



汽车维修专项技能

培训教材

# 汽车电路构成与 阅读理解

© 麻友良 主编



QICHEWEIXIUZHUANXIANGJINENG  
PEIXUNJIAOCAI



人民交通出版社

China Communications Press

汽车维修专项技能培训教材

Qiche Dianlu Goucheng yu Yuedu Lijie

# 汽车电路构成与阅读理解

麻友良 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书主要介绍了汽车电路识图所需的电路及磁路等相关的基础知识、汽车电路的特点及相关规定、汽车电路图的类型、主要电器及电子控制装置的原理、典型电路分析及大众、雪铁龙、丰田及通用等车系电路图的特点等。

本书是一本了解汽车电器与电子控制系统和掌握汽车电路识图技巧的入门教材,适用于已从事或准备从事汽车维修工作的初学者,同时也可作为大专院校、职业院校学生学习汽车电器与电子控制技术课程的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电路构成与阅读理解/麻友良主编. —北京:人民交通出版社, 2005.3

ISBN 7-114-05449-1

I. 汽... II. 麻... III. 汽车-电气设备-电路图  
- 识图法 IV. U463.602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009324 号

汽车维修专项技能培训教材

书 名: 汽车电路构成与阅读理解

著 作 者: 麻友良

责任编辑: 白 嵘 翁志新

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市海波印务有限公司 一 宝日文龙印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.25

字 数: 319 千

版 次: 2005 年 4 月 第 1 版

印 次: 2005 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05449-1

印 数: 0001—4000 册

定 价: 25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

在汽车发展过程中,汽车电器与电子设备也经历了从少到多、从简到繁、从辅助到主要的发展过程。随着对汽车安全性、经济性及舒适性要求的进一步提高,汽车电子控制装置的使用也越来越多。现代汽车电器与电子设备已成了汽车不可或缺的重要组成部分。因此,对于从事汽车使用与维修的技术人员和维修工人来说,熟悉汽车电器与电子设备的结构与故障检修方法是必须的。汽车电路图是汽车电气系统的基本资料,是了解汽车电系原理、查找汽车电路故障的有力工具。因此,能顺利地阅读汽车电路图是现代汽车维修人员应具备的一种基本能力。

从多年的教学实践及调查研究中了解到,不少人感到汽车电路太复杂,不能看懂电路图所表达的内容,其主要的原因有三个方面:一是对汽车电路的特点、规定及表示方法不熟悉;二是对阅读汽车电路所需的电工学基础知识缺乏或淡忘;三是对汽车电器与电子装置结构原理不了解。

本书从解决读图困难的主要原因入手,首先简明地介绍了电路、电路元件的基本知识,虽然只是提纲挈领,但具有较强的针对性。在介绍汽车电路的特点及各种电路图的特点基础上,比较详细地介绍了具有代表性的大众、雪铁龙、丰田及通用等车系电路图的特点及电路表达方法。读者在熟悉了这些车系的电路图后,再识读与之相似的其他车系电路图就不会有太大的困难。第三、四章简要介绍了典型汽车电路的部件原理、电路类型及电路特点等,这些都是汽车电路识读的基本要素。书中介绍了各典型电路检测要点,这里并没有介绍系统的故障诊断方法,而是想通过这些检测要点涉及的故障分析,使读者进一步熟悉电路的连接关系,并掌握电路分析的基本思路。

本书内容主要针对涉足汽车维修以及想要了解汽车电器与电子控制系统、提高汽车电路识图能力的初学者,也可作为大学、中专、中职、高职等相关专业学生学习汽车电器与电子控制系统课程的参考用书。

