

工业机器人

离线编程与仿真 (ROBOGUIDE)

陈南江 郭炳宇 林燕文 | 主编

彭赛金 卢亚平 | 副主编

微课版

学习平台、微课资源、多媒体课件、题库及答案、教学工作页

Off-line Programming & Simulation of
Industrial Robot Based on ROBOGUIDE



看微课视频

智能制造应用型人才培养系列教程

|工|业|机|器|人|技|术|

工业机器人

离线编程与仿真 (ROBOGUIDE)

陈南江 郭炳宇 林燕文 | 主编

彭赛金 卢亚平 | 副主编



微课版

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人离线编程与仿真：ROBOGUIDE / 陈南江，郭炳宇，林燕文主编. — 北京：人民邮电出版社，2018.9

智能制造应用型人才培养系列教程. 工业机器人技术
ISBN 978-7-115-48746-9

I. ①工… II. ①陈… ②郭… ③林… III. ①工业机器人—程序设计—教材②工业机器人—计算机仿真—教材
IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第139933号

内 容 提 要

本书以 FANUC 工业机器人为研究对象，系统地介绍了工业机器人离线编程与仿真的基本知识。全书共 3 篇 7 个项目，主要内容包括初识离线编程仿真软件、创建仿真机器人工作站、离线示教编程与程序修正、基础搬运的离线仿真、分拣搬运的离线仿真、轨迹绘制与轨迹自动规划的编程、基于机器人-变位机系统的焊接作业编程等。本书将知识点和技能点融入典型工作站的项目实施中，以满足工学结合、项目引导、教学一体化的教学需求。

本书既可作为应用型本科院校机器人工程、自动化、机械设计制造及其自动化、智能制造工程专业，高职高专院校工业机器人技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材，也可作为相关从业人员的参考书。

-
- ◆ 主 编 陈南江 郭炳宇 林燕文
副 主 编 彭赛金 卢亚平
责任编辑 刘盛平
责任印制 马振武
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：12.5 2018 年 9 月第 1 版
字数：313 千字 2018 年 9 月北京第 1 次印刷
-

定价：42.00 元

读者服务热线：(010)81055256 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广登字 20170147 号

智能制造应用型人才培养系列教程

编委会

- 主任:** 北京航空航天大学
- 副主任:** 华中科技大学
北京邮电大学
北京华晟经世信息技术有限公司
北京华晟智造科技有限公司
人民邮电出版社
- 委员:** 北京航空航天大学
北京科技大学
武汉科技大学
陕西科技大学
重庆邮电大学
长春理工大学
西南石油大学
成都工业学院
攀枝花学院
苏州大学应用技术学院
北华大学
黑龙江科技大学
长春大学
大连民族大学
江汉大学
湖北工程学院
石家庄学院
厦门华夏学院
遵义职业技术学院
惠州学院
常州机电职业技术学院
青岛职业技术学院
江西制造职业技术学院
- 顾问:** 上海发那科机器人有限公司
上海 ABB 工程有限公司
通用电气智能设备(上海)有限公司
- 秘书长:** 北京华晟智造科技有限公司
人民邮电出版社
- 丁希仑
吴昌林
陈 钢
郭炳宇
陈南江
王 威
胡毕富 徐 坤
李艳晴
吴 谨 程 磊
汤 伟 马令坤
张 毅 罗志勇
张心明 宋林森
湛海云 冯文荣
李刚俊
王 兵 黄小兵
刘和剑 卢亚平
孙丽霞 耿德旭
刘元林 刘玉波
李庆华 贺春山
张汝波 张 涛
章 红
李刚炎
于京生 赵翠俭
陈明明 周海波
李清江 陈 勇
魏晓慧
陈小艳
李 峰
靖 娟
封佳诚
叶 晖
代申义
林燕文
刘盛平

序

制造业是一个国家经济发展的基石，也是增强国家竞争力的基础。新一代信息技术、人工智能、新能源、新材料、生物技术等重要领域和前沿方向的革命性突破和交叉融合，正在引发新一轮产业变革——第四次工业革命，而智能制造便是引领第四次工业革命浪潮的核心动力。智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能新型生产方式。

我国于2015年5月发布了《中国制造2025》，部署全面推进制造强国战略，我国智能制造产业自此进入了一个飞速发展时期，社会对智能制造相关专业人才的需求也不断加大。目前，国内各本科院校、高职高专院校都在争相设立或准备设立与智能制造相关的专业，以适应地方产业发展对战略性新兴产业的人才需求。

在本科教育领域，与智能制造专业群相关的机器人工程专业在2016年才在东南大学开设，智能制造工程专业更是到2018年才在同济大学、汕头大学等几所高校中开设。在高等职业教育领域，2014年以前只有少数几个学校开设工业机器人技术专业，但到目前为止已有超过500所高职高专院校开设这一专业。人才的培养离不开教材，但目前针对工业机器人技术、机器人工程等专业的成体系教材还不多，已有教材也存在企业案例缺失等亟须解决的问题。由北京华晟智造科技有限公司和人民邮电出版社策划，校企联合编写的这套图书，犹如大旱中的甘露，可以有效解决工业机器人技术、机器人工程等与智能制造相关专业教材紧缺的问题。

理实一体化教学是在一定的理论指导下，引导学习者通过实践活动巩固理论知识、形成技能、提高综合素质的教学过程。目前，高校教学体系过多地偏向理论教学，课程设置与企业实际应用契合度不高，学生无法把理论知识转化为实践应用技能。本套图书的第一大特点就是注重学生的实践能力培养，以企业真实需求为导向，学生学习技能紧紧围绕企业实际应用需求，将学生需掌握的理论知识，通过企业案例的形式进行衔接，达到知行合一、以用促学的目的。

智能制造专业群应以工业机器人为核心，按照智能制造工程领域闭环的流程进行教学，才能够使学生从宏观上理解工业机器人技术在行业中的具体应用场景及应用方法。高校现有的智能制造课程集中在如何进行结构设计、工艺分析，使得装备的设计更为合理。但是，完整的机器人应用工程却是一个容易被忽视的部分。本套图书的第二大特点就是聚焦了感知、控制、决策、执行等核心关键环节，依托重点领域智能工厂、数字化车间的建设以及传统制造业智能转型，突破高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备五类关键技术装备，覆盖完整工程流程，涵盖企业智能制造领域工程中的各个环节，符合企业智能工厂真实场景。

我很高兴看到这套书的出版，也希望这套书能给更多的高校师生带来教学上的便利，帮助读者尽快掌握智能制造大背景下的工业机器人相关技术，成为智能制造领域中紧缺的应用型、复合型和创新型人才！

上海发那科机器人有限公司

SHANGHAI-FANUC Robotics CO.,LTD.

