

从入门到精通

系列
丛书

变频空调器维修 从入门到精通

孙立群 杨玉波 编著

(第2版)
2nd Edition



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

从入门到精通

系列
丛书

变频空调器 维修

从入门到精通

孙立群 杨玉波 编著

(第2版)

2nd Edition

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

变频空调器维修从入门到精通 / 孙立群, 杨玉波编
著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2012. 8
(从入门到精通系列丛书)
ISBN 978-7-115-28598-0

I. ①变… II. ①孙… ②杨… III. ①变频调速—空
气调节器—维修 IV. ①TM925.120.7

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第123418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器维修技术的图书。本书通过“基础篇”和“精通篇”循序渐进、由浅入深地介绍了变频空调器的基础知识、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器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,成为变频空调器维修的行家里手,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,适合广大变频空调器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。

从入门到精通系列丛书

变频空调器维修从入门到精通 (第2版)

-
- ◆ 编 著 孙立群 杨玉波
责任编辑 张 鹏
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京新华印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18
字数: 440千字 2012年8月第2版
印数: 6 501—10 500册 2012年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28598-0

定价: 40.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前 言

我国是一个空调器生产大国，空调器产量已占全球产量的 70%。随着人们生活水平的提高，除农村市场以外，空调器已在城市、乡镇大范围普及，保有量很大。

空调器分为定频和变频两种。变频空调器是在普通定频空调器的基础上增加了变频专用压缩机和变频控制系统，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的冷（热）量的空调器，因而有利于节能。随着社会节能环保意识的增强，国家对空调器的能效等级进行了严格的限定，低能效等级的空调器即将退出市场，变频空调器已成为空调器发展的大势所趋。

为了普及变频空调器维修技术，作者编写了本书。本书旨在介绍变频空调器的基本工作原理、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，最终成为变频空调器维修的行家里手。本书可以说是《空调器维修从入门到精通》的进阶篇，着重介绍体现变频空调器维修特点的内容，即电脑板的原理与维修，而对于与普通空调器维修相似的内容（如装机、移机等方法和技能）则略去不讲。

本书第 1 版于 2010 年 5 月出版，一经出版，好评如潮，至今多次印刷。2 年多的时间里，有很多热心读者打来电话，对本书给予了很高的评价，同时也指出了一些不足。综合读者意见，现对第 1 版进行修订，提高本书的品质和适应性，来答谢读者。

本书按照循序渐进的原则分为“基础篇”和“精通篇”。

“基础篇”主要介绍了变频空调器的构成、工作原理、控制模式和 I²C 总线控制技术等基础知识，并对变频空调器典型单元电路的原理和检修方法进行分析。掌握本篇内容即可了解变频空调器的构成、故障特征，为变频空调器的维修工作打下坚实基础。

“精通篇”着重介绍了海信、海尔、美的、长虹、科龙等典型变频空调器的电脑板电路分析与故障检修流程。另外，本篇还给出 120 多个典型检修实例、40 种机型的故障代码。掌握本篇内容，读者不但可在检修中对号入座，快速排除故障，还可以举一反三，进一步提高变频空调器的理论水平和故障检修能力，快速成为变频空调器的维修高手。

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李杰、李佳琦、赵宗军、张燕、宿宇、王书强、陈鸿、王忠富、王明举、郭立祥等同志，在此对他们表示衷心的感谢！

