

电气设备安装及 检修的气焊应用

杨宝山



水利电力出版社

电气设备安装及检修的 气 焊 应 用

杨 宝 山

水利电力出版社

内 容 提 要

本书对影响气焊质量的各个因素做了简明、扼要的叙述。针对电气专业的特点，着重叙述了电气专业常用的几种材料的气焊和气体火焰钎焊方法，并且介绍了带电焊接的安全技术。本书可供电气专业气焊工人参考。

电气设备安装及检修的气焊应用

杨 宝 山

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

1978年6月北京第一版

1978年6月北京第一次印刷

印数 00001—55300 册 每册 0.15 元

书号 15143·3349

前 言

在发电厂、变电所以及工矿企业中，铜、铝母线的连接；大型电机和变压器绕组的局部烧断；鼠笼式电机转子笼条的断裂、开焊；油断路器触头及其他导电接点的烧损等，都是经常遇到的实际问题。在用气焊或气体火焰钎焊的方法连接或修复这些零、部件时，除了与一般气焊工作有共同的机械强度要求外，还对保证它们的导电性能提出了特殊的要求。本书力求把作者参加气焊工作的实践经验用简明的语言、工艺式的形式总结出来，以供从事电气专业气焊工作的同志参考。另外，带电焊接工作的推广，对解决当前电力供应不足问题有着较大的现实意义。本书第四章介绍了作者几年来在3~10千伏母线上进行带电气焊工作中的一些体会和带电气焊的安全技术，希望它能对气焊工人从事带电焊接工作有所帮助。本书还就影响气焊质量的一般因素做了简明、扼要的叙述，以期对气焊工人提高焊接质量有所助益。

本书在编写过程中，得到辽阳石油化纤总厂热电厂党委的积极支持和陈福良等同志的协助，北京石景山发电厂、吉林省火电安装工程公司、石家庄热电厂提供了宝贵意见，对此作者深致谢意。

由于本人文化水平和理论水平不高，从事气焊工作的实践经验也不多，书中错误与不足之处一定不少，诚恳地希望读者批评指正。

作 者

一九七八年三月

目 录

前 言

第一章 基本知识	1
第一节 焊炬	1
第二节 氧炔焰的种类和性质	2
第三节 气焊规范	4
第四节 气焊操作	8
第五节 焊件施焊前的准备工作	9
第六节 焊接材料	11
第二章 几种金属材料的气焊	13
第一节 紫铜的气焊	13
第二节 黄铜的气焊	17
第三节 纯铝的气焊	20
第三章 钎焊	25
第一节 钎焊的基本知识	25
第二节 银钎焊	29
第三节 电气设备安装及检修中银钎焊的实例	32
第四节 铜-铝电缆芯的软钎焊	36
第五节 小件铸铁的钎焊	37
第四章 3~10千伏铜、铝母线带电气焊的安全技术	39
第一节 带电气焊采用的形式	40
第二节 带电气焊工作的设备及器具	41
第三节 气焊工艺的安全注意事项	42

第五章 气割	43
第一节 概述	43
第二节 低碳钢手工气割的操作	44
第六章 气焊与气割的安全知识	46
第一节 电石的保管和运输	47
第二节 氧气瓶的搬运、保管和使用	48
第三节 减压器的使用	48
第四节 乙炔发生器的使用	49
第五节 焊炬和割炬的使用	49

第一章 基 本 知 识

气焊是利用可燃气体与氧混合燃烧产生的热来熔化焊件和焊丝，从而获得牢固接头的加工方法。乙炔是最常采用的可燃气体。乙炔与氧混合燃烧的火焰称为氧-乙炔焰，简称氧炔焰。氧炔焰的最高温度可达3500℃左右。

气焊使用的设备，包括氧气瓶、乙炔发生器以及回火防止器等。使用的器具，包括焊炬、减压器以及橡皮管等。由于气焊设备简单，搬运方便，可以实现大多数钢材和有色金属的焊接。所以，它与手工电弧焊一样，是各个工业部门普遍采用的加工和维修方法。

