

# 金属焊接

辽宁省劳动局  
机械工业沈阳教材编委会 主编

4

东北工学院出版社

特种作业人员安全技术培训统编教材

**金 属 焊 接**

辽宁省劳动局 主编  
机械工业沈阳教材编委会

\*

东北工学院出版社出版

(沈阳 南湖)

国营沈阳市东联书店发行

沈阳市第六印刷厂印刷

\*

787×1092毫米1/32 印张8 字数180千字  
1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

印数1—20000册

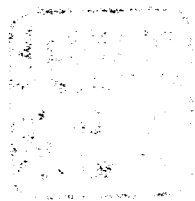
ISBN 7—81006—130—5/TG·4

定价：4.00元

编 著 者 丁世彤 张素芳  
审 稿 郭鸿年

特种作业人员安全技术培训教材  
编辑工作人员

总 编 辑 姜庆铎  
科技编辑部主任 孙德旭  
责 任 编 辑 车容力 马 骏  
封 面 设 计 王 伟  
责 任 校 对 凌瑞芷 韩淑英  
美 术 编 辑 张煜华



## 前 言

为加强对特种作业人员的安全管理，搞好特种作业人员的安全技术培训、考核工作，根据国家标准 GB 5036—85《特种作业人员安全技术考核管理规则》的要求，辽宁省劳动局组织编写了《电工》、《起重吊运》、《金属焊接》、《建筑登高架设》、《企业内机动车辆驾驶》等特种作业人员的安全技术培训教材，供各培训单位使用。

本书按照即将颁发的国家标准《金属焊接（气割）作业人员安全技术考核标准》，结合生产实际，论述了常用焊接（气割）方法的基本原理和安全技术知识，目的在于帮助金属焊接（气割）作业人员提高安全技术素质，实现安全生产。本书可作为金属焊接（气割）作业人员安全技术培训的统一教材，也可供有关专业工程技术人员和安全监察人员工作中参考。

本书由辽宁省劳动局丁世彤主编，参加编写人员有张素芳、车容力、姚绍良、周启昭。大连铁道学院郭鸿年审定。

在编写过程中，承陈德彦、罗纯振、李城林和王毓辉对本书提出了宝贵意见，在此谨致衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免会有一些欠妥之处，欢迎读者批评指正。

辽宁省劳动局  
1988年4月

## 内 容 提 要

本书主要介绍了气焊（气割）及几种常用电焊方法的基本原理和安全技术知识，重点讨论了焊接安全用电、特殊焊接作业安全技术和焊接劳动卫生与防护措施，对焊接防火防爆与灭火技术也作了介绍。

书中内容力求通俗易懂，并加强与生产实践相结合，每节附有若干思考题，最后还列举了典型事故案例。

此书主要作为金属焊接（气割）作业人员安全技术培训教材使用，也可供有关安全技术人员参考。

# 目 录

绪论	1
<b>第一章 气焊与气割的安全技术</b>	<b>3</b>
第一节 气焊与气割的基本原理和安全分析	3
第二节 使用电石的安全措施	22
第三节 焊接用气瓶的安全措施	26
第四节 乙炔发生器安全技术措施	49
第五节 乙炔发生器的安全装置	64
第六节 气焊与气割工具的安全要求	76
<b>第二章 基本电焊方法与安全</b>	<b>85</b>
第一节 手工电弧焊	85
第二节 碳弧气刨与切割	106
第三节 焊剂层下电弧焊	110
第四节 气体保护电弧焊	116
第五节 等离子弧焊接与切割	132
第六节 电渣焊	144
第七节 电阻焊	146
<b>第三章 焊接安全用电</b>	<b>152</b>
第一节 电流对人体的作用及触电原因	152
第二节 焊接设备、工具的安全要求	157
第三节 预防焊接触电的安全措施	159
第四节 触电急救	168
<b>第四章 特殊焊接作业安全技术</b>	<b>172</b>
第一节 焊接动火制度	172

