

职业教育行业规划教材



综合实训

王云鹏 主编

蔺文生 张磊 参编



本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育行业规划教材

焊接综合实训

主编 王云鹏

参编 蔺文生 张 磊

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本课程是中等职业学校焊接专业的一门实训课程,主要针对气焊与气割、熔化焊基础、焊条电弧焊、二氧化碳气体保护焊、钨极氩弧焊、埋弧自动焊及焊接安全与环保等焊接基础知识和基本技能训练方法做了相应的介绍。

本书以基本知识和技能训练为重点,结合实际考核项目的要求进行操作训练。除满足焊接及相关专业学生取证的理论与技能需求,在实际训练的内容和要求上有所扩展,可用于焊工培训的教学。

本书配有电子教学参考资料包,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

焊接综合实训/王云鹏主编. —北京:电子工业出版社,2010.12

职业教育行业规划教材

ISBN 978-7-121-12227-9

I ①焊… II ①王… III ①焊接—专业学校—教材 IV ①TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第217095号

策划编辑:张 凌 特约编辑:张 慧

责任编辑:郝黎明

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:11 字数:281 6千字

印 次:2010年12月第1次印刷

印 数:4 000册 定价:19.50元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888

前 言

本课程是中等职业学校焊接专业的一门实训课程，主要针对气焊与气割、熔化焊基础焊条电弧焊、二氧化碳气体保护焊、钨极氩弧焊、埋弧自动焊及焊接安全与环保等焊接基础知识和基本技能训练方法做了相应的介绍。

本书以基本知识和技能训练为重点，结合实际考核项目的要求进行操作训练。除满足焊接及相关专业学生取证的理论与技能需求，在实际训练的内容和要求上有所扩展，可用于焊工培训的教学。

本书的编写特点有以下几点：

1. 突出技能训练，在每一章中除讲述必要的知识点外，大部分内容是不同实训项目的介绍，以培养学生较强的动手能力。
2. 紧密结合焊接特殊工种的考核要求。
3. 增加了与高新技术或产业有关的新方法、新技能，力求反映科学的最新水平。
4. 采用最新的国家标准，内容更加规范化。

为了保证教材的编写质量，突出能力目标、技能训练的方法和手段，特邀请了企业技术人员参加编写。全书共分为七章，其中第一、四章由蔺文生编写；第二、三章由张磊编写；其余章节由王云鹏编写并担任主编。

本书编写过程中，参阅了中等职业教育同类教材、部分工具书和最新国家标准。在此向有关作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案以及习题答案（电子版），请有此需要的老师登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）免费注册后进行下载，如有问题，请在网站留言板上留言或与电子工业出版社联系（E-mail: hxedu@phei.com.cn）。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可,复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为;歪曲、篡改、剽窃本作品的行为,均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人应承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序,保护权利人的合法权益,我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为,本社将奖励举报有功人员,并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话:(010)88254396;(010)88258888

传 真:(010)88254397

E - mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址:北京市海淀区万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编:100036

目 录

绪论	1
第一章 气焊与气割	4
第一节 气焊与气割基础	4
第二节 气焊技能训练	13
第三节 气割技能训练	23
第二章 熔化焊基础	30
第一节 初级焊工基础	30
第二节 基本技能训练	46
第三节 平敷焊技能训练	52
第四节 I形坡口平对接焊技能训练	53
第五节 平角接焊技能训练	56
第三章 焊条电弧焊	60
第一节 焊条电弧焊基础	60
第二节 V形坡口平对接焊技能训练	73
第三节 立对接焊技能训练	78
第四节 横对接焊技能训练	82
第五节 管对接焊技能训练	86
第四章 二氧化碳气体保护焊	92
第一节 二氧化碳气体保护焊基础	92
第二节 二氧化碳气体保护平敷焊技能训练	102
第三节 二氧化碳气体保护焊平板对接焊技能训练	106
第四节 板—板 T形角接焊技能训练	109
第五节 平板对接立焊技能训练	112
第六节 平板对接横焊技能训练	115
第五章 钨极氩弧焊	120
第一节 钨极氩弧焊基础	120
第二节 平敷氩弧焊技能训练	130
第三节 铝及铝合金平敷焊技能训练	132
第四节 不锈钢薄板平对接焊技能训练	134
第五节 碳钢管道氩弧焊打底焊技能训练	136
第六章 埋弧自动焊	139
第一节 埋弧自动焊基础	139

