

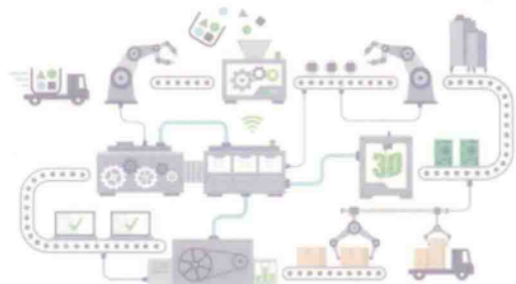


智能制造领域应用型人才培养“十三五”规划精品教材

工业机器人

离线编程与仿真项目教程

主编 © 刘杰 王涛





智能制造领域应用型人才培养“十三五”规划精品教材

工业机器人

离线编程与仿真项目教程

主编 © 刘杰 王涛



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书以 ABB 工业机器人为对象,使用瑞典 ABB 的机器人仿真软件 RobotStudio 进行工业机器人的基本操作、功能设置、二次开发、在线监控与编程、方案设计和验证的学习。主要内容包括认识、安装工业机器人仿真软件,仿真工作站知识储备,项目式教学包,RobotStudio 中的建模功能,机器人离线轨迹编程,Smart 组件的应用,带导轨和变位机的机器人系统创建与应用,ScreenMaker 示教器用户自定义界面,RobotStudio 在线功能。

本书适合普通本科及高等职业院校自动化相关专业的学生使用,也适合从事工业机器人应用开发、调试与现场维护的工程师,特别是使用 ABB 工业机器人的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人离线编程与仿真项目教程/刘杰,王涛主编. —武汉:华中科技大学出版社,2019.1
智能制造领域应用型人才培养“十三五”规划精品教材
ISBN 978-7-5680-3810-2

I. ①工… II. ①刘… ②王… III. ①工业机器人-程序设计-教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 012484 号

工业机器人离线编程与仿真项目教程

Gongye Jiqiren Lixian Biancheng yu Fangzhen Xiangmu Jiaocheng

刘 杰 王 涛 主 编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:史永霞

封面设计:孢 子

责任监印:朱 玟

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉蓝色匠心图文设计有限公司

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.75

字 数:348 千字

版 次:2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

现阶段,我国制造业面临资源短缺、劳动力成本上升、人口红利减少等压力,而工业机器人的应用与推广,将极大地提高生产效率和产品质量,降低生产成本和资源消耗,有效提高我国工业制造竞争力。我国《机器人产业发展规划(2016—2020年)》强调,机器人是先进制造业的关键支撑装备和未来生活方式的重要切入点。广泛采用工业机器人,对促进我国先进制造业的崛起,有着十分重要的意义。“机器换人,人用机器”的新型制造方式有效推进了工业升级和转型。

伴随着工业大国相继提出机器人产业政策,如德国的“工业4.0”、美国的先进制造伙伴计划、中国的“十三五规划”与“中国制造2025”等国家政策,工业机器人产业迎来了快速发展的态势。当前,随着劳动力成本上涨,人口红利逐渐消失,生产方式向柔性、智能、精细转变,中国制造业转型升级迫在眉睫。全球新一轮科技革命和产业变革与中国制造业转型升级形成历史性交汇,中国已经成为全球最大的机器人市场。大力发展工业机器人产业,对于打造我国制造业新优势、推动工业转型升级、加快制造强国建设、改善人民生活水平具有深远意义。

工业机器人已在越来越多的领域得到了应用。在制造业中,尤其是在汽车产业中,工业机器人得到了广泛应用。如在毛坯制造(冲压、压铸、锻造等)、机械加工、焊接、热处理、表面涂覆、上下料、装配、检测及仓库堆垛等作业中,机器人逐步取代人工作业。机器人产业的发展对机器人领域技能型人才的需求也越来越迫切。为了满足岗位人才需求,满足产业升级和技术进步的要求,部分应用型本科院校相继开设了相关课程。在教材方面,虽有很多机器人方面的专著,但普遍偏向理论与研究,不能满足实际应用的需要。目前,企业的机器人应用人才培养只能依赖机器人生产企业的培训或产品手册,缺乏系统学习和相关理论指导,严重制约了我国机器人技术的推广和智能制造业的发展。武汉金石兴机器人自动化工程有限公司依托华中科技大学在机器人方向的研究实力,顺应形势需要,产、学、研、用相结合,组织企业专家和一线科研人员开展了一系列企业调研,面向企业需求,联合高校教师共同编写了“智能制造领域应用型人才‘十三五’规划精品教材”系列图书。

