



焊工上岗 技能图解

HANGONG SHANGANG JINENG TUJIE

焊条电弧焊

王新洪 宋思利 韩芳 等编著

注重技能实践 突出上岗就业



化学工业出版社

014035123



TG444
41

焊条电弧焊

王新洪 宋思利 韩芳 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1714649

TG444
41

014032173

本书是“焊工上岗技能图解”丛书之一。

本书从焊工上岗的技能要求出发,采用新标准、新规范,内容丰富,简明扼要,条理清晰,通俗易懂,注重实用性,通过介绍常用的焊接操作技术和典型工程结构产品的焊条(手工)电弧焊实例,引导读者理解与掌握焊接技术基本理论与实用操作技术。内容主要包括焊条电弧焊基础知识、焊接材料、焊接设备、焊接操作技术、常用钢材的焊接、手工电弧堆焊、焊接质量检验和焊接安全与卫生技术等。

本书既可作为焊工入门自学读物,也可作为焊工手工电弧焊技术培训教材,亦可供从事焊接工作的技术人员以及相关专业科研院所、大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊条电弧焊/王新洪,宋思利,韩芳等编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 2
(焊工上岗技能图解)
ISBN 978-7-122-19445-9

I. ①焊… II. ①王…②宋…③韩… III. ①焊条-
电弧焊-图解 IV. ①TG444-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 003875 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

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: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 278 千字

2014 年 4 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: 39.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD



随焊接技术是制造业的关键支撑技术之一,焊接技术工人是制造业的重要技术力量。随着我国经济的迅速发展,对焊接技术工人的需求不断增大,迫切需要一大批新的有生力量充实到焊工队伍中来。为满足焊接技术工人岗位技术培训,提高焊工的理论水平和实际操作技能的需要,化学工业出版社组织具有丰富理论知识和实践经验的有关专家编写了《焊工上岗技能图解》丛书,该套丛书包括《焊条电弧焊》、《钨极氩弧焊》、《熔化极气体保护焊》、《埋弧焊》、《钎焊》、《切割》6本。本书为《焊条电弧焊》分册。

本书由浅入深地介绍了焊条电弧焊基础知识,焊接材料、焊接设备、焊接操作技术、常用钢材的焊接、手工电弧堆焊、焊接质量检验和焊接安全与卫生技术等知识。具有以下主要特点。

① 内容丰富。基本上涵盖了焊条电弧焊的各方面,能满足焊工与焊接相关的工程技术人员了解焊条电弧焊知识的需要。书中分析了常用金属材料焊条电弧焊的工艺特点,并给出了具体的焊接工艺参数、相关技术数据及一些有针对性的典型工程结构产品的实例,通过实例,提高焊工对焊条电弧焊接技术基本理论与操作技术的理解。

② 实用性。强调技术的实践性,注重解决生产实际问题。在表达方式上以实用为主,简明扼要,条理清晰,焊工容易理解和掌握。

③ 新颖性。书中既介绍常用的、基本的焊条电弧焊知识,

同时又介绍新工艺、新的焊接材料及新型结构材料的焊条电弧焊接技术。

本书由山东大学王新洪教授、宋思利高级工程师和潍坊学院韩芳讲师等编著。参加本书编写的还有中国科学院海洋研究所朱庆军副研究员和山东大学赵冠林工程师。具体分工为：第1章（王新洪），第2章（赵冠林），第3章（宋思利），第4章（王新洪），第5章（王新洪、韩芳、朱庆军），第6章（王新洪），第7章（宋思利），第8章（韩芳）。全书由王新洪、宋思利统稿，山东大学曲仕尧教授审校。

在本书的编写过程中，得到了山东省现代焊接工程技术中心焊接技术培训部张宗周高级工程师、山东大学陈茂爱教授的关心与帮助，他们提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。此外，向关心本书出版的焊接界同行及所援引文献的作者表示诚挚的谢意。

本书通俗易懂，既可作为焊工自学读物，也可作为焊工手工电弧焊技术培训教材，亦可供从事焊接工作的技术人员以及相关专业科研院所、大专院校师生参考。限于编写人员水平，不足之处难免，恳请广大读者和专家提出宝贵意见。

