

空调机 制冷机 电冰箱 电路维修手册

冯玉琪 王玉芝 朱宝山 编著



人民邮电出版社



空调机 制冷机 电冰箱 电路维修手册

冯玉琪 王玉芝 朱宝山 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是以空调制冷设备电路维修为主的实用性技术手册。全书共分三章：第一章家用电冰箱电路维修；第二章制冷机与冷藏、冷冻设备电路维修；第三章空调机电路维修。各章均附有大量电路图及有关数据供参考。书中对国内外各种大、中、小型空调制冷设备的电路构成、特点、工作原理进行了详尽而具体的解说并有电路故障、电器部件损坏等的原因查找、故障排除及维修实例。本书内容详实，适用面广，不仅对中、小型制冷空调设备电路进行了详细介绍，而且对大型的中央空调冷水机组、空调机组、风机盘管等的电路也作了具体介绍。

本书图文并茂，除收录了大量的电路图及有关资料外，还有各种类型电路的文字解说和维修方法叙述。

本书不仅是空调机、制冷机、电冰箱各类维修人员必备的工具书，也是空调机、制冷机、电冰箱设计人员、销售人员及广大用户极有保存价值的参考资料。

空调机 制冷机 电冰箱 电路维修手册

冯玉琪 王亚平 编著

人民邮电出版社出版

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

*

开本：787×1092 1/16 1996年6月 第一版

印张：45.5 1996年6月 北京第1次印刷

字数：1152千字 插页：17 印数：1—11 000册

ISBN 7-115-06017-7/TN·1035

定价：64.00元

前 言

近年来,随着国民经济的高速发展和人民生活水平不断的提高,我国空调、制冷设备的产量和品种也迅速增长,各种空调、制冷设备和器具的社会保有量与日俱增。空调及制冷设备的安装、保养、维修、调试等技术正日渐普及,读者已可见到不少不同内容、不同形式的有关专业技术书籍,然而集电路分析、故障分析与维修以及电路图于一书的书籍却还鲜见,为此,我们组织编写了这本图文并茂、兼顾图集、资料和电路分析等方面内容的手册以满足广大读者的需要。

本书涉及面广,对各种大、中、小型空调制冷设备及器具的电路原理、常见故障分析与排除等均有介绍,并附有维修实例。书中选录了具有代表性的空调制冷电路图数百幅和最新制冷压缩机资料,这对维修人员来说是极为宝贵的参考资料。

制冷、空调设备和器具的维修可分为两方面:机械故障分析、排除和电气故障分析、排除。其中尤以电气故障分析排除为先,因为任何设备和器具若在电路发生故障时均不能正常启动和运转,往往在排除了电气故障的可能性之后再考虑机械故障或制冷系统的故障。分析电气故障不仅重要而且难度也大,电路形式各具特点,有单相、三相常见控制方式,也有微电脑控制和中央空调制冷系统的微机控制。无论哪一种设备的电气系统发生故障都必须查看电路图,了解控制系统原理。因此熟悉并掌握各种电路图的原理是维修人员必须具备的基本技能之一。

我们相信本书将为广大制冷空调技术人员、电气技术人员提供方便。由于编著者水平所限,书中难免有疏漏谬误之处,请读者予以批评指正。

本书的编辑出版过程中很多单位和个人热情提供了宝贵的资料,并给予了支持,在此谨致诚挚的谢意。

参加本书编写的人员除冯玉琪、王玉芝、朱宝山外,还有冯倩、安平、赵镇中、庞秀春、朱国宏、奚克俭、朱国华、王佳慧、韩力、张宝英、马大东、沈永春、任建福、王健、张桐禄、吕关宝、贺建军、冯琨、王刚、王晓东、李国强、白尚东、王玉珍、索连仲、张金福、刘振华、王强、代允鸾、吴小静等人。

编著者

1995.10 于北京

目 录

第一章 家用电冰箱和低温冷藏箱电路维修

1.1 家用电冰箱的电气控制系统	(3)
1.1.1 启动、保护、控制电路	(3)
一、电冰箱压缩机的启动电路	(3)
二、压缩机电动机的保护电路	(5)
三、电冰箱的温度控制电路	(6)
四、化霜电路	(9)
五、电冰箱的其它电路	(12)
1.1.2 直冷式电冰箱电路解说	(13)
1.1.3 间冷式电冰箱电路解说	(14)
一、间冷式电冰箱电路工作原理	(14)
二、间冷式自动化霜电冰箱电路工作原理	(14)
三、新型 1.2.0 自动控制电冰箱工作原理	(15)
1.1.4 带电脑控制的电冰箱电路解说	(16)
一、电路原理	(16)
二、控制电路动作说明	(18)
三、电器零部件的检验方法	(21)
四、国产新型微电脑控制电冰箱电路及其控制原理	(24)
1.2 家用电冰箱电路的检修	(26)
1.2.1 检修电路所用的仪器、仪表	(26)
1.2.2 全封闭式压缩机的电气故障及检修	(27)
一、家用电冰箱压缩机电机常见故障	(28)
二、检查家用电冰箱压缩机电动机绕组的方法	(28)
1.2.3 家用电冰箱的电路故障检修	(37)
一、启动继电器和保护器	(37)
二、温度控制器	(44)
三、电子温度控制电路检修	(46)
四、电冰箱电器零件故障检查方法	(50)
五、东芝电冰箱 (GR185、GR205 等型号) 检查方框图	(55)
1.3 常见家用电冰箱电路及有关资料	(57)
1.3.1 家用电冰箱的有关资料	(57)
一、电冰箱、空调器的电路符号及含义	(57)
二、电冰箱压缩机的有关数据	(58)
三、电冰箱的主要技术参数	(59)

