

高等学校教学参考书

电 工 基 础

(修订本)

上 册

俞 大 光 编

高等教育出版社

再版序言

自本书初版問世以来,得到各方面的关怀和重視,許多学校已用作教本。在使用过程中,发现本书存在不少缺点,各方面的讀者提出了許多建設性的意見,对这次修訂工作帮助很大。

修訂本在取材方面基本上是根据 1962 年 5 月审訂的“电工基础教学大綱(試行草案)”(240 学时),并力求貫徹“少而精”的教学原則,以利于当前的教学工作。

修訂本上册内容包括大綱的第一部分“电路和磁路”(一)、“集中参数綫性电路中的稳定状态”的全部内容;初版中列入中册的“三相电路”一章和“铁心变压器”的一些內容移到了上册;本版对圓图、旋轉磁場、对称分量法等不一定划入本課程的內容則作了大幅度的壓縮;并刪去了某些次要內容,如:輸电綫在終端的調压、有互感两綫圈并联时的等效电感、有互感电路的迴路电流法等;有些次要內容則改成了小字体,如:电源的联接法、朗日万定理的证明、非正弦电流电路中的共振現象、三相制中的高次諧波等。另一方面,也增添了一些內容,如:对偶原理、靜电电路、三相功率的測量等,这些也都排成小字体。在使用本书教学时,凡小字体的內容均可根据实际需要和可能而有所取舍,这样做并不会影响到內容的联貫性和体系的完整性。

本版基本上保留了原有的体系,即先讲路后讲場;路的部分先讲集中参数后讲分布参数;而对集中参数先讲稳定状态后讲过渡过程,先讲綫性后讲非綫性。許多学校认为网络計算放在直流电路中較为合适,但有一些学校持不同意見。編者认为这些意見各有其理,所提方案也各有所长,学术上还可繼續爭論、探討,实践中則应不断总结、分析。本版則仍按原来体系編排,但对較難的內容更多地考虑一些教学方法,以

便于学生接受和掌握。另外，为了避免学生在学习交流电路之初就遇到十分重要但又較抽象的符号法，以致影响对 r 、 L 、 C 等参数中电压电流关系等重要概念的理解，因此本版中符号法的内容安排得較晚，且列一专章以資突出。

根据使用方面的要求，书中穿插了 195 个习题，难易搭配，并在书末附有答案，供讀者自行檢查之用。此外，在每章之末还列一提要，以簡短文字概括全章重点，供讀者复习使用。

全书引用的名詞，凡是电工基础教学大綱(試行草案)中有的均已按照大綱作了修改；某些物理量的定义也力求符合习惯和国际上的規定。

由于編者水平有限，本版虽已在初版的基础上作了一些改进，但还远不能滿足各方面日益提高的要求，片面观点和錯誤之处在所难免，深望繼續得到各方面的批評和指正。又本书的修改工作承哈尔滨工业大学电工基础教研室的大力支持：該室范崇洵、呂碧湖、馬国强、高象賢、应桐城等同志参加了初稿的修訂工作，并由应桐城、許承斌、刘潤、于松海等同志补充了习题并編制索引。修訂稿除經电工学及电工基础課程教材編审小組进行审查外，并承重庆大学江澤佳同志和中国科学院黄宏嘉同志仔細审閱。編者謹向以上各个单位和同志致以衷心的謝意。

俞大光

1963 年 12 月

上册目录

緒論	1
----------	---

第一篇 集中参数綫性电路中的稳定状态

第一章 直流电路	5
----------------	---

§ 1. 电流	5
§ 2. 电压与电动势	7
§ 3. 电路	11
§ 4. 基尔霍夫定律	14
§ 5. 欧姆定律、电阻与电导	17
§ 6. 电源及其外特性、一段含源支路的欧姆定律	20
§ 7. 电功率与电能、焦耳-楞次定律	25
§ 8. 负载的串联与并联	28
§ 9. 电源的联接法	34
§ 10. 电路的计算	35
§ 11. 由给定电源获得最大功率的条件	41
提要	43
总习题	44

