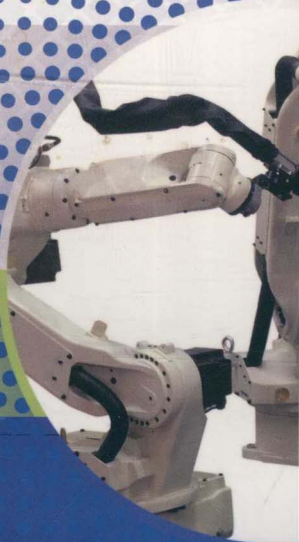




全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定
全国高职高专智能制造领域人才培养规划教材
工业机器人技术专业

工业机器人 离线编程与仿真

宋云艳 周佩秋 主编



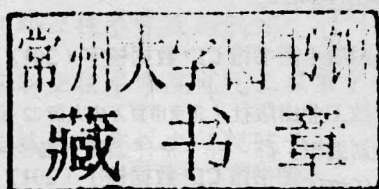
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定
全国高职高专智能制造领域人才培养规划教材
工业机器人技术专业

工业机器人离线编程与仿真

主 编 宋云艳 周佩秋
副主编 李冠男 周 崑
参 编 隋 欣 于周男 王海霞



机械工业出版社

本书是全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专），经全国机械职业教育教学指导委员会审定。本书以高职高专院校选用最多的ABB工业机器人离线编程仿真软件为平台，并以工业机器人搬运、码垛为载体来介绍编程与仿真方法，选择焊接工作站、带输送链的工业机器人工作站作为组建站方法的学习项目，使学生了解工业机器人离线编程仿真方法，掌握利用相关建模操作来组建常见机器人工作站的方法和步骤。本书的主要内容包括编程仿真软件的认识、搬运机器人的离线编程与仿真、码垛机器人的离线编程与仿真、激光切割工业机器人的离线编程与仿真、模拟焊接轨迹工业机器人仿真工作站的构建和带输送链的工业机器人工作站的构建。

本书采用双色印刷，内容选择合理，结构清楚，面向应用，适合作为高职高专院校工业机器人技术、电气自动化技术、机电一体化技术、工业过程自动化技术等专业的教学用书，也可作为工程人员的培训教材。

本书配有电子课件，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网www.cmpedu.com注册后下载。咨询邮箱：cmpgaozhi@sina.com，咨询电话：010-88379375。

图书在版编目（CIP）数据

工业机器人离线编程与仿真 / 宋云艳，周佩秋主编. — 北京：机械工业出版社，2017.5

全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专） 经全国机械职业教育教学指导委员会审定 全国高职高专智能制造领域人才培养规划教材·工业机器人技术专业

ISBN 978-7-111-56657-1

I. ①工… II. ①宋… ②周… III. ①工业机器人—程序设计—高等职业学校—教材 ②工业机器人—计算机仿真—高等职业学校—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 085684 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：薛礼 责任编辑：薛礼

责任校对：张薇 封面设计：鞠杨

责任印制：李昂

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.25 印张 · 259 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-56657-1

定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-88379649 机工官博：weibo.com/cmp1952

