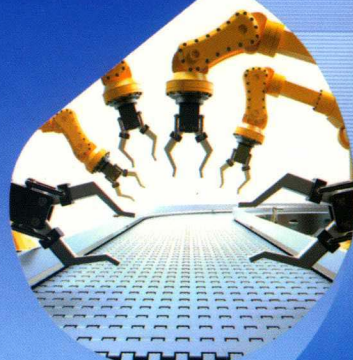


 教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目
《机电技术教育》专业职教师资培养资源开发 (VTNE016)

工业机器人 编程与操作

GONGYE JIQIREN
BIANCHENG YU CAOZUO

◎ 祁宇明 孙宏昌 邓三鹏 主编



教师免费下载
www.cmpedu.com
配教学资源

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目

《机电技术教育》专业职教师资培养资源开发 (VTNE016)

工业机器人编程与操作

主 编 祁宇明 孙宏昌 邓三鹏
参 编 蒋永翔 李丽娜 刘朝华 马 骏
蒋 丽 王 钰 杨雪翠 叶 晖
曹向红 王仲民 曹雪姣 吕世霞



机械工业出版社

本书以 ABB 工业机器人为对象,使用 ABB 公司的 IRB 系列机器人以及仿真软件 RobotStudio,以项目驱动方式创建现代工业机器人典型应用案例,利用其离线编程功能在各个工作站中集成夹具动作、物料搬运、周边设备等仿真动作,使机器人工作站完成典型工作任务与工作场景,同时在真实的机器人中予以实现。

本书采用项目驱动方式,充分体现了理论知识“必需、够用”的特点,突出应用能力和创新素质的培养,全面地介绍了工业机器人基本操作,并对工业机器人的示教器、仿真软件等进行详细的讲解;通过工业机器人坐标系数据设置与校准,介绍了工业机器人的基本安装调试方法;详细阐述了工业机器人在生产线中的编程与仿真应用;讲解了工业机器人的 I/O 通信及工作站逻辑配置;并对搬运机器人、压铸机器人与工业机器人柔性制造系统进行详解。本书能帮助读者学习工业机器人技术及其应用方法,进而掌握工业机器人的编程调试及相关控制技术。

本书内容丰富,结构清晰,通俗易懂,通过本书的学习可以使读者快速掌握使用 ABB 工业机器人进行常用的工业机器人操作的方法。本书适用于职业院校以及普通高等院校机电或机器人相关专业。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人编程与操作/祁宇明,孙宏昌,邓三鹏主编.—北京:机械工业出版社,2019.2

教育部、财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目《机电技术教育》专业职教师资培养资源开发 (VTNE016)

ISBN 978-7-111-61647-4

I. ①工… II. ①祁… ②孙… ③邓… III. ①工业机器人-程序设计
IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 286839 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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 黎 艳

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:张 静

责任印制:李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2019 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12 印张·296 千字

0001—1900 册

标准书号:ISBN 978-7-111-61647-4

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:010-68326294

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

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

项目牵头单位：天津职业技术师范大学

项目负责人：阎兵

项目专家指导委员会：

主 任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成 员：（按姓氏笔画排列）

刁哲军 王乐夫 王继平 邓泽民 石伟平 卢双盈

汤生玲 米 靖 刘正安 刘君义 孟庆国 沈 希

李仲阳 李栋学 李梦卿 吴全全 张元利 张建荣

周泽扬 姜大源 郭杰忠 夏金星 徐 流 徐 朔

曹 晔 崔世钢 韩亚兰

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》颁布实施以来，我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此，教育部明确提出，要以推动教师专业化为引领，以加强“双师型”教师队伍建设为重点，以创新制度和机制为动力，以完善培养培训体系为保障，以实施素质提高计划为抓手，统筹规划，突出重点，改革创新，狠抓落实，切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平，加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前，我国共有60余所高校正在开展职教师资培养，但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏，制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系，教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，中央财政划拨1.5亿元，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中，包括88个专业项目、12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头，组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发，一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力，培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业（类）职教师资本科培养资源项目，内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案，以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源；二是取得了6项公共基础研究成果，内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等；三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果，共计800多本正式出版物。总体来说，培养资源开发项目实现了高效益：形成了一大批资源，填补了相关标准和资源的空白；凝聚了一支研发队伍，强

