

职业技能鉴定培训教材

# 初级家用 电热器具与电动器具 维修工

家电类职业技能鉴定培训教材编委会 组编  
山东省家用电器职业技能鉴定所

CHUJIJIAYONG

DIANREQIJU YU DIANDONGQIJU

WEIXIUGONG



机械工业出版社  
China Machine Press

PDG

职业技能鉴定培训教材

# 初级家用电热器具与 电动器具维修工

家电类职业技能鉴定培训教材编委会  
山东省家用电器职业技能鉴定所 组编

李佩禹 主编

姜宝港 谭佃文 曹忠凯 陈守林 编



机械工业出版社

本书为职业技能鉴定培训教材之一,根据“国家职业技能鉴定规范”的要求编写。

本书全面介绍了电工与电子学基础、常用仪表与工具的使用,电饭锅、电热热水器、电暖器、电熨斗等家用电热器具和普通电风扇、普通洗衣机、吸尘器等电动器具的原理与维修。把理论知识和操作技能融为一体,内容系统、全面,实用性强。

本书对参加鉴定的人员具有很强的针对性,也可作为职业学校培训教材,书后附有“职业技能鉴定国家题库统一试卷”样题。

#### 图书在版编目(CIP)数据

初级家用电热器具与电动器具维修工/李佩禹主编.

—北京:机械工业出版社,2001.5

ISBN 7-111-08914-6

I. 初… I. 李… II. 日用电气器具-维修

IV. TM925.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第021935号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:牛新国 舒莹 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新

封面设计:方芬 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年7月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·14.75印张·362千字

0 001—4 000册

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

## 家电类职业技能鉴定培训教材编委会

### 顾 问:

- 李 奇 机械工业出版社 副社长  
刘金良 国家轻工业局人才培训中心 常务副主任  
程广辉 山东省第二轻工总会 副会长  
徐本高 山东省家用电器行业协会 理事长

### 主 任:

- 李佩禹 山东省家用电器职业技能鉴定所 所长  
范兴国 机械工业出版社电工电子编辑室 主任  
宋术山 海尔集团顾客服务事业部 部长

### 副主任:

- 姜亚彬 海尔集团冰箱顾客服务事业部 部长  
王海东 小鸭集团销售公司人力资源中心 主任  
苗 滨 山东省商业职业技术学院工程系 主任

### 委 员:

- 陈国华 机械工业出版社 编审  
姜宝港 山东省商业职业技术学院 高级讲师  
于晓平 济南教育学院 副教授  
尹选模 山东省商业职业技术学院 高级讲师  
许 华 山东省家用电器职业技能鉴定所 工程师  
刘 伟 海尔集团顾客服务事业部技术部 工程师  
陶登涛 小鸭集团人力资源培训中心 工程师  
邢振禧 山东省商业职业技术学院 高级讲师  
齐运州 山东济南百大集团公司 工程师  
张新芝 山东省商业职业技术学院 高级讲师  
周兴前 山东大禹学院 讲师  
胡玉叶 山东省淄博商业学校 高级讲师

# 序 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定：国家对规定的职业制定职业技能标准、实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能鉴定。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施，进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。

目前，国家公布了实行就业准入的90个工种目录，其中家用电器产品维修工（包括制冷设备维修工、家用电热器具与电动器具维修工）和家用电子产品维修工（包括家用视频设备维修工、家用音频设备维修工）为实行就业准入的范围。

国家劳动和社会保障部2000年第6号令明确规定：技工学校、职业（技术）学校、就业训练中心及各类职业培训机构的毕（结）业生，必须取得相应职业资格证书后，才能到技术工种岗位就业；对从事技术工种的学徒，用人单位应按照《中华人民共和国工种分类目录》所规定的学徒期进行培训；对转岗从事技术工种的劳动者，用人单位应按照国家职业（技能）标准的要求进行培训，达到相应职业技能要求后再上岗。

实施职业技能鉴定，教材建设是重要的一环。为适应职业技能鉴定的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，根据“国家职业技能鉴定规范”的要求，参照目前职业技能考核鉴定办法和考核鉴定内容，我们组织家用电器维修专业相关工种的专家和考评员编写这套职业技能鉴定培训教材。考虑到教材的实用性和针对性，邀请名牌家电生产企业参加编写。

这套培训教材，以“国家职业技能鉴定规范”为依据，编写内容限定在工种考核鉴定范围内。考虑到“国家职业技能鉴定规范”要不断修改，工种考核内容的不断更新，这套培训教材对本工种的新技术、新产品也进行较为详细介绍。

家电类职业技能鉴定教材共包括以下9种：

1. 初级制冷设备维修工
2. 中级制冷设备维修工
3. 高级制冷设备维修工
4. 初级家用电热器具与电动器具维修工
5. 中级家用电热器具与电动器具维修工
6. 高级家用电热器具与电动器具维修工
7. 初级家用电子产品维修工（含视频设备维修工，音频设备维修工）
8. 中级家用电子产品维修工（含视频设备维修工，音频设备维修工）
9. 高级家用电子产品维修工（含视频设备维修工，音频设备维修工）