参加本书编写工作的还有孙林峰、邵冬明、刘华军、宋建国、郑方明等。本书编写过程中,阅读了大量相关的书籍资料,从中汲取了许多知识和经验,借此,向这些书的作者表示感谢。由于本人水平所限,书中会有不妥或错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 汽车电路识图基础知识         | 1  |
| 第一节 电路的基本概念            | 1  |
| 一、电路的基本组成              | 1  |
| 二、电路的基本物理量             | 1  |
| 三、电路的工作状态              | 2  |
| 四、电路中电阻的串联与并联          | 3  |
| 五、电路中电位的概念             | 4  |
| 第二节 磁路的基本概念            | 5  |
| 一、磁场与电磁感应              | 5  |
| 二、磁路的概念及基本定律           | 7  |
| 第三节 电路中的电阻、电容与电感       | 8  |
| 一、电阻元件的基本特性            | 9  |
| 二、电容元件的基本特性            | 9  |
| 三、电感元件的基本特性            | 10 |
| 第四节 电子元件的基本特性          | 11 |
| 一、半导体的导电方式             | 11 |
| 二、PN 结                 | 13 |
| 三、二极管                  | 14 |
| 四、稳压管                  | 15 |
| 五、三极管                  | 16 |
| 六、可控硅                  | 18 |
| 第五节 微型计算机基本知识          | 20 |
| 一、微型计算机的基本组成           | 20 |
| 二、微型计算机在汽车电子控制系统中的作用原理 | 21 |
| 第二章 汽车电路的特点与表达方式       | 24 |
| 第一节 汽车电路的组成与特点         | 24 |
| 一、汽车电系的发展过程            | 24 |
| 二、汽车电系的基本组成            | 24 |
| 三、汽车电路的特点              | 26 |
| 第二节 汽车电路基础元件的有关规定与表示方法 | 27 |
| 一、导线                   | 27 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 二、熔断器与易熔线·····            | 29 |
| 三、线路插接器·····              | 30 |
| 四、开关·····                 | 30 |
| 五、继电器·····                | 32 |
| 第三节 汽车电路图的分类与识图要点·····    | 34 |
| 一、汽车电路图的类型·····           | 34 |
| 二、汽车电路图的识图要点·····         | 40 |
| 第三章 典型汽车电路分析(汽车电器部分)····· | 44 |
| 第一节 汽车电源电路·····           | 44 |
| 一、蓄电池·····                | 44 |
| 二、发电机及调节器·····            | 45 |
| 三、带充电指示灯继电器的电源电路·····     | 49 |
| 四、九管整流发电机的电源电路·····       | 51 |
| 五、整体式发电机的电源电路·····        | 52 |
| 第二节 起动电路·····             | 54 |
| 一、起动机·····                | 54 |
| 二、起动开关直接控制式起动电路·····      | 57 |
| 三、起动继电器控制式起动电路·····       | 59 |
| 第三节 点火电路·····             | 60 |
| 一、点火线圈·····               | 60 |
| 二、分电器·····                | 62 |
| 三、电子点火器·····              | 68 |
| 四、火花塞·····                | 70 |
| 五、触点式点火电路·····            | 72 |
| 六、磁感应式电子点火电路·····         | 74 |
| 七、霍尔式电子点火电路·····          | 75 |
| 八、电子点火器与分电器一体的电子点火电路····· | 77 |
| 九、整体式分电器的电子点火电路·····      | 78 |
| 第四节 照明电路·····             | 79 |
| 一、前照灯·····                | 79 |
| 二、前照灯自动控制电路·····          | 82 |
| 三、典型的汽车照明电路·····          | 84 |
| 第五节 信号电路·····             | 86 |
| 一、电喇叭·····                | 86 |
| 二、转向信号装置·····             | 88 |
| 三、其他信号装置·····             | 91 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 四、典型的汽车信号电路          | 92  |
| 第六节 仪表及指示灯电路         | 94  |
| 一、发动机机油压力表           | 94  |
| 二、发动机冷却液温度表          | 95  |
| 三、燃油表                | 97  |
| 四、发动机转速表             | 98  |
| 五、指示灯                | 99  |
| 六、典型的汽车仪表与指示灯电路      | 101 |
| 第四章 典型汽车电路分析(汽车电控部分) | 104 |
| 第一节 发动机电子控制电路        | 104 |
| 一、发动机转速与曲轴位置传感器      | 104 |
| 二、空气流量传感器            | 108 |
| 三、进气管压力传感器           | 113 |
| 四、温度传感器              | 114 |
| 五、节气门位置传感器           | 115 |
| 六、氧传感器               | 116 |
| 七、爆震传感器              | 118 |
| 八、电子控制器              | 119 |
| 九、执行器电动装置            | 120 |
| 十、燃油喷射控制电路           | 124 |
| 十一、电子点火控制电路          | 129 |
| 十二、发动机怠速控制电路         | 135 |
| 十三、典型发动机电子控制电路       | 138 |
| 第二节 自动变速器控制电路        | 150 |
| 一、自动变速器传感器与控制开关      | 150 |
| 二、自动变速器电子控制器         | 152 |
| 三、自动变速器电控执行装置        | 152 |
| 四、典型自动变速器控制电路        | 155 |
| 第三节 防抱死制动控制电路        | 163 |
| 一、ABS 传感器            | 163 |
| 二、ABS 电子控制器          | 165 |
| 三、制动压力调节器            | 166 |
| 四、典型防抱死电子控制电路        | 170 |
| 第四节 安全气囊电子控制电路       | 176 |
| 一、安全气囊传感器            | 177 |
| 二、安全气囊组件             | 179 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 三、安全带收紧器 .....               | 180        |
| 四、安全气囊电子控制器 .....            | 180        |
| 五、典型安全气囊控制电路 .....           | 182        |
| <b>第五章 典型车系汽车电路图识图 .....</b> | <b>188</b> |
| 第一节 大众车系汽车电路图 .....          | 188        |
| 一、大众车系电路图符号 .....            | 188        |
| 二、大众车系电路图的表达方式 .....         | 188        |
| 第二节 雪铁龙车系汽车电路图 .....         | 195        |
| 一、雪铁龙车系电路图符号 .....           | 196        |
| 二、雪铁龙车系电路图的表达方式 .....        | 198        |
| 第三节 丰田车系汽车电路图 .....          | 201        |
| 一、丰田车系电路图符号 .....            | 201        |
| 二、丰田车系电路图的表达方式 .....         | 201        |
| 第四节 通用车系汽车电路图 .....          | 208        |
| 一、通用车系电路图符号 .....            | 208        |
| 二、通用车系电路图的表达方式 .....         | 208        |
| <b>附录一 汽车电路图用图形符号 .....</b>  | <b>216</b> |
| <b>附录二 汽车电器接线柱标记 .....</b>   | <b>229</b> |
| <b>参考文献 .....</b>            | <b>233</b> |



