

JIDIAN YITI HUA
JINENGXING RENCAI
YONGSHU

机电一体化技能型人才用书

数控加工

编程与操作

邓宇翔 主编



附赠

1DVD

多媒体电子课件
程序动画及录像
试题库



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

JIDIAN YITI HUA
JINENGXING RENCAI
YONGSHU

机 电 一 体 化 技 能 型 人 才 用 书

数控加工

编程与操作

		邓宇翔	主 编
李腾忠	赵亚芳	龚伟中	副主编
	肖 俊	梁 颖	参 编
		段有艳	主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以数控车床、加工中心的编程与操作为核心,以 FANUC 数控系统为主,按照学习与教学的规律,深入浅出地介绍了数控机床的工作过程、数控加工工艺、数控车削与铣削的编程、数控机床的操作以及典型零件的应用实例等内容,加工中心和数控车床安全操作规程,数控机床的维护和保养。章节后设有思考与练习题,便于学生更好地掌握所学内容,书的最后附有 FANUC 指令对照表。

本书以情境教学为主导,以项目任务来讲解,同时附有光盘,内有作者国外考察学习的加工视频及平时在教学中积累的大量教学动画实例、教学课件。

本书适合作为高等职业技术学院和技师学院数控技术应用、模具设计与制造、机械制造及自动化等专业的教学用书,也可供相关工程技术人员学习及培训使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工编程与操作/邓宇翔主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 12

机电一体化技能型人才用书

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3819 - 7

I. ①数… II. ①邓… III. ①数控机床 - 程序设计②数控机床 - 操作 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 299968 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 333 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元 (含 1DVD)

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

◎ 前 言

为适应新时期高职教育人才培养的基本要求，推进职业教育的教材建设，我们以培养技能型、应用型人才为目标，以工作过程为主线，采用任务引领的项目教学法编写了本书。全书共六部分，每一部分即是一个项目，主要介绍数控加工技术概述、数控车床编程与加工技术、加工中心编程、数控机床操作、数控电火花线切割加工技术、数控机床的使用与维护等内容。每一个项目的任务描述、知识目标和能力目标以情境方式引入，力求以项目任务的教学方式，使学生在完成项目任务的过程中，潜移默化地获得数控加工与编程的工艺和编程能力以及解决生产实际问题的应用能力。本书还有以下几方面的特色。

(1) 体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需、够用”为限度，突出“零起点快速上岗”的特点，紧密联系生活、生产实际，与相应的职业资格标准衔接。

(2) 注意用新观点、新思维来审视、阐述经典内容；适应经济社会发展和科技进步的需要，及时更新教学内容，反映新知识、新技术、新工艺、新方法。引用数据、图表、材料可靠，并精选了相应的实例。

(3) 渗透职业道德和职业意识教育；体现就业导向，有助于学生树立正确的择业观；培养学生爱岗敬业、团队精神和创业精神；树立安全意识和环保意识。知识体系设计合理，循序渐进，符合学生心理特征和认知、技能养成规律；条理清楚，可读性强；图文并茂，配合得当；图表清晰、美观。

为便于教学，本书配有光盘，内含相应的教学课件动画。

本书不仅可以作为数控技术专业教学用书，更适合于高等职业院校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技校、继续教育学院和民办高校的数控与机电专业用书。本书由昆明冶金高等专科学校邓宇翔、李腾忠、龚伟中、赵亚芳、梁颖，昆明工业职业技术学院肖俊负责编写。全书由邓宇翔负责统稿，全书由昆明冶金高等专科学校段有艳主审。

在本书的编写过程中，参阅了国内外的有关教材和资料，在此一并表示衷心地感谢！限于编者水平及时间，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