编著者



目 录

CONTENTS

第 1 章	焊条电弧焊基础知识	1
1.1	概述	1
1.1.1	焊接方法	1
1.1.2	焊条电弧焊特点	1
1.2	焊条电弧焊焊接接头	2
1.2.1	接头组成	2
1.2.2	接头基本特点	3
1.2.3	接头基本形式	4
1.2.4	焊接位置	9
1.3	焊缝符号和焊缝坡口形式	11
1.3.1	焊缝符号及焊接方法代号	11
1.3.2	坡口形式及坡口准备	19
1.4	焊条电弧焊常用工具与辅具	21
1.4.1	焊钳	22
1.4.2	焊接电缆接头	23
1.4.3	焊接电缆	24
1.4.4	面罩与护目玻璃	25
1.4.5	焊条烘干保温设备	27
1.4.6	焊缝检测尺	28
1.4.7	防护服	29
1.4.8	焊工手套、工作鞋及护脚	29
1.4.9	其他辅具	30
第 2 章	焊条	31
2.1	焊条的组成和分类	31
2.1.1	焊条的组成	31

2.1.2	对焊条的基本要求	34
2.1.3	焊条分类	34
2.2	常用焊条的牌号和型号	36
2.2.1	焊条牌号	36
2.2.2	焊条型号	41
2.3	焊条的选用	48
2.3.1	焊条的选用要点	48
2.3.2	常用国产焊条的特点和用途	50
2.4	焊条的使用和管理	54
2.4.1	焊条的使用	54
2.4.2	焊条的管理	56

第 3 章 焊条电弧焊设备 59

3.1	电焊机的基本知识	59
3.1.1	电焊机的类型	59
3.1.2	电焊机型号的编制方法	59
3.1.3	电焊机的主要参数	61
3.2	焊条电弧焊焊机的选用原则	62
3.3	常用焊条电弧焊焊机	63
3.3.1	特点和适用范围	63
3.3.2	交流弧焊机	65
3.3.3	直流弧焊机	72
3.3.4	逆变式弧焊机	76
3.4	手工电焊机的使用与维修	78
3.4.1	电焊机的使用和维护	78
3.4.2	电焊机常见故障的排除	80

第 4 章 焊条电弧焊技术 84

4.1	焊前准备	84
4.2	焊条电弧焊工艺参数	85
4.2.1	电源种类和极性的选择	85
4.2.2	焊条直径	85
4.2.3	焊接电流	86

4.2.4	电弧电压	88
4.2.5	焊接速度	89
4.2.6	焊缝层数	89
4.3	焊条电弧焊操作技术	90
4.3.1	引弧	90
4.3.2	运条	91
4.3.3	收弧	95
4.3.4	焊缝的接头方法	96
4.3.5	定位焊缝的焊接	99
4.4	各种位置焊条电弧焊操作技术	101
4.4.1	平焊	101
4.4.2	立焊	107
4.4.3	横焊	111
4.4.4	仰焊	113
4.5	典型焊条电弧焊操作技术举例	115
4.5.1	单面焊双面成形操作技术	115
4.5.2	平板对接焊接技术	123
4.5.3	平板 T 形接头焊接技术	131
4.5.4	管子焊接技术举例	134
4.5.5	管板的焊接技术	146
4.6	薄板对接焊操作技术	157
4.7	焊后处理	158
4.7.1	后热处理	158
4.7.2	焊后热处理	158
4.7.3	焊接变形的矫正	159

第 5 章	常用钢材的焊条电弧焊	164
5.1	碳素钢的焊接	164
5.1.1	碳素钢的焊接特点及工艺措施	164
5.1.2	低碳钢的焊接	165
5.1.3	中碳钢的焊接	171
5.1.4	高碳钢的焊接	174
5.1.5	碳素钢焊接实例	175

