

第 1 章 电热基础

电热器具是指将电能转化为热能（内能）的电器。随着科学技术的发展和社会的进步，电热器具已广泛应用于现代家庭之中。虽然电热器具的品种繁多，功能各异，但从结构上看大体都包括电热元件、控制元件和保护元件等。本章中我们将着重介绍电热元件和控制元件的性能、特点及控制原理。

1.1 电热元件

实现电热转换的方法多种多样，在常用电热器具中主要有电阻加热、红外加热、电磁感应加热和微波加热等。

1.1.1 电阻式电热元件

我们已经知道，电流通过导体时，导体有阻碍电流流动的特性，于是电流要克服导体的电阻做功，消耗的电能就转变为热能而释放出来，通过热传导、对流和辐射等方式传给欲加热物体，这就是电阻加热。由焦耳定律 $Q = I^2 R t = P t$ 可知，在一定时间中，电流通过电热元件而产生的热量与其消耗的电功率 P ($I^2 R$ 或 $I U$) 成正比，即电热元件产生的热量取决于其耗电能力的大小。一般电热器具都标明其消耗的电功率 (P) 为多少瓦，因此电热器具的瓦数越大，其单位时间内发热量也越大。

电阻式电热元件品种繁多，规格复杂，按形状可分为螺旋形和扁带形；按封装形式可分为开启式、罩盖式和封闭式；按材料性质可分为金属材料和非金属材料等。常用电热器具中的电阻式电热元件一般采用合金材料制成。实际应用中，合金电热材料常被制成电热丝，再经过二次加工制成多种电热元件。

（一）合金电热丝的性能和参数

在电阻加热的电热器具中，最基本的发热体就是电热丝。电热丝一般是用高电阻率的合金材料制成，最常用的是镍铬合金丝和铁铬铝合金丝，它们的性能参数见表 1.1。了解和掌握合金材料主要几个方面的性能参数是设计和维修各种电热器具的重要依据。

表 1.1 常用电热丝合金材料的性能参数

牌 号	特 性	熔 点	最高使用温度	常用温度	主要用途
镍铬合金丝	Cr20Ni80	1400℃	1100℃	(1000 ~ 1050)℃	电炉，可用于有振动或移动的场所
	Cr15Ni60	1390℃	1000℃	(900 ~ 950)℃	电炉、电热器

3. 电热丝的最高使用温度和表面负载

合金电热丝在工作过程中，其表面温度越高则强度越低，越容易发生倒塌和熔结现象而造成损坏。表 1.1 给出的常用合金丝所允许的最高使用温度是指电热丝本身的温度，而不是被加热对象和加热介质的温度。电热丝所允许使用的最高温度主要取决于合金材料（化学成分），但也与截面大小、形状结构、周围介质等有关。

电热丝所承受的功率数与其表面积的比称为表面负载，单位为 W/cm^2 （瓦/厘米²）。显然在相同的工作条件下，选用较大的表面负载，可以节约电热丝的用量，但电热丝的表面温度相应较高，因而使用寿命较短。若选用较小的表面负载，电热丝的用量虽然较大，但电热丝的表面温度较低，因此可延长使用寿命。表 1.3 给出了一些常用电热器具中合金电热丝表面负载的经验数据。由表中可以看出，在电热器具中，由于各种电热元器件的加热介质不同，设计制造时选用的表面负载数值也不尽相同，因此各种电热器具的电热元器件不得随便调换使用。例如，用加热水的电热元件来加热空气，电热元件会因温度过高而烧毁。因为加热水的热传递条件比加热空气好，设计时对加热水的电热元件选用了较大的表面负载。

表 1.3 合金电热丝表面负载经验数据

加热介质	器具名称	结构形式	工作温度 (°C)	表面负载 (W/cm^2)
不流动空气	日用电炉	开启式		4~8
金属	电熨斗	云母骨架	250	5~8
		管状元件带控温	250	20~30
金属	电饭锅	铸铝管状元件带控温	105	10~20
水	电热水器	电热丝直接浸在水中	100	30~40
		管状元件	100	10~20

(二) 电阻式电热元件的封装形式

电阻式电热元件品种很多，规格复杂，按其封装的严密程度可以分为开启式、罩盖式和封闭式三类。

1. 开启式螺旋形电热元件

这类元件是将电热丝绕制成螺旋状后嵌在绝缘或绝热材料制成的盘面凹槽里或专用支架上，电热丝直接裸露在空气中，发出的热量主要以辐射和对流的方式传给欲加热物件。开启式电热元件的优点是加热迅速、安装方便、易于检修、成本低廉，但其防潮、防震性能差且易氧化，易造成触电事故，寿命较短。开启式电炉和电吹风机等是此类元件的典型应用。在开启式电炉中，电热元件的加热介质是缓慢流动的空气，其表面负载可选 $(4\sim 8) W/cm^2$ ，而在电吹风机中，因加热介质是快速流动的空气，因而其表面负载可选得更高些。

2. 罩盖式电热元件

该类元件是将电热丝放置在罩盖中，常见的形式有图 1-1 中所示的两种，其中 (a) 多用于电灶中，而 (b) 则多用于普通型电熨斗。罩盖式电热元件是介于开启式与封闭式之间的一种半封闭式电热元件，它与欲加热体直接接触，主要以传导方式传热，其优点是散热面

积大，温度均匀，电热丝（带）寿命长。缺点是欲加物体与元件必须吻合，传热效率不高，温升较慢，其表面负载一般为（5~8）W/cm²。

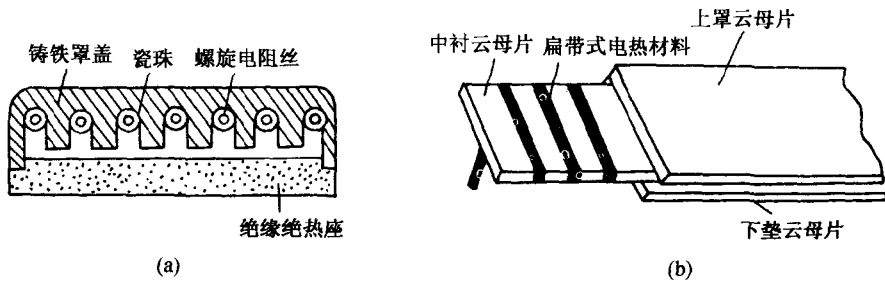


图 1-1 常见的罩盖式电热元件

3. 封闭式管状电热元件

这类元件是将电热丝置于绝缘导热材料的封闭系统内。如将螺旋状电热丝装入金属管中，其间填充以绝缘材料，既能使电热丝与金属管电气绝缘，又能保护电热丝不易被氧化，还能将电热丝所发出的热量传导给金属管。此外，由于电热丝周围被填充物填实，从而提高了机械强度，增加了抗震性能和安全程度。管状电热元件中电热丝完全密封于金属管中与空气隔离，有效地防止了氧化，其表面负载可以增加十几倍，既节约了电热材料，也提高了热效率，延长了使用寿命。金属管状电热元件以它结构简单、性能可靠、安全性好、使用方便和寿命长等优点，被广泛应用于电烤箱、电饭锅、电炒锅、电熨斗、电热水器等电热器具中。

