



精品空调 格力创造

直流变频控制原理培训

河北新兴格力电器销售有限公司客服中心



# 讲座大纲

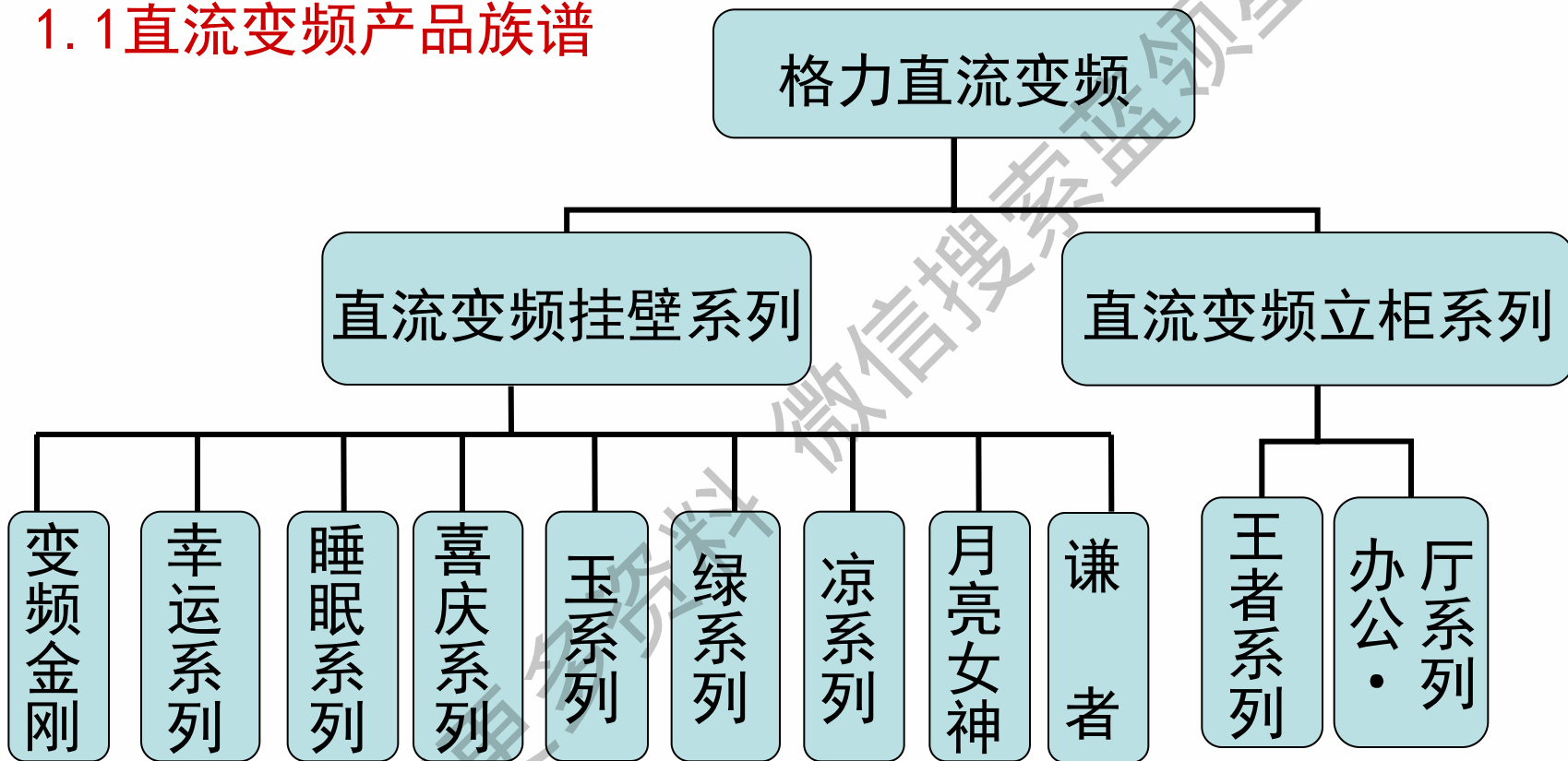
- 一、直流变频机产品分类
- 二、直流变频空调的特点
- 三、直流变频空调的原理

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

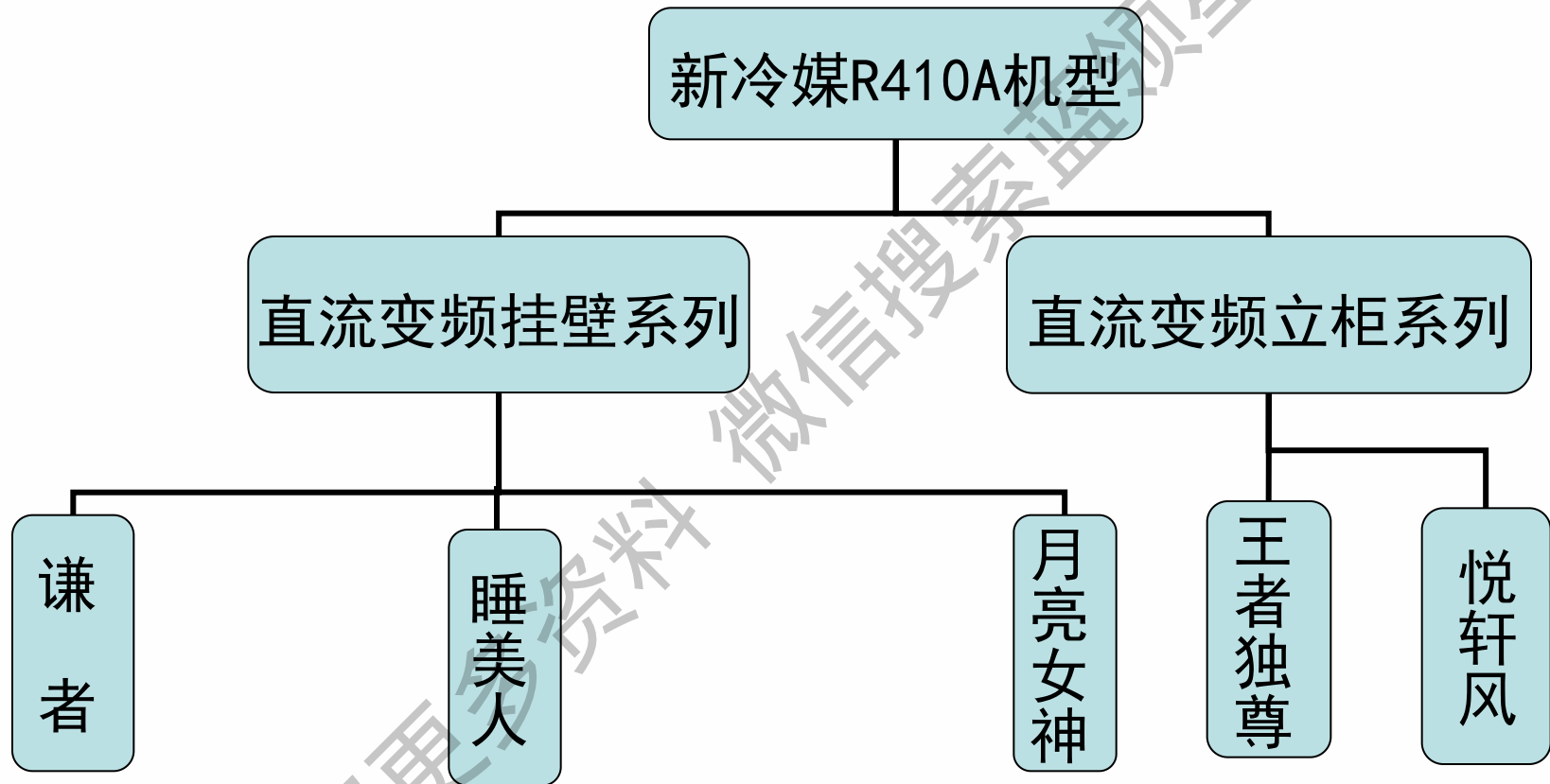


## 1. 产品介绍

### 1.1 直流变频产品族谱

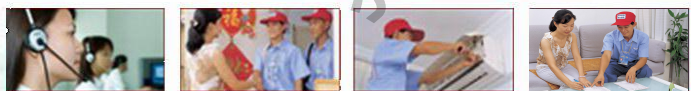


## 1.2 新冷媒R410A的机型



# 什么是直流变频空调

- 采用了直流变频压缩机的空调称为直流变频空调，如果风扇电机也采用直流变频电机，市面上有称呼为全直流变频空调。
- 直流变频其实际表征的意义是直流调速，普通空调使用定速压缩机，不管房间环境怎么样，其状态要么是全负荷运转，要么是停机状态，很不省电。直流变频空调可以根据房间温度的高低，让压缩机运转在适当的转速下。
- 在直流变频出现之前，有一个中间过渡产品，叫交流变频，它所用的压缩机电机为普通交流三相感应电动机。虽然也能调速，但电机效率不高。节能效果一般。
- 市面还有一些炒作概念，叫数字直流变频空调。



## 二. 变频空调特点

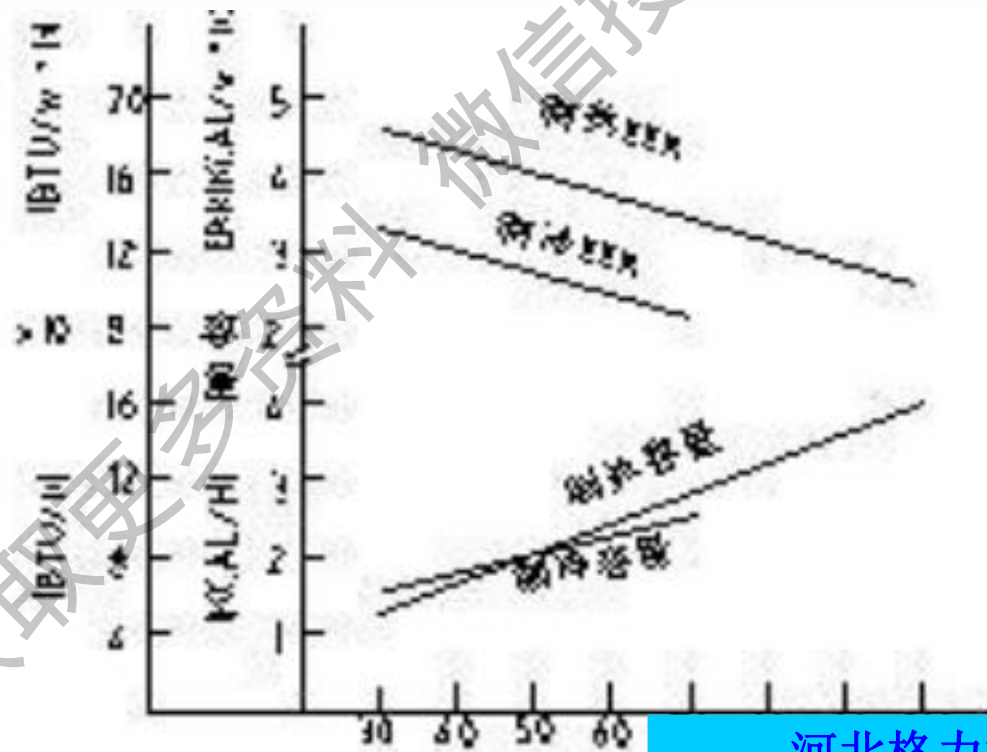
| 序号 | 项目     | 常规空调            | 变频空调               |
|----|--------|-----------------|--------------------|
| 1  | 适应负荷能力 | 不能自动适应负荷变化      | 自动适应负荷的变化          |
| 2  | 温控精度   | 开/停控制, 温度波动范围大  | 降频控制, 温度波动范围小      |
| 3  | 启动性能   | 启动电流大于额定电流      | 软启动, 启动电流很小        |
| 4  | 节能性    | 开/关控制, 不省电      | 自动以低频维持, 省电        |
| 5  | 低电压转性能 | 180V以下很难运转      | 低至150V也可正常运转       |
| 6  | 制冷制热速度 | 慢               | 快                  |
| 7  | 冷热比    | 小于120%          | 大于140%             |
| 8  | 低温制热效果 | 0° C以下效果差       | -10° C时效果仍好        |
| 9  | 化霜性能   | 差               | 准确而快速, 只需常规空调一半的时间 |
| 10 | 除湿性能   | 定时开/关控制, 除湿时有冷感 | 低频运转, 只除湿不降温, 健康除湿 |
| 11 | 满负荷运转  | 无此功能            | 自动以高频强劲运转          |
| 12 | 保护功能   | 简单              | 全面                 |
| 13 | 自动控制性能 | 简单              | 真正模糊化、神经网络化        |



# 直流变频式空调器特点与优点

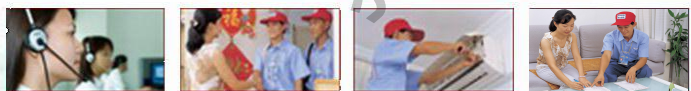
- 节能效果:

1. 变频式空调系统连续运转，空调能力与能效比（EER）的关系如下图:



# 直流变频式空调器特点与优点

2. 传统压缩机以开-关方式控制驱动马达运转，在每次启动压缩机马达过程中因需要较大的启动电流而耗用较多的电能。变频式空调器是依室温,设定温度,室外温度等控制参数做连续的转速调制，系统运作中不会因压缩机经常启动而造成额外的电能损失。





# 直流变频式空调器特点与优点

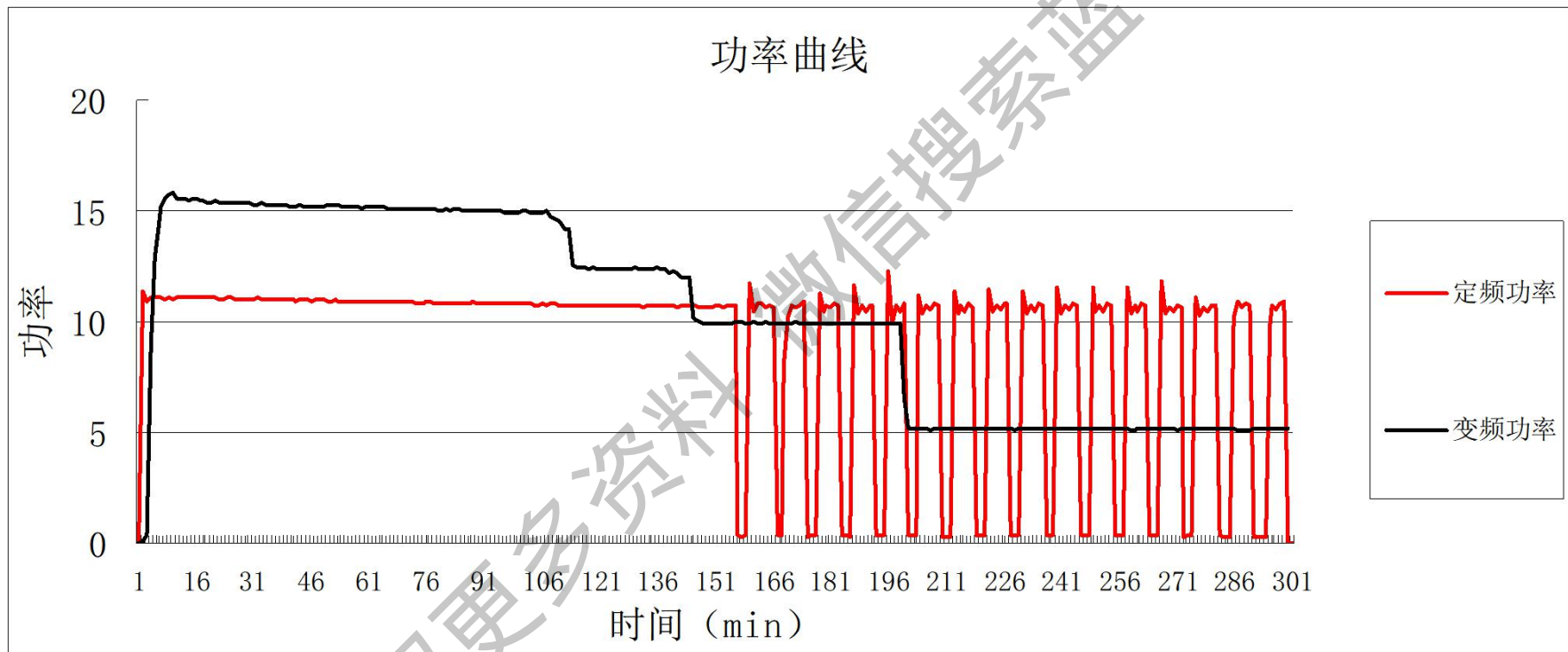
## • 舒适效果

变频式空调器的舒适效果来自于以下几个方面：

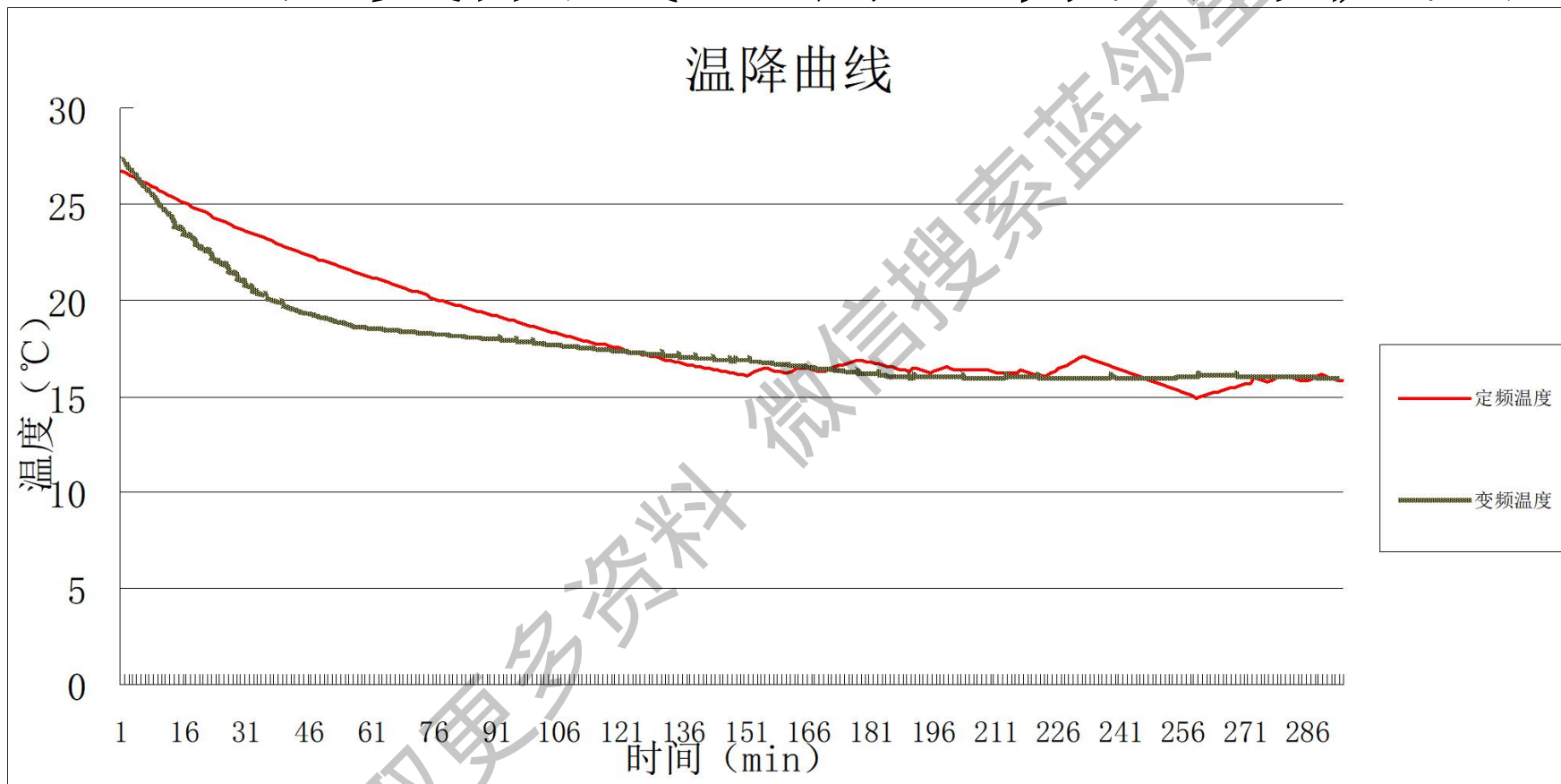
1. 启动后到达设定温度速度快：由于变频空调系统具有改变容量的特性，在系统初开机时室温与设定温度相差很大之际，可利用较高的压缩机转速即较大的容量方式运转使室温能更快速地到达设定温度，缩短降温时间；
2. 室温变化小且平稳：传统式空调系统容量固定，仅仅利用热敏控制系统对压缩机进行“开”和“关”的控制以达到控制温度于一定范围内的目的，变频空调系统的容量是跟踪温度调变，使室温可以在平顺的变化保持在设定温度上下较小的范围内。



