



高职高专规划教材

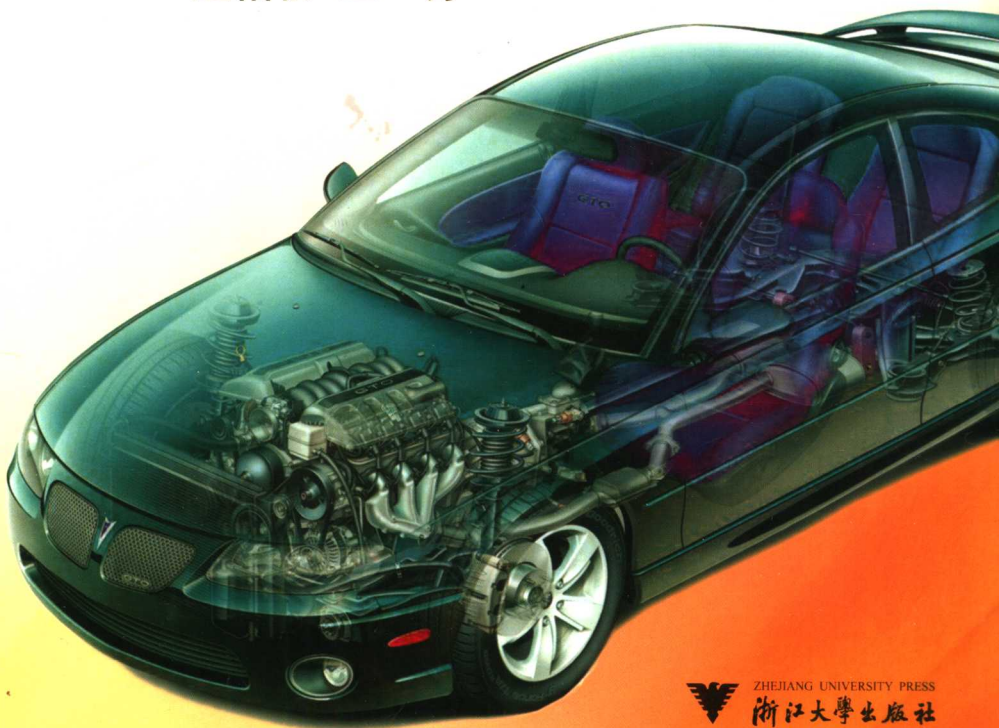
QICHE DIANGONG DIANZI JISHU

# 汽车电工电子技术

主 编 倪 勇

副主编 黄永青 夏敏磊

赵佑初 王 芳



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

高职高专规划教材

# 汽车电工电子技术

主 编 倪 勇

副主编 黄永青 夏敏磊  
赵佑初 王 芳

浙江大學出版社

## 内 容 提 要

本书是高职高专汽车相关专业规划教材之一,主要介绍了电工电子电路的基本概念和基本定理、常用仪器仪表的使用、数字电路基础等常规知识,对电器元件外特性和主要参数、电器元件的应用、实用电路的分析方法也作了介绍,同时突出汽车专业特色,介绍了汽车专用示波器、汽车电路中的典型发电机和电动机的结构、原理、特点。

本书可作为高等职业技术学校汽车专业以及类似专业的专业基础课教材,也可供汽车维修人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术 / 倪勇主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2007. 1

高职高专规划教材

ISBN 978-7-308-05018-0

I. 汽... II. 倪... III. ①汽车—电工—高等学校: 技术学校—教材②汽车—电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 134159 号

丛书策划 樊晓燕

封面设计 刘依群

责任编辑 樊晓燕 王元新

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: [zupress@mail.hz.zj.cn](mailto:zupress@mail.hz.zj.cn))

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江省临安市曙光印务有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 17.25

字 数 347 千

版 次 2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-05018-0

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

# 高职高专汽车类专业规划教材

## 编委会名单

主 任 陈丽能

副主任 陈文华 胡如夫

成 员(以姓氏笔画为序)

