

一 通用变频器原理与变频器选用原则

1 引言

目前,变频器在我国的应用正高速上升,但不少人员在应用方面常遇到困惑,需要一本详细的指导性的专门文献。本文试图从应用角度系统地讲述常见技术性问题,以对变频器应用涉足不深的人员有所帮助。考虑到所面向的对象,文中没有高深的数学,但基本原理和丰富的多年实践经验积累,相信会对读者有所收益。

2 通用变频器基本原理

本资料所述通用变频器是指适用于工业通用电机和一般变频电机、并由一般电网供电(单相 220V、三相 380V 50Hz)、作调速控制的变频器。此类变频器由于工业领域的广泛使用已成为变频器的主流。调速的基本原理基于以下公式:

$$n_1 = \frac{60f_1}{P} \quad (1)$$

式(1)中: n_1 —同步转速(r/min);

f_1 —定子供电电源频率(Hz);

P —磁极对数。

一般异步电机转速 n 与同步转速 n_1 存在一个滑差关系

$$n = n_1(1 - S) = \frac{60f_1}{P}(1 - S) \quad (2)$$

式(2)中: n —异步电机转速(r/min);

S —异步电机转差率。

由(2)式可知,调速的方法可改变 f_1 、 P 、 S 其中任意一种达到,对异步电机最好的方法是改变频率 f_1 ,实现调速控制。

由电机理论,三相异步电机每相电势的有效值与下式有关。

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \Phi_m \quad (3)$$

式(3)中: E_1 —定子每相电势有效值(V);

f_1 —定子供电电源频率(Hz);

N_1 —定子绕组有效匝数;

Φ_m —定子磁通(Wb)。

由(3)式可分成两种情况分析:

(1) 在频率低于供电的额定电源频率时属于恒转矩调速。

变频器设计时为维持电机输出转矩不变,必须维持每极气隙磁通 Φ_m 不变,从(3)式可知,也就是要使 E_1/f_1 =常数。如忽略定子漏阻抗压降,可以认为供给电机的电压 U_1 与频率 f_1 按相同比例变化,即 U_1/f_1 =常数。

但是在频率较低时,定子漏阻抗压降已不能忽略,因此要人为地提高定子电压,以作漏抗压降的补偿,维持 $E_1/f_1 \approx$ 常数,此时变频器输出 U_1/f_1 关系如图 1 中的曲线 2,而不再是曲线 1。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址:深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

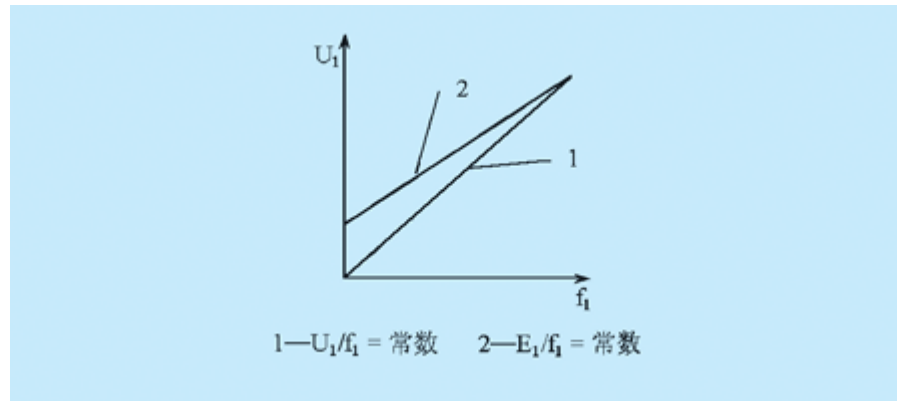


图1 U/f 关系

多数变频器在频率低于电机额定频率时，输出的电压 U_1 和频率 f_1 类似图 1 中曲线 2，并且随着设置不同，可改变补偿曲线的形状，使用者要根据实际电机运行情况调整。

(2) 在频率高于定供电的额定电源频率时属于恒功率调速。

此时变频器的输出频率 f_1 提高，但变频器的电源电压由电网电压决定，不能继续提高。根据公式(3)， E_1 不能变， f_1 提高必然使 Φ_m 下降，由于 Φ_m 与电流或转矩成正比，因此也就使转矩下降，转矩虽然下降了，但因转速升高了，所以它们两的乘积并未变，转矩与转速的乘积表征着功率。因此这时候电机处在恒功率输出的状态下运行。

异步电机变频调速恒转矩和恒功率区域状态的特性如图 2 所示。

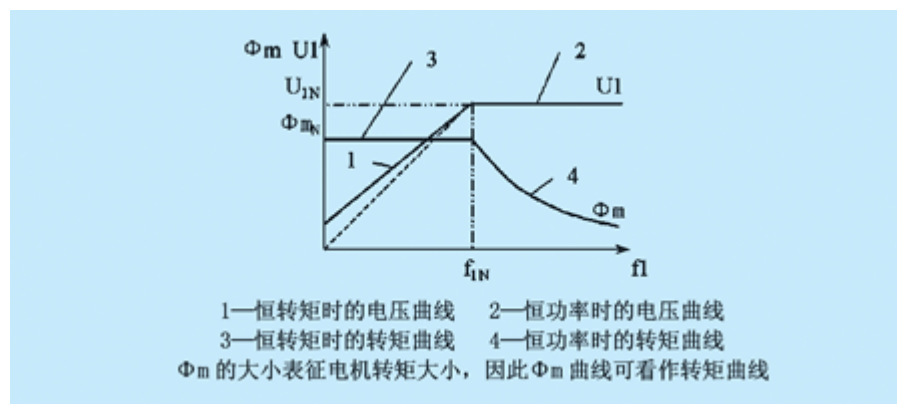


图2 异步电机调速时的输出特性

由以上分析可知通用变频器对异步电机调速时，输出频率和电压是按一定规律改变的，在额定频率以下，变频器的输出电压随输出频率升高而升高，即所谓变压变频调速(VVVF)。

而在额定频率以上，电压并不变，只改变频率。

实际上多数变频调速场合是用于额定频率以下，低频时采用的补偿都是为了解决低频转矩的下降，其采用的方式多种多样。有矢量控制技术，直接转矩控制技术以及拟超导技术(森兰变频特有专利技术)等等。其作用不外乎动态地改变低频时的变频器输出电压、输出相位或输出频率，也就是利用电路和电脑技术，实时地而不是固定地改变图 2 中曲线 1 的形状达到低速时力矩提升，并且稳定运行，又不至于电流太大而造成故障。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

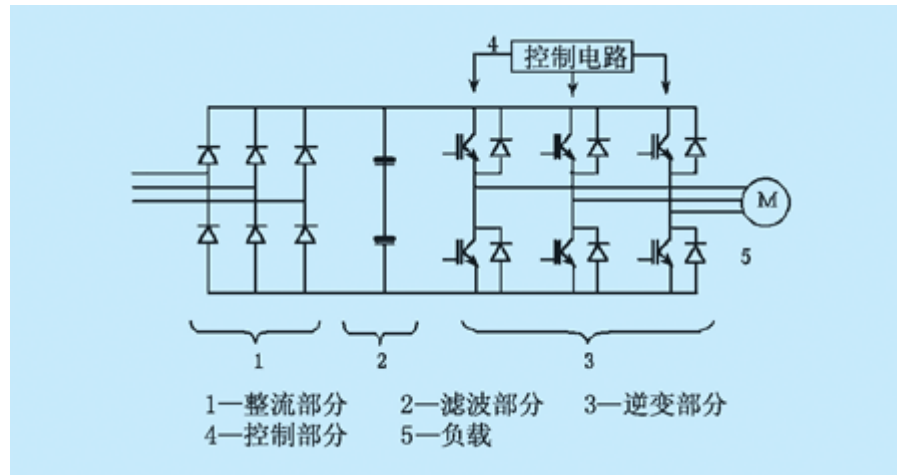


图3 通用变频器基本电路

通用变频器的基本电路如图3所示，它由4个主要部分组成，分别是：

- 1—整流部分，把交流电压变为直流电压；
- 2—滤波部分，把脉动较大的交流电进行滤波变成比较平滑的直流电；
- 3—逆变部分，把直流电又转换成三相交流电，这种逆变电路一般是利用功率开关元件按照控制电路的驱动、输出脉冲宽度被调制的PWM波，或者正弦脉宽调制SPWM波，当这种波形的电压加到负载上时，由于负载电感作用，使电流连续化，变成接近正弦形波的电流波形；
- 4—控制电路是用来产生输出逆变桥所需要的各驱动信号，这些信号是受外部指令决定的，有频率、频率上升下降速率、外部通断控制以及变频器内部各种各样的保护和反馈信号的综合控制等。

特别要指出的，通用变频器对负载的输出波形都是双极性SPWM波，这种波形可以大幅度提高变频器的效率，但同时这种波形使变频器的输出区别于正常正弦波，产生了变频器很多特殊之处，需要使用者予以重视。双极性SPWM波如图4所示，其中图4(a)是三角形的载波与正弦形信号进行比较的情形，图4(b)是比较后获的SPWM波形。

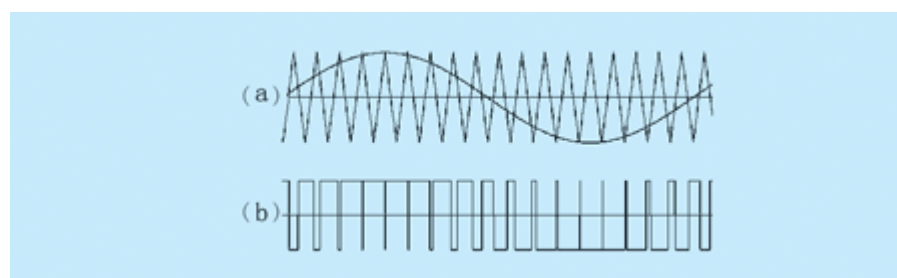


图4 双极性SPWM调制器

3 普传科技变频器基本系列介绍

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路75号兴鑫源商务大厦A座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

- a. 普传科技 PI7550 系列单相小功率变频器. 该系列功率范围为 0.75kW~1.5KW, 电压等级: 220V。普传科技 PI7550 变频器在秉承 POWTRAN 产品性能稳定、功能丰富的同时, 采用了塑壳紧凑型设计, 产品外形美观大方、工艺先进、设置灵活, 具有性价比高、操作方便、精巧美观、结构紧凑等特点, 为客户提供了一种高效、实用的电机控制解决方案。普传科技 PI7550 变频器的推出丰富了普传科技 7 系列产品线。
- b. “顺”品牌是普传科技旗下的子品牌, 该品牌产品包括三相 380V, 0.75\1.5\2.2kw 等三款普传科技 PI7660 系列变频器, 是全新包装上市的新概念产品, 也是一个全新性价比的、具有超强竞争力的新品。
- c. 普传科技 PI7600/PI7800 系列变频器是普传科技应市场需求 t 推出的一款全新产品, 它应用先进的空间电压矢量 SPWM 控制技术, 采用高性能的功率模块和 DSP 芯片, 内置电流控制环, 实现高精度闭环控制, 达到电压和频率输出的高稳定性和高精度要求。全新的生产工艺和完备的检测设备, 保证了该产品在应用中更加稳定可靠。
- d. 普传科技 PI7500 作为基于电机设计生产基础的变频器专业制造商, 普传科技不断进行科技创新, 在采用 DSP 实现控制的 PI7000 及 PI7100 系列变频器备受用户喜爱和市场欢迎时, 又根据市场需要推出了精心设计的 PI7500 系列小功率变频器. 该系列功率范围为 0.4kW~2.2kW, 电压等级: 220—460V。

4 变频器的选用原则

4.1 变频器的输出功率和电流选择必须等于或大于被驱动异步电机的功率和电流

由于变频的过载能力没有电机过载能力强, 一旦电机有超载, 损坏的首先是变频器(如果变频器的保护功能不完善的话); 又如果设备上已选用的电机功率大于实际机械负载功率, 但是有可能用户会将把机械功率调节到达到电机输出功率, 此时, 变频器一定要可以胜任, 也就是说变频器的功率选用一定要等于或大于电机功率。

个别电机额定电流值较特殊, 不在常用标准规格附近, 又有的电机额定电压低, 额定电流偏大, 此时要求变频器的额定电流必须等于或大于电机额定电流。

4.2 必须认清变频器调速与机械变速存在本质上的区别

绝对不能不假思索地将某电机使用机械变速改为相同功率的变频器变速。因为功率是转矩与转速的乘积:

$$P = M\omega = (9.81m) \times \left(\frac{2\pi}{60} n \right) = 1.027m \cdot n \quad (4)$$

式(4)中: M — 转矩 N · m (1N · m = 9.81kgm)

ω — 角速度 rad/s ($1\text{rad/s} = \frac{2\pi}{60} \text{r/min}$)

或 m — 转矩 kgm

n — 转速 r/min

机械变

速时(例如齿转变速、皮带变速)、若变比为 K, 在电机功率不变时, 忽略变速器效率,

$$P = 1.027m \cdot n = 1.027(K \times m) \cdot \left(\frac{n}{K} \right)$$

即转速下降 K 倍, 会造成转矩可升高 K 倍, 它属于恒功率负载, 这就如图 5 的曲线 1 所示。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

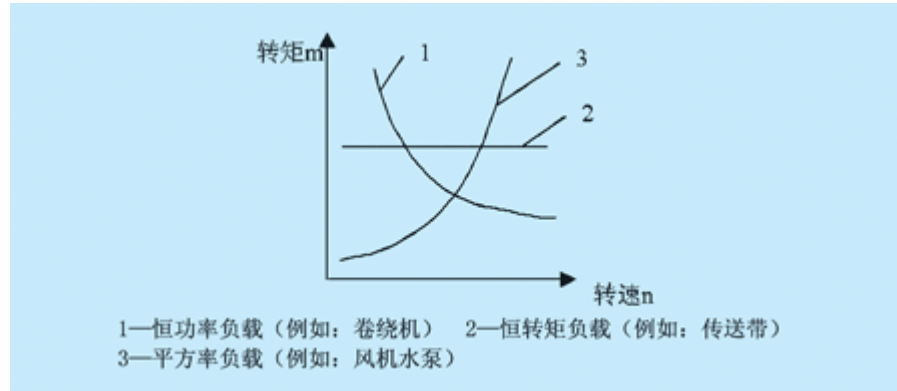


图5 不同负载的机械特性

而变频器的转矩—转速曲线如图2曲线3所示，低于额定频率时，恒转矩运行，电机不能提高输出转矩。高于额定频率时，转速升高转矩下降。

图5表示常见的不同负载机械特性。图5中3为平方律负载(例如风机、水泵)、2为恒转矩负载(例如传送带)，这两种负载在电机低与额定频率运行时，负载力矩没有增加，所以当在额定频率以下时，可以按电机功率大小配置变频器功率。

图5中1是恒功率负载(例如切削机床)，低速时力矩增加;而变频器和电机低于额定频率时电流被限制，力矩不能增加，所以变频器调低电机转速有可能会造成电机带不动负载，选用时要根据减速造成力矩增加的比例，选用比原电机功率大的电机和变频器。例如原来1.5KW电机，负载转矩1kgm,转速1460r/min，机械变速后转速降到720r/min，转矩就可达2kgm，但原来的电机和变频器不可能输出2kgm的转矩。因此，要改变电机和变频器都是 $1.5 \times 2 = 3\text{kW}$ ，选用标准功率3.7或4kW的电机和变频器才行。

4.3 变频器的选用型号应根据使用要求而作细仔考虑

- (1) 基本考虑内容是使用环境条件、电网电压、负载大小及性质。
- (2) 环境温度长期较高，安装在通风冷却不良的机柜内时，会造成变频器寿命缩短。电子器件、特别是电解电容等器件、在高于额定温度后，每升高 10°C 寿命会下降一半，因此环境温度应保持较低，除设置完善的通风冷却系统以保证变频器正常运行外，在选用上增大一个容量等级，以使额定运行时，温升有所下降是完全必要的。
- (3) 电网电压处于不正常时，将有害于变频器。电压过高，如对380V的线电压如上升到450V就会造成损坏，因此电网电压超过使用手册规定范围的场合，要使用变压器调整，以确保变频器的安全。
- (4) 高海拔地区因空气密度降低，散热器不能达到额定散热器效果，一般在1000m以上，每增加100m容量下降10%，必要时可加大容量等级，以免变频器过热。
- (5) 使用于不同用途时，选择变频器的系列型号应作分析，对于一般用途变频器采用 $V/F=\text{常数}$ 控制方式已可满足，对于负载变化范围大，而且又要求较高运转精度的场合，特别是低速时要求有稳定的速度和负载能力时，则要选用矢量控制等方式的变频器，对数控机床等精密传动还要采用闭环控制和有速度传感器的方式，相应的变频器也要有这些配合的接口，选用时需要综合考虑。
- (6) 变频器使用不同场所对变频器的防护等级要作选择，为防止鼠害、异物等进入应作防护选择，常见IP10、IP20、IP30、IP40等级分别能防止 $\Phi 50$ 、 $\Phi 12$ 、 $\Phi 2.5$ 、 $\Phi 1$ 固体物进入。
- (7) 当变频器为降低电动机噪声而将调制频率重新设置得较高并超过出厂设置频率时，会造成变频器损耗增大。设置频率越高，损耗越大，因此要适当减载，图6表示不同调制频率和负载率时的相应减载曲线，不同公司、不同系列

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路75号兴鑫源商务大厦A座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

会有差别，但趋势是相似的。不少使用者由于不懂这一点，一味增加调制频率，造成变频器过热而损坏，或者变频器输出不出额定功率。

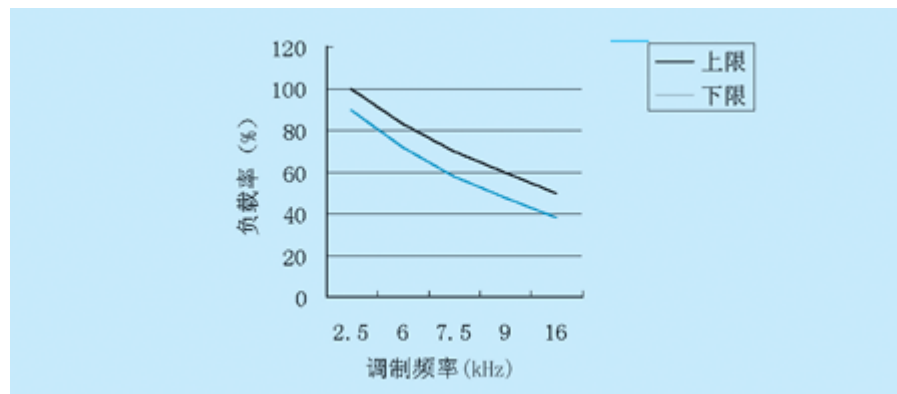


图 6 不同调制频率与负载率降低的关系

(8) 矢量控制方式只能对应一台变频器驱动一台电机，而且变频器的额定电流应等于或大于电机额定电流，电机的实际使用电流不能比额定电流太小(不低于变频器额定电流的 1/8)。为了正确地使用矢量控制，在驱动前，变频器对电机冷态参数还需进行输入或自动识别。

(9) 一台变频器驱动多台电机时，变频器容量应比多台电机容量之和大，并且只能选择 V/F 控制模式，不能用矢量控制模式。

(10) 当多台变频器的逆变单元共用一个整流/回馈单元时，即采用公共直流母线方式，有利于多台逆变器制动能量的储存和利用，此时整流/回馈单元的容量要足够大，并要有防止小功率变频器整流桥过载损坏的措施。使用中对多台电机不能同时制动。

(11) 对风机水泵类负载(即平方律负载)，如原来使用阀门、风门调节流量，当改用变频器调速控制流量时，就会带来大幅度节能。而摩擦类负载(恒转矩负载)，使用变频调速的节能效果基本上不能体现，对用机械变速扩大转矩的场合，使用变频器还可能带不动负载，这在选用时必须充分注意！在这些场合使用变频器，其目的是工作机械需要作速度调整。

二 变频器的配套设备及安装技术

4 变频器的配套设备

4.1 附加配套设备的作用

附加配套设备的布置见图 7。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

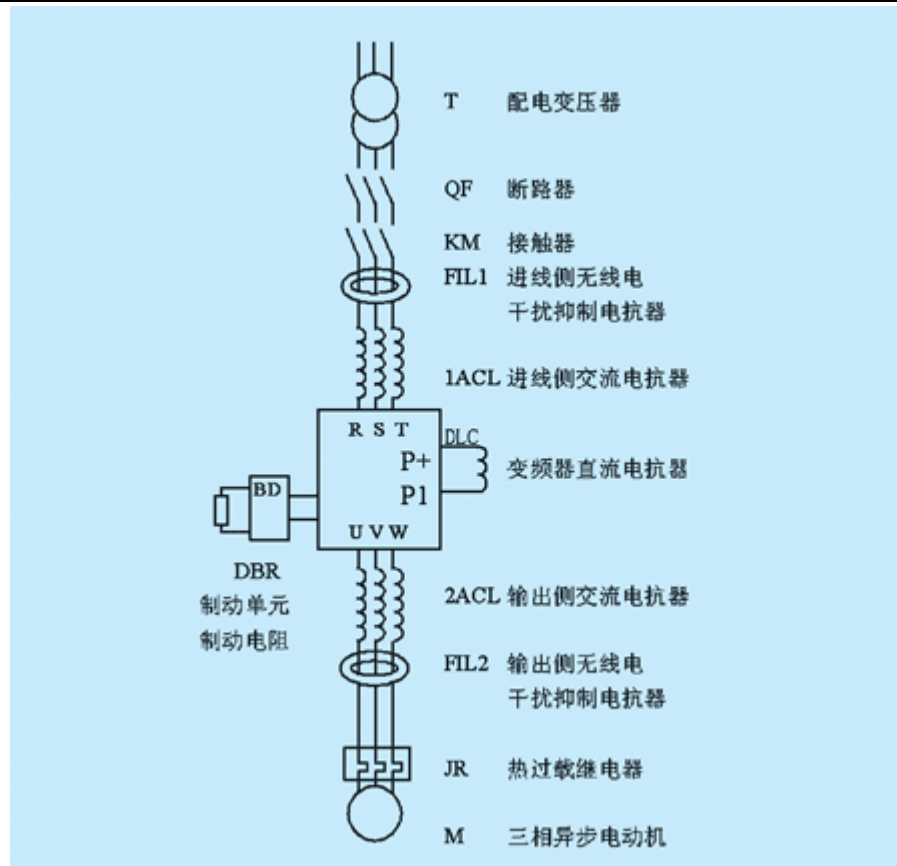


图 7 变频器附加配套设备的连接图

其中，T—配电变压器；

QF—断路器，用于安全跳闸断开电网；

KM—接触器，用于日常操作通断和电网掉电再来电时变频器不发生自启动；

FIL1—进线侧无线电干扰抑制电抗器，用于减少变频器对外界的无线电干扰；

1ACL—电源侧交流电抗器，用于改善输入电流波形、提高整流器和电解滤波电容寿命、减少不良输入电流波形对外界电网的干扰、协调同一电源网上有晶闸管等变换器造成的波形影响、减少功率切换和三相不平衡的影响，因此也叫电源协调电抗器，在要求高的场合该电抗器便进一步改为较复杂的电力质量滤波单元；

DCL—直流电抗器，用于改善电容滤波(当前电压型变频调速器主要滤波方式是电容滤波)造成的输入电流波形畸变和改善功率因数、减少和防止因冲击电流造成整流桥损坏和电容过热，当电源变压器和输电线(图中的符号 DLC 应改为 DCL)综合内阻小时(变压器容量大于电机容量 10 倍以上时)、电网瞬变频繁时都需要使用直流电抗器。

BD—制动单元，当变频器降低频率使电机急剧减速、或重力负载使电机处于发电运行时，电机制动的反馈能量使变频器直流母线电压升高到一定程度就会开启该制动单元，使能量消耗在制动电阻上；

DBR—制动电阻，消耗制动时电机能量的电阻；

2ACL—输出侧交流电抗器，变频器输出是脉冲宽度调制的电压波(PWM 波)它是前后沿很陡的一联串脉冲方波，存在丰富的谐波，这些谐波有害于电机和负载的寿命(典型的是电机绕组匝间瞬变电压 dv/dt 过高，造成匝间击穿)，以及对

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

周围电器干扰；当负载端电容分量大时，造成变频器的开关器件流过大的冲击电流，会损坏开关器件。使用输出侧交流电抗器可进行平滑滤波，减少瞬变电压 dv/dt 的影响，并求得以下的改善：

- 降低了电机的噪音；
- 降低了输出高次谐波造成的漏电流；
- 减少了干扰；
- 保护了变频器内部的功率开关器件。
- 延长了电机的绝缘寿命。

FIL2—输出侧无线电干扰抑制电抗器，对输出布线距离>20m 时尤其需安装；

JR—热过载继电器，用于防止长时间过电流造成电机损坏。

4.2 附加配套设备的选用

(1) 断路器(QF)的后面可以接一台或多台变频器及其它负载，当变频器或其它负载因过电流故障时，可自动切断电源供电，防止事故扩大。当电网掉电时防止再来电自动接通的不安全，以及在维修时安全切断电源，断路器可以使用普通空气开关或高灵敏切断的断路器，视需要而定，选用时总通过电流应大于负载总电流 1.5 倍以上。

