

船体焊接

许猛 主编



电子科技大学出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

船体焊接 / 许猛主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-5647-2913-4

I. ①船… II. ①许… III. ①船体—焊接工艺—中等专业学校—教材 IV. ①U671.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 070015 号

船 体 焊 接

主 编 许 猛

副主编 龙跃群 范益东

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谢晓辉

责任编辑: 谢晓辉

校 对: 刘 愚

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: ues tcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 金华市三彩印业有限公司

成品尺寸: 185mm × 260mm 印张 8.75 字数 220 千字

版 次: 2015 年 4 月第一版

印 次: 2015 年 4 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-2913-4

定 价: 22.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

依据企业生产及技能人才培养要求，构建实践教学课程体系，切实解决目前中职船舶制造与修理专业教材不能满足学校人才培养模式改革的问题，舟山职业技术学校专业教师与长宏国际、太平洋海工等舟山一线企业专家，在充分调研的基础上，共同制定了船舶制造与修理专业人才培养目标与专业核心课程，并编写了相关系列教材。本类课程是以船舶修造专业学生的就业为导向，根据行业专家对本专业所涵盖的岗位群进行的任务和职业能力分析，遵循学生认知规律。

《船体焊接》课程以企业的典型焊接生产任务为载体，确定本课程的工作任务模块和课程内容。为了充分体现任务引领、实践导向课程思想，将本课程的教学活动分解设计成 4 类项目 23 大任务，通过实践操作，引出相关专业知识、技能，使学生在操作过程中加深对专业知识、技能的理解和应用，培养学生的综合职业能力。

本教程以技能训练为主线，以校内实训室和企业焊接现场为主，突出学生的主体和教师的主导作用，通过企业兼职教师的参与，实现教、学、做一体化的教学，并通过多个焊接任务的训练，有效的提高学生焊接的技能和现场解决问题的能力。

参与编写人员有：屠良庆、陈晓龙、刘锋、汪凯和傅春雷等船修专业教师。本教材适用于高职高专相关专业师生，也可供从业人员参阅学习。在编写过程中得到兄弟院校和企业技术人员的大力帮助和支持表示感谢！

由于编写者能力有限，加之时间仓促，书中难免存在错漏之处，恳请读者批评指正！

编 者
2015 年 3 月

目 录

项目一 平敷焊	1
【学习目标】	1
【所需设备、工具和材料】	1
【相关知识】	1
一、平焊的定义	1
二、焊接参数的选择	1
【实训】	2
一、实训课时	2
二、练习准备	2
三、操作要点	2
四、注意事项	5
项目二 I 形坡口板对接平焊	6
【学习目标】	6
【所需设备、工具和材料】	6
【相关知识】	6
一、平焊的定义和特点	6
二、焊接参数的选择	6
【实训】	7
一、实训课时	7
二、练习准备	7
三、操作要点	7
四、注意事项	8
项目三 板—板 V 形坡口对接平焊	9
【学习目标】	9
【所需设备、工具和材料】	9
【相关知识】	9
一、V 形坡口对接平焊的特点	9
二、单面焊双面成形的特点	9
三、焊接参数的选择	10
【实训】	10

一、实训课时	10
二、练习准备	10
三、操作要点	11
四、注意事项	12
项目四 立焊焊接技术	13
【学习目标】	13
【所需设备工具和材料】	13
【相关知识】	13
一、立焊的特点	13
二、立焊操作的基本姿势	13
【实训】	15
一、实训课时	15
二、练习准备	15
三、操作要点	15
四、注意事项	17
项目五 横焊焊接技术	18
【学习目标】	18
【所需设备工具和材料】	18
【相关知识】	18
【实训】	19
一、实训课时	19
二、练习准备	19
三、操作实例	20
【注意事项】	22
项目六 仰焊焊接技术	23
【学习目标】	23
【所需设备工具和材料】	23
【相关知识】	23
【实训】	24
一、实训课时	24
二、练习准备	24
三、操作要点	24
四、注意事项	25
项目七 板材 T 型接头角焊缝焊接	27
【学习目标】	27

