

# 常用家电维修实用技术

第2版

邱勇进 刘 丛 宋兆霞 编著



机械工业出版社

本书详细介绍了电磁炉、微波炉、电饭锅、电子消毒柜、电热水器、洗衣机、电冰箱、空调器、传真机、打印机等常用家电产品的结构、原理、常见故障及检修顺序。此外，还介绍了各种常用家电产品典型故障的检修实例、检修方法和检修技巧。

本书通俗易懂，具有直观性、实用性、启发性和资料性强的特点，对家电维修人员及职业学校在校学生均有指导作用和参考价值，也可作为大、中专院校相关专业的辅导教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

常用家电维修实用技术/邱勇进, 刘丛, 宋兆霞编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-111-38572-1

I. ①常… II. ①邱…②刘…③宋… III. ①日用电气器具-维修  
IV. ①TM925. 07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 111728 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 林 责任编辑: 朱 林

责任校对: 张玉琴 封面设计: 陈 沛

责任印制: 杨 曦

北京四季青印刷厂印刷

2012 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.25 印张·349 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-38572-1

定价: 39.90 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版



# 前 言

随着人民生活水平的提高，各种家用电器已大量进入千万个城乡家庭之中，成为人们生活的好帮手。家用电器种类牌号繁多，结构有繁有简，技术含量有高有低，工作原理不尽相同，而故障率高、维修资料少是广大维修人员共同关注的问题。本书选编了普及率高的微波炉、电磁炉、电饭锅等家电以及打印机、传真机等办公自动化设备的工作原理及故障检修实例，每一例都介绍了故障现象和分析检修方法。

本书旨在使学习者掌握电工电子类工作岗位所需要的理论知识和操作技能，能够从事电子电器维修、电子产品装配、电器设备安装调试、办公自动化设备故障维修等工作，以适应相关岗位的需要。

本书详细介绍了常用仪器仪表、电饭锅、电磁炉、微波炉、消毒柜、电热水壶、洗衣机、电冰箱、空调器、传真机、打印机等家电设备的结构、原理、常见故障及检修方法。还介绍了各种常用家电典型故障的检修实例、检修方法和检修技巧。

本书通俗易懂，图文并茂，具有直观性、实用性、启发性和资料性强的特点。知识讲解结合大量的实物图、电路图和多个小电路，形象生动地介绍家电设备电路组成；检修步骤配有大量实操图片，直观演示操作过程，便于学生理解和实际动手操作。同时，本书内容融入了新知识、新技术、新工艺和新方法，贯彻了以就业为导向、以突出职业岗位能力培养为主的职业教育思想。

本书由具有丰富教学经验和生产实践经验的“双师型”教师团队编写，其中，第2、3、6、7、8章由邱勇进编写，第1、4章由刘丛编写，第5、9章由宋兆霞编写，孔杰和张艳兵参与了编写，本书的编写同时得到了企业工程师的大力支持，他们积极参与本书的指导和编写工作，从生产实际和职业岗位人才培养需求出发，为本书的编写提出了宝贵的指导性意见。本书适合作为职业学校机电类专业的教学用书，也适合作为相关工种的职业技能培训教材和相关工程技术人员参考用书。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

# 目 录

前言	
第1章 常用材料及元器件	1
1.1 电热基础知识	1
1.1.1 电与热能量转换的基本理论	1
1.1.2 电热器具的类型与基本组成部件	1
1.2 电热元件	2
1.2.1 电阻式电热元件的材料、性能及类型	2
1.2.2 PTC 电热元件	4
1.2.3 红外线电热元件	4
1.3 电热控制元件	5
1.3.1 温度控制元件	5
1.3.2 时间控制元件	6
1.4 小型交、直流电动机	8
1.4.1 永磁式电动机	8
1.4.2 励磁式直流电动机	9
1.4.3 单相异步交流电动机的结构	11
1.4.4 单相异步交流电动机的工作原理	13
1.4.5 交、直流两用串励电动机	13
1.5 常用电子元件的测量与判断	14
技能训练 电子元器件的识别与检测	18
思考与练习	20
第2章 电器维修常用工具与仪表的使用	21
2.1 电器维修常用工具的使用	21
2.2 指针式万用表的使用	26
2.2.1 MF-47 型普通万用表的结构组成	27
2.2.2 MF-47 型普通万用表的使用方法	29
2.3 数字万用表的使用	33
2.3.1 数字万用表的结构组成	33
2.3.2 数字万用表的应用	34
2.4 电子示波器	36
2.4.1 UC8040 双踪示波器的外形结构和面板	37
2.4.2 UC8040 双踪示波器测量实例	38
2.4.3 UC8040 双踪示波器使用注意事项	42
2.5 绝缘电阻表的使用	42
2.5.1 绝缘电阻表的组成及工作原理	42
2.5.2 绝缘电阻表的结构	43
2.5.3 绝缘电阻表的使用	44
2.5.4 绝缘电阻表的使用注意事项	47
技能训练一 万用表的操作使用	47
技能训练二 电子示波器的应用	49
思考与练习	52
第3章 厨房煮烤用具	53
3.1 自动保温电饭锅	53
3.1.1 电饭锅的种类	53
3.1.2 自动保温电饭锅的电路原理	54
3.1.3 电子保温电饭锅	54
3.1.4 电饭锅的日常保养知识	55
技能训练一 美的 PCJ405 电饭锅温度控制器的故障检修	55
技能训练二 奔腾电饭锅的故障检修	57
3.2 电磁炉	61
3.2.1 电磁炉的分类与结构	61
3.2.2 电磁炉的加热原理	62
3.2.3 特殊零件简介	63
3.2.4 电路框图	65
3.2.5 主电路原理分析	65
3.2.6 电磁炉常见故障的分析与维修方法	71
技能训练一 电磁炉检锅但不加热	75
技能训练二 电磁炉电路板的简单维修	76

