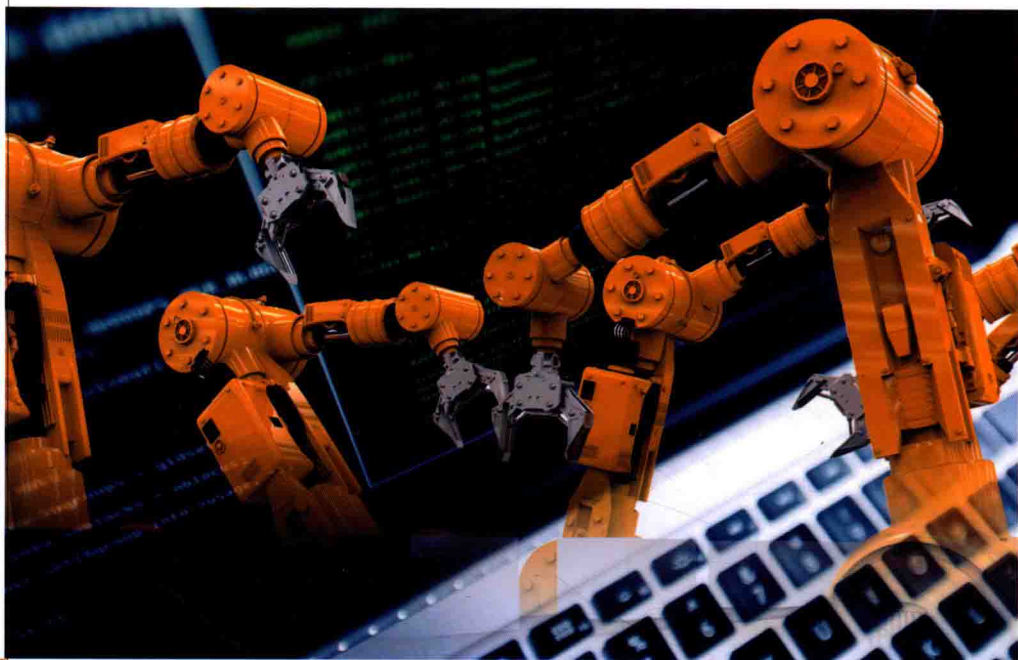


禹鑫焱 王振华 欧林林◎主编
孙立宁◎主审



“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

工业机器人 虚拟仿真技术

GONGYE JIQIREN
XUNI FANGZHEN JISHU

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附 电子 课 件

流
外
借

“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

工业机器人虚拟仿真技术



主 编 禹鑫焱 王振华 欧林林

副主编 陈 强

参 编 郭 玉 龚 理 袁振东 朱 峰

主 审 孙立宁



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书主要介绍了工业机器人虚拟仿真软件 RoboDK 的基础操作、工业机器人虚拟工作站的构建、常用机构创建及仿真编程方法。全书采用以图为主的讲解方式, 主要内容包括工业机器人虚拟仿真软件 RoboDK、RoboDK 基础操作、机器人虚拟仿真工作站构建、RoboDK 常用机构创建、基于 Program 的机器人仿真编程、基于 RoboDK API 的机器人仿真编程、工业机器人复杂搬运仿真案例、工业机器人传送带码垛仿真案例、工业机器人焊接仿真案例、工业机器人打磨仿真案例、工业机器人喷涂仿真案例和工业机器人写字仿真案例。

本书可用于高等职业院校和普通高校工业机器人相关专业的教材, 也可供从事工业机器人应用工作的企业工程技术人员参考。

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

工业机器人虚拟仿真技术 / 禹鑫焱, 王振华, 欧林林主编. —北京: 机械工业出版社, 2018.12

“十三五” 智能制造高级应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-111-61310-7

I . ①工… II . ①禹… ②王… ③欧… III . ①工业机器人 - 计算机仿真 - 虚拟现实 - 高等学校 - 教材 IV . ① TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 249883 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: 杜雨霏 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 李昂

河北宝昌佳彩印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm • 11.5 印张 • 276 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61310-7

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

封面防伪标均为盗版

金 书 网: www.golden-book.com

“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材 编审委员会

主任委员：	孙立宁	苏州大学机电工程学院院长
	陈晓明	全国机械职业教育教学指导委员会主任
副主任委员：	曹根基	全国机械职业教育教学指导委员会智能制造专指委主任
	苗德华	天津职业技术师范大学原副校长
	邓三鹏	天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所所长
秘书长：	邓三鹏	天津职业技术师范大学
秘书：	薛礼	权利红 王铎
委员：	杜志江	哈尔滨工业大学
	禹鑫焱	浙江工业大学
	陈国栋	苏州大学
	祁宇明	天津职业技术师范大学
	刘朝华	天津职业技术师范大学
	蒋永翔	天津职业技术师范大学
	陈小艳	常州机电职业技术学院
	戴欣平	金华职业技术学院
	范进桢	宁波职业技术学院
	金文兵	浙江机电职业技术学院
	罗晓晔	杭州科技职业技术学院
	周华	广州番禺职业技术学院
	许怡赦	湖南机电职业技术学院
	龙威林	天津现代职业技术学院
	高月辉	天津现代职业技术学院
	高强	天津渤海职业技术学院
	张永飞	天津职业大学
	魏东坡	山东华宇工学院
	柏占伟	重庆工程职业技术学院
	谢光辉	重庆电子工程职业学院
	周宇	武汉船舶职业技术学院
	何用辉	福建信息职业技术学院
	张云龙	包头轻工职业技术学院
	张廷	呼伦贝尔职业技术学院
	于风雨	扎兰屯职业技术学院
	吕世霞	北京电子科技职业学院
	梅江平	天津市机器人产业协会秘书长
	王振华	江苏汇博机器人技术股份有限公司总经理
	周旺发	天津博诺智创机器人技术有限公司总经理
	曾辉	埃夫特智能装备股份有限公司副总经理

