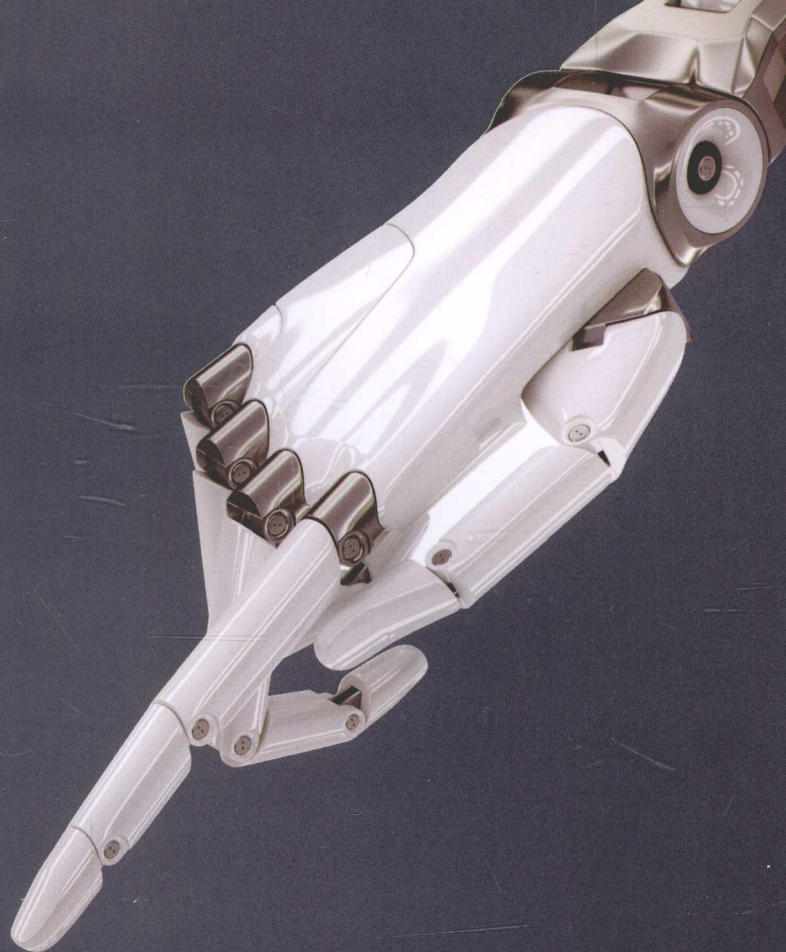




机器人学译丛



[英] 麦克·威尔逊 (Mike Wilson) 著

王伟 负超 等译

机器人系统实施

制造业中的机器人、自动化和系统集成

IMPLEMENTATION OF ROBOT SYSTEMS

AN INTRODUCTION TO ROBOTICS, AUTOMATION,
AND SUCCESSFUL SYSTEMS INTEGRATION IN
MANUFACTURING



机械工业出版社
China Machine Press

机器人学译丛

[英] 麦克·威尔逊 (Mike Wilson) 著

王伟 负超 等译

机器人系统实施

制造业中的机器人、自动化和系统集成

IMPLEMENTATION OF ROBOT SYSTEMS

AN INTRODUCTION TO ROBOTICS, AUTOMATION,
AND SUCCESSFUL SYSTEMS INTEGRATION IN
MANUFACTURING



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人系统实施: 制造业中的机器人、自动化和系统集成 / (英) 麦克·威尔逊 (Mike Wilson) 著; 王伟等译. —北京: 机械工业出版社, 2016.8

(机器人学译丛)

书名原文: Implementation of Robot Systems: An Introduction to Robotics, Automation, and Successful Systems Integration in Manufacturing

ISBN 978-7-111-54937-6

I. 机… II. ①麦… ②王… III. 工业机器人—研究 IV. TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 231154 号

本书版权登记号: 图字: 01-2015-2808

Implementation of Robot Systems: An Introduction to Robotics, Automation, and Successful Systems Integration in Manufacturing

Mike Wilson

ISBN:978-0-124-04733-4

Copyright © 2015 by Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2016 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Printed in China by China Machine Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权机械工业出版社在中国大陆境内独家出版和发行。本版仅限在中国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 出版及标价销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签, 无标签者不得销售。