四、国产家用电冰箱温控器规格	(61)
五、东芝电冰箱的有关技术参数	(61)
六、松下电冰箱的有关技术参数	(62)
1.3.2 常见家用电冰箱电路图	(63)

第二章 制冷机与冷藏冷冻设备电路维修

2.1 制冷压缩机	(117)
2.1.1 全封闭式制冷压缩机	(117)
一、单相电源全封闭式压缩机	(117)
二、房间空调器全封闭式压缩机的启动保护电路	(130)
三、单相电源全封闭式压缩机电动机检修	(133)
2.1.2 半封闭式压缩机	(151)
一、半封闭式压缩机的结构与特点	(151)
二、半封闭式压缩机电路组成	(156)
三、半封闭式压缩机的故障检修	(166)
2.1.3 开启式压缩机	(169)
一、开启式压缩机的结构及特点	(169)
二、开启式压缩机常见故障检修	(177)
2.1.4 常见压缩机产品型号及有关数据	(185)
一、全封闭式压缩机	(185)
二、半封闭式压缩机及其压缩冷凝机组	(272)
三、开启式压缩机	(278)
2.2 冷藏设备电路	(304)
2.2.1 冷藏设备电路解说	(304)
一、家用低温冷藏箱电路解说	(304)
二、三相电源的冷藏箱电路解说	(306)
三、冷藏库电路解说	(312)
四、冷藏设备、冷藏库的微电脑控制箱	(320)
五、半封闭式冷凝压缩机组电路介绍	(322)
2.2.2 冷藏设备电路常见故障检修	(329)
一、全封闭式压缩机的冷藏设备电路故障分析	(329)
二、冷藏设备电气故障检修实例	(334)
三、中、小型冷冻、冷藏库电路系统故障分析	(341)
2.2.3 常见冷藏设备电路	(343)
一、冷藏箱、低温箱	(343)
二、小型拼装冷库	(360)
2.3 制冰机、冷饮机电路	(361)
2.3.1 制冰机电路解说及常见故障检修	(361)
一、小型制冰机电路解说及常见故障检修	(361)
二、冰棍机电路解说	(362)

三、冰淇淋机电路解说	(363)
2.3.2 冷饮机电路解说	(363)
2.3.3 制冰机和冷饮机故障检修	(364)
一、小型制冰机的检修内容	(364)
二、小型冷饮机故障检修	(366)
2.3.4 部分制冰机、冷饮机结构及电路图	(367)

第三章 空调机电路维修

3.1 小型空调机(房间空调器)	(381)
3.1.1 房间空调器的电气零部件	(381)
一、房间空调器的启动保护装置	(381)
二、房间空调器的温度控制器	(383)
三、房间空调器除霜、防冻控制器	(384)
3.1.2 窗式空调器	(385)
一、窗式空调器电路解说	(385)
二、窗式空调器常见故障检修	(388)
三、空调器电路维修实例	(393)
3.1.3 分体式空调器	(397)
一、分体式空调器电路解说	(397)
二、空调器的遥控电路	(405)
三、分体式空调器电路故障检修	(408)
3.1.4 常见房间空调器电路图及有关数据	(411)
一、基本电路及数据	(414)
二、进口房间空调器电路及有关数据	(493)
三、空调器风扇电动机电路及有关数据	(556)
四、遥控器的外形及功能	(564)
3.2 柜式冷、热风机	(569)
3.2.1 柜式冷、热风机电路解说	(569)
3.2.2 常见国产、进口冷、热风机结构及电路图	(571)
3.3 恒温恒湿机及计算机房专用空调机电路	(603)
3.3.1 恒温恒湿机电路解说	(603)
一、H50 恒温恒湿机工作原理	(603)
二、H100 型空调机工作原理	(605)
3.3.2 常见恒温、恒湿机电路图及有关数据	(608)
3.3.3 计算机房专用空调机电路图	(627)
3.4 空调冷水机组	(629)
3.4.1 冷水机组的类型与特点	(629)
3.4.2 活塞式冷水机组电路及数据	(629)
3.4.3 离心式冷水机组电路及数据	(647)
3.4.4 螺杆式冷水机组电路及数据	(651)