# 直流变频式空调器特点与优点

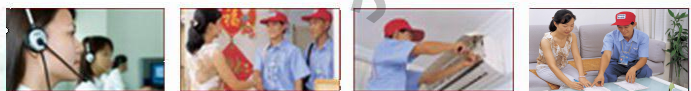


# 直流变频式空调器特点与优点



# 直流变频式空调器特点与优点

3. 噪声脉动小：变频空调系统没有经常的开-关，启动压缩机的动作，不会造成类似一般窗机的启停压缩机时所产生的振动和噪声。
4. 制热效果增强：一般的空调系统容量若以冷量为设计点，则热量均明显不足，变频系统可以在高速下运转，增加制热效率。
5. 除湿没有冷感：变频式空调系统可以控制在最低的运转速度和最小的送气率，可不改变室温但具除湿效果。



# 直流变频式空调器特点与优点

- 降低电源电力品质的干扰：
- 对电源频率和电压敏感度低：
- 系统寿命长可靠性高：
- 适合更大的气候区：



# 直流变频控制原理

- 一、变频空调的控制系统
  - 二、直流变频压缩机驱动的基本原理
  - 三、变频控制系统的实现
- 附录、直流变频电机与压缩机介绍



## 一、变频空调的控制系统

- 变频空调系统的控制组件
- 变频空调控制系统框图
- 风机驱动模块
- 电子膨胀阀控制模块
- 变频控制流程



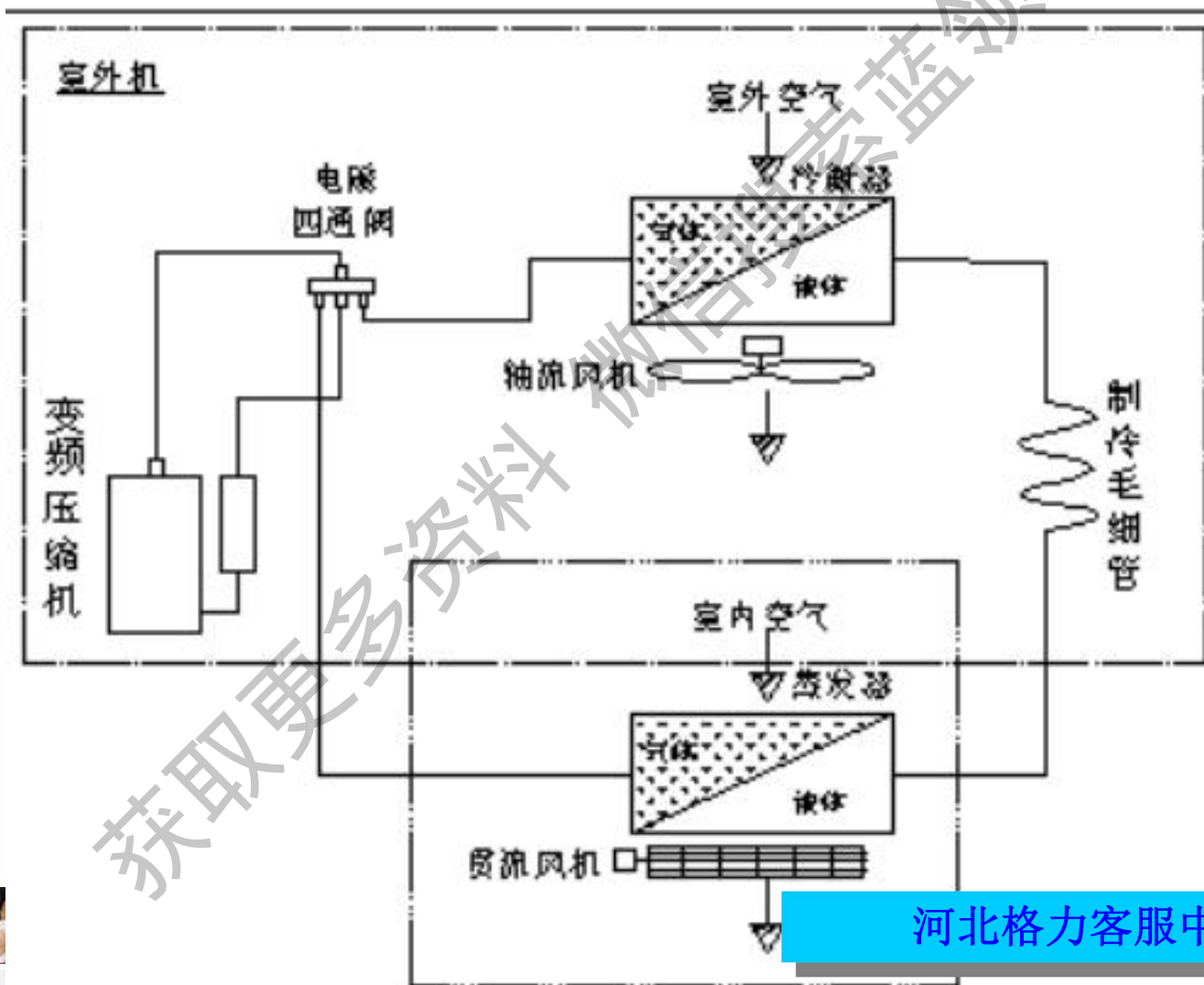
# 变频空调系统的控制组件

- 变频压缩机
- 冷凝器
- 节流机构（毛细管，电子膨胀阀）
- 蒸发器



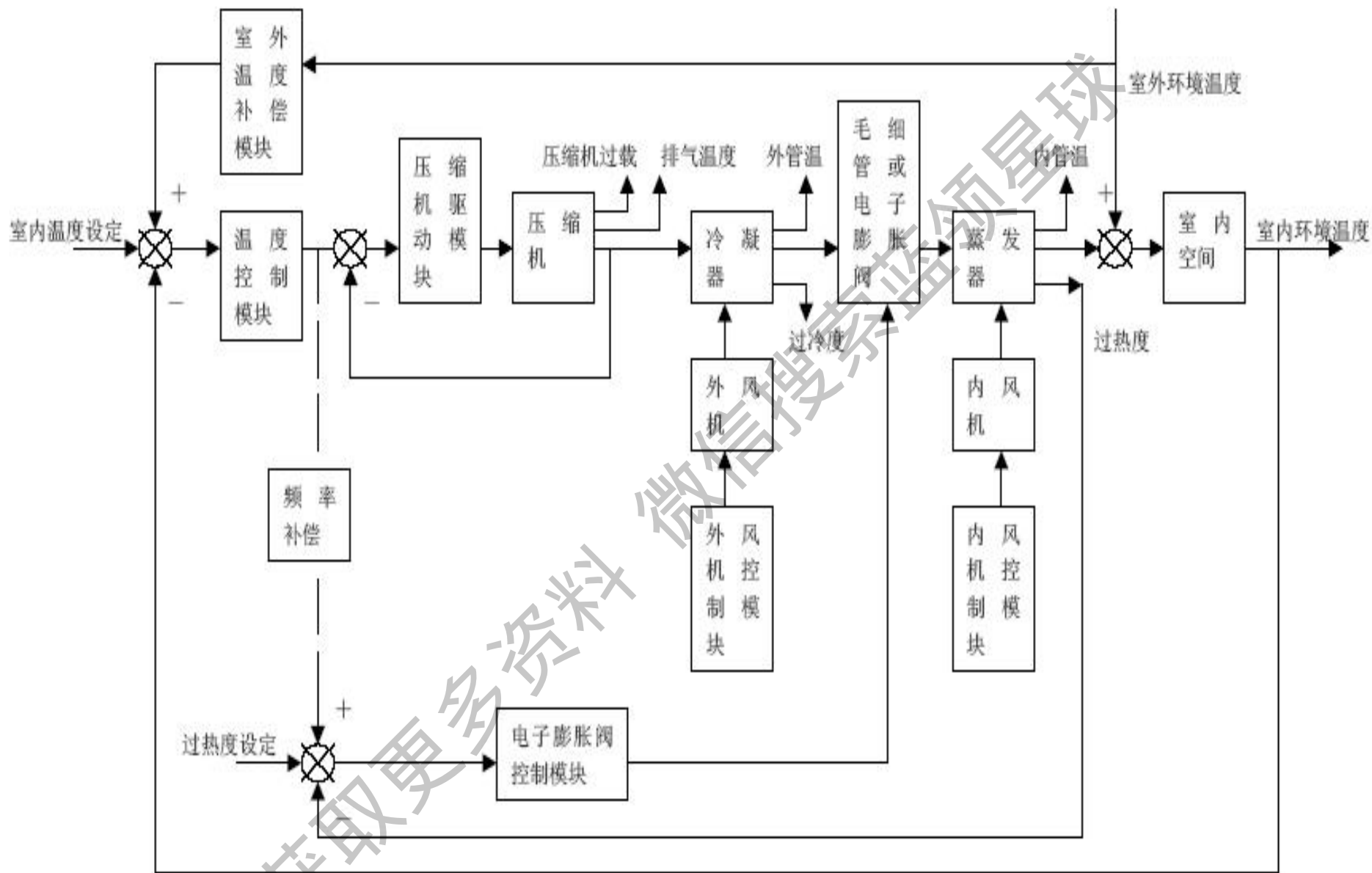


# 变频空调系统的控制组件



获取更多资料





河北格力客服中心

图1 复合控制式的空调控制系统(制冷)

# 压缩机驱动模块

## 1.控制目标:

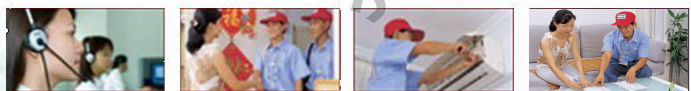
使压缩机的转速达到由温度控制模块输出的转速给定值。

## 2.控制过程中伴随的问题:

震动问题

噪音问题

过热问题



# 风机驱动模块

## 一. 风机类型

### 1. 交流风机

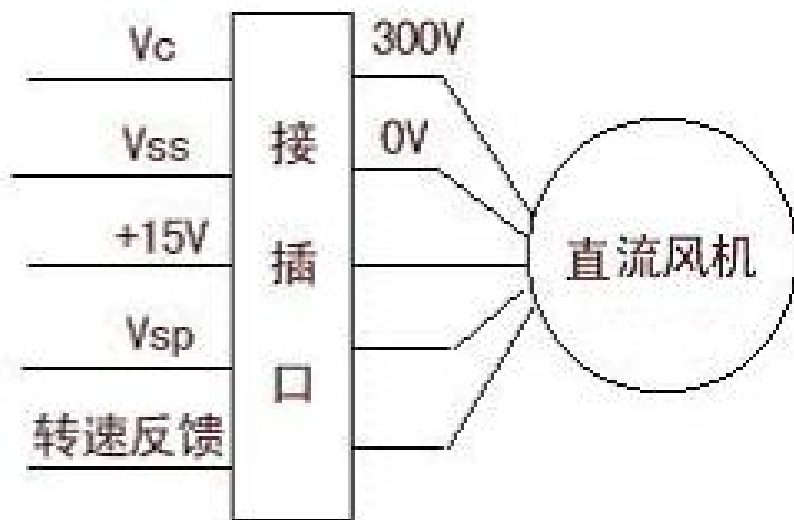
抽头式风机

PG电机

### 2. 直流风机

方波电机

正弦波电机



直流风机接线图



# 风机驱动模块

二.风机控制目标:

达到给定转速提高换热效率

三.控制过程中伴随的问题:

震动问题

噪音问题

过热问题

四.实现方式:

原理与压缩机驱动相同

驱动板位于风机壳体内

驱动板位于风机壳体外

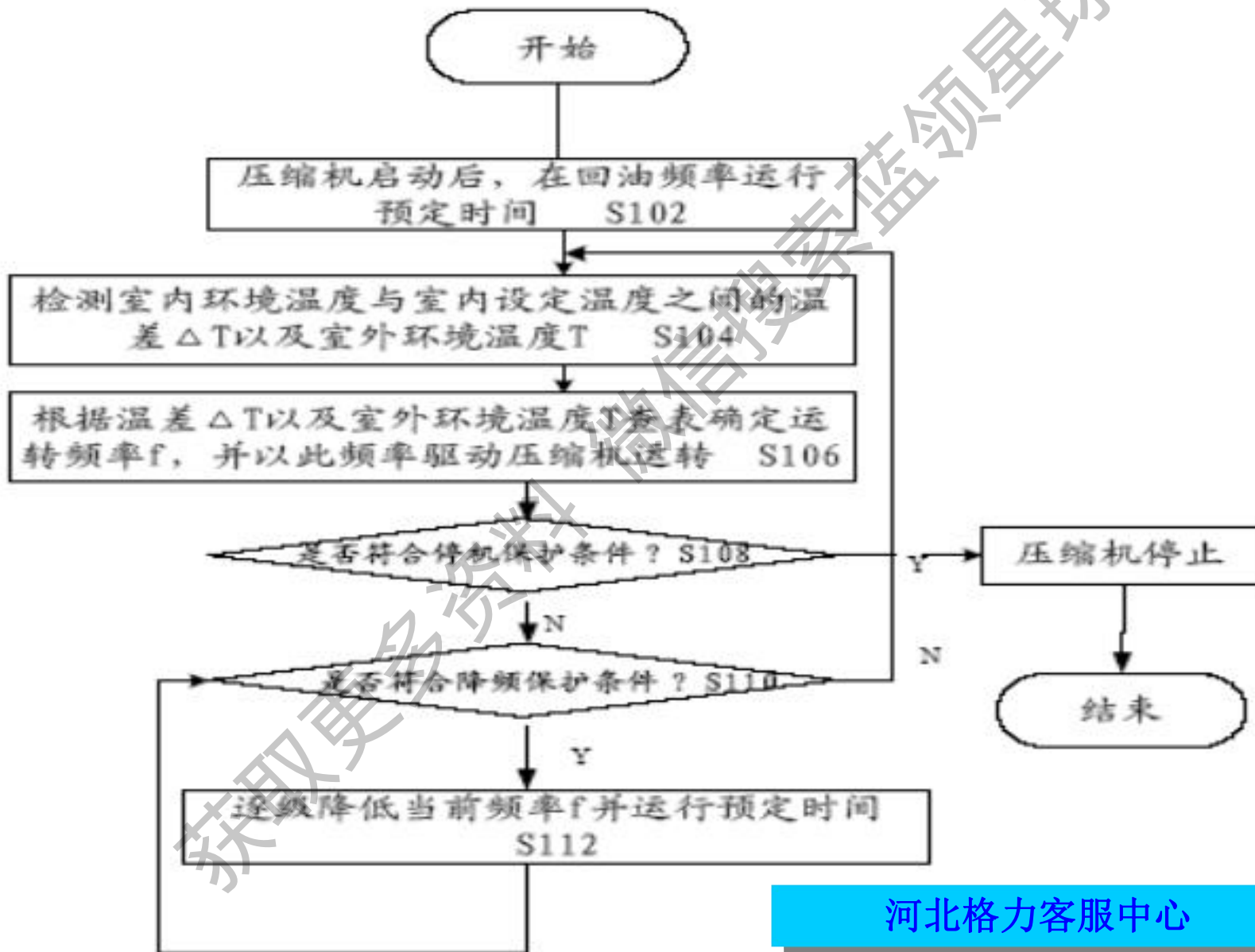


# 电子膨胀阀控制模块

控制冷媒流过阀体的截面积大小；  
执行机构为步进电机；  
开环控制；



# 变频控制流程



## 二、直流变频压缩机驱动的基本原理



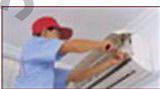


# 内容

- 主要的直流变频技术
- 方波（**120度**）控制原理
- 正弦波（**180度**）控制原理
- 方波控制与正弦波控制的对比



- 直流变频技术主要有两种：一种是方波直流变频技术，也就是 $120^\circ$ 变频技术，另一种是正弦波直流变频技术，也就是 $180^\circ$ 变频技术。两种直流变频技术适用于不同的压缩机电机，一般来说，反电势为方波的压缩机电机就适合用方波直流变频技术来驱动，而反电势为正弦波的压缩机电机就适合用正弦波直流变频技术来驱动。
- 总的来说，正弦波直流变频技术的控制精度更高，可以使压缩机电机的运转效率更高，因此采用正弦波技术的变频空调在同样的条件下可以得到更高的能效比。但是这种技术的运算量很大，对控制芯片的要求比较高。



直流变频空调其关键在于采用了无刷直流电机作为压缩机，无刷直流电机与普通的交流电机的最大区别在于其转子是由稀土材料的永久磁钢构成，定子采用集中绕组，简单地说来，就是把普通直流电机由永久磁铁组成的定子变成转子，把普通直流电机需要换向器和电刷提供电源的线圈绕组转子变成定子。

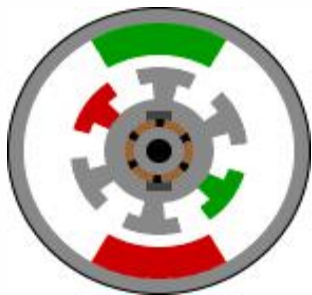


这样，就可以省掉普通直流电机所必须的电刷，而且其调速性能与普通的直流电动机相似，所以把这种电机称为无刷直流电机。无刷直流电机既克服了传统的直流电机的一些缺陷，如电磁干扰、噪声、电火花、可靠性差、寿命短，又具有交流电机所不具有的一些优点，如运行效率高、调速性能好、无涡流损失。所以，直流变频空调相对与交流变频空调而言，具有更大的节能优势。



