

全国技工学校

中级工人统考复习指南

电工与电子基础



湖北教育出版社

全国技工学校、中级工人统考复习指南

电工与电子基础

刘元善
刘豪华 编

湖北教育出版社出版、发行
湖北通山县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.25印张 188,000字

1986年4月第1版 1986年4月第1次印刷

统一书号：7306·498 定价：1.65元

前 言

受湖北省劳动人事厅委托，宜昌市劳动人事局组织编写了《全国技工学校、中级工人统考复习指南》一套书。全书分《机械基础》、《工程力学》、《金属材料与热处理》、《电工与电子基础》四册。本书立足于基本概念、基本定理和基本分析方法，每章分主要内容、本章重点和典型例题三部分。在编写中，力求作到简明扼要，条理清晰，便于学习、掌握。本书分电路基础、机床控制、电子技术三大部分八个章节，基本上包含了技工学校毕业生和中级技术工人应该掌握的电工知识。本书可作为技工学校学生的学习参考资料和中级工人培训教材。

编 者



目 录

第一章 直流电路	1
一、主要内容.....	1
二、本章重点.....	26
三、典型例题.....	28
第二章 磁和电磁的基本知识	44
一、主要内容.....	44
二、本章重点.....	57
三、典型例题.....	61
第三章 交流电路	72
一、主要内容.....	72
二、本章重点.....	93
三、典型例题.....	99
第四章 变压器与交直流电动机	117
一、主要内容.....	117
二、典型例题.....	145
三、思考题.....	146
第五章 电力拖动及安全用电	148
一、主要内容.....	148
二、典型例题.....	192
三、思考题.....	200
第六章 晶体管放大电路	201
一、主要内容.....	201

二、本章重点	220
三、典型例题	224
第七章 晶体管整流与稳压电路	236
一、主要内容	236
二、本章重点	244
三、典型例题	245
第八章 晶体管正弦波振荡电路	252
一、主要内容	252
二、本章重点	256

第一章 直流电路

一、主要内容

1. 电的基本概念

(1) 电：电是物质的一种属性，如同体积、重量、形状、颜色、气味等都是物质的属性一样，电也是物质所固有的一种性质。这是因为物质的原子是由带正电的原子核和核外带负电的电子构成的。一般情况下，物质正负电荷相等，因而对外显示中性（不“带电”），而在特定条件下（摩擦等），一种物质失去电子带正电，另一种物质得到电子带负电，此时才表现出电的性质。

(2) 电场：电场是电荷周围的一种特殊物质，它具有传递静电力的能力，而且具有能量。这可以从相距为 r 的两电荷间存在着一种斥力或引力得到证明。电力线可直观形象地描绘电场，定量地描述电场的物理量为电场强度：

$$E = \frac{F}{q},$$

式中 q 为试验电荷， F 为 q 在电场中某一点所受的力。

电场中各点的电场强度大小一样，方向一致；或电力线互相平行，均匀分布的电场称为匀强电场，如电容器极板间电场为均匀电场。

(3) 电流：电荷的定向而有规则的运动即形成电流。用电流强度 I 来描述电流的大小，即

$$I = \frac{Q}{t},$$

式中：I为电流强度，单位为安培；Q为电荷量，单位为库仑；t为时间，单位为秒。

一般电流强度I就简称为“电流”。于是“电流”既表示一种物理现象，又表示“电流强度”这个物理量，视具体情况领会其含义。电流的方向习惯上为正电荷运动的方向（电子运动的反方向），但在电路分析中，一般任意假定电流方向，如假定方向与实际电流方向同，则I为正值，如假定方向与实际电流方向反，则I为负值。

电流的单位为安培或毫安、微安，其关系为

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

（4）电压：电场力把单位正电荷从电场中的一点a移到另一点b时所作的功称为a、b两点间电压降，简称电压，记作

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{Q},$$

式中：U_{ab}为电压，单位为伏特；A_{ab}为电功，单位为焦耳；Q为电荷量，单位为库仑。

一般说来，有电压存在，就具备了移动电荷的能力，就可能形成电流，两点间电压U_{ab}只与两点a、b有关，而与从a到b的路径无关。也可任意假定电压极性，电路中两点电压常用“+”、“-”来标明极性，U_{ab}中，a点为“+”，b点为“-”。电压单位为伏特（V）或毫伏（mV）、微伏（μV），且有

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

（5）电位：把单位正电荷从电场中任意点a移到参考点O所作的功，称为该点a的电位，记作U_a。参考点O的电位为零，一般选大地（或仪器底板）作为参考点，常称为接地点，