3.4.5 溴化锂吸收式冷水机组电路及数据	(662)
3.5 中央空调设备电路图及有关数据	(677)
3.6 除湿机	(687)
3.6.1 除湿机种类与特点	(687)
3.6.2 除湿机结构及电路图	(688)
3.6.3 小型冷冻除湿机常见故障检修	(695)
3.6.4 转轮式除湿机故障检修	(696)
3.7 风机盘管与空气幕	(698)
3.7.1 风机盘管配套部件的安装	(698)
3.7.2 常见风机盘管电路	(701)
3.7.3 风机盘管常见故障检修	(712)
3.7.4 空气幕电路	(713)
3.8 汽车空调电路检修	(714)
3.8.1 汽车空调的特点	(714)
3.8.2 汽车空调常见故障检修	(717)

第一章 家用电冰箱和低温 冷藏箱电路维修

1.1 家用电冰箱的电气控制系统

1.1.1 启动、保护、控制电路

一、电冰箱压缩机的启动电路

冰箱压缩机的电动机是单相感应电动机,因此它的定子绕组设有启动线圈(或称为辅助线圈)SC 和运转线圈(或称为主绕组)RC。从启动方式分主要有分相启动和电容器启动。见表 1-1-1 所示。

1. 电阻分相启动

单相感应电动机的启动,一般是采用使单相交流电形成旋转磁场,产生启动转矩来启动。此种方法是在启动时给主绕组和辅绕组接通电流,启动稳定后自动断开辅绕组接通电流,只用主绕组电流来维持运转。

分相启动的辅助绕组启动绕组的绕线比主绕组(运转绕组)的绕线线径细,线圈的匝数也比主绕组少,因之电阻大、电感小。主、辅绕组并联,并且串有启动继电器。启动时,两绕组同时通电,由于电阻和电感都不相同,在定子中便产生旋转磁场,从而产生启动转矩,使转子旋转。这个过程称为“一次启动”。当转子加速到某种程度(大约经历 1 秒以内)时,则辅助绕组自动断电,单相感应电动机进入正常运转。

2. 电容分相启动

电容分相启动方式的结构类似于电阻分相启动,只是在辅助绕组上串联了一只电容器。其辅助绕组线圈的匝数比电阻分相启动的多,线径也粗。由于串联了电容器(通电瞬间,其电流可以突变,而电压不能突变),其启动电流也较大,启动转矩也较大。

电容器分相启动的特点是启动转矩大,启动电流小。

3. 热敏电阻(PTC)启动

PTC 启动也是一种电阻分相式启动,也称为电子式启动(或无触点启动器),它不需要机械式的启动继电器。

在电动机供电后,电流通过 PTC 的电动机辅助线圈供电,同时 PTC 本身发热,1 秒钟左右,电阻增大,控制了辅助线圈的电流,使电动机进入正常运转。

运转中的 PTC 处于加温状态,维持高阻态,成功地切断了辅助绕组的电路,起到了无触点继电器的作用。断电后,PTC 自然散热,但 5 分钟内温度降不下来,所以 5 分钟内不能重新启动。

4. 启动控制器

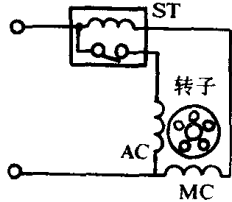
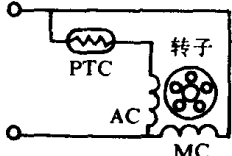
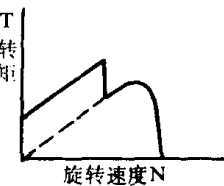
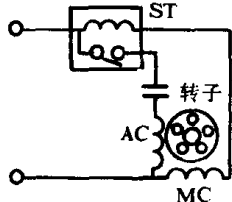
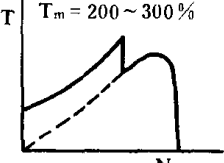
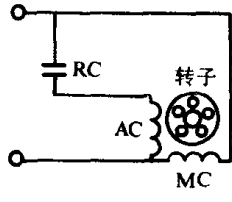
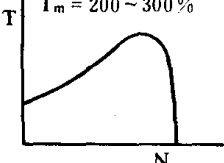
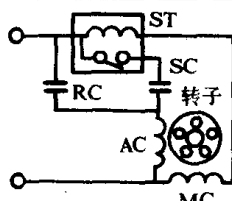
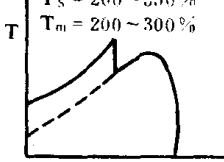
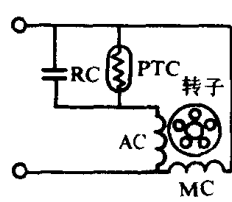
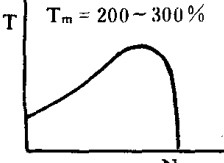
启动继电器通常采用电流型继电器,其作用是启动时主、辅绕线同时接通电流,启动之后自动断开辅绕组电路。刚启动时主绕组、继电器线圈上通过大电流。此时在继电器线圈上产生较强的磁场,铁心上升,而闭合启动接点,定子中心产生旋转磁场得到启动转矩,转子

