

黄风 编著

工业机器人 编程指令详解

Industrial
Robots



化学工业出版社

黄风 编著

工业机器人 编程指令详解

Industrial
Robots



化学工业出版社

北京

本书从实用的角度出发,对工业机器人的基本和特殊功能、编程指令、状态变量、参数功能及设置、机器人专用输入输出信号的使用及专用编程软件应用等方面做了全面的、深入浅出的介绍,并结合具体的工业应用案例来对照学习具体的编程指令及参数设置,加深对编程指令的理解。

“本书可供工业机器人设计、应用的工程技术人员,高等院校机械、电气控制、自动化等专业师生学习和参考。”

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人编程指令详解/黄风编著. —北京:化学工业出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-122-28591-1

I. ①工… II. ①黄… III. ①工业机器人 程序设计
IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第287860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 装:高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19½ 字数530千字 2017年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 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: 89.00元

版权所有 违者必究

20世纪60年代，在桂林的一个“小人书摊”前，一个小孩坐在小凳上看一本科幻的小人书，书中讲述了一个机器人冒充足球队员踢球的故事，这个冒名顶替的“足球队员”又能跑，又能抢，关键是射门准确，只要球队处于劣势，把他换上场就无往而不胜。这个故事太吸引人了，小孩恨不得自己就是那个机器人。这个小孩就是当年的我。50年过去了，有些科幻成了现实，有些现实超越了科幻。

机器人在人们的生活中越来越多地出现，而工业机器人是机器人领域中的重要分支。近年来，机器人在制造领域的应用如火如荼，是智能制造的核心技术。工业机器人行业是国家和地方政府大力扶持的高新技术行业。据国际机器人联合会估计，2014年全球工业机器人销量约为225000台，较2013年增长27%。工业机器人销量在全球所有主要市场均出现增长，其中亚洲市场增长过半。中国市场表现尤为耀眼，2014年中国地区工业机器人销量约为56000台，同比增长54%，这表明中国正在加快工业机器人普及速度。2016年中国安装的工业机器人数量将居全球之首。

本书从实用的角度出发，对工业机器人的特殊功能、编程指令、状态变量、参数功能及软件应用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。

本书第1章是机器人的基本功能介绍，是机器人应用的理论基础，主要介绍了机器人的选型、特殊功能。工业机器人实质上也是一种运动控制器，机器人具有的特殊功能和其他运动控制器所没有的。

根据“二八原则”，可能只有20%的功能是最常用的，因此在第2章介绍的是最常用的编程指令，便于读者的快速入门和应用。在第3章介绍了全部的编程指令。第4章介绍了机器人的状态变量，状态变量表示了机器人的实际工作状态，在实际编程中会经常使用。第5章介绍了机器人编程中要使用的各种计算函数。正确地使用计算函数可以大大简化编程工作。

第6章介绍了参数功能及设置。参数赋予了机器人各种功能，在实际使用中对参数的设置是必不可少的。本章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。

第7章介绍了机器人专用输入输出信号的使用。作为自动化生产线上一个核心控制设备，机器人必须与主控系统、外围检测信号有许多信息交流，为了便于机器人的使用，机器人系统配置了许多专用输入输出信号，正确地连接和使用这些输入输出信号是机器人正常工作的前提。

第8章介绍了编程软件的使用，事实上所有的编程和参数设置都是在软件上完成的。该软件同时还具备状态监视和模拟运行的功能。

第9章提供了一个应用案例，结合应用案例可以对照学习编程指令及参数设置，加深对编程指令的理解。

感谢林步东先生对本书的写作提供了大量的支持。

笔者学识有限，书中不足之处在所难免，请读者批评指正。笔者邮箱：hhffff57710@163.com。

第 1 章 工业机器人基本知识和特有的功能 /001

- 1.1 机器人概述 / 001
 - 1.1.1 机器人基本知识 / 001
 - 1.1.2 机器人通用功能 / 002
 - 1.1.3 机器人型号 / 002
- 1.2 机器人技术规格 / 003
 - 1.2.1 垂直多功能机器人技术规格 / 003
 - 1.2.2 水平多功能机器人技术规格 / 005
- 1.3 技术规格中若干性能指标的解释 / 006
 - 1.3.1 机器人部分有关规格的名词术语 / 006
 - 1.3.2 控制器技术规格 / 006
 - 1.3.3 控制器有关规格的名词术语 / 007
- 1.4 机器人特有的功能 / 008
 - 1.4.1 机器人坐标系及原点 / 008
 - 1.4.2 专用输入输出信号 / 014
 - 1.4.3 操作权 / 015
 - 1.4.4 最佳速度控制 / 016
 - 1.4.5 最佳加减速度控制 / 016
 - 1.4.6 柔性控制功能 / 016
 - 1.4.7 碰撞检测功能 / 016
 - 1.4.8 连续轨迹控制功能 / 016
 - 1.4.9 程序连续执行功能 / 016
 - 1.4.10 附加轴控制 / 016
 - 1.4.11 多机器人控制 / 016
 - 1.4.12 与外部机器通信功能 / 017
 - 1.4.13 中断功能 / 017
 - 1.4.14 子程序功能 / 017
 - 1.4.15 码垛指令功能 / 017
 - 1.4.16 用户定义区 / 017
 - 1.4.17 动作范围限制 / 017
 - 1.4.18 特异点 / 017
 - 1.4.19 保持紧急停止时的运动轨迹 / 017
 - 1.4.20 机器人的“形位(pose)” / 017

