



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电工基础

主编 刘志平



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

电 工 基 础

主	编	刘志平
责	任主审	吴锡龙
审	稿	蔡雪祥



高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材。

本书内容由必学、选学(*)、应用(* *)三部分组成,其中包括:直流电路基础知识、直流电路、电容器、磁与电磁感应、正弦交流电路、三相交流电路和电动机、变压器、供电与照明简介、非正弦交流电路、瞬态过程、信号与系统概述。本书概念清楚、重点突出、语言通顺易懂;力争做到教法与学法并重;既注重基础性、应用性及通过训练培养能力,又便于学生自学。

本书采用模块式结构,可供中等职业学校3年制电类专业使用,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/刘志平主编. —北京:高等教育出版社,
2001.7 (2007 重印)
ISBN 978 - 7 - 04 - 009983 - 6

I . 电… II . 刘… III . 电工学-专业学校-教材
IV . TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 036027 号

电工基础
刘志平 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
排 版	高等教育出版社照排中心		http://www.landaco.com.cn
印 刷	河北新华印刷一厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2001 年 7 月第 1 版
印 张	15.75	印 次	2007 年 5 月第 9 次印刷
字 数	380 000	定 价	16.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 9983 - 00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教材需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

前 言

本书根据 2000 年 8 月教育部颁发的中等职业学校电类专业 3、4 年制通用《电工基础教学大纲》编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。本书现被列为中等职业教育国家规划教材。

本书以提高学生全面素质为基础,以培养能力为重点。努力做到教法与学法并重,基础与提高兼顾,科学性和实用性相结合,力争编出以下特点:紧扣大纲,降低难度;打好基础,讲练结合;分层教学,讲究实用;提高素质,注重能力;大胆改革,勇于创新;兼顾考工,接轨高职。

紧扣大纲,降低难度——教材从职业岗位群对人才的需求出发,紧扣大纲,理论联系实际,达到课程教学目标的要求。面对生源现状,适当降低起点,注意由已知到未知的自然转化,注意与九年制义务教育接轨。

打好基础,讲练结合——新颁《电工基础教学大纲》指出:电工基础是中等职业学校电类专业的一门技术基础课程,它是学习后续课程必备的基础知识,是劳动部门对电类专业考工的必考内容。打好基础就是为学生考工、上岗、升高职、转岗打下良好的基础。为此,要加强对基本概念、定律、方法的讲解与运用。为加深理解与记忆,每节后配备巩固性练习,帮助学生理解基本概念,提高运用基本定律解决问题的能力。讲练结合,使学生在理解的基础上加深记忆。

分层教学,讲究实用——考虑到目前学生水平参差不齐,需要实施分层教学。教材的内容和习题由必学、选讲(打*)、应用与实践(打**)三部分组成。学校可根据实际需求及学生情况安排教学;学生可根据个人情况自主选学。教材内容尽量选择了联系生产和生活的实例,一方面激发学生的学习兴趣,另一方面讲一些常见设备,有实践机会,可解决实际问题,实用性强。

提高素质,注重能力——全面推进素质教育,培养适应 21 世纪现代化需要的社会主义新人,这是时代的需要。创新是素质教育的核心,本教材不仅仅局限于单纯地讲述前人积累的知识和经验,而是积极带领学生去探索、实践,培养学生分析、解决问题的能力,实践能力,创新能力。

大胆改革,勇于创新——教材内容要有新意,教法学法要有新路,评价方法要大胆革新。本教材删除了过多的理论推导、电路计算、陈旧的知识,精选了例题和习题。将强弱电知识有机地结合起来,适应了强弱电技术互相渗透、互相融合的发展趋势。将近年来电工专业新知识、新技术、新工艺中成熟的内容,编入教材之中。

兼顾考工,接轨高职——编者认真研究了有关部委关于电类专业的考工要求,也认真研究了高职升学考纲,确保本教材能兼顾考工、接轨高职。

根据教学大纲要求,完成本课程理论教学共需 100 学时,考虑到知识的衔接,便于教师讲解和学生自学,本书在内容编排上对教学大纲的内容顺序进行了调整、组合,但涵盖了教学大纲的各项要求。如互感的有关内容,没有将其按照教学大纲单独设章,而是讲完自感后过渡到互感的内容。各部分内容学时分配参考表如下:

