

焊接工艺与操作技巧

周 岐 主编

辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接工艺与操作技巧 / 周岐主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.2

ISBN 978-7-5381-9050-2

I. ①焊… II. ①周… III. ①焊接工艺 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 023186 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

经销者: 各地新华书店

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 21.25

字 数: 580 千字

出版时间: 2015 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2015 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 康 健

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-9050-2

定 价: 55.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

<http://www.lnkj.com.cn>

本社法律顾问: 陈光律师

咨询电话: 13940289230

总目录

第一篇/1……187

气焊、气割工艺与操作技巧

第二篇/1……224

埋弧焊工艺与操作技巧

第三篇/1……236

铸铁与堆焊材料的焊接

目 录

第一章 气焊与气割基础知识	1
第一节 气焊、气割用材料	1
一、氧气	1
二、乙炔	2
三、液化石油气	2
四、气焊丝和气焊熔剂	4
第二节 气焊、气割用设备	5
一、氧气瓶	5
二、乙炔瓶	7
三、液化石油气瓶	8
四、回火防止器	9
第三节 气焊、气割设备、工具及材料	12
一、减压器	12
二、焊炬	15
三、割炬	18
四、辅助工具	21
第二章 气焊工艺与操作技巧	23
第一节 气焊焊接工艺的选择技巧	23
一、焊接火焰	23
二、气焊焊接工艺参数选择	26
第二节 焊前准备	30
一、焊丝和焊件表面的清理	30
二、氧-乙炔焰的点燃	30
三、氧-乙炔焰的调节	30
四、预热	31
五、定位焊	31
第三节 基本操作技巧	32
一、氧-乙炔焰的点燃、调节和熄灭	32
二、起焊	33
三、焊嘴和焊丝的运动技巧	34
四、接头与收尾操作技巧	35
五、左焊法和右焊法	36
第四节 各种空间位置的操作要点	37

一、平焊操作要点	37
二、横焊操作要点	38
三、立焊操作要点	39
四、仰焊操作要点	39
第五节 板的气焊操作技巧	40
一、板的平焊	40
二、板的横焊	43
三、板的立焊	44
四、板的仰焊	46
第六节 管子的气焊操作技巧	48
一、水平转动管的气焊操作技巧	49
二、垂直固定管的气焊操作技巧	52
三、水平固定管的气焊操作技巧	55
第七节 容器的气焊操作技巧	57
一、筒体纵缝的焊接	57
二、容器环缝的焊接	58
三、容器的焊补	59
第八节 气焊常见缺陷与防止措施	60
一、焊缝尺寸不符合要求	60
二、咬边	60
三、烧穿	61
四、焊瘤	61
五、夹渣	62
六、未焊透	62
七、过热和过烧	63
八、凹坑	63
九、气孔	64
十、裂纹	64
第三章 常用金属材料的气焊工艺与操作技巧	67
第一节 碳钢的气焊工艺与操作技巧	67
一、低碳钢	67
二、中碳钢	68
三、高碳钢	69
第二节 低合金钢的气焊工艺与操作技巧	70
一、焊接性	70
二、16Mn钢的气焊工艺	70
第三节 珠光体耐热钢的气焊工艺与操作技巧	71

一、焊接性	71
二、气焊工艺	71
第四节 不锈钢的气焊工艺与操作技巧	73
一、焊接性	73
二、气焊工艺	75
第五节 铸铁的补焊工艺与操作技巧	76
一、铸铁的补焊方法	76
二、灰口铸铁	78
三、球墨铸铁	81
第六节 铜及铜合金的气焊工艺与操作技巧	82
一、焊接性	82
二、气焊工艺	83
第七节 铝及铝合金的气焊工艺与操作技巧	86
一、焊接性	86
二、气焊工艺	86
第八节 气焊操作实例	91
一、锅炉过热器15CrMo钢管的对接气焊	91
二、不锈钢(1Cr18Ni9Ti)薄壁桶的气焊	92
三、摇臂柄(灰口铸铁)的气焊修复	92
四、柴油机缸体裂纹的气焊修复	93
五、导电铝排的气焊	94
第四章 气焊的其他应用技巧	97
第一节 气体火焰堆焊	97
一、气体火焰堆焊的特点	97
二、气体火焰堆焊工艺	97
三、气体火焰堆焊技巧实例	97
第二节 气体火焰钎焊工艺与操作技巧	100
一、钎料和钎剂的选择	100
二、钎焊工艺	102
三、同种金属气体火焰钎焊的操作技巧	103
四、异种金属气体火焰钎焊的操作技巧	105
第五章 气割工艺及操作技巧	109
第一节 气割工艺基础	109
一、气割的过程	109
二、切割氧流与垂直度	110
三、气割的条件	114
四、各种金属材料的气割性能	115

