



QICHE WEIXIU JICHU XUNLIAN CONGSHU

汽车维修基础训练丛书

教你识读 汽车电路图

麻友良◎主编



一看就懂 一学就会

- 电路图的基本概念和要素
- 常用元器件的原理、特点与作用
- 汽车电路图特点和识读要点详解
- 典型汽车电气设备电路原理与特点分析
- 典型汽车电子控制电路原理与特点分析
- 典型车系汽车电路图的特点分析

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修基础训练丛书

教你



识读汽车电路图

主 编 麻友良
副主编 邵冬明
参 编 彭小晴 席 敏 杨超群
王仁秋 杨 谦



机械工业出版社

本书简明扼要地介绍了电路及磁路、电气及电子基础元件等相关的基础知识,系统地总结了汽车电路的特点及识图要点,并详细介绍了汽车电器和电子控制装置的部件结构类型及典型电路的工作原理和检测要点。在此基础上,分析了大众、雪铁龙、丰田、通用等车系电路图的特点及标注方法等。

本书图文并茂,可帮助读者在提高汽车电路识图知识水平的基础上,提高汽车电路阅读与理解能力,掌握汽车电路分析与故障诊断技能。本书适用于从事或准备从事汽车使用维修的广大读者,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

教你识读汽车电路图/麻友良主编. —北京:机械工业出版社,2012.10
(汽车维修基础训练丛书)

ISBN 978-7-111-39832-5

I. ①教… II. ①麻… III. ①汽车—电路图—识别 IV. ①U463.62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第224491号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青 刘 焯

版式设计:姜 婷 责任校对:王 欣

封面设计:马精明 责任印制:张 楠

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·410千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39832-5

定价:39.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车电气设备和电子控制系统是现代汽车的重要组成部分,汽车使用与维修过程中,汽车电器及电子控制装置的检修是最为常见的工作,而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、查寻汽车电路故障必不可少的工具。因此,无论是学习汽车电器和电子控制系统的结构原理,还是进行汽车电器及电子控制系统的故障检修,都离不开阅读汽车电路图。正因为如此,在书市中,有不少专门介绍如何识读汽车电路图的书籍,这些书也给广大读者从事汽车电器与电子控制装置的维修实践提供了很好的帮助与指导。

根据调查和多年的教学实践经验,了解到许多人感到汽车电路太复杂。分析看不懂电路图的主要原因:一是缺乏或淡忘了理解汽车电路原理所需的电工学基础知识;二是对汽车电路中所涉及的汽车电器或电子控制装置的结构与工作原理不太熟悉;三是不熟悉汽车电路的基本特点,对所读汽车电路的表示方法及标注特点也不太了解。针对大多数人汽车电路图阅读困难的主要原因,本书以提高读者汽车电路相关基础知识水平,掌握汽车电路识读要点为目的,安排了电路、电路元器件等基本知识,虽然只是提纲挈领,但具有较强的针对性,并结合汽车电路,突出了部分元器件的特点。详细介绍了汽车电器及电子控制装置部件及电路的工作原理及结构类型,典型电路的结构特点及检测要点,以及具有代表性的大众、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,可以举一反三,再识读与之相似的其他车系电路图就不会有太大的困难。需要说明的是,书中只是介绍了各典型电路检测要点,并没有介绍系统的故障诊断方法,其目的是想通过这些检测要点所涉及的故障分析,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方法。

本书适用于想要学习汽车电器与电子控制系统,提高汽车电路识图能力的广大读者,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。

本书由武汉科技大学教授麻友良任主编,邵冬明任副主编,参加编写的有彭小晴、席敏、杨超群、王仁秋、杨谦。编写本书过程中,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,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车电路识图基础	1
第一节 电路的基本概念	1
一、电路的构成要素	1
二、电路的基本参数	2
三、电路的几种状态	2
四、电路中负载的串联与并联	4
五、电路中的电位	5
第二节 磁路的基本概念	6
一、磁场与电磁感应	6
二、磁路及基本定律	8
第三节 汽车电路中的电阻、电容与电感	10
一、电阻元件基本特性	10
二、电容元件基本特性	11
三、电感元件基本特性	12
第四节 汽车电路中电子器件的基本特性	13
一、半导体的导电方式	13
二、PN 结	14
三、二极管	16
四、稳压管	17
五、晶体管	17
六、晶闸管	20
第二章 汽车电路的识图要点	22
第一节 汽车电路的组成与特点	22
一、汽车电路的基本组成	22
二、汽车电路的特点	24
第二节 汽车电路基础元件	25
一、导线	25
二、熔断器与易熔线	27
三、插接器	29
四、开关	30
五、继电器	33
第三节 汽车电路图的特点与识图要点	36
一、汽车电路原理图	36
二、汽车电路线路图	38
三、汽车电路线束图	40
四、汽车电路图识图要点	44

