

第四讲 掌握要点控变频

一. 外配器件要记清

(一) 主要电器须选好

1. 空气开关 Q

(1) 主要作用

- 1) 隔离
- 2) 保护

(2) 选择原则:

$$I_{QN} \geq (1.3 \sim 1.4) I_N$$

式中, I_N ——变频器的额定电流。

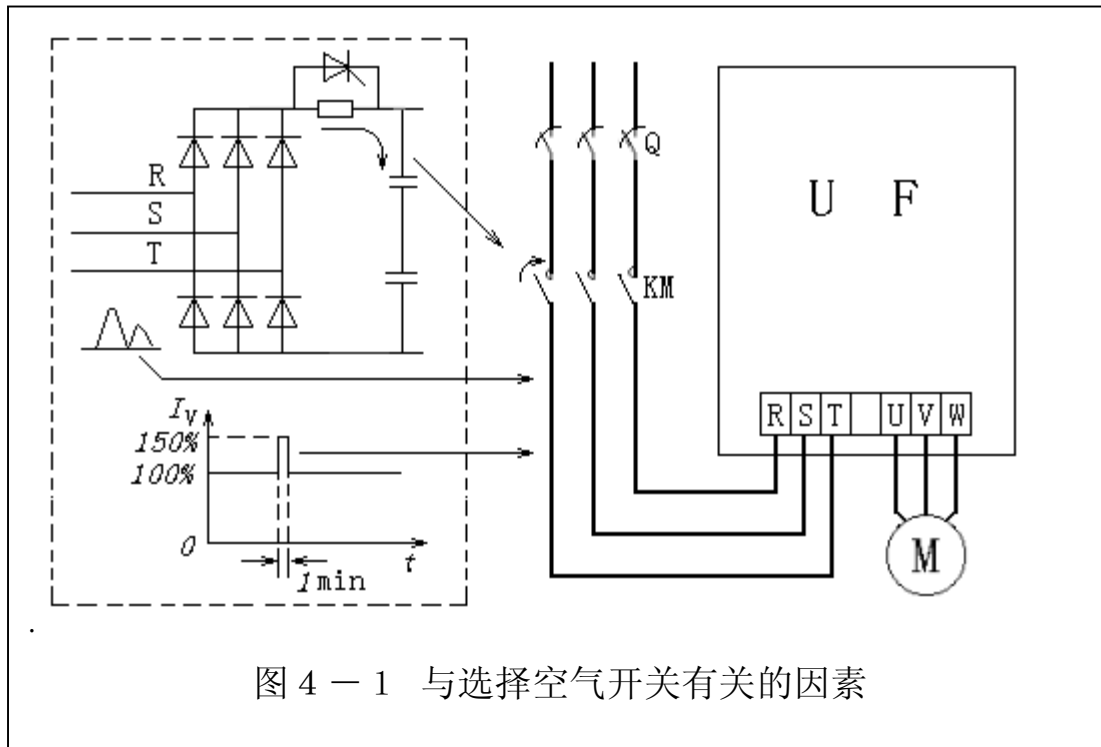


图 4-1 与选择空气开关有关的因素

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. 接触器 KM

(1) 主要作用

- 1) 可通过按钮开关方便地控制变频器的通电与断电；
- 2) 变频器发生故障时，可自动切断电源。

(2) 选择原则

$$I_{KN} \geq I_N$$

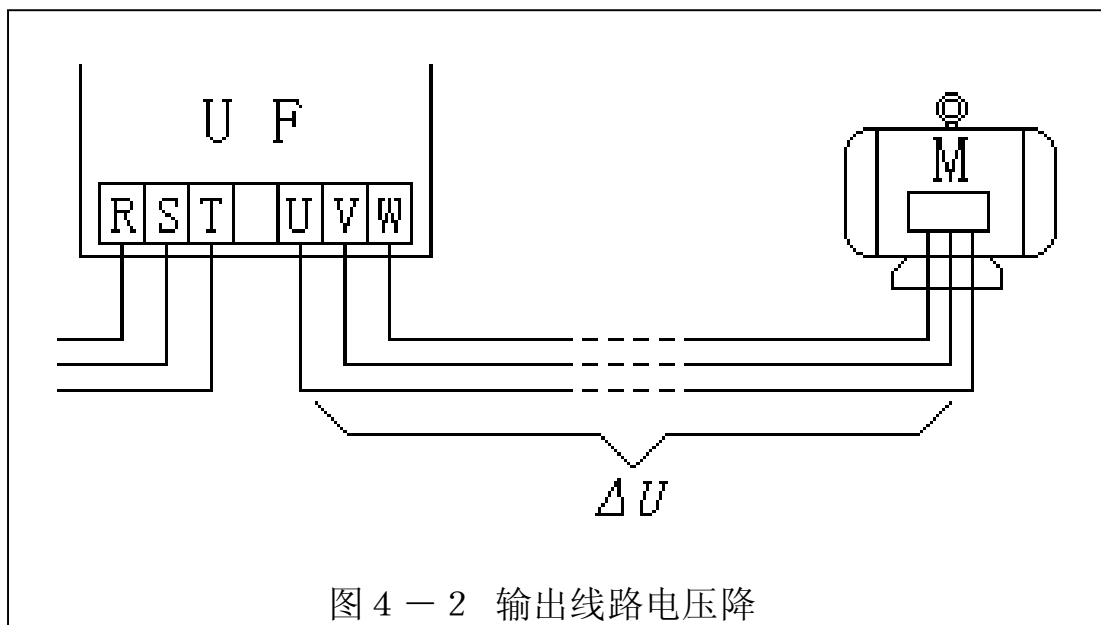
3. 输出接触器

$$I_{KN} \geq 1.1 I_{MN}$$

式中， I_{MN} ——电动机的额定电流。

4. 主电路线径的选择

- (1) 电源与变频器之间的导线 和同容量普通电动机的电线选择方法相同。
- (2) 变频器与电动机之间的导线



要求：

$$\Delta U \leq (2 \sim 3) \% U_N$$

(一) 主要

电器须选好

(二) 供电

部门不能恼

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

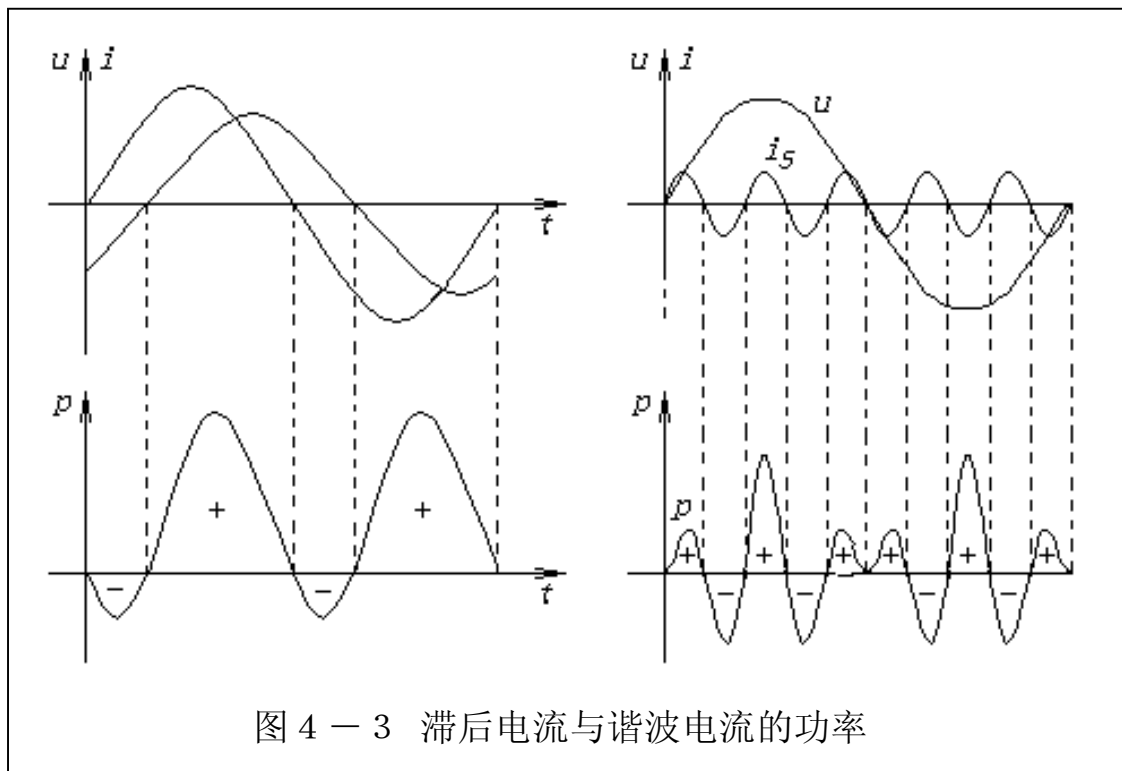
地址：深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

1. 功率因数的概念



$$P F = \frac{P}{S}$$

式中, $P F$ ——
功率因数;

$D F$ ——
位移因数(即
 $\cos \varphi$);

K_p ——畸
变因数。

深圳市普传科技有限公司

SHENZHEN POWTRAN TECHNOLOGY CO., LTD

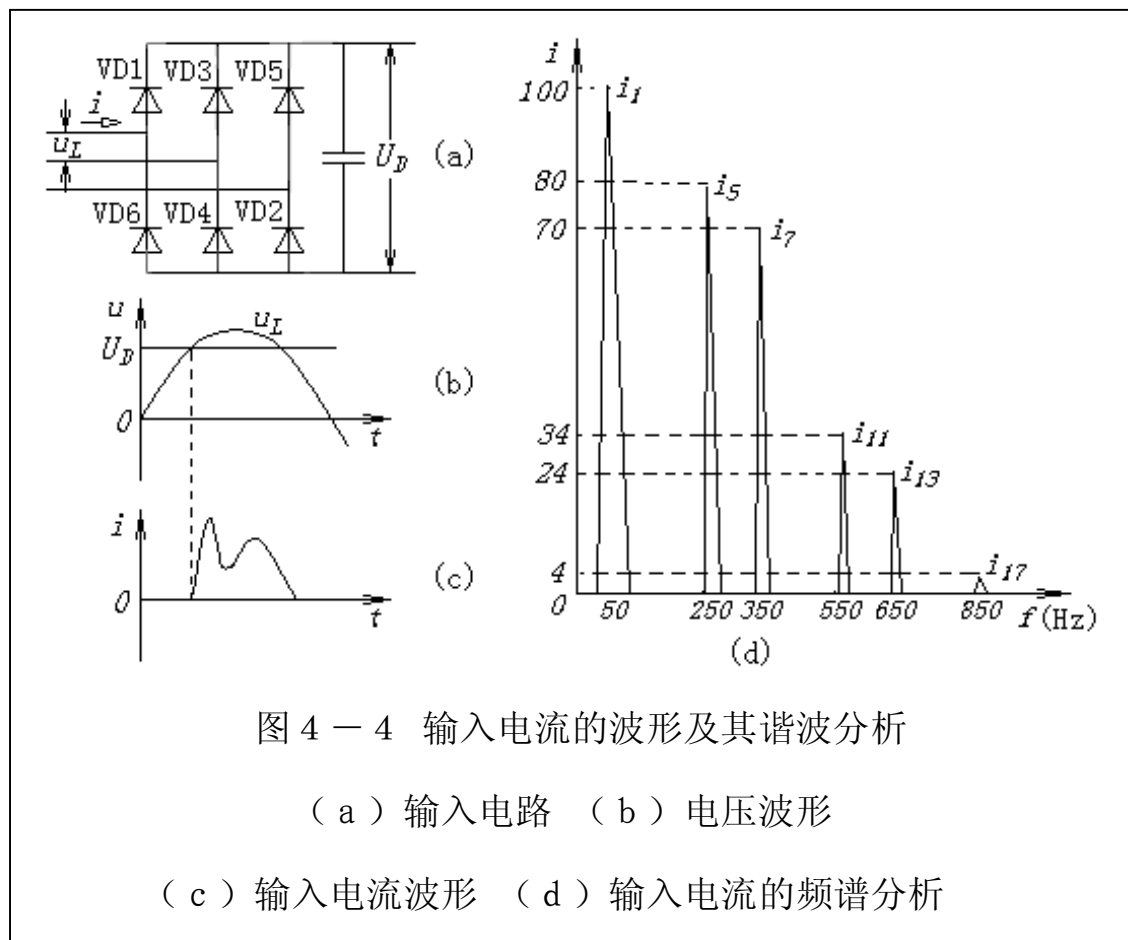
地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

