

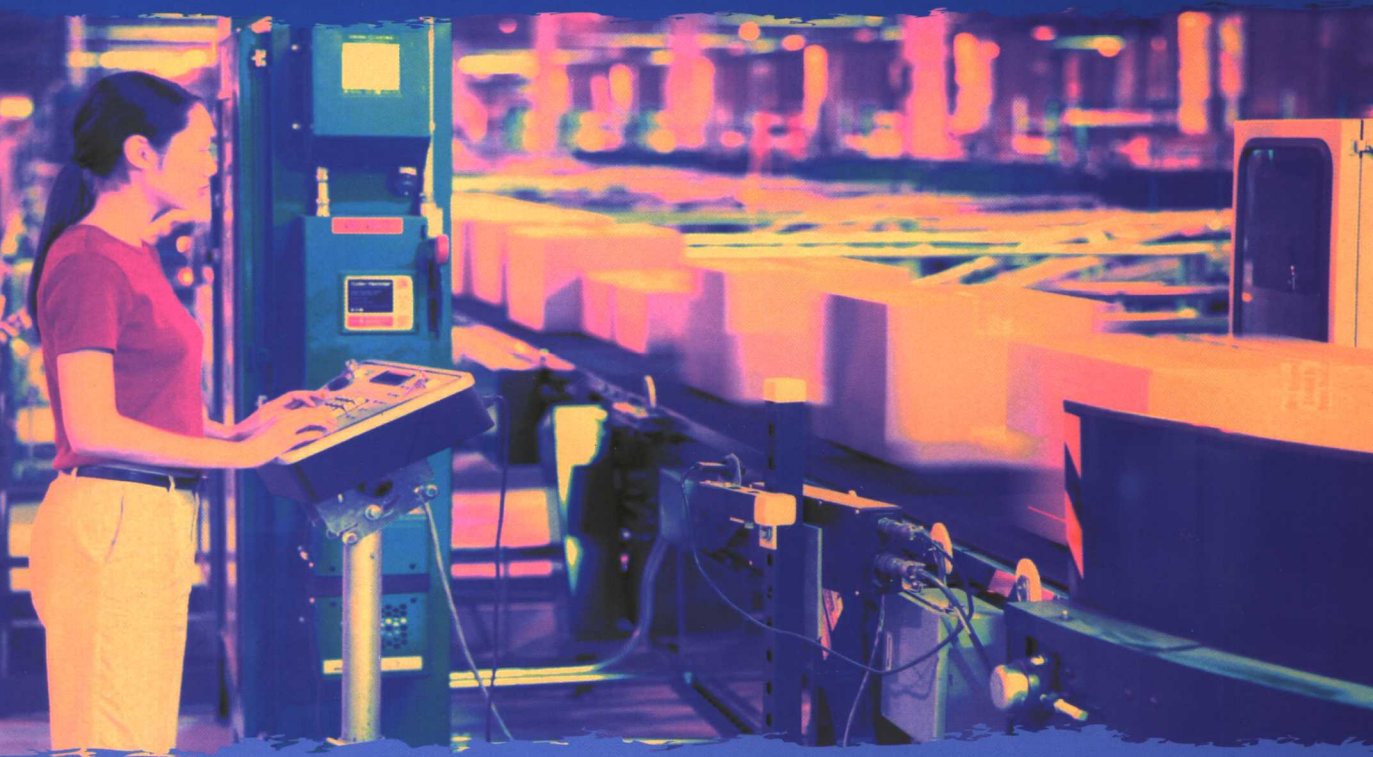


高职高专  
数控技术应用类课程规划教材

# 数控机床电气控制

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主编 张永飞 主审 刘凤春



大连理工大学出版社



新世纪

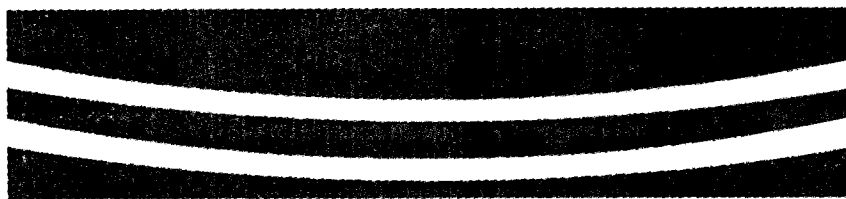
高职高专数控技术应用类课程规划教材

# 数控机床电气控制

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 审 刘凤春

主 编 张永飞    副主编 刘 沂 孟 岩



SHUKONG JICHUANG DIANQI KONGZHI

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制 / 张永飞主编. —大连:大连理工大学出版社, 2006.8  
高职高专数控技术应用类课程规划教材  
ISBN 7-5611-3269-7

I. 数… II. 张… III. 数控机床—电气控制—高等学校—技术学校—教材  
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078728 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: dulp@ dulp. cn URL: http://www. dulp. cn

大连天正华延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:16.5 字数:362 千字

印数:1~4 000

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

---

责任编辑:姜楠

责任校对:郭伟

封面设计:波朗

---

定 价:26.00 元

# 新世纪高职高专数控技术应用类教材建设 指导委员会

## 主任委员：

龙德毅 天津市教育委员会副主任

## 副主任委员：

叶 庆 天津市教委高职高专处处长

王 宇 天津市教委高职高专处副处长

## 委 员：

张英会 天津工程师范学院副院长

董 刚 天津职业大学副校长

吕景泉 天津中德职业技术学院副院长

戴裕崴 天津轻工职业技术学院副院长

吴佳礼 天津电子信息职业技术学院副院长

张维津 天津机电职业技术学院副院长

黄燕生 天津城建学院高职学院副院长

辜忠涛 天津石油职业技术学院副院长

李玉香 天津冶金职业技术学院副院长

