



国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划



# 焊接自动化技术及 工装设计

Automatic Welding Technology and Welding Fixture Design

方平主编

 中央广播电视大学出版社



国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划

# 焊接自动化技术及 工装设计

方平主编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接自动化技术及工装设计 / 方平主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2016. 1

国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划

ISBN 978 - 7 - 304 - 07674 - 0

I. ①焊… II. ①方… III. ①焊接—自动化技术—开放大学—教材②焊接—工艺设计—开放大学—教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 318077 号

版权所有, 翻印必究。

国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划

焊接自动化技术及工装设计

HANJIE ZIDONGHUA JISHU JI GONGZHUANG SHEJI

方平 主编

---

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 66490011

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

---

策划编辑: 王 可

版式设计: 赵 洋

责任编辑: 申 敏

责任校对: 赵 洋

责任印制: 赵连生

---

印刷: 北京密云胶印厂

印数: 0001 ~ 1000

版本: 2016 年 1 月第 1 版

2016 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 15 字数: 354 千字

---

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 07674 - 0

定价: 30.00 元

---

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

# 前言 PREFACE



## 编写目的

焊接技术是一种重要的材料加工工艺，已发展为一门独立的学科，广泛地应用于石油化工、冶金、电力、航空航天、海洋工程、核能、机械、建筑桥梁、船舶，以及各种金属结构制造等工业部门。

焊接自动化是将自动化的先进技术应用于焊接过程，可广义地理解为由备料、装配、焊接、检验等工序组成的一个焊接产品生产全过程的自动化。焊接自动化是保证焊接产品质量稳定性和提高生产率的重要技术，已成为焊接技术生产点之一。焊接工装是焊接生产中定位与固定焊接工件的设备及夹具，在焊接生产中具有重要的作用。因此，工程技术人员需要对焊接自动化技术及焊接工装设计知识有所了解和掌握。

## 教材特点

(1) 本教材在内容上力求体现“够用”和“实用”，以焊接专业必需的自动化设备基本原理和焊接工装设计步骤为主，在对基础理论知识进行简要介绍的基础上，重点突出焊接自动化设备基础知识和工装设计的实际应用。

(2) 本教材按照焊接职业岗位能力要求，侧重于介绍各种常用的焊接自动化设备的原理及焊接工装设计，突出实践性。通过学习本教材，学生能够正确使用各种焊接自动化设备及设计焊接工装。

(3) 本教材在编写过程中注重知识的先进性，体现焊接自动化设备和焊接工装中的新技术、新设备、新标准，使学生在第一时间学习到新知识、新技能，有利于提高学生的可持续发展能力和职业迁移能力。同时，本教材注重对学生创新能力的培养。

(4) 本教材各章相关内容的安排充分结合工程实际，目的是使学生在掌握焊接自动化设备和焊接工装的基本结构、原理的同时，逐渐增强焊接技术在工程实际应用方面的能力；并根据远程开放教育的特点，附之以网络微课程、问题库等学习资料，为学生提供学习支持。

## 编者

本教材由国家开放大学“焊接自动化技术及工装设计”课程教材编写组完成，编写组成员为南昌航空大学航空制造工程学院的老师。本教材由方平教授担任主编，各章编写分工如下：方平教授编写第1章，刘泽民讲师编写第2章和第8章，王利霞讲师编写第3章，帅歌旺副教授编写第4章，王杰讲师编写第5章、第6章、第7章。由方平、刘泽民共同负责本书的总体设计和统稿。

### 适用对象

本教材适用于国家开放大学焊接技术及自动化专业学生学习,也可供机械类其他专业学生和工程技术人员参考。

在编写本教材的过程中,承蒙国家开放大学和兄弟院校及企业有关同志的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。此外,在编写过程中,我们参考了大量的文献资料,在此向原作者表示谢意。

由于编者知识水平有限,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2015年7月



## 学习目标

完成本课程的学习之后，你将达到以下目标：

### 1. 认知目标

- (1) 掌握各种焊接自动化设备的工作原理、结构及特点。
- (2) 掌握各种焊接自动化设备的机械结构、传感器和控制系统。
- (3) 掌握焊接工装的定位方法、原理和夹紧机构特点。
- (4) 掌握焊接工装的设计步骤和了解典型的焊接工装实例。

