



煤矿技工学校试用教材

电 工 学



煤炭工业出版社

电工学

東京工業大学出版部

内 容 提 要

本书是为煤矿技工学校矿井电气设备检修专业编写的教材。全书共十一章,第一章~第六章为电工基础部分,主要介绍电和磁的基本概念、直流电路的基本定律和分析计算方法、正弦交流电路的基本规律和分析方法等。为顺利展开上述内容,前后穿插安排了电场、磁场、磁路和电磁感应。第七章~第十一章为电机部分,主要讨论直流电机、变压器、异步电动机和同步电动机的结构与特性等。本书为进一步学习电工专业知识准备了必要的基础理论知识。

本书主要作为技工学校教材,也可供具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

责任编辑:孙 永 绪

煤矿技工学校试用教材

电 工 学

包 玉 华 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092\text{mm}^{1/16}$ 印张 $20^{3/4}$

字数 487千字 印数 1—27,080

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

ISBN 7-5020-0247-2/TD·236

书号 3087

定价 5.60元

前 言

为了适应煤矿技工学校教学和技工培训改革的需要，加速煤矿工人的智力开发和人才培养，促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步，煤炭工业部劳动工资司于1985年成立了全国煤矿技工教材编审委员会，全面规划了技工教材的建设工作，确定编写一套具有煤矿特点的中级技工教材。这套教材包括：《综采工作面采煤机》、《煤矿开采方法》、《矿山电工》、《机械化掘进工艺》、《机械制图》、《工程力学》等共50余种。

这套教材是根据全国煤矿技工学校、中级技工培训统一教学计划、教学大纲编写的，主要适用于煤矿中级技工（包括在职技工和后备技工）的正规化培训的需要，也适用于具有初中文化水平的工人自学和工程技术人员参考。

《电工学》是这套教材中的一种，由阜新煤矿技工学校包玉华同志主编，平顶山煤矿技工学校王玉川同志主审，双鸭山矿务局技校、江西省煤炭技校的有关教师参加了审定工作。

由于时间仓促，经验不足，书中难免有不足之处，请使用单位及读者提出宝贵意见。

全国煤矿技工教材编委会

1988年7月12日

目 录

符号说明	1
绪 论	3
第一章 直流电路	4
第一节 电路基础	4
第二节 电路的基本物理量	8
第三节 导体、绝缘体和半导体	15
第四节 欧姆定律	17
第五节 电功、电功率及电器的额定值	21
第六节 电路中各点电位的计算	24
第七节 简单直流电路的计算方法	25
第八节 基尔霍夫定律	30
第九节 复杂直流电路的计算	31
第十节 电容器	37
小 结	43
习 题	44
第二章 电流的磁场及磁路	46
第一节 电流的磁场	46
第二节 磁场的基本物理量	48
第三节 全电流定律	49
第四节 铁磁材料的磁性	52
第五节 磁路及磁路定律	57
第六节 磁场对载流直导线的作用力	60
第七节 载流平行导体间的相互作用力	62
小 结	63
习 题	64
第三章 电磁感应	67
第一节 直导线中的感应电动势	67
第二节 机械能和电能的相互转换	68
第三节 回路中的感应电动势	70
第四节 自感和自感电动势	71
第五节 互感和互感电动势	73
第六节 涡流	75
第七节 磁场能量	75
小 结	76
习 题	77
第四章 单相交流电路	80
第一节 交流电的产生	80

第二节	交流电的相位与相位差	86
第三节	交流电的有效值与平均值	88
第四节	正弦交流电的表示方法	92
第五节	交流电路的基本参数	99
第六节	电阻电路	100
第七节	电感电路	103
第八节	电容电路	108
第九节	电阻、电感与电容的串联电路	113
第十节	电阻、电感与电容的并联电路	119
小 结	.....	123
习 题	.....	126
第五章	三相正弦交流电路	128
第一节	三相电动势的产生	128
第二节	三相发电机绕组的连接	129
第三节	对称负载的星形、三角形连接	134
第四节	三相电路中的功率	140
小 结	.....	143
习 题	.....	143
第六章	电工测量	145
第一节	概述	145
第二节	直流电流和电压的测量	149
第三节	交流电流和电压的测量	154
第四节	电功率和电能的测量	157
第五节	单相电能的测量	163
第六节	电阻的测量	165
小 结	.....	171
习 题	.....	173
第七章	直流电机	175
第一节	直流电机的构造	175
第二节	直流电机的工作原理	177
第三节	电枢绕组	178
第四节	电枢电动势	183
第五节	直流电机的转矩与功率	184
第六节	电枢反应与电流的换向	186
第七节	并激电动机的运行特性	190
第八节	串激电动机的运行特性	196
第九节	复激直流电动机	199
小 结	.....	200
习 题	.....	201
第八章	变压器	203
第一节	变压器的种类和构造	203
第二节	变压器的空载运行	207