【实训设备、工具和材料】	27
【相关焊接工艺知识】	27
一、板 T 型接头角焊缝焊接基础知识	27
二、角焊缝焊接的基本操作要领	28
三、角焊缝的焊脚高度的选择	28
四、板对接时角焊缝的焊接形式	29
【实训】	30
实训练习一：板 T 形接头的平角焊	30
一、实训课时	30
二、练习准备	30
三、操作要点	30
四、注意事项	33
实训练习二：板 T 形接头的立角焊	33
一、实训课时	33
二、练习准备	33
三、板对接立角焊操作要点	33
四、注意事项	35
项目八 手工焊条电弧焊管对接焊接	36
【学习目标】	36
【实训设备、工具和材料】	36
【相关知识】	36
【实训项目】	37
实训练习一：小直径管对接水平转动焊	37
一、实训课时	37
二、练习准备	37
三、操作要点	38
四、注意事项	40
实训练习二：小直径管对接水平固定焊	40
一、实训课时	40
二、练习准备	40
三、操作要点	41
四、注意事项	44
实训练习三：小直径管对接操作垂直固定焊	44
一、实训课时	44
二、练习准备	44
三、操作要点	45
四、注意事项	47

实训练习四：小直径管对接 45°斜位固定焊	48
一、实训课时	48
二、练习准备	48
三、操作要点	49
四、注意事项	51
实训练习五：大直径管对接水平转动的单面焊双面成形操作技术	51
一、实训课时	51
二、练习准备	51
三、操作要点	51
四、注意事项	53
项目九 手工焊条电弧焊管板焊接	54
【学习目标】	54
【实训设备、工具和材料】	54
【相关知识】	54
【实训】	55
实训练习一：焊条电弧焊垂直俯位的管板件焊接	55
一、实训课时	55
二、练习准备	55
三、操作要点	55
实训练习二：焊条电弧焊骑座式管板试件的焊接	57
一、实训课时	57
二、练习准备	57
三、操作要点	57
四、注意事项	58
项目十 CO ₂ 气体保护焊板对接平焊	59
【学习目标】	59
【设备、工具材料】	59
【相关知识】	59
【实训】	60
一、实训课时	60
二、练习准备	60
三、操作要点	60
四、注意事项	60
项目十一 CO ₂ 气体保护焊板对接立焊	61
【学习目标】	61
【设备、工具材料】	61

【相关知识】	61
【实训】	62
一、实训课时	62
二、练习准备	62
三、操作要点	62
四、注意事项	63
项目十二 CO ₂ 气体保护焊管对接水平转动焊	64
【学习目标】	64
【设备、工具材料】	64
【相关知识】	64
【实训】	64
一、实训课时	64
二、练习准备	64
三、操作要点	65
四、注意事项	65
项目十三 CO ₂ 气体保护焊管对接水平固定焊	66
【学习目标】	66
【设备、工具材料】	66
【相关知识】	66
【实训】	66
一、实训课时	66
二、练习准备	66
三、操作要点	67
四、注意事项	67
项目十四 CO ₂ 气体保护焊管对接垂直固定焊	68
【学习目标】	68
【设备、工具材料】	68
【相关知识】	68
【实训】	68
一、实训课时	68
二、练习准备	68
三、操作要点	69
四、注意事项	69
项目十五 CO ₂ 气体保护焊 T 形接头平角焊	70
【学习目标】	70

【设备、工具材料】	70
【相关知识】	70
【实训】	71
一、实训课时	71
二、练习准备	71
三、操作要点	71
四、注意事项	72
项目十六 CO ₂ 气体保护焊 T 形接头立角焊	73
【学习目标】	73
【设备、工具材料】	73
【相关知识】	73
【实训】	74
一、实训课时	74
二、练习准备	74
三、操作要点	74
四、注意事项	74
项目十七 认识氩弧焊	75
【学习目标】	75
【所需设备、工具和材料】	75
【相关知识】	75
一、氩弧焊原理与特点	75
二、手工钨极氩弧焊设备	77
【实训】	81
一、课时要求	81
二、参观准备	81
三、参观要点	81
四、注意事项	82
项目十八 氩弧焊平敷焊	83
【学习目标】	83
【所需设备、工具和材料】	83
【相关知识】	83
一、氩气	83
二、钨极	84
三、钨极氩弧焊焊丝	86
【实训】	88
一、课时要求	88

