



高职高专“十一五”规划教材

# 汽车电工电子技术

刘晓岩 主编

QICHE DIANGONG  
DIANZI JISHU



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

# 汽车电工电子技术

刘晓岩 主编

张恩威 刘卫民 韩卫东 副主编

高绍宏 王淑芬 主审



化学工业出版社

·北京·

本书是根据体验式教学理论,结合我国高职高专教学改革的实践,以培养学生职业能力为目的进行编写的。全书共分七章,内容包括电与汽车、仪器仪表的使用、汽车电路基础、电磁学原理及应用、电子学基础知识、交流发电机与启动机、数字电子技术基础等内容。书中每一讲均由理论课堂、车间任务、课后练习组成,实用性强,非常适合目前职业教育的需要。

本书可作为高职高专院校汽车类专业电工电子基础课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术/刘晓岩主编. —北京:化学工业出版社, 2008. 6

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-02800-6

I. 汽… II. 刘… III. ①汽车-电工-高等学校:技术学院-教材

②汽车-电子技术-高等学校:技术学院-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第078081号

---

责任编辑:韩庆利 高 钰

装帧设计:张 辉

责任校对:宋 夏

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数329千字 2008年7月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:23.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

该教材主要是运用体验型教学研究的成果,结合我国高职高专教学改革的实践,根据“以职业岗位为课程目标,以职业标准为课程内容,以教学模块为课程结构,以最新技术为视野,以职业能力为课程核心”的要求编写的。通过本课程的学习,使学生掌握基本的汽车电工电子技术理论。在完成任任务过程中,培养学生分析专业问题和解决实际问题的能力,增强学生的创新意识和团队精神。为学习后续课打好基础,提高学生工学结合顶岗学习的能力,实现零距离上岗的目标。

本教材内容可根据各学校的实验、实训设备情况和课时安排进行选讲。在科技飞速发展的今天,学生获得知识或技能的方法和手段已变得多元化,本书在吸取国外先进教学模式和方法的基础上,试图对学生多元化学习能力的培养起到引导作用。具体编写特点如下。

(1) 采用模块教学的方式使学生掌握最适用的知识要点和技能,培养学生运用所学理论分析问题和解决问题的能力,强调基础理论知识的“必需”、“够用”原则,没有过多的理论推导。

(2) 每一讲由三个模块构成(包括理论课堂、车间任务、课后练习)。

① 理论课堂:根据电磁学历史的演变,重要历史人物在基本概念和理论创建过程中的作用,展示知识要点,阐述基本的概念和理论,激发学生的学习兴趣,培养学生科学的研究方法。

② 车间任务:采用双元制的思想,以体验型教学理论为指导,用角色任务为引导,按照实际工作任务、工作情景组织教学或进行车间实践,做到学而能做,做而能用。通过活动培养学生的团队意识和动手能力。

③ 课后练习:培养学生多元化学习能力,运用互联网对所学知识进行复习,深入研究。鼓励学生理论联系实际,进行发明创造,激发学生主动学习的热情。

(3) 本书在叙述上力求通俗易懂,深入浅出,对于各种基本理论与基本原理的阐述力求简明扼要。

本书由黑龙江旅游职业技术学院刘晓岩任主编(第一章,第二章,第四章和其他章节的部分编写工作),黑龙江旅游职业技术学院张恩威(第五章)、哈尔滨职业技术学院刘卫民(第七章)、黑龙江农业工程职业技术学院韩卫东(第六章)任副主编,参加编写的还有哈尔滨科学技术职业学院刘芬(第三章),黑龙江旅游职业技术学院张文华、石秋白,黑龙江中德汽车学校尹慧菊参加了部分编写工作。黑龙江旅游职业技术学院张伟阳为本书的写作提出了许多宝贵的建议。书稿承蒙黑龙江大学高绍宏博士,黑龙江旅游职业技术学院王淑芬副教授审阅,提出了许多建议和意见,在此深表谢意!

