

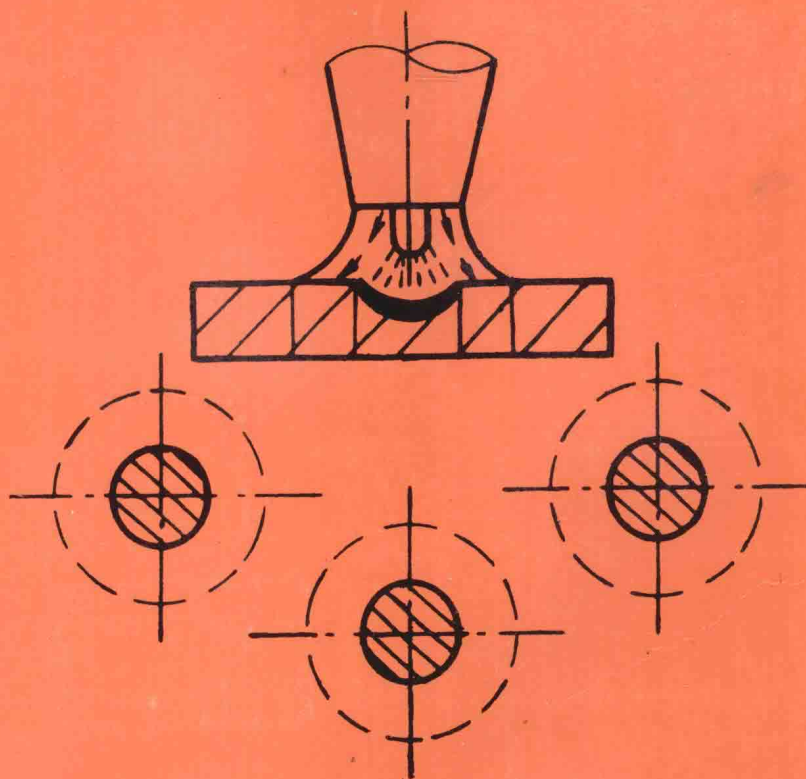



全国技工学校机械类

通用教材

# 焊工工艺学

第二版




 中国劳动社会保障出版社

全国技工学校机械类通用教材

# 焊工工艺学

(第二版)

 中国劳动社会保障出版社

## 内 容 简 介

本书是根据劳动部培训司修订的全国技工学校机械类《焊工工艺学教学大纲》进行修订，供技工学校招收初中毕业生使用的统编教材。

本书共分十三章，主要内容包括：焊工安全生产知识、气焊与气割、焊接电弧、手工电弧焊工艺、焊条、焊接冶金基础、焊接应力与变形、手工电弧焊焊接电源、埋弧自动焊、气体保护电弧焊、其它焊接与切割方法、各种金属材料的焊接和焊接检验。

本书也可作为青工培训和职工自学用书。

本书修订时，得到了辽宁省劳动局、上海高级职业培训中心、上海船舶公司培训中心、上海江南造船厂、上海彭浦机器厂技校、上海电站辅机厂技校和沈阳黎明技校的大力支持，在此表示感谢。

本书第一、二版均由郑应国、林圣武、魏育樟编写，郑应国主编；黄世麟审稿。

## 焊 工 工 艺 学

(第二版)

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

责任编辑 王绍林

\*

新华书店经销

中国铁道出版社印刷厂印刷 北京京顺印刷有限公司装订

787毫米×1092毫米 16开本 16.5印张 412千字

1992年3月北京第2版 2004年8月北京第31次印刷

印数：20 100册

ISBN 7-5045-0921-3/TG·085(课) 定价：13.40元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

# 目 录

绪论	1
第一章 焊工安全生产知识	4
§1-1 概述	4
§1-2 防火、防爆、防毒、防辐射的安全知识	5
§1-3 焊接、气割现场安全作业	6
第二章 气焊与气割	9
§2-1 气焊和气割用的材料	9
§2-2 气焊、气割设备及工具	14
§2-3 气焊工艺	25
§2-4 气割工艺	29
第三章 焊接电弧	39
§3-1 焊接电弧的引燃过程	39
§3-2 焊接电弧的构造及静特性	42
§3-3 焊接电源的极性、应用及电弧的稳定性	44
§3-4 焊接电弧的偏吹	46
§3-5 电弧焊的熔滴过渡	49
第四章 手工电弧焊工艺	53
§4-1 焊接接头形式和焊缝形式	53
§4-2 焊缝的代号	56
§4-3 焊接工艺参数	60
§4-4 预热、后热、焊后热处理及提高手弧焊生产率的途径	68
§4-5 手工堆焊及补焊	72
第五章 焊条	75
§5-1 焊条的组成及作用	75
§5-2 焊条药皮的类型及焊条的分类	81
§5-3 焊条的选用及制造过程	86
第六章 焊接冶金基础	90
§6-1 焊接化学冶金过程	90
§6-2 焊缝结晶过程	98
§6-3 焊缝中的气孔	102
§6-4 焊接裂纹	106
第七章 焊接应力与变形	113
§7-1 焊接应力和变形的基本概念	113
§7-2 焊接残余变形	117

