

## PTC热敏电阻经典应用

### PTC 热敏电阻

PTC 是 Positive Temperature Coefficient 的缩写,意思是正的温度系数,泛指正温度系数很大的半导体材料或元器件.通常我们提到的 PTC 是指正温度系数热敏电阻,简称 PTC 热敏电阻.PTC 热敏电阻是一种典型具有温度敏感性的半导体电阻,超过一定的温度(居里温度)时,它的电阻值随着温度的升高呈阶跃性的增高.

陶瓷材料通常用作高电阻的优良绝缘体,而陶瓷 PTC 热敏电阻是以钛酸钡为基,掺杂其它的多晶陶瓷材料制造的,具有较低的电阻及半导特性.通过有目的的掺杂一种化学价较高的材料作为晶体的点阵元来达到的:在晶格中钡离子或钛酸盐离子的一部分被较高价的离子所替代,因而得到了一定数量产生导电性的自由电子.对于 PTC 热敏电阻效应,也就是电阻值阶跃增高的原因,在于材料组织是由许多小的微晶构成的,在晶粒的界面上,即所谓的晶粒边界(晶界)上形成势垒,阻碍电子越界进入到相邻区域中去,因此而产生高的电阻.这种效应在温度低时被抵消:在晶界上高的介电常数和自发的极化强度在低温时阻碍了势垒的形成并使电子可以自由地流动.而这种效应在高温时,介电常数和极化强度大幅度地降低,导致势垒及电阻大幅度地增高,呈现出强烈的 PTC 效应.

### PTC 热敏电阻与温度的依赖关系 (R-T 特性)

电阻-温度特性通常简称为阻温特性,指在规定的电压下,PTC 热敏电阻零功率电阻与电阻体温度之间的依赖关系.零功率电阻,是指在某一温度下测量 PTC 热敏电阻值时,加在 PTC 热敏电阻上的功耗极低,低到因其功耗引起的 PTC 热敏电阻的阻值变化可以忽略不计.额定零功率电阻指环境温度 25℃条件下测得的零功率电阻值.

表征阻温特性好坏的重要参数是温度系数  $\alpha$ ,反映的是阻温特性曲线的陡峭程度.温度系数  $\alpha$  越大,PTC 热敏电阻对温度变化的反应就越灵敏,即 PTC 效应越显著,其相应的 PTC 热敏电阻的性能也就越好,使用寿命就越长.PTC 热敏电阻的温度系数定义为温度变化导致的电阻的相对变化.  $\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$  (lgR2-lgR1)/(T2-T1) 一般情况下, T1 取 Tc+15℃, T2 取 Tc+25℃来计算温度系数.

$R_{min}$ : 最小电阻,  $T_{min}$ :  $R_{min}$ 时的温度,  $R_{Tc}$ : 2 倍 $R_{min}$ ,  $T_c$ : 居里温度

### 电压和电流的关系 (V-I 特性)

电压-电流特性简称伏安特性,它展示了 PTC 热敏电阻在加电气负载达到热平衡的情况下,电压与电流的相互依赖关系.

PTC 热敏电阻的伏安特性大致可分为三个区域:

在 0-V<sub>k</sub> 之间的区域称为线性区,此间的电压和电流的关系基本符合欧姆定律,不产生明显的非线性变化,也称不动作区.在 V<sub>k</sub>-V<sub>max</sub> 之间的区域称为跃变区,此时由于 PTC 热敏电阻的自热升温,电阻值产生跃变,电流随着电压的上升而下降,所以此区也称动作区.在 V<sub>D</sub> 以上的区域称为击穿区,此时电流随着电压的上升而上升,PTC 热敏电阻的阻值呈指数型下降,于是电压越高,电流越大,PTC 热敏电阻的温度越高,阻值越低,很快导致 PTC 热敏电阻的热击穿.伏安特性是过载保护 PTC 热敏电阻的重要参考特性.

### 电流和时间的关系 (I-t 特性)

电流-时间特性是指 PTC 热敏电阻在施加电压的过程中,电流随时间变化的特性.开始加电瞬间的电流称为起始电流,达到热平衡时的电流称为残余电流.

