

KVFC+系列变频器之KVFC+415GR

维修手册

西部维修服务中心

2007-7-7

目　　录

前　　言 ..... - 3 -
第一章　安全说明 ..... - 5 -
　第一节　维修人员应注意的事项 ..... - 5 -
　第二节　安全标识与表示的意义 ..... - 6 -
第二章　变频器维修前的准备 ..... - 7 -
　第一节　常用维修测量工具 ..... - 7 -
　第二节　数字万用表“二极管档”的使用方法介绍 ..... - 8 -
　第三节　通用变频器基本电气原理 ..... - 11 -
　2.3.1　交-直-交通用电压型变频器的电气结构 ..... - 11 -
　2.3.2　通用变频器的控制电路结构 ..... - 12 -
　第四节　维修 KVFC+415GR 变频器所需的技术资料 ..... - 12 -
　第五节　文中个别概念解释 ..... - 12 -
第三章　KVFC+415GR 变频器结构介绍 ..... - 13 -
　第一节　KVFC+415GR 的外观结构 ..... - 13 -
　第二节　额定铭牌及型号 ..... - 14 -
　第三节　主回路端子说明 ..... - 15 -
　第四节　控制端子示意图及端子功能说明 ..... - 15 -
　第五节　CPU 板上跳线说明 ..... - 17 -
第四章　数字操作器说明 ..... - 18 -
　第一节　数字操作器面板说明 ..... - 18 -
　第二节　程序的三级菜单结构 ..... - 19 -
　第三节　操作方式说明 ..... - 20 -
　第四节　快捷操作方式说明 ..... - 21 -
　第五节　监视功能组说明(d 组) ..... - 21 -
第五章　KVFC+415GR 变频器的维修流程 ..... - 22 -
第六章　KVFC+415GR 变频器的目检 ..... - 24 -
第七章　KVFC+415GR 变频器的静态检修 ..... - 27 -
　第一节　IGBT 模块的静态测量 ..... - 28 -
　7.1.1　整流桥的静态测量 ..... - 28 -
　7.1.2　逆变续流二极管的静态测量 ..... - 28 -
　7.1.3　制动单元的静态测量 ..... - 28 -
　7.1.4　温度检测单元的静态测量 ..... - 29 -
　第二节　开关电源的静态检修 ..... - 30 -
　7.2.1　变压器的静态测量 ..... - 30 -
　7.2.2　MOSFET 的静态测量 ..... - 30 -
　7.2.3　IC Board 的静态测量 ..... - 31 -
　7.2.4　主回路继电器及风机驱动电路的检修 ..... - 31 -
　7.2.5　开关电源 PN 之间和各电源输出端之间的阻值 ..... - 31 -
　7.2.6　其它元器件的静态检修 ..... - 32 -

第三节　驱动电路及 CPU 板的静态检修 ..... - 33 -
第八章　KVFC+415GR 变频器的动态检修 ..... - 35 -
第一节　开关电源的动态检修 ..... - 36 -
第二节　IC Board 的动态检修 ..... - 38 -
第三节　CPU 板的动态检修 ..... - 40 -
第四节　驱动电路的动态检修 ..... - 42 -
第五节　主回路输出波形测试 ..... - 44 -
第九章　KVFC+415GR 变频器的整机测试 ..... - 45 -
第一节　整机装配 ..... - 45 -
第二节　空载测试 ..... - 46 -
第三节　轻载测试 ..... - 47 -
第四节　满载测试 ..... - 48 -
第十章　填写故障维修记录表 ..... - 48 -
附录 I：KVFC+系列变频器故障保护动作一览表 ..... - 49 -
表一：故障保护动作名称及功能一览表 ..... - 49 -
表二：故障码及其名称、原因和对策 ..... - 50 -
附录 II：部件更换 ..... - 51 -
附录 III：　7.5KW 以下机型部分电路元器件一览表 ..... - 51 -
附录 IV　常见故障的快速检修 ..... - 52 -
附录 V：手工锡焊基本操作及技术要点 ..... - 58 -
一、手工锡焊基本操作方法 ..... - 58 -
二、手工锡焊技术要点 ..... - 60 -
三、贴片元件的手工焊接和拆卸 ..... - 63 -

前　　言

在新公司落成之后，新的历史时期已经拉开了序幕，新的机遇与挑战也随之来临。

深圳公司和西安分公司都是以变频器为主流产品，并都是自主研发、生产、销售、服务和管理于一体的企业。在世界市场格局风卷云涌、瞬息万变的今天，我公司产品如何异军突起，快速挺进世界市场，并实现其强劲发展和壮大，这不仅需要有装备精良、性能优佳的高质量产品，运筹帷幄、决胜千里的高效管理，身怀绝技、身经百战的营销主力军，处惊不乱、随机应变的现场服务快速反应部队和及时到位、保障有力的后勤体系，还要有素质一流、技术过硬的维修队伍。

维修队伍是前沿阵地上的白衣天使，他们需要随时面临各种故障的诊断和救治。那么如何快速准确地判断一个电子元器件的好坏便成为维修工程师们工作的核心和关键。如何提高维修工程师的工作技能，并为新生力量提供可靠的培训资料，以实现维修队伍的可持续发展；让更多的技术人员了解、应用 KVFC+系列变频器，并让更多的青年才俊加入到 KVFC+系列变频器的维修队伍中来，便成为初级阶段的重大课题！

新的历史时期里，为配合我公司标准化、流程化作业规范的战略方针，加强公司内部的技术交流，实现东南沿海和西部内陆两公司文化和资源的有效利用和整合。编写一本 KVFC+系列变频器维修方面的技术手册，变得尤为重要和迫切了。

KVFC+系列变频器是西安分公司研发生产的一款通用加强型变频器，并为自 2007 年起我公司向市场全面主推的系列变频器。该系列变频器种类齐全、功能强大，可满足多种工作环境、多种控制方式。要想全面的讲述全系列十几种变频器的维修方法，其工作量和工作难度是非常大的，且内容过于庞杂不便于阅读和理解。鉴于各种变频器都有其共性和个性，现本着求同存异的原则，以 KVFC+415GR 为例编制本变频器的维修手册。

本手册内容从维修人员在维修过程中应注意的安全事项开始，分别讲述了变频器维修前的准备、再以 KVFC+415GR 为例介绍了该种变频器的结构特点、数字操作器的使用、变频器的检修流程、变频器相关电路与器件的静态检修及变频器的动态检修及带载测试等。章节顺序的安排尽可能以维修人员的思维、操作逻辑顺序为基础。内容力求通俗易懂，操作性强，简明实用。手册附录部分为维修人员提供了一些在维修过程中可能用到的资料。

本手册因涉及到相关产品的技术资料，仅作为公司内部参考资料使用，未经许可其相关内容不得向公司以外个人或其它第三方以任何方式传播。

本产品的结构、软件、硬件等都在不断完善和更新，由此而引起的维修中的相应变更，请及时阅读我公司技术研发部的更改通知，此处恕不另行说明。

本手册在编写过程中，得到了我公司技术研发部、品质部及技术支持部各位同事及领导等的大力支持，谨向他们致敬！

由于本人水平有限，内容中难免有纰漏和不足之处，恳请读者及维修人员多提宝贵意见，使得本手册内容更加充实，更加实用，更加具有指导意义。谢谢！

王　凯

西部维修服务中心

2007-7-7

第一章　　安全说明

本安全说明重在提醒，KVFC+系列变频器的维修人员务必注意人身安全和操作安全。

变频器维修技术人员在维修变频器前应先掌握电工学基础知识，熟悉变频器基本控制原理和电路结构，熟悉变频器装配工艺流程和主要装配物料，同时需要了解变频器维修中可能遇到的危险和相关安全防护措施，并遵守一定的操作规程，这样才能避免维修过程中发生异常情况或造成损失，另一方面可以提高维修质量和维修效率。

第一节　　维修人员应注意的事项

防止电击 !!

1. 维修人员须配备安全防护设备和措施。
2. 当连接电源线时，确保电源开关断开。操作开关时保证操作人员的手干燥.
3. 当输入电源接通时，不要接触电路板上的元器件，不要用螺丝刀等金属性物体随便指变频器内部部件和端子台，若不慎与机内高压部分接触，则有可能造成电击。
4. 接线和检查必须在电源断开 10 分钟之后，并且在使用测试器检查直流电压放电（低于 30V）以后进行。
5. 如果电缆的外皮损坏或将重物放在电缆上面将导致电击的发生。

防止火灾 !!

由于需要维修的变频器通常是用户使用多年，内部附着物较多，有时为棉类，油类附着物，在打开变频器面盖时，务必确定附近没有火源。否则将很容易导致第二次的事故和火灾。

防止损坏 !!

1. 在打开包装后，由于变频器外表面有污垢，提拿变频器时，注意不要摔伤变频器和造成人身伤害。
2. 非正确的端子连接将导致变频器的损坏。并注意端子极性。
3. 在维修、测试的加电过程中，需要由低到高缓慢增加输入电源幅值。如发现有任何异常，立即断电，仔细检查。以免造成对变频器的进一步损坏和人身伤害。
4. 不要在变频器上放置重物、有水的水杯、小螺丝钉等。
5. 对于 KVFC+MINI 和 KVFC+475GR 以下机型，在打开面盖之前，先用小平口螺丝刀，卸下显示板。在小心撬开面盖。否则，将会损坏显示板连接插头或面盖。

第二节　　安全标识与表示的意义

本维修手册中将用以下标识，维修人员务必仔细阅读其说明内容：



警告　**本符号提示若不按要求操作，可能导致死亡、重伤或严重的财产损失。**



危险　**本符号提示如果不按要求操作，可能使身体受伤或设备损坏。**



提示　**本符号提示一些有用的信息。**



注意　**本符号说明操作时需要注意的事项。**

第二章　变频器维修前的准备

在维修变频器之前，维修人员需准备好工具、相关知识及资料。

第一节　常用维修测量工具

本手册中所提供到的常用仪器如下，详可见其使用说明书。

1) 测试电源。220VAC 电源、直流高压可调电源（电源规格：0~850VDC/0~10A）、直流可调低压稳压电源（电源规格：0~30VDC/0~3A。此处所用型号：WYK—303B2）、变频器交流测试电源控制柜（电源规格：50Hz，三相 0~600VAC 可调，三相 380VAC 网压，0~50A）等。如图 2.1.1 所示。

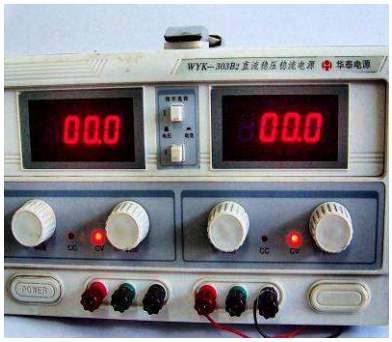


图 2.1.1　直流可调低压稳压电源 WYK—303B2 实物图

2) 示波器及配套高压探头和电流探头，此处所用示波器型号：TDS1002B（如图 2.1.2 所示）



图 2.1.2　检修所用示波器及其高压电压探头和电流探头实物图

3) 数字万用表，型号 VC9805A+；见图 2.1.3。

4) 嵌型电流表。此处所用型号：VC3267。见图 2.1.3。

5) 螺丝刀、镊子、斜口钳、尖嘴钳、烙铁、吸锡器等辅助材料。（烙铁规格：30W 尖头、60W 平头各一把或其他温度可调烙铁。）



图 2.1.3　VC9805A+万用表和 VC3267 实物图

第二节　　数字万用表“二极管档”的使用方法介绍

一、　　检测二极管

数字万用表二极管档开路电压约为 2.8V，红表笔接正，黑表笔接负，测量时提供电流约为 1mA，显示值为二极管正向压降近似值，单位是 mV 或 V。硅二极管正向导通压降约为 0.3~0.8V，反偏时应显示溢出符号“1”。锗二极管锗正向导通压降约为 0.1~0.3V。并且功率大一些的二极管正向压降要小一些，反偏时应显示溢出符号“1”。如图 2.2.1 所示。

如果测量值小于 0.1V，说明二极管击穿，此时正反向都导通。如果正反向均开路说明二极管 PN 节开路。如图 2.2.2。对于发光二极管，正向测量时二极管发光，管压降约 1.7V 左右。

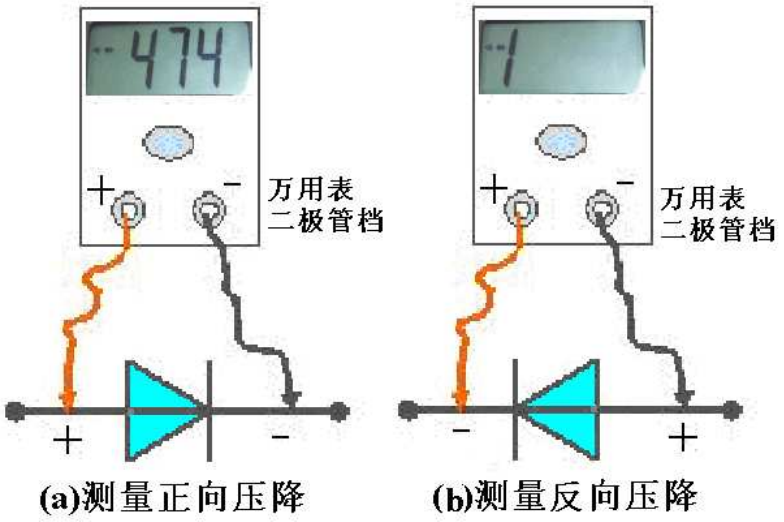


图 2.2.1　二极管正常时的测量数值

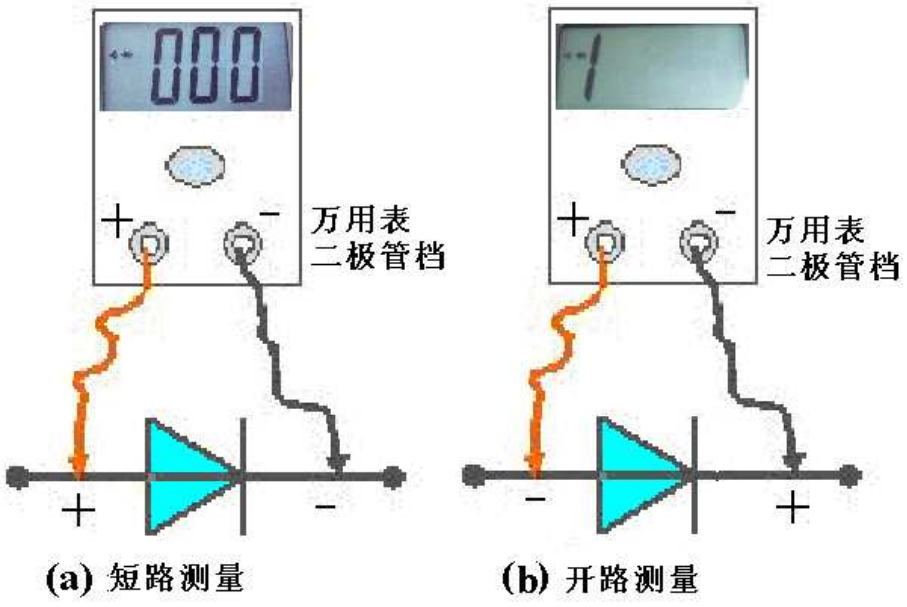


图 2.2.2　二极管短路和开路时，数字万用表的测量结果

二、检测三极管

三极管有两个 PN 结，发射结（be）和集电结（bc），按测量二极管的方法测量即可。在实际测量时，每两个管脚间都要测正反向压降，共要测 6 次，其中有 4 次显示开路，只有两次显示压降值，否则三极管是坏的或是特殊三极管（如带阻三极管、达林顿三极管等，可通过型号与普通三极管区分开来）。在两次有数值的测量中，如果黑表笔或红表笔接同一极，则该极是基极，测量值较小的是集电结，较大的是发射节，因为已判断出基极，对应可以判断出集电极和发射极。同时可以判断：如果黑表笔接同一极，则三极管是 PNP 型，如果红表笔接同一极，则三极管是 NPN 型；压降为 0.6V 左右的是硅管，压降为 0.2V 左右的是锗管。

实例一:测量一只型号不明的晶体管。预先把三个电极编上序号①、②、③，管子的平面朝上，引脚对着测试者，从左至右排列。将数字万用表拨至二极管档，按图 2.2.3(a)所示方法依次进行测量，测量结果如表 2-1 所列。由六次测量数据可见，当红表笔接②脚，黑表笔依次接①、③脚时，两次显示的值分别为 0.857V 和 0.856V，由此判定②脚是基极，并且被测管属于 NPN 型。

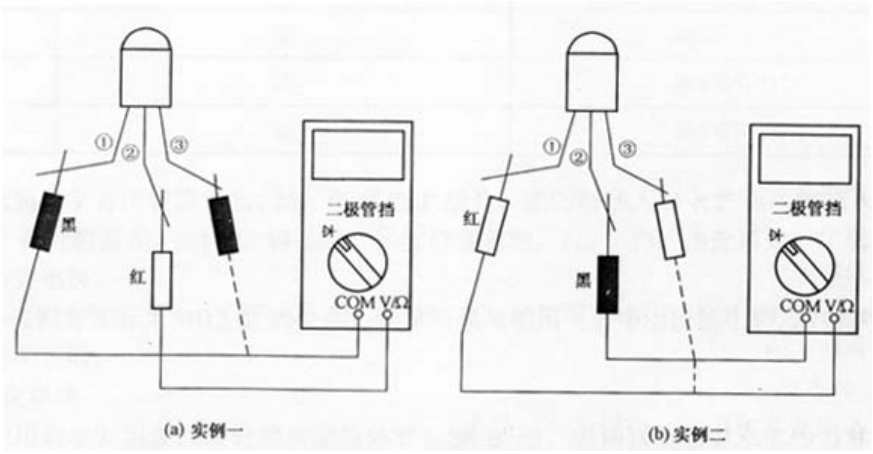


图 2.2.3 **数字万用表检测三极管实例**

表 2-1 **实例一测量结果**

红表笔	黑表笔	显示值
①	②	溢出符号“1”
①	③	溢出符号“1”
②	①	0.857
②	③	0.856
③	①	溢出符号“1”
③	②	溢出符号“1”

实例二：预先把三个电极编上序号①、②、③，管子的平面朝上，引脚对着测试者，从左至右排列。将 VC9805A+型数字万用表拨至二极管档。按图 2.2.3(b)所示方法依次进行测量，测量结果如表 2-2 所列。由六次测量数据可见，当黑表笔接②脚，红表笔依次接①、③脚时，两次显示的分别为 0.813V 和 0.815V，由此判定②脚是基极，并且被测管是 PNP 型。

表 2-2 **实例二测量结果**

红表笔	黑表笔	显示值
②	①	溢出符号“1”
③	①	溢出符号“1”
①	②	0.813
③	②	0.805
①	③	溢出符号“1”
②	③	溢出符号“1”

在用数字万用表二极管档判定晶体管基极 B 时，若两次测量显示值均为零，说明 C－E 极间已短路。

三、 在路检测晶体管

现以测试 NPN 晶体管为例，说明具体方法。测量时，使用数字万用表的二极管档，将红表笔固定接被测晶体管的基极 B，用黑表笔依次接发射极 E 及集电极 C，如果数字万用表显示屏显示的数字在 0.500 到 0.850 范围内，则可认为管子是好的。如仪表显示值小于 0.500，则可检查管子外围电路是否有短路的元器件，如没有短路元件，则可认定被测管有击穿性损坏，可进一步将管子从电路板上焊下复测。如仪表显示值大于 0.850，则很可能是被测管的相应 PN 结有断路性损坏，也应将管子从电路中焊下复测。

值得注意的是：若被测管 PN 结两端并接有小于 700Ω 电阻，而测得的数字偏小时，则不要盲目认为晶体管已经损坏。此时，可焊开电阻的一引脚再进行测试。此外，测量时，应在断电的状态下进行。

上述方法的原理是：晶体管（NPN 型硅管）的 B－C 极间及 B-－E 极间（等效二极管）的正向导通压降约为 0.7V，数字万用表二极管档能提供的测试电压为＋2.8V，所以晶体管 PN 结正常时屏幕应该显示 0.7V 左右。

测量锗材料晶体管 PN 结的方法和测量硅材料晶体管一样，不同的是屏幕显示的应为 0.3V 左右。

需要说明的是，对于 B－E 极间内置小电阻的晶体管（如彩色电视机用 2SD870 型行输出管），本测试方法不适用。

四、光耦

常用光耦的电路原理及符号如图 2.2.3 所示：

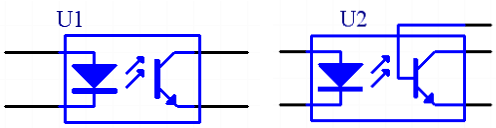


图 2.2.3 **常用光耦的电路原理及电路符号**

一侧是发光二极管，测量时压降约 1V 左右，另外一侧是三极管，有的只引出 c、e，测量正反向均截止，如果三个脚都引出，测量特性同上面三极管（多为 NPN 管）。当用一个万用表使二极管正向导通，此时用另外一块万用表测三极管 c 对 e 导通压降约为 0.15V；断开接二极管的万用表，三极管 c 对 e 截止，说明该光耦是好的。

第三节　通用变频器基本电气原理

本节简要介绍了通用变频器的基本电气原理和结构，以便维修人员对通用变频器有总体认识。

2.3.1　交-直-交通用电压型变频器的电气结构

通用电压型变频器主电路主要由：整流电路 VD1-VD6 单元、中间直流环节由滤波电容 C1、C2、软充电电阻 R_S、短路继电器或接触器 K_S、能耗制动 V_B-R_B 单元和逆变电路 V1-V6 单元等构成。如图 2.3.1 所示。

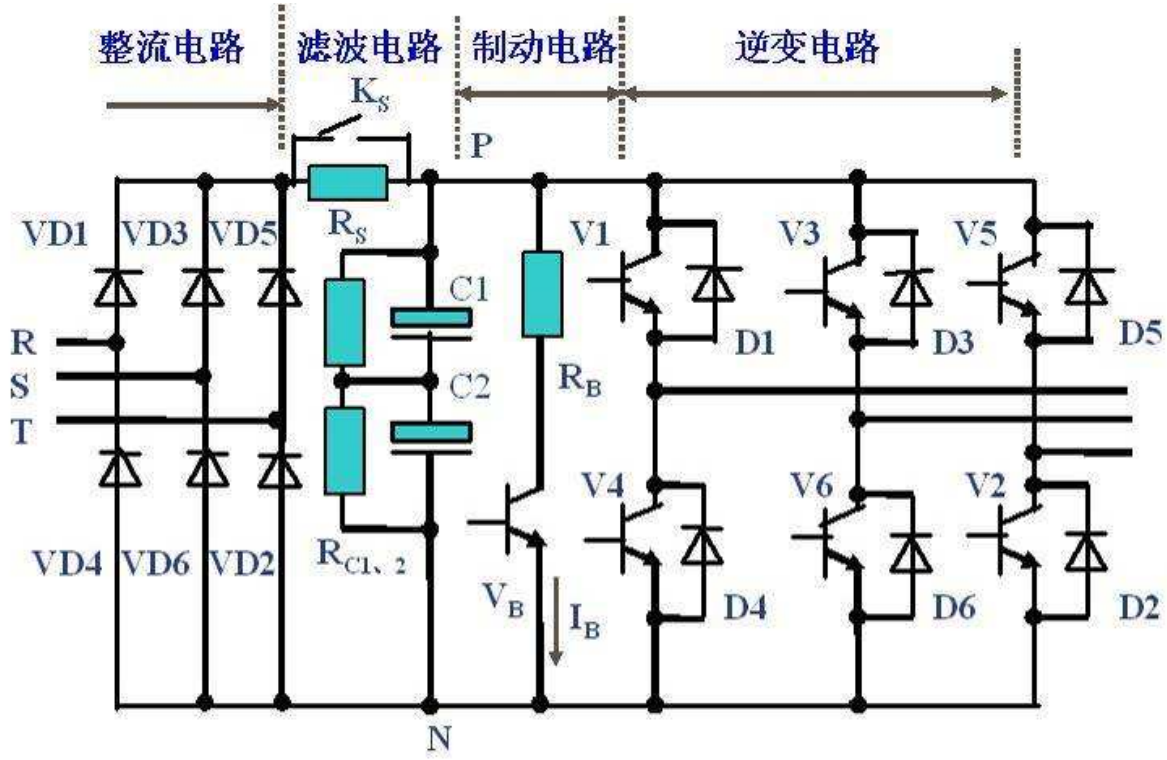


图 2.3.1　通用变频器主电路示意图

目前我公司 KVFC+系列变频器的主电路构均为此种。目前市场上通用变频器也大多采用此种结构。此种结构有控制方便、技术成熟、结构简单、成本较低、环境适应性强等特点。

