

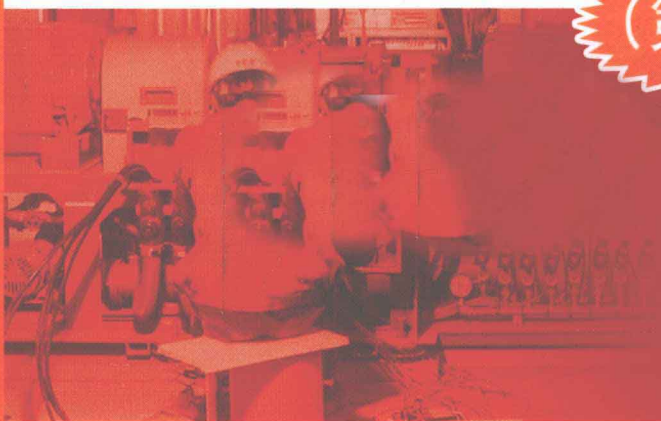
DIANGONG
CHANGYONG JISUAN SHOUCE



电工 常用计算手册

罗 宓 主编

(第二版)



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANGONG
CHANGYONG JISUAN SHOUCHE



电工 常用计算手册

(第二版)

	罗 宓	主编
段永煌	陈大丰	参编
	刘介才	主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书有选择地收集了现代电工行业常用的计算公式和相关数据资料, 计算公式及必要的图解或者文字说明均以表格形式编排, 一目了然, 力求达到“即查即用”的效果。

主要内容包括: 电工学常用计算公式、电工测量常用计算公式、电动机和变压器常用计算公式、工厂供电常用计算公式、电子技术常用单元电路的计算公式、其他常用的电工计算公式。

本书适用于工矿企业电工、电气技术人员等具备电工基本计算能力的人员阅读, 也可供相关专业的大中专师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工常用计算手册/罗宓主编. —2版. —北京: 中国电力出版社, 2011.9

ISBN 978-7-5123-2144-1

I. ①电… II. ①罗… III. ①电工-计算-手册
IV. ①TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 197448 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>

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 7 月第一版

2012 年 1 月第二版 2012 年 2 月北京第四次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 14.75 印张 390 千字

印数 13001—16000 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
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

本书在 2004 年第 1 版的基础上, 结合我国近年来对电气安全的新要求和现代电工业务的扩展, 修订编写。本书适合于具备电工基本计算能力的各类电气人员快速查阅, 也可供相关专业的大中专师生教学使用。

根据所确定的主要读者对象, 本手册力求在内容取材和编排方式上具有特色。内容上有选择地收集了现代电工行业常用的计算公式与部分相关的技术资料, 编排方式上兼顾电工知识的系统性和实用性。本手册略去例题, 腾出篇幅收集较多的计算公式与实用的技术资料, 特别适用于具有电工基本计算能力者, 有助于他们在电工业务或电气工程的设计中温故知新, 是一本可快速查阅并完成相关计算的便携式工具书。内容取舍以常规的计算公式为主, 一般按典型的计算步骤列出计算公式, 总体上力求体现内容的正确、简明、实用。

计算公式及必要的图解或文字说明均以表格形式编排。每个表格以序号表示计算的步骤, 计算公式中字母符号的简要说明紧随其后, 使读者能够一目了然, 达到“即看即用”的效果。计算所需的示意图和相关数据多在同一表项中安插, 一些较大的数据表格也紧随所关联的表格, 以便快速查找。

本手册第二版中, 罗宓担任主编, 段永煌、陈大丰参加编写, 刘介才担任主审。

在第二版的修编过程中, 刘介才老师多次协助、指教, 在此表示诚挚的谢意!

编者虽注重摘录的计算公式和数据来源翔实可靠, 并力求引

用最新的技术标准、规范和正确使用法定计量单位，但限于其水平或能力，错漏难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月

目 录

前言

第一章 电工学常用计算公式 1

第一节 电工学常用定律.....	1
1. 电磁学的基本定律和定则	1
2. 电路的基本定律	3
3. 磁路的欧姆定律	5
第二节 常用电路参数的计算公式.....	5
1. 电阻的常用计算公式	5
2. 电感和感抗的常用计算公式	7
3. 电容和容抗的常用计算公式	10
4. 阻抗的常用计算公式	12
第三节 直流电路的分析计算	14
1. 简单直流电路的分析计算	14
2. 复杂直流电路的分析计算	16
第四节 正弦交流电路的分析计算	19
1. 单相正弦交流电路的分析计算	19
2. 三相正弦交流电路的分析计算	27
3. 正弦交流电路的谐振分析计算	34
第五节 非正弦交流电路的分析计算	37
1. 非正弦交流量的分析计算	37
2. 几种常见非正弦波形的谐波计算	39
第六节 线性电路过渡过程的分析计算	42
1. 电路过渡过程的产生及换路定律	42
2. 一阶线性电路过渡过程的分析计算.....	42