§ 7-3 焊接残余应力·····	131
第八章 手工电弧焊焊接电源·····	135
§ 8-1 手工电弧焊对电源的要求·····	135
§ 8-2 弧焊发电机及弧焊变压器·····	140
§ 8-3 弧焊整流器·····	147
§ 8-4 手工电弧焊电源的维护及故障处理·····	152
第九章 埋弧自动焊·····	156
§ 9-1 埋弧自动焊概述·····	156
§ 9-2 等速送丝式埋弧自动焊机·····	158
§ 9-3 变速送丝式埋弧自动焊机·····	161
§ 9-4 埋弧焊的焊接材料·····	166
§ 9-5 埋弧自动焊工艺·····	169
第十章 气体保护电弧焊·····	173
§ 10-1 气体保护电弧焊概述·····	173
§ 10-2 二氧化碳气体保护焊·····	175
§ 10-3 氩弧焊·····	184
第十一章 其它焊接及切割方法·····	196
§ 11-1 电渣焊·····	196
§ 11-2 等离子弧切割与焊接·····	201
§ 11-3 碳弧气刨及其它焊接方法·····	205
§ 11-4 先进焊接方法简介·····	214
第十二章 各种金属材料的焊接·····	220
§ 12-1 钢的焊接性·····	220
§ 12-2 碳素钢的焊接·····	222
§ 12-3 普通低合金结构钢的焊接·····	224
§ 12-4 铬钼耐热钢的焊接·····	228
§ 12-5 不锈钢的焊接·····	230
§ 12-6 铸铁焊补·····	235
§ 12-7 铝及铝合金的焊接·····	238
§ 12-8 铜及铜合金的焊接·····	242
第十三章 焊接检验·····	248
§ 13-1 非破坏性检验·····	248
§ 13-2 破坏性检验·····	256
附录·····	260

# 绪 论

在机械制造工业中，使两个或两个以上零件连接在一起的方法有螺钉连接、铆钉连接和焊接等，见图 0-1。前两种连接都是机械连接，是可拆卸的。而焊接则是利用两个物体原子间产生的结合作用来实现连接的，连接后不能再拆卸，成为永久性连接。

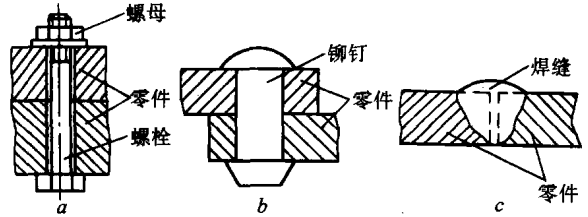


图 0-1 零件连接方式  
a—螺钉连接 b—铆钉连接 c—焊接

在过去，零件的连接主要是采用铆接工艺。自十九世纪以来，由于焊接工艺的成功应用及迅速发展，逐步取代了铆接，而现在几乎全部采用焊接。造成这种趋势的主要因素是因为焊接具有显著的优越性，与铆接、铸造相比，它具有节省金属材料、减轻结构重量、简化加工与装配工序、接头的致密性好、强度高、经济效益好、能改善劳动条件等一系列特点。

焊接不仅可以使金属材料永久地连接起来，也可以使某些非金属材料达到永久连接的目的，如玻璃焊接、塑料焊接等，但生产中主要是用于金属的焊接。

焊接就是通过加热或加压，或两者并用，并且用（或不用）填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

由此可知，焊接与其它的连接方法不同，通过焊接后的连接材料不仅在宏观上建立了永久性联系，而且在微观上建立了组织之间的内在联系。因此，就必须使分离金属的原子间产生足够大的结合力，才能建立组织之间的内在联系，形成牢固接头。这对液体来说是很容易的，而对固体来说则比较困难，需要外部给予很大的能量，以使金属接触表面达到原子间的距离。为此，金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同，可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类。

熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压完成焊接的方法。在加热的条件下，增强了金属的原子动能，促进原子间的相互扩散，当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时，原子之间可以充分扩散和紧密接触，因此冷却凝固后，即可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

压焊是在焊接过程中，必须对焊件施加压力（加热或不加热），以完成焊接的方法。这类焊接有两种形式：一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态，然后施加一定的压力，以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头，如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压焊方法；二是不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力，借助于压力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的挤压接头，这种压焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点，低于母材熔