### 2. 技能目标

(1) 能够维护焊接自动化设备的机械结构、传感器和控制系统，并会进行简单的故障诊断与排除。

- (2) 能够完成典型工件的定位和夹紧方案设计。
- (3) 能够完成焊接工装的设计和绘图。

### 3. 情感目标

- (1) 具有良好的语言表达与社会沟通能力。
- (2) 具有良好的组织与协调能力。
- (3) 具有良好的团队合作精神。
- (4) 具有良好的职业道德与行为操守。

## 学习内容

本教材包括以下内容：

### 1. 焊接自动化技术概述

本部分介绍焊接自动化设备分类、自动化现状及发展趋势。

### 2. 焊接自动化设备机械结构、传感技术和控制技术

本部分主要介绍几种典型焊接自动化设备的机械结构、常用的焊接自动化设备传感技术和焊接自动化设备控制软件与硬件技术。

### 3. 焊接工装基础和工装设计过程以及典型零件焊接工装

本部分主要介绍工件定位原理、定位器设计方法、夹紧装置设计内容及原则，以及几种典型的零件焊接工装设计。



## 学习准备

在学习本课程之前,学生应具有自动控制原理、电工电子技术、机械设计基础、机械制图等课程的基本知识,对单片机、数字信号处理技术有所了解。

## 学习资源

为了帮助学生更好地掌握本教材的内容,顺利地完 成开放教学,本课程在文字教材的基础上,设计开发了问题库和音视频等配套的学习资源。

### 1. 问题库

根据课程的内容设置知识点,建立问题库,并做了详细的解答,在国家开放大学在线学习网站上发布,学生可以通过搜寻关键词随时学习想要掌握的知识。

### 2. 音视频教材

本课程所提供的音视频教材拟以动画形式,针对文字教材中难以表述清楚的教学内容,运用视频形式来讲授。

### 3. 学习活动

针对文字教材中每个单元的学习内容进行设计,以帮助学生对本基本知识的理解。

## 学习评价

### 1. 评价方式

本课程的学习评价采用形成性考核和终结性考试两种方式进行。其中,形成性考核采取作业和网上形考相结合的方式,占总成绩的 50%;终结性考试采用纸质笔试方式进行,占总成绩的 50%,时间为 90 分钟。

### 2. 评价要求

本课程的评价重点为文字教材的基本知识、基本分析方法及操作技能,各章节均有考核要求。

### 3. 试题题型

本课程采用选择题、判断题、简答题三种题型编制试卷。其他说明详见国家开放大学考试中心发布的课程考试管理文件。

# 目 录 CONTENTS



<b>第 1 章</b>	<b>焊接自动化技术概述</b> .....	1
1.1	焊接自动化现状及发展趋势 .....	2
1.2	现代焊接自动化技术的特点 .....	6
1.3	焊接自动化设备分类 .....	7
1.4	焊接机器人 .....	11
1.5	焊接自动化设备的结构组成 .....	17
1.6	焊接自动化实用技术要点 .....	22
	本章小结 .....	24
	自测题 .....	24
<b>第 2 章</b>	<b>焊接自动化设备机械结构</b> .....	26
2.1	概述 .....	26
2.2	机床式自动焊接设备机械结构 .....	27
2.3	关节型机器人机械结构 .....	32
2.4	轨道式移动焊接机器人机械结构 .....	36
2.5	无导轨式焊接机器人机械结构 .....	38
	本章小结 .....	40
	自测题 .....	40
<b>第 3 章</b>	<b>焊接自动化跟踪技术</b> .....	42
3.1	概述 .....	43
3.2	实时焊缝自动跟踪系统的组成 .....	43
3.3	实时焊缝自动跟踪系统传感器的分类和应用 .....	44
	本章小结 .....	61
	自测题 .....	62
<b>第 4 章</b>	<b>焊接自动化控制系统</b> .....	63
4.1	概述 .....	63
4.2	焊接自动化控制系统硬件技术 .....	65
4.3	焊接自动化控制方法与软件技术 .....	78
4.4	焊接自动化控制系统实例 .....	91
	本章小结 .....	98



