



焊工自学读本
HANGONG ZIXUE DUBEN

焊条电弧焊 一学就会

»» 王 兵 主编



全零起点 轻松掌握职业技能

全新模式 完美图解应知应会

无师自通 快速打开就业之门



化学工业出版社



焊工自学读本
HANGONG ZIXUE DUBEN

焊条电弧焊 一学就会

»» 王 兵 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊条电弧焊一学就会/王兵主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 10

(焊工自学读本)

ISBN 978-7-122-21510-9

I. ①焊… II. ①王… III. ①焊条-电弧焊
IV. ①TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 174793 号

责任编辑: 王 烨

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 242 千字

2014 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.80 元

版权所有 违者必究

为方便青年焊工自学、掌握和提高焊接技能，我们组织编写了本套丛书，本套丛书包括《焊条电弧焊一学就会》、《气焊与气割一学就会》、《CO₂ 气体保护焊一学就会》、《埋弧焊一学就会》、《手工钨极氩弧焊一学就会》。每本书中均包含有基础知识、操作工艺以及各种焊接材料、焊接工具和设备的应用。丛书还介绍了焊工技术安全文明生产、劳动保护知识，内容包括预防触电及抢救、防火、防爆以及高空作业等安全知识与注意事项。

本套丛书旨在通俗、易懂、简明、实用，编写时综合考虑实际需要和篇幅容量，便于让焊工通过各种焊接工艺入门知识的学习，轻松掌握一技之长，并利于有一定焊接操作基础的读者更全面地提高焊接技术水平。本套丛书既独立成册，又相互关联并互相补充。

本书是《焊条电弧焊一学就会》分册，从焊条电弧焊焊接电弧的基础讲起，按好掌握、能操作、易学会的原则，简述了焊条电弧焊的原理、特点和适用范围；由浅入深系统地介绍了焊条电弧焊所用设备和辅助机具，以及各类焊条的标准、焊条的性能、基本用途和选择原则；循序渐进地讲解了焊条电弧焊的工艺理论和实操技能，分析了焊条电弧焊接头中常见缺陷的形成原因，并提出了有效的防止措施。

本书既强调基础知识，又着力体现新技术、新材料、新工艺和新方法；在编排上采用文字、图、表相结合的方式，图文并茂，直观适用；在内容层次的选择上，注重理论，强化能力，可同时满足不同层次读者的学习要求。本书由王兵主编，雷振国、陈家芳副主编，谢剑平、王良桥、王锐、张军、曾艳、奚亚洲、张继红、袁成照参加编写。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正，以利提高。

第1章 焊条电弧焊安全知识**1**

1.1 安全用电及个人防护	1
1.1.1 安全用电	1
1.1.2 个人防护	3
1.1.3 触电事故处理	8
1.2 防火、防爆及弧光辐射	12
1.2.1 防火灾和爆炸的安全知识	13
1.2.2 焊接烟尘和有毒气体的防护	13
1.2.3 电弧光辐射的防护措施	16
1.2.4 其他防护措施	17
1.3 特殊环境焊接的安全知识	19
1.3.1 容器内的焊接	19
1.3.2 高空作业焊接	20
1.3.3 露天或野外作业焊接	21

第2章 电弧焊电源与焊条**22**

2.1 常用焊接电源	22
2.1.1 对弧焊电源的基本要求	22
2.1.2 弧焊电源型号的编制与主要技术参数	24
2.1.3 常用焊条电弧焊电源	27
2.1.4 弧焊电源的正确使用与选择	38
2.2 弧焊电源的安装	42
2.2.1 弧焊电源安装的一般要求	42

2.2.2	弧焊变压器的安装	42
2.2.3	弧焊整流器的安装与使用	45
2.3	焊条电弧焊工具与量具	46
2.3.1	焊条电弧焊工具	46
2.3.2	常用量具	51
2.4	焊条的组成、分类与选用	55
2.4.1	焊条的组成	55
2.4.2	焊条的分类、型号及牌号	60
2.4.3	焊条的选用、保管与使用	72