3.3 微波炉 .....	78	<b>第7章 电冰箱、空调器</b> .....	130
3.3.1 微波炉的基本结构 .....	78	7.1 电冰箱的结构 .....	130
3.3.2 工作原理 .....	80	7.2 电冰箱的工作原理 .....	133
3.3.3 微波炉的机电控制工作原理 .....	80	7.3 电冰箱维修技术 .....	138
3.3.4 微波炉的使用与维护 .....	81	7.4 电冰箱故障维修实例 .....	140
3.3.5 微波炉常见故障的分析与维修 方法 .....	82	7.5 空调器的结构 .....	142
技能训练一 格兰仕微波炉高压熔丝熔 断故障 .....	83	7.6 空调器的工作原理 .....	146
技能训练二 格兰仕 WP700 微波炉不 能加热食物的故障检修 .....	86	7.7 空调器维修技术 .....	157
思考与练习 .....	91	7.8 空调器故障维修实例 .....	159
<b>第4章 电子消毒柜</b> .....	92	7.9 制冷系统维修基本操作 .....	160
4.1 低温型电子消毒柜的结构与工 作原理 .....	92	技能训练一 电冰箱起动机、过载保护 器检测 .....	170
4.2 高温型电子消毒柜的结构与工 作原理 .....	93	技能训练二 四通换向阀的诊断与 拆装 .....	172
4.3 双功能型电子消毒柜的结构、工 作原理及检修 .....	94	思考与练习 .....	175
4.4 电子消毒柜的使用 .....	96	<b>第8章 传真机</b> .....	176
技能训练 科凌 ZTP-63A 型电子消毒 柜温控器的故障检修 .....	97	8.1 传真机的种类 .....	176
思考与练习 .....	98	8.2 传真机的特性 .....	178
<b>第5章 电热水器</b> .....	99	8.3 检修传真机的准备工作 .....	181
5.1 电热水器的结构 .....	99	8.4 传真机的基本结构和工作 原理 .....	181
5.2 电热水器的工作原理 .....	100	技能训练一 松下 KX-FP82CN 传 真机故障检修(一) .....	183
5.3 电热水器的安装、使用与 保养 .....	101	技能训练二 松下 KX-FP82CN 传 真机故障检修(二) .....	189
技能训练 海尔小海象电热水器控制 系统的故障检修 .....	101	思考与练习 .....	192
思考与练习 .....	104	<b>第9章 打印机</b> .....	193
<b>第6章 洗衣机</b> .....	105	9.1 针式打印机 .....	193
6.1 波轮式全自动洗衣机 .....	105	技能训练一 EPSON LQ-1600KIII 针 式打印机故障检修 .....	196
技能训练一 小天鹅全自动洗衣机不 工作故障检修 .....	113	9.2 喷墨打印机 .....	203
6.2 滚筒式全自动洗衣机 .....	118	技能训练二 EPSON PHOTO 830U 喷 墨打印机故障检修 .....	205
技能训练二 小鸭滚筒式全自动洗衣 机故障检修 .....	121	9.3 激光打印机 .....	212
思考与练习 .....	129	技能训练三 HP Laser Jet 2200 激光打 印机故障检修 .....	214
		思考与练习 .....	220
		<b>参考文献</b> .....	221

# 第 1 章 常用材料及元器件

## 1.1 电热基础知识

电热元件是电热器具的主要部件，它是由电热材料制成的。

### 1.1.1 电与热能量转换的基本理论

在物理学中，热现象是物质中大量分子的无规则运动的具体表现，热是能量的一种表现形式。电能和热能可以互相转换，如电热器具是将电能转换为热能。电能与热能的转换关系可以用焦耳 - 楞次定律来表述。电流通过导体时产生的热量 ( $Q$ ) 跟电流强度的二次方 ( $I^2$ )、导体的电阻 ( $R$ ) 以及通电的时间 ( $t$ ) 成正比。用公式表示就是

$$Q = KI^2Rt$$

式中  $K$ ——比例恒量，又叫做电热当量，它的数值由实验中得到的数值算出。

当热量用卡、电流强度用安培、电阻用欧姆、时间用秒作单位时，于是上式可以写作

$$Q = 0.24I^2Rt$$

上述公式表达了电能与热量之间的数量变换关系，它是电热器具工作原理的基本理论。在我国法定计量单位制中，热量的单位为 J (焦耳)

$$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m} = 1\text{W} \cdot \text{s} = 1\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$$

非法定计量单位制中，热量单位也有用 cal (卡)，它是指 1g 水的温度升高 1℃ 所需要的热量。另外，还有 kcal (千卡)，俗称大卡。它们之间的关系是

$$1\text{kcal} = 1000\text{cal}$$

焦耳换算成卡时，需要乘以常数 0.24，即  $1\text{J} \approx 0.24\text{cal}$ 。

### 1.1.2 电热器具的类型与基本组成部件

#### 1. 类型

##### (1) 电阻式电热器具

用电阻发热原理制成的电热器具就称为电阻式电热器具。如电炉、电熨斗、电吹风、电热毯、电热杯、电烤箱、电饭锅、电咖啡壶、电炒锅、电暖器等，均是利用这一原理。这是目前电热器具中使用最为广泛的一种形式。

##### (2) 远红外线辐射式电热器具

在电热元件 (金属管、石英管、电热板) 的表面直接涂上远红外线辐射涂料，当给电热元件通电后，产生的热量加热了远红外线辐射物质，使其发射远红外线对物体进行加热。它具有热效率高、省时、节约能源、卫生等优点，但由于高温易使远红外线涂料脱落，从而导致远红外线辐射能力减弱，影响加热的效果。使用远红外线辐射的电热器具具有远红外线电烤炉、远红外线电暖器、远红外线医用理疗器等。