序

制造业是实体经济的主体，是推动经济发展、改善人民生活、参与国际竞争和保障国家安全的根本所在。纵观世界强国的崛起，都是以强大的制造业为支撑的。在虚拟经济蓬勃发展的今天，世界各国仍然高度重视制造业的发展。制造业始终是国家富强、民族振兴的坚强保障。

当前，新一轮科技革命和产业变革在全球范围内蓬勃兴起，创新资源快速流动，产业格局深度调整，我国制造业迎来“由大变强”的难得机遇。实现制造强国的战略目标，关键在人才。在全球新一轮科技革命和产业变革中，世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略，把人才作为实施制造业发展战略的重要支撑，加大人力资本投资，改革创新教育与培训体系。当前，我国经济发展进入新时代，制造业发展面临着资源环境约束不断强化、人口红利逐渐消失等多重因素的影响，人才是第一资源的重要性更加凸显。

《中国制造 2025》第一次从国家战略层面描绘建设制造强国的宏伟蓝图，并把人才作为建设制造强国的根本，对人才发展提出了新的更高要求。提高制造业创新能力，迫切要求培养具有创新思维和创新能力的拔尖人才、领军人才；强化工业基础能力，迫切要求加快培养掌握共性技术和关键工艺的专业人才；信息化与工业化深度融合，迫切要求全面增强从业人员的信息技术运用能力；发展服务型制造业，迫切要求培养更多复合型人才进入新业态、新领域；发展绿色制造，迫切要求普及绿色技能和绿色文化；打造“中国品牌”“中国质量”，迫切要求提升全员质量意识和素养等。

哈尔滨工业大学在 20 世纪 80 年代研制出我国第一台弧焊机器人和第一台点焊机器人，30 多年来为我国培养了大量的机器人人才；苏州大学在产学研一体化发展方面成果显著；天津职业技术师范大学从 2010 年开始培养机器人职教师资，秉承“动手动脑，全面发展”的办学理念，进行了多项教学改革，建成了机器人多功能实验实训基地，并开展了对外培训和鉴定工作。这套规划教材是结合这些院校人才培养特色以及智能制造类专业特点，以“理论先进，注重实践、操作性强，学以致用”为原则精选教材内容，依据在机器人、数控机床的教学、科研、竞赛和成果转化等方面的丰富经验编写而成的。其中有些书已经出版，具有较高的质量，未出版的讲义在教学和培训中经过多次使用和修改，亦收到了很好的效果。

我们深信，这套丛书的出版发行和广泛使用，不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，而且对智能制造类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然，由于智能制造技术发展非常迅速，编者掌握材料有限，本套丛书还需要在今后的改革实践中获得进一步检验、修改、锤炼和完善，殷切期望同行专家及读者们不吝赐教，多加指正，并提出建议。

苏州大学教授、博导

教育部长江学者特聘教授

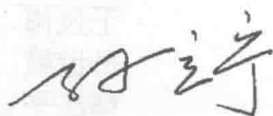
国家杰出青年基金获得者

国家万人计划领军人才

机器人技术与系统国家重点实验室副主任

国家科技部重点领域创新团队带头人

江苏省先进机器人技术重点实验室主任



2018 年 1 月 6 日

Preface 前言

RoboDK 相比其他离线仿真软件具有诸多优势,可支持 ABB、KUKA、FANUC、安川、柯马、汇博及埃夫特等多种品牌机器人的离线仿真,且仿真功能全面,为用户生成离线程序、体验机器人的功能实现过程提供了一个更加安全有效的工具和保障。

本书从基础案例出发,采用以图为主的讲解形式,对 RoboDK 仿真软件的基础操作、工作站建模、仿真程序编程、离线程序、程序后处理、二次开发进行了全面的介绍,适合作为工业机器人工程应用仿真课程的教材。也可供从事工业机器人应用开发、调试和现场维护的工程技术人员参考。

本书由禹鑫焱、王振华、欧林林担任主编,陈强担任副主编。本书编写分工为禹鑫焱编写第 1、3、6、7 章,王振华、龚理和袁振东编写第 8、11、12 章,欧林林和朱峰编写第 2、5 章,陈强和郭玉编写第 4、9、10 章。全书由禹鑫焱统稿。

本书得到了国家高等学校特色专业建设点(TS11878)、浙江工业大学校级专业教学项目教改课题的资助。本书在编写过程中参阅了其他教材、著作,得到了加拿大 RoboDK 公司 Albert 博士、浙江工业大学信息工程学院信息处理与自动化研究所,以及江苏汇博机器人技术股份有限公司的大力支持和帮助,在此深表谢意!本书承苏州大学孙立宁教授细心审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者不吝赐教,批评指正(可通过 yuxinyinet@163.com 与编者取得联系)。