在本书编写过程中,参阅了许多国内外参考文献,得到了许多领导和老师的帮助,化学工业出版社为本书的出版给予了大力支持,在此,表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年5月

# 目 录

<b>第 1 章 电与汽车</b> .....	1
1.1 电与汽车的发展 .....	2
1.1.1 电的发现及发展历史 .....	2
1.1.2 汽车电子技术的发展历史 .....	3
1.1.3 汽车电子技术的未来发展趋势 .....	3
车间任务 .....	4
课后练习 .....	5
1.2 电学基本概念及基本物理量 .....	6
1.2.1 电学的基本概念 .....	6
1.2.2 电位和电压 .....	7
1.2.3 基本元件 .....	8
车间任务 .....	9
课后练习 .....	10
<b>第 2 章 仪器仪表的使用</b> .....	11
2.1 指针式万用表 .....	12
2.1.1 指针式万用表简介 .....	12
2.1.2 指针式万用表基本使用方法 .....	13
2.1.3 使用万用表的注意事项 .....	13
车间任务 .....	13
课后练习 .....	15
2.2 数字式万用表 .....	17
2.2.1 数字式万用表简介 .....	17
2.2.2 数字式万用表基本使用方法 .....	18
2.2.3 使用数字式万用表的注意事项 .....	18
2.2.4 指针式万用表和数字式万用表的对比 .....	19
车间任务 .....	19
课后练习 .....	20
2.3 汽车专用万用表 .....	22
2.3.1 汽车专用万用表简介 .....	22
2.3.2 汽车专用万用表基本使用方法 .....	23
2.3.3 汽车专用万用表的使用注意事项 .....	24
车间任务 .....	24
课后练习 .....	26
2.4 汽车解码器 .....	27
2.4.1 汽车解码器简介 .....	27

2.4.2	汽车解码器的主要使用功能	28
2.4.3	汽车解码器的结构	28
2.4.4	汽车解码器的使用注意事项	29
	车间任务	29
	课后练习	32
<b>第3章 汽车电路基础</b>		<b>33</b>
3.1	电路及组成	34
3.1.1	电路及组成	34
3.1.2	电路的状态	34
3.1.3	汽车电路的特点	35
	车间任务	35
	课后练习	36
3.2	欧姆定律	38
3.2.1	部分电路欧姆定律	38
3.2.2	全电路欧姆定律	38
3.2.3	焦耳定律	39
3.2.4	电功率的计算	39
	车间任务	40
	课后练习	42
3.3	串、并联电路	43
3.3.1	串联电路	43
3.3.2	串联电路的应用	44
3.3.3	并联电路	44
3.3.4	并联电路的应用	45
	车间任务	45
	课后练习	47
3.4	基尔霍夫定律	49
3.4.1	基尔霍夫电流定律	49
3.4.2	基尔霍夫电压定律	49
3.4.3	用基尔霍夫定律计算电位	50
	车间任务	50
	课后练习	52
3.5	惠斯通电桥	54
3.5.1	惠斯通电桥	54
3.5.2	惠斯通电桥的应用	54
	车间任务	55
	课后练习	56
<b>第4章 电磁学原理及应用</b>		<b>59</b>
4.1	磁场及磁路	60
4.1.1	磁的基础知识	60

4.1.2	磁场及其性质	60
4.1.3	磁场基本物理量	61
4.1.4	铁磁物质的性质	61
4.1.5	铁磁材料的分类	62
4.1.6	磁路欧姆定律	62
	车间任务	63
	课后练习	64
4.2	电流的磁效应	65
4.2.1	电流的磁场	65
4.2.2	磁场对电流的作用	66
	车间任务	68
	课后练习	69
4.3	电磁感应	71
4.3.1	电磁感应定律	71
4.3.2	自感现象	72
4.3.3	互感现象	73
4.3.4	涡流现象	74
	车间任务	74
	课后练习	76
4.4	点火线圈	78
4.4.1	点火线圈的工作原理	78
4.4.2	点火线圈的分类	78
4.4.3	点火系统的组成和工作原理	79
	车间任务	81
	课后练习	83
4.5	电磁铁和继电器	84
4.5.1	电磁铁	84
4.5.2	继电器	84
4.5.3	典型继电器在当代汽车上的应用	85
	车间任务	86
	课后练习	87
<b>第5章 电子学基础知识</b>		<b>89</b>
5.1	半导体基础知识	90
5.1.1	半导体及PN结	90
5.1.2	二极管及特性	92
	车间任务	95
	课后练习	97
5.2	二极管整流电路	99
5.2.1	单相桥式整流电路	99
5.2.2	三相桥式整流电路	101
5.2.3	滤波及稳压电路	103

