



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

数控加工编程 与操作

(第2版)

NC Manufacture
and Operation (2nd Edition)

结合国家职业标准要求

以 FANUC 数控系统为主

采用项目化教学方式编写

◎ 霍苏萍 主编

◎ 雷楠南 陈建环 朱亚峰 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列



教育部
“十三五”普通高等教育
规划教材

数控技术专业

数控加工与操作 第2版

数控加工编程 与操作

第2版

主编 王 强

副主编 王 强 王 强 王 强

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

（北京）

（北京）

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

数控加工编程 与操作

(第2版)

NC Manufacture
and Operation (2nd Edition)

◎ 霍苏萍 主编

◎ 雷楠南 陈建环 朱亚峰 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京



精品系列

图书在版编目 (C I P) 数据

数控加工编程与操作 / 霍苏萍主编. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2012.4
高等职业院校机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-115-27603-2

I. ①数… II. ①霍… III. ①数控机床—程序设计—
高等职业教育—教材②数控机床—操作—高等职业教育—
教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第038717号

内 容 提 要

本书以培养学生零件的数控加工技能为核心, 主要包括数控车削加工、数控铣削加工内容, 并结合生产实际对数控技术人才的需求, 增加了数控电火花线切割机床、数控冲床的编程与操作知识。全书共 3 个模块 18 个项目, 每个模块中包含了零件的数控加工工艺分析与编程和数控机床的操作项目, 以 FANUC 数控系统为主, 采用项目教学的方式组织内容, 详细介绍了零件的数控加工工艺设计、程序编制、加工操作等内容。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院机电一体化技术、数控技术、模具设计与制造、机械制造及自动化等专业的教材, 也可供有关工程技术人员、数控机床编程与操作人员参考。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校机电类“十二五”规划教材

数控加工编程与操作 (第 2 版)

-
- ◆ 主 编 霍苏萍
 - 副 主 编 雷楠南 陈建环 朱亚峰
 - 责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.5 2012 年 4 月第 2 版
字数: 531 千字 2012 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-27603-2

定价: 42.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

Forward

前言



本书是根据教育部教高〔2006〕16号《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》的指导思想，全面总结和广泛吸纳了高职院校本课程教学改革实践经验，是在总结原教材5年使用经验基础上，进行修订的。

本书以培养学生零件的数控加工技能为核心，以国家职业标准中级数控车工、数控铣工（加工中心操作工）考核要求为基本依据，并结合生产实际对数控技能人才的需求，增加了数控电火花线切割机床、冲床的编程与操作知识。以工作过程为导向，以典型零件为载体，以FANUC数控系统为主，采用项目教学的方式组织内容，详细介绍了零件的数控加工工艺设计、程序编制、加工操作等内容。

本书分数控车削加工、数控铣削加工、数控电火花线切割及冲床加工3个模块共18个项目。每个模块中包含了零件的数控加工工艺分析与编程和数控机床的操作项目，项目主要来源于企业的典型案例，项目按照由简单到复杂、由单一到综合的过程进行教学内容的组织与学习训练，学生不仅能够掌握数控编程知识，而且能够掌握零件数控加工工艺设计、程序编制和加工操作的方法，达到数控中级工的水平。

本书由霍苏萍担任主编并负责统稿和定稿，雷楠南、陈建环、朱亚峰担任副主编。霍苏萍编写绪论、模块1（项目一至项目六）、雷楠南编写模块2（项目一、项目二），陈建环编写模块2（项目三、项目四）、模块3（项目二），魏冠义编写模块二（项目五、项目六、项目七），朱亚峰编写模块一（项目七、项目八、项目九）、模块三（项目一）。

在本书的修订编写过程中，三门峡宏达电器股份公司给与了大力支持，得到了孙贵华、崔保才、韩建清、解金榜等各位同仁的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

尽管我们在编写过程中付出了很大努力，但是由于水平和能力所限，书中难免有错误和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012年1月



绪论

一、数控机床认识	1
(一) 数控机床的产生与发展	1
(二) 数控机床的组成及加工原理	3
(三) 数控机床的分类	6
二、数控机床坐标系	9
(一) 标准坐标系及运动方向命名原则	9