编者

Contents 目录

序 前言

- 1 第1章
工业机器人虚拟仿真软件
RoboDK 1
1.1 RoboDK 软件简介 1
1.2 软件下载及安装 2
1.3 软件许可证申请及安装 4
- 2 第2章
RoboDK 基础操作 8
2.1 学习目标 8
2.2 软件界面及软件语言设置 8
2.3 软件视图操作及快捷键操作 ... 9
2.4 命令栏按键及其功能 10
2.5 大型工作站显示设置 12
2.6 学习总结与课后练习 13
- 3 第3章
机器人虚拟仿真工作站构建 14
3.1 学习目标 14
3.2 工作站对象的导入及布局 14
3.3 创建工具模型及修改工具坐
标系 21
3.4 创建工件坐标系及目标点 24
3.5 学习总结与课后练习 28
- 4 第4章
RoboDK 常用机构创建 29
4.1 学习目标 29
4.2 创建机器人模型 29
4.3 创建变位机模型 35
4.4 学习总结与课后练习 39
- 5 第5章
基于 Program 的机器人仿真
编程 40
5.1 学习目标 40
5.2 RoboDK 编程方式 40
5.3 基于 Program 的机器人仿真编程
指令 40
5.4 基于 Program 的机器人仿真编程
应用案例 43
5.5 Program 仿真程序运行 65
5.6 Program 仿真程序相关操作 ... 67
5.7 学习总结与课后练习 70
- 6 第6章
基于 RoboDK API 的机器人仿真
编程 72
6.1 学习目标 72
6.2 RoboDK API 简介 72
6.3 基于 Python 的 RoboDK API 的
常用函数 72
6.4 基于 RoboDK API 的机器人
仿真编程应用案例 76
6.5 Python 仿真程序运行 83
6.6 Python 仿真程序相关操作 84
6.7 学习总结与课后练习 87
- 7 第7章
工业机器人复杂搬运仿真案例 ... 89
7.1 学习目标 89
7.2 任务描述 89
7.3 知识储备 89

7.4 构建机器人复杂搬运工作站	93
7.5 机器人复杂搬运仿真编程	97
7.6 学习总结与课后练习	100

8 第8章

工业机器人传送带码垛仿真案例	101
8.1 学习目标	101
8.2 任务描述	101
8.3 知识储备	101
8.4 构建机器人传送带码垛工作站	105
8.5 机器人传送带码垛仿真编程	109
8.6 学习总结与课后练习	113

9 第9章

工业机器人焊接仿真案例	114
9.1 学习目标	114
9.2 任务描述	114
9.3 知识储备	115
9.4 构建机器人焊接工作站	121
9.5 机器人焊接仿真编程	123
9.6 学习总结与课后练习	129

10 第10章

工业机器人打磨仿真案例	130
10.1 学习目标	130
10.2 任务描述	130

10.3 知识储备	131
10.4 构建机器人打磨工作站	137
10.5 机器人打磨仿真编程	141
10.6 学习总结与课后练习	146

11 第11章

工业机器人喷涂仿真案例	147
11.1 学习目标	147
11.2 任务描述	147
11.3 知识储备	148
11.4 构建机器人喷涂工作站	151
11.5 机器人喷涂仿真编程	154
11.6 学习总结与课后练习	160

12 第12章

工业机器人写字仿真案例	161
12.1 学习目标	161
12.2 任务描述	161
12.3 知识储备	161
12.4 机器人写字仿真前的准备工作	165
12.5 构建机器人写字工作站	166
12.6 机器人写字仿真编程	170
12.7 机器人写字离线程序	172
12.8 学习总结与课后练习	173

参考文献	174
------	-----

第1章

工业机器人虚拟仿真软件 RoboDK

1.1 RoboDK 软件简介

RoboDK 是专为工业机器人教学实训以及工业机器人应用离线编程打造的虚拟仿真软件。针对工业机器人教学实训，用户可以使用 RoboDK 构建工业机器人教学实训工作站的虚拟场景，结合 RoboDK 虚拟示教器系统，进行工业机器人操作与编程的教学与实训；针对工业机器人离线编程，用户可以使用 RoboDK 进行机器人工业应用方案的设计，如机器人选型、布局规划、流程验证和工艺分析等，然后利用 RoboDK 进行机器人工业应用的离线编程，生成机器人离线程序。RoboDK 具体功能如下：

1) 支持多种品牌机器人。RoboDK 支持 ABB、KUKA、FANUC、安川、川崎、史陶比尔、UR、柯马、汇博机器人、埃夫特和广州数控等多种品牌机器人的离线仿真，也支持 Delta、Scara 类型的机器人离线仿真，且正在不断更新模型库中的机器人模型。RoboDK 具有可扩展机器人关节的外部轴模型和不同品牌的机器人工具模型。

2) 离线仿真功能。RoboDK 最主要的功能就是离线仿真。仿真人员可以导入精确的工作站三维模型数据，根据工作站的工作流程，创建仿真程序，编辑仿真程序，主要包括坐标系和目标点的创建、程序轨迹规划。运行仿真程序，在虚拟环境中真实模拟实际工作站的工作流程，进而可以判断工作站布局是否合理，节拍是否能达到要求等。

3) 碰撞检测功能。RoboDK 能够对机器人及其外部设备进行碰撞检测，判断机器人程序运行轨迹是否合理，以减少实际工作中发生碰撞的可能。

4) 生成离线程序功能。RoboDK 通过 Python API 扩展后处理器，可以直接生成相应品牌机器人的离线程序，现在支持多种品牌的工业机器人，包括 ABB、KUKA、FANUC、安川、川崎、史陶比尔、UR、柯马、汇博机器人、埃夫特和广州数控等，同时支持扩展。

5) 基于 Python API 的 RoboDK 离线仿真功能。RoboDK 具有 Python 扩展 API 功能，通过 Python 可以实现机器人的离线仿真功能。基于 Python API 的 RoboDK 离线仿真具有更强大的功能，能够针对更多、更复杂的应用进行机器人离线仿真。同时，Python 是一种非常容易上手的计算机程序设计语言。

