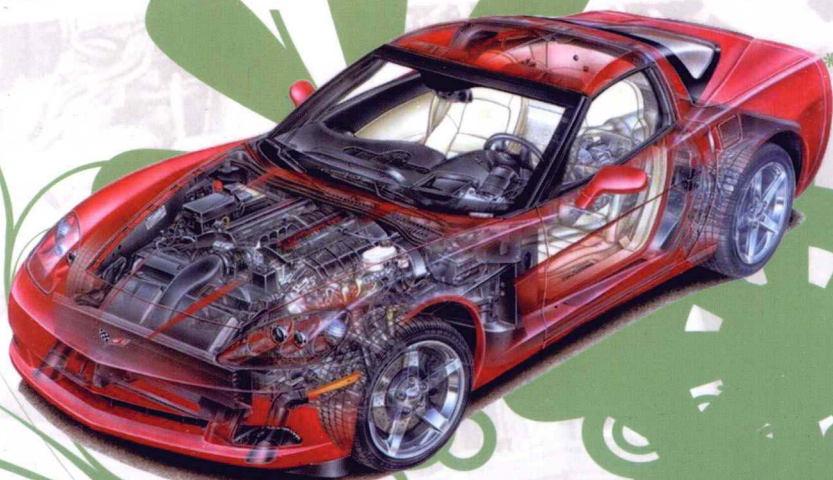




职业教育汽车类示范专业规划教材

汽车钣金基本 工艺与设备

刘建华 于汇泉◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

免费赠送电子课件



职业教育汽车类示范专业规划教材

汽车钣金基本工艺与设备

主 编	刘建华	于汇泉			
参 编	王磊刚	何英俊	卫红军	王 振	
	李振山	刘艳丽	邱艳芳		
主 审	尹维贵				



机械工业出版社

本书详细、系统、全面地介绍了汽车车身钣金的焊接和制作的基本工艺与设备；重点介绍了车身焊接、钣金、钳工等基本操作技能；同时对车身变形的修复方法、工艺与设备以及基本操作技能作了较系统的介绍。

本书可作为职业院校和技师院校汽车专业教材，亦可作为汽车修理工等从业人员的岗位培训教材，以及供相应层次的汽车运用工程、汽车检测与维修等相关专业的在校学生和准备进入汽车修理业的社会人员作自学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车钣金基本工艺与设备/刘建华, 于汇泉主编. —北京: 机械工业出版社, 2009.9

职业教育汽车类示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-28135-1

I. 汽… II. ①刘…②于… III. 汽车-钣金工-职业教育-教材
IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 148928 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: 宋学敏 责任编辑: 严远波 刘远星 版式设计: 霍永明

责任校对: 张玉琴 封面设计: 马精明

责任印制: 杨 曦

唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm 15.5 印张·306 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-28135-1

定价: 27.00 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

封面无防伪标均为盗版

读者服务部: (010) 68993821

前 言

本书是根据机械工业出版社组织的“职业教育汽车类示范专业教学改革研讨及教材建设会议”精神编写的，面向职业院校汽车专业的教材。

近年来，我国的汽车产业发展迅猛，社会上汽车保有量急速增加，与此相关的汽车维护服务的配套需求也出现了极大的缺口。汽车钣金主要是对受损车身壳体进行复原维修，维修对象绝大部分属于事故车辆（据统计事故车辆占65%~70%），钣金修复的重要性可想而知。

本书编写时力求与我国汽车产业的发展相适应，同时体现职业教育改革的发展趋势，注重突出以下特色：在内容上以突出新结构、新技术为主；叙述时力求由浅入深，通俗易懂，文字简练，图文并茂；以培养具有扎实专业知识和熟练操作技能为目的，以内容新颖、理论与实践相结合为原则。理论方面着重基本知识、基本原理的讲述；实训方面则侧重培养学生的基本技能。

本书共分为汽车钣金焊接基本工艺与设备、汽车钣金修理工具与设备、汽车钣金手工制作工艺、汽车钣金机械制作工艺、汽车车身损伤修复、车身钣金件的切换与调整六个模块。

本书在编写过程中参考了大量资料，在此向有关资料的作者表示感谢。由于编者水平有限，书中不足和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

模块 1 汽车钣金焊接基本工艺与设备	1
1.1 焊接的种类与应用	1
1.2 焊条电弧焊	3
1.3 CO ₂ 气体保护焊	12
1.4 钢板的焊接	26
1.5 有色金属的焊接	35
1.6 铸铁的焊接	38
1.7 电阻点焊	44
1.8 气焊	53
1.9 钎焊	61
模块 2 汽车钣金修理工具与设备	65
2.1 钣金修理手工工具	65
2.2 钣金修理动力工具	77
2.3 钣金修理液压机具与设备	84
模块 3 汽车钣金手工制作工艺	90
3.1 弯曲	90
3.2 收边与放边	94
3.3 拔缘	98
3.4 拱曲与卷边	105
3.5 咬缝与制筋	112
模块 4 汽车钣金机械制作工艺	120
4.1 机械弯曲	120
4.2 拉深成形	137
4.3 落压成形	144
4.4 其他成形	147
模块 5 汽车车身损伤修复	151
5.1 概述	151
5.2 汽车车身损伤与诊断	177
5.3 车身损伤的矫正修复	189
5.4 轿车车身钣金件损伤的修复	202
模块 6 车身钣金件的切换与调整	221
6.1 钣金件的切换	221
6.2 钣金件的调整	238
参考文献	243