(2) 接触器(KM)用于所控变频器日常操作通断，和电网掉电再来电时防止变频器自动启动，选用时额定电流也要大于变频器输出电流 1.5 倍以上。

(3) 无线电干扰抑制电抗器(FIL1、FIL2)因为变频器输出的是 PWM(脉宽调制)波，包含了大量的高次谐波，谐波高频分量处于射频范围，变频器通过电源线和输出线向外发射无线电干扰。又由于变频器接在电网上，电网上各种干扰和瞬变浪涌也可干扰到变频器的控制回路敏感部分发生误动作，因此设置了无线电干扰抑制电抗器。它是使用三根进线(对单相是两根进线)，同方向在铁心或铁氧磁芯上绕制的电感，因三相三根线的正弦交流电瞬时值之和为零(单相正弦交流电两进线电流瞬时值也为零)，因此对正常供电，该电抗器不起作用，而对于共模电压(即在进线上出现的、瞬时值不能被抵消的干扰电压)该电抗器起到阻挡作用，抑制了共模干扰，起到良好的抑制无线电干扰使用。抑制的频段一般在 10MHz 以下，因此电感量不必大，通常控制在 2~33mH 左右，是在一个闭合磁路上穿过或绕上几匝导线而制成。无线电干扰抑制电抗器的连接如图 8，对小容量变频器因电流较小，它是在同一磁芯上，三相线同方向绕几匝。对大容量变频器，因电流大、导线不好弯，则用多个磁芯，让三根导线同时穿过磁芯中孔而构成电抗器。

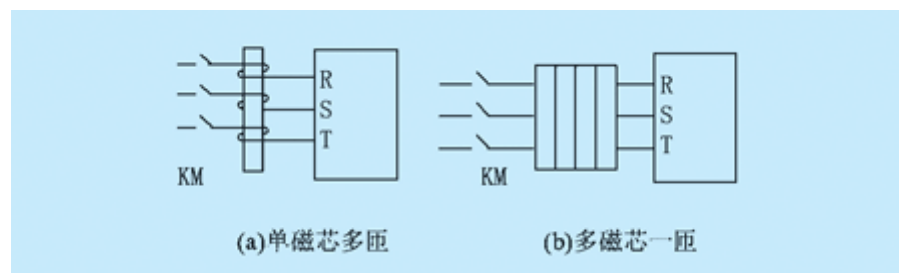


图 8 无线电干扰抑制电抗器的安置

(4) 电源侧交流电抗器(1ACL)

电压型通用变频器电网电压交流转变为直流经整流后都经电容滤波，电容器的使用使输入电流呈尖峰脉冲状，当电网阻抗小时，这种尖峰脉冲电流极大(见图 9)，造成很大的谐波干扰，并使变频器整流桥和电容器容易损坏。当变压器容量大于变频器容量 10 倍以上，电网配电变压器和输电线的内阻不能阻止尖峰脉冲电流时，当同一电源上有晶闸管设备或开关方式控制功率因数补偿装置时，三相电源不平衡度大于 3%时，都要对输入侧功率因数作提高和抑制干扰，都需使用电源侧交流电抗器。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

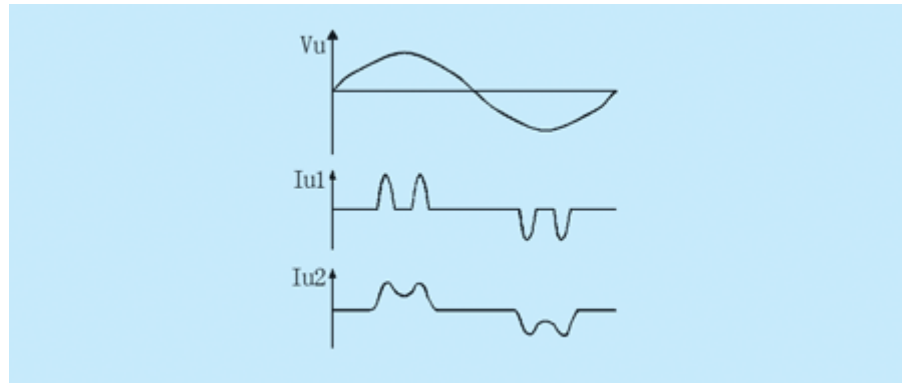


图9 电容滤波输入侧电压和电流波形

图9中：In1:电网阻抗小时;

In2:电网阻抗大时。

一般而言，电压源逆变器、电源侧交流电抗器的电感量，采用 3%阻抗即可防止突变电压造成接触器跳闸，使总谐波电流畸变下降到原先的 44%左右。实际使用中为了节省费用，常采用 2%阻抗的电感量，但这对环保而言是不好的。比较好的场合应使用 4%阻抗或更大的电抗器。一般常选用 2~4%的压降阻抗，这个百分数是对相电压而言，即：

$$U_D = \frac{\Delta U}{U_p} = \frac{\Delta U}{\frac{U_n}{\sqrt{3}}} \times 100\% \quad (5)$$

其中:ΔU—电压降落;

UP—相电压;

UN—线电压。

三相时，输入侧交流电抗器电感值：

$$L_{ACL} = \frac{(2 \sim 4)}{100} \times \frac{U_n \times 10^{-3}}{\sqrt{3} \times 2\pi f \times I_{Lmax}} \quad (6)$$

其中:ILmax—电感流过的最大电流。

例如:对 380V、90kW、50Hz、170A 的变频器，需要配置输入侧交流电抗器的电感量为：

$$L_{ACL} = \frac{(2 \sim 4)}{100} \times \frac{380 \times 10^{-3}}{\sqrt{3} \times 2\pi \times 50 \times 170} = \frac{(2 \sim 4)}{100} \times 4.1 \times 10^{-4} = (0.082 \sim 0.164) \text{ (mH)}$$

取：0.082~0.164mH，可以选择能长期能通 170A 电流，电感值在 0.123mH 左右的电抗器即可。

对于使用者，需考虑电感值和电流值两方面，电流值一定要大于等于额定值，电感值略有大小问题不大，偏大有利于减

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

少谐波,但电压降落会超过 3%,使用者还要考虑电源内部阻抗,电源变压器功率大于 10 倍变频器功率,而且线路很短的场合,电源内阻小,不仅需要使用输入侧交流电抗器,而且要选择较大的电感值,例如选用 4~5%阻抗的电感量。

(5) 直流电抗器(DCL)

直流电抗器接在滤波电容前,它阻止进入电容的整流后冲击电流的幅值,并改善功率因数、降低母线交流脉动。直流电抗器在变频器功率大于 22kW 时建议都要采用,当变频器功率越大,越应该使用,因为没有直流电抗器时,变频器的电容滤波会造成电流波形严重畸变和进而使电网电压波形严重畸变,而且非常有害于变频器的整流桥和滤波电容寿命。

直流电抗器的电感值的选择一般为同样变频器输入侧交流电抗器 3%阻抗电感量的 2~3 倍,最少要 1.7 倍,

$$\text{即 } L_{cd} = (2 \sim 3) L_{ac}$$

例:对三相 380V 90kW 变频器所配直流电抗器计算(参见上例):

$$\begin{aligned} L_{dc} &= (2 \sim 3) L_{ac} \\ &= (2 \sim 3) \times 0.123 = 0.246 \sim 0.369 \text{ (mH)} \end{aligned}$$

取 0.25mH,能长期通电 170A 即可(查使用手册为 0.2mH)。

(6) 输出侧交流电抗器(2ACL)

变频器的输出是经 PWM 调制的电压波,由于电动机绕组的电感性质能使电流连续,因此电流基本上是正弦形的,脉冲宽度调制(PWM)有着陡峭的电压上升和下降的前后沿,即 dv/dt 很大,使得输出引线向外界发射含量极大的电磁干扰,并且在引出线对地、电机绕组匝间、绕组对地间都产生很大的脉冲电流,图 10 表示 SPWM 电压,电流的波形。

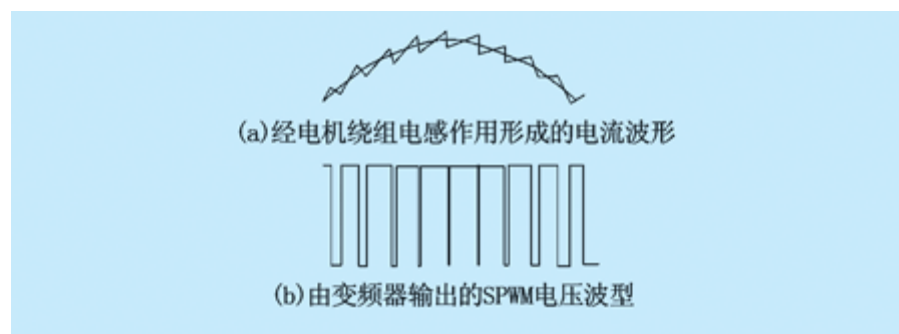


图 10 调制波形

为了减轻变频器输出 dv/dt 对外界的干扰,降低输出波形畸变,达到环保标准,减少对电机绕组的电压冲击造成绝缘损坏,降低电机的温升和噪音,避免在变频器输出功率管上因 dv/dt 和流过过大的脉冲冲击电流使功率管损坏,以及降低负载短路造成对变频器的损伤,有必要在变频器输端增设交流电抗器。

值得指出的是脉冲电压通过长的输电线时,由于长线上波的反射叠加使得在长线(即变频器输出导线)超过临界长度后,电压有可能达到直流母线(变频器内直流母线)电压的 2 倍。因此变频器输出线长度受到了限制,为解除这种限制,必须接入输出侧交流电抗器。接入后,送到电机等负载上的波形就接近正弦电压波形了。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址:深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

但实际使用中，只要负载是电感性的，电抗器可采用 1%阻抗或更低一些都是可行的，这是因为，PWM 调制频率远高于基波频率，已经相当于>(40-100)次谐波的范围，因此，输出侧交流电抗器电感量：

$$L_{2ACL} \approx \frac{0.5 \sim 1.5}{100} \times \frac{U_n \times 10^{-3}}{\sqrt{3} \times 2\pi f \times I_{Lmax}} \quad (\text{mH}) \quad (7)$$

例如：380V、90kW、50Hz、170A 变频器的输出侧交流电抗器的选用：

$$\begin{aligned} L_{2ACL} &\approx \frac{0.5 \sim 1.5}{100} \times \frac{380 \times 10^{-3}}{\sqrt{3} \times 2\pi 50 \times 170} \\ &= \frac{0.5 \sim 1.5}{100} \times 4.1 \times 10^{-3} = (0.0205 \sim 0.061) \quad (\text{mH}) \end{aligned}$$

取：电感值在 0.041mH 左右，能长期能通 170A 电流的电抗器即可。

输出侧交流电抗器的电感接法有一定讲究，绕制在磁芯上的导线头尾的位置关系到电感向外发射干扰能量的大小程度。图 11 所示，绕组头 1 在里层，尾 2 在外层，因此 1 接变频的输出 2 接负载电机较好，这样，变频器输出端的强干扰被外层屏蔽，减少干扰向外发射。

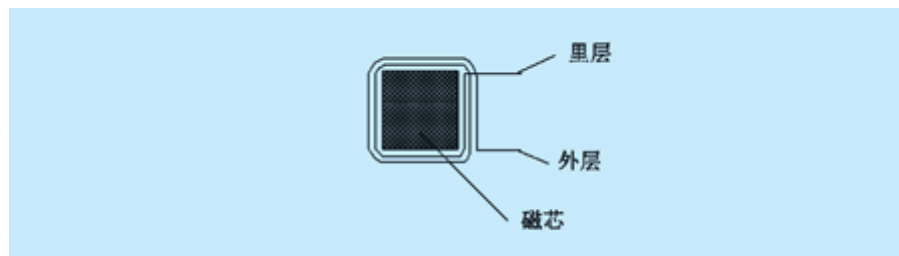


图 11 输出侧交流电抗器断面结构

输出侧交流电抗器其抑制频率在较高频率范围，因此，使用铁氧体磁芯，以减少损耗，但体积较大。在有变压器插入于变频器与负载之间的使用条件下，变压器输入绕组的漏抗和变压器损耗大大削弱了调制波，起到了输出侧电抗器的作用，因此有利于输出到负载电机的波形滤波平滑，此时往往有了输出侧变压器就可以省略输出侧交流电抗器。

(7) 制动单元和制动电阻(BD 和 DBR)

小功率制动单元一般在变频器内部，外部只接制动电阻。大功率的制动单元由外接的制动单元接到变频器母线上，当电机制动时，电机的电能反馈回母线，使母线电压升高，升高到一定值时，开通制动单元的开关管，用制动电阻消耗母线上一部分电能，维持母线电压不继续往上升高，使电机能量消耗在制动电阻上，从而获得制动力矩。制动单元的导线长度一般不大于 5m，接到变频器的直流母线(P+、N 端)要使用双绞线或密着平行线，其目的是减少电感，导线的截面应不小于电机输电线的 1/2~1/4。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

制动电阻的阻值不是随便选用的，它有一定范围。太大了，制动不迅速，太小了制动用开关元件很容易烧毁。

一般当负载惯量不太大时，认为电机制动时最大有 70% 能量消耗于制动电阻，30% 的能量消耗于电机本身及负载的各种损耗上，此时

$$0.7P \frac{U_c^2}{R \times 10^3} \quad \text{或} \quad R = \frac{U_c^2}{0.7P \times 10^3} \quad (8)$$

其中:P—电机功率(kW);

UC—制动时母线上的电压(V);

R—制动电阻 (Ω)。

一般对三相 380V 时，UC≈700V; 单相 220V 时，UC≈390V; 这样三相 380V 时制动电阻阻值:

$$R = \frac{U_c^2}{0.7P \times 10^3} = \frac{700^2}{0.7P \times 10^3} = \frac{700}{P}$$

单相 220v 时制动电阻阻值:

$$R = \frac{U_c^2}{0.7P \times 10^3} = \frac{390^2}{0.7P \times 10^3} = \frac{217}{P}$$

低频率制动的制动电阻的耗散功率一般为电机功率的(1/4~1/5)，在频繁制动时，耗散功率要加大。

有的小变频器内部装有制动电阻，但在高频度或重力负载制动时，内装制动电阻的散热量不足，容易烧毁，此时要改用大功率的外接制动电阻。各种制动电阻都应选用低电感结构的电阻器；连接线要短; 并使用双绞线或密着平行线; 采用如此低电感措施的原因是为了防止和减少电感能量加到制动管上，造成制动管损坏; 制动电阻值不能过分小; 如果回路的电感大、电阻又小，将对制动管不利，会造成损坏。

为了确保制动单元内功率管不被损坏，制动电阻不得小于(8)式的计算值，但太大了制动效果不好，所以要适当。

例如: (a) 三相 380V 30kW 变频器的时制动电阻阻值为: $R = \frac{700}{P} = \frac{700}{30} = 19.8\Omega$
取 20 或 24Ω 功率 7.5kW

(b) 单相 220V 2.2kW 变频器的时制动电阻阻值为: $R = \frac{217}{P} = \frac{217}{2.2} = 98\Omega$

取 100Ω 功率 0.6kW

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

(8) 热过载继电器(R)

热过载继电器用来防止电机过热，但这种保护并不可靠。对重要场合应实际检测电机温度，埋设温度检测元件到电机槽内或绕组附近。当变频器使用普通电机时，因 PWM 波导致电机铁耗、铜耗和绝缘介质损耗的增加，温升会比通常应用时加大，因此热过载继电器的温度整定值应按电机绝缘等级选择。

(9) 电动机

如果低速时负载转矩比额定转矩大，则要加大电机功率和变频器功率才能应付低速运行。

如当电机长期在低速运行时，因普通电机的风扇在电机轴上，风扇已不能有效散热，电机严重发热。因此，要加大电机功率或让电机使用外部风扇冷却。

一般电机在使用变频器时，因变频器 PWM 波有很高的脉冲前后沿，dv/dt 很大，绕组匝间和对地绝缘很易损坏，这已成为变频器使用中一个问题。因此，应选用绝缘质量优良的电机产品。

当高速运行时要注意电机在高速离心力下是否能承受，普通电机的转子离心机械强度是按额定转速设计的。对直径较大的电机，不要使用到额定转速的 1.5 倍以上，否则就有危险。这时就应选用专门的变频电机。

(10) 电源变压器

电源变压器总容量要比总负载大，当使用多个变频器或少量地使用交流电抗器和直流电抗器时，因变频器整流及电容性负载的影响，会造成电网波型的严重畸变和变压器过热。因此，变压器容量更要增大。

4.3 附加配套设备推荐表

附表 对三相 380V(400V)通用变频器的附加配置设备通用变频器外围电器估算表 (电源 3 相 380V.50Hz 适用)

名称	功率	变频器 样本 电流	进线交流电 抗器 3% 压 降电感量	输出交流电抗 器 0.75% 压 降电感量	直流电抗器	输入输出无 线干扰抑 制电抗器	制动电阻值	制动电阻 功率	主回路电 线截面积	输入侧路 径交流电 抗器电流
符号	P	I	Lin	Lout	Ldc	Lrfout	Rb	Pb	S	I'
单位	kW	A	mH	mH	mH	mH	Ω	kW	mm ²	A
允许误差 及要点			可±50%误 差、采用三 相大气隙防 饱和磁路	可±50%误 差、采用三 相大气隙防 饱和磁路	可±50%误 差、采用单 相大气隙防 饱和磁路	可±50%误 差、采用铁氧 体闭合磁体 三绕组同向 共模抑制	+20%~ -10% (负载飞轮 转矩大时 选小阻值)	≥ (负载飞轮 转矩大时 选大阻值 功率)	≥ 选标准直径 (对短距离 适用，长距 离要加粗)	≥
简化估算式			21/ I	5.25/ I	53/ I		700/P	P/4	I/2.2	1.35I
估 算 数 据 表	0.75	2.5	8.400	2.100	21.200	8~33	933.3	0.2	1.1	3
	1.5	3.7	5.876	1.419	14.324	8~33	486.7	0.4	1.7	5
	2.2	5.5	3.818	0.955	9.636	8~33	318.2	0.6	2.5	7
	3.7	9	2.333	0.583	5.889	8~33	189.2	0.9	4.1	12
	5.5	13	1.615	0.404	4.077	8~33	127.3	1.4	5.9	18
	7.5	18	1.167	0.292	2.944	8~33	93.3	1.9	8.2	24
	11	24	0.875	0.219	2.208	8~33	63.6	2.8	10.9	32
	15	30	0.700	0.175	1.767	8~33	46.7	3.8	13.6	41
	18.5	38	0.553	0.138	1.395	8~33	37.8	4.8	17.3	51
	22	45	0.467	0.117	1.178	8~33	31.8	5.5	20.5	61
	30	60	0.350	0.088	0.883	8~33	23.3	7.5	27.3	81
	37	75	0.280	0.070	0.707	8~33	18.9	9.3	34.1	101
	45	91	0.231	0.058	0.582	8~33	15.6	11.3	41.4	123
	55	112	0.188	0.047	0.473	8~33	12.7	13.8	50.9	151
	75	150	0.140	0.035	0.353	8~33	9.3	18.8	68.2	203
	90	176	0.119	0.030	0.301	8~33	7.8	22.5	80.0	238
表	110	210	0.100	0.025	0.252	8~33	6.4	27.5	95.5	284
	132	253	0.083	0.021	0.209	8~33	5.3	33.0	115.0	342
	160	304	0.069	0.017	0.174	8~33	4.4	40.0	138.2	410
	200	377	0.056	0.014	0.141	8~33	3.5	50.0	171.4	509
	220	415	0.051	0.013	0.128	8~33	3.2	55.0	188.6	560
	280	520	0.040	0.010	0.102	8~33	2.5	70.0	236.4	702
	315	590	0.036	0.009	0.090	8~33	2.2	78.8	268.2	797
	400	750	0.028	0.007	0.071	8~33	1.8	100.0	340.9	1013

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

5 变频器的安装技术和禁忌

5.1 安装环境

- (1) 变频器属电子设备，由它的防护型式决定，必须安装在室内，无水浸入，并且空气中湿度较低；
- (2) 无易燃易爆气体和腐蚀性气体和液体飞溅，粉尘和纤维物少；
- (3) 变频器发热量远大于其他常见开关电器，必须要有良好的通风，让热空气顺利排出；
- (4) 变频器易受谐波干扰和干扰其他相邻电子设备，因此要考虑配置附加交流电抗器等外围设备和安装抗干扰电感滤波器；
- (5) 安装位置要便于检查和维修操作；
- (6) 长期运行的条件，对不同型号略有区别，一般：

环境温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim (+40 \sim 50)^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： $20 \sim 90\%$ ；

海拔： 1000m 以下，在 1000m 以上时越高越应降低

负载容量；

振动： 0.6g 。

- (7) 如必须在水泥、面粉、饲料、纺织等粉尘和纤维多的环境使用变频器，一定要进行定期清洁：

清洁方法用刷子、吸尘器仔细打扫内部积尘、疏通散热器通风路径的堵塞部位。

5.2 变频器的通风散热

变频器的效率一般 $97 \sim 98\%$ ，这就是说大约有 $2 \sim 3\%$ 的电能为热能，远远大于一般开关，交流接触器等电器产生的热量。一般的配电箱是针对常用开关、交流接触器等电器而设计的。当这一类箱体内装进了变频器，就需仔细配置内部的安排，以确保通风散热合理性。

图 12 是一些电控箱内安排变频器的必需注意的风路示意。其中：(a) 壁挂式电控柜顶部装抽风机抽出热风；(b) 控制台式电控柜上部装抽风机抽出热风；(c) 大型立柜式电控柜顶部装大抽风机，地沟和柜体下部要有良好进风口；(d) 大型立柜式电控柜装有控制单元和制动电阻的情况，顶部装大抽风机，地沟和柜体下部要有良好进风口。

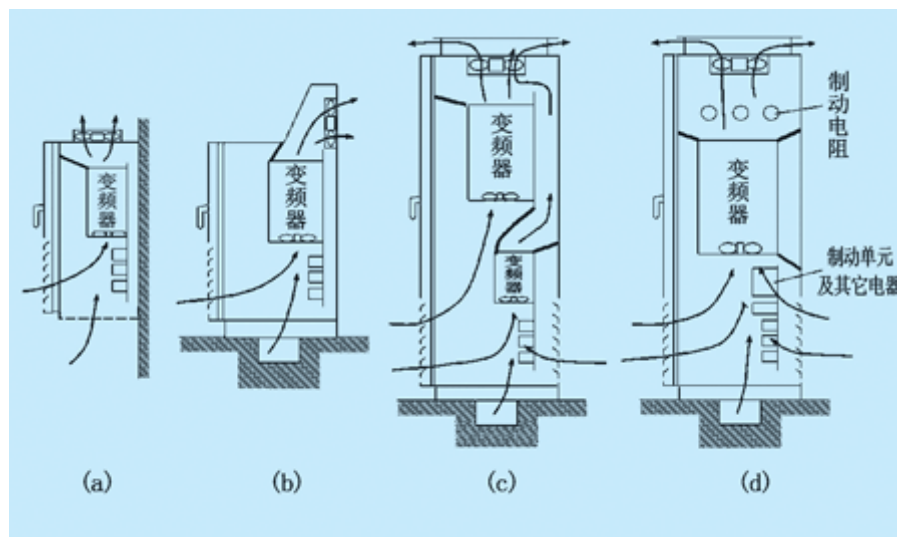


图 12 电控柜安装变频器的通风设计，(粗线为必要的挡风板，防止热风回流)

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

电控箱内布置变频器风路的原则有：

- (1) 电控柜要有强迫通风回路，通风回路的空气流向应通畅，符合流体平滑转向原则，安装在电控柜上的风机应比变频器本身风机总通风量大 30~50% 以上。
- (2) 电控柜的风路一般都要有低风阻的进风口，在环境脏的场合进风口要有过滤网，过滤网的风阻要小，并防止堵塞，要求经常打扫。
- (3) 电控柜箱内空气不应直通短路，也不应该发生热风回流，其路径要进行设计。要在电控柜箱内安装必要的导风板和挡风板，这是变频器二次开发商和使用者所必须重视的问题。
- (4) 没有专门设计强迫通风风道的箱柜内，单台变频器安装要与周围电器、箱壁保持一定距离，特别是要留出上下空间使风道顺畅，使风可自由流动。根据功率大小不同，至少留有 120~300mm 空间，左右前方空间至少 50mm。
- (5) 当变频器的环境温度超过 40℃ 时，对有通风盖的变频器要去掉通风盖，让风顺利进入变频器内。
- (6) 图 12 中粗线所示为挡风板，挡住直通风和避免热风回流以改善箱内空气流向，提高冷却效果。12(c) 图的上下变频器要设置导风板，防止下部变频器的热风进入上部变频器。

5.3 变频器的外部布线

- (1) 主回路导线截面按照电动机布线要求，电流密度一般在 3~4A/mm² 以下。
- (2) R、S、T 和 U、V、W 的主回路导线在铁管内保护布线时，不得一根或两根导线敷设在一根铁管内，必须三相的三根线布在同一个铁管内，这是由于正弦波三相电流瞬时值之和为零，不会在铁管上造成磁通和引起损耗而发热。
- (3) 变频器输出 U、V、W 三根线如敷设在铁管和蛇皮金属管内，因对铁管和蛇皮管电容的作用，会造成变频器内部功率开关器件的瞬时脉冲过电流，使功率开关损坏，一般在布线长度超过 30m(有管)~50m(无管)时变频器的 U、V、W 端子处需插入交流电抗器。如果导线绝缘层较薄，布线长度还应更短。当一个变频器驱动多个电动机时，应按配线的总长度计算；当接入输出侧交流电抗器后，馈向电动机的总长度也不要超过 400 m。
- (4) 变频器的控制线必须远离输入输出强电导线，相距 100mm 以上，绝对不能为了布线美观把控制线和输入输出强电导线捆绑在一起。
- (5) 变频器的输入信号线要使用双绞线或屏蔽线，以有效地减弱外界电磁场造成的干扰，双绞线的绞合程度应在每 cm 为 1 绞以上。(图 13)(图 14)

