

紧凑型自适应多主轴龙门框架式柔性制造系统设计

■ 山东新安凯科技科技有限公司 (济南 256200) 韩小鹏

摘要: 本文详细介绍了一种紧凑型自适应多主轴龙门框架式柔性制造系统, 其实现了高效生产, 满足了汽车、军工、航空航天、船舶及核工业等行业对机床的特殊要求。

随着市场对机床产品要求的不断提高, 近年来出现了越来越多的根据用户专业化需求来定制的机床, 以满足高效率、高精度、柔性大、占地小及省人工等一系列要求。

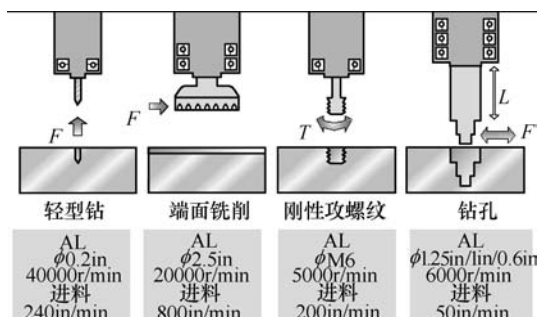
我公司研制的一种紧凑型自适应多主轴龙门框架式柔性制造系统Transflex, 就是这类新型机床的典型代表, 其研发生产就是为了解决汽车发动机缸体类零件的加工以及军工、航空航天、船舶及核工业等行业对机床的特殊要求。

1. 产品基本情况

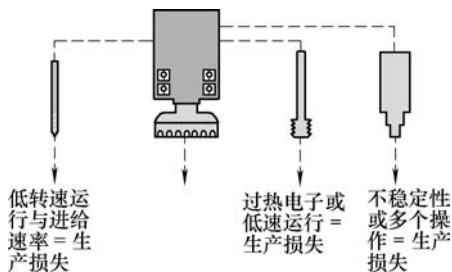
此款产品最大的优势是高效生产, 其特点为: ①无需更换刀具。②无定位时间。③无夹紧与处理。④高生产率和灵活性。⑤联合作业的能力(组装、探测和处理检验、去毛刺等)。⑥夹具计数减少到一个, 减少夹紧重新定位公差。⑦不需要特殊的地基要求。

该柔性制造系统具有多个加工主轴, 同时配套多个刀具, 可

以做到通过工件的移动来进行多个机械加工, 无需更换刀具, 大大提高了加工效率, 如图1所示。与传统机械加工相比, 本项目产品节省了换刀和主轴定位的时间, 大大提高了企业的生产效率, 如图2所示。



(a) 本产品加工工艺



(b) 传统加工工艺

图1 本产品加工工艺与传统加工工艺对比

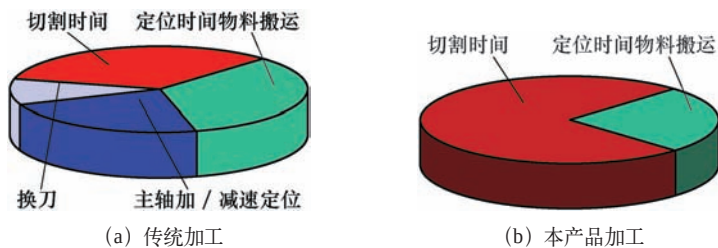


图2 传统机械加工与本产品工作效率对比

此机床产品的模块化设计和外形分别如图3、图4所示。

本产品技术参数如附表所示。

产品主要技术数据表

轴运动参数		工件参数	
X轴/mm	4 700	长度/mm	700
Y轴/mm	1 000	宽度/mm	300
Z轴/mm	600	高度/mm	200
C轴	± 180°	毛重/kg	75
A轴	± 110°	净重/kg	25
快移速度 / (m·min ⁻¹)	120m/min	主轴/个	10

本产品加工的主要对象有：
①精度要求高的零件。②表面粗糙度要求高的零件。③轮廓形状复杂的零件。④多面多孔钻削的零件。本产品尤其适用于多品种、年产30万~70万件的企业。

2. 设备工作原理

本产品结构如图5所示，机床框架的两侧沿宽度方向设置多个内外通透的坑道，坑道的外侧均设有主轴单元，每个主轴单元上安装多个主轴刀具模块，多个刀具模块可用来加工工件不同的部位，以减少装夹次数，提高加工精度。另外，前一工序加工时，后面的主轴刀具模块即可完成换刀，减少换刀等待时间，提高加工效率，框架的上部设有带动工件沿X、Y、Z轴移动的工件移动装置，工件移动装置的下部通过双回转夹持机构联接工件夹具，

