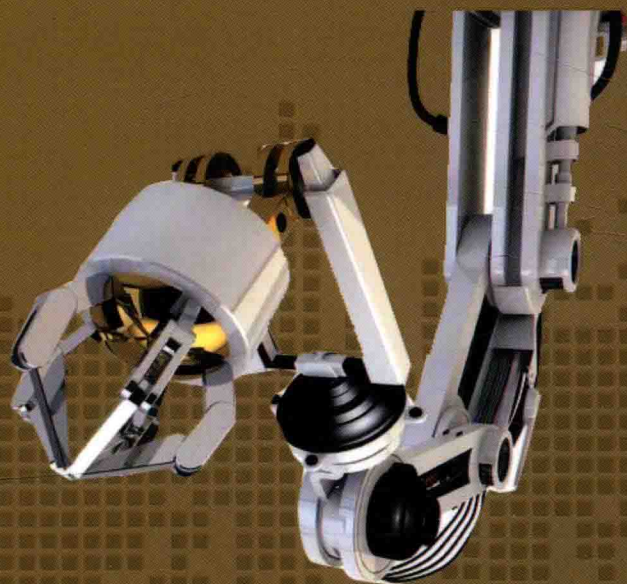


黄风 编著

# 工业机器人 应用案例集锦

Industrial  
Robots



化学工业出版社

黄风 编著

# 工业机器人 应用案例集锦

Industrial  
Robots



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从实用的角度出发,对工业机器人在各方面的应用做了详尽的介绍,提供了大量的编程案例。为了使读者对机器人的编程案例有清楚的认识,本书首先对编程应用中机器人的基本功能、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。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,可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

工业机器人应用案例集锦/黄风编著. —北京:化学工业出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-122-29028-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第027032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20 $\frac{3}{4}$  字数549千字 2017年5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，一场大风暴的来临前夕，在山城桂林的一个“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。

工业机器人是机器人领域中的重要分支，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。中国表现尤为耀眼，2014年工业机器人销量约为56000台，中国地区工业机器人销售量同比增长54%，这表明中国正在加快工业机器人普及速度。

本书从实用的角度出发，对机器人在各方面的应用做了详尽的介绍，提供了大量的编程案例。为了使读者对机器人的编程案例有清楚的认识，本书首先对编程应用中机器人的基本功能、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。

本书第1章是机器人的特有功能介绍，是机器人区别于其他运动控制器的特殊功能。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，便于读者快速入门和应用。第3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4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5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6章~第16章介绍了机器人在仪表检测、抛光、码垛、机床上下料、视觉追踪、机器人与触摸屏联合使用等各方面的应用案例。在这些应用案例中，不是泛泛而谈的空论，而是有详细的解决方案，硬件配置、工作流程图，最后提供了详尽的编程案例。这些案例将给工程师们在实际的应用中以有效的帮助。这些案例也是本书的精华所在。

第17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18章介绍了报警及故障排除方法。

感谢林步东先生对本书的写作提供了大量的支持。

笔者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

笔者邮箱：hfhff57710@163.com。

编著者

第 1 章 机器人特有的功能 .....	1
1.1 机器人坐标系及原点 .....	1
1.1.1 世界坐标系 .....	1
1.1.2 基本坐标系 .....	2
1.1.3 机械 IF 坐标系 .....	2
1.1.4 工具 (TOOL) 坐标系 .....	3
1.1.5 工件坐标系 .....	5
1.1.6 JOG 动作 .....	6
1.2 专用输入输出信号 .....	8
1.2.1 机器人控制器的通用输入输出信号 .....	8
1.2.2 机器人控制器的专用输入输出信号 .....	8
1.3 特有功能 .....	8
1.4 机器人的形位 (POSE) .....	10
1.4.1 一般说明 .....	10
1.4.2 对结构标志 FL1 的详细说明 .....	11
1.4.3 对结构标志 FL2 的详细说明 .....	13
第 2 章 主要指令详解 .....	15
2.1 MELFA-BASIC V 的详细规格及指令一览表 .....	15
2.1.1 MELFA-BASIC V 的详细规格 .....	15
2.1.2 有特别定义的文字 .....	16
2.1.3 数据类型 .....	17
2.2 动作指令详解 .....	17
2.2.1 关节插补 .....	17
2.2.2 直线插补 .....	19
2.2.3 三维真圆插补指令 .....	20
2.2.4 连续轨迹运行 .....	20
2.2.5 加减速时间与速度控制 .....	22
2.2.6 Fine 定位精度 .....	23
2.2.7 高精度轨迹控制 .....	23
2.2.8 抓手控制 .....	24
2.3 码垛 (PALLET) 指令概说 .....	25
2.4 程序结构指令详解 .....	28
2.4.1 无条件跳转指令 .....	28
2.4.2 根据条件执行程序分支跳转的指令 .....	28
2.5 外部输入输出信号指令 .....	29
2.5.1 输入信号 .....	29
2.5.2 输出信号 .....	30
2.6 通信指令详解 .....	30