08	车间任务	104
17	课后练习	106
15	5.3 晶体三极管及特性	107
30	5.3.1 三极管	107
58	5.3.2 三极管的特性曲线	108
68	5.3.3 晶体三极管的主要参数	110
110	5.3.4 三极管开关特性应用	111
80	车间任务	112
78	课后练习	114
26	5.4 晶体三极管基本放大电路	115
88	5.4.1 共发射极基本放大电路的组成	115
90	5.4.2 电压放大电路的基本分析方法	117
117	5.4.3 共基极放大电路与共集电极放大电路	120
119	5.4.4 功率放大器	121
57	车间任务	122
65	课后练习	124
11		
	<b>第 6 章 交流发电机与启动机</b>	127
01	6.1 交流发电机	128
85	6.1.1 交流发电机的功用	128
85	6.1.2 交流发电机的发电原理	128
85	6.1.3 电压调节器的工作原理	129
85	车间任务	132
118	课后练习	133
67	6.2 交流发电机的分解与检测	134
148	6.2.1 交流发电机的分解	134
148	6.2.2 交流发电机的检测	135
148	车间任务	136
28	课后练习	137
02	6.3 直流电动机	138
78	6.3.1 启动机的结构与工作原理	138
	6.3.2 启动电路的组成及控制原理	140
88	车间任务	141
08	课后练习	144
01	6.4 直流电动机的分解与检测	145
28	6.4.1 启动机的分解与组装	145
70	6.4.2 启动机的检测	146
70	车间任务	150
90	课后练习	151
00		
	<b>第 7 章 数字电子技术基础</b>	153
80	7.1 数制与码制	154



7.1.1	模拟信号与数字信号 .....	154
7.1.2	数制 .....	155
7.1.3	编码 .....	156
	车间任务 .....	156
	课后练习 .....	157
7.2	基本逻辑门电路 .....	159
7.2.1	与门电路 .....	159
7.2.2	或门电路 .....	160
7.2.3	非门电路 .....	161
7.2.4	逻辑函数的表示方法 .....	161
	车间任务 .....	162
	课后练习 .....	165
7.3	组合逻辑电路 .....	166
7.3.1	编码器 .....	166
7.3.2	译码器 .....	167
7.3.3	数据选择器和数据分配器 .....	170
	车间任务 .....	171
	课后练习 .....	172
7.4	触发器 .....	174
7.4.1	基本 RS 触发器 .....	174
7.4.2	同步 RS 触发器 .....	175
7.4.3	同步 D 触发器 .....	176
7.4.4	主从 JK 触发器 .....	177
7.4.5	T 和 T' 触发器 .....	178
	车间任务 .....	178
	课后练习 .....	179
7.5	时序逻辑电路 .....	180
7.5.1	寄存器 .....	180
7.5.2	计数器 .....	182
7.5.3	555 定时器 .....	184
7.5.4	555 定时器的应用 .....	185
	车间任务 .....	188
	课后练习 .....	189
7.6	汽车上的集成电路 .....	190
7.6.1	集成电路 .....	190
7.6.2	集成电路在汽车中的应用 .....	192
7.6.3	汽车电控系统的组成及 ECU .....	195
	车间任务 .....	198
	课后练习 .....	199
参考文献 .....		201



## 1.1 电与汽车的发展

### 理论知识要点

#### 1. 历史人物



本杰明·富兰克林 (Benjamin Franklin 1706—1790 年) 是 18 世纪美国的实业家、科学家、社会活动家、思想家和外交家。18 世纪中叶, 富兰克林证明闪电是电的一种形式, 并假设电流从高电位流向低电位, 高电位为正而低电位为负, 直到 1897 年人们发现了电子, 并证明电实际上是电子在电路里的流动。

#### 2. 科学发现过程

- 观察现象

公元前 600 年第一次发现了电现象

- 科学实验探索

富兰克林做了著名的“风筝实验”

- 创建理论模型

富兰克林创建电学理论并解释实验结果

- 应用理论成果

避雷针等的发明推动社会进步

### 理论课堂

(1) 电看不见摸不着, 你知道是怎么发现的吗?

(2) 电学的一些基本概念是怎么产生的?

(3) 对电现象的解释, 你能提出更科学的概念和理论吗?

