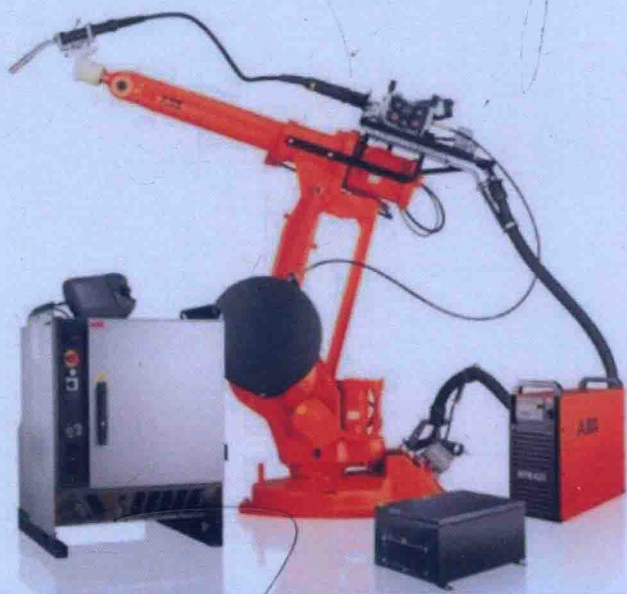



中等职业教育核心课程教材

弧焊机器人操作与编程

HUHAN JIQIREN CAOZUO YU BIANCHENG

主审 唐启焕
主编 韦伟松



 郑州大学出版社


中等职业教育核心课程教材

弧焊机器人操作与编程

HUHAN JIQIREN CAOZUO YU BIANCHENG

主审 唐启焕

主编 韦伟松

 郑州大学出版社

郑州

图书在版编目 (CIP) 数据

弧焊机器人操作与编程 / 韦伟松主编. — 郑州 :
郑州大学出版社, 2017. 7

ISBN 978-7-5645-4033-3

I. ①弧… II. ①韦… III. ①电弧焊—焊接机器人—
操作②电弧焊—焊接机器人—程序设计 IV. ① TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 040669 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人: 张功员

全国新华书店经销

虎彩印艺股份有限公司印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 9.5

字数: 207 千字

版次: 2017 年 7 月第 1 版

邮政编码: 450052

发行部电话: 0371-66966070

印次: 2017 年 7 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-5645-4033-3

定价: 39.00 元

作者名单

主 审 唐启焕

主 编 韦伟松

副主编 梁朝益 蓝晓雨

编 委 韦建军 李国勇 欧志柏

蓝雪芬 覃志奎 王 甦

罗顺明 黄 鹏

内容提要

本书主要介绍了弧焊机器人系统的基本构成、各部分功能及基本操作，并以 ABB 弧焊机器人的操作与编程为主线，详细介绍了弧焊机器人及其周边设备的安装使用、如何手动操纵弧焊机器人、如何使用示教器、如何进行配置机器人 IO 信号、弧焊程序编程的基本程序指令和典型的焊接构件如何编程和操作，此外还介绍了 ABB 机器人专用离线编程软件的使用和机器人工作站的建立。

本书以项目教学方式，基于工作过程设计教学内容。全书有 6 个项目，每个项目包括 1~3 个任务，由浅到深，详细地介绍了机器人的机械系统、驱动系统和控制系统，并将理论知识和实际操作有机结合，让学生通过本书的学习能够很好地掌握弧焊机器人的理论知识，且能进行实际操作。

本书可作为中等职业院校焊接技术及自动化专业的教材，也可作为焊接技术培训单位或职业技能培训单位的培训资料，还可供相关技术人员参考。

前言

随着工业现代化的推进,焊接结构和材料不断更新变化,对焊接技术及焊接效率提出了很高的要求,也促进了焊接工艺的发展和焊接高度自动化的革命,机器人越来越广泛被应用于焊接领域。国内企业对焊接机器人的需求量每年以30%的速度不断增长,与之带来的对焊接机器人操作员的需求量也在日益增长。中国焊接协会为加快焊接机器人技能人才的培养,已在唐山、昆山、南宁和厦门等地成立了机器人焊接培训基地。因此,为适应焊接机器人人才的培养,编写一本兼顾操作技能与理论知识的弧焊机器人操作与编程方面的职业院校课程教材和参考书是十分必要的。

