

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电工技术

孙余凯 主编 郑治国 副主编 赵宏毅 主审



Electrical Technology

内容通俗易懂
强调动手操作
培养识图能力

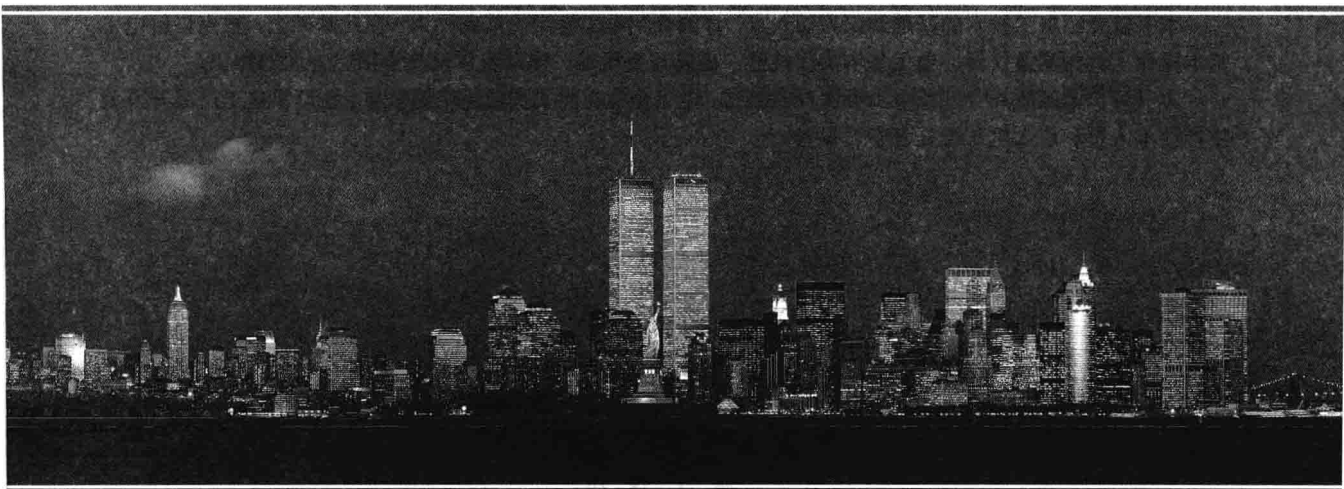
 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等职业教育电子技术技能培养规划教材

Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电工技术

孙余凯 主编 郑治国 副主编 赵宏毅 主审



Electrical Technology

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

电工技术 / 孙余凯主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.10
高等职业教育电子技术技能培养规划教材
ISBN 978-7-115-22513-9

I. ①电… II. ①孙… III. ①电工技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第062189号

内 容 提 要

本书采用单元模块的方式安排全书内容, 每个单元包括任务导入、相关知识及相关技能, 引导读者在实践中培养动手能力, 在操作中理解相关理论知识, 使读者由表及里、由浅入深、循序渐进地学会应用电工技术必备的基本知识。

本书以介绍电工技术的基础知识为切入点, 详细介绍电工常用的基础知识, 在此基础上, 重点讲解电工基本操作工具与测量仪器, 电工基本操作技能, 磁路与变压器, 电动机以及安全用电方面的知识。

本书可作为高职高专院校电工类课程的教材、电工企业在岗人员技能培训教材, 还可供电工产品开发及生产技术人员和广大电工爱好者学习参考。

高等职业教育电子技术技能培养规划教材

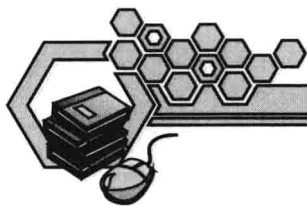
电 工 技 术

-
- ◆ 主 编 孙余凯
 - 副 主 编 郑治国
 - 主 审 赵宏毅
 - 责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2010年10月第1版
字数: 381千字 2010年10月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22513-9

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

本书是参照高等职业技术教育电工类课程实际要求的内容编写而成的。在编写过程中,力图把内容的重点放在培养分析问题和解决问题的能力上,其目的就是要使读者具有会看和会使用、会分析、会检测与会动手组装调试的技能。