第三节	变压器的负载运行	212
第四节	变压器的空载与短路试验	217
第五节	变压器的额定值	220
第六节	三相变压器	221
第七节	变压器并联运行的条件	225
第八节	特殊变压器	228
小 结	.....	234
习 题	.....	235
第九章	异步电动机	237
第一节	异步电动机的结构	237
第二节	异步电动机的工作原理	243
第三节	异步电动机的绕组	246
第四节	定子、转子之间的电磁关系	262
第五节	异步电动机的工作特性	267
第六节	异步电动机的起动和控制	271
小 结	.....	281
习 题	.....	283
第十章	同步电机	285
第一节	同步电机的基本结构	285
第二节	同步电机的运行原理	288
第三节	同步电动机的功率因数	293
第四节	同步电动机的起动	295
小 结	.....	295
习 题	.....	296
第十一章	特殊电机	297
第一节	单相异步电动机	297
第二节	感应式调压器	300
小 结	.....	301
习 题	.....	302
附 录	电工学实验	303
习题答案	.....	318
参考文献	.....	320

符 号 说 明

符 号 意 义

A	功
a	直流电机电枢绕组支路对数
B	磁感应强度 (磁通密度)
C	电容
C_e	直流电机的电动势常数
C_M	直流电机的转矩常数
E	(直流) 电源电动势 电场强度 交流电源电动势的有效值
e	交变电源电动势的瞬时值
e_l	自感电动势
e_M	互感电动势
F	磁动势 力
E_R	同步电机中的气隙磁动势
f	频率
H	磁场强度
I	(直流) 电流 交流电流的有效值
$I_{\Delta n}$	(三相电路) 线电流
$I_{\Delta \phi}$	(三相电路) 相电流
I_0	(三相电路) 中线电流
I_p	交流电流的平均值
i	交变电流的瞬时值
K_a	自耦变压器的变压比 变压器的变压比
K_N	电压互感器的变换倍率 变压器的变流比
K_i	电流互感器的变换倍率
L	自感系数 (自感、电感)
N	线圈匝数
n	转速
n_1	同步转速
P	功率 交流电路中的有功 (平均) 功率
p	交流电路中的瞬时功率

符 号 意 义

$Q(q)$	电量 (电荷量)
Q	交流电路中的无功功率 热量
Q_L	电感性无功功率
Q_C	电容性无功功率
$R(r)$	电阻
R_m	激磁电阻
r_0	内阻
S	面积 视在功率
s	转差率
T	周期
t	时间
$t^{\circ}\text{C}$	温度
U	(直流) 电压 交流电压的有效值
$U_{\Delta n}$	(三相电路) 线电压
$U_{\Delta \phi}$	(三相电路) 相电压
u	交流电压的瞬时值
W	电能、能量
W_C	电场能量
W_L	磁场能量
X	电抗
X_L	电感电抗 (感抗)
X_C	电容电抗 (容抗)
X_m	激磁电抗
Z	直流电机的电枢总槽数 交流电机的定子总槽数
Z_m	激磁阻抗
Z	阻抗
α	电阻温度系数 角度
δ	气隙宽度
Δ	变化量 (增量)
ϵ_r	相对介电常数
ϵ_0	空气的介电常数

符 号	意 义
-----	-----

η	效率
μ	铁磁性材料的磁导率
μ_0	真空的磁导率 (非磁性材料的磁导率)
μ_r	相对磁导率
ρ	电阻率
τ	极距
φ	电位
	初相位、相位差

符 号	意 义
-----	-----

$\cos\varphi$	功率因数
ϕ	磁通
ϕ_l	漏磁通
ϕ_{12}	互感磁通
ϕ	磁通的瞬时值
Ψ	磁链
Ψ_{12}	互感磁链
ω	角频率、角速度
ω_0	谐振角频率