模块1 汽车钣金焊接基本工艺与设备

【学习目标】

了解各种焊接方式的特点；了解设备的使用性能及使用范围；学会各种焊接的操作。

【课堂互动】

什么是熔

焊、压焊和

钎焊？

1.1 焊接的种类与应用

【本节目标】

了解焊接方法的分类，以及各种焊接方法的基本操作过程、各自的分类及其应用；掌握熔焊、压焊、钎焊三类焊接操作的基本要点。

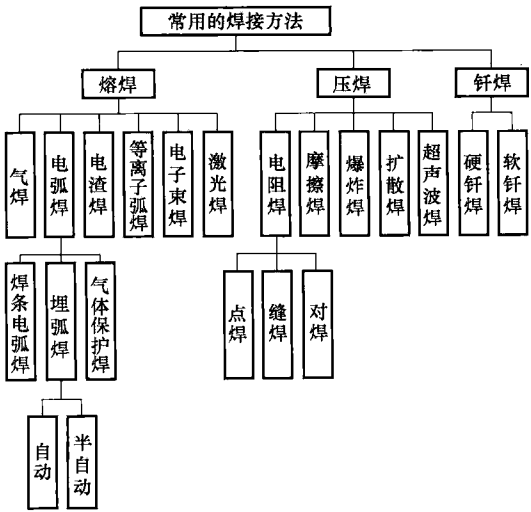
【基本理论知识】

汽车上的零部件连接在一起的方法有机械连接、焊接和粘接三大类。在汽车钣金修理作业中，焊接占的比重最大。因为焊接具有节省钢材、操作简单、密封性能好等优点，在汽车钣金修理中发挥的作用已越来越突出。

焊接是对焊件进行局部或整体加热，使焊件产生塑性变形，形成焊件间的原子结合，从而实现永久连接的工艺方法。车身组件多由钢板或型钢构成，常用的焊接方法有 CO₂ 气体保护焊、焊条电弧焊等。

按焊接过程的物理特性不同，焊接分成熔焊、压焊和钎焊，见表 1-1。

表 1-1 常用的焊接方法



【课堂互动】

1. 熔焊

熔焊是将被焊金属在焊接部位加热到熔化状态，并向焊接部位加入熔化状态的填充金属（焊条），冷凝以后，两块被焊件即形成整体的焊接方法。根据熔化方式不同，熔焊又分成气焊、电弧焊、电渣焊、等离子弧焊等方法。其中气焊、电弧焊在汽车修理中使用最多。

2. 压焊

用电极对金属焊接点加热使其熔化并施加压力使之焊接在一起的方法称为压焊。各种压焊中，电阻焊的点焊方法在汽车制造业中是不可缺少的（如车身点焊）。因为点焊不会使焊件产生变形，在汽车修理中获得广泛应用。

3. 钎焊

钎焊是采用熔点低于母材的钎料（钎焊填充材料）加热熔化滴在焊接区域，将工件焊接成一体焊接方法，如铜钎焊、锡钎焊。由于钎焊时，工件受热的温度低于工件材料的熔点，不影响工件的整体形状，因此被广泛应用于对散热器、油箱等的修理作业中。

车身各部位使用的各种焊接方法如图 1-1 所示。

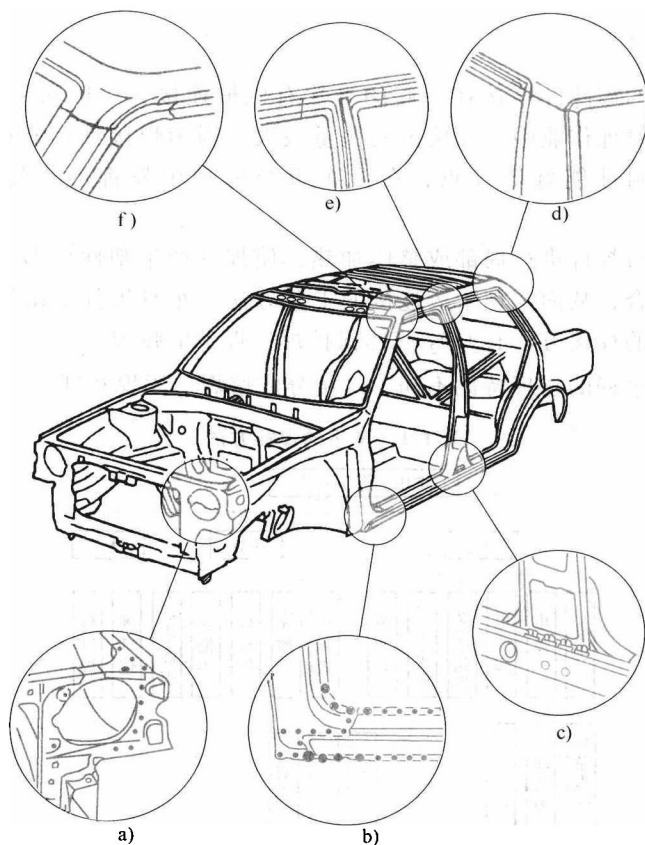


图 1-1 汽车制造中使用的各种焊接方法

a)、b) 电阻点焊 c) CO_2 气体保护焊 d)、e)、f) 钎焊

车身修理前,先要查阅汽车制造厂家提供的汽车维修说明书,了解各部位焊接的特点。修理时要尽量采用点焊或气体保护焊;除了在制造时进行过钎焊的零部件外,车身的其他部位切勿进行钎焊。切勿在新型汽车车身上使用气焊。

【课堂互动】

【习题 1.1】

1. 什么是熔焊、压焊和钎焊?
2. 熔焊、压焊和钎焊各有哪些焊接方法?汽车钣金修理作业中常用的是哪些方法?