图 1-2 是常见的外形不同的几种密闭式管状电热元件（简称电热管）。图 1-3 为管状电热元件的结构示意图。管状电热元件的金属护套管多采用无缝薄壁管，常用的有不锈钢管、碳钢管、黄铜管、紫铜管和铝管等。金属管和电热丝之间绝缘填充料常用苛性镁、结晶氧化镁、氧化铝、二氧化硅和石英砂等。填充材料应有良好的绝缘性能和导热性能，要与电热丝有相近的热膨胀系数，耐热性、耐震性要好，在常温或高温时均不与电热丝或护套管发生化学反应。此外，还要求填充料没有吸湿性或吸湿性很低。封闭式管状电热元件的表面负载应

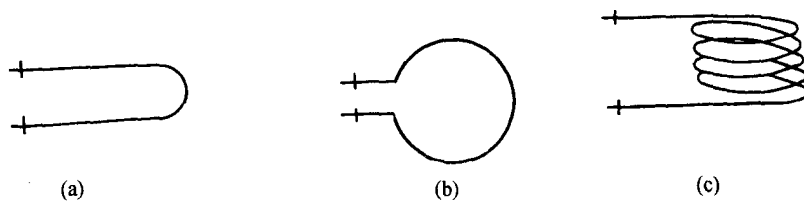


图 1-2 常见的管状电热元件

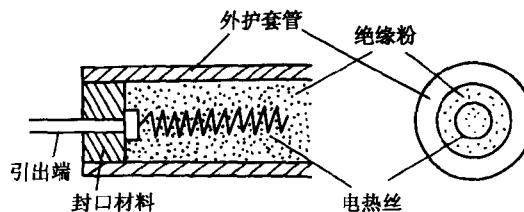


图 1-3 管状电热元件结构示意图

根据加热条件、管子材料及工作温度等因素选择，经验值见表 1.4 所列。

表 1.4 封闭式管状电热元件表面负载经验数据

加热介质	用途举例	外管材料	工作温度 (°C)	每管功率 (kW, 220V)	套管表面负载 (W/cm ²)
空气	电炉	10# 钢	300	0.5~1.5	1.2~1.8
		不锈钢	500	0.5~1.5	1.2~3.0
水	热水器	10# 钢、不锈钢	100	1~5	5~10
金属	电熨斗	铝	230	0.5~1.5	5~10

除上述三类主要的电热元件外，还有电热板、绳状电热元件和薄膜型电热元件等。电热板是一种通电后面发热而不带电且无明火的封闭式电热元件，它是将金属管状元件弯成一圈或多圈圆环形状后，再埋铸在铝合金或其他合金板中，或者直接将螺旋形电热丝埋置在金属铸件的沟槽中（沟槽内填充绝缘和导热填料）制成。与金属管状电热元件相比，电热板的有效传热面积更大，机械强度更高，电饭锅的电热元件大多采用这种结构。绳状电热元件是采用柔软的电热丝（铜、镍合金等）缠绕在玻璃纤维或石棉线制作的芯线上，外部再套一层耐热的尼龙编织层，层上涂敷耐热聚乙烯树脂制成。此类电热元件具有柔软性好，效能高等特点，常用于电热褥、电热衣等柔性电热织物中。薄膜型电热元件是一种以康铜箔或康铜丝作为电热材料，聚酰亚胺薄膜作为绝缘材料的薄膜型新型电热元件，它可以制成线状或带状。该类电热元件具有柔性好，耐老化，性能稳定，热阻、热惯性较小（温度响应快）等特点，常用来进行较精确的恒温控制。

1.1.2 远红外电热元件

远红外线辐射加热是一种热效率很高的加热方法，远红外电热元件发出的波长为 2.5~15 μm 的远红外线极易被人体（取暖）和食物（烘烤）所吸收，从而起到加热的作用。远红外辐射电热元件有管状远红外元件、板状远红外元件、粘接式远红外元件及红外线灯等，其中管状远红外元件是电热器具中应用最多的一种。管状远红外电热元件又分为金属管状远红外元件和石英管状远红外元件两种。

金属管状远红外元件是由普通金属管状电热元件加涂远红外辐射层而制成的。工作时金属管状元件通电发热，激发红外辐射涂层，发出远红外线。常用的远红外涂料有锆钛、三氧化二铁、碳化硅、稀土、锆英砂和镍钴等，不同材质的辐射涂料辐射的光谱特性也不相同。金属管状远红外元件的优点是可以做成不同形状、安装方便且机械强度高，但管外的辐射涂层容易造成脱落。

石英管状远红外元件是在直径为 12~18mm 的石英管内装置螺旋合金电热丝制成的，由于石英不导电，因此管内无需填充绝缘和导热材料，图 1-4 (a) 是它的结构示意图。石英管多数采用乳白色半透明石英材料制成，制造中采用特殊工艺使管壁形成大量直径为 0.03~0.05mm 的小气泡，其密度可达 (2000~8000) 个/cm²，这样的石英管壁几乎将电热丝发射的可见光和近红外光的能量全部转化为石英体中的晶格振动，从而产生较强的远红外辐射。石英管两端应进行密封，以隔绝外面空气，防止电热丝氧化，电热丝的表面负载一般可选 (4~6) W/cm²。石英管状辐射元件具有辐射效率高（可达 90%），安全性好，热惯性小，使用寿命长等优点，但其受碰击容易破碎。

