

交直流电焊机的工作 原理和应用

方 民 編著

中国工业出版社

电焊设备的电工基础

从事于电弧焊接的焊工，经常接触到的有电弧、焊钳、焊接导线、焊接变压器或焊接发电机和电源开关等（图1）。其中焊接导线和焊钳是传导电能的工具，而电源开关是干线和支线的连接点。这些都比较容易理解。

这里着重谈谈和电弧、变压器、发电机有密切关系的电工基本知识。

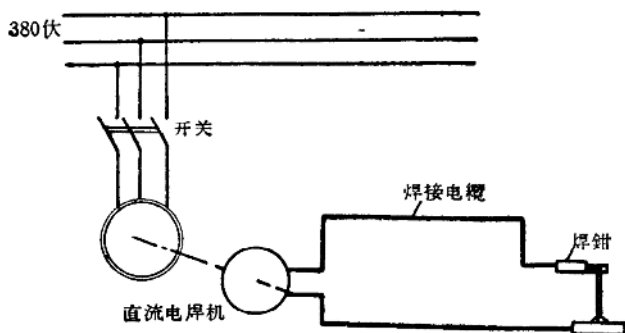


图1 焊接设备示意图。

什么叫做电弧，电弧是怎样产生的？我们都知道空气和其它许多气体，在一般情况下都是非导体，就是说，气体中不会有电流通过。因此，我们常常把气体（例如空气）当作绝缘物质。但是，我们也发现在特殊条件下空气是可以导电的。例如，在雷雨季节，当云层和云层之间或云层和大地之间有极高的电压时（几百万伏特），就会使两者间的空气导电，发出一种弧光。这就是我们看到的闪电现象。

在电气設備中，由于导体之間的空气間隔不大或是空气中存在着导电微粒，在高电压的情况下，也会使空气通过电流，产生弧光。这就是所謂“击穿”。

从上面两个例子中可以看出，在具有一定条件的空气中，两个电极之間会发生放电的現象，而空气間隔就成了导电介质。这种在放电瞬間有弧光产生的瞬間放电現象，容易造成重大的損失。

电弧是两个电极在气体介质中的連續稳定的放电現象（图2，乙）。

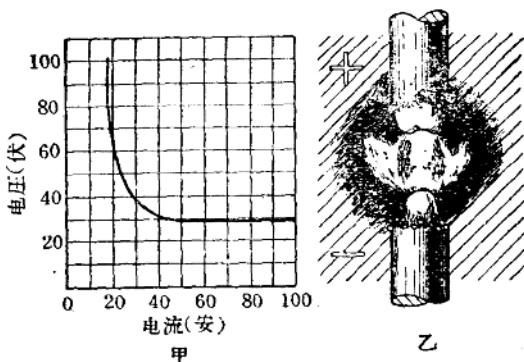


图2 电弧特性(甲)和电弧外形(乙)。

例如在电弧焊接的引弧过程中，只要使电极和工件（作为另一电极）接触，然后又很快的分开，相距12~20毫米，这个时候就引成了一个稳定的电弧。

当电极和工件接触时，由于电极端部粗糙，因而只形成几个点的接触。电流通过这些接触点产生了大量的热，并使接触点熔化。由于电极和工件分开，使熔化体在軸向受到拉伸作用，不断地减少了横断面，結果在电流密度很大的情况

下把熔化体拉断，同时形成了金属蒸气。同时由于温度很高，自由电子●就离开了两个电极的端面。这样，一方面加热了电极和工件之间的空气，另一方面使空气分子受到自由电子的碰撞而分裂成带负电荷的电子和带正电荷的离子（这种过程称为游离过程）。

这个时候，电极和工件之间只要维持一个电压，电子就会到正极上去，离子到负极上去。电极和工件之间的空气成了导电的介质，形成稳定的弧光放电现象——电弧。

电弧的能量除了小部分转变为光能以外，大部分是以热能的形式出现，它的最高温度达 $4000\sim 6000^{\circ}\text{C}$ 。在电弧的热能中，66%由正极产生，25%由负极产生，而其余是由弧柱产生的。

