



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电热电动器具 原理与维修 (第2版)

牛金生 主编

<http://www.phei.com.cn>

电子电器

应用与维修专业



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

本书配有电子教学参考资料包

中等职业教育国家规划教材(电子电器应用与维修专业)

电热电动器具原理与维修

(第2版)

牛金生 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据教育部2000年颁布的中等职业学校《电热电动器具原理与维修》教学大纲并结合我国中等职业教育的现状,在第1版的基础上编写而成。根据大纲的要求,教材设置了100学时左右的基础模块内容和20学时的选用模块内容,以满足教学的不同需要。本教材的主要内容为电热基础与器具(第1~5章)、电动基础与器具(第6~10章)和电热电动器具实验与实训(第11章)。该书是中等职业学校电子电器应用与维修专业的一门主干专业课教材,也可供电类其他专业选用,还可作为高等职业学校相应专业教材及家电维修专业技术人员的培训教材。

本书还配有电子教学参考资料包(内容包括:电子教案、教学指南及习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电热电动器具原理与维修/牛金生主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2005.2

中等职业教育国家规划教材·电子电器应用与维修专业

ISBN 7-121-00793-2

I. 电… II. 牛… III. ①日用电气器具—理论—专业学校—教材 ②日用电气器具—维修—专业学校—教材
IV. TM925.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第005642号

责任编辑:徐晓光

特约编辑:何虹

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:364千字

印 次:2005年12月第4次印刷

印 数:5000册 定价:18.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁发的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写的,并且经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均进行了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并且在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001年10月

前 言



随着社会经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,电子产品越来越广泛地应用于生产和生活之中。作为电子电器应用与维修专业的专业课,《电热电动器具原理与维修》具有其他课程无法替代的特殊作用,这主要在于它不仅介绍了较多的器具,同时又涉及到大量常用、基本的原理和技能,而这些对提高职业学校学生的应用能力和解决实际问题的能力是大有裨益的。

2002年1月根据教育部的要求我们编写了中等职业教育国家规划教材《电热电动器具原理与维修》,该教材使用两年多来,广大师生给予了较高的评价,同时也提出了一些问题,如教材内容较深,习题偏少,习题类型单一等,希望能对教材予以修订。为适应我国中等职业教育发展和对应用型人才培养的需要,我们对原教材进行了较大幅度的修改。根据目前中等职业教育培养对象的文化基础,本着够用为度的原则,我们重新编写了教材的原理部分,删除了一些繁杂的内容,使其更通俗易懂、形象生动。修订教材中增加了一些联系实际和具有趣味性的习题。与原教材相比,修订后的教材具有简化理论、强化实践、内容新颖、图文并茂的特色。

在修订过程中,我们得到了电子工业出版社和许多同行的帮助与支持,在此表示由衷的谢意。本教材由牛金生担任主编并编写了第1~5章,林春方编写了第6~10章,张仁霖编写了第11章。限于编者的水平,修订后的教材仍难免有不妥之处,敬请读者不吝指正。

为便于教师教学,我们为修订的教材配备了电子教学参考资料包(包括:电子教案、教学指南及习题答案),请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载或与电子工业出版社联系(E-mail: ve@phei.com.cn),我们将免费提供。

编者

2005年1月



目 录



第 1 章 电热基础	(1)
1.1 电热元件	(1)
1.1.1 电阻式电热元件	(1)
1.1.2 远红外电热元件	(4)
1.1.3 PTC 电热元件	(5)
1.2 控制元件	(6)
1.2.1 温度控制元件	(6)
1.2.2 时间控制元件	(8)
本章小结	(9)
习题 1	(9)
第 2 章 电热炊具	(10)
2.1 自动保温电饭锅	(10)
2.1.1 电饭锅的类型及规格	(10)
2.1.2 自动保温电饭锅的结构特点	(10)
2.1.3 自动保温电饭锅的工作原理	(12)
2.1.4 电饭锅的使用与维护	(13)
2.1.5 电饭锅常见故障及检修方法	(13)
2.2 其他类型的电饭锅	(15)
2.2.1 电子自动保温电饭锅	(15)
2.2.2 采用微电脑模糊控制技术电饭锅简介	(17)
2.3 电磁灶	(17)
2.3.1 电磁灶的类型和特点	(17)
2.3.2 工频电磁灶简介	(19)
2.3.3 高频电磁灶简介	(21)
2.3.4 电磁灶的使用与维护	(22)
2.3.5 电磁灶常见故障及检修方法	(22)
2.4 微波炉	(23)
2.4.1 微波炉加热原理及特点	(23)
2.4.2 微波炉的基本结构	(25)
2.4.3 微波炉的工作原理	(28)
2.4.4 微波炉的使用注意事项	(30)
2.4.5 微波炉常见故障及检修方法	(30)
* 2.4.6 微波炉技术的发展趋势	(33)
本章小结	(34)