总经理

General Manager



前 言

工业机器人综合了精密机械、传感器和自动控制技术等领域的最新成果，在工厂自动化生产和柔性生产系统中起着关键的作用，并已经广泛应用到工农业生产、航天航空和军事技术等各个领域。它可代替生产工人出色地完成极其繁重、复杂、精密或者危险的工作。

工业机器人是一种可编程的操作机，其编程的方法通常可分为在线示教编程和离线编程2种。离线编程的出现有效地弥补了在线示教编程的不足，并且随着计算机技术的发展，离线编程技术也愈发成熟。机器人离线编程的方法在提高机器人工作效率、规划复杂运动轨迹、检查碰撞和干涉、观察编程结果、优化编程等方面的优势，已经引起了人们极大的兴趣，并成为当今机器人学科中十分活跃的研究方向。

本书选用 FANUC 工业机器人的 ROBOGUIDE 离线编程与仿真软件，以典型工作站为突破口，系统介绍了工业机器人离线编程与仿真的相关知识。为了提高读者学习兴趣和学习效果，本书针对重要的知识点和操作开发了大量的微课，并以二维码的形式嵌入书中相应位置。读者可通过手机等移动终端扫码观看学习。另外，课程研发团队还着眼于理论加实践的教学方式，结合经典的项目应用，精心打造了真实的机器人工作站作为实训和开展实验的综合一体化平台，用于提高读者实战能力。综合一体化平台的相关信息可以联系北京华晟制造科技有限公司（E-mail: 214910437@qq.com）。

本书由北京华晟智造科技有限公司陈南江、北京华晟经世信息技术有限公司郭炳宇和北京华晟智造科技有限公司林燕文任主编，北京航空航天大学彭赛金和苏州大学应用技术学院卢亚平任副主编。参加编写的还有北京华晟智造科技有限公司边天放、宋美娴等。

在本书的编写过程中，上海发那科机器人有限公司、北京航空航天大学、苏州大学应用技术学院等企业和院校提供了许多宝贵的意见和建议，在此郑重致谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2018年4月

目 录

基础入门篇

项目一 初识离线编程仿真软件	2
【项目引入】	2
【知识图谱】	3
任务一 ROBOGUIDE 的认知	8
【任务描述】	8
【知识学习】	9
【思考与练习】	12
任务二 ROBOGUIDE 的安装	12
【任务描述】	12
【知识学习】	12
【任务实施】	13
【思考与练习】	17
任务三 创建机器人工程文件	17
【任务描述】	17
【知识学习】	18
【任务实施】	19
【思考与练习】	25
任务四 ROBOGUIDE 界面的认知	25
【任务描述】	25
【知识学习】	25
【思考与练习】	32
【项目总结】	32
【拓展训练】	32
项目二 创建仿真机器人工作站	34
【项目引入】	34
【知识图谱】	35
任务一 机器人的属性设置	39
【任务描述】	39
【知识学习】	40
【任务实施】	42
【思考与练习】	43
任务二 工具的创建与设置	43
【任务描述】	43
【知识学习】	43
【任务实施】	44
【思考与练习】	47

任务三 工装创建与设置	48
【任务描述】	48
【知识学习】	48
【任务实施】	48
【思考与练习】	52
任务四 工件的创建与设置	52
【任务描述】	52
【知识学习】	52
【任务实施】	52
【思考与练习】	57
【项目总结】	57
【拓展训练】	57
项目三 离线示教编程与程序修正	59
【项目引入】	59
【知识图谱】	60
任务一 创建离线示教仿真工作站	62
【任务描述】	62
【知识学习】	63
【任务实施】	64
【思考与练习】	71
任务二 虚拟 TP 的示教编程	72
【任务描述】	72
【知识学习】	72
【任务实施】	72
【思考与练习】	75
任务三 仿真程序编辑器的示教编程	75
【任务描述】	75
【知识学习】	75
【任务实施】	76
【思考与练习】	78
任务四 修正离线程序及导出运行	78
【任务描述】	78
【知识学习】	79
【任务实施】	79
【思考与练习】	81
【项目总结】	81
【拓展训练】	81

