

技工学校教材

高小毕业程度适用

焊接工艺学

下 册

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

中国工业出版社

本教材适宜于技工学校具有高小毕业程度的学生学习焊接工
种时使用。

本教材分上下两册，上册对电弧焊接作了详尽的介绍；本书
为下册，主要阐述气焊、气割、接触焊和电渣焊等焊接方法。此
外，还介绍了合金钢、铸铁和有色金属的焊接技术。

本书除作技工学校教材用外，也可供一般焊接工作者学习和
参考之用。

焊 接 工 艺 学

(高小毕业程度适用)

下 册

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定
建筑工程部上海机械技工学校编

*

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑(北京佟麟阁路丙10号)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可出字第110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $8^{1/16}$ ·字数186,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数0001—2600·定价(8-3)0.79元

*

统一书号: K15165·1653(建工-238)

目 录

第一章 气焊及气割	1
第一节 气焊、气割概况	1
第二节 气焊、气割应用的气体	3
第三节 气焊、气割应用的器具及设备	10
第四节 气焊工艺	69
第五节 气割工艺	118
第二章 合金钢的焊接	135
第一节 合金钢的性质及其分类	135
第二节 合金钢的可焊性及其焊接工艺	137
第三节 三元合金钢的焊接	139
第四节 复式合金钢的焊接	143
第三章 铸铁的焊接	150
第一节 铸铁及其性质	150
第二节 铸铁热焊	153
第三节 铸铁冷焊	161
第四章 有色金属的焊接	168
第一节 纯铜的焊接	169
第二节 黄铜的焊接	175
第三节 青铜的焊接	178
第四节 铝及其合金的焊接	181

第五章	接触焊接	191
第一节	接触焊接及其分类	191
第二节	依氏焊的焊接工艺	193
第三节	电阻对焊的焊接工艺	195
第四节	闪光对焊的焊接工艺	198
第五节	对接焊机	205
第六节	点焊的焊接工艺	216
第七节	点焊机	221
第八节	凸焊和縫焊	233
第六章	电渣焊	237
第一节	概述	237
第二节	电渣焊的热过程	240
第三节	电渣焊用的焊剂	242
第四节	电渣焊焊接工艺	246
第五节	电渣焊的焊接设备	257

第一章 气焊及气割

第一节 气焊、气割概况

一、气焊概况

利用助燃气体与可燃气体按一定的比例混合起来燃烧时所产生的高温（可达 $3100\sim 3160^{\circ}\text{C}$ ），使熔化成液体状态的焊丝金属（有些情况下可不用焊丝）与焊件金属混合起来，并在冷却后形成牢固的接头，而把分离的金属件连接在一起的焊接方法叫做气焊。

气焊所用的助燃气体是氧气，所用的可燃气体一般都是乙炔。乙炔与氧气混合燃烧时产生的火焰称为氧炔焰，用氧炔焰进行焊接的方法，称为氧炔焰气焊法。

氧炔焰气焊法的装置如图 1 所示：

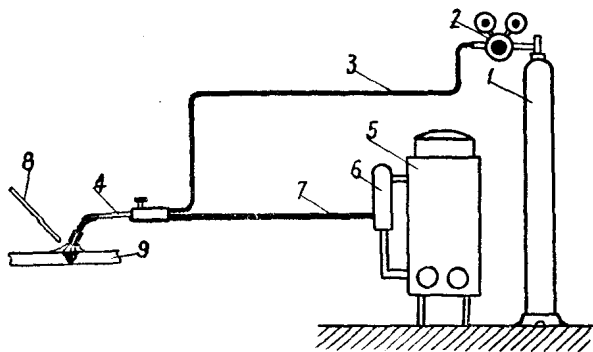


图 1 氧炔焰气焊法装置示意图

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

氧气从氧气瓶1经过减压器2由橡皮管3输送至焊炬4，乙炔气从乙炔发生器5产生出来（或被貯存在乙炔瓶内，由乙炔瓶供给），经过回火防止器6由橡皮管7输送至焊炬8，氧气和乙炔就在焊炬的混合室混合，从焊炬的嘴子喷出，在嘴子外面的空间燃烧。