6) 机器人运动学建模功能。RoboDK 提供了机器人运动学建模功能。在相应机器人三维模型数据基础上，可以通过 RoboDK 机器人运动学建模功能，实现机器人的运动学建模。

7) 机器人参数标定功能。RoboDK 可以通过激光跟踪传感器或立体摄像机获得机器人的相关数据，得到机器人的性能精度报告，且能够对机器人参数进行标定；支持 ISO 9283 标准下的位置精度、重复精度和轨迹精度等测试。

8) 丰富的实例库。RoboDK 具有丰富的实例库，可以为教学和工业领域的应用提供案

例和教程。

1.2 软件下载及安装

1.2.1 软件下载

用户可以根据实际需要在 RoboDK 官网（www.robodk.com）上下载相应的软件安装程序，软件安装程序分别有 Windows 版本（32 位系统和 64 位系统）、Ubuntu 版本和 Mac 版本，如图 1-1 所示。

Windows 64 bit	RoboDK 3.0	Download
Windows 32 bit	RoboDK 3.0	Download
Windows XP	RoboDK 3.0	Download
Mac 64 bit	RoboDK 2.7	Download
Mac 32 bit	RoboDK 2.7	Download
Ubuntu 64 bit	RoboDK 3.0	Download
Ubuntu 32 bit	RoboDK 3.0	Download
Android	RoboDK 3.0	Download

