

工业机器人技术专业人才培养精品教材  
“互联网+”创新型教材

# 工业机器人 虚拟仿真技术

主 编 于 玲  
副主编 陈 良



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书共9个项目,内容包括认识仿真软件 RobotStudio、RobotStudio 创建工业机器人工作站的基本功能、RobotStudio 的建模功能、工业机器人离线轨迹编程、虚拟示教器的使用、RobotStudio 的工程仿真应用、三菱机器人仿真软件的使用、机器人设备简介、机器人与智能视觉检测系统综合应用。

本书可作为高等职业院校工业机器人相关专业的教材,也可供从事工业机器人操作、调试、维修的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工业机器人虚拟仿真技术 / 于玲主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2019.11(2023.6重印)

ISBN 978-7-5635-5908-4

I. ①工… II. ①于… III. ①工业机器人—计算机仿真—高等教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 241441 号

策划编辑:马子涵 责任编辑:马子涵 封面设计:许胜文

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:19.75 插页 1

字 数:481 千字

版 次:2019年11月第1版

印 次:2023年6月第3次印刷

ISBN 978-7-5635-5908-4

定 价:59.80 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233



# 前言

## PREFACE

随着工业机器人的标准化、智能化,以及协作控制等技术的发展,工业机器人作为一种新型劳动力正改变着制造业的用工模式。在这种形势下,德国率先提出“工业 4.0”的概念,而我国根据国情和发展需要,提出“中国制造 2025”的计划,部署全面推进实施制造强国战略,以推进智能制造为主攻方向,以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标,强化工业基础能力,提高综合集成水平,完善多层次多类型人才培养体系,促进产业转型升级,培育有中国特色的制造文化。工业机器人作为智能制造中重点发展的领域之一,是实现智能制造的基础,也是未来实现工业自动化、数字化、智能化的保障。

随着机器人技术的不断发展,机器人的三维仿真技术也随之得到广泛关注。工业机器人模拟仿真技术是指通过计算机运行软件对实际的机器人系统进行仿真模拟。通过预先对机器人及其工作环境乃至生产过程进行模拟仿真,以动画的方式直观地显示机器人及整个生产线的运动情况,能够有效地辅助设计人员进行机器人虚拟示教、机器人工作站布局、机器人工作姿态优化。工业级的仿真已经被世界上很多企业广泛应用到各个生产环节,对企业提高开发效率,加强数据采集、分析、处理能力,减少决策失误,降低风险起到了重要作用。

本书分三部分。第一部分以 ABB RobotStudio 5.61 为基础,共包含六个项目:认识仿真软件 RobotStudio、RobotStudio 创建工业机器人工作站的基本功能、RobotStudio 的建模功能、工业机器人离线轨迹编程、虚拟示教器的使用、RobotStudio 的工程仿真应用;第二部分以三菱机器人为基础,针对三菱实训设备讲解了工业机器人编程、示教器的使用;第三部分讲解工业机器人与智能视觉检测系统综合应用。

教师通过对理论知识的讲解和实践操作的演示,可以使学生逐渐掌握仿真软件的基本功能和基本操作技能。教师可鼓励学生进行创新性思维,利用原有的项目基础进行一定深度的知识扩展,督促学生认真对待课后的思考与练习,培养学生勇于发现问题、善于独立思考、努力解决问题的良好态度和习惯。

在教学过程中,教师可根据学生学习的实际情况调整下表中各个项目的学时,适当增加学生上机实践操作的机会,让学生对工业机器人虚拟仿真技术的掌握更加熟练,进一步巩固学习成果。

序号	内 容	建议学时
1	认识仿真软件 RobotStudio	4
2	RobotStudio 创建工业机器人工作站的基本功能	12
3	RobotStudio 的建模功能	12
4	工业机器人离线轨迹编程	12
5	虚拟示教器的使用	8
6	RobotStudio 的工程仿真应用	16
7	三菱机器人仿真软件的使用	8
8	机器人设备简介	8
9	机器人与智能视觉检测系统综合应用	16
合计		96

本书内容由浅入深,通俗易懂,采用了大量图表,并配以详细文字说明,逐步进行演示操作。每个项目都由若干任务组成,每个任务都包含若干需要学习和掌握的知识点。通过对本书所有项目的深入学习和实践操作,读者能够快速掌握 RobotStudio 仿真软件和三菱仿真软件的日常功能和编程技巧。

本书由天津轻工职业技术学院于玲任主编,天津轻工职业技术学院陈良任副主编,天津轻工职业技术学院崔立鹏、赵元元、张玉萍,杭州三测自动化工程有限公司吴海源,广西玉柴机器集团有限公司王志锋参与编写。其中项目一、项目三至项目六由陈良编写,项目二由张玉萍和王志锋编写,项目七、项目九由于玲编写,项目八由吴海源、赵元元编写。崔立鹏负责全书统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议,我们将不断努力改进。

编 者



# 目 录

## CONTENTS

<b>项目一 认识仿真软件 RobotStudio</b> .....	<b>1</b>
任务一 机器人离线编程工具 RobotStudio 的功能及特点 .....	1
任务二 RobotStudio 的软件界面 .....	3
思考与练习 .....	7
<b>项目二 RobotStudio 创建工业机器人工作站的基本功能</b> .....	<b>8</b>
任务一 创建工业机器人工作站 .....	8
工作任务 .....	8
实践操作 .....	9
一、加载工业机器人及周边配套模型并进行合理布局 .....	9
二、创建工业机器人系统 .....	29
任务二 创建工件坐标系及示教运动轨迹路径 .....	32
工作任务 .....	32
实践操作 .....	32
一、创建工业机器人工件坐标系 .....	32
二、创建示教运动轨迹路径 .....	35
任务三 仿真运行工业机器人的轨迹及录制视频 .....	43
工作任务 .....	43
实践操作 .....	43
一、仿真运行工业机器人的轨迹 .....	43
二、录制工业机器人仿真视频 .....	47
思考与练习 .....	50
<b>项目三 RobotStudio 的建模功能</b> .....	<b>51</b>
任务一 创建基本的 3D 模型并进行相关设置 .....	51
工作任务 .....	51
实践操作 .....	51

一、使用 RobotStudio 建模功能创建 3D 模型 .....	52
二、对 3D 模型进行常规设置 .....	57
<b>任务二 机械装置的创建</b> .....	61
工作任务 .....	61
<b>实践操作</b> .....	61
一、创建一个旋转装置的模型 .....	61
二、设定旋转装置的机械运动特性 .....	68
<b>任务三 通过几何体搭建模型并创建工具</b> .....	75
工作任务 .....	75
<b>实践操作</b> .....	75
一、利用导入几何体部件创建夹具模型 .....	76
二、通过创建机械装置的方法创建工具 .....	86
<b>思考与练习</b> .....	98
<b>项目四 工业机器人离线轨迹编程</b> .....	<b>99</b>
<b>任务一 创建离线轨迹曲线及路径</b> .....	99
工作任务 .....	99
<b>实践操作</b> .....	100
一、提取加工工件的焊接曲线 .....	100
二、创建固定的工件坐标系 .....	105
三、自动生成焊接路径 .....	109
四、路径目标点的调整 .....	111
五、路径轴配置参数的调整 .....	117
六、完善离线轨迹路径并仿真运行 .....	124
<b>任务二 认识离线轨迹编程常用工具</b> .....	136
工作任务 .....	136
<b>实践操作</b> .....	136
一、使用机器人的碰撞监控功能 .....	136
二、使用 TCP 跟踪功能 .....	142
三、使用计时器功能 .....	146
<b>思考与练习</b> .....	149
<b>项目五 虚拟示教器的使用</b> .....	<b>150</b>
<b>任务一 认识虚拟示教器及其常用功能</b> .....	150
工作任务 .....	150
<b>实践操作</b> .....	150
一、示教器的概念 .....	150