# 第一章 汽车电路识图基础知识

## 第一节 电路的基本概念

### 一、电路的基本组成

所谓电路就是电流的通路。有的电路很简单,有的电路则很复杂,但任何一个具有某特定功用的电路都必须有电源、负载和连接导线这3个基本组成要素。

#### 1. 电源

电源在电路中提供电能,有交流电源和直流电源。汽车上的蓄电池和发电机是直流电源,蓄电池是将储存的化学能转变成电能向汽车上的用电设备供电,而发电机则是将发动机的部分机械能转变成电能向外输出电流。

#### 2. 负载

负载在电路中消耗电能,它将电能转变成光、声、热、机械等能量,完成人们所需的功能要求。负载有电阻性、电容性和电感性三种类型,实际使用中的负载则可能是以电阻、电容、电感中的某种特性为主,兼有其他一种或两种负载特性。汽车上的电路负载就是所有的用电设备。

#### 3. 连接导线

连接导线在电路中连接电源和负载,起传输和分配电能的作用。连接导线通常是由铜、铝、银等金属导体制成,并用绝缘材料包装。汽车电路的连接导线就是连接电源与各用电设备的配线,汽车电路还通过发动机的机体、车身及车架等金属部分作为电流的回路。

电源、负载和连接导线再配以控制开关、熔断器等安全保障器件就组成各种各样的电路。

### 二、电路的基本物理量

#### 1. 电动势

电动势的物理定义是电源力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功。在电源的内部,电源的正极和负极之间存在着电场,要保持电源有对外的供电能力,就必须用电源力来克服电源内部的电场力,将正电荷从电源的负极移动到电源的正极(图 1-1)。

