

对我国数控技术发展的思考

章富元 方江龙 汤季安

摘要 介绍了当前国内外数控技术发展的状况及上海开通数控有限公司近年来数控技术开发应用的成果,并提出了对我国数控技术发展的看法。

关键词 数控 开放体系结构 运动控制 市场

中国图书资料分类法分类号 TP273

1 国内外数控技术的发展现状

随着制造业的发展,中小批量生产的趋势日益增强,对数控机床的柔性和通用性提出了更高的要求,希望市场能提供不同加工需求,迅速高效、低成本地构筑面向用户的控制系统,并大幅度地降低维护和培训的成本,同时还要求新一代数控系统具有方便的网络功能,以适应未来车间面向任务和定单的生产组织和管理模式。为此,近 10 年来,随着计算机技术的飞速发展,各种不同层次的开放式数控系统应运而生,发展很快。目前正朝标准化开放体系结构的方向前进。就结构形式而言,当今世界上的数控系统大致可分为 4 种类型:

(1) 传统数控系统 如 FANUC 0 系统、MITSUBISHI M 50 系统、Siemens 810 系统等。这是一种专用的封闭体系结构的数控系统。尽管也可以由用户做人机界面,但必须使用专门的开发工具(如 Siemens 的 WS800A)耗费较多的人力,而对它的功能扩展、改变和维修,都必须求助于系统供应商。目前,这类系统还是占领了制造业的大部分市场。但由于开放体系结构数控系统的发展,传统数控系统的市场正在受到挑战,已逐渐减小。

(2) "PC 嵌入 NC"结构的开放式数控系统 如 FANUC 18i、16i 系统、Siemens 840D 系统、Num 1060 系统、AB 9/360 等数控系统。这是由于一些数控系统制造商不愿放弃多年来积累的数控软件技术,又想利用计算机丰富的软件资源而开发的产品。然而,尽管它也具有一定的开放性,但由于它的 NC 部分仍然是传统的数控系统,其体系结构还是不开放的。因此,用户无法介入数控系

统的核心。这类系统结构复杂、功能强大,但价格昂贵。

(3) "NC 嵌入 PC"结构的开放式数控系统 它由开放体系结构运动控制卡+PC 机构成。这种运动控制卡通常选用高速 DSP 作为 CPU,具有很强的运动控制和 PLC 控制能力。它本身就是一个数控系统,可以单独使用。它开放的函数库供用户在 WINDOWS 平台下自行开发构造所需的控制系统。因而这种开放结构运动控制卡被广泛应用于制造业自动化控制各个领域。如美国 Delta Tau 公司用 PMAC 多轴运动控制卡构造的 PMAC-NC 数控系统、日本 MAZAK 公司用三菱电机的 MELDASMAGIC 64 构造的 MAZATROL 640 CNC 等。

(4) SOFT 型开放式数控系统 这是一种最新开放体系结构的数控系统。它提供给用户最大的选择和灵活性,它的 CNC 软件全部装在计算机中,而硬件部分仅是计算机与伺服驱动和外部 I/O 之间的标准化通用接口。就像计算机中可以安装各种品牌的声卡、CD-ROM 和相应的驱动程序一样。用户可以在 WINDOWS NT 平台上,利用开放的 CNC 内核,开发所需的各种功能,构成各种类型的高性能数控系统,与前几种数控系统相比,SOFT 型开放式数控系统具有最高的性能价格比,因而最有生命力。其典型产品有美国 MDSI 公司的 Open CNC、德国 Power Automation 公司的 PA 8000 NT 等。

我国的数控技术经过“六五”、“七五”、“八五”到现在“九五”的近 20 年的发展,基本上掌握了关键技术,建立了数控开发、生产基地,培养了一批数控人才,初步形成了自己的数控产业。“八五”攻关开发的成果:华中 I 号、中华 I 号、航天 I 号和蓝天 I 号 4 种基本系统建立了具有中国自主知识产权