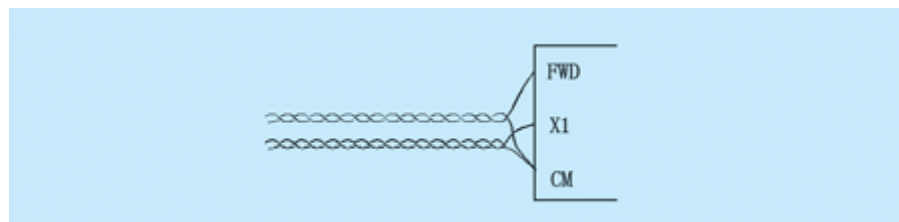


图 13 用双绞线作为变频器的信号输入线

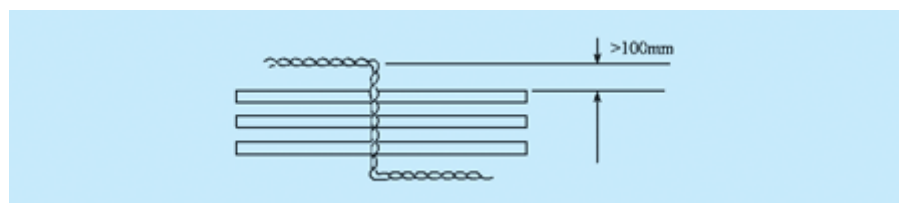


图 14 输入信号线与输出强电线的间距 100mm 以上

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

(6) 在远距离控制作开关操作时，用继电器担任中间操作可有效地减少外界对控制线引起的干扰。(图 15)

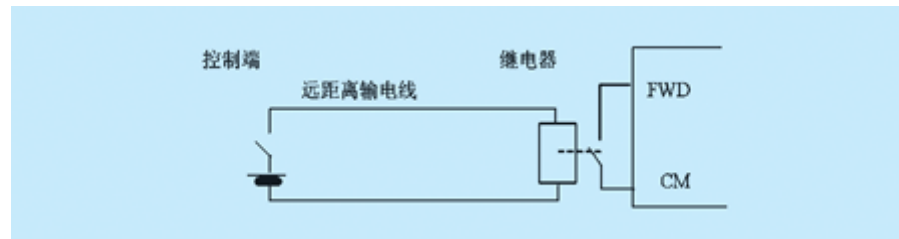


图 15 用继电器解决远距离信号受干扰

(7) 多数变频器的操作键和显示部分做在一起，成为一个操作盒。操作盒可取下做远距离控制操作。此时连接导线往往是电缆或排线，要求它们远离电力线和输入输出强电导线，必要时应穿入屏蔽管套内。外部电器控制线很长时也需要屏蔽，方法相同。

(8) 粗的主回路电线与变频器接线端子连接时必须可靠连接。线头用标准的与接线端子相配的冷压端子，使用冷压钳压接。只有这样，才能保证连接可靠，不因局部接触不良而发热造成事故。

(9) 调节频率等的电位器、开关之类元器件要求使用可靠产品，而且安装时注意屏蔽，免受外界干扰，否则会误认为变频器有问题。

(10) 所有连接线接好后要进行检查，防止漏接、错接、碰地、短路。

(11) 投入电源后，发现还要改接线时，首先要切除电源，并注意直流回路电容上的电完全放完(直流电压表测量小于 25 V)，才可操作。

(12) 不能将负载功率因数校正用电容接到变频器的输出端，因电容的接入会导致逆变功率器件流过大的瞬变脉冲电流而损坏。

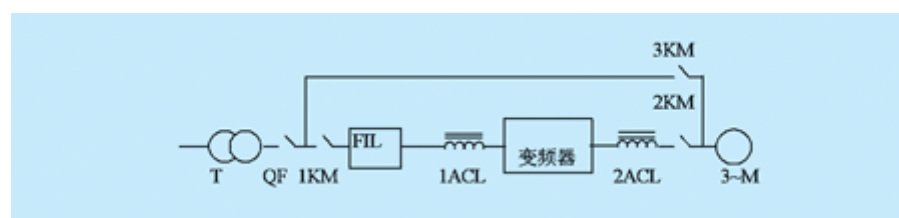
(13) 直流电抗器的参数要与变频器相配。安装前应去掉变频器上原 P1、P+ 上的短路铜件，在此处接入直流电抗器。

(14) 制动单元的母导线接到变频器的直流母线(P+、N 端)，制动单元和制动电阻的接线都要尽量短，长度不大于 5m，使用双绞线或密着平行线，导线的截面应不小于电机输电线的 1/2~1/4。当制动电阻不接时，绝对不能将 P+ 端和 DB 端短路！

(15) 变频器外壳应可靠接地。

5.4 变频器具备工频切换的重要性

变频器是电力电子设备，其可靠性不太高，一旦故障或要维修，不能因此而停产，应尽可能安装工频切换。不少连续化生产工艺上，用于风机水泵的变频器如有工频切换，当变频器不能工作时立即切换到工频供电，用以以前的风门阀门调节风量流量，照样不耽误生产，仅仅减少节能而已。图 16 是变频器具备工频切换的电路简图。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

图 16 变频器外围设备与工频使用的切换简图

5.5 变频器的电源线一端要接交流接触器

接交流接触器用来确保安全和长期不工作时断电。该接触器不可作为变频器日常运行的启停，而应使用变频器的键盘或外控线作启停，如果一定要用交流接触器作启停，则操作间隔在 1h 以上。

5.6 电机转向要与变频器指示转向一致

变频器输出 U、V、W 接电机，当控制按键正转(FWD)时电机应正转，如果反转了就应交换 U、V、W 中任意两根线，不应错误地把反转(REV)键当作正转键来使用，以免日后发生事故。

5.7 变频器的基本连接图

各种变频器的基本连接图都有各自的特点。因此，要认真按产品所对应的使用说明书的接线图进行接线，千万不能使用不同型号的使用说明书作对照。典型的连接图参考电路如图 17 所示。

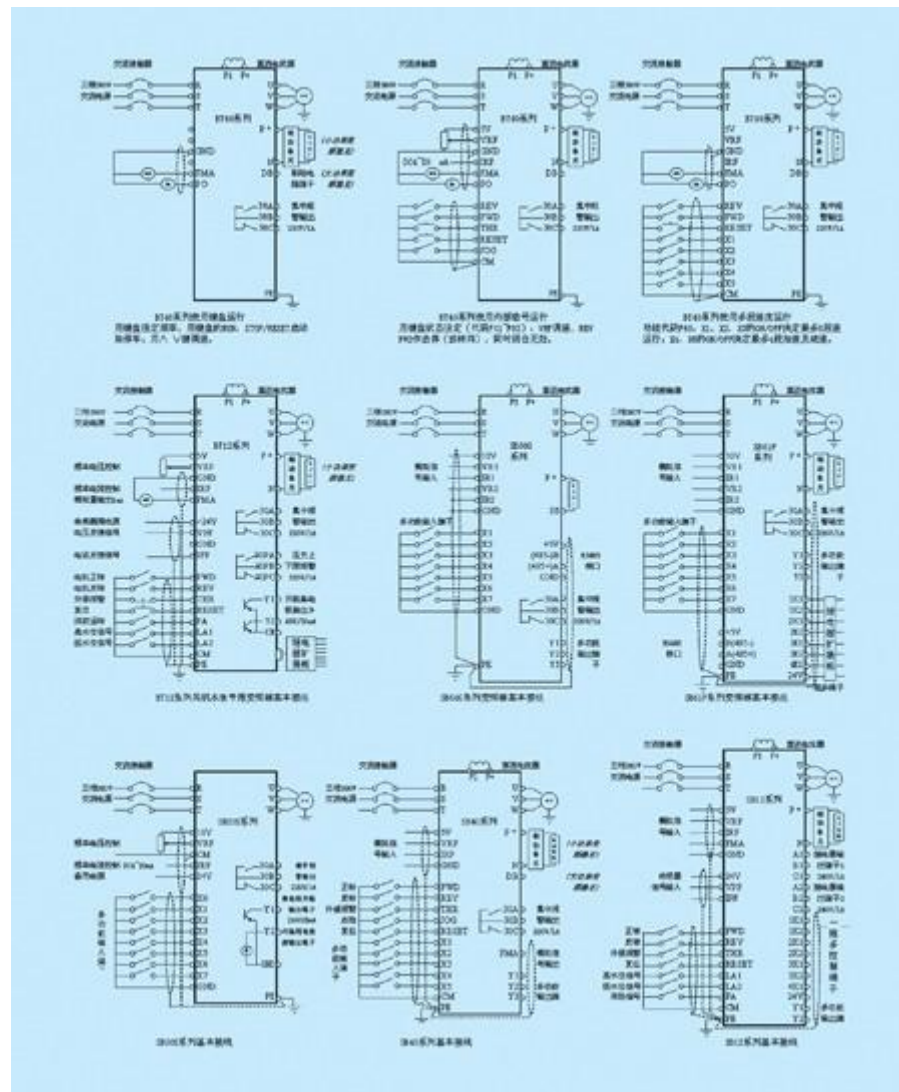


图 17 通用变频器典型的连接参考电路

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

三 正确处理变频器与周边设备的关系和变频器安装后的调试

6 如何处理变频器与周边设备的关系

6.1 无线电干扰

6.1.1 变频器本身对外界的无线电干扰通过以下措施减轻:

(1) 如图 6-1 所示,在变频器的输入、输出侧加装 FIL1 和 FIL2 无线电干扰抑制电抗器。这一类电抗器属于共模抑制电抗器,或称零序电抗器,它对被穿过磁芯的几根导线上出现的瞬时相位和幅值不能抵消的干扰有抑制作用,而对被穿过磁芯的几根导线瞬时相加电磁场可完全抵消的干扰就不能抑制,也即对三相正弦波电流不起作用。就无线干扰而言,共模干扰占大多数,所以共模抑制电抗器经常对无线电干扰抑制有效。

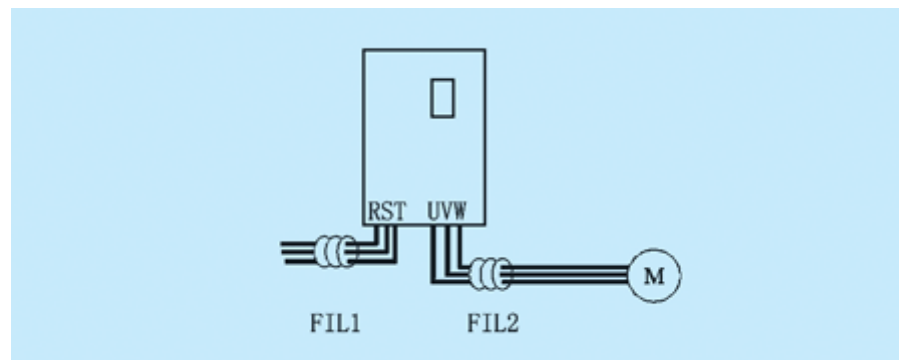


图 6-1 为降低无线电干扰在输出和输入功率线上
加装 FIL1 和 FIL2 磁环形成电抗器对共模干扰进行抑制

(2) 变频器的输入、输出功率电线的布局要防止对周边设备的控制线有电磁场耦合,即要防止这些功率电线与某条控制线平行捆扎在一起或过分靠近,如图 6-2 所示。

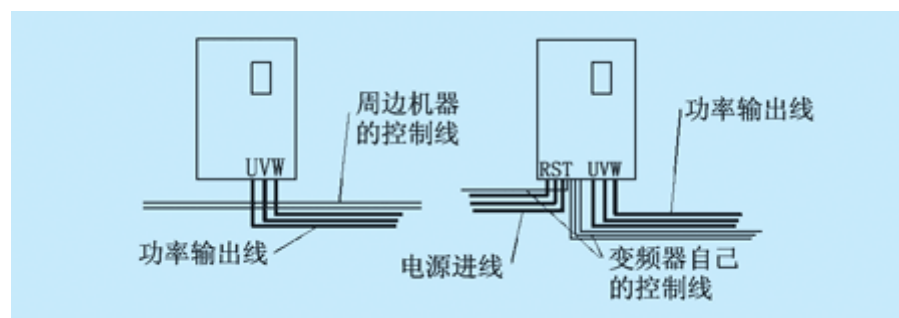


图 6-2 变频器的控制线与功率输出线及电源
进线过分靠近或捆绑在一起的不良安装

(3) 数字式测量仪器仪表的输入阻抗高、频率响应好,很容易敏感变频器本体和输入输出线所发射出来的无线电干扰,造成数字式测量仪器仪表显示乱跳或完全不能测量。因此要求数字式测量仪器仪表远离变频器及变频器的输入输出线。如远离不可能,应对数字式仪器仪表的本体、测量线进行屏蔽。屏蔽线的外套金属网不能两端接地,只能一端接地,接

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

地端设在数字式仪器仪表侧，由此形成静电屏蔽如图 6-3 所示，另外一种使用双绞线作为数字式仪器仪表的输入线，每绞间距不得大于 1cm。干扰严重时可以采用多种措施:双绞线+屏蔽套、屏蔽箱、拉开距离、变频器输入输出线加磁环、加电抗器等。

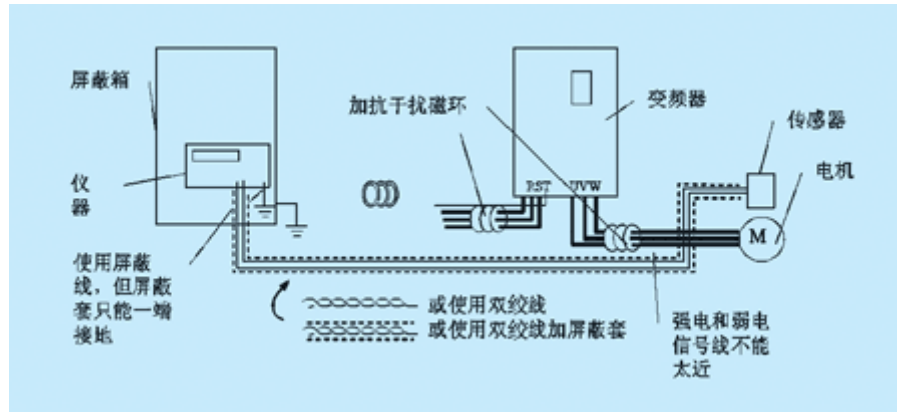


图 6-3 对数字式仪器或其他敏感仪器的抗干扰处理方法

6.1.2 外界干扰妨碍变频器正常运行时的对策

(1) 由电网引入的干扰和过电压

- (a) 变压器原边电网因各类用电器切换、雷电等所引起的过电压及干扰会通过变压器分布电容和绕阻耦合传递到变压器付边、使付边电线上出现过电压及干扰。
- (b) 与变频器同一付边电源线上有大功率的负载切换，特别是功率因数补偿柜之类的容性负载切换，会在电源线上引起过电压，这种过电压的大小与切换电流的大小、突变速率和电网导线电感值有关。例如:如图 6-4 所示的负载 N 经由断路器 KM2 突然断开时，因电网导线电感(La、Lb、Lc)的存在，会在接往变频器的导线上产生过电压或干扰

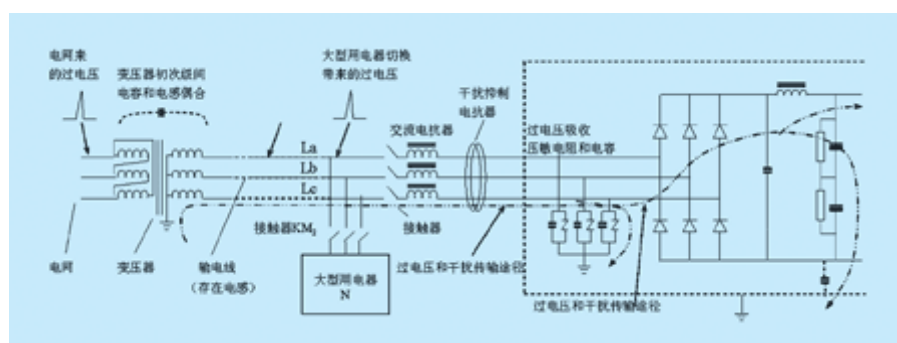


图 6-4 过电压和干扰传输途径及为减弱过电压和干扰所附加的各种措施及元件

- (c) 在变频器同一电源上接有强干扰负载或晶闸管器件，会造成电网电流严重畸变，引起在正弦波电压上叠加尖峰过电压和干扰。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

(2) 由周边电器的无线电干扰引起变频器不能正常工作。变频器本身如果是全金属外壳就有良好的屏蔽辐射干扰的作用，如果是塑料外壳，变频器设计中又没有很好的抗干扰措施，此时就要另外采取措施；

(3) 减轻外界干扰的对策：

(a) 在变频器电源输入端加交流电抗器 1ACL、无线电吸收电抗器 FIL1。

(b) 过电压的减弱程度与变频器前端电源线长度、布局等有关。当电源线长时，由变压器来的过电压和干扰在电源线的电感上会衰减，此时由变频器内部的压敏电阻、电容吸收比较有效。但当变频器与配电用变压器靠近时，电源线阻抗太小，过电压发生时没有在电源线上得到衰减，因此强大的过电压到达变频器压敏电阻上，甚至会使压敏电阻爆炸。为此加入进线侧交流电抗器 ACL1 实有必要。

(d) 对于变频器外控端子上因外界干扰造成不能正常工作时可采用如下对策：

1 使用继电器中继方式，使受干扰的线路完全隔离；

1 如图 6-5 所示，在外控端上并电容，降低输入阻抗、使干扰衰减；

1 在外控端子使用双绞线作控制(图 6-5)；

1 对塑料外壳变频器考虑装在屏蔽箱内，但必需有良好通风冷却配合。

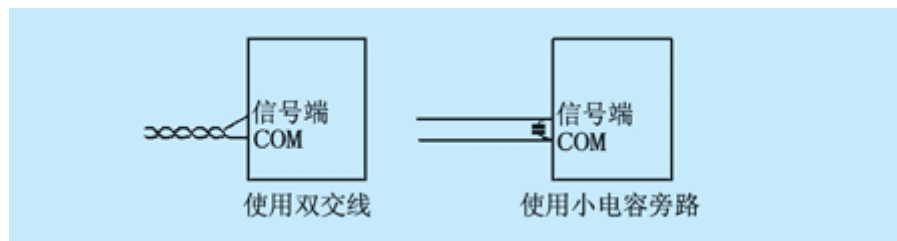


图 6-5 减轻外控输入端上外来干扰的方法

6.2 变频器引起电网波形畸变，使部分设备工作不正常

通用变频器因都是采用整流桥→电容滤波→逆变方式、即交—直—交方式，整流和电容滤波的使用，会造成电网交流电压正弦波的顶端因电容吸收能量而变平，在电网内阻大的条件下，使电网电压波形畸变到足已使一部份电器工作不正常和发生保护动作。

例如：电梯、制冷机等，它们的电机都有对相位的要求，在设备中都使用了相序保护器，当电网波形畸变严重时，相序保护器因电压波形畸变而动作，使电机不能接通电源，因此，电梯和制冷机完全不能工作。

当线电压的波形顶端因变频器的整流和电容滤波使波形变成平顶波时，此时相电压波形恰变成尖顶波。一般整流式电压表都是测得峰值电压，再按正弦波比例折算成有效值而显示，波形的变坏使显示的“相电压有效值”偏高，“线电压有效值”偏低，这可以从图 6-6 的波形分析图上看出来。在这样的恶劣畸变下，不少用电器会因“电压过低”“电压过高”而报警，使现场某些设备不能工作。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

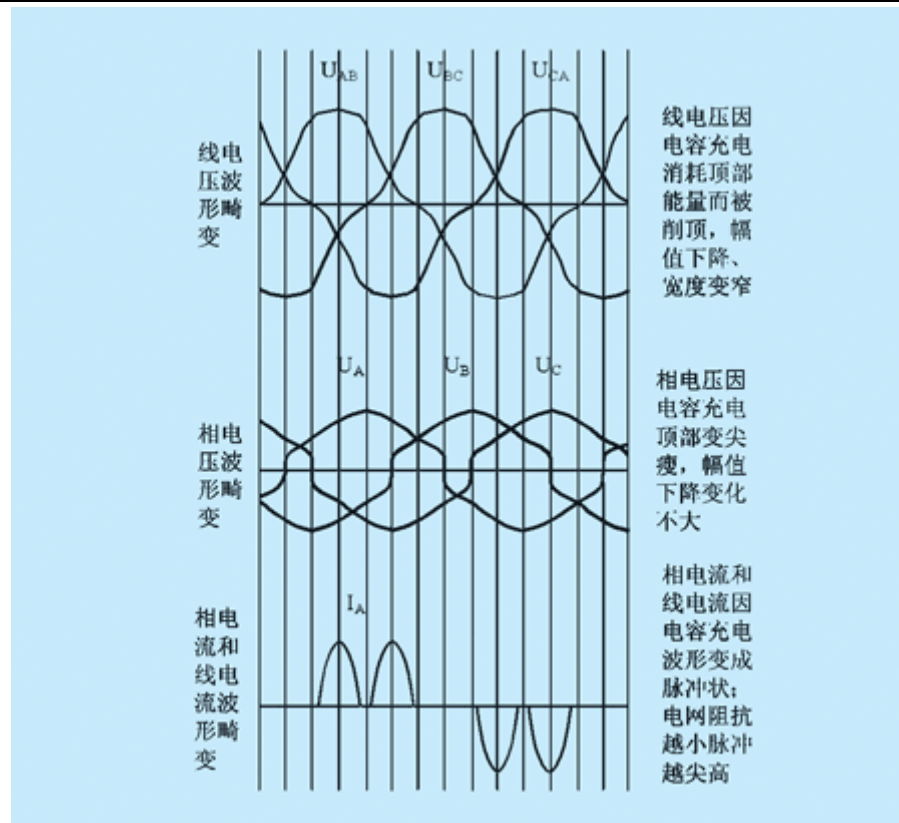


图 6-6 整流性电容滤波负载造成电网电压、电流波形的严重畸变

要解决这类因整流—电容滤波负载造成的电网波形畸变，有效方法是：

- (1) 在配电变压器(或发电机)后面的整流—电容滤波型变频器的总负载容量不要太大，一般小于配电变压器容量的 1/10 以下；
- (2) 变频器要配置直流电抗器和输入侧交流电抗器，而且选择电抗器的电感量大一些为好。直流电抗器电感量越大，电流连续性越好，对功率因数改善越有利。图 6-7 是不同电感量的直流电抗器在变频器中使用的功率因数趋向。图中 T_{HD} 是谐波总畸变， $\cos\Phi$ 是输入功率因数，使用大的直流电抗器可以大大降低谐波总畸变和提高功率因数。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

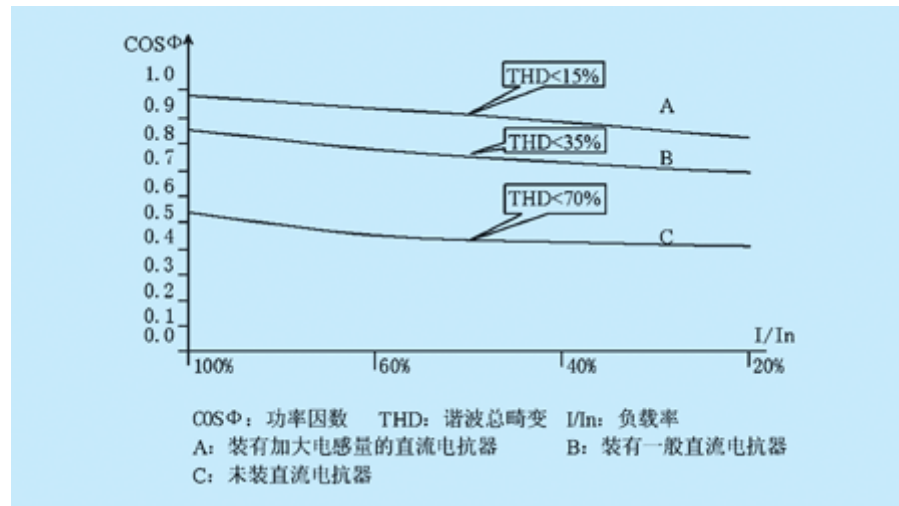


图 6-7 变频器在不同直流电抗器时的功率因数和总谐波畸变

(3) 有条件的情况下要使用有 PFC(功率因数校正)技术的三相和单相变换器作为变频器的输入或者采用经过移相变压器绕阻的 12 脉整流技术, 以改善畸变, 但这都涉及到变频器内部整流滤波级的改型设计。

7 变频器安装后的调试

7.1 通电前检查

(1) 察看变频器安装空间、通风情况、是否安全足够;铭牌是否同电机匹配;控制线是否布局合理, 以避免干扰;进线与出线绝对不得接反, 变频器的内部主回路负极端子 N 不得接到电网中线上(不少电工误认为 N 应接电网中线), 各控制线接线应正确无误。

(2) 当变频器与电机之间的导线长度超过约 50m, 当该导线布在铁管或蛇皮管内长度超过约 30m, 特别是一台变频器驱动多台电机等情况, 存在变频器输出导线对地分布电容很大, 应在变频器输出端子上先接交流电抗器, 然后接到后面的导线上, 最后是负载, 以免过大的电容电流损坏逆变模块。在输出侧导线长的时候, 还要将 PWM 的调制载频设置在低频率, 以减少输出功率管的发热, 以便降低损坏的概率。