前言

第一部分 数控加工技术概述

• 任务一 数控机床的工作原理	2
1.1 数控机床的基本知识	2
1.1.1 数控机床的产生及发展	2
1.1.2 数控技术的基本概念	2
1.1.3 数控机床的特点	3
1.1.4 数控机床的组成	3
1.1.5 数控机床的工作原理	5
1.1.6 数控机床的分类	5
1.2 数控车床与加工中心的结构	7
1.2.1 数控车床的结构	7
1.2.2 数控加工中心的结构	9
• 任务二 数控加工刀具、夹具及量具	11
1.3 数控车床的刀具	11
1.4 数控车床夹具的分类	12
1.5 数控铣削的刀具	13
1.5.1 数控铣削刀具的基本要求	13
1.5.2 常用铣刀的种类	13
1.5.3 铣削刀具的选择	18
1.6 数控铣床的夹具	19
1.6.1 数控铣床夹具的基本要求	19
1.6.2 常用夹具的种类	19
1.6.3 数控铣床夹具的选用原则	20
1.7 数控机床的量具	21
1.7.1 量具的分类	21
1.7.2 量具的使用	22
• 任务三 数控加工工艺处理	23
1.8 数控加工工艺性分析	23

1.8.1 数控加工过程	23
1.8.2 数控加工工艺	23
1.9 数控加工刀具路径	26
1.9.1 数控车削加工刀具路径	26
1.9.2 数控铣削加工刀具路径	29
1.9.3 刀具与工件的相对位置	32
1.10 切削用量的确定	33
1.10.1 数控车床切削用量	33
1.10.2 数控铣床及加工中心的切削用量	36
• 任务四 数控程序格式	38
1.11 数控编程的步骤与方法	38
1.11.1 数控编程的方法	38
1.11.2 数控编程的步骤	39
1.12 数控程序的格式	40
1.12.1 程序结构及格式	40
1.12.2 编程的规则	43
思考与练习题	44

第二部分 数控车床编程与加工技术

• 任务一 数控车床编程基础	48
2.1 数控车床的坐标系	48
2.1.1 数控车床坐标系及运动方向	48
2.1.2 数控车床坐标系与工件坐标系	49
2.2 数控车床的编程	50
2.2.1 G00 与 G01 指令	51
2.2.2 G02 与 G03 指令	52
2.2.3 G50 与 G04 指令	53
2.2.4 G90 与 G94 指令	54
2.2.5 G71 与 G70 指令	56
2.2.6 G72 与 G73 指令	58
2.2.7 G32 与 G92 指令	62
2.2.8 G76 指令	65
• 任务二 轴类零件的加工	67
2.3 轴类零件图分析	67
2.3.1 零件图工艺分析	67
2.3.2 选择设备并确定零件的定位基准和装夹方式	67

2.3.3 确定加工顺序及进给路线	68
2.3.4 刀具选择	68
2.3.5 切削用量选择	68
2.4 程序编辑	69
2.5 VNUC 仿真加工	70
2.5.1 启动 VNUC 仿真软件	70
2.5.2 对刀	72
2.5.3 输入程序	73
2.5.4 自动加工	73
• 任务三 套类零件的加工	74
2.6 套类零件图分析	74
2.6.1 零件图工艺分析	74
2.6.2 选择设备并确定零件的定位基准和装夹方式	74
2.6.3 确定加工顺序及进给路线	75
2.6.4 刀具选择	75
2.6.5 切削用量选择	75
2.7 程序编辑	76
2.8 VNUC 仿真加工	77
2.8.1 启动 VNUC 仿真软件	77
2.8.2 对刀	79
2.8.3 输入程序	80
2.8.4 自动加工	80
2.8.5 调头加工	81
• 任务四 典型零件的加工	82
2.9 零件图分析	82
2.9.1 零件图工艺分析	82
2.9.2 选择设备并确定零件的定位基准和装夹方式	82
2.9.3 确定加工顺序及进给路线	83
2.9.4 刀具选择	83
2.9.5 切削用量选择	83
2.10 程序编辑	84
2.11 VNUC 仿真加工	85
2.11.1 启动 VNUC 仿真软件	85
2.11.2 对刀	86
2.11.3 输入程序	89
2.11.4 自动加工	89
思考与练习题	89

