

# 大型轧钢机 机架板极电渣焊

清华大学焊接教研组 編

内部资料

冶金工业出版社

# 大型軋鋼机机架 板极电渣焊

清华大学焊接教研組 編

(内部資料)

江苏工业学院图书馆  
藏书章

冶金工业出版社

大型軋鋼機机架板極電渣焊 清華大學焊接教研組編  
編輯：黃錫橋 設計：周 廣 朱駿英 校對：胡瑞華

冶金工業出版社出版（北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

中央民族印刷廠印刷 冶金出版社發行

1959年3月第一版 1959年3月北京第一次印刷 印數：2,020冊

開本850 × 1168 · 1/32 · 140,000字 · 印張 4 24/32

統一書號：15065 · 1758 定 價：0.60 元

## 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 前言.....                      | 1   |
| 第一部份 板极电渣焊的一般介绍.....         | 3   |
| 第二部份 关于电渣焊的电源及电路.....        | 10  |
| 第三部份 板极电渣焊的送进机构.....         | 21  |
| 第四部份 板极电渣焊工艺.....            | 32  |
| 第五部份 800 軌 梁軋鋼机机架的焊接生产.....  | 50  |
| 第六部份 板极电渣焊的試驗总结.....         | 80  |
| 第七部份 試驗记录摘要 (附录之一) .....     | 115 |
| 第八部份 800軋机变形及反变形的資料(附录之二)... | 138 |

## 前 言

目前，我国以鋼为綱的工业建設正在飞跃发展，焊接作为一个与冶金工业及机械制造有密切关系的加工工艺应该力争起更大的作用。由于电渣焊可以联接厚大工件，可以解决目前大件毛坯供应不足的矛盾，就更应该迅速推广。

冶金工业及机械制造的发展速度在很大程度上决定于大型设备的制造能力，而这方面恰恰是我国工业的薄弱环节，今年大型设备的制造能力已深感不足，明年大型设备的供应任务更将成倍地以至数十倍地增加，迅速制造出相当数量的大型设备已成为当前迫不及待的重要問題。制造大型设备要有大型鑄鍛设备生产毛坯，要有大型加工设备制造工件。显然，这不是一般工厂所能具备的条件。现在已经找到用“蚂蚁啃骨头”的方法用小机床加工大活，解决了大型加工设备不足的矛盾。解决大型毛坯无法制造的矛盾最好是用小件拼合成为大件，在“由大化小、以小拼大”的任务中，焊接，特别是电渣焊有其独特的重要意义。

电渣焊是最近四五年中刚在苏联发展起来的焊接方法，用电渣焊的方法可以焊接厚达一公尺以上的工件，这种方法是资本主义国家现在还没有能完全掌握的。我国两年前在苏联的帮助之下掌握了焊絲电渣焊，但是由于焊絲电渣焊的特殊工艺要求和设备复杂在我国并没有获得大量的推广。近来电渣焊又有了新的发展，板极电渣焊和熔化咀电渣焊成为新的电渣焊方法。最近我們和其他兄弟单位一起在这方面做了一些工作，用简单的工艺装备代替了复杂的设备，并掌握了焊接工艺，现在已经把板极电渣焊运用到800公厘軌梁軋机机架的制造中，熔化咀电渣焊也准备运用到实际工件上。这种簡而易行的代替大型鑄鍛设备的方法已经有关工业部門所关心，为了使这些方法迅速在各地推广、运用，我們編写了这本运用电渣焊經驗的专集以供大家参考。

