

我学数控铣编程第一本书

FANUC 数控铣削 编程及应用

王朝琴 王小荣 著

数控编程 *好学吗?*

学会编程 *很容易!*

怎样才能学得 *又快又好?*

“巧学 + 勤奋”，赶快 **翻开书**，

答案就在里面!



科学出版社

FANUC 数控铣削 编程及应用

王朝琴 王小荣 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以图文并茂的形式,由浅入深地讲解数控铣床编程基础知识和应用,为数控爱好者学习数控编程提供了新的编程方法和思路。

本书共15章,主要内容包括:数控机床组成和工作原理、机床坐标系、准备功能和辅助功能、数控程序格式、刀具长度补偿、刀具半径补偿、综合实例应用编程、倒圆/倒角和暂停、坐标系平移和旋转、宏程序基础知识及应用等。

本书的实用性很强,可供从事数控加工编程人员、数控机床操作人员、工程技术人员参考,更可供工科院校的广大师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

FANUC数控铣削编程及应用/王朝琴,王小荣著. —北京:科学出版社,2015.3

ISBN 978-7-03-043350-3

I.F… II.①王… ②王… III.数控机床—铣床—程序设计
IV.TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第030190号

责任编辑:张莉莉 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:张 倩 / 封面设计:刘素霞

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

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>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2015年3月第一次印刷 印张:8

印数:1—3 000 字数:256 000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

进入新世纪，数控技术的发展突飞猛进，数控机床的功能越来越强，技术越来越先进，各个国家间制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争，数控技术已经是各国占领制造业制高点的核心和决定性技术，各国都在制定各自的数控发展战略，不论各国战略如何，人才的培养和争夺是数控发展战略的根本。

随着现代制造业的发展，数控机床这种现代化制造装备的利用率已经是衡量一个国家制造业水平的重要标准之一。数控机床可以说是我国发展现代制造业的基石，高水平的数控技能人才更是我国制造业发展的稀缺资源，培养高水平的数控技能人才是我国制造业当务之急。国际劳工组织的研究表明：劳动者的技能水平对经济发展具有决定性的作用。一线产业工人现有的技能水平和布局结构，已经在一定程度上制约了我国制造业做大做强的发展步伐。而每年全国职业院校毕业生的质量仍远不能满足企业的实际需求。

加入 WTO 后，中国的制造业正由跨国公司的加工组装基地向世界制造业基地转变。应用高新技术，特别是信息技术改造传统产业、促进产业结构优化升级，将成为今后一段时间制造业发展的主题之一。目前中国的高技能人才非常短缺，要实现制造业信息化，提高“中国制造”的竞争力，优先大力推进职业教育的发展，实施国家高技能人才培训工程。

为了为国家向制造业强国储备高级别人才，人力资源社会保障部联合教育部、科学技术部、中华全国总工会、中国机械工业联合会共同主办的全国数控技能大赛，在全国范围内掀起了数控技术的学习和应用的热潮，掀起了尊重数控技能人才、争当数控技术应用能手的热潮，该赛事已经成为众多学子和厂矿企业工人、技术人员施展梦想的舞台。

目前，市面上数控编程类的书籍汗牛充栋，但根据笔者多年的数控

◆ 前 言

编程及加工经验，总觉得这些书籍讲解太过笼统，求全求广，而对编程的应用重视不够，鉴于此，笔者根据自己多年的教学和实践经验，为数控爱好者撰写了本书，在讲解上力求由浅入深，以一个零件为对象，结合编程基础知识，一步一个脚印，一步一个台阶，让读者在编程中能够体会到编程带来的快乐和成就感。

数控技术本身是一门实践性很强的技术，所以建议读者要尽量找机会去操作机床，将本书的程序输入到机床中加以验证，在此基础上进行修改、扩展、升级，这会对读者的学习起到意想不到的促进作用。

本书由兰州交通大学长期从事数控理论教学和实践教学的王朝琴、王小荣老师根据多年教学成果著写而成：全书共 15 章，第 1 章由王小荣老师撰写，其余 2~15 章由王朝琴老师执笔完成，全书由王朝琴老师统稿。

