

电焊工技术问答

电 焊 工 技 术 问 答

夏伦初 姚云琪 合编

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

内 容 提 要

本书较详细地介绍了电焊的基本知识；电焊机的型号和特性；手工电弧焊、埋弧焊、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊及各种位置的施焊方法；焊后变形和应力的消除方法；中碳钢、高碳钢、铸铁、合金钢的焊接方法；防止产生咬边、烧穿、焊瘤、气孔、夹渣等缺陷的方法；各种探伤的原理；焊接时的安全防护。

可供从事电焊技术的工人、工程技术人员学习、亦可供技工学校师生参考。

电焊工技术问答

夏伦初 姚云琪 合编

中国铁道出版社出版

责任编辑 杨宾华 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：5.375 字数：120 千

1984年8月 第1版 第1次印刷

印数：0001—100,000册 定价：0.60元

目 录

1. 什么叫焊接? 焊接在工业生产中有什么重要作用?	1
2. 与其他工艺方法相比较, 焊接有哪些优点?	1
3. 焊接方法是怎样分类的?	2
4. 常用的电弧焊接方法有哪些?	3
5. 什么叫手工电弧焊? 它的应用范围怎样?	4
6. 什么叫埋弧焊? 它的应用范围怎样?	4
7. 什么叫二氧化碳气体保护焊? 它的应用范围怎样?	5
8. 什么叫氩弧焊? 它的应用范围怎样?	6
9. 什么叫电弧? 焊接电弧是怎样产生的?	7
10. 电弧的组成和热量分布是怎样的?	8
11. 电弧的静特性是什么?	9
12. 手弧焊时使用哪些设备、工具和材料?	9
13. 对手弧焊机有什么要求?	10
14. 什么是焊机的外特性? 手弧焊时为什么要求焊机具有陡降的外特性?	11
15. 什么是焊机的动特性? 它对焊接过程有什么影响?	12
16. 试述手弧焊机的分类和编号	12
17. 怎样选择手弧焊机?	13
18. 弧焊变压器有哪几种? 它的适用范围和优缺点怎样?	15
19. 动铁式弧焊变压器的结构和原理是怎样的?	17
20. 动圈式弧焊变压器的结构和原理是怎样的?	18
21. 弧焊变压器安装和使用时要注意哪些事项?	19
22. 弧焊变压器常见的故障有哪些? 怎样排除?	20
23. 弧焊发电机有哪几种? 它的适用范围和优缺点怎样?	21
24. 弧焊发电机安装和使用时要注意哪些事项?	22
25. 弧焊发电机常见的故障有哪些? 怎样排除?	24
26. 弧焊整流器有哪几种?	25
27. 弧焊整流器安装和使用时要注意哪些事项?	27
28. 弧焊整流器常见的故障有哪些? 怎样排除?	27
29. 怎样选用焊机安装时的熔断器?	28
30. 如何区别焊机的正负极?	29
31. 在用直流电焊接时极性有几种? 各有什么特点?	30
32. 什么是电焊条? 它在电弧焊接中的作用是什么?	31
33. 对电焊条有什么要求?	31
34. 焊条是怎样进行分类和标注牌号的?	31