自测题 .....	99
<b>第5章 焊件定位原理及设计</b> .....	101
5.1 焊件的定位原理 .....	102
5.2 焊件的定位方法 .....	105
5.3 焊件定位方案的选择及步骤 .....	116
本章小结 .....	123
自测题 .....	124
<b>第6章 焊接工装夹紧机构设计</b> .....	125
6.1 夹紧装置概述 .....	125
6.2 简单夹紧机构 .....	132
6.3 复合夹紧机构 .....	148
6.4 定心夹紧机构 .....	157
6.5 柔性夹具 .....	163
本章小结 .....	171
自测题 .....	172
<b>第7章 焊接自动化工装设计方法</b> .....	173
7.1 焊接自动化工装设计的原则与内容 .....	173
7.2 夹具设计中的尺寸链计算 .....	190
7.3 夹具的公差配合与技术要求的制定 .....	203
7.4 零件尺寸标注 .....	207
本章小结 .....	216
自测题 .....	216
<b>第8章 焊接自动化工装设备实例</b> .....	218
8.1 管道全位置焊接工装夹具实例 .....	218
8.2 铝合金建筑模板焊接工装夹具实例 .....	220
8.3 汽车焊接工装夹具实例 .....	221
8.4 柔性组合工装夹具实例 .....	222
本章小结 .....	224
自测题 .....	224
<b>参考文献</b> .....	225
<b>自测题答案</b> .....	226

# 第1章 焊接自动化技术概述

## 导 言

焊接技术是指在高温或高压条件下,使用焊接材料(焊条或焊丝)将两块或两块以上的母材(待焊接的工件)连接成一个整体的操作方法。焊接技术作为制造业中传统的基础工艺,虽然应用到工业中的历史并不长,但是发展非常迅速。短短几十年间,焊接技术已被广泛应用于航空航天、汽车、桥梁、高层建筑、造船以及海洋钻探等许多重要的工业领域,并且为促进工业经济发展做出了重要的贡献。焊接自动化是指在没有人工直接参与的情况下,采用能自动调节、检测、加工的机器设备、仪表,按规定的程序或指令进行自动控制,通过加热、加压或两者并用,使两工件产生原子间结合的技术措施。焊接自动化技术包括两方面的含义:一是焊接工序的自动化,二是焊接生产的自动化。其主要任务是:在采用先进的焊接、检验和装配工艺过程的基础上,建立不需要人工直接参与焊接过程的焊接加工方法和工艺方案,以及焊接机械装备和整个焊接系统。因此,为了确保焊接件具有稳定的焊接质量、均衡的焊接生产节奏及较高的焊接生产率,焊接技术向自动化、数控化和智能化发展的趋势已势不可当。

本章首先介绍焊接自动化现状及发展趋势,总结现代焊接自动化技术的特点、焊接自动化设备的分类方法,并在此基础上进一步介绍焊接自动化设备的结构组成,提出焊接自动化实用技术要点。这些内容的学习对于实际工作中焊接方法的选取、焊接设备的使用及维护都有非常重要的意义。

本章相关内容的安排充分结合工程实际,目的是使学生在掌握焊接自动化设备的基本结构、原理的同时,逐渐增强在工程实际中应用焊接技术的能力。

## 学习目标

### ▲ 认知目标

1. 正确说出焊接自动化技术的特点及焊接自动化设备的分类方法;
2. 掌握焊接自动化设备的基本结构组成及工作原理;
3. 对焊接机器人的种类、应用领域及前景建立一个宏观上的认识;
4. 能够正确描述焊接自动化实用技术要点。

### ▲ 技能目标

依据实际需要,选择合适的焊接方法及焊接自动化设备。

### ▲ 情感目标

有信心对各种焊接自动化设备的基本结构组成和工作原理做进一步探究。

## 1.1 焊接自动化现状及发展趋势

焊接是制造业中传统的、重要的加工工艺方法之一,广泛地应用于机械制造、航空航天、能源交通、石油化工、建筑以及电子等行业。随着科学技术的发展,焊接已从简单的构件连接或毛坯制造,发展成为制造业中的精加工方法之一。随着制造业的高速发展,传统的手工焊接已不能满足现代高科技产品制造的质量、数量要求,现代焊接加工正在向机械化、自动化的方向发展。

