



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材



数控技术应用专业

# 数控机床加工 工艺及设备(第3版)

田萍 主编  
雷丽萍 邓唯一 魏丹丹 副主编  
黄志辉 主审

以数控加工工艺为主线,常规的制造技术为基础,结合典型数控设备及其工艺编制的实例,按认知工艺理论、制订工艺规程的逻辑顺序:零件的工艺性分析→工艺方案确定→工序划分→加工顺序安排→进给路线确定→夹具确定→刀具确定→切削用量的选择等,设置工作任务,编排教学内容。

习题结合全国数控技能大赛和数控机床操作工职业技能鉴定的题型和标准精选,理实结合,立足应用,技能突出。

华信教育资源网上免费提供电子教案和习题答案



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

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

# 数控机床加工工艺及设备

## (第3版)

田萍 主编

雷丽萍 邓唯一 魏丹丹 副主编

黄志辉 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本教材是在第2版的基础上,并总结近几年的教学经验修订而成的,修订时保留了第2版的特色,同时注意了精选内容。

全书以数控机床加工工艺为主线,以常规的制造技术为基础,通过典型数控设备的实例,系统介绍了数控机床加工工艺及设备的基础知识,注重知识的实用性,并能反映数控机床加工工艺及设备领域内的新技术和新动向。同时,本书结合全国数控技能大赛和数控机床操作工职业技能鉴定的题型及数控加工生产实例等精选习题,是一本针对性、示范性、实用性较强的教材。

本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的数控技术应用、机电一体化、机械制造等专业的教材,也可供相近专业师生及有关工程技术人员参考。

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

数控机床加工工艺及设备/田萍主编. —3版. —北京:电子工业出版社,2013.7  
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材. 数控技术应用专业  
ISBN 978-7-121-20829-4

I. ①数… II. ①田… III. ①数控机床—高等教育—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第142932号

策 划: 陈晓明

责任编辑: 郭乃明 特约编辑: 张晓雪

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

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: 19 字数: 486千字

印 次: 2013年7月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 38.00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,联系及邮购电话:(010)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。



### 作者简介:

田萍，三峡电力职业学院数控技术学科带头人，机电工程学院数控技术教研室主任，副教授，武汉理工大学机械制造及自动化学士，湖北省职业技能鉴定数控专业委员会委员，湖北省职业技能鉴定高级考评员，曾在葛洲坝集团机械船舶公司工作，学院双师型教师。主持完成省部级科研课题“以就业导向的高职数控专业教学体系改革的研究与实践”等5项；编写教材《数控加工实训》、《数控加工与编程一体化教程》等4部；发表论文《数控设备典型零部件的失效分析及维修》、《数控插齿机NUM数控系统的安装调试》等20余篇；主持和参与完成院级精品课程“数控加工与编程”等3门。获得葛洲坝集团公司优秀教师称号，教学质量优秀奖评选一等奖。

# 前 言

《数控机床加工工艺及设备》(第2版)自出版以来,深得各高职高专院校师生以及广大读者的好评。随着当前高等职业教育机电类专业教学改革的发展,配合高职高专院校的教学和教材改革,本着与时俱进、精益求精的精神,我们对《数控机床加工工艺及设备》(第2版)进行了适当修订,修订后的第3版改动如下。

1. 保持第2版编写风格,更注重概念及论述的精准,使原来使用本教材的教师易于过渡。
2. 对第2版中涉及实践操作性强的内容进行了充实改进,更具操作性。
3. 对第2版中与后续课程的衔接部分进行了适当增补。
4. 对第2版中的少量图例和习题也进行了调整修订,并为本书配备全面的教学服务内容;包括电子教案、习题答案等。

本书把数控加工工艺与典型的数控设备结合起来,并整合机械制造基础,使传统制造工艺与数控加工工艺融为一体。本书由三峡电力职业学院田萍主编,全书共9章;第1章、第3章、第5章、第8章由田萍编写;第6章、第7章由太原城市职业技术学院雷丽萍编写;第2章、第4章由三峡电力职业学院邓唯一编写;第9章由江西工业贸易职业技术学院魏丹丹编写;苏州工业园区职业技术学院黄志辉主审了全书,全书由田萍统稿。本书可作为机电一体化技术专业、数控技术应用专业中的“数控机床加工工艺及设备”课程及实训的教材,也可供相近专业师生及有关工程技术人员参考。