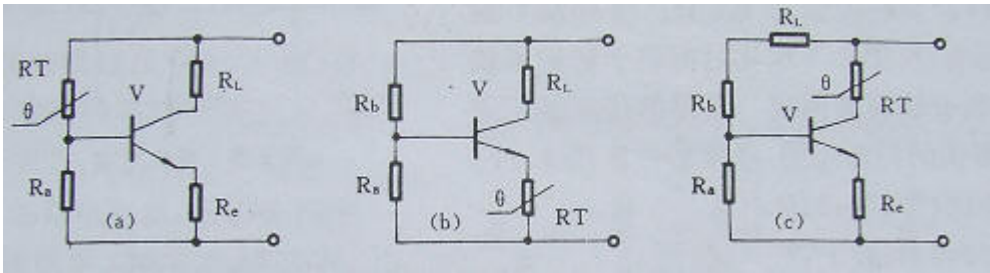
一定环境温度下,给 PTC 热敏电阻加一个起始电流(保证是动作电流),通过 PTC 热敏电阻的电流降低到起始电流的 50%时经历的时间就是动作时间.电流-时间特性是自动消磁 PTC 热敏电阻、延时启动 PTC 热敏电阻、过载保护 PTC 热敏电阻的重要参考特性.

### 应用一 晶体管温度补偿电路

晶体管的主要参数,如电流放大倍数、基极-发射极电压、集电极电流等,都与环境温度密切相关.因此,在晶体管电路中需要采取必要的温度补偿措施,才能获得较高的稳定性和较宽的使用环境温度范围.

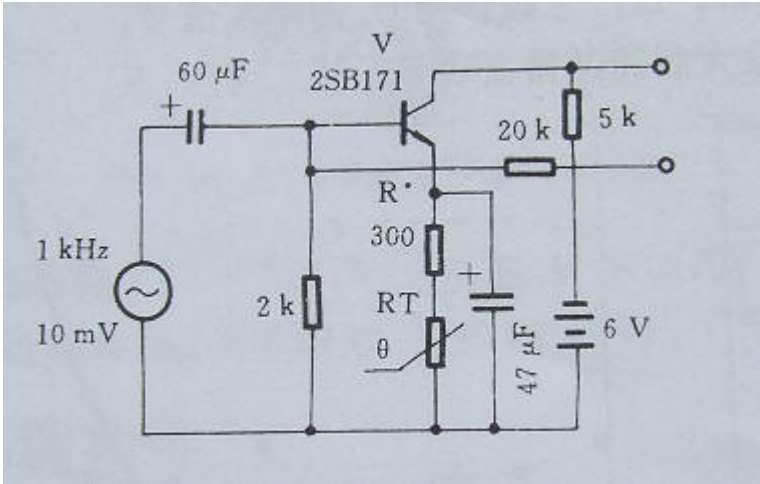
采用 NTC 热敏电阻器的晶体管温度补偿电路,普遍存在高温(一般在 50℃以上)补偿不足、输入阻抗

随温度升高而下降，功耗较大等缺点。PTC 热敏电阻 晶体管温度补偿电路能克服上述缺点，扩大晶体管使用环境温度范围。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

图(a) (b) (c) 为三种不同接法的晶体管基本补偿电路，适用于不同的晶体管及工作电流，以求保证在较宽的温度范围内的最佳补偿效果。此外，图 2.1.1(b)和图 2.1.1(c)除有稳定工作电流的作用外，还兼有过热过流保护的功能，即当电流或环境温度超过设定值时，RT 阻值剧增，从而使晶体管截止。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

