



新世纪高职高专  
数控技术应用类课程规划教材

# 数控机床程序设计

SHUKONG JICHUANG CHENGXU SHEJI

新世纪高职高专教材编审委员会 组编  
主 编 宋健新



大连理工大学出版社  
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



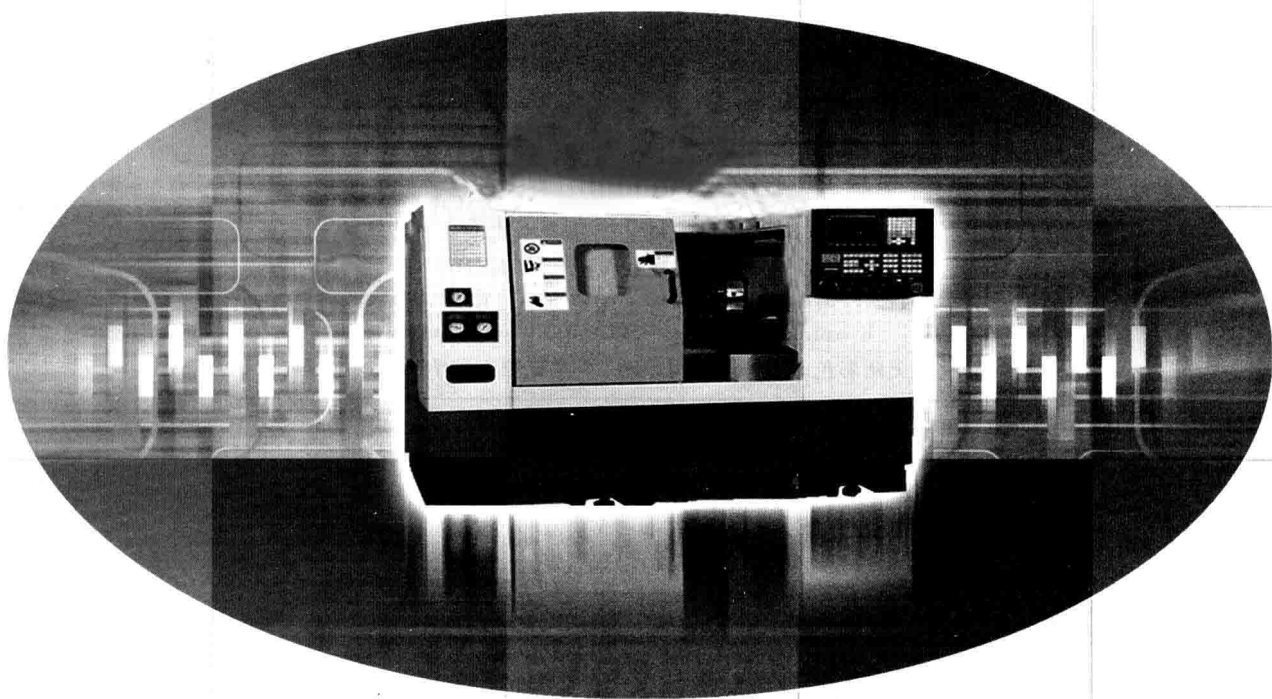
新世纪高职高专  
数控技术应用类课程规划教材

# 数控机床程序设计

SHUKONG JICHUANG CHENGXU SHEJI

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 宋健新



大连理工大学出版社  
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床程序设计 / 宋健新主编. —大连: 大连理工大学出版社, 2010. 8  
新世纪高职高专数控技术应用类课程规划教材  
ISBN 978-7-5611-5733-6

I. ①数… II. ①宋… III. ①数控机床—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 156585 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

---

|                  |                   |           |
|------------------|-------------------|-----------|
| 幅面尺寸:185mm×260mm | 印张:13             | 字数:297 千字 |
| 2010 年 8 月第 1 版  | 2010 年 8 月第 1 次印刷 |           |

---

责任编辑:唐 爽

责任校对:才 进

封面设计:张 莹

---

ISBN 978-7-5611-5733-6

定 价:28.00 元

# 总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了21世纪的门槛。

20世纪与21世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且唯一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

众所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

# 前 言

《数控机床程序设计》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的数控技术应用类课程规划教材之一。

数控技术及装备水平已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志。本教材是编者在多年的教学基础上,根据目前社会对数控机床专业的需求,针对在校学生学习中的认知规律以及理论教学和专业实习学时比例而编写的。考虑到行业发展的现状和趋势,尽可能在结构安排和表达上,强调阶梯式推进、一体化教学、师生互动和任务分析等表现形式,使学生能够比较轻松地熟悉、接受和掌握课程内容。

