



奥太焊机

维修培训教材

(2008 版)

山东山大奥太电气有限公司

二〇〇八年二月

奥太焊机
维修培训教材
(2008 版)

改 编：梁 延 宝

山东山大奥太电气有限公司

二 0 0 八 年 二 月

山东山大奥太电气有限公司企业简介

山东山大奥太电气有限公司是目前国内规模最大的逆变焊机制造企业之一，专业从事逆变焊机及专用焊接设备的研发、生产与销售，是国家级重点高新技术企业。十多年来，奥太事业快速发展。从 2001 年开始，连续 6 年，企业的增长速度都远远高于行业的平均发展速度和主要竞争对手的发展速度。2005 年起，成为国内逆变焊接设备市场销量最大的企业，在行业中具有较高的影响力。

公司成立于 1993 年，公司曾用名称山东奥太技术开发公司、山东山大华天科技股份有限公司、山东山大华天电气有限公司。

公司依托山东大学的技术优势，一直致力于逆变焊接设备的研发、制造、销售与服务。目前公司的产品有 ZX7 系列手工焊/氩弧焊机、NBC 系列 CO₂ 气体保护焊机、MZ 系列埋弧自动焊机、WSM 系列脉冲氩弧焊机、WSME 系列交直流脉冲氩弧焊机、MIG/MAG 系列脉冲气体保护焊机、LGK 系列空气等离子切割机、DC 系列多功能弧焊机等十三个系列近百个品种的通用焊机和焊接设备。

公司拥有行业中最强大的研发队伍和专业的实验设备，同时还得到了山东大学各学科人才和技术的大力支持，保证了奥太产品在技术上处于国内逆变焊机行业领先水平，形成显著的竞争优势，公司的研发中心是山东省政府认定的“山东省现代焊接装备工程技术研究中心”。从上世纪 90 年代初的晶闸管式逆变焊机，到 21 世纪的 IGBT 式逆变焊机，以及现在的数字化焊机，都能体现出公司强大的研发、设计能力与旺盛的生命力。公司产品采用先进的软开关逆变技术，国内首创，曾获得国家科技进步二等奖、教育部科技进步二等奖、山东省科技进步二等奖、山东省科技进步三等奖、国家发明奖等等，同时还获得多项国家专利。2003 年公司的“逆变式焊接电源技术的研究及产业化”项目荣获国家科技进步二等奖——焊机制造业获此殊荣，在国内历史上还是首次。

公司现有员工 580 余人，其中高级职称 30 多人，本科以上学历占 36%。现有生产基地两处：其中济宁制造中心厂房 10000 多平方米，焊机的年生产能力达到 25000 台/套，目前有 24 条生产线，焊机生产从线路板装焊、部件组装到整机生产调试全部实行专业化的流水线操作，确保了生产效率与产品

质量。2006年，建设占地246亩的淄博奥太工业园区一期工程竣工并投入使用，5000多平方米的办公、科研大楼的启用，为公司发展提供了更广阔的发展空间。

公司已在全国设立了50多处销售分支机构，拥有覆盖全国的销售与服务网络，“奥太”焊机以其优秀的产品质量和服务在用户中树立了较高的信誉和品牌形象。“奥太”焊机的用户遍布国内各大行业及基建单位，产品已经被广泛的应用于电力、石油、石化、造船、汽车、钢结构、机械制造、管道施工、锅炉、压力容器等很多领域。近年来，一些国家重大投资项目如西气东输、西电东送、奥运工程等也大量使用了“奥太”焊机。海外市场的拓展，更为奥太焊机提供了向世界展露头角的舞台。

公司通过了ISO9001:2000版质量管理体系认证和中国国家强制性产品认证（CCC认证），建立了完善的质量保证体系。公司秉承“先人后事、求实高效、尽职尽责、真诚合作”的企业理念，恪守“尽职尽责、持续改进、追求卓越、确保顾客满意”的质量方针，公司以“做同行业的巨人，为社会多做贡献，为股东和员工谋取合理回报”为使命，全体员工围绕“做国内逆变焊机行业的领先者”的战略目标，培育“产品性能/成本最优，产品平均无故障工作时间最长”的比较竞争优势，培育以“提高团队内部的执行能力，提高团队整体素质”为根本的核心竞争力，建立以制度为基础的企业文化，力争做基业长青的百年企业。

公司及产品优势

公司是中国工程建设协会，中国石油工程建设等协会的常务理事单位，中国钢结构焊接协会，中国船舶工业焊接等协会的副理事长单位。

公司通过ISO9001/2000版国际质量管理体系认证，产品通过中国国家强制性产品安全认证（CCC）。

逆变焊接电源技术及系列产品的研究与产业化获国家科学进步二等奖。

拥有“电力电子与电力传动”、“控制理论与控制工程”两个硕士点和“工程系统控制”一个省级重点实验室。

产品除具有一般逆变焊机所具备的优势外还具有以下特点：

1、“软开关”技术，使主功率器件在开关时工作在零电压，零电流状态，大大减少了开关应力和开关功率尖峰，提高了逆变焊机的可靠性。

2、全国工程建设系统 1997 年第三届、1999 年第四届、2001 年第五届、2003 年第六届、2005 年第七届、2007 年第八届焊工比赛指定使用焊机。

3、2001 年第五届比赛中采用奥太焊机的选手分别获得了行业代表对，地方代表队两组团体冠军；各省、市代表队选用奥太焊机的选手囊括了前六名；全国行业代表队选用奥太焊机的选手取得了 1、2、3、4、6 名。

4、2003 年第六届比赛中，地方队选用奥太手弧/氩弧焊机的选手获得了第 1、2、3、4、5、7、8、10 名，选用奥太CO₂焊机的选手获得了 2、3、5、6、8、9、10 名的优异成绩。

5、2005 年第七届比赛中，行业队选用奥太手弧/氩弧焊机的选手获得了第 1、3、4、4、5、7、8、9、10 名，选用奥太CO₂焊机的选手分别囊括了地方队与行业队前 12 名的优异成绩。

使用奥太焊机的超过 100 台的国内用户已有近 100 家，其中山东电力建设公司超过 2000 台，辽宁电力建设公司有 1500 台。

随着国内建设队伍到菲律宾、巴基斯坦、孟加拉、阿尔及利亚、苏丹、马来西亚等国家使用的奥太焊机 1000 多台。

奥太焊机已成为国内施工单位到国外施工的首选产品。

奥太公司大事记

1993 年 山东奥太技术开发公司成立；ZX7 型晶闸管系列焊机批量生产并在国内率先推出了高频引弧装置与电源一体化的逆变焊机；奥太焊机逐步成为电建行业的主力焊机。

公司 IGBT 逆变焊机通过产品鉴定。

1996 年 奥太产品荣获“国家级新产品”称号。市场从以电建行业及山东省市场为主，逐步辐射到石油、化工、冶金等行业；奥太焊机产销量显著增加并销往国内外重大用户；100 余台焊机应用于国内核电建设，700 余台随国内施工队伍到菲律宾、巴基斯坦、苏丹等国家施工。

1997 年 在国内率先将“PWM 软开关功率变换技术”应用在 NBC-400CO₂ 型焊机上，解决了逆变焊机产品可靠性问题，并在 1998 年逐步推广到奥太各系列焊机产品上，率先将该技术在国内焊机行业的产品化。

- 1999年 公司开始向客户提供 IGBT 逆变焊机，并得到用户的认可；
随着奥太不断发展，开始在全国进行销售与服务网络的建设工作；
公司新增 2800 平方米生产车间，生产初具规模。
- 2000年 伴随着新山东大学的诞生，根据山大产业集团的战略部署，在原山东奥太科技开发公司等四家校企的基础上成立了山东山大华天科技股份有限公司。
- 2001年 公司被国家科技部评为"国家火炬计划重点高新技术企业"；
公司研发中心被山东省人民政府认定为"企业技术中心"；
公司被山东省质量技术监督局评为"质量管理先进企业"；
MZ 系列逆变式埋弧自动焊电源获得山东省科技进步二等奖。
- 2003年 山东大学和山大华天科技股份有限公司为推动焊接设备事业的发展，在焊接设备事业部的基础上成立了山东山大华天电气有限公司。
- 2004年 由于奥太焊机为我国焊接电源领域做出的特殊贡献，奥太“逆变电源研究及产业化”荣获国务院颁发的“国家科技进步二等奖”——焊机制造业首次获此殊荣；
"全负载的软开关电源技术及低飞溅气体保护焊机"获教育部二等奖；
面积达 10000 多平方米的厂房落成使用，进一步提高了生产能力。
- 2005年 公司完成股权改造，实现了 MBO，更名为山东山大奥太电气有限公司，实现国内逆变焊机市场销量第一。
- 2006年 研发中心被山东省政府认定为“山东省现代焊接装备工程技术研究中心”，获奖 150 万元人民币；淄博奥太工业园一期工程顺利竣工；进一步稳固了国内逆变焊机市场销量第一的地位，开创了海外业务拓展的新局面。
- 2007年 新办公、科研大楼正式启用。

本教材主要是针对新员工的基础培训材料，基础培训的目标是使新员工对我们的公司和我们的产品有一个基本的了解，并且能够学会基本的维修。

目 录

公司简介

第一篇 基础

第一章 基础知识

- § 1-1 概述····· (1)
- § 1-2 焊接的本质和分类····· (2)
- § 1-3 焊接电弧原理····· (3)
- § 1-4 焊丝的加热、熔化及熔滴过渡····· (7)
- § 1-5 焊接参数和工艺对焊缝的影响 ····· (10)
- § 1-6 通用弧焊电源的发展和分类·····(12)

第二篇 传统模拟逆变焊机

第二章 逆变式弧焊电源

- § 2-1 逆变弧焊电源基本原理 ····· (13)
- § 2-2 弧焊电源的要求及其特性 ····· (16)
- § 2-3 奥太焊机的主回路原理及器件·····(20)

第三章 器件的测量及维修基础

- § 3-1 器件测量 ····· (23)
- § 3-2 维修流程图 ····· (35)

第四章 ZX7 系列手工/氩弧焊机

- § 4-1 焊条手工焊对焊机的要求 ····· (39)
- § 4-2 ZX7 系列手工/氩弧焊机 ····· (40)
- § 4-3 ZX7 系列焊机维修····· (43)

第五章 NBC系列CO₂气体保护焊机

- § 5-1 CO₂气体保护焊的特点及基本工作原理····· (50)
- § 5-2 奥太NBC系列CO₂气体保护焊机····· (53)
- § 5-3 CO₂气体保护焊机的焊枪····· (55)
- § 5-4 NBC 系列焊机的维修····· (61)

第六章 MZ 系列埋弧自动焊机

§ 6-1	埋弧焊的特点和基本原理	(66)
§ 6-2	奥太牌 MZ 系列焊机	(70)
§ 6-3	奥太 MZC 系列埋弧焊车	(75)
§ 6-4	MZ 系列焊机的维修	(83)
§ 6-5	MZ 系列焊机的维修提高	(92)
§ 6-6	MZ 系列埋弧焊的维修实例	(97)
第七章 空气等离子切割机		
§ 7-1	空气等离子切割机	(101)
第八章 其它气保焊和切割系列		
§ 8-1	NBC-500IIa 气体保护焊机	(108)
§ 8-2	NBC-500(X) 气体保护焊机	(110)
第九章 DC 系列自保护药芯焊		
§ 9-1	DC-500 多功能焊机	(113)
第三篇 数字化逆变焊机		
第十章 数字化焊机基础		
§ 1-1	数字化焊机基础	(119)
第十一章 ZX7-IV 系列手工氩弧焊机		
§ 11-1	与 ZX7-III 系列焊机的区别	(123)
§ 11-2	ZX7-IV 系列手工氩弧焊机使用	(124)
第十二章 NBC-III 系列 CO₂ 气体保护焊机		
§ 12-1	与 NBC-II 系列焊机的区别	(131)
§ 12-2	NBC-III 系列 CO ₂ 气体保护焊机的使用	(132)
第十三章 MZ-III 系列埋弧焊机		
§ 13-1	与 MZ-I、II 系列焊机的区别	(141)
§ 13-2	MZ-III 系列埋弧焊机的使用	(143)
第十四章 脉冲氩弧焊机和交流方波氩弧焊机		
§ 14-1	WSM 系列脉冲氩弧焊机	(152)
§ 14-2	WSME 系列交流方波弧焊机	(159)

山东山大奥太电气公司的质量方针

尽职尽责、持续改进、
追求卓越、确保顾客满意。

山东山大奥太电气公司的质量目标

产品出厂一次合格率优于 98%；
顾客满意率超过 90%；
国家监督部门抽查合格率 100%；
产品整机拆箱检验合格率 99.5%

第一章 焊接基础知识

§ 1-1 概述

焊接是金属材料连接的最基本方法之一，它具有低成本、永久性、可靠性高的特点。目前，焊接广泛应用于金属材料间的连接，并对所焊产品产生更大的附加值。焊接作为一种现代的先进主导制造工艺技术，正逐步集成到产品的主寿命过程，即从设计开发、工艺制定、制造生产，到运行服役、失效分析、维护、再循环等产品的各个阶段。

焊接作为一种广泛的系统工程，大量应用于机械制造、电力建设、石油化工、交通运输设备、建筑工程、航天航空、电子器件、家用电器、医疗器械、通讯工程等众多领域。几乎有金属应用的地方，都有焊接现象。

一、焊接装备

焊接装备包括焊接电源设备、焊接辅机具和切割设备。 近几年来，我国焊接装备的技术水平和制造能力不断提高，绝大多数焊接装备能满足国内市场的需要，一些专机、成套设备和部分通用焊接设备还向国外出口。

1、在电弧焊机中，以逆变焊机为代表的直流焊机所占比例不断提高。

2、电弧焊接设备中，自动、半自动焊机所占比例不断提高。

3、数控切割机的制造已形成一定的规模，但配套的等离子切割电源还要大量进口，专用的数控切割设备品种不多。

4、焊接机器人制造能力、制造水平和推广应用有待进一步提高。

国内投产使用的焊接机器人绝大部分从国外进口，与日本、美国、西欧等国家相比，焊接机器人的数量极少，正常运行率不理想。

5、我国在特种焊机、成套设备及其他焊接装备方面发展较慢。很多国产新型焊接设备自行研制开发的少，仿制、组装的多。

6、焊接设备、TIG、CO₂焊枪和配件制造的自动化程度不高，手工作业较多，产品性能稳定性和一次合格率有待提高。

二、焊接技术应用

在重型机械、冶金机械、矿山工程机械、电站锅炉、压力容器、石油化工、机车车辆、汽车等行业，不同地应用了数控切割以及埋弧焊、电渣焊、CO₂气保焊、TIG焊、MIG焊、MAG焊、电阻焊、钎焊等焊接方法。