第三部分 加工中心编程

• 任务一 加工中心基本概念	94
3.1 加工中心简介	94
3.1.1 加工中心的概念	94
3.1.2 加工中心的分类	95
3.1.3 加工中心的加工对象	97
3.1.4 加工中心的自动换刀装置	98
• 任务二 加工中心编程指令	100
3.2 加工中心程序的编制	100
3.2.1 加工中心数控系统的功能	100
3.2.2 加工中心的基本编程指令	103
3.2.3 加工中心的编程简化	130
• 任务三 用户宏程序	138
3.3 宏程序	138
3.3.1 变量	138
3.3.2 转移和循环	142
3.3.3 程序加工实例	145
• 任务四 典型加工实例	149
3.4 加工中心编程生产实例	149
3.4.1 典型数控铣削加工工艺性分析	149
3.4.2 宏程序的编写	152
思考与练习题	156

第四部分 数控机床操作

• 任务一 FANUC0i Mate - TB 数控车床	162
4.1 数控系统面板	162
4.1.1 数控系统面板	162
4.1.2 键盘说明	162
4.1.3 功能键和软键	163
4.1.4 输入缓冲区	164
4.1.5 机床操作面板	164
4.1.6 手轮面板	166
4.2 通电开机	167
4.3 手动操作	167

4.3.1 手动返回参考点	167
4.3.2 JOG 进给	168
4.3.3 手轮进给	168
4.4 自动运行	168
4.4.1 存储器运行	168
4.4.2 MDI 运行	169
4.4.3 程序再启动	169
4.4.4 单段	169
4.5 创建和编辑程序	170
4.5.1 创建程序	170
4.5.2 字的检索	170
4.5.3 跳到程序头	170
4.5.4 字的插入	170
4.5.5 字的替换	170
4.5.6 字的删除	171
4.5.7 输入过程中的删除	171
4.5.8 程序号检索	171
4.5.9 删除程序	171
4.5.10 输入加工程序	171
4.5.11 保存代码程序	171
4.6 设定和显示数据	172
4.6.1 设定和显示刀具补偿值	172
4.6.2 设定和显示工件原点偏移值	172
• 任务二 FANUC0i M 三轴立式加工中心	174
4.7 数控系统面板	174
4.7.1 数控系统面板	174
4.7.2 键盘说明	174
4.7.3 功能键和软键	175
4.7.4 输入缓冲区	176
4.7.5 机床操作面板	176
4.7.6 手轮面板	177
4.8 通电开机	178
4.9 手动操作	178
4.9.1 手动返回参考点	178
4.9.2 手动连续进给	178
4.9.3 点动进给速度选择	179
4.9.4 增量进给	179

4.9.5 手轮进给	179
4.10 自动运行操作	179
4.10.1 选择和启动零件程序	179
4.10.2 停止、中断零件程序	180
4.10.3 MDI 运行	180
4.10.4 停止、中断 MDI 运行	180
4.11 创建和编辑程序	180
4.11.1 新建程序	180
4.11.2 从外部导入程序	181
4.11.3 打开目录中的文件	181
4.11.4 编辑程序	182
4.11.5 字的检索	182
4.11.6 跳到程序头	182
4.11.7 字的插入	182
4.11.8 字的替换	182
4.11.9 字的删除	183
4.11.10 输入过程中的删除	183
4.11.11 删除目录中的文件	183
4.12 设定和显示数据	183
4.12.1 设置刀具补偿值	183
4.12.2 显示和设置工件原点偏移值	184
思考与练习题	185

第五部分 数控电火花线切割加工技术

• 任务一 数控电火花线切割机床加工工艺基础	188
5.1 数控电火花线切割机床概述	188
5.1.1 数控电火花线切割机床的基本构成	188
5.1.2 数控电火花线切割机床的工艺范围	188
5.1.3 数控电火花线切割机床的分类	189
5.1.4 数控电火花线切割加工机床的型号示例	189
5.1.5 数控电火花线切割机床的装夹方式	189
5.2 数控电火花线切割机床的坐标系	190
5.3 数控电火花线切割机床加工工艺	191
5.3.1 电加工参数的选用	191
5.3.2 机械参数的选用	191
5.4 数控电火花线切割基本指令	192
5.4.1 快速点定位指令 (G00)	192