因此，用直流电焊接时，焊条和工件的极性有很大意义。例如当工件很大，加热所需的热量比较多时，工件就应该接正极，焊条接负极。这种连接形式叫做正极性连接。当工件不需要强烈加热时，例如堆焊工件，对薄板进行焊接时，工件就应该接负极，而焊条接正极，这种连接方式叫做反极性连接。

从上述电弧发生的过程看出，引弧时由于电极之间的介质电阻比较大，因此两电极之间需要较高的电压（ $50\sim 80$ 伏），这个电压叫做引弧电压。当电弧已经稳定，空气介质的电阻大大降低的时候，电极两端的电压就可降到较低的数值（ $25\sim 35$ 伏）。这种电弧电压和电弧电流的关系称做电弧特性（图2，甲）。应该注意，每一个电弧长度有一条电弧特

● 請參閱机械工业出版社出版的“手工电弧焊原理”（卡依加著）电工基本概念一节。

性曲線，这是因为电弧电压与电弧长度之間存在着正比的关系。

什么叫做发电机？它是怎样发电的？ 在日常生活中，我們知道有一种磁鉄，当它靠近鉄片，鉄針时，就会把鉄片鉄針吸引过来。这种現象証明，磁鉄的周圍空間具有一种吸引力，这个空間称为磁場，吸引力称为磁力。

同样，当电流通过导体时，在导体的周圍也产生一种磁場。例如在一个鉄棒上，繞上絕緣綫圈，綫圈两端通上电流，鉄棒就有了磁性。

如果在磁場中，放置一导綫，导綫中又通以电流。这时，就会由于导綫本身产生的磁場和外界磁場的相互作用，使导綫受到一种作用力而发生运动。这是电动机的作用原理。

与上述原理相同，如果在磁場中放置封閉的导綫，并以外加力使导綫运动，那末导綫中就会产生电流。因为当导綫运动时切割了磁場中的磁力綫，产生了一种电动势，这个电动势就使封閉的导綫中通过了电流。这种电动势和电流相应地称为感应电动势和感应电流。这就是发电机的基本原理。

图3是交直流发电机的示意图。綫匝固定在軸上，并与軸相互絕緣。当綫匝在磁場中旋轉而割取磁力綫的时候，綫匝內就感应出电动势，这个电动势靠滑环和电刷加在負荷上，通过了电流。但是用这种方法在电刷处所得到的的是交流电，因为在綫匝旋轉一周的过程中，綫匝所切割的磁力綫数量和切割的方向都是作周期性变化的。这是交流发电机。

为了得到直流电就需要一个直流发电机，它和交流发电机的区别就是沒有滑环，而是有一个整流子。最簡單的整流子由两个半圓环組成（如图3，乙）。

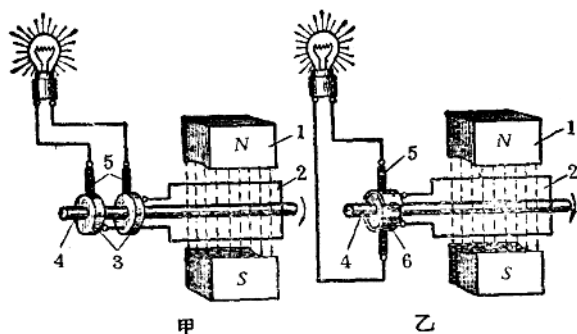


图3 交流发电机(甲)和直流发电机(乙)的示意图:
1—磁极; 2—导线; 3—滑环; 4—轴; 5—电刷; 6—整流片。

当线圈在旋转时，接近N极的导线所通过的感应电流是正方向的，而接近S极的感应电流是反方向的。所以，同一导线内感应电流的方向是作周期性改变的，但是在N极处的电刷总是汇集正方向的电流而S极处的电刷总是汇集反方向的电流。因此，在整流子的帮助下，就可以从电刷处得到一种方向不变的电流，这就是直流发电机的作用原理。