杨冠声 天津现代职业技术学院副院长

王文选 天津渤海职业技术学院副院长

杜学森 天津滨海职业学院副院长

袁克强 天津工业大学高职学院院长

莫解华 广西工业职业技术学院副院长

# 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?答案肯定而且惟一,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。

如所周知,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。



新世纪

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

本书是根据天津市教育委员会关于高等职业教育数控技术应用类专业系列教材建设规划,以及教育部高职高专技能型紧缺人才培养建议方案(数控技术应用领域)和教育部高职高专专业目录中专业核心能力培养的要求编写的,是数控技术应用类专业主干课程之一。

当前,机械制造业发展的一个明显趋势是越来越广泛地应用数控技术。普通机械逐渐被数控机械所代替,数控机床则是数控机械的典型代表。数控机床是机电一体化的典型产品,综合了计算机、自动控制、电机与拖动、电子和电力、自动检测、气液压及精密机械等方面的技术。数控机床的高精度、高效率及高柔性决定了发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路,是未来工厂自动化的基础。随着数控机床的大量使用,在高等职业教育数控专业和其他机电相关专业中普及数控机床控制技术的基础知识就显得尤为重要。

本书结合多年的实践和教学经验以及数控系统发展的最新成果,按照数控技术应用类专业的教改思想,教材力求取材新颖,通过大量实例介绍,以培养学生能力为主线,达到理论浅显、通俗易懂、实用性强。

本书共分八章,系统地介绍了数控机床电气控制技术,主要包括数控机床概述、计算机数控(CNC)系统、数控机床电气控制基础、数控机床进给运动的控制、数控机床主轴的控制、数控机床 PLC 控制、数控机床控制应用实例、数控机床电气控制线路设计。每章均有项目训练和复习思考题。由于本课程涉及的知识面较广,因此对有关问题的阐述应从整体上加以考虑,注意数控机床控制系统各部分之间的联系,信号的输入、输出,信号性质及信号的处理方式。同时,编写中本着“够用”、“必需”的原则,根据实际情况,突出重点,注意知识面和知识点的结合以及本教材与系列教材中其他课程的衔接。通过讲练结合的教学方式,使学生对数控机床电气控制有更进一步的理解,提高学生的知识综合应用能力和技能水平。