开始旋转。

表 1-1-1

单相压缩机电动机的启动方式

压缩机电动机的启动方式

	结 线	出力	特 性	适用例	特 征
电阻分相启动型 RSIR	• 启动器方式  • 正温度系数热敏电阻方式 	40 150 [W]	T_s (启动转矩) = 140~200 % T_m (最大转矩) = 300~300 % 	• 家庭用小型冰箱 • 营业用商品陈列箱 • 冰糕吸湿器	• 便宜 • 始动转矩 小 • 始动电流 大
电容运转型 CSIR		40 300 [W]	$T_s = 200 \sim 350 \%$ $T_m = 200 \sim 300 \%$ 	• 冰箱 • 储料器 • 商品陈列箱 • 冷水器	• 始动转矩 大 • 始动电流 小
电容运转型 PSC		400 [W] 1.1 [kW]	$T_s = 140 \sim 200 \%$ $T_m = 200 \sim 300 \%$ 	• 家庭小型空调	• 力率·效率 良好 • 始动转矩 小 • 不需要启动继电器
电容启动运转型 CSR		100 [W] 1.5 [kW]	$T_s = 200 \sim 250 \%$ $T_m = 200 \sim 300 \%$ 	• 营业用大型冰箱 • 家庭用大型空调 • 营业用小型空调 • 冷水器 • 制冰器	• 力率·效率 良好 • 始动转矩 大 • 始动电流 小
其它方式 PAS		400 [W] 1.1 [kW]	$T_s = 140 \sim 200 \%$ $T_m = 200 \sim 300 \%$ 		• 始动转矩 大

注：AC 启动线圈即启动绕组 CS

MC 运转线圈即运转绕组 CR

总绕组 SR

转子加速到一定程度之后(达到额定转速的 80%时)，两个绕组及继电器线圈上的电流渐少，线圈磁场减弱，此时，铁心由于自重的作用从磁场落下的同时断开启动接点。断开绕组之后，电动机可只靠主绕组继续运转。

5. PTC 启动继电器

电冰箱所用热敏电阻，是有一定要求和特定结构的热敏电阻，其结构及电阻温度特性见图 1-1-1 所示。

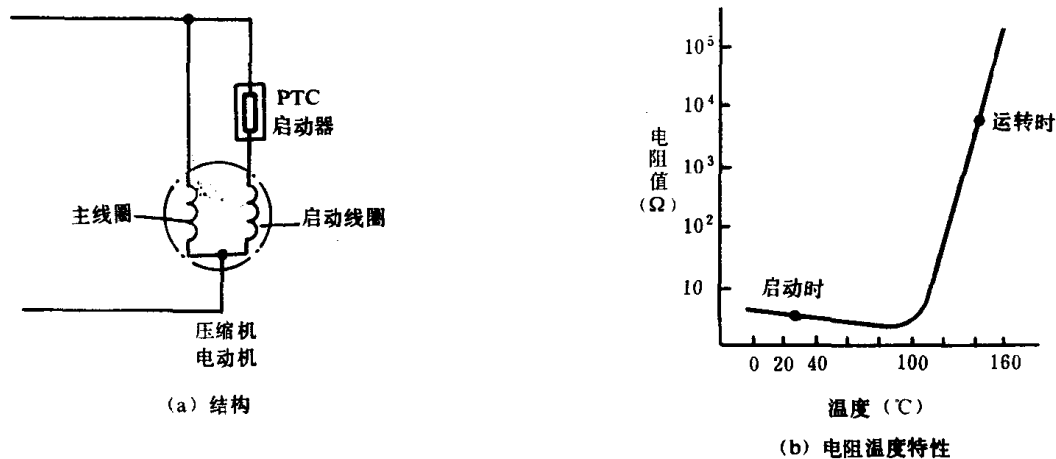


图 1-1-1 PTC 启动继电器的结构及电阻温度特性

这种 PTC，在环境温度为 100°C 以下，不带电的情况下，呈低电阻(约 4Ω)，但通电后，元件本身温度瞬间(0.5~2 秒钟)急剧上升，电阻增大，运转中保持在 $3\sim 5\text{k}\Omega$ 的高阻态，使辅助绕组电流很小，压缩机仅靠流过主绕组的电流运行。

