

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组 推荐

船舶工人培训丛书

CHUANBO GONGREN PEIXUN CONGSHU

船舶焊接工培训教程

金鹏华 主编

船舶工业教材编审室 审

哈尔滨工程大学出版社

船舶焊工培训教程

主 编 金鹏华
副主编 高云中
主 审 高云中

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书重点介绍了船舶焊接工应掌握的基础知识、专业知识以及操作技能。基础知识部分主要介绍船舶结构的知识,金属熔焊原理、常用的金属材料及常用材料的焊接;专业知识部分主要介绍常用的焊接方法及工艺、船舶焊接的基本要求和规定;操作技能部分主要介绍常用的焊接方法,并有选择地介绍几种典型操作技能方法。

本书是船舶焊接中级工技术培训教材,也可作为技工学校教材,对其他专业工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

船舶焊接工培训教程/金鹏华主编. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007. 8

ISBN 978 - 7 - 81073 - 261 - 1

I. 船… II. 金… III. 造船 - 焊接工艺 - 技术培训 - 教材 IV. U671.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 119357 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 7.5
字 数 181 千字
版 次 2007 年 8 月第 1 版
印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷
定 价 11.50 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本书是根据 1997 年 12 月劳动部、原中国船舶工业总公司颁发的《中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)》中对“船舶焊接工”的要求,并结合当前造船发展的要求而编写的。

本书适用于船舶焊接工的初、中级岗位培训,亦可供有关专业人员作为参考。

全书共十章,重点介绍了船体焊接应掌握的基础知识、专业知识和操作技能。全书力求结合船厂实际生产情况,对焊接生产工艺、工程技术管理等方面也作了较多的介绍。

本书由中船澄西船舶修造有限公司技工学校金鹏华主编,由中船澄西船舶修造有限公司焊接实验室高云中担任副主编,编写人员均来自教育和生产一线。其中第一章由万兆坤编写;第二章由柳新编写;第三章和第四章由金鹏华和秦承民编写;第五章、第六章由刘秋亮编写;第七章由周文宾编写;第八章由纪国龙编写;第九章及第十章由高云中编写。全书由柳新负责校对工作,由高云中主审。

本教材参考了现有的各种船舶焊接类的手册,并引用了相关的图例及表格,同时也得到了中船澄西船舶修造有限公司焊接实验室的大力支持,提供了大量的生产实践数据,大大提高了知识含量及实用性,在此表示感谢。

编写船舶焊工培训教材这还是第一次。由于时间仓促,加了编写经验不足,教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中指出批评和指正,以便进一步修改、完善,不断提高教材质量。

编 者

2007 年 2 月

目 录

第一章 船体概述	1
第一节 船舶度量	1
第二节 船舶的分类及船体的组成	2
第三节 船体结构概况	4
第二章 船舶焊接的基本要求及规定	6
第一节 船舶焊接的一般规定	6
第二节 船体结构的焊接	6
第三节 受压壳体的焊接	8
第四节 压力管系的焊接	10
第三章 金属熔焊原理基础	13
第一节 焊接冶金过程的特点	13
第二节 气体对焊接金属的影响	13
第三节 熔渣的作用	15
第四节 焊缝金属的结晶过程	19
第五节 焊接接头的组织及性能	22
第四章 常用焊接方法及工艺	24
第一节 焊条电弧焊	24
第二节 CO ₂ 气体保护焊	36
第三节 埋弧自动焊	46
第四节 手工钨极氩弧焊	52
第五章 焊接材料	57
第一节 电焊条	57
第二节 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝	60
第三节 埋弧自动焊焊丝及焊剂	62
第四节 船体结构焊接材料的选用	63
第六章 常用金属材料的焊接	66
第一节 金属的焊接性	66
第二节 碳素钢的焊接	66
第三节 低合金高强度钢的焊接	68
第四节 常用钢号焊接材料的选用	69
第五节 不锈钢的焊接	69
第六节 异种钢的焊接	73
第七节 船用铸钢件、锻钢件的焊接	74
第七章 应力和变形	75
第一节 焊接残余应力	75

第二节	防止和消除焊接残余应力的措施	78
第三节	焊接残余变形	79
第四节	焊接残余变形的控制及其矫正方法	80
第八章	焊接检验与修整	86
第一节	概述	86
第二节	焊接接头的主要缺陷	87
第三节	焊接质量检验	93
第四节	焊缝缺陷的修整处理	96
第九章	船舶焊接工程管理	98
第一节	焊接质量的控制	98
第二节	焊工资格认证	100
第三节	船舶焊接消耗品定额	104
第十章	安全知识	106
第一节	焊割作业基本安全要求	106
第二节	电焊的安全对策措施	109
第三节	船舶修理中的焊割安全技术	111