双回转夹持机构带动工件沿水平轴和竖直轴转动，在框架工作区域与操作区域之间设有两排物料输送机，用于输送待加工件和已加工件。

同时为便于加工不同的面，主轴刀具模块可分别设置为卧式主轴刀具模块或立式主轴刀具模块，主轴刀具模块为可拆卸的，可根据工件的工艺需要安装卧式主轴模块或立式主轴刀具模块，并能根据不同工件的加工工艺需求进行拆装更换。

立式主轴刀具模块由立式主轴箱和设置在下端的主轴箱座组成，主轴箱座和立式主轴箱之间联接有液压缸，立式主轴箱的下部设有竖向设置的打刀缸和主轴电动机，主轴箱座上设有立式刀库、刀库电动机和减速器，立式刀库的后端设有把手，立式主轴箱的进出机体由液压缸来回拉动实现。

卧式主轴刀具模块由卧式主轴箱和设置在下端的主轴箱座组成，卧式主轴箱的前端设有伸出的主轴和刀具，主轴箱座和主轴箱之间联接有液压缸，卧式主轴箱的后侧设有横向设置的打刀缸和主电动机，主轴箱座上设有卧式刀库、刀库电动机和减速器，卧式刀库的后端设有把手，卧式主轴箱的进出机体由液压缸来回

拉动实现。

主轴刀具模块由普通的主轴箱和主轴箱座组成，两者之间通过线规滑块联接，主轴箱的后侧通过液压缸与主轴箱座的后端联接，主轴箱的下侧通过滑块安装在主轴箱座的线规上，主轴箱座的侧面设有刀库及其换刀动力装置。

为便于手动更新刀库内的刀具，换刀动力装置的后侧还设有把手，便于将刀库拉动到后侧对刀库内的刀具进行更换。

为降低生产成本，以较低的加工精度得到较高的装配精度，所述主轴刀具基准面与主轴刀具模块接触配合的表面涂胶找平，即主轴刀具基准面与主轴刀具模块的底座的下表面装配时，通过涂抹装配胶调校装配精度。

每排物料器均由底座、滑板和无杆气缸组成。无杆气缸带动滑板运送工件。底座联接在机体上，底座的上表面设有线规，滑板的下表面设有与线规配合的滑块，底座的中间设有与线规平行的槽，槽内设有无杆气缸，无杆气缸上的滑块与滑板的下部中间联接，在底座的两端还设有缓

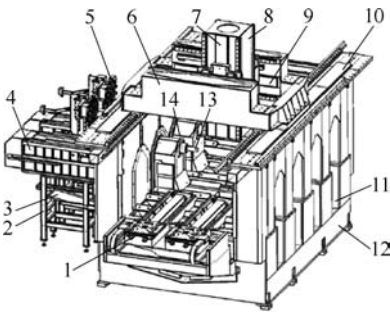


图5 产品结构

- 1.物料输送机 2.主轴支架 3.主轴接肩盘
- 4.主轴刀具模块 5.刀库 6.横梁
- 7.Z轴驱动装置 8.Z向滑枕
- 9.Y轴驱动装置 10.X轴驱动装置
- 11.坑道 12.机体 13.主轴 14.刀具

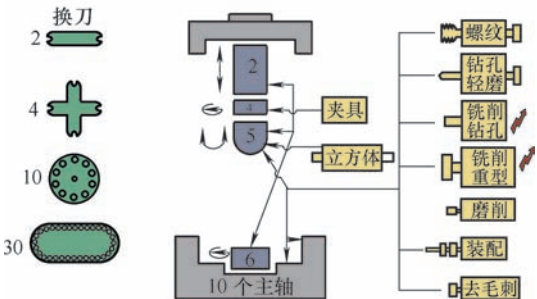


图3 产品的模块化设计

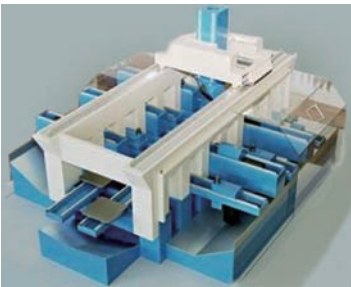


图4 机床外形

冲减振器，滑板上还设有用于定位和锁紧工件（或工装）的定位销及气动锁紧机构，由无杆气缸驱动的滑板在物料器底座上做往复运动，实现待加工件及已加工件的输送。缓冲减振器使得滑板在运行到位时不至于产生大的振动，以保持滑板上的工件（或工装）的定位精度。

