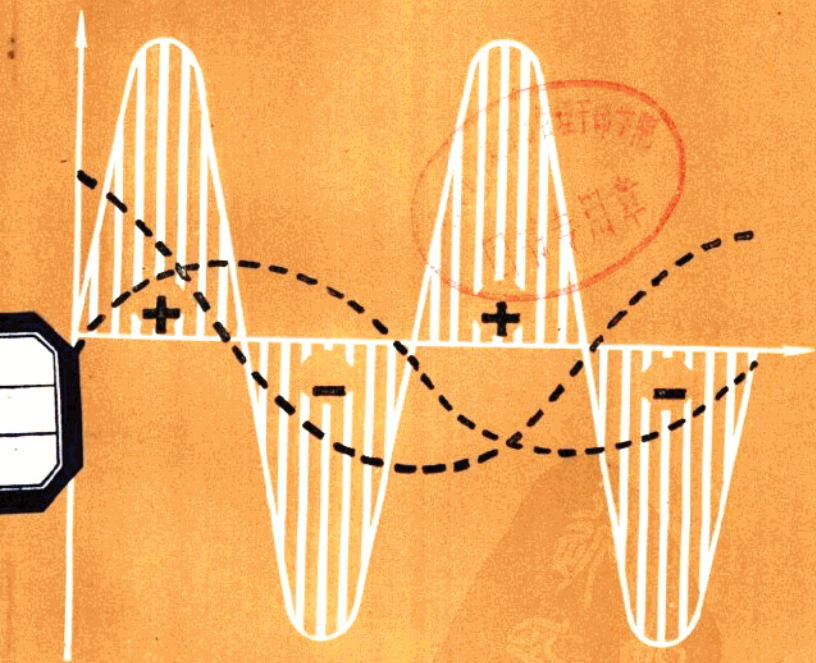


# 技工学校电工学课 教学参考书



劳动人事出版社

## 说 明

为了适应技工学校教学的需要，我们根据劳动人事部培训就业局一九八五年一月颁发的技工学校统编教材的教学大纲，组织编写了语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、机械制图、金属材料与热处理、电工学等课的教学参考书，供技工学校有关教师使用。

电工学教学参考书是按电工学教材结构体系的顺序逐章编写的。每章均以教材分析、教学要求、课时分配、教法建议、习题选解和参考资料六部分内容进行叙述。

本书由于编写时间匆促，缺点和错误在所难免，希望使用此书的同志批评指正。

本书是技工学校有关教师的应备用书，也可作为培训青工教师的参考书。

本书由唐益龄、魏廷来、王世锟、杨存华、林和明、张固、傅廷俊编写，唐益龄主编，张英儒编辑加工。

劳动人事出版社

一九八六年

# 目 录

第一章 直流电路和电容器	1
一、教材分析	1
二、教学要求	3
三、课时分配表	3
四、教法建议	4
五、习题选解	13
六、参考资料	15
第二章 磁和电磁	20
一、教材分析	20
二、教学要求	23
三、课时分配表	24
四、教法建议	24
五、习题选解	28
六、参考资料	31
第三章 正弦交流电路	35
一、教材分析	35
二、教学要求	37
三、课时分配表	37
四、教法建议	38
五、习题选解	56
六、参考资料	63

第四章	变压器与交直流电动机	66
一、	教材分析	66
二、	教学要求	68
三、	课时分配表	69
四、	教法建议	69
五、	习题选解	79
六、	参考资料	81
第五章	工作机械的基本电气控制电路	88
一、	教材分析	88
二、	教学要求	90
三、	课时分配表	91
四、	教法建议	91
五、	习题选解	106
六、	参考资料	107
第六章	输配电、照明及安全用电	116
一、	教材分析	116
二、	教学要求	117
三、	课时分配表	117
四、	教法建议	117
五、	习题选解	119
六、	参考资料	120
第七章	晶体二极管及整流滤波电路	128
一、	教材分析	128
二、	教学要求	129
三、	课时分配表	129
四、	教法建议	129
五、	习题选解	132