第一章 船体概述

第一节 船舶度量

一、船舶的三个互相垂直的剖面

船体是一个复杂的,具有双向曲度的几何体,可用长、宽、高三个量来表示,也可用投影的方法以主视图、俯视图和侧视图等三视图来表示其几何形状。还可以利用三个互相垂直的剖面来初步表示,这三个互相垂直的剖面分别是:中纵剖面、设计水准面和中横剖面(见图1-1)。

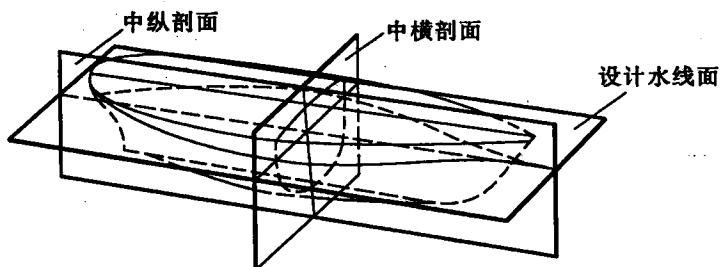


图1-1 三个互相垂直的剖面

1. 中纵剖面

中纵剖面是通过船宽中心并沿船长方向所作的纵向垂直平面。其符号常用 ∇ 表示,它把船体分为左右对称的两部分。从船尾向船首看,左手一侧称为左舷,右手一侧称为右舷。

中纵剖面与船体之交线称为中纵剖线,它反映了船舶的侧面形状,包括甲板线、龙骨线和船首尾部分的外形轮廓线。

2. 设计水准面

设计水准面是通过船舶设计水准(民用船舶通常为船舶满载时的吃水线)的一个水平面。它把船舶分为水上与水下两部分。设计水准面与中纵剖面互相垂直。它与船体表面的交线称为设计水准线。

3. 中横剖面

船中横剖面是通过船长的中点所作的一个横向垂直平面。它把船舶分为前、后两部分。在船体图样中它用一个特定的符号 $\boxtimes$ 表示。船中横剖面与船体表面的交线称为船中横剖线,包括甲板横梁线、船底线和舷侧线。它大致反映了船体的正面形状(从船的首部正面向船的尾部看)。

利用这三个互相垂直的剖面,可大致地反映船体的立体形状,但还不能表达船体各部分曲面的变化,需用若干个平行于这三个剖面的平面与船体相交,得出一系列的曲线,即构成

船体型线图。

二、船体的主尺度

船体除了用型线图表示它的几何形状外,还需用主尺度来表示它的大小。船舶主尺度有下列几种。

1. 船长

有三个长度概念,即总长、垂线间长和设计水线长三种。

(1)总长 L_{OA} 即船舶最前端至最尾端之间的最大水平距离,如图 1-2 所示。

(2)垂线间长 L_{PP} 也称两柱间长,是指船舶艏垂线与艉垂线间的水平距离。艏垂线是设计水线与首艏柱的交点所作的垂线;艉垂线是指设计水线与艉柱的交点所作的垂线(无艉柱的船舶则以舵杆中心线为准)。

(3)设计水线长 L_{WL} 设计水线与艏艉轮廓线交点之间的水平距离。在一般情况下船长指的是设计水线长或垂线间长,常用 L 表示。

2. 型宽 B 指船舶在设计水线处的最大宽度,一般在船中横剖面内量取。

3. 型深 D 指在船舶中横剖面内,基线至上甲板边线之间的垂直距离。

4. 吃水 d 指在船中横剖面内,基线到设计水线之间的垂直距离。

5. 干舷 F 指船的型深 D 与吃水 d 的差值,即甲板边线至设计水线之间的垂直距离。

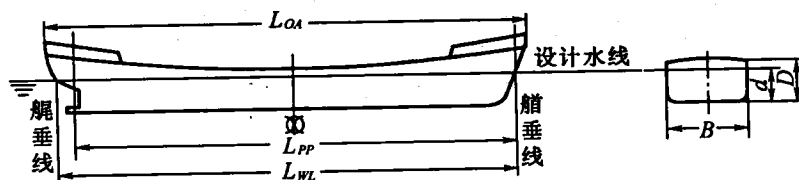


图 1-2 船舶主尺度

第二节 船舶的分类及船体的组成

一、船舶的分类

船舶根据不同的用途,分成各种类型。

1. 客船、旅游船

客船是用于载运旅客和少量行李、邮件及货物的船舶。随着航空业的发展,远洋客船、近海客船已日趋减少,取而代之的是大型豪华远洋观光旅游船。对客船的要求也注重于安全性和舒适性,航速通常高于一般货船。