第三章 汽车电气设备电路原理与

特点分析

第一节 汽车电源电路	47
一、蓄电池	47
二、发电机及调节器	50
三、带充电指示灯继电器的电源电路	55
四、九管整流发电机的电源电路	57
五、整体式发电机的电源电路	58
六、整体式发电机的电压检测方式	59
第二节 起动电路	61
一、起动机的组成与工作原理	61
二、起动开关直接控制的起动电路	65
三、带起动继电器的起动电路	66
四、具有驱动保护作用的起动电路	67
第三节 点火电路	68
一、点火系统的基本组成与工作原理	68
二、点火线圈	69
三、分电器总成	71
四、电子点火器	75
五、火花塞	79
六、传统的触点式点火电路	81
七、磁感应式电子点火电路	83
八、霍尔式电子点火电路	84
九、电子点火器与分电器一体式电子 点火电路	86
十、整体式分电器的电子点火电路	87
第四节 照明电路	87
一、前照灯的结构	87
二、前照灯的自动控制电路	91
三、典型载货汽车照明电路	94
四、典型轿车照明电路	95
第五节 信号电路	97
一、电喇叭	98
二、转向信号装置	100
三、其他信号装置	102
四、典型载货汽车信号电路	103
五、典型轿车信号系统电路	104



第六节 仪表与指示灯电路·····	107	四、安全气囊电子控制器·····	197
一、发动机机油压力表·····	107	五、典型安全气囊控制系统电路·····	198
二、发动机冷却液温度表·····	108	第五章 典型车系汽车电路图特点分析	
三、燃油表·····	109	与识图要点 ·····	204
四、发动机转速表·····	111	第一节 大众车系汽车电路图·····	204
五、指示灯/警告灯·····	112	一、大众车系汽车电路图特点分析·····	204
六、典型的汽车仪表与指示灯电路·····	113	二、大众车系汽车电路图标注方法·····	206
第四章 汽车电子控制系统电路原理		第二节 奔驰汽车电路图·····	210
与特点分析 ·····	116	一、奔驰汽车电路图的特点分析·····	210
第一节 汽车发动机电子控制系统电路·····	116	二、奔驰汽车电路图的标注方法·····	213
一、发动机电子控制系统用传感器·····	116	第三节 宝马汽车电路图·····	213
二、发动机电子控制系统电子控制器·····	129	一、宝马汽车电路图的特点分析·····	214
三、发动机电子控制系统执行器·····	132	二、宝马汽车电路图的标注方法·····	214
四、电子控制燃油喷射系统电路·····	140	第四节 雪铁龙车系汽车电路图·····	216
五、电子点火控制系统电路·····	146	一、雪铁龙车系汽车电路图的特点	
六、发动机怠速控制系统电路·····	150	分析·····	217
七、发动机排放控制系统电路·····	153	二、雪铁龙车系汽车电路图的标注	
八、典型发动机电子控制系统电路·····	156	方法·····	218
第二节 自动变速器电子控制系统电路·····	166	第五节 丰田车系汽车电路图·····	221
一、自动变速器电子控制系统用传		一、丰田车系汽车电路图的特点分析·····	222
感器与控制开关·····	167	二、丰田车系汽车电路图的标注方法·····	224
二、自动变速器电子控制系统电子		三、丰田车系汽车电路图两点说明·····	226
控制器·····	168	第六节 本田车系汽车电路图·····	227
三、自动变速器电子控制系统执行		一、本田车系汽车电路图的特点分析·····	229
装置·····	169	二、本田车系汽车电路图的标注方法·····	230
四、典型自动变速器电子控制系统		第七节 通用车系汽车电路图·····	230
电路·····	171	一、通用车系汽车电路图的特点分析·····	231
第三节 电子控制防抱死制动系统电路·····	179	二、通用车系汽车电路图的标注方法·····	234
一、ABS 传感器·····	179	三、通用车系汽车电路补充说明·····	235
二、ABS 电子控制器·····	181	第八节 福特车系汽车电路图·····	237
三、制动压力调节器·····	182	一、福特车系汽车电路图的特点分析·····	237
四、典型防抱死制动电子控制系统		二、福特车系汽车电路图的标注方法·····	240
电路·····	188	附录 ·····	241
第四节 安全气囊电子控制系统电路·····	193	附录 A 汽车电路图用图形符号·····	241
一、安全气囊传感器·····	193	附录 B 汽车电器接线柱标记·····	256
二、安全气囊组件·····	196	参考文献 ·····	260
三、安全带收紧器·····	196		

