

数控编程 从入门到精通

刘蔡保 编著

视频精讲+工艺分析

车床·铣床·加工中心

3合1

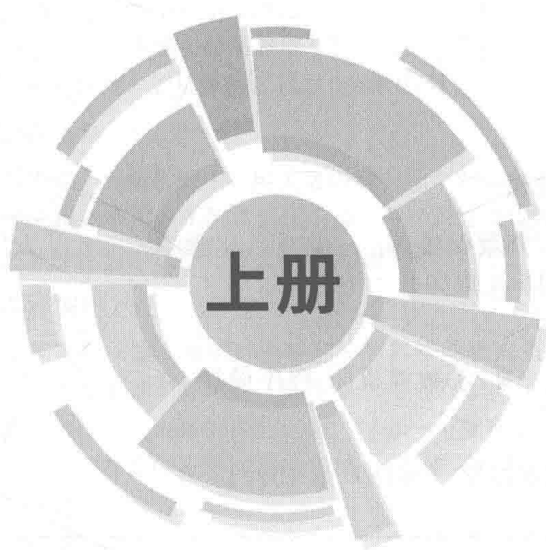
- 宏程序编程
- 手工编程
- 自动编程



化学工业出版社

数控编程 从入门到精通

| 刘蔡保 编著 |



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以实际生产为目标,从学习者的角度出发,从数控机床的结构讲起,以分析为主导,以思路为铺垫,用大量通俗易懂的表格和语言,以“入门概述+理论知识+精讲表格+加工实例+经验总结”的模式,逐步深入地讲解了数控机床的概念、操作、维修、工艺、编程的方法以及各类典型零件的加工工艺与编程。

本书适合于从事数控加工的技术人员、编程人员、工程师和管理人员使用,也可供高等院校、职业技术学院相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程从入门到精通/刘蔡保编著. —北京:化学工业出版社, 2018.9 (2019.3 重印)

ISBN 978-7-122-32577-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 152116 号

责任编辑:王 烨 张兴辉
责任校对:宋 夏

加工编辑:陈 喆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 40 $\frac{3}{4}$ 彩插 1 字数 1142 千字 2019 年 3 月北京第 1 版第 2 次印刷

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:99.00 元

版权所有 违者必究

[扫码课堂]: 赠送视频精讲

第一部分：FANUC数控车床编程教学视频

1. G02和G03圆弧



G02和G03圆弧
(39分钟)

2. G73复合形状粗车循环



2.1 G73入门及格式
(41分钟)



2.2 实例1
(2分钟)



2.3 实例1讲解
(2分钟)



2.4 圆弧切入1
(21分钟)



2.5 圆弧切入2
(6分钟)



2.6 头部倒角
(35分钟)



2.7 头部圆弧
(48分钟)



2.8 工件尾部倒角
(14分钟)



2.9 综合实例
(19分钟)

3. G32螺纹切削、G92简单螺纹循环



3.1 G32和G92指令
(54分钟)



3.2 螺纹加工实例
(45分钟)



3.3 螺纹加工的倒角
切入 (7分钟)

4. G71外径粗车循环



4.1 G71指令及入门
实例 (39分钟)



4.2 加工实例
(3分钟)



4.3 凹陷外形的加工
实例 (45分钟)

5. G72端面粗车循环			6. G76复合螺纹循环	
				
5.1 G72指令及入门实例（43分钟）	5.2 加工实例一（10分钟）	5.3 加工实例二（24分钟）	G76指令及实例（30分钟）	
7. G75切槽循环				
				
7.1 G75指令及入门实例（41分钟）	7.2 加工实例一（25分钟）	7.3 加工实例二等距槽（15分钟）	7.4 加工实例三（1分钟）	7.5 加工实例三详解（3分钟）
8. G74镗孔循环		9. 锥度螺纹		
				
G74指令及加工实例（47分钟）		锥度螺纹入门及加工实例（16分钟）		
10. 多头螺纹		11. 椭圆		
				
多头螺纹入门及加工实例（47分钟）		11.1 椭圆编程入门（39分钟）	11.2 椭圆编程加工实例（23分钟）	
12. 总复习				
				
（47分钟）				

第二部分：第13章数控自动编程-UG NX11.0
 教学视频及源文件

			
13.2 面铣（5分钟）	13.3 平面铣（4分钟）	13.4 型腔铣（7分钟）	13.5 固定轴曲面轮廓铣（4分钟）
			
13.6 等高轮廓铣（3分钟）	13.7 数控加工实例 固定镶件的加工（13分钟）	13.8 模具加工实例 后视镜的加工（20分钟）	第13章 源文件下载

如遇问题或要出版新作可与编辑联系290579926@qq.com

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

写在前面——初学者如何从入门到精通

天下事有难易乎？为之，则难者亦易矣；不为，则易者亦难矣。人之为学有难易乎？学之，则难者亦易矣；不学，则易者亦难矣。因此，本书以实际生产为目标，从学习者的角度出发，从数控机床的结构讲起，以分析为主导，以思路为铺垫，用大量通俗易懂的表格和语言，使学习者能够达到自己会分析、会操作、会处理的效果，以期对后面的数控编程能够学会贯通、灵活运用。