(二) 机床坐标系、机床原点与机床参考点	11
----------------------	----

(三) 工件坐标系的建立	12
--------------	----

三、数控编程基本知识	13
------------	----

(一) 数控编程的内容及方法	13
----------------	----

(二) 数控程序的结构与格式	15
----------------	----

习题	17
----	----

模块1 数控车削加工

项目一 数控车削加工工艺分析

一、项目导入	22
二、相关知识	23
(一) 数控车削加工工艺内容的选择	23
(二) 数控加工零件图的工艺分析	24
(三) 数控车削加工工艺路线的拟订	24
(四) 零件的定位与夹具的选择	27
(五) 数控车削加工刀具及其选择	29
(六) 数控车削加工的切削用量选择	34
(七) 对刀点与换刀点的确定	37
(八) 数控编程中的数值计算	37
(九) 数控加工的工艺文件编制	38
三、项目实施	40
(一) 零件图工艺分析	40
(二) 确定装夹方案	41
(三) 确定加工顺序及走刀路线	41

(四) 刀具选择	41
----------	----

(五) 切削用量选择	42
------------	----

(六) 数控加工工艺卡的拟订	42
----------------	----

习题	43
----	----

项目二 阶台轴的工艺分析与编程

一、项目导入	45
二、相关知识	46
(一) 阶台轴车削工艺	46
(二) 数控车床的编程特点	51
(三) 数控系统的功能	51
(四) 轴类零件加工编程基本指令	55
(五) 轴类零件加工编程单一循环指令	58
(六) 轴类零件编程实例	59
三、项目实施	60
(一) 加工工艺分析	60
(二) 编制加工程序	62

习题	64	项目六 配合零件的工艺分析与编程	
项目三 螺纹轴的工艺分析与编程		一、项目导入	120
一、项目导入	66	二、项目实施	122
二、相关知识	67	(一) 加工工艺分析	122
(一) 螺纹数控车削加工工艺	67	(二) 编制加工程序	126
(二) 螺纹加工基本指令	72	习题	129
(三) 复合循环指令 G71、G70	76	项目七 数控车床的界面操作	
三、项目实施	79	一、项目导入	131
(一) 加工工艺分析	79	二、相关知识	131
(二) 编制加工程序	81	(一) 数控车床的操作步骤与操作规程	131
习题	83	(二) 数控车床的操作面板	134
项目四 含圆弧面零件的工艺设计、编程与加工		三、项目实施	137
一、项目导入	85	(一) 项目实施内容	137
二、相关知识	86	(二) 项目实施步骤	137
(一) 含圆弧面零件的车削工艺知识	86	四、拓展知识——华中 HNC-21T 系统	
(二) 圆弧插补指令 G02/G03	89	数控车床的界面及基本操作	138
(三) 刀尖圆弧自动补偿指令	91	(一) 华中 HNC-21T 系统面板	138
(四) 封闭切削循环指令 G73	95	(二) 华中 HNC-21T 系统数控车床的基本	
三、项目实施	97	操作	140
(一) 加工工艺分析	97	习题	143
(二) 编制加工程序	98	项目八 数控车床程序编辑、管理与调试优化	
习题	100	一、项目导入	144
项目五 盘套类零件的工艺设计、编程与加工		二、相关知识	144
一、项目导入	103	(一) 创建程序	144
二、相关知识	104	(二) 编辑程序	144
(一) 盘套类零件的加工工艺	104	(三) 程序的检查与调试优化	145
(二) 端面车削循环指令 G94	110	三、项目实施	146
(三) 端面粗车固定循环指令 G72	112	(一) 项目实施内容	146
(四) 端面深孔加工循环指令 G74	112	(二) 项目实施步骤	146
(五) 外径/内径钻孔、切槽循环指令 G75	113	四、拓展知识——华中 HNC-21T 系统	
三、项目实施	114	数控车床的程序编辑与管理	146
(一) 加工工艺分析	114	(一) 选择编辑程序	147
(二) 编制加工程序	117	(二) 程序编辑	148
习题	118	(三) 程序存储与传递	150

(四) 文件管理	150	(三) 自动运行加工	154
项目九 数控车床对刀、刀具参数设定与运行加工		(四) 安全操作	155
一、项目导入	153	三、项目实施	155
二、相关知识	153	四、拓展知识——华中 HNC-21T 系统	
(一) 对刀和刀具补偿值设定	153	数控车床的刀具参数设置	157
(二) 磨耗补偿参数设定	154	习题	157

