



汽车电工电子技术基础

(第二版)

赵福堂 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车电工电子技术基础

(第二版)

赵福堂 编著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电工电子技术基础 / 赵福堂编著. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 4

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1773 - 6

I. 汽… II. 赵… III. ①汽车 - 电工 ②汽车 - 电子技术 IV. U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 058559 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10. 5

字 数 / 239 千字

版 次 / 2009 年 4 月第 2 版 2009 年 4 月第 3 次印刷

印 数 / 9001 ~ 11000 册

定 价 / 25. 00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

再版前言

《汽车电工电子技术基础》一书初版于 2003 年,这是第二次修订版。多年来,该书被许多院校、职业培训机构选为教材,受到广大师生和读者的普遍欢迎和好评。

本书主要内容包括汽车电工技术基础和汽车电子技术基础上、下篇两部分。上篇主要讲述了电的基本知识、直流电路、磁与电磁、正弦交流电路等;下篇主要讲述半导体的基本概念、晶体二极管及整流电路、晶体三极管及放大电路、脉冲数字电路、集成电路等。

这次修订为了便于读者自学,每章开头增加了“本章学习目标”,每章之后增加了“本章小结”,同时编写了本章“思考与练习”题。供读者自测。为了便于读者查阅电工电子元件的型号标准,书后增加了附录 A 至附录 G 共 7 个附录。对书中的部分内容进行了修改、完善。

本书的特色是紧密结合汽车检测维修实际,突出基本概念,注重实际应用,通俗易懂,便于自学。

本书可供做汽车工程相关专业学生使用,也可供汽车维修工、汽车驾驶员等相关人员参考。

本书修订过程中得到北京理工大学许多教授专家的支持和帮助,在此特致谢意。

殷切期望广大读者对书中的误漏之处,予以批评指正。

作者
2009 年

前 言

为满足全国汽车维修电工专业和各类汽车维修培训学校的教学需求,我们编写了《汽车电工电子技术基础》一书。

随着汽车工业的飞速发展,以及国外各类新车型进入我国市场,汽车新技术、新工艺、新材料更新更快,对汽车维修行业从业人员提出了更高的要求。原有的教材和教学模式过于陈旧,不能适应目前的市场需求,为此我们编写了此书。

本教材的特色是紧密结合现代汽车,同时较系统完整地讲述汽车电工电子技术基本知识,体现了理论结合实际的教学模式。本书突出基本概念,注重实际应用,由浅入深,通俗易懂。

本书主要内容包括汽车电工技术基础和汽车电子技术基础上、下篇两部分。上篇主要讲述电的基本知识、直流电路、磁与电磁、正弦交流电路等;下篇主要讲述半导体基本概念、晶体二极管及整流电路、晶体三极管及放大电路、脉冲数字电路、集成电路等。

本书在编写过程中,得到了北京理工大学许多专家、教授的支持和帮助,并提出了许多宝贵意见,在此特致以诚挚的谢意。由于时间仓促,加之编著者水平有限,书中缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者
2003 年

目 录

绪论	(1)
----------	-----

上篇 汽车电工技术基础

第1章 电子流动的基础	(2)
1.1 原子的构造	(2)
1.2 导体和绝缘体	(3)
本章小结	(3)
思考与练习	(4)
第2章 电的定义	(5)
2.1 电流	(6)
2.2 电位、电压、电动势	(8)
2.3 电阻	(11)
2.4 欧姆定律	(13)
2.5 瓦特定律	(14)
2.6 焦耳-楞次定律	(15)
2.7 克希荷夫定律	(16)
本章小结	(18)
思考与练习	(19)
第3章 直流电路	(21)
3.1 串联电路	(21)
3.2 并联电路	(23)
3.3 串-并联电路	(25)
3.4 戴维南定理	(26)
3.5 电容器	(28)
3.5.1 电容器和电容量	(28)
3.5.2 电容器的串联和并联	(29)
3.5.3 电容器的充电和放电	(30)
本章小结	(30)
思考与练习	(31)
第4章 磁与电磁	(33)
4.1 磁场的基本物理量	(33)
4.2 电流的磁效应	(36)
4.2.1 电流的磁场	(36)

