

巧学巧用电子实用技术丛书

巧学巧用 电工实用技术

主 编 孙余凯 吴鸣山
副主编 项绮明 杨星钊

- ◆ 巧学巧用电工技术的必备知识
- ◆ 巧学巧用电工常用仪器仪表及其测量电路
- ◆ 巧学巧用继电器和电动机与变压器等实用技术
- ◆ 巧学巧用照明和开关器件与保护元件等实用技术



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

巧学巧用电子实用技术丛书

巧学巧用 电工实用技术

主 编 孙余凯 吴鸣山

副主编 项绮明 杨星钊

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以介绍电工技术的基础知识为切入点,以讲解巧学巧用的技能方法为基点,详细介绍了巧学巧用电工技术必备的基础知识,重点讲解了各种电工电器和电路的典型应用方式与巧学巧用方法,使读者快速了解电工常用仪器仪表、继电器、电动机与接触器、变压器、开关器件、保护元件、电磁铁、电磁阀等的应用特点及工作原理,并对基本电器和电路进行定性的分析及估测,为巧用打下基础。本书在每一章中列举了多种巧用电工技术基本电器和电路的方法,以开拓读者的巧用思路,使读者熟悉巧用的方法,能多方位、多领域地巧用这些电工技术实用基本电器和电路,设计、制作出功能更加新颖、自动化程度更高的电工技术应用产品来。

本书分类明确、结构合理、通俗易懂,既可作为中等电子电工职业学校与相关专业学科的教材,也可作为电子电工企业在岗人员技能培训教材,还可供电子电工产品开发及生产技术人员和广大电子爱好者学习参考。

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

巧学巧用电工实用技术 / 孙余凯, 吴鸣山主编. — 北京: 电子工业出版社, 2009.7

(巧学巧用电子实用技术丛书)

ISBN 978-7-121-09192-6

I. 巧… II. ①孙…②吴… III. 电工技术—基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 109871 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 徐子湖

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 18.5 字数: 450 千字

印 次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 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。

前 言

目前, 电工技术基础实用电器的制造技术迅速发展, 越来越受到电工电路设计者的重视。由于它的体积小、可靠性高、成本低、调整方便, 故在各个领域的电工电路中越来越广泛地被采用, 电路应用形式也越来越多。怎样巧学巧用电工技术基本电器和电路, 是电子爱好者和电工技术工作者十分关心和需要掌握的基本知识和技能。本书正是为了满足这一需要而编写的。

本书全面、系统地介绍了电工技术基础实用电器: 电工常用仪器仪表、继电器、电动机与接触器、变压器、开关器件、保护元件、电磁铁、电磁阀等的类型、电路组成、应用特点、工作原理, 并在巧学基础上介绍巧用方法。各章分类科学, 编目明确, 便于查阅。

在巧学巧用电工技术的必备知识方面, 详细介绍了电路基本知识, 包括电动势、电压及电位、电阻和电阻值、电路的欧姆定律、电功和电功率、电容器和电容量、电与磁、交流电、三相交流电、保护接地和保护接零线、元件图形符号识别方法、电工控制电路中的文字符号及其他代号、接线端子和特定导线的标记及颜色标记代号等基本概念, 在此基础上, 重点讲解了各种电工基本电器和电路的应用特点, 以及定量计算电工的基本物理量, 为巧学电工基础实用电器和电路打下基础。

在巧学巧用电工常用仪器仪表方面, 详细介绍了电工常用测量仪表的类型、电工仪表的准确度等级、磁电式仪表结构特点、电磁式仪表结构特点、电动式仪表结构特点, 使读者能熟练掌握它们的功能、外部特性。在介绍巧用时, 先对巧用的场合、方法及巧用时应注意的问题进行指导, 然后, 列举了几种电工常用仪器仪表巧用方法来开拓读者的巧用思路。

在巧学巧用继电器方面, 重点讲解了继电器的作用和类型、基本结构、工作原理, 以及电磁继电器、固态继电器、热继电器、干簧式继电器、时间继电器的典型应用方法, 对巧用各种继电器的场合、方法及巧用时应注意的问题进行指导, 然后, 列举了各个领域巧用各种继电器的实用电路, 供借鉴和参考。

