

实用电工速查速算系列手册

输配电速查速算手册

方大千 等 编著

SHUPEIDIAN
SUCHA SUSUAN SHOUCE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

策划编辑 王春学
责任编辑 王春学
封面设计 芦 博

简明电工速查速算手册

输配电速查速算手册

变压器速查速算手册

电动机速查速算手册

高低压电器速查速算手册

风机、水泵和起重机速查速算手册

电子及晶闸管电路速查速算手册

继电保护及二次回路速查速算手册

电工通用速查速算手册

ISBN 7-5084-1890-5



9 787508 418902 >

ISBN 7-5084-1890-5 / TM · 199

定价：20.00元

实用电工速查速算系列手册

输配电速查速算手册

方大千 等 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书较详细而系统地介绍了输配电计算的公式和计算方法。内容包括: 输配电电路参数及线损与电压降计算, 工厂用电量及民用建筑负荷计算, 导线、电缆的选择和计算, 线路施工计算, 导线和电缆的运行、测试计算, 节电工程经济效益计算等六章。

本书公式准确、简明、实用, 内容丰富。可供电气技术人员、输配电工程设计人员、施工人员, 输配电运行和维护人员, 以及工矿企业和农村电工使用, 也可供大、中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

输配电速查速算手册/方大千等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-1890-5

I. 输... II. 方... III. 输配电线路—技术手册
IV. TM726-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124678 号

书 名	实用电工速查速算系列手册 输配电速查速算手册
作 者	方大千 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京密云红光印刷厂
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32 开本 9.375 印张 252 千字
版 次	2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	20.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有 · 侵权必究

前 言

电气工作者经常涉及到电气的计算。电气计算公式和计算方法，见于各类设计手册、电工手册及电气书刊中。设计手册类的书籍中，由于计算公式繁杂、参数甚多，查找使用不便，对于非技术人员则更难使用；电工手册类以数据、表格、资料为主，计算公式不多；而各类书刊中的计算公式很分散，不易查找；加上公式、符号等又不统一。这些都给使用者带来诸多不便。为了提高工作效率、节省时间，以适应当今时代快节奏的工作要求，为此我们组织编写了实用电工速查速算系列手册。书中公式没有冗长的推导过程和繁多的参数，开门见山，拿来即可使用，旨在解决实际问题。参加系列手册编写工作的都是长期从事电气工作的工程技术人员，具有丰富的实践经验，因此本系列手册的实用性非常强。

《输配电速查速算手册》是一本实用的工具书。本书内容包括：电路参数计算，线损和电压降计算，工厂用电量计算，民用建筑电气负荷计算，导线的选择及计算，电缆的选择及计算，线路安装要求及施工计算，施工工具力学计算，有关导线运行的一些计算，电缆测试及计算，以及节电工程投资效果计算和产品用电单耗及节电量的计算等。书中列有计算必须的和工程中经常用到的一些技术数据，内容丰富。为便于读者应用和掌握，还列举许多计算实例。

