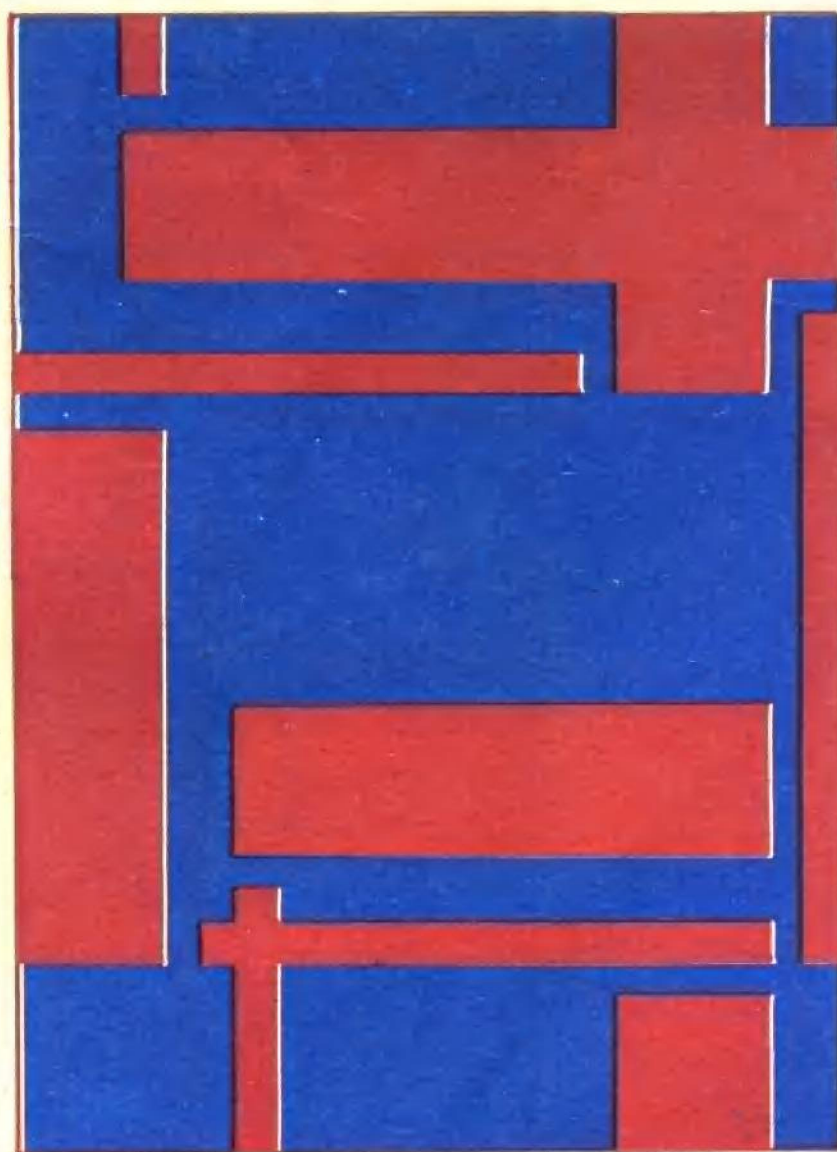


高等工科院校系列教材

# 电工技术

王成忠 杨德成 李桂兰 主编



重庆大学出版社

# 电 工 技 术

王成忠 杨德成 ~~李桂兰~~ 主编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书是高等工科院校系列专科教材之一。本书是按照国家教委颁布的“高等学校工程专科电工技术课程教学基本要求”并结合专科教育的特点编写的。主要包括:直流电路,单相交流电路,三相交流电路及其分析,电路的暂态过程,变压器、异步电动机、直流电动机的工作原理、基本结构、特性及其选用,各种继电—接触器控制系统,电工测量和安全用电的基本知识。