本书主要研究工业机器人, 首先讲解机器人和周边设备的总体技术问题, 继而讨论机器人应用项目的管理和实施, 为工业机器人系统的实际应用提供指导。主要包括: 机器人和自动化技术的发展史; 机器人类型和使用机器人的好处; 重要的机器人周边设备; 机器人的典型应用领域; 如何设计机器人应用方案; 如何制作机器人项目的用户需求说明书; 如何对机器人应用进行经济性评价; 如何成功实施机器人应用项目; 最后总结了机器人系统实施流程, 讨论了自动化战略并提出了未来展望。

本书适合高等院校机械、自动化、电子和计算机等专业的高年级本科生阅读, 也适合正在研究工业机器人的教师和研究生作为参考书目, 还值得正在从事工业机器人产品研发的工程师和企业管理人员借鉴。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 曲 熠

责任校对: 董纪丽

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

版 次: 2016 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 11

书 号: ISBN 978-7-111-54937-6

定 价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

机器人这一概念源自约 100 年前的科幻剧本《Rossum's Universal Robots》(罗素姆万能机器人)。它是人类创造出来模拟人类自身的、具有高度自动化和智能化的复杂机械电子设备,广泛应用于工业生产、日常生活和不适宜人类亲临的特殊环境中。随着机械、控制和软件等技术的进步,各种机器人的性能指标均得到了大幅提升。受到科幻电影的影响,机器人在人们心目中越来越具备拟人化的特征,甚至具备人类的情感。但是,现有的机器人还不具备人类的复杂感知和高度智能,因此可实现的机器人技术与艺术塑造的机器人角色存在相当大的差距。正是这种差距,一方面激发了学术界和产业界投身机器人研究的热情,另一方面也告诉我们成功应用机器人系统需要考虑当前技术水平和经济条件等限制因素。

本书的研究范围是工业机器人。工业机器人的广泛使用对现代工业产生了极其重要的影响,工业机器人的使用密度甚至成为衡量一个国家工业水平的标志之一。工业机器人一方面可以提高生产效率和产品质量,降低制造成本,另一方面可以适应柔性生产需求。正是因为工业机器人具有的这些优势,才使得越来越多的企业开始使用机器人,并把机器人集成到更大的制造系统中。现有的工业机器人还不能直接替代工人的智能化,在技术和经济可行的条件下,如何成功实施工业机器人应用?回答这问题是本书写作的主要目的。特别是在劳动成本上升、企业面临转型升级压力的现实环境下,成功应用工业机器人将产生重要的社会效益。

本书采用平实的语言讨论机器人应用中应该注意的主要问题,力求避免论述某项具体的机器人技术。第 1 章讲述机器人和自动化技术发展史;第 2 章总结机器人类型和使用机器人的好处;第 3 章介绍机器人的周边配套设备;第 4 章列举机器人的典型应用领域;第 5 章概括如何设计机器人应用方案;第 6 章告诉我们如何制作机器人项目的用户需求说明书;第 7 章讨论如何对机器人应用做经济性分析;第 8 章指出如何成功实施机器人应用项目;第 9 章提出自动化战略。前 4 章主要涉及机器人和周边设备的总体技术问题,接下来的 4 章则专注于机器人应用项目的管理和实施,为应用工业机器人提供了详细的实际指导。

本书的翻译工作凝聚了翻译团队每位成员高昂的工作热情与细致的工作态度。翻译工作由北京航空航天大学王伟博士统一负责和最终统稿,负超教授和魏

IV

洪兴教授为本书的翻译提供了大量技术指导工作，研究生付小月和刘仲夏翻译了部分章节内容。其他参与翻译的人员还有北京航空航天大学的陈丹阳、祖天培、何丽鸿和王梓卓等同学。机械工业出版社的编辑在本书的出版过程中给予我们大力的支持、关心和理解，没有他们的无私奉献，也不可能有本书的面世。

本书适合高等院校机械、自动化、电子和计算机等专业的高年级本科生阅读，也适合正在研究工业机器人的教师 and 研究生作为参考书目，还值得正在从事工业机器人产品研发的工程师和企业管理人员借鉴。

尽管译者认真严谨，但受限于自身水平，特别是工业机器人应用范围非常广泛，难免有把握不准的地方，恳请各位读者批评指正，并将您的宝贵意见反馈给我们。最后，真诚期望本书对读者有益，为制造型企业转型升级提供帮助。

王 伟

2016 年 8 月

感谢 Elsevier 出版社，使我有机会把我在机器人行业工作 30 多年所积累的知识 and 经验出版成书。特别感谢 Elsevier 的 Hayley Gray 和 Charlie Kent 两位同事，在本书写作最困难的时候，他们给了我巨大的鼓励。还要感谢我的父亲 Brian Wilson，是他把我带上了工程学的道路，在人生路上给我许多鼓励，而且他还为本书提供了诸多建议。