模 块	内 容	小计	学时分配		
			讲课	习题课	辅导 与讨 论课
基 础 模 块	一、直流电路基础知识	12	8	2	8
	二、直流电路	14	10	4	
	三、电容器	4	4		
	四、磁与电磁感应	6	6		
	五、正弦交流电路	22	14	4	
	六、三相交流电路	12	8	2	
	合 计	70	50	12	8
* 选 用 模 块	一、互感	4	4		
	二、谐振	4	4		
	三、非正弦交流电路	4	4		
	四、瞬态过程	6	6		
	五、磁路与铁心线圈	6	6		
	六、信号与系统概述	4	4		
	合 计	28	28		
	本模块最少选用学时	20			
** 应 用 模 块	本模块最少选用学时	6			6
机 动		4			
建议总学时		100			

本书末还附有九个实验,主要用来帮助学生加深对理论知识的理解。

本书由北京教科院刘志平主编,参加编写工作的有电子工业出版社林培,北京电子工业学校蔡继勇、北京教科院职成所苏永昌、首钢技校张长泊、北京 128 中学范国祥、福建省职教中心陈观诚、北京西城电子电器职教中心廖爽等老师。本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定,由上海大学吴锡龙教授任责任主审,上海交通大学蔡雪祥教授审稿,高等教育出版社另聘请北方交通大学王明思副教授和苏州高级工业学校周绍敏老师审阅了全书,他们提出了许多宝贵的修改意见。在本书编写过程中,还得到了国家职业技能鉴定专家委员会和北京市职业技能开发协会有关专家、领导及电类专业高级考评师的帮助和指导,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2001 年 2 月

目 录

第一章 电路基础知识	1	§ 4-2 磁场强度	67
§ 1-1 库仑定律	1	* § 4-3 铁磁物质的磁化与磁滞回线 ...	70
§ 1-2 电场和电场强度	3	* § 4-4 磁路的欧姆定律	73
§ 1-3 电流	5	§ 4-5 电磁感应现象	75
§ 1-4 电压和电位	7	§ 4-6 电磁感应定律	76
§ 1-5 电源和电动势	8	§ 4-7 电感器	79
§ 1-6 电阻和电阻定律	10	* § 4-8 自感与互感	82
§ 1-7 电路和欧姆定律	12	* * § 4-9 互感线圈的同名端及实验	
§ 1-8 电能和电功率	15	判定	85
§ 1-9 电源的最大输出功率	17	* * § 4-10 涡流、涡流的用途及危害	87
小结	18	§ 4-11 线圈中的磁场能	88
习题	20	小结	90
第二章 直流电路	21	习题	90
§ 2-1 电阻串联电路	21	第五章 正弦交流电路	92
§ 2-2 电阻并联电路	24	§ 5-1 正弦交流电的基本概念	93
§ 2-3 电阻混联电路	27	§ 5-2 旋转矢量	99
§ 2-4 电池的连接	30	§ 5-3 纯电阻电路	102
§ 2-5 电路中各点电位的计算	32	§ 5-4 纯电感电路	106
§ 2-6 基尔霍夫定律	34	§ 5-5 纯电容电路	111
§ 2-7 支路电流法	37	§ 5-6 RL 串联电路	115
§ 2-8 电压源与电流源及其等效		§ 5-7 RC 串联电路	120
变换	39	§ 5-8 RLC 串联电路	124
§ 2-9 戴维宁定理	42	* § 5-9 串联谐振电路	128
§ 2-10 叠加定理	44	* § 5-10 实际线圈与电容并联电路	134
小结	46	* § 5-11 并联谐振电路	138
习题	47	* * § 5-12 提高功率因数的意义和	
第三章 电容器	49	方法	142
§ 3-1 电容器与电容	49	小结	146
§ 3-2 电容器的参数和种类	52	习题	147
§ 3-3 电容器的连接	54	第六章 三相交流电路和电动机	150
§ 3-4 电容器中的电场能	58	§ 6-1 三相交流电源	150
小结	61	§ 6-2 三相负载的连接	153
习题	62	§ 6-3 三相电路的功率	159
第四章 磁与电磁感应	63	* * § 6-4 三相笼型异步电动机	162
§ 4-1 磁感应强度和磁通	63	* * § 6-5 三相异步电动机的起动	167