第一节 焊 炬

焊炬是用以使可燃气体与氧气混合，产生气体火焰的器具。它应能形成稳定燃烧的气体火焰，以保证焊接过程的稳定。最常用的氧炔焰焊炬是如图1-1所示的射吸式焊炬。

射吸式焊炬的基本工作原理是利用从喷嘴4喷出的高速氧气流，在喷嘴出口周围造成一个低压区域，使乙炔被吸入喷射管3内，氧与乙炔的混合气经混合气管2从焊咀1喷出，即可在焊咀出口点燃形成气体火焰。射吸能力的正常与否，决定了射吸式焊炬能否稳定的工作。所以，在使用前首先应该检查焊炬的射吸能力。检查时，只接上氧气胶管，同时打开氧气阀和乙炔阀，用手指轻轻按在乙炔管接头9上。如手指感到有足够的吸力，表明焊炬有足够的射吸能力；否

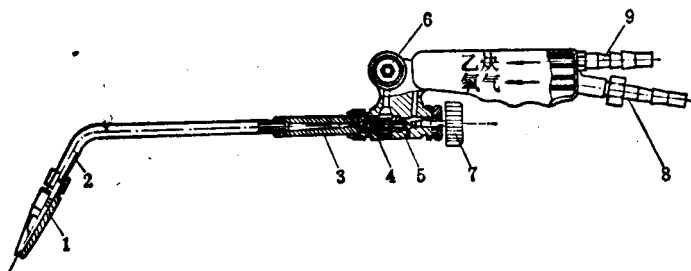


图 1-1 射吸式氧炔焰焊炬

1—焊咀，2—混合气管，3—喷射管，4—喷咀，5—主体，6—乙炔阀手轮，7—氧气阀手轮，8—氧气管接头，9—乙炔管接头

则，表明射吸能力不足，应进行修理。焊炬是气焊用的最主要的器具，其性能的好坏，对焊接过程的稳定起决定作用。因此，对焊接质量的好坏影响很大。应该精心保养焊炬，使其经常处于完好可用的状态。

第二节 氧炔焰的种类和性质

根据氧与乙炔混合的不同比例，氧炔焰可分为中性焰、碳化焰和氧化焰三种类型。图1-2是它们的构成情况和形状示意。

1. 中性焰

在火焰的内焰区域，基本上没有自由氧和自由碳存在的气体火焰叫中性焰。中性焰中氧与乙炔的比值 $\left(\frac{O_2}{C_2H_2}\right)$ 为1.1~1.2。其焰心呈圆柱形，焰心、内焰与外焰的轮廓清晰、明显。

由于中性焰的内焰区域内，主要化学成分是一氧化碳和

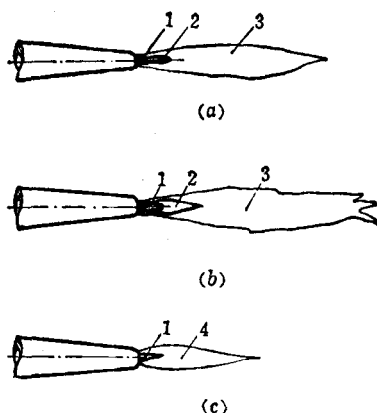


图 1-2 氧炔焰的构成情况和形状示意

(a)中性焰；(b)碳化焰；(c)氧化焰

1—焰心；2—内焰；3—外焰；4—内焰及外焰

氢气，它们都是较强的脱氧剂，有使熔池金属内氧化物还原的作用，从而使焊缝金属的机械性能得到改善。所以，一般碳钢、合金钢和多数有色金属材料的气焊，大多数采用中性焰。

2. 碳化焰

在火焰的内焰区域，有自由碳存在的气体火焰叫碳化焰。碳化焰中氧与乙炔的比值 $\left(\frac{O_2}{C_2H_2}\right)$ 小于1.1。轻度碳化焰的火焰较中性焰明亮，焰苗也较长。

碳化焰中过剩的乙炔，在火焰的高温作用下，分解为碳和氢。自由碳会渗入熔池导致焊缝含碳量的增加，从而使焊缝的塑性下降；过多的氢进入熔池，将引起焊缝的气孔和开裂。所以，在气焊低碳钢、合金钢和多数有色金属材料时，

不应采用碳化焰。但是，自由碳的存在和渗入焊接熔池，对焊接高碳钢、高碳铬钨钢和铸铁等材料是有利的。因为它能减少脱碳和合金元素的烧损，从而保证对其硬度和耐磨性能的要求。所以，对这一类材料的气焊，可以采用轻度碳化焰。

3. 氧化焰

在火焰的内焰区域，有自由氧存在的气体火焰叫氧化焰。氧化焰中氧与乙炔的比值 $\left(\frac{O_2}{C_2H_2}\right)$ 大于1.2。由于氧气过多，燃烧剧烈，焰心变短、变尖，呈圆锥形。整个火焰较短，内焰与外焰界限不清，火焰呈兰紫色。