本书以“入门概述+理论知识+精讲表格+加工实例+经验总结”的方式逐步深入地引领读者学习数控机床的概念和编程的方法，结构紧凑、特点鲜明，编写力求理论表述简洁易懂、步骤清晰明了、便于掌握应用。

本书具有以下几方面的特色。

◆ 开创性的课程讲解

本课程不以传统的数控机床结构为依托，一切的实例操作、要点讲解都以加工为目的，不再做知识点的简单铺陈，重点阐述实际加工中所能遇见的重点、难点。在刀具、加工方法、后处理的配合上独具特色，直接面向加工。

◆ 环环相扣的学习过程

针对数控机床和编程的特点，本书提出了“1+ 1+ 1+ 1+ 1”的学习方式，即“入门概述+理论知识+精讲表格+加工实例+经验总结”的过程，引领读者逐步深入地学习数控机床和编程的方法及要领，图文并茂，变枯燥的过程为有趣的探索。

◆ 简明扼要的知识提炼

在数控编程章节中，以编程为主，用大量的案例操作对编程涉及的知识点进行提炼，简明直观地讲解了数控车削和数控铣削的重要知识点，有针对性地描述了编程的工作性能和加工特点，并结合实例对数控编程的流程、方法做了详细的阐述。

◆ 循序渐进的内容编排

数控编程的学习不是一蹴而就的，也不能按照其软件结构生拆开来讲解。编者结合多年的教学和实践，推荐本书的学习顺序是：按照本书编写的顺序，由浅入深、逐层进化地学习。编者从平面铣、曲面铣的加工到后处理的应用，对每一个重要的加工方法讲解其原理、处理方法、注意事项，并有专门的实例分析和经验总结。相信只要按照书中的编写顺序进行编程的学习，定可事半功倍地达到学习目的。

◆ 独具特色的视频精讲

针对数控编程的重头戏——数控车床编程，笔者录制了课堂授业的全套近 4G 的视频，将指令讲解与实例分析相结合、理解思路与开拓思维相交融，配合本书第 7 章 FANUC 数控车床编程的内容，相信假以时日，读者定可融会贯通，得学习之要点、领编程之精华。

其后，针对数控自动编程，在第 13 章讲解最新的 UG NX11.0 数控自动编程软件，也录制有从平面加工到曲面加工，再到数控零件以及模具零件加工的整套视频精讲。使读者通过对本章学习，达到对机编程序的入门和深入理解，可以应对实际加工的一般工件、复杂形状的曲面、型腔以及模具进行自动加工编程，为数控编程的学习做好更进一步的保障和升华。

◆ 详细深入的经验总结

在学习编程的过程中，每一个入门实例和加工实例之后都有详细的经验总结，读者需要好好掌握与领会。本书的最大特点即是在每个实例后都进行了经验总结，详细叙述了笔者对数控编程的经验、心得以及对编程的建议，使读者更好地将学习的内容巩固吸收，对实际的加工

实践过程有一个质的认识和提高。

所谓“不积跬步，无以至千里；不积小流，无以成江海；骐骥一跃，不能十步；弩马十驾，功在不舍；锲而舍之，朽木不折；锲而不舍，金石可镂。”学习者需要放正心态，一步一步地踏实学习，巩固成果，才能使新的知识为我所用，也希冀读者采得百花成蜜后，品得辛苦之中甜。

最后本书编写之中得到内子徐小红女士的极大支持和帮助，在此表示感谢。另，鄙人水平之所限，书中若有舛误之处，实乃抱歉，还请批评指正。

刘蔡保
二零一八年九月

目录

CONTENTS

上册 入门篇

第 1 章 数控机床概述 / 2



1.1 数控机床的概念.....	2	1.3.3 常用的数控机床	11
1.1.1 数控机床和数控技术	2	1.4 数控机床的发展和未来趋势	13
1.1.2 数控技术的构成	3	1.4.1 数控机床发展	13
1.1.3 数控技术的应用领域	3	1.4.2 我国数控机床的发展	14
1.2 数控机床的组成及工作原理	5	1.4.3 数控机床未来发展的趋势	15
1.2.1 数控机床的组成	5	1.5 数控机床的安全生产和人员安排	17
1.2.2 数控机床工作过程	7	1.5.1 数控机床安全生产的要求	17
1.3 数控机床的特点及分类	7	1.5.2 数控机床生产的岗位责任制	17
1.3.1 数控机床的特点	7	1.5.3 数控加工中人员分工	18
1.3.2 数控机床的分类	8	1.5.4 数控加工对不同人员的要求	19

第 2 章 数控系统 / 20



2.1 数控系统的概念	20	2.2.4 多微处理器的 CNC 装置各模块之间的结构	25
2.1.1 数控系统的总体结构	20	2.3 数控系统的软件	25
2.1.2 数控系统的功能	21	2.3.1 数控系统软件的基本任务	25
2.2 数控系统的硬件	22	2.3.2 数控系统控制软件的结构	27
2.2.1 单微处理器和多微处理器结构的数控装置	22	2.4 数控系统的插补原理	28
2.2.2 单微处理器结构系统	23	2.4.1 插补的基本概念	28
2.2.3 多微处理器结构系统	24	2.4.2 插补运算的方法	29

