

责任编辑：王 钰
封面设计：唐 澍 设计

智能制造基础技术系列教材

- 机械设计基础
- 机械制造基础
- AutoCAD 应用教程
- CAD/CAM技术实用案例教程（CAXA）
- 钳工技能实训
- 冷冲压工艺与模具设计
- 冲压工艺与模具设计
- 电子产品生产工艺
- 3D打印技术
- 数控机床故障诊断与维修
- 数控加工编程与操作
- 工控组态技术及应用
- 现代工程制图简明教程
- 电机与电气控制技术
- 印制电路板设计与制作
- 变频器原理与应用技术
- 变频与伺服控制技术
- 传感器与自动检测系统设计
- 工程材料及热处理
- 金属材料焊接工艺制定与评定
- 典型焊接接头电弧焊技术
- 液压与气压传动技术

中航出版传媒有限责任公司
CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO.,LTD.
www.aviationnow.com.cn



职业教育国家在线精品课程配套教材

典型焊接接头电弧焊技术

主编◎张帅谋

航空工业出版社

职业教育国家在线精品课程配套教材
智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

典型焊接接头电弧焊技术

主编◎张帅谋

DIANXING HANJIE JIETOU DIANHUMAN JISHU



航空工业出版社

职业教育国家在线精品课程配套教材
智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

典型焊接接头电弧焊技术

主编◎张帅谋

DIANXING HANJIE JIETOU DIANHUAHAN JISHU

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本教材是职业教育国家在线精品课程配套教材。教材采用模块化教学、工作任务式的结构。以5种焊接方法为模块，包括焊条电弧焊、钨极氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、自动埋弧焊、机器人焊接。以典型焊接接头为载体，以操作技能为学习任务，通过模块化教学，完成焊接操作任务工单，达成焊接高技能人才的培养目标。每个模块技能训练以“学习目标-工作任务-知识准备-任务分析-任务实施-质量检测-考核评价-关键技术点拨”的形式呈现，确保各模块之间的内容独立、格式统一，且能力递进、易于教学内容自由组合，方便不同需求的教学。同时，教材融入“大国工匠”相关内容，讲述部分焊接大国工匠的励志故事、优秀事迹，以达到教书与育人双重目的。

本教材适用于高职院校智能焊接技术专业，也可作为企业焊工的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

典型焊接接头电弧焊技术 / 张帅谋主编. -- 北京 :
航空工业出版社, 2024. 7. -- ISBN 978-7-5165-3830-2
I. TG441.2
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024L919X3 号

典型焊接接头电弧焊技术

Dianxing Hanjie Jietou Dianhuhan Jishu

航空工业出版社出版发行

（北京市朝阳区北苑路 58 号 20 层 100012）

发行部电话：010-85672666 010-85672683 读者服务热线：010-85672635

中煤（北京）印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2024 年 7 月第 1 版

2024 年 7 月第 1 次印刷

开本：889×1194 1/16

字数：545 千字

印张：18.5

定价：59.80 元

编写委员会

主 编：张帅谋

副主编：王瑞权 张 波 王 博

参 编：胥 锴 顾 伟 谭言松（企业）

王德伟（企业） 唐都喜（企业）

在线课程学习指南

本书配套在线课程“典型焊接接头电弧焊技术”，该课程先后被教育部评选为2020年国家精品在线开放课程、2022年职业教育国家在线精品课程，读者可通过国家职业教育智慧教育平台在线学习。进入国家职业教育智慧教育平台，搜索“典型焊接接头电弧焊技术”。



选择由张帅谋老师主讲的课程。



进入课程的介绍页面后，单击“现在去学习”按钮，跳转到课程学习页面。



当课程处于开课状态时，可加入课程进行学习。



前言

本书贯彻落实党的二十大精神，以党的二十大报告中“全面贯彻党的教育方针，落实立德树人根本任务，培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”的精神为指引，以《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》为指导，按照《关于深化现代职业教育体系建设改革的意见》《国家职业教育改革实施方案》有关要求，探索和实践现代职业教育体系智能焊接专业高素质高技能人才培养有效途径，深入产教融合，三教改革，以此为目标，开发新形态适合职业教育智能焊接人才培养的高水平教材《典型焊接接头电弧焊技术》。

编者联合多家企业高水平技能人才，组成专家团队反复研讨，把挖掘归纳出的能工巧匠们在长期工程实践中积累的经验、诀窍融入教材。内容框架结构：以典型焊接接头为任务载体，以“平、横、立、仰”空间位置难易程度为工作主线，以五种焊接方法为教学模块，介绍焊条电弧焊、钨极氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、自动埋弧焊、机器人焊接等焊接操作技巧。能力任务按照学习目标、工作任务、知识准备、任务分析、任务实施、质量检测、考核评价、关键技术点拨编排内容。在每个能力任务中，通过“任务分析”解剖技能要点，以启发学生思考，使学生养成“手脑并用”的好习惯；每个能力任务提炼能工巧匠们的“关键技术点拨”，让学生站在“巨人”的肩上快速成长。每个能力任务的“任务实施”“质量检测”和每个项目的“延伸阅读”，遵循培养高素质高技术技能人才的培养目标，润物无声地融入思政元素，以工匠精神传递榜样的力量，将焊工安全意识、劳动教育和职业素养等融入教学内容，使学生养成良好的职业素养。

教学设计以学生为中心，利用智慧教学工具（雨课堂、超星、e会学、智慧职教等），通过“项目任务化”的学习内容，“工作化”的学习过程，“过程化”的考核评价实施教学。

课程体系构架设置：学习目标、工作任务、知识准备、任务分析、任务实施、质量检测、考核评价、关键技术点拨，创新设计和构建了混合式六步法教学模式进行教学，在全国范围内进行了示范教学推广与应用。

本书是2020年国家精品在线开放课程和2022年职业教育国家在线精品课程“典型焊接接头电弧焊技术”的配套教材，在线课程中包含丰富的学习资源：教学课件、教案、教学视频、作业、练习题、动画、VR仿真、文本图片、试题库。部分资源可致电教学助手13810412048或发邮件至2393867076@qq.com获取。

《典型焊接接头电弧焊技术》融合了能工巧匠们在长期工程实践中积累的技术诀窍，融入以立德树人为宗旨的课程思政元素，建有课程思政资源库。

本书联合企业高级技师、工匠与技能大师进行编写，由安徽机电职业技术学院张帅谋副教授主编并统稿。参与编写的有浙江机电职业技术大学王瑞权教授，江苏安全技术职业学院张波副教授，佳木斯职业学院王博教授，安徽机电职业技术学院胥锴教授、顾伟副教授，安徽海螺川崎节能设备制造有限公司谭言松高级技师（技能大师、五一劳动奖获得者），芜湖点金机电科技有限公司王德伟高级工程师（安徽工匠，技能大师），埃夫特智能机器人股份有限公司唐都喜高级工程师（特级技师）。

在本书编写过程中，编者参阅了相关教材、书籍，以及手册、公众号、视频号等网络资料，并得到了合作企业的大力支持，在此致以深深的谢意！



课程简介

目录

模块一 焊条电弧焊技术 1

知识任务一 焊条电弧焊基础知识与技能	2
学习目标	2
一、焊条电弧焊概述	2
二、焊条电弧焊安全操作规程	3
三、焊接材料	4
四、焊接参数的选择	7
五、焊条电弧焊操作技术	9
能力任务二 焊条电弧焊板对接平焊技术	12
学习目标	12
工作任务	12
知识准备	13
一、焊接电流的选择	13
二、灭弧法与连弧法的选择	13
三、酸性焊条与碱性焊条选择	13
任务分析	14
任务实施	14
质量检测	17
考核评价	17
关键技术点拨	18
能力任务三 焊条电弧焊板对接立焊技术	19
学习目标	19
工作任务	19
知识准备	20
一、焊条电弧焊板对接立焊如何选择焊接方向	20
二、立焊时如何有效预防焊瘤产生	20
三、锯齿形运条的特点	21

任务分析	21
任务实施	21
质量检测	24
考核评价	25
关键技术点拨	26
能力任务四 焊条电弧焊板对接横焊技术	27
学习目标	27
工作任务	27
知识准备	28
一、板对接横焊焊接特点	28
二、如何有效预防磁偏吹产生	28
三、为什么横焊要选择多层多道焊	29
任务分析	29
任务实施	29
质量检测	32
考核评价	33
关键技术点拨	33
能力任务五 焊条电弧焊板对接仰焊技术	34
学习目标	34
工作任务	34
知识准备	35
一、板对接仰焊的焊接特点	35
二、为什么板对接仰焊打底时应选择灭弧法进行焊接	35
任务分析	36
任务实施	36
质量检测	38
考核评价	39
关键技术点拨	39

能力任务六 焊条电弧焊 T 形接头平角焊技术	40	考核评价	57
学习目标	40	关键技术点拨	57
工作任务	40	能力任务九 焊条电弧焊管对接垂直固定焊技术	58
知识准备	41	学习目标	58
一、常见焊接缺陷及预防措施	41	工作任务	58
二、如何根据焊脚尺寸选择焊接层数	41	知识准备	59
任务分析	41	一、垂直固定管焊接操作要点	59
任务实施	42	二、如何控制焊条起收弧时间和熔池温度	59
质量检测	44	任务分析	60
考核评价	45	任务实施	60
关键技术点拨	45	质量检测	63
能力任务七 焊条电弧焊 T 形接头立角焊技术	46	考核评价	64
学习目标	46	关键技术点拨	64
工作任务	46	能力任务十 焊条电弧焊管对接水平固定焊技术	65
知识准备	47	学习目标	65
一、立角焊时如何选择焊接电流	47	工作任务	65
二、立角焊时焊条角度如何控制	47	知识准备	66
三、立角焊时如何控制熔池金属	47	任务分析	66
四、焊脚尺寸不同运条方式有何不同	47	任务实施	67
五、局部间隙过大时应如何焊接	47	质量检测	70
六、立角焊时应选择怎样的焊接方向	47	考核评价	71
任务分析	48	关键技术点拨	71
任务实施	48	延伸阅读	72
质量检测	50	模块二 钨极氩弧焊技术	73
考核评价	51	知识任务一 钨极氩弧焊基础知识与技能	74
关键技术点拨	51	学习目标	74
能力任务八 焊条电弧焊骑座式管板焊技术	52	一、什么是钨极氩弧焊	74
学习目标	52	二、手工钨极氩弧焊设备	75
工作任务	52	三、钨极氩弧焊材料	76
知识准备	53	四、手工钨极氩弧焊基本技能练习	78
一、焊条电弧焊骑座式管板焊的焊接特点	53	五、平敷焊练习	79
二、如何控制焊缝焊接熔池温度	53	能力任务二 钨极氩弧焊板对接平焊技术	81
任务分析	53	学习目标	81
任务实施	54		
质量检测	56		

工作任务	81	三、手工钨极氩弧焊左焊法与右焊法 的区别	98
知识准备	82	任务分析	99
一、为什么钨极氩弧焊宜采用直流正接	82	任务实施	99
二、为什么钨极氩弧焊平焊时忌焊枪跳跃式 运动	82	质量检测	102
任务分析	82	考核评价	103
任务实施	83	关键技术点拨	103
质量检测	86	能力任务五 钨极氩弧焊板对接仰焊技术	104
考核评价	86	学习目标	104
关键技术点拨	87	工作任务	104
能力任务三 钨极氩弧焊板对接立焊技术	88	知识准备	105
学习目标	88	一、钨极氩弧焊对弧焊电源的要求	105
工作任务	88	二、如何维护与保养钨极氩弧焊设备	105
知识准备	89	任务分析	105
一、焊接电源种类和极性选择	89	任务实施	106
二、钨极直径选择	89	质量检测	108
三、焊接电流选择	89	考核评价	109
四、电弧电压选择	90	关键技术点拨	110
五、氩气流量选择	90	能力任务六 钨极氩弧焊骑座式管板垂直俯位焊 技术	111
六、焊接速度选择	90	学习目标	111
七、喷嘴直径选择	90	工作任务	111
八、喷嘴至焊件的距离	90	知识准备	112
九、钨极伸出长度	91	一、钨极端部形状对电弧稳定性及焊缝 成形的影响	112
任务分析	91	二、手工钨极氩弧焊过程中的注意事项	112
任务实施	91	任务分析	112
质量检测	94	任务实施	112
考核评价	95	质量检测	115
关键技术点拨	96	考核评价	116
能力任务四 钨极氩弧焊板对接横焊技术	97	关键技术点拨	116
学习目标	97	能力任务七 钨极氩弧焊管对接垂直固定焊技术	117
工作任务	97	学习目标	117
知识准备	98	工作任务	117
一、手动送丝的方式	98		
二、运枪方式	98		

知识准备	118
一、钨极氩弧焊管对接垂直固定焊焊接	
难点及相应措施	118
二、钨极氩弧焊焊接时如何控制熔池温度	118
任务分析	118
任务实施	119
质量检测	122
考核评价	122
关键技术点拨	122
能力任务八 钨极氩弧焊管对接水平固定焊技术	124
学习目标	124
工作任务	124
知识准备	125
一、钨极氩弧焊管对接水平固定焊焊接	
难点及相应措施	125
二、直流氩弧焊机和脉冲氩弧焊机的区别	125
任务分析	125
任务实施	126
质量检测	128
考核评价	129
关键技术点拨	129
延伸阅读	131

模块三 二氧化碳气体保护焊技术 132

知识任务一 二氧化碳气体保护焊基础知识	
与技能	133
学习目标	133
一、CO ₂ 气体保护焊的分类	133
二、CO ₂ 半自动焊设备	133
三、CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡	136
四、CO ₂ 半自动焊设备的正确使用和保养	137
五、CO ₂ 半自动焊的基本操作技术	138
能力任务二 CO₂ 半自动焊板对接平焊技术	141
学习目标	141
工作任务	141

知识准备	141
一、焊丝直径	142
二、焊接电流	142
三、电弧电压	142
四、焊接速度	143
五、焊丝伸出长度	143
六、气体流量	143
七、电源极性	143
任务分析	143
任务实施	144
质量检测	146
考核评价	147
关键技术点拨	148
能力任务三 CO₂ 半自动焊板对接立焊技术	149
学习目标	149
工作任务	149
知识准备	150
一、CO ₂ 半自动焊如何选择焊接电源	150
二、如何选择 CO ₂ 半自动焊送丝方式	150
三、如何合理匹配焊接电流与焊接电压	150
四、如何选择短路电流上升速度和峰值	
短路电流	151
任务分析	151
任务实施	151
质量检测	154
考核评价	155
关键技术点拨	156
能力任务四 CO₂ 半自动焊板对接横焊技术	157
学习目标	157
工作任务	157
知识准备	157
一、CO ₂ 气体保护焊合金元素的氧化	
与脱氧	158
二、如何预防 CO ₂ 气体保护焊产生气孔	158
任务分析	158

任务实施	159	质量检测	180
质量检测	162	考核评价	180
考核评价	162	关键技术点拨	181
关键技术点拨	163	延伸阅读	182
能力任务五 CO₂ 半自动焊板对接仰焊技术 ...	164	模块四 自动埋弧焊技术 183	
学习目标	164	知识任务一 自动埋弧焊基础知识与技能	184
工作任务	164	学习目标	184
知识准备	165	一、埋弧焊的特点及应用范围	184
一、CO ₂ 气体保护焊飞溅对焊接的影响 ...	165	二、埋弧焊机	185
二、CO ₂ 气体保护焊飞溅产生的原因		三、焊接材料	186
及如何有效减少其飞溅	165	四、埋弧焊基本操作	188
任务分析	165	五、注意事项	189
任务实施	166	能力任务二 埋弧焊板对接水平双面焊技术	190
质量检测	169	学习目标	190
考核评价	169	工作任务	190
关键技术点拨	170	知识准备	190
能力任务六 CO₂ 半自动焊骑座式管板垂直		一、焊接电流	191
俯位焊技术	171	二、电弧电压	191
学习目标	171	三、焊接速度	191
工作任务	171	四、焊丝直径与伸出长度	192
知识准备	172	五、装配间隙与坡口角度	192
一、有害杂质元素	172	任务分析	192
二、有害气体元素	172	任务实施	193
任务分析	172	质量检测	195
任务实施	172	考核评价	195
质量检测	174	关键技术点拨	196
考核评价	175	能力任务三 自动埋弧焊 T 形接头平角焊技术 ...	197
关键技术点拨	175	学习目标	197
能力任务七 CO₂ 半自动焊管对接水平固定焊		工作任务	197
技术	176	知识准备	198
学习目标	176	一、如何保养维护埋弧焊机	198
工作任务	176	二、如何处理埋弧焊机常见故障	198
知识准备	177	任务分析	200
任务分析	177	任务实施	200
任务实施	178		