为便于各职业学校和培训单位组织教学，同时照顾到申请参加职业技能鉴定人员自学和复习使用。本套培训教材对每一工种分别按初、中、高三个等级编写，独立成册，具有很强的实用性和针对性。

参加这套培训教材编写工作的单位有：青岛海尔集团、山东小鸭集团、青岛澳柯玛集团、山东商业职业技术学院、淄博商业学校、山东省电子学校、临沂工业学校、滨州经济学校、潍坊贸易学校、潍坊经济学校、淄博工业学校、山东大禹学院、聊城建设学校、山东省公安学校、济南教育学院、德州财贸经济学校、济南铁路机械学校等。

为便于读者应考，在书后附有近期使用过的国家题库统一鉴定试卷，为读者应考提供复习参考。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

家电类职业技能鉴定教材编委会

2000年6月

# 前 言

根据国家劳动和社会保障部规定,“家用电热器具与电动器具维修工”为实行就业准入的工种。为了满足广大参加职业技能鉴定人员学习和备考,以便获取“国家职业资格证书”持证上岗。由家电类职业技能鉴定培训教材编委会和山东省家用电器职业技能鉴定所组编了这套教材,本书为“初级家用电热器具与电动器具维修工”鉴定培训教材。

本书根据“国家职业技能鉴定规范”的要求,结合目前家电业的发展,全面介绍了本工种必备的电工与电子学基础、常用仪表与工具的使用,电饭锅、电热饮水器、电暖器、电熨斗等家用电热器具和普通电风扇、普通洗衣机、吸尘器等电动器具的原理与维修。在本书的编写过程中,将理论知识和技能融为一体,在每章前面有学习提要,每章后面有复习题,基本做到了系统、全面,具有很强的针对性和实用性。

本书由李佩禹统稿,并担任主编,第一、二章由谭佃文执笔、第三章至第八章由姜宝港执笔,第九、十章由曹忠凯执笔,第十一章由陈守林执笔,第十二、十三章由曹忠凯和李佩禹执笔。