电动势反映了电源力对电荷做功的能力,其单位是伏特,简称伏。电源力可由热能、机械能、化学能等其他能量转化而来。

## 2. 电压

电压就是静电场或电路中两点之间的电位差,它反映电场力对电荷做功的能力,数值上等于电场力把单位正电荷从电源的正极经外电路移到负极所做的功。电压的单位也是伏特,但其物理含义与电动势显然不相同。

## 3. 电流

电荷有规律的运动称之为电流,导体通电流的实质是导体内的自由电子在电场力作用下作定向运动。电流的大小以单位时间里所通过的电荷来度量,以正电荷运动的方向为电流的方向(图 1-1)。电流的单位是安培。

## 4. 电阻与欧姆定律

电路中具有阻碍电流通过的作用称之为电阻,电阻的单位为欧姆,简称欧。电路中流过电阻  $R$  的电流  $I$  与电阻两端的电压  $U$  成正比,这就是欧姆定律,其表达式如下:

$$R = \frac{U}{I}$$

## 三、电路的工作状态

## 1. 有载工作状态

电源和负载很多的复杂电路都可等效简化成如图 1-2 所示的简单电路。

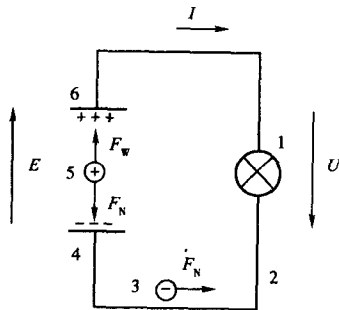


图 1-1 电动势与电压

1-负载;2-电路;3-电路中的负电荷(电子);4-电源负极(带负电荷);5-电场中的正电荷;6-电源正极(带正电荷); $F_W$ -电源力; $F_N$ -电场力

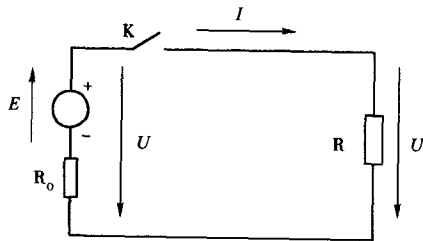


图 1-2 最简单的电路

$R$ -负载电阻; $R_0$ -电源内阻; $I$ -电源输出电流(负载电流); $E$ -电动势; $U$ -电源端电压(负载电压降); $K$ -电源开关

电路在开关接通时就处于有载工作状态。有载工作状态下最简单电路的电压、电流的关系如下:

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

$$U = IR$$

$$U = E - IR_0$$

从电压电流关系式可知:

(1)电源输出电流的大小与电动势的大小、负载与电源内阻的大小有关。

(2)加在负载上的电压降,其数值上就是电流和负载电阻的乘积。

(3)电源电动势减去电源内阻上的电压降才是电源的输出端电压。比如,汽车蓄电池的电动势为 12V,而在起动时,由于起动电流很大,蓄电池内电阻上的电压降( $IR_0$ )可达 2~4V,因此,此时蓄电池输出的端电压就只有 8~10V 了。

## 2. 电源断路

将电源开关断开,电源输出电流  $I = 0$ ,此时电源的端电压就等于电源电动势:

$$U = E$$

在汽车所有的用电设备均不通电(相当于电源开关断开)时,蓄电池对外不输出电流,这时测得的蓄电池正负极端之间的电压与蓄电池的电动势相同。

## 3. 电源短路

电源短路就是负载电阻为零的情况,此时电源的端电压  $U = 0$ ,其电流的大小为:

$$I = \frac{E}{R_0}$$

由于电源的内阻一般都很小,故输出的短路电流很大,可将电源和线路烧毁。

# 四、电路中电阻的串联与并联

## 1. 电阻串联

电路中有多个电阻,其中通过同一电流的电阻称之为电阻串联(图 1-3)。

电路中电阻串联的等效电阻是各个串联电阻值之和:

$$R = R_1 + R_2$$

电路中串联电阻上的电压与其电阻值成正比,图 1-3 所示的两个串联电阻上的电压为:

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

从上两式可看到,如果  $R_1 \ll R_2$ ,则  $U_1 \ll U_2$ ,即当串联的电阻大小相差太大时,小电阻的电压降可以忽略不计,电压几乎都加在了大电阻上了。

## 2. 电阻的并联

电路中有两个或两个以上的电阻施加同一个电压的连接方式称之为电阻的并联(见图 1-4)。

两个电阻并联的等效电阻为:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

即:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

可见,多个并联电阻的等效电阻比并联电阻中最小的电阻还小。各并联电阻通过的电流为:

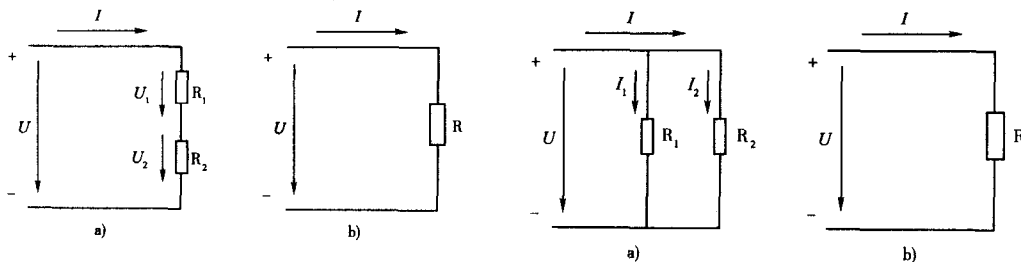


图 1-3 电阻的串联  
a)电阻的串联;b)等效电阻

图 1-4 电阻的并联  
a)电阻的并联;b) 等效电阻

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{IR}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{IR}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

并联电阻上的电流分配与电阻值成反比,如果  $R_1 \ll R_2$ ,则  $I_1 \gg I_2$ ,即在电阻差值很大时,电阻大的支路电流可以忽略不计。

## 五、电路中电位的概念

电路中各点的电位实际上就是相对于参考点的电压,参考点不同,电路各点的电位也不同。以图 1-5 的电路为例,说明电路中电位的概念。

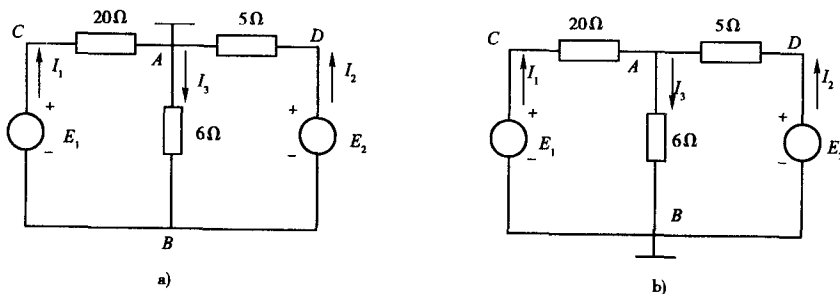


图 1-5 电路中的电位  
a)以 A 点为参考点;b)以 B 点为参考点  
 $E_1 = 140\text{V}$ ;  $E_2 = 90\text{V}$ ;  $I_1 = 4\text{A}$ ;  $I_2 = 6\text{A}$ ;  $I_3 = 10\text{A}$

各段电路的电压为:

$$U_{AB} = 10 \times 6 = 60 (\text{V})$$

$$U_{CA} = 4 \times 20 = 80 \text{ (V)}$$

$$U_{DA} = 6 \times 5 = 30 \text{ (V)}$$

$$U_{CB} = 140 \text{ V} \quad U_{DB} = 90 \text{ V}$$

若以 A 点为参考点, 电路中其他各点的电位为:

$$V_B = -60 \text{ V} \quad V_C = 80 \text{ V} \quad V_D = 30 \text{ V}$$

若以 B 点为参考点, 电路中其他各点的电位为:

$$V_A = 60 \text{ V} \quad V_C = 140 \text{ V} \quad V_D = 90 \text{ V}$$

由此可见, 电路中各点的电位是相对参考点而言的, 而两点间的电压是绝对的。

## 第二节 磁路的基本概念

### 一、磁场与电磁感应

#### 1. 磁场

静止不动的带电粒子(电荷)周围存在着电场, 电场对静止的电荷有电场力的作用。而运动的电荷周围不仅有电场, 还有另一种看不见的物质存在, 这种由运动电荷产生的物质叫磁场, 磁场对运动的电荷有力的作用。