### (3) 感应式电热器具

闭合导体在交变磁场中会产生感应电流（即涡流），由此而产生热，利用电磁感应原理制成的电热器具就称为感应式电热器具。应用这种原理的电热器具有电磁炉等。

### (4) 微波式电热器具

当微波照射物体时，使物体内部的分子加速运动而产生热，利用微波加热的原理制成的电热器具称为微波式电热器具。微波炉就是其中一种，它具有加热速度快、加热均匀、节能、清洁卫生等优点。

## 2. 电热器具的基本组成部件

### (1) 发热部件

发热部件的主要功能是将电能转换成热能，它由各类电热元件构成。常见的有电热丝、电热合金发热盘、电阻发热体、管状电热元件、PTC 电热元件、远红外线辐射器等。此外，还有高频加热线圈和微波介质加热部件。

### (2) 温控部件

温控部件的主要功能是对发热部件的温度、发热功率、通电时间进行控制，满足使用的需要。常用的温控部件有双金属片、磁性体、PTC、热敏电阻、热电偶、电子元件、电脑温度控制器等。

### (3) 保护部件

保护部件的主要功能是在电热器具发热温度超过正常范围时，自动切断电源，防止器具过热损坏，起到保护作用。常用的器件有温度熔丝、热熔断体、热继电器等。

## 1.2 电热元件

电热元件是电热器具的核心，功能是将电能转换为热能。根据其发热原理的不同，电热元件可分为以下几种形式。

### 1.2.1 电阻式电热元件的材料、性能及类型

#### 1. 电阻式电热元件的材料及性能

合金电热材料除了具备一般力学、物理学性能外，还具有电和热等方面的特殊性能，电阻式电热元件使用的材料就是合金电热材料。

##### (1) 合金电热材料的分类

合金电热材料的种类较多，按材料的性质分贵金属及其合金、重金属及其合金、镍基合金、铁基合金、铜基合金等几种。其中镍基合金及铁基合金在电热元件中应用最为广泛。

##### (2) 合金电热材料的特性

1) 物理和机械性能。主要包括电热材料的导热系数、电阻率、密度、熔点、膨胀系数、伸长率等。

2) 使用温度。是指电热元件在工作时，本身所允许达到的最高温度。电热器具的最高温度至少应低于元件最高使用温度 100℃ 左右。

3) 电阻温度系数。合金电热材料的电阻值随着温度的变化而变化，电阻率也随着温度的变化而变化，这个变化的数值称为电阻温度系数。电阻温度系数有正负之分，正值（以

PTC 表示) 表示电阻随着温度的升高而增大, 负值 (以 NTC 表示) 表示电阻随着温度的升高而减小。在电热器具中, 大部分是应用有正温度系数 (PTC) 的电热材料。

4) 表面负荷。是指电热合金元件表面上单位面积所散发的功率 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ), 它是关系到电热元件使用寿命的一个重要参数。在相同的条件下, 如果选用的元件表面负荷值越小, 则其功率越小, 电热元件的温度越低; 如果选择的电热元件的表面负荷值越大, 则功率越大, 电热元件的温度越高。但如果表面负荷值取得过大, 会使元件的使用寿命降低, 严重时会导致电热材料熔化。因此, 在维修电热器具时, 应正确合理地选取。

电热器具中合金电热材料的表面负荷的经验数据见表 1-1。

表 1-1 电热器具中合金电热材料的表面负荷的经验数据

名 称	结 构 形 式		表面负荷/ ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )
电 炉	开启式		4 ~ 7
电 熨 斗	封闭式	不带温控	8 ~ 15
		带温控	15 ~ 25
	云母骨架		5 ~ 8
电 热 水 器	管状元件带温控		6 ~ 8
	电热丝直接浸入水中		30 ~ 40
	管状元件		10 ~ 20
电 饭 锅	铸铝管状元件		10 ~ 20

## 2. 电阻式电热元件的类型

电热器具中, 除微波炉和电磁炉外, 都是以电阻式元件作为主要的发热元件。按装配结构分为开启式电热元件、半封闭式电热元件和封闭式电热元件。

### (1) 开启式电热元件

裸露的电阻丝就是其中之一。电炉的电阻丝放置在由绝缘材料制成的盘状凹槽里; 电吹风的电阻丝安装在绝缘架上形成螺旋状; 它们发出的热能由辐射和对流两种方式传递给加热物体。这种电热元件的优点是结构简单、成本低、加热速度快、易于安装和维修。其缺点是由于电阻丝裸露和带电, 易于氧化, 使用寿命短, 易引起局部短路, 工作不安全。

### (2) 半封闭式电热元件

这种电热元件是将电热丝绕在绝缘骨架上制成, 使用时将它安装在特殊的保护罩内。如电熨斗就是使用这种半封闭式电热元件制成的。电热元件发出的热量经过云母传给底板, 达到熨烫衣物的目的, 其结构如图 1-1 所示。电炉的发热体也采用这种元件, 它是先加热灶盖再传给被加热物。半封闭式电热元件的安全性好, 但热效率低。

### (3) 封闭式电热元件

封闭式电热元件可以弯曲成 U 形、单管形、W 形等多种形式, 以适应不同的需要。其结构如图 1-2 所示。它是一种技术上比较成熟、使用安全可靠的电热元件。这种电热元件是在钢管或磁管内放入螺旋状的电阻丝, 并用氧化镁等耐热的绝缘粉末灌满其间隙, 再经端头封堵和表面处理等工艺制成, 在管口端引出接线端子, 以供接电源用。

