

造船技工試用教材

# 船舶电焊

(下 册)

赵偉兴 忻鼎乾編著



上海科学技术出版社

造船技工試用教材

# 船 舶 电 焊

(下 册)

赵 伟 兴 忻 鼎 乾 編 著  
斯 杭 生 宋 大 有 审 閱

上海科学技术出版社

DU29/29

### 內容提要

本書主要包括手焊、自動及半自動焊兩部分。手焊部分介紹基本操作技術，電焊設備的使用與保養，焊接變形與內應力，以及船體結構的焊接程序。自動及半自動焊部分着重介紹船廠常用及新型焊機的構造與線路原理，設備的使用與保養，施焊技術與焊接規範的選擇，以及安全技術等。

本書是造船廠培訓電焊工教材，也可供熟練電焊工提高技術知識用。

造船技工試用教材

船舶電焊

(下冊)

編者 趙偉興 忻鼎乾  
副編者 靳航生 宋大有

上海科學技術出版社出版

(海南京西路 2004 號)

上海市新聞出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷二廠印刷 新華書店上海發行所總經銷

開本 850×1168 1/32 印張 7 30/32 字數 194,000

1959 年 7 月第 1 版 1959 年 7 月第 1 次印刷

印數 1—3,500

統一書號：15119·1309

定 價：(九) 0.84 元

# 目 录

第十四章 焊剂层下电弧焊概論	1
第一节 电弧焊自动化的发展过程	1
第二节 焊剂层下电弧焊的实质	4
第三节 焊剂层下电弧焊的优越性	6
复习題	7
第十五章 焊接过程自动化原理	8
第一节 焊接过程自动化概念	8
第二节 焊絲給送方法	9
第三节 焊接电弧的自动調整	12
第四节 自动电焊机的控制綫路图概述	16
复习題	22
第十六章 造船中采用的自动电焊設備	24
第一节 自动电焊机概速	24
第二节 АДС-1000-2 型自动电焊机	26
第三节 ТС-17М-У 型自动电焊机	48
第四节 АДС-500 型自动电焊机	73
复习題	82
第十七章 造船中采用的半自动电焊設備	84
第一节 焊剂层下半自动焊的特点	84
第二节 半自动电焊机概速	85
第三节 ПШ-5 型半自动电焊机	87
第四节 ПШ-54 型半自动电焊机	100
第五节 ПДШМ-500 型半自动电焊机	106
复习題	121
第十八章 自动及半自动焊設備的保养与故障	122
第一节 自动电焊设备的保养与故障	122

第二节	半自动电焊设备的保养与故障	126
	复习题	129
<b>第十九章</b>	<b>自动及半自动焊的焊剂与焊丝</b>	<b>130</b>
第一节	焊剂的作用与要求	130
第二节	焊剂的分类及常用焊剂化学成分	132
第三节	常用焊剂介绍	135
第四节	焊剂回收器	138
第五节	焊丝	141
第六节	盘绕焊丝的机床	142
	复习题	145
<b>第二十章</b>	<b>自动及半自动焊的焊件边缘准备</b>	<b>146</b>
第一节	焊件边缘的准备	146
第二节	对焊件边缘准备的要求	152
	复习题	153
<b>第二十一章</b>	<b>自动及半自动焊的焊接规范</b>	<b>154</b>
第一节	焊接规范的概念	154
第二节	焊接电流强度对焊缝形状尺寸的影响	154
第三节	电弧电压对焊缝形状尺寸的影响	156
第四节	焊接速度对焊缝形状尺寸的影响	157
第五节	焊丝直径对焊缝形状尺寸的影响	158
第六节	其他因素对焊缝形状尺寸的影响	159
第七节	焊接规范的选择及实例	164
第八节	自动焊规范的经验算法介绍	171
	复习题	174
<b>第二十二章</b>	<b>自动及半自动焊的焊接技术</b>	<b>175</b>
第一节	自动双面对接焊技术	175
第二节	自动单面对接焊技术	179
第三节	手焊预先封底自动对接焊技术	181
第四节	自动多层对接焊技术	182
第五节	薄板自动双面对接焊技术	183
第六节	自动角接焊技术	188
第七节	半自动对接焊技术	191