模块2 数控铣削加工

项目一 数控铣削加工工艺分析		习题	217
一、项目导入	160	项目三 型腔类零件的工艺分析与编程	
二、相关知识	161	一、项目导入	220
(一) 数控铣削加工的工艺特点	161	(一) 项目分解	220
(二) 数控铣削加工零件的工艺性分析	162	(二) 项目分析	220
(三) 数控铣削加工的工艺路线的拟定	167	二、相关知识	221
(四) 零件的定位与装夹方式的选择	175	(一) 型腔铣削工艺设计	221
(五) 数控铣削加工常用刀具及选用	176	(二) 数控系统的相关功能指令	225
(六) 数控铣削加工切削用量选用	179	三、项目实施	230
三、项目实施	182	(一) 某标志图形零件的工艺设计与编程	230
四、拓展知识——镗铣类数控工具系统	185	(二) 编写某型腔零件的加工程序	233
(一) 整体式结构 (TSG 工具系统)	185	四、拓展知识——西门子 802S/C 系统相关指令	239
(二) 模块式结构 (TMG 工具系统)	188	(一) 子程序	239
习题	191	(二) 可编程的零点偏置和坐标轴旋转	
项目二 凸模板的工艺分析与编程		指令 G158、G258、G259	240
一、项目导入	193	习题	241
二、相关知识	194	项目四 垫板的工艺分析与编程	
(一) 平面铣削工艺设计	194	一、项目导入	244
(二) 数控系统的相关功能指令	195	二、相关知识	245
三、项目实施	210	(一) 孔加工的工艺设计	245
(一) 加工工艺分析	210	(二) 孔加工固定循环指令	248
(二) 编制加工程序	211	三、项目实施	258
四、拓展知识——SIEMENS 系统编程简介	212	(一) 加工工艺分析	258
(一) NC 编程基本结构	212	(二) 编写加工程序	259
(二) SIEMENS 系统 G 功能代码	214	四、拓展知识——西门子 802S/C 系统固定循环	
(三) SIEMENS 系统支持的 M 代码	217	功能	263

(一) SIEMENS 系统固定循环功能	263
(二) 各固定循环功能及应用	265
习题	269
项目五 数控铣床(加工中心)的界面操作	
一、项目导入	272
二、相关知识	272
(一) 数控铣床(加工中心)的操作规程	272
(二) 数控机床控制面板	273
(三) 数控系统控制面板	276
(四) 数控铣床(加工中心)操作步骤	279
三、项目实施	280
(一) 项目实施内容	280
(二) 项目实施步骤	281
四、拓展知识——西门子 802S/C 系统面板及基本操作	282
(一) SIEMENS 802S 数控系统面板介绍	282
(二) SIEMENS 802S 数控系统(机床)的基本操作	284
习题	286
项目六 数控铣床及加工中心刀具参数输入	
一、相关知识	288
(一) 对刀	288
(二) 刀具补偿值输入	292
(三) 加工中心对刀	292
(四) 加工中心换刀	293
二、项目实施	294
(一) 项目实施内容	294
(二) 项目实施步骤	294
三、拓展知识——SIEMENS 802S 数控铣床的对刀及刀具参数设置	295
(一) 进入参数设定窗口	295
(二) 设置刀具参数及刀补参数	296
(三) 设置零点偏置值	297
习题	298
项目七 数控铣床(加工中心)程序编辑	
一、项目导入	300
二、相关知识	300
(一) 创建新程序	300
(二) 编辑程序	300
(三) 程序导入与导出	302
(四) 程序的管理	303
(五) 程序检查、调试与运行	303
三、项目实施	304
(一) 项目实施内容	304
(二) 项目实施步骤	305
四、拓展知识——SIEMENS 802S 系统数控铣床程序编辑、调试与运行	306
(一) 进入程序管理方式	306
(二) 系统软键应用	306
(三) 输入新程序	307
(四) 编辑当前程序	307
(五) 程序运行	308
习题	309