习题 2	(35)
第 3 章 电热水器	(37)
3.1 电热开水瓶	(37)
3.1.1 电热开水瓶的基本结构	(37)
3.1.2 电热开水瓶的工作原理	(38)
3.1.3 电热开水瓶的使用注意事项	(39)
3.1.4 电热开水瓶常见故障及检修方法	(39)
3.2 电热饮水机	(41)
3.2.1 温热饮水机的基本结构	(41)
3.2.2 温热饮水机的工作原理	(41)
3.2.3 温热饮水机的常见故障及检修方法	(42)
3.3 电热淋浴器	(43)
3.3.1 贮水式电热淋浴器的基本结构	(44)
3.3.2 贮水式电热淋浴器的工作原理	(46)
3.3.3 贮水式电热淋浴器的使用注意事项	(46)
3.3.4 贮水式电热淋浴器的常见故障及检修方法	(47)
本章小结	(47)
习题 3	(48)
第 4 章 电热取暖器	(49)
4.1 石英管式取暖器	(49)
4.1.1 石英管式取暖器的基本结构	(49)
4.1.2 石英管式取暖器的工作原理	(50)
4.1.3 石英管式取暖器的常见故障及检修方法	(51)
4.2 暖风机	(52)
4.2.1 暖风机的基本结构	(52)
4.2.2 暖风机的工作原理	(52)
4.2.3 暖风机的常见故障及检修方法	(53)
4.3 电热油汀	(53)
4.3.1 电热油汀的基本结构	(53)
4.3.2 电热油汀的工作原理	(54)
4.3.3 电热油汀的常见故障及检修方法	(55)
4.4 电热褥	(55)
4.4.1 电热褥的基本结构	(55)
4.4.2 电热褥的工作原理	(56)
4.4.3 电热褥的常见故障及检修方法	(57)
本章小结	(58)
习题 4	(59)
第 5 章 电热清洁器具	(60)
5.1 电熨斗	(60)
5.1.1 调温型电熨斗	(60)
5.1.2 调温喷汽型电熨斗	(61)

5.1.3	调温喷汽喷雾型电熨斗	(61)
5.1.4	离子型电熨斗	(62)
5.1.5	电熨斗的常见故障及检修方法	(62)
5.2	洗碗机	(64)
5.2.1	全自动洗碗机的基本结构	(64)
5.2.2	全自动洗碗机的工作原理	(65)
5.2.3	全自动洗碗机的常见故障及检修方法	(65)
5.3	电子消毒柜	(67)
5.3.1	高温型电子消毒柜	(67)
5.3.2	低温型电子消毒柜	(69)
5.3.3	双功能型电子消毒柜	(70)
5.3.4	电子消毒柜的常见故障及检修方法	(71)
	本章小结	(73)
	习题 5	(74)
第 6 章	电动基础	(75)
6.1	常用电动机的类型及结构	(75)
6.1.1	单相异步电动机	(75)
6.1.2	单相串激式电动机	(77)
6.1.3	永磁式直流电动机	(78)
6.2	控制电路中常用元器件	(79)
6.2.1	电阻器	(79)
6.2.2	电容器	(79)
6.2.3	半导体二极管	(79)
6.2.4	半导体三极管	(80)
6.2.5	晶闸管	(80)
6.2.6	双向触发二极管	(81)
6.2.7	三端集成稳压器	(81)
6.2.8	电磁继电器	(82)
	本章小结	(83)
	习题 6	(83)
第 7 章	电风扇	(84)
7.1	概述	(84)
7.1.1	电风扇的类型	(84)
7.1.2	电风扇的规格和型号	(84)
7.1.3	电风扇的主要技术指标	(85)
7.2	台扇的结构与工作原理	(87)
7.2.1	扇叶	(87)
7.2.2	网罩	(88)
7.2.3	扇头	(88)
7.2.4	底座及控制开关	(90)
7.3	电风扇电路分析	(94)

