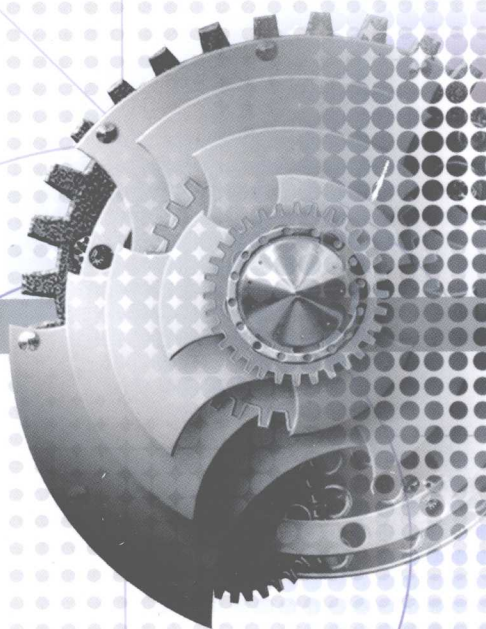




中等职业教育“十一五”规划教材
中职中专机电类教材系列



数控机床操作与维护

黄云林 屈海军 主 编
刘 祥 王东斌 孙智俊 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

● 中等职业教育“十一五”规划教材

中职中专机电类教材系列

数控机床操作与维护

黄云林 屈海军 主 编

刘 祥 王东斌 孙智俊 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书选用目前比较流行、市场占有率比较高、具有代表性的三种数控系统(数控车床为 FANUC-0i 数控系统, 数控铣床、加工中心为华中 HNC-21M、FANUC-0i、SIEMENS802D 数控系统)来介绍数控机床的编程与操作方法。全书包括 7 章, 主要内容为: 数控机床概述、数控加工技术概述、数控车床操作技术、数控铣床操作技术、数控加工中心操作技术、数控机床的选用与维护、数控机床故障诊断与维修技术常识。

本书适用中等和高等职业技术学校数控技术专业、机械制造与自动化专业、模具设计与制造专业、计算机辅助设计与制造专业, 以及机电技术应用专业学生参加国家职业技能鉴定等级考工培训使用, 也可作为数控车床技术工人的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床操作与维护/黄云林, 屈海军主编. —北京: 科学出版社, 2009
(中等职业教育“十一五”规划教材·中职中专机电类教材系列)
ISBN 978-7-03-024341-6

I. 数… II. ①黄…②屈… III. ①数控机床-操作-专业学校-教材②数控机床-维修-专业学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 048663 号

责任编辑: 彭明兰 / 责任校对: 柏连海
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009 年 4 月第一次印刷 印张: 13

印数: 1—3 000 字数: 300 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62132124 (VT03)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

随着科学技术的进步与发展,数控机床的应用日趋普及,现代数控加工技术使得机械制造过程发生了巨大的变化,急需培养一大批既懂数控机床加工工艺又能熟练掌握数控机床编程与操作的应用型高级技术人才。为了满足当前社会对数控机床编程与操作高级技术人才的需求,以及高职高专院校教学的需要,作者结合近年来中等职业教学改革需要,并参照劳动部门颁发的数控机床等级标准及职业技能鉴定规范,将数控加工工艺的设计和数控机床的编程与操作、数控机床的故障诊断与维修融为一体,编写了本书。

本书选用目前比较流行、市场占有率比较高、具有代表性的三种数控系统(数控车床为 FANUC-0i 数控系统,数控铣床、加工中心为华中 HNC-21M、FANUC-0i、SIEMENS802D 数控系统)来介绍数控机床的编程与操作方法。在第 6、7 章用较大篇幅介绍了数控机床典型结构及各组成部分故障诊断与维修的应用实例,讲练结合,内容浅显、易懂、实用,具有很强的针对性和可操作性。

本书第 1、2、6、7 章由安徽省马鞍山工业学校黄云林编写,第 3 章由安徽省马鞍山工业学校刘祥、孙智俊编写,第 4、5 章由徐州机电工程高等职业学校屈海军、王东斌编写。全书由黄云林统稿。