焊接自动化即焊接工序的自动化和焊接生产的自动化。焊接生产的自动化是指由备料、装配、焊接、检验等工序组成的焊接生产全过程的自动化。只有实现了焊接生产全过程的自动化,才能得到稳定的焊接质量、均衡的焊接生产节奏及较高的焊接生产率。而单一焊接工序的自动化是焊接生产自动化的基础。焊接工序自动化的最基本问题是应用自动焊机和焊接机械装备构成焊接自动化系统,通过焊接程序的自动控制,完成工件的自动焊接。因此,根据焊接工件的结构特点与焊接质量要求,构建合理的焊接自动化系统是实现焊接自动化的前提。

### 1.1.1 焊接自动化现状

焊接作为现代金属加工三大工艺之一,是钢材的最大消费户。我国作为全世界的制造基地以及全球最大的钢材生产和消费国,使得我国再次在宏观调控上加大对焊接自动化技术及装备研发的支持力度,三峡工程、西气东输工程、航天工程、船舶工程等大型基础工程的启动,以及工业制造业(如汽车及零部件生产)对焊接自动化程度要求的日新月异,均有力地促进了我国焊接自动化技术及装备的发展与进步,其主要成就体现在以下几方面:

(1) 各种机械化与自动化焊机及切割机越来越多地替代手工操作焊机与切割机。“九五”计划时,国产自动/半自动焊机占焊机总量的5.7%,加上进口自动/半自动焊机达6.7%左右。特别是电站锅炉、压力容器等焊接结构所需的专用自动焊机及数控切割机,经过不懈努力,研制、开发的系列成套焊接设备基本上满足了国内生产的需要,改变了依赖进口的被动局面。

(2) 各种焊接辅助机械化与自动化装置及技术也得到了发展,多自由度转胎架、变位器、机械手等研制成功,并先后用于焊接生产过程。

(3) 发展焊缝对中技术,建立焊接生产线。发展焊缝自适应控制技术,建立焊接中心。到20世纪80年代后期,我国的机械制造、航空航天、能源交通、石油化工、建筑以

及电子等行业的大中型骨干企业，都开发了不同程度的自动化焊接生产线及焊接中心技术。

(4) 焊接计算机技术的应用和焊接机器人的采用，发展了现代焊接自动化技术。在机械制造、航空航天、能源交通、石油化工、建筑以及电子等行业中，发展了成套焊接装备、焊接机器人、焊接中心、焊接柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)、计算机辅助设计与制造技术及检查技术等。到 20 世纪 90 年代中期，国内使用焊接机器人的企业约 70 家，焊接机器人共 500 余台。到 2010 年，我国 80% 以上的焊接企业已在不同程度上使用焊接机器人、焊接柔性制造系统等完成焊接任务。

(5) 就全国范围来讲，到 20 世纪 90 年代中期，我国的焊接机械化与自动化工作量占焊接工作量的比重已超过 20%，而在以焊接技术为主导制造技术的大中型骨干企业中，焊接机械化与自动化程度已达到 40%~45%。

自 20 世纪 50 年代初期国家推动首批大型现代化骨干企业研制自动化焊接装备以来，我国焊接生产自动化技术的发展和应用取得了很大的成就，但就焊接工程整体而言，我国焊接自动化技术与发达国家相比仍存在一定差距：

(1) 从技术角度分析，我国的焊接自动化技术虽然能够紧跟国外发展，但是将技术转化为成果的能力欠缺。国产自动/半自动焊机的使用性能、品种和质量还不能完全满足国内大多数用户的需求，品种构成不适应焊接结构制造业采用先进自动焊接工艺的需要，节能型自动/半自动焊机偏少。而国外发达国家应用焊接自动化技术已成为一项系统工程，已从焊前的加工准备，到焊后的辅助工装以及制造精度、人员操作和维护等多方面进行改进，大大提升了焊接自动化生产效率及焊接产品质量。

