

实用电工技术必读丛书

SHIYONGDIANGONG
JISHUBIDU
CONGSHU

新编 汽车电工



人民邮电出版社

实用电工技术必读丛书

新编汽车电工

主 编	李 强		
副主编	李 刚		
编 委	王 超	王立军	王 峰
	卢琳皓	刘胚华	杜岩岩
	姜玉兰	徐秀华	秦四海

延边人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编汽车电工/李强主编,李刚副主编. —延吉:延边人民出版社,2003.4

ISBN 7-80648-964-9

(实用电工技术必读丛书)

I.新... II.李... III.汽车-电工 IV.U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 025805 号

·实用电工技术必读丛书·

新编汽车电工

主 编:李 强

责任编辑:金河范

出 版:延边人民出版社

经 销:各地新华书店

印 刷:长春市东文印刷厂

开 本:850×1168 毫米 1/32

字 数:4200 千字

印 张:200

版 次:2003 年 6 月第 1 版

印 次:2003 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1-2000 册

书 号:ISBN 7-80648-964-9/TM·2

总定价:300.00 元(单册:20.00 元 共 15 册)

内 容 提 要

随着我国社会主义建设事业的发展和改革开放的不断深入,我国汽车的产量和使用数量均大幅增加,对汽车在安全、环保、节能等方面的技术性能要求也日益提高。考虑到目前汽车电工的实际情况和电子技术广泛应用于汽车工业后给汽车结构和性能带来的巨大变化,我们特编此书。

本书注重知识的系统性、完整性和先进性。运用简明的语言,详细介绍了汽车发电机、发动机、点火系统、起动系统、照明信号系统、汽车仪表显示系统以及现代汽车电子控制系统等诸多方面的电工知识。

本书在编写过程中坚持图文并茂、深入浅出的原则,堪称维修汽车的电工人员的实用工具书。

由于成书仓促,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

第一章 电工学基础

第一节	直流电路	(1)
第二节	电流和电流强度	(2)
第三节	电压、电位和电源电动势	(4)
第四节	电阻和电阻定律	(6)
第五节	欧姆定律	(10)
第六节	电阻的串联、并联和混联	(13)
第七节	基尔霍夫定律	(18)
第八节	电功、电功率和焦耳定律	(21)
第九节	交流电路	(23)

第二章 电磁学基础

第一节	磁场和磁场力	(36)
第二节	磁场和磁感应强度	(37)
第三节	电流的磁场	(38)
第四节	磁场对电流的作用力	(40)
第五节	铁磁性材料	(41)
第六节	电磁感应	(44)

第三章 电子学基础

第一节 二极管及其整流电路 (50)

第二节	三极管及放大电路	(68)
第三节	集成电路及其应用	(86)
第四节	微型计算机及其控制技术基础	(92)

第四章 发电机与发动机

第一节	交流发电机的工作原理与特性	(100)
第二节	直流电动机	(105)

第五章 点火系统

第一节	传统点火系统的结构及维修	(118)
第二节	电子点火系统	(142)
第三节	电子点火系统的故障诊断	(181)
第四节	电子点火系统的检修	(184)

第六章 起动系统

第一节	起动系统的工作原理	(202)
第二节	启动系统的故障诊断	(213)
第三节	启动系统的检修	(218)

第七章 照明与信号系统

第一节	照明系统	(226)
第二节	灯光信号系统	(239)
第三节	声响信号系统	(247)

第八章 汽车仪表与显示系统

第一节	汽车仪表系统.....	(256)
第二节	电子显示器件及电子仪表.....	(266)
第三节	汽车仪表的正确使用和检验.....	(277)
第四节	汽车显示系统.....	(282)

第九章 汽车其他辅助电气设备

第一节	空调系统的结构	(289)
第二节	风窗刮水、清洗和除霜系统	(295)

第十章 汽车电路

第一节	汽车电路图的组成与特点	(304)
第二节	汽车电路的导线与继电器	(304)

第十一章 现代汽车电子控制系统

第一节	发动机电子控制燃油喷射系统	(314)
第二节	电子制动防抱死系统	(350)
第三节	电子控制自动变速器	(366)
第四节	安全气囊系统	(396)