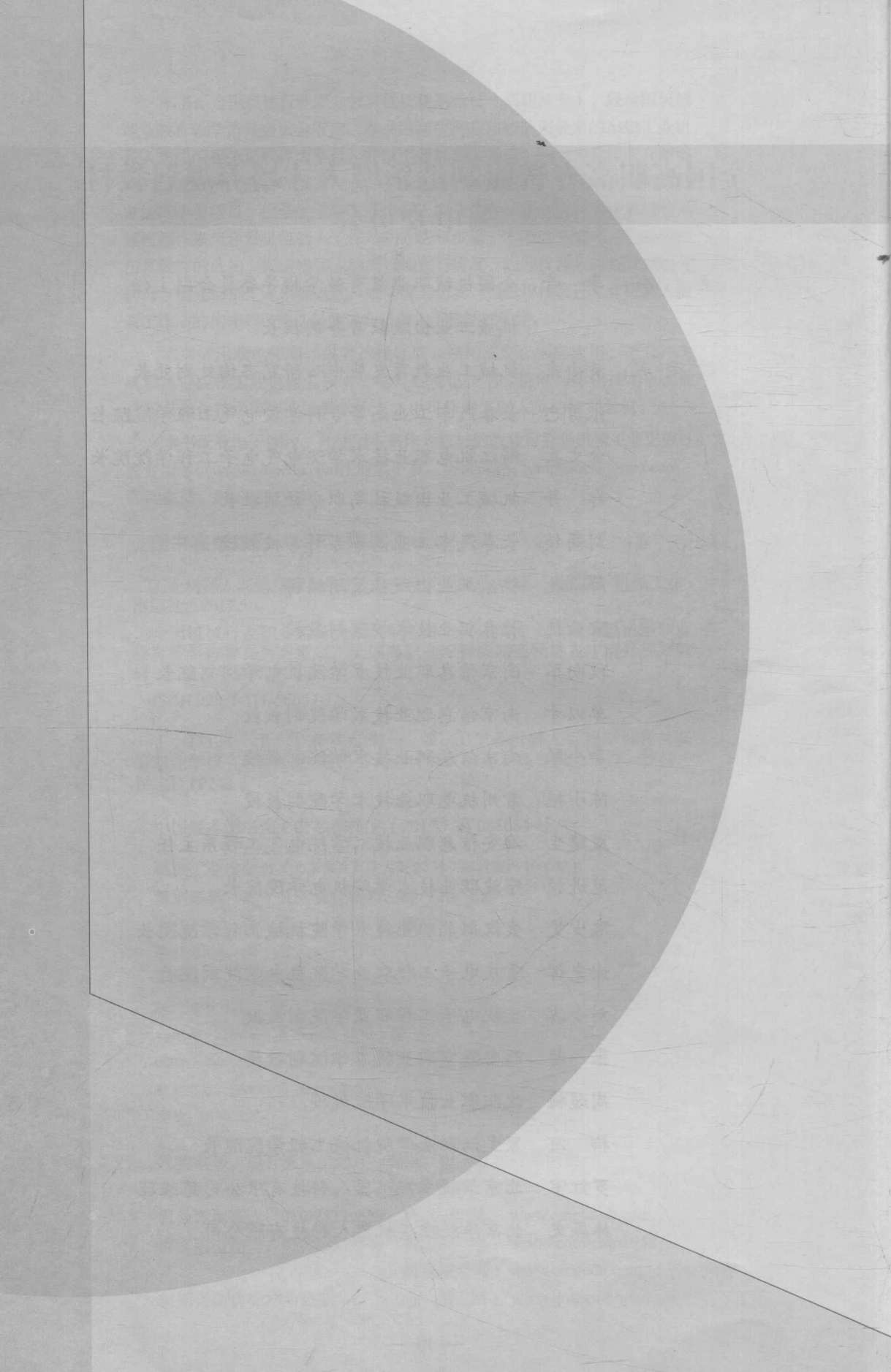
教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

全国高职高专智能制造领域人才培养规划教材 编审委员会

- 主任：李奇 全国机械职业教育教学指导委员会副主任
机械工业出版社常务副社长
- 副主任：黄小东 机械工业教育发展中心研究咨询处副处长
张勇忠 长春汽车工业高等专科学校电气工程学院院长
金文兵 浙江机电职业技术学院电气电子工程学院院长
郑丹 机械工业出版社高职分社副社长
- 秘书：刘高锁 长春汽车工业高等专科学校教授
薛礼 机械工业出版社策划编辑
- 委员：宋云艳 长春职业技术学院副教授
段向军 南京信息职业技术学院机电学院副院长
单以才 南京信息职业技术学院副教授
李小琴 南京信息职业技术学院副教授
陈小艳 常州机电职业技术学院副教授
成建生 淮安信息职业技术学院电气工程系主任
范进楨 宁波职业技术学院机电学院院长
陈少艾 武汉船舶职业技术学院机械工程学院院长
谢光辉 重庆电子工程职业学院机电学院副院长
刘小波 重庆电子工程职业学院副教授
张超 西安航空职业技术学院副教授
周超梅 沈阳职业技术学院教授
柳河 黑龙江职业学院机械工程学院院长
罗红宇 北京华航唯实机器人科技有限公司总经理
林燕文 北京华航唯实机器人科技有限公司



出版说明

《中国制造2025》是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。“要实施《中国制造2025》，坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展，加快从制造大国转向制造强国。”中国制造业转型升级上升为国家战略。

智能制造是《中国制造2025》的核心和主攻方向，工业机器人是重要的智能制造装备。《中国制造2025》提出将“高档数控机床和机器人”作为大力推动的重点领域，并在重点领域技术创新路线图中明确了我国未来十年机器人产业的发展重点。工业机器人技术及应用迎来了重要的战略发展机遇期。