电热板也属于封闭式电热元件的一种, 电热元件铸在铝合金制成的凸面圆形板内。与其他电热元件相比, 封闭式电热元件具有结构简单、成本低、使用寿命长、机械强度高、



使用安全等优点。因此，被广泛应用在电磁炉、电烤箱、电炒锅、电热水器、电熨斗等家用器具中。

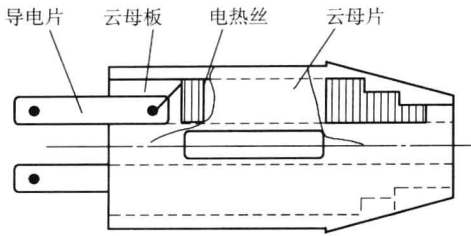


图 1-1 半封闭式电热元件

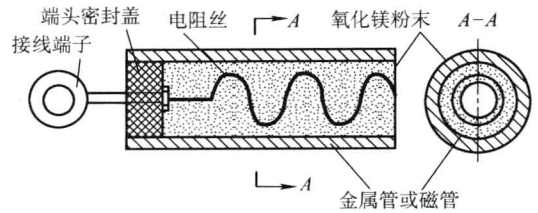


图 1-2 封闭式电热元件

### 1.2.2 PTC 电热元件

PTC 电热元件的主体材料是钛酸钡 ( $\text{BaTiO}_3$ ) 中掺入微量的稀土元素，经研磨、压形、高温烧结成的陶瓷半导体发热材料。它是具有正温度系数的热敏电阻，其电阻—温度特性如图 1-3 所示。PTC 电热元件具有独特的电阻温度特性，从图中可以看出，在特定的温度内，PTC 电热元件的电阻值随着温度的升高变化非常缓慢，当超过这个温度时，电阻值急剧增大，发生温度变化的温度点叫居里点，一般此点的温度为  $220^\circ\text{C}$ 。PTC 电热元件的温度可以自动调节。同时在超出温度范围时可以限制电流，使温度恒定在一定的范围。它具有加热与自身温控的双重功能，PTC 电热元件特性曲线的斜率、居里点的位置以及本身的电阻值，取决于掺入钛酸钡中微量元素的品种多少和结构等。如在钛酸钡中加入锡 (Sn)、锶 (Sr) 等可使居里点向低温侧移动；而加入铅 (Pb) 则可以使居里点向高温侧移动。利用这种温度点的可变性，可以将居里点控制在  $20 \sim 300^\circ\text{C}$  的范围内。

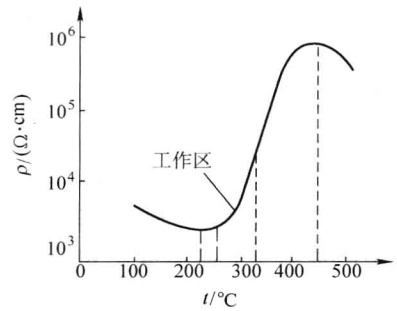


图 1-3 PTC 电热元件的电阻—温度特性

### 1.2.3 红外线电热元件

红外线是一种电磁波，是人眼看不见的光线。当辐射光谱与被加热物体的振动光谱波长一致时，辐射才能被吸收，被加热物体吸收后转变为热能。因此，利用红外线加热或干燥物品，被广泛地应用在日常生活中。

常用的红外线电热元件有以下几种。

#### 1. 管状红外线辐射元件

管状红外线辐射元件有金属管、石英管、陶瓷管等。金属管与石英管是表面上涂敷红外线涂料，陶瓷管是将红外线辐射物质直接掺入泥料中烧制或涂敷在陶瓷的表面上，如图 1-4 所示。

#### 2. 板状远红外线辐射元件

板状远红外线辐射元件是由在碳化硅或耐热金属板的表面涂敷一层远红外线涂料，中间

装上合金电热元件制成的。这种电热板有单面辐射和双面辐射两种形式，如图 1-5 所示。

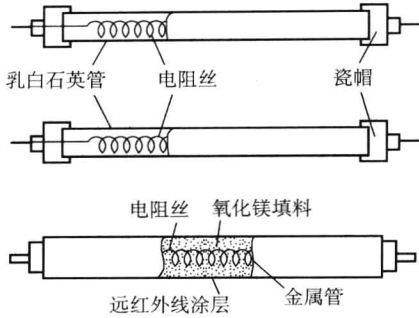


图 1-4 管状红外线辐射元件

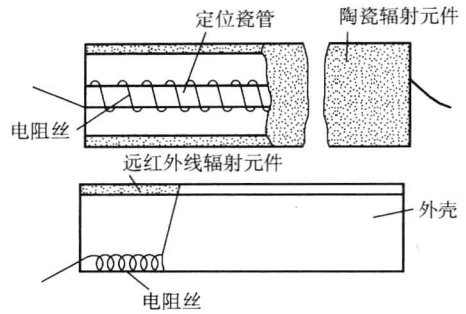


图 1-5 板状远红外线辐射元件

### 3. 电热合金型远红外线辐射元件

电热合金型远红外线辐射元件是在电热合金元件的表面上直接涂敷远红外线涂料制成。这种元件结构简单，易于加工。缺点是由于电热合金通电后机械强度降低以及由热胀冷缩引起的变形，易产生涂料脱落，导致红外线的辐射强度减弱。

## 1.3 电热控制元件

电热器具在加热过程中，需要对温度、时间和功率进行控制。这就需要在电热器具中设置温度、时间和功率控制装置，由此要采用电热控制元件。

### 1.3.1 温度控制元件

#### 1. 金属片温度控制器

将两种膨胀系数不同的金属片锻压或轧制在一起，其中膨胀系数大的金属片为主动层，膨胀系数小的为被动层。双金属片的结构如图 1-6 所示。在常温下，双金属片的长度相同并保持平直，内部没有内应力。当温度升高时，主动层的金属片伸长较多，使双金属片向膨胀被动层的那一面弯曲。温度越高，弯曲越大。所以在电热器具中常用双金属片作为温控元件。