质量检测	202	质量检测	251
考核评价	202	考核评价	252
关键技术点拨	203	关键技术点拨	252
延伸阅读	204	能力任务五 机器人 T 形接头平角焊技术	254
模块五 机器人焊接技术 205		学习目标	254
知识任务一 机器人焊接基础知识与技能	206	工作任务	254
学习目标	206	知识准备	255
一、弧焊机器人系统组成	206	任务分析	256
二、焊接机器人优势及局限性	209	任务实施	257
三、弧焊工业机器人的安全操作技术	210	质量检测	260
四、弧焊机器人的操作基础	211	考核评价	261
知识任务二 机器人焊接设置技术	224	关键技术点拨	262
学习目标	224	能力任务六 机器人骑座式管板焊接技术	263
一、焊接机器人基础功能的设置	224	学习目标	263
二、机器人常用的焊接功能	229	工作任务	263
三、机器人焊接常用指令	236	知识准备	264
知识任务三 焊接机器人基本编程技术	238	任务分析	266
学习目标	238	任务实施	266
一、程序的新建与加载	238	质量检测	270
二、程序的编辑界面	239	考核评价	271
三、程序轨迹点位的记录与修改	242	关键技术点拨	271
四、程序的检查与回放操作	244	能力任务七 机器人 T 形接头立角焊技术	273
五、机器人焊接编程的一般步骤	245	学习目标	273
能力任务四 机器人板对接平焊技术	246	工作任务	273
学习目标	246	知识准备	274
工作任务	246	任务分析	276
知识准备	247	任务实施	276
任务分析	247	质量检测	279
任务实施	248	考核评价	281
参考文献	283	关键技术点拨	281
		延伸阅读	282



模块三

二氧化碳气体保护焊技术

知识任务一 二氧化碳气体保护焊基础知识与技能

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉 CO_2 气体保护焊基本概念。
- (2) 熟悉 CO_2 气体保护焊熔滴过渡形式。
- (3) 熟悉 CO_2 气体保护焊设备组成及作用。
- (4) 熟悉 CO_2 气体保护焊设备及材料的使用和保养。

能力目标

- (1) 能够按照 CO_2 气体保护焊安全操作规程要求进行安全操作。
- (2) 掌握 CO_2 气体保护焊引弧、收弧的基本操作方法。
- (3) 掌握 CO_2 气体保护焊基本操作技能。

素质目标

- (1) 树立安全生产意识。
- (2) 遵守焊接职业操作规范、养成良好工作习惯。
- (3) 养成刻苦钻研，一丝不苟的工匠精神。

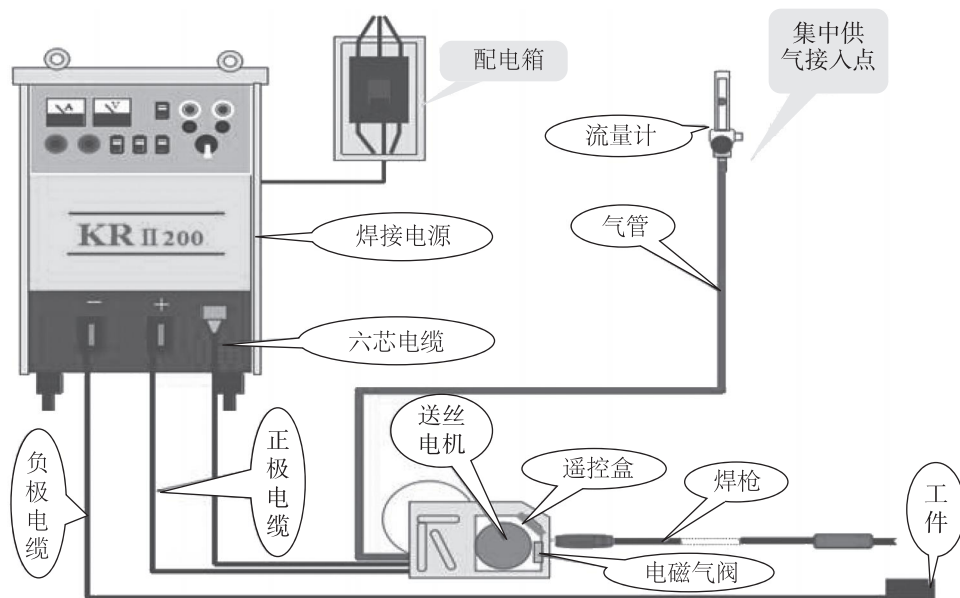
一、 CO_2 气体保护焊的分类

CO_2 气体保护焊按所用焊丝直径不同，可分为细丝 CO_2 气体保护焊（焊丝直径为 0.5～1.2 mm）和粗丝 CO_2 气体保护焊（焊丝直径为 1.6～5.0 mm）。

按操作方式又可分为 CO_2 半自动焊和 CO_2 自动焊。主要区别在于： CO_2 半自动焊由手工操作焊枪控制焊缝成形，而送丝、送气等功能同 CO_2 自动焊一样，由相应的机械装置自动完成。 CO_2 半自动焊适用性较强，可以焊接较短的或不规则的曲线焊缝，还可以进行定位焊操作，所以，在生产中被广泛采用。而 CO_2 自动焊主要用于较长的直线焊缝和环缝等的焊接。

二、 CO_2 半自动焊设备

生产中常用的 CO_2 半自动焊的设备如图 3-1 所示。主要由焊接电源、控制系统、供气系统、焊枪、送丝系统等部分组成。

图 3-1 CO₂ 半自动焊设备示意图

1. 焊接电源

CO₂ 气体保护焊采用交流电源焊接时，电弧不稳定，飞溅较大，所以必须使用直流电源。细丝焊接时电弧具有很强的自调节作用。通常选用平特性或缓降特性的电源，配等速送丝机构。这种匹配可保证在受到外界干扰时，弧长迅速恢复，保证焊接工艺参数的稳定。通过改变送丝速度可调节电流，改变电源外特性可改变电弧电压，工艺参数的调节非常方便。

细丝 CO₂ 气体保护焊一般采用短路过渡进行焊接，电源的短路电流上升速率应能调节，以适应不同直径及成分的焊丝。目前，硅整流电源、晶闸管电源、逆变电源在焊接设备中串联适当的电感均能满足焊接要求。

粗丝 CO₂ 气体保护焊一般采用均匀送丝机构配下降特性的电源，采用弧压反馈调节来保持弧长的稳定。粗丝 CO₂ 气体保护焊时一般是粗滴过渡，采用直流反接，这种熔滴过渡对电源动特性无特殊要求，焊接回路中可不加电感。但利用弧焊整流器作电源时，为了抑制输出电流的脉动性并减少飞溅，通常也加上电感。

2. 控制系统

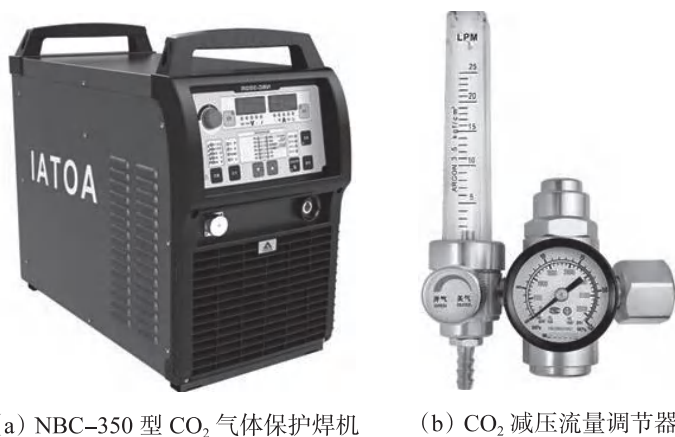
控制系统的作用是对 CO₂ 气体保护焊的供气、送丝、供电系统进行控制。自动焊时，控制系统还要控制焊接小车行走和焊件运转等动作。目前，我国定型生产使用较广的 NBC 系列 CO₂ 半自动焊机有 NBC-250 型、NBC-350 型等，如图 3-2 (a) 所示。

3. 供气系统

供气系统的作用是使钢瓶内的 CO₂ 液体变成符合质量要求，具有一定流量的 CO₂ 气体，并均匀地从焊枪喷嘴中喷出，以便有效地保护焊接区。

CO₂ 供气系统由气瓶、预热器、干燥器、减压器、流量计和气阀组成。瓶装的液态 CO₂ 气化时要吸热，吸热反应可使瓶阀及减压器冻结，所以在减压器之前，需经预热器加热，并在输送到焊枪之前，应经过干燥器吸收 CO₂ 气体中的水分，使保护气体符合焊接要求。减压器的作用是将瓶内高压 CO₂ 气体调节为符合工作要求的低压气体；流量计控制和测量 CO₂ 气体的流量，以形成良好的保护气体；电磁气阀控制 CO₂ 气体的接通与关闭。现在生产的减压流量调节器将预热器、减压器、流量计合为一体，使用起

来很方便,如图 3-2 (b) 所示。

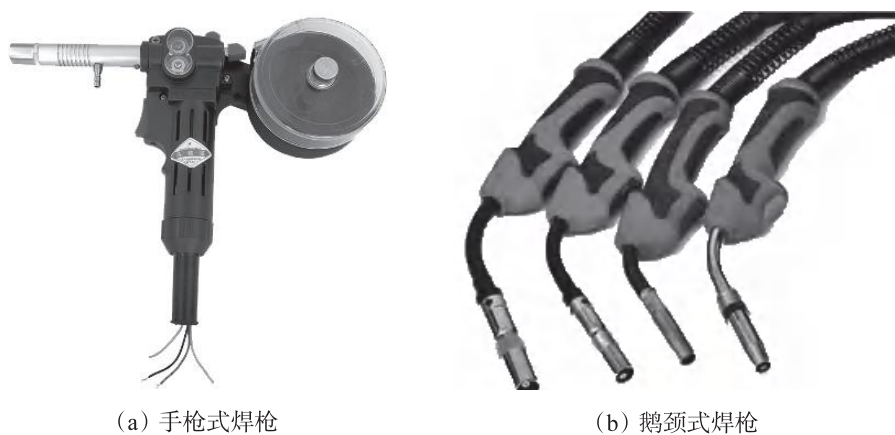


(a) NBC-350 型 CO_2 气体保护焊机 (b) CO_2 减压流量调节器

图 3-2 半自动 CO_2 焊设备

4. 焊枪

焊枪的作用是导电、导丝和导气。按送丝方式可分为推丝式焊枪和拉丝式焊枪；按结构可分为鹅颈式焊枪和手枪式焊枪；按冷却方式可分为空气冷却焊枪和内循环水冷却焊枪。其中鹅颈式焊枪应用最为广泛,如图 3-3 所示。



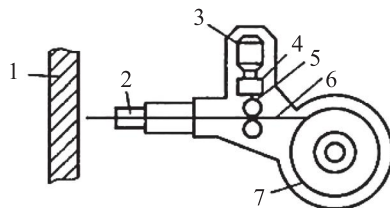
(a) 手枪式焊枪

(b) 鹅颈式焊枪

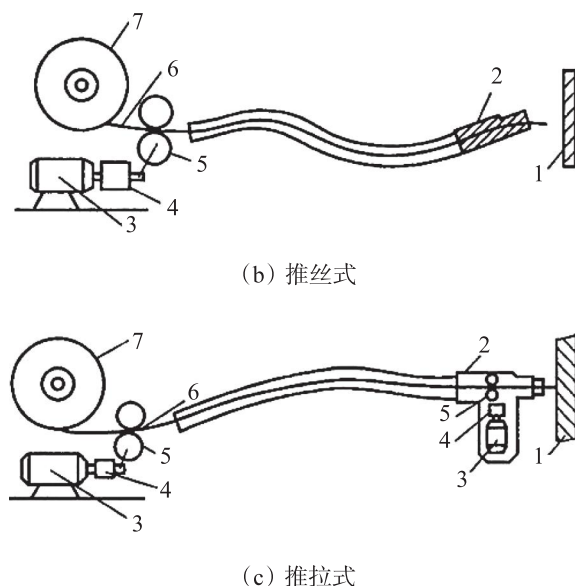
图 3-3 焊枪

5. 送丝系统

焊接过程中,送丝系统的作用是自动、均匀和连续地送进焊丝。送丝系统由送丝电动机、减速器、送丝滚轮、焊丝盘等组成,如图 3-4 所示。 CO_2 半自动焊的焊丝送给方式为等速送丝,其送丝方式主要有拉丝式、推丝式和推拉式三种。



(a) 拉丝式



1—焊件；2—焊枪；3—送丝电动机；4—减速器；5—送丝滚轮；6—焊丝；7—焊丝盘。

图 3-4 送丝系统

三、CO₂ 气体保护焊的熔滴过渡



熔化极气体保护焊的熔滴过渡分类

CO₂ 气体保护焊是熔化极电弧焊，熔滴过渡的形式与选择的焊接工艺参数和相关工艺因素有关。应根据焊接构件的实际情况，确定粗、细丝 CO₂ 气体保护焊的焊接方式，选择合适的焊接工艺参数，以获得所希望的熔滴过渡形式，从而保证焊接过程的稳定性，减少飞溅。

CO₂ 气体保护焊熔滴过渡主要有短路过渡和颗粒状过渡两种形式。

1. 短路过渡

CO₂ 气体保护焊在采用细焊丝、小电流和低电弧电压焊接时，熔滴呈短路过渡。短路过渡时，弧长很短，焊丝端部熔化形成的熔滴与熔池表面接触而短路，此时熔滴上的作用力使熔滴金属很快地脱离焊丝端部过渡到熔池，随后电弧又重新引燃。这样周期性的短路—燃弧交替进行，通常把每一次短路和燃弧的时间称为一个周期 (T)，每秒内的周期数称为短路频率，如图 3-5 所示。CO₂ 气体保护焊的短路频率可达每秒几十次到百余次，由于短路频率高，所以焊接过程稳定、飞溅小，焊缝成形好。另外，由于焊接电流小，而且电弧是断续燃烧，所以电弧热最低，适合于焊接薄板及全位置焊接。

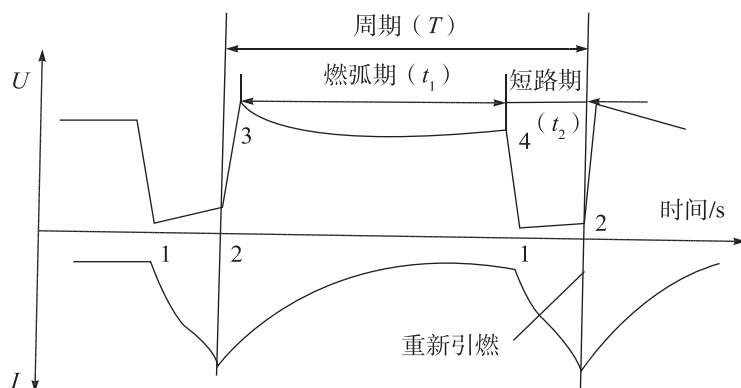


图 3-5 短路过渡过程示意图

2. 颗粒状过渡

CO₂ 气体保护焊在采用粗焊丝、大电流和高电弧电压焊接时，熔滴呈颗粒状过渡。当颗粒尺寸较大时，飞溅较大，电弧不稳定，焊缝成形恶化。因此，常用的是细颗粒状过渡。焊接电流增大（电弧电压也相应增大）时，颗粒状过渡的熔滴体积减小，颗粒细化，而且熔滴过渡频率增加，如图 3-6 所示。

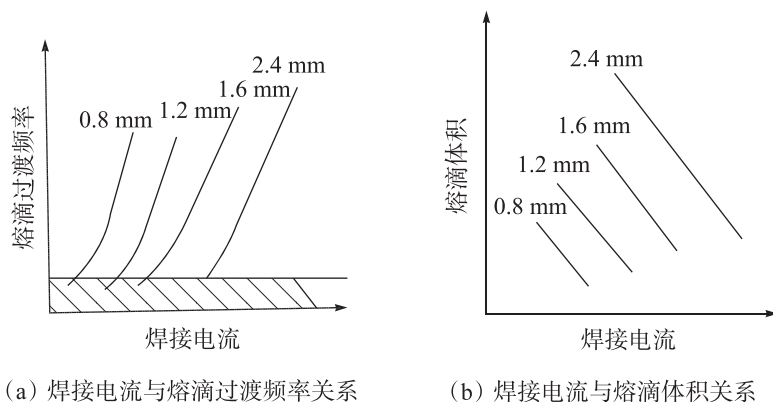


图 3-6 焊接电流与熔滴过渡频率、熔滴体积的关系

四、CO₂ 半自动焊设备的正确使用和保养

CO₂ 气体保护焊是我国重点推广使用且在生产中被广泛应用的一种焊接技术，正确使用和合理保养其焊接设备，对提高生产率和设备的完好率有着直接的作用。

1. 设备的正确使用

- (1) 严格按设备接线图进行接线，接地线要可靠。
- (2) 将 CO₂ 预热器电源线与焊机相应的接头连接好，打开气瓶，闭合预热器开关及气流开关。
- (3) 接通电源及气源，打开控制电源开关，指示灯亮。
- (4) 打开送丝机构上的压丝手柄，将焊丝通过导丝孔送入送丝轮 V 形槽内，然后进入软管。
- (5) 合上压丝手柄，按一下焊枪上的开关，使焊丝到达焊枪出口处。
- (6) 调整好焊接工艺参数，压一下焊枪上的开关，即可进行焊接。
- (7) 焊接结束时，点一下焊枪上的开关，焊接主回路和送丝电路立即切断，CO₂ 气体滞后自行关闭。
- (8) 关闭预热器开关、控制电源开关及气源，打开送丝机构的压丝手柄。
- (9) 使用中，应按焊机相应的负载持续率使用焊机。
- (10) 连续使用时，注意随时清除喷嘴内的飞溅物，在喷嘴内外应经常擦涂硅油。

