

超值
双色版

电工计算

一点通

刘丙江 编

$$I = U/R$$

$$U = IR$$

$$R = U/I$$



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

责任编辑 刘 焜

联系电话 010 - 63412395

电子信箱 liuchi1030@163.com

电工计算

一点通



电工经常需要通过计算解决工作中遇到的各种问题，电工计算是电工技术的重要内容，正确、熟练地运用电工计算，是电工必须掌握的技能之一。

全书共十二章，共收集公式356个，表格62个，安排例题66个，并有一定数量的插图，主要从交/直流电路和磁路计算，电力负荷计算，短路电流计算，电线和电缆截面选择计算，变压器计算，电动机的常用计算，高/低压电器选择和检验计算，电工测量仪表的计算，照明计算，无功补偿计算，节能降损计算，晶体管电路的简易计算等方面进行了介绍。

延伸阅读

- 电工技能一点通
- 电工识图一点通
- 电工操作一点通



关注我，关注更多好书

ISBN 978-7-5123-4942-1



9 787512 349421 >

定价：22.00元

上架建议：电工技术

电工计算

一点通

刘丙江 编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电工经常需要通过计算解决工作中遇到的各种问题,电工计算是电工技术的重要内容,正确、熟练地运用电工计算,是电工必须掌握的技能之一。

全书共十二章,共收集公式 356 个,表格 62 个,安排例题 66 个,并有一定数量的插图,主要从交/直流电路和磁路计算,电力负荷计算,短路电流计算,电线和电缆截面选择计算,变压器计算,电动机的常用计算,高/低压电器选择和检验计算,电工测量仪表的计算,照明计算,无功补偿计算,节能降耗计算,晶体管电路的简易计算等方面进行了介绍。本书既注重实用性,又兼顾了知识的系统性、科学性。适合城市、农村、工厂、机关、学校等单位的初、中级电工阅读,也可作为相应等级电工的考核教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工计算一点通/刘丙江编. —北京:中国电力出版社,2014.1
ISBN 978-7-5123-4942-1

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工计算-基本知识 IV. ①TM11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 224771 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 5.75 印张 150 千字

印数 0001—3000 册 定价 22.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

电工计算一点通

当今世界，电工技术已涉及国民经济和人民生活的各个领域，是关系国计民生的重要学科。

电工经常需要通过计算解决工作中遇到的各种问题，电工计算是电工技术的重要内容，正确、熟练地运用电工计算，是电工必须掌握的技能之一。

本书在选材上立足常用，突出实用，理论联系实际，力求语言简洁、精练。以使读者能够熟练地运用电工基础理论，掌握计算方法，解决日常工作中遇到的计算问题，是编写本书的指导思想。

本书在编排方法上首先是计算公式，然后是相关资料。在计算公式的后面，还安排了一定数量的例题，供读者计算时参考，帮助其理解、掌握计算的方法、步骤，使读者学得会，用得上，记得牢。

全书共十二章，分别是交/直流电路和磁路计算，电力负荷计算，短路电流计算，电线和电缆截面积选择计算，变压器计算，电动机的常用计算，高/低压电器选择和检验计算，电工测量仪表的计算，照明计算，无功补偿计算，节能降损计算，晶体管电路的简易计算，都是电工在工作中经常遇到的问题。本书共收集公式 356 个，表格 62 个，安排例题 66 个，并有一定数量的插图，既注重实用性，又兼顾了知识的系统性、科学性。适合城市、农村、工厂、机关、学校等单位的初、中级电工阅读，也可作为相应等级电工的考核教材。

本书在编写过程中，参阅了大量的图书和资料，在此对这些

图书和资料的版权所有者表示衷心地感谢!