2. 变频器的功率因数



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

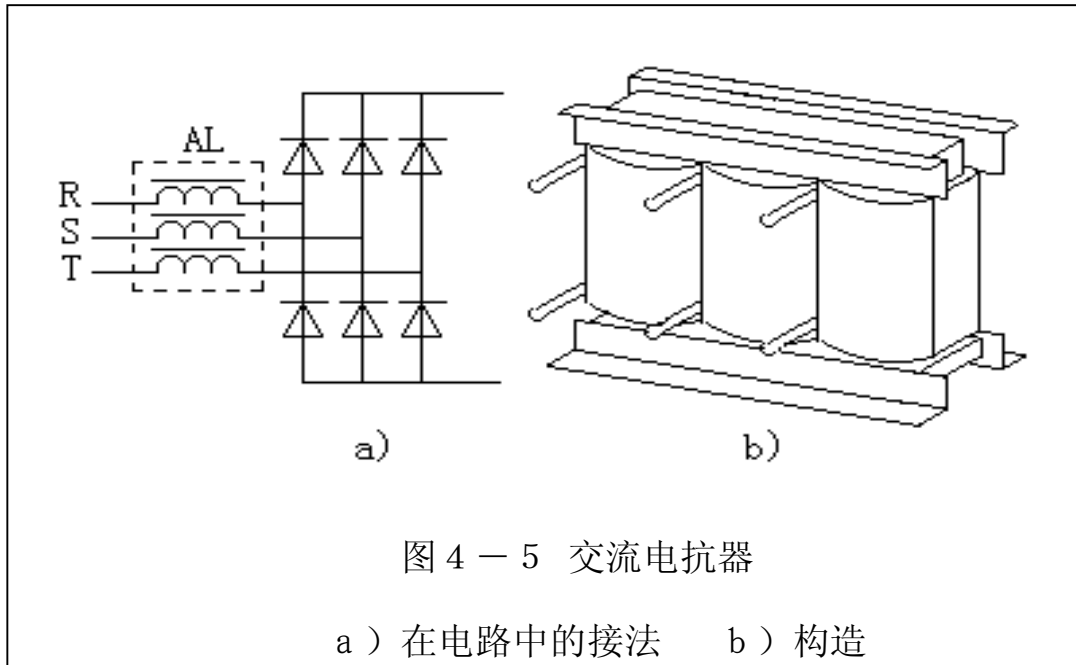
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

3. 功率因数的改善

(1) 接入交流电抗器



可将功率因数提
高至 (0 . 7 5 ~
0 . 8 5);

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

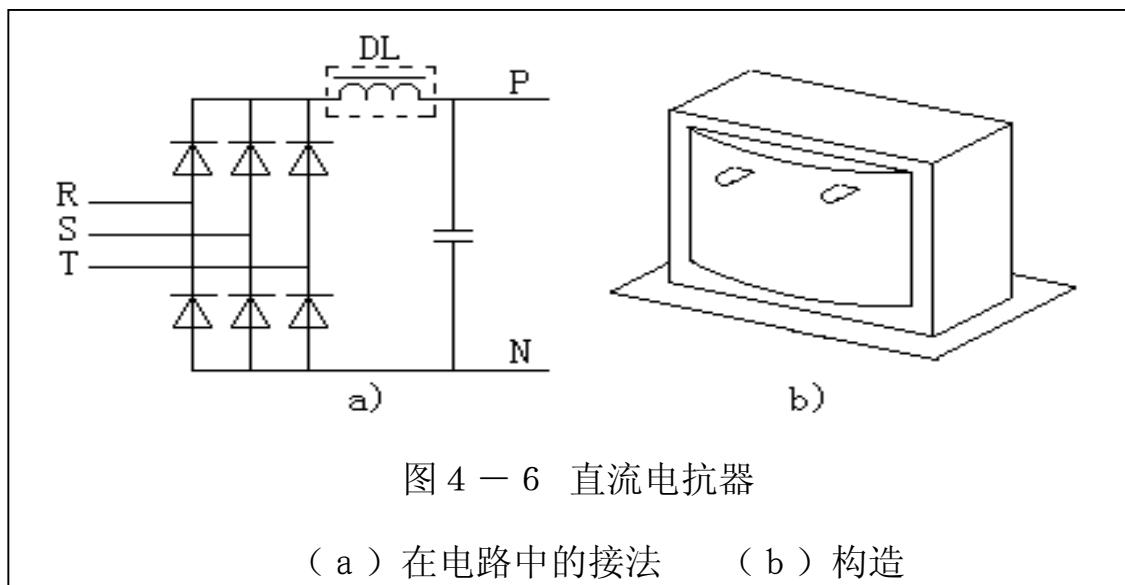
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

(2) 直流电抗器

可提高功率因数至 0.9。

如交、直流电抗器共用，则可提高功率因数至 0.95。



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

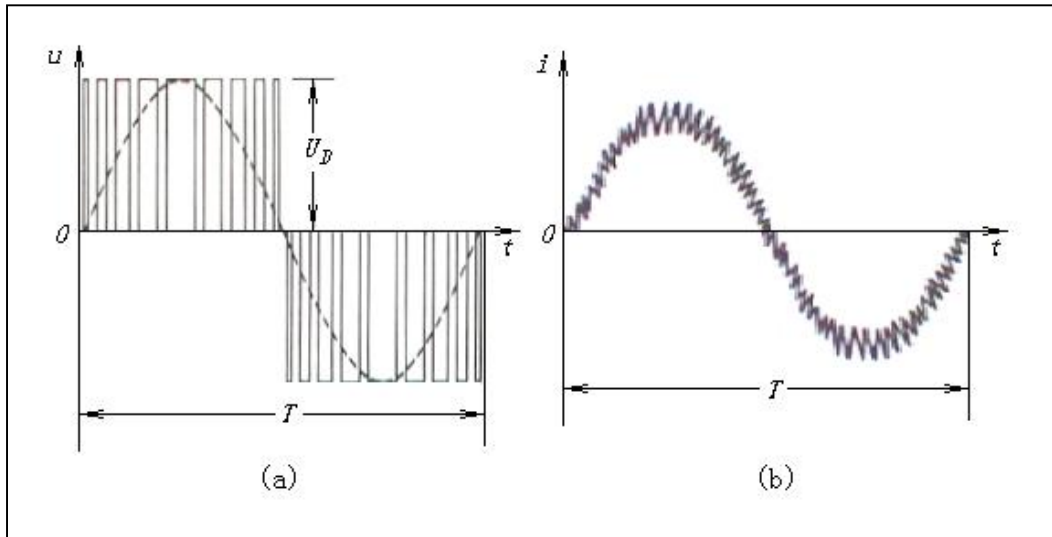
邮箱：powtran@powtran.com

(一) 主要电器须选好

(二) 供电部门不能恼

(三) 睦邻友好抗干扰

电动机的电流波形



1. 电路耦合
方式

(1) 通过电源网络传播;

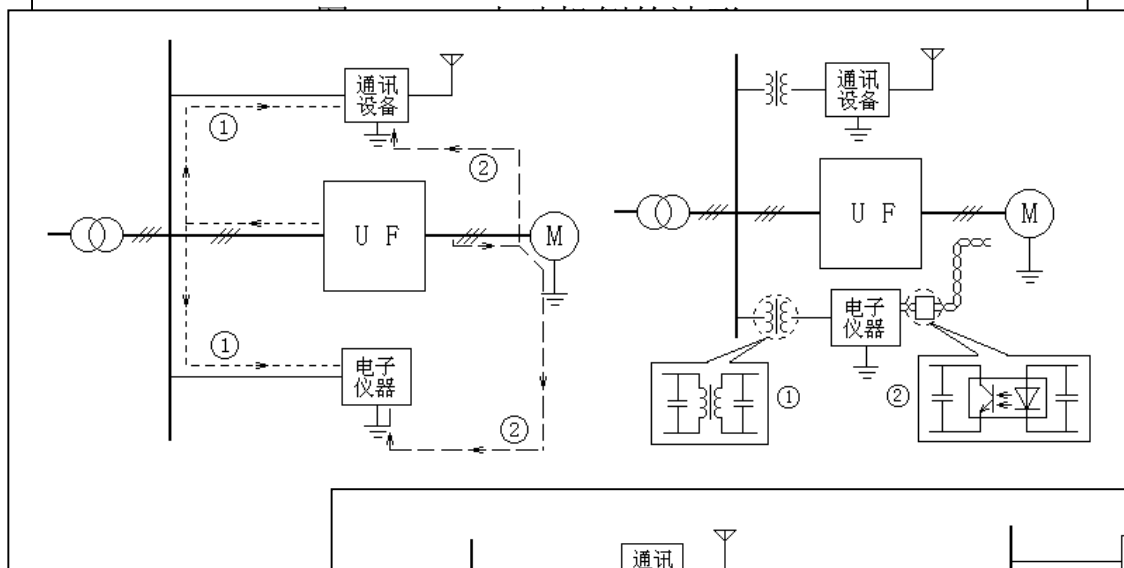
(2) 通过漏电流传播。

削弱方

法: (1) 电源隔离;

(2) 信号隔离。

2. 感应耦合



方式

削弱方法:

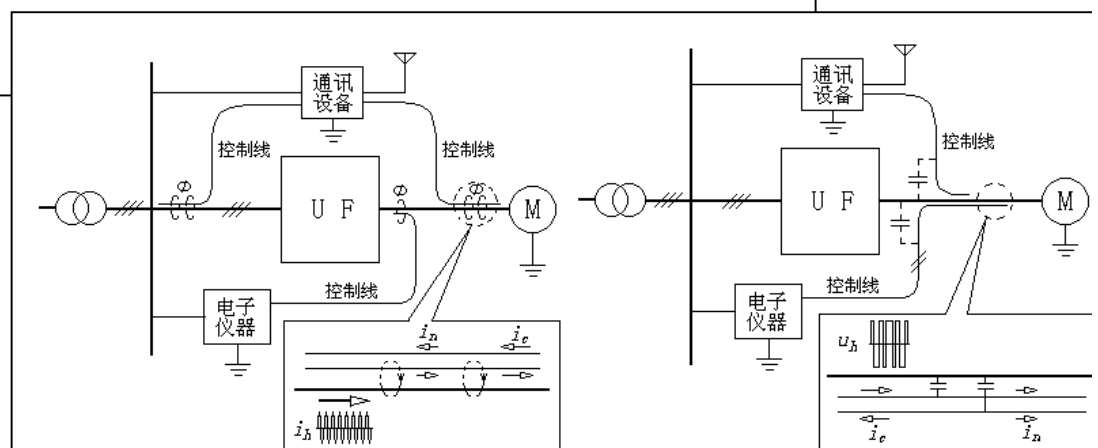


图 4-9 电磁感应与静电感应

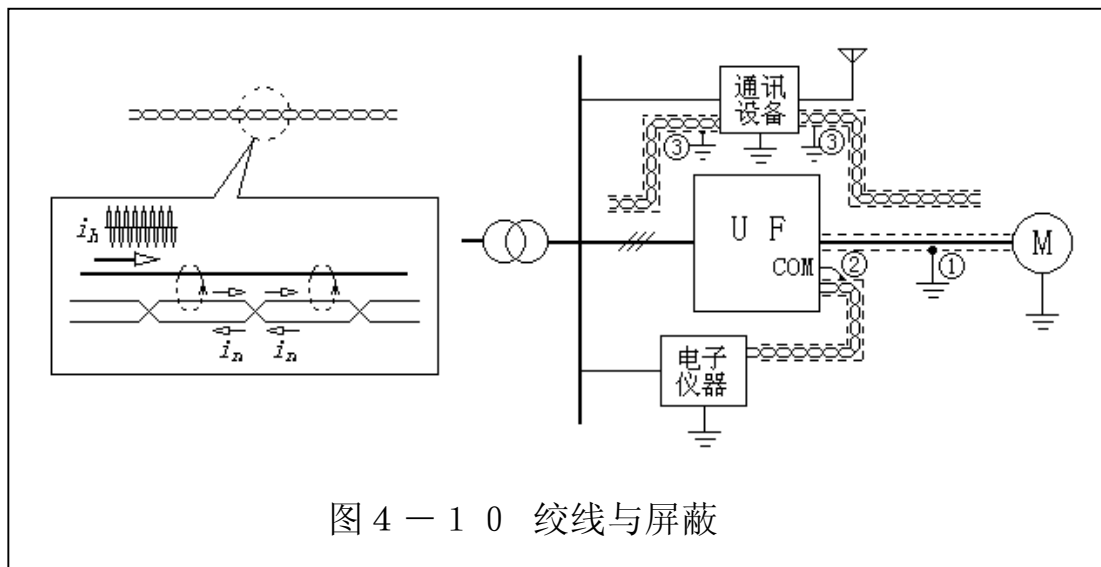
地址: 深圳市宝安区西乡街道宝民二路 75 号兴鑫源商务大厦 A 座 普传科技大楼