的数控技术平台。具有中国特色的经济型数控系统经过这些年来的发展,有了较大的改观。产品的性能和可靠性有了较大的提高,它们逐渐被用户认可,在市场上站住了脚。如上海开通数控有限公司的KT系列数控系统和步进驱动系统、北京凯恩帝数控技术有限公司的KND系列数控系统、广州数控设备厂的GSK系列数控系统等。这些产品的共同特点是数控功能较齐全,价格低,可靠性较好。中国若大的经济型数控机床的市场,吸引了国外厂商。近几年,Siemens公司推出802S数控系统,大连大森公司用OEM方式引进了日本OHM公司的ONC 2102数控系统。尽管这些系统的技术性能一般,但由于其产品质量可靠加上品牌和庞大的宣传销售网络,打开了销路,赢得了市场。

2 上海开通数控有限公司近年来数控产品发展概况

上海开通数控有限公司经过“七五”、“八五”数控技术引进消化吸收和技术改造,初步建立了数控系统和交流伺服驱动系统的开发、生产基地,具有一套较完整的生产试验设备和质量保证体系。近年来,在数控产品的开发、生产上做了一些工作,取得了一些成绩。目前,提供给市场的主要产品有以下几种:

(1) MTC系列普及型数控系统和AC200交流伺服驱动系统 这是在引进美国GE公司数控技术和交流伺服驱动技术的基础上,经消化吸收,再开发的产品。数控系统是一个由3个CPU组成的分布式控制系统。适用于数控车床、铣床、加工中心、磨床、冲床、火焰/等离子切割机、折弯机、绕簧机等。至今已销售了1000多套。数控系统的主要技术性能如下:

- 系统分辨率:0.001 mm
- 控制轴数:2~5轴+主轴+手脉
- 插补方式:直线、圆弧、螺旋线、螺旋
- 最大快速:30 m/min
- 闭环/半闭环控制
- 加工轨迹动态图形显示

(2) KT400系列经济型数控系统 该产品是在MTC普及型数控系统的基础上开发的,用于控制步进电机的经济型数控系统,它保留了原系统的几乎全部功能,操作使用方便,具有较高的性

能价格比,适用于经济型数控车床、铣床、火焰切割机、轧辊磨床等,至今已销售了800多套。其主要技术性能如下:

- 最小脉冲当量:0.01 mm
- 控制轴数:2~3轴+主轴
- 插补方式:直线、圆弧、螺旋线、螺旋
- 最大快速:6 m/min
- 自动换刀控制(车床)
- 加工轨迹动态图形显示(M/C)

(3) KT700单轴数控系统 该产品可控制步进驱动器和数字化交流伺服驱动器,广泛用于磨床、剪板机、组合机床等各种工业自动化设备的定位控制。至今已销售了100多台。其主要技术性能如下:

- 最高脉冲输出频率:500kHz
- 8点光耦输入/8点继电器输出
- 编程指令:速度、位置、延时、程序流控制、I/O控制、SKIP控制等

(4) 混合式步进电机驱动器系列 KT300系列驱动五相/三相步进电机,KT350系列驱动五相独立绕组步进电机。该产品性能好,可靠性高,尤其是KT350,具有低噪声、低振动、高突跳频率和运行频率。至今已销售1500多根轴,其主要技术性能如下:

- 扭矩范围:1.5~35 N·m
- 断电相位记忆
- 电气循环原点信号输出
- 自检

(5) KT210/KT220单/双轴交流伺服驱动系统系列 该新产品是在引进技术基础上采用FP-GA门阵列芯片和IPM智能功率模块新技术开发而成的。产品具有结构紧凑、体积小、动静特性好、响应快、调速范围宽、可靠性好等特点。至今已批量生产、销售100多根轴。其主要技术性能如下:

- 额定输出功率:0.4 kW~4.4 kW
- 调速范围:1:3000
- 控制方式:矢量控制IPM正弦波PWM
- 保护功能:过流、过速、过热、过压、欠压、短路

