

第 1 章 焊接机器人

知识目标

了解焊接机器人技术参数、焊接机器人组成形式、机器人控制原理、机器人运动数据、机器人示教编程及示教再现的概念。

能力目标

1. 理解机器人动作原理。
2. 了解机器人的设备构成和技术参数。
3. 掌握机器人安全条例及操作规程。

情感目标

培养学生的安全意识和规范操作意识。

1.1 焊接机器人技术参数及规格

1.1.1 机器人本体

1. 机器人本体技术参数

焊接机器人主要由机器人本体、控制柜、示教器和焊接电源等组成。TM-1400 机器人本体（机器人手臂）、控制柜及示教器如图 1-1 所示，它采用的是弧形前伸手臂，增加了机器人的动作空间，手腕部位设计小巧，可减少与工件干涉。TM 系列机器人本体技术参数如表 1-1 所示。



图 1-1 TM-1400 机器人本体（机器人手臂）、控制柜及示教器

表 1-1 TM 系列机器人本体技术参数

项 目				规 格	
				TM-1400	TM-1800
结构				6 轴独立多关节型	
动作范围	手臂	RT 轴（回转）	正面基准	$\pm 170^\circ$	$\pm 170^\circ$
		UA 轴（上举）	垂直基准	$-90^\circ \sim +155^\circ$	$-90^\circ \sim +165^\circ$
		FA 轴（前伸）	水平基准	$-195^\circ \sim +240^\circ$	$-205^\circ \sim +240^\circ$
			上臂基准	$-85^\circ \sim +180^\circ$	$-85^\circ \sim +180^\circ$
	手腕	RW 轴（旋转）		$\pm 190^\circ$	$\pm 190^\circ$
		BW 轴（弯曲）	前臂基准	$-130^\circ \sim +110^\circ$	
		TW 轴（扭转）		焊枪电缆外置型： $\pm 400^\circ$ （出厂默认设置）。 焊枪电缆内藏型： $\pm 220^\circ$ 。 焊枪电缆分离型： $\pm 220^\circ$	
动作领域	手臂动作断面积	P 点		3.80m ²	6.10m ²
		O 点		3.52m ²	6.47m ²
	手臂前后动作距离（转动轴中心基准）	P 点		-1117~+1437mm	-1489~+1809mm
		O 点		-1093~+1413mm	-1465~+1785mm
	手臂上下动作距离（机器人上下基准）	P 点		-803~+1697mm	-1204~+2069mm
		O 点		-779~+1673mm	-1180~+2045mm
瞬时最大速度	手臂	RT 轴（回转）		3.93rad/s (225(°)/s)	3.40rad/s (194(°)/s)
		UA 轴（上举）		3.93rad/s (225(°)/s)	3.43rad/s (196(°)/s)
		FA 轴（前伸）		3.93rad/s (225(°)/s)	3.57rad/s (204(°)/s)
	手腕	RW 轴（旋转）		7.42rad/s (425(°)/s)	
		BW 轴（弯曲）		7.42rad/s (425(°)/s)	
		TW 轴（扭转）		10.98rad/s (629(°)/s)	
最大可搬质量				6kg	
手臂部最大负荷	扭矩	RT 轴（回转）		12.2N·m (1.24kgf·m)	
		UA 轴（上举）		12.2N·m (1.24kgf·m)	
		FA 轴（前伸）		5.29N·m (0.54kgf·m)	
	惯量	RT 轴（回转）		0.283kg·m ² (0.028kgf·m·s ²)	
		UA 轴（上举）		0.283kg·m ² (0.028kgf·m·s ²)	
		FA 轴（前伸）		0.057kg·m ² (0.0058kgf·m·s ²)	
重复定位精度				$\pm 0.08\text{mm}$ 以内	
位置检出器				带多旋转数据备份	
驱动力	手臂	RT 轴（回转）		750W (AC 伺服电动机)	1600W (AC 伺服电动机)
		UA 轴（上举）		1600W (AC 伺服电动机)	2000W (AC 伺服电动机)
		FA 轴（前伸）		750W (AC 伺服电动机)	750W (AC 伺服电动机)
	手腕	RT 轴（回转）		100W (AC 伺服电动机)	150W (AC 伺服电动机)
		UA 轴（上举）		100W (AC 伺服电动机)	100W (AC 伺服电动机)
		FA 轴（前伸）		100W (AC 伺服电动机)	100W (AC 伺服电动机)

续表

项 目	规 格	
	TM-1400	TM-1800
制动	带全轴制动	
安全姿态	普通 (天吊)	
搬运及保存温度	-25~60℃	
机器人本体质量	170kg	215kg

补充说明:

松下 TM 系列机器人是 TA 系列机器人的升级版, 根据焊枪电缆的不同配置分为焊枪电缆分离型、焊枪电缆内藏型、焊枪电缆外置型。

2. 机器人控制器技术规格

机器人控制器是机器人系统的核心部分, 包括控制柜和示教器两部分, 控制柜的小型化使得其占用空间更少。G_m型机器人使用 64 位 CPU, 处理速度更快, 通过选装最多可控制 27 个轴, 标准存储容量达 40 000 个点; 根据安全标准设计, 可以同先进的数字焊机通信, 数字化设置焊接条件; 采用 Windows CE 系统的控制器, 操作性能大幅度提高, 符合国际标准的安全性要求, 具有自动停止功能; 配备 IT 通信接口, 可与互联网连接。G_m型机器人控制器技术规格如表 1-2 所示。

