

中等专业学校教学用书

电 工 学

非电工专业用

北京冶金专科学校电工教研组

袁德佐 張曉东 編

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

电 工 学

(非电工专业用)

北京冶金专科学校电工教研组

袁德佐 張曉东 編

冶金工业出版社

本書內容敘述了直流电路、电磁、交流电路等基本概念；对交流电机、变压器、直流电机、测量仪表等有詳細的論述；对各种电机、电器在生产机械中的应用，書中也作了适当的介紹。

各章节都附有一定数量的实际例題，習題及思考問題。講授書中全部內容，大約需要 130 学时。

本書是为中等冶金專業学校非电工專業編写的教材，也可作为有关工作人員的自学用書。

· 电工学 （非电工專業用） ·

北京冶金專科學校电工教研組

袁德佐 張曉东 編

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版业营业許可証出字第 093 号

北京 5 3 5 工厂印 新华書店發行

1960 年 1 月 第 一 版

1960 年 1 月北京第一次印刷

印数 12,020 册

开本 850 × 1168 • 1/32 • 240,000 字 • 印張 10 • 插頁 6

統一書号 15062 • 1999 定价 1.20 元

前 言

根据过去几年的教学經驗和勤工儉学过程中所暴露的問題，以及 1958 年教学改革中同学们所提出的意見，發現旧教材存在着不少的缺点。其中主要表现在：理論与生产实际、与專業实际結合較差；文字叙述脱离中專学生水平，很多概念叙述过于簡單，并且例題很少，給学生的复習和閱讀增多了困难。学完电工学的学生，还不敢換保險絲，甚至不能区别鼠龙式与繞綫式电动机等不正常現象。这不能說与教材沒有关系。

为了更好地貫徹党的教育方針和进一步提高教学質量，我們大胆地作了这样一次嘗試：本着在思想性方面，力求貫徹階級觀點、群众观点、劳动观点和辯証唯物主义觀點，体现党的多快好省的建設方針和反映我国与苏联的最新科学成就。在內容和取材方面，尽量作到結合生产实际、專業实际和目前中国的实际情况。文字叙述、章节安排方面，努力作到通俗易懂，層次分明，并且还照顧到由簡到繁的思維規律。公式概念方面尽量仔細地交待其物理意义，并适当增加例題和習題。这本教材是为中等冶金專業学校中非电工專業的学生編写的，对冶金机械装备和軋鋼專業的学生，第九章可以不講。

虽然，在克服旧教材中的缺点方面作了一些努力，但限于我們对党的教育方針体会的不深，自己的学識水平太低，加以教学經驗不足，錯誤不当之处一定很多，弄巧成拙之处也不会少，故希老师和同学们多加指正，我們將非常欢迎，并表示謝意。

編 者

1959.9.

目 录

緒論	9
第一章 直流电路	13
§1—1 电路与电流	13
§1—2 电源的电动势与电压	16
§1—3 导体与絕緣体, 导体的电阻	17
§1—4 欧姆定律	21
§1—5 电能与电功率	24
§1—6 电能轉变为热能	27
§1—7 电阻的串联与并联	30
§1—8 多电源电路	36
§1—9 电桥电路	38
§1—10 电阻的测量	40
§1—11 絕緣电阻的测量	42
第二章 电磁	44
§2—1 磁場	44
§2—2 导磁系数和磁場强度	46
§2—3 磁路	48
§2—4 鉄磁体的磁化和反复磁化	50
§2—5 磁場对通有电流的导体的作用	53
§2—6 电磁感应	56
§2—7 渦流	62
§2—8 自感	65
§2—9 永磁式电表	67
§2—10 电磁式电表	70
第三章 單相交流	72
§3—1 交流概念	72