本书适合于工程类专科非电类各专业。

## 电 工 技 术

王成忠 杨德成 李桂兰 主编

责任编辑 李淑芳 谭敏

\*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:324千

1994年6月第1版 1997年6月第3次印刷

印数:12001—16000

ISBN 7-5624-0849-1/TM·34 定价:10.80元

## 序

近年来我国高等专科教育发展很快,各校招收专科生的人数呈逐年上升趋势,但是专科教材颇为匮乏,专科教材建设工作进展迟缓,在一定程度上制约了专科教育的发展。在重庆大学出版社的倡议下,中国西部地区 14 所院校(云南工学院、贵州工学院、宁夏工学院、新疆工学院、陕西工学院、广西大学、广西工学院、兰州工业高等专科学校、昆明工学院、攀枝花大学、四川工业学院、四川轻化工学院、渝州大学、重庆大学)联合起来,编写、出版机类和电类专科教材,开创了一条出版系列教材的新路。这是一项有远见的战略决策,得到国家教委的肯定与支持。

质量是这套教材的生命。围绕提高系列教材质量,采取了一系列重要举措:

第一,组织数十名教学专家反复研究机类、电类三年制专科的培养目标和教学计划,根据高等工程专科教育的培养目标——培养技术应用型人才,确定了专科学生应该具备的知识和能力结构,据此制订了教学计划,提出了 50 门课程的编写书目。

第二,通过主编会议审定了 50 门课程的编写大纲,不过分强调每门课程自身的系统性和完整性,从系列教材的整体优化原则出发,理顺了各门课程之间的关系,既保证了各门课程的基本内容,又避免了重复和交叉。

第三,规定了编写系列专科教材应该遵循的原则:

1. 教材应与专科学生的知识、能力结构相适应,不要不切实际地拔高;
2. 基础理论课的教学应以“必须、够用”为度,所谓“必须”是指专科人才培养规格之所需,所谓“够用”是指满足后续课程之需要。
3. 根据专科的人才培养规格和人才的主要去向,确定专业课教材的内容,加强针对性和实用性;
4. 减少不必要的数理论证和数学推导;
5. 注意培养学生解决实际问题的能力,强化学生的工程意识;
6. 教材中应配备习题、复习思考题、实验指示书等,以方便组织教学;
7. 教材应做到概念准确,数据正确,文字叙述简明扼要,文、图配合适当。

第四,由出版社聘请学术水平高、教学经验丰富、责任心强的专家担任主审,严格把住每门教材的学术质量关。

出版系列专科教材堪称一项“浩大的工程”。经过一年多的艰苦努力,系列专

科教材陆续面市了。它汇集了中国西部地区 14 所院校专科教育的办学经验,是西部地区广大教师长期教学经验的结晶。

纵观这套教材,具有如下的特色:它符合我国国情,符合专科教育的教学基本要求和教学规律;正确处理了与本科教材、中专教材的分工,具有很强的实用性;与出版单科教材不同,有计划地成套推出,实现了整体优化。

这套教材立足于我国西部地区,面向全国市场,它的出版必将对繁荣我国的专科教育发挥积极的作用。这套教材可以作为大学专科及成人高校的教材,也可作为大学本科非机类或非电类专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。因此我不揣冒昧向广大读者推荐这套系列教材,并希望通过教学实践后逐版修订,使之日臻完善。

吴云鹏

1993年  
仲夏

# 前 言

本书系根据 1992 年中国西部地区工科院校专科教材建设会议的精神,结合全国高等学校工科非电专业电工技术课程教学基本要求制定的编写大纲编写的。

本书内容分为两大部分:第一部分为电路基础理论(一至五章),包括直流电路、正弦交流电路、电路的暂态过程和磁路等。第二部分为实用部分(五至十章),包括变压器、异步电动机及其继电接触器控制系统、直流电动机、电工测量和安全用电。

书中对电路理论的讲述,以保证“必须、够用”为度。在交流电路中采用相量分析贯彻始终的办法,免去了过多的分析计算。对实用部分,着重于介绍电机、电器和电工测量仪表的选用与使用,以及继电接触器控制系统的组成原则和读图方法等。每章附有小结、练习与思考。在习题中增加了实用的内容。在附录中给出电工常用图形与符号。

