

实用现代汽车 电气、电子技术

刘衡章 编著
胡 军 审校



41



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

1003446

实用现代汽车电气、电子技术

刘衡章 编著

胡 军 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书详细讲解了现代汽车的电气部分的结构、原理及其检修特点,列举大量图例,使读者能够很清晰地了解现代汽车所有的电气部分的技术特点,适合于汽车技术培训和自学的需要,相信读者在通读全书后将能很快从事汽车电气部分的检修。

全书结构清晰,内容新颖,是广大汽车维修人员及爱好者的一本有价值的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

实用现代汽车电气、电子技术/刘衡章编著. —北京:电子工业出版社,1999
ISBN 7-5053-5063-3

I. 实… II. 刘… III. 汽车-电气设备 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第25765号

书 名:实用现代汽车电气、电子技术

编 著:刘衡章

特约编辑:张 岚

审 校 者:胡 军

责任编辑:王 晟

排版制作:电子工业出版社排版室

印 刷 者:北京民族印刷厂

装 订 者:河北省涿州桃园装订厂

出版发行:电子工业出版社出版发行 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:22 字数:544千字

版 次:1999年9月第一版 1999年9月第一次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5063-3
TN·1213

印 数:4000册 定价:34.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页,请向购书书店调换
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

在最近三十年间,汽车技术已有很大发展。在结构设计、新型材料、自动控制、造型美容及维护修理等各方面都采用了很多先进技术,使汽车性能更趋完善。

在众多汽车先进技术中,最突出的当属电子自动控制,即电子计算机控制技术。电子技术的蓬勃发展始于近半个世纪前,在这数十年中它已渗透到人们生产、生活各个领域,亦无例外地介入到汽车中。几乎现代汽车各系统,各部位都有电子技术的应用。例如;电子计算机系统已全部或部分地取代了老式汽车中的分电器、化油器、能够更精确地控制点火定时,燃油给油量,从而提高发动机性能,降低燃油消耗。电子调控的发动机排气系统能有效地减少排气中的有害物质,减少对大气的污染。在制动方面装置了由电子快速刺激的 ABS“防抱死”制动系统,使制动更安全可靠。在传动方面的无极变速,电子自动换挡及长途行车中的恒速行驶,以及清晰的电子仪表显示等都很大程度地减低司机的驾驶疲劳。电子自动调节的车身悬挂系统降低了人们在乘车时的前俯后仰、左倾右摆的程度,几乎能在凹凸路面上如履平坦大道,车内温度自动调节,电子音响等设施都增加了乘车舒适性。电子安全气囊、汽车对人的安全及防盗等电子装置都是老式汽车不能比拟的安全设施。除上述外,还有电子灯光、电子车窗和车门、电子故障自诊断设备、电子检测仪表等很多电子设备都使现代汽车更趋于完善。本书内容就是针对以上电子技术,对其部件的工作原理,结构,检测,维修等进行逐一地叙述。

本书将对以上所述及其他很多有关汽车电气、电子技术诸方面的主要部件的结构,工作原理,检测技术,修理方法等都做出系统性介绍。希望能有助于社会上汽车技术服务工作的提高,以求适应我国经济大发展中作为主要支柱之一的汽车行业发展的需要。若能如此,将达到作者编写本书的目的。

目 录

第一章 电气技术基本原理	(1)
第一节 电磁基础知识	(1)
一、电	(1)
二、磁	(2)
三、电磁效应	(3)
1. 电产生磁的效应	(3)
2. 带电导线在磁场内将产生运动或力的效应	(4)
3. 不带电导体在磁场内移动将使导体内产生电的效应	(4)
4. 磁场强度变化时能够产生电的效应	(5)
四、电流、电压、电阻、电容、电功率	(6)
1. 电流	(6)
2. 电阻	(6)
3. 电动势、电压	(7)
4. 电容	(8)
5. 电能、电功率	(8)
五、电路的分析、计算	(8)
1. 串联电阻	(9)
2. 并联电阻	(9)
3. 欧姆定律	(9)
4. 电路计算	(9)
第二节 常用电器械	(10)
一、电阻器	(10)
1. 固定电阻器	(10)
2. 可变电阻器	(11)
3. 自动变阻器	(11)
二、发电机、电动机	(12)
1. 交流发电机	(12)
2. 交流电动机	(14)
3. 直流发电机	(16)
4. 直流电动机	(16)
三、电力变压器	(17)
第二章 电子技术基本知识	(18)
第一节 半导体(semi-conductor)	(18)
第二节 半导体元件	(19)
一、二极管	(19)

