

机电工业考评技师复习丛书

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

电工技术基础

机械工业出版社



本书简明、系统地介绍了电工技术基础方面的知识。全书共分八章，包括：直流电路；磁与电磁；正弦交流电路；电工测量；晶体管简单电路；变压器及电动机；三相鼠笼式电动机的电气控制；安全用电等。每章末附有复习题，书末附有复习题答案选摘。

本书供参加考评技师的工人复习使用，也可供技师考评工作人员参考。

本书由洛阳轴承厂技工学校王学之编写，由该校吴厚端审稿。

电工技术基础

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

*

责任编辑：王 伦 版式设计：吴静霞

封面设计：方 芬 责任校对：肖新民

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092^{1/32}·印张 7·字数 152 千字

1990 年 7 月北京第一版·1990 年 7 月北京第一次印刷

印数 00,001—15,700·定价：3.70 元

*

ISBN 7-111-02005-7/TM·272

编 审 委 员 会 名 单

主 任	郭洪泽				
副 主 任	董无岸	刘葵香	雷柏青	(常务)	
	杨惠永	(常务)			
委 员	和念之	陈 东	杨 明	张昭海	
	程新国	胡家振	胡小华		

前 言

技师聘任制是在高级技术工人中实行技术职务的一项重要政策，对鼓励工人钻研业务，不断提高技术素质，稳定工人队伍，发挥高级技术工人的作用，适应经济建设需要，具有十分重要的意义。

目前，全国机电行业正在贯彻落实机电工业部和劳动人事部有关文件的精神，积极开展技师职称考评工作。为了配合这项工作的开展，我们组织编写了《机电工业考评技师复习丛书》。

丛书共 20 种，是依据部颁《工人技术等级标准（通用部分）》有关工种的“应知”要求，参考原国家机械工业委员会人事劳动司审定的《机械工业考评工人技师复习题例》和统编《机械工人技术理论培训教材》编写的。在内容安排上，丛书和题例配套，围绕题例中涉及到的重点问题，结合企业高级工、技师岗位生产（工作）实际，用培训教材中的有关内容，从理论上加以阐述，融题例和培训教材于一体。这是本套丛书最大的特点。

丛书内容精炼，除了供参加考评技师的工人复习、自测使用外，也可供各级技师考评组织在命题和评定成绩时参考，还可作为高级工和技师日常工作中的参考书。

对丛书的不足之处，欢迎提出宝贵意见，以便再版时修订。

机电工业考评技师复习丛书编审委员会

1989 年 4 月

目 录

前言

第一章 直流电路和电容器	1
§ 1.1 电路及电路中的几个物理量	1
§ 1.2 分析电路的几个基本定律	5
§ 1.3 电功和电功率	8
§ 1.4 电阻的串联、并联和混联	10
§ 1.5 支路电流法——复杂电路计算	14
§ 1.6 电容器	15
复习题	19
第二章 磁与电磁	21
§ 2.1 电流的磁效应	21
§ 2.2 磁场对载流导体的作用	23
§ 2.3 磁导率与磁场强度	25
§ 2.4 铁磁材料的磁性能及分类	27
§ 2.5 磁路欧姆定律	29
§ 2.6 电磁感应	31
复习题	39
第三章 正弦交流电路	42
§ 3.1 交流电的基本概念	42
§ 3.2 单相交流电路	46
§ 3.3 提高功率因数的意义及并联补偿电路	59
§ 3.4 三相交流电路	62
复习题	69
第四章 电工测量与仪表	72

