

# 变频空调维修 自学手册

孙立群 陈建华 编著

拥有30年实践经验与21年写作经验的  
工程师编写的空调维修圣经

一本手册搞定变频空调那些事

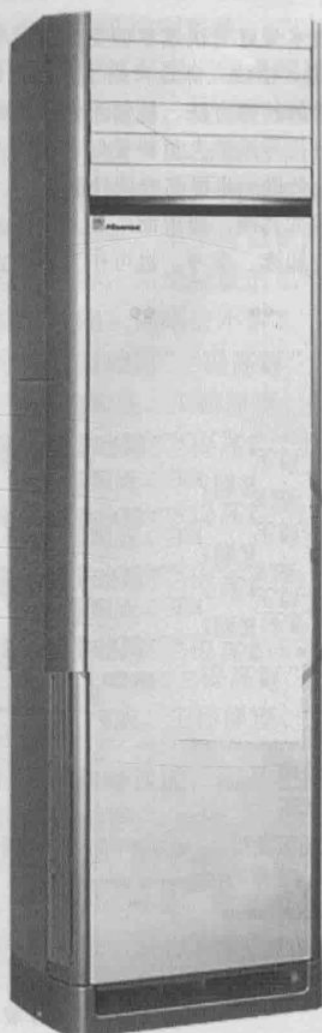


 中国工信出版集团

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 变频空调维修 自学手册

孙立群 陈建华 编著



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

变频空调维修自学手册 / 孙立群, 陈建华编著. —  
北京: 人民邮电出版社, 2018.10  
ISBN 978-7-115-49001-8

I. ①变… II. ①孙… ②陈… III. ①变频空调器—  
维修—手册 IV. ①TM925.107-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第171793号

## 内 容 提 要

这是一本使家电维修人员和电子技术爱好者快速掌握变频空调维修技术的图书。本书通过“基础篇”“提高篇”和“精通篇”循序渐进、由浅入深地介绍了变频空调的基础知识、工作原理、典型单元电路分析、故障检测以及典型故障的检修方法、检修流程和维修技巧,特别是介绍了新型空调电脑板的原理和故障检修方法。本书可指导维修人员和爱好者快速入门,逐步精通,成为变频空调维修的行家里手,还可帮助从业维修人员进一步提高维修技能。

本书内容深入浅出,通俗易懂,图文并茂,覆盖面广,具有较强的实用性和可操作性,适合广大变频空调维修人员和电子技术爱好者阅读、参考,也可作为制冷设备维修培训班、职业类学校的教材。

- 
- ◆ 编 著 孙立群 陈建华  
责任编辑 黄汉兵  
责任印制 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
固安县铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 16.5 2018年10月第1版  
字数: 396千字 2018年10月河北第1次印刷
- 

定价: 59.00元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

我国是一个空调（空调器）生产大国，空调产量已超过全球产量的 70%。随着人们生活水平的提高，空调迅速走进千家万户。

空调分为定频和变频两种。定频空调（普通空调）的压缩机采用 220V 或 380V 的 50Hz 交流电供电方式，压缩机的转速不变，它依靠不断地控制压缩机运行/停止来调整室内温度，不仅让人感到温差大，而且浪费较多的电能。变频空调使用的是变频专用压缩机及其驱动系统，并且采用了功能更加强大的单片机控制系统，可以根据房间情况自动提供所需冷（热）量，因而有利于节能。随着人们的节能环保意识越来越高，国家对空调的能效等级进行了严格的限定，低能效等级的空调即将退出市场，变频空调已成为空调发展的大势所趋。随之而来的维修问题也日益突出，为了普及变频空调维修技术，作者编写了本书。本书旨在介绍变频空调的基本工作原理、检修方法和检修技巧，指导维修人员和维修爱好者快速入门、逐步提高，最终成为变频空调维修的行家里手。本书可以说是《空调维修自学手册》的进阶篇，着重介绍体现变频空调维修特点的内容，即电脑板的原理与维修，而对于与普通空调维修相似的内容（如装机、移机等方法和技能）则略去不讲。

本书按照循序渐进的原则分为“基础篇”“提高篇”和“精通篇”。

“基础篇”主要介绍了变频空调的构成、工作原理、控制模式和 I<sup>2</sup>C 总线控制技术等基础知识。掌握本篇内容即可了解变频空调的构成、故障特征，为学习变频空调的维修技术打下坚实基础。

“提高篇”主要介绍了典型单元电路的原理和检修方法、变频空调电脑板典型元器件识别与检测方法，并给出了海信 KFR-26G/85FZBpH-A2、KFR-35G/85FZBpH-A2 型及长虹 R410A 型变频空调电路板图解精要。掌握本篇内容即可掌握变频空调典型单元电路的工作原理与故障检修方法以及电路板上典型元器件的检测方法，进一步提高变频空调电路的检修技能。

