



精品空调 格力创造

直流变频的故障处理方法

格力电器制冷技术研究院 2009.06



理论篇

案例分析篇

操作规范篇

- 请注意：本文基于型号为GRJW809-A1的PCB板，适用于目前主流的凉之夏、绿满园、玉堂春等机型，对于其它机型，由于控制器上的电路和丝印可能会有部分差别，不会完全适用，但处理故障的基本原理和基本方法是一致的，同样可以进行借鉴。

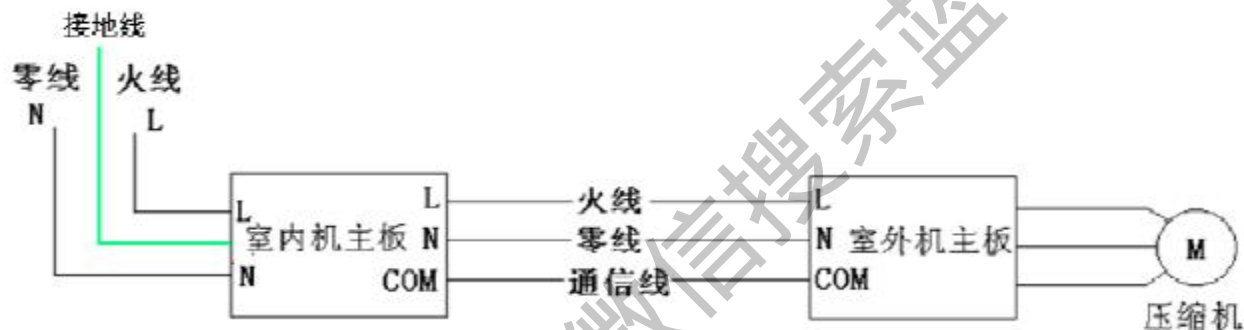


一、变频空调的基本工作原理。

变频空调主要是改变以往压缩机在恒定 50Hz 频率下运转，其输出功率恒定的状况。变频控制器根据环境条件的变化调节输给压缩机电源的频率（其频率在 15Hz~120Hz 区间变化），使压缩机的转速改变，从而达到压缩机输出的功率可调。这样，空调就改变了时开时停的工作方式，可以在需要时以高频率运转，进行快速制冷制热，在不需要时，降低频率，以达到较小的输出功率和高于普通定频机 50% 以上的能效比，平和的进行温度调节，完全实现了无级调节。

二、变频空调电控系统的组成及功能介绍。

变频空调电控系统主要由室内机主板、室外主板以及压缩机组成。其内外机通过火线、零线和通信线相连（图 1）。



主要任务：

- 1、接收用户发来的温度需求信息。
- 2、采集环温、管温等相关信息并传至室外机。
- 3、显示各种运行参数或保护。

主要任务：

- 1、接收室内通信，综合分析室内环境温度、室内设定温度、室外环境温度等因素，对压缩机变频调速控制。
- 2、根据系统需要，控制室外风扇、四通阀、压缩机电加热等负载。
- 3、采集排气、管温、电压、电流、压缩机状态等系统参数，判断系统是否在允许的工作条件内是否出现异常。

图 1：变频空调电控系统组成及分工

三、变频室外机主板各功能电路位置以及检测点。

我们将各主要功能电路采用框注的方式进行的标注（如图2），同时注明功能电路的关键检测点，目的是让大家根据检测点的信号，去测量和评价各功能电路是否工作正常。

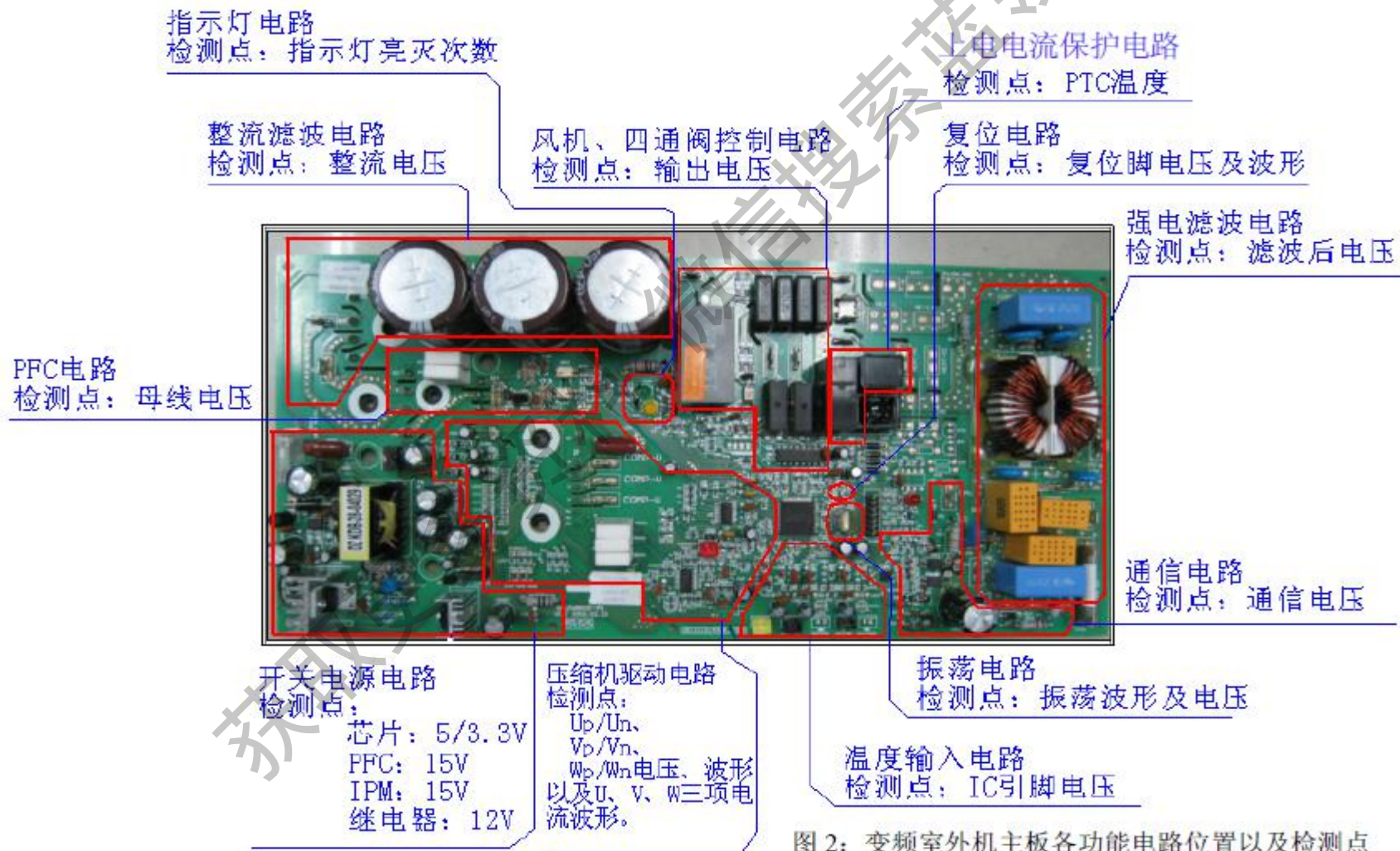
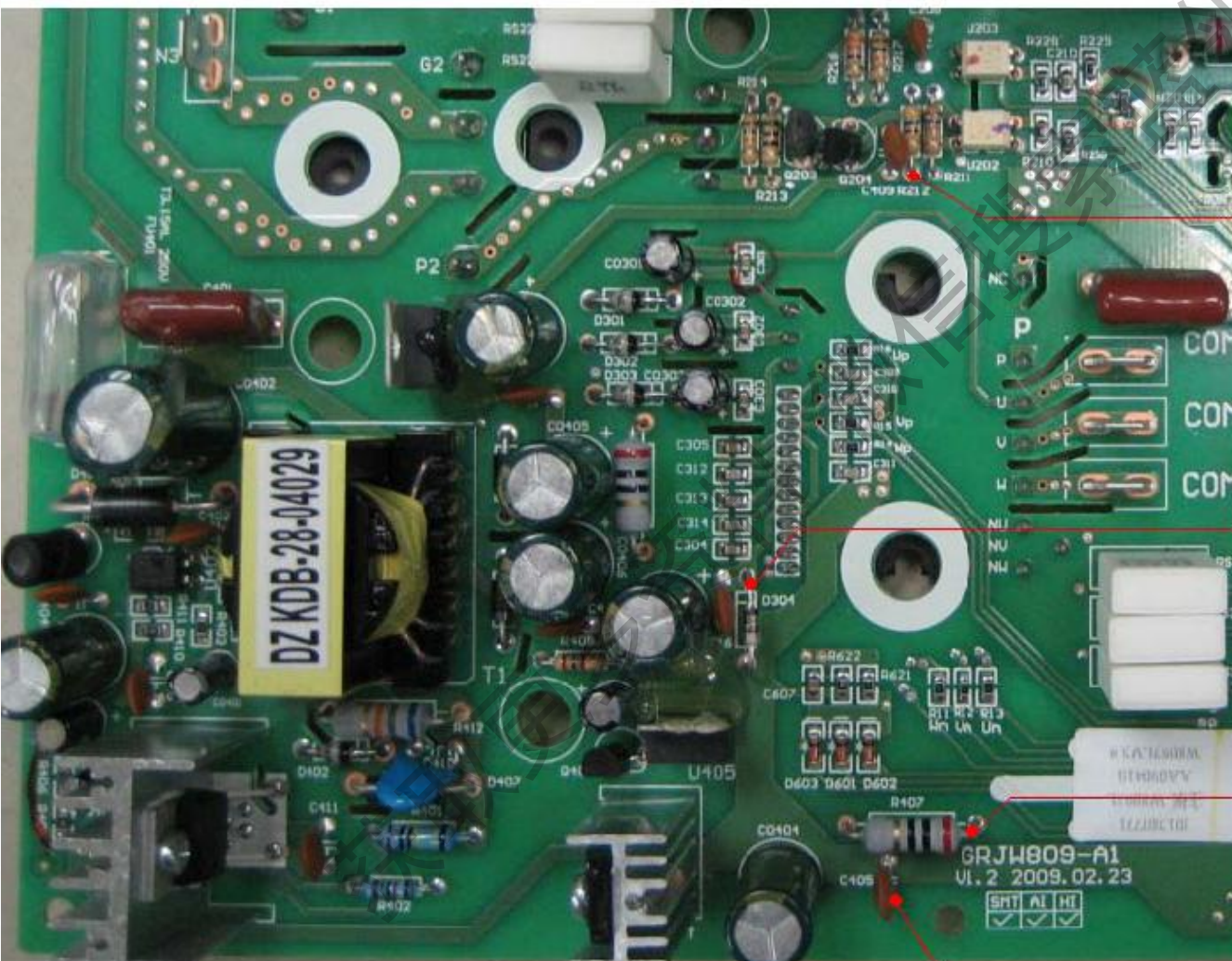


图2：变频室外机主板各功能电路位置以及检测点

四、室外机关键点参数及波形。

1、开关电源电压测量（图 3）：



PFC电压检测点：R212下端
正常值：15V
万用表黑表笔：与U406散热器接触
万用表红表笔：与R212下端接触

IPM电压检测点：D304负端（上端）
正常值：15V
万用表黑表笔：与U404散热器接触
万用表红表笔：与D304负端接触

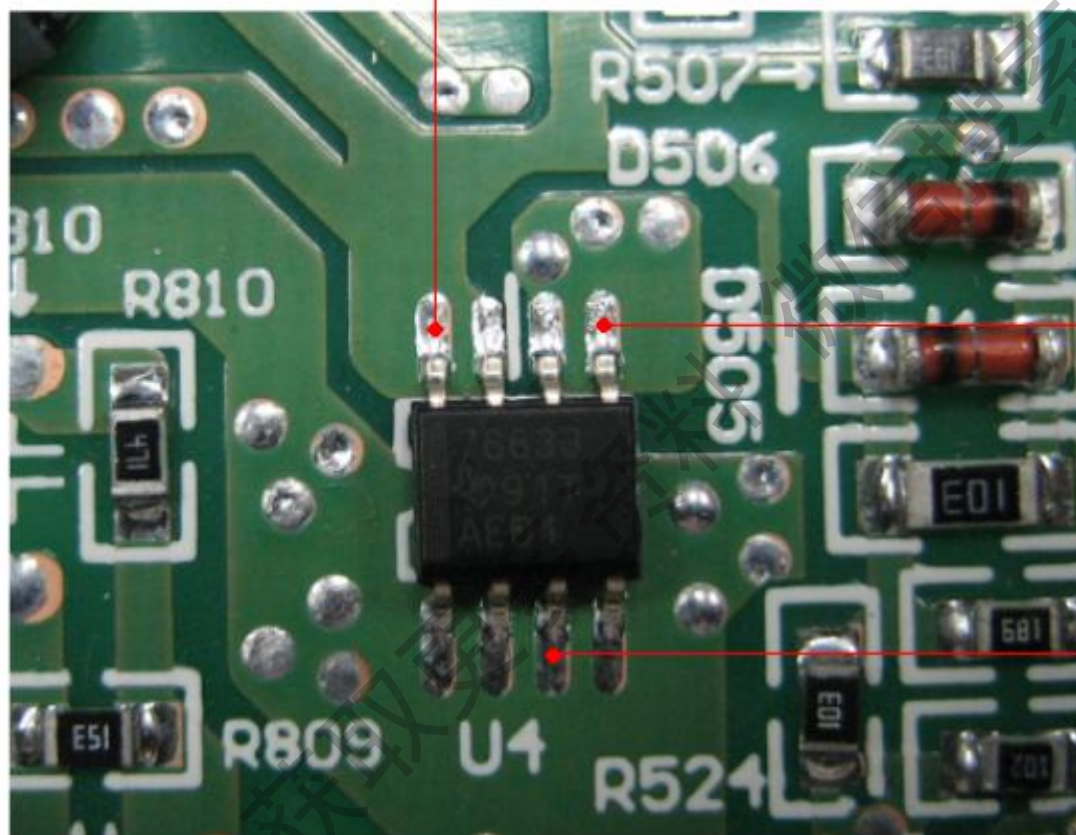
继电器电压检测点：R407右端
正常值：12V
万用表黑表笔：与U404散热器接触
万用表红表笔：与R407右端接触