第 3 章 数控伺服系统 / 31



3.1 伺服系统的概念	31	3.3.5 旋转变压器	53
3.1.1 伺服系统的分类	31	3.4 主轴驱动	54
3.1.2 数控机床对伺服系统的基本要求	34	3.4.1 主轴驱动的概述	54
3.1.3 伺服电动机的选用原则	35	3.4.2 主轴驱动的功能要求	55
3.2 进给伺服系统的驱动元件	36	3.5 位置控制	56
3.2.1 步进电动机及其驱动	36	3.5.1 数字脉冲比较伺服系统	56
3.2.2 直流伺服电动机及速度控制单元	42	3.5.2 相位比较伺服系统	58
3.2.3 交流伺服电动机及速度控制单元	45	3.5.3 幅值比较伺服系统	59
3.3 进给伺服系统的检测元件	47	3.6 直线电动机进给系统	59
3.3.1 概述	47	3.6.1 直线电动机概述	59
3.3.2 脉冲编码器	47	3.6.2 直线电动机与机床进给系统的优缺点比较	61
3.3.3 光栅	48	3.6.3 直线电动机的优点	61
3.3.4 感应同步器	51	3.6.4 直线电动机在数控机床中的应用	62

第 4 章 数控机床机械结构 / 63



4.1 数控机床结构的组成、特点及要求	63	4.3 数控机床的主传动及主轴部件	74
4.1.1 数控机床机械结构的组成	63	4.3.1 数控机床的主传动	74
4.1.2 数控机床的结构特点和要求	65	4.3.2 数控机床的主传动装置	75
4.2 数控机床的进给运动及传动机构	66	4.3.3 主轴部件结构	77
4.2.1 数控机床对进给系统机械部分的要求	67	4.3.4 数控机床主传动系统及主轴部件结构实例	81
4.2.2 进给传动系统的典型结构	67	4.4 自动换刀机构	84
4.2.3 导轨	67	4.4.1 自动换刀装置的类型	84
4.2.4 滚珠丝杠螺母副	71	4.4.2 刀库	88
4.2.5 齿轮传动装置及齿轮间隙的消除	73	4.4.3 刀具交换装置	91

第 5 章 FANUC数控机床系统的编程与操作 / 93



5.1 FANUC 0i 系列标准数控车床系统的操作	93	5.2.2 零件编程加工的操作步骤	108
5.1.1 操作界面简介	93	5.3 FANUC 0i 系列标准数控加工中心系统的操作	115
5.1.2 FANUC 0i 标准系统的操作	96	5.3.1 操作界面简介	115
5.1.3 零件编程加工的操作步骤	99	5.3.2 零件编程加工的操作步骤	119
5.2 FANUC 0i Mate-TC 数控车床系统的操作	106		
5.2.1 操作界面简介	106		

第 6 章 数控车削加工工艺分析 / 124



6.1 数控车削(车削中心)加工工艺	124	6.3.7 数控车床刀具材料	139
6.1.1 数控车床的主要加工对象	124	6.3.8 数控车刀的类型及选择	142
6.1.2 数控车削加工零件工艺性分析	124	6.4 数控刀具的切削用量选择	143
6.1.3 数控车削加工工艺方案的拟定	127	6.4.1 切削用量的选择原则	143
6.1.4 数控车削加工工序划分原则和方法	129	6.4.2 切削用量各要素的选择方法	144
6.2 数控车床常用的工装夹具	130	6.4.3 基本切削用相关表	145
6.2.1 数控车床加工夹具要求	130	6.5 切削液	147
6.2.2 常用数控车床工装夹具	131	6.5.1 切削液的分类	147
6.3 数控车床刀具	133	6.5.2 切削液的作用与性能	148
6.3.1 数控车床切削对刀具的要求	133	6.5.3 切削液的选取	149
6.3.2 数控车床刀具的类型	134	6.5.4 切削液在使用中出现的问题及其对策	150
6.3.3 数控车床常用的刀具结构形式	136	6.6 数控车削工艺文件的编制	151
6.3.4 焊接式车刀	136	6.6.1 工艺文件的编制原则和编制要求	151
6.3.5 机夹可转位车刀	137	6.6.2 工艺文件填写(工艺卡片)	152
6.3.6 机夹可转位车刀的选用	138		

第 7 章 FANUC数控车床编程 / 155



7.1 数控机床编程的必备知识点	155	7.3.1 指令功能	160
7.1.1 数控编程步骤	155	7.3.2 指令格式	160
7.1.2 数控车床的坐标系和点	155	7.4 直线 G01	160
7.1.3 进给速度	157	7.4.1 指令功能	160
7.1.4 常用的辅助功能	157	7.4.2 指令格式	160
7.1.5 编程指令全表	158	7.4.3 编程实例	160
7.1.6 相关的数学计算	159	7.4.4 完整程序的编制	161
7.2 坐标点的寻找	159	7.4.5 倒角的切入	162
7.3 快速定位 G00	160	7.4.6 倒角的练习	162