二、虚拟示教器的常用功能 .....	151
任务二 认识及标定工具数据 tooldata .....	176
工作任务 .....	176
实践操作 .....	176
一、认识工具数据 tooldata .....	176
二、标定工具数据 tooldata .....	177
思考与练习 .....	191

## **项目六 RobotStudio 的工程仿真应用** ..... 192

任务一 仿真运行火花塞搬运工作站 .....	192
工作任务 .....	192
实践操作 .....	193
一、解压并仿真火花塞搬运工作站 .....	193
二、保存工作站目标状态 .....	194
任务二 火花塞搬运过程反向 .....	195
工作任务 .....	195
实践操作 .....	195
一、工具坐标系的标定 .....	195
二、工件坐标系的标定 .....	199
三、基准目标点的示教 .....	213
四、仿真运行查看搬运效果 .....	220
任务三 火花塞搬运状态个性化设置 .....	221
工作任务 .....	221
实践操作 .....	221
一、熟悉机器人程序各功能模块的作用 .....	222
二、修改机器人程序实现目标搬运效果 .....	229
三、验证搬运效果 .....	233
思考与练习 .....	234

## **项目七 三菱机器人仿真软件的使用** ..... 235

任务一 认识三菱机器人仿真软件 .....	235
任务二 程序编写界面的进入 .....	239
任务三 程序示例及程序导入 .....	242
任务四 机器人的相关设置 .....	247
任务五 三菱机器人仿真软件的程序编写规则 .....	249
任务六 三菱机器人仿真软件程序编写的主要指令 .....	254
任务七 三菱机器人仿真软件实例 .....	263

思考与练习 .....	265
<b>项目八 机器人设备简介</b> .....	<b>266</b>
任务一 机器人设备概述 .....	266
任务二 相关软件介绍 .....	269
任务三 元器件功能介绍 .....	272
任务四 变频器使用说明 .....	277
任务五 工业机器人示教单元使用 .....	280
任务六 工业机器人软件使用 .....	290
任务七 工业机器人工件的跟踪抓取 .....	293
任务八 射频识别技术应用 .....	295
思考与练习 .....	303
<b>项目九 工业机器人与智能视觉检测系统综合应用</b> .....	<b>304</b>
任务一 准备工作 .....	304
任务二 总体运行 .....	307
思考与练习 .....	309
<b>参考文献</b> .....	<b>310</b>





## 项目一

# 认识仿真软件 RobotStudio

### 教学目标

- 了解 RobotStudio 的功能及特点。
- 认识 RobotStudio 的软件界面功能。

## 任务一 机器人离线编程工具 RobotStudio 的功能及特点

2010年7月,德国政府正式发布《德国2020高技术战略》,实施“工业4.0”计划。2015年5月,中国国务院印发《中国制造2025》,部署全面推进实施制造强国战略。其中,工业机器人技术的发展是为制造业发展构建智能工厂、实现智能制造的重要内容之一。

作为全球领先的工业机器人技术供应商,ABB能够提供包括机器人本体、软件和外围设备在内的完整应用解决方案、模块化制造单元及服务。

全球使用最广泛的机器人离线编程工具 RobotStudio 是一款 PC 应用程序,用于机器人单元的建模、离线创建和仿真。

离线编程是扩大机器人系统投资回报的最佳途径。借助 ABB 模拟与离线编程软件 RobotStudio,可在办公室 PC 上完成机器人编程,无须中断生产。

利用 RobotStudio 提供的各种工具,可在不影响生产的前提下执行培训、编程和优化等任务,不仅可提升机器人系统的盈利能力,还能降低生产风险,加快投产进度,缩短换线

时间,提高生产效率。

RobotStudio 以 ABB VirtualController 为基础而开发,与机器人在实际生产中运行的软件完全一致。因此,RobotStudio 可执行十分逼真的模拟,所编制的机器人程序和配置文件均可直接用于生产现场。

RobotStudio 具有以下诸多特点。

## 1. CAD 导入

RobotStudio 可方便地导入各种主流 CAD 格式的数据,包括 IGES、STEP、VRML、VDAFS、ACIS 及 CATIA 等。机器人程序员可依据这些精确的数据编制精度更高的机器人程序,从而提高产品质量。

## 2. AutoPath™

AutoPath™是 RobotStudio 中最高效的功能之一。该功能通过使用待加工零件的 CAD 模型,仅在数分钟之内便可自动生成跟踪加工曲线所需要的机器人位置(路径),而这项任务以往通常需要数小时甚至数天。

## 3. 程序编辑器

程序编辑器(ProgramMaker)可生成机器人程序,使用户能够在 Windows 环境中离线开发或维护机器人程序,可显著缩短编程时间,改进程序结构。

## 4. 路径优化

如果程序包含接近奇异点的机器人动作,RobotStudio 可自动检测出来并发出报警,从而防止机器人在实际运行中发生这种现象。仿真监视器是一种用于机器人运动优化的可视工具,红色线条显示可改进之处,以使机器人按照最有效方式运行。可以对 TCP 速度、加速度、奇异点或轴线等进行优化,缩短周期时间。

## 5. Autoreach™

Autoreach™可自动进行可到达性分析,使用十分方便,用户可通过该功能任意移动机器人或工件,直到所有位置均可到达,在数分钟之内便可完成工作单元平面布置验证和优化。

## 6. 虚拟示教器

虚拟示教器是实际示教器的图形显示,其核心技术是 VirtualRobot。从本质上讲,所

有可以在实际示教器上进行的工作都可以在虚拟示教器(QuickTeach™)上完成,因而它是一种非常出色的教学和培训工具。

## 7. 事件表

事件表是一种用于验证程序的结构与逻辑的理想工具。程序执行期间,可通过该工具直接观察工作单元的 I/O 状态。可将 I/O 连接到仿真事件,实现工位内机器人及所有设备的仿真。事件表是一种十分理想的调试工具。

## 8. 碰撞检测

碰撞检测功能可避免设备碰撞造成的严重损失。选定检测对象后,RobotStudio 可自动监测并显示程序执行时这些对象是否会发生碰撞。

## 9. Visual Basic for Applications(VBA)

可采用 VBA 改进和扩充 RobotStudio 功能,根据用户具体需要开发功能强大的外接插件、宏,或定制用户界面。

## 10. PowerPacs

PowerPacs 插件程序针对不同的应用提供相应的增强功能。ABB 协同合作伙伴采用 VBA 进行了一系列基于 RobotStudio 的应用开发,使 RobotStudio 能够更好地适用于弧焊、点焊、CalibWare(绝对精度)、叶片研磨及 BendWizard(弯板机管理)等应用。