应该指出，800公厘軌梁軋机机架焊接所以能够迅速成功，党

的領導关怀是我們取得成績的根本保證，同時也是和冶金部與一機部領導重視和支持，蘇聯專家 IO. H. 郭塔里斯基的指導，各單位緊密的協作分不開的。石景山鋼鐵廠不僅提供了全部的試驗材料和經費，創造試驗生產的必須條件，而且抽調了整套的工作人員參加工作，清華大學焊接教研組前後抽調了師生四十餘人參加了這一工作，一機部工藝院及冶金部建築研究院也抽調了技術人員參加工作，其他如：石景山發電廠為試驗工作提供了工作場地，焊接變壓器是從北京市各兄弟單位借來的。許多單位的合作不僅使材料、設備等具體困難能夠及時解決，而且集中了許多技術力量，為解決技術問題提供了保證，板極電渣焊工作的本身說明了共產主義協作精神的貫徹。參加工作的主要是焊接專業五年級的同學和今年的畢業生。電渣焊方面的工作只是在打破迷信，解放思想以後才能夠迅速開展。電渣焊方面的具體資料本來不多，尤其是板極電渣焊及熔化阻電渣焊方面的資料更是缺乏，我們幾乎是在一無所知的情況下開始了這些工作。

軋鋼機機架焊接試驗工作開始以前就有人對這一工作信心不足，在工作過程中也遇到了很多困難，但是軋鋼機機架焊接問題終於解決了。

電渣焊工作中的成績是集體勞動的結晶，參加這些工作的同志絕大部分是青年同志，他們沒有迷信權威，沒有為巨大的困難所吓倒；用自己日以繼夜的勞動獲得了豐富的果實。這本專集也是集體編寫的，僅清華大學焊接專業參加編寫的師生總計達五十餘人，一機部工藝研究院及冶金部建築研究院也有同志參加了編寫工作。

電渣焊的運用範圍已經日益擴大，在堆焊、補焊、縮小鑄件冒口以及配制新的合金等方面都可運用电渣焊，這是這本專集所沒有涉及到的。就是在板極電渣焊方面我們做的工作十分不足，這本專集的編寫也十分倉促，錯誤與缺點一定很多，希望大家指正。

清華大學焊接教研組

1958年12月

## 第一部份 板极电渣焊的一般介绍

### 一、板极电渣焊的简单原理

电渣焊是最新焊接方法之一，它与自动焊及电弧焊等方法有原则的区别。在进行电渣焊时是依靠电流通过熔渣而发生的电阻热来熔化填充材料和母材的，在电渣焊过程中不存在电弧。图 I — 1 就是板极电渣焊的示意图，图中 1 是填充材料——板极，2

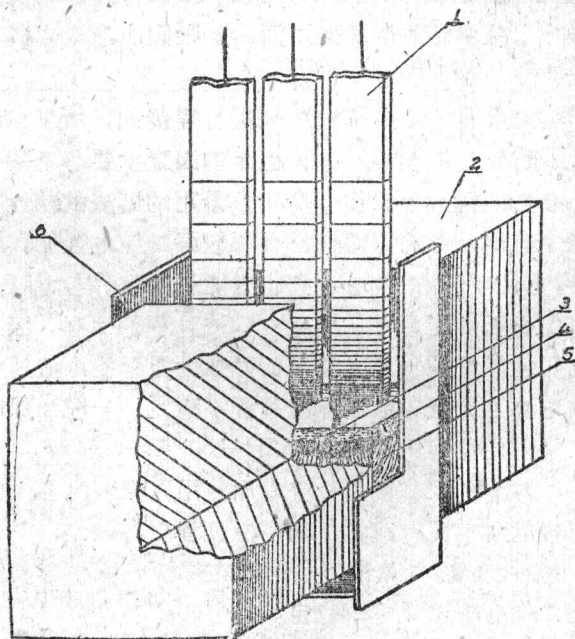


图 I — 1 板极电渣焊示意图

是母材，3 是渣池，4 是金属熔池，5 是已凝固的焊缝金属，而 6 则是阻止熔渣和液体金属流失用的挡板（亦可用通水冷却的铜

套代替)。焊接变压器的二次电压就加在板极和母材上，通常使用三相电源时采用星形接法，中綫接于母材（工件）上，而三根火綫則分別接于三条板极上。焊接时，电流由板极通过熔渣导向母材，电流通过熔渣时就产生大量电阻热，再热量  $Q$  可由下式計算：

$$Q = 0.24 UI$$

式中：  $U$ ——焊接电压；

$I$ ——焊接电流。

这个热量  $Q$  就能使熔渣温度提高到比母材和板极的熔点还高，形成焊接热源。这部分高温的熔渣通过传导和渣池内液体对流而将母材和板极加热熔化，这样就形成了金属熔池。随着焊接过程的进行，金属熔池的底部不断冷却凝固而形成焊缝，将两块母材連成整体。