2. 设备的日常维护和注意事项

- (1) 经常注意导电嘴的磨损情况，磨损严重时应及时更换。
- (2) 经常注意送丝机构各零件的使用情况，以便及时清理和更换。
- (3) 不能压踩送丝软管和焊枪。
- (4) 焊机长期不用时，应将焊丝从软管中抽出避免锈蚀。
- (5) 使用中，要增强安全意识，经常检查电缆的绝缘情况，避免短路和发生触电事故。
- (6) 定期检查电源、控制部分各触点及保护元件的工作情况，如有接触不良或损坏，应及时修复或更换。
- (7) 使用 CO₂ 气体时要注意以下事项。

- ①初次使用气瓶时，应稍微打开瓶上的气阀，吹去阀口处的杂物，并马上关闭阀门。
- ②禁止用电磁起重装置、金属绳起吊气瓶。
- ③减压器要采取防冻措施，若不慎冻结，不可用明火加热解冻。
- ④ CO_2 气瓶要倒置 1~2 h 后，间隔半小时放水 2~3 次进行提纯，使用前正置 1~2 h，放杂气 2 min 后再使用。
- ⑤气体流量的大小应按焊接工艺的要求确定。
- ⑥更换气瓶时一般需留不小于 0.1 MPa 的表压，防止再次灌气时空气混入瓶内使保护气不纯，同时，要防止与氩气瓶、氮气瓶相混。氩气瓶体呈银灰色，上面写有深绿色的“氩”字，常温下满瓶气压为 15 MPa；氮气瓶体呈黑色，上面写有淡黄色的“氮”字；而 CO_2 气瓶体呈铝白色，上面写有黑色的“二氧化碳”字样，常温下满瓶时气压可达到 5~7 MPa。
- ⑦工作完毕，应及时将气瓶上的截止阀关闭，戴好瓶上的护帽。

五、 CO_2 半自动焊的基本操作技术

1. 基本操作技术

(1) 持焊枪姿势和焊接姿势。右手持枪，肘部靠在身体右侧腰部，左手拿面罩。焊接姿势有站立式、坐式和蹲式，如图 3-7 所示。



图 3-7 焊接姿势

(2) 引弧。 CO_2 气体保护焊通常采用短路接触法引弧，一般只需一次引弧即可，引弧前先点动焊枪开关送出一段焊丝，焊丝伸出长度应小于喷嘴与焊件间应保持的距离，且端部不应有球滴，否则应剪去端部球滴。将焊枪保持 $10^\circ \sim 15^\circ$ 的倾角，焊丝端部与焊件的距离为 2~3 mm，喷嘴与焊件相距 10~18 mm，启动焊枪开关，随后自动送气、送电、送丝，直至焊丝与焊件相碰短路后自动引燃电弧。短路后焊枪有自动顶起的倾向，故要稍用力下压焊枪。然后缓慢引向待焊处，当焊缝金属熔合后，再以正常的焊接速度施焊。

(3) 焊接。

①左向焊及右向焊。焊接过程中，可以采用左向焊，也可以采用右向焊。如图 3-8 所示，焊枪自右向左移动称为左向焊法，自左向右移动称为右向焊法。采用左向焊法时，喷嘴不会挡住视线，焊工能清楚地观察接缝和坡口，不易焊偏，熔池受电弧的冲刷作用小，能得到较大的熔宽，焊缝工整美观，使用较为普遍。用右向焊法时，熔池可见度及气体保护效果好，但因焊丝直指熔池，电弧对熔池有冲刷作用，会使焊波增高，另外，由于焊丝、焊枪遮挡了未焊的焊缝，所以容易焊偏。

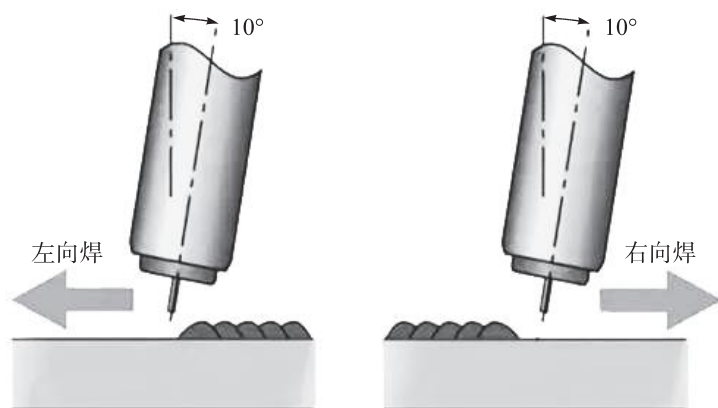


图 3-8 焊接方向

焊接过程中，要保持焊枪有合适的倾角和喷嘴高度，沿焊接方向均匀移动，必要时，焊枪还要做横向摆动。

②摆动技术。细丝焊时适当地摆动焊枪可以改善熔透性和焊缝成形，摆动不仅要有一定的速度、一定的停留点及停留时间，而且还要有一定的形状，摆动方式与焊条电弧焊相同。常用的摆动方式有锯齿形、月牙形、正三角形、斜圆圈形等，如图 3-9 所示。

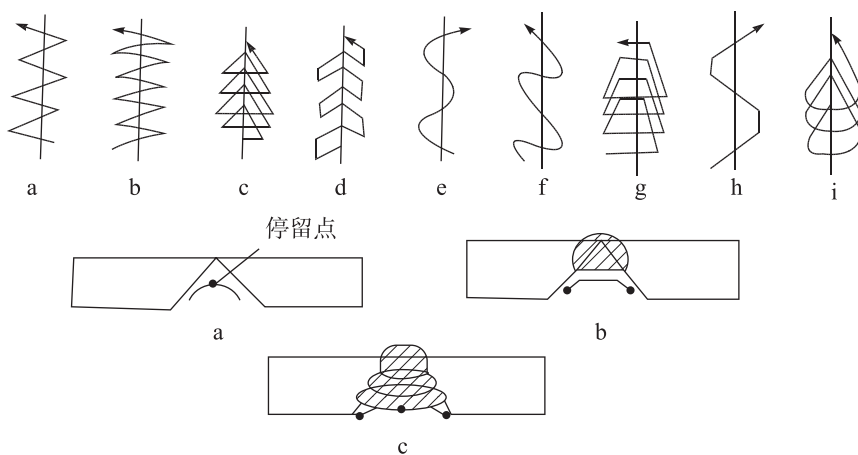


图 3-9 焊枪摆动方式和焊枪停留点示意图

(4) 收尾。细丝焊接时，收尾过快易在弧坑处产生裂纹及气孔，如焊接电流与送丝同时停止，会造成黏丝，故在收尾时应在弧坑处稍作停留，然后慢慢地抬起焊枪，使熔敷金属填满弧坑后再熄弧。焊机有弧坑控制电路时，则焊枪在收弧处停止前进，同时接通此电路，焊接电路与电弧电压自动变小，待熔池填满时断电。

(5) 接头的处理。将待焊接头处打磨成斜面，在斜面顶部引弧，引燃电弧后，将电弧移至斜面底部，转一圈返回引弧处后再继续左向或右向焊接。

2. 练习准备

- (1) 检查焊机各运动部件是否正常。
- (2) 检查送丝机构及焊丝盘上焊丝是否充足。
- (3) 检查气瓶表压（不得小于 0.1 MPa）、减压器、预热器等供气系统是否正常。
- (4) 检查电源是否正常。
- (5) 将焊件表面清理干净并平放。

3. 操作要点

(1) 设备认识练习。

①在操作 NBC-350 型熔化极 CO_2 半自动焊机之前需查明焊接电源所规定的输入电压、相数、频率, 确保与电网相符再接入配电柜。

②电源应接地线。

③焊接电源输出端负极与焊件相连接, 正极与焊枪供电部分连接。

④连接控制箱和送丝机构的控制电缆。

⑤安装 CO_2 气体减压流量调节器, 并将出气口与送丝机构的气管连接。

⑥将减压流量调节器上的电源插头插入焊机的专用插座上。

⑦将焊机送丝机构与焊枪连接。

⑧对照设备实物, 熟悉与设备相连的气路、电路, 认清相应各开关的位置并掌握其作用; 在不接通气、电的情况下, 对各开关和调节器进行调整练习。

(2) NBC-350 型 CO_2 焊半自动焊机的操作练习。

①接通配电柜开关, 闭合电源控制箱上的开关, 此时电源指示灯亮, 电源电路进入工作状态。调整焊接电流至 150~160 A。

②闭合预热器开关及气流开关, 打开气阀, 调整 CO_2 气体流量至 12 L/min 左右。

③打开送丝机构上压丝手柄, 将焊丝通过导丝孔送入送丝轮 V 形槽内, 然后进入软管。

④按下加压杠杆调整压力, 并把焊丝送入焊枪。调整送丝速度为 6.5 m/min。点动焊枪上的开关, 使焊丝伸出导电嘴 15 mm 左右 (此长度称为焊丝的伸出长度), 多余部分用钢丝钳剪断, 以利于引弧。

⑤焊丝与焊件夹角为 $85^\circ \sim 90^\circ$, 焊丝距焊件表面 2~4 mm, 准备开始引弧。

⑥启动焊枪上的开关, 气阀动作提前 1~2 s 送气, 焊丝自动送进到达焊件并短路引弧, 此刻要稍用力压住焊枪, 因焊丝刚接触焊件时有反作用力。

⑦引弧成功后要保持好焊丝与焊件的距离以及伸出长度并进行焊接, 焊接长度 150 mm 左右。可进行直线或摆动焊接, 手法同焊条电弧焊。

⑧收弧时再次压一下焊枪上的开关, 焊丝停止送进, 控制电路自动控制减小焊接电流和电弧电压, 填满弧坑并断电 (对于无弧坑控制电路的焊机在收弧时采用与焊条电弧焊相同的手法收弧), 经过几秒钟后气阀关闭停止送气。

4. 注意事项

(1) 认真反复地进行练习, 为后续的项目式焊接实作做好准备。

(2) 点动送进焊丝时不可将焊枪口对着人, 以防伤人。

(3) 由于弧光较强, 要特别注意焊接防护。

(4) 焊接完毕应将压丝手柄抬起, 避免弹簧失去弹性。

(5) 训练结束后, 必须及时将气源、电源关闭。

能力任务二 CO₂ 半自动焊板对接平焊技术

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉 CO₂ 气体保护焊的焊接参数选择依据及其对焊接过程的影响。
- (2) 熟悉 CO₂ 半自动焊焊接安全、清洁和环境要求。

能力目标

- (1) 掌握板对接平焊 CO₂ 半自动焊焊接的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择板对接平焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 培养独立思考、分析问题、解决问题的思维习惯。
- (2) 通过大国工程案例，养成爱国主义精神。
- (3) 树立安全生产、规范操作、文明生产的意识。

CO₂ 气体保护焊
板对接平焊技术

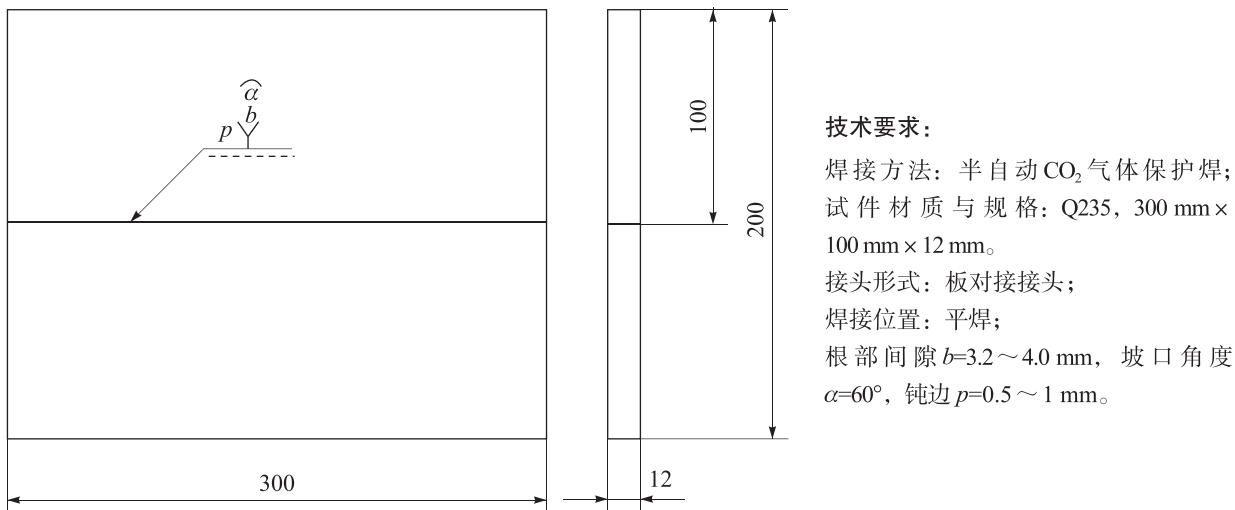
工作任务

课前下发工作任务，施工图如图 3-10 所示。

(1) 教师：用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务，并进行交互研讨。也可以按照自定模式进行。

(2) 学生：根据教师下发的工作任务，课前自主完成任务所需要的准备知识，独立思考，收集资料，创造性加工所学知识，为下一步项目化实践操作做好准备。

(3) 课程资源：国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。

图 3-10 CO₂ 半自动焊板对接平焊技术施工图

知识准备

CO₂ 气体保护焊的焊接参数包括焊丝直径、焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊丝伸出长度、气体

流量、电源极性等，选择合适的焊接参数，对提高焊接质量和生产效率至关重要。

一、焊丝直径

焊丝直径通常根据焊件的厚度、施焊位置及工作效率等来选择。焊接薄板或中厚板的立、横、仰焊多采用直径 1.6 mm 以下的焊丝；中厚板的平焊位置焊接可以采用直径 1.2 mm 以上的焊丝。焊丝直径的选择如表 3-1 所示。

表 3-1 焊丝直径的选择

焊丝直径 /mm	熔滴过渡形式	可焊板厚 /mm	施焊位置
0.5～0.8	短路过渡	0.4～3	各种位置
	滴状过渡	2～4	平焊、横焊
1～1.2	短路过渡	2～8	各种位置
	滴状过渡	2～12	平焊、横焊
1.6	短路过渡	3～12	平焊、横角焊
	滴状过渡	> 8	平焊、横角焊
2.0～2.5	滴状过渡	> 10	平焊、横角焊

二、焊接电流

焊接电流应根据焊件厚度、焊丝直径、施焊位置及熔滴过渡形式确定。一般短路过渡的焊接电流在 40～230 A 范围内，细颗粒状过渡的焊接电流在 250～500 A 范围内。焊丝直径与焊接电流的关系如表 3-2 所示。

表 3-2 焊丝直径与焊接电流的关系

焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	
	颗粒过渡（25～36 V）	短路过渡（16～24 V）
1.0	150～250	60～160
1.2	200～300	100～180
1.6	270～500	100～180
2.4	500～750	150～200

三、电弧电压

为保证焊接过程的稳定性和良好的焊缝成形，电弧电压必须与焊接电流配合适当。通常电弧电压应随焊接电流的增大或减小而相应增大或减小。短路过渡焊接时，电弧电压在 16～24 V 范围内；细颗粒状过渡焊接时，对于直径为 1.2～2.4 mm 的焊丝，电弧电压可在 25～36 V 范围内选择。短路过渡时电弧电压与焊接电流的关系如图 3-11 所示。

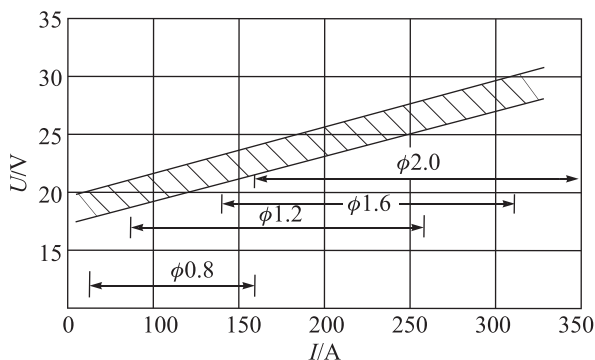


图 3-11 短路过渡时电弧电压与焊接电流的关系

四、焊接速度

在其他工艺参数不变时，焊接速度增加，容易产生咬边、未熔合等焊接缺陷，而且使气体保护效果变差，还会出现气孔；但焊接速度过慢，生产效率降低，焊接变形增大。一般 CO_2 半自动焊的焊接速度为 $30 \sim 60 \text{ cm/min}$ 。