# 直流无刷电机控制原理

## 直流电机

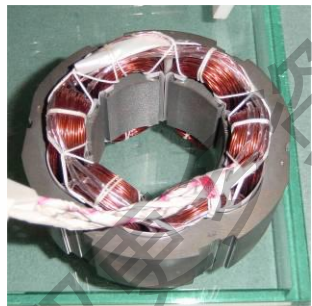


磁极固定，线圈旋转，线圈通过与之相连的电刷实现电流换向。

优点：控制器简单。

缺点：电刷机械换向易磨损老化；  
电磁噪音高。

## 直流无刷电机 (BLDC)



绕组（线圈）固定，磁极旋转，通过三相绕组的顺序换向产生旋转磁场，从而带动定子（磁极）旋转。

优点：采用电子换向，不存在电刷老化问题，用于变速度控制。

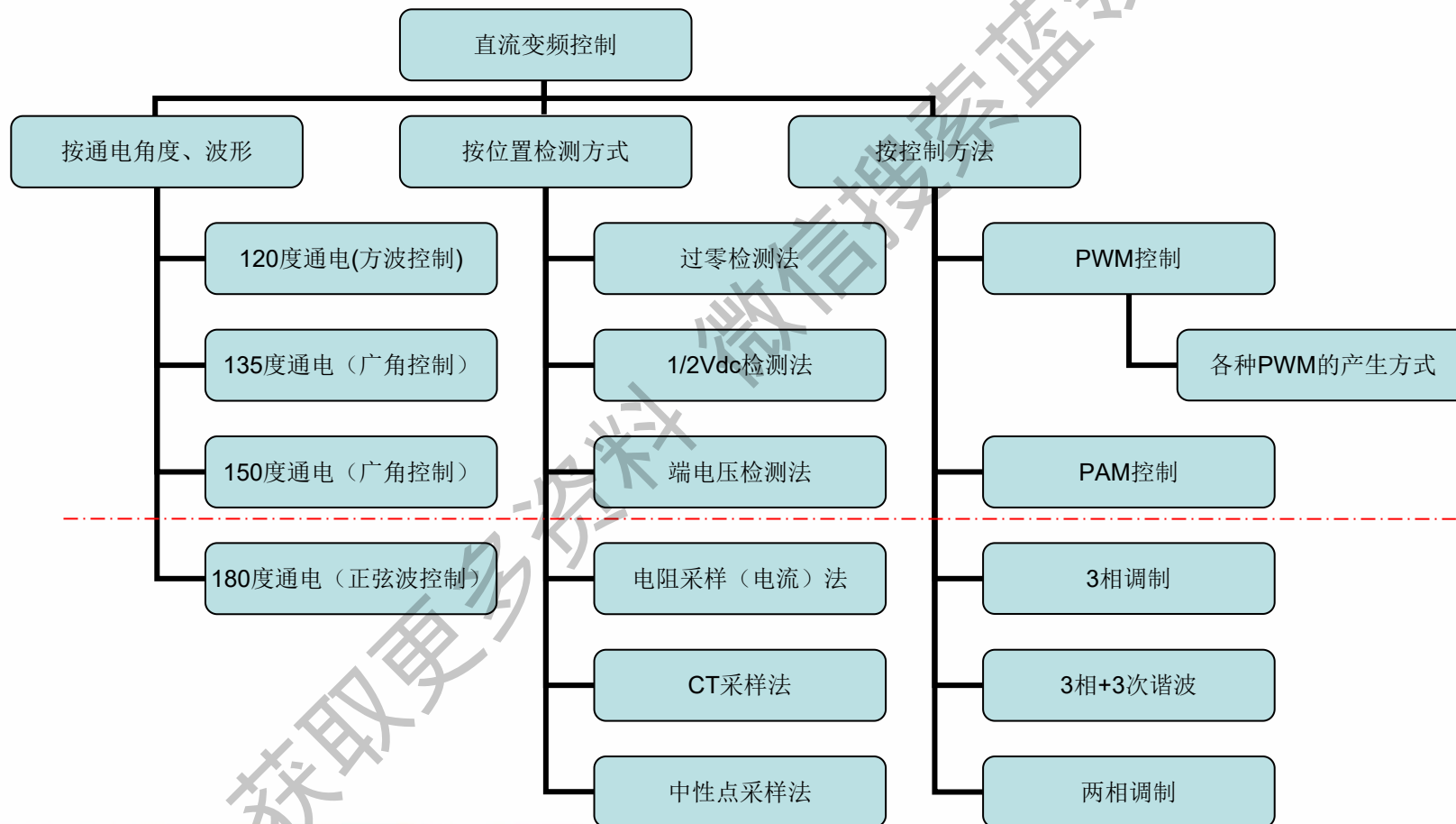
缺点：控制复杂



- 直流变频控制根据压缩机电机电流波形的不同可分方波控制（120度矩形波）、广角控制和正弦波控制（180度正弦波），其中正弦波直流变频控制技术是2002年才刚刚投入市场的最新变频技术，与方波变频技术相比具有效率高、控制电机运行平稳、噪音低的优点。



# 直流变频控制的分类



# 方波控制原理

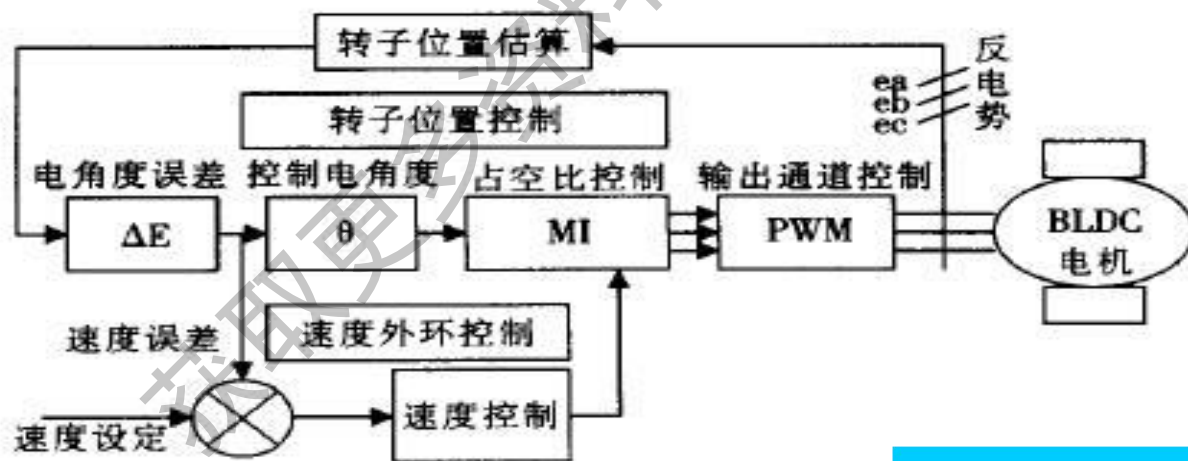
获取更多资料





# 方波变频控制的控制原理

- 检测电机不导通电流相的反电动势过零点，延迟30度导通该相，并以此为依据，对其他相进行换相控制。方波变频每次只有两相导通，每相导通120度，压缩机定子产生的磁势每60度变化一次，转矩



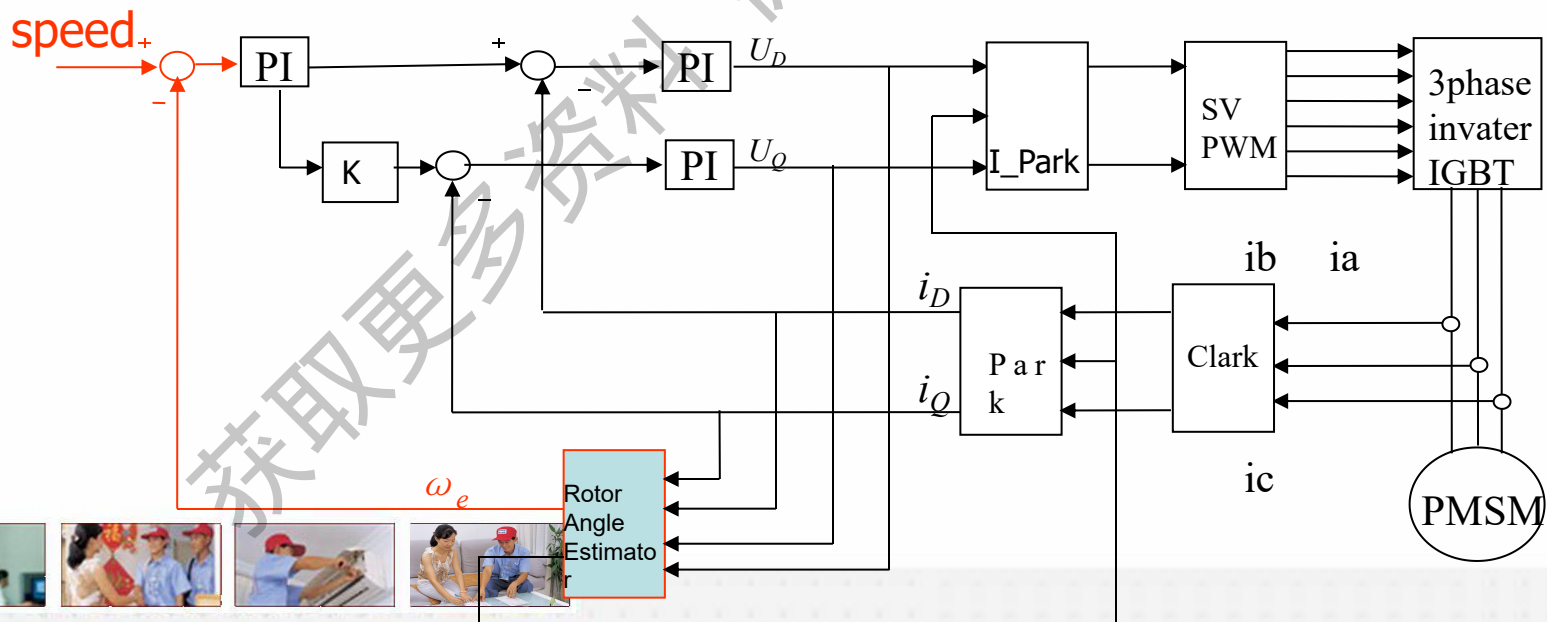
# 正弦波控制原理

获取更多资料



# 正弦波变频控制的控制原理

- 正弦波变频的变频模块采用SVPWM调制方法，三相导通，每相导通180度，压缩机定子产生的磁势是连续的正弦磁势，转矩波动小，但控制复杂。



## 不同控制方法的比较

|                 | 成本 | 振动噪音 | 高速性能       | 稳定性 |
|-----------------|----|------|------------|-----|
| 120度控制          | 最低 | 较高   | 较差         | 较好  |
| 广角控制            | 中等 | 中等   | 中等         | 中等  |
| 正弦波控制<br>(CT采样) | 最高 | 较低   | 较好<br>(弱磁) | 最好  |
| 正弦波<br>(电阻采样)   | 较高 | 较低   | 较好<br>(弱磁) | 较好  |



# 正弦波与方波控制的对比

|        | 梯形波（方波）驱动       | 正弦波驱动             |
|--------|-----------------|-------------------|
| 位置检测方法 | 非通电相反电动势检测，硬件实现 | 各种算法理论，主要靠软件实现    |
| 电流检测   | 一般不需要           | 需要                |
| 适合PFC  | Active Filter   | Partial switching |
| 电机损耗   | 高（11W）          | 低                 |
| 控制器损耗  | 低               | 高（6W）             |
| 成本     | 低               | 高                 |
| 噪音     | 较高              | 全频段噪音低（7DB）       |
| 应用注意   | 转矩控制和高频运行的噪音问题  | 弱磁控制              |

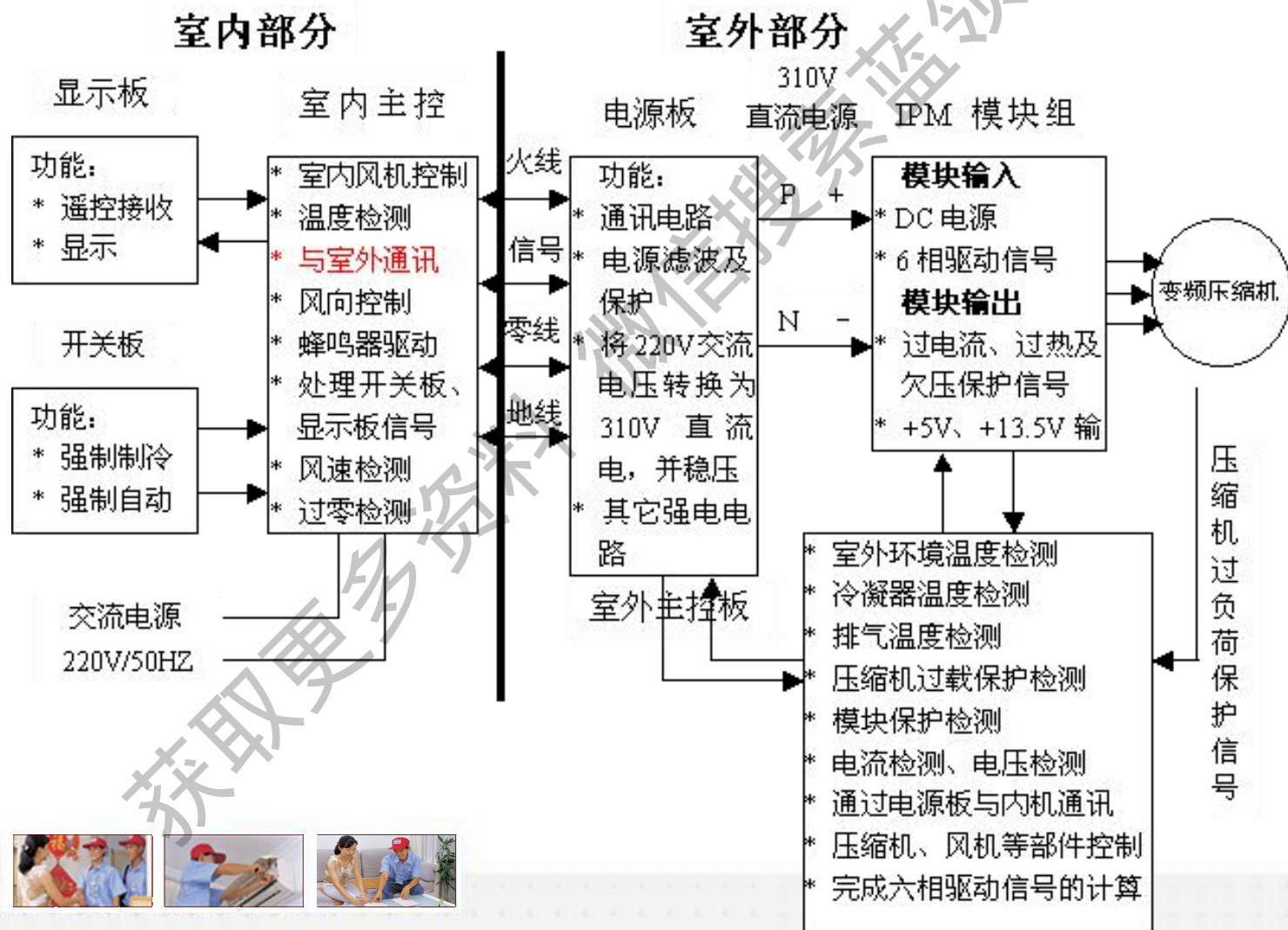


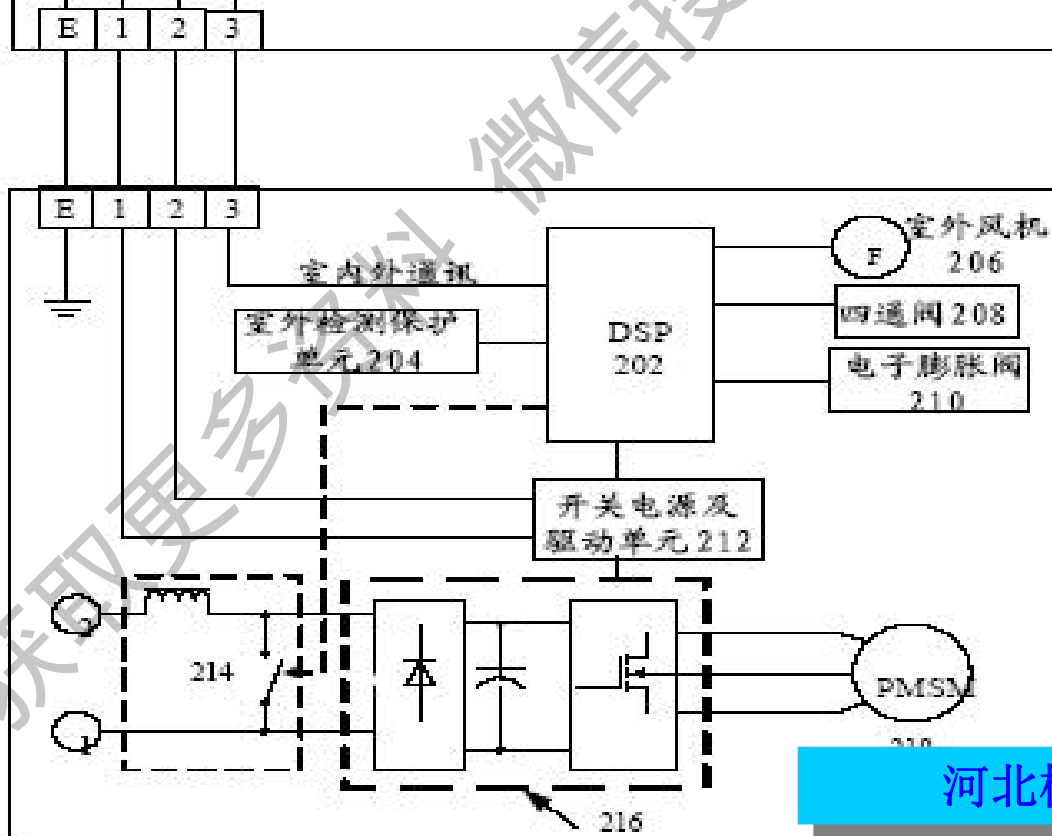
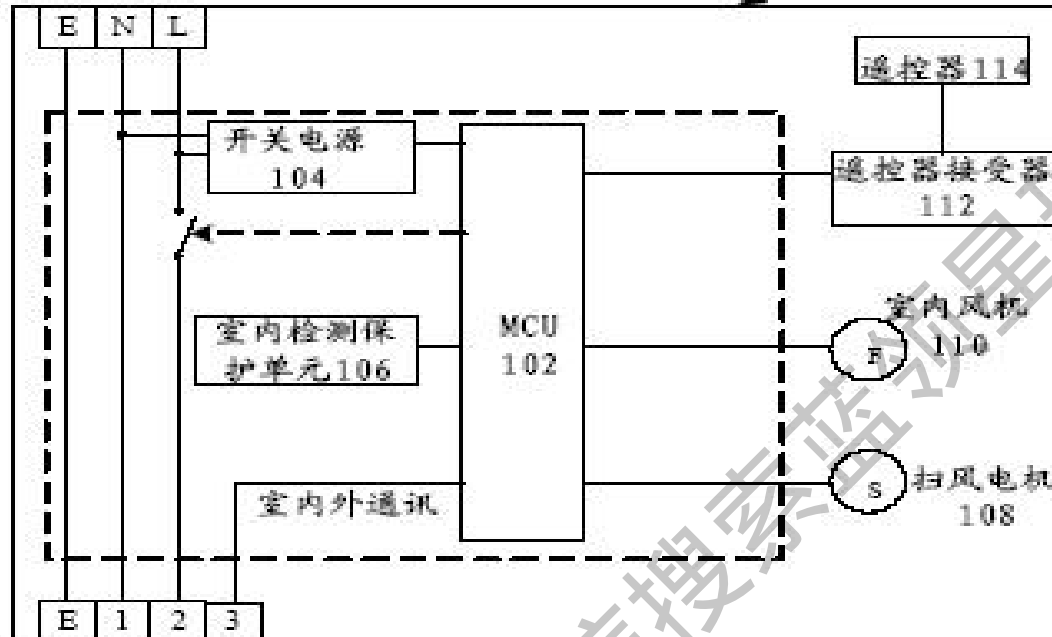
### 三、变频控制系统的实现