图 1-1 不同版本的软件安装程序

1.2.2 软件安装

软件安装步骤如下：

步骤 1：双击软件安装程序，出现图 1-2 所示的安装界面，单击“下一步”按钮。

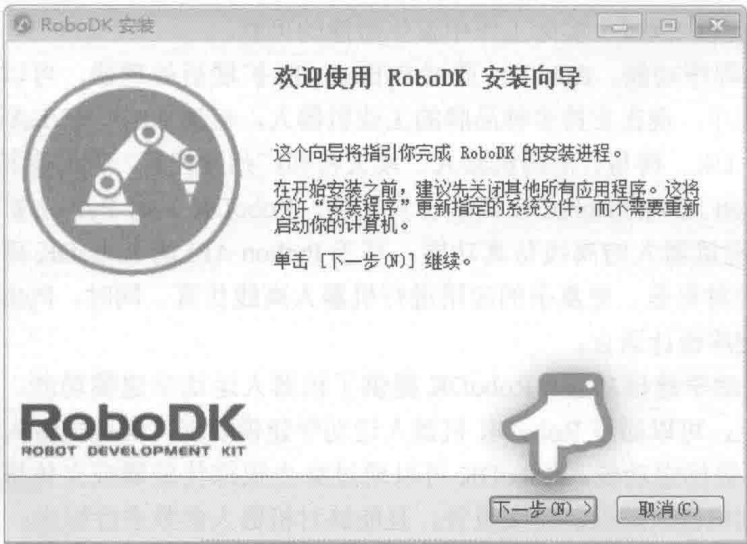


图 1-2 软件安装界面

步骤 2: 单击“我接受”按钮, 如图 1-3 所示。

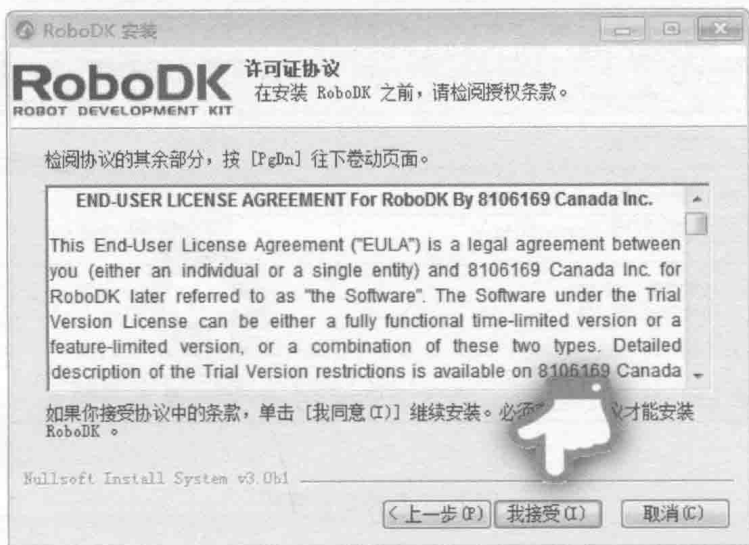


图 1-3 同意安装

步骤 3: 选择需要安装的组件, 单击“下一步”按钮, 如图 1-4 所示。建议: 所有组件全选。

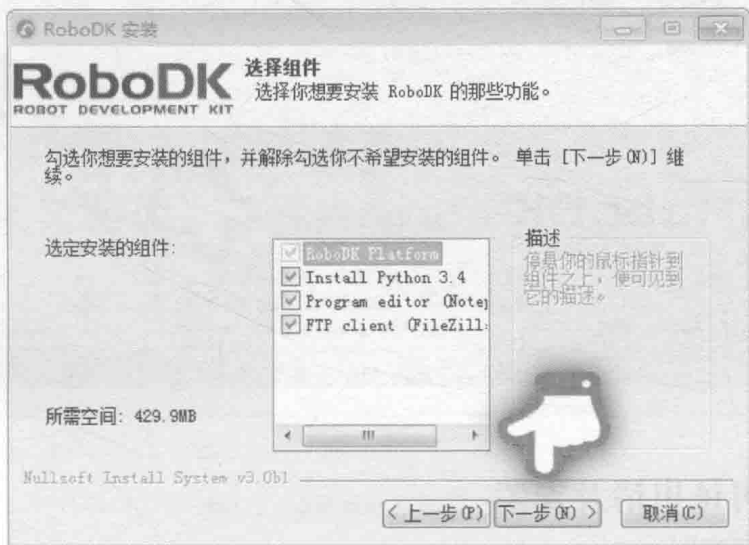


图 1-4 选择需要安装的组件

步骤 4: “目标文件夹”原则上采用默认的路径, 单击“安装”按钮, 如图 1-5 所示。

步骤 5: 安装结束, 单击“完成”按钮, 如图 1-6 所示。

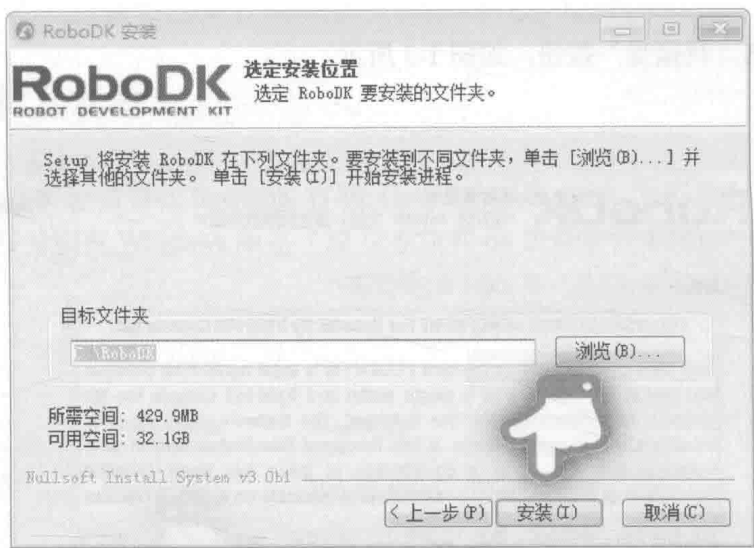


图 1-5 选择安装路径



图 1-6 RoboDK 安装完成

1.3 软件许可证申请及安装

1.3.1 软件许可证类型

RoboDK 许可证类型有两种：单机版、网络版。

单机版软件许可证可以在无网络的情况下不受限制地使用 RoboDK 相关功能。单机版是一台计算机对应一个软件许可证。如果计算机系统重装，原申请的 RoboDK 单机版软件许可证将无法继续使用。

网络版软件许可证必须要在计算机联网的情况才能不受限制地使用 RoboDK 相关功能。

如果计算机没有联网，网络版软件许可证将不起作用，RoboDK 的相关功能将受到限制。如果计算机系统重装，网络版软件许可证仍然可以继续使用，不受影响。

单机版和网络版软件许可证的区别见表 1-1。

表 1-1 单机版和网络版软件许可证的区别

软件许可证类型	是否需要联网	RoboDK 功能
单机版	不需要	不受限制
网络版	需要	联网情况下：RoboDK 功能不受限制 不联网的情况下：RoboDK 功能受限制