模拟仿真篇

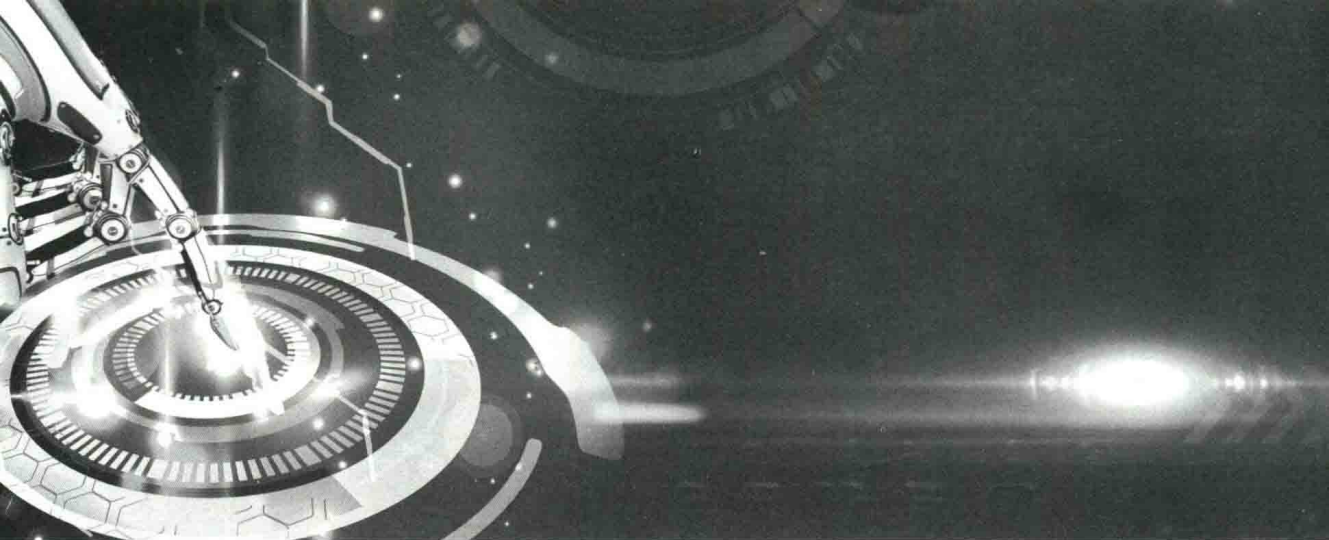
项目四 基础搬运的离线仿真	84
【项目引入】	84
【知识图谱】	85
任务一 导入物料与设置仿真.....	86
【任务描述】	86
【知识学习】	86
【任务实施】	87
【思考与练习】	89
任务二 创建工具与设置仿真(虚拟电机法)	89
【任务描述】	89
【知识学习】	89
【任务实施】	90
【思考与练习】	94
任务三 创建仿真程序与仿真运行.....	94
【任务描述】	94
【知识学习】	95
【任务实施】	97
【思考与练习】	100
【项目总结】	100
【拓展训练】	100
项目五 分拣搬运的离线仿真	102
【项目引入】	102
【知识图谱】	103
任务一 创建分拣工作站基础要素.....	107
【任务描述】	107
【任务实施】	108
【思考与练习】	114
任务二 创建工具与设置仿真(模型替代法)	114
【任务描述】	114
【知识学习】	114
【任务实施】	115
【思考与练习】	121
任务三 创建虚拟电机与设置仿真.....	122
【任务描述】	122
【知识学习】	122
【任务实施】	123
【思考与练习】	127
任务四 创建分拣作业程序.....	127
【任务描述】	127
【知识学习】	127
【任务实施】	128

【思考与练习】	141
【项目总结】	141
【拓展训练】	142

离线编程篇

项目六 轨迹绘制与轨迹自动规划的编程	144
【项目引入】	144
【知识图谱】	145
任务一 汉字书写的轨迹编程及现场运行.....	148
【任务描述】	148
【知识学习】	149
【任务实施】	149
【思考与练习】	155
任务二 球面工件打磨的轨迹编程.....	155
【任务描述】	155
【任务实施】	156
【思考与练习】	159
【项目总结】	159
【拓展训练】	159
项目七 基于机器人-变位机系统的焊接作业编程	161
【项目引入】	161
【知识图谱】	162
任务一 创建焊接工作站基础要素.....	166
【任务描述】	166
【任务实施】	166
【思考与练习】	167
任务二 变位机系统的设置与模块的搭建.....	168
【任务描述】	168
【知识学习】	168
【任务实施】	168
【思考与练习】	179
任务三 双头法兰短管焊接的轨迹编程.....	179
【任务描述】	179
【知识学习】	180
【任务实施】	181
【思考与练习】	184
【项目总结】	184
【拓展训练】	184

基础入门篇



项目一

初识离线编程仿真软件

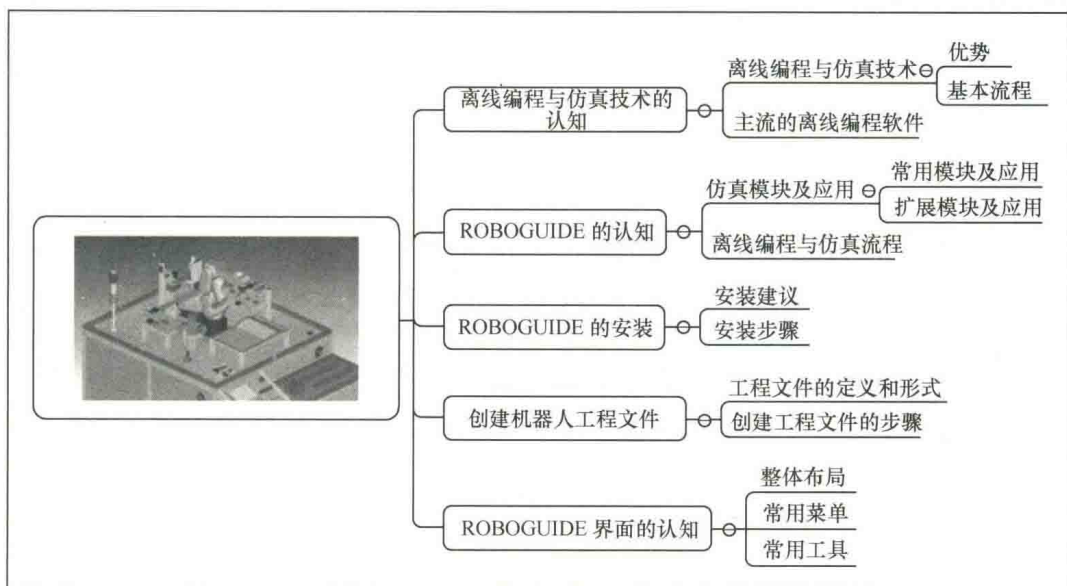
【项目引入】

小白：“大家好！我是从事工业机器人相关工作的小白，下面我给大家介绍一位新朋友。”