表 1-2 G_m型机器人控制器技术规格

项 目	规 格
名称	G _m 型机器人控制器
外形尺寸	(W) 553mm×(D) 550mm×(H) 681mm
质量	60kg (不含示教器及连接电缆)
外壳防护等级	相当于 IP32 (机器人控制柜为密闭防尘结构)
接地	必须进行保护接地 (PE); 根据系统要求, 可能需要进行功能接地 (FE)
冷却方式	间接风冷 (内部循环方式)
存储容量	标准 40 000 个点 (可连接外部存储设备扩大存储容量)
控制轴数	同时控制 6 个轴 (最多控制 27 个轴)
编程方式	示教再现
位置控制方式	软件伺服控制
速度控制方式	线速度固定控制 (连续轨迹控制时)
输入电源	三相 AC (200±20) V、3kV·A、50Hz/60Hz 通用
输入/输出信号	专用信号: 输入 6/输出 8。 通用信号: 输入 40/输出 40。 最大输入/输出: 输入 2048/输出 2048
外部存储接口	示教器: SD 卡插槽×1, USB 接口×2
速度范围	最大速度控制在安全速度范围内 (0.01~15m/min) (出厂默认设置: 15m/min) 0.01~180m/min (直接输入数值)

3. 机器人尺寸规格及动作范围

(1) 示教器尺寸规格。

示教器 (Teach Pendant) 是进行机器人操作、程序编写、参数设置及监控的手持装置, 是人机对话的窗口, 类似于计算机的操作键盘和显示器。示教器尺寸规格如图 1-2 所示, G_{III} 型机器人示教器采用 7in (1in=2.54cm) 彩色液晶屏显示, 界面文字可根据需要设置为中文、英文或日文。示教器质量约为 0.98kg (不含连接电缆)。

(2) 控制柜尺寸规格。

机器人控制柜外部为具有屏蔽功能的金属外壳, 控制柜内部由背板、主 CPU 板、伺服 CPU 板、次序板、安全板、焊接控制板、电源板等主要部件组成, 内部还有冷却风扇用于散热。控制柜主视和俯视两个方向的尺寸规格如图 1-3 所示。

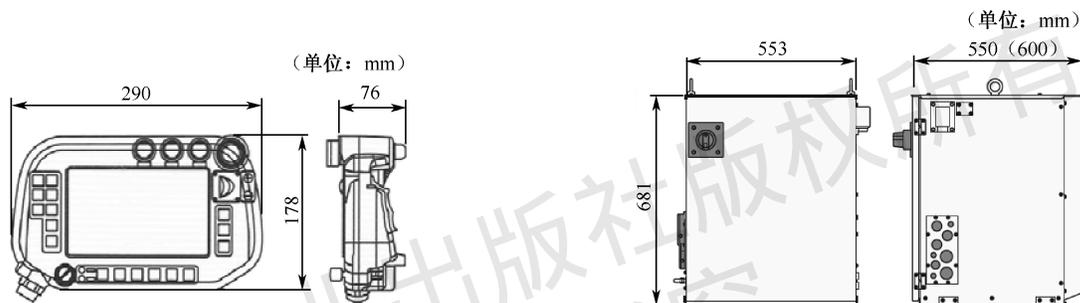


图 1-2 示教器尺寸规格

图 1-3 控制柜主视和俯视两个方向的尺寸规格

(3) 机器人本体尺寸规格。

机器人本体主要包括高强度金属臂、驱动装置 (伺服电动机)、减速装置 (谐波传动减速器和 RV 摆线针轮减速机等)、传动装置 (链条、皮带、连杆等)、检测装置 (编码器、关节角反馈电路等)、连接电缆等。机器人本体可采用地装、壁装和吊装安装方式, 也可装在行走机构上以扩大动作范围。TM 系列机器人本体尺寸规格如图 1-4 所示。

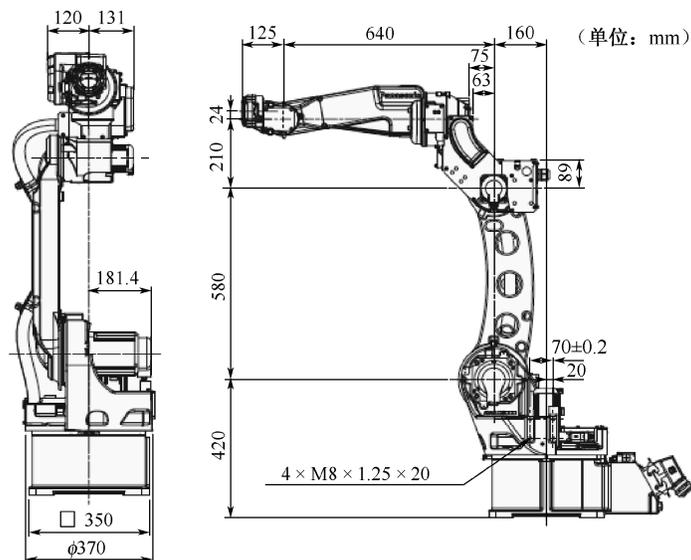


图 1-4 TM 系列机器人本体尺寸规格

(4) 机器人动作范围。

TM-1400 机器人理论伸展距离为 1400mm。实际上一般以 P 点的最大伸展距离为最大臂伸长, TM-1400 机器人的最大臂伸长为 1437mm。TM-1400 机器人动作范围的侧视图和俯视图如图 1-5 所示。其中阴影部分为有效动作范围, 机器人整个动作空间为一个球形。