第二章 正弦电流电路的基本概念	48
-----------------------	----

§ 12. 交流及交流电路的特点	48
§ 13. 交变电动势的产生	51
§ 14. 正弦交流	53
§ 15. 周期量的有效值	56
§ 16. 电阻中的正弦电流、瞬时功率与平均功率	58
§ 17. 自感及其磁场能量	61
§ 18. 自感中的正弦电流、电抗与无功功率	63
§ 19. 电容及其电场能量	67
§ 20. 电容中的正弦电流	69
§ 21. 交流电路中的基尔霍夫定律	71
§ 22. 电阻、电感与电容相串联的交流电路	74
§ 23. 正弦电流电路中的功率	81
§ 24. 电压共振	84
§ 25. 电阻、电感与电容相并联的交流电路、电流共振	89
提要	92
总习题	94

第三章 正弦电流电路的矢量图与符号算法	97
§ 26. 正弦量的矢量表示法与矢量图	97
§ 27. 正弦量的复数表示法	100
§ 28. 电阻、电感、电容各元件上复电压与复电流的关系	105
§ 29. 基尔霍夫定律与欧姆定律的复数形式·复阻抗与复导纳	107
§ 30. 复功率及其守恒	110
§ 31. 负载的等效阻抗与等效导纳	112
§ 32. 负载的串联与并联	116
§ 33. 正弦电流分支电路的计算	121
§ 34. 串并联电路中的共振	123
§ 35. 波形图	129
§ 36. 圆图	132
§ 37. 交流输电线	136
§ 38. 交流电路中的实际元件	140
提要	143
总习题	145
第四章 互感及感应耦合电路	149
§ 39. 交流电路中的互感	149
§ 40. 有互感两线圈的串联	154
§ 41. 有互感两线圈的并联	156
§ 42. 空心变压器	158
§ 43. 耦合系数与漏磁系数	163
§ 44. 应用公有磁通与漏磁通来分析变压器	165
§ 45. 理想变压器	168
提要	171
总习题	172
第五章 网络的理论与计算	175
§ 46. 线性电路计算概论	175
§ 47. 回路电流法	179
§ 48. 叠加原理	184
§ 49. 互易原理	188
§ 50. 节点电位法	191
§ 51. 定电势源、定激流源及其间等效条件	196
§ 52. 补偿原理	202
§ 53. 含源二端网络定理	205
§ 54. 参数变动定理	212
§ 55. 星形网络与三角形网络间的等效互换	215

§ 56. 对偶原理与对偶电路	220
§ 57. 无源四端网络的参数与基本方程	223
§ 58. 无源四端网络的开路、短路与正常工作状态	226
§ 59. 无源四端网络的等效电路	232
§ 60. 含源四端网络	234
§ 61. 静电电路	236
提要	239
总习题	241
第六章 三相电路	247
§ 62. 多相制的初步概念·三相电动势的产生	247
§ 63. 三相制的联接法·星形接法	251
§ 64. 三角形接法	255
§ 65. 三相正弦电流电路中的功率及其测量	258
§ 66. 三相电路的一般性质	263
§ 67. 对称三相电路的计算	265
§ 68. 三相输电綫	273
§ 69. 不对称三相电路的计算	277
§ 70. 中性点的位移·相序的测定	281
§ 71. 旋轉磁場	283
§ 72. 对称分量法	286
提要	291
总习题	292
第七章 非正弦周期电流的电路	295
§ 73. 非正弦电流的产生	295
§ 74. 周期函数分解为傅里叶級数	297
§ 75. 按照所給曲綫分析諧波	303
§ 76. 周期量的有效值、平均值与描述波形的各种因数·頻譜	307
§ 77. 非正弦周期电流电路的性质与計算	312
§ 78. 非正弦电流电路中的功率·等效正弦量	318
§ 79. 滤波器的概念	323
§ 80. 对称三相制中的高次諧波	325
提要	329
总习题	330
习题答案	334
参考书	338
名詞索引与中俄英名詞对照	339

緒 論

電是現代化大工業的技術基礎，是工業、農業和交通運輸業的一種重要動力形式，又是通訊、電子學和無線電、自動化和遙控、快速計算等技術中不可缺少的條件。隨着生產力的發展，電越來越廣泛地被應用到各個生產部門、科學技術部門以至日常生活中。