在本章着重介绍电与汽车的发展历史、电学基本概念、基本物理量以及基本元件, 为学好汽车电工电子知识打下基础。

#### 1.1.1 电的发现及发展历史

##### 1. 电的发现

英文中, 电这一词 (Electricity) 来源于希腊语的琥珀。大约公元前 600 年, 人们就发现用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛, 因此有了摩擦起电这一说法。在 18 世纪, 人们发现通过摩擦能产生两种力——引力和斥力, 相同的电荷之间互相排斥, 相反的电荷之间互相吸引。

##### 2. 制造“电”

(1) 自然界的电 为了对电进行探索, 富兰克林曾经做过著名的“风筝实验”, 为了深入探讨电运动的规律, 创造了许多专用名词, 如正电、负电、导体、电池、充电、放电等成为世界通用的词汇。他借用了数学上正负的概念, 第一个科学地用正电、负电概念表示电荷性质。并提出了电荷不能创生、也不能消灭的思想, 后人在此基础上发现了电荷守恒定律。富兰克林让人们看见, “电”存在宇宙之中。

(2) 伏特电池 除了自然界的电之外,

人为方式也可以产生电。在 1789—1800 年意大利科学家伽凡尼 (Luig Galvani, 1737—1798) 和物理学家伏特 (Alessandro Graf Volta) 分别利用化学方法“制造”出电, 为蓄电池的发明奠定了重要基础。之后, 伏特发明了伏特电池, 成功利用电池的电位差, 产生电流, 人们为了纪念他, 把电压的单位称为伏特 (Volt)。

(3) 电磁感应产生电 今天大部分的发电设备, 从小型发电机到大型核能发电机组都是采用电磁感应原理制成的, “制造”出需要的电。回顾电学的发展, 19 世纪以来的一百多年中, 安培、欧姆、法拉第、楞次、基尔霍夫等人提出的理论影响了电学的发展方向。电是看

不见的，然而今天人们却能够如此丰富地享受电所带来的便利，这是因为二百多年来许多科学和工程技术学界的先驱在“电学”领域进行研究、发明创造的结果。

### 1.1.2 汽车电子技术的发展历史

1957年，美国的本迪克斯（Bendix）公司率先发明了由电子方式控制的汽油喷射发动机，并使用在克莱斯勒（Chrysler）汽车上。1960年，克莱斯勒汽车公司首先将硅二极管应用在交流发电机的全波整流，而发展出今天的汽车发电机。

1967年，随着集成电路（IC）产品的渐趋成熟，美国通用汽车公司将交流发电机加上了IC稳压器。日本日立公司也于1970年生产内嵌式IC交流发电机，将IC调整器与交流发电机制成一体。1974年美国德可雷美公司（ACDelco）设计制造出一种将IC点火器与传感线圈结合在一起的整体式分电器，并成为GM（美国通用汽车公司的英文缩写）车系的标准配置，为两年后的电脑控制点火系统奠定了基础。

1976年后，汽车电子进入了电脑化时代，这是受到当时石油危机以及先进国家对汽车排放尾气管制渐趋严格的时代背景影响所致。电脑在控制方面的优点被广泛运用于汽车上，包括：点火控制、燃料（尾气）控制。

近年来各国对汽车的环保要求日趋严格。目前在美、欧及日本各大车厂都正着力研发电动车EV（Electric Vehicle）及混合动力车辆（Hybrid）。福特汽车公司研发的EV车Ecostar，电动机可使用两种规格的电源：240V/30A或120V/15A。Ecostar也有混合动力车型，它装有一台由发动机带动的22kW发电机，最大行驶距离为400km。目前，电动车亟须解决的问题是在蓄电池的效能方面。以Ecostar为例，它采用330V，120A·h的钠硫电池，但是质量却高达350kg。实车的空重才1433kg而已。也许，在电动车满街行驶的日子，汽车电子化的历史就真的进入了另一崭新的纪元。

### 1.1.3 汽车电子技术的未来发展趋势

未来的汽车电子技术发展方向是汽车进入电脑化的世界。一百多年来随着汽车电子化程度的提高，“电子”对汽车的影响已在动力系统、安全装置和舒适配备等方面，已进入电脑化的汽车世界：智能型自我诊断、自动导航、车身网络、电脑化的燃油控制。未来汽车的电子化，将有许多新的系统被开发，例如：自动公路控制系统（AHCS）、自动行驶控制（ASC）、电脑化能量分配与自动化控制（CEDAC）、雷达制动系统（RBS）以及行驶路线引导系统（RGS）等。