第3章 焊接应力与变形

77

3.1	焊接应力与变形的产生与危害	77
3.1.1	焊接应力与变形的危害性	77
3.1.2	焊接变形与应力的形成	78
3.1.3	焊接变形的种类与分布	80
3.1.4	内应力及焊接应力	84
3.2	控制和减小焊接变形与残余应力的措施	85
3.2.1	控制措施	85
3.2.2	焊后残余变形的矫正	92
3.2.3	焊后残余应力的消除	94

第4章 焊条电弧焊的基本操作

97

4.1	焊条电弧焊的接头形式与焊缝分类	97
4.1.1	焊接接头	97
4.1.2	坡口	99
4.1.3	焊接位置	106
4.1.4	焊缝符号的表示方法	107
4.2	基本操作技术	119
4.2.1	焊接参数	119

4.2.2	引弧	129
4.2.3	运条	133
4.2.4	焊缝的起头、收尾和连接	139
4.2.5	定位焊与定位焊缝	142
4.3	各种位置的焊接技术	143
4.3.1	平敷焊	143
4.3.2	平对接焊	150
4.3.3	平角焊	158
4.3.4	立对接焊	168
4.3.5	立角焊	176
4.3.6	横焊	181
4.3.7	仰焊	184

第5章 典型零件的电弧焊接

188

5.1	典型焊条电弧焊操作技术	188
5.1.1	单面焊双面成形焊接技术	188
5.1.2	薄板的焊接	198
5.1.3	管子的焊接	201
5.2	常用金属材料的焊接	209
5.2.1	碳素钢的焊接	209
5.2.2	低合金结构钢的焊接	218
5.2.3	耐热钢的焊接	221
5.2.4	低温钢的焊接	225
5.2.5	不锈钢的焊接	226
5.2.6	铸铁的焊接	232

第6章 焊接缺陷的预防

242

6.1	焊接质量要求	242
6.1.1	焊接接头质量要求内容	242

6.1.2	焊接质量对外形尺寸的要求	243
6.1.3	焊接质量对焊接区内气体的要求	245
6.2	焊接质量检验	246
6.2.1	焊接质量检验的分类与内容	246
6.2.2	焊缝外观及尺寸检验	248
6.2.3	焊接接头的无损探伤	251
6.2.4	密封性与耐压试验	258
6.3	焊接缺陷与对策	261
6.3.1	裂纹	261
6.3.2	气孔	267
6.3.3	焊缝尺寸及形状不合要求	270
6.3.4	咬边	271
6.3.5	弧坑	272
6.3.6	弧伤	272
6.3.7	未焊透与未熔合	273
6.3.8	夹渣	275
6.3.9	焊穿	276
6.3.10	焊瘤	276
6.3.11	飞溅	277

第1章

焊条电弧焊安全知识

1.1

安全用电及个人防护



焊条电弧焊属于特种作业，焊接时对操作者本人，尤其对他人和周围设施的安全有较大的危害。为了加强特种作业人员的安全技术培训、考核和管理，实现安全生产，提高经济效益，从事焊接作业的人员，必须进行安全教育和安全技术培训，取得操作证方能上岗独立作业。

焊条电弧焊作业中要经常与电气设备、易燃易爆物质、压力容器等接触，如果安全措施不当或工作疏忽，很容易造成事故。为了保障操作者的安全，改善卫生条件，防止工伤事故和减少经济损失，焊接过程中如不严格遵守安全操作规程，就可能发生触电、引起火灾甚至爆炸事故。因此每个操作者都必须牢固树立起安全第一的思想，掌握安全防护知识，自觉遵守安全操作规程，才能防止事故的发生。

1.1.1 安全用电

(1) 电流对人体的危害

电流对人体的危害有三种类型，即电击、电伤和电磁场生理伤

害，见表 1-1。

表 1-1 电流对人体的危害

类型	定义与说明
电击	电流通过人体内部，破坏心脏、肺部或神经系统的功能称为电击，通常称为触电
电伤	接通电流加热工件或人体外部或加热工件的火花飞溅落到皮肤上引起的烧伤称为电伤
电磁场生理伤害	是指在高频电磁场的作用下，使人头晕、乏力、记忆力减退、失眠多梦等神经系统的症状