#### 2. 电流的磁效应

电流是电荷的运动形成的, 因此, 电流的周围就有磁场。

##### 1) 通电导体的磁场

如果把磁场想象成布满沿磁场方向的磁力线, 通电导体周围的磁场就是围绕导体的同心圆。磁场的方向可用右手螺旋定则判定(图 1-6)。

##### 2) 线圈的磁场

线圈的磁场实际上是通电导体弯曲成螺旋状时的另一种形式, 磁场的分布形式和方向判定如图 1-7 所示。

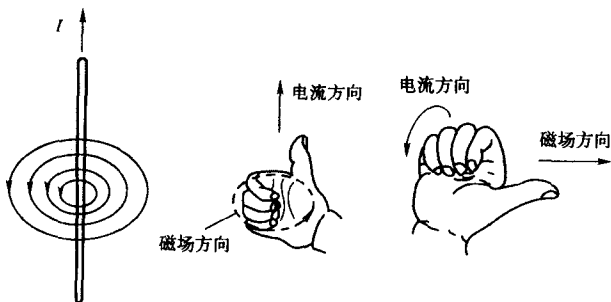


图 1-6 通电直导体周围的磁场

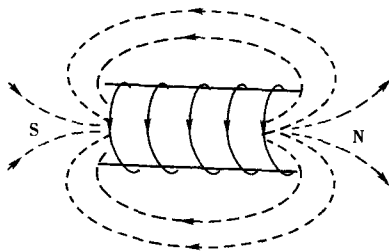


图 1-7 螺旋线圈产生的磁场

## 3. 磁场的基本物理量

## 1) 磁感应强度

磁感应强度  $B$  是表示磁场内某点的磁场强弱和方向的物理量,其物理定义是在单位速度下,单位电荷所受到的磁场力,可由下式表示:

$$B = \frac{F_m}{qv}$$

式中:  $q$ ——电荷;

$v$ ——电荷的运动速度;

$F_m$ ——电荷受到的电磁力。

## 2) 磁通量

我们可以把磁感应强度  $B$  理解为单位面积上的磁力线密度,而磁通量  $\Phi$  则是通过某一面积  $S$  上的磁力线总数。如有一垂直于  $S$  面积的均匀磁场(图 1-8),则通过  $S$  面积的磁通量  $\Phi$  为:

$$\Phi = BS$$

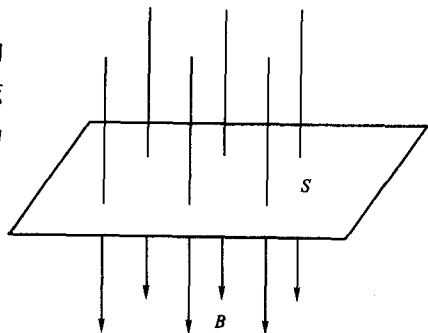


图 1-8 磁通量示意图

## 4. 磁场的力效应

## 1) 磁场对运动电荷的作用

磁场对运动的电荷有力的作用。这一磁场力被称之为洛伦兹力,其大小如下式表示:

$$F_m = qvB$$

电荷受力的方向可用左手定则判定:张开左手,左手掌心对着磁场的方向,左手四指指向电荷运动的方向,伸直的大拇指所指示的方向即为电荷受力的方向。

洛伦兹力总是与电荷的运动方向垂直,故只改变其运动方向,不改变运动速度。

## 2) 磁场对载流导体的作用

磁场对载流导体的作用力被称之为安培力。导体通电后,导体内部的自由电子就会作

定向运动,在磁场中,这些运动的电子受洛伦兹力的作用而向某一侧向漂移,与导体晶格的正离子碰撞而把力传给了导体。这就是载流导体在磁场中受到的磁场力(安培力),安培力的方向可由左手定则判定(图 1-9),安培力的大小则可由下式表示:

$$F = BLI$$

式中:  $F$ ——载流导体受到的安培力;

