

机械工人学习材料

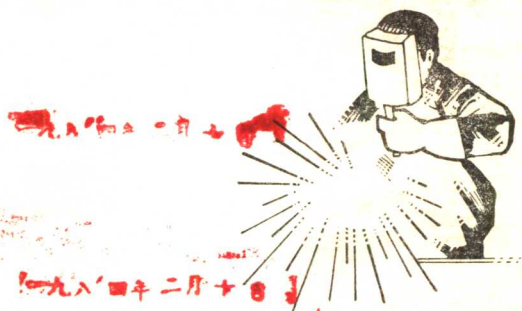
JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

电 渣 焊

陆 仁 发 编著

7.733
7523

工 焊



机械工业出版社

内容提要 本书简要地讲解了电渣焊的特点，各种电渣焊的基本原理、工艺参数的选择和操作技术，常用的焊接材料、设备及各种辅助工具，焊接缺陷的防止方法，安全技术与劳动保护等所必需的基础理论知识。本书适于焊工阅读，也可供技工学校焊接专业学生学习参考。

电 渣 焊

陆仁发 编著

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $2 \frac{1}{4}$ · 字数 53 千字

1984 年 1 月北京第一版 · 1984 年 1 月北京第一次印刷

印数 0,001—9,300 · 定价 0.23 元

*

科技新书目：65-94

统一书号：15033 · 5558

目 次

一 电渣焊概述	1
1 电渣焊的基本原理(1)——2 电渣焊的优缺点(2)——3 电渣焊的分类及应用(3)	
二 电渣焊的热过程与冶金过程	6
1 电渣焊的热过程特点(6)——2 电渣焊的冶金过程特点(7)	
三 电渣焊用焊接材料	8
1 电渣焊焊剂(8)——2 电渣焊用的电极材料(9)——3 管状焊条(9)	
四 电渣焊设备	12
1 焊接电源(12)——2 丝极电渣焊机(16)——3 熔嘴电渣焊机(17)——4 板极电渣焊机(20)——5 管状焊条熔嘴电渣焊机(21)	
五 电渣焊常用辅助工具	23
1 焊丝冷却成形装置(23)——2 导电嘴(焊嘴)(27)——3 焊丝清理缠绕机(29)	
六 电渣焊的焊前准备工作	30
1 电渣焊工艺方法的选择(30)——2 焊件准备(31)——3 焊件装配(33)	
七 电渣焊工艺参数选择及操作技术	41
1 电渣焊的工艺参数及焊缝形状与尺寸(41)——2 丝极电渣焊的工艺参数选择及操作技术(42)——3 板极电渣焊的工艺参数选择及操作技术(52)——4 熔嘴电渣焊的工艺参数选择及操作技术(56)——5 管状焊条熔嘴电渣焊的工艺参数选择及操作技术(61)	
八 电渣焊的常见缺陷及其防止方法	64
1 裂缝(64)——2 未焊透(66)——3 未熔合(67)——4 气孔(67)——5 夹渣(68)	
九 电渣焊的安全技术与劳动保护	68

一 电渣焊概述

1 电渣焊的基本原理 电渣焊是一种利用电流通过液态熔渣所产生的电阻热能作为热源的熔化焊接法。图1为电渣焊过程示意图。

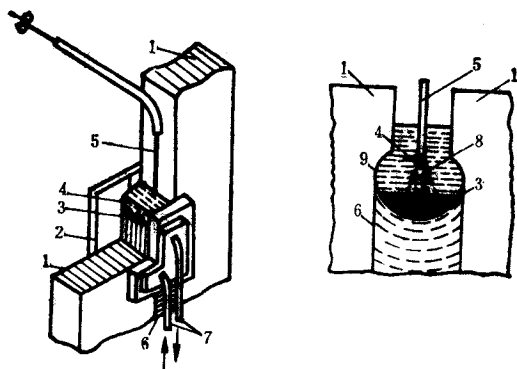


图1 电渣焊过程示意图

1—焊件 2—焊缝冷却成形滑块 3—金属熔池 4—熔渣池 5—电极(焊丝)
6—焊缝 7—冷却水管 8—熔滴 9—焊件熔化金属

电渣焊接过程开始时，一般是先在电极5（焊丝或板极等）与焊件1底部的引弧板之间引燃电弧，当电弧产生后，利用电弧的热量使电弧周围的焊剂熔化，变成液态熔渣，等到液态熔渣达到一定深度时，形成熔渣池4，随后电弧就熄灭，这时电弧过程就转变为电渣过程。高温熔渣池具有一定的导电性，当焊接电流从电极端部经过熔渣池流向焊件时，由电流通过熔渣池而产生的电阻热能，使电极和焊件边缘熔化，被熔化的金属熔滴8沉积在熔渣池下部形成液态金属熔池3。随着电极不断地向熔渣池送进