由于氧化焰中大量自由氧的存在，使整个火焰具有氧化性。在焊接一般的钢材和有色金属时，会因其焊缝金属被氧化而严重的降低焊缝质量。只有在气焊黄铜一类含锌材料或镀锌钢板时，才选用轻度氧化焰。因为，氧化焰中自由氧会与锌化合，构成一层氧化锌薄膜覆盖在熔池表面，从而避免了母材中锌的继续蒸发。

第三节 气 焊 规 范

气焊规范是指气焊过程中，为保证焊接质量所规定的一些工艺参数值。如焊丝直径，火焰能率、焊咀的倾斜角度、焊接速度等。根据被焊工件的材质、大小、厚度、形状和施焊位置等，选用合适的气焊规范，是保证焊接质量的重要条件。

1. 焊丝直径

焊丝直径是根据焊件厚度选择的。若焊丝过细，则其熔化太快，而母材得不到充分加热，造成熔合不良；若焊丝过

粗，则其熔化太慢，易造成母材过热而使焊缝质量降低。一般说来，可参考下列关系式选择焊丝直径：

$$d = \frac{\delta}{2} + 1 \quad (\text{左焊法})$$

$$d = \frac{\delta}{2} \quad (\text{右焊法})$$

式中 d ——选用的焊丝直径（毫米）；

δ ——焊件板厚（毫米）。

由于右焊法火焰集中，焊件被加热较快，所以选用焊丝应比左焊法时稍细一些。

当焊件厚度大于15毫米时，焊丝直径可选为6~8毫米。

2. 火焰能率

气焊火焰能率以每小时可燃气体（乙炔）的消耗量（升/小时）来表示。火焰能率的大小要根据焊件的厚度、材料的物理性质（如熔点、导热性能等）及焊缝种类来确定。如焊件熔点较高、厚度较大、导热性能好、散热条件好时，应采用较大的火焰能率。当焊件较小、立焊或仰焊情况下，火焰能率应当小一些。焊接低碳钢和低合金钢时，乙炔消耗量可按下列经验公式计算：

$$\text{左焊法} \quad V = (100 \sim 120) \delta$$

$$\text{右焊法} \quad V = (120 \sim 150) \delta$$

式中 V ——火焰能率（升/小时）；

δ ——焊件厚度（毫米）。

焊接铸铁、黄铜、青铜、铝及铝合金时，选取火焰能率也可参考上述公式。

火焰能率的控制，主要是通过选用合适的焊炬型号和焊咀号码来实现的。现将国产射吸式焊炬规格、性能列于表

1-1中, 供选用时参考。

表 1-1 国产射吸式焊炬规格及性能

型 号	焊接低碳 钢 厚 度 (毫米)	氧气压力 (公斤/ 厘米 ²)	乙炔压力 (公斤/ 厘米 ²)	可换焊 咀个数	焊咀孔径 范 围 (毫米)	乙炔耗量 (升/小时)
H01-2	0.5~2	1~2.5	0.01~1.2	5	0.5~0.9	40~170
H01-6	2~6	2~4	0.01~1.2		0.9~1.3	170~430
H01-12	6~12	4~7	0.01~1.2		1.4~2.2	430~1210
H01-20	12~20	6~8	0.01~1.2		2.4~3.2	1500~2600

3. 焊咀的倾斜角度

焊咀倾斜角度(焊咀倾角)是指焊咀与焊件平面间的夹角。如图1-3所示。

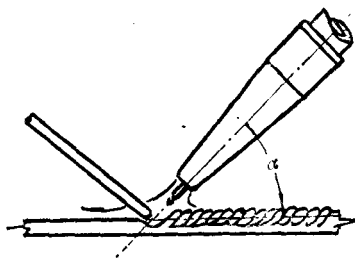


图 1-3 焊咀倾角示意

焊咀倾角 α 的大小, 是根据焊件厚度、被焊材料的物理性能、选用焊咀的大小, 以及施焊位置等来确定的。

若倾角 α 增大, 则热量集中, 加热效率高; 若

倾角 α 减小, 则热量损失大, 加热效率低。因此, 对厚板、熔点高、导热性能好、散热条件好的焊件气焊时, 应采用大的焊咀倾角。气焊低碳钢和低合金钢时, 焊咀倾角如图1-4所示。

