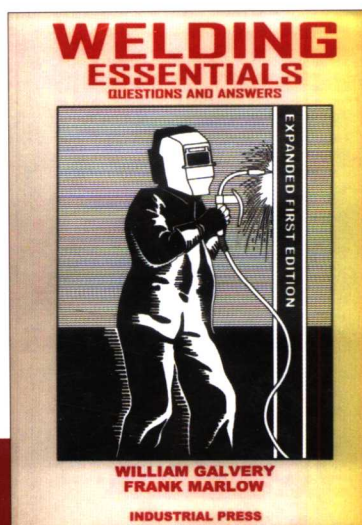


焊接技能问答

[美] 威廉 L. 加尔维里 弗兰克 M. 马洛 著
李亚江 等译

Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

焊接技能问答

[美] 威廉 L. 加尔维里 弗兰克 M. 马洛 著
李亚江 等译



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

焊接技能问答/[美] 加尔维里 (Galvery, W. L.),
[美] 马洛 (Marlow, F. M.) 著; 李亚江等译. —北
京: 化学工业出版社, 2004. 8
书名原文: Welding Essentials: Questions and Answers
ISBN 7-5025-6028-9

I. 焊… II. ①威…②弗…③李… III. 焊接工艺-
问答 IV. TG4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 083216 号

Welding Essentials: Questions and Answers/by William L. Galvery, Jr., Frank M. Marlow
ISBN 0-8311-3151-9
Copyright © 2001 by Industrial Press. All rights reserved.
Authorized translation from the English language edition published by Industrial Press, Inc.
本书中文简体字版由 Industrial Press, Inc 授权化学工业出版社独家出版发行。
未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。
北京市版权局著作权合同登记号: 01-2004-1420

焊接技能问答

[美] 威廉 L. 加尔维里 弗兰克 M. 马洛 著
李亚江 等译

责任编辑: 张兴辉
文字编辑: 麻雪丽
责任校对: 李 林 靳 荣
封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京兴顺印刷厂印装
开本 720mm×1000mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 362 千字
2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6028-9/TG·12
定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

译者序

中国加入世界贸易组织（WTO）以后，与世界工业发达国家的联系将更加紧密，这就更需要我们开拓视野、了解世界，以促进在经济和科学技术领域的合作和发展。为了推进我国焊接技术的进步，我很高兴地将美国学者威廉 L. 加尔维里和弗兰克 M. 马洛所著《焊接技能问答》一书推荐给我国读者。

威廉 L. 加尔维里（William L. Galvery）毕业于加利福尼亚州立大学，有三十多年的焊接工作和教学经验，目前是美国加利福尼亚 Orange Coast University 副教授；弗兰克 M. 马洛（Frank M. Marlow）毕业于亚利桑那大学，焊接工程师，有丰富的焊接实践和教学经验。书中涉及的问题都是焊接基础和技能方面的，与我国目前焊接方面的技术书籍和教科书相比，该书没有较深入的理论阐述，特别注重实践和工作技能知识，并附有大量的插图。通过本书，读者能学会解决焊接问题的方法和一些特殊的技巧，以提高焊接技能。该书的最大特点是注重实用性，并且兼顾了焊接领域的许多新技术，具有先进性。

在本书翻译过程中，根据我国统一实行法定计量单位的规定以及方便读者的需要，在译文中将原书正文、表格、插图或公式中采用英制单位的地方，换算成了国际单位制。在翻译中为了防止美国、中国两国的专业术语不统一、存在差异或造成含义混乱，原文中的专业术语在译文中按我国的名词术语统一起来。

本书主要供从事与材料焊接技术相关的工程技术人员、管理人员和操作人员使用，可用于高等院校师生、科研和企事业单位的教学参考书，也可作为技工培训参考教材。

其他参加编译的人员有：陈茂爱、王娟、刘鹏、郭国林、马海军、张永兰、王芳、沈孝芹、张永喜、孙宾、何卓宁、王平、黄海啸、张燕、石海玉等。

译文中的错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

李亚江

2004 年 5 月 10 日

前 言

作者写作这本书的目的，是为焊接工程技术人员、技术工人提供容易阅读的、简明的阐述焊接技术和安全信息的书。书中采用问答形式，把焊接技术的整体内容划分为一个个独立的和容易理解的问题。书中提供的插图使得对技术问题的阐述更加明确。略去了一些不很必要的问题，以免增加读者的负担。常用的和重要的焊接方法（如氧-乙炔焊接、硬钎焊和软钎焊、手工电弧焊、气体保护焊、氩弧焊和等离子弧焊）分章阐述，其他不很常用的焊接方法合并在一章中阐述。书中还阐述了焊接热量对金属组织性能的影响，焊接电源及安全事项，对初学焊接的人介绍了焊接检验、焊接符号及质量认证等。