十九世纪初期，气焊的应用范围极广，它是工业中最重要的焊接方法。近年来由于电弧焊的发展，特别是自动、半自动弧焊机的出现，气焊的地位就逐渐被电弧焊所代替。但是由于气焊具有某些特点，如它比电弧焊更适宜于焊接薄板、铸铁、有色金属以及堆焊硬质合金等等，所以在工业上气焊仍有它的重要地位。

同时，气焊技术也已经向自动化、机械化过渡。在苏联就已经广泛地应用机械化的气压焊来焊接管道和轴，给气焊技术打开了崭新的一页。

二、气割概况

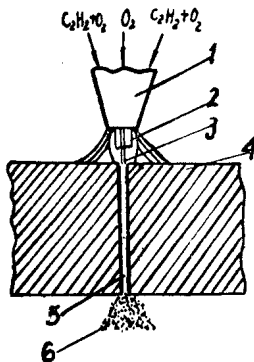


图2 气割过程示意图

- 1—割炬喷嘴；2—氧炔焰；3—
纯氧射流；4—工件；5—割缝；
6—金属氧化物

气割是利用氧炔焰把需要切割的金属加热至燃烧温度（对于低碳钢来说是在 $480\sim 1350^{\circ}\text{C}$ 范围之内，而最可能的燃烧温度是 1350°C ），随即喷出纯氧射流使割缝处的金属燃烧，并利用纯氧射流的高压吹掉金属燃烧后的氧化物，使工件上形成一条狭窄的割缝，而把金属件分割开来的工艺过程（如图2所示）。

气割的装置大致与氧炔焰气焊法的装置是相同的，只不过是把焊炬改换为割炬而已。

气割不仅能够切割普通的低碳钢、铸铁和一些有色金属和合金钢，而且还能进行许多特殊的切割操作，如切割铆钉、切割管子、开坡口以及表面挖槽等等。

目前各工厂以及建筑工地，在下料工序中都普遍地应用气割，这是因为它能切割厚度很大的或外形复杂的工件和不规则的切割缝。这些切割工作，都不是一般的剪床所能完成的。

目前气割技术已经进入自动化、机械化的阶段。自动化机械化以后，不但提高了切割质量和劳动生产率，而且减少了废品，降低了成本。

此外，近年来气割技术方面出现了许多先进的工艺，如氧熔剂切割，水下切割，表面切割（气刨）等等，这些新工艺必将在工业中逐步推广应用，它们是气割技术新的发展方向。

第二节 气焊、气割应用的气体

一、气焊、气割应用的气体种类

气焊和气割所用的助燃气体，就只有氧气一种；但是它们所用的可燃气体，却有多种种类。如乙炔、氢气、沼气、天然气、炼焦煤气、城市煤气以及石油气体等。这些气体燃料的性能及其应用范围列于表1。

在气焊、气割工作中，可燃气体的选择，主要是根据可燃气体在燃烧时的火焰温度、发热量、制取方法、保存与运输方法以及它们的价格等来考虑的。从表1所列举的各种可燃气体的性质看来，对碳钢的气焊、气割而言，应该是以乙炔

表 1 气焊、气割用可燃气体的性能及用途

可燃气体	分子式及成分	于20°C及760毫米水銀柱的比重(公升/米 ³)	发热量(千卡/米 ³)	火焰温度(°C)	燃燒时所需		保存及运输方法	使用范围	与气体混合的爆炸界限(%)	
					氧氣量(米 ³)	每米 ³ 可燃氣体完全燃燒			向焊炬送入	空气中
乙炔	C ₂ H ₂	1.09	11500	3100	2.5	1.15	由乙炔发生器抽取或装入乙炔瓶中保存及运输	所有金屬在一切的情況下、切割和加热	2.2~2.8	81.0~93.0
氫气	H ₂	0.084	2570	2100	0.5	0.25	以150計示大气压装入鋼瓶中	切割錫料焊接、易熔金屬及鉗焊	3.8~4.65	81.5~93.9
沼氣	CH ₄	0.715	8530	1900~2000	2.0	1.0	"	"	4.8~5.0	16.7~59.2
天然气体	沼氣94% 丙烷3% 氧氫氮3%	0.7(当T=19°C, P=760毫米水銀柱)	—	2000~2100	2.0	1.0	可用管道向工地供应或用鋼瓶运输	"	4.8~14.0	—