* * § 6-6 单相异步电动机	169	* 第十章 瞬态过程	211
* * § 6-7 安全用电	172	§ 10-1 瞬态过程的基本概念	211
小结	175	§ 10-2 RC 电路的瞬态过程	214
习题	176	§ 10-3 RL 电路的瞬态过程	217
* * 第七章 变压器	179	小结	219
§ 7-1 变压器的构造	179	习题	220
§ 7-2 变压器的工作原理	181	* 第十一章 信号与系统概述	221
§ 7-3 变压器的功率和效率	184	§ 11-1 信号	221
§ 7-4 几种常用变压器	186	§ 11-2 调制与解调	225
小结	190	§ 11-3 信号与系统	227
习题	191	小结	229
* * 第八章 供电与照明简介	192	习题	229
§ 8-1 供电简介	192	实验	230
§ 8-2 配电导线的选择	194	实验一 伏安法测电阻	230
§ 8-3 熔断器的选择	197	实验二 电源电动势和内阻的测定	231
§ 8-4 常用照明光源	198	实验三 验证基尔霍夫定律	232
§ 8-5 节约电能	202	实验四 验证戴维宁定理	234
小结	203	实验五 验证纯电感、纯电容电路电	
习题	203	流、电压间相位关系	235
* 第九章 非正弦交流电路	205	实验六 RC 串联电路的阻抗角和电	
§ 9-1 非正弦交流电的产生	205	压三角形	237
§ 9-2 非正弦交流电的分解	207	* 实验七 RLC 串联谐振电路	238
§ 9-3 非正弦交流电的有效值和平		* * 实验八 日光灯电路及功率因数的	
均值	209	提高	240
小结	210	实验九 三相负载的星形与三角形联	
习题	210	结	241

第一章 电路基础知识

本章讲述电学的基本物理量,研究库仑定律、欧姆定律及电路工作状态。本章是全书的理论基础。

§ 1-1 库 仑 定 律

学习目标:

1. 了解库仑定律。
2. 掌握电荷量的单位。

当物体受到摩擦等作用时,造成物体的电子过多或不足,物体就带了电,或者说带了电荷。自然界中存在着两种电荷,即正电荷和负电荷。电荷之间存在相互作用力,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。电荷的多少叫电荷量,用字母 Q (或 q) 表示。在国际单位制中,电荷量的单位名称是库仑,用字母 C 表示。

1785 年法国物理学家库仑对静止的点电荷间的相互作用力所遵循的规律进行了科学的实验研究,得出了著名的库仑定律,即:在真空中两个点电荷间的作用力的大小与它们所带电荷量的乘积成正比,与它们之间距离的平方成反比,作用力的方向在它们的连线上。静止的点电荷之间的这种作用力叫静电力或库仑力。

只有当带电体的几何线度(直径)远远小于带电体间的距离时,带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计,这样的带电体可以看成点电荷。

对于电荷量分别为 q_1 、 q_2 的两个点电荷,它们之间的距离为 r , F 表示它们之间的静电力,则库仑定律可用公式表示为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{式 } 1-1)$$

式中 q_1 、 q_2 ——点电荷电荷量,单位是库[仑]^①,符号为 C ;

r ——两个点电荷间的距离,单位是米,符号为 m ;

k ——静电恒量, $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$;

F ——静电力,单位是牛[顿],符号为 N 。

学习和应用库仑定律,特别要注意下面两个问题:

- (1) 库仑定律只适用于计算两个点电荷间的相互作用力,非点电荷间的相互作用力,库仑定

① 本书文字中方括号内为可以省去的字,省去后为简称,也是单位的中文符号。

律不适用。

(2) 应用库仑定律求点电荷间相互作用力时,不用把表示正、负电荷的“+”、“-”符号代入公式中,计算过程中可用绝对值计算,其结果可根据电荷的正、负确定作用力为引力或斥力以及作用力的方向。