2. 货船

专门承担货物运输的船舶,根据货物的种类和运输方式,除了普通干货船外,相继出现了多用途货船、散装货船、液货船、冷藏船、集装箱船、滚装船和载驳船等。

3. 海洋开发用船舶

随着社会的进步和发展,人们对海洋的开发和调查活动日益增多,包括海洋调查船、海洋资源开采用船和海洋防污保护船。主要有:钻井平台、采油平台、海洋调查船、海洋环境监测船、浮油回收船等。

4. 渔业船舶

渔船是从事渔业工作船舶的总称,可分为捕捞作业船、渔业加工冷藏船、渔业运输收购船、渔政船、渔业调查船舶等。

5. 工程船舶

从事航道保证,救助打捞,海上施工,水利建设,港口作业,船舶修理方面的船舶,例如浮船坞等。主要有:挖泥船、航标船、布缆船、打捞船、救助船、破冰船、浮船坞、消防船、起重船、引水船、教学实习船、深潜器等。

6. 其他高性能船舶:应用流体力学理论,使船在高速航行时全部或部分脱离水面,以减小水的阻力,尤其是兴波阻力。同时大幅度减轻由波浪造成的船体的摇摆,有效提高船舶的航速和耐波性。主要有:滑艇、水翼船、气垫船、冲翼船、双体船、超稳定客舱游艇等。

二、船体的组成

船舶根据不同的用途,形态各异,其结构也不相同,但是大多数船舶的船体基本结构大致相似,也即大同小异。

观察船体的外形,整个船体可以以上甲板为界分为主船体和上层建筑二大部分,上甲板以下为主船体,上甲板以上为上层建筑。货船的外形如图 1-3 所示。

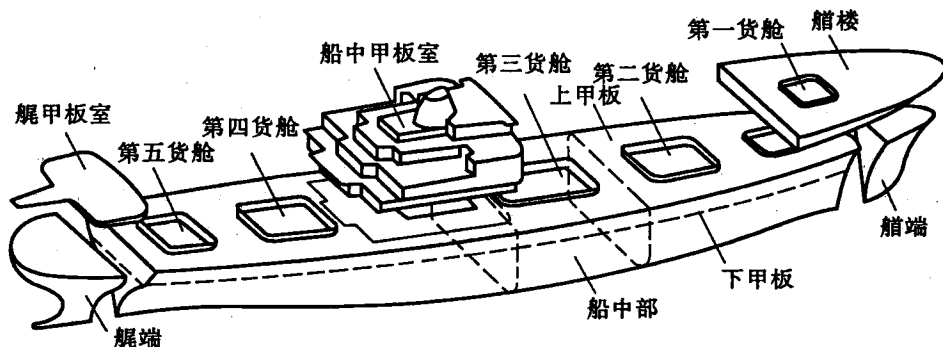


图 1-3 货船的外形

主船体按照结构特征可分为:船底部分、甲板部分、舷侧部分、艏艉部分以及船体内部的舱壁部分。

船底部分又分为单层底船和双层底船。

甲板部分又有上甲板与下甲板之分,如图 1-4 所示,上甲板与下甲板之间的空间称为甲板间舱,其余空间称为船舱。上甲板不是平直的,而是沿宽度方向构成中间高,而两舷低的拱形,这种拱形称为梁拱。梁拱高度根据船的宽度决定,货船拱梁高度一般为船宽的 $1/50$,客船为 $1/80$ 。下甲板做成平面形状,没有梁拱。在船长方向,甲板做成中部低,而艏、艉高的形状。上甲板的边线沿船长方向形成船中部低两头高的曲线,称为舷弧。现代大型船舶为建造方便,取消了舷弧。

舷侧部分:有些船舶设有舷侧压载水舱,称为边水舱;有些不设边水舱,但舷侧底部设有底边舱,舷侧顶部设有顶边舱,顶边舱与底边舱也都是压载水舱。

舱壁部分:按位置分为横舱壁和纵舱壁两种,处于船体横剖面上的称为横舱壁,处于纵剖面上的称纵舱壁。按结构形式可分为:平面舱壁和槽形舱壁二种;按用途和密闭性可分为:水密舱壁、油密舱壁、防火舱壁和轻型舱壁四种。