为了更好地适应机械工业转型升级的要求，促进高职高专院校工业机器人技术专业建设及相关传统专业的升级改造，满足制造业转型升级大背景下企业对技术技能人才的需求，为《中国制造2025》提供强有力的人才支撑，机械工业出版社在全国机械职业教育教学指导委员会的指导下，组织国内多所高等职业院校和相关企业进行了充分的市场调研，根据学生就业岗位职业能力要求，明确了学生应掌握的基本知识及应具备的基本技能，构建了科学合理的课程体系，制订了课程标准，确定了每门课程教材的框架内容，进而编写了本套智能制造领域人才培养规划教材。

本套教材可分为专业基础课程教材和专业核心课程教材两大类。专业基础课程教材专注于基础知识的介绍，同时兼顾与专业知识和实践环节有机结合，为学生后续学习专业核心课程打下坚实的基础。专业核心课程教材主要针对在高职高专院校使用较广的ABB、KUKA等品牌的机器人设备，涵盖了工业机器人系统安装调试与维护、现场编程、离线编程与仿真、系统集成与应用等，符合专科层次工业机器人技术专业学生职业技能的培养要求；内容以“必需、够用”为度，突出应用性和实践性，难度适宜，深入浅出；着力体现工业机器人的具体应用，操作步骤翔实，图文并茂，易学易懂；编者大多为工业机器人技术专业（方向）教师及企业技术人员，有着丰富的教学或实践经验，并在书中融入了大

量来源于教学实践和生产一线的实例、素材，有力地保障了教材的编写质量。

本套教材采用双色印刷，版式轻松活泼，可以使读者获得良好的阅读体验。本套教材还配有丰富的立体化教学资源，包括PPT课件、电子教案、习题解答、实操视频以及多套工业机器人技术专业人才培养方案，可为教师进行专业建设、课程开发与教学实施等提供有益的帮助。本套教材适合作为高职高专院校工业机器人技术、机械制造与自动化、电气自动化技术、机电一体化技术等专业的教材及学生自学用书，亦可供相关工程技术人员参考。

本套教材在调研、组稿、编写和审稿过程中，得到了全国机械职业教育教学指导委员会、多所高职院校及相关企业的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

机械工业出版社

前言

PREFACE

目前,工业机器人在工业领域应用得越来越广泛,各企业对工业机器人技术人才的需求不断增加,这就要求高职高专院校培养熟悉工业机器人编程并能使用该技术的高技能应用型人才,从而满足企业对生产现场的控制需要。

本书是针对高职高专学生的特点,结合企业的需求,以及工业机器人主流品牌发展的趋势编写的。本书选用了在高职高专院校中使用最多的ABB工业机器人离线编程的RobotStudio仿真软件,按照离线编程与仿真的要求分为工业机器人的离线编程仿真和机器人工作站的构建两部分,选择了工业机器人搬运、码垛和激光切割作为离线编程与仿真的应用案例;选择焊接工作站以及带输送链的工业机器人工作站的构建作为软件的工作站仿真建模应用案例。本书既能满足工业机器人技术专业的教学需求,又能使学生了解工业机器人离线编程与仿真在实际应用中的作用,以及常用工业机器人工作站的构建方法。本书在编写时考虑到课程涉及的知识点多、内容广等特点,以及高职高专学生的知识现状和学习特点,结合生产实际,以简单的案例带动知识点开展学习,以点带面,注重培养学生解决实际问题的能力。

本书内容选择合理,结构清楚,面向应用,适合作为高职高专工业机器人技术、电气自动化技术、机电一体化技术和工业过程自动化技术等专业的教学用书,也可作为工程人员的培训教材。

本书由长春职业技术学院的宋云艳和周佩秋任主编,长春职业技术学院的李冠男和周菟任副主编,长春职业技术学院的隋欣、于周男和王海霞参与了本书的编写。宋云艳完成了全书的统稿工作。第1章、第5章由周佩秋和于周男编写;第2章由隋欣和王海霞编写;第3章、第4章由宋云艳编写;第6章由李冠男和周菟编写。本书在编写过程中参考了大量的书籍、文献及手册资料,在此向各相关作者表示诚挚谢意。由于编者水平有限,书中难免有不恰当之处,敬请读者批评指正。