六、参考资料	133
第八章 晶体三极管及其基本电路	141
一、教材分析	141
二、教学要求	144
三、课时分配表	144
四、教法建议	145
五、习题选解	153
六、参考资料	156

# 第一章 直流电路和电容器

## 一、教材分析

本章内容是电工原理的基础，直接为讨论以下各章服务。

本章中除 § 1.3 基尔霍夫定律外，其他基本内容是物理课中相应内容的重提与深化，起到承前启后的作用。物理学中的相应内容是以电磁场理论为基本出发点进行研究，所以用相当篇幅来讨论静电学基本原理。本书是以实际电路中的物理现象为基本出发点，所以避开了静电学的有关内容，增加了实际电路的讨论。

本章重点是基尔霍夫定律。难点是电阻的混联电路，复杂电路中回路数的判别，复杂电路的一般解法。

本章包括电路、电功与电功率以及电容器等三部分内容。体现了先讨论电路中的电流与电压，再讨论各种电路中存在的电功与电功率的基本思路。

电路部分包括简单直流电路和复杂电路等两部分。

简单直流电路是以最常见的手电筒电路为引导，阐述了电流、电压、电动势、电位与电阻等物理量的意义、单位和符号；电路、电路图、电压与电动势异同点及其正方向的规定；电路处于通路、断路及短路状态时的性质；电路串、并联电路的特点等基本概念以及电位的简单计算，导体电阻的

计算、欧姆定律及全电路欧姆定律的数学运算；电阻串、并、混联电路中总电阻计算等基本运算关系。

这部分内容编写的主导思想是以掌握电路基本性质为手段，熟悉实际应用为目的。例如，在导体电阻的计算中，讲到了以铝代铜做导线的原因；旧电池不能使收音机正常工作的原理；电阻串、并联电路在电流表、电压表电路中的应用以及电阻串、并联电路在其他方面的实际应用等等。在习题中也以分析实际电路为主。

复杂电路部分首先阐述了复杂电路的基本性质和支路、节点、回路及网孔等术语的含义，接着讲了基尔霍夫第一、第二定律的内容，并讨论了复杂电路的二种解法（支路电流法和回路电流法）。

在这部分内容中，强调指出了欧姆定律和基尔霍夫定律是计算电路的两条基本定律。它们不但适用于直流电路，也适用于交流电路；不但适用于线性电路，也适用于非线性电路。

习题三的安排，体现了以下思路：先单独运用基尔霍夫第一、第二定律进行电路计算，而后综合运用以上两个定律进行复杂电路的求解；先解三条支路的电路，再解较多支路的电路。即反复练习，逐步深化。

§ 1.4 电功与电功率部分的主要内容是：电功、电功率二个物理量的意义、单位和符号；电功和电功率的计算；电流的热效应及负载的额定值和负载中获得最大功率的条件等。

习题四的安排，同样体现了以分析实际电路为主的思想。

§ 1.5 电容器部分的主要内容是：电容器的基本特性、主

要指标和分类；电容量的意义、单位和符号；电容器串、并联以及电容器充、放电时在电路中形成电流的性质等。

在电容器充放电这部分电容中，着重强调了电容器充放电的过程中能在电路中引起电流这一性质，而未涉及充放电曲线。因而既不增加教学难度，又为第三章电容电路打下基础。

## 二、教学要求

1. 理解电流、电压、电动势、电位、电阻、电功、电功率等各物理量的意义，并熟记它们的单位和符号；
2. 熟练掌握欧姆定律及电阻串联和并联电路的特点；
3. 了解负载获得最大功率的条件；
4. 了解电流热效应的应用和危害以及熔断器的作用；
5. 掌握基尔霍夫第一、第二定律及复杂电路的一般解法；
6. 了解电容器的二个主要指标(耐压和容量)、命名、串联和并联的特点以及电容器充放电在电路中引起电流的性质。