二、练习准备	88
三、操作要点	89
四、注意事项	91
项目十九 板对接平焊、单面焊双面成形	92
【学习目标】	92
【所需设备、工具和材料】	92
【相关知识】	92
【实训】	96
一、课时要求	96
二、练习准备	96
三、焊件装配	96
四、操作要点	96
五、注意事项	98
项目二十 板对接立焊、单面焊双面成形	99
【学习目标】	99
【所需设备、工具和材料】	99
【相关知识】	99
一、手工钨极氩弧焊的接头形式	99
二、氩弧焊坡口的清理	100
【实训】	101
一、课时要求	101
二、练习准备	101
三、焊件装配	101
四、操作要点	101
项目二十一 管对接水平固定焊	104
【学习目标】	104
【所需设备、工具和材料】	104
【相关知识】	104
【实训】	105
一、课时要求	105
二、练习准备	105
三、焊件装配	105
四、操作要点	105
【知识拓展】	106
船用铝及铝合金的手工钨极氩弧焊	106
一、铝及铝合金的焊接特点	106

二、铝合金钨极氩弧焊的焊接材料	107
三、焊前坡口准备	107
四、铝及铝合金钨极氩弧焊的工艺	109
项目二十二 板管 T 形接头垂直俯位焊	111
【学习目标】	111
【所需设备、工具和材料】	111
【实训】	111
一、课时要求	111
二、练习准备	111
三、操作要点	112
【知识拓展】	113
船用铜及铜合金的手工钨极氩弧焊	113
一、铜及铜合金的焊接特点	113
二、铜、黄铜、青铜的手工钨极氩弧焊	113
三、白铜的手工钨极氩弧焊	115
项目二十三 有色金属、异种金属的焊接	118
铝及铝合金的焊接	118
一、铝及铝合金的特性	118
二、铝及铝合金的焊前准备及焊后清理	118
三、铝及铝合金的焊条电弧焊	118
四、铝及铝合金的钨极氩弧焊 (TIG 焊)	119
钛及钛合金的焊接	119
一、钛合金的特点及焊接性	119
二、钛及钛合金的焊接工艺	120
异种金属的焊接	120
一、异种金属焊接的定义和类型	120
二、异种金属焊接的主要问题	121
三、异种金属焊接的冶金特性	121
四、常见异种金属焊接工艺	122
附录一 常用的手工钨极氩弧焊焊枪的主要技术参数	127
附录二 碳钢和低合金钢钨极氩弧焊用实心焊丝牌号、成分、性能及用途	129
附录三 不锈钢实心焊丝牌号、成分及用途	131

项目一 平 敷 焊

【学习目标】

熟练掌握手工电弧焊，平敷焊工艺参数的确定、焊件的装配及焊接基本要领。

【所需设备、工具和材料】

- 1. 焊接材料：300mm×100mm 钢板
- 2. 焊接设备：焊机
- 3. 焊接工具及防护用品：电焊钳、焊接电缆线、面罩、敲渣锤、錾子、锉刀、钢丝刷、焊条烘干箱、焊条保温桶等。

【相关知识】

一、平焊的定义

平敷焊是在平焊位置上堆敷焊道的一种操作方法，它是焊条电弧焊其他位置焊接操作的基础。

二、焊接参数的选择

1. 焊丝的选择

焊条直径应根据不同的焊接情况而定，选择的主要依据如下。

(1) 工件厚度：工件厚度大选焊条直径大，反之选直径小的焊条，如表 1-1 所示。

表 1-1 焊条直径选择

单位：mm						
焊件厚度	≤1.5	1 3		4~6 7	~12	≥13
焊条直径	1.5	1.5~2 2	~3.2 3.2	~4 3.2	~4 4	~5