VI

§ 4.1	电工测量的一般知识	72
§ 4.2	电流和电压的测量	77
§ 4.3	万用表	79
§ 4.4	绝缘电阻的测量	82
§ 4.5	功率和电能的测量	84
复习题	86
第五章	晶体管及其简单电路	87
§ 5.1	晶体二极管及整流滤波电路	87
§ 5.2	晶体三极管及电压放大电路	93
§ 5.3	晶体管稳压电路	104
复习题	107
第六章	变压器及电动机	110
§ 6.1	变压器	110
§ 6.2	三相鼠笼式异步电动机	117
§ 6.3	单相电容异步电动机	129
§ 6.4	直流电动机	131
复习题	139
第七章	低压电器及三相鼠笼式异步电动机的电气 控制	141
§ 7.1	常用的低压电器	141
§ 7.2	三相鼠笼式异步电动机的直接起动控制线路	161
§ 7.3	三相鼠笼式异步电动机的星-三角降压起动控制 线路	163
§ 7.4	三相鼠笼式异步电动机的正反转控制线路	165
§ 7.5	三相鼠笼式异步电动机的制动控制线路	168
§ 7.6	几种常用电器的一般故障	171
§ 7.7	阅读一般电气设备电路图的基本方法	173
复习题	174
第八章	安全用电	179

§ 8.1 触电、防止触电及触电急救	179
§ 8.2 电气火灾的抢救	184
§ 8.3 跨步电压及接触电压	185
§ 8.4 保护接零和保护接地	187
§ 8.5 几种电工安全用具的使用和保养	190
复习题	192
附 录	193
一、常用的电气图用符号	193
二、中华人民共和国法定计量单位	203
三、晶体管的型号 固定电容器的型号 电阻器 的型号	208
复习题答案选摘	210

第一章 直流电路和电容器

§ 1.1 电路及电路中的几个物理量

一、电路的组成及电路图

电流所流经的路径叫电路。一般电路都由以下四个基本部分组成：

1. 电源 电路的能量，其作用是将非电能（如化学、机械、热、原子能等）转换为电能。
2. 负载 即用电设备，其作用是将电能转换成所需形式的能量。常见的负载有照明灯、电动机、电炉、电磁铁等。
3. 控制装置 其作用是根据负载的需要，对电路执行控制。
4. 联接导线 其作用是把以上三个部分联成电路，传输电能。

图 1-1 a 是一种电路的最简单的组成形式。用统一规定的图形及文字符号来代表电路组成部分的各元器件，用以反

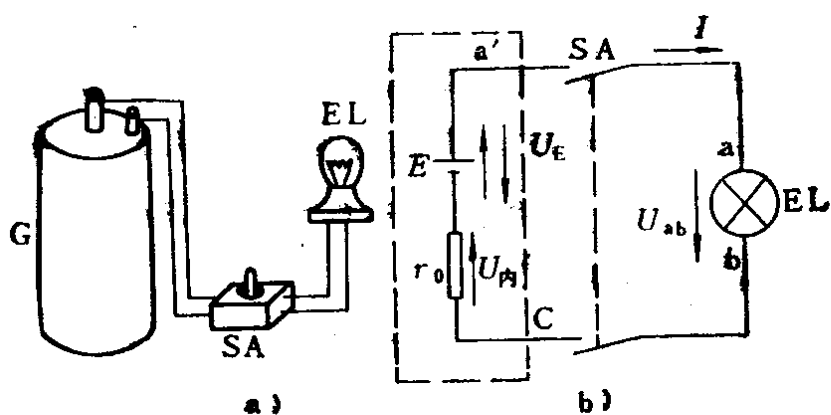


图1-1 电路和电路图

映电路的联接情况的图，叫电路图。它是安装、检修和调试电路的重要资料。图 1-1 b 是图 1-1 a 的电路图。

常用的电气图用图形符号，见附录一。

二、电路中的几个物理量

1. 电源的电动势 电动势是衡量电源将非电能转换成电能的本领的物理量。它的大小在数值上等于：在电源内部，外力将单位正电荷从电源的负极移到正极所作的功，表达式为

$$E = \frac{W_E}{Q} \quad (1-1)$$

式中， E 为电动势 (V)； W_E 为外力所做的功 (J)； Q 为电荷量 (C)。

电动势的正方向为正电荷移动的方向，即由电源的负极指向正极。

实际上任何电源均有内阻 r_0 ，如需考虑 r_0 的影响，在电路图中应标明。

2. 电流 图 1-1 中开关 SA 合上后，导体中作无规则运动的自由电子，在电场力的作用下向电源的正极移动而作定向运动。我们把这种电荷作有规则的定向运动称为电流。它的正方向，规定为正电荷移动的方向。它的大小，通常规定以每秒钟内通过导体横截面的电荷量表示，称之电流强度，简称电流，以字母 I 表示。 I 的单位是安 (A)，见附录二。