## 三、课时分配表(共计 17 课时)

序 号	课 题	课 时 数
1	§ 1·1 电路及欧姆定律	2
2	§ 1·2 电阻的串联、并联和混联电路	2
3	§ 1·3 基尔霍夫定律1~2	2
4	§ 1·3 基尔霍夫定律3	4
5	§ 1·4 电功与电功率	2
6	§ 1·5 电容器	2
7	实验	2
8	机动	1



## 四、教法建议

**1. 简单直流电路部分** 由于这部分内容是物理课中相应内容的重提和深化，所以既要注意与物理课的衔接，又应突出深化的内容和实际应用。

(1) 可用列表法复习有关物理量的概念。本部分所讲到的有关物理量：电量、电流、电压、电位和电动势等，可首先用列表法进行复习。表中可依次列出各物理量的名称、符号、意义、单位、单位符号及单位换算式等项目。而后从突出深化的内容和实际应用的观点出发按教材程序讲解。

(2) 描述物理量单位时应使用规范化术语。如在电磁学中“安培”为基本单位，其他均为导出单位或辅助单位。

(3) 在对电路进行分析计算中，物理量出现倍数或分数单位时，单位的变换除了用指数式方法外，也可教学生应用小数点移位法来处理。另外，各物理量的单位都应换算成主单位后参加计算。

(4) 电阻混联电路的整理法。对于某些较为繁杂的电阻混联电路，一时不容易判别出各电阻间的串、并联关系，此时可采用教材所讲的画等效电路的方法，把原电路整理成较为方便地判别串、并联关系的电路图，然后进行计算。由于教材所讲方法是先在各电阻的连接点标注一字母，然后进行整理，所以通常称为“节点命名法”。现补充说明如下：

① 在原图中给每一连接点命名一个代号，但以导线相连的各连接点只能用同一代号。

② 在同一直线上依此标出已命名的各点(注意不画出直线，且端点代号应标在左右两端)。

- ③ 将各电阻依次填入相应的连接点间。
- ④ 按电阻串、并联的有关计算式进行计算。

**例 1** 试求教材习题二第 13 题所示电路(如图 1.1 所示)  $AB$  间的等效电阻(设各电阻的阻值均为 10 欧)。

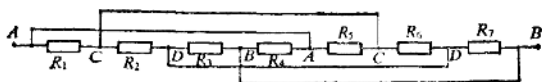


图 1.1

- 解:**
- ① 命名各点代号如图所示。
  - ② 在纸上分别标出  $A \cdots \cdots B$  点。
  - ③ 将  $R_1 \sim R_7$  依次填入相应的连接点间:  $R_1$  和  $R_5$  在  $A$ 、 $C$  之间;  $R_2$  和  $R_6$  在  $C$ 、 $D$  之间;  $R_3$  和  $R_7$  在  $D$ 、 $B$  之间;  $R_4$  在  $A$ 、 $B$  之间。如图 1.2 所示。

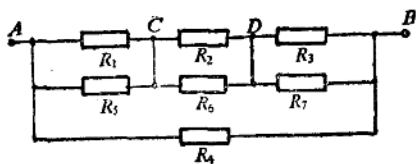


图 1.2

④ 计算总电阻: 由图中可看出  $R_1$  和  $R_5$  并联;  $R_2$  和  $R_6$  并联;  $R_3$  和  $R_7$  并联。上述三部分串联后再与  $R_4$  并联就是总电阻。经计算可得  $AB$  间的电阻为 6 欧。

