



电力成人中专教材

电工与电子

(I 电工技术)

王世才 主编

北京科学技术出版社

电力成人中专教材

电工与电子

I 电工技术

王世才 主编

北京科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子(Ⅰ)(Ⅱ)/王世才·李保朝主编. —北京:北京科学技术出版社,1998.8

电力成人中专教材

ISBN 7-5304-2113-1

I. 电… II. 王·李… III. 电工·电子技术-成人教育-中等教育-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 25226 号

北京科学技术出版社
(北京西直门南大街 16 号)
邮政编码:100035

各地新华书店经销

三河腾飞胶印厂印刷

* 787×1092 16 开本 12.25 印张 300 千字

1998 年 8 月第一版 1998 年 8 月第一次印刷

印数 1~10000 册

定价:13.00

前 言

为适应电力系统函授中等专业教育的发展,我们在修订电力成人中等专业学校函授教学计划和教学大纲的基础上,组织编写了中专函授教材,以适应教学的需要。

新编的函授教材,吸收了近几年来教学改革成果和经验,立足于调整课程结构,更新教学内容,提高教育质量。因此,在内容的深度和广度上,努力贯彻“少而精”和“理论联系实际”的原则,既注重了基础知识和基本技能,更重视知识的综合运用及知识与能力的转化,使教材更加贴近实际,贴近应用;在文字的叙述上,力求简明、精当、通俗,便于自学,易于理解;在编排形式上,将课程内容与学习指导融为一体,使之具有函授教材的鲜明特色。

针对函授学习的特点,教材在结构上力求做到突出重点,讲清概念,着重培养科学的思维方法和分析解决问题的能力。同时,教材注重于对学习思路和自学方法的指导。全书的开始增加了本课程函授学习的说明、学时分配和教学进程的建议;在每个学习阶段前后,编写了内容提要和学习指导,旨在对所学内容提出要求,对学习思路加以点拨,对重点难点进行解析和指津,使学生不再被动地在茫茫的教材中苦苦追求,而是引导学生看清知识的经纬,有目的地去探求,去思考、分析、比较、归纳和总结。此外,结合函授学习的间歇性,按学习阶段配置了测验作业,以达到边学边练的目的。从而帮助学生理清头绪,加深理解,开拓思路,巩固概念,真正将自学的钥匙送到学生手中。

函授中等专业教育起步较晚,教学改革有待深入,对函授教材应该怎样编写,教与学两方面有哪些要求,我们虽然作了一些调查研究,但是由于缺乏足够的感性认识,加上时间短促,书中难免有缺点或错误,恳请使用本书的读者提出宝贵意见。

中国电力企业联合会教育培训部

一九九七年十月

电力成人中专教材编委会

名誉主任：李宝棋

主 任：徐玉华

副 主 任：胡建平 徐建华 潘劲松

委 员：石 玲 田金玉 曲福根 孙昌人 孙振富
李小白 李宝棋 李保朝 李泽榕 杨 忠
杨同勋 杨胜渤 易大贤 金忠贤 张 鹏
陈勤奇 胡建平 贺相巍 贾长坤 徐元浩
徐玉华 徐建华 晏成新 黄杭生 曹 云
焦方豪 陶 明 潘劲松

秘 书 长：金忠贤(兼)

编者的话

本书是根据 1997 年电力成人中等教育委员会函授工作部颁发的电力成人中等专业学校热动类专业《电工学函授教学大纲》编写的。

全书共九章,内容包括:电路的基本概念和基本分析方法、磁场和磁路、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、变压器、直流电机、三相异步电动机、同步发电机、发电厂的厂用电及常用低压电器。书中每节末附有练习与思考题,每章末附有习题,并附有阶段测验题。

本书为电力成人中等专业学校热动类专业的函授教材,也可供同类专业的中等专业学校学生和工程技术人员参考。

本书由合肥电力职工中专学校王世才老师主编,其中第一、二、三、五、六、八章由王世才老师编写;第四、七、九章由内蒙古电力职工中专学校曹云老师编写;全书由西北电业职工中专学校金惠国老师审阅。

由于编者的学识水平所限,书中疏漏乃至错误之处恐所难免,敬请读者批评指正。

编者

1998 年 6 月

本课程的任务、内容和函授教学方法

一、本课程的任务

“电工学”是非电专业的一门技术基础课。本课程的任务是使学生获得必要的电磁场的知识;掌握电路的基本概念、基本规律及基本分析方法;熟悉变压器和旋转电机的基本结构、基本工作原理及运行特性;了解发电厂的厂用电、常用低压电器及安全用电方面的知识;掌握基本的实验技能;培养学生分析问题、解决问题和自学的能力。为学习后续课程、从事工程技术工作和进一步学习新知识、新技术打下必要的基础。