第二节 平敷埋弧焊技能训练	148
第三节 I形坡口板—板对接埋弧焊训练	151
第四节 V形坡口板—板对接埋弧焊训练	154
第五节 角焊缝埋弧焊技能训练	157
第七章 安全与环保	161
第一节 焊接安全教育与检查	161
第二节 焊接劳动保护	163
第三节 焊接清洁与环保生产	165
参考文献	167



绪 论

焊接是金属连接的一种工艺方法，也是一门综合性应用技术。

1. 金属的连接

金属连接的方法很多，如螺栓连接、铆接、胶接和焊接等。

螺栓通常为圆柱形金属杆，一端有方头或六角头，另一端有螺纹，配有螺母和垫圈，可把钢构件或钢木构件紧固在一起。高强度螺栓采用优质碳素结构钢或合金结构钢，经过热处理可获得较高强度并具有一定塑性和韧性的螺栓，使用中需要施加强大的预拉力。高强度螺栓用于工业和民用建筑、公路和铁路桥梁、塔桅结构、管道支架、起重机械等的钢结构可拆连接中，如图0-1所示。

铆钉是一端有半圆形钉头的圆柱形短杆，常将它穿入需要连接的两钢板或型钢铆钉孔中，并把伸出的一端压成或锤成第二个钉头。铆钉连接如图0-2所示。由于费工、费料，铆合工艺复杂，而且在动荷载下容易松动，已逐渐被焊接和高强度螺栓所代替。

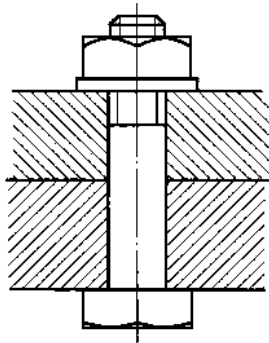


图0-1 螺栓连接

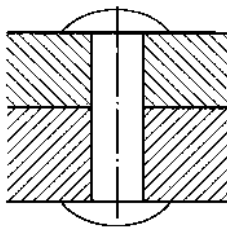


图0-2 铆钉连接

焊接是目前应用最广、最重要的金属材料的永久性连接方法。据统计，通过焊接实现连接的结构产品的用钢量已达到总用钢量的50%以上，因此说明焊接方法具有其他连接方法所不可取代的特点。

① 焊接是一种金属原子间的连接，刚性大、整体性好。通过焊接连接的部件和材料能够实现同母材等强度、等刚度、等塑性、等韧性的高性能，能够承受母材所能承受的各种载荷的作用。焊接生产的压力容器、船体等结构具有很好的气密性和水密性，通过其他的连接方法是很难实现的。

② 相对铆接结构其接头效能较高，相同结构的质量可减轻10%~20%。以焊代铸或以焊代锻，将铸造、锻造结构改为焊接结构或铸-焊、锻-焊联合结构，节约了基建投资，可以取得较大的经济效益。

③ 焊接具有很好的动载性能, 在一些运动载体 (车辆等) 上运用焊接特别普遍。焊接构件的过载能力和承受冲击载荷能力较强, 从而使焊接结构的材料分布、性能的匹配更合理。