## 2 / 数控机床故障诊断与维修 □

本书由张永飞担任主编,刘沂、孟岩担任副主编。第1章由何四平编写,第2章、第8章第1、4小节由孟岩编写,第3章由张永飞编写,第4章、第7章由刘沂编写,第5章由丁锋编写,第6章由柳宇甦编写。第8章第2、3小节,第1、2、3、7、8章项目训练及附录由于丽编写。全书由张永飞统稿和定稿。在成书过程中,张永祥、张瑞清、杨舒然、贾明竹、王惠岩参加了部分工作。大连理工大学刘凤春老师审阅了全书,并提出许多宝贵的意见和建议,在此表示深切的谢意;另外,大连水产职业技术学院李成良老师也审阅了全书,并提出很多建议,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的教材、资料与文献,在此表示感谢。

由于编者水平有限,经验不足,加上数控技术日新月异的发展,许多问题还有待于探讨。书中难免有错误与不当之处,恳请读者予以批评指正。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84707492 0411-84706104

编 者

2006年8月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第 1 章 数控机床概述          | 1   |
| 1.1 数控技术的发展           | 1   |
| 1.2 数控系统的基本概念         | 3   |
| 1.3 数控机床的分类           | 4   |
| 项目训练                  | 7   |
| 习题及思考题                | 7   |
| 第 2 章 计算机数控 (CNC) 系统  | 8   |
| 2.1 CNC 系统的总体结构及各部分功能 | 8   |
| 2.2 数控系统的硬件           | 10  |
| 2.3 数控系统的软件功能及其实现     | 18  |
| 项目训练                  | 23  |
| 习题及思考题                | 23  |
| 第 3 章 数控机床电气控制基础      | 24  |
| 3.1 数控机床常用控制电器及选择     | 24  |
| 3.2 机床电气原理图的画法规则      | 44  |
| 3.3 数控机床电气控制的逻辑表示     | 48  |
| 3.4 组成电气控制线路的基本环节     | 48  |
| 3.5 机床电气控制线路应用示例      | 59  |
| 项目训练 1                | 76  |
| 项目训练 2                | 79  |
| 习题及思考题                | 83  |
| 第 4 章 数控机床进给运动的控制     | 84  |
| 4.1 概述                | 84  |
| 4.2 步进电动机及其驱动控制       | 86  |
| 4.3 数控机床位置传感器         | 93  |
| 4.4 直流伺服进给电动机及其驱动控制   | 107 |
| 4.5 交流伺服进给电动机及其驱动控制   | 109 |
| 4.6 数控机床伺服系统          | 112 |
| 项目训练 1                | 121 |
| 项目训练 2                | 123 |
| 项目训练 3                | 123 |
| 项目训练 4                | 125 |
| 项目训练 5                | 125 |

