



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



(电子电器应用与维修专业)

# 电热电动器具原理与维修

## (第3版)

主编 林春方

参编 张仁霖 牛金生



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

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3版）

主编 林春方

参编 张仁霖 牛金生

電子工業出版社

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 2 版的基础上编写而成。

本书将电热电动技术基础与实用的电热电动器具等内容相互贯通,对传统内容进行了压缩,以电热电动器具拆装和主要器件的检测为主线,着重介绍了新工艺、新技术的应用以及新产品的性能特点,以适应培养具有创新精神和较强实践动手能力的高素质技能型人才的需要。主要内容有:电热基础知识、电动基础知识、常用电子元器件和维修工具、电热炊具、电热水器、电热取暖器、电热清洁器具、电风扇、电动清洁器具、厨房用电动器具和美容保健用电动器具等。

本书内容新颖,深入浅出,通俗易懂。本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。

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 / 林春方主编. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2011.8

中等职业教育国家规划教材. 电子电器应用与维修专业

ISBN 978-7-121-14304-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 159508 号

策划编辑: 杨宏利 yhl@phei.com.cn

责任编辑: 杨宏利 特约编辑: 赵红梅

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14.25 字数: 364.8 千字

印 次: 2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 26.60 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

## 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布的德育课程、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编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。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做了一些新的尝试。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

# 前 言



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》,并于 2005 年 1 月进行了修订,出版了第 2 版。该教材使用多年来,广大师生给予了较高的评价,同时也提了一些有益的建议,希望能对教材再次予以修订。为适应我国中等职业教育发展和对高素质技能型人才培养的需要,我们对原教材进行了较大幅度的修改。我们编写的思路是:首先介绍器具结构,进行拆装,其次分析其工作原理,最后进行故障检修,在教学中满足“做中学、做中教”的需要。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。除此之外,本书在编写中还体现了以下特点:

(1) 本书体现了以能力为本位,培养创业、创新精神人才的职业教育的特点。各学校可根据专业需要,增添或加重某些内容。如电动知识结构中的洗衣机,侧重普通波轮式、波轮式全自动和滚筒式全自动洗衣机,可选用搅拌式、智能型模糊控制洗衣机等内容。

(2) 本书以定性分析为主。凡是可以以文字与图表阐述清楚的问题决不做数学上的定量分析。但对每种器具的结构组成、工作原理等内容,则做了较详细的介绍。书中加强了器具拆装、器件检测、典型故障分析与检修等技能训练内容。

(3) 注重引入新知识、新产品、新技术、新工艺,教材按照器具的普通控制型→电子控制型→微电脑控制型→智能模糊控制型等器具功能控制发展历程进行编写。介绍了智能型模糊控制电饭锅、新型微波炉等新潮产品和技术。对微电脑及其他复杂控制系统,注重外部特性和功能,内部采用方框流程图介绍工作原理,使之通俗易懂,易于接受。

本书由上海电子信息职业技术学院林春方任主编,负责全书的统稿工作,并编写第 8~11 章;安徽电子信息职业技术学院牛金生、张仁霖编写了第 1~7 章。在修订过程中,得到了电子工业出版社和许多同行的帮助与支持,在此表示由衷的感谢。

限于编者的水平,修订后的教材难免有不妥之处,敬请读者不吝指正。

编 者

2011 年 7 月





## 第 1 篇 电热电动基础

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第 1 章 电热基础知识 .....       | (2)  |
| 1.1 电能与热能转换关系 .....      | (2)  |
| 1.2 电热元件 .....           | (2)  |
| 1.2.1 电阻式电热元件 .....      | (2)  |
| 1.2.2 远红外电热元件 .....      | (5)  |
| 1.2.3 PTC 电热元件 .....     | (7)  |
| 1.3 控制元件 .....           | (7)  |
| 1.3.1 温度控制元件 .....       | (8)  |
| 1.3.2 时间控制元件 .....       | (10) |
| 小结 .....                 | (11) |
| 思考与练习题 .....             | (12) |
| 第 2 章 电动基础知识 .....       | (13) |
| 2.1 电动控制电路结构 .....       | (13) |
| 2.1.1 单负载电路 .....        | (13) |
| 2.1.2 双负载电路 .....        | (14) |
| 2.1.3 微型计算机控制电路 .....    | (14) |
| 2.2 常用电动机的类型及结构 .....    | (14) |
| 2.2.1 单相异步电动机 .....      | (14) |
| 2.2.2 单相串激式电动机 .....     | (17) |
| 2.2.3 永磁式直流电动机 .....     | (17) |
| 小结 .....                 | (18) |
| 思考与练习题 .....             | (18) |
| 第 3 章 常用电子元器件及维修工具 ..... | (19) |
| 3.1 控制电路中常用电子元器件 .....   | (19) |
| 3.1.1 电阻器 .....          | (19) |
| 3.1.2 电容器 .....          | (19) |
| 3.1.3 半导体二极管 .....       | (20) |
| 3.1.4 半导体三极管 .....       | (20) |
| 3.1.5 晶闸管 .....          | (20) |
| 3.1.6 双向触发二极管 .....      | (22) |
| 3.1.7 三端集成稳压器 .....      | (22) |
| 3.1.8 电磁继电器 .....        | (22) |
| 3.2 常用工具的使用 .....        | (23) |
| 3.3 测量仪表 .....           | (28) |