2.6.1	Open—通信启动指令	31
2.6.2	Print—输出字符串指令	32
2.6.3	Input—从指定的文件中接收数据,接收的数值为 ASCII 码	32
2.6.4	On Com GoSub 指令	33
2.6.5	Com On/Com Off/Com Stop	33
2.7	运算指令概说	33
2.7.1	位置数据运算(乘法)	33
2.7.2	位置数据运算(加法)	34
2.8	多任务处理	34
2.8.1	多任务定义	34
2.8.2	设置多程序任务的方法	34
2.8.3	多任务应用案例	36
<b>第3章</b>	<b>表示机器人工作状态的变量</b>	<b>39</b>
3.1	C_Time—当前时间(以 24h 显示时/分/秒)	39
3.2	J_Curr—各关节轴的当前位置数据	39
3.3	J_ColMxl—碰撞检测中“推测转矩”与“实际转矩”之差的最大值	39
3.4	J_ECurr—当前编码器脉冲数	41
3.5	J_Fbc/J_AmpFbc—关节轴的当前位置/关节轴的当前电流值	42
3.6	J_Origin—原点位置数据	42
3.7	M_Acl/M_DAcI/M_NAcI/M_NDAcl/M_AclSts	42
3.8	M_BsNo—当前基本坐标系编号	43
3.9	M_BTime—电池可工作时间	44
3.10	M_CmpDst—伺服柔性控制状态下,指令值与实际值之差	44
3.11	M_CmpLmt—伺服柔性控制状态下,指令值是否超出限制	44
3.12	M_ColSts—碰撞检测结果	45
3.13	M_Err/M_ErrLvl/M_ErrNo—报警信息	46
3.14	M_Exp—自然对数	46
3.15	M_Fbd—指令位置与反馈位置之差	46
3.16	M_In/M_Inb/M_In8/M_Inw/M_In16—输入信号状态	47
3.17	M_In32—存储 32 位外部输入数据	48
3.18	M_JOvrd/M_NJOvrd/M_OPovrd/M_Ovrd/M_NOvrd—速度倍率值	48
3.19	M_Line—当前执行的程序行号	49
3.20	M_LdFact—各轴的负载率	49
3.21	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)	50
3.22	M_Out32—向外部输出或读取 32bit 的数据	50
3.23	M_RDst—(在插补移动过程中)距离目标位置的“剩余距离”	51
3.24	M_Run—任务区内程序执行状态	51
3.25	M_Spd/M_NSpd/M_RSPd—插补速度	52
3.26	M_Timer—计时器(以 ms 为单位)	52
3.27	M_Tool—设定或读取 TOOL 坐标系的编号	53
3.28	M_Wai—任务区内的程序执行状态	53
3.29	M_XDev/M_XDevB/M_XDevW/M_XDevD—PLC 输入信号数据	54

3.30	M_YDev/M_YDevB/M_YDevW/M_YDevD—PLC 输出信号数据	54
3.31	P_Base/P_NBase—基本坐标系偏置值	55
3.32	P_CavDir—机器人发生干涉碰撞时的位置数据	56
3.33	P_Curr—当前位置 (X, Y, Z, A, B, C, L1, L2)(FL1, FL2)	56
3.34	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)	57
3.35	P_Safe—待避点位置	57
3.36	P_Tool/P_NTool—TOOL 坐标系数据	58
3.37	P_WkCord—设置或读取当前“工件坐标系”数据	58
3.38	P_Zero—零点 (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)(0, 0)	58
<b>第 4 章 常用函数</b>		<b>60</b>
4.1	Abs—求绝对值	60
4.2	Asc—求字符串的 ASCII 码	60
4.3	Atn/Atn2—(余切函数) 计算余切	60
4.4	CalArc	61
4.5	CInt—将数据四舍五入后取整	61
4.6	Cos—余弦函数(求余弦)	62
4.7	Deg—将角度单位从弧度(rad)转换为度(°)	62
4.8	Dist—求 2 点之间的距离(mm)	62
4.9	Exp—计算以 e 为底的指数函数	63
4.10	Fix—计算数据的整数部分	63
4.11	Fram—建立坐标系	63
4.12	Int—计算数据最大值的整数	64
4.13	Inv—对位置数据进行“反向变换”	64
4.14	JtoP—将关节位置数据转成“直角坐标系数据”	65
4.15	Log—计算常用对数(以 10 为底的对数)	65
4.16	Max—计算最大值	65
4.17	Min—求最小值	65
4.18	PosCq—检查给出的位置点是否在允许动作区域内	66
4.19	PosMid—求出 2 点之间做直线插补的中间位置点	66
4.20	PtoJ—将直角型位置数据转换为关节型数据	66
4.21	Rad—将角度单位(°)转换为弧度单位(rad)	67
4.22	Rdfl2—求指定关节轴的“旋转圈数”	67
4.23	Rnd—产生一个随机数	67
4.24	SetJnt—设置各关节变量的值	68
4.25	SetPos—设置直交型位置变量数值	68
4.26	Sgn—求数据的符号	69
4.27	Sin—求正弦值	69
4.28	Sqr—求平方根	69
4.29	Tan—求正切	70
4.30	Zone—检查指定的位置点是否进入指定的区域	70
4.31	Zone 2—检查指定的位置点是否进入指定的区域(圆筒型)	70
4.32	Zone3—检查指定的位置点是否进入指定的区域(长方体)	71