化了教师培养的“校—企—校”协同；引领了一批高校的教学改革，带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程，是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节，也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自 2013 年项目立项开题以来，各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作，结合职教教师培养实践，研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果，有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时，专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志，克服了许多困难，按照两部对项目开发工作的总体要求，为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血，也为各个项目提供了专业的咨询和指导，有力地保障了项目实施和成果质量。在此，我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会

2016 年 10 月

前言

为适应国家大力发展职业教育的新形势，深入贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》中关于实施“职业院校教师素质提高计划”的精神，发挥职教师资的培养优势和特色，编者通过对职业院校和企业的广泛调研，针对机电技术教育专业培养职教师资的社会需求，努力构建既能体现机电一体化技术理论与技能，又能充分体现师范技能与教师素质培养要求的培养标准与培养方案；构建一种紧密结合本专业人才培养需要的一体化课程体系，基于 CDIO 开发核心课程与相应特色教材，为我国职业教育的发展做出贡献。

本书是以职业能力培养为核心，融合生产实际中的工作任务，基于工作过程、项目驱动进行开发编写的。本书打破了课程的学科体系，打破了理论教学和实践教学的界限，以综合性工业机器人任务为载体，把相关知识点嵌入到每个项目的每个任务中，通过各项目及渐进的工作任务来讲述工业机器人控制相关知识、设计和应用方法，工作任务需要什么就讲什么、就练习什么，突出了专业实践能力和专业实践问题解决能力的培养。

本书结合工业机器人多功能综合实训系统（BNRT-MTS120），针对工业机器人应用知识要点，共分为七个项目。项目一主要对 ABB 工业机器人的基本操作进行介绍，尤其对机器人的基本操作单元——示教器在 RobotStudio 虚拟工作站上进行仿真训练等；项目二介绍工业机器人坐标系数据设置与校准；项目三介绍工业机器人在生产线中的编程与仿真应用；项目四介绍工业机器人的 I/O 通信及工作站逻辑配置；项目五介绍搬运机器人的编程与操作；项目六介绍压铸机器人的编程与操作；项目七介绍工业机器人柔性制造系统的设计及仿真应用。为了便于读者学习，本书中每个项目均以“项目概述”为开端，通过项目的简介提供学习导航；而后以“任务目标”“任务引入”和“任务实施”作为项目的展开，引导读者进行操作练习和理论思考。每个任务均可在实际的 ABB 机器人工作站上操作验证，也可以在 RobotStudio 虚拟工作站上进行仿真训练，方便读者进行比对与验证。

本书由天津职业技术师范大学祁宇明主编，全书由祁宇明（项目一、六、七）、邓三鹏（项目二、三），孙宏昌（项目四、五）、蒋永翔、李丽娜（项目一、二）、刘朝华（项目

三、四)、马骏(项目五、六)、蒋丽(项目六、七)、王钰(项目三、四)、杨雪翠(项目六)、王仲民(项目七),ABB公司叶晖(项目五、六、七),天津交通职业技术学院曹向红(项目二),天津冶金职业技术学校曹雪姣(项目三)、北京电子科技职业技术学院吕世霞(项目四)参与编写。此外,天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所的部分研究生也参与了本书的编写与校对以及视频录制工作。

本书是由教育部财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目(项目编号:VTNE016)资助的《机电技术教育》专业核心课程教材开发成果。在本书编写过程中得到了天津职业技术师范大学机电工程系、机器人及智能装备研究所和天津博诺机器人技术有限公司的大力支持和帮助,在此深表谢意。

由于编者学术水平所限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者们不吝赐教。

编者

目 录

出版说明

前 言

项目一 工业机器人基本操作	1
任务一 工业机器人示教器认知	1
一、ABB 机器人示教器认知实验	1
二、ABB 机器人示教器界面认知	3
任务二 RobotStudio 软件的使用	4
一、RobotStudio 软件的安装	4
二、在 RobotStudio 软件中建立练习用工作站	6
任务三 工业机器人的手动操作	12
一、ABB 工业机器人单轴运动操作	12
二、机器人线性运动的手动操作实验	15
三、重定位的手动操作实验	17
课后练习	19
项目二 工业机器人坐标系数据设置与校准	20
任务一 工业机器人工具坐标系 tooldata 的设定	20
工具坐标系 tooldate 的设定	21
任务二 工业机器人工件坐标系 wobjdata 的设定	27
一、建立工件坐标系的步骤	28
二、验证工件坐标的精度	30
任务三 工业机器人有效载荷 loaddata 的设定	32
有效载荷 loaddate 的设定	33
任务四 工业机器人的人工校准	35
转数计数器更新步骤	35
课后练习	37
项目三 工业机器人在生产线中的编程与仿真应用	38
任务一 系统的设备组成及系统仿真布局	38
系统工作流程图	38
任务二 系统 Smart 组件的创建	43