五、焊丝伸出长度

焊丝伸出长度指焊接时焊丝伸出导电嘴的长度。焊丝伸出长度增加，则使焊丝的电阻值增加，造成焊丝熔化速度加快，当焊丝伸出长度过长时，因焊丝过热而成段熔化，结果使焊接过程不稳定、金属飞溅严重、焊缝成形不良和气体对熔池的保护作用减弱；反之，当焊丝伸出长度太短时，则焊接电流增加，并缩短了喷嘴与焊件之间的距离，使喷嘴过热，造成金属飞溅物粘住或堵塞喷嘴，从而影响气流的流通。一般，细丝 CO_2 气体保护焊，焊丝伸出长度为 $8 \sim 14 \text{ mm}$ ；粗丝 CO_2 气体保护焊，焊丝伸出长度为 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 。

六、气体流量

气体流量过小则电弧不稳，焊缝表面易被氧化成深褐色，并有密集气孔；气体流量过大，会产生涡流，焊缝表面呈浅褐色，也会出现气孔。 CO_2 气体流量与焊接电流、焊丝伸出长度、焊接速度等均有关。通常细丝焊接时，气体流量为 $5 \sim 15 \text{ L/min}$ ；粗丝焊接时，均为 20 L/min 。

七、电源极性

在焊接回路中，为使焊接电弧稳定和减少飞溅，一般需串联合适的电感。当电感值太大时，短路电流增长速度太慢，就会引起大颗粒的金属飞溅和焊丝成段炸断，造成熄弧或使起弧变得困难；当电感值太小时，短路电流增长速度太快，会造成很细颗粒的金属飞溅，使焊缝边缘不齐，成形不良。再者，盘绕的焊接电缆线就相当于一个附加电感，所以一旦焊接过程稳定下来以后，就不要随便改动。

任务分析

板对接平焊单面焊双面成形是其他位置焊接操作的基础。由于钢板下部悬空，造成熔池悬空，液态

金属在重力和电弧吹力的作用下极易下坠，如再加上焊接参数或操作不当，打底焊容易在根部产生焊瘤、烧穿、未焊透等缺陷。因此，焊接过程中要根据装配间隙和熔池温度变化的情况，及时调整焊枪的角度、摆动幅度和焊接速度，控制熔池和熔孔的尺寸，保证正反两面焊缝成形良好。

任务实施

实施部分应分组协作，可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务，按照以下步骤实施任务，并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程，并及时将操作过程中的安全规范问题记录在表 3-3 中。

表 3-3 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品； 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品，地面是否有积水，通风条件是否良好，工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确； 检查地线夹是否有损坏，连接是否牢靠； 检查焊枪电缆绝缘是否良好，电嘴是否堵塞； 检查焊材是否符合要求； 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确； 检查压力表是否正常； 检查气瓶固定是否牢靠； 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好； 检查接地线是否牢固，焊机外壳是否漏电； 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①焊接设备电路、气路检查。焊前要对焊接设备的电路、气路进行认真仔细的检查，确认其全部正常后，方可开机工作，以免由于焊接设备故障而造成焊接缺陷。

②送丝系统检查。检查焊丝盘上的焊丝是否充足，自焊丝盘到焊枪的整个送丝路径是否通畅，途径有无弯折。

③焊前清理。认真清理钢板上及坡口正反面 20 mm 范围内的油污、锈蚀、水分以及其他污物，直至焊接部位露出金属光泽为止。加工的坡口要求达到一定精度，以免影响焊接后焊缝的规整和美观，并对试板清洁度、试板尺寸进行检查（按图纸及技术要求）。

(3) 选择工艺参数。 CO_2 半自动焊板对接平焊焊接工艺参数如表 3-4 所示。

表 3-4 CO₂ 半自动焊板对接平焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / (L · min ⁻¹)	干伸长度 /mm
打底层	1.2	95 ~ 105	18 ~ 20	10 ~ 12	12 ~ 18
填充层		220 ~ 230	20 ~ 23	15 ~ 20	
盖面层		230 ~ 240	20 ~ 22	15 ~ 20	

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

① 装配与定位焊。

- a. 定位焊。在焊件坡口内定位焊，焊缝长度 10 ~ 15 mm，预置反变形量为 2 ~ 3°，如图 3-12 所示。
- b. 对装配位置和定位焊质量进行检查。

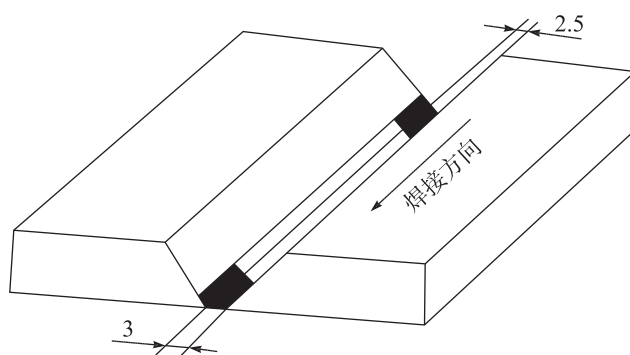


图 3-12 平焊装配示意图

② 打底焊。采用左向焊法，将装配间隙小的一端置于右侧，在右端坡口内侧一面引弧（距离右端的固定点焊缝约 10 mm），板对接平焊焊枪角度和焊缝形状示意图如图 3-13 所示。然后沿着坡口两面作锯齿形小幅度的摆动，当坡口底端产生一直径为 2 ~ 3 mm 的熔孔时，即可开始向焊接方向匀速焊接，焊接过程中要注意控制焊接速度及横向摆动的幅度，以保证熔孔的大小基本不变，从而得到反面成形良好的焊缝。

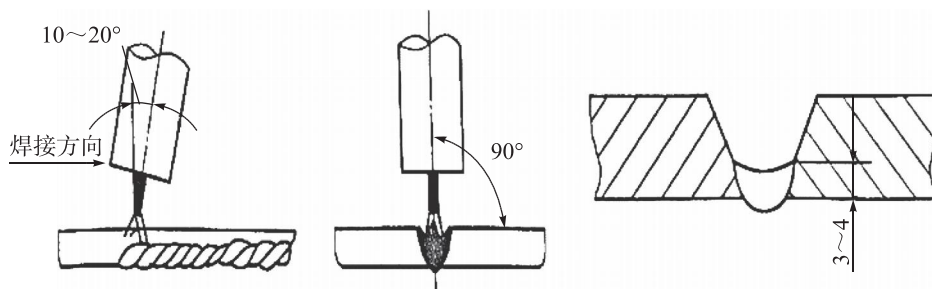


图 3-13 板对接平焊焊枪角度和焊缝形状示意图

③ 填充焊。从焊件右端部引弧，然后开始向左焊接，焊枪的摆动幅度要略微加大一些，并在两侧稍作停留，以保证熔池与两侧母材的良好熔合，保证填充焊后焊缝表面高度略低于焊件表面高度 1.5 ~ 2 mm。如图 3-14 所示，以确保盖面焊的焊接质量。

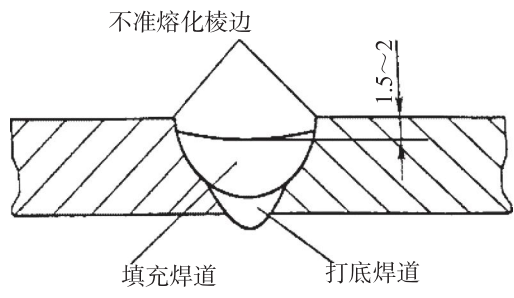


图 3-14 填充焊层示意图

④盖面焊。从焊件右端部引弧，然后开始向左焊接，此时摆动幅度要加大，并在两边稍作停留，产生的熔池边缘应越过坡口上棱边向外 0.5～1.6 mm，以便得到成形良好的焊缝。收弧时要先压短电弧再缓慢抬起后停止焊接，以确保弧坑被填满。

(5) 按照操作要领进行 CO₂ 半自动焊板对接平焊焊接实操。

(6) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-5）。

表 3-5 焊接操作过程记录表
焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 / (L · min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
填充层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	备注
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位、工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测，然后小组互评、教师点评，并做好记录。CO₂ 半自动焊板对接平焊焊缝质量评分标准如表 3-6 所示。

表 3-6 CO₂ 半自动焊板对接平焊焊缝质量评分标准

检查项目			评判等级			
			I 级	II 级	III 级	IV 级
正面	焊缝余高	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 1.5$	$> 1.5, \leq 2.5$	$> 2.5, \leq 3$	< 0 或 > 3
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝高低差	尺寸标准 /mm	≤ 1	$> 1, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	焊缝宽度	尺寸标准 /mm	$\geq 15, \leq 16$	$> 16, \leq 17$	$> 17, \leq 18$	< 15 或 > 18
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝宽度差	尺寸标准 /mm	≤ 1.5	$> 1.5, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	咬边	尺寸标准 /mm	无咬边	深度 ≤ 0.5		深度 > 0.5
		得分标准 / 分	15	每 5 mm 长扣 5 分		0
	焊接角变形	尺寸标准 / (°)	$\geq 0, \leq 1$	$> 1, \leq 3$	$> 3, \leq 5$	> 5
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	错边量	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	> 1	
		得分标准 / 分	5	3	0	
	正面成形	标准	优	良	中	差
		得分标准 / 分	12	8	4	0
背面	焊缝高度	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 3$	> 3 或 < 0		
		得分标准 / 分	8	4		
	咬边	标准	无咬边	有咬边		
		得分标准 / 分	6	0		
	凹陷	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	$> 1, \leq 2$	
		得分标准 / 分	6	4	0	

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价，填写表 3-7。

表 3-7 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨 >

(1) 焊接前, 应按二氧化碳气瓶倒置去除水分和杂气的提纯方法提纯保护气, 避免因保护气不纯导致出现气孔。同时, 应在喷嘴内外表面涂抹硅油。

(2) 打底焊时要控制好喷嘴的高度和倾角, 电弧始终在坡口内作小幅度横向摆动, 并在坡口两侧稍作停留, 控制熔孔的直径比间隙大 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$, 且尽可能使熔孔处于焊缝中心, 与坡口两侧保持对称, 维持熔孔直径不变。打底层厚度不超过 4 mm 为宜。

(3) 填充焊时要保持焊缝宽度、高度基本一致, 焊缝表面低于钢板表面 $1.5 \sim 2 \text{ mm}$, 以确保盖面焊的质量。

(4) 焊接过程中, 焊枪的摆动幅度要一致, 且后焊道压住前焊道 $1/2$, 尤其要注意接头处的操作, 保证焊缝成形美观。

能力任务三 CO₂ 半自动焊板对接立焊技术

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉 CO₂ 半自动焊时对直流弧焊电源的使用要求及其使用范围。
- (2) 熟悉 CO₂ 半自动焊送丝方式的选择方法。
- (3) 熟悉 CO₂ 半自动焊短路电流上升速度和峰值短路电流的选用原则。
- (4) 熟悉 CO₂ 半自动焊焊接电流及焊接电压的选用原则。

能力目标

- (1) 掌握板对接立焊 CO₂ 半自动焊的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择板对接立焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 学习收集大国工匠的焊接成才故事，循着榜样的足迹，增强职业的认同感。
- (2) 养成“工完场清”职业素养。
- (3) 养成 7S 管理的职业素养，培养文明生产意识。

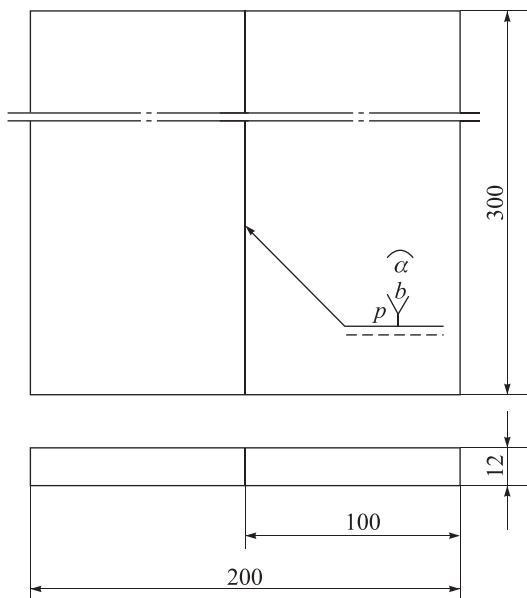
工作任务

课前下发工作任务，施工图如图 3-15 所示。

(1) 教师：用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务，并进行交互研讨。也可以按照自定模式进行。

(2) 学生：根据教师下发的工作任务，课前自主完成任务所需要的准备知识，独立思考，收集资料，创造性加工所学知识，为下一步项目化实践操作做好准备。

(3) 课程资源：国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。



技术要求：

焊接方法：CO₂ 半自动气体保护焊；

试件材质与规格：Q235，300 mm × 100 mm × 12 mm；

接头形式：板对接接头；

焊接位置：立焊。

图 3-15 CO₂ 半自动焊板对接立焊技术施工图



CO₂ 气体保护焊
板对接立焊技术

知识准备

一、CO₂ 半自动焊如何选择焊接电源

正确选择合适的弧焊电源是保证焊接过程稳定进行的重要环节，但是不同直流弧焊电源其外特性可分为平外特性、缓降外特性、陡降外特性，按照焊丝直径选择焊接电源的外特性如表 3-8 所示，直流弧焊电源不同极性的应用范围如表 3-9 所示。

表 3-8 按照焊丝直径选择焊接电源的外特性

焊丝直径 /mm	直流弧焊电源外特性
≤ 1.6	可选择平、缓降外特性（焊接电流每下降 100 A，电压下降 < 5 V）
≥ 2.0	选择陡降外特性的弧焊电源，配合用电弧电压反馈控制送丝速度（变速送丝）的送丝机构

表 3-9 直流弧焊电源不同极性的应用范围

电源接法	应用范围	特点
直流反接 （焊丝接正极）	用于短路过渡、粗丝过渡的普通焊接过程	焊接电弧稳定、飞溅小、焊缝熔深大
直流正接 （焊丝接负极）	用于高速 CO ₂ 气体保护焊焊接，适合进行堆焊、铸铁补焊及黑色金属厚板焊接	焊丝熔化率高、焊缝熔深小、熔宽及余高大

二、如何选择 CO₂ 半自动焊送丝方式

CO₂ 半自动焊送丝方式主要分为拉丝式、推丝式、推拉丝式，其选择可根据焊丝直径进行选择，如表 3-10 所示。

表 3-10 CO₂ 半自动焊送丝方式的选择

送丝方式	焊丝直径 /mm	工作地点距送丝机构的最大距离 /m	焊枪重量
拉丝式	0.8 ~ 1.2	2	较重
推丝式	0.8 ~ 1.6	2	轻
推拉丝式	0.8 ~ 1.2	≈20	较轻

三、如何合理匹配焊接电流与焊接电压

电弧电压的大小决定电弧弧长和熔滴的过渡形式，它对焊缝成形、焊接缺陷、焊接飞溅大小以及焊缝的力学性能有很大的影响：当采用短路过渡时，在一定焊丝直径和焊接电流下，电弧电压若过低，金属熔滴过桥不易断开，容易形成固态焊丝插入熔池；电弧电压若过高，焊接飞溅大。CO₂ 焊常用焊接电流和电弧电压的范围如表 3-11 所示。

表 3-11 CO₂ 焊常用焊接电流和电弧电压的范围

焊丝直径 /mm	粗滴过渡		短路过渡	
	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接电流 /A	电弧电压 /V
0.6	—	—	30 ~ 60	16 ~ 18
0.8	—	—	30 ~ 70	17 ~ 18
1.0	—	—	50 ~ 100	18 ~ 21
1.2	160 ~ 400	25 ~ 38	90 ~ 150	19 ~ 23
1.6	200 ~ 500	26 ~ 40	100 ~ 200	20 ~ 24
2.0	200 ~ 600	27 ~ 40	—	—
3.0	500 ~ 800	32 ~ 44	—	—

四、如何选择短路电流上升速度和峰值短路电流

短路电流上升速度是短路时焊接电流随时间的变化率。峰值短路电流是短路时达到的最大电流值。短路电流上升速度和峰值短路电流对焊接过程中的飞溅大小、焊接过程的电弧稳定性有重要的影响。对于选定直径的焊丝，短路电流上升过快，峰值短路电流就会过大，以致产生大量小颗粒的金属飞溅；若短路电流上升速度过慢，则峰值短路电流就会过小，而产生大颗粒的金属飞溅，甚至造成焊丝固体短路，大段焊丝爆断而中断焊接过程。短路电流上升速度和峰值短路电流通过调节电感大小来实现，电感值越大，短路电流上升速度和峰值短路电流就越小；电感值越小，则短路电流上升速度和峰值短路电流就越大。不同直径的焊丝短路过渡时，短路电流上升速度如表 3-12 所示，峰值短路电流一般为焊接电流的 2 ~ 3 倍。

表 3-12 不同直径焊丝短路电流上升速度

焊丝直径 /mm	送丝速度 / (cm · min ⁻¹)	焊接电流 /A	电弧电压 /V	短路电流上升速度 / (kA · s ⁻¹)
0.8	500	100	18	50 ~ 150
1.2	250	130	19	40 ~ 130
1.6	175	160	20	20 ~ 75
2.0	125	175	21	8 ~ 20

任务分析

板对接向上立焊单面焊双面成形时，由于重力的作用，焊丝熔滴和熔池中的液态金属易下淌，使焊缝正面和背面出现焊瘤，造成焊缝成形困难。焊接时，要采用较小的焊接电流和短路过渡形式，焊接速度稍快，焊枪的摆动频率稍快，尽量缩短熔池存在的时间，使焊缝薄而均匀。