2.3.2 通用变频器的控制电路结构

通用变频器的控制电路主要由 CPU 控制单元、开关电源单元、电流电压检测电路单元、驱动电路单元、报警保护电路单元、输入输出接口电路单元等构成，其示意如图 2.3.2 所示：

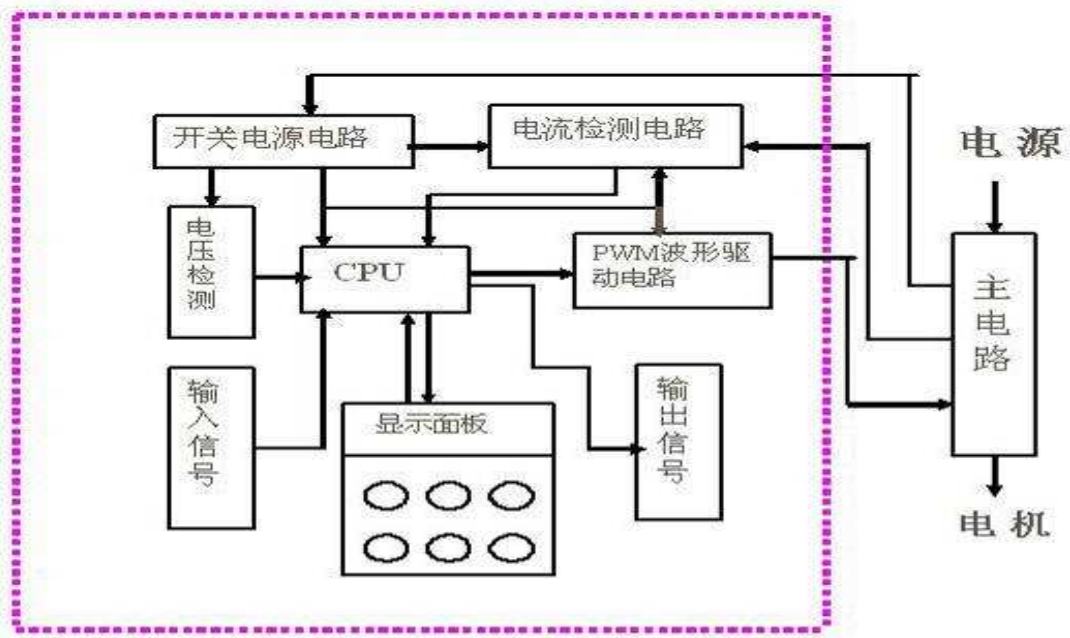


图 2.3.2 通用变频器控制电路示意图

第四节 维修 KVFC+415GR 变频器所需的技术资料

a) KVFC+415GR 产品电气原理图；

b) KVFC+415GR 产品物料清单；

c) KVFC+415GR 产品使用说明书；

d) KVFC+415GR 产品维修时所需的其它技术资料；

第五节 文中个别概念解释

静态检修： 指变频器在未接通任何电源的状态下对变频器进行的检修；

动态检修： 指变频器在接通直流或交流电源的状态下对变频器进行的检修；

在路测量： 指不将元器件从电路中取下，直接在电路板上进行测量，以判断其好坏。

待机状态（或停机状态）： 即操作面板显示“0.00”，并闪动。

第三章　KVFC+415GR 变频器结构介绍

KVFC+415GR 为博世力士电子传动与控制深圳有限公司西安分公司研发生产的一款通用加强型变频器，本手册以其为例讲解变频器维修相关事项，维修技术人员在维修前应熟悉该款产品的一些基本知识。

第一节　KVFC+415GR 的外观结构

KVFC+415GR 变频器的外观结构如图 3.1.1 所示。

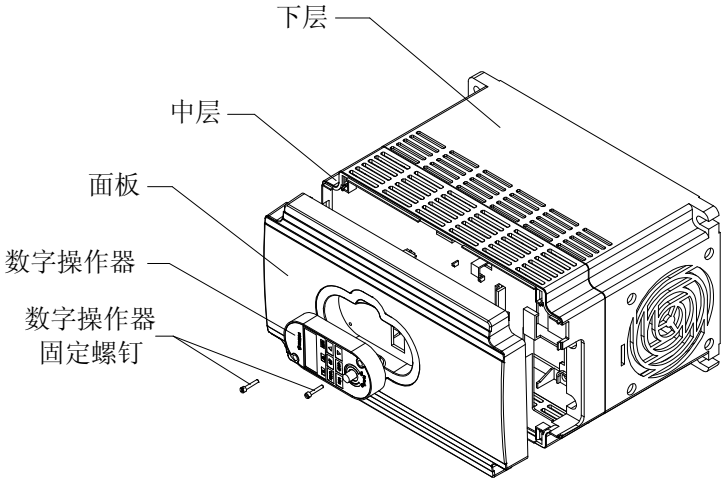


图 3.1.1　KVFC+415GR 变频器的外观结构

提示　**面盖的装取方法：**

(1)先用“一”字型改锥把数字操作器的两颗螺钉拧下，再取下数字操作器；

(2)用手从变频器面盖下端，按照图 3.1.2 中箭头所示方向轻拉面盖，听见“咔吧”声后，表示已经取下面盖；

(3)安装时，先把面板两侧的 6 个卡扣插入相应的插孔内，向下推入，当听见“咔吧”声后，表示已经装到位；再将数字操作器安装到位，将螺钉拧紧即可。



图 3.1.2 取下面盖的方法

注意　**在打开面盖之前，先用小平口螺丝刀，卸下显示板。在小心撬开面盖。否则，将会损坏显示板连接插头或面盖。**

第二节　　额定铭牌及型号

KVFC+415GR 变频器铭牌的形式和内容，如图 3.2.1 所示。

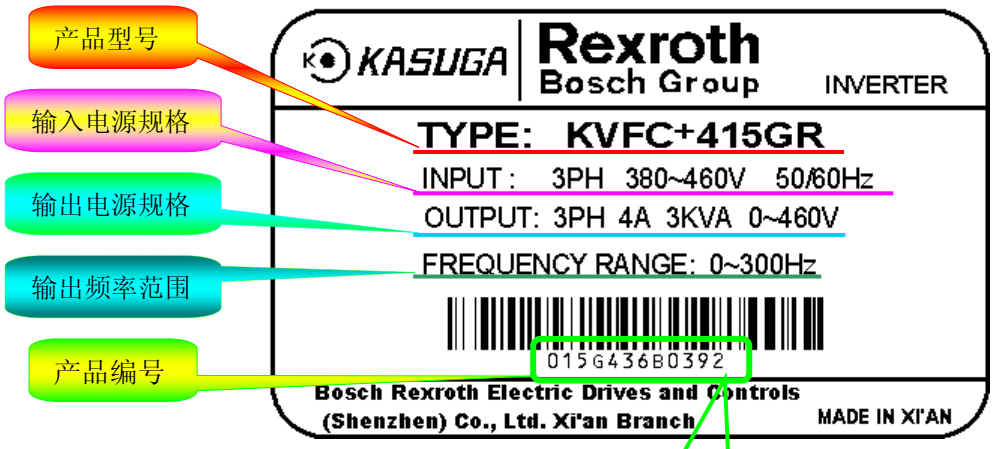


图 3.2.1　KVFC+415GR 变频器铭牌的形式和内容

产品型号的具体含义：

KVFC + 4 15 G S G R

- KVFC：系列名
- +：功能加强型
- 4：输入电压等级　2：200V 级　4：400V 级
- 15：可带最大电机功率
- G：负载类型代号

KW	KVFC+		
0.4	204	G	通用型
0.75	207/407	P	风机水泵型
1.5	215/415	T	纺织专用型
2.2	222/422	H	中频专用型
3.7	237/437	M	机床专用型
4.0	240/440	S	系统专用型
5.5	255/455	E	MINI 型
7.5	275/475		

- S：电源相数　S：单相　无：三相
- G：防护等级　G：密闭　无：标准
- R：操作面板电位器　R：有电位器　无：无电位器

产品编号的含义：

015G 4 3 6B0392

- 015G：机型
- 4：400V 等级
- 3：3 相
- 6B0392：生产日期：6—2006 年；B—2 月份；(用 A~L，12 个字母表示月份)　0392—生产序号；

第三节　　主回路端子说明

机器顶部:



机器底部:



主回路端子说明

端　子	说　　明(端子规格为 M3 或 M4)
R S T	主回路电源输入 **单相交流 200V 供电时选 R、T 两个端子输入**
U V W	变频器输出，连接至电机
PB,(+)	外接制动电阻预留端子
(＋)	直流正母线输出端子
⏚	接大地端子

第四节　　控制端子示意图及端子功能说明

KVFC+系列变频器的强大功能直接体现在其控制端子上，维修人员需对每个端子功能和检修方法都应明确掌握。

1、控制端子示意图

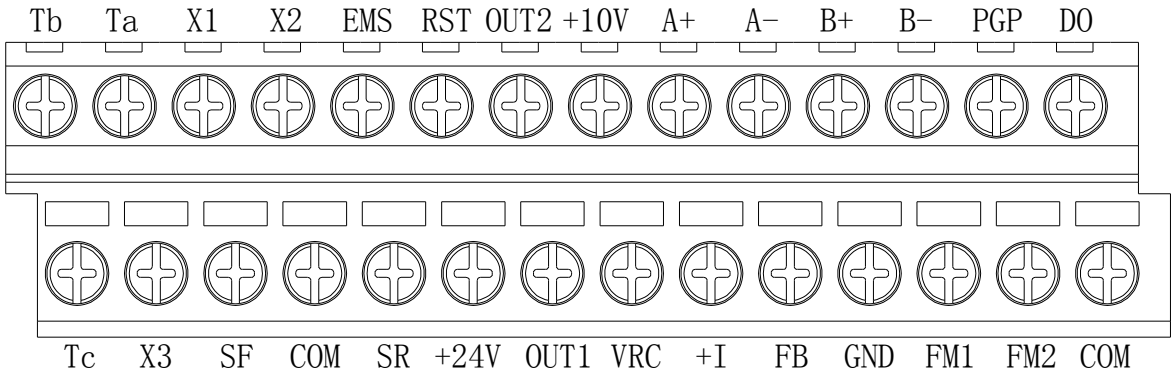


图 3.4.1　KVFC+系列变频器控制端子示意图

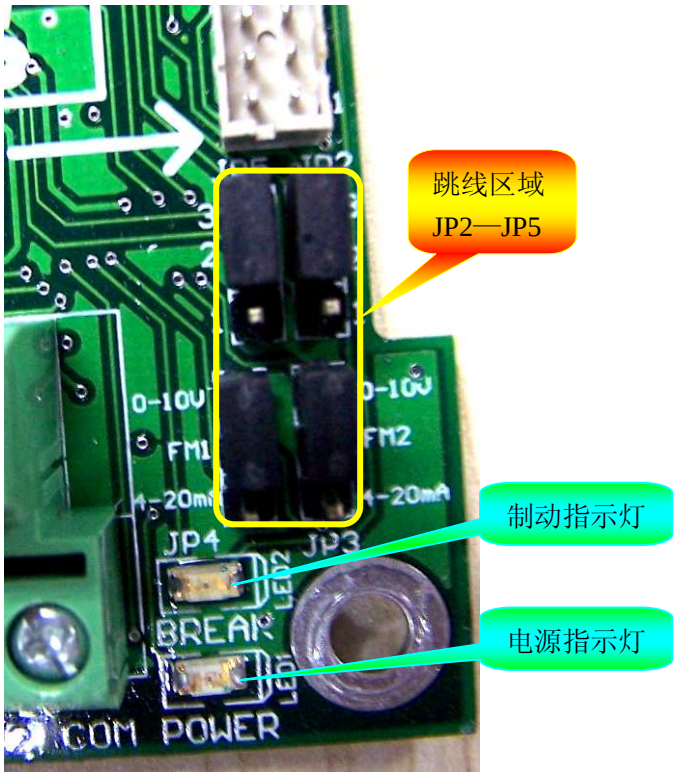
2、控制回路端子说明

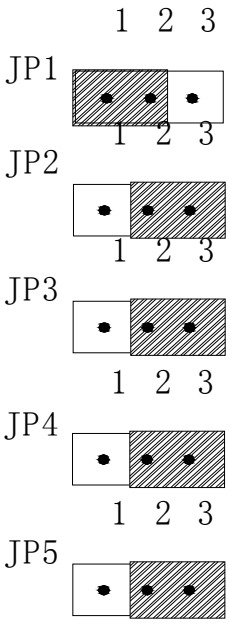
类别	端子	信号功能	说明	信号要求
开关量输入信号	SF	正转/停止信号	“闭”→正转，“开”→停止	光电耦合隔离输入 24VDC 8mA
	SR	反转/停止信号	“闭”→反转，“开”→停止	
	RST	出错复位输入	“闭”复位	
	EMS	外部异常输入	“闭”自由停车	
	X1,X2，X3	多段速指令	“闭”有效	
	COM	开关量公共端	-------	
模拟输入信号	FB	反馈输入信号	反馈信号	模拟量
	10V	速度指令电源端子	速度指令电源	10V(允许最大电流 10mA)
	VRC	频率指令	0～10V/最高输出频率	可由 JP5 选择 0～5V
	+I		4～20 mA /最高输出频率	4～20 mA
	GND	模拟公共端		
开关量输出信号	OUT1-COM	开路集电极输出 1	-------	开路集电极输出 ＋24V 50mA 允许最大负载
	OUT2-COM	开路集电极输出 2		
	DO-COM	脉冲输出	脉冲输出信号	0～50KHz
	Ta	继电器 Ry 输出	故障保护时: Ta－Tb 闭合；Tb－Tc 断开 (Tb 为公共端)	接点额定容量 250VAC 3A 或更小； 30VDC 3A 或更小电阻性负载
	Tc			
	Tb	继电器输出公共端		
模拟输出信号	24V	DC24V 电源正极	COM 为负极	
	FM1-GND	多功能模拟输出 1	0～10V 或 0/4～20mA	＋10V 电压表或 20mA 电流表
	FM2-GND	多功能模拟输出 2		
码盘信号	PGP-COM	＋24V 电源	码盘供电电源	最大输出电源:100mA
	A+	码盘信号 A	JP2 短路块 2－3 短接，选择码盘信号由 A+、A-、B+、B-差动输入；JP2:1-2 短接，选择由 A-、B-集电极输入	差动输入时码盘电源电压范围:＋8V～24V 最高输入频率:50KHz
	A-			
	B+	码盘信号 B		
	B-			

第五节　　CPU 板上跳线说明

CPU 板上的跳线为用户提供了多功能选择，维修人员在检测 CPU 板控制端子时要用到它们，现对其功能说明如下（图示为出厂设置）：

跳线在 CPU 板上的位置见图 3.5.1。





(编程跳线，用户不能修改)

2－3短接，选择码盘信号由A+,A-,B+,B-差动输入
1－2短接，选择码盘信号由A-,B-开路集电极输入

2－3短接，选择FM2端外接电压表
1－2短接，选择FM2端外接电流表

2－3短接，选择FM1端外接电压表
1－2短接，选择FM1端外接电流表

2－3短接，选择VRC端输入0～10V模拟信号
1－2短接，选择VRC端输入0～5V模拟信号

图 3.5.1 CPU 板上的跳线说明

第四章　数字操作器说明

本章主要介绍 KVFC+系列变频器数字操作器面板的结构、功能、操作方法，程序的三级菜单结构及监视功能组（d 组）参数的含义及功能，便于维修人员快捷准确操作。

第一节　数字操作器面板说明

4.1.1　数字操作器面板功能说明

数字操作器位于变频器中央位置，可分为两个部分:显示区和按键控制区。显示区提供参数设定模式及变频器运转状态。按键控制区为使用者提供与变频器沟通界面。见图 4.1。

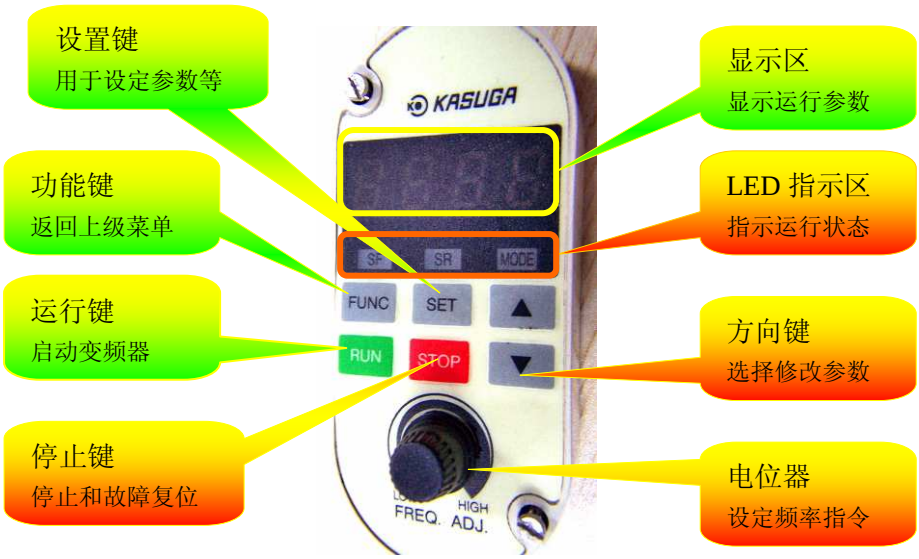
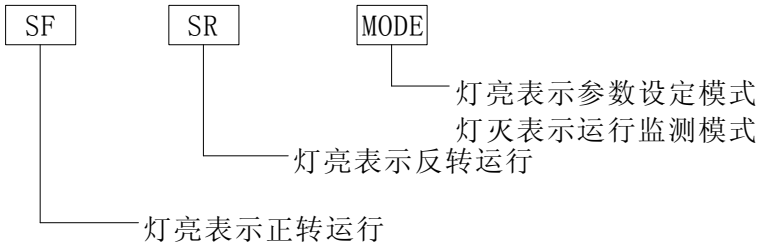
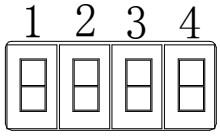


图 4.1　KVFC+系列变频器数字操作面板

4.1.2　LED 指示说明



4.1.3　数字显示说明



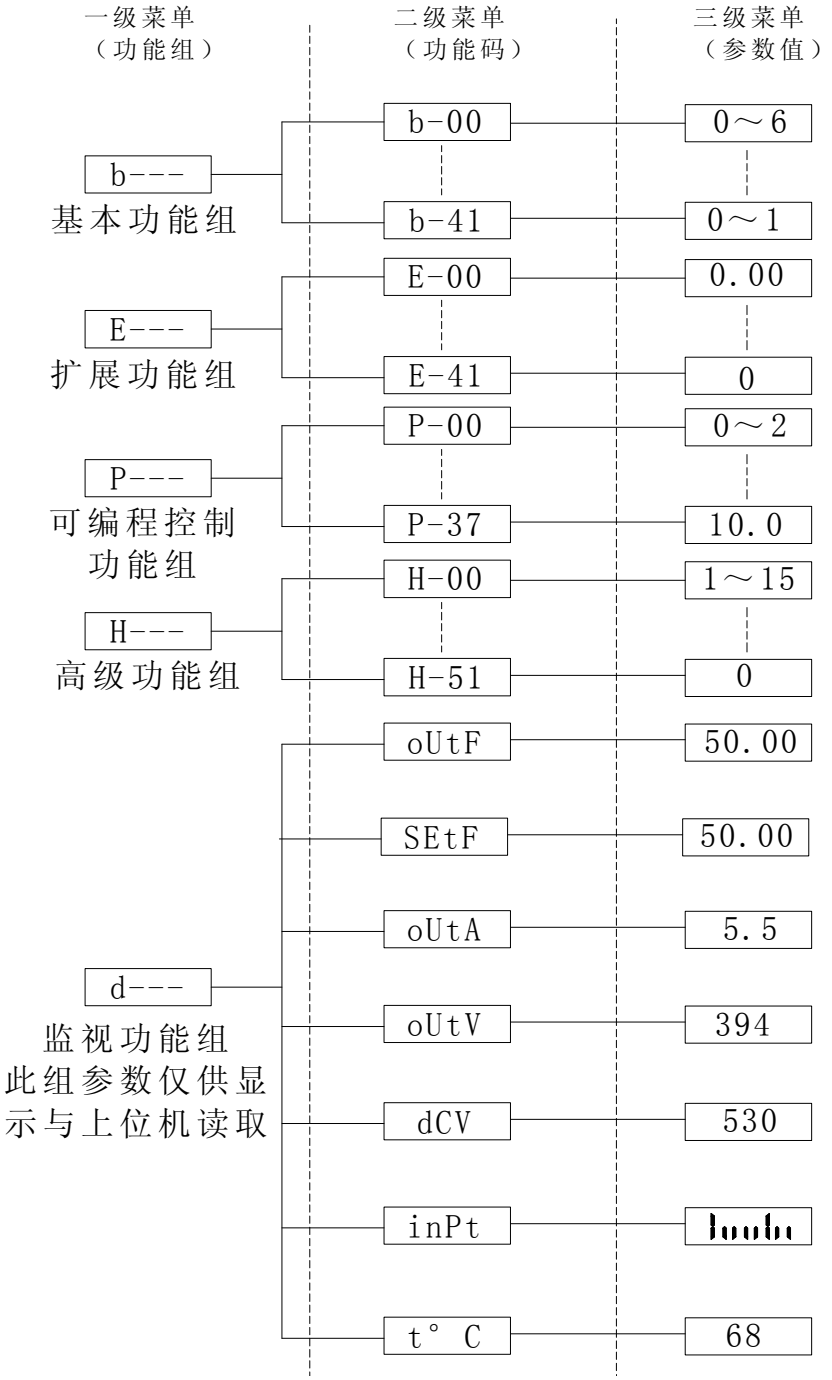
4 位 LED，可表示 5 位有效数字。

参数设定模式时，若 1 号 LED 闪烁，表示 5 位有效数字的最高位被隐藏，此时按下 FUNC 与▲组合键显示高 4 位有效数字；若 4 号 LED 闪烁，表示 5 位有效数字的最低位被隐藏，此时按下 FUNC 和▼组合键显示低 4 位有效数字。