编者



这是... 吉首... 1950... 1951... 1952... 1953... 1954... 1955... 1956... 1957... 1958... 1959... 1960... 1961... 1962... 1963... 1964... 1965... 1966... 1967... 1968... 1969... 1970... 1971... 1972... 1973... 1974... 1975... 1976... 1977... 1978... 1979... 1980... 1981... 1982... 1983... 1984... 1985... 1986... 1987... 1988... 1989... 1990... 1991... 1992... 1993... 1994... 1995... 1996... 1997... 1998... 1999... 2000... 2001... 2002... 2003... 2004... 2005... 2006... 2007... 2008... 2009... 2010... 2011... 2012... 2013... 2014... 2015... 2016... 2017... 2018... 2019... 2020... 2021... 2022... 2023... 2024... 2025... 2026... 2027... 2028... 2029... 2030... 2031... 2032... 2033... 2034... 2035... 2036... 2037... 2038... 2039... 2040... 2041... 2042... 2043... 2044... 2045... 2046... 2047... 2048... 2049... 2050... 2051... 2052... 2053... 2054... 2055... 2056... 2057... 2058... 2059... 2060... 2061... 2062... 2063... 2064... 2065... 2066... 2067... 2068... 2069... 2070... 2071... 2072... 2073... 2074... 2075... 2076... 2077... 2078... 2079... 2080... 2081... 2082... 2083... 2084... 2085... 2086... 2087... 2088... 2089... 2090... 2091... 2092... 2093... 2094... 2095... 2096... 2097... 2098... 2099... 2100...

目录 CONTENTS

出版说明

前言

第1章 编程仿真软件的认识 1

- 1.1 工业机器人仿真技术 1
- 1.2 RobotStudio软件简介 1
- 1.3 RobotStudio的软件界面 3
- 思考与练习 5

第2章 搬运机器人的离线编程与仿真 7

- 2.1 知识链接 8
 - 2.1.1 标准I/O板的设置 8
 - 2.1.2 I/O信号的设置 8
 - 2.1.3 机器人常用运动指令 8
 - 2.1.4 I/O控制指令 10
 - 2.1.5 逻辑控制指令 11
 - 2.1.6 工具数据 (tooldata) 的定义 12
 - 2.1.7 其他指令 12
- 2.2 搬运机器人离线编程仿真方法 13
 - 2.2.1 配置I/O单元 13
 - 2.2.2 配置I/O信号 16
 - 2.2.3 创建工具数据 16
 - 2.2.4 创建工件坐标系 19
 - 2.2.5 程序 23
 - 2.2.6 目标点的示教 35
- 2.3 知识拓展 36
 - 2.3.1 关节运动范围的设定 36
 - 2.3.2 奇异点 37
- 思考与练习 38

第3章 码垛机器人的离线编程与仿真 39

- 3.1 知识链接 39
 - 3.1.1 轴配置监控指令 39

3.1.2	动作触发指令	40
3.1.3	中断程序	41
3.1.4	复杂数据	41
3.2	码垛机器人离线编程仿真方法	42
3.2.1	设置I/O单元	42
3.2.2	设置I/O信号	43
3.2.3	设置系统输入/输出	45
3.2.4	创建工具数据	48
3.2.5	创建工件坐标系	50
3.2.6	创建载荷数据	52
3.2.7	参考程序	54
3.2.8	目标点的示教	68
3.3	知识拓展	69
3.3.1	数组	69
3.3.2	带参数的例行程序	70
3.3.3	码垛节拍优化	71
	思考与练习	71

第4章 激光切割工业机器人的离线编程与仿真··· 73

4.1	激光切割工业机器人离线编程仿真方法	73
4.1.1	创建机器人离线轨迹曲线及路径	73
4.1.2	机器人目标点的调整及轴参数的配置	78
4.1.3	完善程序及仿真运行	81
4.1.4	碰撞检查	87
4.1.5	机器人TCP跟踪功能	90
4.2	知识拓展	92
	离线轨迹编程的关键点	92
	思考与练习	92