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

通过电路的电荷量

$$Q = It \quad (1-2)$$

式中， Q 为电荷量 (C)； I 为电流 (A)； t 为通电时间 (s)。

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

如果电流的方向不随时间而变化叫直流电流；如大小，方向均不变则叫稳恒直流电流。

3. 电压 它是衡量电场做功本领的物理量。在电路中电场力将单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功，在数值上等于 a 点至 b 点间的电压，见图 1-1。表达式为

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

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

电压的正方向即在电场力作用下，正电荷移动所指的方向。由图 1-1 可见负载两端电压的方向与通过它的电流的方向一致；电源两端的电压与电源中电流的方向相反。

4. 电位和电位差 在电路中某点与参考点间的电压叫该点的电位，用 V 表示。一般规定参考点的电位为零电位，电路符号为 \perp 。如某点对参考点的电压为正，该点为正电位；反之则为负电位。电位的单位为伏。

把电路中任意两点间的电位差叫这两点间的电位差，以 $U_{ab} = V_a - V_b$ 表示，单位是伏。可见某两点间的电位差，即该两点间的电压。

例1-1 图 1-2 电路中设 $V_D = 0 \text{ V}$ 。求： V_A 、 V_E 、 U_{AC} 。

解 $V_A = U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = 3 - 3 - 10 = -10 \text{ V}$

$$V_E = U_{ED} = -U_{DE} = -5 \text{ V}$$

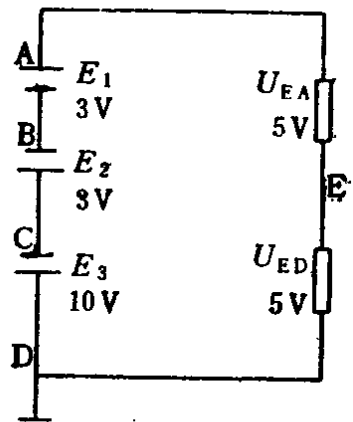


图1-2 例1-1电路

$$U_{AC} = V_A - V_C = -10 - U_{CD} = -10 - (-10) = 0 \quad \text{V}$$

例1-2 图1-2中设 $V_A = 0 \text{ V}$ 。求: V_D 、 V_E 、 U_{AC} 。

解 $V_E = U_{EA} = 5 \quad \text{V}$

$$V_D = U_{DA} = U_{DC} + U_{CB} + U_{BA} = 10 + 3 - 3 = 10 \quad \text{V}$$

$$U_{AC} = V_A - V_C = 0 - U_{CA} = 0 - (U_{CB} + U_{BA}) = 0 \quad \text{V}$$

可见: 参考点选择得不同, 各点的电位不同, 但各点之间的电位差是不变的。

5. 电阻 导体对电流(直流)的阻碍作用称之为导体的电阻, 用 R 或 r 表示。单位是欧姆, 简称欧, 用字母 Ω 表示。

设加在某导体两端的电压为 1 V , 产生的电流为 1 A , 则该导体的电阻为 1Ω 。

$$1 \Omega = 10^{-3} \text{ k}\Omega = 10^{-6} \text{ M}\Omega$$

实验证明: 导体的电阻符合下面表达式

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中, R 为导体的电阻 (Ω); L 为导体的长度 (m); S 为导体的截面积 (mm^2); ρ 为与导体材料及导体温度有关的系数, 叫电阻率或叫电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

