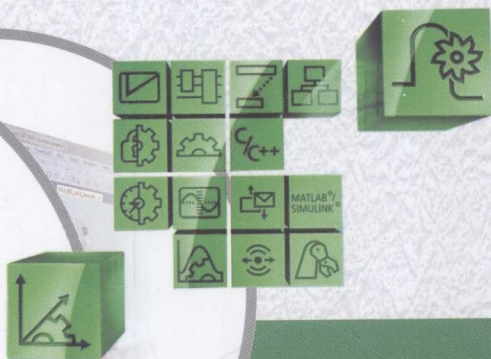
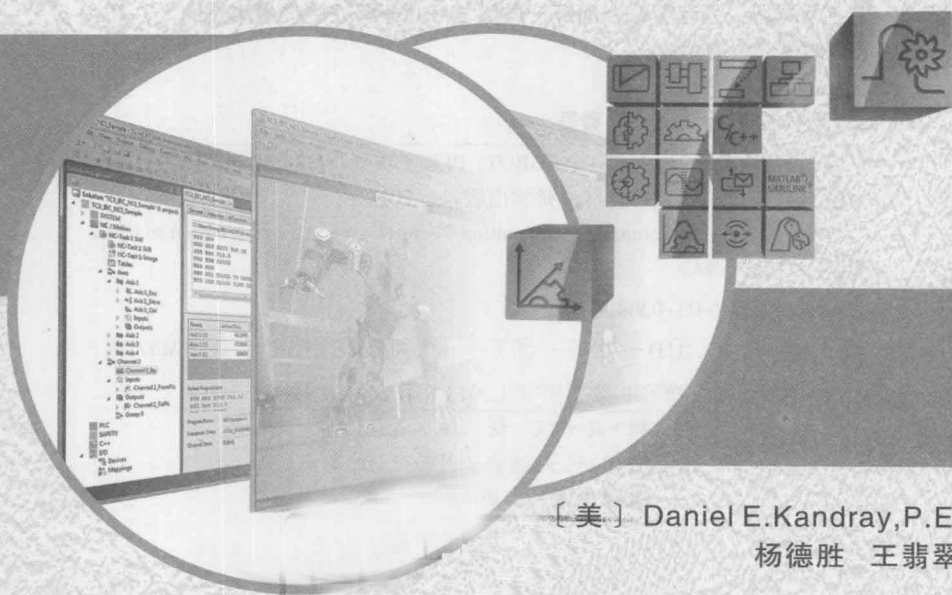


可编程自动化技术

CNC · ROBOT · PLC



[美] Daniel E.Kandray, P.E. 著
杨德胜 王翡翠 译



科学出版社

图字：01-2012-7605 号

内 容 简 介

本书详细介绍了应用于工业的可编程自动化技术，对于开发 CNC、机器人技术及 PLC 编程技巧来说，本书提供了一站式的资源；同时，本书包含大量的实例，确定并讨论了可用于实验的非常方便的仿真软件。

本书由四部分组成：第一部分是序言，介绍加工制造业的背景，并对可编程自动化进行定义；第二部分探讨计算机数字控制；第三部分介绍机器人学；第四部分是有关 PLC 的论述。

本书主要是为工程技术专业的学生准备的。此外，有技术背景、对制造业及制造工艺有着综合理解，渴望学习并理解这些技术用途的人，都会发现本书大有裨益。

图书在版编目（CIP）数据

可编程自动化技术：CNC, ROBOT, PLC / (美) Daniel E.Kandray, P.E. 著；杨德胜, 王翡翠译. —北京：科学出版社, 2014.1

书名原文：Programmable Automation Technologies: An Introduction to CNC, Robotics and PLCs

ISBN 978-7-03-038486-7

I. 可… II. ①D… ②杨… ③王… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 203121 号

责任编辑：孙力维 杨 凯 / 责任制作：魏 谨

责任印制：赵德静 / 封面设计：高雁秋

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>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2014 年 1 月第一次印刷 印张：23 3/4

印数：1—4 000 字数：450 000

定价：68.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

Daniel E.Kandray, P. E.

Programmable Automation Technologies: An Introduction to CNC, Robotics and PLCs

978-0-8311-3346-7

Copyright © 2010 by Industrial Press Inc., New York. All rights reserved.

Chinese (in simplified character only) translation rights arranged with by Industrial Press Inc. through McGraw-Hill Education(Asia).