由于电渣焊是依靠电渣过程来进行焊接的，所以必須設法保証电渣过程稳定，影响电渣过程稳定的因素主要有下列几項：

1. 熔渣本身的特性。作为产生热量用的熔渣的特性，对电渣过程的稳定有很大影响。熔渣应具备較好的导电性能，当熔渣粘度小时，导电性能就好，电渣过程也就能更稳定。与电弧焊过程相反，熔渣的稳弧性能愈好，則建立电渣过程愈困难，因比应减少焊药中离化性能好的物质，以降低稳弧性能而使电渣过程稳定。此外，熔渣沸点太低亦会使电渣过程不稳定。一般为保証电渣过程稳定，常选用恰当的焊药如：AH—8，AH—22等。

2. 电源的极性。使用交流电比使用直流电时易于使电渣过程稳定。若电路中沒有感抗，則电渣过程更易稳定。

3. 渣池的深度。熔渣过少时，在焊接过程中容易发生“打弧”现象，使电渣过程不能稳定。

4. 装配質量。装配不当，例如板极与母材的間隙过小时，也易有“打弧”现象，使电渣过程不稳定。

## 二、板极电渣焊的特点及其应用

电渣焊与一般的自动的或手工的电弧焊比較，有如下的一些优点：

1. 电渣焊用于大厚度时不需要像电弧焊那样开成复杂形状的剖口（例如双面 U 形剖口），使准备工作大为精简。

2. 电渣焊能减少填充金属，这样，既节约了大量焊丝、焊药（或焊条），同时也大大节省了焊接工时。下表为自动焊与板极电渣焊时工件装配間隙横截面面积的比較：

表 I—1

| 工件厚度（公厘） | 工件装配間隙横截面面积（平方公厘） |       |
|----------|-------------------|-------|
|          | 焊药层下自动焊           | 板极电渣焊 |
| 50       | 1120              | 1500  |
| 100      | 3100              | 3000  |
| 200      | 9600              | 6000  |
| 300      | 19600             | 9000  |
| 600      | 71000             | 18000 |

3. 电弧焊焊接大厚度时，往往要用多层焊；每焊一层后都須仔細清渣，焊接过程中无法連續进行，不但花費大量時間，而且往往由于除渣不淨而造成夹渣。电渣焊就沒有这样的問題，采用电渣焊就可以提高生产率数倍乃至数十倍，一般在厚度 50~60 公厘以上的工件焊接时，采用电渣焊就有显著的經濟效果。

4. 电渣焊不仅能用于低碳鋼的工件，而且还宜于焊接可焊性較差的中碳鋼和合金鋼的大型零件。这些都是极易淬火的鋼种，如果采用电弧焊时，常常因近縫区出現淬火組織而引起裂縫；而电渣焊时，由于加热非常緩慢（见图 I~2），焊接速度要比自动焊时慢数十倍，因此冷却也极緩慢，消除了近区裂縫的危险。但与此同时，也应考虑到电渣焊热影响区很宽，容易引起过热。

5. 由于电渣焊时焊缝保护很好，又是立焊位置，冷却缓慢，在垂直位置的上部又保持着熔融的金属和熔渣，所以在过程中产生的气体和渣都易于浮出，不易造成气孔和夹渣等缺陷。

