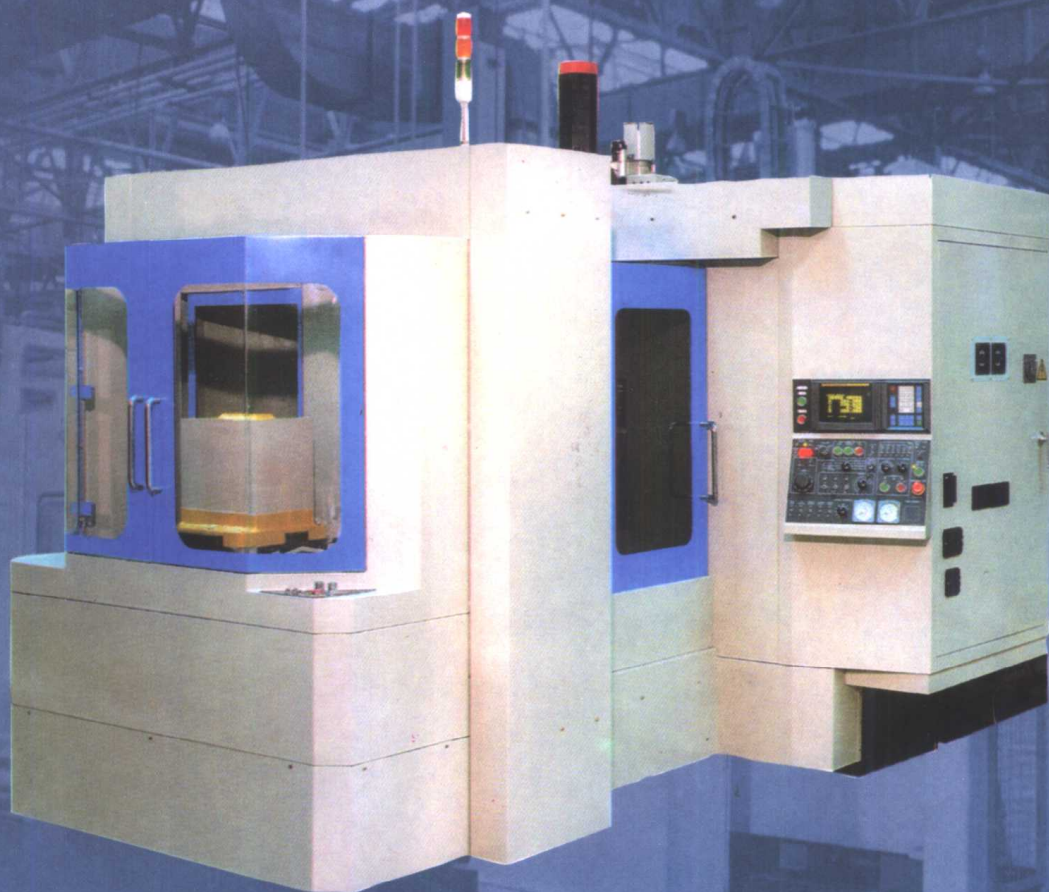




世纪 21世纪高职高专系列教材

数控机床 及其使用维修

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

数控机床及其使用维修

中国机械工业教育协会 组编

主 编	武汉船舶职业技术学院	卢 斌
副主编	河北工业大学	李世杰
	武汉船舶职业技术学院	陈少艾
参 编	武汉船舶职业技术学院	姚 新
	河北工业大学	曲云霞
	武汉船舶职业技术学院	岳秋琴
	武汉船舶职业技术学院	余 华
主 审	株洲职业技术学院	胡黄卿



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据高等职业技术教学要求编写的。全书共 10 章,以企业中使用较广泛、具有先进性的数控机床为主线,介绍数控机床工作原理,传动结构及调整,数控机床的操作,计算机数控装置的硬件及软件,伺服驱动与检测,数控机床典型结构及常见故障分析排除、数控设备安装、调试。

本书可作为高等职业技术学院,高等学校专科、职工大学、业余大学、函授大学、成人教育学院等数控技术应用专业、数控机床加工专业、机械制造专业、机电一体化专业的教材,也可作为从事数控机床使用、维修等工作的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床及其使用维修/中国机械工业教育协会组编.

—北京:机械工业出版社,2001.5

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08377-6

I. 数… II. 中… III. 数控机床-高等学校:技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 22390 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:吴天培 版式设计:冉晓华 责任校对:唐海燕

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·11.75 印张·1 插页·290 千字

0 001—4 000 册

定价:18.00 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

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群 余茂祚(常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1990年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600～1800）、兼顾2年制（总学时1100～1200）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需用、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量，真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材，组织编写队伍时，采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿，以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验，出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材，在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是从高职教育的实际出发,根据高等职业技术教学要求,确定了编写的指导思想和教材特色,以工程应用为目的,加强了针对性和实用性,强化了实践教学。本书以企业中使用较广泛、具有先进性的数控机床为主线,介绍数控机床工作原理,传动结构及调整,数控机床的操作,计算机数控装置的硬件及软件,伺服驱动与检测,数控机床典型结构及常见故障分析排除、数控设备安装、调试。