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 3.3.1 指针式万用表的使用 ..... | (28) |
| 3.3.2 数字式万用表的使用 ..... | (32) |
| 3.3.3 兆欧表的使用 .....    | (33) |
| 3.4 常用维修方法 .....      | (35) |
| 小结 .....              | (37) |
| 思考与练习题 .....          | (37) |

## 第2篇 电热器具部分

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 第4章 电热炊具 .....                   | (40) |
| 4.1 微波炉 .....                    | (40) |
| 4.1.1 微波炉类型与结构 .....             | (41) |
| 4.1.2 普通型微波炉的拆装及主要零部件的检测 .....   | (45) |
| 4.1.3 普通型微波炉的工作原理 .....          | (48) |
| 4.1.4 微型计算机型控制微波炉简介 .....        | (49) |
| 4.1.5 微波炉的使用与保养 .....            | (51) |
| 4.1.6 微波炉常见故障及检修方法 .....         | (53) |
| 4.2 电饭锅 .....                    | (56) |
| 4.2.1 电饭锅的类型与结构 .....            | (56) |
| 4.2.2 自动保温式电饭锅的拆装及主要零部件的检测 ..... | (58) |
| 4.2.3 自动保温电饭锅的工作原理 .....         | (59) |
| 4.2.4 电子自动保温电饭锅简介 .....          | (60) |
| 4.2.5 智能型模糊控制电饭锅简介 .....         | (61) |
| 4.2.6 电饭锅的使用与保养 .....            | (63) |
| 4.2.7 自动保温电饭锅常见故障分析及检修方法 .....   | (64) |
| 4.3 电磁灶 .....                    | (66) |
| 4.3.1 电磁灶的类型与结构 .....            | (66) |
| 4.3.2 高频电磁灶的拆装及主要零部件的检测 .....    | (68) |
| 4.3.3 工频电磁灶的简介 .....             | (69) |
| 4.3.4 电磁灶的使用与维护 .....            | (70) |
| 4.3.5 高频电磁灶常见故障分析及维修方法 .....     | (70) |
| 小结 .....                         | (72) |
| 思考与练习题 .....                     | (72) |
| 第5章 电热水器 .....                   | (74) |
| 5.1 电热淋浴器 .....                  | (74) |
| 5.1.1 电热淋浴器的类型与基本结构 .....        | (74) |
| 5.1.2 电热淋浴器的拆装及主要零部件的检测 .....    | (75) |
| 5.1.3 电热淋浴器的工作原理 .....           | (75) |
| 5.1.4 电热淋浴器的安全使用 .....           | (76) |
| 5.1.5 电热淋浴器的常见故障分析与维修方法 .....    | (76) |
| 5.2 储水式电热饮水机 .....               | (77) |