5V电压检测点：C405下端
正常值：5V
万用表黑表笔：与U404散热器接触
万用表红表笔：与C405下端接触

图 3：开关电源电压测量

2、芯片电源电压测量（图 4）：

主芯片（DSP）电压检测点：U4的7、8脚
 正常值：3.3V
 万用表黑表笔：与U4散热器接触
 万用表红表笔：与U4的7、8脚接触

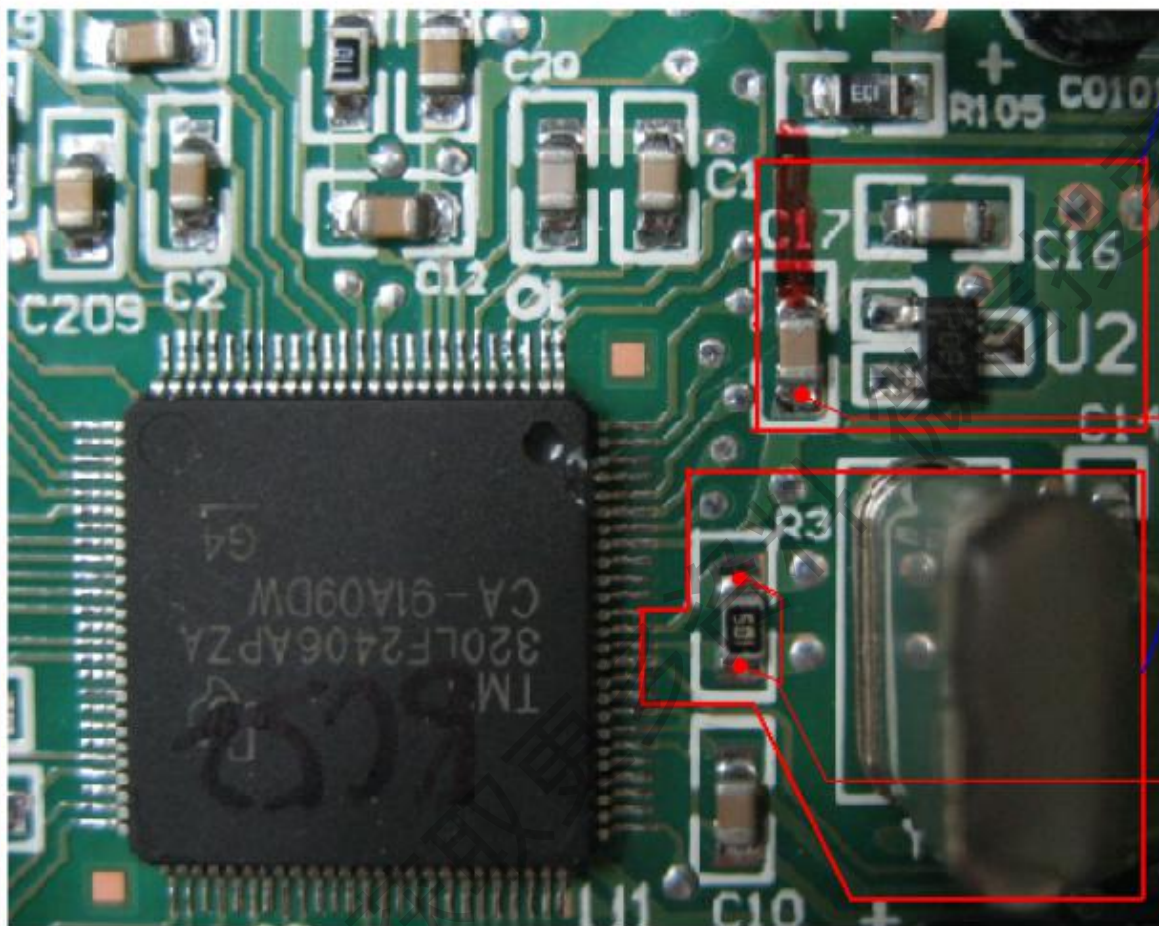


主芯片（DSP）5V电压检测点：U4的5、6脚
 正常值：5V
 万用表黑表笔：与U4散热器接触
 万用表红表笔：与U4的5、6脚接触

弱电地

图 4：芯片电源电压测量

3、振荡及复位电路电压测量（图 5）。



复位电路

复位信号检测点：C17下端
 正常值：上电瞬间有200毫秒低电平，随后一直为3.3V
 万用表黑表笔：与U404散热器接触
 万用表红表笔：与C17下端接触

振荡电路

振荡信号检测点：R3两端
 正常值：起振后为正弦波，频率与晶振型号相符。
 万用表黑表笔：与U404散热器接触
 万用表红表笔：分别测量R3上下两端电压

图 5：振荡及复位电路电压测量

4、通信电路电压测量。

通信电路分为强电侧和弱电侧，强电侧通信电压为 56V，其测量位置和方法如图 6。强、弱电侧通信电压测量位置如图 7。

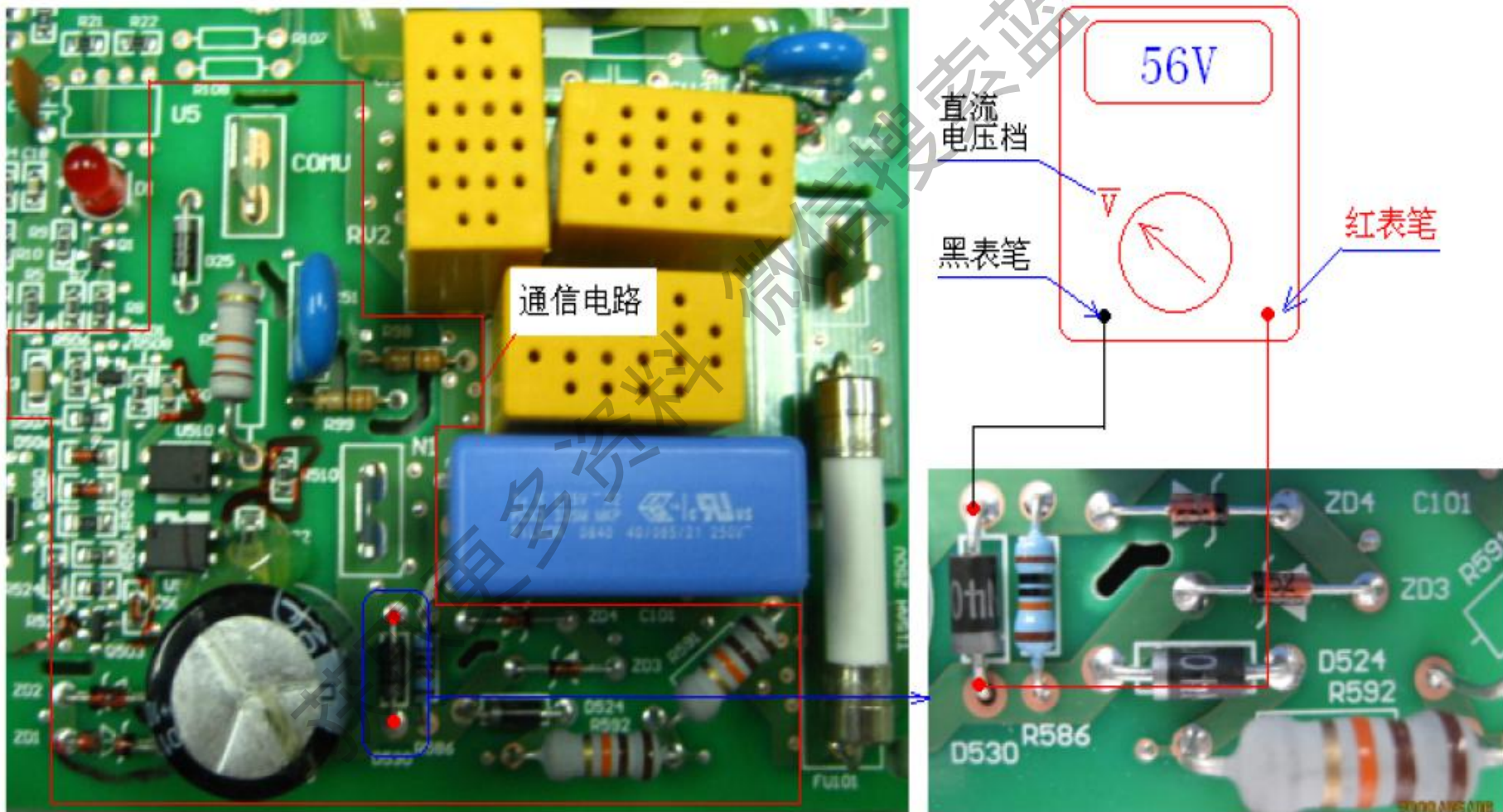
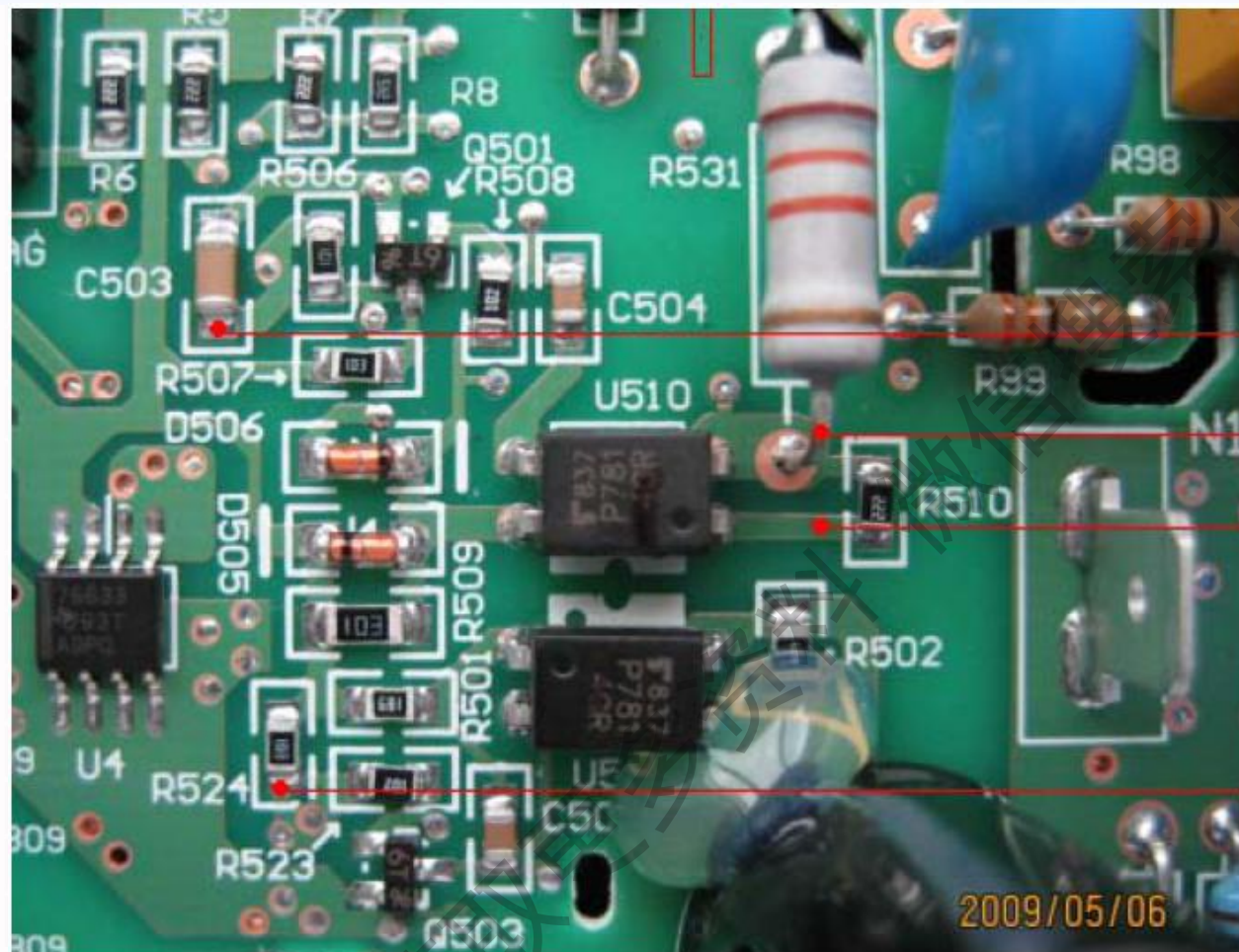


