

全国工人中级技术考核培训教材

气焊工

中国劳动出版社

本书是为了贯彻《工人考核条例》，根据原机械工业部颁发的《工人技术等级标准》的应知、应会要求，由劳动部培训司组织编写的全国工人中级技术考核培训教材。

本书内容包括两个部分：第一部分讲述了中级气焊工必备的基础理论知识，包括气焊和气割使用的气体 and 材料，气焊和气割所用设备和器具，气焊的冶金原理，常用金属材料的焊接，焊接应力和变形，手工气割原理和工艺，机械气割与特种切割，焊接结构的生产和；第二部分为试题及答案。

本书可作晋级考核前的自学和培训教材，也可供其他有关人员参考。

本书由侯文章、王尧舜编写，侯文章主编，蔡文彬审稿。

气 焊 工

劳动部培训司组织编写

责任编辑 金龄

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

北京怀柔县东茶坞印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 9.375印张 209千字

1990年7月北京第1版 1990年7月北京第1次印刷

印数：30,100册

ISBN 7-5045-0553-6/TG·052 定价：3.40元

前 言

为了适应工人岗位培训和贯彻《工人考核条例》，建立工人培训、考核、使用相结合的制度，推动职业技术培训，提高工人队伍素质的需要，我们组织编写了这套《全国工人中级技术考核培训教材》。首批编写出版的有车工、钳工、铣工、刨工、磨工、气焊工、电焊工、热处理工、化铁工、维修电工等十种教材。以后将陆续编写出版其他工种教材。

《全国工人中级技术考核培训教材》，在内容编排上突破了文化课、技术基础课、专门工艺学的模式。从工人岗位生产技术的实际出发，内容少而精，文字通俗易懂，图文并茂，理论联系实际，突出操作技能训练。全书分两部分。第一部分着重阐明本工种中级技术的生产工艺、设备调整与维修等操作技能和技术理论知识及新技术、新工艺、新设备的有关知识。第二部分内容汇集了本工种的数百例试题与答案。因此，这套教材紧密结合在职工人岗位培训需要，可供组织升级考核复习和学员练习使用，也可供有关行业的人员自学使用。

在编写这套教材过程中，得到辽宁省劳动局、沈阳工业学院、沈阳第一机床厂等单位的大力支持，在此深表谢意！

参加本套书编写组织工作的人员有：王佐明、胡呈祥、魏学良、吴景彦、王福山、金文魁、张荣恒、牛忠祥、王醒愚、赵景堃、邹孝慈、李宝忠、吴阳、赵容、李全治。

编写全国工人技术考核培训教材仅仅是初次尝试，由于

经验和水平有限，不足之处在所难免，恳切欢迎各单位和个人提出宝贵意见和建议。

劳动部培训司

1989年12月

目 录

第一部分 基础理论知识

第一章 气焊和气割使用的气体 and 材料	1
§ 1-1 气焊和气割使用的气体	1
§ 1-2 气焊用的材料	6
第二章 气焊和气割所用设备及器具	16
§ 2-1 气瓶和瓶阀	16
§ 2-2 减压器	22
§ 2-3 乙炔发生器	31
§ 2-4 乙炔化学净化器	39
§ 2-5 焊炬和割炬	42
§ 2-6 回火保险器和泄压膜	51
第三章 气焊的冶金原理	60
§ 3-1 气焊的冶金过程	60
§ 3-2 焊缝金属的结晶过程	68
§ 3-3 热影响区的组织和性能	76
第四章 常用金属材料的焊接	86
§ 4-1 可焊性	86
§ 4-2 碳素钢的焊接	89
§ 4-3 普通低合金钢的焊接	93
§ 4-4 珠光体耐热钢的焊接	95
§ 4-5 奥氏体不锈钢的焊接	99
§ 4-6 铸铁的焊接	102