本书对参加鉴定的人员具有很强的针对性,也可作为职业学校培训教材,书后附有“职业技能鉴定国家题库统一试卷”样题。

由于时间仓促,不足之处在所难免,恳切欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

编著者

2000年8月

# 目 录

序言

前言

## 第一章 电工学与电子

### 学基础 ..... 1

#### 第一节 电的基本概念 ..... 1

#### 第二节 直流电路 ..... 1

##### 一、电路的基本组成 ..... 1

##### 二、电路基本物理量 ..... 2

##### 三、电路的基本定律 ..... 5

##### 四、电路的工作状态 ..... 6

##### 五、电路的串并联 ..... 7

#### 第三节 正弦交流电路 ..... 9

##### 一、正弦交流电的概念 ..... 9

##### 二、正弦交流电三要素 ..... 9

##### 三、正弦量表示法 ..... 11

##### 四、单相正弦交流电路 ..... 12

#### 第四节 电磁原理 ..... 14

##### 一、磁场基本知识 ..... 14

##### 二、电流的磁场 ..... 15

##### 三、磁场对电流的作用 ..... 16

##### 四、电磁感应 ..... 17

#### 第五节 电子元器件与电工

##### 零配件 ..... 19

##### 一、电子元器件 ..... 19

##### 二、电工零配件 ..... 29

#### 第六节 二极管整流滤波电路 ..... 30

##### 一、单相整流电路 ..... 30

##### 二、滤波电路 ..... 33

#### 复习题 ..... 37

## 第二章 常用仪表与工具

### 的使用 ..... 41

#### 第一节 指针式万用表 ..... 41

##### 一、指针式万用表结构特点及

##### 技术参数 ..... 41

##### 二、指针式万用表使用方法 ..... 43

##### 三、指针式万用表使用时注意

##### 事项 ..... 44

#### 第二节 兆欧表 ..... 44

##### 一、兆欧表的结构原理 ..... 44

##### 二、使用兆欧表时注意事项 ..... 45

#### 第三节 钳形电流表 ..... 46

##### 一、交流钳形电流表 ..... 46

##### 二、交、直流两用钳形电流表 ..... 47

##### 三、钳形电流表使用时注意事项 ..... 47

##### 四、数字式钳形表 ..... 47

#### 第四节 常用焊接工具的使用 ..... 48

##### 一、电烙铁与焊接材料 ..... 48

##### 二、电烙铁的使用和焊接方法 ..... 49

#### 第五节 安全防护 ..... 50

##### 一、造成触电伤害和火灾危险的

##### 因素 ..... 50

##### 二、安全用电的基本原则和措施 ..... 50

##### 三、维修场所消防安全设施 ..... 51

#### 复习题 ..... 52

## 第三章 电热器具概论 ..... 54

#### 第一节 电热器具的发展概况 ..... 54

#### 第二节 电热器具的发展趋势 ..... 55

#### 第三节 国内电热器具的发展

##### 概况 ..... 55

## 第四章 电饭锅 ..... 57

#### 第一节 电饭锅的分类及规格 ..... 57

##### 一、分类 ..... 57

|                       |    |                          |     |
|-----------------------|----|--------------------------|-----|
| 二、规格 .....            | 57 | 一、电子饮水机的种类与规格 .....      | 83  |
| 第二节 电饭锅的结构 .....      | 58 | 二、电子饮水机的基本结构 .....       | 83  |
| 一、电饭锅的外壳（外锅） .....    | 58 | 三、工作原理 .....             | 85  |
| 二、内胆（内锅） .....        | 58 | 四、电子饮水机的使用及其常见故障检修 ..... | 87  |
| 三、发热盘 .....           | 58 | 复习题 .....                | 88  |
| 四、磁钢限温器 .....         | 58 | 第六章 电暖器 .....            | 89  |
| 五、保温控制系统 .....        | 59 | 第一节 电暖风机 .....           | 90  |
| 第三节 电饭锅的控制电路 .....    | 61 | 一、电暖风机的基本结构 .....        | 90  |
| 第四节 其他类型电饭锅 .....     | 61 | 二、电暖风机的工作原理 .....        | 92  |
| 一、双发热器自动保温电饭锅 .....   | 61 | 三、电暖风机的使用 .....          | 95  |
| 二、定时起动式自动电饭锅 .....    | 62 | 四、暖风机的常见故障及其检修 .....     | 95  |
| 三、双电热盘保温式自动电饭锅 .....  | 62 | 第二节 远红外电暖器 .....         | 96  |
| 四、电热膜电饭锅 .....        | 62 | 一、远红外电暖器的基本结构 .....      | 96  |
| 第五节 电饭锅的常见故障与检修 ..... | 63 | 二、远红外电暖器的控制电路 .....      | 97  |
| 一、故障部位的判断方法 .....     | 63 | 三、远红外电暖器的使用 .....        | 97  |
| 二、常见故障分析与检修 .....     | 64 | 四、远红外电暖器的常见故障及其检修 .....  | 98  |
| 复习题 .....             | 65 | 第三节 充油式电暖器 .....         | 99  |
| 第五章 电热饮水器具 .....      | 66 | 一、充油式电暖器的基本结构 .....      | 100 |
| 第一节 电热开水器 .....       | 66 | 二、充油式电暖器的控制电路 .....      | 101 |
| 一、基本结构 .....          | 66 | 三、充油式电暖器常见故障及其检修 .....   | 102 |
| 二、工作原理 .....          | 69 | 复习题 .....                | 102 |
| 三、电热开水器的使用 .....      | 70 | 第七章 电熨斗 .....            | 103 |
| 四、电热开水器的常见故障与检修 ..... | 71 | 第一节 电熨斗的种类 .....         | 103 |
| 第二节 电热水瓶 .....        | 72 | 一、普通型 .....              | 103 |
| 一、电热水瓶的类型与规格 .....    | 72 | 二、调温型 .....              | 103 |
| 二、电热水瓶的基本结构 .....     | 73 | 三、喷汽型 .....              | 103 |
| 三、工作原理 .....          | 75 | 四、喷汽喷雾型 .....            | 103 |
| 四、电热水瓶的使用 .....       | 76 | 五、离子型 .....              | 104 |
| 五、电热水瓶常见故障及其检修 .....  | 77 | 六、旅行型 .....              | 104 |
| 第三节 电子饮水器 .....       | 79 | 七、无线蒸汽型 .....            | 104 |
| 一、电饮水器的种类与规格 .....    | 79 | 第二节 普通型和调温型电熨斗 .....     | 104 |
| 二、基本结构 .....          | 79 | 一、普通型电熨斗的结构与原理 .....     | 104 |
| 三、工作原理 .....          | 80 | 二、调温型电熨斗的结构与原理 .....     | 107 |
| 四、电子饮水器的使用 .....      | 81 |                          |     |
| 五、常见故障及其检修 .....      | 82 |                          |     |
| 第四节 电子饮水机 .....       | 83 |                          |     |