第二节	燃料容器、管道的补焊安全技术·····	177
第三节	登高焊割作业安全·····	183
第四节	水下焊割安全·····	185
<b>第五章</b>	<b>焊接劳动卫生与防护</b> ·····	<b>191</b>
第一节	有害因素的来源及危害·····	191
第二节	焊接劳动卫生与防护措施·····	201
第三节	化工设备焊接防毒·····	213
<b>第六章</b>	<b>焊接作业事故案例</b> ·····	<b>215</b>
<b>附录</b>	·····	<b>236</b>
一、	电焊工技术等级标准·····	236
二、	几种常用国际单位制·····	246
<b>主要参考文献</b>	·····	<b>248</b>

# 绪 论

## 一、焊接原理和分类

焊接是指通过适当的物理化学过程使二个分离的固态物体之间产生原子或分子间的结合而连成一体的方法。被连接的两个物体既可以是金属，又可以是非金属。由于金属焊接在现代工业中具有很重要的实际意义，所以本书主要讨论金属焊接安全与卫生。

焊接的基本分类主要有熔化焊接、固相焊接和钎焊。

使被连接的构件表面局部加热熔化成液体，然后冷却结晶成一体的方法称为熔化焊接。熔化焊接的主要方法有气焊、铝热焊、电弧焊、电阻点（缝）焊、电渣焊、电子束焊和激光焊等。

利用加热、加压、摩擦和扩散等物理作用，使焊件在固态下实现的连接统称为固相焊接。固相焊接时通常都必须加压，所以这类加压的焊接方法也称为压焊。固相焊接的基本方法有冷压焊、摩擦焊、超声波焊、爆炸焊、锻焊、扩散焊、电阻对焊和闪光对焊等。

利用某些熔点低于被连接构件材料熔点的熔化金属（钎料）作连接的媒介物在连接界面上的流散浸润作用，然后冷却结晶形成结合的方法称为钎焊。按照钎焊所用的加热方式不同，主要有火焰钎焊、炉用钎焊、感应钎焊、电阻钎焊、盐浴钎焊和真空钎焊等。

此外，金属热切割、表面堆焊、喷焊、喷涂等，虽然不



属于分离金属的连接，但均是与焊接方法相近或密切相关的金属加工方法，通常亦属于焊接研究的范畴。

## 二、焊接（气割）安全与卫生防护技术的重要意义

焊工要与各种可燃易爆气体、压力容器和电机电器接触，同时，在焊接与切割过程中，又会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、高频电磁场、噪声和射线等。由于存在这些不安全因素，故有可能发生爆炸、火灾、触电、烫伤、高空坠落等事故以及焊工尘肺、中毒等职业病患。这些不仅危害作业人员的安全与健康，而且还会使企业财产遭受严重损失，影响生产的顺利进行。

因此，国家标准GB5036—85《特种作业人员安全技术考核管理规则》规定，金属焊接（气割）作业者属于特种作业人员，必须经过专门的安全技术培训和考核。经考核合格取得操作证后，方准独立作业。我国焊接学会第Ⅳ委员会—焊接安全与卫生委员会，专门研究焊接安全与卫生的防护技术。由此可见，对于焊接（气割）安全技术必须给予足够的重视。

焊接是一门重要的金属加工工艺，在机械、石油、化工、建筑、交通、造船和航天等方面都得到了广泛的应用。随着焊接技术的发展，还会出现新的不安全与不卫生因素，所以除了广大科技工作者和管理人员必须从焊接安全的观点来研究探求可靠的措施外，广大焊接作业人员更应该了解生产过程中的特点以及焊接设备、焊接工艺和操作规程，进而深刻理解安全技术和措施，严格执行安全操作规程和实施防护措施，以减少事故与职业危害，促进生产的发展。