7.4.7	倒角编程实例	163	7.10.6	内轮廓编程实例	185
7.4.8	练习题	163	7.10.7	练习题	185
7.5	圆弧 G02/G03	164	7.11	G76 螺纹切削循环	186
7.5.1	指令功能	164	7.11.1	程序功能	186
7.5.2	指令格式	164	7.11.2	程序格式	187
7.5.3	圆弧顺逆的判断	164	7.11.3	编程实例	187
7.5.4	编程实例	165	7.11.4	练习题	188
7.5.5	前端为球形的圆弧编程	165	7.12	切槽循环 G75	189
7.5.6	编程实例	166	7.12.1	指令功能	189
7.5.7	练习题	167	7.12.2	指令格式	189
7.6	复合形状粗车循环 G73	167	7.12.3	编程实例一	189
7.6.1	指令功能	167	7.12.4	编程实例二	190
7.6.2	指令格式	168	7.12.5	练习题	191
7.6.3	编程实例	168	7.13	镗孔循环 G74	192
7.6.4	中间带有凹陷部分的工件	169	7.13.1	程序功能	192
7.6.5	头部有倒角的工件	169	7.13.2	程序格式	192
7.6.6	头部有倒角的工件的编程实例	170	7.13.3	编程实例	193
7.6.7	头部为球形的工件	171	7.13.4	练习题	194
7.6.8	头部为球形的工件编程实例	171	7.14	锥度螺纹	194
7.6.9	练习题	172	7.14.1	锥度螺纹概述	194
7.7	螺纹切削 G32	173	7.14.2	编程实例	195
7.7.1	螺纹的牙深的计算和吃刀量的给定	173	7.14.3	练习题	196
7.7.2	螺纹切削 G32	174	7.15	多头螺纹	197
7.7.3	格式	174	7.15.1	多头螺纹概述	197
7.7.4	编程实例	174	7.15.2	格式	197
7.7.5	练习题	176	7.15.3	编程实例	198
7.8	简单螺纹循环 G92	176	7.15.4	练习题	199
7.8.1	指令功能	176	7.16	椭圆	199
7.8.2	指令格式	176	7.16.1	椭圆概述	199
7.8.3	编程实例	177	7.16.2	公式转换	199
7.8.4	练习题	178	7.16.3	椭圆程序格式	200
7.9	G71 外径粗车循环	179	7.16.4	编程实例	200
7.9.1	指令功能	179	7.16.5	练习题	201
7.9.2	指令格式	179	7.17	简单外径循环 G90	202
7.9.3	编程实例	180	7.17.1	指令格式	202
7.9.4	练习题	180	7.17.2	练习题	202
7.10	G72 端面粗车循环	181	7.18	简单端面循环 G94	203
7.10.1	指令功能	181	7.18.1	指令格式	203
7.10.2	指令格式	181	7.18.2	练习题	203
7.10.3	编程实例	182	7.19	绝对编程和相对编程	204
7.10.4	内轮廓加工循环 (内孔加工、内圆 加工)	183	7.19.1	概述	204
7.10.5	车削内孔时刀的选用和切削用量的选择	184	7.19.2	练习题	204
			7.20	综合练习	204

第 8 章 数控铣床 (加工中心) 加工工艺 / 207



8.1	加工工艺分析	207	8.2.2	常用夹具种类	214
8.1.1	数控铣床加工工艺分析	207	8.2.3	常用夹具	215
8.1.2	数控铣床加工工艺路线的拟订	210	8.2.4	数控铣削夹具的选用原则	217
8.2	数控铣削常用的工装夹具	214	8.3	铣削用刀具的类型和选用	217
8.2.1	数控铣削对夹具的基本要求	214	8.3.1	数控铣削刀具的基本要求	217