第 2 章 编程指令快速入门 /022

- 2.1 MELFA-BASIC V 的详细规格 / 022
 - 2.1.1 MELFA-BASIC V 的详细规格 / 022
 - 2.1.2 有特别定义的文字 / 023
 - 2.1.3 数据类型 / 024
- 2.2 动作指令 / 024
 - 2.2.1 关节插补 / 024
 - 2.2.2 直线插补 / 026
 - 2.2.3 Mvc(Move C) —— 三维真圆插补指令 / 027
 - 2.2.4 Cnt(Continuous) —— 连续轨迹运行 / 027
 - 2.2.5 加减速度时间与速度控制 / 028
 - 2.2.6 Fine 定位精度 / 029
 - 2.2.7 Prec 高精度轨迹控制 / 030
 - 2.2.8 抓手 TOOL 控制 / 030
 - 2.2.9 PALLET(码垛) 指令 / 031
- 2.3 程序结构指令 / 034
 - 2.3.1 无条件跳转指令 / 034
 - 2.3.2 根据条件执行程序分支跳转的指令 / 034
- 2.4 外部输入输出信号指令 / 036
 - 2.4.1 输入信号 / 036
 - 2.4.2 输出信号 / 036
- 2.5 通信指令 / 036
 - 2.5.1 Open——通信启动指令 / 037
 - 2.5.2 Print——输出字符串指令 / 038
 - 2.5.3 Input——从指定的文件中接收数据,接收的数值为 ASCII 码 / 039
 - 2.5.4 On Com GoSub 指令 / 039
 - 2.5.5 Com On/Com Off/Com Stop / 040
- 2.6 运算指令 / 040
 - 2.6.1 位置数据运算(乘法) / 040

