

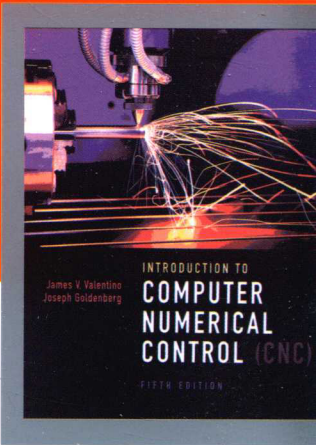
PEARSON

Introduction to Computer Numerical Control (CNC)

数控技术导论
(第5版)

James V. Valentino
Joseph Goldenberg 著

梁桥康 王 群 王耀南 彭楚武 编译



信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

PEARSON

Introduction to Computer Numerical Control (CNC)

数控技术导论

(第5版)

James V. Valentino Joseph Goldenberg 著

梁桥康 王 群 王耀南 彭楚武 编译

清华大学出版社
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2014-3579

Authorized Adaptation from the English language edition, entitled INTRODUCTION TO COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC), FIFTH EDITION, 978-0-13-217603-3 by JAMES V. VALENTINO and JOSEPH GOLDBERG, published by Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Education, Inc., copyright © 2013.

All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Simplified Chinese language adaptation edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD. and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS Copyright © 2015.

本书中文简体改编版由培生教育出版集团授权给清华大学出版社出版发行。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

Simplified Chinese language adaptation edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale only in People's Republic of China excluding Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR.

本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控技术导论(第5版)/(美)瓦伦蒂诺(Valentino, J. V.), (美)戈登堡(Goldenberg, J.)著;梁桥康等编译. --北京:清华大学出版社, 2016

书名原文: Introduction to Computer Numerical Control(CNC), Fifth Edition

信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

ISBN 978-7-302-40206-0

I. ①数… II. ①瓦… ②戈… ③梁… III. ①数控技术—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 101770 号

责任编辑:梁颖 李晔

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28

字 数:731 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:69.00 元

产品编号:056333-01

原著前言

制造技术是当今美国面临的重大挑战之一。计算机技术已经在很大程度上革新了该技术,使得产品从设计、分析到制造实现了数字化的转变。在工程实际中,制造技术的革新越来越需要训练有素的专业人员。因此,在当今社会,数控技术的教育培训成为了一项持续长久的投资。

为此,在第4版的基础上,我们通过扩充和改进相关内容,编写了《计算机数控技术导论》第5版。其中,第2章主要探讨了开放式刀具控制体系。第5章浓缩了数控加工所需了解的零件工程图相关知识。第17章涵盖了数控线切割加工的内容。铣削和车削加工仿真方面的内容改到了附录之中。第18章讲述了如何利用 Mastercam X5 CNC 软件来编写一个完整的零件加工程序,并对每一个编写步骤都做了详细说明。

附录A在第4版基础上进行了扩展,附录B新增了线切割加工中的G、T以及M代码。新添加的附录G和附录I分别介绍了铣削加工仿真和车削加工仿真的运行^①。

本版配有一个配套网站,网站上包含 KWIK TRIG 直角三角形求解软件和 Predator 仿真软件。利用 Predator 软件,我们可以看到与一个字地址程序相对应的实体模型加工动画。另外,该软件还带有校验模式,使用者可以在该模式下剖切零件模型,还可以校验已加工零件的尺寸。

本书中所涵盖的全部铣削、车削加工的字地址程序实例都能在 Predator 仿真软件中运行正常。读者可以登录本教材的配套网址: www.pearsonhighered.com/valentino^②。

本书的主要特色如下:

- 新增了开放式刀具控制体系的内容。
- 新增了“数控线切割的介绍”一章(第17章)。
- 每章都有所更新,并补充了一些对数控编程者而言更为实用的内容。
- 每章都以一个简要的“学习目标”开头,并以一个“本章小结”收尾。
- 书中配有大量的插图,有助于读者理解相关内容。
- 重要的术语和内容都以方框的形式标注出来,便于引导学生学习。
- 数控加工过程和编程过程都以流程图的形式给出。
- 在多数编程实例中还探讨了主要的加工设置方式。
- 着重介绍了一些基本的字地址编程方法(G、M代码)。
- 在编程实例中强调了行业惯用方法和术语。
- 删除了一些不必要的交叉引用,每个加工程序都标出了详细注释说明。
- 本书突出了指令模块的概念,教学生能识别出一组程序指令,并将这组指令作为一个编程模块。例如,指令模块A用于启动数控机床,指令模块B用于换刀。
- 每章的最后都附有我们精心编写的复习题,每道编程习题都给出了加工设置提示、数