**例 2** 求图 1.3 所示电路(见教材习题二第 12 题)  $AB$  间的等效电阻。

**解:** 仿照上述讨论, 可得如图 1.4 所示的等效电路,

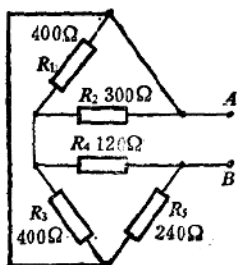


图 1.3

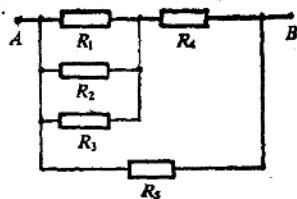


图 1.4

由等效电路可算出  $AB$  间的电阻为 120 欧。

(5) 关于“环形分流器”及用行列式解题等内容的处理意见。教材 § 1.2 中讲到电阻并联电路时，用万用表中的环路分流器说明其实际应用(教材图 1.15)。在教学时可先简化为只有两只电阻串联后再并在表头两端的电路进行讲解。教学中既可按教材用行列式求解联立方程组，也可根据学生的实际情况选用消元法、代入法等来求解联立方程组。

**2. 复杂电路部分** 这部分内容对学生来说是全新的，又是本章的重点，因而必然会出现较多的难点。需要探索较好的教学方法以求突破。建议着重注意以下几点：

(1) 讲清简单直流电路与复杂电路的区别，这个问题只要按教材中指出的是否可用电阻串、并联法则来计算总电阻的方法来区别即可，在教学中应避免过多的讨论。即：“凡是不能用电阻串、并联化简的电路，就叫做复杂电路”。并可结合例图来解释。

上述问题的进一步讨论，见“本章参考资料 2”。

(2) 节点数与墨点数的关系。在节点数的判别问题上，

往往会出现节点数就等于墨点数的差错。所以应向学生强调指出：两个节点间必然有一个或数个元件。

(3) 回路数的判别。学生对多网孔(例如三个或三个以上网孔)电路的回路数判别往往感到比较困难。为此,可教学生用下述方法来判别:总回路数等于含一个网孔的回路数加含二个网孔的回路数加……含  $n$  个网孔的回路数。例如含四个网孔的田字形电路,它的总回路数等于:含一个网孔的回路数加含二个网孔的回路数加含三个网孔的回路数(各为四个),再加含四个网孔的回路数一个,共十三个回路。

(4) 基尔霍夫定律的讲解:

① 在讲解基尔霍夫定律前应先复习电压降与电动势正方向的规定,和电压降等于电流与电阻之积的运算关系。

② 基尔霍夫第一定律可从并联电路中总电流与分电流之间的关系,结合已学的复杂电路中的几个术语逐步引伸(并以电路图配合讲解)。引伸的过程建议按以下程序进行。

在并联电路中(以三路分电流为例)已知总电流等于各支路中电流之和,即  $I = I_1 + I_2 + I_3$  因各支路的汇交点叫节点,所以上式的物理意义是:流进一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。若规定流入节点电流为正,流出节点电流为负,则流过任一节点电流的代数和为零。其数学式为  $\sum I = 0$ 。

在讲解过程中,把下述内容板书在保留位置上。

“基尔霍夫第一定律(节点电流定律)

流进一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。

流过任一节点电流的代数和为零。

$$\sum I = 0。”$$

电路例图和其它讲解内容可写在黑板其它部位，或只口述。

③ 基尔霍夫第二定律可从串联电路中总电压与分电压之间的关系逐步引伸(并以电路图配合讲解)。引伸过程建议按以下程序进行。

在串联电路中(以三只电阻串联为例)已知总电压等于各电阻两端的电压之和,即  $U = IR_1 + IR_2 + IR_3$  或  $U = \sum IR$ 。若总电压以电动势代换,则上式变换为  $E = \sum IR$ ; 若电源是若干个分电源的串联,则  $\sum E = \sum IR$ 。上式的意义是,在任意一个回路中,电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和。

在讲解过程中,把下述内容板书在保留位置上。

“基尔霍夫第二定律(回路电压定律)

在任意回路中,电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和。

$$\sum E = \sum IR。”$$

电路例图和其它讲解内容可写在黑板的其它部位,或只口述。

而后讲解回路方向的概念,可结合例图说明选择不同的回路方向,分别列出的方程是相同的。

还应注意串联电路中各处的电流值是相等的,而复杂电路中一个回路内各处的电流不一定相等。所以在用串联电路概念引伸到基尔霍夫第二定律的同时还要强调上述观点。因此:根据基尔霍夫第二定律的数学表达式  $\sum E = \sum IR$  列回路电压方程时,每一电阻上的电压降数值必须是该电阻的电阻值和流过它的电流数值的乘积。