1. 会看和会使用

所谓会看和会使用,就是能看懂典型电工设备的电路原理图,了解各部分的组成及其工作原理,会使用电工常用工具和检测仪表。本书加强了基本概念和各种电工常用工具和检测仪表的介绍,并在相关技能环节中对每一种电路原理图专门进行了识图指导,引导读者逐渐学会识读电工电路图,为看懂更加复杂的电工电路图打下良好的基础。

2. 会分析

所谓会分析,就是能对基本电气线路以及单元电路的工作原理、工作过程进行分析,这是本书的一个重点。为此,本书在相关技能环节中加强了对基本原理和基本分析方法的介绍。

3. 会检测与会动手组装调试

这是本书的另一个重点,其目的是使读者会选用相关的电气元器件或零部件,会安装最简单的电工装置。本书在每个单元的相关技能环节对安装方面的问题进行了深入介绍,使读者对电气元器件或零部件的组装和调试方法有一个较全面的了解,为今后安装调试更复杂的电工设备打下良好的基础。

4. 培养实际动手能力

本书最大的特点是基本理论与实际动手能力相结合,是按照企业对复合型高技能人才需要的特点编写而成的。书中将电工技术课程内容与电工技术行业技能培训大纲相结合,其目的就是为了培养既有学历,又有专业技能的复合型人才,对提高读者岗位技能及就业竞争力都具有重要意义。

本书主要由孙余凯任主编,郑州交通职业学院郑治国任副主编。其中,郑州交通职业学院郑治国编写了第1单元和第2单元,河南质量工程职业学院冯红军编写了第3单元和第4单元,吴鸣山编写了第6单元其余单元由孙余凯等编写。

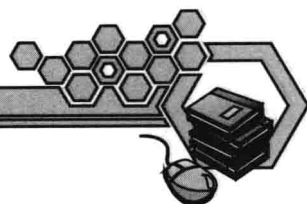
本书在编写过程中,除参考了大量的国外、境外的现行期刊外,还参考过国内有关电工技术方面的期刊、书籍及资料,在这里谨向有关单位和作者一并致谢。同时对给予我们支持和帮助的有关专家和部门深表谢意!