作 者

目 录

基 础 篇

第 1 章 变频空调器基础知识 1

第 1 节 变频空调器的特点和 基本原理 1

一、变频空调器的特点 1

二、变频的基本原理 2

第 2 节 变频空调器特有器件 3

一、变频压缩机 3

二、智能功率模块 (IPM) 5

三、电子膨胀阀 8

第 2 章 变频空调器的构成、控制模式及 I²C 总线控制技术 10

第 1 节 变频空调器控制系统的 构成与单元电路功能 10

一、构成 10

二、单元电路功能 10

第 2 节 变频空调器控制模式 13

一、基本运行模式 13

二、保护模式 15

第 3 节 I²C 总线控制技术 16

一、I²C 总线控制系统的特点 16

二、I²C 总线控制系统的构成 17

三、变频空调器的 I²C 总线控制系统
基本组成 17

四、典型故障 18

第 3 章 变频空调器电脑板典型电子器件、 集成电路检测和更换方法 19

第 1 节 变频空调器电脑板典型 电子器件的识别与检测 19

一、晶闸管 (可控硅) 19

二、场效应管 20

三、光电耦合器 23

四、电磁继电器 25

五、固态继电器 27

六、LED 数码管 31

第 2 节 变频空调器电脑板常用集成 电路的识别与检测 32

一、集成电路的特点 33

二、三端不可调稳压器 33

三、驱动器 ULN2003/ μ PA81C/ μ PA2003/
MC1413/TD62003AP/KID65004 34

四、驱动器 ULN2083/ TD62083AP 36

五、三端误差放大器 TL431 36

六、四运算放大器 LM324 37

七、四电压比较器 LM339 39

八、双运算放大器 LM358 40

九、双电压比较器 LM393 42

十、TOP 系列电源模块 43

十一、电可擦可编程只读存储器
(E²PROM) 93C46 44

十二、集成电路的检测与代换 44

第 3 节 电子元器件的更换方法与 备用器件 46

一、集成电路的更换 46

二、电阻、电容、晶体管的更换 47

三、必用备件 47

第 4 章 变频空调器典型单元电路分析、 故障检修 48

第 1 节 变频空调器典型单元电路 分析与检修 48

一、市电输入电路 48

二、电源电路 49

三、微处理器工作基本条件电路 55

四、操作、显示与存储电路	56	四、显示室内温度传感器异常故障代码	81
五、通信电路	59	五、显示室内风扇电机异常故障代码	82
六、自动控制信号输入电路	61	六、显示压缩机排气管过热故障代码	82
七、室内风扇、导风电机电路	68	七、显示压缩机过流故障代码	83
八、室外风扇电机、四通阀电路	70	八、显示 IPM 异常故障代码	83
九、室外机供电、压缩机电流检测电路	72	九、显示无负载故障代码	84
十、压缩机电机驱动电路	75	十、显示室外热交换器过热故障代码	84
第2节 控制电路典型故障检修流程	79	十一、制冷效果差	85
一、整机不工作	79	十二、遥控功能失效	86
二、显示供电异常故障代码	79	十三、部分操作功能失效	86
三、显示通信异常故障代码	80	十四、显示屏字符缺笔画	87
		十五、蜂鸣器不发音	87

精 通 篇

第5章 海信典型变频空调器控制电路分析与故障检修

第1节 海信 KFR-2801GW/Bp、KFR-3601GW/Bp 型壁挂式变频空调器	88
一、室内机控制电路	88
二、室外机控制电路	94
三、通信电路	100
四、压缩机电机驱动电路	102
五、制冷、制热控制电路	104
六、故障自诊功能	105
七、常见故障检修	105
第2节 海信 KFR-26GW/77ZBp 型壁挂式变频空调器	111
一、室内机控制电路	111
二、室外机控制电路	116
三、室内、室外机通信电路	123
四、制冷、制热控制电路	123
五、化霜控制电路	124
六、故障代码	124
七、常见故障检修	125
第3节 海信 KFR-28GW/Bp×2 型一拖二变频空调器	131

一、室内机控制电路	131
二、室外机控制电路	138
三、通信电路	144
四、压缩机电机驱动电路	145
五、制冷、制热控制电路	145
六、保护电路	146
七、故障自诊功能	147
八、常见故障检修	147

第6章 海尔典型变频空调器控制电路分析与故障检修

第1节 海尔 KFR-50LW/Bp、KFR-60LW/Bp 型柜式变频空调器	153
一、室内机控制电路	153
二、室外机控制电路	158
三、室内、室外机通信电路	162
四、压缩机电机驱动电路	163
五、制冷、制热控制电路	163
六、常见故障检修	164
第2节 海尔 KFR-25GW/Bp×2 型一拖二变频空调器	168
一、室内机控制电路	169
二、室外机控制电路	173