<b>第 5 章 主要参数功能及设置</b> .....	<b>72</b>
5.1 参数一览表 .....	72
5.1.1 动作型参数一览表 .....	72
5.1.2 程序型参数一览表 .....	74
5.1.3 操作型参数一览表 .....	75
5.1.4 专用输入输出信号参数一览表 .....	76
5.1.5 通信及现场网络参数一览表 .....	78
5.2 动作型参数详解 .....	78
5.3 程序型参数详解 .....	87
5.4 专用输入输出信号参数详解 .....	89
5.4.1 通用输入输出 1 .....	89
5.4.2 通用输入输出 2 .....	91
5.4.3 数据参数 .....	91
5.5 通信及网络参数详解 .....	92
<b>第 6 章 触摸屏在机器人上的使用</b> .....	<b>94</b>
6.1 GOT 与机器人控制器的连接及通信参数设置 .....	94
6.1.1 GOT 与机器人控制器的连接 .....	94
6.1.2 GOT 机种选择 .....	94
6.1.3 GOT 一侧通信参数设置 .....	94
6.1.4 机器人一侧通信参数的设置 .....	95
6.2 输入输出信号画面制作 .....	97
6.2.1 GOT 器件与机器人 I/O 地址的对应关系 .....	97
6.2.2 “输入输出点”器件制作方法 .....	99
6.3 程序号的设置与显示 .....	100
6.3.1 程序号的选择设置 .....	100
6.3.2 程序号的输出 .....	100
6.4 速度倍率的设置和显示 .....	101
6.4.1 速度倍率的设置 .....	101
6.4.2 速度倍率的输出 .....	103
6.5 机器人工作状态读出及显示 .....	103
6.6 JOG 画面制作 .....	104
<b>第 7 章 机器人在研磨抛光项目中的应用研究</b> .....	<b>106</b>
7.1 项目综述 .....	106
7.2 解决方案 .....	106
7.2.1 硬件配置 .....	106
7.2.2 应对客户要求的解决方案 .....	107
7.3 机器人工作程序编制及要求 .....	109
7.3.1 工作流程图 .....	109
7.3.2 子程序汇总表 .....	109
7.3.3 抛光主程序 .....	110
7.3.4 初始化子程序 .....	110
7.3.5 电流判断子程序 .....	111



7.3.6	背面抛光子程序 .....	111
7.3.7	长边 A 抛光子程序 .....	112
7.3.8	圆弧倒角子程序 1 .....	113
7.3.9	空间过渡子程序 .....	114
7.4	结语 .....	115
<b>第 8 章</b>	<b>机器人在手机检测生产线上的应用 .....</b>	<b>116</b>
8.1	项目综述 .....	116
8.2	解决方案 .....	116
8.2.1	硬件配置 .....	117
8.2.2	输入输出点分配 .....	117
8.3	编程 .....	119
8.3.1	总流程 .....	119
8.3.2	初始化程序流程 .....	120
8.3.3	上料流程 .....	121
8.3.4	卸料工序流程 .....	123
8.3.5	不良品处理程序 .....	125
8.3.6	不良品在 1# 工位的处理流程 (31TOX) .....	128
8.3.7	主程序子程序汇总表 .....	130
8.4	结语 .....	133
<b>第 9 章</b>	<b>机器人在乐队指挥项目中的应用 .....</b>	<b>134</b>
9.1	项目综述 .....	134
9.2	解决方案 .....	134
9.3	编程 .....	134
9.3.1	节拍与子程序汇总表 .....	134
9.3.2	子程序详细说明 .....	136
9.3.3	主程序的合成 .....	144
9.4	结语 .....	148
<b>第 10 章</b>	<b>机器人在码垛项目中的应用 .....</b>	<b>149</b>
10.1	项目综述 .....	149
10.2	解决方案 .....	149
10.2.1	硬件配置 .....	150
10.2.2	输入输出点分配 .....	150
10.3	编程 .....	151
10.3.1	总工作流程 .....	151
10.3.2	编程计划 .....	152
10.4	结语 .....	156
<b>第 11 章</b>	<b>机器人在同步喷漆项目中的应用 .....</b>	<b>157</b>
11.1	项目综述 .....	157
11.2	解决方案 .....	157
11.2.1	硬件配置 .....	158
11.2.2	输入输出点分配 .....	158
11.3	编程 .....	159