任务实施

实施部分应分组协作，可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务，按照以下步骤实施任务，并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程,并及时将操作过程中的安全规范问题记录在表 3-13 中。

表 3-13 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品; 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品,地面是否有积水,通风条件是否良好,工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确; 检查地线夹是否有损坏,连接是否牢靠; 检查焊枪电缆绝缘是否良好,电嘴是否堵塞; 检查焊材是否符合要求; 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确; 检查压力表是否正常; 检查气瓶固定是否牢靠; 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好; 检查接地线是否牢固,焊机外壳是否漏电; 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①焊接设备电路、气路检查。焊前要对焊接设备的电路、气路进行认真仔细的检查,确认其全部正常后,方可开机工作,以免由于焊接设备故障而造成焊接缺陷。

②送丝系统检查。检查焊丝盘上的焊丝是否充足,自焊丝盘到焊枪的整个送丝路径是否通畅,途径有无弯折。

③焊前清理。认真清理钢板上及坡口正反面 20 mm 范围内的油污、锈蚀、水分以及其他污物,直至焊接部位露出金属光泽为止。加工的坡口要求达到一定精度,以免影响焊接后焊缝的规整和美观,并对试板清洁度、试板尺寸进行检查(按图纸及技术要求)。

(3) 选择工艺参数。 CO_2 半自动焊板对接立焊焊接工艺参数如表 3-14 所示。

表 3-14 CO_2 半自动焊板对接立焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / (L · min ⁻¹)	干伸长度 /mm	电源极性
打底层	1.2	90 ～ 95	18 ～ 20	10 ～ 12	10	直流反接
		90 ～ 110		12 ～ 15		
填充层		110 ～ 120	20 ～ 22	12 ～ 15	10 ～ 15	
		130 ～ 150		15 ～ 20		

续表

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / (L · min ⁻¹)	干伸长度 /mm	电源极性
盖面层	1.2	110 ~ 120	20 ~ 22	12 ~ 15	10 ~ 15	直流反接
		130 ~ 150		15 ~ 20		

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

① 装配与定位焊。

a. 定位焊。在焊件坡口内定位焊，焊缝长度 10 ~ 15 mm，预置反变形量为 2 ~ 3°，如图 3-16 所示。

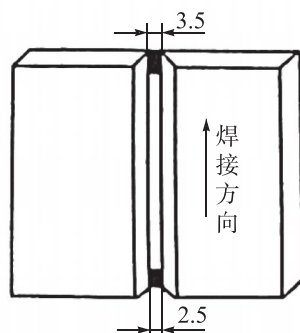


图 3-16 板对接向上立焊装配示意图

b. 对装配位置和定位焊质量进行检查。

② 打底焊。

a. 采用向上立焊法，焊枪与板件角度 70 ~ 90° (向下倾斜)，如图 3-17 所示。

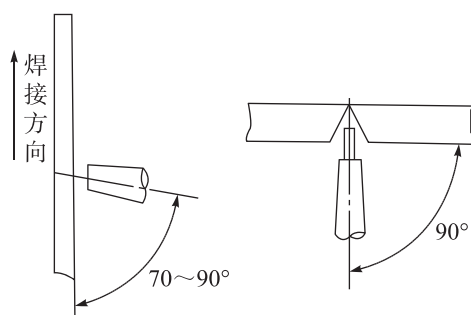


图 3-17 板对接向上立焊焊枪的角度

b. 焊枪横向摆动采用小间距锯齿形运条或间距大的上凸的月牙形运条，下凹的月牙形运条使焊道表面下坠，是不正确的，板对接向上立焊焊枪摆动的手法如图 3-18 所示。

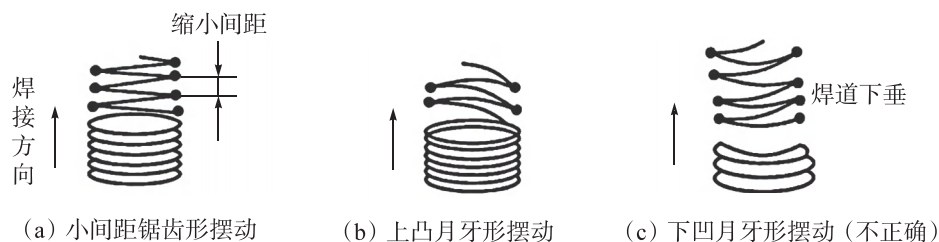


图 3-18 板对接向上立焊焊枪摆动的手法

c. 焊接过程中要特别注意熔池和熔孔的变化，熔池不能太大。左右摆动的电弧将坡口两侧根部击穿，每边熔化 0.5 ~ 1 mm 即可，保持熔孔尺寸大小一致，且向上移动间距均匀，如图 3-19 所示。

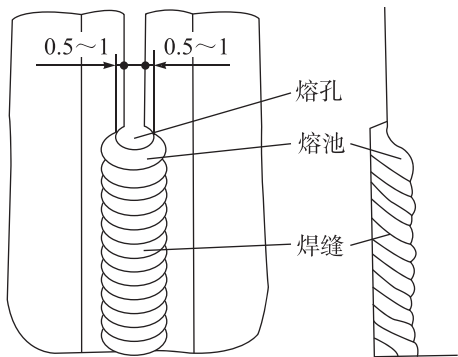


图 3-19 板对接向上立焊焊缝、熔池、熔孔示意图

③填充焊。

- a. 焊前先清除打磨掉底层焊道和坡口表面的飞溅和熔渣，并用手砂轮机将局部凸起的焊道磨平。
- b. 焊枪摆动幅度比打底层焊时稍大，电弧在坡口两侧稍作停顿，保证两侧熔合良好。
- c. 盖面前的焊道比试板表面低 1.5~2 mm，不允许烧坏坡口棱边。

④盖面焊。

- a. 焊前清理干净飞溅和熔渣。
- b. 焊枪摆动幅度比填充焊时大，熔池两侧超过坡口边缘 0.5~1.5 mm，匀速锯齿形，向上运动。

(5) 按照操作要领进行 CO₂ 半自动焊板对接立焊焊接实操。

(6) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-15）。

表 3-15 焊接操作过程记录表
焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 /(L·min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
填充层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	备注
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源 关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位，工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测 >

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测，然后小组互评、教师点评，并做好记录。CO₂ 半自动焊板对接立焊焊缝质量评分标准如表 3-16 所示。

表 3-16 CO₂ 半自动焊板对接立焊焊缝质量评分标准

检查项目		评分标准及得分	评判等级			
			I 级	II 级	III 级	IV 级
正面	焊缝余高	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	$> 3, \leq 4$	< 0 或 > 4
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝高低差	尺寸标准 /mm	≤ 1	$> 1, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	焊缝宽度	尺寸标准 /mm	$\geq 15, \leq 16$	$> 16, \leq 17$	$> 17, \leq 18$	$< 15, > 18$
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝宽度差	尺寸标准 /mm	≤ 1.5	$> 1.5, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	咬边	尺寸标准 /mm	无咬边	深度 ≤ 0.5		深度 > 0.5
		得分标准 / 分	15	每 5 mm 长扣 5 分		0
	焊接角变形	尺寸标准 / (°)	$\geq 0, \leq 1$	$> 1, \leq 3$	$> 3, \leq 5$	> 5
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	错边量	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	> 1	
		得分标准 / 分	5	3	0	
	正面成形	标准	优	良	中	差
		得分标准 / 分	12	8	4	0
背面	焊缝高度	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 3$	> 3 或 < 0		
		得分标准 / 分	8	4		
	咬边	标准	无咬边	有咬边		
		得分标准 / 分	6	0		
	凹陷	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	$> 1, \leq 2$	
		得分标准 / 分	6	4	0	

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价，填写表 3-17。

表 3-17 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨 >

板对接立焊向上焊接时，焊枪位置十分重要，要使焊丝对着前进方向，保持 $90 \pm 10^\circ$ 的角度，电流比平焊稍小，焊枪摆动频率稍快，摆动幅度要保持一致，以锯齿间距较小的方式进行焊接。打底焊时，密切观察和控制熔孔尺寸，要注意保持一致，不能采用下凹的月牙形摆动，否则焊道凸起严重，导致焊道下坠。焊接时，最好用双手握枪，保证焊接的稳定。焊接工艺参数由板厚决定，对于较厚板，电流为 $150 \sim 200 \text{ A}$ ，电压为 $22 \sim 25 \text{ V}$ ；对中厚板，电流为 $100 \sim 150 \text{ A}$ ，电压为 $18 \sim 22 \text{ V}$ 。通常使用 1.2 mm 直径的焊丝。

能力任务四 CO₂ 半自动焊板对接横焊技术

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉 CO₂ 气体保护焊合金元素的氧化与脱氧原理。
- (2) 掌握预防 CO₂ 气体保护焊产生气孔的措施。

能力目标

- (1) 掌握板对接横焊 CO₂ 半自动焊焊接的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择板对接横焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 融入质量意识，培养质量安全的使命与担当。
- (2) 通过学习来自“能工巧匠”们的焊接技术经验总结，树立职业自信。
- (3) 培养刻苦钻研、精益求精的工匠精神。

CO₂ 气体保护焊
板对接横焊技术

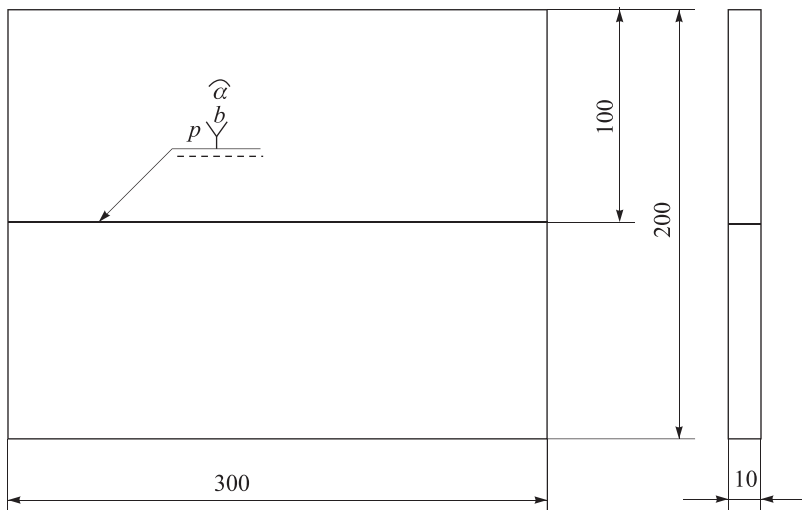
工作任务

课前下发工作任务，施工图如图 3-20 所示。

(1) 教师：用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务，并进行交互研讨。也可以按照自定义模式进行。

(2) 学生：根据教师下发的工作任务，课前自主完成任务所需要的准备知识，独立思考，收集资料，创造性加工所学知识，为下一步项目化实践操作做好准备。

(3) 课程资源：国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。



技术要求：

焊接方法：CO₂ 半自动气体保护焊；
试件材质与规格：Q235，300 mm × 100 mm × 10 mm；
接头形式：板对接接头；
焊接位置：横焊；
根部间隙 $b=3.2 \sim 4.0$ mm，
坡口角度 $\alpha=60^\circ$ ，钝边 $p=0.5 \sim 1$ mm。

图 3-20 CO₂ 半自动焊板对接横焊实操施工图

知识准备

在常温下，CO₂ 气体的化学性能呈中性，但在电弧高温下，CO₂ 气体被分解而呈现很强的氧化性，能

使合金元素烧损,降低焊缝金属的力学性能,还可成为产生气孔和飞溅的根源。因此,CO₂气体保护焊具有焊接冶金性。

一、CO₂气体保护焊合金元素的氧化与脱氧

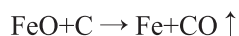
(1) 合金元素的氧化。CO₂在电弧高温作用下,易分解为一氧化碳(CO)和氧,使电弧气氛具有很强的氧化性。其中CO在焊接条件下不溶于金属,也不与金属发生反应,而原子状态的氧使铁及其合金元素迅速氧化,结果使铁(Fe)、锰(Mn)、硅(Si)等对焊缝有用的合金元素大量氧化烧损,降低了力学性能。同时溶入金属的FeO与C元素作用而产生的CO气体,一方面使熔滴和熔池金属发生爆破,产生大量飞溅;另一方面结晶时来不及逸出,导致焊缝产生气孔。

(2) 脱氧。CO₂气体保护焊通常的脱氧方法是采用含有足够的脱氧元素的焊丝。常用的脱氧元素是锰、硅、铝、钛等。对于低碳钢及低合金钢的焊接,主要采用锰、硅联合脱氧的方法,因为锰和硅脱氧后生成的MnO和SiO₂能形成化合物浮出熔池,并形成一层微薄的渣壳覆盖在焊缝表面。

二、如何预防CO₂气体保护焊产生气孔

焊缝金属中产生气孔的根本原因是熔池金属中的气体在冷却结晶过程中来不及逸出。CO₂气体保护焊时,熔池表面没有熔渣覆盖,CO₂气流又有冷却作用,因此,气体结晶较快时容易在焊缝中产生气孔。CO₂气体保护焊时可能产生的气孔有以下三种。

(1) CO气孔。当焊丝中脱氧元素不足时,大量的FeO不能还原而溶于金属中,在熔池结晶时发生下列反应。



这样,所生成的CO气体若来不及逸出,就会在焊缝中形成气孔。因此,应保证焊丝中含有足够的脱氧元素Mn和Si,并严格限制焊丝中的含碳量,以减小产生CO气孔的可能性。

CO₂气体保护焊时,只要焊丝选择得适当,产生CO气孔的可能性不大。

(2) 氢气孔。氢的来源主要是焊丝、焊件表面的铁锈、水分和油污及CO₂气体中含有的水分。如果熔池金属溶入大量的氢,就可能形成氢气孔。

因此,为防止产生氢气孔,应尽量减少氢的来源,焊前要适当清除焊丝和焊件表面的杂质,并需对CO₂气体进行提纯与干燥处理。此外,由于CO₂气体保护焊的保护气体氧化性很强,可减弱氢的不利影响,所以CO₂气体保护焊时形成氢气孔的可能性较小。

(3) 氮气孔。当CO₂气流的保护效果不好时,如CO₂气流量太小、焊接速度过快、喷嘴被飞溅堵塞时,以及CO₂气体纯度不高,含有一定量的空气时,空气中的氮就会大量溶入熔池金属内。当熔池金属结晶凝固时,若氮来不及从熔池中逸出,便形成氮气孔。

应当指出,CO₂气体保护焊最常发生的是氮气孔,而氮主要来自空气,所以必须加强CO₂气流的保护效果,这是防止CO₂气体保护焊的焊缝中产生气孔的重要途径。

任务分析

板对接横焊一般采用直线运枪左焊法(采用摆动焊枪法焊接难度较大)。由于是多层多道焊接,温度较高,熔池体积较大,凝固速度较慢,因此容易出现液态金属下坠,这尤其会使打底焊焊缝背面成形产

生下偏移,故焊接时应保持较小的熔池和较小的熔孔尺寸,适当提高焊接速度,并采用较小的焊接电流和短弧焊接。

任务实施

实施部分应分组协作,可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务,按照以下步骤实施任务,并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程,并及时将操作过程中的安全规范问题记录在表 3-18 中。

表 3-18 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品; 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品,地面是否有积水,通风条件是否良好,工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确; 检查地线夹是否有损坏,连接是否牢靠; 检查焊枪电缆绝缘是否良好,电嘴是否堵塞; 检查焊材是否符合要求; 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确; 检查压力表是否正常; 检查气瓶固定是否牢靠; 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好; 检查接地线是否牢固,焊机外壳是否漏电; 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①焊接设备电路、气路检查。焊前要对焊接设备的电路、气路进行认真仔细的检查,确认其全部正常后,方可开机工作,以免由于焊接设备故障而造成焊接缺陷。

②送丝系统检查。检查焊丝盘上的焊丝是否充足,自焊丝盘到焊枪的整个送丝路径是否通畅,途径有无弯折。

③焊前清理。认真清理钢板上及坡口正反面 20 mm 范围内的油污、锈蚀、水分以及其他污物,直至焊接部位露出金属光泽为止。加工的坡口要求达到一定精度,以免影响焊接后焊缝的规整和美观,并对试板清洁度、试板尺寸进行检查(按图纸及技术要求)。

(3) 选择工艺参数。 CO_2 半自动焊板对接横焊焊接工艺参数如表 3-19 所示。

表 3-19 CO₂ 半自动焊板对接横焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / (L · min ⁻¹)	干伸长度 /mm	电源极性
打底层	1.2	90 ～ 100	18 ～ 20	10 ～ 12	10 ～ 15	直流反接
		100 ～ 110	20 ～ 22	10 ～ 15		
填充层		110 ～ 120		10 ～ 12	15 ～ 20	
				15 ～ 20		
盖面层		130 ～ 150		10 ～ 15		
			22 ～ 24	15 ～ 20		