三、室内、室外机通信电路·····	178	五、制冷、制热控制电路·····	235
四、压缩机电机驱动电路·····	178	六、常见故障检修·····	236
五、制冷、制热控制电路·····	178	第2节 新科 KFR-28GW/Bp 型	
六、常见故障检修·····	178	变频空调器·····	240
第3节 海尔 KFR-26/35GW/CA 型		一、室内机控制电路·····	241
变频空调器·····	178	二、室外机控制电路·····	245
一、室内机电路·····	178	三、通信电路·····	249
二、室外机电路·····	184	四、制冷、制热控制电路·····	250
三、室内、室外机通信电路·····	189	五、故障自诊功能·····	251
四、制冷/制热电路·····	190	六、常见故障检修·····	251
五、故障自诊功能·····	191	第3节 科龙 KFR-32GW/BpM 型	
六、室内机单独运行的方法·····	192	壁挂式变频空调器·····	254
七、主要零部件的检测·····	192	一、室内机控制电路·····	255
八、常见故障检修·····	193	二、室外机控制电路·····	255
第7章 美的典型变频空调器控制电路		第9章 变频空调器典型故障检修	
分析与故障检修·····	200	实例·····	260
第1节 美的 KFR-26(33)GW/		第1节 海信变频空调器·····	260
CBpY 型壁挂式变频		一、整机不工作·····	260
空调器·····	200	二、保护性停机·····	261
一、室内机控制电路·····	200	三、室外机工作异常·····	262
二、室外机控制电路·····	206	四、制冷/制热异常·····	263
三、通信电路·····	210	五、其他故障·····	264
四、制冷、制热控制电路·····	210	第2节 海尔变频空调器·····	264
五、故障自诊功能·····	211	一、整机不工作·····	264
六、常见故障检修·····	212	二、保护性停机·····	265
第2节 美的 KFR-50LW/F ₂ BpY		三、室外机工作异常·····	268
型柜式变频空调器·····	217	四、制冷/制热异常·····	269
一、室外机控制电路·····	217	五、其他故障·····	271
二、室内机控制电路·····	220	第3节 美的变频空调器·····	271
第8章 其他品牌典型变频空调器控制		一、保护性停机·····	271
电路分析与故障检修·····	222	二、室外机工作异常·····	274
第1节 长虹“大清快”系列变频		三、制冷/制热异常·····	274
空调器·····	222	四、其他故障·····	275
一、室内机控制电路·····	222	第4节 长虹变频空调器·····	275
二、室外机控制电路·····	226	一、整机不工作·····	275
三、室内、室外机通信电路·····	232	二、保护性停机·····	276
四、压缩机电机驱动电路·····	233	三、其他故障·····	276
		第5节 三菱变频空调器·····	277

第 1 章 变频空调器基础知识

第 1 节 变频空调器的特点和基本原理

一、变频空调器的特点

变频空调器是相对定频空调器而言的。定频空调器的压缩机直接采用 220V/50Hz 供电，其转速不变。此类空调器依靠不断地“开、停”压缩机来调整室内温度，不但使人感觉温差大，而且浪费较多的电能。而变频空调器利用变频器将 50Hz 市电电压频率变换为 30~130Hz 的变化频率，这种通过改变压缩机供电频率方式的技术就是所谓的“变频”技术。变频技术是 20 世纪 80 年代问世的一种新技术，空调器采用变频技术后进入了一个新时代。

变频空调器每次开始使用时，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。

变频空调器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、同级别的定频空调器要高一些，而且低温下仍有良好的制热效果。变频空调器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，变频空调器可在低电压条件下启动，彻底解决了空调器在某些地区因电压较低难以启动的难题。

定频分体式空调器的室内风扇电机只有 4 挡风速可供调节，而变频空调器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，因此可实现低噪声的宁静运行。

由于变频空调器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器，影响了变频空调器的普及。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，变频空调器最终将逐