35. 国家标准中关于焊条型号是怎样编制的?	34
36. 结构钢焊条芯的化学成分有哪些? 各有什么影响?	36
37. 焊条为什么要涂药皮? 有什么作用?	37
38. 焊条药皮的原料有哪些? 各起什么作用?	38
39. 焊条药皮大致分为几大类?	39
40. 酸性焊条有什么特点? 它的应用范围怎样?	40
41. 碱性焊条有什么特点? 它的应用范围怎样?	40
42. 怎样选择焊条?	41
43. 怎样保存焊条?	42
44. 焊条使用时应注意什么?	42
45. 怎样检验焊条的好坏?	43
46. 焊接接头的型式有几种? 怎样选择接头的坡口形式?	44
47. 怎样进行不同板厚的对接?	48
48. 焊接时焊件的接头为什么要开坡口? 坡口尺寸怎样确定?	48
49. 焊接坡口的准备工作包括哪些? 有什么要求?	50
50. 焊接坡口的加工方法有哪些? 有什么特点?	50
51. 什么叫焊缝? 焊缝有几种形式?	52
52. 焊缝尺寸有哪些? 对它们有什么要求?	53
53. 什么叫熔池? 熔池是怎样结晶成焊缝的?	54
54. 什么叫熔深? 熔深对焊接质量有什么影响?	55
55. 焊缝断面形状对焊缝抗裂性能有什么影响?	56
56. 什么叫热影响区? 低碳钢的热影响区组织分为几部分?	57
57. 热影响区对焊接接头的性能有什么影响?	59
58. 电弧焊的冶金特点是什么? 什么是焊缝的合金化? 有什么作用?	60
59. 什么叫飞溅? 它是怎样产生的? 怎样减少它?	61
60. 什么叫磁偏吹? 与哪些因素有关? 怎样克服?	62
61. 什么叫预热? 为什么要进行预热?	64
62. 什么叫后热? 为什么要进行后热?	64
63. 什么叫焊后热处理? 为什么要进行焊后热处理?	65
64. 怎样对焊件进行加热?	66
65. 什么叫焊根? 怎样清理焊根?	66
66. 什么叫焊接规范? 手弧焊时焊接规范包括哪些内容?	67
67. 怎样选择焊条直径?	68
68. 怎样选择焊接电流?	69
69. 怎样判断焊接电流是否合适?	70
70. 电弧长度对焊接质量有什么影响? 怎样掌握?	71
71. 手弧焊时的引弧方法有几种? 怎样操作?	72
72. 什么叫运条? 手弧焊时怎样运条?	72
73. 怎样进行焊缝的“接头”操作?	74
74. 焊缝的起头和结尾时应注意些什么?	75
75. 施焊位置有几种? 如何区分?	76

76. 怎样进行平焊?	76
77. 怎样进行平角焊?	77
78. 怎样进行立焊?	79
79. 怎样进行由上向下的立焊?	80
80. 怎样进行横焊?	81
81. 怎样进行仰焊?	82
82. 为什么要进行定位焊? 定位焊时要注意些什么?	83
83. 什么是多层焊和多层、多道焊? 怎样选用?	84
84. 怎样焊接薄板?	85
85. 怎样进行水平固定管子的对接焊?	86
86. 怎样焊接机车锅炉的大小烟管?	87
87. 怎样进行堆焊?	88
88. 怎样堆焊机车车辆零件圆孔的内表面?	89
89. 电弧焊接时焊件的受热情况是怎样的?	91
90. 什么是焊接应力和变形?	92
91. 焊接应力和变形的产生原因是什么?	93
92. 怎样减小和消除焊接应力?	93
93. 焊接变形有几种? 是怎样造成的?	97
94. 影响焊接变形的因素有哪些?	102
95. 怎样减少焊接变形?	104
96. 怎样矫正焊接变形?	107
97. 火焰矫正焊接变形有什么优点?	108
98. 怎样进行火焰矫正?	109
99. 碳钢怎样分类? 其焊接性能怎样?	111
100. 怎样焊接中碳钢?	112
101. 怎样焊接高碳钢和堆焊轮缘?	113
102. 铸铁怎样分类? 其性能如何?	114
103. 铸铁焊接时的困难有哪些?	115
104. 铸铁电弧焊接的方法有哪些? 各有什么特点?	116
105. 怎样选择铸铁的焊接方法和焊条?	117
106. 怎样进行铸铁的电弧热焊和半热焊?	119
107. 怎样进行铸铁的不预热电弧焊?	120
108. 怎样进行铸铁的电弧冷焊?	120
109. 怎样焊接球墨铸铁?	122
110. 焊接时常见的合金钢有哪些?	123
111. 怎样评定低合金钢的焊接性能?	125
112. 焊接低合金钢时应注意哪些问题?	125
113. 怎样焊接16锰钢(普通低合金钢)?	127
114. 怎样焊接15锰钒氮钢(低合金高强度钢)?	128
115. 怎样焊接珠光体耐热钢?	129
116. 怎样焊接40铬、35铬钼和30铬锰硅等合金结构钢?	130