在巧学巧用电动机与接触器方面, 讲解了巧学巧用电动机与接触器的基本知识 with 常用接触器的典型应用方法, 并对巧用电动机与接触器实际巧用方法进行了指导, 然后, 以巧用实例来说明巧用方法, 旨在开拓读者的巧用思路。

在巧学巧用变压器方面, 详细介绍了巧学单相变压器、互感器的基本知识, 以及日常应用十分广泛的电压互感器、电流互感器的典型应用方法, 最后列举了实际巧用方法供读者借鉴和参考。这些实际巧用电路既可以单独应用, 又可以与其他相应电路组合使用, 或进行相应的变形、改进、参数重新设置等变为其他用途。

在巧学巧用电工其他实用技术方面, 以最基本和最常用的电气照明器具、开关器件、保护元件、电磁铁、电磁阀为基础, 介绍了它们的典型应用方法的实际电路形式和工作原理, 使读者能熟练掌握它们的功能及外部特性, 为巧用这些电工电器服务, 并对巧用的场合、方法及巧用时应注意的问题进行相应的指导, 然后, 列举了巧用电气照明器具、开关

器件、保护元件、电磁铁、电磁阀的实际电路来开拓读者的巧用思路。

本书所提供的典型应用电路和巧用实际电路具有新颖、实用的特点，通过简明扼要地讲述它们的工作原理、电路功能及巧用中应注意事项，使读者一看就懂、一学就会，为读者应用这些电路提供了方便。

本书在编排上，从基础知识入手，逐步深入介绍典型应用与巧用电路，其目的是由浅入深，使读者能尽快掌握电工技术的知识和巧用技巧，进而熟练地去巧用各种电工电器和电路技术。

本书的另一特点是浅显通俗、图文并茂、取材新颖、资料丰富、实用性强。

本书由孙余凯、吴鸣山担任主编，项绮明、杨星钊担任副主编。参加本书编写的人员还有：刘忠新、孙余贵、王燕芳、张书杰、陈芳、金宜全、吕颖生、刘英、陈帆、徐绍贤、孙余明等。

本书在编写过程中，参考了大量的国内外有关电子电工技术方面的期刊、书籍及资料，在这里谨向有关作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在某些不足之处，诚请专家和读者批评指正。

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编 者

2009年5月

目 录

第 1 章 巧学巧用电工技术的必备知识.....	1
1.1 电路基本知识	1
1.1.1 电路与电路图	1
1.1.2 电路的三种状态	2
1.2 电流	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 直流电流与交流电流	3
1.2.3 电流的热效应	3
1.3 电动势和电压及电位	5
1.3.1 电压	5
1.3.2 电动势	5
1.3.3 电位	5
1.3.4 电动势、电压及电位三者之间的关系	6
1.3.5 电源及电源电压	7
1.4 电阻器和电阻值	8
1.4.1 电阻率	8
1.4.2 电阻器的种类、电路图形符号与单位	9
1.4.3 电阻器的连接方式	11
1.5 电路的欧姆定律	12
1.5.1 部分电路欧姆定律	12
1.5.2 全电路欧姆定律	13
1.5.3 欧姆定律公式的变形	13
1.6 电功和电功率	14
1.6.1 电功	14
1.6.2 电功率	14
1.7 电容器和电容量	15
1.7.1 电容器和电容量	15
1.7.2 电容器的类型及电路图形符号	18
1.7.3 电容器的主要参数	18
1.7.4 电容器的串联和并联	20
1.7.5 电容器的充放电	23
1.8 电与磁及电感器	24
1.8.1 电流的磁效应	24
1.8.2 磁场的基本物理量	25

