

职业院校
汽车类“十二五”规划教材



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目



汽车 电工电子 (第2版)

Automobile
Electrics (2nd Edition)

◎ 吕玫 主编
◎ 陆荣 高登山 李霞 副主编



YZLI0890169815

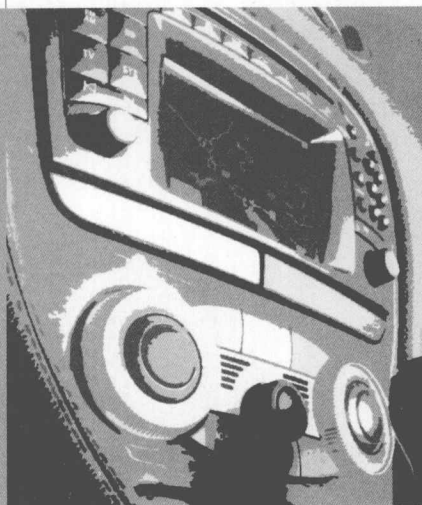
精选汽车电路实例
案例分析深入浅出
内容兼顾针对性和普适性

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

职业院校
汽车类 " 十二五 " 规划教材



工业和信息化部高职高专
“十二五”规划教材立项项目



汽车 电工电子 (第2版)

Automobile
Electrics (2nd Edition)

◎ 吕玫 主编

◎ 陆荣 高登山 李霞 副主编



YZLI0890169816

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电工电子 / 吕玫主编. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2013.2

职业院校汽车类“十二五”规划教材 工业和信息化
高职高专“十二五”规划教材立项项目

ISBN 978-7-115-29115-8

I. ①汽… II. ①吕… III. ①汽车—电工—高等职业教育—教材②汽车—电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第198596号

内 容 提 要

本书以汽车技术应用为主线,遵循必需够用的原则,精选汽车应用实例,培养读者汽车基本电路分析的能力。

全书共7章,内容包括直流电路、正弦交流电路、磁路和铁心线圈电路、交流电动机及其控制、直流电动机及其应用、常用半导体器件及其应用、数字电子技术及其应用。每章附有小结、习题和自测题。

本书可作为高职高专院校汽车类相关专业的教材,也可供从事汽车维修和管理工作的技术人员参考。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

职业院校汽车类“十二五”规划教材

汽车电工电子(第2版)

-
- ◆ 主 编 吕 玫
副 主 编 陆 荣 高登山 李 霞
责任编辑 赵慧君
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.5 2013年2月第2版
字数: 452千字 2013年2月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-29115-8

定价: 35.80元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



汽车电工电子是高职高专院校汽车大类专业核心课程。本书依据教育部高职高专示范院校教材建设要求,紧紧围绕高素质技能型人才的培养目标,以能力培养为本位,以汽车技术应用为主线,以典型汽车电工与电子设备为载体,确定编写思路和特色。

本书编写内容以必需够用为度,有机整合了传统的电工电子技术内容,遵循知识面宽、分析案例难度适中、应用性强的原则,兼顾针对性和普适性,兼顾课程内容的基础性与延展性。在内容编排上,结合汽车电路特点,加强汽车技术应用,重视汽车典型电路的分析理解。通过学习,培养学生运用电工电子基本知识分析汽车电路及简单故障的能力,也为学习汽车电气维修等后续课程打下坚实的基础。

与第1版教材相比,第2版教材增加了汽车应用实例,选取的例题更加贴近实际,能用电工电子基础知识分析汽车电路,注重对学生分析能力的培养。同时也更多地引入汽车新技术。

本书分为7章,参考学时为90学时左右,其中理论环节为70学时,实践环节为20学时,各章的参考学时参见下面的学时分配表。

章 节	课 程 内 容	学 时 分 配	
		讲 授	实 训
第1章	直流电路	14	4
第2章	正弦交流电路	10	4
第3章	磁路和铁心线圈电路	12	2
第4章	交流电动机及其控制	6	2
第5章	直流电动机及其应用	8	2
第6章	常用半导体器件及其应用	12	4
第7章	数字电子技术及其应用	8	2
课 时 总 计		70	20

由于本书涉及知识点丰富,基础理论多,实践应用性强,为便于理解和学习,建议在组织课程教学时采用多种教学手段和教学方法。依托实训室开展实践教学、现场教学;根据教学内容,合理



