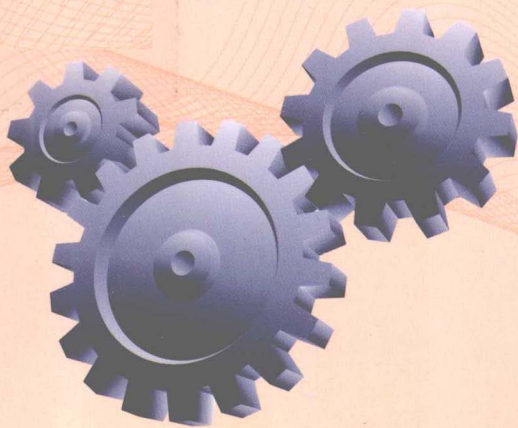


高等学校网络教育规划教材

机械制造装备与设计

JIXIEZHIZAO ZHUANGBEI YUSHEJI

主编 杨雪宝



西北工业大学出版社

高等学校网络教育规划教材

机械制造装备与设计

主 编 杨雪宝

副主编 谭小群 李树军

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书系统地阐述了机械制造装备构造及其设计。全书分两篇共九章,第一篇机械制造装备构造,介绍了车床、齿轮加工机床、磨床、数控机床等的传动、构造及结构特点;第二篇机械制造装备设计,介绍了机械制造装备设计的基本概况、机床变速传动系统设计、主轴部件设计、进给运动系统设计及导轨设计。

本书既可作为高等学校网络教育的教材使用,也可供其他院校相关专业作为教材选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造装备与设计/杨雪宝主编. —西安:西北工业大学出版社, 2010.4
ISBN 978-7-5612-2766-4

I. ①机… II. ①杨… III. ①机械制造—工艺装备—构造②机械制造—工艺装备—设计 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 056652 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编 710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpu.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:727 mm×960 mm 1/16

印 张:20.875

字 数:355 千字

版 次:2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

定 价:33.00 元

前 言

随着计算机技术的迅猛发展和广泛应用,国内外机械制造装备业及其相关技术的发展也十分迅速,国家中、长期科技发展规划明确提出振兴和大力发展装备制造业。同时,我国高校教学改革正在深化,对教材建设提出了更高的要求,“机械制造装备”课程的教材更新势在必行。

本书主要面向接受网络教育的本科大学生。与在校大学生比较,他们学习条件更艰苦,学习时间更紧张,学习环境更困难,但他们追求真理的求知欲望和在校大学生是完全一样的。怎样使本书更能适应网络教育大学生的实际水平,方便他们的学习,我们基于这些思考,做了许多创造性的工作。在编写过程中,编者力求做到:

1. 贯彻“少而精”的原则,在机械制造装备构造篇中,仍以典型机床为基础,再从普通机床过渡到数控机床,详细地介绍了数控车床,车削中心,数控铣床,加工中心,并联机床的组成、传动、结构特点和功能范围及应用示例。突出重点,以点带面,使本书更加符合教学要求。

2. 机械制造装备设计篇,介绍了现代机械制造装备的设计理论和方法,阐述了分级变速主传动系统的设计理论和方法,主轴部件的先进结构和技术,进给传动系统的设计理论和方法。注重基础理论的阐述,在理论与实践相结合的基础上,培养学生分析问题和解决问题的能力。

3. 反映机械制造装备业的新成就和发展趋势。

本书由西北工业大学网络教育学院组织策划,西北工业大学杨雪宝任主编,并负责统稿。本书的绪论、第一、二、五、七章由杨雪宝编写,第三、四章由谭小群编写,第六、八、九章由李树军编写。全书由秦现生教授审阅。在本书的审定过程中,秦现生教授严格把关,提出了大量的修改意见,对本书的编写质量起到了保证作用,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 机械制造装备构造