8.3.2 常用铣刀的种类	218	8.3.4 切削用量选择	222
8.3.3 铣削刀具的选择	221	8.3.5 工艺文件编制	223

第 9 章 FANUC 数控铣床（加工中心）编程 / 226



9.1 程序的结构与格式	226	9.10.4 练习题	251
9.1.1 程序的结构	226	9.11 增量（相对）坐标系	252
9.1.2 程序字	226	9.11.1 增量（相对）坐标功能	252
9.1.3 指令类型（代码类型）	228	9.11.2 地址方式：U、V、W	252
9.2 数控机床的三大机能（F、S、M）	228	9.11.3 指令方式：G90 和 G91	253
9.2.1 进给机能（F）	228	9.11.4 增量（相对）坐标编程实例	253
9.2.2 主轴机能（S）	229	9.11.5 练习题	254
9.2.3 辅助机能（M）	230	9.12 主程序、子程序	255
9.3 数控铣床（加工中心）的坐标系	230	9.12.1 主程序、子程序概述	255
9.3.1 坐标系的确定原则	230	9.12.2 子程序的调用格式	255
9.3.2 坐标轴的确定方法	231	9.12.3 编程实例	256
9.3.3 数控铣床的坐标系	231	9.12.4 练习题	257
9.4 工件坐标系和工作平面的设定	232	9.13 极坐标编程（G15、G16）	258
9.4.1 工件坐标系的设定（零点偏置）	232	9.13.1 极坐标编程功能	258
9.4.2 工作平面的设定	234	9.13.2 指令格式	258
9.5 辅助功能 M 代码和准备功能 G 代码	234	9.13.3 极坐标编程实例	259
9.5.1 辅助功能 M 代码	234	9.13.4 练习题	261
9.5.2 准备功能 G 代码	235	9.14 镜像加工指令（G24、G25）	261
9.6 快速定位 G00	236	9.14.1 指令功能	261
9.6.1 指令功能	236	9.14.2 镜像加工指令格式	261
9.6.2 指令格式	236	9.14.3 编程实例	262
9.6.3 轨迹	236	9.14.4 练习题	263
9.6.4 例题	236	9.15 图形旋转指令（G68、G69）	264
9.7 直线 G01	237	9.15.1 指令功能	264
9.7.1 指令功能	237	9.15.2 旋转指令格式	264
9.7.2 指令格式	237	9.15.3 编程实例	265
9.7.3 轨迹	237	9.15.4 练习题	267
9.7.4 编程实例	237	9.16 比例缩放指令（G50、G51）	267
9.7.5 练习题	238	9.16.1 指令功能	267
9.8 圆弧 G02、G03	239	9.16.2 比例缩放指令格式	267
9.8.1 指令功能	239	9.16.3 编程实例	268
9.8.2 指令格式	239	9.16.4 练习题	269
9.8.3 编程实例	240	9.17 孔加工固定循环简述	270
9.8.4 整圆及编程实例	241	9.17.1 孔加工固定循环概述	270
9.8.5 大角度圆弧及编程	242	9.17.2 G81 钻孔循环 1	272
9.8.6 练习题	243	9.17.3 G82 钻孔循环 2（钻、镗阶梯孔）	272
9.9 刀具补偿	244	9.17.4 G73 高速深孔加工循环	273
9.9.1 刀具补偿概述	244	9.17.5 G83 深孔加工循环	274
9.9.2 刀具长度补偿（G43、G44、G49）	244	9.17.6 G84 攻螺纹循环	275
9.9.3 刀具长度补偿编程实例	245	9.17.7 G74 反攻螺纹循环	276
9.9.4 刀具半径补偿（G40、G41、G42）	245	9.17.8 G85 镗孔循环 1	277
9.9.5 刀具半径补偿举例	246	9.17.9 G86 镗孔循环 2	278
9.9.6 刀具半径补偿编程综合实例	248	9.17.10 G88 镗孔循环 3	279
9.9.7 练习题	250	9.17.11 G89 镗孔循环 4	280
9.10 程序暂停 G04	250	9.17.12 G76 精镗循环	281
9.10.1 指令功能	250	9.17.13 G87 反镗孔循环	282
9.10.2 指令格式	250	9.17.14 孔加工编程综合实例	283
9.10.3 编程实例	251	9.18 综合练习	284

上册 / 入门篇

忘勤的科界野趣

本週金鋼鑽開局就推

1

第1章 数控机床概述

1.1 数控机床的概念

普通机床经历了近两百年的历史。传统的机械加工是由车、铣、镗、刨、磨、钻等基本加工方法组成的，围绕着不同工序人们使用了大量的车床、铣床、镗床、刨床、磨床、钻床等。随着电子技术、计算机技术及自动化，以及精密机械与测量等技术的发展与综合应用，普通的车、铣、镗、钻床所占的比例逐年下降，发展出了机电一体化的新型机床——数控机床，包括数控车床、数控铣床立式加工中心、卧式加工中心等。

图 1-1 所示为数控车床，图 1-2 所示为数控铣床，图 1-3 所示为加工中心。数控机床一经使用就显示出了它独特的优越性和强大的生命力，使原来不能解决的许多问题有了科学解决的途径。



图 1-1 数控车床



图 1-2 数控铣床



图 1-3 加工中心

1.1.1 数控机床和数控技术

数控机床是一种通过数字信息控制机床按给定的运动轨迹进行自动加工的机电一体化的加工装备。经过半个世纪的发展，数控机床已是现代制造业的重要标志之一。在我国制造业中，

数控机床的应用也越来越广泛，是一个企业综合实力的体现。而数控技术是控制数控机床的方法，两者之间既有联系又有区别，见表 1-1。

表 1-1 数控技术和数控机床的内容

序号	内容	详细 说明
1	数控技术	是通过数字来控制和操控某项指令的技术,简称数控,是指利用数字化的代码构成的程序对控制对象的工作过程实现自动控制的一种方法 简单来说,数控技术是操作的手段,而数控机床是操作的对象
2	数控机床	国际信息处理联合会(IFIP)第五技术委员会对数控机床定义如下:数控机床是一台装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。这个定义中所说的程序控制系统即数控系统 我们可以简单理解为:用数字化的代码把零件加工过程中的各种操作和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量记录在介质上,送入计算机或数控系统,经过译码运算、处理,控制机床的刀具与工件的相对运动,加工出所需的零件,这样的机床就统称为数控机床
		数字化的代码 即我们编制的程序,包括字母和数字构成的指令
		各种操作 指改变主轴转速、主轴正反转、换刀、切削液的开关等操作。步骤是指上述操作的加工顺序
		刀具与工件之间的相对位移量 即刀具运行的轨迹。我们通过对刀实现刀具与工件之间的相对值的设定
		介质 即程序存放的位置,如磁盘、光盘、纸带等
		译码运算、处理 指将我们编制的程序翻译成数控系统或计算机能够识别的指令,即计算机语言