#### 1. 智能型自我诊断

微处理机的出现给汽车仪器、仪表带来了革命性的变化，世界汽车工业的微处理机用量激增，由从前单一的仪器逐步发展为多用途、智能化仪表，不但可以很精确地把汽车上所有的待测量都检测出来，分别显示和打印需要的结果，而且还有运算、判断、预测和引导等功能。如可监视汽车各大部件的工作情况，还可以对蓄电池电压、轮胎气压、车速等检测量的高低限量进行报警。微处理机将更广泛地应用于汽车安全、环保、发动机、传动、速度控制等系统和故障诊断中。

#### 2. 自动公路控制系统

自动公路控制系统（Automatic Highway Control System, AHCS）可以依据车速和路况，自动保持车辆间的安全距离。有效减少交通拥堵的状况，大幅降低交通事故的发生，更好地协助公交系统的运行。

事实上,美国的一些汽车制造厂,如 GM,已经开始以这种称为“自动行驶控制”(Automatic Steering Control, ASC)的实验车在其厂房内行驶。电脑系统持续地提供行驶引导、标志信息并且传送声音和数字逻辑信息给车子。除此之外,还能提供其他功能信息如车速、制动及转向。当然,这些控制功能也是经声音或自动化程序传到车上的。

### 3. 电脑化能量分配与自动化控制

电脑化能量分配与自动化控制(Computerized Energy Distribution and Automatic Control, CEDAC)将车上所有的子系统(Subsystems)联结形成一个“电子流体学控制系统”(Electrofluidics Control System),借助扫描, CEDAC 的控制电脑能够监控到许多车上的功能,从 ABS 到警告灯的故障,甚至于恒温控制系统中的温度、湿度状况。因为 CEDAC 采用逻辑存储器(Logic memory),所以将减少开关和仪表板上控制键(杆)的数目与复杂性。

### 4. 智能汽车及智能交通系统

当车子以高速接近一慢速行驶的车辆时,雷达制动系统(Radar Braking System, RBS)能提供自动制动的功能。它装有电子地图,可以显示出前方道路、并采用卫星导航。从全球定位卫星获取沿途天气、车流量、交通事故、交通堵塞等各种情况。除此之外,它还能让一部车子完全自动地制动在任何障碍物前 2~3m 处。

### 5. 双电压电路系统

随着电子/电器元件在汽车上的应用日益增加,汽车原有的电能供应就出现了不足。未来车将使用一种重新设计的双电压电路系统(Dual Voltage Electrical System, DVES),一部车子内将同时包含 14V 和 42V 两种电压。借助 14/42V 电压系统中的 DC/DC 转换器能将 42V 转换成 14V 供照明和其他低功率电器设备使用。如何提高汽车供电系统的电压,已成为一些国际论坛中的讨论热点,尤其在欧洲,由于燃油价格较高,因此,对改进汽车效率放在优先地位。欧美的汽车制造商与零部件供应商已达成协议,将汽车的供电系统电压标准由 12V 提高到 42V,不久将开始执行。