## 2 / 数控机床故障诊断与维修 □

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 项目训练 6 .....                       | 127        |
| 项目训练 7 .....                       | 129        |
| 习题及思考题 .....                       | 131        |
| <b>第 5 章 数控机床主轴的控制 .....</b>       | <b>133</b> |
| 5.1 概述 .....                       | 133        |
| 5.2 直、交流主轴电动机及其驱动控制 .....          | 141        |
| 5.3 主轴驱动装置的工作原理 .....              | 146        |
| 5.4 主轴分段无级调速及控制 .....              | 150        |
| 5.5 主轴准停控制 .....                   | 151        |
| 项目训练 1 .....                       | 156        |
| 项目训练 2 .....                       | 158        |
| 习题及思考题 .....                       | 161        |
| <b>第 6 章 数控机床 PLC 控制 .....</b>     | <b>162</b> |
| 6.1 数控机床 PLC .....                 | 162        |
| 6.2 PLC 基本知识 .....                 | 165        |
| 6.3 数控机床 PLC 系统设计及调试 .....         | 191        |
| 6.4 润滑系统的 PLC .....                | 193        |
| 6.5 自动换刀的 PLC .....                | 195        |
| 项目训练 .....                         | 196        |
| 习题及思考题 .....                       | 197        |
| <b>第 7 章 数控机床控制应用实例 .....</b>      | <b>198</b> |
| 7.1 CK6132(SYC-2E)数控卧式车床 .....     | 198        |
| 7.2 数控新技术介绍——基于 PC 平台的工控数控机床 ..... | 202        |
| 7.3 普通车床数控改造 .....                 | 205        |
| 7.4 XH714 立式加工中心电气控制 .....         | 214        |
| 项目训练 .....                         | 225        |
| 习题及思考题 .....                       | 225        |
| <b>第 8 章 数控机床电气控制线路设计 .....</b>    | <b>226</b> |
| 8.1 普通机床电气控制线路设计 .....             | 226        |
| 8.2 数控机床电气控制线路设计原则 .....           | 228        |
| 8.3 数控机床电气控制线路设计一般问题 .....         | 229        |
| 8.4 数控机床设计相关内容 .....               | 231        |
| 项目训练 .....                         | 238        |
| 习题及思考题 .....                       | 238        |
| <b>附录 .....</b>                    | <b>239</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>251</b> |

# 第 1 章

## 数控机床概述

### 1.1 数控技术的发展

#### 1.1.1 数控技术的产生背景

随着科技领域日新月异的发展,特别是在航天航空、尖端军事、精密仪器等方面,要求机械产品的制造精度和复杂程度越来越高,传统的加工技术已很难适应现代制造业的需求。譬如,普通车床加工圆弧、普通铣床加工空间曲面、加工精度对产品质量的影响、加工效率对制造成本的影响等,这些都是一直困扰人们的难题。还有,当机械产品转型时,机床和工艺装备需做大的调整,周期较长,成本高,也就是说传统的加工技术已很难满足市场对产品高精度、高效率的要求,因此,数控机床作为一种革新技术设备应运而生。

1948年,美国飞机制造商帕森斯(PARSONS)公司为了解决加工飞机螺旋桨叶片轮廓样板曲线的难题,提出了采用计算机来控制加工过程的设想,立即得到了美国空军的支持及麻省理工学院的响应,经过几年时间的努力,1952年世界上第一台三坐标直线插补连续控制的立式数控铣床终于在麻省理工学院研制成功,该数控铣床的研制成功使得传统的机械制造技术发生了质的飞跃,是机械制造业的一次标志性技术革命。

所谓数控技术是指用数字化信号构成的控制程序对某一具体对象(如速度、位移、温度、流量等)进行控制的一门技术,简称 NC(Numerical Control),它一般是指早期专用控制计算机的普通数控系统。随着计算机技术的飞速发展,20世纪70年代初期出现了用小型及微型计算机替代专用控制计算机的软接线数控,即计算机数控系统,简称 CNC(Computerized NC)。

广义上说,凡是使用了数控技术的机械设备统称为数控设备,它包括数控机床、数控折弯机、数控电焊机、电脑绣花机、自动绘图机等。

狭义上的数控设备是指应用了数控技术来控制其自动加工过程的切削机床,称为数控机床。它在工作时,是一个弱电控制强电,强电进行拖动的过程,该设备是集微电子计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机械传动技术为一体的典型机电产品,技术含量高。数控机床是应用数控技术最早和最广泛的设备,它的功能水平代表了现代数控技术的先进程度和发展方向,是一种高智能化的机床设备。

在数控机床 50 余年的历史进程中,随着数控系统的不断完善和发展,数控机床优良

的性价比使得它的应用越来越广泛。

中国加入世界贸易组织,数控机床本身作为一种机电产品,能走出国门,且其生产加工的产品在世界自由市场能谋有一席之地,应该说,这与中国近几年数控机床的快速发展是分不开的。