11.3.1	编程规划	159
11.3.2	伺服电机的运动曲线	160
11.3.3	主要检测信号的功能	160
11.3.4	PLC 相关程序	161
11.3.5	机器人动作程序	162
11.4	结语	163
<b>第 12 章 机器人在数控折边机中的应用</b>		<b>165</b>
12.1	项目综述	165
12.2	解决方案	165
12.2.1	方案概述	165
12.2.2	硬件配置	166
12.2.3	输入输出点分配	166
12.3	编程	167
12.3.1	主程序	167
12.3.2	第 1 级子程序—折边子程序	168
12.3.3	第 2 级子程序—随动子程序	169
12.4	结语	171
<b>第 13 章 机器人在数控机床上下料中的应用</b>		<b>172</b>
13.1	项目综述	172
13.2	解决方案	172
13.2.1	方案概述	172
13.2.2	硬件配置	173
13.2.3	输入输出点分配	173
13.3	编程	174
13.3.1	主程序	174
13.3.2	第一级子程序	176
13.3.3	第二级子程序	179
<b>第 14 章 视觉系统的应用</b>		<b>181</b>
14.1	前期准备及通信设置	181
14.1.1	基本设备配置及连接	181
14.1.2	通信设置	181
14.2	工具坐标系原点的设置	184
14.2.1	操作方法	184
14.2.2	求 TOOL 坐标系原点的程序 TLXY	184
14.3	坐标系标定	185
14.3.1	前期准备	185
14.3.2	坐标系标定步骤	185
14.4	视觉传感器程序制作	187
14.5	视觉传感器与机器人的通信	187
14.6	调试程序	187
14.7	动作确认	188
14.8	与视觉功能相关的指令	189

14.9	视觉功能指令详细说明	189
14.9.1	NVOpen (Network Vision Sensor Line Open)	189
14.9.2	NVClose—关断视觉传感器通信线路指令	191
14.9.3	NVLoad—加载程序指令	192
14.9.4	NVPst—启动视觉程序获取信息指令	192
14.9.5	NVIn—读取信息指令	196
14.9.6	NVRun—视觉程序启动指令	196
14.9.7	NVTrg—请求拍照指令	197
14.9.8	P_NvS1~P_NvS8—“位置型变量”	197
14.9.9	M_NvNum—状态变量(存储视觉传感器检测到的工件数量的状态变量)	198
14.9.10	M_NvOpen—状态变量(存储视觉传感器的连接状态的状态变量)	199
14.9.11	M_NvS1~M_NvS8—视觉传感器识别的数值型变量	199
14.9.12	EBRead (EasyBuilder Read)—读数据指令(康耐斯专用)	201
14.10	应用案例	203
14.10.1	案例1—抓取及放置工件	203
14.10.2	案例2	207
<b>第15章</b>	<b>视觉追踪</b>	<b>211</b>
15.1	视觉追踪概述	211
15.1.1	追踪功能	211
15.1.2	一般应用案例	211
15.1.3	追踪功能技术术语和缩写	212
15.1.4	可构成的追踪应用系统	212
15.2	硬件系统构成	213
15.2.1	传送带追踪用部件构成	213
15.2.2	视觉追踪系统部件构成	213
15.2.3	传送带追踪系统构成案例	214
15.2.4	视觉追踪系统构成案例	215
15.3	技术规格	216
15.4	追踪工作流程	217
15.5	设备连接	217
15.5.1	编码器电缆的连接	217
15.5.2	编码器电缆与控制器的连接	218
15.5.3	抗干扰措施	218
15.5.4	与光电开关的连接	219
15.6	参数的定义及设置	220
15.7	追踪程序结构	221
15.7.1	传送带追踪程序结构	221
15.7.2	视觉追踪程序结构	221
15.8	A程序—传送带运动量与机器人移动量关系的标定	223
15.8.1	示教单元运行A程序的操作流程	223
15.8.2	设置及操作	224
15.8.3	确认A程序执行结果	225