感谢与我共事的朋友和同事。能够与不同国家和不同行业的人分享自动化和机器人的好处，我感到莫大的荣幸。

最后，谢谢我的妻子 Elena，在本书写作的过程中，她给了我无微不至的照顾和最大的支持。

Mike Wilson

作者简介 |

Implementation of Robot Systems: An Introduction to Robotics, Automation, and Successful Systems Integration in Manufacturing

麦克·威尔逊 (Mike Wilson)，在机器人产业界工作超过 30 年。1982 年，他在克兰菲尔德大学获得工业机器人硕士学位。

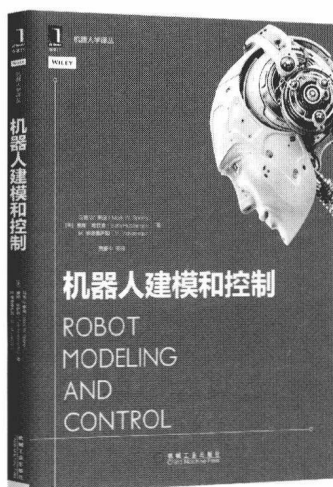
他最开始在英国利兰汽车公司工作，从事机器人系统的开发与应用，尤其专注于机器人涂胶、密封和喷漆应用。1988 年，他转到 Torsteknik 公司（后来被安川公司合并）从事销售工作，面向英国的汽车零部件厂和金属制造厂销售机器人焊接系统。之后他转到 GMF（后来成为发那科机器人），主要面向汽车行业从事销售管理工作，后来他成为英国销售负责人，负责销售、金融、工程和客户服务等所有业务。

6 年后，他加入了 Meta 视觉系统公司（这是一家风险投资支持的英国公司），为机器人和焊接设备提供视觉引导系统。在此期间，两家视觉领域的公司进行了收购和整合，一家位于加拿大的蒙特利尔，另一家位于英国。Meta 公司 95% 的业务都在英国以外的地区，因此他有机会拜访许多海外客户，特别是欧洲、印度和北美。

2005 年，Mike 自己创业，为制造业和自动化供应商提供咨询服务和培训。他参与了来自意大利、韩国、荷兰和英国等国家的公司的项目，作为专家目睹了业内的许多争议性项目，并到华威大学从事教学工作。2012 年，Mike 加入英国的 ABB 机器人，从事销售管理工作。

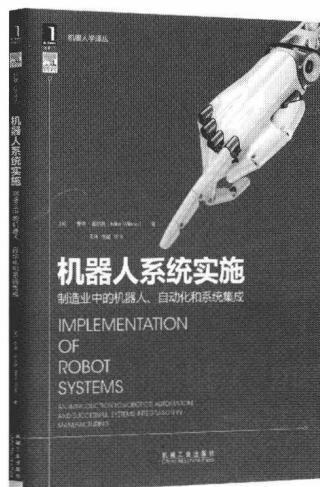
在他的职业生涯中，Mike 还参加了英国贸易协会和其他相关组织。他在 1991 年加入了英国自动化和机器人协会，于 2009 年起担任该协会主席一职。他在 2000 ~ 2003 年担任国际机器人联盟（IFR）主席，成为该联盟唯一一位连任两届的主席。