5.2	低合金钢的焊接	178
5.2.1	低合金钢的分类、性能及用途	178
5.2.2	热轧及正火钢的焊接	180
5.2.3	低碳调质钢的焊接	187
5.2.4	中碳调质钢的焊接	192
5.2.5	常用低合金钢的焊后热处理	195
5.2.6	低合金钢焊接实例	196
5.3	耐热钢的焊接	199
5.3.1	耐热钢的分类及用途	199
5.3.2	珠光体耐热钢的焊接	200
5.3.3	马氏体耐热钢的焊接	206
5.3.4	铁素体耐热钢焊接	209
5.3.5	奥氏体耐热钢的焊接	210
5.3.6	耐热钢的焊接实例	213
5.4	不锈钢的焊接	218
5.4.1	不锈钢的分类与用途	218
5.4.2	奥氏体不锈钢的焊接	219
5.4.3	铁素体不锈钢的焊接	230
5.4.4	马氏体不锈钢的焊接	235
5.4.5	不锈钢的焊接实例	242
5.5	异种钢的焊接	245
5.5.1	异种钢焊接特点	245
5.5.2	碳素钢与低合金钢焊接	247
5.5.3	珠光体耐热钢与低合金钢的焊接	249
5.5.4	珠光体钢与马氏体钢的焊接	250
5.5.5	珠光体钢与奥氏体钢的焊接	252
5.5.6	奥氏体钢与铁素体钢的焊接	259
5.5.7	异种钢焊接实例	262
第 6 章	焊条电弧堆焊技术	265
6.1	焊条电弧堆焊用焊条	265
6.1.1	堆焊用焊条	265
6.1.2	堆焊用焊条的选用	271

6.2	焊条电弧堆焊工艺	277
6.2.1	堆焊工艺	277
6.2.2	堆焊质量的控制	278
6.3	焊条电弧堆焊的应用	279
第7章	焊接缺陷与焊接质量检验	284
7.1	常见缺陷产生原因及危害	284
7.1.1	外部缺陷	284
7.1.2	内部缺陷	288
7.2	焊接质量检验	297
7.2.1	焊接质量检验三个阶段	297
7.2.2	焊接质量检验方法	299
第8章	焊条电弧焊的安全与防护	314
8.1	概述	314
8.2	焊条电弧焊安全防护技术	314
8.2.1	防止触电的安全防护技术	314
8.2.2	防止弧光伤害与灼伤的安全措施	319
8.2.3	高空(登高)作业安全措施	320
8.2.4	焊接作业的防火防爆安全措施	321
8.2.5	化工、燃料容器、管道及其他闭塞性场所焊接作业的 安全措施	322
8.3	焊条电弧焊卫生防护措施	325
8.3.1	焊条电弧焊有害物质	325
8.3.2	焊条电弧焊卫生防护措施	327
	参考文献	329

第 1 章

Chapter 01

焊条电弧焊基础知识

1.1 概述

1.1.1 焊接方法

焊接是用加热或加压，或加热又加压的方法，在使用或不使用填充金属的情况下，使两块金属连接在一起，形成不可拆卸永久接头的一种加工工艺方法。依据其形成特点可将焊接方法分为熔化焊、压力焊和钎焊三大类。

熔化焊是采用热源进行局部加热使连接处的金属加热到熔化状态，但不施加压力，通过添加（或不添加）填充金属而使两构件连接的方法。它是最基本的焊接工艺方法，如气焊、焊条电弧焊（手工电弧焊）、埋弧焊、氩弧焊、 CO_2 气体保护焊、等离子弧焊、电渣焊、电子束焊、激光焊等，在焊接生产中占主导地位。

1.1.2 焊条电弧焊特点

焊条电弧焊，通称手工电弧焊，是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法。具有以下特点。

(1) 优点

① 适应性强，使用面广 适用于碳钢、低合金钢、不锈钢、耐热钢、铜、铝及其合金、镍及其合金等金属材料的焊接。

② 方便灵活，可达性强 焊条电弧焊适用于焊接结构复杂的产品；适用于在结构上具有很短的或不规则的，或具有各种空间位置及其他不易实现机械化或自动化焊接的焊缝；也适用于焊接单件或小批

量的产品；除极薄构件（如1mm以下）外，焊条电弧焊几乎可适合一切壁厚的金属材料的焊接；在安装或修理部门因焊接位置不定，焊接工作量相对较小，也宜采用焊条电弧焊；待焊接头装配要求较低。