工业上常用的直流发电机，是用绕有线圈的磁极建立磁场的。电枢就在各磁极之中旋转，导线嵌在电枢的槽中。各导线的端头按一定次序与整流子的各整流片连接。整流片之间用云母片绝缘。整流子周围有几个电刷把，它连接在发电机外壳上。各电刷把上有许多电刷，每个电刷靠弹簧的力量压在整流子的表面上。

常用的直流电焊机，除了上述组成部分以外，还有一个变阻器，供调节焊接电流用。直流电焊机的电刷两端的无载电压比一般的直流发电机为低，仅60~65伏特。

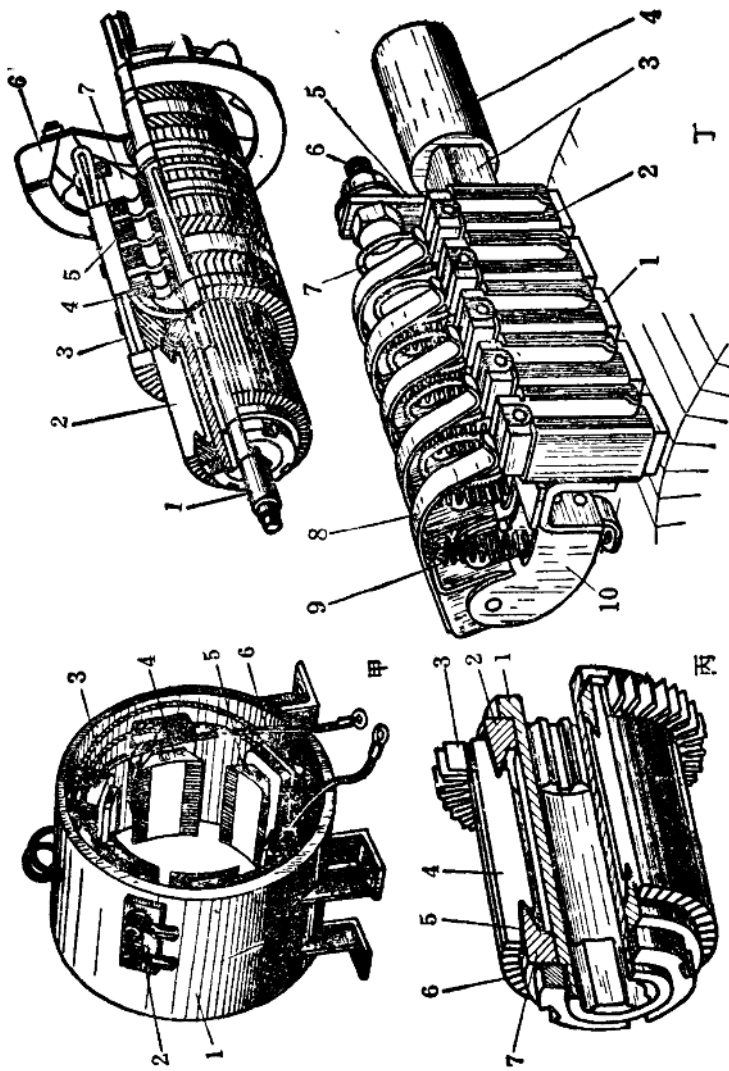


图4 (甲)定子: 1—外壳, 2—接线端, 3—辅助磁极, 4—主磁极, 5—激磁线圈, 6—激磁线圈。
 (乙)电枢: 1—轴, 2—整流片, 3—电枢导线, 4—右压圈, 5—电枢硅钢片, 6—风扇, 7—左压圈。
 (丙)整流子: 1—内套, 2—定位槽, 3—电枢导线连接端, 4—整流片, 5—绝缘物, 6—云母片, 7—定位槽。
 (丁)电刷机构: 1—电刷, 2—电刷架, 3、4—电刷架, 5—连接片, 6—连接螺钉, 7—铜片, 8—压紧片, 9—拉簧, 10—电刷架。