上层建筑在上甲板以上分为三大部分:艏楼、舷楼和桥楼。现代船舶一般只有二大部分,艏楼和舷楼。其中以舷楼最庞大的上层建筑,像一座大楼的楼板一样,将上层建筑分为几层甲板,供船员工作和居住。在最高的一层甲板上通常布置罗经等导航仪器,

也称为罗经甲板;驾驶室所在的一层甲板称为驾驶甲板;布置救生艇一层的甲板称为救生艇甲板;旅客和船员居住的甲板一般被称为起居甲板或游步甲板。

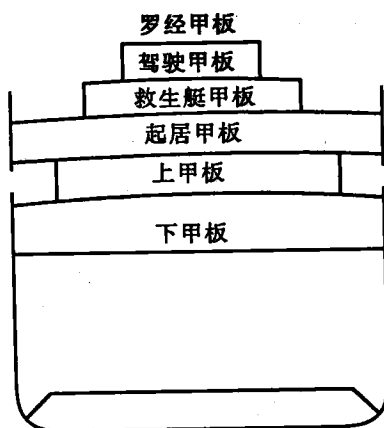


图 1-4 甲板

第三节 船体结构概况

一、船体的受力、变形和强度

船舶在建造、停泊、航行和修理等过程中,都要受到外力的作用。作用在船体上的力主要有重力,水压力和其他作用力。

在船体受力的过程中,常常产生中拱与中垂两种情况。我们把船中部向上弯曲,称为中拱;把船中部向下弯曲,称为中垂。在中拱与中垂时甲板与船底分别受压和受拉,结构位置离中性面越远,其受力越大。中性面位置既不受拉,也不受压,即离中心面越近,受拉和受压的力就越小。

根据船体所受外力,船体必须在总纵强度,横向强度和局部强度三个方面满足船体的强度要求,以保证船体有足够的坚固性。

二、船体骨架的基本布置形式

1. 舱壁

为提高船舶的抗沉性,满足使用要求,增加船体的强度和刚度,提高防火和稳性的要求,需设置横舱壁和纵舱壁。液货油船一般设置纵舱壁一至三道,其余均为横舱壁。

舱壁分为水密、油密、轻型、防火等类型,处于艏、艉的舱壁为艏尖舱舱壁和艉尖舱舱壁,横舱壁一般从船底延伸至上甲板。

平面舱壁的骨架主要有:上下方向布置的为扶强材,水平方向布置的为水平桁。扶强材的端部连接形式有直接焊接用 $W-W$ 表示;肘板连接用 $B-B$ 表示;削斜连接用 $S-S$ 表示。

槽形舱壁可以梯形、矩形、弧形和三角形的曲折槽体来取代扶强材,这种结构省料、省

工,便于清舱;其缺点是加工成型要有一定加工条件。其上下端采用凳式结构,槽体安装在凳式结构之上,以利焊接,避免参差不齐。

2. 舷侧结构

船体有左右两个侧壁,其外板由许多块钢板拼合焊接而成。钢板长边与长边的接缝为边接缝,短边与短边的接缝为端接缝,呈十字接头。舷侧纵向构件的安装离边接缝相距至少 50 mm,端接缝设置在 $1/3 \sim 1/4$ 肋距处,曲度大的部位不设焊缝。舷侧与船底相过渡的地方为舭部列板。舷侧外板的厚度也是变化的,从横剖面方向来看,上、下列板较厚,中剖列板适当减薄;从船长方向看,中间列板较厚,艏、艉端减薄。舷侧的横向有肋骨,肋骨又可分为强肋骨、普通肋骨、中间肋骨等;纵向有舷侧纵桁及舷侧纵骨。

3. 船底结构情况

船底分为单底船和双底两种。位于船底中心线上的一系列板叫做平板龙骨,也叫 K 行板,其余为船底板,向舷侧依次用英文字母 $A, B, C, D, \dots$ 排列和命名。 K 行板最厚,其他船底板略薄。

单底又可分为横骨架式单底和纵骨架式单底两种。横骨架式单底主要由肋板中的龙骨和旁内龙骨组成。纵骨架式单底,主要由龙骨、船底纵骨和肋板组成。

双底船的船底结构,也分为纵骨架式双底和横骨架式双底,大型船舶一般采用纵骨架式双底结构,其结构布置形式与单底相似,但其构件名称有所不同,其中中桁材、旁桁材,相当于单底的中龙骨、旁龙骨;横向设有实肋板,水密肋板,除船底纵骨外,还设有内底纵骨,且上下对齐,间距相等。

