

日本实用电工讲座

钱汝立 等 译

上海科学技术文献出版社

日本实用电工讲座

钱汝立 等译

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 19.875 字数: 585,000

1981年9月第1版 1981年9月第1次印刷

印数: 1—115,000

书号: 15192·141 定价: 2.05元

《科技新书目》188-142

目 录

第一讲 电工基础理论

一、图解法求直流电路的串并联和电压、电流	1
二、桥式电路的性质及 Δ -Y 变换的计算	4
三、电线长度、截面积与电阻的关系	10
四、图解法求正弦交流电的瞬时值、有效值和平均值	13
五、交流电路的电阻、电抗、电容和电压、电流	19
六、 L 、 R 、 C 串联电路的相量图与计算	25
七、 L 、 R 、 C 并联电路的相量图与计算	38
八、电容的联接和能量计算	45
九、交流电路的功率和功率因数	50
十、谐振的条件与电压、电流的关系	56
十一、三相电路的基本计算	62

第二讲 配电线路器材与安装

一、配电线路的种类及其特征的比较	71
二、配电方式与运行图解	75
三、怎样决定电线的尺寸	77
四、计算电线的电阻	79
五、铜线与铝线的比较	82
六、图解说明架空线及其支架器材	84
七、避雷器	91
八、单相三线制配电的中性线	97
九、不平衡负载和平衡器的作用	100
十、电缆和地下配电线路的敷设	102
十一、电缆的连接和终端施工图解	107

十二、配电线路用电缆图解	111
十三、地下电缆的故障和探测	116
十四、电缆的绝缘耐压试验方法	119
十五、电压表和倍率器的连接	121
十六、电流表和分流器的连接	126
十七、测量功率因数的仪表和连接	131
十八、测量三相功率的仪表和连接	133

第三讲 配 电 计 算

一、需要率、不等率、负荷率的含义与计算	136
二、不同需要率的负荷合成	139
三、输出、输入电压和电压波动率的计算	141
四、电压级的改变和损耗、电压波动率的变化	144
五、单相三线制配电线路的有关计算	148
六、三相三线制配电线路的有关计算	156
七、单相三线制配电线的断线计算	164
八、三相三线制配电线的断线计算	168
九、三相四线制不平衡配电的计算	172
十、电线支持物的受力计算	175
十一、电线上拉力的计算	179
十二、电线的弧垂和张力的关系	182
十三、三相短路电流和切断容量的计算	185
十四、有关改善功率因数的各种计算	188
十五、电工仪表的种类、用途和符号	193
十六、漏电断路器的安装及其功用	197

第四讲 电 机

一、各种电动机特征的比较	201
二、感应电动机特性的图解说明	207
三、感应电动机的种类、结构和用途	217

四、三相感应电动机的起动法及其原理	220
五、Y- Δ 起动法及其计算	225
六、单相感应电动机的起动方法	230
七、电源变化的影响	235
八、直流电动机的起动和控制	242
九、图解直线电动机的特性	247
十、同步电机的一般常识	252
十一、各种半导体整流器的比较	258
十二、可控硅简介	263

第五讲 应用与材料

一、晶闸管(可控硅)	266
二、绝缘物及其特征	270
三、水泵、起重设备用电动机容量的计算	273
四、光源构造与发光原理	277
五、照明的单位与简单的照度计算	293
六、电热器的各种计算	303
七、各种加热方式及其用途	308

第六讲 发电设备

一、水力发电站的种类与构成	314
二、水力发电站的输出功率计算	317
三、水轮机及其用途的图解	322
四、火力发电厂的构成与各部分的作用(一)	325
五、火力发电厂的构成与各部分的作用(二)	329
六、柴油发电机构成的图解	330
七、柴油发动机的起动和运转	334