§ 4-7 铝及铝合金的焊接	107
§ 4-8 铜及铜合金的焊接	113
§ 4-9 铅的气焊	120
第五章 焊接应力和变形	125
§ 5-1 焊接应力和变形及其产生的原因	125
§ 5-2 焊接残余变形	127
§ 5-3 防止和减少焊接残余应力和残余变形的措施	131
§ 5-4 焊接残余应力和残余变形的消除和矫正	137
第六章 手工气割原理和工艺	141
§ 6-1 手工气割原理	141
§ 6-2 气割的工艺规范	143
§ 6-3 特殊气割技术	147
§ 6-4 气割的质量	152
第七章 机械气割与特种切割	156
§ 7-1 机械气割	156
§ 7-2 等离子切割	165
§ 7-3 激光切割	171
第八章 焊接结构的生广	175
§ 8-1 焊接结构的生产工艺过程	175
§ 8-2 装配—焊接胎、夹具	183
§ 8-3 焊接工艺规程的编制	191
§ 8-4 生产技术管理	194

第二部分 试题与答案

一、试题	199
------------	-----

1. 名词解释	199
2. 填空	200
3. 选择	205
4. 判断	210
5. 问答题	214
6. 计算题	218
二. 答案	220
1. 名词解释	220
2. 填空	230
3. 选择	234
4. 判断	234
5. 问答题	235
6. 计算题	280
附录	285

第一部分 基础理论知识

第一章 气焊和气割使用的气体 and 材料

§ 1-1 气焊和气割使用的气体

气焊和气割使用两类气体，一为助燃气体，一为可燃气体。助燃气体使用的是氧气。可燃气体使用氢气、乙炔、液化石油气、煤气及天然气等。目前最常用的是乙炔，其次是液化石油气。

一、氧气

1. 氧气的性质 在常温常压状态下，氧气是无色、无味、无毒的气体，分子式为 O_2 。当温度降至 $-183^{\circ}C$ 时，氧气由气态转化为液态，其颜色从无色转变为淡蓝色。当温度继续下降至 $-218^{\circ}C$ 时，液态氧转化为固态氧，颜色不变，仍为淡蓝色。

在一个大气压、温度为 $0^{\circ}C$ 的标准状态下，氧气的密度是 1.429 克/升，比空气略大（空气的密度是 1.293 克/升）。

氧气不易溶解于水，1 升水只能溶解大约 30 毫升的氧气。

氧气是一种化学性质极为活泼的气体，它能和许多元素化合生成氧化物，同时放出热量。

氧气本身不能燃烧，但是具有强烈的助燃作用。在高压

的情况下，氧气一旦接触易燃品会发生强烈燃烧以至引起爆炸，所以在操作当中，凡是和高压氧气接触的一切设备、工具等，千万不可沾染有油脂等易燃物质。在使用时要特别注意。

2. 氧气的制取 工业上制氧的方法有两种，一种是利用空气制氧的冷却法，一种是利用水制氧的电解法。前者耗费较少，比较经济，但是制取的氧气的纯度不是很高；后者设备昂贵，成本太高，但制取的氧气纯度很高。

空气冷却法制氧的过程是：首先利用过滤器净化空气除掉灰尘，然后使用各级空气压缩机将空气压缩、冷却，当温度降至 -196°C 以下时，全部空气由气态转变为液态。而后把液态空气输至分馏塔内升温蒸发，当温度上升到 -196°C 以上时，空气中的液化氮转化为气态，被分馏出来进入大气。当温度上升到 -183°C 以上时，液化氧转化为气态，再利用气体压缩机把气态氧压缩，装入氧气瓶内储存和使用。

气焊和气割所用的氧气，绝大部分是用这种方法制取的。

电解法制氧的过程是：利用直流电流将水分解为氧和氢两种气体（氧气从正极电解出来，氢气从负极电解出来），把这两种气体分别收集到浮瓶当中，获得需要的氧气。这种方法制取的氧气成本太高，虽有副产品氢气，但是不经济，工业上应用得很少。