1.2 焊条电弧焊

【本节目标】

了解焊条电弧焊的工作原理、工艺要点及应用范围,学会焊条电弧焊的操作。

【基本理论知识】

虽然焊条电弧焊在车身修理中的地位日益被气体保护焊所代替,但在一般汽修厂中焊条电弧焊仍是不可缺少的焊接手段。

焊条电弧焊是利用电极之间放电所产生的高温,使金属基体熔化,经冷却后将金属件焊接在一起的焊接方法。焊条电弧焊的主要设备是弧焊电源,其作用是对电弧燃烧提供能量。

1. 常用的焊条电弧焊电源

常用的焊条电弧焊电源是弧焊变压器与弧焊整流器。

(1) 弧焊变压器 弧焊变压器是提供交流电的弧焊电源,其外形如图 1-2 所示。

弧焊变压器具有结构简单、使用可靠、制造方便、维修容易、效率高、成本低等特点,是应用最多的焊条电弧焊电源。

(2) 弧焊整流器 弧焊整流器是将交流电经过变压、整流后得到直流电的一种直流弧焊电源,包括硅弧焊整流器、晶闸管弧焊整流器等。

弧焊整流器的正极温度比负极温度高,使用时应根据焊件的厚薄决定采用正接法或反接法。焊件接正极,焊钳接负极的接法为正接法,反之为反接法。

2. 焊条电弧焊工艺要点

焊条电弧焊具有速度快、强度高、变形

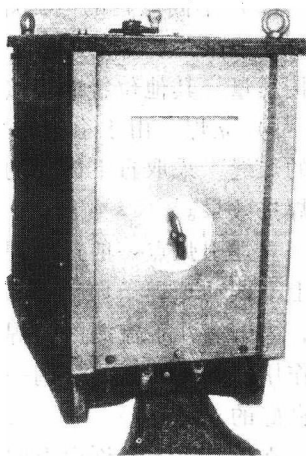


图 1-2 弧焊变压器 (BX3-300 型) 外形

【课堂互动】

小、成本低的优点,在汽车钣金修理中对于非薄板类结构的焊接修理仍有较广泛的应用。焊条电弧焊的基本工艺如下:

(1) 引弧与熄弧 引弧是使焊条与焊件之间产生电弧。手持焊钳夹持焊条,轻轻点触焊件迅速将焊条提离工件表面 $2\sim 3\text{mm}$,即可引弧成功。为了提高焊接强度,引弧后将焊条再提起一点,使电弧拉长,在焊缝起头处作短暂停留预热,然后再压低电弧运条施焊。施焊时,焊条离工件表面的高度约为焊条直径的 $2/3$ 。

焊缝收尾时,不能马上提起焊条令电弧熄灭,应将焊条顺焊缝原路返回 15mm 左右,再回到尾端,此时不再摆动焊条,让电弧自动熄灭,以免在焊缝尾端留下一个凹坑。

(2) 焊条运动方法 为控制熔池温度,使焊缝具有一定宽度和厚度,焊接时,焊条必须作有规则的运动。通常,焊条的运动有三种形式,焊接要同时实现三种运动才能保证良好的焊接效果。

1) 向下运动。引弧后,焊条开始熔化,为保持一定的焊接电弧,必须使焊条随着熔化均匀向下运动,且熔化速度和运动速度应当一致。若向下运动速度低于熔化速度,电弧会拉长,以致熄灭;反之,焊条会与工件接触,形成短路也会熄灭电弧。

2) 向前运动。电弧稳定的情况下,焊条从焊缝起端沿着焊接方向移动称为向前运动。移动速度与电流强度、焊条直径、焊缝种类有关。如移动速度太快,则来不及熔化焊件,会形成飘浮焊缝;反之,会使焊件温度过高,熔池加大,焊缝增宽,烧损有益元素,焊接质量下降。显然,在焊条向前运动的同时,必须有向下运动,否则,电弧将熄灭。

3) 左右运动。焊条作左右摆动,使焊缝两边熔化良好,促使熔渣浮到焊缝表面,减少夹渣和气孔。根据焊件性质、焊缝形状和位置,应选择适当的摆动形式。

(3) 不同位置的电弧焊接 电弧焊和气焊往往由于焊缝位置不同,而需要采取某些特殊的措施。水平位置焊缝的焊接按常规操作要领即能保证焊接质量。其他位置的焊接分为立焊、横焊和仰焊。

1) 立焊。由于重力作用,立焊时熔化的金属容易下淌,难以形成良好的焊缝。采取自下向上的焊接方法,配合适当的操作手法可以获得满意的焊接效果。

立焊引弧点一般选在焊缝最低处。引弧后,焊条沿焊缝方向作小范围的上下摆动。焊条向上移动时,焊条末端没有熔滴;向下移动时产生熔滴,当熔滴几乎流淌时,焊条上移,使熔滴冷却,起到对后一个熔滴的撑托作用。如此往复,一滴一滴熔化金属依次形成并冷却成为自下而上的一道良好的立焊缝。