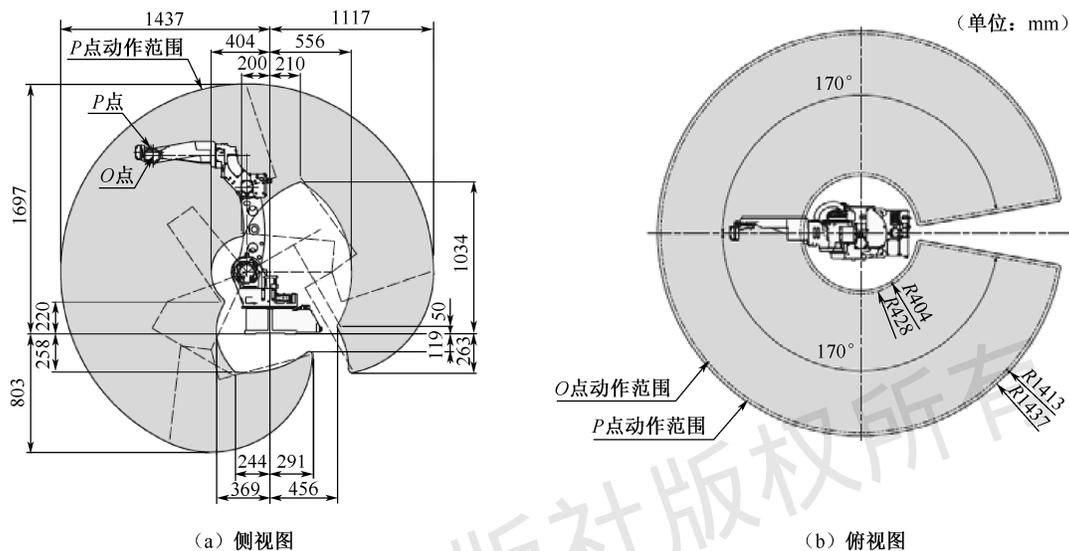


图 1-5 TM-1400 机器人动作范围的侧视图和俯视图

1.1.2 焊接电源

1. 工业机器人与焊接电源

工业机器人只有配上执行机构才具有使用价值, 工业机器人与不同的焊接电源组合, 可构成不同功能的焊接机器人, 如图 1-6 所示。



图 1-6 工业机器人与不同的焊接电源组合图示

2. 焊接电源主要技术参数

焊接机器人对焊接电源的技术性能要求较高, 焊接电源需要采用进行数字信号传输的全

数字焊机，并具有与工业机器人进行通信的接口电路，以便能够在示教器上设置和修改焊接参数。例如，唐山松下生产的焊接碳钢和不锈钢的 GS6 系列焊接电源技术参数如表 1-3 所示。

表 1-3 唐山松下生产的焊接碳钢和不锈钢的 GS6 系列焊接电源技术参数

项 目	规格	
	YD-350GS6	YD-500GS6
额定输入电源相数	三相 AC 380V	
输入电源频率	50Hz/60Hz	
额定输入容量	17.6kV · A/13.5kW	28.2kV · A/24.3kw
额定输出空载电压	DC 76V	DC 80V
额定输出电流	DC 350A	脉冲“无” DC 500A。 脉冲“有” DC 400A
额定输出电压	31.5V	39V
额定负载持续率 ^①	60%	100%
输出电流范围 ^②	DC 40~430A	脉冲“无” DC 60~500A。 脉冲“有” DC 60~400A
输出电压范围 ^③	16~35.5V	17~39V
控制方式	IGBT 逆变方式	
存储器	100 通道 存储·调用	
焊接法 ^④	CO ₂ /MAG/脉冲 MAG/不锈钢 MIG/不锈钢脉冲 MIG	
波形控制功能	数字设置	
指令序列功能	起弧/焊接—收弧/初期—焊接—收弧/点焊	
保护气体	CO ₂ 焊接: CO ₂ 100%。 MAG 焊接: Ar80%, CO ₂ 20%。 不锈钢 MIG 焊接: Ar 98%, O ₂ 2%; 或者 Ar 98%, CO ₂ 2%	
适用焊丝直径 ^⑤	0.8mm/0.9mm/1.0mm/1.2mm	1.2mm/1.4mm/1.6mm
焊丝材料	碳钢/碳钢药芯/不锈钢/不锈钢药芯	
提前送气时间	0~10s 连续调节 (0.1s 递增)	
滞后停气时间	0~10s 连续调节 (0.1s 递增)	
点焊时间	0.3~10s 连续调节 (0.1s 递增)	
输入电源端子	端子台 (三相用, M5 螺栓固定)	
输出端子	螺栓带紧固方式 (M10 附带螺栓)	
外壳防护等级	IP23	
绝缘等级	200℃ (主变 155℃)	
电磁兼容分类	A 类	
冷却方式	强制风冷	

续表

项 目	内 容	
	YD-350GS6	YD-500GS6
外形尺寸 (长×宽×高)	750mm×380mm×655mm	750mm×380mm×875mm
质量	72kg	108kg

- ① YD-350GS6 机型部分脉冲焊接数据因脉冲参数设置不同负载持续率可能有变化, 具体视设置的参数而定。
- ② 按 GB 15579.1—2013 规定在电阻负载下测得的焊接电源输出电流范围如下。
YD-350GS6: DC 30~430A。YD-500GS6: 脉冲“无” DC 30~500A、脉冲“有” DC 30~400A。
- ③ 输出电压范围是按 GB 15579.1—2013 规定在电阻负载下测得的焊接电源输出电压范围。
- ④ YD-350GS6HGE、YD-350GS6HGM 不能进行脉冲焊接。
- ⑤ 具体各机型不同规范适用的焊丝直径参考“焊接法”类型。

3. 工业机器人与焊接电源的选配规格

具体选择哪种焊接电源与工业机器人组合, 应视焊接工艺要求而定。另外, 不同型号的焊接电源的配置不同, 如 CO₂/MAG 与 MIG、TIG 焊枪各异, 350A 与 500A 焊接电源所配附件不同, 选型时要根据不同规格做适当选配。TM 系列焊接机器人选配表 (参考) 如表 1-4 所示。

表 1-4 TM 系列焊接机器人选配表 (参考)