电话: 0755-29666234 29666280

传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

合理布线 (1) 远离 (2) 相绞 (3) 屏蔽 (4) 不平行



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

3. 空中幅射方式

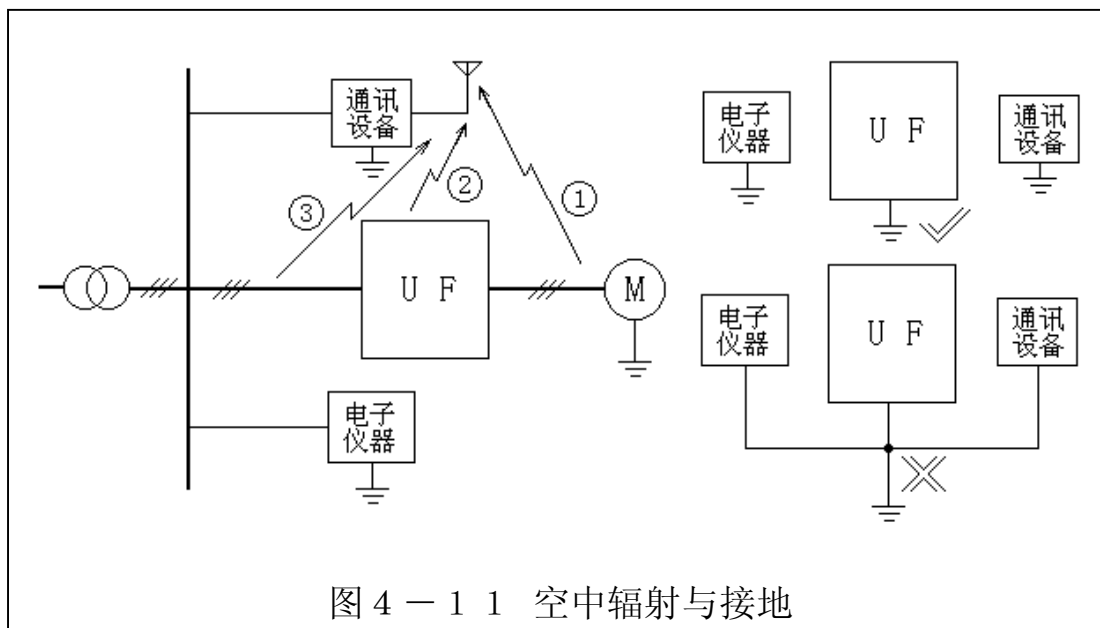


图 4-1-1 空中辐射与接地

削弱方法：
（1）准确接地；
（2）接入滤波器。

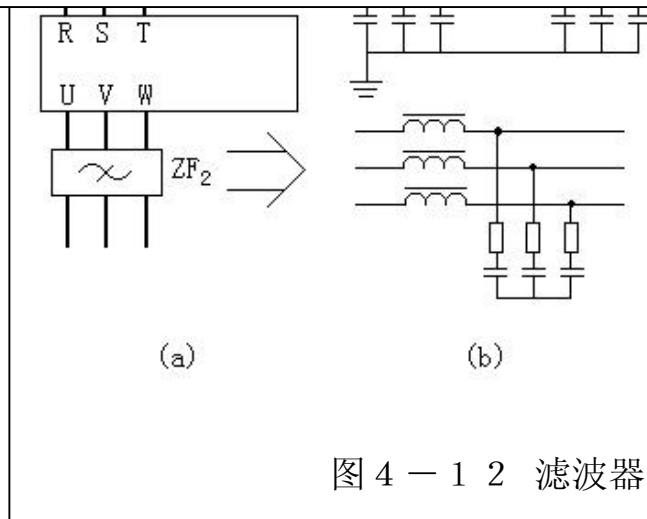
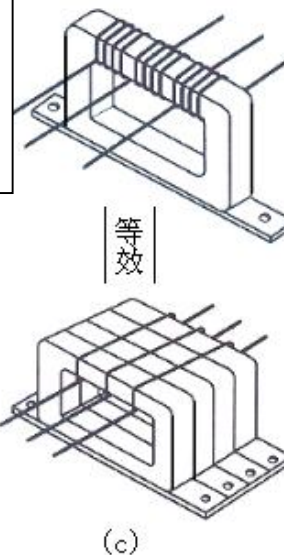


图 4-1-2 滤波器抗干扰

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

(一) 主要电器须选好 (二) 供电部门不能恼

(三) 睦邻友好抗干扰

(四) 制动电路勿硬套

1. 制动电阻值的粗略算法

$$I_B = \frac{I_{MN}}{2} \sim I_{MN}$$

$$R_B = \frac{2U_D}{I_{MN}} \sim \frac{U_D}{I_{MN}}$$

2. 制动电阻容量的确定

(1) 制动电阻的耗用功率 P_{B0}

$$P_{B0} = \frac{U_D^2}{R_B}$$

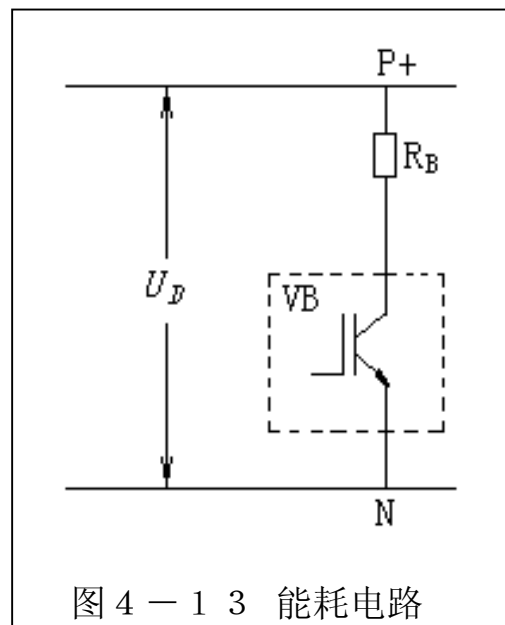
(2) 制动电阻的容量

$$P_B = P_{B0} / \gamma_B$$

式中, γ_B ——制动电阻容量的修正
况下:

$$\gamma_B = 3 \sim 8$$

电动机容量小时取大值, 大时取



系数。在一般情

小值。

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

3. 按照说明书选择制动电阻时的注意事项

例如，艾默生 T D 3 0 0 0 系列变频器说明书中，对于配用电动机容量为 2 2 k W、3 0 k W 和 3 7 k W 的变频器，所提供的制动电阻规格，都是 3 k W、2 0 Ω。

(1) 制动电流 通常，制动单元在直流电压为 7 0 0 V 时导通，则制动电流为：

$$I_B = \frac{700}{20} = 35 \text{ A}$$

(2) 电动机的额定电流 设所用电动机为 Y 系列的 4 极电动机，则：

P_{MN} (k W)	I_{MN} (A)	I_B / I_{MN}	T_B / T_{MN}
2 2	4 2 . 5	0 . 8 2	1 . 6 4
3 0	5 6 . 8	0 . 6 2	1 . 2 4
3 7	6 9 . 8	0 . 5 0	1 . 0 0

(4) 修正系数

$$P_{B0} = \frac{(700)^2}{20} = 24500 \text{ W} = 24.5 \text{ k W}$$

修正系数为：

$$\gamma_B = \frac{P_{B0}}{P_B} = \frac{24500}{300} = 81.6$$

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

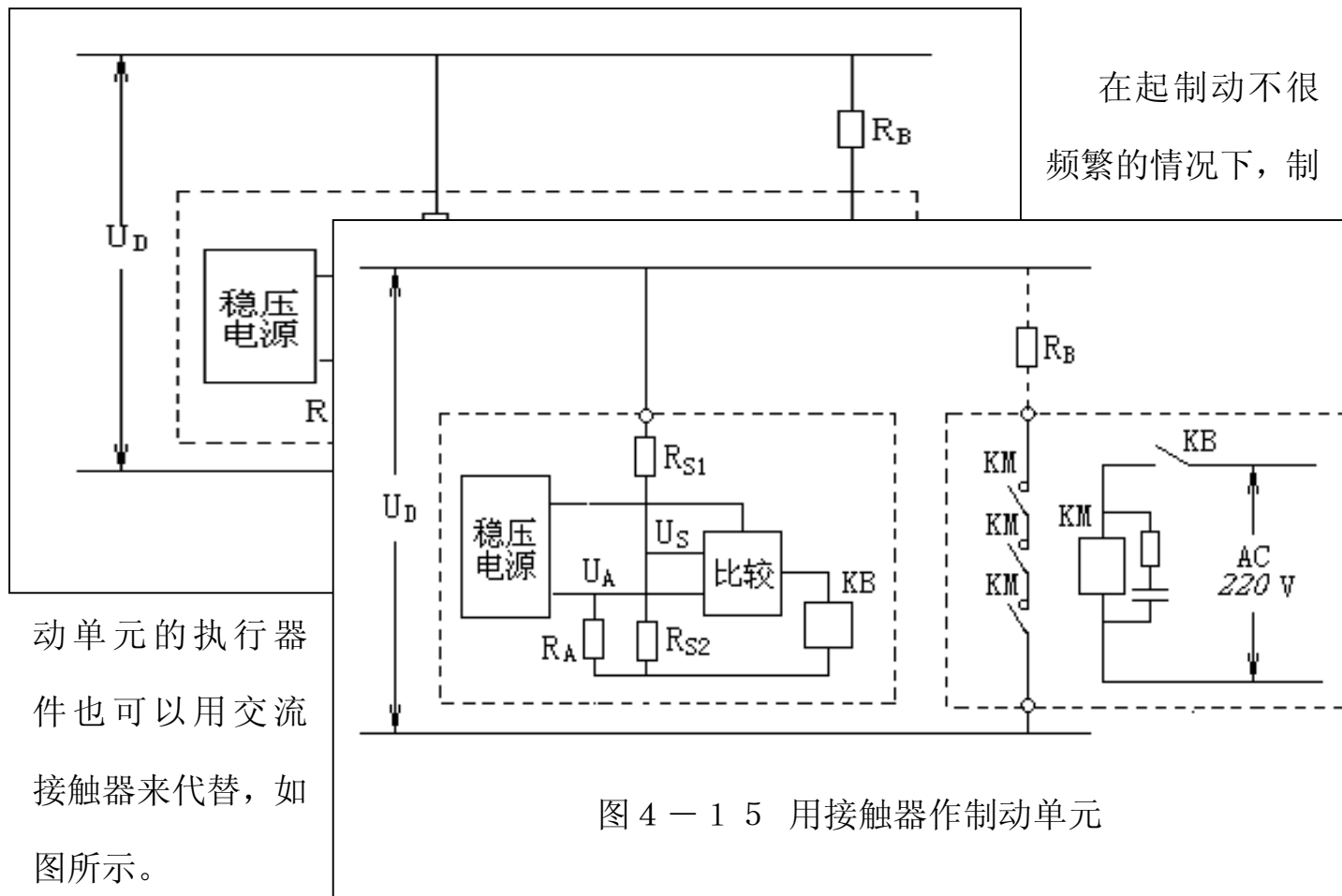
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