石锦芸 孙培峰 李增芳 李泉胜 朱仁学

刘治陶 邵立东 陈开考 陆叶强 范小青

郭伟刚 姜吾梅 谈黎虹 倪 勇 焦新龙

熊永森

# 总 序

汽车行业的国家“十一五”规划的重点之一是解决发展的规模和速度问题。关于“十一五”汽车发展愿景,比较权威的信息是:1000万辆左右的年产量,10%左右的增长速度;5500万辆左右的汽车保有量,40辆/千人左右的汽车化水平;工业增加值占GDP的比重提高到2.5%。而面对当前国内汽车行业的现状,我们可以看出,汽车工业要在“十一五”期间的短短5年里实现如此巨大的增幅、如此强劲的增速,对汽车人才的需求十分迫切。据中国汽车人才研究会2006年预测,未来5年,根据汽车发展的水平和需要,汽车后服务技能型人才供求矛盾不是渐增,而是激增,这意味着人才供求的结构性矛盾非常突出,不是哪类人才比较重要,而是各类人才都很重要;不是哪类人才紧缺,而是全面紧缺。理性地看,汽车研发人才重要、汽车制造业人才重要、汽车维修业人才重要,而汽车营销和服务技能型人才等同样重要。

2005年国家教育部在高等职业技术学院设置指导意见中专门设立了汽车类专业,把汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车技术服务与营销等专业划归其中,这为加强我国汽车后服务产业技能型人才的培养提供了一个很好的专业平台。

汽车后服务技能型人才培养的数量重要,质量更重要。所以,在大力发展汽车后服务技能型人才培养的过程中,广泛开展教学改革,认真搞好教材建设,是非常重要的。

为了适应当前汽车后服务技能型人才培养的需要,充分体现高等职业教育特点,有利于培养出当前以及今后我国汽车行业急需的人才,浙江大学出版社依托浙江省高教研究会及高职高专汽车类专业协作组,在对多年相关专业课程与教材建设及教学经验的认真研讨和总结的基础上,组织编写了这套“高职高专汽车类专业规划教材”。

本系列教材以国家教育部颁发的“高等职业教育汽车专业领域技能型

紧缺人才培养指导方案”为依据,具有以下特点:

1. 以就业为导向,以培养汽车后服务技能型人才为目标,以技术应用能力为主线,注重理论联系实际,注重实用,突出反映新知识、新技术、新设备和新方法的应用。同时,加强实验、实训的内容和要求,加强对学生的实际操作能力的培养。

2. 针对当前我国汽车行业各类人才都紧缺的现状,本系列教材的教学对象涉及汽车类专业的各个方向,包括汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车技术服务与营销等。编写的教材中既有《汽车检测与诊断技术》、《汽车底盘构造与检修》、《汽车发动机构造与检修》、《汽车自动变速箱原理与检修》等技术类的,也有《汽车营销实务》、《汽车信贷、保险与理赔》、《汽车文化》等涉及市场营销及服务类的,符合当前汽车人才培养的新的课程体系。

3. 针对高职高专学生的学习特点,注意“因材施教”,教材内容力求通俗易懂,深入浅出,易教易学,有利于改进教学效果,体现人才培养的实用性。

本系列教材的开发与出版将有利于促进高职高专汽车后服务类专业的教学改革、师资建设和专业发展,为我国汽车后服务产业高技能人才的培养做出贡献。

丛书编委会主任

陈丽能

2006年9月

# 前 言

随着汽车制造业的发展,电工电子技术的应用越来越广泛。本书在力求保证打好基础、掌握基本概念的基础上,注重联系汽车电子技术的发展实际,提高学生的学习兴趣和加强学生的专业意识。为此,我们在编写时做了如下安排:

(1) 汽车电工电子技术是一门专业基础性质的课程,内容的安排遵循循序渐进的原则,由基本概念、基本定理,到基本器件分析,最后结合汽车技术的应用实际,讨论应用电路、发电机、数字电路等内容。

