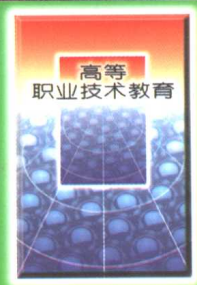




高等职业技术教育机电类专业规划教材



高等  
职业技术教育

# 机床数控技术基础

高等职业技术教育机电类专业教材编委会 组编

王侃夫 主编



机械工业出版社  
China Machine Press

高等职业技术教育机电类专业规划教材

# 机床数控技术基础

高等职业技术教育机电类专业教材编委会 组编

主 编 王侃夫

副主编 刘 军

参 编 吉顺如 邹 晔 唐兹民

主 审 茅祖相

机械工业出版社

本书是高等职业技术教育机电类专业规划教材之一。本书系统地介绍了数控机床的基本组成、插补原理和数据处理、数控机床位置检测装置、驱动电机、驱动装置、伺服系统及参数、数控机床的 PLC 及应用、柔性制造系统等方面的基础知识。附录提供的工程实例,便于读者将所学知识综合化,且具有一定的应用性。

本书内容丰富,层次清晰,重点突出,重视实践技能的培养。在取材上,通过大量实例的介绍,理论联系实际,兼顾新技术、新知识在该领域中的应用,同时注意了本教材与系列教材的衔接。本书每章均有小结并附有思考题与习题。

本书可作为高等职业技术教育、大中专及职大数控技术专业、机电一体化专业的教材,也可作为从事数控机床工作的工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术基础/王侃夫主编. —北京:机械工业出版社, 2001.4

高等职业技术教育机电类专业规划教材

ISBN 7-111-08532-9

I. 机… I. 王… II. 数控机床—高等教育:技术教育—教材 N. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 06714 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mmB5·9.75 印张·376 千字

0 001—4 000 册

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677—2527

## 高等职业技术教育机电类专业教材编委会

名誉主任委员：严雪怡 刘际远

主任委员：上海电机技术高等专科学校 孙兴旺 副校长

副主任委员：福建高级工业专门学校 黄森彬 副校长

南京机械高等专科学校 左健民 副校长

陕西工业职业技术学院 翟 轰 校 长

湘潭机电高等专科学校 曾家驹 副校长

包头职业技术学院 李俊梅 副校长

无锡职业技术学院 韩亚平 调研员

浙江机电职业技术学院 管 平 副校长

机械工业出版社教材编辑室 林 松 主 任

(排名不分先后)

委员单位：邢台职业技术学院

湖南工业职业技术学院

(等 26 所院校)

## 序

职业教育是指受教育者获得某种职业或生产劳动的职业道德、知识和技能的<sub>教育</sub>。机电行业的职业技术教育是培养在生产一线的技术、管理和运行人员，他们主要从事成熟的技术和管理规范的应用与运作。随着社会经济的发展和科学技术的进步，生产领域的技术含量在不断提高。用人单位要求生产一线的技术、管理和运行人员的知识与能力结构与之适应。行业发展的要求促使职业技术教育的高层次——高等职业教育蓬勃成长。

高职教育与高等工程专科、中专教育培养的人才属同一类型，都是技术型人才，毕业生将就业于技术含量不同的用人单位。高等职业教育的专业设置必须适应地区经济与行业的需求。高等职业教育是能力本位教育，应以职业分析入手，按岗位群职业能力来确定课程设置与各种活动。

机械工业出版社出版了大量的本科、高工专、中专教材，其中有相当一批教材符合高等职业教育的需求，具有很强的职业教育特色，在此基础上这次又推出了机械类、电气类、数控类三个高职专业的高职教材。

专门课程的开发应遵循适应综合化与适当实施化。综合化有利于破除原来各种课程的学科化倾向，删除与岗位群职业能力关系不大的内容，有利于删除一些陈旧的内容，增添与岗位群能力所需要的新技术、新知识，如微电子技术、计算机技术等。实施化是课程内容要按培养工艺实施与运行人员的职业能力来阐述，将必要的知识支撑点溶于能力培养的过程中，注重实践性教学，注重探索教学模式以达到满意的教学效果。