二、本课程的内容体系

本教材共九章,内容包括电工理论基础、电机学、发电厂的厂用电及常用低压电器三大部分。电工理论基础部分包括第1章至第4章,在初中物理学的基础上(新编教学计划中不单设物理课),介绍电磁场的基本知识及电路的基本理论。电磁场的知识是电路理论的基础,电磁场的内容是根据讨论电路和磁路问题的需要而介绍的。电路理论是电工理论基础部分的核心。电机学部分包括第5章至第8章,简要介绍变压器、直流电机、三相异步电动机、同步发电机的基本结构,基本工作原理和运行特性。发电厂的厂用电及常用低压电器部分为第9章,主要介绍发电厂厂用电的接线方式,常用低压电器的基本构造和工作原理,安全用电常识。

三、函授教学形式和教学活动

函授教学是以自学为主,面授辅导为辅的一种特殊的教学形式。函授教学过程是分散自学与集中面授交叉进行的过程,在这个过程中完成阅读教材、作业、面授、辅导答疑、实验、考试六个教学环节。函授生在完成各个教学环节的过程中,应注意方法,讲究效果。方法得当,才能事半功倍。现结合本课程,提出在完成各个教学环节的过程中应注意的一些问题,以供参考。

(一) 阅读教材

阅读是获取知识的重要途径,阅读教材是函授教学的中心环节。我们必须学会阅读,养成良好的阅读习惯,提高阅读的能力。阅读时应注意以下几点:

1. 遵循学科知识的规律,坚持循序渐进

在学习上,要持之以恒、循序渐进,不要想一步登天,不能“走捷径”。巴甫洛夫先生曾经异常激动地告诫我们:“要循序渐进、循序渐进、循序渐进。你们从一开始工作起,就得在积累知识方面养成严格循序渐进的习惯”。

科学有自身的规律,每一学科知识都有一定的演进顺序和逻辑顺序。学习时只有循着

学科知识的发展线索和逻辑线索,逐步地向前推进,才能使学习活动得以顺利地进行,才能提高学习效率。“电工学”课程,特别是其中的电工理论基础部分具有较强的系统性、连贯性,前后内容密切联系,后者往往以前者作为基础。因而阅读时遵循循序渐进的原则尤为重要。要按照自学计划,踏踏实实地依次学习各章节的内容。

2. 开动脑筋,积极思考

学习的过程就是认识的过程。“认识的真正任务在于经过感觉而达到于思维。”(毛泽东语)读书的关键在于思考,读书而不认真思考,粗枝大叶,不求甚解,必将迷惑而无所获。正所谓:“学而不思则罔”。只有深入思考,反复推敲、揣摩,才能真正领悟出书中的奥妙,才能掌握知识的真谛。

古人云:“为学患无疑,疑则有进”。发现矛盾,明确问题的过程正是积极思维的过程。“思源于疑”,从一定意义上讲,疑问和困惑能够推动人们去思考,促进认识的深化。只有不断提出问题,并不断寻求答案的人,才会有所发现,有所发明,有所前进。因此,我们在阅读教材时,不要满足于教材中的论述,不要停留于对表象的理解,要善于置疑发问,善于发掘问题。例如,对于教材中引入的概念,可以提出下述问题:1)概念是如何引入的?2)为什么要引入这个概念?3)概念的内涵和外延是什么?4)此概念与其他概念有何联系和区别?对于教材中的定理、定律和公式,可以从以下几个方面来思考:1)定理和定律的含义、公式中各物理量的物理意义是什么?2)定理、定律和公式的应用条件是什么?为什么要限定这个条件?3)如何证明定理和定律?怎样推导出这个公式?(教学上对于证明和推导不作要求的例外)4)定理、定律和公式可用以解决什么样的问题?5)怎样应用定理、定律和公式来分析问题,解决问题?等等。

3. 勤于动笔,善于归纳

动笔,就是在阅读时进行圈点、画线、评注、摘抄,写总结和体会等工作。

阅读时用圈、点、线等符号标出重要的词句或段落,以示明重点、难点之所在,以此引起重视,以便于今后复习和查阅。养成圈点、画线的习惯,有利于培养抓重点、发现难点的能力。