该系列图书有以下特点:

(1) 循序渐进,系统性强。该系列图书从工业机器人的入门应用、技术基础、实训指导,到工业机器人的编程与高级应用,由浅入深,有助于读者系统学习工业机器人技术。

(2) 配套资源丰富多样。该系列图书配有相应的人才培养方案、课程建设标准、电子课件、视频等教学资源,以及配套的工业机器人教学装备,构建了立体化的工业机器人教学体系。

(3) 覆盖面广,应用广泛。该系列图书介绍了工业机器人集成工程所需的机械工程案

例、电气设计工程案例、机器人应用工艺编程等相关内容,顺应国内机器人产业人才发展需要,符合制造业人才发展规划。

“智能制造领域应用型人才培养‘十三五’规划精品教材”系列图书结合工业机器人集成工程实际应用,教、学、用有机结合,有助于读者系统学习工业机器人技术和强化提高实践能力。该系列图书的出版发行填补了机器人工程专业系列教材的空白,有助于推进我国工业机器人技术人才的培养和发展,助力中国智造。

中国工程院院士



2018年10月

进入 21 世纪,机器人已经成为现代化工业不可缺少的工具,它标志着工业的现代化程度。国外在 20 世纪 70 年代末就开始了机器人离线规划和编程系统的研究。早期的离线编程系统有 IPA 程序、sdMMIE 软件包和 GRASP 仿真系统等。这些系统都因为功能不完善而不能方便使用。在众多版本的机器人仿真与离线编程系统中,由以色列 Tecnomatic 公司在 1986 年推出的 robcad 机器人计算机辅助设计及仿真系统最具代表性。它是运行在 SGI 图形工作站上的大型机器人设计、仿真和离线编程系统,其集通用化、完整化、交互式计算机图形化、智能化和商品化为一体。但这些传统的机器人离线编程系统的分析、设计、实现和编程的方法都是面向过程的,存在着许多不足。机器人是一个可编程的机械装置,其功能的灵活性和智能性在很大程度上取决于机器人的编程能力。由于机器人的应用范围扩大和所完成任务的复杂程序不断增加,机器人工作任务的编制已经成为一个重要问题。通常,机器人编程方式可分为示教在线编程和离线编程。机器人离线编程技术对工业机器人的推广应用及其工作效率的提高有着重要意义,离线编程可以大幅度节省制造时间,实现计算机的实时仿真,为机器人编程和调试提供安全、灵活的环境,是机器人开发应用的研究方向。

在本书中,通过项目式教学的方法,对 ABB 公司的 RobotStudio 软件的操作、建模、Smart 组件的应用、轨迹离线编程、动画效果的制作、模拟工作站的构建、仿真验证以及在线操作进行了全面的讲解。(说明:RobotWare 为机器人系统库文件,安装完成后只会在指定位置生成机器人系统库,可以存在多个版本;RobotStudio 为机器人仿真操作软件;两者必须全部完全安装方可正常使用。)本书使用 RobotStudio 的版本为 6.00.01,使用 RobotWare 的版本为 5.15.02_2005 和 6.00.00_1105。

本书内容以实践操作过程为主线,采用以图为主的编写形式,通俗易懂,适合作为普通高校和高等职业院校的工业机器人工程应用仿真课程的教材。

同时,本书也适合从事工业机器人应用开发、调试、现场维护的工程技术人员学习和参考,特别适合已掌握 ABB 机器人基本操作,需要进一步掌握工业机器人工程应用模拟仿真的工程技术人员参考。

对于本书中的疏漏之处,我们热忱欢迎读者提出宝贵的意见和建议。本书中使用到的机器人工作站打包文件及相关数模资料可发邮件至 2360363974@qq.com 索取。

