



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业



数控机床与 数控编程技术

(第2版)

陈志雄 主 编
杜家熙 副主编
黄志辉 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



教育部
MOE



数控机床与 数控编程技术

第2版

魏 强
编 著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业

数控机床与数控编程技术

(第 2 版)

陈志雄 主 编
杜家熙 副主编
黄志辉 主 审

電子工業出版社

PublishingHouseofElectronicsIndustry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等职业教育教学要求编写的, 主要内容包括: 数控机床的组成和工作原理; 数控机床的结构; 数控加工编程基础知识、数控车床、数控铣床、加工中心、线切割的编程方法; 数控机床的选用、安装、调试和维护; CAD/CAM 自动编程系统简介等。书后还附录了准备功能 G 代码、辅助功能 M 代码及部分常用数控术语。每章均有一定数量的自测题。本书取材注重新颖、实用, 具有针对性。

本书可作为高等职业院校数控专业、机电一体化专业、模具设计与制造专业、电气控制专业的教材, 也可作为广大自学者及工程技术人员自学用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与数控编程技术 / 陈志雄主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2007. 3
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业
ISBN 978-7-121-03718-4

I. 数… II. 陈… III. 数控机床—程序设计—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 161443 号

责任编辑: 陈晓明 特约编辑: 高文勇

印 刷: 北京京科印刷有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 480 千字

印 次: 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@sphci.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@sphci.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

出版说明

2002 年 10 月，电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材，从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月，已经出版了 70 余种。时至今日已有 2 年多的教材使用时间，这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求，为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能，2005 年 7 月，我们在杭州组织召开了教材研讨会，针对上述 4 个专业的大部分教材的内容修订听取了到会老师的意见，明确了修订教材的编写思路和编写原则，确定了修订版教材的编写人员，计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分，这批修订版教材均标明“(第 2 版)”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下：

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度，其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式，而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案，以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足，使其内容更加贴近企业用人的需求，更加有利于学生就业，让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时，我们亦深知：高等职业教育的改革不能一蹴而就，编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力，不断改进创新，为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内，我们结交了全国的许多优秀教师，他们的人品德行、人格魅力、学识水平平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅，并且给我们以启迪：学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友，目的只有一个，那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量，在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下：

机电一体化技术，电气自动化技术，数控技术，模具技术，应用电子技术，通信技术

电子工业出版社高等职业教育教材事业部

2006 年 3 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”
编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州经贸职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江经贸职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

前 言

《数控机床与数控编程技术》第1版教材是2003年8月出版发行的，至今已有三个年头了。由于数控技术特别是CAD/CAM发展迅速，书中有些知识已显陈旧和落伍，需要进行修改和补充。

本书在第1版的基础上对常用G代码进行了补充，重点修改了第3章，将第3章分成第3章和第4章。根据全国数控技能大赛后这两年各学校的教学情况，增加了运用华中世纪星数控系统编写数控铣加工程序的内容，同时增加了在模具行业中应用极其广泛的线切割编程，还修改了第5章自动编程的内容，将原来使用的MasterCAM 7.0的版本修改为9.0的版本。随着我国对数控技术及CAD/CAM的研究，国产CAD/CAM软件的使用也越来越广泛，为此，增加了CAXA自动编程等内容。书中增加的内容既保持了原书的完整性和一贯性，也突出了实践教学及CAD/CAM技术的应用特点，特别是增加了课后习题的多样化，更加适应当前教学的需要。

本书由湖北职业技术学院陈志雄、河南职业技术师范学院杜家熙、天津中德职业技术学院钱逸秋、荆州职业技术学院张学中共同编写。其中陈志雄编写了第1章和第3章，杜家熙编写了第2章和第5章，陈志雄和钱逸秋编写了第4章，张学中编写了第6章。全书由陈志雄任主编，杜家熙任副主编。苏州工业园区职业技术学院黄志辉主审了全书。

本书得到了湖北职业技术学院国家数控实训基地及鄂职四方模具有限公司王宁董事长等的大力支持。湖北职业技术学院CAD/CAM中心的同志在文字修改、内容补充和程序修正等方面都做了大量而细致的工作，并提出了宝贵的修改意见。在此，谨向他们表示诚挚的感谢。