板极电渣焊比焊丝电渣焊还有如下的特点：

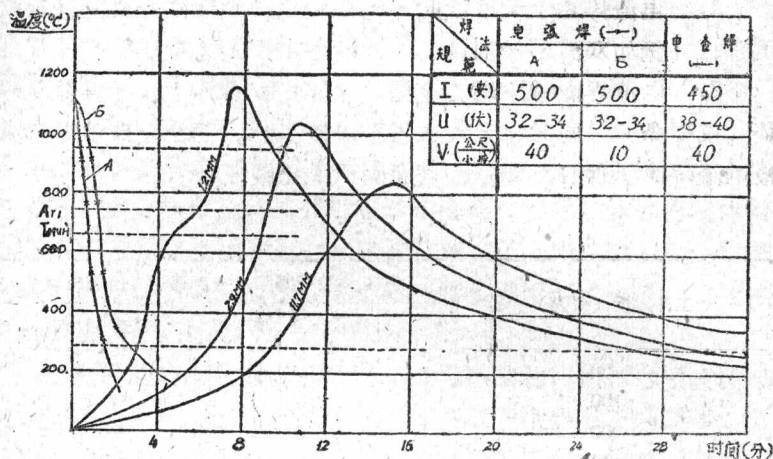


图 1—2 电渣焊的热过程曲线

(1) 板极电渣焊能一次焊成更厚的工件。从理论上讲，板极电渣焊可以焊的厚度是无限的，例如我们曾焊过 700 公厘的试件，像这样大的厚度，用电弧焊来焊接是非常困难的；而用焊丝电渣焊则需许多根焊丝同时送进，也较困难。

(2) 板极电渣焊所需要的设备简单。一般焊丝电渣焊机除电源控制设备很复杂外，还有一套极复杂的机头来保证焊丝送进、焊丝摆动、机头向上爬升等一系列运动。而板极电渣焊只需用一般电焊变压器做电源，用一套手摇机构送进板极，十分简便。如图 1—3 所示即为板极电渣焊装置，其中包括手轮、伞齿轮和螺母丝杠送进机构。这台机构只需不到 50 工时即可制成，因此板极电渣焊完全有条件在中、小厂中采用。

(3) 板极电渣焊工艺简单、操作方便。由于所用设备简单，

规范控制及操作也就简便得多，在焊接过程中主要只需保证电压、电流和渣池深度三个因素就够了，只需几天练习就可以掌握操作技术。

(4) 板极电渣焊的焊缝化学成分容易控制。这是因为电渣焊时温度较低（渣池温度约  $2000^{\circ}\text{C}$ ），且熔滴过渡时颗粒也较粗大（一般直径在  $4\sim 5$  公厘以上），与熔渣的接触面比电弧焊时小得多，焊药又加入很少，这就使得板极电渣焊时冶金反应很弱，有可能根据母材和板极材料的化学成分来预测焊缝金属的化学成分。

由于板极电渣焊具有这些优点，最主要的是它能用来焊接厚工件，而设备和操作又很简单方便。目前正当我们国家工农业生产大跃进的形势下，需要在很短期间内制造大批冶炼设备、轧钢设备、大型锻压设备、大型及中型发电设备等，这些都需要大批锻件、铸件作毛坯。机械加工方面国内已经创造了“蚂蚁啃骨头”的办法，但当前就缺乏“骨头”的供应。用板极电渣焊的方法

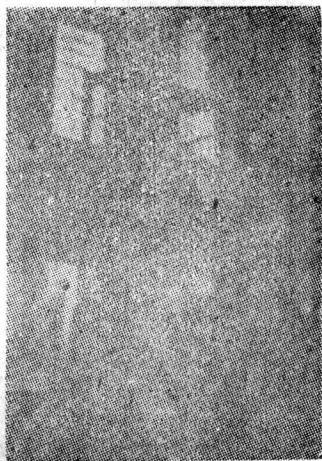


图 1—3 板极电渣焊装置

就可能以小拼大，将小铸（锻）件拼接成大铸（锻）件以满足生产需要。清华大学焊接教研组、一机部工艺院、冶金部建筑研究院协助石景山钢铁厂焊成 800 公厘轨梁轧钢机机架一事，也可以说明板极电渣焊在解决大型铸件问题上所起的重大作用。用六条焊缝把七块铸件连成整体，而使得石景山钢铁厂这个只能铸造  $3\sim 4$  吨重铸件的工厂能制成重达 19 吨的巨大毛坯，等于把铸造能力提高了  $6\sim 7$  倍。这一先进工艺试验成功，证明全国其它各