现代电工技术发展十分迅速,应用极其广泛。本书作为一本基础性教材,不可能包括电工技术的各个方面。限于作者水平,书中难免存在不足之处,诚请专家和读者批评指正。

编者

2010年2月

目 录



第 1 单元 电工基础知识 1

第一部分 任务导入 1

第二部分 相关知识 2

1.1 电路基本知识 2

1.1.1 电路与电路图 2

1.1.2 电路的三种状态 3

1.2 电流 3

1.2.1 电流强度 3

1.2.2 直流电流与交流电流 4

1.2.3 电流的热效应 4

1.3 电压、电动势及电位 5

1.3.1 电压 5

1.3.2 电动势 6

1.3.3 电位 6

1.3.4 电动势、电压及电位三者 之间关系 6

1.3.5 电源及电源电压 7

1.4 电阻和欧姆定律 8

1.4.1 电阻率 8

1.4.2 电阻器的单位 8

1.4.3 欧姆定律 9

1.5 电功和电功率 9

1.5.1 电功 9

1.5.2 电功率 10

1.6 电容和电容量 10

1.6.1 电容 11

1.6.2 电容值(量) 11

1.6.3 电容星形连接化为三角形 连接的计算公式 12

1.6.4 电容三角形连接化为星形 连接的计算公式 12

1.7 电工电路计算常用定律和公式 12

1.7.1 支路电流计算方法 12

1.7.2 回路电流计算方法 13

1.7.3 节点电压计算方法 14

1.7.4 戴维南定理 15

1.7.5 叠加原理 17

1.8 交流电 18

1.8.1 交流电的基本概念 18

1.8.2 交流电的周期、频率和 角频率 19

1.8.3 交流电的相位和相位差 20

1.8.4 交流电的有效值 22

1.8.5 正弦交流电的矢量 表示法 22

1.8.6 负载为纯电阻的交流 电路 23

1.8.7 负载为纯电感的交流 电路 24

1.8.8 负载为纯电容的交流 电路 25

1.8.9 负载为电阻与电感串联的 交流电路 26

1.8.10 负载为电阻、电感、电容 串联的交流电路 27

1.8.11 交流电路中的电功率 27

1.9 三相交流电 29

1.9.1 三相交流电的产生 29

1.9.2 三相四线制交流电源 30

1.9.3 对称三相电路的功率 32

1.10 保护接地和保护接零线 33

1.10.1 保护接地 33

1.10.2 保护接零线 34

第三部分 相关技能 35

1.11 识读电力网及变配电电路



指导·····	35	2.1.21 划规·····	62
1.12 电力系统电路图类型·····	36	2.1.22 刮板·····	62
1.13 识读电力网、变配电电路 图要领·····	38	2.1.23 压线板·····	63
1.14 识读小型变电所配电系统 电路·····	42	2.1.24 手电钻·····	63
1.15 识读架空线路单回路树干式 高压配电供电系统电路·····	43	2.1.25 电锤·····	64
1.16 识读架空线路单侧双回路供电 系统电路·····	43	2.1.26 砂轮机·····	64
1.17 识读变电主接线电路·····	44	2.1.27 钻床·····	65
1.18 识读配电接线电路·····	46	2.1.28 梯子·····	65
习题·····	48	2.1.29 登杆踏板·····	66
第2单元 电工基本操作工具与 测量仪器 ·····	52	2.1.30 脚扣·····	67
第一部分 任务导入·····	52	2.1.31 安全腰带·····	68
第二部分 相关知识·····	52	2.1.32 试验绝缘手套和绝缘 靴(鞋)·····	68
2.1 常用电工工具及其使用·····	52	2.2 模拟式万用表·····	69
2.1.1 验电笔·····	53	2.2.1 模拟式万用表上的外文字 母含义·····	69
2.1.2 电烙铁·····	53	2.2.2 模拟式万用表的功能·····	70
2.1.3 电工刀·····	54	2.2.3 模拟万用表的性能·····	70
2.1.4 螺丝刀·····	54	2.2.4 模拟万用表的刻度盘·····	70
2.1.5 尖嘴钳·····	55	2.2.5 模拟万用表的组成及 特点·····	71
2.1.6 钢丝钳·····	55	2.2.6 万用表头的工作原理·····	72
2.1.7 活络扳手·····	56	2.2.7 直流电压的测量原理·····	74
2.1.8 剥线钳·····	56	2.2.8 直流电流的测量原理·····	74
2.1.9 断线钳·····	56	2.2.9 交流电压的测量原理·····	75
2.1.10 手动压接钳·····	56	2.2.10 电阻测量原理·····	75
2.1.11 千分尺·····	57	2.3 数字式万用表·····	76
2.1.12 钢直尺·····	58	2.3.1 数字万用表常用文字 符号·····	76
2.1.13 手锯·····	58	2.3.2 数字式万用表的类型·····	77
2.1.14 锉刀·····	58	2.3.3 数字万用表的主要技术 指标·····	78
2.1.15 錾削錾子·····	59	2.3.4 数字万用表的结构原理·····	79
2.1.16 手锤·····	59	2.3.5 数字万用表的基本工作 原理·····	80
2.1.17 拉具·····	59	2.4 兆欧表·····	86
2.1.18 喷灯·····	60	2.4.1 兆欧表的结构·····	86
2.1.19 短路侦察器·····	61	2.4.2 兆欧表工作原理·····	86
2.1.20 手摇绕线机·····	61	2.4.3 兆欧表的选择·····	87