“精通篇”着重介绍了海尔、海信、美的、长虹、科龙等典型变频空调的电脑板电路分析与故障检修流程。另外，本篇还给出 120 多个典型故障的检修实例。掌握本篇内容，读者不但可掌握变频空调的理论和故障检修技能，而且在检修工作中，对号入座，举一反三，快速排除故障，成为变频空调的维修高手。

本书力求做到深入浅出、点面结合、图文并茂、通俗易懂、好学实用。

参加本书编写的还有付玲、韩立明、孙昊、陈立新、孙立杰、陈志敏、傅靖博、孙立新、李瑞梅、孙立刚等同志，在此对他们表示衷心的感谢！

作 者

第 1 章 变频空调典型单元电路分析/故障检修与典型电路板故障检修图解 ..... 19

第 1 节 变频空调典型单元电路分析与故障检修 ..... 19

## 基础篇

第 1 章 变频空调基础知识 .....	1
第 1 节 变频空调的特点和基本原理 .....	1
一、变频空调的特点 .....	1
二、变频的基本原理 .....	2
第 2 节 变频空调特有器件 .....	3
一、变频压缩机 .....	3
二、智能功率模块 (IPM) .....	5
三、电子膨胀阀 .....	7
第 2 章 变频空调的构成、控制模式及 I <sup>2</sup> C 总线控制技术 .....	10
第 1 节 变频空调整机电路的构成与单元电路功能 .....	10
一、整机电路的构成 .....	10
二、单元电路的功能 .....	10
第 2 节 变频空调控制模式 .....	13
一、基本运行模式 .....	13
二、保护模式 .....	15
第 3 节 I <sup>2</sup> C 总线控制技术 .....	16
一、I <sup>2</sup> C 总线控制系统的特点 .....	16
二、I <sup>2</sup> C 总线控制系统的构成 .....	17
三、变频空调的 I <sup>2</sup> C 总线控制系统的基本组成 .....	17
四、典型故障 .....	18

## 提高篇

第 3 章 变频空调典型单元电路分析/故障检修与典型电路板故障检修图解 .....	19
第 1 节 变频空调典型单元电路分析与故障检修 .....	19

一、市电输入电路 .....	19
二、电源电路 .....	20
三、微处理器工作基本条件电路 .....	24
四、操作、显示与存储电路 .....	25
五、通信电路 .....	28
六、自动控制信号输入电路 .....	30
七、室内风扇、导风电机电路 .....	37
八、室外风扇电机、四通阀电路 .....	39
九、室外机供电、压缩机电流检测电路 .....	42
十、压缩机电机驱动电路 .....	45
<b>第 2 节 控制电路典型故障的检修流程 .....</b>	<b>48</b>
一、整机不工作 .....	48
二、显示供电异常故障代码 .....	49
三、显示通信异常故障代码 .....	50
四、显示室内温度传感器异常故障代码 .....	51
五、显示室内风扇电机异常故障代码 .....	51
六、显示压缩机排气管过热故障代码 .....	51
七、显示压缩机过流故障代码 .....	52
八、显示 IPM 异常故障代码 .....	53
九、显示无负载故障代码 .....	53
十、显示室外热交换器过热故障代码 .....	54
十一、制冷效果差 .....	55
十二、遥控功能失效 .....	56
十三、部分操作功能失效 .....	56
十四、显示屏字符缺笔画 .....	57
十五、蜂鸣器不发音 .....	57
<b>第 3 节 典型电脑板故障检修图解 .....</b>	<b>58</b>
一、海信 KFR-26G/85FZBpH-A2、KFR-35G/85FZBpH-A2 型变频空调电路板 故障图解 .....	58
二、长虹 R410A 变频空调器电路板图解与故障代码 .....	63
<b>第 4 章 变频空调电脑板典型电子器件、集成电路的检测和更换方法 .....</b>	<b>66</b>
<b>第 1 节 变频空调电脑板典型电子器件的识别与检测 .....</b>	<b>66</b>
一、晶闸管（可控硅） .....	66
二、场效应管 .....	67
三、光耦合器 .....	70
四、电磁继电器 .....	72
五、LED 数码管 .....	74