推荐阅读



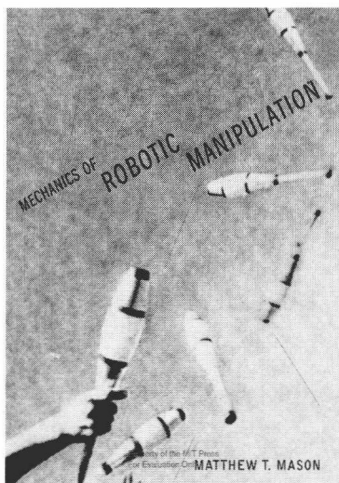
机器人建模和控制

作者：马克 W. 斯庞 等 译者：贾振中 等
ISBN: 978-7-111-54275-9 定价：79.00元



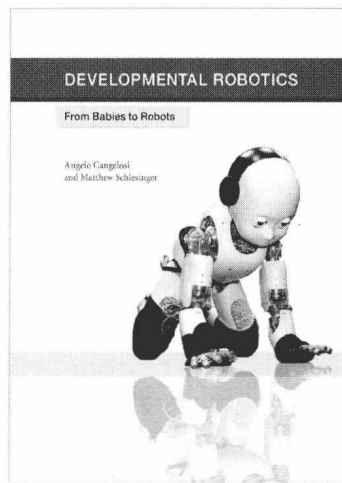
机器人系统实施：制造业中的机器人、自动化和系统集成

作者：麦克·威尔逊 译者：王伟 等
ISBN: 978-7-111-54937-6 定价：49.00元



机器人操作的力学原理

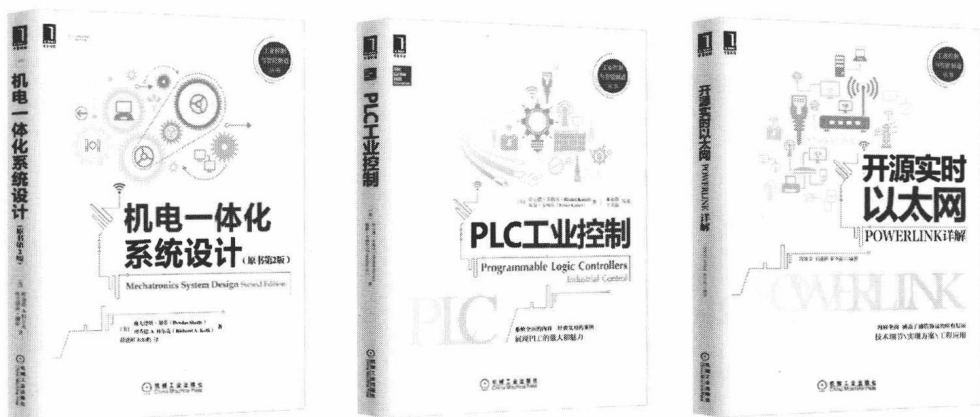
作者：马修 T. 梅森 译者：贾振中 等



发展型机器人：由人类婴儿启发的机器人

作者：安吉洛·坎杰洛西 等 译者：晁飞

推荐阅读



机电一体化系统设计（原书第2版）

作者：戴夫德斯·谢蒂 译者：薛建彬 ISBN: 978-7-111-52923-1 定价：89.00元

本书深入讨论了机电一体化设计过程的关键内容，探讨了其发展方向，重点讲解系统建模和仿真，详细介绍了传感器和换能器的基本理论和概念、几种类型的驱动系统、控制和逻辑方法，特别是机电一体化系统中的控制设计，讨论了实时数据采集的理论和实践。最后还介绍了在智能制造领域机电一体化技术的发展。第2版经过了大幅的扩展和修订，新增了众多设计示例和习题，并结合LabVIEW和VisSim进行仿真，旨在帮助读者理解机电一体化系统的设计方法。

PLC工业控制

作者：哈立德·卡梅等 译者：朱永强等 ISBN: 978-7-111-50785-7 定价：69.00元

该书是一本介绍PLC编程的书，其关注点集中于实际的工业过程自动控制。全书以Siemens S7-1200 PLC的硬件配置和整体自动化集成（Totally Integrated Automation）界面为基础进行介绍讲解。其内容包括：自动化及过程控制基本概念、继电器逻辑基础及PLC结构和原理、PLC计数器和定时器的应用编程、模拟模块、梯形图逻辑和HMI、模块化程序设计、开环和闭环过程控制、综合性设计项目实例等。

开源实时以太网POWERLINK详解

作者：肖维荣等 ISBN: 978-7-111-50785-7 定价：49.00元

本书从现有工业以太网技术的比较开始，概要性的介绍了主流的几种实时以太网，详细介绍了POWERLINK实时以太网技术。内容包括POWERLINK的技术原理，特点，具有哪些功能，以及应用层CANopen的概念，这些基础的技术理论。进而介绍了如何实现和使用POWERLINK，包括如何组建和配置POWERLINK网络，如何诊断网络错误等。最后介绍了POWERLINK的典型应用，包括运动控制和过程控制。

译者序

致谢

作者简介

第1章 简介 1

- 1.1 本书范围 2
- 1.2 自动化引论 3
- 1.3 机器人演变 4
- 1.4 机器人应用的发展 9
 - 1.4.1 汽车工业 9
 - 1.4.2 汽车零部件 11
 - 1.4.3 其他领域 12
 - 1.4.4 未来的增长点 12
- 1.5 机器人与就业 13

第2章 工业机器人 15

- 2.1 机器人的结构 16
 - 2.1.1 关节臂型 17
 - 2.1.2 SCARA 型 19
 - 2.1.3 直角坐标型 20
 - 2.1.4 并联型 21
 - 2.1.5 圆柱坐标型 21
- 2.2 机器人的性能 22
- 2.3 机器人的选型 24
- 2.4 机器人的好处 25
 - 2.4.1 对系统集成商的好处 ... 26
 - 2.4.2 对终端用户的
好处 27