本书在编写过程中,参考引用了参考文献中的资料以及华中、发那科公司的 FANUC-0i 系统、西门子公司的 SIEMENS802D、SIEMENS802s/c 系统编程与操作说明书,在此对这些作者和公司表示诚挚的感谢。

本书虽经反复推敲和校对,但因时间仓促,加上编者水平所限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控加工	1
1.1.1 数控加工过程	1
1.1.2 数控加工内容	2
1.1.3 数控加工特点	3
1.1.4 数控加工的应用范围	4
1.2 数控机床	5
1.2.1 数控机床的组成	5
1.2.2 数控机床的工作原理与工作方式	7
1.2.3 数控机床的分类	8
第 2 章 数控加工技术概述	13
2.1 数控加工工艺	13
2.1.1 数控加工工艺的基本特点	13
2.1.2 数控加工工艺的主要内容	14
2.1.3 数控机床的合理选用	18
2.2 数控加工编程	19
2.2.1 数控编程的步骤与内容	20
2.2.2 数控编程方法	21
2.2.3 数控机床的坐标系统	22
2.2.4 绝对坐标和增量（相对）坐标系	25
2.2.5 工件坐标系	25
2.2.6 数控编程的特征点	26
2.2.7 数控加工的刀具补偿	28
2.2.8 数控程序的结构与格式	30
2.3 数控系统及其加工功能	36
2.3.1 日本发那科公司 FANUC 系列数控系统	36
2.3.2 德国西门子 SINUMERIK 系列数控系统	38

2.3.3 日本三菱电机公司的数控系统	43
第3章 数控车床操作技术	45
3.1 概述	45
3.1.1 数控车床加工的主要对象	45
3.1.2 数控车床的结构特点	46
3.1.3 数控车床机械结构组成	46
3.2 数控车床刀具与加工工艺	48
3.2.1 车削加工原理概述	48
3.2.2 数控车削刀具	49
3.2.3 数控车削加工的工艺分析	52
3.3 数控车床的编程	54
3.3.1 常用插补 G 指令介绍	54
3.3.2 固定循环指令	57
3.3.3 螺纹切削循环	61
3.4 数控车床控制面板与操作	63
3.4.1 界面认识	63
3.4.2 FANUC-0i 数控系统机床操作	67
3.4.3 编程实例	72
第4章 数控铣床操作技术	78
4.1 概述	78
4.1.1 数控铣床的分类	78
4.1.2 数控铣床的组成	78
4.1.3 数控铣床的特点	81
4.1.4 数控铣床主要技术参数	81
4.1.5 数控铣床的选用原则	82
4.2 数控铣床刀具、切削用量与加工工艺	82
4.2.1 数控铣床刀具	82
4.2.2 切削用量	83
4.2.3 数控铣床加工工艺	85
4.3 数控铣床编程	89
4.3.1 FANUC 铣床编程——G 代码和 M 代码	89
4.3.2 数控铣床编程实例	104

4.4	数控铣床控制面板与操作	110
4.4.1	华中 HNC-21M 系统数控铣床	110
4.4.2	西门子 802D 系统数控铣床	119
4.4.3	FANUC-0i 数控铣床系统	126
4.5	数控铣床编程训练	129
第 5 章	数控加工中心操作技术	132
5.1	概述	132
5.1.1	数控加工中心的分类	132
5.1.2	数控加工中心的加工范围	134
5.1.3	数控加工中心主要技术参数	135
5.1.4	数控加工中心的选用原则	135
5.2	数控加工中心常用刀具及辅助工具	136
5.2.1	ATC 刀具自动换刀	136
5.2.2	自动换刀装置的形式	136
5.2.3	刀库	138
5.3	数控加工中心的编程实例	141
5.3.1	任务描述	141
5.3.2	任务分析	144
5.3.3	任务实施	144
5.4	数控加工中心编程训练	162
第 6 章	数控机床的选用与维护	165
6.1	数控机床的选用	165
6.1.1	选用依据	165
6.1.2	选用内容	165
6.1.3	购置订货时应注意的问题	167
6.2	数控机床设备管理与维护	168
6.2.1	数控机床的设备管理	168
6.2.2	数控机床的使用要求	169
6.2.3	数控机床的维护	169
第 7 章	数控机床故障诊断与维修技术常识	173
7.1	数控机床的故障诊断与分析	173
7.1.1	数控机床故障诊断原则	173