二、齐纳二极管(Zener Diode)	(20)
三、晶体管(Transistors)	(22)
四、信号晶体管	(22)
五、功率晶体管	(22)
六、高频晶体管	(22)
七、场效应晶体管	(22)
八、可控硅	(23)
九、霍尔效应元件	(24)
十、压电晶体元件	(25)
十一、发光二极管	(25)
十二、光控电阻器	(25)
十三、太阳能电池	(25)
十四、光电二极管	(26)
十五、光电三极管	(26)
十六、液晶显示	(26)
十七、真空荧屏显示	(26)
第三节 电脉冲、电波形、电信号	(28)
第四节 数字二进制、电子计算机语言	(29)
第五节 逻辑门电路、集成电路	(31)
第三章 电线路	(35)
第一节 电线及电线插头器	(35)
第二节 线路通断器	(38)
一、人工操作开关器	(38)
二、自动开关器	(39)
第三节 电路图	(43)
1. 工作原理图	(43)
2. 接线指导图	(43)
3. 部件的安装位置图	(44)
4. 接头器指示图	(45)
5. 电路系统图	(46)
第四章 电气操作基本常识	(49)
第一节 工具及检测仪器	(49)
一、小型工具	(49)
二、测试用仪器	(52)
第二节 电气测量常识	(60)
一、电气量测	(60)
二、电气测量操作	(60)
1. 正确使用三用电表(VOM)	(60)
2. 基本元件的电气检测	(64)
3. 检测电线路的缺陷—电路检测	(65)

4. 化学药剂	(67)
第三节 电线连接操作	(68)
一、电线剥皮	(68)
二、锡焊	(68)
三、包扎	(69)
四、套管接头	(70)
五、线端接头	(70)
六、多线头接头的连接	(70)
七、带屏蔽外层电线的连接	(71)
第四节 安全常识	(72)
一、谨防触电	(72)
二、谨防电烫、电火花、电燃	(72)
三、谨防蓄电池引起事故	(73)
四、谨防汽油引燃	(74)
五、正确采取灭火措施	(74)
六、严格遵守安全操作事项	(74)
第五章 汽车电子控制系统	(76)
第一节 电子控制系统	(76)
第二节 传感器(sensors)	(78)
一、本身信号与转手信号	(79)
二、空气温度传感器(ACT)	(79)
三、发动机温度传感器(ECT)	(80)
四、节气门开度传感器(TPS)	(80)
五、蝶片式空气流量传感器	(80)
六、空气流量传感器	(80)
七、曲轴及凸轮轴传感器	(81)
八、进歧管压力(真空吸力)传感器(MAP)	(82)
九、氧气传感器(EGO)	(83)
十、敲缸传感器	(84)
十一、低机油位传感器	(84)
十二、车速传感器	(84)
第三节 执行器	(85)
一、磁力线圈式执行器	(85)
二、电动机式执行器	(86)
第四节 电子计算机	(89)
一、电子计算机的组成	(90)
二、电子计算机内的记忆卡	(93)
三、电子计算机的运算过程	(94)
第六章 蓄电池、起动机、发电机系统	(97)
第一节 蓄电池	(97)

