

普通高等教育机电类规划教材

焊接概论

(第3版)

山东工业大学 薛迪甘 主编



机械工业出版社

本书主要内容是：以低碳钢材料为主，叙述了气焊、气割工艺、所用气体及设备、工具；手弧焊的材料、电源与操作技术等，对于其它焊接与切割方法也作了简要介绍。

该书主要供高等学校焊接专业学生参加专业生产劳动期间使用，也可作为从事焊接工作的工人和技术人员的自学读物。

焊 接 概 论

(第 3 版)

山东工业大学 薛迪甘 主编

责任编辑：董连仁 版式设计：霍永明

封面设计：姚毅 责任校对：姚培新

责任印制：卢子祥

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 7.625 · 字数 165 千字

1997 年 10 月第 3 版 · 第 16 次印刷

印数 97 851—100 850 · 定价：9.00 元

ISBN 7-111-04697-8/TG · 980（课）

ISBN 7-111-04697-8



9 787111 046974 >

1985
DV59/22

第 2 版 前 言

本书原是根据1978年第一机械工业部“对口专业座谈会”和“焊接专业教材编写会议”的精神与要求编写的。这次是根据1984年1月在上海召开的高等工业学校焊接专业教材分编审委员会制订的教学大纲重新修订的。供高等学校焊接专业学生参加专业生产劳动期间使用，也可作为从事焊接工作的工人和技术人员的自学读物。

本书的主要内容是：以低碳钢材料为主，叙述了手工电弧焊的材料、焊机与操作技术；气焊、气割工艺、所用气体及设备、工具等，对于其它常用焊接方法也作了简要介绍。

本书由山东工业大学焊接教研室薛迪甘同志主编，其中第一章由杨幼利同志编写，§ 2-3 和第三章由李培祖同志编写，其余由薛迪甘同志编写。太原工业大学焊接教研室赵彭生，杨世杰同志审稿。在编写过程中，许多兄弟院校和单位为编写提供了素材，山东工业大学焊接教研室部分同志参加了有关章节的讨论，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中一定会存在不足和错误之处，恳切希望读者给予批评指正。并趁再版之际，向初版以来对本书提出宝贵意见的同志表示谢意。

一九八六年元月

编 者

第 3 版 前 言

本书自1979年出版发行以来,于1986年已作了2版修订。作为高等学校焊接专业教材起到了应有的作用。并作为从事焊接工作的工人和技术人员的自学读物,取得了较好的社会效益。但由于焊接技术的不断发展,特别是国家新的技术标准和规程的颁布,使本教材的部分内容已不适用,必须进行修订再版。

本次修订是根据1992年10月全国焊接专业教学指导委员会镇江会议精神进行的,在内容上做了较大的变动。首先在各章节中增加了新发展的焊接、切割技术,将原第三章“几种常用焊接方法简介”改为“其它焊接与切割方法简介”;其次,由于气焊气割在后期专业课中不再讲解,因而第3版将该内容列为第一章,以示其重要性,并适当充实了有关内容;再次,对涉及国家标准和规程的内容尽量按新标准改写,并在书尾增加了附录,列出了所用的标准和规程名称,以备查索。

本次修订编审人员及分工:

主编:薛迪甘(山东工业大学)负责全书统稿,修订绪论、第一章第一、二节,以及第二章和附录。

协编:李培祖(山东工业大学)负责修订第一章第三节和第三章。

主审:吴开源(石油大学)。

由于修订时间仓促,收集意见不够全面,资料收集不足

和编者水平有限,书中一定仍存在着不妥和错误之处,恳切希望读者批评指正,以供第4版修订参考。并趁本次再版之际,向再版以来对本书提出宝贵意见的读者表示谢意。

编者

一九九三年十一月

目 录

第 2 版前言

第 3 版前言

绪论	1
第一章 气焊与气割	5
第一节 气体火焰加工用气体	6
一、氧气	7
二、氧气瓶及瓶阀	8
三、减压器	11
四、乙炔	14
五、乙炔发生器	17
六、溶解乙炔气瓶及所用减压器、回火防止器	26
七、液化石油气和供气设备	30
第二节 气焊	33
一、氧-乙炔焰的种类、构造和性质	34
二、焊炬	37
三、焊丝和气焊熔剂	42
四、气焊工艺	44
第三节 氧气切割	50
一、氧气切割过程的原理	53
二、手工割炬与机械气割设备	55
三、气割工艺	74
四、几种特殊气割工艺	83
五、气割质量和在图样上的标注方法	91
第二章 手弧焊	97