第八节	半自动角接焊技术	192
第九节	半自动角接点焊技术	194
第十节	自动及半自动焊的缺陷及其防止	195
	复习题	198
<b>第二十三章</b>	<b>自动及半自动焊的新技术介绍</b>	<b>200</b>
第一节	螺柱的半自动焊接	200
第二节	半自动电钎焊	204
第三节	二氧化碳保护气体电弧焊	209
第四节	垂直焊缝的自动焊	213
	复习题	219
<b>第二十四章</b>	<b>电弧焊安全技术</b>	<b>220</b>
第一节	预防触电的安全措施	220
第二节	预防弧光伤害的安全措施	222
第三节	防止飞溅金属造成灼伤和火灾的安全措施	222
第四节	预防爆炸、中毒及其他伤害的安全措施	223
第五节	焊剂层下自动及半自动焊的安全措施	223
附录 III	自动及半自动焊的焊缝尺度与允许的偏差	225
附录 IV	船用低碳钢与低合金钢的自动及半自动焊规范	242

## 第十四章 焊剂层下电弧焊概論

### 第一节 电弧焊自动化的发展过程

焊接过程自动化的理想,是与电弧焊方法的发明同时产生的。

还在 1891 年,金属极电弧焊发明者、俄国工程师 H. T. 斯拉維揚諾夫发明了第一台金属极的自动电焊机(現在苏联都称它为“斯拉維揚諾夫熔化器”)。当时他采用搗碎的窗玻璃和鉄合金的混合物作为焊剂来进行焊接的。

斯拉維揚諾夫的这一发明,使金属的熔化过程更可靠,焊接質量更好些,同时減輕了焊工的劳动强度。可是在十九世紀末和二十世紀初,由于焊接事业的发展緩慢,因此在很长时期內,斯拉維揚諾夫熔化器沒有被应用到工业中去。

从二十世紀的二十年代起,在工业中,其中也包括造船工业,开始广泛应用焊接的时候,人們才开始重視电弧焊自动化的試驗和研究工作。

苏联工程师杜里切夫斯基和拉什凱維奇发明了第一批自动电焊机,焊接时所采用的焊絲上只涂上一层极薄的白粉,为了便于与现代焊法区别开来,这种焊法称为明弧自动焊。用这种方法焊接时生产率比手工焊沒有提高多少,相反由于当时手工焊也大大改进,如改用涂有厚涂藥的優質焊条焊接,因此当时自动焊接的焊縫質量却反而比手工焊来得差,以后虽然制造出一些新的自动电焊机,是采用涂有与手工焊涂藥一样的焊絲来进行焊接,但这并不能解决問題,因为这样的焊絲制造困难,又不經濟,因此沒有被应用在工业上。

苏联許多工程师繼續探討斯拉維揚諾夫熔化器的科学思想，斯拉維揚諾夫工程师当时除了創造金属熔化器的机械本身外，还发明了焊剂。焊剂是一种粉末状的物质，它在焊接过程中能把电弧和熔化金属封闭起来。

采用这种焊剂的結果，除了能防止熔化金属受空气的有害影响外，还为增大焊接电流提供一个可能性，这样焊接的生产率也就提高了。

这种焊剂在廿世紀二十年代后期、首先由苏联工程师杜里切夫斯基发明。

現代形式的焊剂层下焊接方法，到1940年才由乌克兰科学院电焊研究所在E. O. 巴东院士的领导下发明的，这一方法从1941年起在苏联被广泛地采用，由于巴东院士的领导，以及这一方面的貢獻，得到了斯大林奖金，并获得了社会主义劳动英雄的光荣称号。

1942年苏联工程师B. M. 賈特洛夫創造了等速給送焊絲的自动电焊机，現在不論在苏联或其他国家，几乎所有的自动及半自动电焊机都是按照这一原理制造的。

最初工业上所采用的自动电焊机都是重型的，因此它們只适宜于鍋炉制造业，以及其他工业部門焊接鋼板厚度較大的焊件，以后出品了一些輕型的自动焊机和专业化自动电焊机，例如專門焊接对接焊縫的、焊接船形位置角焊縫的等等。