一、蓄电池的工作原理	(97)
二、汽车用蓄电池	(99)
三、汽车蓄电池的容量级率	(101)
第二节 起动机及其开关器	(102)
一、起动机	(102)
1. 转子、定子部分	(102)
2. 碳刷部分	(105)
3. 小齿轮啮合部分	(105)
二、起动机的开关器	(107)
1. 起动机电磁开关器	(107)
2. 起动机继电器	(107)
3. 离合器、传动箱安全起动开关器	(108)
第三节 发电机及充电部分	(108)
一、发电机	(108)
1. 转子	(108)
2. 定子	(108)
3. 二极管整流桥	(109)
4. 碳刷	(111)
二、电压调整器	(112)
1. 触点式电压调整器	(112)
2. 电子控制电压调整器	(112)
3. 温度补偿装置	(113)
4. 小型电脑控制的电压调整器	(113)
三、充电指示器	(113)
四、发电机高输出电压	(113)
五、发电机真空泵	(114)
第四节 老式汽车中的直流发电机及其调整器	(114)
第七章 电点火系统	(118)
第一节 电点火系统内各部件	(118)
一、火花塞	(119)
二、发火线圈	(121)
三、分电器盖、分火头	(123)
四、高压线	(124)
五、初级电路	(124)
六、分电器	(124)
第二节 点火定时	(127)
一、离心甩块式点火定时机构	(128)
二、真空吸力隔膜器点火定时机构	(128)
第三节 电子点火系统	(129)
一、电子点火分电器	(130)

1 磁激励传感器	(130)
2 霍尔效应分电器	(131)
3 光电管分电器	(133)
4 电子点火控制器	(133)
5 电子点火的优点	(135)
二、曲轴、凸轮轴传感器电子点火系统	(136)
三、电子计算机控制点火定时	(136)
四、无分电器电子点火系统	(138)
五、整体结构式电子点火系统	(141)
第八章 电子控制燃油及排汽系统	(142)
第一节 电子喷射燃油系统	(142)
一、电子喷射汽油(电喷)	(143)
二、开环及闭环反馈控制	(147)
三、跛行电路	(148)
第二节 汽油的喷射	(148)
一、汽油喷射器	(148)
二、冷车起动喷油器	(149)
三、空气助力喷射器	(150)
四、怠速空气控制阀	(150)
五、怠速控制马达	(151)
第三节 燃油喷射量的控制——喷油开度	(152)
第四节 电子计算机控制的化油器装置	(154)
一、工作原理	(154)
二、怠速磁力线圈控制器	(155)
三、怠速油道切断装置	(155)
四、电子风门	(155)
五、化油器油烟处理装置	(156)
第五节 电子计算机控制的柴油喷射	(158)
第六节 电动燃油泵	(159)
一、燃油泵	(159)
二、惯性开关	(160)
三、电子油门(节气门)踏板	(161)
第七节 排汽控制系统	(162)
一、触媒变换(催化)器	(162)
二、排汽再循环	(163)
三、电子控制的燃油挥发汽罐装置	(164)
第九章 灯光 仪表 行车警报器系统	(165)
第一节 灯光系统	(165)
一、头灯	(165)
二、自动头灯开关	(165)

三、驻车警示闪光灯	(167)
四、制动停车灯	(169)
五、制动系统警示灯	(170)
六、倒车灯	(170)
七、灯泡故障指示灯	(170)
第二节 仪表系统	(170)
一、指针显示式仪表系统	(170)
二、数字显示组合仪表	(174)
三、CRT 显示	(178)
第三节 行车警报系统	(179)
第十章 制动 减震 传动系统及其他	(181)
第一节 电子“防抱死”(ABS)制动系统	(181)
第二节 电子控制的减震器系统	(186)
第三节 电子控制的自动换挡系统	(189)
第四节 电子控制恒速巡航系统	(190)
第五节 安全安全气囊装置	(191)
第六节 风挡玻璃刮水器及清洗器系统	(192)
第七节 喇叭	(198)
第八节 防盗警报器	(199)
第九节 车内温度自动调控系统	(200)
第十节 车身上的电气控制装置	(201)
第十一节 声响系统	(202)
第十一章 电子自诊断故障、发动机分析仪、排汽分析器	(206)
第一节 电子自诊断故障	(206)
第二节 电子搜索故障的操作方法	(208)
一、介入	(209)
二、显示故障法规编号	(210)
三、对照	(214)
四、搜索目标	(215)
五、清除故障法规编号	(215)
第三节 电子计算机分析仪	(216)
第四节 发动机分析仪	(219)
第五节 发动机排汽分析器	(226)
第十二章 传感器、执行器、电子计算机的技术检测	(228)
第一节 传感器的技术检测	(228)
一、发动机转速传感器的检测	(230)
二、车速传感器的技术检测	(231)
三、进汽歧管压(吸)力传感器的检测	(232)
四、节气门阀开启程度传感器的技术检测	(232)
五、汽缸冷却水温度传感器的检测	(233)