3. 氧气的等级 气焊和气割所用的氧气一般分为两级。一级氧气的纯度应高于99.2%，二级氧气的纯度应高于98.5%。

氧气的纯度对于气焊和气割工作的质量、氧气消耗量以及工作速度有着很大的影响。氧气纯度越高，燃烧的火焰温

度越高，工作效率也越高，焊接（切割）的质量越好。因此，对质量要求较高的气焊和气割，最好使用一级氧气。

二、乙炔

1. 乙炔的性质 在常温常压状态下，乙炔为气态，所以也称乙炔气。乙炔气是一种无色的气体，分子式为 C_2H_2 。工业用的乙炔由于含有磷化氢(PH_3)和硫化氢(H_2S)杂质，因而带有特殊的臭味和一定的毒性。

在标准状态下，乙炔的密度为1.179克/升，比空气略小。

乙炔是可燃气体，它与空气混合燃烧时所产生的火焰温度为 $2350^{\circ}C$ ，而与氧气混合燃烧时所产生的火焰温度为 $3000\sim 3200^{\circ}C$ ，因此足以满足气焊和气割的需要。

乙炔也是一种具有爆炸性的危险气体，当乙炔的温度超过 $300^{\circ}C$ ，同时压力增加到0.15兆帕时，极容易发生爆炸。乙炔与空气和氧气混合而成的气体，也具有爆炸性。乙炔的含量(按体积计算)在 $2.8\sim 80\%$ 范围内与空气形成的混合气体，以及乙炔的含量(按体积计算)在 $2.8\sim 93\%$ 范围内与氧气形成的混合气体，只要碰到火种就会马上爆炸。

乙炔与铜或银长期接触后会产生一种具有爆炸性的化合物，即乙炔铜(Cu_2C_2)和乙炔银(Ag_2C_2)。当两者受到剧烈震动或者被加热到 $110\sim 120^{\circ}C$ 时就会发生爆炸。所以凡与乙炔接触的设备 and 器具禁止用纯铜制造，只准用含铜量不超过70%的铜合金制造。

乙炔爆炸时会产生高热高压气浪，破坏力极强，因此使用乙炔必须要注意安全。如果将乙炔储存到毛细管中其爆炸性就会大大降低，即使把压力增高到2.7兆帕，也不会发生爆炸。

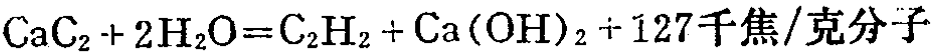
乙炔能够溶解于多种液体，其溶解度与压力成正比，与温度成反比。表1-1所列的是压力为0.1兆帕、温度为15℃时，

表 1-1 乙炔在液体溶剂内的溶解度

溶 剂	溶解度(单位体积乙炔/单位体积溶剂)
石 灰 乳	0.75
水	1.15
松 节 油	2
苯	4
汽 油	5.7
酒 精	6
丙 酮	23

乙炔在液体溶剂内的溶解度，其中丙酮的溶解度最大。如果我们将乙炔装入盛有丙酮溶剂和活性炭的乙炔瓶内，就可以安全地储存和运输。

2. 乙炔的制取 乙炔的制取是利用电石（分子式为CaC₂）和水相互作用发生分解反应而产生的，化学反应方程式为：



电石和水发生分解反应产生乙炔气体的过程是在乙炔发生器内进行的，产生的乙炔可以用管路输送至焊炬、割炬使用，也可用乙炔瓶储存运输至施工地点。应当指出，由于反应过程中放出一定的热量，要求乙炔发生器具有一定的散热条件，以免温度过高而发生爆炸。

工业用的电石是暗灰色或暗褐色的块状固体，称为碳化钙。电石是由石灰和焦炭在电炉内高温熔炼制成的。国产电石按发气量和等级不同可分为四级，见表1-2。

表 1-2

电石的等级与发气量

指 标 名 称	标 准			
	一 级	二 级	三 级	四 级
发气量(升/千克)	300	285	265	235
乙炔中磷化氢含量(%体积)	0.08	0.08	0.08	0.08
乙炔中硫化氢含量(%体积)	0.15	0.15	0.15	0.15