本书可作为高等职业技术学院,高等学校专科、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院等数控技术应用专业、数控机床加工专业、机械制造专业、机电一体化专业的教材,也可作为从事数控机床使用、维修等工作的技术人员的参考书。

全书共10章,总课时为60~80学时,各院校可根据实际情况决定内容的取舍。

本书由卢斌任主编,李世杰、陈少艾任副主编,胡黄卿任主审。第1、2、4章由姚新编写,第3、7章由曲云霞编写,第5章由余华编写,第6章由李世杰编写,第8章由岳秋琴编写,第9章由卢斌编写,第10章由陈少艾编写。全书由卢斌提出总体构思及编写思想,由陈少艾负责统稿和定稿。

本书编写时参阅了有关院校、工厂、科研单位的教材、资料和文献,并得到许多同行专家、教授的支持和帮助,在此谨致谢意。

限于编者的水平和经验,书中难免有不少缺点或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第 1 章 数控机床概述 1

1.1 数控机床的分类 1

1.1.1 数控机床的产生 1

1.1.2 数控机床特点 1

1.1.3 数控机床分类 3

1.2 数控机床的工作原理及组成 6

1.2.1 数控机床的工作原理 6

1.2.2 数控机床的组成 7

1.3 数控机床的主要性能指标与 功能 9

1.3.1 数控机床的主要技术指标 9

1.3.2 数控系统的主要功能 10

1.3.3 数控机床的发展趋势 11

复习思考题 11

第 2 章 数控车床 13

2.1 概述 13

2.1.1 数控车床的用途 13

2.1.2 数控车床的组成及布局 13

2.1.3 数控车床的分类 14

2.2 数控车床的传动系统 16

2.2.1 主传动系统 16

2.2.2 进给传动系统及传动装置 18

2.2.3 卡盘 21

2.2.4 自动回转刀架 21

2.2.5 机床尾座 24

2.2.6 液压传动系统及换刀控制 25

2.3 数控车床的操作 27

2.3.1 机床的主要技术参数 27

2.3.2 机床数控系统功能特性 27

2.3.3 机床的基本构造 28

2.3.4 操作方法 28

复习思考题 40

第 3 章 数控铣床 41

3.1 概述 41

3.1.1 数控铣床的主要功能及加工 对象 41

3.1.2 数控铣床的分类 41

3.1.3 数控铣床的结构特征 43

3.2 数控铣床的结构及总体布局 43

3.2.1 总布局与工件形状、尺寸和重量的 关系 44

3.2.2 运动分配与部件的布局 45

3.2.3 总布局与铣床的结构性能 46

3.2.4 铣床的使用要求与总布局 47

3.2.5 数控铣床总布局的发展趋势 47

3.3 数控铣床的操作 48

3.3.1 概述 48

3.3.2 操作方法 48

复习思考题 52

第 4 章 加工中心 53

4.1 概述 53

4.1.1 加工中心的基本功能与特点 53

4.1.2 加工中心的基本组成 53

4.1.3 加工中心的分类 54

4.2 加工中心的传动系统与结构 56

4.2.1 主传动系统及主轴箱结构 56

4.2.2 进给传动部件 58

4.2.3 自动换刀装置 (ATC) 58

4.3 加工中心的操作 63

4.3.1 机床的主要技术参数 63

4.3.2 机床数控系统的基本规格及 功能 64

4.3.3 机床的基本构造 65

4.3.4 操作方法 66

复习思考题 74

第5章 数控系统 75

5.1 数控系统的总体结构 75

5.1.1 CNC系统的特点 75

5.1.2 CNC系统的功能划分 75

5.2 数控系统的硬件结构 76

5.2.1 单微处理器数控系统结构 76

5.2.2 多微处理器数控系统结构 77

5.2.3 个人计算机(PC)组成的数控系统 79

5.3 数控系统的软件结构 79

5.3.1 CNC系统软硬件的界面 79

5.3.2 系统软件的内容及结构类型 80

5.3.3 多任务并行处理 80

5.3.4 实时中断处理 83

5.4 华中I型数控系统实例 84

5.4.1 体系结构 84

5.4.2 几种典型伺服单元的实现方法 85

5.4.3 硬件板卡介绍 86

5.4.4 数控系统的连接 90

5.4.5 软件结构 92

复习思考题 94

第6章 数控机床的伺服驱动与

检测 95

6.1 概述 95

6.1.1 开环伺服系统 95

6.1.2 闭环伺服系统 95

6.2 步进电动机的驱动 96

6.2.1 步进电动机的工作原理 97

6.2.2 步进电动机的主要特性及选用 98

6.2.3 步进电动机的驱动 99

6.3 交直流伺服电动机的驱动 100

6.3.1 直流伺服电动机 100

6.3.2 交流伺服电动机 103

6.4 常用位置检测装置 109

6.4.1 概述 109

6.4.2 位置检测装置的分类 109

6.4.3 常用的位置检测装置 110

复习思考题 113

第7章 数控机床与可编程控

制器 114

7.1 可编程控制器的基本概念

与分类 114

7.1.1 可编程控制器的定义 114

7.1.2 可编程控制器的特点 114

7.1.3 可编程控制器的分类 115

7.2 可编程控制器的基本结构及编