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 5.2.1 | 电热饮水机的基本结构          | (77)  |
| 5.2.2 | 电热饮水机的拆装            | (78)  |
| 5.2.3 | 电热饮水机的工作原理          | (78)  |
| 5.2.4 | 电热饮水机的常见故障分析与维修方法   | (79)  |
| 5.3   | 储水式电热开水瓶            | (80)  |
| 5.3.1 | 电热开水瓶的基本结构          | (80)  |
| 5.3.2 | 电热开水瓶的工作原理          | (81)  |
| 5.3.3 | 电热开水瓶使用注意事项         | (82)  |
| 5.3.4 | 电热开水瓶常见故障分析与维修方法    | (82)  |
|       | 小结                  | (84)  |
|       | 思考与练习题              | (84)  |
| 第6章   | 电热取暖器               | (86)  |
| 6.1   | 石英管式取暖器             | (86)  |
| 6.1.1 | 石英管式取暖器的分类与基本结构     | (86)  |
| 6.1.2 | 石英电暖器的拆装及主要零部件的检测   | (87)  |
| 6.1.3 | 石英管式取暖器的工作原理        | (88)  |
| 6.1.4 | 石英管式取暖器的常见故障分析与维修方法 | (89)  |
| 6.2   | 电热油汀                | (90)  |
| 6.2.1 | 电热油汀的基本结构           | (90)  |
| 6.2.2 | 电热油汀的工作原理           | (91)  |
| 6.2.3 | 电热油汀的常见故障及维修方法      | (91)  |
| 6.3   | 暖风机                 | (92)  |
| 6.3.1 | 暖风机的分类与结构           | (92)  |
| 6.3.2 | 暖风机的拆装              | (92)  |
| 6.3.3 | 暖风机的工作原理            | (93)  |
| 6.3.4 | 暖风机的常见故障及维修方法       | (93)  |
| 6.4   | 电热褥                 | (94)  |
| 6.4.1 | 电热褥的分类与基本结构         | (94)  |
| 6.4.2 | 电热褥的检测              | (95)  |
| 6.4.3 | 电热褥的工作原理            | (95)  |
| 6.4.4 | 电热褥的常见故障及维修方法       | (96)  |
|       | 小结                  | (97)  |
|       | 思考与练习题              | (98)  |
| 第7章   | 电热清洁器具              | (99)  |
| 7.1   | 电熨斗                 | (99)  |
| 7.1.1 | 电熨斗的分类              | (99)  |
| 7.1.2 | 电熨斗的结构及工作原理         | (99)  |
| 7.1.3 | 电熨斗的拆装及主要零部件的检测     | (101) |
| 7.1.4 | 电熨斗的常见故障分析与维修方法     | (102) |
| 7.2   | 洗碗机                 | (103) |

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| 7.2.1 | 洗碗机的基本结构         | (103) |
| 7.2.2 | 洗碗机的拆装           | (104) |
| 7.2.3 | 洗碗机的工作原理及控制电路    | (105) |
| 7.2.4 | 洗碗机的常见故障及维修方法    | (106) |
| 7.3   | 电子消毒柜            | (107) |
| 7.3.1 | 电子消毒柜的分类         | (108) |
| 7.3.2 | 高温型电子消毒柜的结构及工作原理 | (108) |
| 7.3.3 | 低温型电子消毒柜的结构及工作原理 | (110) |
| 7.3.4 | 双功能型电子消毒柜        | (111) |
| 7.3.5 | 电子消毒柜的常见故障及维修方法  | (112) |
|       | 小结               | (114) |
|       | 思考与练习题           | (114) |

### 第3篇 电动器具部分

|       |                   |       |
|-------|-------------------|-------|
| 第8章   | 电风扇               | (116) |
| 8.1   | 概述                | (116) |
| 8.1.1 | 电风扇的分类、规格和性能      | (116) |
| 8.1.2 | 电风扇的结构与原理         | (119) |
| 8.2   | 电风扇的拆装及主要零部件的检测   | (128) |
| 8.2.1 | 台扇的拆装和检测          | (128) |
| 8.2.2 | 吊扇的拆装和装配          | (132) |
| 8.3   | 电风扇的调速方法及控制电路分析   | (133) |
| 8.3.1 | 电抗器调速电路           | (133) |
| 8.3.2 | 抽头调速的电路图和接线图      | (134) |
| 8.3.3 | 模拟自然风电路           | (135) |
| 8.3.4 | 其他电风扇控制原理         | (135) |
| 8.4   | 电风扇的使用注意事项与保养     | (137) |
| 8.4.1 | 电风扇的使用注意事项        | (137) |
| 8.4.2 | 电风扇的保养            | (137) |
| 8.4.3 | 吊扇的安装             | (137) |
| 8.5   | 电风扇常见故障分析与维修方法    | (138) |
| 8.5.1 | 检修的基本步骤           | (138) |
| 8.5.2 | 电风扇常见故障分析与维修方法    | (139) |
|       | 小结                | (142) |
|       | 思考与练习题            | (142) |
| 第9章   | 电动清洁器具            | (144) |
| 9.1   | 洗衣机               | (144) |
| 9.1.1 | 洗衣机概述             | (144) |
| 9.1.2 | 普通波轮式双桶洗衣机结构与工作原理 | (147) |
| 9.1.3 | 波轮式全自动洗衣机的结构与工作原理 | (153) |