1.8.3	磁路及欧姆定律	26
1.8.4	电磁力	26
1.8.5	感应电动势	27
1.8.6	自感与互感	28
1.8.7	楞次定律	29
1.8.8	电感器的电路图形符号	30
1.9	交流电	30
1.9.1	交流电的基本概念	31
1.9.2	交流电的周期与频率及角频率	32
1.9.3	交流电的相位和相位差	33
1.9.4	交流电的有效值	35
1.9.5	正弦交流电的矢量表示法	36
1.9.6	负载为纯电阻的交流电路	37
1.9.7	负载为纯电感的交流电路	38
1.9.8	负载为纯电容的交流电路	40
1.9.9	负载为电阻器与电感器串联的交流电路	41
1.9.10	负载为电阻器、电感器、电容器串联的交流电路	42
1.9.11	交流电路中的电功率	43
1.9.12	对功率因数的要求	44
1.10	三相交流电	45
1.10.1	三相交流电的产生	45
1.10.2	三相四线制交流电源	46
1.10.3	对称三相电路的功率	49
1.11	保护接地和保护接零线	50
1.11.1	保护接地	50
1.11.2	保护接零线	51
1.12	其他图形符号	52
1.12.1	电流与电压的图形符号	52
1.12.2	传感器及传感开关的种类与图形符号	53
1.12.3	火花间隙及避雷器的种类与图形符号	54
1.12.4	灯和信号器件的种类与图形符号	54
1.12.5	导线及其连接的种类与图形符号	55
1.12.6	连接器件的种类与图形符号	56
1.12.7	晶体二极管的种类与图形符号	56
1.12.8	普通晶体三极管的种类与图形符号	57
1.12.9	场效应晶体管的种类与图形符号	57
1.12.10	其他类型晶体三极管的种类与图形符号	58
1.13	电工控制电路的文字符号及其他代号	58
1.13.1	基本文字符号	58
1.13.2	辅助文字符号	63
1.14	接线端子和特定导线及颜色的标记代号	65

1.14.1	接线端子和特定导线的标记代号	65
1.14.2	颜色的标记代号	66
1.14.3	电力图中回路编号	66
第2章	巧学巧用电工常用仪器仪表	69
2.1	巧学电工常用仪器仪表基本知识	69
2.1.1	电工常用测量仪表的类型	69
2.1.2	电工仪表的准确度等级	69
2.1.3	磁电式仪表结构特点	70
2.1.4	电磁式仪表结构特点	71
2.1.5	电动式仪表结构特点	72
2.1.6	电工仪表文字符号	73
2.1.7	电工测量仪表图形符号	74
2.1.8	巧用电工仪表方法指导	76
2.2	电流表的实际巧用方法	79
2.2.1	巧用电流表测量直流电流	79
2.2.2	巧用由电流表构成的土壤湿度检测报警显示电路	80
2.2.3	巧用由电流表构成的 12 V 蓄电池可控硅充电电路	81
2.2.4	巧用电流表测量交流电流	83
2.2.5	巧用三相交流电流表测量常用接线电路	83
2.2.6	巧用由电流表构成的监视电动机运行的电流表切换电路	84
2.2.7	巧用由电流表构成的 0~20 V 可调电源电路	85
2.2.8	巧用由电流表构成的电阻、电容和电感测量电路	86
2.2.9	巧用由电流表构成的判断多级绕组变压器同名端电路	88
2.3	电压表的实际巧用方法	89
2.3.1	巧用由交流/直流两用电压表构成的测量三相交流电压电路	89
2.3.2	巧用由交流/直流两用电压表构成的测量单相交流电压电路	90
2.3.3	巧用由直流电压表构成的测量直流电压电路	90
2.3.4	巧用由电压表构成的自动换挡电压表电路	91
2.3.5	巧用由电压表构成的可从 1.25 V 调起的正可调直流稳压电源电路	92
2.3.6	巧用由电压表构成的峰-峰值检测电路	93
2.3.7	巧用由电压表构成的具有防冲击功能的交流稳压电路	94
2.4	电能表	96
2.4.1	巧学电能表基本知识	96
2.4.2	巧用电能表方法指导	97
2.4.3	巧用电能表计量功率因数	98
2.4.4	巧用由电能表构成的具有节能功能的单相电度表电路	99
第3章	巧学巧用继电器	101
3.1	继电器的作用和类型	101
3.2	电磁继电器	101