程方法 116

7.2.1 可编程控制器的基本组成 116

7.2.2 可编程控制器的编程方法 120

7.3 数控机床用可编程控制器 122

7.3.1 数控机床用可编程控制器分类 123

7.3.2 可编程控制器与外部的信息交换 123

7.3.3 数控机床用可编程控制器功能 123

7.4 典型PLC的指令和程序编制 124

7.4.1 FANUC PMC-L型PLC指令 124

7.4.2 顺序程序的编制 129

7.5 可编程控制器的发展方向 134

复习思考题 136

第8章 数控机床的典型结构 137

8.1 数控机床的主传动系统 137

8.1.1 数控机床主传动的特点 137

8.1.2 主轴变速方式 137

8.1.3 主轴的支承与润滑 139

8.2 数控机床的进给传动系统 140

8.2.1 对进给系统机械传动机构的要求 140

8.2.2 滚珠丝杠螺母副 140

8.2.3 进给系统齿轮间隙的消除 142

8.3 数控机床导轨 146

8.3.1 对导轨的基本要求 146

8.3.2 滚动导轨 146

8.3.3 塑料导轨 147

8.3.4 静压导轨 148

8.4 回转工作台 149

8.4.1 分度工作台 149

8.4.2 数控回转工作台 151

复习思考题	152	9.6.2 加工中心故障分析及维修	169
第 9 章 数控机床的选用与维修	153	复习思考题	170
9.1 数控机床的选择	153	第 10 章 数控机床的安装、调试	
9.1.1 数控机床的适用范围	153	与验收	171
9.1.2 数控机床的合理选择	153	10.1 数控机床的安装	171
9.1.3 选择项目的具体内容	154	10.1.1 机床的基础处理和初就位	171
9.2 数控机床的常规保养	156	10.1.2 机床部件的组装	171
9.2.1 数控机床的日常保养	156	10.1.3 数控系统的连接	171
9.2.2 使用数控机床应注意的问题	157	10.2 数控机床的检查与调试	172
9.3 数控装置故障维修	158	10.2.1 机床连接电源的检查	172
9.3.1 数控系统故障的一般判断方法	158	10.2.2 参数的设定和确认	172
9.3.2 常见故障分析	159	10.2.3 通电试车	173
9.4 进给伺服系统故障维修	161	10.2.4 机床几何精度的调整	173
9.4.1 软件报警	161	10.2.5 机床试运行	174
9.4.2 硬件报警	162	10.3 数控机床的验收	174
9.4.3 无报警显示的故障	163	10.3.1 机床外观的检查	174
9.5 主轴伺服系统故障维修	164	10.3.2 机床精度的验收	174
9.5.1 主轴伺服系统使用前的检查	164	10.3.3 机床性能与数控功能的验收	175
9.5.2 主轴伺服系统故障分析	164	复习思考题	176
9.6 数控机床故障分析及维修实例	166	参考文献	177
9.6.1 数控车床故障分析及维修	166		

第 1 章 数控机床概述

1.1 数控机床的分类

1.1.1 数控机床的产生

采用数字控制（NC Numerical Control）技术进行机械加工的思想，最早是于 20 世纪 40 年代初提出来的。

1952 年，美国麻省理工学院成功地研制出一台数控铣床，这是公认的世界上第一台数控机床，当时用的电子元件是电子管。

1958 年，开始采用晶体管元件和印刷线路板。美国出现带自动换刀装置的数控机床，称为加工中心（MC Machining Center）。从 1960 年开始，其它一些工业国家，如原联邦德国、日本也陆续开发生产出了数控机床。

1965 年，数控装置开始采用小规模集成电路，使数控装置的体积减小、功耗降低及可靠性提高。但仍然是硬件逻辑数控系统。

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，这就是最初的柔性制造系统（FMS Flexible Manufacturing System）。

1970 年，美国芝加哥国际机床展览会首次展出用小型计算机控制的数控机床，这是世界上第一台计算机数字控制（CNC Computer Numerical Control）的数控机床。

1974 年微处理器用于数控装置，促进了数控机床的普及应用和数控技术的发展。

在 20 世纪 80 年代后期，出现了以加工中心为主体，再配上工件自动检测与装卸装置的柔性制造单元（FMC Flexible Manufacturing Cell）。FMC 和 FMS 技术是实现计算机集成制造系统（CIMS Computer Integrated Manufacturing System）的重要基础。数控技术已经成为衡量现代制造技术水平高低的标志，其拥有量代表着一个国家工业的整体实力。

1.1.2 数控机床特点

1.1.2.1 数控机床与普通机床的区别

1. 数控机床具有手动加工、机动加工和程序控制自动加工功能 加工过程一般不需要人工干预。而普通机床只具有手动加工和机动加工功能，加工过程全部由人工干预。

2. 数控机床一般具有 CRT 屏幕显示功能 显示加工程序、工艺参数、加工时间、刀具运动轨迹及工件图形等。数控机床还具有自动报警功能，根据报警信号或报警提示，可以迅速查找到机床故障。而普通机床则不具备上述功能。