電的廣泛應用是與電的優越性質分不開的，這主要表現在三個方面（1）和其他能量形態之間的轉變較易；（2）無論作為能量或作為訊號，其傳輸和分配都很迅速、方便、經濟而又可靠；（3）便于控制。

電氣化是實現我們偉大理想——共產主義所不可缺少的條件。列寧說過：“共產主義——這就是蘇維埃政權加全國電氣化。”^①

根據我國社會主義建設總路線的要求，我國國民經濟各部門需要逐步轉到現代化大生產的技術基礎上，凡是能夠使用機器的勞動都盡可能使用機器，並實現全國城市和農村的電氣化。

在完成這個艱巨任務的過程中，不僅要極大規模地利用電作為動力，建設無數大小電站和輸電網；並且還要逐步採用最新技術，如電子學技術、自動化技術、計算技術等，把這些最新技術推廣應用到各個領域中去，用以改造國民經濟各部門。

在我國遼闊的土地上實現電氣化的宏偉理想，這是我們電工工作者的光榮使命。

電磁現象發現很早。公元前 270 年的呂氏春秋載有“慈石召鐵”，這是對磁現象的最早記錄；古籍中又有“琥珀拾芥”的記載，這是對靜電現象的觀察結果。在磁的應用方面，我們的祖先發明了對人類文化進

① 《列寧全集》第 31 卷，468 頁，人民出版社 1958 年版。

步起重大作用的指南針，并最先把它应用到航海事业中。后来由于經歷漫长的封建压迫，以及帝国主义一百多年的侵略和国民党反动政府二十多年的黑暗統治，我国人民的科学研究工作遭到种种摧殘，得不到应有的发展。因此，在一段很长时期里，我国在电和磁的研究方面处于停滞状态。

在西方，古希腊学者在紀元前七世紀的时候就已发现用毛織物摩擦过的琥珀能吸引某些輕微的物体。后来欧洲进入封建制度統治时期，尤其是經歷中世紀教会的黑暗統治时期，科学研究很难开展。到了十九世紀初，资产階級已在欧美一些国家取得政权，封建制度对生产力的束縛被打破了，科学技术就有了迅速的发展，电磁現象的研究和应用也开始呈现出蓬勃景象。各种基本的电气設備，如电池(1800年伏打)、电报(1832年希林格)、各种电机(1832年以后)、电照明(1873年洛迪琴)、電話(1876年貝尔)等等，相继发明并被使用。与此相适应，建立了基本的电磁理論，如1820年安培发现电流的磁場，1827年欧姆創立他的定律，1831年法拉第揭开电磁感应現象，1845年基尔霍夫建立其定律，1873年麦克斯韦总结了电磁場理論，等等。

从十九世紀末叶起，电开始作为一种动力形态被社会利用。在欧美一些国家相继建立公共使用的电站(1881年在美国紐約造了一个直流电站，1882年法国人台普萊建立直流輸电綫，1883年在俄国彼得堡建造两个直流电站，等等)，并且逐步使用三相交流电(1888年以后俄国多里沃-多布罗沃斯基建立了三相交流电系統)；工厂中逐漸使用电傳动；市内交通和铁路上先后应用电力；无綫电也发明了(1895年俄国波波夫)，从而为电工技术的应用打开了一个重要領域。在这些实践的基础上，交流电理論逐步建立起来并日趋完善(如司坦麦茲、米特凱維奇、亥維賽德等人的貢獻)，电磁場理論也有很大发展。