五、气割规范的选择	116
第二节 手工气割操作技巧	122
一、气割前准备工作	122
二、基本姿势与操作技巧	123
三、立割与横割的操作技巧	129
四、气割接头的操作技巧	135
五、割孔的操作技巧	138
第三节 机械气割操作技巧	143
一、机械气割的参数选择与尺寸控制	143
二、CG1-30型气割机的操作	145
三、仿形气割机的操作	147
四、门式切割机操作	149
五、数控切割机操作	150
六、常用机械气割机的维护和保养	151
第四节 气割操作技巧应用	152
一、角钢的气割	152
二、槽钢的气割	154
三、工字钢的气割	157
四、圆钢的气割	158
五、钢板的手工气割	160
六、圆管的气割	164
七、坡口的气割	165
八、表面气割	171
九、气割割圆	174
十、特殊气割	177
第五节 气割质量标准与检验	180
一、气割质量标准	180
二、切割面质量的检验	181
第六章 气焊、气割安全技术	183
参考文献	187

第一章 气焊与气割基础知识

在生产中，利用可燃气体与助燃气体混合燃烧所释放出的热量作热源进行金属材料的焊接或切割，是金属材料热加工常用的工艺方法之一。

可燃气体的种类很多，目前应用最普遍的是乙炔气，其次是液化石油气。乙炔气与氧混合燃烧产生的温度可达 $3000 \sim 3300^{\circ}\text{C}$ 。在生产中，氧-乙炔焰常常被用来焊接较薄的钢件、低熔点材料及铸铁等，也常被用于火焰钎焊、堆焊以及钢结构变形后的火焰矫正等方面。氧-乙炔焰的气割在钢材的下料及坡口的制备方面，应用得就更为广泛了。

第一节 气焊、气割用材料

一、氧气

在常温常压下，氧是气态的，即氧气。氧气是一种无色、无味、无毒的气体，在标准状态下（温度为 0°C ，压力为 0.1MPa ），氧气的密度是 $1.429\text{kg}/\text{m}^3$ 。

氧气不自燃，但助燃。氧气的化学性质极为活泼，它能与自然界的绝大多数元素（除惰性气体外）相化合，这种化合作用称为氧化反应。氧气的化合能力随着压力的加大和温度的升高而增强。像工业中常用的高压氧气，如果与矿物油、脂肪及其他易燃物质相接触，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。

工业用的氧气是由空气制取的。氧气的纯度对于气焊气割工作的质量、工作进行的速度以及氧气本身的消耗量都有直接的关

系。根据GB/T 3863—1995标准规定，工业用氧气可分为三个规格，即优等品纯度不低于99.7%；一等品纯度不低于99.5%；合格品纯度不低于99.2%，与优等品区别为一等品及合格品每瓶含游离水量不超过100mL。

二、乙炔

乙炔是一种无色而有特殊臭味的气体。在标准状态下，其密度是 1.179kg/m^3 。乙炔是一种碳氢化合物，其分子式为 C_2H_2 。乙炔比空气轻，在常温常压下乙炔为气态，所以也称乙炔气。

乙炔是一种具有爆炸性的危险气体。当乙炔的温度超过 300°C ，且压力增加到 $0.15 \sim 0.2\text{MPa}$ 时就容易发生爆炸。当乙炔在空气中的含量（按体积分数）在 $2.8\% \sim 81\%$ 的范围内，或者乙炔在氧气中的含量（按体积分数）在 $2.8\% \sim 93\%$ 的范围内所形成的混合气体，只要遇到明火都会立刻爆炸。