|                                      |     |                                |     |
|--------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 三、PTC 恒温电熨斗结构与原理 .....               | 108 | 四、单相串励式电动机工作原理 .....           | 133 |
| 第三节 喷汽喷雾型电熨斗 .....                   | 108 | 五、单相电容式电动机 .....               | 134 |
| 一、基本结构与原理 .....                      | 108 | 六、电动机的型号与主要技术<br>参数 .....      | 136 |
| 二、控制电路 .....                         | 109 | 第三节 家用电动器具电动机工作<br>特点 .....    | 137 |
| 第四节 离子型电熨斗 .....                     | 109 | 一、电风扇电动机的工作特点和<br>形式 .....     | 137 |
| 一、基本结构 .....                         | 109 | 二、洗衣机电动机工作特点 .....             | 138 |
| 二、工作原理 .....                         | 111 | 三、吸尘器电动机工作特点 .....             | 140 |
| 三、盐液离子型蒸汽电熨斗 .....                   | 111 | 第四节 家用电动器具电动机常见故障<br>的检修 ..... | 140 |
| 第五节 电熨斗的使用与常见故障<br>检修 .....          | 112 | 一、电动机故障检修步骤 .....              | 141 |
| 一、电熨斗的使用 .....                       | 112 | 二、电容器故障的检修 .....               | 141 |
| 二、电熨斗的常见故障及其检修 .....                 | 113 | 三、电刷、换向器故障的检修 .....            | 141 |
| 复习题 .....                            | 115 | 四、绕组故障 .....                   | 142 |
| 第八章 其他电热器具 .....                     | 116 | 五、轴承故障的检修 .....                | 143 |
| 第一节 电炒锅 .....                        | 116 | 复习题 .....                      | 143 |
| 一、普通控温型电炒锅 .....                     | 116 | 第十章 普通电风扇 .....                | 144 |
| 二、高效能控温型电炒锅 .....                    | 116 | 第一节 电风扇的类型、规格及主要<br>技术数据 ..... | 144 |
| 三、电子调温型电炒锅 .....                     | 117 | 一、电风扇的类型 .....                 | 144 |
| 第二节 电热锅 .....                        | 118 | 二、电风扇的规格型号 .....               | 144 |
| 一、多功能自动型不粘电热锅 .....                  | 118 | 三、主要技术指标和技术数据 .....            | 146 |
| 二、恒温式多用电热锅 .....                     | 119 | 第二节 电风扇基本结构 .....              | 147 |
| 三、电子瓦楞 .....                         | 121 | 一、吊扇的基本结构 .....                | 147 |
| 第三节 电烤箱 .....                        | 124 | 二、台扇的基本结构 .....                | 147 |
| 一、种类与规格 .....                        | 124 | 三、落地扇、顶扇的基本结构 .....            | 150 |
| 二、基本结构 .....                         | 124 | 四、转页扇的性能和结构 .....              | 150 |
| 三、工作原理 .....                         | 126 | 五、家用换气扇的性能与结构 .....            | 151 |
| 四、常见故障及其检修 .....                     | 128 | 第三节 电风扇的调速和定时 .....            | 152 |
| 复习题 .....                            | 129 | 一、电风扇的调速方法 .....               | 152 |
| 第九章 家用电动器具基础 .....                   | 130 | 二、电风扇的定时 .....                 | 153 |
| 第一节 家用电动器具的种类 .....                  | 130 | 第四节 电风扇的故障与维修 .....            | 154 |
| 一、家用电动器具的定义 .....                    | 130 | 一、台扇、落地扇常见故障与<br>维修 .....      | 154 |
| 二、家用电动器具的分类 .....                    | 130 | 二、吊扇常见故障与维修 .....              | 157 |
| 第二节 家用电动器具电动机的结构、<br>工作原理与技术参数 ..... | 130 | 复习题 .....                      | 157 |
| 一、家用电动器具电动机的分类 .....                 | 130 |                                |     |
| 二、电动机的基本结构 .....                     | 131 |                                |     |
| 三、直流电动机工作原理 .....                    | 132 |                                |     |