数控机床与普通机床、专用机床相比较,具有精度高、效率高和自动化程度高等优势,一般说来,它主要适合加工精度高、形状复杂的中小批量零件。

### 1.1.2 数控技术的发展

自第一台数控机床成功研制至今 50 余年中,数控系统共经历了五个发展阶段,如图 1-1 所示。

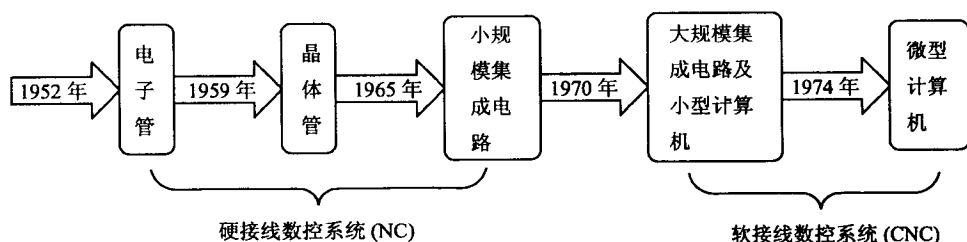


图 1-1 数控系统发展阶段

在这五个发展阶段中,它是紧随着计算机微电子技术的发展而发展的,其中电子管、晶体管和小规模集成电路属于硬接线的普通数控系统(简称 NC),它是由固定连线的硬件电路组成的专用计算机来实现部分或全部的数控功能,具有以下特点:

- (1)制作好后不易更改,柔性差;
- (2)硬件结构复杂,占用空间大,成本高;
- (3)连线、插接点及焊接点易出故障,且不易查找;
- (4)用户加工程序的输入需靠光电阅读机的频繁工作,速度受限制,且稳定性较差;
- (5)具有插补运算速度快的优点。

大规模集成电路和微型计算机属于软接线的计算机数控系统(简称 CNC),它是由存储在 CNC 硬件装置(存储器)中的软件(系统程序)来实现部分或全部的数控功能,具有以下特点:

- (1)通过修改控制程序(系统软件)很容易更改或扩展新开发的功能,柔性好;
- (2)简化了硬件结构,成本低;
- (3)比较容易实现多轴联动的插补及采用高精度的插补方法;
- (4)用户可将加工程序一次性输入到存储器中,数控机床工作时,随时调用,方便快捷,可靠性高;
- (5)故障率低,且易使用诊断程序进行故障自动查找;
- (6)插补运算速度较 NC 慢,对于快速连续插补等功能,靠软件难以满足其要求。

在数控技术发展的历程中,CNC 装置的诸多优点决定了它取代 NC 装置的必然性,但随着现代数控机床在超大规模集成电路技术方面的应用,利用 NC 装置硬件电路插补运

算速度快的特点,把使用频繁的快速插补等功能用硬件模块来实现,有效地提高运算和处理速度,即把 NC 装置和 CNC 装置中的优点集中起来,提高其性能和可靠性,使性价比优化。

## 1.2 数控系统的基本概念

### 1.2.1 数控系统的基本结构及作用

数控系统(CNC 系统)是在存储器内装有可以实现部分或全部数控功能软件的专用计算机,并配有接口电路和伺服驱动装置的系统。它由加工程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程控制器(PLC)、主轴控制单元及进给驱动装置等组成。

(1)加工程序是用户根据被加工工件图纸的要求而编制的、数控系统能进行处理的工件加工程序。

(2)输入输出设备是指能完成程序编辑、程序和数据输入、显示及打印等功能的设备,包括:键盘、纸带、纸带阅读机、磁盘、磁带、CRT 显示器、编程机等。

(3)计算机数控装置是指能根据输入的信息进行数值计算、逻辑判断、轨迹插补和输入输出控制的装置,它是数控系统的核心部分。

(4)可编程控制器是实现换刀、主轴起(停)及变速、零件装卸等辅助功能(M、S、T)控制和处理的专用微机。

(5)主轴控制单元是由变频器对交流电动机实现主轴的无级变速及通过可编程控制器实现主轴定向停止的功能模块组成。

(6)进给驱动装置是把数控装置处理的加工程序信息,经过数字信号向模拟信号转化后,使位置控制部分驱动进给轴按要求的坐标位置和进给速度进行控制,它分为位置控制和速度控制两个单元,数控机床对它的要求很高,因为它直接关系到加工质量的高低。