(2) 在“常用仪器仪表”一章的分析中,除常用仪表外,还介绍了汽车专用示波器的基本使用方法。对电器元件除着重介绍其特性和主要参数外,还把重点放在电器元件的应用上。在“基本应用电路”一章中,通过一些实用电路的分析,力求让学生理解电路的特点和应用方法。“发电机和电动机”一章则重点介绍了汽车电路中的典型发电机和电动机的结构、原理、特点,突出了汽车专业特色。“数字电路基础”一章则以够用为原则,突出功能特点和基本应用。

(3) 各章均附有习题,辅助学生掌握基本概念、电路分析和设计等内容。

(4) 为配合基础理论学习,各章还配套编写了适当的实验项目,使学生能够把所学的理论知识和实际应用有机地联系起来。

本教材教学参考学时为 80~96 学时,有关章节内容可根据各校专业教学计划和学时情况酌情调整。本套教材适用范围为普通高职、普通高校大专班、职工大学汽车、汽车电子类专业的电工电子技术基础课程。还可供中等专业学校或普通高校本科相关专业或从事汽车电子技术的工程人员参考。

本书由倪勇担任主编,夏敏磊、赵佑初、黄永青、王芳担任副主编,韩爱娟、陈红春参加了编写。具体执笔分工如下:倪勇编写第 7 章,黄永青编写第

1,9章,夏敏磊编写第2章,赵佑初编写第3,4,5章,韩爱娟编写第6章,陈红春编写第8章。王芳完成了实验和习题的统稿工作,倪勇和夏敏磊共同完成了全书的统稿工作。

本书由温州大学姚喜贵教授担任主审。姚教授对本教材书稿进行了认真、负责、仔细的审阅,提出了许多宝贵的意见和修改建议,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,在取材新颖性方面定有诸多不足,敬请广大读者给以批评和指正。