选择现场教学、案例教学等教学方法;应用现代多种教学技术手段,丰富教学形式。

本书由无锡职业技术学院吕玫任主编,无锡职业技术学院陆荣、高登山、李霞任副主编。第1章、第3章由吕玫编写,第2章、第6章由陆荣编写,第5章、第7章、附录由高登山编写,第4章由李霞编写。吕玫负责全书的组织和统稿。

本书在编写过程中参考了许多资料与文献,在此无法一一列举,谨对所有文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2012年7月

目 录



第 1 章 直流电路 1	1.6.3 戴维南定理.....36
1.1 电路及其基本物理量..... 1	1.7 汽车电路分析.....38
1.1.1 电路概述..... 1	1.7.1 发动机冷却液温度传感器
1.1.2 电路的基本物理量..... 3	电路分析.....38
1.1.3 电路的开路和短路..... 6	1.7.2 压阻效应式歧管压力传感器
1.2 电阻元件和欧姆定律..... 8	电路分析.....39
1.2.1 电阻元件..... 8	1.7.3 电磁式水温表工作分析.....40
1.2.2 电阻的串并联..... 12	1.7.4 汽车照明电路分析.....41
1.3 电感元件和电容元件..... 16	实训 1 电压和电位的测量.....42
1.3.1 电感元件..... 16	实训 2 汽车温度传感器热敏电阻的检测.....45
1.3.2 电容元件..... 19	小结.....47
1.4 电源及其在汽车中的应用..... 24	习题.....48
1.4.1 实际电压源模型..... 24	自测题.....50
1.4.2 蓄电池..... 24	第 2 章 正弦交流电路53
1.4.3 实际电流源模型..... 27	2.1 正弦交流电及其相量表示.....53
1.4.4 实际电压源模型与实际电流源	2.1.1 正弦交流电的三要素.....53
模型的等效变换..... 27	2.1.2 正弦交流电的相量表示.....56
1.5 基尔霍夫定律及其应用..... 29	2.2 单一元件正弦交流电路.....58
1.5.1 基尔霍夫电流定律..... 29	2.2.1 纯电阻电路.....59
1.5.2 基尔霍夫电压定律..... 30	2.2.2 纯电感电路.....60
1.5.3 支路电流法..... 32	2.2.3 纯电容电路.....62
1.6 直流电路分析计算..... 33	2.3 RLC 串联电路.....64
1.6.1 叠加定理..... 33	2.3.1 电压和电流关系.....64
1.6.2 运用实际电源等效变换求解	2.3.2 电路的功率和能量转换.....65
支路电流..... 34	2.4 三相交流电路.....67

2.4.1 三相电源	67	实训 5 点火线圈的检测	118
2.4.2 三相电源和负载的连接	69	小结	120
2.4.3 三相交流电路的功率	72	习题	122
实训 3 日光灯电路及功率因数的提高	73	自测题	123
实训 4 三相负载的星形连接*	74	第 4 章 交流电动机及其控制	126
小结	75	4.1 交流电动机概述	126
习题	76	4.1.1 三相异步电动机的结构	127
自测题	77	4.1.2 三相异步电动机的铭牌	129
第 3 章 磁路和铁心线圈电路	80	4.1.3 三相异步电动机的工作原理	131
3.1 磁路和铁磁性材料	80	4.2 三相异步电动机的机械特性分析	134
3.1.1 磁场的基本物理量	81	4.2.1 电磁转矩	134
3.1.2 铁磁性材料	82	4.2.2 三相异步电动机的机械特性	135
3.1.3 汽车中的霍尔元件	84	4.3 三相异步电动机的运行	138
3.2 磁路基本定律及其应用	86	4.3.1 三相异步电动机的启动	138
3.2.1 磁路的欧姆定律	86	4.3.2 三相异步电动机的调速	140
3.2.2 磁路的基尔霍夫定律	86	4.3.3 三相异步电动机的反接制动和 反转	142
3.2.3 磁路定律在汽车中的应用—— 磁感应点火信号发生器	89	4.4 三相异步电动机的控制	143
3.3 铁心线圈和电磁铁	90	4.4.1 三相异步电动机的基本控制电路	143
3.3.1 铁心线圈的交流电路分析	90	4.4.2 三相异步电动机的正反转控制 电路	146
3.3.2 铁心线圈的功率损耗	91	4.5 车用交流发电机	147
3.3.3 电磁铁	93	4.5.1 车用交流发电机的分类	148
3.4 变压器	95	4.5.2 车用交流发电机的结构	149
3.4.1 单相变压器的基本结构	96	4.5.3 车用交流发电机的工作原理	151
3.4.2 单相变压器的工作原理	96	实训 6 三相异步电动机的正转-停- 反转控制电路	152
3.4.3 仪表用互感器	100	小结	153
3.4.4 变压器技术参数	101	习题	154
3.5 汽车继电器电路分析	103	自测题	155
3.5.1 汽车电路的特点	103	第 5 章 直流电动机及其应用	158
3.5.2 继电器	104	5.1 直流电动机的结构和工作原理	158
3.5.3 汽车继电器电路分析	106	5.1.1 直流电动机的结构	158
3.6 汽车点火线圈和传统点火系统 工作过程	112	5.1.2 直流电动机的工作原理	161
3.6.1 点火线圈	112	5.1.3 直流电动机的反电动势和电磁转矩	162
3.6.2 传统点火系统	114		