(2) 焊缝空间位置：平焊选比其他稍大直径焊条，仰、横焊焊条直径小，不大于 4mm，立焊不超过 5mm。

(3) 焊接层次：第一层焊采用小直径焊条，直径不超过 3.2mm。其他焊层比打底稍大。

2. 焊接电流

焊接电流根据不同的焊接情况而定，选择的主要依据如下。

(1) 焊条直径：薄焊件，细焊条选用小电流，反之，选用大电流，如表 1-2 所示。经验公式 $I=Kd$ 。

表 1-2 焊接电流经验系数选择

焊条直径 mm 1	~2 2	~4 4	~6
经验系数 K 25	~30 30	~40 40	~60

(2) 焊接位置：平焊选用较大电流，横、立、仰焊所用电流比平焊位置小 10%~20%，角焊电流比平焊稍大。

(3) 焊接层次：打底、单面焊双面成形所用电流小，填充焊道电所用流较大，盖面焊道所用电流稍小。另外，碱性焊条比酸性焊条选用的电流小 10%，不锈钢焊条选用的比碳钢焊条电流小 20%。

【实训】

一、实训课时

要求本课题的实训课时达到 8 学时。

二、练习准备

- 1. 对焊件进行清理打磨。
- 2. 检查设备连接是否正确。
- 3. 检查设备是否正常、可靠。
- 4. 根据焊接参数选择的原则，确定本课题的焊接工艺参数。如表 1-3 所示。

表 1-3 平敷焊工艺参数

焊接层次	焊条直径 (mm)	焊条电流 (A)	焊条电压 (V)
平敷焊	3.2	100~120 22	~24
平敷焊	4.0	140~180 22	~24

三、操作要点

1. 操作姿势

平敷焊一般采取蹲式操作，如图 1-1 所示。持焊钳的胳膊半伸开，并抬起一定的高度，以保持焊条与焊件间的正确角度，悬空无依托地操作。



图 1-1 蹲式焊接姿势

2. 运条角度

焊条与焊件两侧保持垂直，与前进方向的夹角为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，平敷焊时可采用直线运条法，如图 1-2 所示。

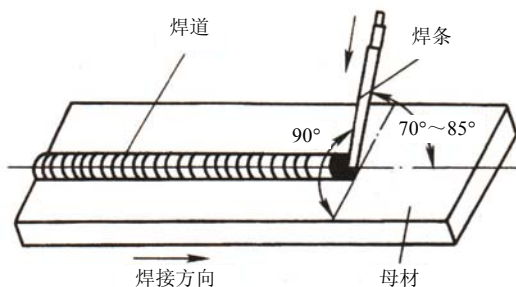


图 1-2 平敷焊运条角度

3. 焊接步骤

(1) 在焊接材料边缘处引弧，引弧基本有两种方式：划擦法引弧和直击法引弧。

划擦法引弧：先将焊条末端对准焊件，然后像划火柴似的，将焊条在焊件表面划擦，当焊条与焊件接触引燃电弧后立即提起，保持电弧在 $2\sim 3\text{mm}$ 的高度，此时电弧能稳定地燃烧。如图 1-3 所示。

直击法引弧：先将焊条垂直对准焊件，然后用焊条撞击焊件，当出现弧光后，迅速提起焊条并保持约 $2\sim 3\text{mm}$ 的距离，使产生的电弧稳定燃烧。操作时必须掌握好手腕下送的动作和上提的距离，如图 1-4 所示。