§3—2	正弦波形电动势的产生	73
§3—3	初相和相位差	78
§3—4	正弦量的圖示法	80
§3—5	同頻率正弦量的相加和相減	83
§3—6	交流电的有效值	85
§3—7	具有电阻的交流电路	88
§3—8	交流电路中的自感电动势	90
§3—9	具有电阻和电感的交流电路	92
§3—10	具有电容的交流电路	101
§3—11	交流电路的电功率与电能	106
§3—12	具有电阻和电感的綫圈与电容器并联的交流电路	113
§3—13	提高功率因数的意义	117
§3—14	电动式瓦特計和交流功率的測量	119
§3—15	感应式千瓦小时計（电度表）和交流电能的測量	122
第四章	三相交流	126
§4—1	三相交流电动势的产生和三相交流發电机	126
§4—2	發电机繞組的星形連接	130
§4—3	發电机繞組的三角形連接	132
§4—4	負載的連接法	134
§4—5	星形連接負載的电流和功率	137
§4—6	三角形連接負載的电流和功率	142
§4—7	三相負載总功率和总电能的計算和測量	147
第五章	变压器	153
§5—1	概述	153
§5—2	單相变压器	155
§5—3	三相变压器	162
§5—4	自耦变压器	163

§5-5 变压器的容量	166
§5-6 改变三相交流电压的接綫方法	167
§5-7 仪用变压器	170
§5-8 变压器的發热和冷却	173
§5-9 冶金工厂的供电	174
第六章 感应电动机	181
§6-1 概述	181
§6-2 感应电动机的构造	181
§6-3 感应电动机的旋轉磁場	185
§6-4 感应电动机原理	190
§6-5 感应电动机的轉子轉差率	192
§6-6 感应电动机的轉矩特性	197
§6-7 感应电动机的机械特性	201
§6-8 感应电动机的起動	205
§6-9 感应电动机轉速的調节	214
§6-10 單相感应电动机	218
第七章 同步电动机	225
§7-1 同步电动机的构造	225
§7-2 同步电动机原理	226
§7-3 同步电动机的起動	227
§7-4 同步电动机的運轉性能	229
§7-5 同步电动机的停車	234
第八章 直流电机	235
§8-1 概述	235
§8-2 直流發电机原理	235
§8-3 直流电机的构造和分类	241
§8-4 电樞反应	247
§8-5 并激發电机	251
§8-6 直流电动机	254

§8—7 直流电动机的起动与反轉·····	257
§8—8 并激电动机的特性·····	262
§8—9 串激电动机的机械特性·····	266
§8—10 复激电动机的特性·····	268
§8—11 發電機——电动机制 (Γ-Π 系統) ·····	269
§8—12 电机的損耗与效率·····	271
§8—13 电动机的維護知識·····	272
第九章 电力設備的选择和应用 ·····	274
§9—1 电动机的選擇·····	274
§9—2 控制电器·····	294
§9—3 用电安全知識·····	318
参考文献 ·····	319

緒 論

在科学技术高度發展的今天，电能被广泛地应用到一切生产过程中和日常生活中，几乎所有的生产设备都用經濟而可靠的电力做动力。在金屬冶煉、金屬切削、焊接等方面，电能得到了广泛的应用。在通訊（电话、电报、广播）和日常生活方面（照明、电热）沒有电能更是不可想像的。正由于这样，每一个掌握生产过程的技术干部就必须学会电工理論的基本知識和实际的操作技能。本書的任务是講解电工理論的基本知識以及生产过程中电气设备的性能与使用。在學習电工学时要求理論联系实际，把电工学有关的知識会应用到生产劳动中去，只有这样我們才能真正的掌握这门科学。

电能之所以被广泛的应用，是由于它具有其他一切形态的能量所不能比拟的优点：

1. 电能可以簡便地与其他形态的能量（热能、机械能、化学能、光能等）进行轉換；
2. 电能可以很方便地进行远距离輸送；
3. 利用电力，对生产机械可以很方便地遙控、檢查和調整，为生产过程的自动化提供了巨大的可能性；
4. 电气测量仪器的灵敏度很高，电气器械的效率很高。

由于电能具有以上的优点，所以它在国民經济中占有極重要的地位，通过它的应用范围可以看出一个国家生产力的發展水平。

国家电气化就是在国民經济各部門（工业、农业、运输业、通訊和日常生活）普遍地应用电能。由于电气化是自动化的基础，因此，首先應該实行电气化。这不但可以使生产效率大大提高，同时也大大地改善了劳动条件，使劳动者脱离了繁重的体力劳动，有条件提高文化科学水平。这充分地体现了在社会主义制