本书最初没有提供实践中如何做的内容，在扩充之后的第一版中，我们增加了制造与维修的提示性内容，包括焊制不同角度的钢架，对已开裂的重型汽车骨架的维修以及钎焊铜管等。这些问题对焊接操作者来说都是很常见的，我们在此提示操作者该如何去做。

本书采用的单位以英制为主，但也包括米制国际单位。

威廉 L. 加尔维里 (William L. Galvery)

弗兰克 M. 马洛 (Frank M. Marlow)

2001 年 7 月

目 录

第 1 章 氧-乙炔焊接	1
1.1 氧-乙炔焊接的名称	1
1.2 氧-乙炔焊接设备及工艺	1
1.3 装置及安全	2
1.4 气体	5
1.5 气瓶	7
1.6 压力调节器	13
1.7 焊炬、喷嘴和软管	15
1.8 火焰	20
1.9 应用	20
1.10 坡口及焊缝截面形状	22
1.11 安全防护	23
第 2 章 气体火焰切割	26
2.1 气割的名称	26
2.2 气割设备	26
2.3 气割工艺	30
2.4 切割装置及注意事项	32
2.5 气割技术的应用	35
2.6 割嘴、附件及操作	37
2.7 切割中的常见问题	44
2.8 安全防护	46
第 3 章 钎焊	48
3.1 钎焊名称	48
3.2 钎焊工艺	49
3.3 钎焊方法	51
3.4 钎焊接头设计	55
3.5 钎焊接头准备	57
3.6 钎剂	57

3.7	钎料	59
3.8	钎焊中常见的问题	63
3.9	安全防护	63
第4章	接头形式及辅助工具	65
4.1	接头形式及坡口制备	65
4.2	接头组合形式	66
4.3	接头制备	68
4.4	焊缝组成及焊接位置	70
4.5	焊接术语	72
4.6	厚板的焊接	74
4.7	焊接辅助工具	76
4.8	焊接安全措施	77
第5章	手工电弧焊	80
5.1	焊接工艺名称	80
5.2	工艺原理及应用	81
5.3	手工电弧焊的特点	82
5.4	焊接设备	83
5.5	焊钳与工件连接	87
5.6	焊条的作用与分类	87
5.7	焊条的选用	92
5.8	手工电弧焊的工艺步骤	95
5.9	手工电弧焊的滤光镜片	96
第6章	熔化极及药芯焊丝气体保护焊	97
6.1	熔化极气体保护焊 (GMAW)	97
6.1.1	设备及工艺	97
6.1.2	应用特点	99
6.1.3	工艺参数	100
6.1.4	熔滴过渡机制	104
6.1.5	焊丝及操作技术	109
6.1.6	保护气体及接头准备	115
6.1.7	焊接问题及解决措施	117
6.2	药芯焊丝气体保护焊 (FCAW)	119

6.2.1	设备及工艺	119
6.2.2	应用特点	121
6.2.3	设备组成及焊丝分类	122
6.2.4	焊接问题及解决措施	124
第7章	钨极氩弧焊及等离子弧焊	126
7.1	钨极氩弧焊 (GTAW)	126
7.1.1	设备及工作原理	126
7.1.2	焊接工艺特点	128
7.1.3	焊炬和电缆	128
7.1.4	电流和电弧	130
7.1.5	工艺参数	133
7.1.6	钨极氩弧焊工艺步骤	138
7.1.7	焊丝分类	139
7.1.8	焊接问题及解决措施	139
7.2	等离子弧焊 (PAW)	141
7.2.1	焊接设备	141
7.2.2	工艺步骤	143
7.2.3	应用特点	144
7.2.4	小孔焊接技术	145
第8章	其他焊接方法	147
8.1	电子束焊	147
8.2	电渣焊	148
8.3	摩擦焊	149
8.4	激光焊接与切割	150
8.5	等离子弧切割	152
8.6	点焊和缝焊	154
8.7	螺柱焊	155
8.8	埋弧焊	156
8.9	轨道回旋式焊接	157
第9章	焊接变形与控制	160
9.1	焊接膨胀与收缩	160
9.2	温度对变形的影响	161