4.2.2 安培定则	(36)
4.3 磁路欧姆定律	(38)
4.4 磁场对电流的作用	(39)
4.4.1 磁场对通电直导体的作用	(39)
4.4.2 磁场对通电线圈的作用	(40)
4.4.3 磁场对通电半导体的作用(霍尔效应)	(41)
4.5 电磁感应	(41)
4.5.1 电磁感应现象及其产生的条件	(41)
4.5.2 电磁感应定律	(42)
4.5.3 自感现象	(44)
4.5.4 互感现象	(45)
4.5.5 电磁干扰抑制	(47)
4.6 常用电磁器件	(47)
4.6.1 开关	(47)
4.6.2 继电器	(49)
4.6.3 电阻调节器	(50)
本章小结	(51)
思考与练习	(52)
第5章 交流电路	(54)
5.1 交流电的基本概念	(54)
5.1.1 交流电的产生	(54)
5.1.2 正弦交流电的三要素	(55)
5.1.3 交流电的表示方法	(56)
5.2 单相交流电路	(57)
5.2.1 纯电阻电路	(57)
5.2.2 纯电感电路	(58)
5.2.3 纯电容电路	(59)
5.3 三相交流电路	(61)
5.3.1 三相交流电的产生	(61)
5.3.2 三相绕组的连接	(61)
5.3.3 三相负载的连接	(62)
本章小结	(63)
思考与练习	(64)

下篇 汽车电子技术基础

第6章 半导体基本知识	(66)
6.1 半导体及其特性	(66)
6.2 本征半导体和杂质半导体	(66)

6.2.1 本征半导体	(66)
6.2.2 杂质半导体	(67)
6.3 PN 结	(68)
6.3.1 PN 结的形成	(68)
6.3.2 PN 结的单向导电特性	(69)
本章小结	(70)
思考与练习	(70)
第7章 晶体二极管	(72)
7.1 晶体二极管的结构及分类	(72)
7.2 二极管的特性	(74)
7.2.1 单向导电性	(74)
7.2.2 伏安特性	(74)
7.3 二极管的主要参数	(75)
7.4 二极管的简易测试	(76)
7.4.1 判断二极管的极性	(76)
7.4.2 判断二极管的好坏	(77)
7.5 二极管的应用	(78)
7.5.1 二极管单相半波整流电路	(78)
7.5.2 二极管单相桥式整流电路	(79)
7.5.3 二极管三相桥式整流电路	(81)
7.6 滤波电路	(82)
7.6.1 电容滤波电路	(83)
7.6.2 电感滤波电路	(84)
7.6.3 复式滤波电路	(84)
本章小结	(85)
思考与练习	(85)
第8章 稳压管及其应用	(87)
8.1 稳压二极管	(87)
8.2 稳压二极管的特性	(87)
8.3 稳压管的主要参数	(88)
8.4 稳压管稳压电路	(88)
本章小结	(89)
思考与练习	(89)
第9章 晶体三极管	(90)
9.1 三极管的结构和类型	(90)
9.2 三极管的电流放大作用	(90)
9.3 三极管的特性曲线	(92)
9.3.1 输入特性曲线	(92)
9.3.2 输出特性曲线	(93)

9.4	三极管的主要参数	(94)
9.5	三极管的简易判别	(95)
9.5.1	基极和类型的判别	(95)
9.5.2	集电极和发射极的判别	(95)
9.5.3	三极管好坏的判断	(96)
9.5.4	放大倍数 β 的判定	(96)
9.6	三极管的三种基本电路	(96)
	本章小结	(98)
	思考与练习	(99)
第10章	发光二极管与光电晶体管	(101)
10.1	发光二极管	(101)
10.2	半导体数码管	(101)
10.3	光电二极管与光电三极管	(102)
	本章小结	(103)
	思考与练习	(103)
第11章	脉冲数字电路	(105)
11.1	脉冲数字电路的基本概念	(105)
11.1.1	脉冲电路和数字电路	(105)
11.1.2	脉冲信号的波形及参数	(106)
11.1.3	二进制数及二—十进制数的相互转换	(107)
11.2	晶体管的开关特性	(107)
11.2.1	二极管的开关特性	(107)
11.2.2	限幅器和钳位器	(108)
11.2.3	三极管的开关特性	(109)
11.2.4	反相器	(110)
11.3	基本逻辑电路	(110)
11.3.1	“与”门电路(AND 电路)	(111)
11.3.2	“或”门电路(OR 电路)	(112)
11.3.3	“非”门电路(NOT 电路)	(113)
11.3.4	复合逻辑门电路	(113)
11.4	集成逻辑门电路	(114)
11.4.1	TTL 与非门电路	(114)
11.4.2	三态门电路(TSL 门电路)	(116)
11.5	触发器	(117)
11.5.1	基本 RS 触发器	(117)
11.5.2	可控 RS 触发器	(119)
11.5.3	D 触发器	(120)
11.5.4	T 触发器	(121)
11.5.5	JK 触发器	(122)

