

建筑工人（安装）技能培训教程

电焊工

DIANHANGONG

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

建筑工人（安装）技能培训教程

电 焊 工

本书编委会 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电焊工/《电焊工》编委会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 8

建筑工人 (安装) 技能培训教程

ISBN 978-7-112-20897-5

I. ①电… II. ①电… III. ①电焊-技术培训-教材 IV. ①TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 145253 号

本书包括: 焊接准备、焊条电弧焊、埋弧焊、手工钨极氩弧焊、熔化极气体保护焊、气焊 (割)、等离子切割及碳弧气刨、常用金属材料的焊接、焊接接头质量控制、焊后检查及焊接返修等内容。

本书可供电焊工现场查阅或上岗培训使用, 也可作为现场编制施工组织设计和施工技术交底的蓝本, 为工程设计及生产技术管理人员提供帮助, 也可以作为大专院校相关专业师生的参考读物。

责任编辑: 张 磊

责任校对: 焦 乐

建筑工人 (安装) 技能培训教程

电 焊 工

本书编委会 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 5 $\frac{3}{4}$ 字数: 152 千字

2017 年 10 月第一版 2017 年 10 月第一次印刷

定价: 16.00 元

ISBN 978-7-112-20897-5

(30522)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主编：姜学成 王景文

编委：姜宇峰 齐兆武 王 彬 王继红 王立春

王景怀 张会宾 周丽丽 祝海龙 祝教纯

前 言

随着社会的发展、科技的进步、人员构成的变化、产业结构的调整以及社会分工的细化，工程建设新技术、新工艺、新材料、新设备，不断应用于实际工程中，我国先后对建筑材料、建筑结构设计、建筑施工技术、建筑施工质量验收等标准进行了全面的修订，并陆续颁布实施。

在改革开放的新阶段，国家倡导“城镇化”的进程方兴未艾，大批的新生力量不断加入工程建设领域。目前，我国建筑业从业人员多达4100万，其中有素质、有技能的操作人员比例很低，为了全面提高技术工人的职业能力，完善自身知识结构，熟练掌握新技能，适应新形势、解决新问题，2016年10月1日实施的行业标准《建筑工程安装职业技能标准》JGJ/T 306—2016对电焊工的职业技能提出了新的目标、新的要求。

熟悉和掌握电焊工的基本操作技能，成为从业人员上岗培训或自主学习的迫切需求。活跃在施工现场一线的技术工人，有干劲、有热情、缺知识、缺技能，其专业素质、岗位技能水平的高低，直接影响工程项目的质量、工期、成本、安全等各个环节，为了使电焊工能在短时间内学到并掌握所需的岗位技能，我们组织编写了本书。

限于学识和实践经验，加之时间仓促，书中如有疏漏、不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

1 焊接准备	1
1.1 焊接母材及焊接材料	1
1.1.1 焊接母材	1
1.1.2 焊接材料选用的基本原则	2
1.2 坡口制备及清理	3
1.2.1 坡口的形式	3
1.2.2 坡口的成形加工	4
1.2.3 坡口的清理	6
1.3 焊件组对和定位焊	6
1.3.1 焊口的组对	6
1.3.2 定位焊	8
1.4 引弧板、引出板和背面衬板	9
1.4.1 引弧板、引出板长度参考值	9
1.4.2 应用要求	9
1.4.3 钢衬垫的使用	11
2 焊条电弧焊	12
2.1 焊接设备检查、使用及维护	12
2.1.1 一般规定	12
2.1.2 交流电焊机（焊接变压器）的检查、使用及维护	13
2.1.3 逆变直流弧焊机的检查、使用及维护	14
2.1.4 硅整流弧焊机的检查、使用及维护	15
2.1.5 常用焊接工具	17
2.2 焊条识别及选用	19
2.2.1 焊条识别	19
2.2.2 焊条的选用	21

2.3	焊接工艺参数选择	22
2.3.1	主要焊接工艺参数	22
2.3.2	焊接工艺参数选择	23
2.4	焊接基本操作	29
2.4.1	引弧	29
2.4.2	运条操作	31
2.4.3	焊缝的起头、连接及收尾	34
2.5	不同焊接位置焊接操作	37
2.5.1	平焊操作	37
2.5.2	立焊操作	40
2.5.3	横焊操作	43
2.5.4	仰焊操作	47
3	埋弧焊	51
3.1	焊接设备、材料及其使用维护	51
3.1.1	埋弧焊机检查、使用	51
3.1.2	埋弧自动焊机的常见故障及排除	53
3.1.3	焊剂与焊丝的选配	54
3.2	焊接工艺参数选择	56
3.2.1	主要焊接工艺参数	56
3.2.2	焊接工艺参数选择	56
3.3	焊接基本操作	58
3.3.1	焊前检查	58
3.3.2	定位焊	59
3.3.3	引弧及收弧	59
3.3.4	电弧长度控制及焊丝位置调整	60
3.3.5	多层焊、盖面焊	61
4	手工钨极氩弧焊	62
4.1	焊接设备及其使用	62
4.1.1	手工钨极氩弧焊设备的组成	62
4.1.2	氩弧焊机的检查及使用	63