第七讲 变电设备

一、变压器的极性和连接的图解	342
----------------------	-----

二、变压器的并联和运行	348
三、变压器的构造及各部分的作用	352
四、有关变压器的各种试验	358
五、变压器的损耗、效率及其计算	363
六、百分比阻抗和各种计算	367
七、变压器抽头和变压比的计算	372
八、自耦变压器和各种计算	375
九、单相变压器和三相变压器	380
十、变压器继电保护的图解说明	385
十一、继电保护的用途和作用	390
十二、保护继电器的用途与作用	392
十三、电压互感器、电流互感器的用途与连接	394
十四、断路器、隔离开关及切断容量的计算	399
十五、电力保险丝的种类及用途	404
十六、电容器的作用和改善功率因数	409

第八讲 电气工程施工方法与检查

一、高压配电设备布置	418
二、区域内架空电路的施工图	424
三、区域内的电缆线路	429
四、制作电缆终端的施工图	440
五、城市街道地区线路工程的施工图	446
六、接地方式的种类与施工	455
七、大型建筑物的室内布线与施工图	464
八、危险场所低压电气工程	471

第九讲 配电线路的识别与画法

一、单接接线图与复线接线图	479
二、符号、略号和图形符号	487
三、PT、CT、ZCT 等及其连接	491

四、变压器及其连接	502
五、油断路器及其连接	509
六、接地继电器及其连接	514
七、电度表及其连接	522
八、带互感器的电度表及其连接	527
九、避雷器及其连接方法	532
十、电容器及其连接方法	535
十一、单线图及复线图的画法	538
十二、配线图各部分的名称和作用	557
十三、线路图上留有的空白部分如何画	563
十四、设备与器材等的端子连接法	572
十五、查找误接线的方法	580
十六、配电线路图和线路器材	588
十七、继电器试验的实物连接图和接线图	601

第十讲(附录) 关于保证电气设备安全的法规

(摘译)

一、企业单位自用电气设备	612
二、工程计划和报批手续	613
三、电气事故报告	616
四、专职电气技术人员和器材等	619
五、电工器材管理法	622

第一讲 电工基础理论

前田纯雄 丸桥正雄 等

一、图解法求直流电路的串并联和电压、电流

串联三个电阻的电路, 加上电压 E , 如图 1(a) 所示, 因每个电阻流过的电流相同, 按基尔霍夫定律:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (1)$$

因此, 从 ab 端所见的等效串联电阻 R 为图 1(b):

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2)$$

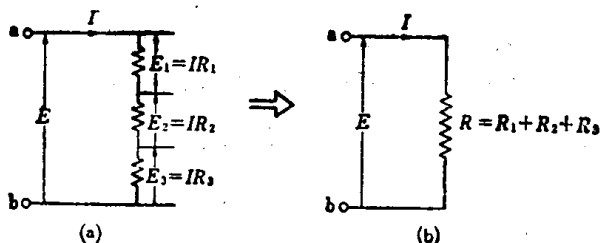


图 1

其次, 若按图 2(a) 所示将三个电阻并联, 因每个电阻所加电压相同, 则每个电阻上的电流为:

$$I_1 = \frac{E}{R_1}, \quad I_2 = \frac{E}{R_2}, \quad I_3 = \frac{E}{R_3}$$

全电流

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

从上式, 将 E 除以 I , 求得从 ab 端所示的等效并联电阻为:

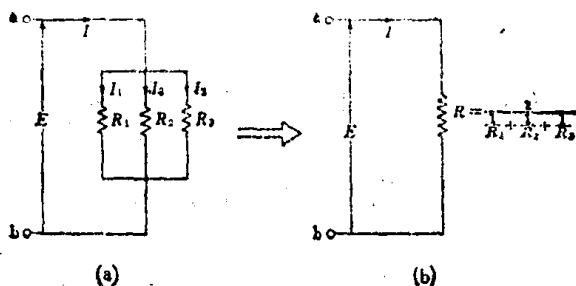


图 2

$$R = \frac{E}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (4)$$

如果是两个电阻并联, 则等效电阻可写成下列形式

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

(分子为两电阻之积)
(分母为两电阻之和)

这是经常应用的重要公式。

当既有串联又有并联, 即求所谓串并联电路的等效电阻时, 可将图 3(a) 的各电路依次如图 3(b) 那样变换为简单的等值电路。即

$$(1) R_{ac} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ 欧}$$

并联电路的上部电阻 $1.2 + 2.8 = 4$ 欧

(2) 并联电路的等效电阻

$$R_{ad} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = \frac{24}{10} = 2.4 \text{ 欧}$$

