

图解

TUJIE

HANGONG RUMEN  
YU TIGAO

焊工

入门与提高

钟翔山 主编



化学工业出版社

图解

TUJIE

HANGONG RUMEN  
YU TIGAO

焊工



入门与提高

钟翔山 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

图解焊工入门与提高/钟翔山主编. —北京: 化学工业出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-122-25539-6

I. ①图… II. ①钟… III. ①焊接-图解 IV. ①TG4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 258242 号

---

责任编辑: 贾 娜

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: 三河市延风印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 11 $\frac{3}{4}$  字数 340 千字

2016 年 1 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: 39.80 元

版权所有 违者必究

# 前 言

焊接是现代工业生产中主要的加工工艺之一。由于采用焊接结构具有节省金属材料、减轻结构质量、简化加工和装配工序、接头的密封性好、能承受高压、易实现机械化和自动化生产、缩短产品制造周期、提高质量和生产效率等一系列优点，因此焊工在机械、冶金、航空、造船、化工、国防等各个部门都是不可缺少的重要工种。

随着我国经济快速、健康、持续、稳定地发展和改革开放的不断深入，乡镇和个体机械加工企业逐渐发展，对焊工的需求也在增多，为满足企业对熟练焊工的迫切需要，本着加强技术工人的业务培训，满足劳动力市场的需求之目的，我们通过总结多年来的实践经验，突出操作性及实用性，精心编写了本书。

本书在介绍焊接图样的识读、常用焊接设备及工具的操作与使用等基础知识的基础上，围绕焊接加工的工作性质，分别对生产企业应用最广泛的焊条电弧焊、CO<sub>2</sub>气体保护焊、氩弧焊等焊接方法的基本操作手法、操作过程和操作技巧以及工艺步骤、常见加工缺陷的防止措施等方面进行了详细的讲解。为提高读者的操作技能和解决生产中实际问题的能力，书中较多地融入了许多成熟的实践经验，并精选了较多带有详细加工工艺和加工方法的典型实例。

本书在内容编排上，以工艺知识为基础，操作技能为主线，力求突出实用性和可操作性，在讲解焊工基本知识和基本操作技能的基础上，注重专业知识与操作技能、方法的有机融合，着眼于工作能力的培养与提高。

本书由钟翔山任主编，钟礼耀、钟翔屿、孙东红、钟静玲、陈黎娟任副主编，参加资料整理与编写的有曾冬秀、周莲英、周彬林、刘梅连、欧阳勇、周爱芳、周建华、胡程英、周四平、李拥军、李卫平、周六根、曾俊斌，参与部分文字处理工作的有钟师源、孙雨暄、

欧阳露、周宇琼。全书由钟翔山整理统稿，钟礼耀、钟翔屿、孙东红  
校审。

在本书的编写过程中，得到了同行及有关专家、高级技师的热情  
帮助、指导和鼓励，在此一并表示由衷的感谢，然而由于水平所限，  
经验不足，疏漏之处在所难免，热诚希望读者指正。

钟翔山

# 目 录

## 第 1 章 焊接加工概述

- 1.1 焊接加工技术及其特点 ..... 1
- 1.2 焊接的分类及应用 ..... 2

## 第 2 章 焊接加工基础知识

- 2.1 焊接工艺基础 ..... 5
  - 2.1.1 焊接接头及坡口 ..... 5
  - 2.1.2 焊缝种类及其标注 ..... 10
  - 2.1.3 焊接装配图的识读 ..... 16
- 2.2 金属材料的焊接性 ..... 21
  - 2.2.1 常用金属材料的分类、牌号及用途 ..... 21
  - 2.2.2 常用金属材料的焊接性 ..... 33
- 2.3 焊接方法的选择 ..... 38

## 第 3 章 焊条电弧焊的焊接

- 3.1 电弧焊的过程 ..... 41
- 3.2 电焊条 ..... 45
  - 3.2.1 电焊条的组成及作用 ..... 45
  - 3.2.2 电焊条的型号及牌号 ..... 48
  - 3.2.3 电焊条的选用及使用 ..... 64
- 3.3 焊条电弧焊设备及工具 ..... 70
  - 3.3.1 焊条电弧焊的设备 ..... 70
  - 3.3.2 焊条电弧焊的工具 ..... 72
  - 3.3.3 电弧焊机的使用及维护 ..... 73
- 3.4 电弧焊的基本操作 ..... 77