第3章 自动化系统组件 30

- 3.1 搬运设备 31
 - 3.1.1 输送机 31
 - 3.1.2 离散输送车 32
 - 3.1.3 工件喂料设备 32
- 3.2 视觉系统 35
- 3.3 工艺设备 37
 - 3.3.1 焊接 37
 - 3.3.2 喷涂 41
 - 3.3.3 粘接和密封 41
 - 3.3.4 切削和材料去除 42
- 3.4 抓手和工具转换器 43
- 3.5 工装与夹具 45
- 3.6 装配自动化组件 47
- 3.7 系统控制 48
- 3.8 安全与防护 50
- 3.9 小结 52

第4章 典型应用 54

- 4.1 焊接 54
 - 4.1.1 弧焊 54
 - 4.1.2 点焊 56
 - 4.1.3 激光焊接 57
- 4.2 调配 58
 - 4.2.1 喷涂 58
 - 4.2.2 涂胶和密封 60
- 4.3 加工 61
 - 4.3.1 机械切割 61

4.3.2 水切割	61	6.2.1 需方提供	98
4.3.3 激光切割	63	6.2.2 安全	98
4.3.4 磨削与去毛刺	63	6.2.3 周边配套服务	98
4.3.5 抛光	64	6.2.4 项目管理	98
4.4 搬运与机床上下料	65	6.2.5 设计	98
4.4.1 铸造	65	6.2.6 制造和装配	99
4.4.2 注塑	66	6.2.7 出厂测试	99
4.4.3 冲压与锻造	67	6.2.8 运输	99
4.4.4 机床上下料	68	6.2.9 安装和调试	100
4.4.5 测量、检验与测试	70	6.2.10 最终测试和验收	100
4.4.6 码垛	71	6.2.11 守护人员	101
4.4.7 包装与拣选	72	6.2.12 培训	101
4.5 装配	73	6.2.13 文档	101
第5章 机器人方案设计	75	6.2.14 保修	102
5.1 确定应用参数	75	6.2.15 其他条款	102
5.2 初步方案设计	77	6.3 验收标准	102
5.2.1 弧焊	77	6.4 附信	103
5.2.2 机床上下料	81	6.5 小结	103
5.2.3 码垛	82	第7章 经济性评价	105
5.2.4 包装	84	7.1 机器人的好处	106
5.2.5 装配	87	7.1.1 减少操作成本	106
5.2.6 其他应用	88	7.1.2 提高产品质量和 一致性	107
5.3 控制与安全	89	7.1.3 提高员工的工作 质量	107
5.4 测试与仿真	90	7.1.4 提高生产量	107
5.5 方案细化	92	7.1.5 提高产品制造的 柔性	107
第6章 说明书的准备	95	7.1.6 减少原料浪费并增产	108
6.1 说明书的功能要素	96	7.1.7 遵守安全规则, 提高 工作场所的卫生和 安全程度	108
6.1.1 概述	96		
6.1.2 自动化方案	96		
6.1.3 需求	96		
6.2 供货范围	97		

7.1.8 减少劳动力流动和招聘 工人的困难	108	8.2 供应商的选择	118
7.1.9 减少资金成本	108	8.3 系统的构建和验收	121
7.1.10 为高价值的制造业节省 空间	109	8.4 安装和调试	122
7.2 快速经济分析	109	8.5 操作和维护	123
7.2.1 计算应该多保守	110	8.6 员工和供应商的参与	124
7.2.2 什么是技术风险	110	8.6.1 供应商	125
7.2.3 方案是否具有柔性 ...	110	8.6.2 生产人员	125
7.2.4 谁是投资的驱动者 ...	110	8.6.3 维护人员	126
7.2.5 解决方案过时了吗 ...	110	8.7 避免问题	126
7.2.6 竞争能力	111	8.7.1 项目方案	127
7.2.7 公司对自动化的 态度	111	8.7.2 项目启动	127
7.2.8 项目实施还是不 实施	111	8.7.3 系统设计和制造	129
7.3 明确成本节省	111	8.7.4 实施	129
7.3.1 质量成本节省	112	8.7.5 操作	129
7.3.2 减少劳动力周转和 旷工	113	8.8 小结	130
7.3.3 卫生和安全	113	第9章 结论	132
7.3.4 占地面积节省	113	9.1 自动化战略	134
7.3.5 其他节省	113	9.2 展望	136
7.4 经济性评价	113	参考文献	138
7.5 合理预算	115	缩写词	139
第8章 成功实施	116	参考网站	140
8.1 项目计划	116	附录 A 询价信	141
		附录 B 用户需求说明书	143
		索引	155