2.4.4 兆欧表的使用	88	3.3.1 瓷插式熔断器	121
2.5 钳形电流表	89	3.3.2 无填料封闭管式熔断器	122
2.5.1 钳形电流表结构	89	3.3.3 有填料封闭管式熔断器	122
2.5.2 互感器式钳形电流表原理	90	3.3.4 玻管熔断器	123
2.5.3 电磁式钳形电流表原理	90	3.3.5 螺旋式熔断器	123
2.5.4 钳形电流表的选择和使用	91	3.3.6 高压户内熔断器	124
2.6 转速表	91	3.3.7 高压户外角形熔断器	124
2.6.1 转速表的结构特点	92	3.3.8 高压户外跌落式熔断器	124
2.6.2 使用转速表应注意的问题	92	3.3.9 熔断器的选择	125
第三部分 相关技能	93	3.4 开关器件	126
2.7 用数字式万用表检测电气元件	93	3.4.1 开关的电路图形符号	126
2.8 用数字式万用表检测电气元件	95	3.4.2 开关的结构特点	128
2.9 用兆欧表检测绝缘电阻	96	3.5 插座	131
2.10 用钳形表检查低压线路漏电和窃电	97	3.5.1 插座的类型	131
习题	98	3.5.2 插座的选择	132
第3单元 电工基本操作技能	100	3.6 电力电容器	132
第一部分 任务导入	100	3.6.1 电力电容器的类型	132
第二部分 相关知识	102	3.6.2 电容器补偿容量的确定	133
3.1 常用电气元件的选用	102	3.6.3 电容器安装场所的选择	133
3.1.1 电磁继电器	102	3.7 导线的选择、连接与绝缘的恢复	133
3.1.2 固态继电器	106	3.7.1 低压线路导线截面的选择方法	134
3.1.3 热继电器	109	3.7.2 室内配线用导线的选择方法	136
3.1.4 干簧式继电器	112	3.7.3 导线的连接	136
3.1.5 时间继电器	114	3.7.4 导线绝缘层的恢复	143
3.2 接触器	116	3.8 常用焊接技术	143
3.2.1 接触器的种类	116	3.8.1 锡焊	143
3.2.2 接触器的外形及电路图形符号	117	3.8.2 气焊	144
3.2.3 接触器的结构特点	118	3.8.3 药包焊接	145
3.2.4 接触器工作原理	119	第三部分 相关技能	146
3.2.5 交流接触器的选择	120	3.9 车床控制线路识图指导	146
3.3 熔断器	121	3.10 车床接线图识图指导	147
		3.11 识读与安装多开关控制一盏	



灯电路	148
习题	149
第4单元 磁路与变压器	150
第一部分 任务导入	150
第二部分 相关知识	151
4.1 电与磁	151
4.1.1 电流的磁效应	151
4.1.2 磁场的基本物理量	152
4.1.3 磁路及其欧姆定律	153
4.1.4 电磁力	153
4.1.5 感应电动势	154
4.1.6 自感与互感	154
4.1.7 楞次定律	156
4.1.8 电感器与电磁类元件 电路图形符号	156
4.2 变压器	157
4.2.1 变压器及变流器的种 类符号	157
4.2.2 单相变压器结构	159
4.2.3 变压器的铭牌	160
4.2.4 电力变压器工作原理	162
4.2.5 三相变压器结构	163
4.2.6 变压器的常用术语	166
4.2.7 电力变压器的选择与 使用	168
4.3 电压与电流互感器	169
4.3.1 电压互感器	170
4.3.2 电流互感器	171
4.4 其他常用变压器	173
4.4.1 自耦变压器	173
4.4.2 控制变压器	174
第三部分 相关技能	175
4.5 变压器同名端判断方法	175
4.6 识读与安装电力变压器断 相声光报警电路	176
4.7 识读与安装电力变压器低压 电流型漏电保护电路	176
习题	177

第5单元 电动机	180
第一部分 任务导入	180
第二部分 相关知识	181
5.1 电动机的种类和电路图形 符号	181
5.1.1 电动机的种类	182
5.1.2 电动机电路图形符号	183
5.2 三相异步电动机	184
5.2.1 三相异步电动机的 类型	184
5.2.2 三相异步电动机的 结构	185
5.2.3 三相异步电动机的旋转 原理	188
5.3 单相异步电动机	190
5.3.1 单相异步电动机的 类型	190
5.3.2 单相异步电动机的基本 结构	190
5.3.3 单相异步电动机的工作 原理	192
5.4 三相电动机控制电路	193
5.4.1 电动机正转控制电路	193
5.4.2 电动机正、反转控制 电路	194
5.4.3 电动机点动、连动正、反 转控制电路	195
5.4.4 电动机连锁控制电路	196
5.4.5 电动机自动往返控制 电路	197
5.4.6 电动机间歇工作控制 电路	198
5.5 其他类型电动机	199
5.5.1 直流电动机	199
5.5.2 同步电动机	204
5.5.3 伺服电动机	206
第三部分 相关技能	207
5.6 识读滚齿机电气控制电路	