① 附录A编改成 MasterCAM 自动编程应用实例;附录B编改成数控系统的常用术语;附录C编改成准备功能和辅助功能国家标准;附录D编改成 FANUC 数控系统的G代码及M指令;附录E编改成常用的切削速度和切削,其余附录没有改变。

② 配套的资源也可从以下网址获取: <http://www.tup.com.cn>。

控刀具和加工表以及装夹方式图。

- 通过 Predator 仿真软件,读者可以查看并检验本书中全部字地址加工程序的正确与否。
- 本书着重介绍了工业中应用较广泛的 Fanuc 数控系统。
- 在介绍数控编程之前,本书还介绍了重要的数学知识。其中一章关于直角三角形求解这一重要数学知识的讲解将有助于学生理解编程^①。
- KWIK TRIG 直角三角形求解软件可用于简便计算直角三角形边或角的辅助手段^②。
- 本书给学生们展示了一些数控生产线上的图片,本书的第7章还特别介绍了零件加工时的主要操作。
- 附录中包含了大量对数控初学者有用的信息,其中包括重要的安全注意事项,用于铣削、车削加工的 G、M 功能代码列表,对应于不同材料的钻、铣、车加工操作的建议主轴转速和进给速度,以及重要且常用到的加工操作准则。
- 新添加的附录还为数控初学者提供了额外的信息,其中包括重要的形位公差符号列表^②,外圆刀具和内孔刀具的识别系统^②,以及如何利用 Predator 仿真软件来编写和校验铣削、车削加工程序的详细步骤指导。
- 本书的最后还给出了重要数控术语的名词解释表。

本书第5版可以作为多层次教学培训的数控系统入门教材,例如:

- 本科教学,一学期或两学期的数控课程。
- 数控编程课程的手工编程部分培训。
- 在职培训。
- 数控编程研讨会。
- 成人教育。
- 自学用参考书。

本书也可用于很多教育机构:

- 四年制的工程学校。
- 四年制的技术学校。
- 商业学校。
- 工业培训中心。

本书是 Queensborough Community 大学的工程技术人员和学生们多年来数控加工课程教学成果的结晶。我们在教学中发现现有的很多教材在指导应用时要么显得太抽象,要么过于深奥。基于此,我们为每一步程序添加了详尽的补充说明,这些补充说明是我们在课堂上经常强调和考查的内容。我们很多同事也常被一些工厂或教育机构邀请去讲课。本书最后定稿前还经过了一次全面的市场调研,书中所有的实例程序都已通过完整校验。最后强调一点,学生在数控机床上实际操作时,一定要遵守相应的安全注意事项。

James V. Valentino

Joseph Goldenberg

① 原书第6章关于数学知识的介绍已换成数控加工中几何特征的数学处理及插补原理。

② 原书中该部分内容被删减。

译者序

20 世纪 90 年代以来,随着计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,数控技术通过不断采用控制理论等相关领域的最新技术成果,正成功地带动机械制造装备的重大技术进步,推动着装备制造自动化的不断发展。在经历了蒸汽一代和电气一代后,现代装备制造业正在全面进入数控一代,并必然会发展到智能一代。计算机数控技术(现代数控技术)的广泛推广和应用正引发着装备制造业和相关产品内涵发生根本性变化,使得制造加工设备的功能变得更加丰富、性能得到质的飞跃,全面提升了加工生产产品的质量水平和市场竞争力。

在国家六个五年计划的持续支持下,我国数控装备制造行业取得了显著的成就,形成了较完备的产业体系和研发体系,具有自主知识产权的数控平台及基本系统(如经济型和普及型数控系统)在国内市场占有率明显提高,与国外相应产品的水平差距明显缩小,并具有一定规模的出口,为进一步普及数控技术和提高机械制造装备创新能力奠定了坚实的基础。