其符号为“ \perp ”。求某点电位，实际上就是求该点对参考点之间电压。电位单位与电压同。

(6) 电压与电位的区别：

	电 压	电 位
本质	电场力移动电荷作的功。	电场力移动电荷作的功。
联系	$U_{ab} = U_a - U_b$ 电压为两点间电位差。	某点电位即为该点对参考点之间电压，即： $U_a = U_{a0}$ 。
区别	①常称两点间电压。 ②与 a 到 b 的路径无关，与参考点无关。	①常称某点电位。 ②某点电位一定是对参考点而言的，参考点不同，各点电位也不同。

(7) 电动势：电动势是对电源而言的，外力把单位正电荷从电源的低电位端移到高电位端所作的功，即为电源的电动势。用字母E表示，其方向为从“-”指向“+”。电动势常可看作电压升，它是外力移动电荷的结果，与电场力移动电荷形成的电压降恰成为对照，其单位仍同于电压。

(8) 电源电动势与电源端电压的关系：

电动势描述电源中外力移动电荷的能力，电源电动势使电源两端形成电位差，即形成电压，此电压称为电源端电压。电源电动势与电源端电压同时存在，电源开路时，其端电压等于电动势，或者说：电源电动势在数值上等于电源开路电压，方向则相反。

2. 电路基本元件

(1) 电阻：①定义：导体在电流流过时所表现出的一种阻碍作用，用符号R表示，其模型如图 1—1 所示。



图 1—1

阻值 R 的大小为 $R = \rho \frac{L}{S}$,

式中: L ——导体长度 (米);

S ——导体横截面积 (平方毫米);

ρ ——导体电阻系数, 取决于导体材料, 单位为 欧姆·平方毫米/米。

导体电阻 R 是决定于导体长度、横截面积、导体材料的一个固定值, 与电阻两端施加电压大小无关。且仅在电流流经导体时, 其阻碍作用 R 才表现出来; 无电流流过时, 并不表现出阻碍作用, 此时, 电阻元件常可处理为短路或开路。

② 电阻元件的标称值:

a. 阻值 R 。

b. 额定功率 P , 约束 U 、 I 。

③ 电阻 R 上电压、电流的约束关系——欧姆定律。

通过电阻 R 的电流与 R 两端施加电压成正比, 与阻值 R 成反比。如图 1-2 所示, 则 $I = \frac{U}{R}$; 若如图 1-3 所示,

U 、 I 参考方向相反, 则 $I = -\frac{U}{R}$ 。

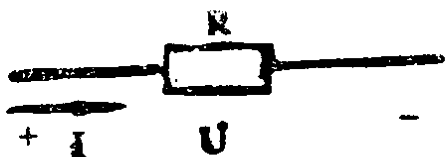


图 1-2

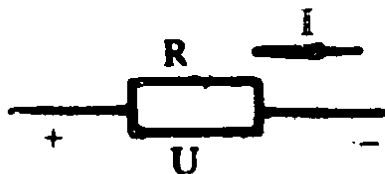


图 1-3

④ 注意: R 既可描述一个电路元件, 又反映这一元件的阻碍作用; 即它既代表一个参数, 又代表一个元件。

(2) 电容器:

① 定义: 储存电荷的容器, 它是由两个金属板, 中间隔以

电介质而构成的。

②容量：表示一定电压下电容器储存电荷能力大小的物理量，称为电容量。简称电容，用符号C表示，且

$$C = \frac{Q}{U},$$

式中：Q——一个极板上所储存的电量（库仑）；

U——两极板间电压（伏）；

C——电容（法拉）；

电容量的单位为法拉（F）或微法拉（ μF ）、微微法拉（ $\mu\mu\text{F}$ 、 pF ），且

$$1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^{12}\text{pF}.$$

电容器的电容量是一个常量。

③电容器的标称值：

a. 容量C。

b. 耐压U——长期工作所能承受的最大电压，又称额定工作电压。

c. 试验电压——加到电容器两端很短时间（几秒），而使电容器不致击穿的电压，一般为耐压U的1.5~3倍。

④电容器的伏安特性：

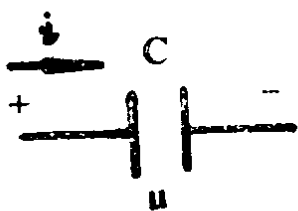


图 1-4

如在电容器两端施加交变电压 u ，则在电容器上通过交变电流 i ，如果 u 、 i 方向如图1-4所示，则有

$$i = C \frac{du_c}{dt}.$$

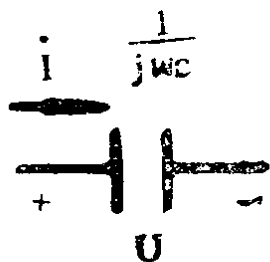


图 1-5

或为 $\dot{I} = j\omega C \dot{U} = \frac{\dot{U}}{\frac{1}{j\omega C}}$ ，如图1-5所示。

如用有效值表示，则为

$$I = \frac{U}{X_c}, \text{ 其中 } X_c = \frac{1}{\omega C}, \text{ 称为容抗, 单位为 } \Omega.$$

(3) 电感器:

①定义: 导线绕制而成, 通电能产生磁场的线圈。分为有铁芯和无铁芯两种, 一般讨论空芯线圈。用符号L表示, 其模型如图1-6所示。



图 1 - 6

②电感量L: 线圈中通过单位电流所产生的自感磁通数称为自感系数L, 也叫电感量L, 即

$$L = \frac{\Psi}{i}$$

式中: Ψ ——线圈中通电流*i*所产生的磁链(韦);

i——流过线圈的电流(安);

L——电感(亨), 其单位为亨利(H)或毫亨(mH), 微亨(μH), 且 $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

有铁芯的线圈, 电感量L是变量; 空芯线圈的电感量L是常数。

③电感线圈的标称值:

a. 电感量L, 品质因数Q。

b. 额定电流。

④电感线圈上电压、电流的关系:

如电感线圈上通过的电流为*i*, 则线圈两端电压为

$$u = L \frac{d i_L}{d t_L} \quad (u, i \text{ 方向如图 } 1 - 7),$$

$$\text{或为 } \dot{U} = j \omega L \dot{I} \quad (\omega \text{ 为电源角频率, } j = \sqrt{-1}).$$

如用有效值表示, 则为 $U = X_L I$.

式中， $X_L = \omega L$ ，称为感抗，单位为欧姆。

(4) 电压源：

①定义：能向电路提供恒定电压的电源装置，其内阻为零。用符号 U_s 、 E 表示，其模型如图1—8所示。

②性质：

a. 电压源两端电压是恒定的，与所接外电路无关。

b. 通过电压源的电流随所接外电路的变化而变化。

总之，电压源具有定压不定流的性质。

③伏安特性：如图1—9所示，即 I 变化，电源端电压总为 U_s 。

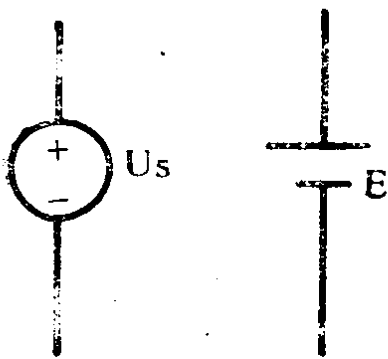


图 1 - 8

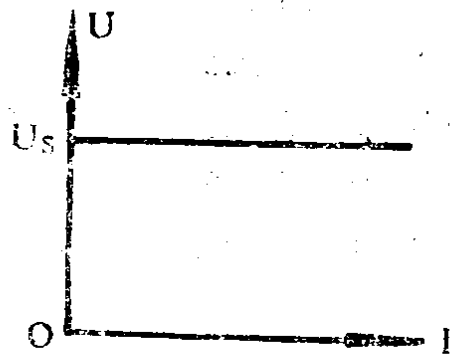


图 1 - 9

④实际电压源：具有内阻的电压源。可等效为一理想电压源 U_s 与一内阻 R_s 相串联，如图1—10所示。

其伏安特性如图1—11所示，即 I 变化，电源端电压变化； I 增大，电源端电压减小。

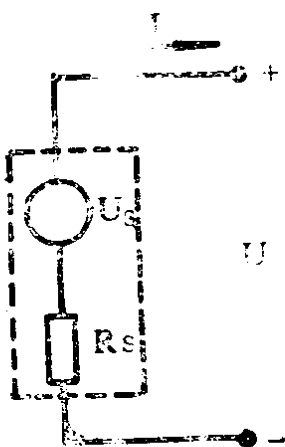


图 1 - 10

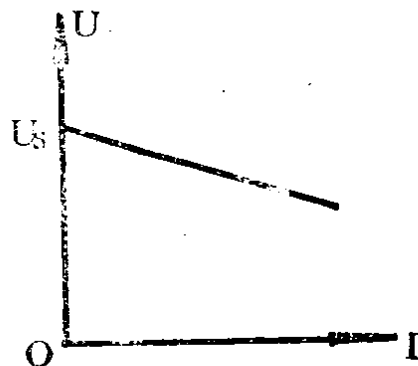


图 1 - 11

(5) 电流源:

①定义: 能向电路提供恒定电流的电源装置, 其电阻为无穷大, 用符号 I_s 表示, 其模型如图 1-12所示。



图 1-12

②性质:

①提供的电流是恒定的, 与所接外电路无关。

②电流源两端电压随所接外电路的变化而变化。它具有定流不定压的性质。

③伏安特性: 如图 1-13所示, 即 U 变化, 而电流总为 I_s 。

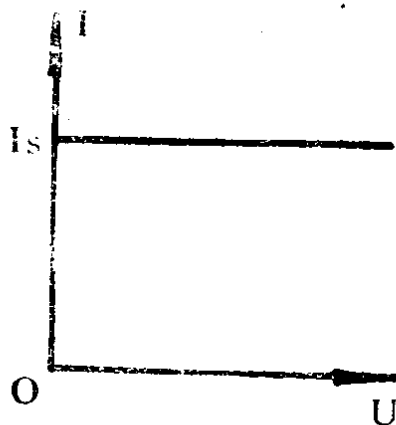


图 1-13

④实际电流源: 具有有限内电阻的电流源, 它相当于一理想电流源与一电阻 R_s 并联。其模型如图 1-14所示, 伏安特性如图 1-15所示, 即 U 升高, 电流源向外提供的电流减少。

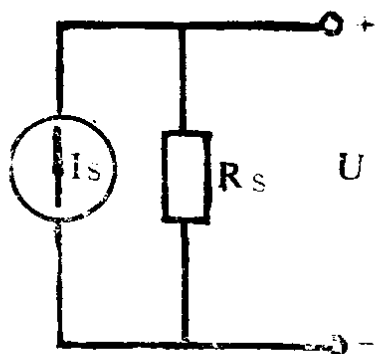


图 1-14

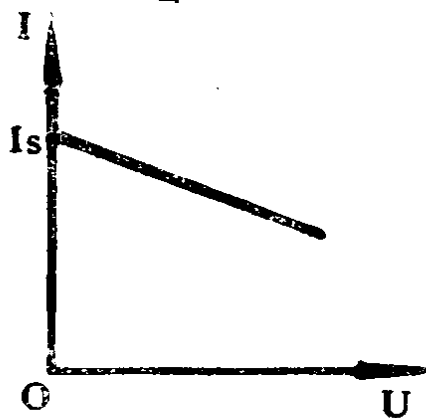


图 1-15

3. 表征电路约束关系的两定律——基尔霍夫两定律

(1) 关于电路的几个概念:

①支路: 一个元件或多个元件串联而成的电路的分支称为支路, 支路中各元件流过的电流是相同的。

②节点: 三条或三条以上支路的会聚连接点称为节点。

③回路：电路中的闭合路径。

④网孔（独立回路）：中间不包含其他支路，仅有边界的回路称为网孔（独立回路）。

(2) 基尔霍夫两定律：

①基尔霍夫第一定律（节点电流定律）

a. 内容：流出节点电流的代数和恒为零，即 $\sum I = 0$ 。

如图 1—16所示，

$$-I_1 + I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0。$$

b. 推广：流出封闭面的电流代数和恒为零。如图 1—17所示，

$$-I_3 - I_1 - I_2 = 0。$$

c. 注意：节点电流方程 $\sum I = 0$ 中，有两套符号：

$\sum I$ 中每项前的符号，其正负取决于电流是流出还是流入，流出者为正，流入者为负。

$\sum I$ 中， I 本身数值的正负，是正数还是负数取决于假定电流流向与实际电流方向一致与否，一致者为正，反之为负。

两套符号不能混淆。

②基尔霍夫第二定律（回路电压定律）：

a. 内容：沿闭合回路绕行一

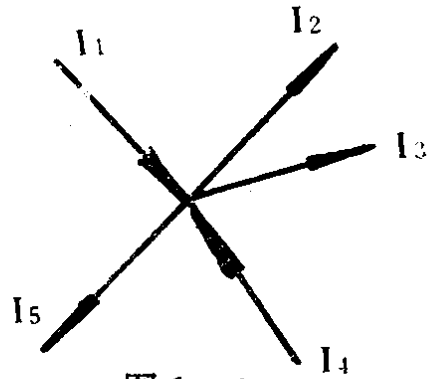


图 1—16

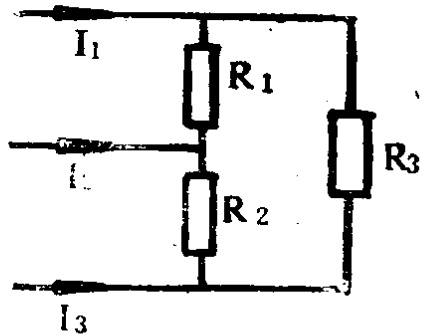


图 1—17

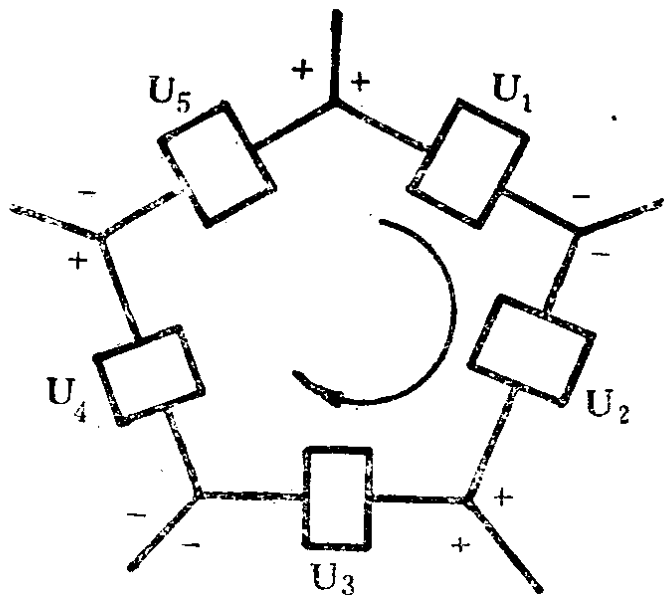


图 1—18

周，所经电路各元件电压降代数和恒等于零。即

$$\Sigma U = 0$$

如图 1—18 所示， $U_1 - U_2 + U_3 - U_4 - U_5 = 0$ 。

b. 列 $\Sigma U = 0$ 的步骤：

(a) 先根据元件特性标出各元件电压降极性。如电阻 R 上电压降极性与流经 R 的电流方向一致，电源上电压降方向从电源高电位指向低电位，如图 1—19 所示。

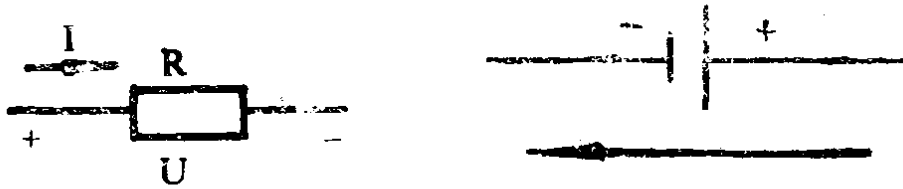


图 1—19

(b) 假定绕行方向（任意选择）。

(c) 绕行方向与元件电压降方向一致者为正，反之为负。

c. 注意： $\Sigma U = 0$ 方程中两套符号：

(a) ΣU 中每项前的符号，其正、负取决于元件电压降极性与绕行方向一致与否，一致者为正，反之为负。

(b) ΣU 中， U 本身数值的正负，其正负取决于假设的电压降极性与实际极性一致与否，一致者，数值为正，反之为负。

d. 推广：电路中任意两点间电压降可由基尔霍夫第二定律推导得出。如图 1—20 所示，电路中 a 、 b 两点间的电压降 U_{ab} 可设为某假想元件上的电压降，于是构成一回路。