3. 数控机床的主传动和进给传动采用直流或交流无级调速伺服电动机 不需要主轴变速箱和进给变速箱，因此传动链短。而普通机床主传动和进给传动一般采用三相交流异步电动机，由变速箱实现多级变速以满足工艺要求，机床传动链长。

4. 数控机床一般具有位移测量显示系统 在加工过程中不需要对工件尺寸进行人工测量。而普通机床在加工过程中，必须由人工不断地进行测量，以保证工件的加工精度。

数控机床与普通机床最显著的区别是：当加工对象（工件）改变时，数控机床只需要

改变加工程序（软件），而不需要对机床作较大的调整，即能加工出各种不同的工件。

1.1.2.2 数控机床的加工特点及适用范围

1. 能加工复杂型面 由于数控机床能够实现多轴联动，可加工出普通机床无法完成的空间曲线和曲面。因此在航空、航天领域和对复杂型面的模具加工中得到广泛应用。

2. 具有高度柔性 所谓柔性即灵活与可变，是相对不可变的刚性而言。采用组合机床或专机，用于加工单品种的大批量产品，可提高生产率和质量并降低成本，但这类刚性设备无法适应多品种和小批量生产。仿形机床能够加工较复杂零件，但更换产品必须重新设计和制造靠模，生产准备周期长。而数控机床只需更改加工程序和重新调整刀具，就能满足多品种、中小批量和复杂型面零件的加工要求，生产准备周期短。

3. 加工精度高、质量稳定 数控机床的运动分辨率远高于普通机床，前者多数具有位置检测功能，可以将机床移动部件实际位移量或丝杠、伺服电动机转角反馈给数控系统并进行补偿，以获得比机床本身精度还要高的加工精度。数控机床的加工质量完全由机床保证，不存在人为操作形成误差的影响，加工相同零件尺寸的一致性高，精度高、质量稳定。

4. 生产率高 数控机床的刚性好、功率大；主轴转速高和进给速度范围大，并且为无级变速。容易选择较大及合理的切削用量，可以减少许多机动时间。此外，数控机床加工可免去划线工序，节省加工过程的中间检验时间。空行程速度远高于普通机床，由此也能省出大量的辅助时间。

5. 有利于实现机械加工的现代化管理 数控系统能准确计算并自动记录加工过程，便于半成品、成品加工统计资料的分析。能实现计算机对数控机床的集中控制与管理，其性能远高于普通机床，见表 1-1。

表 1-1 数控机床与普通机床的性能的比较

序 号	主 要 性 能	数 控 机 床	普 通 机 床
1	加工复杂零件和型面的能力	高	低
2	加工对象发生改变时的柔性程度	高	低
3	零件的加工质量和加工精度	高	低
4	加工效率	高	低
5	设备的利用率	高	低
6	进行产品优化和实现 CAD 的功能	高	低
7	设备的初期投入	高	低
8	对操作人员的技术要求	高	低
9	对生产计划和准备的要求	高	低
10	设备的使用费用(人力、原材料等)	低	高
11	维护和维修费用	高	低
12	对不合格产品进行再加工的费用	低	高

并不是所有的零件都适用于数控加工，图 1-1 列出了各类机床的使用范围。数控机床、专用机床和普通机床各自的使用范围是不同的，各种机床的加工批量与成本的关系也不一

样, 如图 1-2 所示

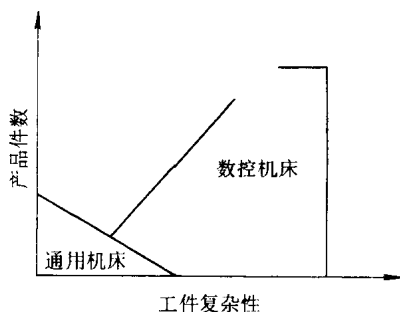


图 1-1 机床使用范围

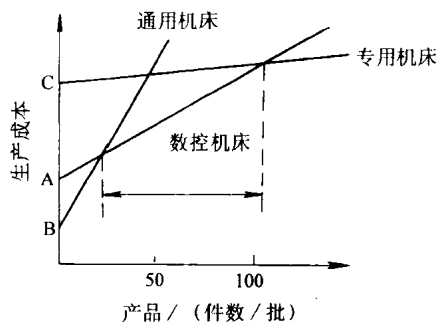


图 1-2 机床加工批量与成本关系

从图 1-2 可以看出, 数控机床适用于加工比较复杂而生产批量不大的零件。当零件复杂程度相当, 生产批量很大时应采用专用机床加工。适用于数控机床加工的零件包括:

- 1) 形状复杂且加工精度高, 普通机床无法加工或很难保证质量的零件。
- 2) 有复杂曲线或曲面轮廓的零件。
- 3) 批量小而又多次重复生产的零件。
- 4) 具有难测量、难控制进给和难控制尺寸, 不开敞内腔的壳体或盒型零件。
- 5) 要求在一次性装夹中综合完成铣、镗、铰或攻螺纹等多工序的零件。
- 6) 精度高的贵重零件。
- 7) 需要多次更改设计后才能定型的零件。
- 8) 通用机床加工的生产率低或体力劳动强度大的零件。