以计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)和计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)等技术为代表的先进制造技术正在对各行各业的生产方式产生巨大而深远的影响。

为适应这种形势的需求,根据专业调整和课程体系建设,作者结合多年从事数控技术相关的科研和教学经验,以计算机数控加工技术及应用为基础,系统地介绍和分析了计算机数控技术原理、数控加工原理与加工工艺基础、典型零件的加工和数控编程等方面的知识。全书内容丰富翔实、深入浅出、图文并茂、重点突出,一方面注重理论知识的整体性;另一方面也强调实践性。力求使读者在学习过程中能较快地理解和应用数控加工编程原理和手工编程方法。

本书以计算机数控加工技术及应用为基础,系统地介绍和分析了计算机数控技术原理、数控加工原理与加工工艺基础、典型数控加工机床、典型零件的加工和数控编程等方面的知识。本书对原著的第 5 章和第 6 章关于工程图和数学知识的描述略去,加入数控加工工艺基础和数控插补算法等内容,旨在向读者介绍数控系统内部的实现原理和数控工艺规划应掌握的基本方法和注意事项,使得读者能对数控系统的编程有更加深入的了解,并能较好地对零件进行加工规划。

参与本书编译的有梁桥康、王群、王耀南、彭楚武、伍万能、周寒英、舒延勇等。其中,第 1~4 章、第 14~18 章由王群负责编译,第 5~13 章、附录 A~J 由梁桥康负责编译,全书由王耀南和彭楚武统稿。本书受国家自然科学基金项目(NSFC. 61203207),教育部博士点基金项目(20120161120015、20130161110009),中国博士后科学基金项目(2012M510133、2013T60768),湖南省自然科学基金项目(14JJ1011),中央高校基本科研业务费等项目资助。

本书适合高等工科院校本科生,主要作为计算机数控技术原理和编程基础的入门教材,也可供科研单位、工厂等作为从事数控加工和数控编程等相关技术的工程技术人员的参考书。

本书在编译过程中,参考了大量相关文献和网络资源,得到了许多同人的大力支持和帮助,在此向有关作者一并表示感谢。由于时间仓促和编译者水平有限,书中难免存在谬误和不妥之处,恳请广大读者和专家批评指正。

编译者

2015年8月

目 录

第 1 章 计算机数控加工概述	1
1.1 本章学习目标	1
1.2 引言	1
1.3 数控的概念及优点	1
1.4 计算机数控的定义及其组成	2
1.5 计算机数控相对于传统数控的优势	3
1.6 CNC 机床应用的特殊要求	4
1.7 CNC 机床应用的投资回报	4
1.8 CNC 加工中心和车削中心	5
1.9 其他类型的计算机数控设备	6
1.10 数控程序的输入和存储媒介	7
1.11 本章小结	8
习题 1	9
第 2 章 现代数控机床控制	10
2.1 本章学习目标	10
2.2 引言	10
2.3 刀具运动控制系统的两种类型	10
2.4 机床运动的反馈控制系统	12
2.5 通过笛卡儿直角坐标系确定刀具位置	14
2.6 数控机床轴的运动	14
2.7 刀具位置坐标的表示方式	17
2.8 坐标值的单位	18
2.9 现代机床控制系统的最新进展	18
2.10 本章小结	19
习题 2	20
第 3 章 孔加工和铣削加工	24
3.1 本章学习目标	24
3.2 引言	24
3.3 孔加工的刀具	24
3.4 硬质合金片镶嵌技术	27
3.5 用于钻孔后进一步加工孔的加工刀具	28
3.6 孔加工的切削速度和进给速度	30
3.7 用于轮廓铣削和面铣削的刀具	31
3.8 涂层刀具	34