本教材倾注了众多编写人员的心血，他们为探索我国机电行业高职教育作出可贵的尝试。今后还要依靠广大教师在实践中不断改进，不断完善，为创建我国的职业技术教育体系而奋斗。

赵克松

# 前 言

本书系机械工业出版社计划出版的高等职业技术教育机电类专业规划教材之一,是根据1997年10月于福建高级工业专门学校制定通过的教学大纲编写的。

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,在高职数控专业和其他机电专业中普及机床数控技术的基础知识就显得尤为重要。同时,通过机床数控技术基础的学习,对提高学生的知识综合能力有很大的帮助。

本书根据编者的实践和教学经验,从数控机床组成这一角度出发,系统地介绍了机床数控技术的基础知识。在深度和广度上,一方面注意知识面和知识点的掌握程度;另一方面注意本教材与系列教材中其他课程的衔接,同时兼顾新技术和新知识在机床数控技术中的应用。本书的特点是通过大量实例介绍,强调知识的实际应用,以适应高职教育的教学要求。

本书共分九章,每章均附有小结、思考题与习题。第一章介绍了数控机床控制系统的构成;第二、三章介绍了数控机床控制基础,即插补原理及数据处理和组成数控机床“头脑”的各类档次的数控系统;第四、五、六章介绍了数控机床的位置检测装置、驱动电机、驱动装置;第七章综合第三、四、五和六章的基础知识,突出数控机床位置控制的实质及数控机床运行、调试中所涉及的一些基本参数;第八章介绍了数控机床开关量控制及可编程控制器(PLC)在数控机床中的应用;第九章介绍了以数控机床为基础的柔性制造系统(FMS)的物流、信息流及质量控制等方面的基本知识。附录以教材内容为基础,通过具体工程实例,突出机床数控技术知识的综合应用,具有一定的实践性和操作性。

本教材参考学时范围为64~96课时,有关章节内容可根据专业要求及学时情况酌情调整。本教材在使用过程中应注意以下几方面的问题:

1) 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,本着“够用”、“必需”的原则,根据实际情况,突出重点,注意知识点和知识面的结合。

2) 本教材在编写过程中,适当将有关知识点的介绍放入习题中,因此,在做这类习题时,应注意背景资料的介绍。

3)教材的内容组织是以数控机床组成为依据的,编写附录的目的就是要将有关章节内容综合起来,因此,附录内容既可在最后学习时参考,也可穿插在有关章节中作为参考。

本书可作为高等职业教育、大中专及职大数控技术应用专业、机电一体化专业的教材,也可作为从事数控机床的工程技术人员参考书。

本书由王侃夫(第一、四、五、六、七章和附录C),吉顺如(第二章),刘军(第三章、附录A和B),邹晔(第八章、附录D),唐兹民(第九章)编写。王侃夫任主编,刘军任副主编。

本书由茅祖相担任主审。2000年6月在上海召开了本教材的审稿会。参加审稿会的有:杨军辉、陈建新、李斌、吴祖桦等。

本书在编写过程中得到了以下单位的大力支持和帮助:无锡职业技术学院、上海开通数控有限公司、中国纺织机械股份有限公司上海第一纺织机械厂、上海重型机床厂、上海汽轮机有限公司、上海重型机器厂、上海第二机床厂、上海第四机床厂、上海三菱电梯有限公司和上海日立电动工具有限公司等。上海电机技术高等专科学校的机床数控实验室、CAD/CAM实训基地为本书中的有关数据进行了验证,该校杨卫平老师为本书提供了有关资料并提出了很多宝贵意见,编者在此一并致谢。