限于编者水平，加之时间仓促，疏漏与不足之处在所难免，
恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 11 月

目 录

电工计算一点通

前言

第一章	交/直流电路和磁路计算	1
第一节	直流电路计算	1
第二节	交流电路计算	13
第三节	磁路计算	18
第二章	电力负荷计算	25
第一节	需要系数法	25
第二节	二项式系数法	35
第三节	逐级计算法和估算法	38
第四节	照明的负荷计算	44
第三章	短路电流计算	48
第一节	三相短路电流计算	48
第二节	两相短路电流和低压短路电流计算	53
第四章	电线和电缆截面选择计算	57
第一节	电线和电缆截面选择原则	57
第二节	按发热条件选择导线截面	58
第三节	按允许电压损失选择导线截面	59
第四节	按经济电流密度选择导线截面	61
第五节	按导线的机械强度选择导线截面	62
第六节	母线选择计算	64

第五章	变压器计算	67
第一节	变压器常用计算及损耗和效率计算	67
第二节	工厂及农村变压器台数和容量选择计算	69
第三节	小型变压器计算	74
第六章	电动机的常用计算	83
第一节	直流电动机的基本计算公式	83
第二节	交流异步电动机的基本计算公式	85
第三节	三相异步电动机改为发电机的计算	87
第七章	高/低压电器选择和检验计算	89
第一节	高/低压电器的选择原则	89
第二节	高压电器选择计算	90
第三节	低压电器选择计算	92
第八章	电工测量仪表的计算	96
第一节	电工测量指示仪表的误差与准确度计算	96
第二节	电工仪表量程的扩大计算	98
第三节	用电量的计算	100
第九章	照明计算	102
第一节	照明基本概念及其计算	102
第二节	照明的计算程序	104
第三节	照度标准	112
第十章	无功补偿计算	119
第一节	功率因数计算	119
第二节	补偿容量计算	121
第三节	无功补偿装置台数和放电电阻计算	126

第十一章	节能降损计算	129
-------------	---------------	------------

第一节	节约用电的计算	129
-----	---------------	-----

第二节	线损计算	131
-----	------------	-----

第十二章	晶体管电路的简易计算	148
-------------	-------------------	------------

第一节	放大电路的计算	148
-----	---------------	-----

第二节	整流和滤波电路的计算	152
-----	------------------	-----

第三节	简单稳压电路的计算	156
-----	-----------------	-----

附录		160
-----------	--	------------

参考文献		176
-------------	--	------------

交/直流电路和磁路计算

第一节 直流电路计算

一、电阻的计算

1. 导体的电阻

导体电阻的计算式为

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

式中 R ——电阻, Ω ;

ρ ——电阻率, $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$;

L ——导体长度, m ;

S ——导体截面积, mm^2 。

导体的电阻不是固定值,它随环境温度的变化而变化,温度低时电阻值降低,温度升高时电阻值增大。电阻值与温度的关系式为

$$R_2 = R_1 [1 + d(t_2 - t_1)] \quad (1-2)$$

式中 R_1 、 R_2 ——温度变化前后的电阻, Ω ;

t_1 、 t_2 ——变化前后的温度, $^{\circ}\text{C}$;

d ——电阻温度系数, $1/^{\circ}\text{C}$ 。

常用导体的电阻率和电阻温度系数见表 1-1。



表 1-1 常用导体的电阻率和电阻温度系数

导体材料	20℃ 时的电阻率 ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)	电阻 温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)	导体材料	20℃ 时的电阻率 ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)	电阻 温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)
银	0.0165	0.003 61	铜	0.0175	0.0041
铝	0.0283	0.004 23	铁	0.0978	0.006 25
钨	0.055	0.0044	铜镍锌合金	0.42	0.000 04
康铜 (54%铜, 46%镍)	0.49	0.000 04	锰铜 (86%铜, 12%锰, 1%镍)	0.40	0.000 02

【例 1-1】 有一条配电线路，长 650m，采用截面积为 16mm^2 的铝绞线，求每根导线 20°C 时的电阻。

解 查表 1-1，得铝的电阻率 $\rho=0.0283\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0.0283 \times 650 / 16 = 1.15(\Omega)$$