11.6 组合逻辑电路	(123)
11.6.1 编码器	(123)
11.6.2 译码器	(125)
11.7 时序逻辑电路	(129)
11.7.1 计数器	(129)
11.7.2 寄存器	(132)
11.8 模拟量和数字量的转换	(134)
11.8.1 数字-模拟(D/A)转换器	(134)
11.8.2 模拟-数字(A/D)转换器	(135)
本章小结	(136)
思考与练习	(137)
第12章 集成电路及其应用	(138)
12.1 集成电路的发展	(138)
12.2 集成电路的分类	(138)
12.3 集成电路的结构	(140)
12.4 集成电路的应用	(141)
本章小结	(142)
思考与练习	(143)
附录	(144)
附录A 电阻器的型号	(144)
附录B 固定电容器的型号	(145)
附录C 晶体管的型号及命名法	(147)
附录D 常用晶体二极管参数	(148)
附录E 几种稳压管的参数	(150)
附录F 半导体集成电路的型号及命名	(151)
附录G 常用半导体集成电路的主要性能指标	(152)
参考文献	(157)

绪 论

随着汽车电子技术的发展,现代汽车的电气系统变得非常复杂,在汽车上越来越多地采用电子设备和电子控制系统,这对汽车维修使用人员提出了更高的要求,但只要对电路原理和规律了解掌握,便能简化电气问题的诊断。本书旨在帮助读者学习掌握汽车电工电子技术的基础知识和基本技能,使读者能够读懂有关汽车电气系统的实用性资料、有关书籍和汽车电子产品说明书,更好地掌握现代汽车电气系统的维修诊断技术。

本书主要包括:汽车电工技术基础和汽车电子技术基础两大部分。电工技术部分主要讲述电的基本知识、直流电路、磁与电磁、正弦交流电路等;电子技术部分主要讲述半导体基本概念、晶体二极管及整流电路、晶体三极管及放大电路、脉冲数字电路、集成电路等。

本书可做汽车维修电工专业教材,也可供高职高专学生、汽车维修工、汽车驾驶员阅读参考。

第1章 电子流动的基础

学习目标

通过本章的学习,重点掌握原子的构造及其基本概念;同时要重点掌握导体和绝缘体的基本概念。

电是一种看不见的能量形态,我们必须懂得电的行为是受一定的定律约束的,其结果和效果是可以预测的。为了便于了解电的规律,我们需要研究一下原子的构造。

1.1 原子的构造

自然界的物质都是由原子组成的。原子的大小为一亿分之一厘米,假如将直径为1 cm的球和原子相比较,相当于地球和直径为10 cm的球的比率。在原子的中心有原子核,电子围绕着原子核旋转,它很像行星绕太阳轨道运行,原子的基本构造如图1-1所示。构成原子核的两种粒子——中子和质子紧紧地结合在一起,电子在它们的轨道上以固定的距离环绕原子核自由运行。原子核中带正电的质子和带负电的电子之间的吸引力造成电子绕原子核轨道运行。围绕原子核所有带负电的电子,如果它们接近别的电子时则互相排斥。电子力图彼此保持一定距离,同时不离开它们的轨道。

在原子中,电子的数目和质子的数目力图相等。要保持平衡,原子将借助邻近的原子丢失电子或吸引电子。电子环绕原子核的轨道一般有许多层,并且每层电子的数目是一定的。例如铜原子和镍原子的基本构造,如图1-2所示。研究电的规律,只牵涉到原子价层的电子。