5.1.4 直流电动机的转矩平衡	163	6.2.3 二极管的使用常识	203
5.1.5 直流电动机的铭牌	164	6.2.4 特殊二极管	206
5.2 直流电动机的励磁方式	164	6.3 半导体三极管及其应用	208
5.2.1 他励直流电动机	165	6.3.1 三极管	208
5.2.2 并励直流电动机	166	6.3.2 三极管基本放大电路	212
5.2.3 串励直流电动机	167	6.3.3 三极管开关电路	217
5.2.4 复励直流电动机	168	6.3.4 三极管多谐振荡器电路	218
5.3 直流电动机的起动、反转和调速	169	6.3.5 三极管在汽车中的应用实例	219
5.3.1 起动	169	6.4 集成运算放大器及其应用	222
5.3.2 反转	170	6.4.1 集成运算放大器	222
5.3.3 调速	171	6.4.2 集成运放的理想化条件及 传输特性	224
5.4 电动汽车所用电动机	174	6.4.3 集成运放的典型应用	225
5.4.1 永磁无刷电动机	175	6.4.4 集成运放在汽车中的应用实例	228
5.4.2 开关磁阻电动机	180	6.5 直流稳压电源	230
5.5 车用直流起动机	182	6.5.1 整流与滤波电路	231
5.5.1 车用直流起动机的构造	182	6.5.2 直流稳压电路	236
5.5.2 车用直流起动机的传动机构和 电控原理	184	6.5.3 汽车电压调节电路	238
5.6 典型汽车电动机控制电路	185	实训 8 二极管、三极管的识别与检测	240
5.6.1 电动刮水器	185	实训 9 单管放大电路的焊接与测试	242
5.6.2 风窗玻璃洗涤器	187	小结	244
5.6.3 电动车窗	188	习题	245
5.6.4 电动座椅	190	自测题	250
5.6.5 中央控制门锁	192	第 7 章 数字电子技术及其应用	256
实训 7 起动机的拆装与检测	194	7.1 数字电路基本知识	256
小结	197	7.1.1 数字电路的特点	256
习题	198	7.1.2 计数制	257
自测题	198	7.1.3 数制转换	259
第 6 章 常用半导体器件及其应用	200	7.1.4 BCD 码	259
6.1 半导体的基本知识	200	7.2 逻辑门电路	260
6.1.1 半导体的基本特性	200	7.2.1 基本逻辑门电路	260
6.1.2 PN 结及其单向导电性	201	7.2.2 复合逻辑门电路	263
6.2 半导体二极管	202	7.2.3 基本门电路在汽车上的应用	264
6.2.1 二极管的结构	202	7.3 集成触发器	265
6.2.2 二极管的伏安特性	202	7.3.1 基本 RS 触发器	265



7.3.2 可控 RS 触发器	267	7.4.4 555 定时器	277
7.3.3 JK 触发器	269	7.4.5 555 定时器在汽车上的应用	280
7.3.4 D 触发器	272	实训 10 555 定时器的应用	282
7.4 基本数字部件	273	小结	284
7.4.1 寄存器	273	习题	285
7.4.2 计数器	275	自测题	286
7.4.3 七段译码器和数码显示器	276		