立焊时,不允许由上向下焊接。

2) 横焊。电弧焊与气焊一样,都会产生咬边现象。为避免这一缺陷,横焊时焊接速度要尽量快一些,施焊时采用锯齿形的运条形式。焊条每摆

动一次，必须在焊缝上部稍停顿一下防止熔滴下落。

【课堂互动】

3) 仰焊。仰焊时，一方面熔化的金属受重力作用自然下落，另一方面又要在顶部形成焊缝，因此仰焊对操作者的要求最高。

仰焊时，采用低电流、短电弧，保持焊条与熔池表面近似接触状态，才能获得良好的焊接效果。焊条与焊缝前进方向保持 80°左右，运条时，可伴有推拉动作。推时，借助电弧的吹力和液体金属的凝集力，把熔化金属吹向熔池；拉时，为熔化金属提供冷却机会，使之凝结，形成焊缝。

不同位置的焊缝，如图 1-3 所示。

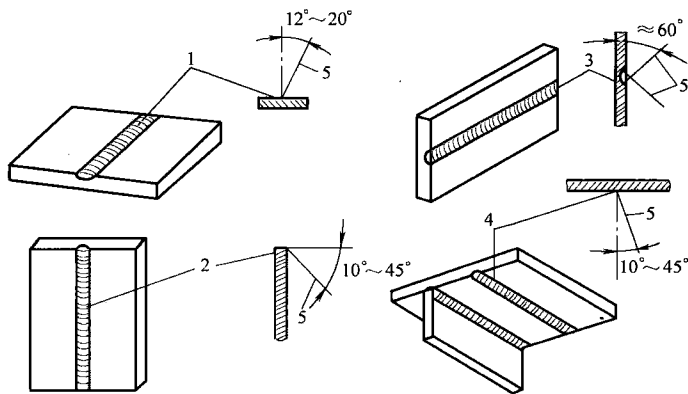
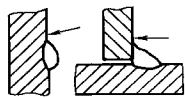
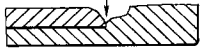


图 1-3 不同位置的焊缝

3. 电弧焊焊接缺陷的原因与预防措施

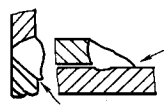
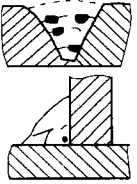
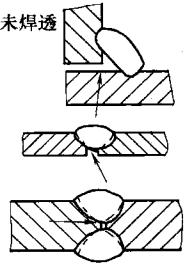
电弧焊焊接缺陷的原因与预防措施见表 1-2。

表 1-2 电弧焊焊接缺陷的原因与预防措施

焊接缺陷	产生原因	影响因素	预防措施
焊缝外形尺寸不符合要求，表面高低不平，焊波不均匀，焊缝宽度不一，过高或过低等	(1) 坡口角度不当或装配间隙不均匀 (2) 焊接电流过大或过小 (3) 运条速度或焊条角度不当	(1) 影响焊缝的外形美观 (2) 影响焊缝与母材金属的结合，造成应力集中	(1) 保证坡口符合要求。装配间隙应均匀 (2) 熟练掌握焊接技术和运条手法及速度 (3) 选择适当的焊接电源
咬边 	(1) 焊接电流过大，电弧过长 (2) 运条速度不当或焊条与焊件倾角不当 (3) 焊丝或焊炬摆动不当 (4) 焊接速度过快	(1) 削减了焊件的有效工作面积，降低了焊件接头的力学性能 (2) 咬边处的应力集中，使该处承载后容易产生裂纹	(1) 选择适当的焊接电流或火焰能量，并保持适当的运条速度 (2) 焊丝和焊炬角度要适宜。焊条倾角要适宜
弧坑 	(1) 电弧焊时熄弧过早。气焊时收尾过早 (2) 焊接电流过大，焊条来回适当摆动 (3) 施焊时，中心偏移	(1) 影响焊缝外观 (2) 焊缝强度显著减弱 (3) 弧坑内容易产生气孔、夹渣或微小裂纹	(1) 收尾时不要过早熄弧、熄火，应作短时间的滞留或作几次环形运条，以填满弧坑 (2) 正确选择焊接参数

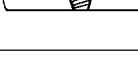
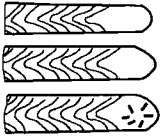
【课堂互动】

(续)