第一章 电工学基础

第一节 直流电路

电工学是研究电磁现象在技术中应用的科学。因此在叙述电工学变电、配电、用电等各种实用技术之前,先对于电磁现象的基本规律做出简要的阐述。这些内容对于学习实用电工技术是必不可缺的。本章着重介绍直流电路的有关知识。

一、电路

电路就是电流所流经的路径,它一般由电源、负载和连接导线 3 个基本部分组成。

用导线将一个小灯泡的两端分别与一节干电池的正、负极联接起来,就构成了一个最简单的电路(图 1-1)。其中干电池是电能的供给者,

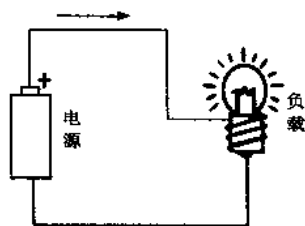


图 1-1 简单电路

被称作电路的电源;小灯泡是消耗电能的,叫作电路的负载。通过连接导线,将电能由电源运送到负载。

电灯、电炉、继电器以及电动机等都是电路的负载,它们分别将电源传送给它们的电能,转变为光能、热能或机械能为我们所利用。在用电系统中,电路起着传输和转换电能的作用。

二、电路图

在设计、安装和修理电气设备时,需要用描述电路联接情况的图形表示实际电路,这就是电路图。绘制电路图时,要采用统一规定的符号代表各种元件及其联接方式。常见的几种图形符号和联接方

式,如图 1-2 所示。

元件名称	电路符号	元件名称	电路符号
电 源		负载	
		开关	
		熔断器	
电 灯		导线	
电 阻		电压表	
电感线圈		电流表	
电容器		功率表	
		接地点	

第二节 电流和电流强度

一、物质的电结构和物体的带电

物质是由分子构成的,而分子由更小的物质微粒——原子所构成。原子也是可分的,它是由带正电的原子核和核外带负电的电子构成的。对于不同的原子,其原子核外面的电子数目不同。在正常情况下,原子核所带正电荷的电量与所有核外电子所带的负电荷的电量相等,因此就整个原子而言,正、负电荷对外界的作用相互抵消,原子不显电性,物体也就处于不带电的状态。

假如两个物体(分别由不同物质组成)由于相互摩擦或者其他原因,使一个物体上的电子转移到另一个物体上,那么失去电子的那个物体带正电,而获得电子的另一物体带负电。物体失去或获得的电子越多,这个物体所带的电荷量(简称电量)也就越大。

电量是以 C(库仑)为单位计量的。据测定,一个电子所带的负电量约为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$,也就是说,1C 负电荷中大约包含有 625 亿亿个电子。

二、电场

通过摩擦起电等简单实验可以证明,电荷之间存在着相互作用:同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。电荷之间的相互作用,是通过电场实现的。与常见的各种物体一样,电场也是物质存在的一种形式,它存在于带电体周围的空中,其主要特性是对处于电场中的电荷施加力的作用,这种力叫作电场力。同一电荷在电场中受力较大的地方电场较强,受力较小的地方电场较弱。电场的强弱用电场强度来描述。电场强度具有一定的方向,电场强度的方向是处于电场中的正电荷受力的方向。

三、电流和电流强度

电荷的定向移动形成了电流。

金属导线中的电流,是由于导线中的自由电子在电场的作用下定向移动形成的。在有些液体和气体中,由于存在着带正、负电荷的离子,它们在电场作用下也分别朝着一定的方向运动,也能形成电流。像电镀设备中就是利用液体中的电流进行工作的,日光灯则是利用气体中的电流使之发光的。不论固态导体还是液体、气体中的电流,都是带电微粒(电子或正、负离子)定向移动形成的。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体截面的电量的大小。以导线中的电流为例,在同一时间内,通过导体截面的电量越大,就表明导线中的电流越大。

表示电流大小的物理量叫作电流强度,简称电流,用符号 I 表示。其数值等于单位时间内通过导体截面的电量。如果用 q 表示通过导体某一截面的电量,用 t 表示通过电量 q 所用的时间,那么,

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$

当电量的单位用库仑(C),时间的单位用秒(s),那么用上式算得的电流的单位是安培(A)。也就是说,若每秒钟有 1 库仑的电量通过导体的截面,则电流的大小是 1 安培。