点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

目前焊接方法的分类如图 0-2 所示。

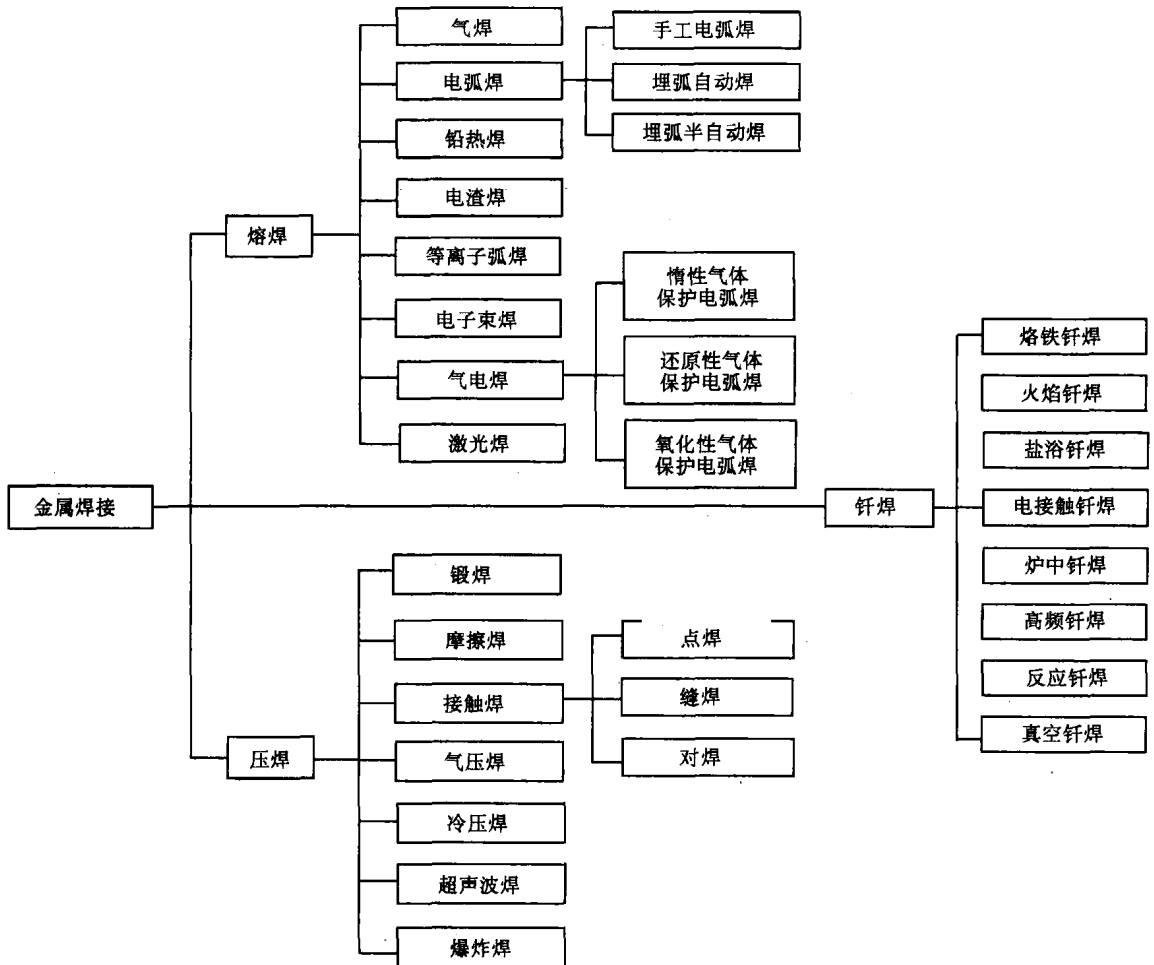


图 0-2 焊接方法的分类

早在一千多年前，我国劳动人民就已采用了焊接技术。古书上有这样的记载：“凡钎铁之法……小钎用白铜末，大钎则竭力挥槌而强合之……”。这说明当时我国已掌握了用铜钎接和锻焊来连接铁类金属的技术，在古老的焊接技术发展史上留下了光辉的一页，这说明我国是一个具有悠久的焊接历史的国家。

近代焊接技术，是从 1882 年出现碳弧焊开始，直到本世纪的三十年代，在生产上还只是采用气焊和手工电弧焊等简单的焊接方法。由于焊接具有节省金属，生产率高，产品质量好和大大改善劳动条件等优点，所以在近半个多世纪内得到了极为迅速的发展。四十年代初期出现了优质电焊条，使长期以来人们所怀疑的焊接技术得到了一次飞跃。四十年代后期，由于埋弧焊和电阻焊的应用，使焊接过程的机械化和自动化成为现实。五十年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊，六十年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到了一个新的水平。近年来对能量束焊接、太阳能焊接、冷压焊等

新的焊接方法也开始研究，尤其是在焊接工艺自动控制方面有了很大的发展，采用电子计算机控制可以获得较好的焊接质量和较高的生产率。采用工业电视监视焊接过程，便于遥控，有助于实现焊接自动化。在焊接生产中采用了工业机器人，使焊接工艺自动化达到了一个更新的阶段，使人不能达到的那些地方能够用机器人进行焊接，既安全又可靠，特别是在原子能工业中更有其发展的前景。

解放前，我国焊接技术水平很低，只有少量的手弧焊和气焊，只用于修理工作。焊接材料和焊接设备全部依靠国外进口。焊工人数不多，更没有培养焊接技术人才的高等和中等技术学校。

新中国建立后，在中国共产党的领导下，取得了社会主义建设的伟大胜利，焊接技术也得到了迅速发展，目前已作为一种基本工艺方法应用于船舶、车辆、航空、锅炉、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山机械、起重机械、建筑及国防等各个工业部门，并成功地焊接了不少重大产品，如 12000t 水压机、30 万 kW 双水内冷气轮发电机组、大型球形容容器、万吨级远洋考察船“远望”号（图 0-3）、原子反应堆、人造卫星等。各种新工艺如多丝埋弧焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳半自动焊、全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊和数字程序控制气割等已在许多工厂中应用。并且已建立了锅炉省煤器、过热器蛇形管摩擦焊、汽车车体电阻点焊和车轮气体保护焊等数十条焊接生产自动线。设计制造了几百种焊接设备，如 2 万 Ws 储能点焊机、汽车制造用的各种专用多点焊机、窄间距全位置等离子弧焊机、微束等离子弧焊机、150kV200mA 真空电子束焊机、120Ws 激光焊机等。生产了 160 多种焊条和多种焊丝、焊剂等焊接材料。为了培养焊接技术人才和发展焊接科学技术，先后在许多高等和中等技术学校设置了焊接专业，并建立了焊接研究所和电焊机研究所，为建立一支宏大的焊接技术队伍创造了有利条件。

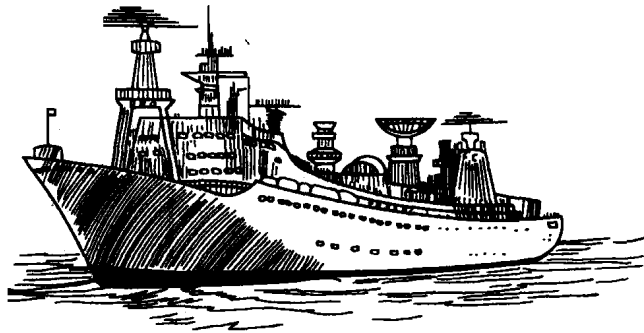


图 0-3 “远望”号万吨级远洋考察船

目前，我国的焊接科学技术已经取得了很大的发展，但是和世界先进水平相比，仍然存在着一定差距。我们必须树雄心，立壮志，更加刻苦地学习，更加努力地工作，不断攀登焊接科学技术的新高峰，为使我国实现“四个现代化”的宏伟目标而艰苦奋斗。