焊接缺陷	产生原因	影响因素	预防措施
塌陷  烧穿 	(1) 焊接电流过大 (2) 焊接速度过慢 (3) 焊件间隙过大	(1) 影响焊缝外观 (2) 焊缝强度显著减弱	(1) 正确选择合适的焊接电流和焊接速度 (2) 严格控制焊件的装配间隙。并保持均匀
焊瘤 	(1) 焊接电流过大 (2) 焊接速度过慢 (3) 焊件装配间隙过大 (4) 焊丝、焊炬角度不当 (5) 焊条倾角不当	(1) 影响焊缝外观 (2) 焊瘤覆盖下的母材常有未焊透缺陷	(1) 提高结构件的装配质量 (2) 提高操作技术的熟练程度 (3) 正确选用焊接参数 (4) 使用碱性焊条时,宜用短弧焊接,运条速度要均匀
夹渣 即焊后残留在焊缝中的焊渣 	(1) 焊件边缘及焊层、焊道之间未清理干净 (2) 母材与焊接材料的化学成分不当,使熔池中含氧、氢、硫的成分过多 (3) 运条不当或焊炬、焊丝运动不当 (4) 焊丝和焊炬角度不当或焊条倾角不当	(1) 焊缝中的针形氯化物和磷化物夹渣,会使金属变脆 (2) 焊缝中的氧化铁和氧化铁夹渣会使焊缝产生热脆性 (3) 夹渣尖角处应力集中,往往会导致裂纹	(1) 采用有良好工艺性能的焊条、焊丝、焊剂 (2) 正确选择焊接参数 (3) 焊件坡口角度不宜过小 (4) 清除焊缝锈皮,多层焊时层层均应清除焊渣 (5) 操作时,注意熔渣的流动方向,随时调整焊条(焊炬、焊丝)角度和运条方法,使熔渣控制在熔池后面,便于熔渣顺利浮上熔池表面 (6) 使用碱性焊条焊接立角焊缝时,应采用短弧焊接
未焊透 	(1) 焊接电流过小或气焊火焰能量过小。有时焊接电流过大,导致焊条过早熔化,也会出现未熔合现象 (2) 焊件坡口角度过小、间隙太窄或钝边过厚 (3) 焊接速度过快 (4) 焊件表面有氧化皮,或前一道焊道表面残存的焊渣未清除,造成“假焊”现象	(1) 降低了焊缝的力学性能 (2) 未焊透处的缺口及端部是应力集中区,承载后容易引起裂纹,严重时根本无法承载	(1) 正确选择坡口形式和装配间隙,注意坡口两侧及焊层之间的清理 (2) 正确选择焊接电流或火焰能量 (3) 正确选择焊炬和焊嘴 (4) 采用中性焰或乙炔稍多一些的中性焰

(续)

【课堂互动】

焊接缺陷	产生原因	影响因素	预防措施
表面气孔  内气孔  圆形气孔  椭圆气孔  链状气孔  蜂窝气孔 	(1) 焊件表面及坡口有水、油、锈、漆等污物,在高温下分解出一氧化碳、水和氢形成气泡残存在焊缝中,出现气孔缺陷 (2) 焊条脱气能力差或焊条受潮 (3) 焊接电流偏低或焊接速度过快,熔池排气时间不充裕 (4) 电弧(火焰)长度过长,熔池失去有效保护,空气侵入熔池 (5) 焊接电流过大,造成药皮烧红脱落,失去保护作用 (6) 电弧偏吹,运条手法不稳影响因素	(1) 削减了焊缝的有效工作截面积,焊缝力学性能下降 (2) 降低了焊缝的致密性,容易造成构件泄漏 (3) 在动载荷下,会降低焊缝的疲劳强度预防措施	(1) 清洁焊件、焊条、焊丝、焊剂。受潮时应予烘干 (2) 选择合适的焊接参数 (3) 当采用碱性焊条时,宜采用短弧焊接。选用含碳量较低及脱氧能力强的焊条。焊条药皮不得开裂、剥落、变质,焊芯不允许偏芯、锈蚀 (4) 减小摆动幅度,放慢焊速
纵向裂纹  横向裂纹  弧坑裂纹 	(1) 热裂纹产生原因 熔池金属在冷却过程中,由于受到母材的约束,承受一定的拉应力,再者,焊缝金属中的低熔点共晶和夹杂物,在焊缝金属快速冷却的情况下,极易造成晶间偏析,形成液态间层,液态间层在拉应力作用下,很容易开裂,形成了热裂纹 (2) 冷裂纹产生原因:除了与热裂纹相同的焊接拉应力作用外,还由于氢在结晶过程中向热影响区扩散,当该处存在显微缺陷(空位、空穴等),则氢原子就会在这个地方结合成氢分子,使局部地区造成很大的压应力。另外,如果被焊金属的淬透性较大,在冷却过程中,热影响区将产生马氏体组织转变而引起体积膨胀,出现很大的组织应力	(1) 裂纹在承载时会不断延伸和扩大,最后,轻者会产生报废,重者会引起灾害性事故 (2) 裂纹使焊缝强度降低 (3) 裂纹末端的尖锐缺口是应力集中区,将成为构件断裂的起源点	热裂纹的预防措施: (1) 控制焊缝的化学成分,尤其是碳、硫、磷的含量,适当提高锰的含量,可以改善焊缝组织,减少偏析,控制低熔点共晶的有害影响 (2) 控制焊缝截面形状,宽深比要适当,以避免焊缝中心出现偏析 (3) 对刚性大的构件,应选择合适的焊接规范、合理的焊接次序和方向,以减小焊接应力,必要时采取预热和缓冷措施 冷裂纹的防止措施: (1) 焊前进行预热,焊后应予缓冷,不仅可以改善金相组织、降低热影响区的硬度和脆性,而且还可以加速焊缝中的氢向外扩散,起到减小焊接应力的作用 (2) 选择合适的焊接规范,严格控制焊接速度 (3) 采用合理的装配和焊接顺序,改善应力状态 (4) 选用合适的焊接材料。焊前要烘干焊条、焊剂,去除焊丝中的污物 (5) 焊前仔细清除焊件焊接区的污物 (6) 重要的结构焊后应立即进行去氢处理,即将焊件加热到 350℃ 左右,保温 1h,使氢从焊缝中充分逸出 (7) 焊后应立即进行消除应力的退火处理。这样不仅可以减少或消除焊接残余应力,还可促使焊缝中的氢向外扩散

