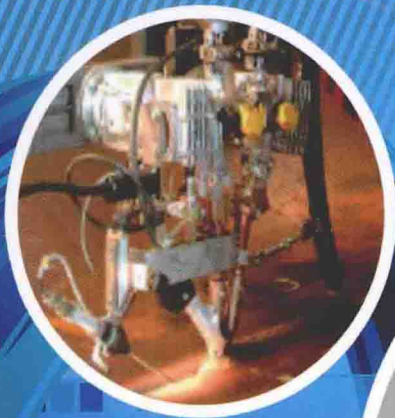




现代埋弧焊机、焊管机 原理与操作

卢本 编著

✓ 设备先进

✓ 技术实用

✓ 图文并茂



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

现代埋弧焊机、焊管机 原理与操作

卢 本 编著

机械工业出版社

本书共分上下两篇。上篇用 8 章的篇幅系统介绍了现代埋弧焊电源、弧长控制系统、埋弧焊坡口跟踪系统、埋弧焊机架、埋弧焊的控制系统,以及多丝埋弧焊设备的原理、结构及使用,并给出了埋弧焊设备的操作实例。下篇用 4 章的篇幅系统介绍了现代全位置电弧焊管机的类型和结构原理、焊管机的专家系统、焊管机的操作及实例。

本书适合从事焊接生产的技术人员使用,也可供职业技术学校焊接专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代埋弧焊机、焊管机原理与操作/卢本编著. —北京:机械工业出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-111-47924-6

I. ①现… II. ①卢… III. ①埋弧焊—焊机—基本知识②焊管机—基本知识 IV. ①TG434.4②TG333.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 209214 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吕德齐 责任编辑:吕德齐

版式设计:赵颖喆 责任校对:陈延翔

封面设计:陈沛 责任印刷:刘岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·13.25 印张·263 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47924-6

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

策划编辑电话:(010) 88379733

封面无防伪标均为盗版

前言

本书重点阐述现代埋弧焊机与全位置自动电弧焊管机的类型、结构组成原理和使用操作的相关内容。

现代埋弧焊工艺与设备发展的显著特点是：

1) 采用激光检测与光电跟踪技术对传统埋弧焊机的焊缝跟踪系统进行改进，从而极大地提高了一维平面焊缝与二维角焊缝的跟踪精度，扩展了常规埋弧焊机的应用领域。

2) 现代埋弧焊工艺与设备中，大量采用 PLC（可编程序控制器）作为整机的核心控制装置，所用控制程序和工艺参数集中在 PLC 的软件系统中。

3) 现代埋弧焊工艺与设备中，突显了大中厚板的窄间隙埋弧焊工艺与设备的应用，突显了双丝和多丝埋弧焊工艺与设备的应用。

4) 现代焊接制成品的焊接质量，不仅越来越依赖于焊接设备本身的技术性能，而且与配套设备的技术性能密切相关。

现代自动电弧焊管工艺与设备发展的特点是：

1) 开发出多类型、多型号的全位置自动电弧焊管机，以满足核电、火电、化工和军工产品中大量焊管工程的需求。

2) 现代自动电弧焊管工艺与设备中，突显了数字控制弧焊电源的应用，突显了焊接专家系统软件的开发和应用。

大型成套埋弧焊工艺与设备的设计和制造水平，与国外的先进水平相比，国内的焊接设备制造业还存在较大差距；在全位置自动电弧焊管工艺与设备的设计和制造方面，国内还是空白。特别是电弧焊管专家系统软件的开发和应用，几乎全部是引进国外产品。

基于上述国内焊接界的实际状况，我们认为非常有必要编写一本能反映现代埋弧焊机与全位置自动电弧焊管机发展现状，并较为详细地介绍焊机技术性能与实际操作的书藉。

本书选用国内外埋弧焊机、焊管机的产品说明书和操作手册作为原始资料，注重实用性。

如果本书对焊接界的广大焊接技术人员有所启迪，那正是作者的初衷。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，望广大读者指正。