近些年来，我国焊接科技和生产技术水平有了很大发展，但整体水平与发达国家相比还存在很大差距。

1、焊接结构用钢量作为衡量一个国家工业发达及焊接技术先进的主要指标。全世界平均45%的钢材要经过焊接才能成为投入市场的产品。

2、我国手工焊所占比例很大，焊接生产机械化、自动化水平较低。但是，自动、半自动焊机所占比例不断提高。

3、从生产工艺装备看，近年来我国生产了一些成套的焊接工艺装备和生产线，也从国外引进了一些设备，数量远不能满足国内工业生产的需要。

4、我国在特种工程条件下的特种材料焊接应用还比较少。如高温、低温、石化、海洋、核能、航空航天、酸碱腐蚀等特种工程材料的焊接领域，工艺水平和应用范围均满足不了目前工业生产发展的需要。

5、在焊接结构使用性能、节约材料、降低成本的异种钢材料焊接应用和工艺水平方面，仍落后于美、日、德等国家。

§ 1—2 焊接的本质及分类

焊接过程的本质就是通过适当的物理、化学过程使两个分离表面的金属原子之间的距离接近金属晶格距离并形成结合力。目前找到的基本途径，便形成了焊接的基本分类。

一、熔化焊接

使被连接的母材表面局部加热熔化成液体，然后冷却结晶成一体的方法为**熔化焊接**。为了实现熔化焊接，关键是要有一个能量集中、温度足够高的加热热源。熔化焊接的基本方法主要有两种：气焊（以氧乙炔或其他可燃气体燃烧火焰为热源）和电弧焊（以气体导电时产生的热为热源）。

为了防止局部熔化的高温焊缝金属与空气接触而造成成分、性能的不良，熔化焊接过程一般都必须采取有效的隔离空气的保护措施，其基本形式是：真空、气相和渣相保护三种。因此，保护形式常常是区分熔化焊接方法的另一个特征。因此电弧焊可按保护方法的不同分为埋弧焊、气保护焊等。此外，电弧焊方法还按电极特征分为熔化极和非熔化极两大类。

二、压力焊接

利用摩擦、扩散和加压等物理作用克服两个连接表面的不平度，除去（挤走）氧化膜及其他污染物，使两个连接表面上的原子相互接近到晶格距离，从而在固态条件下实现的连接统称为**固相焊接**。固相焊接时通常都必须加压，因此也称**压力焊接**。为了使固相焊接容易实现，固相焊接大都在加压的同时伴随加热措施，但加热温度通常都远低于焊件的熔点，因此固相焊接一般都

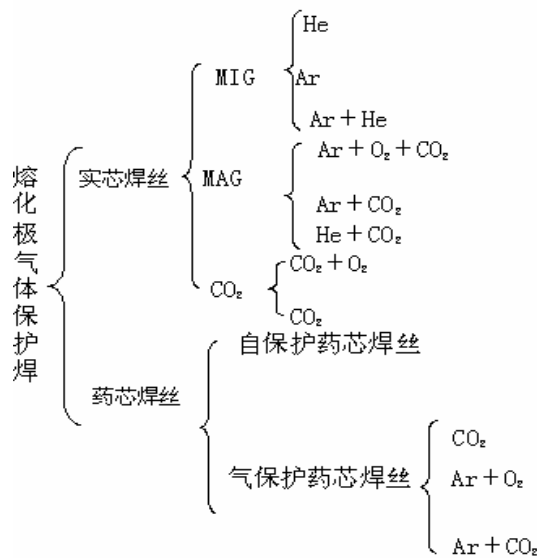
无需保护措施（扩散焊等除外）。

按照加热方法不同，压力焊接的基本方法有：冷压焊、摩擦焊、超声波焊、爆炸焊、锻焊、扩散焊、电阻焊、闪光对焊等若干种。

三、钎焊

利用某些熔点低于被连接母材熔点的熔化金属（钎料）作连接的媒介物在连接界面上的流散浸润作用，然后冷却结晶形成结合面的方法称为钎焊。钎焊必须采取加热（使钎料熔化，但母材不熔化）和保护措施（使熔化的钎料不跟空气接触）。

熔化极气体保护电弧焊的分类：



注：在MAG焊中，如果保护气体以Ar为主，也称为MIG焊。

§ 1-3 焊接电弧原理

一、焊接电弧的物理本质和引燃

电弧是所有电弧焊接方法的能源，电弧能有效而简便的把电能转变成焊接过程所需的机械能及热能。电弧并不是一般的燃烧现象。实质上，**电弧是在一定条件下电荷通过两电极间气体空间的一种导电现象。**或者说是一种气体放电现象。借助这种特殊的气体放电过程，电能转变成光能；热能和机械能。焊接就是要利用其热能和机械能达到金属连接的目地。

1、气体放电的基本概念

不论固体、液体还是气体，能否呈现导电性，都取决于在电场作用下是

否拥有可自由移动的带电粒子。金属本身拥有大量自由电子，所以在金属导体两端只要加上电压，自由电子便产生定向运动，形成电流。但是正常状态下的气体不含带电粒子，是由中性分子或原子组成的。它们虽然可以自由移动，但不会受电场作用而产生定向运动，所以是不导电的。因此，要使正常状态的气体导电，必须先产生带电粒子，然后才能呈现导电性能。

2、带电粒子的扩散和复合现象

电弧的导电是靠电弧空间带电粒子的运动来实现的，电弧的稳定燃烧是带电粒子产生、运动与消失的动平衡过程。带电粒子产生后，一部分承担了导电任务，另一部分则在电弧空间消失了，带电粒子在电弧空间的消失过程主要有扩散与复合两种形式。

(1) 扩散：带电粒子和一般气体分子和原子一样，如果分布密度不同，则带电粒子将从密度高的地方向密度低的地方移动而趋向密度均匀，这种现象称为带电粒子的扩散现象。

(2) 复合：电弧空间的正负带电粒子（正离子、负离子、电子），在一定条件下相遇而互相结合成中性粒子的过程称为复合。

3、焊接电弧的引燃

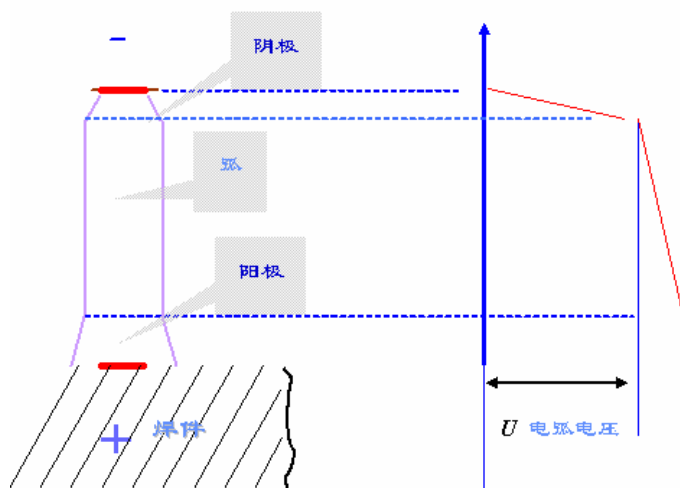
焊接电弧引燃有两种方式：接触引弧和非接触引弧

(1) 接触引弧：电极（焊条或焊丝）与工件直接短路接触，随后拉开，从而把电弧引燃。手弧焊和熔化极保护焊都采用这种引弧方式。

(2) 非接触引弧：指在电极与工件之间存在一定间隙，施以高压击穿间隙，使电弧引燃。钨极氩弧焊和等离子弧焊采用这种方式。

二、电弧区域的组成及压降分布

当两电极之间产生电弧放电时，在电弧长度方向的电场强度并不是均匀的，实际测量得到沿弧长方向电压分布如图。



由图可以看到电弧由三个电场强度不同的区域构成。阳极附近的区域为阳极区，其电压称为阳极电压降；阴极附近的区域为阴极区，其电压称为阴极电压降；中间部分为弧柱区，其电压称为弧柱电压降。电弧的这种不均匀的电场强度说明电弧各区域的电阻是不相同的。弧柱的电阻较小，电压降较小；而两个电极区的电阻较大，电压降较大。

1、阴极区的导电机构

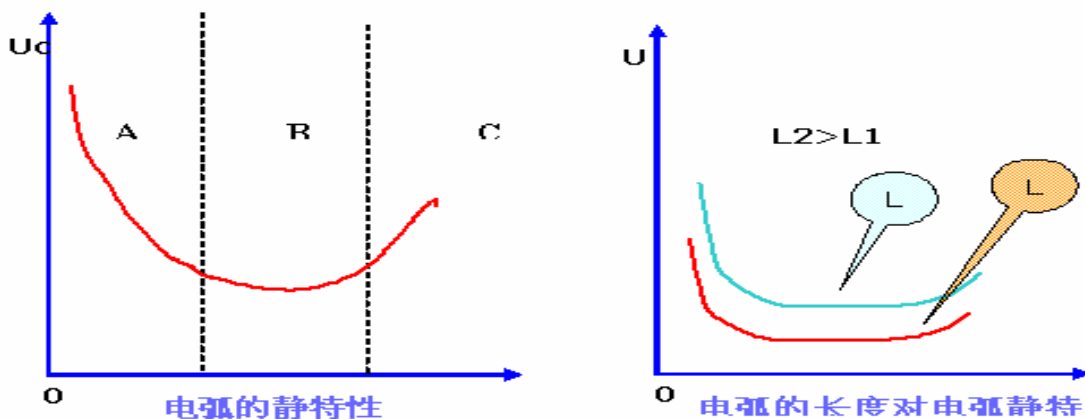
为了维持电弧稳定燃烧，阴极区的任务是向弧柱区提供所需要的电子流，接受由弧柱送来的正离子流，以满足电弧导电需要大电流的特点。

2、阳极区的导电机构

阳极区的导电机构比阴极区要简单的多，为了维持电弧导电，阳极区的任务是接受由弧柱过来的电子流和向弧柱提供的正离子流。

三、电弧的静特性（如图）

电弧燃烧时，两极间稳态的电压和电流关系曲线称电弧的静特性（电弧电压降是阴极压降. 阳极压降. 弧柱压降的总和）。



A段：为下降特性段，这时，电弧不稳定，一般不采用这个区段。

B段：为平特性段，电弧稳定燃烧。电流稳定，电压随着弧长变化而变化。

埋弧自动焊：正常电流密度—平特性区；焊条手工焊（ $\leq 500A$ ）：无上升特性区；TIG：大电流区---平特性区。

C段：为上升特性段，电弧稳定燃烧。电流增大，电压升高。埋弧自动焊：

大电流密度—上升特性区细丝熔化极气保焊：电流密度较大上升特性区。

四、电弧力

在焊接过程中，电弧不仅是一个热源而且也是一个力源。电弧产生的机械作用力与焊缝的熔深、熔池搅拌、熔滴过渡、焊缝成型都有直接关系。如果对电弧力控制不当他将破坏焊接过程，使焊丝金属不能过渡到熔池而形成飞溅、焊瘤、咬边、烧穿等缺陷。焊接电弧力主要包括：电磁力、等离子流力、斑点压力、短路爆破力等。

1、电磁收缩力

在焊接电弧中，电磁收缩力同时作用于工件和焊条上，实际上焊接电弧不是圆柱体，而是断面直径变弧的圆锥状气态导体。因为焊条直径限制了导电区的扩展，而在工件上电弧可以扩展的比较宽。所以接近焊条端电弧断面直径小，接近焊件端电弧断面直径大，直径不同将引起压力差，从而产生焊条指向工件的推力 $F_{推}$ ： $F_{推}=kI \log(R_b/R_a)$ ， $F_{推}$ ：指向工件的推力； I ：电流值； R_b ：锥形弧柱下地面半径； R_a ：锥形弧柱上地面半径。

2、等离子流力

电弧中由于电弧推力引起的高温气流运动所形成的力称为等离子流力。

3、斑点力

当电极上形成斑点时，由于斑点上导电和导热的特点，在斑点上产生斑点力。斑点力在一定条件下会阻碍焊条熔化金属的过渡。

4、爆破力

熔滴短路时电弧瞬时熄灭，因短路时电流很大，短路金属液柱中电流密度很高，在金属液柱内产生很大的电磁收缩力，使电弧颈变细，电阻热使金属液柱温度急剧升高，液柱气化爆裂，此为爆破力，能使液体金属形成飞溅。

五、磁场对电弧的作用

电弧周围的磁场：电弧本身电流产生的磁场（自身磁场）。

电弧自身磁场的作用：使电弧具有刚直性（电弧作为一个柔软导体抵抗外界干扰，保持焊接电流沿焊条轴向流动的性能）。

电弧的磁偏吹（自身磁场不对称使电流偏离焊条轴线的现象）。

1、造成磁偏吹的原因是：

- （1）接地线位置不正确；
- （2）外部磁场；
- （3）焊条不同心。

2、消除和减弱偏吹的方法：

- （1）短弧焊接；

- (2) 对长和大的工件两边连接地线；
- (3) 消除工件剩磁；
- (4) 用厚皮焊条；
- (5) 避免周围磁性物质影响

§ 1—4 焊丝的加热、熔化及熔滴过渡

一、焊丝的加热、熔化

熔化极电弧焊时，焊丝熔化作为填充金属形成焊缝。焊丝的熔化主要靠阴极区或阳极区所产生的热量，而弧柱区产生的热量对焊丝熔化居次要地位。焊丝除了受电弧的加热外，在自动和半自动焊时，从焊丝与导电嘴接触点到电弧端头的一段焊丝（即焊丝伸出长度用 L_s 表示）有焊接电流流过，所产生电阻热对焊丝有预热作用，从而影响焊丝的熔化速度。特别是焊丝比较细和焊丝金属的电阻系数比较大时这种影响更为明显。

$$PR=I^2 R_s \quad RS=L_s/S$$

影响焊丝熔化速度的因素：

- 1、电流和电压对熔化速度的影响。
- 2、气体介质对焊丝熔化速度的影响。不同气体介质直接影响阴极压降的大小和焊接电弧产热多少，因此影响焊丝的熔化速度。
- 3、电阻热对熔化速度的影响。熔化焊时，由于采用的电流密度较大，在焊丝伸出长度产生的电阻热对焊丝预热，可以影响到焊丝的熔化速度。