5.4.2 直线插补指令 (G01)	192
5.4.3 圆弧插补指令 (G02、G03)	193
5.5 其他辅助指令	193
5.5.1 坐标指令	193
5.5.2 补偿指令	194
5.5.3 辅助功能字 M	194
• 任务二 数控电火花线切割机床的操作	196
5.6 数控快走丝电火花线切割机床的操作	196
5.7 数控慢走丝电火花线切割机床的操作	202
5.8 数控电火花线切割机床加工实例	204
5.8.1 数控快走丝电火花线切割加工示例	204
5.8.2 数控慢走丝电火花线切割加工示例	205
思考与练习题	206

第六部分 数控机床的使用与维护

• 任务一 数控机床的选用与操作	210
6.1 数控机床的选用	210
6.1.1 数控机床规格的选择	210
6.1.2 机床精度的选择	211
6.1.3 数控系统的选用	212
6.1.4 工时和节拍的估算	213
6.1.5 自动换刀装置选择及刀柄配置	213
6.2 数控机床的基本操作规程	215
6.2.1 数控设备的通用操作规程	216
6.2.2 数控设备的专项操作规程	216
• 任务二 数控机床的维护	219
6.3 数控机床的维护与保养	219
6.3.1 数控机床的维修管理	219
6.3.2 数控机床的维护	220
6.3.3 数控系统的日常维护	221
6.3.4 机械部件的维护	222
6.3.5 机床精度的维护检查	223
思考与练习题	224

附录 A G 代码说明	225
-------------------	-----

参考文献	230
------------	-----

第一部分

数控加工技术概述

知腾机械实业有限公司，是一家数控现代制造行业私营企业。现基于业务发展的需要，招聘了一批新职员，小坤就是这批中的一员。小坤从小就对数控制造行业非常感兴趣，并有着强烈的求知欲，现在被分配到高师傅手下当学徒。高师傅是知腾公司的技术能手，并有着丰富的数控加工实战经验。

今天是小坤上班的第一天，看到公司拥有那么多先进的数控制造设备，心里又是惊喜，又是不安。因为小坤在学校学习的过程中，从未有过一点儿机械加工的经历，对于数控设备更是一无所知，因此他很担心自己能否胜任工作。高师傅看出了小坤的顾虑：“谁都是从不会到会、从徒弟到师傅的。跟着我不用担心，只要你一步一个脚印，刻苦学习，不会错的！别愣着，快来吧……”

任务一

数控机床的工作原理

对于有志从事数控加工制造业的青年和学生,要如何才能轻松认识数控机床并熟练地操作好数控机床成为一个重要问题被提出,只要认识了数控机床的工作原理及其特性就能进入数控加工的领域,并通过一定的实训锻炼就可入门。

1.1 数控机床的基本知识

1.1.1 数控机床的产生及发展

随着科学技术的发展,社会各界对产品的质量和个性化的要求越来越高,为适应产品的高精度、形状各异、批量小、改动大、加工困难等需要,迫切需要能满足多品种、小批量、复杂、高精度零件的生产设备,在这种情况下数控机床应运而生。

数控机床的产生与计算机的诞生也密切相关。1946年,世界上第一台电子计算机诞生了,人们开始设想能否用电子计算机来协助人类解决复杂零件的加工问题。1948年,美国帕森斯公司研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。1949年,该公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(Machining Center, MC),使数控装置进入了第二代。1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗低,而且可靠性提高,价格得到进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机(PC)直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称CNC),使数控装置进入了以小型计算机为特征的第四代数控系统。1974年,成功研制使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称MNC),这是第五代数控系统。20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置;数控装置更加趋于小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步得到提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,这种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

1.1.2 数控技术的基本概念

数控技术简称数控,英文为 Numerical Control (NC),是指用数字、文字和符号组成



的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。

数控机床是数字控制机床 (Computer Numerical Control Machine Tools) 的简称, 是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序, 并将其译码, 从而使机床动作并加工零件。