3. 二阶线性电路过渡过程的分析计算	46
第七节 磁路、铁损和电磁力的计算公式	48
1. 磁路的计算公式	48
2. 铁心线圈功率损耗的计算公式	50
3. 载流导体间电磁力的计算公式	51

第二章 电工测量常用计算公式 54

1. 测量误差与仪表准确度的计算公式	54
2. 电压与电流的测量计算公式	55
3. 电阻的测量计算公式	58
4. 电感和电容的测量计算公式	61
5. 电功率的测量计算公式	66
6. 有功电量的计算公式	70

第三章 电动机和变压器常用计算公式 71

第一节 直流电动机的常用计算公式	71
1. 直流电动机的基本计算公式	71
2. 直流电动机调速系统常用的计算公式	74
3. 直流电动机暂态过程参数的计算公式	79
第二节 交流电动机的常用计算公式	84
1. 交流异步电动机的基本计算公式	84
2. 三相交流异步电动机起动控制常用计算公式	91
3. 三相交流异步电动机制动控制常用计算公式	102
4. 三相异步电动机变极调速参数关系的计算公式	104
5. 交流电动机空壳重绕计算公式	105
第三节 变压器的常用计算公式	114
1. 小型单相变压器的计算公式	114
2. 小型三相变压器的计算公式	121

第四章 工厂供电常用计算公式 129

第一节 电力负荷常用计算公式	129
-----------------------------	------------

1. 三相用电设备组的计算负荷	129
2. 单相设备组等效三相负荷的计算	137
3. 工厂计算负荷及年耗电量的计算	140
4. 尖峰电流的计算公式	149
第二节 短路电流的计算公式	149
1. 三相短路电流的计算及实用数据表	149
2. 两相短路和单相短路的计算及实用数据表	161
第三节 电力变压器与互感器的选择计算公式	166
1. 电力变压器容量、过负荷能力、经济运行和 发电机组容量的计算	166
2. 电力变压器部分试验参数的测量计算	172
3. 电流互感器及选择计算公式	175
4. 电压互感器及选择计算公式	180
5. 部分互感器的主要技术数据表	183
第四节 高低压电器选择与校验的计算公式	186
1. 高压电器选择与校验的计算公式	186
2. 低压电器选择与校验的计算公式	190
3. 低压断路器脱扣器的选择与整定计算公式	193
4. 高低压电器选择与校验的实用数据表	195
第五节 导线与电缆的选择计算公式	198
1. 按发热条件选择导线和电缆截面的计算公式	198
2. 按经济电流密度选择导线和电缆经济截面的 计算公式	199
3. 线路电压损耗的计算公式	200
4. 部分导线和电缆的有关技术数据表	202
5. 架空裸导线和绝缘导线的最小截面	222
第六节 接地、防雷装置的设计计算公式	225
1. 接地体工频接地电阻的近似计算公式	225
2. 接地装置的设计计算步骤及公式	226
3. 接地装置设计计算有关的资料及数据表	228

4. 变配电所及电力线路避雷针保护范围的 计算公式	234
5. 变配电所及电力线路避雷线保护范围的 计算公式	236
6. 建筑物年预计雷击次数的经验计算公式	238
7. 单避雷针及单避雷线对建筑物的保护范围计算 ...	239
8. 防雷计算的部分相关资料及数据表	241
第七节 照度计算	244
1. 照度计算的利用系数法	244
2. 照度计算的概算曲线法	246
3. 照度计算的单位容量(比功率)法	248
4. 照度计算的逐点计算法	248
第八节 无功功率的补偿计算	251
1. 异步电动机就地无功补偿的计算	251
2. 并联电容器组的容量计算	254
3. 并联电容器的部分型号及其主要技术参数	255
第九节 继电保护装置的整定与检验计算公式	257
1. 电力线路继电保护的整定与检验计算公式	257
2. 电力变压器继电保护的整定与检验计算公式	260
3. 6~10kV 并联电容器继电保护的整定与 检验计算公式	264
4. 电动机短路及过负荷保护装置的计算公式	265