答：每根导线 20°C 时的电阻为 1.15Ω 。

【例 1-2】 某仪器用康铜丝绕制的电阻烧坏，需重新绕制。经查说明书，该电阻为 1.5Ω ，拆下的康铜丝直径为 0.5mm ，求所需康铜丝的长度。

解 查表 1-1，得康铜丝的电阻率为 $0.49\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ 。

(1) 求出康铜丝的截面积

$$S = \pi r^2 = 3.14 \times (0.5 \div 2)^2 = 0.2(\text{mm}^2)$$

(2) 求康铜丝的长度。

根据式 (1-1)，有

$$L = RS/\rho = 1.5 \times 0.2 / 0.49 = 0.61(\text{m})$$

答：所需康铜丝的长度为 0.61m 。

【例 1-3】 求截面积为 25mm^2 ，长度为 1000m 的铝导线，温度在 75°C 时的电阻。

解 查表 1-1，得铝的电阻率 $\rho=0.0283\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ， $d=$

0.004, 温度为 20°C 时的电阻为

$$R_1 = R_{20} = \rho L / S = 0.0283 \times 1000 / 25 = 1.13 (\Omega)$$

当温度为 75°C 时, 其电阻为

$$\begin{aligned} R_2 &= R_1 [1 + d(t_2 - t_1)] \\ &= 1.13 [1 + 0.004 \times (75 - 20)] = 1.38 (\Omega) \end{aligned}$$

答: 温度在 75°C 的电阻为

1.38 Ω 。

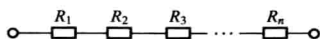


图 1-1 电阻的串联电路

2. 电阻的串联电路

电阻的串联如图 1-1 所示。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-3)$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-4)$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-5)$$

电阻串联分压公式 (两个电阻串联)

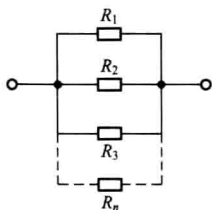
$$U_1 = UR_1/R$$

$$U_2 = UR_2/R \quad (1-6)$$

$$U_n = UR_n/R$$

3. 电阻的并联电路

电阻的并联电路如图 1-2 所示。



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-7)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-8)$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-9)$$

图 1-2 电阻的并联电路

两个电阻并联

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-10)$$

n 个相同阻值的电阻并联

$$R = \frac{R_1}{n} \quad (1-11)$$

电阻并联分流公式 (两个电阻并联)

$$I_1 = \frac{IR_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{IR_1}{R_1 + R_2}$$

4. 电阻的混联

电阻的混联如图 1-3 所示。

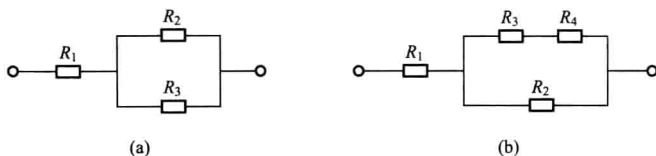


图 1-3 电阻的混联电路

(a) 形式 1; (b) 形式 2

$$R = R_1 + [R_2 R_3 / (R_2 + R_3)] \quad (1-12)$$

式 (1-3)~式 (1-12) 中, R 为总电阻 (Ω); R_1 、 R_2 、 R_3 为分电阻 (Ω); I 为总电流 (A); I_1 、 I_2 、 I_3 为分电流 (A); U 为总电压 (V); U_1 、 U_2 、 U_3 为分电压 (V)。

【例 1-4】 在图 1-3 (b) 的混联电路中, $R_1 = 7\Omega$, $R_2 = 8\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, 求总等效电阻 R 。