2.6.2 位置数据运算(加法) / 040

2.7 多任务处理 / 041

2.7.1 多任务定义 / 041

2.7.2 设置多程序任务的方法 / 042

2.7.3 多任务应用案例 / 044

第3章 编程指令详细说明 / 047

3.1 动作控制指令 / 047

3.1.1 Mov(Move) —— 关节插补 / 048

3.1.2 Mvs(Move S) / 049

3.1.3 Mvr(Move R) / 050

3.1.4 Mvr2(Move R2) / 051

3.1.5 Mvr3(Move R3) / 052

3.1.6 Mvc(Move C) —— 三维真圆插补指令 / 052

3.1.7 Mva(Move Arch) —— 过渡连接型圆弧插补指令 / 053

3.1.8 Mv Tune(Move Tune) / 054

3.1.9 Ovr(Override) / 054

3.1.10 Spd(Speed) / 055

3.1.11 JOvr(J Override) / 055

3.1.12 Cnt(Continuous) / 055

3.1.13 Accel(Accelerate) / 057

3.1.14 Cmp Jnt(Comp Joint) / 057

3.1.15 Cmp Pos(Composition Posture) / 057

3.1.16 Cmp Tool(Composition Tool) / 058

3.1.17 Cmp Off(Composition Off) / 058

3.1.18 CmpG(Composition Gain) / 059

3.1.19 Mxt(Move External) / 059

3.1.20 Oadl(Optimal Acceleration) / 060

3.1.21 LoadSet(Load Set) / 060

3.1.22 Prec(Precision) / 061

3.1.23 Torq(Torque) / 061

3.1.24 JRC(Joint Roll Change) / 062

3.1.25 Fine(Fine) / 063

3.1.26 Fine J(Fine Joint) / 063

3.1.27 Fine P —— 以直线距离设置定位精度 / 064

3.1.28 Servo(Servo) —— 指令伺服电源的ON/OFF / 064

3.1.29 Wth(With) —— 在插补动作时附加处理的指令 / 064

3.1.30 WthIf(With If) / 064

3.1.31 CavChk On —— “防碰撞功能”是否生效 / 065

3.1.32 ColLvl(ColLevel) —— 设置碰撞检测量级 / 065

3.2 程序控制流程相关的指令 / 065

3.2.1 Rem(Remarks) / 066

3.2.2 If...Then...Else...EndIf(If Then Else) / 067

3.2.3 Select Case(Select Case) / 068

3.2.4 GoTo(Go To) / 070

3.2.5 GoSub(Return)(Go Subroutine) / 070

3.2.6 Reset Err(Reset Error) / 071

3.2.7 CallP(Call P) / 071

3.2.8 FPrm(FPRM) / 072

3.2.9 Dly(Delay) / 073

3.2.10 Hlt(Halt) / 073

3.2.11 On...GoTo(On Go To) / 074

3.2.12 On...GoSub(ON Go Subroutine) / 075

3.2.13 While...WEnd(While End) / 075

3.2.14 Open(Open) / 076

3.2.15 Print(Print) / 077

3.2.16 Input(Input) / 078

3.2.17 Close(Close) / 079

3.2.18 ColChk(Col Check) / 079

3.2.19 On Com GoSub(ON Communication Go Subroutine) / 080

3.2.20 Com On/Com Off/Com Stop (Communication ON/OFF/STOP) / 081

3.2.21 HOpen/HClose(Hand Open/Hand Close) / 081

3.2.22 Error(Error) / 081

3.2.23 Skip(Skip) / 082

3.2.24 Wait(Wait) / 082

3.2.25 Clr(Clear) / 082

3.2.26 END —— 程序段结束指令 / 083

3.2.27 For □ Next —— 循环指令 / 083

3.2.28 Return —— 子程序/中断程序结束及返回 / 084

3.2.29 Label(标签、指针) / 084

3.3 定义指令 / 085

3.3.1 Dim(Dim) / 085

3.3.2 Def Plt(Define Pallet) / 086

3.3.3 Plt(Pallet) / 089

3.3.4 Def Act(Define Act) / 090

3.3.5 Act(Act) / 091

- 3.3.6 Def Arch(Define Arch) / 092
- 3.3.7 Def Jnt(Define Joint) / 093
- 3.3.8 Def Pos(Define Position) / 093
- 3.3.9 Def Inte/Def Long/Def Float/Def Double / 093
- 3.3.10 Def Char(Define Character) / 094
- 3.3.11 Def IO(Define IO) / 094
- 3.3.12 Def FN(Define Function) / 095
- 3.3.13 Tool(Tool) / 096
- 3.3.14 Base(Base) / 096
- 3.3.15 Title(Title) / 097
- 3.3.16 赋值指令(代入指令) / 097
- 3.4 多任务相关指令 / 098
 - 3.4.1 XLoad(X Load) ——加载程序指令 / 098
 - 3.4.2 XRun(X Run) ——多任务工作时的程序启动指令 / 099
 - 3.4.3 XStp(X Stop) ——多任务工作时的程序停止指令 / 099
 - 3.4.4 XRst(X Reset) ——复位指令 / 099
 - 3.4.5 XClr(X Clear) ——多程序工作时,解除某任务区(task slot)的程序选择状态 / 100
 - 3.4.6 GetM(Get Mechanism) / 100
 - 3.4.7 RelM(Release Mechanism) / 101
 - 3.4.8 Priority(Priority) ——优先执行指令 / 101
 - 3.4.9 Reset Err(Reset Error) / 102
- 3.5 视觉功能相关指令 / 102
 - 3.5.1 NVOpen(Network vision sensor line open) ——连接视觉通信线路 / 102
 - 3.5.2 NVClose——关断视觉传感器通信线路指令 / 104
 - 3.5.3 NVLoad(Network vision sensor load) / 105
 - 3.5.4 NVRun(Network vision sensor run) / 105
 - 3.5.5 NVPst(Network vision program start) / 106
 - 3.5.6 NVIn(Network vision sensor input) / 109
 - 3.5.7 NVTrg(Network vision sensor trigger) / 110
 - 3.5.8 EBRead(EasyBuilder read) / 111
- 3.6 视觉追踪功能指令 / 113
 - 3.6.1 TrBase 指令 / 113
 - 3.6.2 TrClr——追踪缓存区数据清零指令 / 113
 - 3.6.3 Trk——追踪功能指令 / 114
 - 3.6.4 TrOut——输出信号和读取编码器数值指令 / 114
 - 3.6.5 TrRd——读追踪数据指令 / 115
 - 3.6.6 TrWrt——写追踪数据指令 / 116
- 3.7 其他指令 / 117
 - 3.7.1 ChrSrch(Character Search) ——查找“字符串”编号 / 117
- 3.8 附录——以起首字母排列的指令 / 117

第4章 机器人状态变量 / 122

- 4.1 C-J 状态变量 / 122
 - 4.1.1 C_Date——当前日期(年/月/日) / 122
 - 4.1.2 C_Maker——制造商信息 / 122
 - 4.1.3 C_Mecha——机器人型号 / 122
 - 4.1.4 C_Prg——已经选择的程序号 / 123
 - 4.1.5 C_Time——当前时间(以24小时显示时/分/秒) / 123
 - 4.1.6 C_User——用户参数“USERMSG”所设置的数据 / 123
 - 4.1.7 J_Curr——各关节轴的当前位置数据 / 123
 - 4.1.8 J_ColMxl——碰撞检测中“推测转矩”与“实际转矩”之差的极大值 / 124
 - 4.1.9 J_ECurr——当前编码器脉冲数 / 126
 - 4.1.10 J_Fbc/J-AmpFbc——关节轴的当前位置/关节轴的当前电流值 / 126
 - 4.1.11 J_Origin——原点位置数据 / 126
- 4.2 M开头的状态变量 / 127
 - 4.2.1 M_Acl/M_DAcI/M_NAcI/M_NDAcl/M_AclSts / 127
 - 4.2.2 M_BsNo——当前基本坐标系编号 / 127
 - 4.2.3 M_BrkCq——Break指令的执行状态 / 128
 - 4.2.4 M_BTime——电池可工作时间 / 128
 - 4.2.5 M_CavSts——发生干涉的机器人