117.	怎样焊接高铬不锈钢?	132
118.	怎样焊接铬镍奥氏体不锈钢?	134
119.	铝及铝合金的焊接特点怎样?	135
120.	怎样进行铝及铝合金的焊前清理工作?	136
121.	怎样焊接铝及铝合金?	137
122.	怎样焊修铸铝的柴油机机体?	138
123.	铜及铜合金的焊接特点怎样?	140
124.	怎样焊接铜及铜合金?	140
125.	常见的焊接缺陷有哪些? 对结构有什么影响?	142
126.	焊缝尺寸不符合要求有什么坏处? 它是怎样产生的? 如何补救?	142
127.	咬边是怎样产生的? 如何防止?	144
128.	烧穿是怎样产生的? 如何防止?	144
129.	焊瘤是怎样产生的? 如何防止?	145
130.	气孔是怎样产生的? 如何防止?	146
131.	夹渣是怎样产生的? 如何防止?	147
132.	未焊透是怎样产生的? 如何防止?	148
133.	什么叫裂缝? 怎样分类? 有什么危害?	149
134.	热裂缝是怎样产生的? 如何防止?	149
135.	冷裂缝是怎样产生的? 如何防止?	150
136.	再热裂缝是怎样产生的? 如何防止?	151
137.	焊缝质量的检验方法有哪些?	152
138.	怎样对焊缝进行外观检查?	154
139.	怎样进行致密性试验?	154
140.	磁粉探伤的原理及其应用范围怎样?	155
141.	荧光探伤的原理及其应用范围怎样?	156
142.	着色探伤的原理及其应用范围怎样?	157
143.	超声波探伤的原理及其应用范围怎样?	158
144.	α 射线和 γ 射线探伤的原理及其应用范围怎样?	159
145.	怎样进行焊接接头的金相组织分析?	160
146.	电弧焊接时会产生哪些有害因素?	161
147.	焊接时怎样防止触电?	162
148.	焊接时怎样防止电弧光的伤害?	163
149.	焊接时怎样防止灼伤?	163
150.	焊接时怎样防止烟尘和有害气体中毒?	164
151.	焊接时怎样防止火灾及爆炸事故?	164
152.	焊接时怎样防止机械人身事故?	164

1. 什么叫焊接？焊接在工业生产中有什么重要作用？

焊接是利用加热、加压、或既加热又加压，使用（或不使用）填充材料，将工件连接起来的一种工艺方法。

焊接不仅可以应用于在静载荷、动载荷、疲劳载荷及冲击载荷情况下工作的结构，而且也可以应用于在低温、高温、高压下工作以及在强烈腐蚀介质条件下使用的结构。

随着科学技术和工业生产的发展，焊接已成为机械制造工业部门和修理行业中的重要加工工艺。目前，焊接已被广泛地应用在机车车辆、船舶、汽车、飞机、锅炉、汽轮机、桥梁、锻压机械、起重机械、农业机械及建筑等工业部门中。