由于本书涉及的是一个技术迅速发展的领域，限于作者的水平，书中错误、缺点在所难免，热忱期待读者的批评和指正。

编 者

2006.10 于文昌阁

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 数控技术的发展过程.....	(1)
1.1.1 数控机床的出现和发展.....	(1)
1.1.2 我国数控机床的发展概况.....	(2)
1.1.3 数控机床的发展趋势.....	(2)
1.2 数控机床的基本组成及工作原理.....	(4)
1.2.1 数控机床的组成.....	(4)
1.2.2 数控机床的工作原理.....	(5)
1.3 数控机床的分类.....	(6)
1.3.1 按控制系统功能分类.....	(6)
1.3.2 按加工方式分类.....	(7)
1.3.3 按伺服控制方式分类.....	(8)
1.3.4 按数控系统的功能水平分类.....	(9)
1.4 数控机床的特点.....	(10)
1.4.1 数控机床的加工特点.....	(10)
1.4.2 数控机床的使用特点.....	(11)
本章小结.....	(12)
自测题 1.....	(13)
第 2 章 数控机床的结构	(15)
2.1 概述.....	(15)
2.1.1 对数控机床机械结构的要求.....	(15)
2.1.2 数控车床的主体结构.....	(18)
2.1.3 加工中心的主体结构.....	(19)
2.2 主轴驱动及其机械结构.....	(20)
2.2.1 数控机床对主轴传动(主传动)的要求.....	(20)
2.2.2 主传动的调速方式.....	(21)
2.2.3 主传动的机械结构.....	(22)
2.3 伺服驱动控制系统与机床进给机构.....	(25)
2.3.1 数控机床对伺服系统的要求.....	(25)
2.3.2 步进电机伺服系统.....	(26)
2.3.3 直流伺服电机伺服系统.....	(29)
2.3.4 交流伺服电机伺服系统.....	(31)
2.3.5 机床进给传动机构.....	(31)
2.4 自动换刀系统.....	(45)

2.4.1	自动换刀装置的形式	(45)
2.4.2	数控车床的换刀形式	(45)
2.4.3	加工中心的换刀形式	(49)
2.5	回转工作台	(52)
2.5.1	开环数控回转工作台	(52)
2.5.2	闭环数控回转工作台	(53)
2.6	数控机床检测装置	(54)
2.6.1	概述	(54)
2.6.2	测速发电机	(55)
2.6.3	编码盘与光电盘	(55)
2.6.4	旋转变压器	(56)
2.6.5	感应同步器	(57)
2.6.6	光栅	(59)
2.6.7	磁栅	(61)
本章小结	(61)
自测题 2	(62)
第 3 章	数控加工编程基础	(65)
3.1	数控加工编程的基础知识	(65)
3.1.1	数控程序的编制方法及步骤	(65)
3.1.2	程序的结构和格式	(67)
3.1.3	常用地址符及其含义	(70)
3.1.4	数控机床的坐标系	(70)
3.2	数控机床加工工艺分析	(71)
3.2.1	加工方法的选择	(71)
3.2.2	加工工序的编排原则	(72)
3.2.3	工件的装夹	(72)
3.2.4	对刀点和换刀点位置的确定	(73)
3.2.5	加工路线的选定	(75)
3.2.6	刀具及切削用量的选择	(77)
3.3	常用准备功能和辅助功能指令	(80)
3.3.1	准备功能 G 代码	(81)
3.3.2	其他功能指令	(88)
3.3.3	辅助功能 M 代码	(92)
3.4	数控机床的操作功能	(93)
3.4.1	数控车床的操作功能简介	(94)
3.4.2	数控铣床的操作功能简介	(101)
3.4.3	加工中心的操作功能简介	(107)
本章小结	(113)
自测题 3	(113)

第 4 章 数控机床程序编制	(116)
4.1 数控车床程序编制	(116)
4.1.1 数控车床的坐标系	(116)
4.1.2 数控车床的编程要点	(119)
4.1.3 刀具补偿	(119)
4.1.4 固定循环	(122)
4.1.5 螺纹加工	(127)
4.1.6 数控车床编程实例	(129)
4.2 数控铣床程序编制	(138)
4.2.1 数控铣削编程概述	(138)
4.2.2 数控铣床加工的刀具补偿	(139)
4.2.3 固定循环	(142)
4.2.4 数控铣床编程实例	(146)
4.3 数控加工中心程序编制	(149)
4.3.1 立式加工中心的坐标系	(149)
4.3.2 加工中心的刀具补偿	(151)
4.3.3 固定循环(钻孔循环)	(154)
4.3.4 换刀指令	(166)
4.3.5 加工中心编程实例	(166)
4.4 电火花线切割加工编程	(169)
4.4.1 电火花线切割加工概述	(169)
4.4.2 电火花线切割的工艺与工装	(170)
4.4.3 电火花线切割编程方法	(173)
4.4.4 电火花线切割编程实例	(178)
本章小结	(181)
自测题 4	(182)
第 5 章 数控机床的选用、安装、调试及维护	(188)
5.1 数控机床的选用	(188)
5.1.1 选用依据	(188)
5.1.2 选用内容	(188)
5.1.3 购置订货时应注意的问题	(190)
5.2 数控机床的安装、调试和验收	(190)
5.2.1 机床初就位	(191)
5.2.2 机床连接	(191)
5.2.3 数控系统的连接与调整	(191)
5.2.4 通电试车	(193)
5.2.5 机床精度和功能的测试	(194)
5.2.6 试运行	(195)
5.2.7 数控机床的验收	(195)