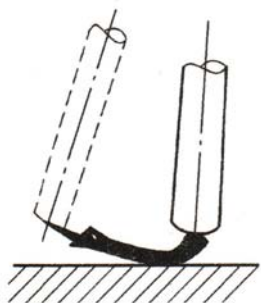


图 1-3 划擦法引弧

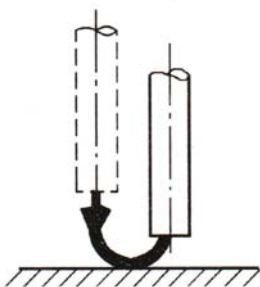


图 1-4 直击法引弧

(2) 沿着焊接方向进行运条，运条一般要同时完成三个基本运动：沿焊条中心线向熔池送进，沿焊接方向匀速移动，横向摆动，如图 1-5 所示。

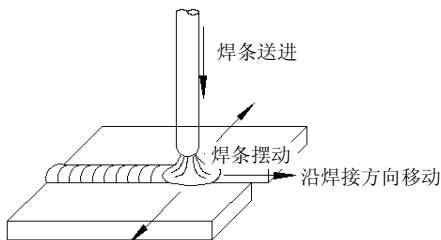


图 1-5 运条基本运动

表 1-4 运条的方法和适用范围

运条方法		运条示意图	适用范围
直线形运条法			薄板对接平焊、多层焊的第一层焊道及多层多道焊
直线往复形运条法			薄板焊 对接平焊（间隙较大）
锯齿形运条法			对接接头平、立、仰焊 角接头立焊
月牙形运条法			管的焊接、对接接头平、立、仰焊、角接头立焊
三角形运条法	斜三角形		角接头仰焊 开 V 形坡口对接接头横焊
	正三角形		角接头立焊 对接接头
圆圈形运条法	斜圆圈形		角接头平、仰焊 对接接头横焊
	正圆圈形		对接接头厚板件平焊
八字形运条法			对接接头厚焊件平、立焊

(3) 焊道接头

在操作时，由于受焊条长度的限制或操作姿势的变换，一根焊条往往不可能完成一条焊道。因此，出现了焊道前后两段的连接问题。

在先焊的焊道弧坑前面约 10mm 处引弧，拉长电弧缓慢地移到原弧坑处，压低电弧，焊条再作微微转动，使弧坑填满。当新形成的熔池外缘与原弧坑外缘相吻合时，立即向前移动进行正常焊接，如图 1-6 所示。

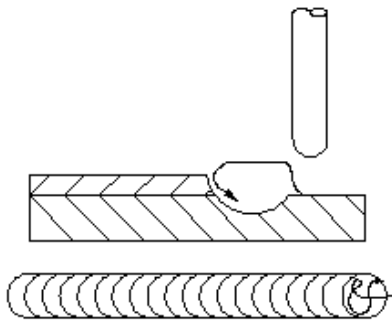


图 1-6 焊道接头焊条运动

(4) 焊道收尾

收尾时即拉断电弧，会形成低于焊件表面的弧坑，过深的弧坑使焊道收尾处强度减弱，并容易造成应力集中而产生弧坑裂纹。所以，收尾动作不仅是熄弧，还要填满弧坑。

四、注意事项

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，应检查设备使用情况。
3. 焊缝质量标准：表面成形波纹一致、光滑、高度平整、宽窄一致、接头无脱节、收尾无焊接缺陷等为合格。
4. 安全操作。

项目二 I 形坡口板对接平焊

【学习目标】

熟练掌握手工电弧焊，I 形坡口板对接平焊工艺参数的确定、焊件的装配及焊接基本要领。

【所需设备、工具和材料】

1. 焊件：Q235 或 16MnR 钢板，规格为 300mm×100mm×6mm。两块组对一个焊件。
2. 焊接设备：BX3—300 型或 ZX5—500 型手弧焊机。
3. 焊条：E4303 型或 E5015 型，直径为 3.2mm。焊条烘干 150℃～200℃，并恒温 2h，随用随取。
4. 辅助工具及保护用品：焊帽、手套、工作服、工作帽、绝缘鞋、白光眼镜、锉刀、刨锤、钢丝刷、角磨机、焊条保温筒、焊缝检验尺。

【相关知识】

一、平焊的定义和特点

水平方向焊接水平板一般叫平焊。焊缝倾角 $0^{\circ}\sim5^{\circ}$ 、焊缝转角 $0^{\circ}\sim10^{\circ}$ 的焊接位置称为平焊位置，在平焊位置进行的焊接就称为平焊。

在生产实际中，当板厚小于 6mm 时，一般采用不开坡口（I 形坡口）对接平焊。平焊时焊条熔滴受重力的作用过渡到熔池，其操作相对容易。但如果焊接工艺参数不合适或者操作不当，容易在根部出现未焊透，或者出现焊瘤；当运条和焊条角度不当，熔渣和熔池不能良好分离，容易引起夹渣。

二、焊接参数的选择

见表 2-1 所示。

表 2-1 I 型坡口板对接平焊焊接参数

焊接层次	焊条直径（mm）	焊接电流（A）	焊接电压（V）
正面	3.2	100～130 22	～24
反面	3.2	100～130 22	～26