### 复 习 题

1. 焊接与铆接、铸造相比具有哪些优点？
2. 为什么在焊接时要加热、加压或加热同时加压？
3. 名词解释：焊接、熔焊、压焊、钎焊。



# 第一章 焊工安全生产知识

## § 1-1 概 述

### 一、焊工安全生产的重要性

焊工在工作时要与电、可燃及易爆的气体、易燃液体、压力容器等接触，在焊接过程中还会产生一些有害气体、金属蒸气和烟尘，电弧光的辐射，焊接热源（电弧、气体火焰）的高温等，如果焊工不遵守安全操作规程，就可能引起触电、灼伤、火灾、爆炸、中毒等事故，这不仅给国家财产造成经济损失，而且直接影响焊工及其它工作人员的人身安全。

党和政府对焊工的安全健康是非常重视的。焊工工作要有必需的安全防护用品，以保证焊工的安全生产。为了进一步贯彻执行安全生产的方针，加强企业生产中安全工作的管理与领导，以保证职工的安全和健康，促进生产，在国务院的“关于加强企业生产中安全工作的几项规定”以及全国安全生产会议决议中都明确指出：“对于电气、起重、锅炉、压力容器、焊接……等特殊工种的工人，必须进行专门的安全操作技术训练，经过考试合格后，才能允许现场操作。”这样经常对焊工进行安全技术教育和训练，从思想上重视安全生产，明确安全生产的重要性，增强责任感，了解安全生产的规章制度，熟悉并掌握安全生产的有效措施，避免和杜绝事故的发生是十分必要又具有重要意义的。

### 二、预防触电的安全知识

通过人体的电流大小，决定于线路中的电压和人体的电阻。人体的电阻除人的自身电阻外，还包括人身所穿的衣服和鞋等的电阻。干燥的衣服、鞋以及干燥的工作场地，能使人体的电阻增大。通过人体的电流大小不同，对人体的伤害轻重程度也不同。当通过人体的电流强度超过 0.05A 时，生命就有危险；通过 0.1A 时，足以使人致命。人体的电阻由 50000Ω 可以降至 800Ω，根据欧姆定律，40V 的电压就对人身有危险。而焊接工作场地所用的网路电压为 380V 或 220V，焊机的空载电压一般都在 60V 以上。因此，焊工在工作时必须注意防止触电。

1. 弧焊设备的外壳必须接零或接地，而且接线应牢靠，以免由于漏电而造成触电事故。
2. 弧焊设备的初级接线、修理和检查应由电工进行，焊工不可私自随便拆修。次级接线电焊工进行连接。
3. 推拉电源闸刀时，应戴好干燥的皮手套，面部不要对着闸刀，以免推拉闸刀时，可能发生电弧火花而灼伤脸部。
4. 焊钳应有可靠的绝缘。中断工作时，焊钳要放在安全的地方，防止焊钳与焊件之间产生短路而烧坏弧焊机。
5. 焊工的工作服、手套、绝缘鞋应保持干燥。
6. 在容器或船舱内或其它狭小工作场所焊接时，须两人轮换操作，其中一人留守在外面监护，以便发生意外时，立即切断电源便于急救。
7. 在潮湿的地方工作时，应用干燥的木板或橡胶片等绝缘物作垫板。

8. 在光线暗的地方、容器内操作或夜间工作时，使用的工作照明灯的电压应不大于36V。

9. 更换焊条时，不仅应带好手套，而且应避免身体与焊件接触。

10. 焊接电缆必须有完整的绝缘，不可将电缆放在焊接电弧的附近或炽热的焊缝金属上避免高温而烧坏绝缘层；同时，也要避免碰撞磨损。焊接电缆如有破损应立即进行修理或调换。

11. 遇到焊工触电时，切不可用赤手去拉触电者，应先迅速将电源切断。如果切断电源后触电者呈现昏迷状态，应立即施行人工呼吸法，直至送到医院为止。

12. 焊工要熟悉和掌握有关电的基本知识、预防触电及触电后急救方法等知识，严格遵守有关部门规定的安全措施，防止触电事故发生。

## § 1-2 防火、防爆、防毒、防辐射的安全知识

### 一、预防火灾和爆炸的安全知识

焊接时，由于电弧及气体火焰的温度很高，而且在焊接过程中有大量的金属火花飞溅物，如稍有疏忽大意，就会引起火灾甚至爆炸。因此焊工在工作时，为了防止火灾及爆炸事故的发生，必须采取下列安全措施：

1. 焊接前要认真检查工作场地周围是否有易燃、易爆物品（如棉纱、油漆、汽油、煤油、木屑、乙炔发生器等），如有易燃、易爆物，应将这些物品搬离焊接工作点5m以外。

2. 在高空作业时更应注意防止金属火花飞溅而引起的火灾。

3. 严禁在有压力的容器和管道上进行焊接。

4. 焊补储存过易燃物的容器（如汽油箱等）时，焊前必须将容器内的介质放净，并用碱水清洗内壁，再用压缩空气吹干，应将所有孔盖完全打开，确认安全可靠，方可焊接。

5. 在进入容器内工作时，焊、割炬应随焊工同时进出，严禁将焊、割炬放在容器内而焊工擅自离去，以防混合气体燃烧和爆炸。

6. 焊条头及焊后的焊件不能随便乱扔，要妥善管理，更不能扔在易燃、易爆物品的附近，以免发生火灾。

7. 每天下班时应检查工作场地附近是否有引起火灾的隐患，如确认安全，才可离走。

### 二、预防有害气体和烟尘中毒的安全知识

焊接时，焊工周围的空气常被一些有害气体及粉尘所污染，如氧化锰、氧化锌、氟化氢、一氧化碳和金属蒸气等。焊工长期呼吸这些烟尘和气体，对身体健康是不利的，因此应采取下列措施：