(3) ab 间的等效电阻

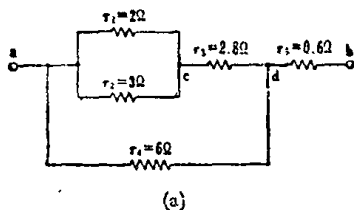
$$R = 2.4 + 0.6 = 3 \text{ 欧}$$

【例 1】求将 2、3、6 欧三个电阻串联或并联时的等效电阻。

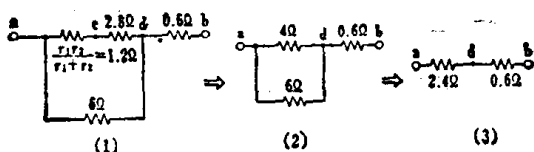
【解】按(2)式, 串联时的等效电阻

$$R_s = 2 + 3 + 6 = 11 \text{ 欧}$$

按(4)式, 并联时的等效电阻



(a)



(1)

(2)

(3)

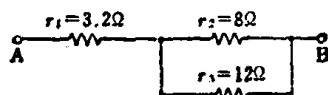
(b)

图 3

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = \frac{1}{\frac{3+2+1}{6}} = \frac{6}{6} = 1 \text{ 欧}$$

应注意,几个电阻并联时的等效电阻,小于原来的任何一个电阻值。

【例2】求图示电路的 AB 间的等效电阻。



【解】按(5)式,并联的等效电阻 R_p

$$R_p = \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3} = \frac{8 \times 12}{8 + 12} = \frac{96}{20} = 4.8 \text{ 欧}$$

AB 端之间的等效电阻 R

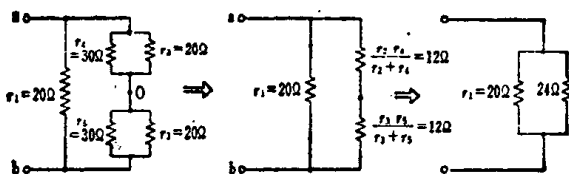
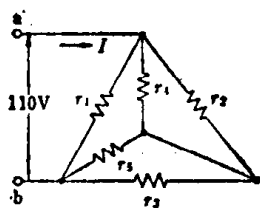
$$R = 3.2 + 4.8 = 8 \text{ 欧}$$

【例3】在电路图中, $r_1=r_2=r_3=20$ 欧, $r_4=r_5=30$ 欧时,若在 ab 端之间加上 110 伏电压,求流过 ab 端的电流。

【解】将电路图改画成较易理解的电路,据题意

$$\frac{r_2 r_4}{r_2 + r_4} + \frac{r_3 r_5}{r_3 + r_5} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} + \frac{20 \times 30}{20 + 30} = 12 + 12 = 24 \text{ 欧}$$

将 24 欧与 r_1 并联,总的等效电阻



$$R = \frac{24 \times 20}{24 + 20} = \frac{480}{44} = \frac{120}{11} \text{ 欧}$$

∴ 流进端子的电流:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{110}{\frac{120}{11}} = \frac{1210}{120} \approx 10 \text{ 安}$$

二、桥式电路的性质及 △-Y 变换的计算

(一) 直流桥式电路的平衡条件

如图 4 所示, 联成四边电阻的电路称谓桥式电路, 这是因为二个并联电路通过检流计 G 构成“过桥”的形状。

此时, 如适当地调整各边的电阻, 即使闭合开关 K , 在 G 中也就无电流通过。如果 G 中无电流通过, P 上的电流 I_1 就原封不动地流向 Q 处, R 上的电流 I_2 也全部流过 S 。 G 中无电流通过就是 cd 间无电位差, 即 c 点与 d 点处于等电位, 这种状态称为电桥平衡(平衡条件)。在电桥平衡时, 由于 ac 间的电压与 ad 间的电压相等, 而 cd 间和 db 间的电压也相等,