7.1.2	数控机床故障诊断技术	174
7.2	数控机床常用诊断设备简介	175
7.2.1	数控维修专用仪器	175
7.2.2	维修工具	179
7.3	数控机床常见故障诊断方法	180
7.3.1	数控机床常见故障分类	180
7.3.2	故障的常规处理方法	183
7.4	数控机床电气系统故障诊断	185
7.4.1	数控系统故障及处理	185
7.4.2	进给伺服系统故障的处理	187
7.4.3	主轴伺服系统常见故障的处理	189
7.5	数控机床常见机械故障	190
7.5.1	主轴部件故障	190
7.5.2	滚珠丝杠副故障	191
7.5.3	自动换刀装置故障	193
7.5.4	液压传动系统故障	194
参考文献		197

第 1 章 数控机床概述

1.1 数 控 加 工

1.1.1 数控加工过程

数控加工过程，泛指在数控机床上进行零件加工的工艺过程。数控机床是一种用计算机来控制的机床，用来控制机床的、由计算机（不管是专用计算机还是通用计算机）组成的对操作进行控制的系统都统称为数控系统。数控机床的运动和辅助动作均受控于数控系统发出的指令。而数控系统的指令是由程序员根据工件的材质、加工要求、机床的特性和系统所规定的指令格式（数控语言或符号）编制的。所谓编程，就是把被加工零件的工艺过程、工艺参数、运动要求用数字指令形式（数控语言）记录在介质上，并输入数控系统。数控系统根据程序指令向伺服装置和其他功能部件发出运行或中断信息来控制机床的各种运动。当零件的加工程序结束时，机床便会自动停止。任何一种数控机床，在其数控系统中若没有输入程序指令，数控机床就不能工作。

机床的受控动作大致包括：机床的起动、停止；主轴的启停、旋转方向和转速的变换；进给运动的方向、速度、方式；刀具的选择、长度和半径的补偿；刀具的更换，冷却液的开起、关闭等。图 1.1 是数控机床加工过程框图。从框图中可以看出在数控机床上加工零件所涉及的范围比较广，与相关的配套技术有密切的关系。合格的编程员首先应该是一个很好的工艺员，应熟练地掌握工艺分析、工艺设计和切削用量的选择，能正确地选择刀辅具并提出零件的装夹方案，了解数控机床的性能和特点，熟悉程序编制方法和程序的输入方式。

数控加工程序编制方法有手工（人工）编程和自动编程之分。手工编程，程序的全部内容是由人工按数控系统所规定的指令格式编写的。自动编程即计算机编程，可分为以语言和绘画为基础的自动编程方法。但是，无论是采用何种自动编程方法，都需要有相应配套的硬件和软件。