第 2 节 变频空调电脑板常用集成电路的识别与检测 .....	75
一、三端不可调稳压器 .....	76
二、驱动器 ULN2003/ $\mu$ PA81C/ $\mu$ PA2003/MC1413/TD62003AP/KID65004 .....	77
三、驱动器 ULN2803/ TD62803AP .....	78
四、三端误差放大器 TL431 .....	79
五、双运算放大器 LM358 .....	80
六、双电压比较器 LM393 .....	81
七、TOP 系列电源模块 .....	83
八、电可擦可编程只读存储器 (E2PROM) 93C46 .....	84
九、集成电路的检测与代换 .....	84
第 3 节 电子元器件的更换方法与备用器件 .....	86
一、电阻、电容、晶体管的更换 .....	86
二、集成电路的更换 .....	86
三、备用备件 .....	88

## 精通篇

第 5 章 海尔典型变频空调电路分析与故障检修 .....	89
第 1 节 海尔 KFR-50LW/Bp、KFR-60LW/Bp 型变频空调电路 .....	89
一、室内机电路 .....	89
二、室外机电路 .....	94
三、室内机、室外机通信电路 .....	99
四、压缩机电机驱动电路 .....	100
五、制冷、制热控制电路 .....	100
六、常见故障检修 .....	101
第 2 节 海尔 KFR-26/35GW/CA 型变频空调电路 .....	105
一、室内机电路 .....	105
二、室外机电路 .....	111
三、室内机、室外机通信电路 .....	116
四、制冷/制热电路 .....	117
五、故障自诊功能 .....	118
六、室内机单独运行的方法 .....	119
七、主要零部件的检测 .....	119
八、常见故障检修 .....	120
第 6 章 海信典型变频空调控制电路分析与故障检修 .....	126
第 1 节 海信 KFR-2801GW/Bp、KFR-3601GW/Bp 型壁挂式变频空调 .....	126

一、室内机电路 .....	126
二、室外机电路 .....	132
三、通信电路 .....	139
四、压缩机电机驱动电路 .....	141
五、制冷、制热电路 .....	142
六、故障自诊功能 .....	143
七、常见故障检修 .....	144
<b>第 2 节 海信 KFR-28GW/Bp×2 型一拖二变频空调 .....</b>	<b>150</b>
一、室内机电路 .....	150
二、室外机电路 .....	157
三、通信电路 .....	163
四、压缩机电机驱动电路 .....	164
五、制冷、制热控制电路 .....	164
六、保护电路 .....	165
七、故障自诊功能 .....	166
八、常见故障检修 .....	166
<b>第 7 章 美的典型变频空调电路分析与故障检修 .....</b>	<b>173</b>
<b>第 1 节 美的 KFR-26 (33) GW/CBpY 型壁挂式变频空调 .....</b>	<b>173</b>
一、室内机电路 .....	173
二、室外机电路 .....	179
三、通信电路 .....	183
四、制冷、制热电路 .....	184
五、故障自诊功能 .....	185
六、常见故障检修 .....	185
<b>第 2 节 美的 KFR-50LW/F<sub>2</sub>BpY 型柜式变频空调 .....</b>	<b>190</b>
一、室外机电路 .....	191
二、室内机电路 .....	191
<b>第 8 章 其他品牌典型变频空调电路分析与故障检修 .....</b>	<b>195</b>
<b>第 1 节 长虹“大清快”系列变频空调 .....</b>	<b>195</b>
一、室内机电路 .....	195
二、室外机电路 .....	199
三、室内机、室外机通信电路 .....	205
四、压缩机电机驱动电路 .....	206
五、制冷、制热控制电路 .....	208
六、常见故障检修 .....	209
<b>第 2 节 新科 KFR-28GW/Bp 型变频空调 .....</b>	<b>214</b>

一、室内机电路.....	215
二、室外机电路.....	219
三、通信电路.....	223
四、制冷、制热电路.....	224
五、故障自诊功能.....	225
六、常见故障检修.....	225
<b>第3节 科龙 KFR-32GW/BpM 型壁挂式变频空调</b> .....	228
一、室内机电路.....	229
二、室外机电路.....	229
<b>第9章 变频空调典型故障检修实例</b> .....	234
<b>第1节 海尔变频空调</b> .....	234
一、整机不工作.....	234
二、保护性停机.....	234
三、室外机工作异常.....	237
四、制冷/制热异常.....	239
五、其他故障.....	240
<b>第2节 海信变频空调</b> .....	240
一、整机不工作.....	240
二、保护性停机.....	241
三、室外机工作异常.....	243
四、制冷/制热异常.....	243
五、其他故障.....	244
<b>第3节 美的变频空调</b> .....	245
一、保护性停机.....	245
二、室外机工作异常.....	247
三、制冷/制热异常.....	248
四、其他故障.....	248
<b>第4节 长虹变频空调</b> .....	249
一、整机不工作.....	249
二、保护性停机.....	249
三、其他故障.....	250
<b>第5节 三菱变频空调</b> .....	250
一、整机不工作.....	250
二、保护性停机.....	251
三、室外机工作异常.....	251
四、制冷/制热异常.....	252
五、噪声大.....	252