第一章



汽车电路识图基础

看懂汽车电路图,是熟悉汽车电路原理和进行汽车电气系统维修的基础,而掌握电工学及电子技术相关的知识要点又是识读汽车电路图的基础。本章对电路及磁路的基本概念、电路中的电气与电子元件的特性进行总结,以其帮助读者提高汽车电路识读能力。

第一节 电路的基本概念

一、电路的构成要素

电路即电流的通路,无论简单与复杂,一条能完成某项特定功能的电路都必须有电源、负载和连接导线这三个基本组成要素。

1. 电源

电源在电路中提供电能,有交流和直流两种电源。汽车上所使用的蓄电池和发电机是直流电源,蓄电池是将其极板上储存的化学能转变成电能向汽车上的用电设备供电,而发电机则是在发动机的驱动下将机械能转变成电能向汽车电路输出电流。

2. 负载

负载在电路中可将电能转变成光、声、热、机械等能量,电路通过负载实现其所赋的功能。负载有电阻性、电容性和电感性三种类型,电阻类负载消耗电能,而电容和电感本身并不消耗电能,但实际电路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。比如继电器线圈,是电感类负载,但同时具有直流电阻和分布电容。在汽车上,各种照明和信号灯、电喇叭、继电器及电子装置等均是汽车电路中的负载。

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,汽车电路还利用“搭铁”来简化线路,即通过发动机的机体、车身及车架等金属部分作为电流的回路。

除了电源、负载和连接导线这三大要素外,汽车电路中通常还配以相应的控制开关,以及熔断器、易熔线、断路器等电路安全保护器件。控制开关可使电路在人们的控制下工作,安全保护器件则是为了保护电路不被过载电流或短路电流烧坏。



二、电路的基本参数

1. 电动势

电动势 E 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, 持续不断地将正电荷从电源的负极移动到电源的正极 (图 1-1)。

电动势是反映发电机、蓄电池等电源其电源力对电荷做功的能力, 其单位是伏特, 简称伏 (V)。电源力可由热能、机械能、化学能等其他能量转化而来。由图 1-1 可知, 建立了电动势的电源, 当连接外电路和负载后, 就会在电路中形成电流 I 。

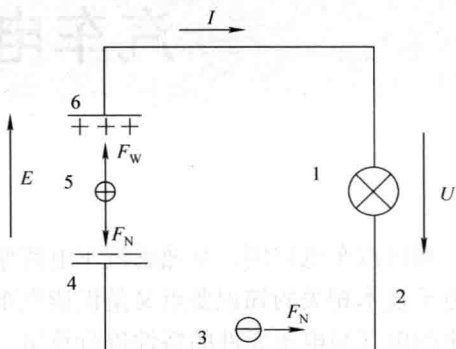


图 1-1 电动势与电压

1—负载 2—电路 3—电路中的负电荷 (电子)
4—电源负极 5—电场中的正电荷 6—电源正极
 F_w —电源力 F_N —电场力

2. 电压

电压 U 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 U 的单位也是伏特 (V), 从电动势和电压的定义来看, 两者的物理含义显然是不相同的。电动势表示电源内部电源力对电荷做功的能力, 而电压反映的是电路中电场对电荷做功的能力。

3. 电流

电流 I 是指电荷有规律的运动, 而导体能通电流是因为导体中有受原子核束缚力很小的自由电子。这些自由电子平时围绕原子核作不规则运动。当电路接通电源时, 通过导体形成外电场, 导体中的自由电子就会在电场力的作用下作定向运动, 即形成了电流。电流的大小以单位时间里所通过的电荷来度量, 其单位是安培, 简称安 (A)。电流的方向就是正电荷运动的方向 (从电源的正极流向电源的负极), 而导体中实际运动的是电子 (负电荷), 其定向运动的方向与电流的方向相反。