度下国家对劳动者的关怀。电气化本身就要求劳动者不但要有熟练的操作技能，而且要有丰富的文化科学知识，因此，我们可以说电气化是消灭体力劳动和脑力劳动对立的物质基础。电气化的另一个特点可以解除一切地理条件加在工业上的限制，使农村的生产水平、生活水平可以大大的提高，因此，电气化的结果就会消灭城乡之间的差别。由此可以体会到列宁对电气所下的精辟定义：“共产主义——苏维埃政权加上全国电气化”。

解放前，我国受着帝国主义、封建主义、官僚资本主义的三重压迫，电力工业同其他工业一样，基础非常薄弱，从1882年到1949年，67年间全国增加的发电设备总容量为185万千瓦（平均每年只增2.7万千瓦），当时的年发电量为44.2亿度。解放后，经过三年的经济恢复，1953年发电量就达91亿度，从1953年开始了我国第一个五年计划，电力工业同其他工业一样大踏步向前迈进。当1957年第一个五年计划完成时，年发电量达到193亿度。在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，1958年掀起了整个国民经济的全面大跃进，电力工业以巨人的步伐从1957年的年发电量193亿度猛增到1958年的275亿度，发电设备的容量一年就增加180万千瓦（相当于旧中国六十七年中所增加的全部发电设备的容量）。1959年的头八个月的统计发电量就为251亿度，到年底可完成390亿度的发电量，接近原订第二个五年计划1962年的指标400—420亿度，发电设备容量1959年一年就增加230万千瓦，比大跃进的1958年还多增加50万千瓦。

在党的一整套两条腿走路的方针指导下，从去年以来不但发电量大大增加，而且发电的形式也多样化了，除了水电站、火电站的大规模建设外，还建设了大批洋土结合的中、小型水电站、火电站、沼气发电站、潮汐发电站、高炉煤气发电、炉灶发电等。由于电力工业贯彻了两条腿走路的方针，掀起了轰轰烈烈的全民办电的运动，打破了办电的神秘观点，使得电力工业遍地开花，对当时的电力供应紧张起了一定的积极作用。

在解放前，我国的电机制造业几乎没有。解放后，经过三年的经济恢复和第一个五年计划的实现，使 1957 年年产发电设备 19.8 万千瓦；在总路线的光辉照耀下和贯彻了两条腿走路的方针使得 1958 年发电设备的年产量扶摇直上增加到 80 万千瓦；1959 年头 8 个月就制造了 115 万千瓦的发电设备，等于第二个五年计划最后一年指标的 76.6%—82.1%，全年产量为 180 万千瓦，超过第二个五年计划指标。不但在产量上有巨大的增长，而且在技术水平上也大大提高了。今年制造成功了 72500 千瓦的水力发电的全套设备，25000 万千瓦成套火力发电设备已经成批地投入生产，50000 千瓦的火力发电设备也制造成功。另外，在去年大跃进时还出现大量用土法制造的电机电器，对加速国民经济的发展起了巨大的作用。从上面的数字可以看出，我国发电设备和技术水平增长的速度是资本主义国家望尘莫及的。

可以预见，在我国社会主义建设时期今后的年代里，发电设备容量每年将有更大的增长，发电量增长的速度将超过资本主义国家的几倍乃至十几倍；并将建设世界上罕见的、超世界水平的长江三峡水电站（参看书首插图），它的发电设备总容量为 2200 万千瓦，年发电量为 1000 亿度，这里如果装每台 30 万千瓦的世界上最大的水轮发电机，需装 73 台，这显然是不可能，因此，就需要制造更大的水轮发电机和解决超高压和直流输电等问题。除了进行巨型水电站的建设以外，还将建设成千上万个大、中、小型电站，来满足我国国民经济发展的需要。可见今后十年内我国的发电量和发电设备容量将超过英国等工业较发达的资本主义国家。