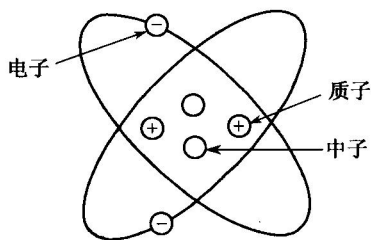


图 1-1 原子的基本构造

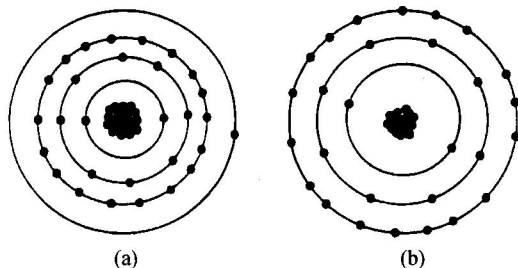


图 1-2 原子的基本构造
(a) 铜原子; (b) 镍原子

原子力图得到平衡,于是,原子价层缺少电子的原子,会力图从邻近的原子获得电子;同样,原子价层有多余电子的原子,会力图将它们多余的电子传给邻近的原子。

原子是化学元素的最小成分,它仍有该元素的所有特性。原子核含有带正电荷的质子和不带电荷的中子。同种电荷相排斥,异种电荷相吸引。质子和电子数目相等的原子,称为平衡的或中性的,如图 1-3 所示。

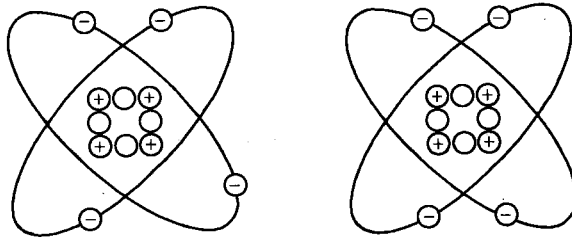


图 1-3 质子和电子数目相等的原子呈中性

在原子核周围的电子轨道称为层。原子的最外层轨道称为原子价层或原子价环。

1.2 导体和绝缘体

原子失去电子或得到电子的难易程度,取决于为达到平衡状态,原子价环所需的电子数目。如果物质容易失去电子,它便是良好的导体;如果物质不容易失去电子,它便是良好的绝缘体。

导体和绝缘体的原子价环电子靠原子核维系在一起的松紧程度是不同的。导体的原子,原子核对最外层电子的维系是松散的;绝缘体的原子,其电子被紧密地维系在一起。

材料按其导电性可分为导体、绝缘体和半导体。一般把电阻率在 $10^{-8} \sim 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料叫做导体。一般金属和水等是导体,金属中最容易导电的是银,但由于银昂贵,通常使用铜和铝制造各种导线。电阻率在 $10^7 \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料称为绝缘体。绝缘体不导电,如橡胶、塑料、陶瓷、云母等。电阻率介于导体和绝缘体之间的任一种材料均属于半导体,例如硅和锗等。

本章小结

1. 原子的构成:原子是由原子核和核外电子层构成的,原子核由中子和质子两种粒子紧紧地结合在一起,电子在它们的轨道上以固定的距离环绕原子核自由运行。质子带正电,电子带负电;同种电荷相排斥,异种电荷相吸引;质子数与电子数相等的原子称为平衡的或中性的。
2. 导体——如果物质容易失去电子,它便是良好的导体。一般把电阻率在 $10^{-8} \sim 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料叫做导体。
3. 绝缘体——如果物质不容易失去电子,它便是良好的绝缘体。一般把电阻率在 $10^7 \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料叫做绝缘体。
4. 半导体——电阻率介于导体和绝缘体的材料叫做半导体。

思考与练习

一、填空题

1. 自然界的物质都是由_____组成的。
2. 构成原子核的两种粒子是_____和_____。
3. 原子的最外层轨道称为_____或_____。
4. 原子核中质子带_____电,中子_____。
5. 绕原子核轨道运行的电子带_____电。
6. 电阻率介于导体和绝缘体之间的任一种材料均属于_____,例如硅和锗等。

二、选择题

1. 质子和电子数目相等的原子,称为_____。
A. 平衡的或中性的 B. 不平衡的 C. 非中性的
2. 同种电荷相_____。
A. 吸引 B. 排斥
3. 异种电荷相_____。
A. 吸引 B. 排斥
4. 导体的电阻率为_____。
A. $10^{-8} \sim 10^{-9} \Omega \cdot m$ B. $10^7 \sim 10^{12} \Omega \cdot m$ C. $10^{-9} \sim 10^7 \Omega \cdot m$
5. 绝缘体的电阻率为_____。
A. $10^{-8} \sim 10^{-9} \Omega \cdot m$ B. $10^7 \sim 10^{12} \Omega \cdot m$ C. $10^{-9} \sim 10^7 \Omega \cdot m$

