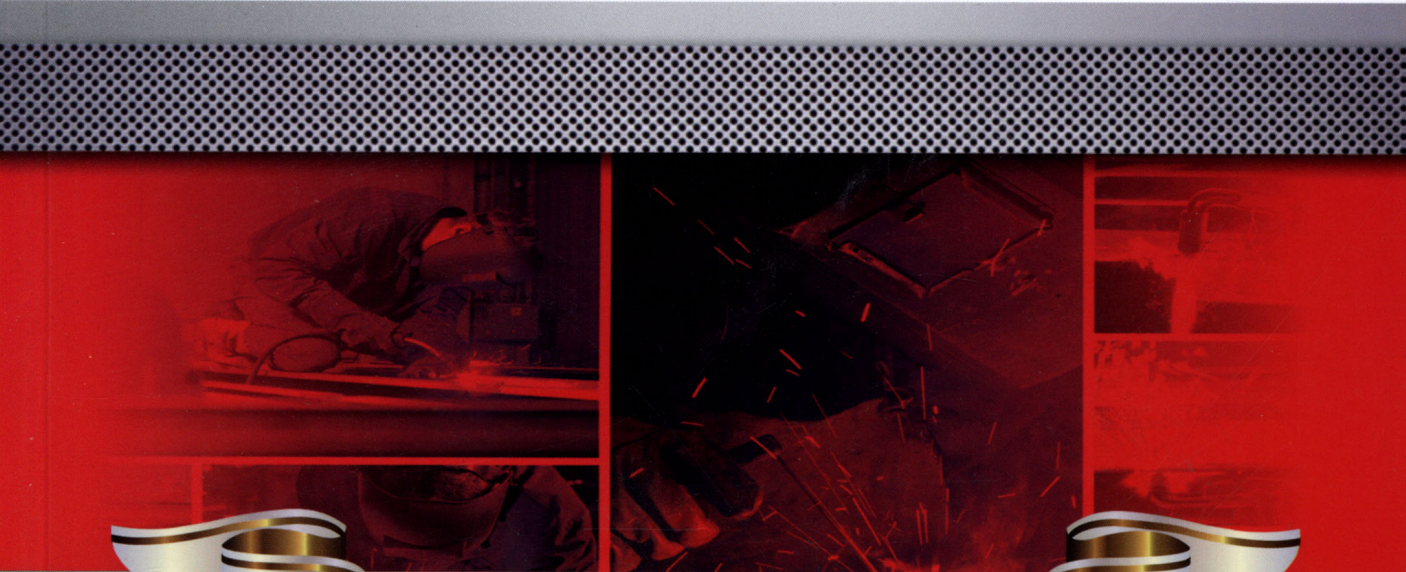


焊接与切割安全 操作技术

董长富 孙艳艳 主编



特种作业人员考试培训教材

✓ 帮您轻松考取证书

✓ 实现安全上岗操作

✓ 达到一流焊接技术



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

焊接与切割安全

操作技术

主编 董长富 孙艳艳

参编 梁衍立 郑杰 宋成磊



机械工业出版社

本书依据国家安全生产监督管理总局制定的《特种作业人员培训大纲》进行编写,介绍了焊接作业人员必须掌握的安全与技术知识,既有基本理论部分又有操作技能部分。具体内容包括焊接与切割基础知识、安全用电、防火防爆、职业危害与防护,危险化学品的安全使用,以及各种焊接方法的安全操作技术,同时,还附有焊工考试参考题库、答案及评分标准,以便于读者自学、自测。

本书非常适合职业技术学院、社会和企业培训班的焊接专业学生作为培训教材使用同时也是焊工自学的好教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊接与切割安全操作技术/董长富,孙艳艳主编. —北京:机械工业出版社,2015.6

ISBN 978-7-111-50221-0

I. ①焊… II. ①董…②孙… III. ①焊接-安全技术②切割-安全技术
IV. ①TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第100536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:吕德齐 责任编辑:吕德齐

版式设计:赵颖喆 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2015年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.5印张·404千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50221-0

定价:45.00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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

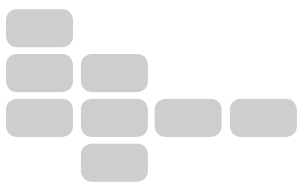
机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com



前 言

金属焊接与切割作业属于特种作业，容易发生重大火灾及恶性伤亡事故，从而对操作者本人、他人及周边设施、设备安全造成重大危害。为适应技术人员岗位培训和提高操作技能水平，满足安全生产的需要，本书介绍了焊接特种作业人员必须掌握的安全与技术知识，包括基本理论部分和实际操作技能部分。

本书依据国家安全生产监督管理局制定的《特种作业人员培训大纲》进行编写，在编写中注重焊接专业的新知识、新技术、新设备和新材料等方面的应用。

全书内容阐述简练，配有实物图解和图表，融科学性、实用性和系统性于一体。

本书以企业对人才需求为导向，以企业技能发展为原则，坚持以实用为主，理论联系实际，重点突出，是特种作业人员上岗前，为取得《中华人民共和国特种作业操作证》而进行安全技术培训的教材，也是在该工种岗位上不断巩固、提高安全操作技能的常备书，同时还可作为焊工职业技能培训辅导和焊接专业技术人员取得《中华人民共和国职业资格证书》的学习教材，也可供职业技术学院相关专业学员学习。