在本书的撰写过程中，得到了王小荣（博士、副教授，高级技师）老师的指点帮助。也得到了来自甘肃省总工会、甘肃省人力资源和社会保障厅、甘肃省教育厅、甘肃省科学技术厅、甘肃省工业和信息化委员会等单位的支持和鼓励，在此表示感谢。同时也向王天长、魏万红、靳国义等领导的帮助表示感谢。

自从事数控工作以来，从理论到实践的每一步，得到了许多的领导和同事的指导帮助，在此向王小平教授、岳辉教授、李晋武副教授、陈智文和田亚平讲师致谢。鉴于时间有限，撰写仓促，书中难免有诸多失误，真诚希望各位读者能批评指正。

本书是国家自然科学基金资助项目（51465030）和甘肃省青年科技基金计划（148RJYA010）的研究成果之一。

目 录

第1章 数控技术和数控机床

1.1 数控技术就在你身边	2
1.2 什么是数控技术	4
1.3 什么是数控机床	7
1.4 零件是怎样加工出来的	10
思考题	13

第2章 数控铣床是怎样工作的

2.1 数控机床(铣床)的组成	16
2.2 数控铣床的工作原理	24
思考题	25

第3章 数控铣床坐标系统

3.1 数控铣床坐标系	28
3.2 机床坐标系	30
3.3 一个重要的原则	36
3.4 编程坐标系	37
3.5 工件坐标系	38
3.6 局部坐标系	41
思考题	42

第4章 准备功能和辅助功能

4.1 准备功能	44
4.2 辅助功能	49
思考题	50

第5章 一个超简单的平面铣削程序

5.1 编程任务简介	52
5.2 G01——直线插补指令	54
5.3 S——主轴功能	56
5.4 G90/G91——绝对值编程 / 增量值编程	57
5.5 一个超简单的程序	60
思考题	63

第6章 数控加工程序格式

6.1 一个完整的零件加工主程序结构	66
6.2 主程序部分的构成	66
6.3 子程序及其调用	70
思考题	73

第7章 刀具长度补偿

7.1 为什么要进行刀具长度补偿	76
7.2 刀具长度补偿的种类及调用方法	80
7.3 改造第5章程序使其具备刀具长度补偿功能	81
7.4 一个很有用的指令：G28——返回参考点	83
7.5 改造第5章程序使其具备返回参考点功能	86
思考题	87

第8章 圆弧插补指令

8.1 圆弧插补指令——G02/G03	90
8.2 圆弧插补指令格式及编程实例	94
8.3 整圆的加工	99
8.4 螺旋插补——G02/G03	100
思考题	104

第9章 刀具半径补偿

9.1 问题的提出	106
9.2 刀具半径补偿的应用	109

9.3 用刀具半径补偿功能改造程序 O0006	111
思考题	112

第10章 一个综合编程实例

10.1 一个综合实例	114
10.2 加工思路	115
10.3 程序编制	117
思考题	148

第11章 倒圆 / 倒角和暂停

11.1 倒圆 / 倒角功能	152
11.2 暂停指令	161
思考题	165

第12章 局部坐标系和坐标系旋转

12.1 局部坐标系 (G52)	168
12.2 局部坐标系与坐标系旋转组合的应用	171
思考题	176

第13章 宏程序基础知识

13.1 变 量	178
13.2 算数和逻辑运算	184
13.3 赋值与变量	188
13.4 转移和循环	190
思考题	197

第14章 宏程序编程应用 1: 平面铣削宏程序编程

14.1 编制一个平面铣削宏程序	200
14.2 宏程序的适应性	205
14.3 宏程序能适应加工对象形状尺寸的变化	205
14.4 宏程序能适应加工对象工艺尺寸的变化	206
14.5 使用 WHILE [...] DO···END 循环改造程序 O0043	210