本教材具有以下特点:

1. 本教材在章节编排上力求做到直观、简洁和适用,从而使读者既能体会到数控技术的综合性,同时又容易建立起联系的观点,用综合分析的方法处理学习中遇到的每一个知识点。

2. 随着数控机床的使用越来越普及,数控机床操作人员需求的不断增加,作为中高级技能学员,顶岗实习是在离校后继续学习的延续,而在校理论课学习和校内实习时间相应缩短。本书就是针对目前这种状况编写的。由于考虑了现实教学变革的实际需求,书中内容更切合在校学习和生产实习,使学生更容易接受理解,也更有利于教师安排教学和实习。

3. 随着 AutoCAD 计算机绘图软件的普及应用,本书选择使用 AutoCAD 二维绘图方法确定各工序尺寸中的基点坐标。特别是在数控仿真时利用同一台计算机,同时使用数控仿真软件和 AutoCAD 绘图软件。这样可以达到方

## ■ 4 数控机床程序设计

便、快捷、精确地为加工程序提供各个基点坐标,还可以提高仿真加工的效率。

4. 本教材在编写过程中采用了最新的国家技术标准和国家职业标准,使教材更加科学和规范。本书适用于高职高专数控机床专业专业课,前3章可安排60~80学时,不包括实习课时。

本教材共分4章,分别是:数控加工入门知识;数控加工工艺基础;数控机床程序设计;其他数控加工方法简介。其中,程序设计部分主要以数控车床程序设计为主,另外简要说明同类数控铣床和加工中心的程序设计。

本教材由洛阳市职工科学技术学院宋健新主编。本书可供高等职业院校学生和数控机床操作人员培训之用,配合实训教程,可用于课后练习、仿真实习和数控车间实习。

尽管我们在教材建设的特色方面做出了许多努力,但由于编者水平有限,教材中仍可能存在一些疏漏和不妥之处,恳请各教学单位和读者在使用本教材时批评指正,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

编 者

2010年8月



---

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 数控加工入门知识</b> .....      | 1   |
| 1.1 数控技术的产生与发展 .....             | 1   |
| 1.2 数控机床的特性、加工原理及分类.....         | 3   |
| 1.3 数控编程概述.....                  | 12  |
| 本章小结 .....                       | 17  |
| 思考题 .....                        | 18  |
| <b>第 2 章 数控加工工艺基础</b> .....      | 19  |
| 2.1 数控机床的机械结构.....               | 19  |
| 2.2 数控车床加工工艺.....                | 29  |
| 2.3 数控铣床、加工中心加工工艺特点 .....        | 41  |
| 本章小结 .....                       | 44  |
| 思考题 .....                        | 44  |
| <b>第 3 章 数控机床程序设计</b> .....      | 45  |
| 3.1 数控机床程序设计基础.....              | 45  |
| 3.2 SIEMENS 数控车床系统程序设计 .....     | 48  |
| 3.3 FANUC Oi 数控车床系统程序设计与操作 ..... | 89  |
| 3.4 华中世纪星数控系统(HNC)操作 .....       | 137 |
| 本章小结.....                        | 176 |
| 思考题.....                         | 177 |
| <b>第 4 章 其他数控加工方法简介</b> .....    | 178 |
| 4.1 数控电火花加工 .....                | 178 |
| 4.2 数控线切割技术 .....                | 186 |
| <b>附 录</b> .....                 | 192 |
| 附录 A 生产实习车间安全预防措施 .....          | 192 |
| 附录 B CNC 机床加工指令代码表 .....         | 194 |
| <b>参考文献</b> .....                | 199 |

# 第 1 章

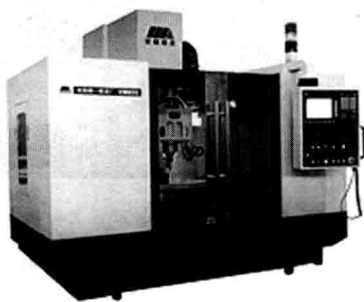
## 数控加工入门知识

### 1.1 数控技术的产生与发展

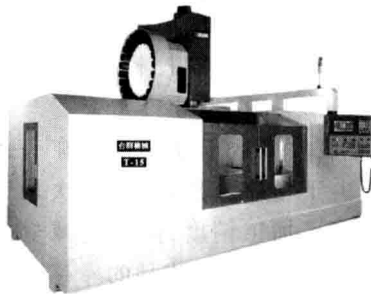
#### 1.1.1 数控技术的产生

1948 年,美国帕森斯(Parsons)公司在研制直升机叶片加工机床时,提出了数控机床的初始设想,后由空军部门委托帕森斯公司和麻省理工学院(MIT)伺服机构研究所进行数控机床的研究工作,历经三年,于 1952 年试制成功世界上第一台数控机床。