$$\therefore I_1 P = I_2 R \quad (6)$$

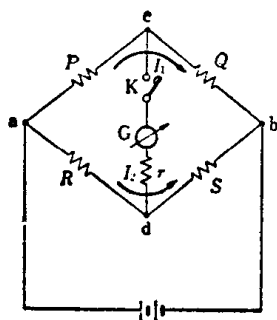


图 4

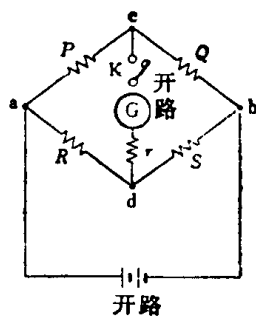
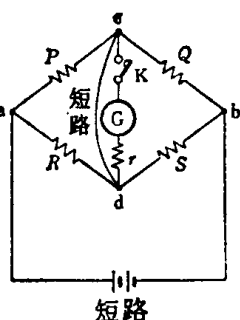


图 5

$$I_1 Q = I_2 S \quad (7)$$

将(6)式除(7)式得

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \quad \therefore PS = QR \quad (8)$$

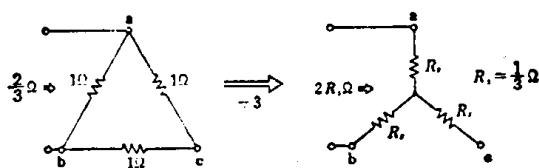
即在电桥平衡时，二个对应桥臂的电阻之积相等，由(8)式就能求出未知的电阻值。

电桥处于平衡时，c点与d点的电位相等，由于G中没有电流流过，即使如图5所示那样把cd间看作短路，或看作开路，对电路的电流分布没有影响。把cd看成短路或开路这二种方法都可得到相同的结果，计算时可以不考虑cd间存在的电阻r。

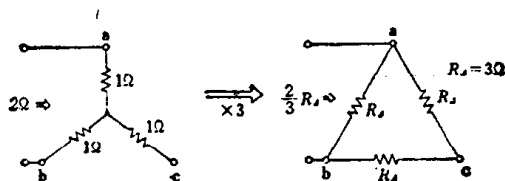
(二) Δ -Y 变换

如图6所示，有联接 Δ 形或Y形的电阻各端子间加上相等的电压，假如此时流入两个电路的电流相同，则两者的等效电阻就是等值的。因此，假如满足上述条件，那么 Δ 形联接与Y形联接就能互相变换。将 Δ 形联接变成Y形联接称为 Δ -Y变换，反之称为Y- Δ 变换。这些变换使计算各种电路非常方便。现先简单的叙述各相电阻相等时的变换。

1. 各相电阻相等时的 Δ -Y变换 在图6(a)中，假定 Δ 联接中的一相的电阻(阻抗也是一样)为1欧，设Y形联接的一相电阻为 R_x 。此时， Δ 形联接的任意端ab之间的等效电阻是由2欧和1欧并联，所以求得是2/3欧。而Y形联接的ab端之间的等效电阻是 $2R_x$ 欧，由



(a) Δ -Y 变换



(b) Y- Δ 变换

图 6

于这两种等效电阻必须相等

$$2R_s = \frac{2}{3}, \quad \therefore R_s = \frac{1}{3} \text{ 欧} \quad (9)$$

因此, Δ -Y 变换只要将 Δ 形联接的一相电阻的 $1/3$ 作为 Y 联接的一相电阻就行。

反之, Y- Δ 变换按图 6(b) 可得:

$$\frac{2}{3} R_\Delta = 2 \quad \therefore R_\Delta = 3 \text{ 欧} \quad (10)$$

即将 Y 联接一相的电阻变换为 Δ 联接时要扩大为 3 倍。

2. 各相电阻不同时的 Δ -Y 变换 如图 7 所示, 在将各相电阻不同的 Δ 联接变换为 Y 联接时, 只要列出在各接头之间的等效电阻相等的式子就行。

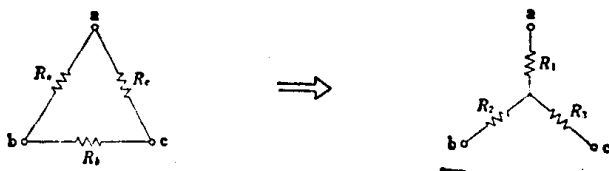
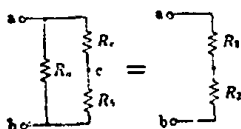