电流其它的常用单位有毫安(mA)和微安(μA)。其换算关系为

$$1A = 1000mA = 10^3mA$$

$$1\text{ mA} = 1000\text{ }\mu\text{A} = 10^3\text{ }\mu\text{A}$$

电流的方向规定为正电荷流动的方向。在导线中,电流实际上是带负电的自由电子的定向移动形成的,其效果与等量正电荷反方向流动完全相同,因此电流的方向与电子流的方向相反(图 1-3)。

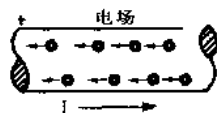


图 1-3 电流的方向与电子流动方向

第三节 电压、电位和电源电动势

一、电压

在图 1-4 所示装置中, A 和 B 是两个极板, A 带正电, B 带负电。如果用导线连接 A 和 B, 那么在电场力的作用下, 正电荷要从极板 A 经过导线流向极板 B (实际上, 是自由电子在电场力作用下由 B 流向 A)。这就表明, 电场力对电荷做了功。电场力将单位正电荷由 A 点移到 B 点所做的功, 称为 A、B 两点间的电压, 用 U_{AB} 表示。因此, 如果电场力移动电荷的电量为 q , 由 A 点到 B 点电场力的功为 W , 则

$$U_{AB} = \frac{W}{q} \quad (1-2)$$

上式中, 电场力所做的功的单位为焦耳 (J), 电量的单位为库仑 (C), 则电压的单位为伏特, 简称为伏, 用符号 V 表示。对于高电压常用千伏 (kV) 做为单位, 电压较低时常用毫伏 (mV) 做为单位。这些单位之间的关系是

$$1\text{ kV} = 1000\text{ V} = 10^3\text{ V}$$

$$1\text{ mV} = \frac{1}{1000}\text{ V} = 10^{-3}\text{ V}$$

二、电位

在分析电路时, 经常要用到电位这个概念。在电路中任选一点为参考点, 令其电位为零 (工程上常选大地为参考点), 那么电路中某一点 A 的电位就等于该点到参考点之间的电压。用符号 φ_A 表示 A

点的电位,而参考点的电位 $\varphi_0 = 0$,因此

$$\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_A = U_{A0} \quad (1-3)$$

由(1-3)式可见,电位的单位与电压相同,也应是伏特。

电场中任意两点间的电位差就等于这两点间的电压,即

$$\varphi_A - \varphi_B = U_{AB} \quad (1-4)$$

所以电压也称作电位差,电压的方向规定由高电位指向低电位,即沿着电位降的方向。电流的方向与电压的方向一致,也是由高电位流向低电位。如果在电路中某两点的电位相等,它们之间的电位差为零,就没有电流在这两点间流过。我们把电位相等的点叫作等电位点。等电位是高压带电作业的理论基础。

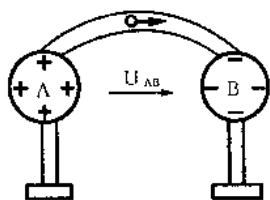


图 1-4 电压的概念

以图 1-4 所示的情况为例,极板 A 的电位高于极板 B 的电位,正电荷在电场力的作用下由 A 板流向 B 板,在电流流动的过程中,随着极板 A 上的正电荷的减少,其电位将逐渐降低,而极板 B 上则由于流入的正电荷与原有的负电荷的中和而使其电位逐渐上升。因此,电荷流动的结果将使两极板 A、B 之间的电位差(电压)逐渐减小而趋向于零。与此同时,导线中的电流也相应地逐渐减小而趋向于零。这样就提出了一个问题:怎样才能使图 1-4 所示装置中的电流源源不断呢?答案是必须引电源,借助电源中的电源力来完成这一任务。

三、电源和电动势

图 1-5 所示情况中,设 A 和 B 分别是电源的正极和负极。正电荷将沿导线经过负载由 A 流向 B,这构成了电源外部的电路——外电路。在电源内部的电路——内电路(图中虚线框内的部分),则由于电源力的作用使正电荷由 B 流向 A,从而使电源的正、负极之间保持有一定的电位差,并在电路中产生持续的电流。