3.4.1	引弧 .....	77
3.4.2	运条 .....	79
3.4.3	起焊、接头和收弧 .....	81
3.4.4	定位焊缝的焊接 .....	85
3.5	焊接规范 .....	86
3.6	板材的焊条电弧焊操作 .....	90
3.6.1	平焊 .....	91
3.6.2	立焊 .....	96
3.6.3	横焊 .....	102
3.6.4	仰焊 .....	106
3.6.5	多层多道焊 .....	109
3.7	管料的焊条电弧焊操作 .....	113
3.7.1	管料的水平转动焊 .....	113
3.7.2	管料的垂直固定焊 .....	117
3.7.3	管料的水平固定焊 .....	120
3.8	管板的焊条电弧焊操作 .....	125
3.8.1	管板平角焊 .....	126
3.8.2	管板仰角焊 .....	129
3.8.3	管板水平固定焊 .....	133
3.9	焊条电弧焊的其他操作 .....	135
3.9.1	单面焊双面成形焊接技术 .....	135
3.9.2	向下立焊焊接技术 .....	140
3.9.3	焊条堆焊技术 .....	142
3.9.4	焊条电弧焊的补焊 .....	144
3.10	焊条电弧焊操作实例 .....	146
3.10.1	小径管对接焊条电弧焊 .....	146
3.10.2	小直径管 45° 倾斜固定单面焊双面成形 .....	148
3.10.3	薄板焊条电弧焊的操作 .....	151
3.10.4	耐热管手工电弧焊的操作 .....	153
3.11	焊条电弧焊常见缺陷及防止 .....	155
3.12	电弧焊的安全技术 .....	156

---

## 第 4 章 CO<sub>2</sub> 气体保护焊的焊接

---

4.1	CO <sub>2</sub> 气体保护焊概述 .....	158
4.1.1	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的工作原理 .....	158
4.1.2	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的特点及应用 .....	160

4.2	CO <sub>2</sub> 气体及焊丝 .....	161
4.2.1	CO <sub>2</sub> 气体 .....	161
4.2.2	焊丝 .....	162
4.3	气体保护焊设备及工具 .....	167
4.3.1	焊接电源 .....	167
4.3.2	焊枪 .....	168
4.3.3	CO <sub>2</sub> 气体保护焊机的使用及维护 .....	170
4.4	熔滴过渡形式及焊接工艺参数 .....	172
4.4.1	熔滴过渡形式的种类及特点 .....	172
4.4.2	主要焊接参数的合理选择 .....	174
4.5	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的基本操作 .....	180
4.5.1	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的基本操作步骤 .....	181
4.5.2	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的操作姿势及引弧、运弧、收弧 .....	194
4.6	板材 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的操作 .....	197
4.6.1	平焊 .....	197
4.6.2	立焊 .....	203
4.6.3	横焊 .....	205
4.6.4	仰焊 .....	206
4.7	管材 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的操作 .....	208
4.8	管板 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的操作 .....	210
4.9	CO <sub>2</sub> 保护焊的其他操作 .....	211
4.9.1	药芯焊丝的 CO <sub>2</sub> 保护焊操作 .....	211
4.9.2	CO <sub>2</sub> 电弧点焊 .....	215
4.9.3	CO <sub>2</sub> 堆焊及焊接修复 .....	217
4.10	CO <sub>2</sub> 保护焊的操作实例 .....	221
4.10.1	平板对接仰焊的 CO <sub>2</sub> 保护焊操作 .....	221
4.10.2	大管径对接垂直固定 CO <sub>2</sub> 保护焊的操作 .....	224
4.10.3	管板 CO <sub>2</sub> 保护焊的操作 .....	227
4.10.4	20 钢的 CO <sub>2</sub> 堆焊 .....	230
4.10.5	铸铁滑轮的 CO <sub>2</sub> 焊修复 .....	231
4.11	CO <sub>2</sub> 气体保护焊常见缺陷及防止 .....	232
4.12	CO <sub>2</sub> 气体保护焊的安全技术 .....	236