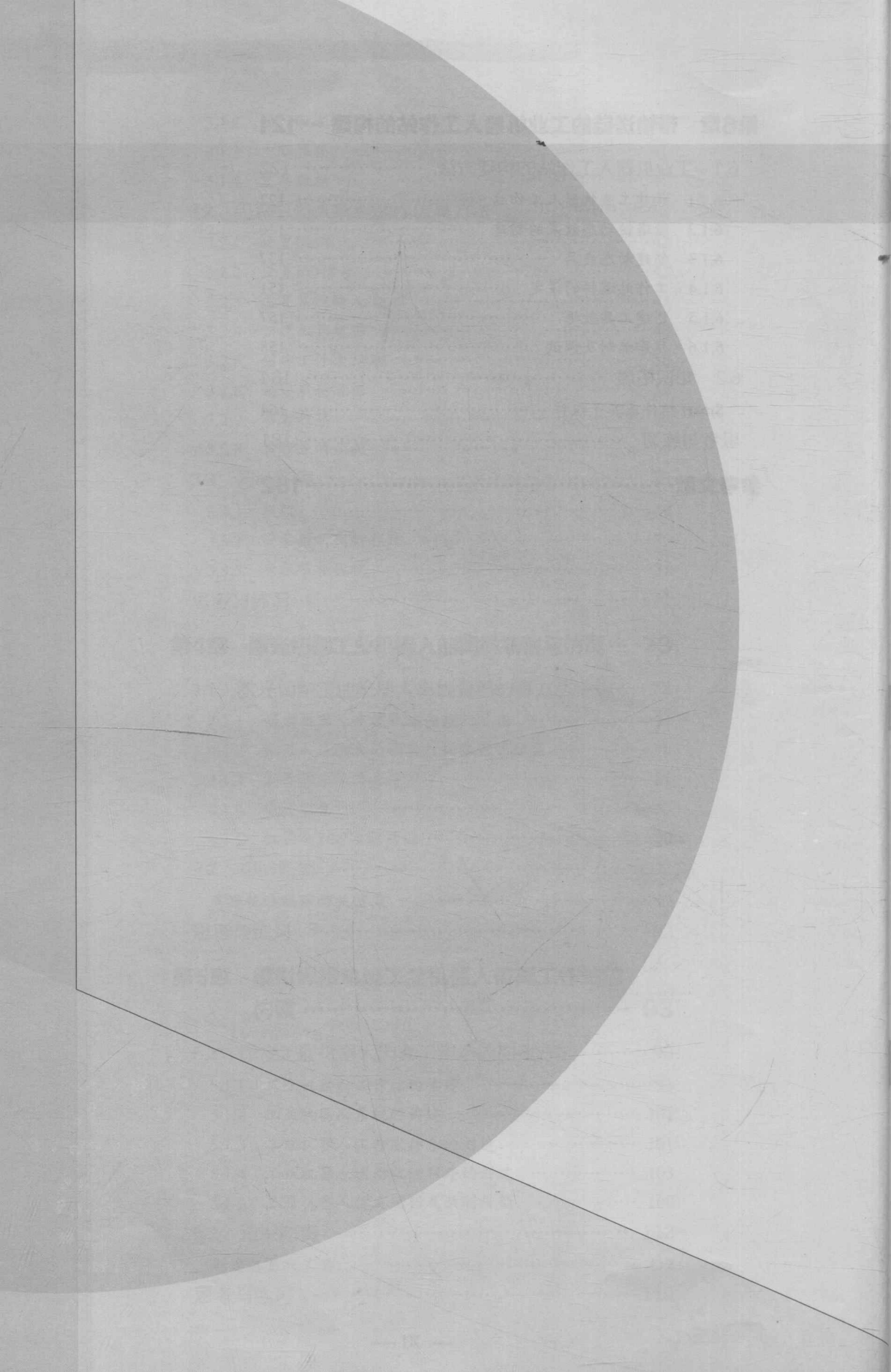
第5章 模拟焊接轨迹工业机器人仿真工作站的构建····· 93

5.1	焊接工业机器人仿真工作站的构建方法	93
5.1.1	工业机器人工作站的构建	93
5.1.2	工业机器人系统的构建	101
5.1.3	工业机器人工件坐标系的创建	101
5.1.4	工业机器人运动轨迹程序的创建	105
5.1.5	工业机器人仿真运行及录制视频	108
5.2	知识拓展	112
	创建机器人工具	112
	思考与练习	119

第6章 带输送链的工业机器人工作站的构建 ... 121

6.1 工业机器人工作站的构建方法	122
6.1.1 构建工业机器人工作站	122
6.1.2 输送链动态效果的创建	126
6.1.3 创建动态夹具	137
6.1.4 工作站逻辑的设定	151
6.1.5 创建工具数据	157
6.1.6 程序编制及调试	158
6.2 知识拓展	164
Smart 组件及其子组件	164
思考与练习	181