本书在编写过程中参考了华中精密仪器厂提供的信息,还参阅了大量同行的教材、资料与文献,得到黄柏涛总工程师、付正江副教授等的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者对本书提出宝贵的意见和建议,以使我们不断修正错误,汲取经验,使教材进一步完善和提高。

欢迎通过 E-mail:tp9966@163.com 与作者联系交流。

编 者  
2013年2月

## 参加“新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

江西信息应用职业技术学院

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

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

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

重庆科技学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆电子工程职业学院

重庆工业职业技术学院

重庆工程职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

广东轻工职业技术学院

广东技术师范职业技术学院

西安理工大学

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

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

三峡电力职业学院

桂林电子科技大学

桂林工学院

南京化工职业技术学院

江西工业职业技术学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

苏州经贸职业技术学院

金华职业技术学院

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

安徽电子信息职业技术学院  
合肥通用职业技术学院  
安徽职业技术学院  
上海电子信息职业技术学院  
上海天华学院  
浙江工商职业技术学院  
深圳信息职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
温州职业技术学院  
温州大学  
湖南铁道职业技术学院  
南京工业职业技术学院  
浙江水利水电专科学校  
吉林工业职业技术学院  
上海新侨职业技术学院

江门职业技术学院  
广西工业职业技术学院  
广州市今明科技公司  
无锡工艺职业技术学院  
江阴职业技术学院  
南通航运职业技术学院  
山东电子职业技术学院  
潍坊学院  
广州轻工高级技工学校  
江苏工业学院  
长春职业技术学院  
广东松山职业技术学院  
徐州工业职业技术学院  
扬州工业职业技术学院  
徐州经贸高等职业学校  
海南软件职业技术学院

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	(1)
1.1 数控加工工艺 .....	(1)
1.2 数控加工流程 .....	(2)
1.3 数控机床的组成及分类 .....	(3)
1.3.1 数控机床的组成 .....	(3)
1.3.2 数控机床的分类及应用范围 .....	(5)
1.4 数控机床的主要性能指标 .....	(10)
1.4.1 数控机床的精度 .....	(10)
1.4.2 数控机床的控制轴数与联动轴数 .....	(11)
1.4.3 数控机床的运动性能指标 .....	(11)
习题 1 .....	(12)
<b>第 2 章 数控加工的切削基础</b> .....	(15)
2.1 切削运动与切削要素 .....	(15)
2.1.1 切削运动和加工中的工件表面 .....	(15)
2.1.2 切削要素 .....	(16)
2.2 金属切削刀具 .....	(19)
2.2.1 常用刀具种类 .....	(19)
2.2.2 刀具材料 .....	(20)
2.2.3 刀具几何角度 .....	(22)
2.2.4 刀具失效和刀具耐用度 .....	(31)
2.3 金属切削过程 .....	(34)
2.3.1 切屑的形成及种类 .....	(34)
2.3.2 积屑瘤 .....	(36)
2.3.3 切削力 .....	(37)
2.4 金属材料的切削加工性 .....	(39)
2.4.1 切削加工工艺性的概念和指标 .....	(39)
2.4.2 影响切削加工性的因素 .....	(41)
2.4.3 改善金属材料切削加工性的途径 .....	(41)
2.5 切削用量及切削液的选择 .....	(41)
2.5.1 切削用量的选择 .....	(41)
2.5.2 切削液的选择 .....	(43)
习题 2 .....	(44)
<b>第 3 章 工件在数控机床上的装夹</b> .....	(47)
3.1 工件的装夹方式 .....	(47)