数控机床的研制成功是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段。此后,数控机床的应用也从宇航工业逐步扩展到船舶、汽车、铁道、电力和建筑等民用机械制造业。如图 1-1(a)所示为立式数控铣床,图 1-1(b)所示为数控加工中心。



(a)立式数控铣床



(b)数控加工中心

图 1-1 数控机床

1997 年,我国制定了国家标准(GB/T 8129—1997),对数值控制(数控)做出如下定义:用数值数据的控制装置,在运行过程中,不断地引入数值数据,从而对某一生产过程实现自动控制(numerical control, NC)。

随着计算机技术的发展、软硬件的提高,出现了计算机数控(computer numerical control, CNC)系统。CNC 系统完全由软件处理数字信息,具有真正的柔性,使数控系统性能大大提高。

现在,数控机床都采用了 CNC:将加工零件的各种操作以及主轴转动、刀架的移动等

动作用不同的代码事先输入机床,计算机对输入的信息进行处理运算,而后发出不同指令去控制伺服系统或其他执行元件,使机床自动加工出所需的合格零件。

## ■ 1.1.2 数控机床的发展

### 1. 数控机床的发展

随着计算机技术、微电子技术的高速发展,数控机床的性能价格比不断提高,不断更新换代。过去曾只被少数企业拥有的数控机床如今已有了更广阔的用武之地,为大多数现代企业所必备。

经过几十年的发展,数控机床的核心部分——数控系统,先后历经了六代的变化,即电子管时代、晶体管时代、集成电路时代、小型计算机时代、微处理计算机时代和通用CNC系统时代。其中,前三代称作硬件数控(NC)阶段;后三代为计算机软件控制(CNC)阶段。

### 2. 数控机床的发展趋势

随着人们对产品的要求日益多样化,高质量、高效益和多品种、小批量、柔性生产方式成为企业生存发展的必要条件,而单件小批量零部件产品占机械加工总量的80%以上,这样就要求数控机床向着工序集中、高速、高效、高精度以及使用方便等方向发展。

#### (1) 工序集中

数控加工中心是继普通数控机床后出现的自动化程度更高的数控机床,它可以从自备的刀库中用机械手自动更换刀具,连续地对被加工工件进行多种工序的加工。如图1-1(b)所示五面加工的加工中心,去刀、取刀和换刀的整个过程在1s左右。图1-2所示为五轴联动数控机床加工的铝合金样件。

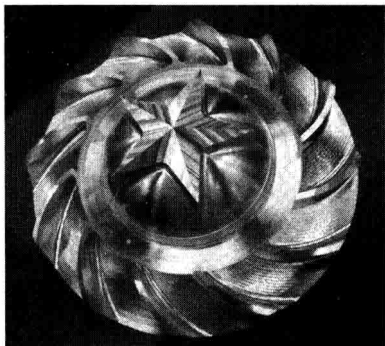


图 1-2 使用五轴联动数控机床加工的样件

加工中心使大多数工序都集中在一台机床上完成,减少了由于工序分散、工件多次装夹引起的定位误差,提高了加工精度,同时还减少了机床的台数与占地面积,压缩了半成品的库存量,减少了工序间的辅助时间,有效地提高了数控机床的生产效率和数控加工的经济效益。

#### (2) 高速、高效、高精度

以上“三高”是机械加工的目标,也是数控机床发展的趋势之一。

#### (3) 使用方便

使用方便包括编制程序方便和操作机床方便两方面。

① 编制程序方便:数控机床完全依赖程序来加工,编好程序至关重要。从一开始的手工编程到自动编程以及最新的图形交互式编程,编写程序变得更为方便。

② 操作机床方便:数控机床在加工过程中普遍使用动态显示屏进行人机对话、图形显示和图形模拟等技术。对于一些操作说明、错误信息等也有提示。

### 3. 数控机床的应用范围

数控机床具有普通机床所不具备的许多优点,其应用范围在不断扩大,但目前还不能完全取代普通机床,主要原因是它不能以最经济的方式解决加工制造过程中的所有问题。

根据数控加工的优缺点,将被加工的零件按适合数控加工的程度分为下列三类:

#### (1) 最适应类

对于这种类型的零件,不应过多地考虑生产率与经济性,只要有可能,都应优选数控加工方案:

①形状复杂、加工要求高,用普通机床无法加工或虽能加工但很难保证产品质量的零件。

②用数学模型描述的复杂曲线或复杂曲面轮廓零件。

③具有难测量、难控制进给、难控制尺寸等特点的不开敞内腔的壳体或盒形零件。

④必须在一次装夹中完成铣、镗、铰、钻和攻螺纹等多个工序的零件。

#### (2) 较适应类

对于这种类型的零件,除了可加工性外,还要综合考虑生产率及经济性,一般应尽量选择数控加工方案:

①在普通机床上加工极易受人为因素(如情绪波动、体力强弱、技术水平高低等)干扰,零件价值又高,一旦质量失控便会造成重大经济损失的零件。

②在普通机床上加工时必须制造复杂专用夹具的零件。

③需要多次更改设计后才能定型的零件。

④在普通机床上加工需要作长时间调整的零件。

⑤用普通机床加工时,生产率很低或劳动强度很大的零件。

#### (3) 不适应类

对于这种类型的零件,采用数控加工后,既不经济,又不能提高生产率,还可能弄巧成拙或得不偿失,一般不应选择数控加工方案:

①装夹困难或完全靠找正定位来保证加工精度的零件。

②加工余量很不稳定,且数控机床上无在线检测系统可自动调整零件坐标位置的零件。

③必须用特定的工艺装备协调加工的零件。

④生产批量大的零件(不排除其中个别工序用数控机床加工)。

## 1.2 数控机床的特性、加工原理及分类

### 1.2.1 数控机床的特性

#### 1. 对加工对象改型的适应性强

因为数控机床完全靠数控指令来加工零件,所以,若要更改被加工零件,只需更改数控指令即可。这与普通车床更改零件的操作程序是不一样的,更符合单件小批量生产的要求。总之,CNC具有充分的柔性,能适应不同零件的加工。

#### 2. 加工产品质量好

数控机床严格按照零件程序规定的轨迹进行加工,加工精度高,产品质量稳定,集中

的工序可减少工装及人为引起的误差,产品的重复精度高,互换性(一致性)好,有利于产品质量的控制。

一般的数控机床,其定位精度普遍都可以达到 0.03 mm,重复定位精度为 0.01 mm。

### 3. 生产效率高

数控机床可以采用较大的切削用量,有效节省机加工时间;自动换刀和其他辅助功能的自动化,大大缩短了辅助时间;工序集中,减少了工序间运输、测量和装夹时间,减少零件的库存和搬运次数。

因此,数控机床的生产效率一般比普通机床高 3~5 倍。在加工复杂零件时,可提高 8~10 倍。

另外,数控机床加工精度比较稳定,在具有系统自动检测和自动刀补的条件下,只要做首件试切和抽检,就可以做连续加工不停车。

### 4. 减轻了劳动强度,改善了劳动条件,节省了人力,降低了劳动花费

数控机床是严格按照事先编好的程序对零件进行自动加工的,操作者除了安放控制介质(磁盘、纸带、通讯传输等)或操作键盘、装卸工件、关键工序的中间检测以及观察机床运行之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度可大为减轻,劳动条件也得到相应改善。

### 5. 良好的经济效益

使用数控机床加工零件时,虽然设备价格比较昂贵,但对于单件小批量生产而言,可以节省许多其他方面的费用,因此可获得良好的经济效益。

此外,由于加工精度高且稳定,废品率和成本下降,对应的工装等也大为减少。

### 6. 有利于生产管理的现代化

数控机床加工一件工件的时间是可以根据程序的运行计算出来的,加工一批零件的总工时也可以计算出来。刀具等的管理也可以通过程序来控制。这些都为现代化的生产管理提供了有利条件。

### 7. 易于建立计算机通信网络

数控机床使用指令代码这些数字信息,容易建立起数字通信网络。例如,加工程序可以脱机编制,通过 R232 接口连接到数控机床;CAD/CAM 等图形设计制造系统可以连接数控机床进行加工。

另外,数控机床还有一些很重要的指标,如规格指标、精度指标和效率指标等。数控机床的加工精度和表面质量取决于脉冲当量数的大小。一般数控机床脉冲当量为 0.001 mm,精密数控机床为 0.000 1 mm。脉冲当量越小,其加工精度和表面质量越高。而且,脉冲当量也是设计数控机床的原始数据之一。

定位精度和重复定位精度也属于精度指标。定位精度指数控机床刀架或工作台实际运动位置与指令位置的一致程度,其不一致的误差即定位误差。重复定位精度指在相同的操作方法和条件下,完成规定操作次数过程中得到结果的一致程度。