(2) 为了保证焊接自动化系统在焊接过程中的准确性和稳定性，各种传感器和控制装置在焊接自动化系统工程中的应用非常重要。焊缝跟踪系统是最主要的控制装置，在国外，传感器和控制系统通常被安装在焊接机器人或焊接专机上，用来保证焊接过程的稳定性，而这在国内用得很少。国内在制造自动化焊接设备时，通常只制造辅助工艺装备，而一些核心的机构如焊接机器人、焊接电源，以及运动电机和控制器都需要从国外进口，这些都使得国内制造自动化设备的成本增加，相比国外的产品缺乏优势。要加快我国焊接自动化技术与装备的发展进程，需要对原有的焊接技术进行开发、改进，提高生产效率，还要发明一些新的高效焊接技术，以适应工业的快速发展。

(3) 焊机控制数字化。全数字化控制技术在焊接领域的成功应用，在很大程度上提高了焊接设备的控制精度及焊机产品的一致性和可靠性。在焊接加工过程中，全数字化控制焊机的优点是可以在大规模、大批量生产中和有害作业环境中使用。目前我国高端焊机市场依然被进口焊机产品所占领，模拟控制方式依然在国内焊接电源中占主流。虽然部分厂家成功研发了数字化的焊接电源，但是产品与国外先进产品相比依然处于简单数字化控制的阶段，从而导致了其在国内外市场中的知名度不高；而在美国、德国、日本等发达国家，数字化焊接控制设备在焊接自动化技术中的应用已经十分成熟。

(4) 在智能化的焊接工艺方面，国外焊接自动化系统采用了先进的传感器技术、计算机技术和智能控制技术，使其能够应用于各种复杂环境及变化的焊接工况。此外，国外高级

的焊接电源通常会集成焊接专家系统。焊接时,用户只需要输入相应的焊接工艺条件,如材料、坡口形状等,智能化控制系统即可自动生成相应的焊接工艺。但是,在国内,由于厂家研发实力有限,焊接工艺方面知识积累不足,到目前为止还做不出此类系统,机械化、自动化专用成套焊接设备,焊接机器人,以及工作站和焊接生产线的设计、制造技术相对落后,生产能力低,导致无法在产品的智能性、自动化上与国外的智能化焊接设备抗衡。

(5) 在网络化系统集成方面,随着现代网络技术的进一步发展,国外焊接技术已经从操作者手工操作管理转变为网络化管理。应用计算机、远程通信等技术使焊接加工自动控制 and 生产管理一体化,从而实现程序脱机编写、远程监控加工、自我诊断和检查等功能。此外,国外大部分焊接设备都应用了开放式焊接系统,操作者通过在数据库中使用现有的焊接工艺数据,就可以自动生成焊接工艺参数。操作者还可以利用现场总线接口技术来改变焊接工艺参数,从而直接更改焊接工艺,大大提高了产品焊缝的质量。而国内由于科研力量不足,既懂焊接技术又会计算机应用技术的人员缺乏,发展和应用现代焊接自动化最新技术(计算机控制、逆变、信息传感、参数控制等)滞后,开发出的计算机软硬件技术的实用性和商品化程度差,致使国产自动化焊接设备还停留在继电器开关编组控制的水平,每个零部件之间的信息量传递起来十分有限,很难满足目前制造业中所需焊接工艺的协调控制要求。

(6) 焊接机器人技术。目前我国焊接机器人设备的核心技术在实际运用中与国际先进水平相比还有较大的差距。该类设备大部分由国内独资或合资企业供应,但其关键部件均采用国外技术进行组装或者直接采用国外成套产品,到目前为止我国还没拥有具有自主知识产权的、与国外先进焊接机器人设备同等级的焊接工艺技术。

(7) 焊接企业集团化。国内焊接企业发展规模有限,且相互间存在激烈的竞争关系,只能利用低廉的价格优势来抢占低端市场,对高端设备的研发与国外大型焊接设备企业相比没有优势。而国外很多大型焊接企业已经结成了联盟或企业集团来提升自身在全球竞争中的优势,例如美国 3M 集团、美国林肯电气公司、英国伊萨集团等。

