

高效五轴加工技术与机床

■ 东台精机股份有限公司（台湾高雄 82151） 周孙良

摘要：本文对五轴机床的倾斜面加工机能及东台集团五轴加工机布局进行了阐述，着重介绍了立式天车摇篮式五轴加工机GT系列、卧式摇篮式五轴加工机HTT系列和卧式混和式五轴加工机HTH系列的特点。

五轴加工相较于传统三轴加工价格昂贵许多，但其具有高精度与高效率的特性，已被大量应用于航天、医疗等产业，而汽车、模具等行业也正逐步导入相关的加工制程。五轴加工可以分成“3+2”轴定位加工和五轴联动加工两种。“3+2”轴定位加工，是利用工作台旋转或刀具头做特殊角度定位后，再进行二轴或三轴的加工，如此便可在一次夹持下，翻转多角度进行孔穴加工，此作法可避免因更换夹具产生的误差。五轴联动加工，即是5个移动轴根据程序指令同时运动，一般用来加工高复杂曲面、深穴模具及倒勾区域等。

五轴加工机一般指的是在一台机床上有5个伺服移动轴，常见

的机构配置是3个直线移动轴和2个旋转移轴。根据直线轴与旋转轴的配置，大致上可分成三种构型：①2个旋转移轴在工作台上的摇篮式五轴加工机。②2个旋转移轴在主轴上的摆头式五轴加工机。③2个旋转移轴各自在工作台与主轴上的混合式五轴加工机。3种五轴加工机构类型如图1所示。

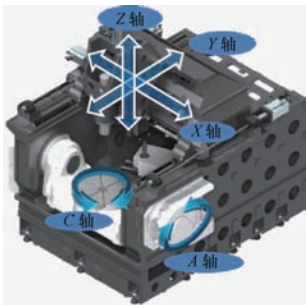
对摇篮式五轴加工机而言，其刀具轴与机器结合的堆栈较少，因此刀具轴的切削刚性较好，适合重切削。但是其旋转轴都在工作台上，不适合架设较大的工件，以免影响到工作台的旋转精度。对摆头式五轴加工机而言，其工作台与机器本身的结合较为扎实，所以适合较大型工件

的加工，但是其旋转轴皆在刀具轴上，故不适合传统的重切削加工。混合式五轴加工机的加工特点介于摇篮式五轴加工机与摆头式五轴加工机之间。

1. 倾斜面加工机能

对于“3+2”轴定位加工部分，常见的商用控制器都有相对应的“倾斜面加工机能”指令，如表1所示。

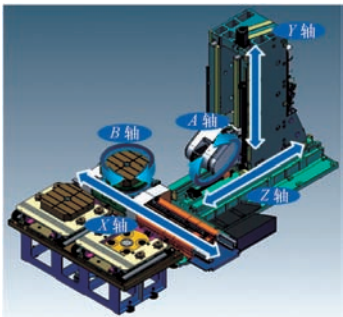
使用“倾斜面加工机能”的好处是简化了加工程序的编写，特别是在摆头式五轴加工机上。传统的“3+2”轴定位加工方式，在不同角度的加工区域都会手动设定不同的工件坐标系来使用，再依据此工件坐标系的原点位置与机床的轴向方向来编辑加工程序。以图2为例，采用摆头



(a) 摇篮式五轴加工机



(b) 摆头式五轴加工机



(c) 混合式五轴加工机

图1 五轴加工机构类型

表1 常见控制器的倾斜面加工机能

控制器	FANUC	Mitsubishi
指令	G68.2 / G53.1	G68.2 / G53.1
图示		
控制器	Siemens	Heidenhain
指令	CYCLE800	Cycle19 / PLANE
图示		