和熔化，金属熔池逐渐升高，而熔渣池本身因比重小而浮在金属熔池上面，也随金属熔池一起不断上升。这时，离热源较远的熔池金属逐渐冷却，在冷却成形滑块 2 的强制冷却下凝固，形成焊缝 6。随着焊接过程的进行，机头及冷却成形滑块逐渐上升，这样就完成了整条焊缝的焊接。

当焊件处于垂直位置时，有利于获得一定深度的熔渣池，因此电渣焊总是在垂直或接近垂直位置上进行的。为了防止液态熔渣和熔池金属流失，必须采用强制冷却方法使焊缝强制成形。

2 电渣焊的优缺点 电渣焊与一般电弧焊相比较，具有许多优点。主要有：

1) 大厚度焊件可以一次焊成，而不需要多层焊，焊件越厚，则生产率越高。从理论上讲，电渣焊可以焊接的焊件厚度是不受限制的，但实际上往往受到设备和电源容量的限制，其焊接厚度还是受限制的；

2) 焊件不需要加工坡口，一般用机械气割或机械加工法把焊件边缘加工成直边，装配成保持一定间隙的接头，就可进行焊接。从而节省了金属材料的消耗、加工费用及工时；

3) 焊剂的消耗量仅为埋弧自动焊的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 左右。由于熔化的焊剂数量少，因此电能可充分地用于熔化电极和焊件金属，每一公斤焊缝金属的电能消耗仅为埋弧自动焊的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2.5}$ 左右。

电渣焊的缺点是：焊接过程要求连续性操作，中间不能停顿，在生产中如果遇到焊接过程中断，则恢复焊接过程的辅助工作量较大。因此，一般不适合焊接薄件和短焊缝，在应用上有一定的局限性。焊件在焊后要求进行热处理（常用正火处理），以细化晶粒，改善焊接接头的机械性能，或采取其它细化晶粒的措施，这就增加了工艺过程的复杂性。

3 电渣焊的分类及应用 根据电极的形状不同, 电渣焊可以分为以下几种:

(一) 丝极电渣焊 这是应用得最早的一种电渣焊接法, 它是利用焊丝作为熔化电极, 根据焊件厚度, 可以采用一根或几根焊丝, 目前最多采用三根焊丝。适用的焊件厚度范围为 50~450 毫米(在实际生产中焊件厚度的下限有时定为30毫米), 焊缝长度基本上不受限制, 主要用于中等厚度焊件的纵向长焊缝和环焊缝的焊接。图 2 为用 3 根焊丝的丝极电渣焊示意图。

(二) 板极电渣焊 当焊件厚度较大时, 采用丝极电渣焊就要求增加焊丝数目, 并使送丝机构和操作变得复杂。如果采用板条作为电极, 则一根板条就可以代替多根焊丝。焊接时, 板极只需向下送进, 不作横向摆动, 因而设备比较简单。根据焊件厚度, 可以用单板极或多板极。因板极的截面较大, 要求焊接电源有较大的功率。与丝极相比, 板极的制备比较简单, 但它的长度有一定限制, 一般决定于送丝机构。这种方法适合焊接大截面短焊缝(≤ 1 米)的焊件(图 3)。