1. 焊接场地应有良好的通风，焊接区的通风是排出烟尘和有毒气体的有效措施，通风的方式有以下几种：

(1) 全面机械通风 在焊接车间内安装数台轴流式风机向外排风，使车间内经常更换新鲜空气。

(2) 局部机械通风 在焊接工位安装小型通风机械，进行送风或排气。

(3) 充分利用自然通风 正确调节车间的侧窗和天窗，加强自然通风。

2. 在容器内或双层底舱等狭小的地方焊接时，应注意通风排气工作。通风应用压缩空

气，严禁使用氧气。

3. 合理组织劳动布局，避免多名焊工拥挤在一起操作。

4. 尽量扩大埋弧自动焊的使用范围，以代替手弧焊。

### 三、预防弧光辐射的安全知识

电弧辐射主要产生可见光、红外线、紫外线三种射线。过强的可见光耀眼眩目；紫外线对眼睛和皮肤有较大的刺激性，它能引起电光性眼炎，电光性眼炎的症状是眼睛疼痛，有沙粒感、多泪、畏光、怕风吹等，但电光性眼炎一般不会有后遗症。皮肤受到紫外线照射时，先是痒、发红、触痛，以后变黑，脱皮。如果工作时注意防护，以上症状是不会发生的。因此焊工预防弧光辐射应采取下列措施：

1. 焊工必须使用有电焊防护玻璃的面罩。

2. 面罩应该轻便、成形合适，耐热、不导电、不导热、不漏光。

3. 焊工工作时，应穿白色帆布工作服，防止弧光灼伤皮肤。

4. 操作引弧时，焊工应该注意周围工人，以免强烈弧光伤害他人眼睛。

5. 在厂房内和人多的区域进行焊接时，尽可能地使用屏风板，避免周围人受弧光伤害。

6. 重力焊或装配定位焊时，要特别注意弧光的伤害，因此要求焊工或装配工应戴防光眼镜。

## § 1-3 焊接、气割现场安全作业

焊工除了进行正常的结构产品的焊接工作外，往往经常要进行现场检修、抢修工作，由于检修、抢修的焊接工作不同于产品的焊接工作，它具有一定的特殊性、复杂性，如果忽视现场安全作业，则造成事故的破坏性和危害性更大，因此在现场进行检修和抢修工作时，焊工必须遵循下列安全作业：

### 一、焊割作业前的准备工作

1. 弄清情况、保持联系 工程无论大小，焊工在检修前必须弄清楚设备的结构及设备内贮存物品的性能，明确检修要求和安全注意事项。对于需要焊接切割的部位，除了在有关通知——动火证上详细说明外，还应同有关人员在现场交待清楚，防止弄错。特别是在复杂的管道结构中或在边生产边检修的情况下，更应注意。在参加大修之前，还要细心听取现场指挥人员的情况介绍，随时保持联系，了解现场变化情况和其他工种相互协作等事项。

2. 观察环境、加强防范 明确任务后，要进一步观察环境，估计可能出现的不安全因素，加强防范。如果需焊接切割的设备处于禁火区内，必须按禁火区的焊接或气割管理规定申请动火证。操作人员按动火证上规定的部位、时间动火，不准许超越规定的范围和时间，发现问题，应停止操作，研究处理。

### 二、焊接切割作业前的检查和安全措施

#### 1. 检查污染物

凡被化学物质或油脂污染的设备都应清洗后再焊接或切割。如果是易燃、易爆或者有毒的污染物，更应彻底清洗，并经有关部门检查，并填写动火证后，才能焊接或切割。

一般在焊接或切割前采用一嗅、二看、三测爆的检查方法。

一嗅 就是嗅气味。危险物品大部分有气味，这要从实际工作经验中加以总结。在嗅到有气味的物品时，应重新清洗。

二看 就是查看清洁程度如何，特别是塑料，如：四氟乙烯等这类物质必须清除干净，因为塑料不但易燃，而且遇高温裂解产生剧毒气体。

三测爆 就是在容器内部抽取试样用测爆仪测定爆炸极限，大型容器的抽样应从上、中、下容易积聚的部位进行，确认没有危险时，方可进行焊接切割作业。

应该指出：“一嗅、二看、三测爆”是常用的检查方法，虽然不是最完善的检查方法，但比起盲目操作，安全性更好些。

## 2. 严防三种类型的爆炸

(1) 严禁设备在带压时焊接或切割，带压设备检修前一定要先解除压力（卸压），并且焊割前必须打开所有孔盖。未卸压的设备严禁操作，常压而密闭的设备也不许进行焊接与切割。

(2) 设备零件内部污染了爆炸物，外面不易检查到，虽然数量不多，但遇到焊割火焰而发生的爆炸威力却不小，因此清洗工作无把握的设备，不随便操作。

(3) 混合气体或粉尘的爆炸。即操作时遇到了易燃气体（如乙炔、煤气等）和空气的混合物，或遇到可燃粉尘（如铝尘、锌尘）和空气的混合物，在一定的混合比例内也会发生爆炸。

上述三种类型的爆炸的发生均在瞬息间，且有很大的破坏力。

## 3. 一般检修的安全措施

(1) 拆迁 在有易燃、易爆物质的场所，尽量将焊割件拆下来迁到安全地带进行检修。

(2) 隔离 把需要检修的设备与其他易燃、易爆的物质及设备隔离开。

(3) 置换 把化学性质不活泼的气体（如氮气、二氧化碳）或水注入有可燃气体的设备和管道中，把里面的可燃气体置换出来，以达到驱除管道中可燃气体的目的。

(4) 清洗 用热水、蒸汽或酸液、碱液及溶剂清洗设备中的污染物。

(5) 移去危险物品 将可能引起火灾的物品移至安全处。

(6) 敞开设备、卸压通风 开启全部人孔阀门。

(7) 加强通风 在有易燃、易爆气体或有毒气体的室内焊接，应加强室内通风，并戴好防毒面具。在焊割时可能放出有毒有害气体和烟尘，要采取局部排风。

(8) 准备消防器材 按要求选取灭火器以作准备，并应了解灭火器的使用方法及使用范围。

## 三、焊割时的安全作业

### 1. 登高作业的安全措施

(1) 患有高血压、心脏病等疾病与酒后人员，不得登高作业。

(2) 必须使用标准的安全带，使用前应仔细检查，并将安全带紧固牢靠。

(3) 在高空作业时，登高工具（如脚手架等）要安全牢固可靠，焊接电缆线等应扎紧在固定地方，不应缠绕在身上或搭在背上工作。不应采取可燃物（如麻绳等）作固定脚手板焊接电缆线和气割用气皮管的材料。