启动时的电压变化见图 1-1-2(a)所示，单相电动机的特性见图 1-1-2(b)所示。

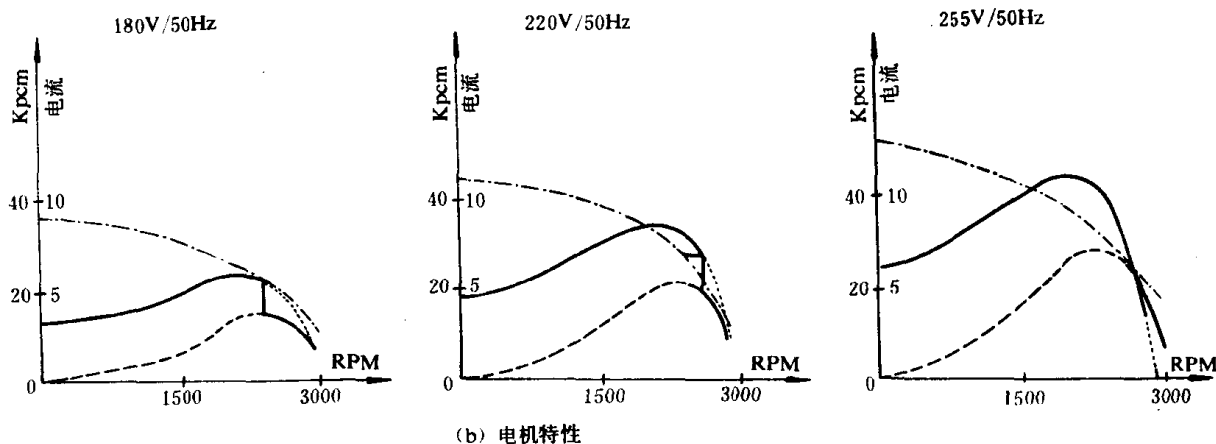
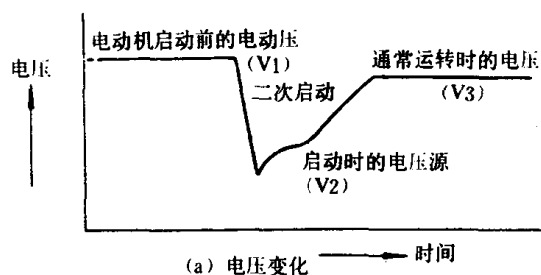


图 1-1-2 电冰箱启动时的电压变化

在一次启动的过程中，通往电动机的电流是 $15\sim 20\text{A}$ ，启动之后就降到 $2\sim 3\text{A}$ 。

二、压缩机电动机的保护电路

负荷保护继电器可以防止压缩机电动机因电流过大，温度过高而烧坏。这种保护装置有的是与启动继电器组装在一起的，也有的是分开装配的。

由双金属和电热器所组成的过载保护器，当通过电动机的电流过大时，电热器升温，双金属受热膨胀变形而弯曲，致使接点脱开。这样电流就被切断。用这样的方法能防止因电流过大而烧坏电动机的故障发生。以后电热器渐冷，双金属恢复原来形状，接点再次连接。上

述的动作会反复进行，这个过程称为“自动复位”。

三、电冰箱的温度控制电路

为了保持电冰箱内冷冻室、冷藏室的适当温度，电冰箱都安装有自动温度控制器或称温控器，它灵敏地感受箱内温度的变化，发出信号去控制压缩机的开动和停止。感温方式有自动温度控制器可直接感受箱内温度的控制开关，还有感受接触冷却器温度变化的控制开关。温度的控制方式有单温单一控制、双温单一控制和双温双控制三种。

一般单门直冷式冰箱是单温单一控制的，而双门直冷式电冰箱多数是双温单一控制的，大型冰箱则要采用双温双控制直冷方式，其结构示意图和冷却曲线分别见图 1-1-3、图 1-1-4 和图 1-1-5 所示。