可见，实现数控加工编程是关键。但光有编程是不行的，数控加工还包括编程前必须要做的一系列准备工作及编程后的善后处理工作。一般来说数控加工工艺主要包括的内容如下：

- 1) 选择并确定进行数控加工的零件及内容。
- 2) 对零件图纸进行数控加工的工艺分析。
- 3) 数控加工的工艺设计。

- 4) 对零件图纸的数学处理。
- 5) 编写加工程序单。

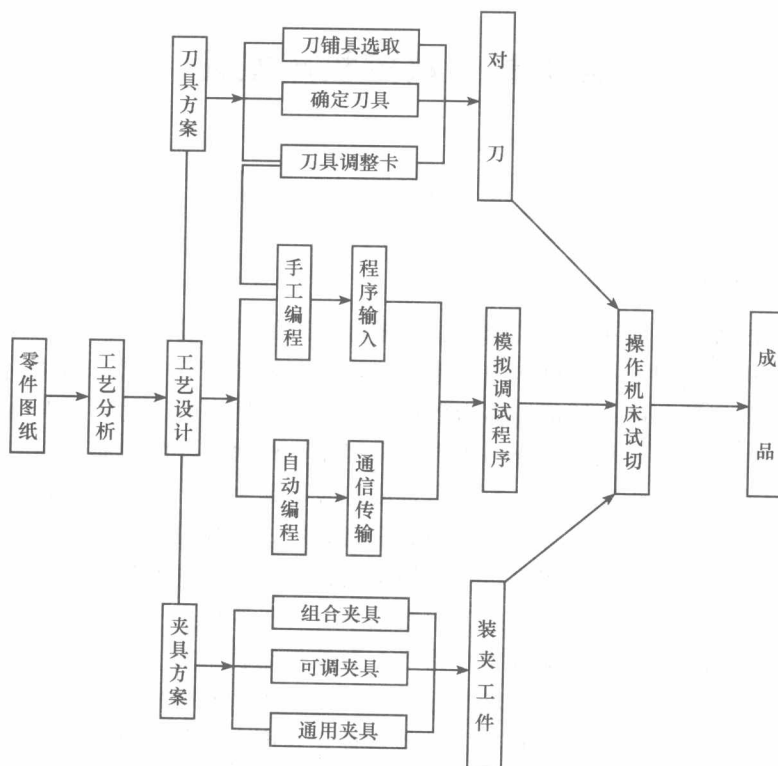


图 1.1 数控机床加工过程框图

- 6) 按程序单制作控制介质。
- 7) 程序的校验与修改。
- 8) 首件试加工与现场问题处理。
- 9) 数控加工工艺文件的定型与归档。

1.1.2 数控加工内容

数控加工前对工件进行工艺设计是必不可少的准备工作。无论是手工编程还是自动编程，在编程前都要对所加工的工件进行工艺分析、拟定工艺路线、设计加工工序。因此，合理的工艺设计方案是编制加工程序的依据，工艺设计做不好是数控加工出差错的主要原因之一，往往造成工作反复，工作量成倍增加的后果。编程人员必须首先搞好工艺设计，再考虑编程。

当选择并决定对某个零件进行数控加工后，并非其全部加工内容都采用数控加工，数控加工可能只是零件加工工序中的一部分。因此，有必要对零件图样进行仔细分析，

立足于解决难题、提高生产效率,注意充分发挥数控的优势,选择那些最适合、最需要的内容和工序进行数控加工。一般可按下列原则选择数控加工内容:

- 1) 普通机床无法加工的内容应作为优先选择内容。
- 2) 普通机床难加工,质量也难以保证的内容应作为重点选择内容。
- 3) 普通机床加工效率低,工人手工操作劳动强度大的内容,可在数控机床尚有加工能力的基础上进行选择。

相比之下,下列一些加工内容则不宜选择数控加工:

- 1) 需要用较长时间占机调整的加工内容。
- 2) 加工余量极不稳定,且数控机床上又无法自动调整零件坐标位置的加工内容。
- 3) 不能在一次安装中加工完成的零星分散部位,采用数控加工很不方便,效果不明显,可以安排普通机床补充加工。

此外,在选择数控加工内容时,还要考虑生产批量、生产周期、工序间周转情况等因素,要尽量合理使用数控机床,达到产品质量、生产率及综合经济效益等指标都明显提高的目的,要防止将数控机床降格为普通机床使用。

1.1.3 数控加工特点

数控机床在机械制造业中得到日益广泛的应用,是因为它具有如下特点。

1. 能适应不同零件的自动加工

数控机床是按照被加工零件的数控程序来进行自动加工的,当改变加工零件时,只要改变数控程序,不必更换凸轮、靠模、样板或钻镗模等专用工艺装备。因此,生产准备周期短,有利于机械产品的更新换代。