重复定位精度值会影响批量加工零件的一致性,是一项非常重要的性能指标。经济型数控机床的定位精度为  $\pm 0.01$  mm,重复定位精度为  $\pm 0.005$  mm。

通常定位误差来源于伺服驱动系统误差、检测系统误差、进给系统误差和运动部件导轨的几何误差等机械传动环节的误差。分度精度和回零精度是定位精度的两个特例。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。

## 1.2.2 数控机床加工原理

数控机床由控制介质、人机交互设备、计算机数控装置、进给伺服驱动系统、主轴驱动系统、辅助控制装置、可编程控制器、反馈系统和自适应控制等部分组成。如图 1-3 所示。

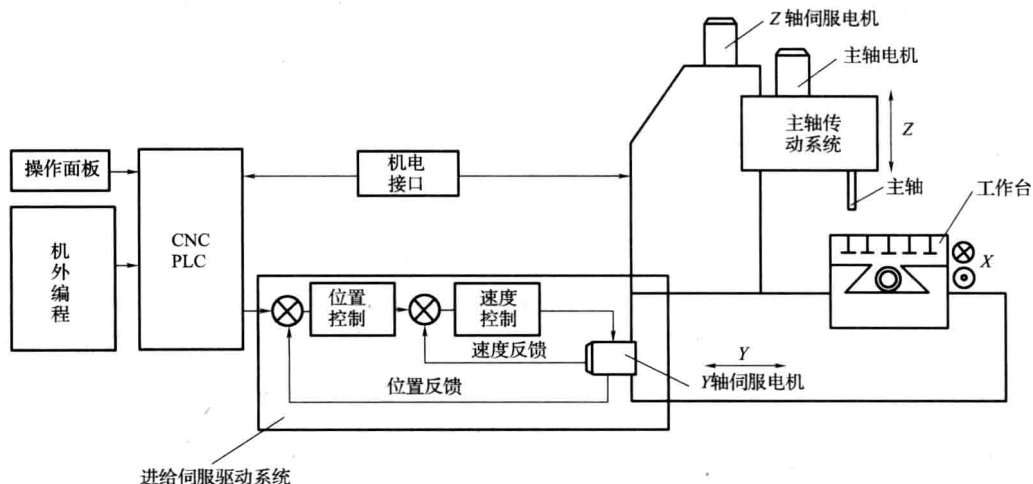


图 1-3 数控铣床工作原理

### 1. 控制介质

数控机床在进行加工前，必须接收由操纵人员输入的零件加工程序，然后才能根据输入的零件加工程序进行加工控制。因此，数控机床中必须具备必要的输入/输出装置，来完成零件程序的输入/输出过程。

输入程序可以直接在机床控制面板上一条一条输进去，这种方法适用于零件简单、程序语句指令少的情况。稍复杂一些的程序要事先在数控机床之外的计算机上编写。编写并修改好零件程序以后，将其存入某种介质（如磁盘、穿孔纸带等），加工之前通过某种接口将其导入到数控机床内，等待计算机处理。

### 2. 人机交互设备

数控机床在加工运行时，操作人员要对数控系统进行状态干预。即对输入的加工程序进行编辑、修改、调试和仿真运行等操作，同时数控系统要显示机床的运行状态。这种具有人机联系、人机互动功能的设备被称为人机交换设备。人机交换设备主要指的是显示面板或操作面板，其上有键盘、调节按钮和液晶显示器等。

操作面板可以实时显示许多加工信息。如加工方式、切削参数、主轴转速、刀具位置等。高级操作面板还可以显示走刀轨迹等更多信息。

### 3. 计算机数控装置(CNC)

数控系统实际上是一个软硬兼施的装置，即一个包含有许多软件的硬件组合。它是数控机床的核心部分，是加工运行的指挥中心。数控装置由译码器、控制器、运算器、存储器、接口电路等组成。如图 1-4 所示，点画线框内为 CNC 控制部分。被 CNC 处理的程序（软件）可以通过手动方式输入数据，也可以通过输入接口接收由外部输入的较复杂的程序。