15.8.4	多传送带场合	225
15.8.5	A 程序流程图	226
15.8.6	实用 A 程序	226
15.9	B 程序—视觉坐标与机器人坐标关系的标定	227
15.9.1	示教单元的操作	227
15.9.2	现场操作流程	229
15.9.3	操作确认	230
15.9.4	实用 B 程序	230
15.9.5	2D 标定操作	230
15.10	C 程序—抓取点标定	231
15.10.1	用于传送带追踪的程序	231
15.10.2	用于视觉追踪的 C 程序	233
15.11	1# 程序—自动运行程序	236
15.11.1	示教	236
15.11.2	设置调节变量	237
15.11.3	1# 程序流程图	239
15.11.4	实用 1# 程序	243
15.12	CM1 程序—追踪数据写入程序	249
15.12.1	用于传送带追踪的程序	249
15.12.2	用于视觉追踪的 CM1 程序	250
15.13	自动运行操作流程	256
15.14	追踪功能指令及状态变量	257
15.14.1	追踪功能指令及状态变量一览	257
15.14.2	追踪功能指令说明	258
15.15	故障排除	261
15.15.1	报警号在 9000~9900 之间的故障	261
15.15.2	其他报警	262
15.16	参数汇总	263
<b>第 16 章</b>	<b>多个机器人视觉追踪分拣系统的技术开发及应用</b>	<b>265</b>
16.1	客户项目要求	265
16.2	解决方案	265
16.3	机器人的任务分配	266
16.4	控制系统硬件配置	267
16.5	主要程序	267
16.6	调试及故障排除	271
16.6.1	动态标定故障及排除	271
16.6.2	无追踪动作(第 1 类)	273
16.6.3	无追踪动作(第 2 类)	274
<b>第 17 章</b>	<b>机器人编程软件 RT ToolBox2 的使用(4end T76)</b>	<b>275</b>
17.1	RT 软件的基本功能	275
17.1.1	RT 软件的功能概述	275
17.1.2	RT 软件的功能一览	275
17.2	程序的编制调试管理	276

17.2.1	编制程序	276
17.2.2	程序的管理	284
17.2.3	样条曲线的编制和保存	286
17.2.4	程序的调试	286
17.3	参数设置	289
17.3.1	使用参数一览表	289
17.3.2	按功能分类设置参数	290
17.4	机器人工作状态监视	292
17.4.1	动作监视	292
17.4.2	信号监视	294
17.4.3	运行监视	295
17.5	维护	296
17.5.1	原点设置	296
17.5.2	初始化	299
17.5.3	维修信息预报	300
17.5.4	位置恢复支持功能	301
17.5.5	TOOL 长度自动计算	301
17.5.6	伺服监视	301
17.5.7	密码设定	302
17.5.8	文件管理	302
17.5.9	2D 视觉校准	302
17.6	备份	304
17.7	模拟运行	304
17.7.1	选择模拟工作模式	304
17.7.2	自动运行	306
17.7.3	程序的调试运行	307
17.7.4	运行状态监视	308
17.7.5	直接指令	308
17.7.6	“JOG”操作功能	309
17.8	3D 监视	310
17.8.1	机器人显示选项	310
17.8.2	布局	311
17.8.3	抓手的设计	312
<b>第 18 章</b>	<b>报警及故障排除</b>	<b>315</b>
18.1	报警编号的含义	315
18.2	常见报警一览表	315
<b>参考文献</b>		<b>320</b>

## 机器人特有的功能

机器人不同于一般的数控机床和运动控制器，一般的机器人有 4~6 个轴，即 6 个自由度，其运动的空间复杂性比一般的数控机床要大。机器人有许多自身特有的功能，为了便于阅读后续的章节，需要对这些特有的功能进行解释。

### 1.1 机器人坐标系及原点

#### 1.1.1 世界坐标系

##### (1) 定义

“世界坐标系”是表示机器人“当前位置”的坐标系。所有表示位置点的数据是以“世界坐标系”为基准的（“世界坐标系”类似于数控系统的 G54 坐标系，事实上就是“工件坐标系”）。

##### (2) 设置

“世界坐标系”是以机器人的“基本坐标系”为基准设置的（这是因为每一台机器人的“基本坐标系”是由其安装位置决定的），只是确定“世界坐标系”基准时，是从新的“世界坐标系”来观察“基本坐标系”的位置，从而确定新的“世界坐标系”本身，所以“基本坐标系”是机器人坐标系中的第一基准坐标系。

在大部分的应用中，“世界坐标系”与“基本坐标系”相同，如图 1-1 所示，图中  $X_w$ - $Y_w$ - $Z_w$  是“世界坐标系”。当前位置是以“世界坐标系”为基准的，如图 1-2 所示。