六、热感真空开关器的检测	(234)
七、空气温度传感器的检测	(236)
八、空气流量传感器的检测	(236)
九、燃油储量传感器的检测	(236)
十、敲缸传感器的检测	(236)
十一、氧气传感器的检测	(237)
十二、柴油中含水传感器的检测	(240)
十三、柴油机高压射油泵油量传感器的检测	(240)
第二节 执行器的技术检测	(240)
一、怠速-电动机式执行器的检测	(241)
二、怠速-空气控制阀执行器的检测	(241)
三、电磁通气阀执行器的检测	(241)
四、电子控制化油器的电磁油量阀的检测	(242)
五、柴油喷射器的检测	(242)
六、电燃油泵的检测	(244)
七、柴油机预热塞的检测	(247)
第三节 电子计算机的技术检测	(247)
一、检测计算机的输出电压	(249)
二、更换电子计算机	(249)
三、程序可控存储器 PROM 的技术处理	(249)
四、电子计算机的调整	(250)
五、更换新的 PROM	(250)
第十三章 起动及发电、充电系统的技术检测	(252)
第一节 蓄电池及点火开关	(252)
一、蓄电池的日常检查和技术维护	(252)
二、电解液检查	(252)
三、漏电电压测试	(254)
四、蓄电池桩头的电压检测	(255)
五、现代蓄电池的电压测试	(255)
六、蓄电池充电	(255)
七、蓄电池的负荷测试	(256)
八、蓄电池的拆、装	(257)
九、漏电检查	(257)
十、点火开关的故障及检查	(257)
第二节 起动机的技术检测	(258)
一、起动机系统的故障	(258)
二、查验蓄电池大线、接地线	(259)
三、查验起动机电磁开关	(260)
四、起动机继电器的检测	(261)
五、查验和调整安全起动开关器	(261)

六、起动系统的电流、电压负荷检测	(262)
七、起动马达的拆装和检查	(263)
第三节 发电、充电系统的技术检测	(269)
一、用电压表检测充电系统	(270)
二、用电气负荷测试器检测充电系统	(271)
三、电压调整器测试	(272)
四、发电机二极管的测试	(272)
五、电路的电阻(电压降)测试	(273)
六、发电机的拆、装和检查	(274)
第四节 老式直流发电机充电系统的电气检测	(281)
第十四章 电点火系统的技术检测	(283)
第一节 故障诊断	(283)
一、测试跳火	(283)
二、检查“死缸”不良运转	(284)
三、对老式机械触电器点火系统的故障查测步骤	(284)
四、使用发动机分析仪	(285)
第二节 技术检测	(285)
一、高压线的检测	(285)
二、点火系统初级电路的技术检测	(285)
三、火花塞的技术检测	(286)
四、分电盘盖、分火头的检测	(289)
五、火线线圈的检测	(290)
六、断电器的检测及调整	(290)
七、电容器的检测	(292)
八、分电器本身的检测	(293)
九、磁电包(MP线圈)的检测	(295)
十、点火控制器的检测	(296)
十一、离心甩块装置点火提前动作的检测	(297)
十二、真空吸力隔膜器的检测	(298)
第三节 检测、调整点火定时	(299)
一、调整基本点火定时	(300)
二、检测点火定时的自动调整	(301)
第四节 电子计算机控制的点火系统的技术检测	(302)
第十五章 灯光及仪表系统的技术检测	(304)
第一节 灯光系统的检测	(304)
一、头灯的技术处理	(304)
二、头灯对光	(306)
三、头灯变光开关器的检测	(307)
四、头灯开关的检测	(308)
五、闪光开关器的检测	(309)