(3) 确认变频器工作状态与工频工作状态的互相切换要有接触器的互锁, 不能造成短路, 并且两种使用状态时电机转向相同。

(4) 根据变频器容量等因素确认输入侧交流电抗器和滤波直流电抗器是否接入。一般对 22kW 以上要接直流电抗器, 对 45kW 以上还要接交流电抗器。

(5) 电网供电不应有缺相, 测定电网交流电压和电流值、控制电压值等是否在规定值, 测量绝缘电阻应符合要求(注意因电源进线端压敏电阻的保护, 用高电压兆欧计时要分辨是否压敏电阻已动作)。

7.2 通电和设定

(1) 通电

通电后首先观察显示器, 并按产品使用手册变更显示内容, 检查有否异常。听看风机运转否, 有的变频器使用温控风机, 一开机不一定转, 等机内温度升高后风机才转。检查进线和出线电压, 听电机运转声音是否正常, 检查电机转向反了没有, 反了首先要更换电机线校正。

(2) 设定

设定前先读懂产品使用手册, 电机能脱离负载的先脱离负载。变频器在出厂时设定的功能不一定刚好符合实际使用

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

要求, 因此需进行符合现场所需功能的设定, 一般设定内容有: 频率、操作方法、最高频率、额定电压、加/减速时间、电子热过载继电器、转矩限制、电机极数等等。对矢量控制的变频器, 要按手册设定或自动检测。并在检查设定完毕后进行验证和储存。

7.3 试运行

7.3.1 空载运行

将电机所带的负载脱离或减轻, 作以下空载运行检查:

- (1) 检查电机转向;
- (2) 各频率点有否异常振动、共振、声音不正常, 如有共振应设法使变频器频率设定点避开该点;
- (3) 按设定的程序从头到尾试一遍确认没有问题;
- (4) 模拟日常会发生的操作, 将各种可能操作做一遍确认无误;
- (5) 听电机因调制频率产生的振动噪声是否在允许范围内, 如不合适可更改调制频率, 频率选高了振动噪声减小, 但变频器温升增加, 电机输出力矩有所下降, 可能的话, 调制频率低一些为好(见图 3-2);
- (6) 测量输出电压和电流对称程度, 对电机而言不得有 10% 以上不平衡。

7.3.2 负载试运行

- (1) 按正常负载运行, 用钳型电流表测各相输出电流是否在预定值之内(观察变频器自显示电流也可, 两者略有差别)。
- (2) 对有转速反馈的闭环系统要测量转速反馈是否有效。做一下人为断开和接入转速反馈, 看一看对电机电压电流转速的影响程度。
- (3) 检查电机旋转平稳性, 加负载运行到稳定温升(一般 3h 以上)时, 电机和变频器的温度有否太高, 如有太高应调整, 调整可从改变以下参数着手: 负载、频率、V/f 曲线、外部通风冷却、变频器调制频率等。
- (4) 试验电动机的升降速时间有否过快过慢, 不适合应重新设置。
- (5) 试验各类保护显示的有效性, 在允许范围内尽量多做一些非破坏性的各种保护的确认。
- (6) 按现场工艺要求试运行一周, 随时监控, 并做好记录作为今后工况数据对照。

四 变频器的操作

8 变频器的操作

8.1 基本操作要领

8.1.1 频率给定

- (1) 操作面板给定: 使用面板键盘, 由 $\wedge$ 、 $\vee$ 键升降频率; 或由面板电位器调节频率;
- (2) 外部电信号给定: 使用控制端子, 在电压端子(VR1、VR2)给予 $0 \sim \pm 10V$ (也有的 $0 \sim \pm 5V$); 电流端子(IR1、IR2)给予 $4 \sim 20mA$ (也有的 $0 \sim 20mA$);
- (3) 编程给定: 当使用控制端子 X1、X2、..... 时, 设定对应的各自频率;
- (4) 上位机程序给定: 由上位机通过 RS-485 接口与本变频器通讯给定频率。

8.1.2 基本频率给定线和任意频率给定线

- (1) 基本频率给定线: 它是基本信号变动范围所对应的基本频率范围, 如图 8-1 中的①信号电压 $0 \sim U_{max}$ (例如 $0 \sim 10V$); 对应着输出频率 $0 \sim f_{max}$;

深圳市普传科技有限公司

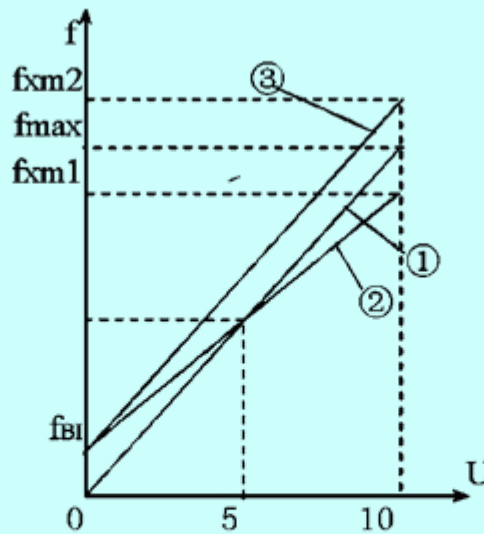
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com



线①为基本频率给定线， $f_{\max}$ 为对应最高输入电压的输出频率。

(基本频率给定线是 $U=0$ 时 $f=f_{BI}=0\text{Hz}$ ， $U=\text{最大}$ 时 $f=f_{\max}$ ，即 $G=100\%$ 。)

线②为频率增益 $G<100\%$ ， $f_{xm1}<f_{\max}$ 。通常偏置频率可设为 f_{BI} 。

线③为频率增益 $G>100\%$ 时， $f_{xm2}>f_{\max}$ 。通常偏置频率也可设为 f_{BI} 。

图 8-1 频率给定线和频率增益的含义

(2) 任意频率给定线:它需设定最低频率和最高频率，如图 10-1 中的②、③信号电压 $0\sim U_{\max}$ (例如 $0\sim 10\text{V}$)令频率增益为 $G\%=f_{xm}/f_{\max}$;

当 $G<100\%$ 时， $f_{xm}<f_{\max}$

如曲线②对应着输出频率 $f_{BI}\sim f_{xm1}$ (f_{BI} 为最低频率，也称偏置频率， f_{xm1} 为最高频率， f_{xm1} 现低于 $f_{\max}$)

当 $G>100\%$ 时 $f_{xm}>f_{\max}$

如曲线③对应着输出频率 $f_{BI}\sim f_{xm2}$ (f_{BI} 为最低频率，即为偏置频率。 f_{xm2} 为最高频率， f_{xm2} 现高于 $f_{\max}$)任意给定线的设定要考虑上下限频率的要求(见下述(3)，切忌随意性。

(3) 上下限频率设定需知:

上下限频率含义如图 8-2。

深圳市普传科技有限公司

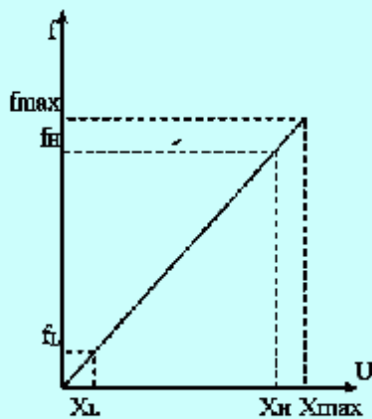
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com



f_n 上限频率 (对风机水泵一般不要超过额定转速, 否则电机会过载)
 f_L 下限频率 (下限频率设置过高易发生启动电流太大而过流)

图 8-2 上下限频率的含义

对转子直径大的电机, 受转子耐受离心力的限制; 对风机水泵平方率负载受高速过载过流的限制, 一般不要选择上限频率大于额定频率。

对静态阻尼大的负载, 对水泵扬程有要求的负载, 一般不要选择下限频率为 0 或较小。须设置一个合适的下限频率 f_{BI} 。

8.1.3 如何跟踪负载的变化

使用位置传感器(最简单的就是用电位器)与负载机械联动, 得到的电压信号供给到变频器的 VR1 或 VR2, 就可。见第十一章应用实例。

8.1.4 当输入信号于输出频率不符合要求时的处理

当输入为 0V 时, 输出不是 0 转(0Hz)时, 可调整偏置频率 f_{BI} 解决。

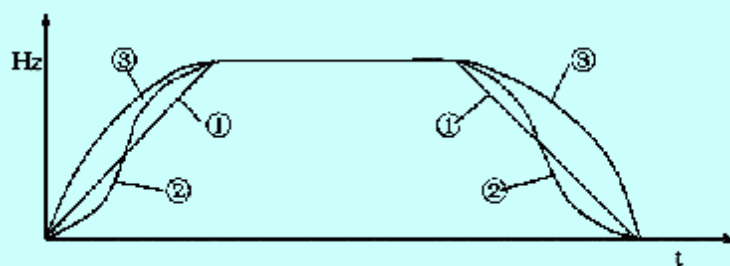
当输入最大信号时, 输出转速不合要求时, 可调整频率增益 $G\%$ 解决。 $G\% \downarrow$ 时最大输入信号的频率 $\downarrow$; 相反, $G\% \uparrow$ 时最大输入信号时的频率 $\uparrow$ 。

8.1.5 当启动和停止过程中电流偏大, 甚至发生过流保护的处理

可延长升降速时间, 但一般只要不过流, 升降速时间尽量短以提高效率。对风机等没有要求升降速的负载, 升降速时间长也无妨。目前很多变频器有过流(过压)限速功能的, 会自己暂时不升速(或降速)。

8.1.6 升降速曲线的选择

如图 8-3 所示, 根据实际负载要求选择。



① 线性升降曲线, 适用于多数负载 ② S 形升降曲线, 适用于电梯负载 ③ 指数升降曲线, 适用于风机负载

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

图 8-3 不同负载配合的升降速度曲线

曲线① 线性升降曲线, 适用于多数负载。

曲线② S 形升降曲线, 适用于电梯负载。

曲线③ 指数升降曲线, 适用于风机负载。

8.1.7 启动设置

如图 8-4 所示, 根据实际启动要求选择。

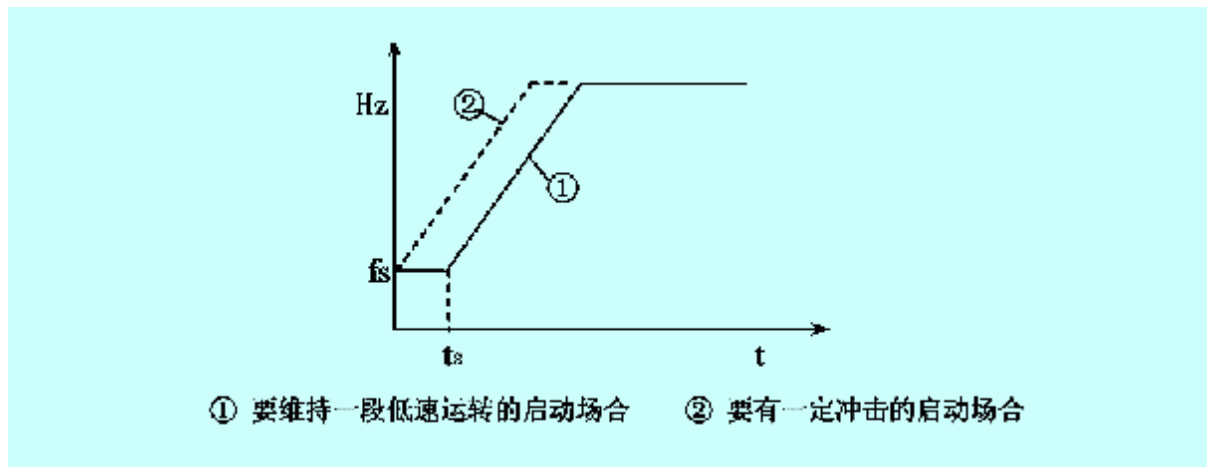


图 8-4 不同启动要求的速度上升曲线

曲线① 要维持一段低速运转的启动场合

曲线② 要有一定冲击的启动场合

8.1.8 零速启动

对于大惯性负载, 要求零速时启动, 例如风机有可能启动的瞬间正在旋转, 会有大的冲击启动电流, 因此, 先要直流制动, 在启动程序设置时要注意。否则有可能损坏变频器。

8.1.9 多段升速和多段降速

在低温、粘性润滑油等负载下, 为防止过流, 应设置多段升速; 在某些工艺有要求的场合也可能设置多段降速, 按使用手册要求设置。

8.1.10 爬行的消除

消除爬行应使用直流制动。方法是再生制动到低速结束时启用直流制动, 达到迅速停住。要根据负载惯性大小选择直流制动提供的直流电压幅值, 根据需要制动的快慢选择低速结束处的频率该是多少。

应注意, 直流制动与电磁铁抱住是性质不同的, 电磁铁抱住具有大的静态制动力矩, 因此对起重机等危险场合必须使用电磁铁抱住。

8.1.11 自由制动

当变频器停止输出(或断开)时, 电机和负载自由旋转减速的状态称自由制动。

此时要注意不应在未真正停止时就启动, 如要启动应直流制动停稳后再启动。这是由于启动瞬间电机频率(转速)与变频器频率差距太大, 会使变频器和电机流过极大的冲击电流, 引起损坏变频器的功率管。

对于水泵的停止, 不要使用自由制动, 因水泵惯性小, 突然停止会发生水锤效应。

8.1.12 转矩的提升

变频器在低速时因定子漏抗和定转子电阻的影响, 使转矩输出不足, 又实际负载对变频器输出转矩的要求不一, 实

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

际使用中往往需要作转矩的提升或补偿。

(1) 基本的 U/f 曲线:如前面第 1 节图 1-2 的曲线 1、2, 对该曲线的形状是可设定的。

(2) 直线型补偿 U/f 曲线:如图 8-5, 在恒转矩区间, 供选用的 U/f 曲线中, 有多条转矩提升曲线, 有的变频器还有几条转矩减少曲线。

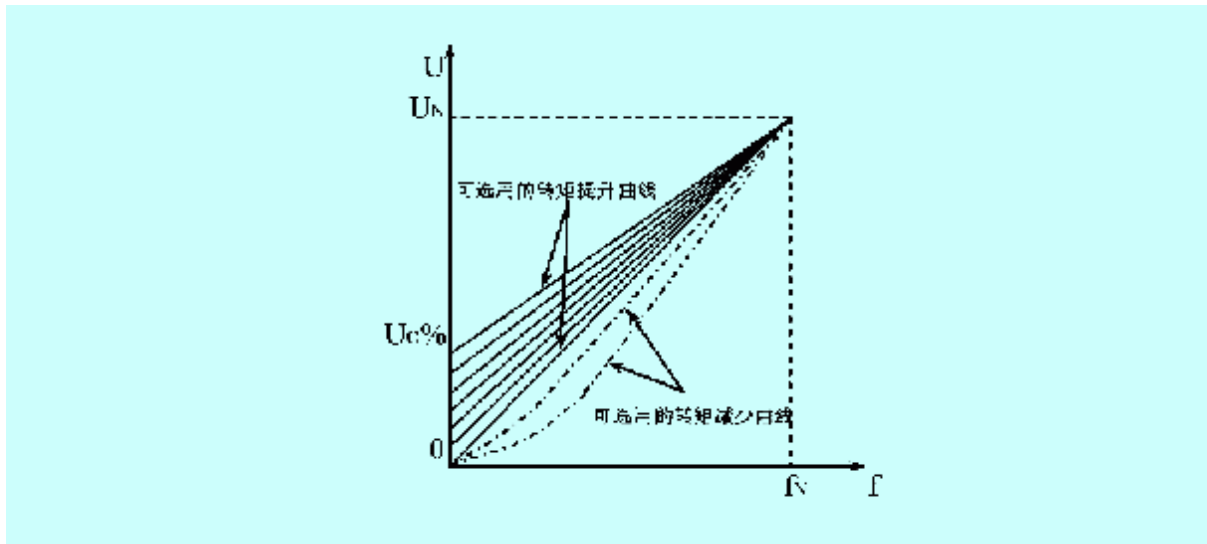


图 8-5 常用的转矩提升和转矩减少曲线

(3) 折线型补偿 U/f 曲线:可按产品使用手册设定需要的形状。

(4) 自动转矩补偿曲线:多数的情况是为了提高启动转矩, 使用变频器的自动转矩补偿功能较方便, 当启动电流为额定电流的 1.5 倍时启动转矩约提高到 2 倍。需要指出的是:任何转矩的提升是以提高电流为代价, 不应造成不恰当的过电流, 每加大一挡要检查电流是否太大, 更不能跳闸。

8.1.13 矢量控制

(1) 矢量控制的本质

交流异步电机只有三根线将电能送到电机去, 这三根线上的电气参数只可能有如下 4 项:电压、频率、相位、波形。

矢量控制在很多书上讲的很复杂, 不易搞懂, 但要实现控制不外乎改变这 4 项。实际测定某矢量控制交流异步电机, 对应不同负载率下不同设定频率的实际输出电压和频率是变化的,如图 8-6。这种变化是动态的, 与本章 1(12)节的转矩提升不一样。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

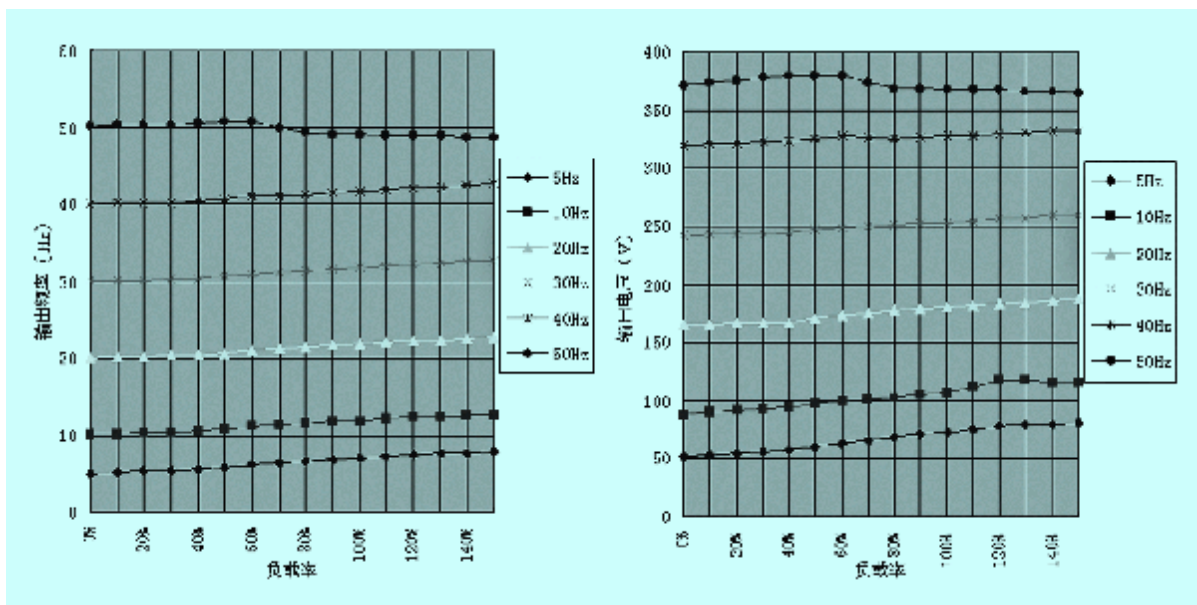
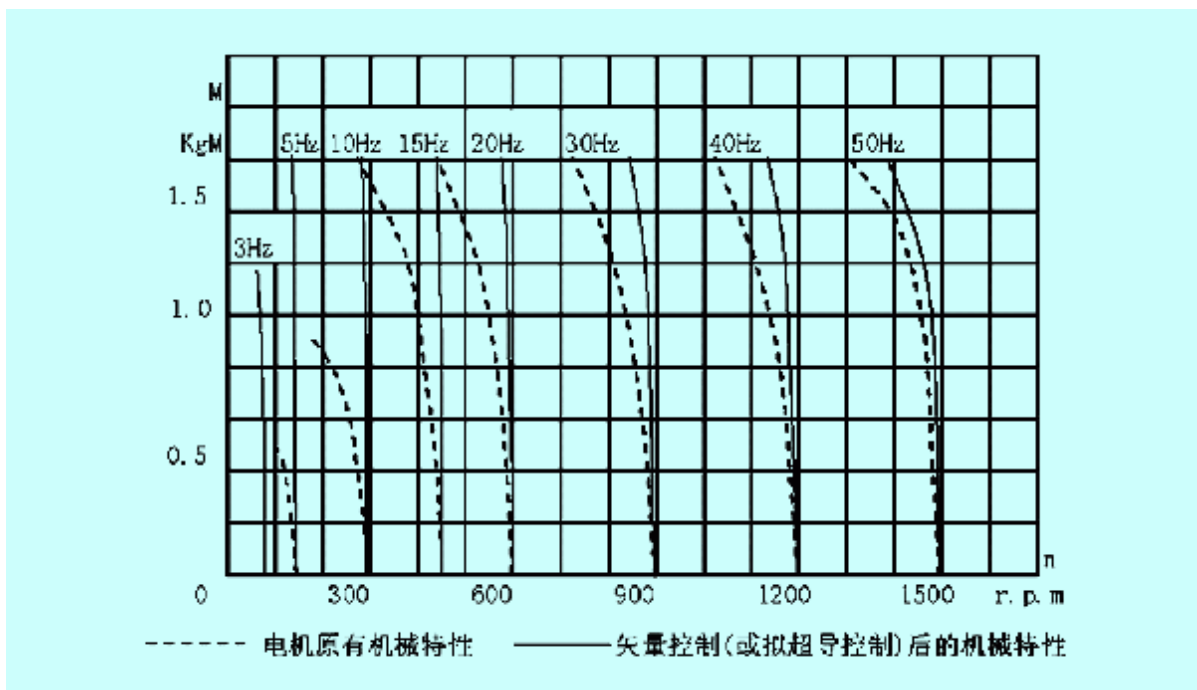


图 8-6 某 7.5KW 变频器矢量控制时不同负载率对应的频率和电压变化

矢量控制时，随着负载率的提高输出的实际频率和电压在不断提高，例如：某 7.5kW 电机设定 20Hz 条件下，空载时输出是 20Hz、165V；当负载率为 50% 时输出是 20.7Hz、170V；当负载率为 100% 时输出是 21.6Hz、180V；当负载率为 150% 时输出是 22.6Hz、187V。用示波器观察，波形和相位没有什么变化。由此可见，矢量控制的本质是随负载率增加动态地提高频率和电压，使电机的机械特性变硬。频率的提高比单纯电压提高更有利于减少电流上升和加大转矩。而在本章第 1.12 节的转矩补偿仅纯粹电压提高，会造成过电流。

有矢量控制的变频器提供电机比较硬的机械特性，图 8-7 为电机原有的机械特性和矢量控制后的机械特性比较。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

图 8-7 某 1.5kW 电机得原有机械特性和矢量控制

(或拟超导控制)后的机械特性

森兰变频器公司以自有专利技术设计成拟超导控制变频器，其最终效果同矢量控制的效果相当，表现的电机机械特性也相当，这种较硬得机械特性受到了拖动控制设计人员的喜爱。

(2) 矢量控制的设置

了解矢量控制本质后，就会明白不同电机的定子漏抗和电阻等参数和转子参数不同，动态补偿量也应不同。需要事先输入电机参数。这些参数有:PN、UN、IN、nN、2P、R1、X1、R2、X2、M、I0。一般使用自动测试方式输入。

使用自动测试方式输入参数的步骤:

- 电机脱离负载;
- 输入电机额定数据;
- 变频器处于“键盘操作方式”;
- 将测试功能置于“自动”;
- 按下“RUN”键，自动升速到一定转速(约半速)，然后降到零;显示“自测结束”。

使用矢量控制时变频器因有参数设定关系必须注意以下几点:

- 矢量控制只能一台变频器控制一台电机;
- 变频器最多比电机大一个档次;
- 极数以 2P=2、4、6 为宜;
- 对双笼、深槽、力矩电机不适用。

8.1.14 电机电压不相匹配的处理

(1) 利用绕组 Δ -Y 变换调整电机线电压;

(2) 电机线电压为 220V 时可调整到基本频率 $\times 50=86.5\text{Hz}$ ，这样频率调到 50Hz 时，电压正好 220V。

(3) 对单相输入三相输出的变频器，因单相整流与三相整流输出的电压不同，变频器的输出电压下降到只有 67%，输出转矩下降就更多。有些日本设备使用三相 220V 变频器，如改成中国单相 220V 供电，会造成变频器输出转矩大幅度下降。低速时可使用提高转矩补偿的方法来使用，但高速时转矩还是上不去。

8.2 控制端子的使用

8.2.1 外接频率给定(图 8-8)