## 第 5 章 氩弧焊的焊接

5.1	氩弧焊的过程 .....	239
-----	--------------	-----



5.2	钨极惰性气体保护焊 (TIG 焊) 的特点及应用 .....	240
5.3	TIG 焊的焊接设备 .....	241
5.3.1	焊接电源 .....	241
5.3.2	焊枪 .....	242
5.3.3	气路、水路系统及送丝机构 .....	246
5.4	TIG 焊的基本操作步骤 .....	248
5.5	TIG 焊的焊接参数选择 .....	251
5.6	TIG 焊各种位置的操作 .....	261
5.6.1	平焊 .....	262
5.6.2	立焊 .....	267
5.6.3	横焊 .....	269
5.6.4	仰焊 .....	272
5.7	TIC 焊的操作方法 .....	274
5.7.1	板材的焊接操作 .....	275
5.7.2	管料的焊接操作 .....	277
5.7.3	管板的焊接操作 .....	280
5.8	自动钨极氩弧焊的焊接 .....	281
5.9	熔化极活性气体保护焊 (MAG 焊) 的焊接 .....	285
5.9.1	MAG 焊的特点及应用范围 .....	285
5.9.2	保护气体成分对 MAG 焊过程的影响 .....	287
5.9.3	MAG 焊的焊接设备 .....	289
5.9.4	低碳钢及低合金钢的焊接 .....	290
5.10	熔化极惰性气体保护焊 (MIG 焊) 的焊接 .....	298
5.10.1	MIG 焊的特点及应用范围 .....	298
5.10.2	MIG 焊的焊接设备 .....	299
5.10.3	MIG 焊焊接参数的选择 .....	300
5.11	氩弧焊的焊接实例 .....	302
5.11.1	管板的 TIG 焊 .....	302
5.11.2	直径 42mm 耐热管的 TIG 焊 .....	305
5.12	氩弧焊常见缺陷及防止 .....	307
5.13	氩弧焊的安全技术 .....	310

---

## 第 6 章 焊接缺陷及其质量的检查

---

6.1	焊接应力及变形的产生 .....	312
6.1.1	应力与变形的概念 .....	312

6.1.2	焊接应力与变形产生的原因及基本形态 .....	313
6.2	减少和消除焊接应力的方法 .....	314
6.3	防止或减少焊接变形的办法 .....	316
6.3.1	焊缝焊接变形的一般规律 .....	316
6.3.2	防止或减少焊接变形的工艺措施 .....	318
6.4	焊接变形的矫正 .....	324
6.5	焊缝的缺陷 .....	328
6.6	焊接接头的质量检查 .....	335
6.7	焊件的形位公差检验 .....	342

---

## 参 考 文 献

---

# 第1章

## 焊接加工概述

### 1.1 焊接加工技术及其特点

焊接是两种或两种以上同种或异种材料通过原子或分子之间的结合和扩散连接成一体的工艺过程。

促使原子或分子之间产生结合和扩散的方法是加热或加压，或同时加热又加压。两种材料原子之间不能产生结合和扩散的主要原因是材料的连接表面有氧化膜、水和油等吸附层以及原子之间尚未达到产生结合力的距离，对金属而言，该距离为 $0.3\sim 0.5\text{nm}$ 。焊接时，加压可以破坏连接表面的氧化膜，产生塑性变形以增加接触面，使原子间达到产生结合力和扩散的条件；加热的目的是使接触面的氧化膜破坏，降低塑性变形阻力，增加原子振动能，促使再结晶、扩散、化学反应等过程，一般只需加热达到塑性状态或熔化状态。对于金属材料，加热温度越高，实现焊接所需的压力就越小，当达到熔化温度时，可以不加压。

焊接加工属于不可拆卸连接，是现代工业生产中主要的加工工艺之一，在生产应用中十分广泛。采用焊接结构具有节省金属材料、减轻结构质量、简化加工和装配工序、接头的密封性好、能承受高压、易实现机械化和自动化生产，缩短产品制造周期、提高质量和生产效率等一系列优点。

焊接也有不足之处，焊接由于局部和加热不均匀容易引起变形和产生内应力，焊后有时要作矫正处理，对重要构件还要进行焊后热处理，以消除内应力。通过热处理或加工硬化形成的金属内部有利组织

性能，在焊接后受到破坏，焊接热影响区塑性下降，硬度增大，从而容易导致裂纹产生。另外，某些焊接方法会产生强光或有害气体和烟尘，必须采取相应的劳保措施，以保护工人的身体健康，这些不足之处需要在焊接生产中特别注意并采取一定的工艺措施和防护措施。