### 1.2.2 数控装置的结构

数控装置由硬件和软件共同组成,二者缺一不可。其硬件除具有通用计算机应有的 CPU、存储器、输入输出接口外,还有数控机床专用的总线、位置控制器、纸带阅读机接口、手动数据输入接口和 CRT 显示器接口等,图 1-2 为其硬件组成方框图。

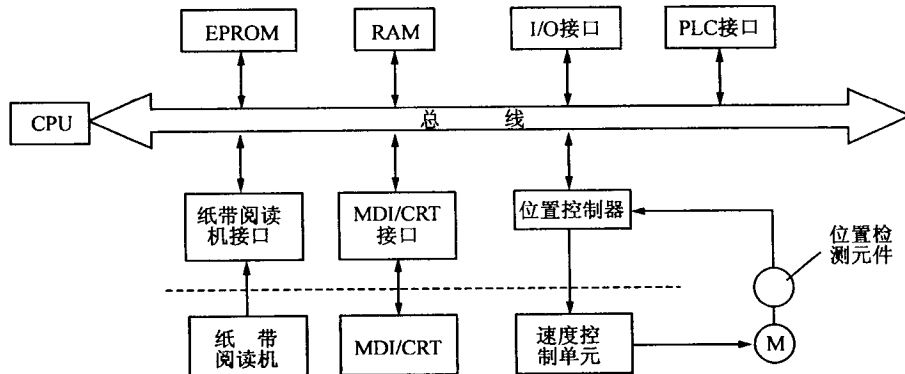


图 1-2 数控装置的硬件组成方框图

数控装置的软件是实现部分或全部数控功能的专用系统软件,它是对用户输入的加工程序信息进行自动处理,并对机床发出各种控制命令,或执行显示、I/O 处理等功能的部分。系统软件包括控制软件和管理软件两部分,其中控制软件主要负责译码、刀补、插补运算、速度控制和位置控制等;管理软件主要负责加工信息(数据)的输入和输出、人机对话显示及诊断等任务。

## 1.3 数控机床的分类

数控机床的分类方式很多,下面几种是比较常见的。

### 1.3.1 按工艺用途分

#### 1. 普通数控机床

普通数控机床是指工艺性能与传统的通用机床相似的数控机床,包括数控车床、数控铣床、数控刨床、数控镗床、数控钻床及数控磨床等。其中数控车床除可以完成普通车床所能加工的表面外,还能加工圆弧面;数控铣床除了可以加工普通铣床所能加工的表面外,还能加工空间曲面。这些数控机床在普通机床的基础上扩大了加工范围。

#### 2. 数控加工中心

数控加工中心又称多工序数控机床,它是带有刀库和刀具自动交换装置的数控机床。工件一次装夹后,能实现多种工艺、多道工序的集中加工,减少了装卸工件、调整刀具及测量的辅助时间,提高了机床的生产效率;同时减小了工件因多次安装所带来的定位误差。近年来,数控加工中心的发展速度非常迅速。

典型的数控加工中心有镗铣加工中心、钻铣加工中心和车铣加工中心等,其中钻铣加工中心使用最为广泛。

#### 3. 多坐标数控机床

数控机床的坐标数是指数控机床能进行数字控制的坐标轴数。如图 1-3(a)所示,若  $X$  轴和  $Z$  轴能实现数字控制,则称它为两坐标数控车床;如图 1-3(b)所示,若  $X$  轴、 $Y$  轴和  $Z$  轴能实现数字控制,则称它为三坐标数控铣床。