第五章 电子技术常用单元电路的计算公式 271

第一节 晶体管单元放大电路的计算公式	271
1. 晶体管基本偏置放大电路的计算公式	271
2. 三种基本接法放大电路的静态计算公式	272
3. 四种基本类型晶体管负反馈放大电路的框图 分析计算法	273
4. 直流差动放大电路的计算公式	275

5. 常用音频放大电路输出功率的计算公式	276
第二节 集成运放基本单元电路的计算公式	278
1. 常用信号运算电路的计算公式	278
2. 常用信号滤波电路的计算公式	279
3. 常用信号发生电路振荡频率的计算公式	281
第三节 常用整流滤波电路的分析计算公式	282
1. 常用整流电路的分析计算公式	282
2. 常用整流滤波电路的分析计算公式	284
第四节 常用数字电路单元的计算公式	286
1. 逻辑代数的基本运算公式	286
2. 逻辑门电路的分析计算公式	288
3. 触发器电路的逻辑分析计算公式	292
第五节 常用晶闸管电路的计算公式	294
1. 晶闸管整流电路的基本电量关系	294
2. 晶闸管主电路元件参数的计算公式	303
3. 常用晶闸管触发电路参数的选择与计算	318

第六章 其他常用的电工计算公式 321

1. 风机和水泵性能参数的选择计算公式	321
2. UPS 电源容量及配用电池组的选择计算公式	323
3. 电阻炉的计算公式	325
4. LED 发光二极管点阵显示屏尺寸的计算	328
5. 计算机数据存储容量和传输速率的单位及换算 ...	329

附录 333

附录 A 部分电器产品的技术数据	333
附录 B 常用异步电动机的技术数据	394
附录 C 电气安全的部分技术要求	408
附录 D 常用物理量的单位及换算	445

参考文献 462

第一章

电工学常用计算公式

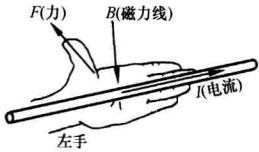
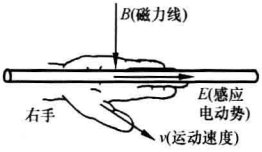
第一节 电工学常用定律

1. 电磁学的基本定律和定则 (表 1-1)

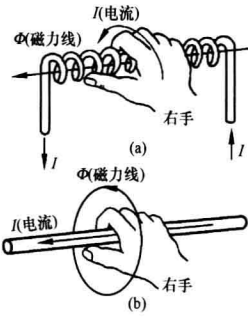
表 1-1 电磁学的基本定律和定则

序号	项 目	公 式 与 说 明
1	电荷守恒定律	在一个与外界隔离的系统内, 无论进行怎样的物理过程, 其中正负电荷的代数和始终保持不变。例如两个物体相互摩擦, 一个物体带正电荷时, 另一个物体必带等量的负电荷。又如一个电子与一个正电子在适当的条件下相遇时, 会发生“湮灭”而转化为两个光子, 正负电荷的代数和为零
2	库仑 (Coulomb) 定律	在真空中, 两个点电荷 q_1、q_2 间相互作用力 F 的大小, 与 q_1、q_2 的乘积成正比, 与 q_1、q_2 之间距离 r 的二次方成反比, 即 $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 式中: K 为比例常数; F 的方向沿着 q_1、q_2 的连线, 且同性电荷相斥, 异性电荷相吸
3	焦耳-楞次 (Joule-Lenz) 定律	电流在一段导体中产生的热量 Q, 与电流 I 的二次方、该段导体的电阻 R 及通电时间 t 三者的乘积成正比, 即 $Q = I^2 R t$ 此定律亦称“焦耳定律”