第一章 车床	21
第一节 概述	21
第二节 CA6140 型普通车床的主要部件	24
第三节 CA6140 型普通车床的传动系统	26
第四节 CA6140 型卧式车床的主要结构	39
第五节 其他类型车床	50
复习思考题	57
第二章 齿轮加工机床	59
第一节 齿轮加工机床工作原理和分类	59
第二节 滚齿机	61
第三节 Y3150E 滚齿机	65
第四节 内联系传动链布局方案的分析比较	74
第五节 其他类型齿轮加工机床	76
复习思考题	88
第三章 磨床	89
第一节 磨床的功用和类型	89
第二节 常用磨床的结构和用途	90
复习思考题.....	104

第四章 其他机床	105
第一节 铣床.....	105
第二节 镗床.....	110
第三节 钻床.....	115
第四节 直线运动机床.....	118
第五节 组合机床.....	124
复习思考题.....	125
第五章 数控机床	126
第一节 数控机床概述.....	126
第二节 数控车床.....	131
第三节 数控铣床.....	149
第四节 加工中心.....	158
复习思考题.....	189
 第二篇 机械制造装备设计	
第六章 机械制造装备设计概述	193
第一节 机械制造装备设计的基本要求.....	193
第二节 机械制造装备的设计步骤.....	196
第三节 机械制造装备的总体方案设计.....	197
第四节 机械制造装备性能评价指标.....	198
复习思考题.....	202
第七章 机床变速传动系统设计	203
第一节 有级变速主传动系统的组成和要求.....	203
第二节 有级变速主传动系统的设计.....	206
第三节 数控机床无级变速主传动系统简介.....	241
第四节 进给传动系统.....	243
复习思考题.....	251

第八章 主轴部件设计	252
第一节 主轴部件的基本要求.....	252
第二节 主轴轴承的选择与配置.....	256
第三节 主轴.....	268
第四节 主轴组件的计算.....	271
第五节 提高主轴组件性能的措施.....	281
复习思考题.....	289
第九章 进给运动系统及导轨设计	290
第一节 进给运动系统设计.....	290
第二节 导轨设计.....	305
复习思考题.....	325
参考文献	326

绪 论

一、机械制造装备在国民经济中的地位

装备制造业是保证国民经济发展建设的基础,装备制造业的技术水平和现代化程度决定着整个国民经济的发展水平和现代化程度。机械制造装备中占分量最大的就是金属切削机床,在现代机械制造工业中,切削加工是加工机械产品零件最主要的方法。金属切削机床是对金属坯料或工件进行加工,使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的零件。机械产品中大部分是由一定形状和尺寸的金属零件组成,而这些零件通常都是用金属切削机床加工出来的。金属切削机床是加工机器零件的主要设备,其技术水平直接影响机械制造工业的产品质量和劳动生产率。金属切削机床是制造机器的机器,也是能制造机床本身的机器,这是金属切削机床区别于其他机器的主要特点,故机床又称为工具机。

机床主要包括:①金属切削机床,主要用于对金属进行切削加工;②木工机床,用于对木材进行切削加工;③特种加工机床,用物理、化学等方法对工件进行特种加工。习惯上所称的机床指的是使用得最广泛、数量最多的金属切削机床。

机械制造工业肩负着为国民经济各部门提供现代化技术装备的任务,它为工业、农业、交通运输业、科研和国防等部门提供各种机器、仪器和工具,它是国民经济各部门赖以发展的基础。而机床工业又是机械制造工业的基础。机床是机械工业的基本生产设备,它的品种、质量和加工效率直接影响着其他机械产品的生产技术水平 and 经济效益。机床的属性决定了它在国民经济中的重要地位,因此,机床工业的现代化水平和规模,以及所拥有机床的数量和质量是一个国家工业发达程度的重要标志之一。