在不同的电源中,电源力来自不同的作用。例如干电池和蓄电池中的电源力来自化学作用;发电机中的电源力来自电磁作用。电

源力在电压内部把正电荷从负极移到正极是一个做功的过程。实际上,也就是把其它形式的能量(例如化学能)转变为电能的过程。

电源力把单位正电荷在电源内部从负极移向正极所做的功称为电源的电动势,用字母 E 表示,即

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-5)$$

式中的 W 为电源力所做的功,单位是焦耳; q 为被移电荷的电量,单位是库仑,因此电源电动势的单位应该与电压的单位相同,也是伏特。各种不同电源的电动势一般并不相同。常见电源如干电池的电动势一般为 $1.5V$,蓄电池为 $2V$,直流发电机为几十伏至几百伏不等。

电源电动势是描述电源中电源力做功本领的物理量。实际上,也就是描述电源将其它形式的能转变为电能的本领的物理量。

电源电动势的方向规定为电源力移动正电荷的方向,即由电源负极指向正极(由低电位指向高电位)。因此电源电动势的方向为电位升高的方向。

一般将电动势的大小和方向不随时间变化的电源叫作直流电源,如干电池、蓄电池、直流发电机等。电动势的大小和方向随时间变化的电源,称为交流电源,交流发电机就是交流电源。

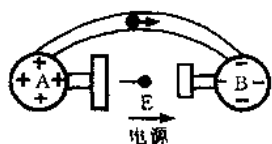


图 1-5 电源的工作原理

第四节 电阻和电阻定律

一、导体、绝缘体和半导体

诸如铜、银、铝之类的物体容易导电,被称作导体;而云母、玻璃、陶瓷之类的物质不容易导电,被称作绝缘体。金属导体之所以容易导电,是因为在金属中存在着若干受原子核束缚较小的电子,它们摆脱原子核的束缚在原子之间自由运动,就成为所谓自由电子。各种金属内部在不同程度上存在着大量的自由电子,它们在电场力的作

用下定向移动,所以金属成为导体。相反地,绝缘体内部由于原子核对电子的束缚很强,因而自由电子很少,所以几乎不能导电而常被用作绝缘材料。值得注意的是,绝缘体并非绝对不导电,只是其导电能力与导体相差极为悬殊而已。

绝缘材料在电力工业中与导体同等重要,例如变压器、油开关中的绝缘油、输电线与杆塔之间的瓷瓶等都是用绝缘材料制成的。不同的绝缘材料,其绝缘性能各有差别。工作在高温、高电压下的电器应采用陶瓷、云母或石棉等耐高温、耐高压的绝缘材料。

绝缘材料长期使用之后会老化。温度过高或温度增大时其绝缘性能要变差。常见的漏电现象就是绝缘性能下降造成的。绝缘材料过度受潮或在过高的温度下工作,或者加上过高的电压,都可能完全失去绝缘能力而导电,这种情况叫作绝缘击穿或者绝缘损坏。例如有时发现电机、变压器等设备外壳带电,这往往是由于其线圈绝缘损坏,外壳与线圈直接导电造成的。这样的设备不能继续使用。对于电气设备绝缘程度的检查以及事故的处理,本书将在有关章节里作详细介绍。

导电能力介于导体与绝缘体之间的物质,称为半导体,如硅、锗等。半导体有很多特殊性能,尤其在纯硅、纯锗中掺入适量其它杂质之后,导电能力将成百倍地增加。半导体的这些重要性质被用于制造晶体管,成为电子设备的重要器件。

二、导体的电阻

在金属导电时,定向运动的自由电子不断与金属中的原子、分子发生碰撞,使自由电子的运动受到阻碍。我们把这种对定向运动的自由电子的阻碍作用叫作该导体的电阻,用符号 R 表示。电阻的单位为欧姆,符号为 Ω 。常用的较大的电阻单位为千欧姆($k\Omega$)、兆欧姆($M\Omega$)。其换算关系为

$$1k\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega \quad 1M\Omega = 1000k\Omega = 10^6\Omega$$

三、电阻定律

金属导体的电阻取决于其长度、横截面积及材料的种类。当温度不变时,导线的电阻与其长度成正比,与其横截面积成反比。即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-6)$$

式中 L 为导体的长度,单位取米(m); S 为导体的横截面积,以平方毫米(mm^2)为单位。 ρ 是由导电材料的导电性能确定的常数,叫作电阻率,其单位为欧姆·毫米²/米($\Omega \cdot mm^2/m$), (1-6)式给出的规律称作电阻定律。表 1-1 列出了常见导电材料的电阻率和温度系数。

