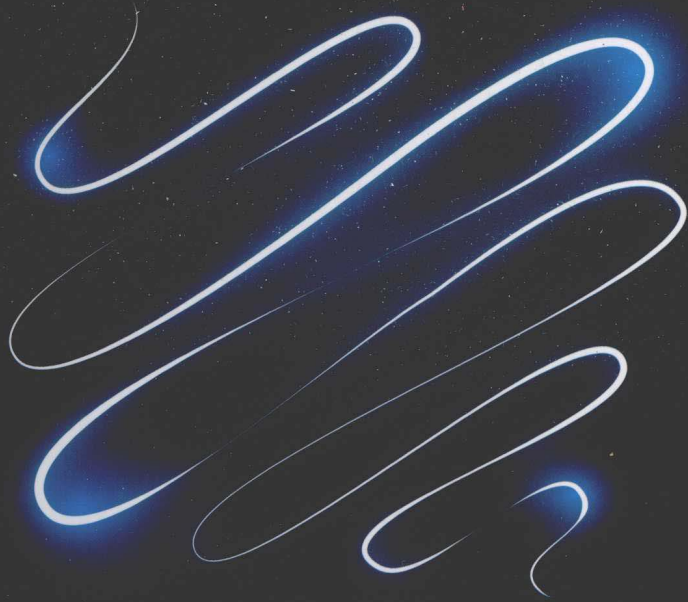




实用输配电 速查速算手册

方大千 方成 等编著

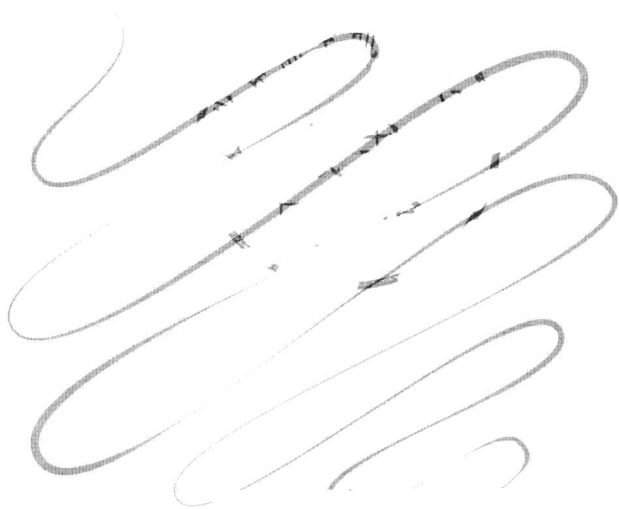


化学工业出版社



实用输配电 速查速算手册

方大千 方成 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较详细而系统地介绍了输配电的计算公式和计算方法。内容包括：电能质量的标准和要求，输配电线路参数及电压损失与线损计算，工厂用电量及民用建筑负荷计算，导线、电缆的选择及计算，线路施工计算，导线和电缆的运行、测试计算，室内布线及计算共7章。

本书公式准确、简明、实用，内容丰富，并配有大量的计算实例，采用最新标准、规定及技术数据。可供电气技术人员、中高级电工、技师、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

实用输配电速查速算手册/方大千，方成等编著. —北京：
化学工业出版社，2013.1
(大千电工系列)
ISBN 978-7-122-15836-9

I. ①实… II. ①方…②方… III. ①电力系统计算-
手册 IV. ①TM744-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 266971 号

责任编辑：高墨荣
责任校对：宋 夏

文字编辑：徐卿华
装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）
印 刷：北京云浩印刷有限责任公司
装 订：三河市万龙印装有限公司
850mm×1168mm 1/32 印张12½ 字数330千字
2013年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：58.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着我国电气、电子技术的快速发展，新技术、新产品、新工艺不断涌现，电气化程度日益提高，各行各业从事电气工作的人员也迅速增加。电气工作者在日常工作中会经常涉及到电气工程的设计与电气计算，能正确运用电工计算公式和掌握电工计算方法，对工程计算、指导安装、调试和技改、节能工作以及新产品开发有着非常重要的意义。为满足广大电气工作者学习的要求，我们组织编写了《大千电工系列》之《实用电工速查速算系列手册》，以期在实际工作中对读者有所帮助。

本系列手册包括：《实用输配电速查速算手册》、《实用变压器速查速算手册》、《实用电动机速查速算手册》、《实用高低压电器速查速算手册》、《实用继电保护及二次回路速查速算手册》、《实用电子及晶闸管电路速查速算手册》、《实用水泵、风机和起重机械速查速算手册》、《实用电工速查速算手册》，共八种。