式五轴加工机加工G55平面时，X方向会变成进退刀的方向，而平面铣削就变成Y、Z方向，与一般认知的Z方向是刀轴方向有所不同。

通过“倾斜面加工机能”，编写不同角度的程序可以用一般三轴加工的方法来编写。以图3为例，经过G68.2坐标偏移后，Z

方向与平面垂直，而平面铣削用X、Y方向来写，与三轴加工时的方法概念一致，这样编写程序时就可以减少出错的机率。

当加工复杂的平面角度时，一般人无法快速计算出坐标旋转的顺序与角度，因此都是通过软件设定，并搭配后处理器来输出倾斜面加工的程序。以NX软件为

例（见图4），除了起始的基准坐标系之外，也要设定旋转后的坐标系，才能利用后处理输出正确的倾斜面加工程序指令。

使用倾斜面加工指令和使用传统坐标设定方式的比较如表2所示。

2. 五轴加工机布局

我公司深耕五轴加工技术已久，从立式龙门摇篮式五轴加工机MDV系列开始，逐步发展出立式天车摇篮式五轴加工机GT系列、卧式摇篮式五轴加工机HTT系列和卧式混和式五轴加工机HTH系列，期间与亚太地区、欧洲及日本等地进行了技术交流，使五轴加工机的开发更符合产业的需求。

（1）GT系列。GT系列为立式天车摇篮式五轴加工机，如图5所示。用于载重的工作台与三线性轴分离，三线性轴的高稳定性使加工性能不受工件大小、重量变化的影响。

X轴与Z轴间以最短力流设计，达到结构轻量化，并提升切削刚性，减少切削时的受力变形量。主轴结构悬伸量小，避免悬垂变形，提供较高的切削刚性。如图6所示，三轴向滑台的驱动中心合力置于重心位置，可减少加速、减速时的惯性偏位问题，大

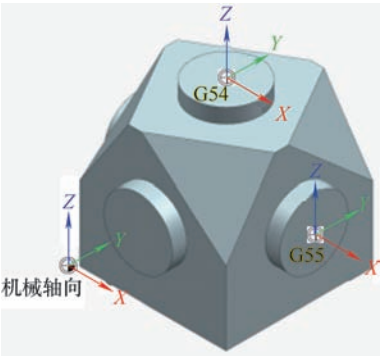


图2 传统“3+2”轴定位加工的工件坐标设定

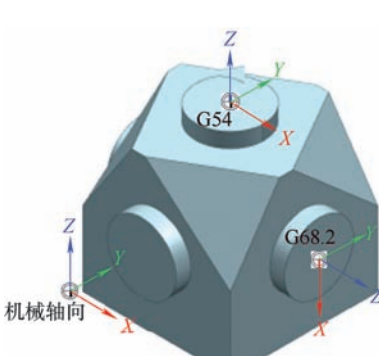


图3 倾斜面加工机能的工件坐标设定

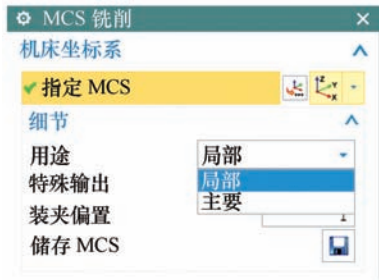


图4 NX软件设定坐标系的窗口

表2 使用倾斜面加工指令的优劣

	倾斜面加工指令	传统坐标设定方式
优点	(1) 程序方向同三轴概念 (2) 只需设定一组基准工件坐标系，减少其他平面的工件坐标设定，降低操作出错机率 (3) 减少工件上架设时间 (4) 对于加工精度有相对关系的区域，可以直观地使用	(1) 不需额外购买控制器机能 (2) 每个区域有各自的工件坐标系，不相互干涉
缺点	(1) 坐标转换需透过软件运算，不方便操作人员自行检查 (2) 软件与后处理的技术观念要求较高 (3) 需要额外购买控制器机能	(1) 只有加工完成实体工件，才能设定较准的工件坐标 (2) 工件坐标设定繁杂，需要较多的事前准备时间 (3) 加工程序撰写要依托机械轴向，需要注意方向性

幅提高加工表面质量；Y轴上移动件重心落在滑块支撑范围内，有效抵抗主轴侧的偏荷重问题。

高动态刚性结构搭配高响应工作台，使得GT系列可轻易完成铣削、钻孔、攻牙、“3+2”轴定位加工及五轴联动加工等复杂且困难的加工任务。GT系列加工油井钻头如图7所示。