4. 甲板结构情况

甲板结构有纵骨架式甲板结构和横骨架板式甲板结构两种。其结构布置形式与船底骨架大致相对应。横向构件有横梁,包括强横梁,普通横梁,舱口端梁,半横梁。纵向构件设有甲板纵桁、舱口纵桁及甲板纵骨,纵骨架甲板结构只设置强横梁,每 2~3 档肋位设置一档,不设置普通横梁。

甲板上一般都设有舱口,为弥补舱口损失的强度,设有舱口围板,有上甲板舱口围板和下甲板舱口围板。

5. 艏、艉结构及上层建筑结构

船首的形状有直线倾斜式、上部倾斜式、球鼻艏式、破冰船式和垂直线式五种。

船尾的形状有巡洋舰艉、椭圆形艉和方艉三种,其结构形式与前面所述基本相似。

上层建筑的构件,钢板的厚度均小于主船体构件的尺寸,其构件的布置形式、间距大致与主船体构件保持一致,要求具有一定的强度和刚度,以满足船员的居住和生活的要求。

第二章 船舶焊接的基本要求及规定

第一节 船舶焊接的一般规定

一、焊接材料、设备和操作环境

1. 焊接材料(包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体)应符合船级社规范的有关规定,并应经船级社认可,焊接材料的包装盒上标有明确的认可说明。

2. 焊接材料的贮存、运输、焊前处理(包括焊条和焊剂烘干、焊丝除锈、气体干燥)和使用应符合焊接材料制造厂使用说明书的要求。

3. 焊接用的设备和装置应适用于拟定的用途,并始终保持良好的工作状态。同时,应对其妥善地加以布置,以保证有良好的焊接操作条件。

二、焊工和焊接工艺

1. 为保证焊接质量,各船舶、海上设施或船用产品制造厂的焊工应按船级社规范的要求参加焊工资格考试。只有持有船级社颁发或承认的《焊工合格证书》的焊工方可从事与其证书相应的焊接工作。

2. 船舶施工用焊接工艺规程应按规范的规定提交验船师批准后方可采用。

第二节 船体结构的焊接

一、焊前准备

1. 构件的坡口加工、装配次序、定位精度及装配间隙应符合认可的工艺规程的要求。应避免强制装配,以减少构件的内应力。若因焊缝坡口或装配间隙过大必须修正时,其修正方法应征得验船师的同意。

2. 焊缝坡口区域的铁锈、氧化皮、油污和杂物等应予清除,并保持清洁和干燥。

3. 对涂有底漆的钢材,如在焊接之前未能将底漆清除,则应证明该底漆对焊缝的质量没有不良的影响,相关资料应交船级社备查。

4. 当焊接需要在潮湿、多风或寒冷的露天场地进行时,应对焊接作业区域提供适当的遮蔽和防护措施。

在下列情况下应考虑对焊件采取适当的预热和(或)缓冷措施,以防焊件内产生过大的应力或不良的组织。

(1) 施工环境的温度低于 0°C 时;

(2) 材料的碳当量 C_{eq} 按下式计算数值大于 0.45% 时,应进行预热,并考虑进行焊后热

处理;

(3)结构刚性过大、构件板材较厚或焊段较短时。

二、焊接工艺

1.船体结构的焊缝应按已认可的焊接工艺规程施焊。对较长的焊缝应尽可能从焊缝中间向两端施焊,以减小结构的变形和内应力。

2.定位焊的数量应尽量减少,定位焊缝应具有足够的长度。其长度,对一般强度钢,应不小于 30 mm;对高强度钢,应不小于 50 mm。定位焊的质量应与施焊的焊缝质量相同。有缺陷的定位焊应在施焊前清除掉。

3.焊缝末端收口处应填满弧坑,以防止产生弧坑裂纹。如采用自动焊,一般应使用引弧板和熄弧板。进行多道焊时,在下道焊焊接之前,应将前道焊渣清除干净。

4.除了采用特殊焊接工艺(如单面焊双面成型工艺),对有焊透要求的焊缝,在焊接第二面焊缝前应进行清根,清根后应具有适当的坡口形状,以便进行封底焊。

5.在去除临时焊缝、定位焊缝、焊缝缺陷、焊疤和清根时,均不应损伤母材。

三、高强度钢焊接

1.焊接高强度钢材时,应采用与母材相适应的并经船级社认可的低氢型高强度焊接材料。焊接时,应考虑预热并注意控制线能量和道间温度。

2.在船体结构中采用高强度钢时,其焊缝的外形应光滑,不应有过高的焊缝余高。

3.若船体构件(如艏柱、艉柱、舵叶等)是由高强度钢板组焊而成的,则施焊后应考虑对其进行退火处理,以消除焊接时的残余应力。退火温度应达临界温度之上,然后缓慢冷却。

四、重要部位的焊接

船体重要部位是指承受高应力的构件或部位,主要包括:

- 1.船台大合拢焊缝;
- 2.艏柱、艉柱、舵杆和艉轴架等,这些结构往往是铸钢件或锻钢件;
- 3.舷顶列板与强力甲板边板的焊接;
- 4.柴油机主机基座的焊接;
- 5.起重桅(柱)的焊接。

对这些部位施工时,一般均有专门的焊接工艺要求,并采用低氢焊接材料,在施工中,应严格按图纸工艺施工,确保焊接质量。

五、焊缝质量检查及修补

1.船体结构施焊完工后,应对所有焊缝进行外观检查。焊缝表面应成型均匀、致密、平滑地向母材过渡,无裂纹和过大的余高以及不应有的焊瘤、弧坑和咬边等缺陷存在。

2.焊缝的内部质量可采用射线、超声波或其他适当的方法进行无损检测。无损检测的工艺和评定标准应经船级社同意。

3.缺陷修补:

- (1)若检查表明焊缝缺陷超过标准允许值时,应在船体完工试验前,对缺陷处进行修补;
- (2)外观检查发现的缺陷,通常应在无损检测前修补完毕,表面微小缺陷可用砂轮磨去;

(3)所有需要焊补的缺陷,应在焊补前彻底清除干净,必要时可用无损检测的方法进行检查,以证实缺陷确已清除。

第三节 受压壳体的焊接

受压壳体是指锅炉与受压容器,如液化气船 C 型独立舱、处理用受压容器、潜水系统和潜水器等承受内压或外压的封闭结构。

一、一般规定

- 1.对于焊接结构的受压壳体,所选用的焊接材料应与母材相匹配,并经船级社认可。
- 2.制造受压壳体的工厂应向船级社申请工厂认可,同时,对于焊工和所使用的焊接工艺,均需得到船级社的认可。
- 3.除Ⅲ级受压容器外,各级受压壳体在生产过程中应根据本节规定,进行产品焊接试验。这是与一般船体结构要求的不同之处,通俗说法就是需要做产品“拖带试板”。

二、对接焊缝的拼接要求

1.柱形受压壳体对接焊缝的两板面之间,于任何一点上的错边应不大于板厚的 10%,且对纵缝应不超过 3 mm,对环缝应不超过 4 mm。

2.球形受压壳体和柱形受压壳体封头接头处对接焊缝的两板面之间,于任何一点上的错边应不大于板厚的 10%,即应不超过 3 mm。

3.如壳体系由不同厚度的板(管板及包板)制成时,则应使其各自板厚的中心线形成一个连续的圆。具体要求如下:

(1)对于纵向焊缝,较厚板的边缘应以机加工内外面等量削斜,在环向方向上斜边的宽度应不小于厚度差的两倍,使两板边沿在焊缝处具有相等的厚度;对于环缝,也应以类似的方法对厚板进行削斜,在纵向方向上斜边的宽度与上述要求相同;

(2)对于环缝,如整个周向板厚的厚度差是相等的,则较厚板的边缘应以机加工削斜,斜边的宽度不小于厚度差的 4 倍,使两板边沿在环缝处具有相等的厚度;

(3)当焊缝宽度足以使焊缝表面形成上述(1)和(2)规定的斜面过渡时,母材表面允许不进行削斜处理。

4.不要求焊透的角焊缝的构件可不开坡口,装配时构件要贴紧,局部不能贴紧的部件的间隙应不超过下列规定:

- (1)当构件厚度小于或等于 10 mm 时,为 2 mm;
- (2)当构件厚度大于 10 mm 时,为 3 mm;
- (3)处于仰焊位置时,为 2 mm。

三、焊接

1.施焊前,应清除焊件坡口和焊接边沿至少为 25mm 区域内的表面上的氧化物、潮湿、油污等影响焊接质量的污物。影响焊接质量的定位焊和边沿缺陷应在施焊前清除。

2.焊接操作应在具有防雨、雪的遮蔽,并考虑在避风的条件下进行。当环境温度较低或

湿度较高时,应具有可靠的预热或去潮措施。

3.除另行批准外,受压壳体的焊接应选用低氢或超低氢焊接材料。使用前应严格按照规定加以干燥。

4.受压壳体上的对接焊缝应为双面全焊透,其上的受力角焊缝一般也应全部焊透。焊接封底焊道前应进行清根。如因结构特殊、确实无法进行封底焊时,经验船师同意,可允许安装垫板进行焊接,但垫板的材料应与筒体板的成分相同。

