

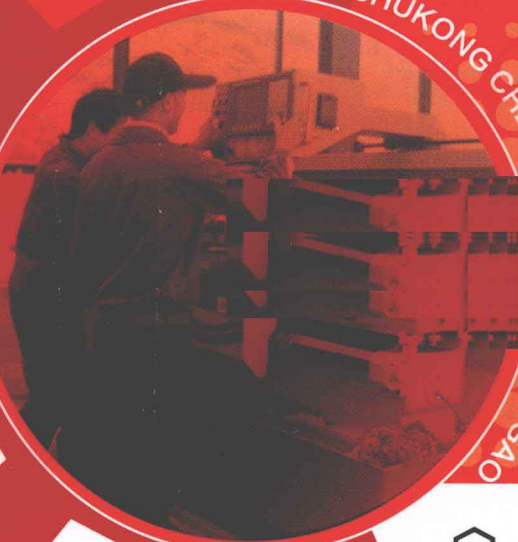


数控车工 入门与提高

SHUKONG CHEGO

李兴贵 编著

YU TIGAO

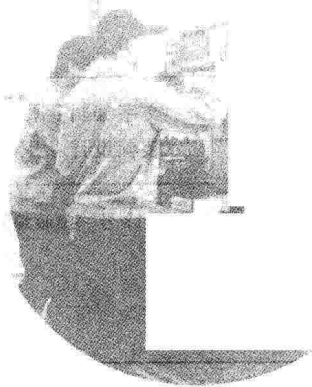


化学工业出版社



数控车工 入门与提高

李兴贵 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书分为入门篇和提高篇两部分。入门篇从最简单的零件台阶圆、锥圆、圆弧、螺旋、切断等加工编程开始,由浅入深,把掌握数控车工技术的难点即加工零件的编程不但在书的开头就介入,而且根据初学者的接受能力,把复杂的问题简单化,把技术难点容易化,方便初学者掌握技术难点。在编程方面介绍了国产广数 GSK980TD、GSK928TC,武汉华中 HNC-21T 及日本 FANUC 0i 系统常见零件的编程指令;把 A 类宏指令作了详细介绍,通过加工椭圆实例,使学生可掌握变量编程。在操作方面简单介绍了 GSK980TD、GSK928TC、HNC-21T 的常用操作方法,在工艺方面,简单介绍了零件加工工艺规程的制订、工件的定位和夹紧、工艺尺寸链的计算和刀具的选用等。提高篇以典型零件的加工为例,综合入门篇所学知识,对零件进行分析、计算和制订工艺,力求经过典型零件的加工,使阅读本书的数控车工,达到中级至高级的操作和编程水平。

学习本书的文化基础是初中水平。本书可作为数控车工,普通车工转为数控车工的自学用书及短训班教材,也可作为普通中专、职业中专和大专数控技术应用专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工入门与提高/李兴贵编著. —北京:化学工业出版社, 2011.12

ISBN 978-7-122-12176-9

I. 数… II. 李… III. 数控机床: 车床-车削 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 174785 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

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

850mm×1168mm 1/32 印张 8½ 字数 226 千字

2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

掌握数控技术，难点在编程，重点在工艺。本书力求在帮助读者尽快入门、掌握难点方面有所突破，也力求在学生掌握重点即工艺方面有所创新。编者在机械制造厂任总工程师工作到退休，几十年的主要工作就是在制订工艺，制造的零件千差万别，制造零件的条件变化多端，如何能以较高的效率、较低的成本生产出合格零件，合理的工艺是基础。后来编者又转到职业院校任教，对数控加工的教学特点有非常深刻的体会和独到的见解。本书在叙述数控车工工艺基本理论的基础上，采取列表的形式和详细介绍典型零件的工艺路线、工序内容、加工程序的方式，引领读者举一反三，循序渐进，逐步掌握制订零件加工工艺及正确使用编程指令的要领，使读者在较短的时间内，达到中级数控车工的水平。