在十月革命以后，苏联在列宁的倡议下，制定了全俄电气化计划，预定在十年——十五年内建成 30 个发电站，其总容量达 150 万千瓦。这个计划在苏共的领导下只用十年就完成了。到第五个五年计划年发电量就达到 1700 亿度，每年平均增长 23%。1959 年 2 月 5 日苏共二十一次党代表大会通过的 1959—1965 年苏联发展国民经济七年计划中规定：1965 年年发电量将达 5000—

5200亿度，除建設火电站外还将建設容量360万千瓦的布拉茨克水电站，容量为253万千瓦的斯大林格勒水电站等等，并建成苏联統一的电力系统，各种类型反应堆的原子能發电站也将投入生产。随着电力工业的發展和其他工业的發展，苏联将在七年內在工业中实行全盘电气化和自动化，在农业中广泛地实行机械化和电力化。

在我国社会主义建設中，苏联給我們无私的援助，对加速我国社会主义建設事业起了很大作用，这种兄弟般的援助是我国人民永远不能忘怀的。

第一章 直 流 电 路

§ 1—1 电路与电流

最简单的电路，是由一个电源（例如原电池、蓄电池、发电机）、一个负载（例如电灯、电炉、电动机等用电设备）以及两根用来联接电源和负载的导线所组成。当我们将它联接成一个闭合的回路时（图 1—1），电路中就有连续不断的电子向一个方向流动，这种电子流就是平常所谓的电流。这时电路中的电流将机械能、化学能、热能或其他别种型式的能变成电能；负载却相反地将电能变成其他形式的能，例如光、热、运动等等；而导线则担负着把电源的电能输送到负载的作用。

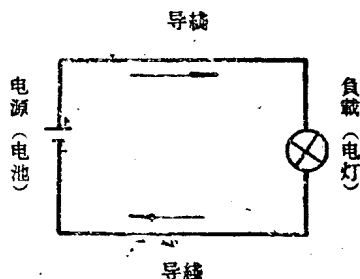


图 1—1

通常我们把电源称为内电路，把负载称为外电路，并且规定电流的正方向是从电源的正端（+），经过负载而流向电源的负端（-），再经电源本身而流回电源的正端。而实际上负电荷（电子）流动的方向，则与此方向相反。

电流的大小是用每一秒钟通过导体截面的电量来表示。如果电流的大小和方向在足够长的时间内保持不变，这种电流就称做直流，用字母 I 表示。

$$\text{由定义得} \quad I = \frac{Q}{t} \text{ 安} \quad (1-1)$$

式中 Q ——表示在时间 t 内通过导体截面的电量（库仑）；

t ——時間(秒)。

如果通过导体任一截面的电量 Q 是随时变化的, 那么, 該导体中的电流也是随时变化的, 即

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

式中 dQ ——在 dt 時間內通过导体横切面的电量。

当电流的單位用安培, 觉得太大或太小时, 就可采用毫安或千安来表示。

$$1 \text{ 毫安} = \frac{1}{1000} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 千安} = 1000 \text{ 安}$$

电流与导体横截面面积的比率称为电流密度, 并用 δ 表示。

$$\text{即为: } \delta = \frac{I}{S} \text{ 安/毫米}^2 \quad (1-2)$$

在沒有分支的电路中, 通过导体任何截面的电流(例如圖 1—2 中的 S_1 与 S_2), 都具有相同的数值。如果通过截面 S_1 与 S_2 的电流不相等, 則在單位時間內, 通过截面 S_1 的电量将不等于通过截面 S_2 的电量, 这样在截面 S_1 与 S_2 之間的导体內必定有电荷积累起来, 而且在直流的情况下, 将无止境地积累电荷, 事实上这是不可能的, 也从来沒有出現过的。因此在无分支的电路內各截面所通过的电流必定相等。