阅读时可针对教材的内容、写作方法上的优缺点,用简明扼要的语言写出批语,表示自己的看法和主张。要养成写注释的习惯,给生字注音,给疑难词句作注释,注明参考文献,注明公式、定律、定理及各种规律的适用范围或限制条件等等。读书时进行评注,对于促进思考,加深对教材内容的理解,对于提高分析、鉴赏、质疑的能力是十分有益的。

读后要及时地进行归纳、总结和摘抄。摘出教材中的精要之处,用极精练的语言概括教材中各章节的主要内容;写出提纲式的摘要;归纳出教材中的知识框架或知识网络;总结出本学科的基本规律和基本分析方法,整理出分析各个基本规律的思路 and 前提,整理出各种分析方法的具体步骤及应用注意事项等等。在熟读书本之后,通过自己的分析、综合,用自己最概括的语言和文字把书中的内容描述出来或记录下来,这是把书本上的死知识转化为自己能够使用的活知识的一种有效的方法。这样做不仅有利于掌握书本知识,还能够锻炼归纳、概括的能力,同时还有利于积累读书所得的资料。

4. 养成记忆的习惯,提高记忆能力

读书的终极目标是用书,既然要用就得熟透,就得将书本知识变成自己的东西。“要使书中的知识化为自身的经验,自必从记忆入手。”(叶圣陶语)

记忆要讲究方法,对于无意义的或意义较少的材料需要运用机械记忆进行记忆;记忆有

意义的材料应采用意义记忆。我们强调的是在理解基础上的意义记忆,因为只有理解了的东西才容易记忆,才能记得牢,理解了的知识才能用以分析问题、解决问题。记忆的内容应该是必需的基本知识,记忆的对象应该是阅读后总结出来的要点。要学会适用心理学所揭示的记忆规律进行记忆,记忆要有信心;记忆要有明确的目的和任务;要系统地、联系地、有规律地进行记忆,不要孤立地记忆知识。要重视复习对记忆所起的作用,复习必须在遗忘尚未开始之前进行,要及时、经常地复习学习过的知识,使记忆得以保持和巩固。

(二) 作业

做作业的过程是运用理论知识分析、解决具体问题的过程,是理论应用于实际的过程。做作业的目的是为了消化和巩固所学的知识,形成熟练技能和技巧,提高运用知识和技能独立解决问题的能力。

函授生应按时完成平时作业和阶段测验作业。有余力的同学可额外地做些习题和思考题。解题时应注意下述几点:1)应独立完成,不要依赖别人、依赖《习题解答》,更不要抄袭;2)解题应在掌握教材内容之后进行;3)解题过程中的每一步骤,每一观点都必须有确切的理论依据;4)解题步骤应是科学的、规范的,演算应力求准确无误;5)解题时应注重于掌握分析问题的思路,解决问题的原则、途径和方法,解题的技巧。

(三) 面授

面授是函授教学的重要环节,面授一般是在函授生自学教材之后进行。面授的主要任务是:1)对教材内容进行归纳、总结,形成知识框架或网络,使知识系统化、条理化,使函授生对所学知识形成整体概念;2)精练地讲述每章的知识点,重在强调重点,剖析难点,使函授生能够掌握重点,解决难点,全面、深刻地理解教材内容;3)分析解答典型的例题,归纳、总结出分析问题的方法体系,分析学生解题时可能出现的错误,传授解题经验和技巧,使学生学会应用所学知识分析问题,解决问题。

(四) 辅导答疑

辅导答疑是函授教学必要的环节。辅导答疑有以下几方面的工作:给学生解答疑难问题;纠正作业中出现的具有共同性的问题;指导学习方法;对学习较好的学生作提高性指导;开展辅助教学活动,如看教学录相或影片等。

辅导答疑的形式可以是个别辅导或集体辅导,可以是教师讲课或组织学生讨论。

(五) 实验

实验是实践性教学环节,是理论联系实际的重要手段。实验在“电工技术”这门课程的教学占有很重要的地位。通过实验可达到以下目的:1)验证、深化、巩固所学的理论知识;2)训练学生的基本技能,如正确使用常见的电工仪器、仪表,掌握基本的电工测试技术、电工操作技术、实验方法及数据分析处理等;3)培养学生的实际工作能力,如培养学生观察和研究电磁现象及规律的能力、分析解决实际问题的能力;4)培养学生实事求是、一丝不苟的工作作风和严格、严密、严肃的科学态度。