华中科技大学 卢 本
于武汉

目 录

前言

上篇 埋弧焊机	1
第1章 现代埋弧焊设备概述	1
1.1 现代埋弧焊在重大钢结构件中的应用	1
1.2 窄间隙埋弧焊的特点与应用	4
1.3 带极埋弧堆焊的特点与应用	6
1.4 多丝埋弧焊的特点与应用	8
第2章 埋弧焊电源原理与结构	11
2.1 焊接电弧伏-安特性的定义	11
2.2 焊接电弧的伏-安特性曲线	12
2.3 弧焊电源伏-安特性(VAC)的定义	14
2.4 弧焊电源 VAC 曲线的类型	15
2.5 “电源-负载”系统的工作点分析	17
2.6 弧焊电源伏-安特性反馈控制原理	22
2.7 埋弧焊电源主电路结构类型	27
2.8 埋弧焊电源的波形控制	31
第3章 埋弧焊的引弧与弧长控制	34
3.1 埋弧焊的引弧	34
3.2 埋弧焊机弧长控制系统	35
第4章 埋弧焊的坡口跟踪系统	43
4.1 常规焊接坡口跟踪原理	43
4.2 坡口检测(传感器)原理	44
4.3 窄间隙埋弧焊的坡口跟踪系统	51
第5章 埋弧焊机的机架	57
5.1 小车式机架	57
5.2 悬臂式机架	61
5.3 悬台式机架	67
5.4 悬吊式机架	69
5.5 双柱式机架	72
5.6 龙门式机架	73
5.7 马鞍形焊缝用埋弧焊机机架	77
第6章 埋弧焊机的控制系统	82

6.1 埋弧焊机焊接电流控制系统	82
6.2 埋弧焊机的焊接速度控制系统	84
6.3 埋弧焊机的计算机 (PLC) 控制系统	92
第7章 现代多丝与窄间隙埋弧焊设备	97
7.1 串列双丝埋弧焊设备	97
7.2 并列双丝埋弧焊设备	103
7.3 热、冷丝 (双丝) 埋弧焊工艺简介	104
7.4 三丝埋弧焊设备	105
7.5 四丝与六丝埋弧焊设备	109
7.6 窄间隙埋弧焊设备	110
7.7 窄间隙双丝埋弧焊设备	118
第8章 埋弧焊机的使用与操作	120
8.1 小车式埋弧焊机 (ESAB A2-A6 型) 控制器	120
8.2 窄间隙埋弧焊工作站 (ESAB) 的操作	127
下篇 焊管机	140
第9章 现代电弧焊管机概述	140
9.1 自动电弧焊管机定义	140
9.2 全位置焊管机的基本原理和使用特点	141
9.3 自动电弧焊管的焊缝质量分析	155
第10章 全位置焊管机的电源系统	158
10.1 焊管机电源系统概述	158
10.2 全位置焊管的程序控制曲线	161
10.3 焊管机的专家系统	164
第11章 焊管机机械操作	170
11.1 爬行小车式焊管机的操作要点	170
11.2 开口式焊管机的操作	176
11.3 闭口式焊管机的操作要点	180
11.4 管-板焊管机的操作要点	182
第12章 焊管机的编程操作	185
12.1 PROTIG450 控制器概述	185
12.2 焊接参数	189
12.3 启动和停止	192
12.4 启动准备	193
12.5 程序的编制	201
参考文献	203

上 篇 埋 弧 焊 机

第 1 章 现代埋弧焊设备概述

埋弧焊作为较早获得应用的机械化焊接方法，是钢结构制造中应用最广泛、最成熟的焊接工艺方法之一。由于埋弧焊工艺方法的焊接熔深大、生产效率高，容易实现机械化、自动化焊接，因而是中厚板和长焊缝钢结构首选的焊接工艺方法。

与焊条电弧焊相比，埋弧焊可以采用较大的焊接电流（一般为几百安），其优点是焊缝质量好、焊接速度高，特别适于焊接大型焊件的直缝和环缝，而且易采用自动化焊接。

1.1 现代埋弧焊在重大钢结构件中的应用

1. 在核压力容器制造中的应用

在核压力容器（图 1-1）中，压水反应堆与蒸汽发生器是主要压力容器结构件。

图 1-2 所示的核电站的压水反应堆的压力壳，高度为 10 ~ 13m、壁厚为 200 ~ 300mm、重量为 400 ~ 500t、内径约为 4m。

核电蒸汽发生器（图 1-3）压力壳上下有封头，筒体则是由若干圆环状筒节拼焊而成，蒸汽发生器压力壳所用结构材料与反应堆压力壳相同。蒸汽发生器压力壳筒体板厚为 70 ~ 110mm；蒸汽发生器重 300 ~ 400t。