14.6 宏程序 00044 升级为多层铣削功能	212
思考题	217

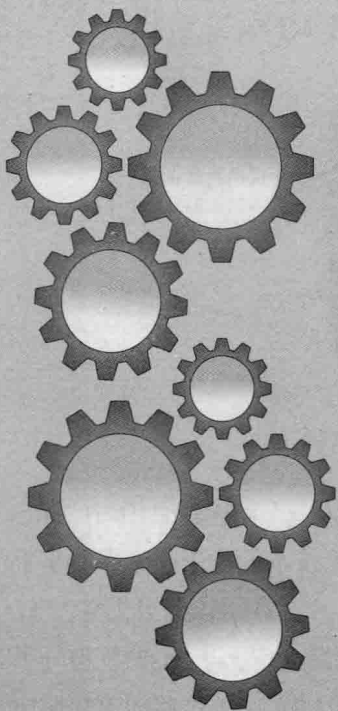
第 15 章 宏程序编程应用 2：圆和椭圆柱的宏程序编程

15.1 圆柱外轮廓精加工宏程序编程	220
15.2 用 G52 改造程序 00046	223
15.3 用 G68/G69 改造程序 00047	226
15.4 圆柱型腔粗加工宏程序编程	228
15.5 圆柱内轮廓精加工宏程序编程	233
15.6 椭圆柱外轮廓精加工宏程序编程	237
思考题	243

参考文献	244
附 录	245

第1章

数控技术和数控机床



- ◆ 1.1 数控技术就在你身边
- ◆ 1.2 什么是数控技术
- ◆ 1.3 什么是数控机床
- ◆ 1.4 零件是怎样加工出来的
- ◆ 思考题

1.1 数控技术就在你身边

在物质极为发达的今天,我们的生活中到处充满着数控技术的杰作,无论是小到家电、各类电子产品如手机等,还是大到航空母舰、隐形飞机和空间站,一旦离开了数控技术,我们无法想象它们能否存在于这个世界!数控技术已经是我们生活生产中无法或缺的技术,不过,我们对它正如古人所言:“百姓日用而不知”。

借助发达的网络,宅男宅女们可以轻松网购到几乎想要的一切东西。例如,无论是手机还是平板电脑,这些时尚的电子产品靓丽的外观,就是借助数控技术实现的(图1.1)。数控技术是带给我们这个世界无限丰富物质产品的技术,它正在悄然地改变着我们的生活方式,它对我们的影响是如此深刻,很难找到合适的语言去表达数控技术对于我们生活方式方方面面革命性变化的重要意义。

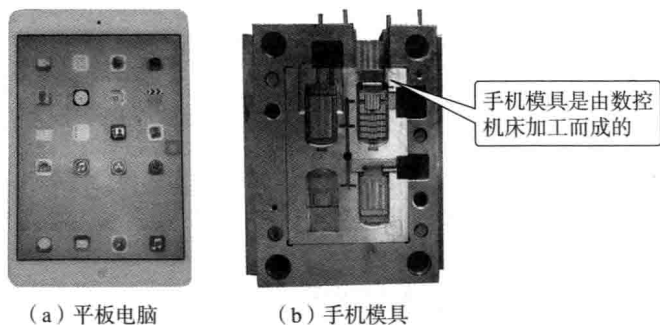


图 1.1 你身边的数控技术

对,数控技术就是这么重要!它已经成为一个国家综合国力的标志之一,21世纪制造业的竞争实质上就是数控技术的竞争。这在军事上很容易看得出来,正是有了数控技术,歼-20、歼-31得以保卫天空,“辽宁号”得以驰骋海洋,“神舟”飞船得以遨游太空,东风-21D型导弹得以威慑强敌,高速铁路得以疾驰神州(图1.2)……这些国家的肌肉



(a) 歼-31



(b) “辽宁号”



(c) 神舟十号飞船



(d) 东风-21D型导弹



(e) 高速铁路

图 1.2 制造业竞争的核心是数控技术

离开数控技术就不可能存在！

数控技术如此深刻的影响着我们的生活，影响着制造业水平，影响着国家国防安全，成为我们无法忽视的技术。本书就是为数控技术爱好者著写的书籍，尤其适用于没有数控技术专业经验的入门级读者著写，你在看本书时，不需要有专业知识，不需要有实践经验，你只需要有一颗好奇心，再加一颗恒心即可（图 1.3）。

本书采取一切从简的原则，仅以一个实际的零件为例，从头到尾、由浅入深讲述数控铣床的编程理论和编程方法，本书目的就是要使读者在读完本书时，可以将书中程序能由读者加工成零件，因此，读者在读本书时，务必要从头到尾逐一阅读。