学生应按教学大纲的要求完成规定的实验项目。实验前必须认真阅读实验指导书,结合实验原理复习有关理论,明确实验目的、任务和注意事项,熟悉实验原理、方法和步骤。实验过程中正确地使用各种仪器、仪表和设备,正确地接线。严格遵守安全用电制度和操作规程,注意人身和设备的安全。认真观察实验现象,仔细读取数据。实验后要按要求认真编写实验报告。

(六) 考试

考试或测验是测量和评价学生学业成绩的一种形式,是教学效果上的反馈环节。通过考试或测验,使老师了解自己的教学效果,了解学生在知识、技能和能力方面的情况,以利于调整教学工作,提高教学质量;使学生全面、系统地复习功课,巩固和加深所学的知识,了解自己的学习效果,明确努力方向,激励学生奋发学习。

四、本课程的学时分配及教学进程

按照电力成人中等专业学校热动类专业函授教学计划规定,本课程的教学应在一个学期内完成。教学过程分为两个阶段,第一阶段学习电工理论基础部分,第二阶段学习电机学和发电厂厂用电及常用低压电器部分,每阶段结束完成一次测验作业。面授可分两次进行,期末安排复习考试。本课程的学时分配及教学进程见下表:

教学 阶段	教 学 内 容	教学 时数	教 学 方 式				
			自学	测验 作业	讲课	实验	考试
I	第1章 电路的基本概念和基本分析方法	18	9		7	2	
	第2章 磁场和磁路	10	6		4		
	第3章 单相正弦交流电路	18	9		7	2	
	第4章 三相正弦交流电路	6	3		3		
	第一次测验作业	2		2			
II	第5章 变压器	8	5		3		
	第6章 直流电机	4	2		2		
	第7章 三相异步电动机	8	4		2	2	
	第8章 同步发电机	6	4		2		
	第9章 发电厂的厂用电及常用低压电器	6	4		4		
	第二次测验作业	2		2			
	考 试	2					2
	总 学 时	90	46	4	32	6	2

几点说明:

- (1) 各章自学时数包括阅读教材、平时作业、实验预习、完成实验报告的时间;
- (2) 各章讲课时数包括面授讲课和辅导答疑的时间;
- (3) 本课程的教学阶段的划分、集中面授次数和时间的安排均是建议性的,各函授站可根据具体情况制定教学进程,但教学时数和教学顺序不应任意变更。

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法	(1)
§ 1.1 电路的组成与作用	(1)
§ 1.2 电路的物理量	(2)
§ 1.3 欧姆定律与电阻元件	(10)
§ 1.4 电压源、电流源及两种电源模型的等效变换	(12)
§ 1.5 基尔霍夫定律	(18)
§ 1.6 电阻的串联、并联及混联	(23)
§ 1.7 叠加定理	(26)
§ 1.8 戴维南定理	(29)
§ 1.9 电容与电容元件	(32)
学习指导	(34)
习 题	(37)
第 2 章 磁场和磁路	(41)
§ 2.1 磁场	(41)
§ 2.2 磁场的基本物理量	(44)
§ 2.3 铁磁性物质的磁化特性	(47)
§ 2.4 磁路及磁路定律	(50)
§ 2.5 磁场对载流导线的作用力	(53)
§ 2.6 电磁感应	(55)
§ 2.7 电感与电感元件	(61)
学习指导	(65)
习 题	(67)
第 3 章 单相正弦交流电路	(69)
§ 3.1 正弦交流电的基本概念	(69)
§ 3.2 正弦量的相量表示法	(74)
§ 3.3 正弦交流电路中的电阻、电感和电容	(77)
§ 3.4 电阻、电感和电容元件串联的正弦交流电路	(85)
学习指导	(91)
习 题	(93)
第 4 章 三相正弦交流电路	(96)
§ 4.1 对称三相正弦电压	(96)
§ 4.2 三相电源的联接	(98)
§ 4.3 三相负载的联接	(101)
§ 4.4 三相电路的功率	(108)