$L$ ——载流导体的长度;

$I$ ——载流导体的电流。

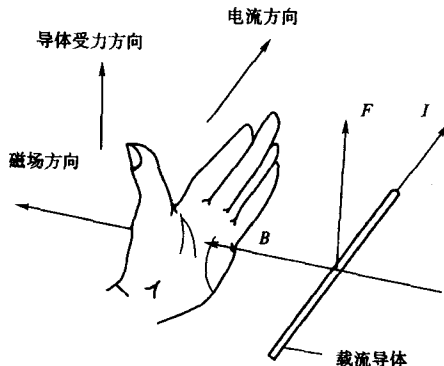


图 1-9 载流导体受磁场力方向

## 5. 电磁感应

当磁场发生变化时,置于磁场中的导体会产生一个电动势,力图阻碍磁场的变化,这种现象叫做电磁感应。通常把由电磁感应产生的电动势叫做感应电动势,由此所引起的电流称之为感应电流。

感应电动势产生的方式有如下几种。

#### 1) 导体在磁场中运动

直流发电机就是用此种形式发电。直流发电机的定子是磁极,磁极绕组通电后产生磁场,转子(电枢)在磁场中旋转时,其电枢绕组所通过的磁通就会发生变化(切割磁力线),因而产生感应电动势。

#### 2) 磁场在导体中运动

此种形式的例子是交流发电机。交流发电机的转子是一个磁极,旋转后,通过定子(电枢)绕组的磁场就会发生周期性的变化,使定子绕组产生感应电动势。

#### 3) 穿过线圈的磁通量变化

此种形式磁场和导体都没有运动,它是使穿过线圈磁通量的变化而使线圈产生感应电动势。点火线圈产生高压、磁感应式点火信号发生器、磁感应式转速传感器产生脉冲信号等都属于此种方式的感应电动势。

对于一个线圈(闭合回路),电磁感应定律的表达式如下:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

式中:  $e$ ——感应电动势;

$N$ ——线圈的匝数;

$d\Phi/dt$ ——磁通的变化速率。

式中的“-”号表示感应电动势的方向与原磁场变化方向相反。

## 二、磁路的概念及基本定律

### 1. 磁场强度 $H$ 与导磁率 $\mu$

磁场强度  $H$  是反应磁场实际存在的物理量,而磁感应强度  $B$  则是磁场表现出来的量值大小和方向。它们之间的关系如下:

$$B = \mu H$$

$\mu$  为导磁率,是用来表示磁场中媒质磁性的物理量,它反映物质导磁的能力,导磁率高的物质,磁场通过它时的损失就小。实际应用中通常是用相对导磁率  $\mu_r$  来表示物质的导磁性能:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

式中:  $\mu_0$ ——真空的导磁率。

铁磁材料具有高导磁性( $\mu_F \gg 1$ ),磁场通过它时,损失很小,在磁通路中,可以忽略其对磁通路的阻力作用,就好像电路中可以忽略导线的电阻作用一样。

## 2. 磁路及其基本定律

磁路是磁通的路径,形成一个磁路应有产生磁源的磁动势和导磁媒体。图 1-10 所示磁路的磁源是导电的线圈(磁源也可以是永久磁铁),导磁媒体是铁心和空气隙。

## 1) 磁动势

磁动势产生磁通,通电线圈产生的磁动势可由下式表示:

$$F = NI$$

式中:  $F$ ——磁动势;

$N$ ——线圈匝数;

$I$ ——线圈通过的电流。

## 2) 磁路欧姆定律

磁路的欧姆定律可由下式表示:

$$\Phi = \frac{F}{R_m}$$

式中,  $R_m$  称之为磁阻,是表示物质对磁通具有的阻碍作用的物理量。磁阻的大小可由下式表示:

$$R_m = \frac{l}{\mu S}$$

式中:  $l$ ——磁路的平均长度;