3.2.1	巧学电磁继电器基本知识	101
3.2.2	电磁继电器的典型应用	105
3.2.3	巧用电磁继电器方法指导	108
3.2.4	巧用继电器应注意的问题	109
3.2.5	巧用由继电器构成的过压保护电路	112
3.2.6	巧用由继电器构成的多段水位显示报警电路	113
3.2.7	巧用由继电器构成的降温报警电路	115
3.2.8	巧用由继电器构成的防市电极性接反电路	116
3.2.9	巧用由继电器构成的检测灵敏负载快速断电电路	117
3.2.10	巧用由继电器构成的多点控制开关电路	118
3.2.11	巧用由继电器构成的单线远程正转与反转电路	119
3.3	固态继电器	120
3.3.1	巧学固态继电器基本知识	120
3.3.2	固态继电器的典型应用	125
3.3.3	巧用固态继电器方法指导	127
3.3.4	巧用由固态继电器构成的敲击式门灯与门铃控制电路	128
3.3.5	巧用由固态继电器构成的光控节能灯电路	130
3.3.6	巧用由固态继电器构成的大功率多花样广告灯控制电路	131
3.3.7	巧用由固态继电器构成的交流彩灯控制电路	133
3.3.8	巧用由固态继电器构成的卡拉 OK 彩光气氛渲染器电路	135
3.4	热继电器	137
3.4.1	巧学热继电器基本知识	137
3.4.2	热继电器的典型应用	141
3.4.3	巧用热继电器方法指导	142
3.4.4	巧用由热继电器构成的水位自动控制电路	142
3.4.5	巧用由热继电器构成的单向启动电路	144
3.4.6	巧用由热继电器构成的空气压缩机压力开关控制电路	146
3.5	干簧式继电器	147
3.5.1	巧学干簧式继电器	147
3.5.2	干簧管式继电器典型的应用	149
3.5.3	巧用干簧式继电器方法指导	149
3.5.4	巧用由干簧继电器构成的走道照明自动灯电路	150
3.5.5	巧用由干簧继电器构成的多功能漏电保护电路	151
3.5.6	巧用由干簧继电器构成的汽车前照灯关闭自动延时控制电路	152
3.5.7	巧用由干簧继电器构成的汽车转向闪光电路	153
3.5.8	巧用由干簧式继电器构成的汽车电子闪光器电路	154
3.5.9	巧用由常开式干管继电器构成的过载保护电路	155
3.5.10	巧用由锁定干管继电器构成的过载保护电路	156
3.6	时间继电器	156
3.6.1	巧学时间继电器基本知识	156
3.6.2	时间继电器的典型应用	159

3.6.3	巧用时间继电器方法指导	160
3.6.4	巧用由时间继电器构成的启动控制电路	161
第 4 章	巧学巧用电动机与接触器	163
4.1	巧学电动机基本知识	163
4.1.1	电动机的种类	163
4.1.2	电动机电路图形符号	164
4.2	巧学三相异步电动机基本知识	167
4.2.1	三相异步电动机的类型	167
4.2.2	三相异步电动机的型号与结构特征及用途	167
4.2.3	三相异步电动机的结构	169
4.2.4	异步电动机外壳防护形式	172
4.2.5	三相异步电动机的旋转原理	174
4.3	巧学单相异步电动机基本知识	176
4.3.1	单相异步电动机的类型	176
4.3.2	单相异步电动机的基本结构	176
4.3.3	罩极式电动机	178
4.3.4	分相式电动机	181
4.3.5	电容式电动机	182
4.3.6	单相串励电动机	186
4.4	接触器	188
4.4.1	巧学接触器基本知识	188
4.4.2	交流接触器的典型应用	193
4.5	巧用电动机与接触器方法	195
4.5.1	巧用电动机方法指导	195
4.5.2	巧用接触器方法指导	198
4.5.3	巧用由电动机与接触器构成的电动机启动器电路	198
第 5 章	巧学巧用变压器	201
5.1	巧学单相变压器基本知识	201
5.1.1	变压器及变流器的种类与图形符号	201
5.1.2	单相变压器结构	201
5.1.3	三相变压器结构	206
5.1.4	变压器的常用术语	209
5.2	巧学互感器基本知识	212
5.2.1	电压互感器	212
5.2.2	电流互感器	215
5.3	巧用变压器的方法	222
5.3.1	巧用变压器方法方法指导	222
5.3.2	巧用电压互感器方法指导	223
5.3.3	巧用电流互感器方法指导	223

