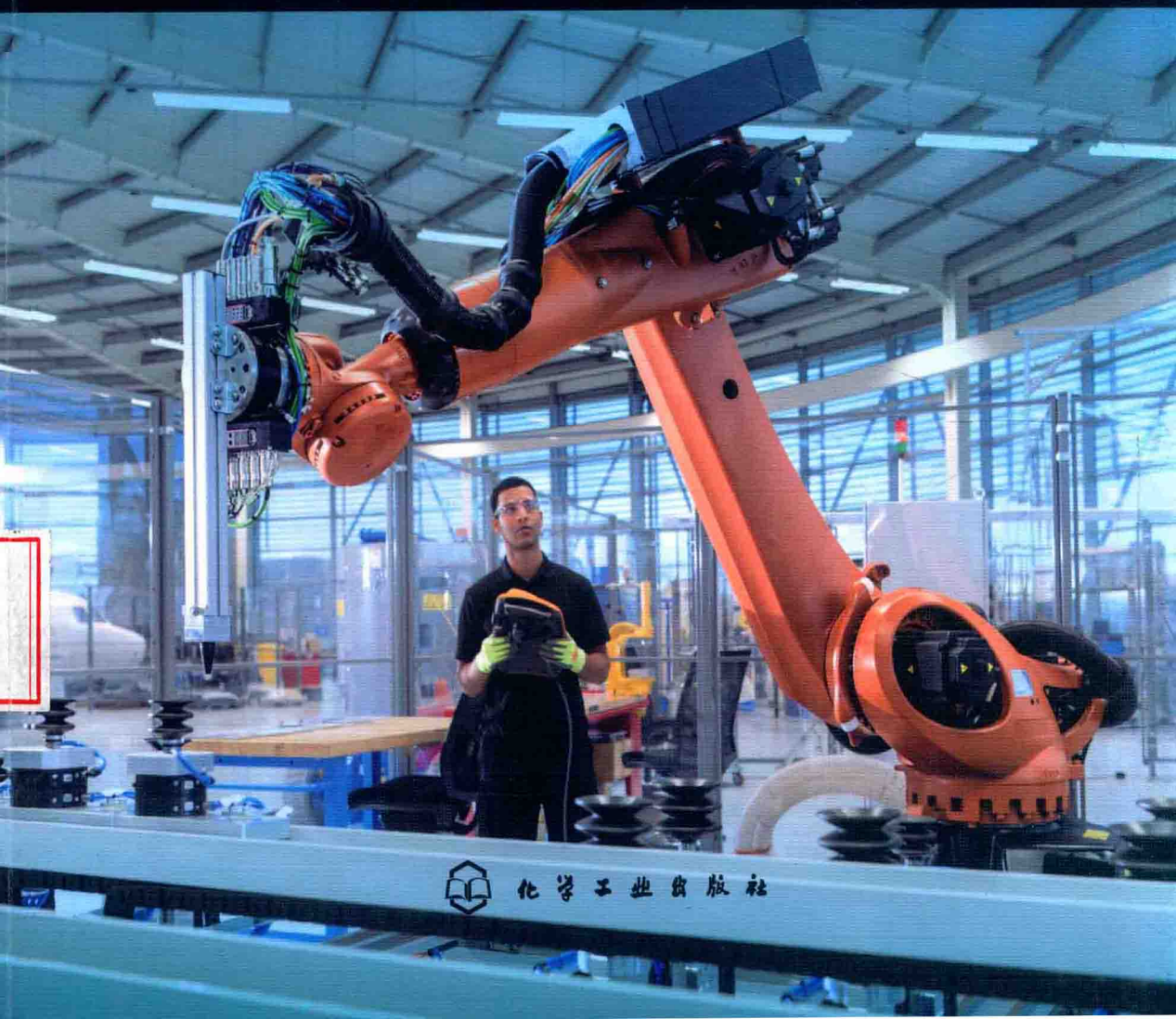


工业机器人操作○编程○应用从入门到精通

完全图解+逐步进阶

工业机器人 实操进阶手册

黄风 编著



化学工业出版社

工业机器人 实操进阶手册

黄 风 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从实用的角度,根据实际操作的要求,介绍了工业机器人的结构、安装连接、选型、操作、参数设置、编程指令等内容。按照循序渐进、由浅入深的原则编排了学习内容,读者可根据本书的内容顺序,一步一个台阶地学习前进,快速掌握工业机器人的实际知识和应用方法。本书根据实际的应用成果,介绍了工业机器人在抛光、测量分拣、码垛等方面的应用,提供了详细的编程方法,这些应用是实际工作的总结,可以给机器人的设计、集成、编程、调试人员以实用的参考,也可以使高校的学生在学习一定的基础知识后,了解如何在实际的项目中配置和设计机器人集成项目,架起了从学校到企业实际应用的一条快速走廊。