第6节 其他品牌变频空调	252
一、整机不工作	252
二、保护性停机	253
三、制冷/制热异常	253
四、变频空调的检修	253
五、变频空调的检修	253
六、变频空调的检修	253
七、变频空调的检修	253
八、变频空调的检修	253
九、变频空调的检修	253
十、变频空调的检修	253
十一、变频空调的检修	253
十二、变频空调的检修	253
十三、变频空调的检修	253
十四、变频空调的检修	253
十五、变频空调的检修	253
十六、变频空调的检修	253
十七、变频空调的检修	253
十八、变频空调的检修	253
十九、变频空调的检修	253
二十、变频空调的检修	253
二十一、变频空调的检修	253
二十二、变频空调的检修	253
二十三、变频空调的检修	253
二十四、变频空调的检修	253
二十五、变频空调的检修	253
二十六、变频空调的检修	253
二十七、变频空调的检修	253
二十八、变频空调的检修	253
二十九、变频空调的检修	253
三十、变频空调的检修	253
三十一、变频空调的检修	253
三十二、变频空调的检修	253
三十三、变频空调的检修	253
三十四、变频空调的检修	253
三十五、变频空调的检修	253
三十六、变频空调的检修	253
三十七、变频空调的检修	253
三十八、变频空调的检修	253
三十九、变频空调的检修	253
四十、变频空调的检修	253
四十一、变频空调的检修	253
四十二、变频空调的检修	253
四十三、变频空调的检修	253
四十四、变频空调的检修	253
四十五、变频空调的检修	253
四十六、变频空调的检修	253
四十七、变频空调的检修	253
四十八、变频空调的检修	253
四十九、变频空调的检修	253
五十、变频空调的检修	253

## 第 1 章 变频空调基础知识

### 第 1 节 变频空调的特点和基本原理

#### 一、变频空调的特点

变频空调（变频空调器）是相对定频空调而言的。定频空调的压缩机采用 220V 或 380V 的 50Hz 交流电供电，其转速不变。此类空调依靠压缩机不断地运转/停止来调整室内温度，除了使人感觉温差大，还浪费了较多的电能。而变频空调利用变频器将 50Hz 市电电压频率变换为 30~130Hz 的变化频率，变频空调每次开始使用时，通常是让压缩机高频、高速运转，以最大功率、最大风量进行制冷或制热，使室内温度迅速接近所设定的温度；当室内温度接近所设定的温度，并被单片机识别后，单片机控制压缩机进入低频、低速的低能耗运转状态，使室内温度趋于稳定，避免了压缩机频繁地开开停停。这样，不仅提高了舒适度，而且实现了高效节能的目的。

变频空调通过提高压缩机工作频率的方式增大了制热能力，不仅最大制热量比同品牌、同级别的定频空调要高一些，而且低温下仍有良好的制热效果。变频空调可根据环境温度自动选择制冷、制热或除湿运转方式，室温波动范围小，不仅提高了舒适度，而且节约了电能。此外，变频空调可在低电压条件下启动，彻底解决了空调在某些地区因电压较低难以启动的难题。

定频分体式空调的室内风扇电机只有 4 挡风速可供调节，而变频空调的室内风扇电机在自动运行时，转速会随压缩机的工作频率在 12 挡风速范围内变化。由于风扇电机的转速与制冷/制热能力进行了合理的匹配，因此可实现低噪声地宁静运行。

由于变频空调在电路方面不仅需要功能更加强大、完善的微处理器电路，而且需要设置大功率压缩机驱动电路（模块电路）及其电源电路，在制冷系统方面采用了膨胀阀作为节流器件，从而导致它的成本大大高于定频空调，影响了变频空调的普及。不过，随着变频技术、单片机控制技术的不断完善以及电子元器件成本的不断降低，变频空调最终将逐步取代定频空调，成为空调市场的主流产品。

## 二、变频的基本原理

目前，常见的变频方式主要有交流变频和直流变频两种。

### 1. 交流变频

交流变频器主要由 AC-DC 变换器（整流、滤波电路）、三相逆变器（inverter 电路）、脉冲宽度调制电路（PWM 电路）构成，如图 1-1 所示。

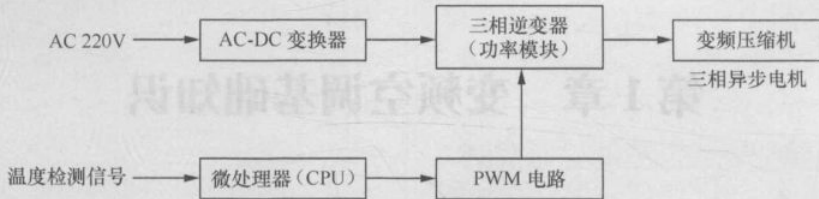


图 1-1 交流变频控制器构成方框图

首先，AC-DC 变换器将 220V 市电电压变换为 310V 左右的直流电压，为三相逆变器供电，三相逆变器在 PWM 电路产生的 PWM 脉冲作用下将 310V 直流电压变换为近似正弦波的交流电压。PWM 电路输出 PWM 脉冲的占空比大小受微处理器（CPU）的控制。这样，通过微处理器的控制，三相逆变器就可为压缩机提供频率可变的交流电压，实现压缩机转速的控制。