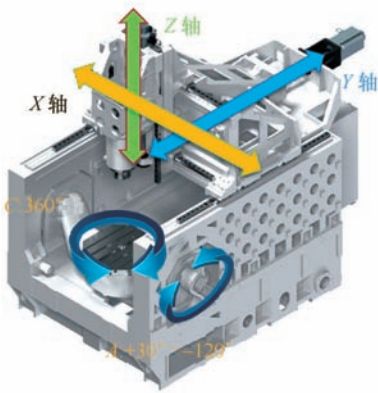


图5 GT系列线性轴与旋转轴的搭载

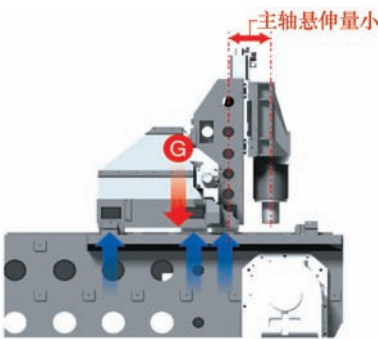


图6 GT系列结构重心配置



图7 油井钻头加工

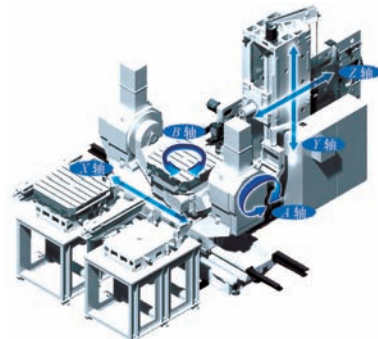


图8 HTT系列线性轴与旋转轴的搭载



图 9

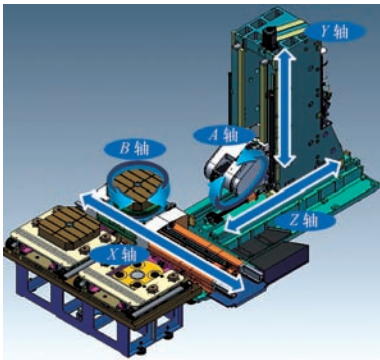


图10 HTH系列线性轴与旋转轴的搭载

系列可应用于航天领域引擎零件的加工（见图9）。

(3) HTH系列（见图10）。HTH系列为卧式混和式五轴加工机，其立柱同HTT系列，也采用双层壁与对称性结构设计。主轴使用摇摆式主轴，减少工件尺寸加工限制，并减少机床空间浪费。针对难切削材料，搭载齿轮式高扭力主轴，提升加工效率。

(4) 亚太菁英G系列（见图11）。亚太菁英针对汽车产业模具、检具快速成形的需求，提供了两种解决方案：GM系列与G系列。G系列采用整体式U形床身结构（见图12），拥有最短力流结构刚性与最小的占地面积，为寸土寸金的厂房提供最高水平的单位面积生产效率。GM系列与G系列的架构皆为工作台固定，三轴高架移动的天车式结构，机床性能不受模具、工件的大小、重量