$S$ ——磁路的载面积。

如图 1-10 所示的磁路中,铁磁材料的磁阻很小,可以忽略不计,而空气的磁阻则较大。

为更好地理解磁路及其基本物理量,把磁路与电路的有关物理量一一对应,列于表 1-1 中。

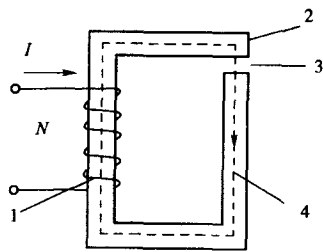


图 1-10 磁路

1-通电线圈(磁源);2-铁心;3-空气隙;4-磁路

磁路与电路有关物理量对照

表 1-1

| 磁 路       | 电 路      | 磁 路                        | 电 路                   |
|-----------|----------|----------------------------|-----------------------|
| 磁动势 $F$   | 电动势 $E$  | 磁阻 $R_m = \frac{l}{\mu S}$ | 电阻 $R = \frac{l}{rS}$ |
| 磁通 $\Phi$ | 电流 $I$   | 导磁率 $\mu$                  | 导电率 $r$               |
| 磁感应强度 $B$ | 电流密度 $J$ | 磁通 $\Phi = \frac{F}{R_m}$  | 电流 $I = \frac{F}{R}$  |

### 第三节 电路中的电阻、电容与电感

电路中电阻、电容和电感元件对交流、直流电所具有的特性是不同的。纯电阻、纯电容或纯电感性的电路很少,一般的电路中可能包含有电阻、电容和电感这 3 个参数,但是在电路的某一段或某一个电路负载可能主要是一种或两种元件参数的作用,而其余元件的参数



可以忽略不计。例如,灯泡的灯丝、电阻器等主要表现电阻特性,相比之下,其电容性和电感性完全可以忽略,我们可以把它们看成是纯电阻元件;电容器呈电容特性,是电容元件;匝数较少的电感线圈则可以看成是纯电感元件。点火线圈在电流变化中主要表现为电感性,同时也表现有电阻性,因此,在作电路分析中,其电感和电阻参数都应考虑。本节介绍纯电阻、电容、电感元件的基本特性。

### 一、电阻元件的基本特性

电阻元件对电路中的电流具有阻碍作用,是耗能元件。

#### 1. 电阻的降压作用

电流流经电阻时具有电压降。对于一个定值的线性电阻来说,电阻  $R$  上的电压降  $U$  与流过电阻的电流  $I$  成正比关系:

$$U = RI$$

#### 2. 电阻消耗电能,并产生热量。

通电电阻会将电能转化为热量,产生的热量  $Q$  不仅与电阻值有关,还与通电电流  $I$  的大小和通电时间  $t$  成正比关系:

$$Q = 0.24 IRt$$

#### 3. 汽车电路中电阻特性示例

##### 1) 点火线圈产生温度

点火线圈具有一定的电阻,因此在工作时,电流流过点火线圈会产生热量而使其温度上升。如果因电源电压过高(充电系故障)或线路接错(未接入点火线圈附加电阻)就会因点火线圈初级绕组流过的电流过大,产生的热量过多而来不及散去,使点火线圈的温度过高,易造成点火线圈被烧坏甚至于爆炸事故(湿式点火线圈)。

##### 2) 接触不良造成电压降

点火开关、线路连接端子及蓄电池导线接头等接触不良,就会具有一定的接触电阻,接触电阻产生的电压降会使用电设备的电压降低,电流减小,造成用电设备工作不正常或不能工作。

##### 3) 接触不良造成温升

电流经过接触电阻所产生的热量,会使该接触不良处温度升高。因此,对于像起动电路、充电电路这样一些通过电流比较大的线路连接处,可以用手摸连接处是否有异常的高温来判断该处是否有接触不良。

### 二、电容元件的基本特性

电容器是由中间隔有介质的两个电极构成,可以储存电场能量,电容元件本身不消耗能量。

#### 1. 电容贮存电场能量

当电流对电容充电时,在电容两个电极上就集聚起电荷,使电极之间形成一个电场。