本书根据数控车工国家职业标准（中级工至高级工）要求中的理论与操作技能和生产实际需要而编写。书中有关基本编程的论述、典型零件的编程与加工、特别是蜗杆的编程与加工都体现了编者的创新之处，有关加工工艺方面的理论和应用举例，更是编者的独到见解。书中使用了大量的表格进行说明和对比分析，方便读者掌握和运用，这也是本书的特色。为了方便读者对编程指令的学习和掌握，在书中介绍时进行了简化，并未按机床生产厂家的使用说明书面面俱到，而是根据使用方便、记忆方便、易于掌握的原则，达到高效、够用即可。

在本书编写的过程中，得到了安徽省亳州中药科技学校领导的全力支持，得到了学校各级领导和教师同行大力支持，也得到了编者的学生大力支持，在本书出版之际，向他们表示衷心的感谢！

由于编者的水平和经验所限，书中难免有欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

入门篇

第 1 章 数控车床基本结构和加工过程	2
1.1 数控车床的基本结构	2
1.1.1 数控车床的结构	3
1.1.2 数控系统的主要功能	4
1.1.3 数控车床机械部分的特点	5
1.1.4 数控车床的分类	6
1.2 数控车床加工过程	9
1.2.1 数控车床的工作原理	9
1.2.2 数控加工的工艺流程	10
第 2 章 数控车床加工工艺基础	13
2.1 数控车床加工工艺概述	13
2.1.1 影响制订零件加工工艺规程的因素	14
2.1.2 制订零件加工工艺规程的内容	14
2.1.3 制订零件加工工艺规程的步骤	14
2.1.4 制订零件加工工艺规程的作用	15
2.1.5 编制车削工序卡	15
2.2 工序的划分原则和数控车床加工工艺路线的确定	15
2.2.1 工序的划分原则	15
2.2.2 数控车床加工工艺路线的确定	16
2.3 零件定位基准的选择和六点定位原理	17
2.3.1 基准的分类	17
2.3.2 工件的六点定位原理	18

2.3.3	完全定位与不完全定位	19
2.3.4	欠定位与过定位	19
2.3.5	定位基准的选择	20
2.4	编程尺寸的确定和尺寸链的计算	20
2.4.1	确定编程坐标系, 选择编程原点	20
2.4.2	基点坐标的计算	21
2.4.3	公制普通螺纹的内外径计算	21
2.4.4	编程尺寸的直接计算——求平均值计算	21
2.4.5	编程尺寸的尺寸链计算	22
2.5	金属切削三要素的选择原则	26
2.5.1	金属切削三要素的概念	26
2.5.2	金属切削三要素的影响因素	26
2.5.3	数控切削用量推荐表	26
2.5.4	金属切削三要素的选择原则	27
2.6	机床夹具的选择与使用	29
2.6.1	车床夹具的分类	29
2.6.2	工件在夹具中的定位	31
2.6.3	工件在夹具中的夹紧	35
2.7	刀具的选用原则	35
2.7.1	刀具选择应考虑的主要因素	35
2.7.2	数控车床用刀具的特点	36
2.7.3	选用刀具的步骤	37
第3章	数控车床编程入门	39
3.1	数控车床编程基础	39
3.1.1	数控车床功能代码	39
3.1.2	指令格式	41
3.1.3	数控车床的坐标系	52
3.1.4	机床坐标系和机床零点	53
3.1.5	工件坐标系、程序原点和对刀点	53

3.1.6 零件程序的结构	54
3.1.7 子程序	58
3.2 车台阶圆	61
3.2.1 工作步骤	61
3.2.2 例题 3-1	63
3.3 车锥圆	65
3.3.1 例题 3-2	65
3.3.2 例题 3-3	66
3.4 车圆弧	68
3.4.1 例题 3-4	68
3.4.2 例题 3-5	70
3.4.3 例题 3-6	71
3.4.4 例题 3-7	73
3.4.5 例题 3-8	74
3.5 车螺纹	76
3.5.1 等螺距螺纹切削指令: G32	76
3.5.2 计算	78
3.5.3 例题 3-9	79
3.6 精车及粗车分步	81
3.6.1 例题 3-10	82
3.6.2 例题 3-11	84
3.7 切断(切槽)	87
3.7.1 例题 3-12	87
3.7.2 切断要点提示	89
3.8 组合车削	90
3.8.1 圆弧、锥圆、台阶圆组合	90
3.8.2 螺纹、锥圆、台阶圆组合	93
3.8.3 圆球、圆锥组合	96
3.9 A类宏程序简介	99