(6) KT230大功率交流伺服/主轴驱动系统 该产品采用矢量控制原理,运用了可编程门阵列芯片(FPGA)。产品具有结构简单、体积较小、

动静态特性好、调速范围宽、输出功率大(达 22 kW)。主轴系统已用于车床、铣床、加工中心。伺服系统已用于钢带横切机定长传动。纺织印染机械传动等。其主要技术性能如下:

- 额定输出功率: 3.7 kW ~ 22 kW
- 调速范围: 1: 3000(伺服)
1: 200(主轴)
- 控制方式: 矢量控制正弦波 PWM
- 保护功能: 过流、过速、过热、过压、欠压、短路

(7) PC 平台开放式数控系统应用开发研究

我们采用“NC 嵌入 PC”的方式来构造开放式数控系统。NC 采用美国 Delta Tau 公司的 PMAC 开放式运动控制卡。PMAC 卡具有多通道多轴联动功能,最多可控制 32 个轴,最小分辨率可达 2.5 nm。此外,直线、圆弧插补、S 曲线加减速、伺服 PID 控制、PLC 控制和各种控制命令、函数给数控系统的设计开发提供了很大的方便。我们只要根据被控对象的要求,在 WINDOWS 环境下设计符合用户操作的人机界面和功能,达到控制目的。如此构造的数控系统具有可靠性高、功能强、性能好,操作简单方便,开发周期短,成本低等优点。这种方法适宜各种类型数控系统的开发。今后数控技术将不再被少数制造商垄断,而是作为一种应用技术在各行业推广使用。至今我们已应用 PMAC 卡成功地开发了等离子/火焰切割机、弯管机、弯板机、绕簧机等数控系统产品,并在生产实际中经受了考验。

(8) KT580-T 全功能车床数控系统 该产品是我们最近开发成功的一种普及型数控系统。由于采用了 FPGA 门阵列芯片和 SMT 制造工艺,大大降低了生产成本,提高了产品的可靠性,因而具有较高的性能价格比,该系统的主要技术性能指标如下:

- 最小分辨率: 0.001 mm
- 控制轴数: 2 轴 + 主轴 + 手脉
- 插补方式: 直线、圆弧、螺纹
- 最大快速: 65 m/min
- 刀具半径补偿、长度偏置
- 恒表面速度控制
- 参数编程、算术、逻辑、三角函数运算
- 自动换刀控制
- 车削固定循环

- RS232 接口
- 9' CRT 显示
- ± 10 V 模拟量输出和编码器反馈

3 我国数控技术发展的思考

纵观这些年来我国数控技术的发展历程,尽管我们取得了不少成绩,但与国外发展的速度和水平相比,差距还是很大。它主要表现在产品水平低、品种少、质量不稳定。由于国产数控系统的竞争力较差,因而,目前我国中高档数控系统基本上被国外产品所垄断。随着国外经济型数控系统的进入,国产经济型数控系统一统天下的局面已被打破,国产系统的市场占有率正在逐渐减小。而 FANUC 0T/0M-D+ β 系列伺服驱动系统。Siemens 即将推出的 802D 数控系统和配套伺服驱动和三菱电机即将推出的低价位数控系统加配套伺服驱动,将进一步冲击国产数控系统市场。面对这一严峻的形势,这里对我国数控技术的发展提出几点不成熟的想法。

(1) 开放式数控系统是当今数控技术发展的趋势 我们应抓住这项最新技术起步不久的机遇,用较强的投资力度,通过引进技术和技术合作、合资,迅速组织力量,建立数控技术开发中心,在引进消化吸收的基础上,建立自己的开发研究队伍,开发具有自主知识产权的开放式数控系统。

开放式数控系统的开发是一项高难度的系统工程,它需要大量的资金和优秀人才,而这一点,一般的企业无法承受。在国外,也是将它作为一种战略目标,在政府的资助下进行的,如纳入欧盟 ESPRIT III 计划的 OSACA(自动化系统中控制器的开放体系结构)项目和美国空军的 NGC(下一代控制器)项目。