总之，现代的焊接技术已经发展到可以用来制造任何重要的结构，已经成为工业生产中必不可少的重要环节，并起着日益重要的作用。

2. 与其他工艺方法相比较，焊接有哪些优点？

焊接目前已几乎全部取代了铆接，部分代替了铸造和锻造。焊接的优点有：

（1）节约金属材料

用焊接可以比用铆接制成的结构，省去很多零件（图1），因此能够节约金属约15~20%。另外，焊接结构也可比铸铁件节约50%左右，比铸钢件节约约30%左右的材料。

（2）减轻结构重量

采用焊接制成的机车车辆，可以在节省材料的同时，减轻了本身的自重，从而可以加大承载的重量。

（3）减轻劳动量，提高生产率

在工业生产中，以焊代铆可以省去划线、钻孔或冲孔、

铰孔、铆接及捻缝等工序，简化生产准备工作，节约大量劳动量，缩短生产周期和提高劳动生产率。

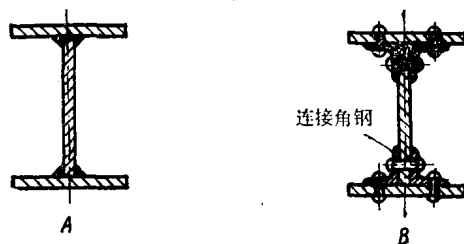


图1 用焊接和铆接制造的工字梁比较
A——焊接结构；B——铆接结构。

(4) 提高结构的质量

焊接可以将两块分离的材料连接在一起，同时焊缝是连续的，具有和母材相同或更高的机械性能。因此，焊缝比铆接缝具有更高的强度和致密性，从而也就提高了产品结构的质量。

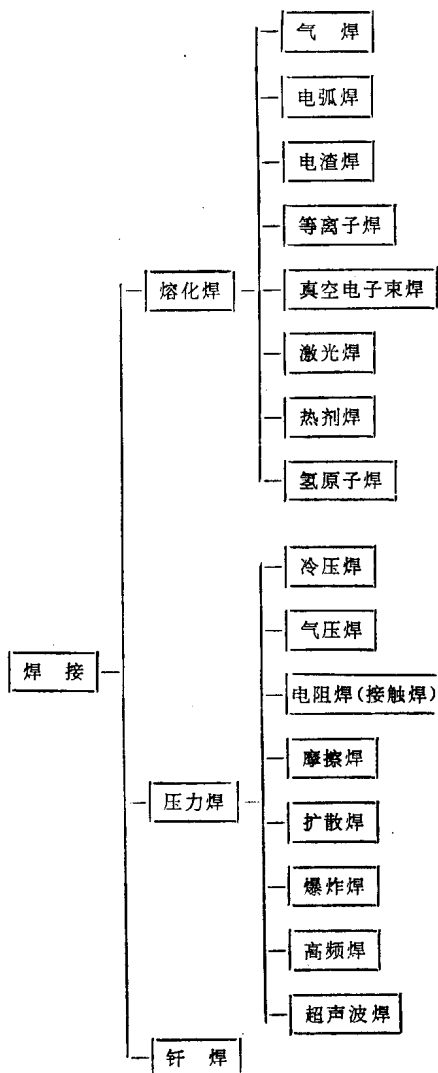
(5) 降低劳动强度，改善劳动条件

焊接生产中没有象铆接时那样大的噪音，也没有震动，并且便于实现焊接生产过程的机械化和自动化，因此大大改善了劳动条件。

(6) 焊接车间的设备投资小，占用的生产面积小，不需要大型的冲、钻等机械设备。

3. 焊接方法是怎样分类的？

目前，世界上有五、六十种不同的焊接方法。但是根据施焊时不同的工艺特点，可以将生产中常用的焊接方法分为三大类：熔化焊、压力焊和钎焊。具体的分类如下：



4. 常用的电弧焊接方法有哪些？

在各种焊接方法中，电弧焊接法是目前工业生产中应用

得最为广泛的一种焊接方法，一般简称为“电焊”。

目前，一般工厂中常用的电弧焊接方法又有：手工电弧焊、二氧化碳气体保护焊、埋弧焊和氩弧焊等。

5. 什么叫手工电弧焊？它的应用范围怎样？

手工电弧焊（简称为手弧焊）是以手工操作的焊条和被焊接的工件作为两个电极，利用焊条与焊件之间产生的电弧热量，来熔化金属进行焊接的一种方法（图2）。

手弧焊时所用的设备简单、操作方便、灵活，适应于在各种条件下焊接，特别是适用于结构形状复杂、焊缝短小、弯曲或各种空间位置上的焊缝。因此，手弧焊仍然是目前各个工业部门中应用得比较广泛的焊接方法。