3.9.1	宏程序编程的适用范围	100
3.9.2	宏变量	100
3.9.3	运算命令和转移命令 G65	101
3.9.4	宏指令编程示例	107
第 4 章	基本操作	114
4.1	广州数控 980TD 系统操作概要	114
4.1.1	程序的录入	114
4.1.2	机械回零对刀（以工件右端面中心点为坐标系的 0 点为例）	116
4.1.3	试切对刀	118
4.1.4	刀偏值的修改	120
4.1.5	程序的校验	121
4.1.6	其他操作	122
4.2	广州数控 928TE 系统操作概要	124
4.2.1	程序编辑	124
4.2.2	手动方式	125
4.2.3	设置工件坐标系（一般用 1 号刀）	125
4.2.4	试切对刀（校刀）（其他刀）	126
4.2.5	自动方式	127
4.2.6	刀偏值的输入	127
4.2.7	图形显示切换	127
4.2.8	图形显示数据的输入和液晶显示亮度的调整	128
4.3	华中数控 HNC-21T 系统操作概要	128
4.3.1	操作面板	128
4.3.2	程序编辑	130
4.3.3	数据设置	131
4.3.4	MDI 运行	131
4.3.5	程序运行	131
4.3.6	手动运行（篇幅所限，未作详细介绍）	133

4.3.7 超程解除	133
4.3.8 显示 (篇幅所限, 未作详细介绍)	134
4.4 数控车床的安全操作规程	134

提高篇

第 5 章 固定循环编程	138
5.1 轴向切削循环 G90 (长径比较大)	138
5.1.1 指令格式	138
5.1.2 指令说明	138
5.1.3 车台阶圆	139
5.1.4 车锥圆及相对坐标编程	141
5.2 径向切削循环 G94 (长径比较小)	145
5.2.1 指令格式	145
5.2.2 指令说明	146
5.2.3 车台阶圆	146
5.2.4 车锥圆	149
第 6 章 多重循环编程	152
6.1 轴向粗车循环 G71	152
6.1.1 指令格式	152
6.1.2 指令说明	153
6.1.3 例题 6-1	153
6.2 径向粗车循环 G72	155
6.2.1 指令格式	155
6.2.2 指令说明	156
6.2.3 例题 6-2	156
6.3 封闭切削循环 G73	158
6.3.1 指令格式	158
6.3.2 指令说明	159
6.3.3 例题 6-3	159
6.4 精加工循环 G70	161

6.4.1 指令格式	161
6.4.2 指令说明	162
第7章 螺纹切削循环	163
7.1 直螺纹切削循环编程	163
7.1.1 指令格式	163
7.1.2 指令说明	163
7.1.3 例题 7-1	164
7.2 锥螺纹切削循环编程	167
7.2.1 指令格式	167
7.2.2 指令说明	168
7.2.3 例题 7-2	168
7.3 多重螺纹切削循环编程	172
7.3.1 多重螺纹切削循环（切直螺纹）	172
7.3.2 多重螺纹切削循环（切锥螺纹）	176
第8章 子程序应用	180
8.1 工作步骤	181
8.2 要点提示	183
第9章 刀尖半径补偿	184
9.1 刀尖半径补偿指令	184
9.1.1 刀尖半径补偿概念	184
9.1.2 刀尖半径补偿的规定	184
9.2 举例说明	188
9.2.1 工作步骤	188
9.2.2 要点提示	191
第10章 外圆、台阶和普通直螺纹的加工	192
10.1 切削台阶轴和普通直螺纹的相关知识	192
10.1.1 切削台阶轴的相关知识	192
10.1.2 切削普通直螺纹的相关知识	193
10.2 实例1	193
10.2.1 工作步骤	193
10.2.2 要点提示	197