4.1.3	钨极氩弧焊机的常见故障及排除	63
4.2	焊接工艺参数选择	64
4.2.1	主要焊接工艺参数	65
4.2.2	焊接工艺参数的选择	65
4.3	焊接基本操作	67
4.3.1	焊前清理、钨棒修磨及定位焊	67
4.3.2	引弧、填丝、接头、运条及收弧操作	68
4.3.3	填充焊、盖面焊操作	72
4.3.4	气体保护熔池的方法	72
5	熔化极气体保护焊	74
5.1	焊接设备（材料）及其使用与维护	74
5.1.1	焊接设备（材料）选用	74
5.1.2	焊接设备检查	75
5.1.3	CO ₂ 气体保护焊机的使用和保养	75
5.1.4	CO ₂ 焊接设备的常见故障及排除	76
5.2	焊接工艺参数选择	77
5.2.1	主要工艺参数	77
5.2.2	工艺参数的选择	77
5.3	焊接基本操作	79
5.3.1	焊接方式	79
5.3.2	定位焊	80
5.3.3	引弧	81
5.3.4	焊枪的摆动方式	82
5.3.5	焊缝接头	82
5.3.6	送焊丝	84
5.3.7	收弧	84
5.4	不同焊接位置焊接操作	85
5.4.1	平焊	85
5.4.2	立焊	86
5.4.3	横焊	87

5.4.4	仰焊	89
6	气焊(割)、等离子切割及碳弧气刨	91
6.1	气焊	91
6.1.1	气焊(割)设备组成及检查	91
6.1.2	气焊焊接工艺参数	93
6.1.3	气焊的基本操作方法	95
6.1.4	各种位置的焊接操作	97
6.2	气割	100
6.2.1	气割工艺参数选择	100
6.2.2	气割基本操作	102
6.2.3	开孔与切割钢圆操作	104
6.3	等离子切割	105
6.3.1	等离子切割设备组成及要求	106
6.3.2	等离子切割机的使用及维护	107
6.3.3	等离子弧切割工艺参数选择	107
6.3.4	手工切割基本操作	111
6.4	碳弧气刨	112
6.4.1	碳弧气刨的设备组成及要求	113
6.4.2	碳弧气刨的工艺参数选择	113
6.4.3	碳弧气刨基本操作	115
6.4.4	刨坡口操作	116
7	常用金属材料的焊接	119
7.1	低碳钢、低合金钢的焊接	119
7.1.1	低碳钢板对接的横焊单面焊双面成形焊接	119
7.1.2	小直径管固定焊条电弧焊	122
7.1.3	小直径管板固定焊条电弧焊	127
7.1.4	对接管固定焊条电弧焊	127
7.1.5	大直径管全位置下向焊条电弧焊	129
7.2	不锈钢的焊接	132
7.2.1	焊接准备	132

7.2.2	不锈钢的手工钨极氩弧焊	133
7.2.3	不锈钢的焊条电弧焊	135
7.2.4	不锈复合钢板的电弧焊	136
7.3	有色金属的焊接	137
7.3.1	铝及铝镁合金的焊接工艺	137
7.3.2	铜及铜合金焊接工艺	142
7.4	异种金属材料的焊接	145
7.4.1	碳素钢与低合金钢及碳素钢与不锈钢的焊接	145
7.4.2	铸铁与钢的焊接	145
7.4.3	紫铜、黄铜与低碳钢焊接	146
7.4.4	不锈钢与铜的焊接	146
8	焊接接头质量控制	147
8.1	控制焊接变形和减小焊接应力的措施	147
8.1.1	焊接变形的基本形式	147
8.1.2	控制焊接变形的措施	148
8.1.3	减小焊接残余应力的措施和方法	152
8.2	构件焊后矫正	155
8.2.1	手工矫正	155
8.2.2	机械矫正	156
8.2.3	火焰矫正	156
9	焊后检查及焊接返修	159
9.1	焊缝外观尺寸检查	159
9.1.1	外观检查的内容	159
9.1.2	焊接检验尺的使用	159
9.2	焊缝表面缺陷的检查	166
9.2.1	常见电弧焊焊缝外部缺陷的防治措施	167
9.2.2	常见埋弧焊焊缝外部缺陷的防治措施	168
9.3	焊接返修	169
9.3.1	焊缝返修要求	169
9.3.2	返修和补焊方法	170
	参考文献	172