本书特别适合从事工业机器人技术的设计、应用的工程师、操作维护人员阅读,也适合高校教师和学生作为教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人实操进阶手册/黄风编著. —北京:化学工业出版社, 2019. 3
ISBN 978-7-122-33825-9

I. ①工… II. ①黄… III. ①工业机器人-手册 IV. ①TP242. 2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 019973 号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈 喆

责任校对:宋 玮

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:三河市航远印刷有限公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23¼ 字数 538 千字 2019 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 99.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

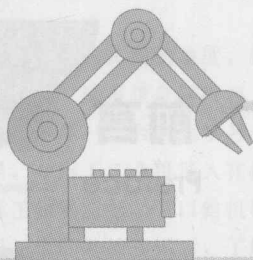


近年来,工业机器人在制造业领域的应用如火如荼,成为智能制造的核心技术。本书从实用的角度出发,对工业机器人的选型、系统集成、实用配线、特殊功能、编程语言、状态变量、参数功能及设置等方面做了深入浅出的介绍,提供了大量的程序指令解说案例。

根据实际的应用成果,本书介绍了工业机器人在抛光、测量分拣、码垛等方面的应用。这些应用是实际工作的总结,可以给机器人的设计、集成、编程、调试人员以实用的参考,也可以使高校的学生在学习一定的基础知识后,了解如何在实际的项目中配置和设计机器人集成项目,架起了从学校到工业实际应用的一条快速走廊。

本书以新颖的编排形式,遵循“由浅入深”“由少到多”的原则,分步对工业机器人的知识进行实用性的介绍,解决了初学者面对诸多资料不知所措的问题。本书以一种品牌的机器人为主进行系统的学习,经过系统的学习之后,可以上手做工程项目,所以本书不是泛泛而谈的科普性图书。

本书第1~20章是工业机器人的基础理论介绍,主要介绍了机器人的选型、配线、编程指令、状态变量、函数、参数功能及设置。本书从最实用的角度来介绍如何选型、各技术指标的含义、如何配线等,在第3章就指导读者将机器人动起来,打破了读者对工业机器人的神秘感。在第6~14章对机器人编程指令进行了详细讲解,经过对编程指令由浅入深的学习,可以牢固地掌握这些指令。在第16~18章“参数功能及设置”中,结合软件的使用对重点参数的功能及设置做了说明,这也是从使用者的角度着想的。从第21章开始,介绍工业机器人在实际工程项目中的应用,每章介绍一个工程项目,重点介绍了面对



客户的要求，如何提出解决方案、如何配置系统硬件、如何宏观地分析工作流程和绘制工作流程图、如何编制机器人的相关程序。本书提供的应用案例相信会对工程技术人员有很大的帮助。