提示　运行监测模式时，不允许 LED 闪烁，4 号 LED 若显示小数点，表示为 5 位有效数字且最低位被隐藏。

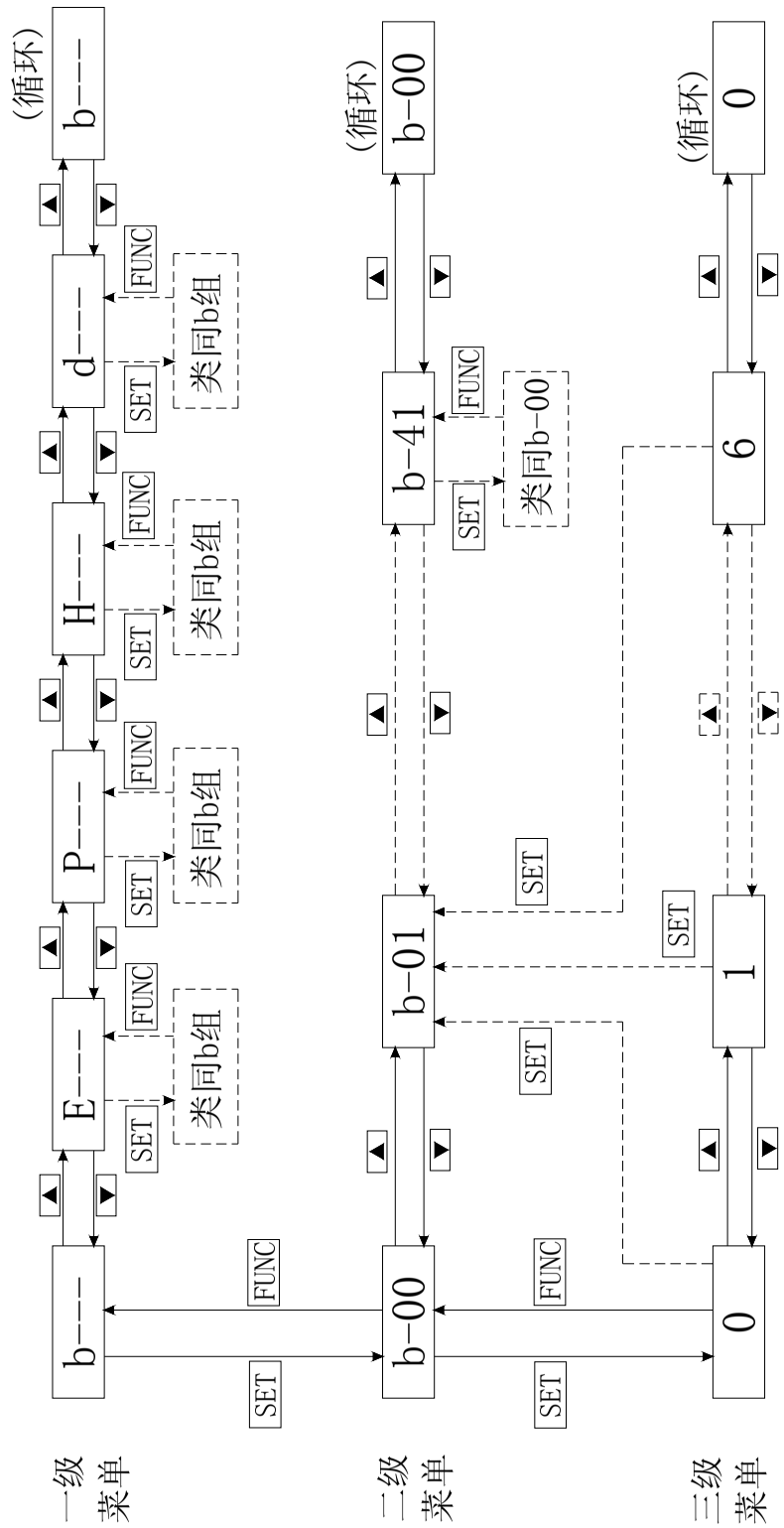
第二节　　程序的三级菜单结构

KVFC+系列变频器程序设计采用三级菜单结构，维修人员在查看和设置参数时需仔细阅读 KVFC+系列变频器产品用户手册相应内容，此处不再赘述。



提示　**可由数字操作面板 FUNC、SET、▲、▼在各个菜单项之间切换，参数设定，故障复位等操作。**

第三节　操作方式说明



注①: 上电或2分钟内未按任何键，自动进入d组三级菜单默认监视参数项；
注②: d组二、三级菜单下（监视情况下），运行时数码管显示值不闪烁；
不运行时数码管显示值闪烁；

第四节　　快捷操作方式说明

KVFC+系列变频器程序中设计了一些快捷操作方式，便于用户及维修人员快速查找参数。

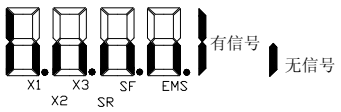
(1)在一级菜单下按 FUNC 键直接进入 d 组三级菜单默认监视参数项(由运行监视显示内容[E18]决定)；

(2)故障情况下，用 FUNC 键可在故障显示与一级菜单之间进行切换(进入一级菜单后可进行菜单操作)；

(3)在 d 组二级菜单下按 FUNC 键可直接进入 b 组一级菜单。

第五节　　监视功能组说明(d 组)

由于数码管显示英文字母有其天生的局限性，维修人员在查看这些参数时需仔细对照下表中的正常显示，了解其功能。

功能	缩写	功 能 说 明
监视项目	outF	显示变频器输出频率(Hz),电机转速、线速度等(参照 E19 和 E20)
	SEtF	显示变频器设定频率(Hz),电机设定转速或 PI 控制时目标值 (参照 E19 和 E20)
	outA	显示变频器输出电流
	outV	PI 控制禁止时，显示变频器输出指令电压； PI 控制时，显示反馈值。
	dCV	显示直流母线电压值
	inPt	输入信号显示 
	tºC	显示功率模块与散热器的温度(℃)

提示

[b00]、[b31]、[b32]、[E27]、[H07]和[H14]这六个功能与外部端子相关联，它们对 X1、X2、X3 的设定机会是均等的，但是一旦外部端子 X1、X2、X3 被其中某功能定义，则该端子在其它功能码中无法再被选择。若其它功能需要设定已被选择端子，必须先将这个端子从已设定功能解除出来。

例如:[b00]设定为“1”，则[b31]、[b32]、[E27]、[H07]、[H14]都不显示“1”和“2”参数值，只能显示“0”、或“3”或“4”。若 b31 需要设定为“1”，则先将[b00]设定为“0”、“2”或“3”，然后[b31]可以显示“1”，并且可以设定为“1”。

第五章　KVFC+415GR 变频器的维修流程

警告　**当维修技术人员接到 KVFC+415GR 故障变频器后不要急于通电检测，以免造成二次损害和人身伤害。检修一般按以下顺序进行，见图 5.1。**

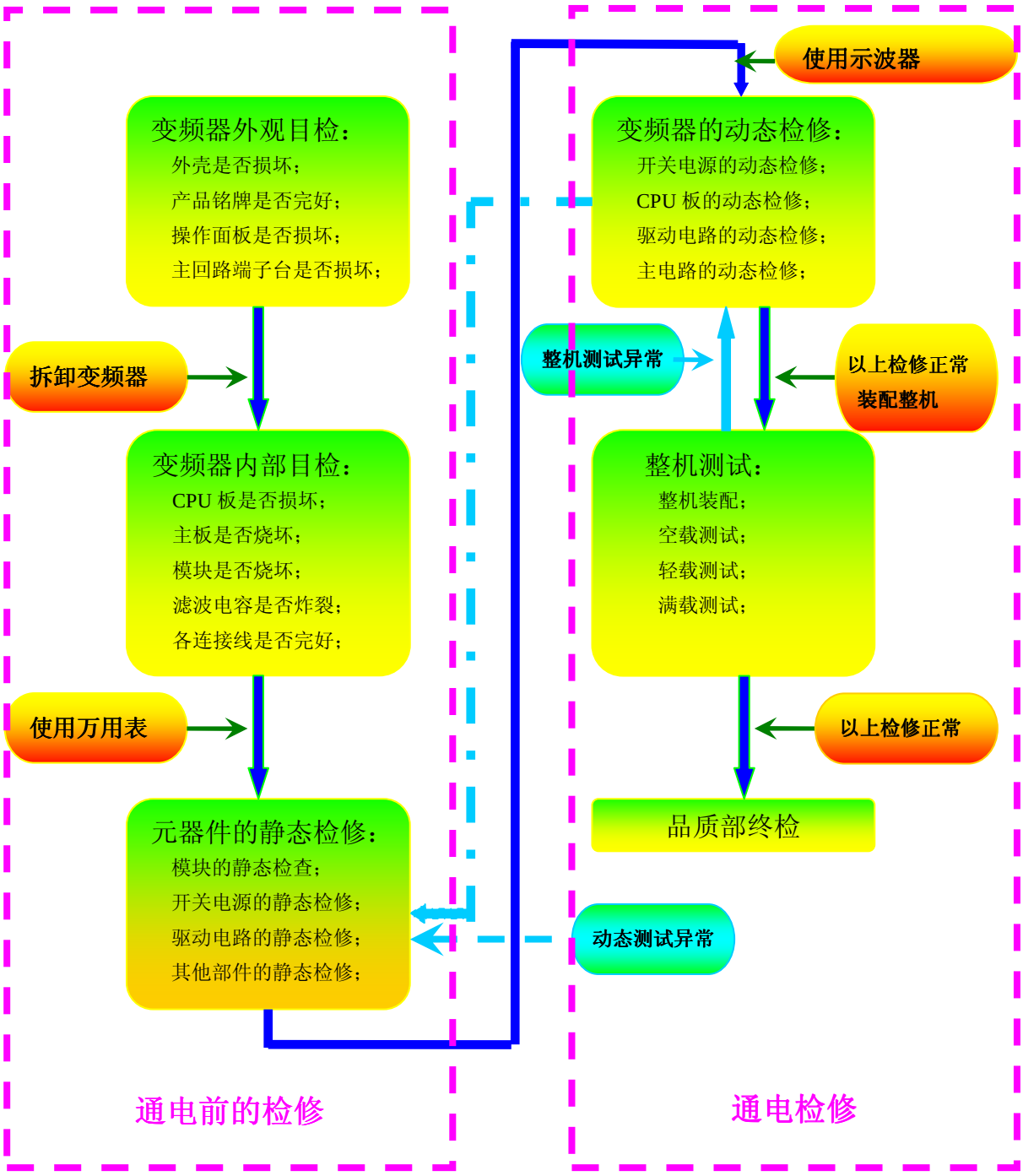


图 5.1　KVFC+415GR 变频器维修流程

1、 先外部后内部

先对变频器进行外观检查再对产品内部各电路板进行检查。详细说明见本手册第六章。

2、 先静态后动态检修

先检修有明显损坏的元器件，再加电检修其各部分性能。详细说明见本手册第七、八章。

3、 静态检修时，先主电路后控制电路

先检修变频器主电路单元再对控制电路单元进行检修；详细说明见本手册第七章。

4、 动态检修时，先控制电路后主回路

先检修控制电路，再检修主回路。详细说明见本手册第八章。

5、 先弱电后强电

给电源部分和 IGBT 分别加电，IGBT 的 PN 上加 20VDC，运行 CPU 板，测量其 U，V，W 之间的波形输出。详细说明见本手册第八章。

6、 先直流后交流

先给变频器（开关电源单元）加直流电源进行动态测试再加给变频器（主电路单元）交流电源进行带载测试。详细说明见本手册第八章。

第六章　KVFC+415GR 变频器的目检

从本章开始，将按照 KVFC+415GR 变频器检修流程图陆续讲述其目检，静态、动态、整机等的检修。

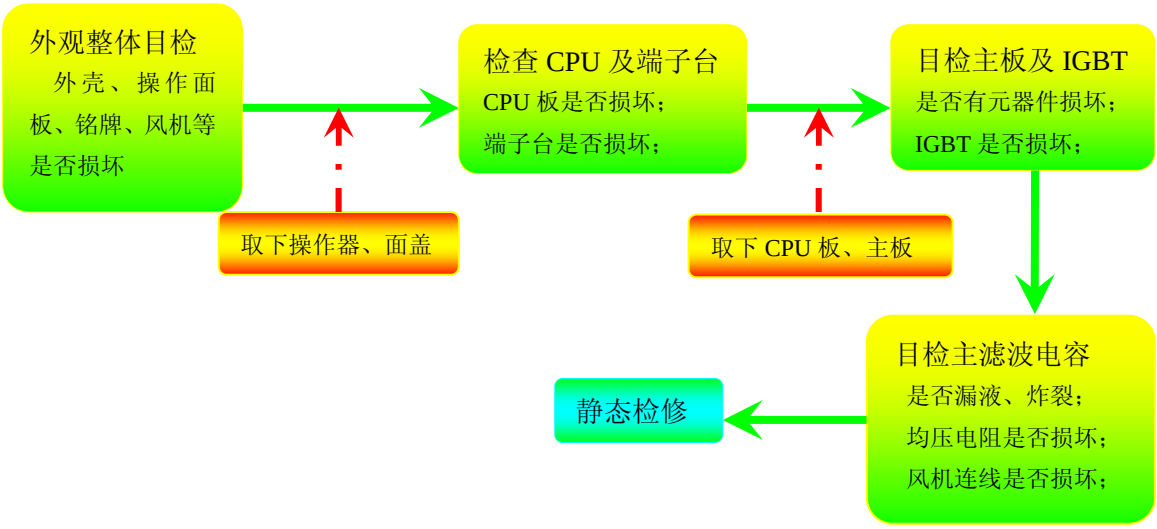


图 6.0　目检流程

第一步：　外观整体目检

如图 6.1,先目检变频器的整体外观，如变频器外壳、操作面板、铭牌等是否齐全、操作面板是否压坏或损坏、控制端子和主电路端子是否有损坏、烧黑、烧毁痕迹、风扇是否破损等。

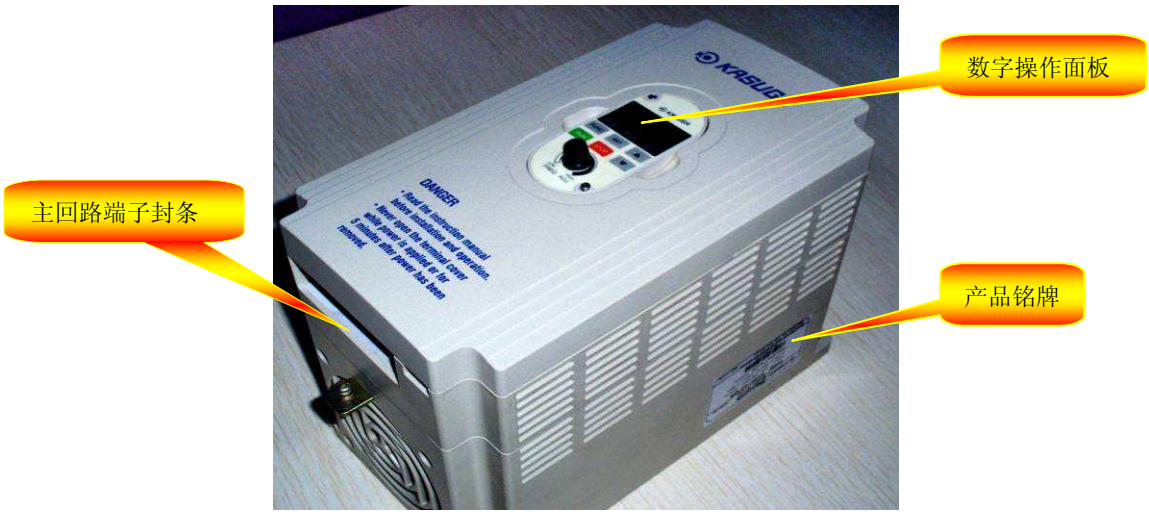


图 6.1　整机外观

提示　**有时，用户会对故障现象进行简单描述，这样维修时就可以有的放矢了。如果没有，则需要进行常规检查和维修。**

第二步：取下面盖对 CPU 板及端子台等目检

如图 6.2 所示，取下面盖目检其 CPU 板及主电路接线端子。

注意

A. 仔细查看端子台是否有螺丝缺少，主回路和控制端子台都要查看。有时缺少是用户在拆卸时就未装上，有的是用户拆线后，没有拧紧，在运输过程中振动而脱入机内或包装箱内。如有脱落应及时寻找装上，落入机内的螺丝等异物务必在加电检修前取出。

B. 由于故障机多为用户使用多年，因使用环境的不同，机内常常有导电材料、易燃物质等附着和沉积。维修人员应在拆开变频器外壳后，及时对其清理，清理时应注意人身安全及变频器零部件完好。



图 6.2 目检 CPU 板和端子台等

第三步：拆下 CPU 板、主板等，目检主板

如图 6.3 所示，取下 CPU 板、中层及主板，检查主板是否有损坏、烧坏痕迹。主要检查：

1) 一体化模块是否有烧坏痕迹。

2) 主板上开关电源电路元器件（包括保险管、开关变压器、MOS 管、IC Board、整流二极管 D2—D7、稳压二极管 ZD1（18V）、1Ω/1W 电阻、MOS 管驱动限流电阻 R6（56Ω/2W）、滤波电容是否有炸裂漏液现象等关键元器件）是否有损坏痕迹。

3) IGBT 驱动电路（包括光藕 PC1—PC6(TLP351/3120)、负压稳压管 ZD3—ZD6（7.5V/1W）、IGBT 驱动限流电阻 R20、R23、R26、R29、R32、R34（51Ω/1206），及 R22、R25、R28、R31、R33、R35（7.5KΩ/1206）是否存在损坏或烧毁痕迹。

4) CPU 板上是否有明显元器件损坏或烧坏痕迹。

5) 主板上其他元器件是否有损坏或烧坏痕迹，如软充电单元 RJ（150Ω/5W 两只并联）、继电器 MC、电源输入吸收安规电容等。

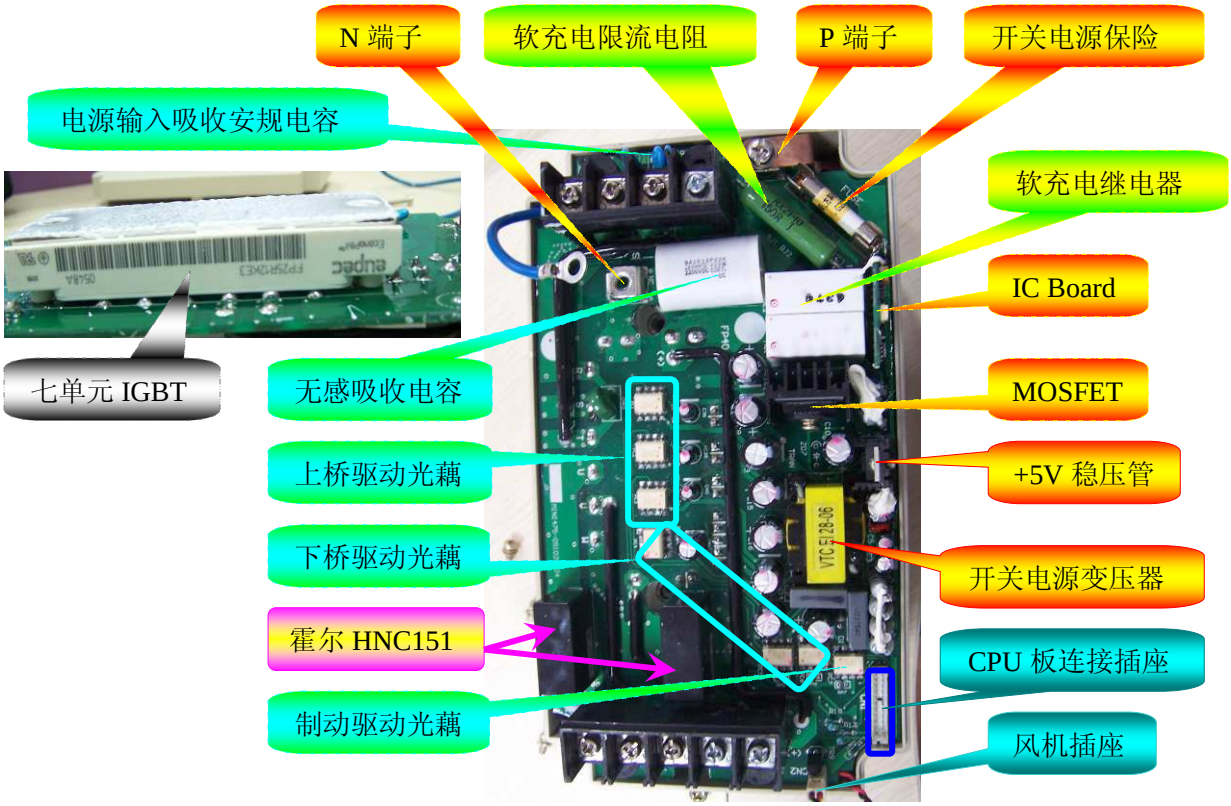


图 6.3　KVFC+415GR 变频器主板上元器件名称及位置

第四步：对主回路滤波电容和风机的目检

1)　如发现一体化模块整流部分烧坏严重或开关电源输入部分元器件烧坏严重，则必须对主回路滤波电容及其均压电阻进行检查。查看均压电阻是否有烧坏痕迹，电容是否有胀肚、炸裂、漏液、表面凸凹不光滑等现象。如图 6.4 所示。

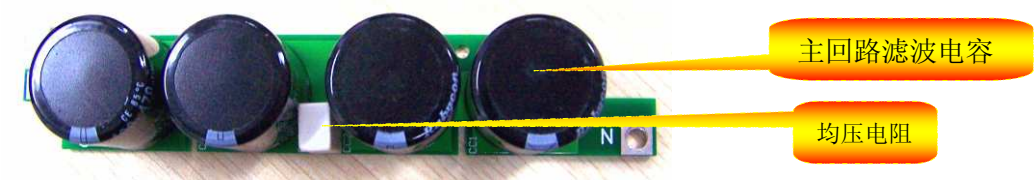


图 6.4 主回路滤波电容

提示　**KVFC+系列变频器 7.5KW 以下机型主回路滤波电容型号可参考附录 IV 的表中内容所示。在对变频器外观查时若未发现模块损坏时，可省略对主回路滤波电容的检查。**

2)　查看风机是否因为附着物而堵转或转动不够灵活，风机连接线是否有损伤等。

注意　**在目检过程中，所发现明显损坏或烧坏的元器件可先进行更换处理，对于模块损坏的情况可先拆卸模块，但需在对变频器其它电路检查并修复正常后将模块安装上。**

第七章　KVFC+415GR 变频器的静态检修

静态检修主要是对 IGBT、开关电源和驱动电路等的检修，其目的在于直接更换明显损坏的元器件，为动态检修做准备。准确的静态检测可以节约动态检修的时间。经验丰富的维修工程师可以很快查出损坏部件。静态检修流程图如图 7.0 所示。