9.3	焊接变形	162
9.4	变形控制	163
9.5	其他问题	166
第 10 章	焊接符号	168
10.1	符号中的信息和单元	168
10.2	参考线和箭头	168
10.3	基本符号	170
10.4	组合焊缝符号	174
10.5	补充符号	174
10.6	角焊缝尺寸	179
10.7	断续焊缝	181
10.8	塞焊和开槽焊缝	182
10.9	表面焊道	183
第 11 章	焊接缺陷与检验	184
11.1	焊接缺陷	184
11.2	焊接检验人员	185
11.3	焊接检验方法	185
11.4	气孔和夹渣	186
11.5	未熔合和未焊透	189
11.6	焊接裂纹	190
11.7	外部缺陷	194
11.8	其他焊接缺陷	194
第 12 章	焊接冶金	196
12.1	基本概念	196
12.2	金属的力学性能	196
12.3	金属的物理化学性能	201
12.4	金属的结构	202
12.5	合金、相变和状态图	207
12.6	钢的淬硬组织转变	212
12.7	钢中的合金元素	218
12.8	焊接对金属组织性能的影响	220
12.9	焊接对金属强化的影响	224

12.10	金属的热处理	227
12.11	金属的鉴别	228
第 13 章	弧焊电源及电气安全	230
13.1	电工基础知识	230
13.2	弧焊电源中的电气元件	236
13.3	电力公司提供的电网电源	242
13.4	弧焊电源	244
13.5	弧焊电源的性能参数	244
13.6	弧焊电源的发展	250
13.7	弧焊电源的调节装置	261
13.8	焊接电缆	262
13.9	电气安全	263
第 14 章	资格认证	269
14.1	焊接代码	269
14.2	焊接工艺规程	270
14.3	焊接资格认证	270
14.4	焊工资格认证试验	271
第 15 章	焊接制造与维修	278
15.1	矩形框架制作	278
15.2	台架支撑腿安装	281
15.3	箱形框架制作	282
15.4	开裂车架的维修	283
15.5	管线及接头制作	288
15.6	铜管钎焊	294
附录		300
表 1	常用单位的换算	300
表 2	常用元素及合金的性能	300
表 3	美国焊接学会 (AWS) 常用焊接方法代号	302

第 1 章 氧-乙炔焊接

20 世纪初氧-乙炔焊接首次被应用在工业中。尽管氧-乙炔焊接用于钢结构时可获得优良的焊缝,但目前除了一些特殊的应用场合(例如轻型飞机、赛车框架等),这种焊接方法已经很少采用了,因为其他一些更有效的焊接方法发展起来了。可是,氧-乙炔火焰还有许多其他重要的应用,如切割、淬火、回火、热弯曲、热成型、预热、焊后热处理、钎焊等。由于精确的控制,操作者可以控制热量输入和高温火焰,连同较低的设备成本、方便携带和多用途等优点,这种方法至今仍是一种必不可少的加工工艺。目前没有哪一家工厂可以完全没有氧-乙炔装备。

作为一种有效的加工工具,使用氧-乙炔火焰也会带来一些风险。这一章将阐述氧-乙炔焊接的原理和操作,以便读者能够方便和安全地应用这一技术和设备。这一章的内容也为阅读下一章内容(气体火焰切割)奠定了基础,因为用于氧-乙炔焊接与切割的许多设备、工具和出现的问题是一样的。

1.1 氧-乙炔焊接的名称

- 问题 1-1: 覆盖所有采用氧和燃气进行焊接的工艺方法的名称是什么?

答: 气体火焰焊接, 即气焊。

- 问题 1-2: 美国焊接学会 (American Welding Society, AWS) 对气体火焰焊接的缩写是什么?

答: 所有气焊方法(包括使用氧气和任何燃气的)的缩写是 OFW (即 Oxyfuel Welding)。

- 问题 1-3: 气焊系列中特别重要的一种方法是氧-乙炔焊接, 美国焊接学会 (AWS) 对于这种方法的缩写是什么?

答: 氧-乙炔焊接的缩写是 OAW (即 Oxyacetylene Welding)。应指出, 氧-乙炔焊接只是气焊系列中的一种。

1.2 氧-乙炔焊接设备及工艺

氧-乙炔焊接设备的构件名称及连接示意图如图 1-1 所示。

- 问题 1-4: 氧-乙炔装置是怎样进行焊接的?