本书主要介绍了弧焊机器人系统的基本构成、各部分功能及基本操作,并以ABB弧焊机器人的操作与编程为主线,详细介绍了弧焊机器人及其周边设备的安装使用、如何手动操纵弧焊机器人、如何使用示教器、如何配置机器人IO信号、弧焊程序编程的基本程序指令和典型的焊接构件如何编程和操作,此外还介绍了ABB机器人专用离线编程软件的使用和机器人工作站的建立。

本书以项目教学方式,基于工作过程设计教学内容。全书有6个项目,每个项目包括1~3个任务,由浅到深,详细地介绍了机器人的机械系统、驱动系统和控制系统,并将理论知识和实际操作有机结合,让学生通过本书的学习能够很好地掌握弧焊机器人的理论知识,且能进行实际操作。

本书由河池市职业教育中心学校的韦伟松同志担任主编,梁朝益、蓝晓雨担任副主编,参加编写的有韦建军、李国勇、欧志柏、蓝雪芬、覃志奎、王甦、罗顺明、黄鹏。其中项目1、项目2由韦伟松编写,项目3、项目4由梁朝益、蓝晓雨编写,项目5由韦建军、李国勇、欧志柏、蓝雪芬、覃志奎编写,项目6由王甦、罗顺明、黄鹏编写。本书由唐启焕同志担任主审。

本书在编写过程中参阅了部分高职、高校同类教材内容及上海ABB工厂有限公司编写的ABB焊接机器人培训教程,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者经验及知识水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,诚请读者批评指正!

编者

2016年10月

目 录

绪 论	1
项目 1 认识弧焊机器人	3
任务 1 弧焊机器人结构原理	3
任务 2 弧焊机器人焊接设备及周边设备使用与安装	20
项目 2 手动操纵弧焊机器人	29
任务 1 连续移动机器人	29
任务 2 机器人的精确定点运动	45
项目 3 机器人示教编程	50
任务 1 新建和加载程序	50
任务 2 编辑程序	60
项目 4 弧焊机器人 IO 配置与编程	70
任务 1 弧焊机器人 IO 配置与指令	70
任务 2 弧焊机器人的基础编程	85
项目 5 典型接头的焊接与编程	98
任务 1 平板对接接头平位焊的焊接与编程	98
任务 2 平板对接接头立位焊的焊接与编程	108
任务 3 圆管对接接头的焊接与编程	113
项目 6 弧焊机器人的离线编程	120
参考文献	141

绪论

焊接机器人的出现是焊接高度自动化的一次重要变革，对焊接技术的发展产生了重大影响。由于焊接机器人具有可长期进行焊接作业、生产效率高、质量高和稳定性好等特点，已经被广泛应用于汽车、管道、压力容器制造等行业。随着科技的发展，弧焊机器人正朝着更加智能化的方向发展。

一、弧焊机器人的定义

根据美国机器人学会的定义，机器人是一个可再编程的多功能操作器，用来移动材料、零部件、工具等；或一个通过编程用于完成各种任务的专用设备。

根据国际标准化组织（ISO）的定义，工业机器人是一种具有自动控制操作和移动功能，能够完成各种作业的可编程操作机。

弧焊机器人是从事焊接的一种工业机器人，是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能操作机，可以在计算机控制下实现连续轨迹控制和点位控制，还可以利用直线插补和圆弧插补功能焊接由直线及圆弧所组成的空间焊缝，目前主要有熔化极焊接作业和非熔化极焊接作业两种类型。

二、弧焊机器人的发展与应用

随着机器人技术的发展，焊接机器人实现了柔性自动化制造，被认为是具有焊接自动化革命性的进步。从 20 世纪 60 年代诞生到现在，弧焊机器人可分为示教在线型、基于一定传感信息的离线编程和智能焊接机器人 3 代。