## 第十一章 普通洗衣机 ..... 159

### 第一节 洗衣机发展概述 ..... 159

### 第二节 洗衣机的种类、规格型号及

#### 技术指标 ..... 159

#### 一、洗衣机的种类 ..... 159

#### 二、洗衣机的规格、型号 ..... 161

#### 三、洗衣机的主要技术指标 ..... 162

### 第三节 洗衣机的结构与工作

#### 原理 ..... 163

#### 一、洗衣机的基本结构 ..... 163

#### 二、洗衣机的洗涤原理 ..... 163

### 第四节 普通波轮式双桶

#### 洗衣机 ..... 164

#### 一、洗涤系统 ..... 164

#### 二、脱水系统 ..... 167

#### 三、电气系统 ..... 168

#### 四、控制电路 ..... 170

#### 五、实际电路分析 ..... 171

### 第五节 半自动洗衣机 ..... 172

#### 一、半自动洗衣机的结构 ..... 172

#### 二、半自动洗衣机的控制器件 ..... 172

#### 三、半自动洗衣机的控制电路 ..... 173

### 第六节 波轮式双桶洗衣机的使用、

#### 维护与检修 ..... 176

#### 一、洗衣机的正确使用 ..... 176

#### 二、洗衣机的维护保养 ..... 177

#### 三、洗衣机故障检修步骤和方法 ..... 177

#### 四、波轮式双桶洗衣机故障检修 ..... 178

#### 五、双桶洗衣机故障检修速查表 ..... 185

### 第七节 双桶洗衣机的拆装 ..... 190

#### 一、拆卸前的准备工作 ..... 190

#### 二、拆卸 ..... 191

#### 三、装配 ..... 191

#### 四、整机装配要求 ..... 191

### 复习题 ..... 192

## 第十二章 吸尘器 ..... 194

### 第一节 吸尘器类型、特点及主要

#### 性能指标 ..... 194

#### 一、吸尘器的种类 ..... 194

#### 二、吸尘器主要性能指标 ..... 195

### 第二节 吸尘器的结构与工作

#### 原理 ..... 195

#### 一、吸尘器的基本结构 ..... 195

#### 二、吸尘器工作原理 ..... 199

### 第三节 吸尘器的使用及常见故障

#### 检修、维修 ..... 200

#### 一、吸尘器的使用与维护 ..... 200

#### 二、吸尘器常见故障检查、维修 ..... 200

### 复习题 ..... 203

## 第十三章 小型家用电动

### 器具 ..... 204

### 第一节 食品加工机结构、原理

#### 及检修 ..... 204

#### 一、食品加工机的基本结构 ..... 204

#### 二、食品加工机的工作原理 ..... 205

#### 三、食品加工机的使用与维护

##### 要点 ..... 205

#### 四、食品加工机的常见故障检修 ..... 205

### 第二节 电吹风机结构、原理

#### 及检修 ..... 207

#### 一、电吹风机的基本结构 ..... 207

#### 二、电吹风机的工作原理 ..... 208

#### 三、电吹风机的使用、维护

##### 及检修 ..... 209

### 第三节 电动按摩器结构、原理

#### 与检修 ..... 210

#### 一、电动按摩器的种类 ..... 210

#### 二、电动按摩器的结构与工作

##### 原理 ..... 211

#### 三、电动按摩器的使用与维修 ..... 212

### 复习题 ..... 213

### 附录 ..... 214

#### 附录 A 职业技能鉴定国家题库

##### 统一试卷 ..... 214

#### 附录 B 国家职业技能鉴定

##### 统一试卷 ..... 220

### 参考文献 ..... 224

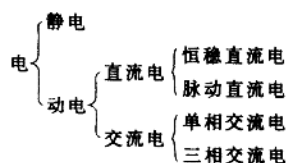
# 第一章 电工学与电子学基础

**内容提要：**理解电路的组成及作用；掌握电路的基本物理量（电流、电压、电阻、电功及电功率）；掌握部分电路及全电路欧姆定律；理解电流的热效应，掌握焦耳定律。掌握交流电的三要素；掌握单相交流电路中电压与电流的关系。了解电磁关系；掌握电磁感应定律和楞次定律，用以确定感应电动势大小和感应电流方向。理解常用电子元器件（电阻、电感、电容、二极管及晶体管）和电工零配件（开关及熔断器盒）的特性参数。理解整流和滤波电路工作原理。

## 第一节 电的基本概念

电是物质运动的一种形式。它是物质内所含电子等载流子运动时的一种能量表现形式。

根据自由电子在传导物体内是否移动，其方向是否随时间改变以及如何改变等特征，可将电划分为以下几种类型：



(1) 静电是由于摩擦、接触或感应的作用，使两个相关物体发生了自由电子的得失而产生。这样的电，由于不能在带电体内“流动”，称为静电。

(2) 动电是能够按照人们的意愿在规定的通路内“流动”的一种电。

凡电流方向不随时间改变的电称为直流电。其中方向和大小均与时间无关、始终保持不变的叫恒稳直流电；方向不变而大小随时间发生规律性变化的叫脉动直流电。

凡电流方向随时间发生周期性变化的电则称为交流电。交流电有三相和单相之分；三相交流电是指电源中包含三种互相对称——同一瞬间大小不等但变化规律却完全一样的交流电；单相交流电实质上是三相交流电的其中一相。

## 第二节 直流电路

### 一、电路的基本组成

电流流过的路径称为电路。它是由电路元件按一定的方式组合而成。图 1-1 所示电路是一个最简单的直流电路，它由电源、负载、连接导线及控制设备四个部分组成。

电源是供应电能的设备，如电池、发电机等，它们将其他形式的能转换为电能。负载是取用电能的设备，如灯泡、电动机等，它们将电能转换为其他形式能。连接导线用来传输电能。控制设备用来执行控制任务，由它来实现电路的接通或断开（如各类开关）。

在电路中,电源内部的电流通路称为内电路。除去电源的那部分电路统称为外电路。

电路的作用一是实现电能的传输和转换;二是传递和处理信号。

## 二、电路基本物理量

1. 电荷与电位 电荷是带电物质的基本微粒,电子是它的最小单元,一个电子所带电荷为  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。电荷是客观存在的一种物质,在它周围还同时客观存在着一个能显示出电作用的空间范围,这就是电场。电荷与电场的这种依存关系,反映了它们是一个事物的两个方面。

电位是从能量的角度来描述电场的另一个物理量。某一点的电位,在数值上等于单位正电荷在该点具有的电位能。电位仅与电场本身的性质有关,而与该点放不放电荷无关。

为了求得某点的电位值,必须选择一个参考点,称为“接地”,用符号上表示。参考点不一定是真正的接地,只是当做一个零电位点,作为其他各点电位高低的比较标准。某点的电位值就等于该点与零电位点之间的电位差。显然,某点电位的高低与零电位点选择密切相关,所以说电位是相对的。

参考点的选择原则上可以任意。但当产生电场的电荷只是分布在有限区域里时,理论上应取无穷远处作为零电位点。在电子电路中,一般以金属机壳或某公共点作为参考点。

2. 电压与电动势 电场中或电路里任意两点(如A、B)之间的电位差叫做电压。

电压大小等于电场力将单位正电荷从A点移到B点所做的功,单位为伏(V)。实用单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)。