④ 焊接具有良好的可靠性能, 可以在很长的寿命期间内安全地工作。而且, 焊接具有非常高的适应性, 在各种环境下 (包括深海和宇宙空间) 都能进行连接。

⑤ 焊接具有很高的生产效率, 焊接生产一般不需要大型、贵重的设备, 因而兴建焊接结构制造厂 (车间) 时, 设备投资较少, 投产快, 对产品的生产规模适应性强, 焊接可完全适应大规模的批量生产, 而且更换产品规格、品种也较方便。

2. 焊接的应用与发展

焊接技术一直随着科学技术的整体进步而发展。在 19 世纪初的电气产业革命中, 将电弧用于焊接开启了电弧焊的新纪元。20 世纪前期发明和推广了焊条电弧焊, 20 世纪中期发明和推广了埋弧焊和气体保护焊。随着现代科学的发展和进步, 各种高能束 (电子束、激光束) 也在焊接上得到了应用。到了 20 世纪 70 年代, 在世界范围内, 焊接技术已经成为机械制造业中的关键技术之一。特别是 20 世纪后期, 随着电子技术及自动控制技术的发展, 焊接产业开始向高新技术方向发展, 焊接技术突出地反映了整个国家的工业生产水平和机械制造水平。

焊接生产几乎渗透到国民经济的各个领域, 如工业中的石油与化工机械 (见图 0-3)、重型与矿山机械、起重与吊装设备、冶金建筑、各类锻压机械等; 交通运输业中的汽车、船舶 (见图 0-4)、车辆、拖拉机的制造; 兵器工业中的常规兵器、火箭、深潜设备; 航空航天工业中的人造卫星和载人飞船 (见图 0-5) 等。对于许多产品, 如核电站的工业设备及开发海洋资源所必需的海上平台、海底作业机械或潜水装置 (见图 0-6) 等, 为了确保其加工质量和后期使用的可靠性, 难以找到比焊接更好的加工技术。

世界最大的煤液化反应器 (中国制造)



直径=5.5m 壁厚=337mm 长度=62m 质量=2060t

图 0-3 反应器

30万吨超大型原油船 (中国制造)



总长333m 宽度58m

图 0-4 原油船



图 0-5 飞船



图 0-6 海上作业

3. 本教材的主要内容

本教材是根据中等职业教育焊接及相关专业的培养目标、学生需掌握的知识水平和技能要求编写的。本教材针对初级焊工的技能要求，编入了焊接安全与环保生产、气焊与气割技能、焊条电弧焊等内容的基础知识和基本技能训练；针对中级焊工的技能要求，编入了焊条电弧焊、二氧化碳气体保护焊、钨极氩弧焊、埋弧自动焊等内容的基础知识和基本技能训练。

4. 学习本课程应达到的能力目标

- ① 掌握气焊、气割、焊条电弧焊的劳动保护及安全方面的基本知识。
- ② 能正确使用气焊、气割、焊条电弧焊常用的工具及量具。
- ③ 初步掌握气焊、气割的基本操作技能。
- ④ 掌握常用的焊条电弧焊设备的选择和使用方法。
- ⑤ 掌握焊条的性能及选用和使用原则。
- ⑥ 掌握焊条电弧焊的基本操作技能。
- ⑦ 掌握二氧化碳焊、钨极氩弧焊、埋弧自动焊的基本操作技能。
- ⑧ 了解焊接缺陷的种类。
- ⑨ 能够制订筒体结构零件的焊接工艺。

5. 教学法建议

焊工实训是一门实践性较强的专业课程，应注意理论联系实际，善于综合运用专业知识认识和分析焊条电弧焊及其他焊接方法中的实际问题。学习本课程前，应使学生对焊接生产的全过程有一定程度的感性认识，通过组织学生进行现场参观和教学，加深对理论知识与实际操作关系的正确认识；也可结合电教教学的方式开阔学生的视野，培养学生分析问题和解决问题的能力。