乙炔与铜或银长期接触后会产生一种爆炸性的化合物，即乙炔铜和乙炔银，当它们受到剧烈振动或者加热到 $110 \sim 120^\circ\text{C}$ 时就会引起爆炸，所以凡与乙炔接触的器具设备禁止用纯铜制造，只准用铜的质量分数不超过70%的铜合金制造。

乙炔爆炸时会产生高热，特别是产生高压气浪，其破坏力很强，因此使用乙炔必须要注意安全。如果将乙炔贮存在毛细管中，其爆炸性就大大降低，即使把压力增高到 2.7MPa 也不会爆炸。由于乙炔能大量溶解于丙酮溶液，利用乙炔的这个特性，将乙炔装入置有丙酮溶剂和多孔复合材料的乙炔瓶内贮存和运输。

三、液化石油气

液化石油气是裂化石油的副产品，其主要成分是：丙烷（ C_3H_8 ）、丁烷（ C_4H_{10} ）、丙烯（ C_3H_6 ）、丁烯（ C_4H_8 ）和少量的乙烷（ C_2H_6 ）、乙烯（ C_2H_4 ）等碳氢化合物。如果将石油气加上 $0.8 \sim 1.5\text{MPa}$ 的压力，就会变成液体，装入瓶中，便于贮存和运输。

液化石油气的几种主要成分均能与空气或氧气构成具有爆炸性的混合气体，但具有爆炸危险的混合物比值范围比乙炔窄，所以比使用乙炔安全些。由于石油气与氧气混合燃烧时的温度比乙炔与氧气混合燃烧的温度低，所以当液化石油气作为可燃气体，用于切割钢板时，切口表面光洁，棱角整齐，氧化铁渣易打掉，切口表面硬度和含碳量低于氧-乙炔气割，切割薄板时变形小。在切割时，由于液化石油气与氧燃烧速度低，因此要求割嘴有较大的混合气体喷出截面，降低流速，才能保证良好的燃烧。

各种燃气的物理化学性能见表1-1。

表1-1 各种燃气的物理化学性能

特性 \ 燃气	乙炔	乙烷	丙烷	丁烷	乙烯	丙烯	丁烯	甲烷	氢
分子式	C ₂ H ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	C ₄ H ₈	CH ₄	H ₂
密度 ^① (kg/m ³)	1.17	1.356	2.02	2.59	1.26	1.915	2.558	0.717	0.09
临界压力 (MPa)	6.24	4.88	4.26	3.8	5.12	4.6	4.02	4.64	7.39
临界温度 (℃)	36.3	32.27	96.81	152.01	9.9	91.9	146.4	-82.5	-239.9
蒸汽压 (MPa)	0℃	2.71	2.53	0.43	0.1	4.05	0.58	0.09	
	20℃	4.4	3.85	0.86	0.21	6.48	1.04	0.2	
沸点 (℃)	-84	-88.63	-42.1	-0.5	-103.7	-47.7	-6.26	-161.49	
着火温度 (℃)	335	530	510	490	540	455	445	645	510
火焰温度 (℃)	3000~		2100~					1900~	2100~
	3300		2600		3100	2900	2600	2100	2660
燃烧速度 (m/s)	理论	8	4					5.5	11.2
	实际	5.8	3.9					5.5	11
爆炸范围 (体积分 数) ^②	与氧 混合	2.8~93	3.2~ 12.5	2.3~ 9.5	1.5~8.5	4.1~ 61.8	2.1~ 52.8	5.4~59.2	4.7~ 93.9
	与空 气混 合	2.5~80	4.1~ 50.5	2.4~ 12.5	1.9~8.5	2.8~ 28.5	2~ 11.1	1.6~9.3	5.3~14
								4.1~ 74.2	

注：① 标准状态下；
 ② 15.6℃，0.1MPa情况下。

四、气焊丝和气焊熔剂

在气焊过程中，气焊丝的正确选用是很重要的，因为它被不断地送入熔池内，并与熔化的基体金属熔合形成焊缝。所以焊缝的质量在很大程度上和气焊丝的质量有关，为此必须给予重视。