学习指导.....	(109)
习 题	(110)
阶段测验题.....	(111)
第 5 章 变压器.....	(115)
§ 5.1 变压器的基本结构及铭牌数据	(115)
§ 5.2 变压器的工作原理	(118)
§ 5.3 三相变压器	(125)
§ 5.4 特殊变压器	(127)
学习指导.....	(130)
习 题	(132)
第 6 章 直流电机.....	(133)
§ 6.1 直流电机的基本结构及铭牌数据	(133)
§ 6.2 直流电机的基本工作原理	(137)
学习指导.....	(140)
习 题	(140)
第 7 章 三相异步电动机.....	(141)
§ 7.1 异步电动机的基本结构	(141)
§ 7.2 异步电动机的基本工作原理	(142)
§ 7.3 异步电动机的运行原理	(146)
§ 7.4 异步电动机的起动与调速	(150)
§ 7.5 异步电动机的铭牌数据	(153)
学习指导.....	(154)
习 题	(156)
第 8 章 同步发电机.....	(158)
§ 8.1 同步发电机的基本工作原理及基本结构	(158)
§ 8.2 同步发电机的运行原理	(161)
学习指导.....	(166)
习 题	(166)
第 9 章 发电厂的厂用电及常用低压电器.....	(168)
§ 9.1 发电厂的厂用电	(168)
§ 9.2 常用控制电器	(170)
§ 9.3 简单控制环节	(174)
§ 9.4 安全用电	(176)
学习指导.....	(178)
习 题	(180)
阶段测验题.....	(181)

第 1 章 电路的基本概念和基本分析方法

〔内容提要〕

本章介绍三个方面的内容:电路的基本概念,电路所遵循的基本定律和电路的分析方法。

本章所介绍的电路的基本概念包括:电路的组成与作用,电路中的电压、电位、电流、电动势、电能和电功率等物理量,物理量的参考方向,电阻、电容、电压源、电流源等理想电路元件。

本章介绍的电路基本定律有欧姆定律和基尔霍夫定律。

线性电路的分析方法可分为两大类:网络方程法和等效变换法。本章介绍了网络方程法中最基本的方法——支路电流法;本章介绍的等效变换法有:电阻串并联的等效变换,两种电源模型的等效变换,叠加定理,戴维南定理。

本章内容是本课程的基础,学好本章内容是学好本课程的关键。

§ 1.1 电路的组成与作用

电路是由若干个电气设备或器件按照一定的方式联接起来而构成的电流通路。

现代社会中的各个领域都存在着形形色色的电路。它们的结构形式是多种多样的,它们所完成的任务也是各不相同的。但就其主要功能而言,可以分为两类:一类是实现电能的传输和转换的电路;另一类是实现信号的传递和处理的电路。

电力系统是传输和转换电能的电路的最典型的例子,图 1-1 展示了一个简单电力系统的结构概貌。这类电路包括电源、负载和中间环节三个组成部分。

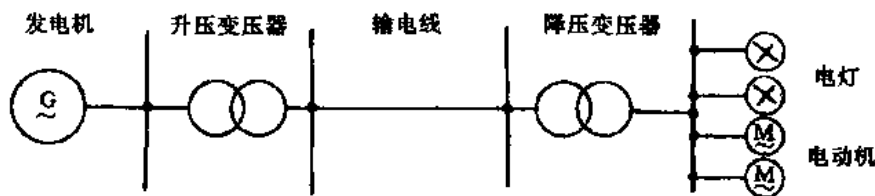


图 1-1 简单电力系统示意图

系统中的发电机是电源。电源是供应电能的设备,它将其它形式的能量转换为电能。发电厂中的发电机组将热能或水能、原子能等转换为电能。常用的电源除发电机外,还有各类电池,干电池、蓄电池将化学能转换为电能。

电灯、电动机等是负载。负载是取用电能的设备,它将电能转换为其它形式的能量。电灯和电动机分别将电能转变为光能和机械能。

变压器、输电线等设备是中间环节。中间环节是用以传输、分配、控制电能的设备。

无线电通信,广播电视,自动控制,计算机等系统中的电路大都是以传递和处理信号为主要目的的电路。常见的例子如电视机中的电路,电视机的天线从空中接收到电视台发射出来的载有图象和伴音信息的高频信号,通过机内的调谐、变频、放大、检波等环节进行一系列加工处理,最后将加工后的视频信号(图象的电信号)和音频信号(伴音的电信号)分别送到显象管和扬声器,显象管将视频信号还原成图象,扬声器将音频信号还原成伴音,这样便产生了有声有色,声象并茂的电视节目。

这类电路的结构分为信号源、负载和中间环节三个部分。信号源是提供信号的设备。电视机的天线对机内电路而言是信号源,它为机内电路提供电信号。负载是接受和转换信号的设备。电视机中的显象管和扬声器是电视机电路的负载,它们接受电路提供的电信号,并把它转换为光信号和音响信号。用以传递、加工信号的设备为电路的中间环节。电视机中接于天线与显象管、扬声器之间的导线及开关旋钮、各环节的电路等都属于中间环节。