2. 生产效率和加工精度高、加工质量稳定

数控机床可以采用较大的切削用量,有效地节省机动工时。还有自动变速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,使辅助时间大为缩短。所以,它比普通机床的生产效率高3~4倍甚至更高,对复杂型面零件的加工,其生产效率则可提高十几倍甚至几十倍。同时由于数控机床本身的精度较高,还可以利用软件进行精度补偿,又因为它是根据数控程序自动进行加工,可以避免人为的误差,使加工质量稳定。

3. 功能复合程度高,一机多用

数控机床,特别是具有自动换刀功能的数控机床,在一次装夹的情况下,几乎可以完成零件的全部加工,一台数控机床可以代替数台普通机床。这样可以减少装夹误差,节约工序之间的运输、测量和装夹等辅助时间,还可以节省机床的占地面积,带来较高的经济效益。

4. 能完成复杂型面的加工

许多复杂曲线和曲面的加工，普通机床无法实现，而数控机床完全可以完成。

5. 减轻劳动强度，改善劳动条件

由于数控设备是自动完成，许多动作不需要操作者进行，因此劳动条件和劳动强度大为改善。

6. 有利于生产管理

采用数控设备，有利于向计算机控制和管理生产方向发展，为实现制造和生产管理自动化创造了条件。

任何事物都有双重性。数控加工虽有上述各种优点，但也存在不足之处，如由于机床价格较高，维修难度大，加工中的调整又相对复杂，使其单位加工成本较高。

1.1.4 数控加工的应用范围

数控加工具有普通机床加工所不具备的许多优点。而且它的应用范围还在不断扩大，但是在目前还不能完全取代普通机床，也就是说，它不能以最经济的方式来解决加工制造中的所有问题。根据数控加工的优缺点及国内外大量的应用实践，一般可按适应程度将零件分为下列三类：

1. 最适应类

有些零件在普通机床上无法加工或虽然能加工但很难保证产品质量的零件，此类零件为数控加工的最适应类零件，如：

- 1) 形状复杂，用数学模型描述的复杂曲线或曲面轮廓零件，且加工精度要求高。
- 2) 具有难测量、难控制进给、难控制尺寸的不开敞内腔的壳体或盒型零件。
- 3) 必须在一次装夹中合并完成铣、镗、铰、铰或攻螺纹等多工序的零件。

2. 较适应类

这类零件在分析其可加工性以后，还要在提高生产率及经济效益方面作全面衡量，一般可把它们作为数控加工的主要选择对象，主要有：

- 1) 在普通机床上加工时极易受人为因素（如情绪波动、体力强弱、技术水平高低等）干扰，零件价值又高，一旦质量失控便造成重大经济损失的零件。
- 2) 在普通机床上加工时必须制造复杂专用工艺装备的零件。
- 3) 需要多次更改设计后才能定型的零件。
- 4) 在普通机床上加工需要作长时间调整的零件。
- 5) 用普通机床加工时，生产率很低或体力劳动强度很大的零件。

3. 不适应类

下述一类零件采用数控加工后，在生产效率与经济性方面一般无明显改善，还可能弄巧成拙或得不偿失，故此类零件一般不应作为数控加工的选择对象。

- 1) 生产批量大的零件（当然不排除其中个别工序用数控机床加工）。
- 2) 装夹困难或完全靠找正定位来保证加工精度的零件。
- 3) 加工余量很不稳定，且数控机床上无在线检测系统可自动调整零件坐标位置的。
- 4) 必须用特定的工艺装备协调加工的零件。

在零件的数控加工适应性分析的基础上，就可以根据所拥有的数控机床来选择加工对象，或根据零件类型来考虑哪些应该安排数控加工，或从技术改造角度考虑是否要投资添置数控机床。