可以预见,随着微处理器芯片愈做愈小,生物科技愈趋成熟,未来结合人工智能系统,通信网络的汽车必将成为你我生活中不可缺少的朋友。



## 工作任务：加深对电产生的感性认识

### 1. 工作描述

- (1) 做摩擦起电实验(见图 1-1)
  - (2) 查找资料设计搜集电荷的容器
- 写出工作原理并填写制作步骤。

序号	工作步骤	工具/材料
1		
2		
3		
4		

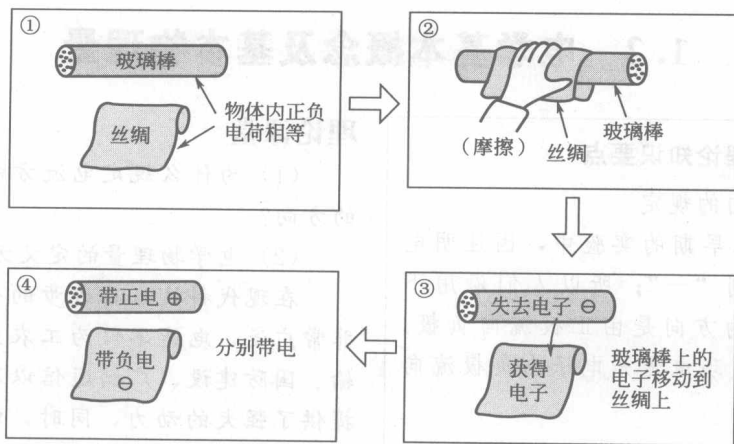


图 1-1 摩擦起电

## 2. 工作评价

小组讨论，老师和李师傅给出评价表。

能力	评价	分数
专业能力		
工作方法		
合作能力		
交流能力		

## 3. 学习体会

序号	问题	解答
1	在发现研究电的历史上，做出贡献的科学家为什么都是来自西方？	
2	你理想中的未来汽车应该是什么样的？	
3	你还有哪些要求与设想？	



### 阅读

在网上查找相关电的发现和方面的应用知识，并下载下来，与同学讨论电在生活中的广泛使用。

#### 弗兰克林小传

最先提出了避雷针的设想，由此而制造的避雷针，避免了雷击灾难，他出身寒微，10岁便辍学回家做工，12岁起在印刷所当学徒、帮工。但他刻苦好学，他在光学、热学、声学、数学、海洋学、植物学等方面也有研究，并有新式火炉、避雷针、电轮、三轮钟、双焦距眼镜、自动烤肉机、玻璃乐器、高架取书器等一系列发明创造。因而，他以仅读过两年小学的学历，被美国的哈佛大学、耶鲁大学，英国的牛津大学、爱丁堡大学、圣安德鲁大学等大学授予硕士学位或博士学位。

## 1.2 电学基本概念及基本物理量

### 理论知识要点

#### 1. 电流方向的规定

在弗兰克林早期的实验中，因注明电流由“+”流到“-”；所以人们沿用下来，认为电流的方向是由正极流向负极。现在人们已经发现电流是电子由负极流向正极所产生的。

#### 2. 主要知识点

- 电流的方向
- 掌握电流、电压、电位、电动势的概念

### 理论课堂

(1) 为什么规定电流方向为正电荷流动的方向？

(2) 电学物理量的定义方法有什么特点？

在现代科技日益进步的今天，电的使用非常广泛，电能不仅为工农业生产、交通运输、国防建设、广播通信以及各种科学技术提供了强大的动力，同时，电能人们在日常的文化和物质生活中也是必不可少的。

### 1.2.1 电学的基本概念

#### 1. 电流的含义

电流从某种意义上是能的一种形式，在电压源的作用下克服阻力，电子从一个原子移动到另外一个原子，形成电流。所以，电流、电压和电阻是电路的基本物理量。电是看不见的，它的作用以光、热、声和运动的形式表现出来，例如：电灯发出的光，电热器发出的热，警报声，电动机的运动。（见图 1-2）

#### 2. 电流强度的定义

电路中电荷沿着导体的定向运动形成电流，其方向规定为正电荷流动的方向（或负电荷流动的反方向），其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量，称为电流强度（简称电流），用符号  $I$  或  $i(t)$  表示，讨论一般电流时可用符号  $i$ 。

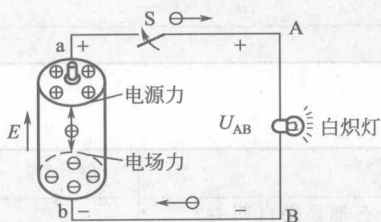


图 1-2 电流的产生

设在  $\Delta t = t_2 - t_1$  时间内，通过导体横截面的电荷量为  $\Delta q = q_2 - q_1$ ，则在  $\Delta t$  时间内的电流强度可用数学公式表示为

$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

式中  $\Delta t$ ——很小的时间间隔，秒 (s)；

$\Delta q$ ——电量，库仑 (C)；

$i(t)$ ——电流，安培 (A)。

常用的电流单位还有毫安 mA、微安  $\mu\text{A}$  和千安 kA 等，它们与安培的换算关系为

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

#### 3. 直流电流

如果电流的大小及方向都不随时间变化，即在单位时间内通过导体横截面的电量相等，则称之为稳恒电流或恒定电流，简称为直流 (Direct Current)，记为 DC，直流电流要用大写字母  $I$  表示。

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Q}{t} = \text{常数}$$

直流电流  $I$  与时间  $t$  的关系在  $I-t$  坐标系中为一条与时间轴平行的直线。

#### 4. 交流电流

如果电流的大小及方向均随时间变化, 则称为变动电流。对电路分析来说, 一种最为重要的变动电流是正弦交流电流, 其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化, 将之简称为交流 (Alternating Current), 记为 AC, 交流电流的瞬时值要用小写字母  $i$  或  $i(t)$  表示。