编者

2018 年 9 月

项目 1 认识、安装工业机器人仿真软件	1
任务 1-1 工业机器人仿真软件介绍	2
任务 1-2 了解工业机器人仿真应用技术	2
任务 1-3 下载、安装工业机器人仿真软件 RobotStudio	3
任务 1-4 RobotStudio 软件的授权管理	4
任务 1-5 RobotStudio 软件界面介绍	6
任务 1-6 学习前需具备的基本知识	12
项目 2 RobotStudio 仿真技术知识储备	14
任务 2-1 建立工业机器人系统	15
任务 2-2 软件窗口操作介绍	23
任务 2-3 建模及导入几何体、摆放工作站周边模型	28
任务 2-4 测量工具的使用	40
任务 2-5 加载机器人的工具	42
任务 2-6 工业机器人的手动操纵	51
任务 2-7 创建机械装置	54
任务 2-8 建立工业机器人坐标系	62
任务 2-9 创建机器人的运动轨迹程序	63
任务 2-10 仿真运行机器人及录制视频	66
任务 2-11 模拟碰撞检测的设定	69
任务 2-12 从曲线生成路径操作	73
任务 2-13 Smart 组件的应用	80
项目 3 带导轨和变位机的机器人系统创建与应用	103
任务 3-1 创建带导轨的机器人系统	104
任务 3-2 创建带变位机的机器人系统	112
项目 4 工业机器人标准实训室工作站的构建	120
任务 4-1 仿真工作站 LAYOUT 布局解读	121
任务 4-2 按 LAYOUT 解读布局工作站	131
项目 5 RobotStudio 流水线码垛工作站的构建	141
任务 5-1 工作站的布局工艺流程说明	142
任务 5-2 创建码垛工作站的 Smart 组件设计	145
项目 6 工业机器人激光切割项目仿真技术	154
任务 6-1 仿真工作站 LAYOUT 布局解读	155

任务 6-2 创建激光切割工作站仿真设计	165
项目 7 ScreenMaker 示教器用户自定义界面	174
任务 7-1 ScreenMaker 示教器用户自定义界面	175
任务 7-2 创建注塑机取件机器人用户自定义界面	177
任务 7-3 设置注塑机取件机器人用户信息界面	178
任务 7-4 设置注塑机取件机器人用户状态界面	183
任务 7-5 设置注塑机取件机器人用户维修界面	184
项目 8 RobotStudio 的在线功能	189
任务 8-1 使用 RobotStudio 与机器人进行连接并获取权限的操作	190
任务 8-2 使用 RobotStudio 进行备份和恢复的操作	191
任务 8-3 使用 RobotStudio 在线编辑 RAPID 程序的操作	193
任务 8-4 使用 RobotStudio 在线编辑 I/O 信号的操作	195
任务 8-5 使用 RobotStudio 在线文件传送	198
任务 8-6 使用 RobotStudio 在线监控机器人和示教器状态	198
任务 8-7 使用 RobotStudio 在线设定示教器用户操作权限管理	199
任务 8-8 使用 RobotStudio 在线创建和安装机器人系统	204
附录 A 术语概念	211

项目1

认识、安装工业机器人仿真软件

1

1.1 教学目标

- (1) 了解什么是工业机器人仿真应用技术。
- (2) 学会如何安装RobotStudio。
- (3) 学会RobotStudio软件的授权操作方法。
- (4) 认识RobotStudio软件的操作画面。



◀ 任务 1-1 工业机器人仿真软件介绍 ▶

国际各品牌工业机器人虚拟仿真软件名称及下载地址见表 1-1。

表 1-1 品牌工业机器人虚拟仿真软件

序 号	工业机器人品牌	仿真软件名称
1	ABB	RobotStudio
2	KUKA	KUKA. Sim Pro
3	FANUC	ROBOGUIDE
4	MOTOMAN	Robot MotoSim EG
5	STAUBLI	Robotics VAL3
6	COMAU	RoboSim Pro
7	Kawasaki	K-ROSET

