

国内并联机床的发展

Domestic Development of Parallel Machine Tools

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司 高天雷



高天雷

毕业于哈尔滨工业大学精密仪器系,现工作于哈尔滨量具刀具集团有限责任公司,高级工程师,主要从事新产品开发与设计工作。

并联机床是近年来发展起来的一种新型结构机床。因没用实体坐标轴,固又称为虚拟轴机床。并联机床是空间机构学研究成果在数控机床领域中的创造性应用,它集机构学理论、机器人技术和数字控制技术于一体,是多学科交叉的新兴产物。它的发展可以分为3个阶段:模拟器阶段、并联机器人阶段和并联机床阶段。

并联机床的优点

并联机床是新一代的数控机床。

并联机床作为一种新型的加工设备,已成为当前机床技术的一个重要研究方向,受到了国际机床行业的高度重视。并联机床克服了传统串联机床移动部件质量大、系统刚度低、刀具只能沿固定导轨进给、作业自由度偏低、设备加工灵活性和机动性不够等固有缺陷。并联机床可完成从毛坯至成品的多道工序,实现并联机床加工的复合化。

它完全打破了传统机床结构的概念,采用了多杆并行驱动方式。从机床整体来说,传统的串联机构机床是属于位置求解简单而机构复杂的机床;而相对于并联机构机床,则机构简单而位置求解复杂。在并联机构的位置分析中,位置反解比较简单,位置正解却非常复杂,与串联机构截然相反。与串联机构机床相比,并联机床主要有以下优点。

(1) 刚度重量比大。因采用并联闭环静定或非静定杆系结构,且在准静态情况下,传动构件理论上为仅受拉压载荷的二力杆,故传动机构的单位重量具有很高的承载能力。

(2) 动态性能好。运动部件惯性的大幅降低有效地改善了伺服控制器的动态品质,允许动平台获得很高的进给速度和加速度,因而特别适合各种高速数控作业。

(3) 机床结构简单,集成化、模

块化程度高。这使得并联机床结构设计和加工等多方面得以简化。

(4) 变换坐标系方便。由于没有实体坐标系,机床坐标系与工件坐标系的转换全部靠软件完成,非常方便。

(5) 技术附加值高。并联机床结构看起来很简单,但设计、控制却很复杂,具有“硬件”简单、“软件”复杂的特点,是一种技术附加值很高的机电一体化产品。

(6) 使用寿命长。并联机床由于没有传统机床导轨,避免了导轨磨损、锈蚀、划伤等现象。

从以上分析可以看出,并联机床具有许多传统机床无法替代的优点,弥补了串联机床的不足。虽然不会成为传统机床的替代者,但我们完全可以预见在不远的将来并联机床将会在一些专业领域里成为传统机床强有力的补充者。

并联机床在国内的发展状况

我国并联机床的研究与开发几乎与世界同步。1994年并联机床在国际上首次展出之后,国内许多高校和科研单位也纷纷投入力量进行研究^[1]。由清华大学和天津大学合作开发的我国第一台并联机床,在1998年的北京机床展览会上展出。

在1999年北京CIMT'99中国国际机床展览会上,展出了哈尔滨工业大学研制的BJ-30型并联机床,该机床还成功地进行了叶轮加工的演示。同时,在这次展览会上还展出了由天津大学与天津机床厂联合研制的3自由度并联机床。

2001年,在北京中国国际机床展CIMT'2001上,展出了哈尔滨工业大学与哈尔滨量具刀具厂联合研制的BLJ-I型并联机床,该机床成功地进行了不锈钢汽轮机叶片的加工演示。展会上同时还展出了清华大学与昆明机床股份有限公司联合

研制的6自由度并联机床XNZ63、大连机床厂自主开发研制的一种五轴联动串并联机床DCB-510、清华大学与江东机床厂联合开发的龙门式并联机床XNZ2010。

在2002年的北京中国国内机床展上,哈尔滨工业大学与哈尔滨量具刀具厂展示了新一代并联机床BXX-6127,并实现了在一次装夹下完成不锈钢汽轮机叶片的加工。此外,东北大学、国防科技大学、北京航空航天大学、北京理工大学和西安交通大学等也都在进行并联机床的研究工作。我国并联机床正逐渐由研究试验走向市场。

2004年,由哈尔滨量具刀具集团有限责任公司与哈尔滨工业大学联合开发研制的五台并联机床加工中心HLNC5001型分别应用于哈尔滨汽轮机厂的生产加工现场及无锡鼎元叶片厂的生产加工现场。该并联机床加工中心由开放式数控系统构成。在叶片加工过程中,仅需一次

装夹,自动换刀,即可完成叶片汽道型面、叶顶、叶根圆角及进、出汽边圆角的加工,并成功地加工出多级别、具有复杂自由曲面的汽轮机叶片零件。实现了并联机床加工的自动化,从而实现了由并联机构向并联机床加工中心的转化,以适应并联机床发展的需要,标志着我国并联机床加工技术正式步入实用化阶段。

HLNC5001型加工中心的加工范围及定位精度如下:

- 主轴与Z轴夹角 27° 时:
 $\phi 400 \times 250\text{mm}$;
- 主轴与Z轴夹角 10° 时:
 $\phi 600 \times 290\text{mm}$;
- 双向定位精度:0.022mm。

随着装备制造技术的发展,哈尔滨量具刀具集团有限责任公司原有并联机床开发经验的基础上,于2007年应用了瑞典艾克斯康(Exechon)公司最新技术(并联机构Tripod),合作推出了一种全新结构的机床LINKS-EXE700。该机床是一



芬尔把手点缀精美机械



手柄类



水平调整件



合金拉手



手轮



把手



铰链

唯有更专业



● 压紧把手 ●

才有高品质



● 拉紧把手 ●



● 顶紧把手 ●



扬州芬尔机械配件有限公司
YANGZHOU FAIERR MECHANICAL FITTING CO., LTD.

地址: 江苏省扬州市沙头镇施沙路8号 邮编: 225105
电话: 0514-87533188 87533288 传真: 0514-87533288 87533088
http://www.faierr.com E-mail: sale@faierr.com.cn

广告索引号10-077

种典型的串并联机床,并联部分由定平台和动平台以及3个分支组成,串联部分由2个轴线互相垂直的转动副组成。它应用了西门子840D数控系统丰富的软件资源和先进的在线仿真数控加工软件ILP,采用了最新并联机床校准和标定技术。该型机床具有较高的刚度和加工精度,更大的工作空间;在一次装夹中可实现高速、敏捷、复合角度5到6面体的加工;实现加工功能复合化,并可自动换刀,加速度可达3g;是近年来我国在国际机床领域的一项重大突破,也是面向全球市场的最新一代并联机床。

其性能参数如下:

- 电主轴功率: 32.5kW;
- 转速: 18000 r/min;
- 转矩: 28N·m;
- 执行机构的行程: 700mm;
- 工作行程: X轴 2000mm;
Y轴 1500mm;
Z轴 500mm;
A轴 0~150°;
C轴 0~360°;
- X、Y轴最大速度: 125m/min;
- Z轴最大速度: 45m/min;
- X、Y轴最大加速度: 3g;
- Z轴最大加速度: 1g;
- 重复定位精度: 0.01mm。

并联机床存在的问题

并联机床在研制及实用化进程中,也存在着许多不足之处。并联机床的驱动杆多,互相牵制,导致工作空间小;每个驱动支路的关节较多,影响了整体刚度;驱动杆的反馈困难,运动精度难以保证。目前并联机床的加工精度还难以和传统高精度机床相比拟。现在并联机床的正解有多种方法可以求出,但如何找到一种快速、高效的正解算法仍是目前的难点。国产并联机床从高性能数控系统到关键功能部件基本都依赖进口,即使近几年有些国内制造商艰

难地创出了自己的品牌,但其产品功能、性能的可靠性仍然与国外产品有一定差距。在并联机床结构、精度、可靠性以及人性化等基础性设计方面,国产并联机床的技术水平、性能和质量与国外还有一定的差距,还应



进行更为深入的研究工作。虽然目前并联机床依然面临诸多技术问题,但并联机床作为新一代机床的代表,依然具有良好的发展前景。

并联机床的发展趋势

并联机床作为一种新型的加工设备,已成为当前机床技术的一个重要研究方向,受到了国际机床行业的高度重视。并联机床克服了传统串联机床移动部件质量大、系统刚度低、刀具只能沿固定导轨进给、作业自由度偏低、设备加工灵活性和机动性不够等固有缺陷。并联机床可完成从毛坯至成品的多道加工工序,实现并联机床加工的复合化。

在实际加工过程中,并联机床与串联机床各有优缺点,为了充分利用并联机床和串联机床的优点,克服两者的不足,研究人员将并联机构和串联机构进行合理的结合,形成了新型的串并联机床。如哈尔滨量具刃具集团有限责任公司推出的LINKS-EXE700就是一种典型的串并联机床。它综合了串联机床和并联机床

的优点,克服了两者的不足之处,具有刚度高、承载能力强、机构灵活度高、动态性能好、响应速度快、工作空间范围大、重量轻、集成化和模块化程度高、技术附加值高和结构简单等很多突出的特点。它引起许多研究

机构的极大兴趣和广泛关注,成为继并联机床之后的又一研究热点,也是并联机床最有潜力的发展分支之一,并成为并联机床的一个重要发展趋势^[2]。特别适用于航空、航天、模具制造以及复杂自由曲面等的加工,具有很高的实用价值。

结束语

并联机床是装备制造业研究开发的前沿,是一种知识密集型设备,在提高我国装备制造业进程中必须加大研究力度,加快我国在并联机床领域技术理论及其实用化、产品化的进程。打造具有我国自主知识产权的并联机床,对提高我国装备制造业水平具有极为重要意义。

参考文献

- [1] 李兵,王知行,刘文涛,等. 新型并联机床的固有特性研究. 机械设计, 1999(9):13-15.
- [2] 岳素平,刘德忠,李士良. 7自由虚拟轴串并联机床概念设计. 华北工学院学报, 2004, 25(4):239-242.

(责编 玉龙)