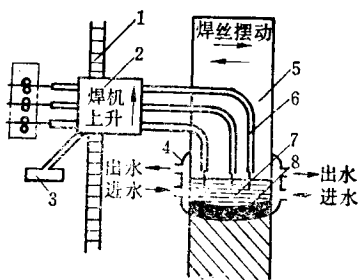


图 2 丝极电渣焊示意图

1—导轨 2—焊机机头 3—操纵盘 4—焊缝冷却成形滑块 5—焊件 6—导电嘴
7—熔渣池 8—金属熔池

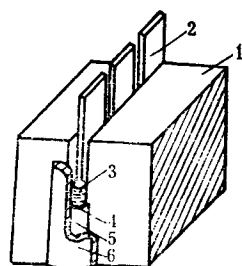


图 3 板极电渣焊示意图

1—焊件 2—板极 3—熔渣池 4—金属熔池 5—焊缝 6—焊缝冷却成形装置

(三) 熔嘴电渣焊 熔嘴电渣焊是在丝极和板极电渣焊基础上发展起来的一种新型电渣焊工艺方法(图4、5)。一般电渣焊时,采用的电极是焊丝或板条,而熔嘴电渣焊时,作为熔化的电极除焊丝外,还有固定在焊件装配间隙中并与焊件相绝缘的钢板条。该钢板条的形状与焊件被焊截面的形状相似,在钢板条中间开槽或在侧面焊以小直径钢管作为焊丝的导向及导电之用。焊接时钢板条不动,焊丝可通过导向槽或钢管不断地向熔池送进,该钢板条随着熔渣池的上升不断地熔化构成焊缝金属的一部分,这个钢板条就称为熔嘴。焊接时,所需的焊丝及熔嘴数目根据焊件的厚度来选定。

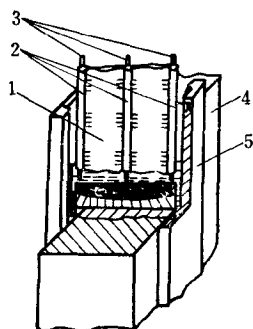


图4 大截面熔嘴电渣焊
1—熔嘴 2—焊丝导向管 3—焊丝
4—焊件 5—焊缝冷却成形装置

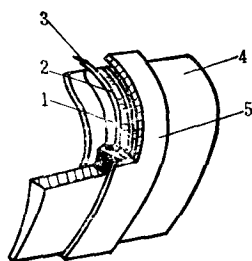


图5 变截面熔嘴电渣焊
1—熔嘴 2—焊丝导向管
3—焊丝 4—焊件 5—焊
缝冷却成形装置

这种焊接法最明显的特点是可以焊接不规则截面(变截面)焊件;其次,它的设备比较简单。例如在焊接长度较长的大截面焊件时,如果采用板极电渣焊,则板极需要很长,这就使板极的送进机构变得复杂。而用熔嘴电渣焊,则只需要简单的、普通的送丝机构就能满足要求。目前,在生产中用这种方法可以焊接最薄的焊件为24毫米左右,最厚的可达2米以上。

(四) 管状焊条熔嘴电渣焊 管状焊条熔嘴电渣焊是近十多年来在熔嘴电渣焊基础上发展起来的一种新的电渣焊方法。它的工作原理基本上与上述的熔嘴电渣焊相同，所不同的只是用一根外层涂有药皮的钢管(管状焊条)来代替一般的熔嘴。电源一极接在管状焊条熔嘴上端，焊接时，管状焊条熔嘴和从管内不断送进的焊丝都作为填充金属一起被熔化，凝固后形成焊缝。钢管表面的药皮起到自动补充熔渣和向焊缝金属过渡一定合金元素的作用，这不仅可以方便地调节焊缝金属的化学成分，而且还能改善焊缝的组织 and 机械性能。当焊接较大厚度的焊件时，可使用 2~3 根管状焊条熔嘴，并且用一台多头焊丝送进机构送进焊丝。因此，它具有生产率高、操作容易、设备简单和焊缝质量好等优点。这种方法适于焊接 20~60 毫米厚的焊件。管状焊条熔嘴电渣焊示意图如图 6 所示。

电渣焊除上述方法外，还有手工电渣焊、气体保护电渣焊和接触电渣焊等。电渣焊也可以用于堆焊。

电渣焊除了用来焊接碳钢、低合金高强度钢、合金结构钢、珠光体耐热钢之外，还可以焊接铬镍不锈钢、铝和钛等材料。

电渣焊工艺主要应用在重型机器、冶金矿山设备、石油化工设备、电站动力设备、大型船舶等制造工业中。特别是在制造大型设备时，由于受到铸、锻设备吨位的限制，不能整铸、整锻时，可用铸-焊、锻-焊或板-焊结构，以小拼大，从而显著地减轻结构重量，节约大量金属材料 and 缩短制造周期。我国在六十年代初期制成