### 1.1.2 焊接自动化发展趋势

信息技术、计算机技术、自动控制技术的发展和运用,正在彻底改变传统焊接技术的面貌,焊接自动化生产已成为一种迫切的需求,它不仅可以大大提高焊接生产率,更重要的是可以确保焊接质量,改善操作环境。自动焊机、焊接机器人工作站和焊接柔性制造系统在工程中的应用已成为一种不可阻挡的趋势。

目前,焊接结构制造业正向多参数、高精度、重型化和大型化发展,例如,1 000 MW 以上火力、水力和核能发电设备,300 kt 以上远洋货轮,大型建筑结构,大跨度桥梁,跨省跨国输油输气管线,海洋采油平台,大型客车和高速铁路车辆等。因此,各种高性能、高精度、高度自动化的焊接机械装备得到了迅速发展。值得注意的是,目前大多数焊接装备采用了先进的自动控制系统、智能化控制系统和网络控制系统等。交流电动机变频调速技术、计算机控制技术、可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)技术、伺服驱动及



数控系统在焊接机械装置中的应用非常普遍。某些焊接操作机还配备了焊缝自动跟踪系统和工业电视监控系统。自动化焊接装备的设备精度和制造质量已接近现代金属切削机床。

焊接自动化装备的技术水平是国家科技水平的重要体现，直接决定了国家重大核心装备的技术水平。纵观当今国内外焊接自动化技术的现状，可以看到其发展呈现出如下趋势：

(1) 高精度、高速度、高质量、高可靠性。由于焊接加工向着越来越“精细化”加工方向发展，因此，焊接自动化系统也向着高精度、高速度、高质量、高可靠性方向发展。这就要求系统的控制器（例如计算机）以及软件有很高的信息处理速度，而且要求系统各运动部件和驱动控制具有高速响应特性。同时，要求其电气机械装置具有很好的控制精度。

(2) 模块化、集成化。焊接自动化装备的集成化技术包括硬件系统的结构集成、功能集成和控制技术的集成。现代焊接自动化设备的结构都采用模块化设计，根据不同客户对系统功能的不同要求进行模块组合。而且其控制功能也采用模块化设计，可以根据用户需求，快速提供不同的控制软件模块，提供不同的控制功能组合。模块化、集成化使焊接自动化系统功能的扩充变得极为方便，可实现个性化产品的规模化批量生产，从而降低成本、缩短交货期。

(3) 智能化。将先进的传感技术、计算机技术和智能控制技术应用于焊接自动化装备中，使其能在各种环境复杂、变化的焊接工况下根据焊接的实际情况，自动调整、优化焊接轨迹和工艺参数，实现高质量、高效率的焊接智能控制。例如，在焊接大厚度工件时，智能控制系统可以根据连续实测的焊接工件坡口宽度，自动分析、判断并确定每层焊缝的焊道数、每道焊缝的熔敷量及相应的焊接参数、盖面位置等工艺参数，完成从坡口底部到盖面层所有焊道的焊接。

(4) 柔性化。现代化生产要求同一台设备能够满足同类型不同规格工件的加工，甚至不同类型工件的焊接自动化加工，同时由于大型焊接自动化成套装备或生产线一次投资相对较高，因此在设计这种焊接装备时需要尽量考虑柔性化，形成柔性制造系统，以充分发挥装备的效能，满足同类产品不同规格工件的生产需要。在焊接系统柔性化方面，焊接自动化装备将广泛采用焊接机器人，将标准化、模块化机构作为基本操作单元，实现多品种、小批量产品的柔性化生产。另外，焊接自动化系统的模块化、集成化也必然导致系统向柔性化方向发展。

(5) 网络化。智能接口、远程通信等现代网络技术的发展，促进了焊接自动化装备管控一体化技术的发展。通过网络将生产过程自动控制一体化，利用计算机技术、远程通信技术，将焊接加工过程和质量信息、生产管理信息等构建成数字一体化管理体系，从而实现脱机编程，远程监控、诊断和检修。此外，在焊接生产中应用网络技术，可以进行多台焊机控制器的集中管控，包括焊接参数的修改、备份，焊接过程、焊接设备的实时监测，故障报警与监控等。