# 第一章 气焊与气割的安全技术

## 第一节 气焊与气割的基本原理 和安全分析

使用氧乙炔焰进行气焊和气割是机械加工中常用的工艺之一，现在已由手工操作发展到机械操作、自动控制。由于手工操作具有灵活和适应范围广等优点，所以仍然得到广泛的应用。

### 一、气焊的基本原理

气焊是利用可燃气体和氧气在焊炬中混合后，由焊嘴中喷出点火燃烧，燃烧产生高温火焰来熔化局部焊件和焊丝形成牢固的接头。如图 1—1。气焊主要应用于薄钢板、有色金属、铸铁件、刀具的焊接以及硬质合金等材料的堆焊和磨损件的补焊。

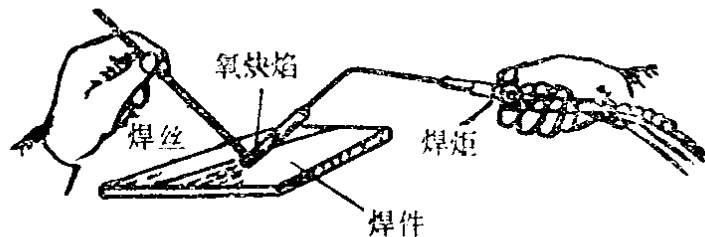


图1—1 气焊

## 1. 气焊应用的设备和器具

气焊所用的设备包括氧气瓶、乙炔发生器或乙炔气瓶及回火防止器等。应用的器具包括焊炬、减压器以及胶管等（见图1—2）。

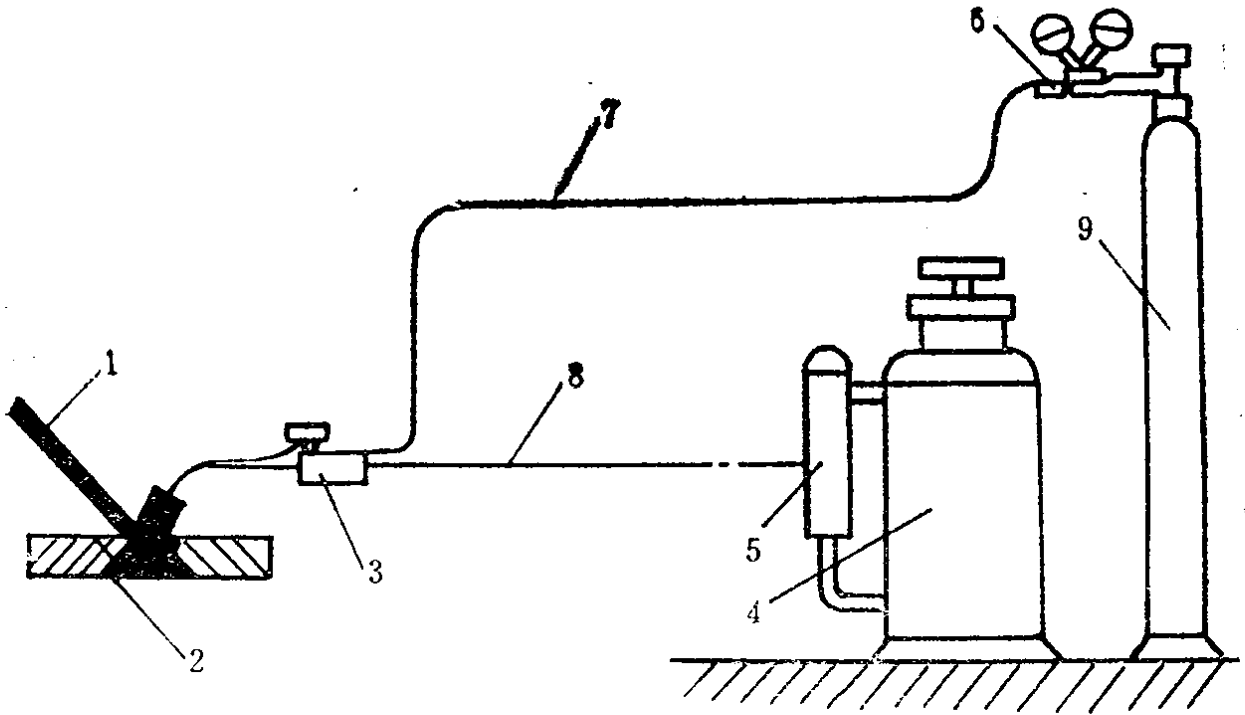


图1—2 气焊应用的设备和器具

- 1—焊丝；2—焊件；3—焊炬；4—乙炔发生器；  
5—回火防止器；6—氧气减压器；7—氧气橡皮管；  
8—乙炔橡皮管；9—氧气瓶

## 2. 气焊用材料

气焊所用的可燃气体主要是乙炔，也可以用液化石油气和氢气，此外还有气焊丝和气焊熔剂（焊粉）。

### （1）气焊丝（填充材料）

气焊焊缝的填充材料可根据母材的不同，选择不同成分的焊丝。焊丝可分为低碳钢、铸铁、黄铜、青铜和铝等等，也

可以从被焊板材上切下的条料作焊丝。焊接有色金属、铸铁和不锈钢时，还需要加焊粉。

在气焊过程中正确选用焊丝是很重要的，因为它不断地送入熔池并与熔化的金属熔合成焊缝，焊丝的质量直接影响着焊缝的质量。为此要严格选用焊丝，才能保证焊缝的机械强度。

对焊丝的一般要求如下：

① 焊丝的化学成分应基本上与焊件相符合，以保证焊缝具有足够的机械强度。

② 焊丝表面应无油脂、锈斑及油漆等污物。

③ 焊丝的熔点应与焊件熔点相近，在熔化时不应有强烈的熔化金属飞溅和蒸发现象。

常用的低碳钢气焊丝牌号主要有H08、H08A、H08Mn、H08MnA、H15及15Mn等。