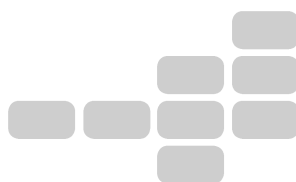
书中附有焊工考试参考题库，供焊接与切割作业人员用作复习参考资料。

本书在编写的过程中引用和参考了大量的出版物和培训资料，并得到了相关专家、学者的大力支持，在此一并向有关人员表示衷心的感谢。

本书由董长富、孙艳艳主编，梁衍立、郑杰、宋成磊参加编写，于湫审稿。由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者提出宝贵意见和建议，以便于我们不断修订完善。

编 者

目 录



前言

第一章 基础知识	1
第一节 焊接与切割作业概述	1
第二节 焊接与切割基础	4
第三节 金属的性能及热处理基础知识	18
第二章 危险化学品的安全使用	22
第一节 危险化学品的分类和特性	22
第二节 焊接作业中接触的化工燃料容器及管道的焊补安全技术	24
第三节 常用酸、碱和有机溶剂的化学性质及安全使用	25
第三章 焊接与切割作业防火防爆	28
第一节 焊接与切割作业防火防爆基础知识	28
第二节 火灾、爆炸事故原因及预防措施	30
第三节 焊接与切割作业中发生火灾爆炸事故的应急处理措施	33
第四章 焊接与切割作业安全用电	35
第一节 焊接与切割作业用电基础知识	35
第二节 触电事故原因及防触电措施	40
第三节 触电急救	43
第五章 焊接与切割作业职业危害与预防	47
第一节 金属烟尘和有毒气体的危害	47
第二节 焊接烟尘和有毒气体的防护措施	49
第三节 电弧光辐射的危害和防护	50
第四节 噪声的危害及防护	52
第五节 放射性物质的危害及防护	52
第六节 高频电磁场的危害及防护	53
第七节 焊接急性中毒的原因及防护	54
第八节 焊接灼烫和机械伤害的预防措施	55
第九节 焊补化工设备的中毒原因及预防措施	55

第六章 特殊焊接与切割作业安全	57
第一节 化工燃料容器及管道的焊补安全技术	57
第二节 登高焊接与切割作业安全	59
第三节 水下焊接与切割作业安全	61
第七章 焊条电弧焊、碳弧气刨与电弧切割	64
第一节 焊条电弧焊、碳弧气刨与电弧切割的原理、应用范围及安全特点	64
第二节 焊条电弧焊与碳弧气刨设备及其安全使用	67
第三节 常见焊条型号编制方法及碳棒的用途	70
第四节 焊条电弧焊参数选用和操作技术	72
第五节 碳弧气刨参数选用和操作技术	78
第六节 作业事故原因及预防	80
第八章 气焊与气割	82
第一节 气焊与气割工作原理、应用范围及安全特点	82
第二节 焊接与切割用气瓶安全	86
第三节 气焊与气割常用工具安全	90
第四节 气焊与气割工艺参数选择及操作工艺	94
第五节 气焊与气割操作中事故发生原因及预防	100
第九章 气体保护焊	101
第一节 气体保护焊原理、应用范围及作业安全	101
第二节 气体保护焊设备	104
第三节 钨极氩弧焊特点及安全操作	107
第四节 熔化极惰性气体保护焊	112
第五节 熔化极活性气体保护焊	116
第六节 气体保护焊的危害和预防	122
第十章 埋弧焊	124
第一节 埋弧焊工作原理、应用范围及工艺特点	124
第二节 埋弧焊设备和操作工艺	126
第三节 埋弧焊作业事故原因及预防	134
第十一章 等离子弧焊接与切割	136
第一节 等离子弧的产生、焊接原理和应用范围	136
第二节 等离子弧焊设备	140
第三节 等离子弧切割	141
第四节 等离子弧焊接与切割作业事故原因及预防	144

第十二章 特种焊接	147
第一节 电子束焊	147
第二节 激光焊	152
第三节 电渣焊	156
第四节 摩擦焊	161
第五节 气压焊	164
第六节 超声波焊	165
第七节 爆炸焊	168
第十三章 电阻焊	171
第一节 电阻焊工作原理、应用范围和分类	171
第二节 电阻焊设备和操作工艺	174
第三节 电阻焊的事故原因及预防	180
第十四章 钎焊与扩散焊	182
第一节 钎焊作业原理和应用范围	182
第二节 钎焊作业的几种方法	184
第三节 钎焊材料	190
第四节 钎焊操作技术	191
第五节 钎焊的事故原因及预防	197
第六节 扩散焊	198
附录	201
附录 A 培训内容及学时分配表	201
附录 B 焊工技能操作考试题库及评分标准	202
附录 C 焊工理论考试题库及答案	214
参考文献	255

第一章

基础知识

本章培训目标：

- (1) 掌握焊接与切割基础知识。
- (2) 熟悉金属的热处理基础知识。

焊件比铆接件、铸件和锻件重量轻，对于交通运输工具来说可以减轻自重，节约能量。焊接的密封性好，适于制造各类容器。发展联合加工工艺，使焊接与锻造、铸造相结合，可以制成大型、经济合理的铸焊结构和锻焊结构。