简 介

摘要

本章概括了全书的主要内容，并简要回顾了自动化的历史，区分了流程自动化和离散自动化。回顾了从 20 世纪 60 年代第一台工业机器人安装以来的工业机器人历史，概述了工业机器人技术发展中的里程碑。还讨论了机器人应用技术的发展，特别是那些受汽车工业驱动的机器人应用。另外，还讨论了机器人使用对就业的影响。

关键词：工业机器人，离散自动化，工厂自动化，Unimation 公司，PUMA，机器人密度

在 20 世纪 60 年代，工业机器人首次出现，对制造工程师来说，这预示了一个令人激动的时代。这种机器为工程师提供了一种前所未有的、能够实现自动化作业的机会。1961 年，通用汽车公司首次将工业机器人应用到制造过程中。从那时起，机器人技术取得了长足的进步，当今的机器人在性能、生产能力和价格等方面都完全不同于最早的工业机器人。已有超过 200 万台机器人安装在不同的工业领域，从而形成了一个全新的自动化领域。这些机器人为制造业和消费者带来了巨大的好处。在成功应用这些机器人的过程中充满了挑战，但是，在过去的 50 年中，那些机器人技术的先驱者也收获了宝贵的经验教训。

1

这些挑战大部分都是由于机器人与人相比存在局限性造成的。虽然机器人能够与人一样完成许多制造任务，甚至比人类做得还要好，但是，在当前技术条件下，机器人还不具有人类所有的传感能力和智能。因此，为了成功实现机器人应用，我们就需要充分考虑这些局限性，而且机器人应用必须要设计合理，使得机器人能够成功完成指定的任务。

本书为工程师和即将从事机器人应用的学生提供了诸多实践性的指导。本书的目的不是展示机器人技术细节，也不是展示机器人如何操作或者编程，而是传授一些经验教训，给那些机器人应用的新手提供指导。畏惧困难和期望值过高往往是使用机器人的最大障碍。尽管当前机器人的安装量非常大，但是全世界的许多公司仍然会因为引进了机器人技术而获得利益。他们不愿意使用机器人的主要原因是对于未知的恐惧，往往抱着“机器人适合于汽车工业，而不适合我们”这样的念头。这种错误的念头阻碍了公司接受机器人技术并从中获利，从而阻碍了公

司的发展壮大和赢利能力。

1.1 本书范围

如上所述，本书的目的是为机器人系统的实际应用提供指导。一方面，许多学术性的书籍详细描述了机器人技术的来龙去脉。另一方面，机器人制造商和系统集成商通过因特网提供了许多机器人应用的实例。然而，很少有资料涵盖机器人系统实施的所有重要领域。虽然许多机器人专家从经验中获得了这方面的知识，但是他们没有时间整理成书以向其他人传授这些经验。

接下来，我们将介绍自动化的概念。自动化在不同的行业中含义有所不同。因此，理解在什么条件下机器人是恰当的，尤其是要理解在什么条件下机器人是不恰当的，这是至关重要的。术语机器人（robot）让我们联想到许多丰富的画面，从简单的物料操作设备到智能的仿人机器人。因此，我们有必要专门解释术语工业机器人（industrial robot）。本书主要讨论工业机器人。

2

尽管我们的主要目的不是详细讲解机器人技术，但是我们将简要介绍使用机器人的好处，以及机器人的构型、性能和特性等。对所有的机器人应用来说，这些都是必备的入门知识，因为这些知识为我们选择合理的、满足特定应用的机器人提供了基础。这是本书第 2 章的内容。

机器人由机械部分（典型情况下为机械臂）和相应的控制器组成。就它自身而言，这种设备没有什么用处。为了完成某个具体应用任务，机器人必须集成到一个包括多个其他设备的复杂系统中。第 3 章概述了重要的机器人周边设备。

第 4 章回顾了机器人的典型应用。当然，我们不希望这段综述把读者搞得精疲力竭。相反，这一章提供了许多在各种不同工业领域的机器人应用的具体实例。我们利用这些实例来阐述机器人应用中涉及的主要问题，特别是那些与特定工业领域或应用相关的问题。