小罗：“大家好！我的名字叫 ROBOGUIDE，来自 FANUC 公司，将是您使用 FANUC 工业机器人的得力助手，大家可以叫我小罗同学。我是专门为 FANUC 工业机器人开发的离线编程与仿真软件，只需把我安装在您的计算机上，我就能带您体验 FANUC 工业机器人的世界。我的功能十分强大。我的大脑中存储着大量的机器人库，可自由定制专属于您的机器人仿真案例。我可以帮助您在没有真实机器人和设备的情况下，完成自己的设想，这就是我的仿真功能。我不仅能仿真，还可以编程。我的程序照样可以控制真实的机器人，这就是我的离线编程功能。其实我会的不止这些哦！如果了解我的更多功能，那就跟我一起来探索吧！”



【知识图谱】



随着科技的发展，人类文明正迈向智能时代。智能制造作为其中重要的一环，越来越受到国家的重视与扶持。近几年，《中国制造 2025》的全面启动实施加快了传统制造业转型升级的步伐，工业机器人作为智能制造的重要实施基础，其行业应用的需求呈现爆发式增长。

工业机器人是一种可编程的操作机，其编程的方法通常可分为在线示教编程和离线编程 2 种。在线示教编程就是操作人员亲临生产现场，通过操作工业机器人示教器，依靠人眼观测，手动调整机器人的位置和姿态的同时，在示教器中添加各种程序指令，从而编写机器人的运动控制程序。目前，在线示教编程的方式仍然占据着主流地位，但是由于其本身操作的局限性，在实际的生产应用中主要存在以下问题。

① 在线示教编程过程烦琐，编程人员在记录关键点位置时需要反复点动机器人，工作量较大，编程周期长，效率低。

② 精度完全由示教者目测决定，对复杂的路径进行示教时，在线示教编程难以取得令人满意的效果。

例如，工业机器人的弧焊、切割、涂胶等作业属于连续轨迹的运动控制。工业机器人在运行的过程中，展现出的行云流水般的运动轨迹和复杂多变的姿态控制是在线示教编程难以实现的。另外，工业机器人要完成特殊图形轨迹的刻画，需要记录成百上千个关键点，这对于在线示教编程来说无疑工作量巨大。因此，传统的在线示教编程越来越难以满足现代加工工艺的复杂要求，其应用范围逐步被压缩至机器人轨迹相对简单的应用，如搬运、码垛、点焊作业等。

1. 离线编程与仿真技术的认知

工业机器人离线编程的出现有效地弥补了在线示教编程的不足，并且随着计算机技术的发展，离线编程技术也愈发成熟，成为了未来机器人编程方式的主流趋势。工业机器人的离线编程软件通过结合三维仿真技术，利用计算机图形学的成果对工作单元进行三维建模；在

仿真环境中建立与现实工作环境对应的场景，采用规划算法对图形进行控制和操作；在不使用真实工业机器人的情况下进行轨迹规划，进而产生机器人程序。在离线程序生成的整个周期中，人们通过利用离线编程软件的模拟仿真技术，在软件提供的仿真环境中运行程序，并将程序的运行结果可视化。离线编程与仿真技术为工业机器人的应用建立了以下的优势。

- ① 减少机器人的停机时间，当对下一个任务进行编程时，机器人仍可在生产线上进行工作。
- ② 通过仿真功能预知要产生的问题，从而将问题消灭在萌芽阶段，保证了人员和财产的安全。
- ③ 适用范围广，可对各种机器人进行编程，并能方便地实现优化编程。
- ④ 可使用高级计算机编程语言对复杂任务进行编程。
- ⑤ 便于及时修改和优化机器人程序。

机器人离线编程的诸多优势已经引起了人们极大的兴趣，并成为当今机器人学中一个十分活跃的研究方向。应用离线编程技术是提高工业机器人作业水平的必然趋势。

目前市场中，离线编程与仿真软件的品牌有很多，但是其基本流程大致相同，如图 1-1 所示。首先，应在离线编程软件的三维界面中，用模型搭建一个与真实环境相对应的仿真场景；然后，软件通过对模型信息的计算来进行轨迹、工艺规划设计，并转化成仿真程序，让机器人进行实时的模拟仿真；最后，通过程序的后续处理和优化过程，向外输出机器人的运动控制程序。