【课堂互动】

4. 焊条电弧焊焊接安全操作

(1) 使用安全电压灯具 钣金工夜间从事焊接工作时,需用电灯照明,电灯使用的安全电压是 36V。凡在危险环境进行焊接操作使用的照明灯、手提灯等均应采用安全电压;对于潮湿的环境,人体电阻减小,规定使用电压为 12V;凡在金属容器或管道中焊接均应采用 12V 电压。

(2) 焊接注意事项

1) 焊接前,应戴好面罩、皮手套、绝缘鞋,检查焊接设备和工具是否安全,如焊机外壳接地,焊机各接线点接触是否良好,焊接绝缘电缆是否损伤,电缆应是整根的。焊钳应能夹紧焊条和迅速更换焊条,有良好的绝缘和隔热能力,结构轻便,与导线连接不松动。

2) 改变焊机接头、移动工作地点,及焊机发生故障需检修时要拉下电源开关。推拉电源开关时戴皮手套,头要偏离闸刀,以防电弧火花灼伤面部。

3) 在狭窄地方焊接时,要穿好绝缘鞋,并要两个操作者轮换工作,一人随时监护操作者,遇有危险征兆时,立即切断电源进行处理。

4) 加强个人防护。高空作业时,不要触及高压线;雨天不要露天焊接。

(3) 焊接防护措施

1) 通风设施是消除焊接尘土的危害和改善劳动条件的有力措施,其作用是使作业地带的空气环境符合卫生条件,故应确保通风设施正常工作。

2) 在厂房内施焊,必须保证在焊接过程中所产生的有害物质及时排出,并原则上进行净化处理。焊接切割时,在有风的情况下,应在上风处焊割。焊修旧车件时,油漆层在高温下燃烧产生有毒气体,刺激口鼻眼睛,产生口苦刺痛,应尽量使用长焊丝,人体与熔池距离要远。

3) 电弧焊时必须使用有防护玻璃的面罩,不随便更换滤光玻璃,穿白色工作服,以反射强光照射。焊接场所应有良好的采光,因为弧光由亮到暗,变化急剧,易使眼睛受损。

【技能训练】

1. 引弧方法的实训

(1) 直击法 直击法是将焊条垂直于焊件进行碰触,然后迅速将焊条提起并与焊件保持 3~4mm 的距离,即可产生电弧。这种引弧方法大多用在焊接处地方狭窄或焊件表面不允许有擦伤的情况下,如图 1-4a 所示。

(2) 划擦法 将焊条在焊件上轻轻划擦一下(划擦长度约为 20mm),然后与焊件保持 3~4mm 的距离,即可产生电弧,如图 1-4b 所示。

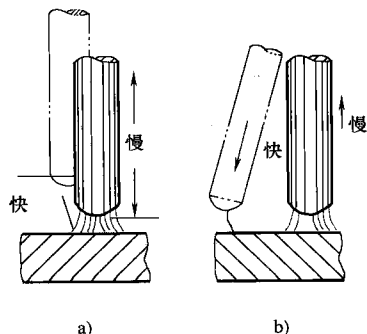


图 1-4 引弧方法

a) 直击法 b) 划擦法

2. 焊条运动方向的实训

【课堂互动】

(1) 直线形运条法 直线形运条法不作横向摆动, 适用于板厚为 3 ~ 5mm 且不开坡口的对接平焊、多层焊的第一层和多层多道焊, 如图 1-5a 所示。

(2) 直线往复运条法 直线往复运条法是焊条末端沿焊缝纵向作来回直线摆动的运条方法, 适用于薄板和接头间隙较大的焊缝, 如图 1-5b 所示。

(3) 锯齿形运条法 锯齿形运条法是焊条末端作锯齿形连续摆动的前移运动, 并在两边转折点处稍停片刻的运条方法, 适用于较厚钢板的全位置焊接, 如图 1-5c 所示。

(4) 月牙形运条法 月牙形运条法是焊条末端作月牙形左右连续摆动的前移运动, 并在两边转折点处稍停片刻的运条方法, 适用范围同锯齿形运条法的范围, 如图 1-5d 所示。

(5) 三角形运条法 三角形运条法是焊条末端作连续的三角形前移运动的运条方法, 分为正三角形运条法和斜三角形运条法。正三角形运条法适用于开坡口的对接接头和 T 形接头焊缝的立焊; 斜三角形运条法适用于平焊、仰焊的 T 形接头和有坡口的横焊缝, 如图 1-5e 所示。

(6) 环形运条法 环形运条法是焊条末端连续作圆圈前移运动的运条方法, 分为正环形运条法和斜环形运条法。正环形运条法适用于厚件的平焊; 斜环形运条法适用于平焊、仰焊的 T 形接头和横焊位的对接焊, 如图 1-5f 所示。