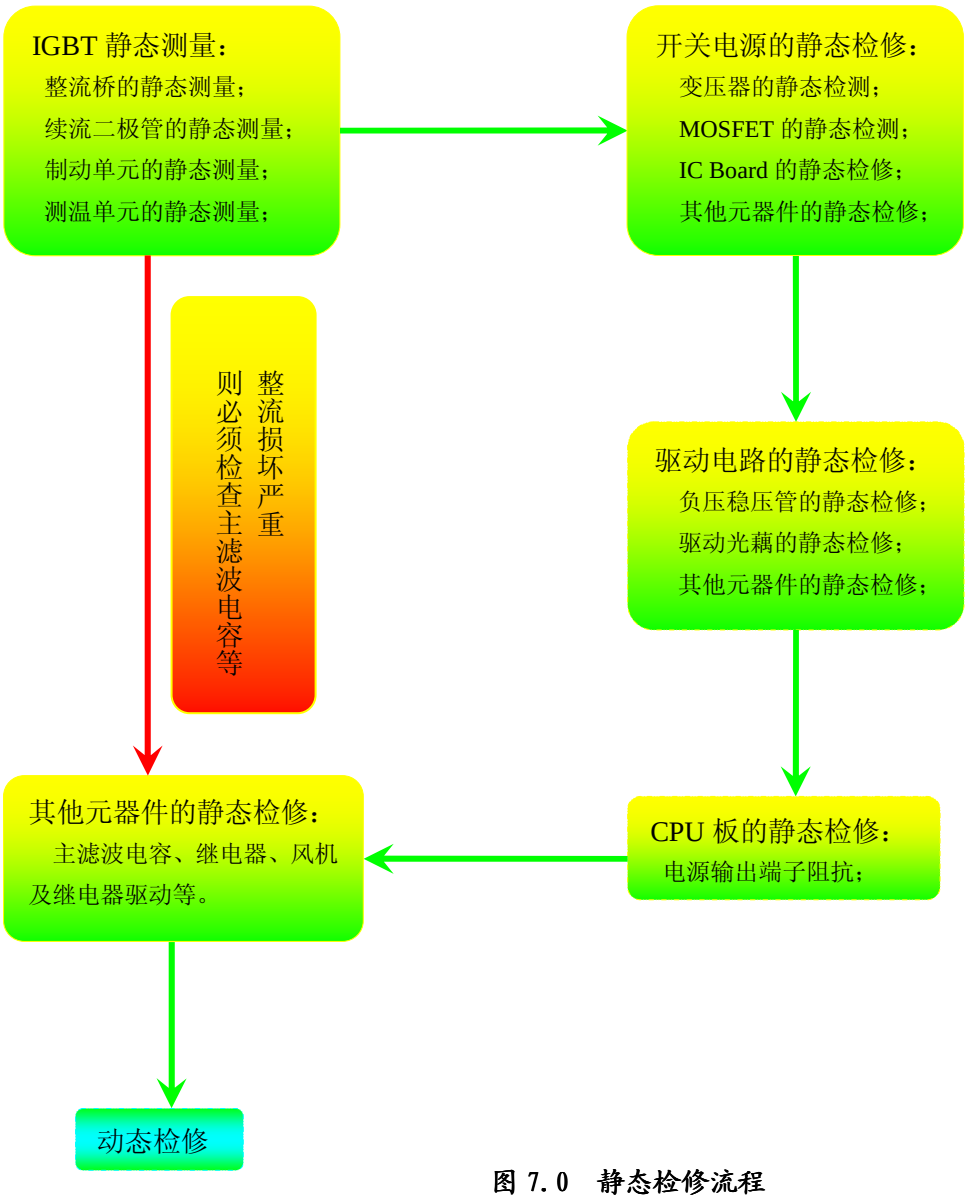


图 7.0　静态检修流程

第一节　IGBT 模块的静态测量

KVFC+415GR 变频器所用 IGBT 模块为七单元一体化模块（型号为 FP15R12KE3G），即三单元整流、三单元逆变和一单元制动。自带模块温度自检单元。用万用表的二极管档测量。实物图见图 7.1.1。

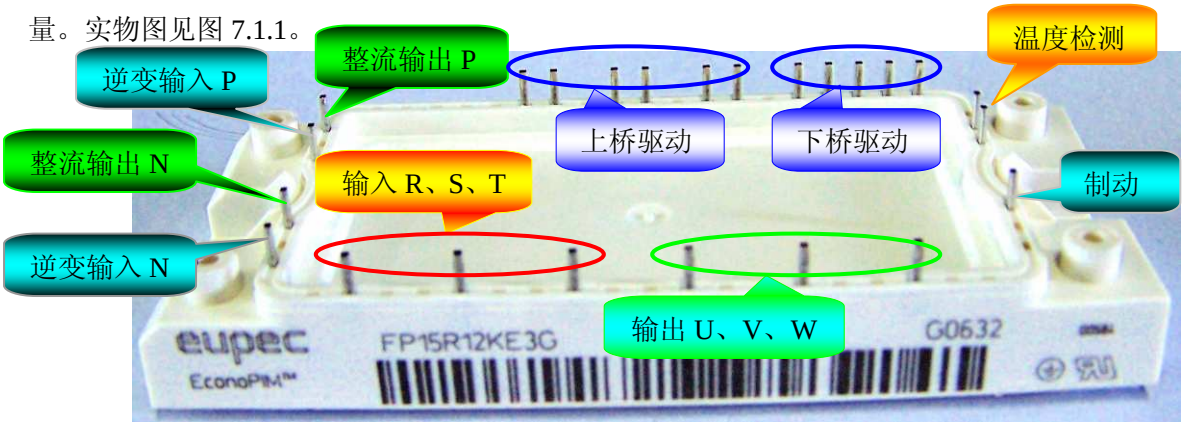


图 7.1.1　FP15R12KE3G 模块实物图

7.1.1　整流桥的静态测量

三相桥式整流电气原理图见图 7.1.2，测量方法同普通二极管，详见第二章第二节相关内容。整流单元测量参考数据见表 7.1。

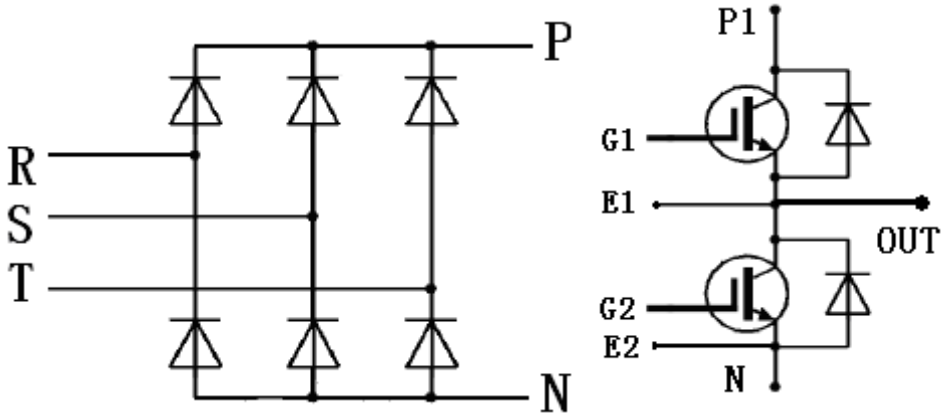


图 7.1.2　三相桥式整流和 IGBT 电气原理图

7.1.2　逆变续流二极管的静态测量

逆变单元电气原理图见图 7.1.2，测量方法同普通二极管。一般情况下，可通过测量 IGBT 的续流二极管判断其损坏情况，数据参考表 7.1.3。

7.1.3　制动单元的静态测量

制动单元原理图见图 7.1.3。

图中 BRK 为制动触发端。根据使用环境，用户可在端子 P 和 PB 之间接制动电阻，电阻规格的选取参考 KVFC+系列变频器用户手册，此处不再赘述。

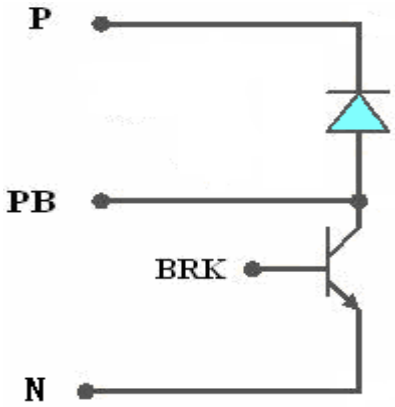


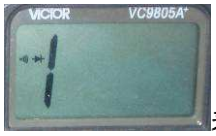
图 7.1.3　制动单元电气原理图

表 7.1　七单元 IGBT 测量参考值

	测量点					测量结果
	R（S、T）	**PB**	**U（V、W）**	**P**	**N**	
万用表表笔（+表示红表笔，-表示黑表笔）	+			-		**0.55V±0.05V**
	-				+	**0.55V±0.05V**
		+	+	-		**0.4V±0.05V**
			-		+	**0.4V±0.05V**
				-	+	**0.7V±0.05V**
		-			+	**↑V**
	-	-	-	+	-	**↑V**
	+	+	+	+	-	**↑V**

提示

说明： 

表示二极管的管压降为 427mV； 

表示溢出，即表 7.1 中“↑V”。详见本手册第二章第二节相关内容。

快速测量模块小技巧：放在 P 端子上的表笔不动，另一表笔分别测量 R、S、T、PB、U、V、W、N，再对照上表中的参考数值，判断其正常与否。实际测量的数值在与表中的范围或差距别不大即算正常。见图 7.1.4。

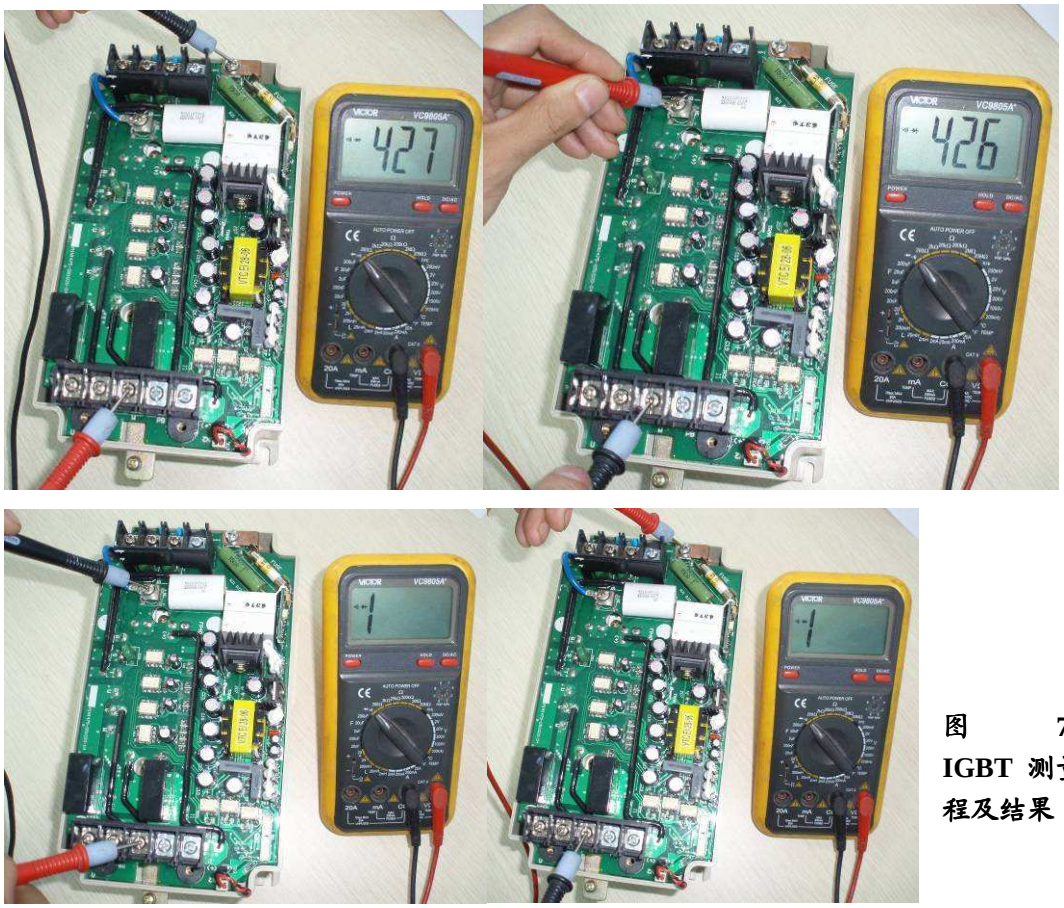


图　7.1.4　IGBT 测量过程及结果

7.1.4　温度检测单元的静态测量

一般情况下不对其测量。只当有温度故障时测量。常温时，测其两端子间电阻大约为 4.4KΩ。

第二节　开关电源的静态检修

提示 **因主板和 CPU 板等已做三防处理，使得在检修时，表笔或探头不易接触到元器件管脚，可用刀片小心刮开管脚焊点，或用尖头 30W 烙铁小心烫开，再进行检测。注意不要刮断周边连线或烫坏周围元器件。**

7.2.1　变压器的静态测量

KVFC+415GR 变频器开关电源所用变压器为，型号为 E128—06。绕组序号如图 7.2.1 所示。电感量需用电感表测量。表 7.2.1 给出了 E128—06 变压器各绕组参数在路测量参考值。

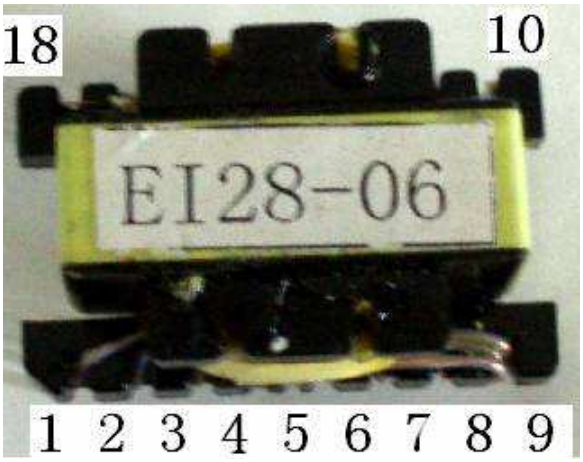


图 7.2.1 E128—06 变压器外形及管脚

绕组标号	电阻值/万用表	电感量/电感表
1—2	2.2 Ω	4.23mH
3—4	0.3 Ω	36.2uH
5—6	0.3 Ω	54.5uH
7—9	0.2 Ω	22.8uH
8—9	0.1 Ω	23.3uH
10—9	0.1 Ω	7.5uH
11—12	0.9 Ω	45.8uH
13—14	0.9 Ω	46.1uH
15—16	0.9 Ω	46.4uH
17—18	0.9 Ω	45.9uH

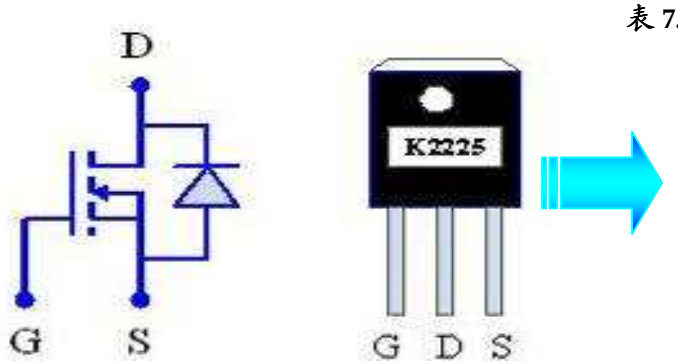
表 7.2.1　变压器各绕组参数测量参考值

提示 **表中电感量值用 TH2821 测量。容易损坏的为 1—2 绕组，现象为匝间短路或断路，若测量值与表中偏差过大则表示已损坏，测量时需等待万用表显示数值比较稳定时再读数。表中数据均为“在路测量”。**

7.2.2　MOSFET 的静态测量

KVFC+415GR 变频器开关电源所用 MOSFET 为 2SK2225，如图 7.2.2 所示。

表 7.2.2　K2225 静态在路测量参考值



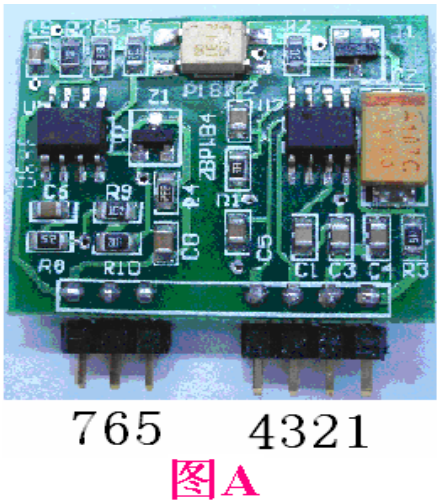
	G	D	S	数值
万用表表笔（+表示红表笔，—表示黑表笔）		-	+	0.5V
	-		+	0.6V
	+	-	-	↑V
	-	+	-	↑V

图 7.2.2　MOSFET 管及电气符号图

提示 **说明：表 7.2.2 中 G—S 间测量的数值实际上是 G—S 间跨接的稳压管 ZD1（18V）的管压降，若此值与表中参考值偏离较大则更换 ZD1。表中数据说明同表 7.1 的说明。表 7.2.2 中数据均为“在路测量”的结果。**

7.2.3 IC Board 的静态测量

IC Board 是驱动 MOSFET 的核心部件。其静态在路测量时，可对 2—4 脚，5—7 脚用万用表测量其阻值而简单判断其好坏。测量结果可以参考表 7.2.3。



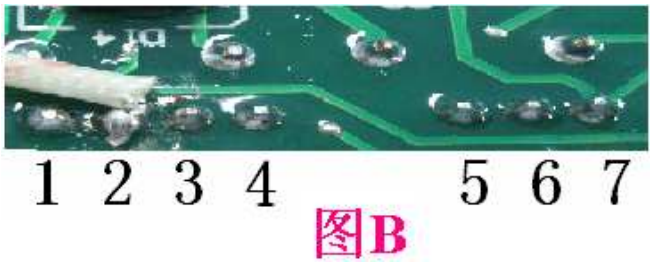


图 7.2.3 IC Board 图

表 7.2.3 IC Board 的静态在路测量值参考

管脚	2—4	5—7
阻值	45KΩ±5KΩ	5.5KΩ±0.5KΩ

若测量结果不在表中范围内，即可考虑更换。

7.2.4 主回路继电器及风机驱动电路的检修

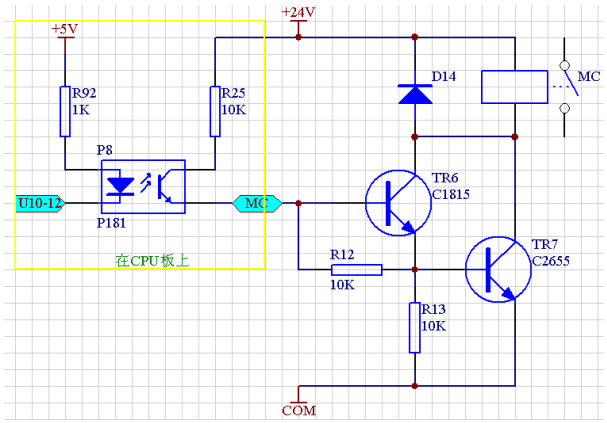


图 7.2.4 主回路 MC 驱动电路原理图

表 7.2.4 MC 和 FAN **信号及元器件标号对照表**

信号标号	电路元器件标号								
MC	**U10-12**	**R92**	**P8**	**R25**	**R12**	**R13**	**TR6**	**TR7**	**D14**
FAN	**U10-9**	**R93**	**P13**	**R26**	**R14**	**R15**	**TR8**	**TR9**	**D15**

对其驱动电路的检修，主要是对光耦 P8 和两只三极管 TR6、TR7 进行检修，具体测量办法可参考本手册第二章第二节相关内容，此处不再赘述。

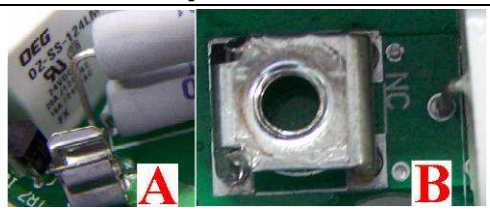
图 7.2.4 中标号 U10-12 指元器件 U10 之第 12 个管脚。

7.2.5 开关电源 PN 之间和各电源输出端之间的阻值

为防止电源短路，在对主板进行动态测量之前，必须测量 PN 及各电源输出端之间的阻值。

测量位置：

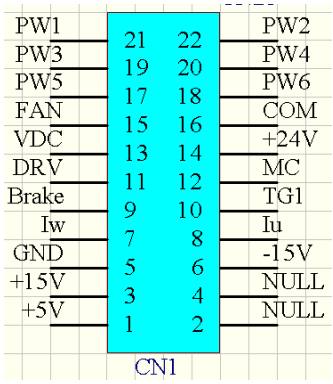
开关电源 PN 之间阻值在右图中 A 点（保险管夹子）和 B 点（NC 端子）之间测量。



+5V,+15V,-15V,+24V 的阻值在 CN1 插座上测量，见图 7.2.5.

表 7.2.5 主板上电源端子之间阻值参考表

电源名称	阻值
P—N	>1M
+5V—GND	>6K
+15V—GND	>6K
-15—GND	>8K
+24V—COM	>20K



提示 插座 CN1 上 2、4 脚为 7.5KW 以下机型预留端子，现为悬空（NULL）。

图 7.2.5 主板上 CN1 插座信号名称对应图

7.2.6 其它元器件的静态检修

A)、 开关电源初级绕组的 RCD 吸收复位单元中的 D1（SF1600）。在以往的统计中较易损坏。见图 7.2.5 所示。其测量方法同普通二极管。

正向	反向
0.5V	溢出



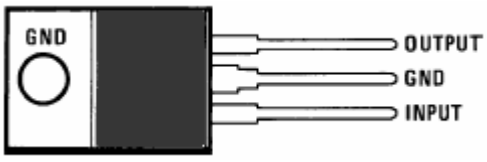
图 7.2.5 SF1600 在电路中的位置和外观

B)、+5 稳压管（LM2940）

KVFC+415GR 电源所用+5V 稳压管为 LM2940。其结构图和在主板上的位置见图 6.3。

表 7.2.5 LM2940 的静态在路测量结果参考表

	LM2940 管脚标号			测量结果
万用表表笔	IN	GND	OUT	
	+	-	-	>1.6V
	-	+		0.5V
		+	-	1.3V
	-		+	1.0V
		-	+	1.4V



此稳压管的性能受温度影响较明显，若发现在常温时电源正常，而温度升高时+5V 无输出，则可以判断为此器件损坏。但在以往的统计中，此器件不易损坏。

C)、软充电限流电阻

静态时可在整流输出 P（B 点）和逆变输入 P（A 点）端子上量取，大约为 74Ω，如图 7.2.7。

在图中 A,B 两点之间，或直接在电阻两端测量。

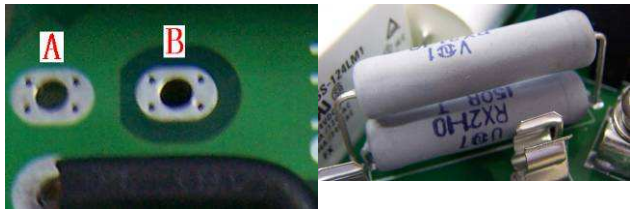


图 7.2.7 **软充电限流电阻的测量**

第三节　驱动电路及 CPU 板的静态检修

1. 负压稳压管的静态测量

当模块损坏时，其驱动的负压稳压管很容易损坏，反之亦然。即图 7.3.1 中的 ZD2~ZD5(5.1V)。其检测方法和测普通二极管的方法相同，详见第二章第二节的相关内容。

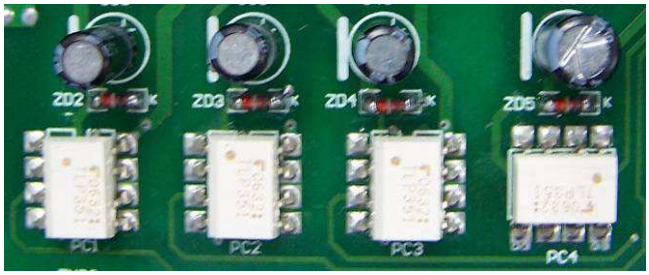


图 7.3.1 驱动电路

2. 驱动光藕的静态在路测量

KVFC+415GR 变频器的模块驱动所用光藕有两种型号：TLP351 和 HCPL3120，两者可以互相代换。用万用表静态测量可以大概判断其好坏，在路测量的结果参考表 7.3.2。TLP351 和 HCPL3120 的结构如图 7.3.2 所示：

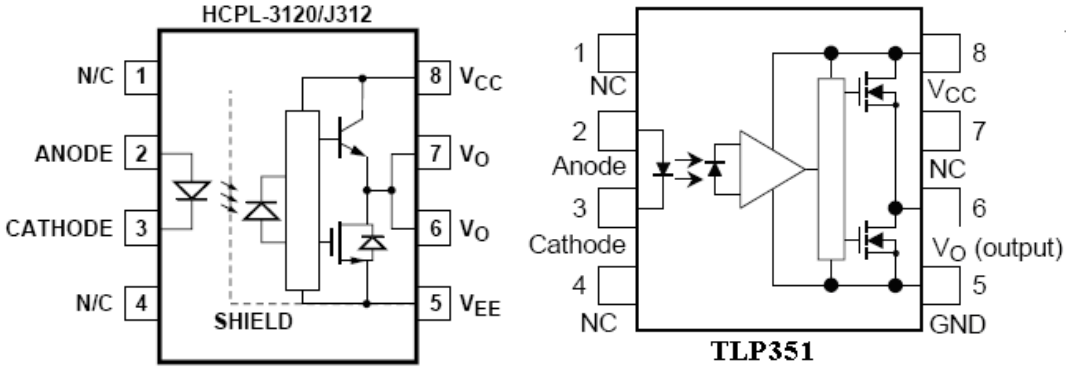


表 7.3.2　驱动光耦静态在路测量结果参考表

	管脚序号					测量结果
器件名称	2	3	5	6	8	
TLP351 /HCPL3120	+	-				1.4V
	-	+				↑V
			+	-		0.6V
			+		-	0.5V
				+	-	0.6V
			-	+		1.5V
			-		+	↑V
				-	+	1.6V