表1-1 几种材料在 20°C 时的 ρ 值 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

银	0.0162	纯	锰 铜	0.42	合	
铜	0.0176		黄 铜	0.07~0.08		金
			铁、铬、铝 合 金	1.4		
铝	0.026	金	硒、锗、硅	$10^2 \sim 10^{13}$ 半导体		
钨	0.0548					
铁	0.0978	属	橡 皮	$10^{18} \sim 10^{22}$	绝 缘 体	
			塑 料	$10^{18} \sim 10^{20}$		

§ 1.2 分析电路的几个基本定律

一、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律 即流过导体的电流 I ，与加在导体两端的电压 U 成正比，与导体的电阻 R 成反比，表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

例1-3 某电阻炉两端电压 $U = 220 \text{ V}$ ，炉温 800°C 时， $I = 5 \text{ A}$ 。求此时 $R = ?$

$$\text{解 } R = \frac{U}{I} = \frac{220}{5} = 44 \quad \Omega$$

2. 全电路欧姆定律 包含电源的闭合电路叫全电路，如图 1-1 所示。虚线框内的电路部分叫内电路， E 为电源的电势， r_0 为电源的内阻；虚线框外的电路叫外电路， R 为负载电阻。

在全电路中，电流 I 与电源电动势 E 成正比，与整个电路的电阻成反比，这就是全电路欧姆定律，表达式

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-7)$$

由式 (1-7) 得

$$E = IR + Ir_0 = U_R + U_{r_0} \quad (1-8)$$

可见：在全电路中电源的电动势在数值上等于电路中各段电压降之和。

把电源两端的电压 U 与输出电流 I 之间的关系 $U = f(I)$ 叫电源的外特性。根据式 (1-8) $U = E - Ir_0$ ， $U = f(I)$ 特性如图 1-3 所示。

可见：(1) 在相同的负载电流 I_1 条件下， r_0 越大， ΔU 就越大；在负载电流变量 ΔI 相同的条件下， r_0 越大对应的电压变量 $\Delta U'$ 也就越大。

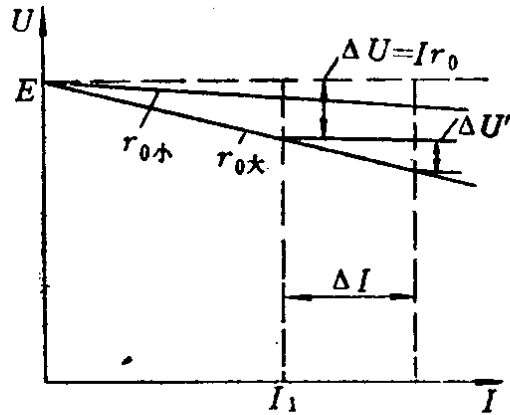


图1-3 电源的外特性曲线

(2) 电源开路时 $I = 0$ ， $U_{\text{内}} = 0$ ，即电源电动势的大小，就等于电源的开路电压。(3) 电源两端短路时

$I_{\text{短}} = \frac{E}{r_0}$ 。一般为了获得稳定

的供电电压，电源内阻比之

负载电阻小得许多， $I_{\text{短}}$ 将很大，所以电源是不允许短路的。

在计算电路时，如不作说明，电源内阻往往给以忽略。

例1-4 图 1-1 电路中，SA 断开时 $U_{A'C} = 3 \text{ V}$ ，SA 合上后 $U_{A'C} = 2.9 \text{ V}$ ， $I = 0.2 \text{ A}$ 。求电源电动势 E 及内阻 r_0 各为多少。

解 SA 断开时 $I = 0$ $E = U_{A'C} = 3 \text{ V}$

$$\text{SA 合上时 } r_0 = \frac{E - U_{A'C}}{I} = \frac{3 - 2.9}{0.2} = 0.5 \text{ } \Omega$$