答: 以适当的比例在焊炬混合室中结合的氧气和乙炔气体在焊炬喷嘴处产

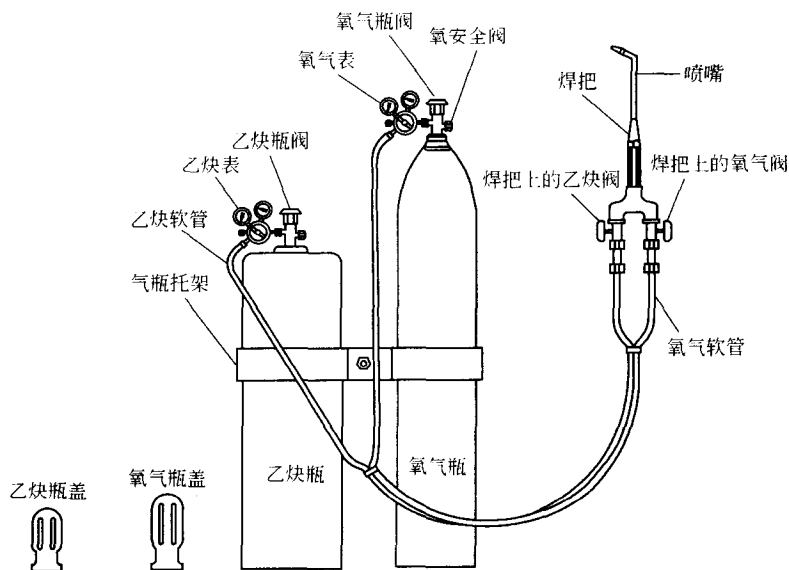


图 1-1 氧-乙炔焊接装备示意

生温度高达 $3\ 080^{\circ}\text{C}$ ($5\ 600^{\circ}\text{F}$) 的火焰, 该火焰能使被焊母材的边缘熔化成液态熔池。有时可通过一根焊棒向熔池中添加填充金属。当液态熔池冷却和熔融金属凝固时, 接头处的金属被熔合在一起, 从而完成焊接过程。

● 问题 1-5: 氧-乙炔焊接 (OAW) 工艺有什么优点?

答: ① 低成本。

② 设备简单、容易携带。

③ 热量输入和熔池黏度容易控制。

④ 不需要外加电源。

⑤ 焊缝尺寸和形状容易控制。

1.3 装置及安全

● 问题 1-6: 列出氧气和乙炔压力调节器的安装步骤, 确信包括了所有的安全措施。

答: ① 穿戴好焊接安全防护服, 至少要戴上安全防护镜 (或面部防护罩), 穿上石棉耐热服和防护鞋, 戴好焊接防护手套。

② 确信旧瓶 (或空瓶) 的阀门是完全关闭的, 安全的旋装气瓶上的阀门保护盖。从工作位置搬出空瓶, 安全地将空瓶放倒。将新瓶 (或满瓶) 搬到焊接小车上, 固定新瓶以防止气瓶在搬运和使用过程中倒下。

③ 瞬间打开瓶阀，放出少量氧气并迅速关闭，这被称为“吹阀门”。目的是吹除阀门处灰尘、碎屑等，以防这些碎片进入压力调节器和焊炬。

④ 采用清洁和无油的抹布擦净气瓶阀与调节器的连接处，擦净气瓶装配连接面和装配螺纹处的脏物和碎屑。调节器的螺纹和连接处同样要擦净。切记在高压气体连接处不能有油或油脂，因为高压氧能加速油或油脂的燃烧并引起爆炸。

⑤ 在焊炬或压力调节器上安装回流检查阀。

⑥ 检查氧气瓶和乙炔瓶的调节器，确信压力调节旋钮是未打开的。然后安装每一个调节器到各自的气瓶上，用扳手调整连接处。应注意的，氧气瓶与压力调节器的螺纹是右旋的，氧气软管与焊炬的螺纹连接也是右旋的；乙炔瓶与压力调节器的连接以及乙炔软管与焊炬的连接螺纹却是左旋的。这样安排是为了防止使错误的气体流入调节器或焊炬连接处。