1.2 数控机床

1.2.1 数控机床的组成

数控机床主要由以下几个部分组成，如图 1.2 所示。

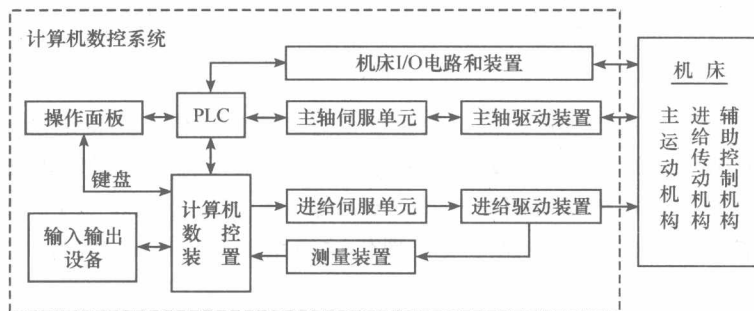


图 1.2 数控机床的组成

1. 控制面板

控制面板（又称操作面板）是操作人员与数控机床（系统）进行交互的工具。一方面，操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改；另一方面，操作人员也可以通过它了解或查询数控机床（系统）的运行状态。它是数控机床的一个输入输出部件，是数控机床的特有部件。它主要由按钮、状态灯、按键和显示器等部分组成，如图 1.3 所示。

2. 控制介质与输入输出设备

控制介质是记录零件加工程序的媒介。输入输出设备是 CNC 系统与外部设备进行

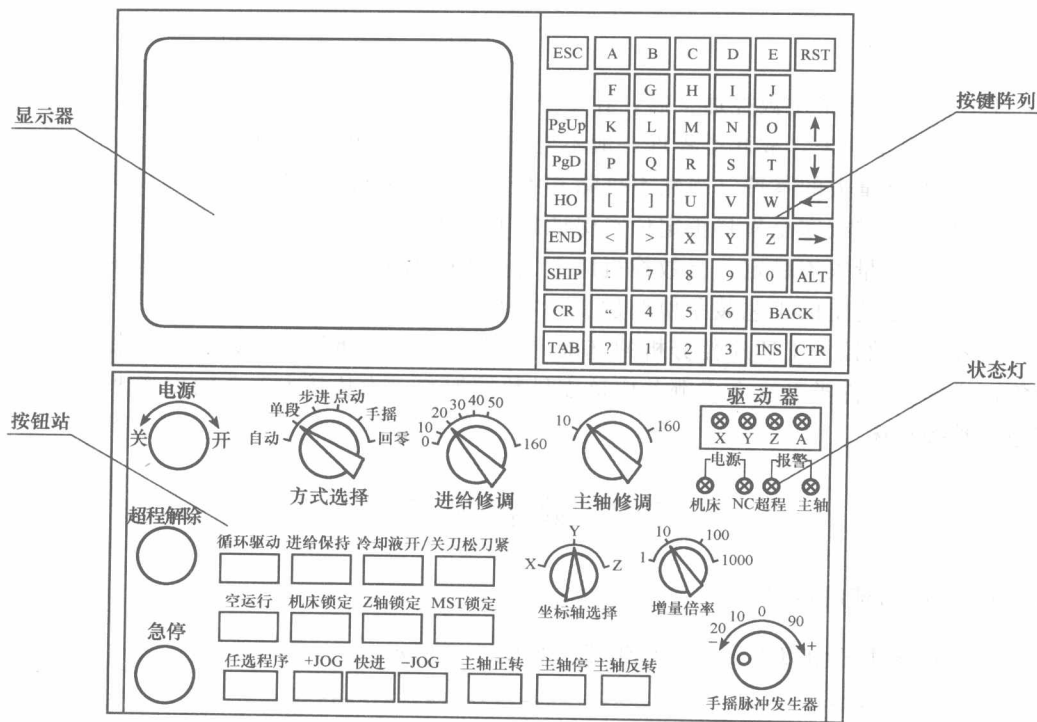


图 1.3 操作面板

信息交互的装置。零件加工程序是交互的主要信息。它们的作用是将记录在控制介质上的零件加工程序输入 CNC 系统，或将已调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相应的介质上。数控机床常用的控制介质和输入输出设备见表 1.1。其中，表中前两种是早期数控系统所使用的控制介质，现代数控系统已基本不使用，主要使用最后一种。