解 先求出 R_3 、 R_4 串联的等效电阻 R_{34}

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 6 + 2 = 8(\Omega)$$

再求出 R_{34} 和 R_2 并联的等效电阻 R_{234}

$$R_{234} = R_2 R_{34} / (R_2 + R_{34}) = 8 \times 8 / (8 + 8) = 4(\Omega)$$

或

$$R_{234} = 8 / 2 = 4(\Omega)$$

最后求出 R_1 和 R_{234} 串联电阻 (总等效电阻) R

$$R = R_1 + R_{234} = 7 + 4 = 11(\Omega)$$

答：总等效电阻 R 为 11Ω 。

5. 电阻的星形接法和三角形接法

电阻的星形接法和三角形接法如图 1-4 所示。

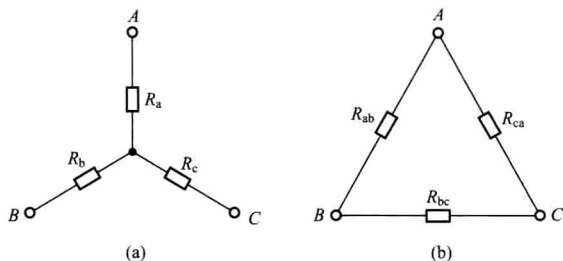


图 1-4 电阻的星形接法和三角形接法

(a) 星形接法；(b) 三角形接法

在电阻的计算中，为了使电路计算简单，常将星形接法和三角形接法进行等值变换。但要注意：

(1) 必须保证变换前后电路的外特性不变，即在两种电路的任意两端间加上相同的电压时，从各对应端点流出流入的电流也相等。

(2) 星形接法和三角形接法的等值变换，只适用于不包含电源的电路，包括电路的任何支路。

星形连接→三角形连接

$$\left. \begin{aligned} R_{ab} &= R_a + R_b + R_a R_b / R_c \\ R_{bc} &= R_b + R_c + R_b R_c / R_a \\ R_{ca} &= R_c + R_a + R_c R_a / R_b \end{aligned} \right\} \quad (1-13)$$

三角形连接→星形连接

$$\left. \begin{aligned} R_a &= R_{ca} R_{ab} / (R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}) \\ R_b &= R_{ab} R_{bc} / (R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}) \\ R_c &= R_{bc} R_{ca} / (R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}) \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

【例 1-5】 计算图 1-5 中 m_1 、 m_2 两点间的电阻值。

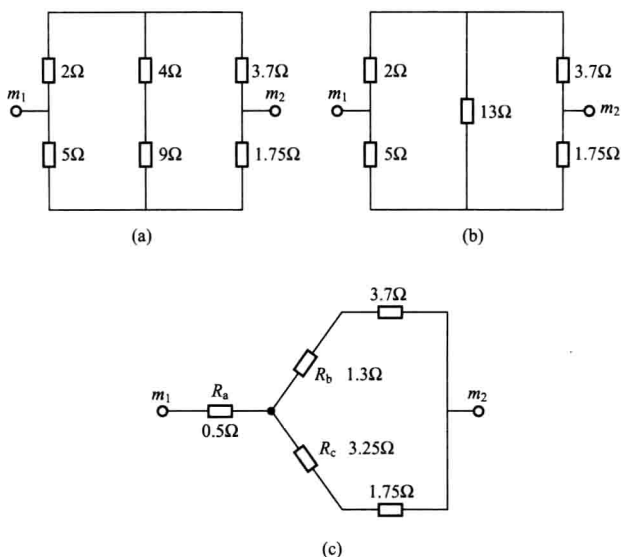


图 1-5 例 1-5 图

(a) 电阻串联；(b) 图 (a) 的变换；(c) 三角形接法

解 图 1-5 (a) 中， 4Ω 和 9Ω 的电阻串联，总电阻为 13Ω ，变换为图 1-5 (b) 的电路，该电路中的 2 、 5 、 13Ω 电阻是三角形接法，用 R_a 、 R_b 、 R_c 替代，变换成星形接法，如图 1-5 (c) 所示，可极大地简化计算。