3. CPU 板的静态检修

为避免当 CPU 板损坏时，接上 CPU 板后将电源短路，在加上 CPU 板前要对 CPU 板各电源输出端子正负极之间的阻抗进行测量。表 7.3.3 给出了 CPU 板正常时各电源正负极之间的阻抗参考数值。（表中数据用数字万用表电阻档测量。）

表 7.3.3　CPU **板各电源正负极间的阻抗(只要与表中数据差距不大即可)**

电源端子	+3.3V~GND	+5V~GND	+10V~GND	-15V~GND	+15V~GND	+24V~COM
阻抗	39KΩ	1.9KΩ	4.4KΩ	>100KΩ	>100KΩ	5.7KΩ

提示　+3.3V 的测量在 CPU 板的+3.3V 检测点上，+5V、-15V、+15V 在插座 CN21 上测量,+10V 和+24V 可以直接在 CPU 板端子台上测量。如图 7.3.3。

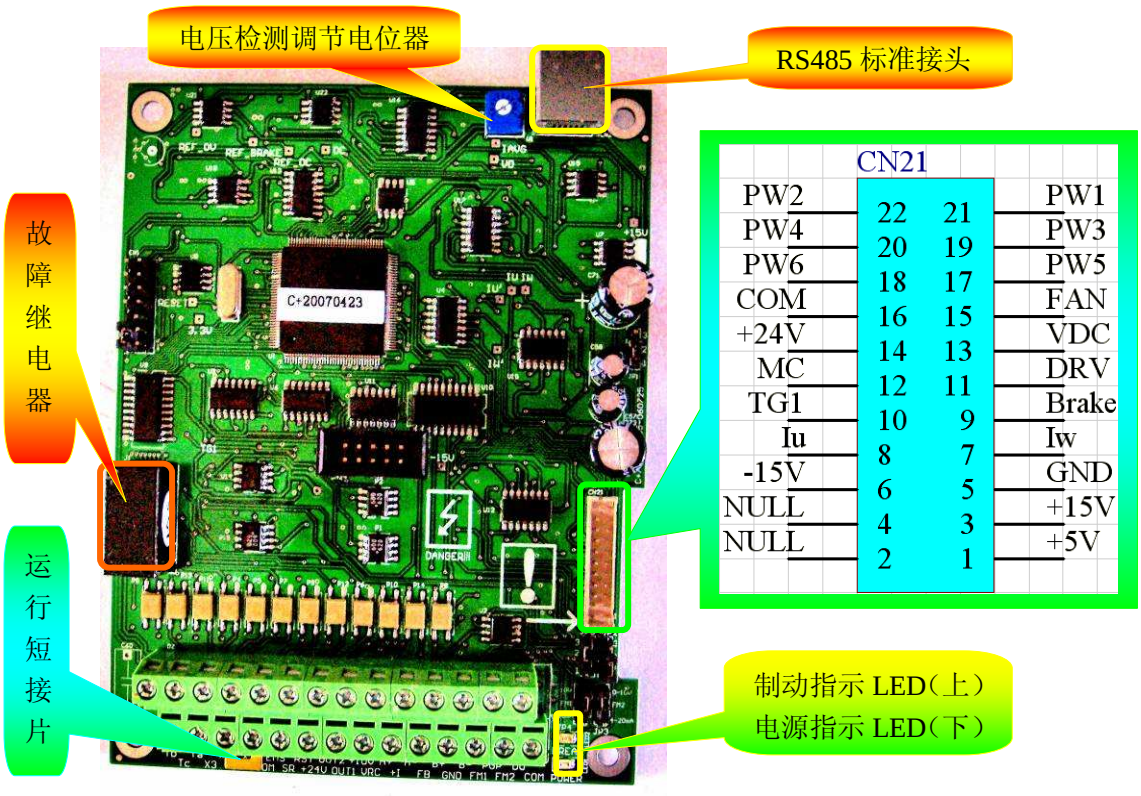


图 7.3.3　CPU 板各部分名称及插座信号名称

更换完以上静态检修过程中的元器件后，即进行动态检修。

第八章　KVFC+415GR 变频器的动态检修

动态检修是建立在静态检修的基础之上的，在静态检修过程中已将大部分明显损坏的元器件更换，动态检修是为了检修元器件的电气特性及电路连接是否畅通。

由于变频器检修的重点在于其动态检修，检修顺序是“先控制回路后主回路”（有些变频器只是因为开关电源损坏而 IGBT 正常，先控制回路后主回路可以有效避免因为控制电路异常而造成对 IGBT 的损坏）。本章将分别讲述 KVFC+415GR 变频器的电源部分，驱动电路部分，CPU 板，主电路等的动态检修。动态检修流程图如图 8.0 所示。

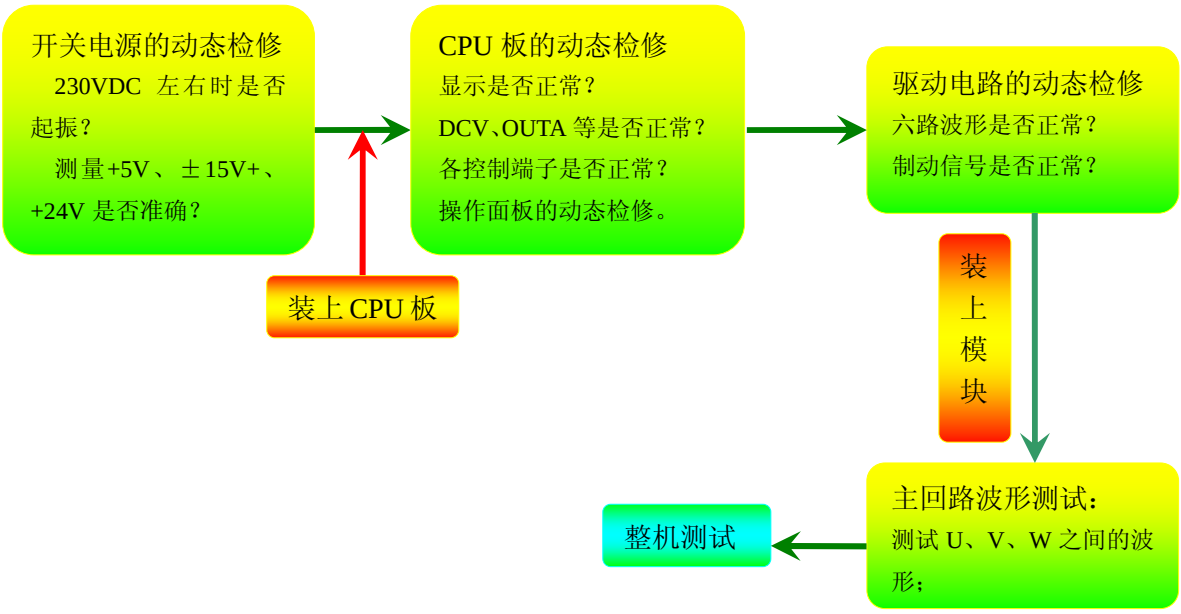


图 8.0　动态检修流程

提示　**为了快速判断是 CPU 板故障还是主板故障，维修人员可以分别备用一套正常的 CPU 板和主板，在动态检测时分别用其替换故障机的 CPU 板和主板，进而将故障检修范围快速锁定在局部电路上。**

注意　**在对变频器主板和 CPU 板加电过程中，大部分电子元器件都会发热和放电，请勿直接或间接接触电路板和元器件表面，以免烫伤或触电。**

第一节　开关电源的动态检修

开关电源是变频器的心脏，担负着其他各部分的电源供给，所以它的正常起振是变频器动态维修的首要条件。

8.1.1　起振是否良好？

开关电源的关键在于其是否能在起振点正常起振。该起振点是指，能使开关管 MOSFET 之驱动板 IC Board 正常工作的最低 PN 电压（230VDC）。

测试方法：取下主板左上角保险管，并接上模拟负载电阻板（此板可以自制：在主板的电源输出端加几个电阻即可，如在 24V——COM 之间加一个 2KΩ/1W 电阻，+5V——GND 之间加一个 1K/1W 电阻和一只 LED 串联，起到电源指示作用。），加电方法见图 8.4.1。

在开关电源输入 P 和公共负端 N 上用调压器加至 230VDC 左右，观察模拟负载板上电源指示灯是否变亮。

开关电源的良好工作需要加负载，但不能直接加 CPU 板进行测试。加模拟负载的目的是为了防止如果电源偏高而烧坏 CPU，或者因为 CPU 板的故障而使开关电源起振不良。

KVF+415GR 开关电源起振点设计值为 230VDC，实际工作中会有偏差，但不会超过±30VDC。若超过此范围，长期工作则会损坏电源和其他部件。此部分电路原理图见图 8.1.1。

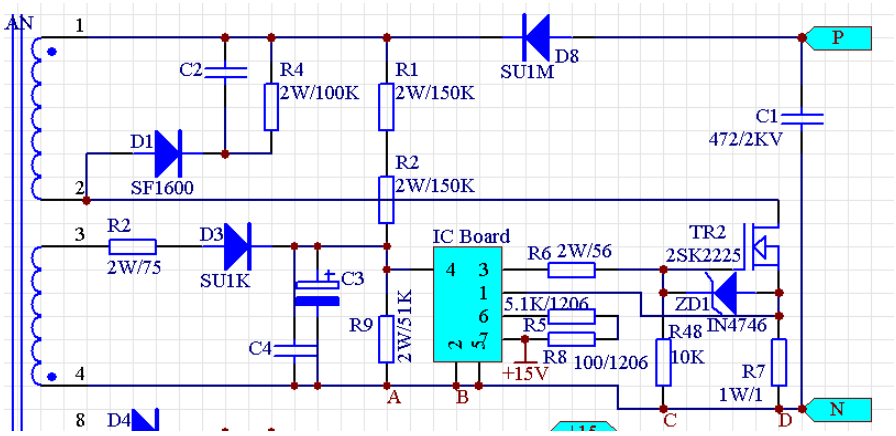


图 8.1.1 KVFC+415GR 开关电源电路原理图

在以往的统计中，开关电源损坏的部件见表 8.1.1。

表 8.1.1　开关电源易损坏元器件统计表

器件名称	损坏几率	导致后果
IC Board	★★★	**任何一个元器件损坏均可造成电源不工作、无显示等故障**
ZD1	★★	
MOSFET(TR2)	★	
R6,R7,D1	★	
变压器	☆	

提示 **各个元器件的静态在路检修，详见第七章第二节相关内容；IC Board 的动态检修详见本章下一节。**

若在更换表 8.1.1 **中大部分元器件后，依然无法起振，则请考虑印制板上等电位点之间的连线是否连通？用万用表二极管档测量任意两个等电位点之间是否连通，如图** 8.1.1 **中的** A、B、C、D **点。**

8.1.2　电源幅值是否正常？

表 8.1.2　各电源幅值范围一览表

电源名称：	**+3.3V**	**+5V**	**+15V**	**-15V**	**+24V**
允许幅值范围：	+3.3V±0.15V	+5V±0.2V	+15V±1V	-15V±1V	+24V±1.5V

注：+3.3V 在 CPU 板上，详见本章第三节相关内容。

在以往的统计中，常出现的是各电源幅值偏高，如果±15V→17V，+24V→+27V，在测量 R5、R8 阻值正常后，可以对 IC Board 进行维修或更换（详见本章下节）。+5 不准，很可能是其稳压管 LM2940 的问题。在统计中，此器件不易损坏。

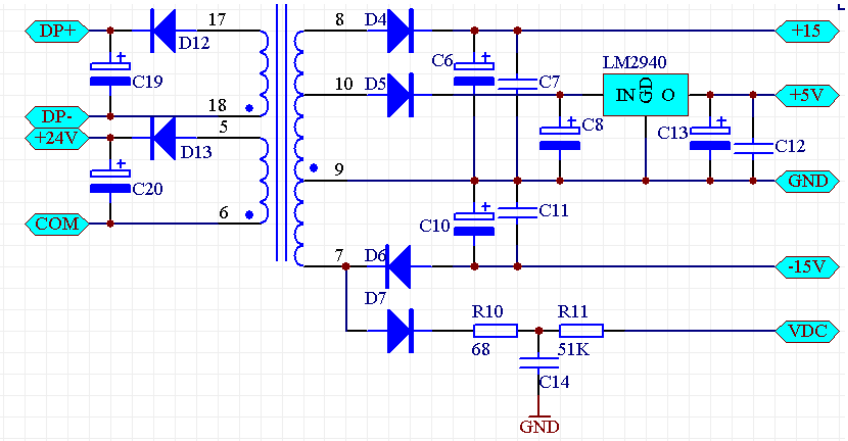
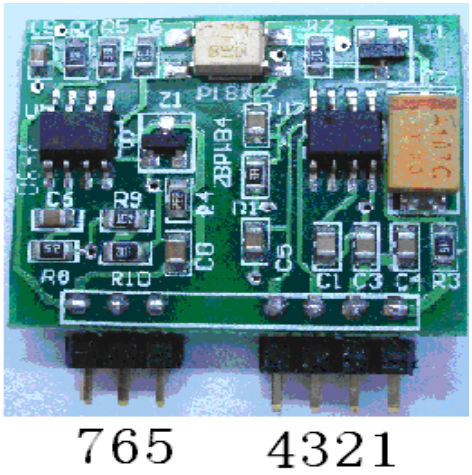


图 8.1.2　**各输出电源电路原理图**

第二节　IC Board 的动态检修

IC Board 是开关电源的心脏，它用来推动开关管以一定频率开通关断。具有电压检测和过流保护等功能可以自动调节输出波形（PWM 波）的占空比而实现输出电压恒定。其动态检修有两种方式：在路检修和分离检修。

表 8.2.1　IC Board 上元器件损坏统计表



器件名称	损坏几率	单件损坏后果
UC2844	★ ★ ★	无显示
LM358	★ ★	各电源幅值异常
T1(9013)	★	电源工作异常
R3(1K)	★	电源工作异常
Z1(+3V)	★	各电源幅值异常
C5(104)	★	起振电压点异常

在路检修方法:，开关电源的 PN 输入端加电压至 230V 左右的过程中，用示波器测量 IC Board 之 2、4 脚之间（见图 7.2.3 中 B 图）的电压，应该随着 PN 电压的升高而同步升高至 16V 左右，然后再迅速回落至 12V 左右，此时输出电源将建立起来。若此电压在母线电压加至 250V 时依然难以上至 16V 或者没有，则可能是印制板上给 IC Board 供电线路上的等电位点之间不连通或 UC2844 损坏，可用万用表在路测量 IC Board 之 2，4 脚间阻值应为 40KΩ 左右；若测得±15V→17V，+24V→+27V，可通过更换 Z1 改善。

分离检修需使用其专用测试工装，如图 8.2.1。电路原理见图 8.2.3。

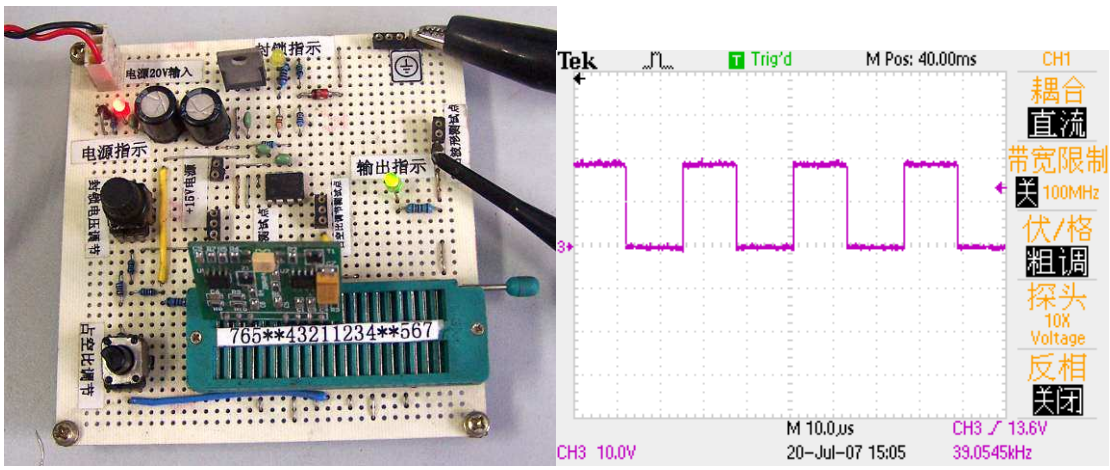


图 8.2.1　IC Board 测试工装图及波形图

需测封锁电压是否准确？调节“封锁电压电位器”到某位置时，封锁指示灯将变亮，而输出指示灯将熄灭，此时在“封锁电压测试点”上测量电压应该在 15V 左右，偏差不大于 1V。

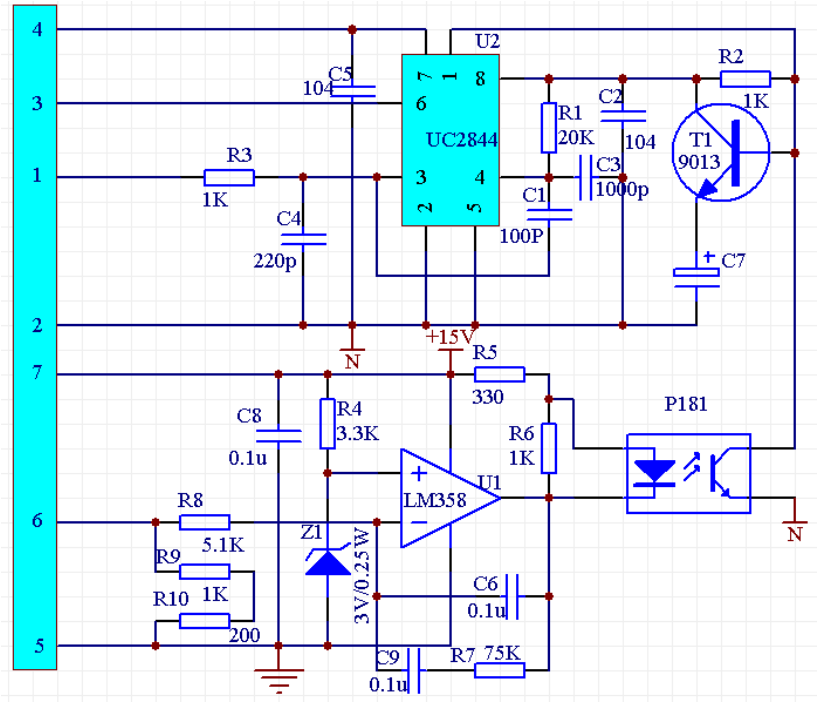


图 8.2.3　IC Board 电路原理图

第三节　CPU 板的动态检修

维修工程师对 CPU 板的动态检修是对其电源、控制端子、保护点及输出波形等的检修。在运行之前，需接好运行短接片，并将用户设定的参数记录下来以便维修好后再设定。

8.3.1 CPU 板上电源的动态检修

主要对+10V、+3.3V 进行检修。±15V 和+24V 则直接取自主板，其检修主要在主板部分。+10V 电源是由+15V 电源演变而来，其原理图见图 8.3.1。

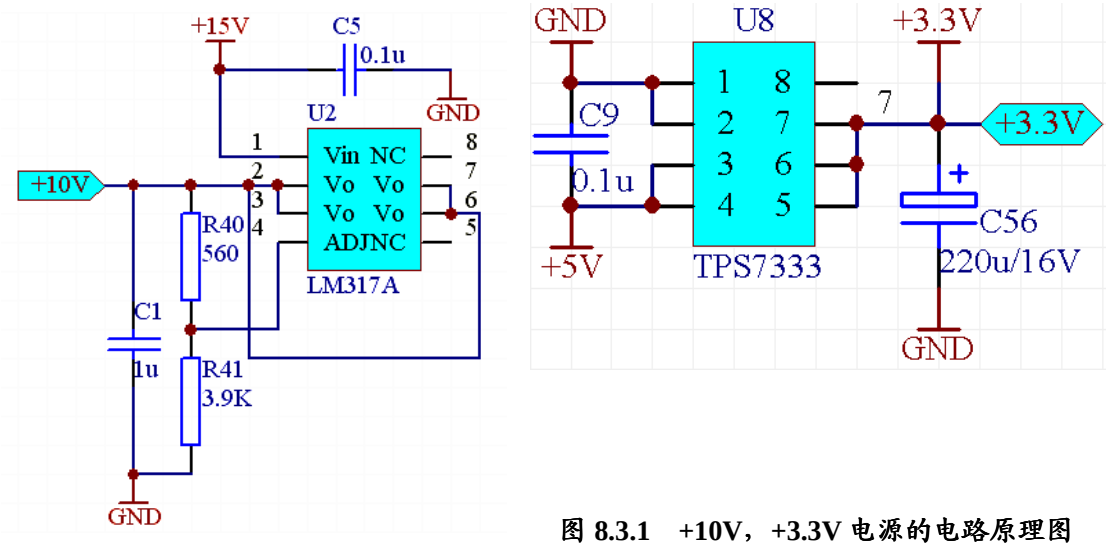


图 8.3.1　+10V，+3.3V 电源的电路原理图

提示

+3.3V 偏高，则会引起 CPU 芯片的烧坏，；若偏低，则可能操作面板无显示；若波动很大，有可能是 C56 的问题，可能引起输出频率显示不稳定。

8.3.2　控制端子的动态检修

在维修过程中常常会遇到 CPU 板的某个控制端子及输出信号端子有故障，维修人员须结合原理图对其维修。打开 d 组参数的 InPt 察看端子信号是否有效。开关量端子电路原理图见图 8.3.2~图 8.3.4。图中标号 U9-14 指器件 U9 之第 14 个管脚。

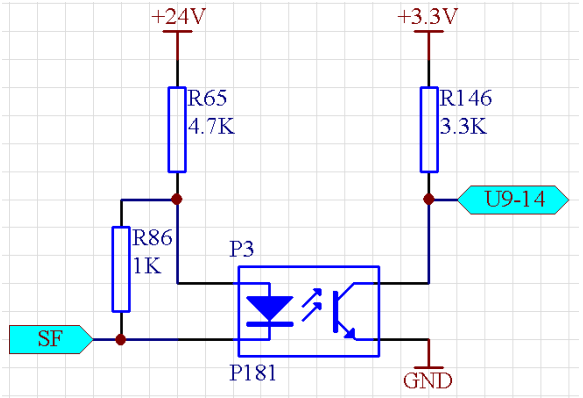


图 8.3.2 控制端子电路原理图

表 8.3.1 控制端子标号及元器件标号对照表

端子标号	元器件标号				
SF	**R65**	**R86**	**R146**	**P3**	**U9-14**
X1	R66	R87	R147	P4	U9-18
RST	R67	R90	R148	P6	U9-13
EMS	R68	R95	R149	P9	U9-12
X2	R69	R91	R150	P7	U9-17
X3	R70	R96	R151	P11	U9-16
SR	R71	R97	R152	P12	U9-15