## 1.2 焊接的分类及应用

焊接生产是现代工业生产中主要的加工工艺之一，生产中应用的焊接方法很多，并且不同的焊接方法其应用范围也有所不同。

### (1) 焊接的分类

金属焊接按基本工艺过程的特点可归纳为三大类。

① 熔焊 这一类焊接方法的共同特点是，利用局部加热的方法，将焊件的接合处加热到熔化状态，互相融合，冷凝后彼此结合在一起。常见的电弧焊、气焊就属于这一类。

② 压焊 这一类焊接方法的共同特点是，在焊接时不论对焊接加热与否，都施加一定的压力，使两个接合面紧密接触，促进原子间产生结合作用，以获得两个焊件的牢固连接。电阻焊、摩擦焊就属于这一类。

③ 钎焊 它与熔焊有相似之处，也可获得牢固的连接，但两者之间有本质的区别。这种方法是利用比焊件熔点低的钎料和焊件一同加热，使钎料熔化，而焊件本身不熔化，利用液态钎料湿润焊件，填充接头间隙，并与焊件相互扩散，实现与固态被焊金

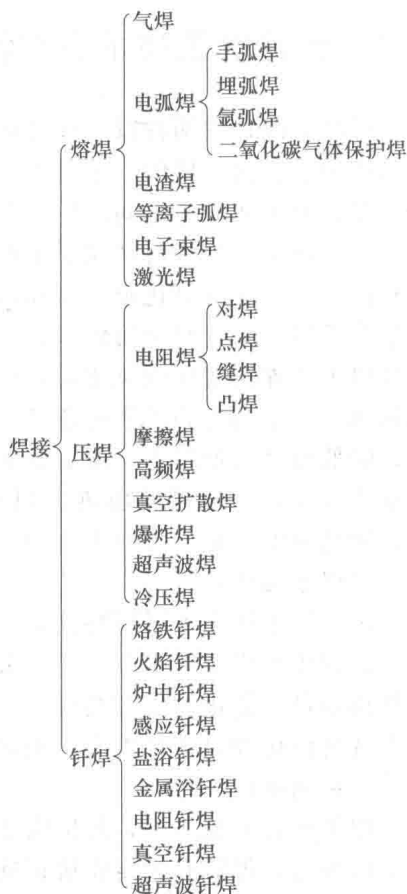


图 1-1 焊接方法分类

属的结合, 冷凝后彼此连接起来的, 如锡焊、铜焊等。

图 1-1 给出了常用焊接加工的分类。

## (2) 各种焊接方法的基本原理及应用

上述各种焊接方法的基本原理及应用见表 1-1。

表 1-1 各种焊接方法基本原理及应用

焊接方法	基本原理	应用
气焊	利用氧-乙炔或其他气体火焰加热焊件、熔化焊料及焊件表面部分而达到焊接目的。火焰温度约 3000℃	适宜于焊接较薄工件, 铜、有色金属、铸铁、硬质合金及热塑性塑料, 连接强度不如电弧焊
电渣焊	利用电流通过熔渣产生的电阻热来熔化母材和填充金属进行焊接。它的加热范围大, 对厚的焊件能一次焊成, 温度达 600~700℃	焊接大型和很厚的零部件 ( $t > 50\text{mm}$ 的各种钢材), 也可进行电渣熔炼
手工电弧焊	利用电弧作为热源熔化焊条和母材而形成焊缝的一种焊接方法	应用范围广, 适于焊短小焊缝及全位置焊缝
埋弧焊	电弧在焊剂层下燃烧, 利用颗粒状焊剂作为金属熔池的覆盖层。焊剂靠近熔池处熔融并形成气包将空气隔绝使不侵入熔池, 焊丝自动送入焊接区, 焊缝质量好, 成形美观	适用于长焊缝焊接, 焊接电流大, 生产率高
等离子焊	利用气体在电弧内电离后, 再经过热收缩效应和磁收缩效应而产生的一束高温热源来进行熔焊。等离子体能量密度大、温度高	可用于焊接不锈钢、高强度合金钢、耐热合金钢以及钛、铜及钛合金等, 并可焊接高熔点及高导热性金属
气体保护电弧焊 (亦称气电焊)	利用气体保护焊接区的电弧焊, 气体作为金属熔池的保护层将空气隔绝。采用的气体有惰性气体、还原性气体和氧化性气体	用于自动或手工焊接铝、钛、铜等有色金属及其合金; 氧化性气体保护焊用于普通碳素钢及低合金钢材料的焊接
真空电子束焊	利用电子枪发射的高能电子束在真空中轰击焊件, 使电子的动能变为热能, 以达到熔焊的目的	主要用于尖端技术方面的活泼金属、高熔点金属和高纯度金属的焊接
非真空电子束焊	利用电子枪发射高能电子束, 此电子束具有足够的能量密度, 能在大气中轰击焊件, 以达到熔化金属、形成焊缝的目的	适于焊接不锈钢等材料, 也有焊接结构钢的可能
铝热焊	铝粉及氧化铁粉按一定比例配制成的铝热焊剂, 经点燃后形成铝热钢, 将铝热钢注入预先设置的型腔内, 使接头端部熔化达到焊接目的	主要用于钢轨连接或修理
激光焊	利用聚焦的激光光束对工件接缝进行加热熔化的焊接方法	适用于铝、铜、银、不锈钢、钨、钼等金属的焊接