如果我們將圖 1—1 电路中的电源取出, 或者将电路断开, 我們就發現整个电路中的电流立即停止, 这个事实說明电路中产

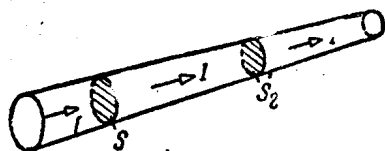


圖 1—2

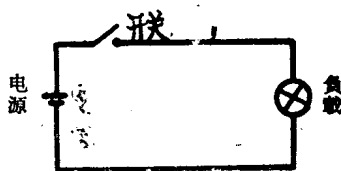


圖 1—3

生电流的必要条件是电路中的电源，电路还要成闭合的通路。实际上，为了满足生产和生活上随时使电流通过或停止的需要，而在电路中加入一个开关（低压电路中也叫电闸），来使电路便于随时接通或切断，从而达到上述目的（参看圖 1—3）。

为繪制的方便，在电路圖中通常采用如圖 1—4 所示的符号来代表实际的电源，負載和开关等电器。

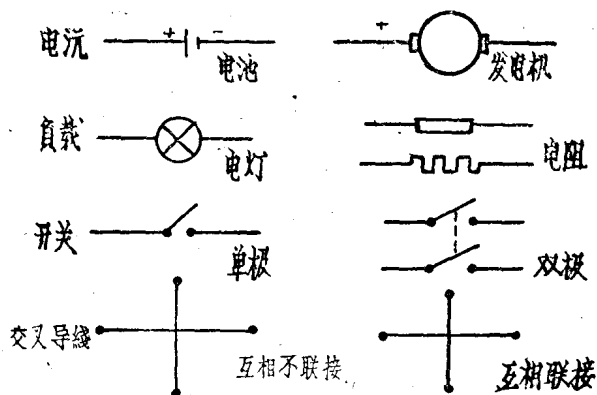


圖 1—4

習 題

1. 試列举五种常用电源的名称。
2. 試列举二十种常用电气負載（用电器具）的名称。
3. 試列举你所知道的电气开关的名称。
4. 試列举常用导綫的名称。
5. 某电灯取用电流 0.25 安，問每小时流过电灯的电量是多少？
6. 若灯絲的截面为 0.02 毫米²，試求灯絲中的电流密度？
7. 画出日常使用的手电筒的电路圖。
8. 画出你們宿舍和教室中电灯的电路圖。

§ 1—2 电源的电动势与电压

上节中已经讲过，闭合电路中由于有电源的存在，而使电荷在整个闭合电路中循环不止地流动，即电路中有电流；因此，我们可以说电源乃是推动电荷移动之能源。

在电源的内部，由于非电的能量作用的结果，使正电荷从电位较低的负极移到电位较高的正极（实际上正电荷不一定移动，而在大多数情况下都是负电荷向与此相反的方向移动）（如图 1—5 甲所示）。倘若此时外电路是联通的，则在电场的作用下正电荷又要经外电路而由正极流向负极，也就是说正电荷要由高电位的正极流向低电位的负极，这正如水管中的水，要由高水位流向低水位一样。（如图 1—5 乙所示）。当电源的作用不停止，电路不切断时，整个闭合电路中就始终保持着源源不断的电流。由此看来，实质上电源的作用是在内电路中使电荷的电位升高，恰似水泵的作用是使水位升高一样。在水泵中表征水泵能使水位升高的本领的量通常都称为总压头；而表征电源使电荷升高电位的本领的量，则称为电动势，并用字母 E 代表。

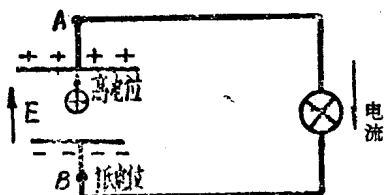


圖 1—5 甲

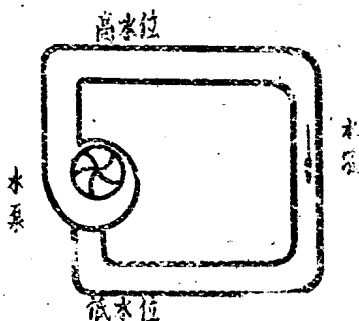


圖 1—5 乙

电动势在数值上则等于电源移动单位电荷所作之功，同时也等于电源使电荷的电位升高的数值。