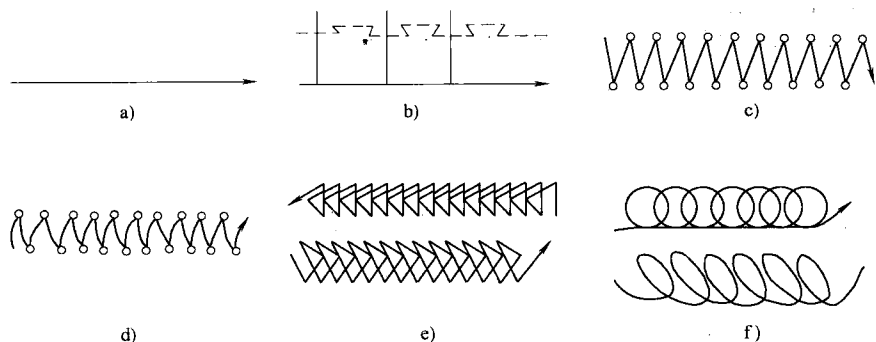


图 1-5 焊条运动方向

a) 直线形运条法 b) 直线往复运条法 c) 锯齿形运条法
d) 月牙形运条法 e) 三角形运条法 f) 环形运条法

3. 焊接位置的实训

(1) 平焊

1) 平对接焊。焊件厚度小于 6mm 时, 通常采用不开坡口的平对接焊, 此时宜用直径小的 $\phi 3 \sim \phi 4\text{mm}$ 焊条进行短弧焊接, 并使熔池深度达到板厚的 $2/3$, 焊缝宽度达到 5 ~ 8mm, 施焊运条方法为直线形; 当焊件厚度大于 6mm 时, 则应采用开坡口的平对接焊, 分为多层焊或多层多道焊, 如图 1-6 所示。

【课堂互动】

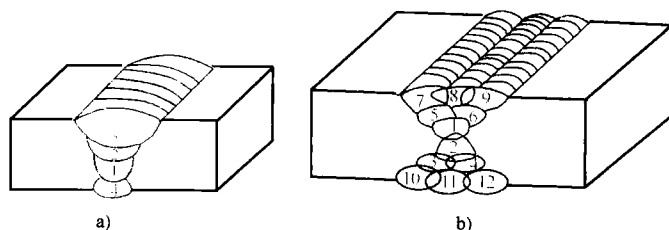


图 1-6 平对接焊

a) 对接多层焊 b) 对接多层多道焊

多层焊的第一层焊道宜选用较小直径的焊条。当缝隙小时可用直线形运条法，缝隙大时宜用直线往复形运条法，以免烧穿。焊第二层时，先将第一层熔渣清除干净，选用较大直径的焊条和较大的焊接电流，用直线形、月牙形或锯齿形运条法进行短弧施焊。以后各层均采用月牙形或锯齿形运条法，摆幅随焊缝加宽而逐渐加大。多层多道焊的施焊方法基本上与多层焊相同，其不同点在于每层焊缝均由两道或两道以上焊缝拼成。

2) 平角接焊。平角接焊主要是指 T 形接头和搭接接头的焊接。平角接焊通常用 $\phi 3 \sim \phi 4 \text{ mm}$ 的焊条，焊条的角度如图 1-7 所示。

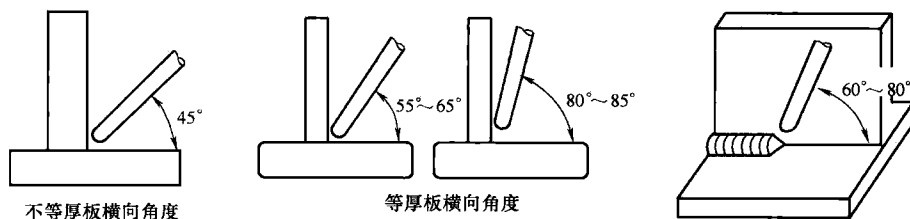


图 1-7 平角接焊焊条的角度

(2) 立焊 立焊的熔池处于垂直面上，施焊方法有两种：一种由下而上施焊；另一种则由上而下施焊。一般采用前者。立焊时，焊条的角度如图 1-8 所示。

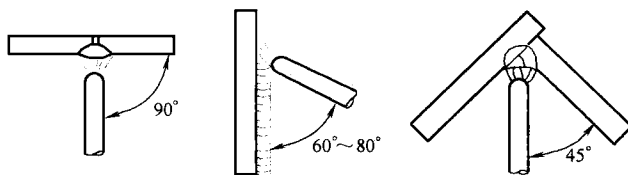


图 1-8 立焊时焊条的角度

施焊时宜选用较小直径焊条和较大电流短弧焊接，多采用直线往复形运条法和三角形运条法，并一个台阶一个台阶地往上堆积。

当焊接薄板时，经常采用跳弧法和灭弧法。跳弧法是指焊条熔滴过渡到熔池后，立即将电弧移向焊接方向，使熔化金属有迅速冷却凝固的机会，随后又将电弧移回熔池，如此往复的运条方法。灭弧法是指焊条熔滴

过渡到熔池后,立即灭弧,使熔化金属有迅速冷却凝固的机会,随后又重新引弧,如此交错施焊的方法。【课堂互动】

(3) 横焊 横焊时,应选用较小直径的焊条和较小的焊接电流,并采用短弧法及适当的运条法。当焊件厚度小于5mm时,可以不开坡口,宜选用 $\phi 3.2\text{mm}$ 或 $\phi 4\text{mm}$ 的焊条,焊条运动方向采用直线形运条法,薄板件可采用直线往复形运条法,如图1-9a所示。

当焊件较厚时,应该开坡口,这时应采用多层焊或多道焊的方法,如图1-9b所示。第一层焊缝采用直线形运条法,第二层焊缝宜用斜环形或斜锯齿形运条法。焊接时应保持较短的电弧和均匀的焊速。