**编者**

2006年9月



# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 电路的基本概念及基本定律</b> ..... | 1  |
| 1.1 电路基本概念 .....                | 1  |
| 1.1.1 电路的组成和功能 .....            | 1  |
| 1.1.2 电路模型和电路图 .....            | 2  |
| 1.1.3 电路的三种工作状态 .....           | 2  |
| 1.1.4 电路的基本物理量 .....            | 4  |
| 1.1.5 理想电压源和理想电流源 .....         | 7  |
| 1.2 欧姆定律 .....                  | 8  |
| 1.3 电磁感应定律 .....                | 9  |
| 1.3.1 电磁感应现象 .....              | 9  |
| 1.3.2 楞次定律.....                 | 10 |
| 1.3.3 法拉第电磁感应定律.....            | 11 |
| 1.4 基尔霍夫定律.....                 | 12 |
| 1.4.1 相关名词.....                 | 13 |
| 1.4.2 基尔霍夫电流定律.....             | 13 |
| 1.4.3 基尔霍夫电压定律.....             | 14 |
| 1.5 磁路欧姆定律.....                 | 16 |
| 1.5.1 磁场与磁路.....                | 16 |
| 1.5.2 磁路欧姆定律.....               | 18 |
| 1.5.3 电磁铁.....                  | 20 |
| 1.5.4 继电器.....                  | 22 |
| 本章小结 .....                      | 24 |
| 习题 1 .....                      | 25 |
| 实验 1 基尔霍夫定律的验证 .....            | 28 |
| <b>第 2 章 常用仪器仪表</b> .....       | 31 |
| 2.1 电工仪表的分类与准确度.....            | 31 |
| 2.1.1 电工仪表的分类.....              | 31 |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| 2.1.2 电工仪表的准确度        | 34        |
| 2.2 电工仪表的形式           | 36        |
| 2.2.1 磁电系仪表           | 36        |
| 2.2.2 电磁系仪表           | 38        |
| 2.2.3 电动系仪表           | 39        |
| 2.3 电流、电压、功率的测量       | 41        |
| 2.3.1 电流测量            | 41        |
| 2.3.2 电压测量            | 42        |
| 2.3.3 功率测量            | 43        |
| 2.4 万用表               | 44        |
| 2.4.1 模拟式万用表结构、原理及使用  | 45        |
| 2.4.2 数字式万用表结构、原理及使用  | 49        |
| 2.5 汽车专用示波器           | 51        |
| 2.5.1 汽车专用示波器的结构      | 51        |
| 2.5.2 汽车专用示波器的分类及工作原理 | 52        |
| 2.5.3 示波器的使用方法        | 52        |
| 2.6 安全用电常识            | 55        |
| 2.6.1 人体触电基本常识        | 55        |
| 2.6.2 触电原因及保护措施       | 57        |
| 2.6.3 触电急救            | 59        |
| 本章小结                  | 61        |
| 习题 2                  | 62        |
| 实验 2 基本仪器仪表的使用        | 64        |
| <b>第 3 章 基本电器元件</b>   | <b>67</b> |
| 3.1 电阻、电容、电感          | 67        |
| 3.1.1 电阻              | 67        |
| 3.1.2 电容              | 68        |
| 3.1.3 电感              | 69        |
| 3.2 半导体元件             | 70        |
| 3.2.1 二极管             | 70        |
| 3.2.2 三极管(双极型)        | 73        |
| 3.2.3 晶闸管             | 78        |
| 本章小结                  | 81        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 习题 3 .....                     | 82         |
| 实验 3 电路元件伏安特性的测绘 .....         | 83         |
| <b>第 4 章 电路等效变换及计算 .....</b>   | <b>85</b>  |
| 4.1 等效变换.....                  | 85         |
| 4.1.1 电路的等效变换.....             | 85         |
| 4.1.2 电阻的串联和并联.....            | 86         |
| 4.1.3 电阻的星形与三角形连接的等效变换.....    | 88         |
| 4.1.4 电压源、电流源模型及其等效变换 .....    | 91         |
| 4.2 计算方法.....                  | 93         |
| 4.2.1 支路电流法.....               | 94         |
| 4.2.2 网孔电流法.....               | 95         |
| 4.2.3 节点电压法.....               | 98         |
| 本章小结.....                      | 102        |
| 习题 4 .....                     | 103        |
| 实验 4-1 星形与三角形连接的等效变换 .....     | 108        |
| 实验 4-2 电压源、电流源的等效变换 .....      | 111        |
| <b>第 5 章 电路定理.....</b>         | <b>115</b> |
| 5.1 叠加定理 .....                 | 115        |
| 5.2 替代定理 .....                 | 119        |
| 5.3 戴维南定理与诺顿定理 .....           | 120        |
| 5.3.1 戴维南定理 .....              | 121        |
| 5.3.2 诺顿定理 .....               | 122        |
| 本章小结.....                      | 124        |
| 习题 5 .....                     | 125        |
| 实验 5 戴维南定理的验证 .....            | 127        |
| <b>第 6 章 基本应用电路.....</b>       | <b>131</b> |
| 6.1 正弦交流电路 .....               | 131        |
| 6.1.1 正弦电压和正弦电流及正弦量的表示方法 ..... | 131        |
| 6.1.2 单一参数正弦交流电路 .....         | 136        |
| 6.1.3 $RLC$ 串联交流电路 .....       | 143        |
| 6.2 三相正弦交流电路 .....             | 150        |