二、机床的发展简史

机床制造工业可划分为三个发展阶段:手工业生产、机械化生产、自动化

生产。

公元前 2 000 多年出现的树木车床是机床最早的雏形。该机床工作时,脚踏绳索下端的套圈,利用树枝的弹性使工件由绳索带动旋转,手拿贝壳或石片等作为刀具,沿板条移动工具切削工件。在 12 世纪和 13 世纪后半期,出现了装有绳索擒纵机构的原始钟和天平式钟,表明时钟齿轮系统有了进一步的发展。这个时期,曲柄连杆机构原理已经用于机械,加工机械方面出现了手动车床。15 世纪,由于钟表制造业的发展,推动了机械制造技术的发展,出现了钟表匠需用的螺纹车床和齿轮加工机床。

18 世纪的工业革命推动了机床的发展。世界上第一台镗床是 1775 年由威尔金森发明的。威尔金森的镗床是一种能够精密地加工大炮的钻孔机,它是一种空心圆筒形镗杆,两端都安装在轴承上。威尔金森用这台炮筒镗床镗出的汽缸,满足了瓦特蒸汽机的要求。为了镗制更大的汽缸,他又于 1776 年制造了一台水轮驱动的汽缸镗床,促进了蒸汽机的发展。从此,机床开始用蒸汽机通过天轴驱动。

1797 年,英国人莫兹利创制成的车床由丝杠传动刀架,这台车床能够沿着两根平行导轨移动刀架和尾座。导轨的导向面是三角形的,在主轴旋转时带动丝杠使刀具架横向移动。这是近代车床所具有的主要机构,能实现机动进给和车削螺纹,这也是机床结构的一次重大变革。莫兹利也因此被称为“英国机床工业之父”。19 世纪,由于纺织机械、动力机械、交通运输机械和军火生产的推动,各种类型的机床相继出现。1817 年,英国人罗伯茨创制龙门刨床;1818 年,美国人惠特尼制成了世界上第一台普通卧式铣床;1876 年,美国人制成万能外圆磨床;1835 和 1897 年,美国人先后发明滚齿机和插齿机。

从 19 世纪末到 20 世纪初,单一的车床已逐渐演化出了铣床、刨床、磨床、钻床等多种功能机床。这些主要机床已经基本定型,随着电动机的发明,机床开始先采用电动机集中驱动,后又广泛使用单独电动机驱动。20 世纪初,为了加工精度更高的工件、夹具和螺纹加工工具,相继创制出坐标镗床和螺纹磨床。同时为了适应汽车和轴承等工业大量生产的需要,又研制出各种自动机床、仿形机床、组合机床和自动生产线。

随着电子技术的发展,美国于 1952 年研制成功第一台数字控制机床;1958 年研制成功能自动更换刀具,以进行多工序加工的加工中心;20 世纪 70 年代初研制成功柔性制造系统(FMS);1987 年首创开放式数控系统;等等。电子技术和计算机技术的发展和运用,使机床在驱动方式、控制系统和结构、功能等方面都发生了显著的变革。

数控技术经过了 50 多年的两个阶段共六代的发展:

第一阶段:硬件数控(NC)。

第一代(1952—1958 年):电子管时代;

第二代(1959—1964 年):晶体管分离元件时代;

第三代(1965—1969 年):小规模集成电路时代。

第二阶段:软件数控(CNC)。

第四代(1970—1973 年):小型计算机时代;

第五代(1974—1989 年):微处理器时代;

第六代(1990 年至今)基于 PC 机(PC-BASEO)时代。

第六代系统的优点主要有:

(1)元器件集成度高,可靠性好,性能高。可靠性已达到 5 万小时以上。

(2)基于 PC 平台,技术进步快,升级换代容易。

(3)提供了开放式基础,可供利用的软、硬件资源丰富,使数控功能扩展到很宽的领域(如计算机辅助设计(CAD),计算机辅助制造(CAM),计算机辅助工艺过程设计(CAPP),连接网卡、声卡、打印机、摄像机等)。