六、转向灯开关的检测	(310)
七、制动灯开关的检测	(310)
八、灯泡及灯泡座的检测	(310)
第二节 仪表系统的故障检测	(310)
一、一般检测	(310)
二、使用仪表检测器的检测	(311)
三、检测数字显示仪表电路中的电压值、断路和短路	(311)
四、电压限制器的检测	(312)
第十六章 制动、传动系统及其他电控装置的技术检测	(315)
第一节 ABS 制动系统的技术检测	(315)
第二节 自动换挡传动系统的技术检测	(317)
第三节 电子控制恒速行驶系统的技术检测	(318)
第四节 安全软气袋装置的技术检测	(318)
第五节 喇叭装置的技术检测	(319)
第六节 风挡玻璃刮水及清洗装置的技术检测	(320)
第七节 电控车窗、电控车门锁及电控座椅的技术检测	(322)
第八节 热风器、空调电路及汽车后窗消雾器装置的检测、修理	(323)
第九节 音响装置的检查	(327)
附录:汽车常用及本书中使用的英文缩写字母含义	(331)

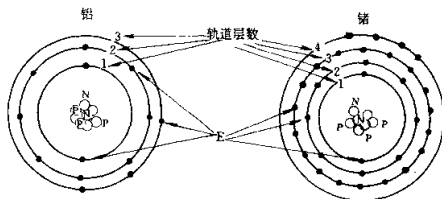
第一章 电气技术基本原理

第一节 电磁基础知识

一、电

任何物质都是由某种或某几种化学元素(简称元素)组成。例如钢铁由大量铁元素及少数碳元素组成,氧气由氧元素组成,水由氧及氢元素按 1:2 比例组成,盐由氯、钠元素化合组成,甚至包括人在内的动物身体也是由很多种元素有机、无机的化合而形成。现在人们已在地球上发现了一百多种元素。这些元素变化多端的组合,形成了千千万万的各种不同物质。

任何元素都是由其原子组成。原子是极微小的基本结构,人们不能凭肉眼,甚至一般显微镜观察到。原子虽小,却是由更小的原子核,中子,电子组成,图 1-1。原子核带有正(+)电荷,



P:原子核 N:中子 E:电子

图 1-1 铝、锌的原子结构

电子环绕在原子核外围,带有负(-)电荷,中子则在中央部位,不带电荷。在原子核外围有很多个电子分布在几层环形轨道上活动着。不同元素的原子有不同数量的电子。例如图中显示的铝原子核外围有 13 个电子在 3 层轨道上,按 2—8—3,即第一层轨道 2 个,第 2 层轨道 8 个,第 3 层轨道 3 个电子分布着。磷原子的电子数是 15 个,按 2—8—5 规律分布着。锌原子的电子数是 32 个,按 2—8—18—4 规律分布在 4 层轨道上。这个电子数即是该元素在化学元素周期表中的原子序数。虽然各元素的电子数不同,但在原子核外围轨道上的分布则大都按照 $(2N^2 + \text{余数})$ 的规律,其中 N 代表自内向外按 1、2、3、……顺序的轨道层数, $2N^2$ 则是该轨道层上的电子数,余数是最外层轨道上的电子数,称为“价电子”。在正常情况下,原子带有与其原子序数相同的电子数时,其正、负电荷中和,呈现为中性无电量。但在某些情况下可能会带有过多或过少的电子数,破坏了其电量中和的平衡状态。当电子过多时呈现为带有负电量,过少时则呈现为带有正电量。此时称其为带有静电。

原子中各层轨道上的电子都受到原子核的束缚,内层轨道上的电子距原子核近,受到的束缚力很大,不能随意越出轨道。但处在最外层轨道上的价电子因距离最远,受到原子核的束缚力最小。当受到磁、光、热、摩擦等外界因素影响时,就可能脱离原子核,成为“自由电子”跑到邻近的原子区内,而在其原来位置上空着,称为“空穴”。例如高空上的水汽云层在飘动时会因与空气摩擦失去或得到电子,形成带有空穴的正电量原子或带有自由电子的负电荷原子。若