第一节 焊接与切割作业概述

(1) 焊接：将同种或异种的被焊工件，通过加热、加压或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件间达到原子间的结合而形成永久性连接的工艺过程。

(2) 切割：指将物体断开的动作。例如，利用高温火焰或电弧使金属结构局部熔化并吹除液态金属，从而使该结构断开。

金属结构的连接通常分两种形式，一种是可拆卸连接，即在拆卸时不损坏被连接件的本体，就可以将其分开，如螺栓连接、铆钉连接等；另一种是永久性连接，即在拆卸时必须损坏被连接件本体后，才可以将其分开。焊接就是后一种形式的连接方法。

一、焊接方法分类和工艺特点

焊接与切割的方法有几十乃至上百种，各种方法有不同的工艺特点和工艺要求。为了保证焊接与切割作业人员在作业时能够选用最合适的方法，了解不同焊接与切割的方法的作业特点及工艺要求，按照焊接过程中金属所处的状态及加工工艺的不同，焊接主要可分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

1. 熔焊

熔焊是在焊接过程中采用局部加热方法将工件接口处加热至熔化状态，在无外加压力情况下完成焊接的方法。

熔焊时，热源将待焊工件接口处迅速加热熔化形成熔池。熔池随热源向前移动，冷却后形成连续焊缝而将工件连接成为一体。目前使用最广泛的熔焊焊接工艺是电弧焊。

2. 压焊

压焊是在外加压力的条件下，采用加温或不加温的方法使两工件在固态下实现原子间结合而完成焊接的方法，所以压焊又称固态焊接。

各种压焊方法的共同特点是在焊接过程中施加压力而不需要外加填充材料，冷压焊等都没有熔化过程，因而没有产生熔焊那样的有益合金元素烧损和有害元素侵入焊缝等现象，简化了焊接过程，也改善了焊接安全卫生条件。同时由于加热温度比熔焊低、加热时间短，因而热影响区小。许多难以用熔焊焊接的材料，可以用压焊焊接成与母材同等强度的优质接头。

目前使用最多的压焊焊接工艺是电阻焊。

3. 钎焊

钎焊是采用比工件熔点低的金属材料做钎料，将工件和钎料加热到高于钎料熔点、低于工件熔点的温度，利用液态钎料润湿工件，填充接口间隙并与工件实现原子间的相互扩散，从而实现焊接的方法。目前使用较多的钎焊焊接工艺是火焰钎焊。

常见的焊接方法分类见表 1-1。

表 1-1 常见焊接方法的分类

焊接方法分类	熔焊	电弧焊	熔化极电弧焊：焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、药芯焊丝电弧焊、螺柱焊
			非熔化极电弧焊：钨极氩弧焊、等离子弧焊、原子氢焊
			铝热焊、电渣焊、塑料焊、电子束焊、激光焊
			气焊：氧乙炔焊、氧氢焊接、氧丙烷（或 C ₃ 、C ₄ 类混合气）焊接
	压焊		电阻焊：点焊、缝焊、凸焊、对焊（电阻对焊、闪光对焊、钢筋气压焊）
			超声波焊、冷压焊、爆炸焊、扩散焊、高频焊
			摩擦焊：径向摩擦焊、搅拌摩擦焊、轨道摩擦焊
	钎焊		烙铁钎焊、感应钎焊、激光钎焊、电弧钎焊、电阻钎焊、波峰钎焊、陶瓷钎焊
			浸渍钎焊（盐浴钎焊、金属浴钎焊）、红外钎焊
			火焰钎焊：钢钎焊、铜钎焊、银钎焊
		炉中钎焊：真空炉中钎焊、惰性气体炉中钎焊、空气炉中钎焊	

二、切割方法分类及工艺特点

按照金属切割过程中加热方法的不同，目前大致可以把切割方法分为热切割和冷切割，热切割又可分为火焰切割、电弧切割、激光切割三类。本书中不介绍冷切割，后续所提到的“切割”仅指热切割。

1. 火焰切割

火焰切割是应用比较早的金属热切割方式，利用氧化铁燃烧过程中产生的高温来切割碳钢类金属，其切割金属厚度从 1mm 到 1.2m 不等。按加热气源的不同火焰切割可分为氧乙炔火焰切割、氧石油气切割、氧氢切割、氧熔剂切割和氧矛切割五种。

(1) 氧乙炔焰切割是利用氧乙炔预热火焰将金属加热到能在纯氧气流中剧烈燃烧, 并与氧气化合生成熔渣和放出大量热量的原理, 而进行的金属加工工艺。

(2) 液化石油气切割的原理与气割相同, 不同的是液化石油气的燃烧特性与乙炔气不同, 所使用的割炬也有所不同: 其扩大了低压氧喷嘴孔径及燃料混合气喷嘴口断面, 还扩大了吸管圆柱部分的孔径。

(3) 氢氧源切割利用水电解氢氧发生器, 用直流电将水电解成氢气和氧气, 并使其气体达到恰好完全燃烧(温度可达 2800 ~ 3000℃) 的比例, 用其火焰加热金属, 之后, 外加纯氧气流使金属在氧气中燃烧, 从而完成切割的方法。