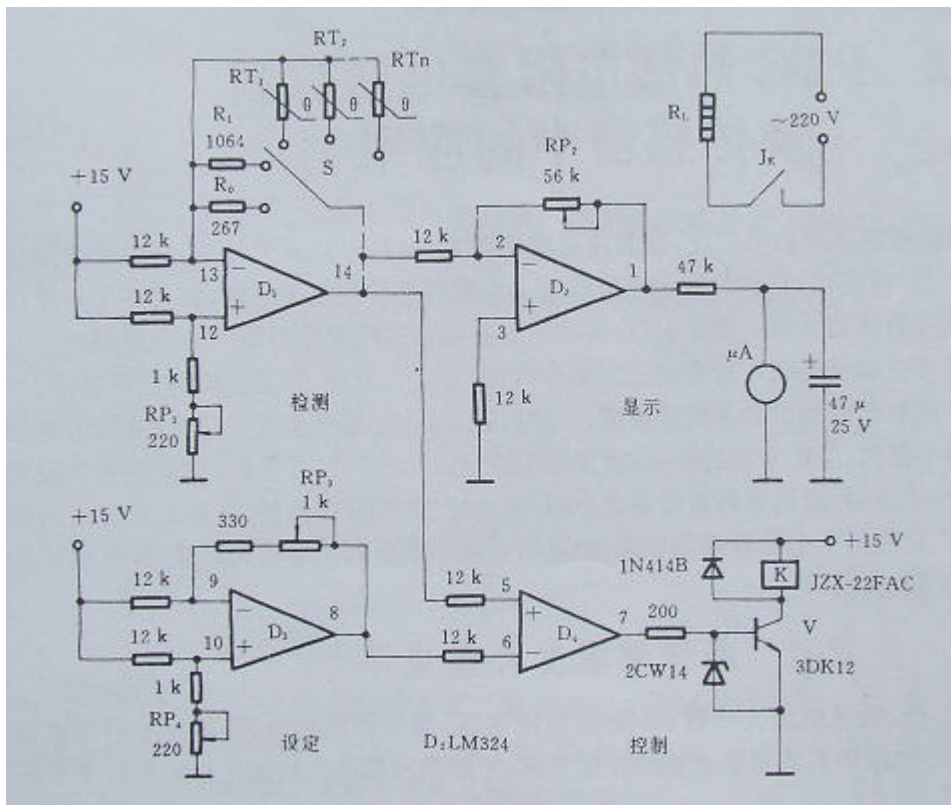
图中为采用 PTC 热敏电阻的晶体管放大电路。图中 RT 为 25℃时阻值 180Ω 的 PTC 热敏电阻，当环境温度变化时，其阻值随之变化使晶体管发射极电压呈反向变化，从而使集电极电流保持稳定。

### 应用二 测温控温电路

本测温控温电路适用于家用空调、电热取暖器、恒温箱、温床育苗、人工孵化、农牧科研等电热设备。其使用温度范围是 0~50℃，测控温精度为±(0.2~0.5)℃。

#### 2.2.1 原理电路

本测温控温电路由温度检测、显示、设定及控制等部分组成，见图 2.2.1。图中 D1~D4 为单电源四运放器 LM324 的四个单独的运算放大器。RT1~RTn 为 PTC 感温探头，其用量取决于被测对象的容积。RP1 用于对微安表调零，RP2 用于调节 D2 的输出使微安表指满度。S 为转换开关。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

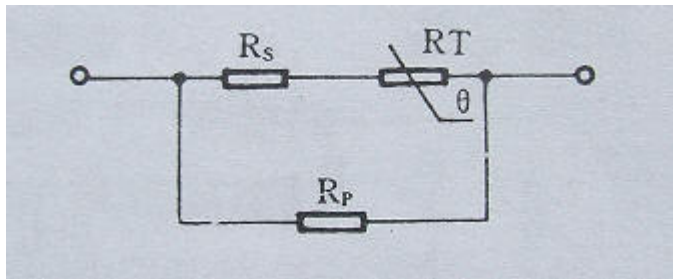
由  $RT$  检测到的温度信息，输入  $D1$  的反馈回路。该信息既作为  $D2$  的输入信号，经  $D2$  放大后通过微安表显示被测温度；又作为比较器  $D4$  的同相输入信号，与  $D3$  输出的设定基准信号，构成  $D4$  的差模输入电压。

当被控对象的实际温度低于由  $RP3$  预设的温度时， $RT$  的阻值较小，此时  $D4$  同相输入电压的绝对值小于反相输入电压的绝对值，于是  $D4$  输出为高电位，从而使晶体管  $V$  饱和导通，继电器  $K$  得电吸合常开触点  $JK$ ，负载  $RL$  由市电供电，对被控物进行加热。

当被控对象的实际温度升到预设值时， $D4$  同相输入电压的绝对值大于反相输入电压的绝对值， $D4$  的输出为低电位，从而导致  $V$  截止， $K$  失电释放触点  $JK$  至常开，市电停止向  $RL$  供电，被控物进入恒温阶段。如此反复运行，达到预设的控温目的。

### 2.2.2 主要元器件选择

本测温控温电路选用 PTC 热敏电阻为感温元件，该元件在  $0^{\circ}\text{C}$  时的电阻值为  $264\Omega$ ，制作成温度传感器探测头，按图 2.2.2 线化处理后封装于护套内，其电阻-温度特性见图 2.2.3。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