步取代定频空调器，成为空调器市场的主流产品。

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。

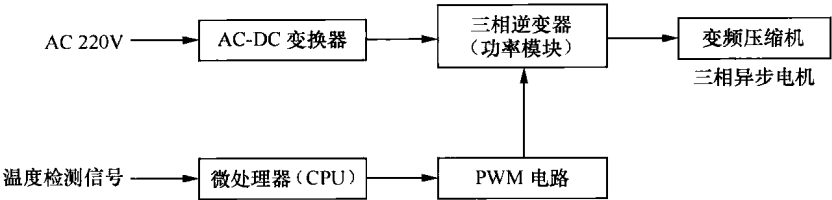


图 1-1 交流变频控制器构成方框图

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 电路输出的 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，变频空调器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，产生运转频率控制信号。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）在箱内温度高时高速运转，快速制冷；在箱内温度较低时低速运转，以维持箱内温度，从而实现了压缩机的变频控制。

2. 直流变频

直流变频空调器与交流变频空调器的变频原理基本相同，但由于直流变频空调器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。

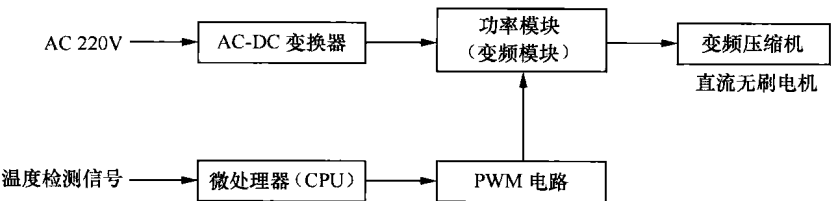


图 1-2 直流变频控制器构成方框图

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 脉冲的控制下，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 变频空调器特有器件

变频空调器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器的核心部件，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。关于涡旋式压缩机和双转子旋转式压缩机的工作原理在《空调器维修从入门到精通（第2版）》一书中已作介绍，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器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

直流变频空调器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° 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。

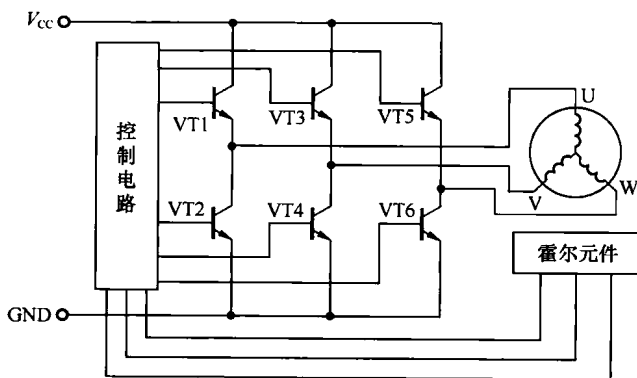


图 1-3 三相导通星形三相六状态直流电动机原理图



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)、双极型功率晶体管 (BJT)、金属氧化物场效应管 (MOSFET)、静电感应晶体管 (SIT)、静电感应晶闸管 (SITH)、MOS 控制晶体管 (MGT)、MOS 控制晶闸管 (MCT) 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。



注意 一个半桥的两个功率管 (如 VT1、VT2) 不能同时导通, 否则会导致电源短路。

(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型位置传感器, 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, 而且提高了电机使用寿命。因此, 变频空调器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, 电机的速度得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: 一是压缩机不运转, 显示压缩机过流/过热故障代码; 二是压缩机不运转, 显示智能功率模块 (IPM) 异常故障代码; 三是压缩机不运转, 显示负载电流大故障代码; 四是噪声大; 五是产生制冷效果差。

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，变频空调器逐步从单纯的 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（ V/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 技术的空调器有较大幅度的提高。

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：一是压缩机不运转，显示 IPM 异常故障代码；二是压缩机不运转，显示负载电流大故障代码；三是压缩机不运转，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，从而会产生空调器不工作故障，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。