在本书的编写过程中，力求做到准确、简明、实用，并注意内容的先进性和新颖性。计算所涉及的标准和规定，采用最新颁布的国家标准和规定，所涉及的电器产品尽量采用新系列

产品，所用的数据也力求最新。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

全书由乐启昌、方大中高级工程师审校。参加编写工作的有鲍俏伟、郑鹏、方成、方立、朱征涛、姚志松、许纪秋、方亚平、姚磊和那罗丽等。全书插图由方欣、杨丽梅绘制。

限于编者的经验和水平，书中难免有错误和不妥之处，希望读者批评指正。

作 者

2004 年 1 月

目 录

前言

第一章 输配电电路参数及线损与电压降计算	1
第一节 电路参数计算	1
一、导线、电缆的电阻、电感和电容的计算	1
二、常用导线、电缆、母线的电阻和电抗	6
第二节 线损和电压降计算	18
一、配电线路损耗计算	18
二、技术经济比较确定配电网络方案	24
三、配电方式和电源位置对线损的影响	26
四、并联线路中负荷经济分配的原则	28
五、开环运行线路负荷经济分配的原则	28
六、配电线路电压损失允许值、电压偏移及电压波动的计算	31
七、线路电压损失计算	37
八、三相四线制网络负荷不对称的线损计算	55
九、三相三线制网络负荷不对称的线损计算	58
十、合理调整运行电压降低电网损耗的计算	60
十一、380/220V 系统中零线电位升高的计算	67
十二、电网谐波的影响及计算	70
十三、城网建设与改造的总体设计要求	75
十四、农网建设与改造的总体设计要求	78
第二章 工厂用电量及民用建筑负荷计算	80
第一节 用电设备、车间和全厂计算负荷的确定	80
一、需要系数法的计算	80
二、二项式法的计算	94
三、尖峰电流计算	97
第二节 民用建筑电气负荷的计算	100
一、民用建筑电气负荷的计算	100

二、空调器容量的计算	105
第三章 导线、电缆的选择及计算	108
第一节 导线的选择及计算	108
一、常用导线的技术数据	108
二、经济电流密度及计算	113
三、导线截面的选择	116
四、城网架空线路及高、低压配电线路导线截面的选择	124
五、农网架空线路及高、低压配电线路导线截面的选择	125
六、高、低压线路的合理输送容量和输送距离的确定	126
七、低压临时动力线路的最大输送容量和输送距离的确定	128
八、N线、PE线和PEN线截面的计算	131
九、铜、铝导线的等值换算	137
十、导线安全载流量计算及安全载流量表	137
十一、导线在短路状态下的允许电流计算	147
第二节 电力电缆的选择及计算	148
一、电力电缆的选择	148
二、电力电缆安全载流量计算及安全载流量表	161
三、绝缘导线和电缆在断续负载和短时负载下允许载流量的 计算	167
四、电缆在短时过载和短路状态下允许电流的计算	170
五、控制电缆(线)的选择	172
六、直流电流表连接电缆截面的选择	178
七、阻燃电缆的选择	179
八、导线、电缆穿管管径的选择	183
九、电控设备导线的选择	186
十、地理电力线路的计算	188
第四章 线路施工计算	195
第一节 线路安装要求及施工计算	195
一、线路安装要求和规定	195
二、导线力学及弛度计算	199
三、导线弛度表的使用	208
四、架空线路档距的设计	216
五、牵引电缆的力学计算	217

六、水底电缆敷设张力的计算	219
七、电杆埋深及底盘、电杆坑、拉线坑尺寸计算	220
八、电杆、导线风荷载及电杆弯矩的计算	225
九、拉线盘的选择与埋深计算	232
十、拉线长度和截面计算	233
第二节 施工工具力学计算	240
一、人字抱杆强度计算	240
二、绞磨计算	241
三、地锚计算	243
四、锚桩计算	246
第五章 导线和电缆的运行、测试计算	251
第一节 有关导线运行的一些计算	251
一、导线、避雷线振动频率和运行应力的计算	251
二、导线安全系数计算	251
三、架空导线拉断力计算	252
四、架空线路绝缘子数的确定	255
五、绝缘子机械强度的安全系数计算	257
六、超高压送电线路的电晕计算	257
七、不同中性点接地方式下内部过电压的极限值	262
第二节 有关电缆测试的计算	263
一、电力电缆绝缘电阻的要求及换算	263
二、电缆散热计算	264
三、电缆电容量的简单测算	265
四、单芯电缆金属护层感应电压的计算	265
五、电缆故障点的测算	269
第六章 节电工程经济效益计算	277
第一节 节电工程投资效果计算	277
第二节 产品节电计算	285
一、产品用电单耗及节电量的计算	285
二、机电产品节能效益计算	287
参考文献	292