什么叫做变压器？它是怎样改变电压的？在交流电弧焊接时，为了把线路上供给的高电压（220或380伏）降低到焊接电弧所需的低电压（30~80伏），要利用变压器。在大型发电站中，为了把发电机发出的比较低的电压（500~6000伏）能以较高的电压（6000~25万伏）输送到远处，必须利用变压器经过一次或二次的升压。在常用的交流收音机里，也要用变压器把一般的照明电压（220伏或110伏）降低为较低的工作电压（6~12伏）。总之，能把供电线路的电压升高或降低为需用电压的电气设备都叫做变压器。

通常，变压器由三个主要部分组成：铁芯；一次绕组和二次绕组（图5）。

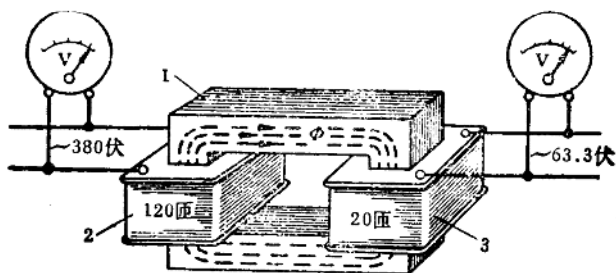


图5 变压器示意图：

1—铁芯；2—一次绕组；3—二次绕组。

当供电线路和一次绕组相连接，并通过电流的时候，就在铁芯内产生了一个交变磁场。这个交变磁场，根据电磁感应的道理在二次绕组的二端感应出一个端电势。

一次绕组两端的电压就是线路供给的电压（220或380伏），而二次绕组二端感应出的电压决定于一次绕组和二次

繞組的匝數比。例如，一次繞組有 120 匝，綫路供給的电压是 380 伏，而二次繞組有 20 匝。這就是說二次繞組的匝數為一次繞組匝數的 $\frac{1}{6}$ ，因此二次繞組的端电压就等於一次电压的 $\frac{1}{6}$ ，等於 $\frac{380}{6} = 63.3$ 伏。

● 當變壓器負載時，變壓器二次繞組的電流可以根據歐姆定律把二次电压除以負荷電阻算出來。

同時，變壓器各繞組的電流同該繞組的匝數成反比。

變壓器在負載時，本身所消耗的能量極其微小，所以我們可以認為電源給予一次繞組的電功率等於二次繞組所需要的電功率。

電功率等於電流和电压的乘積，它的單位是瓦。例如變壓器的一次电压為 380 伏，二次电压為 63.3 伏，如果變壓器負載時，二次繞組通過的電流有 50 安培，那末二次繞組所需要的電功率等於 $50 \text{ 安} \times 63.3 \text{ 伏} = 3165 \text{ 瓦}$ 。此時，電源給予一次繞組的電功率也是 3165 瓦，而一次繞組的電流就等於 $3165 \text{ 瓦} / 380 \text{ 伏} = 8.3 \text{ 安培}$ 。這樣，當一次繞組和二次繞組的匝數比為 6:1 時，一次電流和二次電流之比為 $\frac{8.3}{50} = 1:6$ 。

因此，我們對變壓器可以總結出下列三點：一、變壓器一次繞組和二次繞組的匝數比就是變壓器的變壓比；二、變壓器各繞組的电压和該繞組的匝數成正比，匝數愈多，电压愈高；三、變壓器各繞組的電流和該繞組的匝數成反比，匝數愈多，電流愈小。