在变频过程中，变频空调的制冷能力与负荷相适应，温度传感器产生的温度检测信号通过微处理器运算后，产生控制信号。这个信号就可改变 PWM 电路输出的 PWM 脉冲的占空比，相继改变了三相逆变器输出电压的频率，使压缩机（三相异步电机）在室内温度高时高速运转，快速制冷；在室内温度较低时低速运转，以维持室内温度，从而实现了压缩机的变频控制。

### 2. 直流变频

直流变频空调与交流变频空调的变频原理基本相同，但由于直流变频空调的压缩机电机采用的是直流无刷电动机，所以也有一定的区别。典型的直流变频控制器构成如图 1-2 所示。

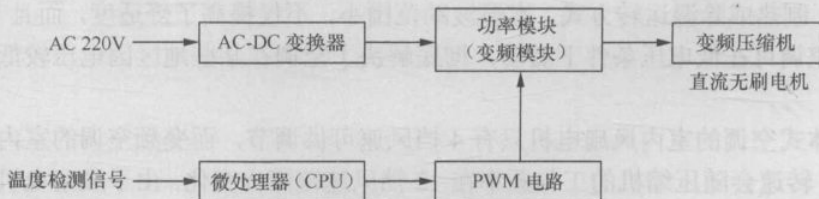


图 1-2 直流变频控制器构成方框图

AC-DC 变换器将 220V 市电电压变换为 310V 左右的直流电压，为功率模块供电，在微处理器输出的 PWM 脉冲控制下，功率模块为直流变频压缩机定子绕组的 U、V 两相输入直流电流时，由于转子中永久磁铁产生的磁通的交链，所以在剩余的 W 相绕组上产生感应信号，作为直流电机转子的位置检测信号，然后配合转子磁铁位置，逐次转换直流电机定子绕组通电相，使其继续回转。



提示 直流变频压缩机的电机必须要设置转子位置检测电路，否则电机是无法运行的。

## 第2节 变频空调特有器件

变频空调的特有器件主要是变频压缩机、智能功率模块和电子膨胀阀3种。

### 一、变频压缩机

变频压缩机是变频空调的核心部件，按机械结构的不同，可分为涡旋式压缩机和双转子旋转式压缩机两种；按电气结构，可分为交流变频压缩机和直流供电变频压缩机两种。下面介绍它们的电气性能。

#### 1. 交流变频压缩机

交流变频压缩机电机和普通柜式空调采用的三相交流电机的构成基本相同，不同的是它的输入电压是脉冲电压。

#### 2. 直流变频压缩机

直流变频空调的压缩机采用的是直流变频压缩机。直流变频压缩机电机采用了三相四极直流无刷电机，该电机定子结构与普通三相异步电机相同，但转子结构则截然不同，其转子采用四极永久磁铁。

#### (1) 工作原理

正常运行时变频模块向直流电机定子侧提供直流电流形成磁场，该磁场和转子磁铁相互作用产生电磁转矩。因为转子不需二次电流，所以损耗小，功率因数高，但由于转子采用了永久磁铁，所以成本比交流变频压缩机高。由于无刷电机有互为  $120^\circ$  的三个绕组 U、V、W（国内习惯用 A、B、C 表示），所以为了使每个绕组都有电流流过，功率放大器采用了三相半桥式放大器，如图 1-3 所示。

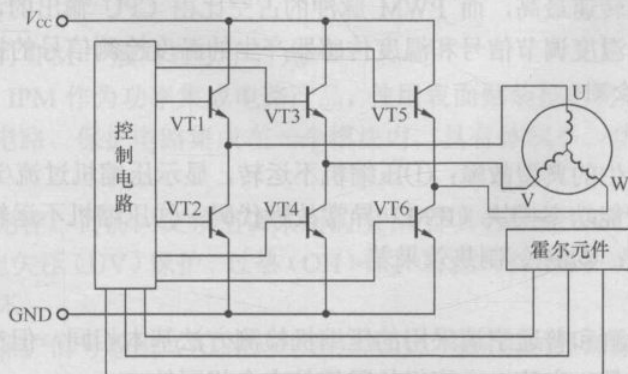


图 1-3 三相导通星形三相六状态直流电动机原理图



**提示** 图 1-3 中，功率管 VT1、VT3、VT5 是高端放大器（也称为上桥臂），功率管 VT2、VT4、VT6 是低端放大器（也称为下桥臂）。自 20 世纪 60 年代末开始，功率管从使用晶闸管（SCR）、门极可关断晶闸管（GTO）、场效应管（MOSFET）、MOS 控制晶闸管（MCT）等逐渐发展到现在使用的绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、耐高压绝缘栅双极型晶闸管（HVIGBT）。