(2) 用电的安全知识

电焊机的安全使用在于防止设备损坏和预防触电。焊接过程中工作场地所有网路电压为 380V 或 220V，焊机的空载电压一般都在 60V 以上。当通过人体的电流超过 0.05A 时候就有生命危险，0.1A 电流流过人体时只要 1s 就会使人致命。流过人体的电流不仅取决于线路电压，而且与人体电阻有关。人体电阻包括自身电阻和人身上的衣服、鞋等附加电阻。干燥的衣服、鞋及干燥场地会使人体电阻增加；自身电阻与人的精神、疲劳状态有关。人体电阻一般在 800~5000Ω 之间变化。当人体电阻降至 800Ω 时 40V 电压就会导致人的生命危险。所以焊机的电源电压、二次空载电压（70V 以上）都远远超过了安全电压（36V），如果设备漏电就可能造成触电事故。因此，焊工应注意安全用电，掌握电气安全技术。电气安全要求见表 1-2。

表 1-2 电气安全要求

焊接方法	安全技术要点
电弧焊	1. 外壳应接地，绝缘应完好，各接线点应紧固可靠。焊炬、割炬和电缆等必须良好 2. 电焊机空载电压不能太高。一般弧焊电源：直流≤100V，交流≤80V；等离子弧切割电流空载电压高达 400V，应尽量采用自动切割，并加强防触电措施 3. 焊机带电的裸露部分和转动部分必须有安全保护罩 4. 用高频引弧或稳弧时应应对电缆进行屏蔽
气体保护焊	
电子束焊	
等离子弧焊	
等离子弧切割	

续表

焊接方法	安全技术要点
压力焊	1. 焊机及控制箱必须可靠接地 2. 由于控制箱内某些元件电压可达 650V 左右,所以检查时要特别小心,工作时应关闭焊机门 3. 要采取措施防止焊接时金属飞溅灼伤工人和引起火灾

焊工在操作时应注意以下问题。

① 焊接设备的安装、修理和检查必须由电工进行,焊工不得自行处理。

② 防止电焊钳与焊件短路。

③ 电缆线应有良好的绝缘,破皮、漏电处应及时修好。

④ 使用闸刀开关时,焊工应戴好干燥手套,同时面部应躲开,以防产生电弧引起烧伤。

⑤ 在锅炉、容器内焊接时,焊工必须穿绝缘鞋,戴皮手套,脚下垫绝缘垫,以保持人体与焊件间的良好绝缘。同时应由两人轮换工作,以便相互照顾。

⑥ 使用工作灯时,其电压不得超过 36V。

⑦ 遇到有人触电时,切不可赤手去拉触电者,应迅速切断电源进行抢救。

1.1.2 个人防护

焊工在现场施焊,为了安全,必须穿戴好防护用品,如图 1-1 所示。焊工的防护用品较多,主要有防护面罩、头盔、防护眼镜、防噪声耳塞、安全帽、工作服、手套、绝缘鞋、防尘口罩、安全带、防毒面具及披肩等。

(1) 焊接防护面罩

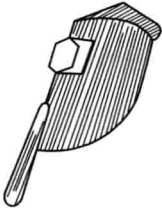
面罩是一种用来防止焊接飞溅、弧光及其他辐射对焊工面部及颈部损伤的一种



图 1-1 焊工个人劳动防护用品

遮盖工具，最常见的面罩有手持式面罩和头盔式面罩两种。而头盔式面罩又分为普通头盔式面罩、封闭隔离式送风焊工头盔式面罩及输气式防护焊工头盔式面罩三种，见表 1-3。

表 1-3 焊接防护面罩

类型	图示	说明
手持式		左手握面罩手柄，准备时在左面脸侧，待准备焊接时焊条对准待焊部位将面罩移到面部正前方
头盔式	普通型	普通头盔式面罩戴在焊工头上，面罩主体可以上下翻动，以便于焊工用双手操作。适合各种焊接方法操作时防护用，特别适用于高空作业，焊工一手握住固定物保持身体稳定，另一手握焊钳焊接
	封闭隔离式	封闭隔离式送风焊工头盔式面罩主要应用在高温、弧光强、发尘量高的焊接与切割作业。该头盔在焊接过程中呼吸畅通，既防尘又防毒。不足之处是价位较高，设备较复杂(有送风系统)，焊工行动受送风管长度限制
	输气式	输气式防护面罩，主要用于熔化极氩弧焊。该头盔有新鲜空气可连续不断地供给眼、鼻、口处，特别是在密闭的空间内焊接时，能够隔离氩弧焊产生的臭氧及大量烟尘，从而起到保护作用