一、创建 Smart 组件 SC_Grip	44
二、创建 Smart 组件 SC_AGV 排列	50
三、创建 Smart 组件 SC_AGV	56
四、创建 Smart 组件 SC_输送带 1	62
五、创建 Smart 组件 SC2_单吸盘	65
六、创建 Smart 组件 SC2_双吸盘	73
七、创建 Smart 组件 SC2_放托盘	80
课后练习	88
项目四 工业机器人的 I/O 通信及工作站逻辑配置	89
任务一 配置 IRB2600_2_System 工作站的 I/O 通信	89
一、配置 I/O 单元	89
二、配置 I/O 信号	90
任务二 配置 System10 工作站的 I/O 通信	91
一、配置 I/O 单元	91
二、配置 I/O 信号	92
任务三 工作站逻辑设定	93
一、建立工作站逻辑	93
二、程序注释及仿真录像	97
三、带导轨的机器人程序	97
四、围栏内机器人程序	101
五、示教目标点	103
六、仿真运行	105
七、视频录制	105
课后练习	106
项目五 搬运机器人编程与操作	107
任务一 搬运编程与操作	107
一、知识储备	107
二、运动规划	110
三、搬运任务	111
四、示教前的准备	111
五、建立程序	112
六、程序调试	124
任务二 搬运机器人夹具	125
一、多种机器人手爪的夹持形式	125
二、对机器人手爪的功能要求	127
课后练习	128

项目六 压铸机器人编程与操作	129
任务一 压铸工作过程分析与规划.....	129
任务二 压铸工作站的建立与编程.....	133
一、工作站的建立.....	134
二、I/O 配置.....	137
三、创建工具、工件及载荷数据.....	138
四、导入程序模板及程序注解.....	141
任务三 工业机器人仿真.....	151
一、工业机器人压铸仿真.....	151
二、工作站程序仿真.....	152
课后练习.....	154
项目七 工业机器人柔性制造系统	155
任务一 上下料机器人柔性制造系统的设计.....	155
一、柔性制造系统的基本概念.....	155
二、柔性制造系统的特点.....	156
三、柔性制造系统的分类与组成.....	156
四、柔性制造系统总体设计构思.....	157
五、上下料机器人柔性制造系统的组成.....	157
六、上下料机器人工作流程设计.....	158
七、机器人与数控设备布局设计.....	160
任务二 运用 RobotStudio 软件仿真机器人上下料	161
一、创建上下料机器人工作站模型.....	161
二、布局上下料机器人基本工作站.....	163
三、用 Smart 组件创建动态输送链	164
四、用 Smart 组件创建动态夹具 SC_Grip	169
五、工作站逻辑设定.....	175
六、编辑程序及仿真.....	175
课后练习.....	181
参考文献	182

项目一 工业机器人基本操作

项目概述

掌握 ABB 工业机器人及其示教器的基本结构，熟悉并了解 RobotStudio 软件，能使用 RobotStudio 软件进行简单的操作。

任务一 工业机器人示教器认知

任务目标

- 1) 理解示教器在编程操作中的作用。
- 2) 学会如何使用示教器操作工业机器人。
- 3) 掌握示教器的使用步骤。
- 4) 了解 ABB 工业机器人示教器相关操作按钮的作用。

任务引入

机器人技术已广泛应用于制造业、资源勘探开发、医疗服务、军事和航天等领域，并发挥着重要作用。示教器是工业机器人的重要组成部分，是实现机器人控制和人机交互的重要工具，应用在各种场所的工业机器人，基本上都需要经过示教后才能正常运行。本项目基于天津博诺智创机器人技术有限公司研发的 BNRT-MTS120 型工业机器人多功能实训系统，操作者可通过示教器对机器人进行手动示教，控制机器人达到不同位姿，并记录各个位姿点的坐标；使用机器人语言进行在线编程，实现程序回放，让机器人按程序要求的轨迹运动。