7.3.1	电抗器调速电路	(94)
7.3.2	抽头调速的电路图和接线图	(95)
7.3.3	模拟自然风电路	(95)
7.4	电风扇的使用与保养	(96)
7.4.1	电风扇的使用注意事项	(96)
7.4.2	电风扇的保养	(96)
7.5	电风扇常见故障的检修	(97)
7.5.1	检修的基本步骤	(97)
7.5.2	电风扇常见故障及检修方法	(98)
7.6	吊扇、转页扇、排气扇	(99)
7.6.1	吊扇	(99)
7.6.2	转页扇	(102)
7.6.3	排气扇	(105)
	本章小结	(106)
	习题7	(107)
第8章	电动清洁器具	(108)
8.1	洗衣机概述	(108)
8.1.1	洗衣机类型	(108)
8.1.2	洗衣机的型号与规格	(109)
8.1.3	洗衣机的主要技术指标	(109)
8.1.4	洗衣机的洗涤原理	(110)
8.2	普通波轮式洗衣机	(111)
8.2.1	普通双桶波轮式洗衣机结构与工作原理	(111)
8.2.2	普通双桶波轮式洗衣机典型电路分析	(117)
8.2.3	普通双桶波轮式洗衣机的常见故障及检修方法	(118)
8.3	波轮式全自动洗衣机	(121)
8.3.1	波轮式全自动洗衣机的结构与工作原理	(121)
8.3.2	波轮式全自动洗衣机的电气原理	(132)
8.3.3	洗衣机的使用与维护	(136)
8.3.4	波轮式全自动洗衣机的常见故障及检修方法	(138)
8.4	滚筒式全自动洗衣机	(140)
8.4.1	滚筒式洗衣机的类型及特点	(140)
8.4.2	滚筒式全自动洗衣机的洗涤原理	(140)
8.4.3	滚筒式全自动洗衣机的基本结构	(140)
8.4.4	滚筒式全自动洗衣机电路的控制原理	(143)
8.4.5	滚筒式全自动洗衣机的常见故障及检修方法	(145)
8.5	洗衣机中的新技术简介	(145)
8.6	吸尘器	(147)
8.6.1	吸尘器概述	(147)
8.6.2	吸尘器的结构与工作原理	(149)
8.6.3	吸尘器的控制电路	(150)

8.6.4 吸尘器的使用与维修	(153)
本章小结	(154)
习题 8	(155)
第 9 章 厨房用电动器具	(157)
9.1 抽油烟机	(157)
9.1.1 抽油烟机的基本结构	(157)
9.1.2 抽油烟机的工作原理	(158)
9.1.3 抽油烟机的安装与常见故障及检修方法	(160)
9.2 多功能食品加工机	(161)
9.2.1 家用台式多功能食品加工机	(161)
9.2.2 家用座式多功能食品加工机	(162)
9.2.3 多功能食品加工机的使用与检修	(163)
9.3 全自动豆浆机	(164)
9.3.1 全自动豆浆机的基本结构	(165)
9.3.2 全自动豆浆机的工作原理	(165)
9.3.3 全自动豆浆机的常见故障及检修方法	(167)
本章小结	(167)
习题 9	(167)
第 10 章 美容保健用电动器具	(169)
10.1 电吹风	(169)
10.1.1 电吹风的基本结构	(169)
10.1.2 电吹风的工作原理	(170)
10.1.3 电吹风的常见故障及检修方法	(170)
10.2 电动剃须刀	(172)
10.2.1 电动剃须刀的基本结构	(172)
10.2.2 电动剃须刀的工作原理	(173)
10.2.3 电动剃须刀的常见故障及检修方法	(174)
10.3 电动按摩器	(174)
10.3.1 电动按摩器的基本结构与工作原理	(174)
10.3.2 电动按摩器的常见故障及检修方法	(176)
本章小结	(176)
习题 10	(177)
第 11 章 电热电动器具实验与实训	(178)
11.1 常用仪表与工具的使用	(178)
11.1.1 万用表的使用	(178)
11.1.2 兆欧表的使用	(181)
11.1.3 常用和专用维修工具	(183)
11.2 自动保温电饭锅的拆装及检修	(183)
11.3 电磁灶的拆装及检修	(185)
11.4 微波炉的拆装及检测	(186)
11.5 电热饮水机的拆装及检修	(188)