第2章 电的定义

学习目标

通过本章的学习,重点掌握电的基本概念,掌握电流、电位、电压、电动势、电阻的定义、作用、计算及单位换算等;同时要掌握欧姆定律、瓦特定律、焦耳-楞次定律、克希荷夫定律等。

“电”是电子从原子到原子的运动,如图 2-1 所示。例如有一过剩的正电荷(质子)位于左边,其中一正离子便拉最左边的外层电子离开原子。

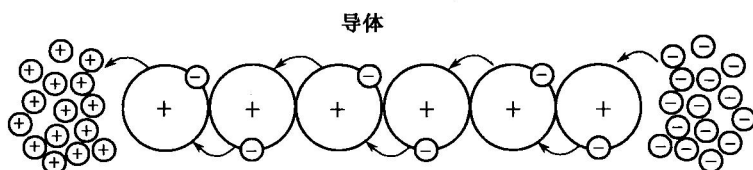


图 2-1 电子从一原子到另一原子的运动

为了电子以同向移动,必须给它们施加电动势(EMF)。当导体原子中的电子受 EMF 作用时,在带负电的电子和带正电的原子核之间便出现不平衡的情况,EMF 力图推电子离开它的轨道。如果一个电子离开它的轨道,此原子便带正电荷,因为此时它的质子比电子多了一个。此种行为便造成最左边的原子稍微带正电荷。不平衡的原子力图恢复到平衡状态,为此它便从别的、平衡的原子的轨道吸引电子。这便开始了好像一个原子捕捉一个电子,而别的原子释放一个电子那样的连锁反应。随着此种行为连续地发生,电子便从右边流到左边,这便形成自由电子的流动,从而产生电流。

在图 2-1 中,电子从负的地点流到正的地点。如果用电子的流动来描述电流的流动方向,这就是按电子理论规定的电流流动方向。可是,当负电荷从负流到正的同时,正电荷也以相反方向在流动。我们通常把正电荷的流动方向定为电流的方向。

用皮毛摩擦硬橡胶棒或用丝绸摩擦玻璃棒,它们相互之间有自由电子得失。摩擦前,二者均为中性,摩擦后便可吸起纸屑,这就是由于有了电荷的缘故。应注意摩擦起电并不是创造了电,只是电子从一个物体转移到另一个物体。

起电的方式有摩擦、化学反应、热、压力和磁。每当大量的电子流动或漂移时,便形成电流。

有 8 条管理电行为的定则:

(1) 电子互相排斥。

- (2) 同电荷者相斥。
- (3) 异电荷者相吸。
- (4) 仅当受到电动势的作用时,电子才在导线中流动。
- (5) 当电动势作用到导线时,导线便建立了电位差。
- (6) 仅当在导线两点之间存在电位差时,才有电子流动。
- (7) 在电路中,电流有流向地的倾向。
- (8) 定义最低电位的地点为地。

电的三要素是电压、电流和电阻。三要素相互支配着电的行为。读者一旦领悟了这些支配电的定则,了解各种汽车电气系统的功能和作用就不是难事了。

2.1 电 流

电流可以定义为电子流动的速率,如图 2-2 所示,也就是说电荷的定向流动,即形成电流。

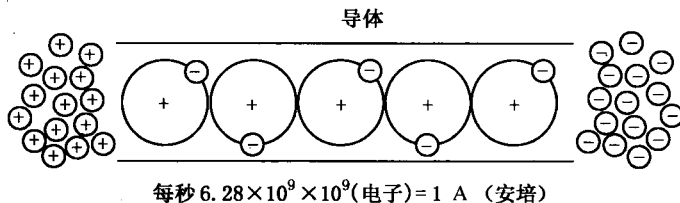


图 2-2 电子流动的速率称为电流

在金属导体内的电流是由于导体的内部自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的;电解液中的正、负离子在电场力的作用下,各向相反的方向移动也形成电流。