5.采用单面焊时,应采用适当措施保证焊缝根部能完全焊透,并使因焊缝金属收缩所产生的变形为最小。

6.焊接应尽可能安排和平焊位置上进行。对于环缝应采取措施,以保证符合此项要求。

7.如由于接头的拘束力、板材的厚度以及被焊材料成分而有预热要求时,应采用预热和保持焊道间最低温度的焊接工艺。

8.在进行多道焊时,前后焊道之间应注意清渣。因某种原因中断焊接时,应在重焊前对中断焊接的焊缝处进行清洁和铲除熔渣,从而使后焊的熔敷金属能与板材和先前的熔敷金属完全熔合。

9.受压壳体上的短管、法兰和座板一般应采用双面连续的角接焊缝,且在热处理以前装焊完毕。

10.焊缝外表面可以和壳体板表面齐平,也可以做成使焊缝中心的总厚度稍大于板厚,但焊缝余高的截面变化应逐渐过渡。

11.壳体板上所焊接的拉攀、支架、支管、人孔框架及开孔周围的补强板等附件应与壳体板完全贴合,且应在壳体热处理前焊装完毕。如确因结构需要而必须在热处理以后焊装者,应经验船师同意。

12.当上述附件连同其他用于支撑内、外部构件的附属装置焊接到壳体板上时,其焊接工艺应与壳体板所要求的相同,其材料成分亦应与壳体板相当。

四、焊接检验

1.外观检查

(1)受压壳体焊缝表面应均匀、致密,不应有裂纹、焊瘤、气孔、夹渣、咬边、弧坑和未填满等缺陷。如有上述缺陷,应在无损检测之前清除。

(2)受压壳体表面不应有伤痕。筒体上的焊疤等均应铲除或在距筒体表面 3~5 mm 处割除,然后打磨平整。

2.焊缝无损检测

受压壳体的焊缝应作无损检测。检测的方法、数量和部位应符合规范的规定。无损检测的工艺应经船级社同意。

五、缺陷修补

1.焊缝无损检测发现有不允许存在的缺陷时,应确定缺陷的范围。超标缺陷应予以清除,必要时可采用磁粉或渗透检测方法进行检查。在确认缺陷完全清除后,再进行焊补。

2.在抽查的焊缝中发现有不允许存在的缺陷时,应在该被检焊缝所代表的焊缝长度上任选 2 处进行复查。如复查合格,则将原焊缝中的缺陷剔除,重新焊补。如复查仍不合格,则应采取下列之一的措施:

(1) 将该被检焊缝所代表焊缝的全长度铲除干净,重新焊接,然后作为新的焊缝提交进行焊缝抽查,同时与此焊缝有关的试件也应进行类似的处理;

(2) 对所代表焊缝的整个长度进行检查,凡有缺陷之处均应进行修补,然后对所有修补处重新进行检查。

3. 受压壳体的焊补工艺应经验船师同意。
4. 通常耐压壳体的同一部位缺陷修补应不超过 2 次。
5. 缺陷的修整和焊补应在焊后热处理之前完成。
6. 焊补后重新检验的结果应使验船师满意。

第四节 压力管系的焊接

一、焊接接头的基本要求

1. 焊缝必须在其完整的横截面上呈现全焊透,且没有任何裂纹或未熔透缺陷。
2. 焊缝应尽可能在焊接车间内进行焊接。
3. 焊接部位要清洁干净,不能有油、锈、氧化皮或其他对焊接有害的腐蚀物。
4. 定位焊用焊接材料必须与正式焊缝的相同。若定位焊须原处保留,则其质量必须与根部焊缝相同,否则要清除定位焊缝。
5. 对接焊缝坡口设计要求如图 2-1,如果图纸上已标注焊接坡口,则按图纸要求去做。若管子与管子(或法兰)对接时有壁厚差,则在较厚壁内侧削斜,其削斜长度不小于壁厚差 4 倍。

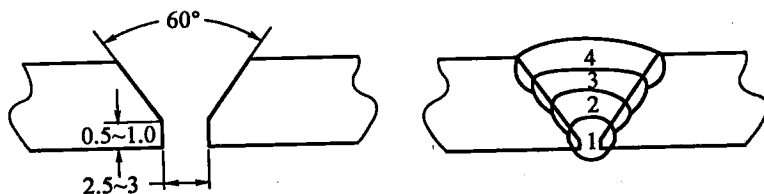


图 2-1 对接焊缝设计要求

6. 支管的焊接

(1) 当支管壁厚小于 6 mm 时,不用开坡口;当壁厚等于或大于 6 mm,并当主管直径大于或等于 2.5 倍支管直径时,在整个支管端部开坡口;当主管直径小于 2.5 倍支管直径时,可在支管端面沿主管轴线方向左右部位局部开坡口,如图 2-2 所示,在 θ 部位开坡口。