为了确保 RobotStudio 能够正确安装,请注意以下事项:

(1)计算机的系统配置建议见表 1-2。

表 1-2 计算机的系统配置

硬 件	要 求
CPU	i5 或以上
内存	2GB 或以上
硬盘	空闲 20GB 以上
显卡	独立显卡
操作系统	Windows 7 或以上

(2)操作系统中的防火墙可能会造成 RobotStudio 的不正常运行,如无法连接虚拟控制器,所以建议关闭防火墙或对防火墙的参数进行恰当的设定。

本书中的任务是基于 RobotStudio 6.00.01 版本开展的,RobotWare 5.15.02_2005 配合随着版本升级,会出现软件菜单的变化情况,但不影响教学与学习。

◀ 任务 1-2 了解工业机器人仿真应用技术 ▶

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生产之始花费时间检测或试运行是行不通的,因为这意味着要停止现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。

在产品制造的同时对机器人系统进行编程,可提早开始产品生产,缩短上市时间。离线编程在实际机器人安装前,既可通过可视化确认解决方案和布局来降低风险,又可通过创建更加精确的路径来获得更高的部件质量。为实现真正的离线编程,RobotStudio 采用了 ABB VirtualRobot 技术。ABB 在十多年前就已经发明了 VirtualRobot 技术。RobotStudio 是市场上离线编程的领先产品。通过新的编程方法,ABB 正在世界范围内建立机器人编程标准。

在 RobotStudio 中可以实现以下主要功能:

(1)**CAD 导入**。RobotStudio 可轻易地以各种主要的 CAD 格式导入数据,包括 IGES、STEP、VRML、VDAFS、ACIS 和 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非常精确的机器人程序,从而提高产品质量。

(2)**自动路径生成**。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。如果人工执行此项任务,则可能需要数小时或数天。

(3)**自动分析伸展能力**。此便捷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。操作者可在短短几分钟内验证和优化工作单元布局。

(4)**碰撞检测**。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验证与确认,以确保机器人离线编程得出的程序的可用性。

(5)**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、文件传送及备份恢复的操作,使调试与维护工作更轻松。

(6)**模拟仿真**。根据设计,在 RobotStudio 中进行工业机器人工作站的动作模拟仿真以及周期节拍测量,为工程的实施提供真实的验证。

(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,使机器人更好地与工艺应用有效融合。

(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。

◀ 任务 1-3 下载、安装工业机器人仿真软件 RobotStudio ▶

【工作任务】

- (1)学会下载 RobotStudio。
- (2)学会 RobotStudio 的正确安装。

【实践操作】

一、下载 RobotStudio

下载 RobotStudio 的过程如图 1-1 和图 1-2 所示。



图 1-1



图 1-2

二、安装 RobotStudio

安装 RobotStudio 的过程如图 1-3 所示。

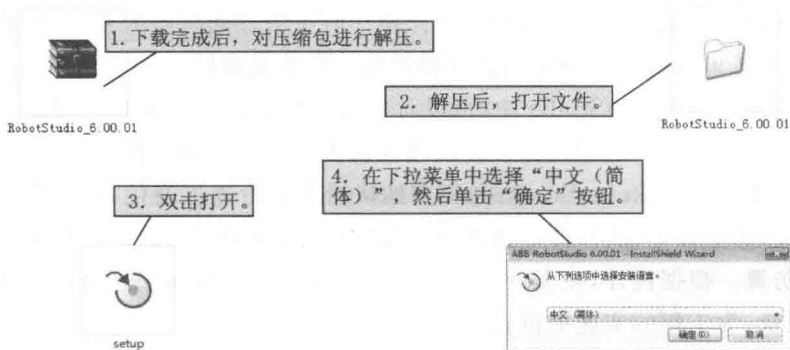


图 1-3

注:为后续学习模拟文件操作方便,建议使用默认安装路径。

从 www.robotpartner.cn/rs.html 也可以下载 RobotStudio_6.00.01。

◀ 任务 1-4 RobotStudio 软件的授权管理 ▶

【工作任务】

- (1)了解 RobotStudio 软件授权的作用。
- (2)掌握 RobotStudio 授权的操作。

【实践操作】

一、关于 RobotStudio 的授权

在第一次正确安装 RobotStudio 以后,如图 1-4 所示,软件提供 30 天的全功能高级版免费试用。30 天以后,如果还未进行授权操作的话,则只能使用基本版的功能。