本课程的总学时为 64 学时,实验学时不少于总学时的 25%,电工测量与安全用电可以结合实验进行教学。

本书的一、五两章由兰州工业高等专科学校李桂兰编写,二、三两章由渝州大学彭惠鹏编写,绪论、四章由云南工学院杨德成编写,六、七两章由贵州工学院陈绍炯编写,八到十章由四川工业学院王成忠编写。王成忠负责对全书进行统稿。

本书承大连理工大学蒋德川教授仔细审阅,提出了极其宝贵和详细的修改意见,在此谨致以最诚挚的谢意。

由于编者能力有限,见解不多,时间仓促,书中有些内容难免不够妥善,甚至会有错误之处,希望提出批评和改进意见,以供修订时加以提高。

编者

1994 年 2 月

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 绪论                   | 1  |
| 第一章 直流电路及其分析         | 3  |
| § 1-1 电路             | 3  |
| 一、电路的组成及作用           | 3  |
| 二、电路模型和电路图           | 3  |
| 三、简单电路和复杂电路          | 4  |
| § 1-2 电路的基本物理量及其正方向  | 5  |
| 一、电流                 | 5  |
| 二、电动势                | 5  |
| 三、电压                 | 5  |
| 四、电位                 | 5  |
| § 1-3 欧姆定律           | 6  |
| § 1-4 电路的状态和电气设备的额定值 | 8  |
| 一、电气设备的额定值           | 8  |
| 二、电路的几种状态            | 8  |
| § 1-5 电压源、电流源及其等效变换  | 11 |
| 一、电压源                | 11 |
| 二、电流源                | 12 |
| 三、电压源与电流源的等效变换       | 13 |
| § 1-6 克希荷夫定律         | 15 |
| 一、克希荷夫电流定律           | 15 |
| 二、克希荷夫电压定律           | 16 |
| § 1-7 简单电路的分析        | 17 |
| 一、电阻的串联              | 17 |
| 二、电阻的并联              | 19 |
| 三、电阻的混联              | 20 |
| § 1-8 支路电流法          | 21 |
| § 1-9 叠加原理           | 22 |
| § 1-10 戴维南定理         | 24 |
| 小结                   | 26 |
| 习题                   | 26 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第二章 正弦交流电路 .....           | 31 |
| § 2-1 正弦交流电的基本概念 .....     | 31 |
| 一、频率与周期 .....              | 31 |
| 二、极大值与有效值 .....            | 32 |
| 三、相位与初相位 .....             | 33 |
| § 2-2 正弦量的相量表示法 .....      | 34 |
| § 2-3 电阻元件、电感元件与电容元件 ..... | 36 |
| 一、电阻元件 .....               | 37 |
| 二、电感元件 .....               | 37 |
| 三、电容元件 .....               | 38 |
| § 2-4 单一参数的交流电路 .....      | 39 |
| 一、电阻元件的交流电路 .....          | 39 |
| 二、电感元件的交流电路 .....          | 41 |
| 三、电容元件的交流电路 .....          | 42 |
| § 2-5 电阻、电感、电容串联交流电路 ..... | 44 |
| 一、电压与电流的关系 .....           | 45 |
| 二、功率关系 .....               | 46 |
| § 2-6 阻抗的串联与并联 .....       | 47 |
| 一、阻抗的串联 .....              | 47 |
| 二、阻抗的并联 .....              | 48 |
| § 2-7 功率因数的提高 .....        | 50 |
| § 2-8 电路中的谐振 .....         | 52 |
| 一、串联谐振 .....               | 52 |
| 二、并联谐振 .....               | 54 |
| 小结 .....                   | 56 |
| 习题 .....                   | 58 |
| 第三章 三相交流电路 .....           | 62 |
| § 3-1 对称三相交流电压 .....       | 62 |
| § 3-2 对称三相负载的星形联接 .....    | 65 |
| § 3-3 对称三相负载的三角形联接 .....   | 67 |
| § 3-4 不对称三相负载的三相电路简介 ..... | 68 |
| 一、带中线的不对称星形电路 .....        | 68 |
| 二、无中线的不对称星形电路 .....        | 68 |
| 三、三相不对称三角形电路 .....         | 70 |
| § 3-5 三相电路的功率 .....        | 70 |
| 一、平均功率 .....               | 70 |
| 二、无功功率 .....               | 71 |