气焊丝的化学成分应基本上与焊件相符合，保证焊缝具有足够的力学性能。焊丝表面应无油脂、锈斑及涂料等污物。焊丝应能保证焊缝具有必要的致密性，即不产生气孔及夹渣等缺陷。气焊丝的熔点应与工件熔点相近，并在熔化时不产生强烈的飞溅或蒸发。

气焊时，为了防止金属的氧化及消除已经形成的氧化物，在焊接有色金属、铸铁以及不锈钢等材料时，通常须采用气焊用熔剂，气焊用熔剂的种类、用途及性能见表1-2。

表1-2 气焊用熔剂的种类、用途及性能

牌号	名称	应用范围	基本性能
CJ101	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
CJ201	铸铁焊粉	铸铁	熔点约为650℃，呈碱性反应，富潮解性，能有效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
CJ301	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，能有效消除氧化铜和氧化亚铜
CJ401	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

起化学作用的熔剂是由一种或几种酸性氧化物（或碱性氧化物）组成的，所以又分成酸性和碱性两种。如被焊金属产生的氧化物是酸性的，就采用碱性的熔剂中和它；相反，如被焊金属产生的氧化物是碱性的，就采用酸性的熔剂中和它。酸性氧化物和碱性氧化物中和后形成低熔点的盐类。

在气焊前，气焊熔剂可以直接撒在焊件坡口上，或蘸在气焊丝上加入熔池。在高温下，它与金属熔池内的金属氧化物或非金属夹杂物相互作用生成熔渣。同时，由于生成的熔渣覆盖在熔池表面，而把熔池与空气隔绝开来，这就防止了熔池金属在高温时被继续氧化，从而改善了焊缝金属的质量。

第二节 气焊、气割用设备

一、氧气瓶

1. 氧气瓶

氧气瓶的形状和构造如图1-1所示，由瓶体、瓶帽、瓶阀及瓶箍等组成。

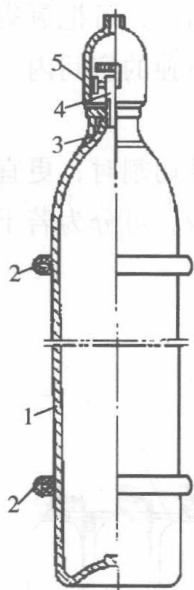


图1-1 氧气瓶的构造

1—瓶体；2—防震橡胶圈；3—瓶箍；
4—瓶阀；5—瓶帽

氧气瓶是贮存和运输氧气的一种高压容器，其外表涂天蓝色，瓶体上用黑色涂料（黑漆）标注“氧气”两字。常用气瓶的容积为40L，在15MPa的压力下，可贮存 6m^3 的氧气。由于瓶内压力高，而且氧气是极活泼的助燃气体，因此必须严格按照安全操作规程使用。