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 6.2.1        | 三相电源的连接 .....                | 150        |
| 6.2.2        | 三相负载的连接 .....                | 152        |
| 6.3          | 二极管整流电路 .....                | 157        |
| 6.3.1        | 单相半波整流电路 .....               | 157        |
| 6.3.2        | 单相全波整流电路 .....               | 159        |
| 6.3.3        | 单相桥式整流电路 .....               | 160        |
| 6.4          | 基本放大电路 .....                 | 162        |
| 6.4.1        | 共射极电压放大电路 .....              | 162        |
| 6.4.2        | 集成运算放大电路 .....               | 169        |
| 6.4.3        | 正弦波振荡电路 .....                | 173        |
|              | 本章小结 .....                   | 178        |
|              | 习题 6 .....                   | 181        |
|              | 实验 6-1 用三表法测量交流电路的等效参数 ..... | 184        |
|              | 实验 6-2 单相桥式整流电路 .....        | 187        |
|              | 实验 6-3 集成运放的应用 .....         | 188        |
| <b>第 7 章</b> | <b>电路的暂态过程 .....</b>         | <b>191</b> |
| 7.1          | 换路定理 .....                   | 192        |
| 7.1.1        | 产生暂态过程的原因 .....              | 192        |
| 7.1.2        | 换路定理及初始值的确定 .....            | 192        |
| 7.2          | 一阶电路暂态分析的三要素法 .....          | 194        |
| 7.3          | RC 电路的暂态过程 .....             | 194        |
| 7.3.1        | 零输入响应 .....                  | 194        |
| 7.3.2        | 零状态响应 .....                  | 196        |
| 7.3.3        | 全响应 .....                    | 197        |
| 7.4          | RL 电路的暂态过程 .....             | 197        |
| 7.4.1        | 零输入响应 .....                  | 197        |
| 7.4.2        | 零状态响应 .....                  | 198        |
| 7.4.3        | 全响应 .....                    | 198        |
|              | 本章小结 .....                   | 199        |
|              | 习题 7 .....                   | 199        |
|              | 实验 7 RC 一阶线性电路的响应测试 .....    | 202        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第 8 章 发电机和电动机</b> .....   | 205 |
| 8.1 三相交流发电机 .....            | 205 |
| 8.1.1 三相交流同步发电机的工作原理 .....   | 205 |
| 8.1.2 三相交流同步发电机的结构 .....     | 208 |
| 8.2 直流电动机 .....              | 211 |
| 8.2.1 直流电动机结构与工作原理 .....     | 211 |
| 8.2.2 直流电动机的电枢电势与电磁转矩 .....  | 214 |
| 8.2.3 直流串励电动机的转矩特性、转速特性..... | 215 |
| 本章小结.....                    | 217 |
| 习题 8 .....                   | 218 |
| 实验 8 电动机检修实验 .....           | 218 |
| <b>第 9 章 数字电路基础</b> .....    | 221 |
| 9.1 基本门电路 .....              | 221 |
| 9.1.1 概述 .....               | 221 |
| 9.1.2 分立元件门电路 .....          | 222 |
| 9.1.3 集成门电路 .....            | 225 |
| 9.2 组合逻辑电路 .....             | 227 |
| 9.2.1 逻辑代数的基本知识 .....        | 227 |
| 9.2.2 组合逻辑代数的分析与设计 .....     | 229 |
| 9.2.3 加法器 .....              | 231 |
| 9.2.4 译码器 .....              | 233 |
| 9.3 触发器与时序逻辑电路 .....         | 239 |
| 9.3.1 触发器 .....              | 239 |
| 9.3.2 寄存器 .....              | 247 |
| 9.3.3 计数器 .....              | 248 |
| 9.3.4 555 集成定时器及其应用 .....    | 251 |
| 本章小结.....                    | 255 |
| 习题 9 .....                   | 255 |
| 实验 9-1 组合逻辑电路 .....          | 258 |
| 实验 9-2 时序逻辑电路(计数器及其应用) ..... | 260 |

## 电路的基本概念及基本定律

### 【本章要点】

1. 电路的基本概念、基本组成及功能,电路的三种工作状态;
2. 电路的基本物理量,包括电流、电压、电动势等;
3. 电路的基本定律,包括电路欧姆定律和基尔霍夫定律;
4. 电磁感应现象、楞次定律和法拉第电磁感应定律;
5. 磁路的基本定律,电磁铁和继电器。

### 1.1 电路的基本概念

#### 1.1.1 电路的组成和功能

电流所经过的路径称为电路。电路是根据实际需要把一些电气设备或元器件按其  
所要完成的功能用一定方式连接起来的组合。

##### 1. 电路的组成

电路由电源、负载和中间环节三部分组成,如图 1-1 所示。

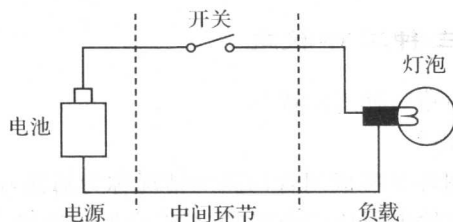


图 1-1 手电筒电路

电源是向电路提供电能的设备,如发电机、干电池及蓄电池等,它们可将机械能、化学能等转换为电能;负载即为各类用电器,如电灯、电动机及电炉等,它们吸收电能并将电能转换成光能、机械能和热能等;中间环节包括导线、开关及一些控制、保护设施等。