模块3 特种加工

项目一 凸模零件的数控电火花线切割编程	
一、项目导入	312
二、相关知识	313
(一) 数控电火花加工	313
(二) 数控线切割加工	315
(三) 数控线切割加工工艺及操作方法	320
(四) 数控线切割加工基本编程方法	322
三、项目实施	326
(一) 工艺分析	326
(二) 数值计算	326

(三) 编制程序	327	(三) 数控冲压编程	340
(四) 机床加工	327	(四) 数控冲压编程实例	348
习题	327	三、项目实施	349
项目二 四角带圆角的长方形孔的数控冲床编程与加工		(一) 工艺分析及数值计算	349
一、项目导入	329	(二) 编制程序	350
二、相关知识	330	(三) 机床操作加工	350
(一) 数控冲压概述	330	参考文献	
(二) 数控冲压加工工艺	334		

绪 论

一、数控机床认识

（一）数控机床的产生与发展

1. 数控技术与数控机床

数控即数字控制 (Numerical Control, NC), 数控技术即 NC 技术, 是用数字化信号发出指令并控制机械执行预定动作的技术。计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 是指用计算机按照存储在计算机内读写存储器中的控制程序去执行并实现数控装置的一部分或全部数控功能。采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备, 称为数控系统。

数控机床就是装备有数控系统, 采用数字信息对机床运动及其加工过程进行自动控制的机床。它用输入专用或通用计算机中的数字信息来控制机床的运动, 自动将零件加工出来。

采用数控机床加工零件时, 只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式, 编成程序代码输入到机床控制系统中, 再由其进行运算处理后转换成驱动伺服机构的指令信号, 从而控制机床各部件协调动作, 自动地加工出零件来。

2. 数控机床的产生和发展

数控机床主要是为了实现复杂零件的自动化加工而产生的。数控机床的发展, 依赖于电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展。自 1952 年美国麻省理工学院成功研制第一台数控机床以来, 数控机床先后经历了第一代电子管 NC、第二代晶体管 NC、第三代小规模集成电路 NC、第四代小型计算机 CNC 和第五代微型机 MNC 数控系统等五个发展阶段。前三代系统是 20 世纪 70 年代以前的早期数控系统, 它们都是采用专用电子电路实现的硬接线数控系统, 因此称为硬件式数控系统, 也称为普通数控系统或 NC 数控系统。第四代和第五代系统是 20 世纪 70 年代中期开始发展起来的软件式数控系统, 称为现代数控系统, 也称为计算机数控或 CNC 系统。软件式数控是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统, 它具有很强的程序存储能力和控制功能,

这些控制功能是由一系列控制程序(驻留系统内)来实现的。软件或数控系统通用性很强,几乎只需要改变软件,就可以适应不同类型机床的控制要求,具有很大的柔性。目前微型机数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

我国早在1958年就开始研制数控机床,但没有取得实质性的成果。20世纪70年代初期,我国曾掀起研制数控机床的热潮,但当时的控制系统主要是采用分立电子元器件,性能不稳定,可靠性差,不能在生产中稳定可靠地使用。1980年开始,北京机床研究所从日本引进FANUC5、7、3、6数控系统,上海机床研究所引进了美国GE公司的MTC-1数控系统,辽宁精密仪器厂引进了美国Bendix公司的Dynaph LTD10数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上,北京机床研究所又开发出BS03经济型数控系统和BS04全功能数控系统,航天部706所研制出MNC864数控系统。目前我国已能批量生产和供应各类数控系统,并掌握了3~5轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术,基本上能满足全国各机床厂的生产需要。

如今,数控机床已经在机械加工中占据非常重要的地位。随着新材料和新工艺的出现,数控机床的要求越来越高,数控机床的发展趋势是高速化、高精度、工序集约化、机床的智能化和微型化等。下面就柔性制造系统和计算机集成制造系统CIMS做简要介绍。

(1) 柔性制造系统。柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System)是由数控加工设备、物料运储装置和计算机控制系统等组成的自动化制造系统,它包括多个柔性制造单元,能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整,适用于多品种、中小批量生产。目前常见的柔性制造系统组成通常包括4台或更多台全自动数控机床(加工中心与车削中心等),由集中的控制系统及物料搬运系统连接起来,可在不停机的情况下实现多品种、中小批量的加工及管理。