续表

序号	项 目	公 式 与 说 明
4	楞次 (Lenz) 定 律	闭合回路或线圈中感生电流的方向,总是要使感生电流所产生的磁场阻碍引起感生电流的磁通量的变化 此定律表明电磁现象也符合普遍的“能量守恒定律”
5	法拉第 (Faraday) 电磁感 应定律	闭合回路或线圈中感应电动势 e 的大小,与穿过闭合回路或线圈的磁通量的变化率 $d\Phi/dt$ 成正比,即 $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$ 式中: N 为线圈匝数 (闭合回路 $N=1$); 负号反映感应电动势的方向。此式亦为上述楞次定律的数学表达式
6	左手定则	载流导体在磁场中受力 (电磁力) 的方向,与磁场方向和电流方向之间符合下列关系: 伸开左手手掌,使拇指与其他四指垂直,使掌心迎着磁力线方向,四指指向导体电流方向,则拇指所指即导体受力 (电磁力) 的方向 此定则亦称“电动 (机) 定则”  左手定则示意图
7	右手定则	导体在磁场中作切割磁力线的运动时,导体内会感应出电动势,此感应电动势的方向,与导体运动的方向及磁力线的方向之间符合下列关系: 伸开右手手掌,使拇指与其他四指垂直,使掌心迎着磁力线方向,拇指指向导体运动的方向,则四指所指即导体内感应电动势的方向 此定则亦称“发电 (机) 定则”  右手定则示意图

续表

序号	项 目	公 式 与 说 明
8	右手螺旋定则	(1) 载流线圈产生的磁场(磁力线)方向,可用右手螺旋定则[图(a)]确定:用右手握住线圈,四指指向电流方向,则与四指垂直的拇指所指即线圈内磁场(磁力线)的方向 (2) 载流直导体周围的磁力线方向,也可用右手螺旋定则[图(b)]确定:用右手握住导体,与四指垂直的拇指指向导体电流方向,则四指所指即导体周围磁力线的方向  右手螺旋定则示意图

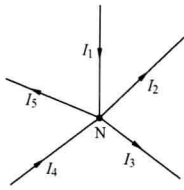
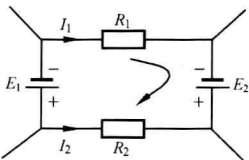
2. 电路的基本定律 (表 1-2)

表 1-2

电路的基本定律

序号	项 目	计算公式与说明
1	欧 姆 (Ohm) 定 律	这是表征线性电路中电流与电压(或电动势)间存在着线性关系这一规律的定律。由德国物理学家欧姆(Georg Simon Ohm, 1787~1854 年)在 1827 年发现
1.1	一段电路的欧姆定律	通过一段电路的电流 I, 等于该段电路两端的电压 U 除以该电路的电阻 R 或阻抗 Z: (1) 对直流电路 $I = U/R$ (2) 对交流电路 $\dot{I} = \dot{U}/Z$ 或 $I = U/ Z$
1.2	全电路欧姆定律	通过有源闭合回路的电流 I, 等于该电路的电动势 E 除以该电路总电阻 R_{Σ} (含电源内阻和外电路电阻)或总阻抗 Z_{Σ} (含电源内阻和外电路的阻抗): (1) 对直流电路 $I = E/R_{\Sigma}$ (2) 对交流电路 $\dot{I} = \dot{E}/Z_{\Sigma}$ 或 $I = E/ Z_{\Sigma}$

续表

序号	项 目	计算公式与说明
2	基尔霍夫 (Kirchhoff) 第一定律	又称“基尔霍夫电流定律”(KCL),是表征电路中“电流连续性”这一规律的定律(注:“基尔霍夫”旧译“克希荷夫”) KCL表述:对电路中的任一节点,在任一瞬间,流入或流出节点的电流代数和恒等于零: (1) 对直流 $\Sigma I=0$ (2) 对交流 $\Sigma i=0$ 或 $\Sigma \dot{I}=0$ 如流入节点的电流取正,则流出节点的电流取负,对下图所示的节点 N 有下列关系(直流) $I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$  基尔霍夫 第一定律
3	基尔霍夫 (Kirchhoff) 第二定律	又称“基尔霍夫电压定律”(KVL),是表征电路中“电位单值性”这一规律的定律。这两条基尔霍夫定律由德国物理学家基尔霍夫(Gustav Robert Kirchhoff, 1824~1887年)在 1845 年提出 KVL表述:对电路中的任一回路,在任一瞬间,沿此回路的各段电压的代数和恒等于零: (1) 对直流 $\Sigma U=0$ (2) 对交流 $\Sigma u=0$ 或 $\Sigma \dot{U}=0$ 如电压的参考方向与所取回路绕行方向一致时取正,参考方向与绕行方向相反时取负,对图下所示的回路有下列关系 $E_1 + I_1 R_1 - E_2 - I_2 R_2 = 0$  基尔霍夫第二定律

3. 磁路的欧姆定律 (表 1-3)