续表

焊接方法	基本原理	应用
电阻焊	利用电流通过焊件产生的电阻热、加压进行焊接的方法,可分点焊、缝焊、对焊。点焊和缝焊是把焊件加热到局部熔化状态同时加压。对焊时焊件加热到塑性状态或表面熔化状态,同时加压	可焊接薄板、板料、棒料。电阻焊中的闪光对焊用于重要工件的焊接,可焊异种金属(铝-钢、铝-铜),尺寸小到 $\phi 0.01\text{mm}$ 、大到 $\phi 20000\text{mm}$ 的棒材,如刀具、钢筋、钢轨
摩擦焊	利用焊件之间摩擦产生的热量将接触区域加热到塑性状态,然后加压形成接头	用于焊接导热性好、易氧化的金属,如有色金属及其合金、异种金属;钢材、热塑性塑料也可
冷压焊	不加热,只靠强大的压力,使工件产生很大程度的塑性变形,工件接触面上金属产生流动,破坏了氧化膜,并在强大压力作用下,借助于扩散和再结晶过程使金属焊在一起	主要用于导线焊接
超声波焊	利用声极向焊件传递,由超声波振动产生的机械能并施加压力,从而实现焊接的方法	点焊和缝焊有色金属及其合金薄板、热塑性塑料
锻焊	焊件在炉内加热后,用锤锻使焊件在固相状态结合的方法	焊接板材为主
扩散焊	在一定的时间、温度或压力的作用下,两种材料在相互接触的界面上发生扩散和连接的方法	能焊弥散强化高温合金、纤维强化复合材料、非金属材料、难熔和活性金属材料
爆炸焊	以炸药爆炸为动力,借高速倾斜碰撞,使两异种(或同种)金属材料在高压下焊成一体的方法	制造复合板材
钎焊	采用比母材熔点低的材料作填充金属,利用加热使填充金属熔化,母材不熔化,借液态填充金属与母材之间的毛细现象和扩散作用实现焊件连接的方法	一般用于焊接薄的、尺寸较小的工件,如导线,蜂窝夹层、硬质合金刀具。可焊各种金属

# 第2章

## 焊接加工基础知识

### 2.1 焊接工艺基础

焊接是一种不可拆卸连接形式，生产中焊工接触的多为各种材料所组成零部件的连接或组装，因此，在焊接操作时，焊工需具备基本的焊接工艺知识。首先应具有识读焊接装配图的能力；其次，根据所焊材料的焊接性能，具有针对性的实际操作技能。

#### 2.1.1 焊接接头及坡口

焊接接头是指由两个或两个以上零件要用焊接组合或已经焊合的接点。它由焊缝、熔化区和热影响区三部分组成。认识焊接的接头及坡口是焊接识图及焊接操作的基础。

##### (1) 焊接接头的形式

一个焊接结构总是由若干个焊接接头所组成。焊接接头的类型有许多种。其中基本类型主要是对接接头、角接接头、T形接头、搭接接头、卷边接头。

① 对接接头 两件表面构成大于等于  $135^\circ$ ，小于等于  $180^\circ$  夹角的接头称为对接接头。它是各种焊接结构中采用最多的一种接头形式。

按焊件厚度和坡口形式的不同，对接接头的坡口形式可分为 I 形、V 形、双 V 形、U 形、双 U 形、双单边 V 形、Y 形、单边 V 形、J 形、双 J 形及其组合和带垫板的坡口形式。