基本版:提供基本的 RobotStudio 功能,如配置、编程和运行虚拟控制器;还可以通过以

太网对实际控制器进行编程、配置和监控等在线操作。

高级版:提供 RobotStudio 所有的离线编程功能和多机器人仿真功能。高级版中包含基本版中的所有功能。要使用高级版,需要进行激活。

针对学校,有学校版的 RobotStudio 软件用于教学。



图 1-4

二、激活授权的操作

如果已经从 ABB 获得 RobotStudio 的授权许可证,可以通过以下方式激活 RobotStudio 软件。

单机许可证只能激活一台计算机的 RobotStudio 软件,而网络许可证可在一个局域网内建立一台网络许可证服务器,对局域网内的 RobotStudio 客户端进行授权许可。客户端的数量由网络许可证所允许的数量决定。在授权激活后,如果计算机系统出现问题并重新安装 RobotStudio,将会造成授权失效。

在激活之前,请将计算机连接上互联网,因为 RobotStudio 可以通过互联网进行激活,这样操作会便捷很多。激活 RobotStudio 的步骤如图 1-5~图 1-7 所示。

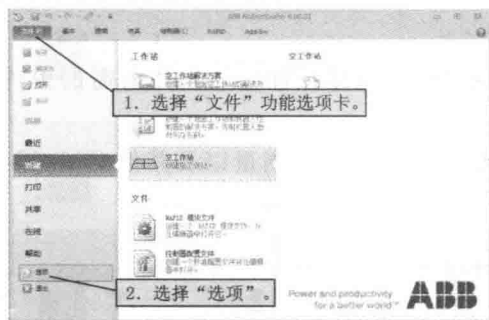


图 1-5

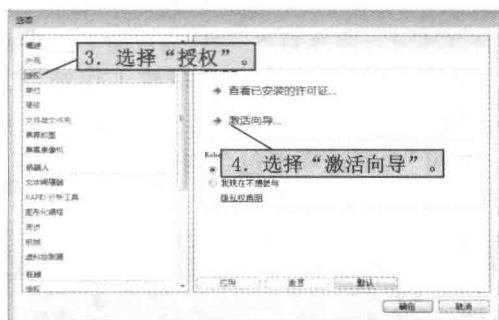


图 1-6



图 1-7

任务 1-5 RobotStudio 软件界面介绍

【工作任务】

- (1) 了解 RobotStudio 软件界面的构成。
- (2) 掌握 RobotStudio 界面恢复默认的操作方法。

【实践操作】

一、功能选项卡

“文件”功能选项卡包含创建新工作站、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,如图 1-8 所示。