电压给定 使用 VR1 VR2

电流给定 使用 IR1 IR2

公共端 GND

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

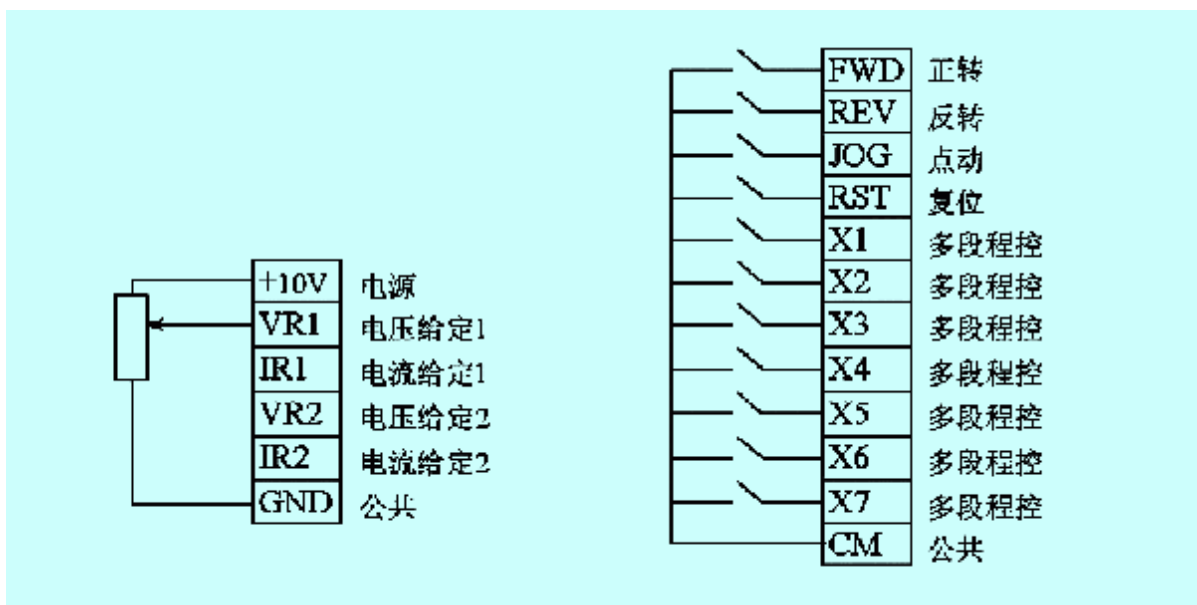


图 8-8 外接给定基本接法 图 8-9 外接输入基本接法

8.2.2 外接操作输入(图 8-9)

基本控制:正转 FWD; 反转 REV;

点动 JOG; 复位 RST;

多段程控 X1...X7;

可编程控制:多档速度设定,多档升降时间设定;

外部故障信号:当外部有故障时,故障信号输到相关输入端作控制;

外部升降速信号:使用外部触点信号输出到相关输入端作控制;

8.2.3 外接输出

(1) 报警输出: 使用继电器输出端 30A 30B 30C (见图 8-10)继电器的触点为 250V/1A 可直接用;

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

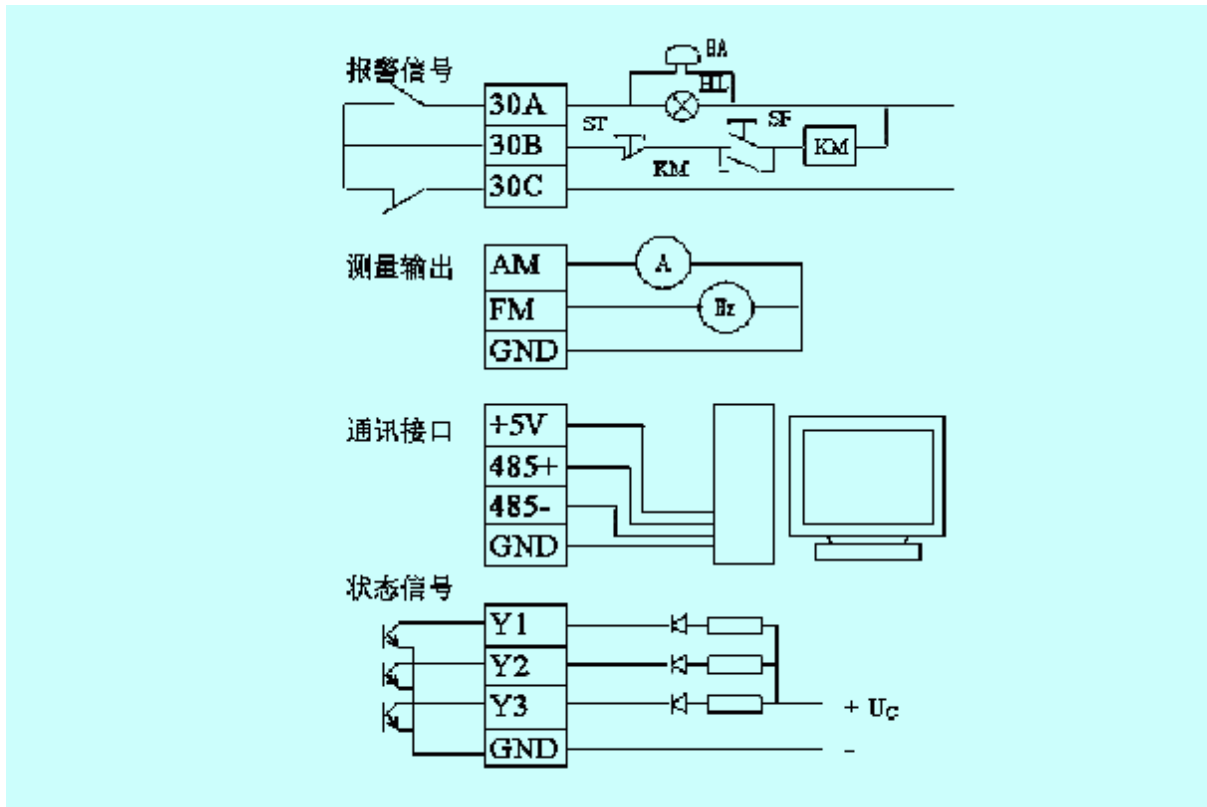


图 8-10 外接输出基本接法

(2) 测量信号输出:使用 FM 测频率 AM 测输出电流通过预置可改变的输出电压和负荷率供测量的信号模拟量为 DC 0~10V 数字量可直接数字仪表;

(3) 通讯接口:使用 RS-485 如上位机为 RS-232C 接口, 则要用 RS-485-RS-232C 转接口;

(4) 状态信号:使用 Y1 Y2 Y3 GND

对“运行信号”、“频率到达”、“频率检测”可通过预置设定, 输出除能驱动发光二极管外, 还能驱动小继电器, 但作为直接控制用信号弱, 需作处理。

*注意事项:

①当 FWD 与 CM 接通电机实际上反转时, 要改变电机接线使电机正转。不要将 REV 当作正转, 因为以后会造成判断错误而引起事故。

②不要把电源线的接触器作为变频器的启动和停止的开关, 因为电源接通瞬间变频器内部不稳定、可靠性差易发生事故、停机时无制动能力、并开停机易造成对电网干扰。

③使用 X1、X2.....与 CM 的通断控制升降速要确认转向和确认互锁。

8.2.4 三线控制

有三线控制的变频器比较方便, 它相当于继电器控制中的自锁控制。

(1) 按键控制:按 SF 后电机正转升速并自锁,按 ST 后电机降速至停止。

(2) 脉冲控制:

FWD 得正脉冲后电机正转升速并自锁;HLD 得负脉冲后电机减速到停止。脉冲控制方式可简化成按钮如图 8-11。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

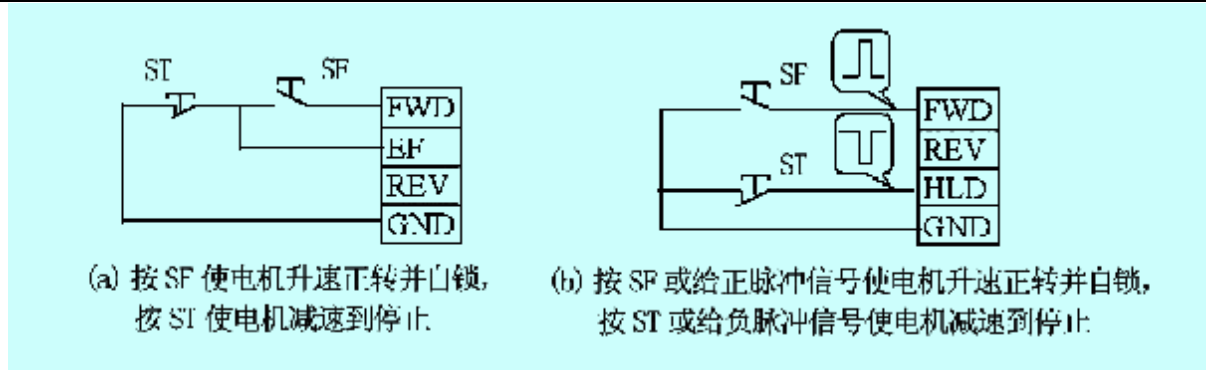


图 8-11 三线控制的两种基本接法

8.2.5 远距离控制

使用继电器把下列控制项移到控制室:

频率指示项:FMA GND

转速调节项:+5V(或+10V) VRF GND

正转、反转、点动、复位项:(FWD、REV、JOG、RST、CM)

8.2.6 PID 控制

P:比例控制 比例由系统放大倍数 K 决定，放大倍数大，静差就小，但易超调振荡，稳定性差;

I:积分控制 用于纠正的信号一开始不大，随时间延长而纠正的信号变大，最后达到 K ，这样一来虽然 K 很大，最终静差小，但不会发生超调振荡，稳定性好。

D:微分控制 在 PI 调节环节中，为了克服积分时间太长，造成滞后，加入微分环节，缩短调整时间。

P、PI、PID 控制调节的图示如图 8-12 所示。

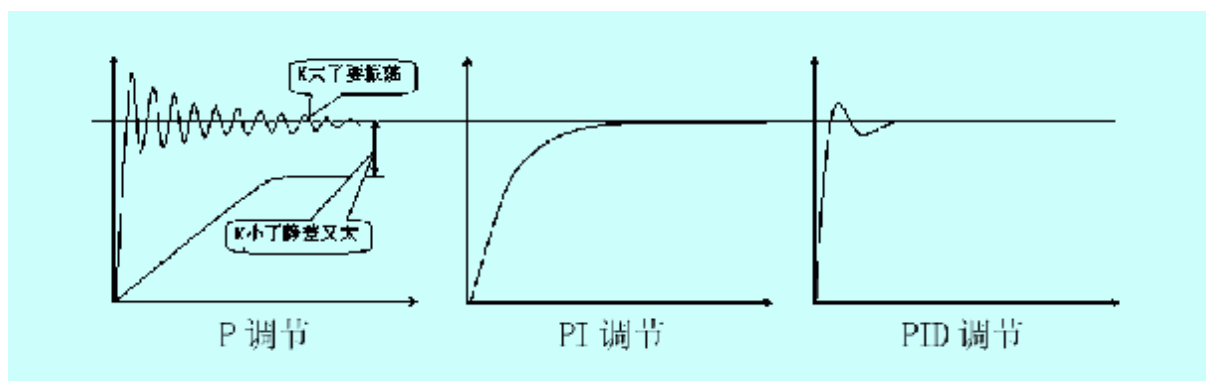


图 8-12 P PI PID 控制调节的图示

变频器使用内置 PID 和外接 PID 的用法如图 8-13

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

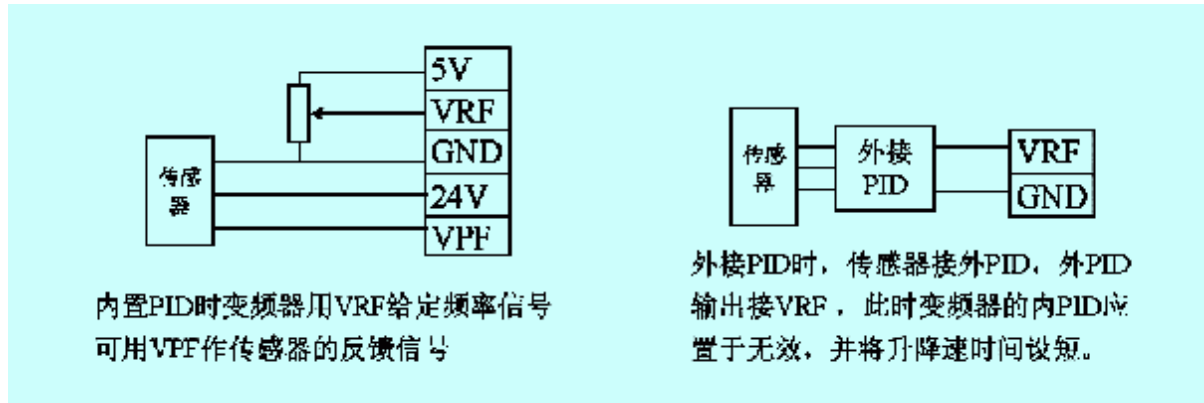


图 8-13 变频器用内置 PID 时的接法和外接 PID 时的接法

五 变频器的日常维修与故障处理

9 变频器的日常维护和检查

9.1 日常检查

检查安装地点、环境是否异常;冷却风路是否畅通;风机是否正常吹风;变频器、电动机、变压器、电抗器等有否过热有异味;电动机声音是否正常;变频器主回路和控制回路的电压有否不正常;滤波电容有否漏液、开裂、异味、安全阀脱出;显示部分是否不正常;控制按键和调节扭是否失灵。

9.2 定期检查和维护

打开变频器机盖前停止变频器运行，确认主回路电容放电完毕。清扫风机进风口、散热片和空气过滤器上的灰尘、脏物，使风路畅通;用吹具吹去印制板上的积尘，检查各螺钉紧固件是否松动，特别是通电铜条的大电流连接螺钉必须拧紧不得松动，有的因铜件发热弹性垫圈退火或断裂变形失去弹性必须更换后拧紧;察看绝缘物有否腐蚀、过热、变色变形的痕迹;用兆欧表测绝缘电阻应在正常范围内(兆欧表的电压要适当，一般使用 500V 兆欧表，测量时要判别进线端压敏电阻是否动作，防止误判。兆欧表内有高压，禁止测量印制板等弱电部分)。

易损件到一定使用周期要进行更换，主要易损件有风机、滤波电解电容等;用万用表确认各控制线控制电压正确性，检查调节范围，并做一下保护动作试验，确定保护有效;通电测量变频器输出电压的不平衡度;测量输入输出电压是否在正常范围内。

变频器长时间不使用要做维护,电解电容不通电时间不要超过 3~6 个月，因此要求间隔一段时间通一次电，新买来的变频器如离出厂时间超过半年至一年，也要先通低电压空载，经过几小时，让电容器恢复过来再使用。

10 变频器常见故障、检查、判断及处理

10.1 修理人员的素质

变频器的技术含量高，不是一般电工人员能修理的。修理人员必须具备以下素质:

熟悉了解变频器的基本原理，经过专业培训并合格，会使用万用表，示波器，钳型电流表，有基本装配工具，良好的焊接手艺，手头要有变频器和元器件的相关资料。有能力分析、记录和及时向制造公司技术部门作技术交流，具备一定的备用变频器等条件。修理判断前熟读对应的产品使用说明书，弄清各部分和各标志端子的功能。

10.2 逆变功率模块的损坏

10.2.1 判断

逆变功率模块主要有 IGBT、IPM 等，检查外观是否已炸开，端子与相连印刷板是否有烧蚀痕迹。用万用表查 C-E、G-C、G-E 是否已通，或用万用表测 P 对 U.V.W 和 N 对 U.V.W 电阻是否有不一致，以及各驱动功率元件控制极对 U.

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

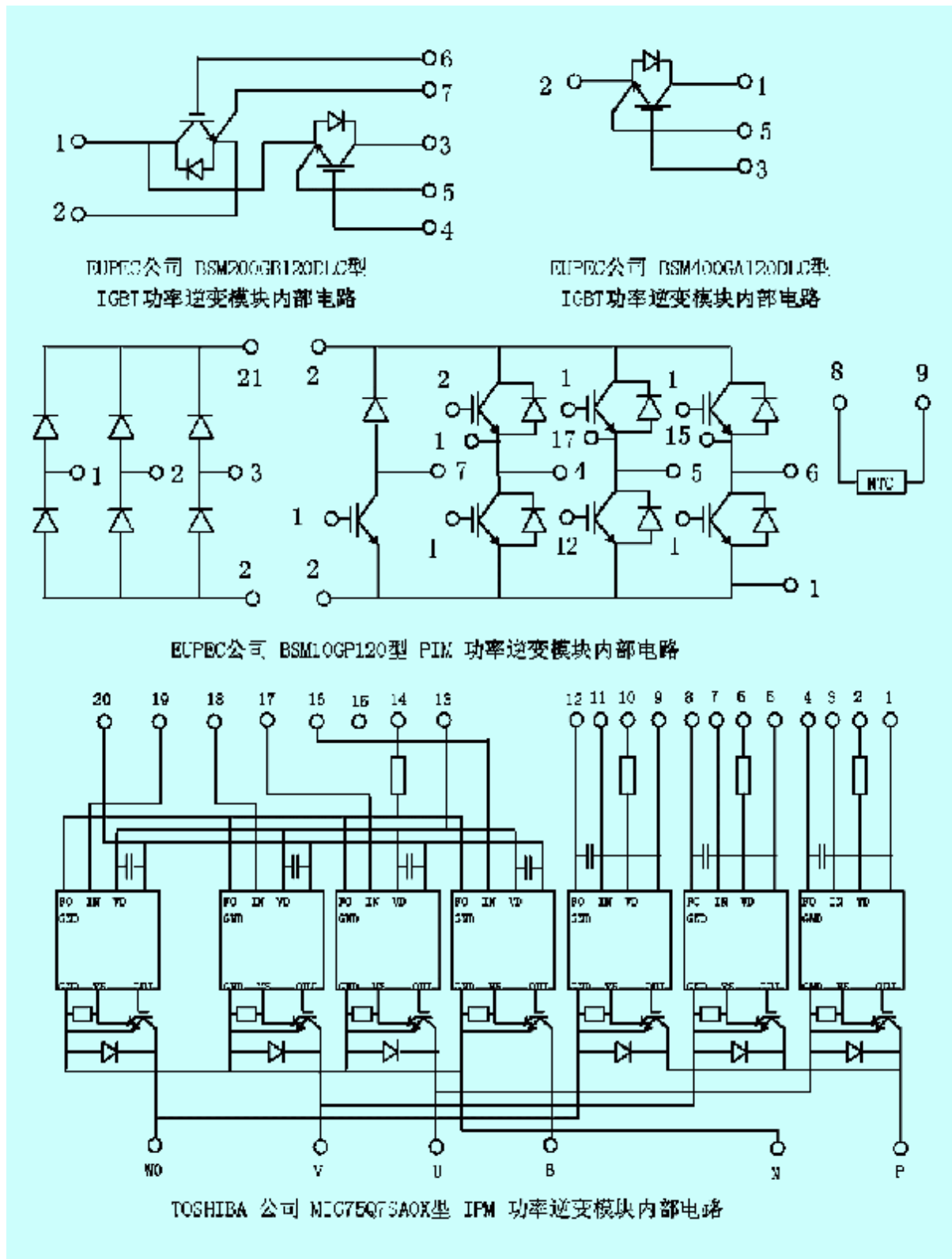
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



V.W.P.N 的电阻是否有不一致，以此判断那一功率元件损坏。

功率模块内部电路举例如图 10-1 所示：



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

图 10-1 变频器常用 IGBT、PIM、IPM 模块举例

10.2.2 损坏的原因查找

- (1) 器件本身质量不好。
- (2) 外部负载有严重过流、不平衡、电机某相绕组对地短路、有一相绕组内部短路、负载机械卡住、相间击穿、输出电线有短路或对地短路。
- (3) 负载上接了电容、或因布线不当对地电容太大，使功率管有冲击电流。
- (4) 用户电网电压太高，或有较强的瞬间过电压，造成过压损坏。
- (5) 机内功率开关管的过压吸收电路有损坏，造成不能有效吸收过压而使 IGBT 损坏，如图 10-2 所示。
- (6) 滤波电容 C1、C2(图 10-2)因日久老化，容量减少或内部电感变大，对母线的过压吸收能力下降，造成母线上过电压太高而损坏 IGBT。正常运行时母线上的过电压是逆变开关元件脉冲关断时，母线回路的电感储能转变而来的。

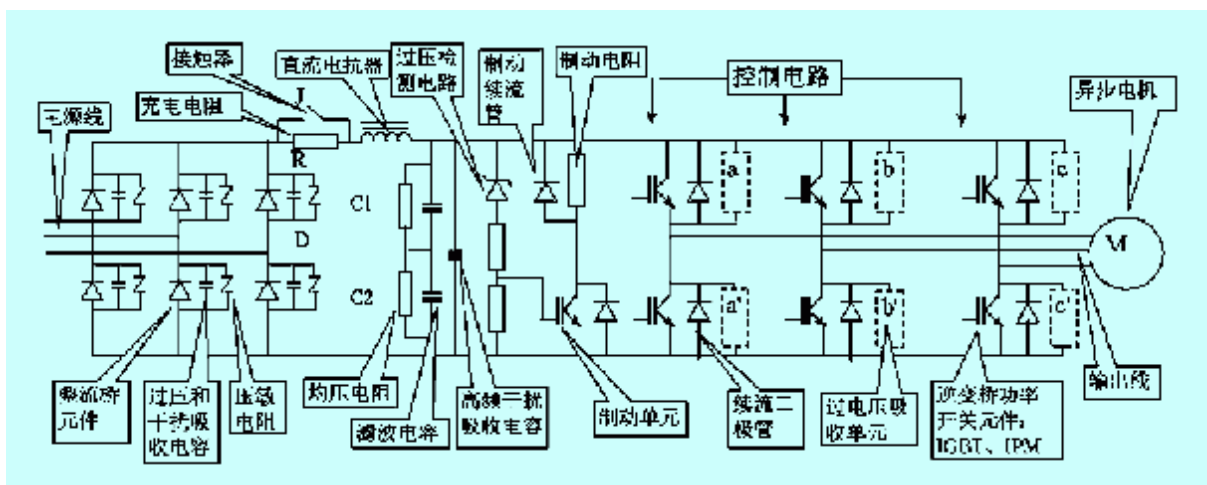


图 10-2 变频器主回路各易损坏元器件的位置

- (7) IGBT 或 IPM 功率器件的前级光电隔离器件因击穿导致功率器件也击穿，或因印制板在隔离器件部位因尘埃、潮湿造成打火击穿，导致 IGBT、IPM 损坏。
- (8) 不适当的操作，或产品设计软件中有缺陷，在干扰和开机、关机等不稳定情况下引起上下两功率开关元件瞬间同时导通。
- (9) 雷击、房屋漏水入侵，异物进入、检查人员误碰等意外。
- (10) 经维修更换了滤波电容器，因该电容质量不好，或接到电容去的线比原来长了，使电感量增加，造成母线过电压幅度明显升高。
- (11) 前级整流桥损坏，由主电源前级进入了交流电，造成 IGBT、IPM 损坏。
- (12) 修理更换功率模块，因没有静电防护措施，在焊接操作时损坏了 IGBT。或因修理中散热、紧固、绝缘等处理不好，导致短时使用就损坏。
- (13) 并联使用 IGBT，在更换时没有考虑型号，批号的一致性，导致各并联元件电流不均而损坏。
- (14) 变频器内部保护电路(过压、过流保护)的某元件损坏，失去保护功能。
- (15) 变频器内部某组电源，特别是 IGBT 驱动级+、-电源损坏、改变了输出值、或两组电源间绝缘被击穿。

10.2.3 更换

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

只有查到损坏的根本原因，并首先消除再次损坏的可能，才能更换逆变模块。否则，换上去的新模块会再损坏。

- (1) IGBT 同绝缘栅场效应管一样要避免静电损坏，在装配焊接中防止损坏的根本措施是，把被要修理的机器、IGBT 模块、电烙铁、人、操作工作台垫板等全部用导线连接起来，使得在同一电场电位下，进行操作，全部连接的公共点如能接地就更好。特别是电烙铁头上不能带有市电高电位，示波器电源要用隔离良好的变压器隔离。IGBT 模块在未使用前要保持控制极 G 与发射极 E 接通，不得随意去掉该器件出厂前的防静电保护 GE 连通措施。
- (2) 功率模块与散热器之间涂导热硅脂，保证涂层厚度 0.1~0.25mm，接触面 80%以上，紧固力矩按紧固螺钉大小施加(M 4 13kg-cm M5 17kg-cm M6 22kg-cm)，以确保模块散热良好。
- (3) 机器拆开时，要对被拆件、线头、零件做好笔记。再装配时处理好原装配上的各类技术措施，不得简化、省略。例如:输入的双绞线，各电极连接的电阻阻值，绝缘件、吸收板或吸收电容都要维持原样;要对作了修焊的驱动印制板进行清洁和防止爬电的涂漆处理，以及保证绝缘可靠、更不要少装和错装零部件。
- (4) 并联模块要求型号、编号一致，在编号无法一致时，要确保被并联的全部模块性能相同。
- (5) 对因炸机造成铜件缺损，要把毛刺修园砂光，避免因过电压发生尖端放电而再次损坏。

10.2.4 更换模块后的通电

经常有人更换模块后，一通电又把模块烧了，为防止此类事故，一般在变频器的直流主回路里串入一电阻，电阻阻值为 1K~2K 功率 50W 以上，由于电阻的限流作用，即使故障开机也不会损坏模块。空载时流过电阻的电流小，压降也小，可作空载检查。一般只要空载运行正常，去掉电阻大都会正常。

10.3 整流桥的损坏

10.3.1 判断

用万用表 Ω 档即可判断，对并联的整流桥要松开连接件，找到坏的那一个。

10.3.2 损坏原因查找

- (1) 器件本身质量不好。
- (2) 后级电路，逆变功率开关元件损坏，导致整流桥流过短路电流而损坏。
- (3) 电网电压太高，电网遇雷击和过电压浪涌。电网内阻小，过压保护的压敏电阻已经烧毁不起作用，导致全部过压加到整流桥上。
- (4) 变频器与电网的电源变压器太近，中间的线路阻抗很小，变频器没有安装直流电抗器和输入侧交流电抗器，使整流桥处于电容滤波的高幅度尖脉冲电流的冲击状态下，使整流桥过早损坏。
- (5) 三相输入缺相，使整流桥负担加重而损坏。