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签, 无标签者不得销售。
版权所有, 侵权必究。

著 者 简 介

Dan Kandray 是俄亥俄州一名退休的专业工程师, 目前在阿克伦大学任助理教授, 并教授制造业和机械工程技术两门课程。他获得了扬斯敦州立大学机械工程专业的理科学士学位以及肯特州立大学技术专业的理科硕士学位。Kandray 教授长期从事于工业咨询服务, 如机器设计、零件设计及刀具设计。他有 20 多年的机械工程师经验, 其中大部分时间用于橡胶和塑料的研究。Kandray 教授设计的产品从潜艇设备到直升机支座, 再到完整的自动化设备。

本书献给我的父亲Bill，母亲Evelyn，妻子Tammie，
以及我可爱的孩子们Dan,Ian,Sydney。

前言

我多年从事机器人技术及柔性自动化工程技术课程的教学工作。课本上有很多关于计算机数字控制及可编程逻辑控制器的内容，所以我觉得课本涵盖了极其通俗易懂的机器人技术概念。但是课本中所阐述的自动化技术不易理解，而且要理解一篇文章中所有关于工程技术论题的阐述也并非易事。因此，多年以来，我从各种渠道搜集并整理了有关柔性自动化不可或缺的重要信息，并传授给我的学生。有了这些笔记，学生们将不再需要购买有关本课程的书藉。最后，我决定撰写本书，希望这本书能够填补文献中的重大空白。

柔性自动化是一种加工制造设备系统集成的应用，也可以看做一个单一的整体，即加工制造单元。加工制造单元包括材料的装卸设备，其中包含机器人和计算机数字控制加工设备。大多数情况下，这一制造单元的动作由 PLC 控制并执行。由于机器人、CNC 设备以及 PLC 的可编程性与重复编程性，并能完成各种不同的任务并加工出不同的产品，所以它们使该单元具有“柔性化”。本书阐述了三门技术，即 CNC、机器人技术和 PLC。

实际上，“柔性自动化”是一个误称。正确的说法应该是适用于特殊制造单元的状况，而在这样的特殊制造单元中应用了 CNC、机器人技术和 PLC，并把这些技术组合在一起。需要强调的是，这些技术应该被通称为“可编程性”。因此，这些技术应该被统一命名为“可编程自动化技术”，而本书的书名应该是“可编程自动化技术：计算机数字控制、机器人技术及可编程逻辑控制简介”。

在我写这本书的时候，美国经济乃至世界经济都陷于严重的衰退期。为了改变目前经济动荡的局势，加工制造业必须变得更加富有活力，而这一目标需要通过自动化才能顺利实现。可编程自动化技术是所有自动化发展的基础。因此，首当其冲的是要提高生产力，在全球经济中具有竞争力，利用可编程自动化来创造更大的利益。

本书由四部分组成，并按照探究的逻辑顺序排列。第一部分是序言：第1章介绍加工制造业及定义可编程自动化的背景，第2章介绍基于生产力概念的调整自动化支出的计算方法。第二部分探讨计算机数字控制：第3章介绍计算机数字控制技术，第4章讨论 CNC 编程，而第5章则是关于 CNC 仿真。与第二部分涵盖 CNC 一样，第三部分涵盖机器人技术：第6章介绍机器人技术，第7章则是关于机器人编程和仿真（注意，机器人仿真没有专门成章）。第四部分是有关 PLC 的论述：第8章对 PLC 进行介绍，第9章则是关于 PLC 仿真及编程。最后，第10章以讨论的方式得出结论：这三种技术是如何融合在一起成为一种可编程自动化单元的。

本书的主要读者是工程技术专业大二至大四的学生。当然了，只要有技术背景、对制造业及制造工艺有着综合了解的人，都会和那些渴望学习并了解这些技术的人一样，发现本书的有用之处。

工程技术是一门应用科学，所以学生们需要了解到比理论知识更多的知识。他们同样需要实践知识、技术和能力，这样一来，他们对自动化技术的应用就会得心应手。基于这一原因，本书列举了大量的实例，比较并讨论读者可以尝试的可用仿真软件。