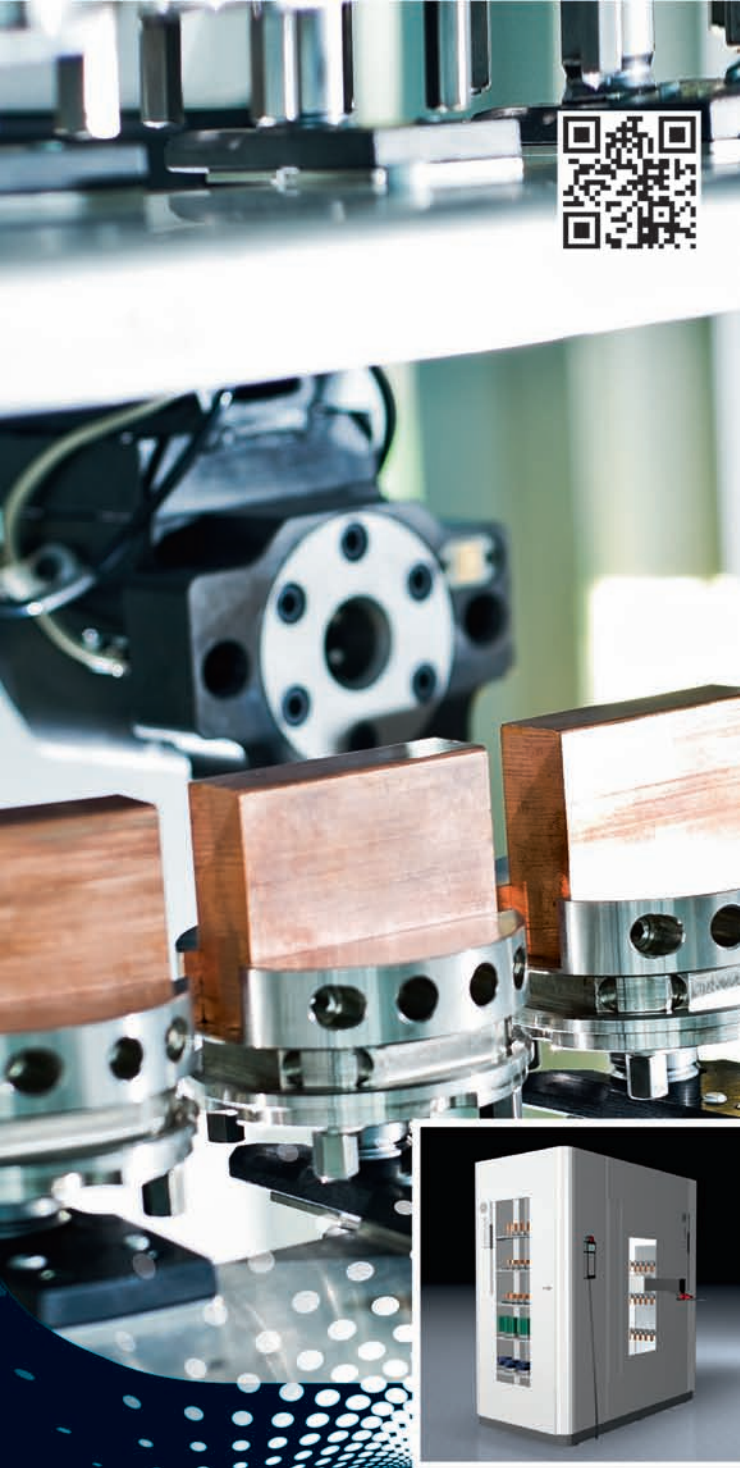


图11 亚太菁英G系列外观

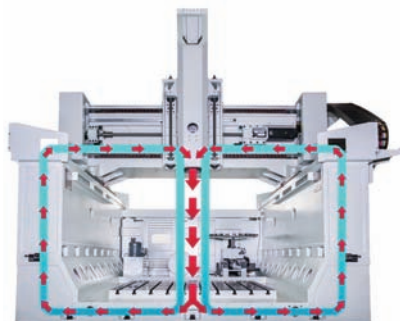


图12 亚太菁英G系列整体式U形床身结构

变化等影响。这些机型皆为直线电动机驱动，轴向进给速度高达60 m/min，并具备大转矩两轴头与高速电主轴，可同时做高切削移除率的加工和高速精加工。

3. 结语

通过五轴加工机的引入，减少了工序，避免了工件重新装夹定位，带来了巨大的效益。据统计，78%的加工失误与误差来源于增加工序与工件的重新装夹定位。五轴加工首先要有先进的五轴机床设备，还要有配套的程序设计软件 and 完善的加工工艺。如图13所示，五轴加工机必须综合考虑机械、刀具的精确度、刚性及软件、CNC性能、用户的技术经验等，其构成复杂，技术门槛较高。如何将五轴加工技术与五轴加工机结合，发展出一套完整的加工方案，是五轴加工技术发展的必要研究课题。



图13 五轴加工技术的需求

MW (收稿日期: 20151230)

Compact 机器人

为方便加工中心装卸载的柔性操作系统。

大容量料库占地极小; 可服务二台机床。

更多详情, 敬请联系:

爱路华机电技术(上海)有限公司

021-64855028

www.erowa.com

EROWA[®]
system solutions



◆广告 查询编号: 5077