2. 在船体结构与船舶核动力装置建造中的应用

图 1-4、图 1-5 显示核动力船舶的船用压水核反应堆主要结构（船用压水反应堆、蒸汽发生器与稳压器），它们都属于大型大厚板压力容器结构。

3. 石油化工重型装置建造中的应用

图 1-6 所示为石油化工炼油的关键设备——热壁加氢反应器的外观，其总重量达千吨级、壁厚 280 ~ 400mm。

图 1-7 所示为热电站 500MW 级锅炉汽包，其汽包长 30m，壁厚 203mm，重达 250t。

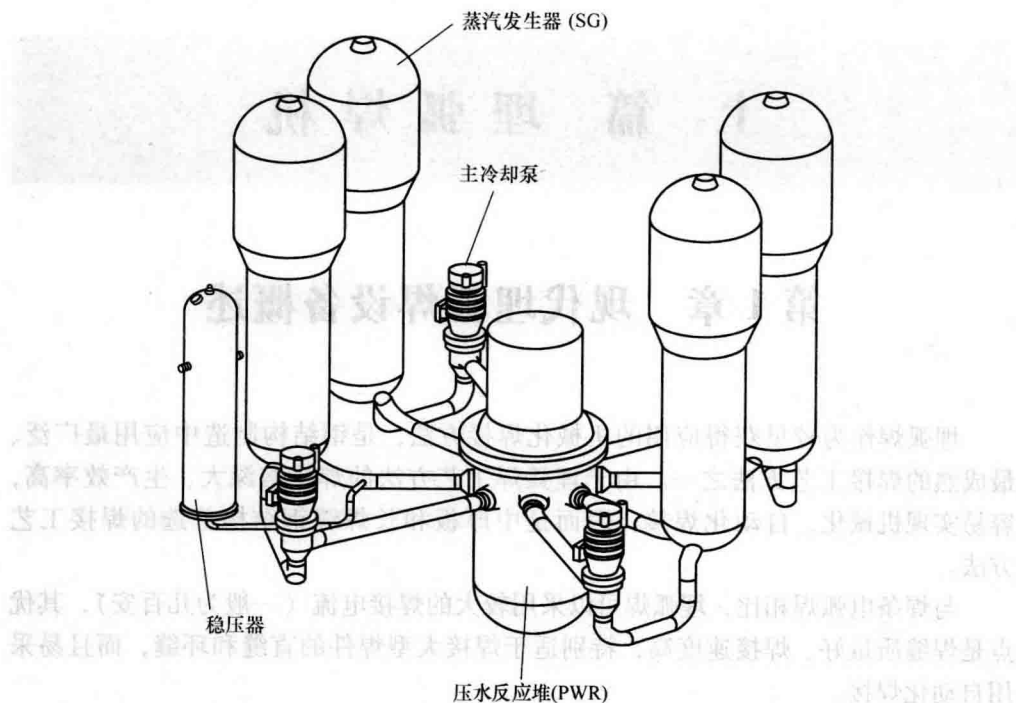


图 1-1 核电的主要压力容器结构件

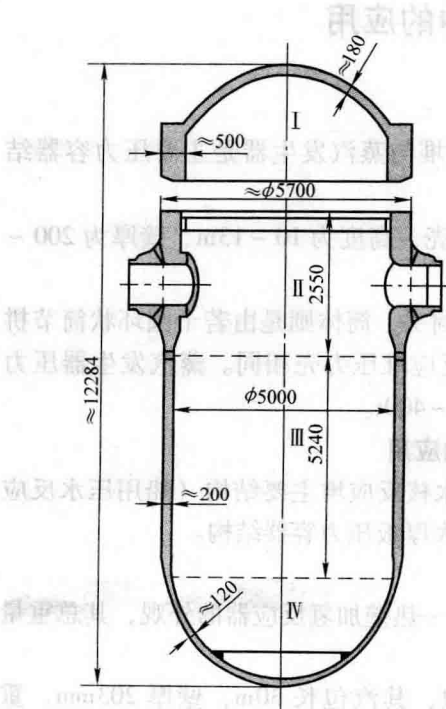


图 1-2 压水反应堆的压力壳

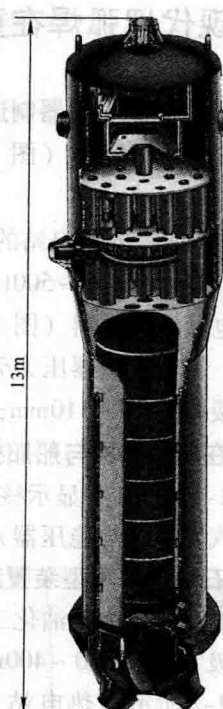


图 1-3 核电蒸汽发生器



图 1-4 核潜艇的核动力主要结构 (船用压水反应堆、蒸汽发生器与稳压器)