第1章

| 直流电路 |

【学习目标】

1. 掌握电路的基本概念, 以及电流、电压、电位和电功率等基本物理量
2. 熟悉电阻的基本知识以及汽车中特殊电阻的应用
3. 掌握电源模型以及汽车中蓄电池的基本知识
4. 掌握电路的欧姆定律以及基尔霍夫电流、电压定律
5. 掌握汽车电路基本分析
6. 掌握支路电流法、叠加原理、电源等效变换以及戴维南定理

1.1

电路及其基本物理量

| 1.1.1 电路概述 |

1. 电路

电路是由电气设备和元器件按一定方式连接起来的整体, 它是电流所通过的路径。电路一般由电源、负载以及中间环节等部分组成。电路中供给电能设备和器件称为电源, 用电设备或元器件称为负载。图 1-1 所示为汽车行李厢照明电路简图, 它由蓄电池、行李厢照明灯、开关和连接导体等组成。

在日常生活和工业控制中存在各式各样的电路, 如随处可见的照明电路, 汽车中的温度、压力、光照、位置角度等传感器检测电路等。根据实现功能的不同, 电路可分为两种类型: 电力电路和信号电路。电力电路用于实现能量的转换、传输和分配, 如电力系统电路等; 信号电路用于实现电信

号的处理与传递,如汽车中的传感器电路。

2. 理想元件和电路模型

实际电路中的元器件种类繁多,但在电磁现象方面一些元器件却有共同之处,如各种电阻器、照明灯、汽车扬声器等元件主要的电磁特性是消耗电能;各种电感线圈(如变压器线圈、点火线圈等)主要的电磁特性是存储磁场能量;各种类型的电容器主要的电磁特性是存储电场能量;而蓄电池、干电池等部件主要的电磁特性是提供电能。为了便于探讨电路的一般规律,简化电路的分析,在工程上通常将实际的电路元件用理想电路元件替代,即在一定的条件下,突出元件主要的电磁性质,忽略其次要因素,把实际元件近似地看作理想电路元件,用一个理想电路元件或由几个理想元件的组合来代替实际的电路元件。

电路中使用的电气设备种类繁多,如电灯、电动机、电容器等,所有这些用电设备统称为负载。这些实际的用电设备或元器件在工作时表现出的电磁现象可以用下面3个理想负载元件及其组合来反映。

电阻元件——用来等效消耗电能并转换成其他形式能量的实际元件,用字母 R 表示,简称电阻。

电感元件——用来等效存储磁场能量的实际元件,用字母 L 表示,简称电感。

电容元件——用来等效存储电场能量的实际元件,用字母 C 表示,简称电容。

此外,不考虑内阻的电源可用“理想电压源”、“理想电流源”等效。理想电压源、理想电流源分别用字母 U_s 、 I_s 表示。实际电源可用多个理想元件组合表示,如实际电压源可用理想电压源与电阻元件串联等效,实际电流源可用理想电流源与电阻元件并联等效。

理想元件电阻(R)、电感(L)、电容(C)、电压源(U_s)、电流源(I_s)的图形符号如图1-2所示。

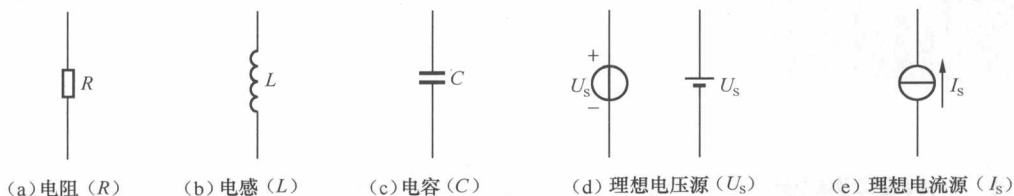


图1-2 理想元件图形符号

电路模型就是指用理想电路元件及其组合来代替实际电路元件构成的实际电路。图1-3所示为电路模型,电源为负载提供电能,电压源 U_s 与电阻 R_i 串联表示实际电压源,电阻 R_L 为负载。今后书中未加特殊说明,分析的电路都是指电路模型。