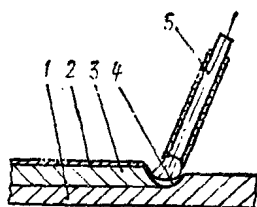


图2 手工电弧焊焊接过程

- 1 —— 焊件； 2 —— 熔渣；
3 —— 焊缝； 4 —— 熔池；
5 —— 焊条。

6. 什么叫埋弧焊？它的应用范围怎样？

埋弧焊又称为焊剂层下电弧焊，焊接电弧是在颗粒状焊剂层下燃烧，利用在焊丝与焊件之间产生的电弧热量求熔化金属的一种电弧焊接方法（图3）。

由于焊剂覆盖在熔池上的隔绝作用，使得熔池中的熔化金属不会受到空气的侵袭。因此，冷却后，焊缝金属的质量大为提高，同时也防止了金属的飞溅和弧光的向外辐射。

埋弧焊有自动和半自动两种，其区别在于：自动埋弧焊时，焊接过程中焊丝的各种动作都是由焊机自动完成的；而在半自动埋弧焊时，焊丝沿着接缝处向前移动是由焊工用手操作来完成，但焊丝的向下移动是由焊机自动完成的。

与手弧焊相比，埋弧焊具有效率高、质量好、节约材

料、节省电能、焊缝成形美观、焊后变形小以及改善了劳动条件等优点。

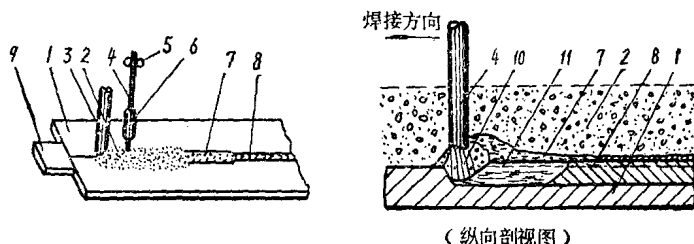


图3 埋弧焊接过程

1——焊件；2——焊剂；3——焊剂漏斗；4——焊丝；5——送丝轮；6——导电嘴；7——熔渣；8——焊缝；9——引出板；10——电弧；11——熔化金属。

埋弧焊特别适用于处在平焊位置上的长焊缝的焊接。

7. 什么叫二氧化碳气体保护焊？它的应用范围怎样？

二氧化碳气体保护焊是用廉价的二氧化碳作为保护气体，利用焊丝与焊件之间产生的电弧热量来熔化金属的一种电弧焊接方法（图4）。

根据焊丝直径的不同，二氧化碳气体保护焊可以分为细丝焊（焊丝直径在1.6毫米以下）和粗丝焊（焊丝直径在1.6毫米以上）；根据操作方式的不同，它又可分为自动焊和半自动焊。目前，应用得较多的是细焊丝二氧化碳气体保护半自动焊。

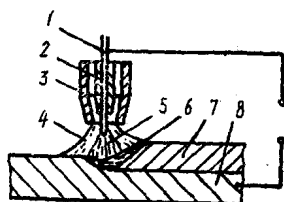


图4 二氧化碳气体保护焊焊接过程

1——焊丝；2——导电嘴；3——喷嘴；4——二氧化碳气流；5——电弧；6——熔池；7——焊缝；8——焊件。

二氧化碳气体保护焊主要有以下的优点：

(1) 生产率高 由于焊接时电流密度较大，电弧热量

集中以及焊后不需清渣，因此可以提高生产率。与手弧焊相比，生产率可提高50%以上。

(2) 成本低 二氧化碳气体价格便宜，而且焊接时电能消耗少，因此可降低生产成本。

(3) 变形小 电弧热量集中，加热面积小，同时二氧化碳气流还能起到冷却作用，所以焊后应力与变形都较小，特别适宜于焊接薄板。

(4) 质量高 焊缝的含氢量少，抗裂性好，接头的机械性能好，因此焊接质量高。

(5) 操作简单 焊接时，能够直接观察到熔池，操作方便、简单，可进行全位置焊接，也容易实现焊接过程的机械化和自动化。

因为这种焊接方法具有上述许多优点，尽管目前还存在着飞溅较大、设备较复杂等缺点，近年来还是有了很大的发展，该法用来焊接低碳钢、低合金钢、部分合金钢和铸铁等，成为当前正在大力推广应用的一种焊接新工艺。