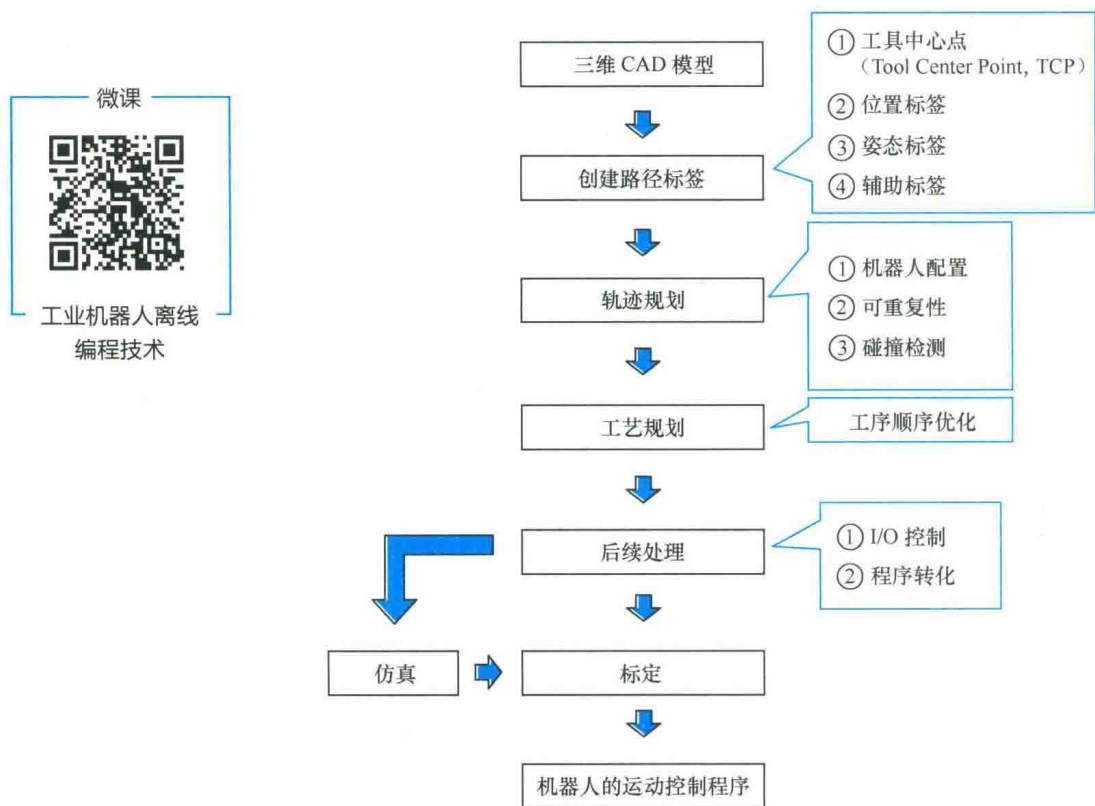


图 1-1 工业机器人离线编程与仿真的基本流程

2. 主流的离线编程软件

(1) RobotMaster

RobotMaster 源自加拿大，几乎支持市场上绝大多数机器人品牌 (KUKA、ABB、FANUC、

MOTOMAN、史陶比尔、珂玛、三菱、DENSO、松下等), 是目前国外顶尖的离线编程软件。RobotMaster 界面如图 1-2 所示。

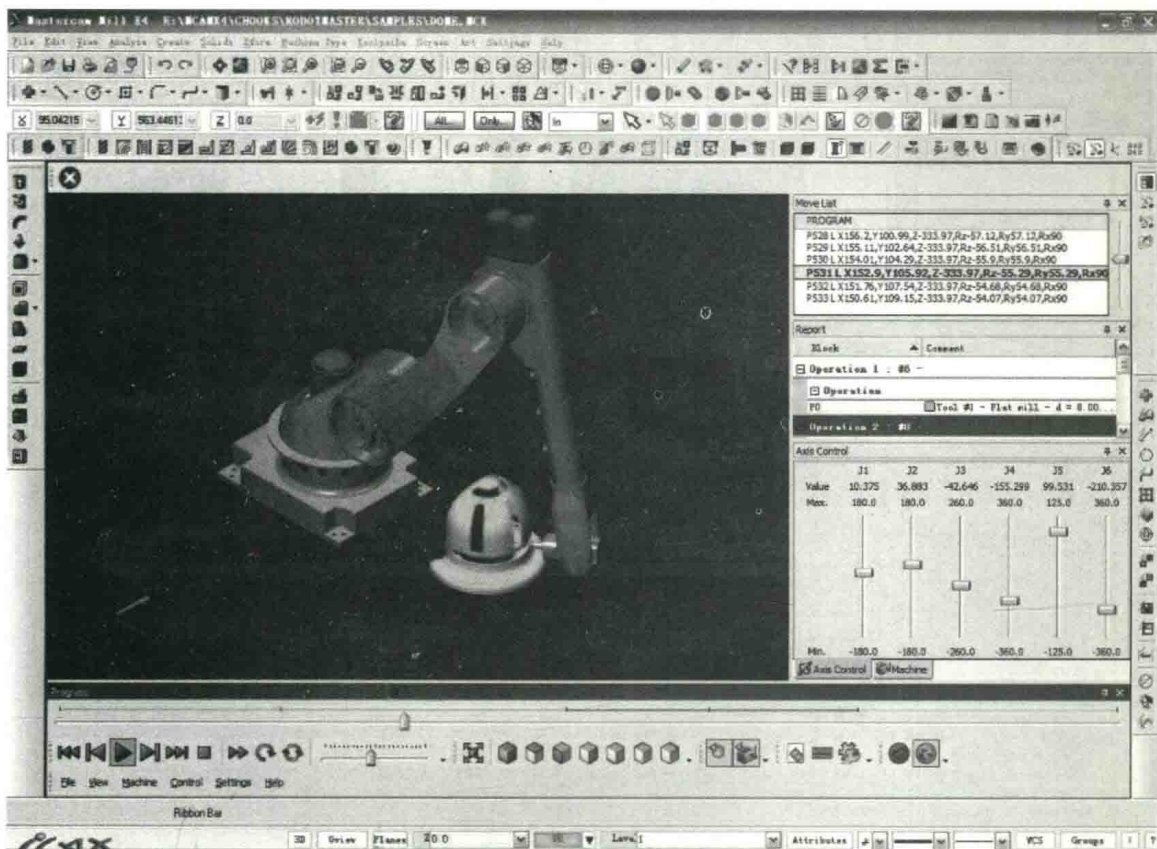


图 1-2 RobotMaster 界面

功能: RobotMaster 在 MasterCAM 中无缝集成了机器人编程、仿真和代码生成功能, 提高了机器人的编程速度。

优点: RobotMaster 可以依靠产品数学模型生成程序, 适用于切割、铣削、焊接、喷涂作业等; 独特的优化功能使得运动学规划和碰撞检测十分精确; 支持外部轴 (直线导轨系统、旋转变位系统) 和复合外部轴组合系统。

缺点: RobotMaster 暂时不支持多台机器人同时模拟仿真。

(2) RobotWorks

RobotWorks 是源自于以色列的机器人离线编程与仿真软件。RobotWorks 是基于 SolidWorks 二次开发的, 其界面如图 1-3 所示。

功能: RobotWorks 拥有全面的数据接口、强大的编程能力与工业机器人数据库、较强的仿真模拟能力和开放的自定义工艺库。

优点: RobotWorks 拥有多种生成轨迹的方式, 支持多种机器人和外部轴应用。

缺点: 由于 SolidWorks 本身不带 CAM 功能, 所以 RobotWorks 的编程过程比较烦琐, 机器人运动学规划策略的智能化程度低。

(3) ROBCAD

ROBCAD 是西门子旗下的软件, 其体积庞大, 价格也是同类软件中比较高的。该软件的

重点在生产线仿真，且支持离线点焊、多台机器人仿真、非机器人运动机构仿真及精确的节拍仿真，主要应用于产品生命周期中的概念设计和结构设计 2 个前期阶段。ROBCAD 界面如图 1-4 所示。