11.6	电热取暖器的拆装及检修	(190)
11.7	调温喷汽型电熨斗的拆装及检修	(192)
11.8	电风扇的拆装	(193)
11.9	电风扇电路的连接及检测	(195)
11.10	普通型双桶洗衣机的拆装及检测	(197)
11.11	全自动套桶洗衣机的拆装	(202)
11.12	吸尘器的拆装及检修	(208)
11.13	抽油烟机的拆装及检修	(210)
11.14	美容保健用电动器具的拆装	(212)
参考文献		(214)

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。

1. 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/ $^{\circ}\text{C}$	电阻率/ $\Omega/\text{mm}^2/\text{m}$	常用温度/ $^{\circ}\text{C}$	主要用途
镍铬合金丝	Cr20Ni80 奥氏体组织,基本无磁性,加工性能好,高温强度较好,不变脆	1400	1100	1000~1050	电炉,可用于有振动或移动の場合
	Cr15Ni60 基本同上	1390	1000	900~950	电炉、电热器



续表

牌 号	特 性	熔点/℃	最高使用温度/℃	常用温度/℃	主要用途
铁铬铝合金丝	0Cr25Al5 铁素体组织,有磁性,抗氧化性好,价格低,但加工性能差,高温强度低,久用变脆	1500	1200	1050~1150	电炉,适用于固定的场合
	1Cr13Al4 基本同上	1450	1100	800~850	同上

(1) 脆性和高温强度。镍铬合金电热丝韧性好,因而易于加工,只要没有发生过热状态,虽经高温使用,它仍能保持较好的韧性。铁铬铝合金电热丝经高温使用冷却后变得较脆,且高温使用时间越长,冷却后越脆。因此,对于长期高温使用后的铁铬铝合金电热丝,在冷却后不能拉伸或折弯,只有在加热状态下方可拉直或弯曲。

一般来说,电热丝在高温状态下强度都会下降,其中铁铬铝合金丝强度的下降更为明显。因此,在设计和修理此类电热材料制成的器具时必须考虑安装和支撑的合理性,以避免在高温下发生变形、倒塌、短路等现象。

(2) 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 (瓦每厘米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 1.2 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 1.2 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/℃	表面负载/(W/cm^2)
不流动空气	日电炉	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

2. 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 $4\sim 8\text{ W/cm}^2$,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,其中图 1.1(a)多用于电灶中,而图 1.1(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;缺点是欲加热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 $5\sim 8\text{ W/cm}^2$ 。