(6) 标准化、通用化。系统结构和硬件电路芯片接口的标准化、通用化不仅有利于系统的扩展、外设（如焊机）的兼容，而且有利于系统的维修。



(7) 人性化。目前大多数焊接自动化系统都具有人机交互功能,使焊接自动化系统的控制更具人性化。数字显示技术在人机交互、控制参数实时检测中得到了普遍的应用。

## 1.2 现代焊接自动化技术的特点

当前国内外焊接自动化技术的发展特点是数控化、智能化与专机化等,这也是与金属切削加工等其他机械制造工业的现代化步伐相一致的。

现代焊接自动化技术的主要特点可归纳为以下几点:

(1) 数控化。目前在焊接装备控制系统中,已普遍采用基于可编程逻辑控制器等微处理器的自动控制系统,对焊接设备进行数字化控制。这不仅提高了焊接装备自动控制的功能、精度、效率,确保了焊接质量,改善了操作环境,也为焊接装备的网络化控制提供了条件。

焊接装备数控化的关键是合理应用计算机控制器、伺服电动机、焊接传感器,特别是视觉焊缝图像传感器等先进设备,将其组合成实用的自动焊接装备。

(2) 智能化。焊接装备的智能化控制是焊接过程全自动控制的高级形式。焊接过程的全自动控制比传统的金属切削加工要复杂得多。全自动控制必须考虑焊件接缝装配间隙误差、几何形状的偏差以及焊件在焊接过程中的热变形,在此基础上,通过各种专用的计算机软件按工件和设备情况对焊接参数进行优化选择,自动编制焊接程序,以实现焊接过程的全自动化。

(3) 专机化。为提高自动化焊接设备的焊接质量与生产效率,焊接装备按工艺要求已发展为各种专用自动焊接装备,如单丝和多丝埋弧焊焊接装备、单丝或双丝窄间隙埋弧焊焊接装备、熔化极惰性气体保护电弧焊/熔化极活性气体保护电弧焊(Metal Inert-gas Welding/Metal Active Gas Arc Welding, MIG/MAG)焊头和带极堆焊机头等,也可与滚轮架、变位机或翻转机配套以完成筒体内外纵环缝、封头拼接缝、大直径接管环缝的自动焊接。

(4) 精密化。精密化的内涵包括高精度、高质量和高可靠性。以与焊接机器人配套的焊接变位机为例,最高的重复定位精度为 $\pm 0.05\text{ mm}$ ,机器人和精密操作机的行走机构定位精度为 $\pm 0.1\text{ mm}$ ,移动速度的控制精度为 $\pm 0.1\%$ 。

(5) 大型化。焊接装备的大型化是焊接结构向高参数、重型化和大型化发展的需要。如重型厚壁容器焊接中心的立柱横梁操作机的最大规格已达 $12.5\text{ m} \times 10\text{ m}$ ,龙门式操作机的规格为 $8\text{ m} \times 8\text{ m}$ ,大型造船厂使用的门架式钢板纵缝焊机的最大行程为 $12\text{ m}$ ,集装箱外壳整体组装焊接中心门架式操作机的工作行程达 $16\text{ m}$ 。

(6) 节能化。随着社会的发展,节约能源已经成为各行各业首要考虑的问题,焊接行业也不例外。焊接产业发展节能、环保的焊接工艺已成为必然的趋势;同时,高效焊接工艺的应用,对提高焊接效率、减少能源消耗意义很大。为了顺应节约环保的要求,手弧焊机及普通的晶闸管焊机正在逐步被高效节能并能够自动调节参数的智能型逆变焊机取代,同时为了适应当今淡化操作技能的趋势,焊接的操作也逐渐趋向智能化、简单化。

## 1.3 焊接自动化设备分类

焊接自动化设备按适用焊接位置可以分为直缝自动焊机、环缝自动焊机和全位置自动焊机。

### 1.3.1 直缝自动焊机

直缝自动焊机(也叫纵缝自动焊机)是一种优质、高效、无变形地完成壁厚0.5~6 mm的薄壁筒、锥形筒、平板或一端开口的方形盒体对接纵缝焊接的通用自动焊接设备。直缝自动焊机可用于碳钢、低合金钢、不锈钢、铝及其合金等材料的优质焊接,并可选择氩弧焊(填丝或不填丝)、熔化极气体保护电弧焊(CO<sub>2</sub>/MIG/MAG)、等离子弧焊、埋弧焊等组成一套纵缝自动焊接系统。该设备可广泛地应用于汽车及配件、薄壁压力容器、家用电器、医疗器械、建筑装饰、食品机械等制造行业一切需要纵缝焊接的场合。

