

倒置式复合加工系统

Reverse Complex Machining System

同 济 大 学 张 曙
南京四开电子企业有限公司 陆启建



张曙

同济大学教授、博士生导师、现代制造技术研究所名誉所长、哈尔滨工业大学管理学院兼职教授、香港理工大学客座教授、如皋市人民政府顾问、张曙科教基金董事长，中国机械工程学会荣誉理事。一直致力于先进制造技术及其发展战略的研究。先后获得国防科工委的“光华科技基金一等奖”、中国机械工程学会的“科技成就奖”、中国科学技术协会的“全国优秀科技工作者”以及香港“蒋氏科技成就奖”等重要奖励和荣誉。

倒置式加工(Reverse Machining)主要有以下几大特点:

(1) 通常的加工方式是工件放置在工作台上,刀具夹持在主轴上,主轴从上面移向工件进行加工;倒置式加工反其道而行之,工件从上面移向刀具完成进给,刀具通常不移动。

倒置式加工机床工作时,将夹持在“主轴”上的工件移向配置在两侧的动力头,完成一道工序后移至另一个动力头,进行下一道工序的加工。

(2) 所有进给运动由夹持工件主轴完成,机床上可配置多种刀具,不一定需要刀库,机床结构非常紧凑。

(3) 工件夹持在主轴上,加工时切屑、冷却液直接排放到机床床身的收集器内,有利于保证加工精度。

(4) 工件在夹持状态移动,倒置式加工仅适用于加工尺寸不大、重量有限的零件。

倒置式立式车削中心

德国 Index 公司的 V100 型立式车削加工中心是典型的倒置式加工机床。机床的电主轴不仅提供的切削所需的旋转运动,且借助 3 组并联杆机构驱动实现进给运动。其配置原理是将杆机构的支点固定在滑

座上,控制滑座在立柱上的移动实现主轴 3 个坐标的进给运动。

V100 型立式车削加工中心主轴功率 10.4kW,转速 10000r/min,适合加工夹持直径小于 130mm 的盘类件。加工时刀具固定在机床前下方的工作台上,主轴提供切削过程的主运动,同时完成进给运动。

主轴可作上下、前后、左右 3 个方向的移动,刀具可以多层、多排固定,完成各种车削、钻镗工序。这种机床结构配置形式没有刀库,省去了换刀动作和换刀时间。

主轴兼具机械手装卸工件的功能,在环绕机床外围的传送带托板上装上待加工的毛坯,传送带可将毛坯送入物流管道中。工件加工完毕,主轴将加工好的工件放入管道的空位,同时从物流管道中取出一个新毛坯。



倒置式复合加工中心

德国 ELHA Maschinenbau 公司的 FM3+X 型和 FM4+X 机床是典型的倒置式



TransFlex 柔性制造系统

瑞典 Modig 公司开发了一种新型的柔性制造系统(TransFlex System),以满足在实现高生产率和高精度的同时保持加工柔性的要求。由于它的柔性较高,既适用于小批量生产,也可用于大批量生产。

TransFlex 采取倒置式龙门配置,与一般龙门式加工中心不同的是安装在“主轴”上的不是刀具,而是夹具和工件。机床工作时,将夹持在“主轴”上的工件移向配置在两侧的动力头,完成一道工序后移至另一个动力头,进行下一道工序的加工。

横梁在机床立柱上沿 X 轴纵向移动(4700mm),工件主轴在横梁上沿 Y 轴移动(1000mm),工件主轴上下沿 Z 轴移动(600mm)。如果配置回转或摆动装置,工件和夹具可完成 C 轴($\pm 180^\circ$)和 A 轴($\pm 90^\circ$)转动,实现四轴或五轴五面体的加工。

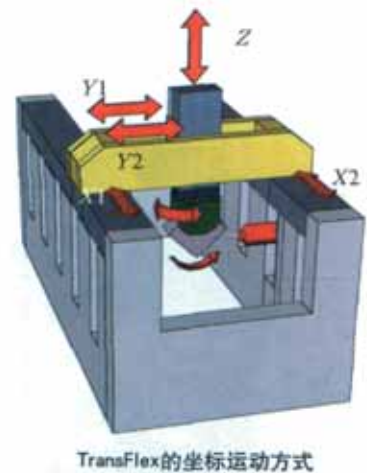
X、Y、Z 方向皆采用直线电动机驱动,快速移动速度为 120m/min,加速度为 $1g \sim 2g$ 。此外,X 和 Y 轴按重心驱动原理,采用两个直线电动机,使驱动力的合力处于中间,以保证最佳的动态性能和定位精度。

工件的最大尺寸可表示为 $700\text{mm} \times 300\text{mm} \times 200\text{mm}$,最大毛

坯重量为 75kg,零件净重 25kg。较大的工件在加工时可能会遇到一些限制,出现干涉现象。

TransFlex 的两侧最多分别配置 5 个沿直线导轨移动的动力头,完成钻、铣、镗、铰等工序。动力头可垂直或水平配置,功率和转速可根据相应的工序进行优化和确定。一次装夹即可完成零件的全部加工。

当水平动力头退到后面位置时,可进行换刀,刀库的容量为 2、4 或



TransFlex的坐标运动方式

15 个,按加工需要选择。由于刀具交换是在另一个动力头工作时进行的,与加工时间重合,没有时间损失。

由于大幅度降低了非切削时间,生产效率明显提高,零件加工时间分析表明,尽管切削加工时间一样,由于辅助时间的减少,单位时间的生产效率提高了一倍。

TransFlex 还有一个非常重要的优点,即可以很方便地以串联或并联的方式,加上物流系统及装卸机械手组成自动生产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。它甚至还可以组成多品种零件的混流自动生产线,并且快速调整,进行高度柔性的混流生产。

南京四开电子企业有限公司已与瑞典 Modig 公司达成合作协议,引进 TransFlex 相关技术,试制样机将在今年问世,计划 2009 年投入批生产。(责编 金卯)

复合加工中心,为了实现高效加工,最大限度减少非切削时间,采用了非常独特的配置。机床的主体是一个封闭的框架,框架前面有固定孔的阵列,用以固定各种动力头。动力头类型多种多样,可以是单轴的、多轴的、角度的和转塔的等类型。每个动力头都由独立的电动机驱动。动力头上每把刀具都有专门设计的“刀具主轴”。刀具主轴的形状、尺寸、扭矩和转速是同加工任务要求所使用的刀具相匹配,动力头本身固定不动。

所有快速行程和进给运动都由“工件主轴”完成。工件主轴不仅完成 3 个坐标的移动和 1 个坐标轴的回转,还具有抓取和放开工件的机械手功能。

FM 系列加工中心把一条自动线集成到一台机床上,它既具有自动线多刀、多工序的高效率,又具有加工中心的柔性,维修和操作方便。适合加工各类壳体、轴类和盘类零件,一次装夹,全部加工完毕,保证了较高的加工精度。还适用于加工铸铁、铝合金以及低合金钢的零件,加工一个零件的时间大约为 20s ~ 50s,可满足大批量生产的要求。FM 系列倒置式加工中心的技术特性见表 1。

表 1 FM 系列加工中心技术特性

技术特性	FM3+X	FM4+X
行程范围/mm	400×1000×500	800×1400×800
最大移动速度/(m·min ⁻¹)	40	48
最大进给力/daN	700	4000(X 轴)
回转工作台直径/mm	300	400
工件尺寸/mm ³	200	320
最大主轴功率/kW	20	37
最大主轴转速/(r·min ⁻¹)	20000	20000
机床外形尺寸/mm	3050×3500×3950	3500×4525×3950