二十世紀初叶，电工技术又进入了一个新的发展阶段。功率巨大的电站(数万瓩以上)和高压輸电网(110千伏以上)逐漸建立，形成电

力系統；近十年來更出現了特大電站和超高壓輸電綫（如蘇聯伏爾加格勒水電站和列寧-伏爾加水電站及其輸電綫）；工廠中大量使用單一電傳動；鐵路進一步電氣化；熱力—電力傳動在機車和船舶上廣泛應用；農業也逐步電氣化，等等。另一方面，電子學和無線電、自動化和遙控以及快速計算等技術都得到飛躍的發展。在本世紀二十年代，電子管已被普遍利用，自動化和遙控技術都取得迅速進展。在三十年代，創立了微波技術。在四十年代，出現了快速電子數字計算機和半導體技術。電的應用更向各個領域擴大。為了適應電工事業的需要，電工理論也有了長足進展。複雜綫性網絡、非綫性網絡和過渡過程的研究都有了豐富的成果。各種媒質中電磁場的計算和無線電波傳播的研究等方面也有很多創造。

× × × ×

綜上所述，電工技術的發展決定了電工理論的成長，而後者又反過來起着促進生產實踐的作用。

隨着電工技術的發展，要求組成更加完備、更加系統的學科。在19世紀尚只有一門籠統的電工學。但從本世紀以來，很快地就把電工技術劃分成了許多專門的學科，如電機製造、電力、自動控制、無線電，等等。這些專門的學科的內容也都十分廣泛，而且不斷地又分成許許多多更細的學科。雖然如此，如果把它們之中的任何一個電磁問題抽象出來，却都離不開電路、磁路和電磁場的範疇。“電工理論基礎”（簡稱“電工基礎”）這門課程就是為了研究電路、磁路和電磁場的基本理論而設立的。

“電工基礎”是一門基礎技術課，建立在物理學中的電磁學部分之上，它根據電磁學所闡述的基本規律來進一步研究各種電工裝置中所發生的共同的電磁現象和電磁過程。

通過“電工基礎”這一門課程，讀者將掌握電工的一般性理論，形成基本概念，初步學會分析、計算和實驗的方法。

課程內容分兩大部分，即“路”（電路和磁路）的部分和“場”（電磁場）的部分。“路”和“場”可以看作是研究電磁現象和電磁過程的兩種不同途徑。前者是先把實際電工裝置抽象為理想的電路（或磁路）圖，其中作了工程上能夠容許的近似，然後從這樣的電路圖中尋求組成它的各個環節上的電壓電流等量間的關係，這就使實際問題得到了很大的簡化，因而常常是電工技術中樂於採用的方法。後者則直接從存在於實際電工裝置及其周圍的電磁場的基本規律出發，研究場中各物理量（電場強度、磁感應強度、電流密度等）分布於每一個連續的點上的情況及其相互間的關係。很多電工技術問題卻又只能借助場的分析來解決，例如電路參數的確定、電磁波的輻射和傳播等。

因此，“路”和“場”的內容都是作為一個電工技術工作者所不可缺少的基本知識。而且，“路”和“場”的關係甚為密切，“場”是“路”的基礎，但反過來又可以用路的方法來分析某些場的問題，例如可以分析沿著均勻綫電磁場傳輸的過程等。許多實際上的電工技術問題也往往同時要應用到路和場兩方面的概念和方法來加以綜合分析，才能得出可靠的結論。

本書上、中兩冊闡述路的理論和計算方法，下冊則討論場的概念和分布規律。

第一篇 集中参数线性 电路中的稳定状态

第一章 直流电路

§ 1. 电流

荷电质点的运动形成电流。

电流是一种客观的物理现象,通过它的各种效应,例如:热效应、磁效应等,能够使我们觉察到它的存在。

目前所研究的电流主要是指导体中的大量的自由电子,在电场作用下所作的有秩序的运动,这种电流属于所谓传导电流。实际上导体中的自由电子除作有秩序的运动外,一般还作无秩序的热运动。自由电子的实际运动乃是这两种运动的合成。但从宏观上看,由于热运动是杂乱无章的,因此对外不能显示出电流的作用。

在电解液中的传导电流是由于其中的正负离子在电场作用下向相反方向运动而造成的。

为了从量的方面来衡量电流的大小,我们规定电流强度一量。它的定义是:在小段时间 Δt 内,从某面积的一方穿过到它的另一方的电荷量的代数和 Δq 与该小段时间 Δt 的比,当 Δt 趋近于零时的极限,即