3.9	刀具铣削速度和进给速度	34
3.10	铣削加工的进给方向	35
3.11	数控操作的切削液	36
3.12	本章小结	38
	习题3	38
第4章	加工中心的结构与特点	40
4.1	本章学习目标	40
4.2	引言	40
4.3	数控加工中心的相关知识	40
4.4	自动换刀装置中的刀具系统	42
4.5	刀具与刀柄的安装	43
4.6	刀具系统与主轴的安装	44
4.7	自动换刀系统	45
4.8	托盘交换系统	47
4.9	本章小结	48
	习题4	49
第5章	数控加工工艺基础	50
5.1	本章学习目标	50
5.2	引言	50
5.3	数控加工工艺概述	50
5.4	数控加工机床的合理选用	52
5.5	数控加工工艺性分析	53
5.6	加工方法的选择与加工方案的确定	53
5.7	工序与工步的划分	55
5.8	刀具的选择与切削用量的确定	56
5.9	夹具的选择和零件的装夹	59
5.10	对刀点与换刀点的确定	62
5.11	加工路线的确定	63
5.12	数控加工的工艺文件	65
5.13	本章小结	68
	习题5	68
第6章	数控加工中几何特征的数学处理及插补原理	69
6.1	本章学习目标	69
6.2	引言	69
6.3	基点坐标的描述	69
6.4	数控加工的轨迹规划	76
6.5	逐点比较插补法	77
6.6	数字积分插补法	83
6.7	比较积分插补法	90

6.8 数据采样插补法	93
6.9 本章小结	97
习题 6	97
第 7 章 数控车间加工流程概述	98
7.1 本章学习目标	98
7.2 引言	98
7.3 主要的数控加工车间工艺活动	98
7.4 零件图分析	98
7.5 数控加工中心工序划分	101
7.6 数控加工机床的合理选择	101
7.7 工件夹持方法	101
7.7.1 精密虎钳	101
7.7.2 夹具	101
7.7.3 卡盘	102
7.7.4 直角板	102
7.7.5 多工位基座夹具	102
7.8 加工规划	107
7.9 切削条件	108
7.10 编写数控加工程序	109
7.11 输入数控程序到机床控制单元	109
7.12 安装过程	110
7.12.1 机床原点与工件原点	110
7.12.2 通过巡边器定位工件原点	111
7.12.3 工件原点输入机床控制单元方法	111
7.12.4 刀具长度偏置输入机床控制单元方法	113
7.13 数控加工程序的调试和检验	114
7.14 批量生产	115
7.15 本章小结	115
习题 7	115
第 8 章 字地址编程	117
8.1 本章学习目标	117
8.2 引言	117
8.3 编程语言的格式	117
8.4 编程语言术语	117
8.4.1 程序字符	118
8.4.2 地址符	118
8.4.3 程序字	118
8.4.4 程序段	118
8.4.5 数控加工程序	118
8.5 程序段中各地址符的顺序	119

8.6	程序号和程序段号	119
8.6.1	程序号	119
8.6.2	程序段号	120
8.7	准备功能(G 代码)	120
8.8	尺寸字	121
8.9	进给速度(F 指令)	122
8.10	主轴转速指令(S 指令)	122
8.11	机床辅助功能指令(M 代码)	123
8.12	自动换刀指令(M6 代码)	123
8.13	刀具长度偏置和刀具半径补偿(H,D 代码)	124
8.14	注释	124
8.15	本章小结	124
	习题 8	125
第 9 章	孔加工编程	126
9.1	本章学习目标	126
9.2	简介	126
9.3	固定循环指令	126
9.4	孔加工指令	127
9.5	编写孔加工程序	132
9.6	本章小结	138
	习题 9	139
第 10 章	零件线性特征编程	144
10.1	本章学习目标	144
10.2	本章介绍	144
10.3	线性插补指令	144
10.4	线性轮廓特征编程	145
10.5	斜线轮廓加工时刀具偏置计算	148
10.6	本章小结	161
	习题 10	161
第 11 章	圆弧型轮廓特征编程	167
11.1	本章学习目标	167
11.2	引言	167
11.3	为圆弧插补指定平面	167
11.4	圆弧插补指令	167
11.5	通过直接指定半径来实现圆弧插补	172
11.6	恒定进给速率下的轮廓加工	174
11.7	为线性-圆弧转接型轮廓确定刀具偏置	174
11.8	本章小结	185
	习题 11	186