變壓器的用途極其廣泛，我國電器工業生產着各種不同容量、不同形式的變壓器，其中包括焊接變壓器。

焊接變壓器與一般變壓器的區別在於特性，結構的不同而且具有調節焊接電流的設備。

焊接電弧的電源特性 上面介紹了電弧的特性。我們知

道电弧所需要的电能由电源设备供给。为了使电弧容易引燃，燃烧稳定和正常的工作，我们对电源设备提出了一些要求。这些要求总称为电弧电源的特性。

电源特性的第一点是电源外特性，也就是焊接导线的端电压和焊接电流之间的关系。

图6表示电弧特性和电源外特性的两条曲线。两条曲线相交于 b 、 d 两点，这就是说，在这两点的时候，电源的电压电流数值符合于电弧所要的数值，电弧可以燃烧。

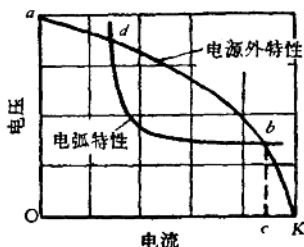


图6 电弧特性和电源外特性。

电弧的引燃是在 d 点以下的位置，因为只有低于 d 点

时，电源电压才高于电弧所需的电压。电弧引燃后，电流开始增加，当超过 b 点时，由于电源电压低于电弧所需的电压，因此电流会减小，而电弧燃烧的数值仍然回到 b 点。所以， b 点的电压电流是电弧的稳定燃烧点。图中 oc 和 bc 的长度相应地表示电弧电流和电弧电压。 oK 表示焊条与工件短接时的短路电流，此时电压等于零。 oa 段表示焊接回路断开时的无载电压。

从上面的解释和列出的图表中，我们知道，为了使电源外特性与电弧特性交叉；也就是为了获得引燃电弧时的高电压以及电弧的稳定燃烧点，电源设备的外特性应该是急剧下降。我们称电源的这种外特性为陡降外特性。

电源特性的另一些指标是无载电压和额定焊接电流。

无载电压就是焊接回路断开时电源设备的端电压，它的最大值受安全技术限制。一般的焊接变压器或焊接发电机，

其无載电压在 60~70 伏範圍內。

額定焊接电流是指电源設備在額定工作系数时的电流大小。工作系数（或称負載系数，暫載系数，暫載率）就是焊接時間占总時間（焊接時間和无載時間之和）的百分比（ $\Pi P\%$ ）。

多头式焊接发电机或变压器屬长期工作，因此工作系数 $\Pi P=100\%$ ，而单头式焊接发电机或变压器是間断工作，工作系数通常为 65% ，額定总時間一般为 5 分钟，也就是在 $5 \times 65\% = 3$ 分 15 秒內发电机或变压器可以連續工作，沒有过热燒損的危險。此时的最大焊接电流叫做額定焊接电流。

綜合上述情况，电弧电源設備應該滿足下列基本要求：

一、为了防止电源設備过热和燒損，應該限制它的短路电流；

二、焊接时电弧长度的变动不應該造成焊接电流显著的变化；

三、电源設備的无載电压应高于工作电压，以保証焊接电弧的稳定燃燒。

具有陡降外特性的电源設備保証了上述要求的实现。

此外，电源設備應該备有調节器，以便調整焊接电流的大小。

焊接发电机

当进行直流电弧焊接的时候，一般是采用直流焊接发电机作为电弧电源的。上面簡單敘述了一般直流发电机的原理和电弧焊接对电源設備的要求。下面介紹几种常用的焊接发电机。

去磁繞組的发电机 我們知道，一般的直流发电机由磁极、电樞、整流子和电刷等主要构件組成。电樞被一定轉速的感应电动机拖动，使电樞槽中的导綫切割磁极发出的磁力綫而感应出一个电动势。它經過整流子整流以后就能从电刷端取得一个比較恒定的直流电压。为了改变电刷端的电压大小必須改变磁极的磁力綫数量。这是因为在一般的发电机中，励磁繞組的直流电源是单独供給的，它与电樞电流的大小无关。