当焊接导热性能较好的材料如铜、铝等时, 所选用的焊咀倾角 α , 要比焊接低碳钢时大 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。

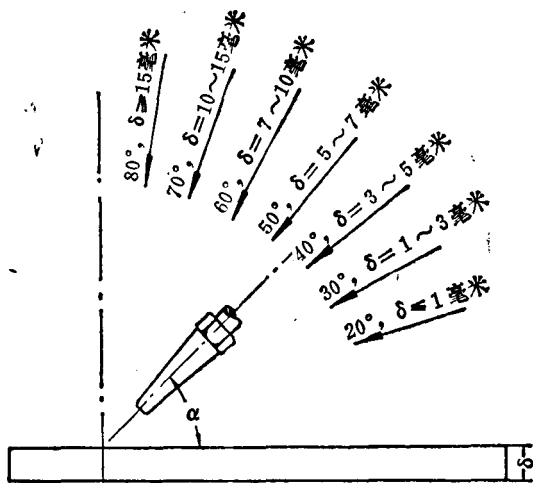


图 1-4 焊咀倾角 α 与焊件厚度 δ 的关系

4. 焊接速度

焊接速度是指单位时间（每小时或每分钟）完成的焊缝长度。对已定的焊件进行气焊时，在火焰能率、焊咀倾角等参数一定的条件下，焊接速度也被限制在一定范围内。焊接速度过大，将不能保证母材被充分熔化；焊接速度太小，将使母材过热而造成焊缝质量降低，并使生产率下降。

为了保证焊接质量，提高生产效率，应该正确的选用各个规范参数。但是，所有这些参数的选用并不是固定不变的，它们之间存在着相互制约、相互联系的关系。由于生产中实际情况极为复杂和多变，焊工只有根据实际情况灵活的调整气焊规范的各个参数，从而正确的控制母材和焊丝的加热，才能保证焊接产品的优质和高产。

第四节 气 焊 操 作

1. 左焊法和右焊法

气焊操作分为左焊法（左向焊法）和右焊法（右向焊法）两种，如图1-5所示。

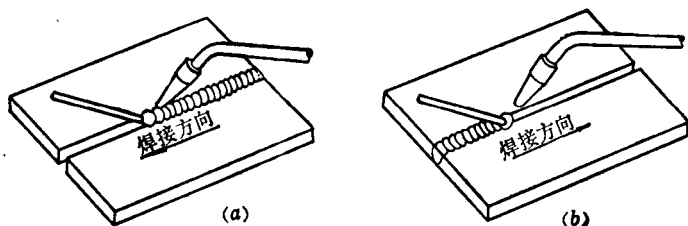


图 1-5 左焊法与右焊法示意

(a)左焊法；(b)右焊法

左焊法：焊条在前，气焊火焰指向未焊金属。由于火焰的吹力作用，熔池中液态金属被吹向前方，使待焊金属被一层液态金属遮盖，这就减弱了火焰对母材的加热作用，使熔深减小，显然，对防止焊件被烧穿是有利的。用左焊法，焊工可以清楚的看到焊接熔池，比较容易掌握，所以应用较为普遍。左焊法适合于焊接薄板和熔点较低的有色金属。

右焊法：焊炬在前，气焊火焰指向已焊好的焊缝。由于焊好的焊缝被气焊火焰所笼罩，将空气隔开，防止了焊缝金属被氧化。而且气焊火焰对焊缝的继续加热，起到缓冷的作用，这就有利于减少焊缝气孔、夹渣和裂纹等缺陷。由于气焊火焰被已焊好的焊缝遮挡，也使火焰加热更加集中，熔深大，焊接速度也可以提高，生产效率高。同时，热影响区也小。其缺点是焊工观察熔池和焊缝成型情况困难，不容易掌握。右焊法一般用于焊接厚度大的焊件和对焊缝质量有较高要

求的情况下。

2. 焊炬和焊丝的摆动

焊接过程中，焊炬沿焊缝可做横向、纵向和打圆圈的摆动。焊丝除了做上述运动外，还要做上下跳动。焊炬和焊丝摆动的目的，在于灵活的控制气体火焰对焊件和焊丝的加热，控制熔池的形状，以期得到符合尺寸要求的焊缝。并且通过这些运动，搅动熔池，使熔池中的气体和熔渣排出，避免焊缝形成气孔、夹渣等缺陷。焊炬和焊丝的摆动形式可参考图1-6。