目前工业机器人最为广泛的应用是在焊接领域，全世界现役的工业机器人约有一半用于焊接领域，主要集中在汽车、摩托车和工厂机械等行业。至 2010 年，全世界工业机器人总量约为 1000000 至 1200000 台。目前，日本拥有机器人数量最多，约占全球的一半；美国和德国拥有机器人的数量次之；我国发展较晚一些，拥有的机器人数量仅几万台，不过值得欣慰的是，我国机器人的数量正以每年 30% 左右的速度增长。

三、弧焊机器人的特点

弧焊机器人和焊接机器人一样，都具备以下优点：

- 1) 稳定和提高焊接质量；

- 2) 提高劳动生产率;
- 3) 改善工人劳动强度, 可在有害环境下工作;
- 4) 降低了对工人操作技术的要求;
- 5) 缩短了产品改型换代的准备周期, 减少相应的设备投资。

此外, 与点焊机器人相比, 弧焊机器人具有以下特点:

1) 点焊机器人的运动方式是点位控制型, 只在目标点上完成操作, 而弧焊机器人运动方式是连续轨迹控制型;

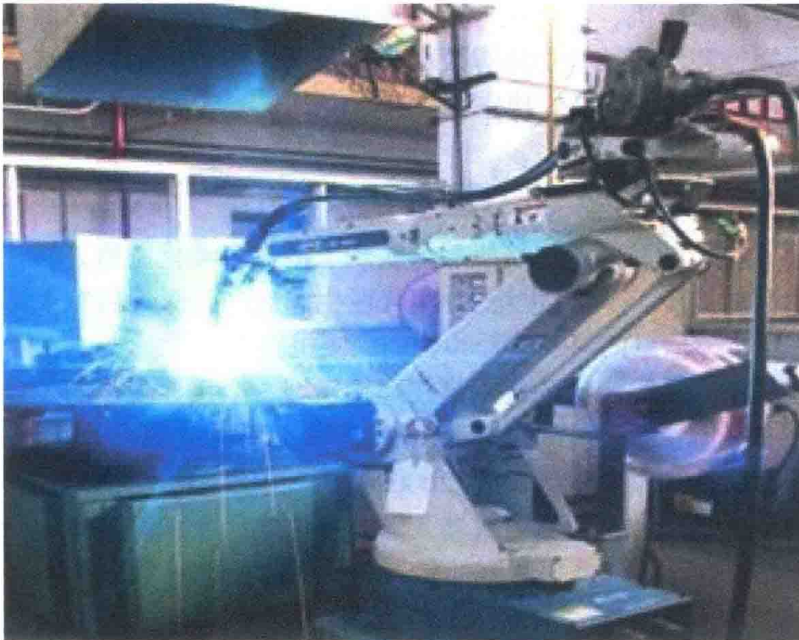
2) 弧焊机器人终端的运动轨迹的重复精度、焊枪的姿态、焊接参数相比点焊机器人的都要精确, 这是因为弧焊过程比点焊过程要复杂得多;

3) 弧焊机器人在工作时可能需要频繁地引弧和收弧, 因此要求机器人具有可靠的引弧和收弧功能, 全位置焊接时还需要机器人能够实时调整焊接参数;

4) 弧焊时容易发生粘丝、断丝等故障, 如不及时采取措施, 可能会损坏机器人或造成焊件报废, 因此还要求机器人必须具有及时检出故障并能够实时自动停车、报警等功能。

四、弧焊机器人的厂家

目前, 生产有工业机器人的厂家都生产弧焊机器人, 主要厂家有欧洲瑞典的 ABB、德国的 CLOOS 和 KUKA、奥地利的 IGM, 美国的 Adept, 日本的 Motoman、OTC、Panasonic 和 FANUC, 韩国的 HYUNDAI, 我国的沈阳新松、华中数控等。