二、熔滴过渡和飞溅

在电弧热作用下，焊丝与焊条端头的熔化金属形成熔滴，受到各种力的作用向母材过渡，称为熔滴过渡。

1、熔滴上的作用力

焊条端头的金属熔滴受以下几个力的作用：表面张力、重力、电磁收缩力、斑点压力、等离子流力和其他力。

- ① 表面张力：表面张力是在焊条端头上保持熔滴的主要作用力。
- ② 重力：当焊丝直径较大而焊接电流较小时，在平焊位置情况下，使熔滴脱离焊丝的力主要是重力。如果熔滴的重力大于表面张力时，熔滴就要脱离焊丝。在立焊和仰焊时，重力将阻碍熔滴过渡。
- ③ 电磁力：电流通过熔滴时，将产生电磁力的轴向分力，其方向总是从小截面指向大截面，它是促进熔滴过渡的。

④ 等离子流力：电流较大时，高速等离子流将对熔滴产生很大的推力，使之沿焊丝轴线方向运动。这种推力的大小与焊丝直径和电流大小有密切的关系。

⑤ 斑点压力：电极上形成斑点时，当斑点面积较小时斑点压力常常是阻碍熔滴过渡的力；而当斑点面积很大，笼罩整个熔滴时斑点压力常常促进熔滴过渡。

⑥ 爆破力：当熔滴内部含有易挥发金属或由于冶金反应而生成气体时，会使熔滴内部在电弧作用下气体积聚和膨胀造成较大的内力，从而使熔滴爆炸而过渡。如短路过渡焊接时。

上述各种力对熔滴过渡的作用，根据不同的工艺条件应做具体的分析。

当立焊仰焊时，重力使过渡的金属偏离电弧的轴线方向而阻碍熔滴过渡。长弧时，表面张力总是阻碍熔滴从焊丝端部脱离，但当熔滴与熔池金属短路并形液体金属过桥时，由于熔池界面很大，这时表面张力有助于把液体金属拉进熔池，而促进熔滴过渡。电磁力也有同样的情况，当熔滴短路使电流线呈发散形，也会促进液态小桥金属向熔池过渡。

2、熔滴过渡主要形式及其特点

(1) 熔滴过渡的分类熔滴过渡形式大体上可分为三种类型，即自由过渡、接触过渡和渣壁过渡。

◆自由过渡：指熔滴经电弧空间自由飞行，焊丝端头和熔池之间不直接接触。

◆接触过渡：焊丝端部的熔滴与熔池表面通过接触而过渡。在熔化极气体保护焊时，焊丝短路并重复的引燃电弧，这种接触过渡亦称为短路过渡。TIG焊时，焊丝作为填充金属，它与工件间不引燃电弧，也称为搭桥过渡的。

◆渣壁过渡：渣壁过渡与渣保护有关，常发生在埋弧焊与手弧焊时，熔滴是从熔渣的空腔壁上流下的。

(2) 滴状过渡

◆大滴状排斥过渡

气体保护焊时，因CO₂气体高温分解吸热对电弧有冷却作用，使电弧电场强度提高，电弧收缩，弧根面积减小，增加了斑点压力而阻碍熔滴过渡，并形成大滴状排斥过渡。

熔化极气体保护焊直流正接时，由于斑点压力较大，无论用Ar还是CO₂气体保护，焊丝都有明显的大滴状排斥过渡现象。应当指出的是，中等电流规范CO₂气体保护焊时，因弧长较短，同时熔滴和熔池都在不停的运动，熔滴

与熔池极易发生短路过程，所以CO₂气体保护焊除大滴状排斥过渡外，还有一部分熔滴是短路过渡。正因为这种过渡形式有一定量的短路过渡易形成飞溅，所以在焊接回路中应串联大一些的电感，使短路电流上升速度慢一些，这样可以适当的减少飞溅。

◆细颗粒过渡：CO₂气体保护焊时，随着焊接电流的增加，斑点面积也增加，电磁力增加，熔滴过渡频率也增加。虽然由于电流增加使熔滴细化，但是熔滴尺寸一般也大于焊丝直径。电流再增加时，它的电弧形态与熔滴过渡形式没有突然变化，这种过渡形式称为细颗粒过渡。细颗粒过渡飞溅较小。

(3) 喷射过渡

用氩气或富氩气体保护焊时，会出现喷射过渡形式。

◆射滴过渡：过渡时熔滴直径大于焊丝直径，脱离焊丝沿焊丝轴向过渡。（焊钢时总是一滴一滴的过渡，焊铝及其合金时每次1~2滴）气体保护焊时，均有射滴过渡形式。射滴过渡是介于小电流滴状过渡和大电流射流过渡之间的一种熔滴过渡形式。

◆射流过渡：焊丝端部液体金属直径很细熔滴的表面张力很小，再加等离子气流的作用，细小的熔滴从焊丝尖端一个接一个向熔池过渡，过渡速度很快。脱离焊丝端部的熔滴加速度可以达到重力加速度的几十倍，称这过渡方式为射流过渡。

(4) 短路过渡

在较小电流低电压时，熔滴未长成大滴就与熔池短路，在表面张力及电磁收缩力的作用下，熔滴向母材过渡这种过程称短路过渡。（这种过渡形式电弧稳定，飞溅较小，熔滴过渡频率高，焊缝成形较好，广泛用于薄板和全位置焊接过程）

(5) 渣壁过渡

指涂料焊条手弧焊和埋弧焊时的熔滴形式。使用涂料焊条接时，可出现四种过渡形式：渣壁过渡大颗粒过渡、细颗粒渡和短路过渡。过渡形式决定于涂料成分和药皮厚度、焊接规范、电流种类和极性等。

用厚皮焊条焊接时，焊条端头形成带一定角度的药皮套筒，它可以控制气流的方向和熔滴过渡的方向。套筒的长短与涂料厚度有关，通常涂料越厚，套筒越长，吹送力也越大，但涂料层厚度应适当。过厚和过薄都不好，均可产生较大的熔滴。当涂料层厚度为1.2mm时熔滴的颗粒最小。用薄皮焊条焊接时，不生成套筒，熔渣很少，不能包围熔化金属，成为大滴或短路过渡。

碱性焊条在很大电流范围内均为大滴状或短路过渡。这是因为液体金属

与熔渣的界面有很大的表面张力，不易产生渣壁过渡，在电弧气氛中含有30%以上的气体，与气保焊相似，在低电压时弧长较短，熔滴没有长大就发生短路，出现短路过渡。当弧长增加时，熔滴自由长大，将呈大滴过渡。

使用酸性焊条焊接时为细颗粒过渡。因为渣和液态金属含有大量的氧，在金属与渣的界面上表面张力较小。焊条熔化时，熔滴尺寸受电流影响较大。部分熔化金属沿套筒内壁过渡，部分直接过渡，若进一步增加电流时，将提高熔滴温度，同时降低表面张力。高电流密度时，将出现更细的熔滴过渡。这时电弧电压在一定范围内变化时，对熔滴过渡影响不大。

埋弧焊时，电弧是在熔渣形成的空腔（气泡）内燃烧，这时熔滴是通过渣壁流入熔池，只有少数熔滴是通过气泡内的电弧空间过渡。埋弧焊熔滴过渡与焊接速度、极性、电弧电压和焊接电流有关。在直流反极性时，若电弧电压较低，焊丝端头呈尖锥状，其液体锥面大致与熔池的前方壁面相平行，这时气泡较小，焊丝端头的金属熔滴较细，熔滴将沿渣壁以小滴状过渡。相反，在直流正接的情况下，焊丝端头的熔滴较大，在斑点压力的作用下，熔滴不停摆动，这时熔滴呈大滴状过渡，每秒钟仅10滴左右，而直流反接时每秒钟可达几十滴，焊接电流对熔滴过渡频率有很大的影响，随着电流的增加，熔滴过渡频率增加，其中以直流反接时更为明显。

三、熔敷和飞溅

电弧焊接过程中，熔化的焊丝由于受到电弧高温、气体介质、熔滴过渡、冶金反应等影响，会产生氧化、蒸发和飞溅损耗，直接影响焊接质量和效率。

熔敷率：过渡到焊缝中的金属重量与使用焊丝重量之比（用焊条焊接时，按焊条芯重量计算）。

飞溅：焊接过程中，大部分焊丝熔化金属可以过渡到熔池，有一部分焊丝熔化金属飞向熔池之外，飞向熔池之外的金属称为飞溅。

§ 1—5 焊接参数和工艺对焊缝的影响

一、电流、电压、焊接速度对焊缝的影响

电流、电压、焊接速度是决定焊缝尺寸的主要能量参数。

1、焊接电流

焊接电流增大时（其他条件不变），焊缝的熔深和余高增大，熔宽没多大变化（或略为增大）。这是因为：

(1) 电流增大后, 工件上的电弧力和热输入均增大, 热源位置下移, 熔深增大。熔深与焊接电流近于正比关系。

(2) 电流增大后, 焊丝融化量近于成比例地增多, 由于熔宽近于不变, 所以余高增大。

(3) 电流增大后, 弧柱直径增大, 但是电弧潜入工件的深度增大, 电弧斑点移动范围受到限制, 因而熔宽近于不变。

2、电弧电压

电弧电压增大后, 电弧功率加大, 工件热输入有所增大, 同时弧长拉长, 分布半径增大, 因而熔深略有减小而熔宽增大。余高减小, 这是因为熔宽增大, 焊丝融化量却稍有减小所致。

3、焊接速度

焊速提高时能量减小, 熔深和熔宽都减小。余高也减小, 因为单位长度焊缝上的焊丝金属的熔敷量与焊速成反比, 熔宽则近于焊速的平方成反比。

二、电流的种类和极性以及电极尺寸等的影响

1、电流的种类和极性

熔化极电弧焊时, 直流反接时熔深和熔宽都要比直流正接的大, 交流电焊接时介于两者之间, 这是因为工件(阴极)析出的能量较大所致。直流正接时, 焊丝为阴极, 焊丝的融化率较大。

钨极氩弧焊时直流正接的熔深最大, 反接最小。焊铝、镁及合金有去除熔池表面氧化膜的问题, 用交流为好, 焊薄件时也可用反接。焊其他材料一般都用直流正接。

2、钨极端部形状、焊丝直径和伸出长度的影响

熔化极电弧焊时如果电流不变, 焊丝直径变细, 则焊丝上的电流密度变大, 加热集中, 因此熔深增大, 熔宽减小, 余高也增大。焊丝伸出长度增加时, 焊丝电阻热增大, 焊丝融化量增多, 余高增大, 熔深略有减小。

三、焊缝成形缺陷及缺陷形成的原因

1、未焊透: 熔焊时, 接头根部未完全焊透的现象叫未焊透。形成的原因是焊接电流小, 焊速过高或坡口尺寸不合适及焊丝未对准焊缝中心等造成。细焊丝短路过渡CO₂焊时, 由于工件热输入低, 容易产生这种缺陷。

2、未熔合: 熔焊时, 焊道与母材之间或焊道之间, 未能完全熔化结合的部分叫未熔合。

3、烧穿: 熔焊时, 熔化金属自焊缝背面流出, 形成穿孔的现象叫烧穿。焊接电流过大、焊速过小或者间隙坡口尺寸过大都可能形成这种缺陷。

4、咬边：在沿着焊缝的母材部位，烧熔形成凹陷或沟槽的现象叫咬边。

大电流高速焊时可能产生缺陷。腹板处于垂直位置的角焊缝焊接时，如果一次焊接的焊脚过大或者电压过高时，也会产生咬边，焊对接接头时操作不当亦会产生。

5、焊瘤：熔焊时熔化金属流淌到焊缝以外未熔合的母材上形成金属瘤的现象叫焊瘤。焊瘤是由填充金属过多引起的，这与间隙和坡口尺寸小、焊速低、电压小或者焊丝伸出长度大等有关。

§ 1—6 通用弧焊电源的发展和分类

一、按弧焊电源形式分类：

1、通用弧焊电源设备分为交流弧焊电源、直流弧焊电源和脉冲弧焊电源。

交流焊接输出为交流电，电流过零时电弧瞬间熄灭，焊接质量不好。

2、直流弧焊机按发展过程主要分为：

(1) 直流弧焊发电机：

交流电动机带直流发电机发出直流电，给电弧提供能量。缺点是体积大、效率低、噪音大。上个世纪末已经停止生产。

(2) 硅整流式直流焊机

工频380V交流电变压器降压后，二极管整流，输出直流电，给电弧提供能量。缺点是有工频变压器，体积大、重、效率低、电流不稳定。目前还有很少量的生产量。

(3) 可控硅（晶闸管）整流式焊机

有工频变压器，体积大、重、效率低。目前市场占有率还比较大。

(4) 逆变式焊机

没有工频变压器，重量轻，效率高，是直流弧焊电源的发展方向。具体情况详见第二章。

3、脉冲弧焊电源

输出直流脉冲或者交流脉冲。

二、按焊接工艺分类

1、手工焊机

又可以分为手工电弧焊机和手工氩弧焊机两类，特点是手工送焊条、手工跟踪焊缝，效率比较低，成本比较高。

2、半自动焊机

特点是自动送丝，手工行走和跟踪焊缝，效率比较手工焊有所提高，成本降低。主要有CO₂气体保护焊机、MIG/MAG熔化极气体保护焊机。

3、自动焊机

特点是自动送丝、自动跟踪焊缝，效率高，成本降低。

主要有埋弧自动焊等。

第二章 逆变式弧焊电源

§ 2-1 逆变电弧焊机基本原理

随着科学技术的进步，电力电子技术、材料加工和计算机技术的发展，极大的推动了焊接电源的发展。焊接电源从电磁控制发展到电子控制，从普通的整流电源发展到逆变电源，在短短的 20 年间，逆变技术得到突飞猛进的发展，主要表现在：

- 👉 主电路拓扑结构更加完善。
- 👉 IGBT 由于开关性能好、通态损耗小、工作可靠而得到广泛应用。
- 👉 高频变压器普遍使用铁氧体或微晶体制作，性能优良。