对于生产批量大的简单零件, 或加工余量不稳定、装夹困难的零件等, 一般不太适合于数控机床加工。

1.1.3 数控机床分类

1.1.3.1 按加工方式和工艺用途分类

这种分类方法和普通机床的分类方法相似, 按切削方式不同, 可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床等。

有些数控机床具有两种以上切削功能, 例如以车削为主兼顾铣、钻削的车削中心; 具有铣、镗、钻削功能, 带刀库和自动换刀装置的镗铣加工中心 (简称加工中心)。

另外, 还有数控线切割、数控电火花、数控激光加工、等离子弧切割、火焰切割、数控板材成型、数控冲床、数控剪床、数控液压机等各种功能和不同种类的数控加工机床。

本书着重介绍数控车床、数控铣床和加工中心机床。

1.1.3.2 按加工路线分类

数控机床按其刀具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, 如图 1-3 所示。

1. 点位控制 (图 1-3a) 点位控制方式就是刀具与工件相对运动时, 只控制从一点运动到另一点的准确性, 而不考虑两点之间的运动路径和方向。这种控制方式多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。

2. 直线控制 (图 1-3b) 直线控制方式就是刀具与工件相对运动时, 除控制从起点到终点的准确定位外, 还要保证平行坐标轴的直线切削运动。由于只作平行坐标轴的直线进给

运动，因此不能加工复杂的工件轮廓。这种控制方式用于简易数控车床、数控铣床、数控磨床等。

3. 轮廓控制（图 1-3c） 轮廓控制就是刀具与工件相对运动时，能对两个或两个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。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。

1.1.3.3 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴，是指数控装置控制几个伺服电动机，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（如图 1-4 所示），即数控装置同时控制 X 和 Z 方向运动，可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。或机床本身有 X、Y、Z 三个方向的运动，数控装置中只能同时控制两个坐标（如图 1-5 所示），实现两个坐标轴联动，但在加工中能实现坐标平面的变换，用于加工图 1-6a 所示的零件沟槽。

2. 三坐标联动 数控机床能同时控制三个坐标轴联动（如图 1-5 所示），此时，铣床称为三坐标数控铣床，可用于加工曲面零件，如图 1-6b 所示。

3. 两轴半坐标联动 数控机床本身有三个坐标能作三个方向的运动，但控制装置只能同时控制两个坐标，而第三个坐标只能作等距周期移动，可加工空间曲面，如图 1-6c 所示零件。数控装置在 ZX 坐标平面内控制 X、Z 两坐标联动，加工垂直面内的轮廓表面，控制 Y 坐标作定期等距移动，即可加工出零件的空间曲面。

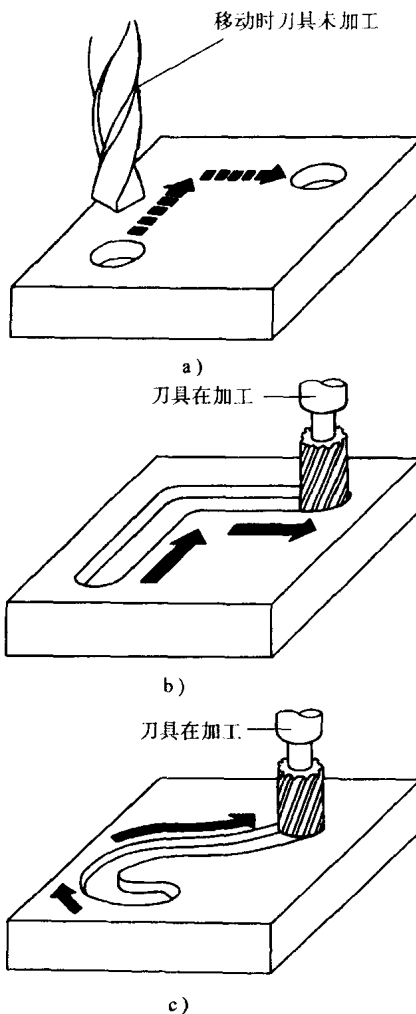


图 1-3 数控机床分类

a) 点位控制 b) 直线控制 c) 轮廓控制

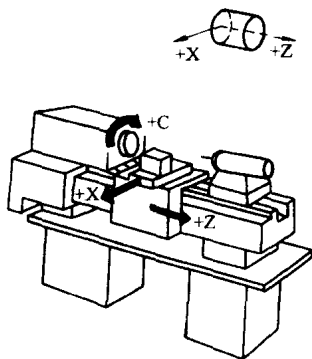


图 1-4 卧式车床

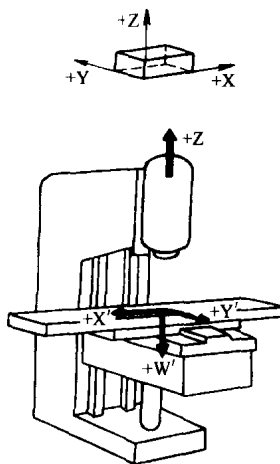


图 1-5 立式升降台铣床

4. 多坐标联动 数控机床能同时控制四个以上坐标轴联动，多坐标数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制复杂，主要应用于加工形状复杂的零件。五轴联动铣床加工曲面形状零件，如图 1-6d 所示，六轴加工中心运动坐标系示意图，如图 1-7 所示。