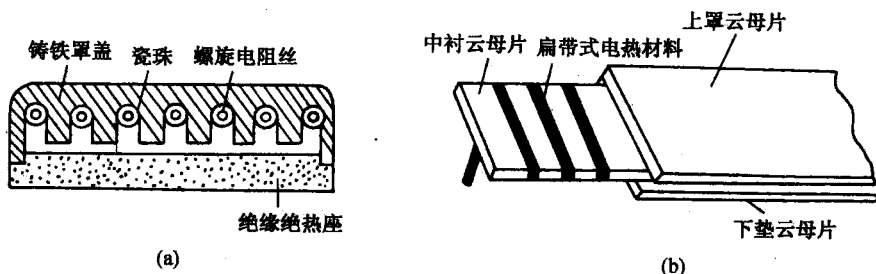


图 1.1 常见的罩盖式电热元件

(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 1.3 所列。

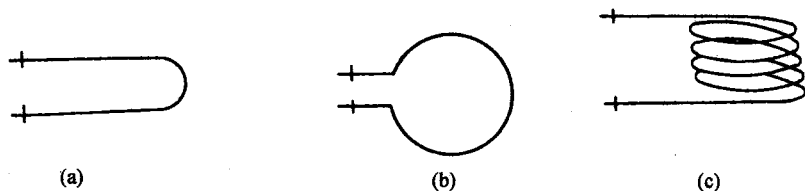


图 1.2 常见的管状电热元件

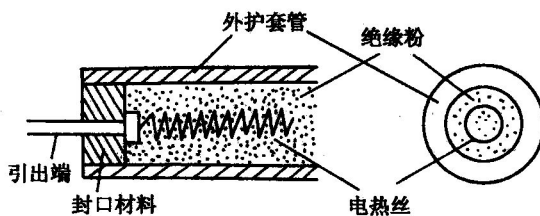


图 1.3 管状电热元件结构示意图

表 1.3 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/℃	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板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 $2.5\sim 15\mu\text{m}$ 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 $12\sim 18\text{mm}$ 的石英管内装置螺旋合金电热丝制成的,由于石英不导电,因此管内无须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 $0.03\sim$



0.05mm 的小气泡,其密度可达(2000~8000)个每平方厘米,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。

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。

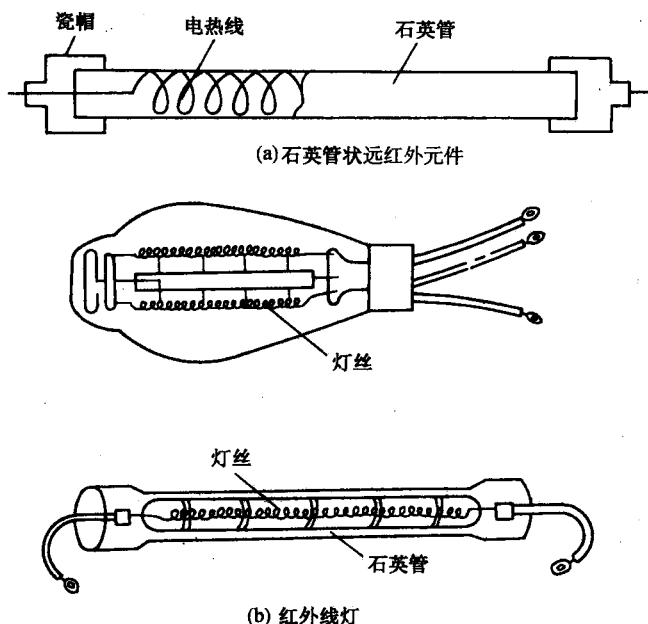


图 1.4 远红外电热元件结构图

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。它是以钛酸钡(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。

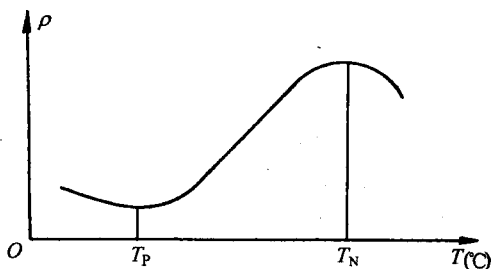


图 1.5 PTC 电热元件的温度特性



可见,PTC 电热元件具有温度自限能力。

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 $(100\sim 500)^{\circ}\text{C}$ 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及发热量进行调节、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。

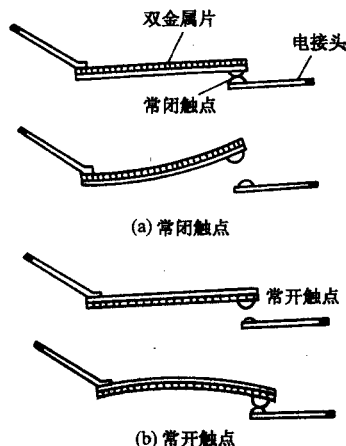


图 1.6 双金属片的结构图

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。

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 3 种。直接加热

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

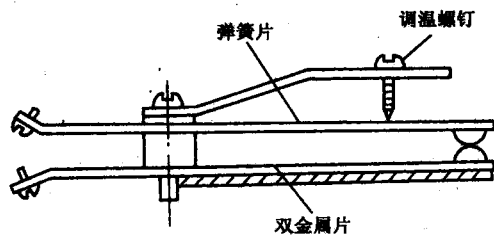


图 1.7 双金属片温控器示意图