双金属片有常开触点型和常闭触点型两种形式。在常温下两触点为闭合，称为常闭触点，断开的触点则称为常开触点。

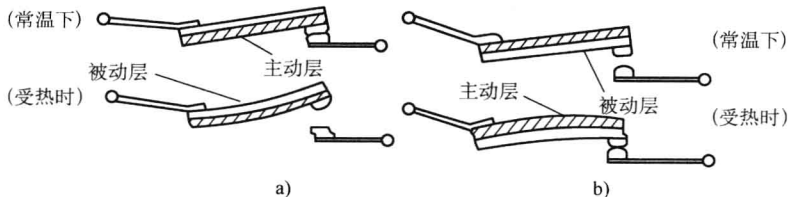


图 1-6 双金属片的结构

a) 常闭触点型 b) 常开触点型

## 2. 磁控式温控器

磁控式温控器是利用感温磁钢的磁性随温度的高低而变化的特性来设计的,如图 1-7 所示。在常温时,由于感温磁钢和永久磁钢之间的吸引力,感温磁钢和永久磁钢紧紧地吸合在一起,通过传动片上移,使两触点闭合。当电路接通,电热元件开始发热,温度渐渐升高时,感温磁钢的磁性随温度的升高而逐渐降低,感温磁钢与永久磁钢间的吸引力减小,当温度超过预定值时,感温磁钢失去磁性,此时永久磁钢在重力和弹簧力的作用下跌落,通过传动片下移,使两触点断开,电路切断,停止加热。这种温度控制器的动作敏捷、可靠,控温准确,但结构较双金属片温控器复杂,且温度降低后不能自动再供电,普遍地应用于自动电饭锅中。

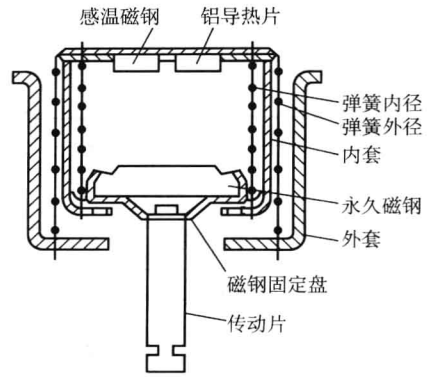


图 1-7 磁控式温控器

### 1.3.2 时间控制元件

电热器具工作时间由定时器控制,定时器可分为机械(发条)式、电动式和电子式 3 种。

#### 1. 机械式定时器

机械式定时器是利用钟表机构的原理制成的,它由发条、齿轮传动机构和时间控制组件等 3 部分构成。

##### (1) 发条

由弹性的钢带卷制而成。使用时靠人力通过旋钮卷紧钢带,贮存能量,向齿轮传动机构和时间控制组件传送动力。

##### (2) 齿轮传动机构

如图 1-8 所示,机械式定时器由头轮、主轴、开关凸轮、摩擦片、盖碗、棘爪、棘爪轮、棘轮、振子等组成。

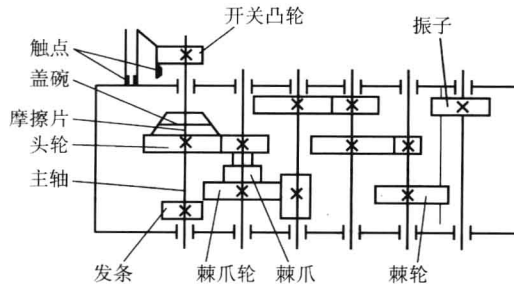


图 1-8 机械式定时器结构原理

##### (3) 时间控制组件

各种机械式定时器的时间控制组件结构基本相同,都是采用一组或两组凸轮来分配时间,当控制凸轮转动时,不断改变其凹凸位置,使相关接触簧片的触点按设计要求接通或断

开，以控制电动机（或其他电器）的起动和停止。

#### (4) 机械式定时器的工作原理

从图 1-8 中可以看出，开关凸轮和主轴铆接一起，当主轴反转时，靠盖碗与头轮之间的摩擦片一起滑动将发条松开，并不影响齿轮系的转动。当主轴正转上发条时，靠棘爪轮的第二轮上的棘爪轮滑脱而与其后齿轮系离开，当自然放开发条时，整个轮系转动，靠振子调速。这种定时器的结构特点是摩擦力矩大，动作可靠。

### 2. 电动式定时器

电动式定时器的轮系结构及时间控制组件与机械式定时器基本相同。所不同的是由微电动机代替发条作为动力源，其结构原理如图 1-9 所示。电动式定时器的凸轮一般控制着两组簧片的触点，作定时控制时，凸轮控制点同时接通被控负载电源和定时器本身的微电动机电源，不作定时控制时，只接通被控负载的电源。定时时间长短则由控制凸轮的转动角速度决定。微电动机的转速和传动轮系的速比是经过推算的。

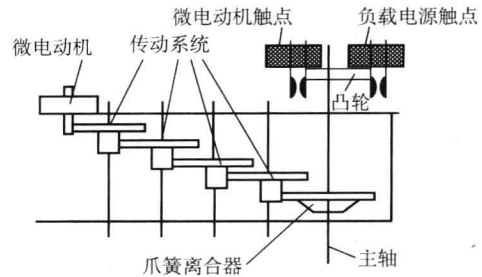


图 1-9 电动式定时器结构原理

### 3. 电子式定时器

电子式定时器是由阻容元件、半导体器件组成的时间控制电路。与机械式定时器相比，它不仅体积小、重量轻、使用可靠，而且易于实现集成化、无触点化，并能完成相当复杂的时间程序控制。随着电子技术的发展，电子式定时器必将逐步取代机械式定时器。

电子式定时器的电路形式有多种。如图 1-10 所示是一种简单的延时关机电路，它由电源和延时开关电路两部分组成。交流电经电源按钮  $S_{1-1}$  和继电器开关  $K$  对用电器供电；另一路经电容降压、桥式整流和滤波稳压后，输出直流电压 15V 给定电电路供电，电路中开关  $S$  作定时和不定时的转换。