第一章 气焊与气割

本章重点

- ① 气焊平敷焊、气焊平对接焊以及管材对接气焊的操作方法和技能。
- ② 气割的操作技术和工艺要求。

本章难点

- ① 气焊与气割气体火焰的调节。
- ② 气焊与气割所用设备的安全操作。

教学建议

- ① 尽可能采用实物教学，用以加深理解操作技巧。
- ② 除课本的内容外，应注意运用实际案例补充气焊与气割的工艺措施内容。
- ③ 通过练习制订相应的气焊与气割工艺等实践环节培养和提高工艺能力和经验。

第一节 气焊与气割基础

气焊是利用气体火焰所产生的热量，将被焊材料局部加热到熔化状态，同时填充金属而进行金属连接的一种焊接方法。

气割是利用气体火焰的热能将工件切割处预热到一定温度后，喷出高速切割氧气流，使其燃烧并放出燃烧热实现切割的方法。

一、气焊与气割原理及应用

1. 气体火焰

气焊与气割所使用的气体火焰目前应用最多的是由可燃气体乙炔（ C_2H_2 ）和助燃气体氧气（ O_2 ）混合而产生的。气体火焰对气焊与气割质量有很大影响，特别是气焊时的气体火焰既是热源，又起机械保护作用，还和熔池金属发生一些冶金反应，影响焊缝化学成分。

氧乙炔焰按氧乙炔混合比值（指氧气与乙炔的混合比例）的不同可分为中性焰、碳化焰和氧化焰3种（见图1-1），其特征与应用见表1-1。

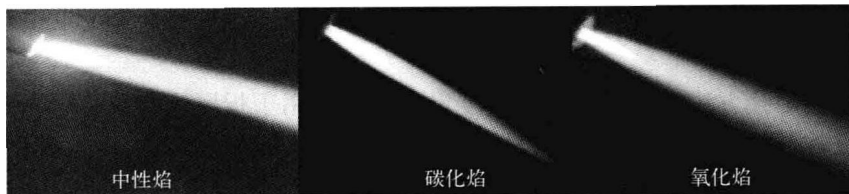
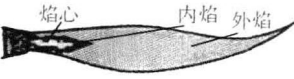


图 1-1 火焰种类

表 1-1 氧乙炔焰的特征与应用

火焰种类	中 性 焰	碳 化 焰	氧 化 焰
氧乙炔混合比	1.0 ~ 1.2	< 1.0	> 1.2
最高火焰温度/℃	3150	< 3000	3300
火焰特征	 包括焰心、内焰和外焰。焰心呈亮白色，端部有淡白色火苗时隐时现，离焰心前面 2 ~ 4mm 处温度最高	 焰心、内焰和外焰三区很明显。焰心呈亮白色，内焰淡白色	 有焰心，但没有内、外焰之分
应用	广泛用于气焊低碳钢、中碳钢、普通低合金钢、不锈钢等	轻微碳化焰可用于铸铁、高碳钢、高速钢等的焊接及硬质合金堆焊、钎焊等	轻微氧化焰只用在黄铜、锡青铜及镀锌铁皮等的气焊时，利用其轻微氧化性，可减少低沸点锌、锡的蒸发

2. 气焊原理

气焊最常用的是氧乙炔焊，其工作过程如图 1-2 所示。氧乙炔焊是指利用乙炔和氧气混合燃烧所形成的火焰（氧乙炔焰）进行焊接的方法。

乙炔与纯氧混合燃烧的火焰温度高达 3000 ~ 3300℃，燃烧时放出的热量大，且热量较集中，用该气体火焰加热并熔化焊件和填充金属形成熔池。同时气体火焰还可以隔绝空气，保护熔池，随着火焰移动，熔池金属冷却凝固后，形成焊接接头，图 1-3 是气焊设备系统的组成示意图。