感谢林步东先生对本书的写作提供的大量支持。

笔者学识有限，难免有不足之处，恳请读者批评指正。

笔者邮箱：hhhfff57710@163.com。

编著者

目录

Contents

第 1 章

认识工业机器人

1

第 2 章

工业机器人的安装和连接

20

1.1 工业机器人 / 1

1.2 工业机器人系统的构成 / 1

1.2.1 工业机器人本体各部分的名称 / 1

1.2.2 机器人本体内部结构 / 3

1.2.3 典型机器人的外部尺寸及动作范围 / 9

1.2.4 机器人用附件 / 11

1.3 工业机器人技术规格 / 13

1.3.1 垂直多功能机器人技术规格 / 13

1.3.2 水平多功能机器人技术规格 / 14

1.4 对工业机器人主要技术指标的解释 / 15

1.4.1 机器人部分技术规格名词术语 / 15

1.4.2 机器人的“动作自由度” / 15

1.4.3 机器人动作的“最大速度” / 16

1.4.4 机器人的“最大动作半径” / 16

1.4.5 机器人的“可搬运重量” / 17

1.4.6 机器人的“位置重复精度” / 17

1.5 控制器技术规格 / 18

1.6 控制器技术规格名词术语 / 19

2.1 工业机器人各部分的名称及用途 / 20

2.2 控制器各接口的说明 / 21

2.3 机器人与控制器连接 / 22

2.4 手持单元的连接 / 22

2.5 机器人与外围设备连接 / 23

2.6 急停及安全信号 / 23

2.7 模式选择信号 / 25

2.8 输入/输出信号的连接 / 26

2.8.1 概述 / 26

2.8.2 实用板卡配置 / 26

2.8.3 板卡型 2D-TZ368 (漏型) 的输入/输出电路技术规格 / 27

第3章

操作工业机器人运动起来

47

- 2.8.4 板卡型 2D-TZ 378 (源型) 的输入/输出电路
技术规格 / 29
- 2.8.5 硬件的插口与针脚定义 / 32
- 2.8.6 输入/输出模块 2A-RZ361 / 34
- 2.9 实用机器人控制系统的构建 / 35
- 2.10 机器人系统的接地 / 36
- 2.11 电磁阀安装 / 37
- 2.12 抓手输入电缆的安装 / 41
- 2.13 抓手输出电缆的安装 / 43
- 2.14 备份电池的更换 / 46

- 3.1 手持单元及其各按键的作用 / 47
- 3.2 如何使机器人动起来 / 49
- 3.3 学习操作各种 JOG 模式 / 49
 - 3.3.1 关节型 JOG / 49
 - 3.3.2 直交型 JOG / 52
 - 3.3.3 TOOL 型 JOG / 54
 - 3.3.4 三轴直交型 JOG / 55
 - 3.3.5 圆筒型 JOG / 58
 - 3.3.6 工件型 JOG / 59

第4章

认识机器人的坐标系

62

- 4.1 基本坐标系 / 62
- 4.2 世界坐标系 / 63
- 4.3 机械 IF 坐标系 / 64
- 4.4 TOOL 坐标系 / 65
 - 4.4.1 定义及设置 / 65
 - 4.4.2 动作比较 / 67
- 4.5 工件坐标系 / 69

第5章

认识和使用机器人系统的输入/输出信号

72

- 5.1 专用 I/O 信号 / 72
- 5.2 输入/输出信号的分类 / 73
- 5.3 专用输入/输出信号详解 / 73
 - 5.3.1 专用输入/输出信号一览表 / 73
 - 5.3.2 专用输入信号详解 / 77
 - 5.3.3 专用输出信号详解 / 89
- 5.4 初步学习 RT ToolBox2 软件 / 104

第6章

学习简单的运动指令——编程进阶1

105

- 6.1 “关节插补”指令 / 105
- 6.2 “直线插补”指令 / 107
- 6.3 “真圆插补”指令 / 108
- 6.4 启动和停止信号 / 108
- 6.5 实验 / 110

第7章

对机器人系统进行初步设置

111

- 7.1 坐标系的选择 / 111
- 7.2 原点的设置 / 111
 - 7.2.1 设置原点的方法种类 / 111
 - 7.2.2 原点数据输入方式的使用 / 111
- 7.3 原点的重新设置 / 113
 - 7.3.1 校正棒方式 / 113
 - 7.3.2 ABS 原点方式 / 117
 - 7.3.3 用户原点方式 / 119
 - 7.3.4 原点数据的记录 / 121
- 7.4 机器人初始化的基本操作 / 121
- 7.5 行程范围设置 / 122