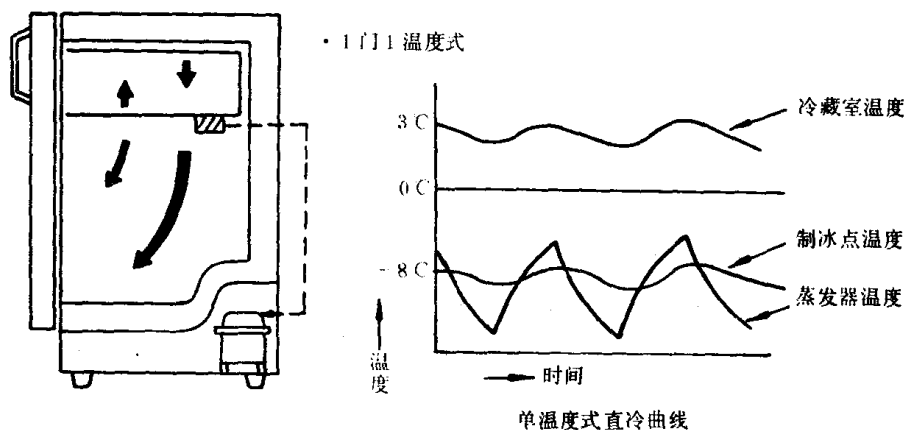


图 1-1-3 单温单一控制方式

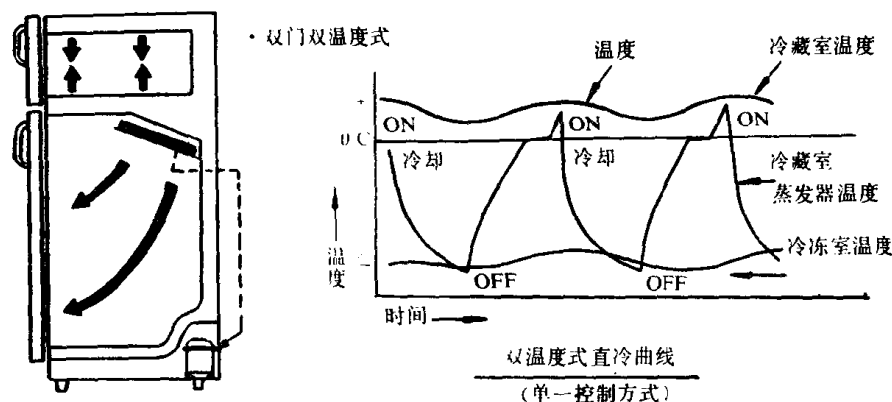


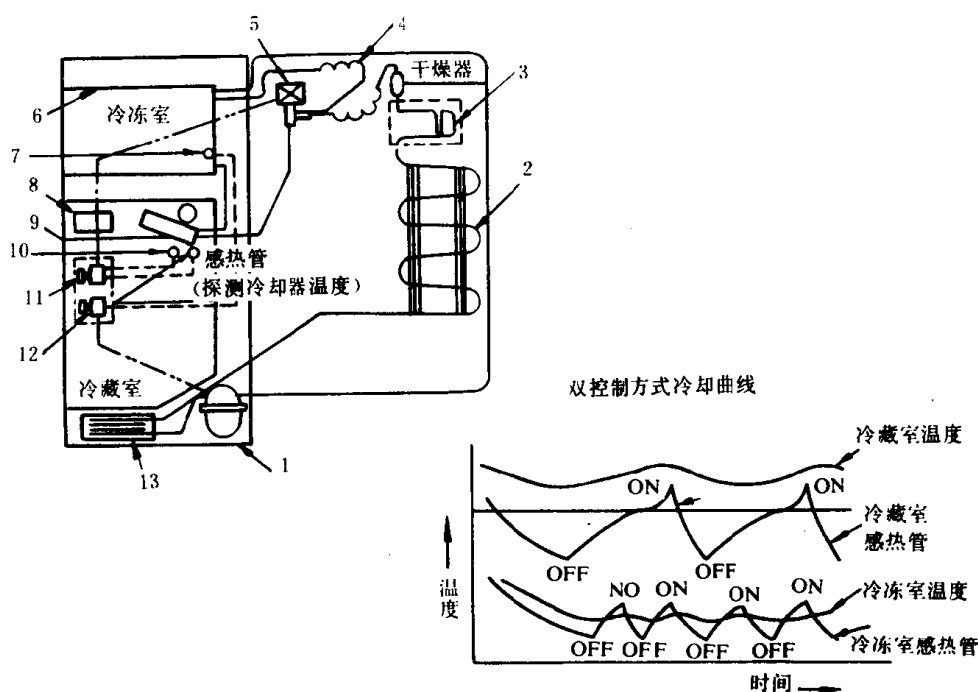
图 1-1-4 双温单一控制方式

从这 3 幅图中可以看出，单一控制方式仅能控制冷藏室的基本温度，而双控制方式是使冷冻室及冷藏室的温度调节都能得到分别控制。

随着冰箱的大型化，特别是冷冻室的大容量化，人们研制出了直冷式的独特控制方式。过去的控制方式是控制冷藏室的基本温度。双控制方式可以使压缩机的运转停止与冷冻室温度基本吻合，从而使箱内温度得到控制。

另一方面冷藏室也有特殊的温度调节器检查其内温度，采用电磁阀控制。打开或关闭冷冻系统的电磁阀，使制冷剂在冷藏室的冷却器流动或停止，从而控制冷藏室的温度。

当冷冻室、冷藏室温度高时，电磁阀打开，成为与过去控制方式相同的制冷剂流程(冷藏室→冷冻室)，使冷藏室、冷却室都得到降温。



1—压缩机 2—冷凝器 3—防霜管
4—毛细管 5—电磁阀 6—冷却器 7—感温管 8—操作盘
9—冷却器 10—感温管 11—控制开关 12—控制开关 13—托架