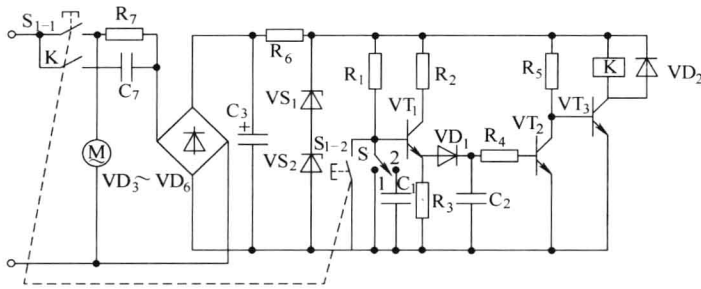


图 1-10 电子式定时器原理

工作时，将开关  $S$  拨到“2”定时档，按下联动开关即  $S_{1-1}$ 、 $S_{1-2}$  同时闭合，电容  $C_1$  对地短路单晶体管  $VT_1$  无脉冲输出， $VT_2$  截止， $VT_3$  饱和导通，继电器常开触点  $K$  闭合，用电器通电工作。当按钮  $S_{1-1}$  断开后，由于继电器常开触点  $K$  已闭合，所以用电器仍能正常工作， $S_{1-2}$  断开后，电源通过  $R_1$  向  $C_1$  充电，当电压上升到  $VT_1$  管的峰值电压后， $VT_1$ 、 $VT_2$  由截止转入导通， $VT_3$  由饱和导通转为截止，继电器  $K$  断电释放，用电器和定时电路均断开，整个电路停止工作。

电路的延时工作时间由  $R_1$  和  $C_1$  的数值决定，若将 S 拨到“1”不定档， $C_1$  对地短路， $VT_1$ 、 $VT_2$  截止， $VT_3$  饱和导通，用电器长时间工作，需要时再将 S 拨到定时档，用电器延时工作一段时间后自行停止。

## 1.4 小型交、直流电动机

### 1.4.1 永磁式电动机

在家用电器中的视听设备、收录机、电动剃须刀、电动玩具均采用这种电动机。永磁式电动机的定子是用磁钢或永久磁铁加工成形，产生一个恒定磁场。转子转速可以随电源电压和负载转矩的变化而变化。它具有效率高、体积小、重量轻、便于携带等优点。但加工精度高，结构比交流电动机复杂，成本高。它的结构如图 1-11 所示。

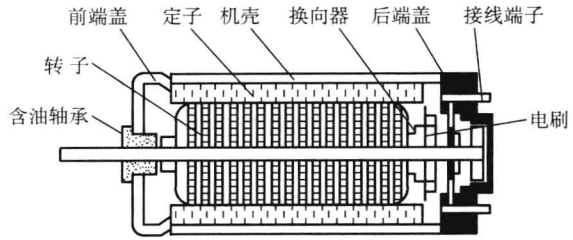


图 1-11 永磁式电动机结构

#### 1. 永磁式电动机的结构

由图 1-11 可知，永磁式电动机是由定子、转子、换向器、前端盖、后端盖、含油轴承、电刷等组成的。

##### (1) 定子

定子是产生静止磁场的部件，并与外壳紧压配合（过盈配合），采用磁钢、薄膜合金加工成环形，如图 1-12 所示。

##### (2) 转子

转子是直流电动机的转动部分，它是由铁心、绕组、换向器、转轴等组成，又称电枢。铁心是用 0.3 ~ 0.5mm 厚的硅钢片，按一定形状冲压成形，然后叠压成柱状。

##### (3) 换向器

换向器是由 3 个互不相通的弧形金属片（多以紫铜为材料），嵌置在塑料或玻璃纤维套筒上制成。3 个换向片和相应的线圈连接制成，如图 1-13 所示。3 个线圈的另一端连接在一起。

##### (4) 电刷

电刷通常是用导电材料石墨和磷铜片制成，与轴线垂直安装在换向器的两侧，并依靠电刷的弹性与换向器保持良好的接触，电刷的另一端与电源相接。当电源接通时，直流电流通过电刷和换向器片将电流送入电枢绕组，其结构如图 1-13 所示。

#### 2. 永磁式电动机的工作原理

永磁式电动机的工作原理如图 1-14 所示。由图可知电枢处在一个静止磁场中，当电枢绕组加上直流电压，则有直流电流。由左手定则可以判断，线圈的两边均受到力的作用，两个力的大小相等、方向相反，但不作用在同一条直线上，形成偶力矩使电枢转动。电枢上的绕组是按一定的规律排列，电枢中所产生的转动力矩足以带动负载机械运转，从而使电动机

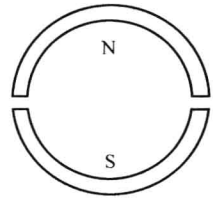


图 1-12 永磁式电动机的定子磁环

具工作。

※注意：电刷和换向器在直流电动机里有着十分巧妙的作用。其作用是使流过电枢绕组的电流方向，随着线圈的转动进行相应的正负切换。如果没有这种方向的切换，电枢绕组便不会转动，只能左右来回摇动。

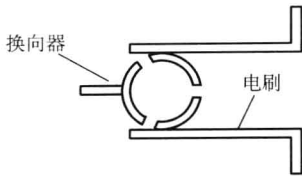


图 1-13 永磁式电动机的电刷

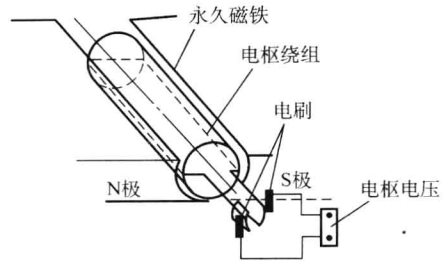


图 1-14 永磁式电动机的工作原理

### 1.4.2 励磁式直流电动机

励磁式直流电动机的定子恒定磁场是由定子绕组通上直流电流建立。通常称为励磁绕组。根据励磁绕组和电枢绕组之间连接的方式不同，又可分为他励式、复励式、并励式、串励式4种。