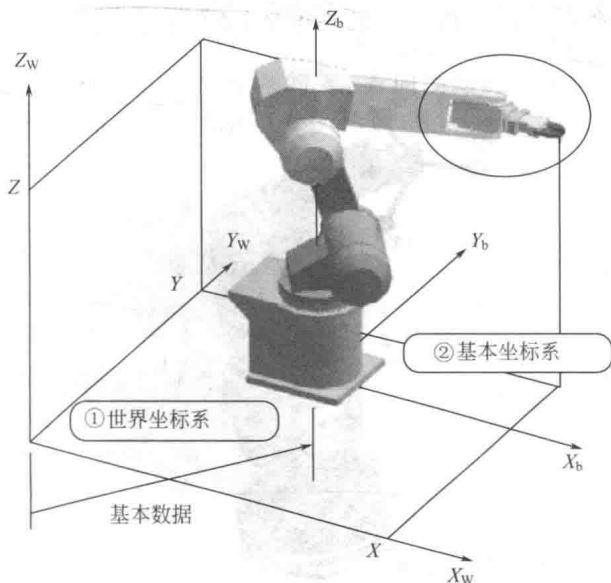


图 1-1 “世界坐标系”与“基本坐标系”之间的关系

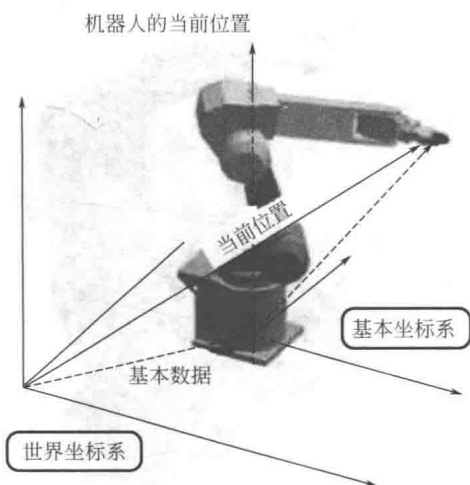


图 1-2 “当前位置”以“世界坐标系”为基准



## 1.1.2 基本坐标系

“基本坐标系”是以机器人底座安装基面为基准的坐标系，在机器人底座上有图示标志。基本坐标系如图 1-3 所示。实际上“基本坐标系”是机器人第一基准坐标系，“世界坐标系”也是以“基本坐标系”为基准的。

## 1.1.3 机械 IF 坐标系

机械 IF 坐标系也就是“机械法兰面坐标系”，是以机器人最前端法兰面为基准确定的坐标系，以  $X_m$ - $Y_m$ - $Z_m$  表示，如图 1-4 所示。与法兰面垂直的轴为“Z 轴”，Z 轴正向朝外， $X_m$  轴、 $Y_m$  轴在法兰面上。法兰中心与定位销孔的连接线为  $X_m$  轴，但必须注意  $X_m$  轴的“正向”与定位销孔相反。

由于在机械法兰面要安装抓手，所以这个“机械法兰面”就有了特殊意义。特别注意：机械法兰面转动，机械 IF 坐标系也随之转动。而法兰面的转动受  $J_5$  轴、 $J_6$  轴的影响（特别是  $J_6$  轴的旋转带动了法兰面的旋转，也就带动了机械 IF 坐标系的旋转，如果以机械 IF 坐标系为基准执行定位，就会影响很大），参见图 1-5、图 1-6。图 1-6 是  $J_6$  轴逆时针旋转了的机械 IF 坐标系。