5.3 数控机床的维护保养	(200)
5.3.1 对数控机床操作人员的要求	(200)
5.3.2 数控机床日常维护与保养	(201)
5.3.3 数控机床的故障维修	(202)
本章小结	(206)
自测题 5	(207)
第 6 章 自动编程技术简介	(209)
6.1 自动编程基础	(209)
6.1.1 自动编程的基本概念	(209)
6.1.2 自动编程的基本工作原理	(209)
6.1.3 国内外典型 CAM 软件介绍	(211)
6.2 Master CAM 的特点与功能	(213)
6.2.1 Master CAM 的主要特点与功能	(214)
6.2.2 Master CAM 的工作环境	(216)
6.3 Master CAM 9.0 自动编程实例	(219)
6.3.1 加工刀具路径的确定	(219)
6.3.2 实体加工模拟	(234)
6.4 CAXA 自动编程实例	(238)
6.4.1 五角星的造型	(239)
6.4.2 加工前的准备工作	(243)
6.4.3 五角星知识加工	(245)
6.4.4 五角星常规加工	(249)
本章小结	(255)
自测题 6	(255)
附录 A 准备功能 G 代码 (JB3208-83)	(256)
A.1 表格	(256)
A.2 定义	(257)
附录 B 辅助功能 M 代码	(260)
B.1 表格	(260)
B.2 定义	(261)
附录 C 部分常用数控术语	(263)
C.1 通用术语	(263)
C.2 程序编制和软件术语	(264)
C.3 数控系统术语	(265)
C.4 机床及加工工艺术语	(266)
自测题参考答案	(269)
参考文献	(290)

第1章 概 论

内容提要

本章主要介绍数控的概念,数控机床的发展过程及发展趋势;数控机床的基本组成及工作原理;按控制系统功能、加工方式、伺服控制方式、数控系统的功能水平等四种方法对数控机床进行分类;数控机床的加工特点和使用特点。

1.1 数控技术的发展过程

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。数控技术水平高低和数控设备的拥有量,是体现一个国家综合国力水平、衡量国家工业现代化的重要标志之一。

1.1.1 数控机床的出现和发展

数控是数字控制(Numerical Control, NC)的简称,是近代发展起来的用数字化信息进行控制的自动控制技术。其含义是用以数值和符号构成的数字信息自动控制机床的运转。数控机床也简称为NC机床。

最早采用数字控制技术进行机械加工的思想,是在第二次世界大战以后提出的。当时,美国一个小型飞机工业承包商帕森兹公司(Parsons Corporation)在制造飞机时,利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,并考虑了刀具半径对加工路径的影响,其加工精度达到 $\pm 0.0381\text{mm}$ 。这在当时是相当高的水平了。

1952年,美国帕森兹公司(Parsons Corporation)与麻省理工学院伺服机构实验室(Serve Mechanisms Laboratory of The Massachusetts's Institute of Technology)合作,成功研制出一套三坐标联动、利用脉冲乘法器原理的试验性数字控制系统,并将它装在一台立式铣床上,当时用的电子元件是电子管。这就是公认的世界第一台数控机床,是数控机床的第一代。

1959年,晶体管问世,数控系统中广泛应用晶体管和印刷电路板,从此,数控系统跨入了第二代。1959年3月,美国克耐·杜列克公司(Keane Y & Trecker Corp)开发了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

1965年,出现了小规模集成电路。由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性得到了进一步的提高,从而使数控系统发展到了第三代。

以上三代数控系统都是采用专用控制硬件逻辑数控系统,称为普通数控系统,即NC(Numerical Control)系统。

由于当时控制计算机的价格十分昂贵,1967年,英国首先把几台数控机床联接成具有柔性的加工系统,这就是最初的FMS(Flexible Manufacturing System)柔性制造系统。随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统(NC),数字控制的许多功能由软件程序实现,出现了由计算机作控制单元的数控系