指导·····	207	适用范围·····	221
5.7 识读与安装电动机缺相保护		6.4.2 避雷器的类型与保护	
电路·····	208	原理·····	221
习题·····	209	6.4.3 避雷针的选用·····	222
第6单元 安全用电 ·····	211	6.4.4 羊角间隙避雷器的结构	
第一部分 任务导入·····	211	特点·····	222
第二部分 相关知识·····	212	6.4.5 阀型避雷器的类型与	
6.1 触电及其预防·····	212	特点·····	222
6.1.1 触电的形式及原因·····	212	6.5 漏电保护器·····	223
6.1.2 安全电压和安全电流·····	213	6.5.1 漏电保护器的类型·····	223
6.1.3 预防触电的基本措施·····	214	6.5.2 漏电保护器的特点·····	223
6.2 触电的急救·····	215	6.5.3 电流型漏电保护器	
6.2.1 解脱电源·····	215	原理·····	224
6.2.2 现场对症救护·····	215	第三部分 相关技能·····	226
6.2.3 外伤处理·····	217	6.6 识读家庭配电箱电路·····	226
6.3 防火和防爆·····	217	6.7 家庭配电箱故障处理方法	
6.3.1 电气火灾的防范·····	217	指导·····	228
6.3.2 电气火灾的扑救方法·····	219	6.8 漏电保护器故障检修	
6.3.3 防火和防爆措施·····	220	方法指导·····	228
6.4 防雷·····	221	习题·····	230
6.4.1 防雷保护装置的组成及		参考文献 ·····	232

第1单元

电工基础知识

第一部分 任务导入

电气工作人员经常与电打交道,电有交流电和直流电,都是通过相应的电路提供给相关负载的。电气工作人员遇到的直流电大多是由交流电经转换后得到的。交流电是我们日常生活、工作中必不可少的能量来源。电力用户所需的交流电是由发电厂生产的,但发电厂大多建在能源基地附近,往往离用户很远。为了减小电力输送的线路损耗,因此发电厂生产的电力一般要经过升压变压器升高电压,输送到用户附近后,又经降压变压器降低电压,供给用户所需的低压。此外,为了控制变压器投入、退出运行,监视其运行情况和向各用户分配电能等,还需要有各种开关电器等配电装置及保护、检测和监控设备。这些电器设备都是按一定的方式构成回路的,且需要经常维护。

另外,对于本章的学习有如下的要求。

- ① 了解电路的基本知识及电流、电压、电阻、电功率、电功的特点和电容器、电容量的特点。
- ② 了解和熟悉电流、电压、电阻、电容的电量表达式,会进行简单的计算或估算。
- ③ 理解单相交流电、三相交流电的基本概念,交流电的三要素、正弦交流电的矢量表示方法,以及各种交流电路的特点、种类与电路的计算。
- ④ 了解和熟悉保护接地与保护接零的异同点及各自的特点。对于电流、电压、电阻、电容、电功率各种电量之间的换算关系一定要理解清楚,并牢记不忘。



第二部分 相关知识

1.1 电路基本知识

电工经常和各种各样的电路“打交道”，故电路是电工人员必须要熟悉的。

1.1.1 电路与电路图

电路分为直流电路与交流电路，但两者的组成基本相同。直流电路中流动的是直流电流，交流电路中流动的是交流电流。

1. 电路

为了便于说明，以直流电路为例，如图 1-1 (a) 所示，用导线把一个小电珠的两端与一节干电池的正、负两极分别连接起来，当电源开关 SA 闭合后，小电珠就会点亮。从图中可以看出，干电池、小电珠、开关以及连接这几只元器件的导线就构成了一个最简单的电路。其中，干电池是电能的供出者，故被称为电路的电源，而小电珠则是消耗电能的，叫做电路的负载，SA 开关用于控制电源与负载间的通路，故称为控制器（开关），电能通过连接导线从电源送往负载。

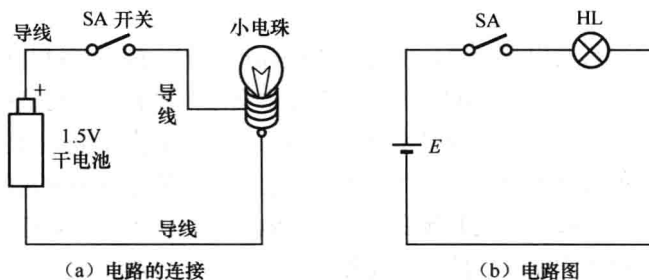


图 1-1 电路与电路图

电灯、电炉、继电器、电动机等都是电路的负载，它们分别将电源所传送给它们的电能转变成光、热或机械能，为我们所利用。在电力及一般用电系统中，电路就起着这种传输与转换电能的作用。