1.1.3 数控机床的特点

与普通机床相比, 数控机床有如下特点。

一、加工精度高

数控机床是精密机械和自动化技术的综合体。机床的数控装置可以对机床运动中产生的位移、热变形等导致的误差, 通过测量系统进行补偿而获得很高且稳定的加工精度。由于数控机床实现自动加工, 所以减少由操作人员带来的人为误差, 提高了同批零件的一致性。

二、生产效率较高

数控加工过程中一次装夹可完成多工序加工, 省去了普通机床加工的多次变换工种、工序间的转件以及划线等工序; 由于是一次装夹工件就完成全部加工, 故简化了夹具及专用工装等。

三、有利于生产管理

程序化控制加工、更换品种方便; 一机多工序加工, 简化了生产过程的管理, 减少了管理人员; 可实现无人化生产。

此外, 数控机床还有减轻劳动强度, 将操作由体力型转为智力型; 改善劳动条件等特点。

1.1.4 数控机床的组成

数控机床的基本组成包括加工程序载体、输入/输出装置、数控装置、伺服驱动装置、测量反馈系统、机床主体和其他辅助装置。

一、加工程序载体

数控机床工作时, 不需要工人直接去操作机床, 要对数控机床进行控制, 必须编制加工程序。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、主轴转速等) 和辅助运动等。将零件加工程序用一定的格式和代码, 存储在一种程序载体上, 如穿孔纸带、盒式磁带等, 通过数控机床的输入装置, 将程序信息输入 CNC 单元。

二、输入/输出装置

1. 输入装置

将数控指令输入给数控装置, 根据程序载体的不同, 相应地有不同的输入装置。目前, 主要有键盘输入、磁盘输入、CAD/CAM 系统直接通信方式输入和连接上级计算机的 DNC (直接数控) 输入, 现仍有不少系统还保留有光电阅读机的纸带输入形式。

(1) 纸带输入方式。可用纸带光电阅读机读入零件程序,直接控制机床运动,也可以将纸带内容读入存储器,用存储器中储存的零件程序控制机床的运动。

(2) MDI 手动数据输入方式。操作者可利用操作面板上的键盘输入加工程序的指令,适用比较短的程序。在控制装置编辑(Edit)状态下,用软件输入加工程序,并存入控制装置的存储器中,这种输入方法可重复使用程序。一般手工编程均采用这种方法。在具有会话编程功能的数控装置上,可按照显示器上提示的问题,选择不同的菜单,用人机对话的方法输入有关的尺寸数字,即可自动生成加工程序。

(3) 采用 DNC 直接数控输入方式。把零件程序保存在上级计算机中,CNC 系统一边加工一边接收来自计算机的后续程序段。DNC 方式多用于采用 CAD/CAM 软件设计的复杂工件并直接生成零件程序的情况。

2. 输出装置

输出装置与伺服机构相连。输出装置根据控制器的命令接受运算器的输出脉冲,并把它送到各坐标的伺服控制系统,经过功率放大,驱动伺服系统,从而控制机床按规定要求运动。

三、数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求,因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

四、伺服驱动装置

伺服系统是数控机床的重要组成部分,用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制。伺服系统的作用是把接收来自数控装置的指令信息,经功率放大、整形处理后,转换成机床执行部件的直线位移或角位移运动。由于伺服系统是数控机床的最后环节,其性能将直接影响数控机床的精度和速度等技术指标,因此,对数控机床的伺服驱动装置,要求具有良好的快速反应性能,准确而灵敏地跟踪数控装置发出的数字指令信号,并能忠实地执行来自数控装置的指令,提高系统的动态跟随特性和静态跟踪精度。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。驱动装置由主轴驱动单元、进给驱动单元和主轴伺服电动机、进给伺服电动机组成。步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机是常用的驱动装置。

五、测量检测装置

测量检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的



数控装置之后, 数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较, 控制驱动装置按照指令设定值运动。

六、机床主体

机床主体机是数控机床的主体, 包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置等机械部件。它是在数控机床上自动地完成各种切削加工的机械部分。与传统的机床相比, 数控机床主体具有如下结构特点。