第 8 章

编程指令的学习和使用——编程进阶2

123

8.1 三维圆弧插补指令 Mvr (Move R) / 123

8.2 “2 点型圆弧插补”指令 / 124

8.3 “3 点型圆弧插补”指令 / 124

8.4 MELFA-BASIC V 程语言的学习 / 125

8.4.1 MELFA-BASIC V 的详细规定 / 125

8.4.2 有特别定义的文字 / 127

8.4.3 数据类型 / 127

第 9 章

机器人的“控制点”及位置点数据运算

129

9.1 机器人的“控制点” / 129

9.2 如何表示一个“位置点” / 130

9.3 结构标志 FL1 / 131

9.3.1 垂直多关节型机器人 / 131

9.3.2 水平运动型机器人 / 133

9.4 结构标志 FL2 / 133

9.5 位置点的计算方法 / 134

9.5.1 位置点乘法运算 / 134

9.5.2 位置数据的“加法/减法” / 135

第 10 章

编程指令的学习和使用——编程进阶3

136

10.1 码垛指令 / 136

10.2 连续轨迹运行指令 Cnt / 139

第 11 章

机器人系统的特殊功能

142

11.1 操作权 / 142

11.2 其他功能 / 143

- 12.1 无条件跳转指令 / 145
- 12.2 判断-选择指令 If...Then...Else...EndIf
(If Then Else) / 145
- 12.3 选择指令 Select Case / 148
- 12.4 选择指令 / 149
- 12.5 子程序指令 / 151
- 12.6 子程序调用指令 Call P / 151
- 12.7 FPrm (FPRM) / 153
- 12.8 子程序调用指令 On ...GoSub
(On Go Subroutine) / 153

- 13.1 循环指令 / 155
- 13.2 中断 / 156
 - 13.2.1 Def Act——“中断指令” / 156
 - 13.2.2 Act 指令 / 157
- 13.3 暂停指令 Hlt / 158
- 13.4 暂停指令 Dly / 159

- 14.1 示教单元的“整列功能” / 160
- 14.2 程序编辑 / 161
- 14.3 程序修正 / 163
- 14.4 示教操作 / 164
- 14.5 向预先确定的位置移动 / 166
- 14.6 位置数据的 MDI (手动数据输入) / 166
- 14.7 调试功能 / 167
 - 14.7.1 单步运行 / 167
 - 14.7.2 程序逆向运行 / 167
 - 14.7.3 跳转 / 168
- 14.8 示教单元的高级编程管理功能 / 169
 - 14.8.1 管理和编辑 (程序) / 169

第 12 章

编程指令的学习和使用——编程进阶4

145

第 13 章

编程指令的学习和使用——编程进阶5

155

第 14 章

手持单元的丰富功能

160

第15章

学习和使用 “状态变量”

173

- 14.8.2 运行 / 170
- 14.8.3 参数的设置修改 / 171
- 14.8.4 原点设置/制动器设置 / 171
- 14.8.5 设定/初始化 / 171

- 15.1 常用状态变量 P_Curr——当前位置 (X, Y, Z, A, B, C, L₁, L₂) (FL1, FL2) / 173
- 15.2 P_Fbc——以伺服系统反馈脉冲表示的当前位置 (X, Y, Z, A, B, C, L₁, L₂) (FL1, FL2) / 174
- 15.3 常用状态变量 J_Curr——各关节轴的当前位置数据 / 174
- 15.4 J_ECurr——当前编码器脉冲数 / 174
- 15.5 常用状态变量 J_Fbc/J_AmpFbc——关节轴的当前位置/关节轴的当前电流值 / 175
- 15.6 M_In/M_Inb/M_In8/M_Inw/M_In16——输入信号状态 / 175
- 15.7 M_Out/M_Outb/M_Out8/M_Outw/M_Out16——输出信号状态 (指定输出或读取输出信号状态) / 176

第16章

认识机器人常用 参数——学习参 数进阶1

177

- 16.1 动作型参数 / 177
- 16.2 动作参数详解 / 179
- 16.3 程序型参数 / 196
 - 16.3.1 程序型参数一览表 / 196
 - 16.3.2 程序参数详解 / 196