(4) 乙炔发生器、氧气瓶、弧焊机等焊接设备和器具应尽量留在地面上。

(5) 注意火星的飞溅。

## 2. 进入设备内部焊接切割的安全措施

(1) 进入设备内部前, 先要弄清设备内部的情况。

(2) 把该设备和外界联系的部分, 都要进行隔离和切断, 如电源和附带在设备上的水管、料管、蒸汽管、压力管等均要切断并挂牌。如有污染物的设备应按前述要求进行清洗后才能进行内部焊割。

(3) 进入容器内部焊割要实行监护制。派专人进行监护。监护人不能随便离开现场, 并与容器内部的人员经常取得联系。

(4) 设备内部要通风良好, 这不仅要驱除内部的有害气体, 而且要向内部送入新鲜空气。但是, 严禁使用氧气作为通风气源, 防止燃烧或爆炸。

(5) 氧乙炔焊割炬要随人进出, 不得放在容器内。

(6) 在内部作业时, 做好绝缘防护工作, 防止触电等事故。

(7) 做好人体防护, 减少烟尘等对人体的侵害, 目前多采用静电口罩。

3. 焊修燃料容器的安全措施 燃料容器内即使有极少量的残液, 在焊割过程中也会蒸发成蒸汽, 并与空气混合后能引起强烈爆炸。因此必须进行彻底清洗。清洗方法有以下几种:

(1) 一般燃烧容器, 可用 1L 水加 100g 苛性钠或磷酸钠水溶液仔细清洗, 时间可视容器的大小而定, 一般约 15~30min, 洗后再用强烈水蒸气吹刷一遍, 方可施焊。

(2) 当洗刷装有不溶于碱液的矿物油的容器时, 可采用 1L 水加 2~3g 水玻璃或肥皂。

(3) 汽油容器的清洗可采用水蒸气吹刷, 吹刷时间视容器大小而定, 一般 2~24h。

如清洗不易进行时, 可采用下述方法: 把容器装满水, 以减少可能产生爆炸混合气体的空间, 但必须使容器上部的口敞开, 防止容器内部压力增高。

## 四、焊割作业后的安全检查

1. 仔细检查漏焊、假焊, 并立即补焊。

2. 对加热的结构部分, 必须待完全冷却后, 才能进料或进气。因为焊后炽热处遇到易燃物质也能引起燃烧或爆炸。

3. 检查火种

对整个作业地带及周边进行检查。凡是经过加热、烘烤, 发生烟雾或蒸汽的低凹处, 应彻底检查, 确保安全。

4. 最后彻底清理场地。

为了防止意外事故的发生, 现场作业时应做到“十不焊割”, 详见“焊工生产实习”教材。

## 复 习 题

1. 为什么说焊接气割安全技术特别重要?
2. 一般现场检修, 应采取哪些安全措施?
3. 高空作业时应注意哪些安全事项?
4. 进入设备内部焊接或切割时的安全措施有哪些?
5. 如何做好焊割作业前的准备工作和作业后的安全检查?

## 第二章 气焊与气割

气焊与气割是金属材料加工的主要方法之一。它具有设备简单、操作方便、质量可靠、成本低、实用性强等特点。因此，在各工业部门中，特别是在机械、锅炉、压力容器、管道、电力、造船及金属结构方面，得到了广泛应用。

气焊与气割是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的。可燃气体的种类很多，例如，乙炔气、氢气、天然气和液化石油气等。但目前应用最普遍的是乙炔气，其次是液化石油气。由于乙炔气与氧气混合燃烧产生的温度最高（可达 3000℃ 以上），所以是目前气焊、气割中应用最广的一种可燃气体。因此在生产中，常常利用乙炔气和氧气混合燃烧产生的热能对钢材进行下料及坡口准备，焊接薄钢板、低熔点材料（有色金属及其合金），进行钎焊及构件变形的火焰矫正等。

### § 2-1 气焊和气割用的材料

#### 一、氧气

##### 1. 氧气的性质

在常温、常压下氧是气态——氧气，氧气的分子式为  $O_2$ 。氧气是一种无色、无味、无毒的气体，在标准状态下（0℃，0.1MPa）氧气的密度是  $1.429\text{kg}/\text{m}^3$ ，比空气略重（空气为  $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ）。当温度降到  $-183^\circ\text{C}$  时，氧气由气态变成淡蓝色的液体。当温度降到  $-218^\circ\text{C}$  时，液态氧就会变成淡蓝色的固体。

氧气本身不能燃烧，但能帮助其它可燃物质燃烧。氧气的化学性质极为活泼，它几乎能与自然界一切元素（除惰性气体外）相化合，这种化合作用称为氧化反应，剧烈的氧化反应称为燃烧。氧气的化合能力是随着压力的加大和温度的升高而增强。因此，当工业中常用的高压氧气，如果与油脂等易燃物质相接触时，就会发生剧烈的氧化反应而使易燃物自行燃烧，这样在高压和高温作用下，促使氧化反应更加剧烈，从而引起爆炸。因此在使用氧气时，切不可使氧气瓶瓶阀、氧气减压器、焊炬、割炬、氧气皮管等沾染上油脂。