参考文献.....182



第1章

CHAPTER 1

编程仿真软件的认知

【学习目标】

1. 了解工业机器人离线编程与仿真应用技术。
2. 能进行 ABB 工业机器人离线编程和仿真软件 RobotStudio 的安装。
3. 熟悉 RobotStudio 软件的操作界面。

1.1 工业机器人仿真技术

工业自动化的市场竞争压力日益加剧，客户在生产中要求更高的效率，以降低价格、提高质量。如今让机器人编程在新产品之始花费时间去检测或运行是行不通的，因为这意味着要停止所有的生产以对新的或修改的部件进行编程。不首先验证到达距离及工作区域，而冒险制造刀具和固定装置已不再是首选方法。现代生产厂家在设计阶段就会对新部件的可制造性进行检查。在为机器人编程时，离线编程可与建立机器人应用系统同时进行。

1.2 RobotStudio软件简介

1. ABB离线编程与仿真软件RobotStudio

RobotStudio 是市场上离线编程的领先产品，是针对 ABB 机器人开发的，它包含了 ABB 所有的机器人，有模拟示教器和与真实的示教器一样的操作、功能。可以在软件里模拟出真实的使用环境并进行编程，然后把做好的项目直接下载到现场的控制里。RobotStudio 软件的主要功能如下：

1) 在 RobotStudio 中可以模拟真实的使用环境, 利用模拟示教器, 可以和真实的示教器一样进行操作和编程, 并进行工业机器人工作站的动作模拟仿真以及周期节拍, 为工程的实施提供真实的验证。

2) CAD 导入。RobotStudio 可以很容易地将各种主要的 CAD 格式导入数据, 包括 IGEA、STEP、VRML、VDAFS、ACIS 及 CATIA。通过使用此类非常精确的 3D 模型数据, 机器人程序设计员可以生成更为精确的机器人程序, 从而提高产品质量。

3) 自动生成路径。这是 RobotStudio 最节省时间的功能之一, 通过使用待加工部件的 CAD 模型, 可在短短几分钟内自动生成跟踪曲线所需的机器人位置。如果人工执行此任务, 则需要数小时或数天。

4) 自动分析伸展能力。此功能可让操作者灵活移动机器人或工件, 直至所有位置均可达到。可在短短几分钟内验证和优化工作单元布局。

5) 碰撞检查。在 RobotStudio 中, 可以对机器人在运动过程中是否可能与周边设备发生碰撞进行一个验证与确认, 以确保机器人离线编程得出的程序的可用性。

6) 在线作业。使用 RobotStudio 与真实的机器人进行连接通信, 对机器人进行便捷的监控、程序修改、参数设定、文件传送及设备恢复的操作, 使调试与维护工作更轻松。

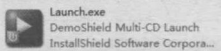
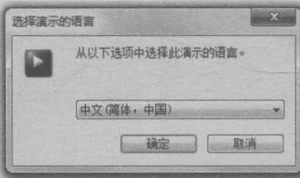

7) 应用功能包。针对不同的应用推出功能强大的工艺功能包, 将机器人更好地与工艺应用进行有效的融合。

8) 二次开发。提供功能强大的二次开发平台, 使机器人应用实现更多的可能, 满足机器人的科研需要。

2. RobotStudio 软件的安装

安装步骤见表 1-1。

表 1-1 RobotStudio 软件的安装步骤

图 例	步 骤
	第 1 步 双击安装文件 “Launch.exe”
	第 2 步 选择 “中文 (简体, 中国)” 选项, 然后单击 “确定” 按钮
	第 3 步 选择 “安装产品”

(续)

图 例

步 骤

**第 4 步**

依次安装“RobotWare”和“RobotStudio”

1.3 RobotStudio的软件界面

1. RobotStudio软件界面

RobotStudio 软件主界面包括“文件”选项卡、“基本”选项卡、“建模”选项卡、“仿真”选项卡、“控制器”选项卡、“RAPID”选项卡及“Add-Ins”选项卡，如图 1-1 所示。