第 12 章 刀具半径补偿编程	196
12.1 本章学习目标	196
12.2 引言	196
12.3 刀具半径补偿	196
12.4 刀具半径补偿的益处	197
12.5 刀具半径补偿的限制条件	198
12.6 刀具半径补偿指令	200
12.7 有 Z 轴运动时的刀具半径补偿	206
12.8 刀具半径补偿的中断	207
12.9 本章小结	212
习题 12	213
第 13 章 子程序编程	218
13.1 本章学习目标	218
13.2 引言	218
13.3 子程序的概念	218
13.4 FANUC 系统中调用子程序和返回主程序的指令	219
13.5 运用子程序时其他特点	221
13.6 子程序编程的一般规则	223
13.7 本章小结	238
习题 13	239
第 14 章 数控车床概述	246
14.1 本章学习目标	246
14.2 引言	246
14.3 现代数控车床的背景	246
14.4 数控车床的运动轴	248
14.5 数控车床控制单元(MCU)的特征	249
14.6 基本的车床加工	250
14.7 数控车床加工的刀具	252
14.8 车床加工的切削速度、进给量和切削深度	255
14.9 车刀加工的进给方向及刀具角度	255
14.10 本章小结	257
习题 14	258
第 15 章 数控车床编程的基本原理	260
15.1 本章学习目标	260
15.2 引言	260
15.3 通过笛卡儿坐标系建立数控车床坐标位置	261
15.4 刀具定位模式(数控车床)	261
15.5 参考点、换刀点及编程原点(FUNAC 系统)	262
15.6 数控车床初始化步骤	263
15.7 车床准备功能(G 代码)	264

15.8	车床辅助功能(M 代码)	265
15.9	“零点偏置”指令	265
15.10	进给速度(F 代码)	266
15.11	主轴转速(S 代码)	266
15.12	主轴转速的恒线速控制	266
15.13	恒线速控制下主轴最高转速的控制	267
15.14	自动换刀	268
15.15	刀尖编程	269
15.16	刀尖圆弧半径补偿编程	270
15.17	刀尖圆弧半径补偿设置	270
15.18	刀尖圆弧半径补偿的局限	271
15.19	刀尖圆弧半径补偿指令	271
15.20	线性插补指令(数控车床)	272
15.21	圆弧插补指令(数控车床)	273
15.22	切槽指令	273
15.23	回参考点指令	273
15.24	本章小结	274
	习题 15	274
第 16 章	数控车床编程技术	277
16.1	本章学习目标	277
16.2	引言	277
16.3	车削和镗削循环指令: G90	277
16.4	端面加工循环指令: G94	280
16.5	复合固定循环指令: G70~G75	282
16.6	车削、镗削粗加工循环指令: G71	284
16.7	车削、镗削精加工循环指令: G70	284
16.8	钻孔和开槽循环指令: G74	289
16.9	切断和开槽循环指令: G75	293
16.10	在数控车床和车削中心上车削螺纹	298
16.11	单次走刀螺纹切削循环指令: G32	298
16.12	多次走刀螺纹切削循环指令: G92	301
16.13	复合螺纹切削循环指令: G76	303
16.14	本章小结	305
	习题 16	306
第 17 章	数控电火花线切割加工简介	316
17.1	本章学习目标	316
17.2	引言	316
17.3	不同种类的电火花加工	316
17.4	电火花线切割加工前的准备	319
17.5	数控线切割加工	321

17.6 数控电火花线切割机床操作基础	326
17.7 数控电火花线切割机床编程	329
17.8 电火花线切割加工的新发展	337
17.9 本章小结	338
习题 17	339
第 18 章 现代计算机辅助编程	342
18.1 本章学习目标	342
18.2 引言	342
18.3 数控编程过程在现代的发展	342
18.4 使用离线计算机编写和储存零件加工程序	342
18.5 计算机辅助编程语言简介	343
18.6 APT 程序语言的基本组成	344
18.7 CAD/CAM 技术简介	345
18.8 CAD 系统的组成	345
18.9 CAM 系统的组成	348
18.10 使用 Mastercam 软件生成完整的零件加工程序	350
18.11 本章小结	362
习题 18	363
附录 A MasterCAM 自动编程应用实例	364
附录 B 数控系统的常用术语	375
附录 C 准备功能和辅助功能国家标准	379
附录 D FANUC 数控系统的 G 代码及 M 指令	381
附录 E 常用的切削速度和切削	385
附录 F 外圆刀具和内孔刀具的识别系统	387
附录 G 数控铣削加工仿真的运行	390
附录 H 利用 Predator 仿真软件编写、校核铣削加工程序	399
附录 I 车削加工仿真的运行	412
附录 J 利用 Predator 仿真软件编写、校核车削加工程序	417
参考文献	431