弧焊机器人

项目 1 认识弧焊机器人

本项目将以 ABB 弧焊机器人系统为例，重点介绍弧焊机器人系统的结构组成、各部分功能和工作原理，以及机器人周边设备的安装和使用，旨在让学生掌握弧焊机器人系统及典型周边设备的运动原理，能够正确操纵弧焊机器人。

学习目标

【知识目标】

1. 掌握弧焊机器人系统的结构组成及其功能；
2. 掌握示教器的结构、功能及按键使用方法；
3. 熟悉弧焊机器人焊接设备及周边设备的安装和使用；
4. 了解焊接机器人与周边设备的协调运动。

【技能目标】

1. 能正确选择机器人运行模式；
2. 能正确操作示教器摇杆及使能键；
3. 能够使用示教器进行机器人外部轴的试教编程。

工作任务

任务 1 弧焊机器人结构原理

任务 2 弧焊机器人焊接设备及周边设备使用与安装

任务 1 弧焊机器人结构原理

弧焊机器人是一种高度自动化的焊接设备，它实质上是能根据预先编制的操作程序自动重复工作的自动化机器。要想掌握和操作好弧焊机器人，应先充分掌握弧焊机器人的组成结构及其工作原理。本任务重点介绍弧焊机器人的结构组成、各部分功能和工作原理。



知识准备

一、弧焊机器人概述

根据美国机器人学会的定义，机器人是一个可再编程的多功能操作器，用来移动材料、零部件、工具等；或一个通过编程用于完成各种任务的专用设备。

弧焊机器人是用于从事高度自动化焊接作业的一种工业机器人。根据国际标准化组织（ISO）的定义，

工业机器人是一种具有自动控制操作和移动功能，能够完成各种作业的可编程操作机。工业机器人诞生于20世纪60年代，并在20世纪90年代得到了迅速的发展，是最先产业化的机器人技术，集中了机械工程、电子技术、计算机技术、自动化控制理论及人工智能等学科的最新研究成果。工业机器人的出现有利于制造业规模化生产，具有可长期进行作业、生产效率高、质量高和稳定性好等特点，已经成为不可缺少的核心自动化装备。

1. 工业机器人系统基本组成

工业机器人由机械系统、驱动系统和控制系统等基本部分组成，如图1.1.1所示。

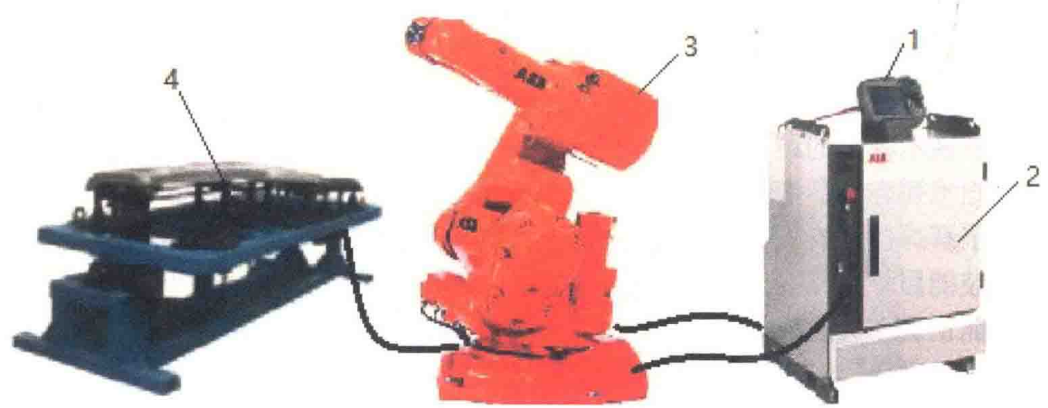


图 1.1.1 机器人系统基本组成

1- 示教器；2- 控制柜（控制系统、驱动系统）；3- 机器人本体（机械系统）；4- 外部轴

(1) 机械系统

机械系统又称机械结构，是机器人系统的执行机构，由一系列连杆和关节或其他形式的运动副所组成，可实现各个方向的运动，包括基座、腰、臂、腕和手等部件。机器人的机械结构有串联结构和并联结构两种形式。其组成结构图如图1.1.2所示。