线化后的 PTC 热敏电阻感温探头具有良好的线性，其平均灵敏度达  $16\Omega/^{\circ}\text{C}$  左右。如果采用数模转换网络、与非门电路及数码显示器，替代本电路的微安表显示器，很容易实现远距离多点集中的遥测。继电器

的选型取决于负载功率。为便于调节，RP1~RP4 选用线性带锁紧机构的微调电位器。

### 2.2.3 安装与调试

调试工作主要是调整指示器的零点和满度指示。先将 S 接通 R0，调节 RP1 使微安表指零，于此同时，调节 RP4 使其阻值与 RP1 相同，以保持 D1 与 D4 的对称性。然后将 S 接通 R1，调节 RP2 使微安表指满度。最后，按 RT 的标准阻-温曲线，将 RP3 调到与设定温度相应的阻值，即可投入使用。

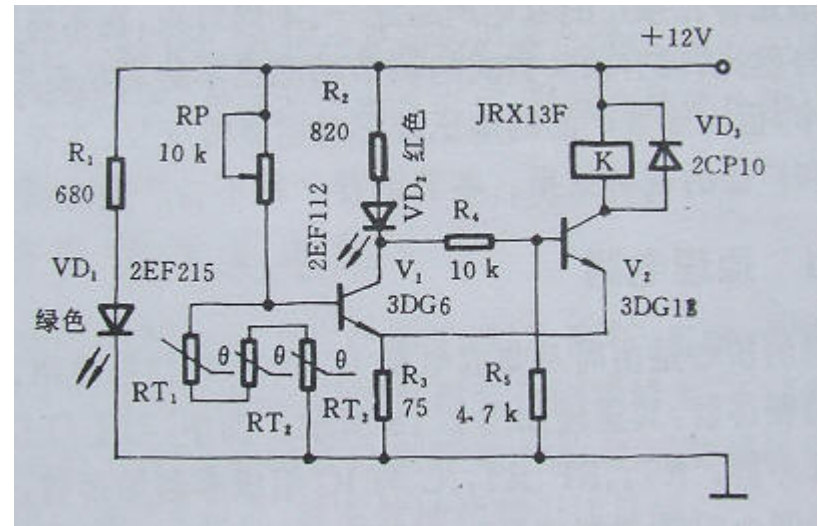
### 应用三 过热保护电路

生产中所用的自动车床、电热烘箱、球磨机等连续运转的机电设备，以及其它无人值守的设备，因为电机过热或温控器失灵造成的事故时有发生，需要采取相应的保安措施。PTC 热敏电阻过热保护电路能够方便、有效地预防上述事故的发生。

#### 2.3.1 原理电路

图 2.3.1 是以电机过热保护为例，由 PTC 热敏电阻和施密特电路构成的控制电路。图中，RT1、RT2、RT3 为三只特性一致的阶跃型 PTC 热敏电阻器，它们分别埋设在电机定子的绕组里。正常情况下，PTC 热敏电阻器处于常温状态，它们的总电阻值小于  $1K\Omega$ 。此时，V1 截止，V2 导通，继电器 K 得电吸合常开触点，电机由市电供电运转。

当电机因故障局部过热时，只要有一只 PTC 热敏电阻受热超过预设温度时，其阻值就会超过  $10K\Omega$  以上。于是 V1 导通、V2 截止，VD2 显示红色报警，K 失电释放，电机停止运转，达到保护目的。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

#### 2.3.2 主要元器件选择

PTC热敏电阻的选型取决于电机的绝缘等级。通常按比电机绝缘等级相对应的极限温度低  $40^{\circ}\text{C}$  左右的范围选择PTC热敏电阻的居里温度。例如，对于B1级绝缘的电机，其极限温度为  $130^{\circ}\text{C}$ ，应当选居里温度  $90^{\circ}\text{C}$  的PTC热敏电阻。\*\*\*（参数表 ? 过热保护用PTC热敏电阻）