电压方向由高电位指向低电位即电位降落的方向。图1-2中,用箭头表示了A、B两点间电压方向。

电压是电位差,与零电位点的选择无关,所以说电压是绝对的。其大小可用电压表或万用表来测量,电压表接法如图1-2所示。测量时将仪表并接在被测电路两端,红表笔或“+”接高电位,黑表笔或“-”端接低电位。

电动势与电压不同,在概念上不可混淆。电路中要有持续的电流,需利用电源内部的电源力,不断将正电荷从负极移到正极。电源力把单位正电荷从电源负极经内电路移到正极所做的功,称为电动势。其单位与电压相同,也是伏(V)。其方向规定为在电源内部由低电位端(负极)指向高电位端(正极),即电位上升的方向。

在电源内部,电源力由化学能、机械能或其他形式的能量转换产生。电动势仅存在于电源内部,而电压不仅存在于电源两端,而且存在于电源外部的负载电路。

### 3. 电流

(1) 电流概念 电流是由大量电荷在电场力作用下作有规则的定向移动而形成的。如金属中自由电子的定向移动,液体或气体中正、负离子的相反方向运动等。

电流大小用单位时间内通过导体某一横截面的电荷来表示,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中  $I$ ——电流(A);

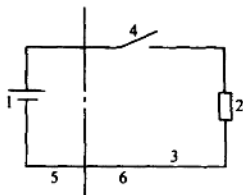


图 1-1 电路的组成

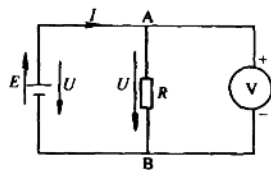


图 1-2 电压表接法和电压方向

$Q$ ——电荷 (C);

$t$ ——时间 (s)。

电流单位为安 (A), 实用单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 ( $\mu$ A)。

电流方向是客观存在的。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流强度的方向。

(2) 电流产生的条件 电流产生的条件有两个, 缺一不可。一是电路中必须存在不为零的电动势, 即电路两端要保持一定的电压; 二是电路必须成为闭合回路。

#### 4. 电阻

(1) 电阻及电阻率 物体对电流通过时呈现的阻碍作用, 称为电阻, 用  $R$  表示。单位是欧 ( $\Omega$ ), 实用单位还有千欧 (k $\Omega$ )、兆欧 (M $\Omega$ )。

电阻的倒数称为电导, 用  $G$  表示, 单位是西 (S)。

电阻率是指长度为 1m、均匀截面积为 1mm<sup>2</sup> 物体所具有的电阻大小, 它反映了不同材料的导电性能, 用  $\rho$  表示, 单位为  $\Omega \cdot \text{m}$ 。

导体或良导体的电阻率在  $10^{-8} \sim 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$  之间, 如各种金属、碳棒、石墨及电解液等; 绝缘体或电介质的电阻率在  $10^{10} \sim 10^{22} \Omega \cdot \text{m}$  之间, 如空气、胶木、橡胶、塑料、干燥木头及纯净的水等; 半导体的导电性能介于导体与绝缘体之间, 其电阻率在  $10^{-1} \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{m}$  之间, 如锗、硅、硒及大多数金属氧化物等。

(2) 电阻定律 实验证明: 在温度不变时, 任何材料的电阻值都是与其长度及材料的电阻率成正比, 而与材料的横截面积成反比, 这就是电阻定律。其表达式为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2)$$

式中  $R$ ——材料的电阻 ( $\Omega$ );

$\rho$ ——材料的电阻率 ( $\Omega \cdot \text{m}$ );

$l$ ——材料的长度 (m);

$S$ ——材料的横截面积 (m<sup>2</sup>)。

(3) 电阻的温度特性 电阻率的大小与材料的温度有关。对金属材料等导体而言, 其电阻率随温度的升高而增大, 但大部分绝缘体及半导体却相反。

导体电阻随温度的变化满足下面关系

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)] \quad (1-3)$$

式中  $R_t$ ——导体在  $t^\circ\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ );

$R_{20}$ ——导体在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ );

$\alpha$ ——导体电阻温度系数 ( $1/^\circ\text{C}$ );

$t$ ——导体所处的温度 ( $^\circ\text{C}$ )。

常用导体的电阻率和电阻温度系数列于表 1-1 中。

表 1-1 常用导体电阻率和电阻温度系数

| 导 体 | 电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$   | 电阻温度系数/( $1/^\circ\text{C}$ ) | 导 体  | 电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$    | 电阻温度系数/( $1/^\circ\text{C}$ ) |
|-----|--------------------------------|-------------------------------|------|---------------------------------|-------------------------------|
| 银   | $1.62 \times 10^{-8}$          | 0.0038                        | 铂    | $10.5 \times 10^{-8}$           | 0.003                         |
| 铜   | $1.69 \times 10^{-8}$          | 0.0039                        | 碳    | $3500 \times 10^{-8}$           | -0.0005                       |
| 铝   | $2.83 \times 10^{-8}$          | 0.0039                        | 镍铬合金 | $(100 \sim 110) \times 10^{-8}$ | 0.0004                        |
| 锰铜  | $(34 \sim 100) \times 10^{-8}$ | $6 \times 10^{-6}$            | 铁铬铝  | $(1.3 \sim 1.4) \times 10^{-6}$ | $5 \times 10^{-5}$            |
| 康铜  | $(47 \sim 51) \times 10^{-8}$  | $5 \times 10^{-6}$            |      |                                 |                               |