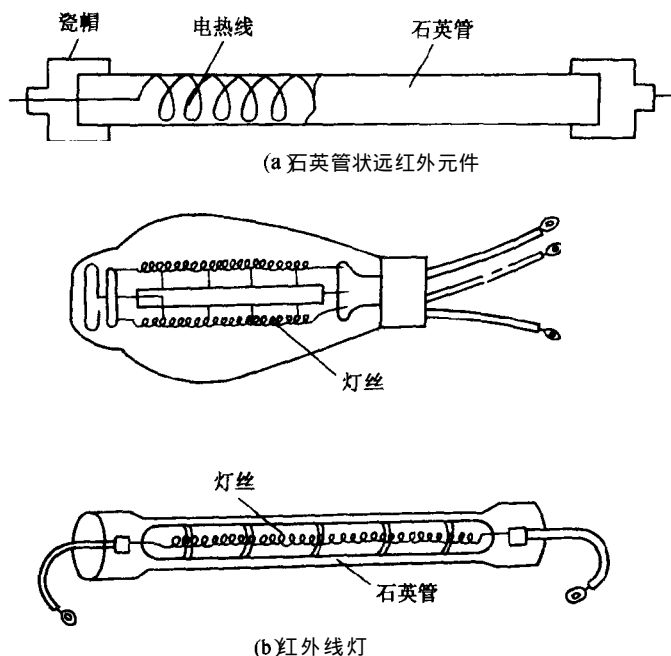


图 1-4 远红外电热元件结构图

板状远红外元件是在碳化硅或金属板表面涂敷一层远红外辐射物质，中间装上合金电热丝制成的。红外线灯的结构和普通照明用的白炽灯大致相同，二者的区别是前者发出的是红外线，而后者发出的是可见光。红外线灯的结构见图 1-4 (b)，从图中可以看出，管形红外线灯是普通玻璃灯管上再罩以石英管，因而热膨胀系数小，遇水不易破裂，显然管形红外线灯的形式更为优越。

1.1.3 PTC 电热元件

PTC (Positive Temperature Coefficient) 元件是一种具有正温度系数的半导体发热元件，实际上是一种具有正温度系数的热敏电阻。它是用钛酸钡 (BaTiO_3) 掺合微量稀土元素，采用陶瓷制造工艺烧结而成的。这种钛酸钡半导体陶瓷元件的特殊成分和晶体结构，使其具有奇妙的 PTC 特性，见图 1-5。由图可见，在温度较低时，PTC 元件的电阻率随温度的升高而下降，呈 NTC (Negative Temperature Coefficient) 特性，即负温度系数特性。当温度达到某一值 T_P (居里点) 时，转化为明显的正温度系数特性，电阻率随温度急剧上升 (可达几个数量级)，使流过元件的电流迅速减小，从而起到了自动调节功率的作用。当温度达到 T_N 后，元件的电阻率随温度升高而缓慢下降，从而使元件自身具有一恒定的温度范围。可见，PTC 电热元件具有温度自限能力。

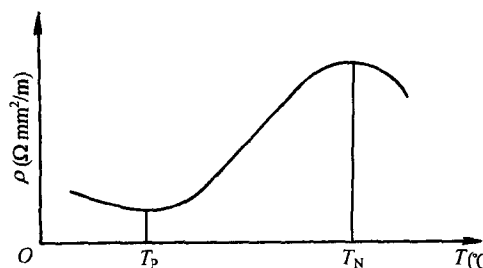


图 1-5 PTC 电热元件的温度特性

为适应不同用途的电热器具对恒温范围的不同要求，可以用掺入钛酸钡中微量元素的品种、数量和结构来控制。例如掺入锡 (Sn)、锶 (Sr)、锆 (Zr) 可使居里点向低温移动；掺

入铜 (Cu)、铅 (Pb) 则可使居里点向高温移动。利用这一掺杂特性可将居里点控制在 (100~500)℃ 的范围内。

PTC 电热元件具有许多优点：温度自限使其工作温度稳定；能够随环境温度的变化自动进行温度正、负补偿，维持恒温工作；能够适应较宽的电压波动，当电压波动 $\pm 20\%$ 时仍能保持恒温；发热时无明火不易引起燃烧，安全可靠，且使用寿命长；能够制成不同的形状、结构和外形尺寸，以满足不同需要。正是 PTC 电热元件的这些优越性使其在电热水器、电吹风机、电暖器等电热器具中均有应用。

1.2 控制元件

电热器具中的控制元件是用来控制电热元件的发热温度、发热功率和加热时间以获得不同用途的元件。电热器具的控制元件一般分为温度控制元件和时间控制元件。

1.2.1 温度控制元件

在电热器具中，往往要对器具的温度、发热量进行调节、控制，因此必须配以温度控制元件。常用的温度控制元件有双金属片温控元件、磁性温控元件、热敏电阻温控元件和热电偶温控元件等。

1. 双金属片温控元件

双金属片温度控制元件是将其检测到的温度值转化为机械运动，利用机械运动控制触点的通、断来改变加热元件的工作状态，从而实现控温或调温。这种温控元件的结构简单、牢固可靠且价格低廉、维修方便，被广泛应用于电热器具中。双金属片温控元件是由热膨胀系数不同的两种金属薄片轧制结合而成的，见图 1-6。在常温下，双金属片的长度相同，并保持平直。当温度升高时，膨胀系数大的一面伸长较多，使双金属片向膨胀系数较小的那一面弯曲，温度越高，弯曲越大。

双金属片温控器有常开触点和常闭触点两种类型。常开触点即在常温下，开关触点是断开的，当受热动作后，触点闭合，常闭触点则与之相反。前者多用于电路控制，后者则多用于温度控制。实用中的双金属片温控器是由一条金属片和一条固定的金属弹簧片组成，见图 1-7 通过调节调温螺钉对两触点的压紧程度，即可改变触点的工作温度。