第 1 章 计算机数控加工概述

1.1 本章学习目标

通过本章的学习,读者应该能够:

(1) 解释什么是计算机数控(Computer Numerical Control,CNC)及计算机数控系统的基本组成部分。

(2) 了解使用计算机数控的目的、优点和特殊要求。

(3) 区分用于输入和存储数控程序的不同媒介。

(4) 了解数控机床中所使用的两种不同的纸带穿孔方式。

1.2 引言

本章主要讨论了传统数控(Numerical Control,NC)和现代计算机数控(CNC)的基本概念,描述了传统数控系统和现代计算机数控系统各自的硬件组成,指出了计算机数控加工的主要优势所在。随后又探讨了用于存储和输入数控程序的不同媒介,介绍了纸带穿孔的不同方式。此外,读者还能了解到具有自动换刀装置的加工中心,以及计算机数控技术的最新发展状况。

1.3 数控的概念及优点

数控技术在工业生产中的应用已有四十多年。简单地说,数控就是用字母代码、数字和特殊字符来自动控制机床加工的一种方法,其中用于控制机床的一整套编码指令称为程序。在对机床进行操作时,程序将被翻译转化为相对应的电信号并传送给电机,进而带动机床运转。数控机床的加工程序可以手工编写,也可以用计算机编写,后者称为计算机辅助编程,本书主要介绍手工编程。

传统数控系统由以下几个部分组成:

纸带穿孔机:将编写好的指令转换成相应的孔型。纸带在穿过该设备时,被冲压成上述孔型。以前的纸带穿孔机是一种被称为打字穿孔机的打字机,后来的纸带穿孔机则是由一台计算机外加一个纸带穿孔装置组合而成的。

磁带阅读器:读取磁带上的孔型,并将该孔型转换成相应的电信号。

控制器:接收来自磁带阅读器的电信号,并使数控机床产生响应。

数控机床:响应来自控制器的程序信号。机床按程序执行指令操作(如主轴的启停、工作台或主轴沿编程坐标系中轴方向的运动等),进而加工出零件。

传统数控系统的组成如图 1.1 所示。

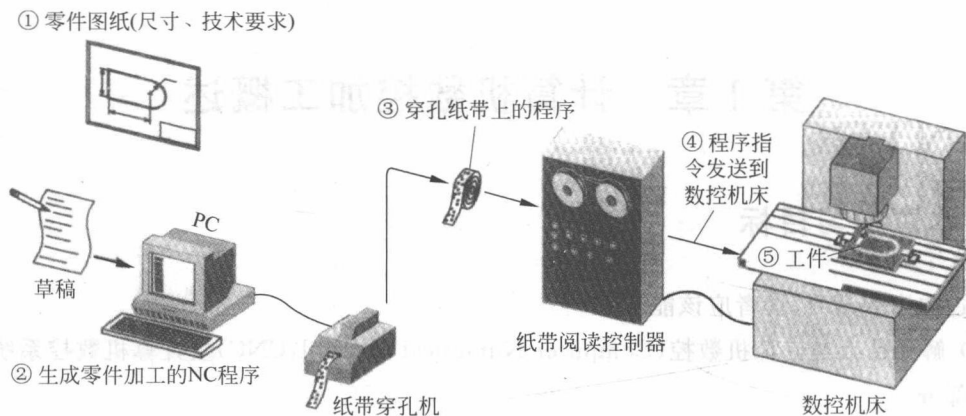


图 1.1 传统数控系统的组成

数控系统相对于手动加工而言有很多优点：

- (1) 在最优切削条件下能更好地控制刀具运动。
- (2) 提高零件质量和可重复性。
- (3) 降低加工成本、刀具磨损，减少加工准备时间。
- (4) 减少零件制造时间。
- (5) 降低废品率。
- (6) 更有利于制定生产计划和管理。