当 VT1、VT4 导通时， $V_{CC}$ （300V 电压）通过 VT1、绕组 U 和 V、VT4 构成回路，导通电流从绕组 U 流过绕组 V，流过绕组 U、V 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转；当 VT1、VT6 导通时， $V_{CC}$  通过 VT1、绕组 U 和 W、VT6 构成回路，导通电流从绕组 U 流过绕组 W，流过绕组 U、W 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转；当 VT3、VT6 导通时， $V_{CC}$  通过 VT3、绕组 V 和 W、VT6 构成回路，导通电流从绕组 V 流过绕组 W，流过绕组 V、W 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转；当 VT3、VT2 导通时， $V_{CC}$  通过 VT3、绕组 V 和 U、VT2 构成回路，导通电流从绕组 V 流过绕组 U，流过绕组 V、U 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转；当 VT5、VT2 导通时， $V_{CC}$  通过 VT5、绕组 W 和 U、VT2 构成回路，导通电流从绕组 W 流过绕组 U，流过绕组 W、U 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转；VT5、VT4 导通时， $V_{CC}$  通过 VT5、绕组 W 和 V、VT4 构成回路，流过绕组 W、V 的电流使它们产生磁场驱动转子旋转。

## （2）电子换向（相）

为了保证直流无刷电机的平稳运行，需要对转子的磁极位置进行精确检测，并用电子开关（功率管）切换不同绕组的供电方式以获得持续向前的动力。早期，位置检测是在电机内部设置霍尔元件位置传感器，利用它产生的相位信号来实现的。近年来，位置检测是通过检测直流无刷电机中未通电绕组产生的感应电压来实现的。因为这种检测方法取消了位置传感器，所以不仅结构简单，而且提高了电机的使用寿命。因此，变频空调的压缩机电机几乎都采用后一种方法进行换向（相）。

## （3）无级调速

由于使用直流电源，电机的速度依靠调节加在电机两端的电压来调整，较简单的办法是使用 PWM 脉冲来调节加到电机两端的电压。PWM 脉冲的占空比达到最大时，加到电机两端的电压最大，电机转速最高，而 PWM 脉冲的占空比由 CPU 输出的调速信号控制。CPU 输出的调速信号又受温度调节信号和温度传感器产生的温度检测信号的控制。

## 3. 典型故障与检测

### （1）典型故障

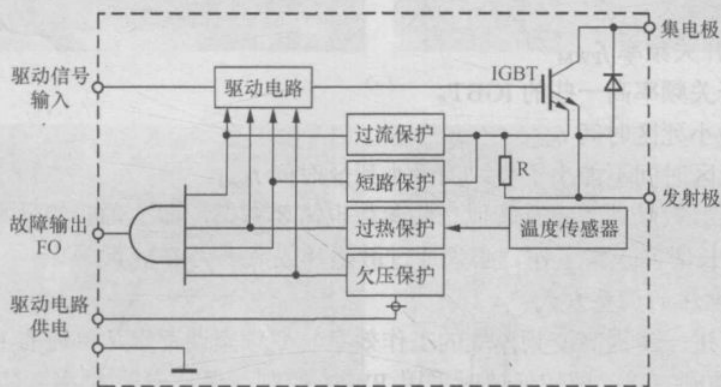
压缩机异常后产生的典型故障：①压缩机不运转，显示压缩机过流/过热故障代码；②压缩机不运转，显示智能功率模块（IPM）异常故障代码；③压缩机不运转，显示负载电流大故障代码；④噪声大；⑤制冷/制热效果差。

### （2）故障检测

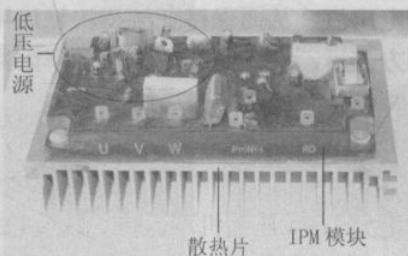
变频压缩机的检测和普通空调采用的压缩机检测方法基本相同，但在测量压缩机电机绕组阻值时需要注意的是，它的 3 个绕组的阻值是完全相同的。