然而在去磁繞組的发电机中，励磁繞組共有二部分（图7），一部分与一般发电机的励磁繞組相同，由单独的直流电源供給。另一部分是与电樞回路相串联。

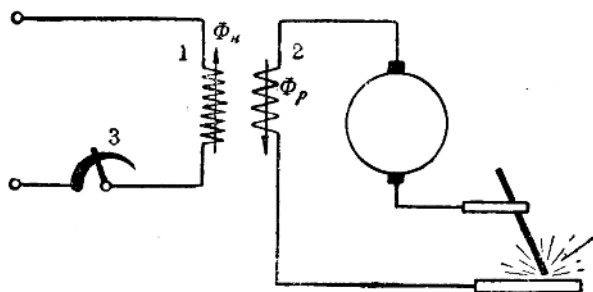


图7 去磁繞組发电机的示意图。

当电樞回路通过焊接电流的时候，这个串联励磁繞組在磁极上所产生的磁力綫，其方向与单独的并联励磁繞組的磁力綫相反，它减弱励磁繞組的綜合磁通。我們称这个串联励磁繞組为去磁繞組。

当焊接回路尚未接通，发电机处于无載的时候，只有单独的并联励磁繞組作用在磁极上，产生了磁通 Φ_m 。电樞导綫切割这部分磁通建立无載电压。当焊接回路接通以后，串

联的去磁繞組也作用在磁极上 (Φ_p)，总的磁通减少了，这样就降低了电樞导綫的电压。从这里可以看出，随着焊接电流的增加，降低了发电机的端电压，建立了陡降外特性。

当焊接发电机短路时，由于焊接电流的加大使去磁繞組产生的磁通大大地减弱了主磁通，結果电樞导綫的端电压极其微小，它恰好作为发电机内电阻的电压降。这就限制了短路电流，使发电机不致由于短路而燒損。

去磁繞組发电机的焊接电流是依靠单独励磁繞組回路中的变阻器来調节的，改变励磁电流就調节了主极磁通。

这种調节方法的缺点在于励磁电流改变的同时也改变了无載电压。例如大电流焊接时，并联繞組的励磁电流必須增加，这同时就升高了无載电压。同样，小电流焊接时，并联繞組的励磁电流必須調节得很低，但同时却降低了无載电压，这就使电弧很难引燃，造成电弧过程的不稳定。

为了弥补这个缺点，发电机具有二个匝数不同的串联繞組。当小电流焊接时，利用匝数較多的串联繞組。由于反向磁通比較多，大大降低綜合磁通。这样，并联繞組的励磁电流不必降低，发电机的无載电压仍然不变，保证了电弧在小电流时的稳定燃燒。同样，在大电流焊接时，可以利用匝数較少的串联繞組，使无載电压不致过高。

这种焊接发电机有苏联的 ПС-500 型和我国的 AB-500 型。

这种发电机的結構簡述如下：

它是由三相感应电动机和去磁发电机組成，电动机的轉子，发电机的电樞和整流子装在同一根軸上(图 8)。发电机的电樞有 100 个导綫槽子，并在軸向有五个通風槽。电樞槽中的导綫和整流子的整流片連接，各整流片之間用云母