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 R 的单位为欧姆, 简称欧 (Ω)。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

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

从欧姆定律可知, 对于具有一定电阻的电路来说, 所加电压越高, 电路形成的电流也越大; 在电压恒定不变时, 电路的电阻越小, 其电流越大。

三、电路的几种状态

1. 有载工作状态

电路的有载工作状态就是指其正常的工作状态, 无论实际的电路中其电源和负载有多复



杂,通过电路分析,均可等效简化成如图 1-2 所示的等效电路。

当电路开关接通时,电路就处于有载工作状态。有载工作状态下电路的基本特性总结如下:

1) 电路中电流的大小与电源电动势的大小、电源内阻及电路的电阻大小有关。

2) 电路中导线、开关及保护元件的电阻极小,可忽略不计,因而电路的电阻就是负载的电阻。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,且与电源的端电压一致。

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。因此,当电路的工作电流很大时,由于电源内阻的电压降较大,电源输出的端电压与其电动势会有较大的差别。比如,汽车蓄电池的电动势为 12V,而在起动时,由于起动电流达 100A 以上,蓄电池内电阻上的电压降 (IR_0) 可达 2~4V,蓄电池实际输出的端电压会降至 8~10V。

4) 当电路中有开关触点接触不良、导线连接不良的情况出现时,就会有接触电阻,电流通过时也会有电压降。因此,当负载两端的电压降明显低于电源的端电压时,就说明在电路中相关器件触点或线路连接有接触不良之处。

2. 电路开路状态

在电路开关未接通(断开)时,电源输出电流 $I=0$ (图 1-3a),此时电源的端电压就等于电源电动势,即

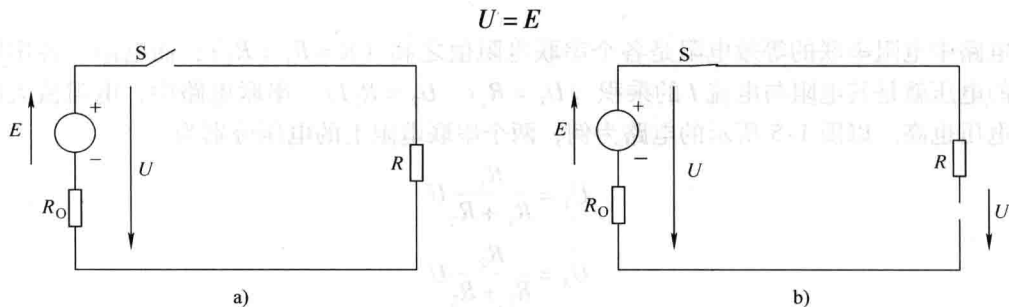


图 1-3 开路状态下的电路

a) 电路停止工作 b) 电路断路

当汽车电路所有的用电设备均不通电时,蓄电池对外不输出电流,这时测得的蓄电池正负极桩之间的电压与蓄电池的电动势相同。

当电路的某处断路时,电路也不通电(图 1-3b),此时电路负载上无电压降,在电路的断点之处可测得电源的端电压。

3. 电路短路状态

电路短路相当于负载电阻为零,此时电源的端电压为 0 (图 1-4),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。因此，汽车电路中设有电路保护装置（如熔断器），以便在电路出现短路故障时，及时切断电路，避免线路被烧坏。