继电器 K 的选择取决于电机的容量，图 2.3.1 中的是 JRX-13F，触点负载 0.5A，适合小型电机。RP 应选带锁紧机构的电位器。

#### 2.3.3 安装与调试

推荐的安装方式是将 PTC 热敏电阻分别埋设在电机定子的绕组里。调试方法是：将 PTC 热敏电阻置于恒温箱中，设定温度为 TK，调节 RP 使 PTC 热敏电阻在  $TK-5^{\circ}\text{C}$  时，VD2 不亮，K 不动作；在  $TK+5^{\circ}\text{C}$  时，VD2 灯亮，K 动作。锁紧 RP 即可。

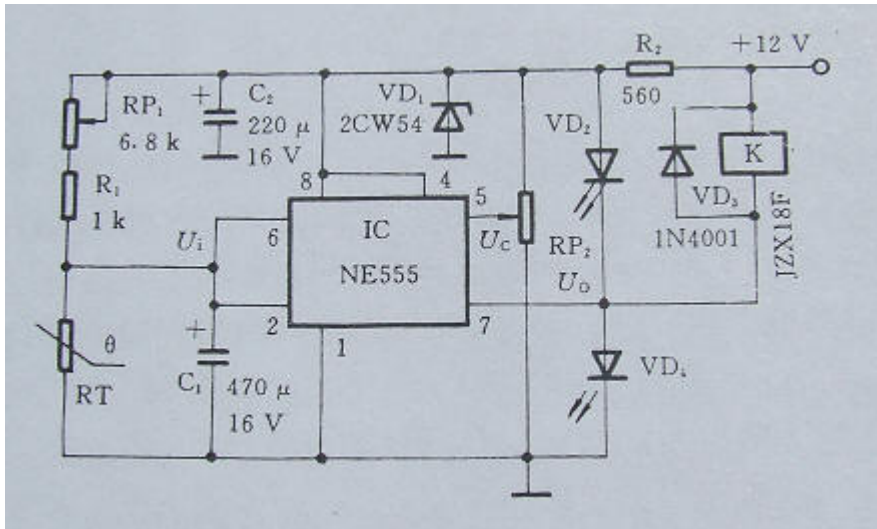
### 应用四 轴温过热保护电路

长期连续运转的机电设备都离不开轴承、轴瓦。因轴温过热引起的故障时有发生。采用轴温过热保护电路可以有效地防止恶性事故的发生。



### 2.10.1 原理电路

图 2.10.1 是轴温过热保护电路原理图。在正常情况下, 调节  $RP_1$  使  $U_i < U_c/3$ , 于是 IC 输出为高电位, K 不动作常闭触点得到维持。随着轴温的升高, RT 受热阻值增大, 导致  $U_i \geq 2U_c/3$ , 位置 7 的输出由高电位翻转为低电位。于是 K 得电拉开常闭触点, 切断运转设备的电源, 使轴承或轴瓦得到保护。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

### 2.10.2 主要元器件选择

PTC 热敏电阻 RT 是轴温过热保护电路的关键元件, 该元件的常温电阻值  $\leq 500 \Omega$ 。PTC 热敏电阻器密封在里面, 并保证与外壳有良好的热传导及电绝缘。

### 2.10.3 安装与调试

PTC 热敏电阻探头紧固在易于发热超温的部位, 使其头部与被控对象接触良好, 建议在空隙处填充导热硅脂, 以改善热传导条件。

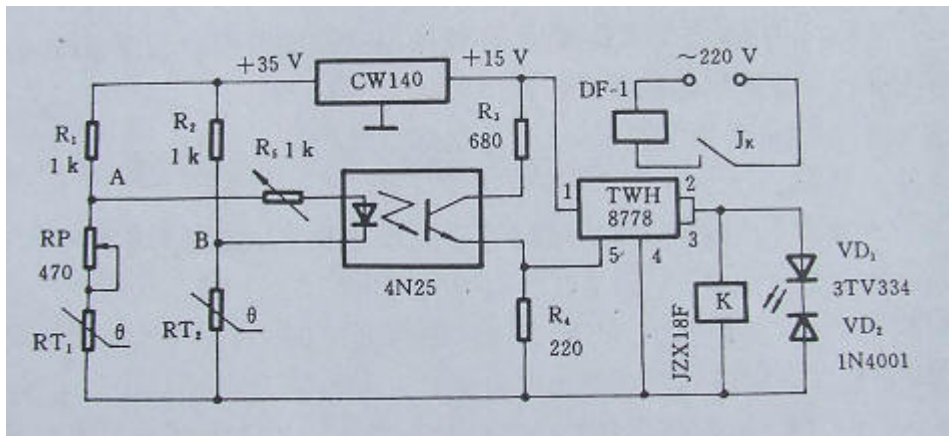
## 应用五 液位控制电路

现有的金属电极型液位监控器, 由于检测信号是液位和液质的函数, 因此它的应用范围受到一定限制。本液位控制电路是以 PTC 热敏电阻作为液位传感元件, 配备适当的护套可以用于各类液体的液位控制。