三、液化石油气

液化石油气是石油裂化过程中的副产品，是多种可燃气体的混合物，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。

常温常压下，液化石油气是略带臭味的无色气体。在标准状态下，其密度为1.8~2.5克/升，比空气大。

液化石油气受到一定的压力后（一般在0.8~1.5兆帕）即由气态转变为液态。

液化石油气的蒸气压随着温度的升高而增大。如在0℃时，丙烷的蒸气压为0.33兆帕；在50℃时，增大至1.7兆帕。由于液化石油气瓶最大设计压力为1.6兆帕，所以在使用过程中绝对禁止气瓶受热，要确保气瓶安全。

液化石油气中的几种主要成分都能和空气混合构成带有爆炸性的混合气体，但是其爆炸危险的混合比值范围较小，如丙烷在2.3~9.5%的范围内，丁烷在1.9~8.5%范围内，因此比使用乙炔安全。

液化石油气的火焰温度比乙炔的火焰温度低（如主要成分为丙烷的燃烧温度为2000°~2850℃），在操作中，预热时间相应要长一些。

液化石油气在氧气中的燃烧速度较低（如丙烷的燃烧速度是乙炔的 $\frac{1}{4}$ ），完全燃烧消耗的氧气量也比乙炔大。因此使用液化石油气进行气割时，要将割炬混合气体喷出截面放大，降低流速，保证其良好的燃烧。

表 1-3 是液化石油气和乙炔在燃烧时的主要特性对比。

表 1-3 液化石油气与乙炔燃烧时的主要特性

可燃气体 种 类	氧与可燃气 体的体积比	最低着火 点(℃)	燃烧速度 (米/秒)	火焰温度 (℃)	气态燃烧热 (千焦/米³)
以丙烷为主体的 液化石油气	3.5	510	2.0	2100	85627
乙 炔	1.15	305	7.5	3100	52668

§ 1-2 气 焊 用 的 材 料

一、焊丝

在气焊过程中，气焊丝不断地被送进熔池内与熔化的基本金属熔合形成焊缝。所以焊缝的质量很大程度上和气焊丝的质量有关，必须给予重视。

1. 对焊丝的基本要求 为了得到满意的工艺和合格的焊缝，所选择的气焊丝必须符合下列基本要求：

- （1）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机械性能。
- （2）焊丝表面应没有油脂、锈斑及油漆等污物。
- （3）能保证焊缝具有必需的质密性，不产生气孔和夹渣等缺陷。

(4) 焊丝的熔点应与焊件材料熔点相近, 在熔化时不应有强烈的飞溅和蒸发。

2. 焊丝的种类、牌号和适用范围 根据焊接金属材质的不同, 选用不同成分的焊丝。焊丝可分为碳素钢用焊丝、铜和铜合金焊丝、铝和铝合金用焊丝、不锈钢用焊丝、耐热钢用焊丝、铸铁用焊丝等。

焊接碳素钢时, 常用焊丝的化学成分见表1-4。

焊接铜和铜合金时, 常用的国产铜焊丝的化学成分见表1-5。

焊接铝和铝合金时, 采用的国产铝焊丝的化学成分和机械性能见表1-6。

焊接奥氏体不锈钢时, 采用的国产不锈钢焊丝见表1-7。

焊接珠光体耐热钢时, 采用国产的耐热钢焊丝的化学成分见表1-8。

焊接铸铁时, 采用的国产铸铁焊丝的化学成分和用途见表1-9。

二、气焊熔剂

气焊过程中被加热的熔化金属极易与周围空气中的氧或与焊接火焰中的氧化合形成氧化物, 使焊缝中产生气孔、夹渣等焊接缺陷。为了防止金属的氧化以及消除已经形成的氧化物, 在焊接各种有色金属、不锈钢、铸铁等材料时, 必须采用气焊熔剂。焊接低碳钢时, 无须使用。