限于编者的水平,书中定有许多错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2001年1月

# 目 录

## 序

## 前言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>第一章 概论</b> .....        | 1  |
| 第一节 数控机床控制系统的构成 .....      | 1  |
| 第二节 数控机床的分类 .....          | 6  |
| 第三节 现代数控技术及发展 .....        | 9  |
| 小结 .....                   | 12 |
| 思考题与习题 .....               | 13 |
| <b>第二章 插补原理及数据处理</b> ..... | 14 |
| 第一节 概述 .....               | 14 |
| 第二节 逐点比较插补法 .....          | 15 |
| 第三节 数字积分插补法 .....          | 21 |
| 第四节 数据采样插补法 .....          | 29 |
| 第五节 数据处理 .....             | 31 |
| 小结 .....                   | 39 |
| 思考题与习题 .....               | 39 |
| <b>第三章 数控系统</b> .....      | 41 |
| 第一节 经济型数控系统 .....          | 41 |
| 第二节 标准型数控系统 .....          | 47 |
| 第三节 开放式数控系统 .....          | 64 |
| 第四节 数控系统中的通信接口 .....       | 68 |
| 小结 .....                   | 70 |
| 思考题与习题 .....               | 71 |
| <b>第四章 位置检测装置</b> .....    | 73 |
| 第一节 旋转编码器 .....            | 73 |
| 第二节 光栅尺 .....              | 79 |
| 第三节 旋转变压器和感应同步器 .....      | 82 |
| 第四节 磁栅 .....               | 87 |
| 小结 .....                   | 89 |
| 思考题与习题 .....               | 89 |
| <b>第五章 驱动电机</b> .....      | 91 |
| 第一节 步进电动机 .....            | 91 |



|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第二节 伺服电动机 .....                 | 95  |
| 第三节 主轴电动机 .....                 | 99  |
| 小结 .....                        | 101 |
| 思考题与习题 .....                    | 101 |
| <b>第六章 驱动装置</b> .....           | 103 |
| 第一节 步进驱动装置 .....                | 105 |
| 第二节 晶闸管直流驱动装置 .....             | 111 |
| 第三节 晶体管直流脉宽调制驱动装置 .....         | 121 |
| 第四节 交流异步电动机驱动装置 .....           | 127 |
| 第五节 交流伺服电动机驱动装置 .....           | 142 |
| 小结 .....                        | 146 |
| 思考题与习题 .....                    | 147 |
| <b>第七章 数控机床伺服系统</b> .....       | 149 |
| 第一节 概述 .....                    | 149 |
| 第二节 位置控制 .....                  | 151 |
| 第三节 伺服系统性能及参数 .....             | 163 |
| 第四节 全数字式伺服系统 .....              | 172 |
| 小结 .....                        | 176 |
| 思考题与习题 .....                    | 176 |
| <b>第八章 数控机床的可编程控制器</b> .....    | 179 |
| 第一节 概述 .....                    | 179 |
| 第二节 数控机床的 PLC .....             | 187 |
| 第三节 FANUC PLC 指令系统 .....        | 190 |
| 第四节 PLC 在数控机床控制中的应用 .....       | 201 |
| 第五节 SIMATIC S5 系列可编程控制器简介 ..... | 211 |
| 第六节 PLC 位置控制 .....              | 222 |
| 小结 .....                        | 225 |
| 思考题与习题 .....                    | 225 |
| <b>第九章 柔性制造系统</b> .....         | 230 |
| 第一节 概述 .....                    | 230 |
| 第二节 FMS 中的物流 .....              | 234 |
| 第三节 FMS 中的信息流 .....             | 244 |
| 第四节 FMS 中的质量控制 .....            | 255 |
| 第五节 FMS 实例 .....                | 261 |
| 第六节 计算机集成制造系统 .....             | 265 |
| 小结 .....                        | 267 |
| 思考题与习题 .....                    | 267 |
| <b>附录</b> .....                 | 270 |

|             |                                                            |     |
|-------------|------------------------------------------------------------|-----|
| 附录 A        | ISO4336- 1981 (E) 机床数字控制 —— 数控装置和数控机床电气设备<br>之间的接口规范 ..... | 270 |
| 附录 B        | 车床数控改造 .....                                               | 272 |
| 附录 C        | XH714 立式加工中心电气控制 .....                                     | 281 |
| 附录 D        | 磨床 PLC 位置控制 .....                                          | 293 |
| <b>参考文献</b> | .....                                                      | 300 |