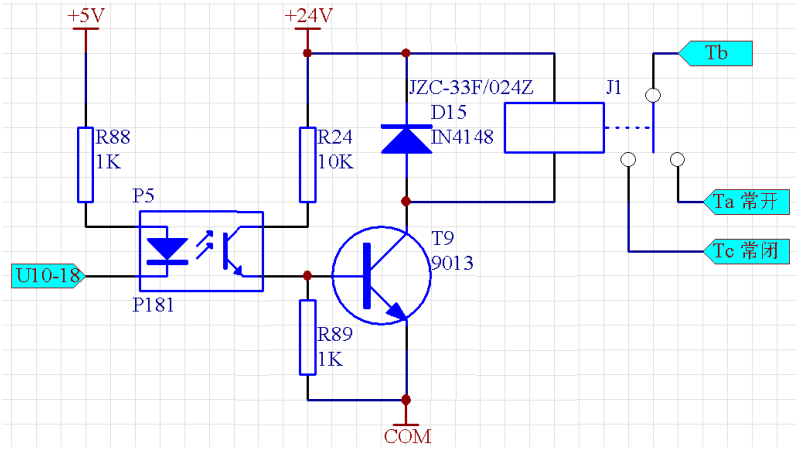


图 8.3.3　故障继电器驱动电路原理图

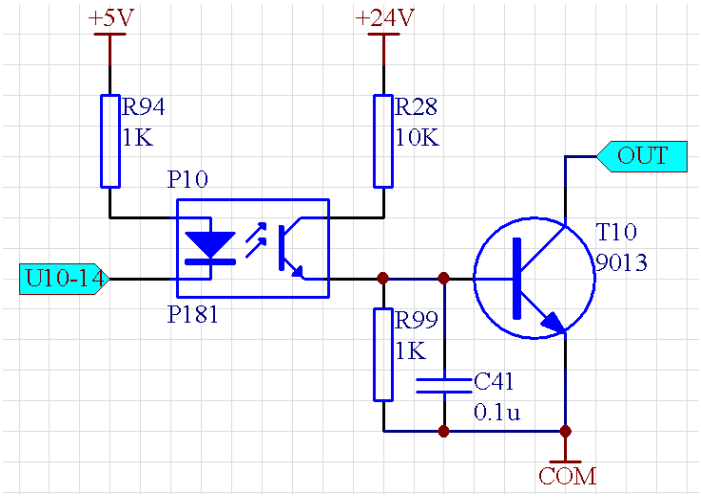


图 8.3.4　OUT 端子的电路原理图

第四节　驱动电路的动态检修

接好 CPU 板，加电至待机状态，初始化，运行至 50Hz，在模块的触发端用示波器低压普通探头观察七路波形是否正常。加电方法如图 8.4.1 所示。

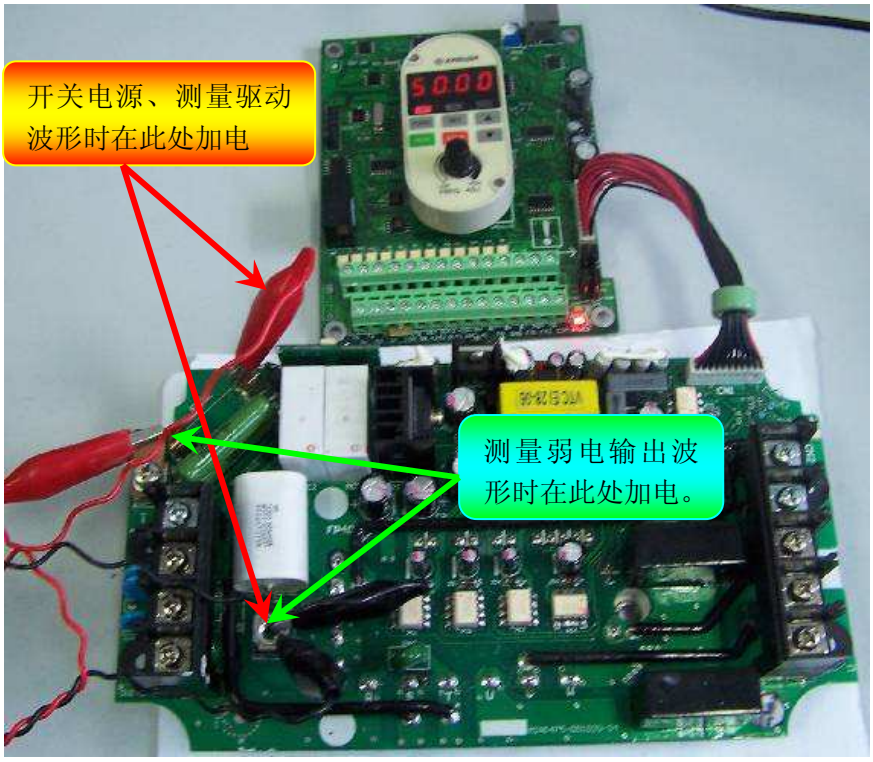


图 8.4.1　**驱动波形测试示意图**

测试点如图 8.4.2，图中 UpG、UpE 为 U 相上桥驱动波形测试点，其他同。BG 是制动触发端，CMd 为下桥驱动公共端。电路原理图见图 8.4.3。

若某一桥臂无波形，当判断为 CPU 板故障时，可对其上芯片 U4（74HC07）进行更换，更换后依然无效，则 CPU 芯片端口损坏可能性较大，只能更换新的 CPU 板了。

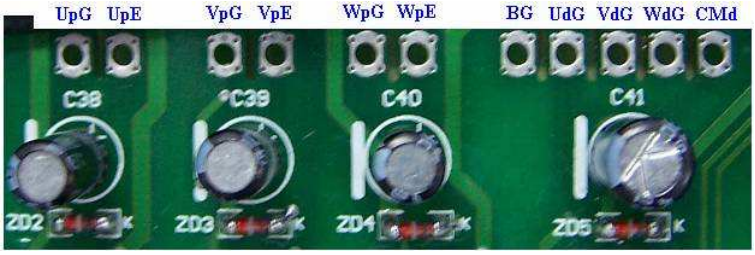


图 8.4.2 **驱动波形测试图**

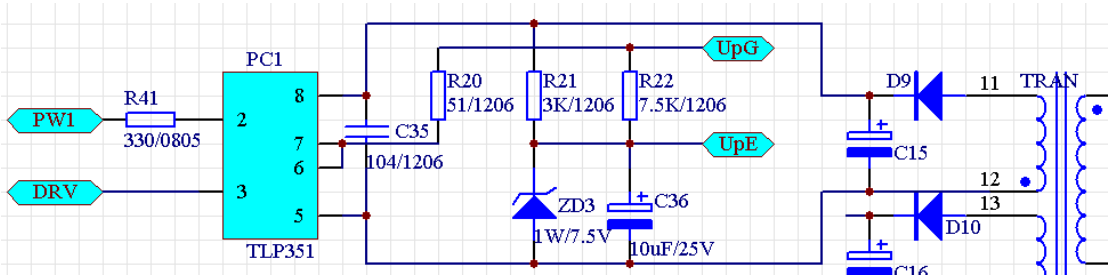


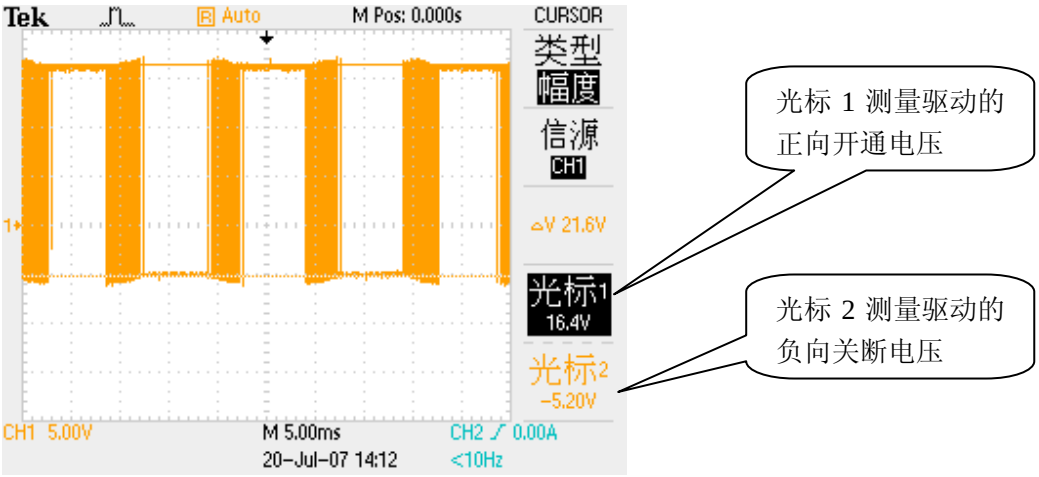
图 8.4.3 驱动电路原理图

提示 由于驱动电路有很强的相似性，故其它各桥臂电路原理可参看图 8.4.3。具体电路元器件标号见表 8.4.1。

表 8.4.1　驱动电路元器件标号对照表

端口标号	元器件标号							
PW1	**R41**	**PC1**	**C35**	**R20**	**R21**	**R22**	**ZD3**	**C36**
PW2	R42	PC2	C37	R23	R24	R25	ZD4	C38
PW3	R43	PC3	C39	R26	R27	R28	ZD5	C40
PW4	R44	PC4	C41	R29	R30	R31	ZD6	C42
PW5	R45	PC5	C43	R32		R33		
PW6	R46	PC6	C44	R34		R35		

正常的 SPWM 波见图 8.4.3。



负向关断电压取决于稳压管 ZD2~ZD5(5.1V)。

图 8.4.3 驱动波形图

制动触发信号的测量：

当母线电压(DCV)达到 730V 左右，制动有效，制动灯变亮（图 8.4.4 的 A 图），用示波器观察制动触发端波形将由-5.1V 跳变为 16V，如图 8.4.4 的 B 图。

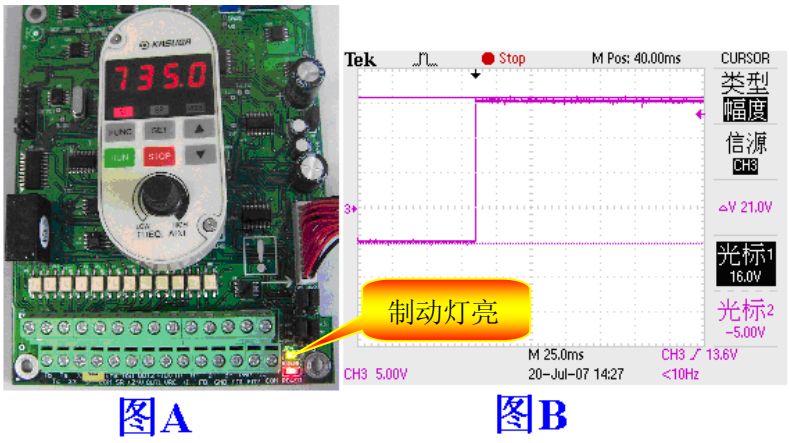


图 8.4.4 制动信号波形图

此部分测试完毕，需调准 DCV 显示，应和万用表测量之母线电压一致。

第五节　主回路输出波形测试

主回路输出波形测试实际上是对 IGBT 的动态空载测试。为了确保不在测试或维修过程中损坏 IGBT，故先对主回路加弱电，测量其输出波形正常后再加正常电压测试。

8.5.1　弱电输出波形测试

在开关电源的 PN 上加电压，至待机状态，并在主回路的 PN 上加 20VDC（加电方法见图 8.4.1），运行，输出的波形幅值也应该为 20V，光标 1、2 测量所示。用示波器低压普通探头观察 U、V、W 之间的波形是否正常。

测试正常后即可进行高压波形测试。正常波形如图 8.5.1 所示。

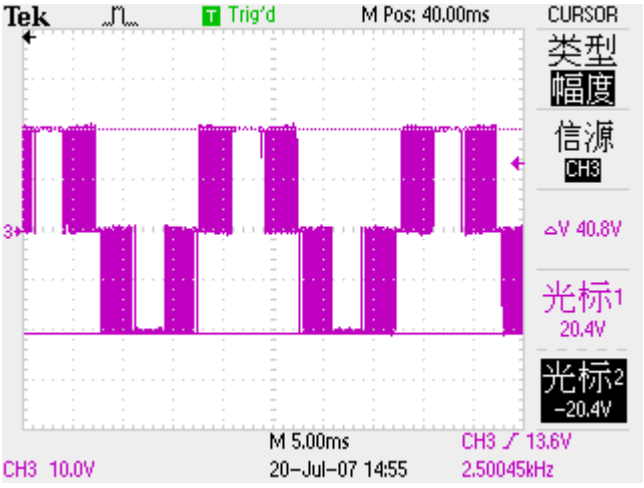


图 8.5.1 主回路弱电正常输出波形图

8.5.2　高压输出波形测试

装上开关电源保险，在主回路的 PN 上加电压至 510V 左右，运行，用示波器高压探头观察 U、V、W 之间的波形是否正常。波形应该和弱电输出波形相同。如图 8.5.2。

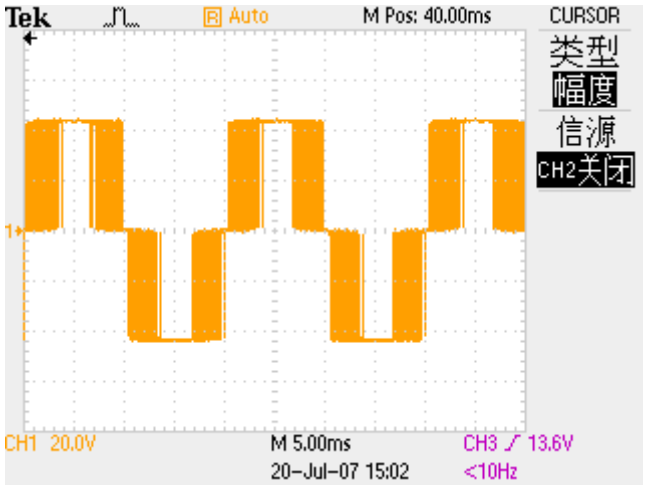


图 8.5.2 主回路高压正常输出波形图

以上测试正常后即进入整机测试。

注意　**在更换完元器件后，需对更换处用清洗液清洗干净，并做好绝缘处理。**

第九章　KVFC+415GR 变频器的整机测试

各部分检修完后对 KVFC+415GR 变频器进行整机测试，主要分别为直流测试、空载测试、轻载测试和满载测试。整机测试的流程图如图 9.0 所示。

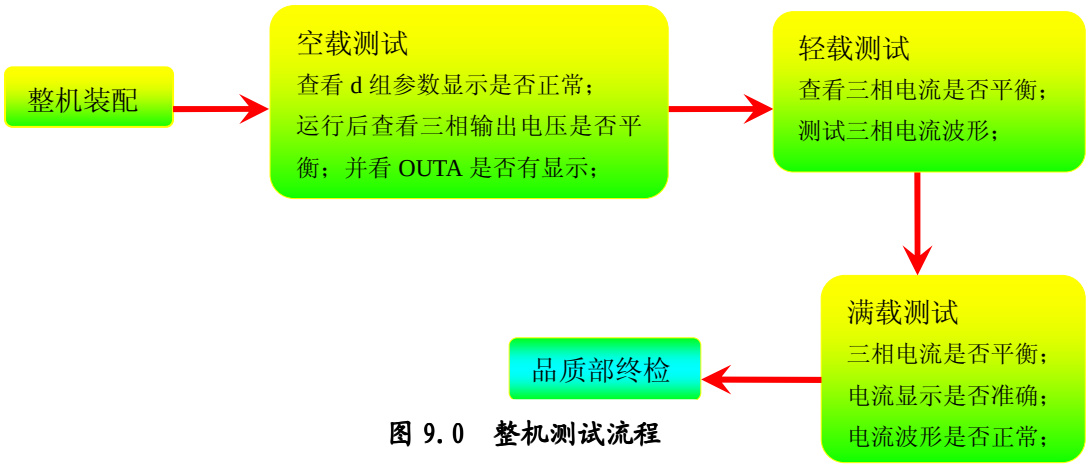


图 9.0　整机测试流程

第一节　整机装配

在进行整机测试之前，先进行整机装配，其流程如图 9.1.1 所示。

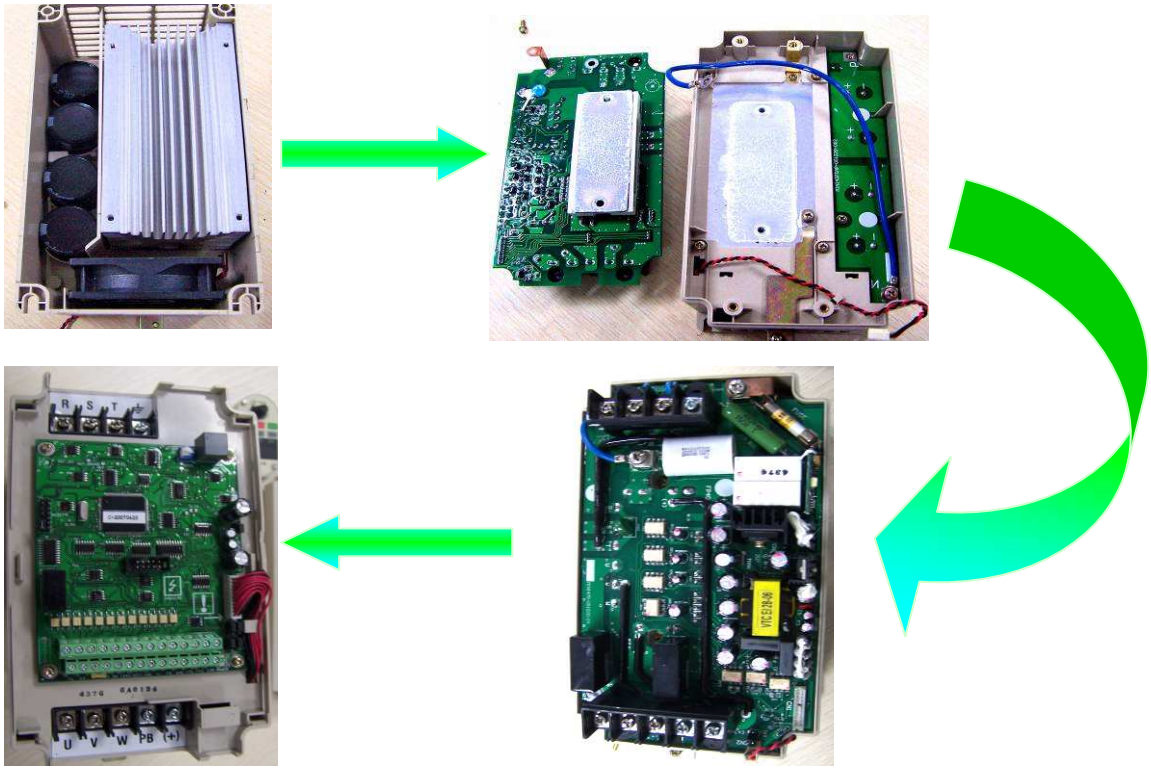


图 9.1.1　整机装配流程图

注意　**装配时应注意固定螺丝的型号，不要张冠李戴，不要遗漏。在安装主板时，模块底部必须按要求均匀涂上导热硅脂，以加强模块散热效果！装配风机时要注意方向。**

第二节　空载测试

9.3.1　380VAC 电源投入

在变频器 R、S、T 输入端加入交流电压，并缓慢增加输入电压，同时观察电源电压表指示并聆听变频器内有无异常声音。当电源增加至 230VAC 左右，操作显示板将显示 P.OFF。若增加至 250VAC 时仍然没有任何显示，则应立即断电，重新进行直流测试并注意电源起振电压点是否滞后。继续加电至 330VAC 左右，将显示 0.00 并伴有继电器吸合声，继续加电至 380VAC（需低于 450VAC）。表示变频器电源投入正常。见图 9.2.1。

9.3.2　空载试运行

运行变频器至 50Hz，察看输出电压指示表是否三相电压平衡（图 9.2.2），并且此时 outA、tºC 参数应无数值。由于变频器输出是非正弦波，所以用普通万用表无法准确测量其幅值。

若以上测试正常，则进入轻载测试。若不正常，则转入第八章第四、五节的测试。



图 9.2.1　**空载测试图**

表 9.2.1 空载测试项目参考表

测试项目	参考值
输入电压	400VAC±20VAC
DCV	550VDC+30VDC
三相输出电压	400VAC±20VAC
outA	———
tºC	———

“———”表示无数值显示。在温度达到 28ºC 左右时“tºC”才有显示。



图 9.2.2　**三相输出电压测试图**

第三节　轻载测试

负载类型：0.75KW 三相异步电动机。如图 9.3.1。



图 9.3.1 **轻载测试图**

轻载测试项目：电流波形及幅值（有效值=1.3A±0.3A)。如图 9.3.2。
轻载测试时间：大于 5Min。

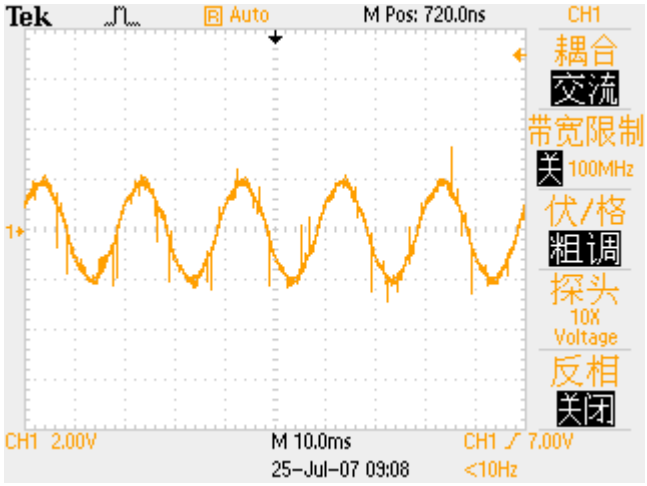


图 A　50Hz **时电流波形**

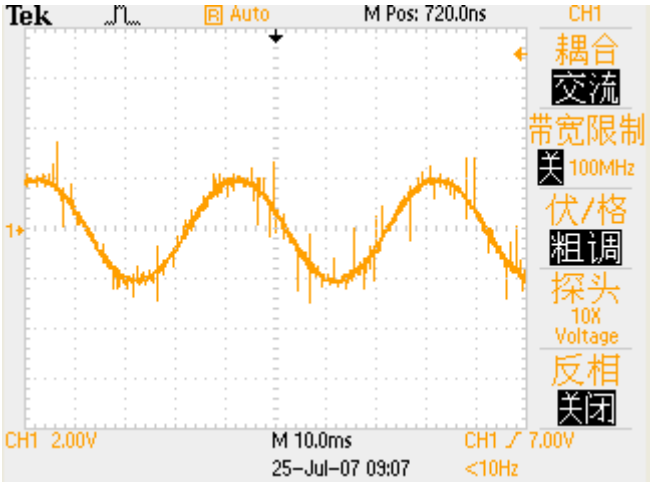


图 B　25Hz **时电流波形**

图 9.3.2 **输出电流波形图**

第四节　满载测试

满载测试项目：电流波形及幅值，过载过流保护点。

负载类型：2.2KW 三相异步励磁电动机。

加减速时间（b16,b17）设置为 20sec 以上，调节励磁调节器使电流达到额定值 4A,测其电流波形和轻载时相同，见图 9.3.2。继续调节励磁旋钮，测量变频器的过载能力。

过载测试：150%额定电流(6A)——1Min,110%额定电流(4.4A)——1Hour.