(4) 氧熔剂切割不是单独的切割方法, 而是在切割氧流中加入纯铁粉或其他熔剂, 利用其燃烧热和废渣作用实现气割, 从而提高生产率。

(5) 氧矛切割是利用在钢管中通入氧气流对钢件进行切割的方法。切割开始时, 将切割处用火焰预热到燃点, 然后将钢管一端贴靠在该部位, 并在钢管中通入氧气流, 使钢管及钢件燃烧实现切割。

2. 电弧切割

电弧切割是利用电弧热能熔化切割处的金属, 实现切割的方法。电弧温度高, 能量集中, 能切割的材料种类广泛。几乎所有的金属材料都可以用电弧切割。电弧切割按生成电弧的不同可分为等离子弧切割、碳弧气刨和刨割条切割三种。

(1) 等离子弧切割是一种常用的金属和非金属材料切割的工艺方法。其利用高速、高温和高能的等离子气流来加热和熔化被切割材料, 将被切割金属熔化并随即吹除, 形成狭窄的切口而完成切割。

(2) 碳弧气刨是利用碳极电弧的高温, 把金属的局部加热到熔化状态, 同时用压缩空气的气流把熔化金属吹掉, 实现对金属进行切割的一种加工方法。

(3) 刨割条的外形与普通焊条相同, 是利用药皮在电弧高温下产生的喷射气流, 吹除熔化金属, 达到刨割的目的。工作时只需交流或直流弧焊机, 不用空气压缩机。

3. 激光切割

激光切割是现代工业生产中比较先进的金属加工方法。其利用经聚焦的高功率密度激光束照射工件, 使被照射的材料迅速熔化、汽化、烧蚀或达到燃点, 同时借助与光束同轴的高速气流吹除熔融物质, 从而实现将工件割开。激光切割按工艺方法不同可分为: 激光汽化切割、激光熔化切割和激光氧气切割等。

(1) 激光汽化切割利用高能量密度的激光束加热工件, 使温度迅速上升, 在非常短的时间内达到材料的沸点, 材料开始汽化, 形成蒸气。这些蒸气的喷出速度很大, 蒸气喷出的同时, 在材料上形成切口。材料的汽化热一般很大, 所以激光汽化切割时需要很大的功率和功率密度。

激光汽化切割多用于极薄金属材料和非金属材料(如纸、布、塑料和橡胶等)的切割。

(2) 激光熔化切割是用激光加热使金属材料熔化, 然后通过与光束同轴的喷嘴喷吹非氧化性气体(Ar、He、N 等), 依靠气体的强大压力使液态金属排出, 形成切口。激光熔化切割不需要使金属完全汽化, 所需能量只有汽化切割的 1/10。

激光熔化切割主要用于一些不易氧化的材料或活性金属的切割, 如不锈钢、钛、铝及其合金等。

(3) 激光氧气切割原理类似于氧乙炔切割，是用激光作为预热热源，用氧气等活性气体作为切割气体，喷吹出的气体一方面与切割金属作用，发生氧化反应，放出大量的氧化热；另一方面把熔融的氧化物和熔化物从反应区吹出，在金属中形成切口。由于切割过程中的氧化反应产生了大量的热，所以激光氧气切割所需要的能量只是熔化切割的 1/2，而切割速度远远大于激光汽化切割和熔化切割。激光氧气切割主要用于碳钢、钛钢以及热处理钢等易氧化的金属材料。

第二节 焊接与切割基础

一、焊接接头的种类及接头形式

焊接接头是指用焊接方法连接的接头，是焊接结构中最基本的要素。根据接头的构造形式的不同，焊接接头可以分为对接接头、锁底对接接头等十种，如图 1-1 所示。而在众多焊接接头中以对接接头、T 形接头、搭接接头、角接头四种接头使用最为广泛。

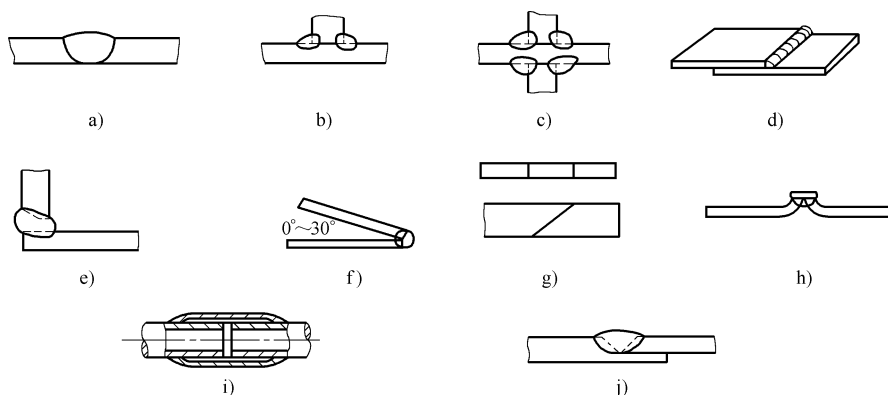


图 1-1 焊接接头的形式

- a) 对接接头 b) T 形接头 c) 十字接头 d) 搭接接头 e) 角接头
f) 端接头 g) 斜对接接头 h) 卷边接头 i) 套管接头 j) 锁底对接接头