# 第一章 概 论

随着科学技术和社会生产的不断发展，机械制造技术有了深刻的变化。由于社会对产品多样化的需求更加强烈，多品种、中小批量生产的比重明显增加，采用传动的普通加工设备已难于适应高效率、高质量、多样化的加工要求。机床数控技术的应用，一方面促使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程连为一体；另一方面，促使机械加工的全过程与柔性自动化水平不断提高，即提高了制造系统适应各种生产条件变化的能力。数控技术同时又是柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）的技术基础之一，是机电一体化的重要组成部分。

## 第一节 数控机床控制系统的构成

### 一、数控机床的组成

数字控制(Numerical Control,简称 NC)技术是用数字化信息进行控制的自动控制技术。采用数控技术控制的机床,或者说装备了数控系统的机床,称之为数控机床。数控机床是机电一体化的典型产品,是集机床、计算机、电机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。现代数控系统都为计算数控系统(Computer Numerical Control,简称 CNC)。从仿生学的观点来看,数控机床的组成类似于人的构造及其功能。图 1-1 所示为人、机电一体化和数控机床的五大要素。

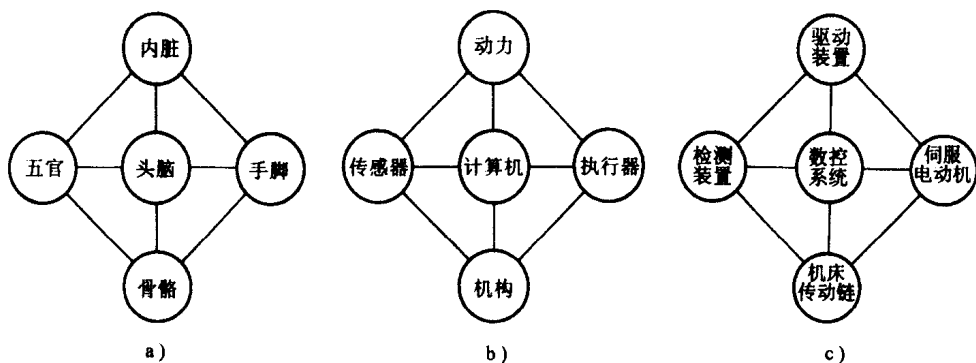


图 1-1 人、机电一体化和数控机床的五大要素

a) 人的五大要素 b) 机电一体化五大要素 c) 数控机床五大要素

从人的五大要素来说，内脏建立了用能量来维持人的生命和活动的条件（动力），对应于数控机床中的驱动装置和电源；五官接受外界的信息（传感器），对

应于数控机床中的位置和速度检测装置及压力、温度等传感器；骨骼用来把人体连成一体，并规定其运动（机构），对应于数控机床中的机械传动链，如滚珠丝杠螺母副、导轨副、齿轮副及联轴器等；手脚作用于外界（执行器），对应于数控机床中的主轴电动机、进给伺服电动机及各种液压缸和气缸等；头脑集中处理全部信息，并对其他要素和它们之间的连接进行有机的统一控制（计算机），对应于数控机床中的数控系统（CNC）。人体五大要素间的信息传递是靠神经网络，对应于数控机床中的各种控制信号、反馈信号及驱动线路。由此，数控机床的基本组成包括加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统、辅助控制装置、反馈系统及机床本体。如图 1-2 所示。

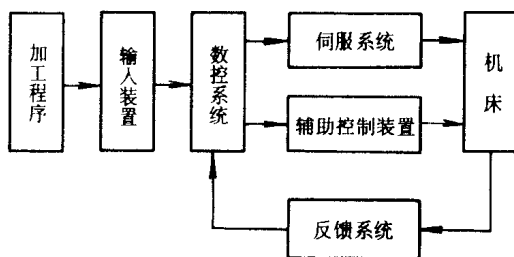
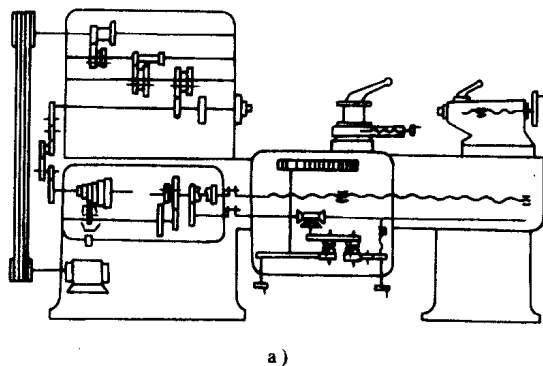