本书的剩下部分概述了一个按部就班的流程，遵循这个流程就可以成功实现机器人应用。首先，在第 5 章中，我们讨论了开发机器人解决方案的初始流程，尽管这个流程通常是反复的，但最终的解决方案通常要等到经济性评价完成后才能确定。成功的机器人应用的关键是如何定义系统的技术要求。大多数情况下，用户往往会将机器人解决方案的实施外包给外部供应商，比如系统集成商，供应商必须清楚地理解即将实施的机器人系统的需求和限制条件。这些内容一般都写在用户需求说明书里。如果没有这个说明书，用户与供应商之间就会缺少清晰的理解，从而导致项目失败的可能性大增。用户需求说明书的目的就是传达这些重要信息。在本书的第 6 章中，我们将讨论如何制定这一关键文件。

当然，机器人系统的实施必须给终端用户带来好处。这些好处通常是经济上的，经济性评价必须在项目的开始阶段就明确下来。通常情况下，除非经济性评价可行，否则用户是不会继续推进购买机器人系统的，这与其他资产投资的道理是一样的。因此，终端客户的决策制定者需要看到一份具有说服力的经济性评价。所以，经济性评价与机器人解决方案的工程设计一样重要。这还不只是确定可以节省多少劳动力。机器人系统还能够带来其他在经济上可以量化的好处。许多情况下，机器人系统没有实施的主要原因是经济性评价无法满足企业的财务要求。然而，依靠正确的方法并进行详细的分析会有利于经济性评价。这些内容将在第 7 章中介绍。

3

所有成功的项目都需要一套对项目计划和管理井然有序的方法。从这个角度来看，机器人系统应用也是如此，尽管问题总是难以避免的，特别是对那些开始尝试使用机器人技术的公司。第 8 章涵盖项目计划、供应商选择、机器人系统的安装和操作等诸多环节，提供了成功实施机器人应用的指导案例。特别值得一提的是，本章考虑了一些共性问题，并告诉读者如何避免发生这些问题。

最后，第 9 章总结了机器人系统实施流程。本章还为刚刚涉足机器人技术的工程师和公司提供了一些想法和建议，便于他们从制定自动化战略中获益。自动化战略为制造业提供了一个宏观的计划。依靠该计划，制造商可以扩展他们的专业能力，并把自动化应用作为公司总体目标的一部分。

1.2 自动化引论

自动化可定义为“利用机械或电子设备对设备、流程或者系统进行自动化控制的操作，替代人工操作”。基本上，自动化就是利用机器取代手工劳动来完成的任务，它能够实现运动、数据采集和制定决策。因此，自动化涵盖了多种形式的设备、机器和系统，小到简单的取放操作，大到核电站的复杂监控系统。

工业自动化起源于工业革命和 1769 年詹姆斯·瓦特（James Watt）发明蒸汽机。紧随其后的是 1801 年的提花穿孔卡片织布机和 1830 年的凸轮编程车床。这些早期的工业机器更准确的定义是机械化，因为它们全是机械装置，几乎不能编程。1908 年，亨利·福特（Henry Ford）实现了 Model T 轿车的批量生产，英国的 Morris 汽车公司在 1923 年利用自动化传送机进一步提升了生产效率。随着 MIT 的数控机床的发展，第一套真正可以实现编程的设备直到在 20 世纪 50 年代才发明出来。1961 年通用汽车安装了第一台工业机器人，1969 年安装了第一台可编程逻辑控制器。1985 年发明了第一个工业网络，即制造自动化协议（Manufacturing Automation Protocol, MAP），所有的这些进展形成了今天的自动化系统。

4

机器人是自动化的一种特定形式。为了理解机器人在制造业中的地位，就必须能够区分自动化的不同类型。第一个显著的区别是离散自动化和流程自动化。离散自动化（或者叫作工厂自动化）能够快速执行间歇运动，通常包括大型机械部件的高精度搬运和定位等运动。整个车间包括许多来自不同制造商的机器，这些机器经常可以单独实现某一环节的自动化。相反，流程自动化是为连续流程而设计的。工厂一般都包括封闭的泵系统，用于将介质通过管路和阀门传送出去。阀门与容器连接，在容器里添加、混合材料并进行温度控制。简而言之，离散自动化通常都与单独的工件有关，而流程自动化控制流体。

化工厂和炼油厂有很多流程自动化的实例。汽车生产线上的设备一般都属于离散自动化，而食品和饮料行业的设备往往包括这两种自动化形式。流程自动化提供基本产品（比如牛奶），而当产品被放入单个的包装袋、瓶子或易拉罐后，工厂自动化则处理这些产品。