统 (CNC), 这就是第四代数控系统。

1970 年前后, 美国英特尔 (Intel) 公司首先开发和使用了微处理器。1974 年, 美国、日本等首先研制出以微处理器为核心的数控系统的数控机床。由于中、大规模集成电路的集成度和可靠性高、价格低廉, 因此, 20 多年来, 微处理器数控系统的数控机床得到飞速发展和广泛应用。这就是微机数控 (Micro-Computer Numerical Control) 系统, 即 MNC 系统。从而使数控系统进入第五代。后来, 人们将 MNC (微机数控系统) 也统称为 CNC (计算机数控系统)。

20 世纪 80 年代初, 国际上又出现了柔性制造单元 FMC (Flexible Manufacturing Cell)。

柔性制造单元 (FMC) 和柔性制造系统 (FMS) 被认为是实现计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) 的必经阶段和基础。

1.1.2 我国数控机床的发展概况

我国从 1958 年开始研制数控机床, 由清华大学研制出了最早的样机。1966 年我国诞生了第一台用于直线-圆弧插补的晶体管数控系统, 即第二代数控系统。1970 年, 集成电路数控系统制造成功, 标志着我国进入了第三代数控系统制造阶段。但是由于历史的原因, 数控机床的发展很慢, 品种和数量都很少, 稳定性和可靠性也比较差, 只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

从 20 世纪 70 年代开始, 数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开, 数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平差, 致使数控系统的可靠性、稳定性未得到解决, 因此不能广泛推广。

直到 20 世纪 80 年代, 我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的数控系统和直流伺服电机、直流主轴电机技术, 并进行了商品化生产, 这些系统可靠性高, 稳定性好, 功能齐全, 推动了我国数控机床的发展, 使我国数控机床在质量、性能及水平上有了一个飞跃。到 1985 年, 我国数控机床的品种累计达 80 多种, 进入了实用阶段。

1986 年至 1990 年期间是我国数控机床大发展的时期。在此期间, 通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收 (数控机床一条龙)”, 推动了我国数控机床的发展。

从 20 世纪 90 年代以来, 我国主要发展高档数控机床。

目前, 在数控领域中, 我国和先进的工业国家之间还存在一定的差距。我国数控机床的生产还远远满足不了国内生产的需要, 更不能满足出口的要求。在现有数控机床中, 还有待于进一步提高其利用率。随着我国加入 WTO, 并将成为世界制造中心, 各行各业对数控机床的需要将会很大, 数控机床也必然在国家建设中发挥更大的作用。

1.1.3 数控机床的发展趋势

1. 数控系统发展趋势

(1) 新一代数控系统采用开放式体系结构。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术, 如多媒体技术, 实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展, 每个芯片上可以集成更多个晶体管, 使系统体积更小, 更加小型化、微型化。

可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势，实现故障自动排除；增强通信功能，提高进线、联网能力。

开放式体系结构的新一代数控系统，其硬件、软件和总线规范都是对外开放的。由于有充足的软、硬件资源可供利用，不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持，而且也为用户的二次开发带来极大方便，促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用，既可通过升档或剪裁构成各种档次的数控系统，又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统，开发生产周期大大缩短。这种数控系统可随 CPU 升级而升级，结构上不必变动。

(2) 新一代数控系统控制性能大大提高。数控系统在控制性能上向智能化发展。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展，数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理，不但具有自动编程、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能，而且人机界面极为友好，并具有故障诊断专家系统使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置，能自动识别负载并自动优化调整参数。

总之，新一代数控系统技术水平大大提高，促进了数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展，使柔性自动化加工技术水平不断提高。

2. 数控机床发展趋势

(1) 高速、高效；高精度；高可靠性。

高速、高效：机床向高速化方向发展，可充分发挥现代刀具材料的性能，不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本，而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

高精度：从精密加工发展到超精密加工（特高精度加工），是世界各工业强国发展的方向。其精度从微米级到亚微米级，乃至纳米级，其应用范围日趋广泛。

高可靠性：是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上，但也不是可靠性越高越好，仍然是适度可靠，受性能价格比的约束。

(2) 模块化、专门化与个性化；智能化；柔性化和集成化。

模块化、专门化与个性化：机床结构模块化，数控功能专门化，机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