### 2.17.1 原理电路

本液位控制电路 由检测、控制及执行机构组成。其工作原理如图 2.17.1。图中, CW140 为三端固定稳压集成块 (输入电路略); 两只 PTC 热敏电阻 ( $RT_1$ 、 $RT_2$ ) 与  $R_1$ 、 $R_2$  组成桥式液位检测电路; TWH8778 电子开关与继电器 K 组成控制电路; 由光电耦合器 4N25 提供触发信号; K 的触点 Jk 与电磁阀组成执行电路。

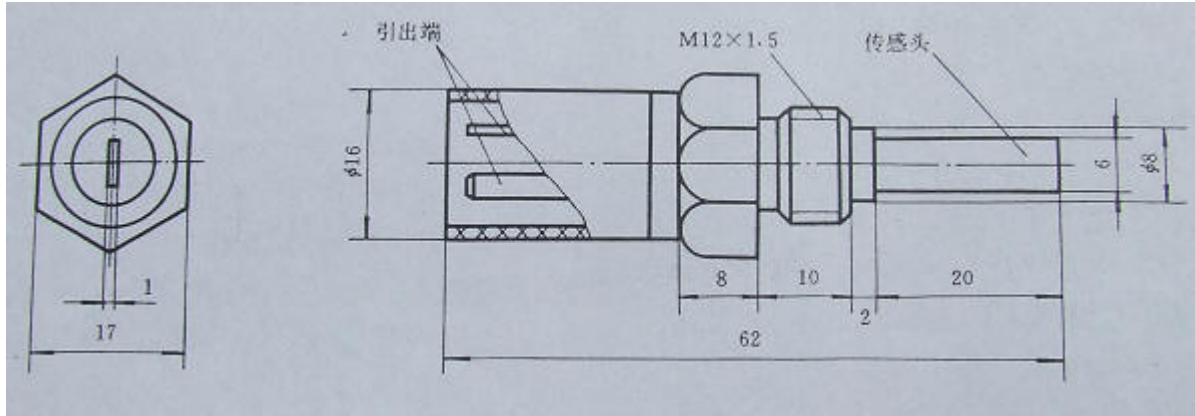
在正常情况下,  $RT_1$ 、 $RT_2$  均处于液体中, 电桥平衡  $U_{ab}$  为零, 于是 4N25 截止, TWH8778 及 K 不动作, 触点 Jk 常开, DF-1 关闭。当液位下降到使  $RT_1$  露出液面时, PTC 热敏电阻阻值迅速增大, 于是电桥失去平衡, 4N25 导通, 并触发⑤使 TWH8778 导通, K 得电吸合 Jk, DF-1 开启向储液罐补充液体。当液位上升到使  $RT_1$  浸入液体时, 其阻值迅速减小, 电桥自动平衡, 4N25 截止, K 失电释放 Jk, DF-1 关闭, 停止输入液体。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0>

### 2. 17. 2 主要元器件选择

RT1、RT2 是液位控制电路的关键部件。选择居里温度大于 60℃ 的 PTC 热敏电阻。将其封装在特制的探头中。



500) {this.resized=true;this.style.width=500;}” border=0 resized="true">

继电器 K 的选择取决于电磁阀的类型，这里以水电磁阀 DF-1 为例，选用了 JRX-18F 通用电磁继电器。

### 2. 17. 3 安装与调试

两只 PTC 热敏电阻器均安装在液体罐的壁上。其中，RT1 装在设定的上限液位处；RT2 装在设定的下限液位处。安装前进行调试，方法是：将 RT1、RT2 的传感头浸入液体中，调节 RP 使 Uab 为零，指示灯 VD1 不亮。然后使 RT1 露出液面，调节 R5 至 VD1 亮、Jk 吸合，DF-1 动作。调试完毕后锁紧 RP 及 R5，将 RT1、RT2 安装在设定的位置。