按照上面的分类，机器人是离散自动化或工厂自动化的一种形式。离散自动化又可以分为刚性自动化和柔性自动化。刚性自动化专门针对某一特定的任务，因此，它对该任务的作业效率极高。刚性自动化几乎没有什么适应性，但是运行效率极高，最典型的例子就是香烟生产机械。柔性自动化提供一定的柔性和适应性。它要么可以利用相同的设备处理不同的产品，要么可以重新编程执行其他任务或操作其他产品。对于刚性自动化和柔性自动化之间的选择，主要考虑性能指标，一般情况下，柔性自动化不够优化，难以达到刚性自动化那么高的生产效率。机器人是柔性自动化的一种典型形式，因为机器人可以应用于不同类型的应用中。

5

1.3 机器人演变

捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克（Karel Capek）在他的科幻剧本《Rossum's Universal Robots》（罗素姆万能机器人）中首次使用了“机器人”这个词。它根据捷克文 Robota 演变而来，原意为“劳役、苦工”。创作于 1920 年的这部科幻剧本把机器人描述成一种为人类主人服务的智能机械并最终统治了全世界。现在的机器人概念即起源于此。其他作家进一步发展了这个概念。特别是在 20 世纪 40 年代，美国科幻巨匠阿西莫夫（Isaac Asimov）提出了“机器人三法则”：

- 第一法则：机器人不得伤害人类，或坐视人类受到伤害。
- 第二法则：除非违背第一法则，否则机器人必须服从人类的命令。
- 第三法则：在不违背第一及第二法则的情况下，机器人必须保护自己。

虽然这些法则是虚构的，但是它们的确为当今开发机器人智能和人-机器人

交互的研究人员提供了基石。

机器人有多种形式。由于受到电影《Star Wars》（星球大战）中 C3PO 科幻机器人先入为主的影响，公众往往将机器人联想为智能化的人性设备，但现有的机器人技术完全不是这么回事。学术界将机器人分为两个不同的领域——服务机器人和工业机器人。服务机器人可以应用于很宽泛的领域，包括军方的无人飞船、挤牛奶的机器人、外科手术机器人、搜索和救援机器人、扫地机器人和教育玩具机器人等。由于服务机器人所处的工作环境和应用领域不同，所以它们在尺寸、性能、技术水平和成本方面千差万别。服务机器人市场正在快速扩大。服务机器人的供应商一般都来自于非工业领域。当然，服务机器人与工业机器人也有某些技术交叉点，但是机械本体则完全不同。

6

本书主要关注工业领域的机器人。这些机器人主要用于满足工业需求，因此它们不像服务机器人有那么多变化。下面是业界广泛接受的工业机器人定义（ISO 8373），由国际机器人联盟（International Federation of Robotics, IFR）于 2013 年发布（IFR, 2013）。

机器人具备自动控制及可再编程、多用途功能，机器人操作机具有 3 个或 3 个以上的可编程轴，在工业自动化应用中，机器人的底座可固定也可移动。

该定义明显区分了机器人和其他自动化设备，比如取放单元、机床和出入库系统。

工业机器人产业始于 1956 年，Joseph Engelberge 和 George Devol 创办了 Unimation 公司。Devol 早先注册了“Programmed Article Transfer”这一专利，之后他们两人联合开发了第一台工业机器人——Unimate（如图 1-1 所示）。Unimation 将第一台机器人安装到位于新泽西州特伦顿的通用汽车工厂，用于压铸件的码垛。该机器人是一套由液压驱动的机械臂，逐步执行存储在磁鼓上的指令。首次大规模安装也是在通用汽车，这次案例是 1969 年安装在洛兹敦的总装厂，将 Unimation 的机器人用于点焊作业（如图 1-2 所示）。这些机器人使得 90% 以上的点焊任务实现了自动化，而之前仅有 40% 能够实现自动焊接，剩下的必须手工操作。挪威 Trallfa 公司早先开发了喷漆独轮车，1969 年提供了第一台商用喷涂机器人。随后，Unimation 公司于 1969 年与 Kawasaki 公司签订了技术协议，日本的机器人产业开始快速崛起。到 1973 年，全世界安装了 3000 台机器人。

德国 KUKA 公司在刚开始使用 Unimation 公司的机器人，之后于 1973 年开发了自己的机器人。这批机器人拥有 6 个电机驱动轴。同年，日本 Hitachi 公司首次集成了视觉系统，使得机器人能够跟踪移动目标。该机器人在移动的模具上将螺栓拧紧，用于生产混凝土桩。截至 1974 年，辛辛那提公司的 Milacron T3 是第一