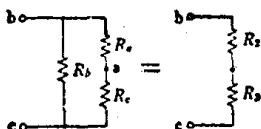
图 7

ab 端子间



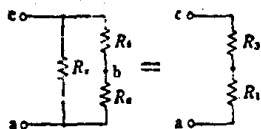
$$R_1 + R_2 = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} \quad (11)$$

bc 端子间



$$R_2 + R_3 = \frac{R_b(R_c + R_d)}{R_a + R_b + R_c} \quad (12)$$

ca 端子间



$$R_3 + R_1 = \frac{R_c(R_d + R_a)}{R_a + R_b + R_c} \quad (13)$$

将(11)、(12)、(13)式两边相加

$$R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_c R_d}{R_a + R_b + R_c} \quad (14)$$

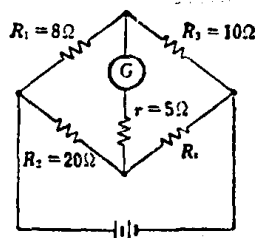
将(14)分别减去(11)、(12)、(13)式就能得到 Δ -Y 的变换公式

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \frac{R_c R_d}{R_a + R_b + R_c} \\ R_2 &= \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} \\ R_3 &= \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

此式中如各相电阻相等, 就得到 (9) 式相同的结果。

【例 4】在图示的直流电桥中, 为了测定未知电阻 R_x , 将可变电阻 R_3 调至 10 欧时, 检流计 G 的光振显示为零而达到平衡。求电阻 R_x 的值。

【解】电桥平衡时, 可不必考虑检流计 G 的串联电阻 r 。因电桥平衡时, 按 (8) 式、

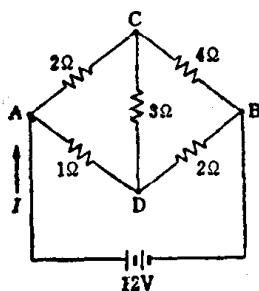


对应桥臂电阻的乘积相等

$$R_x \cdot R_1 = R_2 R_3$$

$$\therefore R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1} = 10 \times \frac{20}{8} = 25 \text{ 欧}$$

【例5】在图示的桥式电路中，求通过AB间的电流值[安]。



【解】求电流必须先求等效电阻，可是等效电阻须用 Δ -Y 变换来计算。但在这个电路中，利用对应桥臂电阻的积相等，即 $2 \times 2 = 4 \times 1$ 这一平衡条件比较方便。

电桥平衡时 CD 端之间的 3 欧可以不计，将这个端子看作为短路或开路其结果是相同的。即

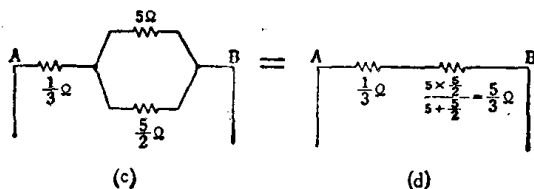
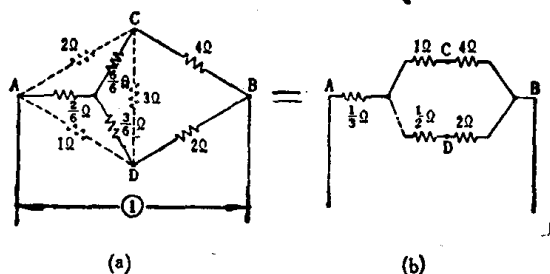
短路: $R = \frac{2 \times 1}{2+1} + \frac{4 \times 2}{4+2} = \frac{2}{3} + \frac{8}{6} = \frac{12}{6} = 2 \text{ 欧}$