1.1.2 数控技术的构成

机床数控技术是现代制造技术、设计技术、材料技术、信息技术、绘图技术、控制技术、检测技术及相关的外部支持技术的集成，其由机床附属装置、数控系统及其外围技术组成。图 1-4 所示为机床数控技术的组成。

1.1.3 数控技术的应用领域

数控技术的应用领域见表 1-2。

表 1-2 数控技术的应用领域

序号	应用领域	详细 说明
1	制造行业	制造行业是最早应用数控技术的行业,它担负着为国民经济各行业提供先进装备的重任。现代化生产中很多重要设备都是数控设备,如:高性能三轴和五轴高速立式加工中心、五坐标加工中心、大型五坐标龙门铣床等;汽车行业发动机、变速箱、曲轴柔性加工生产线上用的数控机床和高速加工中心,以及焊接设备、装配设备、喷漆机器人、板件激光焊接机和激光切割机等;航空、船舶、发电行业加工螺旋桨、发动机、发电机和水轮机叶片零件用的高速五坐标加工中心、重型车铣复合加工中心等
2	信息行业	在信息产业中,从计算机到网络、移动通信、遥测、遥控等设备,都需要采用基于超精技术、纳米技术的制造装备,如芯片制造的引线键合机、晶片键合机和光刻机等,这些装备的控制都需要采用数控技术
3	医疗设备行业	在医疗行业中,许多现代化的医疗诊断、治疗设备都采用了数控技术,如 CT 诊断仪、全身伽马刀治疗机以及基于视觉引导的微创手术机器人等
4	军事装备	现代的许多军事装备都大量采用伺服运动控制技术,如火炮的自动瞄准控制、雷达的跟踪控制和导弹的自动跟踪控制等
5	其他行业	采用多轴伺服控制(最多可达几十个运动轴)的印刷机械、纺织机械、包装机械以及木工机械等;用于石材加工的数控水刀切割机;用于玻璃加工的数控玻璃雕花机;用于床垫加工的数控绗缝机和用于服装加工的数控绣花机等