从硬件的形式看,柔性制造系统由三部分组成:两台以上数控机床或加工中心以及其他的加工设备,包括测量机、清洗机、动平衡机、各种特种加工设备等;一套能自动装卸的运储系统,包括刀具的运储和工件原材料的运储。具体结构可采用传送带、有轨小车、无轨小车、搬运机器人、上下料托盘、交换工作站等;一套计算机控制系统。

从软件内容看,柔性制造系统主要包括三部分:FMS的运行控制;FMS的质量保证;FMS的数据管理和通信网络。

FMS的功能:能自动进行零件的批量生产;简单地改变软件,便能制造出某一零件族的任何零件;物料的运输和储存必须是自动的(包括刀具、工装和工件);解决多机条件下零件的混合比且无须增加费用。

图0-1是一个典型的柔性制造系统的示意图。在装卸站将毛坯安装在早已固定在托盘上的夹具中,然后物料传送系统把毛坯连同夹具和托盘输送到进行第一道加工工序的加工中心旁边排队等候,一旦加工中心空闲,零件就立即送上加工中心进行加工。每道工序加工完毕以后,物料传送系统还要将该加工中心完成的半成品取出并送至执行下一工序的加工中心旁边排队等候,如此不停地进行至最后一道加工工序。在完成零件的整个加工过程中,除进行加工工序外,若有必要,还要进行清洗、检验以及压套组装工序。

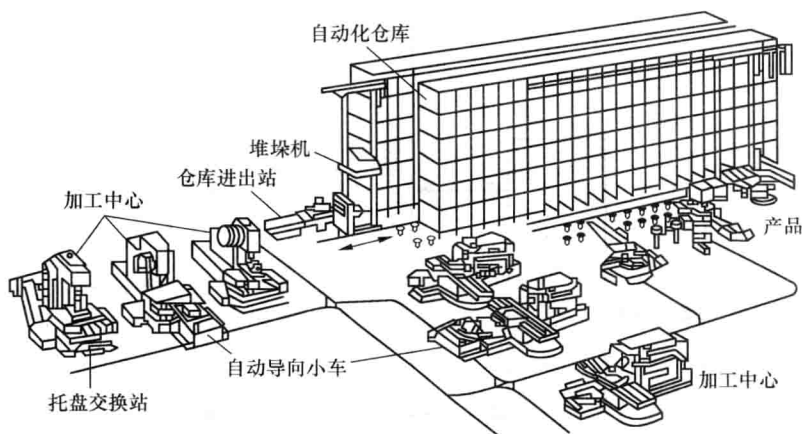


图 0-1 典型的柔性制造系统

(2) 计算机集成制造系统 CIMS。CIMS 是在计算机技术、信息处理技术、自动控制技术、现代管理技术、柔性制造技术基础上，将企业的全部生产、经营活动所需的各种分散的自动化系统，经过新的生产管理模式，把企业生产全部生产过程中有关的人、技术、经营管理三要素及其信息流与物料流有机地集成起来，以获得适用于多品种、中小批量生产的高效益、高柔性、高质量的制造系统。

CIMS 是以计算机为工具，以集成为主要特征的自动化系统。通常认为，CIMS 由管理信息系统（MIS）、工程设计自动化系统（CAD/CAM）、制造自动化系统（柔性自动化系统，FMS）、质量保证系统（CAQ）以及计算机网络（NET）和数据库（DB）系统 6 个部分有机集成起来的，其中，MIS、CAD/CAM、FMS 和 CAQ 称为功能分系统，NET 和 DB 称为支撑分系统。图 0-2 所示为 CIMS 组成框图。CIMS 代表着当今先进制造技术的发展趋势，它以实现企业信息集成为主要标志，以增强企业生产、经营能力为目标，最终达到提高企业参与市场竞争的综合实力。