(2) 走联合的道路,优化组合,重点发展普及型数控系统,开发高性能低价位的 PC 型数控系统和交流伺服驱动系统,参与市场竞争 目前国内已有华中 I 型、航天 I 型等 PC 型数控系统,但这些系统进入主机厂的还是很少,大多数用于机床改造和特殊专用机床,因而生产批量小,加上各自有自己的产品,力量分散,这样无法与国外名牌产品竞争。如果能挑选几个好的产品,创造“国产名牌”,在开发、生产、配套、销售上进行联合,就可把力量集中起来,从而达到扩大生产批量,降低成本,扩大市场的目的。

并联机床——机床行业面临的机遇与挑战^{*}

汪劲松 黄 田



汪劲松 教授

摘要 并联机床是 90 年代问世的新型数控加工装备,其研发使机床行业面临新的机遇与挑战。简要评述了并联机床的国内外发展现状和未来趋势,以及设计理论与关键技术的研究进展。结合样机设计与制造的实践经验,提出亟待解决的若干理论与技术问题,以及解决这些问题的可行途径。

关键词 并联机床 概念设计 运动学 动力学 数控技术 精度补偿 关键基础件

中国图书资料分类法分类号 TG502

1 并联机床的发展趋势

为了提高对生产环境的适应性,满足快速多变的市场需求,近年来全球机床制造业都在积极探索和研制新型多功能的制造装备与系统,其中在机床结构技术上的突破性进展当属 90 年代中期问世的并联机床 (Parallel Machine Tool), 又称虚(拟)轴机床(VirtualAxisMachineTool)或

^{*} 国家自然科学基金资助项目(59775006)、国家攀登计划资助项目、国家 863 高技术发展计划资助项目(863-512-04-19, 863-511-943-006),清华大学 211 工程和天津大学 211 工程资助项目、教育部博士点专项基金资助项目(97005607)、回国留学人员启动基金资助项目、天津市和云南省“九五”科技攻关资助项目。
收稿日期:1999-08-02

(3) 继续保持经济型数控系统“价廉物美”的特点,进一步提高数控系统的性能,降低成本,提高产品的市场竞争力,保住国产经济型数控系统这一块市场 我公司新近推出的 KT 580-T 车床数控系统加上 KT 220 双轴交流伺服驱动系统就是本着这一原则进行开发、生产、销售的。

(4) 国家应对国产数控产业提供一些优惠政策 如税收返还等。在“九五”中实施的示范工程应推广,使应用国产数控系统的单位都能得到实惠,从而促进国产数控系统的发展。

(5) 尽快解决产品的批量化、规模生产问题 应该说,通过“七五”、“八五”攻关,以及技术引进,国内数控厂家在技术、生产上都有了长足的进步,但尚未形成规模生产,产品批量小,质量也

并联运动学机器(Parallel Kinematics Machine)。并联机床实质上是机器人技术与机床结构技术结合的产物,其原型是并联机器人操作机。与实现等同功能的传统五坐标数控机床相比,并联机床具有如下优点: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响应速度快: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,因而特别适于各种高速数控作业。③环境适应性强:便于可重组和模块化设计,且可构成形式多样的布局和自由度组合。在动平台上安

不能令人满意。为摆脱这一局面,应选择几个有发展前途的产品和企业重点突破。在具体实施上,可选择量大面广的普及型数控系统,特别是车床数控系统,努力把批量搞上去,并坚持有所为有所不为的原则,以集中财力物力。

参 考 文 献

1 <http://www.mdsi2.com>
2 李非文. 机械制造. 1998(6):14~16

(编辑 华 恒)

章富元 男,1944 年生。上海开通数控有限公司(上海市 200233) 总经理、上海市机床研究所所长、教授级高工。
方江龙 汤季安 上海市 200233 上海开通数控有限公司