3.2	机床夹具概述 .....	(48)
3.2.1	机床夹具的分类 .....	(48)
3.2.2	机床夹具的组成 .....	(49)
3.3	工件的定位 .....	(50)
3.3.1	六点定位原理 .....	(50)
3.3.2	限制工件自由度与加工要求的关系 .....	(51)
3.3.3	六点定位原理的应用 .....	(51)
3.3.4	定位与夹紧的关系 .....	(54)
3.4	定位基准的选择 .....	(54)
3.4.1	基准及其分类 .....	(54)
3.4.2	定位基准的选择 .....	(55)
3.5	常见定位元件及定位方式 .....	(59)
3.5.1	工件以平面定位 .....	(61)
3.5.2	工件以圆孔定位 .....	(63)
3.5.3	工件以外圆柱面定位 .....	(65)
3.5.4	工件以一面两孔定位 .....	(67)
3.5.5	定位误差 .....	(67)
3.6	工件的夹紧 .....	(68)
3.6.1	夹紧力的确定 .....	(68)
3.6.2	典型夹紧机构 .....	(70)
3.6.3	力源传动装置 .....	(72)
	习题3 .....	(74)
<b>第4章</b>	<b>数控加工工艺基础 .....</b>	<b>(79)</b>
4.1	机械加工工艺过程的基本概念 .....	(79)
4.1.1	机械加工工艺过程的组成 .....	(79)
4.1.2	生产纲领、生产类型及其工艺特征 .....	(82)
4.1.3	获得加工精度的方法 .....	(83)
4.1.4	数控加工工艺规程的编制 .....	(84)
4.2	数控加工工艺分析 .....	(89)
4.2.1	数控加工内容的选择 .....	(89)
4.2.2	数控加工零件的工艺性分析 .....	(89)
4.3	数控机床加工工艺路线的设计 .....	(92)
4.3.1	数控机床典型表面加工方法及加工方案简介 .....	(92)
4.3.2	加工阶段的划分 .....	(96)
4.3.3	工序的划分 .....	(97)
4.3.4	加工顺序的安排 .....	(98)
4.4	数控加工工序设计 .....	(100)
4.4.1	机床的选择 .....	(101)
4.4.2	工件的定位与夹紧方案的确定和夹具的选择 .....	(101)
4.4.3	数控刀具的选择 .....	(102)

4.4.4	走刀路线的确定和工步顺序的安排 .....	(103)
4.4.5	切削用量的确定 .....	(103)
4.4.6	加工余量 .....	(104)
4.4.7	工序尺寸及其公差确定 .....	(106)
4.4.8	测量方法的确定 .....	(113)
习题 4	.....	(113)
<b>第 5 章</b>	<b>数控车床及车削加工工艺</b> .....	(118)
5.1	数控车床简介 .....	(118)
5.1.1	数控车床的组成 .....	(118)
5.1.2	数控车床的布局 .....	(119)
5.1.3	数控车床的用途 .....	(120)
5.1.4	数控车床的分类 .....	(121)
5.1.5	数控车床的传动与主要机械结构 .....	(123)
5.2	数控车床加工工艺分析 .....	(129)
5.2.1	数控车床的主要加工对象 .....	(130)
5.2.2	数控车床加工零件的工艺性分析 .....	(131)
5.3	数控车床加工工艺路线的拟订 .....	(132)
5.3.1	工序的划分 .....	(133)
5.3.2	加工顺序的确定 .....	(134)
5.3.3	进给路线的确定 .....	(135)
5.3.4	夹具的选择 .....	(139)
5.3.5	刀具的选择 .....	(144)
5.3.6	切削用量的选择 .....	(150)
5.4	典型零件的数控车削加工工艺分析 .....	(153)
5.4.1	轴类零件数控车削加工工艺 .....	(153)
5.4.2	轴套类零件数控车削加工工艺 .....	(155)
习题 5	.....	(159)
<b>第 6 章</b>	<b>数控铣床与铣削加工工艺</b> .....	(163)
6.1	数控铣床简介 .....	(163)
6.1.1	数控铣床的用途 .....	(163)
6.1.2	数控铣床的分类 .....	(163)
6.1.3	数控铣床的传动系统与主轴部件 .....	(164)
6.2	数控铣床加工工艺分析 .....	(167)
6.2.1	数控铣削的主要加工对象 .....	(167)
6.2.2	数控铣床铣削加工内容的选择 .....	(169)
6.2.3	数控铣床加工零件的结构工艺性分析 .....	(169)
6.2.4	数控铣削零件毛坯的工艺性分析 .....	(172)
6.3	数控铣床加工工艺路线的拟订 .....	(172)
6.3.1	数控铣削加工方案的选择 .....	(172)
6.3.2	加工顺序的安排 .....	(176)