由于铸铁中含碳和硅较多，这两种元素在气焊过程中烧损也较多，为弥补烧损，对铸铁气焊丝中碳和硅的含量要适当增加。

## （2）气焊熔剂（气焊粉）

气焊过程中被加热后的金属极易生成氧化物，使焊缝产生气孔及夹渣等缺陷。为了防止氧化及消除已形成的氧化物，在气焊过程中，将熔剂直接加到熔池内，使其与高熔点的金属氧化物形成熔渣浮在上面，将熔池与空气隔离，防止氧化，对金属表面也起清理作用。

气焊时，熔剂的选择要根据焊件的成分及其性质而定，其要求如下：

① 熔剂应具有很强的化学反应能力，即能迅速溶解一些氧化物，或与一些高熔点化合物作用后，生成新的低熔点

和易挥发的化合物。

② 熔剂熔化后粘度要小，流动性要好，产生的熔渣熔点要低，比重要小，熔化后易于浮在熔池表面。

③ 不应使焊件有腐蚀等作用，生成的熔渣要容易消除等。

气焊熔剂按所起的作用不同可分为化学作用气焊熔剂和物理溶解气焊熔剂两类。

化学作用气焊熔剂，又有酸性和碱性之分。使用时应根据熔池中产生氧化物的性质选择，如氧化物是碱性的，则应选择酸性气焊熔剂。

酸性的气焊熔剂有硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )、硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 以及二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 等。主要用于焊接铜或铜合金、合金钢等材料。碱性气焊熔剂如碳酸钠 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 等，主要用于铸铁的焊接。

物理溶解作用气焊熔剂有氯化钾 ( $\text{KCl}$ )、氯化钠 ( $\text{NaCl}$ )、氟化钾 ( $\text{KF}$ )、氟化钠 ( $\text{NaF}$ ) 以及硫酸氢钠 ( $\text{NaHSO}_4$ ) 等。主要用于焊接铝及铝合金。常用的几种气焊熔剂见表 1—1。