● 电阻元件是耗能元件,电感、电容是储能元件。电感元件储存磁场能,电容元件储存电场能。

● 在不同工作条件下,实际元件可等效为不同元件组合。如电感线圈,可等效为一个电感元件或者电感与电阻的串联组合。

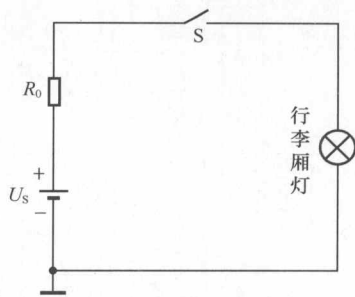


图1-1 汽车行李厢照明电路简图

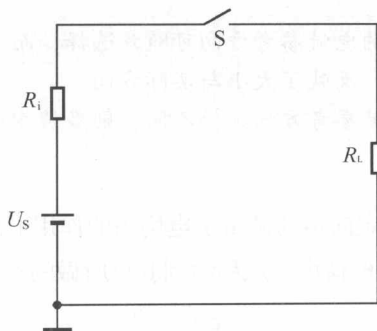


图1-3 电路模型

1.1.2 电路的基本物理量

下面分别对电路的电流、电压、电位、电动势、电能以及电功率等物理量进行分析。

1. 电流

电荷的定向运动形成电流，通常将正电荷移动的方向规定为电流正方向。电流的大小用电流强度来衡量，其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。根据定义有

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

式中， i 为电流强度（简称电流），单位为安培（A）。

根据电流大小和方向随时间变化的情况，把电流分为两大类。一类是电流的大小和方向都不随时间而变化，称为恒定电流，简称直流，用大写字母 I 表示。另一类是电流大小和方向都随时间变化，称为变动电流，变动电流用小写字母 i 表示，其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流，称为交变电流，简称交流。

交流电中，应用最广泛的是随时间按正弦函数变化的电流，称为正弦交流电。目前电力工程中所采用的电压、电流几乎都是正弦函数。

电流的方向是客观存在的。但在电路分析中，一些较为复杂的电路，有时电流的实际方向难以判断，因此在电路分析时，引入参考方向这一概念。

如图 1-4 所示，在一段电路上可以任意选定一个方向作为电流的流动方向，这个方向就是电流的参考方向，在电路图中用箭头表示。当电流的参考方向与实际方向一致时，电流为正值（ $I > 0$ ）；当电流的参考方向与实际方向相反时，电流为负值（ $I < 0$ ）。

除了用箭头来表示电流的参考方向外，还可用双下标表示，如 I_{ab} 表示电流参考方向从 a 指向 b 。

在选定的电流参考方向下，根据电流的正负，就可以确定电流的实际方向。在分析电路时，先假定电流的参考方向，并以此去分析计算，最后根据数值的正负值来确定电流的实际方向。

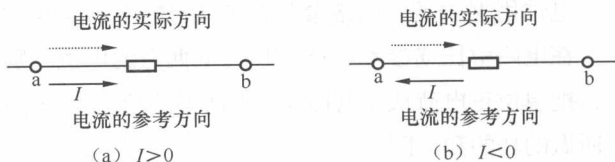


图1-4 电流的参考方向



- 在电路图上标注的电流参考方向可随意选择, 而实际电流是客观存在。
- 电流是个代数量, 反映了大小与实际方向。
- 同一个元件的电流参考方向选择不同, 则数值相差一个负号, 即 $I_{ab} = -I_{ba}$ 。

2. 电压

如图 1-5 所示, 在导体内电荷定向运动是由于电场力的作用形成的。那么, 电路中 a、b 两点间电压的大小就等于电场力将单位正电荷由 a 点移动到 b 点所做的功, 用符号 u 表示。

$$u = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-2)$$

在直流电路中电压用大写字母 U 表示。电压的单位为伏特 (V)。

两点之间电压的实际方向是由高电位点指向低电位点, 所以电压也常称为电压降。为分析电路方便, 与电流一样, 引入电压的参考方向。当电压的实际方向与它的参考方向一致时, 电压值为正, 即 $U > 0$; 反之, 当电压的实际方向与它的参考方向相反时, 电压值为负, 即 $U < 0$ 。

对电压参考方向的标注除了用箭头外, 还可用双下标和正 (+)、负 (-) 极性表示。如 U_{ab} 表明电压参考方向从 a 指向 b。若用正负极性表示, 电压参考方向从正极指向负极。



- 同一个元件的电压参考方向选择不同, 则数值相差一个负号, 即 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。
- 一个元件上的电流与电压参考方向相同, 如图 1-6 所示, 则称为关联参考方向, 否则为非关联方向。