第一节 焊接电弧及其特性	97
一、焊接电弧的产生	97
二、焊接电弧的静特性	100
三、焊接电弧的热量和温度分布	101
四、影响电弧稳定性的因素	104
第二节 焊条	107
一、焊缝的形成过程	107
二、焊条的组成及作用	108
三、焊条的分类、型号和牌号	111
四、碳钢焊条型号的编制方法	112
五、常用碳钢焊条性能分析	114
六、焊条的保管	118
第三节 手弧焊电源	119
一、手弧焊对电源的要求	119
二、手弧焊电源的分类和型号编制	122
三、弧焊变压器	123
四、直流弧焊发电机	129
五、弧焊整流器	131
六、手弧焊电源的选择	132
七、手弧焊电源的使用和维护	133
第四节 手弧焊工艺	136
一、焊接接头、焊缝及坡口形式	136
二、焊接接头在图样上的表示方法	142
三、坡口的制备	148
四、焊件装配常用夹具	149
五、焊接工艺参数的选择	150
六、手弧焊的基本操作	155
七、各种位置焊缝的焊接技术	161
八、定位焊缝的焊接技术	167
九、长焊缝的焊接技术	169

十、单面焊双面成形(背面自由成形)技术	170
第五节 提高手弧焊生产率的途径	171
一、铁粉焊条	171
二、重力焊接法	172
三、立向下焊条	173
四、单面焊双面成形法(背面强迫成形)	173
第六节 焊接变形、防止及矫正方法	175
一、焊接变形产生的原因	175
二、防止或减少焊接变形的的方法	177
三、焊接结构变形的矫正	178
第七节 常见的焊接缺陷及质量检验	179
一、常见的焊接缺陷	179
二、焊接质量检验	186
第八节 手弧焊安全技术	191
一、预防弧光照射	191
二、预防触电	192
三、预防烫伤	192
四、防火、防爆	193
五、预防有害气体、烟尘的中毒	193
第三章 其它焊接与切割方法简介	194
第一节 埋弧焊	194
第二节 氩弧焊	197
一、非熔化极氩弧焊(TIG焊)	197
二、熔化极氩弧焊(MIG焊)	198
第三节 二氧化碳气体保护焊	200
第四节 等离子弧焊接与切割	202
一、等离子弧焊接	204
二、等离子弧切割	205
第五节 碳弧气刨与碳弧空气切割	206
第六节 电渣焊	207

第七节 电子束焊接	210
一、电子束焊接分类	210
二、电子束焊接的主要特点	211
第八节 激光焊接与切割	211
第九节 电阻焊	213
一、点焊	214
二、缝焊	215
三、凸焊	216
四、对焊	216
第十节 高频焊	218
第十一节 摩擦焊	220
第十二节 超声波焊	222
第十三节 爆炸焊	223
第十四节 扩散焊	225
第十五节 钎焊	226
第十六节 热喷涂、喷熔与堆焊	228
一、热喷涂	228
二、喷熔	230
三、堆焊	230
附录 常用的焊接标准和规程的目录	232
主要参考文献	235

绪 论

在机械制造工业中，使两个或两个以上零件联接在一起的方法，有螺钉连接、铆钉连接和焊接等。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利用来实现连接的，连接后不能再拆卸。