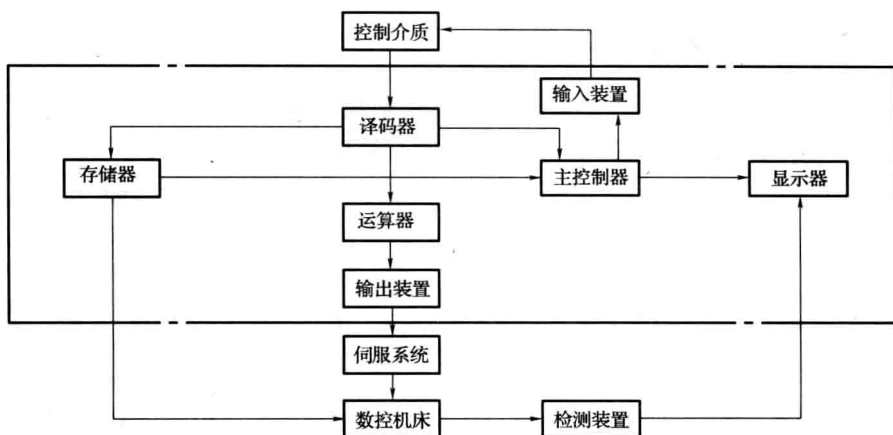


图 1-4 数控系统逻辑原理图

可编程控制器(PLC)也属于辅助控制,其作用是把计算机送来的辅助控制指令转换为强电信号,以控制机床的顺序动作、定时计数、主轴电动机的启动和停止及转速调整、冷却液开关、转位换刀等。PLC 分独立式和内装式两种。

#### 4. 进给伺服驱动系统

伺服驱动系统是将来自数控装置的位置控制移动指令转变为机床工作部件的运动,使工作台按规定轨迹移动或精确定位,加工出符合图样要求的零件。伺服电动机分为步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机三种。根据接收指令又可分为脉冲式驱动电动机和模拟式驱动电动机。步进电动机是脉冲式驱动,交、直流伺服电动机采用模拟式驱动方式。

#### 5. 主轴驱动系统

数控机床主轴须满足几方面的要求:①主轴和进给驱动应能实现同步控制;②主轴可实现正反转和加减速控制;③能在自动换刀和精镗退刀时精确准停;④具有恒线速度切削功能以保证加工质量;⑤能实现角度分度功能等。

主轴的运动是旋转运动,大多数采用交流驱动系统。例如,用可编程控制器控制,用变频器进行调速等方法。普通车床采用多级齿轮有级变速。

#### 6. 辅助控制装置

辅助控制装置有液压润滑系统、冷却系统、接口电路、强电控制系统等。

#### 7. 反馈系统

反馈系统包括位置反馈和速度反馈等。其作用是通过实时在线测量机床移动的位置速度参数,同时转换成电信号反馈给 CNC 装置,及时调节正确参数,保证加工精度。

#### 8. 自适应控制

数控机床按照程序指令运行,主轴转速和刀架移动量都由指令事先编写好。但有些因素在编程时无法预测,如工件材料特性在加工过程中的变化,现场环境温度的变化等。这些随时变化的因素会影响数控机床加工精度和生产效率。自适应控制的目的是试图把加工过程中的温度、转矩、振动、摩擦、切削力等因素的变化与最佳参数比较,若有误差及时补偿,以保证加工精度或生产率。自适应系统价格较贵,目前没有安装在普通数控机床上。

## 9. 机床本体

数控机床本体由床身、立柱和工作台等大型铸件组成,是数控机床的基础结构. 由于数控机床是高精度和高自动化加工机床,与普通机床相比,应具有更好的抗振性和刚度,要求相对运动的摩擦因数要小,进给传动部分之间的间隙要小。所以其设计要求比通用机床更严格,加工制造更精密,还要采用加强刚性、减小热变形、提高精度的设计措施。