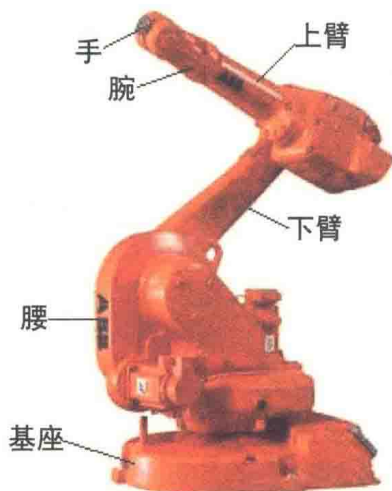


图 1.1.2 机械系统组成结构

1) 基座 机器人的基座是机器人的基础部分,起支撑作用,其他机械结构都安装于基座之上。基座有固定型和活动型(滚轮式和履带式)两种类型。

2) 腰 机器人的腰是臂的支承部分,其结构形式有两种:和基座制成一体的固定式;在基座上转动,或通过导杆、导槽在基座上移动增加工作空间的活动式。

3) 臂 机器人的臂是执行机构中的主要运动部件,是腕和手的支承件,并使它们在工作空间内运动。臂的运动有直线形和回转形 2 种形式。

4) 腕 机器人的腕是连接臂与手的部件,起支承手的作用,并用于调整手的方向和姿态。腕一般有回转、俯仰和偏转 3 个自由度;

5) 手 机器人的手是安装在机器人的腕上进行作业的部件,类似于人的手爪或专用工具,例如抓盘、焊枪、喷漆枪等。其结构有夹紧式、真空抽吸式、气(液)压胀紧式和磁力式四种形式。一般机器人的手是可以根据需要进行从腕上拆卸和更换不同形式的结构。

(2) 驱动系统

驱动系统是驱动机械系统的驱动装置,可以使机械系统执行相应的动作。根据启动源的不同,驱动系统可分为电气、液压、气压三种以及上述形式的综合系统。其中,电气驱动系统可分为步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机三种驱动形式,在工业机器人中应用最为普遍。一般通过谐波减速器或 RV 减速器后驱动执行机构,整体结构简单紧凑。

(3) 控制系统

机器人控制系统是机器人的大脑,是决定机器人功能和性能的主要部件。其主要任务是根据机器人的作业指令程序及从传感器反馈回来的信号,控制机器人的执行机构,使其执行相应的运动和功能。一般工业机器人控制系统基本构成如图 1.1.3 所示。

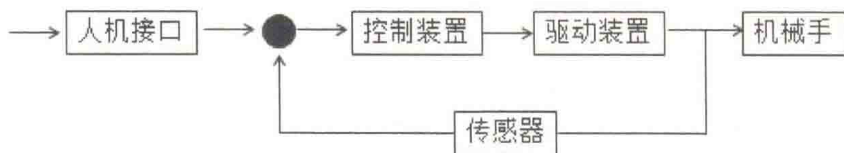


图 1.1.3 一般工业机器人控制系统基本构成

2. 工业机器人系统的控制

(1) 机器人的控制过程

如图 1.1.3 所示，一般工业机器人的控制过程是人通过人机接口发出和接收从传感器反馈回来的信号，传送给控制装置，通过控制装置控制驱动装置驱动机械手执行相应的运动和功能。

对于性能较高的工业机器人，其机械手（机械结构）采用的是关节式的结构，即在每个关节中都安装有伺服电动机，可通过计算机对单个或同时多个的驱动单元进行控制，实现机器人的单轴运动或多轴联动。其控制过程如图 1.1.4 所示。