在电信系统中，就是利用电路来传输电话、网络信号或其他控制信息等。这里，电路主要是起着传输信息的作用。当然，在所传输的信息中，也需要包含有一定的能量。

2. 电路图

使用统一规定的电气图用规定的图形符号来表示电路连接情况的图叫做电路图。图 1-1 (b) 就是图 1-1 (a) 的电路图。有了电路图，我们就可以比较方便地了解电路的结构和组成情况，为掌握电气设备的性能及查找故障提供了便利。



1.1.2 电路的三种状态

实际的电路是由电工设备和元器件组成的。但无论是何种电路，通常都有以下三种状态。

1. 通路

通路又称为闭合电路，简称闭路。此时电路有工作电流流动，负载可以正常工作。例如图 1-1 (a) 中的 SA 接通后，就形成了闭合电路，电流从电池 E 正极输出，通过接通的 SA 开关、小电珠 (HL) 回到干电池负极，使 HL 点亮发光。

2. 开路

开路指电路中某处断开不成通路的电路。开路也称断路，例如，图 1-1 (a) 中的开关 SA 断开，此时电路中无电流。

当电路处于开路状态时，相当于其负载电阻为无穷大（通常用 ∞ 表示），电路中的电流等于零。

3. 短路

短路指电路（或电路中的一部分）被短接。例如负载或电源两端被导线连接在一起，就称为短路。此时，电源提供的电流将会比通路时提供的电流大很多倍，以致造成负载或电源的损坏。因此，一般是不允许在短路下工作的。

思考与问题

(1) 什么是直流电路？电路主要由哪几部分组成？它们在电路中各有什么作用？

(2) 什么叫做短路和短路故障？怎样防止短路故障？

1.2 电流

金属导体中含有大量的自由电子。当金属导体和电池连接为闭合回路时，导体中的自由电子（负电荷）就会受到电池负极的排斥与正极的吸引，驱使它们作有规则的运动。这种电荷有规则的运动就称为电流。通常，将正电荷移动的方向确定为电流的方向，其与电子移动的方向相反。

1.2.1 电流强度

电流的大小取决于在一定的时间内通过导体横截面的电荷量的多少，即电流强度，简称电流。电流强度的单位是安培，简称安，用“A”表示，它是这样规定的：

在 1s（秒）内通过导体横截面上的电荷量为 1 库仑（简称库，单位为 C，1 库相当于 6.24×10^{18} 个电子所带的电荷量），则电流强度即为 1A，可用以下公式来表示：

$$1\text{A} = 1\text{C}/1\text{s}$$

安培的单位较大，有时还会遇到较小的单位毫安（mA）及微安（ μA ），它们之间的换算关系为

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000} \text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1000} \text{mA} = 10^{-3}\text{mA} = \frac{1}{1000000} \text{A} = 10^{-6}\text{A}$$



1.2.2 直流电流与交流电流

根据电路类型的不同, 电流分为直流电流与交流电流两类。

1. 直流电流

如果电流的大小和方向都不随着时间变化, 即在任何不同时刻, 单位时间内通过导体横截面的电荷量均相同, 其方向也始终不改变, 则这种电流称为直流电流, 通常用大写字母 I 表示, 如图 1-2 (a) 所示。

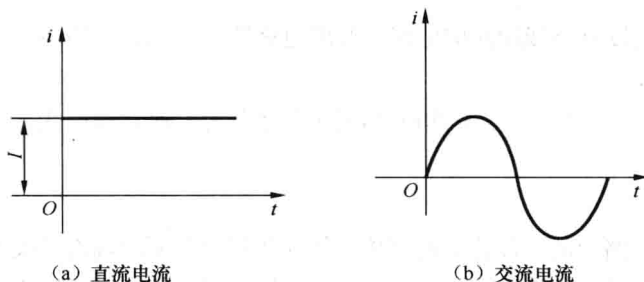


图 1-2 电流的波形

2. 交流电流

电流的大小和方向如果随时间按一定的规律反复交替地变化, 一会儿从小变到大, 一会儿又从大变到小; 一会儿电流是正的, 一会儿却变成负的 (电流正负的变化即代表其方向的变化), 则这种电流称为交流电流。图 1-2 (b) 所示的图形就是最常见的叫做正弦交变电流的变化规律。由电力电网供出的交流电就是这样的电流。