电流是 1 s 内电子通过电路中任一给定点的量度。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。电荷的多少叫电荷量,电荷量用 q 表示,单位是 C(库仑,简称库), $1 \text{ C} = 6.24 \times 10^{18}$ 个电子电荷。电流用 I 表示,电流 I 的单位是 A(安培,简称安)。时间用 t 表示,时间 t 的单位是 s(秒),则得:

$$I = \frac{q}{t}$$

在汽车电气系统中,遇到的电流为几安,几十安甚至更大,如以 kA(千安)为单位计算,而在电子控制系统中经常遇到较小的电流,是以 mA(毫安)或 μA (微安)为单位计算的。它们之间的关系是:

$$1 \text{ A} = 10^{-3} \text{ kA} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

电流有以下三个作用:

- (1) 发热作用。电流流经导体时,则导体发热。例如电灯泡、汽车点烟器、热线引火塞等。
- (2) 化学作用。当电流在电解液中流动时,则产生化学作用。例如汽车用蓄电池、电镀等。
- (3) 磁作用。如果电流流过导线或线圈,在其周围将产生磁现象。电动机和发电机等就是这方面的例子。

电流有两类:直流电流和交流电流。

直流电流(DC),电流的大小和方向都不随时间变化。无论开关是接通还是断开,电压不变,电流流向也不变。汽车上用的是直流电。汽车蓄电池所产生和贮存的就是直流电。

交流电流(AC),电流的大小和方向都随时间作周期性变化。

交流电又分为正弦交流电和非正弦交流电两种。汽车上所用的交流发电机所发的电,未经整流时就是交流电,其波形为正弦波。

由于电子以光速流动,肉眼不可能看到电子流动,但可测量电路中电流的大小。为了具体了解电路中电流的大小,通常用电流表或万用表的电流挡来测量电路中电流的大小。具体测量方法及注意事项如下:

(1) 在测量前,应首先明确所测电路中的电流是交流电流还是直流电流。如果所测电路中的电流是交流电,应使用交流电流表;如果是直流电流就应使用直流电流表。有的万用表只有直流电流挡,因此只能测量直流电流。

(2) 合理的选用电流表的量程。首先粗略估计电路中电流的大小,以便选择电流表的测量范围。若用小量程去测量大电流,就会烧坏电流表;若用大量程去测量小电流,会影响测量的准确度。如果一时无法估计电流大小,挡位要宁大勿小,然后逐步缩小测量范围。

(3) 电流表必须串接在被测量的电路中。测量直流电流时,直流电流表的正极必须和电路电源的正极相接,负极必须和电路电源的负极相接,不可接反,否则电流表指针要反转,既影响正常测量,也容易损坏电流表,如图2-3所示。交流电流表则不分正负。

(4) 因为电流表的特点是内阻非常小,所以在使用电流表时,绝对不允许把电流表并接在负载或电源上,如图2-4所示,否则电路中的电压因电流表内阻小,形成短路,极易将电流表损坏。电流表的量程范围一定要超过电路的实际电流的数值。如发现表针猛打到头,要立即断开电源检查原因,以防损坏表头。

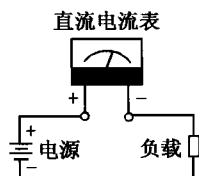


图 2-3 电流表的正确接法

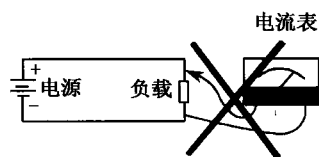


图 2-4 电流表的错误接法

例 1 对某一汽车蓄电池,以 2.5 A 的电流充电,如果充电 10 h,蓄电池吸取了多少电量?

解 蓄电池吸取的电量为:

$$q = It = 2.5 \text{ A} \times 10 \times 3600 \text{ s} = 9 \times 10^4 \text{ C}$$

例 2 如果 4 s 内通过导体截面的电量是 16 C,求通过导体的电流是多少? 如果通过导体的电流是 0.3 A,那么 5 s 内将有多少电量通过导体截面?

解 通过导体的电流为:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{16 \text{ C}}{4 \text{ s}} = 4 \text{ A}$$

5 s 内通过导体截面的电量为:

$$q = It = 0.3 \text{ A} \times 5 \text{ s} = 1.5 \text{ C}$$