#### 1. 励磁式直流电动机的结构

励磁式直流电动机由定子、转子（也称电枢）、励磁绕组、电枢绕组、换向器、电刷装置、风扇叶片、端盖等组成，如图 1-15 所示。

##### (1) 定子和转子

均由 0.35 ~ 0.5mm 厚的硅钢片（矽钢片）按设计好的槽形冲压成形，然后叠压成柱状；励磁绕组和电枢绕组嵌在槽内。

##### (2) 励磁绕组和电枢绕组

绕组的构成主要从电动机参数指标及制造、安装、检修等方面考虑。微型直流电动机绕组一般是由圆形高强度漆包线绕制。

##### (3) 换向器

由环氧树脂将铜材导电片、绝缘云母片黏合成一体，其形状和构造如图 1-16 所示。微型直流电动机常用紧固式和塑料式换向器，其结构如图 1-17 所示。

##### (4) 电刷装置

电刷装置是由电刷、刷架、刷握、弹簧等组成。电刷尺寸及公差和构造均按有关标准制造。在合适的换向区宽度下，电刷宽度应覆盖适当数量的换向片。常用的刷握有直、斜两种。刷架在微型直流电动机中是固定的。

##### (5) 风扇叶片

作为驱使冷却介质循环所需的动力部件，它能产生足够的压力以克服电动机冷却通道中的压力降落，并驱送足够的冷却介质流量通过电动机，以达到散热目的。扇叶一般由工程塑料 ABS 按设计好的形状压制而成。微型直流电动机大部采用轴流式。

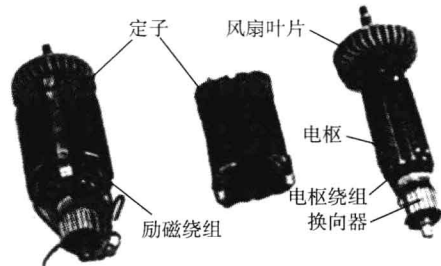


图 1-15 励磁式直流电动机的结构

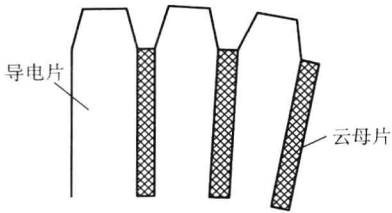


图 1-16 导电片和云母片结构

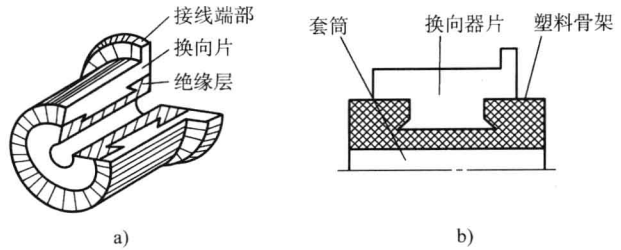


图 1-17 换向器的结构

a) 紧固式 b) 塑料式

(6) 端盖

端盖主要支撑电枢轴，是安放轴承的部件。为保证定子和电枢之间的空气隙尺寸，在微型直流电动机中一般由铝合金铸压、薄铁板冲压制成。

2. 励磁式直流电动机的工作原理

直流电动机除永磁电动机工作时定子磁场由永久磁铁产生外，励磁式直流电动机的定子磁场是励磁绕组产生，其他形式直流电动机的工作原理都与励磁式直流电动机的工作原理一样。

直流电动机的定子磁轭、定子铁心、定子与转子之间的空气隙和电枢铁心构成磁路。励磁绕组和电枢绕组产生的磁场在空气隙中进行合成（或者说相互作用），形成气隙磁场。电枢绕组相对气隙磁场旋转感生电枢电动势，载流电枢绕组与气隙磁场相互作用产生电磁转矩。依靠电刷和换向器以实现电枢电路的直流电与电枢绕组中交流电之间的相互变换，或者说利用电刷和换向器来产生交流，即直流→交流。电功率从电刷输入，通过转轴输出机械功率，从而实现电、机能量的转换。

3. 励磁式直流电动机的接线及特性曲线

(1) 他励式直流电动机

让电流通过定子绕组产生磁场，叫做励磁。所谓他励，是指除了给电枢绕组提供电流的直流电源电压  $U_2$  之外，另外用一个直流电源  $U_1$  为励磁绕组提供电流，其接线如图 1-18 所示。工作时，在不同的转速下，转速与励磁电流  $I_f$  成反比，如图 1-19 所示。从图中可知改变励磁电流的大小，也可以改变电动机的转速；同时励磁电流存在上限、下限两个临界值。

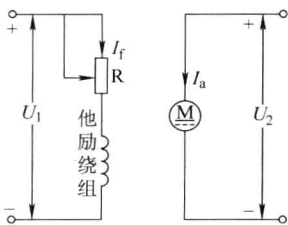


图 1-18 他励式直流电动机的接线

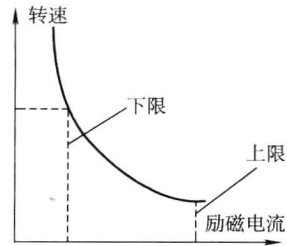


图 1-19 励磁电流与转速的关系

(2) 并励式直流电动机

励磁电路和电枢电路是并联连接。这种并联连接方式如图 1-20 所示。由图可知，保持

电枢电压一定，通过改变励磁电阻  $R$  的大小，可以改变励磁电流  $I_f$  的变化，这时空载转速  $n_0$  的特性与图 1-19 相同。改变励磁电阻  $R$  大小的另一个作用，是防止起动电流过大，以防换向器与电刷之间产生强火花而损坏电动机。