第一章 输配电电路参数及 线损与电压降计算

第一节 电路参数计算

一、导线、电缆的电阻、电感和电容的计算

1. 导线（电缆）的电阻计算

每千米长导线（电缆）的交流电阻 R_0 按下式计算：

$$R_0 = \rho / S$$

式中 R_0 ——导线（电缆）的交流电阻 (Ω/km)；

S ——导线标称截面 (mm^2)；

ρ ——导线材料的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$)。

导线温度发生变化时，其电阻值也要变化，温度与电阻的关系如下：

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha_{20}(t - 20)]$$

式中 R_t ——温度 $t^\circ\text{C}$ 时的电阻 (Ω/km)；

R_{20} ——温度为 20°C 时的电阻 (Ω/km)；

α_{20} ——电阻的温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)。

常用导电金属线在 20°C 时的电阻率、导电率和电阻温度系数，见表 1-1。

表 1-1 导电金属线电阻率、导电率和电阻温度系数

线 材	$\rho_{20} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km})$	$\gamma_{20} [\text{km}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$	$\alpha_{20} (1/^\circ\text{C})$
硬铝线	29.0	0.034	0.00403
软铝线	28.3	0.035	0.00410
铝合金线	32.8	0.031	0.00422
硬铜线	17.9	0.056	0.00385
软铜线	17.6	0.057	0.00393

在电力网计算中，还必须对电阻率和导电率进行修正。这是

因为导线和电缆芯线大多是绞线,实际长度要比导线长度大2%~3%;其中,大部分导线和电缆的实际截面积较额定截面要小些;此外,实际运行的导线和电缆芯线温度不会是20℃,计算时应根据实际情况取一平均温度。修正后,平均温度20℃时各类电缆的电阻率和导电率如下:铜芯 $\rho_{20} = 18.5\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$, $\gamma_{20} = 0.054\text{km}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$;铝芯 $\rho_{20} = 31.2\Omega \text{mm}^2/\text{km}$, $\gamma_{20} = 0.032\text{km}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ 。

实际运行的导线,其电阻值决定于环境温度和负荷电流的大小。若要较准确地求得实际运行导线的电阻值,可按式计算:

$$R_t = R_{20} \left[1 + 0.004(t - 20) + 0.004(t_{ux} - 20) \left(\frac{I_j}{KI_{ux25}} \right)^2 \right]$$

$$K = \sqrt{\frac{t_{ux} - 20}{t_{ux} - 25}}, I_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i^2}, I_i = \frac{I_{Ui} + I_{Vi} + I_{Wi}}{3}$$

$$n = \frac{T_m}{\Delta t}$$

式中 R_t ——任一温度下每千米长导线实际交流电阻(Ω/km);

R_{20} ——环境温度为20℃时,每千米长的电阻值(Ω/km);

t —— T_j 时间内的平均环境温度(℃);

t_{ux} ——导线最高允许温度(℃),见表1-2;

0.004——铜、铝导线的电阻温度系数(1/℃);

K ——温度换算系数;

I_{ux25} ——环境温度为25℃时,导线的允许载流量(A);

I_j ——配线电流在一个变化周期内的均方根值(A);

I_i ——时间 t_i 时线路中电流有效值(A),三相线路为三个线电流的平均值;

n ——测量次数;

T_m ——正常负荷下线路的实际运行时间(h);

Δt ——二次测量时间间隔(h),应根据线路所接负荷的工作性质特点来确定,一般 Δt 不应大于半小时。

表 1-2 导线最高允许温度

裸导线 t_{MX}	+ 70℃		
绝缘导线 t_{MX}	+ 65℃		
电缆 t_{MX}	1~3kV	6kV	10kV
	+ 80℃	+ 65℃	+ 60℃