某处正电荷云层与另外一处负电荷云层靠近,就会发生其中带有负电量云层中的大量自由电子涌向带有正电荷云层中,形成闪电。又例如在穿化纤织物衣服时常常有放电声响,或发生火花、吸附现象,这就是因摩擦产生微弱静电。又如用梳子梳头,或用皮革在玻璃棒上磨擦时都会产生静电吸、斥现象。根据原子理论,当化学元素最外层轨道上的价电子少于四个时容易受外界影响跑出轨道外形成自由电子,这种元素是导体,多于四个时就不易随意跑出,形成不良导体、绝缘体,等于四个时有其特殊的半导体特性。

有些物质的原子核具有强大的束缚电子力,使原子一直保持在中性不带电荷的状态,也拒绝外界的自由电子流通其中,形成不导电,即绝缘(喻为与自由电子无缘)。例如橡胶、塑料、木等。另外一类物质的原子核束缚电子力较小,容易形成自由电子,也允许外界自由电子通过其中,形成导体。例如铝、铁、铜、汞等金属都具有强弱不一的导电性。

带有正或负静电量的物体都具有同性相斥、异性相吸的性质。即两个都带正、或负电荷的物体在靠近时会互相排斥、远离,而一个带正电荷与一个带负电荷物体在靠近时则表现为互相吸附的现象。

电子在导体内流通时形成电流。电流在导体内流通中的阻力称为电阻。产生电流的驱动力称为电动势,常以电压表示电动势。

二、磁

磁力表现为原子具有的对铁族物质的吸引力。迄今人们虽还不能完全解释清楚原子产生磁力的原因,但却已经确实无误地证实了磁力的存在及其所表现的诸多规律和特性。地球就是一个带有磁性的大磁体。

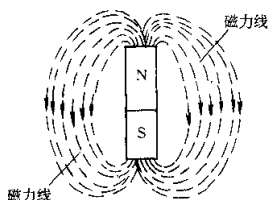


图 1-2 磁力线形象示意

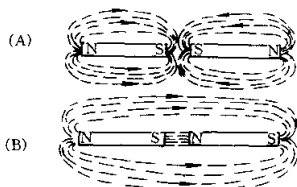


图 1-3 磁的同性相斥、异性相吸

铁矿石中的四氧化三铁 (Fe_3O_4) 是自然存在的一种永久磁铁。人们也可以将软铁进行通电的充磁处理,制成人工磁铁。在磁铁的两端分别是其磁性的北极(简称为 N)和南极(简称为 S)。我们可以想象磁铁有磁力线自 N 极出发,途经磁铁外围进入 S 极,然后在磁铁体内由 S 极到 N 极,形成封闭的磁力线途径,图 1-2。如果你把磁铁置于一张纸片下,在纸片上撒些细微铁粉,并轻震纸片,则铁粉将排列成如图中所示的磁力线迹象。这些磁力线在靠近磁极处很密,显示为磁性强度大。愈远则愈稀,即磁性强度小。具有磁力线的区域称为磁铁的磁场,人们常用希腊文字母“ Φ ”表示磁力线。磁场中各部分的磁力线疏密程度代表磁场强度,以单位面积内的磁力线数来表示。人们想象地把一平方厘米(或平方英寸)内有一根磁力线时称为公制(或英制)的 1 高斯(Gause)的磁场强度。同一磁场内的不同地点有不同的磁场强度。磁

也具有同性相斥、异性相吸的性质,图 1-3。当把两磁铁摆放一起时,若其同极性相邻如图中(A),则各磁铁的磁力线自成一个个体系,互相排斥;若是异性性相邻如图中(B),则两个磁铁的磁力线吸抱成一个更强的磁场,表现为互相吸引。

铁受磁的吸引,同时也具有强导磁性,允许磁力线在其体内畅通。但其他物质则具有不同程度的阻磁性,有些物质甚至是完全不导磁的。空气能够允许磁力线通过,却具有一定的阻磁性,当磁力线通过空气的途程越长时,其磁场强度急剧降低。

三、电磁效应

电、磁都具有“电中有磁、磁中有电”的相互感应性质,称之为电磁效应。人们正是利用这些电磁效应把电、磁适当的组配,从而制成各种用途的很多种电磁器件,使用于生产、生活领域中。