图 6：通信电路强电侧电压测量



通信接受信号检测点：C503的下端
正常值：此点电压有规律变化
万用表黑表笔：与U404散热器接触
万用表红表笔：与C503下端接触

直接用万表红黑表笔测量此点两端，
如果电压有变化，说明内机向外
机发送数据正常。

通信发送信号检测点：C524下端
正常值：此点电压有规律变化
万用表黑表笔：与U404散热器接触
万用表红表笔：与R524下端接触

图 7：通信电路弱电侧电压测量

五、关键元件的测量及故障排查。

1、整流模块测量：

(1) 整流模块主要作用是将交流电变成直流电，整流模块的引脚定义如图 8，其内部结构简图如 9。

(2) 测量方法：将万用表调至二极管档（图 10），分别对模块内的四个二极管（D1、D2、D3、D4）进行测量。

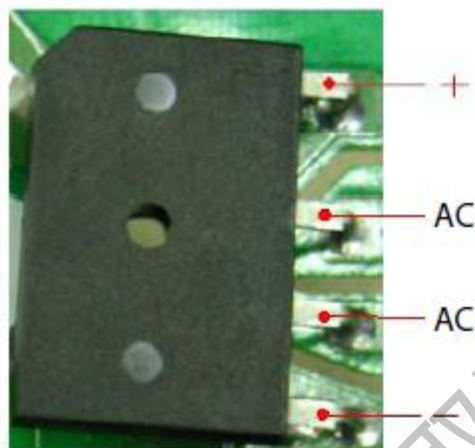


图 8：引脚定义

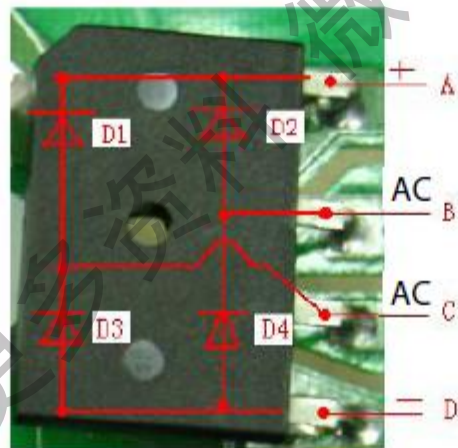


图 9：内部结构简图

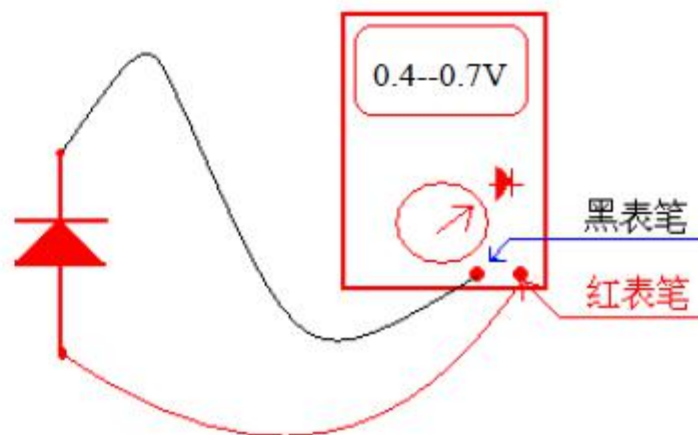


图 10：测量方法

2、IPM 测量:

(1) IPM 是变频空调的核心器件 (图 11), 给变频压缩机输出 U、V、W 三相电流, 并控制压缩机的转速。其内部结构如图 12, 内部包括驱动 IC 和 6 个 IGBT。

(2) 测量方法: 模块的损坏可分为驱动 IC 损坏和 IGBT 损坏, 如某一路 IGBT 发生损坏, 我们可以直接通过万用表二极管档检测, 正向应无导通, 反向应有二极管管压降或者用电阻档分别测量 P、N 到 U、V、W 三相的电阻, 具体的测试方法如图 13。



图 11: IPM 外观

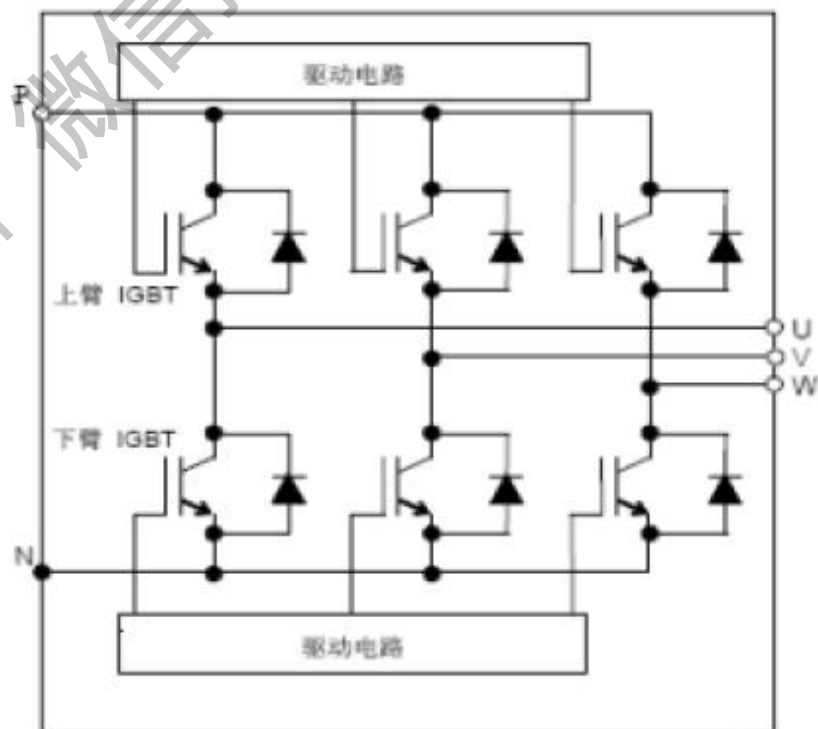


图 12: 内部结构简图

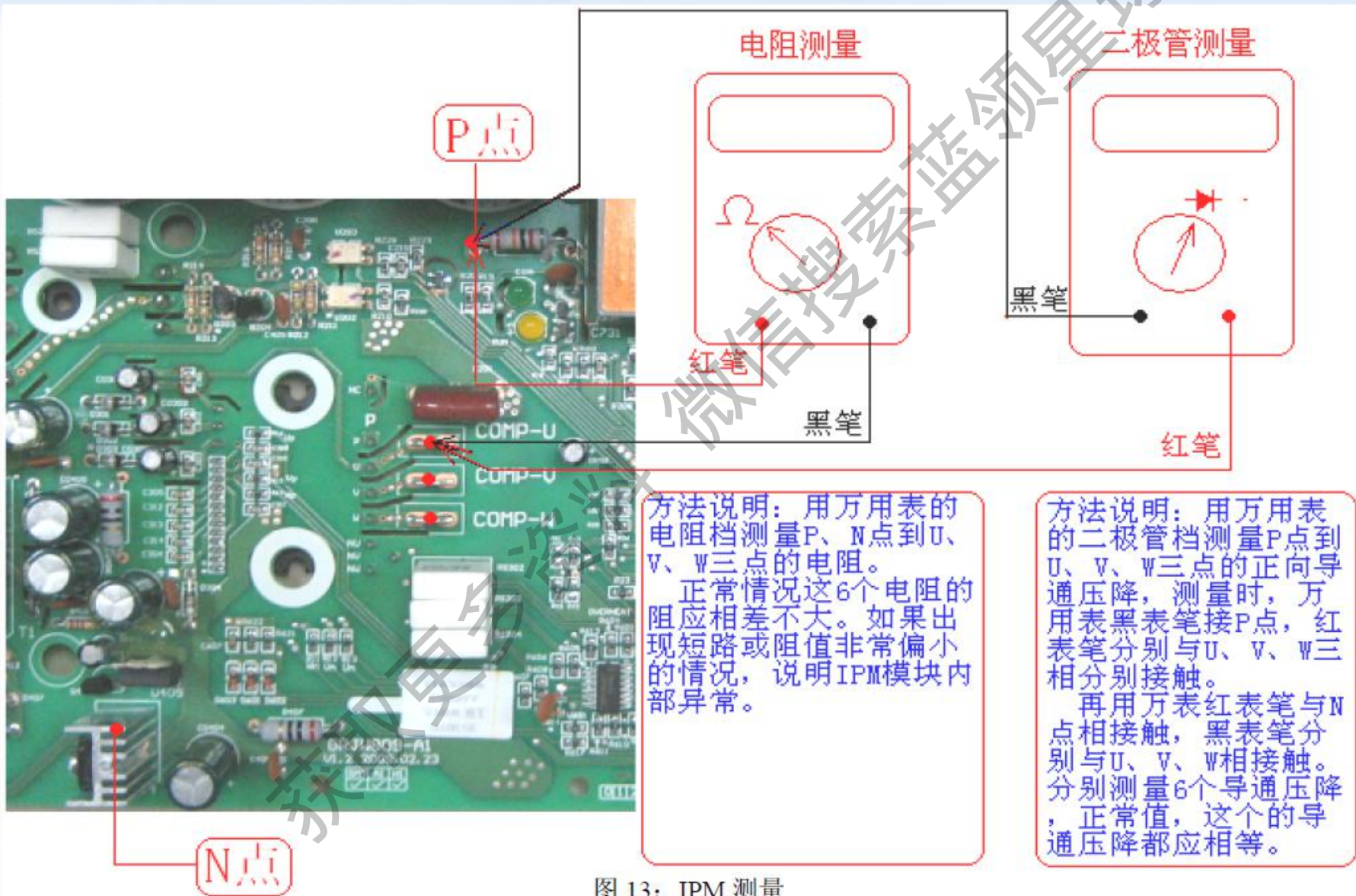


图 13: IPM 测量

六、变频控制器的故障代码。

故障名称	故障代码	室外机控制板显示灯状态			故障原因
		红灯	黄灯	绿灯	
降频 (电流)		闪1次			电流过大, 实际环境恶劣, 系统脏、堵
降频 (排气)		闪2次			实际环境恶劣、漏气、系统堵
降频 (防高温)		闪3次			实际环境恶劣、漏气、系统堵
降频 (防冻结)		闪4次			漏气、内机进风口堵、风量小
室外管温感温包故障	F4	闪5次			端子接插不牢固、感温包感温头故障
室外环境感温包故障	F3	闪6次			端子接插不牢固、感温包感温头故障
室外排气感温包故障	F5	闪7次			端子接插不牢固、感温包感温头故障
防冻结保护	E2		闪3次		漏气、内机进风口堵、风量小
IPM保护	H5		闪4次		模块过热、欠压
过电流保护	E5		闪5次		电流过大, 实际环境恶劣
防高温停机保护	E8		闪6次		实际环境恶劣、冷凝器脏
排气停机保护	E4		闪7次		制冷剂量不足、过滤器受堵
压缩机过载保护	H3		闪8次		压缩机壳顶温度过高

故障名称	故障代码	室外机控制板显示灯状态			故障原因
		红灯	黄灯	绿灯	
跳线帽故障	C5				跳线帽装错或漏装
C□ ₂ 报警	Cd				C□ ₂ 浓度超标
室内环境感温包故障	F1				端子接插不牢固、感温包感温头故障
室内管温感温包故障	F2				端子接插不牢固、感温包感温头故障
室外过载感温包故障	FE				端子接插不牢固、感温包感温头故障
室内传感器故障	FP				检测模块坏
室内风机堵转	H6				室内电机堵、电机坏、端子接插不牢固
压缩机三相不平衡保护	Ld				压缩机三相不平衡
直流侧电压过高保护	PH				直流侧电压过高
直流侧电压过低保护	PL				直流侧电压过低

一、变频控制器故障分析常见方法：

1、电压分析法：

根据各功能电路的作用，分别测量各功能电路信号的输入点和输出点的电压，从而确定电路或器件工作是否正常。

如下图 14 所示的电源芯片 U4，其作用是将 5V 的电源变换成 3.3V 输出，已知 5V 电源从芯片 A 处流入，再从 B 处流出，其电压将变成 3.3V，如果发现经 U4 转换后，B 处的电压还是 5V（图 15），那就说明 U4 芯片很有可能已损坏。