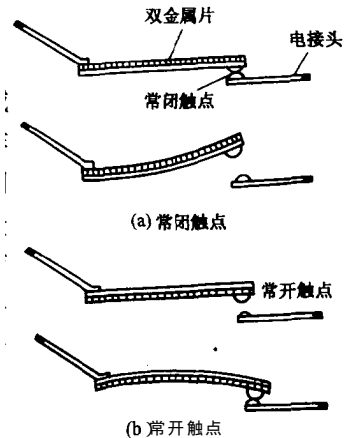


图 1-6 双金属片的结构图

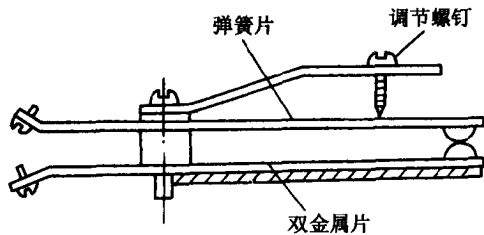


图 1-7 双金属片温控器示意图

双金属片工作时的受热方式有直接加热式、间接加热式和复合加热式三种。直接加热式双金属片在工作时，有电流流过金属片，在电流的作用下双金属片本身发热动作，其特点是可以离开热源且兼有限流保护作用，这种双金属片自身的电阻较大。间接加热式是热源通过热传导使双金属片受热而动作，其特点是必须靠近热源且自身的电阻较小。复合加热式则是上

述两种加热方式的复合。

2. 磁性温控元件

磁性温控元件也叫磁性限温器，它是利用软磁体的磁温特性来设计的，见图 1-8。在温度低于软磁体材料的特征温度——居里点时，软磁体是顺磁性物质，它与永磁体的吸引力大于弹簧的拉力和永磁体自身的重力，此时两磁体就可吸合在一起，使两触点闭合，电路接通，电热元件发热，热量通过被加热物体传导到感温面，使感温软磁体的温度与被加热物体温度相同。当温度达到某一定值（软磁体的居里点）时，感温软磁体的磁性消失，此时永磁体在重力和弹簧拉力的作用下跌落，带动两触点断开，电路断电，电热元件停止发热。当温度降低后，感温软磁体又恢复磁性，但若没有外力推动永久磁体向上运动，则两磁体不会吸合（因距离较远），所以磁性温控器只能限温，不能调温。

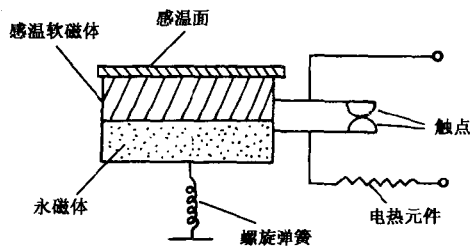


图 1-8 磁性温控元件示意图

磁性温控元件的特点是限温温度（居里点）准确稳定，不随环境温度变化而改变，温控动作敏捷，能迅速断开触点，拉弧小，因而触点寿命长，被普遍应用于自动保温电饭锅中。除上述常用的两种温度控制元件以外，目前还有热敏电阻温控元件、热电偶温控元件和形状记忆温控元件等。

热敏电阻温控元件是利用热敏电阻的负温度系数特性来实现对温度的检测和转换的。热敏电阻对温度极其敏感，具有较大的负电阻温度系数，约为 $(1\% \sim 5\%) / ^\circ\text{C}$ ，其阻值与温度间通常呈指数关系。热敏电阻温控元件可以将检测到的温度值转变为相应的电量，然后经电路放大来推动执行机构实现对电热元件的控制。热敏电阻温控元件具有结构简单、体积小、寿命长、温度控制精确和易于实现远距离测量与控制等特点。

热电偶温控元件是将温度变化量转变为微小的电势变化量，然后经过放大来推动执行机构，从而达到控制温度的目的。热电偶的正极通常使用镍铬（Ni90.5Cr9.5）合金材料，负极采用镍铝（Ni95Al2Mn2Si1）或考铜（Cu56.5Ni43Mn0.5）等合金材料制成。热电偶温度控制精确可靠、调控范围宽，但系统复杂、价格较高，通常只用于大型的电热器具（如 100L 以上热水器及大型电烤炉等产品）中。

形状记忆温控元件是 20 世纪 60 年代初问世的一种新型温控元件，它是由一种具有形状记忆效应的新型材料制成。所谓形状记忆效应，就是合金在室温下被加工产生塑性形变，而将其加热升温达到某一临界温度时，又能立即恢复到形变前的形状。例如，拉直的弹簧，加热到一定程度时可以回复成螺旋状；压扁的管子加热后可使之回复圆形。利用这种形状记忆效应可以简单地将热能转换成机械能，从而制成温控元件。形状记忆合金于 20 世纪 80 年代初开始被广泛应用于家电、化工机械仪表、医疗器械等许多工业产品中，作为温控自动开关、温室自动启闭门窗、自动启闭阀门等装置的热敏元件兼驱动元件。有人将形状记忆合金誉为“21 世纪的合金”，可见其具有非常广阔的发展前景。

1.2.2 时间控制元件

时间控制元件又称定时器，是一种控制电热元件通电时间的开关装置。常用的定时器根

据工作方式的不同可分为机械式（发条式）、电动式、电子式等类型。在一般电热器具中，发条式和电动式定时器使用较多，而电子式定时器多用在一些质量要求较高的产品中。

1. 机械式定时器

机械式定时器主要由发条，齿轮传动系统、机械开关组件及电触点等部分组成，其中机械开关组件是完成定时过程的关键。它由一个带凹槽的圆形转盘与一个有固定支点的杠杆组成，见图 1-9。使用时根据需要设定的时间，将定时旋钮（带着转盘）顺时针旋过相应的角度，杠杆弯头将滑出凹槽外，此时转盘将杠杆头上顶，通过杠杆的作用将动触点与静触点紧密结合，从而接通了电源，电热器开始工作，如图 1-9（b）。在顺时针转动旋钮的同时也卷紧了发条，其后在发条逐渐松弛的过程中，推动齿轮传动系统带动转盘逆时针转动，到杠杆头重新滑回凹槽时，动触点与静触点分离，使电热器具断电而停止工作，如图 1-9（a）。由于整个传动系统中的轮系和转盘作匀速转动，因此，定时的长短与定时旋钮（与转盘）顺时针转过的角度成正比。发条式定时器动作可靠，使用寿命长，虽定时精度稍差一些，但在普通型家用电热器具中仍被广泛采用。

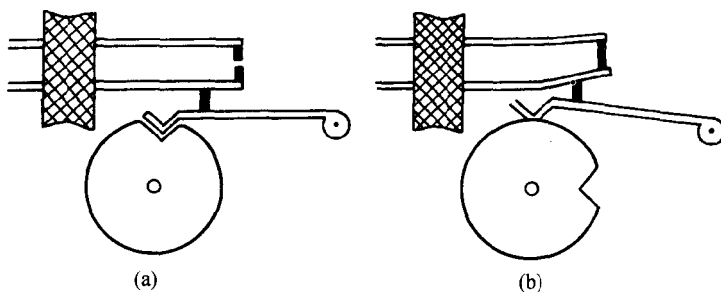


图 1-9 机械式定时器的机械开关组件

2. 电动式定时器

电动式定时器主要由微型同步电机、减速机构、机械开关组件及电触点等部分组成。其工作原理与发条式定时器基本一致，只是用微型同步电机代替了发条机构作为动力源，提高了定时的精度，但价格也贵得多。