任务实施

一、ABB 机器人示教器认知实验

ABB 机器人示教器 (Flex Pendant) 由硬件和软件组成，其本身就是一套完整的计算机。示教器 (也称为 TPU 或教导器单元) 用于处理与机器人系统操作相关的许多功能，例如运行程序、微动控制操纵器、修改机器人程序等。某些特定功能，如管理 (User Authorization System, 简称 UAS)，无法通过示教器执行，只能通过 RobotStudio Online 软件实现。作为 IRC 系列机器人控制器的主要部件，示教器通过集成电缆和连接器与控制器连接。而 hot plug 按钮选项使得在自动模式下无需连接示教器仍可继续运行。示教器可在恶劣的工业环境下持续运作，其触摸屏易于清洁，且防水、防油、防溅湿。图 1-1 所示为示教器的组成。

控制杆：使用控制杆移动操纵器。它称为微动控制机器人。控制杆移动操纵器的设置有以下几种：

USB 端口：将 USB 存储器连接到 USB 端口以读取或保存文件。USB 存储器在对话窗口和示教器浏览器中显示为“驱动器/USB：可移动的”。

注意：不使用时应盖上 USB 端口的保护盖。

触摸笔：触摸笔随示教器提供，设置在示教器的背面。拉小手柄可以松开触摸笔。使用示教器时应用触摸笔触摸屏幕，不要使用螺钉旋具或者其他尖锐的物品。

重置按钮：会重置示教器，而不是控制器上的系统。

注意：USB 端口和重置按钮对使用 RobotWare 5.12 或更高版本的系统有效，对于低版本的系统无效。

硬按钮：示教器上有专用的硬按钮，如图 1-2 所示，其功能如下：

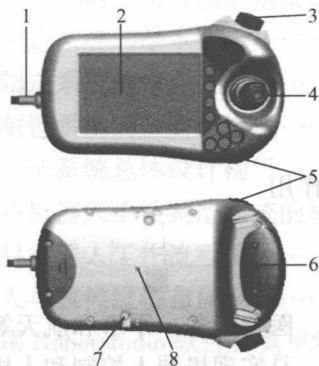


图 1-1 ABB 工业机器人示教器的组成

1—连接器 2—触摸屏 3—紧急停止按钮 4—控制杆
5—USB 端口 6—使动装置 7—触摸笔 8—重置按钮

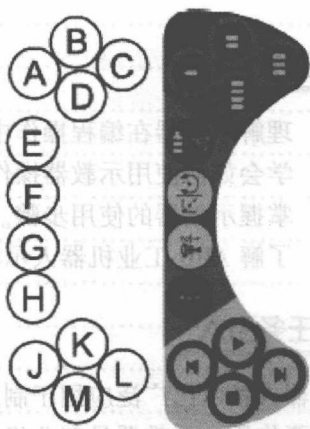


图 1-2 ABB 工业机器人示教器硬按钮

预设按钮 A ~ D：预设按钮可用于由用户设置的专用特定功能。对这些按钮进行编程后可简化程序编制或测试过程。它们也可用于启动示教器上的菜单。

E：选择机械单元。

F：切换运动模式为重定向或线性。

G：切换运动模式为轴 1 - 3 或轴 4 - 6。

H：切换增量。

J：步退（Step BACKWARD）按钮。按下此按钮，可使程序后退至上一条指令。

K：启动（Start）按钮，按下此按钮，开始执行程序。

L：步进（Step FORWARD）按钮。按下此按钮，可使程序前进至下一条指令。

M：停止（Stop）按钮，按下此按钮，停止执行程序。

操作示教器时，通常会手持该设备。惯用右手者用左手持设备，右手在触摸屏上执行操作；而惯用左手者可以轻松通过将显示器旋转 180°，使用右手持设备，如图 1-3 所示。