- 变频空调控制系统总体框图
- 整流与功率因数校正电路
- 通讯电路
- 风扇电机控制电路



# 变频空调控制总体框图







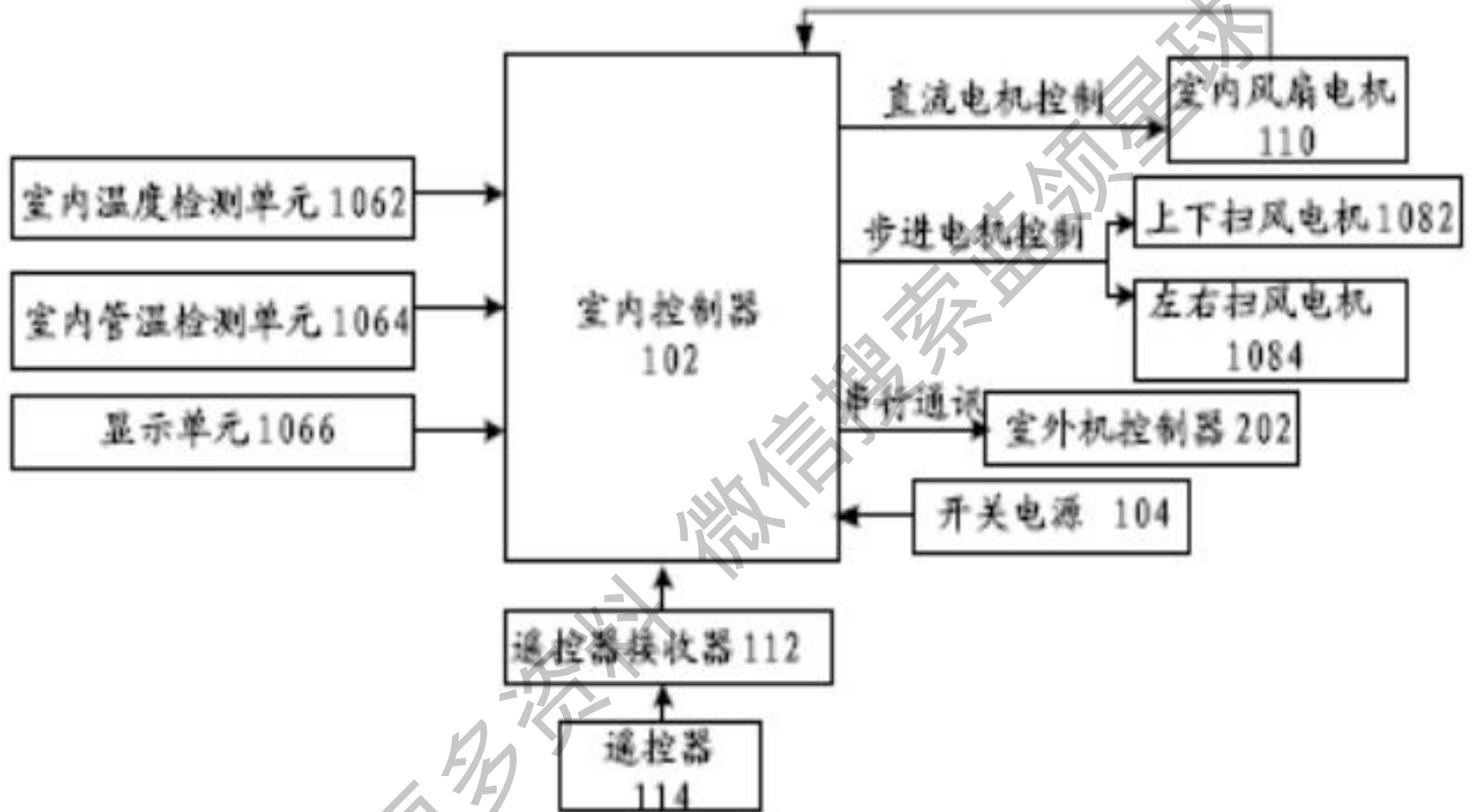


图 3 室内机控制框图

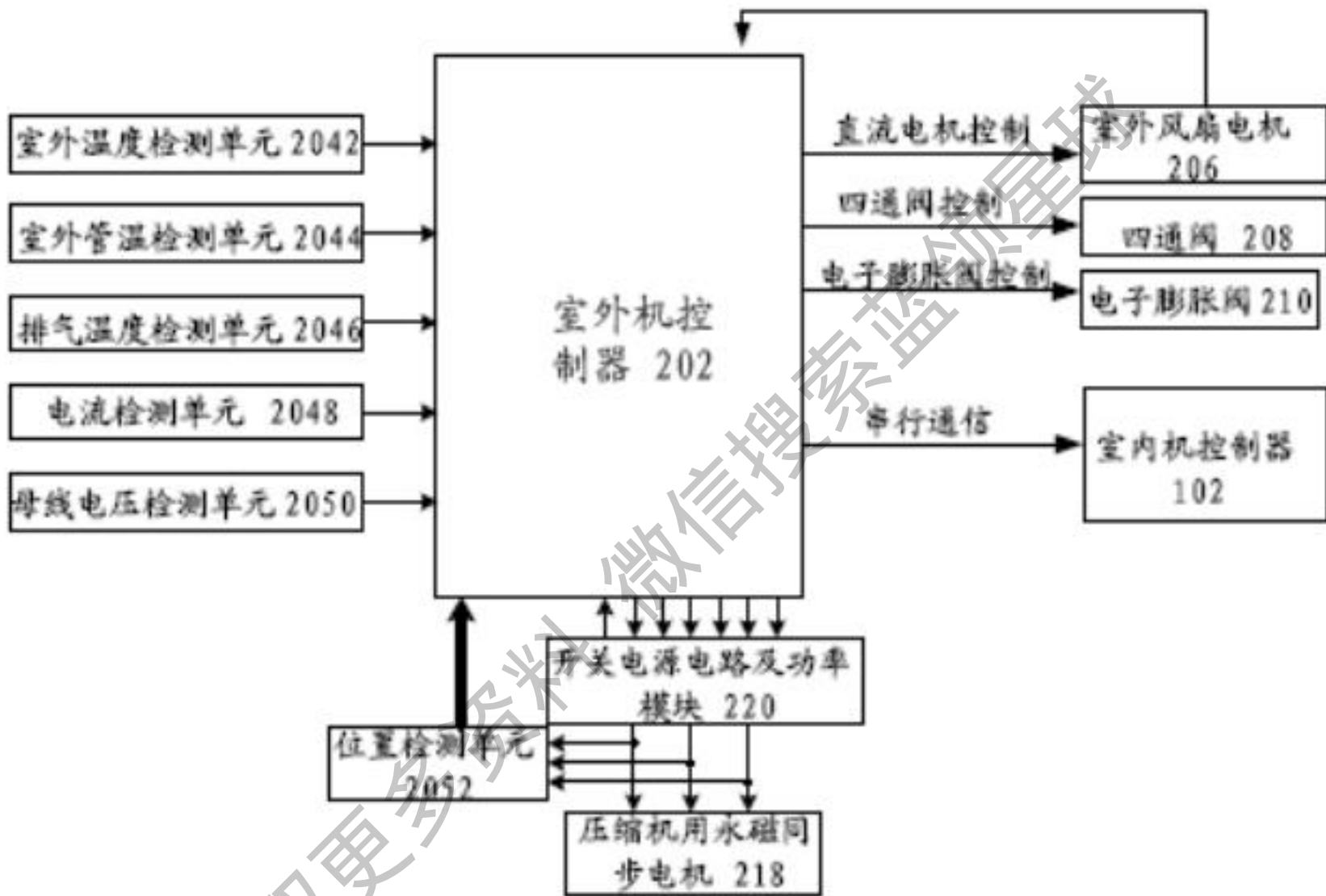


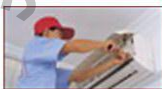
图 4 室外机控制

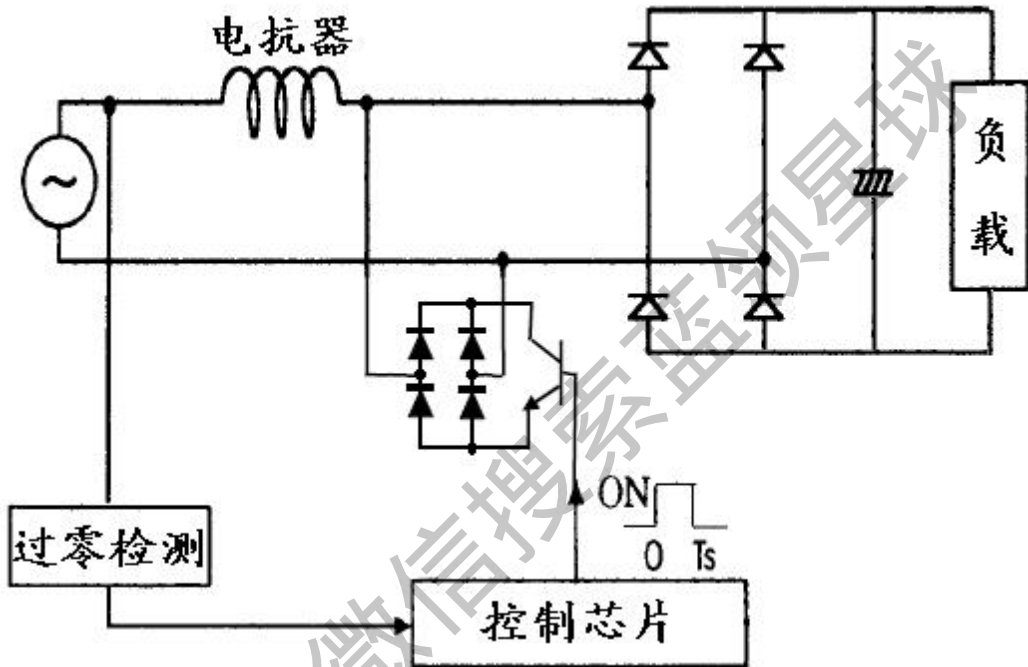
- 室内电路与普通空调基本相同，仅增加与外机通讯电路，通过信号线“S”，按一定的通讯规则与室外机实现通讯。
- 室外电路一般分为三部分：室外主控部分、室外电源电路部分、IPM变频模块组件。电源电路部分完成交流电的滤波、保护、整流、功率因数调整，为变频模块提供稳定的直流电源。主控部分执行温度、电流、电压、压机过载保护、模块保护的检测；压机、风机的控制；与室内机进行通讯；计算六相驱动信号，控制变频模块。变频模块组件输入310V直流电压，并接受主控部分的控制信号驱动，为压缩机提供运转电源。



## 部分开关式功率因数校正电路的原理

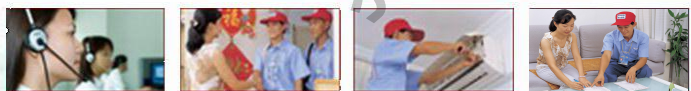
- 前面提到了：由于整流二极管的单向导电性，使得电流导通角过小的问题。显然，二极管只有在电网电压峰值附近才会导通，其导通角小于 $90^\circ$ ，一般仅为 $70^\circ$ 左右。
- 目前抑制输入电流产生畸变的主要方法就是采用PFC控制芯片的升压拓扑，使整流二极管的导通角趋于 $180^\circ$ ，产生与电网电压同相位的正弦电流，此时的PF值接近为1。
- 事实上，采用有源滤波式PFC升压变换器电路并非功率因数校正的唯一方法。下面所介绍的带非正弦电流的部分开关式功率因数校正电路，就是一种不同于传统有源PFC的解决方案。





控制思想：

- 对交流输入电压进行过零检测。
- 当检测到零点后，控制芯片延迟一定的时间输出脉冲信号，触发对开关器件的导通操作，使得电源给电抗器充电。
- 经过一段时间后，关断开关器件，电抗器续流，以此来增加电流的导通角，改善电源电流的波形，提高电源的功率因数。
- 根据需要，还可以增加一些过流,过载的检测电路



### 3、逆变电路

- 变频空调的重要特点是通过改变电源的频率来对压缩机进行调速，逆变电路的作用就是将滤波后的直流电转换成频率可变的三相交流电。
- IPM即Intelligent Power Module(智能功率模块)的缩写，它是通过优化设计将IGBT连同其驱动电路和多种保护电路封装在同一模块内，使系统设计者从繁琐的IGBT驱动和保护电路设计中解脱出来，同时提高了系统的可靠性。

智能功率模块IPM = IGBT + 驱动/检测/保护电路



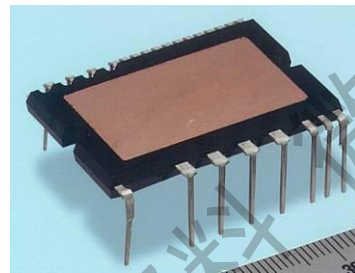
# 几种常见的IPM模块

mini DIP Ver.3



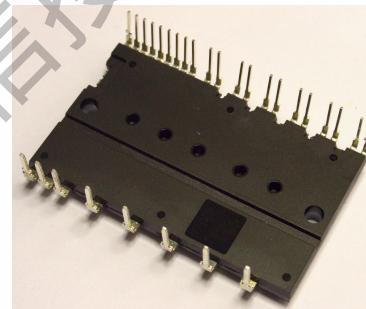
PS21564-P/SP等

super mini DIP Ver.4



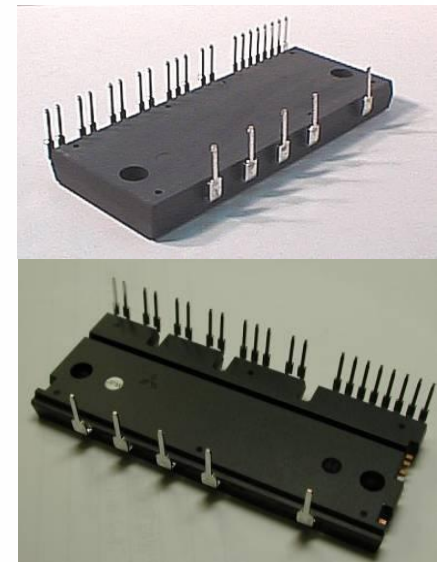
PS21963/4/5-AT/ST  
PS21997-AT/ST

mini DIP Ver.4



PS21765/7

Large-PKG DIP



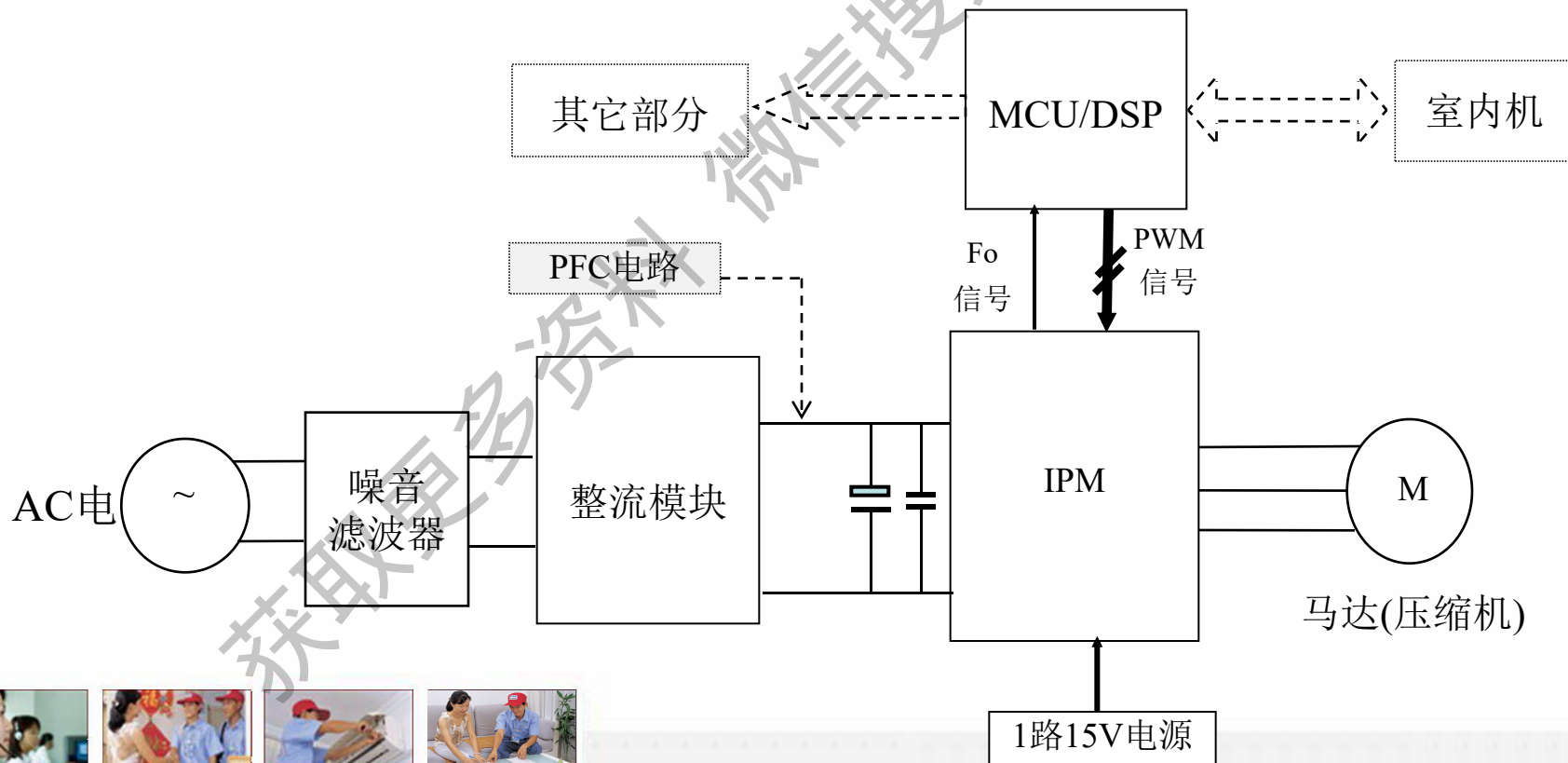
PS21265/7-P/AP  
PS21869-P/AP



# IPM在变频空调中的应用技术

一种观点：变频空调性能的好坏主要决定于软件与制冷系统的匹配(即系统与软件的好坏)，而变频空调的可靠性主要决定于控制器硬件的设计与生产。

- 如何设计出一种高可靠性的控制PCB板图并合理控制其生产工艺，对变频空调的可靠性来说至关重要，这也是硬件工程师必须完成的工作，此问题在采用单电源逆变模块时显得更加重要。



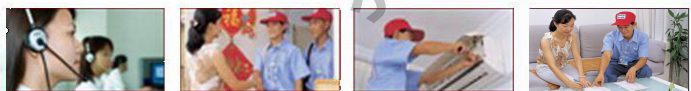


- 电路检测：断电情况下测试U、V、W三相与P、N之间有无短路现象；带电情况下测试U、V、W三相电压是否有某相无输出或三相不平衡的现象。



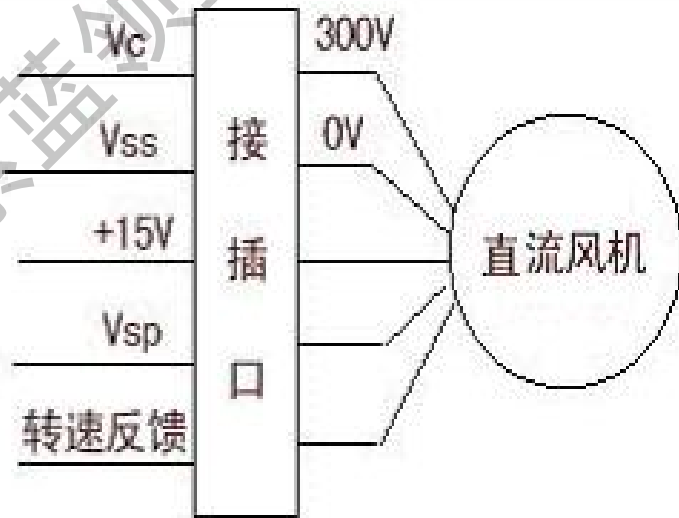
## 4、通讯电路

- 通讯电路负责室内外之间的数据传输，电路的工作方式为半双工的串行通讯方式。通讯以室内机为主机，正常情况下室内机发送完信号后等待接收，一定时间内没有收到正确信号则再次发送当前信息，若连续三分钟内没有收到任何正确的信号则出错报警。室外机为从机，当室外机未收到正确信号时，就一直等待，不发送信号。
- 硬件电路为交流电经过二极管半波整流，经电阻限流后，稳压二极管将输出电压稳定在24V，经电容滤波后，为通讯环路提供稳定的24V电压，整个通讯环路的电流约为3mA左右。
- 电路检测：首先检测通讯的24V直流电压是否存在，其次检测室内外的光耦是否工作正常。



# 5、直流风扇电机

- 直流风机工作原理与直流压缩机基本相同，只是PWM电压波形形成电路做在了电机内； $V_c$ 为高压直流供电部分提供的直流电源，供风机绕组工作使用，300V左右，由于用户电源电压有高有低，因而 $V_c$ 实际在200V-375V之间；+15V电压为风机内电路板的工作电源电压； $V_{sp}$ 为风机转速控制信号，室外主控芯片发出的外风机风速控制信号为+5V的脉冲数字信号，经过数字/模拟转换电路，转换成最大电压+15V的模拟信号，即 $V_{sp}$ ，控制电机内电路板以产生PWM电压波形；风速反馈信号为4脉冲或12脉冲/转，脉冲幅值+15V，因主控板芯片工作电压为+5V，因此需在电源板上将其转换成+5V的信号后，才能供给外主控芯片以检测外风机转数。



直流风机接线图



# 附录1、直流变频空调风扇电机 原理及维修



# 什么是风扇电机

- 风扇电机经常简称为风机，而空调系统人员的理解是包括电机和风叶两部分。它其实就是空调系统里的送风装置，强化两器的热交换能力。
- 风扇电机包括室内和室外送风电机，其功率范围从几瓦到几千瓦，属于中小型电动机。
- 可以按工作电源分类，如交流和直流；可以按结构及工作原理分类，如同步电动机和异步电动机，还可以按安装方式分为立式和卧式。



# 应用场合

- 目前我们公司产品类型及对应风扇电机代号如下表:

| 产品分类        | 机型代号 | 产品分类         | 机型代号 |
|-------------|------|--------------|------|
| 分体室内机       | FN   | 窗机           | CJ   |
| 分体室外机       | FW   | 干衣机          | GY   |
| 立柜式室外机      | LW   | 抽湿机          | CF   |
| 立柜式室内机      | LN   | 移动空调         | YD   |
| 罩极电机        | SN   | 商用空调室外机      | SW   |
| 室内风幕机(中央空调) | FM   | 室内风机盘管(中央空调) | PG   |
| 室内风管机(中央空调) | FG   |              |      |