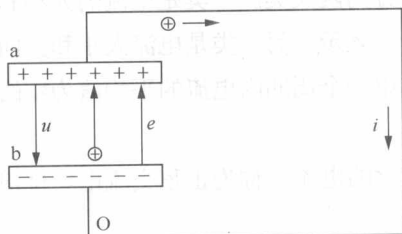


图1-5 电压与电动势

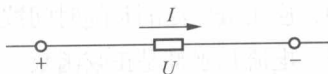


图1-6 电压电流关联参考方向

3. 电位

为了方便分析电压这个物理量, 电路中引入了电位的概念。在电路中任选参考点 O, 则电路中某点 a 到参考点 O 的电压就称为 a 点的电位。换言之, 即电位实际上就是相对于参考点的电压, 即

$$V_a = U_{aO} \quad (1-3)$$

电位用 V 表示。电路参考点本身的电位 $V_O = 0$, 参考点也称为零电位点。

在电路中任选参考点 O, 则 a、b 两点的电位分别为 $V_a = U_{aO}$ 、 $V_b = U_{bO}$ 。按照做功的定义, 电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功, 等于把单位正电荷从 a 点移到 O 点, 再从 O 点移到 b 点所做的功的和, 即

$$U_{ab} = U_{aO} + U_{Ob} = U_{aO} - U_{bO} = V_a - V_b$$

即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

式(1-4)表明,电路中a、b两点间的电压等于a、b两点的电位差,因而电压也称为电位差。



- 选择不同的参考点,同一点的电位数值不同。
- 两点间的电压大小与参考点选择无关,即电位的高低是相对的,而电压值是绝对的。
- 在汽车电路中,蓄电池负极直接或间接地通过导线连接在车身金属或车架上,即俗称“搭铁”。通常汽车中的搭铁点就是电路的参考点,电路中任一点的电位就是相对于搭铁点的电压。

电力系统中,通常以大地作为参考点;电子电路中,一般选择电子设备的金属机壳或某公共点作为参考点。参考点的电位为零,用符号“ $\perp$ ”表示。

【例 1-1】 如图 1-7 所示电路,已知 $U_{AO}=3V$, $U_{OB}=7V$ 。若选择 O 点为电位参考点,求 A、B 两点的电位。若选择 B 点为电位参考点,则求 A、O 两点的电位。

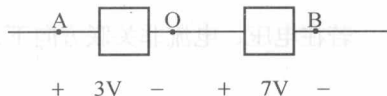


图1-7 电压与电位分析

解 (1) 若选择 O 点为电位参考点,则

$$V_O = 0V$$

$$V_A = U_{AO} = 3V$$

$$V_B = U_{BO} = -U_{OB} = -7V$$

(2) 若选择 B 点为电位参考点,则

$$V_B = 0V$$

$$V_A = U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = 3 + 7 = 10V$$

$$V_O = U_{OB} = 7V$$

电位的概念对实际电路的测量十分重要。对于一个实际的复杂电路,往往需要用万用表、示波器等仪器进行电压值测量,通过测量来确定其工作状态。

在汽车电路中,某照明电路出现断路故障,需查找电路在何处出现断路,就可以通过测各点电位的方法来判定。测量电位时,用万用表两个表笔中的黑表笔固定接在被测电路选定的参考点(汽车搭铁)上,红表笔搭在测量点,即可测量该点电位,进而得出任意两点间的电压。这种测量方法既方便又安全。

4. 电动势

衡量电源力克服电场力对电荷做功能力的物理量称为电动势,用符号 e 表示。如图 1-5 所示的电路中,电动势在数值上等于电源力将单位正电荷由低电位(b点)移到高电位(a点)所做的功。电动势的方向规定为在电源内部由负极板指向正极板,即从低电位点指向高电位点。直流电路中电动势用 E 表示,单位为伏特(V)。



- 电动势的实际方向从低电位点指向高电位点,即电位升。而电压的实际方向从高电位点指向低电位点,即电位降。
- 一个元件的电动势和电压是大小相等,方向相反的一对物理量,对外部电路而言,二者没有区别。