⑦ 站立在氧气瓶和调节器之间，逐渐地打开氧气瓶阀门。继续逐渐打开氧气瓶阀门直到指针到位停下。同样，站立在乙炔瓶和调节器之间，逐渐地打开乙炔瓶阀门到不大于1.5刻度位置。如果在乙炔瓶上有旧式可移动扳手，应保持该扳手在阀门上，以备在紧急情况下关闭乙炔瓶阀门。

⑧ 注视气瓶的高压表。乙炔瓶的压力表指示在1.5MPa (15kgf/cm²) 处，氧气瓶的压力表指示在15.8MPa (158kgf/cm²) 处。上述压力表明所使用的气瓶处于满瓶状态。气瓶压力随着气瓶周围的温度变化，环境温度6~8℃时满瓶气体的压力达到最高值。

⑨ 分别清除乙炔和氧气软管内的空气。打开焊炬上的氧气阀到最大值的3/4处，然后旋转氧气调节器上的压力控制旋钮到最初设定压力大约0.042MPa (0.42kgf/cm²)，几秒钟之后关闭焊炬上的氧气阀。采用同样的方法清理乙炔软管。

这样做有两个原因 a. 确信在只有氧气和乙炔的情况下点燃焊炬；b. 调整气体流经的压力调节器到正确的压力。

⑩ 注意 乙炔调节器的压力不得超过0.1MPa (1kgf/cm²)，以防止乙炔发生爆炸。

⑪ 再次检查低压表的压力，确信工作压力没有潜在的危险。如果工作压力过高，这表明调节器有泄漏，应立即关闭气瓶上的阀门。因为连续泄漏可能导致调节器隔膜损坏和发生事故。卸下并修理有缺陷的调节器。

⑫ 在气瓶与调节器相连接的状态下检查系统的泄漏，所有的软管连接处都要用肥皂水进行检查，出现气泡表明有泄漏。

● 问题1-7：如果在工作中是第一次采用小型或中型焊炬，应该调整调节器的压力到什么数值作为开始点？

答：调整乙炔和氧气调节器的压力到 0.042MPa (0.42kgf/cm^2)。

● 问题 1-8：把焊炬调整到中性火焰的步骤是怎样的？

答：① 打开乙炔阀到不大于最高值 $1/16$ ，采用火花引燃器点燃从喷嘴流出的气体，产生微带烟尘的橘红色火焰，见图 1-2(a)。

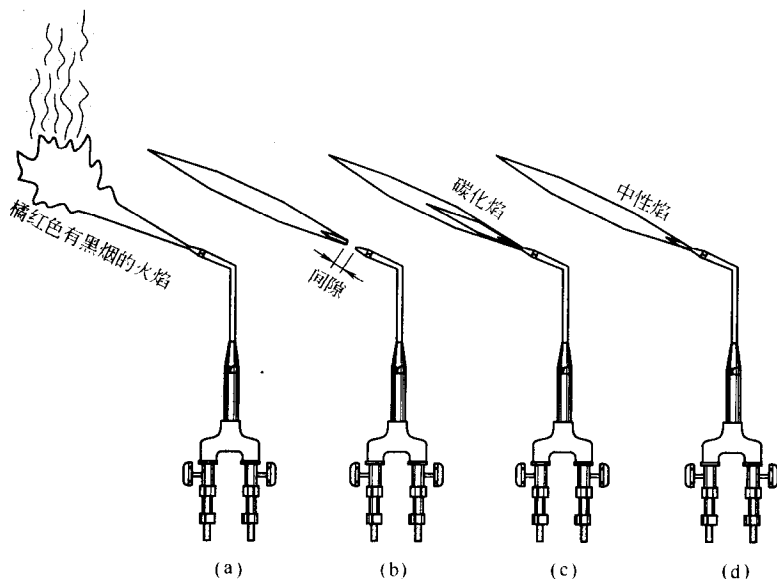


图 1-2 中性火焰的调节

② 连续打开乙炔阀，直至火焰中的烟尘消失（放出烟灰）。判断乙炔量是否适当的另一种方法是打开乙炔阀直至火焰从焊炬喷嘴处跳离，留下大约 1.5mm 的间隙，见图 1-2(b)。然后关闭阀门直到火焰接触到焊炬喷嘴。

③ 缓慢打开氧气阀，当氧气增加时橘红色的乙炔火焰变成粉红色，一个更小、白色的内焰开始形成。随着氧气的进一步增加，内焰开始有了明显和轮廓清晰的飘动，见图 1-2(c)，这种火焰是中性的。再增加氧气将形成氧化焰，见图 1-2(d)。