表 1.1 控制介质与输入输出设备

控制介质	输入输出设备
穿孔纸带	纸带阅读机（输入）和纸带穿孔机（输出）
磁带	录音机
磁盘	磁盘驱动器

除此之外，还可采用通信方式进行信息变换，现代数控系统一般都具有利用通信方式进行信息交换的能力。这种方式是实现 CAD/CAM 的集成、FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前在数控机床上常用的通信方式有：

- 1) 串行通信（RS232 等串口）。
- 2) 自动控制专用接口和规范（直接数字控制 DNC 方式、制造自动化协议 MAP 等）。
- 3) 网络技术（Internet、局域网 LAN 等）。

3. 计算机数控装置（或 CNC 单元）

计算机数控装置是计算机数控系统的核心。其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作者命令进行相应的处理（如运动轨迹处理、机床输入输出处理等），然后输出控制命令到相应的执行部件 [伺服单元、驱动装置和可编程逻辑控制器（PLC）等]，完成零件加工程序或操作者所要求的工作。所有这些都是 CNC 装置协调控制、合理组织下，使整个系统有条不紊地工作。它主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块以及相应的控制软件等模块组成。

4. 伺服单元、驱动装置和检测装置

伺服单元和驱动装置是指主轴伺服驱动装置和主轴电机、进给伺服驱动装置和进给电机。检测装置是指位置和速度测量装置，它是实现速度闭环控制（主轴、进给）和位置闭环控制（进给）的必要装置。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，能灵敏、准确地跟踪 CNC 装置的位置和速度指令是它们的共同特点。

5. PLC、机床 I/O 电路和装置

PLC 用于完成与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制，它由硬件和软件组成；机床 I/O 电路和装置是用于实现 I/O 控制的执行部件，是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路。它们共同完成以下任务：

1) 接受 CNC 的 M、S、T 指令，对其进行译码并转换成对应的控制信号，控制辅助装置完成机床相应的开关动作。

2) 接受操作面板和机床侧的 I/O 信号，送给 CNC 装置，经其处理后，输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

6. 机床

机床是数控机床的主体，是数控系统的控制对象，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件、进给运动部件（工作台、拖板以及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置、自动工件交换（APC）系统 [刀具自动交换（ATC）系统] 和辅助装置（如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等）组成。数控机床机械部件的组成与普通机床相似，但传动结构和变速系统较为简单，在精度、刚度、抗震性等方面则要求较高。

1.2.2 数控机床的工作原理与工作方式

数控机床的工作方式包括以下几个方面：

1) 输入：给数控系统输入的有零件加工程序、控制参数和补偿数据等。

2) 译码：输入的程序段含有零件的轮廓信息（起点、终点、直线或圆弧等）、要求的加工速度以及其他的辅助信息（换刀、换档、切削液开关等），计算机依靠译码程序来识别这些代码，将加工程序翻译成计算机内部能识别的语言。

3) 数据处理：数据处理程序一般包括刀具半径补偿、速度计算和辅助功能的处理。刀具半径补偿是把零件轮廓轨迹转化为刀具中心轨迹。速度计算是解决该加工数据段以什么样的速度运动的问题。加工速度的确定是一个工艺问题。数控系统仅仅是保证这个编程速度的可靠实现。另外，辅助功能如换刀、换档等亦在这个程序中实现。

4) 插补：计算轨迹的过程称为插补，即根据给定的曲线类型（如直线、圆弧或高次曲线）、起点、终点以及速度，在起点和终点之间进行数据点的密化。

计算机数控系统的插补功能主要由软件来实现。目前主要有两类插补方法：一是基准脉冲插补，它的特点是每次插补运算结束产生一个进给脉冲；二是数据采样插补，它的特点是插补运算在每个插补周期进行一次，根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。