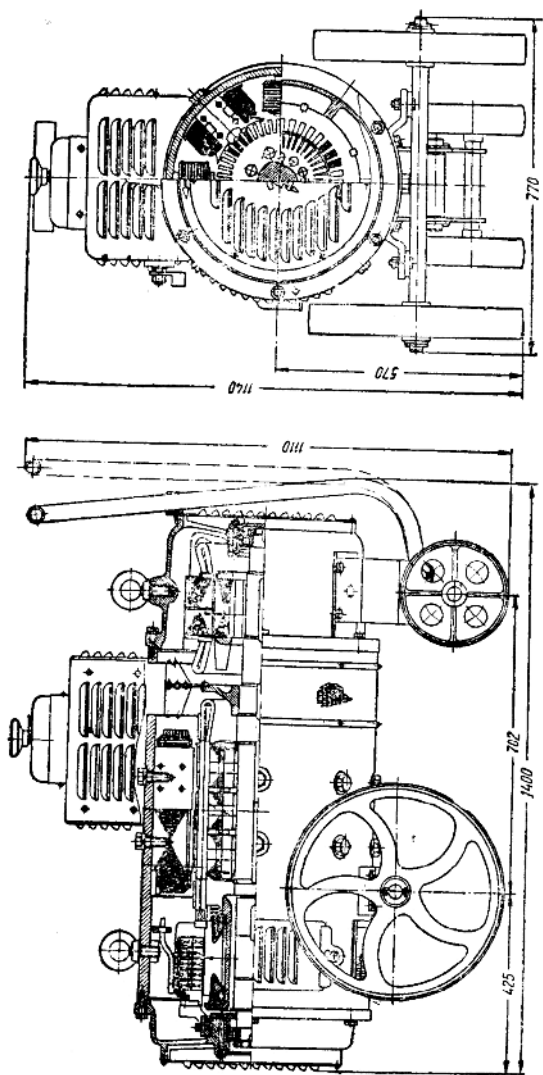


图8 DC-500型焊接发电机外形图。

表 1 各种直流电

电焊机型号	焊 接 发 电 机						型 号
	型 号	无载 电压 (伏)	額定 工作 电压 (伏)	額定 IP %	額定 电 流 (安)	調 节 范 围 (安)	
ПАС-1000	СГ-1000-1	68~92	45	65	1000	300~ 1200	柴 油 机 1ДБ-150
ПСО-120	ГСО-120	48~65	25	65	120	30~60 60~120	感应电动机 АВ-42/2
ПС-500 (国产АВ-500)	ГС-500	60~90	40	65	500	120~600	感应电动机 А-72/4
ПСО-500	ГСО-500	58~86	40	65	500	125~600	感应电动机 А-72/4
САМ-400	СГП-3-V	60~90	40	65	500	120~600	感应电动机 МАР-82 -73/4
САМ-400-1	СГП-3-V	60~90	40	65	500	120~600	直流电机 ПН-29
ПАС-400-V	СГП-3-V	60~90	40	65	500	120~600	汽車引擎 ЗИС-120
АСБ-300-2	ГСО-300	47~73	30	65	300	75~320	汽車引擎 ГАЗ-МК
АСД-3-1	СГП-3-V	60~90	40	65	500	120~600	柴 油 机 ЯАЗ-204
СМП-3	СМП-3	45~68	40	75	500	150~600	感应电动机 МКА-22/4 -С
ПС-300-М	СГ-300-М	50~76	30~35	65	340	80~380	感应电动机 А-62/4
ПС-300	СГ-300	50~73	35	65	340	70~380	感应电动机 А-62/4
СМГ-2Р (国产АТ-320)	СМГ-2r-I	50~68	30	65	300	45~320	感应电动机 А-62/4
САМ-250	СМГ-2r-IV	50~68	30	65	300	45~320	直流电机 ПН-100
САК-2М-V	СМГ-2М-V	50~76	30	65	300	75~340	汽車引擎 ГАЗ-МК
САК-2r-I	СМГ-2r-I	50~68	30	65	300	45~320	汽車引擎 ГАЗ-МК
САК-2r-IV	СМГ-2r-IV	50~68	30	65	300	45~320	汽車引擎 ГАЗ-МК
СУГ-26	СМГ-26	50~68	25	70	300	75~360	感应电动机 МКФ-29/4
СУП-0	СГП-0	30~40	25	75	100	15~120	感应电动机 АД-32/2
СНП-1-I	СГП-1	30~42	30	75	185	70~250	感应电动机 МКФ-25/4
СНП-2	СГП-2	30~42	30	75	300	90~350	感应电动机 МКФ-29/4