(4)对数控系统生产厂来说,提供了优良的开发环境,简化了硬件。

数控技术始终跟着计算机技术的发展步伐。开放式控制技术、网络化技术和智能控制技术正在推动数控系统经历一次体系结构的重大变革。开放式数控系统已经基本形成技术规范的应用体系,开放式控制的设计理念和支撑环境已经确立。随着计算机技术向网络方向深入发展的趋势逐渐明朗,以及数控加工控制应用环境的客观需要,采用分布式体系结构建立数控系统的技术路线正在逐步引起重视,成为开放式数控技术继续发展的一个重要方向。

三、我国机床工业概况

我国的机床工业是新中国成立以后建立的,目前,已形成了布局较为合理,比较完整的机床工业体系。机床的产量不断上升,品种也日益增多。现在我国已能生产从小型仪表机床到重型机床的各种机床及各种精密的、高度自动化的高效率机床和生产线。机床的性能在逐步提高,有些机床的性能已接近世界先进水平。

我国机床工业虽已取得了巨大成就,但与世界先进水平相比,仍有较大差距。具体表现如下:

(1)机床基础理论和应用技术的研究明显落后,没有领先技术,其技术水平处于引进、消化、吸收阶段。

(2)对数控机床品种,我国还只能生产中等规格的车、铣、加工中心,对于精密、大型、中型、小型、特种数控机床还需进口。

(3)高精度的性能不能满足要求且精度保持性差。

数控加工是现代制造技术的基础,这一发明对于制造行业而言,具有划时代的意义和深远的影响。数控机床是综合应用计算机技术、自动控制技术、自动检测及精密机械等高新技术的产物,是技术密集度及自动化程度很高的典型的机电一体化加工设备。它与普通机床相比,其优越性是显而易见的,不仅零件加工精度高,产品质量稳定,而且自动化程度极高,可减轻工人的体力劳动强度,大大提高了生产效率。特别值得一提的是,数控机床可完成普通机床难以完成或根本不能加工的,具有复杂曲面特征的零件加工,因而数控机床在机械制造业中的地位愈来愈显得重要。世界上主要发达国家都十分重视数控技术的研究和开发。我国数控技术起步于1958年,到1965年,已开始批量生产配有晶体管数控系统的三坐标数控铣床。50多年来,数控技术的发展大致可分为三个阶段:第一阶段从1958年到1979年,即封闭式发展阶段。在此阶段,由于国外的技术封锁和我国的基础条件的限制,数控技术的发展较为缓慢。第二阶段是在1981年到1990年,即引进、消化、吸收技术,初步建立起国产化体系阶段。在此阶段,由于改革开放和国家的重视,以及研究开发环境和国际环境的改善,我国数控技术的研究、开发以及在产品的国产化方面都取得了长足的进步。第三阶段是1991年至今,进行技术攻关和实施产业化的研究,进入市场竞争阶段。在此阶段,我国国产数控装备的产业化取得了实质性进步。在“九五”末期,国产数控机床的国内市场占有率达50%,配制国产数控系统(普及型)的机床也达到了10%。经过几十年的发展,目前的数控机床已实现了计算机控制并在工业界得到广泛应用。我国数控机床的发展经历了50多年的跌宕起伏,已经由成长期进入成熟期。

我国的数控机床无论从产品种类、技术水平、质量和产量都取得了很大的发展,一些关键技术也得到了重要突破。目前我国机床品种超过4 000种(特别是数控机床及其他高新技术机床产品达1 500多种),这在世界范围内也是位居前列的。我国的锻压机床、重型与超重型机床、高精度精密机床、电加工与特种加工机床、直齿与弧齿齿轮加工机床(滚、铣、插、剃、珩、拉,特别是磨齿),品种门类齐全。我国可供市场的1 500多种数控机床,覆盖超重型机床、高精度机床、特种加工机床、锻压设备、前沿高技术机床等领域,范围之广,可与美、日、德、意并驾齐驱。

五轴联动数控机床是数控机床技术制高点的重要标志。用于大型螺旋桨

空间曲面加工的五轴联动铣床,曾引发轰动一时的美日制裁苏联的“东芝事件”。该事件就是由于日本东芝公司卖给了苏联几台五轴联动的数控铣床,让苏联在潜艇的推进螺旋桨上的制造水平上了一个档次,使美国的声呐听不到苏联潜艇的声音了,由此美国要惩处东芝公司。十几年前美国国会也因当时我国进口了 16 台用于飞机制造的此类旧机床而炮制所谓要求制裁的“考克斯报告”。