1. 采用机床新结构

采用具有高刚度、高抗震性及较小热变形的机床新结构。通常用提高结构系统的静刚度、增加阻尼、调整结构件质量和固有频率等方法来提高机床主机的刚度和抗震性, 使机床主体能适应数控机床连续自动地进行切削加工的需要。采取改善机床结构布局、减少发热、控制温升及采用热位移补偿等措施, 可减少热变形对机床主机的影响。

2. 采用高性能伺服驱动装置

广泛采用高性能的主轴伺服驱动和进给伺服驱动装置, 缩短数控机床的传动链, 简化了机床机械传动系统的结构。

3. 采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和运动部件

采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和运动部件, 如滚珠丝杠螺母副、塑料滑动导轨、直线滚动导轨、静压导轨等。

七、数控机床的辅助装置

辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置。常用的辅助装置包括气动、液压装置, 排屑装置, 冷却、润滑装置, 回转工作台和数控分度头, 防护, 照明等各种辅助装置。

1.1.5 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时, 首先要根据加工零件的图样与工艺方案, 按划定的代码和程序格式编写零件的加工程序单, 这是数控机床的工作指令。通过控制介质将加工程序输入到数控装置, 由数控装置将其译码、寄存和运算之后, 向机床各个被控量发出信号, 控制机床主运动的变速、启停、进给运动及方向、速度和位移量, 以及刀具选择交换, 工件夹紧松开和冷却润滑液的开、关等动作, 使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序划定的顺序、轨迹和参数进行工作, 从而加工出符合要求的零件。

1.1.6 数控机床的分类

数控机床的品种繁多, 功能各异, 因此可按不同的方法进行分类, 通常可按下列几种方式分类。

一、按运动方式分类

按运动方式可分为点位控制、直线控制、轮廓控制数控机床。

1. 点位控制

点位控制数控机床的特点是机床的运动部件只能够实现从一个位置到另一个位置的精

确运动，在运动和定位过程中不进行任何加工工序。如数控钻床、数控坐标镗床、数控焊机和数控弯管机等。

2. 直线控制

直线控制的特点是机床的运动部件不仅要实现一个坐标位置到另一个位置的精确移动和定位，而且能实现平行于坐标轴的直线进给运动或控制两个坐标轴实现斜线进给运动。

3. 轮廓控制

轮廓控制数控机床的特点是机床的运动部件能够实现对两个坐标轴同时进行联动控制。它不仅要求控制机床运动部件的起点与终点坐标位置，而且要求控制整个加工过程每一点的速度和位移量，即要求控制运动轨迹，将零件加工成在平面内的直线、曲线或在空间的曲面。

二、按工艺用途分类

按工艺用途可分为金属切削类数控机床、金属成型类数控机床、数控特种加工机床、其他类型的数控设备。

1. 金属切削类数控机床

这类机床包括数控车床，数控钻床，数控铣床，数控磨床，数控镗床及加工中心，这些机床都适用于单件、小批量和多品种及零件加工，具有很好的加工尺寸的一致性、很高的生产率和自动化程度，以及很高的设备柔性。

2. 金属成型类数控机床

这类机床包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控回转头压力机等。

3. 数控特种加工机床

这类机床包括数控线（电极）切割机床、数控电火花加工机床、数控火焰切割机、数控激光切割机床、专用组合机床等。

4. 其他类型的数控设备

非加工设备采用数控技术，如自动装配机、多坐标测量机、自动绘图机和工业机器人等。

三、按控制方式分类

按控制方式可分为开环控制、半闭环控制、闭环控制数控机床。

1. 开环控制

开环控制，即不带位置反馈装置的控制方式。

2. 半闭环控制

半闭环控制，是指在开环控制伺服电动机轴上装有角位移检测装置，通过检测伺服电动机的转角间接地检测出运动部件的位移反馈给数控装置的比较器，与输入的指令进行比较，用差值控制运动部件。

3. 闭环控制

闭环控制，是指在机床最终的运动部件的相应位置直接采用直线或回转式检测装置，将直接测量到的位移或角位移值反馈到数控装置的比较器中，与输入指令中移量进行比