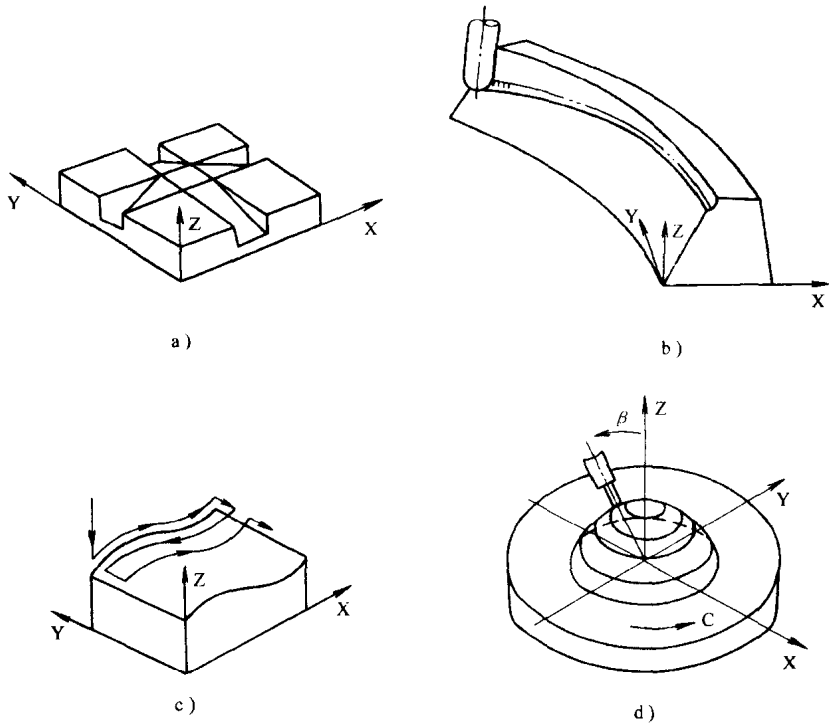


图 1-6 空间平面和曲面的数控加工

a) 零件沟槽加工 b) 三坐标联动曲面加工 c) 两坐标联动加工曲面 d) 五轴联动铣床加工曲面

1.1.3.4 按数控装置的类型分类

1. 硬件数控 早期的数控装置基本上都属于硬件数控（NC）类型，主要由固化的数字逻辑电路处理数字信息，于 20 世纪 60 年代投入使用。由于其功能少、线路复杂和可靠性低等缺点已经淘汰，因而这种分类没有实际意义。

2. 计算机数控 用计算机处理数字信息的计算机数控（CNC）系统，于 20 世纪 70 年代初期投入使用。随着微电子技术的迅速发展，微处理器功能越来越强，价格越来越低，现在数控系统的主流是微机数控系统（MNC）。根据数控系统微处理器（CPU）的多少，可分为单微处理器数控系统和多微处理器数控系统。

1.1.3.5 按伺服系统有无检测装置分类

按伺服系统有无检测装置可分为开环控制和闭环控制数控机床。在闭环控制系统中，根据检测装置的位置不同又可分为全闭环和半闭环两种。

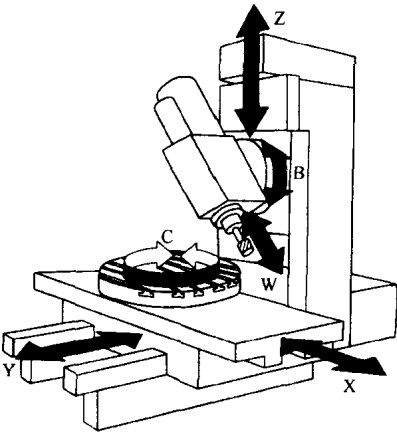


图 1-7 六轴加工中心坐标系

1.1.3.6 按数控系统的功能水平分类

数控系统一般分为高级型、普及型和经济型三个档次。数控系统并没有确切的档次界限，其参考评价指标包括：CPU 性能、分辨率、进给速度、联动轴数、伺服水平、通信功能和人机对话界面等。

1. 高级型数控系统 该档次的数控系统采用 32 位或更高性能的 CPU，联动轴数在 5 轴以上，分辨率 $\leq 0.1\mu\text{m}$ ，进给速度 $\geq 24\text{m/min}$ （分辨率为 $1\mu\text{m}$ 时）或 $\geq 10\text{m/min}$ （分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 时），采用数字化交流伺服驱动，具有 MAP（Manufacturing Automation Protocol）高性能通信接口，具备联网功能，有三维动态图形显示功能。