由于自动电焊机的結構限制，因此它不适宜于焊接短小的、曲綫的焊縫，这就影响了造船业中焊接的机械化，于是需要創造出一种焊机，既有高的生产率，又能焊接短小的、曲綫的以及不适于自动焊的焊縫。

1948~1949年間，苏联制造出焊剂层下焊接的軟管自动电焊机与軟管半自动电焊机。这样就解决了造船业中，尤其是建造中小型船只的造船厂中焊接机械化的任务。这类焊机的設計是由造



船工作者直接参加的。

最近几年来在苏联工业中又采用了使用細焊絲的輕型自动电焊机以及适合于焊接角焊縫的輕型自动电焊机。这就解决了造船业中較薄鋼板以及較长的角焊縫的自动焊接問題。

同时为了更进一步的提高焊接生产率，多弧自动电焊机也被研究成功了，最后苏联还在第五个五年計劃期内研究成功了电渣焊接，并被应用到生产中去。这种焊接方法与电弧焊的区别，首先在于焊接电源不是通过气体空間，而是通过熔渣。此种焊法只适用于焊接較厚鋼板(20公厘以上)的垂直焊縫，因此它在苏联只用在大型船只的建造中。

最近用二氧化碳保护气体的自动焊接方法引起了焊接工作者极大的兴趣，这种焊接方法能节省很多材料，同时生产率也很高，焊接时根本不需要采用焊剂，而只用低廉的二氧化碳气体作为保护层，因此产品成本可以大大降低。

除此以外，苏联近几年来在造船业中还采用了电鋸焊与螺柱半自动焊。电鋸焊是利用固定不变的电弧来熔化焊件的，而焊絲沒有沿着焊接方向运动；螺柱半自动焊在船厂中則专门焊接甲板上的螺柱，它比手工焊接螺柱要优越得多。

由于焊剂层下焊接的不断发展，苏联很多工厂，其中也包括造船厂，都在工艺过程上出现了根本性的改变，因此大大提高了焊接装配車間的劳动生产率，节省了大量的金属材料，改善了劳动条件，提高了产品质量等等。焊剂层下的焊接，可以說是最先进的焊接方法。

在我們国家里，解放以前由于帝国主义、封建主义、官僚資本主义的統治，連手工焊也用得极少，至于焊剂层下自动及半自动焊接是从来也沒有过。

解放以后，特別在第一个五年計劃期間，随着各項工业的飞跃发展，焊接技术也获得了极其快速的进展。尤其在造船业中，由于

新产品的制造，先进的焊接方法——自动及半自动焊在苏联无私帮助下，在船厂焊接工作中占着非常重要的地位，许多优秀的苏联焊接专家帮助各船厂培养了焊接方面的技术人员和熟练的技术工人，为今后焊剂层下焊接的迅速发展，打下了稳固的基础。

随着焊剂层下焊接的发展需要，上海电焊机厂制造出很多类型的仿苏自动及软管半自动电焊机，并且试制成功了第一台电渣焊机 and 二氧化碳保护气体焊接机。

现在我们国家正处在跃进再跃进、一天等于二十年的时代里，党提出了要以最快的速度把我国建设成为一个社会主义强国。因此，为了加速社会主义建设，对于每一个焊接工作者来说，有必要熟悉并掌握这一先进的焊接方法——焊剂层下焊接。