(2) 防护眼镜

焊工用防护眼镜,包括滤光玻璃(黑色玻璃)和防护白玻璃两层,焊工在气焊和气割操作中必须佩戴,它除与普通防护镜片有相同的滤光要求外,还应满足镜框受热后镜片不脱落;接触面部部分不能有锐角;接触皮肤部分不能用有毒物质制作。

焊工在电焊操作中,选择滤光片的遮光编号以可见光透过率的大小决定,可见光透过率越大,编号越小,玻璃颜色越浅,焊工比较喜欢用黄绿色或蓝绿色滤光片。焊接滤光片分为吸收式、吸收-反射式及电光式三种。

焊工在选择滤光片时,主要依据焊接电流的大小、焊接方法、照明强弱及焊工本人视力的好坏来选择滤光片的遮光号。正确选择护目镜遮光号可参见表 1-4。

表 1-4 护目镜遮光号的正确选择

焊接方法	焊条尺寸/mm	焊接电流/A	最低遮光号	推荐遮光号
焊条电弧焊	<2.5	<60	7	—
	2.5~4	60~160	8	10
	4~6.4	160~250	10	12
	>6.4	250~550	11	14
气体保护焊及药芯焊丝电弧焊	—	<60	7	—
		60~160	10	11
		160~250	10	12
		250~500	10	14
钨极惰性气体保护焊	—	<50	8	10
		50~100	8	12
		150~500	10	14
空气碳弧切割	—	<500	10	12
		500~1000	11	14
等离子弧焊	—	<20	6	6~8
		20~100	8	10
		100~400	10	12
		400~800	11	14

续表

焊接方法	焊条尺寸/mm	焊接电流/A	最低遮光号	推荐遮光号
等离子弧切割	—	<300	8	9
		300~400	9	12
		400~800	10	14
硬钎焊	—	—	—	3 或 4
软钎焊	—	—	—	2
碳弧焊	—	—	—	
气焊	板厚/mm	<3	—	4 或 5
		3~13		5 或 6
		>13		6 或 8
气割	板厚/mm	<25	—	3 或 4
		25~150		4 或 5
		>150		5 或 6

如果焊接，切割中的电流较大，就近又没有遮光号大的滤光片，可将两片遮光号小的滤光片叠起来使用。

(3) 防噪声保护用品

个人防噪声防护用品主要有耳塞、耳罩及防噪声棉等。最常见的是耳塞、耳罩，最简单的是在耳内塞棉花。

① 耳罩 耳罩对高频噪声有良好的隔离作用，平均可以隔离噪声值为 15~30dB。它是一种以椭圆形或腰圆形罩壳，把耳朵全部罩起来的护耳器。

② 耳塞 耳塞是插入外耳道最简便的护耳器，它有大、中、小三种规格供人们选用。耳塞的平均隔噪声值为 15~25dB，它的优点是防声作用大，体积小，携带方便，容易保持，价格也便宜。

佩戴耳塞时，推入外耳道时要用力适中，不要塞得太深，以感觉适度为止。

(4) 安全帽

在高层交叉作业（或立体上下垂直作业）现场，为了预防高空

和外界飞来物的危害，焊工应佩戴安全帽，如图 1-2 所示。

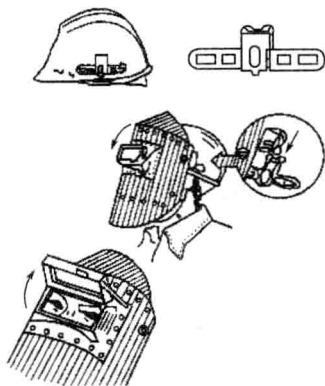


图 1-2 安全帽



图 1-3 焊工工作服

安全帽在每次使用前都要仔细检查各部分是否完好，是否有裂纹，调整好帽箍的松紧程度，调整好帽衬与帽顶内的垂直距离，应保持在 20~50mm 之间。

(5) 工作服

焊工用的工作服如图 1-3 所示，在焊接过程中具有隔热、反射、耐磨和透气性好等优点。在进行全位置焊接和切割时，特别是仰焊或切割时，为了防止焊接飞溅或熔渣等溅到面部造成灼伤，焊工应用石棉物制作的披肩帽、长套袖、围裙和鞋盖等防护用品进行防护。