为了实现焊接过程，必须使两个被焊物体(通常是金属)相互接近到原子间的力能够发生作用的程度，也就是说，要接近到像在金属内部原子间的距离一样。因此，焊接就需要采用加热、加压或加压同时也加热的方法来促使两个被焊金属的原子间达到能够结合的程度，以获得永久牢固的连接。

近代工业中应用的焊接方法很多，按焊接过程的特点可归纳为三大类。

1. 熔焊 这一类焊接方法的共同特点是，利用局部加热的方法，将焊件的接合处加热到熔化状态，互相融合，冷凝后彼此结合在一起。常见的电弧焊、气焊就属于这一类。

2. 压焊 这一类焊接方法的共同特点是，在焊接时不论对焊件加热与否，都施加一定的压力，使两个接合面紧密接触，促进原子间产生结合作用，以获得两个焊件间的牢固连接。电阻焊、摩擦焊就属于这一类。

3. 钎焊 它与熔焊有相似之处，也可获得牢固的连接，但两者之间有本质的区别。这种方法是利用比焊件熔点低的钎料和焊件一同加热，使钎料熔化，而焊件本身不熔化，利用液态钎料润湿焊件，填充接头间隙，并与焊件相互扩散，

实现与固态被焊金属的结合，冷凝后彼此连接起来的。如锡焊、铜焊等。

常用的焊接方法分类见图0-1所示。

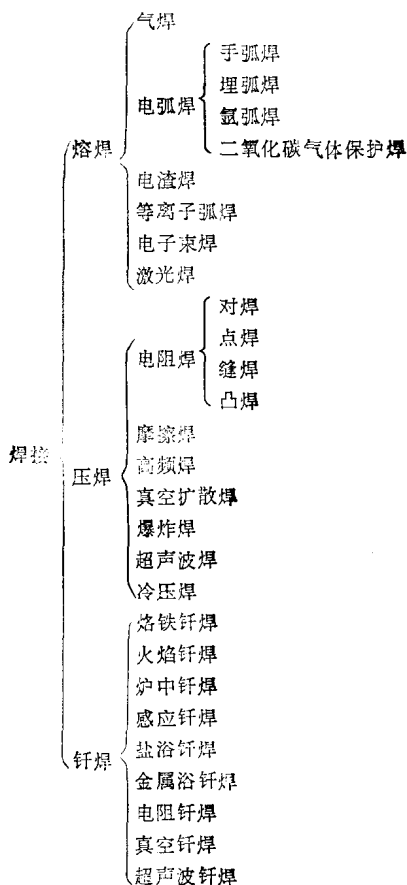


图0-1 焊接方法分类

近代焊接技术是从1882年出现碳弧焊开始的，直到本世纪的30年代，在生产上还只是采用气焊和手弧焊等简单的焊

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。40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。40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。50年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊,60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。由此可见,历史上每出现一种热源都伴随着新的焊接工艺出现,因而随着新能源(如微波、太阳能等)的研究,焊接新技术也一定会得到不断发展。

早在一千多年前,我国劳动人民就已采用焊接技术。古书上有这样的记载:“凡钎铁之法……小钎用铜末,大钎则竭力挥锤而融合”。这说明当时我国已掌握了用铜钎焊和锻焊来连接铁类金属的技术,只是由于封建统治,帝国主义的侵略和国民党反动派的腐败,使我国工业长期处于停滞状态,劳动人民的伟大创造未能得到发展。解放前,我国焊接技术水平很低,只有少量的手弧焊和气焊,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学校。

新中国建立后,焊接技术得到了迅速发展,目前已作为一种基本工艺方法,应用于舰船、桥梁、车辆、航天、航空、锅炉、电机、电子、冶金、能源、石油化工、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,如一万二千吨水压机;直径80m的10万立方米巨型浮顶油罐;跨度216m的栓焊钢桥;亚洲最高的近400m的电视发射塔;高34.05m、宽19.7m、厚2.7m能承受总水压9850t的水电站