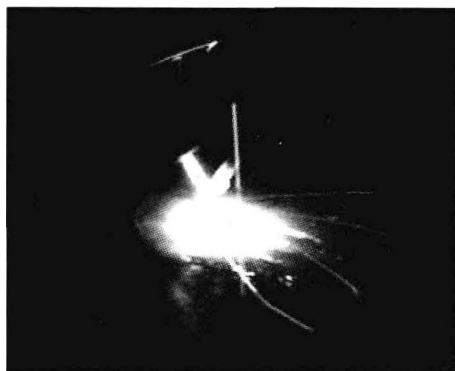


图 1-2 气焊

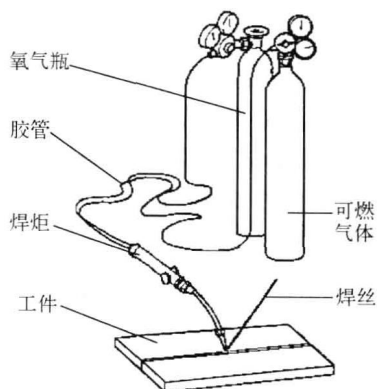


图 1-3 气焊设备系统的组成示意图

3. 气焊特点及应用

气焊比其他焊接方法加热温度低、速度慢，特别适用于板厚为 0.5 ~ 3.5mm 的薄钢板、薄壁管，熔点较低的非铁金属合金、铸铁件的焊接及硬质合金的堆焊，并广泛用于被磨损零件的焊补。同时气焊设备简单轻便，不需要电源，适用于野外施工及修理工作，因此气焊技术在现代工业上有一定的应用。

4. 气割原理

气割时，开启割炬上的切割氧气调节阀，使金属剧烈燃烧而形成的氧化物和少量熔化了金属组成液态熔渣，同时放出大量的热量，并能借助于高压氧气流把熔渣吹出，形成切口，从而达到金属被切割的目的。可见，金属在氧气中剧烈燃烧的过程就是气割过程的实质。

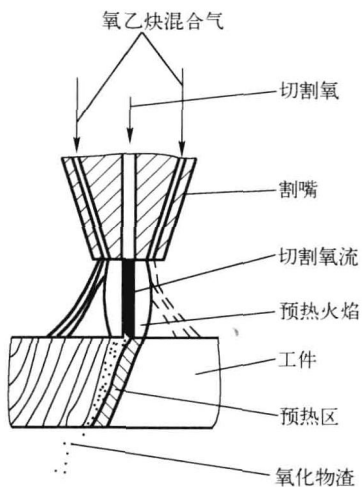


图 1-4 氧气切割过程示意图

氧气切割是焊接结构制造中应用最广泛的下料方法之一，如图 1-4 所示，氧气切割过程由 4 个步骤组成。

① 预热。氧乙炔混合气火焰从割嘴外圈喷出，将切割部位的金属表层预热至燃点以上。

② 氧化。切割用氧气从割嘴中心喷出，已达到燃点的金属急剧氧化燃烧，并形成氧化物渣。

③ 吹渣。液态的氧化物渣被高速切割氧气气流吹走，将未被氧化的金属暴露在氧气流中。

④ 前进。暴露在氧气气流中的金属，在上面的金属被氧化时放出的热量的作用下温度升高到燃点，继续被氧气气流氧化燃烧成渣并被吹走，最后金属在整个厚度方向被氧化割穿。随着氧气气流按切割方向前进，则新接触的金属将重复预热、氧化、吹渣的过程，最后形成切口。

5. 气割的条件

气割是金属的燃烧过程，因此并不是所有的金属都能进行气割，只有符合下述条件的金属材料才能进行气割。

① 金属材料的燃点应低于其熔点。如果金属材料的燃点高于熔点，那么金属燃烧前已经熔化，熔化的液态金属流动性大，难以形成切口，甚至无法进行切割过程。低碳钢的燃点约为 1150℃，熔点为 1500℃，因此低碳钢容易实现气割。随着钢中碳的质量分数增加，钢的熔点降低而燃点升高，当碳钢中碳的质量分数为 0.7% 时，其燃点和熔点均约为 1300℃；而当碳的质量分数大于 0.7% 时，其燃点高于熔点，因此高碳钢不能气割。铸铁、铝和铜及其合金的燃点比熔点高，也不能进行气割。