③ 设备投资少，维护方便 与其他熔焊方法相比，焊条电弧焊设备简单，价格相对便宜，并且轻便，很少需要辅助设备（如气路、水路系统、送丝机构、轨道及夹持系统等）。

④ 不需要辅助气体防护 焊条不但能提供填充金属，而且在焊接过程中能够产生保护熔池和熔滴的保护气体，且具有较强的抗风能力。

⑤ 可达到满意的焊接质量 与氧乙炔焊相比，有电弧温度高、焊速快、热影响区范围小、接头组织状态和力学性能较优等优点。与埋弧焊相比，具有焊接热输入小，接头力学性能，尤其是塑性有所改善的优点。与气体保护焊相比，受气流干扰的影响较小。

（2）缺点

① 对焊工操作技术要求高 焊条电弧焊的焊接质量，除靠选用合适的焊条、焊接工艺参数和焊接设备外，主要靠焊工的操作技术和经验保证，焊接质量在一定程度上决定于焊工操作技术。

② 生产效率低和劳动条件差 主要靠焊工手工操作，并且焊接工艺参数选择范围小，而且要经常更换焊条，并残留下一截焊条头而未被充分利用，焊后需清渣等，生产效率低。焊工的劳动强度大，且焊工始终处于高温烘烤和有毒的烟尘环境中，劳动条件差。

③ 不适于特殊金属和薄板的焊接 对于活泼金属（如钛、锆等）和难熔金属（如钼、钽等），由于保护作用不足难以防止这些金属的氧化，焊接质量达不到要求。对于低熔点金属，如铅、锡、锌及其合金等，由于电弧的温度高，焊接质量也很差。对于壁厚小于1mm的工件，焊接时易烧穿，因此焊条电弧焊也不适合。

1.2 焊条电弧焊焊接接头

1.2.1 接头组成

焊条电弧焊接头包括焊缝、熔合区和热影响区，如图1-1所示。

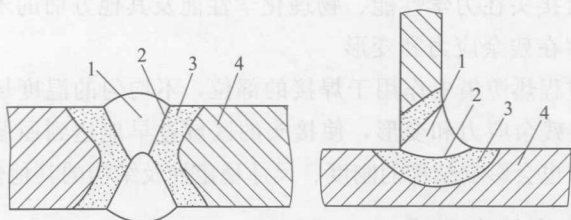


图 1-1 焊条电弧焊过程示意图

1—焊缝；2—熔合区；3—热影响区；4—母材

① 焊缝 焊缝起着连接金属和传力的作用，它的性能决定于成分和组织。按焊缝结合形式可分为对接焊缝、角焊缝、塞焊缝、槽焊缝和端接焊缝。

② 熔合区 熔合区是接头中焊缝与焊接热影响区过渡的区域。该区很窄，低碳钢和低合金钢的熔合区为 $0.1 \sim 0.5\text{mm}$ ，但却是接头中最薄弱地带，许多焊接接头破坏常因该处的某些缺陷引起。

③ 热影响区 热影响区的宽度与焊接方法和焊接热输入大小有关。它的组织与性能变化与材料的成分、焊前的热处理状态及焊接热循环等因素有关。焊后热影响区有可能产生脆化、硬化和软化等，不利于接头力学性能。

1.2.2 接头基本特点

(1) 几何不连续

当接头位于结构几何形状和尺寸发生变化的部位，该接头就是一个几何不连续体，工作时传递着复杂的应力。即使是对接头，只要有余高存在，在焊趾处也会出现不同程度的应力集中。制造过程中发生的错边、焊接缺陷、角变形等，都将加剧应力集中，使接头工作应力分布更加复杂。

(2) 性能不均匀

焊缝金属与母材在化学成分上常存在差异，经受不同的焊接热循环后，必然造成焊接接头各区域的金属组织存在着不同程度的差异，

导致了焊接接头在力学性能、物理化学性能及其他方面的不均匀性。

(3) 存在残余应力和变形

焊接过程热源集中作用于焊接的部位,不均匀的温度场下产生了较高的焊接残余应力和变形,使接头的区域过早地达到屈服点和强度极限,同时也会影响结构的刚度、尺寸稳定性及结构的其他使用性能。