6.3.3	进给路线的确定 .....	(176)
6.3.4	夹具的选择 .....	(179)
6.3.5	刀具的选择 .....	(181)
6.3.6	切削用量的选择 .....	(189)
6.4	典型零件的数控铣削加工工艺分析 .....	(191)
6.4.1	平面槽形凸轮零件加工工艺分析 .....	(191)
6.4.2	箱盖类零件 .....	(194)
习题 6	.....	(198)
<b>第 7 章</b>	<b>加工中心及其加工工艺 .....</b>	<b>(202)</b>
7.1	加工中心加工原理及设备 .....	(202)
7.1.1	加工中心的主要特点及功能 .....	(202)
7.1.2	加工中心的分类 .....	(203)
7.1.3	加工中心的传动系统和主要结构 .....	(206)
7.1.4	加工中心的工艺特点 .....	(212)
7.2	加工中心加工工艺分析 .....	(213)
7.2.1	加工中心的主要加工对象 .....	(213)
7.2.2	加工中心加工内容的选择 .....	(215)
7.2.3	加工中心加工零件的工艺分析 .....	(215)
7.3	加工中心加工工艺路线的拟订 .....	(219)
7.3.1	加工中心加工方案的选择 .....	(219)
7.3.2	加工中心加工阶段的划分 .....	(220)
7.3.3	加工中心加工顺序的安排 .....	(220)
7.3.4	进给路线的确定 .....	(220)
7.3.5	加工中心装夹方案的确定和夹具的选择 .....	(223)
7.3.6	刀具的选择 .....	(225)
7.3.7	切削用量的选择 .....	(236)
7.4	典型零件的加工中心加工工艺分析 .....	(238)
7.4.1	加工中心加工箱体类零件的加工工艺 .....	(238)
7.4.2	加工中心加工支承套零件的加工工艺 .....	(241)
习题 7	.....	(245)
<b>第 8 章</b>	<b>数控电火花线切割机床及线切割加工工艺 .....</b>	<b>(249)</b>
8.1	数控电火花线切割机床简介 .....	(249)
8.1.1	数控电火花线切割加工原理、特点及应用 .....	(249)
8.1.2	数控电火花线切割机床的分类 .....	(251)
8.1.3	数控电火花线切割机床的基本组成 .....	(252)
8.1.4	数控电火花线切割机床示例 .....	(253)
8.2	数控电火花线切割加工工艺基础 .....	(257)
8.2.1	线切割加工的主要工艺指标 .....	(257)
8.2.2	影响线切割工艺指标的若干因素 .....	(257)
8.3	数控线切割加工工艺的拟订 .....	(259)

8.3.1	零件图的工艺性分析 .....	(260)
8.3.2	工艺准备 .....	(261)
8.3.3	电火花线切割加工工件的装夹和常用典型夹具及调整 .....	(263)
8.3.4	切割路线的选择 .....	(267)
8.3.5	确定穿丝孔的位置 .....	(269)
8.3.6	接合突尖的去掉方法 .....	(269)
8.4	典型零件的数控线切割加工工艺分析 .....	(270)
8.4.1	数字冲裁模凸凹模的加工 .....	(270)
8.4.2	零件的加工 .....	(271)
习题 8	.....	(271)
<b>第 9 章</b>	<b>数控机床加工工艺实例分析 .....</b>	<b>(274)</b>
9.1	大批量生产零件数控车削加工工艺 .....	(274)
9.2	数控铣削加工工艺实例分析 .....	(280)
9.3	加工中心加工工艺实例分析 .....	(283)
9.4	数控线切割机床加工工艺实例分析 .....	(286)
习题 9	.....	(287)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(292)</b>

# 第 1 章 绪 论

## 内容提要及学习要求

本章的宗旨在于建立数控机床及数控加工的整体性认识，要求了解数控与数控机床的相关概念、数控机床的工作原理、加工过程、加工内容及加工特点；熟悉数控机床的组成；掌握数控机床的分类及应用范围；了解数控机床的主要性能指标及数控机床的发展趋势。

数控技术是 20 世纪 40 年代后期发展起来的一种自动化加工技术，它综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控和机械制造等学科的内容，目前在机械制造业中已得到了广泛应用，其中最典型而应用面最广的是数控机床。下面给出几个相关概念。

(1) 数字控制 (Numerical Control)：是一种用数字化信号对控制对象（如机床的运动及其加工过程）进行预定动作控制的技术，简称为数控 (NC)。

(2) 数控技术：是指用数字、字母和符号对某一工作过程进行可编程自动控制的技术。

(3) 数控系统：是指实现数控技术相关功能的软硬件模块的有机集成系统，它是数控技术的载体。

(4) 计算机数控系统 (Computer Numerical Control)：是指以计算机为核心的数控系统，简称为 (CNC)。

(5) 数控机床 (NC Machine)：是指应用数控技术对加工过程进行控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床。