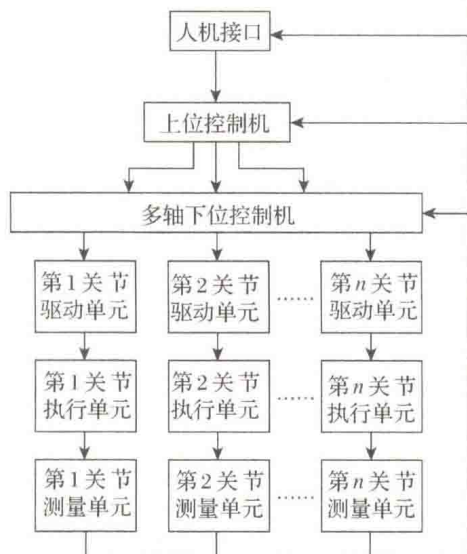


图 1.1.4 高性能工业机器人控制过程

人机接口可以是一般的计算机、键盘、鼠标，还可以是示教器，可以通过示教器进行控制和示教操作。上位控制机具有存储单元，可实现重复编程、存储操作程序和生成运动轨迹。下位控制机用于实现伺服控制、轨迹插补计算及系统状态检测。测量单元一般包括位置检测元件和速度检测元件，将检测信号反馈到人机接口、上位控制机或下位控制机，实现闭环控制、监测或示教操作。

(2) 机器人的控制方式

工业机器人的控制包含示教再现控制和位置控制两种方式。



示教再现控制是指操作人员在示教器上根据作业任务先编制好作业程序，然后输入到记忆装置（存储单元）中。启动机器人系统后，机器人系统再从存储单元中读取信息并发送到控制装置，通过控制装置发出控制信号控制驱动机构，再由驱动机构控制机械手在一定精度范围内按照存储单元中的内容完成各种动作完成作业任务。具有示教功能是工业机器人与一般自动化机器的最大区别之处，也使得机器人具有通用、灵活的柔性特点。

位置控制包括点位控制和连续路径控制两种形式。点位控制方式只控制机器人运动的起点和终点位置，而不关心这两点之间的运动轨迹，这种控制方式可完成无障碍条件下的点焊、上下料、搬运等操作。连续路径控制方式不仅要求机器人以一定的精度达到目标点，而且对移动轨迹也有一定精度要求，例如机器人喷漆、弧焊等操作。连续路径控制方式的实现是以点位控制为基础的，在每两个点之间采用满足精度要求的位置轨迹插补运算即可实现轨迹的连续化。

3. 工业机器人的技术指标

工业机器人的技术指标是反映机器人的使用范围和工作性能的技术参数，主要包括机器人的自由度、工作范围、最大工作速度、负载能力、定位精度和重复定位精度等。

（1）自由度

自由度是指描述物体运动所需要的独立坐标数。自由物体在空间有6个自由度，即3个移动自由度和3个转动自由度。机器人的自由度越多，表明该机器人的功能越多，应用范围越广。目前生产的机器人通常一般为3~6个自由度，由于弧焊的特点，一般要求机器人具有5个以上自由度。理论上，具有6个自由度的机器人可以到达运动范围内空间任何一点。在计算机器人自由度时，末端执行部件（如手爪、焊枪等）的运动自由度不计在内。

（2）工作范围

机器人的工作范围是指机器人手臂末端或手腕中心运动时所能到达的所有点的集合，反映了机器人工作能力大小，工作范围越大，表面机器人能够达到的运动空间的能力越大。机器人的工作范围不仅与机器人各连杆的尺寸有关，还与机器人的总体结构有关。在计算机器人的工作范围时，一般不将安装在机器人末端的执行机构所达到的范围计算在内。

（3）最大工作速度

机器人的最大工作速度是指机器人主要关节上最大的稳定速度或手臂末端最大的合成速度。反映了机器人的工作效率，最大工作速度越大，表明机器人的工作效率越高。

（4）负载能力

工业机器人的负载能力又称为有效负载，是指机器人在工作时臂端可能搬运的物体质量或所能承受的力。由于关节型机器人的臂杆处于不同位姿时，其负载能力是不同，所以一般使用机器人的额定负载能力来表示。额定负载能力是指其臂杆在工作空间中任意位姿时腕关节端部所能搬运的最大质量。