上面所说的电路是实际电路,实际电路是由实际的电气设备或器件组成的。为了便于对实际电路进行分析研究,需要将实际电路抽象为理想化的电路模型。用理想电路元件或理想电路元件的组合模拟实际电路中的电气设备和器件之后所得到的理想化的电路,称为实际电路的电路模型。理想电路元件是具有明确的物理含义和确定的电磁性质的假想元件,它具有严格的定义,它的特性可以用数学手段确切地加以描述。理想电路元件是电路模型的基本构造单元,以这些基本构造单元为基石,可构成各种实际电路的电路模型。电路理论所研究的电路就是由理想电路元件相互连接而构成的电路。我们以后将要讨论的电阻元件、电感元件、电容元件、电压源、电流源都是理想电路元件。

§ 1.2 电路的物理量

用于描述电路状态或元件特性的物理量有电压、电流、电动势、电能、电功率、电荷、磁通等。为了分析、计算电路,首先需要弄清这些物理量的含义。本节重点介绍前五个物理量。

一、电压与电位

由物理学可知,在空间上相隔一定距离的两电荷之间存在着相互作用力。这种相互作用力的存在说明电荷周围存在着一种物质。我们把电荷周围空间存在着的,能够对其他电荷产生作用力的这种特殊形态的物质称为电场。相对于观察者静止的电荷周围所存在的电场称为静电场。电场对电荷的作用力称为电场力。理论和实验告诉我们,任何电荷都要在自己周围的空间产生电场;引入电场中的任何其他电荷都要受到电场力的作用;当电荷在电场中运动时,电场力将对电荷作功。理论可以证明,静电场力对电荷所作的功只与电荷电量的大小及其起点和终点的位置有关,而与运动的路径无关。例如,在 P 点处,有一带正电的点电荷 q ,如图 1-2 所示。处于点电荷 q 的电场中 a 点的实验电荷 q_0 受到的电场力为 F 。当 q_0 从 a 点向 b 点运动时,电场力将对 q_0 作功。若 q_0 沿直线 ab 从 a 点移到 b 点,电场力所作的功为 W_{ab} ,则 q_0 从 a 点经任意路径(如图中所示路径 acb)到达 b 点,电场力所作的功均为 W_{ab} 。

为了衡量电场对电荷作功的能力,引入电压这一物理量。我们把单位正电荷在电场中从 a 点移到 b 点时电场力所作的功称为 a 、 b 两点间的电压,用 U_{ab} 表示,即

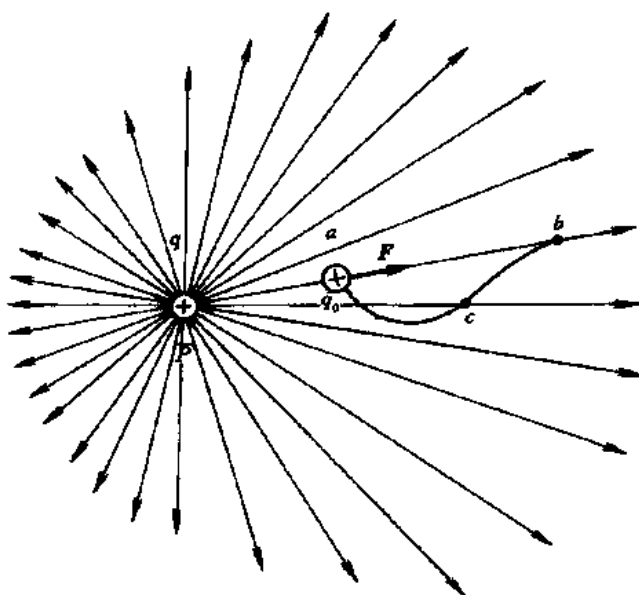


图 1-2 电场力对电荷做功

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q_0} \quad (1-1)$$

在国际单位制中,常用的电压单位有伏特(V)、千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。1 伏特=1 焦耳/库仑,它表示当电场力把 1 库仑的电荷从一点移到另一点所作的功为 1 焦耳时,该两点间的电压为 1 伏特。上述电压单位之间的换算关系如下:

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

为了便于计量较大或较小的物理量,常常需要在主单位前加上词头,构成十进倍数单位和分数单位,在国际单位制中,用于构成十进倍数和分数单位的常用词头如下表所示。

表 1-1 用于构成十进倍数和分数单位的常用词头

因数	词头名称		符号	因数	词头名称		符号
	原文(法)	中文			原文(法)	中文	
10^9	giga	吉	G	10^{-2}	Centi	厘	C
10^6	méga	兆	M	10^{-3}	milli	毫	m
10^3	kilo	千	k	10^{-6}	micro	微	μ
10^2	hecto	百	h	10^{-9}	nano	纳	n
10^1	déca	十	da	10^{-12}	pico	皮	p