4. 制动单元的构成

用交流接触器代替功率管的要点



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

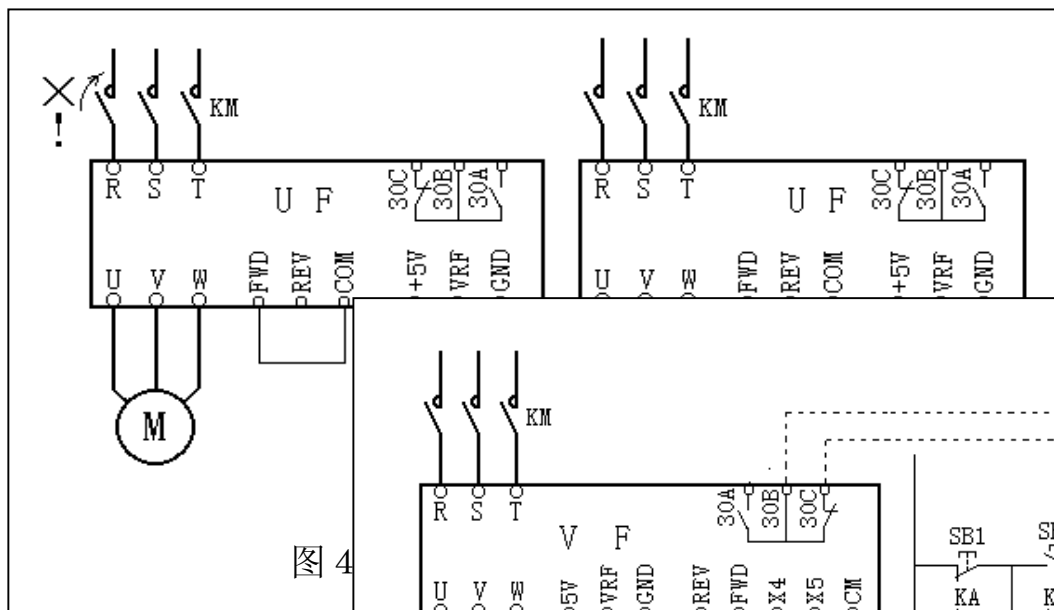
邮箱：powtran@powtran.com

一. 外配器件要记清

二. 常规控制勿看轻

(一) 正、反控制基本功

1. 不妥的起动方式



器控制

2. 规范的

正转控制

(1) 继电器

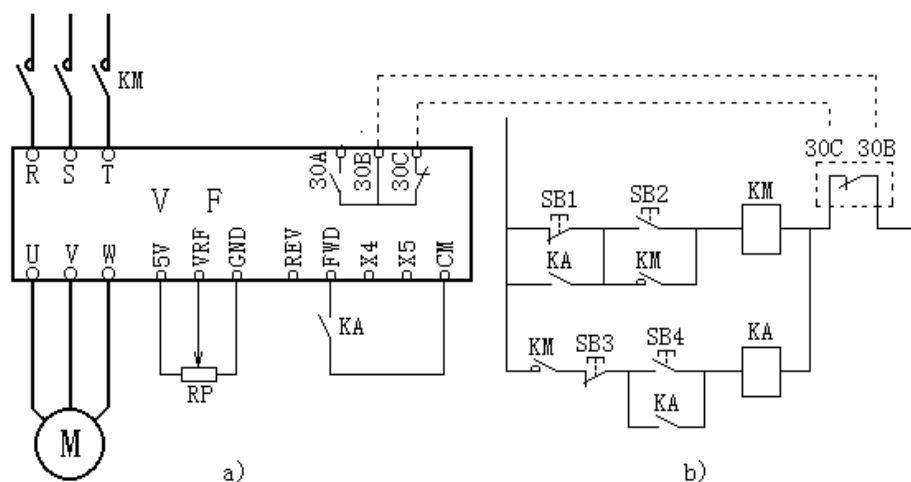


图 4 - 1 7 由继电器控制正转运行的电路

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

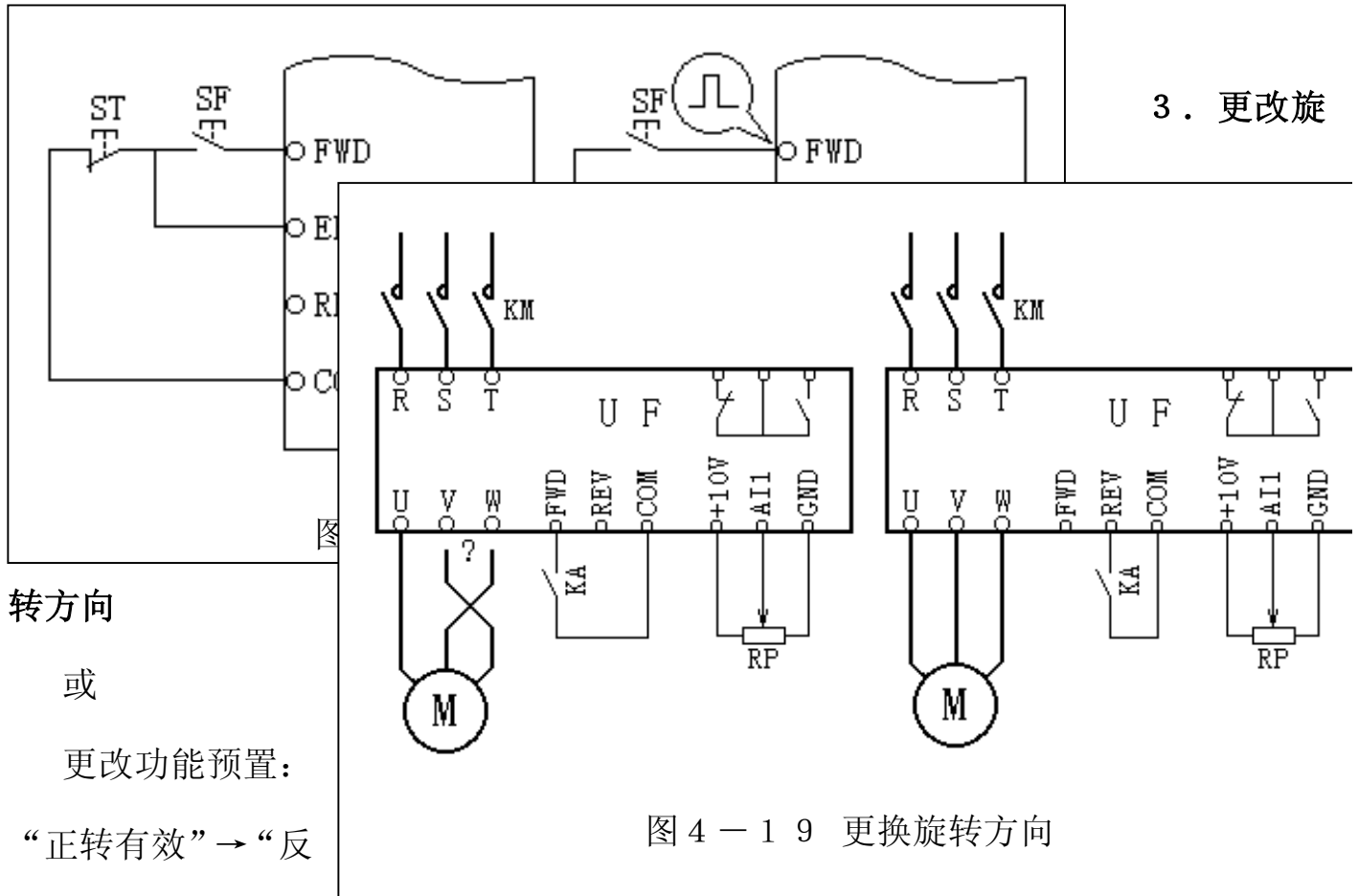
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com



(2) 利用自锁功能

3. 更改旋



转方向

或

更改功能预置：

“正转有效”→“反

转有效”

(一) 正、反控制基本功

(二) 切换控制勿朦胧

1. 切换的必要性

(1) 部分设备不允许停机：如风机，称为故障切换。

(2) 在供水系统中，为了减少由一台变频器控制多台水泵（1 控为运行切换。

许多场合下的

设备投资，采用 X) 的方案，称

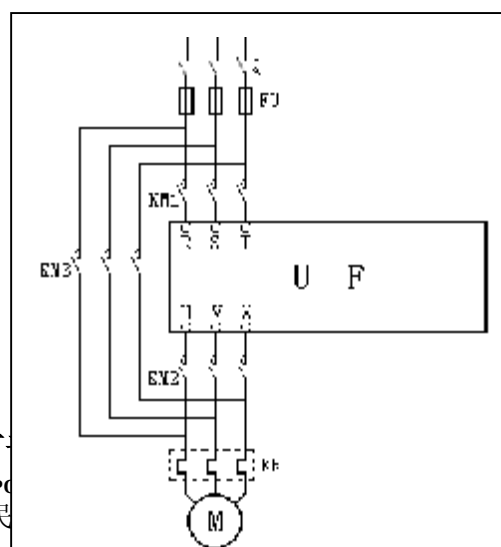


图 4-20 切换主电路

深圳市

SHENZHEN POWTRAN

地址：深圳市宝安区西乡街道宝民

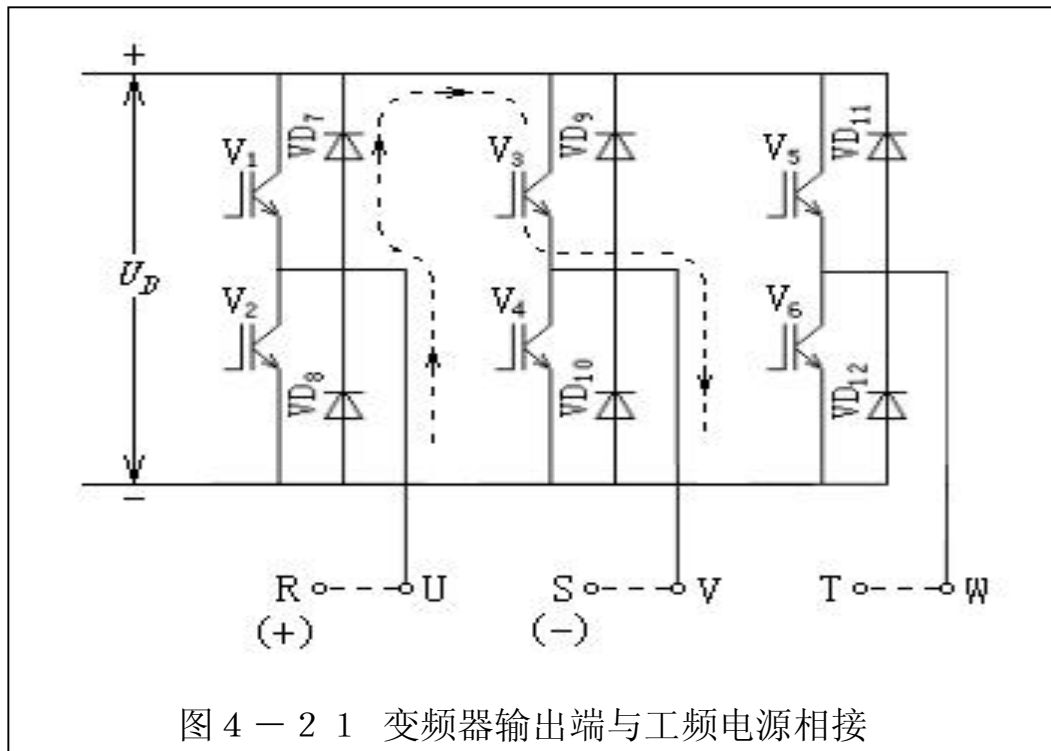
电话：0755-29666234 29666280

邮箱：powtran@powtran.com

2. 切换主电路

要求:

K M 2 与 K M 3 绝对不允许同时接通, 最好采用机械互锁。



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

3. 电动机在切断电源后的过渡过程

(1) 电磁过渡过程

定子绕组：电流和磁场立

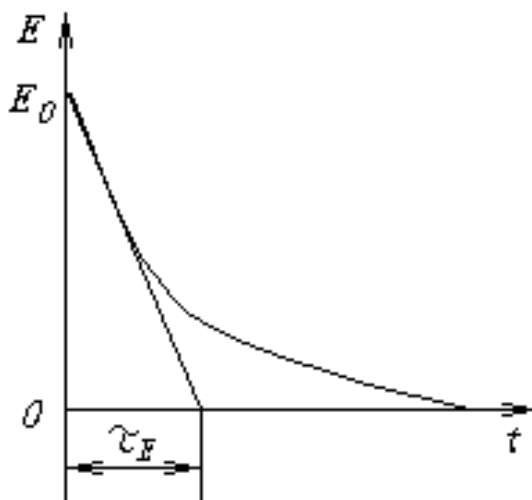
转子绕组：因自成回路，

不能立即消失，但不交变；

状态：转子是直流磁场，
组，是同步发电机状态。

时间常数： $\tau_E \approx 0.6 \text{ s}$

(2) 机械过渡过程



即消失；

故电流和磁场

定子三相绕

时间常数： τ_M

$\geq 2 \text{ min}$

4. 故障切换的控制

特点

(1) 切换瞬

间的频率不定

(2) 切换应

在电磁过渡过程

基本结束后进行

(3) 切换时电动机的转速不宜过低

一般说来，电动机在切换时的转速（指KM3闭合时的转速）以不低于额定转速

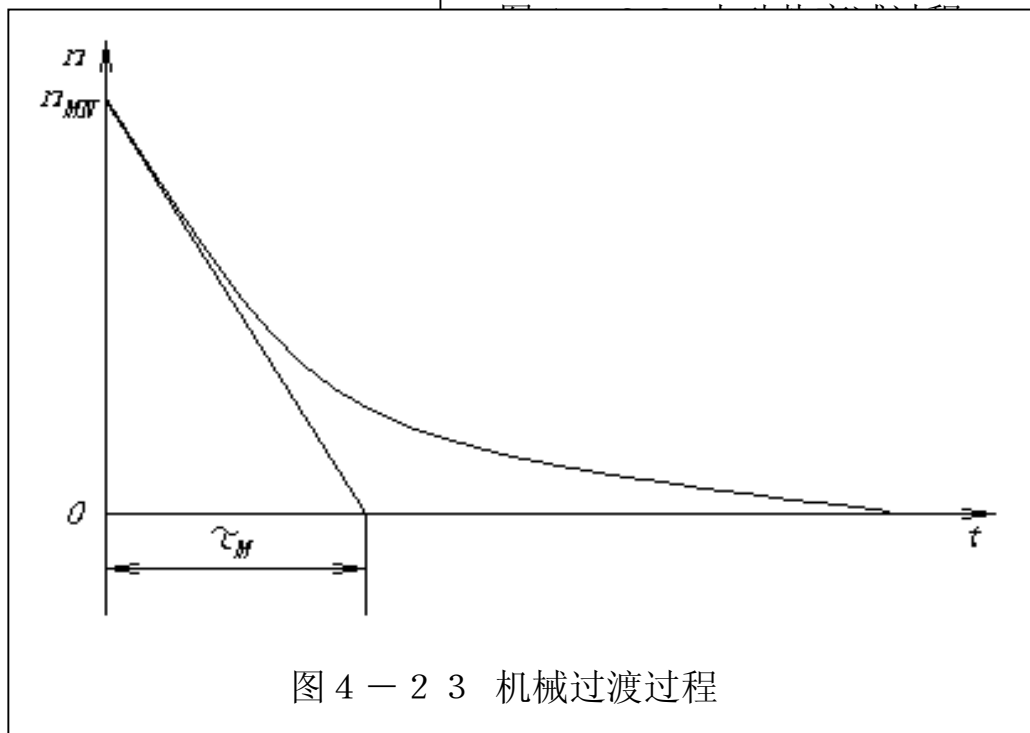


图 4 — 2 3 机械过渡过程

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

的 80 % 为宜。

切换控制示例

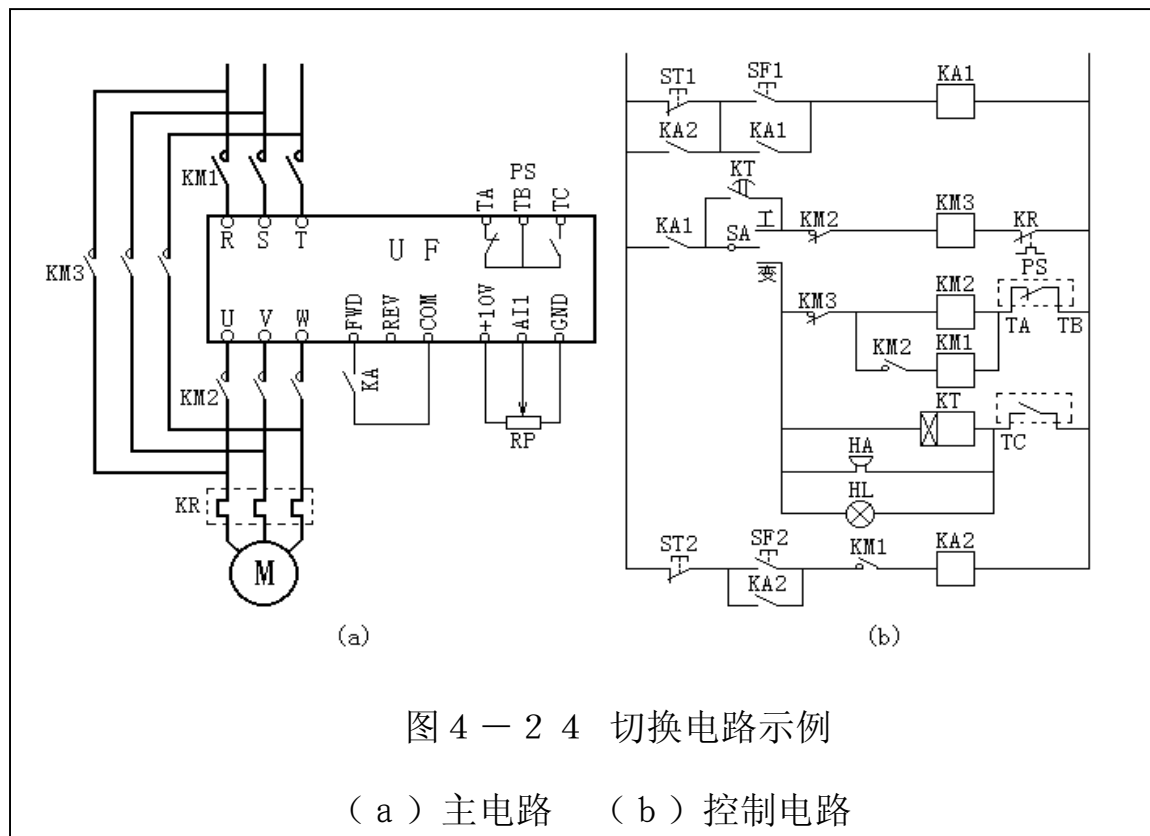


图 4 - 2 4 切换电路示例

(a) 主电路 (b) 控制电路

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

5. 供水系统的运行切换

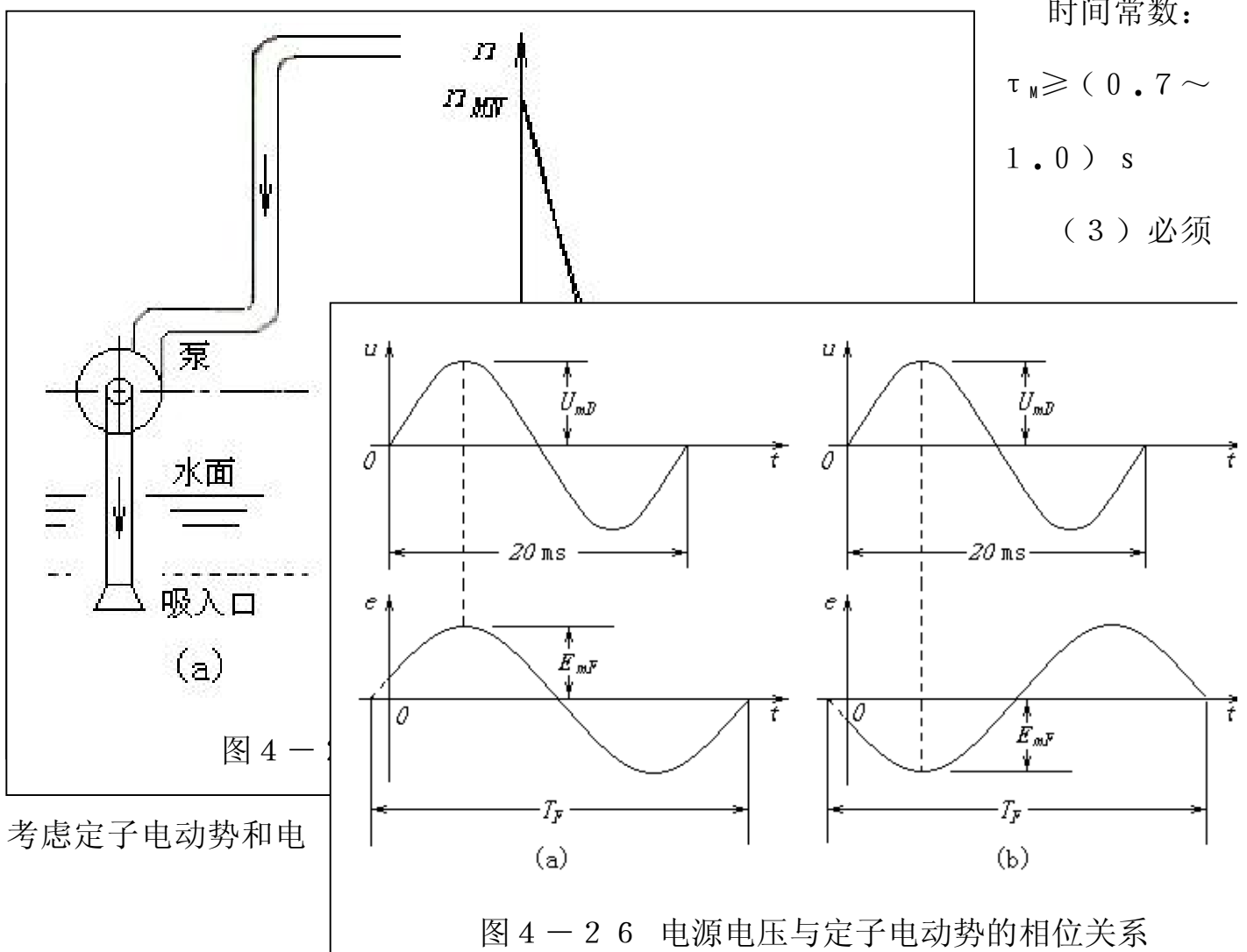
(1) 工况 首先由变频器控制“1号泵”运行；当用水量增大，变频器的运行频率已经达到上限频率（通常等于工频）时，如果在确认时间（通常为 $2 \sim 5 \text{ min}$ ）内，水压始终低于“目标压力”时，则将“1号泵”切换为工频运行。