一、 逆变弧焊电源介绍

1、 逆变弧焊电源的特点

- 👉 重量轻、体积小、节省材料。是传统工频焊机体积的 1/3；
- 👉 高效节能、功率因数高；
- 👉 可控性好、易于获得良好的动特性；
- 👉 可获得较高频率的矩形波，提高电弧稳定性，改善弧焊性能。

2、 逆变弧焊电源分类：按采用的逆变开关器件可划分为：

- (1) 晶闸管式；(2) 晶体管式；(3) 场效应管式；(4) IGBT 式。

二、 逆变弧焊电源的基本组成及原理

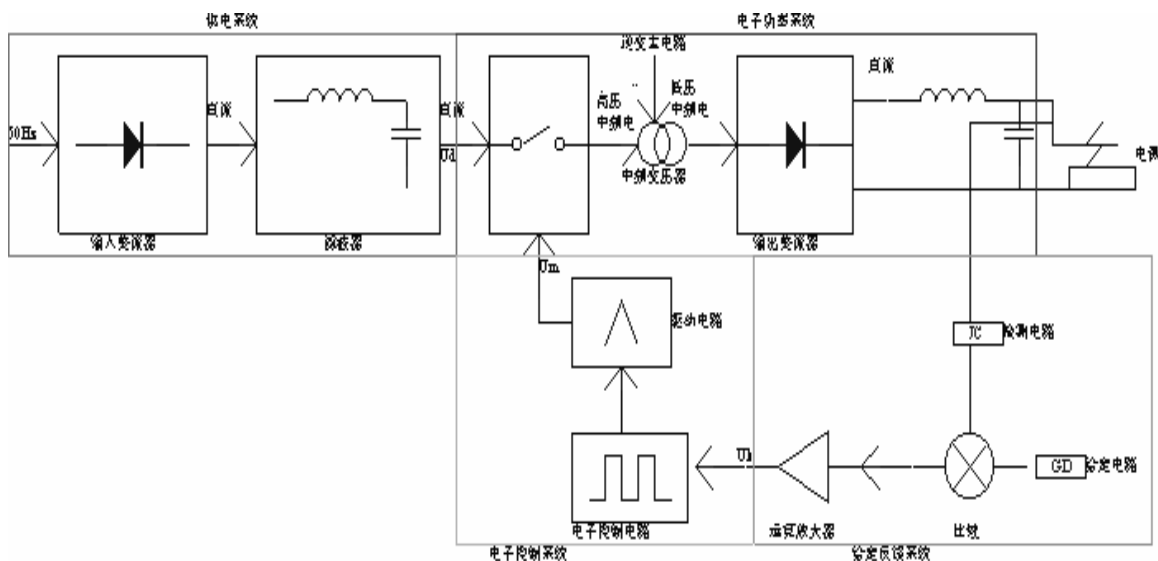


图 2-1 逆变弧焊电源的原理框图

逆变弧焊电源的原理框图如图 2-1，从原理上说，分为主电路（主回路）和控制电路（控制回路）两大部分。

1、逆变电源主回路主要有四部分组成：

- (1) 整流滤波电路：将三相 380V/50Hz 的交流电整流滤波后，获得平滑的直流电。
- (2) 逆变回路：将直流电变换成几千至几万 Hz 的中频交流电。
- (3) 中频变压器：将中频交流电降压，传输至副边。
- (4) 输出整流滤波：将中频交流电变换成直流，经滤波后输出。

逆变的过程：工频交流→直流→高中频交流→降压→交流→直流输出
因而在逆变电源中主要采用两种方法：

- a AC→DC→AC→DC
- b AC→DC→AC→DC→AC(矩形波)

目前，主要采用 a 方式。

2、逆变控制方式：控制回路的核心作用是逆变控制方式的实现。

逆变器的控制主要有两种方式：

- (1) 定脉宽调频率（PFM）：脉冲宽度不变，通过改变逆变器的开关频率来调节输出的大小，频率越高，输出功率越大。可控硅系列逆变电源主要采用该调节方式。
- (2) 定频率调脉宽（PWM）：频率不变，通过改变脉冲的脉宽比（占空比）来调节工艺参数，占空比越大，则输出功率就越大

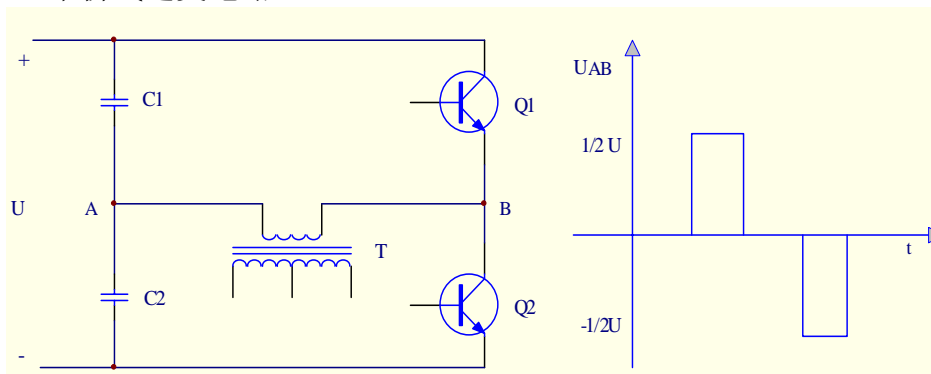
PWM 控制方式又分为：

- a: 硬开关 PWM 控制方式
- b: 软开关 PWM 控制方式

通常场效应管式、IGBT 系列逆变电源均采用这种调制方式。

3、逆变电源主回路的基本形式

(1) 半桥式逆变电路



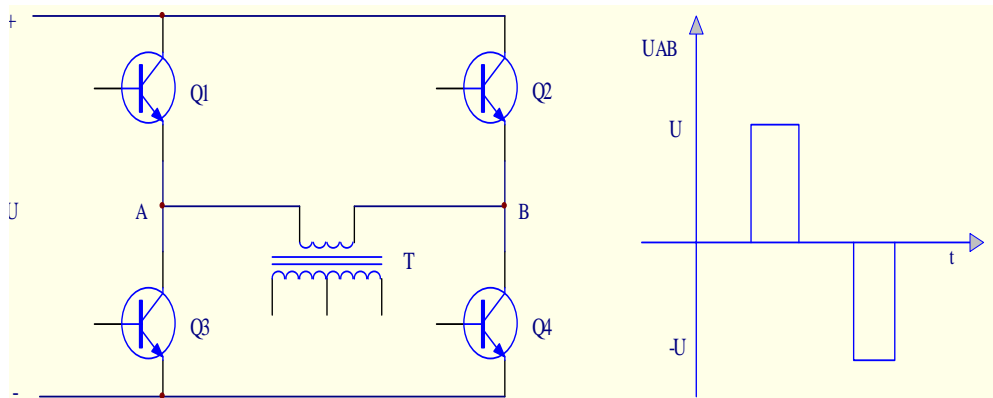
Q1 导通, Q2 截止, 电流流向 $U_+ \rightarrow Q1 \rightarrow \text{主变压器} \rightarrow C2$,

设 $C1=C2, V_A=1/2U, V_B=U \quad U_{AB} = -1/2U$;

Q1 截止, Q2 导通, 电流流向 $U_+ \rightarrow C1 \rightarrow \text{主变压器} \rightarrow Q2$,

设 $C1=C2, V_A=1/2U, V_B=0, \quad U_{AB} = 1/2U$.

(2) 全桥式逆变电路



Q1、Q4 同时导通、Q2、Q3 截止, $U_{AB}=U$

Q1、Q4 截止、Q2、Q3 同时导通, $U_{AB}=-U$

4、带有软开关的移相谐振式逆变电路

逆变电源的软开关工作方式是指利用 LC 谐振的方法, 在开关过程中使开关管两端电压或开关管中的电流为零, 使其开关损耗约为零。相比硬开关工作方式, 开关器件上的开关应力几乎消除, 可靠性显著提高。

本公司产品采用改进的移相谐振工作方式。

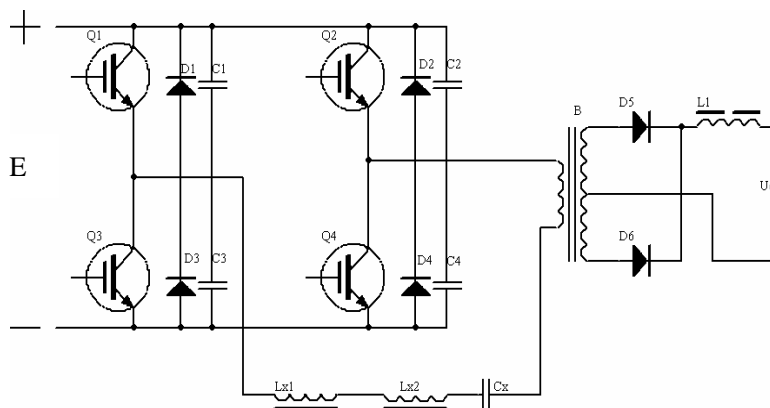


图 2-2 主电路形式

Q_1Q_3 为超前臂， Q_2Q_4 为滞后臂， $Q_1Q_2Q_3Q_4$ 选用大功率IGBT管。 C_1C_3 为超前臂并联电容， C_2C_4 为滞后臂并联电容， $C_1-C_3 \gg C_2-C_4$ ， C_x 为抑制环流电容， L_{x1} 为饱和电感， L_{x2} 为变压器原边回路等效漏感， B 为变压器， E 为输入电压， U_0 为输出电压。

与传统的移相谐振式电路不同点是：主回路是不对称结构，传统的移相谐振电路谐振电容 $C_1C_2C_3C_4$ 是相等的，而这个电路中 $C_1-C_3 \gg C_2-C_4$ ，在主变压器原边回路中增加了抑制环流电容和饱和电感 L_{x1} ，用来产生零电流关断和零电流开通的条件。

(1) 控制方式

软开关实现的控制模式： Q_1Q_3 、 Q_2Q_4 为互补导通， Q_1Q_3 为PWM控制， Q_2Q_4 不进行PWM调制， $Q_1Q_2Q_3Q_4$ 驱动波形如图 2-3 所示。驱动更加简单。

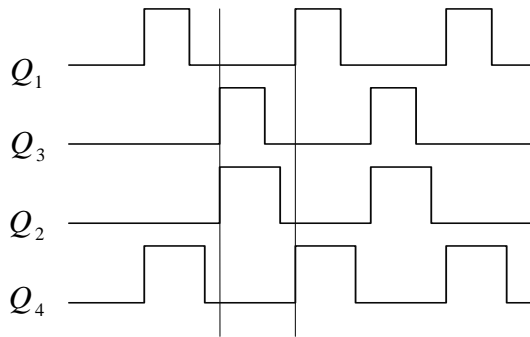


图 2-3 Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 驱动波形

§ 2-2 电弧焊机的要求及其特性

一、对弧焊电源的要求

1、保证引弧容易。2、保证电弧稳定。3、保证焊接规范稳定。4、具有足够宽的焊接规范调节范围。

二、为满足工艺要求，对弧焊电源的电气性能的要求

- 1、对弧焊电源外特性的要求。
- 2、对弧焊的电源调节性能的要求。
- 3、对弧焊电源动特性的要求。

三、“电源—电弧”系统：在电弧焊接过程中，电源起供电作用，电弧是

作为供电对象而用电，从而构成“电源—电弧”系统。

“电源—电弧”系统的稳定性应包含两方面的含义：

1、系统在无外界因素干扰时，能在给定电弧电压和电流下维持长时间的连续电弧放电，保持静态平衡。 $U_f=U_y$, $I_f=I_y$ 。

2、当系统一旦受到瞬时的外界干扰，破坏了原来的静态平衡，造成了焊接工艺参数的变化。但当干扰消失之后，系统能够自动地达到新的稳定平衡。使得焊接工艺参数重新恢复。

四、对弧焊电源的外特性的要求

对弧焊电源外特性曲线的要求在电源内部参数一定的条件下，改变负载时，电源输出的电压稳定值 U_y 与输出的电流稳定值 I_y 之间的关系曲线 $U_y=f(I_y)$ 称为电源外特性。

电源的外特性形状除了影响“电源—电弧”系统的稳定性之外，还关联着焊接工艺参数的稳定。由于在各种弧焊方法中，电弧放电的物理条件和所用的焊接工艺参数不同，使它们的电弧静特性具有不同的形状，因此需分别讨论不同弧焊方法对电源外特性的要求，并分为对空载点，工作区段和短路区段三个部分来论述。对于空载点，是讨论对空载电压的要求：

电源空载电压的确定应遵循以下原则：

- a) 保证引弧容易。引弧时，焊条和工件接触，因两者表面往往有杂质，或锈污，所以需要较高的空载电压才能将高电阻击穿，形成导通回路。空载电压越高，起弧越容易。
- b) 保证电弧稳定燃烧。
- c) 保证电弧功率稳定。
- d) 保证人身安全。

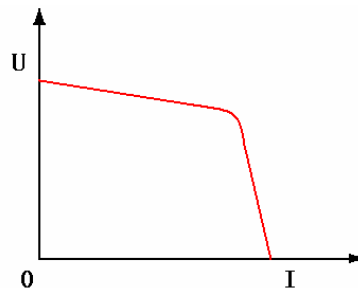
五、弧焊电源的静外特性

1、下降特性

这种外特性的特点是，当输出电流在运行范围内增加时其输出电压随着急剧下降。在其工作部分每增加 100A 电流，其电压下降一般应大于 7V。根据斜率的不同又可分为垂直下降特性、缓降特性和恒流带外拖特性等。

(1) 垂直下降（恒流）特性（右图）：

垂直下降特性也叫恒流特性。其特点是，在工作段当输出电压变化时输出电流几乎不变。



(2) 缓降特性 (右图):

其特点是当输出电压变化时, 输出电流变化较恒流特性的大。其中一种按接近于 1/4 椭圆的规律变化。另一种缓降特性的形状接近于一斜线。

(3) 恒流带外拖特性

其特点是在其工作部分的恒流段, 输出电流基本上不随输出电压变化。但在输出电压下降至低于一定值(外施拐点)之后, 外特性转折为缓降的外拖段, 随着电压的降低输出电流将有较大的增加。而且外拖拐点和外拖斜率往往可以调节。还有其他形式的外拖特性。(右图):