|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 三、视在功率 .....             | 71        |
| 小结 .....                 | 71        |
| 习题 .....                 | 72        |
| <b>第四章 电路的暂态过程 .....</b> | <b>74</b> |
| § 4-1 导论 .....           | 74        |
| 一、基本概念 .....             | 74        |
| 二、换路定律与初始值的确定 .....      | 74        |
| § 4-2 电阻电容电路的暂态过程 .....  | 77        |
| 一、RC 电路的零输入响应 .....      | 77        |
| 二、RC 电路的零状态响应 .....      | 79        |
| 三、RC 电路的全响应 .....        | 81        |
| § 4-3 一阶电路的三要素分析法 .....  | 83        |
| § 4-4 几种实用电阻电容电路 .....   | 84        |
| 一、微分电路 .....             | 85        |
| 二、积分电路 .....             | 85        |
| 三、耦合电路 .....             | 86        |
| § 4-5 电阻电感电路暂态过程简介 ..... | 86        |
| 一、RL 电路的零输入响应 .....      | 87        |
| 二、RL 电路的零状态响应和全响应 .....  | 88        |
| 小结 .....                 | 89        |
| 习题 .....                 | 89        |
| <b>第五章 磁路与变压器 .....</b>  | <b>92</b> |
| § 5-1 磁路的基本概念 .....      | 92        |
| 一、磁场的基本物理量 .....         | 92        |
| 二、磁性材料的磁性能 .....         | 93        |
| 三、磁路及其基本定律 .....         | 95        |
| § 5-2 交流铁心线圈 .....       | 97        |
| 一、电磁关系 .....             | 97        |
| 二、电压和电流的关系 .....         | 97        |
| 三、恒磁通特性 .....            | 97        |
| § 5-3 变压器 .....          | 98        |
| 一、空载运行 .....             | 99        |
| 二、负载运行 .....             | 99        |
| 三、变压器的外特性与效率 .....       | 101       |
| 四、特种变压器 .....            | 101       |
| 五、变压器绕组极性的测定 .....       | 103       |
| § 5-4 电磁铁 .....          | 105       |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 小结.....                     | 108        |
| 习题.....                     | 109        |
| <b>第六章 异步电动机</b> .....      | <b>111</b> |
| § 6-1 三相异步电动机的结构与外形 .....   | 111        |
| 一、基本结构 .....                | 111        |
| 二、外型结构 .....                | 112        |
| § 6-2 三相异步电动机的工作原理 .....    | 113        |
| 一、旋转磁场 .....                | 113        |
| 二、异步电动机的转速 .....            | 115        |
| § 6-3 三相异步电动机的转矩和特性分析 ..... | 116        |
| 一、三相异步电动机的电量 .....          | 116        |
| 二、三相异步电动机的转矩 .....          | 117        |
| 三、三相异步电动机的运行特性 .....        | 120        |
| § 6-4 三相异步电动机的使用 .....      | 121        |
| 一、起动 .....                  | 121        |
| 二、反转 .....                  | 123        |
| 三、调速 .....                  | 123        |
| 四、制动 .....                  | 124        |
| § 6-5 单相异步电动机 .....         | 125        |
| 一、工作原理和特性 .....             | 125        |
| 二、起动方法 .....                | 126        |
| 三、三相异步电动机的单相运行 .....        | 128        |
| § 6-6 交流异步电动机的选择 .....      | 128        |
| 一、三相异步电动机的铭牌数据 .....        | 128        |
| 二、电动机的选择原则 .....            | 129        |
| 三、负载计算 .....                | 131        |
| 小结.....                     | 131        |
| 习题.....                     | 132        |
| <b>*第七章 直流电动机</b> .....     | <b>134</b> |
| § 7-1 直流电动机的基本结构及分类 .....   | 134        |
| 一、基本结构 .....                | 134        |
| 二、分类 .....                  | 135        |
| § 7-2 直流电动机的工作原理 .....      | 135        |
| 一、电磁转矩 .....                | 135        |
| 二、基本平衡方程 .....              | 135        |
| § 7-3 他励(并励)电动机的机械特性 .....  | 136        |
| § 7-4 他励电动机的调速 .....        | 137        |
| 一、减弱磁通调速 .....              | 138        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 二、降低电枢电压调速 .....            | 139        |
| § 7-5 直流电动机的使用 .....        | 139        |
| 一、起动 .....                  | 139        |
| 二、反转 .....                  | 140        |