10.3.3 更换

- (1) 找到引起整流桥损坏的根本原因，并消除，防止换上新整流桥又发生损坏。
- (2) 更换新整流桥，对焊接的整流桥需确保焊接可靠。确保与周边元件的电气安全间距，对螺接的要拧紧，防止接触电阻大而发热。与散热器有传导导热的，要求涂好硅脂降低热阻。
- (3) 对并联整流桥要用同一型号，同一厂家的产品，以避免电流不均匀而损坏。

10.4 滤波电解电容器损坏

10.4.1 判断

外观炸开，铝壳鼓包，塑料外套管裂开，流出了电解液、保险阀开启或被压出，小型电解顶部分瓣开裂，接线柱严重锈蚀，盖板变形、脱落。用万用表测量开路或短路，容量明显减小，漏电严重(用万用表测最终稳定后的阻值较小)。

10.4.2 找出电容损坏原因

- (1) 器件本身质量不好(漏电流大，损耗大，耐压不足，含有氯离子等杂质，结构不好，寿命短)。
- (2) 滤波前的整流桥损坏，有交流电直接进入了电容。
- (3) 分压电阻损坏，分压不均造成某电容首先击穿，随后发生相关其他电容也击穿。
- (4) 电容安装不良，如外包绝缘损坏，外壳电气上连到了不应有的电位上，电气螺接处和焊接处不良，造成接触不良发热而损坏。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

(5) 散热环境不好, 使电容温升太高, 日久而损坏。

10.4.3 电容的更换

(1) 更换滤波电解电容器最好选择与原来相同的型号, 在一时不能获得相同的型号时, 必须注意以下几点: 耐压、漏电流、容量、外形尺寸、极性、安装方式, 并选用能承受较大纹波电流, 长寿命的品种。

(2) 更换拆装过程中注意电气连接(螺接和焊接)牢固可靠, 正负极不得接错, 固定用卡箍要能牢固固定, 并不得损坏电容外绝缘包皮, 分压电阻照原样接好, 并测一下电阻值, 应使分压均匀。

(3) 已放置一年以上的电解电容器, 应测漏电流值, 不得太大, 装上前先行加直流电老化, 直流电先加低一些, 当漏电流减小时, 再升高电压, 最后在额定电压时, 漏电流值不得超过标准值。

(4) 因电容的尺寸不合适, 而修理替换的电容只能装在其他位置时, 必须注意从逆变模块到电容的母线不能比原来的母线长, 两根+、-母线包围的面积必须尽量小、最好用双绞线方式, 这是因为电容连接母线延长或+、-母线包围面积大会造成母线电感增加, 引起功率模块上的脉冲过电压上升, 造成损坏功率模块或过电压吸收器件损坏。在不得已的情况下, 另用高频高压的浪涌吸收电容用短线加装到逆变模块上, 帮助吸收母线的过电压, 弥补因电容连接母线延长带来的危害。

10.5 风机的损坏

10.5.1 风机的损坏判断

(1) 测量风机电源电压是否正常, 如风机电源不正常首先要修好风机电源;

(2) 确认风机电源正常后风机如不转或慢转, 则风机已故障, 需更换。

10.5.2 损坏原因查找

(1) 风机本身质量不好, 线包烧毁、局部短路, 直流风机的电子线路损坏, 风机引线断路, 机械卡死, 含油轴承干涸, 塑料老化变形卡死;

(2) 环境不良, 有水气、结露、腐蚀性气体、脏物堵塞、温度太高使塑料变形。

10.5.3 风机的更换

(1) 更换新风机最好选择原来型号或比原型号性能优良的风机, 同样尺寸的风机包含很多种风量和风压品种, 就同一厂家而言就会有几种转速、几种功率, 最终有几种风量风压, 更不用说又有很多厂家了。

(2) 风机的拆卸有很多情况要牵动变频器内部机芯, 在拆卸时要做好记录和标识, 防止装回原样时发生错误, 有的设计充分考虑到更换方便性, 此时要看清楚, 就不要盲目大拆、大动了。

(3) 风机在安装螺钉时, 力矩要合适, 不要因过紧而使塑料件变形和断裂, 也不能太松而因振动松脱。风机的风叶不得碰风罩、更不得装反风机。

(4) 选用风机时注意风机轴承是滚珠轴承的为好, 含油轴承的机械寿命短, 就单纯轴承寿命而言, 使用滚珠轴承时风机寿命会高 5~10 倍

(5) 风机装在出风口承受高温气流, 其风叶应用金属或耐温塑料制成, 不得使用劣质塑料, 以免变形。

(6) 电源连接要正确良好, 转子风叶不得与导线相摩擦, 装好后要通电试一下。

(7) 清理风道和散热片内的堵塞物很重要, 不少变频器因风道堵塞而发生过热保护、或损坏。

10.6 开关电源的损坏

10.6.1 开关电源损坏的判断

(1) 有输入电压, 而无开关电源输出电压, 或输出电压明显不对;

(2) 开关电源的开关管、变压器印制板周边元件, 特别是过电压吸收元件有外观上可见的烧黄、烧焦, 用万用表测开关管等元件已损坏;

(3) 开关变压器漆包线长期在高温下使用出现发黄、焦臭、变压器绕组间有击穿、变压器绕组特别是高压线包有断线、骨架有变形和跳弧痕迹。

10.6.2 查找开关电源损坏原因

(1) 开关电源变压器本身漏感太大。运行时原边绕组的漏感造成大能量的过电压, 该能量被吸收的元件(阻容元件、稳压管、瞬时电压抑制二极管)吸收时发生严重过载, 时间一长吸收的元件就损坏了。

以上原因又会使开关电源效率下降, 开关管和开关变压器发热严重, 而且开关管上出现高的反峰电压, 促使开关管损坏

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

及变压器损坏，特别在密闭机箱里的变压器、开关管、吸收用电阻、稳压管或瞬时电压抑制二极管的温度会很高。

- (2) 变压器导线因氧化、助焊剂腐蚀而日久断裂。
- (3) 元器件本身寿命问题，特别是开关管和或开关集成电路因电流电压负担大，更易损坏。
- (4) 环境恶劣，由灰尘、水气等造成绝缘损坏。

10.6.3 开关电源的修理

- (1) 开关电源因局部高温已使印制板深度发黄碳化或印制线损坏时，印制板的绝缘和覆铜箔、导线已不能使用时，只能整体更换该印制板。
- (2) 查出损坏的元件后更换新元件，元件型号应与原型号一致，在不能一致时，要确认元件的功率、开关频率、耐压以及尺寸上能否安装，并要与周边元件保持绝缘间距。
- (3) 认为已修好后，应通电检查。通电时不应使整个变频器通电而只对有开关变压器的那一部分，在开关变压器的电源侧通电，检查工作是否正常，各付边电压是否正确，改变电源侧的电压在+15%~-20%变动范围内，输出电压应基本不变。

10.7 接触器的损坏

10.7.1 接触器损坏判断

- (1) 对于发生逆变桥模块炸毁、滤波电解电容发生爆炸等变频器后级发生严重过流短路的，都要检查是否累及接触器(见图 10-2)。常见的损坏有触头烧蚀、烧粘结，以及接触器塑料件烧变形。
- (2) 少数接触器会发生控制线包断线和完全不动作。

10.7.2 损坏原因

- (1) 后面有短路，过电流故障造成触头烧蚀；
- (2) 线包质量不好，发生线包烧毁、烧断线而不能吸合；
- (3) 对有电子线路的接触器，因电子线路损坏而不能动作，因此最好不用有电子线路的接触器；
- (4) 因炸机火焰损坏。

10.7.3 更换

- (1) 选同型号、同尺寸、线包电压相同的作更换，如不同型号，则性能、尺寸、电压应相同；
- (2) 不要使用带电子线路的接触器，因为故障率高；
- (3) 如果有旧的接触器可以更换内部零件而修好，但必须严格按原有内部装配正确装配好；
- (4) 对烧蚀不严重的触头，可以用细砂布仔细砂光继续使用；
- (5) 因触头要流过大电流，对螺钉联结的铜条和导线必须切切实实拧紧以减少发热。

10.8 印制板电路的损坏

10.8.1 印制板电路的判断

- (1) 排除了主回路器件的故障后，如还不能使变频器正常工作，最为简单有效的判断是拆下印制板看一下正反面有否明显的元件变色、印制线变色、局部烧毁；
- (2) 一般变频器上的印制板主要有驱动板、主控板、显示板、根据变频器故障表现特征，使用换板方式判断那块板有毛病，对有其它印制板，如吸收板、GE 板、风机电源板等等，因电路简单可用万用表迅速查出故障。
- (3) 印制板在有电路图时按图检查各电源电压，用示波器检查各点波形，先从后级检查，逐渐往前级检查；在没有电路图时，采用比较法，对有几路相同的部分进行比较，有好的印制板在手时，将故障板与好板对照查出不同点，再作分析即可找到损坏的器件。

10.8.2 印制板损坏原因

- (1) 元器件本身质量和寿命造成损坏，特别是功率较大的器件坏的概率更大；
- (2) 元器件因过热或过电压损坏、变压器断线、电解电容干枯、漏电、电阻长期高温而变值；
- (3) 因环境温度、湿度、水露、灰尘引起印制板腐蚀击穿绝缘漏电等损坏；
- (4) 因模块损坏导致驱动印制板上的元件和印制线损坏；
- (5) 因接插件接触不良、单片机、存储器受干扰、晶振失效；

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

(6) 原有程序因用户自行调乱，不能工作。

10.8.3 印制板的维修

(1) 对印制板维修需有电路图、电源、万用表、示波器、全套焊接拆装工具，以及日积月累的经验，才会比较迅速地找到损坏之处；

(2) 印制板表面有防护漆等涂层，检测时要仔细用针状测笔接触到被测金属，防止误判。由于元件过热和过电压容易造成元件损坏，所以对于下列部位要求高度注意，首先检查：

开关电源的开关管、开关变压器、过压吸收元件、功率器件、脉冲变压器、高压隔离用的光耦、过压吸收或缓冲吸收板及所属元件、充电电阻、场效应管或 IGBT 管、稳压管或稳压集成电路。

(3) 印制板的更换会有版本不同而带来麻烦，因此维修人员确定要换板，就要看版号标识是否一致，如不一致而发生了障碍，就要向制造商了解清楚；

(4) 单片机编号不一样内部的程序就不一样，在使用中某些项目可能会表现出不一样，因此，使用中如确认程序有问题，就应向制造商询问；

(5) 由于干扰会导致变频器工作不正常或发生保护。此时，应采取抗干扰措施，除了变频器整体上考虑抗干扰外(例如：加装输入、输出交流电抗器，无线电干扰抑制电抗器，输出线加磁环等等)，还可以在主控板的电源端加装由磁环和同相串绕的几匝导线构成的所谓共模抑制电抗器、对主控板上下位置作静电隔离屏蔽，以及对外部控制线用屏蔽线或用双绞线等措施。

(6) 印制板维修后要通电检查，此时不要直接通电变频器的主回路，而要使用辅助电源对印制板加电，并用万用表检查各电压、用示波器观察波形，确认完全无误后才可接到主回路一起调试。

10.9 变频器内部打火或燃烧

10.9.1 过电压吸收不良造成打火

变频器的主要开关器件在快速切换电流时,由于被切换电路上往往有电感存在,电感上储存的磁场能量将迅速转变为电场能量:

$$\frac{1}{2}L i^2 \rightarrow \frac{1}{2}C u^2$$

特别当被切换电流 i 大，而电路分布电容 C 小的时刻，在电流切换器件的端子上将出现极高的过电压 u ，这个电压有时高到几百、几千、甚至于几万 V。

因此，在变频器的功率开关器件(例如 IGBT)的 C、E 端、开关电源管的 C 端、电源进线端等部位都设置了过电压吸收电路或器件来做保护。但这些保护器件失效、或具有相同作用的其他器件性能变坏(例如承担部分过电压吸收的滤波电容干枯)，都有可能出现过电压，发生打火、击穿、或被保护的开关器件自身损坏。

功率开关器件的过电压吸收电路常见的有图 10-3，电源进线端的过电压吸收常见有图 10-4。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

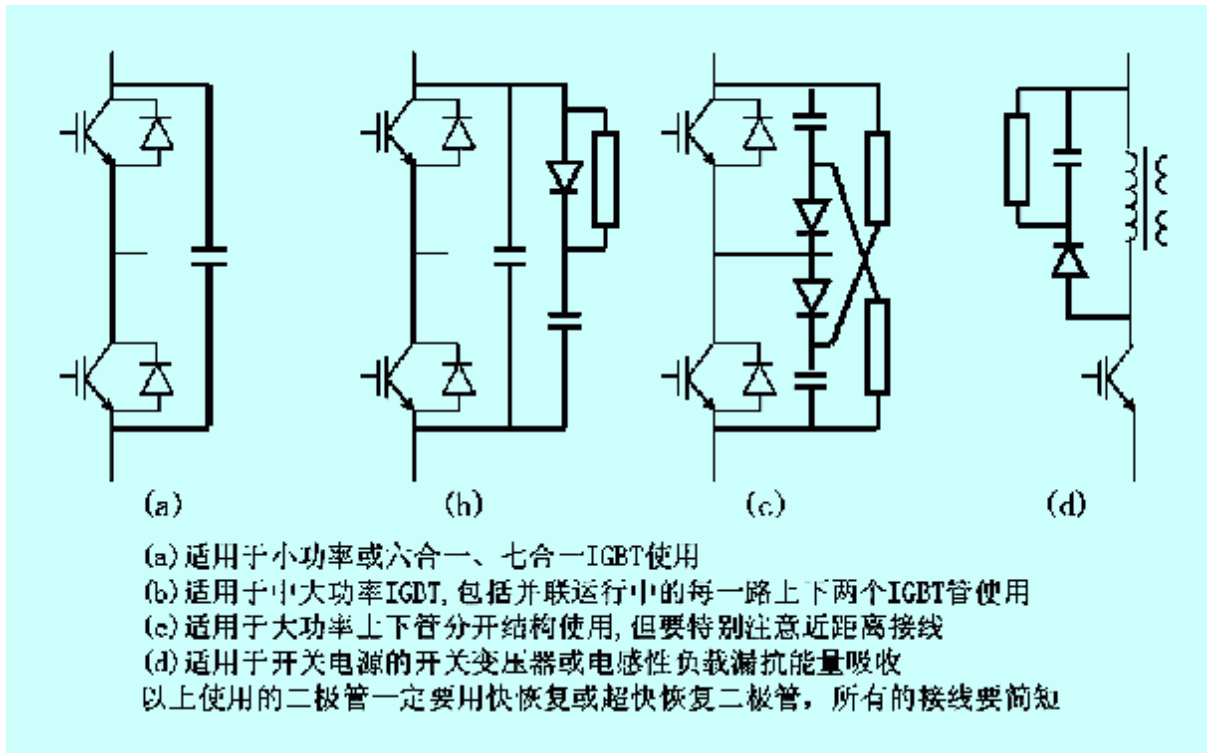


图 10-3 常见过电压吸收电路

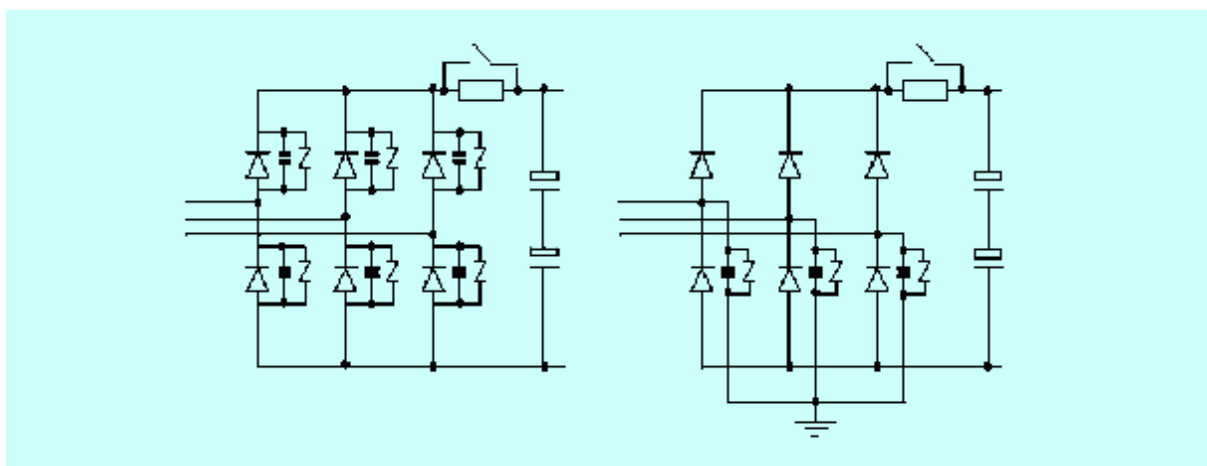


图 10-4 电源进线端的过电压吸收

当这些吸收元件损坏及安装它的印制板损坏时, 就会产生过电压、跳火、烧蚀及主器件立即损坏。更换这些元件时要求意识到型号的重要性, 如二极管一定要用快恢复或超快恢复二极管, 连接的接线要简短, 以减少分布电感量的危害。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

10.9.2 主器件损坏造成打火

有些变频器损坏的现象使人感到纳闷,母线间的某个间距并不小,但有尖端放电可能的区域,出现打火电蚀的痕迹。仔细查来发现有某主器件被损坏,究竟是否间距不够造成的后果呢?不是的,这是因主回路有一定量的电感,当主器件故障的短路大电流突然烧断时,就会造成母线间过电压(图 10-5)。逆变桥开关器件 IGBT 短路会造成正负母线间打火;整流桥短路或逆变 IGBT 短路有可能造成进线处打火或进线保护用压敏电阻损坏,因进线也有电感,也会造成过电压。逆变桥开关器件 IGBT 或整流桥烧毁常造成器件自身炸裂,严重时殃及周围器件,如烧毁驱动电路板。

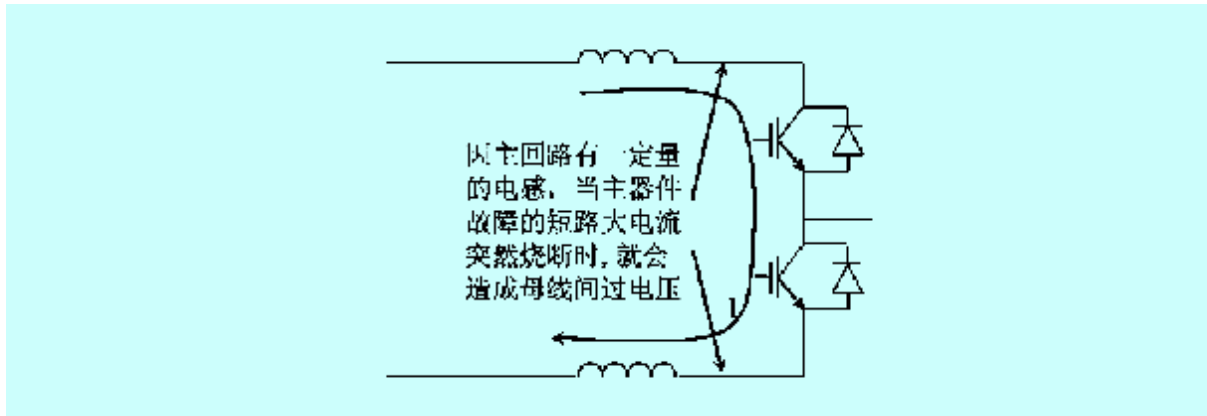


图 10-5 主器件损坏造成打火

10.9.3 压敏电阻问题

压敏电阻本来是用于进线侧吸收进线过电压的保护器件,但当进线侧电压持续较高,压敏电阻性能有变化时,有可能使压敏电阻爆炸烧毁,同样有可能殃及周围器件和导线绝缘。

10.9.4 电解电容器漏液、爆炸、燃烧

电解电容器质量不好的表现有:漏液、漏电流大、损耗大发热、鼓包、炸裂、由炸裂引起燃烧、容量下降,内阻及电感增加。对于滤波用电解电容因电压高、容量大,所储存的能量大,容易造成漏液、爆炸、燃烧。电解液是可燃物,可造成燃烧事故。因此要用质量好的电解电容器,并在到达寿命前更换新的。

10.10 常见运行中的故障

10.10.1 过电流跳闸

起动时,一升速就跳闸,这是过流十分严重,查看有否负载短路、接地、工作机械卡住、传动损坏、电机起动转矩过小、根本起不动、变频器逆变桥已损坏。

运行中跳闸引起的原因有升速设定时间过短、降速时间设定过短、转矩补偿(V/F 比)设定太大,造成低速过电流、热继电器调整不当、动作电流设定太小也可引起过流动作。

10.10.2 过压和欠压跳闸

过压:电源电压过高,降速时间设定过短,降速过程中制动单元没有工作或制动单元放电太慢,即制动电阻太大,变频器内部过压保护电路有故障;

欠压:电源电压过低,电源缺相,整流桥有一相故障,变频器内部欠压保护电路故障。

10.10.3 电动机不转

电机、导线、变频器有损坏,线未接好,功能设置不当,例如上限频率、下限频率、基本频率、最高频率设定时没有注意,相互矛盾着。使用外控给定时,没有对选项预置,以及其它不合理设置。

10.10.4 发生失速

变频器在减速或停止过程中,由于设置的减速时间过短或制动能力不够,导致变频器内部母线电压升高发生保护(也称

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址:深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

过压失速)。造成变频器失去对电机的速度控制,此时应设置较长的减速时间,保持变压器内母线电压不至于升得太高,实现正常减速控制。

变频器在增速过程中,设置的加速时间过短或负载太重,电网电压太低,导致变频器过电流而发生保护(也称过流失速)。变频器失去对电机的速度控制,此时应设置较长的增速时间,维持不会过电流,实现正常增速控制。

10.10.5 变频器主器件自保护(FL 保护)

该保护是变频器主器件工作不正常而发生的自我保护,很多原因都会导致 FL 保护。FL 发生时,很多是变频器逆变器部分已经流过了不适当的大电流,这一电流在很短的时间内被检测出来,并在没有使功率器件损坏前发出保护控制信号,停止功率器件继续被驱动板激励而继续发生大电流,从而保护了功率器件。也有的功率器件已损坏,不适当地流过了大电流,被检测后就停止了驱动板对功率器件的激励。也有因过热使热敏元件动作,发生 FL 保护。

FL 发生的现象一般有:一通电就 FL 保护;运行一段时间发生 FL 保护;不定期出现 FL 保护。

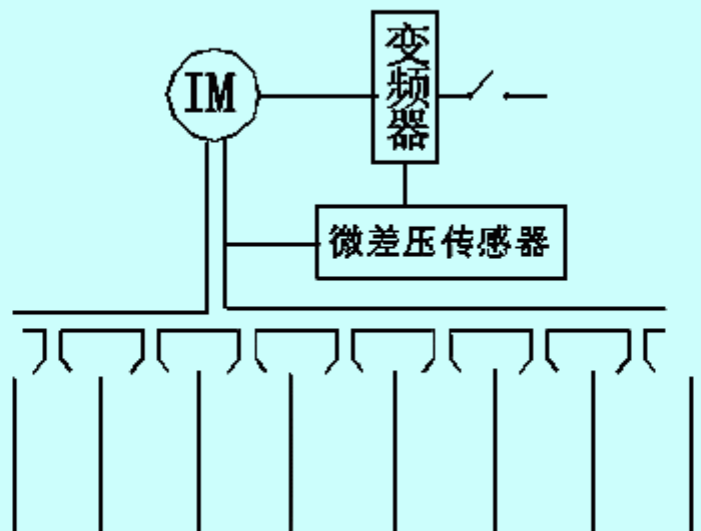
FL 发生时要检查以下器件是否已损坏及作出处理:

- (1) 模块(开关功率器件)已损坏;
- (2) 驱动集成电路(驱动片)、驱动光耦已损坏;
- (3) 由功率开关器件 IGBT 集电极到驱动光耦的传递电压信号的高速二极管损坏;
- (4) 因逆变模块过热造成热继电器动作,这类故障一般冷却后可复位,既 FL 在冷却时不发生,可再运行。对此要改善冷却通风,找到过热根源;
- (5) 外部干扰和内部干扰造成变频器控制部位,芯片发生误动作,对此要采取内外部抗干扰措施,例如:加磁环、屏蔽线、更改外部布线、对干扰源隔离、加电抗器等等。

六 变频器典型应用列举

1 在吸尘送风机上的应用

如果利用微压差信号驱动变频器减速运行,年平均只需 60%的电费运行,实现了节能。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