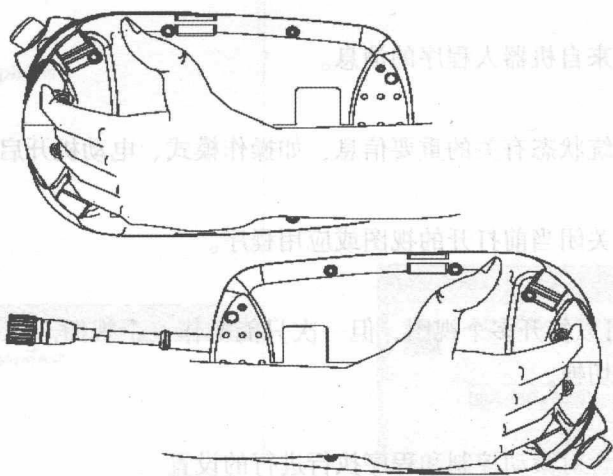


图 1-3 示教器握姿

二、ABB 机器人示教器界面认知

图 1-4 显示了示教器触摸屏的组成。

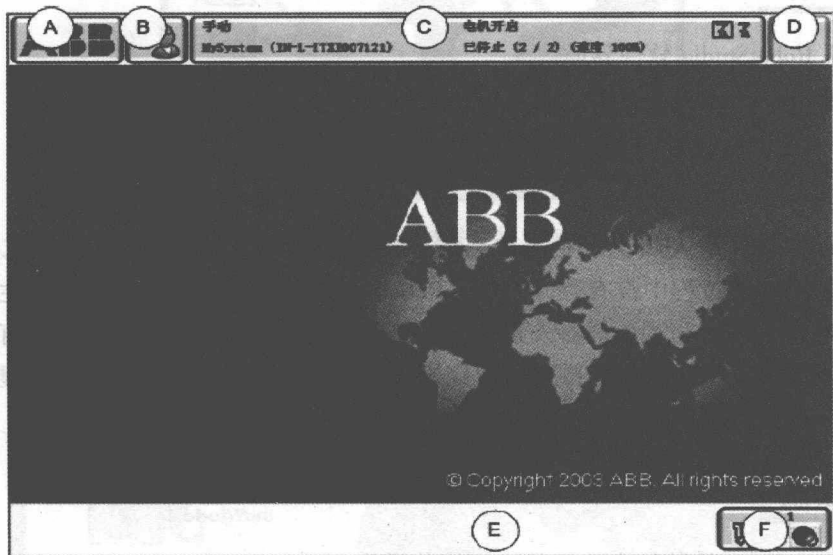


图 1-4 ABB 工业机器人示教器触摸屏

①—ABB 菜单 ②—操作员窗口 ③—状态栏 ④—关闭按钮 ⑤—任务栏 ⑥—快速设置菜单

1. ABB 菜单

可从 ABB 菜单中选择以下项目：

HotEdit：输入和输出，微动控制；Production Window：运行时窗口；Program Editor：程序编辑器；Program Data：程序数据；Backup and Restore：备份与恢复；Calibration：校准；Control Panel：控制面板；Event Log：事件日志；FlexPendant Explorer：资源管理器、系统信息等。

2. 操作员窗口

操作员窗口显示来自机器人程序的消息。

3. 状态栏

状态栏显示与系统状态有关的重要信息，如操作模式、电动机开启/关闭、程序状态等。

4. 关闭按钮

单击关闭按钮将关闭当前打开的视图或应用程序。

5. 任务栏

通过 ABB 菜单可以打开多个视图，但一次只能操作一个视图。任务栏显示所有打开的视图，并可用于视图切换。

6. 快速设置菜单

快速设置菜单包含对微动控制和程序执行进行的设置。

任务二 RobotStudio 软件的使用

任务目标

- 1) 了解 RobotStudio 软件界面。
- 2) 掌握 RobotStudio 工作站的建立。

任务引入

RobotStudio 软件是 ABB 公司的一款离线机器人编程与仿真工具，其独特之处在于它在下载到实际控制器的过程中没有翻译阶段。RobotStudio 软件支持机器人的整个生命周期，它使用图形化编程、编辑和调试机器人系统来创建机器人的运动，并模拟优化现有的机器人程序。它还可用于远程维护和故障排除，把该机器人连接到实际系统并采取即时虚拟复制，即可离线进一步研究当时的情况。

任务实施

学会 RobotStudio 软件的安装，并进行简单操作。

一、RobotStudio 软件的安装

安装 RobotStudio 软件的步骤如下：

- 1) 插入光盘，打开后如图 1-5 所示，然后双击“Launch. exe”。
- 2) 选择演示语言为“中文”，然后单击“确定”按钮，如图 1-6 所示。
- 3) 选择“安装产品”，弹出语言选择对话框，如图 1-7 所示。
- 4) 单击“RobotWare”按钮与“RobotStudio”按钮，并按照提示安装软件，注意安装顺序，先安装“RobotWare”，再安装“RobotStudio”，如图 1-8 所示。