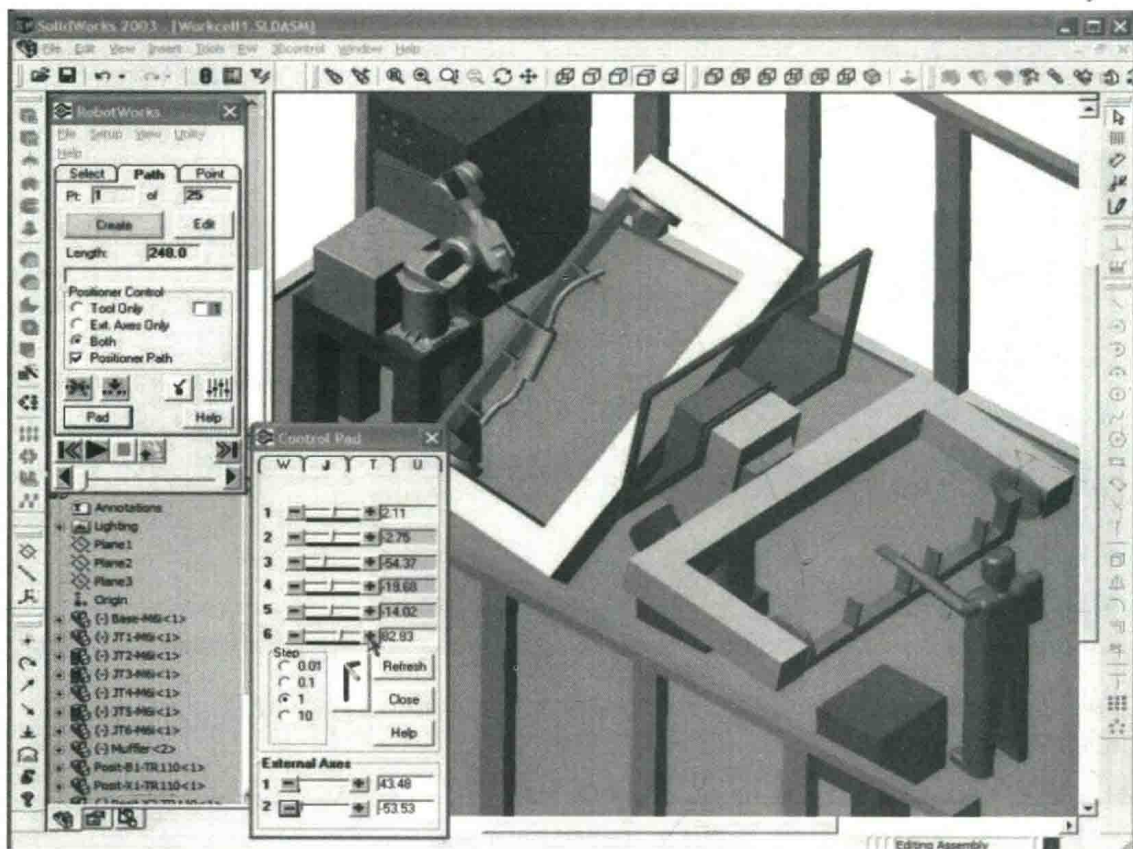


图 1-3 RobotWorks 界面

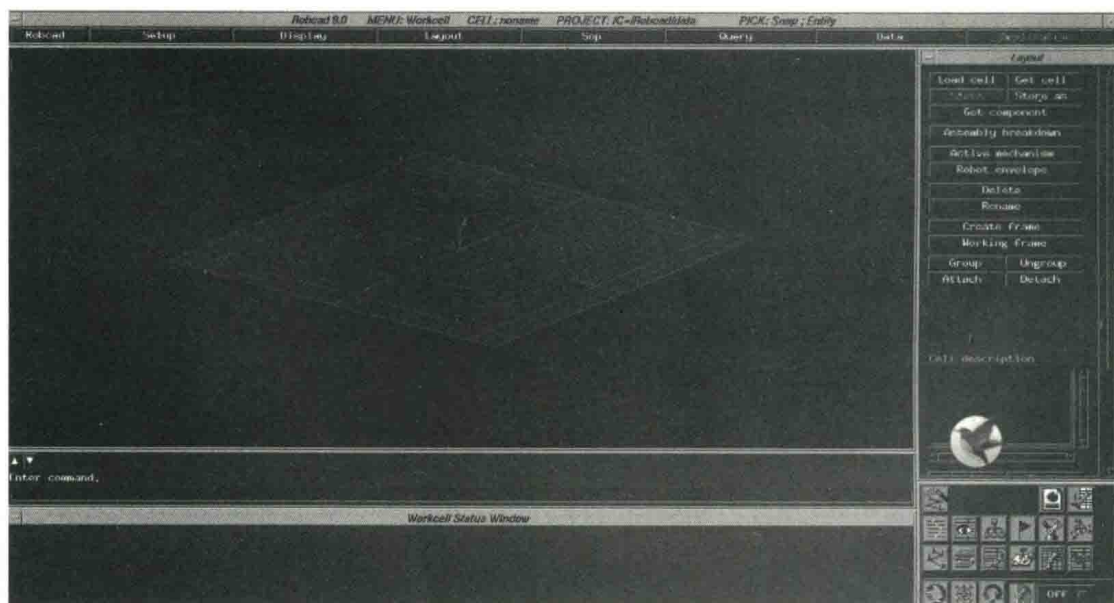


图 1-4 ROBCAD 界面



ROBCAD 的主要特点：可与主流的 CAD 软件（如 NX、CATIA、IDEAS）进行无缝集成，达到工具、工装、机器人和操作者的三维可视化，从而实现制造单元、测试以及编程的仿真。