电压分析法应用非常广泛，可用于开关电源电路、整流电路、晶振电路等，可谓是万能。

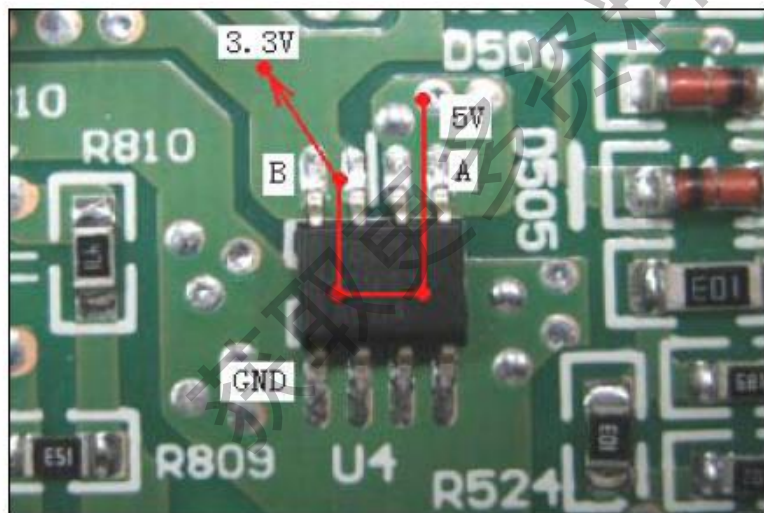


图 14：电压前后对比

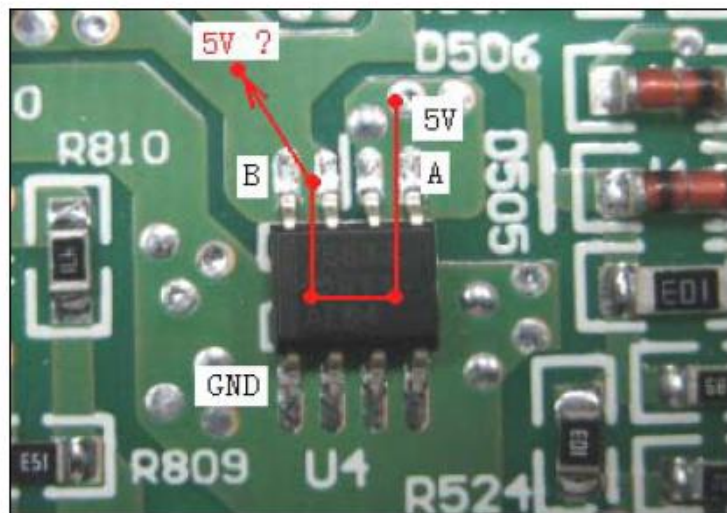


图 15：故障 IC 电压异常

2、对比分析法：

将良品上的元件参数与故障品上的元件参数进行对比，从而查找出故障品上的故障元件。

如：已知开关电源输出电压异常，通过将良品上的元件（图 16）与故障品上的元件（图 17）进行对比测试，发现二极管 D404 正反向特性与良品不一样，最终确定故障品的二极管已失效，反向击穿。经更换 D404 后，开关电源工作正常。

良品实测参数



图 16：良品二极管正向压降

故障品实测参数

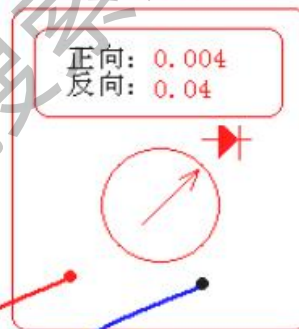


图 17：故障品二极管压降

二、常见故障分析

1、通讯故障，内机显示E6

处理方法：

- (1)、首先检查室外控制器的电源是否正常，如电源不正常，请参考室外控制器电源异常的处理方法来进行处理。
- (2)、如室外机电源正常，则检查室外机的接线是否正确，是否存在接错线或接线松脱的现象。可能的原因有：通讯线松脱，零线火线接反，工装上的接线端子接触不良等。
- (3)、如接线均正确可靠，则观察室外控制器通讯电路的器件是否存在漏装、极性装反或虚焊的现象。
- (4)、如上述检查均正常，则可能是通讯电路的器件故障导致无通讯。器件故障一般可以通过万用表相应的档位测出。较易出现故障的器件依次为：光耦、三极管、限流电阻等。

第1步：检查通信“接收光耦”是否收到信号。

由于内外机每间隔一段时间会进行一次信号收发，由于接收光耦 U510 收到室内机的信号后，其 4 脚上的电压会发生变化，所以我们通过测量光耦 U510 第 4 脚对地电压（图 47）可以判断光耦和通信是否正常。

如果光耦 U510 第 4 脚电压有规律的变化，可进一步测量贴片电容 C503 的下端（图 48）对地电压有无变化，原因是 C503 下端直接与芯片“接收口”相连，如果 U510 第 4 脚对地电压有变化，而 C503 下端引脚对地电压无变化，则说明 U510 到 C503 之间的电路有故障，可仔细检查 R506、R507、R508、D506、Q501 等元件有无异常。

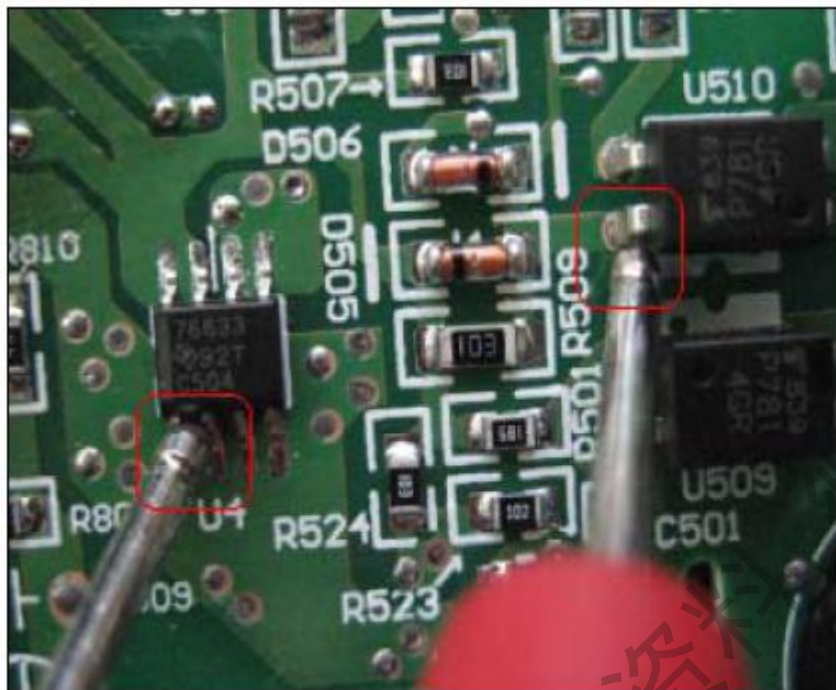


图 47：通信光耦弱电侧接收信号测量 1
正常值：红表笔所测处对地电压有规律变化
错误值：电压恒定

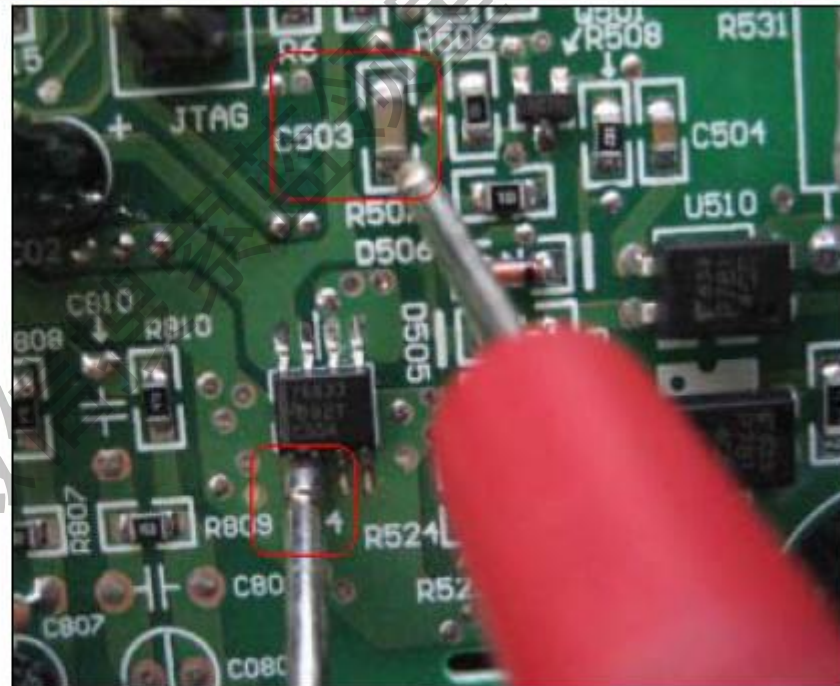


图 48：通信光耦弱电侧接收信号测量 2
正常值：C503 下端对地电压有规律变化
错误值：电压恒定

第2步：检查通信“发送光耦”是否发送信号。

由于发送光耦 U509 在发送信号时，其 1 脚上的对地电压也会发生变化，我们通过测量 U509 第 1 脚对地电压变化（图 49），可判断主芯片是否在对外发送信号。

如果 U509 的 1 脚电压无变化，可进一步测量 R524 引脚下端对地电压是否变化，如果 R524 引脚电压有变化，而 U509 的 1 脚电压无变化，可测量 R523、Q503、R501 元件是否正常。

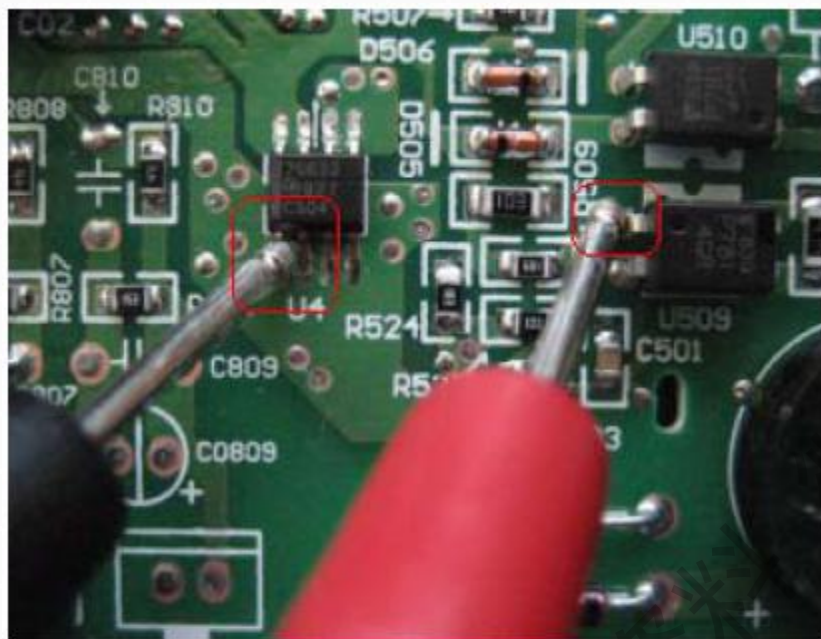


图 49：通信光耦发送信号测量 1
正常值：红表笔所测处对地电压有规律变化
错误值：电压恒定

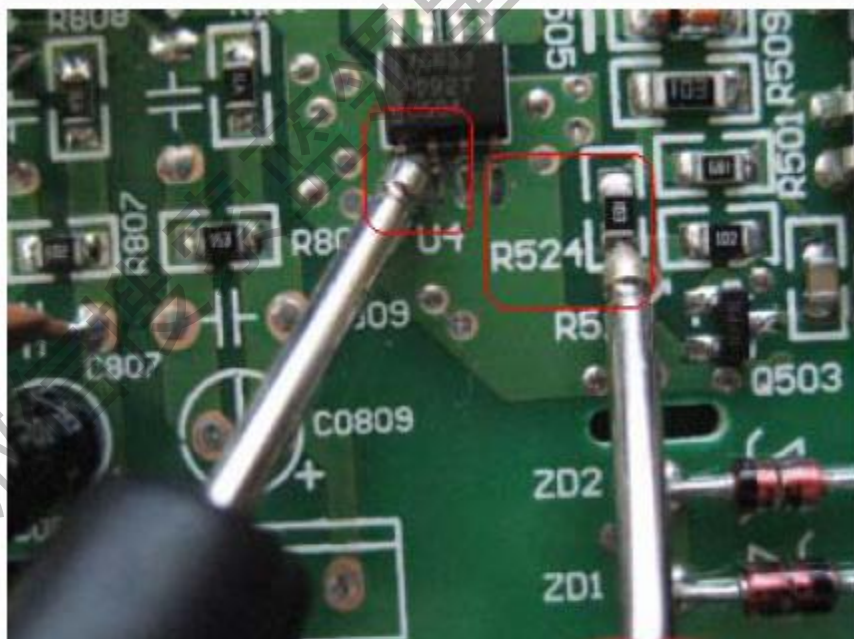


图 50：通信光耦发送信号测量 2
正常值：R524 下端对地电压有规律变化
错误值：电压恒定

第 3 步：检查通信光耦强电侧有无信号变化。

如果接收光耦 U510 第 4 脚电压无变化，还可以测量 U510 的 1、2 脚之间的电压（图 51），只有 1、2 脚电压有变化，U510 第 4 脚电压才会变化（U510 正常情况下）。测试时注意表笔的位置。

同时还可以测量光耦 U509 第 4 脚到 COMU 之间的电压（图 52），在通信正常的情况下，这两端的电压也会变化。测试时注意表笔的位置。

如果无电压变化，可查通信线是否接错，接线无误后再测量通信电源是否异常，即 D530 两端的电压是否为 56V。如果不为 56V，可用万用表二极管档查看元件 ZD3、ZD4、D524 等通信元件是否正常。测试时注意表笔的位置。