绪 论

电能是现代化生产的基础，它广泛应用于国民经济中，如各种生产机械的动力主要是依靠电力（提升机、电力机车、机床等都是用电动机驱动）；高频淬火及熔炼技术、电加热等是利用电磁规律提供的工艺原理；电子技术已在自动化及家用电器中得到广泛应用。

电能的应用之所以如此广泛，因其具有如下特点：

（1）电能容易获得和转换：火力发电机能够将热能转换成电能；蓄电池可将化学能转换成电能……；电能也易于转换成其它形式的能量。如电灯能把电能转换成光能，电炉能把电能转换成热能……。

（2）电能便于输送及分配：由发电厂发出的电能利用高压输电网可向远方高效率的输送，由受电器通过供电线路可方便地分配给各种用电设备。

（3）电能易于控制：由于电信号传递速度快，可通过电子元件能迅速、可靠地接通或切断电路，使电能的控制与利用非常方便、可靠。

电能的广泛应用，使劳动生产率大大提高，可加速我国早日实现四个现代化。煤炭工业是整个国民经济的重要组成部分，随着科学技术的不断发展对煤炭生产自动化程度要求越来越高。因此，从事于煤炭生产的技术工人，要想正确地使用和维护电气设备，就必须掌握这些设备的工作原理、性能及技术要求。要掌握这些知识必须学习电工学。同时也为今后学习电子技术及专业课程奠定坚实的基础。因此，电工学是一门重要的技术基础课。

针对电工学这门课程的性质，本书着重介绍电路、磁路问题中的基本概念、基本理论及基本的计算技能；同时重点介绍了煤矿常用动力设备如变压器，异步电动机等的工作原理及特性；并且也介绍了一些常用的电工测量仪表。

电工学是一门理论性和系统性较强的课程，与生产实际有着密切的联系。学习电工学时，要注意以下几点：

（1）对基本概念及基本理论要深刻理解，并牢固掌握。在弄清物理概念的基础上，循序渐近，深入系统地学习。

（2）要理论与实际相结合。为此，必须重视电工实验课。通过实验巩固所学的理论知识，加深理解，学会一定的操作技能。

（3）通过写实验报告、习题课、做作业等，熟悉分析电路的基本方法和掌握必要的电工计算技能。

总之，只要我们认真学习、刻苦钻研，电工学这门课一定能学好。

第一章 直流电路

本章主要研究直流电路的基本概念，基本定律和分析电路的方法。它是进一步认识其它电路的基础，学习时，既要弄清各物理量的意义，又要学会灵活运用电路的基本定律，以解决电路中的具体问题。

第一节 电路基础

一、电路的概念

电路是电流经过的路径。一个完整的电路一般由四部分组成。

(1) 电源：是把其它能量转换成电能的设备，例如发电机（把机械能转换成电能）、蓄电池（把化学能转换成电能）等。

(2) 负载：是一种把电能转变成其它能量的设备，例如电炉（把电能转变成热能）、电动机（把电能转变成机械能）等。

(3) 连接导线：是传输电能的，例如把电源产生的电能输送给负载。

(4) 辅助设备：是用来控制电路的电气设备，例如开关、接线端子等。

如图1-1就是一个由电池（电源）、灯泡（负载）、连接导线和开关（辅助设备）组成的简单电路。

二、电路图

为了研究和绘制电路方便，在电工技术中，国家统一规定了一些符号来代替实物。

如图1-2是几种常用的电气设备的图形符号。用图形符号绘制的图称为电路图。图1-1b就是利用电工符号根据图1-1a绘成的电路图。电路图并不反映电路的几何尺寸和设备的具体结构，也不反映它的真实位置，也不要求按比例绘制。它只反映电路中在电气方面相互联系的实际情况，便于对电路进行分析和计算。它与机械图和电气装配图不同。