2. 氧气瓶的使用

（1）室内或室外使用氧气瓶时，都必须将氧气瓶妥善安放，以防止倾倒。在露天使用时，氧气瓶必须安放在凉棚内，以避免太阳光的强烈照射。

（2）氧气瓶一般应该直立放置，只在个别情况下才允许卧

置，但此时应该把瓶颈稍微搁高一些。

(3) 氧气瓶上严禁沾染油脂，也不允许戴有油脂的手套去搬运氧气瓶，以免发生事故。

(4) 取瓶帽时，只能用手或扳手旋取，禁止用铁锤等铁器敲击。

(5) 冬季使用氧气瓶时，如果氧气瓶冻结应该使用浸了热水的棉布盖上使其解冻，严禁采用明火直接加热。

(6) 使用氧气瓶时不应该将氧气瓶的氧气全部用完，最后至少要剩下0.1MPa压力的氧气。

(7) 氧气瓶在运送时应避免互相碰撞，不能与可燃气体气瓶、油料以及其他任何可燃物放在一起运输。在厂内运输时应用专用小车，并加以固定。

3. 氧气瓶的集中配组使用

装配焊接车间往往有若干个焊、割工作岗位，可把氧集中配组供给这些工作点，配气组装置可分别设在单独的房间内，由配气组气瓶中的气体经汇流排管道送到使用工位。

当使用耗气量多的自动切割或大厚度工件切割时，更宜用氧气集中配组供气。使用时，根据氧气瓶的数量，可分为若干组轮流向集气管供气，如图1-2所示。

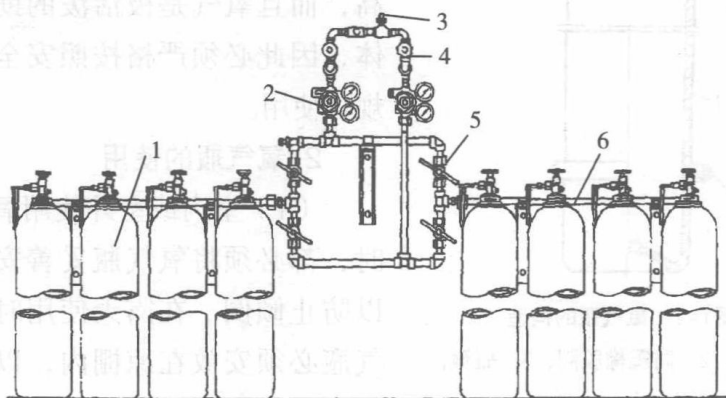


图1-2 氧气瓶汇流排供气布置

1—氧气瓶；2—集中减压器；3—出口；4—气阀；5—控制阀；6—集气管

二、乙炔瓶

1. 乙炔瓶

乙炔瓶是一种贮存和运输乙炔用的容器，其形状和构造如图1-3所示，其外表涂白色，并用红漆标注“乙炔”两字，瓶口安装专门的乙炔气阀。乙炔瓶的工作压力为1.5MPa，在瓶体内装有浸满着丙酮的多孔性填料，能使乙炔稳定而又安全地贮存在乙炔瓶内。当使用时，溶解在丙酮内的乙炔就分解出来，通过乙炔瓶阀流出，而丙酮仍留在瓶内，以便溶解再次压入的乙炔。乙炔瓶阀下面填料中心部分的长孔内放着石棉，作用是帮助乙炔从多孔填料中分解出来。