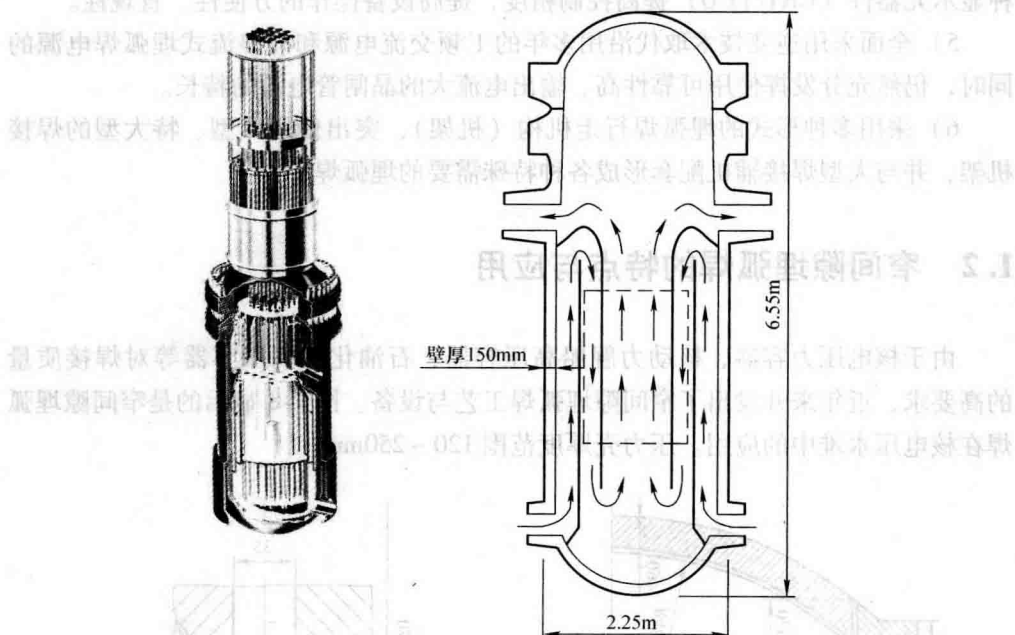


图 1-5 savannah 核动力商船的核反应堆



图 1-6 热壁加氢反应器

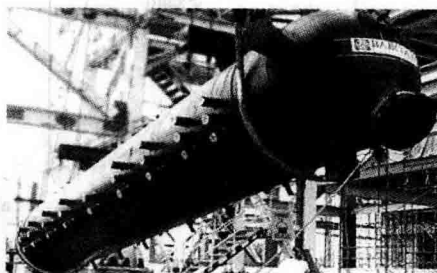


图 1-7 锅炉汽包

埋弧焊在锅炉与压力容器、船体、核动力设备、石油化工与容器以及其他大型钢结构的制造中，都是主要的焊接工艺手段。

近年，计算机控制技术、电力电子技术的飞速发展，随之而来的是焊接界对传统埋弧焊工艺与设备的全面改造和更新，各种高效、高质量的自动化、数字化控制的埋弧焊设备相继开发出来，主要体现在以下几方面：

- 1) 用窄间隙埋弧焊工艺及设备取代中厚板多层多道埋弧焊工艺及设备。
- 2) 采用双丝、三丝、四丝乃至六丝和热丝等设计新思路来大幅度提高埋弧焊设备的效率和焊接质量。
- 3) 采用光电、激光检测等技术提高埋弧焊的焊缝跟踪精度。
- 4) 控制系统中，采用主控制计算机（工业控制计算机 PLC）技术，并应用多种显示元器件（CRT/LCD）提高控制精度，提高设备操作的方便性、直观性。
- 5) 全面采用逆变技术取代沿用多年的工频交流电源和硅整流式埋弧焊电源的同时，仍然充分发挥使用可靠性高、输出电流大的晶闸管电源的特长。
- 6) 采用多种形式的埋弧焊行走机构（机架），突出使用大型、特大型的焊接机架，并与大型焊接辅机配套形成各种特殊需要的埋弧焊专机。

1.2 窄间隙埋弧焊的特点与应用

由于核电压力容器、核动力舰船高压容器、石油化工高压容器等对焊接质量的高要求，近年来开发出了窄间隙埋弧焊工艺与设备。图 1-8 显示的是窄间隙埋弧焊在核电压水堆中的应用。压力壳厚度范围 120 ~ 250mm。

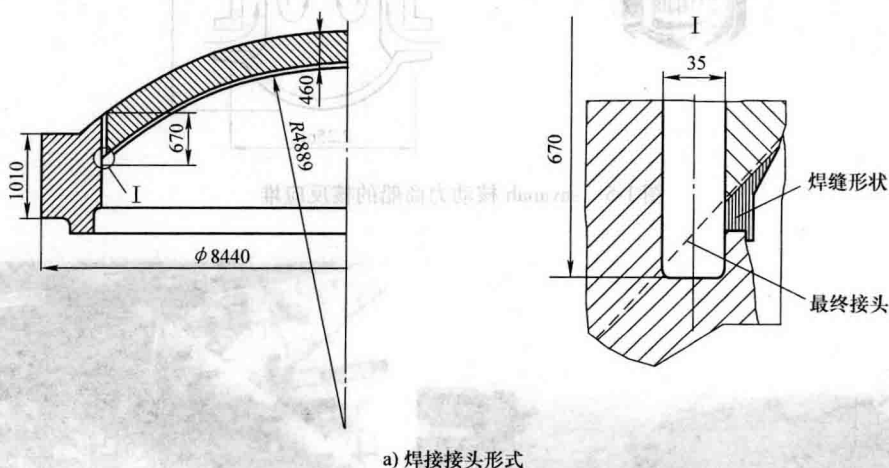
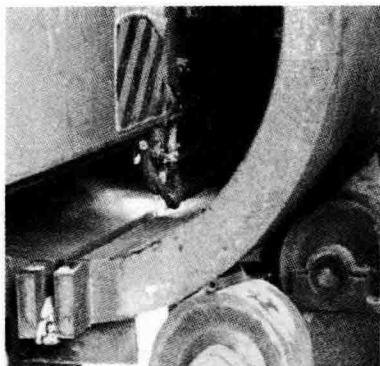