### 3. 气焊常用的气体及氧乙炔火焰

气焊应用的气体包括助燃气体和可燃气体。助燃气体是氧气，可燃气体是乙炔、液化石油气和氢气等，一般以乙炔气用的最为普遍。

乙炔与氧气混合燃烧的火焰叫做氧乙炔焰，按氧与乙炔的比值不同可分为中性焰、碳化焰和氧化焰三种，其构造和形状见图 1—3。

#### (1) 中性焰

氧气与乙炔的比值为 1~1.2 时，得到的火焰称为中性

表1—1 气焊粉的种类、用途及性能

统一牌号	名称	应用范围	基本性能
粉101	不锈钢及耐热钢焊粉	不锈钢及耐热钢	熔点约为900℃。有良好的湿润作用，能防止熔化金属被氧化，焊后熔渣易清除
粉201	铸铁焊粉	铸铁	熔点约为650℃。呈碱性反应，富潮解性，能有效地去除铸铁在气焊时所产生的硅酸盐和氧化物，有加速金属熔化的功能
粉301	铜焊粉	铜及铜合金	系硼基盐类，易潮解，熔点约为650℃。呈酸性反应，能有效地熔解氧化铜和氧化亚铜
粉401	铝焊粉	铝及铝合金	熔点约为560℃。呈碱性反应，能有效地破坏氧化铝膜，因富有潮解性，在空气中能引起铝的腐蚀，焊后必须将熔渣清除干净

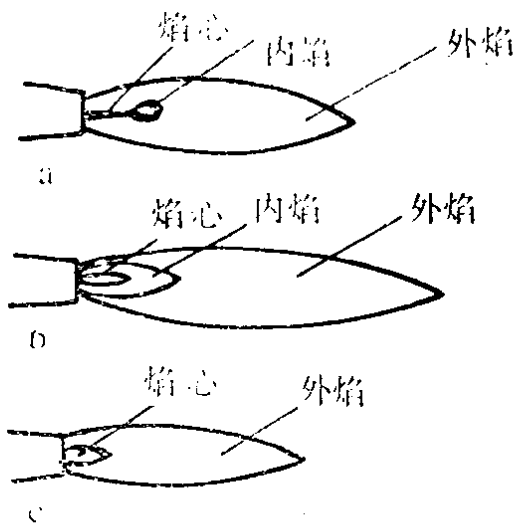


图1—3 氧—乙炔焰的构造和形状  
a—中性焰；b—碳化焰；c—氧化焰

焰。中性焰燃烧后无过剩的氧和乙炔。焊接时主要应用中性焰。中性焰有时也叫轻微碳化焰，火焰由焰心、内焰和外焰三部分组成。

在中性焰的焰心与内焰之间，燃烧生成的一氧化碳（CO）、氢气（H<sub>2</sub>）与熔化金属相作用，使氧化物还原。内焰温度最高可达3050

~3150℃，所以用中性焰焊接时，都应用内焰来熔化金属。一般中性焰适用于焊接碳钢和有色金属材料。

### (2) 碳化焰

碳化焰在火焰的内焰区域中尚有部分乙炔未燃烧。氧气与乙炔的比值小于1 (0.85~0.95)，火焰比中性焰长，内焰的最高温度为2700~3000℃。由于过剩的乙炔分解为碳(C)和氢(H)，游离状态的碳会渗到熔池中去，使焊缝的含碳量增高，所以用该种火焰焊接低碳钢，会使焊缝强度提高，但塑性降低。另外，过多的氢进入熔池，使焊缝产生气孔及裂纹，因此，碳化焰不适用于低碳钢、合金钢的焊接，而适用于高碳钢、铸铁及硬质合金等材料的焊接。

### (3) 氧化焰

氧化焰在燃烧过程中氧的浓度较大，氧与乙炔的比值大于1.2 (1.3~1.7)，氧化反应剧烈，整个火焰缩短，而且内焰与外焰层次不清，最高温度为3100~3300℃。

氧化焰中由于有游离状态的氧(O<sub>2</sub>)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)及水蒸气(H<sub>2</sub>O)存在，因此，整个火焰具有氧化性。如果用来焊接一般的钢件，则焊缝中的气孔和氧化物是较多的；同时熔池产生严重的沸腾现象，使焊缝的强度、塑性和韧性变坏，严重地降低焊缝质量。除了锰钢、黄铜等外，一般钢件的焊接不能用氧化焰，因此，这种火焰很少被应用。