由上面三角形连接→星形连接的计算式，得

$$R_a = 2 \times 5 / (2 + 5 + 13) = 0.5(\Omega)$$

$$R_b = 2 \times 13 / (2 + 5 + 13) = 1.3(\Omega)$$

$$R_c = 13 \times 5 / (2 + 5 + 13) = 3.25(\Omega)$$

将 R_a 、 R_b 、 R_c 的值代入图 1-5 (c) 中，图中 1.3Ω 和 3.7Ω 电阻串联，电阻值为 $1.3\Omega + 3.7\Omega = 5\Omega$ ； 3.25Ω 和 1.75Ω 电阻串联，电阻值为 $3.25\Omega + 1.75\Omega = 5\Omega$ ；两个 5Ω 电阻并联，其电阻值为 $5\Omega / 2 = 2.5\Omega$ ，再与 0.5Ω 电阻串联，所以 m_1 、 m_2 两点间的电阻值为

$$2.5\Omega + 0.5\Omega = 3\Omega$$

二、电路基本定律计算

1. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律 (见图 1-6)。

$$I = U/R \quad (1-15)$$

$$U = IR$$

$$R = U/I$$

式中 I ——电流, A;

U ——电压, V;

R ——电阻, Ω 。

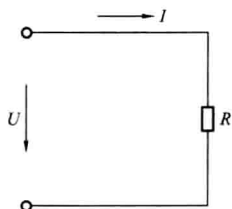


图 1-6 部分电路
欧姆定律

【例 1-6】 已知电炉的炉丝电阻为 10Ω , 求其分别接在 220V 和 380V 电路上的电流。

解 当电压为 220V 时, 电流为

$$I = U/R = 220/10 = 22(\text{A})$$

当电压为 380V 时, 电流为

$$I = U/R = 380/10 = 38(\text{A})$$

【例 1-7】 在控制电路中使用的中间继电器, 其线圈两端的电压为 220V, 线圈的电流为 22mA, 求线圈的直流电阻。

解 $I = 22\text{mA} = 0.022\text{A}$

$$R = U/I = 220/0.022 = 10\,000(\Omega) = 10(\text{k}\Omega)$$

(2) 全电路欧姆定律 (见图 1-7)。

$$I = E/(R+r) \quad (1-16)$$

或 $U = E - Ir$

式中 E ——电源电动势, V;

r ——电源内电阻, Ω 。

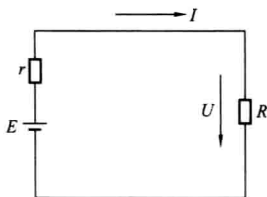


图 1-7 全电路欧姆定律

【例 1-8】 在图 1-7 中, $E = 110\text{V}$, $R = 109\Omega$, $r = 1\Omega$, 求电路中的电流。

解 $I = E / (R + r) = 110 / (109 + 1) = 1(\text{A})$

2. 基尔霍夫定律

对于比较复杂的电路，在进行计算时通常采用基尔霍夫定律。它既适用于直流电路，也适用于交流电路，是分析、计算电路的基本定律。

(1) 基尔霍夫第一定律又称节点电流定律。它的内容是：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。或者说流过任意一个节点的电流的代数和为零。其数学表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-17)$$

图 1-8 表示有 5 个电流汇交的节点，根据图中标出的电流方向，可以列出该节点的电流方程式为

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$$

即 $I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0 \quad (\sum I = 0)$

通常规定，流入节点的电流为正，流出节点的电流为负。

【例 1-9】 在图 1-9 中，已知 $I_1 = 5\text{A}$ ， $I_2 = -2\text{A}$ ， $I_3 = 3\text{A}$ 。求 I_4 。

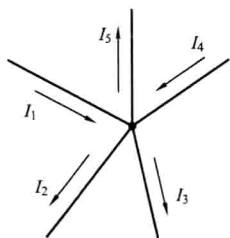


图 1-8 有 5 个电流汇交的节点

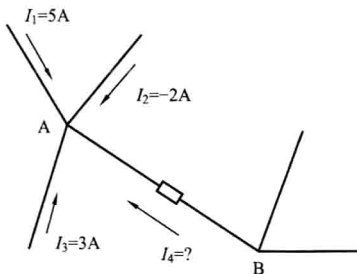


图 1-9 例 1-9 图

解 根据式 (1-17)，得

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$