第十章　填写故障维修记录表

维修人员在修完一台变频器之后，需及时填写故障维修记录表。记录表的内容包含：产品基本信息（如机型、生产批号、负载类型等），用户信息，用户故障反映，检修项目，元器件损坏的可能原因分析，更换元器件型号及数量（便于计算维修费用），维修者姓名及维修日期等。维修人员需认真填写以上内容，以便于日后统计使用，成为产品性能质量不断提升的有效材料和有力佐证，并有利于维修人员的维修经验和技能的提高。

附录 I：KVFC+系列变频器故障保护动作一览表

表一：故障保护动作名称及功能一览表

名称	功能说明
主电路欠 电压指示(P.oFF)	电源接通后，主电路电压未达到额定值 80%时显示
主电路 过电流 OC.-1 OC.-2 OC.-3	当输出电流超过变频器允许的最大电流时，切断变频器输出并停止运行
主电路 过电压 OE.-1 OE.-2 OE.-3	电机减速时的再生能量使主回路直流电压上升到大约 400V (对 200V 系列)或 800V(对 400V 系列)以上，变频器立即 停止输出并停止运行
电机过载 O.L.	当负载超过设定输出特性时，依据反时限特性曲线，变频器停止输出， 该特性可以根据所用电机功率进行设定
变频器过热 O.H	散热器温度达到 85℃左右时，变频器停止输出
驱动保护 d.r	主电路桥臂故障，变频器立即停止输出。某些型号变频器无此功能
电磁干扰 CPU-	检测 CPU、外围电路以及数据是否异常，若受到强磁场干扰或异常损 坏等，变频器立即停止输出
欠电压跳闸	在运转中，如果由于停电或电压下降使变频器的供电电源电压低于大 约 180V(对 200V 系列)或 320V(对 400V 系列)时，切断变频器输出并 停止运行
过电流限制 (失速电流)	在加速中或运转中，一旦过电流，将自动调整输出频率使输出电流下 降到失速电流电平以下
过电压限制 (失速电压)	如输出频率急剧下降,来自电机的再生能量将使主电路直流母线电压 上升，此时为使主电路直流电压不超过规定值而自动调整频率
异常停止 EMS	输入端子 EMS-COM 动作，且[E29]＝0、[E30]＝1,变频器自由停车

表二：故障码及其名称、原因和对策

故障码	名称	原因和对策
	恒速中过电流	1）可能由于负载短路或负载突变，应降低负载波动 2）可能由于电网波动或干扰，选购输入电抗器
	加速中过电流	1) 延长加速时间 2) 设定自动转矩提升功能
	减速中过电流	1) 延长减速时间 2) 可能由于负载短路或突变
	恒速中过电压	1) 可能电源电压过高，应使电源电压在规定限额内 2) 负载转速波动，应降低转速波动
	加速中过电压	
	减速中过电压	1) 可能负载转动惯量过大，延长减速时间使其适合于该负载惯量 2) 选购能耗制动单元
	电机过载	1) 可能电机过载，减轻负载或增大变频器容量 2) V/F 特性曲线设定不合适，应重新调整 V/F 曲线
	变频器过热	1) 可能风机有故障，检查风机运转是否正常 2) 可能工作环境温度过高 3) 可能通风口堵塞或散热器故障，清除通风口等处的灰尘和杂物
	驱动保护	1) 可能功率元件发生损坏，应更换功率元件 2) 驱动电路保护误动作，应排除干扰源
	电磁干扰	1) CPU 受到外来干扰误动作 2) 输出保护电流误动作，应排除周围环境干扰或其它电磁干扰
负载异常	电机不起动	1) 电源侧断路器和电磁接触器是否接通 2) 电源输入端 R、S、T 上的电压是否正常 3) 控制端子 SF、SR-COM 间的外部电路接线是否正常
	电机能运行但不能改变速度	1) 最高频率设定值是否太低 2) 确认频率设定的方法
	电机加速过程中失速	1) 是否加速时间设定过短 2) 是不是电动机和负载的惯量矩很大
	电机异常发热	1) 设定的 V/F 特性以及自动转矩提升是否合适 2) 是否连续低速运行 3) 负载是否过大

附录 II：部件更换

不同种类的零部件，其使用寿命亦不同。另外，零部件的使用寿命随周围环境和使用条件而改变。维修人员在维修过程中可结合下表中的建议，根据需要更换零部件。



建议某些零部件大约的更换周期如表所示

部件名称	建议更换年数	更换方法
冷却风扇	3 年	更换新的
主滤波电容器	5 年	更换新的(检查决定)
印刷电路板上的电解电容器	7 年	更换新的电路板(检查决定)
熔断器	10 年	更换新的
其它零部件	------	检查决定

附录 III： 7.5KW 以下机型部分电路元器件一览表

型号 KVFC+	功率 (KW)	额定电流 (A)	MOSFET	电流检测电阻（R17=R18=）	滤波电容*数量	IGBT
204	0.4	3	2SK792	261Ω,1/2W	470uF/400V*1	FP15R06YE3
207	0.75	4.5		157Ω,1/2W	470uF/400V*2	FP20R06YE3
215	1.5	7.5		107Ω, 1/2W	470uF/400V*4	FP30R06YE3
222	2.2	11		107Ω, 1/2W	470uF/400V*4	FP30R06YE3
407	0.75	2.5	2SK2225	294Ω,1/4W	470uF/400V*2	FP15R12KE3
415	1.5	4		215Ω,1/4W	470uF/400V*4	FP15R12KE3
422	2.2	5.5		130Ω,1/4W	470uF/400V*4	FP25R12KE3
437	3.7	9		120Ω,1/4W	1000uF/400V*2	FP40R12KE3
440	4.0	10		91Ω,1/4W	1000uF/400V*4	FP40R12KE3
455	5.5	13		68Ω,1/2W	1000uF/400V*4	FP40R12KE3
475	7.5	17		68Ω,1/2W	1000uF/400V*4	FP40R12KE3

附录 IV　常见故障的快速检修

以下常见故障中不含用户参数设置不当、现场控制系统和负载系统故障而引起的变频器故障。在检修过程中不远操线，且显示板上有电位器。在维修 CPU 板时，应尽可能将用户所设定的参数作以记录，维修完毕后再输入，若发现用户有参数设置不当的将其改正。

此处所列举的故障可能原因及分析，均为统计的结果，不含其它可能原因。其它原因维修人员可根据实际自行斟酌。

1，上电无显示

A，模块之整流单元损坏。

测量方法：详见本手册第七章第一节相关内容。

对策：更换 IGBT。

B，CPU 板上电源指示灯亮，但显示面板上无显示。

故障的检修集中在 CPU 板和显示板上。可能原因及对策：

检查条件：各电源正常。详见表 8.1.2。

①，显示板坏。

对策：用一良好显示板代换。若故障消除，则更换显示板。

②，+3.3V 电源偏低。

对策：测量+5V 电源是否良好，若+5V 正常，则对照本手册图 8.3.1。对+3.3V 电源生成电路进行检修。多为 U8（TPS7333）坏。若+5V 偏低，可能为开关电源故障，详见本手册第八章第一节相关内容。

③，复位芯片 U20（IMP809R）坏。

测量方法：用万用表二极管档测量其 2 脚是否对 GND（1 脚）短路。正常值参考表 I。其外形图见图 I 所示。

对策：更换 U20。

表 I　U20 在路测量阻值参考表

+ ——红表笔	在路阻值
1（+）——2（-）	>6MΩ
1（-）——2（+）	>10MΩ

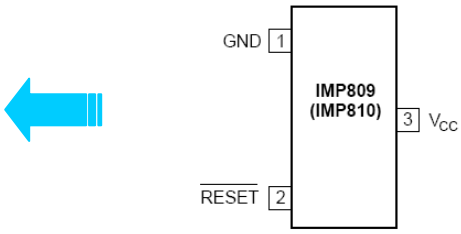


图 I　IMP809R 结构图

④，晶振 XTAL 坏。

测量方法：用示波器在晶振两端分别对 GND 测量，应为完美正弦波，且频率为 10MHz 。如图 II 所示。

对策：更换晶振。

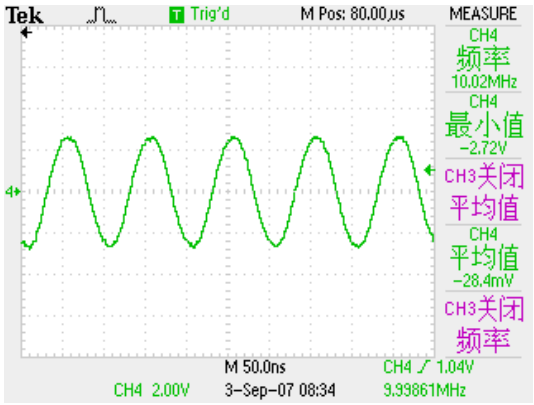


图 II　晶振输出波形图

提示　测量时示波器要置高阻输入，或加 10：1 衰减，否则测量时会引起晶体停振，造成误判断。

⑤，U11（74HC14）损坏。

对策：更换 U11。

⑥，DSP 芯片烧坏。

测量方法：若上述 5 种可能的故障原因均已排除，则多为 DSP 烧坏。多表现为其上温度较高。

对策：更换 CPU 板。

C，CPU 板上电源指示灯不亮且显示面板上无显示。可能原因及对策：

①，开关电源没工作。

检测方法：用一良好主板，连接其 CPU 板，若有显示，则为主板开关电源故障。若依然无显示，则为 CPU 板故障。

对策：检修开关电源。详见本手册第七章第二节和第八章第一节相关内容。

②，CPU 板和主板的连接排线接触不良。

对策：重新插好排线，确认连接紧密。

③，CPU 板上电源短路。

测量方法：断电后用万用表测量电源正负之间的阻值。详见表 7.3.3。

对策：更换 CPU 板。

2， 上电 P.OFF

指电源加至正常电压值（380VAC/510VDC），依然显示 P.OFF。可能原因及对策：

A， CPU 板上电压计算电路故障。

检修方法：用一良好 CPU 板代换，察看是否有相同问题。若无，则可确认为 CPU 板故障。

对策：用小型改锥旋动顶端电位器 W1（图 7.3.3）。若故障消失，则对准 DCV 及母线电压并封胶。若故障存在则为其它元器件损坏。根据原理图（图 III）对其检修，多为 U16（TL084I）损坏。其它原因为主板上电压采样电路故障。

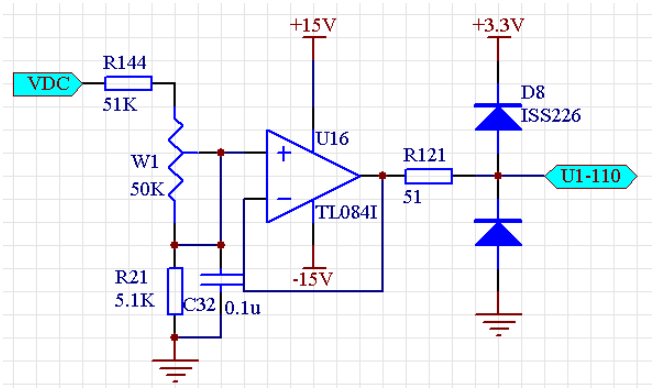


图 III　CPU 板上电压计算电路原理图

B，主板上电压采样电路故障。原理图见图 8.1.2。

其电路中元器件损坏及导致后果见表 II 所示：

表 II 主板电压采样电路元器件损坏及导致后果一览表

元器件名称及损坏结果	单件导致后果
D7 开路或短路	始终显示 P.OFF
R10，R11 虚焊或烧断	
C14 漏电流过大	

C，模块之整流单元某桥臂损坏。

测量方法：详见本手册第七章第一节相关内容。

对策：更换模块。

D， 主回路电容炸裂、容量不足或漏电流过大。

测量方法：详见本手册第六章之第四步相关内容，并用电容表测其容量。或对其充电，观察其自由放电时间。

对策：更换之。

E，主板和 CPU 板之连接排线中 VDC 连线连接不良。见图 7.2.5 和图 7.3.3。

检查方法：用万用表二极管档测量主板和 CPU 板上 VDC 信号线是否畅通。

3， 上电 OC—1，OL

A， 模块之逆变单元短路。

测量方法：详见本手册第七章第一节及第八章第五节相关内容。

B，CPU 板上之电流计算及过流保护电路故障。

检测方法：空载时查看参数 OUTA 是否有较大数值显示。

对策：可对芯片 U15、U16（TL084）和 U22（LM393）更换，若无法排除，可更换 CPU 板。

C，电流检测电阻 R17，R18 虚焊或其烧坏。

对策：测量其阻值（参见附录 III）并补焊或更换。

D， 霍尔输出至 R17，R18 及插座 CN1 上 7，8 脚（图 7.2.5）的等电位点连接不通。

对策：用万用表二极管档测量，并用导线将其连通，导线力求要短并做好绝缘处理。

E，霍尔故障。

检测方法：用万用表测量霍尔阻值及上电后测量其电源（±15V）是否正常。HNC151 霍尔外观结构图见图 IV 所示。

对策：更换之。



管脚符号	在路阻值
－ ～ 0	8KΩ
＋ ～ 0	6KΩ

图 IV HNC151 霍尔外观结构图

4， 加速中 OC—1，OC—2，OL

指将参数初始化后（b36=2 或 3），上电正常，但按下 RUN 键后至频率达到设定值之前的过程中出现的故障代码。

A， 模块逆变单元内部短路。

表现为：空载时，一按 RUN 键就出现 OC—1。

测试方法：详见本手册第七章第一节及第八章第五节相关内容。

对策：更换 IGBT。

B，驱动短路。

表现为：空载时一按 RUN 键就出现 OC—1。

测试方法及对策：详见本手册第八章第四节相关内容。

C，CPU 板故障。多表现为空载运行有电流显示（OUTA）。

测试方法：查看参数 OUTA。

对策：维修电流检测电路。可对芯片 U15、U16（TL084）和 U22（LM393）更换，若无法排除，可更换 CPU 板。

D， CPU 板上某一路无波形输出。

测试方法：在 CPU 板上插座 CN21（图 7.3.3）上用示波器分别测量 PW1~PW6 和 GND 之间的波形。如图 V 所示。

对策：更换芯片 U4（74HC07：管脚之 1、3、5、9、11、13 分别为 PWM1~PWM6 的输入口，其 2、4、6、8、10、12 为输出口），若无法消除，则更换 CPU 板。

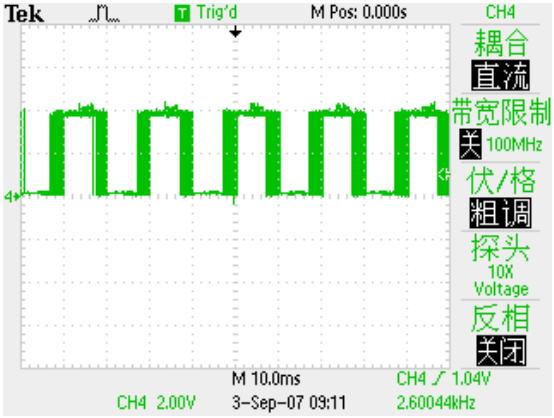


图 V　CPU 板输出 PWM 波形图

E，电流检测电阻 R17，R18 损坏。

测试方法：对照材料单或附录 III，万用表测量。

对策：更换之。

F，机型设置错误。

对策：打开机型参数，若有误则重新设置机型并初始化。

G， 霍尔故障。

检测方法：详见本附录第 3 个故障的相关分析。

对策：更换之。

5， CPU—

此故障为程序跑飞时，对驱动封锁时的显示。可能原因：

A，电压采样，计算，保护电路故障。

检修方法：VDC 信号不稳或干扰较多，可用示波器观察 VDC—GND 之波形是否平直。

对策：检修 VDC 信号。详见图 8.1.2 和图 III 及其相关内容。

B，CPU 板干扰。

对策：更换 CPU 板。

6， 上电 OE—1

A， PN 上的无感电容 C21（图 6.3）容量下降或虚焊。

检测方法：用电容表测量其容量并焊接牢靠。统计中此故障较少。

B，主板电压采样电路故障。

检测方法：对照电路图检修，查看图 8.1.2 和及其相关内容。

对策：检修主板和 CPU 板，或更换之。

C，CPU 板电压计算或保护电路故障。

检测方法：对照电路图（图 III）检修，多为 U16（TL084）、U21（LM393）故障。

对策：维修或更换之。

7， OH

A， 风机不转或转速过低。

检查方法：和正常风机对照，或用转速测试仪测量。若风机正常，则检查其驱动电路是否有故障。电路原理图见图 7.2.4 和表 7.2.4。多为三极管 TR8，TR9 损坏。

对策：更换风机或检修其驱动电路。

B，CPU 板上温度计算电路故障。

检查方法：用一良好 CPU 板代换，查看参数 t℃。

对策：对照电路原理图（图 VI）维修。

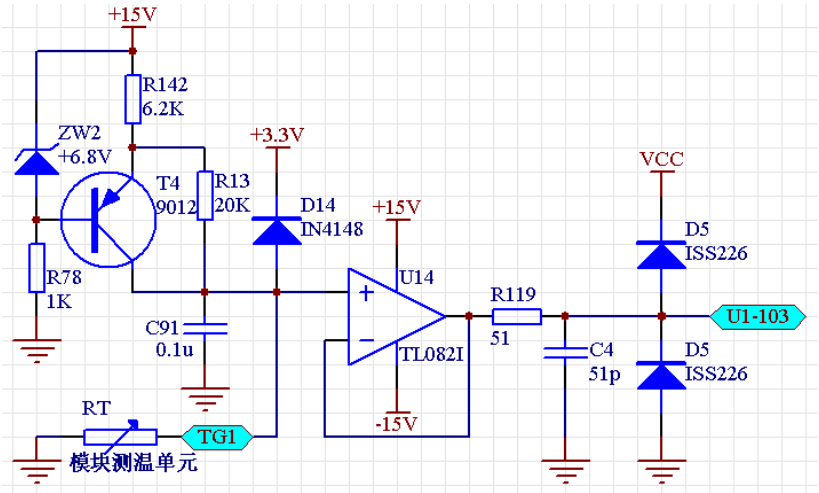


图 VI 温度检测计算电路原理图

C，温度检测输出电路连接不通

检查方法：用万用表测量图 VI 中的等电位点是否连通。如测量模块温度检测输出端子（图 7.1.1）与插座 CN1 之 TG1 端口（图 7.2.5）连接是否畅通。

对策：重新连接好。

D， 模块之温度检测单元故障

检查方法：以上可能故障原因均已排除，则多为模块温度检测单元损坏。（图 7.1.1）

对策：更换模块。统计中，此可能性极少。

8， 频率波动较大

指参数初始化后，加速或恒速运行过程中出现的频率显示数值反复不定。

A， DCV 波动较大。

检修方法：检查参数 DCV 显示，数值是否波动较大。若较大，则检修电压采样电路。

对策：对照电路原理图检修。详见本附录第 2 个故障的相关内容。

B，CPU 板上电源+3.3V 波动较大。

检查方法：用示波器观察+5V、+3.3V—GND 间波形是否平直。若有较多噪声。更换 C56 后再查。

对策：对照原理图检修。（图 8.3.1）

9， 显示 8888 或其它乱码

A， 显示板坏。

测试方法：用良好显示板代换测试。

对策：更换显示板。

B，显示板与 CPU 板没有接触好。

对策：查看连接插座及插针良好后固定好螺丝。

C，CPU 板坏。

测试方法：用良好 CPU 板代换测试。

对策：重新写入程序后查看故障是否消除。若没有，更换 U11（74HC14）并查看故障是否消除，若没有消除，则更换 CPU 板。

10， 按 RUN 键无法启动

指参数初始化并将 SF（或 SR）和 COM 短接后，按 RUN 键无法启动。显示 0.00，并闪烁。

A， 显示面板上 RUN 键坏。

检测方法：用良好操作面板代换检查。

对策：更换之。

B，SF（或 SR）端子接触不好或其电路有故障。

检查方法：查看参数 InPt。是否只有相应端子有信号。

对策：根据原理图（图 8.3.2 和表 8.3.1）维修，或更换 U9（74AHC245）。

C，DCV 显示过低。

条件：电源输入良好(380VAC/510VDC)。

检测方法及对策：详见本附录第 2 个故障的相关内容。

11， 三相电流不平衡

A，模块之逆变单元坏。

测试方法：详见本手册第七章第一节及第八章第五节相关内容。

对策：更换模块。

B，驱动电路故障

检测方法：详见本手册第八章第四节相关内容。

对策：根据原理图（图 8.4.3 和表 8.4.1）维修。

C，CPU 板上某一路无波形输出。

测试方法及对策：详见本附录第 4 个故障的相关分析。

D， 某个霍尔损坏

检测方法：详见本附录第 3 个故障的相关分析。

对策：更换霍尔 HNC151—100。

12， 继电器提前吸合或不吸合

检测方法及对策：当显示由 P.OFF 变为 0.00 时，主回路软充电继电器（图 6.3）有清晰吸合声。若有异常，先单独给继电器之线圈加 24VDC，听其吸合声音是否清晰响亮，并用万用表测量其常开点是否闭合，若闭合异常则多为继电器损坏。否则对照其驱动电路原理图（图 7.2.4）维修。多为 TR6，TR7 损坏。

13， 各电源幅值异常

检修方法：详见本手册第八章第一节相关内容。

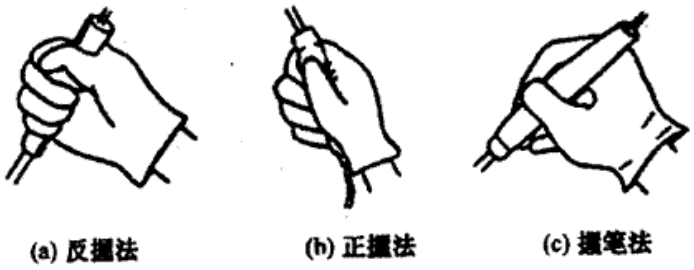
附录 V：手工锡焊基本操作及技术要点

一、手工锡焊基本操作方法

（一）. 焊接操作姿势与卫生

焊剂加热挥发出的化学物质对人体是有害的，如果操作时鼻子距离烙铁头太近，则很容易将有害气体吸入。一般烙铁离开鼻子的距离应至少不小于 30cm，通常以 40cm 时为宜。

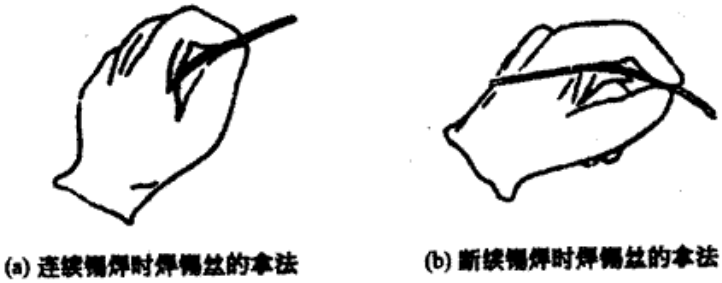
电烙铁拿法有三种，如图一所示。反握法动作稳定，长时间操作不宜疲劳，适于大功率烙铁的操作。正握法适于中等功率烙铁或带弯头电烙铁的操作。一般在操作台上焊印制板等焊件时多采用握笔法。



图一 电烙铁拿法

焊锡丝一般有两种拿法，如图二所示。由于焊丝成分中，铅占一定比例，众所周知铅是对人体有害的重金属，因此操作时应戴手套或操作后洗手，避免食入。

使用电烙铁要配置烙铁架，一般防止再工作台右前方，电烙铁用后一定要稳妥防御烙铁架上，并注意导线等物不要碰烙铁头。



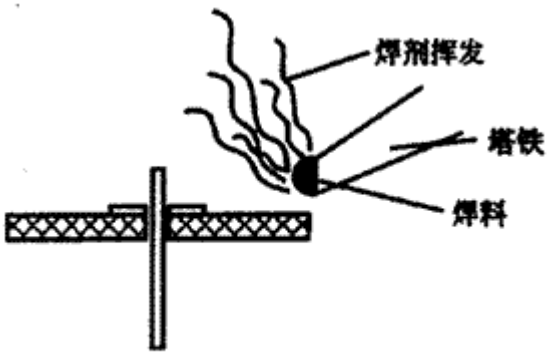
图二 焊锡丝拿法

(二) . 五步法训练

作为一种初学者掌握手工锡焊技术的训练方法，五步法是卓有成效的，值得单独作为一节来讨论。

不少电子爱好者重通行一种焊接操作法，即先用烙铁头沾上一些焊锡，然后将烙铁放道焊点上停留等待加热后焊锡润湿焊件。

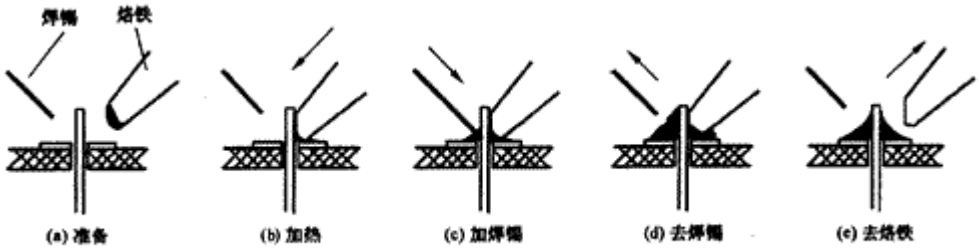
这种方法，不是正确的操作方法。虽然这样也可以将焊件焊起来，但却不能保证质量。从我们所了解的锡焊机理不难理解这一点。