## 第二节 焊剂层下电弧焊的实质

焊剂层下自动焊与手工焊的区别，表现在焊接过程中焊丝的给送和电弧沿着焊接方向的移动都是自动的。

焊剂层下焊接时主要的热源也是电弧，这电弧发生在焊丝1与焊件2之间，如图14-1所示，并在一层40~60公厘厚的焊剂3

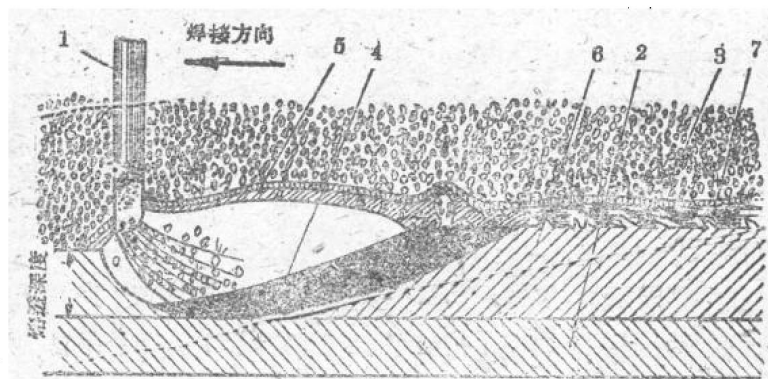


图 14-1 焊剂层下焊接时焊缝的形成过程

- 1—焊丝； 2—焊件； 3—焊剂； 4—液态金属；  
5—液态焊剂； 6—焊缝； 7—焊渣

和焊件間的封閉空間內燃燒，焊絲的一端、焊件邊緣以及靠近電弧區的焊劑，受到電弧熱的作用而熔化，焊絲不斷地給送到電弧區，並沿着焊接方向移動，電弧也隨焊絲移動，繼續熔化焊件與焊劑，形成大量液態金屬 4 與液態焊劑 5，待焊縫冷卻後，便形成了焊縫 6 與焊渣 7。

焊劑層下自動焊的焊接過程如圖 14-2 所示，焊件 1 開成坡口 2 後，先進行定位焊，並在焊件下面墊金屬板 3，以防止液態金屬的流出。連接焊接電纜 4，電纜的一端與焊件相連接，另一端則與導電器 5 連接，同時接通焊接電源。

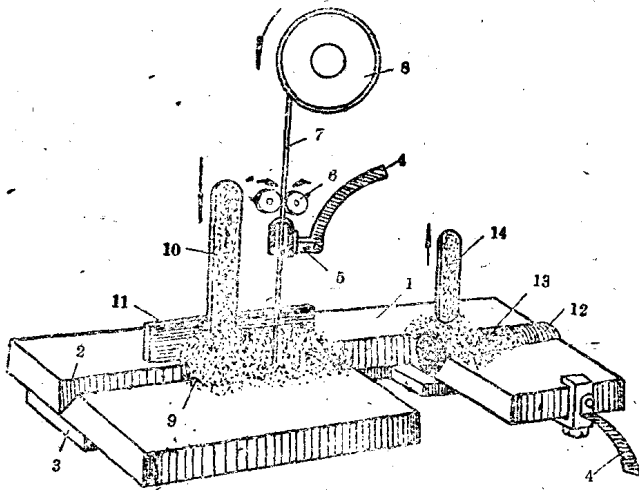


圖 14-2 焊劑層下自動焊的焊接過程示意圖

- 1—焊件； 2—V形坡口； 3—金屬板； 4—焊接電纜； 5—導電器；  
 6—焊絲給送輪； 7—焊絲； 8—焊絲盤； 9—焊劑； 10—焊劑斗；  
 11—擋板； 12—焊縫； 13—焊渣； 14—焊劑回收器

焊接開始時，焊絲給送輪 6 由電動機傳動將焊絲 7 從焊絲盤 8 中拉出，並經過導電器 5 而送向電弧燃燒區。焊劑 9 也從焊劑斗 10 給送在電弧區的前面，在焊劑的兩側裝有擋板 11，以免焊劑向兩面散開，焊接電弧就在焊劑層下燃燒於焊絲與焊件之間，所以在焊劑層下焊接時，焊工不需要戴面罩。在完成焊接後，就形成了焊

縫 12 与 焊渣 13。一部分未熔化的焊剂，则由焊剂回收器 14 吸回到原来的焊剂斗去，再度使用。

### 第三节 焊剂层下电弧焊的优越性

与手工电弧焊比较，焊剂层下电弧焊有下列优点。

(一) 生产效率高 焊剂层下自动焊的生产率可比手工焊提高 5~10 倍，最大能提高到 20 倍，这是由于以下几个原因：

(1) 采用大电流焊接 手工焊时不能采用过大的焊接电流，因为电流是从焊条的顶端导入的，若采用过大的电流，根据焦耳-楞次定律 ( $Q=0.24I^2Rt$ )，由于电阻热的作用，使得焊条的后半部熔化过快，同时药皮失去保护作用。而自动焊时，焊接电流导入处是在离焊丝末端很近的地方，因此可以增大焊接电流而不象手工焊那样受电阻热的限制。自动焊时所采用的焊接电流一般为 600~1000 安培，最高可达 2000 安培，仍能保持电弧的稳定燃烧。