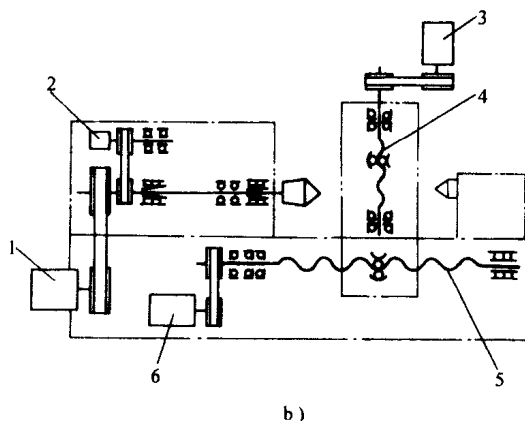
图 1-2 数控机床的基本组成

图 1-3a 所示为卧式普通车床的传动系统图，图 1-3b 为数控车床的传动系统，图 1-4 为数控机床电气控制柜示意图，图 1-5 为数控车床外观图。XH714 立式加工中心的外观及传动链图可参见附录 C 的图 C-1 和图 C-2。



a)

从图 1-3a 和图 1-3b 中可以看出，数控机床的传动链简单明了，主传动和进给运动分工明确，分别由主轴电动机和进给电动机来驱动。在图 1-5 中，主轴卡盘的松紧和尾座顶尖的伸缩由脚踏开关通过数控系统中的 PLC 来控制液压系统的执行元件，如液压缸等，回转刀架的选刀经 M 指令 and T 指令同样由数控系统中的 PLC 功能指令来完成。



b)

图 1-3 卧式普通车床和数控车床传动示意图

a) 卧式普通车床 b) 数控车床

1—主轴电动机 2—主轴编码器 3—X轴进给电动机

4—X轴滚珠丝杠螺母副 5—Z轴滚珠丝杠

螺母副 6—Z轴进给电动机

## 二、数控机床的控制对象

从数控机床最终要完成的任务看，主要有以下三个方面内容：

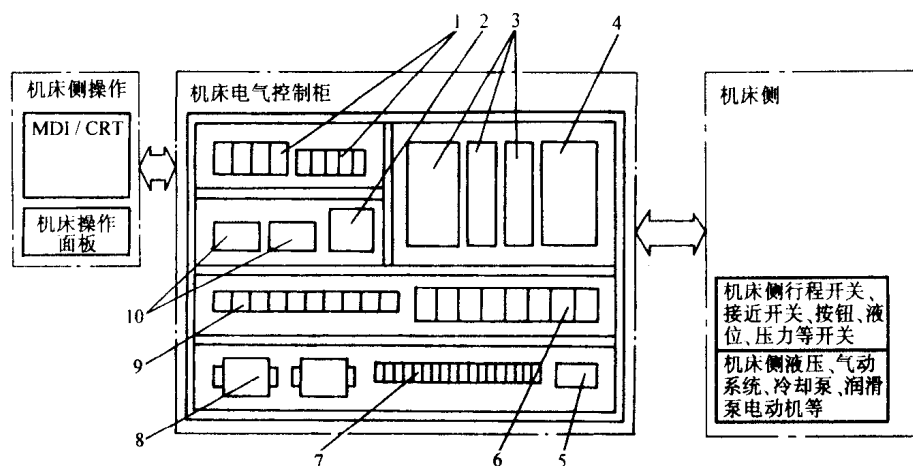


图 1-4 数控车床电气控制柜示意图

- 1—熔断器及断路器 2—开关电源 3—主轴及进给驱动装置 4—CNC 装置 5—接地排  
6—接触器 7—接线排 8—机床控制变压器 9—中间继电器  
10—输入输出 (I/O) 端子排