### 1.2.2 电位和电压

#### 1. 电位

(1) 定义 电路中某点的电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点移动到参考点 (零电位点) 所作的功。(见图 1-2), 若以 B 点作为参考点, 则 A 点的电位就是指电场力将单位正电荷从 A 点经白炽灯移动到 B 点所作的功。电位常用  $V$  表示, 于是电路中某点 A 的电位为

$$V_A = \frac{W}{q}$$

式中  $W$ ——电场力所作的功, 焦耳 (J);

$q$ ——电荷所带的电量, 库仑 (C);

$V$ ——电位, 伏特 (V)。

#### (2) 重要性质 相对性和单值性

① 电位的相对性是指电位相对于某一参考点而言的, 参考点不同, 即使是电路中的同一点, 其电位值也不同。在汽车电路中, 常以发动机的金属壳体或车架为参考点 (零电位点)。

② 一个电路只能选定一个参考点, 此时电路中各点的电位就有唯一的数值, 称为电位的单值性。

#### 2. 电压

(1) 定义 电压是指电路中两点 A、B 之间的电位差 (简称为电压), 其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所作的功, 电压的方向规定为从高电位指向低电位的方向。电压用字母  $U$  表示。例如 A、B 两点间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

电压的国际单位制为伏特 (V), 常用的单位还有毫伏 (mV)、微伏 ( $\mu\text{V}$ )、千伏 (kV) 等, 它们与伏特的换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}; 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}; 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

(2) 直流电压与交流电压 如果电压的大小及方向都不随时间变化, 则称之为稳恒电压或恒定电压, 简称为直流电压, 用大写字母  $U$  表示。

如果电压的大小及方向随时间变化, 则称为变动电压。对电路分析来说, 一种最为重要的变动电压是正弦交流电压 (简称交流电压), 其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母  $u$  或  $u(t)$  表示。

#### 3. 电动势

定义 衡量电源的电源力大小及其方向的物理量叫做电源的电动势。

电动势通常用符号  $E$  或  $e(t)$  表示,  $E$  表示大小与方向都恒定的电动势 (即直流电源的电动势),  $e(t)$  表示大小和方向随时间变化的电动势, 也可简记为  $e$ 。电动势的国际单位制为伏特 (V)。



电动势的大小等于电源力把单位正电荷从电源的负极, 经过电源内部移到电源正极所作的功。如设  $W$  为电源中非静电力 (电源力) 把正电荷量  $q$  从负极经过电源内部移送到电源正极所作的功, 则电动势大小为

$$E = \frac{W}{q}$$

电动势的方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极, 即与电源两端电压的方向相反。

### 1.2.3 基本元件

#### 1. 电阻元件

电子在导体中流动时会受到一些阻碍, 形成了电阻。电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件, 例如灯泡、电热炉等电器。

##### (1) 电阻定律

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

式中  $\rho$ ——制成电阻的材料电阻率, 欧姆·米 ( $\Omega \cdot \text{m}$ );

$l$ ——绕制成电阻的导线长度, 米 (m);

$S$ ——绕制成电阻的导线横截面积, 平方米 ( $\text{m}^2$ );






$R$ ——电阻值, 欧姆 ( $\Omega$ )。

经常用的电阻单位还有千欧 ( $\text{k}\Omega$ )、兆欧 ( $\text{M}\Omega$ ), 它们与  $\Omega$  的换算关系为

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega; \quad 1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

(2) 电阻与温度的关系 电阻元件的电阻值大小一般与温度有关, 衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数, 其定义为温度每升高  $1^\circ\text{C}$  时电阻值发生变化的百分数。为了方便和直观, 人们将一些电器原件用符号来表示 (如表 1-1 所示)。

表 1-1 元件符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

#### 2. 电容元件

电容元件是从实际电容器抽象出来的电路模型。任何两块非常靠近的金属导体, 中间隔以绝缘物质就构成了一个电容器, 电容器加上电压后, 两块极板上将出现等量异号电荷, 并在两极板间形成电场, 储存电场能。

电容器极板上储存的电荷量  $q$  与外加电压  $u$  成正比, 即

$$C = \frac{q}{u}$$

在国际单位制中, 电容的单位为法拉 (F)。当电容器的电压达到 1V 时, 极板上若储存了 1C 的电荷量, 则该电容器的电容就是 1F。常用的电容单位还有微法 ( $\mu\text{F}$ ) 或皮法 (pF), 其换算关系为