1.2.3 电流的热效应

当电流流过导体时, 由于导体具有一定的电阻, 因此, 电能就随着电流的流动不断地转变为热能, 使导体温度升高, 这种现象叫做电流的热效应。

1. 允许电流

在电路中, 负载是通过导线与电源相连接的, 电动机及变压器的线圈也是用导线绕制而成的, 当电流通过时, 导线电阻所消耗的电功率也要转变为热量, 这是一种无用的损耗。如果热量太大, 来不及向四周扩散, 将使导线的温度升高, 可能使导线之间的绝缘物因过热而损坏, 所以导线中允许通过的电流不能超过一定的限度。

2. 过流保护

如果电源通向负载的两根导线不经过负载而相互直接接通, 就发生了电源被短路的情况。这时电路中的电流可能增大到远超过上述导线的允许电流限度, 以致烧坏设备或导线。因此, 通常在电路中装上表 1-1 中所示的熔断器 (其中也画出了电工设备中常用的各种熔断器的图形符号), 使电流通过熔断器中的熔丝。熔丝 (一般由铅锡合金制成) 的熔点很低, 当通过过量的电流时, 熔丝首先烧断, 自动切断了电路, 这样就可以避免事故。因此, 熔丝又称为保险丝。熔丝的粗细不同, 其熔断电流也不同。使用时, 必须根据电路中电流的大小正确选用, 确保安全可靠。



表 1-1

电工设备中常用的各种熔断器的图形符号

序号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	熔断器式负荷开关		—	—
2	具有独立报警电路的熔断器		有信号的熔断器	
3	熔断器一般符号		熔断器	
4	供电端用粗线表示的熔断器		熔断器	
5	带机械连杆的熔断器（撞击器式熔断器）		—	—
6	熔断器式开关		刀开关-熔断器	
7	熔断器式隔离开关		隔离开关-熔断器	

思考与问题

(1) 白炽灯的灯丝烧断后再搭上，反而更亮，为什么？

(2) 电炉的电阻丝断裂，绞接后仍可短时应急使用，但不久绞接处很容易再次被烧断，为什么？

1.3 电压、电动势及电位

电路中的电流需要靠电源来维持，这好比用水泵来维持连续的水流一样。水泵能维持水流的原理是由于其能保持两处之间的水位差，使一处的水位总是高于另一处的水位。在水泵外部，水总是从高水位处流向低水位处；而在水泵内部，借助于水泵的力量可使水从低水位处流向高水位处，这样，水就能连续不断地流通了。

1.3.1 电压

与水泵泵水相似，在电源两端具有不同的电位。电源正极的电位总是高于负极的电位，也就是电源能维持两点间的电位差，使在电源外部，电流从高电位的正极流向低电位的负极；而在电源内部，借助于电源本身的特殊本领，可使电流从低电位流向高电位。例如干电池或蓄电池，在其内部就是通过化学力将正电荷从低电位推至高电位去的。



电位差又称电压,单位为伏特,简称伏,用字母 V 表示。衡量电源维持电位差本领的物理量称为电源电压。

1.3.2 电动势

电动势是衡量电源自身转换能量本领的物理量,用字母 E 表示,单位为伏。它表示电源内部非电场力所具有的,使电流从负极流向高电位正极,建立并维持电位差的本领。由于电源存在着电动势,就能保持正极的电位高于负极的电位。

1.3.3 电位

1. 电位的概念

在分析电路时,有时需要比较电路中某两点的电性能,需引入电位的概念。电路中某点与参考点间的电压就称该点的电位。通常选大地为参考点,即将大地的电位规定为零电位。在电子仪器和设备中又常将金属机壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。电位的单位与电压相同,也是伏特。

2. 零电位的图形符号

零电位点在电路中通常都是用各种接地符号来表示,各种接地及等电位图形符号如表 1-2 所示。

表 1-2

各种接地及等电位图形符号

图 号	图 形 符 号	
	GB4026	GB4728
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		

1.3.4 电动势、电压及电位三者之间关系

电工中常用到电动势、电压及电位,这三者的定义、方向、功能、表达式、单位以及测量仪表的连接方法如表 1-3 所示。需要说明的是以下几点。

- ① 电动势和电压是绝对值,与零电位选择无关;而电位是相对值,与零电位的选择有关。
- ② 比较电压时,应当说高电压和低电压。
- ③ 交流电压有瞬时值、最大值、平均值和有效值之分,常说的交流 220V、380V 是有效值。