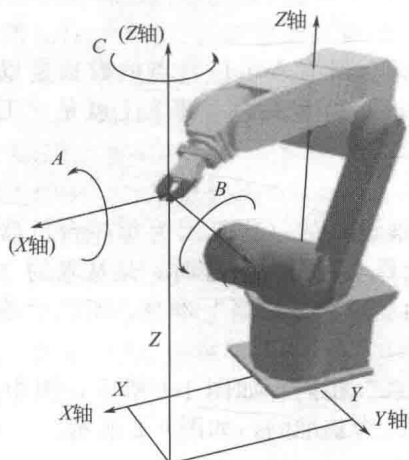


图 1-3 基本坐标系

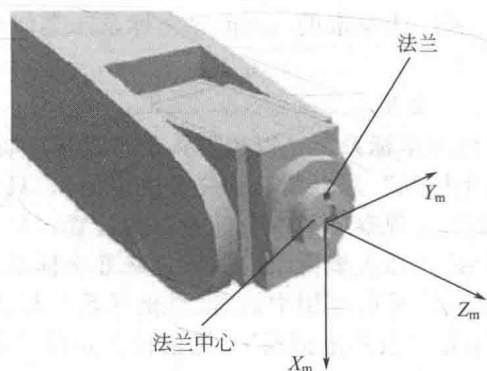


图 1-4 机械 IF 坐标系的定义

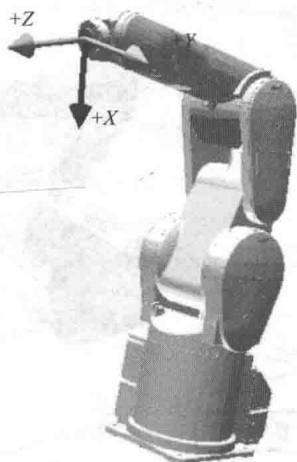


图 1-5 机械 IF 坐标系的图示

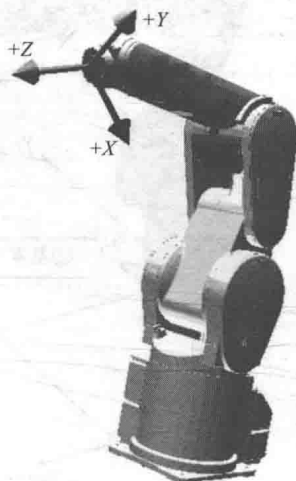


图 1-6  $J_6$  轴逆时针旋转了的机械 IF 坐标系

# 1.1.4 工具 (TOOL) 坐标系

## (1) 工具 (TOOL) 坐标系的定义及设置基准

① 定义 由于实际使用的机器人都要安装夹具抓手等辅助工具，所以，机器人的实际控制点就移动到了工具的中心点上。为了控制方便，以工具的中心点为基准建立的坐标系就是“TOOL”坐标系。

② 设置 由于夹具抓手直接安装在机械法兰面上，所以“TOOL”坐标系就是以机械 IF 坐标系为基准建立的。建立“TOOL”坐标系有参数设置方法和指令速度法，实际上都是确定“TOOL”坐标系原点在机械 IF 坐标系中的位置和形位 (POSE)。

“TOOL”坐标系的原点数据：“TOOL”坐标系与机械 IF 坐标系的关系如图 1-7 所示。“TOOL”坐标系用  $X_t$ - $Y_t$ - $Z_t$  表示。“TOOL”坐标系是在机械 IF 坐标系基础上建立的。在“TOOL”坐标系的原点数据中， $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  表示“TOOL”坐标系在机械 IF 坐标系内的直交位置点， $A$ 、 $B$ 、 $C$  表示“TOOL”坐标系绕机械 IF 坐标系  $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $Z_m$  轴的旋转角度。

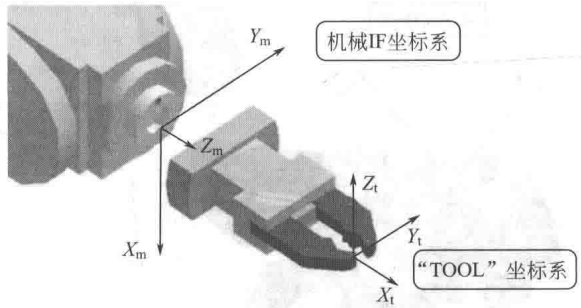


图 1-7 “TOOL”坐标系与机械 IF 坐标系的关系

“TOOL”坐标系的原点不仅可以设置在“任何”位置，而且坐标系的形位 (POSE) 也可以通过  $A$ 、 $B$ 、 $C$  值任意设置 (相当于一个立方体在一个万向轴接点任意旋转)。在图 1-7 中，“TOOL”坐标系绕  $Y$  轴旋转了  $-90^\circ$ ，所以  $Z_t$  轴方向就朝上 (与机械 IF 坐标系中的  $Z_m$  方向不同)。而且当机械法兰面旋转 ( $J_6$  轴旋转) 时，“TOOL”坐标系也会随着旋转，分析时要特别注意。