續表 1

可燃气体	分子式及成分	于20°C及 760毫米 水銀柱的 比重(公 斤/米 ³)	发热量 (千卡/ 米 ³)	火焰 溫度 (°C)	燃燒時所需 氧氣量(米 ³)		保存及 運輸方法	使用範圍	与气体混合 的爆炸界限 %	
					每 米 ³ 可 燃 完全 燃燒	向焊炬 送入			空气中氧气中	
石油气体	氫12% 乙炔、丙烯28% 甲烷、丙烷50% 氮10%	0.63~1.45	10500~ 11000	2300~ 2400	3.5	0.65	以150表示 大气压装 入鋼瓶中	切割鋼料焊 接易熔金 屬及鈦焊	3.5~ 16.3	—
炼焦煤气	氫50~59% 甲烷30% 烷烴和其他1.8 ~3% 一氧化碳5~7% 二氧化碳0.5~ 0.8%	0.4~0.55	7500~ 7900	2000	0.95	0.75~ 0.8	用管道或鋼 瓶運輸及 保存	"	7~ 21.0	—
城市煤气	氫6~10% 甲烷60~70% 烷烴和其他5~7% 一氧化碳4~6% 二氧化碳和其他1%	0.74~1.05	4100~ 5000	2000	1.54	1.2~ 1.3	"	"	3.8~ 24.8	10.0~ 73.6

最为合适。因为它的火焰温度高，发热量大，制取方法简便。所以，目前在气焊、气割工作中都采用乙炔作为可燃气体。

二、氧 气

氧在一般的情况（常温常压）下是气态的，所以都称它为氧气。其实只要把氧的温度降低到它的液化温度（ -182.96°C ）时，它还可以以液态的形态存在。

氧气是一种无色、无味、无臭、无毒的气体，在标准情况下（温度为 0°C ，压力为1个大气压）氧气的比重是1.429公斤/立方米，氧气不能自燃，但能助燃。

氧气的化学性质极为活泼，它几乎能与自然界的一切元素（除稀有气体外）相化合，这种化合作用称为氧化反应；而剧烈的氧化反应就是燃烧。所以一切物质在燃烧时，是不能缺少氧气的。

氧气的化合能力随着压力的加大和温度的升高而增强。高压氧气与矿物油、脂肪及其他易燃物质相接触时，就会发生剧烈的氧化而使易燃物自行燃烧、甚至发生爆炸。因此在使用时，必须特别注意安全。

在自然界中，氧存在于空气及水内；空气中约含有21%体积的游离状态的氧，而其余的79%大部分是氮；纯水中约含有8/9体积的化合状态的氧，其余的1/9是氢。

工业用的氧气是用电解水法或空气低温分离法制取的。而极大多数是采用空气低温分离法从空气中制取的。

氧气的纯度对于气焊、气割工作的质量、生产率以及氧气本身的消耗量都有直接的关系，因此必须力求提高工业用氧的纯度。

根据苏联国家标准 (ГОСТ5583-50), 苏联生产 A 级与 B 级两种工业用氧。按体积计算, A 级的纯度不低于 99.2%, B 级的纯度不低于 98.5%。目前我国的制氧厂也根据这一标准进行生产, 而且已经达到了这个要求。