##### 2. 对氧气纯度的要求

氧气的纯度对气焊与气割的质量、生产率以及氧气本身的消耗量都有直接影响。气焊与气割对氧气的要求是纯度越高越好，氧气纯度越高，工作质量和生产率越高，而氧气的消耗量却大为降低。

表 2-1 气焊和气割用的氧气指标

名 称	指 标	
	一级品	二级品
氧气 ( $O_2$ ) 含量 (%)	$\geq 99.2$	$\geq 98.5$
水分 ( $H_2O$ ) 含量 (ml/瓶)	$\leq 10$	$\leq 10$

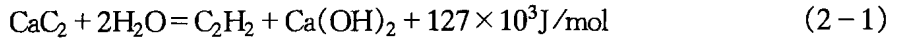
气焊与气割用的工业用氧气一般分为两级，见表 2-1。

一般情况下，由氧气厂和氧气站供应的氧气可以满足气焊和气割的要求。对于质量要求较高的气焊应采用一级纯度的氧。气割时，氧气纯度不应低于 98.5%。

## 二、乙炔

乙炔是由电石和水相互作用分解而得到的，电石是钙和碳的化合物（碳化钙— $\text{CaC}_2$ ），在空气中易潮化。

电石与水发生反应，生成气态乙炔和熟石灰，并析出大量的热，其化学反应式如下：



乙炔是一种无色而带有特殊臭味的碳氢化合物，其分子式为  $\text{C}_2\text{H}_2$ 。在标准状态下密度是  $1.179\text{kg/m}^3$ ，比空气轻。

乙炔是可燃性气体，它与空气混合燃烧时所产生的火焰温度为  $2350^\circ\text{C}$ ，而与氧气混合燃烧时所产生的火焰温度为  $3000\sim 3300^\circ\text{C}$ ，因此足以迅速熔化金属进行焊接和切割。

乙炔是一种具有爆炸性的危险气体，当压力在  $0.15\text{MPa}$  时，如果气体温度达到  $580\sim 600^\circ\text{C}$ ，乙炔就会自行爆炸，当压力越高，乙炔自行爆炸所需的温度就越低，当温度越高，则乙炔自行爆炸的压力就越低。乙炔与空气或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  $2.2\%\sim 81\%$  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，只要遇到火星就会立即爆炸。因此，刚装入电石的乙炔发生器应首先将混有空气的乙炔排出后才可使用。加装电石时应特别注意避开明火与火星，并应严防氧气倒流入乙炔发生器中。

乙炔与铜或银长期接触后会生成一种爆炸性的化合物，即乙炔铜（ $\text{Cu}_2\text{C}_2$ ）和乙炔银（ $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ），当它们受到剧烈震动或者加热到  $110\sim 120^\circ\text{C}$  时就会引起爆炸。所以凡是与乙炔接触的器具设备禁止用银或纯铜制造，只准用含铜量不超过 70% 的铜合金制造。乙炔和氯、次氯酸盐等化合物会发生燃烧和爆炸，所以乙炔燃烧时，绝对禁止用四氯化碳来灭火。

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。若将乙炔储在毛细管中，其爆炸性就大大降低。即使把压力增高到  $2.7\text{MPa}$  也不会爆炸。另外，乙炔能大量溶解于丙酮溶液中，这样我们就可以利用乙炔的这个特性，将乙炔装入乙炔瓶内（瓶内装有丙酮溶液和活性炭）储存、运输和使用。

## 三、液化石油气

液化石油气是油田开发或炼油厂裂化石油的副产品，其主要成分是：丙烷（ $\text{C}_3\text{H}_8$ ）、丁烷（ $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ）、丙烯（ $\text{C}_3\text{H}_6$ ）、丁烯（ $\text{C}_4\text{H}_8$ ）和少量的乙烷（ $\text{C}_2\text{H}_6$ ）、乙烯（ $\text{C}_2\text{H}_4$ ）、戊烷（ $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ）等碳氢化合物。液化石油气热值高（发热量为  $88616 \times 10^3\text{J/m}^3$ ，乙炔为  $52668 \times 10^3\text{J/m}^3$ ），价格低廉，用它来代替乙炔进行金属切割和焊接，具有较大的经济意义。

液化石油气的主要性质如下：

1. 在常温常压下，组成液化石油气的碳氢化合物以气态存在。如果加上  $0.8\sim 1.5\text{MPa}$  的压力，就变成液态，便于装入瓶中储存和运输。

工业上一般都使用液体状态的石油气。液化石油气在气态时，是一种略带臭味的无色气体。在标准状态下，石油气的密度为  $1.8\sim 2.5\text{kg/m}^3$ ，比空气重。

2. 液化石油气与乙炔一样，也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比值范围比乙炔小得多。它在空气中的爆炸范围为  $3.5\sim 16.3\%$ （体积），同

时由于燃点比乙炔高（500℃左右，乙炔为305℃），因此，使用时比乙炔安全。

3. 液化石油气达到完全燃烧所需的氧气量比乙炔所需的氧气量大。因此，采用液化石油气代替乙炔气后，耗氧量要多些。对割炬的结构也应做相应的改造。

4. 液化石油气的火焰温度比乙炔的火焰温度低，如液化石油气的主要组成物丙烷在氧气中的燃烧温度为2000~2850℃。因此，用于气割时，金属的预热时间稍长。但其切割质量容易保证，割口光洁，不渗碳，质量比较好。

5. 在气割过程中，液化石油气在氧气中的燃烧速度比乙炔在氧气中的燃烧速度低，如丙烷的燃烧速度是乙炔的三分之一左右，因此，要求割炬有较大的混合气的喷出截面，以降低流出速度，保证良好的燃烧。