10.3 实例 2	198
10.3.1 工作步骤	198
10.3.2 要点提示	202
第 11 章 外锥形面（含倒锥）的加工	204
11.1 切削外锥形面（含倒锥）的相关知识	204
11.1.1 外锥形面（含倒锥）的概念	204
11.1.2 常用加工方法	204
11.2 实例	205
11.2.1 工作步骤	205
11.2.2 要点提示	208
第 12 章 外成形面的加工	210
12.1 切削外成形面的相关知识	210
12.1.1 外成形面的概念	210
12.1.2 常用加工方法	210
12.2 实例	211
12.2.1 工作步骤	211
12.2.2 要点提示	216
第 13 章 内锥孔的加工	217
13.1 切削内锥孔的相关知识	217
13.1.1 内锥孔的概念	217
13.1.2 常用加工方法	217
13.2 实例	218
13.2.1 工作步骤	218
13.2.2 要点提示	221
第 14 章 梯形螺纹、模数螺纹的加工	222
14.1 切削梯形螺纹、模数螺纹的相关知识	222
14.1.1 梯形螺纹、模数螺纹的概念	222
14.1.2 常用加工方法	223
14.2 实例	223
14.2.1 工作步骤	223
14.2.2 要点提示	231

第 15 章 外形轮廓综合加工	232
15.1 切削外形轮廓的相关知识	232
15.1.1 外形轮廓的概念	232
15.1.2 常用加工方法	232
15.2 实例 1	233
15.2.1 工作步骤	233
15.2.2 要点提示	237
15.3 实例 2	238
15.3.1 工作步骤	238
15.3.2 要点提示	243
第 16 章 内孔的综合加工	245
16.1 切削内孔的相关知识	245
16.1.1 切削内孔的概念	245
16.1.2 常用加工方法	245
16.2 实例	246
16.2.1 工作步骤	246
16.2.2 要点提示	250
第 17 章 内孔及外形轮廓集一体的综合加工	251
17.1 切削内孔及外形轮廓集一体的零件的相关知识	251
17.1.1 切削内孔的概念	251
17.1.2 常用加工方法	251
17.2 实例	252
17.2.1 工作步骤	252
17.2.2 要点提示	259
参考文献	260



入门篇



第 1 章

数控车床基本结构和加工过程

本章提要

讲述数控车床的结构、工作原理、功能、特点和数控车床加工过程等。要求有初步了解。

1.1 数控车床的基本结构

在机械制造行业中，车床是一种主要的生产设备，就全行业而言，车床占有 70% 以上的比例。机械产品其结构日趋复杂，精度和性能要求日益提高，因此对生产设备——车床也相应地提出了高效率、高精度和高自动化的要求。

大批量生产的产品，为了提高产量和质量，广泛采用组合机床及专用机床组成自动化生产线进行生产。但是，这类设备生产准备周期长，费用高，制约了产品的更新。在制造行业中，单件与小批量产品占 70%~80%，这类产品的生产，一般都采用通用机床加工，而通用机床的自动化程度不高，基本上是人工操作，难于提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面组成的复杂零件，用通用机床加工，其加工精度和生产效率受到了很大的限制。

数控车床就可以解决单件、小批量、多品种，特别是复杂型面零件加工的自动化，并且既能保证质量又能实现高效率。正是由于这些优势，使数控车床的发展非常迅速。另外数控车床的性能价格比远远高于普通车床，所以，在工业发达国家和地区，数控车床的总量已大于普通车床。

1.1.1 数控车床的结构

数控车床是机电一体化设备，主要由输入输出装置、数控装置、伺服系统、位置检测反馈装置、车床本体和辅助控制系统组成。

(1) 输入输出装置

输入装置的作用是将程序传送给并存入数控装置。常用的输入装置是键盘和计算机通信接口。一般比较小的程序用手动通过数控机床上的键盘输入，比较大的程序则通过机床与计算机通信方式输入到数控装置，特别用计算机软件产生的程序一般都比较长，有的只能通过机床与计算机通信方式输入到数控装置。

常用的输出装置是机床的显示器，数控装置通过显示器为操作人员提供必要的信息，如程序信息、位置坐标值、报警信息等。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心，数控机床的所有控制功能都由它来控制完成。数控装置的作用是接收由加工程序、控制面板、反馈系统等送来的各种信息，经过处理和分配后，向各驱动机构（伺服系统）发出位置、速度等指令，驱动相应对象执行规定命令。在执行过程中，驱动、检测等机构的有关信息反馈给数控装置，经过处理后发出新的执行命令。