这些至今仍受到限制的数控五轴联动产品的开发技术,我国都已陆续掌握。常州机床总厂、北京机电研究院和汉江机床有限公司等分别自行研制出了五轴联动数控加工中心和龙门铣床;华中数控公司用其自行开发的五轴数控系统改造了进口机床。这些都标志着中国已成熟地掌握了这项发达国家长期对中国限制的技术。

数控超重型机床是水力发电站、火力发电站、核电站设备制造,造船、冶金、矿山等重大装备制造及重兵器制造的关键设备。武汉重型机床集团开发出的加工件直径可达 16 m 的数控立式车床,可以代表我国超重型机床生产能力和水平。第一台数控立式车床曾在岩滩水力发电站水轮发电设备的制造中满足了用户急需需要,其后的几台数控立式车床为电站设备、国家关键工程设备的制造继续发挥重要作用。例如,号称世界最大的三峡电站 550 t 重巨型水轮机转轮的加工就是用国产数控立式车床完成的。该集团已开发成功投入使用的超重型机床还有数控落地镗铣加工中心,数控龙门式、桥式、固定横梁式、复合功能镗铣床,加工工件质量为 300 t、直径 4.5 m 的卧式车床,加工工件质量为 200 t、直径为 2.2 m 的数控轧辊磨床,国际上只有两三家生产,我国自主版权达到世界先进水平,我国已成为少数几个超重型机床供应国之一。DH4300 型数控重型卧式车床是三峡工程项目配套的重大关键设备,由齐齐哈尔重型机械厂数控装备股份有限公司与德国里希-济根公司共同开发研制的该机床,其最大加工直径为 4.3 m,最大加工长度为 18 m,最大工件质量为 250 t,加工误差小于 $7\text{ }\mu\text{m}$,创加工工件直径、承载质量两项亚洲第一。该机床采用了高精度重载传动技术、高精度静压导轨技术、静压蜗轮齿条无间隙传动技术,机内对刀、工件自动测量技术,全功能数字控制两轴联动等多项高新技术。目前该机床已经在哈尔滨电机厂投入使用,在加工三峡电站设备部件中发挥着关键作用。

大型纳米级超精密数控车床 NAM-800,在北京机床研究所研制成功。该车床的成功研制标志着我国超精密机床的制造水平达到了新的高度,为我国的航空、航天、天文、光学、激光等尖端技术行业所需的大型极高精度的核心

部件提供了纳米级的切削加工手段和技术支持。

NAM-800 纳米级超精密数控机床采用了当今最先进的数控技术、伺服技术、精密制造技术及精密测量技术,成功地解决了超精密导轨制造技术、主轴制造技术、气浮技术、测量与控制技术中对超精密加工有直接影响的温度控制技术、隔振技术等方面的技术难题。该车床的反馈系统分辨率为 2.5 nm ,机械进给系统可实现 5 nm 的微小移动,可对被加工表面实现微小的切除,使其达到极高的精度和表面质量。主轴的回转精度为 $0.03\text{ }\mu\text{m}$,溜板移动直线度为 $0.15\text{ }\mu\text{m}/200\text{ mm}$,最大可加工直径为 $\phi 800\text{ mm}$,粗糙度 $R_a < 0.008\text{ }\mu\text{m}$,形面精度小于 $0.3\text{ }\mu\text{m}/\phi 100\text{ mm}$ 。

立式和卧式加工中心,由于汇集了落地镗床、床身式铣床、坐标钻镗床的基本功能,且具备按数控程序自动换刀或自动更换工件托盘的特性,也是组成柔性生产线的基本设备,因此成为机械制造业中需要量比例最大的一类加工设备(约占数控金属切削机床需求总量的 30%),是世界机床市场热门商品。近年我国机床工业发展较快,约有 40 多家厂家进行生产,几百个通用品种批量生产,少数厂家已有高精度型、大规格型机床产品进入市场。