钢板厚度在 6mm 以下，除重要结构外，一般不开坡口（或 I 形

坡口)。开坡口的对接接头，用于钢板较厚而需要全焊透的焊件。带垫板的 V 形坡口常用于要求全焊透而焊缝背面又无法焊接的焊件，如小直径管道的对接焊缝。对于一些重要的焊件，由于易形成夹渣，故不宜使用带垫板的接头。对于不同厚度钢板对接焊的重要受力接头，如果两板厚度差 ( $\delta - \delta_1$ ) 不超过表 2-1 规定时，接头坡口的基本形式与尺寸按较厚板的尺寸数据来选取。

表 2-1 板厚与厚度差的关系

单位: mm

较薄板厚度 $\delta_1$	$\geq 2 \sim 5$	$> 5 \sim 9$	$> 9 \sim 12$	$> 12$
允许厚度差 ( $\delta - \delta_1$ )	1	2	3	4

如果两板厚度差 ( $\delta - \delta_1$ ) 超过表 2-1 的规定，应在厚板上作单面或双面削薄，如图 2-1 所示。其削薄长度为  $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

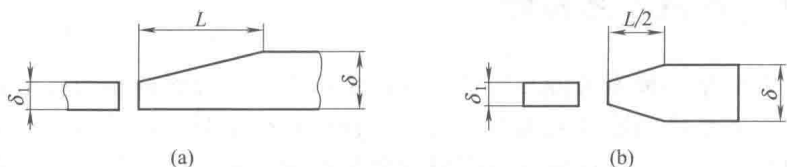


图 2-1 不同厚度钢板对接接头设计

焊缝各部分名称见图 2-2。

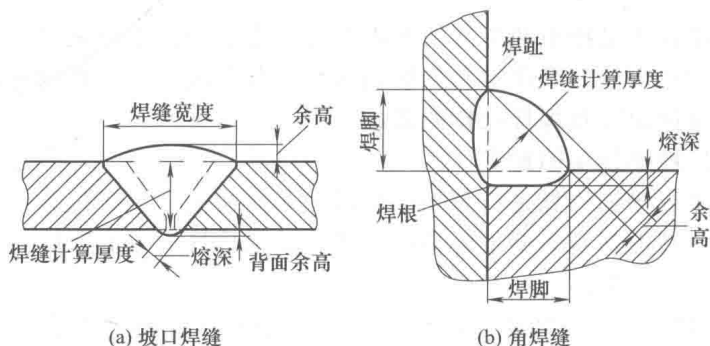


图 2-2 焊缝各部分名称

② 角接头 两件端部构成大于  $30^\circ$ 、小于  $135^\circ$  夹角的接头称为角接头。这种接头受力状况不太好，常用于不重要的结构中。根据焊件厚度不同，其坡口形式可分为 I 形（不开坡口）、错边 I 形、带钝边 J 形、带钝边双单边 V 形（K 形）及 V 形等。



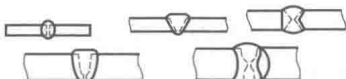


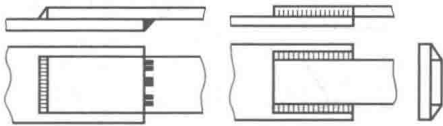

③ T形接头 一件之端面与另一件表面构成直角或近似直角的接头称为T形接头。根据垂直板厚度的不同,其坡口形式可分为I形(不开坡口)、K形(带钝边双单边V形)坡口等。

④ 搭接接头 两件部分重叠构成的接头称为搭接接头。根据结构形式和对强度的要求不同,可分为不开坡口、圆孔内塞焊以及长孔内角焊三种形式。不开坡口的搭接接头一般用于厚度12mm以下的钢板,其重叠部分 $\geq 2(\delta_1 + \delta_2)$ ,双面焊接,这种接头强度较差,用于不重要的结构中。当重叠部分面积较大时,可根据板厚及强度要求,分别选用不同大小和数量的圆孔内塞焊及长孔内角焊的接头形式。

⑤ 卷边接头 待焊件端部预先卷边,焊后卷边只部分熔化的接头称卷边接头。这种接头主要用于薄板和有色金属的焊接。为防止焊接时焊件烧穿,卷边后可以增加连接头的厚度。

熔焊接头中焊缝类型可见表2-2。

表2-2 熔焊接头中焊缝类型

焊缝类型		图 形
坡口焊缝	对接接头	
	T形接头	
	角接头	
角焊缝	搭接接头	
	T形接头	
	角接头	