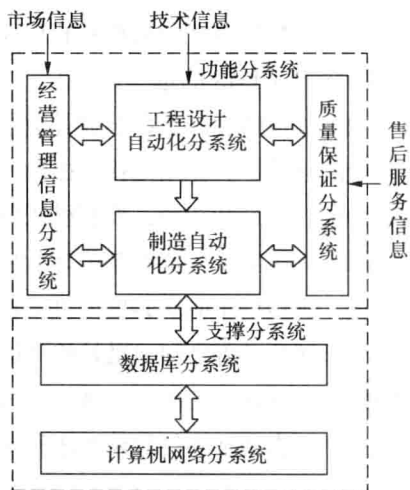


图 0-2 CIMS 组成框图

(二) 数控机床的组成及加工原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由以下几部分组成，如图 0-3 所示。

(1) 控制介质与程序输入输出设备。控制介质是记录零件加工程序的载体，是人与机床建立联系的介质。程序输入输出设备是数控装置与外部设备进行信息交换的装置，作用是将记录在控制介质上的零件加工程序传递并存入数控系统内，或将调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相适应的介质上。目前采用较多的输入方法有软盘通信接口和 MDI 方式。MDI 即手动输入方式，它是利用数控机床控制面板上的键盘，将编写好的程序直接输入到数控系统中，并可通过显示器显

示有关内容。

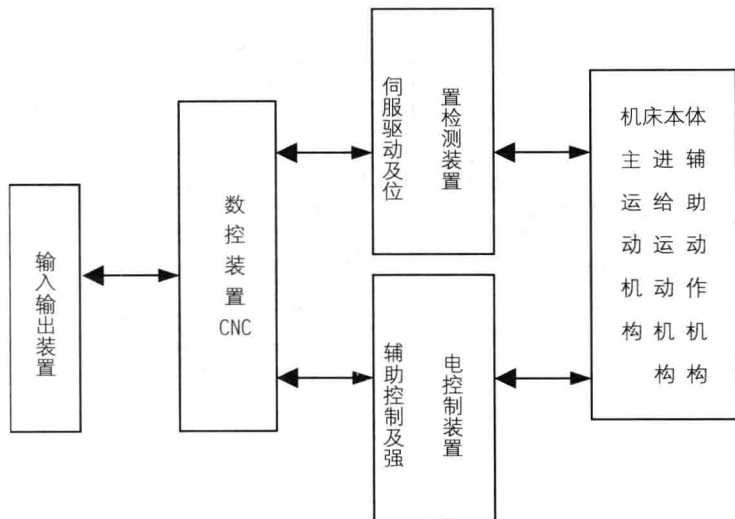


图0-3 数控机床的组成

现代的数控系统一般都具有用通信方式进行信息交换的能力。通信方式是实现 CAD/CAM 的集成、FMS 和 CIMS 的基本技术。

（2）数控装置。数控装置是数控机床的核心，包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。其作用是接受由输入设备输入的各种加工信息，经过编译、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，使其按程序要求实现规定的有序运动和动作。

（3）伺服系统。伺服系统是数控装置和机床的联系环节，包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服驱动装置由进给控制单元、进给电动机和位置检测装置组成，并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它的作用接受数控装置输出的指令脉冲信号，驱动机床的移动部件（刀架或工作台）按规定的轨迹和速度移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件。每一个指令脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量，常用的脉冲当量有 0.01 mm/脉冲、0.005 mm/脉冲、0.001 mm/脉冲等。

主轴伺服驱动装置由主轴驱动单元（主要是速度控制）和主轴电机组成。

目前，常用的伺服驱动电机有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等，后两种都带有感应同步器、光电编码器等位置测量元件。伺服机构的性能决定了数控机床的精度和快速性。伺服系统是数控机床的最后控制环节，它的性能直接影响数控机床的加工精度、表面质量和生产效率。

（4）辅助控制装置。辅助控制装置的主要作用是接受数控装置输出的开关量指令信号，经过编译、逻辑判别和运动，再经功率放大后驱动相应的电器，带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启动停止指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启动停止，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于使用、可编程和修改程序并可直接启动机床开关等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

（5）机床本体。机床本体是数控系统的控制对象，是实现零件加工的执行部件，主要由主运动部件（主轴、主运动传动机构）、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（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）和辅助装置（如排屑装置等）组成。

与传统的普通机床相比，数控机床机械部件具有以下几个优点。

- ① 采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置，机械传动装置得到简化，传动链较短。
- ② 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚性、阻尼精度、耐磨性以及抗热变性。
- ③ 较多地采用高效传动件，如滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨等。