- CPU 号 / 128
- 4.2.6 M_CmpDst——伺服柔性控制状态下指令值与实际值之差 / 129
- 4.2.7 M_CmpLmt——伺服柔性控制状态下指令值是否超出限制 / 129
- 4.2.8 M_ColSts——碰撞检测结果 / 130
- 4.2.9 M_Cstp——检测程序是否处于“循环停止中” / 130
- 4.2.10 M_Cys——检测程序是否处于“循环中” / 130
- 4.2.11 M_DIn/M_DOut——读取/写入 CCLINK 远程寄存器的数据 / 131
- 4.2.12 M_Err/M_ErrLvl/
M_ErrNo——报警信息 / 131
- 4.2.13 M_Exp——自然对数 / 132
- 4.2.14 M_Fbd——指令位置与反馈位置之差 / 132
- 4.2.15 M_G——重力常数(9.80665) / 132
- 4.2.16 M_HndCq——抓手输入信号状态 / 132
- 4.2.17 M_In/M_Inb/M_In8/M_Inw/
M_In16——输入信号状态 / 133
- 4.2.18 M_In32——存储 32 位外部输入数据 / 133
- 4.2.19 M_JOvrd/M_NJOvrd
/M_OPovrd/M_Ovrd
/M_NOvrd——速度倍率值 / 134
- 4.2.20 M_Line——当前执行的程序行号 / 134
- 4.2.21 M_LdFact——各轴的负载率 / 134
- 4.2.22 M_Mode——操作面板的当前工作模式 / 135
- 4.2.23 M_On/M_Off / 135
- 4.2.24 M_Open——被打开文件的状态 / 135
- 4.2.25 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) / 136
- 4.2.26 M_Out32——向外部输出或读取 32bit 的数据 / 137
- 4.2.27 M_PI——圆周率 / 137
- 4.2.28 M_Psa——任务区的程序是否为可选择状态 / 137
- 4.2.29 M_Ratio——(在插补移动过程中)当前位置与目标位置的比率 / 138
- 4.2.30 M_RDst——(在插补移动过程中)距离目标位置的“剩余距离” / 138
- 4.2.31 M_Run——任务区内程序执行状态 / 138
- 4.2.32 M_SetAdl——设置指定轴的加减速时间比例(注意不是状态值) / 138
- 4.2.33 M_SkipCq——Skip 指令的执行状态 / 139
- 4.2.34 M_Spd/M_NSpd/M_RSpd
——插补速度 / 139
- 4.2.35 M_Svo——伺服电源状态 / 139
- 4.2.36 M_Timer——计时器(以 ms 为单位) / 140
- 4.2.37 M_Tool——设定或读取 TOOL 坐标系的编号 / 140
- 4.2.38 M_Uar——机器人任务区域编号 / 141
- 4.2.39 M_Uar32——机器人任务区域状态 / 141
- 4.2.40 M_UDevW/ M_UDevD——多 CPU 之间的数据读取及写入指令 / 141
- 4.2.41 M_Wai——任务区内的程序执行状态 / 142
- 4.2.42 M_Wupov——预热运行速度倍率 / 142
- 4.2.43 M_Wuprt——在预热运行模式时距离预热模式结束的时间(秒) / 143
- 4.2.44 M_Wupst——从解除预热模式到重新进入预热模式的时间 / 143
- 4.2.45 M_XDev/M_XDevB/M_XDevW
/M_XDevD——PLC 输入信号数据 / 143
- 4.2.46 M_YDev/M_YDevB/M_YDevW
/M_YDevD——PLC 输出信号数据 / 144
- 4.3 P 开头状态变量 / 144
- 4.3.1 P_Base/P_NBase——基本坐标系偏置值 / 144
- 4.3.2 P_CavDir——机器人发生干涉碰撞时的位置数据 / 145
- 4.3.3 P_ColDir——机器人发生干涉碰撞时的位置数据 / 145
- 4.3.4 P_Curr——当前位置(X, Y, Z, A, B, C, L1, L2)(FL1, FL2) / 145
- 4.3.5 P_Fbc——以伺服反馈脉冲表示的当前位置(X, Y, Z, A, B, C, L1, L2)(FL1, FL2) / 146
- 4.3.6 P_Safe——待避点位置 / 146

- 4.3.7 P_Tool/P_NTool——TOOL 坐标系数据 / 146
- 4.3.8 P_WkCord——设置或读取当前

“工件坐标系”数据 / 147

- 4.3.9 P_Zero——零点 [(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)(0, 0)] / 147