图 1-5 RobotStudio 软件安装界面（一）

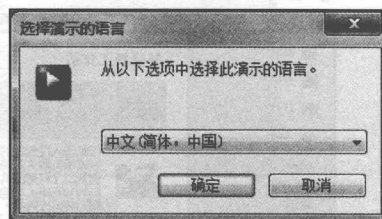


图 1-6 RobotStudio 软件安装界面（二）

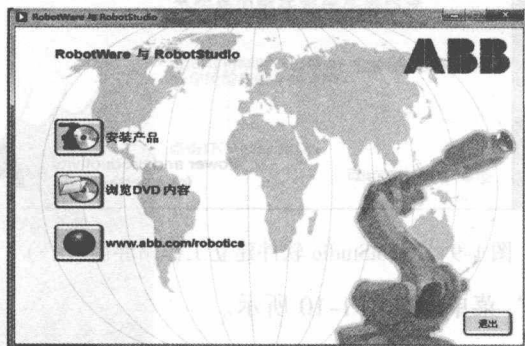


图 1-7 RobotStudio 软件安装界面（三）

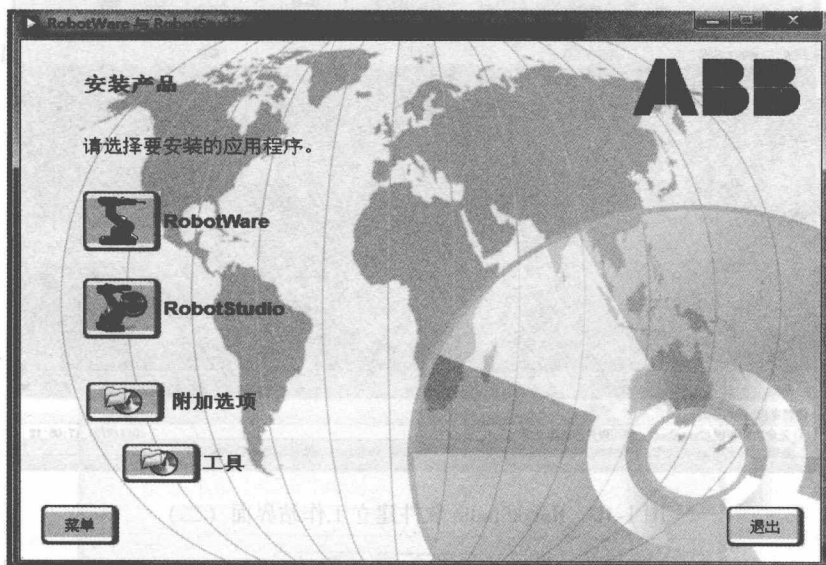


图 1-8 RobotStudio 软件安装界面（四）

二、在 RobotStudio 软件中建立练习用工作站

RobotStudio 软件提供了在计算机中进行 ABB 机器人示教器操作练习的功能。在 RobotStudio 软件中建立练习用工作站的步骤如下：

- 1) 打开 RobotStudio 软件，如图 1-9 所示。

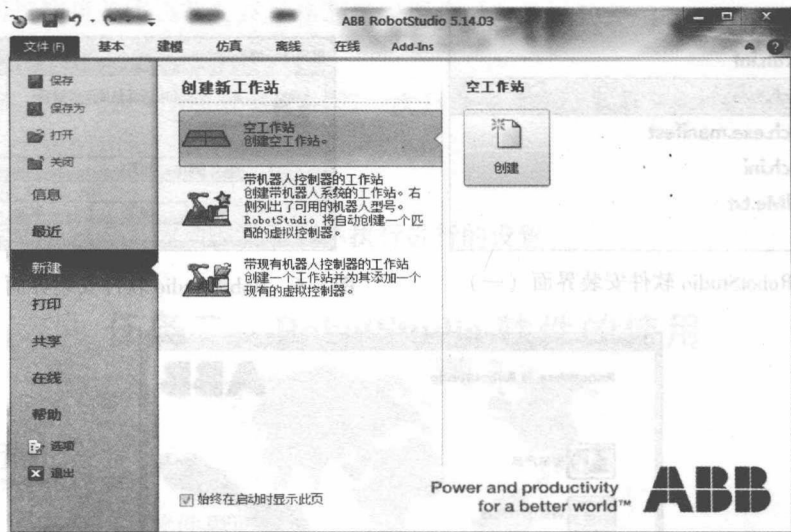


图 1-9 RobotStudio 软件建立工作站界面（一）

- 2) 然后打开“离线”菜单，如图 1-10 所示。



图 1-10 RobotStudio 软件建立工作站界面（二）

- 3) 再打开系统生成器，并设定系统存放目录，选择“创建新系统 N...”，如图 1-11 所示。
- 4) 在弹出的菜单中单击“下一步”按钮，如图 1-12 所示。