同时，变频器的输出频率迅速降为 0 Hz ，并切换至“2号泵”，使“2号泵”变频起动，以此类推。

(2) 切换特点

A. 切换时变频器的工作频率接近工频

B. 切换时电磁过渡过程远未结束



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

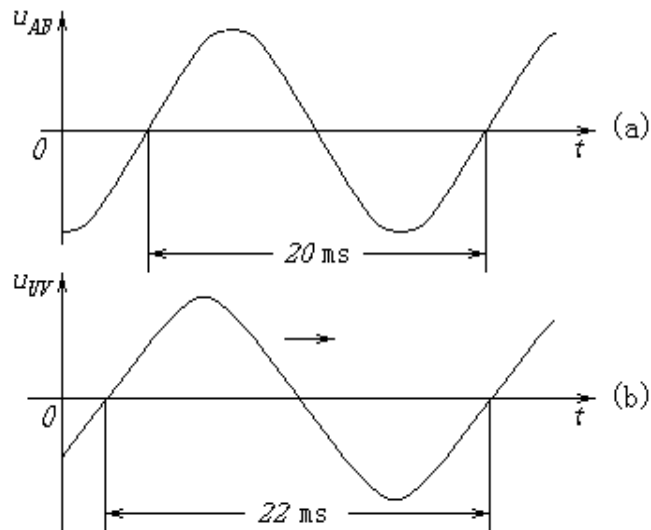
邮箱：powtran@powtran.com

源电压的相位关系。

6. “差频同相”切换的原理与方法

(1) 基本出发点

当变频器的输出频率存在差异时，两者的同断地作相对移动，如图这个特点，十分有利于点。



率与电源频率
相点之间将不
4-33所示。
“捕捉”到同相

图 4-27 同相点的相对移动

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

（2）差频同相的实施

（1）设置“频段陷阱” 要求在切换时，变频器的输出频率与电源频率之间应该有一个频率差 Δf 。这可以通过预置变频器的上限频率来实现。例如，变频器的上限频率预置为 49.6 Hz ，则 $\Delta f = 0.4\text{ Hz}$ 。

事实上，从节能的观点出发，变频供水时，工作在 50 Hz 是并不可取的。因为，同样运行在 50 Hz 下，变频运行比工频运行时的功耗要大一些。

（2）切换的工作过程

当供水系统中变频器的运行频率达到上限频率，并且经过确认时间，确认需要切换时，供水系统发出切换指令，开始“捕捉”同相点。

当“捕捉”到同相点时，便断开 $KM2$ ，并在延时 100 ms 后，接通 $KM3$ ，切换工作即告完成。

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

(3) 关于切换时间 (100ms)

转速方面 根据计算, 当KM2切断后100ms的瞬间, 电动机的转速在额定转速的86.7%以上, 满足切换转速不低于80% n_{MN} 的要求;

相位方面

一方面, 100ms是电源电压的5个整周期, 如图4-31所示。

只要适当加入提前量 Δt , 就可以使切换瞬间基本上实现电源电压与定子绕组电动势同相的目的。

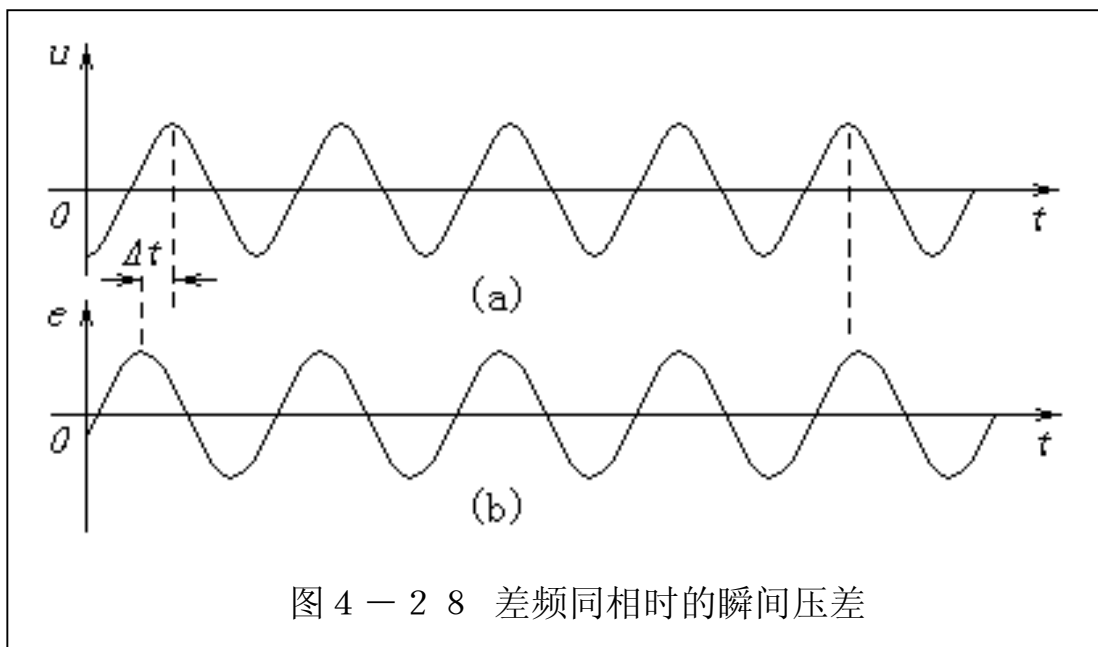


图4-28 差频同相时的瞬间压差

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

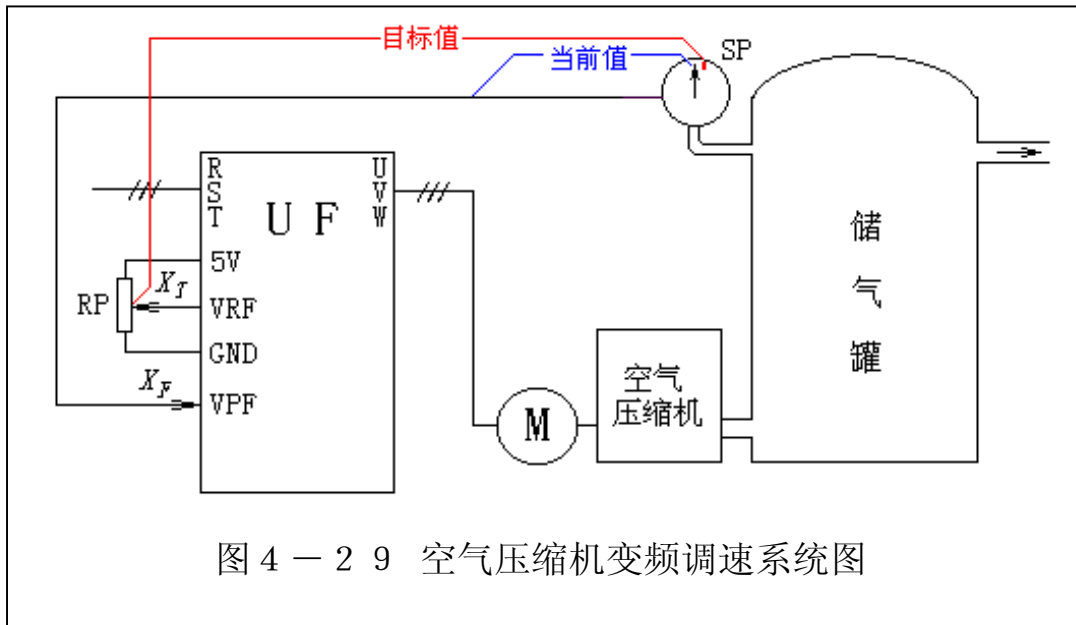
邮箱: powtran@powtran.com

一. 外配器件要记清 二. 常规控制勿看轻

三. 闭环控制须用心

(一) 自动调整用闭环

1. 反馈信号的接入法



2. PID
控制的工作过程

如 $X_F > X_T$

$\rightarrow (X_T - X_F)$

< 0

$\rightarrow$

$f_X \downarrow \rightarrow n_X \downarrow \rightarrow$

$p \downarrow$

$\rightarrow$ 直至与所要求的目标压力相符 ($X_F \approx X_T$) 为止。

如 $X_F < X_T \rightarrow (X_T - X_F) > 0$

$\rightarrow f_X \uparrow \rightarrow n_X \uparrow \rightarrow p \uparrow$

$\rightarrow$ 直至与所要求的目标压力相符 ($X_F \approx X_T$) 为止。

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

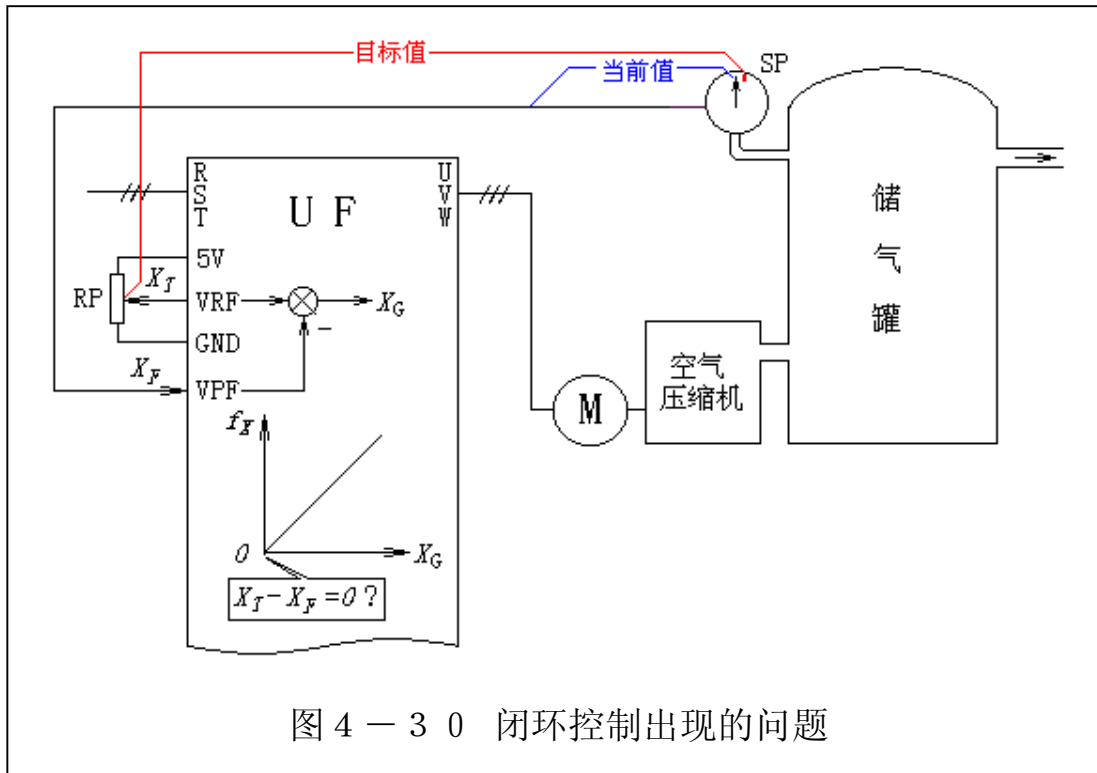
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

(一) 自动调整用闭环

(二) 又快又稳 P I D 搬

1. 问题的提出



$$\begin{aligned} & \therefore \\ & X_G = X_T \\ & - X_F \\ & \therefore \\ & X_T - X_F \\ & \approx 0 \\ & \rightarrow X_G \approx 0 \\ & \rightarrow f_x \approx 0 \end{aligned}$$