1. 电产生磁的效应

在导线内通入电流,则在与导线垂直的平面内必产生磁力线形成磁场,图 1-4。电流越大(或小),磁场强度也成比例的大(或小)。若你将右手的四指卷握成拳状,大拇指伸出向上,则大拇指的指向可比喻为电流方向,其他四指的环状指向则比喻为磁力线自 N 极向 S 极走向。这个比喻为电磁感应的“右手法则”。

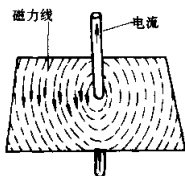


图 1-4 带电导线产生磁

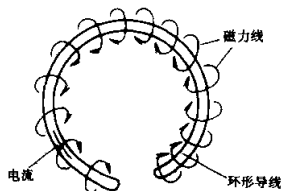


图 1-5 带电环线的磁效应

若把导线卷成圆形状,按照右手法则,磁力线及其方向形成如图 1-5 所示。若将导线绕成很多同心轴螺旋线圈,则各圈都产生磁力线,总磁力线是各圈磁力线之和。其磁场强度则与导线中电流强度 I 和导线圈数 N 的乘积数成正比。用数学公式表达为 $\Phi \propto I \cdot N$ 。其中的 $I \cdot N$ 取名为线圈组的安培圈数,如图 1-6 所示。人们就利用这种效应制造出很多种诸如磁力线圈开关器、电磁铁等电器件。

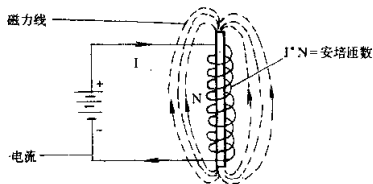


图 1-6 带电线圈产生的磁力线

2. 带电导线在磁场内将产生运动或力的效应

如图 1-7 所示,将导线垂直地置于磁场平面内,若在导线内通过电流,则将使导线产生运动的趋势。磁场及电流越强,运动的趋势也越大。以力学观点来理解,运动趋势的含义为“力”。若以 Φ 代表磁场强度、 I 代表电流强度、 P 代表运动趋势强度(即施加于导线上力量的大小),则可用数学公式 $P \propto \Phi * I$ 来表达这三者的关系。

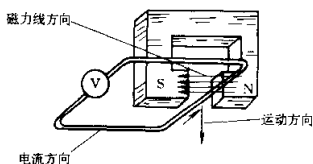


图 1-7 带电导线在磁场内产生运动

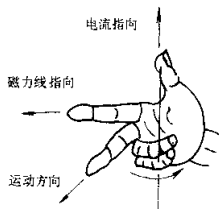


图 1-8 电流、磁力线、运动的方向



图 1-9 磁场的磁力线

若将右手的无名指和小指握成圈状,食指及中指伸展成互垂直的方向,大拇指伸出向上如图 1-8 所示,则可以把大拇指的指向比喻为导线中电流方向,食指的指向比喻为磁力线自 N 极向 S 极的走向,中指的指向比喻为导线的运动方向,而无名指及小指的环状指向可比喻为导线中电流感应出的磁力线方向。现在还没有人能从理论上解释出这种效应的生成原因。但可以比喻性的作出如下理解:如图 1-9(A)中表示均匀磁场的磁力线,(B)表示导线通电后按右手法则其本身感应出的磁力线,这两组磁力线合并后形成如(C)所示,使导线某侧的两组磁力线因方向相同而加密,其两侧的两组磁力线则因方向相反而抵消,疏减。若把磁力线形容为带有弹性的线状物,这就使密端磁力线对导线施加压力,把它推向疏端方向运动。人们正是利用这种效应制造出电动机等电器。

3. 不带电导体在磁场内移动将使导体内产生电的效应

若使不带电导线垂直插入磁场区域内,并对导线施加力使其向着与磁力线垂直的方向移动(即切割磁力线),必使导线内产生电流。可以把这种效应视为上面 2. 中所述效应的逆效应。在图 1-10(A)及(B)中示出,若使导线的摆动方向相反则电流表指针偏摆方向也相反,即电流方向相反。若以 E 代表导线内产生电流的驱势, V 为导线切割磁力线的速度, Φ 为磁场强度,则有 $E \propto V * \Phi$ 。我们仍然可以用右手手指形成上述如图 1-8 中的姿势来表达这三者的