### 1. 主轴运动

和普通机床一样，主运动主要完成切削任务，其动力约占整台机床动力的 70%~80%。基本控制是主轴的正、反转和停止，可自动换档及无级调速；对加工中心和有些数控车床还必须具有准停控制和 C 轴控制。

### 2. 进给运动

这是数控机床区别于普通机床最根本的地方，即用电气驱动替代了机械驱动，数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。伺服系统包括伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测装置，如图 1-6 所示。

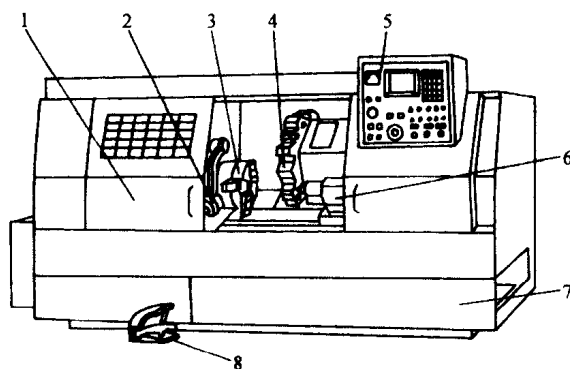


图 1-5 数控车床外观示意图

- 1—机床防护门 2—对刀仪 3—主轴卡盘 4—回转刀架  
5—手动数据输入/显示终端 (MDI/CRT)  
6—尾座 7—床身 8—脚踏开关

伺服控制的最终目的就是机床工作台或刀具的位置控制，伺服系统中所采取的一切措施，都是为了保证进给运动的位置精度。如对机械传动链进行预紧和反向间隙调整；采用高精度的位置检测装置；采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机，提高数控系统的运算速度等。

### 3. 输入/输出 (I/O)

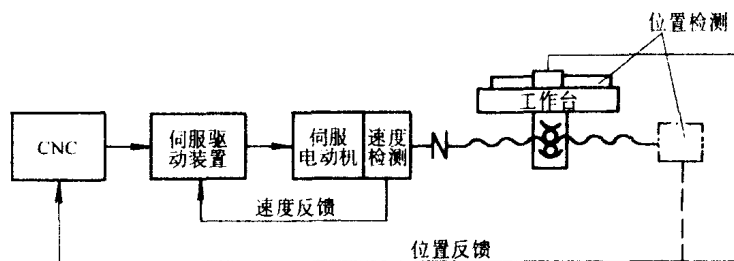


图 1-6 数控机床的进给伺服系统

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行连续控制外，还要对机床的各种状态进行控制，这些状态包括主轴的变速控制，主轴的正、反转及停止，冷却和润滑装置的起动和停止，刀具自动交换，工件夹紧和放松及分度工作台转位等。例如，通过对机床程序中的 M 指令、机床操作面板上的控制开关及分布在机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件的检测，由数控系统内的可编程控制器（PLC）进行逻辑运算，输出控制信号驱动中间继电器、接触器、电磁阀及电磁制动器等输出元件，对冷却泵、润滑泵、液压系统和气动系统进行控制。

### 三、数控机床的基本工作原理

数控机床进行加工，首先必须将工件的几何数据和工艺数据按规定的代码和格式编制成数控加工程序，并用适当的方法将加工程序输入数控系统。数控系统对输入的加工程序进行数据处理，输出各种信息和指令，控制机床各部分按规定有序地动作。这些信息和指令最基本的包括：各坐标轴的进给速度、进给方向和进给位移量，各状态控制的 I/O 信号等。

目前加工程序的生成有以下方法：

#### 1. 手工编程

分析零件图样，根据图样对零件材料、尺寸、形状、加工精度及热处理要求来确定工艺方案，进行工艺处理和数值计算。在此基础上，根据数控系统规定的功能指令代码和程序格式编写出数控加工程序单。