1. 对接接头

两焊件表面构成大于或等于 135° 、小于或等于 180° 夹角的接头称为对接接头，如图 1-2 所示。因为对接接头的受力状况好、应力集中小，所以在各种焊接结构中是采用最多的一种接头形式。对接焊缝中钢板厚度在 6mm 以下，除重要结构外，一般不开坡口；钢板厚度超过 6mm 时，根据要求不同采用不同坡口。当厚度不同的钢板对接而形成两板厚度差 $(\delta - \delta_1)$ 时，应在厚板上做出如图 1-3 所示的单面或双面削薄，其削薄长度 $\geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

2. T 形接头

一焊件的端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头。因为 T 形接头能承受各种方向的力和力矩，所以是一种用途仅次于对接接头的接头形式。

3. 搭接接头

两焊件部分重叠构成的接头。搭接接头因应力分布不均匀、疲劳强度低，所以不是理想

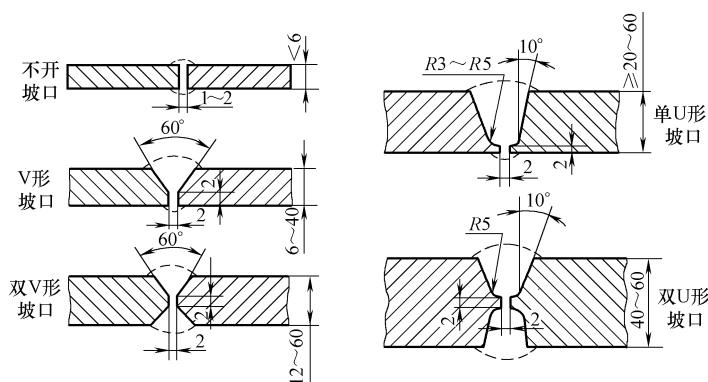


图 1-2 对接接头

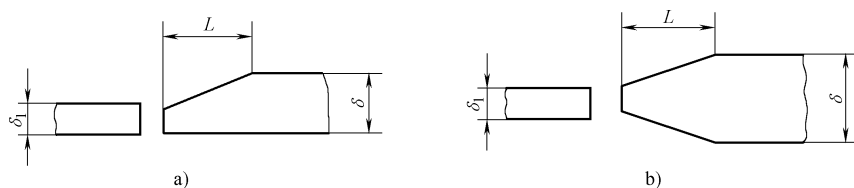


图 1-3 不同厚度板材的对接

a) 单面削薄 b) 双面削薄

的接头，不宜用于承受动载荷。但因为搭接接头焊前准备及装配工作简单，在焊接结构中应用也比较多。

搭接接头根据其结构形式和对强度的要求，分为不开坡口、圆孔内塞焊和长孔内角焊三种形式，如图 1-4 所示。

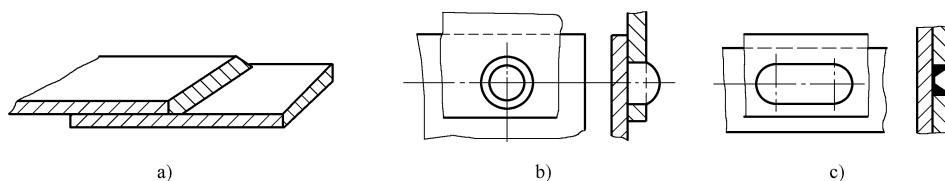


图 1-4 搭接接头

a) 不开坡口 b) 圆孔内塞焊 c) 长孔内角焊

4. 角接头

两焊件端面间构成大于 30° 、小于 135° 夹角的接头，如图 1-5 所示。这种接头受力状况不太好，常用于不重要的焊接结构中。

二、焊接坡口的基本形式与尺寸

焊接坡口：根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工成一定几何形状的沟槽。各种几何形状的焊接坡口如图 1-6 所示。