## 1.1 数控加工工艺

所谓数控加工工艺，就是用数控机床加工零件的一种工艺方法。

数控加工与通用机床加工在方法与内容上有许多相似之处，不同点主要表现在控制方式上。

以机械加工为例，用通用机床加工零件时，就某道工序而言，其工步的安排，机床运动的先后次序、位移量、走刀路线及有关切削参数的选择等，都是由操作工人自行考虑和确定的，且是用手工操作方式来进行控制的。

如果采用自动车床、仿型车床或仿型铣床加工，虽然也能达到对加工过程实现自动控制的目的，但其控制方式是通过预先配置凸轮、挡块或靠模来实现的。

在数控机床上加工时，情况就完全不同了。在数控机床加工前，我们要把原先在通用机床上加工时需要操作工人考虑和决定的操作内容及动作，例如工步的划分与顺序、走刀路线、位移量和切削参数等，按规定的数码形式编成程序，记录在数控系统存储器或磁盘上，它们是实现人与机器联系起来的媒介物。

加工时，控制介质上的数码信息输入数控机床的控制系统后，控制系统对输入信息进行运算与控制，并不断地向直接指挥机床运动的机电功能转换部件——机床的伺服机构发

送脉冲信号，伺服机构对脉冲信号进行转换与放大处理，然后由传动机构驱动机床按所编程序进行运动，就可以自动加工出我们所要求的零件形状。

## 1.2 数控加工流程

数控加工流程如图 1.1 所示，主要包括以下几方面内容：

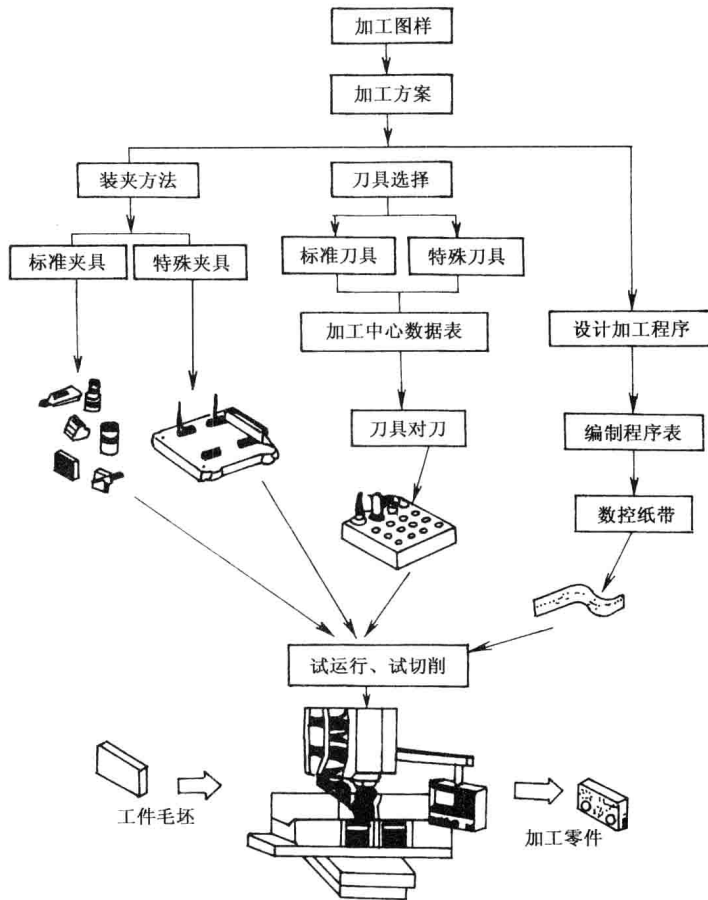


图 1.1 数控加工流程

(1) 分析图样，确定加工设备。对所要加工的零件进行技术要求分析，选择并确定进行数控加工的零件的内容及数控加工机床。

(2) 工艺分析和工艺设计。结合加工表面的特点和数控设备的功能对零件进行数控加工的工艺分析，并进行数控加工的工艺设计。

(3) 工件的定位与装夹。根据零件的加工要求，选择合理的定位基准，并根据零件批量、精度及加工成本选择合适的夹具，完成工件的装夹与找正。

(4) 刀具的选择与安装。根据零件的加工工艺性与结构工艺性，选择合适的刀具材料与刀具种类，并完成刀具的安装与对刀，将对刀所得参数正确设定在数控系统中。

(5) 编制数控加工程序。根据零件的加工要求，对零件图形进行数学处理、计算，编写加工程序单，经过初步校验后将其输入机床数控系统。

(6) 试切削、试运行并校验数控加工程序。对所输入的程序进行试运行，并进行首件的试切削。试切削一方面用来对加工程序进行最后的校验，另一方面用来校验工件的加工精度，以进一步修改加工程序，并对现场问题进行处理。