## 2. 电路的功能

电路的功能可概括为两大类:电力系统中电路的功能是实现电能的传输、分配和转换,如手电筒电路;电子技术中电路的功能是实现电信号的传递、存储和处理,如电视机电路。

### 1.1.2 电路模型和电路图

实际电路都是由多种电路元器件所组成的,如最常见的日光灯电路、电视机电路等。为了便于对这些实际元器件所表征的复杂电磁现象和能量转换特征进行分析和数学描述,电学中往往采用“模型化”方法处理:用理想电路元件及其组合来近似替代实际电路元器件所组成的实际电路。这种由理想电路元件组成的、与实际电路相对应的,并用统一规定的符号表示的电路称为电路模型。而所谓理想电路元件(简称电路元件),是指具有单一电特性的线性电阻元件  $R$ 、线性电感元件  $L$  及线性电容元件  $C$  等。

图 1-1 所示是手电筒电路,图 1-2 所示是手电筒的电路模型。

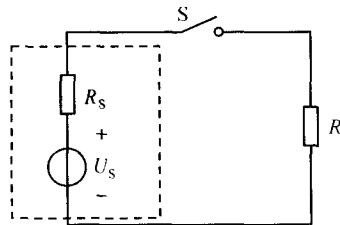


图 1-2 电路模型

图 1-2 中  $U_s$  和  $R_s$  表示实际电源的特性; $U_s$  反映了电源产生电能的本领, $R_s$  表征了电源做功时伴随的内部能量消耗;小灯泡则用耗能元件电阻  $R$  来表征;连接导线的电阻值一般可忽略不计,用无电阻的理想导线来表示; $S$  为一般电路开关的模型。

### 1.1.3 电路的三种工作状态

电路有通路、断路、短路三种工作状态。

#### 1. 通路(负载工作状态)

电源与负载通过中间环节接成闭合回路的情况称为通路,即图 1-3(a)中所示的开关  $S$  闭合时的情况。忽略输电导线的电阻时,根据全电路欧姆定律,有

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

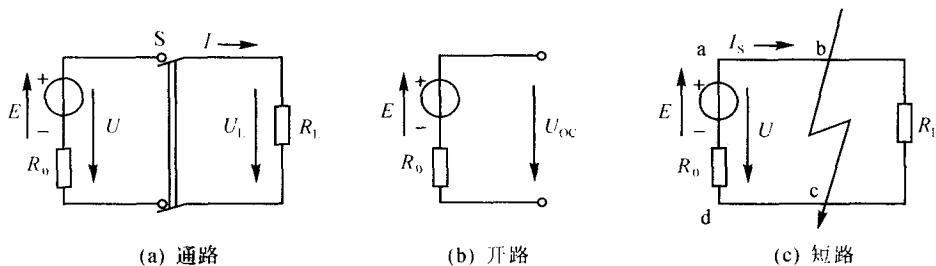


图 1-3 电路的工作状态

可见,当电源的电动势  $E$  和内阻  $R_0$  一定时,若负载电阻  $R_L$  越小,则电路中的电流(即负载)就越大。由式(1-1)得

$$U_L = IR_L = E - IR_0$$

即

$$U = U_L = E - IR_0 \quad (1-2)$$

当电源的电动势  $E$  和内阻  $R_0$  一定时,电源端电压  $U$  随着负载的增大( $R_L$  减小),即随着电流的增大而减小。

### 2. 断路(电源开路状态)

电源与负载不接成闭合回路的情况称为断路,又称开路,如图 1-3(b)所示。电源处于开路状态时,电路中的电流为零,相当于负载电阻  $R_L$  等于无穷大的情况,电源不能输出电能。此时,电源的端电压  $U$  称为电源开路电压,用符号  $U_{OC}$  表示。电源开路电压  $U_{OC}$  等于电源电动势  $E$ ,即