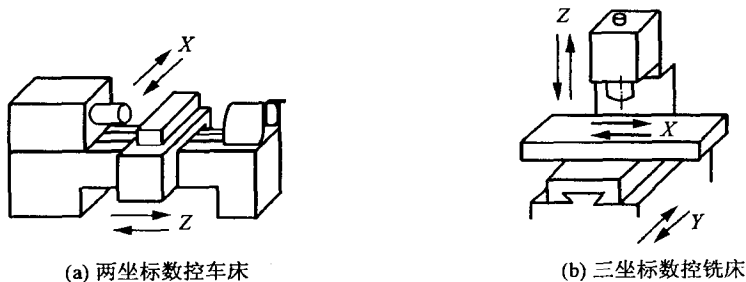


图 1-3 多坐标数控机床

值得注意的是,行业术语中的“两坐标加工”或“三坐标加工”则是指数控机床能实现联动的坐标轴数。如图 1-3(a)所示两坐标数控车床,若它能实现  $X$  轴和  $Z$  轴的联动,即

能加工圆弧,就可以把它叫做“两坐标加工”。如图 1-3(b)所示三坐标数控铣床,若它只能控制任意两个坐标轴联动,实现图 1-4(a)所示平面轮廓加工,则只能称为“两坐标加工”,若其深度尺寸大,只能通过  $Z$  轴的周期性进给来控制时,有些也把它称为“两坐标半加工”;若它能控制三个坐标轴联动,即能实现图 1-4(b)所示空间曲面加工,那么它就是“三坐标加工”。

能实现三个或三个以上的坐标轴联动的数控机床称为多坐标数控机床,它能加工形状复杂的零件,常见的多坐标数控机床能实现联动的坐标轴数一般为 4~6 个。

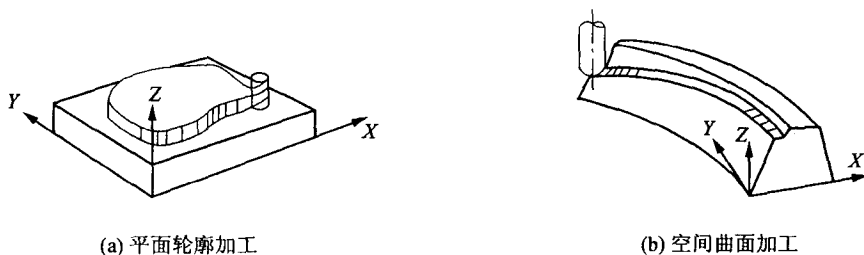


图 1-4 三坐标数控铣床的加工方式

#### 4. 特种加工数控机床

特种加工数控机床是指利用电脉冲、激光和高压水流等非传统手段进行加工的数控机床,如数控电火花加工机床、数控线切割机床和数控激光切割机床等。

### 1.3.2 按伺服系统分

#### 1. 开环控制系统

开环控制系统如图 1-5 所示。

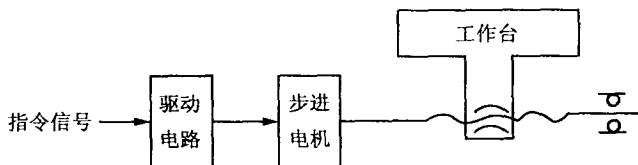


图 1-5 开环控制系统示意图

数控装置发出的指令信号经驱动电路放大后,驱使步进电机旋转一定角度,再经传动部件,如螺杆螺母机构(把旋转运动转化为直线位移的机构)带着工作台移动。它的指令信号发送出去后,控制移动部件到达的实际位置值没有反馈,也就是说,系统没有检测反馈装置。开环控制系统的数控机床结构简单、调试和维修方便、成本低,但加工精度低。

#### 2. 闭环控制系统

如图 1-6 所示,数控系统发出指令信号后,控制实际进给的速度量和位移量,经过速度检测元件 A(如测速发电机)及直线位移检测元件 C(如磁尺)的检测,反馈回到速度控制电路和位置比较电路与指令值进行比较,然后用差值控制进给,直到差值为零。这类系统有检测反馈装置,且位置检测装置在控制终端(工作台),所以,闭环控制系统的数控机床加工精度高,但结构复杂、调试和维修困难、成本高。