#### 2. CAD/CAM

经过计算机辅助设计和计算机辅助制造（CAD/CAM）处理，由计算机自动生成数控加工程序。

#### 3. 人-机对话

通过数控系统显示器（CRT）上的图形提示和参数确定，在数控系统中自动生成加工程序。

程序输入至数控系统中的方法有：

#### 1. 键盘输入方式 MDI（Menu Data Input）

通过数控系统操作面板上的按键，将加工程序输入至数控系统中，同时在 CRT 上进行编辑修改，有些数控系统还可进行轨迹模拟。

## 2. 穿孔纸带

将加工程序用自动穿孔机制作成穿孔纸带，通过读带装置将穿孔纸带上的代码逐段输入到数控系统中去。

## 3. 软盘驱动器

利用数控系统上的软盘驱动器，将存储在磁盘上的加工程序转存到数控系统的内存中；反之亦然。数控系统上磁盘的应用，使数控系统能和通用个人计算机 (PC) 保持文件之间的传送。

## 4. 通信接口

对 CAD/CAM 生成的加工程序，通过计算机与数控系统上的通信接口，将加工程序传送至数控系统。

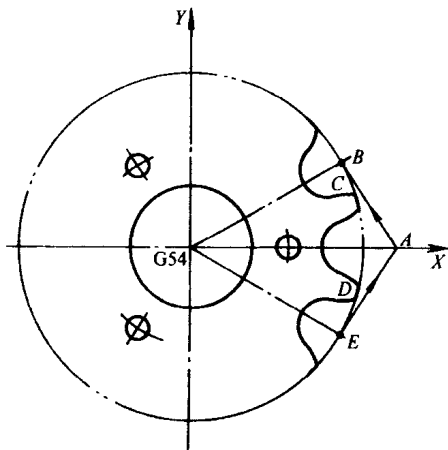


图 1-7 零件轮廓铣削示意图

图 1-7 为某零件轮廓铣削示意图。

精加工程序如下 (FANUC 6M 数控系统)：

主程序

|                             |                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| N5 G54 G17 G90;             | 选择工件坐标系、加工平面及绝对值编程                       |
| N10 M06 T01 S600 M42;       | 换刀 T01, 主轴转速 600r/min (高速)               |
| N15 G00 X267.5 Y0 Z100.0;   | 快移至起刀点 A                                 |
| N20 M50;                    | 回转工作台放松                                  |
| N25 A0 M03;                 | 回转工作台转到 0°, 主轴正转                         |
| N30 G43 H11 Z2.0 M08;       | 刀具长度补偿建立, 刀具 Z 向快移至工件表面上 2mm 处, 同时, 切削液开 |
| N35 G01 Z-15.0 F500;        | 切深 15.0mm                                |
| N40 M98 P0007 L12;          | 调用轮廓铣削子程序, 共 12 次                        |
| N45 G00 G49 H11 Z100.0 M09; | 刀具长度补偿撤消, 刀具 Z 向退至起刀点, 切削液关              |
| N50 Y200.0 M30;             | 刀具退出, 程序结束                               |
| %                           |                                          |

子程序 O0007

|                                         |                   |
|-----------------------------------------|-------------------|
| N5 M51;                                 | 回转工作台夹紧           |
| N10 G01 G41 D11 X243.896 Y65.352 F1000; | 刀具半径左补偿, 并移动至 B 点 |

```

N15 G02 X251.275 Y24.839 I-243.896 J-65.352; 切向切入至 C 点
N20 G02 X233.905 Y13.12 I-92.37 J118.185 F60;
                                           N20~N30, 轮廓铣削
N25 G03 X223.905 Y-13.12 I-17.575 J-13.12;           C 至 D 点
N30 G02 X251.275 Y-24.839 I-75.0 J-129.904;
N35 G02 X243.896 Y-65.352 I-251.275 J24.839 F1000;
                                           切向切出至 E 点
N40 G01 G40 D11 X267.5 Y0;           刀具半径撤消
N45 M50;           回转工作台放松
N50 G91 A-30.0;           回转工作台逆时针转 30°
N55 M99;           子程序结束, 返回主程序