2. 架空线路的电感计算

(1) 单相二线制:

$$L = 0.92 \lg \frac{D}{r} + 0.05 \mu$$

式中 L ——每根相线的电感 (mH/km);
 D ——两输电线的轴线间的距离 (m);
 r ——导线半径 (cm);
 μ ——导线的磁导率 (H/m)。

(2) 三相三线制:

$$L = 0.4605 \lg \frac{D_j}{r} + 0.05 \mu$$

$$D_j = \sqrt[3]{D_{UV} D_{VW} D_{WU}}$$

式中 L ——每根相线的电感 (mH/km);
 D_j ——导线间的几何均距 (cm);
 D_{UV} 、 D_{VW} 、 D_{WU} ——各相线间的中心距离 (cm);
其他符号同前。

(3) 三相四线制:

$$L = 0.4605 \lg \frac{D_l}{r} + 0.05 \mu$$

$$L_N = 0.4605 \lg \frac{D_N}{r_N}$$

$$D_N = \sqrt[3]{D_{UN} D_{VN} D_{WN}}$$

式中 L_N ——中性线的电感 (mH/km);
 D_N ——三相四线制时相线与中性线间的几何均距

(cm);

r_N ——中性线的半径 (cm);

D_{UN} 、 D_{VN} 、 D_{WN} ——各相线对中性线间的中心距离 (cm);

其他符号同前。

(4) 分列导线的电感: 分列导线的电感比单根导线电感约小 20% ~ 30%, 可用下式计算:

$$L = 0.4605 \lg \frac{D_j}{r n d^{\frac{n-1}{n}}} + 0.05 \frac{\mu}{n}$$

式中 D_j ——线间的几何均距 (cm);

n ——每相分列导线的根数;

d ——分列导线的间距 (cm);

其他符号同前。

3. 架空线路的电容计算

(1) 单相二线制:

$$C = \frac{0.01207}{\lg \frac{D}{r}}$$

式中 C ——两输电线间的电容 (不计地面影响) ($\mu\text{F}/\text{km}$);

其他符号同前。

(2) 单根架空线及三相四线制:

$$C_N = \frac{0.02413}{\lg \frac{D_j}{r}}$$

式中 C_N ——单根架空线对地或三相四线制每相导线对中性点的工作电容 ($\mu\text{F}/\text{km}$);

其他符号同前。

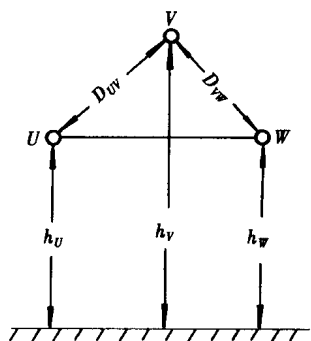


图 1-1 三相三线制

(3) 三相三线制如图 1-1 所示。

$$C = \frac{0.02413}{\lg \frac{D_j}{r}}, \quad C_e = \frac{0.02413}{\lg \frac{8h_j^3}{rD_j^2}}$$

$$C_m = \frac{0.02413 \lg \frac{2h_j}{D_j}}{2 \lg \frac{D_j}{r} \lg \frac{8h_j^3}{rD_j^2}}$$