(4) DELMIA

DELMIA 是法国达索公司旗下的 CAM 软件，它包含面向制造过程设计的 DPE、面向物流程分析分析的 QUEST、面向装配过程分析的 DPM、面向人机分析的 HUMAN、面向机器人仿真的 ROBOTICS、面向虚拟数控加工仿真的 VNC 6 大模块。其中，ROBOTICS 解决方案涵盖汽车领域的发动机、总装和白车身（Body-in-White），航空领域的机身装配、维修、维护，以及一般制造业的制造工艺。DELMIA 界面如图 1-5 所示。

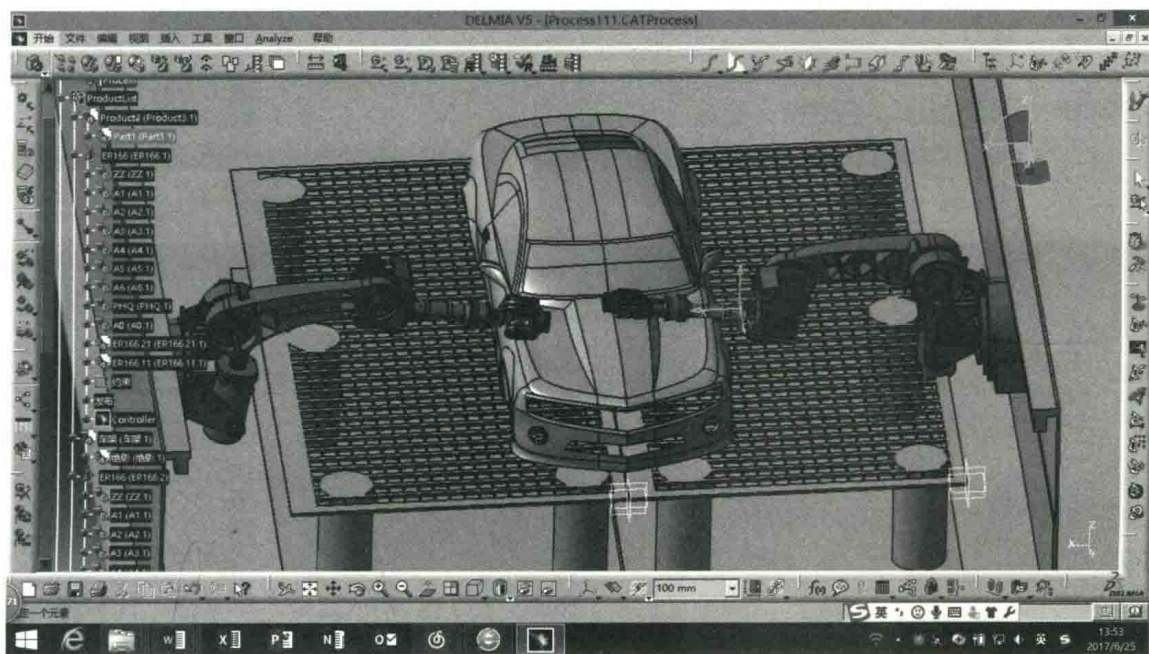


图 1-5 DELMIA 界面

DELMIA 中的 ROBOTICS 模块利用其强大的 PPR 集成中枢可快速地进行机器人工作单元的建立、仿真与验证，提供了一个完整的、可伸缩的、柔性的解决方案。

优点：用户能够轻松地从含 400 种以上的机器人资源目录中下载机器人和其他的工具资源；利用工厂的布置来规划工程师所要完成的工作，加入工作单元中工艺所需的资源，进一步细化布局。

缺点：DELMIA 属于专家型软件，操作难度太高，适合于机器人学领域的研究生及以上人员使用，不适宜初学者学习。

(5) RobotStudio

RobotStudio 是 ABB 工业机器人的配套软件，也是机器人制造商配套软件中做得较好的一款。RobotStudio 支持机器人的整个生命周期，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行程序，并模拟优化现有的机器人程序。RobotStudio 界面如图 1-6 所示。

RobotStudio 优点如下。

① 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。

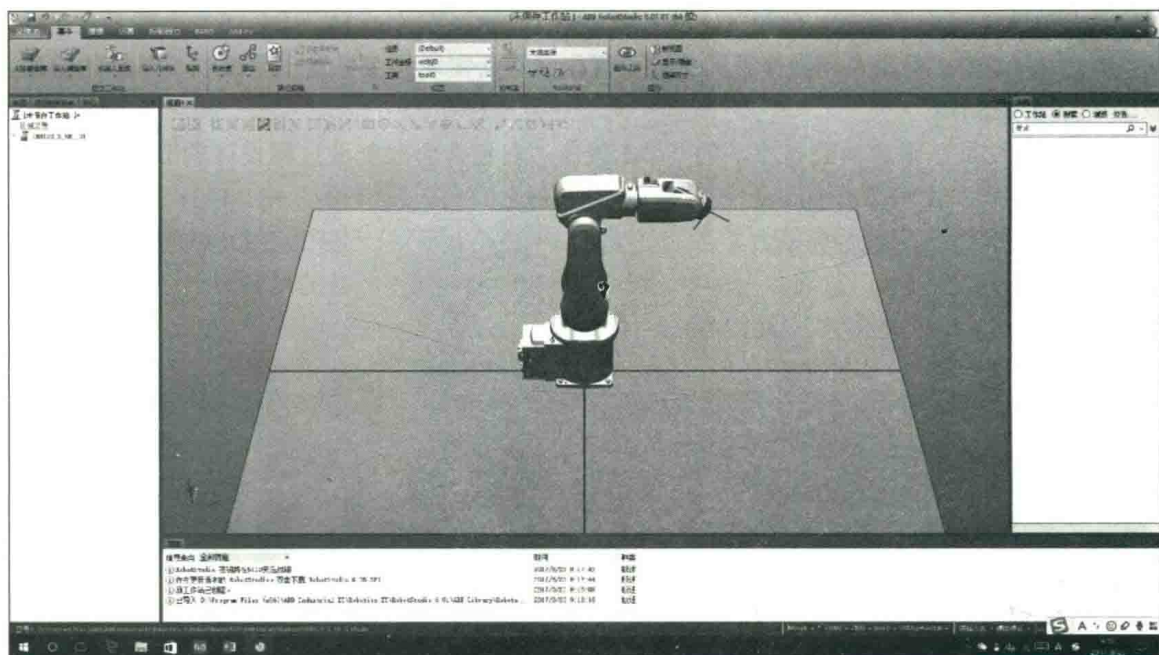


图 1-6 RobotStudio 界面

② Auto Path 能通过使用待加工零件的 CAD 模型，在数分钟之内便可自动生成跟踪加工曲线所需的机器人位置（轨迹）信息。

③ 程序编辑器可生成机器人程序，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 可以对 TCP 的速度、加速度、奇异点或轴线等进行优化，缩短编程周期时间。