## (2) 动作比较

### ① JOG 或示教动作

A. 未设置“TOOL”坐标系时，使用机械 IF 坐标系，以出厂值法兰面的中心为“控制点”，在  $X$  方向移动 (此时， $X$  轴垂直向下)，其移动形位 (POSE) 如图 1-8 所示。

B. 设置了“TOOL”坐标系后，以“TOOL”坐标系动作。注意在  $X$  方向移动时，是沿着“TOOL”坐标系的  $X_t$  方向动作的。这样就可以平行或垂直于抓手面动作，使 JOG 动作更简单易行，如图 1-9 所示。

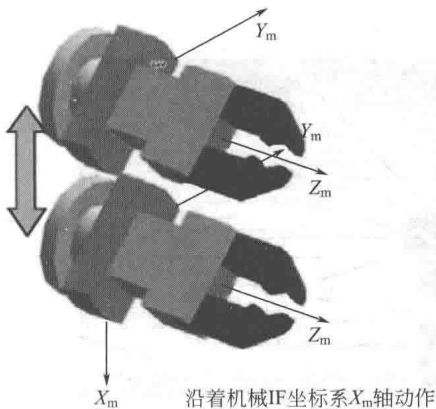


图 1-8 在“TOOL” X 方向移动的形位

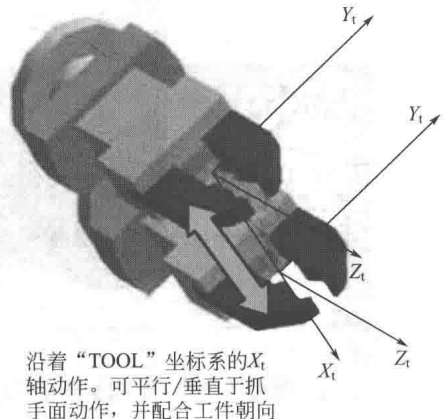


图 1-9 在“TOOL”坐标系  $X_t$  方向移动

### C. A 方向动作。

a. 未设置“TOOL”坐标系时，使用机械 IF 坐标系，绕  $X_m$  轴旋转，抓手前端大幅度摆动，如图 1-10 所示。

b. 设置“TOOL”坐标系绕  $X_t$  轴旋转。设置“TOOL”坐标系后，绕  $X_t$  轴旋转，抓手前端绕工件旋转。在不偏离工件位置的情况下，改变机器人形位 (POSE)，如图 1-11 所示。

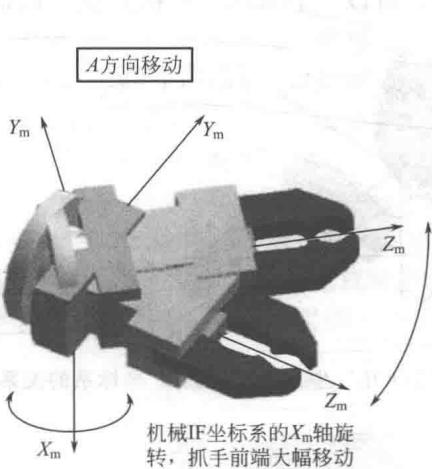


图 1-10 A 方向的动作

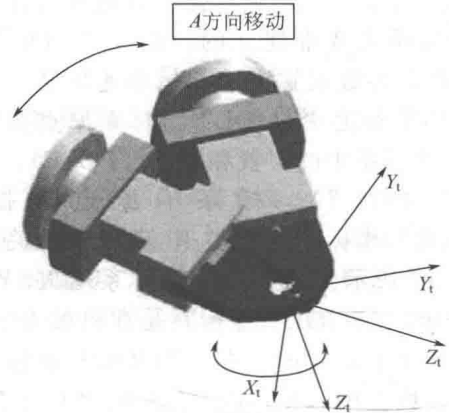


图 1-11 在“TOOL”坐标系中绕  $X_t$  轴旋转

以上是在 JOG 运行时的情况。

### ② 自动运行

a. 近点运行。在自动程序运行时，“TOOL”坐标系的原点为机器人“控制点”。在自动程序中，定位点是以“世界坐标系”为基准的。但是，Mov 指令中的近点运行功能中的“近点”的位置则是以“TOOL”坐标系的  $Z_t$  轴正负方向为基准移动的。这是必须充分注意的。

指令例句：

```
1 Mov P1,50
```

其动作是：将“TOOL”坐标系原点移动到  $P_1$  点的“近点”，“近点”为  $P_1$  点沿“TOOL”坐标系的  $Z_t$  轴 + 向移动 50mm (图 1-12)。

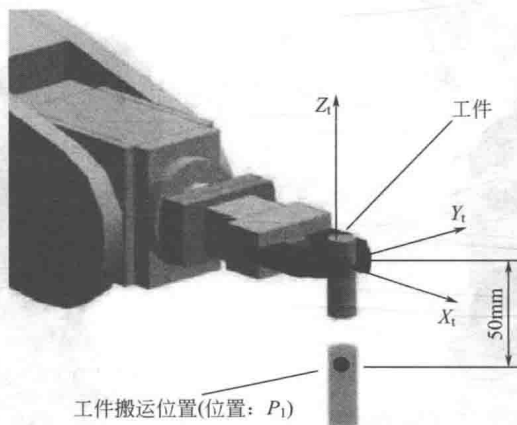


图 1-12 在“TOOL”坐标系中的近点动作