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}. \quad (1-1)$$

所以,电流 i 的数值也就等于在单位时间内从某面积的一方穿过到另一方的电荷量的代数和。

在一根导线中的电流强度(图 1-1),数值上即等于单位时间内穿过导线任意截面 S 的电荷量的代数和。既然是代数和,我们必须首先

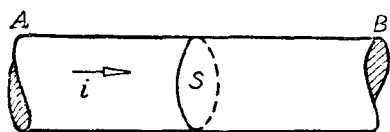


图 1-1

規定一个正方向,例如,規定正电荷从 A 到 B 为正,也就是說,正电荷从 S 面的左方穿过到 S 面的右方作为正。如此,电流的正方向即从 A 到 B ,在图中用空心箭头

表示。当电流的正方向已經規定,凡正电荷沿正方向穿过截面或負电荷沿反方向穿过截面都計为正,而正电荷沿反方向或負电荷沿正方向穿过截面則都計为負。

因此,虽然电流本身沒有一定的空間方向(它不是矢量),而总是沿着导綫流动,但还是有两个可能的方向,即,可能由 A 流到 B (图 1-1),也可能由 B 流到 A 。为了計算上的方便,可任选两个方向中的一个作为电流的正方向,而电流的实际方向却并不一定与电流的正方向一致。当电流的实际方向与正方向一致时,則电流的数值即計为正;反之,若电流的实际方向与正方向相反,則电流的数值即計为負。由于电流可能有正值或負值,所以它是一个代数量。应当注意:在未規定正方向的情况下,电流的正負是沒有意义的。

电流的正方向既可以采用空心箭头表示,也可以采用双下标表示法表示。例如 i_{AB} 即表示由 A 到 B 的电流(图 1-1)。电流的实际方向乃反映客观事实,是一定的。因此若选定的正方向不相同,同一电流的大小仍相同,但符号則相反,即

$$i_{AB} = -i_{BA}. \quad (1-2)$$

为了不使电流的实际方向与正方向在图中相混淆起見,实际方向不必标明在图內。在必要标在图內时,可用虚綫箭头($\cdots>$)标明。

电流强度 i 一般是時間的函数[(1-1)式],这种电流称为变动的电流。

如果电流强度不随時間而变动,即在同样的時間間隔內穿过 S 面的电荷量都相同,則这种电流称为恒定电流,简称直流。在这种情况下

下, 电流强度用大写 I 表示, 并可写为

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

式中 q 即在时间 t 内穿过 S 面的电荷。

因为电流强度是在电工学中极为常用的物理量之一, 所以就常常简称为电流。这样, 电流一词一方面代表一种物理现象, 另一方面又代表一种物理量。

在工程上常用的合理化 MKS(米-千克-秒)单位制(与实用单位制极为接近)中, 电流的单位为安培, 可简写为安或 A , 相当于每秒穿过一库仑电量的电流。在计量微量的电流时, 取一安的千分之一为单位, 叫毫安; 或百万分之一为单位, 叫微安。

习题 1-1 已知每立方厘米的铜中约含有 8.5×10^{22} 个自由电子, 每个电子的电荷量是 1.6×10^{-19} 库仑。如果有一根直径为 0.2 厘米的铜导线中通过 20 安的电流, 则其中自由电子移动的速度是多少?

§ 2. 电压与电动势

前节所述电荷在电场力的作用下运动的物理过程, 也就是电场对电荷作功的物理过程。设电场力 $\vec{F}$ (图 2-1) 把点电荷 q 从 A 点沿线路 l 移到 B 点, 则电场力所作的功可用线积分

$$A = \int_l \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (2-1)$$

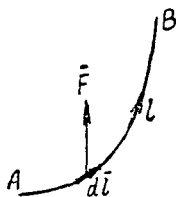


图 2-1

表示, 此线积分的区间即由 A 点到 B 点。电场力 $\vec{F}$ 是与电荷 q 的量值成比例的 即

$$\vec{F} = q\vec{E}, \quad (2-2)$$

式中 $\vec{E}$ 称为电场强度, 它在数值上等于单位电荷在电场中所受的作用力。把(2-2)式代入(2-1)式, 则

$$A = \int_l q \vec{\mathcal{E}} \cdot d\vec{l} = q \int_l \vec{\mathcal{E}} \cdot d\vec{l} = q U_{AB(l)}, \quad (2-3)$$