第5章 编程指令中使用的函数 / 148

- 5.1 A 起首字母 / 148
 - 5.1.1 Abs——求绝对值 / 148
 - 5.1.2 Align / 148
 - 5.1.3 Asc——求字符串的 ASCII 码 / 148
 - 5.1.4 Atn/Atn2——(余切函数) 计算余切 / 149
- 5.2 B 起首字母 / 150
 - 5.2.1 Bin\$——将数据变换为二进制字符串 / 150
- 5.3 C 起首字母 / 150
 - 5.3.1 CalArc / 150
 - 5.3.2 Chr\$——将 ASCII 码变换为“字符” / 151
 - 5.3.3 CInt——将数据四舍五入后取整 / 151
 - 5.3.4 CkSum——进行字符串的“和校验”计算 / 151
 - 5.3.5 Cos——余弦函数(求余弦) / 151
 - 5.3.6 Cvi——对字符串的起始 2 个字符的 ASCII 码转换为整数 / 152
 - 5.3.7 Cvs——将字符串的起始 4 个字符的 ASCII 码转换为单精度实数 / 152
 - 5.3.8 Cvd——将字符串的起始 8 个字符的 ASCII 码转换为双精度实数 / 152
- 5.4 D 起首字母 / 152
 - 5.4.1 Deg——将角度单位从弧度 rad 变换为度 deg / 152
 - 5.4.2 Dist——求 2 点之间的距离(mm) / 153
- 5.5 E 起首字母 / 153
 - 5.5.1 Exp——计算 e 为底的指数函数 / 153
 - 5.5.2 Fix——计算数据的整数部分 / 153
 - 5.5.3 Fram——建立坐标系 / 153
- 5.6 H 起首字母 / 154
 - 5.6.1 Hex\$——将十六进制数据转换为“字符串” / 154
- 5.7 I 开头 / 154
 - 5.7.1 Int——计算数据最大值的整数 / 154
 - 5.7.2 Inv——对位置数据进行“反向变换” / 154
- 5.8 J 起首字母 / 155
 - 5.8.1 JtoP——将关节位置数据转换成“直角坐标系数据” / 155
- 5.9 L 起首字母 / 155
 - 5.9.1 Left\$——按指定长度截取字符串 / 155
 - 5.9.2 Len——计算字符串的长度(字符个数) / 156
 - 5.9.3 Ln——计算自然对数(以 e 为底的对数) / 156
 - 5.9.4 Log——计算常用对数(以 10 为底的对数) / 156
- 5.10 M 起首字母 / 156
 - 5.10.1 Max——计算最大值 / 156
 - 5.10.2 Mid\$——根据设定求字符串的部分长度的字符 / 156
 - 5.10.3 Min——求最小值 / 157
 - 5.10.4 Mirror\$——字符串计算 / 157
 - 5.10.5 Mki\$——字符串计算 / 157
 - 5.10.6 Mks\$——字符串计算 / 158
 - 5.10.7 Mkd\$——字符串计算 / 158
- 5.11 P 起首字母 / 158
 - 5.11.1 PosCq——检查给出的位置点是否在允许动作区域内 / 158
 - 5.11.2 PosMid——求出 2 点之间做直线插补的中间位置点 / 158
 - 5.11.3 PtoJ——将直角型位置数据转换为关节型数据 / 159
- 5.12 R 起首字母 / 159
 - 5.12.1 Rad——将角度单位(deg) 转换为弧度单位(rad) / 159
 - 5.12.2 Rdf11——将形位(pose) 结构标志用字符“R”/“L”,“A”/“B”,“N”/“F”表示 / 159
 - 5.12.3 Rdf12——求指定关节轴的“旋转圈数” / 160
 - 5.12.4 Rnd——产生一个随机数 / 160
 - 5.12.5 Right\$——从字符串右端截取“指定长度”的字符串 / 160
- 5.13 S 起首字母 / 161
 - 5.13.1 Setf11——变更指定“位置点”的

- “形位(pose) 结构标志 FL1” / 161
- 5.13.2 Setfl2——变更指定“位置点”的“形位(pose) 结构标志 FL2” / 161
- 5.13.3 SetJnt——设置各关节变量的值 / 162
- 5.13.4 SetPos——设置直交型位置变量数值 / 162
- 5.13.5 Sgn——求数据的符号 / 163
- 5.13.6 Sin——求正弦值 / 163
- 5.13.7 Sqr——求平方根 / 163
- 5.13.8 Strpos——在字符串里检索“指定的字符串”的位置 / 163
- 5.13.9 Str\$——将数据转换为十进制字符串 / 164
- 5.14 T 起首字母 / 164
 - 5.14.1 Tan——求正切 / 164
- 5.15 V 起首字母 / 164
 - 5.15.1 Val——将字符串转换为数值 / 164
- 5.16 Z 起首字母 / 164
 - 5.16.1 Zone——检查指定的位置点是否进入指定的区域 / 164
 - 5.16.2 Zone2——检查指定的位置点是否进入指定的区域(圆筒型) / 165
 - 5.16.3 Zone3——检查指定的位置点是否进入指定的区域(长方体) / 165

第 6 章 参数功能及设置 /167

- 6.1 参数一览表 / 167
 - 6.1.1 动作型参数一览表 / 167
 - 6.1.2 程序型参数一览表 / 169
 - 6.1.3 操作型参数一览表 / 170
 - 6.1.4 专用输入输出信号参数一览表 / 170
 - 6.1.5 通信及现场网络参数一览表 / 172
- 6.2 动作参数详解 / 172
- 6.3 程序参数 / 189
- 6.4 专用输入输出信号 / 196
 - 6.4.1 通用输入输出 1 / 197
 - 6.4.2 通用输入输出 2 / 198
 - 6.4.3 数据参数 / 198
 - 6.4.4 JOG 运行信号 / 199
 - 6.4.5 各任务区启动信号 / 200
 - 6.4.6 各任务区停止信号 / 201
 - 6.4.7 (各机器人) 伺服 ON/OFF / 201
 - 6.4.8 (各机器人) 机械锁定 / 202
 - 6.4.9 选择各机器人预热运行模式 / 202
 - 6.4.10 附加轴 / 202
- 6.5 操作参数详解 / 205
- 6.6 通信及网络参数详解 / 211