为得到准确的定位精度及良好的动态响应性能，X、Y、Z轴均为双直线电动机驱动，X、Y、Z轴相互垂直，X轴的两个直线电动机分别设置在机体两侧的上导轨基面与横梁框架之间，Y轴的两个直线电动机和Z轴的两个直线电动机均设置在横梁框架内，其中Y轴滑枕相对于横梁框架的水平方向运动，Z轴滑枕为相对于横梁框架的竖直方向运动。

双回转夹持机构包括自制双摆头机构和夹具两个部分，自制双摆头机构通过信号圆光栅尺形成全闭环控制，可实现高精度控制，其下部联接固定工件的夹具，夹具可根据不同的工具设计，也可设计为通用标准类产品，具有较高的柔性。

机床控制系统采用力士乐MTX系统，界面友好，操作简单易上手；采用欧洲安全标准，安全光幕、安全门连锁等确保操作者生产安全，机床自动化程度高，可实现一人多台设备值守，节省人力及能源，贴合未来机床发展理念。

3. 结语

该产品是具有高生产率、紧凑型设计理念的新一代柔性制造系统，拥有完美的自适应能力，将工作单元和输送线融为一体，

具有零换刀时间、多主轴高速加工和配以直线电动机驱动等优势，从而实现了前所未有的高效加工。Transflex系统采取反置式龙门配置，与一般龙门式加工中心的不同之处在于安装在主轴上的不是刀具，而是夹具和工件。机床工作时，安装在龙门框架上的工件夹持系统将工件移向配置在两侧的卧、立式动力刀具主轴，执行该序机加工内容，然后将工件定位至下一工序中已就绪的主轴位置，进行下工序加工。以此类推，一次装夹完成工件的多个面加工。龙门框架在机床立柱上沿X轴纵向移动（4 700mm），工件主轴在横梁上沿Y轴移动（1 000mm），工件主轴上、下沿Z轴移动（600mm）。配置双轴回摆高速回转夹具，工件和夹具可完成C轴（ $\pm 180^\circ$ ）和A轴（ $\pm 90^\circ$ ）转动，实现五轴五联动五面体的加工。

由于产品采用高精度、高效率、高柔性的紧凑型、高墙桥架龙门式整体布局，双轴回摆高

速回转夹具，最佳优化的多动力刀具主轴配置布局结构技术，使项目产品满足了高精度、高生产率及高度柔性化加工的需要，加之机床具有多进给轴、多动力主轴的联动插补功能，具有对复杂汽车、航空等零件加工精度要求高、表面粗糙度要求高、轮廓形状复杂、多面多孔钻削等零件的多面进行铣削、插补铣、钻孔、镗孔、铣螺纹及攻螺纹等多种工序的高效、复合加工能力。同时产品可以方便地以并联或串联的方式，加上物流系统及装卸机械手组成自动生成线或无人化加工车间，将高效率的大批量生产和柔性制造结合起来，并可以组成多品种零件的混流自动生成线，可快速调整，进行高度柔性的混流生产。

参考文献：

[1] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2010.

MW（收稿日期：20160105）

武重研发牙轮钻机在5 400m高原投入使用

近日，由武汉重型机床集团有限公司自主研发的WKY250BMG牙轮钻机在海拔5 400m的西藏巨龙铜矿不拉铜多金属矿钻孔成功，正式交付使用。WKY250BMG是我国成功研制的首台套全液压钻机，该产品顺利完成钻孔任务，一举突破该行业世界最高作业海拔记录，也标志着我国在牙轮钻机制造方面取得重大突破。西藏巨龙铜矿项目是国内目前发现的最大的铜多金属矿，采场海拔达到5 400m。该项目海拔极端的开采环境对于设备性能提出了极高的要求，昼夜巨大的温差和低密度的空气一再考验牙轮钻机空压机、排渣、电器绝缘性等性能。武重集团根据项目地质特点，在产品结构和操作软件上均进行了优化设计，能够完全满足现代矿山高效采矿生产的要求，尤其在高原地区等极端作业环境下，优势更加明显。同时，武重集团积极探索商业模式创新，围绕产业链为用户提供矿山钻孔爆破一体化服务，更好地提升用户满意度。