## 11. 直接上传和下载

整个机器人程序无须任何转换便可直接下载到实际机器人系统,该功能得益于 ABB 独有的 VirtualRobot 技术。

# 任务二 RobotStudio 的软件界面

图 1-1 显示了 RobotStudio 图形用户界面的功能区、选项卡和组。RobotStudio 用户界面简介如表 1-1 所示。

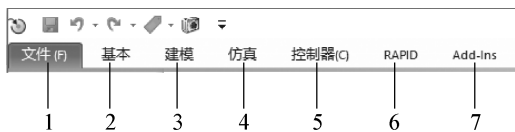


图 1-1

表 1-1

序号	选项卡	描述
1	文件	包含创建新工作站、创建新机器人系统、连接到控制器,将工作站另存为查看器的选项和 RobotStudio 选项
2	基本	包含搭建工作站、创建系统、编程路径和摆放物体所需的控件
3	建模	包含创建和分组工作站组件、创建实体、测量以及其他 CAD 操作所需的控件
4	仿真	包含创建、控制、监控和记录仿真所需的控件
5	控制器	包含用于虚拟控制器(VC)的同步、配置和分配给它的任务的控制措施,还包含用于管理真实控制器的控制措施
6	RAPID	包含集成的 RAPID 编辑器,用于编辑除机器人运动之外的其他所有机器人任务
7	Add-Ins	包含 PowerPacs 的控件

“文件”选项卡如图 1-2 所示,会打开 RobotStudio 后台视图,主要用于文件级别的操作,其中包括信息、最近、新建、打印、共享、在线、帮助等共计 13 个功能选项。表 1-2 介绍了后台视图中的各种可用选项。

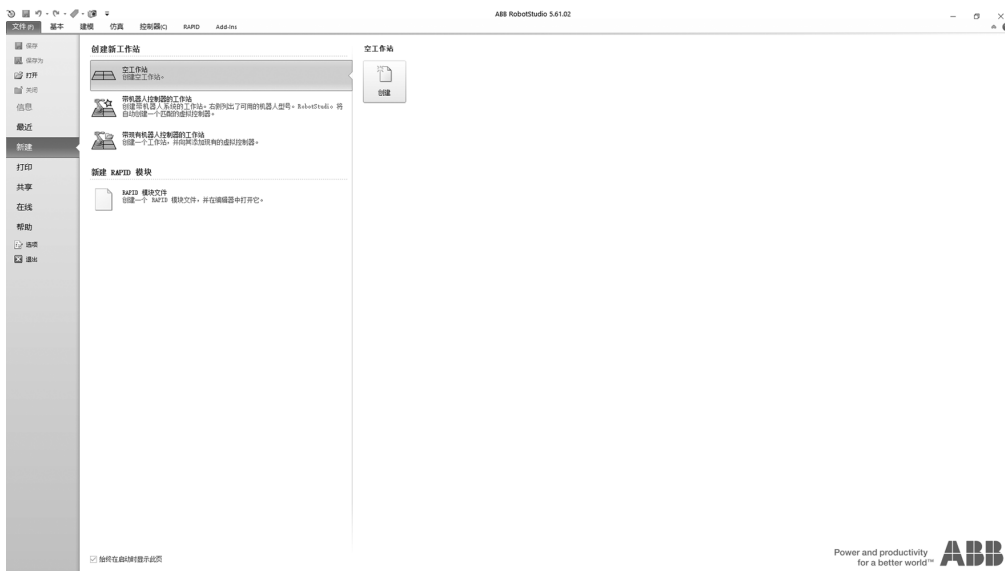


图 1-2

表 1-2

序号	功能选项	描述
1	保存/另存为	保存工作站
2	打开	打开保存的工作站。在打开或保存工作站时,选择“加载几何体”选项,否则几何体会被永久删除。若针对一台虚拟控制器来改变 RobotWare 选项,则选择“重置虚拟控制器(Istart)”以激活此类改变
3	关闭	关闭工作站
4	信息	在 RobotStudio 中打开某个工作站后,此选项将显示该工作站的属性,以及作为打开的工作站的一部分的机器人系统和库文件
5	最近	显示最近访问的工作站
6	新建	创建新工作站
7	打印	打印活动窗口中的内容
8	共享	与其他人共享数据,包括打包、解包、保存工作站画面、内容共享
9	在线	连接到控制器、创建并使用控制器列表、创建并制作机器人系统
10	帮助	显示有关 RobotStudio 安装和许可授权的信息
11	选项	显示有关 RobotStudio 选项的信息
12	退出	关闭 RobotStudio

如图 1-3 所示,“基本”选项卡包含以下功能:建立工作站,路径编程,设置,控制器,Freehand 及图形等。



图 1-3

如图 1-4 所示,“建模”选项卡上的控件可以帮助进行创建及分组组件,创建部件,测量以及进行与 CAD 相关的操作。



图 1-4

如图 1-5 所示，“仿真”选项卡包括碰撞监控、配置、仿真控制、监控、信号分析器等。



图 1-5

如图 1-6 所示，“控制器”选项卡包含用于管理真实控制器的控制措施，以及用于虚拟控制器的同步、配置和分配给它的任务的控制措施。



图 1-6

RobotStudio 允许使用离线控制器，即在 PC 上本地运行的虚拟 IRC5 控制器。这种离线控制器也被称为虚拟控制器(VC)。

RobotStudio 还允许使用真实的物理 IRC5 控制器(简称真实控制器)。

“控制器”选项卡上的功能可以分为以下类别。

- 用于虚拟和真实控制器的功能。
- 用于真实控制器的功能。
- 用于虚拟控制器的功能。

如图 1-7 所示,RAPID 选项卡提供了用于创建、编辑和管理 RAPID 程序的工具和功能,可以管理真实控制器上的在线 RAPID 程序、虚拟控制器上的离线 RAPID 程序或者不隶属于某个系统的单机程序。



图 1-7

如图 1-8 所示,Add-Ins 选项卡包含迁移备份和齿轮箱热量预测等控件。



图 1-8

### 思考与练习

- (1) 在 ABB 中国官网(<https://new.abb.com/cn>)找到对应版本的 RobotStudio 软件下载,将打包文件解压后进行安装练习,熟悉整个安装流程。
- (2) 打开 RobotStudio,逐个熟悉各个选项卡的界面,为后面的深入学习做好准备。



## 项目二

# RobotStudio 创建工业机器人工作站的基本功能

### 教学目标

- 掌握仿真工业机器人工作站的创建流程。
- 掌握创建工业机器人系统的方法。
- 学会创建工作件坐标系。
- 掌握手动创建示教目标点和运动轨迹路径的方法。
- 掌握仿真运行工业机器人的轨迹。
- 学会录制仿真视频。