2. 数控机床的加工原理

（1）数控机床的加工过程。数控机床的加工过程如图 0-4 所示。

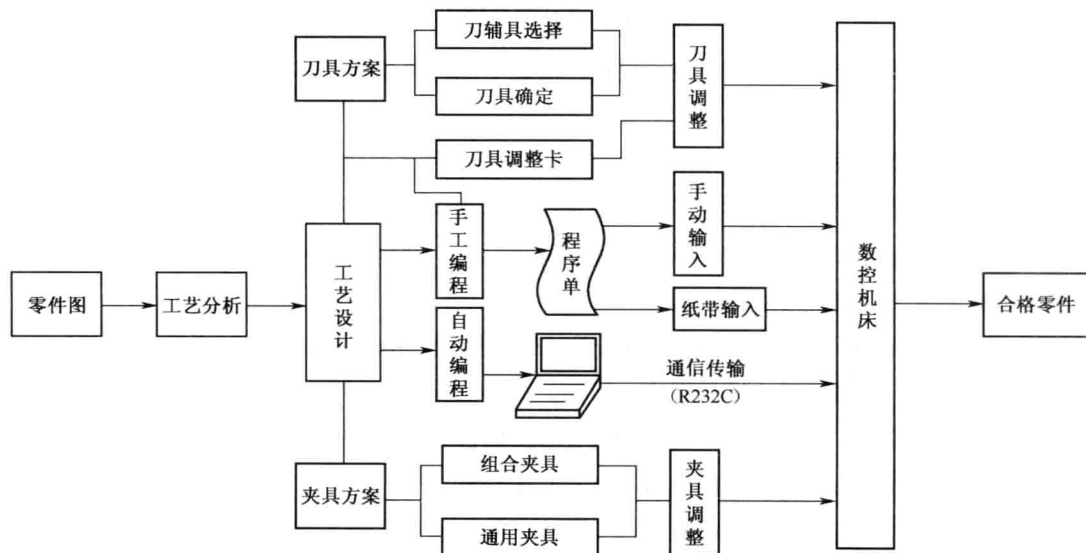


图0-4 数控加工过程

① 根据加工零件的图纸，确定加工工艺，根据加工工艺信息，用机床数控系统规定的代码和格式编写数控加工程序（对加工工艺过程的描述）。

② 将加工程序存储在控制介质（穿孔带、磁带、磁盘等）上，通过信息载体将全部加工信息传给数控系统。若数控加工机床与计算机联网时，可直接将信息载入数控系统。

③ 数控装置将加工程序语句译码、运算，转换成驱动各运动部件的动作指令，在系统的统一协调下，驱动各运动部件实时运动，自动完成对工件的加工。

总的说来，数控机床就是将加工零件有关的信息，用规定的文字、数字和符号组成的代码，按一定的格式编写成加工程序单，将加工程序通过控制介质输入到数控装置中，由数控装置经过分

析处理后,发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。

(2) 数控转换与译码过程。CNC 系统的数据转换过程如图 0-5 所示。

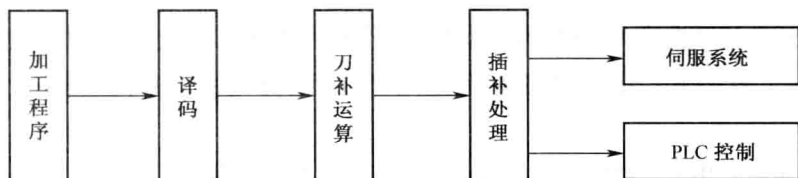


图0-5 CNC系统的数据转换过程

① 译码：译码程序的主要功能是将用文本格式编写的零件加工程序，以程序段为单位转换成机器运算所要求的数据结构，该数据结构用来描述一个程序段解释后的数据信息。它主要包括：X、Y、Z等坐标值、进给速度、主轴转速、G代码、M代码、刀具号、子程序处理和循环调用处理等数据或标志的存放顺序和格式。

② 刀补运算：零件的加工程序一般是按零件轮廓和工艺要求的进给路线编制的，而数控机床在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹。不同的刀具，其几何参数也不相同，因此，在加工前必须将编程轨迹转换成刀具中心的轨迹，这样才能加工出符合要求的零件。刀补运算就是完成这种转换的处理程序。