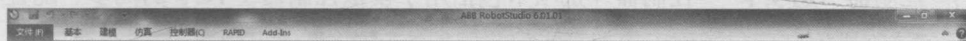


图1-1 RobotStudio软件主界面

(1)“文件”选项卡 “文件”选项卡包括创建新工作站、创造新机器人系统、连接到控制器、将工作站另存为查看器的选项和 RobotStudio 选项，如图 1-2 所示。

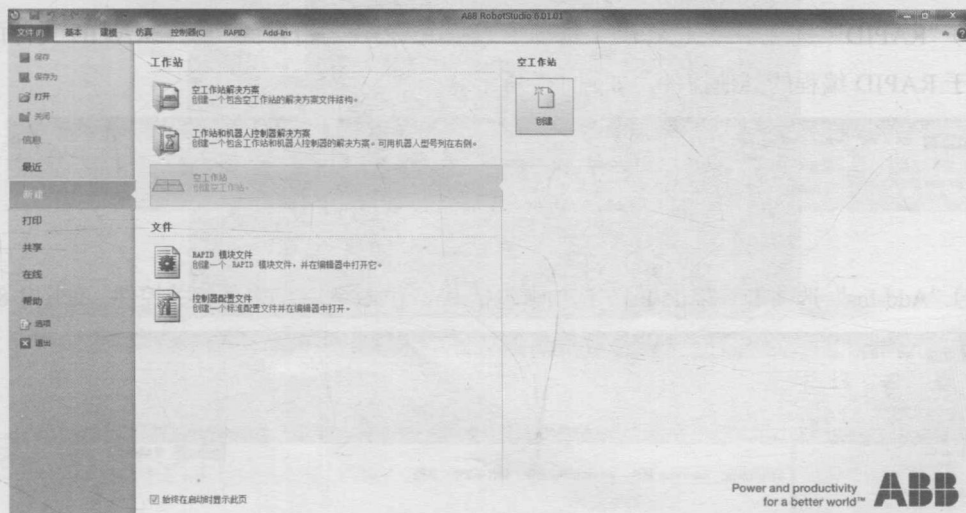


图1-2 “文件”选项卡界面

(2)“基本”选项卡 “基本”选项卡包括搭建工作站、创建系统、编程路径和摆放物体所需的控件，如图 1-3 所示。

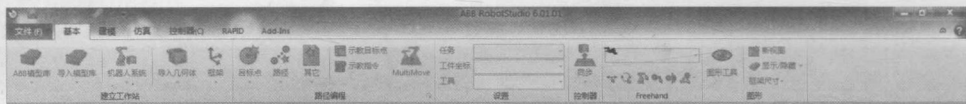


图1-3 “基本”选项卡界面

(3) “建模”选项卡 “建模”选项卡包括创建和分组工作站组件、创建实体、测量以及其他 CAD 操作所需要的控件，如图 1-4 所示。



图1-4 “建模”选项卡界面

(4) “仿真”选项卡 “仿真”选项卡包括创建、控制、监控和记录仿真所需的控件，如图 1-5 所示。



图1-5 “仿真”选项卡界面

(5) “控制器”选项卡 “控制器”选项卡包括用于模拟控制器（VC）的同步、配置和分配给它的任务控制措施，还包括用于管理真实控制器的控制功能，如图 1-6 所示。



图1-6 “控制器”选项卡界面

(6) “RAPID”选项卡 “RAPID”选项卡包括 RAPID 编辑器的功能、RAPID 文件的管理以及用于 RAPID 编程的其他控件，如图 1-7 所示。



图1-7 “RAPID”选项卡界面

(7) “Add-Ins”选项卡 “Add-Ins”选项卡包括 PowerPace 和 VSTA 的相关控件，如图 1-8 所示。

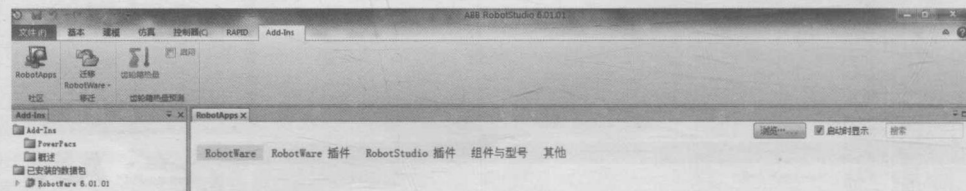


图1-8 “Add-Ins”选项卡界面

2. 恢复RobotStudio软件界面

当 RobotStudio 的操作窗口被意外关闭，无法找到对应的操作对象和查看相关信息时，可