|        |                          |       |
|--------|--------------------------|-------|
| 9.1.4  | 滚筒式全自动洗衣机的基本结构           | (163) |
| 9.1.5  | 洗衣机的拆装                   | (165) |
| 9.1.6  | 洗衣机的洗涤原理                 | (169) |
| 9.1.7  | 洗衣机的使用与维护                | (177) |
| 9.1.8  | 洗衣机常见故障分析与维修方法           | (178) |
| 9.2    | 吸尘器                      | (182) |
| 9.2.1  | 吸尘器概述                    | (182) |
| 9.2.2  | 吸尘器的基本结构                 | (184) |
| 9.2.3  | 吸尘器的拆装及主要零部件的检测          | (186) |
| 9.2.4  | 吸尘器工作原理及控制电路             | (187) |
| 9.2.5  | 吸尘器的使用与维护方法              | (190) |
| 9.2.6  | 吸尘器常见故障分析与维修方法           | (190) |
|        | 小结                       | (191) |
|        | 思考与练习题                   | (191) |
| 第 10 章 | 厨房用电动器具                  | (194) |
| 10.1   | 抽油烟机                     | (194) |
| 10.1.1 | 抽油烟机的类型与特点               | (194) |
| 10.1.2 | 抽油烟机的基本结构                | (194) |
| 10.1.3 | 抽油烟机的拆装及主要零部件的检测         | (195) |
| 10.1.4 | 抽油烟机的工作原理                | (196) |
| 10.1.5 | 抽油烟机的安装、常见故障的分析与维修方法     | (198) |
| 10.2   | 多功能食品加工机                 | (199) |
| 10.2.1 | 多功能食品加工机的分类              | (200) |
| 10.2.2 | 多功能食品加工机的结构              | (200) |
| 10.2.3 | 多功能食品加工机的拆装及主要零部件的检测     | (201) |
| 10.2.4 | 多功能食品加工机的工作原理            | (202) |
| 10.2.5 | 多功能食品加工机的使用、常见故障的分析与维修方法 | (203) |
| 10.3   | 全自动豆浆机                   | (204) |
| 10.3.1 | 全自动豆浆机的基本结构              | (204) |
| 10.3.2 | 全自动豆浆机的工作原理              | (205) |
| 10.3.3 | 全自动豆浆机常见故障分析与维修方法        | (206) |
|        | 小结                       | (207) |
|        | 思考与练习题                   | (207) |
| 第 11 章 | 美容保健用电动器具                | (208) |
| 11.1   | 电动剃须刀                    | (208) |
| 11.1.1 | 电动剃须刀的类型                 | (208) |
| 11.1.2 | 电动剃须刀的基本结构               | (208) |
| 11.1.3 | 电动剃须刀的工作原理               | (209) |
| 11.1.4 | 电动剃须刀常见故障分析与维修方法         | (209) |
| 11.2   | 电吹风                      | (210) |

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| 11.2.1 | 电吹风的类型和基本结构 .....      | (210) |
| 11.2.2 | 电吹风的拆装及主要零部件的检测 .....  | (211) |
| 11.2.3 | 电吹风的工作原理 .....         | (212) |
| 11.2.4 | 电吹风常见故障分析与维修方法 .....   | (213) |
| 11.3   | 电动按摩器 .....            | (214) |
| 11.3.1 | 按摩器的分类 .....           | (214) |
| 11.3.2 | 按摩器的基本结构与工作原理 .....    | (214) |
| 11.3.3 | 电动按摩器常见故障分析与维修方法 ..... | (215) |
| 小结     | .....                  | (216) |
| 思考与练习题 | .....                  | (216) |
| 参考文献   | .....                  | (217) |

# 第 1 篇

## 电热电动基础

# 第 1 章 电热基础知识



随着人们生活水平的日益提高,具有清洁卫生、没有污染、易于调温、利于自控、热效率高、节约能源、传输快捷、使用方便等优点的电热器具,得到了迅速的普及应用,电热器具已广泛应用于现代家庭之中,并且正朝着设计美观、坚固耐用、自动温控及全计算机控制方向发展。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 电能与热能转换关系