$$h_j = \sqrt[3]{h_U h_V h_W}$$

式中 C 、 C_e 、 C_m ——工作电容、对地电容和线间电容（互电容）（ $\mu\text{F}/\text{km}$ ）；

h_j ——导线对地的几何均距（cm）；

h_U 、 h_V 、 h_W ——各相导线距地高度（cm）；

其他符号同前。

（4）分列导线的电容：分列导线的工作电容比单根导线的工作电容约增加 20%~30%，可用下式计算：

$$C = \frac{0.02413}{\lg \frac{D_j}{r n^{\frac{n-1}{n}}}}$$

式中符号意义同前。

在计算配电线路的电压降、功率损耗等值时，可以忽略电容的影响，但在分析地线事故时，必须考虑电容。

①双分列导线：当 $h \gg D$ ， $D > 10r$ 时：

$$C = \frac{0.01257}{\ln \frac{(2h)^2}{rD}}$$

式中 C ——分列导线对地电容（ $\mu\text{F}/\text{km}$ ）；

h ——导线离地高度（cm）；

D ——两输电线的轴线间的距离（cm）；

r ——导线半径（cm）。

②三分列导线：当 $h \gg D$ ， $D > 10r$ 时：

$$C = \frac{0.01885}{\ln \frac{(2h)^3}{rD^2}}$$

式中符号同前。

③四分列导线：当 $h \gg D$, $D > 10r$ 时：

$$C = \frac{0.02513}{\ln \frac{(2h)^4}{\sqrt{2}rD^3}}$$

式中符号同前。

电缆电容的大至值如下：20kV 单芯为 $0.24 \sim 0.53 \mu\text{F}/\text{km}$ ；60kV OF 电缆单芯为 $0.4 \sim 0.8 \mu\text{F}/\text{km}$ ；三芯为 $0.24 \sim 0.4 \mu\text{F}/\text{km}$ ；110kV 以上 200mm^2 级的为 $0.2 \mu\text{F}/\text{km}$ ， 800mm^2 级单芯为 $0.5 \mu\text{F}/\text{km}$ 左右。

二、常用导线、电缆、母线的电阻和电抗

工程中为了方便起见，都已将各种型号规格的导线电阻、电抗预先计算出制成表格。使用时只需根据导线间的几何均距查表便可得到其每千米的电阻、电抗值。常用导线、电缆的电阻和电抗见表 1-3~表 1-17。

1. 三相导线（电缆）的电抗估算

电缆的电抗值通常由制造厂提供，当缺乏该项技术数据时，可采用下列数据进行估计：1kV 电缆， $x_0 = 0.06 \Omega/\text{km}$ ；6~10kV 电缆， $x_0 = 0.08 \Omega/\text{km}$ ；35kV 电缆， $x_0 = 0.12 \Omega/\text{km}$ 。

2. 导线的电抗计算

(1) 铜及铝导线的电抗：

$$x_0 = 2\pi f \left(4.6 \lg \frac{2D_j}{d} + 0.5\mu \right) \times 10^{-4}$$

式中 x_0 ——导线电抗 (Ω/km)；

f ——交流电频率，工频 $f = 50\text{Hz}$ ；

D_j ——三相导线间的几何均距 (mm)；

d ——导线外径 (mm)；

μ ——导线材料的相对磁导率，对有色金属 $\mu = 1$ 。

表 1-3

TJ 型裸铜导线的电阻和电抗

导线 型号	TJ -10	TJ -16	TJ -25	TJ -35	TJ -50	TJ -70	TJ -95	TJ -120	TJ -150	TJ -185	TJ -240
电阻 (Ω/km)	1.84	1.20	0.74	0.54	0.39	0.28	0.20	0.158	0.123	0.103	0.078
线间几 何均距 (m)	电 抗 (Ω/km)										
0.4	0.355	0.334	0.318	0.308	0.298	0.287	0.274	—	—	—	—
0.6	0.381	0.360	0.345	0.335	0.324	0.321	0.303	0.295	0.287	0.281	—
0.8	0.399	0.378	0.363	0.352	0.341	0.330	0.321	0.313	0.305	0.299	—
1.0	0.413	0.392	0.377	0.366	0.356	0.345	0.335	0.327	0.319	0.313	0.305
1.25	0.427	0.406	0.391	0.380	0.370	0.359	0.349	0.341	0.333	0.327	0.319
1.5	0.438	0.417	0.402	0.392	0.381	0.370	0.360	0.353	0.345	0.339	0.330
2.0	0.457	0.435	0.421	0.410	0.399	0.389	0.378	0.371	0.363	0.356	0.349
2.5	—	0.449	0.435	0.424	0.413	0.402	0.392	0.385	0.377	0.371	0.363
3.0	—	0.460	0.446	0.435	0.424	0.414	0.403	0.396	0.388	0.382	0.374
3.5	—	0.470	0.456	0.445	0.434	0.423	0.413	0.406	0.398	0.392	0.384