系统不能工作。

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

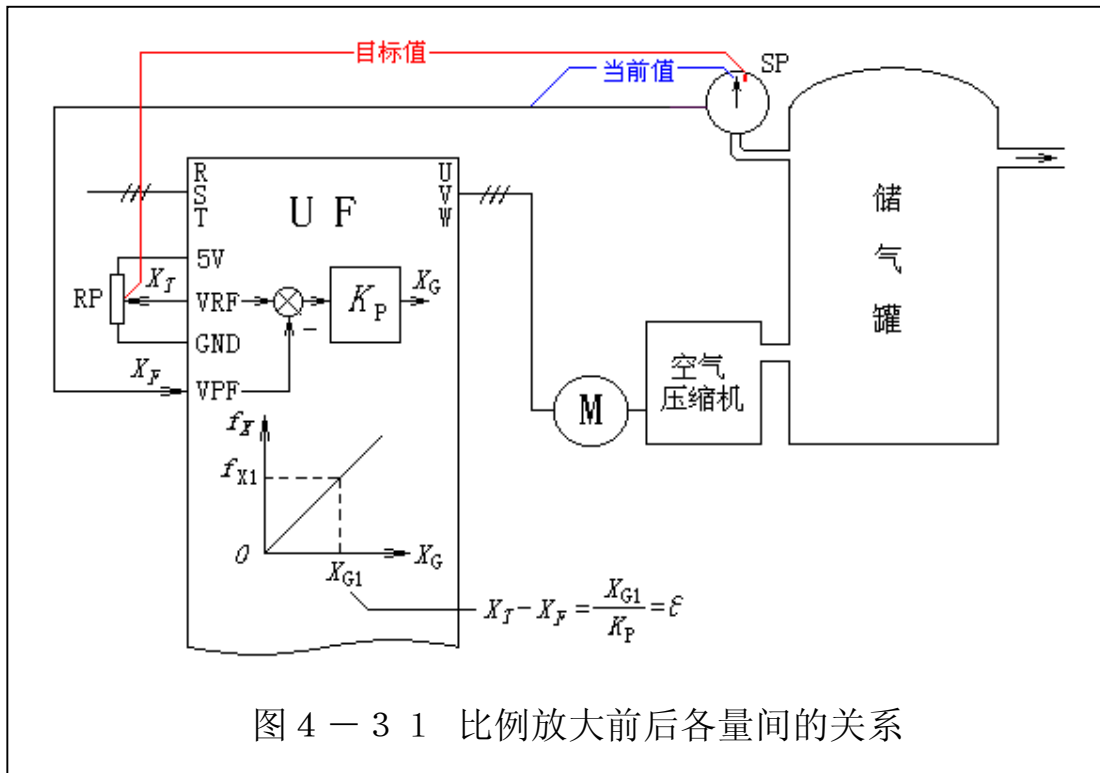
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

2. 比例增益环节 (P)

将 $(X_T - X_F)$ 进行放大后再作为频率给定信号:

$$X_G = K_P (X_T - X_F)$$



$(X_T - X_F) = \frac{X_G}{K_P}$
 ε —— 静差
 设: 在某压力下, 所需 $X_G = 4 \text{ V}$
 则:

K_P	1 0	1 0 0	1 0 0 0	1 0 0 0 0
$X_T - X_F$	0.4	0.0 4	0.0 0 4	0.0 0 0 4

结论: K_P 越大, 则静差 ε 越小。

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

3. 积分环节 (I) 4. 微分环节 (D)