(2) 焊接速度快 由于电弧受到焊剂层的保护，热量很集中。增大焊接电流后，焊丝的熔化速度和焊缝的熔深也随之增大，所以在焊接同样厚度的焊件时，焊接速度就可以大大的提高。

(3) 可以不开坡口 手工焊时由于熔透深度受到焊接电流的限制，焊接较厚(6 公厘以上)焊件时必须开坡口。而自动焊接时，14 公厘以下焊件也不需要开坡口，这在工业上是有巨大经济价值的。目前在大連造船厂已試驗成功了 22 公厘以下焊件不开坡口的自动焊。在苏联 30 公厘焊件不开坡口的自动焊早已研究成功。

(4) 焊件变形很小 由于自动焊时热量集中，焊接速度快，使焊缝的热影响区减小。同时焊件受到比较均匀的加热，因此焊件的变形很小。所以对于长焊缝的焊接，无需采用逐步退焊法，而可一次焊完，大大减少了防止和校正焊接变形的工时。

(二) 焊缝质量好 焊缝质量好是由于以下几个原因：

(1) 由于焊剂层的保护，大大减少了空气中氧和氮的不良影

响，保证了焊缝金属的质量。

(2) 焊丝给送和焊接速度的自动化，保证焊接规范的稳定，因此焊缝金属的质量均匀一致。

(3) 熔透深度的增加，大大减少了未焊透的危险。

(4) 焊缝金属组织紧密，焊缝成形好，同时焊缝表面平直光滑。

(5) 焊接后焊缝金属表面有层很厚的焊渣和未熔化的焊剂复盖着，使焊缝金属冷却速度减慢，促使焊缝结晶良好，同时焊缝金属内的气体容易逸出，不至留在焊缝内形成气孔。

(三) 节省钢材和电能 我们知道，手工焊时由于焊接电流的限制，熔深很小，为了避免未焊透，必须开坡口，再用焊丝填补，加上金属飞溅、烧损以及焊条头的损失，这些都造成钢材的浪费。而焊剂层下电弧焊没有这些缺点，其特点是焊接电流大、熔深大，一般在14公厘以下的钢板对接时，可以不开坡口，同样由于熔深的增加，使角焊缝的尺寸也可以比手工焊时减小而不降低焊接接头强度。

此外，由于焊丝熔化快，焊接速度高，加上电弧被焊剂很好地保护着，使电弧热得到充分利用。因此与手工焊比较，在单位焊缝上所消耗的电能大大降低了。

(四) 改善了劳动条件和卫生条件 繁重的手工操作自动化后，劳动强度大大降低，焊工只需操纵焊机的按钮和观察仪表，就能完成焊接工作。

自动焊时弧光被遮盖在焊剂层下，焊工的眼睛和皮肤不会受电弧光的辐射。另外，焊接过程中发出的气体量少，这些都大大改善了卫生条件。

## 复 习 题

1. 简述电弧焊自动化的发展过程？
2. 焊剂层下自动焊与手工焊的焊接过程有何区别？
3. 为什么焊剂层下自动焊的生产率比手工焊高？
4. 焊剂层下自动焊还具有哪些优点(除题3外)？

## 第十五章 焊接过程自动化原理

### 第一节 焊接过程自动化概念

我們这里所讲的焊接过程,实质上是指手工电弧焊过程,即:

(一)准备 焊条与焊件接触。

(二)引燃电弧 焊条与焊件短路后立即提起一段距离。

(三)焊接 为了使电弧稳定地燃烧,必须适应焊条的熔化而均匀不断地给送焊条,同时焊条应沿焊接方向均匀地移动。

(四)结束 首先停止焊条沿焊接方向的运动,在原地停一会,待弧坑填满后再切断电弧。

因此焊接过程自动化实质上是指上述过程的自动化。焊接过程自动化是通过焊丝升降机构(焊接机头)和机头行走机构(自行台車)实现的。

焊剂层下的焊接过程自动化,就是我們常说的自动焊。

对机头行走机构的要求比较简单:

- (1) 等速运动;
- (2) 速度和方向可以调节。

对焊丝升降机构的要求很多:

- (1) 准备,引燃电弧;
- (2) 在焊接过程中焊丝的给送应保证一定的弧长;
- (3) 结束时填补弧坑。

为了保证焊接质量的均匀良好,必须把上述两机构用电气线路有机地联系起来。两个机构均由电动机带动,用按钮和把手控制,通过仪表和刻度盘进行调节。

由于机头行走机构比较简单，而对焊丝升降机构提出很多要求，因此我们将在下面再重点讨论焊丝升降机构。

## 第二节 焊丝给送方法

在焊剂层下焊接时，要获得稳定的焊接过程，就需要使焊接电流和电弧电压保持稳定。焊接电流和电弧电压在焊接时，是由焊机的外特性曲线和电弧长度所决定的，因此当在不变的焊机外特性曲线和电源电压条件下，焊接电流和电弧电压与电弧长度发生很大的关系，如图 15-1 所示。而电弧长度又只有在焊丝给送速度等于焊丝熔化速度，也即  $V_{\text{给送}} = V_{\text{熔化}}$  时，才有可能保持稳定。

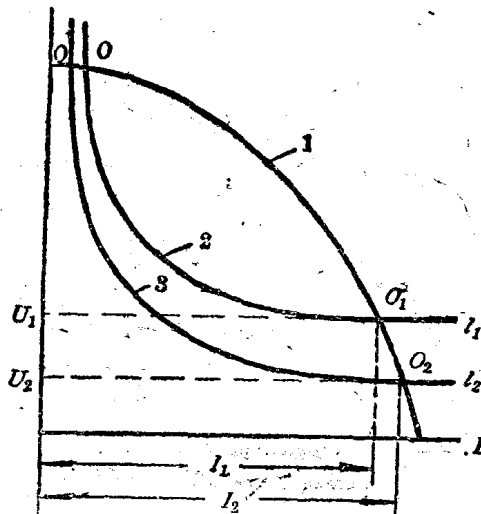


图 15-1 电弧长度改变时对于焊接电流与电弧电压的影响

$U$ —电弧电压(伏);  $I$ —焊接电流(安); 1—焊机外特性曲线; 2、3—电弧静特性曲线;  $O$ —电弧引燃点;  $O_1, O_2$ —电弧稳定燃烧点;  $l$ —电弧长度

所谓焊丝给送速度，是指在单位时间内送入焊接区的焊丝长度而言。所谓焊丝熔化速度，是指在单位时间内熔化送入焊接区的焊丝长度。

但是即使焊丝能够等速均匀的熔化(实际上不可能)，电弧的

长度还是有可能时短时长，因为一方面由于焊件边缘在焊接前不可能有理想的平直、焊缝间隙的不均匀等等情况，使得电弧长度有

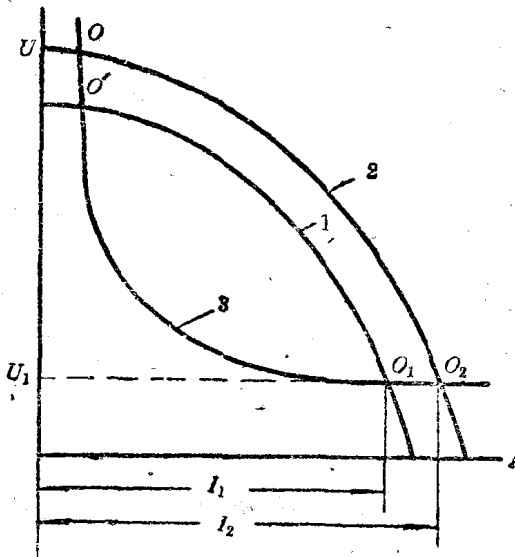


图 15-2 焊机外特性曲线改变时对于焊接电流的影响  
 $U$ —电弧电压(伏);  $I$ —焊接电流(安); 1、2—焊机外特性曲线;  
 3—电弧静特性曲线;  $O$ —电弧引燃点;  $O_1, O_2$ —电弧稳定燃烧点