力对物体所作的功有正、负之分。电场力对电荷做功的正、负取决于电场力方向及电荷的运动方向。当电荷沿着电场力的方向运动时,电场力作正功,而当电荷逆着电场力的方向运动时,电场力作负功。对于电场中的 ab 两点而言,正电荷在这两点间的移动方向有两种可能的情况:从 a 移到 b 或从 b 移到 a ,当正电荷移动的方向确定时,电场力对正电荷做功的情况仍有两种可能:作正功或作负功。鉴于这些情况的存在,为了研究问题的方便,人们给电压规定了方向。习惯规定:如果正电荷从 a 点移到 b 点时电场力作正功,则从 a 点指向 b 点的

方向为这两点间电压的方向。由这一规定可知,在电路中,电压的方向就是正电荷在电场力的作用下运动的方向。例如,对于图 1-3 所示电路,根据电源的极性可确定,正电荷在电场力作用下应从 a 点经电阻 R 移向 b 点。因此, a 、 b 两点间电压的方向是由 a 点指向 b 点(如图中虚线箭头所示)。

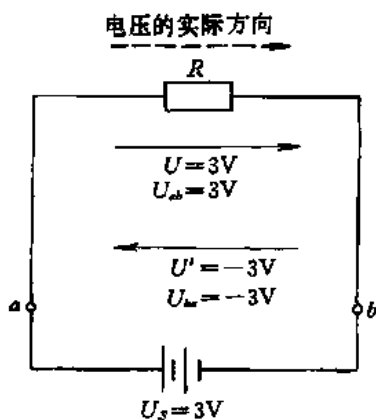


图 1-3 电压的实际方向和参考方向

电压的方向是客观存在的,故有时也称为电压的实际方向。在分析较复杂的电路时,电压的实际方向往往难于事先确知。对于交流电路而言,电压的实际方向随时间而变,因而也难于在电路中标出,而分析、计算电路是以一定的电压、电流、电动势的方向为前提的。没有方向无法确立它们之间的关系,无法建立电路方程,为此,引入参考方向这一概念。为了便于对电路进行分析与计算,人为地给电压、电流、电动势等物理量选定一个方向,并规定当物理量的实际方向与所选定的方向相同时,其值为正;当物理量的实际方向与所选定的方向相反时,其值为负。我们把所选定的这个方向称为该物理量的参考方向。

电压的参考方向可用箭头表示,也可用双下标表示。例如,图 1-3 中电阻 R 两端的电压的参考方向,若选定为从 a 点指向 b 点,则可用 U_{ab} 或用从 a 点指向 b 点的箭头(图中 U 的参考方向)表示;若选定为从 b 点指向 a 点,则可用 U_{ba} 或用从 b 点指向 a 点的箭头(图中 U' 的参考方向)表示。因为 U 及 U_{ab} 的参考方向与实际方向相同,故 U 及 U_{ab} 为正值,而因 U' 及 U_{ba} 的参考方向与实际方向相反,故 U' 及 U_{ba} 为负值。

在理解“参考方向”这一概念时,应注意两点:1)实际方向是确定的,客观存在的,而参考方向则是任意选择的,它本身并不反映电路中的真实物理状况,只是一个参照对象;2)物理量的正、负值及表示物理量之间关系的方程式都是相对一定的参考方向而言的,脱离参考方向,它们就失去了意义。

大小和方向均不随时间变化的电压称为恒定电压或直流电压,用大写字母 U 表示。大小或方向随时间而变的电压称为变动电压,用小写字母 u 表示。

在电场中任意选定一点 o 作为参考点,我们把电场中任意点 a 与参考点 o 之间的电压 U_{ao} 称为 a 点的电位,用 φ_a 表示,即

$$\varphi_a = U_{ao} \quad (1-2)$$

由电位的定义可知,参考点的电位就是参考点到参考点的电压,显然,参考点的电位为零。

电位的单位与电压的单位相同。

因为单位正电荷从 a 点经参考点 o 移到 b 点时电场力对电荷所作的功等于单位正电荷从 a 点移到 o 点时电场力作的功与从 o 点移到 b 点时电场力作的功之和,所以

$$U_{ab} = U_{ao} + U_{ob}$$

根据功的概念可知,正电荷从 o 点移到 b 点时电场力所作的功与正电荷从 b 点移到 o 点时电场力所作的功之间相差一个负号,因此可得, $U_{ob} = -U_{bo}$, 根据上面三式可得

$$U_{ab} = U_{ao} - U_{bo} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-3)$$