③ 插补计算：数控程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹，而刀具怎么从起点沿运动轨迹走向终点，则由数控系统的插补计算装置或插补计算程序来控制。插补计算的任务就是要根据进给的要求，在轮廓起点和终点之间计算出中间点的坐标值，把这种实时计算出的各个进给轴的位移指令输入伺服系统，实现成形运动。

④ PLC 控制：CNC 系统对机床的控制分为“轨迹控制”和“逻辑控制”。前者是对各坐标轴的位置和速度的控制，后者是对主轴的起停、换向，刀具的更换，工件的夹紧与松开，冷却、润滑系统的运行等进行的控制。这种逻辑控制通常以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、继电器、按钮等开关信号为条件，由可编程序控制器（PLC）来实现。

由此可见，数控加工原理就是将数控加工程序以数据的形式输入数控系统，通过译码、刀补计算、插补计算来控制各坐标轴的运动，通过 PLC 的协调控制，实现零件的自动加工。

（三）数控机床的分类

1. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类数控机床。包括数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床、加工中心等。加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床，它将铣、镗、钻、攻螺纹等功能集中于一台设备上，具有多种工艺手段，在加工过程中由程序自动选用和更换刀具，大大提高了生产效率和加工精度。

(2) 金属成型类数控机床。此类数控机床有数控板料折弯机、数控弯管机、数控冲床等。

(3) 特种加工类数控机床。此类数控机床包括数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机。

(4) 其他类数控机床。如数控火焰切割机、数控三坐标测量仪等。

2. 按控制运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床。点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位，机床数控系统只控制行程终点的坐标，在移动过程中不进行切削加工，因此对运动轨迹和运动速度没有要求，可以几个坐标同时向目标点运动，也可以各个坐标单独依次运动。点位控制数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床等。

(2) 直线控制数控机床。直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度，沿着平行于某一坐标轴方向或与坐标轴成 45° 的斜线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变化。

直线控制的简易数控车床只有两个坐标轴，可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床有三个坐标轴，可用于平面的铣削加工。现代组合机床采用数控进给伺服系统，驱动动力头带有多轴箱的轴向进给进行钻镗加工，它也可算是一种直线控制数控机床。

(3) 轮廓控制数控机床。轮廓控制数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动，即多坐标联动的能力，使刀具相对于工件按程序指定的轨迹和速度运动，在运动过程中进行连续切削加工。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标，而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移，可以加工任意斜率的直线、圆弧、抛物线或其他函数关系的曲线。

常用的数控车床、数控铣床、数控加工中心就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂，在加工过程中需要不断进行插补运算，然后进行相应的速度与位移控制。

除少数专用控制系统外，现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能。

3. 按伺服系统的控制方式分类

(1) 开环伺服系统。开环伺服系统一般由环形分配器、步进电动机功率放大器、步进电动机、齿轮箱和丝杠螺母传动副等组成，如图 0-6 所示。

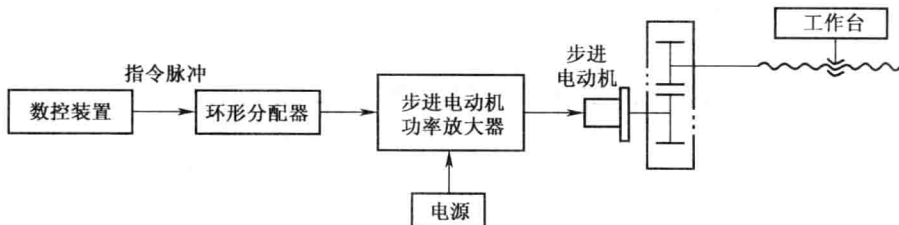


图0-6 开环控制伺服驱动示意图

工作原理：每当数控装置发出一个指令脉冲信号，步进电动机的转子就旋转一个固定角度，机床工作台移动一定的距离。

特点：开环伺服系统没有工作台位移检测装置，对机械传动精度误差没有补偿和校正，工作台的位移精度完全取决于步进电动机的步距角精度、齿轮箱中齿轮副和丝杠螺母副的精度与传动间隙等，所以这种系统很难保证较高的位置控制精度。同时，由于受步进电动机性能的影响，其速度也