【例题1】 两个点电荷电荷量 $q_1 = -4 \times 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = -1.2 \times 10^{-6} \text{ C}$,在真空中的距离 $r = 0.4 \text{ m}$,求两个点电荷间作用力的大小及方向。

解: 根据库仑定律

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^{-6}}{0.4^2} = 0.27 \text{ N}$$

作用力的方向在两个点电荷的连线上。因为同带负电荷,所以作用力为斥力。

【例题2】 两个点电荷分别带电荷量 q_A 和 q_B ,当它们间的距离 $r_1 = 3 \text{ m}$ 时,相互作用力 $F_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ N}$,当它们间的距离 $r_2 = 1 \text{ m}$ 时,相互作用力 F_2 是多大?

解: 根据库仑定律,可列出如下两个方程

$$F_1 = k \frac{q_A q_B}{r_1^2} \quad \text{①}$$

$$F_2 = k \frac{q_A q_B}{r_2^2} \quad \text{②}$$

由①得

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

则

$$F_2 = \frac{F_1 r_1^2}{r_2^2} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 3^2}{1^2} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

练 习

- 自然界中只有____、____两种电荷。电荷间存在____力,同种电荷互相____,异种电荷互相____。
- 真空中有 A、B 两个点电荷,A 的电荷量是 B 的电荷量的 4 倍,则:
 - A 对 B 的作用力是 B 对 A 的作用力的____倍;
 - 若把 A、B 的电荷量都增加为原来的 2 倍,那么,它们之间的作用力变为原来的____倍;
 - 若保持 A、B 所带的电荷量不变,将它们之间的距离增大为原来的 3 倍,那么它们之间的作用力变为原来的____倍;
 - 若保持 A 的电荷量不变,B 的电荷量变为原来的 4 倍,要使相互作用力不变,必须使它们之间的距离变为原来的____倍;
 - 把 A、B 的电荷量都增大为原来的 4 倍,要使它们之间的相互作用力保持不变,它们之间的距离必须变为原来的____倍。

§ 1-2 电场和电场强度

学习目标:

1. 了解电场和电场强度的概念。
2. 了解电力线的特征。

一、电场

力是物体间的相互作用。初中物理讲的力多是物体直接接触而产生的相互作用力,而静电力如同万有引力一样是由特殊物质作媒介而发生相互作用的。这种存在于电荷周围空间,对电荷有作用力的特殊物质叫电场。电场不同于一般由原子、分子组成的物质,它是一种看不见摸不着的特殊物质,同其它物质一样,是不依赖人的感觉而客观存在的。电荷间相互作用的静电力,是依靠电场来实现的,实际上是一个电荷的电场对另一个电荷的作用,因此静电力又常称做电场力。电荷与它周围空间的电场是一个统一的整体。

电场具有两个重要的特性:

- (1) 位于电场中的任何带电体,都要受到电场力的作用。
- (2) 带电体在电场中受到电场力的作用而移动时,电场力对带电体做功,这说明电场具有能量。

二、电场强度

一般常用检验电荷来探测、研究电场的性质。检验电荷是带正电且电荷量很小的点电荷,它所带电荷量很小,是为了使检验电荷的电场不致影响原来的电场,可以科学准确地研究原来电场的特性。

在真空中正点电荷 Q 产生的电场中,将检验电荷 q 分别放在距场源 Q 的距离为 r_A 、 r_B 、 r_C 的各点 A、B、C,如图 1-1 所示。各点电场力的大小由库仑定律可知

$$F_A = k \frac{qQ}{r_A^2}$$

$$F_B = k \frac{qQ}{r_B^2}$$

$$F_C = k \frac{qQ}{r_C^2}$$

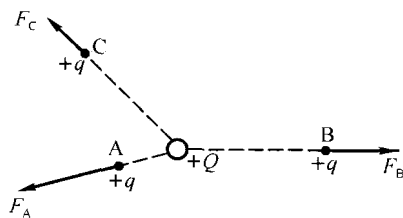


图 1-1 点电荷产生的电场

由此可以看出,同一检验电荷在电场中不同的位置,所受到的电场力的大小和方向是不同的,距 Q 越近的地方, q 受到的电场力越大,那里的电场就越强,电场中不同位置的各点的电场强弱不同,方向不同。