## 二、智能功率模块 (IPM)

IPM 是英文 Intelligent Power Module 的缩写,译为智能功率模块。典型 IPM 以 IGBT (绝缘栅双极型晶体管)、HVIGBT (耐高压绝缘栅双极型晶闸管) 为功率管,结合驱动电路、保护电路等构成,如图 1-4 (a) 所示。当然,不同型号的 IPM,其内部具有的功能会有所不同。图 1-4 (b) 是 80DC01SPDU 模块的实物图,该模块上不仅有功率管及其驱动电路,而且还设置了低压电源电路,不仅可以满足 IPM 模块驱动电路供电需要,而且通过连接器为室外机电路板提供 12V 和 5V 直流工作电压。



(a) 构成方框图



(b) 实物外形

图 1-4 典型的 IPM

### 1. IPM 的特点

变频空调采用的 IPM 一般具有以下特点。

(1) 集成度高。IPM 作为功率集成电路产品,使用表面贴装技术将三相桥臂的 6 个 IGBT 型功率管及其控制电路、保护电路集成在一个模块内,具有体积小、功能多、可靠性高、价格便宜等优点。

(2) 保护功能完善。目前,变频空调采用的 IPM 都具有过流 (OC) 保护、短路 (SC) 保护、驱动电路供电欠压 (UV) 保护、过热 (OH) 保护功能。过热保护功能是为了防止 IGBT、续流二极管过热损坏。

(3) 内含故障保护信号输出 (ALM) 电路。ALM 电路是向外部输出故障报警信息的一种功能电路,当 IPM 过热、下桥臂过流以及驱动电路的供电欠压保护电路动作时,通过向室外微处理器输出异常信号,使室外微处理器能及时停止系统,实现保护,以免故障扩大。

## 2. IPM 的主要参数

为了保证 IPM 长期安全、可靠地工作,选择和使用 IPM 时,应当根据系统实际情况选择参数正确的 IPM。

### (1) IGBT 的最大耐压值 $V_{CES}$

最大耐压值应按略大于直流电压的 2 倍选择,如直流电压为 300V,则要求 IPM 的 IGBT 耐压值为 600V 以上。

### (2) IGBT 的额定电流值 $I_C$ 及集电极 (c 极) 峰值电流 $I_{CP}$

$I_{CP}$  应根据电机的峰值电流而定,而电机的峰值电流与电机的额定功率、效率、线电压以及功率因数有关。

### (3) IGBT 的开关频率 $f_{PWM}$

尽可能选择开关频率高一些的 IGBT。

### (4) IPM 的最小死区时间 $t_{dead}$

激励信号的死区时间不能小于模块的最小死区时间  $t_{dead}$ 。

除了上述主要参数以外,还有其他一些参数也需要考虑,如 IGBT 的最大结温  $t_j$  等。为了确保 IGBT 能够长时间正常工作,必须通过散热片或风扇为 IPM 散热。

## 3. IPM 输出电压的调整方式

近年来,为了进一步提高变频模块的工作效率,变频空调逐步从单纯的 PWM 控制改为 PWM+PAM 混合控制方式,即较低速时采用 PWM 控制,保持电压/频率 ( $U/f$ ) 为一定值;当转速大于一定值后,将调制度固定在最大值附近,通过改变直流斩波器的导通占空比的大小,提高变频模块的输入直流电压值,从而保持变频模块输出电压和转速成比例,这一区域称为 PAM 区。采用混合控制方式后,变频模块的输入功率因数、电机效率、装置综合效率都比单独采用 PWM 技术的空调有较大幅度的提高。

## 4. 典型故障与检测

### (1) 典型故障

IPM 异常后产生的主要典型故障:①压缩机不运转,显示 IPM 异常故障代码;②压缩机不运转,显示负载电流大故障代码;③压缩机不运转,显示无电路或无负载的故障代码。



**提示** 有的 IPM 还产生 12V 等电压,所以此类模块损坏后,会导致室外机 CPU 电路因没有供电而不工作,从而会产生空调不工作故障,并且显示通信异常故障代码。

### (2) 故障检测

IPM 检测的主要方法有直观检查法、电压测量法、电阻测量法和代换法 4 种。若采用示波器测量它的输出端信号波形效果会更好。因 IPM 最常见的故障现象是功率管损坏,下面以 80DC01SPDU 模块为例介绍功率管的检测方法,测量方法与步骤如图 1-5 所示。

首先,将数字万用表置于二极管挡 (PN 结压降测量挡),测量 300V 供电端子与地间的正向导通压降为 0.403V,反向导通压降为无穷大 (显示的数字为 1),如图 1-5 (a) 所示。