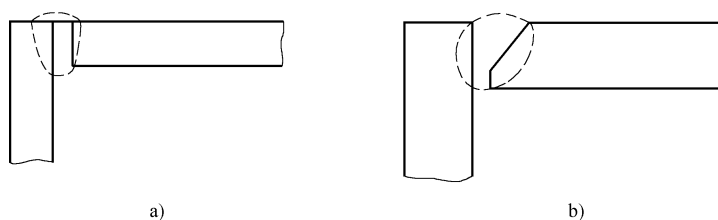


图 1-5 角接头

a) I形坡口 b) 带钝边单边V形坡口

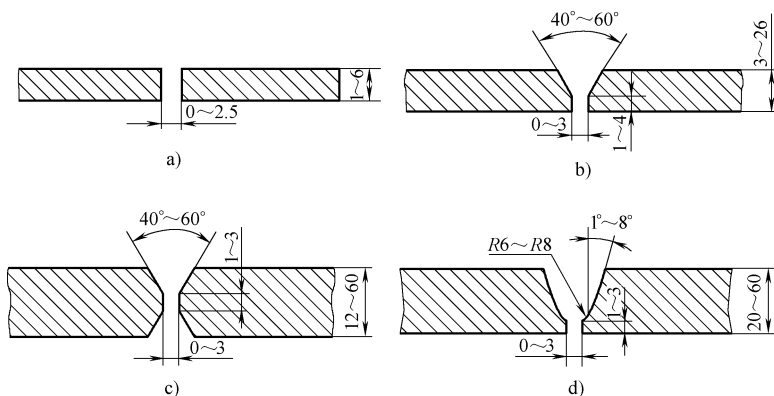


图 1-6 各种几何形状的焊接坡口

a) I形坡口 b) Y形坡口 c) 双Y形坡口 d) U形坡口

1. 坡口的作用

坡口的作用是使焊接电弧能深入到接头根部，保证焊缝根部焊透；便于清除焊渣，获得好的焊缝成形，并且能调节基本金属和填充金属的比例。

2. 坡口的选用

坡口的选用一般应遵循以下原则：

- (1) 保证工件焊透，并且便于焊接操作。
- (2) 提高生产率和节省焊接材料。
- (3) 减少焊接应力与焊接变形。

3. 坡口的几何尺寸

(1) 坡口面：待焊件上的坡口表面称为坡口面。

(2) 坡口面角度和坡口角度：待加工坡口的端面与坡口面之间的夹角称为坡口面角度，两坡口面之间的夹角称为坡口角度，如图 1-7 所示。

(3) 根部间隙：焊前在接头根部之间预留的空隙叫根部间隙，如图 1-7 所示。其作用在于打底焊时能保证根部焊透。根部间隙又称装配间隙。

(4) 钝边：焊件开坡口时，沿焊件接头坡口根部的端面直边部分叫钝边，钝边的作用是防止根部烧穿。

(5) 根部半径：在 J 形、U 形坡口底部的圆角半径叫根部半径，其作用是增大坡口根部的空间，以便焊透根部。

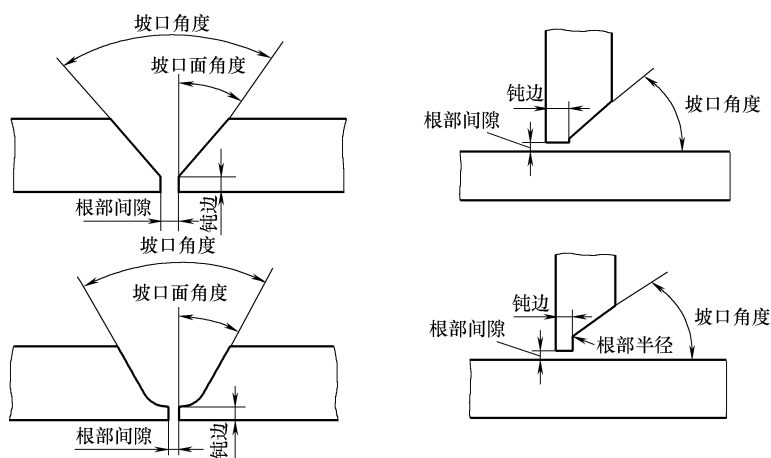


图 1-7 坡口的几何尺寸

三、焊接空间位置

熔焊时，焊件接缝所处的空间位置可用焊缝倾角和焊缝转角来表示，有平焊、立焊、横焊和仰焊位置等。

焊缝倾角：焊缝轴线与水平面之间的夹角称为焊缝倾角，如图 1-8 所示。

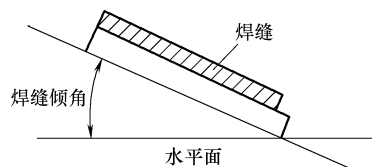


图 1-8 焊缝倾角

焊缝转角：焊缝中心线和水平参照面 y 轴的夹角，如图 1-9 所示。

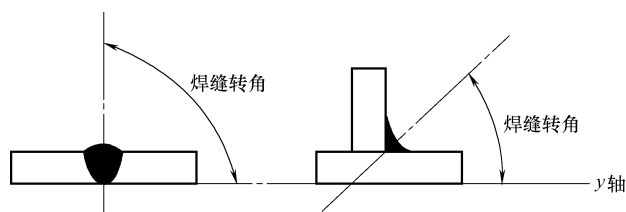


图 1-9 焊缝转角

- (1) 平焊 (1G) 位置：焊缝倾角为 0° 、焊缝转角为 90° 的焊接位置，如图 1-10a 所示。
- (2) 横焊 (2G) 位置：焊缝倾角为 0° 、 180° ，焊缝转角为 0° 、 180° 的对接位置，如图 1-10b。
- (3) 立焊 (3G) 位置：焊缝倾角为 90° (向上立焊)、 270° (向下立焊) 的焊接位置，如图 1-10c。
- (4) 仰焊 (4G) 位置：对接焊缝倾角为 0° 、 180° ，转角为 270° 的焊接位置，如图 1-10d。
- (5) 船形焊 (2F) 位置：焊缝倾角为 0° 、 180° ；转角为 45° 、 135° 的角焊位置，如图 1-10e。
- (6) 仰角焊 (4F) 位置：焊缝倾角为 0° 、 180° ；转角为 225° 、 315° 的角焊位置，如图 1-10f。