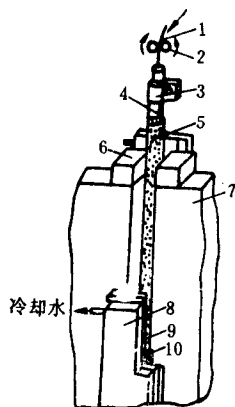


图 6 管状焊条熔嘴电渣焊

- 1—焊丝 2—焊丝送进滚轮
- 3—电极夹头 4—熔嘴钢管
- 5—熔嘴药皮 6—引出板
- 7—焊件 8—焊缝冷却成形装置
- 9—熔渣池 10—焊缝表面渣壳

的板-焊结构式 12000 吨水压机，就是一个突出的例子。表 1 为电渣焊的一些应用情况。

表 1 电渣焊的应用情况

结 构 类 型	适 合 采 用 电 渣 焊 接 的 零、部 件
箱形结构	大型水压机横梁，油压机及压力机机座，大型转炉炉体、托圈、破碎机底座等
大截面结构	轧钢机机架，水轮机大轴，发电机转子，大型船舶尾柱等
圆筒形结构	电站锅炉，压力容器，水压机工作缸、主柱及柱塞等

二 电渣焊的热过程与冶金过程

1 电渣焊的热过程特点 电渣焊时的热源是整个熔渣池，它与焊接电弧相比，熔渣池的温度较低(一般为 $1600\sim 1800^{\circ}\text{C}$)、热量分布较均匀，而体积又较大。因此，焊接时通过调节工艺参数，可以较容易地控制焊缝金属中基本金属所占的百分比——“熔合比”(一般可控制在 $10\sim 20\%$ 间)。这就有利于调节焊缝金属的化学成分和降低从焊件过渡到焊缝金属中的有害杂质。

由于电渣焊的热源温度低，焊缝截面大，又是一次成形，因而熔渣池上升速度(焊接速度)很慢，基本金属的加热和冷却速度也都较缓慢，使得焊缝和热影响区金属的高温停留时间延长，这对于不同性质的金属将会产生不同的后果。如焊接一些易淬硬钢时，由于缓冷使热影响区不易产生淬硬组织和冷裂缝，这对保证焊接质量是有利的。但过长的高温停留时间，会使热影响区过热段的宽度增加，晶粒变粗大，从而降低焊接接头的塑性和韧性。因此，焊件在焊后一般都需要进行热处理(常用正火处理)，以细化晶粒，消除过热组织，改善焊接接头的机械性能，特别是冲击

韧性。

2 电渣焊的冶金过程特点 电渣焊时，金属熔池表面始终覆盖着一层很厚的液态熔渣——熔渣池，它将金属熔池与空气隔开，焊丝（或板极）的熔滴向金属熔池过渡也是在熔渣池内完成的。由于熔渣池起着机械保护作用，显著减弱了空气中氧、氮等气体对熔滴和熔池金属的侵袭作用。熔池金属的结晶速度缓慢和焊缝自下向上成长，有利于熔池中气体和杂质的排出，因而电渣焊时产生气孔和夹渣的可能性较小。

由于电渣焊的热源温度低，冶金反应进行得比较缓慢，而且在焊接过程中只要添加少量焊剂，因此电渣焊主要靠电极（焊丝或板极）向焊缝金属掺合金，而不是靠熔渣（焊剂）来间接掺合金。

电渣焊焊缝晶粒的生长方向和它的散热方向相反，它不仅向被焊金属散热，还向冷却成形装置强烈散热，因而结晶是从四个方向同时成长的，方向性特别明显（图7）。



三 电渣焊用焊接材料

1 电渣焊焊剂

(一) 焊剂的作用

(1) 热作用 电渣焊时, 电流通过熔渣(熔渣池)后会产生大量的电阻热, 这些热能大部分用来熔化电极、焊件和新加入的焊剂, 这就是熔渣池的热源作用。另外, 熔渣池还起着预热焊件、延长金属熔池存在时间和使焊缝缓冷的作用。

(2) 机械保护作用 焊剂熔化后形成的液态熔渣覆盖在金属熔池上, 虽能有效地防止空气对熔池金属的侵袭作用, 但由于熔渣池并不是很致密的, 极少量的气体仍能通过熔渣池直接或间接地与熔滴、熔池金属发生作用, 因此当焊接一些活性金属(如钛等)时, 单靠熔渣池的机械保护作用就不能保证焊缝质量, 这时可考虑采用气渣联合保护的方法。