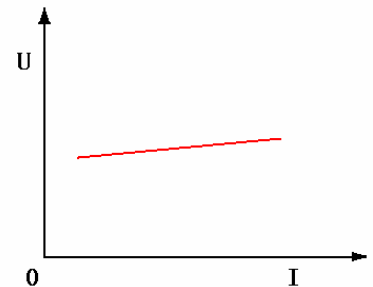


2、平特性

在运行范围内, 随着电流增大, 电弧电压接近于恒定不变或稍有下降, 电压下降率应小于 $7V/100A$, 右图示:



另一种是在运动范围内随着电流增大, 电压稍有增高(有时称上升特性), 电压上升率应小于 $10V/100A$, 右图示:



3、电源的调节性能

我们知道, 焊接时需根据被焊工件的材质、厚度与坡口形式等选用不同的焊接工艺参数, 而与弧焊电源有关的焊接参数是电弧电压和焊接电流, 为满足所需, 弧焊电源必须具备可以调节这些参数的性能。电弧电压和焊接电流是由电弧静特性与弧焊电源外特性曲线相交的一个稳定工作点来决定的。同时, 对应于一定的电弧长, 只有一个稳定工作点。因此, 为了获得一定范围所需的焊接电流和电压, 弧焊电源的外特性必须可以均匀调节, 以便与电弧静特性曲线在许多点相交, 得到一系列的稳定工作点, 因此弧焊电源能满足不同焊接电压、电流的需求的可调性能为其调节性能。它是通过电源外特性的调节来体现的。

(1) 下降特性弧焊电源的可调参数

- ◆工作电流是在进行弧焊时的电弧电流或这时电源输出的电流。
- ◆工作电压是在焊接时, 弧焊电源输出的负载电压。
- ◆最大焊接电流是弧焊电源通过调节输出与负载特性相应的最大电流。
- ◆最小焊接电流是弧焊电源通过调节输出与负载特性相应的最小电流。

电流调节范围是在规定负载特性条件下，通过调节所能获得的焊接电流范围。

通常要求 $I_{fmax}/I_e > 1$ $I_{fmix}/I_e < 0.2$ 。

工作电流：平外特性弧焊电源的可调参数工作电流它的定义与降特性电源的相同。

工作电压：最大工作电压，为弧焊电源通过调节所能输出的，与规定负载特性相对应的最大电压。最小工作电压为弧焊电源通过调节所能输出的，与规定负载特性相对应的最小电压。弧焊电源能输出多大功率与它的温升有着密切的关系（FS）。

（2）对弧焊电源动特性的要求

所谓弧焊电源的动特性，是指电弧负载状态发生突然变化时，弧焊电源输出电压与电流的响应过程，可以用弧焊电源的输出电流和电压对时间的关系，电源对负载瞬变的适应能力。

六、弧焊电源的负载持续率与额定值。

弧焊电源能输出多大功率，与它的温升有很大关系。温升过高，电源的绝缘可能会遭到破坏，甚至烧毁。

弧焊电源的温升除了取决于焊接电流的大小之外，还决定于负荷状态，连续工作时间越长，温升越高，弧焊电源允许使用的最大电流就小一些。

对于不同的负荷状态，给弧焊电源规定了不同的输出电流，负载持续率表示某种负荷状态，用 FS 表示：

$$FS = \frac{\text{负载持续时间}}{\text{负载持续时间} + \text{休止时间}} \times 100\% = t/T \times 100\%$$

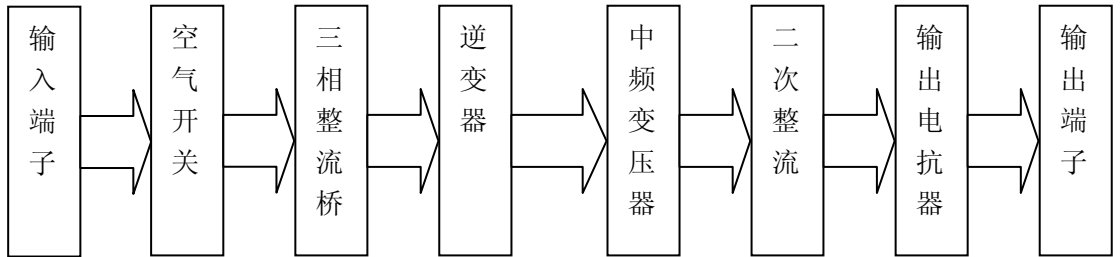
负载持续率国家标准规定：**35%、60%、100%**

按照不同的负载持续率工作时，允许使用的焊接电流 I_f ：

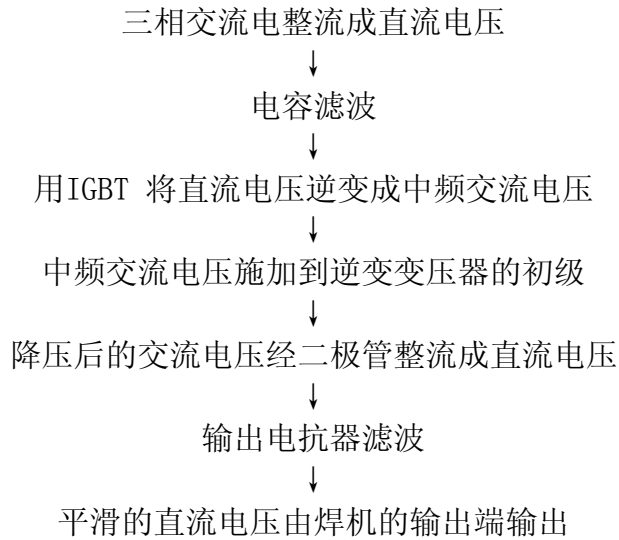
$$I_f = \sqrt{\frac{\text{额定负载持续率}}{\text{使用的负载持续率}}} \times \text{额定电流}$$

§ 2—3 奥太焊机的基本原理及电路器件

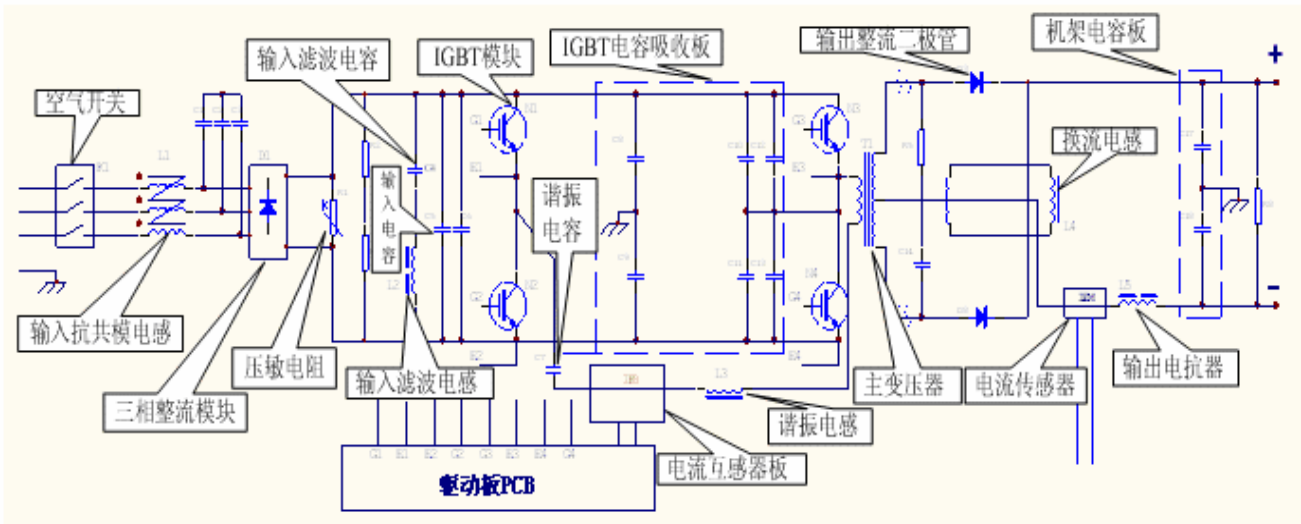
1 工作原理框图（直流输出）

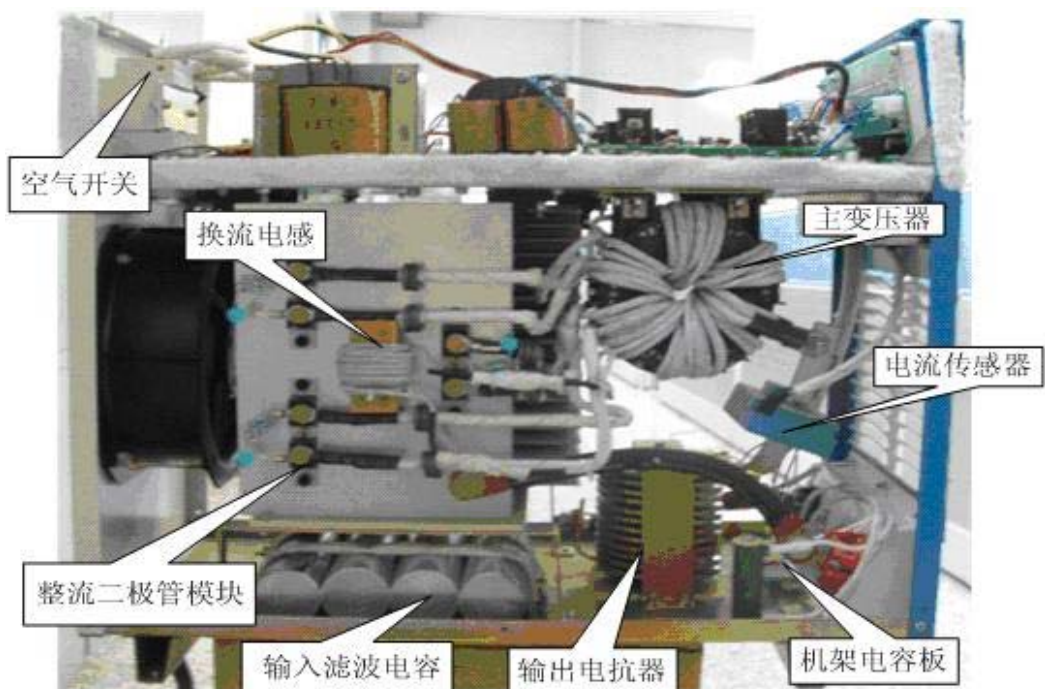


工作原理:

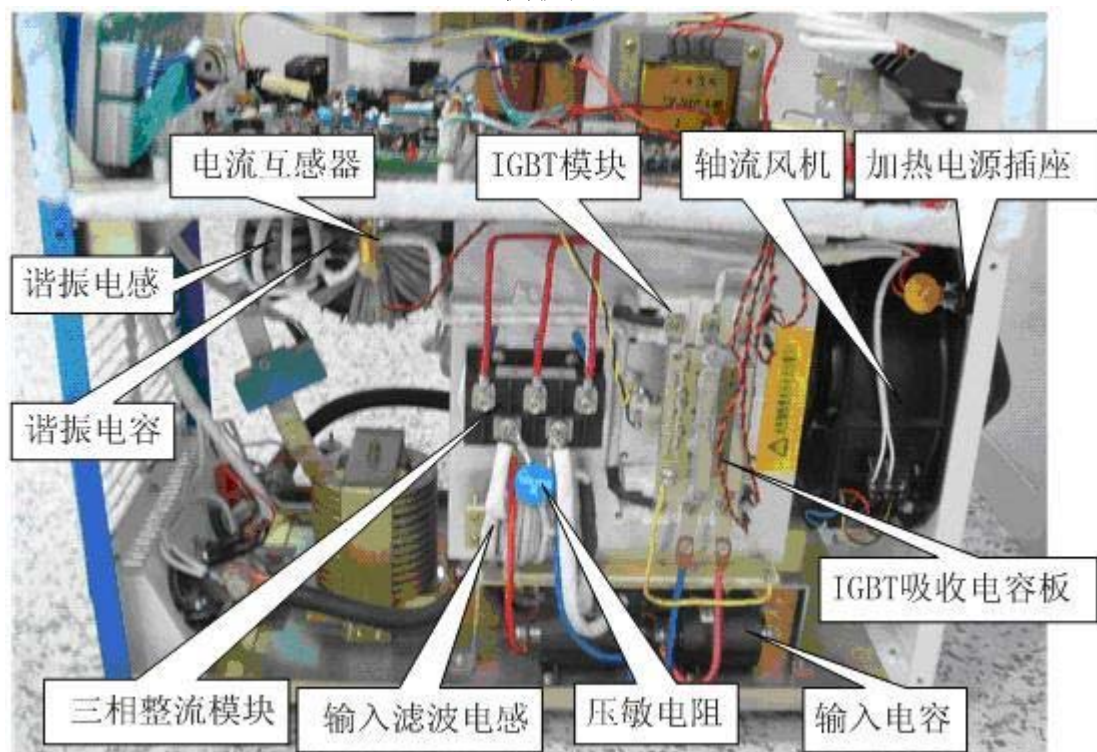


2 主回路元器件介绍

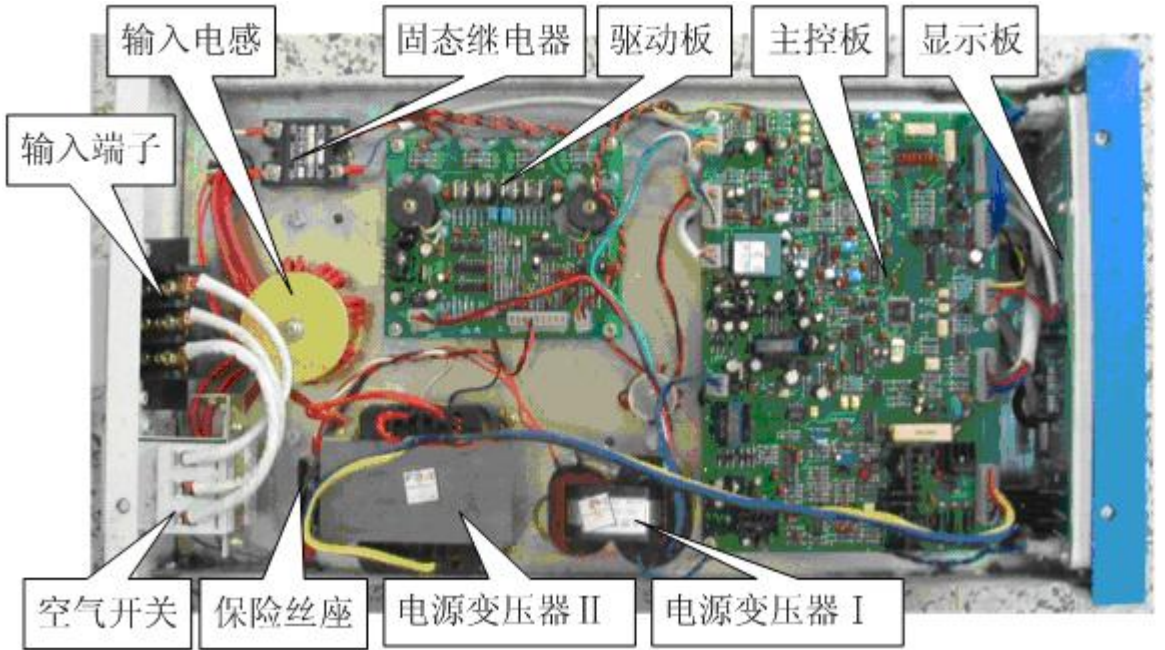




右侧视图



顶视图



第三章 器件的测量及维修基础

§ 3-1 器件测量

一、 二极管

1、符号



2、型号及特性

(1) 型号

SCR 焊机中采用平板式快速整流管，型号：ZK300A/800V (315ST (G) 为 ZK200A/800V)