## 二、气割的基本原理

气割是利用可燃气体和氧气在特制的割炬中混合后，由焊枪喷出点火燃烧，预热金属达到燃点，然后借助氧气流剧烈燃烧，在气流的作用下吹出熔渣将金属分开的加工方法。

气割用的可燃气体主要是乙炔和液化石油气。

氧乙炔焰切割过程分为三个阶段：

预热—用氧乙炔焰把金属加热到燃点；

燃烧—向被加热到燃点的金属喷射氧气流，使金属剧烈地燃烧，并放出大量的热；

吹渣—金属燃烧后，生成熔渣和热量，熔渣被切割氧吹除，所产生的热量和预热火焰热量一同将下层金属加热到燃点，这样继续下去就将金属逐渐割穿。

氧乙炔焰切割过程是预热—燃烧—吹渣过程，要使这一过程连续进行，工件金属必须符合以下条件：

（1）金属能同氧剧烈反应，并放出足够的热量，这些热量除补偿工件导热、辐射和排渣等散失外，还必须保证把切口前缘的金属上层迅速地预热到燃点；

（2）金属导热性不应太高，不然，预热火焰的热量和切割中所放出的热量会迅速散失，可能使切割在中途停止；

（3）金属燃点要低于熔点，不然金属在燃烧前则先熔化而变成熔割过程；

（4）金属氧化物的熔点要低于金属本身的熔点，否则，高熔点的氧化物会附在金属表面上而把氧隔开，使燃烧过程中断；

（5）生成的氧化物应该易于流动，否则切割时生成的氧化物熔渣不易被氧气流吹走，而妨碍切割进行。

由于普通低碳钢和普通低合金钢符合上述要求，所以它们的气割性能较好。若钢中含碳量提高，则熔点降低、气割性能变差，切口有淬硬和产生裂纹倾向，气割表面质量也变差。铸铁中碳、硅的含量较高，含碳量高使铸铁的熔点降



低，气割的表面质量差；含硅量高则增加了熔渣中氧化硅的含量，使熔渣粘度增加，给气割造成困难。不锈钢及耐酸钢中由于铬的含量较高，气割中表面形成一层高熔点氧化膜，含有较多的三氧化二铬，增大了熔渣粘度，阻碍切割，使气割过程难以进行。其他金属材料，如铜、铝等，因其导热率高、燃点比熔点高等原因而不能进行气割。

高碳钢以及含有易淬硬元素（如Cr、Mo、W、Mn等）的中合金钢和高合金钢，为避免气割时切口淬硬或裂纹，应适当加大预热火焰能率和放慢切割速度，必要时气割前对工件采取预热措施。

不锈钢含有较多铬和镍，在表面上有一层难熔的氧化膜（氧化铬、氧化镍，熔点为1990℃），气割过程中，在割缝前沿会产生更多的氧化铬薄膜，阻碍切割氧与金属相接触。因此，对于不锈钢的气割需要采用特种气割工艺。国内使用的不锈钢特种气割工艺有振动气割、间断氧气割和氧—熔剂切割以及氧—砂气割。这些方法的切口质量都较低。对于一般厚度的不锈钢零件，以采用等离子弧切割为宜。

### 三、气焊与气割的安全分析

气焊与气割所应用的乙炔、液化石油气、氢气和氧气等都是易燃易爆气体；氧气瓶、乙炔瓶、液化石油气瓶和乙炔发生器都属于压力容器。在焊补燃料容器和管道时，还会遇到其它许多易燃易爆气体和各种压力容器。由于气焊与气割操作中需要与可燃气体和压力容器接触，同时又使用明火，如果焊接设备的安全装置有缺陷，或者违反安全操作规程，就可能造成爆炸和火灾事故。

在气焊与气割火焰的作用下，尤其是气割时氧气射流的