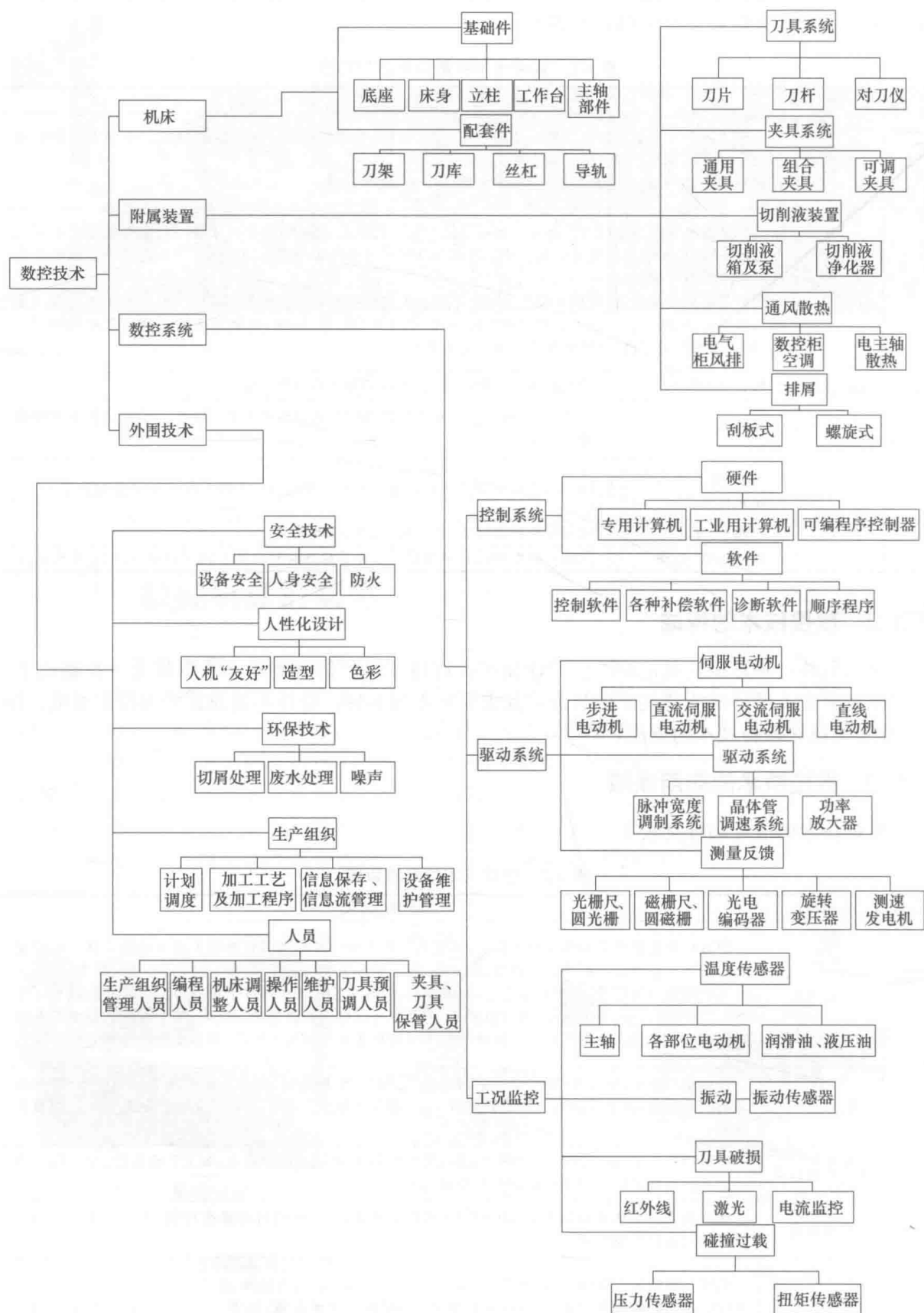


图 1-4 机床数控技术的组成

1.2 数控机床的组成及工作原理

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是用数控技术实施加工控制的机床，是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、电动机及其拖动、运动控制、检测等技术为一体的自动化设备。数控机床一般由输入/输出(I/O)装置、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床本体等组成，如图 1-5 和图 1-6 所示。表 1-3 所示为数控机床各组成部分的详细介绍。