图 1-1-5 双温双控制方式

在冷藏室降温后，电磁阀关闭，制冷剂仅在冷冻室蒸发器中流动，冷冻室继续冷却。这时，冷藏室蒸发器进行自动化霜。

冷冻室冷却到预定温度后，压缩机停止运转。

自动温度控制器也称为恒温器。从感温方式看，有感受箱内温度和感受蒸发器等表面温度两种；从工作方式看，又可分成气压式和电子式两种。

1. 气压式温度控制器

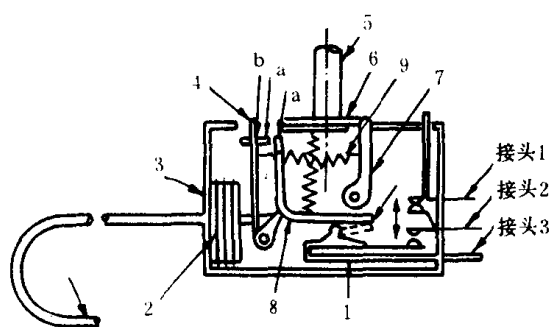
在温度比较低时，感温管的温度也下降，因而膜片内的制冷剂温度下降，使内部压力也下降。可调弹簧的拉力起作用，使小柄向逆时针方向旋转。达到预定设定温度时，接点就分开，这时电冰箱的运转也就停止。以后，蒸发器上和电冰箱内的温度逐渐上升，使小柄向顺时针方向旋转，到预先设定的温度时，接点就接触。

接点动作的温度高低是靠调节弹簧的拉力来决定的。如果弹簧弹性很强，膜盒内部的压力又不高，则接点是离开的，两点不会接触。如果在低温条件下也要使接点动作，可把弹簧的拉力调得小一点。

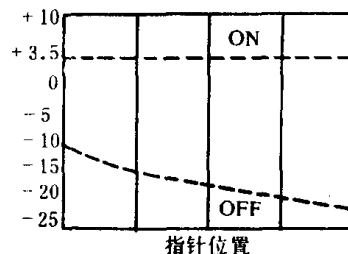
弹簧拉力的强度可以通过带动小柄的偏心轮来调整，或者调强或者调弱。

一种 K 型开关的结构如图 1-1-6(a) 所示，开关温度特性如图 1-1-6(b) 所示。它的感温部分安装在冷藏室的蒸发器上。由于这种开关的特殊结构，从它的温度特性曲线可以看出，不管指针位置如何变化，其 ON(开机运转)温度是不变的，保持在 3.5°C ，仅是关机停转温度变化，常用于单温度单一控制直冷式冰箱中。这种开关不论程序如何变化，开机运转时，蒸发器的温度都在 0°C 以上，从而保持无霜状态。

另一种 E 型开关的结构如图 1-1-7 所示，其感温部分安装在蒸发器上，由于温度的变化，使波纹管伸长或收缩，调节控制温度的是一只弹簧，开关电路的是一只小型开关。它的开机



(a) K型开关的结构



(b) 开关温度特性

1—微动开关 2—波纹管 3—动力元件 4—辅助板 5—把手
6—凸轮 7—调节板 8—工作部 9—弹簧

图 1-1-6 K型开关

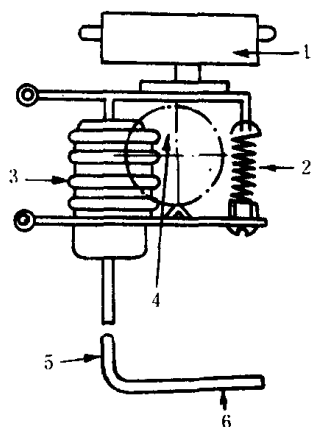
(ON)和停机(OFF)温度都可以作相应的变化,主要用于双温度单一控制方式。

还有一种 T-1 型新型开关,这种开关是通过感受箱内温度来动作的,其结构如图 1-1-8 所示。

图 1-1-9 所示的 M-1 型开关是一种复合开关,它把温度控制器与除霜按钮结为一体,即具有双温度单一控制和手动除霜功能。

NR-3 型温控开关是一种较为复杂的温控开关,它有两个波纹管,一个用于开机控制,另一个用于关机控制,由感受蒸发器表面的温度控制开机(ON),而由感受箱内温度控制关机(OFF),其结构见图 1-1-10 所示。

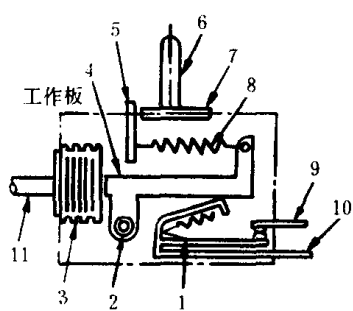
一种感温风门温度控制器,其感热管未冷时,波纹管内的压力比弹簧制动的可动板压力大,从而伸长顶开的风门,使从冷冻室送入冷藏室的冷气增多而降温。当



(安装在冷却器上)