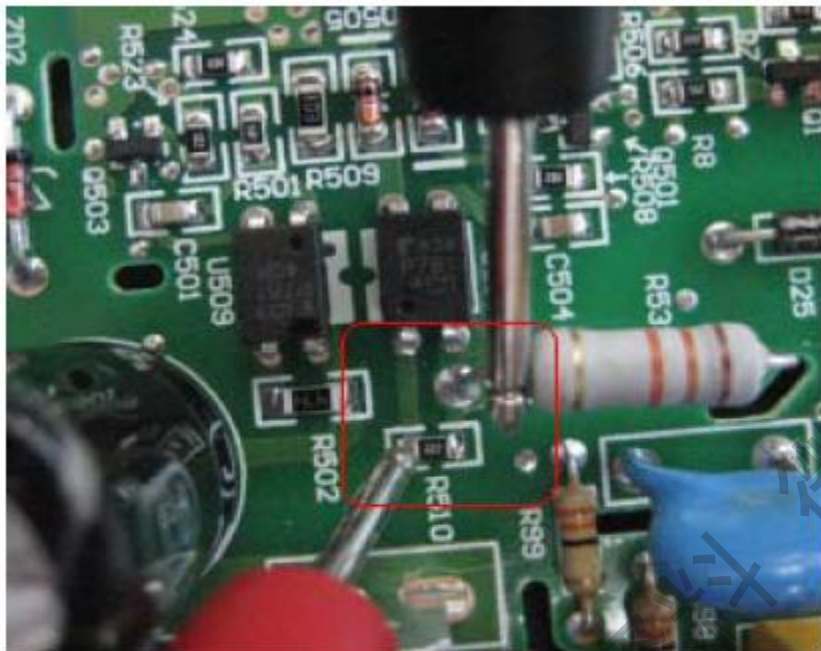


图 51：接收光耦强电侧接收信号测量
正常值：红黑表笔之间电压有规律变化
错误值：电压恒定

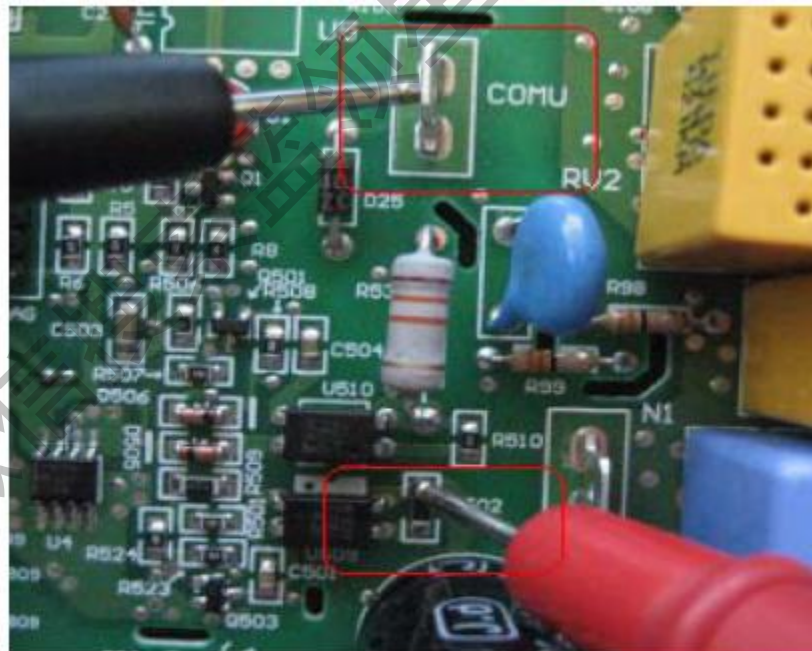


图 52：发送光耦强电侧发送信号测量
正常值：红黑表笔之间电压有规律变化
错误值：电压恒定

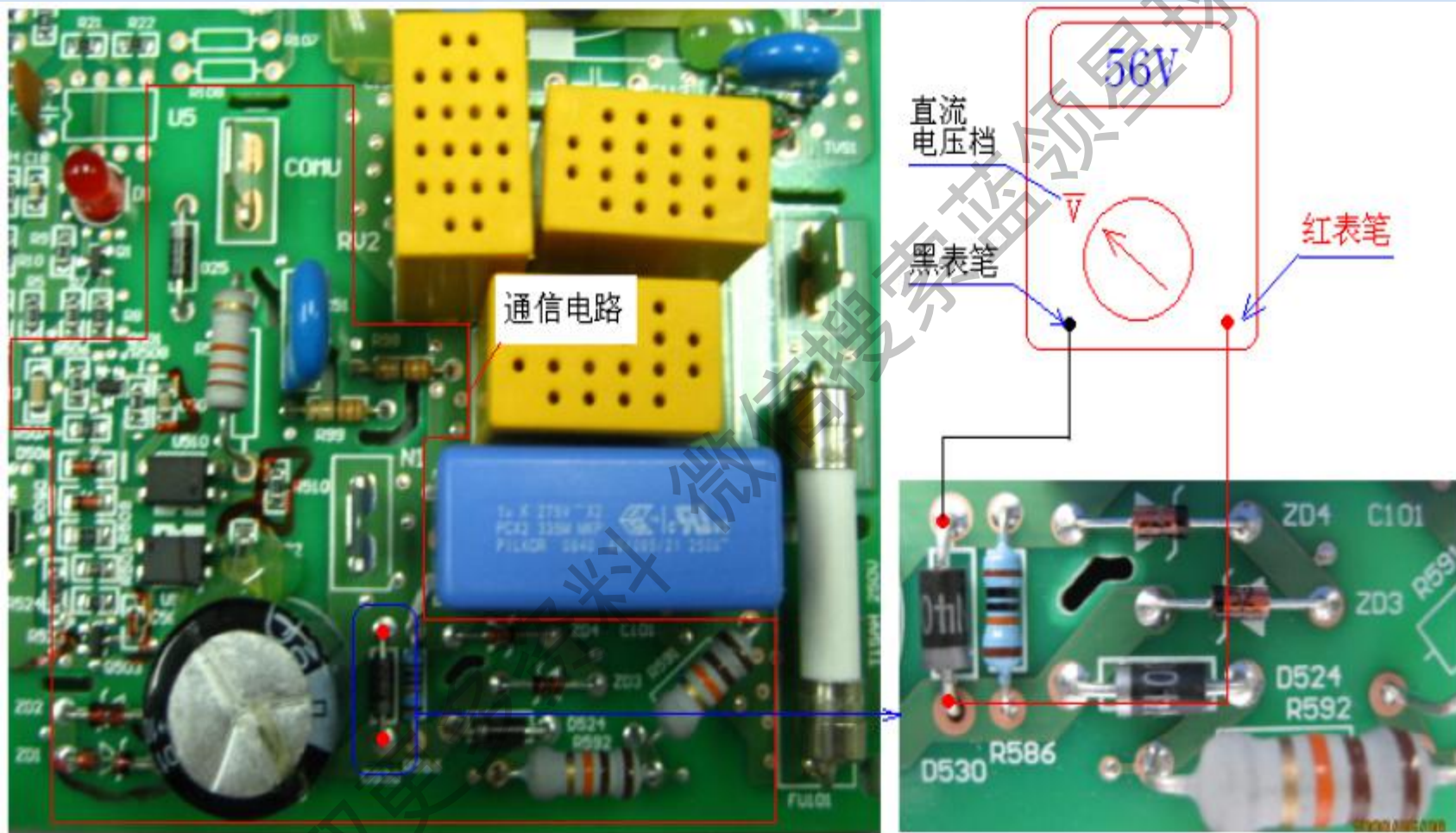


图 53: 通信电路强电侧电压测量

2、室外控制器电源异常

处理方法:

- (1)、首先检查室外控制器的接线是否正确，是否存在接错线或接线松脱的现象。尤其注意检查室内外连接线的零线、通讯线、火线是否接错或接触不良。
- (2)、注意检查PFC电感或电抗器是否存在端子接触不良或漆包线折断导致外机控制器不得电，该项检查可以通过万用表测量通断来进行判定。
- (3)、在上述检查均正常的情况下，在断开电源的情况下，用万用表检查保险管是否导通，PTC电阻是否发热。
- (4)、如存在保险管熔断或PTC剧烈发热的现象，则在断开电源的情况下，用万用表对功率侧和电源侧的器件进行测量，一般依次测量IPM模块、IGBT、开关电源电路输入端的功率器件、整流桥、高压电解电容等，观察是否存在短路现象。
- (5)、如直流母线电压正常，但芯片电源不正常，检查开关电源的各路输出电源是否正常，如3.3V、5V、12V、15V等。

(2) 具体分析步骤:

第 1 步: 测量电源回路是否有短路或开路情况。

连接室外机主板上的电感及跨接零线 (图 18), 用万用表测量 AC-L1 与 N1 端是否有短路的情况 (图 19):



图 18: 连接电感线和跨接零线



图 19: 测量火线与零线之间是否有短路

情况 1: AC-L1 与 N1 之间的有短路，断开电感线圈和跨接零线(图 20)，再用万用表测试 AC-L1 与 N1 之间的电阻(图 21)，如果还是出现，可检查 R101 等强滤波元件是否有短路的情况。



图 20: 断开电感连线与跨接零线。



图 21: 再次测量是否有短路的情况。
正常值: 约 1 兆欧 错误值: 远小于 1 兆。

情况 2: 如果断开电感线圈和跨接零线, 再用万用表测量 AC-L1 与 N1 之间的电阻, 如果未出现短路, 则说明短路在后级。

情况 3: 如果断开电感线圈和跨接零线 (图 22), 再用万用表测量 AC-L1 与 N1 之间电阻为完全开路 (万用表显示 OL), 则说明线路或保险管开路, 此时可用万用表测量一下保险管是否开路 (图 23)。



图 22: 断开电感连线与跨接零线。



图 23: 测量保险管是否开路。

第2步：检查“整流电路”和“PFC电路”是否有开路或短路的情况。

如果断开电感线圈和跨接零线，再用万用表测量 AC-L1 与 N1 之间的电阻，如果未出现短路，则说明短路在后级。此时可拔掉开关电源保险管（图 24），测量 AC-L3 与 N3 点的电阻（图 25）。

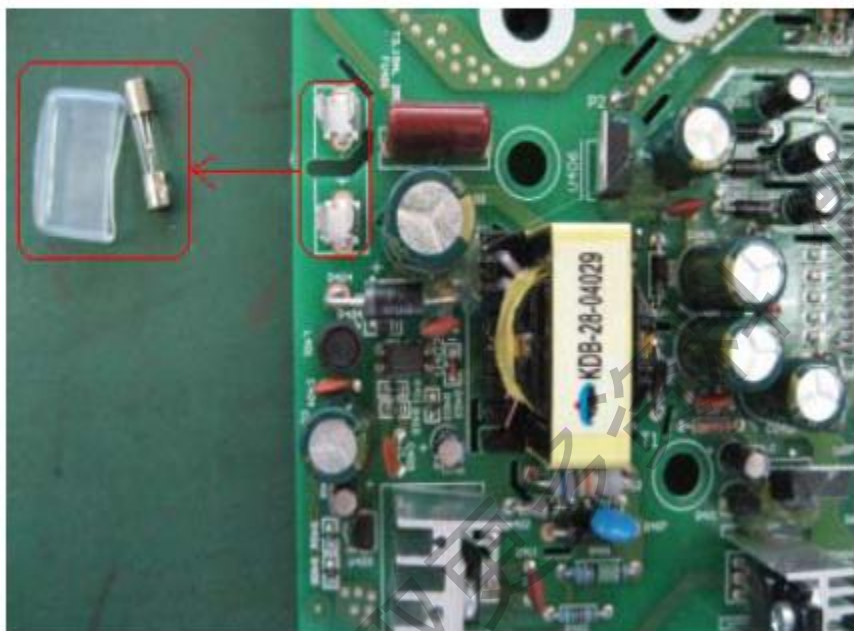


图 24：拔掉开关电源保险管。

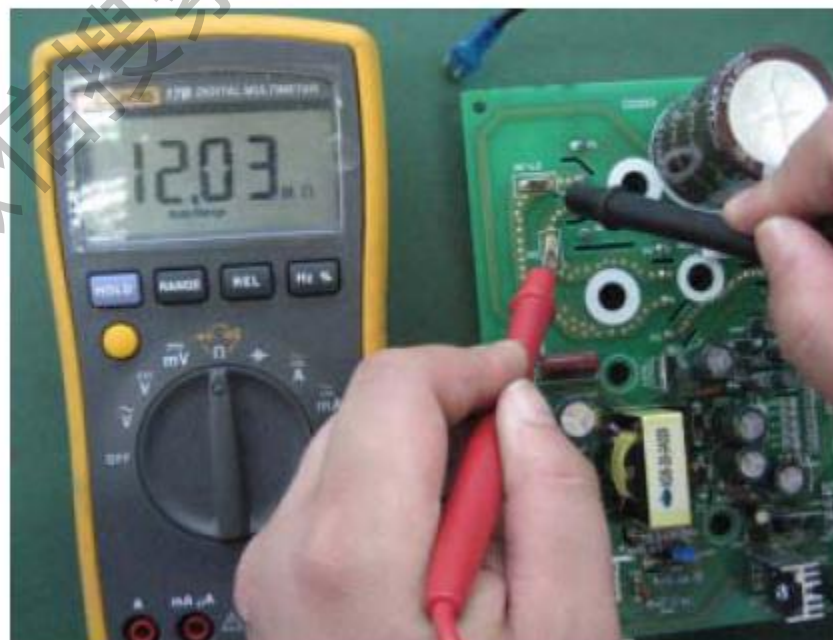


图 25：测量 AC-L3 与 N3。

情况 1: 如果 AC-L3 与 N3 点的电阻很小，说明有短路，此时可测量一下整流模块、IGBT 是否有短路的情况。万用表二极管档测试整流模块方法如图 26-29:

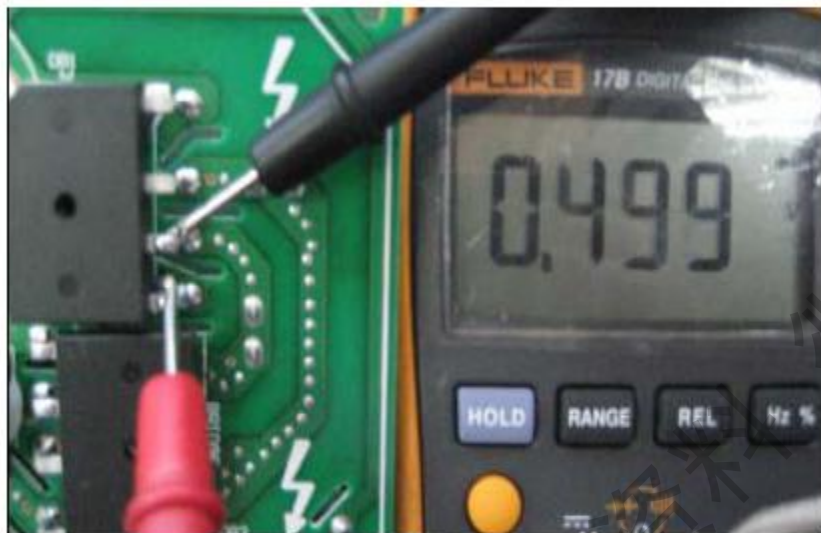


图 26: 整流模块测试第1步。
正常值: 0.48V 左右。
错误值: 远小于或大于 0.48V。

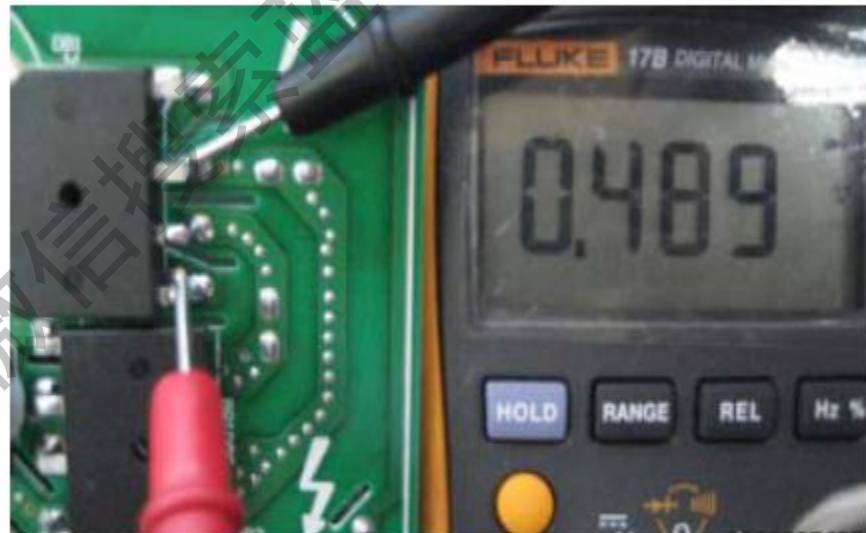


图 27: 整流模块测试第2步。
正常值: 0.48V 左右。
错误值: 远小于或大于 0.48V。

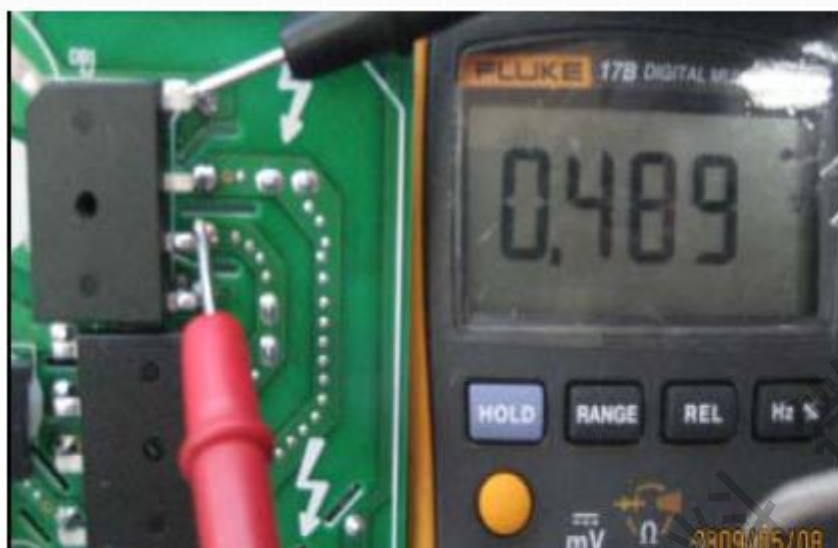


图 28: 整流模块测试第3步。
正常值: 0.48V 左右。
错误值: 远小于或大于 0.48V。

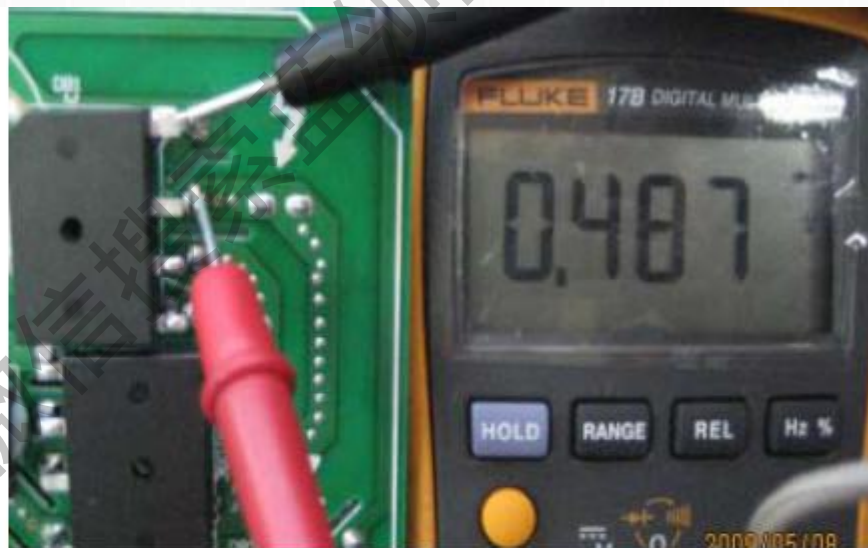


图 29: 整流模块测试第4步。
正常值: 0.48V 左右。
错误值: 远小于或大于 0.48V。

万用表电阻档测试 IGBT 方法如下：



图 30：IGBT 漏极与源极测量
正常值：约 $0.4\text{M}\Omega$
错误值：基本为短路状态。

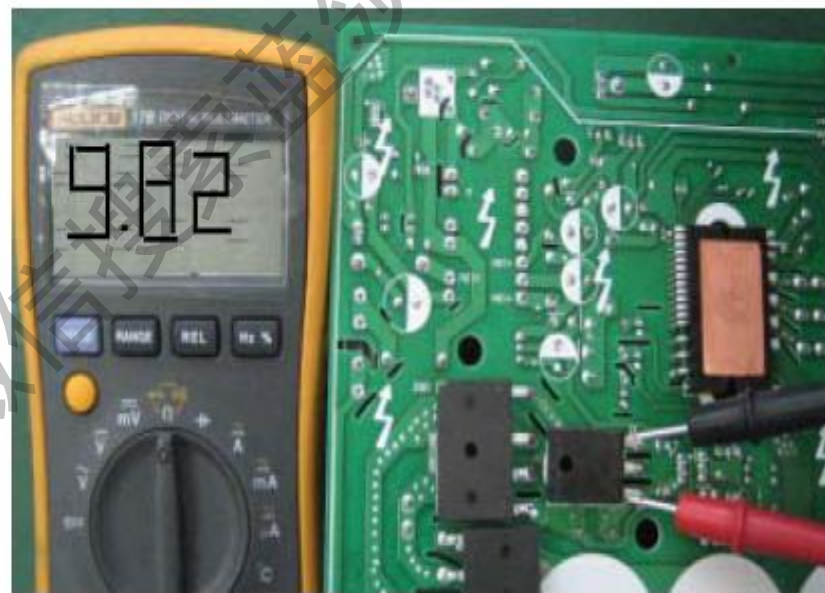


图 31：IGBT 门极与源极测量
正常值：约 $9.82\text{K}\Omega$
错误值：基本为短路状态。

第 3 步：检查开关电源电路是否有开短路情况。

如果整流电路和 PFC 电路未短路，说明开关电源有短路。此时需用万用表电阻档测量开关电源输入是否有短路的情况。测量方法如图 32，测量具体位置如图 33。

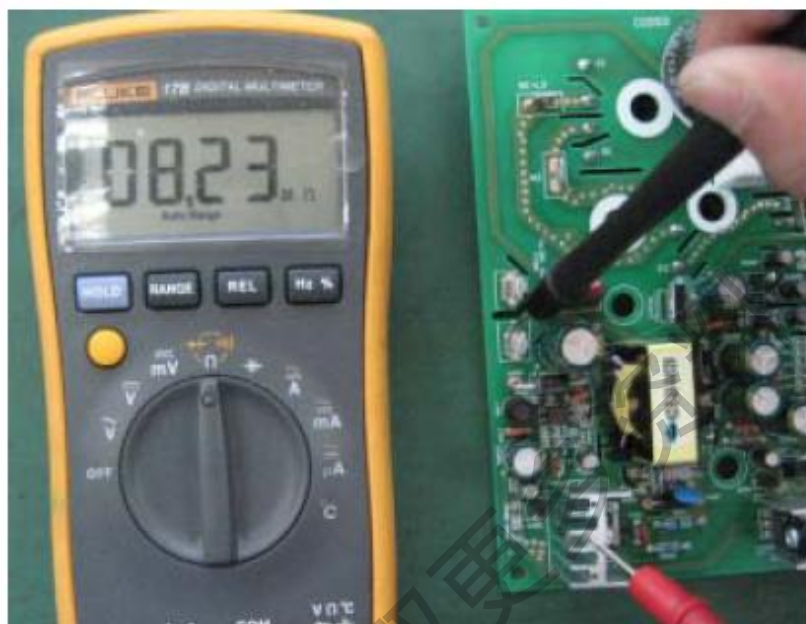


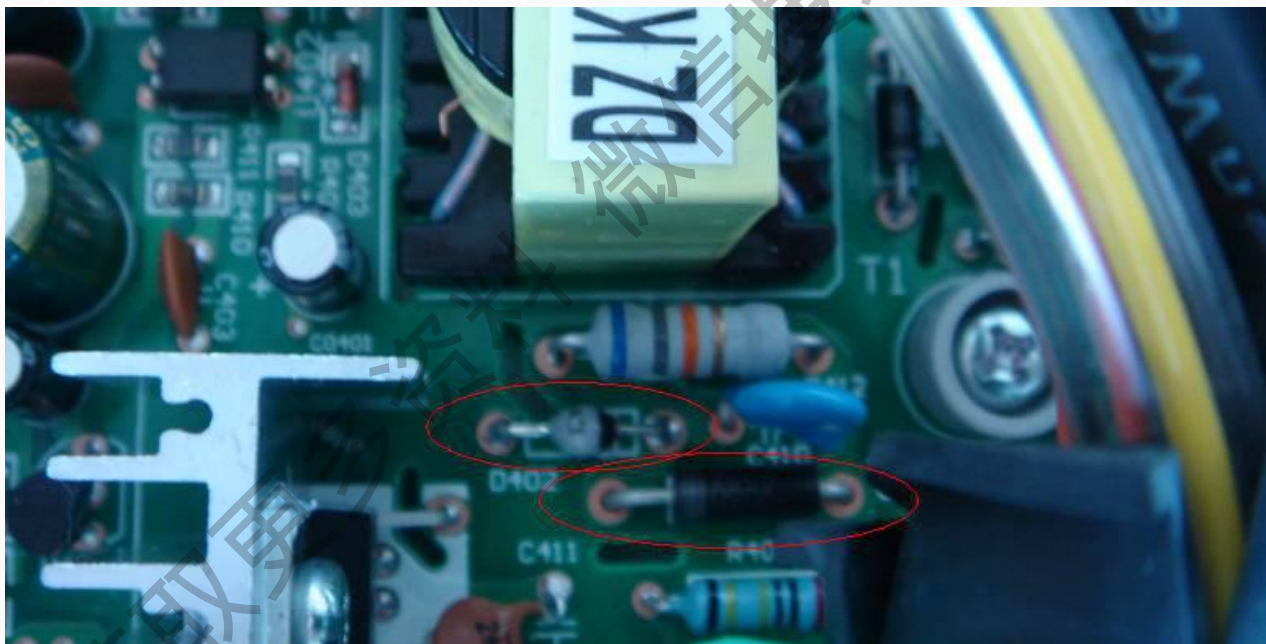
图 32：开关电源两端电阻测量。



图 33：测量的具体位置。

情况 1：如果测量很小，则认为短路情况，需仔细检查开关电源电路是否异常。

测量开关电源处的TVS二极管D407和快恢复二极管D402是否短路，如短路，则二极管被击穿，开关电源无法正常工作。



第4步：室外机主板上电，检查各功能电路电压是否正常。

如果电源测试未出现短路的情况，连接电感线、零线以及内外机主板，分别测试各电压是否正常。具体各电压的正常值如下：

母线电压：230V以上(直流) PFC 电压：15V、IPM 电压：15V、继电器电压：12V、
主芯片电压：3.3V。

直流母线电压测量如图 34-36:



C 图 34: 母线电压测量。



图 35: 母线电压测量。
黑表笔与 U404 散热器接触。

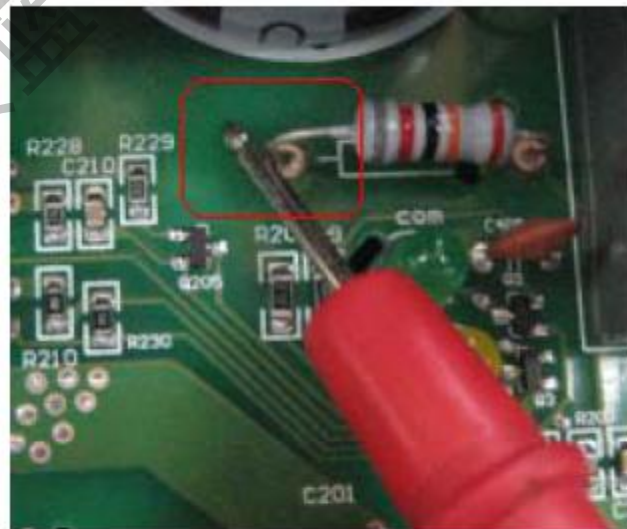


图 36: 母线电压测量放大图。
红表笔与 R201 左端相接触。

15V PFC 直流电压测量如图 37，15V IPM 直流电压测量如图 38：

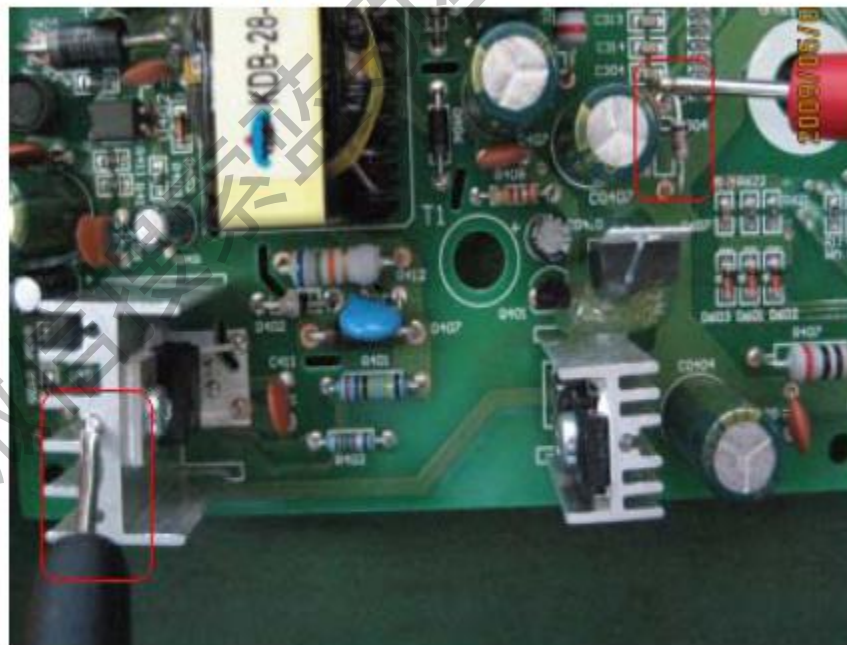


图 37：PFC 15V 直流电压测量。
正常值：直流 15V。
错误值：远小于 15V。

图 38：IPM 15V 直流电压测量。
正常值：直流 15V。
错误值：远小于 15V。

12V 继电器直流电压测量如图 39-40:

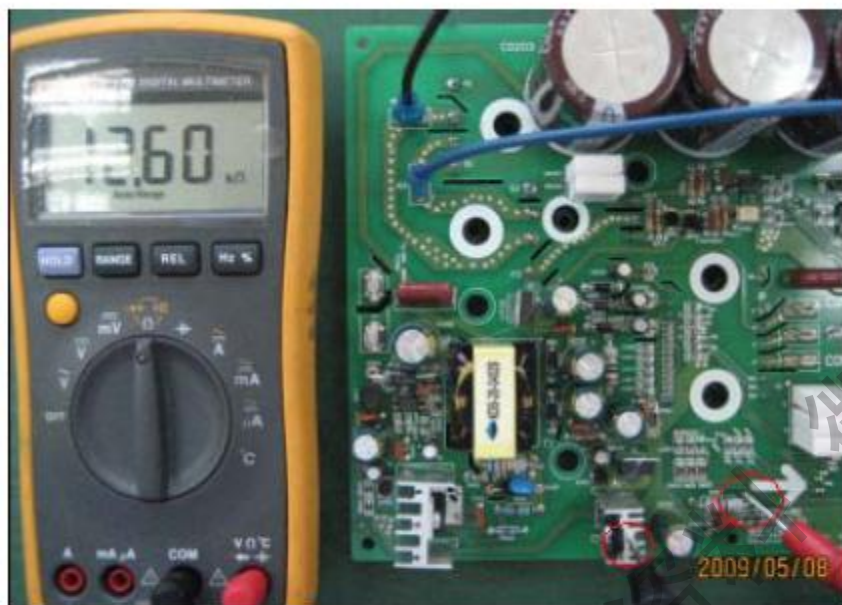


图 39: 继电器电压测量。
正常值: 12V 左右。
错误值: 远小于 12V。



图 40: 继电器电压测量具体位置。
红表笔: R407 右端。
黑表笔: U404 散热器。

主芯片（DSP）3.3V 直流电压测量如图 41-42：



图 41：主芯片直流电压测量。
正常值：3.2-3.3V 左右。
错误值：远小于 3.2V。

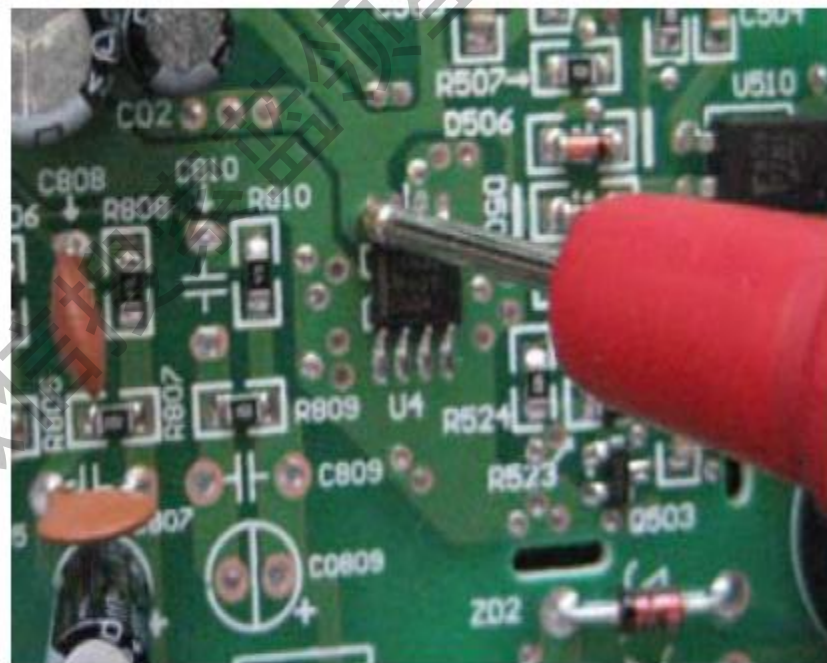


图 42：主芯片直流电压测量具体位置。
红表笔：U4 的 7、8 脚。
黑表笔：U404 散热器。

3、IPM模块保护，内机显示H5，或压缩机不启动

处理方法：

- (1)、首先检查压缩机接线是否松脱或接反。
- (2)、观察控制器外观，重点检查芯片的六路PWM口和IPM模块的引脚处有无锡渣短路的现象。
- (3)、在断电情况下用万用表测量压缩机六个桥臂有无短路现象（Vdc的正极P分别对U、V、W，Vdc的负极分别对U、V、W进行测量）。
- (4)、用万用表测量主芯片六路PWM有无信号输出（测量R11~R16靠近IPM侧引脚上的电压，如果电压在变化说明有PWM信号），有条件的情况下，最好用示波器测试PWM信号的波形。
- (5)、如PWM信号正常，则测量给IPM模块供电的15V电源电压是否正常。
- (6)、如15V电源正常，则用万用表测量R621和R622处的贴片电阻阻值是否正常，由于不同机型此处的电阻阻值不完全相同，因此应按照明细对应的电阻阻值进行测量。
- (7)、用万用表测量压缩机三相电流的采样电阻RS302、RS303、RS304阻值是否一致（由于此处电阻只有15毫欧，无法精确测量，只能通过万用表判断阻值是否一致来进行判断），同时观察此处三个电阻的丝印，是否存在装错电阻的现象。

3、IPM模块保护，内机显示H5，或压缩机不启动

1) 检查 IPM 内部是否有短路。

检查方法：用万用表电阻档分别测量 P、N 两端以及 P、N 端到 U、V、W 三端的阻值（图 54-59），共需测 7 次，阻值应为几百K欧或几兆欧，如果阻值过小或者相互间差异过大则可判定模块已坏。



图 54：P 端与 W 端电阻测量



图 55：P 端与 V 端电阻测量

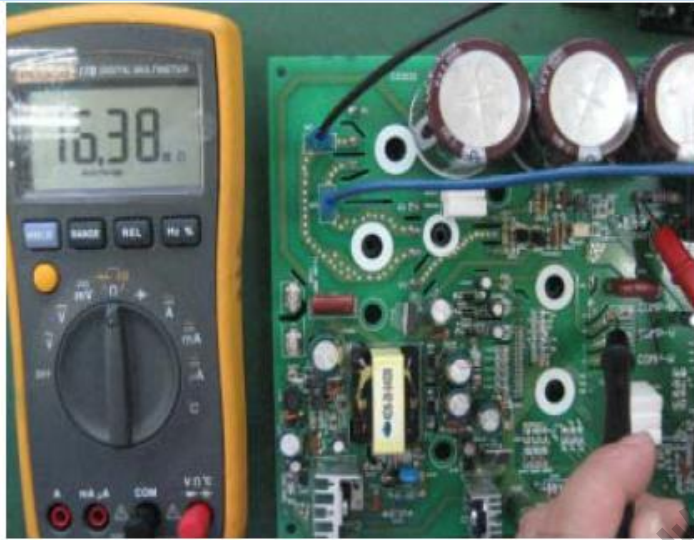


图 56: P 端与 U 端电阻测量



图 57: N 端与 U 端电阻测量



图 58: N 端与 V 端电阻测量



图 59: N 端与 W 端电阻测量

3) 检查水泥电阻型号以及模块的驱动电压。

目前室外机主板上共有 5 个水泥电阻，外型相同，可阻值大小不一，其中 2 个在一起用于 PFC 电路，3 个在一起用于电流检测（图 64）。用于电流检测的电阻一旦用错也会造成 IPM 模块保护。

IPM 正常工作，需要标准的 15V 驱动电压，驱动电压的具体位置如图 65 中的 C301、C302、C303 两端。可用万用表直流档测量两端的电压是否正常。如果异常，需检查：C0301、C0302、C0303、D301、D302、D303 是否正常。



图 64：不同位置水泥电阻型号
正常值：如图所示
错误值：混用

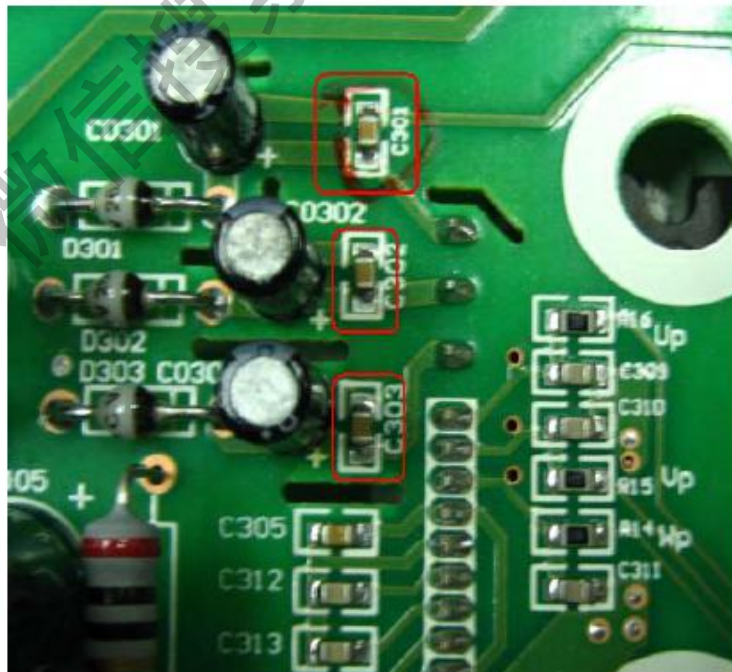


图 65：IPM 驱动电压输入点
正常值：15V
错误值：小于 13.5V

4) 检查模块“保护引脚”对地电阻、电压。

当 IPM 模块过流或过热时，其 IPM 模块对应引脚会输出一个低电平信号。如果在上电之前保护引脚已对地短路，也有可能造成 IPM 模块保护。所以上电之前需用万用表测量保护引脚对地电阻（图 66）。