5.3.4	巧用由电流互感器构成的过流保护电路	225
第6章	巧学巧用电工其他实用技术	227
6.1	巧学巧用电气照明器具	227
6.1.1	巧学荧光灯基本知识	227
6.1.2	巧用照明器具方法指导	234
6.1.3	巧用由升压变压器构成的直流荧光灯电路	236
6.1.4	巧用由光控启辉器构成的光控荧光灯电路	237
6.1.5	巧用由阻容元件构成的荧光灯亮度调整电路	238
6.1.6	巧用由二极管构成的快速启动荧光灯电路	239
6.1.7	巧用由白炽灯构成的电场线传输防盗报警电路	240
6.1.8	巧用由白炽灯构成的电力变压器断相时的声光报警电路	240
6.1.9	巧用由白炽灯构成的光敏声控节能灯电路	241
6.1.10	巧用由白炽灯构成的声光控触摸延时节电照明电路	243
6.1.11	巧用由白炽灯构成的调光与定时控制及光弱报警多功能台灯电路	244
6.2	巧学巧用开关器件	245
6.2.1	巧学开关器件基本知识	246
6.2.2	巧用开关器件方法指导	254
6.2.3	巧用由开关构成的塑料封口机控制电路	254
6.2.4	巧用由开关构成的的声光提示式多功能测电笔电路	256
6.2.5	巧用由开关构成的钳形三用表电路	257
6.2.6	巧用由开关构成的漏电保护器电路	259
6.2.7	巧用由电子开关构成的人体接近开关电路	260
6.3	巧学巧用保护元件	262
6.3.1	巧学熔断器基本知识	262
6.3.2	巧学漏电保护器的基本知识	267
6.3.3	巧用保护元器件方法指导	271
6.3.4	巧用由漏电保护器构成的单相交流电源电路	275
6.3.5	巧用由漏电保护器构成的三相交流电源电路	275
6.3.6	巧用由漏电保护器构成的三相四线制交流电源电路	276
6.3.7	巧用由漏电保护器构成的家庭配电箱电路	276
6.4	巧学巧用电磁铁与电磁阀	278
6.4.1	巧学电磁铁基本知识	278
6.4.2	巧学电磁阀基本知识	280
6.4.3	巧用电磁铁与电磁阀方法指导	281
6.4.4	巧用由电磁水阀构成的太阳能热水器定时上水防溢控制电路	282
6.4.5	巧用由电磁水阀构成的自动洗手控制电路	283
	参考文献	285

第 1 章 巧学巧用电工技术的必备知识

随着电气、电力的日益广泛的应用，现代电气设备不但种类繁多，而且，日新月异，新品种、新技术层出不穷，不断地发展。但是，任何一种电器、新设备的问世，仍是由各式各样的电路所组成的。不论电路的结构如何复杂，它们和最简单的电路之间还是具有许多最基本的共性，并且遵循着相同的变化规律。搞清这些最基本的共性与规律，是巧学巧用电工实际技术必须具备的基本方法、根本途经。

1.1 电路基本知识

电工经常和各种各样的电路打交道，故电路是电工从业人员必须熟悉的基础知识。

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

以直流电路为例，用图 1-1 所示电路与电路图关系来说明。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，如图 1-1 (a) 所示，当闭合电源开关 SA 后，小电珠就会发亮。从图中可以看出，干电池、小电珠、开关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，干电池是电能的供给者，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。

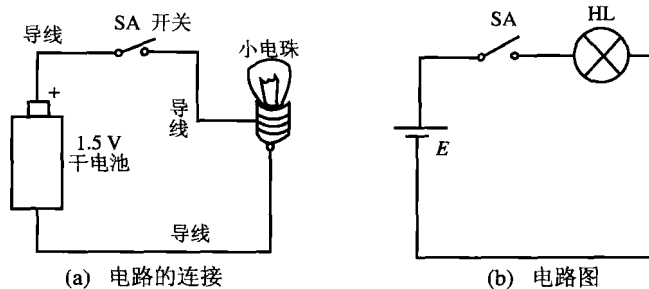


图 1-1 电路与电路图

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，可利用一定的电路来传输电话、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