另外家用分体室内机扫风电机使用MP系列减速永磁步进电动机，柜机室内机和窗机扫风电机使用单相永磁齿轮减速同步电动机（SM表示）

备注：我们公司在标识直流电机时，家用机在型号末尾加—ZL，例如FW30G—ZL；商用机在代号后加Z，例如FGZ750A。在标识PG电机时，型号后面加—PG



# 直流变频风扇电机

- 直流变频=直流调速
- 包括两个部分：电机本体和控制器
- 根据控制策略和电机本体的不同又可细分为两种：
  - i、无刷直流电动机（BLDCM）或称矩形波永磁同步电动机
  - ii、永磁同步电动机（PMSM）或称正弦波永磁同步电动机
- 控制明天有专门讲师讲解，电机本体这两种电机外观大致相似，定子为三相电枢绕组，一般为星形联结，转子为永磁转子，有的加上转子位置传感器。为了配合发挥控制策略，永磁转子在磁钢的安装方式和位置有区别，具体点讲BLDCM反电势波形是一个为梯形波，PMSM反电势波形是一个正弦波。



# 两种对比

- 无刷直流电动机（BLDCM）

(1) 电枢绕组利用不充分

(2) 希望转子永磁体磁极能在工作气隙内产生接近矩形波或梯形波的磁场

(3) 通常采用霍尔器件作为电动机的转子位置传感器

(4) 控制电路比较简单

(5) 力矩脉动比较大

(6) 控制精度比较低

(7) 价格比较便宜





## • 永磁同步电动机 (PMSM)

- (1) 电枢绕组利用好
- (2) 希望转子永磁体磁极能在工作气隙内产生接近正弦波形的磁场
- (3) 通常采用无位置传感器方式
- (4) 控制电路比较复杂
- (5) 力矩脉动小
- (6) 控制精度高、动态性能好
- (7) 价格比较贵



# 无刷直流电动机

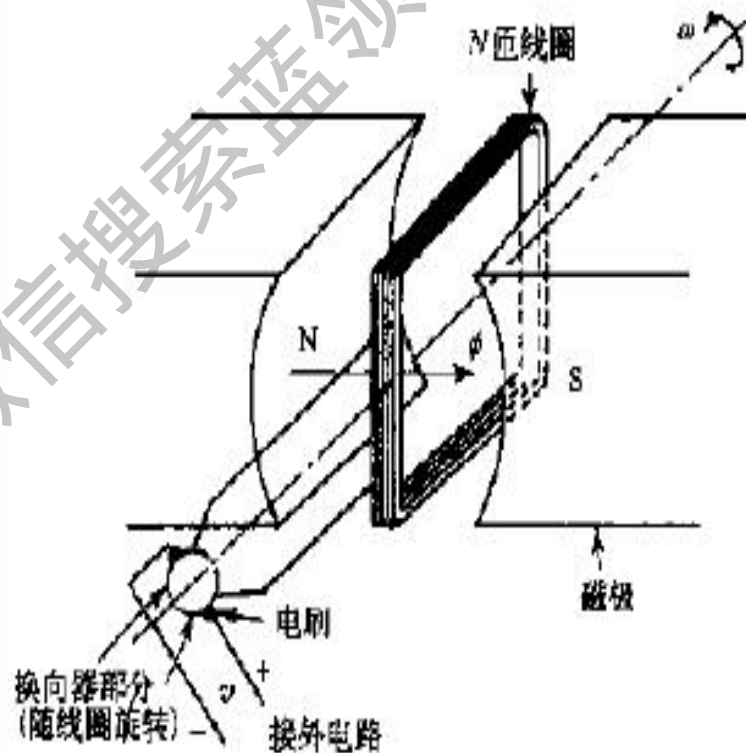
无刷直流电动机是在有刷直流永磁电动机的基础上发展起来的宏观

上看，无刷直流电动机与有刷直流永磁电动机基本上具有相同的运行机

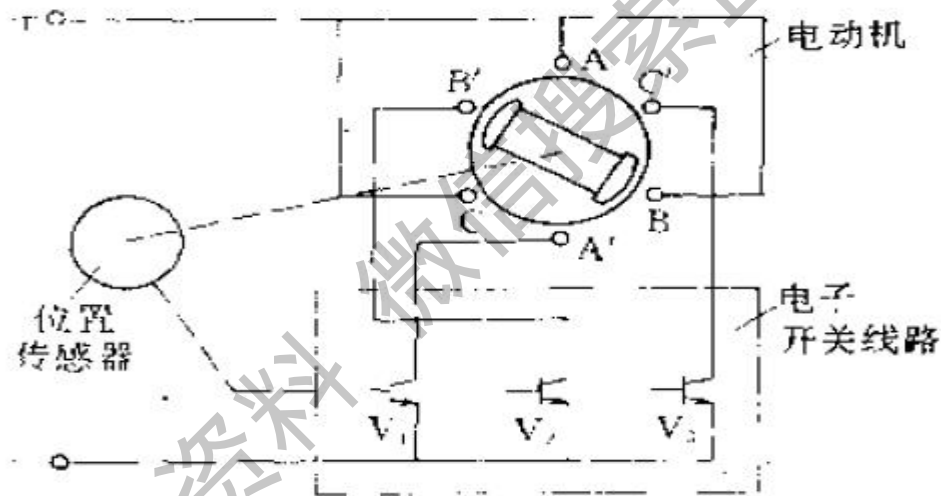
理：施加在电动机上的电压都是恒定不变的直流电压，输入电机电动机

的电流都是直流电流，作用在电枢线圈上的电压极性和通过电枢线圈的

电流方向都是交变的，电枢线圈内的感应电动势的波形基本上相似的。



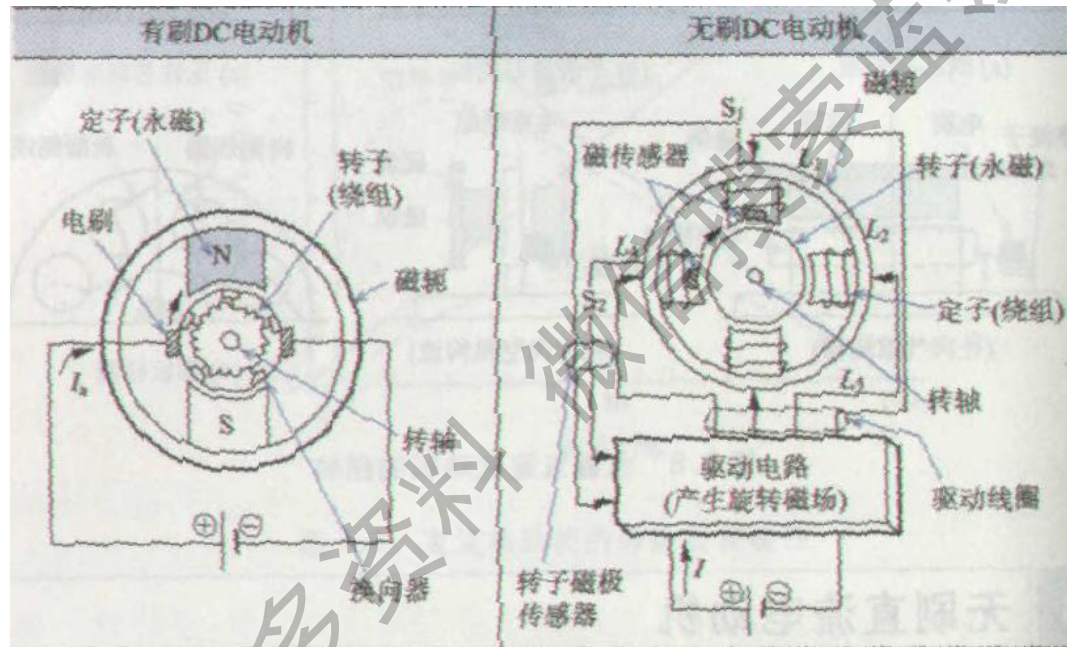
下图是一个简单的三相绕组两极直流无刷电机模型，同样运用左手电磁力定则可以判断电机转动原理。



不难看出，在换相过程中，定子各相绕组在工作气隙内所形成的旋转磁场是跳跃式的，这就是为什么电磁力矩脉动较大的原因。



# 有刷DC和无刷DC的直观对比图



获取更多资料



# 无刷直流电动机与有刷直流电动机一般性比较

| 项目           | 无刷直流电动机   | 有刷直流电动机                                  |
|--------------|---|--|
| 换向           | 借助转子位置传感器实现电子换向                                     | 由电刷和换向器进行机械换向                            |
| 维护           | 由于没有电刷和换向器，很少需要维护                                   | 需要周期性维护                                  |
| 寿命           | 比较长   | 比较短                                      |
| 机械特性         | 平（硬），在负载条件下能在所有速度上运行                                | 中等平（中等硬）。在较高速度上运行时，电刷摩擦增加，有用转矩减小         |
| 效率           | 由于没有电刷压降，所以效率高                                      | 中等                                       |
| 输出功率 / 外形尺寸比 | 由于电枢绕组设置在与机壳相连的定子上，容易散热。这种优异的热传导特性允许减小电动机的尺寸，所以尺寸比高 | 中等 / 低。电枢产生的热量消散在气隙内，这样增加了气隙温度，从而限制了尺寸比。 |
| 转子惯量         | 低，因为永磁体设置在转子上，改善了动态响应                               | 转子惯量高，限制了动态特性                            |
| 速度范围         | 比较高，没有电刷 / 换向器给予的机械限制                               | 比较低，存在电刷给予的机械限制                          |
| 电气噪声         | 低   | 电刷的电弧将对附近的设备产生电磁干扰                       |
| 制造价格         | 比较高   | 低  |
| 控制           | 复杂和价格贵  | 简单和价格不贵                                  |

控制要求

为了使电动机运转必须要有控制器，但同样控制器可用于变速控制

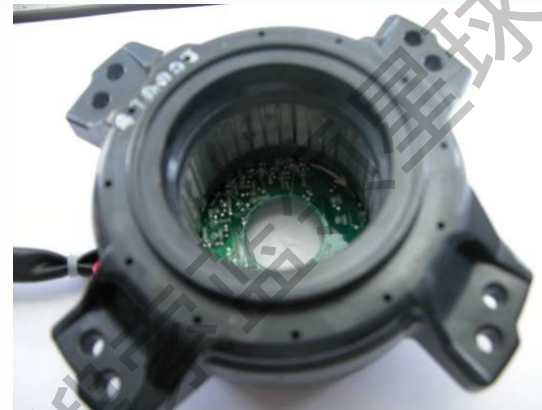
河北格力客服中心

不  
寸

后才需要控制器

我们直流变频空调风扇电机采用最多的是第一种，主要是电机运行环境不复杂，可以使控制器开发起来也容易。





Electric

转 子

定子及驱动电路板



河北格力客服中心

- 电机共有5根引线，线色代表及作用如下：

|   |   |          |            |
|---|---|----------|------------|
| 1 | 红 | $V_{DC}$ | DC200-370V |
| 2 | - | -        | -          |
| 3 | 黑 | GND      | -          |
| 4 | 白 | $V_{CC}$ | DC15V      |
| 5 | 黄 | $V_{sp}$ | DC0~6.5V   |
| 6 | 青 | FG       | 每转四脉冲      |

这5根引线插接到室、内外机主控板上，由主控板程序控制电机转速，由于采用了闭环控制，电机转速非常稳定。

★室内机FG信号为每转12脉冲





# 直流无刷电动机有哪些优点

- 调 8 0 % ~ 9 0 %，对提高空调能效等级有很大的帮助。

获取更多资料 微信搜索 蓝五星



# 永磁同步电动机

所谓同步电机就是它的旋转速度必定与输入电压的频率相互同步。旋转速度与输入电压频率的相互同步有两种方式：一种是电动机的旋转速度随着输入电压频率的变化而同步地变化；另一种是输入电压的频率随着电动机旋转速度的变化而同步地变化。前者就是传统的交流同步电动机它输入的电压频率取决于外部电网或独立变频器的频率。后者则需要根据转子位置信号去控制定子各相电枢绕组的导通顺序和导通速率，也就是我们通常说的自同步式永磁同步电机(PMSM)或正弦波永磁同步电动机。



# 维修原则

- 空调风扇电机故障不外乎内部原因和外部原因
- 内部原因指线圈断路、短路，内置驱动电路板损坏等
- 外部原因指主控板损坏，输出信号指令有误或电路保护
- 先外后内的原则



# 检修方法

- 测量法

直接使用万用表测量主控板与电机引线端插接处的电压值，注意使用直流档。

- 运转法

使用直流稳压电源，对电机**5**根引线按前面所列值直接施加直流电，注意不要接错线色。观察电机是否正常运转。开启按以下顺序进行：

- 1、VSP调到0V

- 2、VCC电源投入

- 3、VDC电源投入

- 4、调节VSP电压，使转速上升到希望值

关闭时应该按4、3、2、1步骤执行操作

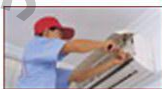


# 附录2、滚子式直流变频压缩机 介绍

获取更多资料 微信搜索 蓝星



1. 直流变频压缩机介绍
2. 压缩机整体结构介绍
3. 直流变频压缩机的设计特点
4. 直流变频压缩机的主要技术参数
5. 压缩机各组件及相应零部件
6. 旋转式压缩机用电机介绍
7. 直流变频电机的介绍
8. 过载保护器
9. 直流变频压缩机的常见问题



# 1.直流变频压缩机介绍

变频压缩机：通过采用变频调速技术进行能量调节，使制冷量和系统负荷协调变化，并使机组在各种负荷下都具有较高的能效比。这种调节方式具有节能、舒适、启动快速温控精度高及易于实现自动控制受到世人注目。

例如，对热泵型空调机，人们往往希望启动后尽快达到暖房，所以要求压缩机快速运转，当温度达到预定温度后，若仍高速运转，不仅功率消耗大，而且也增加了热损失，因而要降低压缩机转速，使与室内暖房负荷能协调运行。

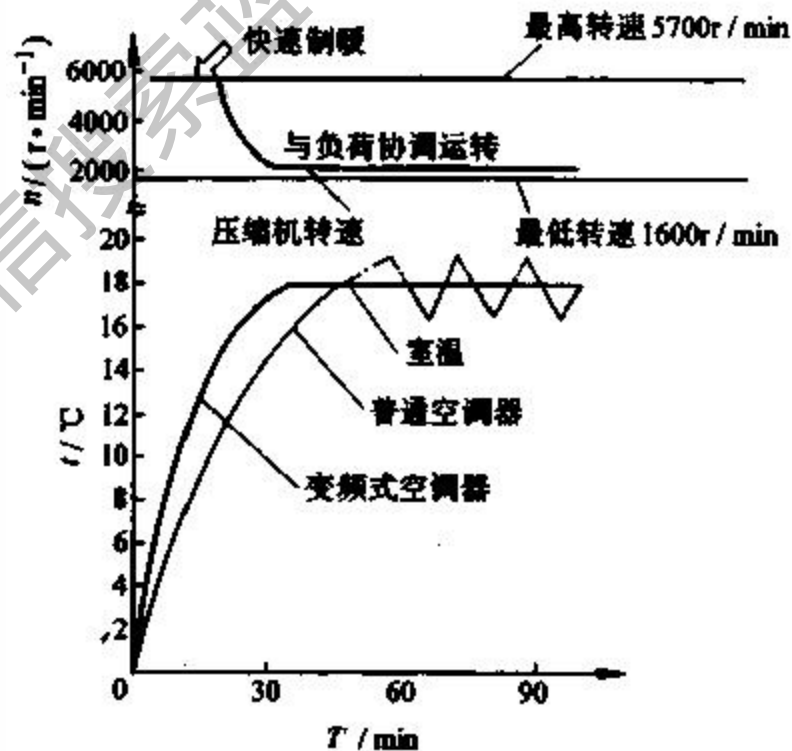
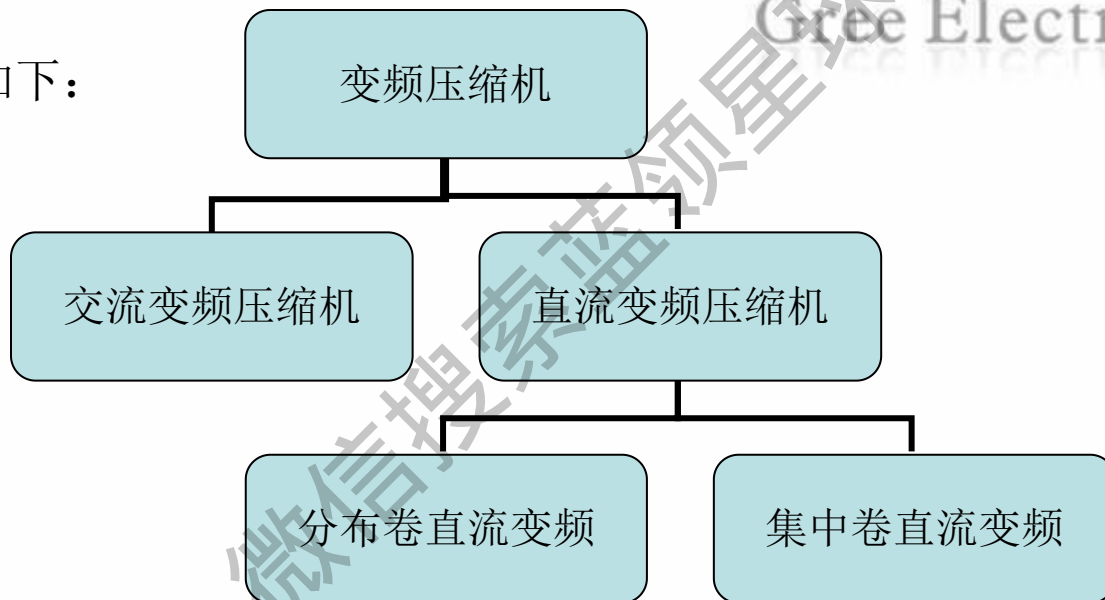


图 4-18 暖房运行特性



# 1.1 直流变频压缩机介绍

变频压缩机的主要类别如下：



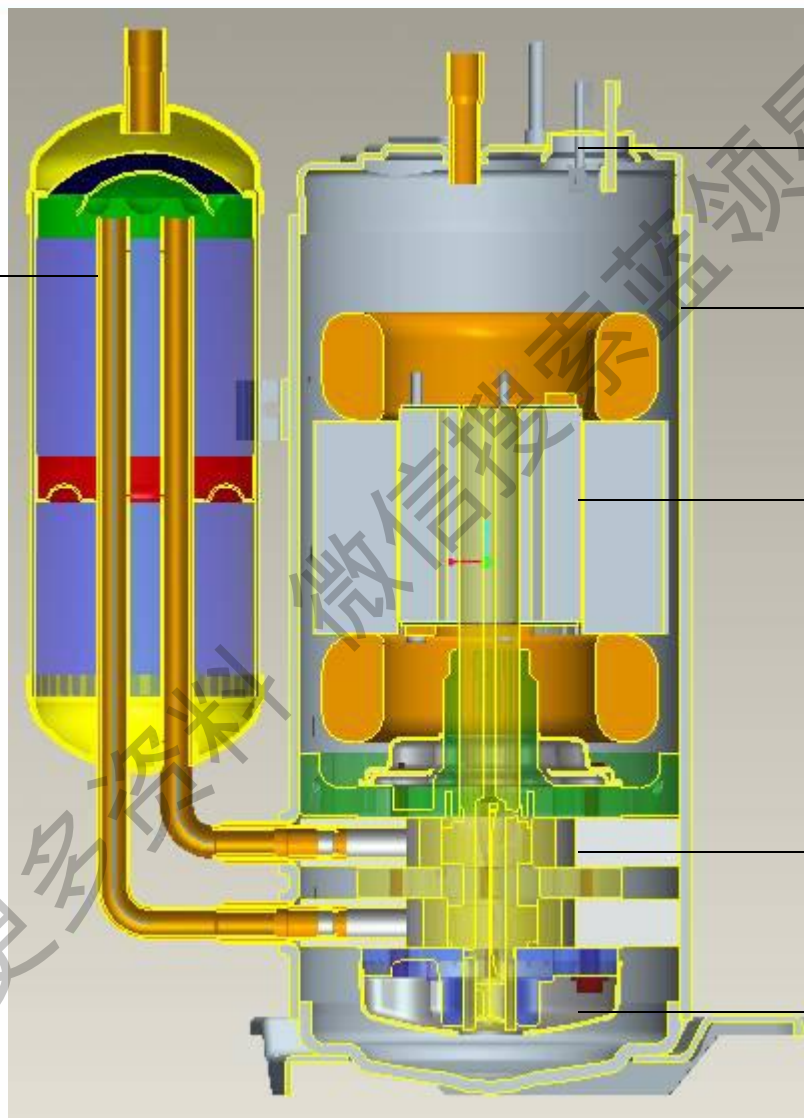
直流变频器是将50HZ~60HZ固定频率的交流电转变成直流电，对直流电动机进行调速，调速范围更广，电机效率更高，压缩机更轻便，将其用于空调时，可以安装到室外机，使噪音更小，更舒适。