图 1-8 窄间隙埋弧焊在核电压水堆中的应用



b) 筒体纵缝的窄间隙埋弧焊



c) 筒体环缝的窄间隙埋弧焊

图 1-8 窄间隙埋弧焊在核电压水堆中的应用 (续)

窄间隙埋弧焊工艺的技术优势主要表现为:

1) 对宽深比为 $1/5 \sim 1/10$ 的坡口, 都能得到性能良好的焊缝质量 (图 1-9), 这一特点对厚板焊件的焊接有重要意义, 因为厚板窄间隙埋弧焊的中途一旦出现任何焊接缺陷, 其返修工作将非常艰难, 有些重要结构还不允许返修, 结果带来的损失就很大。

2) 窄间隙埋弧焊大宽深比的坡口特点, 与普通埋弧焊工艺相比 (图 1-10), 能节约焊接材料 (焊丝) $1/3$ 左右。

机械探辊-光电式坡口传感器自动跟踪系统悬臂式窄间隙埋弧焊机, 又称窄间隙埋弧焊工作站。图 1-11 是瑞典 ESAB 公司的窄间隙埋弧焊机的焊头, 它是使用机械探辊-光电式坡口传感器的窄间隙埋弧焊焊头。

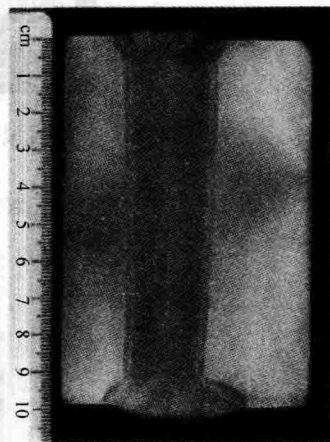
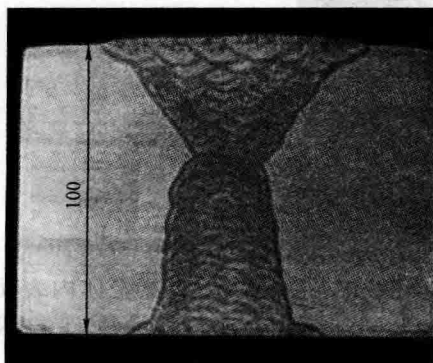
图 1-9 窄间隙埋弧焊
鱼鳞状焊缝