⑤ 用户通过 Autoreach 可自动进行可达性分析，能任意移动机器人或工件，直到所有位置均可到达，然后在数分钟之内便可完成工作单元的平面布置验证和优化。

⑥ 虚拟示教台可作为一种非常出色的教学和培训工具。

⑦ 事件表是一种用于验证程序结构与逻辑的理想工具，将 I/O 连接到仿真事件，可实现工位内机器人及所有设备的仿真。

⑧ 碰撞检测功能可自动监测并显示程序执行时这些对象是否会发生碰撞，避免设备碰撞造成的严重损失。

⑨ 可采用 VBA 改进和扩充 RobotStudio 功能，并根据用户的具体需要开发功能强大的外接插件、宏或定制用户界面。

⑩ 整个机器人程序无需任何转换便可直接上传到实际机器人系统中。

缺点：对其他品牌的机器人兼容性差，只适用于 ABB 品牌的工业机器人。

任务一 ROBOGUIDE 的认知

【任务描述】

小白：“小罗同学，快出来！”



小罗：“我在呢！有何吩咐？”

小白：“你都有哪些功能啊？我听说你包含几大仿真模块，每个都是非常厉害的，具体都是什么？”

小罗：“那当然了，我的本领可多着呢。”

【知识学习】

ROBOGUIDE 是与 FANUC 工业机器人配套的一款软件，其界面如图 1-7 所示。该软件支持机器人系统布局设计和动作模拟仿真，可进行机器人干涉性、可达性的分析和系统的节拍估算，还能够自动生成机器人的离线程序，优化机器人的程序以及进行机器人故障的诊断等。

微课



ROBOGUIDE

认知

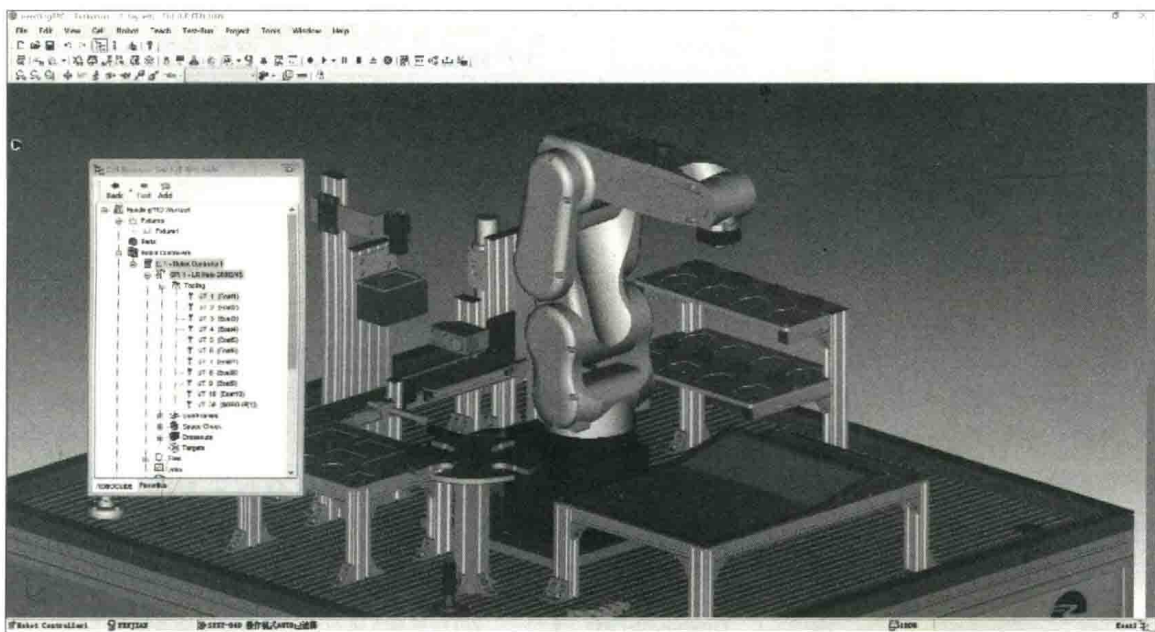


图 1-7 ROBOGUIDE 界面

1. ROBOGUIDE 仿真模块简介

ROBOGUIDE 是一款核心应用软件，其常用的仿真模块有 ChamferingPRO、HandlingPRO、WeldPRO、PalletPRO 和 PaintPRO 等。其中，ChamferingPRO 模块用于去毛刺、倒角等工件加工的仿真应用；HandlingPRO 模块用于机床上下料、冲压、装配、注塑机等物料的搬运仿真；WeldPRO 模块用于焊接、激光切割等工艺的仿真；PalletPRO 模块用于各种码垛的仿真；PaintPRO 模块用于喷涂的仿真。不同的模块决定了其实现的功能不同，相应加载的应用软件工具包也会不同，如图 1-8 所示。

除了常用的模块之外，ROBOGUIDE 中其他功能模块可使用户方便快捷地创建并优化机器人程序，如图 1-9 所示。例如，4D Edit 模块可以将 3D 机器人模型导入到真实的 TP 中，再将 3D 模型和 1D 内部信息结合形成 4D 图像显示；MotionPRO 模块可以对 TP 程序进行优化，包括对节拍和路径的优化（节拍优化要求在电机可接受的负荷范围内进行，路径优化需