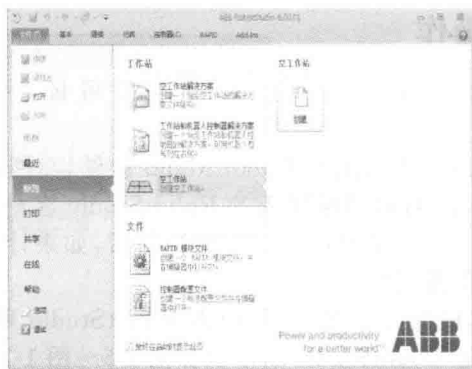


图 1-8

“基本”功能选项卡包含搭建工作站、创建系统、编程路径和摆放物体所需的控件,如图 1-9 所示。

“建模”功能选项卡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,如图 1-10 所示。

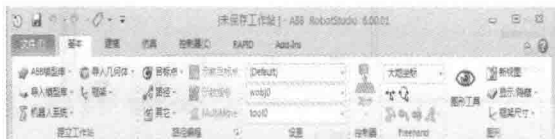


图 1-9

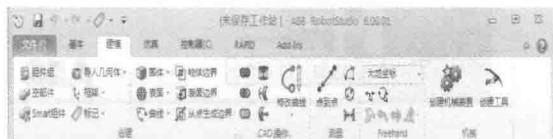


图 1-10

“仿真”功能选项卡包含创建、控制、监控和记录仿真所需的控件,如图 1-11 所示。

“控制器”功能选项卡包含用于虚拟控制器(VC)的同步、配置和分配给它的任务控制措施,还包含用于管理真实控制器的控制功能,如图 1-12 所示。



图 1-11



图 1-12

“RAPID”功能选项卡包括 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 1-13 所示。

“Add-Ins”功能选项卡包含 PowerPacs 和 VSTA 的相关控件,如图 1-14 所示。



图 1-13

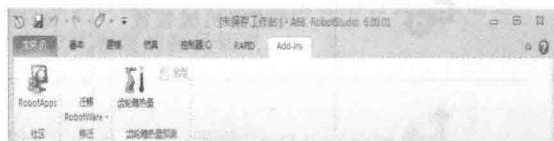


图 1-14

二、布局浏览器

布局浏览器中分层显示工作站中的项目,如机器人和工具等,如表 1-3 所示。

表 1-3 布局浏览器

图 标	节 点	描 述
	Robot	工作站中的机器人
	工具	工具
	链接集合	包含对象的所有链接
	链接	关节连接中的实际对象,每一个链接由一个或多个部件组成
	框架	包含对象的所有横框架
	组件组	部件或其他组装件的分组,每组都有各自的坐标系,它用来构建工作站
	部件	RobotStudio 中的实际对象,包含几何信息的部件由一个或多个 2D 或 3D 实体组成,不包含几何信息的部件(例如导入的 .jt 文件)为空
	碰撞集	包含所有的碰撞集,每个碰撞集包含两组对象
	对象组	包含接受碰撞检测的对象的参考信息

图 标	节 点	描 述
	碰撞集机械装置	碰撞集中的对象
	框架	工作站内的框架

三、路径和目标点浏览器

路径和目标点浏览器分层显示了非实体的各个项目,如表 1-4 所示。

表 1-4 路径和目标点浏览器

图 标	节 点	描 述
	工作站	RobotStudio 中的工作站
	虚拟控制器	用来控制机器人的系统,例如真实的 IRC5 控制器
	任务	包含工作站内的所有逻辑元素,例如目标、路径、工作对象、工具数据和指令
	工具数据集合	包含所有工具数据
	工具数据	用于机器人或任务的工具数据
	工件坐标与目标点	包含用于任务或机器人的所有工件坐标和目标点
	接点目标集合 与接点目标	机器人轴的指定位置
	工件坐标集合和 工件坐标	工件坐标集合节点和该节点中包含的工件坐标
	目标点	定义的机器人位置和旋转,目标点相当于 RAPID 程序中的 RobTarget

续表

图 标	节 点	描 述
	不带指定配置的目标点	尚未指定轴配置的目标点,例如,重新定位的目标点或通过微动控制之外的方式创建的新目标点
	不带已找到配置的目标点	无法伸展到的目标点,即尚未找到该目标点的轴配置
	路径集合	包含工作站内的所有路径
	路径	包含机器人的移动指令
	线性移动指令	到目标点的线性 TCP 运动,如果尚未指定目标的有效配置,移动指令就会得到与目标点相同的警告符号
	关节移动指令	目标点的关节动作,如果尚未指定目标的有效配置,移动指令就会得到与目标点相同的警告符号
	动作指令	定义机器人的动作,并在路径中的指定位置执行

四、建模浏览器

建模浏览器显示所有可编辑对象及其构成部件,如表 1-5 所示。

表 1-5 建模浏览器

图 标	节 点	描 述
	Part(部件)	与 Layout(布局)浏览器中的对象对应的几何物体
	Body(物体)	包含各种部件的几何构成块,3D 物体包含多个表面,2D 物体包含一个表面,而曲线物体不包含表面
	Face(表面)	物体的表面

五、文件浏览器

通过 RAPID 功能选项卡中的文件浏览器,可以管理 RAPID 文件和系统备份。使用文