目前交流变频压缩机已经逐渐淡出市场，市场上绝大多数产品为直流变频压缩机





## 2. 直流变频压缩机结构介绍



分液器组件

上盖组件

壳体组件

直流电机组件

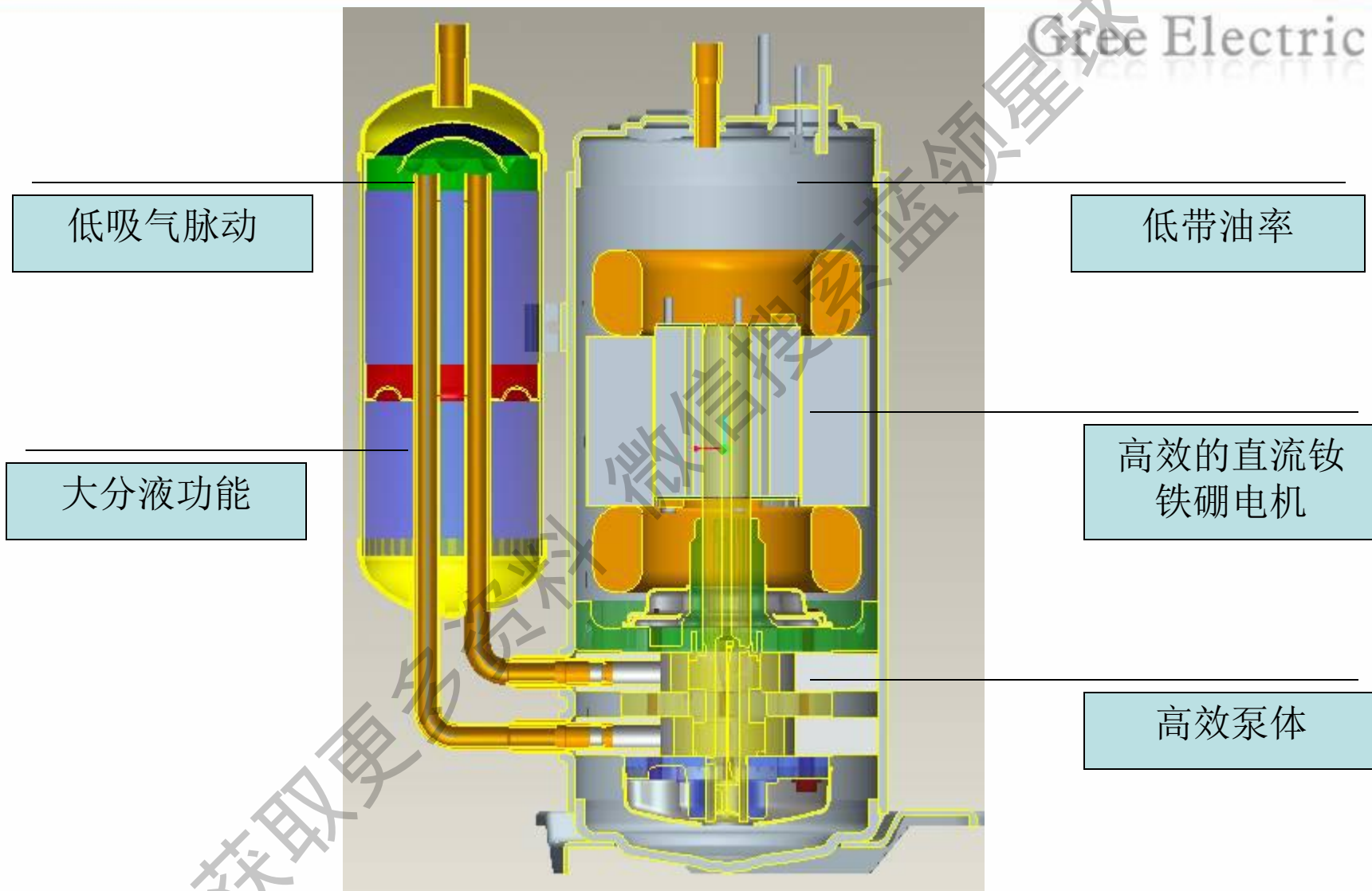
泵体组件

下盖及安装板

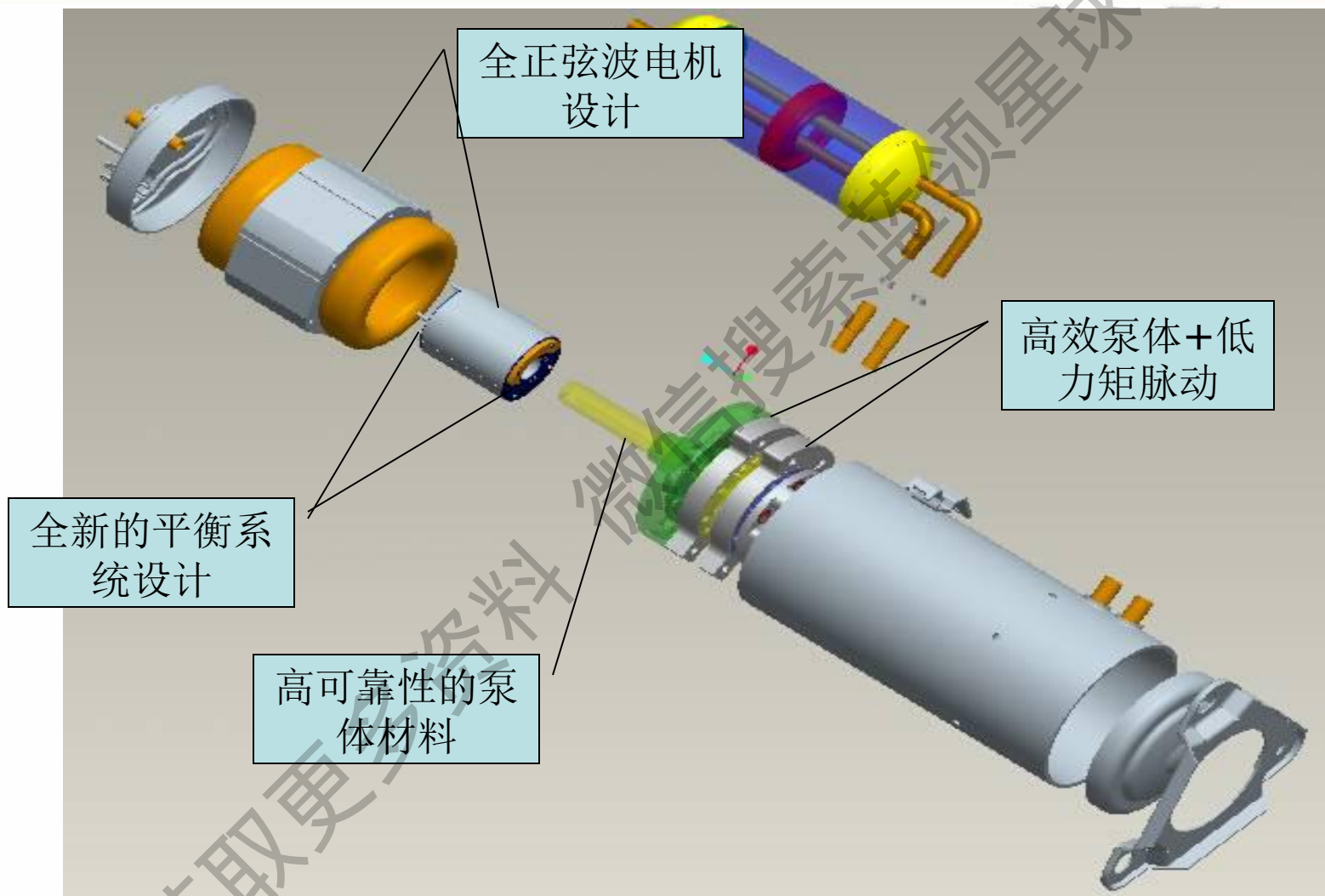
此为压缩机的六大组件



### 3. 直流变频压缩机主要设计特点



### 3.1 直流变频压缩机主要设计特点



## 3.2 直流变频压缩机主要设计特点-制冷量

### • 定频压缩机冷量设计

压缩机的冷量一般根据空调设计的冷量的进行确定。

普通能效的R22空调冷量为压缩机冷量的90%左右，高能效的空调冷量能达到压缩机冷量的95-98%。R410A压缩机冷量为空调冷量的95%~100%。

根据压缩机的冷量，要同时考虑满足压缩机泵体的外径和电机的外径，泵体主要考虑**排气容积**与冷量的关系，电机主要从功率角度能否满足。

最终确定下压缩机的排气量。

### • 变频压缩机的冷量设计

变频压缩机的排气量与定频的概念是一致的，但是因为频率的增加，相同的排气量，冷量范围有了变化。

从空调匹配来看，一般压缩机的额定频率点选取在50hz-75hz比较理想。从中间制冷、最大制热等综合方面进行全面的考虑。



## 4.直流变频压缩机的主要技术参数

| 参数    | 类别   | 解释                                  |
|-------|------|-------------------------------------|
| 能效比   | 直流变频 | 能效比有很大提升，在额定工况下，比定频高0.2左右           |
|       | 定频   | 较低                                  |
| 转数范围  | 直流变频 | 转速范围一般能保证在500rpm-7200rpm            |
|       | 定频   | 转速较为固定，随工况有50转以内的波动                 |
| 过负荷能力 | 直流变频 | 过负荷能力随频率而变化，高频和低频过负荷能力较低，受电压影响的波动小。 |
|       | 定频   | 在过负荷工况下，电压一般为标准电压的85%。              |
| 退磁电流  | 直流变频 | 受磁体的影响，退磁电流一般规定在20A左右               |
|       | 定频   | 无此项                                 |
| 静态磁链  | 直流变频 | 压缩机在不运转的时候，电机转子的磁链                  |
|       | 定频   | 无此项                                 |
| 加速/减速 | 直流变频 | 高频/低频运转的时候，加速度要比较低                  |
|       | 定频   | 直接开停                                |



## 4.1 直流变频压缩机的主要技术参数-能效比

### R410A制冷剂压缩机性能系数的限制

| 气缸工作容积        |      | <5.8 | 5.8~10 | 10~17 | 17~28 | 28~36 | 36~70 |
|---------------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 性能系数<br>(W/W) | 单相   | 2.75 | 2.75   | 2.85  | 2.85  | 2.85  | 2.85  |
|               | 三相   |      |        |       |       | 2.9   | 2.9   |
|               | 交流变频 | 2.85 | 2.85   | 2.85  | 2.9   | 2.9   | 2.9   |
|               | 直流变频 | 2.95 | 2.95   | 2.95  | 3.00  | 3.00  | 3.00  |

上表为国标中规定的压缩机性能限制（GBT15765-2006），从表中可以看出，R410A（环保冷媒）压缩机，随着直流变频电机的应用以及控制技术的提高，目前，压缩机的性能已经从传统定频能效比的2.75发展到了直流变频能效比的2.95。



## 4.2 直流变频压缩机的主要技术参数-转速

◆ **定频压缩机的转速**一般与电源类型有直接的关系，而根据定频电机的特点，产生转子电流的必要条件是转子绕组切割定子磁场的磁力线。因此，转子的转速 $n$ 必须低于定子磁场的转速 $n_0$ ，两者之差称为转差：

$$\Delta n = n_0 - n$$

所以，在我们国家的220V60hz的电源下，定频压缩机的实际转速一般为2800rpm~2880rpm之间。

◆ **变频压缩机的转速**主要与控制装置的控制原理有关，可以根据我们实际的运行工况，调低和调高压缩机的转速。跟各地区的电源没有关系，而且本身的有稳压装置，受电压波动影响小。

目前，变频压缩机的转速范围在900rpm~7200rpm之间进行调整。



## 4.5 直流变频压缩机的主要技术参数-其它

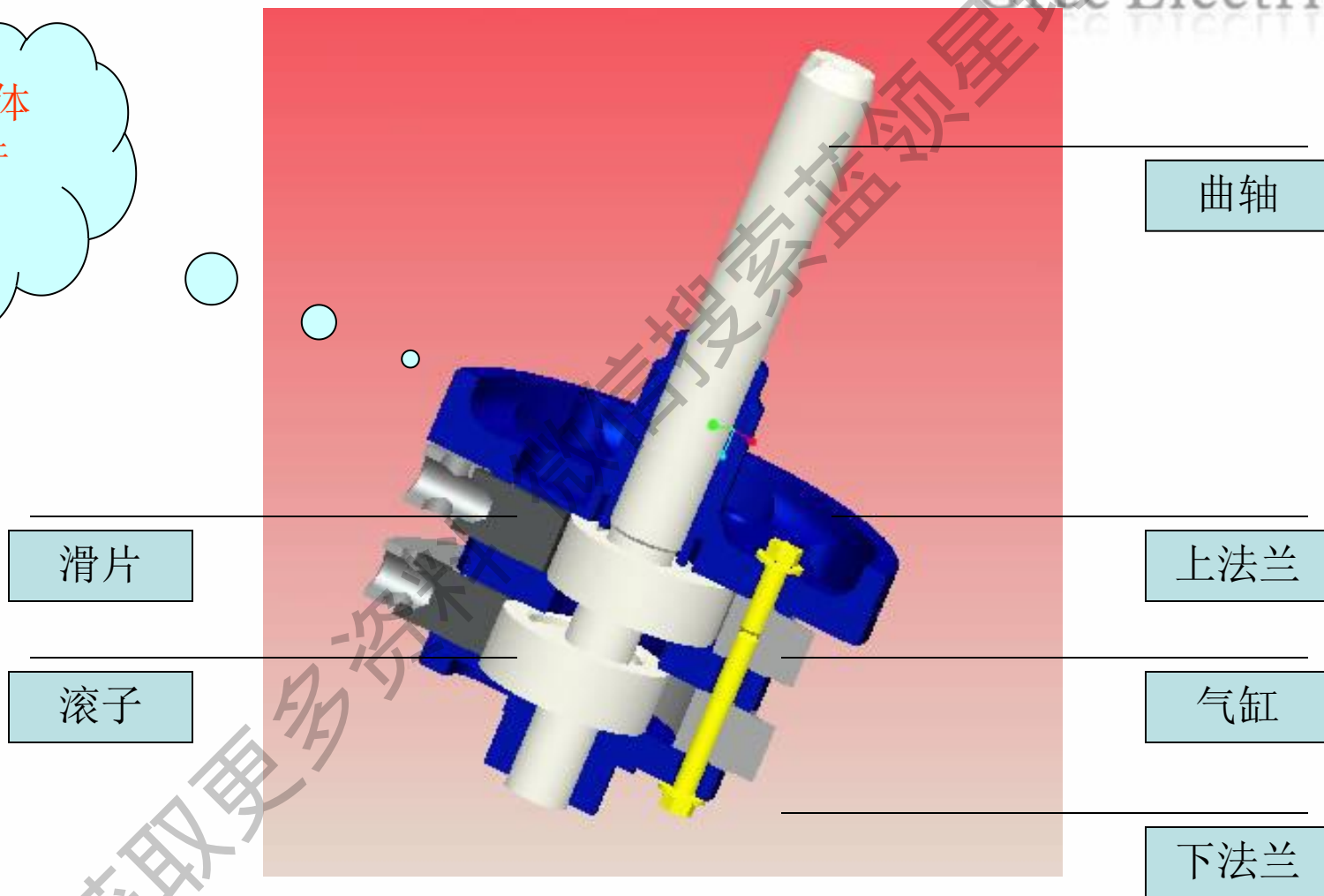
| 参数   | 类别   | 解释   |
|------|------|--|
| 转矩补偿 | 直流变频 | 通过加大电流来补偿压缩机的力矩,主要针对振动,由于压缩机运转一周负载转矩变化较大,会造成电机转速波动、电流变化,振动较大;转矩补偿是按压缩机转化曲线,在负载较大位置,通过提高绕组电流,增大电机转矩的方式,实现“负载大时,电机转矩大;负载小时,电机转矩小”,进而减小压缩机振动。 |
|      | 定频   | 无  |
| 低频泵油 | 直流变频 | 通过定时间升频来补充压缩机泵油,长期低频运行会造成压缩机供油不足,会产生泵体磨损严重,针对这种情况,控制中会采用定时间升频运行一段时间。   |
|      | 定频   | 无  |
| 弱磁控制 | 直流变频 | 通过反向电压,由于高频运行时,电机反电势过大,会造成控制器外加电压不够,无法高频运行的情况,此时,通过控制器,产生直轴去磁电流,抵消掉一部分永磁体产生磁场,减小电机产生反电势大小,进而实现高频运行。  |
|      | 定频   | 无  |