No.	名 称	型 号		说 明	备 注
机器人综合					
1	机器人本体	YA-1VAR61CJ0 (TM1400G3)	YA-1VAR81C00 (TM1800G3)	—	机器人本体、控制柜、示教器
	控制柜				
	示教器 (含 10m 电缆)				
	机器人连接电缆	TSMWU894LM		通用 4m 标准机连接电缆	—
2	电缆单元	TSMWU600		YD-350GS6 用	气管/焊接电缆/控制电缆/串口通信电缆/输入电缆组件
		TSMWU601		YD-500GS6 用	
3	200V/380V 变压器	TSMTR010HGH		机器人通用	可与机器人控制柜叠放
4	RT 轴安装焊丝盘架	TSMYU204		机器人通用	含 1.4m 后送丝管
5	电缆固定单元	—	TSMYZ483	TM1800G3 用	—
附 件					
6	焊接电源	YD-350GS6HWK		YD-350GS6 焊机	CO ₂ /MAG/MIG 低飞溅焊机
		YD-500GS6HWK		YD-500GS6 焊机	MIG/MAG 脉冲焊机
		YD-500WX4HWK		YD-500WX4 焊机	直流、交流 TIG 脉冲焊机
		YD-400TX4HWK		YD-400TX4 焊机	直流 TIG 脉冲焊机
7	送丝装置	YW-CRF011HAE		外置型, 标配 1.2mm 送丝轮	适用丝径: 1.0mm/1.2mm
		YW-CRF011HBE		内藏型, 标配 1.2mm 送丝轮	

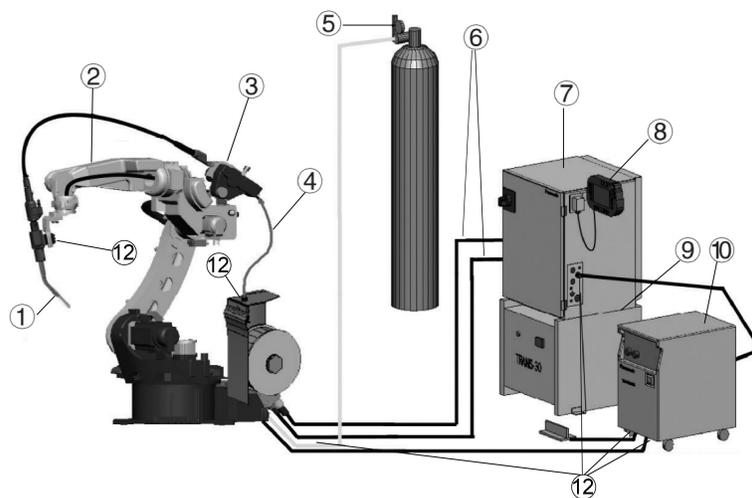
续表

No.	名称	型号	说明	备注	
附件					
8	焊枪	TSMKU833	外置型	300A 标配适用丝径: 1.2mm	
		TSMKU836		500A 标配适用丝径: 1.2mm	
		TSMKU835	内藏型	300A 标配适用丝径: 1.2mm	
		TSMKU977		500A 标配适用丝径: 1.2mm	
9	中继线扎	TSMWU967	YD-350GS6/YD-500GS6 用	配送丝机使用	
10	焊枪电缆	TSMWU872	—	外置型	—
		—	TSMWU873	外置型	—
		TSMKU876	—	内藏型	—
		—	TSMWU877	内藏型	—
11	气体流量计	W-201THNM	CO ₂ /MAG		带加热器
		YX-25AJ1HAE	Ar		无加热器

1.1.3 焊接机器人设备构成

1. 焊接机器人设备

由机器人和焊接电源组合而成的部品被称为焊接机器人设备（企业称之为单体），通常由标准型号的工业机器人和与之配套的焊接设备构成。焊接机器人设备的基本构成如图 1-7 所示。



- ①—焊枪；②—机器人本体；③—送丝机；④—后送丝管；⑤—气体流量计；⑥—机器人连接电缆；
⑦—控制柜；⑧—示教器；⑨—变压器（200V/380V）；⑩—焊接电源；⑪—电缆单元；
⑫—安全支架；⑬—焊丝盘架（焊接量较大时多选用桶装焊丝）。

图 1-7 焊接机器人设备的基本构成

[焊丝和气瓶不属于焊接机器人设备（标准品）范畴]

2. 焊接机器人系统

实际应用于生产的是焊接机器人系统除焊接机器人设备以外,还包括外部控制电路、变位机、底座、工作台、工装夹具及周边配套设施等非标准设备。焊接机器人系统也被称为焊接机器人工作站。

1.2 机器人工作原理

1.2.1 机器人运动学和机器人动力学

1. 机器人运动学

机器人运动学的研究内容:一般可以将机器人看作一个开链式多连杆机构,始端连杆就是机器人的机座,末端连杆与工具相连,相邻连杆之间用一个关节(轴)连接。机器人运动学主要解决两个方面的问题。

(1) 运动学正运算:已知各关节角值,求工具在空间中的位姿。

(2) 运动学逆运算:已知工具在空间中的位姿,求各关节角值。关节及连杆参数标识示意图如图 1-8 所示。其中, α_{i-1} 、 θ_i 为关节角; a_{i-1} 、 d_i 、 a_i 为相邻连杆之间的轴心距。