(2)特性：正向导通，反向截止。

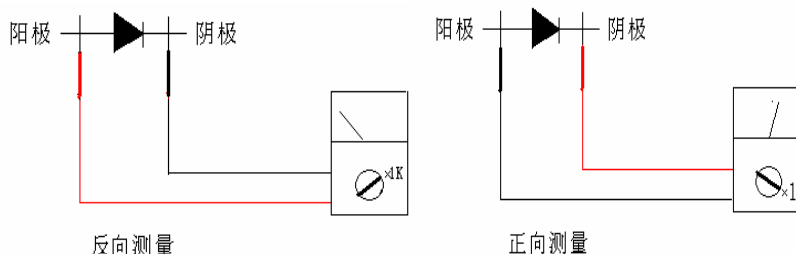
3、 测量方法（注：本教材读数均以指针式万用表测量得出）

(1)测量工具：指针式万用表或数字万用表二极管档位。

(2)测量步骤：

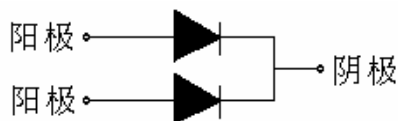
先将万用表打在电阻档 R*1 上，黑表笔接二极管的阳极，红表笔接二极管的阴极，此时阻值应非常小（10~20）。

将万用表打在电阻档 R*1K 上，黑表笔接二极管的阴极，红表笔接二极管的阳极，此时阻值应为无穷大。



二、二极管模块

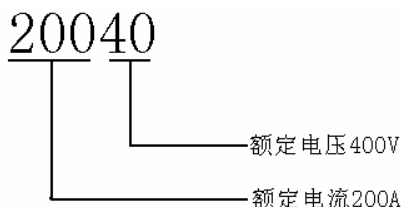
1、符号：



2、本公司采用的型号（20040）：

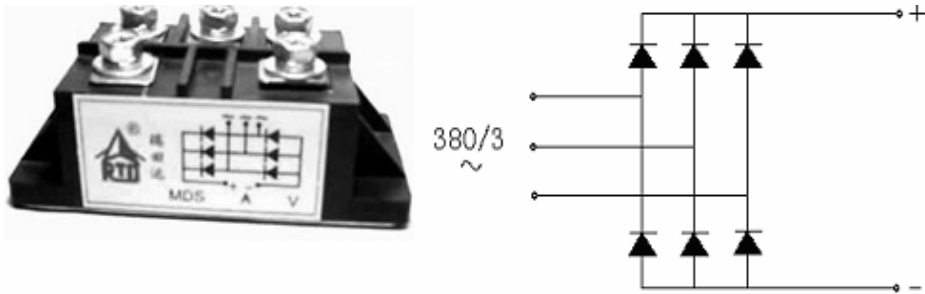
3、测量方法：

与单个二极管测量方法相同。

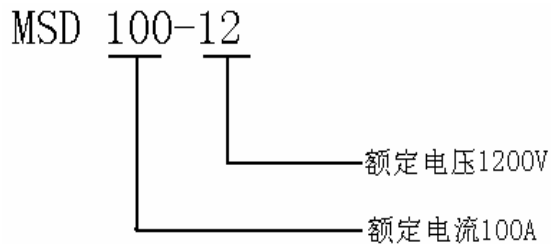


三、 三相整流模块

1、符号：



2、本公司采用的型号：MSD100-12 、MSD60-12



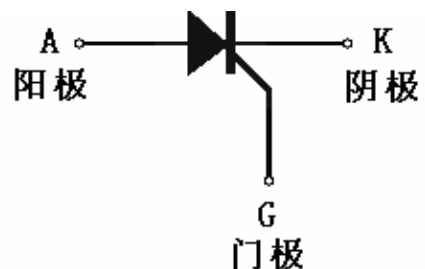
3、测量方法：与单个二极管测量方法相同。

小结：以上器件均以二极管的特性为基准测量，测量时应注意以下问题：

- (1) 二极管模块、三相整流模块每一只管子的正反向都要测量。
- (2) 测量时要断开所有连线。
- (3) 如果有管子的阻值为零或正向阻值无穷大，说明这支管子已坏掉，必须更换整个模块。
- (4) 更换二极管模块、三相整流模块时，一定要将散热器上原有的导热硅脂清除干净，并重新涂上新的硅脂。
- (5) 安装螺丝一定要均匀紧固好，让模块得到良好的散热效果。

四、可控硅（晶闸管）

1、符号：SCR



2、分类和特点：

(1) 分类：

外形：平板式、螺栓式、塑封式。

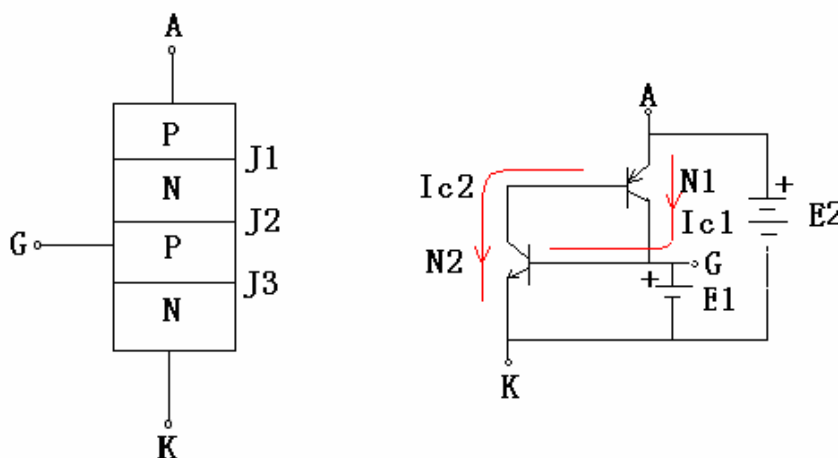
功能：普通型、快速型、双向可控硅。

(2) 特点：(脉冲)电流型驱动元件。

(3) KK200 的特性：关断时间： $t_g < 15 \mu s$,

允许电压上升率为： $du/dt > 700V/\mu s$ 。

3、工作原理：



当给 G 极加正向电压时，N2 导通， $I_{c2}=I_{b1}$ ，N1 导通，同时 I_{c1} 又经 N1 给 N2 提供基极电流。

当加在 G 极的电源 E1 撤销时，由于有 I_{c1} 提供 N2 基极电流，所以，N2 继续导通，N1 保持导通。

4、可控硅导通和关断的条件

(1) 导通条件：

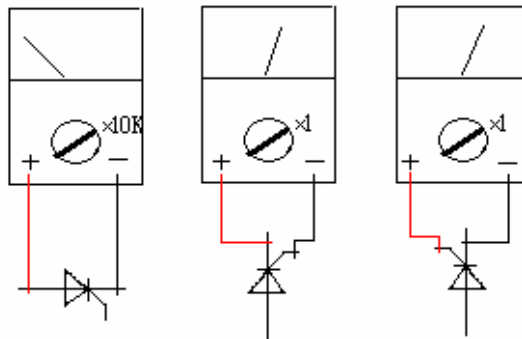
$$\begin{cases} V_{GK} > 0, & I_A > I_H \text{ (维持电流) 必要条件。} \\ V_{AK} > 0, & \text{可控硅一旦导通，门极将失去作用} \end{cases}$$

(2) 关断条件

$$\begin{aligned} \text{a } & \begin{cases} V_{GK} \leq 0, & \text{当 } I_A < I_H \text{ 可控硅自然关断。} \\ V_{AK} \leq 0, & \end{cases} \\ \text{b } & \begin{cases} V_{AK} < 0, & \text{当 } I_A < I_H \text{ 可控硅强迫关断。} \\ V_{GK} < 0, & \end{cases} \end{aligned}$$

5、可控硅鉴别方法及测量（平板式可控硅 KK200-12）:

(1) 鉴别方法:



阴极 K 与阳极 A 之间正反向阻值均在几百 K 欧姆之上，阳极 A 与门极 G 之间正反向阻值均在几百千欧姆之上，门极 G 与阴极 K 之间是一个 PN 结，它的正向电阻为 10-30 欧姆左右，反向电阻也很小。

(2) 测量

a、先将万用表打在电阻档 R*1 上，测量 GK 两端，正反向阻值在 10~30 欧姆左右。

b、再将万用表打在电阻档 R*1K 上，，测量 AK 两端，正反向阻值无穷大。

如果 AK 或 GK 趋向于零，说明可控硅已被击穿。

如果 GK 趋向于无穷大，说明可控硅 G、K 极已断路。

五、电容

1、电解电容



(1) 符号:

(2) 本公司采用的型号: CD13AF 系列。

可控硅焊机采用的型号:

输入电解: CD13AF-470Uf/450V

输出电解: CD13AF-1500Uf/160v

(3) 测量: 指针式万用表 用电阻档 *1K 档。

(4) 方法: 用黑表笔接 + 极，表针将从最大快速到零，然后再慢慢从零至最大，反之，相同。若测量时表针摆幅较小或不动说明电容已失效。

(5) 注意事项:

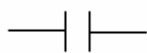
◆使用时极性不能接错。

◆电容失效后不能使用。

2、电容器 CBB45 （聚丙烯电容）

(1) 符号:

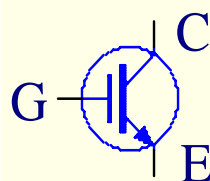
(2) 测量方法:



用数字万用表打在电容档，可直接测量数值，如果电容值比标称的值小，说明电容容量下降。如果电容值特别小，说明已失效。

六、 IGBT 管（绝缘栅双极型晶体管）

1、符号



G---栅 极
C---集电极
E---发射极

2、特点

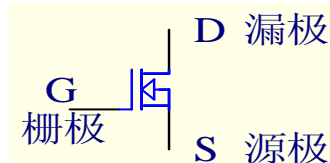
场效应管(MOS)与大功率晶体管(GTR)的复合体，综合二者的优点。电压型驱动元件，驱动电路简单。工作频率高（10~30KHz）。

3、MOS 管、GTR(大功率晶体管)、IGBT 管的优缺点

(1) MOS 管

◆符号:

☞ 优点：输入阻抗大；电压型驱动元件；
工作频率高（几十 K）。



☞ 缺点：通态额定电流小。

型号规格	$BV_{DS}(V)$ (栅极短路条件下)	$I_D(A)$	栅极控制性能
IRF640 (N沟道)	200	18	用 MF-47 型万用表 $\times 10K$ 电阻档测量。 黑表笔接 G，红表笔接 S，此时， $R_{DS}=0$ ， GS 阻值无穷大； 反之，黑表笔接 S，红表笔接 G，DS 阻值 无穷大。 R_{DS} 反向为二极管特性。

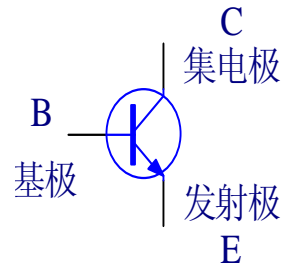
FS40SM-5 (N沟道)	250	40	同上
IRF9530 (P沟道)	100	12	用 MF-47 型万用表×10K 电阻档测量。黑表笔接G, 红表笔接S, 此时 R_{DS} 为无穷大, R_{DS} 表现为二极管特性, GS阻值无穷大; 反之, $R_{DS}=0$ 。

(2) GTR(大功率晶体管)

◆符号:

☞ 优点: 通态电流大; 工作频率中等; 通态损耗小; 耐压高。

☞ 缺点: 电流型驱动元件, 控制复杂; 存在二次击穿问题。



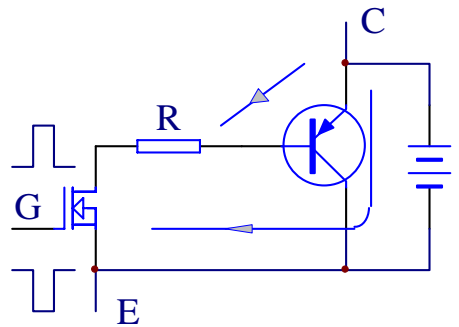
(3) IGBT

☞ 优点: 输入阻抗大; 电压型驱动元件; 耐压高; 工作频率高 (几十 K); 通态电流大; 通态损耗小; 安全工作区宽。

☞ 缺点: 对静电敏感。

4、IGBT 的工作原理 见右图:

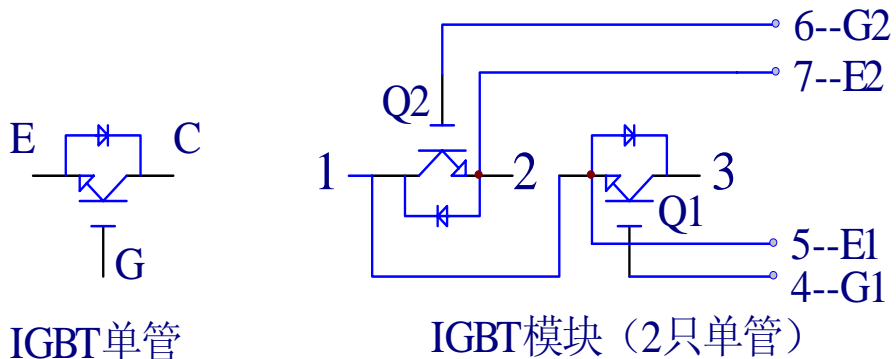
当给 G 极加一正向脉冲触发信号, 等效场效应管导通, 当 CE 间加正向电压时, 电流就会从 C 极流向基极, 形成基极电流, 三极管导通。当给 G 极加一负向脉冲触发信号, 等效场效应管截止, 三极管截止, IGBT 关断。