3. 电子式定时器

电子式定时器一般采用 555 集成电路构成，通过充电电容电压上升所用的时间来实现电路的定时，控制电位器可使定时时间在某一范围内连续可调。电子式定时器定时更为准确、方便，但电路复杂且造价更加昂贵，一般仅使用在高档电器中。至于其工作原理和过程，我们将在后续有关内容中再作详细介绍。

定时器常见的故障现象有动、静触点烧坏、粘连，发条疲劳断裂，微型电机线圈烧毁，集成块等电子元件损坏等。由于目前电热器具使用的定时器都已是技术上比较成熟的电气产品，大都实现了批量生产，因此定时器损坏时，可用相同规格的产品直接替换。

第 1 章小结

1. 电热器具是依靠电热元件来完成电能转化为热（内）能的电气产品，它主要由电热元件、控制元件和保护元件等构成。

2. 电热元件主要有电阻式、远红外式和 PTC 式三种，其中电阻式电热元件的应用最为广泛。

3. 电阻式电热元件一般由采用高电阻率的镍铬合金或铁铬铝合金材料制成的电热丝构成。

(1) 电热丝的电阻修正系数 $C_t = \rho_t / \rho_{20}$ ，它是电热丝电阻随温度变化的一个重要参数。

(2) 电热丝所承受的功率数与其表面积之比称为表面负载。

(3) 电阻式电热元件主要有开启式、罩盖式和封闭式三类。

4. 远红外电热元件主要有金属管状和石英管状远红外电热元件两种。

5. PTC 电热元件的最大优点是其能自动进行温度补偿，维持恒温工作。

6. 双金属片温控元件是将其测到的温度转化为机械运动，从而实现控温或调温的。

7. 磁性温控元件是利用软磁铁的磁温特性来实现限温控制的，它限温准确，动作迅速，触点寿命长。

8. 时间控制元件主要有机械式、电动式和电子式三种。

(1) 机械式定时器主要由发条、齿轮传动系统和机械开关组件等构成，其特点是动作可靠、使用寿命长，但定时精度稍差。

(2) 电动式定时器主要由微型同步电机、减速机构和机械开关组件等构成，其特点是定时较精确，但价格稍贵。

(3) 电子式定时器主要由集成电路等电子元件组成，其特点是定时准确方便，但价格昂贵，一般使用在高档电器中。

习 题 1

1.1 什么叫电热丝的表面负载？它的取值大小对电热元件有什么影响？

1.2 某一电热器具用 1Cr13Al4 的电热丝绕制，测得其在 20℃ 时的电阻为 16Ω，那么它在 800℃ 时的电阻为多少？

1.3 金属管状远红外电热元件和石英管状远红外电热元件各有什么特点？

1.4 何为 PTC 电热元件？其主要优点是什么？

1.5 热双金属片和磁性温控元件是如何实现调温或控温的？磁性温控元件的主要特点是什么？

1.6 时间控制元件主要有哪几种？各有什么特点？

第 2 章 电热炊具

近年来，家用电器发展迅猛，已进入千家万户，其中电热炊具应用更为广泛。本章主要介绍电饭锅、电磁灶、微波炉等常用电热炊具的类型、结构、工作原理及常见故障的检修方法。

2.1 自动保温电饭锅

电饭锅又称电饭煲，是一种能够自动把米饭煮熟并具有保温性能的电热炊具。除煮饭外，电饭锅还具有蒸、炖、煮和烧开水等多种用途。可以说，电饭锅的使用是厨房电气化的开端。

2.1.1 电饭锅的类型及规格

按照电饭锅的功能（自动化程度）可以分为普通型、自动保温型、定时启动保温型、电子自动保温型、高压型及微电脑控制型等。电饭锅的规格一般是以额定功率来划分的，每一种规格对应于一定的容量，常用电饭锅的规格如表 2.1 所列。

表 2.1 电饭锅的规格

额定功率 (W)	额定煮米量 (g)	可供用餐人数 (人)
350 (≤ 400)	600	1~3
450 (≤ 500)	1000	2~4
550 (≤ 600)	1200	3~6
650 (≤ 700)	1400	5~8
750 (≤ 800)	1600	7~10
950 (≤ 1000)	1800	8~12
1250 (≤ 1500)	2500	10~14
1550 (≤ 2000)	3000	12~16

2.1.2 自动保温电饭锅的结构特点

不同类型的电饭锅内部结构也不相同，本节仅介绍常用的自动保温电饭锅的一般结构。自动保温电饭锅主要由外壳、内锅（内胆）、电热板、限温器和恒温器等构成，见图 2-1。

1. 外壳

电饭锅外壳通常用 1.8mm 厚的薄钢板经拉伸成型，外面喷涂装饰涂层，也有用不锈钢等材料制作外壳，以达到整洁、美观和坚固耐用的目的。外壳的内外夹层之间留有一定的间隙以形成保温层，起保温作用。外壳也是安装

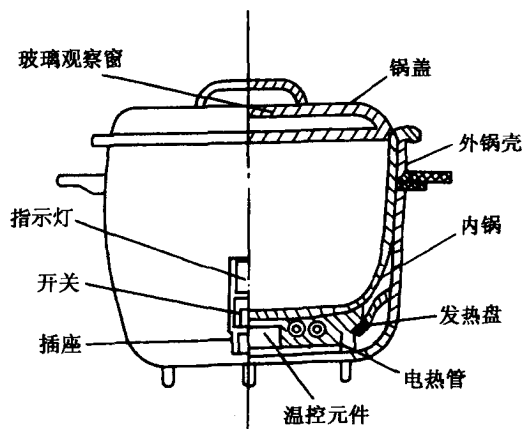


图 2-1 自动保温电饭锅结构图

开关、电热板和温度控制装置的支承体。

2. 内锅

内锅多用铝板拉伸成型并经电化和喷砂处理。由于电热板直接对内锅加热，因此内锅底部的曲面应与电热板表面非常吻合，以便提高热效率。内锅的内壁上标有刻度，用来指示放米量和放水量。