智能化：智能化的内容包括在数控系统中的各个方面：一是为追求加工效率和加工质量方面的智能化；二是为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化；三是简化编程、简化操作方面的智能化；四是智能诊断、智能监控方面的内容，方便系统的诊断及维修等。

柔性化和集成化：柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段，是各国制造业发展的主流趋势，是先进制造领域的基础技术。

(3) 开放性。为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求，最重要的发展趋势是体系结构的开放性，设计生产开放式的数控系统，例如，美国、欧共体及日本的发展开放式数控的计划等。

(4) 出现新一代数控加工工艺与设备。为适应制造自动化的发展，向 FMC（柔性制造单元）、FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）提供基础设备，要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能，而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、

自动更换主轴头（有时带坐标变换）、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能；FMC，FMS 制造及无图纸制造技术；围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电主轴、直线电机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破；以计算机辅助管理和工程数据库、因特网为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统等。

1.2 数控机床的基本组成及工作原理

数控机床是一种利用信息处理技术进行自动加工的机床。熟悉数控机床的组成，不仅要掌握数控机床的工作原理，同时还要掌握数控技术在其他行业的应用。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床的主要由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统、辅助控制装置、反馈系统及机床等几个部分组成。如图 1.1 所示。

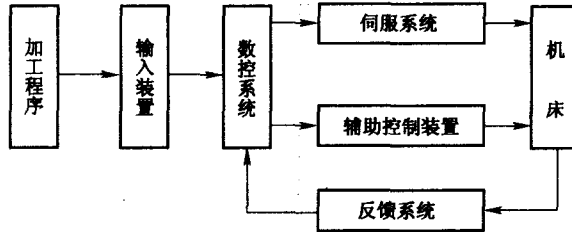


图 1.1 数控机床的基本组成

1. 加工程序

数控机床与普通机床的最大区别是数控机床不需要工作人员直接去操作机床，它是按输入的工件加工程序运行的。工件加工程序中，包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（进给量、主轴转速等）和辅助运动等加工所需的全部信息。加工程序可存储在控制介质（也称信息载体、程序载体）上。数控机床中，常用的控制介质有穿孔带、磁带和磁盘等。

2. 输入装置

输入装置的作用是将控制介质（信息载体、程序载体）上的有关加工信息传递并存入控制系统内。根据控制介质的不同，相应有不同的输入装置。如使用穿孔带时，有光电阅读器；使用磁带时，有录放机；使用磁盘时，有磁盘驱动器等。

现代数控机床，可以通过键盘，用手动方式（MDI 方式）直接输入数控系统，也可以由计算机编程后，用通信方式传送到数控系统中。

3. 数控系统

数控系统是数控机床的核心，它主要包括微型计算机、通用输入输出外围设备及相关软件。

数控系统的主要功能是接受输入装置送来的脉冲信号，经过数控系统的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信息和指令，控制机床各部分进行规定的动作。所输出的控制信息中最基本的信息是：经插补运算确定各坐标轴（即作进给运动的各执行部件）的进给速度、进给方向和进给位移量指令。还有主运动部件的变速、换向和启停指令；刀具的选择和交换指令；冷却、润滑装置的启停，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位等辅助指令等。

4. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分。它接受数控装置的指令信息，经功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件，完成指令规定的运动，加工出合格的零件。一般来说数控机床的伺服系统，要有好的快速响应性能和高的伺服精度。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

5. 测量反馈装置

测量反馈装置的作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中，数控装置对反馈回来的实际位移值与设定值进行比较后，向伺服系统发出指令，纠正所产生的误差。

6. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换，以及其他辅助装置等指令信号，经过必要的编译、逻辑判别和运算，经功率放大后直接驱动相应的电器，带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

现在由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于使用、编程和修改，并可直接驱动机床电器的特点，已被广泛作为数控机床的辅助控制装置。

7. 机床

与普通机床相比，数控机床主体结构虽然仍然由主传动装置、进给传动装置、床身及工作台和辅助装置组成，但其传动系统更为简单。并且数控机床的静态和动态刚度要求更高，传动装置的间隙要求尽可能小，滑动面的摩擦系数要小，并有恰当的阻尼，以适应对数控机床高定位精度和良好的控制性能的要求。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床与普通机床相比，其工作原理的不同之处在于数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。

数控机床加工零件，首先要将被加工零件的图样及工艺信息数字化，用规定的代码和程序格式编写加工程序；然后将所编程序指令输入到机床的数控装置中；再后数控装置将程序（代码）进行译码、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号，驱动机床各运动部件，控制所需要的辅助运动，最后加工出合格零件。