5、IGBT 的封装及测量

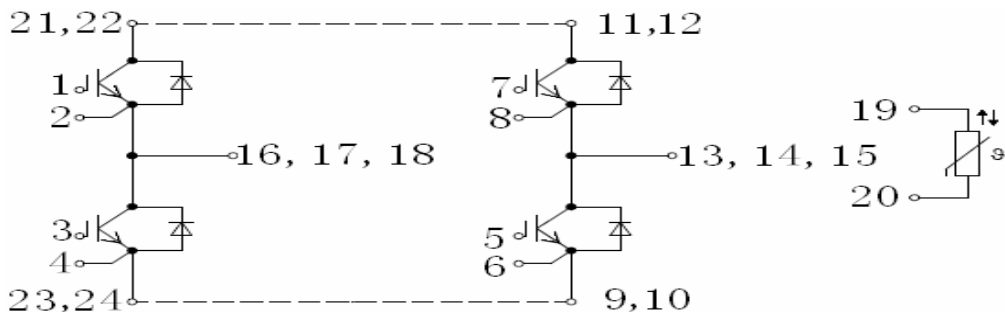
(1)、IGBT 的封装形式: 单管、模块 (2 只、4 只、6 只)

IGBT 在封装时, 在每一只 IGBT 上都反向并联了一只二极管。



IGBT单管

IGBT模块 (2只单管)



IGBT 模块 (4 只单管)

(2) 测量工具:指针式万用表

(3) 测量步骤 (以两单元模块为例):

a、将万用表打在电阻档*10K 欧挡.红笔接 E (5 或 7) 极.黑表笔接 G (4 或 6) 极,给 GE 间充电. 再将万用表打在 R*1 档上, 测量 CE (1-2 或 3-1) 两端.正反向阻值均约为 10 欧左右.如果阻值均为无穷大或者正反向阻值差别特别大或者为零, 说明 IGBT 已坏掉。

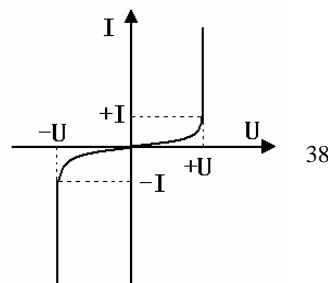
b、将万用表打在电阻档*10K 欧挡, 红笔接 G 极.黑表笔接 E 极,给 GE 间反向充电。再将万用表打在 R*1 档上黑表笔接 E 极, 红表笔接 C 极, $R_{ec} \approx 10 \Omega$, 黑表笔接 C 极, 红表笔接 E 极, $R_{ce} \rightarrow$ 无穷大。如果阻值均为无穷大或者为零, 说明 IGBT 已坏掉。

例: 下表是 IGBT 模块中一只管子的测量步骤, 另一只测量完全相同。

步骤	万用表档位	黑表笔	红表笔	阻值 (Ω)
1	*10K	4 (G1)	5 (E1)	无穷大
2	*1	1 (E1)	3 (C1)	10
3	*1	3 (C1)	1 (E1)	10
4	*10K	5 (E1)	4 (G1)	无穷大
5	*1	1 (E1)	3 (C1)	10
6	*1	3 (C1)	1 (E1)	无穷大

七、压敏电阻

1、符号:





2、工作原理：

压敏电阻是非线性电阻元件，它具有正反方向相同，很陡的伏安特性。正常工作时漏电流很小，损耗小，而泄放冲击电流强，抑制过压能力强。当压敏电阻的两端由于任何原因升高到稍大于标称电压时，压敏电阻呈现很小的阻值，此时，流过压敏电阻的电流非常大，从而限制电压在某一安全值的范围内保护其他器件不因过压而损坏。

3、压敏电阻损坏后的现象：压敏电阻损坏后，压敏会炸裂，或者在表面出现黑色小孔、黑点。损坏时，伴随爆炸声。

八、 万能转换开关(SCR 焊机使用)

本产品用 LW5-16/2 型组合式万能转换开关作为焊接输出电流档调节。

此开关为三档：左 45°、中间、右 45°；有四对触点，分别为：

1-2. 3-4. 5-6. 7-8，其断开或闭合情况如下表。

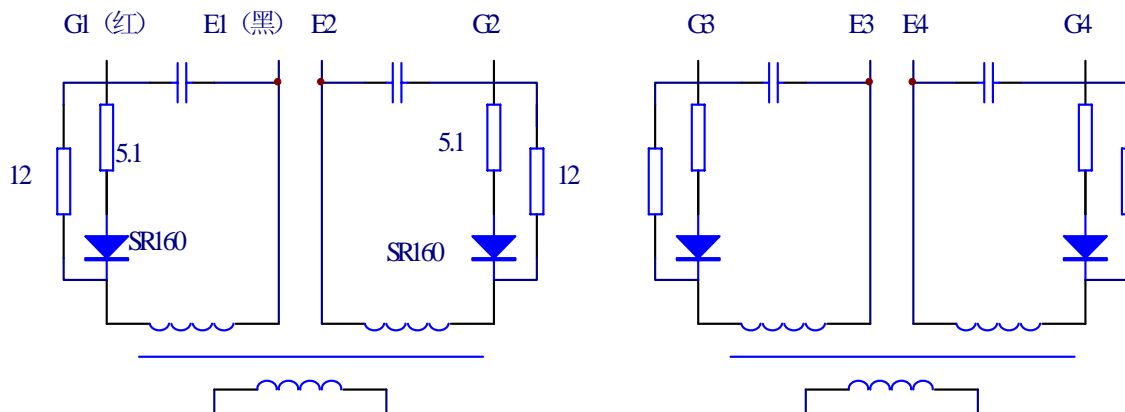
档位	开闭	触点	1-2	2-4	5-6	7-8
I	档	(45°)	开	开	开	开
II	档	(中间)	闭	闭	开	开
III	档	(45°)	闭	闭	闭	闭

注意：严禁在焊接过程中或在焊机带有其它负载时扳动此开关，以免烧损触点，影响开关性能及使用寿命。

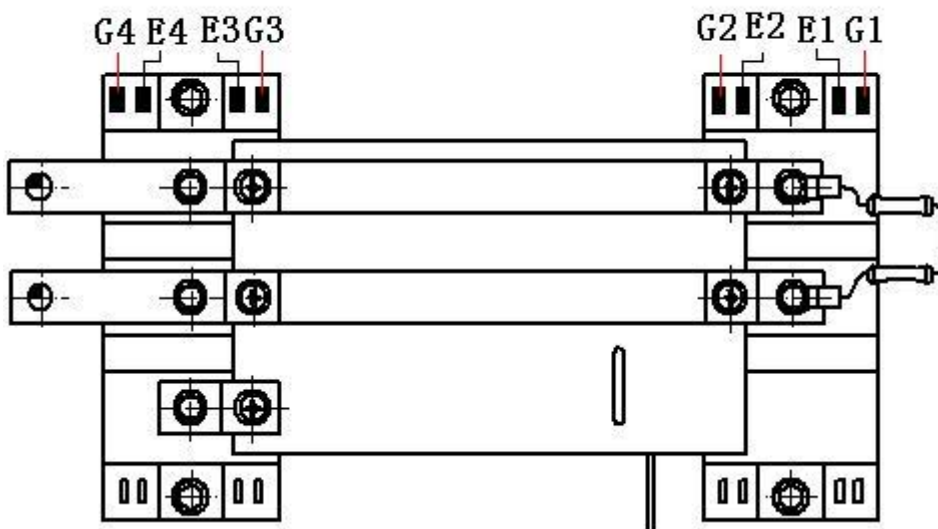
九、 驱动板测量方法

将万用表打在 R*1 挡上，分别测量四组驱动线，阻值为：红表笔接红色线，黑表笔接黑色线： $12 \pm 1 \Omega$ 。红表笔接黑色线，黑表笔接红色线： $7 \pm 1 \Omega$ 。

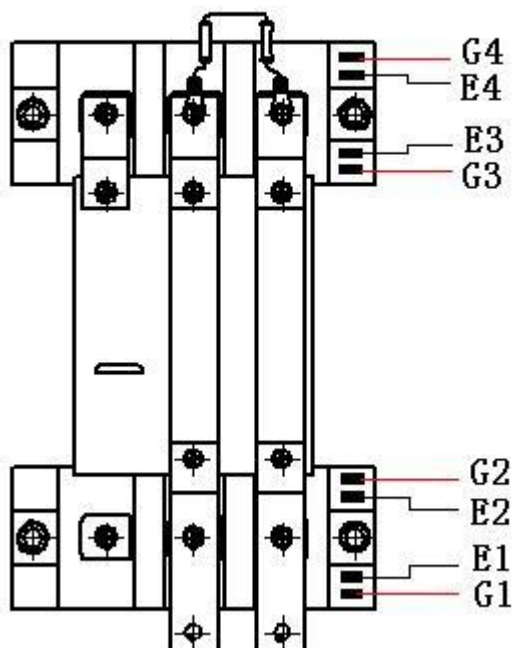
阻值太大说明已断线或元器件坏，阻值为零说明电阻或线间短路，更换驱动板或主板（ZX7-I、II、NBC 红壳机主控板与驱动板一体），驱动电路如下图：



400/350 IGBT控制线接线图

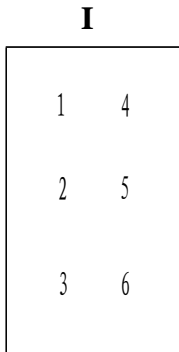


630/500 IGBT控制线接线图



十、船形开关

焊机前面板功能选择开关，型号：KCD19-22A（双联两位），KCD19-23A（双联三位），测量通断即可判断出开关的好坏。



万用表打在 R*1 档

当开关打在 **I** 位置时，3-2 通，5-6 通；

1-2 不通，5-4 不通。

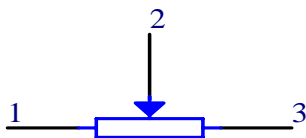
当开关打在 **O** 位置时，1-2 通，5-4 通；

3-2 不通，5-6 不通。

注： KCD19-23A 在中间位置时所有触点都不通。

十一、电位器

功能：电流、电压调节，一般型号：线绕式 4.7K/2W，4.7K/3W，单圈或多圈；可以测量其阻值，或通电时测量电压判断它的好坏。



1、根据阻值不同，选择万用表合适的档位，调节旋钮，分别测量 1-2、2-3 的阻值，阻值应该能够从最小到最大之间变化，1-3 为标称阻值，若指针有跳动现象，则说明电位器接触不良。

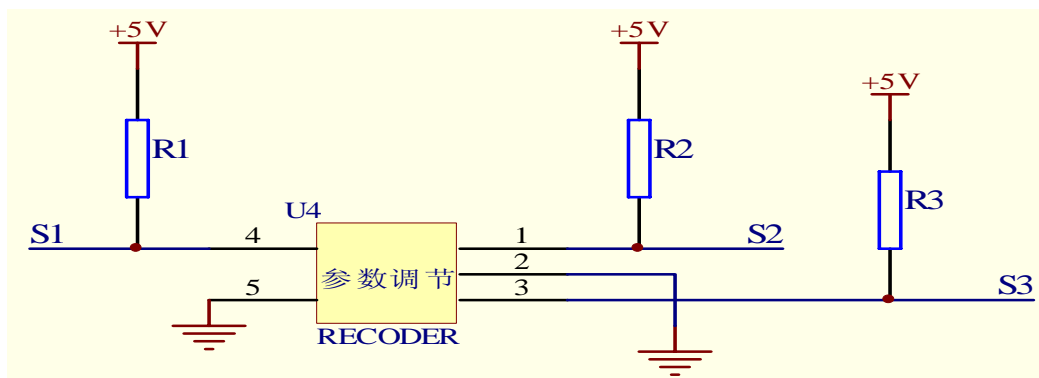
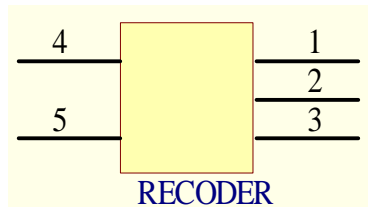
2、通电，选择万用表直流电压档，调节旋钮，分别测量 1-2、2-3 的电压值，电压值应该变化（电流给定：0~9V）。

十二、旋转编码器

用于电流、电压参数的调节，及面板参数选择。

按下时：4-5 触点通，旋转时，

1、2、3 脚起作用。旋转时测量 1-2 或 3-2，电压会随着转速的提高而降低（供电电压为 DC 5V）。损坏后，会造成予置电流、电压等参数不能调节。



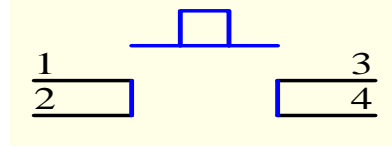
十三、轻触开关

用于功能的选择，通过单片机编程实现功能切换。

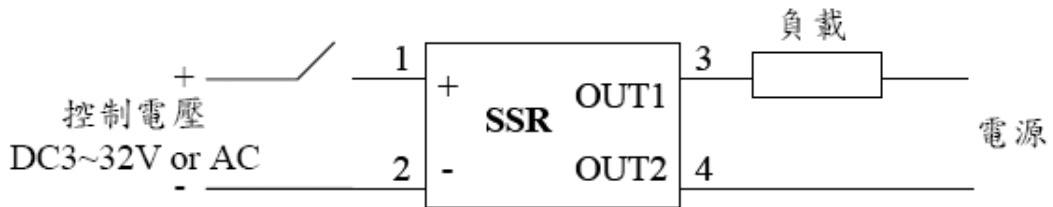
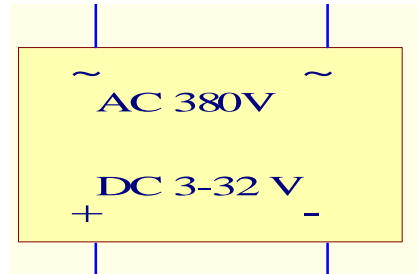
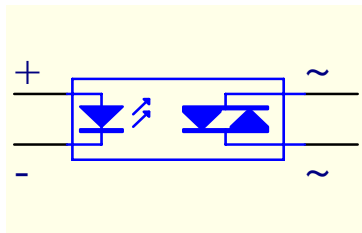
按下：1-3 通，2-4 通