大、中、小型工厂也同样可以利用板极电渣焊的方法把自己的鑄（鍛）造生产能力提高几倍，由于目前全国无论大小工厂都負担起了制造大型設備的任务，因而板极电渣焊的推广就更具有迫切的意义了。

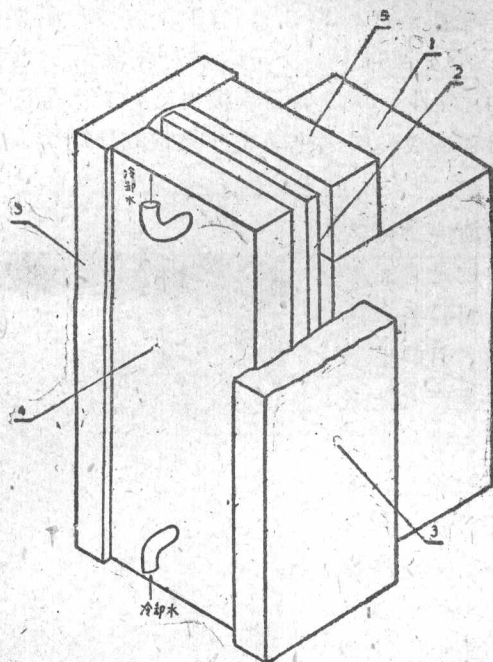


图 I—4 用板极电渣焊进行堆焊的装置图

不能将以小拼大的毛坯制造方法看成是目前的临时措施，这种板极电渣焊的拼接方法不仅是制造大毛坯的先进工艺，而且能使大型鍛鑄件的結構变得更加合理。因此，这种方法必将成为重型机械制造中的常用的正规加工方法之一。

推广电渣焊，采用鑄焊或鍛焊結構的經濟效果也是很高的，它不但能減輕結構重量，而且还能縮短生产周期，節約生产面积，減輕鑄工車間、鍛工車間負担，同时也就大大降低了生产成本。下面就以苏联一个資料举例（见表 I—2）：

总之，电渣焊和板极电渣焊在工业尤其是重工业中具有极其

重要的地位，而且具有广阔的发展前途。

表 I—2

| 工件厚度 (公厘) | 每公尺焊缝总成本 (卢布) |         |       |
|-----------|---------------|---------|-------|
|           | 手工电弧焊         | 焊药层下自动焊 | 电 渣 焊 |
| 50        | 89            | 53      | 31    |
| 100       | 253           | 128     | 45    |
| 200       | 643           | 376     | 72    |
| 300       | 1247          | 759     | 99    |
| 600       | 4160          | 2723    | 180   |

板极电渣焊最宜用于焊接厚度大而焊缝不长的工件，例如大型水压机机架、大型轧钢机机架及大型水轮机的巨大零件。

此外，板极电渣焊还能用于大面积堆焊，堆焊技术不复杂，其装置如图 I—4。图中 1 为被堆焊的工件，2 为板极，3 为两侧冷却水套或挡板，4 为正面冷却水套或挡板，5 为引出板。