三、乙炔及电石

(一) 乙炔

乙炔俗称电石气, 它是一种碳氢化合物, 其化学分子式是 C_2H_2 。

在一般情况下, 乙炔为气态, 所以也有把它叫做乙炔气的。从表 1 可知, 由于乙炔燃烧时比其它可燃气体具有较大的热量和较高的火焰温度, 因此乙炔是最适宜于气焊、气割工作的可燃气体。

纯净的乙炔是有轻微臭味且稍带甜味的无色气体。工业用的乙炔因为混杂了硫化氢、磷化氢和氨等杂质, 所以带有恶臭, 其中磷化氢是有毒的, 对人体健康有损害作用, 因此气焊、气割工作场所应该注意通风。

乙炔是易燃气体, 同时又是具有爆炸性危险的气体, 当压力超过 1.5 大气压或者温度超过 $300^{\circ}C$ 时, 乙炔就容易发生爆炸。

压缩乙炔的爆炸性能与容器的形状以及大小有极大的关系。容器的容积越小, 则爆炸性越弱。因此, 如果把乙炔储存在毛细管中, 其爆炸性能就大大降低。此时如把压力增高至 27 大气压, 乙炔也不会发生爆炸。

乙炔与空气或氧气混合而成的混合气体也是具有爆炸性的。乙炔与空气混合, 且乙炔含量 (按体积计算) 在 2.2~81% 范围内以及乙炔与氧气混合且乙炔含量 (按体积计算)

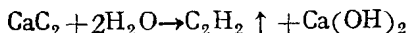
在2.8~93%範圍內,則混合氣體在遇到火星或其它明火時,就會發生爆炸。

乙炔與銅或銀長期接觸後,會在銅或銀的表面生成一層乙炔銅或乙炔銀的化合物。這些化合物當被加熱到110~120°C或者受到劇烈震動時,就會發生爆炸。所以一切與乙炔接觸的設備、器具都禁止用純銅或銀製造,只許用含銅量不超過70%的銅合金製造。

上述的乙炔、乙炔混合物以及乙炔化合物,在爆炸時均產生高熱高壓,破壞力極大,因此在使用乙炔時,必須特別注意安全技術。

乙炔可以溶解在許多液體溶劑內,其溶解度與壓力成正比,與溫度成反比。當溫度為15°C,壓力為1大氣壓時,乙炔在水中的溶解度是:一個單位體積的水能溶解1.15個單位體積的乙炔。

乙炔的製取方法,可以用水分解電石(碳化鈣)來獲得乙炔,同時還生成熟石灰,其化學反應式如下:



由化學反應式可知,如使用64.1公斤純淨的碳化鈣,則需要36公斤純淨的水與之反應,結果可以生成22,400升的乙炔(在溫度是0°C壓力是1大氣壓的狀態下)和76公斤的熟石灰。

如使用1公斤純淨的碳化鈣,則需要純淨的水為:

$$64.1:1=36:x$$

$$x = \frac{36}{64.1} = 0.562 \text{ 公斤}$$

結果可以生成的乙炔是:

$$64.1:1=22400:x$$

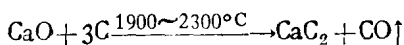
$$x = \frac{22400}{64.1} = 349 \text{ 升 (在标准状态下)}$$

但是在实际工作中，由于碳化钙和水都不可能纯净的，总是或多或少带有一些杂质；在反应过程中常常需要一部分水把反应时所产生的热量带走以及熟石灰还要吸收水分等原因；实际与上述的数字有相当大的差异。一般來說，实际上每公斤电石只能从乙炔发生器生产出 230~800 升的乙炔，而水的需要量却达到 5~15 公斤。上述数据都将随着乙炔发生器的类型和电石的品级、颗粒度的不同而有所改变。

(二) 电石

电石是暗灰色或暗褐色的块状硬性固体，它是碳和钙的化合物，学名是碳化钙，其化学分子式是 CaC_2 。电石的比重随着纯度而不同，一般是 2.22~2.8 克/厘米³。