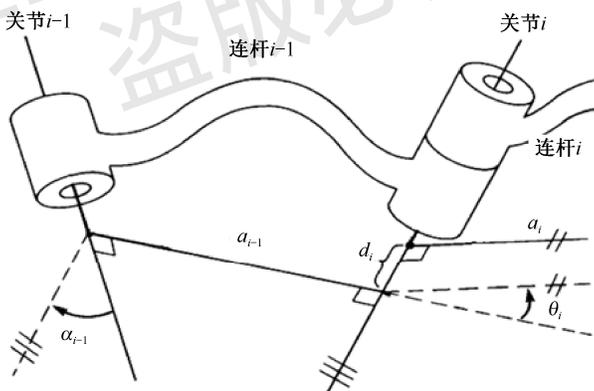


图 1-8 关节及连杆参数标识示意图

2. 机器人动力学

机器人动力学主要研究机器人运动和受力之间的关系。机器人动力学的正问题和逆问题如下。

(1) 正问题:已知机器人各关节的作用力或力矩,求机器人各关节的位移、速度和加速度(运动轨迹)。

(2) 逆问题:已知机器人各关节的位移、速度和加速度,求解所需要的关节作用力或力矩。机器人手臂关节链示意图如图 1-9 所示。

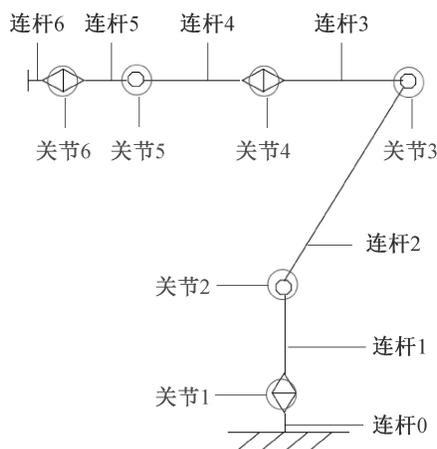


图 1-9 机器人手臂关节链示意图

1.2.2 控制原理和动作原理

1. 控制原理

在机器人运动学中，已知机器人末端执行器欲到达的位姿，通过求解运动方程可求出各关节需转动的角度，称为运动学逆运算。其运动过程中各个关节的运动并不是相互独立的，而是各轴相互关联、协调运动的。机器人运动的控制实际上是通过各轴伺服系统分别控制来实现的。因此，机器人末端执行器的运动必须分解为各个轴的分运动，即末端执行器运动的速度、加速度、力或力矩必须分解为各个轴的速度、加速度、力或力矩，由各轴伺服系统的独立控制来完成。

目前的机器人多采用分布式计算机控制，分为两个层次：第一个层次为伺服控制器，每个关节电动机（伺服电动机）配置一套伺服控制器，实现伺服电动机的位移、速度、加速度及力或力矩的闭环控制；第二个层次为上位计算机，负责轨迹上示教点的生成、人机交互及其他一些管理任务。机器人位置控制框图如图 1-10 所示。

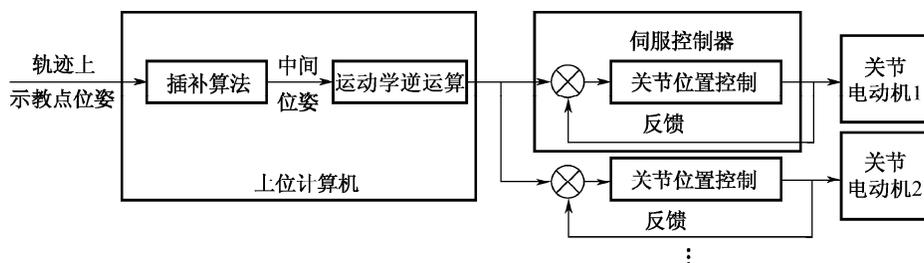


图 1-10 机器人位置控制框图

2. 动作原理

机器人动作原理：编程人员根据机器人作业任务需要，先通过示教器向机器人输入动作程序，再将采集到的机器人手臂姿态所对应的关节角储存起来，并将其变成指令序列，然后运行这些程序，以及工具末端（焊丝末端）所在轨迹上示教点位姿的插补指令，通过机器人

运动学逆运算, 由这些点的坐标求出机器人各关节的位置和角度, 最后由位置伺服闭环控制系统实现要求的轨迹。机器人控制器与各部分的连线示意图如图 1-11 所示, 其中操作盒是外部操作按钮, 可进行预约启动、暂停、紧急停止等操作。

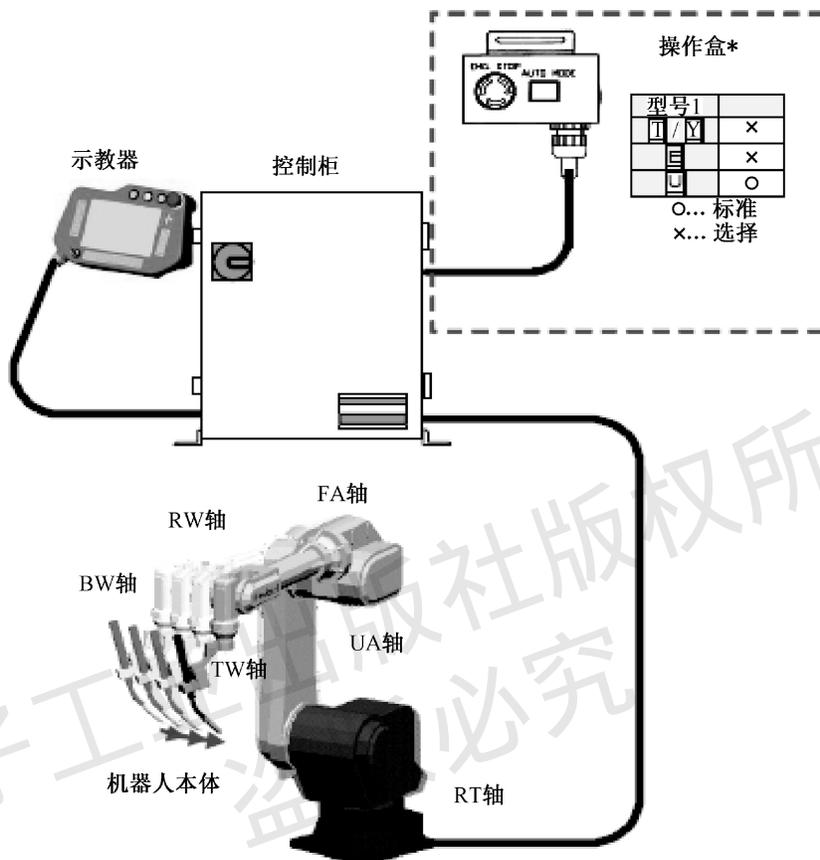


图 1-11 机器人控制器与各部分的连线示意图

1.2.3 机器人示教再现

示教再现是指通过移动机器人焊枪, 按照工作顺序确定焊枪姿态并存储焊丝端部, 即 TCP (Tool Center Point, 工具中心点) 坐标, 调用各种指令和设置参数, 并生成一个机器人焊接作业程序, 通过自动运行使机器人可以重复地顺序执行一系列焊接作业程序。机器人示教再现图示如图 1-12 所示。