# 5.1 压缩机各组件及相应部件-泵体组件

此为泵体  
六大件



## 5.2 压缩机各组件及相应部件-泵体动画



压缩机的运动件包括

滚子

曲轴

滑片

转子

主平衡块

副平衡块



## 5.3 压缩机各组件及相应部件-气缸

泵体设计中最关键的部件，涉及尺寸较多，精度控制

### • 气缸形状

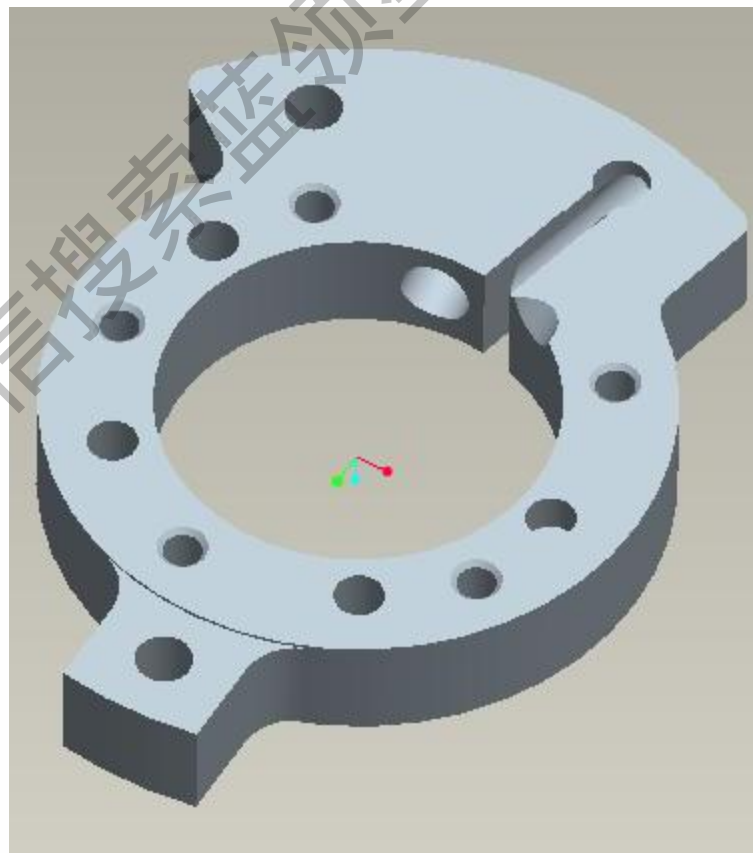
气缸形状主要有圆形，扇形，球拍形

### • 气缸材料

灰铸铁，粉末冶金

### • 发展趋势

扁平化设计、上法兰焊接



## 5.4 压缩机各组件及相应部件-曲轴

- 曲轴形状

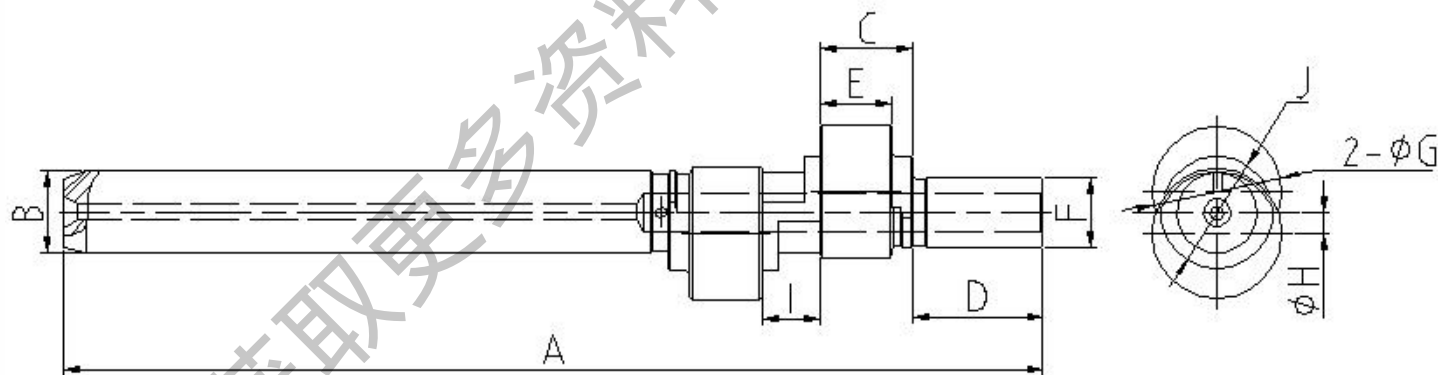
曲轴分大小轴和相同轴径两种。

- 曲轴材料

曲轴有灰铸铁和球墨铸铁。

- 趋势

目前有向大小轴及球墨铸铁发展的趋势。



## 5.4 压缩机各组件及相应部件-曲轴

### • 关键尺寸

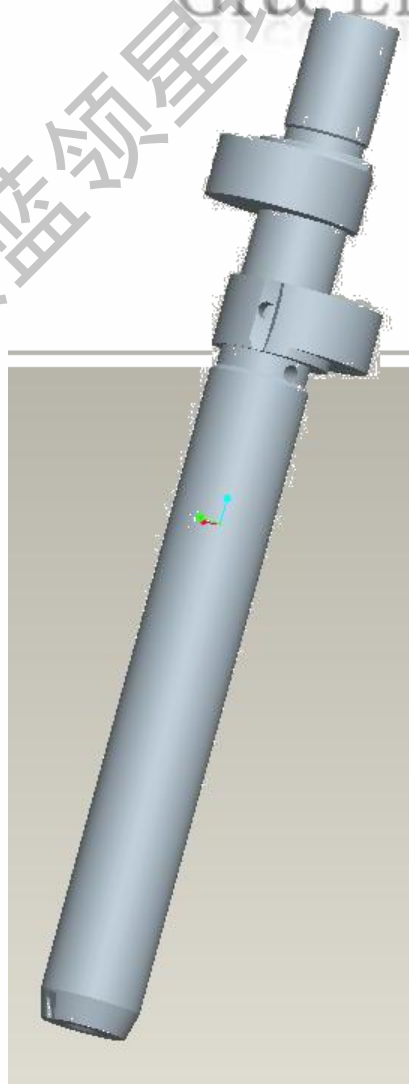
长轴径：影响挠度

短轴径：影响挠度

偏心径：影响滚子厚度

偏心量：影响泵体利用率

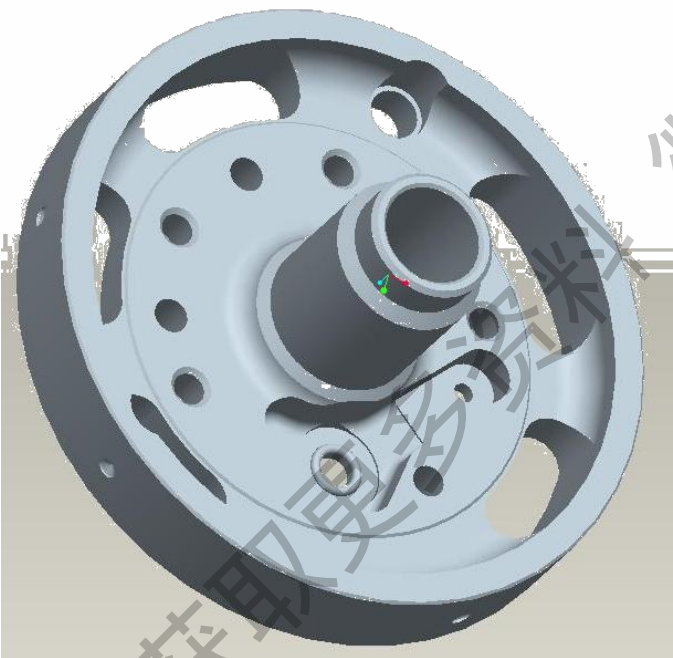
表面处理：硫化、磷化、精研磨。



## 5.5 压缩机各组件及相应部件-上、下法兰

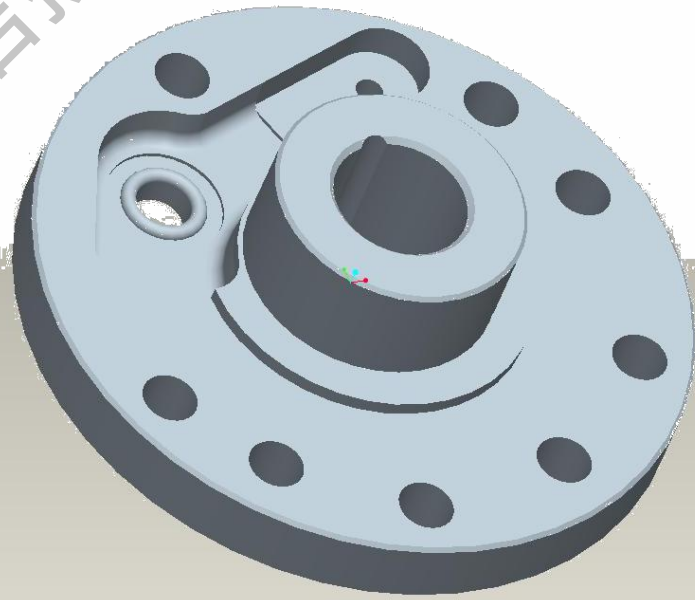
上法兰

设计点：内径、油路  
排气孔大小、高度  
材料：灰铸铁  
粉末冶金

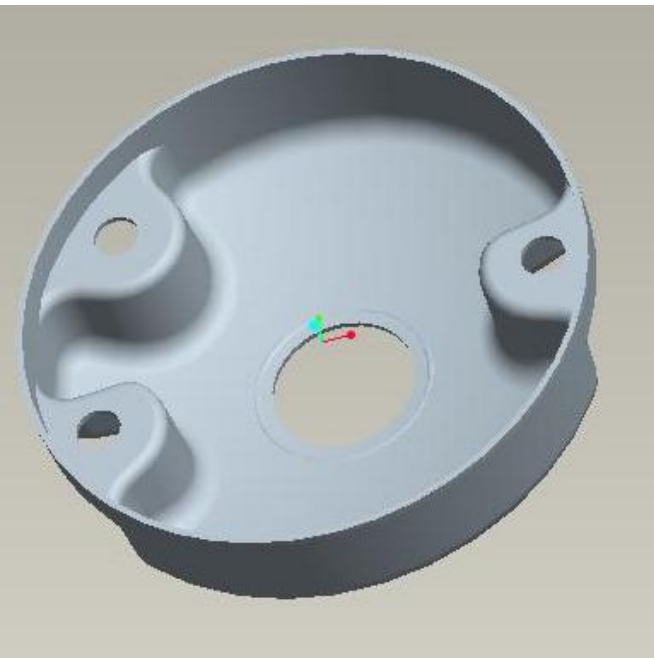


下法兰

设计点：内径、油路  
排气孔大小、高度  
材料：灰铸铁  
粉末冶金



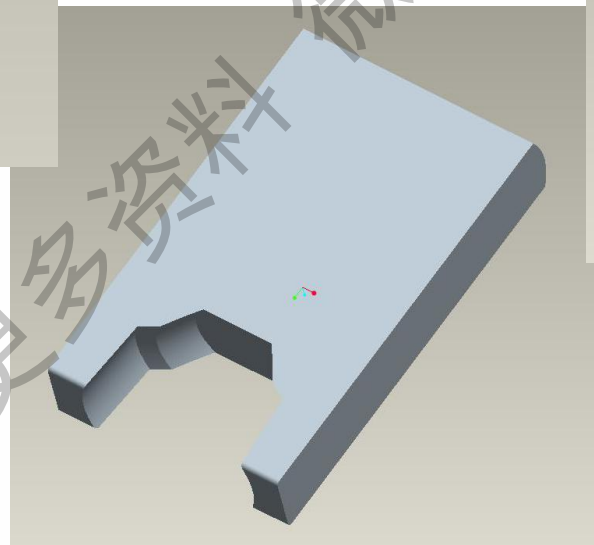
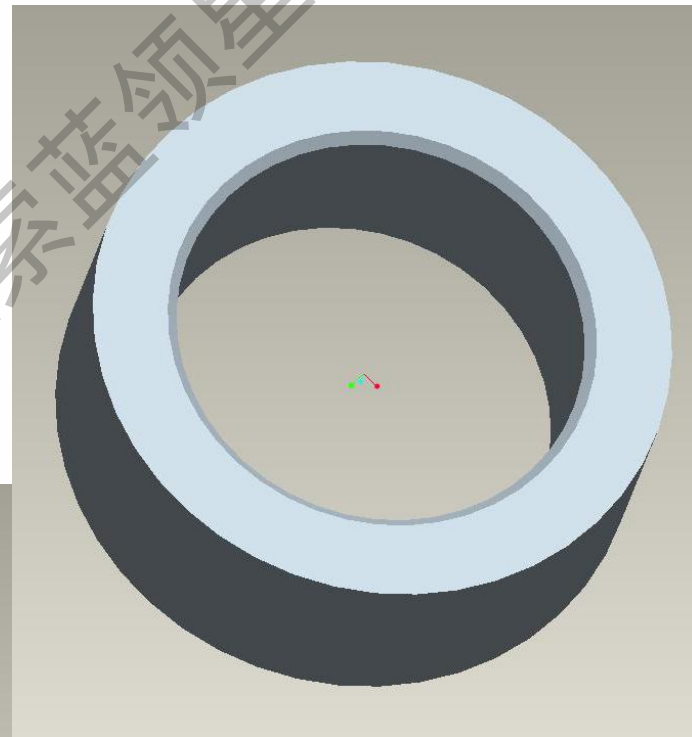
## 5.6 压缩机各组件及相应部件-滚子\滑片\消音器



滚子→

滑片↓

消音器←



## 5.7 压缩机各组件及相应部件-分液器

### 1. 分液器的用途

①把从蒸发器返回到压缩机的冷媒分离成气体和液体，仅使气体回到压缩机。

②使分液器中的润滑油回到压缩机。

注：如果能保证蒸发器出口的冷媒总是气体的状态，也可以取消掉气液分离器。

### 2. 分液器的容量

① 制冷·制热两用 以最大冷媒充注量（加上施工现场的追加量）的状态，除霜运转的除霜前、除霜中和除霜后在气液分离器中积留的冷媒不超过气液分离器出口管末端为容量。

② 制冷用 以最大冷媒充注量的状态，在蒸发器空气吸入侧的过滤网的污损被假设为最大状态（重叠着3张过滤网）的条件下进行制冷低温运转，在气液分离器中积留的冷媒不超过气液分离器出口管的末端为容量。

在无法用①、②确认时，可用下面的公式进行容量计算。（单位 k g 根据经验）

气液分离器的有效容量  $\div$  最大冷媒充注量  $\geq 0.6$   
最大冷媒充注量 = 出厂时的冷媒充注量 + 最长配管时的冷媒追加量





## 5.7 压缩机各组件及相应部件-分液器

### 3. 分液器的回油孔径

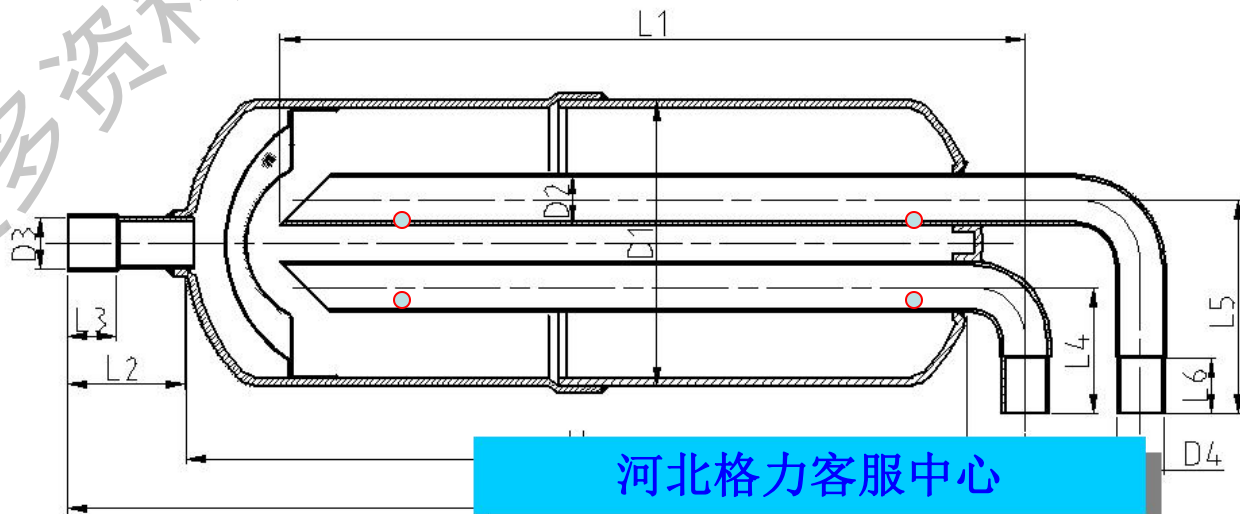
分液器基本上是把从蒸发器返回到压缩机的冷媒分离成气体和液体，仅使气体回到压缩机。但是被分离下来积留的液体冷媒中会溶有油，因此有必要使油回到压缩机，保证压缩机内的油量及给涡旋部的供油。

为了回油，分液器的出口管是设计成通到气液分离器底部的弯曲形状，再在弯曲部分的侧面设计一个回油孔，使溶着油的液体冷媒回到压缩机。

回油孔选择过大，回油会变好，但是液体冷媒的回流也会变多，从而导致油被稀释（油的润滑作用降低）涡旋部会异常磨耗，压缩机就可能出现故障。

回油孔选择过小，回到压缩机的液体冷媒会减少，但是回油也会减少了，压缩机内就会供油不足，由于涡旋部的供油不足，就会出现异常磨耗，从而导致压缩机出现故障。

因此，回油孔径要保证压缩机内的油量且要抑制液体冷媒的回流使之达到油稀释的规定以下，有必要设计合适的孔径。



## 5.7 压缩机各组件及相应部件-分液器

分液器的孔径是否合适，可以通过测定在各运转条件下的压缩机底部的温度（油的温度）和蒸发温度的差是否达到了下列的值来判断。

$$\text{压缩机底部的温度} - \text{蒸发温度} \geq 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

分液器的孔径是否合适，还可以通过在分液器及压缩机上装一个可以看到液面、油面的视液镜，在除霜运转及关机后的初始运转时可以看到压缩机的油面来判断。

在压缩机的油面比规定的低，气分液器的液面很高时，需要追加回油孔（直径1.0）使这部分混着油的冷媒液体回到压缩机。这个回油孔的追加要总是能保证油面。

加大下面的回油孔径的方法是有的，但是因为在液面较低时总是冷媒液体回量很多，压缩机的油被稀释，SUNISO4GS、SAY-56T的润滑油在制热低温条件下产生两相分离，下部油浓度低的冷媒、上部油浓度高的冷媒液体积留着，所以为增加压缩机的信赖度，需要追加多个（油浓度的冷媒的位置）回油孔（直径1.0）来保证压缩机的油面。

A 气液分离器的回油孔径 (<10HP) 1.0Φ ~ 2.0Φ

B 在A范围内压缩机的油面得不到保证时

5HP 1.2Φ + 1.0Φ（必要时追加）

10HP 1.5Φ + 1.0Φ（必要时追加）



## 5.8 压缩机各组件及相应部件-润滑油

压缩机主要有脂类油、醚类油以及矿物油等，不同油类的特性如下：

| 制冷剂   | HCFC | HFC  |      |
|-------|------|------|------|
|       | 矿物油  | POE油 | AB油  |
| 冷冻机油  | 相溶性  |      | 非相溶性 |
| 耐水分解性 | ○    | △    | ○    |
| 吸湿性   | ○    | △    | ○    |
| 酸化稳定性 | ○    | ○    | ○    |
| 润滑性   | ○    | ○    | ○    |
| 相溶性   | ○    | ○    | ×    |
| 价格    | ○    | △    | ○    |

注：○ — 好， △ — 较好， × — 差



## 5.8 压缩机各组件及相应部件-润滑油

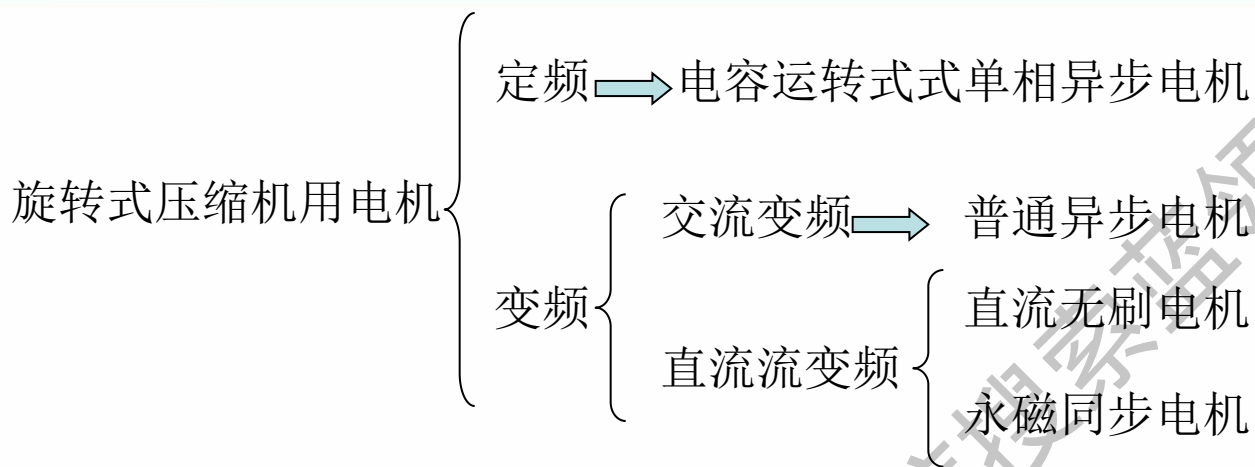
润滑油在各类制冷压缩机中起着十分重要的作用，主要体现在以下几个方面：

- ◆ 润滑作用。通过润滑油的注入减少了压缩机各运动副之间的摩擦和磨损，使得压缩机能耗降低，效率提高。
- ◆ 降低温度。摩擦产生的热量使零件温度升高，若温度升高太大，润滑油的粘度会降到允许的范围以外，破坏油膜的承载能力，甚至在零件的局部高温区油会炭化，影响零件的正常运动。有些零件受热后体积膨胀，严重的情况下运动副会卡住。冷冻机油在压缩机中不断循环，因此也不断带走了制冷压缩机工作过程中产生的大量热量，使机械保持较低温度，从而提高制冷机的机械效率和使用可靠性。
- ◆ 密封作用。冷冻机油还用于轴封及气缸和活塞间起密封作用，提高轴封和活塞环的密封性能，防止制冷剂泄漏。
- ◆ 用作能量调节机构的动力。有些制冷压缩机机中，利用冷冻机油的油压作为能量调节机械的动力，对制冷剂的制冷量进行自动或手动调节。

为了保证制冷循环系统的正常运行，润滑油必须满足以下性能要求：优良的与制冷剂共存时候的热稳定性、有极好的与制冷剂的互溶性、良好的润滑性、优良的低温流动性、无蜡状物絮状分离、不含水和机械杂质、有优良的绝缘性。



## 6. 旋转式压缩机常用电机



➤ **单相异步电机：**定子绕组通单相交流电产生脉振磁动势，气隙中脉振磁动势分解为正负序磁动势切割转子导条，使转子导条产生感应电动势和电流，两磁势相互作用产生旋转转矩，使转子旋转；