1 焊接准备

1.1 焊接母材及焊接材料

1.1.1 焊接母材

(1) 钢材材质必须符合设计选用标准的规定，并应具有钢材生产单位的钢材质量证明书或检验报告；其化学成分、力学性能和其他质量要求必须符合国家现行标准规定。

(2) 进口钢材必须符合设计文件规定的技术条件。首次使用的钢材应收集焊接性资料和焊接、焊接热处理以及其他热加工方法的指导性工艺技术要求，按照有关标准评定确认焊接工艺。

(3) 承压设备制造安装单位从非材料生产单位获得材料时，应同时取得材料质量证明书原件或加盖供材单位检验公章和经办人章的有效复印件。

(4) 母材上待焊接的表面和两侧应均匀、光洁，且应无毛刺、裂纹和其他对焊缝质量有不利影响的缺陷。待焊接的表面及距焊缝坡口边缘位置 30mm 范围内不得有影响正常焊接和焊缝质量的氧化皮、锈蚀、油脂、水等杂质。

(5) 焊接接头坡口的加工或缺陷的清除可采用机加工、热切割、碳弧气刨、铲凿或打磨等方法。

(6) 采用热切割方法加工的坡口表面，钢材厚度不大于 100mm 时，割纹深度不应大于 0.2mm；钢材厚度大于 100mm 时，割纹深度不应大于 0.3mm。割纹深度超过以上数值的，以及坡口表面上的缺口和凹槽，应采用机械加工或打磨清除。

(7) 母材坡口表面切割缺陷需要进行焊接修补时，应制订修

补焊接工艺，并应记录存档；调质钢及承受动荷载需经疲劳验算的结构，母材坡口表面切割缺陷的修补还应报监理工程师批准后方可进行。

(8) 钢材轧制缺欠(图 1-1)的检测和修复应符合下列要求：

1) 焊接坡口边缘上钢材的夹层缺欠长度超过 25mm 时，应采用无损检测方法检测其深度。当缺欠深度不大于 6mm 时，应用机械方法清除；当缺欠深度大于 6mm 且不超过 25mm 时，应用机械方法清除后焊接修补填满；当缺欠深度大于 25mm 时，应采用超声波测定其尺寸，如果单个缺欠面积 ($a \times d$) 或聚集缺欠的总面积不超过被切割钢材总面积 ($B \times L$) 的 4% 时为合格，否则不应使用。

2) 钢材内部的夹层，其尺寸不超过 1) 且位置离母材坡口表面距离 b 不小于 25mm 时不需要修补；距离 b 小于 25mm 时应进行焊接修补。

3) 夹层是裂纹时，裂纹长度 a 和深度 d 均不大于 50mm 时应进行焊接修补；裂纹深度 d 大于 50mm 或累计长度超过板宽的 20% 时不应使用。

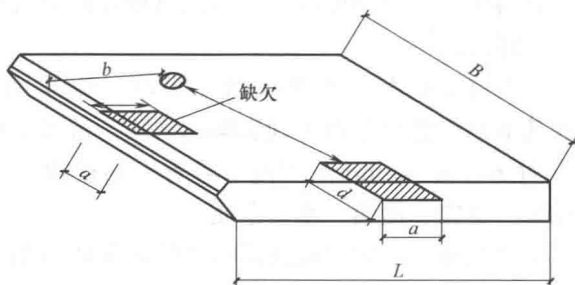


图 1-1 钢材轧制缺欠

1.1.2 焊接材料选用的基本原则

(1) 焊接材料应根据钢材的化学成分、力学性能、使用工况条件和焊接工艺评定的结果为选用的首要原则。

(2) 同种钢材焊接时焊接材料的选用应符合以下原则：

1) 焊缝金属的化学成分和力学性能应与母材相当。

2) 对焊接要求等强度的钢结构（如碳素钢、低合金钢等），所选用焊条熔敷金属的抗拉强度与被焊母材金属抗拉强度相等或相近。

3) 对焊接要求等成分或化学成分相近的焊接接头（如不锈钢、耐热钢等），应选用熔敷金属的化学成分接近母材金属的焊条。

4) 焊接工艺性能良好。

5) 焊接材料用于重要部件焊接时，应采用低氢型焊条；若存放期超过一年时，如对其质量产生怀疑，应重新做出鉴定，符合质量要求时方可使用。

(3) 异种钢材焊接时，焊接材料的选用应符合以下原则：

1) 在焊接接头不产生裂纹等缺陷的前提下，若焊缝金属的强度和塑性不能兼顾时，则选择塑性和韧性较好的焊接材料。

2) 焊缝金属性能只需符合两种母材中的一种，即可认为满足使用技术需要（一般情况下使熔敷金属力学性能及其他性能不低于母材较低一侧的指标），在某些情况下还应从焊接工艺性能方面考虑（如抗裂性等）。