二、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律) 电路结构的几个名词：

(1) 支路 由一个或一个以上的电路元件组成一条无分支的电路叫支路。

(2) 节点 三条或三条以上支路的汇接点叫节点。

(3) 回路 电路中任一闭合路径叫回路。

(4) 网孔 不可再分割的独立回路叫网孔。

例如图 1-4 电路中有： $R_1 - E - R_7$ 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5

及 R_6 构成的六条支路；A、B、C、D 四个节点；A— R_1 —E— R_7 — R_5 — R_2 —A、A—B—D—C—A、A—B—C—A 等七个回路，其中包括三个网孔。

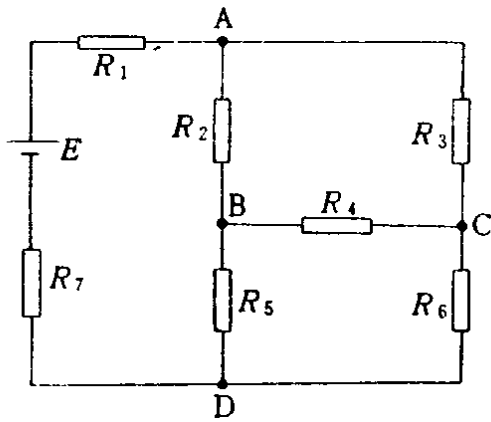


图1-4 节点、回路的说明

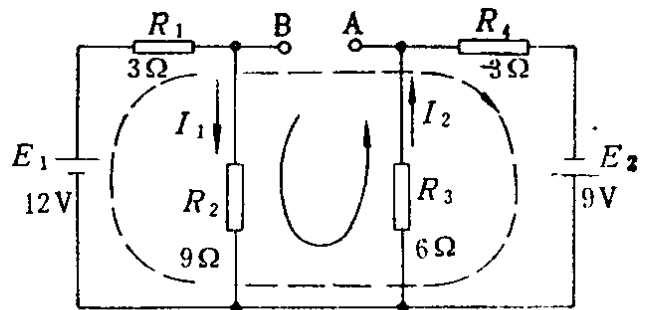


图1-5 例1-5电路

基尔霍夫第一定律：即在电路中，任何时刻流进某节点的电流之和恒等于流出该节点的电流之和；或者说流过电路中任意一个节点电流的代数和为零。表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-9)$$

规定流入节点的电流取正号，流出节点的电流取负号。

2. 基尔霍夫第二定律（回路电压定律）即在电路中任意闭合回路，按一定的绕向电动势的代数和恒等于电压降的代数和。表达式为

$$\sum E = \sum U = \sum IR \quad (1-10)$$

列回路电压方程式 (1-10) 的法则是：(1) 标定各支路电流或电压的正方向。(2) 设定回路的绕向。(3) 凡是与本回路绕向一致的电动势取正号，反之为负号；电流方向与回路绕向相同时，该电流在电阻上产生的压降取正号，反

之取负号，即顺绕向电压取正号，反绕向取负号。

例1-5 图 1-5 电路，求 $U_{AB} = ?$

解 设定 $A-B-R_2-R_3-A$ 回路绕向。

$$0 = U_{AB} + I_1 R_2 + I_2 R_3$$

$$\begin{aligned} U_{AB} &= -I_1 R_2 - I_2 R_3 = -\frac{E_1 R_2}{R_1 + R_2} - \frac{E_2 R_3}{R_3 + R_4} \\ &= -\frac{12 \times 9}{3 + 9} - \frac{9 \times 6}{6 + 3} = -15 \text{ V} \quad (\text{A 点电位低于 B} \\ &\quad \text{点电位}) \end{aligned}$$

以虚线所示回路验证计算结果：

$$\Sigma E = E_1 + E_2 = 21 \text{ V}$$

$$\Sigma U = I_1 R_1 + (-U_{AB}) + I_2 R_4 = 21 \text{ V} \quad (\text{结果正确})$$

此例说明基尔霍夫第二定律也适用于不完全由实际元件组成的回路。

§ 1.3 电功和电功率

一、电功及电功率

1. 电功 即电流所做的功。从式(1-4) $U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$ 可知：