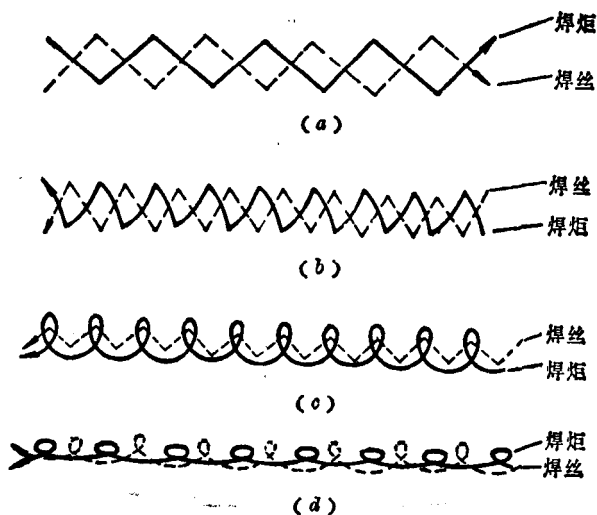


图 1-6 焊炬和焊丝摆动形式示意

(a)右焊法；(b)、(c)、(d)左焊法

第五节 焊件施焊前的准备工作

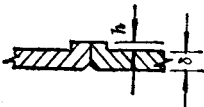
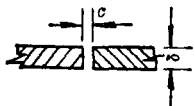
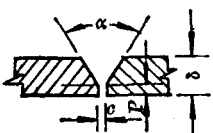
气焊加工前的准备工作，包括制备坡口、清理接头和固

定两焊件的相对位置。

1. 制备坡口

制备坡口的目的，是使气焊火焰能够对焊件对口的底部充分加热以保证焊件被焊透。坡口的尺寸应在便于焊炬和焊丝摆动的条件下尽量减小，以免填充金属过多造成浪费，而坡口过大会使生产率降低。低碳钢对接焊时，坡口制备可参考表1-2。

表 1-2 低碳钢对接焊时的坡口制备

坡口型式	图	板 厚 δ (毫米)	卷边 h 及 钝边 P (毫米)	间 隙 c (毫米)	坡口角 α
卷 边		0.5~2.0	1.5~2.0		
不开坡口、留间隙		0.5~5.0		1.0~4.0	
V 型坡口		>5.0	1.5~3.0	2.0~4.0	左焊法80° 右焊法60°

2. 焊丝和焊件接头的清理

为了保证焊缝质量，焊前应对焊丝和焊件接头处，以及距坡口20~30毫米的邻近区域进行清理，把油、锈、氧化物及其他脏物清理干净，直到见金属光泽为止。碳钢可用砂布、钢丝刷、锉刀等工具进行清理。

3. 定位焊

定位焊的目的，在于固定两焊件的相对位置，并减少焊接过程中的变形。

对定位焊焊点质量的要求，与对焊缝的要求是一样的。因为任何焊点上的缺陷都将保留在焊缝上，而很难在焊接时消除。

焊点的长度、间距视所焊工件的厚度、形状而定。当焊接不大于3毫米的薄钢板时，焊点长度可在5~7毫米，焊点间距为25~100毫米。当焊接厚度超过3毫米的较厚钢板时，焊点长度可为20~30毫米，焊点间距取100~300毫米。

第六节 焊 接 材 料

焊接材料的选用不仅直接影响焊缝的化学成分，而且会影响气焊加工的工艺性，从而对焊接质量造成重大影响。气焊的焊接材料包括氧气、乙炔、焊丝和焊粉。

对氧气和乙炔是要求它们有较高的纯度。氧气的纯度应保证含氧量在98.5%以上。当要求焊接质量高时，氧气的纯度应当更高一些。氧气的纯度一般在装瓶时是能得到保证的。乙炔中含有多种杂质，除水分、空气外，还含有硫化氢、磷化氢等气体。这些杂质的存在，不仅会影响焊缝质量，也会影响生产的安全和人体的健康。一般情况下，乙炔的纯度可以通过控制电石质量来满足。当对焊接质量有更高要求时，乙炔应该经过干燥和净化处理。

对焊丝的要求如下：

(1) 焊丝应能保证焊缝的化学成分与母材相同或相近，以满足对焊缝的机械性能或其他性能要求。

(2) 焊丝应具有较好的工艺性。熔化时不产生强烈的