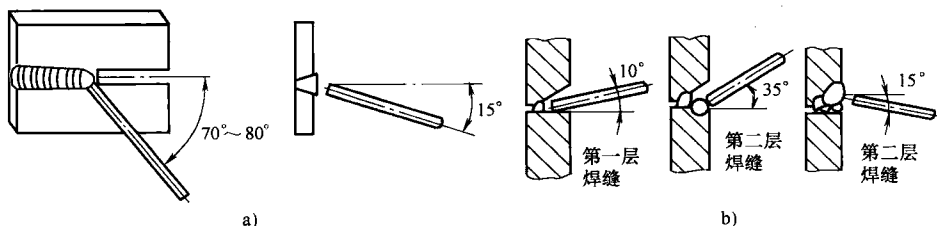


图 1-9 横焊

a) 不开坡口的焊接 b) 开坡口的焊接

(4) 仰焊 仰焊时,应采用尽可能短的电弧,以使熔滴在很短的时间立即过渡到熔池中,很快与熔池中的熔化金属熔合,促使焊缝的快速凝固。应选用较小直径的焊条,一般为 $\phi 3 \sim \phi 4\text{mm}$,焊条角度如图1-10所示。焊接电流要比立焊时还要大些,可以增加电弧的吹力,有利于熔滴过渡并获得较厚的熔深。

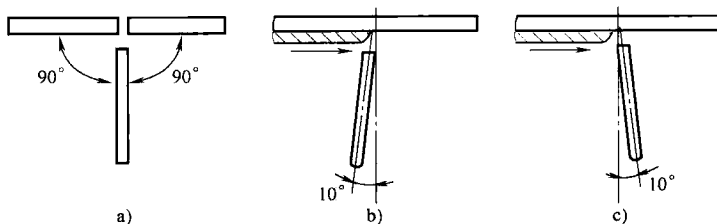


图 1-10 仰焊时焊条的角度

a) 焊条与焊件两边的相对位置 b) 熔深小的焊条角度
c) 熔深大的焊条角度

4. 焊接操作的实训

加强板与车架的电弧焊接如图1-11所示。

步骤1: 制作加强板,要求加强板的材质和厚度均应与车架一致或相近,沿长度方向的两端应处理成非垂直边的形状,以防止车架在加强板两端处产生应力集中。

步骤2: 选择车架纵梁的适当部位,焊接各种类型的加强板,以防止车架断裂。加强板的腹面塞焊间距不大于150mm;孔径为 $\phi 12 \sim \phi 20\text{mm}$ 。

【课堂互动】

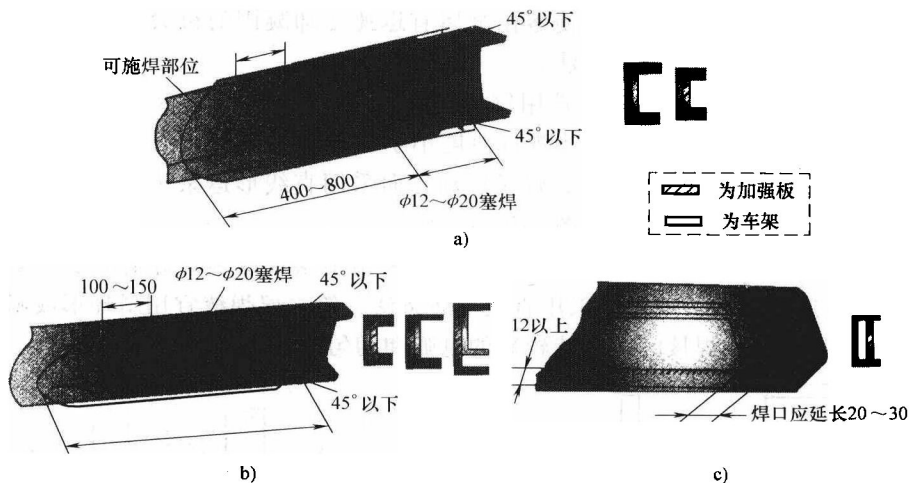


图 1-11 加强板与车架的电弧焊焊接

- a) “U”形加强板的焊接 b) “L”形加强板的焊接
c) “I”形加强板的焊接

步骤3: 加强板与车架的焊接主要反映在腹板上。除了塞焊以外, 加强板腹板的两端也要分段施焊, 一般禁止在车架翼面板上施焊。

步骤4: 加强板的位置放好并确认其与车架贴合紧密后, 即可由中间部位起逐一向两端施焊。

步骤5: 塞焊操作应从孔的边缘开始, 随后将焊条旋向孔的中央。

步骤6: 焊后用锤清除焊缝表面的药皮, 并以敲击的方式消除材料应力, 并对各焊点、焊道的质量进行检查。

【习题 1.2】

1. 什么是焊条电弧焊? 电焊机有几种?
2. 焊条电弧焊工艺要点是什么?
3. 简述焊条电弧焊焊接缺陷的原因与预防措施。
4. 焊条电弧焊焊接安全操作规程是什么?
5. 焊条电弧焊的引弧方法有几种? 焊条运动方向有几种? 适用于什么样的焊接?
6. 焊接位置有几种? 如何进行操作?
7. 叙述“加强板与车架”的焊条电弧焊焊接操作步骤。

1.3 CO₂ 气体保护焊

【本节目标】

了解 CO₂ 气体保护焊的特点、工作原理、操作工艺及所用设备, 学会 CO₂ 气体保护焊的操作。