5) 伺服控制：将计算机送出的位置进给脉冲或进给速度指令，经变换和放大后转化为伺服电动机（步进电动机或交、直流伺服电动机）的转动，从而带动机床工作台移动。

6) 管理程序：当一个数据段开始插补时，管理程序即着手准备下一个数据段的读入、译码、数据处理，即由它调用各个功能子程序且保证一个数据段加工过程中将下一个数据段准备就绪，一旦本数据段加工完成即开始下一个数据段的插补加工。整个零件加工就是在这种周而复始的过程中完成。

用数控机床进行工件加工，首先必须将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化，按规定的代码和格式编制数控加工程序，然后用适当的方式将此加工程序输入数控系统。数控系统根据输入的加工程序进行信息处理，计算出理想轨迹和运动速度，最后将处理的结果输出到机床的执行部件，控制机床运动部件按预定的轨迹和速度运动。

数控机床的加工过程如图 1.4 所示，其中信息输入、信息处理和伺服执行是数控系统的三个基本工作过程。数控机床必须具备信息输入、信息处理、伺服执行以及机床本体四个基本组成部分。

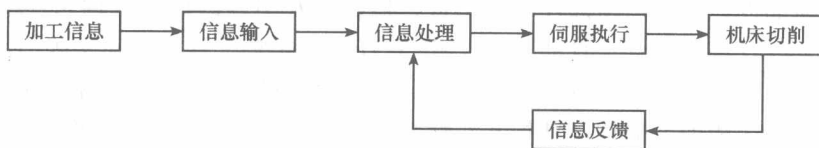


图 1.4 数控机床加工过程

1.2.3 数控机床的分类

数控机床的种类很多，从不同角度对其进行考查，就有不同的分类方法，通常有以

下几种不同的分类方法。

1. 按工艺用途分类（机床类型）

（1）切削加工类

切削加工类是指具有切削加工功能的数控机床，如数控铣床、数控车床、数控磨床、加工中心、数控齿轮加工机床、柔性制造单元（FMC）等。

（2）成型加工类

成型加工类是指具有通过物理方法改变工件形状功能的数控机床，如数控折弯机、数控弯管机等。

（3）特种加工类

特种加工类是指具有特种加工功能的数控机床，如数控线切割机、电火花加工机、激光加工机等。

（4）其他类型

其他类型是指一些广义上的数控装备，如数控装配机、数控测量机、机器人等。

2. 按控制功能分类

（1）点位控制数控机床

这类数控机床仅能控制两个坐标轴带动刀具相对于工件运动，从一个坐标位置快速移动到下一个坐标位置，然后控制第三个坐标轴进行钻、镗切削加工。它具有较高的位置定位精度；为了提高生产效率，定位运动采用数控系统设定的最高进给速度；在移动过程中不进行切削加工，因此对运动轨迹没有要求。点位控制的数控机床用于加工平面内的孔系，这类机床主要有数控钻床、印刷电路板钻孔机、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机等。图 1.5 所示为数控钻床加工示意图。现在仅仅具有点位控制功能的数控机床已不多见。

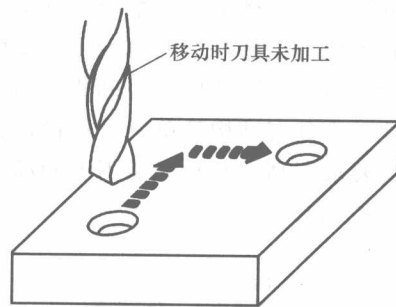


图 1.5 数控钻床加工示意图

（2）直线控制数控机床

这类数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度，沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工，进给速度根据切削条件可在一定范围内调节。早期，简易的两坐标轴数控车床，可用于加工台阶轴。简易的三坐标轴数控铣床，可用于平面的铣削加工，如图 1.6 所示。现代组合机床采用数控进给伺服系统，驱动动力头带着多轴箱轴向进给进行钻、镗削加工，它也可以算作一种直线控制的数控机床。现在仅仅具有直线控制功能的数控机床已不多见。

（3）轮廓控制数控机床

这类数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动，即多坐标轴联动的能力，使刀具相