焊机的技术数据

原 动 机 (电动机)				电 焊 机					
功 率 (仟瓦或 馬力)	电 压 (伏)	轉 速 (轉/分)	功率 因数	結構形式	效率	重量 (公斤)	尺寸(毫米)		
							长	寬	高
150馬	—	1500	—	移动式	—	4000	3920	1500	2100
4 瓩	220/380	2900	0.88	单壳移动式	0.47	155	1055	550	730
28瓩	220/380	1450	0.86	单壳移动式	0.54	960	1400	770	1140
28瓩	220/380	1450	0.86	单壳移动式	0.54	780	1275	770	1080
32瓩	220/380	1460	—	固定式	—	1450	1760	740	940
32瓩	220	1500	—	固定式	—	1630	1980	650	940
90馬	—	1600	—	移动式	—	1900	2870	880	1920
30馬	—	1450	—	移动式	—	850	2080	810	1730
—	—	—	—	移动式	—	—	—	—	—
36瓩	220/380	1450	0.89	固定式	—	1500	2445	680	796
14瓩	220/380	1450	0.87	单壳移动式	0.57	600	1200	755	1180
14瓩	220/380	1450	0.87	单壳移动式	0.57	620	1220	755	1180
14瓩	220/380	1450	0.87	移动式	—	550	1620	626	1080
14.3瓩	220	1560	—	固定式	0.5	700	1610	550	920
30馬	—	1430~ 1550	—	移动式	—	900	2080	810	1730
30馬	—	1430	—	移动式	—	900	2120	820	1750
30馬	—	1430~ 1550	—	移动式	—	900	2120	806	1730
11.5瓩	220/380	1430	0.85	单壳移动式	0.53	550	1270	626	1150
4.2瓩	220/380	2930	0.88	单壳移动式	0.52	160	1110	370	435
8.4瓩	220/380	1430	0.86	单壳移动式	0.54	400	1210	626	870
11.5瓩	220/380	1430	0.85	单壳移动式	0.54	500	1245	626	1155

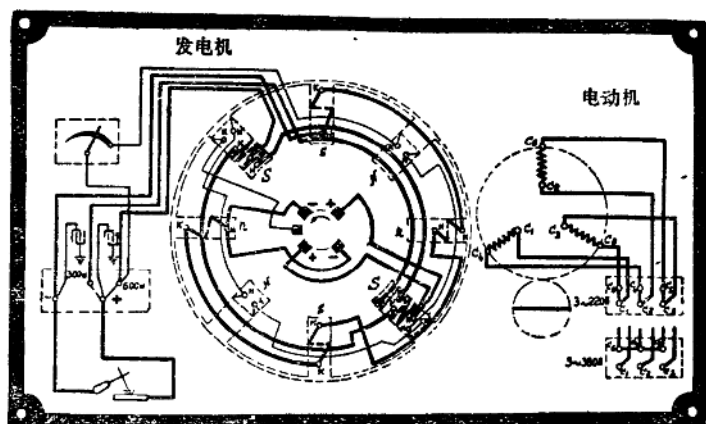


图9 TIC-500型岸接发电机接线图。

絕緣。

发电机的定子中包括四个主磁极和四个辅助磁极，每个主磁极有一个颈槽，其目的是改善发电机的整流作用。

在整流子上有五个电刷把（图9），四个是主要电刷把，一个是辅助电刷把。四个主要电刷把在整流子周围方向对称排列，组成并联的两对，一对为正极，另一对为负极。电枢电流从正极电刷引出以后，经过主要磁极上的串联绕组到接线板的正极端，另一端从负极电刷引出通过四个辅助磁极上的串联绕组到接线板的负极端构成电弧电源的两端。

四个主磁极上的并联励磁绕组互相串联，串联后的一端接在辅助电刷上，另一端经过变阻器接到接线板的正极端上。

表1列出各种去磁绕组发电机的特性数据。

横向磁场发电机 我们从上面一节中已经知道发电机所以能够在电枢两端产生电压是因为电枢导线切割了磁场中的磁力线，为了建立这样的磁场，我们是依靠绕在磁极上的励