| 三、制动 .....                  | 140        |
| *四、维护 .....                 | 141        |
| § 7-6 直流电动机的联接和额定值 .....    | 141        |
| 一、联接 .....                  | 141        |
| 二、直流电动机的系列 .....            | 141        |
| 三、额定值 .....                 | 142        |
| 小结 .....                    | 142        |
| 习题 .....                    | 143        |
| <b>第八章 继电器接触器控制系统</b> ..... | <b>144</b> |
| § 8-1 常用控制电器 .....          | 144        |
| 一、主令电器 .....                | 144        |
| 二、熔断器 .....                 | 146        |
| 三、起动器 .....                 | 147        |
| 四、继电器 .....                 | 149        |
| § 8-2 鼠笼式电动机的直接起动控制电路 ..... | 152        |
| 一、直接起动控制 .....              | 152        |
| 二、点动控制 .....                | 155        |
| 三、正反转控制 .....               | 155        |
| § 8-3 行程控制 .....            | 157        |
| § 8-4 时间控制 .....            | 158        |
| § 8-5 继电器接触器控制电路图的读法 .....  | 159        |
| 一、读图法 .....                 | 160        |
| 二、阅读实例 .....                | 161        |
| 小结 .....                    | 162        |
| 习题 .....                    | 163        |
| <b>第九章 电工测量</b> .....       | <b>165</b> |
| § 9-1 电工仪表的基本知识 .....       | 165        |
| 一、电工测量指示仪表的分类 .....         | 165        |
| 二、组成 .....                  | 165        |
| 三、误差与准确度 .....              | 167        |
| 四、测量误差及其消除方法 .....          | 168        |
| 五、工程上最大测量误差的估计 .....        | 169        |
| § 9-2 电工测量仪表的型式 .....       | 169        |
| 一、磁电式仪表 .....               | 169        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 二、电磁式仪表 .....                        | 170        |
| 三、电动式仪表 .....                        | 171        |
| § 9-3 电流与电压的测量 .....                 | 172        |
| 一、直流电流的测量 .....                      | 172        |
| 二、直流电压的测量 .....                      | 172        |
| 三、交流电流的测量 .....                      | 173        |
| 四、交流电压的测量 .....                      | 173        |
| 五、电流表与电压表的使用与选择 .....                | 173        |
| § 9-4 万用表 .....                      | 176        |
| 一、直流电流测量线路 .....                     | 176        |
| 二、直流电压测量线路 .....                     | 176        |
| 三、交流电压测量线路 .....                     | 178        |
| 四、直流电阻测量线路 .....                     | 178        |
| § 9-5 功率的测量 .....                    | 179        |
| 一、单相功率的测量 .....                      | 179        |
| 二、三相功率的测量 .....                      | 180        |
| 小结 .....                             | 180        |
| 习题 .....                             | 181        |
| <b>第十章 安全用电</b> .....                | <b>182</b> |
| § 10-1 电流对人体组织的作用 .....              | 182        |
| § 10-2 触电方式 .....                    | 183        |
| 一、接触有电部分 .....                       | 183        |
| 二、接触电气设备的结构部分 .....                  | 184        |
| 三、电伤发生情况 .....                       | 184        |
| § 10-3 接地与接零 .....                   | 184        |
| 一、工作接地 .....                         | 184        |
| 二、保护接地 .....                         | 185        |
| 三、保护接零 .....                         | 185        |
| * § 10-4 触电急救 .....                  | 186        |
| 一、触电解救法 .....                        | 186        |
| 二、急救处理 .....                         | 186        |
| § 10-5 安全用电知识 .....                  | 186        |
| 小结 .....                             | 187        |
| 习题 .....                             | 187        |
| <b>附录 常用电气设备的文字符号和常用电器图形符号</b> ..... | <b>188</b> |
| 习题参考答案 .....                         | 190        |
| 主要参考书目 .....                         | 194        |