3. 电热板

电热板又称发热板、电热盘等。电热板是电饭锅的核心部件之一，是电饭锅的热能源。一般有电热管、PTC和电热膜等类型的电热板，其中电热管电热板的结构，如图 2-2 所示。电热管型电热板是将环形电热管浇铸在铝合金板体内制成，使之具有足够的机械强度与良好的导热性能，在其中心部位安装有磁钢限温器。

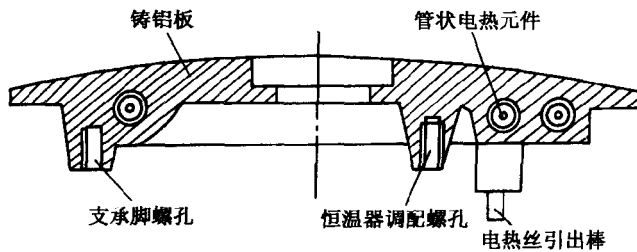


图 2-2 电热板结构图

4. 磁钢限温器

磁钢限温器又称磁性限温器，它是煮饭自动断电装置，一般由软磁铁（感温磁钢）、硬磁铁（永磁体）、起跳弹簧、杠杆和开关按钮等组成，见图 2-3。启动时按下开关，通过连杆使永磁体向上运动直至与软磁体吸合，此时动触点与静触点也闭合，电路接通，电热板开始发热。常温下，感温软磁体是顺磁性物质，具有磁性。当温度升高达到居里点（ $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）时，感温磁钢内由于磁性分子热运动加剧，磁性下降而变成抗磁物质。在电饭锅内米饭煮熟以前因锅内有水，温度不会超过 100°C 。当水被蒸发和吸收后，温度上升到（ 103 ± 2 ）时，感温磁钢失磁，这时永久磁体在自身重力和起跳弹簧的弹力作用下与感温磁钢脱

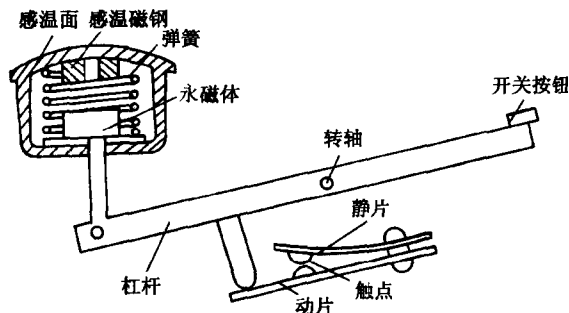


图 2-3 磁钢限温器的结构图

离，通过杠杆的作用把两触点分离，使电饭锅断电，当然这时米饭已基本煮熟。此后，随着温度下降，感温磁钢虽然也逐渐恢复磁性，但因两磁体相距较远且有弹力和重力的作用，两磁体间的吸引力不足以使它们恢复到吸合状态，因此，两触点在未按开关之前将一直保持分离状态，这时电饭锅的保温作用是靠与触点并联的另一组低温接通开关来完成。电饭锅的限温作用主要是利用感温软磁体的特性来完成，永久磁钢的设置只是为了改善限温器的工作性能。

5. 保温控制系统

电饭锅的保温是由双金属片恒温器来完成的，图 2-4 是双金属片温控器（又称保温器、恒温器）的结构图。电饭锅中温控器设定保温温度一般为 $(65 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，当温度偏离此值后，双金属片的形状变化控制两触点的通断，即控制电热板通电或断电，从而实现保温，调节调整螺钉可微调其保温范围。

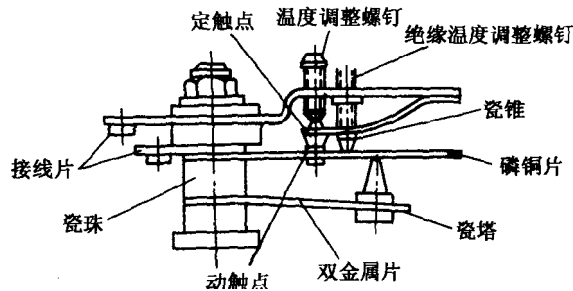


图 2-4 双金属片温控器结构图

2.1.3 自动保温电饭锅的工作原理

自动保温电饭锅的控制电路如图 2-5 所示。当接通电源按下 S_1 时，指示灯亮，加热器通电开始工作。当锅内温度上升到 (65 ± 5) 左右时，保温开关 S_2 断开，但 S_1 仍导通，使

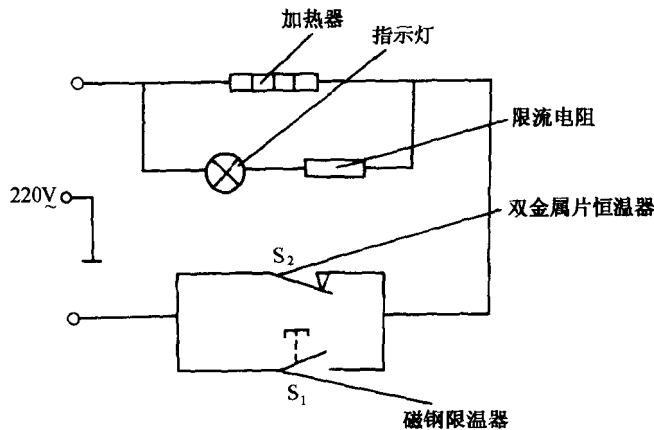


图 2-5 自动保温电饭锅电原理图

锅内温度继续升高。当内锅温度上升至居里点 (103 ± 2) 时，感温磁钢失磁使 S_1 自动断开，指示灯灭，加热器因断电而停止工作。此后，当内胆温度降至 (65 ± 5) 时，电饭锅进入自动保温状态，依靠双金属片恒温器的反复通断，使锅内温度保持在 65 左右。若不需

要保温时，只需断开电源即可。

2.1.4 电饭锅的使用与维护

1. 使用方法

(1) 用专用的量杯取米之后倒入其他容器内淘洗，不要直接在内锅中洗米，以免造成内锅保护层的磨损。

(2) 按内锅中的刻度线加水到与米量相应的水位，可根据个人的口味（软或硬）稍微增减水量。

(3) 将内锅外表擦干再放入外锅内，并左右转动几下内锅，使内锅与电热板充分接触。一般在转动内锅时，感到阻力较大时，说明接触紧密良好。此外，应使内锅中的米均匀分布，勿堆积一侧。