1.2.3 接头基本形式

焊条电弧焊常见的接头形式有对接、搭接、角接和 T 形接头,如图 1-2 所示。

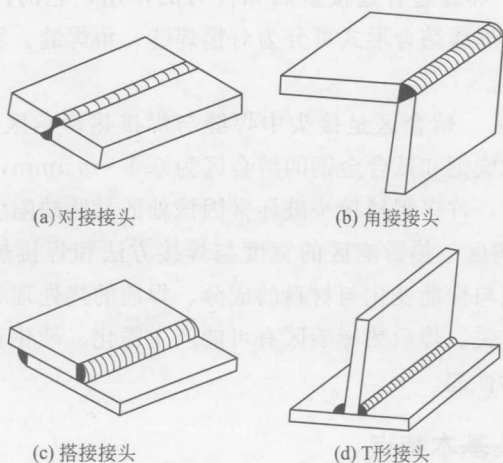


图 1-2 焊接接头的基本形式

此外,还有一些其他类型的接头形式,如十字接头、端部接头、卷边接头、套管接头、斜对接接头和锁底对接接头等。

(1) 对接接头

两焊件端面相对平行的接头称为对接接头。它是焊接结构中采用最多的一种接头形式,也是一种比较理想的接头形式。与搭接接头相比,具有受力简单均匀、节省金属等优点,但对接对接头对下料尺寸和组装要求比较严格。根据焊件的厚度和坡口准备等条件,对接接头可分为不开坡口和开坡口的对接接头两种。

① 不开坡口的对接接头 当钢板厚度在 6mm 以下时,一般可不开坡口,只留有 1~2mm 的焊缝间隙,如图 1-3 所示。但对于较重要的结构,当钢板厚度大于 3mm 时就要求开坡口。

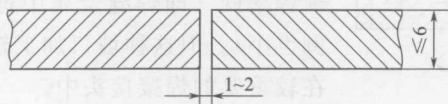


图 1-3 不开坡口的对接接头

② 开坡口的对接接头 开坡口不仅保证了电弧能伸到接头根部,使接头根部焊透以及便于清渣,获得良好的焊缝成形,而且坡口能调节焊缝金属中母材和填充金属比例。坡口根部间隙具有保证接头根部焊透的作用,而坡口钝边具有防止烧穿的作用,但钝边的尺寸应保证第一层能焊透。

a. V 形坡口对接接头。钢板厚度为 7~40mm 时,一般采用 V 形坡口。V 形坡口具有容易加工,但焊后角变形大的特点。V 形坡口的形式有:带钝边 V 形坡口、不带钝边 V 形坡口、单边钝边 V 形坡口、单边 V 形坡口四种,如图 1-4 所示。

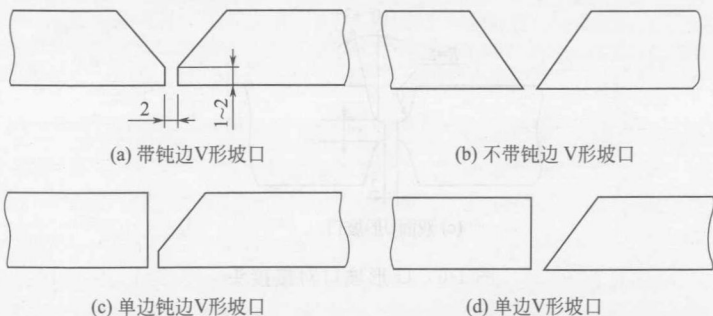


图 1-4 开 V 形坡口的对接接头

b. X 形坡口对接接头。X 形坡口也称双面 V 形坡口,当钢板厚度为 12~16mm 时,可采用 X 形坡口,如图 1-5 所示。

X 形坡口与 V 形坡口相比,在钢板厚度相同时,能减少约 1/2 焊着金属量,焊后变形和产生内应力也较小。这种坡口多用于大厚度

及要求控制焊接变形量的结构中。

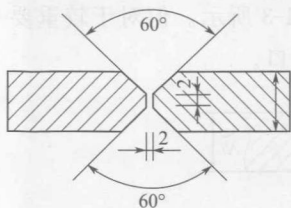


图 1-5 X 形坡口对接接头

c. U 形坡口对接接头。U 形坡口的特点是焊着金属量最小，焊件产生变形小，稀释率低（即焊缝金属中母材金属占的比例也小）。但这种坡口加工较难，一般应用在较重要的焊接接头中。