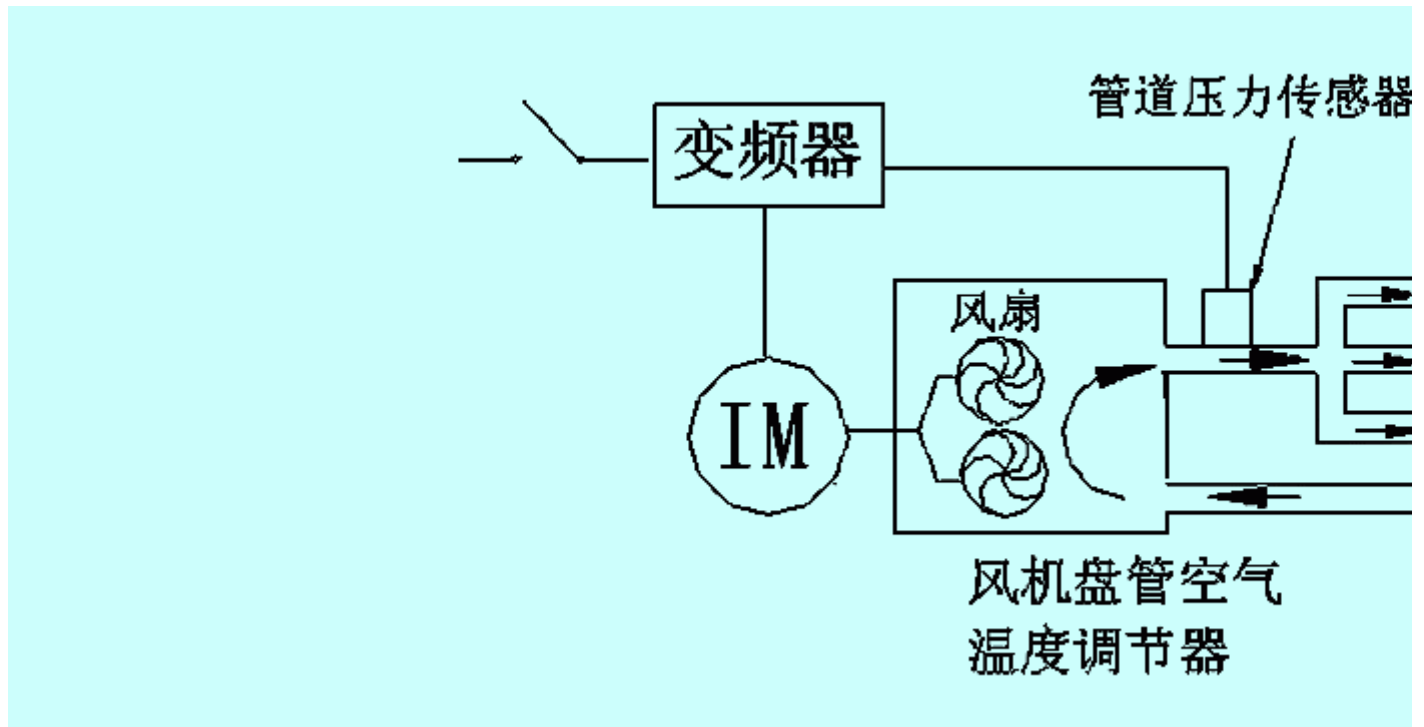
邮箱: powtran@powtran.com

2 在中央空调送风机上应用

用压力传感器(DC 4-20MA)保持管道内风压, 平均只要 50%运行, 实现了节能。

3 在冷却塔上应用

利用湿度传感器调整变频器, 使风机调整, 平均只需 40%运转, 实现节能。



深圳市普传科技有限公司

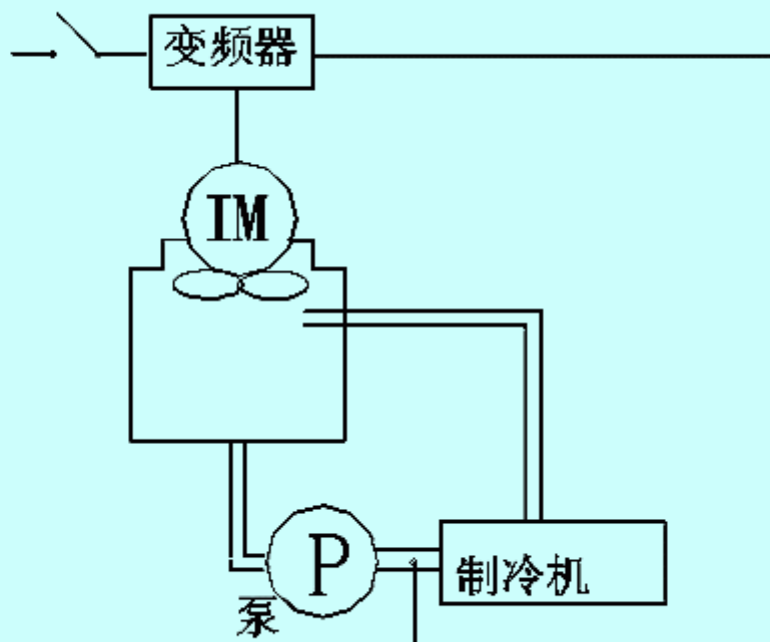
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

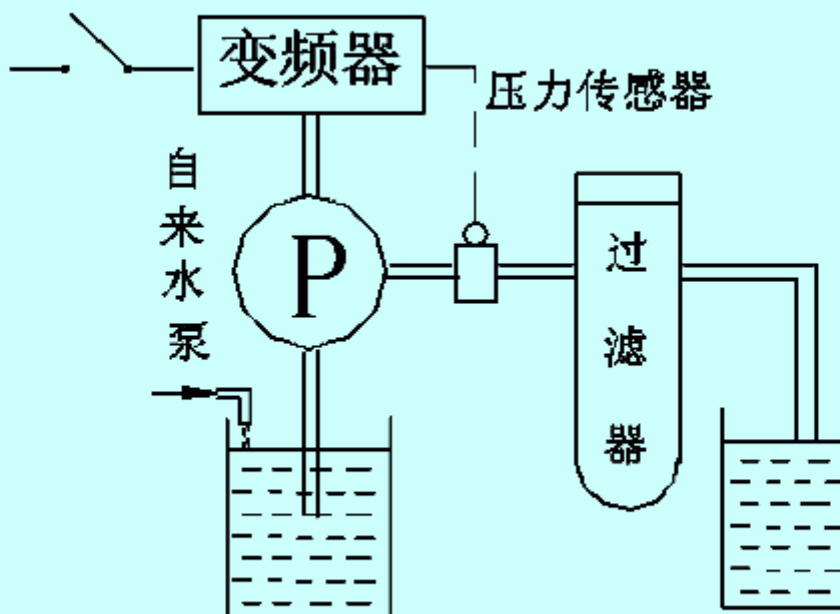
传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com



4 在给水泵上应用

在泵的输出管道上安装压力传感器，调节变频器，使泵只需平均 85% 的运转，实现了节能。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

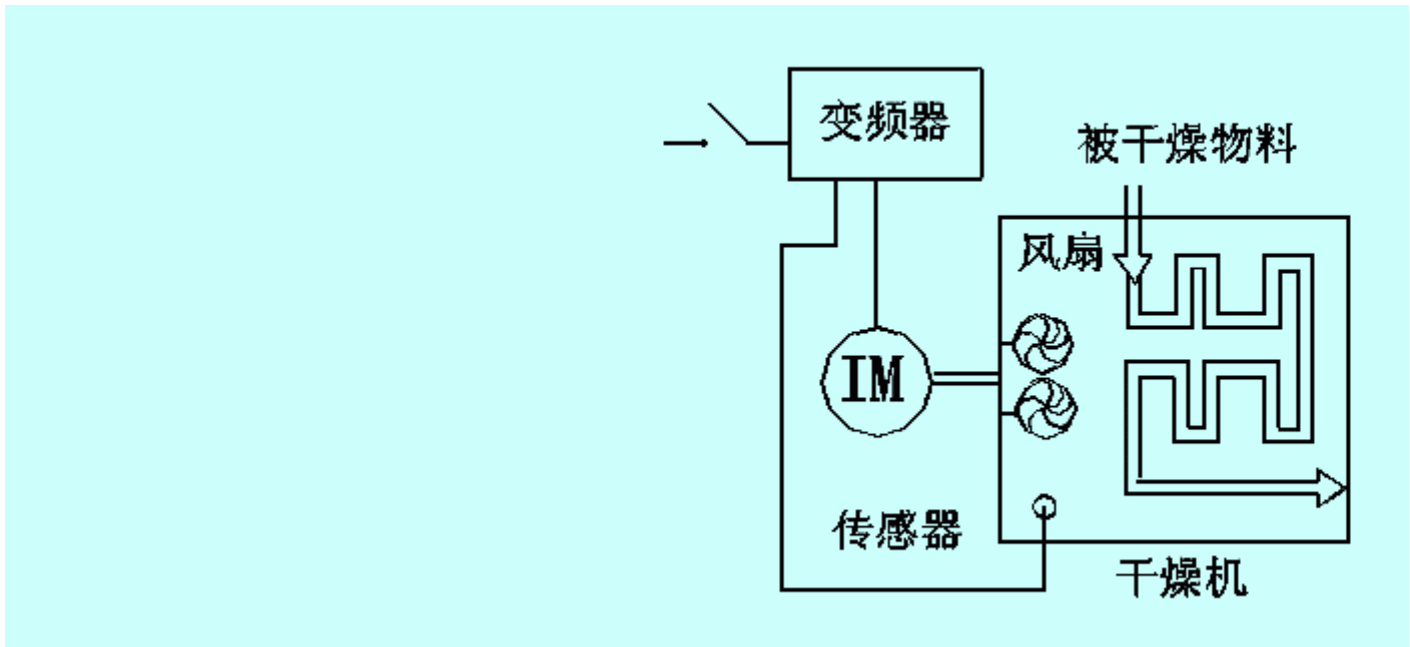
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

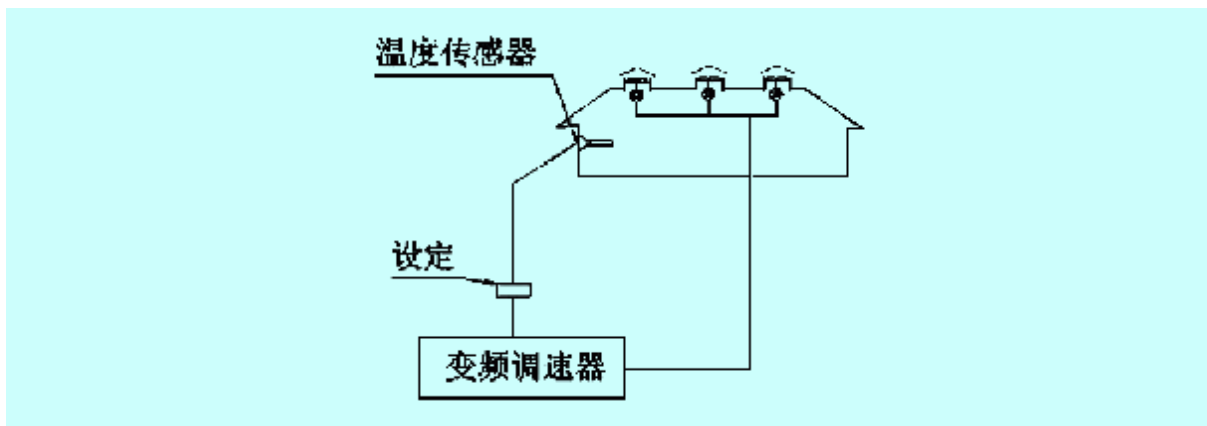
5 在干燥机的送风机上应用

用检测室内混湿度，对变频器的风机进行均衡调节，使产品质量稳定。



6 在农业和畜牧业上应用

为了对室温调节和换气，使用了多个风扇，用变频器控制，可获得培养饲养环境最佳化。



7 在工业清洗机上应用

使用变频器可根据洗涤的材料、数量改变洗净机的正反转速度，脱水时调到高速，方便控制，实现了全自动。

深圳市普传科技有限公司

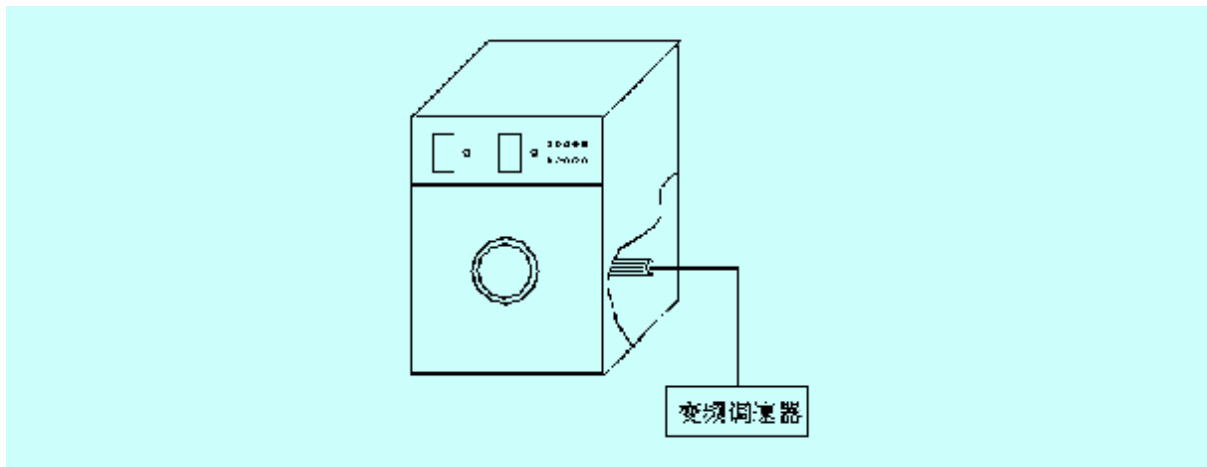
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

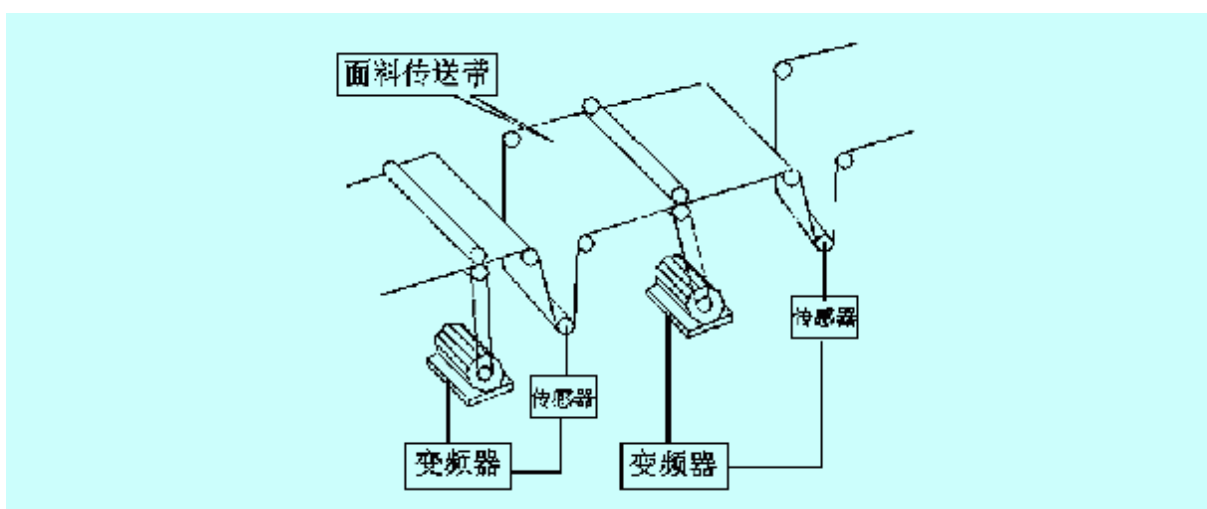
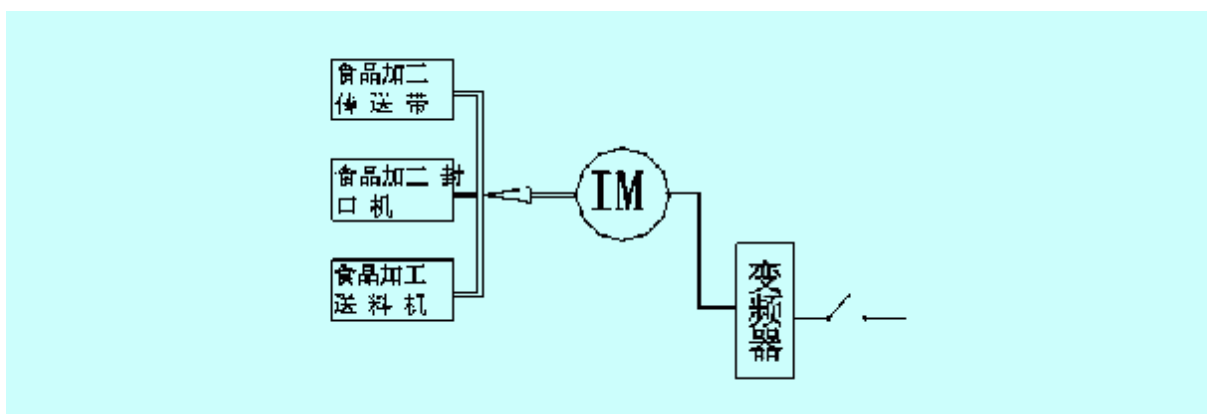


8 在食品工业上应用

使用变频器可控制加工时间等参数，使质量最佳，生产效率最高。

9 在制面机上应用

使用变频器可根据碾压辊的碾压量方便地调节转速，实现全自动，产品质量提高。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

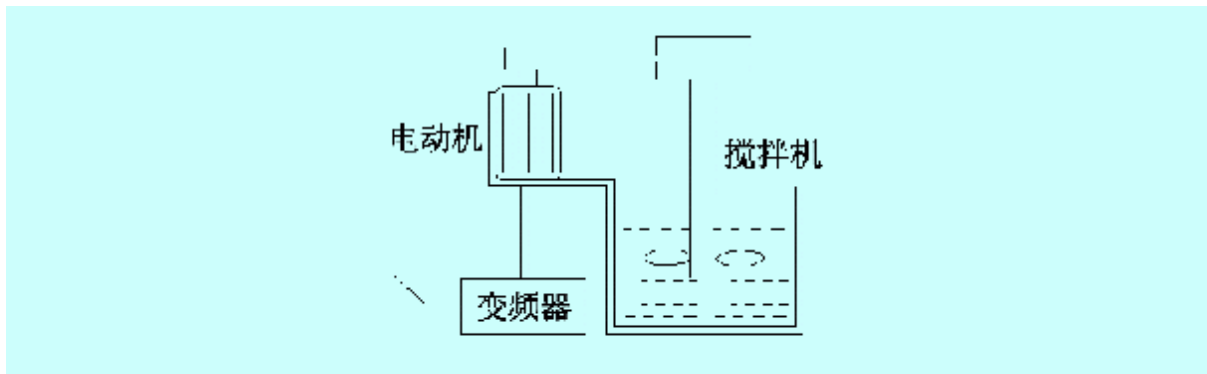
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

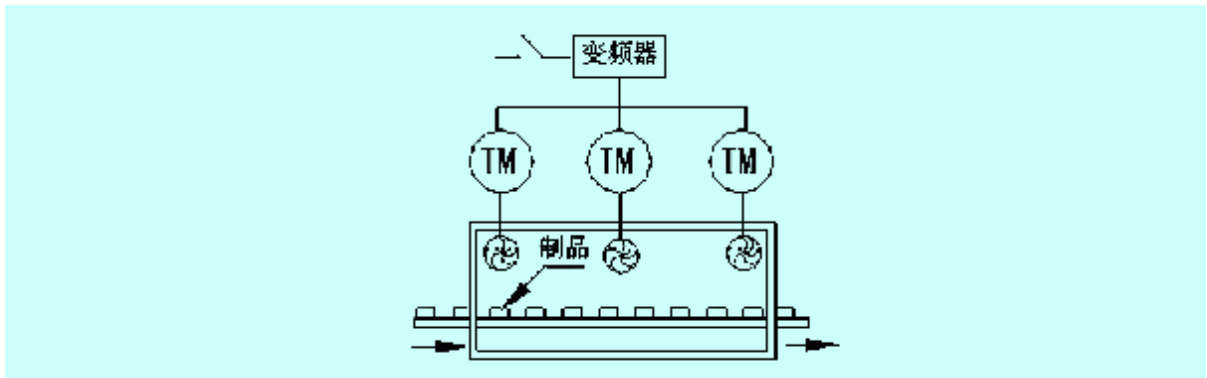
10 在搅拌机上应用

使用变频器可根据材料去调节转速，使产品质量提高。



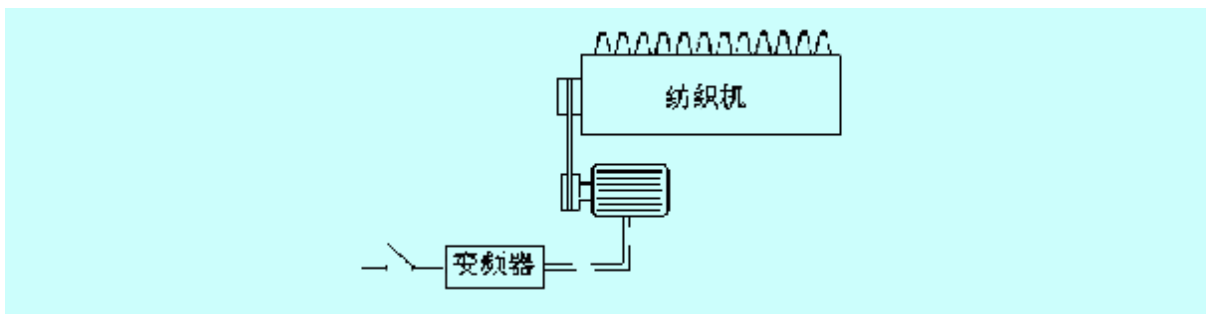
11 在干燥热处理机上应用

为使室内湿度均匀，又变频器控制多个风扇，风速不均匀性减少，可获得高性能的产品。



12 在纤维工业机器上应用

对不同材料的纺梭速度，用变频器调节，提高产品质量。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

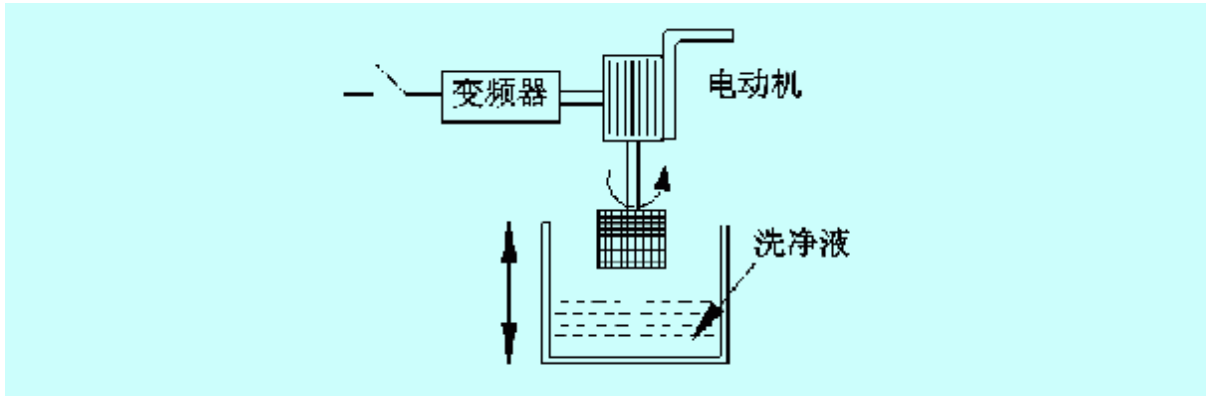
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

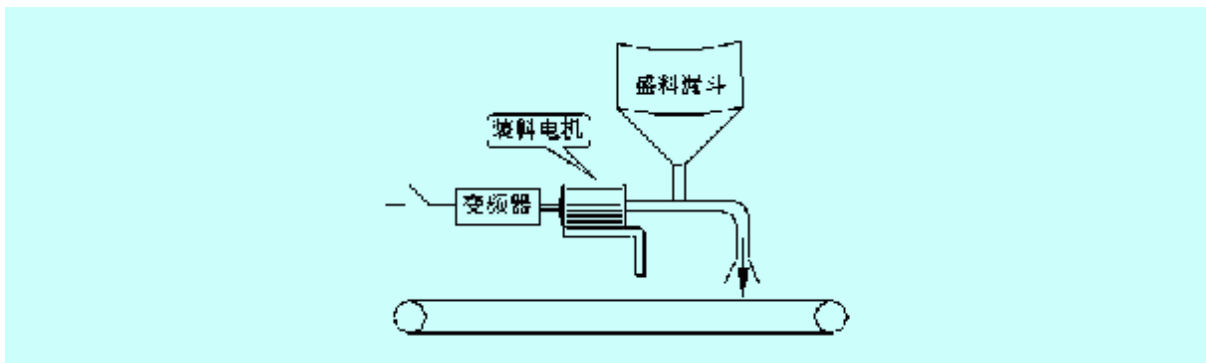
13 在洗净、脱水机上应用

改变速度的同时可利用变频器实现软启动，缓停止等，提高了安全性。



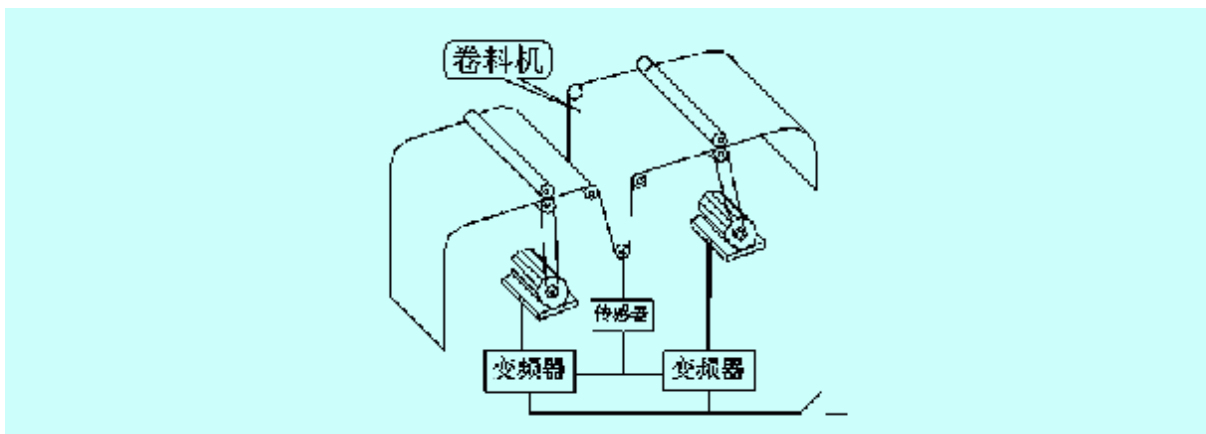
14 在料斗上应用

在原料供给、与传送带速度的配合上使用变频器可达到高精度的配合。



15 在卷料机上应用

使用变频器可根据卷料张紧情况方便地调节各电机的转速，实现卷料过程全自动化，使产品质量



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

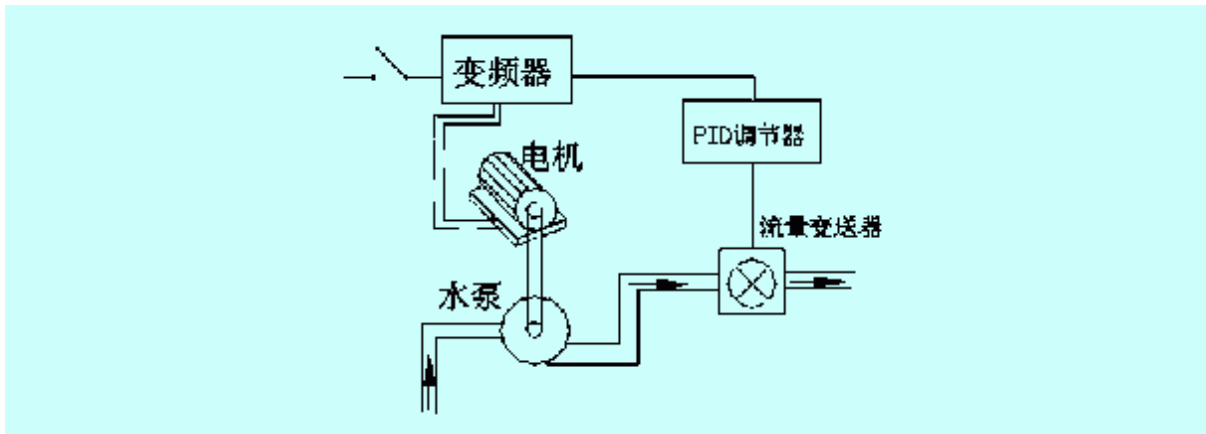
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