表 1-3

电动势、电压及电位三者之间的关系表

名称 特性		电动势	电压（别名电势差）	电位（别名电势）	备 注
定义		在内电路中衡量电动力做功的物理量。它表明在外力作用下电源两端产生的电位差	在外电路中衡量电场力做功的物理量。数值上等于外电路两点之间产生的电位差	描写电场的一个物理量。某一点的电位就是从无限远处电场强度为零的地方，将单位正电荷逆着电场方向移到这一点所做的功	电动势和电压是两个不同的概念
方向		由低电位指向高电位	从高电位指向低电位	电位只有大小，没有方向，是个标量	电压和电流方向是一致的
功能		在电源内部将其其他形式的能转化为电能	在外电路中将电能转化为其他形式的能	只有做功的电势能是个纯量，可加减	
表达式		$E=I\left(r+R\right)$ E 为电动势； I 为电流； r 为内电路电阻； R 为外电路电阻	$U=IR$ U 为电压； R 为外电路电阻； I 为电流	$V=\frac{E_{\text{g}}}{q}$ V 为电位； q 为电荷电量； E_{g} 为电荷具有的电势能	电动势体现全电路欧姆定律，电压体现部分电路欧姆定律
单位	基 本 单位	伏特（V）	伏特（V）	伏特（V），静电系中为伏	国际单位为伏特，符号为 V，中文为伏
	辅 助 单位	千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（μV） 1kV=10 ³ （V） 1mV=10 ⁻³ （V） 1μV=10 ⁻⁶ （V）			
测量仪表及接法		电压表 在内电路两端并联电压表	电压表 在外电路并联电压表	电压表 在某电位点与参考点（地球表面）之间并联电压表	测量时要注意极性、量程、接法

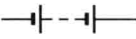
④ 电压损失和电压降落的区别: 在直流网络中是一致的; 在交流网络中, 由于电流、电压不同, 相角及线路电抗的影响, 而引起电压降落 (即线路两端电压的几何差)。

1.3.5 电源及电源电压

任何一种直流电源都有两个电极, 一个是正极, 另一个是负极, 其电路图形符号如表 1-4 所示。其中的长线段代表正极, 短线段代表负极。

表 1-4

电池的种类符号

序 号	新 符 号		旧 符 号	
	名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
1	原电池或蓄电池		原电池或蓄电池	
2	蓄电池组或原电池组 注: 注明电压值时允许的画法	48V 	蓄电池组或原电池组	 48V 



电源本身的电阻叫做电源内阻。如果一个电源只具有一定的电源电压而内阻为零,此电源称为理想电压源,表 1-4 中电源的符号表示的就是理想直流电压源。实际的电源只是在一定的条件下与理想电压源相近似,不可能完全等于理想电压源。由于内阻的影响,实际电源两端的电压总是比电源电压低些。

思考与问题

- (1) 恒流源和实际电流源有何区别?当外电路负载电阻趋于无穷大时,两种电源的输出功率相等吗?
- (2) 电源内阻与所接的负载电阻相比可以忽略时,该电源接近于恒压源还是恒流源?
- (3) 恒压源和恒流源相并联,哪一个吸取功率?哪一个给出功率?

1.4 电阻和欧姆定律

由于电流是电荷的有规律的移动,所以当电流通过导体时,由于导体内各种微粒之间的碰撞,形成对电流的阻碍作用,这种阻力作用即为电阻。

1.4.1 电阻率

导体的电阻是客观存在的,通常不随导体两端电压的大小变化,即使没有电压,导体仍然有电阻。

导体电阻的大小主要由两个因素来确定。一是导体材料的导电性能的好坏;二是与导体的尺寸大小有关。实验证明,同一材料的导体电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 R ——导体的电阻 (Ω);

L ——导体的长度 (m);

S ——导体的横截面积 (mm^2);

ρ ——导体材料的导电率。

ρ 是由导体材料的导电性能所确定的常数,它表示用该材料制成长为 1m、横截面为 1mm^2 的导线所具有的电阻。

1.4.2 电阻器的单位

电阻器的单位为欧姆,简称欧,用符号 Ω 表示。计量比较大的电阻可用千欧 ($\text{k}\Omega$) 或兆欧 ($\text{M}\Omega$) 表示。它们之间的关系为

$$\begin{aligned} 1\text{k}\Omega &= 10^3\Omega & 1\text{M}\Omega &= 10^6\Omega \\ 1\text{M}\Omega &= 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega \end{aligned}$$