欢迎并期待学生、老师及广大读者的反馈。请将反馈信息发送至 info@industrialpress.com，出版商将会转发于我。

Dan Kandray

2010年4月

目 录

第 1 章 可编程自动化简介

1.1 可编程自动化简介	2
1.2 制造工艺	2
1.2.1 制造业概况	2
1.2.2 定义产品	3
1.2.3 生产系统	5
1.2.4 生产支持系统	7
1.3 自动化	7
1.3.1 自动化的类型	10
1.3.2 可编程自动化	11
1.4 生产绩效评估	14
1.5 自动化效益	16
1.6 自动化策略	17
1.7 小 结	19
1.8 关键词	20
1.9 复习题	21
1.10 参考文献	22

第 2 章 自动化的合理性及生产力概念

2.1 自动化的合理性及生产力	24
2.2 生产力的计算	24
2.3 工艺产出及批量生产的数学概念	26
2.3.1 生产率	26
2.3.2 其他数学量化概念	31
2.4 工艺投入及生产成本	33

2.5 备选方案与生产力计算的比较	36
2.6 产量对备选方案的影响	41
2.7 生产力及 USA 标准	45
2.8 小 结	46
2.9 关键词	47
2.10 复习题	47
2.11 参考文献	49

第3章 计算机数字控制简介

3.1 CNC 技术简介	52
3.2 CNC 系统的组成	54
3.2.1 加工设备 / 机床	55
3.2.2 传动装置 / 定位系统	55
3.2.3 CNC 控制器	56
3.2.4 程序指令	62
3.3 坐标系和参考点	64
3.3.1 机床坐标系	64
3.3.2 程序参考点	66
3.3.3 绝对坐标和增量坐标	66
3.4 CNC 编程的十大步骤	69
3.5 CNC 技术的优点和缺点	70
3.5.1 优 点	70
3.5.2 缺 点	72
3.6 CNC 技术的应用场合	72
3.7 小 结	73
3.8 关键词	74
3.9 复习题	75
3.10 参考文献	76

第4章 CNC 编程

4.1 CNC 编程概述	78
4.1.1 CNC 编程十大步骤回顾	79
4.1.2 程序目录	80
4.2 程序代码	81

4.2.1	字母地址	81
4.2.2	字地址	83
4.2.3	命令块	83
4.2.4	准备功能	85
4.2.5	常用准备功能	85
4.2.6	辅助功能	102
4.2.7	格式分类表	106
4.3	切削参数	110
4.3.1	背吃刀量	110
4.3.2	切削速度	110
4.3.3	进给量	111
4.3.4	切削参数计算	112
4.4	程序结构	113
4.4.1	程序开始代码	113
4.4.2	材料去除代码	114
4.4.3	程序结束代码	114
4.5	编程过程	115
4.5.1	刀具路径 / 开发工艺流程	115
4.5.2	开发程序坐标	116
4.5.3	开发程序指令	117
4.6	车削程序	117
4.7	小 结	124
4.8	关键词	124
4.9	复习题	125
4.10	参考文献	127

第5章 CNC 仿真软件

5.1	CNC 仿真软件概述	130
5.2	CncSimulator 的安装与设置	132
5.2.1	安 装	132
5.2.2	设置——汽油文件的概念	135
5.3	用户界面	136
5.3.1	屏幕定制	137
5.3.2	菜单、工具栏及对话框	140
5.3.3	CncSimulator 支持 G 代码和 M 代码	141

5.3.4 机床代码与模拟器代码的对比	144
5.4 仿真示例	148
5.4.1 仿真示例文件	148
5.4.2 CncSimulator® 与英寸单位	158
5.4.3 铣削仿真示例	159
5.4.4 车削仿真示例	163
5.5 小 结	168
5.6 关键词	169
5.7 复习题	169
5.8 参考文献	170

第6章 机器人技术简介

6.1 工业机器人	176
6.2 机器人硬件	177
6.2.1 机械手	177
6.2.2 终端执行器	182
6.2.3 动力源	183
6.2.4 机器人控制器和示教器	186
6.3 机器人应用	191
6.4 机器人安全性	193
6.4.1 机器人安全标准	193
6.4.2 安保注意事项	194
6.4.3 安全示例	195
6.5 机器人选择注意事项	196
6.6 小 结	197
6.7 关键词	198
6.8 复习题	199
6.9 参考文献	200