四、电路中负载的串联与并联

1. 电阻的串联

在电路中有多个电阻时，其中通过同一电流的各个电阻称之为串联电阻，有两个串联电阻的电路如图 1-5 所示。

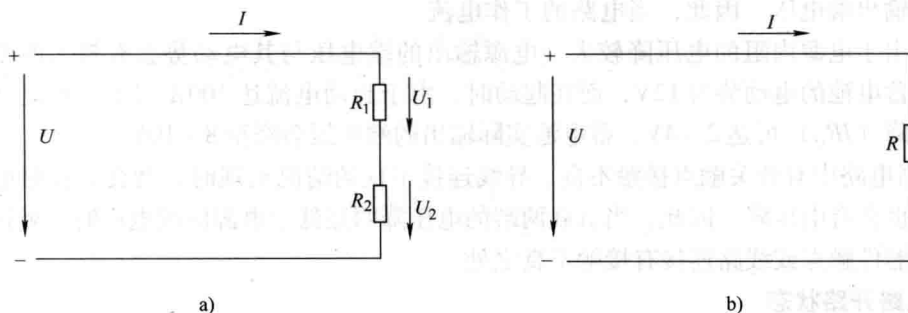


图 1-5 电阻的串联电路

a) 电阻的串联 b) 等效电路

电路中电阻串联的等效电阻是各个串联电阻值之和 ($R = R_1 + R_2$)；而电路中各串联电阻上的电压就是其电阻与电流 I 的乘积 ($U_1 = R_1 I$ ； $U_2 = R_2 I$)。串联电路中，电阻值大的电阻其电压也高。以图 1-5 所示的电路为例，两个串联电阻上的电压分别为

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

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

各串联电阻上的电压之和等于电源的端电压 ($U = U_1 + U_2$)。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，两个电阻并联的电路如图 1-6 所示。

电路中两个电阻并联的等效电阻为

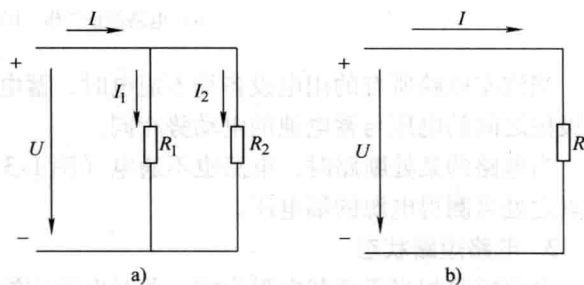


图 1-6 电阻的并联

a) 电阻的并联 b) 等效电阻



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

即

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

从上式可看出,当电路中有两个或两个以上的电阻并联时,并联电路的等效电阻比并联电路中电阻中最小的电阻还小。各并联电阻通过的电流为

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

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

各条并联支路的电流之和就是电源的输出电流 ($I = I_1 + I_2$),且并联电阻上的电流大小与电阻值成反比。如果 $R_1 \ll R_2$, 则 $I_1 \gg I_2$, 即在各条并联电路的电阻差值很大的情况下,电源电流几乎都是从电阻小的支路通过,而电阻大的支路其电流可以忽略不计。

五、电路中的电位

电路中的电位就是相对于电路中某参考点的电压,参考点不同,电路各点的电位也不同。以图 1-7 的电路为例,说明电路中电位的概念。

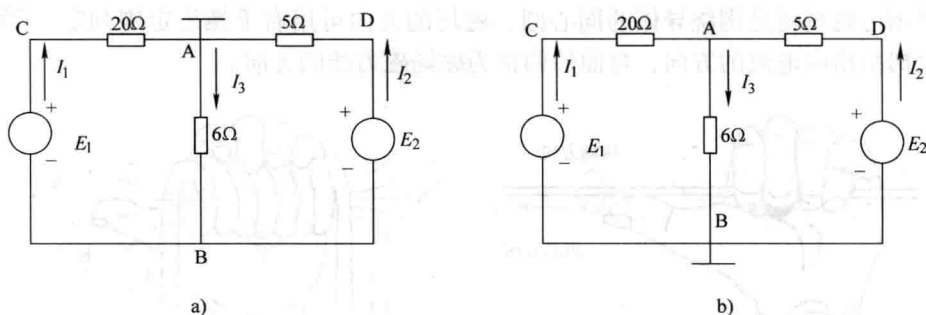


图 1-7 电路中的电位

a) 以 A 点为参考点 b) 以 B 点为参考点

$E_1 = 140\text{V}$ $E_2 = 90\text{V}$ $I_1 = 4\text{A}$ $I_2 = 6\text{A}$ $I_3 = 10\text{A}$

图 1-7 中各段电路的电压为

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

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

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

$$U_{CB} = 140\text{V}$$

$$U_{DB} = 90\text{V}$$

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



$$V_A = 60V \quad V_C = 140V \quad V_D = 90V$$

可见, 电路中两点之间的电压绝对值是确定的, 正负则与参考点有关, 比如, $U_{AB} = 60V$, $U_{BA} = -60V$; 电路中各点的电位是相对参考点而言的, 选择不同的参考点, 电位的正负及大小都会有所不同。