3) 如果不能进行预热和焊后热处理时，可选用含镍量较高的奥氏体不锈钢焊条，以提高焊缝金属的塑性和韧性，防止冷裂纹和满足力学性能的要求。

4) 在焊接化学成分、力学性能及金相组织等都存在很大差异的异种钢时，为保证焊接质量，选用焊条时必须考虑接头的使用要求，母材对焊缝金属的稀释、碳迁移、残余应力及抗热裂纹等问题。

1.2 坡口制备及清理

1.2.1 坡口的形式

坡口的形式是根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工

并装配成一定几何形状的沟槽，焊件开坡口形式，主要是为了保证焊接接头的质量和施焊方便，使焊缝根部焊透等，同时调节母材与填充金属的比例等。

坡口的形式主要取决于焊接方法、焊接位置、焊件厚度、焊缝熔透及经济合理性等因素的要求。常用的坡口形式有 I 形、V 形、双 V 形、U 形、K 形和 X 形等。坡口尺寸及符号如图 1-2 所示。当对接接头板厚为 1~6mm 时，用 I 形坡口采用单面焊或双面并能保证焊透；当对接接头板厚大于或等于 3mm 时，为了保证焊缝的有效厚度或焊透，改善焊缝成形，可将被焊部位加工成 V 形、Y 形、双 V 形及 U 形、K 形、X 形等各种形状的坡口。

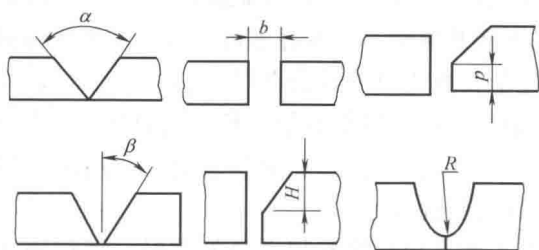


图 1-2 坡口尺寸及符号

α —坡口角度； b —根部间隙； p —钝边；
 β —坡口面角度； H —坡口深度； R —根部半径

在常用的坡口形式中，当板厚相同时，双面坡口比单面坡口、U 形坡口比 V 形坡口焊接材料消耗少、焊接变形也小。随着板厚的增大，上述优点更加突出，但是，U 形坡口较难加工，坡口的加工费用也大，所以，只用于重要的焊接构件上使用。

1.2.2 坡口的成形加工

坡口成形加工方法的选择，根据钢板厚度及焊接接头形式而定的。

焊件下料与坡口制备宜采用机械加工的方法，坡口表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。焊件的切割和坡口加工应注意以下几点。

(1) 碳钢及碳锰钢坡口加工可采用机械方法或火焰切割方法。

(2) 低温镍钢和合金钢坡口加工宜采用机械加工方法。

(3) 不锈钢坡口加工应采用机械加工或等离子切割方法。

(4) 采用等离子弧、氧乙炔焰等热加工方法加工坡口后，应除去坡口表面的氧化皮、熔渣及影响接头质量的表面层，并将凹凸不平处打磨平整。

(5) 不锈钢复合钢的切割和坡口加工宜采用机械加工法。若用热加工方法时，宜采用等离子切割方法。热加工切割和加工坡口时的熔渣不得溅落在复层表面上。

1. 剪切

不开坡口的钢板可用剪切机进行加工。此法生产率很高，加工方便，加工后的坡口能合乎焊接的要求，但不能剪切厚钢板，同时不能加工有角度的坡口。

2. 火焰切割

火焰切割能切割直线各种角度以及曲线形状的板材，此法更适用于厚钢板的切割，生产率很高。火焰切割有手工、自动和半自动3种方法。手工切割一般用于较薄或较小的板材加工，大量的切割工作则用自动和半自动切割机完成。为了提高切割效率，在半自动切割机上可装置两把或3把割炬，进行V形或X形坡口的一次切割，在自动切割机上可装置2~10把割炬切割。