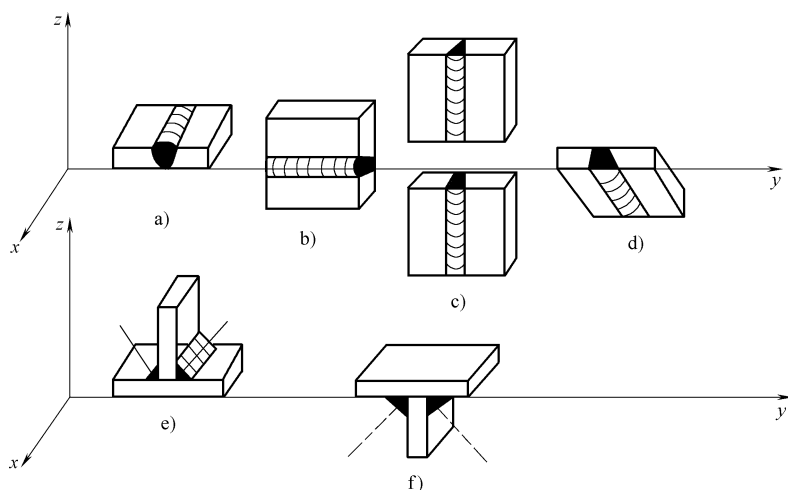


图 1-10 各种焊接位置

a) 平焊 b) 横焊 c) 立焊 d) 仰焊 e) 船形焊 f) 仰角焊

在平焊位置、横焊位置、立焊位置、仰焊位置进行的焊接分别称为平焊、横焊、立焊、仰焊。T形接头、十字形接头和角接接头处于平焊位置进行的焊接称为船形焊。在工程上常采用45°固定管的焊接，由于在管子360°的焊接中包含有仰焊、立焊、横焊、平焊所有位置，所以称全位置焊接。

四、焊缝形式及形状尺寸

1. 焊缝形式

(1) 按焊缝结合形式，分为对接焊缝、角焊缝、端接焊缝、塞焊缝和槽焊缝五种。

1) 对接焊缝：在焊件的坡口面间或一零件的坡口面与另一零件表面间焊接的焊缝。

2) 角焊缝：沿两直交或近直交零件的交线所焊接的焊缝。

3) 端接焊缝：构成端接接头所形成的焊缝。

4) 塞焊缝：两零件相叠，在其中一零件上开圆孔，并在圆孔中焊接两板所形成的焊缝。只在孔内焊角焊缝者不称塞焊。

5) 槽焊缝：两板相叠，在其中一板上开长孔，并在长孔中焊接两板的焊缝。只焊角焊缝者不称槽焊。

(2) 按施焊时焊缝在空间所处位置分为平焊缝、立焊缝、横焊缝及仰焊缝四种形式。

(3) 按焊缝断续情况分为连续焊缝和断续焊缝两种形式。

断续焊缝又分为交错式和并列式两种，如图1-11所示。焊缝尺寸除注明焊脚外，还注明断续焊缝中每一段焊缝的长度和间距，并以符号“Z”表示交错式焊缝。

2. 焊缝的形状尺寸

焊缝的形状用一系列几何尺寸来表示，不

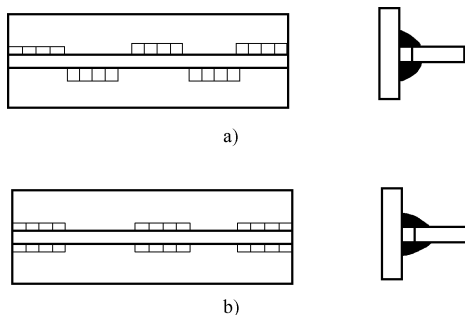


图 1-11 断续焊缝

a) 交错式 b) 并列式

同形式的焊缝，其形状参数也不一样。

(1) 焊缝宽度。焊缝表面与母材的交界处称为焊趾。焊缝表面两焊趾之间的距离称为焊缝宽度，如图 1-12 所示。

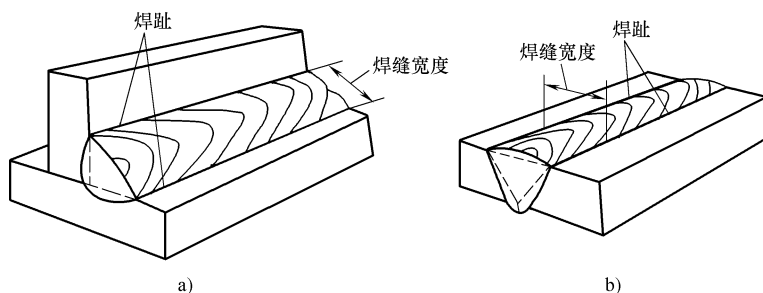


图 1-12 焊缝宽度

(2) 余高。超出母材表面焊趾连线上方的那部分焊缝金属的最大高度称为余高。在静载荷下其有一定的加强作用，所以也称加强高。但在动载荷或交变载荷下，其非但不起加强作用，反而因焊趾处应力集中易于促使脆断。所以余高不能低于母材但也不能过高。焊条电弧焊时的余高值一般为 0~3mm。