② 金属氧化物熔点要低于金属的熔点。金属氧化物熔点要低于金属的熔点，使金属氧化物被燃烧热熔化后，再被气流吹除，顺利实现切割过程，且被切割金属不熔化，割口窄小、整齐。高碳钢、高铬或高镍不锈钢、铸铁、铝和铜及其合金的氧化物的熔点均高于其材

料本身的熔点, 因此不能进行气割。

③ 金属在氧气中燃烧释放热量要大。气割时预热热量主要依靠燃烧热 (70%), 而不是火焰的热量 (30%), 因此燃烧热大才能迅速将金属预热到燃点, 实现切割。

④ 金属导热性不能太好。导热性好, 则燃烧热传导、散失得快, 切口处的温度不易达到金属的燃点。铝和铜材料导热快, 因此不能进行气割。

⑤ 阻碍气割的元素和杂质少。例如, 碳的质量分数应低。由于碳燃烧生成 CO 和 CO_2 , 消耗氧气, 因此会降低切割用氧气的纯度, 故铸铁不能进行气割。

6. 气割的应用

气割具有设备简单、方法灵活、基本不受切割厚度与零件形状限制, 而且容易实现机械化、自动化等优点, 因而在切割低碳钢和低合金钢零件中获得广泛的应用。

气割可以切割较厚的工件, 可以气割曲线割缝, 但必须满足上述气割条件才能进行气割。因此, 低碳钢、中碳钢和低合金钢气割性能良好而广泛采用气割。而铸铁、铝和铜及其合金、不锈钢不具备气割条件, 均不能用一般气割方法进行切割, 但通过采用等离子切割可以获得高质量的割缝。

二、气焊与气割设备

1. 氧气瓶

氧气瓶属于压缩气瓶, 主要由瓶体、瓶阀、瓶帽和防震圈等组成。氧气瓶的工作压力为 15MPa, 容积一般为 40L, 质量约 55kg, 瓶体为天蓝色, 并标有黑色“氧”字样, 如图 1-5 所示。

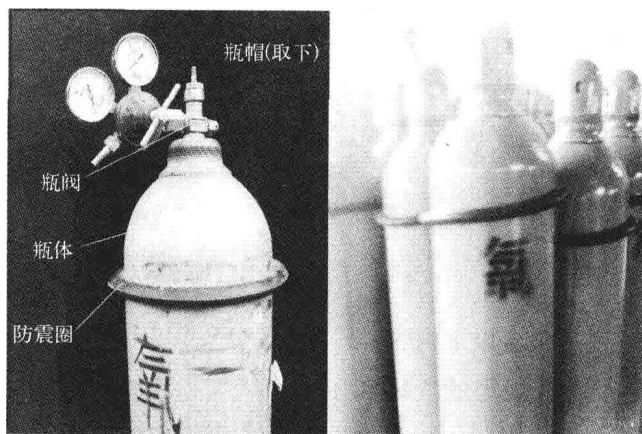


图 1-5 氧气瓶及构造

2. 乙炔瓶

乙炔瓶主要由瓶体、瓶阀、瓶帽和多孔性填料等组成, 瓶体外有防震圈。乙炔瓶内装满了浸满丙酮的多孔性填料 (如硅酸钙、活性炭等), 丙酮溶解了大量的乙炔, 因此乙炔瓶又称为溶解乙炔瓶。乙炔瓶的工作压力为 0.147MPa, 容积一般为 40L, 每瓶溶解乙炔 6~7kg,