(4) 将电源插头插到固定的插座上，按下煮饭按钮（必须按下煮饭按钮，否则仅处于保温状态），电饭锅开始煮饭。

(5) 当锅内水煮干后，按键开关自动跳起复位，煮饭指示灯熄灭，保温指示灯亮，进入自动保温状态，此时不宜立即食用，一般应保温 10~15 分钟待米饭焖透后再断开电源，食用米饭。

2. 注意事项

(1) 必须使用接地的墙式插座，切勿用万用插座与其他电器同时使用。

(2) 内锅不能放在其他炉子上加热，否则容易变形。

(3) 当不使用电饭锅或内锅未放入锅体时，不要接通电源，因为空载通电加热会很快烧坏电热板等元件。

(4) 电饭锅只有在煮米饭或烘烤食物时限温器才能起作用，在煮好米饭或烤好食物时自动切断电源。煮稀饭、烧开水、炖汤、煮饺子等过程中温度不会超过 100℃，磁钢限温器不能自动切断电源（除非煮干后温度达到居里点），因此做这些食物时，需掌握好时间，煮好后人工切断电源。切不可在无人看管时煮粥和煲汤等，以免汤水外溢而损坏电器元件。

(5) 内锅和电热板均不能碰撞变形且要保持清洁。在内锅放入外锅前要仔细检查内锅底部与电热板表面有无水珠、米粒、米壳等杂物，应保持内锅底与电热板面的干净干燥，否则将影响煮饭效果甚至烧坏发热元件。

(6) 清洗内锅时应将其从外锅中取出，用软布清洗，切忌用金属刷或其他粗硬的洗具擦洗，以免损伤内锅镀层或不粘涂层。

(7) 煲体及电热板严禁用水冲洗或浸入水中，以免破坏其电气绝缘性能而发生危险。

(8) 电饭锅不要放在不稳定、潮湿或靠近其他火源、热源的地方，以免受到损伤或发生故障。

2.1.5 电饭锅常见故障及检修方法

根据电饭锅的电气原理结合实际，人们总结出一种快速判断故障部位的所谓调试法，现介绍如下。

(1) 检查电源指示部分。将内锅中装入少量的水（20g 左右），接通电源，若指示灯亮，

则说明电源指示灯、开关、电源线等工作正常，否则说明此部分有故障。

(2) 检查电热板。在第(1)步检查正常的基础上，若内锅中水温上升说明电热板工作正常，否则电热板有故障。

(3) 检查保温系统。如水温上升到水中有小气泡冒出时(此时水温为65℃左右)把限温开关拨起，此后若指示灯交替亮灭，表明保温系统正常；若一直亮或灭，就表明保温系统有故障。

(4) 检查限温器。如保温系统正常，则重新按下限温开关，水温上升至水沸腾，将水蒸发干后稍许，限温开关若自动跳起(此时温度为 $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)，表明限温部分正常。若水干后约1分钟限温开关仍不动作，表明限温器有故障。注意，此时应尽快切断电源，否则易烧坏电热板。

上述调试法仅粗略判断故障所在部位，对于自动保温电饭锅常见故障类型、产生原因及检修方法详见表2.2。

表 2.2 自动保温电饭锅常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	排除措施
通电即烧断电源熔断丝	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熔断丝容量过小 2. 电源插头绝缘被击穿 3. 电源线内部短路 4. 电源插座中两铜柱之间电木绝缘板烧焦碳化后导电短路 5. 电热板内部短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按电饭锅的功率选用相应的新熔断丝 2. 按原规格更换插头(连同电源线) 3. 更换电源线 4. 碳化不严重时，可用小刀刮除炭积物，碳化严重时需换用新件 5. 用欧姆表$R \times 10\Omega$挡检查电热板引出线间阻值，正常为$50 \sim 90\Omega$之间，若阻值明显偏小，说明其内部有短路故障，必须按原规格更换电热板
指示灯不亮，锅底不热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源引线断路 2. 电热板中电热丝断路 3. 双金属片恒温器触点接触不良或弹簧片失灵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换电源线 2. 更换电热板 3. 清理触点氧化层，使其接触良好，如仍接触不良，则逆时针旋转直至听到“啪”的一声后再旋转约40°即可
指示灯不亮，电热板正常发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 指示灯损坏 2. 限流电阻开路 3. 指示灯回路接触不良、断路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换指示灯(氖泡) 2. 更换同规格限流电阻 3. 检查并排除故障
指示灯亮，电热板不发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电热板内电热丝断路 2. 保温开关触点无法闭合或接触不良 3. 限温开关接触不良或失灵 4. 电热板引出线端子严重氧化或脱落 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无法维修，只能更换 2. 调整或更换保温器 3. 清理触点氧化层或更换限温器 4. 去除线端氧化层，重新接好引出线
煮饭时间比正常时间长	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内锅底与电热板间有异物 2. 内锅底变形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清除异物 2. 轻微变形可修复，严重时更换内锅
指示灯亮，煮不熟饭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 磁钢限温器的触点接触不紧 2. 磁钢限温器永久磁钢退磁 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用钳子扳动变形的触点臂，使动、静触点完全接触且保持一定的压力。如触点氧化，则应清除氧化层 2. 更换同规格的永久磁钢或磁钢限温器