在工业上制造电石的方法是把生石灰及碳素物质（如焦炭、无烟煤）打碎，并按一定比例混合，然后将混合物装入电炉内，在电弧高温的作用下使之熔化，并按下列化学反应式起反应，而生成熔融状态的电石。



把熔融状态的电石倾倒在鑄鉄模型中，待其凝固冷却后送入碎石机破碎，再用旋轉篩过篩，根据尺寸大小把电石块区分开来，一般电石块的颗粒度在 2~80 毫米，小于 2 毫米的电石粉是很少使用的。

电石内含有杂质。一般质量优良的电石，其纯度也不过是 80~90%，而其余的 10~20% 主要是未起反应的生石灰及焦炭，也有少量的其它杂质，如硫酸钙、磷化钙等等。

电石根据颗粒度可分为五类，根据纯度（也就是每公斤

电石所能产生乙炔的数量)又可分为两个品级。电石的这些技术特性列于表2。

表2 电石的技术特性

电石颗粒度符号	电石块的尺寸 (毫米)	每公斤电石的乙炔发生量不低于(升)	
		I 级	II 级
2/8	2~8	250	230
8/15	8~15	260	240
15/25	15~25	270	250
25/50	25~50	280	260
50/80	50~80	280	260

工业用的电石是装在密封的铁制圆筒内。铁筒所装的电石重量有100公斤及130公斤两种,铁筒的外形尺寸:容量为100公斤的电石桶直径是420毫米,高度是665毫米;容量为130公斤的电石桶直径是435毫米,高度是700毫米。

电石极易吸取空气中的水分而发生潮解,因此电石桶上的桶盖必须盖紧,以免电石受潮而耗损或因乙炔混入空气中而造成危险。

开电石桶的桶盖时,必须特别小心,一般用专门的开桶刀或平口钳开启。禁止用铁锤敲打或使用火焰。开启桶盖时应戴上手套。

第三节 气焊、气割应用的器具及设备

一、氧气瓶

(一) 氧气瓶的构造

工业用的氧气是由空气制取的。制成后以150大气压的高压压入钢瓶。目的是为了把氧气储存起来或便于运输。这种专为储存与运输氧气用的钢瓶，称为氧气瓶。

氧气瓶的外形与构造如图3所示。

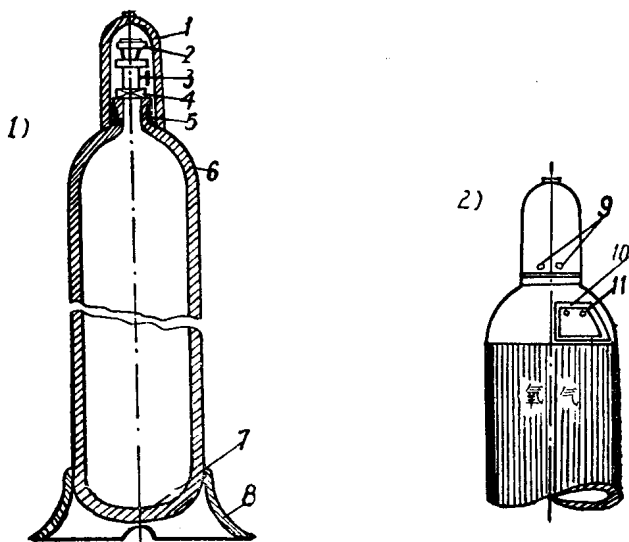


图3 氧气瓶

1) 纵断面图; 2) 外形图

1—保险帽; 2—阀门; 3—接头; 4—螺帽盖; 5—螺圈; 6—瓶颈; 7—瓶底; 8—瓶座; 9—铅封口; 10—充气厂戳记; 11—技术检查戳记

氧气瓶的外形呈圆柱形，表面漆成天蓝色，并用黑漆写上氧气字样。

氧气瓶的构造主要是由无缝钢管制成的圆柱形瓶体。瓶体的下面是凸出或凹进的球面形底部；瓶体的上面是瓶颈，瓶颈的端部称为瓶口，瓶口内壁有螺纹，用以旋上气門閥。

瓶口外面还套着鋼环圈，用以旋装瓶罩，瓶罩的作用在于保护气門閥不致受到意外的碰撞。此外，在瓶体的底部还装有瓶座，瓶座下部是正方形的，它的作用是使氧气瓶在直立放置时能够站稳，而在横臥放置时又不致滚动。