(3) 冶金作用 虽然电渣焊的冶金反应(熔渣与液态金属间的相互作用)比较缓和, 但当采用一般的不含合金成分的焊剂进行焊接时, 熔渣与液态金属之间的氧化和脱硫作用还是很强的。各种焊剂熔化后所形成的熔渣具有不同程度的氧化能力, 氧化作用的强弱, 主要取决于熔渣本身的氧化性和溶解气体的能力。

(二) 对焊剂工艺性能的要求

(1) 能迅速和容易地建立电渣过程, 当熔渣池深度发生较大变化时, 电渣过程仍能保持稳定;

(2) 应使焊件边缘熔化良好, 避免产生未焊透和咬边等缺陷;

(3) 焊剂熔化后须具有一定的粘度, 在一般情况下, 熔渣不应从焊缝冷却成型装置与焊件之间的间隙中流失;

(4) 焊剂熔化时应少析出或不析出对人体有害的气体。

目前常用的电渣焊专用焊剂有焊剂170和焊剂360等品种。此外,某些埋弧焊焊剂(如焊剂430、431等),配合适当牌号的焊丝,也可用于电渣焊。表2为常用电渣焊焊剂的类型、化学成分和用途。

表2 常用电渣焊焊剂类型、化学成分和用途

焊剂牌号	类型	化 学 成 分 (%)	用 途
焊剂360	中锰 高硅 中氟	SiO ₂ 33~37; MnO20~26; CaF ₂ 10~19; CaO4~7; MgO5~9; Al ₂ O ₃ 11~15; FeO≤1.5; S≤0.10; P≤0.10	焊接低碳钢及某些普通低合金钢(如A3、20g、16Mn、15MnV等)及铸、锻件(20、20MnMo等)
焊剂431	高锰 高硅 低氟	SiO ₂ 40~44; MnO34~38; MgO5~8; CaO≤6; CaF ₂ 3~7; Al ₂ O ₃ ≤4; FeO≤1.8; S≤0.10; P≤0.10	焊接低碳钢及某些普通低合金钢

2 电渣焊用的电极材料 电渣焊时,由于熔渣池的温度较低,冶金反应较缓和,因此通过焊剂向焊缝金属过渡合金元素比较困难,一般焊缝的合金化是采取调整电极材料的化学成分来解决的。为提高焊缝金属的抗裂缝及抗气孔的能力,并保证具有一定的机械性能,电渣焊用的电极材料应具有较低的含碳量和含硫量,而适当提高合金元素(如Mn、Si等)的含量。对于含碳量低于0.18%的低碳钢,可采用H08MnA焊丝;焊接含碳量0.18~0.30%的碳素钢和低合金钢时,一般常用的焊丝有H08MnMoA和H10Mn2等。板极和熔嘴板所使用的材料也可按上述原则选用,焊接一般的低碳钢和低合金钢结构时,常用09Mn2钢板作为板极和熔嘴板。熔嘴管常用10~20号钢管。表3为常用焊丝选用表。

3 管状焊条 管状焊条的焊条芯采用10、15或20号冷拔无缝钢管,规格有 $\phi 14 \times 2$ 、 $\phi 14 \times 3$ 、 $\phi 12 \times 4$ 、 $\phi 12 \times 3$ 和

表3 常用焊丝选用表

品种	焊件牌号	适用焊丝牌号
铜板	A3、B3、C3、A3R	H08A、H08MnA
	20g、22g、25g、16Mn、09Mn2	H08Mn2Si、H10MnSi、H08MnMoA、H10Mn2
	15MnV、15MnTi、16MnNb	H08Mn2MoVA
	15MnVN、15MnVTiRe、15MnVNCu	H10Mn2MoVA
	14MnMoV、14MnMoVN、15MnMoVN、18MnMoNb	H10Mn2MoVA、H10Mn2NiMo
铸锻件	15、20、25、35	H10Mn2、H10MnSi
	20MnMo、20MnV	H10Mn2、H10MnSi
	20MnSi	H10MnSi

$\phi 10 \times 3$ 毫米等多种。在钢管外壁涂覆一层 2~3 毫米厚的药皮，采用双根管状焊条时，药皮厚度为 1.5~2.5 毫米。药皮要求能起绝缘作用，并能保证电渣过程稳定。管状焊条的制造方法与手工电弧焊焊条相同，可以用机压或手沾。表 4 为管状焊条药皮配方一例。