对于电热毯一类的家用电热器具,其电阻丝的工作温度在  $0\sim 100^{\circ}\text{C}$  之间,电阻值可利用式 (1-3) 计算。而对于电烤箱、电炉等电热设备,其电热元件温度大大高于  $100^{\circ}\text{C}$ ,这些电热元件电阻值按下式计算

$$R_t = C_t R_{20} \quad (1-4)$$

式中  $R_t$ ——电热材料在  $t^{\circ}\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ );

$C_t$ ——温度修正系数;

$R_{20}$ ——电热材料在  $20^{\circ}\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ )。

常用电热材料在不同温度下的  $C_t$  值见表 1-2。

表 1-2 常用电热材料在不同温度下的  $C_t$  值

| 材料    | 温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 20    | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   |
|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 镍铬合金  | Cr20Ni80               | 1.000 | 1.006 | 1.016 | 1.024 | 1.031 | 1.035 | 1.026 |
|       | Cr15Ni60               | 1.000 | 1.013 | 1.029 | 1.046 | 1.062 | 1.072 | 1.078 |
| 铁铬铝合金 | 1Cr13Al4               | 1.000 | 1.004 | 1.013 | 1.027 | 1.041 | 1.062 | 1.090 |
|       | 0Cr13Al6Mo2            | 1.000 | 1.001 | 1.003 | 1.007 | 1.014 | 1.028 | 1.048 |
|       | 0Cr25Al5               | 1.000 | 1.002 | 1.007 | 1.013 | 1.022 | 1.036 | 1.056 |
|       | 0Cr27Al7Mo2            | 1.000 | 0.997 | 0.994 | 0.992 | 0.992 | 0.992 | 0.992 |
| 材料    | 温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 700   | 800   | 900   | 1000  | 1100  | 1200  |       |
| 镍铬合金  | Cr20Ni80               | 1.019 | 1.017 | 1.021 | 1.028 | 1.038 | —     |       |
|       | Cr15Ni60               | 1.083 | 1.089 | 1.097 | 1.105 | —     | —     |       |
| 铁铬铝合金 | 1Cr13Al4               | 1.114 | 1.126 | 1.135 | 1.142 | —     | —     |       |
|       | 0Cr13Al6Mo2            | 1.053 | 1.057 | 1.060 | 1.063 | 1.066 | 1.069 |       |
|       | 0Cr25Al5               | 1.063 | 1.068 | 1.072 | 1.076 | 1.079 | 1.082 |       |
|       | 0Cr27Al7Mo2            | 0.992 | 0.992 | 0.992 | 0.992 | 0.992 | 0.992 |       |

## 5. 功率及能量

(1) 电功与电功率 功是衡量能量转换的基本物理量。当直流电通过负载(或交流电通过电阻负载)时,电能便转换成其他形式的能,此时电流做功。我们把电流所做的功称为电功。

电功由下式计算

$$W = UI t \quad (1-5)$$

式中  $W$ ——电功 (J);

$U$ ——负载两端电压 (V);

$I$ ——流过负载的电流 (A);

$t$ ——通电时间 (s)。

电流在单位时间里所做的功称为电功率,用  $P$  来表示,它是表示电流做功快慢的物理量。

$$P = \frac{W}{t} = IU \quad (1-6)$$

对于纯电阻电路还有

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-7)$$

上述两式中, 当  $W$ 、 $t$ 、 $I$ 、 $U$ 、 $R$  单位分别为 J、s、A、V、 $\Omega$  时,  $P$  的单位为瓦 (W), 实用单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等。

利用电功率单位可以构成电能的非国际单位制的法定单位千瓦·时 (kW·h), 它表示功率为 1kW 的负载通电 1h 所消耗的电能。1kW·h 俗称 1 度电。

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

(2) 电流的热效应与焦耳定律 电流通过导体时, 电流做功转变为热能, 使通电导体发热温度升高, 这种现象称为电流的热效应。

英国物理学家焦耳通过大量实验得出了如下规律: 电流通过导体时产生的热量与电流的平方、导体的电阻和通电时间成正比, 即

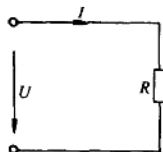
$$Q = I^2 R t \quad (1-8)$$

式 (1-8) 确定的规律称为焦耳定律。当上式中  $I$ 、 $R$ 、 $t$  的单位分别为 A、 $\Omega$ 、s 时, 热量  $Q$  的单位为 J。