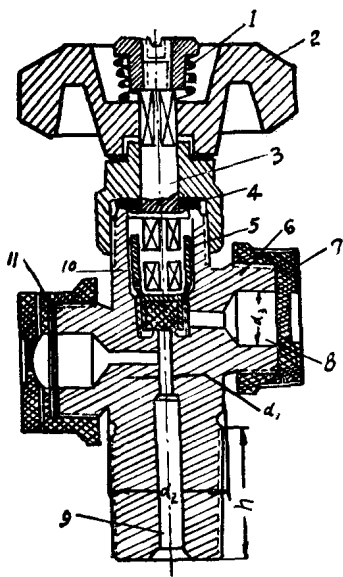


图 4 气門閥构造图

1—彈簧；2—手輪；3—傳动軸；4—墊圈；5—活門；6—側接头；7—保護帽；8—出气口；9—进气口；10—閥体；11—膜式保險閥

側接头上的螺紋不受损坏，同时又能防止灰尘及其他杂质沾污出气口。膜式保險装置用来保証瓶內的压力不致过高，当瓶內超过了工作压力，則膜式保險装置的銅膜被击穿，而泄放瓶內的氧气，把压力降低。

气門閥的工作情况是这样的：按順时針方向轉动手輪

气門閥的型式很多，它是控制氧气进出瓶体的閥門。常用气門閥构造如图 4 所示。气門閥的閥体是由青銅或黃銅制成的，而手輪是鑄鋁或鑄铁的。在閥体的下端是帶有螺紋的錐形尾，用以旋入瓶口內；在閥体的旁側有側接头和膜式保險装置。側接头的外表面也有螺紋，这些螺紋是3/4毫米的右旋螺紋（其他气瓶用的都是左旋螺紋，这样可以防止装錯而造成事故），用以連接減压器。通常在沒有装上減压器时，多在側接头上旋一保护帽，以保护

时，傳动軸也跟着一起轉动，由于傳动軸的下端的橫截面是四方形的，并伸入到活門上方的四方形凹槽內，这样便使活門也按順时針方向轉动起来，外表具有螺紋的活門在轉动时就旋入閥体中去，連接轉动手輪，則活門繼續下旋，直至压紧在活門座上为止。此时进气口即被活門封閉，氧气不能从瓶內流出。相反地，按反时針方向轉动手輪时，活門即离开活門座而向上升起。此时，进气口开启了，氧气就从进气口經過出气口而流出。

氧气瓶是高压容器，因此对它的要求就特別严格。出厂前，除了对氧气瓶的各个部件进行严密的檢查以外，还必须对瓶体进行水压試驗，水压試驗的压力应该是工作压力的1.5倍，也就是： $150\text{大气压} \times 1.5 = 225\text{大气压}$ 。經試驗合格后才能出厂使用。

氧气瓶在使用过程中会逐渐损坏，为了保証安全，必須作定期檢查（每五年不得少于一次）。定期檢查的方法与出厂檢查时相同。只有經過定期檢查合格的氧气瓶才能繼續使用。

在瓶頸的外表面上标注着下列各項：

- (1) 氧气瓶的号碼和制造厂名；
- (2) 制造日期；
- (3) 鋼瓶的容量（升）；
- (4) 鋼瓶的重量（公斤）；
- (5) 工作压力和試驗压力（公斤/平方毫米或大气压）；
- (6) 下次檢驗日期；
- (7) 工厂技术檢驗科的鋼印。

氧气瓶的容量有許多种，随着容量的不同，其尺寸和重量也不一样。各种容量氧气瓶的主要尺寸及重量列于表3，