数控机床同样是数控机床中占比例较大者,我国约有 50 个厂家生产,品种齐全,质量稳定可靠。沈阳机床集团、大连机床集团、济南第一机床厂、宝鸡机床厂、云南机床厂、长城机床厂、通力机床厂等企业都已批量生产,有的已跨过月产百台的门槛。

数控齿轮加工机床是我国机床产品强项之一,成系列的六轴五联动数控滚齿机、七轴五联动蜗杆型砂轮磨齿机、七轴六联动弧齿锥齿轮磨齿机,都是最近几年来进入批量生产的世界先进水平的机床新品。

在高精度精密数控机床上,有北京机电研究院研制的定位精度可达到 $\pm 3\text{ }\mu\text{m}$ 的立式加工中心,北京机床所研制的主轴回转精度达 $\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 的车削中心等;宁江集团试制成功一种用于加工高精度模具的超精密数控立式车床,该机床采用高精度气浮主轴,用花岗岩做主要基础件,用真空吸盘夹持零件,采用多项国内外超精密高新加工技术,为背投彩电的屏幕制造提供了理想的加工设备。在全数控化螺旋齿轮切齿机方面,秦川机床集团和长沙铁道学院都研制出了不同规格的六轴五联动的全数控化的螺旋齿轮切齿机,使得中国成为继美国、瑞士、德国之后,第 4 个能生产这类机床的国家。

数控系统装置是数控机床的神经中枢,是曾长期阻碍我国数控领域发展的关键环节,就世界范围来说,经过多年市场激烈竞争的优胜劣汰,已形成由日本发那科(FANUC)公司独占世界市场近 50%,德国西门子(SIEMENS)公

司占据约 25% 的垄断局面。国际上最大的数控系统生产厂是日本 FANUC 公司,1 年生产 5 万套以上的数控系统,其次是德国的西门子公司,再次是德海德汉尔,西班牙的格洛,意大利的非迪亚,法国的 NUM,日本的三菱、安川。国产数控系统厂家主要有华中数控、北京航天机床数控集团、北京凯恩帝公司、北京凯奇公司、沈阳艺天公司、广州数控公司、南京新方达公司、成都广泰公司等,国产数控生产厂家规模都较小,年产量都还没有超过 300~400 套。我国从 20 世纪 90 年代末开始掌握基于通用 32 位工业控制机开放式体系结构,一举登上当代同一起跑线,开发出能与加工中心、复合车削机床及齿轮机床配套的数控系统,特别是能控制五轴联动(如用于桂林机床公司龙门式镗铣床、齐重控装备股份有限公司(原齐齐哈尔第一机床厂)车铣复合加工中心)和具备网络化远程监测、诊断、操作功能的数控系统,并开发出弧齿锥齿轮数控加工、三维激光视觉检测、螺旋桨七轴五联动和世界独创的空间曲面插补软件。目前,批量投入市场的国产数控系统,具有性能价格比优势,正在改变国际强手在中国市场上奇货可居的垄断局面。与之匹配的数字交流伺服调速电机及主轴电机已有自主版权的商品问世。量大面广的经济型数控系统先于外商投入市场,并已形成主导产品。

数控机床的主要配套机械部件滚珠丝杠自成系列,电主轴及实现两个旋转坐标的主轴部件都有商品上市。

我国机床产量虽然居世界第四,但高档数控机床仍主要依靠进口。相对数控机床主机来说,我国功能部件生产企业的发展显得相对滞后。功能部件不仅决定着机床的整机性能,而且,其成本还占到整机成本的 60%,其发展状况直接关系到机床的竞争力。目前,我国的功能部件生产企业规模普遍较小,布局分散,有些还依附于主机厂或研究所。理顺功能部件生产企业的体制,做大做强一批功能部件生产企业是提高我国机床整体制造水平的关键。