瓶重约 60kg，瓶体白色，并漆有红色“乙炔”和“不可近火”字样，如图 1-6 所示。



图 1-6 乙炔瓶及构造

3. 减压器

减压器是将高压气体转换为低压气体的调节装置，减压器可起到调压和稳压的作用，此外，还可以防止氧气逆向流入可燃气瓶引起爆炸。

气焊气割用减压器有氧气减压器、乙炔减压器。氧气减压器如图 1-7 所示，乙炔减压器如图 1-8 所示。



图 1-7 氧气减压器

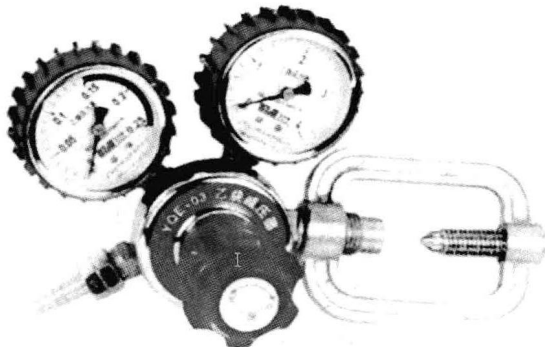


图 1-8 乙炔减压器

减压器的安全使用要求包含以下内容：

① 减压器只能用于设计规定的气体 and 压力。氧气、乙炔等必须选用各自的专用减压器，禁止换用或替用。各种减压器在使用前必须经过检验合格，未经检验或减压不合格的减压器，禁止在焊接或切割设备上使用。

② 同时使用两种气体进行焊接时，不同气瓶减压器的出口端应安装各自的单向阀，以防气体相互倒灌。

③ 安装减压器之前应略打开气瓶瓶阀，吹除瓶嘴上的尘土和污物，防止进入减压器活门座，影响活门密封性，引起低压自行升高，甚至在打开瓶阀时损坏低压表。

④ 减压器应在各自的气瓶上安装合理、牢靠。采用螺纹连接的（如氧气减压器），应

拧足 5 扣以上；采用专门卡具夹紧的（如乙炔减压器），应装卡平整。减压器与气瓶及软管连接必须良好，无任何泄漏。

⑤ 打开气瓶瓶阀前，应检查调压螺钉是否已经松开。打开后，检查减压器连接部位是否漏气，压力表显示是否正常。如发现螺纹连接漏气，应先关闭瓶阀，再检查螺纹连接处，排除漏气。禁止在气瓶瓶阀打开时，带压拧紧螺纹。

⑥ 减压器接通气源后，如发现表盘指针迟滞不动或有误差，必须由当地劳动、计量部门考核认可的专业人员修理，禁止焊工自行调整。

⑦ 禁止用棉、麻绳或一般橡胶等易燃材料作为氧气减压器的密封垫圈。氧气减压器禁止沾油。

⑧ 从气瓶上拆卸减压器之前，必须将气瓶阀关闭，并将减压器内的剩余气体释放干净。

⑨ 不准在高压气瓶或集中供气的汇流导管的减压器上挂放任何物品，如焊炬、电焊钳、胶管、焊接电缆等。

4. 回火防止器

回火防止器用于防止气焊气割时发生回火现象，其结构如图 1-9 所示。

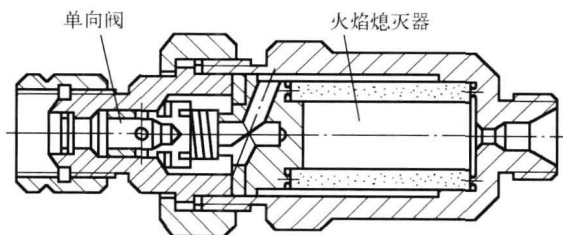


图 1-9 回火防止器

正常情况下，喷嘴里混合气的流出速度与其燃烧速度相等，气体火焰在喷嘴口稳定燃烧。如果混合气的流出速度比燃烧速度快，则火焰离开喷嘴一段距离再燃烧；如果混合气的流出速度比燃烧速度慢，则火焰就进入喷嘴逆向燃烧。这是发生回火的根本原因。造成混合气的流出速度比燃烧速度慢的主要原因是：割嘴堵塞，混合气流出不畅；割嘴、割炬过热；割嘴离工件太近，流出气体被工件阻挡反射等。回火防止器的实际应用如图 1-10 所示。