船闸人字门；30万kW核电机组；60万kW火力发电机组；重560t内衬不锈钢的热壁加氢器；原子反应堆与人造卫星等。各种新工艺，如多丝埋弧焊、大面积不锈钢带极堆焊、窄间隙气体保护全位置焊、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。设计制造了成百种焊接设备，如多功能晶体管电源、 $2 \times 10^4 \text{J}$ 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、2kW激光焊机、示教式弧焊机器人等。生产了260多种焊条、20多种焊剂、600多种钎料、100多种喷涂及喷熔用合金粉末和多种焊丝、药芯焊丝等焊接材料。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，使人不能到达的那些地方能够用机械人进行焊接，既安全又可靠，特别是在原子能工业中更有其发展的前景。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。

虽然我国的焊接科学技术已经取得了很大的发展，但是与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，更加努力地工作，不断攀登焊接科学技术的新高峰，为建设有中国特色的社会主义强国，迎接21世纪我国工业的腾飞而艰苦奋斗。

第一章 气焊与气割

气焊与气割是利用可燃气体燃烧时所放出的热量来焊接和切割金属的一种气体火焰加工方法。气体火焰是由可燃气体和助燃气体混合燃烧而形成，火焰中的最高温度一般可达 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 。

气焊是一种较早的焊接方法，至今已有近百年的历史。在20世纪初期，虽然同时也出现了电弧焊，但由于当时仅有光焊条，其质量较之气焊差，因而，气焊被广泛应用。随着厚药皮焊条、埋弧焊、气体保护焊等优质高效焊接方法的问世，在某些方面，气焊已逐渐被取代。

但是，由于气焊具有加热均匀和缓慢的特点，在焊接较薄的工件和熔点较低的金属（如铜、铝等）时仍被应用。同时，气体火焰长度可随意调整，焊丝和火焰又是各自独立的，用来焊接需要预热和缓冷的工具钢、铸铁等就比较有利。

至于气割在工业上的应用和发展，则与气焊不同，由于气割具有设备简单、灵活方便等特点，目前在各个工业部门中是一种不可缺少的加工方法。

另外，气体火焰加工还被广泛使用在很多加工方法中。

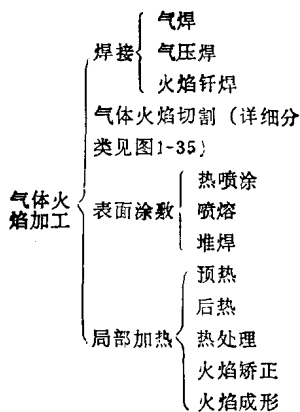


图1-1 气体火焰加工方法分类

常用的气体火焰加工方法如图1-1所示。

第一节 气体火焰加工用气体

气体火焰加工用气体分为两大类，即助燃气体和可燃气体。助燃气体均采用氧气；而可燃气体种类很多，选用时应考虑以下因素：

(1) 发热量要大，也就是单位体积可燃气体完全燃烧时放出的热量要大。

(2) 火焰温度要高，一般是指在氧气中燃烧的火焰最高温度要高。

(3) 可燃气体燃烧时所需要的氧量要少，即指氧气瓶供给的初级氧要少，其经济性就高。

(4) 爆炸极限范围要小，爆炸极限是指可燃气体在它与空气或氧气混合时易发生爆炸的成分范围（按可燃气体占混合气体的体积百分比计）。

(5) 运输要方便。

常用可燃气体的基本特性如表1-1。

表1-1 常用可燃气体的基本特性

气体	发热量 (J/L)	中性焰 温度 (℃)	着火点 (℃)	初级氧与 可燃气体的 体积比	爆炸极限(%)		在氧气中的 燃烧速度 (m/s)
					与空气	与氧气	
乙炔	52754	3087	335	1.15	2.2~81	2.8~93	7.5
丙烷	99227	2526	481	3.5	2.3~9.5		2.0
丙烯	93868	2900	500	3.5	2.0~11		2.0
甲烷	33494	2538		1.5	4.8~14	5.0~59.2	
氢	10048	2160		0.3~0.4	3.3~81.5	4.65~83.9	
煤气	20934	2100		1.2~1.3	3.8~24.8	10~73.6	