在今后的叙述中,电源常常用电压来等效表示电动势对外电路的作用。不同的电源具有不同的电压,如一般汽车蓄电池的电压通常为12V,干电池的电压为1.5V。

5. 电能和电功率

在如图1-6所示的电路中,a、b两点间电压为 U ,电路中的电流为 I ,电压、电流为关联方向,由电压定义可知,在 t 时间内,电场力所做的功,即元件消耗(或吸收)的电能为

$$W = UQ = UI t \quad (1-5)$$

单位时间内消耗的电能称为电功率(简称功率),直流电路中用字母 P 表示,即

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-6)$$

若在电压、电流非关联方向下,则

$$P = -UI \quad (1-7)$$

在我国法定计量单位中,电能的单位是焦耳(J);功率的单位是瓦特(W)。在实际应用中,有时电能的单位用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)表示,1 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 俗称一度电。



- 电功率是代数量,可以为正值或负值。
- $P = \pm UI$, 根据参考方向关联与否,选择不同的公式,若 $P > 0$ 就表示元件实际为吸收功率, $P < 0$ 表示元件实际为发出功率。
- 还可根据元件的实际电压、电流方向,判断元件是否发出或吸收功率。若实际电压、电流方向相同,元件吸收功率;若方向相反,则元件发出功率。

【例1-2】 如图1-8所示电路,已知 $U_S = 12\text{V}$, $I = 4\text{A}$, $U_2 = 6\text{V}$, $I_1 = -1\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$, $U_3 = -6\text{V}$ 。求各元件的功率,并说明元件是发出功率还是吸收功率。

解 根据功率式(1-6)和式(1-7)得

$$P_{U_S} = -U_S I = -12\text{V} \times 4\text{A} = -48\text{W} < 0 \text{ (发出功率)}$$

$$P_1 = -U_2 I_1 = -6\text{V} \times (-1)\text{A} = 6\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = 6\text{V} \times 3\text{A} = 18\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$P_3 = -U_3 I = -(-6)\text{V} \times 4\text{A} = 24\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$\Sigma P = P_{U_S} + P_1 + P_2 + P_3 = -48\text{W} + 6\text{W} + 18\text{W} + 24\text{W} = 0, \text{说明电路的功率平衡。}$$

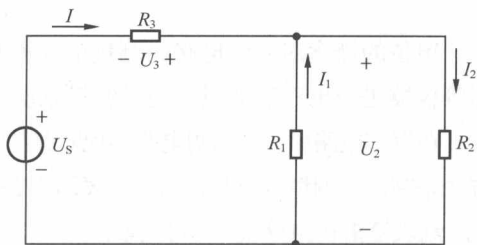


图1-8 例1-2电路图

1.1.3 电路的开路和短路

1. 开路状态

开路状态又称断路或空载状态,如图1-9所示,它是电路中开关断开或连接导线折断引起的一种极端运行状态。

电路空载时,外电路所呈现的电阻可视为无穷大,电路中的电流为零,即 $I = 0$ 。电源的端电压等于电源电压,即 $U_1 = U_S$,此电压称为空载电压或开路电压,用 U_0 表示。

2. 短路状态

由于电源线绝缘损坏、操作不当等引起电源的两输出端相接触，造成电源被直接短路，如图 1-10 所示。

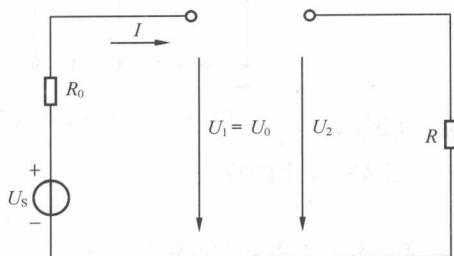


图1-9 电路的开路状态

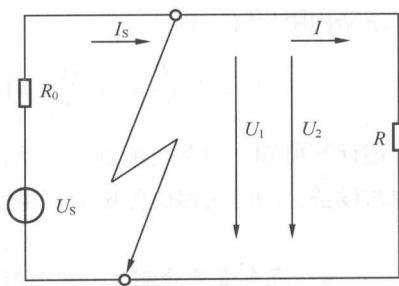


图1-10 电路的短路状态

当电源直接短路时，外电路所呈现的电阻可近似为零，此时电源中的短路电流 (I_s) 最大，因为在一般供电系统中，电源的内电阻 (R_0) 很小， $I_s = \frac{U_s}{R_0}$ ，故短路电流 (I_s) 很大。由于电路负载被短接，负载的端电压为零，无电流输出。