图三 焊剂在烙铁上挥发

如图三所示，当我们把焊锡融化道烙铁头上时，焊锡丝重的焊剂伏在焊料表面，由于烙铁头温度一般都再 250℃－350℃以上，当烙铁放道焊点上之前，松香焊剂将不断挥发，而当烙铁放到焊点上时由于焊件温度低，加热还需一段时间，在此期间焊剂很可能挥发大半甚至完全挥发，因而在润湿过程中由于缺少焊剂而润湿不良。同时由于焊料和焊件温度差很多，结合层不容易形成，很难避免虚焊。更由于焊剂的保护作用丧生后焊料容易氧化，质量得不到保证就在所难免了。

正确的方法应该是五步法：



图四 五步法

1. 准备施焊

准备好焊锡丝和烙铁。此时特别强调的施烙铁头部要保持干净，即可以沾上焊锡（俗称吃锡）。

2. 加热焊件

将烙铁接触焊接点，注意首先要保持烙铁加热焊件各部分，例如印制板上引线和焊盘都使之受热，其次要注意让烙铁头的扁平部分（较大部分）接触热容量较大的焊件，烙铁头的侧面或边缘部分接触热容量较小的焊件，以保持焊件均匀受热。

3. 熔化焊料

当焊件加热到能熔化焊料的温度后将焊丝置于焊点，焊料开始熔化并润湿焊点。

4. 移开焊锡

当熔化一定量的焊锡后将焊锡丝移开。

5. 移开烙铁

当焊锡完全润湿焊点后移开烙铁，注意移开烙铁的方向应该是大致 45°的方向。

上述过程，对一般焊点而言大约二，三秒钟。对于热容量较小的焊点，例如印制电路板上的小焊盘，有时用三步法概括操作方法，即将上述步骤 2，3 合为一步，4，5 合为一步。实际上细微区分还是五步，所以五步法有普遍性，是掌握手工烙铁焊接的基本方法。特别是各步骤之间停留的时间，对保证焊接质量至关重要，只有通过实践才能逐步掌握。

二、手工锡焊技术要点

（一）. 锡焊基本条件

1. 焊件可焊性

不是所有的材料都可以用锡焊实现连接的，只有一部分金属有较好可焊性（严格的说应该是可以锡焊的性质），才能用锡焊连接。一般铜及其合金，金，银，锌，镍等具有较好可焊性，而铝，不锈钢，铸铁等可焊性很差，一般需采用特殊焊剂及方法才能锡焊。

2. 焊料合格

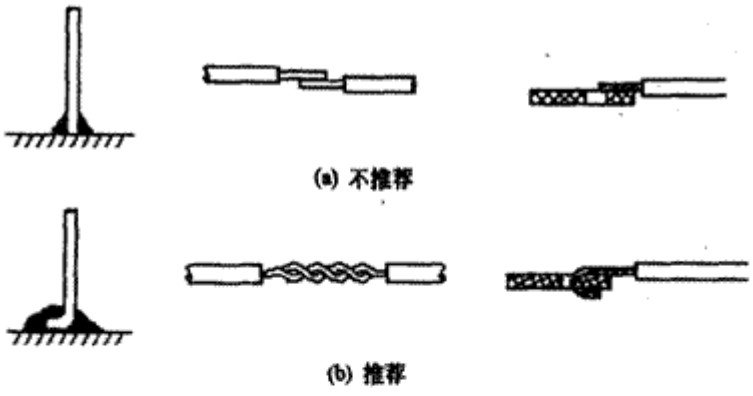
铅锡焊料成分不合规格或杂质超标都会影响焊锡质量，特别是某些杂质含量，例如锌，铝，镉等，即使是 0．001%的含量也会明显影响焊料润湿性和流动性，降低焊接质量。再高明的厨师也无法用劣质的原料加工出美味佳肴，这个道理是显而易见的。

3. 焊剂合适

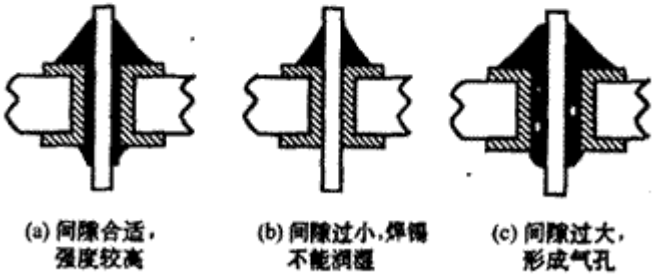
焊接不同的材料要选用不同的焊剂，即使是同种材料，当采用焊接工艺不同时也往往要用不同的焊剂，例如手工烙铁焊接和浸焊，焊后清洗与不清洗就需采用不同的焊剂。对手工锡焊而言，采用松香和活性松香能满足大部分电子产品装配要求。还要指出的是焊剂的量也是必须注意的，过多，过少都不利于锡焊。

4. 焊点设计合理

合理的焊点几何形状，对保证锡焊的质量至关重要，如图一(a)所示的接点由于铅锡料强度有限,很难保证焊点足够的强度,而图一(b)的接头设计则有很大改善。图二表示印制板上通孔安装元件引线与孔尺寸不同时对焊接质量的影响。



图一 锡焊接点设计



图二 焊盘孔与引线间隙影响焊接质量

（二）．手工锡焊要点

以下几个要点是由锡焊机理引出并被实际经验证明具有普遍适用性。

1． 掌握好加热时间

锡焊时可以采用不同的加热速度，例如烙铁头形状不良，用小烙铁焊大焊件时我们不得不延长时间以满足锡料温度的要求。在大多数情况下延长加热时间对电子产品装配都是有害的， 这是因为

（1） 焊点的结合层由于长时间加热而超过合适的厚度引起焊点性能劣化。

（2） 印制板，塑料等材料受热过多会变形变质。

（3） 元器件受热后性能变化甚至失效。

（4） 焊点表面由于焊剂挥发，失去保护而氧化。

结论：在保证焊料润湿焊件的前提下时间越短越好。

2． 保持合适的温度

如果为了缩短加热时间而采用高温烙铁焊校焊点，则会带来另一方面的问题：焊锡丝中的焊剂没有足够的时间在被焊面上漫流而过早挥发失效；焊料熔化速度过快影响焊剂作用的发挥；由于温度过高虽加热时间短也造成过热现象。

结论：保持烙铁头在合理的温度范围。一般经验是烙铁头温度比焊料熔化温度高 50℃较为适宜。

理想的状态是较低的温度下缩短加热时间，尽管这是矛盾的，但在实际操作中我们可以通过操作手法获得令人满意的解决方法。

3． 用烙铁头对焊点施力是有害的

烙铁头把热量传给焊点主要靠增加接触面积，用烙铁对焊点加力对加热是徒劳的。很多情况下会造成被焊件的损伤，例如电位器，开关，接插件的焊接点往往都是固定在塑料构件上，加力的结果容易造成原件失效。

（三）．锡焊操作要领

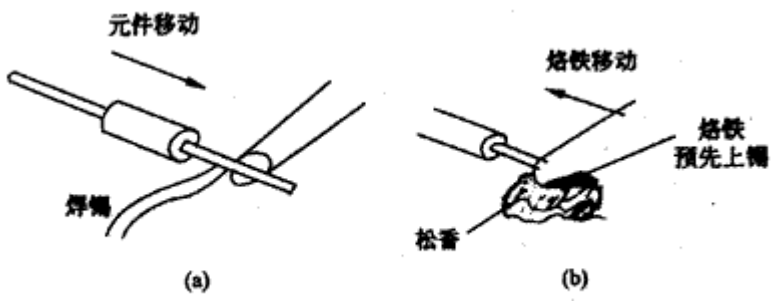
1． 焊件表面处理

手工烙铁焊接中遇到的焊件是各种各样的电子零件和导线，除非在规模生产条件下使用“保险期”内的电子元件，一般情况下遇到的焊件往往都需要进行表面清理工作，去除焊接面上的锈迹，油污，灰尘等影响焊接质量的杂质。手工操作中常用机械刮磨和酒精，丙酮擦洗等简单易行的方法。

2． 预焊

预焊就是将要锡焊的元器件引线或导电的焊接部位预先用焊锡润湿，一般也称为镀锡，上锡，搪锡等。称预焊是准确的，因为其过程合机理都是锡焊的全过程——焊料润湿焊件表面，靠金属的扩散形成结合层后而使焊件表面“镀”上一层焊锡。

预焊并非锡焊不可缺少的操作，但对手工烙铁焊接特别是维修，调试，研制工作几乎可以说是必不可少的。下图表示元件引线预焊方法。



图三 元器件引线预焊

3. 不要用过量的焊剂

适量的焊剂是必不可缺的，但不要认为越多越好。过量的松香不仅造成焊后焊点周围需要清洗的工作量，而且延长了加热时间（松香融化，挥发需要并带走热量），降低工作效率；而当加热时间不足时又容易夹杂到焊锡中形成“夹渣”缺陷；对开关元件的焊接，过量的焊剂容易流到触点处，从而造成接触不良。

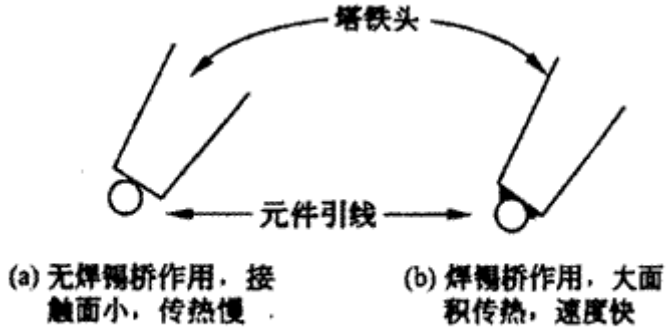
合适的焊剂量应该是松香水仅能浸湿将要形成的焊点，不要让松香水透过印制板流到元件面或插座孔里（如 IC 插座）。对使用松香芯的焊丝来说，基本不需要再涂焊剂。

4. 保持烙铁头的清洁

因为焊接时烙铁头长期处于高温状态，又接触焊剂等受热分解的物质，其表面很容易氧化而形成一层黑色杂质，这些杂质几乎形成隔热层，使烙铁头失去加热作用。因此要随时在烙铁架上蹭去杂质。用一块湿布或湿海绵随时擦烙铁头，也是常用的方法。

5. 加热要靠焊锡桥

非流水线作业中，一次焊接的焊点形状使多种多样的，我们不可能不断换烙铁头。要提高烙铁头加热的效率，需要形成热量传递的焊锡桥。所谓焊锡桥，就是靠烙铁上保留少量焊锡作为加热时烙铁头与焊件之间传热的桥梁。显然由于金属液的导热效率远高于空气,而使焊件很快被加热到焊接温度,如图四。应注意作为焊锡桥的锡保留量不可过多。

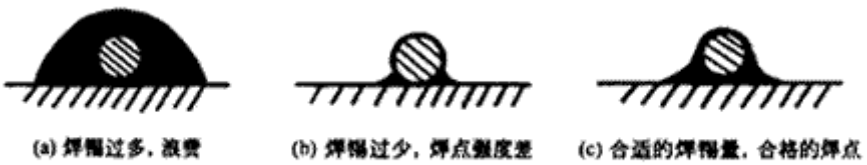


图四 焊锡桥作用

6. 焊锡量要合适

过量的焊锡不但毫无必要地消耗了较贵的锡，而且增加了焊接时间，相应降低了工作速度。更为严重的是在高密度的电路中，过量的锡很容易造成不易察觉的短路。

但是焊锡过少不能形成牢固的结合，降低焊点强度，特别是在板上焊导线时，焊锡不足往往造成导线脱落。



图五 焊锡量的掌握

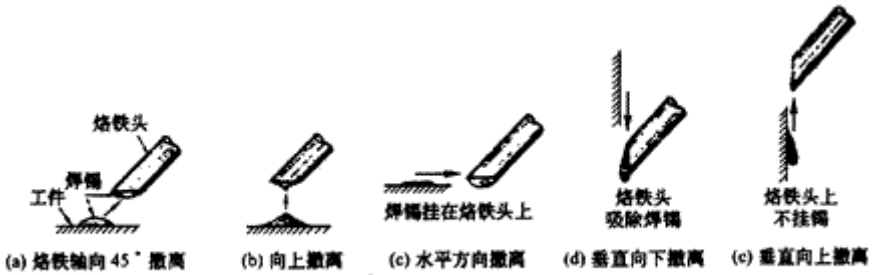
7. 焊件要牢固

在焊锡凝固之前不要使焊件移动或振动，特别使用镊子夹住焊件时一定要等焊锡凝固再

移去镊子。这是因为焊锡凝固过程是结晶过程，根据结晶理论，在结晶期间受到外力（焊件移动）会改变结晶条件，导致晶体粗大，造成所谓“冷焊”。外观现象是表面无光泽呈豆渣状；焊点内部结构疏松，容易有气隙和裂隙，造成焊点强度降低，导电性能差。因此，在焊锡凝固前一定要保持焊件静止，实际操作时可以用各种适宜的方法将焊件固定，或使用可靠的夹持措施。

8． 烙铁撤离有讲究

烙铁处理要及时，而且撤离时的角度和方向对焊点形成有一定关系。图六所示为不同撤离方向对焊料的影响。撤烙铁时轻轻旋转一下，可保持焊点适当的焊料，这需要在实际操作中体会。



图六 烙铁撤离方向和焊锡量的关系

三、贴片元件的手工焊接和拆卸

鉴于贴片元器件有诸多优点，如无长的引线管脚，可大大减小其上寄生电感，在高频电路中有极大优势；大大减少电路板面积，便于电子产品迷你化；易于大批量生产，布线密度高等。但贴片元件的不方便之处在于不便于手工焊接。对于想从事电子类产品设计和维修的人员来说，练好贴片元件手工焊接的基本功是非常重要的。下面介绍一些常用贴片元件的手工焊接和拆卸技巧，希望能对初学者提供帮助！

（一）、所需的工具和材料

1，烙铁。２５Ｗ的铜头小烙铁，有条件的可使用温度可调（200～280℃）和带ＥＳＤ保护的焊台，注意烙铁尖要细，顶部的宽度不能大于１ｍｍ。

2，镊子。一把尖头镊子，必须是不锈钢无磁性的，可以用来拿取、移动和固定芯片以及检查电路。

3，细焊丝和助焊剂、异丙基酒精等。使用助焊剂的目的主要是增加焊锡的流动性，这样焊锡可以用烙铁牵引，并依靠表面张力的作用光滑地包裹在引脚和焊盘上。在焊接后用酒精清除板上的焊剂。

4，热风枪。这是拆多脚的贴片元件用的，也可以用于焊接。

（二）、焊接和拆卸要求

1，做到“控温、预热、轻触”。

贴片式电阻器、电容器的基片大多采用陶瓷材料制作，这种材料受碰撞易破裂，因此在拆卸、焊接时应掌握控温、预热、轻触等技巧。控温是指焊接温度应控制在 200～250℃左右。预热指将待焊接的元件先放在 100℃左右的环境里预热 1～2 分钟，防止元件突然受热膨胀损坏。轻触是指操作时烙铁头应先对印制板的焊点或导带加热，尽量不要碰到元件。

另外还要控制每次焊接时间在 3 秒钟左右，焊接完毕后让电路板在常温下自然冷却。以上方法和技巧同样适用于贴片式晶体二、三极管的焊接。

贴片式集成电路的引脚数量多、间距窄、硬度小，如果焊接温度不当，极易造成引脚焊锡短路、虚焊或印制线路铜箔脱离印制板等故障。拆卸贴片式集成电路时，可将调温烙铁温度调至 260℃左右，用烙铁头配合吸锡器将集成电路引脚焊锡全部吸除后，用尖嘴镊子轻轻插入集成电路底部，一边用烙铁加热，一边用镊子逐个轻轻提起集成电路引脚，使集成电路引脚逐渐与印制板脱离。用镊子提起集成电路时一定要随烙铁加热的部位同步进行，防止操之过急将线路板损坏。

2，做到“清洁、轻压、对齐”。

换入新集成电路前要将原集成电路留下的焊锡全部清除，保证焊盘的平整清洁。然后将待焊集成电路引脚用细砂纸打磨清洁，均匀搪锡，再将待焊集成电路脚位对准印制板相应焊点，焊接时用手轻压在集成电路表面，防止集成电路移动，另一只手操作电烙铁蘸适量焊锡将集成电路四角的引脚与线路板焊接固定后，再次检查确认集成电路型号与方向，正确后正式焊接，将烙铁温度调节在 250℃左右，一只手持烙铁给集成电路引脚加热，另一只手将焊锡丝送往加热引脚焊接，直至全部引脚加热焊接完毕，最后仔细检查和排除引脚短路和虚焊，待焊点自然冷却后，用毛刷蘸无水酒精再次清洁线路板和焊点，防止遗留焊渣。

检修模块电路板故障前，宜先用毛刷蘸无水酒精清理印制板，清除板上灰尘、焊渣等杂物，并观察原电路板是否存在虚焊或焊渣短路等现象，以及早发现故障点，节省检修时间。

3，做到“低温、惜锡、快速”。

由于陶瓷贴片电容器在手工焊接过程中，容易因为焊接时间过长或温度过高会造成外电极被焊锡淋溶，从而会因电极与终端端子之间接触不良而导致结合不牢，或电容值降低。所以在预热时，焊接温度与芯片表面温度之间的温差 ⊿T 应维持在被焊接元件所推荐的范围内。⊿T 越小，芯片承受的压力也就越小。在焊接时须做到以下几点：

A, 最佳锡膏/焊锡量不超过芯片厚度，如图 3.40 所示。

B,烙铁应限制在 20W 以内，元件事先预热到 130℃，烙铁头的温度不要超过 300℃，烙铁头直径不大于 3mm，最长焊接时间 5S，勿使烙铁头直接接触陶瓷电容器本身。

C,如果在陶瓷电容器端子根部 1mm 进行焊接，小心不要使烙铁头直接接触电容器。可以不必预热。

D,最好工作温度低于 270℃的烙铁头在 3S 内完成焊接。

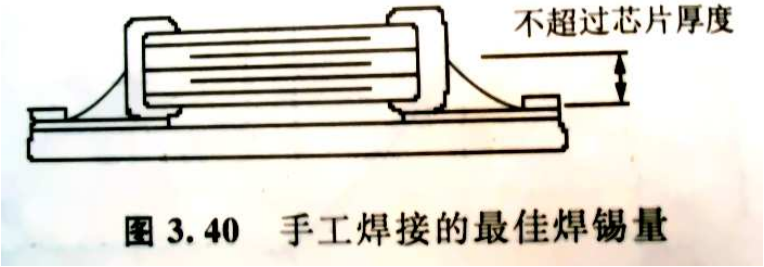


图 3.40　手工焊接的最佳焊锡量

（三）、焊接方法

１．　在焊接之前先在焊盘上涂上助焊剂，用烙铁处理一遍，以免焊盘镀锡不良或被氧化，造成不好焊，芯片则一般不需处理。

２．　用镊子小心地将贴片元件放到ＰＣＢ板上，注意不要损坏引脚。使其与焊盘对齐，要保证芯片的放置方向正确。把烙铁的温度调到 250℃左右，将烙铁头尖沾上少量的焊锡，用工具向下按住已对准位置的芯片，在两个对角位置的引脚上加少量的焊剂，仍然向下按住

芯片，焊接两个对角位置上的引脚，使芯片固定而不能移动。在焊完对角后重新检查芯片的位置是否对准。如有必要可进行调整或拆除并重新在ＰＣＢ板上对准位置。

３． 开始焊接所有的引脚时，应在烙铁尖上加上焊锡，将所有的引脚涂上焊剂使引脚保持湿润。用烙铁尖接触芯片每个引脚的末端，直到看见焊锡流入引脚。在焊接时要保持烙铁尖与被焊引脚并行，防止因焊锡过量发生搭接。

４． 焊完所有的引脚后，用焊剂浸湿所有引脚以便清洗焊锡。在需要的地方吸掉多余的焊锡，以消除任何短路和搭接。最后用镊子检查是否有虚焊，检查完成后，从电路板上清除焊剂，将硬毛刷浸上酒精沿引脚方向仔细擦拭，直到焊剂消失为止。

（四）、根据管脚数量的不同，可以选择不同的焊接和拆卸方法

1，对于只有 2 – 4 只脚的元件，如电阻、电容、二极管、三极管等，先在 PCB 板上其中一个焊盘上镀点锡，然后左手用镊子夹持元件放到安装位置并抵住电路板，右手用烙铁将已镀锡焊盘上的引脚焊好。元件焊上一只脚后已不会移动，左手镊子可以松开，改用锡丝将其余的脚焊好。如果要拆卸这类元件也很容易，只要用两把烙铁（左右手各一把）将元件的两端同时加热，等锡熔了以后轻轻一提即可将元件取下。

2，对于引脚较多但间距较宽的贴片元件（如许多 SO 型封装的 IC，脚的数目在 6 – 20 之间，脚间距在 1.27mm 左右）也是采用类似的方法，先在一个焊盘上镀锡，然后左手用镊子夹持元件将一只脚焊好，再用锡丝焊其余的脚。这类元件的拆卸一般用热风枪较好，一手持热风枪将焊锡吹熔，另一手用镊子等夹具趁焊锡熔化之际将元件取下。

3，对于引脚密度比较高（如 0.5mm 间距）的元件，在焊接步骤上是类似的，即先焊一只脚，然后用锡丝焊其余的脚。但对于这类元件由于其脚的数目比较多且密，引脚与焊盘的对齐是关键。在一个焊盘上镀锡后（通常选在角上的焊盘，只镀很少的锡），用镊子或手将元件与焊盘对齐，注意要使所有有引脚的边都对齐（这里最重要的是耐心！），然后左手（或通过镊子）稍用力将元件按在 PCB 板上，右手用烙铁将赌锡焊盘对应的引脚焊好。焊好后左手可以松开，但不要大力晃动电路板，而是轻轻将其转动，将其余角上的引脚先焊上。当四个角都焊上以后，元件基本不会动了，这时可以从容不迫地将剩下的引脚一个一个焊上。焊接的时候可以先涂一些松香水，让烙铁头带少量锡，一次焊一个引脚。如果不小心将相邻两只脚短路了不要着急，等全部焊完后用编织带吸锡清理即可。这些技巧的掌握当然是要经过练习的，如果有旧电路板旧 IC 不妨拿来作练习。

4，高引脚密度元件的拆卸主要用热风枪，一只手用适当工具（如镊子）夹住元件，另一只手用热风枪来回吹所有的引脚，等都熔化时将元件提起。如果拆下的元件还要，那么吹的时候就尽量不要对着元件的中心，时间也要尽量短。元件拆下后用烙铁清理焊盘。

功夫不负有心人，相信在自己的不懈努力下，各方面技能都会突飞猛进的！

精诚所至，

金石为开！