图 1-12 机器人示教再现图示

根据机器人编程的作业特点,通常把操作机器人移动焊枪、存储 TCP 坐标的过程称为“示教”,“示教”与“程序编辑”一并被称为“示教编程”。

1.2.4 机器人运动数据

机器人运动数据包括以下几种。

- (1) 示教点 1、示教点 2 (P1、P2) 的坐标数据。
- (2) 由示教点 1 向示教点 2 移动的速度。
- (3) 机器人在示教点的工作状态 (焊接或空走)。
- (4) 由示教点 1 向示教点 2 移动的运动方式 (插补), 如图 1-13 所示。

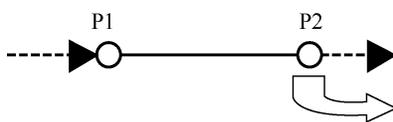


图 1-13 示教点的运动方式示意图

1.3 机器人安全条例及操作规程

1.3.1 机器人安全条例

1. 安装、维修和保养机器人时应切断总电源 (空气开关)

在对机器人进行的安装、维修和保养时,切记要将总电源切断。带电作业可能会产生严重后果,如不慎遭高压电击可能会导致人烧伤、心跳停止或其他严重伤害。

2. 与机器人保持足够的安全距离

严禁无关人员在机器人动作范围内活动,没有防护栏的机器人系统应设定安全警戒线,在机器人工作时所有人员应撤离到安全警戒线以外。工作人员应时刻与机器人保持足够的安全距离。

3. 静电放电的防范

非专业人员禁止随意触碰控制器内线路板上的元器件。在有静电放电标识的情况下,要做好防静电工作 (穿防静电服、佩戴防静电工具等)。

4. 紧急停止

紧急停止优先于机器人任何其他控制操作,它会切断机器人伺服电动机的电源,停止所有运行。出现下列情况时应立即按下任一紧急停止按钮 (红色按钮)。

- (1) 机器人运动时工作区域内有工作人员。
- (2) 机器人将要伤害工作人员或损伤机器设备。

5. 灭火

当发生火灾时，确保全体人员安全撤离后再行灭火。应首先处理受伤人员。当电气设备（如机器人本体或控制器）起火时，使用 CO₂ 灭火器灭火，切勿使用水或泡沫灭火。

6. 工作中的安全

- (1) 当在机器人动作范围内有工作人员时，停止操作或手动操作机器人系统。
- (2) 当工作人员必须进入通电的机器人动作范围时，另一个人须拿好示教器，以便随时控制机器人。
- (3) 旋转或运动的工具不许接近机器人，如切削工具等。
- (4) 注意焊后工件和机器人系统的高温表面，以免烫伤。
- (5) 注意夹具并确保夹好工件。如果夹具打开，那么工件会脱落，可能会导致人员受伤或设备损坏。夹具非常有力，如果不按照正确的方法操作，那么也会导致人员受伤。
- (6) 注意液压系统、气压系统及带电部件，断电后，这些部件上残余的电量也很危险。

7. 示教器的安全

(1) 机器人的示教器在任何情况下受到摔打、磕碰都有可能损坏。在停止示教时，要将其挂到专门存放示教器的指定位置上，以防意外摔到地上，如图 1-14 所示。



图 1-14 示教器悬挂示意图

- (2) 示教器的控制电缆应顺放在人踩踏不到的位置，并留出适当的长度，使用时应避免用力拉拽和踩踏。
- (3) 切勿划伤或磨损屏幕，以免导致示教器显示模糊不清。
- (4) 定期清洁示教器屏幕，使其保持清洁。使用软布蘸少量水或中性清洁剂轻轻擦拭。切忌使用溶剂、洗涤剂或擦洗海绵清洁。
- (5) 当示教器没有连接 USB 设备时，务必盖上 USB 接口保护盖。示教器长时间暴露在灰尘中会造成 USB 接口发生中断、接触不良等故障。

8. 示教模式下的安全

初学者在示教模式下将机器人的空走速度设定为中速（10m/min），以确保安全。

9. 运行模式下的安全

当在运行模式下运行机器人程序时，务必确认暂停按钮和紧急停止按钮都处于可控状态。

10. 检查、维护、保养及清洁

机器人应定期检查、维护、保养及清洁，发现异常问题要及时处理，以保证机器人在正常情况下使用。避免用潮湿的抹布擦拭机器人本体、示教器和控制柜。

11. 注意警示牌

要严格遵守装贴在机器人上的警示牌上的警示标志，以免造成人身伤害或设备损坏，安全注意事项有“危险”“注意”“强制”“禁止”四大类警示标志，如表 1-5 和表 1-6 所示。

表 1-5 须引起注意的警示标志

警示标志	标志名称	描 述
	危险	不当的行为和操作可能带来危险，将导致包括死亡或严重个人损伤的危险意外事件
	①警告	“警告”意味着操作不当将导致潜在的包括死亡或严重个人损伤的危险意外事件
	②小心	“小心”意味着操作不小心将导致潜在的包括不同程度或轻微个人伤害的危险意外事件及对设备的潜在的损坏
	③注意	“注意”事项表示可能导致中等程度伤害、轻伤事故或物件损坏，也可能因情况不同而产生严重后果，因此任何一条“注意”事项都极为重要，要务必遵守