板极电渣焊还能用于修补大型铸件的缺陷。

板极电渣焊在世界上应用还为时不久，但其发展前途却很可观，我们相信这一先进工艺将在我国工业建设中发挥巨大的作用。

## 第二部分 关于电渣焊的电源及电路

### 一、电渣焊的热源

1. 电渣焊的热源： 电弧焊接时，无论是手工焊抑是焊药层下自动焊，都是借助于产生在焊丝与工件之间的电弧来熔化金属。虽然电弧的功率很大，但它的能量非常集中，所以尽管熔化了金属的过热程度很高，要一次焊透厚大的工件仍是不可能的。另外电压降在阴极区和阳极区的数值近乎不变，因此母材与焊丝的熔化金属比例也很难调节。要解决这些问题，必须从焊接热源上着手。电渣焊的出现，也是生产发展所要求的必然结果。电渣焊时，借电流通过熔化渣池而产生的电阻热来熔化焊丝（或板极）和母材，所以电渣焊的实质就是电阻焊。根据测量的结果，渣池的表面温度约在  $1700 \sim 2000^{\circ}\text{C}$  之间，显然比起电弧来要低得多，而且渣池的热源也不及电弧集中，在渣池里产生的电阻热，借助于对流而传递给母材与焊丝（或板极）。从理论上讲，电渣焊可以一次焊透无限厚度的工件，目前在苏联已经能焊厚达一公尺以上的工件，在我国北京石景山钢铁厂、清华大学等几个单位利用板极电渣焊，焊接了厚达 650 公厘的轨梁轧钢机架。母材与焊丝（或板极）的熔化速度不直接取决于电流电压的大小，而是与渣池的温度高低、渣池与母材和焊丝（或板极）的接触面积大小以及渣池的流动性（粘度）好坏有关，但是归根结底，热量的大小是和电流与电压的乘积成正比的。所以为了提高焊接生产率，最好的热源应该是渣的粘度小、蒸发温度高、电阻系数大，而且尽量做到每单位体积电极与渣的接触面积达到最大；但是就目前所有的焊药看来，这里面有些因素是相互矛盾的。作为一个焊接工作者，就应该力求改善焊药的这些物理

因素，寻到最好的結合点。

2. 渣池的电阻：在电渣焊时，发热量的大小和焊接过程是否稳定，直接与渣池的电阻值有关。根据一般的电工知識，我們知道  $\Delta R = \rho \frac{\Delta l}{A}$ ，所以电阻值一方面与熔渣的电阻系数有关，另一方面与电极和母材的几何形状以及相对位置有关。下面就分别加以討論：

(1) 电阻系数和电导系数：一般物体的电阻系数都不是恒定不变，而是溫度的函数；大凡金屬的电阻系数，皆随着溫度的上升而增高，而非金屬則相反。一般电渣焊用的焊药，在1000℃以下时，电导系数非常小，电导系数一方面与化学成分有关，但也受粘度大小的影响。根据现有的資料看来，一般焊药的粘度小，則电导系数大，反之則小。现将常用的几种电渣焊药的电导系数与溫度的关系列于图 II—1。

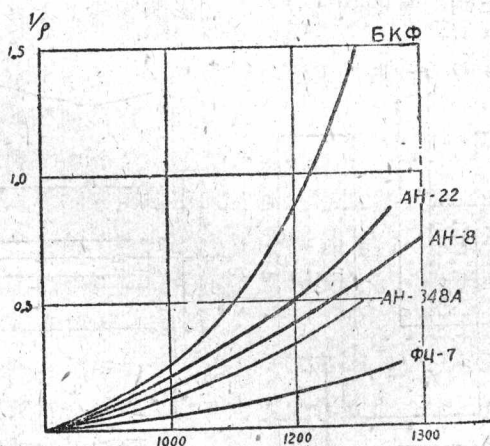


图 II—1

(2) 几何形状与相对位置：在熔化焊絲的电渣焊时，常用的焊絲直径为 3 公厘，工件的間隙为 20—25 公厘，最大的不超过 30 公厘。一根焊絲所能焊透的工件厚度为 60 公厘，焊絲端部

离开液体金属的距离虽然没有确切的数据，但从文献上看来是不大于10公厘。我们可以假定电阻值的大小，仅与焊丝端部离开液体金属的距离有关，根据巴得加亦斯基所测得的一些数据，也正说明了这种假设的现实性。

|                    | 焊丝在中心位置的偏差 (公厘) |       |      |       | 焊丝伸入渣池深度 (公厘) |      |      |
|--------------------|-----------------|-------|------|-------|---------------|------|------|
|                    | 0               | 1.2   | 3.9  | 4.9   | 20            | 21.5 | 30   |
| 焊丝端部与液体金属间的电压降 (伏) | 0.58            | 0.565 | 0.55 | 0.545 | 0.58          | 0.50 | 0.39 |