由焦耳定律可知, 电流这个因素与产生热量的关系最为密切。若通过的电流增大, 则产生的热量按电流的平方数而增大。故当电气设备经常或长时间过载时, 因电流较大, 其绝缘能力因过度受热而迅速下降, 甚至被击穿, 造成短路或烧毁的事故。

### 三、电路的基本定律

欧姆定律是电学中最基本的定律之一。该定律反映了在有恒稳电流通过的电路中, 电流、电压与电阻三者之间的相互关系。它有以下两种表达形式。



1. 部分电路欧姆定律 部分电路是指一段不包含电源的纯电阻电路, 如图 1-3 部分电路示意图

电路中电流的大小与该段电路两端电压成正比, 而与电路的电阻成反比, 这就是部分电路欧姆定律, 可表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

式中  $I$  —— 电路电流 (A);

$U$  —— 电路两端电压 (V);

$R$  —— 电路电阻 ( $\Omega$ )。

2. 全电路欧姆定律 含有电源和负载的闭合电路称为全电路, 如图 1-4 所示。

在全电路中, 电流的大小与电源电动势成正比, 而与全电路的总电阻成反比, 这就是全电路欧姆定律。用表达式可表示为

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-10)$$

式中  $I$  —— 全电路电流或电源输出电流 (A);

$E$  —— 电源电动势 (V);

$R_0$  —— 电源的内电阻 ( $\Omega$ );

$(R + R_0)$  —— 全电路总电阻 ( $\Omega$ )。

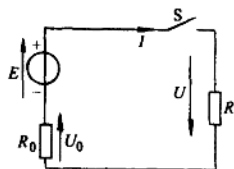


图 1-4 全电路示意图

改写式 (1-10) 可得

$$E = IR + IR_0 = U + U_0$$

一般写成

$$U = E - IR_0 \quad (1-11)$$

式中  $U$ ——外电路两端电压即路端电压 (V);

$U_0$ ——内电阻上电压降即内电压 (V)。

#### 四、电路的工作状态

通路、开路和短路是电路的三种工作状态。

1. 通路 通路就是电源与负载接通成闭合回路, 也就是图 1-4 中开关 S 合上时的有载工作状态。

通常认为  $E$  和  $R_0$  不变, 由式 (1-10) 可知电源输出电流  $I$  取决于负载  $R$ 。当  $R$  增大时,  $I$  减小, 由式 (1-11) 可知  $U$  将增大即路端电压随外电路电阻增大而增大。

电源两端电压即路端电压  $U$  和输出电流  $I$  之间的关系称为电源的外特性。外特性曲线如图 1-5 所示。由图可知,  $R_0$  越小, 当输出电流  $I$  逐渐增大时, 路端电压  $U$  下降越小, 这说明电源外特性好, 说明电源保持端电压恒定的能力强, 即带负载能力强。

例 1-1 在图 1-4 电路中, 已知电源的电动势  $E = 12\text{V}$ , 内阻  $R_0 = 2\Omega$ , 负载电阻  $R = 4\Omega$ , 当开关 S 闭合时, 求电路中电流和电源两端电压。

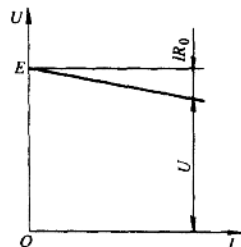


图 1-5 电源外特性曲线

解 当 S 闭合时, 电路处于通路状态。由全电路欧姆定律, 电路中电流

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{12\text{V}}{(4 + 2)\Omega} = 2\text{A}$$

电源两端电压为

$$U = IR = 2\text{A} \times 4\Omega = 8\text{V}$$

或

$$U = E - IR_0 = (12 - 2 \times 2)\text{V} = 8\text{V}$$

2. 开路 开路又称为断路, 就是电源与负载未被接通成闭合回路, 也就是图 1-4 电路中开关 S 断开时的空载工作状态。此时, 电路中电流为零, 电源端电压 (称为开路电压) 等于电源电动势, 即  $I = 0$ ,  $U = E$ 。若用电压表并接在开路的电源两端来测量, 电压表的读数就是电源电动势。

利用开路时  $I = 0$ ,  $U = E$  特点, 可用万用表寻找电路开路点故障, 如图 1-6 所示。图中电流表读数为零, 说明电路中存在开路处。将万用表黑表笔固定在电源负极 F 点, 用红表笔分别测 A、B、C、D 各点。根据测量点与 F 点之间有无电压来确定开路处。若测得 A、F、B、F、C、F 间电压均为  $12\text{V}$ , 说明 FA、AB、BC 段是连通的; 若测得 D、F 间电压为零, 说明 CD 段存在开路处。

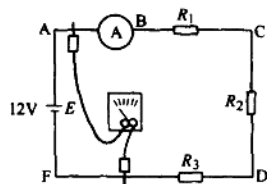


图 1-6 寻找开路点

3. 短路 当电源两端因故而连在一起, 电源被短路, 如图 1-7 所示。电源短路时, 由于外电路的电阻为零, 而电源的内阻又很小, 此时电源将通过很大的电流, 称为短路电流, 其