$$U_{OC} = E \quad (1-3)$$

### 3. 短路

由于某种原因,使电源的输出电流不流过负载的情况称为短路,如图 1-3(c)所示。由于短路点  $b, c$  间的电阻几乎为零,因此电流不流过负载电阻  $R_L$ 。此时电源输出的电流称为短路电流,用符号  $I_s$  表示,有

$$I_s = \frac{E}{R_0} \quad (1-4)$$

因为电源内阻  $R_0$  通常很小,所以短路电流  $I_s$  通常很大。很大的短路电流流过电气设备时,将使电气设备因温度过高或电磁力过大而迅速损坏。

电源短路是一种严重事故,应该防止其发生。产生短路的原因通常是电气设备的绝缘损坏、接线错误等,为了避免或减小电源短路带来的损失,通常在电路中接入熔断器或自动断路器,一旦短路故障发生可以迅速切断电路的电源。

**例 1-1** 实验中测出某电源的开路电压  $U_{OC} = 10V$ ,短路电流  $I_s = 100A$ ,求该电源的电动势和内阻。



解 据式(1-3)得  $E=U_{OC}=10(\text{V})$

据式(1-4)得  $R_o=\frac{E}{I_s}=\frac{10}{100}=0.1(\Omega)$

### 1.1.4 电路的基本物理量

#### 1. 电流

电荷有规律的运动,称为电流。在电场力作用下,正负电荷的移动方向是相反的。在历史上,已规定正电荷移动的方向为电流的实际方向,负电荷移动的方向则为电流的反方向。

电流的强弱通常用电流强度来表示,规定为单位时间内流过导体截面积的电荷量。在电工技术中常把电流强度简称为电流,用  $i$  表示。根据定义,电流强度的大小就是通过导体横截面的电量  $q$  对时间  $t$  的变化率,设在  $dt$  时间内通过导体某一横截面的电量为  $dq$ ,则通过该截面的电流强度为

$$i=\frac{dq}{dt} \quad (1-5)$$

当  $dq/dt=\text{常数}$  时,称这种电流为恒定电流,简称直流电流,用大写字母  $I$  表示,其大小和方向都不随时间变化,如图 1-4(a) 所示;大小和方向同时随时间作周期性变化的电流,称为交流电流,如图 1-4(b) 所示;仅大小随时间变化的电流称为脉动电流,如图 1-4(c) 所示。通常用小写字母  $i(t)$  表示大小随时间变化的电流。

电量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),则电流强度的单位是安培(A),较大的电流强度用千安(kA)和兆安(MA)表示,较小的电流强度用毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ )、纳安(nA)等表示。换算关系为

$$1\text{MA}=10^3\text{kA}=10^6\text{A}, 1\text{A}=10^6\mu\text{A}=10^{12}\text{nA}$$

在国际单位制(SI)中,当 1s 内通过导体横截面的电荷量为 1C 时,其电流为 1A。

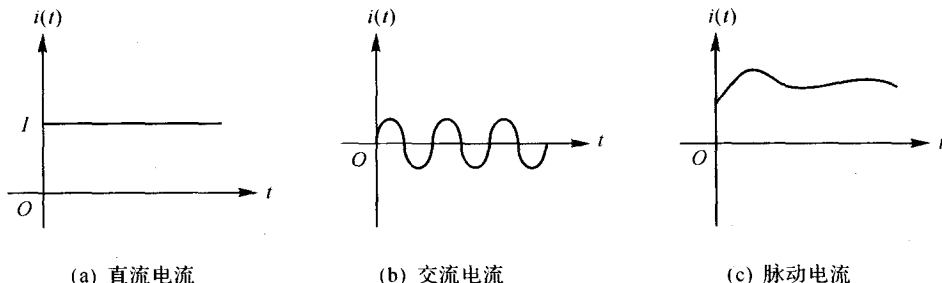


图 1-4 各种形式的电流

综上所述,“电流”一词具有双重含义,它既表示电荷定向运动的物理现象,同时又表示“电流强度”这样一个物理量。