虽说电路是电流通过的道路，但要使电路中通过持续电流，还需要有两个条件：一是电路要形成闭合回路；二是电源两端要有电压。

如果图1-1b中的开关不闭合，灯泡就不会亮，因为电路没有形成闭合回路，电路中无电流。

如果图1-1b中的开关是闭合的，也就是具有了闭合回路，但电源两端没有电压（电位差），电路中也是不会有电流的，例如电池的电能用完了就是这种情况。

三、电场

大家知道，一切物质都是由分子和原子组成，而原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成。在正常情况下，二者正负电量相等，所以，物体对外界不显示任何电性。当人们用摩擦或感应等方法使物体失掉一些电子或获得一些电子时，就显示出电性了。失掉电子则显正电性，获得电子则显负电性，称这种物体为带电体。

人们很早就发现，在带电体的周围存在着一种特殊形态的物质——电场。电场的主要特征就是对置于电场内的电荷（很小的带电体），有电场力的作用。

通过实验可以看到,带电体形成的静电场,能使放入静电场的电荷受到力的作用。如图1-3所示,把微小的正电荷 q 放入正电荷 Q 形成的电场中,根据同性电荷相斥的原则, q 要受到 Q 的排斥。

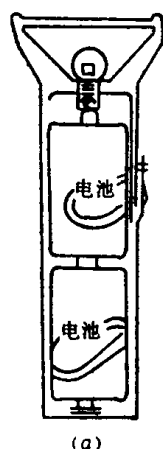


图 1-1 电路图

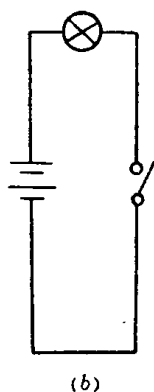


图 1-2 符号图

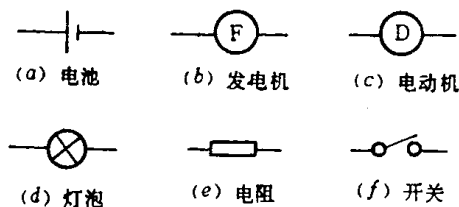


图 1-3 静电场

为了直观而形象地描绘静电场,人们把极微小的正电荷在电场中各点受力的方向作为切线方向而描绘出来的线称为电力线。因此,电力线具有以下性质:

- (1) 电力线的方向:由正电荷起到负电荷止;
- (2) 电力线上任何一点的切线方向,都是在该点放一个正电荷所受静电力的方向;
- (3) 电力线彼此不能相交。

图1-4 a和图1-4 b绘出了孤立带电球体的电力线;图1-4 c是两个异性带电球体形成电场的电力线;图1-4 d是两块板面很大、距离很近、带异性电荷平行板中间部分电场的电力线。

上面我们对静电场的性质进行了分析,下面再对它作定量分析。

1. 电场强度

我们把带电量很微小、尺寸也很微小的电荷放在静电场中(这样的电荷称为试验电荷。它小到放入所研究的电场中,不会改变这个电场的分布),我们发现,同一试验电荷在不同的电场内或同一电场内的不同点上,所受到的电场力不同,而且都有自己的大小和方向。如果在电场的一个固定点上进行试验,会发现一个引人注意的特性,那就是:改变试验电荷的电量,受力的大小也随着改变,且受力大小与试验电荷所带的电量成正比,或者说,它们的比值是一个固定的数值。可见,这个比值反映了电场在某一点的特性。

于是,我们把试验电荷在电场某一点所受的电场力 F 与试验电荷量 Q 的比值,定义为电场强度,即

$$E = \frac{F}{Q} \quad (1-1)$$

式中 E ——电场强度;

F ——电场力;

Q ——电荷量。

电场强度是反映电场对单位电荷作用力强弱程度的一个量,它不仅有大而且有方

向，是一个矢量。它的方向规定为正试验电荷在该点受力的方向。也可以把电力线叫电场强度线。电力线上任一点的切线方向和该点电场强度的方向是一致的。从图1-4可以看到，如果按电力线的作图规则，从正电荷指向负电荷（中途不能增减或中断），而且不能交叉，电力线分布的疏密程度也不一定相同。如带电球体的电场，越是靠近球体则电力线越密，这说明越是靠近球体，电场强度越强。所以，还可以用电力线的密度来表示电场强度的强弱。