表4 管状焊条药皮配方一例

成分	锰矿粉	滑石粉	石英粉	萤石粉	钛白粉	金红石	白云石粉
(%)	36	21	21	12	5	3	2

为了细化焊缝金属的晶粒，提高焊缝金属的冲击韧性，在药皮内还加入一定数量的铁合金粉，其加入量可根据焊件材料与所采用的焊丝成分而定。表 5 为药皮中铁合金的配比。

为保证顺利地引弧，在涂药前将钢管一端做收口处理，方法是先将管子一端锯成十字口，然后用台钳夹压，使管子端部的孔

径比焊丝直径稍大（图8a）；或用锤击，使管子下端孔径变小（图8b）。

表 5 管状焊条药皮中铁合金材料的配比

铁合金 名 称	每公斤药皮配方中铁合金的加入量(克)								铁合金的主要作用
	H08A			H08MnA			H10Mn2		
	16 Mn	15 Mn	A3	16 Mn	15MnV	A3	16 Mn	15MnV	
低碳锰铁	300	400	—	100	200	—	—	—	提高强度、脱氧、 脱硫、提高低温冲 击韧性
中碳锰铁	100	100	100	100	100	—	—	100	
硅 铁	155	155	155	155	155	155	155	155	脱氧、提高强度
钼 铁	140	140	140	140	140	140	140	140	细化晶粒、提高 冲击韧性
钛 铁	100	100	100	100	100	100	100	100	细化晶粒、提高 冲击韧性、脱氧、脱 氮、减少硫的偏析
钒 铁	—	100	—	—	100	—	—	100	细化晶粒、提高 强度
合 计	795	995	495	595	795	395	395	595	

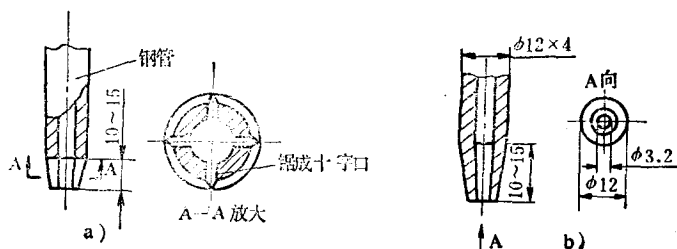


图 8 管状焊条引弧端形状

a) 十字形收口 b) 锤打收口

四 电渣焊设备

电渣焊设备一般由焊接电源、焊机本体（包括焊丝送进机构、焊丝摆动机构、机头移动机构及操纵盘等）、电控系统及水冷系统等部分组成。

1 焊接电源

（一）对电渣焊电源的要求 电渣焊可采用直流电源或交流电源，但主要采用交流电源，因为交流电源较经济。

电渣焊是利用电流通过熔渣池产生的电阻热作为热源进行焊接的，因此对焊接电源来说，电渣焊是一个电阻性负载。在焊接过程中，熔渣池的电阻系数基本不变，所以电渣焊的负载特性可以认为是一条上升的直线。显然，电渣焊对焊接电源的要求与电弧焊比就有所不同。

电渣焊时，只是在开始引弧阶段为了熔化焊剂，而存在很短时间的电弧过程，熔渣池一旦建立，就由电弧过程转为电渣过程，一直维持到焊接过程结束。因此，焊接电源就不需要较高的空载电压。此外，电渣焊时无短路现象，这就没有必要限制短路电流以及为维持电弧稳定燃烧而采取的一系列要求。因为电渣焊的负载特

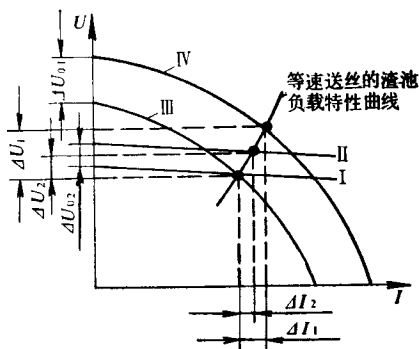


图9 网路电压变化对空载、焊接电压及焊接电流的影响

I、II—平特性电源的外特性 III、IV—陡降特性电源的外特性 ΔU_{01} 、 ΔU_{02} —空载电压的变化值 ΔU_1 、 ΔU_2 —焊接电压的变化值 ΔI_1 、 ΔI_2 —焊接电流的变化值