3. 刨削

利用刨边机刨削，能加工任何复杂形状坡口，加工后的坡口较平直，适用于自动焊的焊件边缘加工。这种方法进行不开坡口边缘加工时，可一次刨削成叠钢板，目前大型船厂采用较普遍。

4. 碳弧气刨

碳弧气刨主要用于对接接头多层焊的正面和封底焊时气刨坡

口。此法具有效率高、劳动强度低以及适用于全位置厚板的坡口准备等优点，碳弧气刨有手工、半自动和自动 3 种方法。

1.2.3 坡口的清理

焊接前，焊件坡口的清理工作，对于电弧稳定燃烧及保证焊接质量的影响很大。若焊件坡口上有铁锈、油脂、油漆、水分以及其他污物时，应该停止焊接，并采取措施加以消除，否则会导致焊缝产生气孔、夹渣以及未焊透等缺陷。

通常采用风动钢丝刷和砂轮、尖头榔头以及气焊火焰等工具来清理。

1.3 焊件组对和定位焊

1.3.1 焊口的组对

(1) 焊件组对前及焊接前，应将坡口及内外侧表面不小于 20mm 范围内的杂质、污物、毛刺和镀锌层等清理干净，并不得有裂纹、夹层等缺陷。

(2) 应避免钢板表面的机械损伤，对于尖锐伤痕及不锈钢防腐表面的局部伤痕、刻槽等缺陷应予修磨，修磨范围的斜度至少为 1:3。修磨的深度应不大于该部位钢材厚度负偏差的 5%，且不大于 2mm，否则应予焊补。除设计规定需进行冷拉伸或冷压缩的管道外，焊件不得进行强制组对。

(3) 当焊件组对的局部间隙过大时，应修整到规定尺寸，并不得在间隙内添加填塞物。

(4) 复合钢板组对时，应以复层表面为基准，错边量不应超过钢板复层厚度的 50%，且不应大于 1.0mm。对复合板的成型件，其修磨深度不得大于复层厚度的 30%，且不得大于 1.0mm，否则应予补焊。

(5) 除设计规定需进行冷拉伸或冷压缩的管道外，焊件不得

进行强行组对。管子或管件对接焊缝组对时，内壁错边量不应超过母材厚度的 10%，且不应大于 2mm。

(6) 不等厚对接焊件组对时，薄件端面应位于厚件端面之内，当内壁错边量超过规范要求或外壁错边量大于 3mm 时，应按图 1-3 所示进行加工修整。

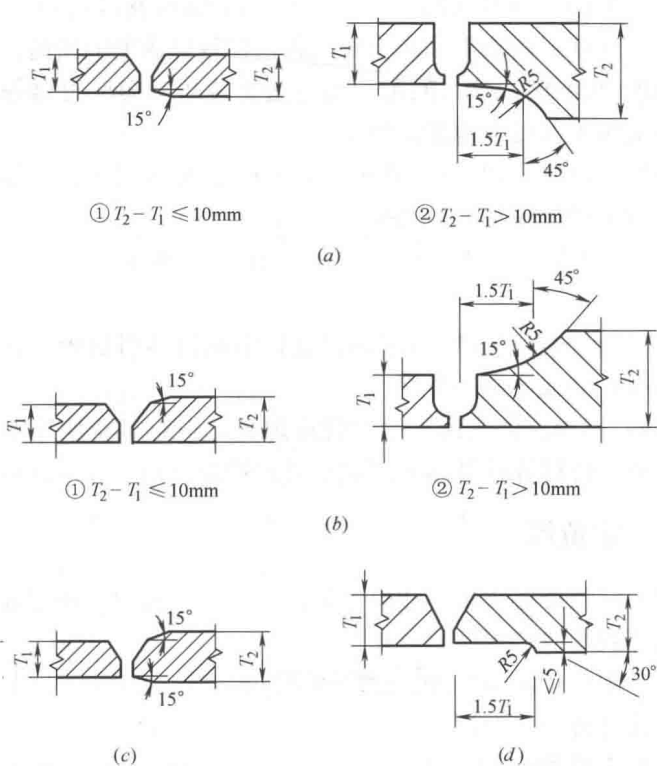


图 1-3 不等厚对接焊件坡口加工

(a) 内壁尺寸不相等；(b) 外壁尺寸不相等；

(c) 内外壁尺寸均不相等；(d) 内壁尺寸不相等的削薄

T_1 —不等厚焊件接头的薄件母材厚度；

T_2 —不等厚焊件接头的厚件母材厚度。

注：用于管件时，如受长度条件限制，图 (a) ①、图 (b)

①和图 (c) 中的 15°角可改用 30°角