图 1-10 普通埋弧 X 形焊缝

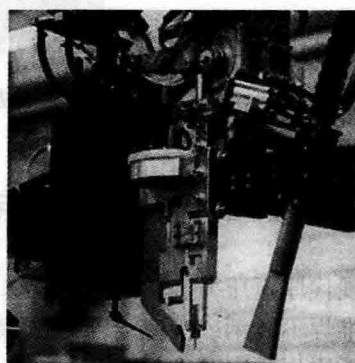


图 1-11 ESAB 公司的窄间隙埋弧焊机的焊头

图 1-12 是使用机械探杆-光电式坡口传感器的窄间隙串联双丝埋弧焊焊头。

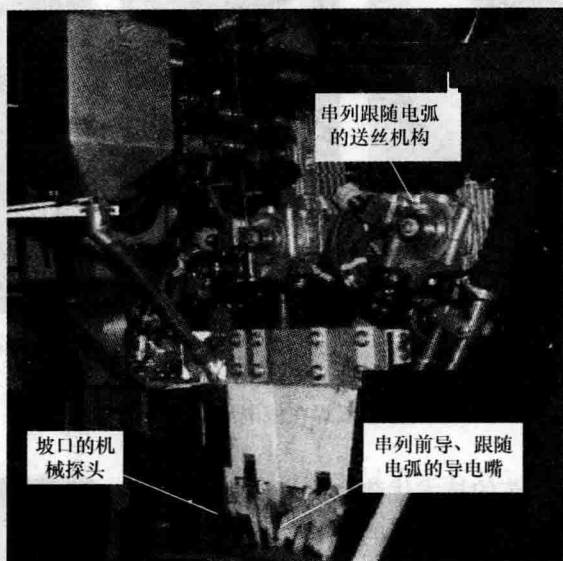


图 1-12 使用机械探杆-光电式坡口传感器的窄间隙串联双丝埋弧焊焊头

图 1-13 是一种使用激光坡口传感器的窄间隙埋弧焊机的焊头。

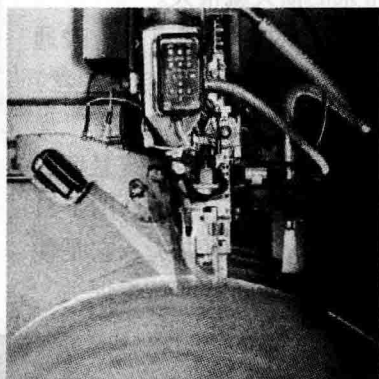


图 1-13 使用激光坡口传感器的窄间隙埋弧焊机的焊头

1.3 带极埋弧堆焊的特点与应用

现代厚板压力容器的焊接技术中，大量采用在高强度钢压力容器壳体内表面，埋弧堆焊不锈钢或镍基合金等耐高温、耐各种腐蚀环境和介质材料的技术，而带极埋弧堆焊是主要堆焊工艺。

悬臂式机架装设带极堆焊焊头（图 1-14），常用于压力容器筒体内表面的带极

堆焊(图1-15)。与小车式带极埋弧堆焊(图1-16)相比,悬臂式机架可方便地调节堆焊焊道的搭接量,因此是压力容器专业生产厂家的首选堆焊设备。

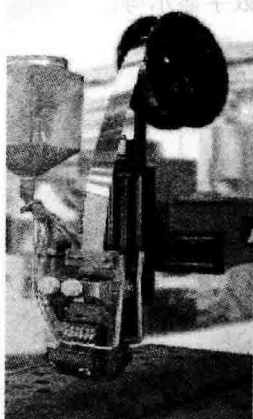


图1-14 悬臂式机架装设带极堆焊焊头

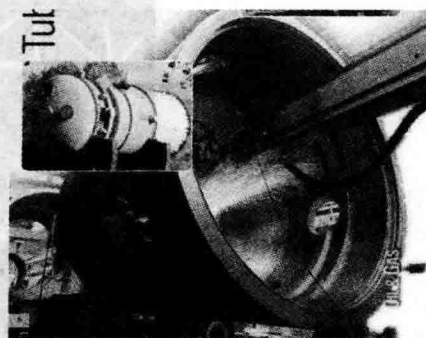


图1-15 压力容器筒体内表面的带极堆焊

大型封头焊件堆焊时,焊头要伸入到凹型封头中,这样,就需要在悬臂式横梁的端部,安装增加焊头垂直方向移动距离的可伸缩立向杆,以便随凹型封头焊件倾角改变,调节立向移动距离,图1-17所示为大型封头加长立臂悬臂式埋弧焊专机。堆焊时,焊机的悬臂也必须随凹型封头焊件倾角的变化调节横向伸缩距离,由于每道堆焊焊道之间的距离(即邻近堆焊焊道的重叠量)有一定的精度要求,因此悬臂横向伸缩距离最好用数字式调节,这样一来,与通用型悬臂式埋弧焊机通常采用直流电动机调速系统就不尽相同了,即堆焊用悬臂式埋弧焊机注重的是悬臂伸缩量的控制,至于能否调速则不重要。

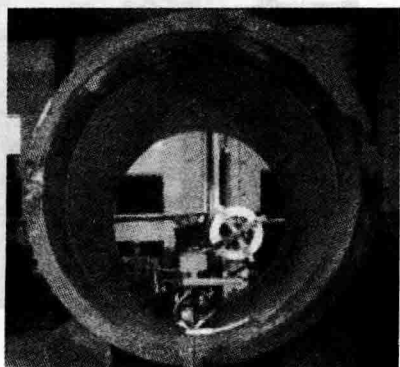


图1-16 压力容器内表面的
小车式带极埋弧堆焊

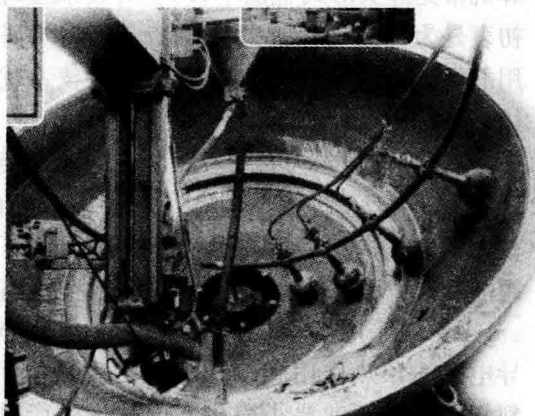


图1-17 大型封头加长立臂悬臂式埋弧焊专机

大型封头工件的带状电极埋弧堆焊，一般要用大型焊接变位机（图 1-18）。大型变位机的工作台面的旋转是采用调速精度较高的直流电动机调速系统，而工作台面的倾斜也可电动调整，还会给出速度和倾斜角的数字显示等。