性是上升的，所以采用平外特性电源就可保证电渣过程正常进行。当网路电压发生变化时，平外特性电源的空载电压、焊接电压及焊接电流的变化都比陡降外特性电源的小（图9）。

在没有电渣焊专用焊接电源的情况下，也可用陡降外特性的埋弧焊电源代替。如功率不够，可将数台焊接电源并联。并联时，必须采用相同型号、空载电压较接近的焊接电源。并注意把它们的初级线圈接在网路的相同相上，次级线圈也要同相连接如图10所示。检查次级线圈是否同相位的方法是：将两台焊接电源中某一台的一个次级接线端与另一台焊接电源的任一个次级接线端连接起来，用电压表测量未连接的两个接线端的空载电压，如果所测得的电压是两台焊接电源空载电压之和，则表明连接的两个接线端不是同相位，需要把其中任一台电源次级的两个接线端对调。

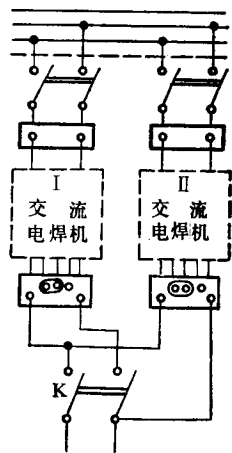


图10 交流焊接电源
并联接线图

（二）BP1-3×1000型电渣焊专用焊接变压器 BP1-3×1000型电渣焊专用焊接变压器（图11）是目前国内广泛应用的电渣焊专用电源。它的特点是容量大（160千伏安），二次空载电压低（38~53.4伏），三相供电，每相可供焊接电流1000安培。主要供丝极（最多三根焊丝）电渣焊用。

这种型号变压器的三个初级线圈各有6个抽头，利用六只三极接触器的通断，改变初级线圈的匝数，从而实现焊接电压的调节。变压器的次级线圈也有三个抽头，因此共有18挡调节，这样就扩大了焊接电压的调节范围。焊接时，可根据网路电压的变化

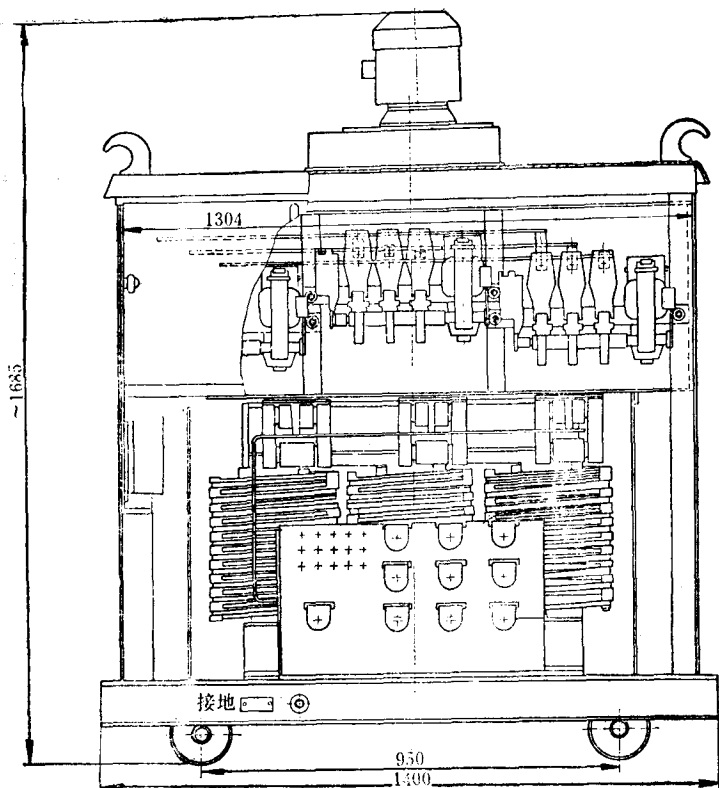


图11 BP1-3 × 1000 型电渣焊专用焊接变压器

情况选择使用。但必须注意，当变压器在负载情况下，不能进行次级电压的调节。需调节次级电压时，必须先切断变压器的输入电源，再改变次级的接线端，然后再接通变压器的电源。变压器的初级线圈与网路的连接，可采用截面积为50平方毫米的导线；与次级线圈接线端连接用焊接电缆，电缆截面可根据不同的