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

① 装配与定位焊。

a. 定位焊。在焊件坡口内定位焊，焊缝长度 10 ~ 15 mm，预置反变形量为 2 ~ 3°。

b. 对装配位置和定位焊质量进行检查。

② 打底焊。

a. 采用左焊法，板对接横焊焊枪角度及熔池大小示意图如图 3-21 所示。焊枪以小幅度锯齿形摆动，保持熔孔边缘超过坡口下棱边 0.5 ~ 1 mm。

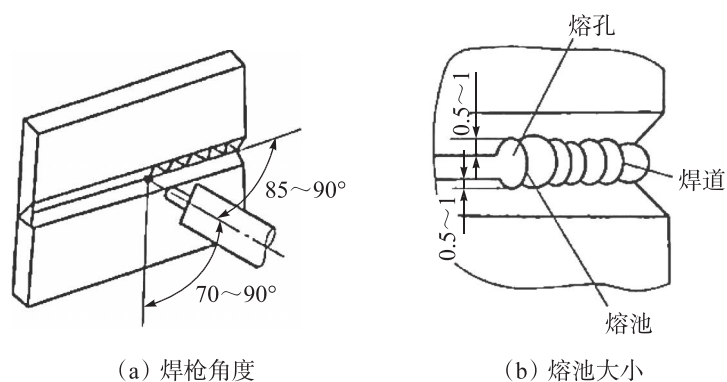


图 3-21 板对接横焊焊枪角度和熔池大小示意图

b. 清理打磨打底层焊道时不能破坏装配间隙和坡口面。

③ 填充焊。

a. 填充焊采用多层单道焊，由下向上焊，焊枪角度如图 3-22 所示。调整焊枪俯仰角，焊丝对准打底层焊道与下板坡口面之间的夹角。焊前清理干净飞溅和熔渣。

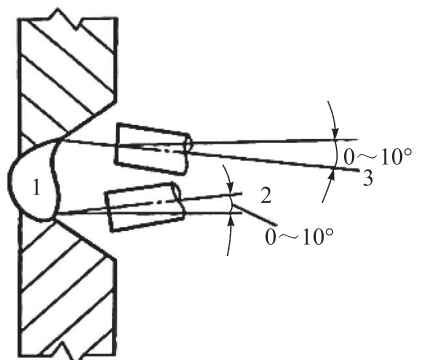


图 3-22 填充层焊接焊枪的角度 (板对接横焊)

- b. 焊第一道填充焊时，焊枪呈 0～10° 俯角，电弧以打底焊道下边缘为中心横向摆动，保证与下侧坡口的熔合良好。
 - c. 盖面前的焊道比试板表面低 1.5～2 mm，不允许烧坏坡口棱边。
 - d. 焊第二道填充焊时，焊枪呈 0～10° 仰角，电弧以打底焊道上边缘为中心，在第一道填充焊和上侧坡口面之间摆动，保证熔合良好。
- ④盖面焊。
- a. 盖面焊的焊接与填充焊类似，由下向上一道一道以直线方式焊接，焊枪角度如图 3-23 所示。

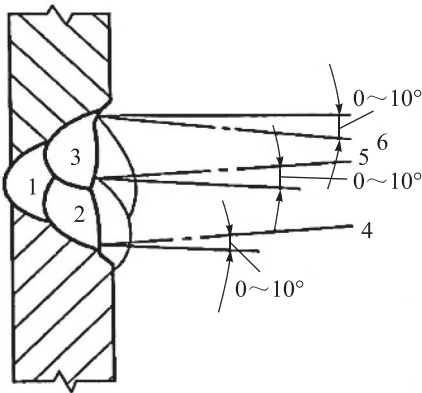


图 3-23 盖面层焊接焊枪的角度（板对接横焊）

- b. 后焊道要将前焊道盖住 1/2 或 2/3 以上，保证整个焊缝平整、均匀。
 - c. 焊前清理干净飞溅和熔渣。
- (5) 按照操作要领进行 CO₂ 半自动焊板对接横焊焊接实操。
- (6) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-20）。

表 3-20 焊接操作过程记录表
焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 /(L·min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
填充层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	备注
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源 关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位，工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测,然后小组互评、教师点评,并做好记录。
CO₂ 半自动焊板对接横焊焊缝质量评分标准如表 3-21 所示。

表 3-21 CO₂ 半自动焊板对接横焊焊缝质量评分标准

检查项目			评判等级			
			I 级	II 级	III 级	IV 级
正面	焊缝余高	尺寸标准/mm	$\geq 0, \leq 1.5$	$> 1.5, \leq 2.5$	$> 2.5, \leq 3$	< 0 或 > 3
		得分标准/分	8	4	2	0
	焊缝高低差	尺寸标准/mm	≤ 1	$> 1, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准/分	12	8	4	0
	焊缝宽度	尺寸标准/mm	$\geq 15, \leq 16$	$> 16, \leq 17$	$> 17, \leq 18$	< 15 或 > 18
		得分标准/分	8	4	2	0
	焊缝宽度差	尺寸标准/mm	≤ 1.5	$> 1.5, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准/分	12	8	4	0
	咬边	尺寸标准/mm	无咬边	深度 ≤ 0.5		深度 > 0.5
		得分标准/分	15	每 5 mm 长扣 5 分		0
	焊接角变形	尺寸标准/(°)	$\geq 0, \leq 1$	$> 1, \leq 3$	$> 3, \leq 5$	> 5
		得分标准/分	8	4	2	0
	错边量	尺寸标准/mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	> 1	
		得分标准/分	5	3	0	
	正面成形	标准	优	良	中	差
		得分标准/分	12	8	4	0
背面	焊缝高度	尺寸标准/mm	$\geq 0, \leq 3$	> 3 或 < 0		
		得分标准/分	8	4		
	咬边	标准	无咬边	有咬边		
		得分标准/分	6	0		
	凹陷	尺寸标准/mm	$\geq 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	$> 1, \leq 2$	
		得分标准/分	6	4	0	

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价,填写表 3-22。

表 3-22 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨 >

一、单道横焊

薄板单道横焊常采用直线式或小幅摆动方式运枪，左向焊法，焊枪角度与焊条电弧焊相同，焊接工艺参数主要采用低电压小电流的短路过渡。

二、多层横焊

厚板对接横焊和角焊时，均需采用多层焊，焊枪角度和焊道排布情况与焊条电弧焊相同，第一层焊道应尽量焊成等焊脚焊道，从下往上排列焊道，每层焊完都应尽量得到平坦的焊缝表面，随着焊缝层数的增加，逐步减小焊道的熔敷金属量，并增加焊道数。焊接工艺参数适当偏大，一般为：盖面焊缝，焊接电流为 150～200 A，电弧电压为 22～24 V；其余各层焊接电流为 200～280 A，电弧电压为 23～25 V；焊丝直径为 0.9～1.2 mm。

能力任务五 CO₂ 半自动焊板对接仰焊技术

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉 CO₂ 气体保护焊飞溅对焊接的主要影响。
- (2) 熟悉 CO₂ 气体保护焊飞溅产生的主要原因及其防范措施。

能力目标

- (1) 掌握板对接仰焊 CO₂ 半自动焊焊接的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择板对接仰焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 培养胜任职业岗位的能力和职业素养。
- (2) 提升自主学习、自我改进的能力，为将来的工作注入可持续发展的原动力。
- (3) 树立安全意识，养成文明生产的职业素养。

CO₂ 气体保护焊
板对接仰焊技术

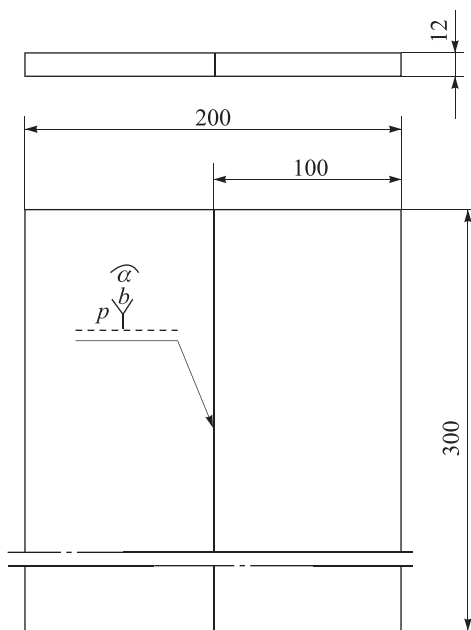
工作任务

课前下发工作任务，施工图如图 3-24 所示。

(1) 教师：用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务，并进行交互研讨。也可以按照自定义模式进行。

(2) 学生：根据教师下发的工作任务，课前自主完成任务所需要的准备知识，独立思考，收集资料，创造性加工所学知识，为下一步项目化实践操作做好准备。

(3) 课程资源：国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。



技术要求：

焊接方法：CO₂ 气体保护焊；

试件材质与规格：Q235，300 mm × 100 mm × 12 mm；

接头形式：板对接接头；

焊接位置：仰焊；

根部间隙 $b=3.2 \sim 4.0$ mm，坡口角度 $\alpha=60^\circ$ ，钝边 $p=0.5 \sim 1$ mm。

图 3-24 CO₂ 半自动焊板对接仰焊实操施工图

知识准备

一、CO₂ 气体保护焊飞溅对焊接的影响

(1) CO₂ 气体保护焊时, 飞溅增大会降低焊丝的熔敷系数, 从而增加焊丝及电能的消耗, 降低生产率, 增加焊接成本。

(2) 飞溅金属粘在导电嘴端面和喷嘴内壁上, 会使送丝不畅而影响电弧稳定性, 或者降低保护作用, 容易使焊缝产生气孔, 影响焊缝质量。并且飞溅金属粘在导电嘴喷嘴、焊缝及焊件表面上, 需待焊后进行清理, 增加了焊接的辅助工时。

二、CO₂ 气体保护焊飞溅产生的原因及如何有效减少其飞溅

(1) 由冶金反应引起的飞溅。这种飞溅主要由 CO₂ 气体造成。焊接过程中, 熔滴和熔池中的碳氧化成 CO, CO 在电弧高温作用下体积急速膨胀, 压力迅速增大, 使熔滴和熔池金属产生爆破, 从而产生大量飞溅。减少这种飞溅的方法是采用含有锰、硅脱氧元素的焊丝, 降低丝中含碳量。

(2) 由斑点压力产生的飞溅。这种飞溅主要取决于焊接时的极性。当使用正极性焊接时(焊件接正极, 焊丝接负极), 正离子飞向焊丝端部的熔滴, 机械冲击力大, 形成大颗粒飞溅; 而反极性焊接时, 飞向焊丝端部的电子撞击力小, 致使斑点压力大为减小, 因而飞溅较小。所以 CO₂ 气体保护焊应选用直流反接。

(3) 熔滴短路引起的飞溅。这种飞溅发生在短路过渡过程中, 当焊接电源的动特性不好时(焊机的问题)则显得更严重。当熔滴与熔池接触时, 若短路电流增长速度过快, 或者短路最大电流值过大时, 会使缩颈处的液态金属发生爆破, 产生较多的细颗粒飞溅; 若短路电流增长速度过慢, 则短路电流不能及时增大到要求的电流值, 此时缩颈处就不能迅速断裂, 使伸出导电嘴的焊丝在电阻热的长时间加热下, 成较软化状态并断落, 并伴随着较多的颗粒飞溅。焊工主要是通过调节焊接回路中的电感来调节短路电流增长速度。

(4) 非轴向颗粒过渡造成的飞溅。这种飞溅是在颗粒过渡过程中造成的飞溅, 是在颗粒过渡时由于电弧的斥力作用而产生的, 熔滴在斑点压力和弧柱中气流压力的共同作用下被推到焊丝端部的一边并被抛到熔池外面去, 从而产生大颗粒飞溅。

(5) 焊接工艺参数选择不当引起的飞溅。这种飞溅是因焊接电流、电弧电压和回路电感等焊接工艺参数选择不当引起的。如随着电弧电压的增加, 电弧拉长, 熔滴长大且在焊丝末端产生无规则摆动, 致使飞溅增大, 且在焊丝末端电流增大。熔滴体积变小, 熔敷率增大, 飞溅减少, 因此, 必须正确选择 CO₂ 气体保护焊的焊接工艺参数, 才会减少产生这种飞溅的可能性。

任务分析

仰焊单面焊双面成形是所有焊接位置中最难操作的一种。仰焊时, 熔池倒悬在坡口内, 液态金属受重力的作用极易下坠, 从而易形成焊瘤, 而在焊缝背面产生下凹等缺陷。在焊接过程中, 熔池温度越高, 焊接电弧越长, 上述现象越严重, 且易烫伤人, 给焊工操作带来困难, 飞溅物还易使焊枪喷嘴堵塞。操作时, 焊工的位置应选好, 以减少飞溅物的影响并便于操作。

任务实施

实施部分应分组协作，可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务，按照以下步骤实施任务，并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程，并及时将操作过程中的安全规范问题记录在表 3-23 中。

表 3-23 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品； 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品，地面是否有积水，通风条件是否良好，工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确； 检查地线夹是否有损坏，连接是否牢靠； 检查焊枪电缆绝缘是否良好，电嘴是否堵塞； 检查焊材是否符合要求； 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确； 检查压力表是否正常； 检查气瓶固定是否牢靠； 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好； 检查接地线是否牢固，焊机外壳是否漏电； 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①焊接设备电路、气路检查。焊前要对焊接设备的电路、气路进行认真仔细的检查，确认其全部正常后，方可开机工作，以免由于焊接设备故障而造成焊接缺陷。

②送丝系统检查。检查焊丝盘上的焊丝是否充足，自焊丝盘到焊枪的整个送丝路径是否通畅，途径有无弯折。

③焊前清理。认真清理钢板上及坡口正反面 20 mm 范围内的油污、锈蚀、水分以及其他污物，直至焊接部位露出金属光泽为止。加工的坡口要求达到一定精度，以免影响焊接后焊缝的规整和美观，并对试板清洁度、试板尺寸进行检查（按图纸及技术要求）。

(3) 选择工艺参数。 CO_2 半自动焊板对接仰焊焊接工艺参数如表 3-24 所示。

表 3-24 CO₂ 半自动焊板对接仰焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / (L · min ⁻¹)	干伸长度 /mm	电源极性
打底层	1.2	90 ~ 110	18 ~ 20	15 ~ 20	10 ~ 15	直流反接
填充层		130 ~ 150	20 ~ 22			
盖面层		120 ~ 140				

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

① 装配与定位焊。

a. 定位焊。在焊件坡口内定位焊，焊缝长度 10 ~ 15 mm，预置反变形量为 2 ~ 3°。板对接仰焊装配示意图如图 3-25 所示。

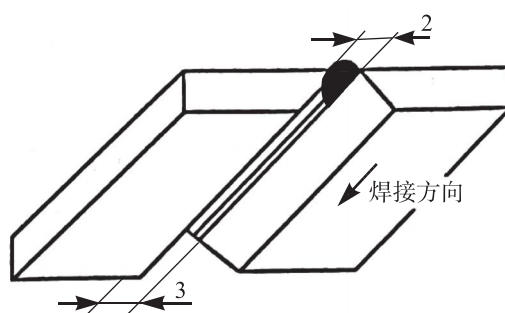


图 3-25 板对接仰焊装配示意图

b. 对装配位置和定位焊质量进行检查。

② 打底焊。

a. 采用右焊法，板对接仰焊的焊枪角度如图 3-26 所示。

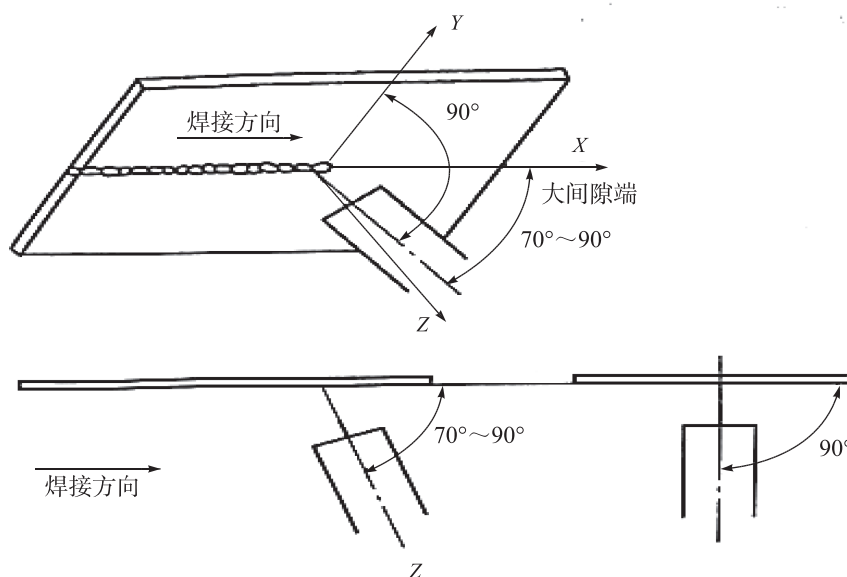
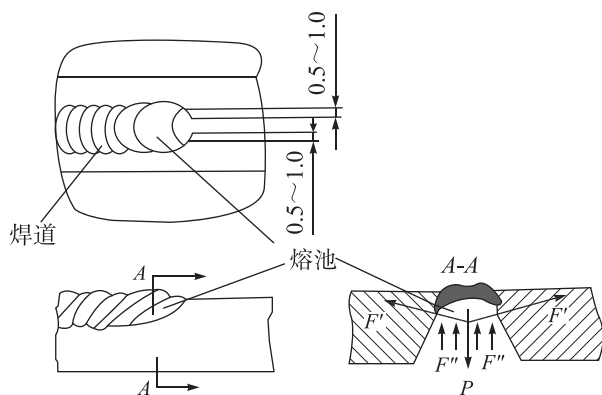