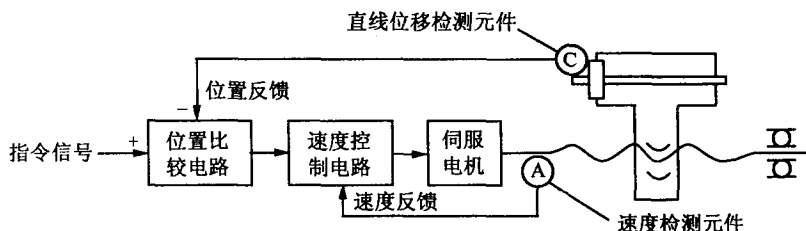


图 1-6 闭环控制系统示意图

### 3. 半闭环控制系统

如图 1-7 所示,这类系统也装有检测反馈装置,它和闭环控制系统的区别是位置检测装置采用角位移检测元件 B(如光电编码盘)且安放在伺服电机轴或传动丝杆的端部,丝杆到工作台之间的传动误差不在反馈控制范围之内,所以,半闭环控制系统的数控机床,其精度低于闭环控制系统,而比开环控制系统要高,调试和维修等性能介于开环和闭环之间,市场需求量相对较大。

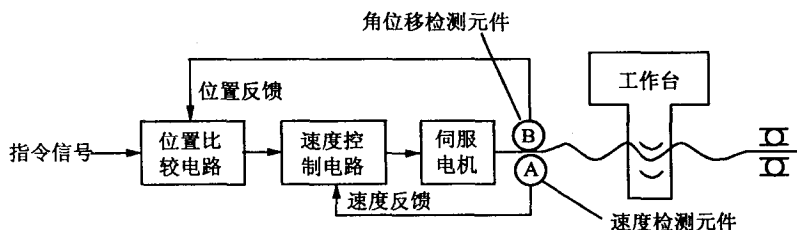


图 1-7 半闭环控制系统示意图

### 4. 混合型控制系统

把开环、闭环和半闭环控制系统各自的优点有选择地组合起来,构成混合型控制系统,它特别适用于精度要求高、进给速度快的大型数控机床。

#### 1.3.3 按控制的运动方式分

##### 1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床只控制移动目标点的精确位置,而对移动过程的速度和轨迹并没有要求,但由于这类机床在移动过程中不进行切削加工,为提高效率,移动速度往往要求较快。常见的有数控钻床、数控测量机等。

##### 2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床不仅要控制移动目标点的精确位置,而且对移动过程中的速度和轨迹也要求进行控制,移动过程中进行切削加工,其轨迹为平行于坐标轴的方向。这类控制方式常用于简易数控车床、数控镗铣床等。

##### 3. 连续轮廓控制数控机床

连续轮廓控制数控机床是同时对两个或两个以上坐标轴的位移和速度进行连续相关的控制,使其能够加工出圆弧面或曲面等复杂零件。常见的有数控车床、数控铣床、加工中心等。

#### 1.3.4 按功能水平的高低分

该方式分类在中国使用较广(适合国情),但不同时期的划分标准不同。

##### 1. 经济型数控机床

它是指那些功能简单、价格便宜、自动化程度不高的数控机床,主要适用于生产规模较小的企业及旧机床的改造等。

##### 2. 标准型数控机床

它是指功能较多,价格适中的数控机床,适合目前中国的国情,市场份额较大。

##### 3. 多功能高档数控机床

它是指功能齐全、价格较贵、档次较高的数控机床,它主要适用于经济实力雄厚、生产规模大的企业。

### 项目训练 认识数控机床

#### 1. 项目训练目的

了解数控机床的发展过程、基本构成及其工作原理,对数控机床有基本的感性认识。

#### 2. 项目训练设备

可根据实际教学、实训设备情况安排数控机床(教学设备)。

#### 3. 项目训练内容

参观数控设备及其加工过程。

### 习题及思考题

#### 1. 什么是数控技术?

#### 2. 数控机床如何分类?