## 任务一 创建工业机器人工作站

### 工作任务

- (1) 加载工业机器人及周边配套模型并进行合理布局。
- (2) 创建工业机器人系统。





## 实践操作

创建工业机器人工作站需要的基本功能包括加载 ABB 模型库、导入周边模型库、创建工业机器人系统、创建示教目标点及运动轨迹、图形设置、仿真运行工业机器人的轨迹等。

灵活运用这些功能,相互配合,才能创建出令人满意的工业机器人工作站。

下面就通过实际操作演示一个简单的工业机器人工作站是如何创建的。

### 一、加载工业机器人及周边配套模型并进行合理布局

#### 1. 加载工业机器人

加载工业机器人过程如图 2-1~图 2-4 所示。

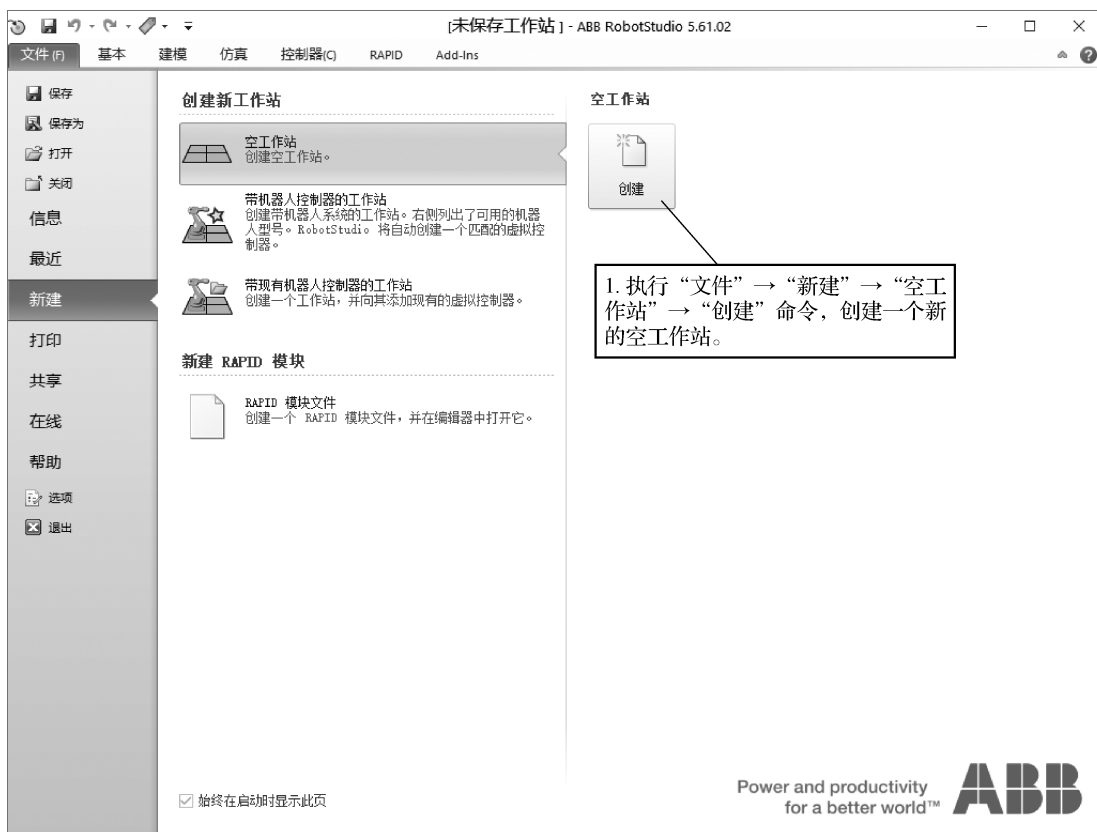


图 2-1



图 2-2

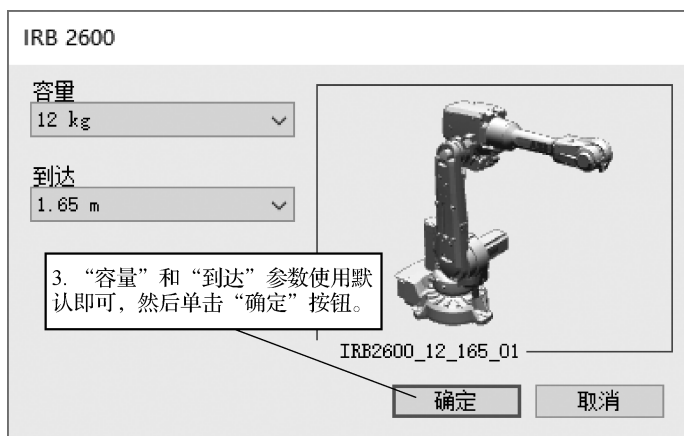


图 2-3

加载模型成功后，往往需要对模型的视图进行调整，以得到最佳的观察角度。具体有以下几种方式。

(1) 平移: Ctrl+鼠标左键, 可以任意方向拖动模型进行平面移动。

(2) 缩放: 通过鼠标滚轮缩放。向前滚动滚轮, 模型就会放大; 向后滚动滚轮, 模型就会缩小。