上电后，测量 C315 对地电压（图 67），正常情况下，一般为 3.2V 左右。

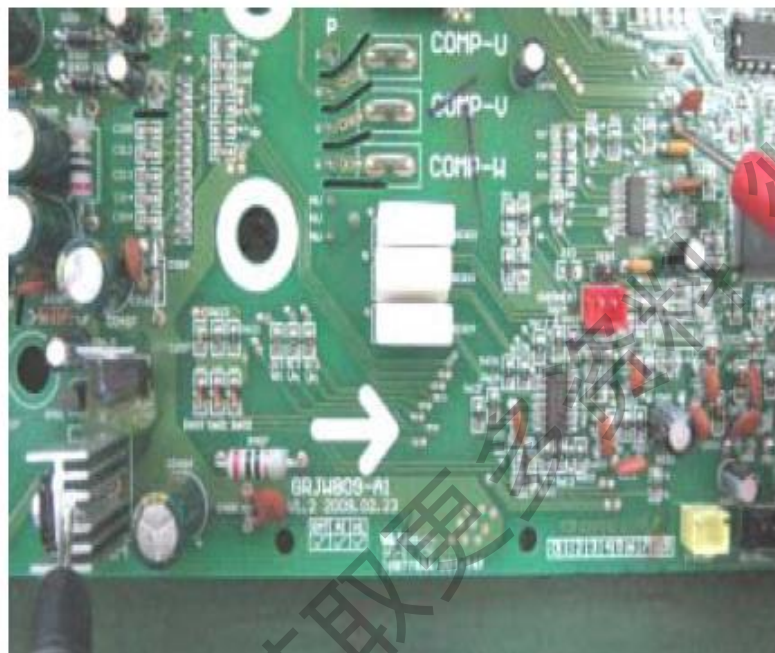


图 66：模块保护对地电阻测试

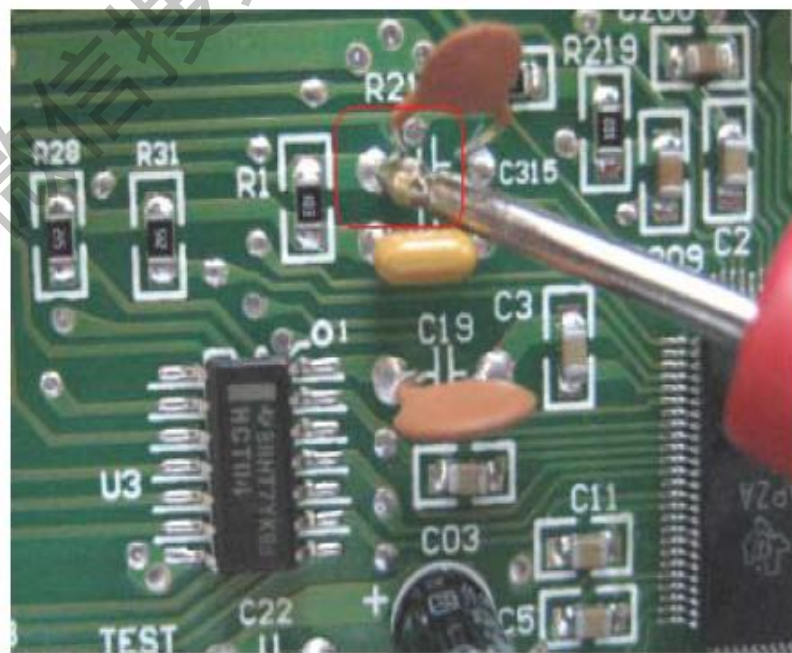
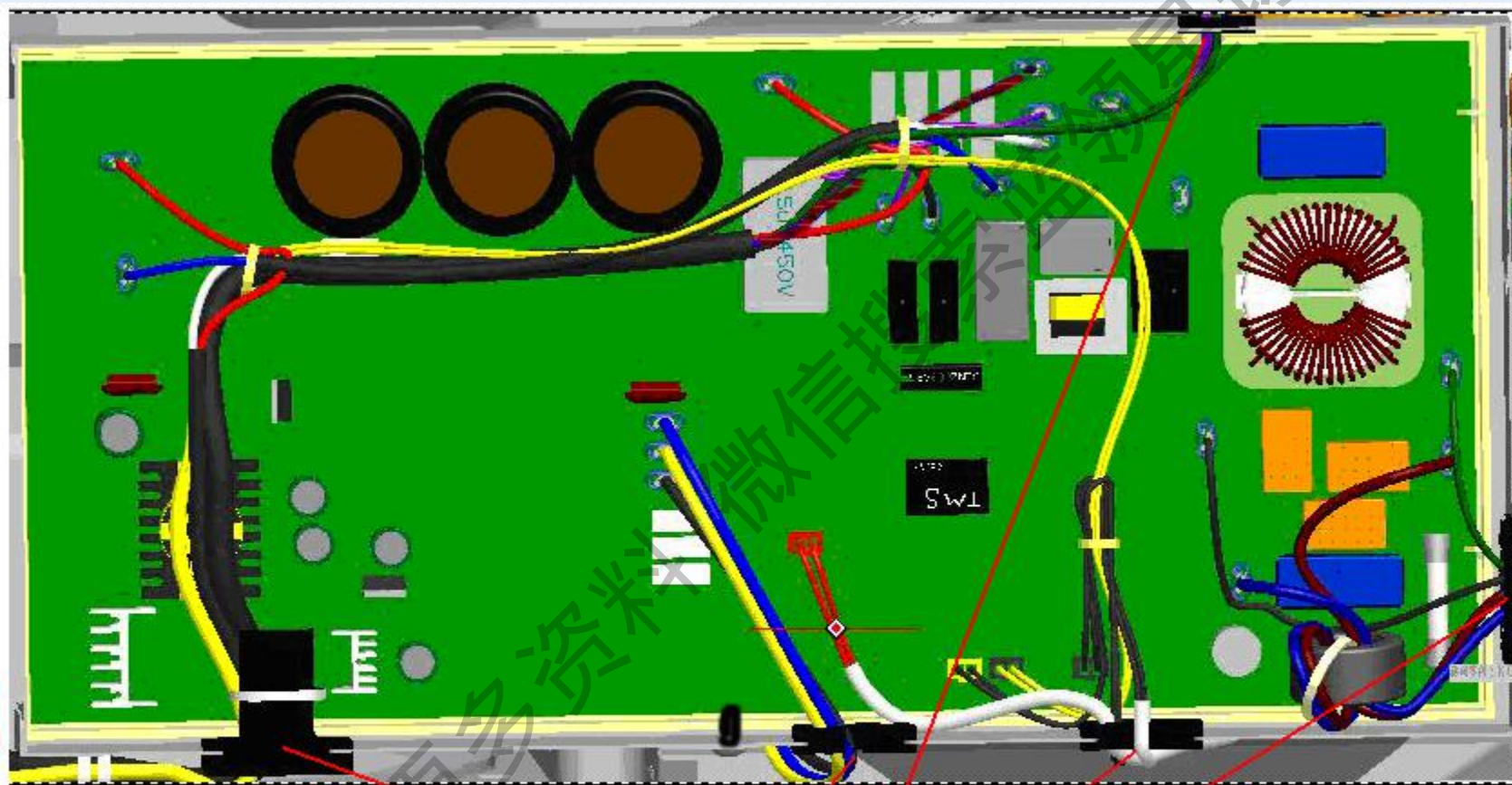


图 67：模块保护对地电阻或电压测试具体位置
正常值：C315 左端电压为 3.2V 左右
错误值：远小于 3.2V

- 目前主流的变频机，如凉之静、凉之夏、玉蔷薇等，同一机型一般会配备多种压缩机，每种压缩机对应一种控制器主板，主板和压缩机是一一对应的，不能互相替换。
- 更换控制器时，必须查清故障机型的控制器主板型号，选择完全一致的控制器主板进行更换，不能单纯只根据机型来判断主板型号，否则会造成控制器主板与压缩机不匹配。
- 更换压缩机时，同样必须查清故障机型的压缩机型号，选择完全一致的压缩机进行更换，不能单纯只根据机型来判断压缩机型号，否则会造成压缩机与系统管路及控制器的不匹配。

- 更换变频机的外机控制器主板前，必须对外机主板进行测试，确认其是合格品之后方可进行更换。
- 需进行的测试点如下：
 - 1、测试IGBT的三个引脚中任意两脚之间是否存在短路现象，如有，则此外机主板不能使用；
 - 2、测试直流母线的P、N之间是否短路，如有，则此外机主板不能使用。
 - 3、测试U、V、W与P之间，U、V、W与N之间是否存在短路现象，六次测试中任意一次短路，该主板均不能继续使用。
- 测试方法在前文已有详细描述，请参考。

- 各机型接线依照相应的室外机电路图（印刷）线路图接线。
- 各线的插簧必须插到位，严禁虚插、反插、错插、漏插。
- 扎线时，严禁配线的两端拉得过紧，要求留有一定的松度，以免配线因被拉过紧脱离插片、连接器或感温包套管等。
- 线扎不要扎得过紧；线扎头留长3mm~5mm，防止线扎头过长摩擦盖板发出异响。
- 各线不能碰管，不能碰四通阀体，不能碰压缩机体，不能碰钣金件锐边。



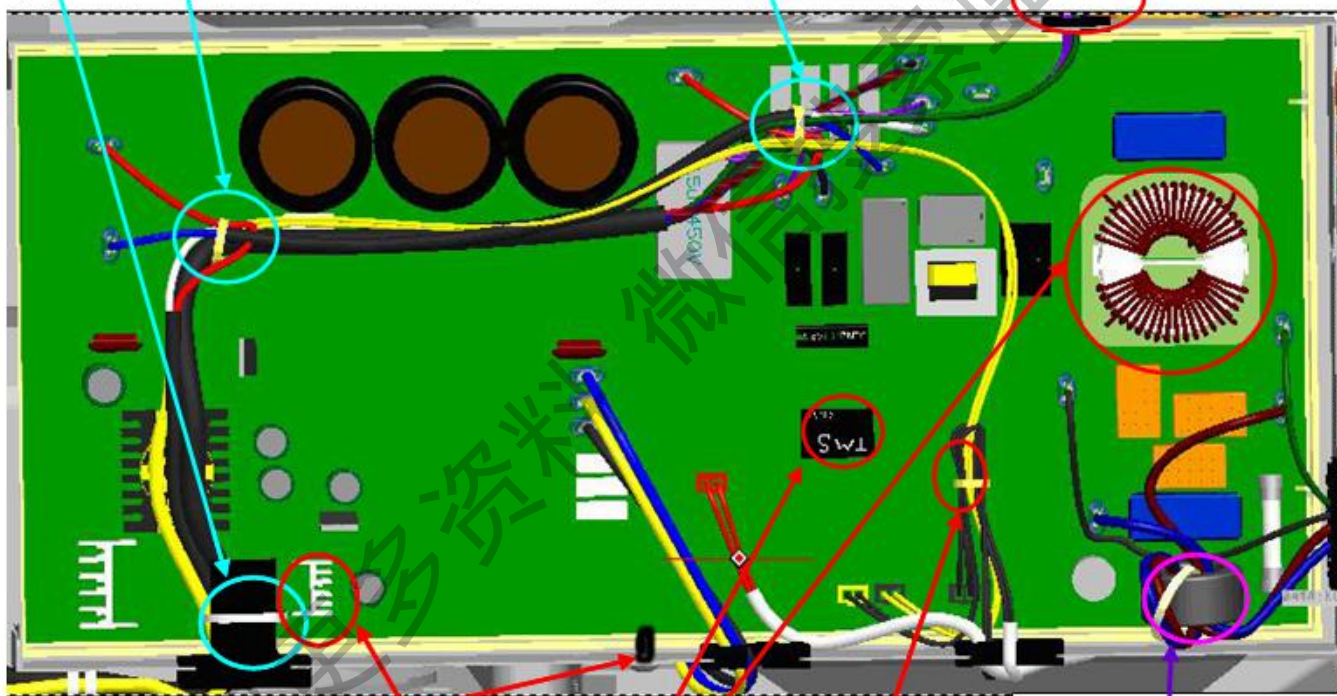
电器盒边板上还有两个过线胶圈

更换控制器时七个过线胶圈必须安装齐全

电抗器线，风机线，环境感温包线穿过过线胶圈并用一线扎固定紧。注意扎好过线胶圈、保证密封性按方向理顺并用线扎固定在一起。

把长出来的风机地线，四通阀线拉入控制器盒，并在图示位置把多的线固定扎紧。

四通阀线，风机地线从此孔走线。



此处套接地螺钉帽：76713001。

走线避免碰芯片、扼流圈和散热器。

环境感温包线，排气感温包线，管温感温包线在图示位置用线扎固定在一起。

电源线的火线（棕色）、零线（蓝色）各线同方向共穿磁环两圈并用线扎把线和磁环扎紧固定（这些线已在控制器分厂装好）。

更多信息请浏览格力电器网站：

或与各地格力电器销售公司联系！

谢谢！