（5）定位精度和重复定位精度

定位精度是指工业机器人的末端执行器的实际到达位置与目标位置之间的偏差。重复定位精度（又称为重复精度）是指工业机器人在同一环境、同一条件、同一目标动作及同一命令下，工业机器人连续运动若干次重复定位至同一目标位置的能力。定位精度和重复定位精度反映了机器人的运动精度。对于6轴弧焊机器人，其6个转轴均有AC伺服电机驱动，每个电机后均有编码器。每个转轴均带有一个齿轮箱，机械手运动精度（综合）达 $\pm 0.05\text{ mm}$ 至 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。

除了以上技术指标以外，机器人的技术指标还包括电源、环境温度、湿度等，这些指标也是反映机器人能够正常工作的必要条件。如ABB IRB1410技术指标见表1.1.1。

表 1.1.1 ABB IRB1410 机器人技术指标

	轴数	6
	载荷重量（手腕持重）	5 kg
	重复定位精度	0.05 mm
	机器人重量	225 kg
	机器人尺寸	底座：620 mm × 450 mm
	电源	3相4线 380 V (+15%, -10%) 50 Hz
	耗电量	4 KVA
	轴运动	
轴	动作范围	最大速度
1	回转 +170° 至 -170°	120° /s
2	立臂 +70° 至 -70°	120° /s
3	横臂 +70° 至 -65°	120° /s
4	腕 +150° 至 -150°	280° /s
5	腕摆 +115° 至 -115°	280° /s
6	腕转 +300° 至 -300°	280° /s
安装环境	环境温度	5~45 °C
	最大湿度	95%
	最大噪声	70 dB (A)
	防护等级	IP54

二、ABB 弧焊机器人系统组成及功能（机器人装置）

一套完整的ABB弧焊机器人系统主要由机器人装置（包括机器人本体、控制柜、示教器）、焊接装置（包括焊接电源、供气系统、送丝机构）和外部轴设备（周边设备）等机构组成，其组成机构如图1.1.5所示。

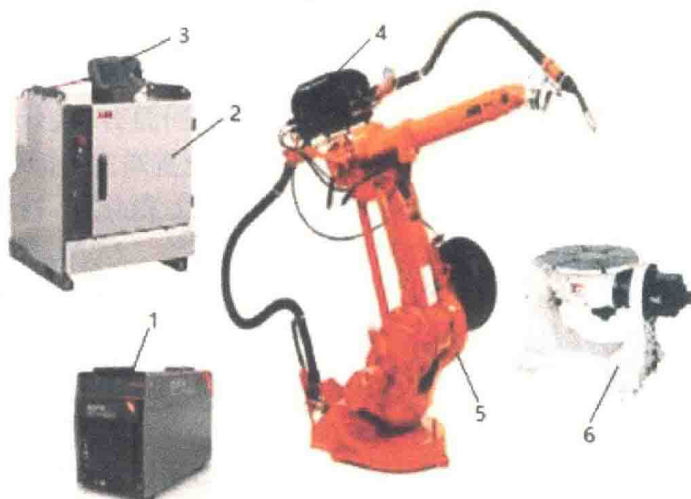


图 1.1.5 ABB 弧焊机器人组成机构

1- 焊接电源；2- 控制柜；3- 示教器；4- 送丝机构；5- 机器人本体；6- 变位机

1. 机器人本体

机器人本体是弧焊机器人系统的机械结构也是执行结构，是用来夹持焊枪执行焊接任务的装置。本例采用的 ABB 弧焊机器人型号为 IRB1410，其技术参数见表 1.1.1。