④ 如果在同样喷嘴尺寸时需要一个较大的火焰，可以增加乙炔，并且氧气也进一步增加一点以保持内焰的边缘清晰。这种先加大乙炔然后再加大氧气的做法，在获得最大和最有效的火焰之前通常分几步完成。先把火焰调整到喷嘴出口的最小流率，使火焰在喷嘴内部引燃。这时容易回火并发出“啪、啪”地爆破响声。如果你需要较小的火焰，可使用一种较小的焊炬喷嘴。

● 问题 1-9：中性火焰温度最高的部位在哪里？

答：超出内焰一点点的部位是火焰温度最高的部分。内焰是氧和乙炔燃烧

的最佳混合部位。外部的毛边是一些未燃烧尽的乙炔与大气中的氧混合产生的燃烧。焊接中最常用的一种中性火焰的温度分布见图 1-3。

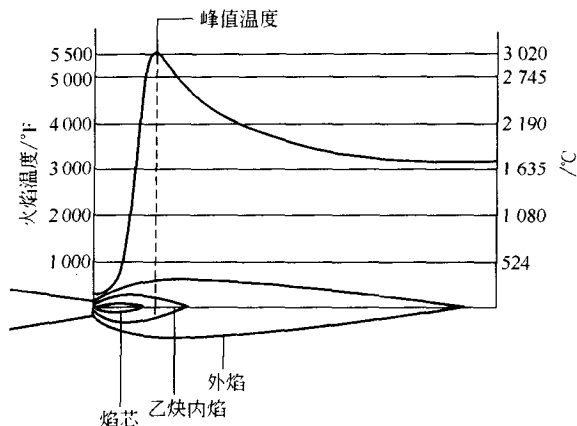


图 1-3 氧-乙炔火焰的温度分布

- 问题 1-10：氧化焰和碳化焰对焊接熔池中的熔融金属有什么影响？

答：氧化焰比正常燃烧的火焰含有更多的氧，这些多余的氧与钢中的碳结合（或燃烧）形成二氧化碳气体，结果导致焊缝金属的碳含量发生变化，并影响到焊缝金属的力学性能。一般是强度增大、脆性也增大。

碳化焰比正常燃烧的火焰含有更多的乙炔，乙炔中的碳增大了焊接熔池中的碳含量，容易使熔池中出现气泡。当焊缝金属凝固的时候，焊缝中可能出现气孔。

- 问题 1-11：关闭氧-乙炔焊炬和相应气瓶的正确步骤是什么？

答：① 首先关闭焊炬手柄上的氧气阀，然后再关闭乙炔阀。如果先关闭乙炔阀可能引起回火。

② 关闭氧气瓶阀和乙炔气瓶阀。

③ 分别打开和关闭焊炬手柄上的氧气阀和乙炔阀，吹出软管中多余的气体，把压力调节器指针调整到大气状态。检查高压表和低压表，使两个压力表的指针为零。松开两个气瓶上的调节器压力调整旋钮，以备设备的下一次使用。压力调节器的旋钮应该松开，但不能从其螺纹处脱出。

1.4 气体

- 问题 1-12：乙炔气体是什么？

答：乙炔是一种密度稍高于空气（1.0）的纯净气体，乙炔的相对密度是 0.906。乙炔的化学分子式是 C_2H_2 ，表示每一个碳氢化合物的分子中含有 2 个

6 焊接技能问答

碳原子和 2 个氢原子。

- 问题 1-13: 乙炔气体的气味怎么样?

答: 乙炔有一种很刺鼻的气味。因为乙炔气瓶中的液态丙酮也有这种气味, 因此常常把丙酮的气味误认为是乙炔的气味。事实上, 嗅到的是乙炔和丙酮混合物的气味。

- 问题 1-14: 如何制备乙炔?

答: 乙炔来自溶解在水中的碳化钙, 制备产生乙炔气体。1kg 碳化钙能产生大约 618L 乙炔气体。

- 问题 1-15: 碳化钙来自哪里?

答: 碳化钙来自工业提炼过程, 是石灰石和焦炭在电炉中熔炼的产物。碳化钙是一种灰色、坚硬的固体, 可通过不同的形式(块状、粉状、弹丸状或粒状等)供货。

- 问题 1-16: 写出乙炔在中性焰中燃烧的化学方程式。

答: $\text{C}_2\text{H}_2 + 2.5\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

- 问题 1-17: 乙炔燃烧的化学方程式告诉了我们什么?