如果负载或导体两端的电压为 U ，通过的电流为 I ，则它们所消耗的电功为

$$W = UQ = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-11)$$

式中， W 为电功 (J)； I 为电流 (A)； R 为电阻 (Ω)； t 为通电时间 (s)。

在金属导体中，电功以热的形式散发出去；在负载上因负载的性质 (用途) 不同，它可以转换成热、光、化学、机

械等形式的功(能)。

2. 电功率 即单位时间内电流所做的功,以字母 P 表示。其表达式为

$$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-12)$$

电功率的单位为瓦[特](W),即电流1秒内作了1焦耳的功。

$$1 \text{ 瓦(W)} = 10^{-3} \text{ 千瓦(kW)} = 10^3 \text{ 毫瓦(mW)}$$

在计算用“电量”即电能时,电功(能)的单位一般仍采用非法定计量单位“度”:1“度”电 = $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

从式(1-12)可知:(1)负载的电阻一定时, P 与 U^2 或 I^2 成正比。(2)负载电流一定时, P 与 R 成正比。(3)负载两端电压一定时, P 与 R 成反比。

例1-6 已知电源的 $E = 110 \text{ V}$, $r_0 = 0.1 \Omega$, 负载电阻 $R_{fz} = 10.8 \Omega$, 联接线总电阻 $R_L = 0.1 \Omega$ 。求:(1)负载消耗的功率 P_{fz} 及通电8 h耗电多少。(2)电源的功率 P_E 。

(3)联接线及电源电阻共损耗了多少功率($P_{耗}$)。

$$\text{解 } I = \frac{E}{r_0 + R_L + R_{fz}} = \frac{110}{0.1 + 0.1 + 10.8} = 10 \text{ A}$$

$$P_{fz} = I^2 R_{fz} = 10^2 \times 10.8 = 1.08 \text{ kW}$$

$$8 \text{ h 耗电 } W = P_{fz} t = 1.08 \times 8 = 8.64 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$P_E = EI = 110 \times 10 = 1.1 \text{ kW}$$

$$P_{耗} = I^2 (r_0 + R_L) = 10^2 \times (0.1 + 0.1) = 20 \text{ W}$$

二、电流的热效应及电气设备的额定值

1. 电流的热效应 电流流经导体时,导体将发热的现象称为电流的热效应。电流通过导体产生的热量与流经导体的电流 I 的二次方、导体的电阻 R 及通电时间 t 成正比,这

就是焦耳-楞次定律，表达式为

$$Q = I^2 R t \quad (1-13)$$

式中， Q 为热量（J）； I 为电流（A）； R 为导体的电阻（ Ω ）； t 为通电时间（s）。

2. 电气设备的额定值 为了确保电气设备的安全可靠、经济地运行和有足够的使用寿命，一切电气设备及元器件都有它的额定值。例如：额定电压、额定功率、额定温升、额定电流等。

额定温升加上规定室温（40℃）即为额定温度。电气设备及元器件在运行中不允许超过这个温度。否则将烧坏元器件或设备，或者将加速它们的绝缘老化，缩短使用寿命。

导线有电阻，任何负载及电源均有内阻，通过电流后必将发热使它们的温度上升，当发热量与散热量平衡后温度才能稳定下来。所以在规定的室温及散热条件下，要使元器件和设备不超过额定温度就必须规定它们在额定工作条件下的最大工作电流，即额定电流。

超过电气设备或元器件的额定电压运行，不但会使电流上升，温度升高，如超过得过多还将会产生击穿绝缘的事故。

把电气设备或元器件在额定条件下工作的状态叫额定工作状态，又叫满载；低于额定功率状态下工作叫轻载或欠载；高于额定功率状态下工作叫过载。

§ 1.4 电阻的串联、并联和混联

一、电阻的串联电路

由两个或两个以上电阻作不分支路的联接的接线方法叫电阻的串联电路，如图 1-6 所示。