(3) 伺服系统

伺服系统是执行数控装置所发指令的驱动机构，是数控装置与机床主体的联系纽带，其作用是将数控装置所发出的微弱电信号，经过功率放大器等电子器件，放大为较强的电信号，然后将以上数字信息转换为模拟量（执行电动机轴的角位移和角速度）信息，从而驱动执行电动机带动机床运动部件按给定的速度和位置进行运动，完成零件的切削加工。

(4) 位置检测反馈装置

位置检测反馈装置根据系统要求不断测定运动部件的位置或速度，转换成电信号传输到数控装置中，数控装置将接收的信号与目标指令相比较、运算，并发出相应指令纠正所产生的误差。

(5) 车床本体

车床本体是车床的主体，其作用与传统机床相同，只是操作由数控系统去自动地完成全部工作。与传统机床相比，其结构和性能上发生了较大的变化，具有结构简单、精度高、结构刚性好、可靠性高和传动效率高等特点。

(6) 辅助控制系统

辅助控制系统的作用是把数控装置输出的辅助控制指令经过机床接口电路转换成电信号，用来控制冷却泵及转位换刀等辅助功能。

1.1.2 数控系统的主要功能

数控系统的硬件有各种不同的组成和配置，再安装不同的监控软件，就可实现对不同机床的控制。这样，数控系统就有不同的功能。

① 多坐标控制功能。控制系统可以控制的坐标轴的数目指的是数控系统最多可以控制多少个坐标轴，其中包括平动轴和回转轴。基本平动坐标轴是 X、Y、Z 轴；基本回转轴是 A、B、C 轴。联动轴数是指数控系统按照加工的要求可以控制同时运动的坐标轴的数量。

② 插补功能。指数控机床能够实现的运动轨迹。如直线、圆弧、螺旋线、抛物线、正弦曲线等。

③ 进给功能。包括快速定位、切削进给、手动连续进给、点动；进给量调整、自动加减速功能等性能。

④ 主轴功能。可实现恒转速、恒线速度、定向停车及转速调整等功能。

⑤ 刀具功能。可实现在机床上的自动选择和自动换刀。

⑥ 刀具补偿功能。包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿等功能。

⑦ 机械误差补偿功能。系统可以自动补偿机械传动因部件间隙产生误差的功能。

⑧ 操作功能。通常都有单程序段运行、跳段运行、连续运行、

试运行、图形模拟仿真、机械锁住、暂停和急停等功能。

⑨ 程序管理功能。指对加工程序的检索、编制、修改、插入、删除、更名、锁住以及程序的存储通信等。

⑩ 图形显示功能。在显示器上进行二维或三维的图形显示。图形可进行缩放、旋转，还可进行刀具轨迹动态显示。

⑪ 辅助编程功能。如固定循环、镜像、图形缩放、子程序、宏程序、坐标轴旋转、极坐标等功能。

⑫ 自诊断报警功能。

⑬ 通信功能。

现在，市场上数控系统常用的有几十种，各有特色，不同的数控系统的编程指令大致相同，但是，同一 G 代码，不同的数控系统所代表的含义不完全一样；同一功能不同的数控系统采用的 G 代码也有差异。因此，在编程时应根据所使用的数控系统进行灵活运用。

本书以广州 GSK980TD 数控系统为例叙述，对广州 GSK928TE 数控系统、武汉华中 HNC-21T 数控系统、日本 FANUC Oi 系统，作了简单介绍。

1.1.3 数控车床机械部分的特点

与普通车床相比，数控车床的机械部分有以下特点：

① 定位精度和重复定位精度高。数控车床的进给机构采用了滚动螺旋传动。

② 刚性好。

③ 精度高。

④ 运动噪声小。

数控车削加工特点：

① 适应能力强，适于多品种、小批量零件的加工。

② 加工精度高，加工质量稳定。

③ 减轻劳动强度，改善劳动条件。

④ 具有较高的生产率和较低的加工成本。

⑤ 适于加工复杂型面。