我们把电场中各点的电场强度大小一样、方向一致，或电力线互相平行、均匀分布的电场称为均匀电场。图1-4 a、b、c 是不均匀电场，图1-4 d 为均匀电场。

2. 库仑定律

上面我们介绍了一个带电体的周围形成电场，并且指出了在电场某一点上单位正电荷所受的力，就是这一点的电场强度。下面讨论两个点电荷之间的作用力问题。什么是点电荷呢？如果两带电体，当它们尺寸的大小和它们之间的距离相比小到可以忽略不计时，这种带电体可以认为是点电荷。

实验证明，两个点电荷之间的作用力，和这两个点电荷电荷量的乘积成正比，和它们之间距离的平方成反比。如图1-5，两电荷之间的作用力可以写成：

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

写成等式为

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中 K ——为比例常数，它的数值与电场所在空间的介质（如空气、矿物油、云母等）有关。在实用单位制中

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

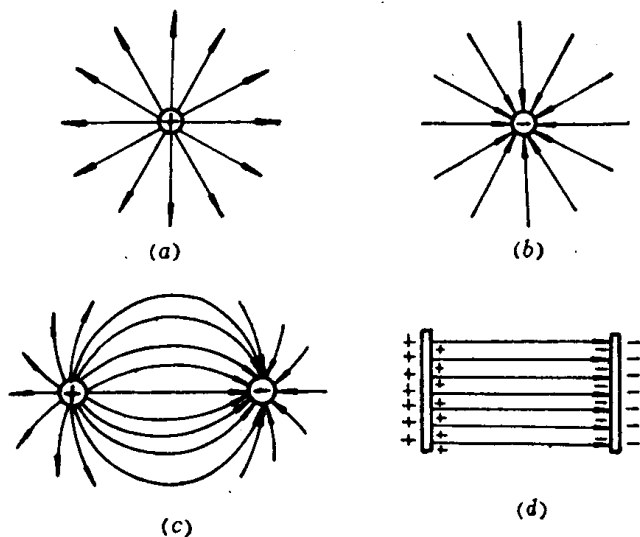


图 1-4 电力线

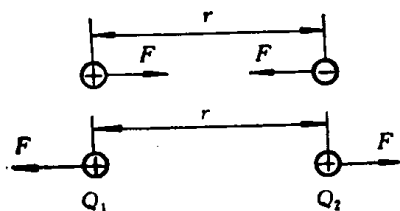


图 1-5 点电荷

将 K 代入 F 式中, 可得

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} \quad (1-2)$$

式中 Q_1 、 Q_2 ——点电荷的电量;

r ——两点电荷之间的距离;

ϵ ——电场所在空间的介电系数;

4π ——考虑单位制合理化的一个常数。

公式 (1-2) 就是库仑定律的表达式。

注意: 库仑定律的表达式只适用于计算点电荷之间的作用力, 而任意形状的两个带电体之间的作用力不能直接应用这个公式。

3. 介电系数

按照公式 (1-2), 在给定 Q_1 和 Q_2 以及 r 的情况下, 通过实验可以测出 F 力的大小, 因而可以计算出在各种介质情况下的介电系数值。例如在真空中做实验, 可以求出真空中的介电系数

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$$

其它介质中的介电系数与真空中介电系数的比值称做相对介电系数, 用 ϵ_r 表示, 即

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \text{ 或 } \epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

式中 ϵ_r ——相对介电系数;

ϵ_0 ——真空介电系数, $C/V \cdot m$;

ϵ ——介质的绝对介电系数。

表 1-1 列出了常见的几种物质的相对介电系数。因为空气的介电系数与真空中的介电系数相差甚微, 可以把空气的介电系数看成与真空的介电系数相等。

表 1-1 几种常用物质的相对介电系数

介 质	空 气	煤 油	矿物油	橡 皮	蜡 纸	瓷	蜡	云 母	玻 璃
ϵ_r	1.0006	2.0	2.2	2.7	4.3	5.8	7.8	6~7.5	5.5~8

4. 关于单位制

上面讲到的电场中的几个计算公式, 在进行定量运算时, 必须采用一定的计量单位制。本书采用国际单位制。由于在我国当前实际使用的一些技术资料中仍有个别单位为非国际制单位, 如磁感应强度的单位用高斯 (Gs) (化为国际单位制: $1Gs = 10^{-4}T$), 电阻系数的单位用欧·毫米²/米 ($\Omega \cdot mm^2/m$) 等, 本书引用的有关数据和例题中亦暂时使用此种单位。