图 3-26 板对接仰焊的焊枪角度

b. 焊枪做小幅度锯齿形摆动。焊接过程中不能让电弧脱离熔池，利用电弧吹力托住熔池金属，防止液态金属下淌。必须注意控制熔孔大小，既要保证根部焊透，又要防止焊道背面下凹、正面下坠。板对接仰焊打底焊的熔池情况如图 3-27 所示。



P —熔池金属重力； F' —表面张力； F'' —电弧吹力

图 3-27 板对接仰焊打底焊的熔池情况

③填充焊。

- a. 焊前先清除打磨打底焊道和坡口表面的飞溅和熔渣，并用角向砂轮机将局部凸起的焊道磨平。
- b. 焊枪以稍大幅度的横向摆动焊接。要控制好电弧在坡口两侧的停顿时间，既要保证焊道两侧熔合良好，又要防止焊道中间下坠。
- c. 填充层焊道表面距试板下表面 15～20 mm，不能熔化坡口的棱边。

④盖面焊。

- a. 焊前清理干净飞溅和熔渣。
- b. 焊接过程中应根据填充焊道高度调整焊接速度，尽可能保持摆动幅度均匀，使焊道平直均匀，不产生两侧咬边、中间下坠等缺陷。

(5) 按照操作要领进行 CO₂ 半自动焊板对接仰焊焊接实操。

(6) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-25）。

表 3-25 焊接操作过程记录表
焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 / (L · min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
填充层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	备注
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位，工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测,然后小组互评、教师点评,并做好记录。
CO₂ 半自动焊板对接仰焊焊缝质量评分标准如表 3-26 所示。

表 3-26 CO₂ 半自动焊板对接仰焊焊缝质量评分标准

检查项目		评分标准及得分	评判等级			
			I 级	II 级	III 级	IV 级
正面	焊缝余高	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 1.5$	$> 1.5, \leq 2.5$	$> 2.5, \leq 3$	< 0 或 > 3
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝高低差	尺寸标准 /mm	≤ 1	$> 1, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	焊缝宽度	尺寸标准 /mm	$\geq 15, \leq 16$	$> 16, \leq 17$	$> 17, \leq 18$	< 15 或 > 18
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	焊缝宽度差	尺寸标准 /mm	≤ 1.5	$> 1.5, \leq 2$	$> 2, \leq 3$	> 3
		得分标准 / 分	12	8	4	0
	咬边 /mm	尺寸标准 /mm	无咬边	深度 ≤ 0.5		深度 > 0.5
		得分标准 / 分	15	每 5 mm 长扣 5 分		0
	焊接角变形	尺寸标准 / (°)	$\geq 0, \leq 1$	$> 1, \leq 3$	$> 3, \leq 5$	> 5
		得分标准 / 分	8	4	2	0
	错边量	尺寸标准 /mm	$> 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	> 1	
		得分标准 / 分	5	3	0	
	正面成形	标准	优	良	中	差
		得分标准 / 分	12	8	4	0
背面	焊缝高度	尺寸标准 /mm	$\geq 0, \leq 3$	> 3 或 < 0		
		得分标准 / 分	8	4		
	咬边	标准	无咬边	有咬边		
		得分标准 / 分	6	0		
	凹陷	尺寸标准 /mm	$> 0, \leq 0.5$	$> 0.5, \leq 1$	$> 1, \leq 2$	
		得分标准 / 分	6	4	0	

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价,填写表 3-27。

表 3-27 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨 >

一、单道仰焊

薄板单面焊时，一般用右向焊法，采用直线式或小幅摆动运枪法。随时调整焊接速度和摆动方式，注意保持熔池金属不下坠。通常采用的焊接工艺参数是细焊丝短路过渡，焊接电流为 120～130 A，电弧电压为 18～19 V。

二、多层焊

多层焊时的焊接方式：第一层的焊接类似于单面焊，第一、二层都以均匀摆动焊枪的方式进行焊接，但在与坡口面交接处应作短暂停留。焊接工艺参数为焊接电流 120～130 A，电弧电压为 18～19 V，焊丝直径为 0.9～1.2 mm。第四层以后，每层焊两道，第一道掠过中心，第二道与第一道搭接上。盖面焊道要求美观，应先确保前一层焊道表面平坦，且距焊件表面 1～2 mm。盖面焊道亦采用两条焊道，采用较小的焊接工艺参数。

能力任务六 CO₂ 半自动焊骑座式管板垂直俯位焊技术

学习目标

知识目标

- (1) 熟悉硫(S)、磷(P)有害杂质元素对焊缝质量的影响机理。
- (2) 熟悉氧(O)、氢(H)、氮(N)有害气体元素对焊缝质量的影响机理。

能力目标

- (1) 掌握骑座式管板垂直俯位焊 CO₂ 半自动焊焊接的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择骑座式管板垂直俯位焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 养成坚持严谨细致的工作态度。
- (2) 养成团队合作精神和创新意识。
- (3) 强调装配精度对焊接质量的影响, 养成焊接的质量意识。

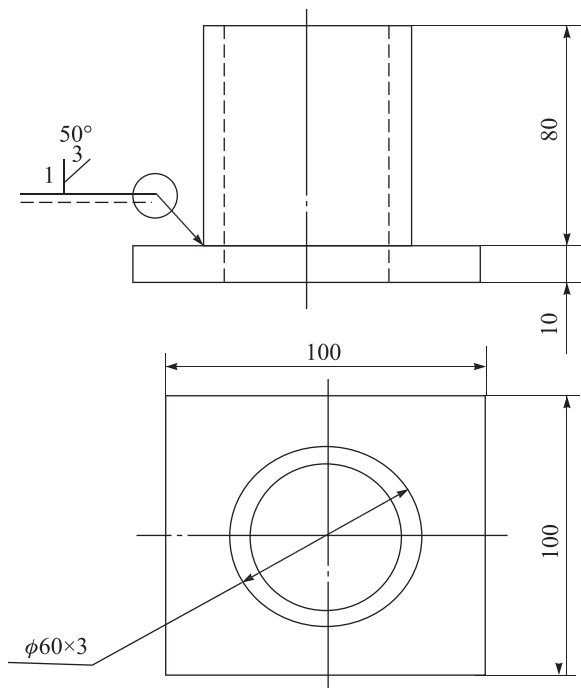
工作任务

课前下发工作任务, 施工图如图 3-28 所示。

(1) 教师: 用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务, 并进行交互研讨。也可以按照自定义模式进行。

(2) 学生: 根据教师下发的工作任务, 课前自主完成任务所需要的准备知识, 独立思考, 收集资料, 创造性加工所学知识, 为下一步项目化实践操作做好准备。

(3) 课程资源: 国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。



技术要求:

焊接方法: CO₂ 气体保护焊;
 试件材质与规格: 100 mm × 100 mm × 10 mm, $\phi 60$ mm × 80 mm × 3 mm;
 接头形式: 管板骑座式接头;
 焊接位置: 平角焊;
 焊脚尺寸 8 mm, 截面为等腰直角三角形。

图 3-28 CO₂ 半自动焊骑座式管板垂直俯位焊技术施工图



CO₂ 气体保护焊
 骑座式管板垂直
 俯位焊技术

知识准备

为使焊缝具有合格的使用性能和防止焊接缺陷,必须对其中有害元素加以控制。对一般低碳钢和低合金钢来说,焊缝中有害元素主要是硫、磷、氢、氧、氮。

一、有害杂质元素

(1) 硫(S)。硫是钢中的主要有害杂质元素之一。硫几乎不溶于钢,与铁化合物生成硫化铁。硫化铁又与铁形成低熔点共晶物,其熔点仅为 988 ℃。在铸锭及焊缝金属凝固时,这些低熔点共晶物残留在枝晶之间最后凝固,产生的收缩应力容易使其处于液态时被拉开而形成裂纹。

在钢中硫的含量较高时,即使铸锭在凝固时未产生裂纹,当铸锭及轧钢热加工过程中,低熔点物质熔化,也会沿晶界开裂形成裂纹。这种现象叫作钢的热脆性。

对于焊接,钢中的硫是非常有害的。当焊接材料本身含硫量高或母材含硫量高时,都会使焊缝金属在凝固时产生焊接热裂纹。含硫量高的钢材在焊接时,除焊缝金属产生热裂纹外,因硫化物受热熔化,在焊接热影响区也容易产生液化裂纹。

(2) 磷(P)。磷是钢中的另一种有害杂质元素。钢中的磷可以溶解在铁素体内形成固溶体,使其强度和硬度提高。但磷原子溶于铁素体晶格之后使晶格产生很大的畸变,导致冲击韧性大大降低使材料变脆。但这种不利影响只在低温下才出现,而高温下并不会产生,因此不妨碍热加工。这种现象叫作钢的冷脆性。

磷使钢的焊接性能降低,使焊缝金属和焊缝热影响区易出现裂纹。

二、有害气体元素

(1) 氧(O)。钢中超出溶解度的氧以夹杂物的形式存在,降低钢的强度、塑性、韧性,使钢的脆性转变温度明显提高,降低钢材的疲劳强度和冷加工性能。

(2) 氢(H)。氢使钢产生白点,引起氢脆现象,严重降低钢的韧性。焊接时焊缝金属若吸收较多的氢则易产生冷裂纹。

(3) 氮(N)。氮在铁素体中的溶解度很低,当钢中没有可同氮化合成氮化物的元素如铝、钛、锆时,大部分氮与铁形成又硬又脆的氮化铁,大大降低钢材的疲劳强度和冷加工性能。

任务分析

骑座式管板垂直俯位焊的操作有一定的难度,一是焊枪的角度、电弧对中的位置需随着管板角接头的弧度变化而变化;二是管子与孔板的厚度有差异,造成散热状况不同,熔化情况不同。焊接时,除保证焊透和双面成形外,还需保证焊脚尺寸。因此在打底焊和盖面焊时,电弧热量应偏向孔板,即电弧应指向孔板,避免出现咬边和焊偏,造成焊缝成形不良。

任务实施

实施部分应分组协作,可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务,按照以下步骤实施任务,并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程,并及时将操

作过程中的安全规范问题记录在表 3-28 中。

表 3-28 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品； 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品，地面是否有积水，通风条件是否良好，工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确； 检查地线夹是否有损坏，连接是否牢靠； 检查焊枪电缆绝缘是否良好，电嘴是否堵塞； 检查焊材是否符合要求； 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确； 检查压力表是否正常； 检查气瓶固定是否牢靠； 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好； 检查接地线是否牢固，焊机外壳是否漏电； 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①清除管子焊接端外壁 30 mm、孔板内壁及板表面焊接处周围 20 mm 区域内的污物，直至露出金属光泽为止，并对试板清洁度、试板尺寸进行检查（按图纸及技术要求）。

②检查焊机外部接线是否正确、可靠。检查焊机各运动部件是否正常。检查焊丝盘上焊丝是否充足、气瓶表压是否正常，检查供气系统是否正常。

(3) 选择工艺参数。CO₂ 半自动焊骑座式管板垂直俯位焊焊接工艺参数如表 3-29 所示。

表 3-29 骑座式管板垂直俯位焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/(L·min ⁻¹)	干伸长度/mm	电源极性
打底层	1.2	70~90	17~19	12~15	10~15	直流反接
盖面层 1		90~110	19~21			
盖面层 2		110~130	20~22			

细丝 CO₂ 半自动焊的焊接速度一般在 15~30 m/h 范围内选取，应视操作者的水平而定。

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

①装配与定位焊。一点定位。采用与焊件相同牌号的焊丝进行定位焊，定位焊长度 10~15 mm，要求焊透，且焊脚不要过高。

②打底焊。采用左向焊法。焊枪角度如图 3-29 所示。

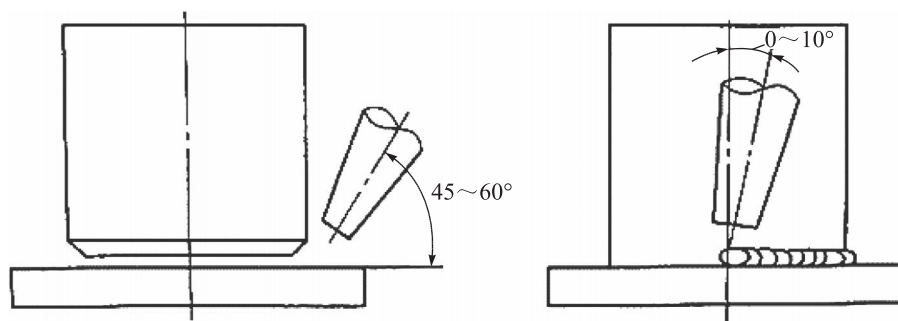


图 3-29 管板垂直俯位焊打底焊的焊枪角度

③盖面焊。第一层使用较大电流，焊枪与垂直板夹角减小，并指向距根部 2~3 mm 处，这时得到不等焊脚焊道，第二层焊道应以小电流施焊，焊枪指向第一层焊道的凹陷处，采用左向焊法即得到表面平滑的等焊脚焊缝。焊枪角度如图 3-30 所示。

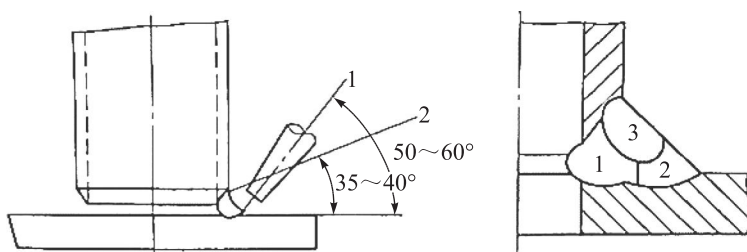


图 3-30 管板垂直俯位焊盖面焊焊枪的角度

(5) 按照操作要领进行 CO₂ 半自动焊管板垂直俯位焊接实操。

(6) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-30）。

表 3-30 焊接操作过程记录表

焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 / (L · min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	备注
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位，工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测，然后小组互评、教师点评，并做好记录。

CO₂ 半自动焊管板垂直俯位焊焊缝质量评分标准如表 3-31 所示。

表 3-31 半自动 CO₂ 焊管板垂直俯位焊焊缝质量评分标准

检查项目		评判等级			
		I 级	II 级	III 级	IV 级
焊脚尺寸	尺寸标准 /mm	10	> 10, ≤ 11	> 11, ≤ 12	< 10 或 > 12
	得分标准 / 分	20	15	10	0
焊缝凸度	尺寸标准 /mm	≤ 1	> 1, ≤ 2	> 2, ≤ 3	> 3
	得分标准 / 分	20	15	10	0
咬边	尺寸标准 /mm	无咬边	深度 ≤ 0.5 或 长度 ≤ 15	深度 ≤ 0.5 或 15 < 长度 ≤ 30	深度 > 0.5 或 长度 > 30
	得分标准 / 分	20	15	10	0
焊脚差	尺寸标准 /mm	1	1.5	2	> 2
	得分标准 / 分	10	6	3	0
焊道层数	标准	两层四道	其他		
	得分标准 / 分	10	4		
垂直度	尺寸标准 /mm	0	> 0, < 1	> 1, ≤ 2	> 2
	得分标准 / 分	10	6	3	0
焊缝成形	标准	优	良	中	差
	得分标准 / 分	10	6	3	0

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价，填写表 3-32。

表 3-32 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨

(1) T 形接头焊接时，极易产生咬边、未焊透等缺陷，因此在操作中，应根据板材和焊角尺寸来控制焊丝角度和电弧偏向。本任务中由于板材厚度大于管子厚度，电弧应指向板材。