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。

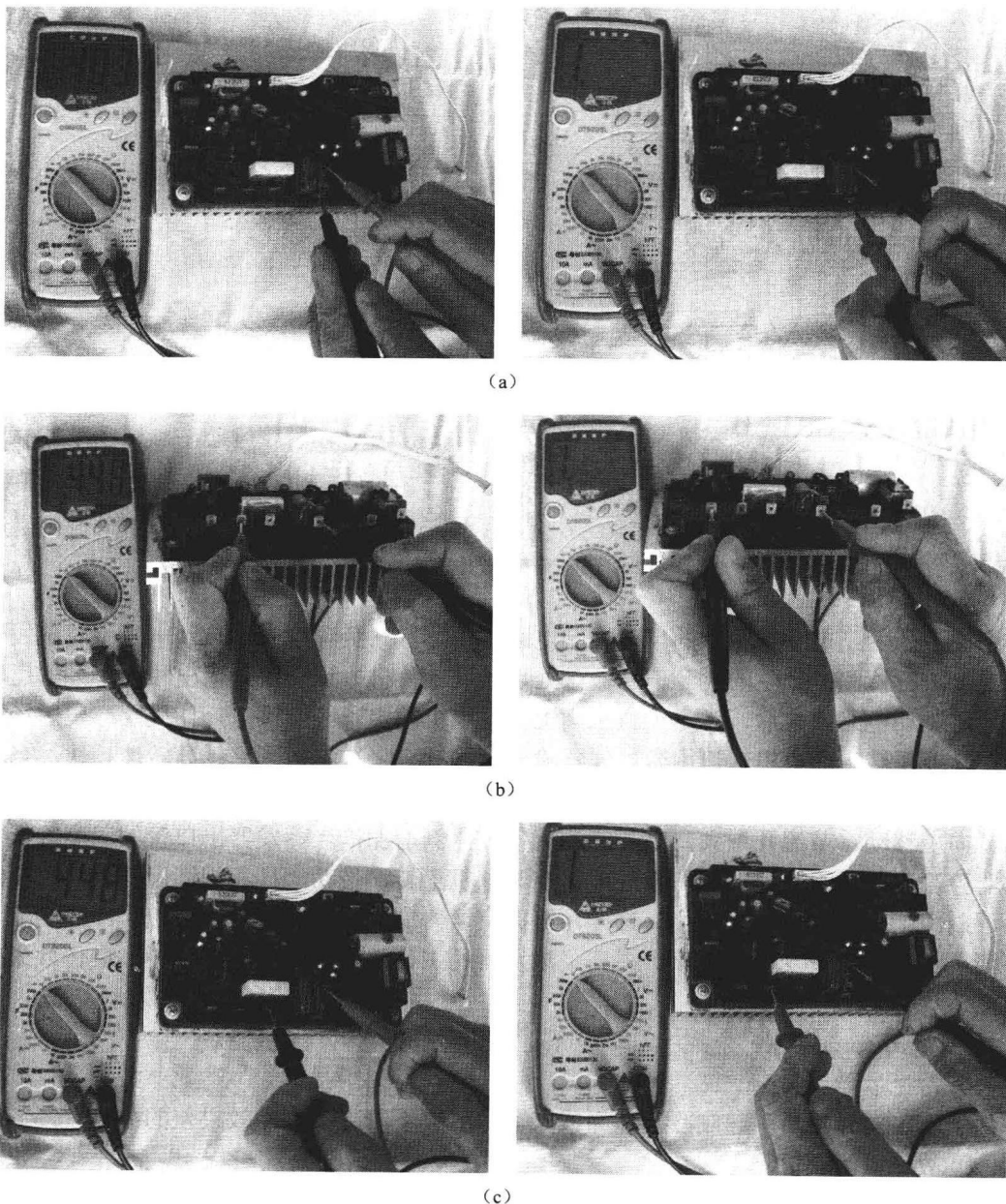


图 1-5 IPM 模块的检测

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，使制冷剂流量根据空调器工作状态自动调节，提高了蒸发器的工作效率，保证空调器实现最佳的制冷效果。