国际单位制规定: 长度用米 (m) 做单位; 质量用公斤 (kg) 做单位; 时间用秒 (s) 做单位; 电流用安培 (A) 做单位等。利用这些基本单位就可以导出其它各物理量的单位。

第二节 电路的基本物理量

一、电 流

由第一章第一节中知道,原子是由原子核和围绕它运行的电子所构成。对金属来说,原子核外围的电子与原子核的结合力很弱,容易脱离原子核的引力而在金属内部自由移动。这些电子称为自由电子。

在一般情况下,自由电子的运动是杂乱的。电解液中的正负离子,也是在液体中自由移动,它们的运动也是杂乱的。当把导体接到电源上形成闭合电路后,电源就会在导体中形成电场,在电场力的作用下,金属内部的自由电子或电解液中的正负离子,便沿电场力的方向做有规则的运动,形成电流。我们所指的电流,就是指做定向有规则运动的电子流。我们所指的导体,就是指在电场力的作用下容易使其自由电子或离子做有规则的定向运动的导电物体。

1. 电流的大小

用单位时间内通过导体某一横截面的电荷量多少来衡量电流的大小,称做电流强度,简称电流,用 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-3)$$

式中 I ——电流, A;

Q ——电量, C;

t ——时间, s。

由(1-3)式可以导出电流的单位:

$$[I] = \left[\frac{Q}{t} \right] = \frac{\text{库仑(C)}}{\text{秒(s)}} = \text{安培 (A)}$$

1秒钟内通过1库仑的电荷量时的电流强度为1安培。计算微量电流时常采用毫安(mA)、微安(μ A)为单位,而计量大电流时则采用千安(kA)。

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}; 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}; 1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

测量电流的仪表称为电流表,由于量程不同,分别有安培表、毫安表等。

由定义可以看出,电流这一名词,既表示一种物理现象,又表示一种物理量。究竟指哪种,结合实际情况是不难领会的。

2. 电流的方向

由于历史上的原因,在习惯上将正电荷运动的方向作为电流的方向。

在图1-6中因为场强 E 是表示正电荷受力方向的,故知:电流的方向是和导体中场强 E 的方向是一致的。

3. 电流密度

同一电流通过不同的截面,其电流密度不同。单位截面内通过的电流称做电流密度。在直流电路中电流是均匀地分布在导体的横截面上,电流密度可用下式表示:

$$\delta = \frac{I}{S} \quad (1-4)$$

式中 δ ——电流密度, A/mm²;

I ——电流, A;

S ——导体截面, mm^2 。

例如一根导体, 截面 $S = 4\text{mm}^2$, 通过的电流 $I = 20\text{A}$, 那么电流密度为:

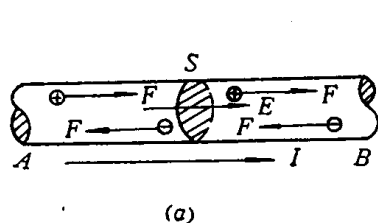
$$j = \frac{I}{S} = \frac{20}{4} = 5\text{A/mm}^2$$

从 (1-4) 式可以看出, 同一电流 I 通过导体时, 导体截面 S 越小, 则电流密度 j 越大。

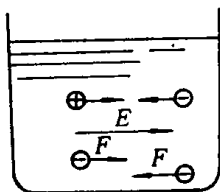
二、电压和电位

1. 电压

大家知道, 电路中的电流大小与导体中电场强弱有关。尽管如此, 通常很少直接应用电场强度 E 来说明电路的工作状态, 而多采用电压来描述电路的工作情况。因为两点间的电压可以很方便地用仪表进行测量。



(a)



(b)