第7章 机器人编程

7.1 机器人编程的概念	202
7.2 编程方法	203
7.2.1 示教机械手的位置	204
7.2.2 示教位置和用户坐标系	206

7.3 机器人编程语言	207
7.4 机器人程序的开发、组成和结构	209
7.4.1 编写程序指令	210
7.4.2 机械手动作及动作指令	213
7.4.3 多段动作及程序动作惯例	217
7.4.4 通信和逻辑指令	225
7.5 编写机器人程序指令	231
7.6 机器人仿真	238
7.6.1 RobotAssist™ 的安装	239
7.6.2 用户界面	239
7.6.3 创建定制机器人	244
7.6.4 机器人动作仿真	253
7.7 机器人程序仿真示例	255
7.8 小 结	259
7.9 关键词	260
7.10 复习题	261
7.11 参考文献	261

第 8 章 可编程逻辑控制器 (PLC) 简介

8.1 PLC 概述	264
8.2 工业过程控制	266
8.3 PLC 专业术语	271
8.3.1 PLC	271
8.3.2 工作循环程序	271
8.3.3 工作循环和扫描时间	272
8.4 PLC 的硬件组成	272
8.5 PLC 的应用	274
8.6 传感器和传动机构	275
8.6.1 传感器	276
8.6.2 传动机构	282
8.7 利用 PLC 实现自动化	287
8.8 小 结	290
8.9 关键词	292
8.10 复习题	293
8.11 参考文献	293

第9章 PLC 编程

9.1 编程的概念	296
9.2 逻辑梯形图术语	301
9.3 标准的 PLC 指令集	303
9.3.1 继电器输出指令示例	305
9.3.2 定时器输出指令示例	306
9.3.3 计数器及复位输出指令示例	308
9.4 PLC 的编程过程	310
9.4.1 使用状态图开发逻辑梯形图	311
9.4.2 PLC 编程的过程步骤	316
9.4.3 逻辑梯形程序的组成	318
9.5 PLC 程序仿真	318
9.5.1 TriLogi 仿真软件	319
9.5.2 安 装	320
9.5.3 用户界面	324
9.5.4 输入并仿真逻辑梯形程序	327
9.6 PLC 编程示例	333
9.6.1 识别系统状态	333
9.6.2 识别系统转变并完成状态图	334
9.6.3 创建状态表	337
9.6.4 编写状态逻辑	337
9.6.5 编写转变逻辑	337
9.6.6 添加过程中断	339
9.6.7 程序仿真	341
9.7 小 结	343
9.8 关键词	345
9.9 复习题	345
9.10 参考文献	346

第10章 自动化工作站和工作单元

10.1 自动化工作站和工作单元	348
10.2 工作站和工作单元组件	350
10.2.1 结构件	350
10.2.2 工件给料机和存储装置	351

10.2.3 驱动装置	353
10.3 自动化工作站和工作单元示例	356
10.4 小 结	360
10.5 关键词	360
10.6 复习题	360
10.7 参考文献	361

第 1 章

可编程自动化简介

目 录

- 1.1 可编程自动化简介
- 1.2 制造工艺
- 1.3 自动化
- 1.4 生产绩效评估
- 1.5 自动化效益
- 1.6 自动化策略
- 1.7 小 结
- 1.8 关键词
- 1.9 复习题
- 1.10 参考文献

目 的

本章的目的是向读者介绍可编程自动化，从整体上定义自动化，并介绍自动化的应用场合。

1.1 可编程自动化简介

对于那些力求在各自的行业中改善制造体系的工程师及技术员来说,可编程自动化技术是非常有用的工具。该技术综合了机械、电子及计算机技术,而这些技术已经因为其非常特殊的自动化能力得到了发展。“可编程自动化技术”这一术语其实包含了三种截然不同的技术,而这三种技术具有同一条主线,即可编程性。这些技术是计算机数字控制技术、机器人技术以及可编程逻辑控制。每一种技术都以一定的形式直接或间接地应用于几乎所有的现代自动化系统,如果没有对这些技术作用的研究,它们也不会应用于现代化制造设备。但事实并非总是如此。

可编程自动化的初始运移是循序渐进的,并受到其复杂性和高成本的限制,同时,其早期系统的可靠性较差。此外,该项技术的应用要求公司聘请一些技术专家,尤其是致力于安装启用、编程及系统维护方面的专家。不管怎样,可编程自动化技术在最近 25 年得到了很大的改善:现代化系统已经标准化,复杂程度及成本大幅度降低,可靠性大大增强。尽管在最初的时候,这项技术只是专家特别是工程师可以使用,但是现在几乎每一位工程师及维修人员都要求在一定程度上能够使用该项技术。事实上,对于曾经避免使用“电气材料”的机械工程师及技术人员来说,在电气材料方面具有坚实的基础是非常必要的。因此,本书的目的就是:向工程师队伍中的每一位成员传授自动化技术,使他们能够在自动化领域轻松地工作。