(3) 视角切换: Ctrl+Shift+鼠标左键, 可以在空间中任意切换视角, 观察模型各个细节。

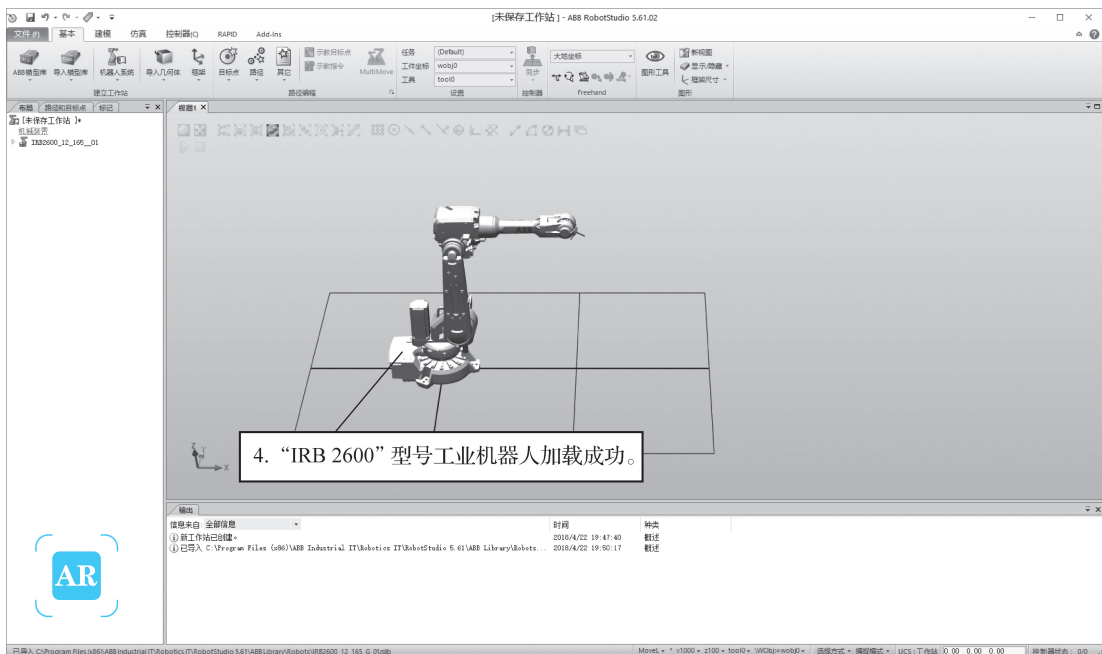


图 2-4

## 2. 加载工具

加载工具过程如图 2-5~图 2-8 所示。

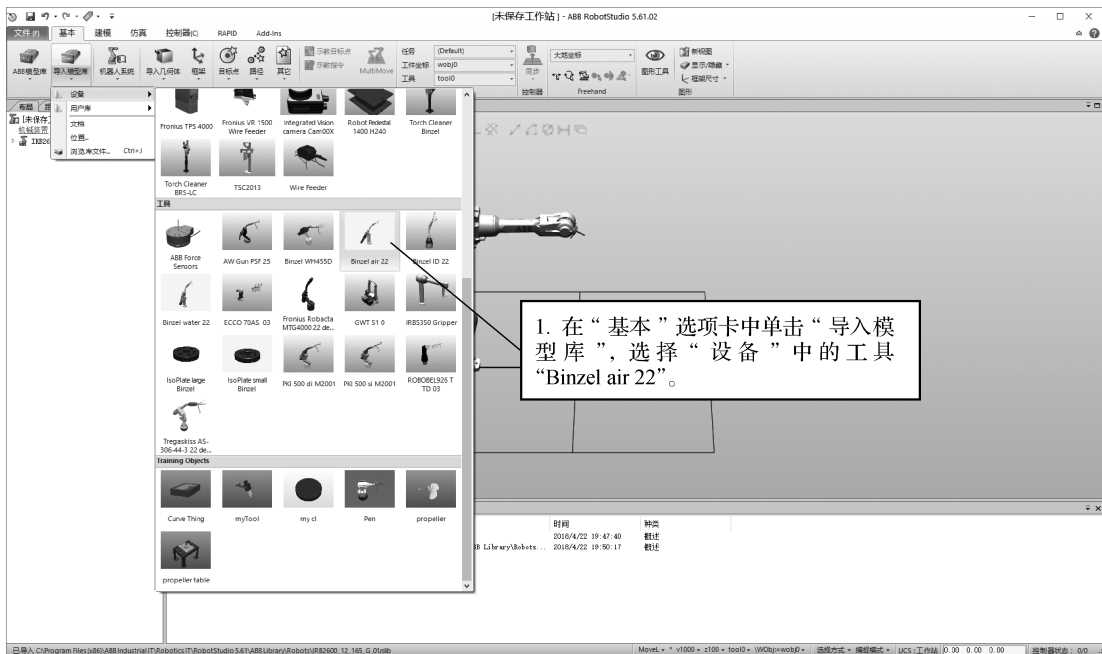


图 2-5

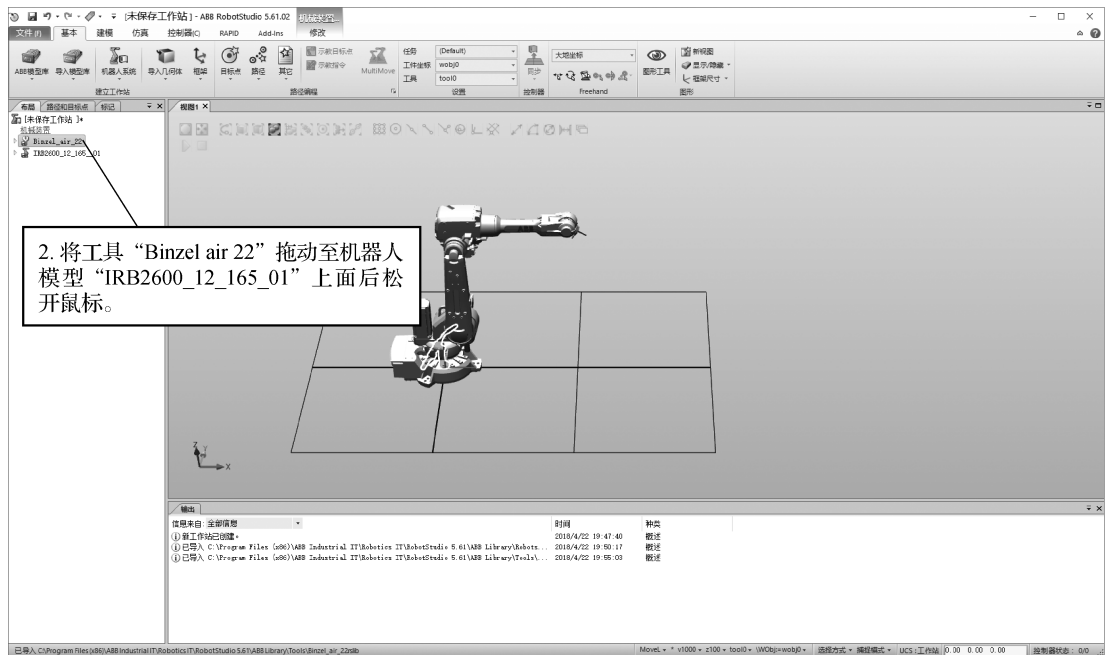


图 2-6