对于电场中某一确定的点(如 A 点),不同的检验电荷 q 、 $2q$ 、 $3q$ 、 $\cdots$ 、 nq 在该点所受到的电场力分别为 F 、 $2F$ 、 $3F$ 、 $\cdots$ 、 nF 。很容易看出,放在 A 点的检验电荷所受的电场力与检验电荷的电荷量的比 $\left(\frac{F}{q}\right)$,不随检验电荷的电荷量而改变,它是一个恒量。对于电场中不同位置的点,都有

一个确定的 $\frac{F}{q}$ 的比值与之对应。这个比值只与场源电荷 Q 及该点所在电场中的位置有关,与检验电荷无关。比值大的地方,电荷在该点受到的电场力就越大。 $\frac{F}{q}$ 反映了电场中不同位置上电场力的特性,为了表示电场的这种性质,引入电场强度这个物理量。

检验电荷在电场中某一点所受电场力 F 与检验电荷的电荷量 q 的比值叫做该点的电场强度,简称场强。用公式表示为

$$E = \frac{F}{q} \tag{式 1-2}$$

式中 F ——检验电荷所受电场力,单位是牛[顿],符号为 N;
 q ——检验电荷的电荷量,单位是库[仑],符号为 C;
 E ——电场强度,单位是伏[特]每米,符号为 V/m。

电场强度是矢量,既有大小又有方向。电场中某点的场强方向,就是正电荷在该点所受电场力的方向。

在图 1-1 中,A 点的场强为

$$E_A = \frac{F_A}{q} = \frac{k \frac{qQ}{r_A^2}}{q} = k \frac{Q}{r_A^2}$$

E_A 与 F_A 方向相同, E_A 的大小只和 Q 与 r_A 有关,和检验电荷电荷量 q 无关。

三、电力线

为了形象地描述电场中各点场强的大小和方向,采用了电力线(假想曲线)图示法,在电场中画出一系列从正电荷出发到负电荷终止的曲线,使曲线上每一点的切线方向都和该点的电场强度方向一致,这些曲线叫做电力线。几种常见的电力线如图 1-2 所示。

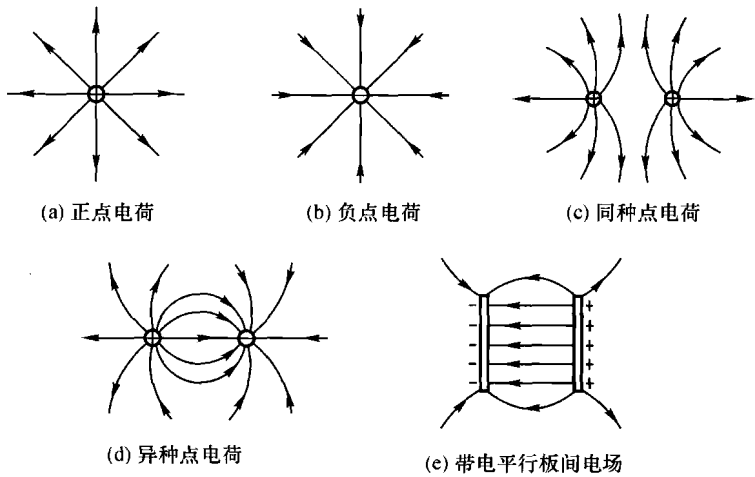


图 1-2 几种常见的电力线

电力线具有以下特征:

(1) 在静电场中,电力线总是起于正电荷而终止于负电荷(或无穷远)。

(2) 任何两条电力线都不会相交。

在图 1-2(e)所示的平行板间电场中,其内部电场中各点场强的大小处处相等,方向相同,这种电场叫匀强电场。匀强电场的电力线是平行等距的。

【例题】 检验电荷的电荷量 $q = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$,在电场中 P 点受到的电场力 $F = 18 \text{ N}$,求该点电场强度。若检验电荷放在 P 点,电荷量 $q' = 6 \times 10^{-9} \text{ C}$,检验电荷所受电场力是多少?