图 1-6 电流的形成

a—金属导体中的电流; b—电解液中的电流

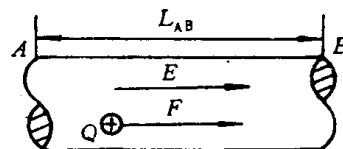


图 1-7 电压

图1-7表示长度为 L_{AB} 的一段导体, 其中有电场在作用, 场强为 E , 设在电场力 F 作用下正电荷 Q 由 A 移到 B , 移动的距离为 L_{AB} , 则电场力将作功:

$$A = F \cdot L_{AB}$$

从物理学中知道, 电场力移动单位正电荷 Q 由 A 点到 B 点所作的功, 定义为 A 、 B 两点间的电压 (电位差), 即

$$U_{AB} = \frac{A}{Q} \quad (1-5)$$

电压的单位是:

$$[U] = \left[\frac{A}{Q} \right] = \frac{\text{焦耳(J)}}{\text{库仑(C)}} = \text{伏特(V)}$$

就是说, 把 1 库仑的电荷量, 从一点移到另一点, 电场力作的功是 1 焦耳, 那么这两点间的电压就是 1 伏特, 简称伏, 用 V 表示。

测量电压的仪表叫电压表。

计量低电压时还可采用毫伏 (mV)、微伏 (μV) 作单位, 而计量高电压时则采用千伏 (kV) 作单位。

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}, 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}, 1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

在均匀电场中 $A = F \cdot L_{AB}$, 代入 (1-5) 式中, 可得到匀强电场中的电压:

$$U_{AB} = \frac{F \cdot L_{AB}}{Q} = \frac{F}{Q} \cdot L_{AB} = E \cdot L_{AB} \quad (1-6)$$

即对一定长度的导体来说, 电压与电场强度成正比。在实践中我们发现导体两端电压越高, 电流就越大, 导体中的电场就越强。

由(1-6)式可以顺便导出电场强度的单位:

$$[E] = \left[\frac{U}{L} \right] = \frac{\text{伏}}{\text{米}} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

2. 电位

除电压外, 在电工技术中还经常用电位这个物理量, 并把电压叫做电位差。那么什么是电位呢? 下面我们就来研究这个问题。

在电场中, 我们指定一点“0”做参考点, 而把电场中任意点A与参考点之间的电压 U_{A0} 称为该点的电位, 用 φ 表示。如A点的电位可以写成 φ_A 。

电位参考点(指定电位是零的点)是可以任意选择的。在工程技术上常选“大地”为电位参考点, 而把某点对地电压的大小看成该点电位的高低。当没有明确接地点时, 也可以任选一点为电位参考点。但必须指出, 在同一个系统中, 只能选一个参考点。比参考点高的电位为正电位, 比参考点低的电位为负电位。要比较同一电场中的两个点的电位高低, 应把它们分别与参考点比较之后才能判断。如A点比参考点高2V, B点比参考点高3V, 就可知道B点比A点高1V。可见, 不确定参考点是无法确定某一点的电位的。

还应指出, 当电位参考点选定以后, 电路中各点的电位, 只有一个固定的单一数值, 叫做电位单值性原理。

电位和电压是什么关系呢? 下面我们来讨论电场中任意两点A和B的电位(φ_A 和 φ_B)与这两点间的电压 U_{AB} 的关系。仍然取0点为电位参考点, 则

$$\varphi_A = U_{A0}; \quad \varphi_B = U_{B0}$$

两点电位之差为:

$$\varphi_A - \varphi_B = U_{A0} - U_{B0} = U_{A0} + U_{0B} \quad (\text{因为 } U_{B0} = -U_{0B})$$

这里($U_{A0} + U_{0B}$)就是电场力将单位正电荷从A点经过参考点移到B点所做的功, 也就是A到B两点间的电压 U_{AB} , 即

$$U_{A0} + U_{0B} = U_{AB}$$

或

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

所以说, 电场中A, B两点间的电压就等于A、B两点的电位之差。电压用两个字母标注其下角, 电位用一个字母标注下角。电位和电压的单位都是伏(V)。

电压与电位都是表示电场力推动单位正电荷做功多少的物理量, 这是相同之处。它们的区别是电路中某两点间电压的大小是绝对的, 而某点电位的大小则是相对的。电压的方向总是从高电位点到低电位点, 即电位降的方向(习惯上称为电压降)。

为了计算和研究问题方便, 电压和电流都可选定一个正方向。当电压的方向与所选定的正方向一致时, 电压为正值, 反之为负值。

三、电动势

在电路中, 如仅仅存在电场力是不可能维持恒定电流的。这是由于电场力在推动电荷做功的同时, 电场力本身也在逐渐减少。