弹开：都不通

注：使用时，都已将 1-2 短路，3-4 短路。相当于一组触点（如图示）。



十四、固态继电器



型号：SSR-10DA-H，功能：在主回路电路中，控制轴流风机通断。

给直流侧加 3-32V 的电压，交流侧两端导通，直流侧电压为零时，交流侧断开。

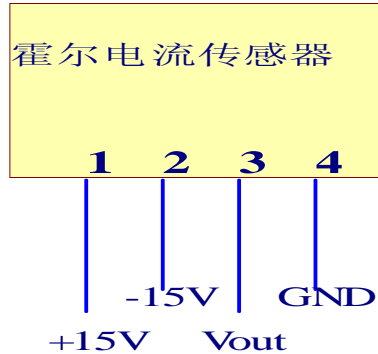
测量：万用表直流电压档，直流侧有电压信号时，在正负两端应有小于 3V 的压降，此时将万用表选在交流电压档（应选择大于 380V 的档位），交流侧电压为零。如果直流侧电压较高或者直流侧有小于 3V 的压降而交流侧电压为 380V 左右，说明继电器损坏，也可以直接将固态继电器交流侧短路，判断是固态继电器前后的故障点。

注意：固态继电器交流侧均为高电压，测量和使用注意绝缘，防止电击事件。

十五、霍尔电流传感器：

根据电流规格不同，采用的型号不同。目前主要有 CSK1-300A (300A/4V)，CSK3-400A (400A/4V)，CSK4-600A (600A/4V)。

接线如图所示：



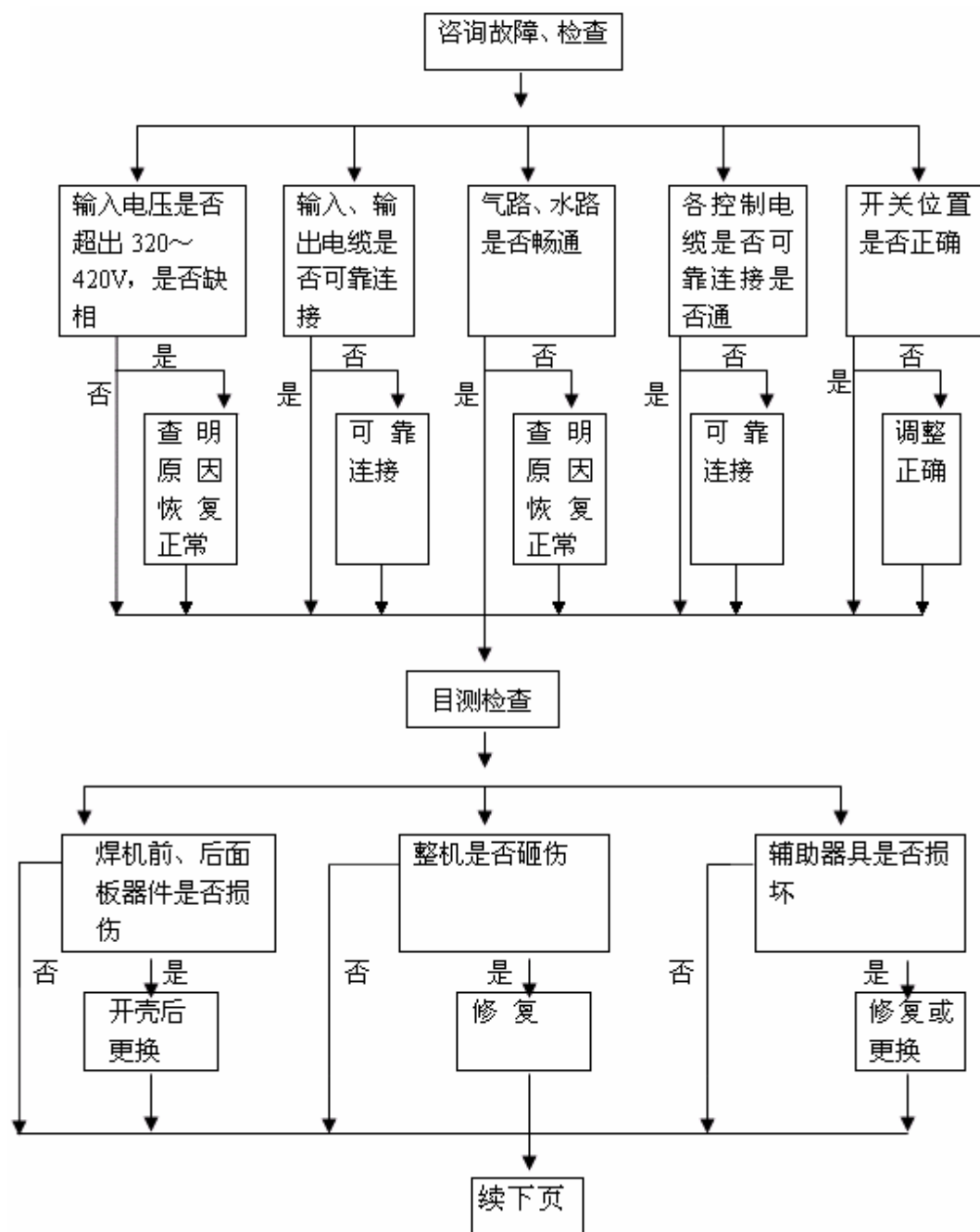
霍尔电流传感器出现故障后，容易造成焊机显示不正常，焊接电流无法调节、焊接电流不稳、输出或大或小等故障，可以测量 Vout 端对 GND 端的电压来判断电流检测是否正常，测量供电电源及连线是否正常。

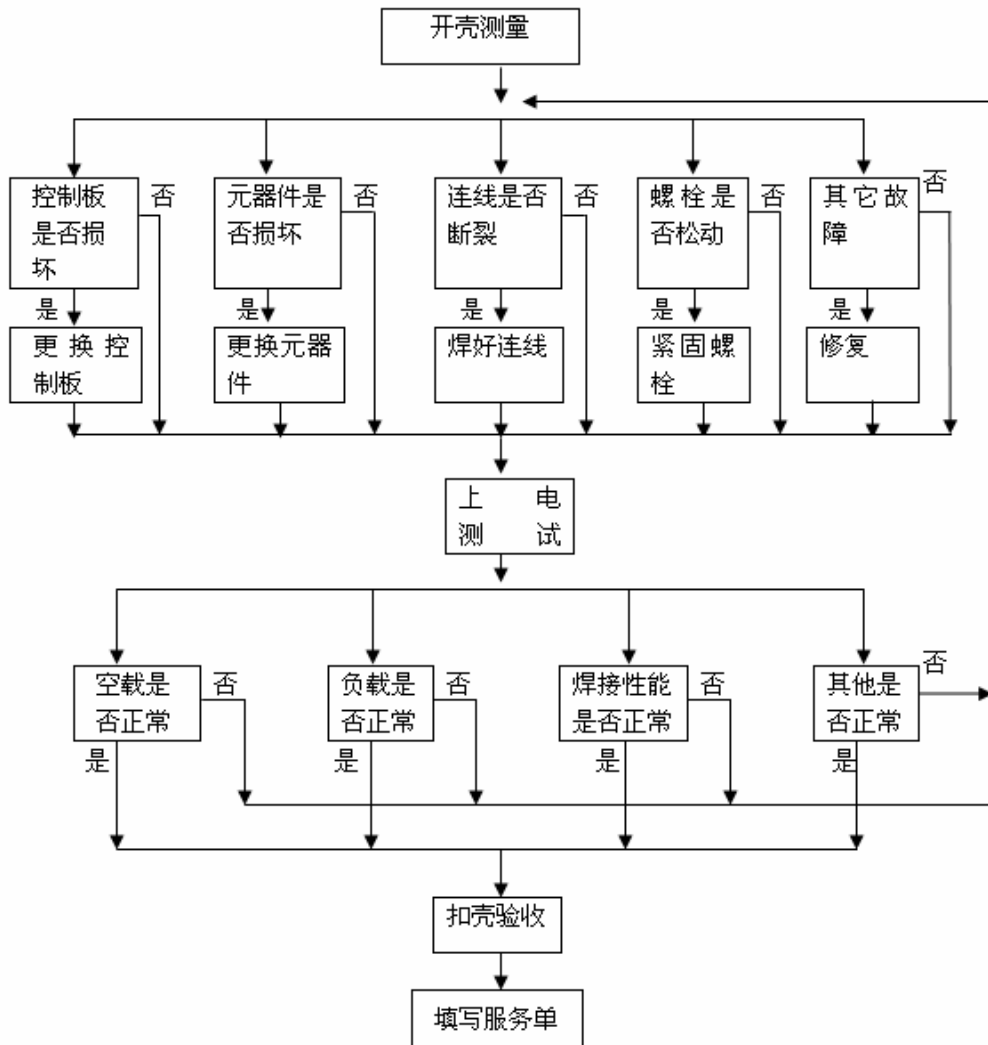
十六、IGBT 焊机维修中的注意事项

- 1、如果 IGBT 模块坏，必须测量驱动板驱动线路是否损坏，同时测量电流互感板、三相整流模块、空气开关等器件是否有问题。
- 2、IGBT 对静电敏感，携带过程中 GE 间应短路，焊接时烙铁应可靠接地。
- 3、更换 IGBT 模块时，要保持栅极短路小铜环不脱落，直到安装完好，最后插控制线时，一手触摸接地的金属件，一手拔下铜环插好控制线，最后将触摸接地金属件的手拿开；要将散热器上原有的硅脂清除干净，重新涂上新的导热硅脂；安装螺丝一定要均匀紧固好，让器件与散热器有良好接触。
- 4、控制板与驱动板在更换过程中，要注意各插头原有位置，一一插回。
- 5、更换 IGBT 模块、20040 模块、三相整流模块等半导体模块时，拆下旧模块后，先用干净的抹布将散热器上的导热硅脂擦干净，然后在模块底板上涂上适量的新的导热硅脂，将模块安装在相应的位置，模块上紧后底板周围应该都能看到少量的导热硅脂。
- 6、安装各类半导体模块时，各个安装螺丝应该均匀上紧，切不可一个一个地上紧。
- 7、遇到风机不转时，要首先检查三相电中风机接的两相，检查接线是否有问题，检查启动电容，都没有问题后再检查更换风机。

§ 3-2 焊机维修流程图

一、焊机维修流程图





二、缺相的现象和原因

在维修过程中，我们经常会遇到缺相的故障。主要有以下两种情况：

- 1、如果电源变压器所接的两相缺相，焊机不工作，无显示，工作指示灯不亮。这种情况需要检查电网电压、配电柜开关、闸刀、保险丝、焊机空气开关等。
- 2、如果缺另外一相，焊机显示正常，空载工作正常，但是焊接过程中电流会不稳定、断弧，不能正常焊接（排除主控板、电位器等其他因素）。对于缺相现象，通常我们检查的是空气开关连接输入电缆处电压是否缺

相，这种检查是不完全的。因为，如果焊机上的空气开关和三相整流模块也有可能造成焊机内部缺相。

正确的方法应该是：如果经检查，焊机空气开关（或输入接线盒）连接输入电缆处电压不缺相，应该再检查三相整流模块整流输出直流电压在工作时（即带负载）是否是直流 500 伏左右。正常输入交流 380V 的情况下（不缺相），此电压应该为直流 510V 左右；在输入交流 340~420V 的情况下，此电压应该为直流 460~567V 左右（带负载工作、不缺相）。如果焊机上的空气开关和三相整流模块造成焊机内部缺相，在焊机带负载工作时，三相整流模块整流输出直流电压会低于 450V，甚至低于 400V。

三、客户现场使用不当造成的维修服务

客户在使用焊机时，因为焊机质量以外的问题，也会产生维修服务方面的要求。这种情况在总服务量中占的比例也较大。此类问题主要有以下几种情况：

- 1、电网电压缺相：由电网、配电柜开关、闸刀、保险丝等造成。如果缺电源变压器所接的两相，焊机不工作，如果缺另外一相，则焊接电流不稳定。
- 2、电网电压不稳定：电压过高（如大型吊车制动造成等），会烧坏压敏电阻或者跳闸；电压过低，则焊接电流不稳。
- 3、风机堵转：使用现场有异物（如钢筋等）进入，使风机堵转。这种情况一般会使网罩和扇叶变形。
- 4、风机改转向：按焊机设计，风机往里吹风。有时应客户要求改为向外排风，但散热效果不如向里吹风好，焊接规范会达不到额定的负载。
- 5、控制电缆插头接触不好：ZX7 遥控航空插头、NBC 控制线插头、MZ 控制线插头等接触不好、插不到位。
- 6、控制电缆断线：现场被工件等物体将控制线砸断，有时电缆内部断线后，从外观看不出，甚至有似断非断的情况出现（电缆盘起来后是正常的，拉开后是断的）。这时会出现控制不灵，不能调节等故障。
- 7、输出焊接电缆破损以及正负极接错：会造成短路、漏电流、漏高频等故障。
- 8、规范调节不合适：有时焊工拿不到使用说明书，调节规范不熟悉。
- 9、超规范使用：使用电流超过额定负载持续率的规定，使焊机热保护频繁。
- 10、不合适的焊接工艺和规范：焊机的种类和规格不适用于现场，没有弄明白客户的需求后而形成的销售。
- 11、现场使用的焊丝、导电嘴、焊枪等选用不合适，易损件更换不及时。
- 12、工件清理不好造成的焊接性能不稳定，焊缝成型不好。

- 13、焊机在现场淋雨或者其他原因造成严重受潮。
- 14、异物进入气路造成堵塞，MZ 焊机导电嘴内有焊剂或者异物堵塞造成不送丝等。
- 15、其他人为原因：比如焊工使用不习惯等等。
- 16、焊机现场安装调试和培训等。

对于这类的服务，要求我们的服务人员做到以下几点：

- 1、热心服务，解决客户提出的每一个问题；
- 2、当场向使用者做出明确的解释，避免误会；
- 3、向现场和设备的管理者说明原因，一起解决问题，避免问题反复出现。