④ 前面已提及复杂电路的一般解法是本章的难点。所以

应反复讲解并适当地多举些例题，让学生多做些练习。在讲解过程中建议向学生强调下述四点：首先应在电路中标出电流(或电压)正方向，只有这样才能列电流方程和电压方程，否则列出的方程没有根据；支路电流方向(或回路电流方向)一般假设为与电动势的正方向相同，回路方向也一般与电动势正方向相同；用支路电流法列电压方程时，回路的选择一般选网孔即可，用回路电流法列电压方程组时，每一网孔列一个电压方程即可；用回路电流法列电压方程时要注意公共支路中电压降的代数和问题。

(5) 根据基尔霍夫第二定律进行电位计算的基本方法是：① 由待求电位点出发到参考点，任选一路径(通常选最短路径)的绕行方向。② 以绕行方向为基准，确定该路径中各部分电压的正负。凡从电源的正极到负

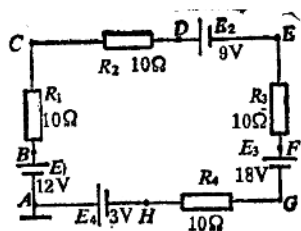


图 1.5

极的电压为正，电阻两端的电压极性与电流方向一致时为正，反之为负。③ 求出各部分电压的代数和就是待求点的电位。若题中未直接给出各电阻上电压降的数值和极性，则应根据已知条件先计算出各电压降的数值并确定其极性。

**例 3** 如习题三第 2 题(图 1.5)的电路中，求  $D$  点的电位。

**解：**先求回路电流，令回路方向为逆时针方向，回路电压方程： $-E_4 + E_3 + E_2 - E_1 = I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$  以数据代入该方程，求出回路电流为 0.3 安，为逆时针方向。再求  $D$  点电位，令绕行方向与电流方向相同， $D$  点电位  $V_D$  为：

$V_D = IR_2 + IR_1 + E_1$  以数据代入, 求出  $V_D = 18$  伏。

### 3. 电功与电功率部分

(1) 在电功率计算的教学中应向学生强调  $P = UI$ ,  $P = I^2R$  和  $P = U^2/R$  的三个公式, 在电功率、电压、电流和电阻四个物理量中, 已知其中两个, 就可求出另两个物理量的数值。在实际求解时, 其中一个物理量由上述公式求解, 而另一个物理量可用欧姆定律来求解。

(2) 电路中电阻与消耗功率成正比或反比的问题。由于电功率的计算有  $P = I^2R$ ,  $R = U^2/R$  两个公式, 有人解释为“前一式说明电功率与电阻成正比, 后一式说明电功率与电阻成反比。”这种提法是错误的。正确的解释应是:  $P = I^2R$  表示在电流为定值的条件下电功率与电阻成正比;  $P = U^2/R$  表示在电压为定值的条件下电功率与电阻成反比。

(3) 负载中获得最大功率的条件的教学, 建议按下述程序进行。

① 先用具体数值说明当电动势  $E$  和电源内阻  $r$  为定值时, 只有负载电阻  $R$  等于内阻  $r$  的情况下, 负载上获得的功率  $P$  才是最大。