保持他励式、并励式电动机在空载状态下的端电压为常值，改变励磁电流  $I_f$  时得到转速与励磁电流  $I_f$  的关系曲线，即空载励磁转速特性。励磁电流很小，转速会上升到不安全的高速，故励磁回路绝不允许断路。

### (3) 串励式直流电动机

它的励磁电路和电枢电路是串联连接。这种串联连接方式如图 1-21 所示。由图可知，励磁电流和电枢电流是一样的。特性曲线如图 1-19 所示。从图中特性曲线分析可知，串励直流电动机没有空载状态。因为在空载时，电枢电流如果等于零，电动机的转速会变得无限大，将会导致电动机损坏。所以，串励式直流电动机同负载之间不能用传送带转动，而必须借助齿轮，以防电动机无空载而损坏。同时我们可以看出另一个重要特性，在包括起动在内转速比较低的时候，电动机产生很大转矩，随着转速上升，转矩随之减小。因此，串励式直流电动机可用在需要很大起动转矩的场合。

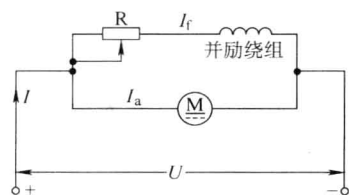


图 1-20 并励式直流电动机的接线

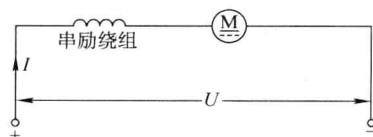


图 1-21 串励式直流电动机的接线

### (4) 复励直流电动机

所谓复励直流电动机，其特点是励磁绕组分两部分：一部分与电枢电路串联，另一部分与电枢电路并联，如图 1-22 所示。与电枢电路串联的励磁称为串励励磁，与电枢电路并联的励磁称为并励励磁。由于两种不同的励磁方式，它兼有串励式、并励式电动机的优点，既有良好的起动性能，又有一定的超载能力和运转平稳性能。复励直流电动机的特性曲线如图 1-23 所示。

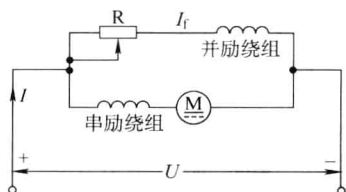


图 1-22 复励直流电动机的接线

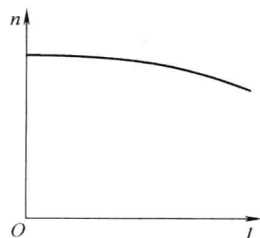


图 1-23 复励直流电动机电枢电流与转速的关系

## 1.4.3 单相异步交流电动机的结构

单相异步交流电动机由前端盖、后端盖、轴承、定子铁心、定子绕组、转子、起动元件



等部分组成，其结构如图 1-24 所示。

### 1. 前、后端盖

它是用铸铁、铝合金、薄铁板制作而成。为了保证安装精度，家用电器中电动机的前、后端盖大部分用薄铁板冲压成形。

### 2. 轴承

微型电动机中的轴承有两种类型：一种是滚珠轴承，另一种是含油轴承，它们有高强度、耐磨性好，尺寸精度高、稳定性好的优点。前者是用轴承钢加工而成，工艺复杂、成本高；后者是用粉末冶金构件加工而成，避免了很多机械加工上的麻烦，它有多孔，使用前在热油中浸润，使微小孔中充满润滑油，当轴与轴承高速运转、摩擦发热时，油自动渗出。

### 3. 定子铁心

它是用硅钢片按一定的形状冲压、叠压成圆柱形，圆柱内侧均匀分布有线槽。

### 4. 定子绕组

由两套线圈组成：一套是主绕组（运行绕组），一套是副绕组（起动绕组），两套绕组沿定子的内圆相间嵌放，并错开一定的空间角度。主、副绕组同槽嵌放时，则副绕组在上，主绕组在下。绕组之间的连线，应按定子绕组展开图接线。绕组嵌放一般有两种方式：一种是同心排列，如图 1-25 所示；另一种是等距排列。

### 5. 转子

单相异步交流电动机均采用笼型转子，其结构如图 1-26 所示，它包括转子铁心、转轴、笼型转子（转子绕组）3 部分。转子铁心与定子铁心材料相同，线槽形状和位置不同，在圆柱外侧。转子铁心与转轴是过盈配合。转子绕组是用铝锭熔化后，采用离心浇铸，形成笼型转子。由于单相异步交流电动机无起动转矩，所以不能自行起动。除了电动机装有起动绕组外，还需要借助电容器、起动继电器和离心开关完成起动任务。

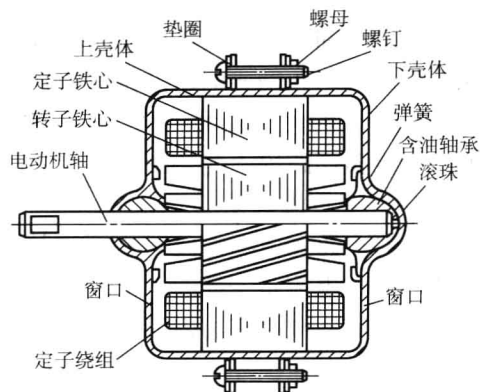


图 1-24 单相异步交流电动机的结构

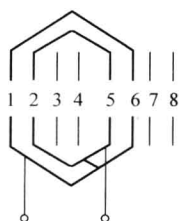


图 1-25 同心式绕组

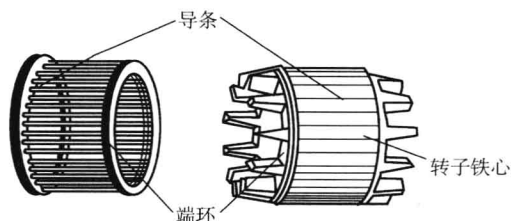


图 1-26 笼型转子的结构