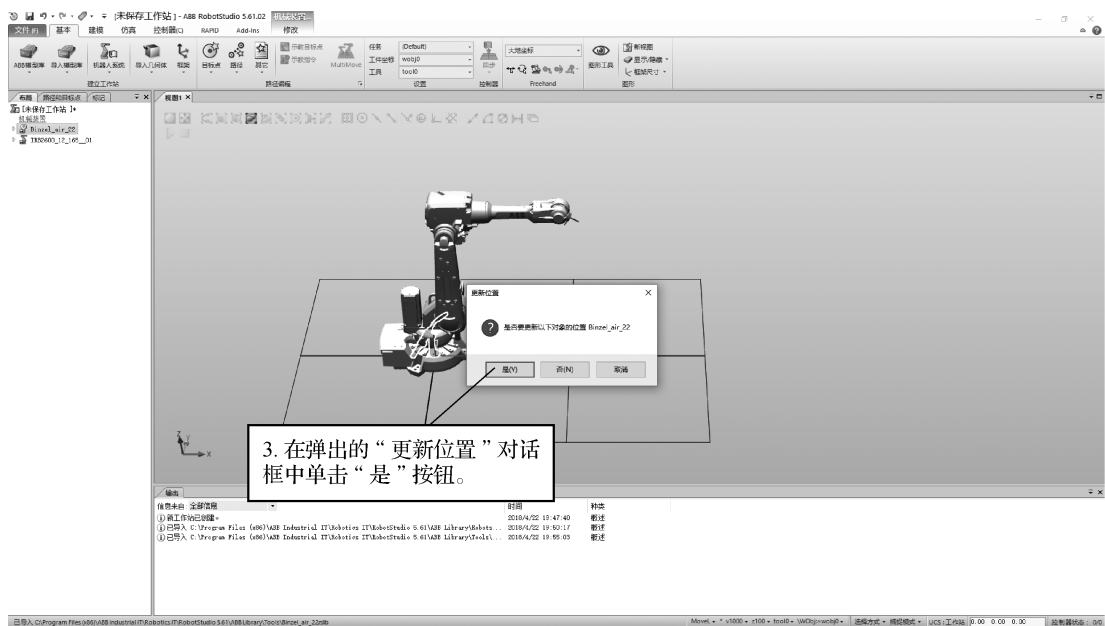


图 2-7

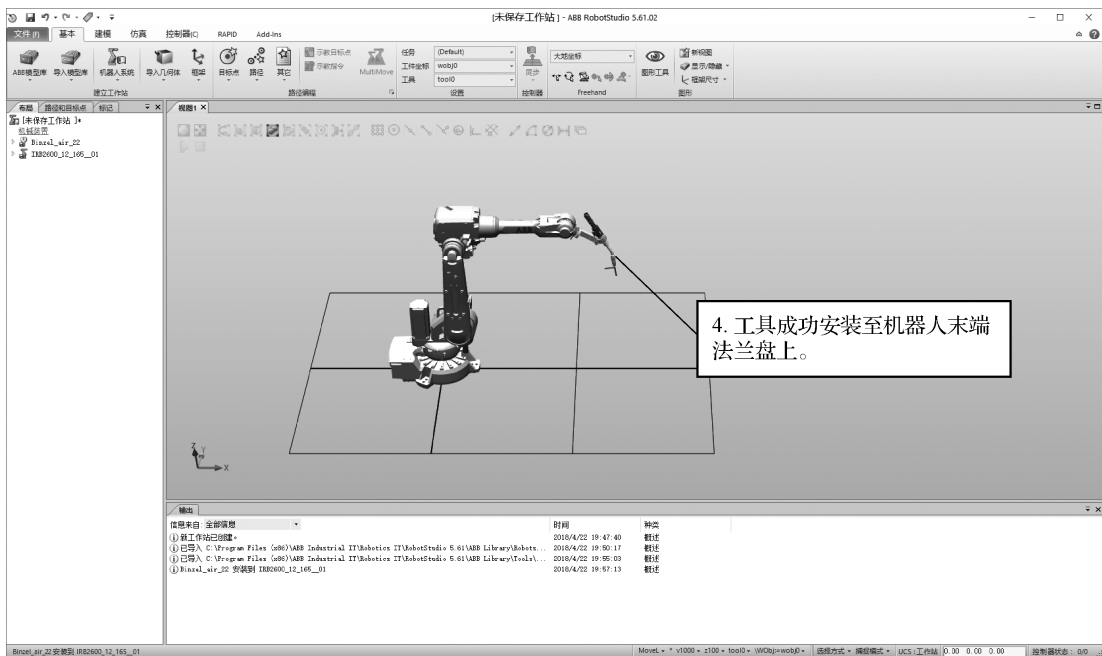


图 2-8

### 3. 加载周边模型

加载周边模型过程如图 2-9~图 2-39 所示。

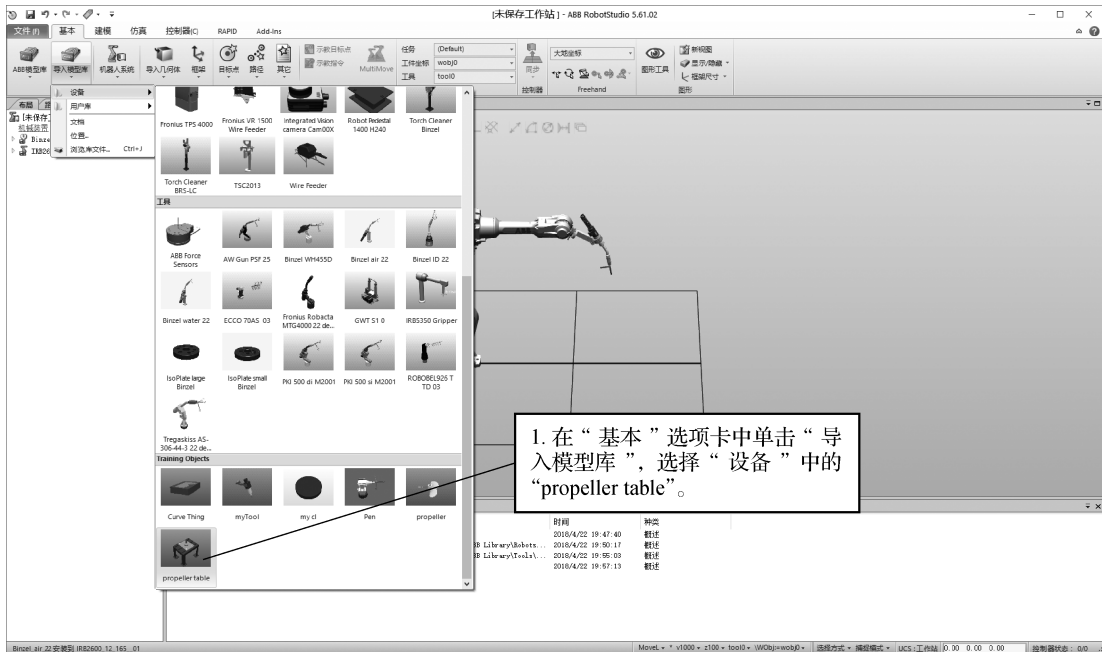


图 2-9

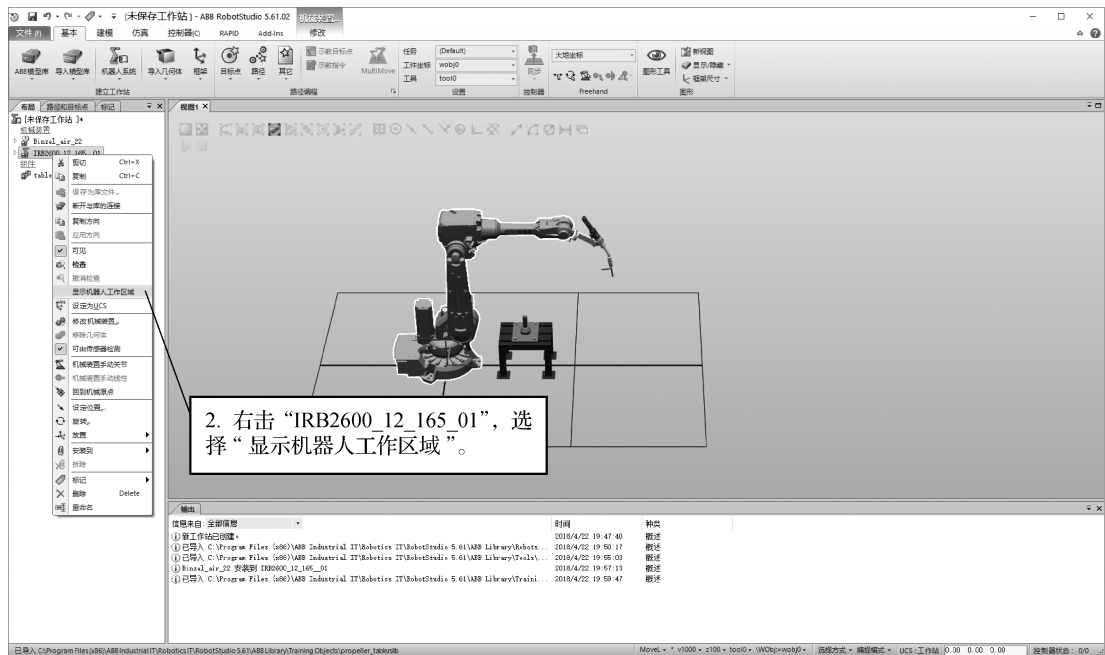


图 2-10

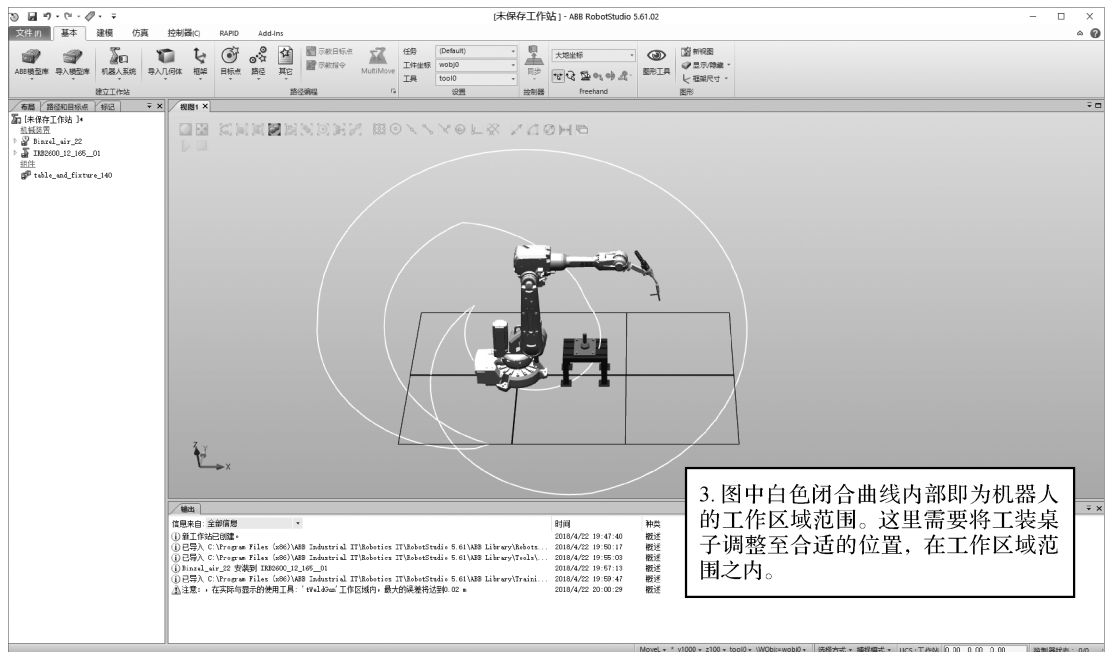