用统一规定的图形符号来表示电路连接情况的图叫电路图。图 1-1 (b) 所示图形就是图 1-1 (a) 所示的电路图。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。例如如图 1-1 (a) 所示电路中的 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，如图 1-1 (a) 所示电路中的开关 SA 断开，此时电路中无电流。

当电路处于开路状态时，相当于其负载电阻值为无穷大（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，一般情况下是不允许电源在短路状态下工作的，也是必须严格禁止的。

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，驱使它们做有规则的运动。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

电流的大小取决于在一定的时间内通过导体截面的电荷量的多少，称为电流。电流的单位是 A（安培），它是这样规定的：

在 1 s（秒）内通过导体横截面上的电荷量为 1 C（库仑，简称库，用字母 C 表示，1 库相当于 6.24×10^{18} 个电子所带的电荷量），则电流为 1 A（安培，简称安，用字母 A 表示），

可用以下公式来表示:

$$1 \text{ 安 (A)} = 1 \text{ 库 (C)} / 1 \text{ 秒 (s)}$$

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

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

$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000} \text{ mA} = 10^{-3} \text{ mA} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

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,其波形图线如图 1-2 (a) 所示。

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) 所示图线就是最常见的正弦交变电流变化图像。由电力电网供出的交流电,就是这样的电流。

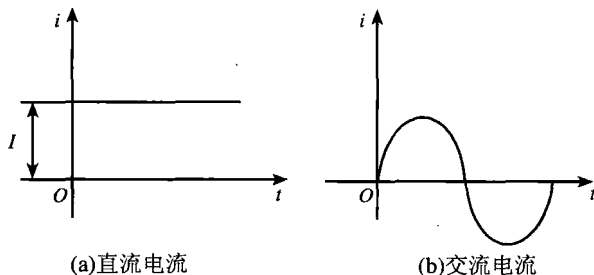


图 1-2 电流的波形图线

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值。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,这种现象就叫电流的热效应。

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，就会发生电源被短路的情况。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，通常在电路中装上如图 1-3 所示的熔断器（图 1-3 所示图形画出了电工设备中常用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，这样就可以避免发生事故。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。

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	单线 多线
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	

图 1-3 电工设备中常用各种熔断器的图形符号

1.3 电动势和电压及电位

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，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的。

电位差又称电压，单位为伏特，简称为伏，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，单位与电压一样，为伏特，简称为伏，用字母“V”表示。它表示电源内部非电场力所具有的，使电流从负极流向正极，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节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的，各种接地及等电位图形符号如图1-4所示，各图形的含义说明如下：

(1) 保护接地线

保护接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“PE”标记符号来表示，其图形符号如图1-4(a)所示。

(2) 接地线

接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“E”标记符号来表示，其图形符号如图1-4(b)所示。

(3) 无噪声接地线

无噪声接地线的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“JE”标记符号来表示，其图形符号如图 1-4 (c) 所示。

(4) 接机壳或机架

接机壳或机架的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“MM”标记符号来表示，其图形符号如图 1-4 (d) 所示。

(5) 等电位

等电位的电器，其接线端子和特定导线的共同标记通常用“CC”标记符号来表示，其图形符号如图 1-4 (e) 所示。

图号	图形符号	
	GB4026	GB4728
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		 
(e)		

图 1-4 各种接地线及等电位图形符号

(6) 不接地的保护导线

不接地的保护导线，其特定导线的标记用符号“PU”表示。

(7) 保护接地线和中性线共用线

保护接地线和中性线共用线特定导线的标记，通常用“PEN”标记符号来表示。

1.3.4 电动势、电压及电位三者之间的关系

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，对比关系列于表 1-1 中。需要说明的是：

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 电压比较时的描述，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 220 V、380 V 是有效值。

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。