2. 普及型数控系统 该档次的数控系统采用 16 位或更高性能的 CPU，联动轴数在 5 轴以下，分辨率在 $1\mu\text{m}$ 以内，进给速度 $\leq 24\text{m/min}$ ，可采用交、直流伺服驱动，具有 RS232 或 DNC 通信接口，有 CRT 字符显示和平面线性图形显示功能。

3. 经济型数控系统 该档次的数控系统采用 8 位 CPU 或单片机控制，联动轴数在 3 轴以下，分辨率为 0.01mm ，进给速度在 $6\sim 8\text{m/min}$ ，采用步进电动机驱动，具有简单的 RS232 通信接口，用数码管或简单的 CRT 字符显示。

1.2 数控机床的工作原理及组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床是用数字信息进行控制的机床。即凡是用代码化的数字信息将刀具移动轨迹信息记录在程序介质上，然后送入数控系统经过译码和运算，控制机床刀具与工件的相对运动，加工出所需工件的一类机床即为数控机床。数控加工基本过程见图 1-8。

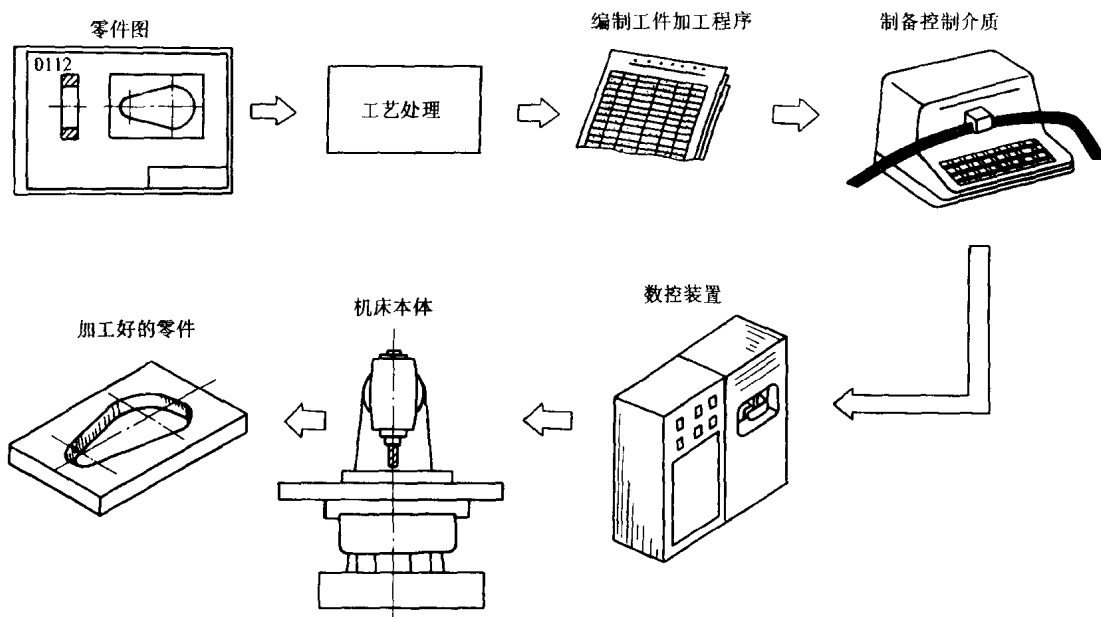


图 1-8 数控机床加工工件的基本过程

由图 1-8 可知，数控机床在加工前要分析零件图，拟定零件加工工艺方案，明确加工工艺参数，然后按编程规则编制数控加工程序。当加工零件的几何信息和工艺信息转换为数字

化信息后，可以用不同方法输入到机床的数控系统中，经检查无误即可起动机床，运行数控加工程序，数控装置会自动完成数控加工程序发出的各种控制指令。如果不出现故障，直到加工程序运行结束，零件加工完毕为止。数控加工的控制过程与计算机控制打印机打印过程，特别是与计算机控制绘图机绘图过程非常相似。

数字控制是相对于模拟控制而言的。数字控制系统或计算机数字控制（CNC）系统，用字长来表示不同精度信息，可进行复杂的算术运算、逻辑运算和信息处理。通过改变软件（而非电路或机械机构）实现信息处理方式和过程的转换，因此具有很好的柔性功能。

由于 CNC 系统方便、可靠及精确高，因而广泛应用于机械运动的轨迹、检测和辅助运动控制等各个方面，其中轨迹控制是机床和工业机器人的主要控制内容。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床主要由机床本体和计算机数控系统两大部分组成，如图 1-9 所示。