式中 $U_{AB(l)}$ 为电场力把电荷 q 由 A 点沿路线 l 移到 B 点所作的功与该电荷的比值, 称为由 A 点到 B 点沿路线 l 的电压:

$$U_{AB(l)} = \int_l \vec{\mathcal{E}} \cdot d\vec{l}. \quad (2-4)$$

电场的来源有以下三种:

1. 库仑电场——即由于电荷的存在而伴生的电场。如果电荷是静止的, 则它周围的电场即称为静电场。由于这类电场力符合库仑定律, 故称为库仑场, 其强度用 $\vec{\mathcal{E}}_e$ 表示。

2. 感应电场——由电磁感应而来。当某处或其附近有变动的磁场时, 则该处即同时存在感应电场, 其强度用 $\vec{\mathcal{E}}_i$ 表示。

3. 局外电场——非由电磁原因所得的电场, 例如由电化作用, 由热电作用及由光电作用而得的电场均是, 其强度用 $\vec{\mathcal{E}}_o$ 表示。

如果在空间某处同时有以上三种电场存在, 则它们将同时作用于该点上的电荷, 于是(2-4)式中的 $\vec{\mathcal{E}}$ 可写作

$$\vec{\mathcal{E}} = \vec{\mathcal{E}}_e + \vec{\mathcal{E}}_i + \vec{\mathcal{E}}_o. \quad (2-5)$$

按照以上定义, 电压 $U_{AB(l)}$ 的值不仅与起点 A 及终点 B 的位置有关, 一般说来它也与所取的路径有关。如果把(2-5)式代入(2-4)式并分项:

$$U_{AB(l)} = \int_l \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} + \int_l \vec{\mathcal{E}}_i \cdot d\vec{l} + \int_l \vec{\mathcal{E}}_o \cdot d\vec{l}, \quad (2-6)$$

则式中第一项根据库仑场的性质应与积分路径无关, 因此在研究电路问题时, 为了使电压能够有一个确定的数值, 常使电压的路径不通过有感应电场或局外电场存在的处所, 也就是使路径 l 上的任何一点都有 $\vec{\mathcal{E}}_i = 0$ 及 $\vec{\mathcal{E}}_o = 0$, 这样电压便与所取路径无关而仅与起点 A 和终点 B 的

位置有关,并可徑記作 U_{AB} :

$$U_{AB} = \int_A^B \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l}. \quad (2-7)$$

电压和电流一样,是一个代数量,有預先規定的正方向,例如上面所确定的 U_{AB} , 其正方向即为由 A 到 B 。設想 預先規定的电压正方向是由 B 到 A , 則以上积分就应循相返的路綫进行,这样所得到的結果恰好相差一符号,即

$$U_{AB(l)} = -U_{BA(l)}. \quad (2-8)$$

电压的正方向同样可以不用双下标,而用图形中的一个箭头表示。为了与电流箭头相区别,表示电压正方向的箭头是实心的($\rightarrow$)。

在电压与所取路徑无关的前提下,电压的值决定于起点和終点位置,故为便于比較起見,我們取任意一点 O 作为参考点,而把由某点 A 到此参考点的电压 U_{A0} 称为該点 A 的电位 φ_A , ①即

$$U_{A0} = \varphi_A = \int_A^0 \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l}. \quad (2-9)$$

在此种規定下,参考点本身的电位为零:

$$\varphi_0 = \int_0^0 \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} = 0. \quad (2-10)$$

参考点的选择是任意的,一般选定无限远处或地面作为参考点,但在計算电路問題时,常选择电路中某点作为参考点以使計算簡便,这点以后再行說明。

規定了电位这一概念之后,由 A 到 B 的电压就可以用两点电位的差来表示:

① 在物理学上有时命名为电势,但为了避免与电动势一名詞相混淆起見,本书不用这一名詞。

$$\varphi_A - \varphi_B = \int_A^0 \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} - \int_B^0 \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} = \int_A^0 \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} + \int_0^B \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{\mathcal{E}}_e \cdot d\vec{l} = U_{AB}. \quad (2-11)$$