表 1-3 磁路的欧姆定律

序号	项 目	计算公式与说明
1	磁路欧姆定律	表征磁路中磁通与磁动势间存在着正比关系 $\Phi = \frac{IN}{R_m}, \text{ 其中 } R_m = \frac{l}{\mu A}$ 式中: R_m 为磁路的磁阻; l 为磁路的长度; A 为磁路的截面积; μ 为磁路的磁导率 磁路欧姆定律与电路欧姆定律相对应
2	磁路基尔霍夫第一定律	这是表征“磁通连续性”原理的定律 表述: 穿过任一闭合面的磁通代数和为零, 即 $\sum \Phi = 0$ 磁路基尔霍夫第一定律与电路的基尔霍夫第一定律相对应
3	磁路基尔霍夫第二定律	又称“安培环路定律” 表述: 沿任一闭合回路的所有各段磁压 (磁位) 降的代数和等于该回路中磁动势的代数和, 即 $\sum (Hl) = \sum (IN)$ 式中: H 为磁场强度, $H = B/\mu$ 磁路基尔霍夫第二定律与电路的基尔霍夫第二定律相对应

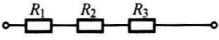
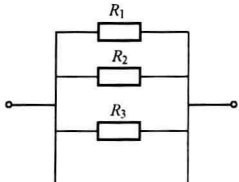
第二节 常用电路参数的计算公式

1. 电阻的常用计算公式 (表 1-4)

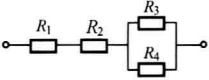
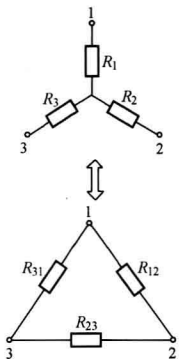
表 1-4 电阻的常用计算公式

序号	项 目	计算公式与说明
1	导体电阻	$R = \frac{l}{\gamma A} = \frac{\rho l}{A}$ 式中: l 为导体的长度; γ 为导体的电导率 [铜—53m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)、铝—32m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)、铁—7.52 m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)]; A 为导体的截面; ρ 为导体的电阻率, $\rho = 1/\gamma$

续表

序号	项 目	计算公式与说明
2	电阻温度变化的换算	$R_2 = R_1 [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)]$ 式中: R_1、R_2 分别为导体温度在 θ_1、θ_2 ($^{\circ}\text{C}$) 时的电阻值; α 为导体的电阻温度系数 ($1/^{\circ}\text{C}$) (铜—$0.004\ 1/^{\circ}\text{C}$, 铝—$0.004\ 23/^{\circ}\text{C}$, 铁—$0.006\ 25/^{\circ}\text{C}$)
3	串联等效电阻	$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ 式中: R_1、R_2、$R_3 \dots$ 为串联的分电阻  电阻串联示意图
4	并联等效电阻	$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ 式中: R_1、R_2、$R_3 \dots$ 为并联的分电阻。如果用电导表示, 则 $G_{\Sigma} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$  电阻并联示意图
5	二个电阻的并联	二个电阻并联的等效电阻为 $R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 式中: R_1、R_2 为并联的分电阻
6	三个电阻的并联	三个电阻并联的等效电阻为 $R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$ 式中: R_1、R_2、R_3 为并联的分电阻
7	n 个相同电阻的并联	n 个相同电阻并联的等效电阻为 $R_{\Sigma} = \frac{R}{n}$ 式中: R 为并联的相同电阻; n 为并联电阻的个数

续表

序号	项 目	计算公式与说明
8	电阻混联	如图例所示的串并联等效电阻为 $R_2 = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$ 式中: R_1、R_2 为串联的分电阻; R_3、R_4 为并联的分电阻  电阻混联示意图
9	Y—△连接的等效换算	(1) Y→△换算 $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$ 如 $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$, 则 $R_\Delta = 3R_Y$ (2) △→Y换算 $R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ 如 $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_\Delta$, 则 $R_Y = R_\Delta / 3$  Y—△变换连接示意图

2. 电感和感抗的常用计算公式 (表 1-5)

表 1-5

电感和感抗的常用计算公式

序号	项 目	计算公式与说明
1	电感和感抗的定义式	电感 $L = \frac{\Psi}{i} = \frac{N\Phi}{i}$ 式中: i 为通过线圈的电流; Ψ 为线圈中的磁链; Φ 为穿过线圈的磁通; N 为线圈的匝数; L 为电感