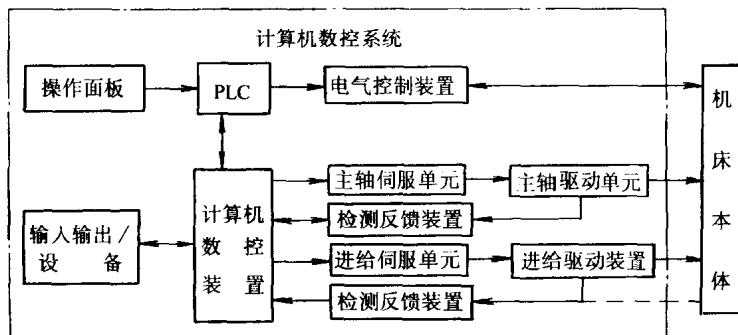


图 1-9 CNC 系统的组成

1.2.2.1 机床本体

机床本体是数控机床的主体，由基础件（如床身、底座）和运动件（如工作台、床鞍、主轴箱等）组成。它不仅要实现由数控装置控制的各种运动，而且还要承受包括切削力在内的各种力，因此机床本体必须保证有良好的几何精度、足够的刚度、小的热变形、低的摩擦阻力，才能有效地保证数控机床的加工精度。

数控机床本体与普通机床相比，具有以下特点：

- (1) 采用了高性能主轴部件及传动系统，机械传动结构简化，传动链较短。
- (2) 机械结构具有较高刚度和耐磨性，热变形小。
- (3) 更多地采用高效传动部件，如滚珠丝杠、静压导轨、滚动导轨等。

1.2.2.2 数控系统

数控系统是数控机床的核心，其中包括硬件装置和数控软件两大部分，由输入 / 输出设备、数控装置、伺服单元、驱动装置（或执行机构）、可编程控制器（PLC）及电气控制装置和检测反馈装置等组成。

1. 输入 / 输出设备 数控机床必须接收由操纵人员输入的零件加工程序，才能按加工程序加工出所需要的零件。在向数控系统输入命令后的加工过程中，数控装置为操作人员显示必要的信息，如切削方向、坐标值、报警信号等。此外，输入的加工程序并非完全正确，时常需要进行编辑、修改和调试。上述操作人员与机床数控系统的信息交流过程，由数控系统中的输入 / 输出设备（交互设备）完成。

键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备,操作人员可通过键盘及显示器输入程序、编辑修改程序和发送操作命令。手动数据输入 MDI (Manual Data Input) 是最重要的输入方式之一,键盘是 MDI 中最主要的输入设备。显示器为操作人员提供程序编辑或机床加工信息,较简单的显示器只有若干个数码管,所显示的字符信息量很有限,较高级的系统配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器,能显示字符、加工轨迹和图形等丰富的信息量。

编制好的数控加工程序一般存放到穿孔纸带、磁带、磁盘或光盘上,由纸带阅读机、磁带机、磁盘驱动器或光盘驱动器输入数控系统,纸带阅读机、磁带机和磁盘驱动器是数控机床的典型输入设备。

数控机床的程序输入方法,除上述的键盘、穿孔纸带、磁带和磁盘外,还可以用串行通信方式输入。随着 CAD/CAM 和 CIMS 技术的发展,机床数控系统的计算机通信功能显得越来越重要。

2. 数控装置 数控装置主要包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路和与其它部分联系的接口等。其作用就是根据输入的数据段,插补运算出理想的运动轨迹,输出到执行部件(伺服单元、驱动装置等),加工出所需要的零件。输入、轨迹插补、位置控制是数控装置的三项基本任务,由 CNC 的系统程序(亦称控制程序)组织完成,保证使整个数控系统有条不紊地进行工作。

3. 伺服单元 伺服单元接收来自数控装置的进给指令,经变换和放大后通过驱动装置转换成机床工作台的位移运动,伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节,它能将来自数控装置的微弱指令信号,放大成控制驱动装置的大功率信号。按不同接收指令形式伺服单元分脉冲式和模拟式,而按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

4. 驱动装置 驱动装置的作用是将放大后的指令信号转变成机械运动,利用机械传动件驱动工作台移动,使工作台按规定轨迹作严格的相对运动或精确定位,保证能够加工出符合图样要求的零件。对应于伺服单元的驱动装置,有步进电动机、直流伺服电动机和交流电动机等不同种类。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统,数控装置的指令主要靠伺服驱动系统付诸实施,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上讲,数控机床功能的强弱主要取决于数控装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

5. 可编程控制器 PC (Programmable Controller) 专门应用于工业环境,以微处理器为基础的通用型自动控制装置。这种装置的主要作用是解决工业设备的逻辑关系与开关量控制,故也称为可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller),当 PLC 用于控制机床顺序动作时,称为可编程机床控制器 PMC (Programmable Machine Controller)。本书用 PLC 标识可编程控制器,而用 PC 标识个人计算机(Personal Computer)。

数控机床的自动控制由 CNC 和 PLC 共同完成。其中 CNC 负责完成与数字运算和管理有关的功能,如编辑加工程序、插补运算、译码、位置伺服控制等。PLC 负责完成与逻辑运算有关的各种动作,没有轨迹上的要求;PLC 接受 CNC 控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等顺序动作信息,对其进行译码后转换成相应的控制信号,驱动辅助装置完成一系列开关动作,如装夹工件、更换刀具和开关切削液等;PLC 还接受来自机床操作面板的指令,直接控制机床动作,并将部分指令送往 CNC 用于加工过程的控制。

应用于数控机床的 PLC 分两类,一类是 CNC 生产厂家为实现数控机床顺序控制,而将