因此,电压有时又称为电位差。

应当注意:当选定的参考点不同时,各点电位也会不同,但任何两点间的电位差或电压却仍保持不变,这从(2-7)式即可了解。

电压、电位及电位差的单位在合理化 MKS 单位制中为伏特,可简写为伏或 V ,即相当于移动一库仑的电量所作功为一焦耳时的电压。计量微弱电压时可用毫伏及微伏,而计量高压时则可用千伏(10^3 伏)。

要使电压的概念能以电位差的概念代替,则所取计量电压的路径上必须都不存在感应电场和局外电场,而仅有唯一的库仑电场起作用。但电荷在库仑电场的作用下运动的结果,库仑电场便要作功。因此,若只有库仑电场存在,则正电荷总是从高电位处向电位较低之处运动,而负电荷则作相反的运动,这些运动就会改变产生库仑电场的电荷的分布情况,因此也就改变了各处的电场强度及电位,而不可能维持一种恒定电流。

要维持恒定电流,就必须还有非库仑的电场存在,即感应电场或局外电场;借这些电场的力把电荷由低电位处搬回到高电位处,这样电荷便可以在闭合的路径上周而复始地流动着。

当电荷受感应电场或局外电场的作用而运动时,这些电场也要作功。我们把某微小电荷受感应电场和局外电场的作用由某点 A 沿线路 l 移到另一点 B 时这些电场所作的功与该电荷的比值,做为衡量这些电场产生电流的本领的物理量,这个物理量叫做由 A 到 B 沿线路 l 的电动势(有时称为电势),用 E_{AB} 表示,即

$$E_{AB} = \int_l (\vec{\mathcal{E}}_i + \vec{\mathcal{E}}_e) \cdot d\vec{l}. \quad (2-12)$$

从电动势的定义可知:电动势和电压的单位完全相同,在合理化

MKS 单位制中也是伏特。而且电动势也是一个代数量，有预先规定的正方向。若所选正方向不同，则同一电动势的符号恰相反，即

$$E_{AB} = -E_{BA}. \quad (2-13)$$

习题 2-1 电机槽中某导线 AB 长 10 厘米，其中的感应电场强度沿着导线方向由 A 到 B ，而且是均匀的，其值为 1.2 伏/米。库仑电场强度的方向恰与此相反，但也是均匀的，其值为 1.68 伏/米。试求：(1) 此导线的电动势 E_{AB} ；(2) 此导线内部的电压 U_{AB} ；(3) 此导线的外端电压（即由 A 经外部空气中的路线到 B 的电压）。

§ 3. 电路

电路是很多设备为了在其中获得电流而适当组合的总称，其中的电磁过程能够用电动势、电流和电压的概念来描述。简单地說，电路就是电流所經之路。

电路的作用是多种多样的，可能是为了分配电能及实现电能与其他形式能量相转换的目的，也可能是为了传输或转换各种信号或实现控制作用等。电路一般由导体构成。由于各部分的作用不同，组成电路的主要部分有三：(1) 电源，其目的在于把其他形式的能量转换成电能；(2) 负载，其目的在于把电能转换成其他形式的能量；(3) 联接导线，其目的在于输送及分配电能。

图 3-1 表示一个最简单的电路，其中有乾电池作为电源，它的作用是把化学能转换为电能；有电灯作为负载，它的作用是把电能转换为热能及光能。电源和

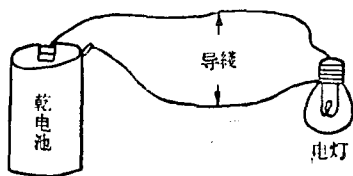


图 3-1

负载間用两根导线联接起来，形成闭合路径，保证电流的通行。

在电源中之所以能有其他形式的能量转换成电能，乃是由于感应电场或局外电场的作用。因此，当这些电场把电荷从电源的一极移到另一极时，必然使该电荷处于较高的电位处，所以电源中一极的电位恒