第二节 磁路的基本概念

一、磁场与电磁感应

1. 磁场

前面已经提到了电场, 带电的正负极板之间就存在着电场, 静止不动的带电粒子(电荷)会在其周围形成电场。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, 磁场则是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

导体通电后, 就会在其周围形成磁场, 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 1-8a), 伸直的大拇指指向电流的方向, 弯曲的四指为磁场磁力线的方向。

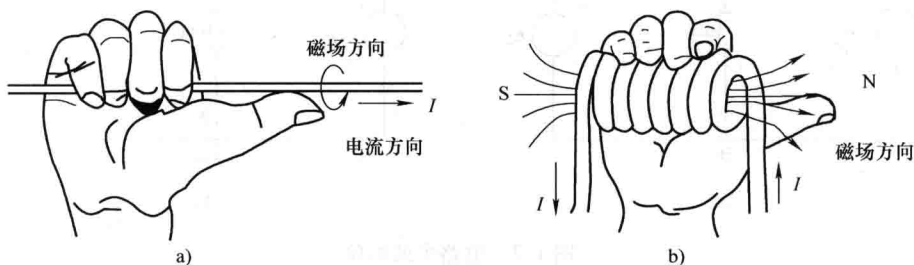


图 1-8 电流产生的磁场

a) 通电导体的磁场 b) 通电线圈的磁场

(2) 通电线圈的磁场

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也可用右手螺旋定则判定(图 1-8b), 弯曲的四指为电流的方向, 伸直的大拇指所指的就是磁场的方向。磁场的磁力线从 N 极出, 经周围空气后从 S 极进入, 形成闭合回路。

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。



(2) 磁通量

如果将磁场看成是由沿磁场方向布置的一条一条的磁力线, 磁通量 Φ 表示的就是通过某一面积的磁力线总数。对于均匀分布的磁场, 通过与之垂直面积 S (图 1-9) 的磁通量 Φ 为

$$\Phi = BS$$

根据上式可以将磁感应强度 B 理解为单位面积上的磁力线的数量。因此, 磁通量 Φ 和磁感应强度 B , 可分别与电路中的电流 I 和电流密度 J 。

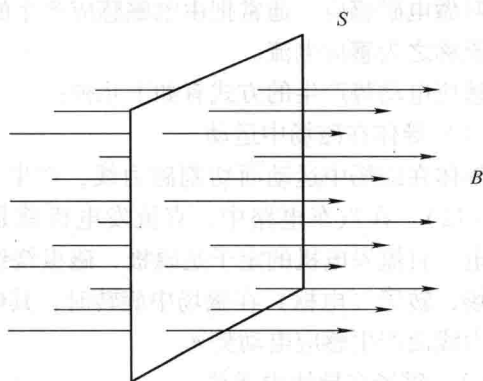


图 1-9 磁通量示意图

4. 磁场的力效应

(1) 磁场对运动电荷的作用

磁场对运动的电荷会有力的作用, 这种磁场力被称之为洛伦兹力。

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, 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正电荷受力的方向。也可用右手螺旋法则来判定电荷的受力方向 (图 1-10), 伸出右手, 四指从电荷运动的方向弯向磁场的方向, 伸直的大拇指即为正电荷受力的方向。

由于作用在电荷上的洛伦兹力总是与其运动的方向垂直, 因此, 洛伦兹力只改变电荷的运动方向, 不改变其运动的速度。

(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, 安培力实际上是洛伦兹力的宏观表现。当导体通电后, 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 1-11)。

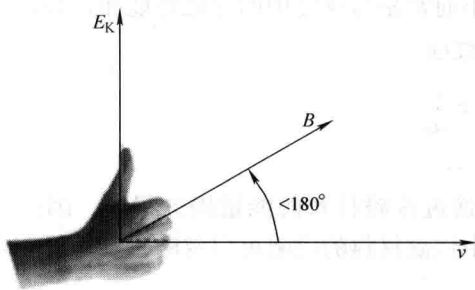


图 1-10 判断洛伦兹力的方向

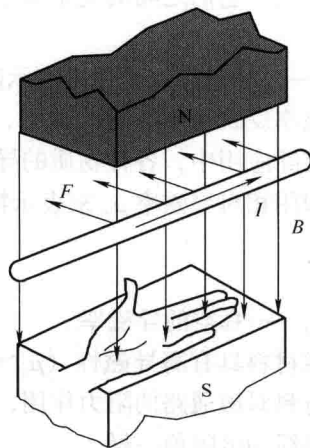


图 1-11 判断安培力的方向



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,由感应电动势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