解:根据电场强度的定义

$$E = \frac{F}{q} = \frac{18}{3 \times 10^{-9}} = 6 \times 10^9 \text{ V/m}$$

由于电场中某点场强与检验电荷无关,所以 P 点场强不变, q' 所受电场力 F' 为

$$F' = Eq' = 6 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-9} = 36 \text{ N}$$

练 习

1. 填空题

(1) 电场强度是____量,它既有____又有____。

(2) 电场具有____和____两个重要特性。

(3) 在正电荷 Q 产生的电场中的 P 点,放一检验电荷 $q = 5 \times 10^{-9} \text{ C}$,它受到的电场力为 10^{-8} N ,则 P 点场强的大小为____N/C,方向是____;将检验电荷从 P 点取走,P 点场强的大小为____N/C,方向是____。

2. 回答问题

(1) “电场强度的方向总是跟电场力的方向一致。”这句话对吗?为什么?

(2) “电荷在电场中受到的电场力越大,该点的电场强度也就越大。”这种说法对吗?为什么?

(3) 为什么电场中的任何两条电力线不会相交?

§ 1-3 电 流

学习目标:

1. 理解电流的概念。

2. 掌握电流的方向及参考方向。

3. 掌握电流的单位。

一、电流

电荷的定向运动叫做电流。金属导体中的自由电子在电场力作用下的定向运动,电解液中的正、负离子在电场力作用下向着相反方向的运动等都叫做电流。

电流是一种物理现象,又是一个表示带电粒子定向运动的强弱的物理量。电流在量值上等于通过导体横截面的电荷量 q 和通过这些电荷量所用时间 t 的比值。用公式表示为

$$I = \frac{q}{t} \quad (\text{式 1-3})$$

式中 q ——通过导体横截面的电荷量,单位是库[仑],符号为 C;

t ——通过电荷量 q 所用的时间,单位是秒,符号为 s;

I ——电流,单位是安[培],符号为 A。

如果在 1 s 内,通过导体横截面的电荷量是 1 C,导体中的电流是 1 A。

在国际单位制中,电流的常用单位还有毫安(mA)和微安(μA):

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

二、电流的方向

规定正电荷定向运动的方向为电流方向。在金属导体中,电流的方向与自由电子运动方向相反。

在电路计算时,有很多情况是事先无法确定电路中电流的真实方向,为了计算方便,常常事先假定一个电流方向(假想的电流方向),称为参考方向。用箭头在电路图中标明电流的参考方向,如果计算的结果电流为正值,那么电流的真实方向与参考方向一致;如果计算的结果电流为负值,那么电流的真实方向与参考方向相反。若不规定电流的参考方向,电流的正负号是无意义的。

电流是一个标量,电流方向只表明电荷的定向运动方向。如果电流的大小和方向都不随时间变化,这样的电流叫直流电流或稳恒电流,如图 1-3(a)所示。如果电流的大小随时间变化,但方向不随时间变化的电流叫脉动电流,如图 1-3(b)所示。如果电流的大小和方向都随时间变化,这样的电流叫交流电流,如图 1-3(c)所示。

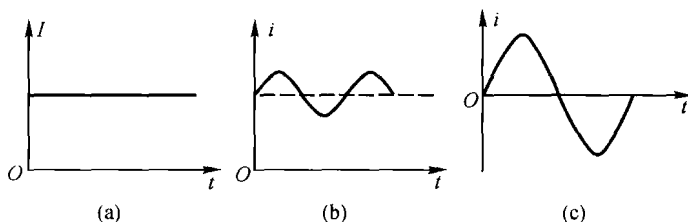


图 1-3 直流电流、脉动电流与交流电流

【例题】 在 5 min 时间内,通过导体横截面的电荷量为 3.6 C,求电流是多少安,合多少毫安?