答: 1 份乙炔和 2.5 份氧结合产生中性火焰(中性火焰具有燃气与氧正确的含量, 因此燃烧之后没有多余的氧和乙炔)。由乙炔燃烧的化学方程式可知, 来自压缩气瓶的相同体积的乙炔和氧, 与来自大气的另外 1.5 份氧结合形成的火焰。

- 问题 1-18: 用于焊接的氧是如何制备的?

答: 大气中的空气被重复地冷却、压缩直至成为一种低温的液体。这种液体被逐渐加热后, 低温液体中每一种单元气体达到它的汽化温度后, 单元气体将从低温液体中分离出来。这就是液态空气的分馏。焊接中其他一些重要的气体, 如氮气、二氧化碳气体、氩气等, 也是采用这种方法提取的。氧气还能通过水的电解而被制取出来, 但是这种方法对于大规模的工业应用来说成本要高一些。

- 问题 1-19: 向焊接车间提供氧气的两种主要方法是什么?

答: 在小车间中一般采用压缩气瓶, 在较大的工厂车间中采用液态氧气瓶。液态氧从气瓶口流出时先经过一个加热液态氧的发热器, 将液态氧转变成气态氧。

- 问题 1-20: 如何向大的焊接车间提供乙炔?

答: 将多个气瓶安放在一起构成一个供气站, 用管子将其连接起来送往每一个焊接或切割的场所。

- 问题 1-21: 填充和排空乙炔气瓶的特点是什么?

答: 因为乙炔是溶解在丙酮中的, 填充过程不仅仅是用泵将气体压缩打入

钢瓶中，而是要花费几个小时以便使气体被吸收。同样，乙炔气瓶每小时也只能释放出它的容量的 $1/7$ ，因为乙炔不会很快地在丙酮中析出。需要乙炔量很大时可将气瓶安放在一起，这对于使用大号加热喷嘴是很重要的，比采用一般焊接喷嘴能够工作更长的时间。

• 问题 1-22：为什么乙炔气体是危险的？

答：乙炔在各种浓度（ $2.5\% \sim 80\%$ ）都能与空气混合形成爆炸性气体。乙炔是普通气体中爆炸范围最宽的，如果泄漏了的乙炔气体被引燃，无疑会发生爆炸。

• 问题 1-23：其他的燃气能够用来代替乙炔吗？

答：可以，但是用其他气体代替乙炔在技术上存在一些缺点。乙炔用于焊接仍然是最好的气体。因为，乙炔气体有如下的优势。

① 在所有燃气中是温度最高的。

② 与其他所有燃气相比，乙炔气体具有较高的热量集中。

③ 与其他所有燃气相比，乙炔气体与熔池金属具有最低的化学反应能力。

可是，其他气体，如天然气、甲烷、丙烷、氢气及以这些气体的混合物为主的专用气体，由于成本低廉在生产中也经常使用。这些气体可用于钎焊、预热、氧气切割等，但很少被用于焊接。针对不同的焊炬喷嘴，有必要使不同气体的流量有些变化以调节燃气的效果。表 1-1 给出不同燃气能达到的最高温度和燃气性质。当只需要较低温度时（如钎焊铜管及一些小件的软钎焊），采用单个燃气瓶和大气中的氧就可以有效的和经济的进行焊接。

表 1-1 不同燃气能达到的最高温度和燃烧性质

燃 气	氧与燃气的 燃烧比	中性火焰的温度		总热量 / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}$	相对密度 (空气为 1.0)
		$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$		
乙炔	2.5	5 589	3 087	54.8×10^3	0.906
丙酮	5.0	4 579	2 526	93.1×10^3	1.52
甲烷	4.0	5 301	2 927	91.6×10^3	1.48
丙烯	4.5	5 250	2 900	89.4×10^3	1.48
天然气	2.0	4 600	2 538	37.3×10^3	0.60
氢	0.5	4 820	2 660	12.1×10^3	0.07

1.5 气瓶

• 问题 1-24：乙炔气瓶和氧气瓶结构的差别是什么？

答：氧气瓶是特殊低合金高强度钢制作的无缝容器。气瓶由单块钢坯通过轧