导体在磁场中运动而切割磁力线,产生一个电动势,电动势的方向可用右手定则判别(图 1-12)。在汽车电路中,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,其电枢绕组切割磁力线而产生感应电动势 e 。

(2) 磁场在导体中运动

导体不动,由磁场的运动使得导体切割磁力线而产生感应电动势。在汽车电路中,此种电磁感应形式的例子是交流发电机。交流发电机的转子是一个磁极,通过电刷和集电环输入直流电后产生一个旋转的磁场,使定子(电枢)绕组切割磁力线而产生感应电动势。

(3) 穿过线圈的磁通量变化

磁场本身和磁场中的导体都没有运动,当通过某种方式使穿过线圈的磁通量发生变化时,线圈便会产生感应电动势。在汽车电路中,点火线圈次级绕组产生高压、磁感应式点火信号发生器及磁感应式转速传感器感应线圈产生脉冲信号,均属于此种电磁感应方式。

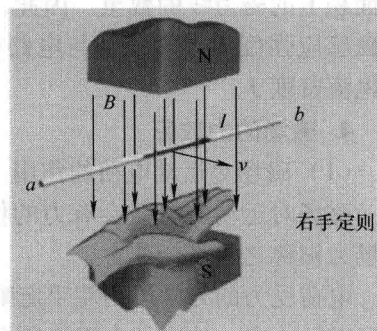


图 1-12 判断感应电动势的方向

二、磁路及基本定律

1. 磁场强度 H 与导磁率 μ

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

$$B = \mu H$$

式中 μ ——导磁率,是用来表示磁场中媒质磁性的物理量。

导磁率反映物质导磁的能力,物质的导磁率高,磁场通过该物质时的磁场能量损失就小。在实际应用中,各种物质的导磁性能大小通常是与真空中的导磁性能相比较的结果来表示的,即用相对导磁率 μ_r 来表示物质的导磁性能

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

式中 μ_0 ——真空的导磁率。

铁磁材料具有高导磁性 ($\mu_r \gg 1$),磁场通过铁磁材料的能量损失很小,因此,可以忽略铁磁材料对磁通路的阻力作用,即在磁路中铁磁材料的磁阻可以忽略,就好像在电路中可以忽略导线的电阻值一样。