使用气焊熔剂的方法有两种, 一是将熔剂直接撒在焊件的焊接处; 一是将熔剂蘸在焊丝上送入熔池。

在焊接熔池内, 气焊熔剂和已生成的金属氧化物及非金属夹杂物互相作用生成熔渣被排出; 另一方面生成的熔渣覆

表 1-4 部分国产低碳钢焊丝的化学成分

焊 牌	丝 号	代 号	化 学 成 分 (%)						用 途	
			碳C	硅Si	锰Mn	铬Cr	镍Ni	硫S不大于		磷P不大于
焊08		H08	≤0.10	≤0.30	0.30~0.55	≤0.15	≤0.30	0.04	0.04	一般工件
焊08高		H08A	≤0.10	≤0.30	0.30~0.55	≤0.10	≤0.25	0.03	0.03	一般工件
焊08锰		H08Mn	≤0.10	≤0.30	0.80~1.10	≤0.15	≤0.30	0.04	0.04	要求较高的工件
焊08锰高		H08MnA	≤0.10	≤0.30	0.80~1.10	≤0.10	≤0.25	0.03	0.03	要求较高的工件
焊15		H15	0.11~0.18	≤0.30	0.35~0.65	≤0.20	≤0.30	0.04	0.04	中等强度工件
焊15锰		H15Mn	0.11~0.18	≤0.30	0.80~1.10	≤0.20	≤0.30	0.04	0.04	高强度工件

表 1-5 国 产 铜 和 铜 合 金 焊 丝 的 化 学 成 分

牌 号	名 称	化 学 成 分 (%)						机 械 性 能					熔 点 (°C)	规 格 (毫 米)	用 途			
		锡Sn	硅Si	锰Mn	磷P	锌Zn	铁Fe	铜Cu	试板 材料	抗拉强度 (兆帕)		延伸率 (%)				冷弯角(度)		
										保证值	一般结果	保证值				一般结果	保证值	一般结果
丝201	特制														紫铜气焊			
	紫铜	1.0~	0.3~	0.3~	0.02~	—	—	余量	—	—	—	—	—	1050	1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0			
	焊丝	1.2	0.5	0.5	0.15													
丝202	低磷								无氧						紫铜气焊			
	铜焊	—	—	—	0.20~	—	—	余量	铜或脱氧铜	—	147~	—	—	1060	1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0			
	丝				0.40						176		60~ 120					
丝221	锡黄	1.8~	0.15~	—	—	余量	—	59~61	H62	≥333	392~	20~	—	890	1.0 2.0 3.0			
	铜焊	1.2	0.35						黄铜		441	—	25					
	丝																	

续表

牌 号	名 称	化 学 成 分 (%)						机 械 性 能						熔 点 ($^{\circ}\text{C}$)	规格 (毫 米)	用 途		
		锡Sn	硅Si	锰Mn	磷P	锌Zn	铁Fe	铜Cu	试板材料	抗拉强度 (兆帕)		延伸率 (%)					冷弯角(度)	
										保证值	一般结果	保证值	一般结果				保证值	一般结果
丝221	锡黄铜焊丝	0.8~1.2	0.15~0.35	—	—	余量	—	59~61	H62黄铜	≥ 333	392~441	—20~25	—	—	4.0 5.0 6.0	黄铜气焊		
丝222	铁黄铜焊丝	0.7~1.0	0.05~0.15	0.03~0.09	—	余量	0.35~1.2	57~59	H62黄铜	≥ 333	392~441	—20~25	—	—	1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0	黄铜气焊		
丝224	硅黄铜焊丝	—	0.3~0.7	—	—	余量	—	61~63	H62黄铜	≥ 333	392~441	—20~25	—	—	1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0	黄铜气焊		