从现在开始，我们开始数控学习历程！

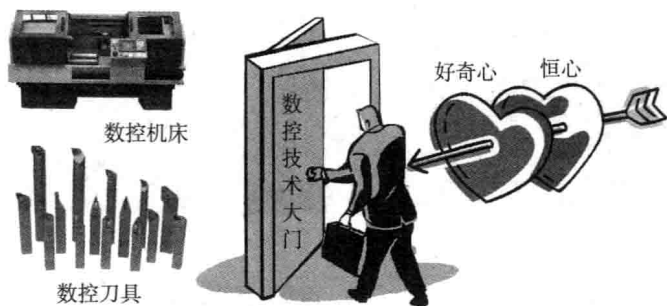


图 1.3 迈进数控技术大门，只要有好奇心和恒心就行，学数控技术很容易

1.2 什么是数控技术

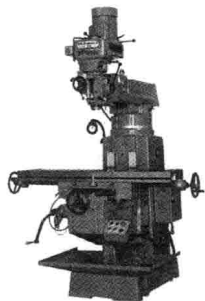
我们学习历程的第一步，首先要弄清什么是数控技术。

图 1.4 (a) 所示为一台普通的铣床，这种铣床在我们国家的许多厂家还很常见，它的特点是加工零件的过程完全由工人操作，离开工人的手动操作，铣床就无法运行。要想加工一些形状比较复杂的零件，例如含有椭圆形状的零件，由于工人的操作水平参差不齐，因此出现了许多不合格的产品，加工后的形状远远偏离了椭圆甚至成为“四不像”。这种铣床的加工方式原始，对操作人员的要求很高，所以，产品加工质量因人而异。

而图 1.4 (b) 所示为一台数控铣床，这种机床最大的特点是机床的运动由机床本身的控制系统来实现，操作人员只需要将零件的加工程序输入控制系统 [图 1.4 (c)]，再完成毛坯的装夹和加工，最后卸载成品。这种数控铣床相比于普通铣床而言，优势明显：它不需要工人控制机床完成零件的加工，零件质量极高且一致性好。所不同的是，数控机床必须要编制零件加工程序，而普通铣床却不需要这些步骤。

这个零件加工程序及其支撑它的软件和硬件系统，正是数控机床与普通铣床的根本区别——即数控技术。

从定义上而言，数控技术是用数字、字母和特定符号对某一工作过



(a) 普通铣床



(b) 数控铣床

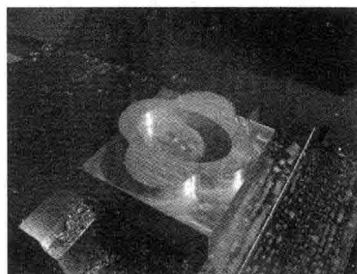
```

程序                                O0001 N00000
O0001 ;
N10 G54 G40 G49 G80 G69 ;
N20 G28 G91 Z0 ;
N30 G90 G43 G01 Z100 H01 F3000 ;
N80 M98 P0002 L10 ;
N90 G90 G01 Z100 F3000 ;
N100 M05 ;
N110 M09 ;
N120 G28 G91 Z0 ;

複製 全部 PRG=0000
) 1001                                S      0 T0000
EDIT **** * 20:54:42
{      } {      } {      } {      } { EXEC }

```

(c) 零件加工程序



(d) 加工零件成品

图 1.4 数控技术是普通铣床和数控铣床得以区别的根本所在

程进行可编程的自动控制技术。图 1.4 (c) 是图 1.4 (d) 零件加工程序的一部分，从中可以看到，程序中有数字、有字母，还有诸如“；”的特定符号，数控铣床正是利用它们，实现对该零件加工的自动控制的，执行这个程序的过程，就是加工该零件的过程。

数控系统是指实现数控技术相关功能的软件、硬件系统，它是数控技术的载体。打个比喻吧，数控机床好比人，数控系统就是数控机床的大脑，零件加工程序相当于数控机床的一个想法，数控机床的机械部分相当于数控机床的运动系统。人要做某件事，例如要拿桌子上的一杯水，首先大脑里要有这个想法，然后大脑控制手的运动去拿这杯水。类似地，数控机床要加工一个零件，首先要使数控系统里有加工这个零件的程序，然后数控系统控制机床机械部分运动去加工这个零件。

