，也有切削工艺与激光、超声波等特种加工工艺的复合。

对于大型复合加工中心，除了配置自动刀库之外，往往配置几种可自动更换附件头，目的是使用不同附件头实现不同面的加工，如前文所提到的兹默曼的FZ32，配置两轴摆头，可以实现五面加工和复杂型面的加工，工序的复合减少了大型工件反复装夹、搬运，在一台设备上实现工件的完全加工，保证了制造精度，降低了加工成本。

小型车铣/铣车复合加工中心、车磨复合加工机则更多的体现了工艺的复合，在一台机床上可以实现车、铣、钻、镗、磨、攻螺纹等多种加工。如图2所示为EMAG的VSC系列产品，配置铣削轴、动力刀具，可以实现车、钻、镗、铣等加工，用于齿轮、刹车盘等盘类件的加工。

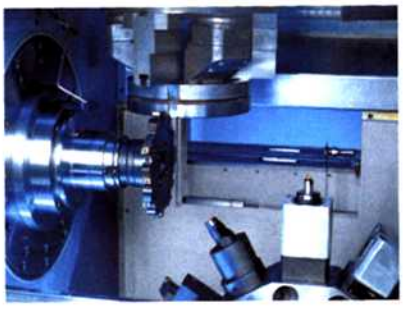

图2 EMAG DS系列产品

同样，复合加工不是机床功能的简单堆砌，需要针对某一类具有相同或相近工艺特点的零件，以形定功能，功能的设置根据工艺要求配置，使机床具有适用性，避免过多的冗余功能。

结语

本文仅从机床设备的角度对数控加工技术的发展进行了简要分析，从航空制造业、汽车工业的设备需求可以看出，高速高效加工、复合加工代表着数控加工技术的发展方向。高速加工将随着刀具材料、切削工艺等配套技术的发展而进一步完善，复合加工技术也将更加成熟。**MW**

（收稿日期：20101217）

（上接第3页）

像武汉重型机床集团有限公司装备数控化率达到95%的企业国内并不多，加上我国的中高端数控机床产业的自给率严重偏低，进口数控机床价格昂贵，企业操作者以青工为主，导致企业数控化率偏低，数控加工技术水平参差不齐，先进数控加工技术产业化率比我们乐观估测的要低一些。因此，先进的数控加工技术在我国的产业化还有一段路要走，有曲折、有矛盾。

另外，先进数控加工技术的产业化还需企业共同推动，不能为面前的小利而停止技改，更不能为追求薄利降低成本竞价厮杀，那只会导致技术进步缓慢，产品质量低劣，企业品牌价值降低，以至有很多眼光长远的一线工程师提出必须发起一场质量运动来改变企业领导的质量意识了。我们不能再在压缩成本和低价竞争上做文章了，应该放眼整个产业链，优化整合资源，提升研发创新能力，优化管理流程，用最快的物流、最好的服务、先进的加工技术、敏捷的市场反应能力来换取研发的短周期、高产出。为此，我们呼唤先进数控加工技术产业化的尽早实现，在我国开出亮丽之花。**MW**

（收稿日期：20101122）