当焊丝改为板极后，情况就有显著的不同。常用的板极厚度，大约在6~12公厘之间，这是为了保持板极在整个焊接过程中不顶碰而发生太大的弯曲，同时也不希望板极过长而增加装配和焊接的困难。工件之间的间隙约在28~35公厘之间，这样板极厚度与间隙的比例为1:3~1:5。所以我们再也不能忽略渣池深度和板极偏心对电阻值大小的影响了。限于计算复杂，而要得到一个正确的量的概念，涉及的影响因素又太多，所以这个关

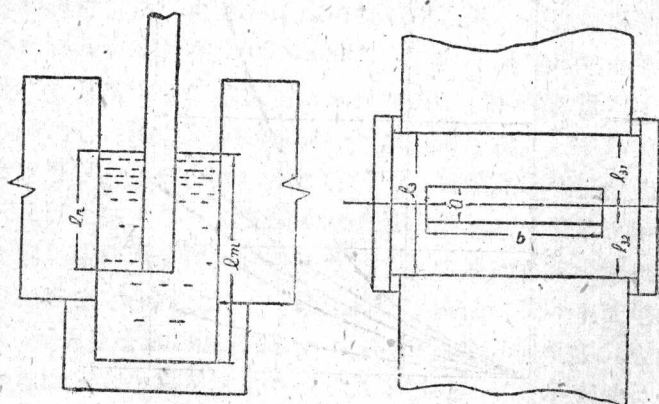


图 II—2

系式我们就不推导了。根据一般的电工知识，在这种情况下的电阻值  $R$  是  $f[l_{31}-l_{32}, l_3, a, b, l_m, l_n \dots]$  的函数(如图 II—2)，当  $l_3$  减小时， $R$  值也小；当  $|l_{31}-l_{32}|$ ， $b$ ， $a$ ， $l_m$ ， $l_n$  减小

时，則  $R$  增大。所以当电压电流不变时，我們希望电渣过程稳定，就要求  $l_3$  大， $|l_{31} - l_{32}|$  小。但是增大  $l_3$  就要浪费板极和降低生产率，而且还受焊接技术上的限制，所以唯一有效的措施，就是减小  $|l_{31} - l_{32}|$ ，也就是焊接装配时，要求板极的对中度比较高。

## 二、电渣焊的电源

既然电渣焊是借助于电流通过渣池所产生的焦耳热来熔化焊丝（或板极）与母材，所以对电源来讲，电渣焊的负载相当于一个电阻，在一定的功率范围内，渣池的温度接近不变，所以电阻系数也是一个定值。当焊丝（或板极）与工件的几何形状和相对位置确定后，电阻也是常数，所以它的伏安特性是一根直线（如图 I—3）。根据电弧稳定燃烧的条件，只要满足  $\frac{du_g}{dI} > \frac{du_n}{dI}$  的条件，电弧就可以稳定燃烧，现在  $\frac{du_g}{dI} *$  是一个正值，所以电源的外特性就是水平的話，电渣过程也能正常进行，而且硬外特性的电源用作电渣焊时具有下列优点：

（1）电源制造简单，不需要电抗器；

（2）在同样的焊接规范时，硬外特性电源的容量要比陡降的小得多，以常用的 ТСД—1000 变压器为例，它的空载电压为 69 伏和 78 伏，而电渣焊所需的电压为 30 伏左右（板极电渣焊）。这样陡降的容量就要大一倍多；

（3）陡降电源的功率因数低（0.3~0.4），效率也较差；

（4）用硬特性的电源时，可变的参数少一个，所以调节规范和维持规范稳定比较容易；

（5）在等速送进的情况下，由于外电压的波动而引起的焊缝熔透变化，对于硬外特性电源来说，影响较小；

\* 式中  $u_g$  表示电弧电压， $u_n$  表示电源电压， $u_0$  表示电流焊时的焊接电压， $I$  表示电流。