17.1 操作型参数 / 204

17.1.1 操作参数一览表 / 204

17.1.2 操作参数详解 / 205

17.2 网络通信参数 / 210

17.2.1 通信及现场网络参数一览表 / 210

17.2.2 通信及网络参数详解 / 211

18.1 输入/输出信号参数 / 213

18.2 专用输入/输出信号详解 / 214

18.2.1 通用输入/输出 1 / 215

18.2.2 通用输入/输出 2 / 216

18.2.3 数据参数 / 216

18.2.4 JOG 运行信号 / 217

18.2.5 各任务区启动信号 / 218

18.2.6 各任务区停止信号 / 219

18.2.7 (各机器人) 伺服 ON/OFF / 219

18.2.8 (各机器人) 机械锁定 / 219

18.2.9 选择各机器人预热运行模式 / 220

18.2.10 附加轴 / 220

18.3 如何监视输入/输出信号 / 223

19.1 第一种方法 / 225

19.2 第2种方法 “选择程序号”与“启动”信号同时生效 / 228

第 17 章

操作型参数的功能及设置——学习参数进阶2

204

第 18 章

输入/输出参数的功能及设置——学习参数进阶3

213

第 19 章

学习使用外部信号选择程序

225

第20章

学习编程语言 中的函数—— 编程进阶6

229

- 20.1 Abs——求绝对值 / 229
- 20.2 Asc——求字符串的 ASCII 码 / 229
- 20.3 Atn/Atn2——(余切函数) 计算余切 / 230
- 20.4 CalArc / 230
- 20.5 CInt——将数据四舍五入后取整 / 231
- 20.6 Cos——余弦函数(求余弦) / 231
- 20.7 Deg——将角度单位从弧度(rad) 转换为度($^{\circ}$) / 232
- 20.8 Dist——求 2 点之间的距离(mm) / 232
- 20.9 Exp——计算 e 为底的指数函数 / 232
- 20.10 Fix——计算数据的整数部分 / 232
- 20.11 Fram——建立坐标系 / 233
- 20.12 Int——计算数据最大值的整数 / 233
- 20.13 Inv——对位置数据进行“反向变换” / 233
- 20.14 JtoP——将关节位置数据转成“直角坐标系数据” / 234
- 20.15 Log——计算常用对数(以 10 为底的对数) / 235
- 20.16 Max——计算最大值 / 235
- 20.17 Min——求最小值 / 235
- 20.18 PosCq——检查给出的位置点是否在允许动作区域内 / 235
- 20.19 PosMid——求出 2 点之间做直线插补的中间位置点 / 236
- 20.20 PtoJ——将直角型位置数据转换为关节型数据 / 236
- 20.21 Rad——将角度($^{\circ}$) 单位转换为弧度单位(rad) / 236
- 20.22 Rdf12——求指定关节轴的“旋转圈数” / 237
- 20.23 Rnd——产生一个随机数 / 237
- 20.24 SetJnt——设置各关节变量的值 / 238

- 20.25 SetPos——设置直交型位置变量数值 / 238
- 20.26 Sgn——求数据的符号 / 239
- 20.27 Sin——求正弦值 / 239
- 20.28 Sqr——求平方根 / 240
- 20.29 Tan——求正切 / 240
- 20.30 Zone——检查指定的位置点是否进入指定的区域 / 240
- 20.31 Zone2——检查指定的位置点是否进入指定的区域（圆筒型） / 241
- 20.32 Zone3——检查指定的位置点是否进入指定的区域（长方体） / 242

- 21.1 项目综述 / 243
- 21.2 解决方案 / 244
 - 21.2.1 硬件配置 / 244
 - 21.2.2 输入/输出点分配 / 244
- 21.3 编程 / 245
 - 21.3.1 总工作流程 / 245
 - 21.3.2 编程计划 / 246
- 21.4 结语 / 252

- 22.1 项目综述 / 253
- 22.2 解决方案 / 254
 - 22.2.1 硬件配置 / 254
 - 22.2.2 输入/输出点分配 / 254
- 22.3 编程 / 256
 - 22.3.1 总流程 / 256
 - 22.3.2 初始化程序流程 / 258
 - 22.3.3 上料流程 / 258
 - 22.3.4 卸料工序流程 / 261
 - 22.3.5 不良品处理程序 / 264
 - 22.3.6 不良品在 1st 工位的处理流程（31TOX） / 266
 - 22.3.7 主程序子程序汇总表 / 269
- 22.4 结语 / 271