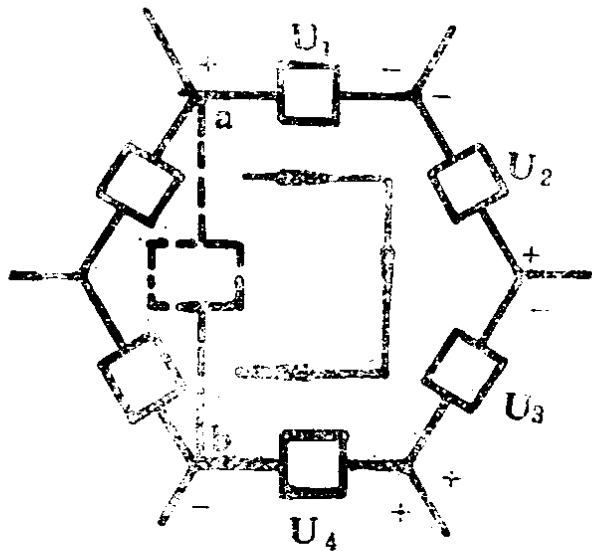


图 1—20

设绕行方向为顺时针方向，据 $\Sigma U = 0$ 得

$$U_1 - U_2 - U_3 + U_4 - U_{ab} = 0,$$

于是

$$U_{ab} = U_1 - U_2 - U_3 + U_4。$$

由此得出：电路中任两点电压降可看作是从a到b路径上所有元件电压降的代数和，元件电压降极性与从a到b方向一致者为正，反之为负。

4. 分析方法

(1) 欧姆定律的应用：

①一段电阻电路欧姆定律：如图 1—21所示，

$$I = \frac{U}{R}$$

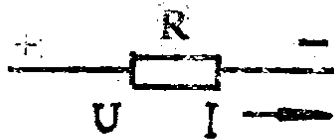
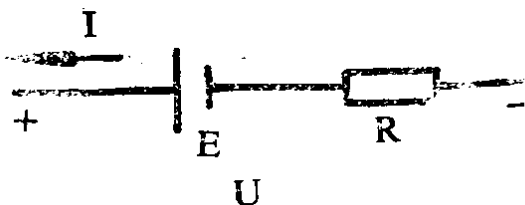


图 1—21

可求通过某电阻器件的电流或求某器件上的电压或器件电阻。

②含源支路欧姆定律：如图 1—22所示，



$$U = E - IR,$$

$$I = \frac{E - U}{R}。$$

图 1—22

已知E、I、R，可求U。

已知E、U、R，可求I。

③全电路欧姆定律：(图 1—23)

a. 具有内阻 R_s 的电源为内电

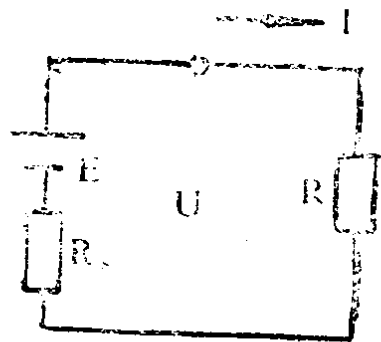


图 1—23

路，负载电阻为外电路，合称全电路，电路中

$$I = \frac{E}{R_s + R},$$

由此可求出电流I。

b. $U = IR = E - IR_s$, U为电源端电压。

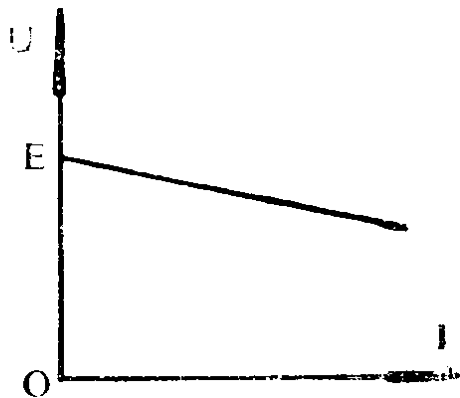
由此可讨论U随负载电流I变化的情况（即电源的外特性）：

$R \rightarrow \infty$ 时, $I = 0$, $U = E$, 即电路开路时, 电源两端的开路电压等于电源的电动势。

$R \downarrow \rightarrow I \uparrow$ (上升) $\rightarrow U \downarrow$ (下降)。

$R = 0 \rightarrow I = \frac{E}{R_s} \rightarrow U = 0$ (短路)。

其变化规律（外特性）如图1—24所示。



注意：

(a) R大,不是负载重,而电流I大,才反映了负载重。也就是说,负载电阻小,电源要提供的电流大,对于电源来说,负载是重的。

(b) 电源内阻 R_s 决定图中直线的斜率。 R_s 小,直线倾斜程度小。

$R_s = 0$, 则直线平行于I轴,即I变化,电压U不下降。此种情况表明,电源带负载能力很强,是理想电压源的性质。因此,要提高电源带负载能力,须减小电源内阻。电路中,常称电源内阻为输出电阻,它衡量电源的外特性即带负载能力。

(c) 全电路欧姆定律可用来求电源端电压U、电路中电流I、负载电阻R、电源内阻 R_s 及电源电动势E。

(2) 求两点间电压 U_{ab} ：

① U_{ab} 表征的意义：