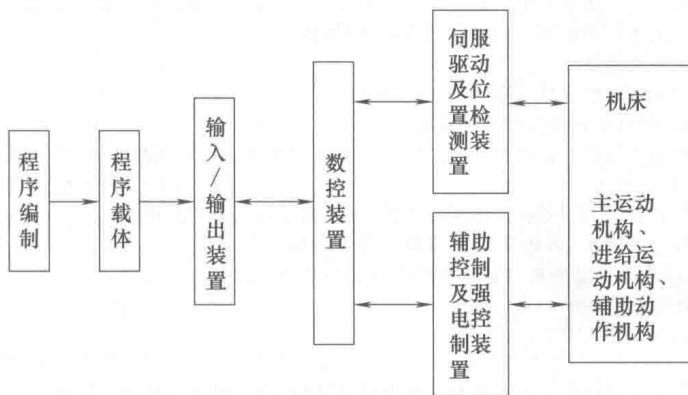


图 1-5 数控机床的组成简图

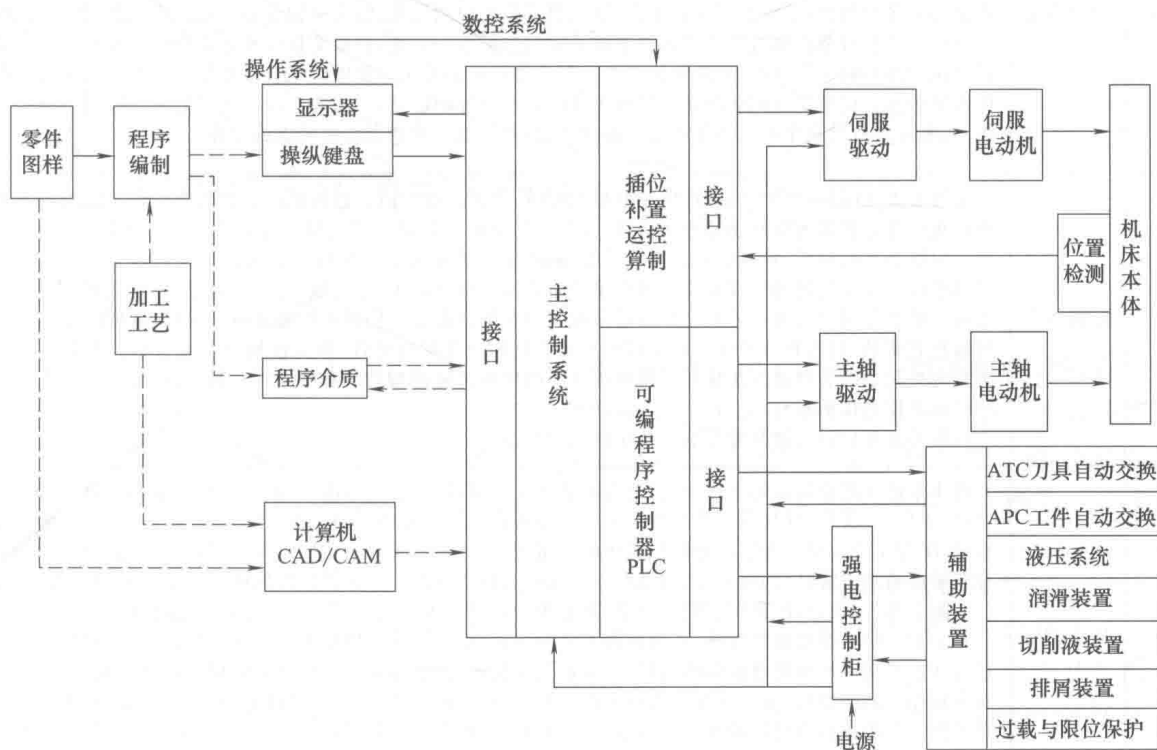


图 1-6 数控机床的组成详细框图

表 1-3 数控机床各组成部分的详细介绍

序号	内容	详细说明
1	输入/输出装置	数控机床工作时,不需要人去直接操作机床,但又要执行人的意图,这就必须在人和数控机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物即为程序载体,常称为控制介质。在普通机床上加工零件时,工人按图样和工艺要求操纵机床进行加工。在数控机床加工时,控制介质是存储数控加工所需要的全部动作和刀具相对于工件位置等信息的信息载体,它记载着零件的加工工序 数控机床中,常用的控制介质有:穿孔纸带、盒式磁带、软盘、磁盘、U 盘、网络及其他可存储代码的载体。至于采用哪一种,则取决于数控系统的类型。早期使用的是 8 单位(8 孔)穿孔纸带,并规定了标准信息代码 ISO(国际标准化组织制定)和 EIA(美国电子工业协会制定)两种代码。随着技术的不断发展,控制介质也在不断改进。不同的控制介质有相应的输入装置:穿孔纸带,要配用光电阅读机;盒式磁带,要配用录放机;软磁盘,要配用软盘驱动器和驱动卡。现代数控机床还可以通过手动方式(MDI 方式)、DNC 网络通信、RS-232C 串口通信甚至直接 U 盘复制等方式输入程序
2	数控装置	数控装置是数控机床的核心。它接收输入装置输入的数控程序中的加工信息,经过译码、运算和逻辑处理后,发出相应的指令给伺服系统,伺服系统带动机床的各个运动部件按数控程序预定要求动作。数控装置是由中央处理单元(CPU)、存储器、总线和相应的软件构成的专用计算机。整个数控机床的功能强弱主要由这一部分决定。数控装置作为数控机床的“指挥系统”,能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及实现各种控制功能。它具备的主要功能如下: ①多轴联动控制 ②直线、圆弧、抛物线等多种函数的插补 ③输入、编辑和修改数控程序功能 ④数控加工信息的转换功能,包括 ISO/EIA 代码转换、公英制转换、坐标转换、绝对值和相对值的转换、计数制转换等 ⑤刀具半径、长度补偿,传动间隙补偿,螺距误差补偿等补偿功能 ⑥具有固定循环、重复加工、镜像加工等多种加工方式 ⑦在 CRT 上显示字符、轨迹、图形和动态演示等功能 ⑧具有故障自诊断功能 ⑨通信和联网功能
3	伺服系统	伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,是接收数控装置的指令驱动机床执行机构运动的驱动部件。它包括主轴驱动单元(主要是速度控制)、进给驱动单元(主要有速度控制和位置控制)、主轴电动机和进给电动机等。一般来说,数控机床的伺服驱动系统要求有好的快速响应性能,以及能灵敏、准确地跟踪指令的功能。数控机床的伺服系统有步进电动机伺服系统、直流伺服系统和交流伺服系统等,现在常用的是后两者,都带有感应同步器、编码器等位置检测元件,而交流伺服系统正在取代直流伺服系统 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,它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移量。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动,它相当于操作人员的手,使工作台(或溜板)精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,最后加工出符合图样要求的零件
4	反馈装置	反馈装置是闭环(半闭环)数控机床的检测环节,该装置由检测元件和相应的电路组成。其作用是检测数控机床坐标轴的实际移动速度和位移,并将信息反馈到数控装置或伺服驱动装置中,构成闭环控制系统。检测装置的安装、检测信号反馈的位置,取决于数控系统的结构形式。无测量反馈装置的系统称为开环系统。由于先进的伺服系统都采用了数字式伺服驱动技术(称为数字伺服),伺服驱动装置和数控装置间一般都采用总线进行连接。反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动装置进行连接,并通过总线传送到数控装置的,只有在少数场合或采用模拟量控制的伺服驱动装置(称为模拟伺服装置)时,反馈装置才需要直接与数控装置进行连接。伺服电动机中的内装式脉冲编码器和感应同步器、光栅及磁尺等都是数控机床常用的检测器件 伺服系统及检测反馈装置是数控机床的关键环节
5	机床本体	机床本体是数控机床的主体,它包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件,如底座、立柱、工作台、滑鞍、导轨等。数控机床的主运动和进给运动都由单独的伺服电动机驱动,因此它的传动链短,结构比较简单。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工要求,数控机床的机械机构应具有较高的动态特性、动态刚度、耐磨性以及抗热变形等性能。为了保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明等一系列装置)和辅助装置(如对刀仪、编程机等) 对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床的机床本体,在其诞生之初沿用的是普通机床结构,只是在自动变速、刀架或工作台自动转位和手柄等方面作些改变。随着数控技术的发展,对机床结构的技术性能要求更高,在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已经发生很大的变化。因为数控机床除切削用量大、连续加工发热量大等会影响工件精度外,其加工是自动控制的,不能由人工来进行补偿,所以其设计要比通用机床更完善,其制造要比通用机床更精密