(3) 熔深。在焊接接头横断面上，母材或前道焊缝熔化的深度称为熔深，图 1-13 所示为几种不同接头的熔深。

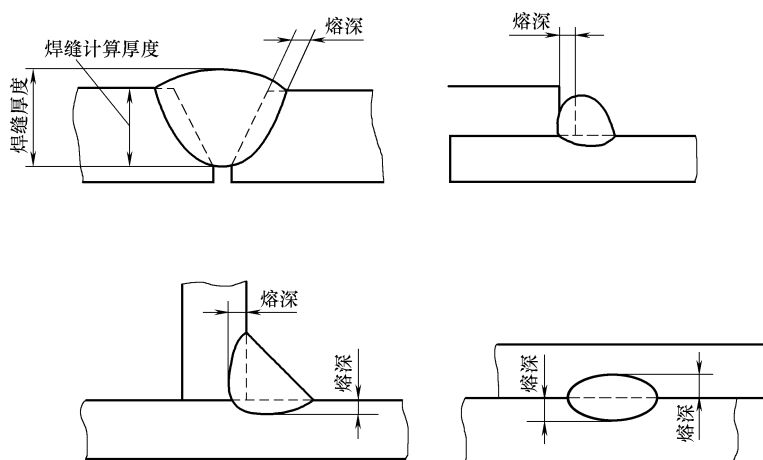


图 1-13 几种不同接头的熔深

3. 焊缝中几种相关术语

(1) 焊缝厚度。在焊缝横断面中，从焊缝正面到焊缝背面的距离称为焊缝厚度。焊缝计算厚度是设计焊缝时使用的焊缝厚度。对接焊缝焊透度等于焊件的厚度。角焊缝时在角焊缝横断面内画出的最大直角等腰三角形中，从直角的顶点到斜边的垂线长度，习惯上也称焊缝厚度，如图 1-14 所示。

(2) 焊脚。角焊缝的横断面中，从一个直角面上的焊趾到另一个直角面表面的最小距离，称为焊脚。在角焊缝的横断面中画出的最大等腰直角三角形中直角边的长度称为焊脚尺寸。

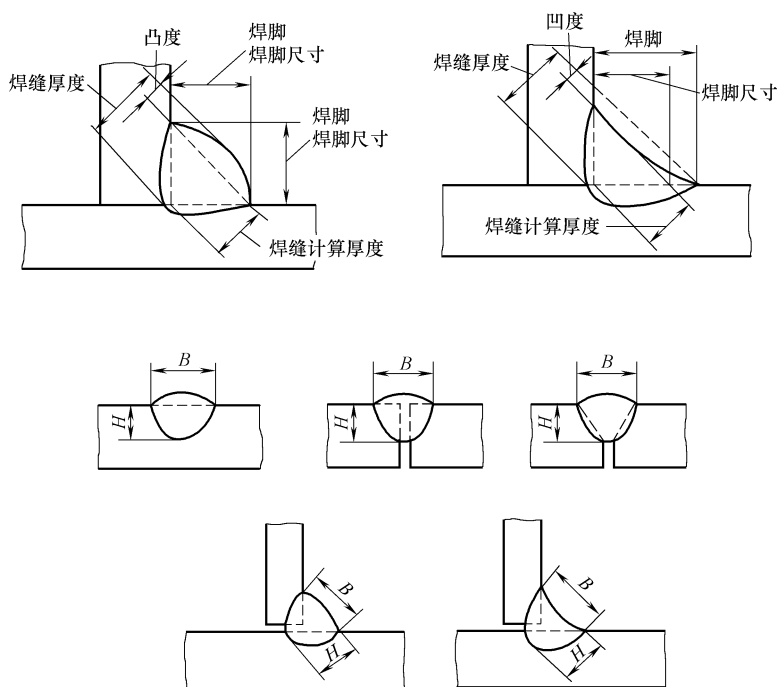


图 1-14 焊缝计算厚度和焊缝宽度

(3) 焊缝成形系数。熔焊时，在单道焊缝横断面上焊缝宽度与焊缝计算厚度的比值 (ϕ)，称为焊缝成形系数，如图 1-14 所示。该系数小，则表示焊缝窄而深，这样的焊缝中容易产生气孔和裂纹，所以焊缝成形系数应该保持一定的数值。例如埋弧焊的焊缝成形系数一般以 1.3~2 为宜。

(4) 熔合比。熔焊时，被熔化的母材在焊缝金属中所占的百分比称为熔合比。

五、焊缝符号及标注

焊缝符号：在产品图样中标注焊缝位置、形状和尺寸、焊接方法等信息的符号。目前在工业生产中使用极其广泛，是标准化的一种体现。

1. 焊缝符号分类

焊缝符号包括基本符号、辅助符号、补充符号、焊缝尺寸符号和指引线等。

(1) 基本符号是表示焊缝横断面形状的符号，见表 1-2。

(2) 辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号，见表 1-2。

(3) 补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而采用的符号，见表 1-2。

(4) 焊缝尺寸是符号表示坡口和焊缝各特征尺寸的符号，见表 1-3。

(5) 指引线：一般由带有箭头的指引线（简称箭头线）和两条基准线（一条为实线，一条为虚线）两部分组成，如图 1-15 所示。

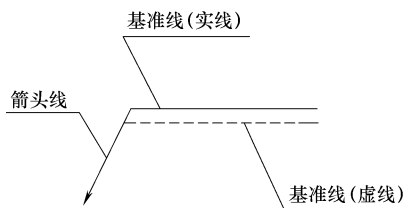


图 1-15 指引线