近年来,我国数控机床功能部件也有很大发展,特别是随着主机技术的引进,带动了我国功能部件技术水平和产品档次的提高。但和快速发展的数控主机的需求相比,还远不能满足要求。现就我国几种主要功能部件的技术水平、存在问题和对主机发展的制约因素进行分析。

近年来,在我国数控机床的制造方面,无论是技术水平还是制造质量都在逐年提高,数控机床外观也变得越来越亮丽。但是,国产数控机床和国外工业发达国家的产品比较,还存在许多差距,相当数量的中高档数控机床仍需要依赖进口。造成差距的因素很多,但占数控机床制造成本比例越来越大的配套功能部件,其品种、水平和质量问题是其中的一个重要因素。

- (1) 低技术水平的产品竞争激烈,互相靠压价促销;
- (2) 高技术水平、全功能产品主要靠进口;
- (3) 配套的高质量功能部件、数控系统附件主要靠进口;
- (4) 应用技术水平较低,联网技术没有完全推广使用;
- (5) 自行开发能力较差,相对有较高技术水平的产品主要靠引进图纸、合资生产或进口件组装。

现就我国几种主要功能部件的技术水平、存在问题和对主机发展的制约,作一简要介绍。

1. 电主轴部件

近年来,随着高速加工技术的迅猛发展和广泛应用,各工业部门特别是航天、航空、汽车、摩托车和模具加工等行业,对高速度、高精度数控机床的需求与日俱增。数控机床的高转速、高精度,使传统的滚动轴承主轴结构越来越不能适应。美国、德国、日本、意大利等工业发达国家,都在高速数控机床上广泛采用电主轴结构。电主轴结构就是主轴箱和电机融为一体,电机转子就是主轴,主轴是中空的,头部是标准结构,便于安装卡盘和刀具,电机座就是主轴箱体,可安装在床身上。这种主轴无任何中间传动件,结构简单,传动精度和机械效率都很高。

电主轴就是将高速电机置于机床主轴部件内部,通过交流变频控制系统,使主轴获得所需的工作速度和转矩,具有结构紧凑、速度快、传动效率高等特点。

我国从 20 世纪五六十年代就开始电主轴的研究和开发,将其应用于专用内圆磨床等设备上,并且形成了磨床电主轴专用系列,具有一定的生产规模。到 90 年代中后期,又开发出了钻小孔用的高速电主轴和小型数控铣床用电主轴,但是这些主轴的功率、转矩都比较小。

为了满足国内发展高速、高精度数控机床的需求,在“九五”期间通过攻关,开发出了主轴功率为 2.5~29 kW、转矩为 4~86 N·m,能应用于数控机床和加工中心的电主轴,并且已装备了部分国产数控机床。但是,国产的电主轴和国外产品相比较,无论是性能、品种和质量都有较大差距,因此目前国产的高转速、高精度数控机床和加工中心所用的电主轴,仍然主要从国外进口。

国产电主轴产品和国外的相比较,主要存在以下差距:

- (1) 国外电主轴低速段的输出转矩最大可达 300 N·m,而我国目前的输出转矩仅在 100 N·m 以内。

(2)在高转速方面,国外用于加工中心的电主轴转速已达 $75\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,我国则多在 $15\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 以内。