1.4 计算机数控的定义及其组成

计算机数控机床是在传统数控机床的基础上外加一台机载计算机组合而成的。其中，机载计算机通常被称为机床控制单元(Machine Control Unit, MCU)。传统数控机床的控制单元通常采用“硬”连接，也就是说，所有机床功能由控制器上的电子元器件控制。而计算机数控机床(CNC)则是通过机载计算机“软”连接的，其机床功能在机床制造时便以程序代码的形式存入计算机中，且在机床关机后也不会被删除。存储这种功能程序代码的存储器称为 ROM 或只读存储器。MCU 通常带有一个含字母和数字的键盘，可以直接在该键盘上输入工件加工程序，这种程序则存储在 RAM 或随机存取存储器上。MCU 上可以回看、编辑和执行程序，但是当 CNC 机床关机后，所有存储在 RAM 上的程序都将被删除。因此，必要时应将这类程序保存在辅助存储设备上，如穿孔纸带、磁带、磁盘等。更为先进的 MCU 还带有显示屏，显示屏上不仅能显示出 CNC 程序，而且还能显示出刀具路径以及程序错误信息。

计算机数控系统的组成如图 1.2 所示。

机床控制单元：生成、存储并处理数控程序。此外，还包括一个机床运动控制器，它以可执行程序的形式存储于 MCU 中。CNC 机床控制单元如图 1.3 所示。

数控机床：响应来自于机床控制单元的程序信号，并加工零件。

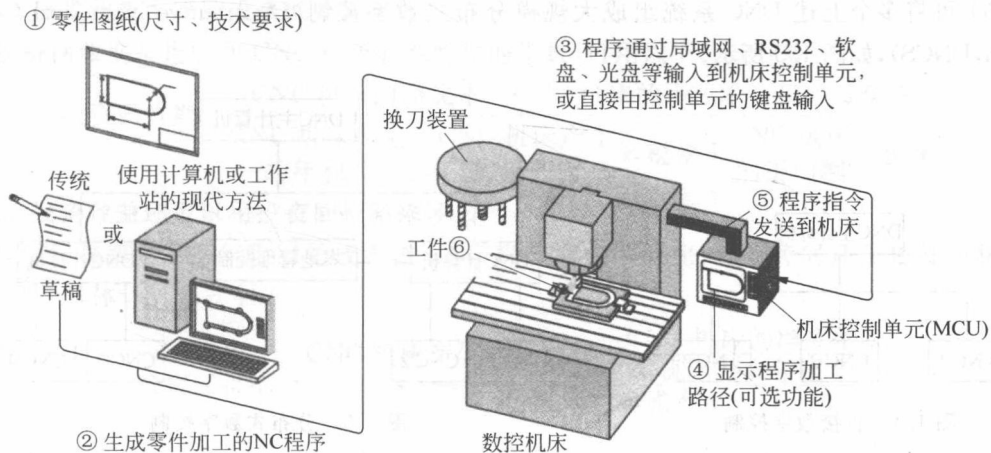


图 1.2 计算机数控系统的组成



图 1.3 CNC 机床控制单元

1.5 计算机数控相对于传统数控的优势

计算机数控有着传统数控机床所不可比拟的新优势:

- (1) 新功能的添加不必以增加新硬件为代价,而只需在 MCU 中添加新程序代码即可。
- (2) 可以直接在 CNC 机床上编写、存储、执行 CNC 程序。
- (3) 可以自行回看、编辑所输入的 CNC 程序,回看程序时,还会显示出相对应的刀具运动轨迹。
- (4) MCU 中可存储多个数控程序。
- (5) 可将多台 CNC 机床与一台主机联网,主机上编写的程序可以下载到该网络中的任意一台 CNC 机床上,这种形式称为直接数字控制(Direct Numerical Control,DNC),如图 1.4 所示。