2. 磁路及其基本定律

磁路是磁场通过的路径,磁路由产生磁源的磁动势和导磁媒质所形成。以通电线圈和永



久磁铁为磁动势、由铁心和空气隙构成导磁媒质的磁路如图 1-13 所示。

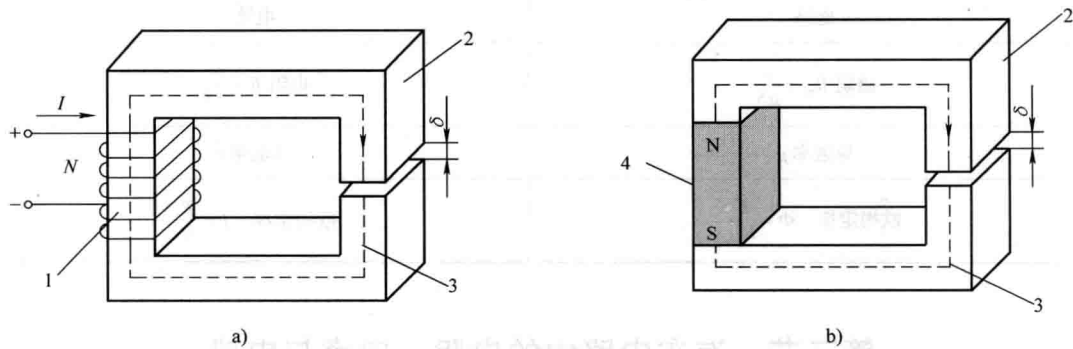


图 1-13 磁路

a) 通电线圈的磁路 b) 永久磁铁的磁路

1—线圈 2—铁心 3—磁路 4—永久磁铁 δ—空气间隙 N—线圈匝数

(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 ——磁阻，是表示物质对磁通具有的阻碍作用的物理量。

磁阻的大小与磁路的长度、磁路的截面积和磁路的导磁率有关，可由下式表示

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

式中 l ——磁路的平均长度；

S ——磁路的截面积。

在图 1-13 所示的磁路中，用铁磁材料做成的铁心的磁阻很小，可以忽略不计，而空气的磁阻则较大，一般情况下，磁路的磁阻主要来自空气。

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地列于表 1-1 中。

表 1-1 磁路与电路的有关物理量对照

磁路	电路
磁动势 F	电动势 E
磁通 Φ	电流 I
磁感应强度 B	电流密度 J



磁路	电路
磁阻 $R_m = \frac{l}{\mu S}$	电阻 $R = \frac{l}{rS}$
导磁率 μ	导电率 r
欧姆定律 $\Phi = \frac{F}{R_m}$	欧姆定律 $I = \frac{E}{R}$

第三节 汽车电路中的电阻、电容与电感

本节介绍纯电阻、电容、电感元件的基本特性。需要说明的是,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、电容和电感这个三参数,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。比如,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出是纯电感元件,当线圈的匝数较多时,其线圈导线的电阻就不能忽略了。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,在作电路分析时,其电感和电阻参数都应考虑。

一、电阻元件基本特性

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

电阻通电后会消耗电能,并将电能转化为热量,产生的热量 Q 不仅与电阻值 R 有关,还与通电电流 I 的大小和通电时间 t 成正比关系。

$$Q = 0.24IRt$$

3. 汽车电路中电阻特性启示

(1) 点火线圈产生高温

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)或点火线圈初级绕组持续通电(点火控制模块故障),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,易造成点火线圈使用寿命缩短,或直接被烧坏,对于湿式点火线圈,电流过大还会有爆炸的危险。

(2) 接触不良造成电压降

在汽车电路中,开关触点、继电器触点、线路连接端子及蓄电池导线接头等若有接触不



良,就会产生接触电阻,并在电流通过时产生电压降。电路中接触电阻产生的电压降会使用设备的电压降低,电流减小,将会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

电流经过接触电阻也会产生的热量,使接触不良之处的线路连接端子的温度升高。因此,对于通过电流比较大的起动电路、充电电路等,在其线路连接处,有时可以通过手触摸连接处是否有异常的温升来判断该处是否有接触不良。

二、电容元件基本特性

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

1. 电容可储存电场能量

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。对电容的充电过程实际上就是电容将电源的电场能量转变成其内部电场能量的过程,电容储存电场能量 W_c 的大小与电容量 C 和电容两端的电压 U 的关系如下

$$W_c = \frac{1}{2}CU^2$$

2. 电容对直流电开路

在直流电路中(图 1-14),直流电源对电容的充电使其两端的电压 U_c 升高,当 U_c 升高至与电源端电压 U 相等时,充电电流 I_c 降至零。此后,只要电容不放电或本身不漏电,连接电容的电路就不可能有电流通过了。因此,电容对直流电可以看成是开路的。

3. 电容对交流电的容抗作用

电容对交流电的容抗 X_c 大小与交流电的频率 f 有如下关系

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

电容量越大,对交流电的阻碍作用就越小。电容的容抗与交流电的频率 f 也成反比,对于高频交流电,电容的容抗很小,可以忽略。也就是说,电容对频率很高的交流电就相当于一段导线,是通路的。

4. 电容两端的电压不能突变

当电路中有瞬变的电压产生时,瞬变电压就会对电容形成充电电流,并不能使电容两端的电压突然升高,而是在充电过程中使电容两端的电压逐渐上升。电压上升的速率与电容的电容量的大小及所形成的充电电流大小(取决于充电回路的电阻)有关,电容量越大,电压上升就越慢,充电后上升后的电压也越低。

5. 汽车电路中的电容特性应用示例

(1) 电容吸收自感电动势

传统的触点式点火系统分电器上的电容器并联于断电器触点的两端,这是利用电容两端电压不能突变的特性来吸收点火线圈初级绕组的自感电动势,以减小触点火花和提高次级电压。

(2) 电容的滤波作用

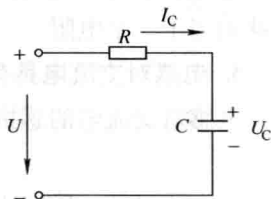


图 1-14 直流电路中的电容