第 21 章

应用案例1——工业机器人在码垛生产线项目中的应用

243

第 22 章

应用案例2——工业机器人在手机检测生产线上的应用

253

第 23 章

编程指令的学习——编程进阶7

272

- 23.1 Spd (Speed) ——速度设置指令 / 272
- 23.2 J Ovrld ——设置关节轴旋转速度的倍率 / 273
- 23.3 Accel ——设置加减速阶段的“加减速度的倍率” / 273
- 23.4 Cmp Jnt (Comp Joint) ——指定关节轴进入“柔性控制状态” / 273
- 23.5 Cmp Pos / 274
- 23.6 Cmp Tool / 274
- 23.7 Cmp Off ——解除机器人柔性控制工作模式 / 275
- 23.8 CmpG (Composition Gain) ——设置柔性控制时各轴的增益 / 275
- 23.9 Oadl (Optimal Acceleration) ——对应抓手及工件条件, 选择最佳加减速模式的指令 / 276
- 23.10 LoadSet (Load Set) ——设置抓手、工件的工作条件 / 277
- 23.11 Prec (Precision) ——选择高精度模式有效或无效, 用以提高轨迹精度 / 278
- 23.12 Torq (Torque) ——转矩限制指令 / 278
- 23.13 JRC (joint roll change) ——旋转轴坐标值转换指令 / 279
- 23.14 Fine 定位精度 / 280
- 23.15 Fine J ——设置关节轴的旋转定位精度 / 280
- 23.16 Fine P ——以直线距离设置定位精度 / 281
- 23.17 Servo ——指令伺服电源的 ON/OFF / 281
- 23.18 Reset Err (reset error) ——报警复位 / 281
- 23.19 Wth (With) ——在插补动作时附加处理的指令 / 282
- 23.20 Wthlf (with if) / 282
- 23.21 CavChk On ——“防碰撞功能”是否生效 / 282
- 23.22 ColLvl (collevel) ——设置碰撞检测量级 / 283

- 23.23 Open——打开文件指令 / 283
- 23.24 Print——输出数据指令 / 284
- 23.25 Input——文件输入指令 / 285
- 23.26 Close——关闭文件 / 286
- 23.27 ColChk (col check) ——指令碰撞检测功能有效/无效 / 286
- 23.28 HOpen/HClose (open/close) ——抓手打开/关闭指令 / 287
- 23.29 Error——发出报警信号的指令 / 288
- 23.30 Skip——跳转指令 / 288
- 23.31 Wait——等待指令 / 289
- 23.32 Clr (clear) ——清零指令 / 289
- 23.33 End——程序段结束指令 / 290
- 23.34 For Next——循环指令 / 290
- 23.35 Return——子程序/中断程序结束及返回 / 291
- 23.36 Label (标签、指针) / 291
- 23.37 Tool——Tool 数据的指令 / 292
- 23.38 Base——设置一个新的“世界坐标系” / 292
- 23.39 XLoad——加载程序指令 / 294
- 23.40 XRun——多任务工作时的程序启动指令 / 294
- 23.41 XStp (X Stop) ——多任务工作时的程序停止指令 / 295
- 23.42 XRst (X Reset) ——复位指令 / 295
- 23.43 XClr (X Clear) ——多程序工作时, 解除某任务区 (TASK SLOT) 的程序选择状态 / 296
- 23.44 GetM (Get Mechanism) ——指定获取机器人控制权 / 296
- 23.45 ReIM (Release Mechanism) ——解除机器人控制权 / 297
- 23.46 Priority——优先执行指令 / 297

第 24 章

应用案例3——工业机器人在抛光研磨项目中的应用

299

- 24.1 项目综述 / 299
- 24.2 解决方案 / 300
 - 24.2.1 硬件配置 / 300
 - 24.2.2 应对客户要求的解决方案 / 301
- 24.3 机器人工作程序编制及要求 / 302
 - 24.3.1 工作流程图 / 302
 - 24.3.2 子程序汇总表 / 304
 - 24.3.3 抛光主程序 / 304
 - 24.3.4 初始化子程序 / 305
 - 24.3.5 电流判断子程序 / 305
 - 24.3.6 背面抛光子程序 / 306
 - 24.3.7 长边 A 抛光子程序 / 306
 - 24.3.8 圆弧倒角子程序 / 308
 - 24.3.9 空间过渡子程序 / 309
- 24.4 结语 / 310

第 25 章

机器人编程软件 RT TOOLBOX 的学习使用

311

- 25.1 RT 软件的基本功能 / 311
 - 25.1.1 RT 软件的功能概述 / 311
 - 25.1.2 RT 软件的功能一览表 / 311
- 25.2 程序的编制调试管理 / 312
 - 25.2.1 编制程序 / 312
 - 25.2.2 程序的管理 / 321
 - 25.2.3 样条曲线的编制和保存 / 323
 - 25.2.4 程序的调试 / 324
- 25.3 参数设置 / 327
 - 25.3.1 使用参数一览表 / 327
 - 25.3.2 按功能分类设置参数 / 328
- 25.4 机器人工作状态监视 / 331
 - 25.4.1 动作监视 / 331
 - 25.4.2 信号监视 / 333
 - 25.4.3 运行监视 / 334