提高。

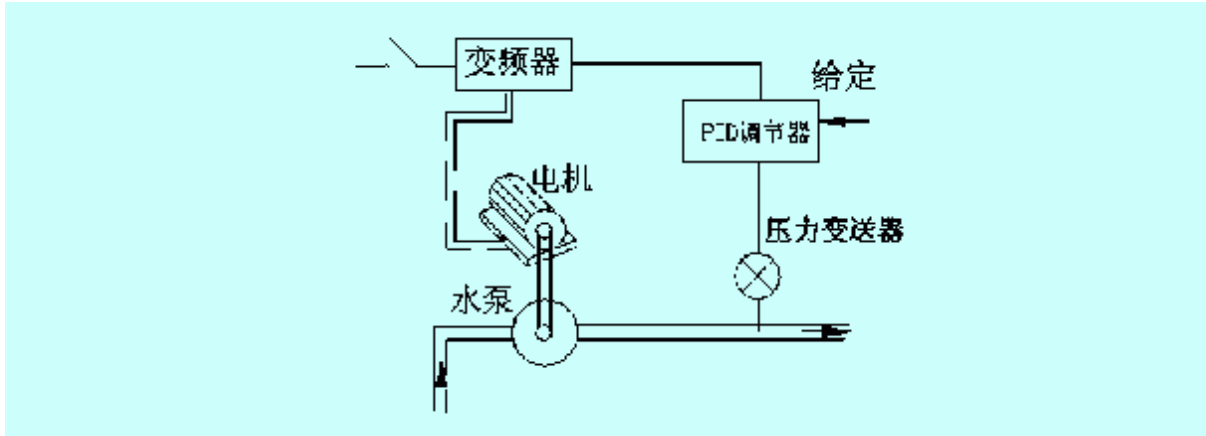
16 风机、水泵类流量调节

使用变频器后避免了阀门(风机)等阻力器造成的能耗,可实现大幅度节能。使用调节器后可实现流量稳定输出,易实现流量自动控制。



17 在恒压供水中的应用

使用压力变送器、PID 调节器对变频器实现负反馈后,变频器随时调节转速,使泵的输出压力稳定,省去了水塔及附加建设费用;推广大流程类工艺控制中,可实现流程工艺自动控制,使用森兰变频器还可实现多泵控制。



18 在带式输送机上应用

可实现无级调速;使用位置传感器后,可实现变速度摆控和启停自控;选用变频器等于或大于电机功率即可,向下输送时应考虑再生制动。

深圳市普传科技有限公司

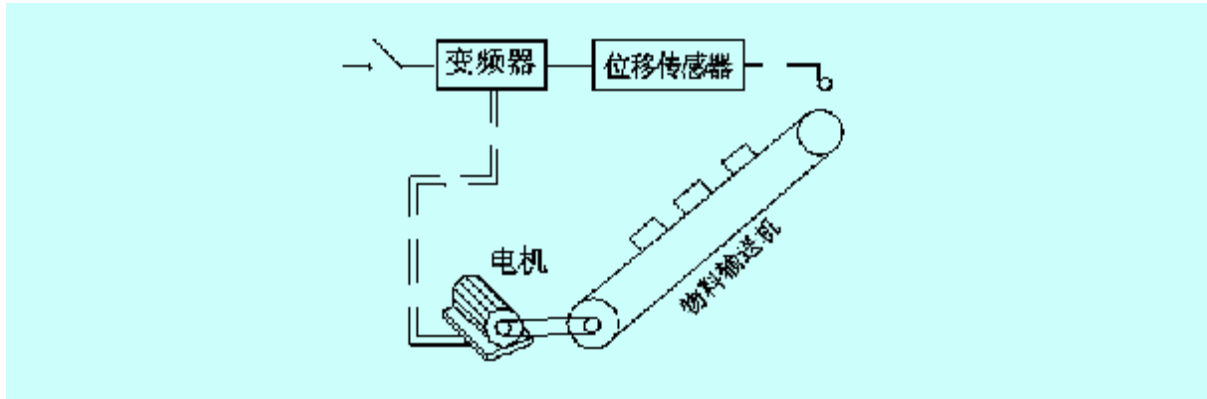
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO.,LTD

地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

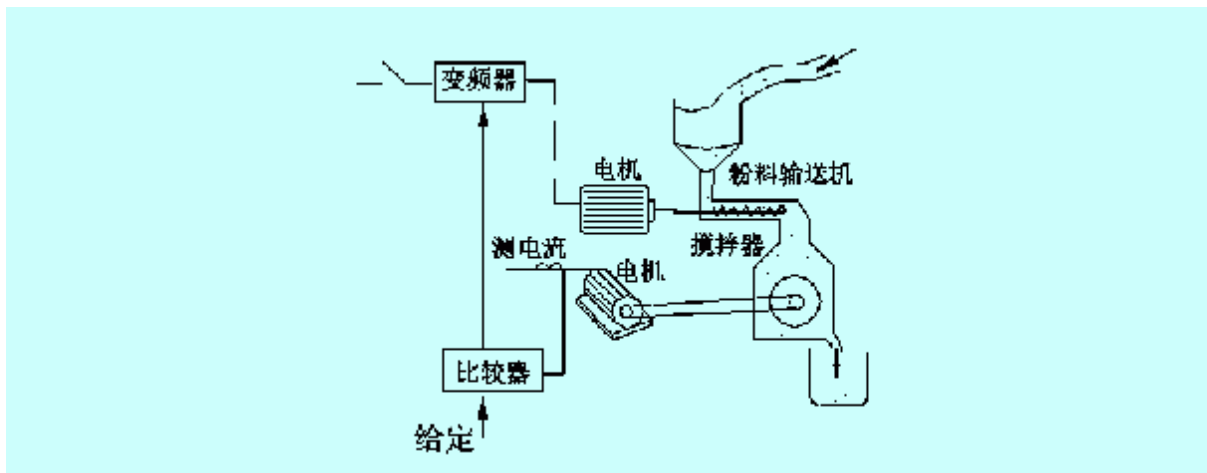
传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com



19 粉料输送的应用

利用检测搅拌机电机的电流 I ，反馈回来与给定值比较，控制变频器，使输送器电机得到调节；提高工作效率，可实现无人化作业；设备安全性大幅度提高。



20 板材轧制辊调速应用

由一台变频器控制多台电机，实现同步运行，使速度调节方便，实现同相位，启停平稳，大大提高板材轧制的质量和效率。

深圳市普传科技有限公司

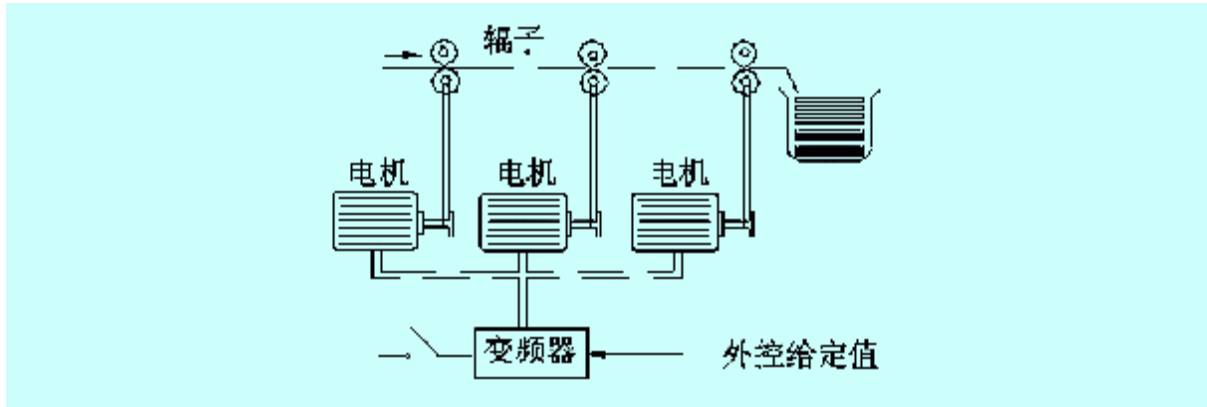
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

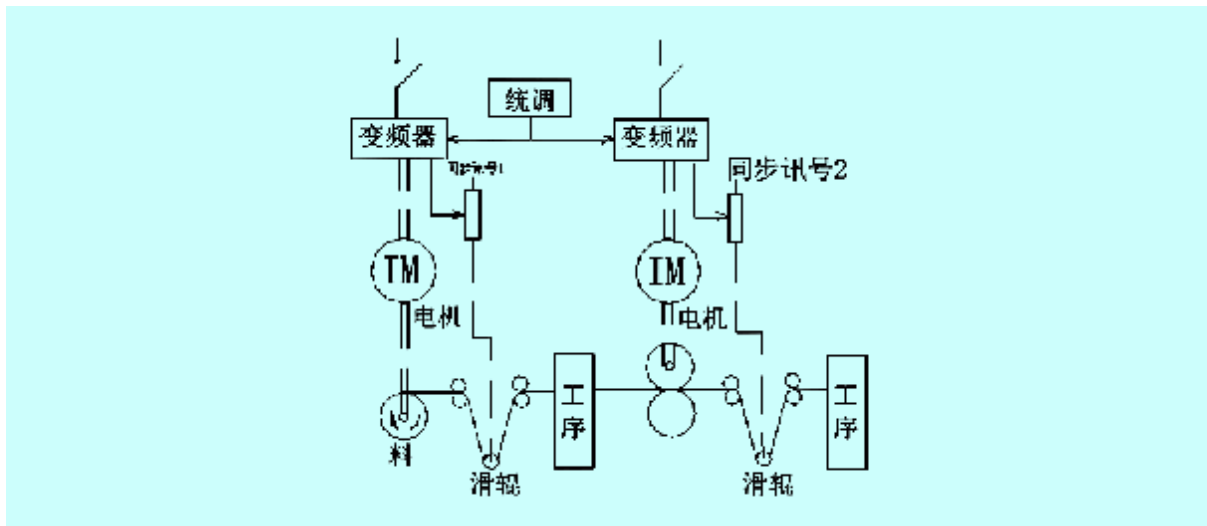
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



21 印染机同步控制

使用滑辊获得了同步讯号，去调节变频器，使印染中的每一个工序的布料张紧程度一致，达到同步；同频运行使印染精度大幅度提高；实现自动调控，克服人工调整的困难。



22 中央空调冷却塔上应用

冷却塔电机根据冷却水温度变速运行，使冷却水温度平衡；空调的舒适性提高；低噪音，设备寿命延长。

深圳市普传科技有限公司

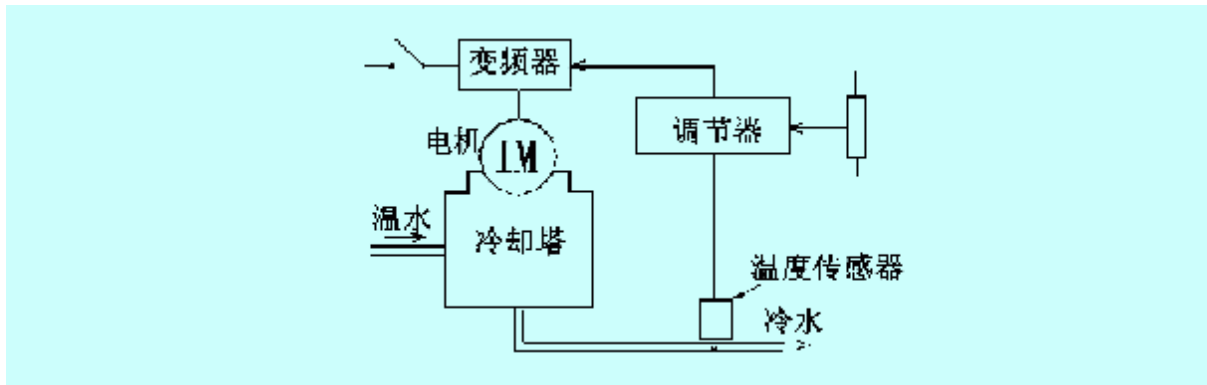
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

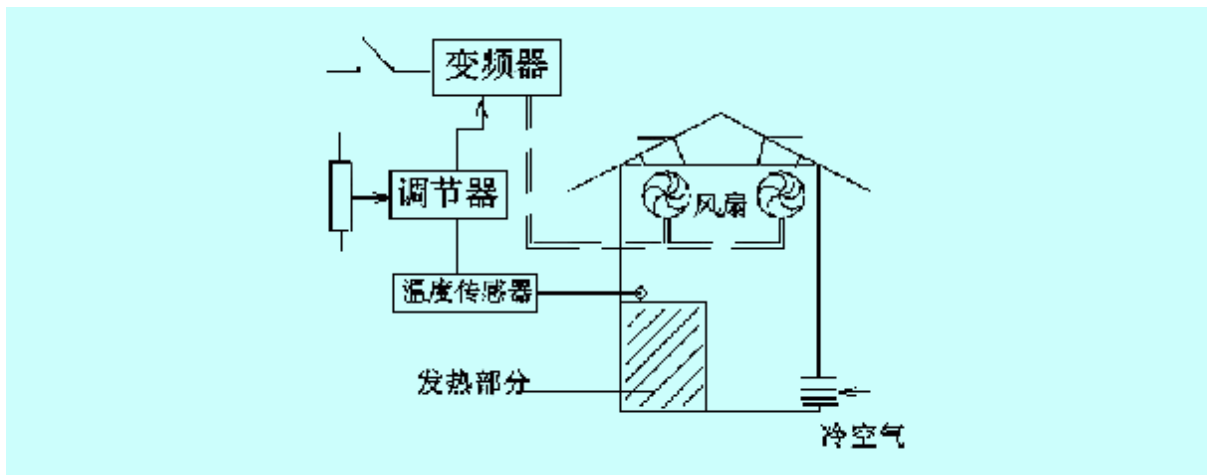
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



23 通风系统自控应用

利用温度传感器反馈室内温度，作用于变频器风扇电机，使室内温度维持正常值，通风恒温，舒适，省电，低噪音。



24 机床主轴调速

对要求主轴调速的机床用变频器可达到无级调速，速度可高于电网频率决定的同步速度；适用于低速时转矩不大的机床，但当低速转矩大时，需要机械变速器以便改变转矩；无级调速平稳，精度高，设置简单。

深圳市普传科技有限公司

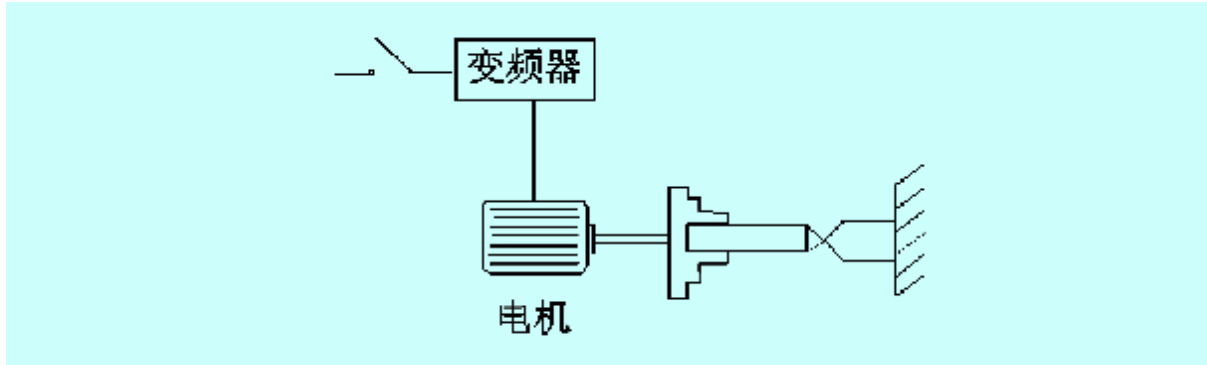
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

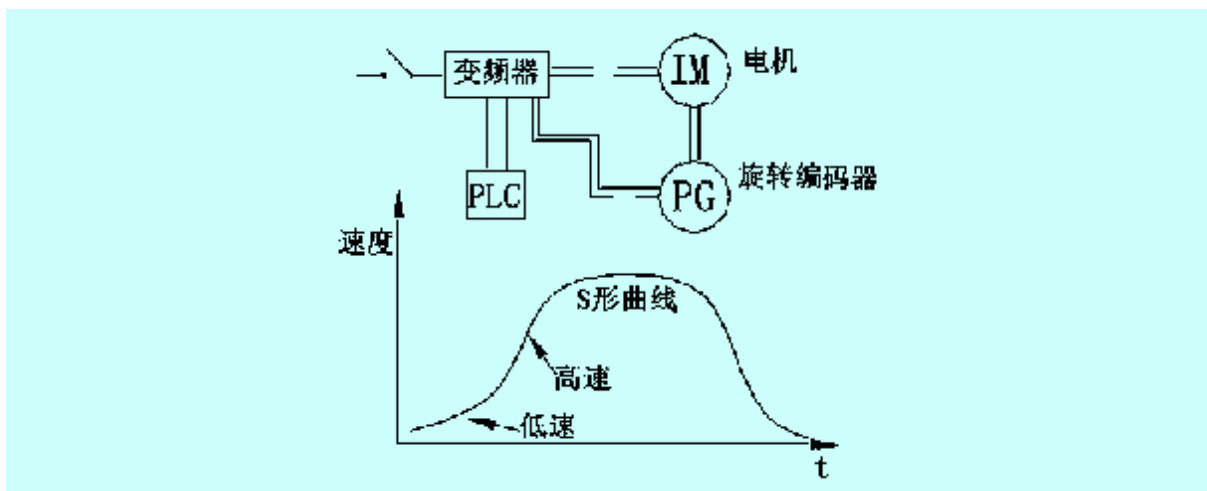
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



25 电梯上的应用

运用 PLC 控制变频器输出频率及相序，可方便地使电梯上、下，及按 S 型曲线运行，没有冲击；电梯的舒适性提高；电梯运行速度提高。



26 在塑料挤出机上应用

塑料挤出的出口有压力，传感器将挤出压力反馈到调节器和变频器，调整挤出机主轴电机的转速，从而稳定压力，保证产品质量；系统实现连续调节，挤出力稳定；操作简化，质量提高。

深圳市普传科技有限公司

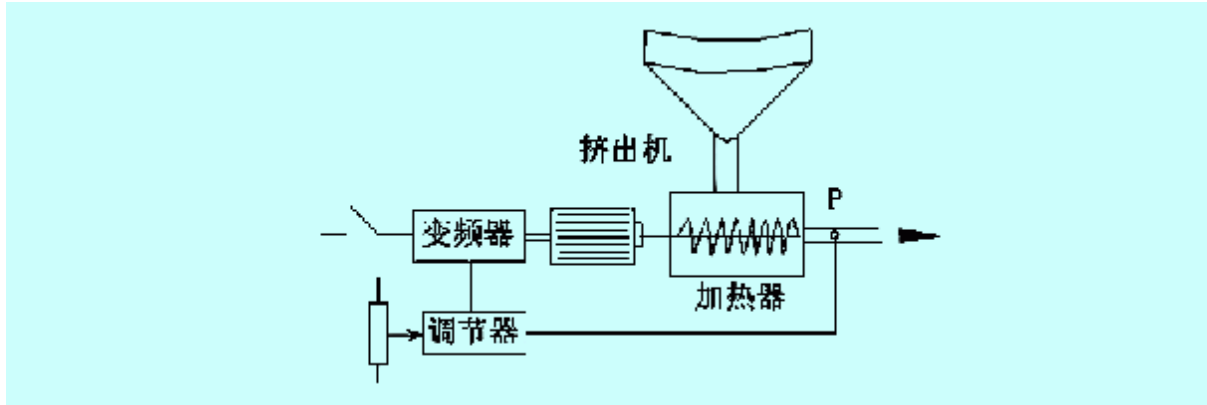
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

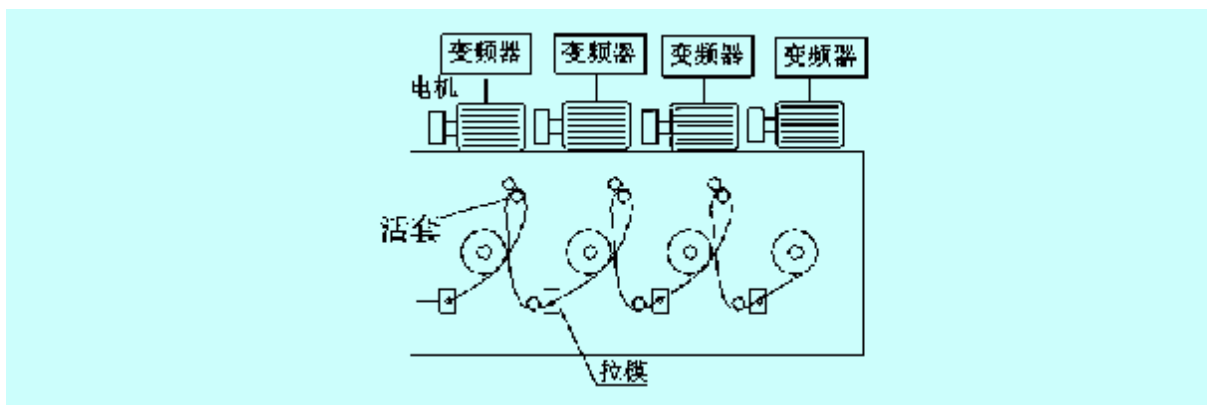
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



27 在活套式拉丝机上的应用

基本原理同张力调节类似，每一级活套控制该级变频器调节电机转速，达到每一级拉膜的金属丝秒流量相等，实现连续化生产；大大提高合格率，免去人工调整。



28 在注塑机上应用

在注塑成型 1 个循环中“合膜、升压、注射、测量、保压、升膜”的各工序，油压泵的转速不断变化，用变频器可使加工稳定、质量保证、实现自动化。

深圳市普传科技有限公司

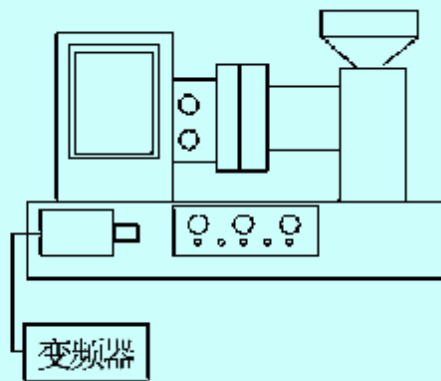
SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

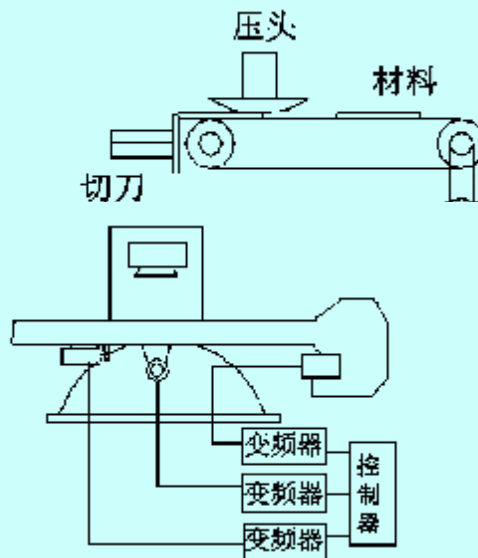
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



29 在切料机上的应用

在切料机上根据食品的种类、用途改变切料长度，使用变频器可以改变传送带的速度来达到，使工作效率和切断精确度提高。



深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com