```

对如图 1-7 所示的工件, 当执行到主程序 N10、N20、N25 及子程序 N5 程序段时, 经数控系统的 PLC 控制机床液压系统完成刀库选刀, 主轴换档, 机械手换刀, 回转工作台夹紧、放松; 数控系统输出速度控制信号和状态信号至主轴驱动装置驱动主轴电动机, 使主轴正转, 转速为 600r/min。主轴中的刀具换为 T01 号刀。执行到主程序 N30、N45 及子程序 N10、N40 程序段时, 数控系统要进行数据处理, 对刀具长度和半径进行补偿。在执行子程序 N15 至 N35 程序段时, 数控系统经插补运算输出控制信号至 X 和 Y 轴伺服进给驱动装置, 经驱动 X 轴和 Y 轴伺服电动机带动滚珠丝杠使工作台以进给速度 60mm/min 在 X-Y 平面内联动, 形成程序所规定的零件轨迹。同时, 位置检测装置不断地将实际位置测量值反馈至数控系统, 以保证位置控制的精度。

由此可见, 数控机床的运行处于不断地计算、输出、反馈等控制过程中, 从而保证刀具和工件之间相对位置的准确性。与其他加工方法相比, 数控机床有以下优点:

- 1) 数控系统取代了普通机床的手工操纵, 具有充分的柔性, 只要编制或零件程序就能加工出新的零件。
- 2) 零件加工精度一致性好, 避免了普通机床加工时人为因素的影响。
- 3) 生产周期较短, 特别适合小批量、单件零件的加工。
- 4) 可加工复杂形状的零件, 如二维轮廓或三维轮廓加工。
- 5) 易于调整机床, 与其他制造方法 (如自动机床、自动生产线) 相比, 所需调整时间较少。

## 第二节 数控机床的分类

### 一、按用途分类

#### (一) 金属切削类数控机床



金属切削类数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床、数控镗铣床等。

加工中心 MC (Machine Center) 是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。它将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合在一起,工件在一次装夹后,可对其进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工,主要用来加工箱体类零件。近年来又出现了许多车削加工中心,几乎可以完成回转体零件的所有加工工序。车削加工中心除了基本的 X、Z 轴外,还有回转轴 C 轴和附带的 Y 轴。加工中心实现了一次装夹、一机多工序的加工方式,有效地避免了零件多次装夹造成的定位误差,大大提高了加工精度、生产效率和自动化程度,是实现柔性制造系统 (FMS) 的必要装备之一。

## (二) 金属成形类数控机床

金属成型类数控机床有数控折弯机、数控弯管机和数控压力机等。

## (三) 数控特种加工机床

数控特种加工机床有数控线切割机、数控电火花加工机床、数控激光加工机床等。

# 二、按运动方式分类

## (一) 点位控制系统

点位控制系统的特点是刀具或工作台只能实现从一个位置到另一个位置的精确移动,在移动和定位过程中不进行任何加工,数控系统只需控制行程终点的坐标值。为了尽可能地减少移动部件的运动和定位时间,一般先快速移动到终点坐标附近,然后再减速移动到定位点,以保证良好的定位精度。使用这类控制系统的数控机床主要有数控镗床、数控钻床、数控冲床及数控弯管机等。图 1-8a 所示为数控钻床点位控制加工示意图。

## (二) 点位直线控制系统

点位直线控制系统的特点是刀具或工作台不但能实现从一个位置到另一个位置的精确移动,而且能实现平行于坐标轴的直线加工运动或沿与坐标轴成  $45^\circ$  斜线进行直线切削加工,但不能沿任意斜率的直线进行加工。应用这类控制系统的数控机床有数控车床、数控镗铣床和加工中心等。图 1-8b 为点位直线控制示意图。

## (三) 轮廓控制系统

轮廓控制系统也称连续控制系统,其特点是数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行连续控制。在加工中,需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度和位移控制,将零件加工成一定的轮廓形状。应用这类控制系统的数控机床有功能完善的数控车床、数控铣床、数控磨床、数控火焰切割机及数控线切割机等。图 1-8c 为数控铣床轮廓加工示意图。轮廓控制系统可兼容点位直线控制系统和点位控制系统。