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( $Q$ )跟电流强度的平方( $I^2$ )、导体的电阻( $R$ )以及通电的时间( $t$ )成正比。用公式表示就是:

$$Q=KI^2Rt$$

式中的  $K$  是比例恒量,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、时间用秒做单位时, $K=0.24$  卡/焦耳。于是上式可以写成:

$$Q=0.24I^2Rt$$

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。

## 1.2 电热元件

在电热器具中,各类电热器件主要功能是将电能转换为热能。电热器件是由电热材料与绝缘导热材料组合而成既能通电发热,又能满足特定用途的独立零部件。

家用电器中,常用的电热元件有电阻式电热元件、远红外电热元件和 PTC 电热元件。

### 1.2.1 电阻式电热元件

#### 1. 电阻式电热元件的分类

电阻式电热元件品种繁多,规格复杂。

- (1) 按形状可分为:螺旋形和扁带形;
- (2) 按封装形式可分为:开启式、罩盖式和封闭式;
- (3) 按材料性质可分为:金属材料和非金属材料等。



2. 合金电热丝的特性

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，它们的性能参数如表 1-1 所示。了解和掌握合金材料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

| 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 | 奥氏体组织，基本无磁性，加工性能好，高温强度较好，不变脆          | 1 400℃ | 1 100℃ | 10~1 050℃    | 电炉，可用于有振动或移动的场所 |
|        | Cr15Ni60 | 基本同上                                  | 1 390℃ | 1 000℃ | 900~950℃     | 电炉、电热器          |
| 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 | 1 500℃ | 1 200℃ | 1 050~1 150℃ | 电炉，适用于固定        |
|        | 1Cr13Al4 | 基本同上                                  | 1 450℃ | 1 100℃ | 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/平方厘米）。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。

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             |



续表

| 加热介质 | 器具名称 | 结构形式      | 工作温度(℃) | 表面负载(W/cm <sup>2</sup> ) |
|------|------|-----------|---------|--------------------------|
| 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                    |

由表 1-2 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。

### 3. 常用的几种电阻式电热元件封装形式

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。品种很多,规格复杂。

#### 1) 开启式电热元件

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,寿命较短等。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  $4\sim 8\text{W}/\text{cm}^2$ ,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  $5\sim 8\text{W}/\text{cm}^2$ 。



图 1-1 罩盖式电热元件

#### 3) 封闭式电热元件

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其结构简单、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 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，经验值如表 1-3 所示。

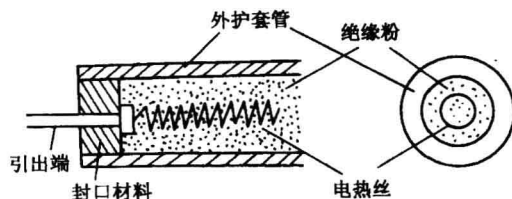


图 1-2 管状电热元件的结构示意图

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<br>(千瓦、22V) | 套管表面负载<br>( $W/cm^2$ ) |
|------|------|--------|------|------------------|------------------------|
| 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    |      | 10#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。

#### 4) 电热板

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。

#### 5) 绳状电热元件

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。

#### 6) 薄膜型电热元件

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。

### 1.2.2 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  $2.5\sim 15\mu m$  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。



## 1. 远红外辐射电热元件的分类

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。

## 2. 管状远红外辐射电热元件

管状远红外电热元件主要有金属管状远红外元件和石英管状远红外元件两种,如图 1-3 所示。

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 1-3 (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/cm<sup>2</sup>,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 4~6W/cm<sup>2</sup>。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。

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 1-3 (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。

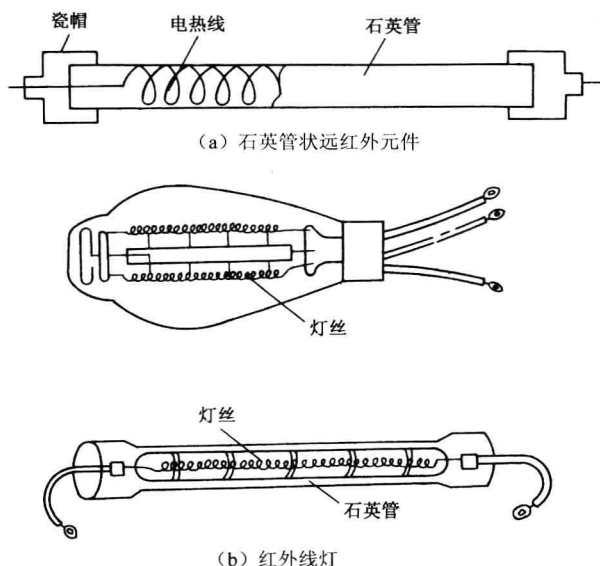


图 1-3 管状远红外电热元件结构示意图