解: 根据电流的定义式

$$I = \frac{q}{t} = \frac{3.6}{5 \times 60} = 0.012 \text{ A} = 12 \text{ mA}$$

练 习

1. 规定____定向运动的方向为电流方向。金属导体中自由电子的定向运动方向与电流方向是____的。
2. 通过一个电阻的电流是 5 A,经过 3 min,通过这个电阻横截面的电荷量是____C。

3. 若 3 min 通过导体横截面的电荷量是 1.8 C, 则导体中的电流是 _____ A。
 4. 导体中的电流为 0.5 A, 在 _____ min 时, 通过导体横截面的电荷量为 12 C。

§ 1-4 电压和电位

学习目标:

1. 理解电压和电位的概念。
2. 掌握电压和电位间的关系及参考方向。
3. 掌握电压和电位的单位。

一、电压

电荷在电场中受到电场力作用移动时, 电场力要做功。在图 1-4 所示匀强电场中, 电荷 q 在电场力作用下, 由 a 移动到 b, 如果电荷 q 移动的距离是 L_{ab} , 那么电场力对电荷做的功为

$$W = FL_{ab}$$

为了衡量电场力做功能力的大小, 引入电压这个物理量。a、b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把电荷由 a 移到 b 所做的功 W , 与被移动电荷电荷量 q 的比, 可用下式表示

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (\text{式 1-4})$$

式中 q ——由 a 点移到 b 点的电荷量, 单位是库[仑], 符号为 C;
 W_{ab} ——电场力将 q 由 a 移到 b 所做的功, 单位是焦[耳], 符号为 J;

U_{ab} ——a、b 两点间的电压, 单位是伏[特], 符号为 V。

在国际单位制中, 电压的常用单位还有千伏(kV)和毫伏(mV):

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

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

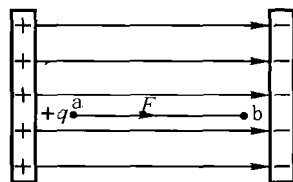


图 1-4 匀强电场中电场力对电荷做功

二、电位

正电荷 q 在电场力的作用下由 a 移动到 b, 电场力做功, 电荷失去能量。因此, 正电荷在 a 点具有比 b 点更大的能量。正电荷在电路中某点所具有的能量与电荷所带电荷量的比叫做该点的电位。在讨论电位问题时, 首先要选参考点(假定该点电位为零), 电路中各点的电位是相对的, 与参考点的选择有关。某点电位等于该点与参考点间的电压。比参考点高的电位为正, 比参考点低电位为负。在图 1-4 中, 如果用符号 V_a 表示 a 点电位, V_b 表示 b 点电位。若 $V_b = 0$, 则 $V_a > 0$; 若 $V_a = 0$, 则 $V_b < 0$ 。不管如何选定参考点, a 点电位永远高于 b 点电位, 即 $V_a > V_b$ 。由此可见, 电场力对正电荷做功的方向就是电位降低的方向。因此规定电压的方向由高电位指向低电位, 即电位降低的方向。电压的方向可以用高电位指向低电位的箭头表示, 也可以用高电位标“+”, 低电位标“-”来表示。

和电流相似, 在电路计算时, 事前无法确定电压的真实方向, 常事先选定参考方向, 用“+、

“-”标在电路图中,如果计算的结果电压为正值,那么电压的真实方向和参考方向一致;如果计算的结果电压为负值,那么电压的真实方向和参考方向相反。

在电路中 a、b 两点间的电压等于 a、b 两点间的电位之差。即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (\text{式 1-5})$$

两点间的电压也叫两点间电位差。讲到电压必须说明是哪两点间的电压。

特别应当提出的是,电压和电位都是反映电场或电路能量特性的物理量,二者既有联系又有区别。电位是相对的,它的大小与参考点选择有关;电压是不变的,它的大小与参考点选择无关。电位的参考点可任意选择,但是一个电路中只能选一个参考点。

【例题】 在电场中有 a、b、c 三点,某电荷电荷量 $q = 5 \times 10^{-2} \text{ C}$,电荷由 a 移动到 b 电场力做功 2 J,电荷由 b 移动到 c 电场力做功 3 J,以 b 为参考点,试求 a 点和 c 点电位。

解:以 b 点为参考点,则 $V_b = 0 \text{ V}$,根据电压定义式

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{2}{5 \times 10^{-2}} = 40 \text{ V}$$