然后,将数字万用表置于二极管挡,测量 U、V、W 3 个输出端子与 300V 供电端子 P+ 间的正向导通压降为 0.448V,反向导通压降为无穷大 (显示的数字为 1),如图 1-5 (b) 所示。

接下来,将数字万用表置于二极管挡,测量 U、V、W 3 个输出端子与接地端子 P- 间的

正向导通压降为 0.448V，反向导通压降为无穷大（显示的数字为 1），如图 1-5（c）所示。

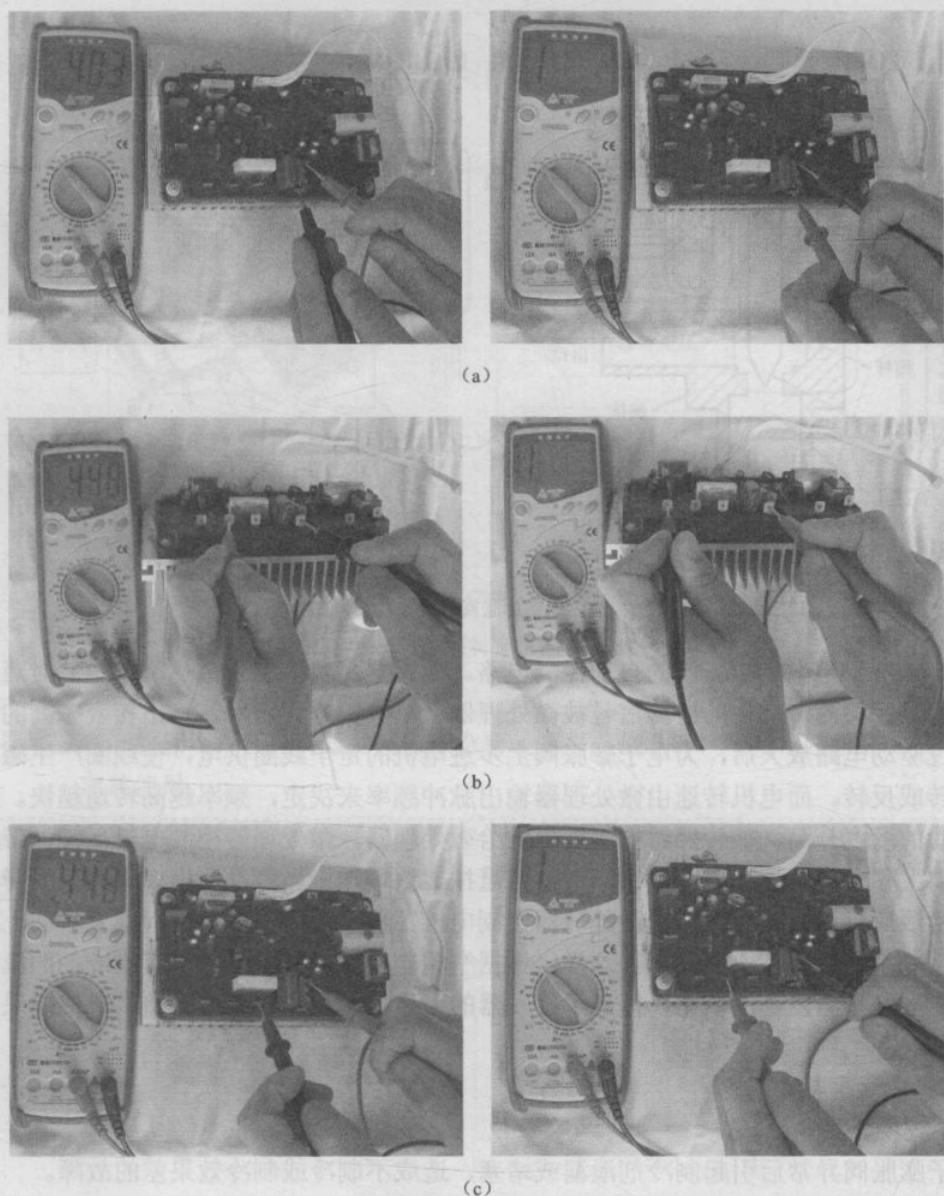


图 1-5 IPM 模块的检测

若以上测量的导通压降为 0 或过小，说明功率管击穿或漏电；若正、反向都为无穷大，说明功率管开路或内部线路开路。

### 三、电子膨胀阀

#### 1. 构成与工作原理

电子膨胀阀主要由步进电机和针形阀组成。针形阀由阀杆、阀针和节流孔组成。电子膨胀阀的内部构成和实物外形如图 1-6 所示。步进电机运转后改变针形阀开启度，使制冷