## 绪 论

---

人类在长期劳动中积累起来的知识和经验经过总结和概括,逐渐形成并发展成为科学和技术。科学技术的进步和应用,不但大大提高了社会生产力,丰富了社会物质财富,而且增强了人类利用自然、改造自然的能力。近两百年来,通过许多科技先进人物继往开来的努力探索,先后发现和归纳了电磁现象中的一些重要规律。与此同时,随着生产的发展和其他科学技术的进步,这些规律很快被应用于生产领域和通讯事业,并且形成了电气工程这一新兴学科,简称为电工学。无论工业、农业、交通运输、国防建设,乃至文化科学事业,都毫无例外地广泛使用电力、电讯来进行生产和工作。自然界物质的电磁运动形式在社会生活的各个方面得到广泛应用,标志着人类社会进入了更高级的发展阶段和更新型的文明时期——电气化时代。事实证明,一个国家的综合国力及其人民的物质文化生活水平,都可以以其电气化的实施程度来衡量和判断。

作为能量形态,电能是一种性能极其优越的二次能源。

首先,电能可以很方便地与其他能量形态相互转换。热能、水位能、核能和化学能,都可以通过电源设备转移为电能。同时,电能也能够很容易的转换为机械能、热能、光能,以满足各种不同的需要。当前,国民经济各部门都大量使用电动机作为生产机械的动力;某些加工工艺,也直接应用电能来进行,例如电镀、高频淬火、电火花加工。

其次,电能可以快速高效地实现远距离输送,于是,在水力或燃料资源丰富的地区建设电站,通过高压输电线路向工业中心供应电力,这就解决了能源基地远离工农业基地的矛盾,从而提高了社会生产的整体效益。

再则,电能还具有便于控制,分配灵活的优点。运用电气工程科学和技术,可以根据需要,对生产装备或生产过程的某些参数进行检测、调节或控制,达到无需人的直接参与,生产过程就可按照一定的工作程序进行的目的,以实现自动控制。

此外,电磁波及电工物理量还可以表示信息或用作信息的载体。借助电子科学技术,可以实现对信息的控制、转换,并按需要进行处理。所以,电气工程不但是生产自动化的技术基础,也是充分利用信息资源,实现信息高速度长距离传递的技术基础。

电工学是研究电磁现象的自然规律在工程上应用的科学。在现行高等工程专科各非电专业的教学计划中,将它分设为《电工技术》和《电子技术》两门课程。前者侧重于基本理论和“强电”方面的内容,后者则属于“弱电”方面的内容。《电工技术》是一门实践性较强的技术基础课。本书在内容选择和深广度的处理上,完全以现行部颁教学基本要求为依据。通过各种教学环节的教学,可以使获得电工技术的基本知识、基础理论,并受到基本技能的训练。本书内容由电路理论、电机、继电接触器控制技术、电工测量和安全用电几部分组成。与电类专业相应的几门课程相比较,在电路理论上侧重稳态分析,不追求理论体系的完整与严密;对机电电器的原理,侧重定性叙述,但突出工程实用。讲授本课程时应注重实验课的安排,训练学生的操作技能,培养严谨的学风和求实精神。