(2) 支管不允许插入主管中,马鞍口应与主管很好吻合,其焊接尺寸见图 2-3 的要求。其中,当采用单面焊时, $l = 0 \sim 1$ mm,双面焊时, $l = 1.5 \sim 2$ mm。

7. 法兰焊接

(1) 角接焊缝按照 CB/T 3790-1997 和船级社规范中的规定设计接头型式和尺寸。常见的接头型式见图 2-4,施工时,应根据设计图纸选用不同的接头型式。

(2) 若法兰与管子为对接,则接头坡口的要求与管-管对接缝要求相同。

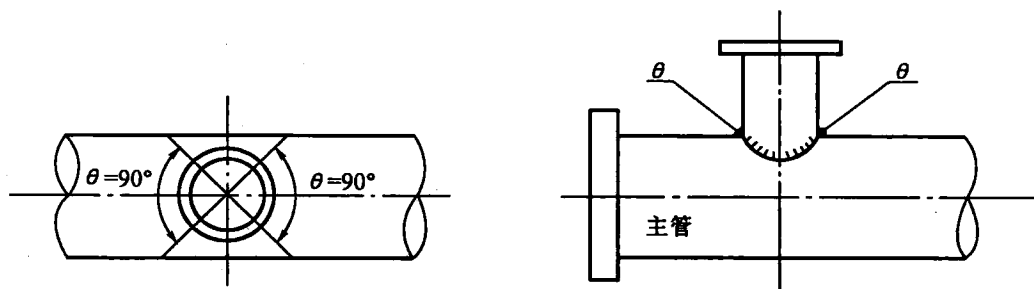


图 2-2 局部开坡口

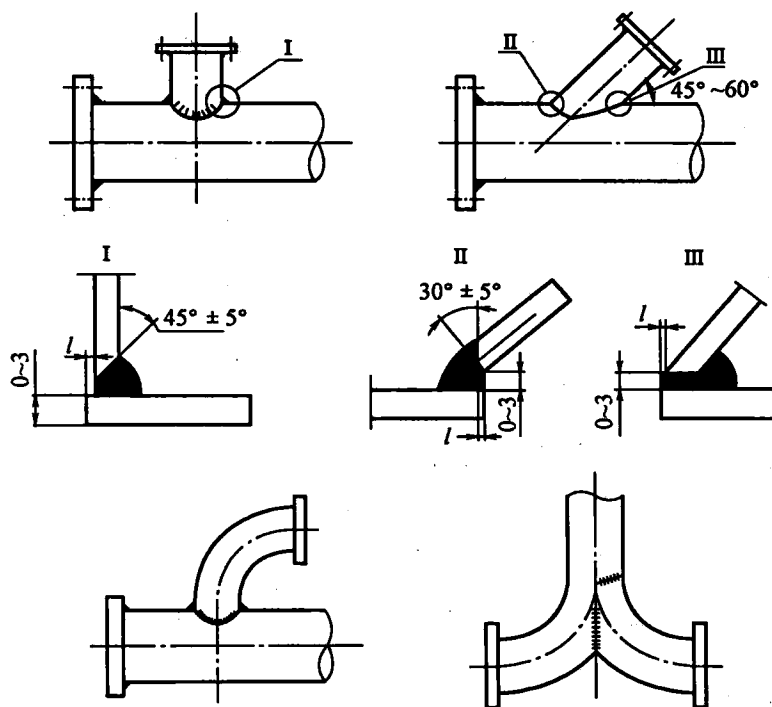


图 2-3 马鞍口焊接尺寸

二、各类管系的焊接施工要求

1. 滑油、燃油、液压系统及对清洁要求较高系统的管子焊接或支管焊接时, 单面焊应采用钨极氩弧焊(TIG)作为封底; 双面焊则内圈焊缝需磨光。

* * 特注: 目前已有船厂采用具有表面张力过渡(STT)功能的实芯焊丝 CO_2 焊进行管系的焊接, 这一新工艺普及将大大提高碳钢管系焊接的质量和效率。

2. 一般碳素钢管对接应以 TIG 焊打底, 才能保证根部熔合良好和清洁; 然后再用手工焊条或 CO_2 药芯焊丝焊接。