开路和短路是汽车电路的常见故障。汽车开路故障如图 1-11 所示。汽车开路故障可导致电路不能正常工作，但只要排除故障，电路即可恢复正常。汽车中各种短路故障如图 1-12 所示。若元件短接可能会使电路产生过高的短路电流，从而烧毁电路，造成不可逆转的破坏。因此实际电路中必须设置短路保护装置，最常用的是安装熔断器作短路保护。

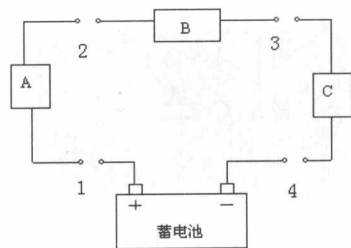


图1-11 汽车开路故障

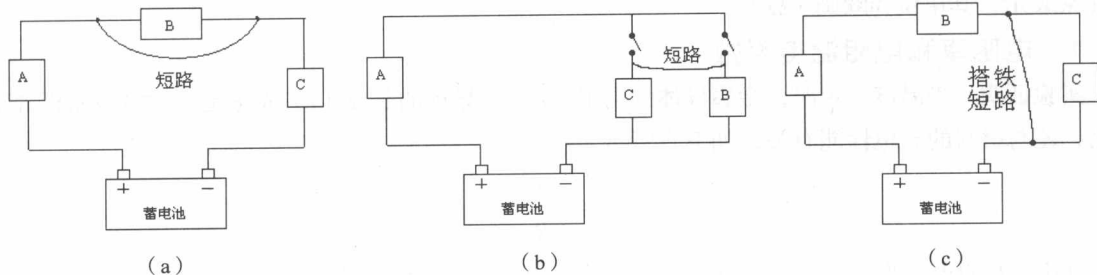


图1-12 汽车短路故障

【例 1-3】 图 1-13 所示为某汽车行李厢灯电气简图，蓄电池电压 $U_s = 12\text{V}$ ，内阻 $R_0 = 0.2\Omega$ ，各灯泡为 $12\text{V } 6\text{W}$ ，试求：

(1) 空载电压 (U_0)；

(2) 短路电流 (I_s)；

(3) 忽略内阻压降，正常工作时的总电流 (I)。

解

$$(1) U_0 = U_s = 12V$$

$$(2) I_s = \frac{U_s}{R_0} = \frac{12V}{0.2\Omega} = 60A$$

(3) 忽略内阻压降, 则

$$I = 3 \times \frac{P}{U} = 3 \times \frac{6W}{12V} = 1.5A$$

由上述计算可知, 短路电流远远大于正常工作电流, 很容易烧毁电源与设备, 同时短路时强电流产生强大的电磁力会造成机械上的损失。

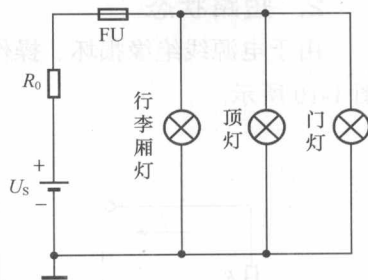


图1-13 行李厢空气筒图



- 汽车常见检测工具包括跨接线、试灯、试电笔、万用表(指针式、数字式)等。

1.2

电阻元件和欧姆定律

1.2.1 电阻元件

电阻元件是构成各类电路最常用的元件之一。物体对电流的阻碍作用, 被称为该物体的电阻, 用 R 来表示, 其单位为欧姆 (Ω)。

1. 电阻率和电阻温度系数

实验证明, 当温度一定时, 金属导体的电阻 (R) 与导体的长度 (l) 成正比, 与横截面积 S 成反比, 还与材料的导电性能有关, 如下式所示。

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-8)$$

其中, R 的单位为 Ω , l 的单位为 m , S 的单位为 mm^2 , ρ 的单位为 $\Omega \cdot mm^2/m$ 。

电阻的倒数称为电导 (G), 单位为西门子 (S)。

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-9)$$

导体的电阻还与温度的变化有关, 一般可分为 3 种情况。第一类导体电阻随温度的升高而增加, 如银、铝、铜、铁、钨等金属。第二类导体电阻随温度升高而减小, 如电解液、碳素和半导体材料, 第三类导体的电阻几乎不随温度改变而变化, 如康铜、锰钢、镍铬合金等。因此用电阻温度