➤ **三相异步电机：**定子绕组通三相交流电产生旋转磁势，气隙中旋转磁势切割转子导条，使转子导条产生感应电动势和电流，两磁势相互作用产生旋转转矩，使转子旋转；

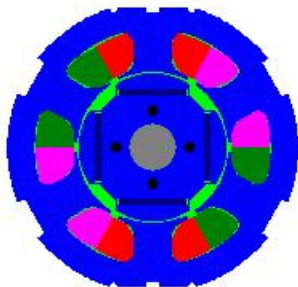
➤ **直流无刷电机：**定子铁芯上安放有多相绕组，转子上有永磁体，利用定子绕组的反电动势作为转子磁钢的位置信号，各相绕组依次导通，定子绕组电流产生磁场和转子永磁体产生磁场相互作用产生旋转转矩，使转子旋转；无刷电机根据转速设定，调节占空比，进而调节绕组电压，调节转速，实现调速；

➤ **永磁同步电机：**原理上同直流无刷电机，只是气隙磁密波形、电机反电势波形，以及驱动控制方法不同而已。



# 7.1 直流无刷电机与直流电机区别

直流无刷电机

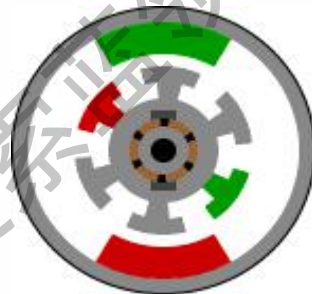


特点：绕组（线圈）固定，磁极旋转，通过三相绕组的顺序换向产生旋转磁场，从而带动定子（磁极）旋转。

优点：采用电子换向，不存在电刷老化问题，用于变速度控制。

缺点：控制复杂。

直流电机



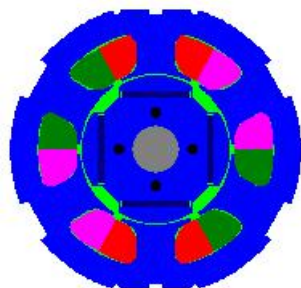
特点：磁极固定，线圈旋转，线圈通过与之相连的电刷实现电流换向。

优点：控制器简单。

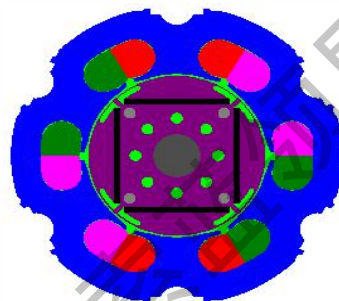
缺点：电刷机械换向易磨损老化；电磁噪音高。



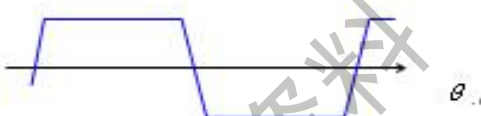
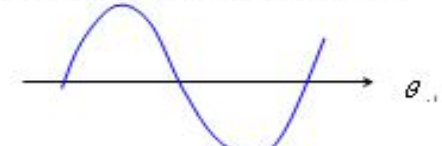
## 7.2 直流无刷电机与永磁同步电机区别



无刷直流电机

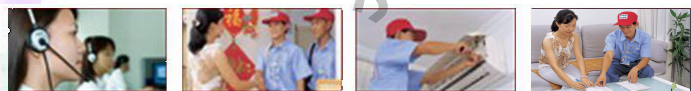
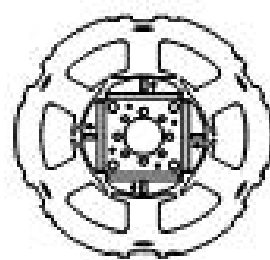
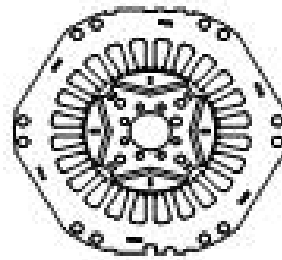
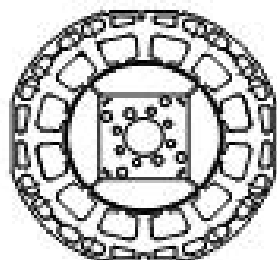
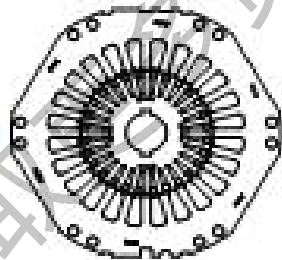
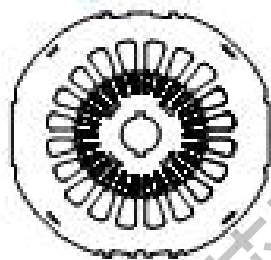
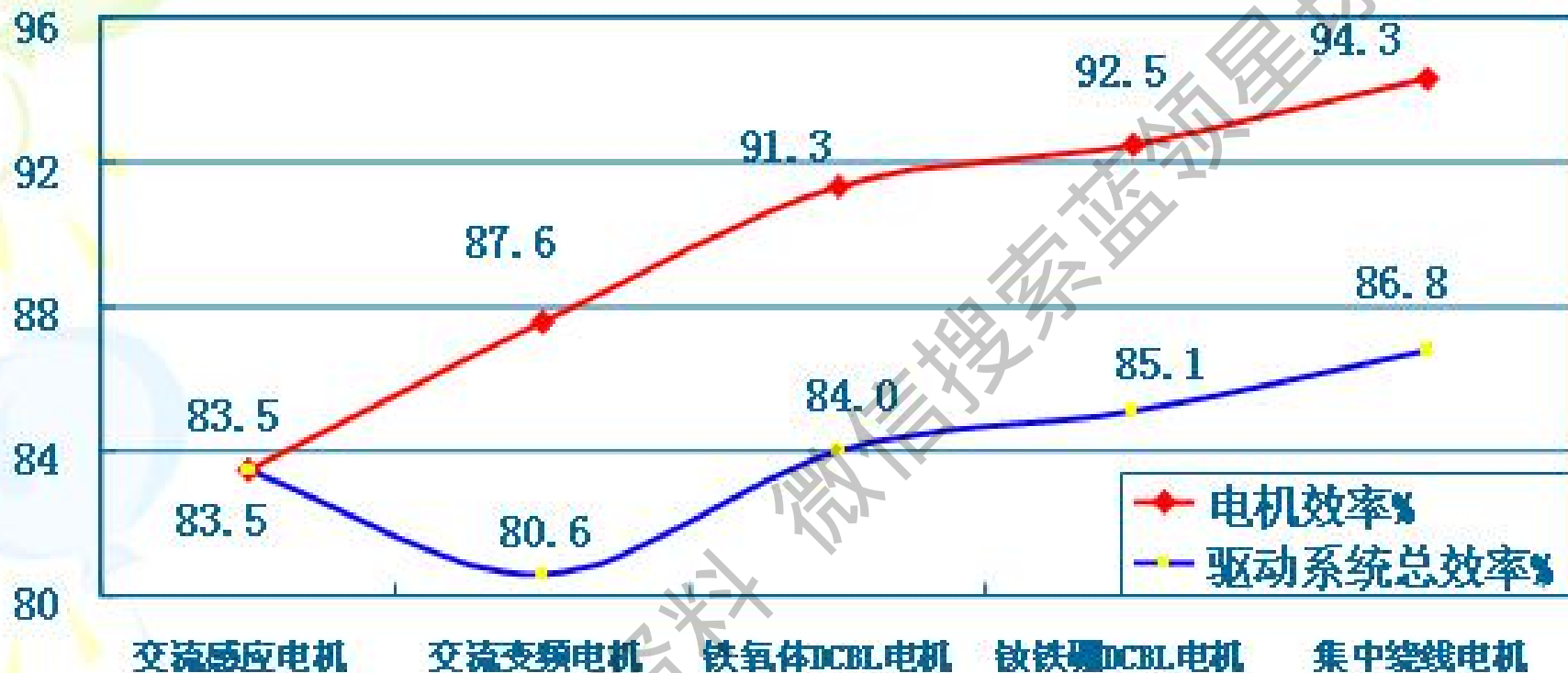


永磁同步电机

|      |  |
|------|--|
| 相似之处 | 动子为永磁磁极<br>三相（多相）交流电机对称绕组  |
| 不同之处 | <p>永磁磁极产生梯形气隙磁场</p>  <p>绕组反电势波形为矩形波</p> <p>控制器：电子换向→机械换向</p> <p>控制器简单</p> <p>永磁磁极产生正弦气隙磁场</p>  <p>绕组反电势波形为正弦波</p> <p>控制器：矢量控制变频调速</p> <p>控制器复杂</p> |



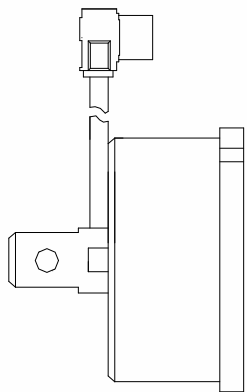
# 7.3电机开发的方向



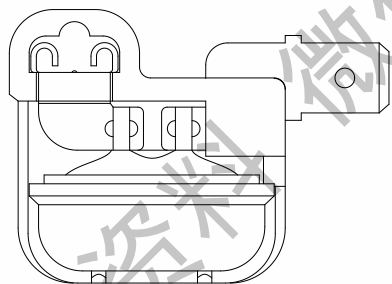


## 8.1 过载保护器（定频）

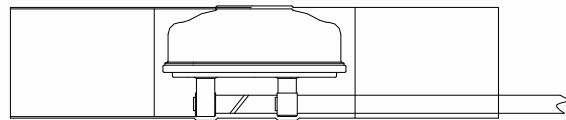
- 内置过载保护器:内置过载保护器在密封压缩机的里面，可以直接感应到压缩机的温度和压力，对压缩机内温度反映很灵敏、直接，但坏了不能更换。
- 外置过载保护器 :在压缩机壳体的外面，一般在压缩机上盖上面，长时间暴露在空气中，容易损坏和生锈，但外置的损坏后能够更换，外置式过载保护器是通过感应压缩机壳体上的温度使过载保护器动作，实现它的温度特性。



❖ 外置过载保护器



内置过载保护器

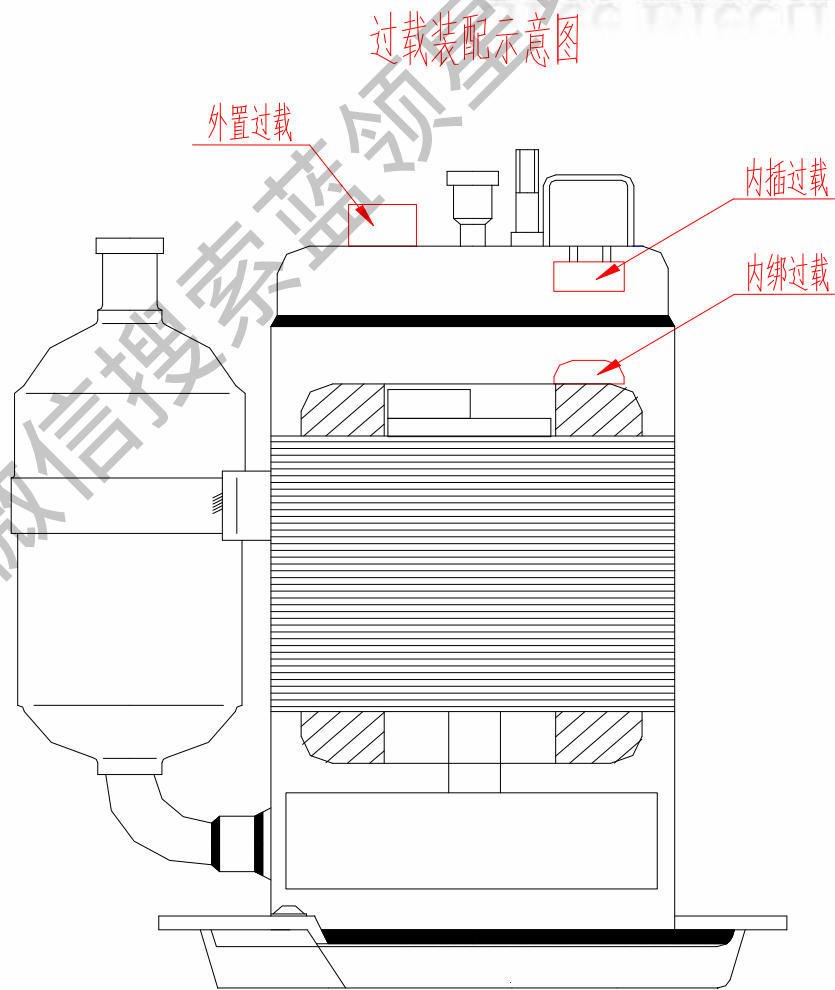
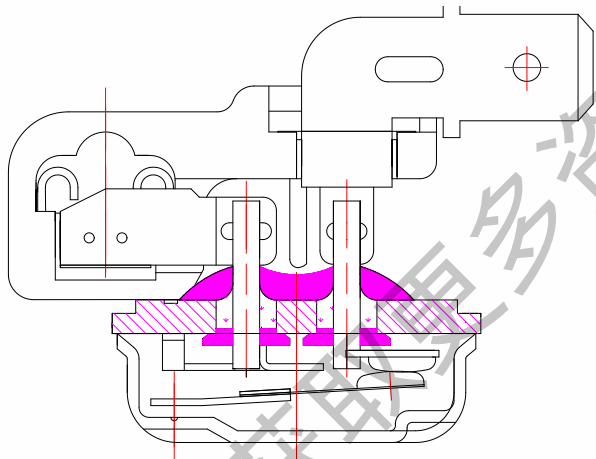


❖ 内绑过载保护器



## 8.2 过载保护器（定频）结构和工作原理

- 过载保护器一般是由接线柱、发热丝、触点、双金属片、动片和外壳组成，其最重要的零件是双金属片，保护器就是根据双金属片跳开和闭合来起保护作用。保护器里面还充满有惰性气体—氩气，主要是起灭弧和导热的作用。一般空调在正常工况下工作时，过载保护器不会动作，此时双金属片处于闭合状态，保护器在不动作的时候，只是作为一个导线，起导通的作用。

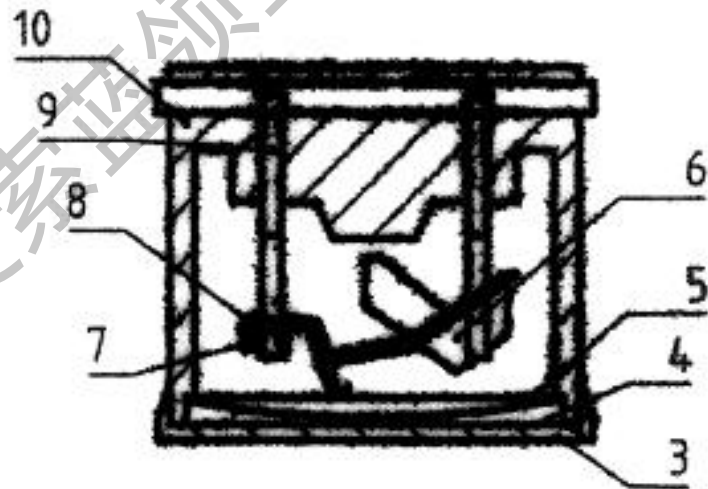


## 8.3热保护器（变频）结构和工作原理

热保护器内部结构图如附图所示

其与过载保护器的区别有如下两点：

- ◆热保护器内部流通的为弱电，过载保护器内部流通的为强电
- ◆热保护器只受温度影响，与电流无关；过载保护器为温度与电流相配合的。



工作原理：

当感温双金属片5感应到温度超过设定温度后，就会断开，控制器就会断电，压缩机停机；

当感温双金属片5感应到温度低于设定温度，就会重新接通，控制器恢复通电，压缩机重新启动。



# 9.1 直流变频压缩机的常见问题

| 不良现象   | 形成原因  | 具体分析   |
|--------|-------|--|
| 卡死&不启动 | 杂质    | 1.焊渣落入，途径：上下盖环焊；三点焊焊接；分液器焊接<br>2.铁屑进入，途经：气缸非开放性砂眼破裂；返修机解剖；零件加工消磁不良，装配时吸附<br>3.铝屑：转子掉落<br>4.铜屑，塑料屑。 |
|        | 磕伤    | 主要在零件加工、检测、搬运、装配、返修时候磕伤  |
|        | 毛刺    | 零部件去毛刺不良   |
|        | 退磁    | 电机退磁   |
|        | 其它    | 电机不良，定心不良  |
| 启动异声   | 同轴度不良 | 1.三点焊不良，涉及焊接参数包括电压，电流，焊接角度及冷却时间。焊点检测包括焊点直径大小，深度<br>2.定位工装，涉及同轴度的定位工装：泵体夹装工装，壳体加工工装，气缸定位孔加工         |
|        | 零件磨损  | 1.匹配不良：滑片与气缸高度、厚度匹配；滚子与气缸的高度匹配；上下法兰与曲轴的间隙匹配；<br>2.露装油或装配时无油启动时间过长、次数过多<br>3.杂质进入引起磨损               |
|        | 定心不良  | 上、下法兰定心不良主要有以下方面：<br>1.零件加工本身的不良：上法兰内孔垂直度，曲轴同心度<br>2.螺栓拧紧力矩<br>3.杂质掉入                              |



## 9.2 直流变频压缩机的常见问题

| 不良现象    | 形成原因    | 具体分析                                       |
|---------|---------|--|
| 电流大     | 负荷大     | 同轴度不良、泵装配不良、杂质进入关键部位                       |
|         | 电机不良    | 主要涉及因素：焊分液器时火苗进入灼伤电机；漆包线损伤、接触不良、转子断条、叠片错位  |
| 无吸排气&不畅 | 零件磨损    | 同上，  |
|         | 弹簧&阀片不良 | 安装不良、弹簧或阀片断裂                               |
| 耐压&绝缘不良 | 电机不良    | 同上   |
| 泄漏      |         | 发生部位：环焊焊缝，三点焊焊点，上盖接线柱及排气关，储液器焊接部位          |
| 外形不良    |         | 发生问题点：掉漆，标签位置，吸排气口管变形，支架安装角度，胶塞脱落、接线柱损坏、生锈 |



## 9.3 直流变频压缩机的常见问题-形成原因

滚动转子式压缩机使用中常见故障及分析

滚动转子式压缩机在出厂前试验及检验合格后，在给客户生产及消费者使用中仍然会出现很多问题，造成不良的主要问题如下：

### ✓ 制冷剂充注量

当系统内充有过量的制冷剂时，将稀释润滑油而粘度降低，使压缩机的磨损部件如滚子，气缸，曲轴，滑片不能得到有效的润滑，使其磨损加剧；另外还会形成液击，对压缩机泵体产生致命的损坏。此种情况经常出现在一拖多等空调中。

制冷剂充注量不足或系统中冷媒泄漏，电机散热不能被流动冷媒及时带走，如果是外置保护器，此时将不能及时保护，造成电机工作在高温下而影响寿命。

### ✓ 换热器表面脏以及安装位置通风不良

蒸发器表面脏将使制冷系统的制冷能力降低及压缩机在高压缩比下运行，这直接影响压缩机的使用寿命。

冷凝器表面脏以及安装位置通风不佳，会使系统负荷增大，电机绕阻高温烧毁。



## 9.4 直流变频压缩机的常见问题-形成原因

### ✓ 系统内的水分和不凝性气体

当空调系统及压缩机的润滑油中水分超标时，在系统运行的高温条件下，压缩机的零部件就会出现镀铜现象，而且在毛细管或膨胀阀的位置会出现冰堵，影响压缩机的正常运行。

不凝性气体的产生主要是没有完全抽真空和从低压侧泄漏。在安装和维修时没有净化整个制冷系统，其后果是使得整个制冷系统效率下降，系统压力增大。

### ✓ 压缩机开停过快

由于异常原因，比如空调在低电压下使用，冷媒泄漏，异常负荷等，压缩机过载保护器频繁动作，使压缩机开停过快，润滑油就会被抽出压缩机并且无法回到压缩机中，压缩机的可靠性就会受到极大影响。

### ✓ 生产过程失误

误用润滑油，误用制冷剂，误用过载保护器，以及生产中接错线均会对压缩机的可靠性产生较大影响。

上述介绍了压缩机在使用过程中出现的诸多问题，这些问题有时会同时发生。只有在设计、生产中采取相应的措施，找到问题的根本所在，才能真正的避开问题，防患于未然。



谢谢！

获取更多资料 微信搜索蓝领星球



河北格力客服中心