#### 1.3.1.1 直缝自动焊机的主要特点

(1) 焊接主机采用悬臂结构,两悬臂梁焊接后进行退火去应力处理,保证横梁长期不变形。

(2) 气动琴键式压紧结构,沿直缝两侧紧密排列,保证对接焊缝在整个焊接长度范围内均匀压紧;左右琴键压指的间距可调整,以适应不同工件的焊接。

(3) 根据工件的厚度可采用气囊式或气缸式,保证有足够的压紧力,防止焊接过程中的热变形。

(4) 焊接芯轴镶嵌有铜制胎具,提供焊缝背面保护功能;针对筒体或平板工件加工不同焊接工艺槽,达到单面焊双面成形。

(5) 焊接芯轴与琴键压指间距可调,可适应不同工件的焊接要求。

(6) 焊枪行走采用直流伺服电动机驱动,齿轮齿条传动,轨道面经磨削加工,行走平稳,焊接稳定可靠。

(7) 气动对中机构采用气缸动作,实现焊缝每次对缝快速且准确,保证焊枪对准焊缝。

(8) 所有气管、电缆安放在拖链内,外观整洁美观,同时避免线缆断线。

#### 1.3.1.2 直缝自动焊机的主要参数

表1-1所列是一种筒体直缝自动焊机的技术参数,供参考(平板对接焊属于另一种机型)。

表1-1 直缝自动焊机的主要参数

项 目	参 数
直缝自动焊机型号	ZF-1000 (ZF代表直缝,1000代表直缝最大焊接长度,单位为mm)
控制电源	单相 50 Hz AC220 V

续表

项 目	参 数
焊接工件厚度范围	0.5 ~ 6 mm
焊接工件有效长度	≤ 1 000 mm
焊接工件最大直径	800 mm
焊接工件最小直径	130 mm
滑板移动速度	100 ~ 2 500 mm/min
滑板行走精度	0.2 mm
焊枪气动升降行程	100 mm
焊枪手动微调距离	$x$ 、 $z$ 各 60 mm
外形尺寸	2 540 mm × 950 mm × 1 900 mm
质量	1 500 kg

### 1.3.1.3 直缝自动焊机的使用注意问题

在直缝自动焊机的使用过程中，根据不同的产品，需要配置不同的配套产品。



图 1-1 含焊枪摆动器的直缝自动焊机

(1) 对于 2 000 mm 以上的长焊缝工件的焊接，由于设备误差或工件本身误差，容易造成焊缝成形不好或焊缝偏移，所以需要配置跟踪系统或摆动系统，以克服由于焊缝弯曲而造成的咬边或未焊透等缺欠，真正实现自动焊接，达到提高效率 and 焊接质量的效果。图 1-1 即为配套有焊枪摆动器的直缝自动焊机。

(2) 对于厚度 2 mm 以上钢板的筒体焊接，由于焊缝的间隙比较大，采用工件母材的自身熔化不能填平焊缝，故形成焊接缺欠，这时需要加上自动填丝机构，在焊接过程中增加金属的熔化量来填平焊缝，达到高质量的焊缝。

(3) 直缝自动焊机的热源选择主要有钨极氩弧焊机、等离子弧焊机、熔化极气体保护焊机、埋弧焊机、激光焊机等。对于铝、镁及其合金等，一般采用交流氩弧焊机或熔化极惰性气体保护焊机。对于不锈钢，可采用除熔化极气体保护焊机以外的所有直流焊机。对于普通碳钢，可采用上述所有焊机。

### 1.3.2 环缝自动焊机

环缝自动焊机是一种能完成各种圆形、环形焊缝焊接的通用自动焊接设备，可用于碳钢、低合金钢、不锈钢、铝及其合金等材料的优质焊接，并可通过选择氩弧焊（填丝或不填丝）、熔化极气体保护电弧焊、等离子弧焊等组成一套环缝自动焊接系统。环缝自动焊机