1.3.2 单机版软件许可证申请及安装

单机版软件许可证申请及安装步骤如下：

步骤 1：用户先在计算机上安装 RoboDK 软件，然后打开 RoboDK 软件，如图 1-7 所示。

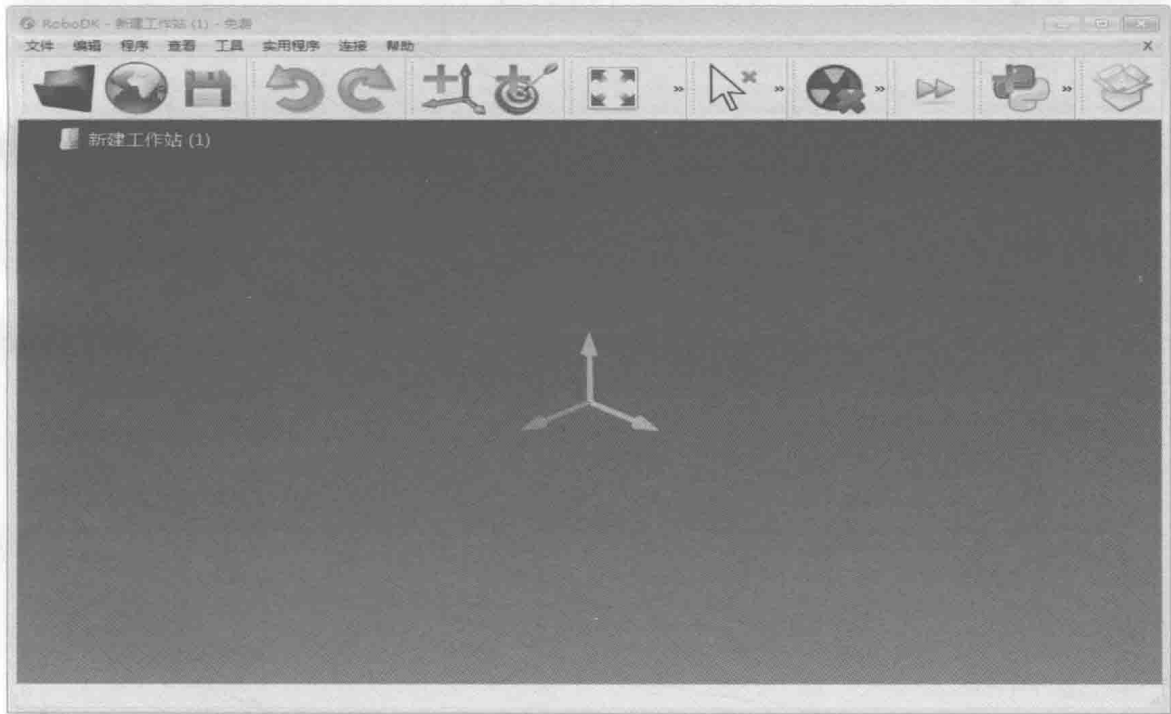


图 1-7 安装并打开 RoboDK 软件

步骤 2：打开“帮助”→“许可证”，如图 1-8 所示。

步骤 3：打开“许可证选项”对话框，选择“单机”，将 RoboDK 生成的计算机 ID 复制到记事本中，进行单机版软件许可证申请，如图 1-9 所示。

步骤 4：将申请下来的单机版软件许可证序列号粘贴到“软件许可证”一栏就可以成功激活 RoboDK，如图 1-10 所示。

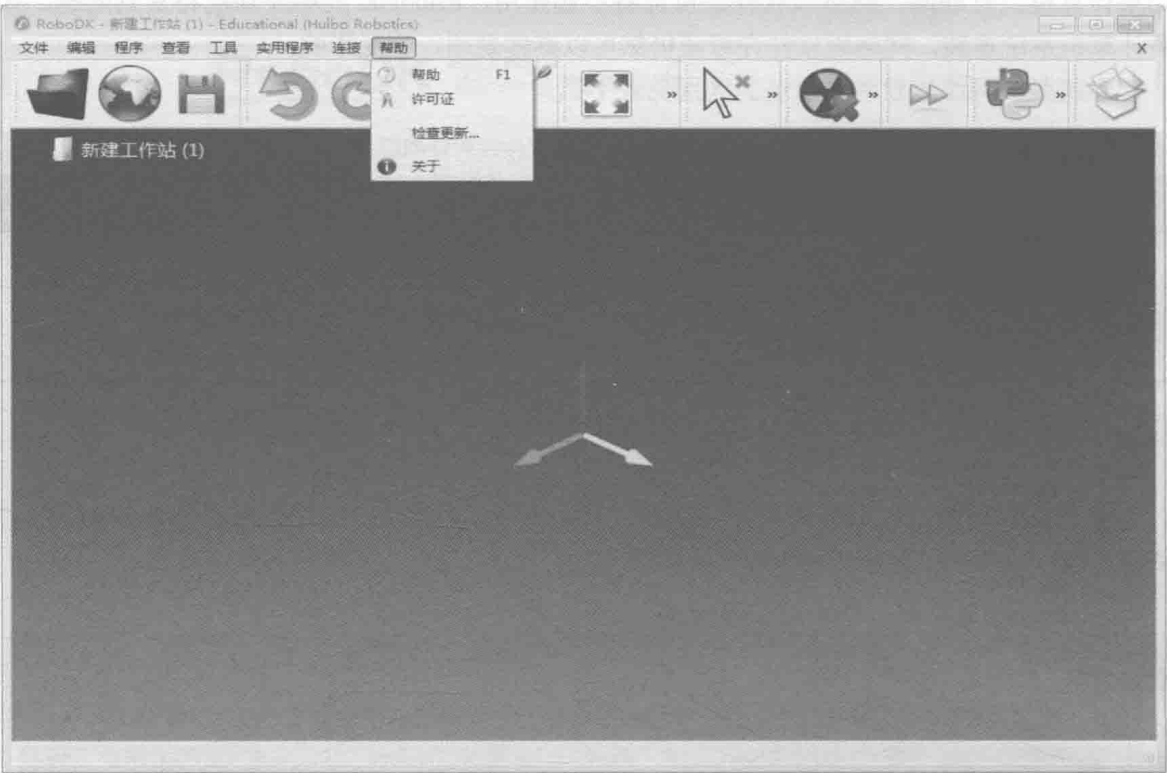