(2) 焊接过程中，应随焊枪的移动及时调整身体体位，以便清楚地观察熔池。

(3) 施焊前及焊接过程中，应检查、清理导电嘴和喷嘴，检查送丝情况。

能力任务七 CO₂ 半自动焊管对接水平固定焊技术

学习目标

知识目标

熟悉 CO₂ 气体保护半自动焊机的常见故障、产生原因及排除方法。

能力目标

- (1) 掌握管对接水平固定焊 CO₂ 半自动焊焊接的技术要求及操作要领。
- (2) 能够合理选择管对接水平固定焊 CO₂ 半自动焊的焊接参数。

素质目标

- (1) 坚持严谨细致的工作态度。
- (2) 养成防患于未然的生产责任意识。
- (3) 养成独立思考，分析问题，解决问题的思维习惯。

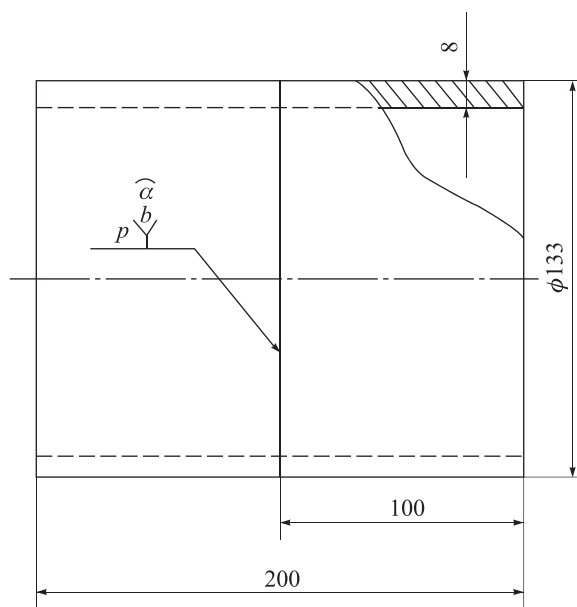


CO₂ 气体保护焊
管对接水平固定
焊技术

工作任务

课前下发工作任务，施工图如图 3-31 所示。

- (1) 教师：用课程配套的智慧工具和 MOOC 平台发布工作任务，并进行交互研讨。也可以按照自定模式进行。
- (2) 学生：根据教师下发的工作任务，课前自主完成任务所需要的准备知识，独立思考，收集资料，创造性加工所学知识，为下一步项目化实践操作做好准备。
- (3) 课程资源：国家精品在线开放课程“典型焊接接头电弧焊技术”。



技术要求：

焊接方法：CO₂ 半自动气体保护焊；
试件材质与规格：20 G 钢管， $\phi 133 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ；
接头形式：管对接接头；
焊接位置：全位置焊。

图 3-31 CO₂ 半自动焊管对接水平固定焊实操施工图

知识准备

在焊接过程中,可能会遇到各种故障和问题。操作人员应具备基本的故障排除能力,能够及时处理常见的焊接故障。同时,对于设备的维护和保养也应重视,定期进行设备的检查和维护,保证设备的正常运行和延长使用寿命。

CO₂ 气体保护半自动焊机的常见故障、产生原因及排除方法如表 3-33 所示。

表 3-33 CO₂ 半自动焊机常见故障、产生原因及排除方法

故障特征	产生原因	排除方法
空载电压过低	(1) 单相运行 (2) 输入电压不正确 (3) 三相全波整流器件损坏	(1) 检查输入电源的保险 (2) 检查输入电压,调到额定值 (3) 检修元件
空载电压调不到正常范围	(1) 粗调或细调的开关触点不良 (2) 变压器初级线圈、引线有故障	(1) 检修不良的触点 (2) 修复线圈、引线
送丝机构不运转	(1) 焊枪开关失灵 (2) 控制电路或送丝电路熔丝烧断 (3) 多芯插头虚接 (4) 接触器不动作 (5) 送丝电路有故障 (6) 电动机故障	(1) 检修焊枪开关上弹簧片位置 (2) 更换熔丝 (3) 拧紧各控制插头 (4) 检修接触器 (5) 检修控制电路 (6) 检修电动机
CO ₂ 气体不能流出或无法切断	(1) 电磁气阀失灵 (2) 流量计不通	(1) 修复电磁气阀 (2) 检查 CO ₂ 预热器、流量计
焊接过程中送丝不均匀	(1) 送丝轮槽口磨损或与焊丝直径不符 (2) 压丝手柄压力不够 (3) 送丝软管堵塞或损坏 (4) 送丝软管弯曲或直径不符	(1) 更换送丝轮 (2) 调整压丝手柄压力 (3) 检修清理送丝软管 (4) 使送丝软管伸直或更换软管
焊接过程飞溅过大	(1) 极性接反 (2) 焊丝伸出太长 (3) 焊丝给送不均匀 (4) 导电嘴磨损	(1) 负极接焊件 (2) 压低喷嘴与焊件的间距 (3) 更换送丝轮,调整手柄压力 (4) 更换导电嘴

任务分析

(1) 焊接难点。

CO₂ 气体保护焊管对接水平固定属全位置焊,熔池受重力与表面张力双重作用,易在仰焊段下坠、立焊段咬边、平焊段下坠。

(2) 操作技巧。

①定位焊:在 2、10 点位置两点定位,每点长 10 mm、错边 ≤ 0.5 mm,坡口角度 60°;

②打底焊:内填丝法,焊枪后倾 10~15°,电流 90~110 A、电弧电压 18~20 V,焊丝干伸长 12mm,利用电弧吹力托住熔池;

③填充焊和盖面焊注意以坡口棱边作为参照,保证坡口两侧熔合良好,收弧时回焊 5 mm,填满弧坑并延时送气 3 s。

(3) 工艺参数。

Φ1.2 mm 型号 ER50-6 焊丝,CO₂ 流量 12~15 L/min,极性直流反接,根部间隙 2.2~3.2 mm。

通过以上措施,可获得成形良好、无缺陷的一次合格焊缝。

任务实施

实施部分应分组协作，可按照安全员、检验员、工艺员、操作员等角色分担小组任务，按照以下步骤实施任务，并做好过程记录。

(1) 焊前安全检查。小组安全员按照操作规范要求互相监督对方小组成员的操作过程，并及时将操作过程中的安全规范问题记录在表 3-34 中。

表 3-34 焊前安全检查

检查人及小组		被检人及小组		
序号	安全检查项目	参考要求	实际操作过程记录	备注
1	劳保用品穿戴	正确穿戴焊工服、焊工手套、面罩、劳保鞋、防尘口罩等劳保用品； 根据焊接电流正确选择护目玻璃镜片		
2	工作场地检查	检查工作场所是否存在易燃易爆物品，地面是否有积水，通风条件是否良好，工件摆放是否规范		
3	焊机及所用焊材、工具检查	检查焊机型号是否正确； 检查地线夹是否有损坏，连接是否牢靠； 检查焊枪电缆绝缘是否良好，电嘴是否堵塞； 检查焊材是否符合要求； 检查敲渣锤、钢丝刷等焊接工具是否齐全		
4	气瓶及管路检查	检查气瓶气体成分、标识牌是否正确； 检查压力表是否正常； 检查气瓶固定是否牢靠； 检查气管是否有破损、老化现象		
5	焊接电缆线连接	检查焊机一次二次线电缆是否绝缘良好； 检查接地线是否牢固，焊机外壳是否漏电； 检查焊接导电裸露部位是否绝缘良好		

(2) 焊前准备。

①清除管子焊接端外壁 30 mm、孔板内壁及板表面焊接处周围 20 mm 区域内的污物，直至露出金属光泽为止，并对试板清洁度、试板尺寸进行检查（按图纸及技术要求）。

②检查焊机外部接线是否正确、可靠。检查焊机各运动部件是否正常。检查焊丝盘上焊丝是否充足、气瓶表压是否正常。检查供气系统是否正常。

(3) 选择工艺参数。 CO_2 半自动焊管对接水平固定焊焊接工艺参数如表 3-35 所示。

表 3-35 管对接水平固定焊焊接工艺参数

焊接层次	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 / ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	干伸长度 /mm	电源极性
打底层	1.2	90 ~ 110	18 ~ 20	15 ~ 20	10 ~ 15	直流反接
填充层		110 ~ 130	19 ~ 21			
盖面层		130 ~ 140	20 ~ 22			

(4) 实施装配焊接。操作要领如下。

①装配与定位焊。采用两点定位焊，第一个焊点应位于时钟的“2 点”附近，第二点为“10 点”位

置。定位焊缝长 10 mm 左右，要求焊透，且要保证无缺陷。定位焊后，应将定位焊两端面处打磨成斜面。管对接水平固定焊定位焊位置及装配间隙如图 3-32 所示。焊后对装配位置和定位焊质量进行检查。

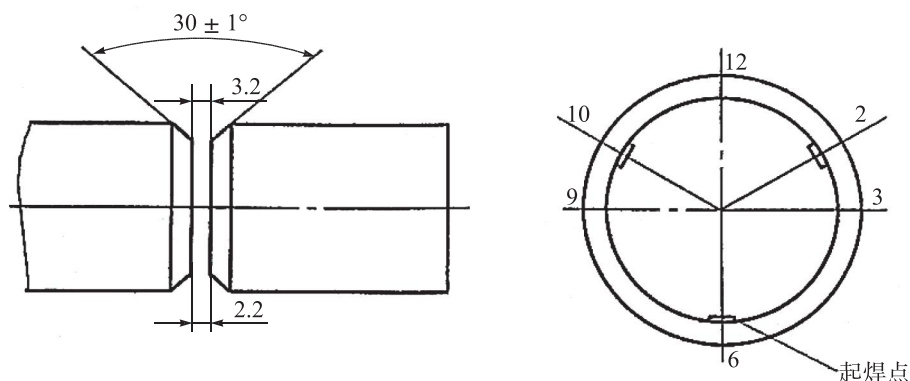


图 3-32 管对接水平固定焊定位焊位置及装配间隙

②打底焊。先焊右半周，在管子圆周“6 点”位置处引弧开始焊接，焊枪做小幅度锯齿形摆动。焊枪的角度如图 3-33 所示。左半周操作同样。焊接过程中应控制熔孔的尺寸，通常其直径比间隙大 0.5～1 mm，熔孔与间隙两边保持对称。

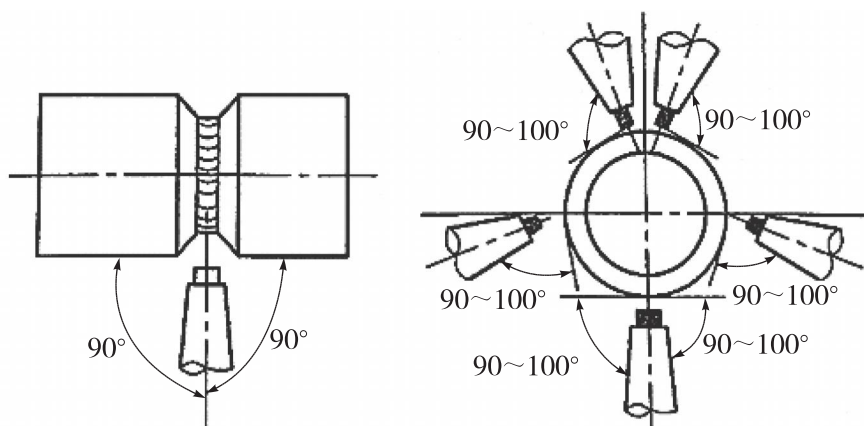


图 3-33 管对接水平固定焊打底焊焊枪角度

③填充焊。焊枪摆动的幅度稍大，并在坡口两侧适当停留，以保证焊道两侧熔合良好。焊道表面平整略下凹，不能熔化坡口两侧棱边且填充焊道表面低于钢板表面 2～3 mm。

④盖面焊。盖面焊接时，焊枪的摆动幅度比填充层焊接时大且应在焊缝两侧稍作停留，使熔池超过坡口棱边 0.5～1.5 mm，以保证两侧熔合良好。

(5) 清理现场。练习结束后必须整理工具设备，关闭电源、气源，清理打扫场地，做到“工完场清”，养成良好的职业习惯，并由值日生或指导教师检查，做好记录（见表 3-36）。

表 3-36 焊接操作过程记录表

焊接工艺参数

焊接层次	焊丝牌号	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	保护气体流量 / (L · min ⁻¹)	焊枪摆动方式
打底层						
填充层						
盖面层						

焊后安全检查记录

检查项目	具体要求	执行情况	负责人签字
着火源	现场不得遗留任何着火源		
气源、电源关闭	正确关闭焊接电源及配电箱开关； 正确关闭气源		
工位清理	认真清理工位，工件及其他垃圾分类处置		
工量具摆放	正确摆放焊接过程中所使用的工量夹具		

质量检测

小组检验员根据焊件焊缝成形情况首先进行外观自我检测，然后小组互评、教师点评，并做好记录。
CO₂ 半自动焊管对接水平固定焊焊缝质量评分标准如表 3-37 所示。

表 3-37 CO₂ 半自动焊管对接水平固定焊焊缝质量评分标准

检查项目			评判等级			
			I 级	II 级	III 级	IV 级
正面	焊缝高度差	尺寸标准 /mm	≤ 1	> 1, ≤ 2	> 2, ≤ 3	> 3
		得分标准 / 分	15	10	5	0
	焊缝宽度	尺寸标准 /mm	> 13, ≤ 15	> 15, ≤ 16	> 16, ≤ 17	> 17 或 ≤ 13
		得分标准 / 分	15	10	5	0
	咬边	尺寸标准 /mm	无咬边	深度 ≤ 0.5 或 长度 ≤ 10	深度 ≤ 0.5 或 10 < 长度 ≤ 20	深度 > 0.5 或长 度 > 20
		得分标准 / 分	15	10	5	0
	表面成形	标准	优	良	一般	差
		得分标准 / 分	15	10	5	0
反面	焊道高度	尺寸标准 /mm	≥ 0, ≤ 3	> 3 或 < 0		
		得分标准 / 分	15	10		
	咬边	标准	无咬边	有咬边		
		得分标准 / 分	15	10		
	凹陷	尺寸标准 /mm	无凹陷	深度 ≤ 0.5	深度 > 0.5	
		得分标准 / 分	10	5	0	

考核评价

采用小组自评、互评、教师点评方式展开任务评价，填写表 3-38。

表 3-38 任务考核汇总表

考核项目	焊前、焊后安全检查			焊缝质量检查		
得分汇总	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)	小组自评 (30%)	小组互评 (30%)	教师点评 (40%)

关键技术点拨 >

- (1) 焊接过程中,应随焊枪的移动及时调整身体体位,以便清楚地观察熔池。
- (2) 施焊前及焊接过程中,应检查、清理导电嘴和喷嘴,检查送丝情况。

延伸阅读

“只有在一线上，我才能发挥自己的才干”——湘钢首席焊工技师艾爱国

“我比一般的专家，操作实践多一点；比一般焊工，理论知识多一点。”艾爱国（见图 3-34）是这么说的，也是这么做的。他系统地学习了《焊接工艺学》《现代焊接新技术》《机械制图》等 100 多册技术书籍。他总是随身携带着一个笔记本，每攻克一个难关，都习惯有所总结。如今，他已积攒了 20 多个工作笔记本，里面记载着几百个攻关项目的焊接操作方法、用料及温度控制等资料。由于有着充足的理论知识和丰富的实践经验，2005 年，艾爱国还被湖南省衡阳技师学院聘为教授、首席技能导师，一时之间成了人人传诵的“蓝领教授”。

艾爱国之所以能取得如此傲人的成绩，是源于他对焊工事业的孜孜不倦的追求。还记得 1991 年时，湘乡啤酒厂需要焊补两口从意大利进口的大铜锅。由于铜锅太大，艾爱国和助手们只能躺着进行焊接，可操作依旧不太方便，有三个豆大的铜粒从艾爱国的前胸掉了下去，当时熔化的铜水温度达到 1000 多摄氏度，可他咬着牙关一直坚持焊下去。按他的话说：“我停下来的话，一个多小时的加热就将前功尽弃，而且我这个焊缝马上会出现裂纹。”12 天后两口铜锅焊好了，啤酒厂挽回了 50 多万元的损失，可艾爱国的身上却永远留下了 3 个铜粒大的疤。

就这样，30 多年过去了，艾爱国通过自己的吃苦耐劳、顽强拼搏，先后为冶金、矿山、机械、电力等行业攻克各种焊接难关 260 多个，改进焊接工艺近 70 项，成功率达 100%，创造直接经济效益 3000 万元，而他本人却仍然立足在焊工这个平凡的工作岗位上。他很老实地说：“不是公司不让我做管理，而是我知道自己不是做管理的料。只有在一线上，我才能真正发挥自己的才干，贡献自己的力量。”

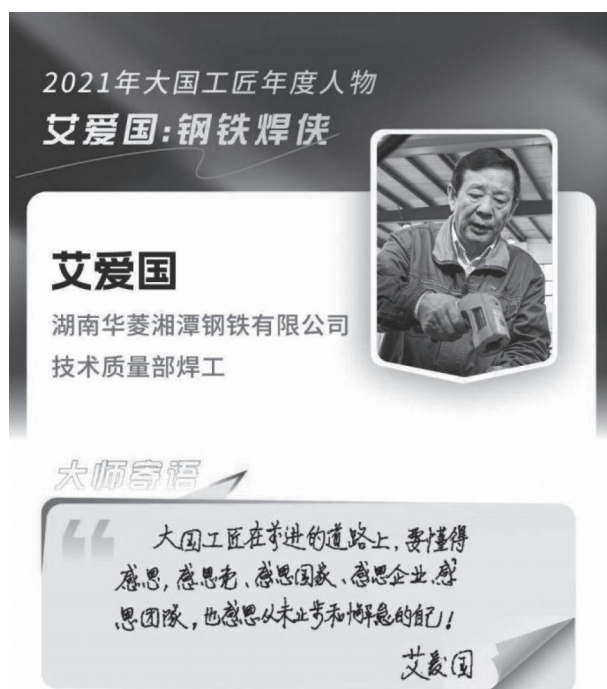


图 3-34 艾爱国