目前，国内外已把液化石油气作为一种新的可燃气体，广泛地应用于钢材的气割和低熔点的有色金属焊接中，如黄铜焊接、铝及铝合金的焊接及铅的焊接等。

#### 四、气焊丝

##### 1. 对气焊丝的要求

在气焊过程中，气焊丝的正确选用十分重要，因为焊缝金属的化学成分和质量在很大程度上取决于焊丝的化学成分。一般说来，焊接黑色金属和有色金属所用焊丝的化学成分基本上是与被焊金属化学成分相同，有时为了使焊缝有较好的质量，在焊丝中也加入其它合金元素，一般对气焊丝的要求是：

(1) 焊丝的熔点应等于或略低于被焊金属的熔点。

(2) 焊丝所焊得的焊缝应具有良好的机械性能，焊缝内部质量好，无裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

(3) 焊丝的化学成分应基本上与焊件相符，无有害杂质，以保证焊缝有足够的机械性能。

(4) 焊丝熔化时应平稳，不应有强烈的飞溅或蒸发。

(5) 焊丝表面应洁净，无油脂、油漆和锈蚀等污物。

##### 2. 常用气焊丝

常用的气焊丝有碳素结构钢焊丝、合金结构钢焊丝、不锈钢焊丝、铜及铜合金焊丝、铝及铝合金焊丝、铸铁气焊丝等。碳素结构钢焊丝、合金结构钢焊丝、不锈钢焊丝的牌号及用途见表2-2。铜及铜合金、铝及铝合金及铸铁气焊丝的牌号、化学成分及用途分别见表2-3、表2-4和表2-5。

#### 五、气焊熔剂

气焊过程中，被加热后的熔化金属极易与周围空气中的氧或火焰中的氧化合生成氧化物，使焊缝产生气孔和夹渣等缺陷。为了防止金属的氧化以及消除已经形成的氧化物，在焊接有色金属（如铜及铜合金、铝及铝合金）、铸铁以及不锈钢等材料时，通常必须采用气焊熔剂。

气焊熔剂可以在焊前直接撒在焊件坡口上，或者蘸在气焊丝上加入熔池。

##### 1. 气焊熔剂的作用及其要求

###### (1) 气焊熔剂的作用

①气焊熔剂经过熔化反应后，能以熔渣的形式覆盖在熔池表面，使熔池与空气隔离，因而能有效地防止熔池金属的继续氧化，改善了焊缝的质量。



表 2-2

钢焊丝的牌号及用途

碳素结构钢焊丝			合金结构钢焊丝			不锈钢焊丝		
牌号	代号	用途	牌号	代号	用途	牌号	代号	用途
焊 08	H08	焊接一般 低碳钢结构	焊 10 锰 2	H10Mn2	用途与 H08Mn 相同	焊 00 铬 19 镍 9	H00Cr19Ni9	焊接超低 碳不锈钢
			焊 08 锰 2 硅	H08Mn2Si				
焊 08 高	H08A	焊接较重要低、中碳钢及某些低合金钢结构	焊 10 锰 2 钼高	H10Mn2MoA	焊接普通 低合金钢	焊 0 铬 19 镍 9	H0Cr19Ni9	焊接 18- 8 型不锈钢
焊 08 特	H08E	用途与 H08A 相同, 工艺性能较好	焊 10 锰 2 钼钒高	H10Mn2MoVA	焊接普通 低合金钢	焊 1 铬 19 镍 9	H1Cr19Ni9	焊接 18- 8 型不锈钢
焊 08 锰	H08Mn	焊接较重要的碳素钢及普通低合金钢结构, 如锅炉、压力容器等	焊 08 铬 钼高	H08CrMoA	焊接铬钼 钢等	焊 1 铬 19 镍 9 钛	H1Cr19Ni9Ti	焊接 18- 8 型不锈钢
焊 08 锰高	H08MnA	用途与 H08Mn 相同, 但工艺性能较好	焊 18 铬 钼高	H18CrMoA	焊接结构 钢, 如铬钼 钢、铬锰硅 钢等	焊 1 铬 25 镍 13	H1Cr25Ni13	焊接高强度 结构钢和耐 热合金钢等
焊 15 高	H15A	焊接中等 强度工件	焊 30 铬 锰硅高	H30CrMnSiA	焊接铬锰 硅钢	焊 1 铬 25 镍 20	H1Cr25Ni20	焊接高强度 结构钢和耐 热合金钢等
焊 15 锰	H15Mn	焊接高强度 焊件	焊 10 钼 铬高	H10MoCrA	焊接耐热 合金钢			

表 2-3

铜及铜合金焊丝的牌号、成分及用途

焊丝牌号	名称	主要化学成分 (%)	熔点 (°C)	用途
丝 201	特制紫铜焊丝	Sn(1.0~1.1)、Si(0.35~0.5)、Mn(0.35~0.5), 其余为 Cu	1050	紫铜的氩弧焊及气焊
丝 202	低磷铜焊丝	P(0.2~0.4), 其余为 Cu	1060	紫铜的气焊及碳弧焊
丝 221	锡黄铜焊丝	Cu(59~61)、Sn(0.8~1.2)、Si(0.15~0.35), 其余为 Zn	890	黄铜的气焊及碳弧焊, 也可用于钎焊铜、钢、铜镍合金、灰铸铁以及镶嵌硬质合金刀具等。其中丝 222, 流动性较好。丝 224 能获得较好的机械性能
丝 222	铁黄铜焊丝	Cu(57~59)、Sn(0.7~1.0)、Si(0.05~0.15)、Fe(0.35~1.20)、Mn(0.03~0.09), 其余为 Zn	860	
丝 224	硅黄铜焊丝	Cu(61~69)、Si(0.3~0.7), 其余为 Zn	905	