又因为

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

则

$$V_a = 40 \text{ V}$$

同样

$$U_{bc} = \frac{W_{bc}}{q} = \frac{3}{5 \times 10^{-2}} = 60 \text{ V}$$

$$U_{bc} = V_b - V_c \quad 0 - V_c = 60 \quad V_c = -60 \text{ V}$$

练 习

1. 电路中 a、b 两点的电位分别为 V_a 、 V_b ,则 a、b 两点间的电压 $U_{ab} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
2. 把 $q = 1.5 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从电场中的 A 点移到电位 $V_B = 100 \text{ V}$ 的 B 点,电场力做 $3 \times 10^{-8} \text{ J}$ 的负功,那么 A 点电位 $V_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$;若将电荷从 A 点移至 C 点电场力做 $6 \times 10^{-6} \text{ J}$ 的正功,则 C 点电位 $V_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$,B、C 间电压 $U_{BC} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ 。

§ 1-5 电源和电动势

学习目标:

1. 了解电源的概念及电源种类。
2. 了解电动势的概念。
3. 理解电动势内部的电流方向。

一、电源

电源是把其它形式能转换成电能的装置。电源种类很多,如:干电池或蓄电池把化学能转换

成电能;光电池把太阳的光能转化成电能;发电机把机械能转化成电能等等。电源正极电位高,负极电位低,接通负载后,在电源外部的电路中电流从高电位流向低电位;在电源内部电流则从负极流向正极。

二、电源电动势

1. 电源力

在电场力的作用下,正电荷总是由高电位经过负载移动到低电位,如图 1-5 所示。当正电荷由极板 A 经外电路移到极板 B 时,与极板 B 上的负电荷中和,使 A、B 极板上聚集的正、负电荷数减少,两极板间电位差随之减少,电流随之减小,直至正、负电荷完全中和,电流中断。要保证电路中有持续不断的电流, A、B 极板间必须有一个与电场力 F_2 的方向相反的非静电力 F_1 存在,它能把正电荷从 B 极板源源不断地移到 A 极板,保证 A、B 两极板间电压不变,电路中才能有持续不变的电流。这种存在于电源内部的非静电性质的力 F_1 叫做电源力。

2. 电动势

在电源内部,电源力不断地把正电荷从低电位移到高电位。在这个过程中,电源力要反抗电场力做功,这个做功过程就是电源将其它形式的能转换成电能的过程。对于不同的电源,电源力做功的性质和大小不同,为此引入电动势这个物理量。

在电源内部,电源力把正电荷从低电位(负极板),移到高电位(正极板)反抗电场力所做的功与被移动电荷的电荷量的比,叫做电源的电动势。用公式表示为

$$E = \frac{W}{q} \quad (\text{式 1-6})$$

式中 W ——电源力移动正电荷做的功,单位是焦[耳],符号为 J;

q ——电源力移动的电荷量,单位是库[仑],符号为 C;

E ——电源电动势,单位是伏[特],符号为 V。

电源内部电源力的方向由负极指向正极,因此电源电动势的方向规定为由电源的负极(低电位)指向正极(高电位)。

在电源内部的电路中,电源力移动正电荷形成电流,电流的方向是从负极指向正极;在电源外部的电路中,电场力移动正电荷形成电流,电流方向是从正极指向负极。

特别应当指出的是电动势与电压是两个物理意义不同的物理量。电动势存在于电源内部,是衡量电源力做功本领的物理量;电压存在于电源的内、外部,是衡量电场力做功本领的物理量。电动势的方向从负极指向正极,即电位升高的方向;电压的方向是从正极指向负极,即电位降低的方向。

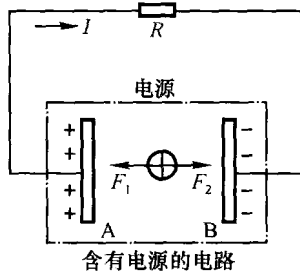


图 1-5 含有电源的电路

练 习

1. 把_____的能转换成_____能的设备叫电源。在电源内部电源力把正电荷从电源的_____极移到电源的_____极。