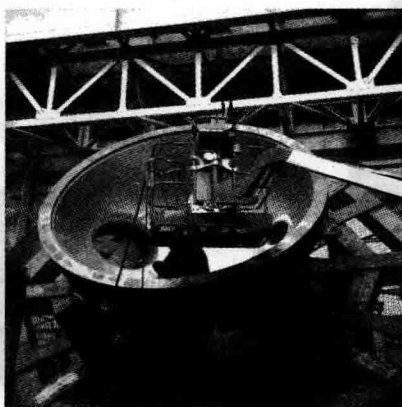


图 1-18 大型焊接变位机与封头堆焊质量检查

1.4 多丝埋弧焊的特点与应用

1. 串列（Tandem）双丝埋弧焊

串列双丝埋弧焊是在单丝埋弧焊的基础上，增加一根焊丝形成的埋弧焊工艺，如果其中每根焊丝都由一个独立电源供电，则称其为串列（Tandem）双丝埋弧焊，这是双丝埋弧焊机常见焊头形式（图 1-19）。开发双丝埋弧焊的初衷是为提高埋弧焊效率，随焊接技术研究和应用的展开，还发现了双丝焊的其他技术优势，具体如下：

1) 导前焊丝为直流、跟随焊丝为交流的串列（Tandem）双丝埋弧焊系统中，利用前导直流电流较大的电弧产生大熔深，而在略低电流下工作的跟随交流电弧可改善该焊缝的外形和表面粗糙度。

2) 可采用双丝双弧焊接方法。其优点在于前导电弧的预热作用和跟随电弧的后热作用，使材料焊接裂纹倾向要小得多，可减少生产过程中预热和层间温度的控制环节。

3) 采用双丝窄间隙的焊接工艺方法（图 1-20），进一步提高窄间隙埋弧焊的质量。

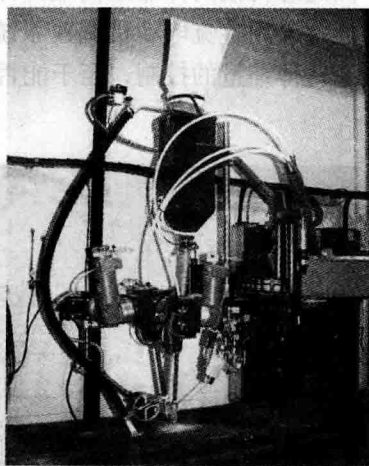


图 1-19 串列（Tandem）双丝埋弧焊机的焊头

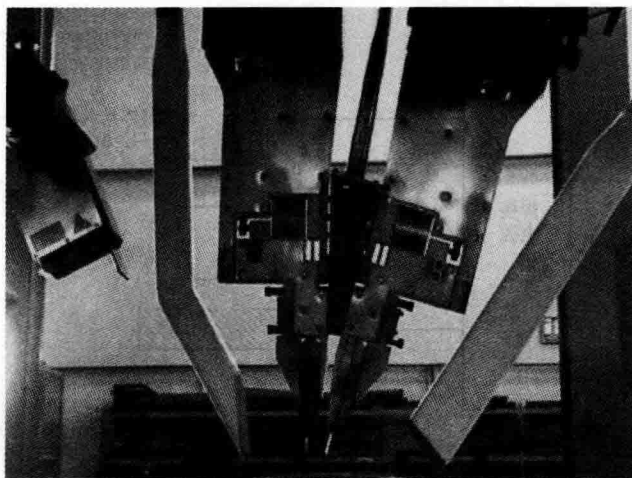


图 1-20 串联双丝窄间隙埋弧焊机的焊头

2. 并列双丝 (Twin) 埋弧焊

并列双丝埋弧焊, 是用两根较细的焊丝代替一根较粗的焊丝, 两根焊丝共用一个焊嘴 (图 1-21), 以同一速度 (图 1-22 中, 两组送丝轮是同轴驱动) 分别通过各自的导电嘴向外送出。而两根焊丝的供电既可用同一电源, 也可用两个电源分别供电。



图 1-21 单电源双丝焊

并列双丝焊的优点:

1) 能获得更高质量的焊缝。这是因为两电弧对母材的加热区变宽, 焊缝金属的过热倾向减弱, 平均焊接速度比单丝焊提高。

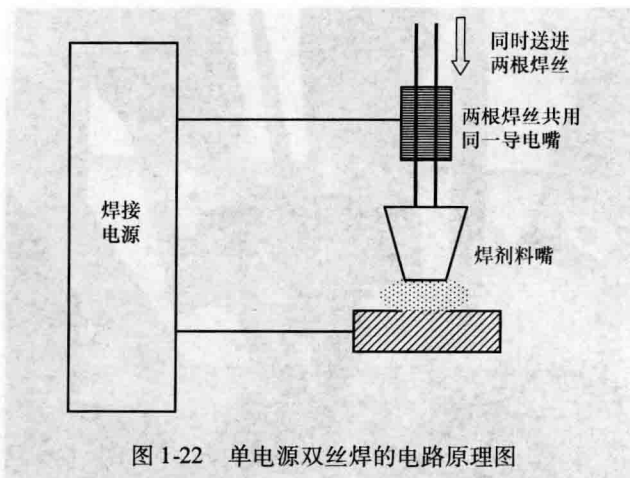


图 1-22 单电源双丝焊的电路原理图

2) 焊接设备简单。这种焊接方法在很多方面可以和串列双丝埋弧焊的焊速和熔敷率相当，而设备的投资费用仅为串列双丝埋弧焊设备的一半，所以这种工艺很容易推广到多丝焊。

3. 串列-并列双丝埋弧焊

串列-并列双丝 (Tandem-Twin) 埋弧焊，可以看成是串列双丝与并列双丝的组合形式：设置两个焊嘴，每个焊嘴中安排两根焊丝，其目的是减小焊丝直径，结果是单根焊丝可采用更小电流，这就可进一步减小焊接热输入。因此其焊接质量可提高，而且可减小或避免出现焊接裂纹。图 1-23 所示为由 ESAB 开发，用于钢板拼接的 Tandem-Twin 焊嘴。

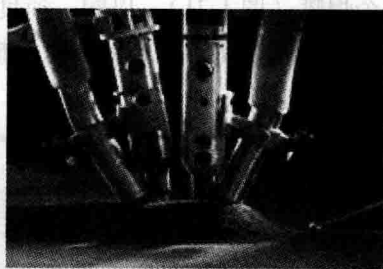


图 1-23 串列-并列双丝埋弧焊的焊嘴



图 1-24 串列-并列双丝埋弧焊的焊接过程

第2章 埋弧焊电源原理与结构

2.1 焊接电弧伏-安特性的定义

当用焊接电源向焊接电弧供电时，就形成了“电源-电弧”系统。这个系统如果能稳定工作，则在电源输出电压的作用下电流流过电弧，并在电弧上产生电压降 U_F 。

假设第一次调节流经可调电弧的电流为 I_{S1} ，其具体数值可用如图 2-1 所示电流表测量；对应的电弧电压降为 U_{F1} ，其具体数值亦可用如图 2-1 所示电压表测量；第二次调节的结果为： I_{S2} ， U_{F2} ；如此进行，可得一系列对应的电流与电压的数据对： I_{S3} ， U_{F3} ； I_{S4} ， U_{F4} ……

这些对应的数值表明：流过电弧的电流与电弧上产生的电压降 U_F 有着某种函数关系。用简单的数学式表示，即：

$$U_F = f(I_S)$$

这个数学表达式就称为电弧的伏-安特性（VAC），焊接文献中通常称为电弧的静特性。

特别要注意：电弧 VAC 中的电流和电压，表达的是稳态量，亦称静态量。如果“电源-电弧”系统中的电源是交流电源，那么电流和电压表示有效值，如图 2-2a 所

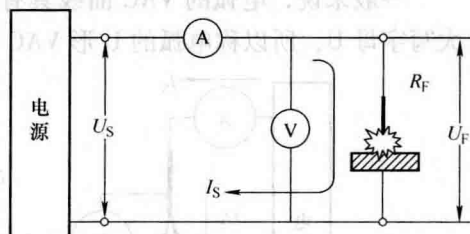


图 2-1 电弧伏-安特性实验电路简图

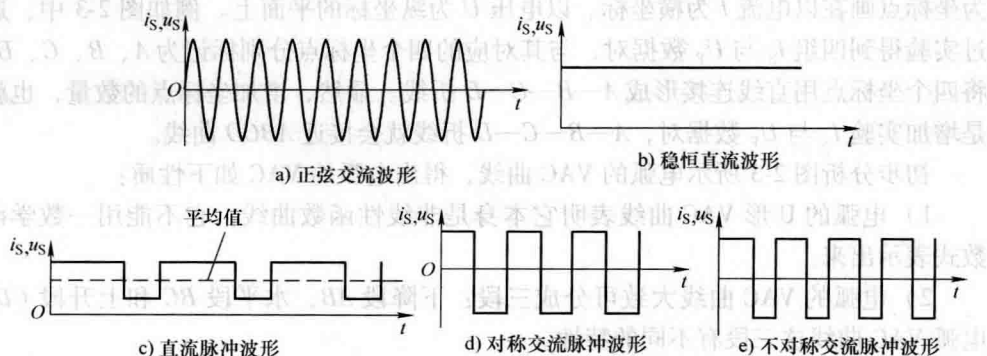


图 2-2 现代弧焊电源可能输出的波形