图 2-11

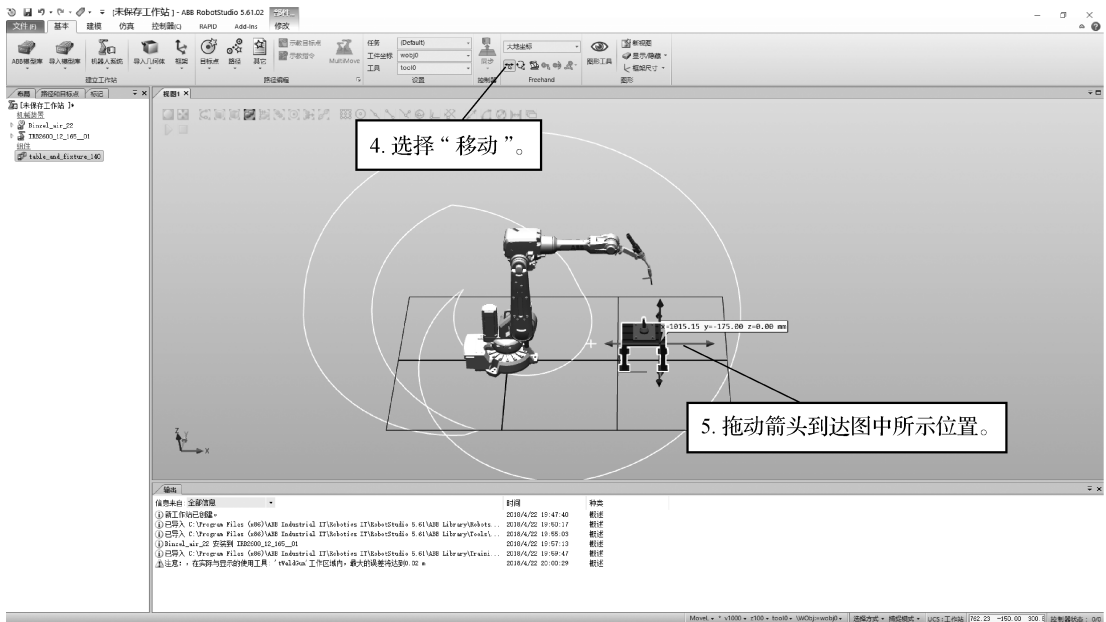


图 2-12

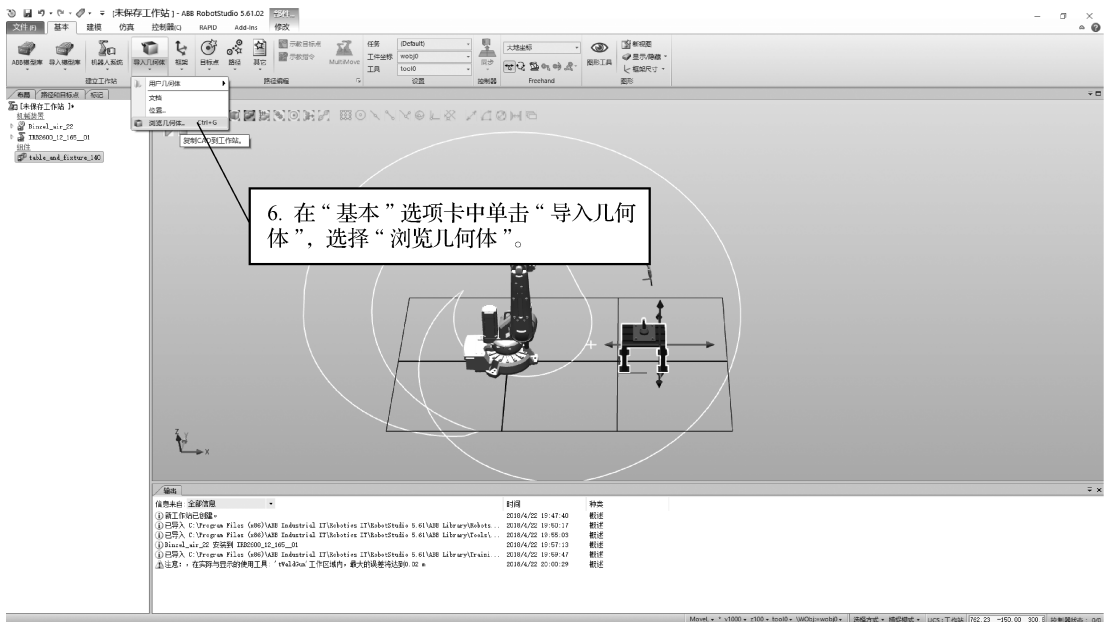


图 2-13

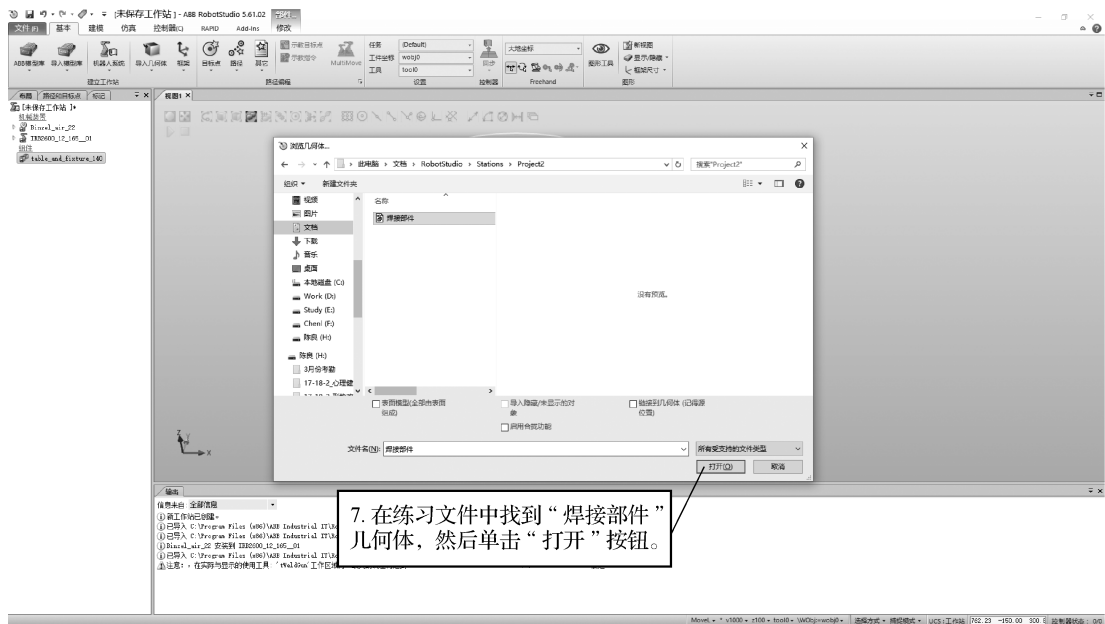


图 2-14

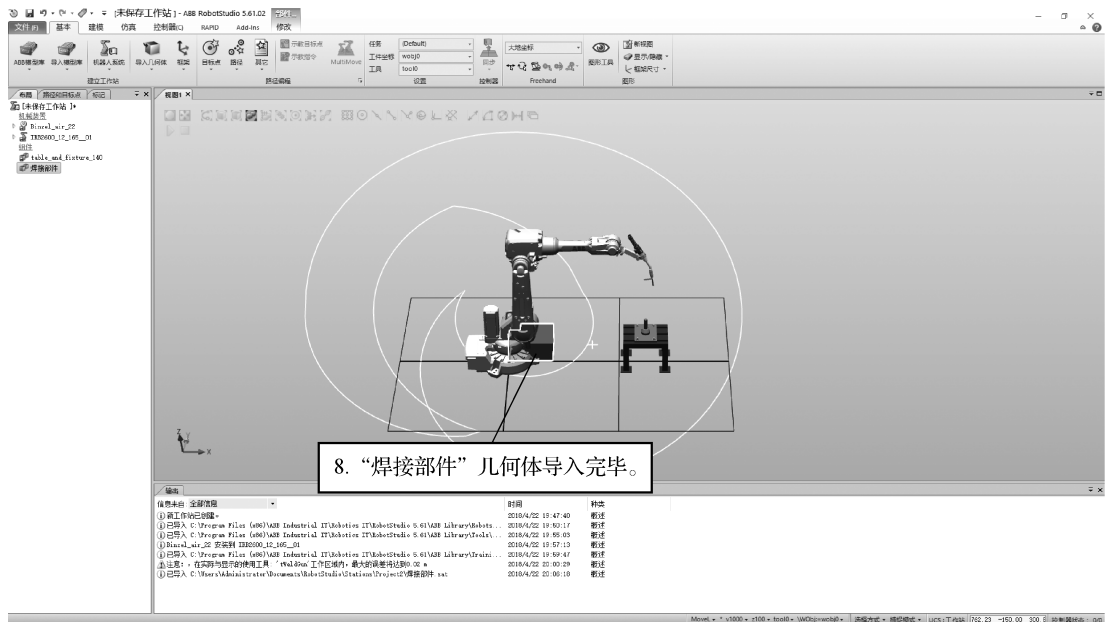


图 2-15



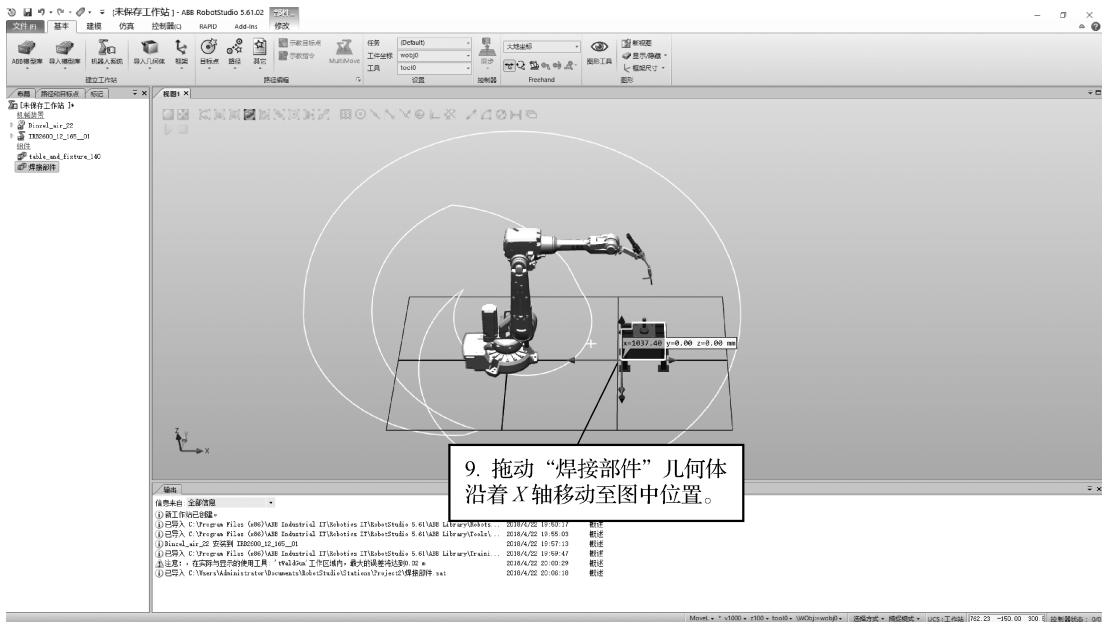


图 2-16



图 2-17