表 1-1 常用材料的电阻率及温度系数

材料名称	20℃ 时的电阻率(ρ) ($\Omega \cdot mm^2/m$)	电阻温度系数(α) (1/℃)
银	0.016	0.00361
铜	0.0172	0.0041
金	0.022	0.00365
铝	0.029	0.00423
钨	0.0477	0.00479
钨	0.049	0.0044
锌	0.059	0.0039
镍	0.073	0.00621
铁	0.0978	0.00625
铂	0.105	0.00398
锡	0.114	0.00438
铅	0.206	0.0041
汞	0.958	0.0009
康铜(54%铜,46%镍)	0.50	0.00004
锰铜(86%铜, 12%锰,2%镍)	0.43	0.00002

由上表可见,除贵重金属和银以外,铜和铝的电阻率较小,因而是制备导线的良好材料。但是在绕制电阻器时,常常采用锰铜丝和康

铜丝,其原因之一是因为它们具有比铜大几十倍的电阻率。电烙铁或电炉用的电热线,一般是由铁—铬—镍—铝合金或铁—铬—铝合金制成的,它们不仅具有较高的电阻率,而且具有耐高温的优点。

〔例 1-1〕一对线径为 3 毫米的架空铜线从甲站通往乙站,其间距离为 5 千米,试求这一对线路的电阻。

解 先根据线的直径求出导线截面积 S

$$S = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \times 3^2 = 7.06 (\text{mm}^2)$$

这对线路的长度 $L = 2 \times 5 \times 1000 = 10000 (\text{m})$

由表上查得铜的电阻率 $\rho = 0.0172 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

代入公式后得

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0.0172 \times \frac{10000}{7.06} \approx 24.4 (\Omega)$$

四、电阻和温度的关系

温度升高时,金属导体中带电粒子的碰撞次数要增多,导体的电阻要增大。以白炽灯的灯丝为例,40 W 的灯泡灯丝电阻不发光时 100Ω 左右,正常发光时其温度可达 2000°C ,这时灯丝电阻约为 1000Ω ,是原来的 10 倍多。

一般说来,在温度不是太低而且变化不是太大时,导体电阻随温度改变的数值,基本上可以认为与温度的改变值成正比。如果以 R_1 表示温度为 t_1 时的导体电阻,以 R_2 表示温度增加到 t_2 时的导体的电阻,则有以下关系成立

$$R_2 - R_1 = \alpha(t_2 - t_1) \quad (1-7)$$

其中比例系数 α 称作导体电阻的温度系数。不同的材料因温度变化而引起的电阻变化是不同的,因此也就有着不同的电阻温度系数(表 1-1)。另外,由于同一导体在不同的温度下有着不同的电阻,或者说,有着不同的电阻率,表 1-1 列出的是 20°C 时导体的电阻率。

五、导体的电导

电导表示导体通过电流的能力,它等于电阻的倒数,用字母 G 表示。即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

电导的单位为西门子,简称西(S)。

电阻率的倒数称作电导率,用 γ 表示。即

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{RS} \quad (1-9)$$

电导率的单位为米/欧姆·毫米² ($m/\Omega \cdot mm^2$)。

第五节 欧姆定律

一、一段导体的欧姆定律

德国物理学家欧姆于1827年发现,沿着一段导体流动的电流 I 与导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比。即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-10)$$

该式称作一段导体的欧姆定律,也叫部分电路的欧姆定律。实验证明,欧姆定律不仅适用于金属导体,对于电解液(酸、碱、盐的水溶液)也适用。

〔例1-2〕 接在电路上的某一电阻 R 上的电压为 $10V$,通过它的电流为 $2mA$,问此电阻的阻值多大?若将该电阻通以 $15mA$ 的电流,则它两端的电压多大?

解 根据欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2 \times 10^{-3}} = 5000(\Omega)$$

当电阻通以 $15mA$ 的电流时,电阻两端的电压应是

$$U = IR = 15 \times 10^{-3} \times 5000 = 75(V)$$

二、全电路的欧姆定律

图1-7所示为一含有电源的闭合电路。电源的外部从正极至负极的电路称为外电路,其电阻 R 称为外电阻;电源内部从负极到正极的电路叫作内电路,其电阻叫作内电阻,以 r_0 表示。实验证明,

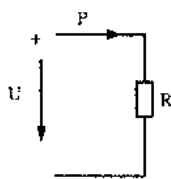


图1-6 一段导体的欧姆定律