设置本课程的目的可从以下几个方面来理解:首先,可以提供后续课程所需要的电工知识和技能,为进一步钻研电气科学技术奠定基础。同时,本课程分析解决问题的方法和技巧,对学习其他课程也有借鉴和启发作用。其次,学生毕业后从事工程技术或管理工作时,可以提供与电气专业人员协作共事的“共同语言”,具有解决、处理简单电气技术问题所需要的知识和技能。此外,从更普遍的意义上看,在校学习期间所学的包括专业课在内的各门课程,都只具有引导入门,奠定基础,完善知识结构的性质。同时,由于现代工程都是多门学科、多种知识成果的综合性产物,作为一个工程技术人员或者管理者,应该了解相关学科之间的联系,了解本专业应用其他学科先进技术的必要性与可能性。所以,对非电专业的学生来说,学习本课程还具有扩展知识领域,优化知识结构的作用。

# 第一章 直流电路及其分析

直流电的大小和方向不随时间变化,计算比较简便。在电镀、电解等生产工艺和用直流电动机拖动的生产机械上,以及在电子技术中都一定要使用它。本章首先讨论电路的组成和作用,然后着重阐述直流电路的基本定律和分析方法。这些定律和方法只要稍加扩展,也可应用到交流电路中去。

## § 1-1 电 路

### 一、电路的组成及作用

电路是供电流流通的路径,是若干电气元件或设备为实现能量的输送和转换,或者实现信号的传递和处理而组合后的总称。

无论哪一种电路,都是由电源(或储源)、负载和联接导线这三个最基本的部分组成:

电源是将化学能、机械能等非电能量转换成电能的供电设备,例如发电机、电池等等。

负载是将电能转换成既定的非电能的元件,例如白炽灯、电热炉和电动机等。

联接导线用来沟通电源和负载,起到输配电能、传递信号的作用。

在实际电路中,除了这三部分以外,还有一些辅助设备,例如开闭电路的开关,保障安全的保护装置(例如熔断器)等等。

日常生活中最常见的手电筒,就是一个最简单而完整的电路:其中的干电池就是电源,电珠就是负载,外壳则起联接导线的作用,按钮便是启、闭电路的开关。

### 二、电路模型和电路图

实际电路都是由一些电路元件或器件组成的,它们的电磁性质较为复杂。为便于进行分析和用数学形式加以描述,需要将实际元件进行理想化(或模型化)。即在一定条件下,保留其主要电磁性质,而忽略其次要因素。例如电阻炉通电后产生热能,这是电流的热效应,同时电流又产生磁场,这是电流的磁效应,而且电荷的存在还会产生电场。但是电阻炉的主要作用是发热,于是可以忽略次要因素,采用一个参数为  $R$  的电阻元件来表示。广而言之,电路中的各种元件都可以分别用相应的参数来表示。又如前述的手电筒,干电池是电源元件,其参数为电动势  $E$  和内阻  $R_0$ ;电珠是电阻元件,其参数为电阻  $R$ ;而筒体(包括开关)的电阻十分微小,可忽略不计,视为理想导体。