U 形坡口形式有：单面 U 形坡口、单边 U 形坡口和双面 U 形坡口三种，如图 1-6 所示。当钢板厚度为 20~60mm 时，可采用单面 U 形坡口 [图 1-6 (a)]。当钢板厚度为 40~60mm 时，可采用双面 U 形坡口 [图 1-6 (c)]。

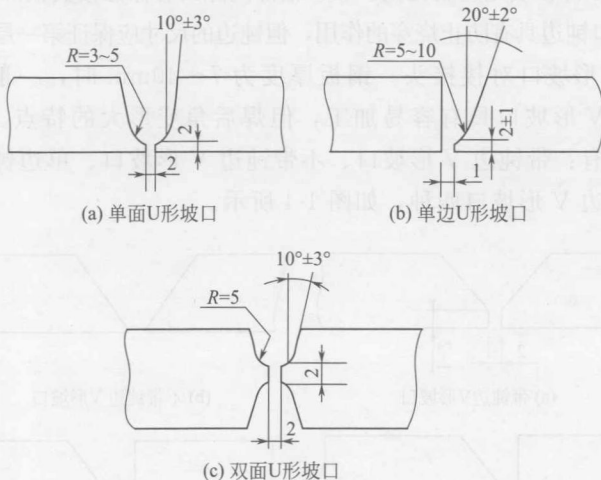


图 1-6 U 形坡口对接接头

(2) 角接头

两焊件端面构成大于 30° ，小于 135° 夹角的接头，称为角接头。角接接头的承载能力差，一般用于不重要的焊接结构中。角接接头形式如图 1-7 所示。

(3) T 形接头

两焊件端面与平面构成直角或近似直角的接头，称为 T 形接头。

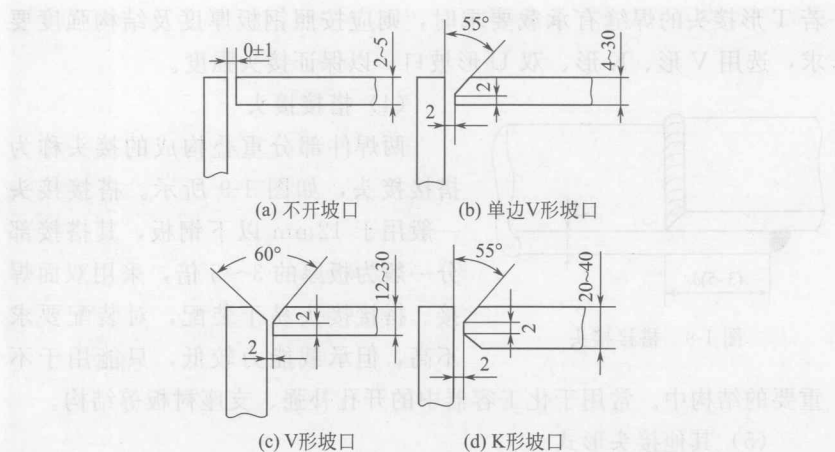


图 1-7 角接头形式

T 形接头形式如图 1-8 所示。

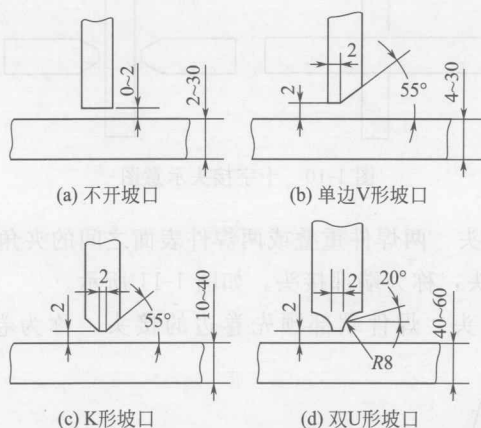


图 1-8 T 形接头形式

T 形接头在钢结构件中应用广泛，通常作为一种联系焊缝，其承载能力较差，但能承受各种方向的力和力矩，在焊接结构中应用较多。按照焊件厚度可分为不开坡口、单边 V 形、K 形以及双 U 形四种形式。

T 形接头作为联系焊缝时，钢板厚度在 2~30mm 可不开坡口。