### 1.2.3 数控机床分类

数控机床有七种分类方法,即按工艺用途分类,按加工路线分类,按可控制联动的坐标轴数分类,按数控装置的类型分类,按控制方式分类,按加工方式分类和按功能水平分类。

#### 1. 按工艺用途分类

##### (1) 一般数控机床

图 1-5 所示为 XK5040A 型数控铣床。此外,还有普通数控钻床、车床、镗床、磨床和齿轮加工机床等。

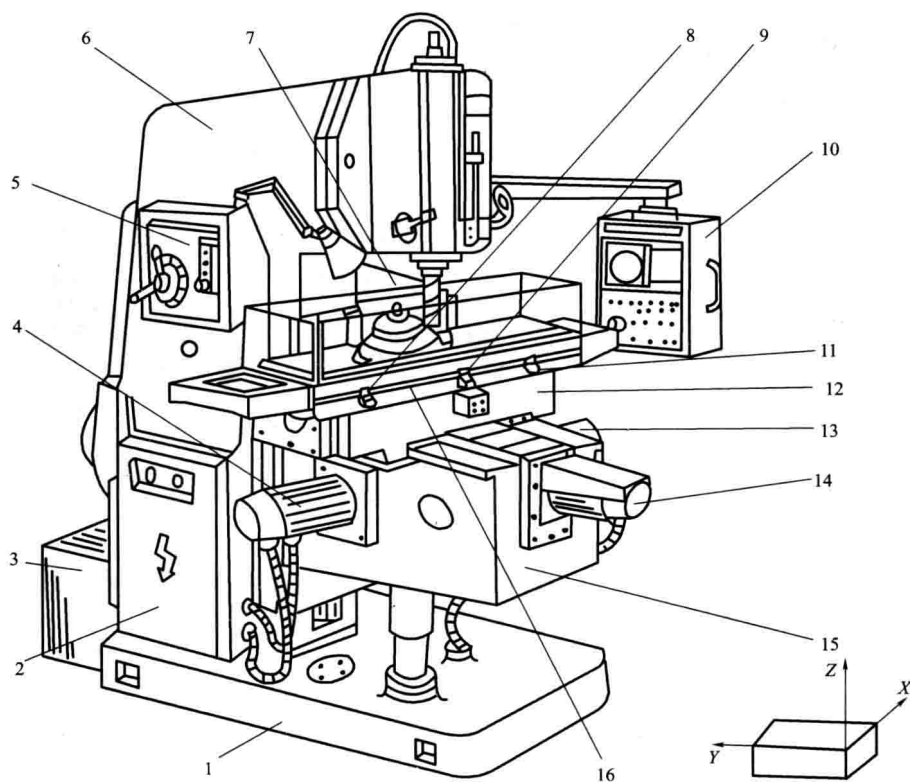


图 1-5 XK5040A 型数控铣床

- 1—底座;2—强电柜;3—变压器;4—升降进给伺服电动机;5—主轴变速按钮板;6—床身立柱;  
7—数控柜;8,11—纵向行程开关;9—纵向参考点挡铁;10—操纵台;12—横向溜板;  
13—纵向进给伺服电动机;14—横向进给伺服电动机;15—升降台;16—纵向工作台

## (2) 数控加工中心

数控加工中心与一般数控机床的区别是,加工中心有一个刀库和自动换刀装置。如图1-1(b)是可进行五面加工的加工中心。刀库可预安装一百多把不同的刀具,换刀采用换刀机械手,可极大提高效率,减少辅助时间,实现一台机床进行多工种、多工序加工。

## 2. 按加工路线分类

数控机床按其进刀与工件相对运动的方式,可以分为点位控制、直线控制和轮廓控制三种。

### (1) 点位控制

点位控制指刀具与工件相对运动时,数控系统只控制某一点到另一点的直线距离位置精确性,而不考虑两点之间的运动路径和方向,如图1-6(a)所示。这种数控方式多用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。点位控制数控机床的运动特点是先快后慢。

### (2) 直线控制

直线控制指刀具与工件相对运动时,刀具轨迹都是平行坐标轴的直线,如图1-6(b)所示。这种控制方式常用于一些数控车床、数控铣床和数控磨床等。

### (3) 轮廓控制

轮廓控制指刀具与工件相对运动时,能对两个或以上坐标轴的运动同时进行控制,因此可以加工平面曲线轮廓或空间曲面轮廓,如图1-6(c)所示。采用这类控制方式的数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等。

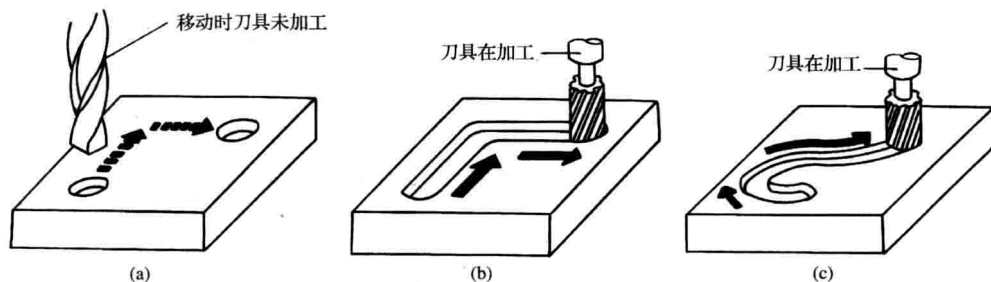


图 1-6 三种加工路线

## 3. 按可控制联动的坐标轴数分类

可控制联动的坐标轴数就是数控装置可以控制几个伺服电动机,即同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