开路: $R = \frac{(2+4)(1+2)}{2+4+1+2} = \frac{6 \times 3}{9} = \frac{18}{9} = 2 \text{ 欧}$

等效电阻是 2 欧，因此电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{2} = 6 \text{ 安}$$

为了练习 Δ -Y 变换，也可由(15)式来求等效电阻，如下图



因此, 等效电阻

$$R = \frac{1}{3} + \frac{5}{3} = 2 \text{ 欧} \quad \therefore I = \frac{12}{2} = 6 \text{ 安}$$

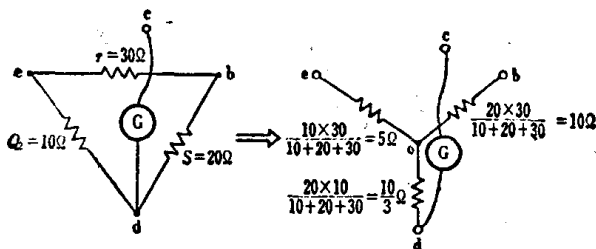
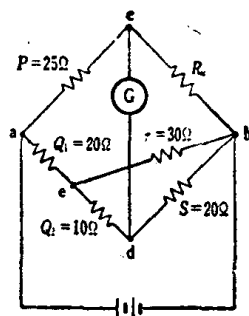
【例 6】在图示的直流电桥中, 列出了各电阻的值, 当检流计 G 的光振为零时电桥平衡, 求 R_x 的值[欧]。

【解】将电桥的 Δ 联接部分应用(15)式变换为如图(a)所示的人形联接, 再将题图改画成图(b)。

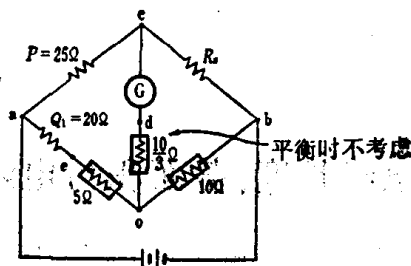
由平衡条件

$$R_x(20+5) = 25 \times 10$$

$$\therefore R_x = 10 \text{ 欧}$$



(a)



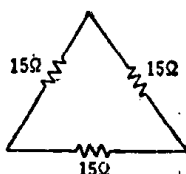
(b)

【例 7】将电路图中的电阻换算为人形联接, 求一相的电阻[欧]。

【解】当 Δ 联接变换为人联接时, 人联接的一相电阻按(9)式

为原来的 $1/3$ 。因此,

$$R_e = \frac{R_{\Delta}}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ 欧}$$



〔例 8〕 在图示的电路中, 如 ab 端之间的电压为 100 伏, 求流经端子的电流〔安〕。

〔解〕 将本题改画成桥式电路。而且, 对应桥臂电阻之积相等

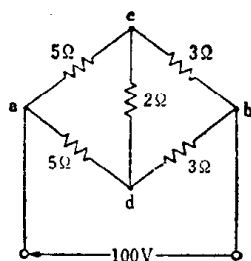
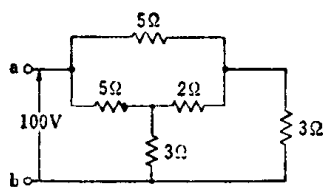
$$5 \times 3 = 3 \times 5$$

满足了平衡条件。将 cd 间作为短路, 则等效电阻

$$R = \frac{5 \times 5}{5 + 5} + \frac{3 \times 3}{3 + 3} = 2.5 + 1.5 = 4 \text{ 欧}$$

因此, 电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{4} = 25 \text{ 安}$$



三、电线长度、截面积与电阻的关系

电线的电阻, 即使材料相同, 其数值也会在尺寸和长度改变时随之变化, 如同直径粗的水管流水方便而直径细的水管流水困难一样。即使水管尺寸相同, 假如延长其长度, 其固有摩擦阻力就会增大。与相同, 电阻与导体的长度成正比, 而与截面积成反比。这样, 长度为 l 〔米〕、截面积为 S 〔米²〕的导体其电阻 R 〔欧〕可表示如下