表 1-6 强制性的警示标志

警示标志	符号标志	描 述
	强制	必须执行的操作，如接地
	禁止	不能执行的操作

1.3.2 机器人操作规程

(1) 将组对好的工件固定在工作台的适当位置上，编程现场要做到光线充足、通风良好。操作机器人须经指导教师同意。所有无关人员应退至安全区域（机器人动作范围以外）。

(2) 机器人送电程序：先闭合总电源，然后闭合机器人变压器电源，再闭合焊接电源，最后旋开机器人控制柜电源开关。

(3) 机器人断电程序：先关闭机器人控制柜电源开关，然后断开焊接电源，再断开机器人变压器电源，最后断开总电源（空气开关）。

(4) 机器人控制柜送电后，系统启动（数据传输）需要一定的时间，要等待示教器的屏幕进入操作界面后再进行操作。

(5) 在示教过程中，操作人员要佩戴安全帽，并且要将示教器时刻拿在手上，不要随意

乱放，左手套到示教器挂带里，避免示教器失手掉落。控制电缆顺放在不易被踩踏的位置，在使用中不要用力拉拽，应留出适当的长度。

(6) 从操作者安全角度考虑已预先设定好一些机器人运行数据和程序，初学者未经许可不要进入这些菜单更改设置，以免发生意外。不要盲目操作。

(7) 程序编制好后，用跟踪操作逐点修改、检查行走轨迹和各种参数，准确无误后旋开（沿逆时针方向转动）保护气瓶阀门，按亮示教器上的“检气”图标，调整气体流量计的悬浮小球至适当位置后，关闭“检气”图标，把示教器的光标移至程序的开始点。

(8) 在进行焊接作业前，先将示教器挂好，将模式选择开关旋转到 AUTO 侧，打开排烟除尘设备，穿好焊接防护服，手持面罩，退至安全警戒线后，再按下机器人启动按钮。

(9) 机器人自动运行过程中如遇危险状况，应及时按下紧急停止按钮，使伺服电动机断电，以免造成人员伤亡或设备损坏。

(10) 结束操作后，不要用手触碰工件，以免烫伤。先将模式选择开关旋转到 TEACH 侧；再放空气管内的残余气体，将机器人归为初始零位，退出示教程序，切断排烟除尘设备电源，关闭（沿顺时针方向转动）保护气瓶阀门；最后把示教器的控制电缆盘整好，将示教器挂在指定的位置，清理完作业现场，在检查无安全隐患后，观察焊缝情况及进行工件焊后清理。

实训项目 1 更换焊丝

【实训目的】更换焊丝是机器人焊接岗位经常性的工作任务，通过练习更换焊丝，可以近距离接触焊接机器人，掌握焊接机器人送丝路径和穿丝方法，观察焊接机器人手臂各关节所在部位，对焊枪、送丝管、送丝轮及导电嘴规格有一个全面了解，为进一步学习焊接机器人操作打下良好的基础。

【实训内容】更换焊丝的方法和步骤。

【工具及材料准备】1.2mm、ER50-6 焊丝一盒，偏口钳一把，手套一副。

【方法及建议】2 人为一个小组，一人对准送丝管入口将焊丝慢慢往上推，另一人在送丝机构处观察，二人协调配合。

【实训步骤】

(1) 剪断焊丝盘与送丝管之间的焊丝，把焊丝盘上的焊丝头穿到焊丝盘侧面的小孔里打结，防止焊丝回松。旋开机器人腰部焊丝轴中心的限位轮，取下焊丝盘，扳开机器人手臂上的四轮送丝机构的加压手柄，并从机器人导电嘴处抽出送丝管内剩余焊丝，如图 1-15、图 1-16 所示。

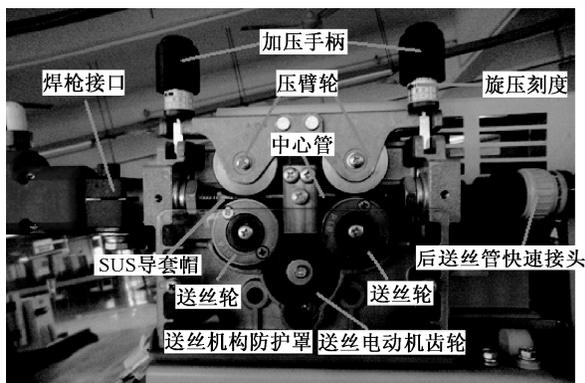


图 1-15 四轮送丝机构

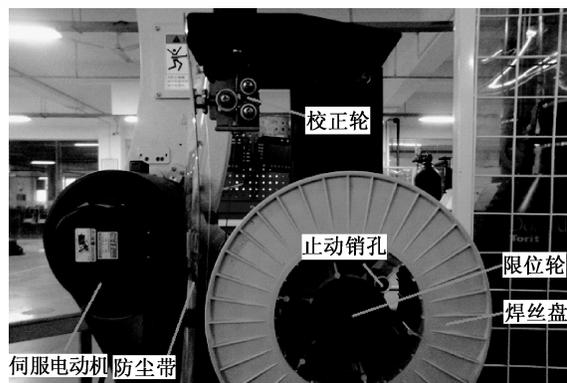


图 1-16 焊丝盘部位

(2) 首先, 把准备好的新焊丝盘装到机器人腰部的送丝盘轴上, 需要注意的是, 焊丝要与送丝管入口同向。其次, 旋紧送丝盘限位轮, 剪断打结弯曲部分的焊丝, 将焊丝穿过校正轮, 送入后送丝管。手动送丝速度不宜过快, 如果出现卡丝现象, 就回抽一下再试送。当焊丝穿到机器人手臂上的送丝机构时, 另一人取下送丝机构防护罩, 用手配合调整焊丝, 使它穿过送丝机构的中心管, 直至焊丝穿过送丝机构进入焊枪接口部位的后送丝管。