2. 控制柜

控制柜也称控制器，是用于安装各种控制单元，进行数据处理及存储和执行程序，是机器人系统的大脑。控制柜结构如图 1.1.6 所示，左图为整体外观，右图为内部结构图。



图 1.1.6 ABB 控制柜

1) 电源开关 开启 / 关闭控制柜电源开关。

2) 紧急停止按钮 在任何模式下，按下该按钮，机器人立即停止动作；要使机器人重新动作，必须使它恢复至原来位置。

3) 电机上电 / 复位按钮 表示机器人电动机的工作状态。显示灯常亮，表示上电状态，机器人的马达被激活，准备好执行程序；显示灯快闪，表示机器人未同步，



但马达已激活；显示灯慢闪，表示至少有一种安全停止生效，马达未激活。

4) 手动/自动按钮 是模式选择按钮，一般有两位置选择开关和三位选择开关模式，其外观示意图如图 1.1.4 所示。

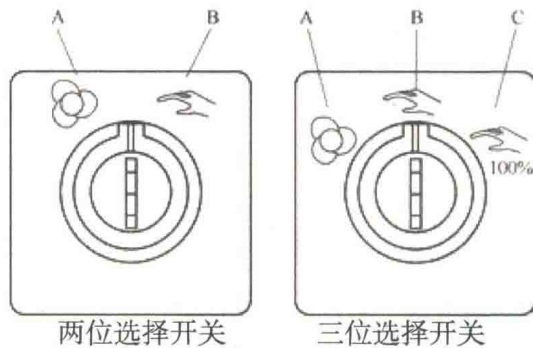


图 1.1.7 运行模式选择开关

A- 自动模式 机器人运行时使用，选择此状态，编辑程序功能被锁定。

B- 手动减速模式 相应状态为手动状态，机器人只能以低速、手动控制运行。必须按住使能器才能激活电机。

C- 手动全速模式 用于在与实际情况相近的情况下调试程序。非专业人员，一般情况下，避免使用这种运动模式。

(5) USB 接口 用于 U 盘备份数据接口。

(6) 服务端口 RS 用于与计算机连接端口。

(7) 示教器接口 用于示教器的连接接口，连接示教器后可进行控制机器人运动；

(8) 电源入口 用于控制柜与电网的连接接口。

(9) 机器人伺服电缆接口 用于与机器人伺服系统的连接接口。

(10) 机器人编码器电缆 用于与机器人通讯的电缆接口。

(11) Devicenet 总线的 IO 模块 是控制器的通讯输入输出接口，用于与弧焊机器人或其他设备通讯的连接接口。

3. 示教器

示教器是人机接口装置，也称示教编辑器。示教器包含的功能有很多，如可以对机器人进行示教操作，对程序文件进行编辑、管理、示教检查及再现运行，坐标系、变量和输入输出、系统等的设置。其组成结构如下图 1.1.8 所示。

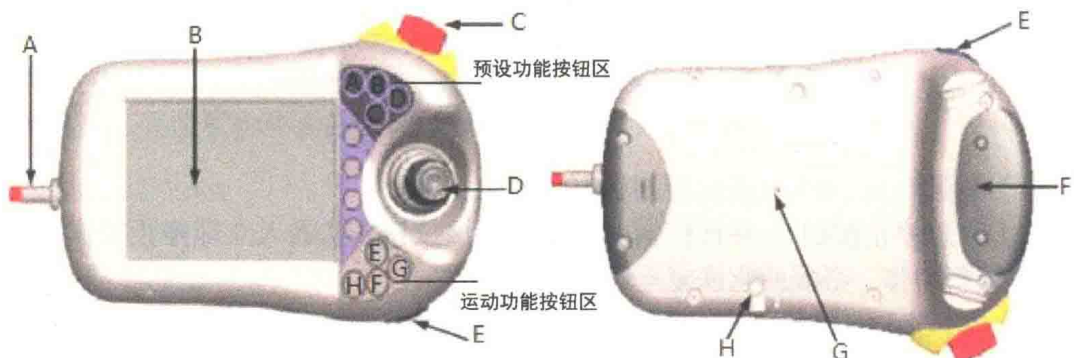


图 1.1.8 示教器组成结构图