(7) 编制数控加工工艺技术文件，如数控加工工序卡、程序说明卡、走刀路线图等。

## 1.3 数控机床的组成及分类

### 1.3.1 数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品，主要由程序载体、输入/输出装置、计算机数控装置（CNC 装置）、伺服系统（位置反馈系统）和机床本体等五部分组成。数控机床组成框图如图 1.2 所示。

数控机床各组成部分的功能简介如下。

#### 1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序中，包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（进给量、主轴转数等）和辅助运动等，用一定的格式和代码，存储在一种载体上，被称为程序载体。如穿孔纸带、盒式磁带或软磁盘等，通过数控机床的输入装置，将程序信息输入到 CNC 单元内。

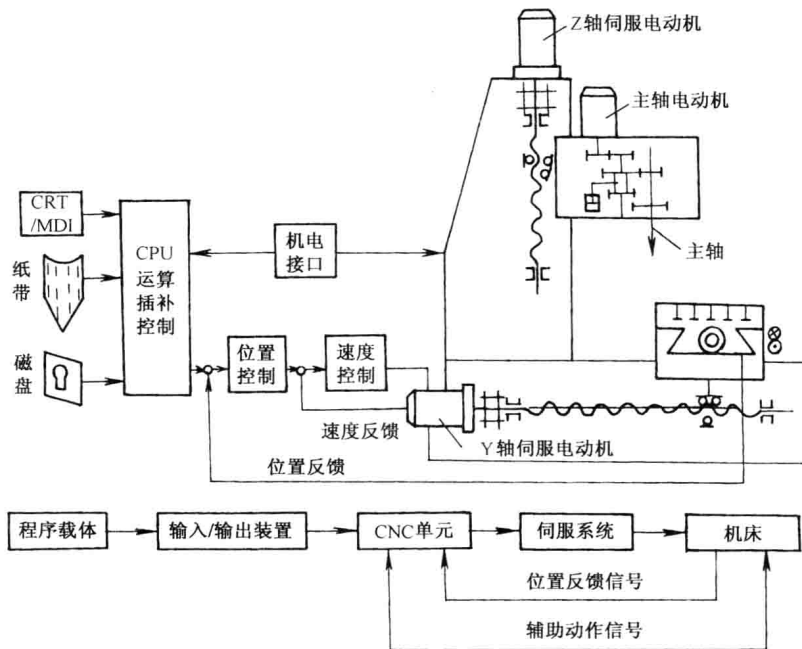


图 1.2 数控机床的组成及框图

#### 2. 输入/输出装置

输入装置的作用是将信息载体中的数控加工信息读入数控系统的内存。根据程序载体

的不同，相应有三种输入方式。

(1) 控制介质输入。主要有两种输入方法：一种方法是通过纸带输入，即在特制的纸带上穿孔，用孔的不同位置的组合构成不同的数控代码，通过纸带阅读机将指令输入。另一种方法是对于配置有计算机软驱动器的数控机床，可以将存储在磁盘上的程序通过软驱输入系统。

(2) 手动输入。操作者可以利用机床上的显示屏及键盘输入加工程序指令，控制机床的运动，具体说来有三种情况。

① 手动数据输入 (Manual Data Input, MDI)：即通过机床面板上的键，把数控程序指令逐条输入到存储器中。这种方法只适用于一些比较短的程序，只能使用一次，机床动作后程序就消失。

② 在控制装置的程序编辑界面 (EDIT) 状态下，用按键输入加工程序，存入控制装置的内存中。用这种方式可以对程序进行编辑，程序可重复使用。

③ 在具有会话编程功能的数控装置上，可以按照显示屏上提示的问题，选择不同的菜单，将图样上指定的有关尺寸数字等输入，就可自动生成加工程序存入内存。这种方法虽然是手工输入，但却是自动编程。