### (1) 两坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动,即X轴和Z轴。可用于数控铣床加工各种曲线轮廓以及数控车床加工各类回转体类零件。如图1-7(a)所示为数控铣床加工的零件沟槽。

### (2) 三坐标联动

数控机床能同时控制三个坐标轴联动,可用于加工曲面零件,如图1-7(b)所示。

### (3) 两轴半坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴,第三个坐标轴只作等距圆周运动。如图1-7(c)所示,数控装置在XZ平面内控制X、Z两坐标联动,加工垂直面内的轮廓表面。同时系统还控制Y坐标作定期等距移动,形成空间曲面。

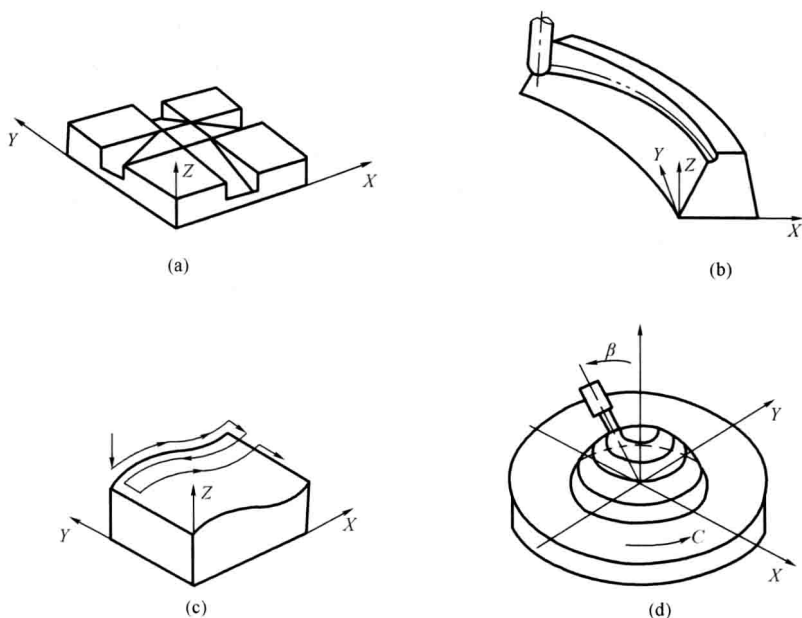


图 1-7 可控制联动加工示意

#### (4) 多坐标联动

数控装置能同时控制四个以上坐标轴的联动,主要用于加工形状复杂的零件。但多坐标数控机床的结构复杂,本身机床精度要求很高,且零件加工程序编制难度大。图 1-7(d)为五轴联动数控铣床加工曲面零件情况。

图 1-8 为六轴加工中心示意图,其中六轴是 X、Y、Z、A、B、C。

### 4. 按数控装置的类型分类

#### (1) 硬件数控

数控机床的发展经历了六个时代,其中前三代即电子管时代、晶体管时代和集成电路时代属于第一阶段,也是硬件数控阶段。现在那一时代开发的机床均已被淘汰,但这些数控机床的工作原理仍有借鉴意义。

硬件数控系统的工作原理如图 1-9 所示:根据被加工零件的零件图,编制零件工艺文件→编写数控机床加工程序→制作穿孔纸带→(通过阅读机)读入机床→(数控装置根据输入的程序)加工出合格产品。

#### (2) 计算机数控

硬件数控由于功能少、线路复杂、可靠性低等缺点现已无市场。随着计算机性价比的提高,数控机床普遍采用计算机处理数字信息,即 CNC。用 CNC 加工零件主要靠软件来控制。软件分系统软件和应用软件两种。系统软件固化于只读存储器(ROM)中,关机后不会丢失且不可更改。应用软件就是加工零件的程序指令,不同的工件对应不同的应

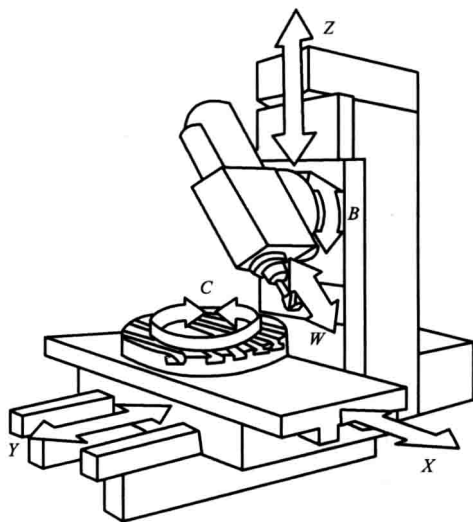


图 1-8 六轴联动的数控加工中心