(3)电主轴的轴承润滑,国外普遍采用油气润滑,而我国仍用油脂润滑。

(4)其他配套技术也有较大差距,如主轴电机矢量控制,交流伺服控制技术,精确定向技术,快速启动、停止等。

(5)在产品的品种、规格、数量和制造规模等方面,仍然处于小量研发试制阶段,没有形成系列化、专业化,远不能满足国内数控机床和加工中心发展的需求。

2. 高速滚动功能部件

高速滚动功能部件主要是指高速滚珠丝杠副和直线导轨。

滚珠丝杠副摩擦因数低,并且能消除传动间隙,具有高档数控机床传动所需的高速度、高刚度、高精度、高效率、低噪声等要求,目前在机床制造业被广泛采用。

我国的滚珠丝杠副的生产起步于20世纪60年代,比国外工业发达国家晚20年,国内市场占有率约为70%,其中,高精度、高档产品约占40%。

滚动直线导轨是高档数控机床另一关键功能部件。滚动直线导轨具有摩擦阻力小、精度高、安装方便等优点,已被广泛应用于各种高档数控机床。

我国滚动直线导轨副的研制始于20世纪80年代,比国外工业发达国家晚了10年左右。国内市场占有率约为50%~60%。和滚珠丝杠副一样,滚动导轨的技术指标和性能与国外产品比较也有较大的差距,且在国内没有形成规模生产的龙头企业。

3. 数控转塔刀架等附件

数控刀架是数控车床、加工中心等主机产品的关键功能部件。随着数控机床的发展,数控刀架向快速换刀、电液组合驱动和伺服驱动多方向发展,而且需求量日益增大。经济型数控机床所用的刀架国内产品尚可满足需求,但用于中、高档数控机床的刀架,其技术水平与生产能力距国内需求还有一定差距。该类刀架要求换位速度快,定位精度高,刀具布局干涉小,刀架刚性良好,结构简单易维修,连接尺寸互换性好,可靠性强,目前主要依靠进口。

我国数控转塔刀架生产的主导企业在引进世界著名品牌产品的基础上,经过十几年完善、消化,在产品的精度、可靠性等方面都达到了发达国家20世纪90年代初的水平。但是和目前国际产品比较,还存在一定差距,特别是数

控加工中心使用的动力刀架,在国内仍属空白。

数控回转工作台是构成高档多坐标联动加工中心的回转、倾斜坐标的重要基础件,是数控机床扩大工艺范围和提高加工性能的关键部件,因此数控回转工作台的发展和提高在国内外普遍受到重视。我国从1984年开始试制至今已有十多个规格,但其技术水平与国外产品比较,差距较大。如分度精度,国外一般为 $15'' \sim 20''$,而我国为 $15'' \sim 30''$;最高允许转速,国外为 $25 \sim 44 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,而我国为 $8.3 \sim 12 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

数控机床是以数控系统为代表的新技术对传统机械制造产业的渗透形成的机电一体化产品,其技术范围覆盖很多领域:①机械制造技术;②信息处理、加工、传输技术;③自动控制技术;④伺服驱动技术;⑤传感器技术;⑥软件技术等。计算机对传统制造产业的渗透,完全改变了制造业。制造业不但成为工业化的象征,而且由于信息技术的渗透,使制造业犹如朝阳产业,具有广阔的发展天地。

四、金属切削机床的分类与型号的编制方法

1. 金属切削机床的分类

由于生产的发展以及机械加工工艺的不断革新,金属切削机床的品种也在不断地增加。为了便于机床的生产、管理和使用,须将机床进行分类。机床的分类方法较多,一般按加工性质和使用的刀具不同,可将通用机床分为12大类:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、切断机床和其他机床。每一类机床又按工艺范围、布局形式和结构等,分为10个组,每一组又细分为若干系(系列)。

除按上述方法分类外,还可按照其他特性进行分类。

根据机床通用性的程度,可将机床分为通用机床、专门化机床、专用机床。

(1)通用机床(万能机床)。这类机床的加工范围较广,可以加工一定尺寸范围内多种零件的不同工序。例如,卧式车床、卧式铣床、万能升降台铣床等都属于通用机床。通用机床因其通用性强,所以结构比较复杂,主要适用于单件小批量生产。

(2)专门化机床。这类机床是专门用于加工不同尺寸的一类或几类零件的某一种或几种特定工序,如精密丝杠车床、凸轮轴车床、曲轴颈车床等。

(3)专用机床。这类机床是用于加工某一种或几种零件的特定工序。例如,加工机床主轴箱的专用铣床等。专用机床是根据工艺要求专门设计制造