焊接过程中，为了防止高温飞溅物烫伤焊工，所以工作服上衣不应该系在裤子里面；工作服穿好后，要系好袖口和衣领上的衣扣，工作服上衣要做大，衣长要过腰部，不应有破损孔洞、不允许有油脂、不允许潮湿，工作服应较轻。

(6) 手套

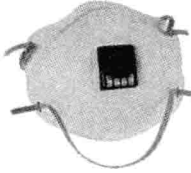
焊接和切割过程中，焊工必须戴好防护手套。手套要求耐磨、耐辐射热、不容易燃烧和绝缘性良好。最好采用牛绒面革制作手套。

(7) 工作鞋

焊接过程中,焊工必须穿绝缘工作鞋。工作鞋应该是耐热、不容易燃烧、耐磨、防滑的高腰绝缘鞋。焊工的工作鞋在使用前,需经耐电压试验 5000V 合格,在有积水的地面上焊接时,焊工的工作鞋必须是经耐电压试验 6000V 合格的防水橡胶鞋。工作鞋是粘胶底或橡胶底的,鞋底不得有鞋钉。

另外,焊工在焊接与切割过程中,当采用整体或局部通风尚不足使烟尘浓度或有毒气体降低到卫生标准以下时,必须佩戴合格的防尘口罩或防毒面具,见表 1-5。

表 1-5 防尘口罩和防毒面具

防尘口罩	隔离式		将人的呼吸道与作业环境相隔离,通过导管或压缩空气将干净的空气送到焊工的口和鼻孔处供呼吸
	过滤式		通过过滤介质将粉尘过滤干净,使焊工呼吸到干净的空气
防毒面具			防毒面具通常可以采用送风焊工头盔来代替。焊接作业中,焊工可以采用软管式呼吸器,也可以采用过滤式防毒面具

1.1.3 触电事故处理

(1) 焊工防触电措施

防触电是焊工操作安全技术的首要内容。焊工在操作时应按照

以下安全用电规程操作。

① 焊接工作前，应先检查焊机、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、焊接电缆的绝缘有无损坏等。

② 改变焊机接头、更换焊件需要改接二次回路时、转移工作地点、更换熔丝以及焊机发生故障需检修时，必须先切断电源。推拉刀开关时，必须戴绝缘手套，同时头部偏斜，以防电弧火花灼伤脸部。

③ 更换焊条时，焊工必须使用焊工手套，要求焊工手套保持干燥、绝缘可靠。对于空载电压和焊接电压较高的焊接操作和在潮湿环境操作时，焊工应用绝缘橡胶衬垫确保焊工与焊接件绝缘。特别是在夏天由于身体出汗后衣服潮湿，不得靠在焊件、工作台上，以防止触电。

④ 在金属容器内或狭小工作场地焊接金属结构时，必须采取专门的防护措施。必须采用绝缘橡胶衬垫、穿绝缘鞋、戴绝缘手套，以保障焊工身体与带电体绝缘。要有良好的通风和照明。必须采用绝缘和隔热性能良好的焊钳。须有两人轮换工作，互相照顾，或有人监护，随时注意焊工的安全动态，遇危险时立即切断电源，进行抢救。

⑤ 在光线不足的较暗环境工作时，必须使用手提工作行灯。一般环境下，使用电压不超过 36V 的照明行灯。在潮湿、金属容器等危险环境，照明行灯电压不得超过 12V。

⑥ 加强焊工的个人防护。个人防护用具包括完好的工作服、焊工用绝缘手套、绝缘鞋套及绝缘垫板等。绝缘手套不得短于 300mm，应用较柔软的皮革或帆布制作，经常保持完好和干燥。焊工在操作时不应穿带有铁钉的鞋或布鞋，因为布鞋极易受潮导电。在金属容器内操作时，焊工必须穿绝缘鞋套。焊工的工作服必须符合规定，穿着完好，一般焊条电弧焊穿帆布工作服，氩弧焊等穿毛料或皮工作服。

⑦ 焊接设备的安装、检查和修理，必须由电工来完成。设备