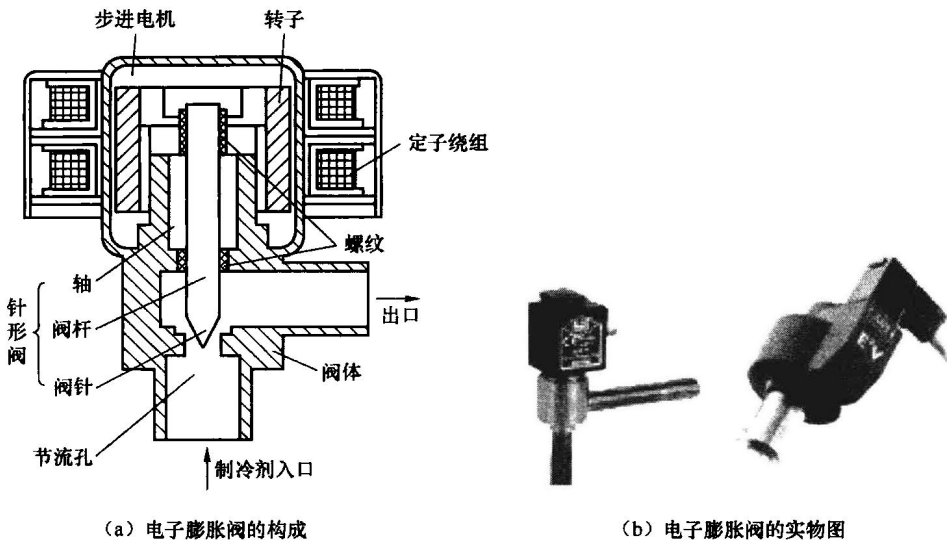


图 1-6 电子膨胀阀的构成与实物图

图 1-7 所示是电子膨胀阀的自动控制电路。传感器（负温度系数热敏电阻）对蒸发器出口管温度进行检测，产生的检测信号被微处理器（单片机）识别后，输出相应序列的运转指令，通过驱动电路放大后，为电子膨胀阀上步进电机的定子线圈供电，使线圈产生磁场驱动转子正转或反转。而电机转速由微处理器输出脉冲频率来决定，频率越高转速越快。当蒸发器出口管的温度升高，被传感器检测后提供给微处理器，微处理器控制电机反转，带动阀杆和阀针向上移动，节流孔增大，制冷剂的流量按比例增加；当蒸发器出口管的温度降低，被传感器检测后提供给微处理器，微处理器控制电机正转，带动阀杆和阀针向下移动，节流孔变小，制冷剂的流量按比例减小。这样，根据空调器制冷（热）效果来调节日制冷剂的流量，进而调节冷凝器和蒸发器压差比，提高了蒸发器的工作效率，实现制冷（热）最佳效果的自动控制。

2. 常见故障与检测

(1) 常见故障

电子膨胀阀异常后引起制冷剂泄漏或堵塞，造成不制冷或制冷效果差的故障。

(2) 故障原因及检测

检修电子膨胀阀异常引起制冷效果差的故障时，先检查传感器是否正常，若不正常，维修或更换即可；若正常，再检修膨胀阀。此时，听膨胀阀能否发出“咔咔”的声音，若能，

说明膨胀阀的阀芯被杂物卡住，清理杂物或更换膨胀阀即可；若没有“咔咔”声，用万用表电阻挡测电子膨胀阀驱动电机的线圈阻值，判断线圈是否正常，比如，海尔 KFR-25GW×2/BFP 变频空调器的电子膨胀阀的红-橙、红-白、棕-蓝、棕-黄线间的阻值为 56Ω ，而橙-白、蓝-黄线间的阻值为 112Ω ，若阻值异常，则说明电机的线圈异常，需要更换膨胀阀电机或膨胀阀。若电机线圈的阻值正常，则检查驱动电路和微处理器电路。当然，也可以通过测量膨胀阀驱动电机的供电电压来确认故障部位，若电压正常，需要更换膨胀阀电机或膨胀阀；若电压不正常，检查驱动电路和微处理器电路。