8. 什么叫氩弧焊？它的应用范围怎样？

氩弧焊是以氩气作为保护气体，利用电极与焊件之间产生的电弧热量来熔化金属的一种气体保护电弧焊接方法（图5）。

按照电极的性质，氩弧焊可以分为熔化极（金属丝）和非熔化极（钨极）氩弧焊两种；按照操作方式，则又可分为手工、半自动和自动氩弧焊等。

氩弧焊的优点主要有：

(1) 适用的范围很广，几乎所有的材料都能进行氩弧焊，特别适用焊接化学性能活泼的金属和合金。

(2) 氩气保护的效果很好，焊接时不必采用熔剂、焊剂，仍能获得质量很高的焊接接头。

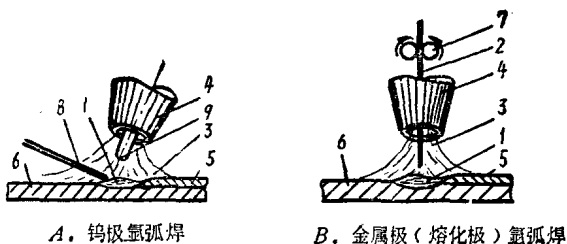


图5 氩弧焊接过程

1——熔池；2——焊丝；3——氩气流；4——喷嘴；5——焊缝；
6——焊件；7——送丝轮；8——填充焊丝；9——钨极。

(3) 由于采用明弧焊接，能够观察到熔池，因此操作简单，容易实现焊接过程的自动化，同时也能在各种空间位置进行焊接。

(4) 电弧是在气流压缩下燃烧，热量集中，熔池小，热影响区狭窄，焊后的应力变形小，特别适宜用于薄板焊接。

但是，氩弧焊的缺点是成本较高。因而一般情况下，氩弧焊大都用于焊接合金元素较多的不锈钢、耐热钢、铝及铝合金、铜及铜合金、镁合金、钛、钎、锆以及镍基合金等。

9. 什么叫电弧？焊接电弧是怎样产生的？

在两电极之间的气体中，产生强烈而持久的弧光放电现象称为电弧。

电弧放电时，会产生大量的热能（电弧的最高温度可达 6000°C 左右），同时还能产生强烈的弧光。

电弧焊接时，就是利用电弧放电时所产生的热量来熔化金属的。

焊接电弧产生过程是：

首先将焊条与焊件相接触，形成瞬时的短路。由于短路接触处通过的电流密度很大，所以在短时间内就产生了大量

热能，使焊条末端及其与焊件相接触部分，都被急剧加热熔化，甚至蒸发而产生金属蒸气。然后很快地将焊条提起，使之离开焊件2~4毫米时，焊条与焊件之间的气体被剧烈加热而电离（热电离），同时，高温的气体又会受到从阴极发射出来的电子的碰撞作用而产生电离（碰撞电离）。电离的结果使中性的气体原子变成带电的离子和电子。在电弧电压的作用下，电子和阴离子奔向阳极，阳离子奔向阴极。于是，在焊条与焊件之间的气体介质中，就有较大的电流通过，形成强烈而持久的放电现象，也就产生了电弧。

由此可知，阴极的电子发射和气体的电离是电弧引燃和正常燃烧的必要条件。在引弧时，为使阴极上的电子高速地发射出来，这就要求引弧时的电压，总是要高于正常燃烧时的电弧电压。