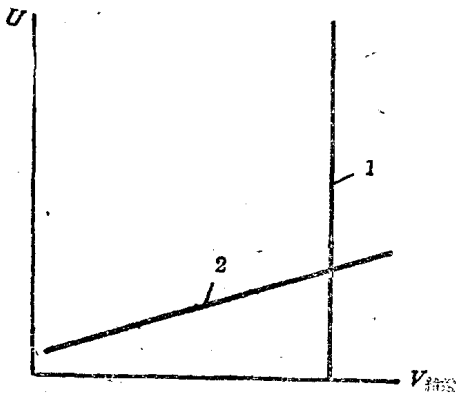


图 15-3 焊丝给速制度的两种曲线  
 1—焊丝等速给速曲线; 2—焊丝随电弧电压变化而变化的给速曲线;  $U$ —电弧电压(伏);  
 $V_{给送}$ —焊丝给送速度(公尺/小时)

所变动;另一方面由于网络负载变化时,使焊机的外特性曲线发生变化,结果又使焊接电流发生变化,如图 15-2 所示。因此自动电焊机必须能在焊接过程中适应这些变化,才能保持焊接电弧的稳定燃烧。

焊丝给送方法有两种:  
 (一)随电弧电压变化而变化的给速制;(二)等速给速制。  
 其给速曲线如图 15-3 所示。



(一) 随电弧电压变化而变化的给送制 这种方法可以得到比较均匀的电弧长度，因为此时的焊丝给送速度依照电弧长度的变化而变化的。当电弧电压增高时，焊丝给送速度就加快，使电弧电压恢复到原来的大小。相反，当焊丝给送速度由于电弧长度的减小，也即电弧电压的减小而减慢，如图 15-4 所示为随电弧电压变化而变化的给送制度中焊丝给送速度、焊接电流与电弧电压的关系。图中曲线 1 为焊机外特性曲线，曲线 2 为电弧静特性曲线，3 则为焊丝随电弧电压变化而变化的给送制曲线，O 点为电弧引燃点， $O_1$  点(三根曲线相交点)为电弧稳定燃烧点。焊接电弧必须在  $O_1$  点才能够稳定燃烧，也即在  $O_1$  点时焊丝给送速度等于焊丝熔化速度。

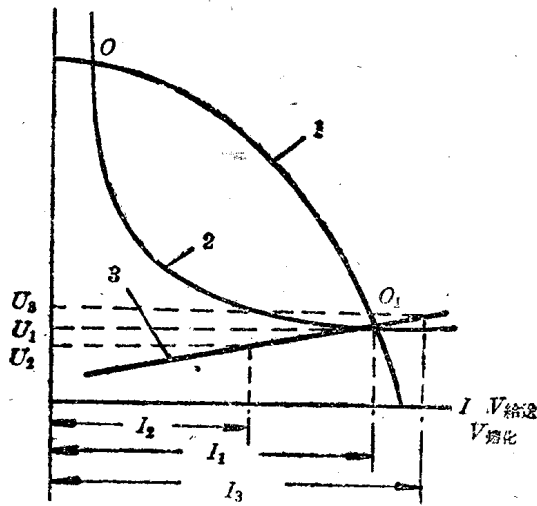


图 15-4 随电弧电压变化而变化的给送制度中焊丝给送速度、焊接电流与电弧电压间之关系

$U$ —电弧电压(伏);  $I$ —焊接电流(安); 1—焊机外特性曲线; 2—电弧静特性曲线; 3—焊丝随电弧电压变化而变化的给送曲线; ;  $O$ —电弧引燃点;  $O_1$ —电弧稳定燃烧点;  $V_{给送}$ —焊丝给送速度(公尺/小时);  $V_{熔化}$ —焊丝熔化速度(公尺/小时)

(二) 等速给送制 这种方法的特点是焊丝给送速度在焊接过程中保持不变，电弧长度是靠焊丝的熔化速度的变化而自动调整