由此可见,电场中任意两点间的电压等于这两点的电位之差。所以电压又称电位差。

由上式可知,若 $U_{ab} > 0$, 则 $\varphi_a > \varphi_b$, 即 a 点电位高于 b 点电位; 若 $U_{ab} < 0$, 则 $\varphi_a < \varphi_b$, 即 a 点电位低于 b 点电位。高电位点用“+”号表示, 称为正极; 低电位点用“-”号表示, 称为负极。在引入电位概念之后, 可以说, 电压的实际方向规定为由高电位点指向低电位点, 即由“+”极指向“-”极。这表明电压的实际方向可用“+”、“-”极性来表示。表示电压实际方向的极性反映着两点实际电位的高低, 称为真实极性。电压的参考方向也可用“+”、“-”极性来表示。表示电压参考方向的极性是任意假定的, “+”极表示假定的高电位点, “-”极表示假定的低电位点, 电压的参考方向是由假定的“+”极指向假定的“-”极。这种极性称为参考极性。以参考极性为前提, 对电路进行分析、计算, 若计算结果的电压数值为正, 则表明电压的真实极性与参考极性相同; 若计算结果的电压数值为负, 则表明电压的真实极性与参考极性相反。

二、电流

电流是指电荷有规则的定向流动。在金属导体中电流是带负电的自由电子定向流动形成的, 而在电解液中, 电流是由正、负离子定向运动形成的。在气态导体中, 电流是由正离子和电子定向运动而形成的。电荷为什么会有规则地定向运动呢? 我们利用图 1-4 来说明这一问题。电源内部存在着一种非静电力, 通常称为电源力, 它能够使电源内部的正、负电荷分离, 使之聚积于电源两端。聚积于电源两端的正负电荷在其周围空间建立电场, 使电源两端产生电压。当我们用导线将负载(图中的灯泡)与电源联接起来构成通路时, 金属导体中的自由电子及电源负极上的负电荷在电场力的作用下, 向电源正极方向作定向运动, 因而在电路中形成电流。到达电源正极的负电荷将与聚积于正极的正电荷中和。可以想象, 如果仅有电场力的作用, 如此下去, 电源两极上的电荷将逐渐减少, 导体中的电场也将随之逐渐减弱, 电源两端的电压, 导体中的电流也都将逐渐减小, 直至等于零。然而, 事实并非如此, 因为电源内部的电源力能够克服电场力的作用, 不断地将电源负极的正电荷经电源内部推向电源的正极, 使两极上的电荷不断地得到补充, 使电源两极的电荷维持恒定, 从而维持导体中的电场恒定。因此, 电路中能够形成持续不断的电流。

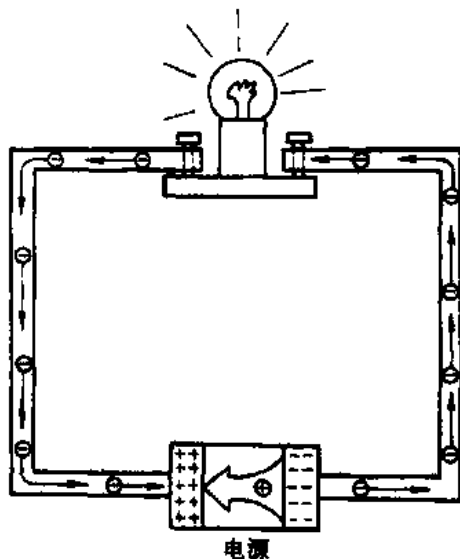


图 1-4 电流的产生

由上述物理过程的分析可知, 产生持续电流需要三个条件: 1) 存在可以自由移动的电荷; 2) 存在电源; 3) 存在由导体构成的闭合电路。(注: 超导体例外; 位移电流、运流电流例外。)

电流的强弱用电流强度 i 来描述。单位时间内通过导体任一横截面的电量称为电流强度。电流强度通常简称为电流。这样一来“电流”这一概念有两种内涵, 它既表示电荷定向运动这种物理现象, 又代表电流强度这一物理量。它的具体含义需要根据具体语境来确定。

如果在极短的时间间隔 dt 内, 通过导体横截面 S (如图 1-5 所示) 的电量为 dq , 那么导