在对“可编程自动化”进行确切的定义并对其能力进行全面的描述之前,我们需要先理解一般性的制造。在下面的章节中,首先探究制造业并对其术语进行定义。接下来定义自动化,特别是可编程自动化。最后几个小节将介绍生产力的概念,并对自动化及其相应的效益、可执行的方法进行阐述。

1.2 制造工艺

1.2.1 制造业概况

不论是否被考虑在内,制造业都是一个转化过程。某种形式的原材料被应用于制造设备,并被加工成更加有用的产品。而这些转变则是通过对原材料应用一系列的加工工序及制造工艺来实现的。制造工艺改变了原材料的形状、外观、力学性能及机械性能,并利用其他的部件将其装配成需要的成品。这一过程是通过设备、工具、劳动力、时间及精力的应用来实现的。

生产设备内部的生产操作方法定义了工厂的布局。生产设备中的“加工体系”这一术语包括工厂的布局以及工人对操作的执行。在过去,加工体系由产品的特点决定。图 1.1 所示为 XYZ 公司生产设备的工厂布局假设图。XYZ 公司生产小工具。

如布局图所示,通过一系列的制造工艺将棒材加工成一个小工具,这些制造工艺包括锯削、车削、铣削及喷涂。每一道制造工艺都经历了一次程序指令的、系统的操作。在一道制造工艺的程序指令完成之后,产品将进入下一道工艺。

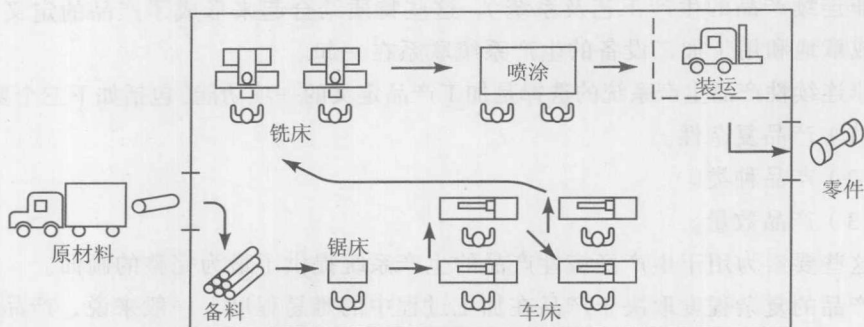


图 1.1 XYZ 公司的工厂布局

需要注意的是,除了制造工艺之外,工厂还必须进行一些操作,以生产产品。产品必须在制造工艺之间周转。在一定程度上,必须进行检验,以确保产品符合客户的要求。此外,必须有专人进行优化工艺、调度、劳动监察、定期维修、协调材料配送、控制存货量并确保准时发货。这些工作在本质上对产品的工艺转变没有任何作用。但是,它们对于产品的生产是非常重要的。制造工艺及其他工作通称为生产操作。工厂中典型的生产操作包括以下内容:

- (1) 制造工艺。
- (2) 材料配送。
- (3) 质量控制。
- (4) 生产支持。

每一项生产工艺的设计用于完成一种特定原材料的成型工序。生产工艺的数量及用于生产设备的方法由产品决定。生产工艺可以包含成型工艺,如铸造和机械加工;用于提高性能的工艺,如钢的热处理;表面工艺,如净化、镀覆和喷涂;不同的装配工艺。永久性的装配工艺包括焊接、锡焊、铜焊以及黏接。典型的半永久性装配工艺包括各种不同的机械连接,如螺栓连接、铆接、膨胀配合等。所有的生产工艺均增加了产品的价值,而材料配送、质量控制、生产支持这三个过程并没有增加产品的价值,但却是自动化的首要目标。

生产过程用于加工设备的方法决定了工厂的平面布局,而生产系统这一术语包括平面布局及工人操作过程。

1.2.2 定义产品

一台给定的加工设备也许只能加工一种产品,或是一种产品的多种型号,也许可以加工多种产品。这些产品可能像一枚曲别针一样简单,也可能像一台复印