通常乙炔瓶内的多孔性填料是采用质轻而多孔的活性炭、木屑、浮石以及硅藻土等合制而成的。

2. 乙炔瓶的使用

乙炔瓶内的最高乙炔压力是1.5MPa。由于乙炔是易燃、易爆的危险气体，所以在使用时必须谨慎，除了必须遵守氧气瓶的使用要求外，还应该严格遵守下列各点：

(1) 乙炔瓶不应遭受剧烈的振动或撞击，以免瓶内的多孔性填料下沉而形成空洞，影响乙炔的贮存。

(2) 乙炔瓶在工作时应直立放置，因为卧放时会使丙酮流出，甚至丙酮会通过减压器而流入乙炔橡胶气管和焊割炬内，引起燃烧和爆炸。

(3) 乙炔瓶体的表面温度不应超过30~40℃，因为乙炔温

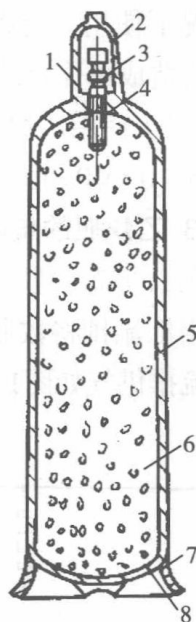


图1-3 乙炔瓶的构造

- 1—瓶口；2—瓶帽；3—瓶阀；
4—石棉；5—瓶体；6—多孔性
填料；7—瓶座；8—瓶底

度过高会降低丙酮对乙炔的溶解度，而使瓶内的乙炔压力急剧增高。

(4) 乙炔减压器与乙炔瓶的瓶阀连接必须可靠，严禁在漏气的情况下使用，否则会形成乙炔与空气的混合气体，一旦触及明火就会造成爆炸事故。

(5) 使用乙炔瓶时，不能将瓶内的乙炔全部用完，最后应剩下0.05~0.1MPa压力的乙炔气，并将气瓶阀关紧防止漏气。

3. 乙炔瓶的集中配组使用

在乙炔需用量大的场合或者用瓶装乙炔向管道输气的场所，可以用汇流排将数瓶乃至数十瓶乙炔连接起来集中配组使用，乙炔汇流排供气如图1-4所示。

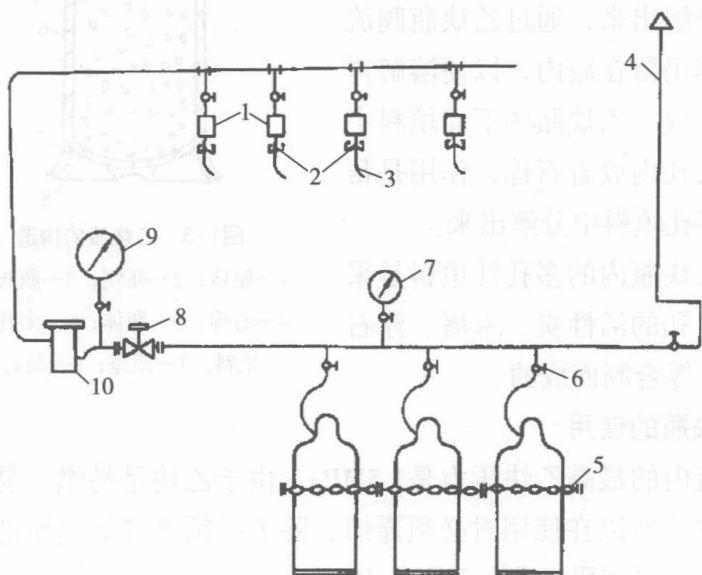


图1-4 乙炔瓶汇流排供气

- 1、10—回火防止器；2—旋塞；3—乙炔出口；4—乙炔放空管；
5—气瓶防护链；6—气阀；7、9—压力表；8—减压器

三、液化石油气瓶

液化石油气瓶是一种贮存和运输液化石油气用的容器，其

形状和构造如图1-5所示。其外表涂银灰色，并用红色涂料（红漆）标注“液化石油气”字样。液化石油气瓶的工作压力为1.57MPa，气割作业中常使用20~30kg装的钢瓶。

用气量大的工厂也可采用容量大的贮罐贮存液化气，贮罐的容量按气体需用量确定（由专业单位设计），并用管道输送到各使用点。

现有一种液化石油气贮运槽车，既可运送液

化石油气，也可作贮罐用于供气。贮运槽车须配有安全阀、压力表、液面计、人孔和排污管等附件，其设计和制造应按“液化石油气汽车槽车安全管理规定”的要求进行。

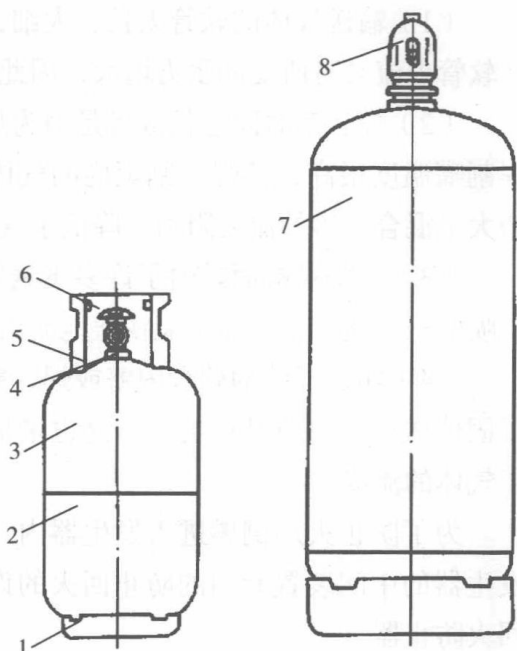


图1-5 液化石油气瓶

1—底座；2—下封头；3—上封头；4—瓶阀座；
5—护罩；6—瓶阀；7—筒体；8—瓶帽

四、回火防止器

在气焊气割过程中，气体火焰伴有爆鸣声进入焊（割）炬，并熄灭或在喷嘴重新点燃的现象称回火。回火有持续回火和回烧两种。发生回火后火焰从焊、割嘴燃入，此时如果在气体通路上没有东西阻挡的话，火焰就会从焊、割炬经软管而一直燃至乙炔发生器的贮气室内，引起发生器爆炸，酿成严重事故。

发生回火的根本原因是，混合气体从焊炬或割炬的喷射孔内喷出的速度小于混合气体燃烧速度。一般影响气体喷射速度的原因有以下几点：