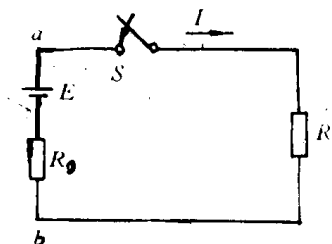


图 1-1 手电筒的电路

由理想电路元件组成的电路,称为实际电路的电路模型,简称为电路。

电路图就是用国家统一标准的图形、符号来表示电路联接的图。图 1-1 为手电筒的电路图。

### 三、简单电路和复杂电路

凡能用欧姆定律和电阻串、并联求解的电路,称为简单电路,如图 1-2 所示。否则,就称为复杂电路。如图 1-3 所示。

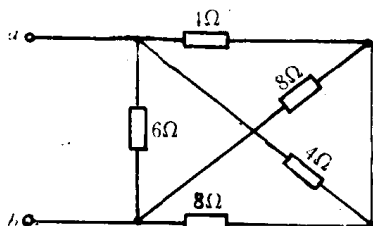


图 1-2 简单电路

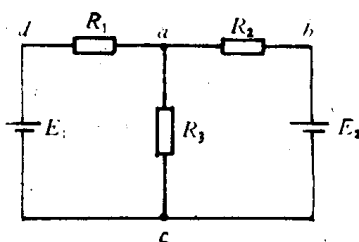


图 1-3 复杂电路

在电路中,还有支路、节点和回路这些与结构有关的术语概念。

**支路:**电路中每一段无分支的电路称为支路。如图 1-3 中的  $adc$ ,  $ac$ ,  $abc$  三条支路。其特点是:支路中各元件通过同一个电流。

**节点:**三条或多条支路的交点称为节点。如图 1-3 中的  $a$  点和  $c$  点。

**回路:**电路中任一闭合的路径称为回路。在图 1-3 中有  $abcda$ ,  $abca$ ,  $adca$  三个回路。在平面电路中,回路除组成本身的支路外,不含其它支路时,称为网孔,如图 1-3 中的  $abca$  和  $acda$ 。

#### [练习与思考]

1-1-1 在图 1-4 和图 1-5 所示电路中,各有多少支路、节点、回路和网孔?电压  $U_{ab}$  和电流  $I$  是否等于零。

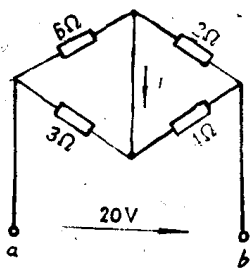


图 1-4

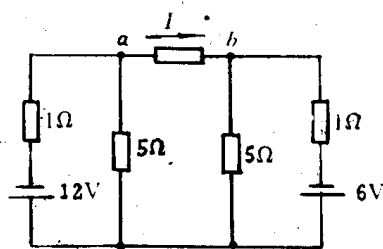


图 1-5



## § 1-2 电路的基本物理量及其正方向

### 一、电流

由物理学可知:电荷或带电粒子有规则的定向运动形成电流。电流在数值上等于单位时间内通过某导体横截面的电荷量。

若某导体的横截面内,在极短的时间  $dt$  内,通过微量电荷  $dq$ ,则其电流  $i$  为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

该式表示电流是时间的函数。

在直流电路中,电流是不随时间而变化的,则直流电流  $I$  为

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

习惯上规定电流的实际方向为正电荷的运动方向。但在复杂电路中,支路电流的实际方向往往难以预先判定,为分析计算电路的需要,引入正方向(或称参考方向)。某支路的电流正方向是可以任意选定的(用箭标表示)。按此正方向对电路进行计算,如果求得的电流为正值,则表示电流的方向与正方向相同,若为负,则电流的方向与正方向相反。只有在选定正方向之后,电流的正、负值才有意义。

本书电路图上标注的都是电流的正方向。

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安(A)。

$$1\text{A} = 10^3\text{mA}(\text{毫安}) \quad 1\text{mA} = 10^3\mu\text{A}(\text{微安})$$

### 二、电动势

电源在将其它形态的能量转换成电能的过程,也就是电源力(如干电池的化学力、发电机的电磁力)推动正电荷做功的过程。为衡量电源力对电荷做功的能力,引入电动势这个物理量。电动势在数值上等于电源力将单位正电荷从电源的负极 $b$ (如图1-1)推到正极 $a$ 所做的功。如果电源力把正电荷 $q$ 从 $b$ 端推到 $a$ 端消耗的能量为 $W_{ba}$ ,则电动势 $E$ 为

$$E = \frac{W_{ba}}{q} \quad (1-3)$$

### 三、电压

电能转换为非电能的过程,也就是电场力推动正电荷做功的过程。为衡量电场力对电荷做功的能力,引入电压这个物理量。电压在数值上等于电场力推动单位正电荷由电源的正极(如图1-1)到负极所做的功。如果电场力把正电荷从 $a$ 端推到 $b$ 端失去的能量为 $W_{ab}$ ,则电压 $U_{ab}$ 为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-4)$$

### 四、电位

所谓电位,就是在电路中,选某点作为参考点(规定参考点的电位为零),把电路中其它任