例 4 已知电源电动势  $E = 6$  伏, 电源内阻  $= 1$  欧。以下述  $R$  的三个典型数值, 计算相应的电功率。

当  $R = 0.5$  欧时,  $P = 8$  瓦

$R = 1$  欧时,  $P = 9$  瓦

$R = 2$  欧时,  $P = 8$  瓦

说明负载电阻等于电源内阻时, 负载上获得的功率最大。

② 再按教材内容用配方法证明。

③ 最后用正逆运算的举例来巩固所讲的上述概念。

**例 5** 在一个闭合电路中，已知：电源电动势为 6 伏，电源内阻为 3 欧。试求：负载为何值时获得最大功率？这时获得的功率是多少？

**解：**在阻抗匹配时，能获得最大功率。即负载电阻等于电源内阻(3 欧)。

这时获得的功率  $P = U^2/R = 3^2/3 = 3$  瓦。

**例 6** 在一个闭合电路中，已知：电源电动势为 6 伏，在阻抗匹配时负载上的功率为 3 瓦。求负载电阻值是多少？

**解：**在阻匹配时，负载两端电压  $U = E/2 = 6/2 = 3$  伏。

$\therefore P = U^2/R \therefore R = U^2/P = 3^2/3 = 3$  欧。

(4) 白炽灯、电炉等负载的额定值问题。白炽灯、电炉(含电烙铁、电熨斗等)等电器有额定电压( $U$ )额定功率( $P$ )等两个主要参数。对此内容的教学建议注意下述几点。

① 应向学生强调：当实际电压  $U_{实}$  等于额定电压  $U$  时，实际功率  $P_{实}$  才等于额定功率  $P$ ；当  $U_{实} < U$  时， $P_{实} < P$ ；当  $U_{实} > U$  时， $P_{实} > P$ ，电器工作就不安全，甚至被烧毁。

② 在实际工作中电器的电阻值与温度有关。尤其是某些电器(例如白炽灯)的电阻值与温度间的关系很大。其冷电阻与热电阻差不多要相差一个数量级。但为了简化运算，通常都把它们电阻值作为定值(等于正常工作时的电阻)来处理。

③ 电器通电后产生的热量大小(或发光强度)与实际功率成正比。不能误解为“实际电压高(或实际电流大)的电器所产生的热量一定大(或发光强度一定高)”。事实上一只 36 伏 60 瓦的白炽灯与一只 220 伏 40 瓦的白炽灯，分别处于正常工作时，前者比后者要亮，而前者的电压比后者低。

④ 若干只电器(例如白炽灯)串联或混联运行时，可



按下述程序来计算各电器的实际功率：先根据各电器的额定电压  $U$  与额定功率  $P$  计算出它们各自的电阻值；再根据电阻串、并联运算法则与欧姆定律，计算出流过每个电器的电流或端电压；最后根据功率计算公式计算出每只电器的实际功率。

⑤ 若只需单独计算某一负载的实际功率，在已知实际电压(或实际电压与额定电压的比值)时，可根据电阻为定值 ( $R=U_{\text{实}}^2/P_{\text{实}}$ )，而直接用下式计算： $P_{\text{实}}=(U_{\text{实}}/U)^2P$ 。

**例 7** 教材中习题四第 4 题 某负载的额定值为 1600 瓦、220 伏，求接在 110 伏电源上(设内阻为零)实际消耗的功率是多少？

**解：**已知额定功率  $P=1600$  瓦，额定电压  $U=220$  伏，实际电压  $U_{\text{实}}=110$  伏。

则  $P_{\text{实}}=(U_{\text{实}}/U)^2P=(110/220)^2\times 1600=400$  瓦。

**例 8** 教材中习题四第 5 题 当电压下降 10% 时，电灯实际功率为额定功率的百分之几；当电压升高 10% 时，电灯实际功率是额定功率的百分之几？

**解：**当电压下降 10% 时， $P_{\text{实}}=(U_{\text{实}}/U)^2P=(1-10\%/100\%)^2P=81\%P$ 。

当电压升高 10% 时， $P_{\text{实}}=(U_{\text{实}}/U)^2P=(1+10\%/100\%)^2P=121\%P$ 。

**4. 电容器部分** 这部分内容也是物理课中相应内容的重提与深化。所以有些内容可以从简，侧重于基本概念，为以后讨论交流电路和晶体管电路中的有关内容打下基础。建议注意下述几点：

(1) 教材给出的电容量公式  $C=Q/U$  的含义，是指结构一定的电容器(即电容量已为定值)，其任意一个极板上所储