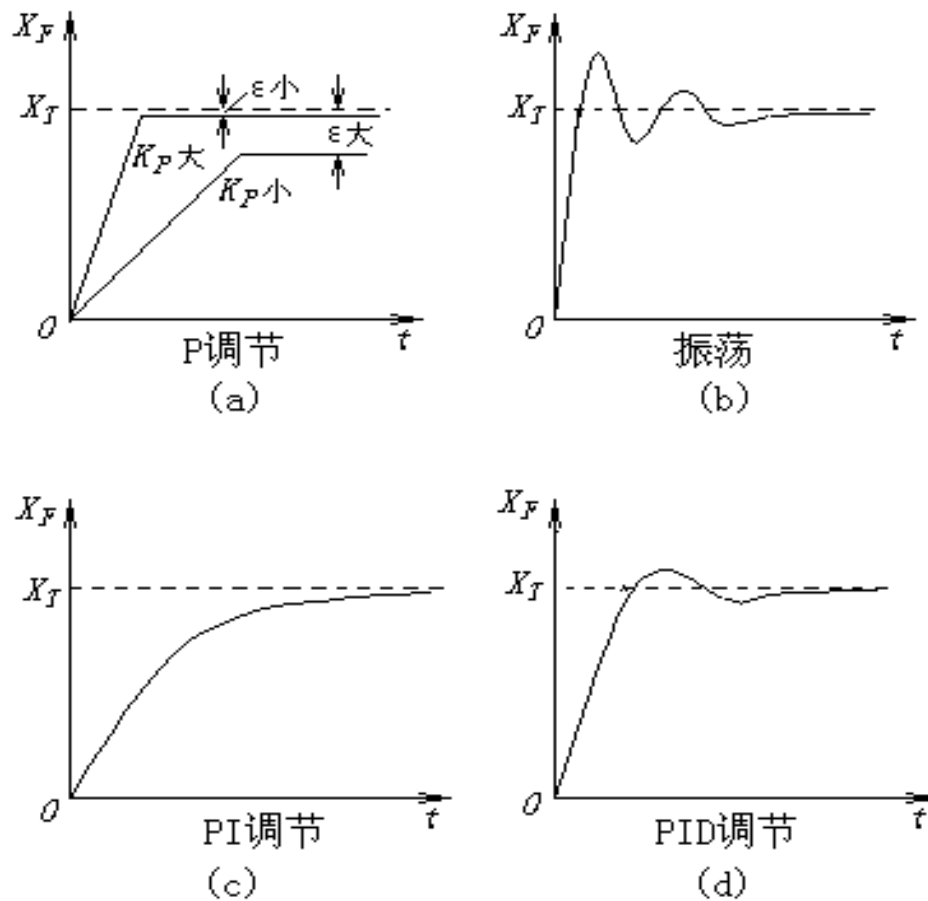


图 4-3-2 P、I、D 的综合作用示意图

(a) P 调节 (b) 振荡现象 (c) P I 调节 (d) P I D 调节

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

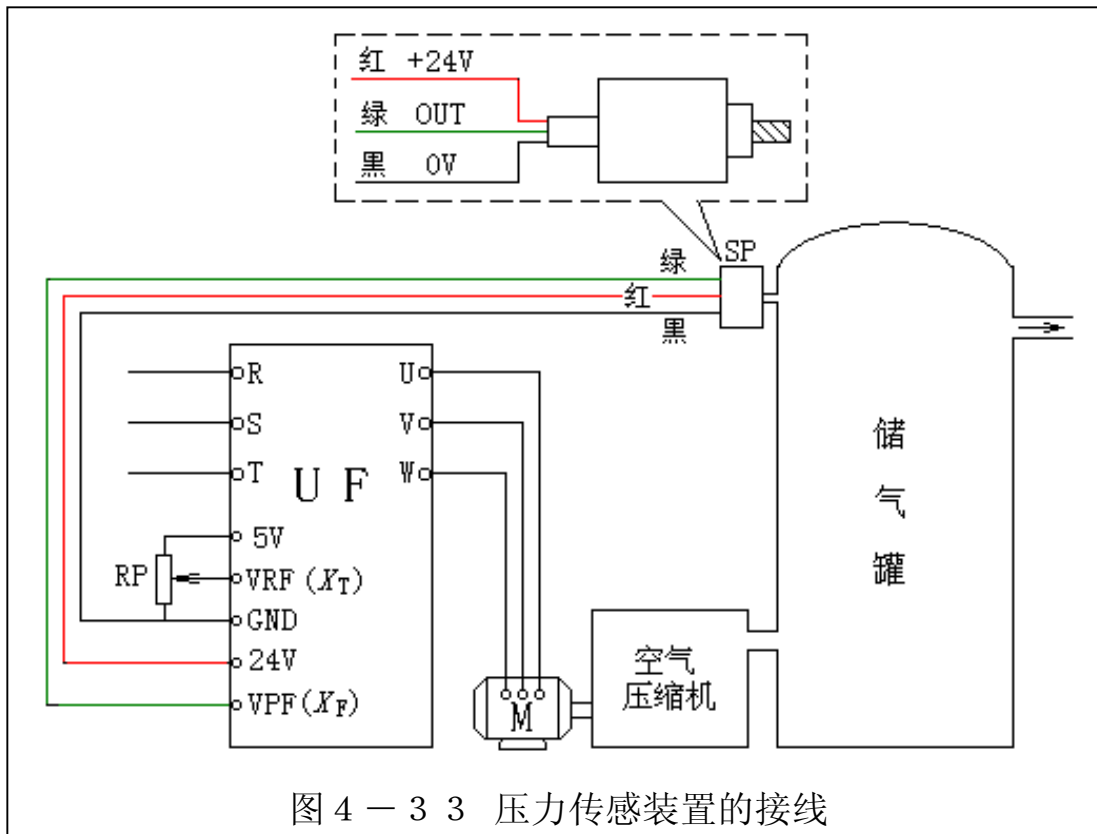
传真: 0755-29666485

邮箱: powtran@powtran.com

(一) 自动调整用闭环 (二) 又快又稳 P I D 搬

(三) 目标大小变送看

1. 压力传感装置



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. 目标值的确定

设：（1）目标压力为 0.6 MPa

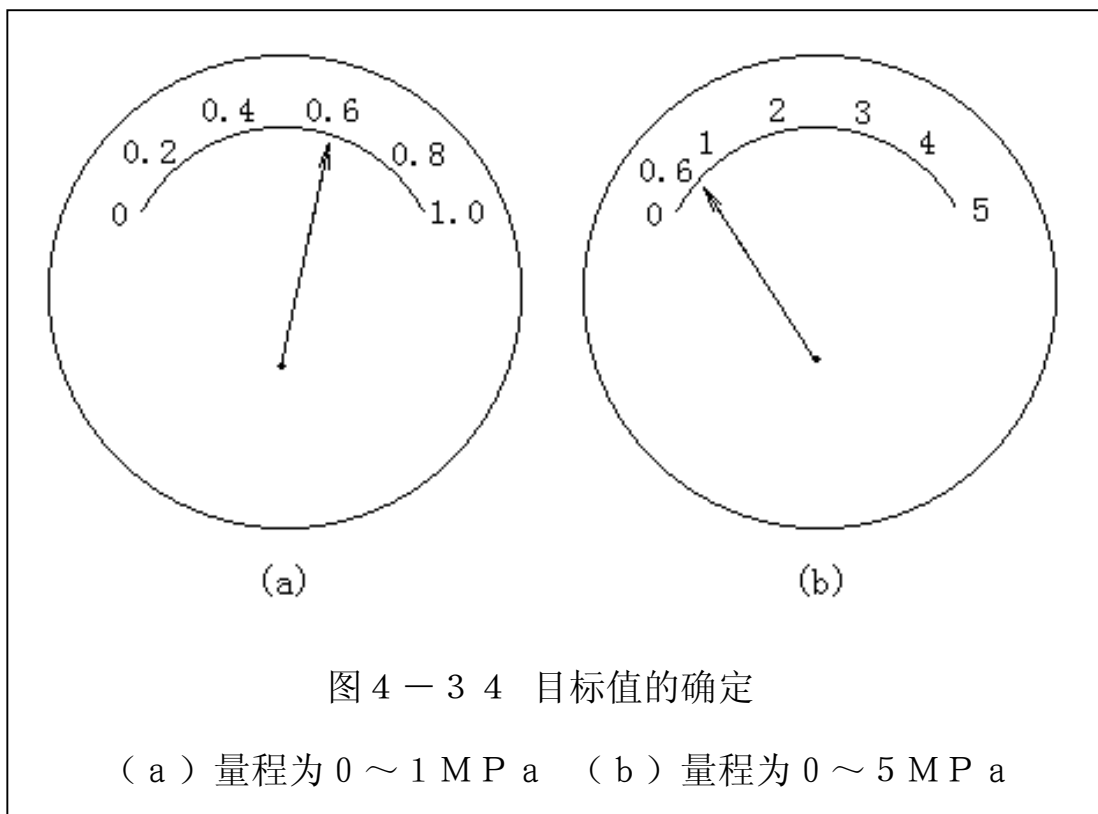
（2）压力传感器的信号范围是 4 ~ 20 mA

则：（1）压力传感器的量程为 0 ~ 1 MPa 时，目标值的大小是：

$$X_T = 60\%$$

（2）压力传感器的量程为 0 ~ 5 MPa 时，目标值的大小是：

$$X_T = 12\%$$



3. 变频器的 P I D 功能有效后的特点

（1）频率给定输入端的功能

转变为目标信号的输入端，或反馈信号的输入端（日立）。

（2）变频器的升降速功能 无效。

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

4. 反馈的逻辑

(1) 负反馈 目标信号与反馈信号相减，故：

反馈量越大→要求给定信号越小

→转速越低

通常称为“正逻辑”，如曲线①

典型实例：空压机的压力控制

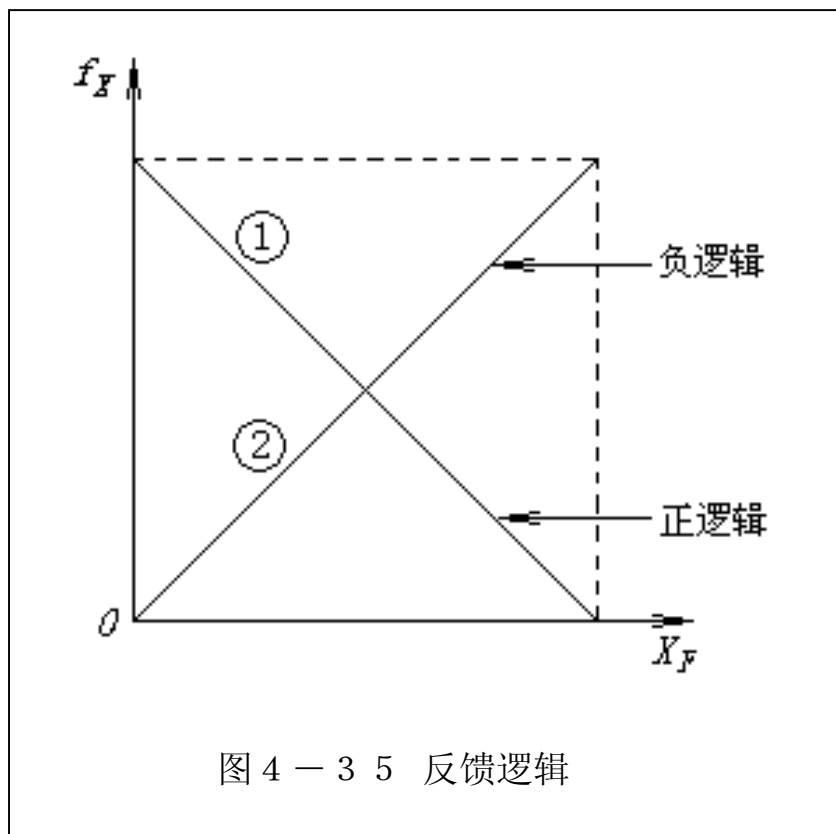
(2) 正反馈 目标信号与反馈信号相加，故：

反馈量越大→要求给定信号越大

→转速越高

通常称为“负逻辑”，如曲线②

典型实例：风机的温度控制



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

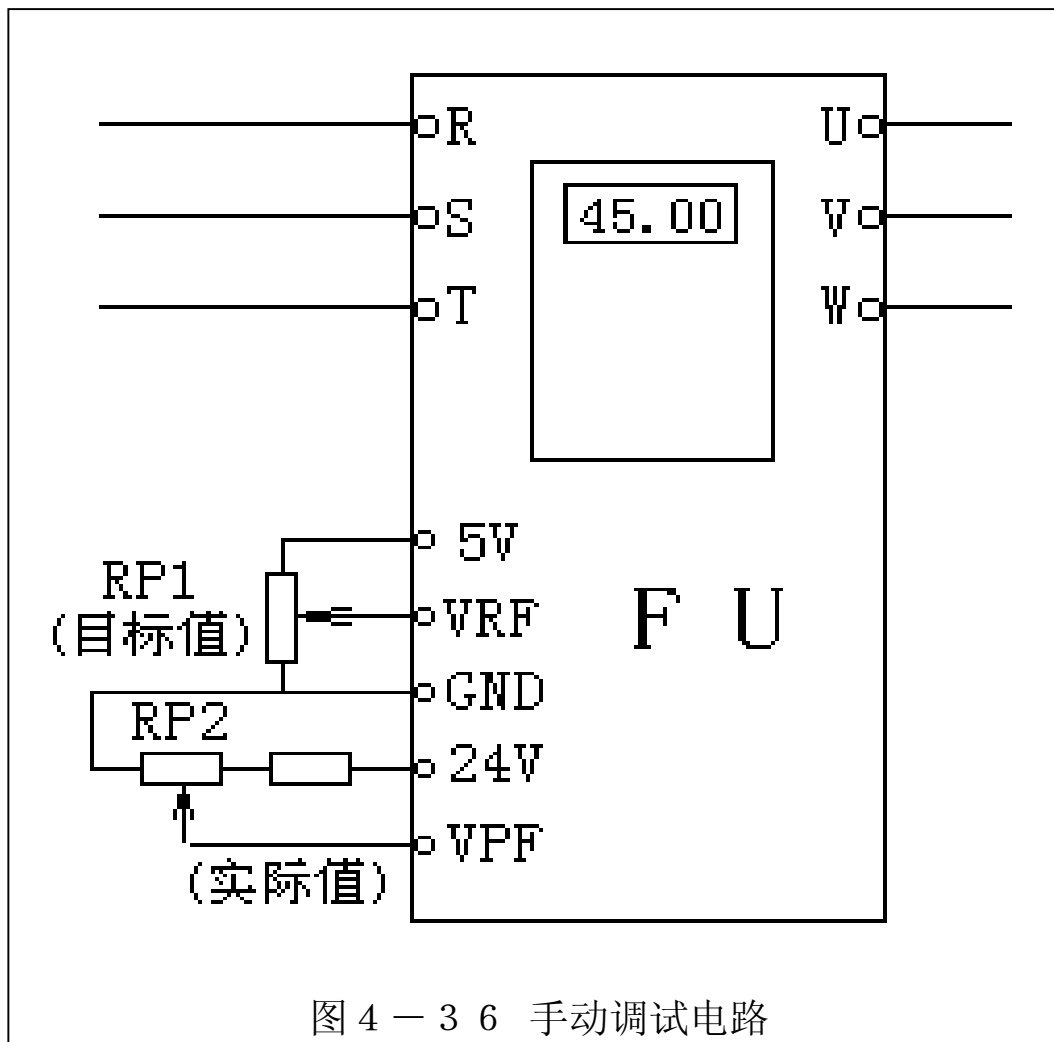
电话：0755-29666234 29666280

传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

5. P I D功能的调试

(1) 手动调试



用一个模拟的反馈信号去与目标信号比较：

当 $X_T < X_F$ 时， f_X 将缓慢地不断下降，直至 $f_X = 0 \text{ Hz}$ 为止。

当 $X_T > X_F$ 时， f_X 将缓慢地不断上升，直至 $f_X = f_H \text{ Hz}$ 为止。

(2) 系统调试

如反应过慢，则：加大 P，或减小 I；

如发生振荡，则：减小 P，或加大 I。

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

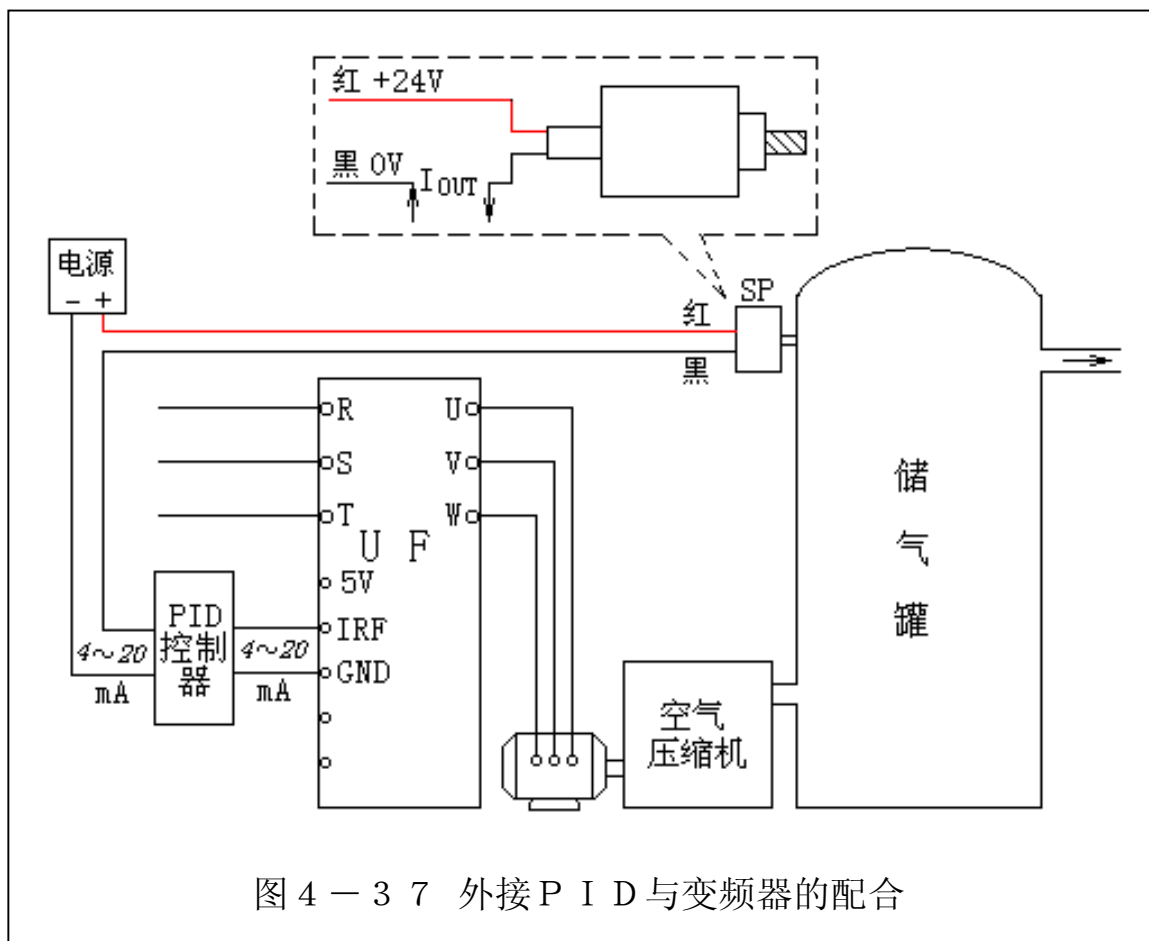
传真：0755-29666485

邮箱：powtran@powtran.com

6. 外接P I D调节器与变频器的配合

特点:

- (1) 变频器的P I D功能无效, 故: 变频器的升降速功能有效。
- (2) 目标值由P I D调节器的键盘给定;



- (3) 压力传感器测得的当前值接至P I D调节器的反馈量输入端;
- (4) P I D调节器的输出信号接至变频器的给定频率信号输入端;

至变频器的给定频率信号输入端;

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) P I D调节器的比例功能通常是“比例带”:

比例带——按比例变化的区域，数值上等于比例增益的倒数。

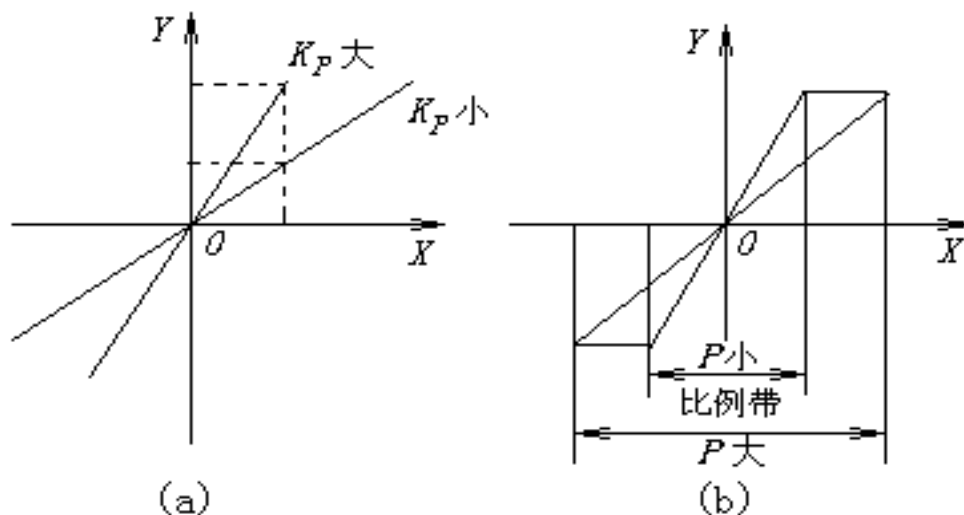


图 4 — 3 8 比例与比例带

(a) 输出与输入的比例关系 (b) 比例带的概念

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