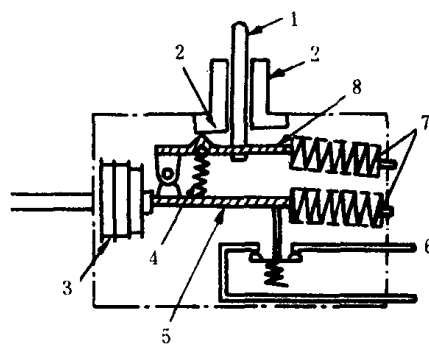
1—微动开关 2—弹簧 3—波纹管
4—凸轮 5—动力元件
6—感温管

图 1-1-7 E型开关的结构图



1—微动开关 2—支点 3—波纹管 4—工作板
5—调节板 6—轴 7—凸轮 8—弹簧
9—端子 10—接点 11—感热管

图 1-1-8 T-1型开关的结构图



1—轴 2—凸轮 3—波纹管 4—弹簧
5—第一工作板 6—端子 7—弹簧
8—第二工作板

图 1-1-9 M-1型开关的结构图

感热管冷却时,波纹管中气压减小,产生与上述相反的动作,风门关小,送入冷藏室冷气减少,达到温控的目的。

另一种气阀式温度控制器,其调气阀设在冷气入口处。感温管就在回气口处测试从冷藏

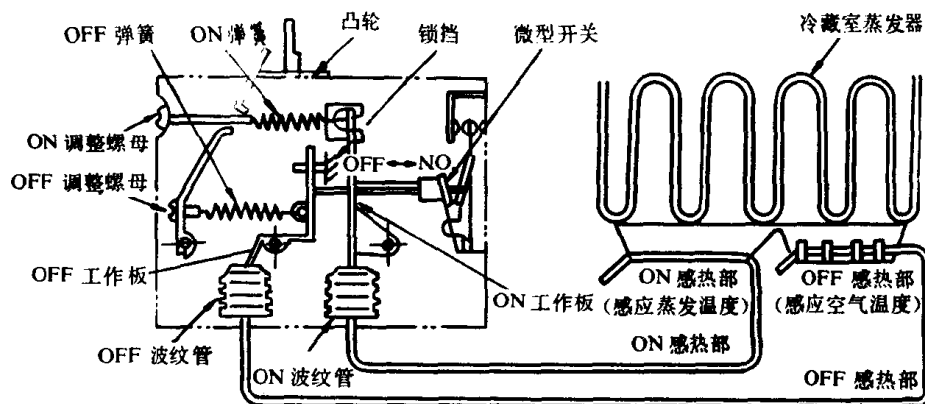


图 1-1-10 NR-3 型开关的结构图

室过来的冷气。

温度下降后传感器的温度也下降，同时波纹管的制冷剂压力也下降，此时波纹管就收缩而将感温风门关闭。

2. 电子式温度控制器

这是一种利用热敏电阻作传感器，通过电子电路控制继电器的开闭，从而控制温度变化的方式。利用电子电路控制控制机构，因而可进行复杂的控制。电子式温控器是由感受温度的热敏电阻、控制工作的电子电路、控制压缩机的继电器及电源线路构成，它除控制温度以外，还可进行快速冷冻、化霜以及化霜时的温度补偿等控制。

四、化霜电路

电冰箱采用的化霜方式大致有停机化霜、热气化霜和加热化霜等三种(也可分为自然化霜和强迫化霜两种)。从工作方式看，又有手动化霜与自动化霜之分。

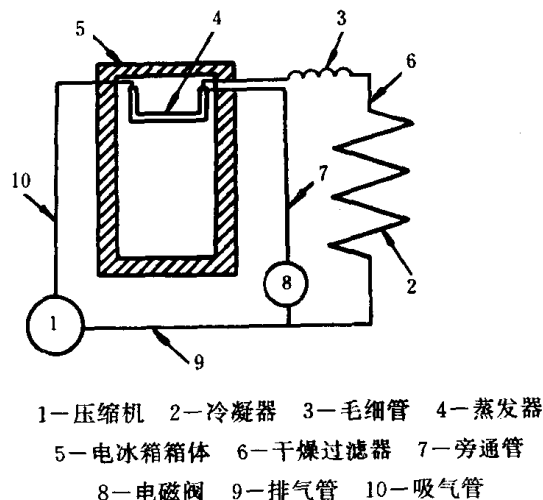
停机化霜(手动化霜)：压缩机停止运转，化霜是靠外面的热量进行的。也可以用手动方法除去冻在冰箱内的霜。

热气化霜：在压缩机的排气管侧面装有电磁阀和一个旁通管。化霜时使这个电磁阀开通，从压缩机直接将高温的制冷剂气体送入蒸发器中，用制冷剂的热量将霜层融化，如图 1-1-11 所示。

加热化霜：加热除霜是将加热器蒸发器组合在一起，加热器通电后将蒸发器加热化霜。加热器的位置有三种。见图 1-1-12。

化霜的具体方法有如下三种：

①刻度盘方式：将如图 1-1-13 所示的温控器的刻度盘旋到“DEFROST”就可以化霜(这种化霜方式在电冰箱的整个运转期间都可以进行)。将刻度盘旋到“DEFROST”位置时，电冰箱仍在运转，但因为蒸发器的温度在 0°C 以上，蒸发



1—压缩机 2—冷凝器 3—毛细管 4—蒸发器
5—电冰箱箱体 6—干燥过滤器 7—旁通管
8—电磁阀 9—排气管 10—吸气管

图 1-1-11 热气体化霜方法