表 1-4

LJ 型裸铝导线的电阻和电抗

导线型号	LJ -16	LJ -25	LJ -35	LJ -50	LJ -70	LJ -95	LJ -120	LJ -150	LJ -185	LJ -240
电阻 (Ω/km)	1.98	1.28	0.92	0.64	0.46	0.34	0.27	0.21	0.17	0.132
线间几何均距 (m)	电 抗 (Ω/km)									
0.6	0.358	0.344	0.334	0.323	0.312	0.303	0.295	0.287	0.281	0.273
0.8	0.377	0.362	0.352	0.341	0.330	0.321	0.313	0.305	0.299	0.291
1.0	0.390	0.376	0.366	0.355	0.344	0.335	0.327	0.319	0.313	0.305
1.25	0.404	0.390	0.380	0.369	0.358	0.349	0.341	0.333	0.327	0.319
1.5	0.416	0.402	0.392	0.380	0.369	0.360	0.353	0.345	0.339	0.330
2.0	0.434	0.420	0.410	0.398	0.387	0.378	0.371	0.363	0.356	0.348
2.5	0.448	0.434	0.424	0.412	0.401	0.392	0.385	0.377	0.371	0.362
3.0	0.459	0.445	0.435	0.424	0.413	0.403	0.396	0.388	0.382	0.374
3.5	—	—	0.445	0.433	0.423	0.413	0.406	0.398	0.392	0.383

表 1-5 LGJ 型铜芯铝绞线的电阻和电抗

导线 型号	LGJ -16	LGJ -25	LGJ -35	LGJ -50	LGJ -70	LGJ -95	LGJ -120	LGJ -150	LGJ -185	LGJ -240	LGJ -300	LGJ -400
电阻 (Ω/km)	2.04	1.38	0.85	0.65	0.46	0.33	0.27	0.21	0.17	0.132	0.107	0.082
线间几 何均矩 (m)	电 抗 (Ω/km)											
1.0	0.387	0.374	0.359	0.351	—	—	—	—	—	—	—	—
1.25	0.401	0.388	0.373	0.365	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.412	0.400	0.385	0.376	0.365	0.354	0.347	0.340	—	—	—	—
2.0	0.430	0.418	0.403	0.394	0.383	0.372	0.365	0.385	—	—	—	—
2.5	0.444	0.432	0.417	0.408	0.397	0.386	0.379	0.372	0.365	0.357	—	—
3.0	0.456	0.443	0.428	0.420	0.409	0.398	0.391	0.384	0.377	0.369	—	—
3.5	0.466	0.453	0.438	0.429	0.418	0.406	0.400	0.394	0.386	0.378	0.371	0.362

表 1-6 户内明敷及穿管的铝、铜心绝缘导线的电阻和电抗

标称截面 (mm^2)	铝 (Ω/km)			铜 (Ω/km)		
	电阻 R_0 (20°C)	电抗 x_0		电阻 R_0 (20°C)	电抗 x_0	
		明线间距 150mm	穿管		明线间距 150mm	穿管
1.5	—	—	—	12.27	—	0.109
2.5	12.40	0.337	0.102	7.36	0.337	0.102
4	7.75	0.318	0.095	4.60	0.318	0.095
6	5.17	0.309	0.09	3.07	0.309	0.09
10	3.10	0.286	0.073	1.84	0.286	0.073
16	1.94	0.271	0.068	1.15	0.271	0.068
25	1.24	0.257	0.066	0.75	0.257	0.066
35	0.88	0.246	0.064	0.53	0.246	0.064
50	0.62	0.235	0.063	0.37	0.235	0.063
70	0.44	0.224	0.061	0.26	0.224	0.081
95	0.33	0.215	0.06	0.19	0.215	0.06
120	0.26	0.208	0.06	0.15	0.208	0.06
150	0.20	0.201	0.059	0.12	0.201	0.059
185	0.17	0.194	0.059	0.10	0.194	0.059