图 1-8 打开许可证界面

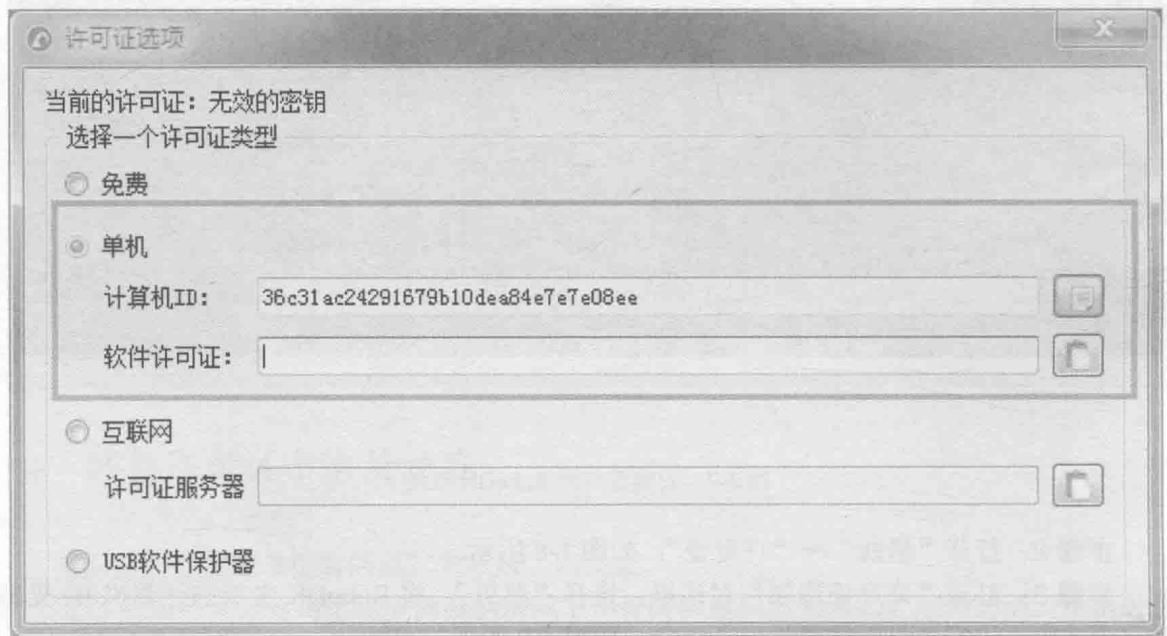


图 1-9 申请单机版软件许可证

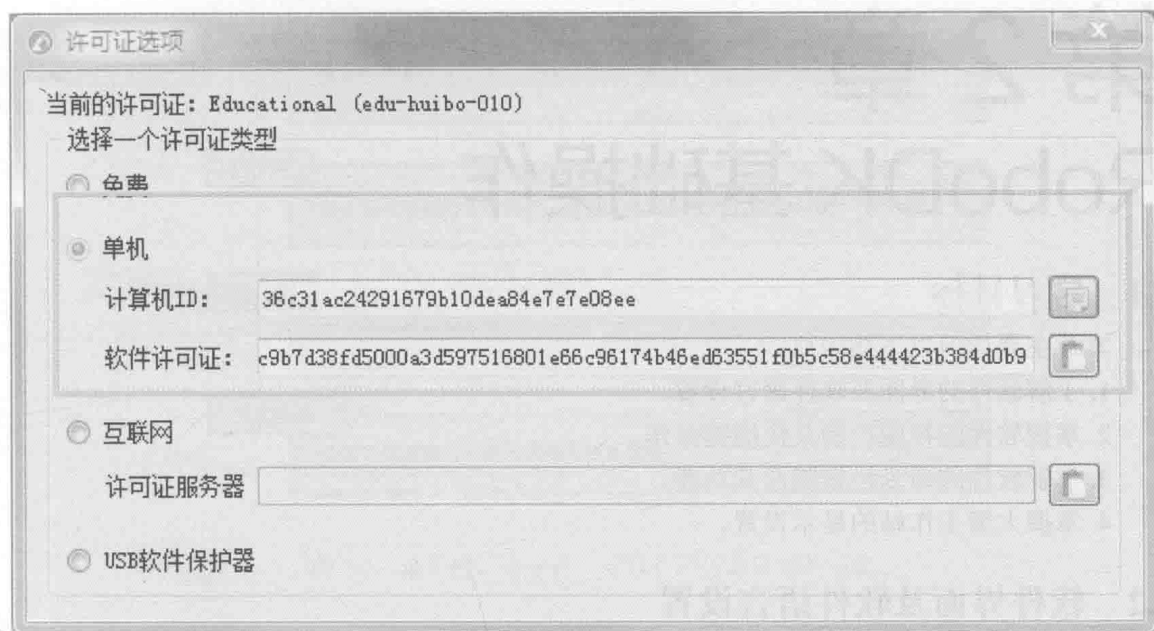


图 1-10 粘贴单机版软件许可证序列号

1.3.3 网络版软件许可证申请及安装

网络版软件许可证申请及安装的步骤如下：

步骤 1：申请网络版许可证不需要提供 RoboDK 生成的计算机 ID 号，直接申请 RoboDK 网络版许可证。

步骤 2：用户将 RoboDK 网络版许可证复制到 RoboDK 许可证界面的“许可证服务器”一栏中，如图 1-11 所示。注意：安装有 RoboDK 网络版软件许可证的计算机必须联网才能不受限制地使用 RoboDK 功能。