10. 电弧的组成和热量分布是怎样的？

当用直流电焊接时，电弧是由三部分组成的（图6）：

（1）阴极区 它是电弧的重要部分，电子就是从阴极区发射出来的。

（2）阳极区 阳极表面受到高速电子的撞击，传给较大的能量，因此阳极获得的能量要比阴极多。

（3）弧柱 这是阴极与阳极之间的电弧部分，是带电微粒转移的通路。弧柱的长度大致也就是电弧长度。

电弧中各部分的温度和热量分布是不同的，同时还受到电极材料、电流密度、气体介质等的影响而有所变化。

在直流电弧焊时，阴极区的温度可达 3200°C ，放出的

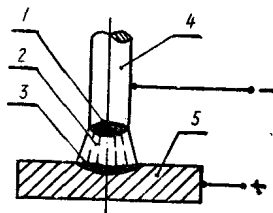


图6 焊接电弧的构造

- 1 —— 阴极区； 2 —— 弧柱；
3 —— 阳极区； 4 —— 焊条；
5 —— 焊件。

热量约为电弧总热量的38%；阳极区的温度为 3900°C ，放出的热量约为电弧总热量的42%；弧柱中心部分的最高温度可达 6000°C 左右，但因弧柱周围的温度要低得多，所以弧柱放出的热量，仅占电弧总热量的20%左右。

当采用交流电焊接时，由于电弧中的阴极和阳极是周期性的发生变化，因此也就没有阳极与阴极之分，这样电弧两极所产生的热量，大致是相同的。

11. 电弧的静特性是什么？

电弧焊接时，电弧是在电极（如焊条、焊丝、碳极和钨极等）与焊件之间燃烧的。电弧两端的电压称为电弧电压，通过电弧的电流值称为焊接电流。它们都是随时变化的，并且是由电弧长度、弧隙气体介质成分、焊条药皮成分等因素所决定的。

我们把一定长度电弧稳定燃烧时，电弧电压与焊接电流之间的关系称为电弧的静特性。图7中的曲线，即表示两种不同长度的电弧静特性。

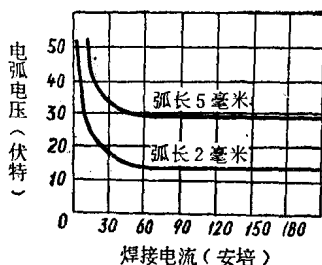


图7 电弧的静特性曲线

由图7可以看出，在一定的电弧长度下，当焊接电流在30~50安以下时，要求引燃电弧或维持电弧燃烧的电压要高些，这时电弧电压决定于焊接电流的大小；但是，当焊接电流超过上述数值时，随着电流的增大，电弧电压就可降低些；如果继续增大电流，则对电弧电压的影响很小。在这种情况下，电弧电压主要决定于电弧的长度。电弧越长，则电弧电压就越高。

12. 手弧焊时使用哪些设备、工具和材料？

手弧焊已是普通工厂内应用得比较多的一种焊接方法，焊接时所使用的设备是手弧焊机，这是进行焊接操作时唯一的电源。

手弧焊时所采用的工具有焊钳（焊把）、焊接电缆（电焊软线）、防护面罩、护目玻璃、尖头锤、钢丝刷、扁铲和焊条筒等；使用的劳动保护用品有工作服、手套、工作鞋以及脚盖布等。

手弧焊时所采用的焊接材料是电焊条。

13. 对手弧焊机有什么要求？

手弧焊时为获得质量优良的焊接接头，要求焊接电弧稳定燃烧。在影响电弧稳定燃烧的各种因素中，除了焊工的操作技能外，其中首要的因素是手弧焊机的性能。

实际上，焊机是一个向焊接电弧供电的电源。

根据电弧燃烧的规律和焊接工艺的需要，对手弧焊机提出了下列的要求：

（1）具有适当的空载电压。手弧焊机的空载电压，就是在焊接前测得的焊机两个输出端的电压。空载电压越高，越容易引燃电弧和维持电弧的稳定燃烧。但是，过高的电压却又会危害焊工的安全。所以，一般将焊机的空载电压限制在90伏以下。

（2）为了保证焊接过程的稳定性，焊机应有陡降的外特性。当焊条与焊件短路时，短路电流不能太大（最大不超过焊接电流的1.5倍）。

（3）有良好的动特性。在焊条熔滴的过渡过程中，经常会发生焊接回路的短路情况。焊机的端电压，从短路时的零值恢复到工作值（引弧电压）的时间间隔不应过长（一般不大于0.05秒）。

（4）有良好的调节电流特性，以适应使用不同性质的