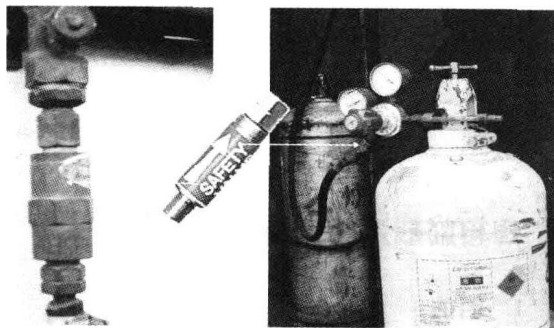


图 1-10 回火防止器的实际应用

5. 焊炬

焊炬是气焊时用于控制气体混合比、流量及火焰强度并进行焊接的工具。常用的焊炬是射吸式的，主要适用于低压乙炔，也可用于中压乙炔。国产射吸式焊炬的型号用 H01-6 表示，射吸式焊炬结构和实物如图 1-11 所示。

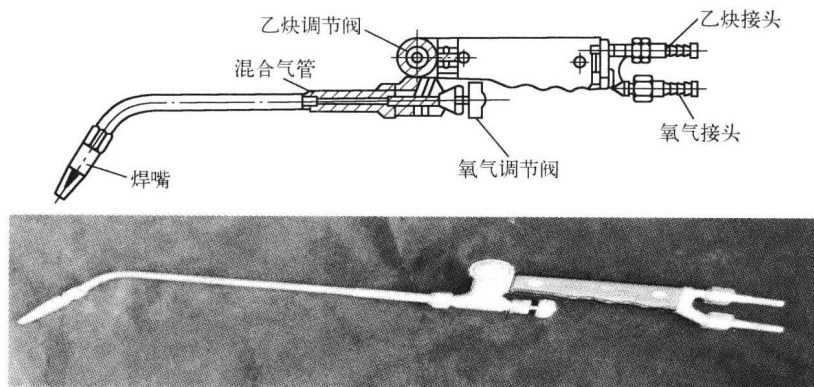


图 1-11 射吸式焊炬结构和实物

6. 割炬

割炬是气割时用于安装或更换割嘴，调节预热火焰、气体流量和控制切割氧气流量并进行气割的工具。常用的割炬也是射吸式的。国产射吸式割炬的型号表示方法如：G01-30。射吸式割炬结构和实物如图 1-12 所示。

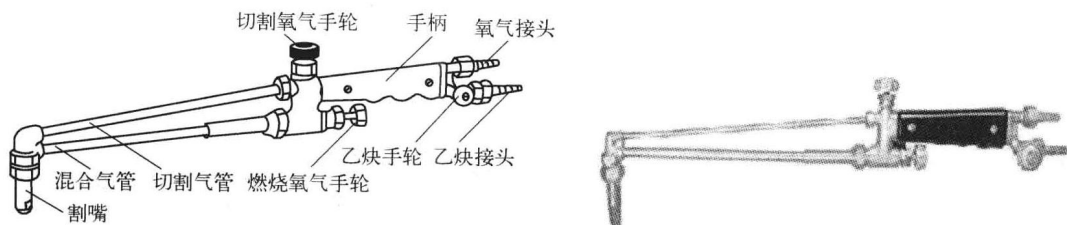


图 1-12 射吸式割炬结构和实物

三、焊接材料及具选用

1. 气体

气焊使用的气体除氧气、乙炔气外，近年来利用液化石油气焊接也得到了迅速发展，几种气体的性质见表 1-2。