续表

故障现象	产生原因	排除措施
形成焦饭	<ol style="list-style-type: none"> 1. 磁钢限温器失灵 2. 限温器与内锅接触不良 3. 恒温器或限温器动作的温度严重异常 4. 恒温器或限温器触点中某一组发生粘连 5. 联杆动作不灵 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如弹簧弹性不足可将弹簧拆下拉长点再装上使用, 如已经失去了弹性, 则应更换弹簧 2. 清除内锅与限温器间的异物, 或将限温器弹簧拆下后逆绕行方向拧过一定角度, 使其有足够弹性再装上 3. 调整调温螺钉或调整限温器, 最好更换新件 4. 沿粘介面切开触点, 再打磨光亮。若触点已烧死在一起, 则应更换新件 5. 清除联杆上的毛刺等障碍, 使其灵活自如
饭熟后不能自动保温	<ol style="list-style-type: none"> 1. 恒温器双金属片疲劳变形 2. 热双金属片上调节螺钉松动移位 3. 热双金属片动、静触点氧化而不能导电 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换热双金属片 2. 顺时针方向旋紧温度调节螺钉, 使保温温度升高到 65℃左右后, 用油漆固定调节螺钉 3. 用细砂纸打磨去除氧化层
外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 没有接地线或地线接触不良 2. 电源插塞、温控器按键开关被磨蚀后不绝缘 3. 内部电气部件受潮或浸水 4. 内部器件、导线绝缘皮破损 5. 管状电热器件封口处材料熔化, 电热丝搭接在管壳上 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接上可靠地线 2. 更换新件 3. 日晒或电吹风热风干燥处理 4. 用电工胶布包扎处理或更换新件 5. 在电热丝与电热管间垫上耐热绝缘材料, 最好更换电热板
煮出的饭生熟不均	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内锅底部变形 2. 电热板严重变形或其内部短路 3. 内锅底与电热板间有异物 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不严重时可用木锤仔细修理, 严重变形时更换同型号内锅 2. 更换电热板 3. 清除异物, 使二者接触良好
饭未熟, 按键开关跳起	<ol style="list-style-type: none"> 1. 限温器内软磁体失效 2. 限温器拉杆与杠杆位置变形 3. 内锅底变形, 传热不良使局部过热 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换限温器 2. 用小钳子重新校正, 增加些松动感 3. 更换变形的内锅
煮饭按键按不下	<ol style="list-style-type: none"> 1. 联杆顶住磁钢 2. 内锅没放好 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查并排除 2. 将内锅左右转几下放稳

2.2 其他类型的电饭锅

本节主要介绍电子自动保温电饭锅、自动压力电饭锅、微电脑电饭锅的基本结构和工作原理, 简要介绍模糊控制等新技术在电饭锅上的应用。

2.2.1 电子自动保温电饭锅

1. 结构特点

电子自动保温电饭锅主要由锅外盖、内盖、内锅、加热板、锅体加热器、锅盖加热器、

磁钢限温器、保温电子控制元件以及开关等元器件组成，见图 2-6 所示。

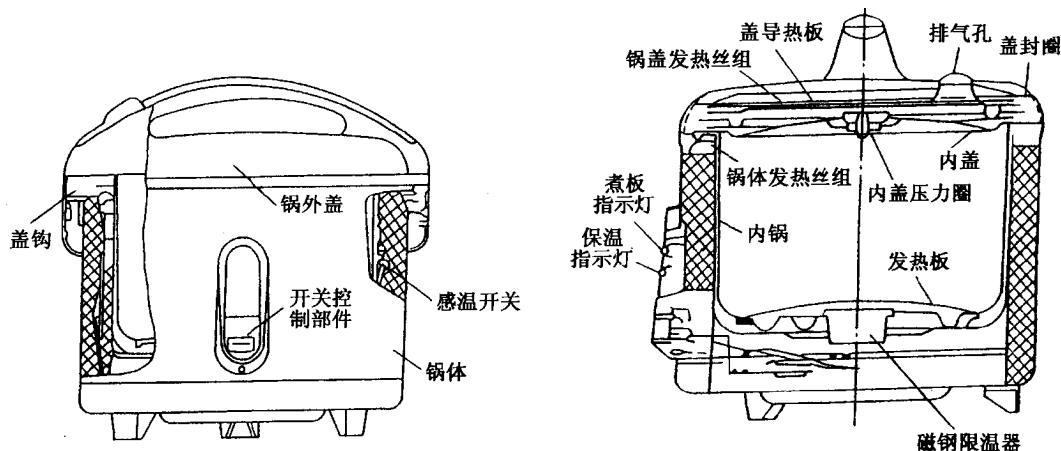


图 2-6 电子自动保温电饭锅结构图

电子自动保温电饭锅盖一般由塑料外壳、盖导热板、盖加热器以及内盖等组成。借助盖钩的扣接，锅内盖压力圈与盖边的密封圈将两层盖子压紧在内锅上，形成具有一定压力作用的防溢锅盖。当煮饭开锅时，水蒸气泡沫经内盖上设置的六个小孔时大部分被小孔挤破，泡沫破裂的米汤溅落在锅盖夹层内，而水蒸气则由盖顶的排气通道冒出，避免了普通电饭锅开锅时米汤易外溢的弊端。

电子自动保温电饭锅除在底部设有主加热板外，在锅盖、锅体周围都设有加热器，构成一个立体加热环境。通过电子控温电路的控制，形成一个低功率几乎恒温的系统，使米饭受热均匀。其次，由于其密封性能很好，热量散失很小，室温下，饭熟切断限温器后长达 6 小时左右饭温才降至 80℃，而普通电饭锅仅 2 小时饭温就会降至 80℃。此外，由于具有双层锅盖，蒸发的水蒸气冷凝于盖导热板上而被内盖所接收，避免水回落而使米饭变味，同时盖导热板上的加热器又能使这些水分再次被蒸发，在锅内保持足够的湿度，使米饭长时间保温而不至于变硬。

2. 工作原理

电子自动保温电饭锅比普通自动保温电饭锅增设了锅体加热器、锅盖加热器、感温开关、双向晶闸管和微动开关等元件，其控制电路如图 2-7 所示。煮饭时按下煮饭按键，微动开关的触点 C-NC 接通，煮饭灯亮，锅底加热板通电工作，此时，由于微动开关触点 C-NO 断开，保温系统断电而不工作。当锅内温度升高到 72 左右时，感温开关触点分离（常温下是闭合的），加热板继续工作，使锅内沸腾至饭熟水干后，锅底温度达 103 左右时，磁钢限温器动作，使微动开关触点 C-NC 断开，

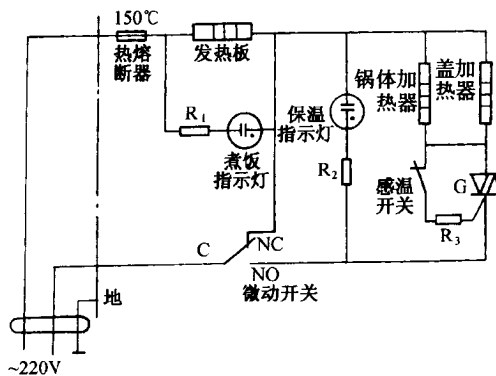


图 2-7 电子自动保温电饭锅的控制电路