第 7 章 输入输出信号 /212

- 7.1 输入输出信号的分类 / 212
- 7.2 专用输入输出信号详解 / 212
 - 7.2.1 专用输入输出信号一览表 / 212
 - 7.2.2 专用输入信号详解 / 216
 - 7.2.3 专用输出信号详解 / 226
- 7.3 使用外部信号选择程序的方法 / 238
 - 7.3.1 先选择程序再启动 / 238
 - 7.3.2 选择程序号与启动信号同时生效 / 240

第 8 章 RT ToolBox2 软件的使用 /242

- 8.1 RT 软件的基本功能 / 242
 - 8.1.1 RT 软件的功能概述 / 242
 - 8.1.2 RT 软件的功能一览 / 242
- 8.2 程序的编制调试管理 / 243
 - 8.2.1 编制程序 / 243
 - 8.2.2 程序的管理 / 251
 - 8.2.3 样条曲线的编制和保存 / 253
 - 8.2.4 程序的调试 / 254
- 8.3 参数设置 / 256
 - 8.3.1 使用参数一览表 / 256
 - 8.3.2 按功能分类设置参数 / 257
- 8.4 机器人工作状态监视 / 261
 - 8.4.1 动作监视 / 261
 - 8.4.2 信号监视 / 262
 - 8.4.3 运行监视 / 264
- 8.5 维护 / 264
 - 8.5.1 原点设置 / 264
 - 8.5.2 初始化 / 268

- 8.5.3 维修信息预报 / 268
- 8.5.4 位置恢复支持功能 / 269
- 8.5.5 TOOL 长度自动计算 / 269
- 8.5.6 伺服监视 / 269
- 8.5.7 密码设定 / 270
- 8.5.8 文件管理 / 270
- 8.5.9 2D 视觉校准 / 270
- 8.6 备份 / 272
- 8.7 模拟运行 / 272
 - 8.7.1 选择模拟工作模式 / 272
 - 8.7.2 自动运行 / 273
 - 8.7.3 程序的调试运行 / 275
 - 8.7.4 运行状态监视 / 276
 - 8.7.5 直接指令 / 276
 - 8.7.6 JOG 操作功能 / 277
- 8.8 3D 监视 / 278
 - 8.8.1 机器人显示选项 / 278
 - 8.8.2 布局 / 278
 - 8.8.3 抓手的设计 / 280

第 9 章 应用案例——机器人在仪表检测项目中的应用 / 283

- 9.1 项目综述 / 283
- 9.2 解决方案 / 283
 - 9.2.1 硬件配置 / 284
 - 9.2.2 输入输出点分配 / 284
- 9.3 编程 / 286
 - 9.3.1 总流程 / 286
 - 9.3.2 初始化程序流程 / 288
 - 9.3.3 上料流程 / 288
 - 9.3.4 卸料工序流程 / 291
 - 9.3.5 不良品处理程序 / 293
 - 9.3.6 不良品在 1# 工位的处理流程 (31TOX) / 295
 - 9.3.7 主程序子程序汇总表 / 297
- 9.4 结语 / 300