(3) 先用手向下合上两个压臂轮, 再向上合上两个加压手柄, 转动加压手柄到刻度 1.2mm 标记处, 一人按示教器上的“出丝”图标或“退丝”图标, 另一人观察送丝轮是否转动和送丝, 直至将焊丝送出导电嘴 10mm 左右的长度后停止送丝。示教器上的图标如图 1-17 所示。



图 1-17 示教器上的图标

❗ 注意事项:

(1) 送丝管入口处的校正轮起焊丝校正作用, 调整校正轮使焊丝处于水平和无窜动状态后, 锁紧校正轮。

(2) 压臂轮的压力应适当, 压力过大会损伤焊丝, 压力太小会出现焊丝打滑现象, 应旋动加压手柄到刻度 1.2mm 标记处作为参照。若发现送丝轮打滑不送丝, 则通常是因为焊丝卡在了导电嘴与枪管的接口位置, 不要继续按动“出丝”图标或“退丝”图标, 以免烧坏送丝保险。解决方法是先用扳手将导电嘴逆时针旋下, 再按动“出丝”图标或“退丝”图标, 待焊丝送出枪管后, 再将焊丝穿进导电嘴, 将导电嘴旋紧后, 剪掉多余的焊丝。

【实训报告 1】

实训报告 1

实训名称	更换焊丝		
实训内容与目标	熟练掌握更换焊丝的方法与步骤		
考核项目	熟悉焊接机器人送丝路径及各部位的作用和名称		
	焊丝、送丝轮、导电嘴的规格是否统一		
小组成员			
具体分工			
指导教师		学生姓名	
实训时间		实训地点	
计划用时/min		实际用时/min	
实训准备			
主要设备	辅助工具	学习资料	
焊接机器人			
备注			
1. 简述更换焊丝的工作流程。			
2. 说明送丝路径各部位的名称。			
3. 收获与体会。			

第 1 章 单元测试题

一、判断题 (下列判断题中, 正确的请打“√”, 错误的请打“×”)

1. 机器人专指焊接机器人。 ()
2. 焊接机器人的 6 个轴分别是 RT 轴、UA 轴、EA 轴、RW 轴、DW 轴、TW 轴。 ()

3. TM-1400 机器人的最大承载质量是 8kg。 ()
4. TM-1400 机器人 P 点的最大伸展距离是 1437mm。 ()
5. TM-1400 机器人存储容量是 60 000 个点。 ()
6. 编码器的作用是驱动机器人关节动作。 ()
7. 伺服电动机都是直流电动机。 ()
8. 示教器不用时要放在工作台上。 ()
9. 示教器屏幕要经常用酒精擦拭。 ()
10. 示教时要将示教器的挂带套在左手上。 ()
11. 机器人本体包括手臂、控制柜、示教器。 ()
12. 机器人的示教再现方法无须移动机器人即可实现示教。 ()
13. 插补指令一般只用于修改程序。 ()
14. 为了使作业者在机器人异常动作时能够及时应对, 不要背向机器人, 而且要站在能够安全避让的位置上进行作业。 ()
15. 当必须在有电情况下进行检修工作时, 必须有第二个人在现场进行监护, 在主电源开关处随时做好准备, 并且在检修现场设立必要的安全警示标志。 ()
16. 焊接机器人替代人工焊接的现实意义包括减小劳动强度、提高劳动效率、减少作业成本、改善劳动条件、提升产品质量等。 ()

二、单项选择题 (下列每题的选项中只有 1 个是正确的, 请将其代号填在横线空白处)

1. TM-1400 机器人本体的供电电压是交流_____。
 - A. 三相 220V
 - B. 三相 200V
 - C. 三相 380V
 - D. 单相 220V
2. TM-1400 机器人示教器为使画面清晰, 采用_____显示。
 - A. 7in 彩色液晶显示屏
 - B. 单色背光显示屏
 - C. 8in 彩色液晶显示屏
 - D. 双色背光显示屏
3. TM-1400 机器人控制系统采用的是_____位 CPU。
 - A. 32
 - B. 16
 - C. 64
 - D. 108
4. TM-1400 机器人采用的是_____操作系统的控制器。
 - A. Windows
 - B. Windows CE
 - C. VAL
 - D. DOS
5. G_{III}型机器人示教器显示语言可根据需要设定为_____。
 - A. 英文、日文
 - B. 中文、英文
 - C. 中文、英文、日文、韩文
 - D. 英文、日文、中文

三、多项选择题 (下列每题的选项中至少有 2 个是正确的, 请将其代号填在横线空白处)

1. 工业机器人的类型有_____。
 - A. 操作型机器人
 - B. 程控型机器人
 - C. 示教再现型机器人

- D. 数控型机器人 E. 感觉型机器人 F. 自主移动型机器人
2. 属于 TM-1400 机器人腕关节的轴是_____。
- A. RT 轴 B. UA 轴 C. FA 轴
D. AW 轴 E. BW 轴 F. TW 轴
3. 焊接机器人包括以下哪几部分? _____
- A. 机器人本体 B. 控制柜 C. 示教器
D. 焊接电源 E. 排烟系统 F. 送丝装置

四、问答题

1. TM-1400 机器人有几个轴? 各关节(轴)的名称及定义是什么?
2. 何谓机器人重复定位精度? TM-1400 机器人的重复定位精度是多少?
3. TM-1400 机器人的最大承载质量是多少? 它的最大臂伸长 (P 点的最大伸展距离) 是多少?
4. TM-1400 机器人存储容量是多少个点?
5. TM-1400 机器人采用何种驱动方式及何种反馈方式?
6. 示教器在使用中应注意哪些安全事项?
7. 焊接机器人由哪几部分组成? 何谓机器人本体、机器人单体、机器人系统?