由此看来，人和数控机床真有异曲同工之妙，这个比喻适用于我们

全书很多知识点的理解上。这个比喻先在此打住，在后续的数控机床一节中，我们还会用得到。

数控技术的应用范围非常广泛，例如，机器人应用的也是数控技术（图 1.5），甚至包括未来诸如变形金刚的机器人都要用到数字控制。但本书所讲的是和数控机床相关的数控技术。

数字控制的英文为 Numerical Control，简称为 NC，但现在我们常用 CNC 来表示数控技术，CNC 是英文 Computer Numerical Control 的缩写，表示计算机数字控制。

NC 和 CNC 之间是有联系而又有区别的。

NC 是代表早期的数控技术，这种 NC 系统灵活性差，它使用固定的逻辑单元操作程序，这些操作程序是内置且永久嵌入到控制单元内部，编程人员和机床操作人员不能对其进行更改。NC 系统控制逻辑是固定



(a) 军事机器人



(b) 太空机器人



(c) 工业机器人



(d) 仿人机器人

图 1.5 各种类型的机器人

配线的，故也可将 NC 称为“硬件数控”。“硬件数控”系统可以编译零件程序，但不允许自身的控制系统对程序进行修改，程序修改必须脱离控制系统来实现，并且只能通过穿孔纸带来输入零件程序。

CNC 是代表较新的数控技术，是以计算机为核心构建起来的，是 NC 的发展和替代，目前我们所见的数控机床，都是 CNC 机床，这就是为什么 CNC 更为常用的原因。CNC 系统的核心是计算机，是使用计算机来操作程序。计算机含有存储各种程序的存储寄存器，用来处理逻辑操作，编程人员和机床操作人员能在线操作，即在机床上对程序直接进行修改且能即时显示修改结果，其操作灵活而方便。CNC 程序和逻辑操作作为软件指令存储在专用的计算机芯片上，而不是通过硬件连接方式来控制逻辑操作，故可将 CNC 称为“软件数控”。零件程序的输入方式多样化，彻底甩掉了穿孔纸带，而采用 RS-232C 数据线（图 1.6）、CF 卡、网线、U 盘等方式将零件程序输入至 CNC 系统。



图 1.6 采用 RS-232C 数据线实现 PC 与 CNC 之间的数据传输

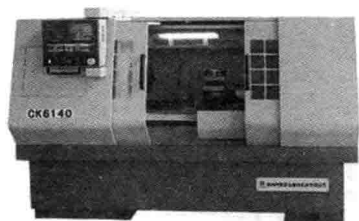
1.3 什么是数控机床

数控机床是应用数控技术对机床加工过程进行控制的机床。图 1.4 (a) 是普通铣床，图 1.4 (b) 是数控机床，普通机床的加工过程是通过操作人员控制的，而数控机床的加工过程是由数控系统控制的。

在这里,大家要搞清楚的一点就是数控技术和数控机床之间的关系。大致而言,数控技术是数控机床的依托,数控机床是数控技术的载体。换个说法,数控技术的进步必然带来数控机床的发展,而数控机床的发展是数控技术进步的直接体现。正是这个原因,在说到“数控”二字时,包含了数控技术和数控机床两方面的含义。

数控机床的发展突飞猛进,出现了许多功能强大的经典机床,图 1.7 为几种数控机床。

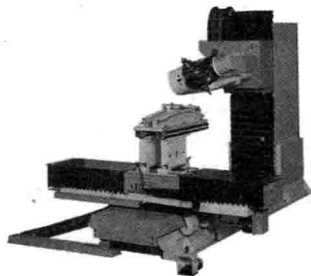
图 1.7 (a) 和图 1.7 (b) 是数控车床和数控铣床,它们在现在的很多加工企业中是最常见的加工装备,它们的功能足以加工常见的绝大部分零件和模具,也是数控初学者必须掌握的两种数控机床,这两种机床在水平上仅属于普通级,无法胜任复杂零件加工,例如对图 1.8 所示的头盔,这两种机床只能望洋兴叹了。而类似于该头盔的复杂零件,必须



(a) 数控车床



(b) 数控铣床



(c) 五轴数控铣床



(d) 车铣复合机床

图 1.7 几种数控机床