参考文献 / 301

第 1 章

工业机器人基本知识和特有的功能

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人基本知识

机器人实质上是一套“数控系统”，也可以说是一套运动控制器，是一台可以多轴联动的运动控制系统。

机器人可分为：

① 机器人本体 包含机械构件(各关节)和伺服电机。伺服电机已经安装在本体上。如图 1-1 所示。

② 控制器 包括控制 CPU、伺服驱动器、基本 I/O，各种通信接口(USB/以太网)。如图 1-2 所示。

③ 示教单元 也称为“手持操作器”，简称 TB，用于手动操作机器人运行，确定各工作点、JOG 运行、设置参数、设置原点、显示机器人工作状态。如图 1-3 所示。

④ 选件 输入输出卡等。如图 1-4 所示。

⑤ 附件 抓手和各种接口板，各连接电缆。

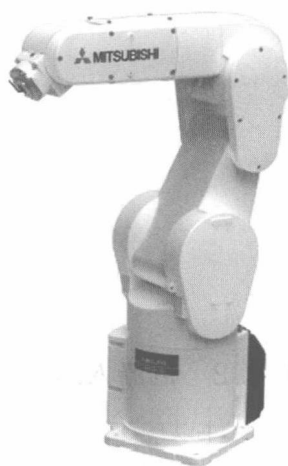


图 1-1 机器人本体



图 1-2 控制器



图 1-3 手持示教单元

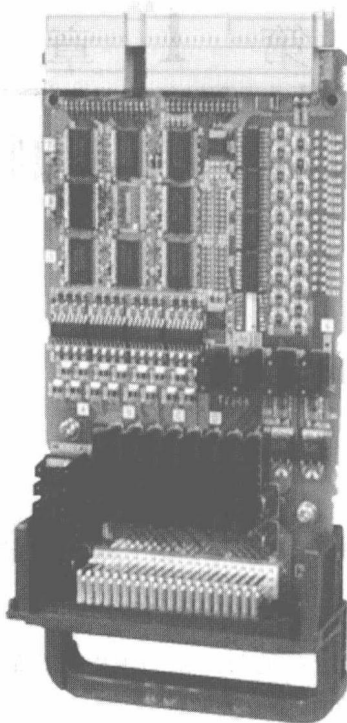


图 1-4 输入输出卡

1.1.2 机器人通用功能

本书以三菱工业机器人为例，介绍机器人的功能及规格。以下不特别提及，均指三菱工业机器人。

- ① 机器人可以由一套控制器控制做单机运行。
- ② 机器人可以装在三菱 QPLC 平台上作为其中的一个运动 CPU 运行。类似于 C70 数控系统。这样可以充分利用三菱 QPLC 的丰富功能构成强大的控制系统。
- ③ 机器人可以配置一个 CCLINK 卡，作为 CCLINK 总线中的一个站。
- ④ 机器人还可以连接附加“通用伺服轴”，控制 9 个伺服轴运行。
- ⑤ 机器人可以连接触摸屏，由触摸屏进行控制。

1.1.3 机器人型号

(1) 垂直多功能机器人型号标注的说明

三菱机器人的型号标注如图 1-5 所示。

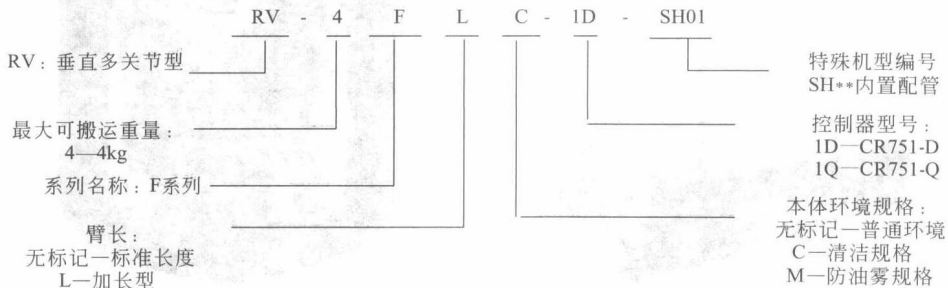


图 1-5 三菱机器人的型号标注规则

标注说明:

【机器人型号分类】 RV—垂直机器人；RH—水平机器人。

【最大可搬运重量】 4—4kg；7—7kg；13—13kg；20—20kg。

【机器人型号系列】 F 系列。

【轴数】 未标记—6 轴型；J—5 轴型。

【机械臂长度】 未标记—标准机械臂；L 或 LL—长机械臂或加长机械臂。

【环境规格/保护规格】 未标记—一般环境(IP40)；M—油雾规格(IP67)；C—清洁规格(ISO 等级 3)。

【控制器类型】 D—独立控制器；Q—Q 系列控制器。

【特殊机号】 限于订购了特殊规格的情况下，SH××表示配线/配管内装规格。

(2) 水平多功能机器人型号标注的说明

水平多功能机器人型号标注如图 1-6 所示。

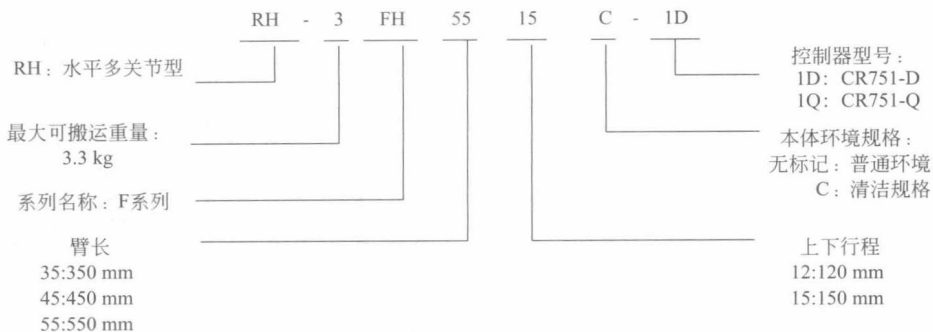


图 1-6 水平多功能机器人型号标注

【RH】 水平多关节型。

【最大搬运重量】 3kg/6kg/12kg。

【系列名称】 FH。

【臂长】 35—350mm；45—450mm；55—550mm。

【上下行程】 12—120mm；15—150mm。

【环境规格】 无标记—普通规格；C—清洁规格。

【控制器型号】 1D—CR751-D；1Q—CR751-Q。

1.2 机器人技术规格

1.2.1 垂直多功能机器人技术规格

表 1-1 为垂直多功能机器人技术规格。在技术规格中，标明了伺服电机容量、动作范围、最大合成速度、搬运重量等，是选型的重要依据。

表 1-1 垂直多功能机器人技术规格

项目	规格			
型号	RV-4F	RV-4FL	RV-7F	RV-7FL
环境规格	未标注: 一般 C: 清洁 M: 油雾			
动作自由度	6	6	6	6

续表

项目		规格			
安装方式		落地、吊顶、挂壁			
结构		垂直多关节			
驱动方式		AC 伺服电机/带全部轴制动			
位置检测方式		绝对值编码器			
电机容量/W	J1	400		750	
	J2	400		750	
	J3	100		400	
	J4	100		100	
	J5	100		100	
	J6	50		50	
动作范围/(°)	J1	480			
	J2	240		-115 ~ 125	-110 ~ 130
	J3	0 ~ 161	0 ~ 164	0 ~ 156	0 ~ 162
	J4	± 200	± 200	± 200	± 200
	J5	± 120			
	J6	± 360			
最大速度/[(°) /s]	J1	450	420	360	288
	J2	450	336	401	321
	J3	300	250	450	360
	J4	540		337	
	J5	623		450	
	J6	720			
最大动作半径/mm		514.5	648.7	713.4	907.7
最大合成速度/(mm/s)		9000		11000	
搬运重量/kg		4	4	7	7
位置重复精度/mm		± 0.02			
循环时间/s		0.36		0.32	0.35
环境温度/°C		0 ~ 40			
本体重量/kg		39	41	65	67
允许力矩/N·m	J4	6.66		16.2	
	J5	6.66		16.2	
	J6	3.90		6.86	
允许惯量/kg·m ²	J4	0.20		0.45	
	J5	0.20		0.45	
	J6	0.10			

1.2.2 水平多功能机器人技术规格

表 1-2 为水平多功能机器人技术规格。在技术规格中,标明了臂长、动作范围、最大合成速度、搬运重量、位置重复精度等,是选型的重要依据。水平多功能机器人多用于平面搬运和垂直搬运。

表 1-2 水平多功能机器人技术规格

项目		规格		
型号		RH-6FH35 ** /M/C	RH-6FH45 ** /M/C	RH-6FH55 ** /M/C
环境规格		未标注—般; C—清洁; M—油雾		
动作自由度		4	4	4
安装方式		落地		
结构		水平多关节		
驱动方式		AC 伺服电机		
位置检测方式		绝对值编码器		
臂长/mm	NO.1 臂长	125	225	325
	NO.2 臂长	225		
		100		400
		100		100
		100		100
		50		50
动作范围	J1/ (°)	340		
	J2/ (°)	290		
	J3/mm	** =20: 200 ** =34: 340		
	J4/ (°)	720		
最大速度	J1/ [(°) /s]	400		
	J2/ [(°) /s]	670		
	J3/ (mm/s)	2400		
	J4/ [(°) /s]	2500		
最大动作半径/mm		350	450	550
最大合成速度/ (mm/s)		6900	7600	8300
搬运重量/kg		最大 6 (额定 3)		
位置重复精度/mm		± 0.010		
循环时间/s		0.29		
环境温度/°C		0 ~ 40		
本体重量/kg		36	36	37
允许惯量/kg · m ²	额定	0.01		
	最大	0.12		

1.3 技术规格中若干性能指标的解释

1.3.1 机器人部分有关规格的名词术语

【动作自由度】 机器人的动作维度。有几个轴就有几个自由度。

【安装位置】 机器人的可安装方式。有落地、吊顶、挂壁方式。

【驱动方式】 机器人各轴的动力源。一般采用 AC 伺服电机。

【位置检测】 检测机器人各轴运行位置的器件。采用绝对位置编码器。

【动作范围】 J1~J6 轴以度数为单位。

【最大速度】 J1~J6 轴以($^{\circ}$)/s 为单位。

【最大动作半径】 在基本坐标系内，控制点的动作半径范围。以 mm 为单位(以机械 IF 坐标原点为控制点)。

【最大合成速度】 指控制点在 X-Y-Z 方向上的最大矢量速度。

【可搬运重量】 机器人能够搬运移动物体的重量。以 kg 为单位，是选型重要指标。

【位置重复精度】 多次反复定位的精度(0.02mm)。

1.3.2 控制器技术规格

表 1-3 为控制器技术规格一览表。控制器技术规格有控制轴数、存储容量、可控制的输入输出点数、可使用电源范围、内置接口等。

表 1-3 控制器技术规格一览表

项目	规格	备注	
型号	CR751-Q CR751-D		
控制轴数	最多 6 轴		
存储容量	示教位置数/点	39000	
	步数/步	78000	
	程序个数/个	512	
编程语言	MELFA-BASIC V		
位置示教方式	示教方式或 MDI 方式		
外部输入输出/点	输入输出	输入点/输出点	最多可扩展至 256/256
	专用输入输出	分配到通用输入输出中	“STOP” 1 点为固定
	抓手开闭输入输出	输入 8 点/输出 8 点	内置
	紧急停止输入	1	冗余
外部输入输出/点	门开关输入	1	冗余
	可用设备输出	1	冗余
	紧急停止输出	1	冗余
	模式输出	1	冗余
	机器人出错输出	1	冗余