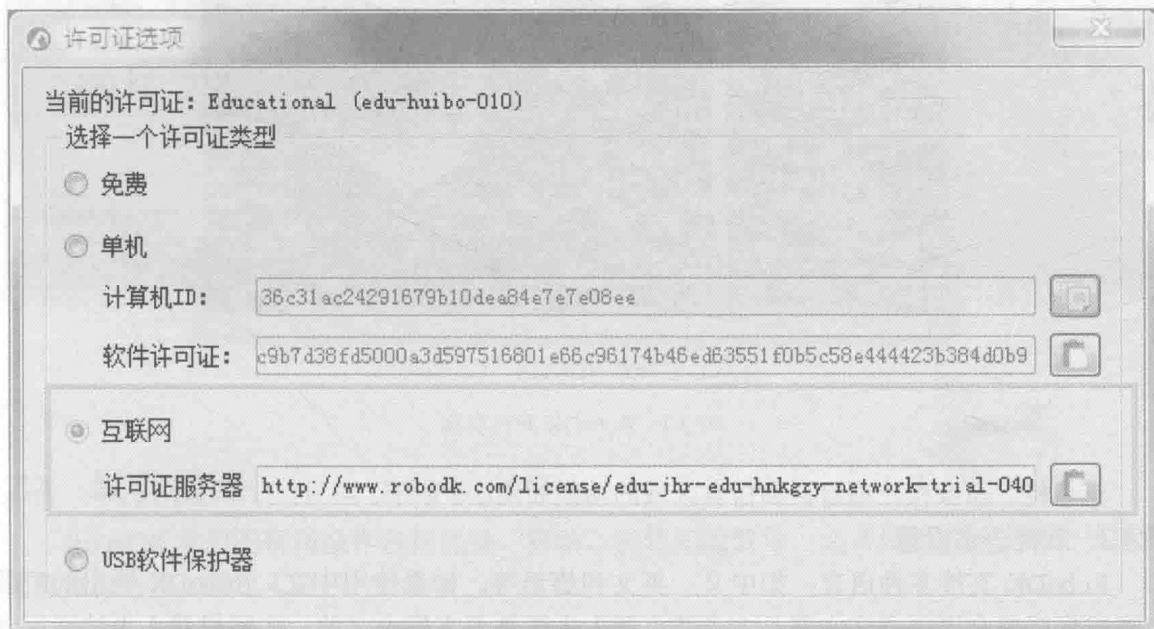


图 1-11 申请并安装网络版许可证

第 2 章

RoboDK 基础操作

2.1 学习目标

本章主要学习以下知识点：

1. 了解软件的界面及软件语言设置。
2. 掌握软件的视图控制及快捷键操作。
3. 了解软件的命令栏按键及其功能。
4. 掌握大型工作站的显示设置。

2.2 软件界面及软件语言设置

2.2.1 软件界面

RoboDK 软件界面主要由菜单栏、命令栏、项目栏和仿真区域组成，如图 2-1 所示。

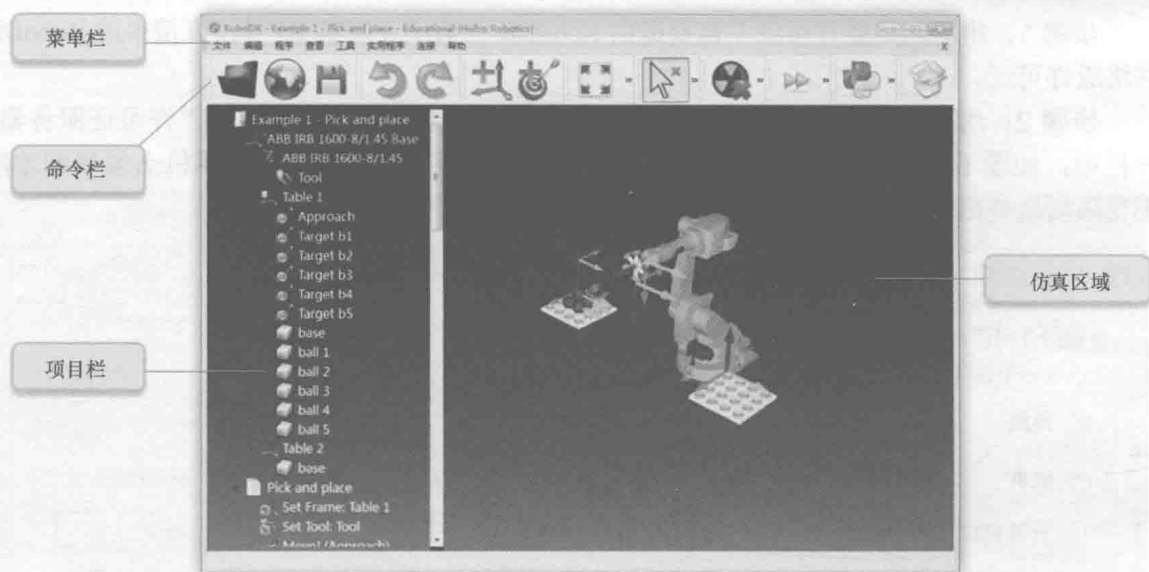


图 2-1 RoboDK 软件界面

菜单栏、命令栏、项目栏和仿真区域的功能如图 2-2 所示。

2.2.2 软件语言设置

RoboDK 支持多种语言，如中文、英文和德语等。如果使用中文，RoboDK 导出的机器人离线程序中会出现中文文字，大多数机器人系统是不支持中文的，实际机器人无法运行该离线程序，所以建议使用英文。但是为方便用户使用本书学习 RoboDK，本书将以中文为主

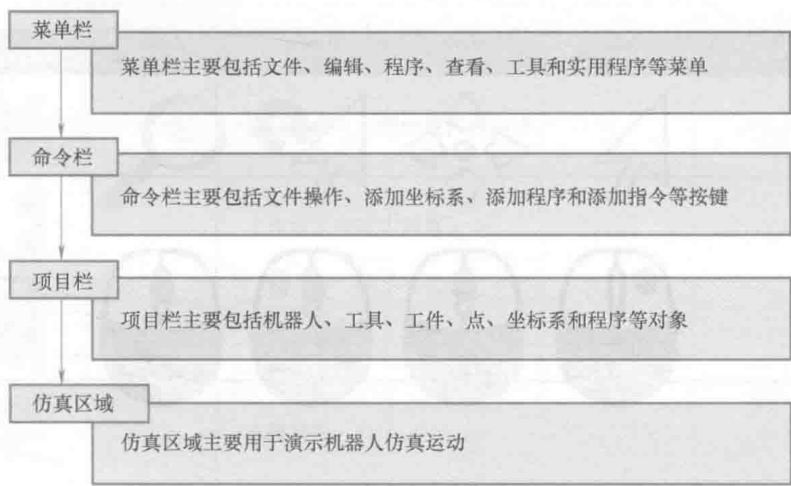


图 2-2 菜单栏、命令栏、项目栏和仿真区域的功能

介绍 RoboDK 的使用方法。RoboDK 软件语言设置如图 2-3 所示。



图 2-3 RoboDK 软件语言设置

2.3 软件视图操作及快捷键操作

RoboDK 常用的视图操作包括选择、移动、旋转和缩放等，通常使用鼠标完成这些操作。鼠标操作方法如图 2-4 所示。

同时，RoboDK 的快捷键可以让用户方便快捷地使用 RoboDK，快捷键及其功能见表 2-1。