图形交互自动编程是现在广泛采用的另一种自动编程方式。利用 CAD 软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上，形成零件的图形文件，然后调用数控编程模块，采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位，通过键盘手工输入相应的加工参数后，计算机自动编制出数控加工程序。

(3) 直接输入存储器。这种方式是数控系统利用通信方式进行信息交互，即通过对有关参数的设定和相关软件，直接读入在自动编程机上及其他计算机上或网络上编制好的加工程序。目前，在数控机床上常用的通信方式有：

- ① 串行接口。
- ② 自动控制专用接口。
- ③ 网络技术。

输出装置的作用是为操作人员提供必要的信息，如程序代码、切削用量、刀具位置、各种故障信息和操作指示等。常用的输出装置有显示器和打印机等，高档数控系统还可以用图形方式直观地显示输出信息。

### 3. 数控装置

数控装置是数控机床最重要的组成部分，数控机床功能的强弱取决于数控装置。主要由信息的输入、处理和输出三个部分组成。程序载体通过输入装置将加工信息给 CNC 单元，编译成计算机能识别的信息，由信息处理部分按照控制程序的规定，逐步存储并进行处理后，通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统，以控制机床主运动机构和进给传动机构。

数控机床的辅助动作，如刀具的选择与更换、切削液的启停等能够用可编程序控制器 (PLC) 进行控制。PLC 是用于进行与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制，它由硬件和软件组成。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 CNC 和 PLC 综合设计的内装型 (或集成型)，这种 PLC 是 CNC 装置的一部分；另一



类是由专门生产厂家开发的 PLC 系列产品，即独立型（或外装型）的 PLC。

#### 4. 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电路和伺服驱动电动机组成，包括主轴伺服系统和进给伺服系统。主轴伺服系统的主要作用是实现零件加工的切削运动，其控制量为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能灵敏、准确地实现 CNC 装置的位置和速度指令。每个做进给运动的执行部件都配有一套伺服驱动系统。

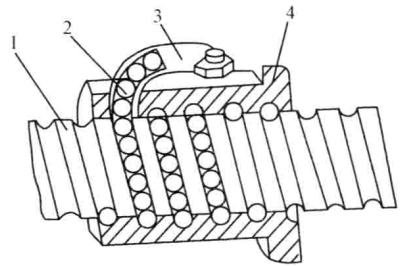
伺服系统直接影响数控机床加工的速度、位置、精度、表面粗糙度等。数控机床性能的好坏就取决于伺服驱动系统。

#### 5. 位置反馈系统

位置反馈分为伺服电动机的转角位移反馈和数控机床执行机构（工作台）的位移反馈两种，运动部分通过传感器将上述角位移或直线位移转换成电信号，输送给 CNC 单元，与指令位置进行比较，并由 CNC 单元发出指令，纠正所产生的误差，适时控制机床的运动位置。

#### 6. 机床的机械部件

数控机床的机械结构，除了主运动部件、进给运动部件（如工作台、刀架）、辅助部分（如液压、气动、冷却和润滑部分等）和支撑部件（如床身、立柱）等一般部件外，尚有些特殊部件，如储备刀具的刀库、自动换刀装置（ATC）、自动托盘交换装置等。与普通机床相比，数控机床结构发生了很大的变化，普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨（如图 1.3 所示），传动轻巧精密，效率更高；用滚动导轨或贴塑导轨消除爬行；采用主轴电机和变速齿轮的变速机构，实现无级变速的同时还减少了变速齿轮的级数，使数控机床的传动系统更为简单；机床的工作台可装有位置反馈装置，传动装置的间隙要尽可能小；由于数控机床的运行速度和加工速度一般都比普通机床高，所以对机床的静态和动态刚度、振动频率等方面要求更高，以应对数控机床高定位精度和良好控制性能的要求。



1—丝杠；2—滚珠；3—回珠管；4—螺母

图 1.3 滚珠丝杠结构示意图

### 1.3.2 数控机床的分类及应用范围

目前，为了研究数控机床，可从不同的角度对数控机床进行分类。

#### 1. 按机床运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床。点位控制又称为点到点控制。该系统的特点是只控制机床运动部件（刀具对工件）运动起点和终点坐标点的精确定位。移动过程中不进行切削，对它定位过程中的运动轨迹及移动速度没有严格要求，各坐标轴之间的运动是不相关的（如图 1.4 所示）。为了确保准确的定位，点位控制系统在高速运行后，一般采用 3 级减速，以实现慢速接近定位点并最后精确定位。