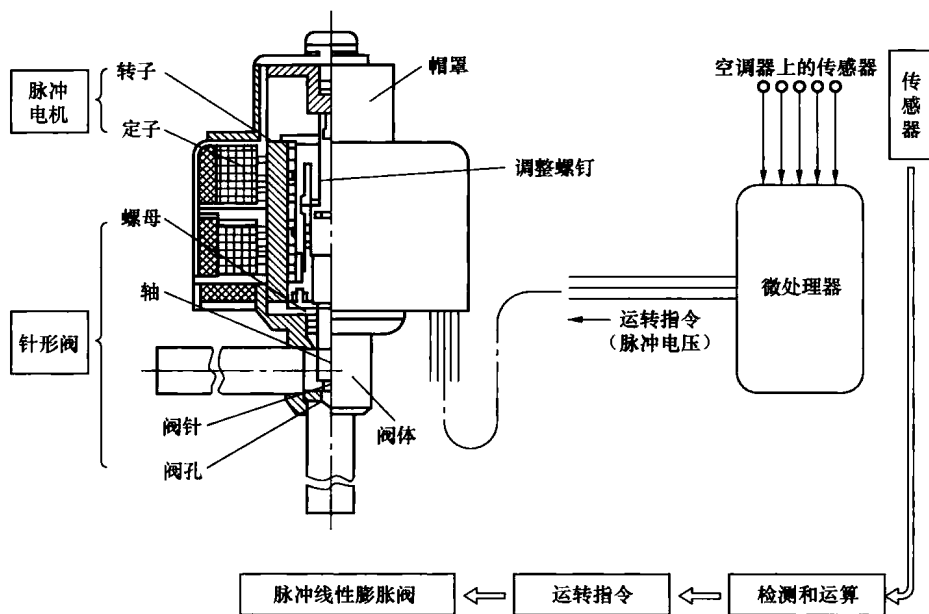


图 1-7 电子膨胀阀的自动控制电路



提示 电子膨胀阀进气口的过滤网脏或杂物过多引起堵塞时，可用酒精将它清洗干净后继续使用。

第2章 变频空调器的构成、控制模式及 I²C 总线控制技术

第1节 变频空调器控制系统的构成与单元电路功能

一、构成

变频空调器的控制系统好比一个人的大脑,一方面它可以自动检测室内温度的变化情况,与用户设置的温度值进行比较,控制着压缩机的运转速度和运行时间,实现制冷、制热控制;另一方面它接受用户利用遥控器发出的操作指令,改变空调器的工作状态。另外,控制系统的显示屏显示当前室内温度等信息,提醒用户空调器的工作状态。因此,控制系统必须以微处理器(CPU)为核心构成。空调器典型的控制系统由电源电路、微处理器、温度检测系统、应急按钮、风扇电机驱动、IPM 驱动、保护系统、负载系统、显示系统和遥控发射/接收系统等构成,如图 2-1 所示。

二、单元电路功能

1. 电源输入电路

电源输入电路通常由市电过压保护、过流保护和滤波电路 3 部分构成。市电过压保护电路的作用就是防止市电电压过高导致电源电路、压缩机等部件过压损坏。过流保护电路的作用就是防止压缩机等部件过流时,对市电产生大电流污染。而滤波电路不仅可以滤除市电网中的高频干扰脉冲,以免电网中的干扰脉冲影响空调器单片机的正常工作,同时还可以阻止压缩机、风扇电机等部件工作时产生的大电流干扰脉冲窜入电网中,影响其他用电设备的正常工作。

2. 电源电路

由于空调器内的单片机、操作显示电路采用 5V 直流电压供电,而驱动电路、导风电机(步进电机)、电磁继电器等负载采用 12V 直流电压供电,有的 IPM 驱动电路采用 15V 直流电压供电,因此需要通过电源电路将 220V 市电电压变换为 5V、12V、15V 等多种直流电压,来满足它们正常工作的需要。另外,部分空调器的电源电路还要为显示屏供电。

因为变频空调器的室内机和室外机分别具有电路板,所以它们分别设置了电源电路。

3. 电源检测电路

电源检测电路的主要作用有两个:一是为单片机提供电源电路输出电压是否正常的检测信号;二是为单片机提供市电电压的同步信号,确保单片机输出的触发信号在双向晶闸管接近过零处导通,以免双向晶闸管导通瞬间过流损坏。