由表1-1中数据可见，乙炔除安全性较差外，它的发热量

较大，火焰温度较高，需要的初级氧少，因此是气体火焰加工中最常用的可燃气体。但制取乙炔需要消耗电石，而生产电石不仅要耗用大量电力，且电石还是重要的合成化工原料。因此，近年来随着我国石油工业的迅速发展，乙炔有被液化石油气、液化丙烷和液化丙烯部分代替的趋势，有的地区还根据具体条件使用天然气、煤气和氢氧混合气等。但由于它们的火焰温度都较低，在气焊中尚未广泛采用，只用于气割和一些要求火焰温度较低的加工方法中。

一、氧气

(一) 氧气的性质

氧气在常温常压下是一种无色、无嗅、无毒、无味的气体，其分子式为 O_2 。在标准状态下(101.3kPa, 0℃时)1m³气体重1.43kg，比空气稍重。氧的液化温度为-182.96℃，液态氧呈浅蓝色。

氧气本身不能燃烧，但它是一种极为活泼的助燃气体，能与很多元素化合，生成氧化物。一般把激烈的氧化反应称为燃烧。气焊、气割正是利用可燃气体和氧燃烧所放出的热量作为热源的。而氧化反应又随着压力增高和温度升高而增强，因此，高压氧严禁与油脂和易燃物质接触，以避免由于激烈的氧化而导致易燃物质自燃，产生爆炸事故。

(二) 氧气的制取

制取氧气的方法很多，一般工业上采用液化空气分离法。空气中主要成分是氧和氮，各占21%和78%(按体积计)，而液态氧和液态氮的沸点是不相同的，分别为-182.96℃和-195.8℃。液化空气分离法就是利用此原理，首先将空气压缩、冷却而液化，然后再加热液化空气，当温度升高到-195.8℃时，氮首先气化而逸出，而氧则必须继续升温到

-182.96℃时才开始气化，由此，氧和氮就被分离了。然后再经压缩机将氧气压缩到11.8~14.7MPa(120~150工程大气压)⊖，装入特制的氧气瓶，以便于使用和储运。

(三) 对氧气纯度的要求

氧气纯度对气焊、气割的质量和效率有直接影响。工业用氧分为两级，一级纯度不低于99.5%，二级纯度不低于99.2%。通常，氧气厂供应的氧气就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。

二、氧气瓶及瓶阀

(一) 氧气瓶

氧气瓶是储存和运输氧气的一种高压容器。通常使用的氧气瓶是用优质碳素钢或低合金钢轧制成的无缝容器，其形状和构造见图1-2。

我国生产的氧气瓶的规格和性能列于表1-2。

一般氧气瓶的容量为40 L，当瓶内压力为14.7MPa时，该氧气瓶的氧气储存量为 $40\text{L} \times 14.7 \div 0.098 = 6000\text{L}$ ，即 6m^3 。氧气瓶的颜色标记应符合GB7144—86，其外表应涂淡酞蓝色，并用黑漆注明“氧”字样，以区别于其它气瓶。焊接常用介质的气瓶颜色标记见表1-3。

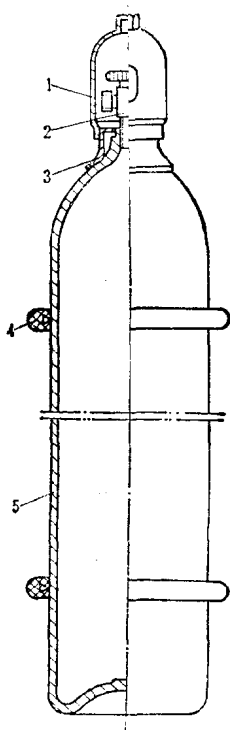


图1-2 氧气钢瓶

1—瓶帽 2—瓶阀 3—瓶帽
4—防振橡胶圈 5—瓶体

⊖ 本书中的压力均指表压，1工程大气压=0.098MPa。