本系列手册有如下特点。

特点一：便捷。本系列手册结合编著者工作实践和体会，将长期收集的国内外电工计算公式和计算方法，经整理、归纳分类、简化、校对，并将符号、单位和公式形式做了统一。书中的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，因此能大大地提高工作效率，节省时间，适应当今时代快节奏的要求。

特点二：全面。本系列手册内容丰富，取材新颖，且密切结合生产实际，实用性较强。书中不仅列举了大量计算实例，方便读者掌握和应用电工计算公式和计算方法，同时还介绍了变频器、软启动器、LOGO!、电力电子模块、集成触发电路、风能及太阳能发电、新型保护器等新技术，适合当今电气工程设计及电气计算的需要。

《实用输配电速查速算手册》是本系列手册中的一本。本书是一本实用的工具书，内容包括：电能质量的国家标准及主要指标的计算；电力谐波的限制措施；线路参数计算；线路电压损失和线损

计算；工厂用电量及民用建筑负荷计算；导线、电缆的选择及计算；中频电力系统电缆截面的选择；阻燃电缆和耐火电缆的选择；地理电力线路的计算；架空线路安装要求及施工计算；电缆敷设要求及施工计算；电杆、卡盘、底盘及拉线等计算；施工工具力学计算；导线和电缆的运行、测试计算；电缆故障点的测算；室内布线及计算；照明线路的设计；住宅供电线路的设计，以及智能建筑综合布线和计算机系统布线要求和规定等。同时还配有许多计算实例。另外，还列有计算必需和线路安装、运行和维护中经常用到的一些技术数据和标准、规定；常用导线、电缆等技术数据；架空线路、电缆和地理线的常见故障及处理方法。

在本书的编写过程中，力求做到准确、简明、实用、先进和新颖。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，导线、电缆等技术数据也力求最新。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

本书主要由方大千、方成编写。参加和协助编写工作的还有方立、朱丽宁、张正昌、方亚平、方亚敏、张荣亮、方欣、许纪秋、那罗丽、那宝奎、方亚云、卢静、费珊珊、孙文燕、张慧霖。全书由方大中、郑鹏审校。

限于我们的经验和水平，书中难免有疏漏和不妥之处，希望专家和读者批评指正。

编著者



第1章 电能质量的标准和要求 /1

1.1 电能质量的主要指标及计算	2
1.1.1 频率偏差 e_f	2
1.1.2 电压偏差 e_U	3
1.1.3 电压波动和闪变	8
1.1.4 三相电压不平衡度 ϵ_U	11
1.1.5 谐波电压和波形畸变	13
1.2 电能质量的国家标准	16
1.3 电力谐波的计算及控制	18
1.3.1 电力谐波的主要成分	18
1.3.2 电力谐波的计算	20
1.3.3 电力谐波的限制措施	23

第2章 输配电线路参数及线损与电压降计算 /25

2.1 线路参数计算	26
2.1.1 导线、电缆的电阻、电感和电容的计算	26
2.1.2 常用导线、电缆、母线的电阻和电抗	32
2.2 线路电压损失计算	42
2.2.1 直流线路电压损失计算	42
2.2.2 交流线路电压损失计算	45
2.2.3 低压配电线路电压损失的简易计算	53
2.2.4 380/220V 系统中零线电位升高的计算	61
2.3 线路损耗计算及配电方式的确定	63
2.3.1 配电线路损耗计算	63

2.3.2	三相四线制网络负荷不对称的线损计算	72
2.3.3	三相三线制网络负荷不对称的线损计算	75
2.3.4	合理调整运行电压降低电网损耗的计算	77
2.3.5	配电方式和电源位置对线损的影响	83
2.3.6	开环运行线路负荷经济分配的原则	86
2.3.7	技术经济比较确定配电网络方案	89
2.4	城乡电网建设与改造的设计要求	91
2.4.1	城网建设与改造的总体设计要求	91
2.4.2	农网建设与改造的总体设计要求	93

第③章 工厂用电量及民用建筑负荷计算 /96

3.1	用电设备、车间和全厂计算负荷的确定	97
3.1.1	需要系数法的计算	97
3.1.2	二项式法的计算	113
3.1.3	尖峰电流计算	116
3.2	民用建筑电气负荷的计算	119
3.2.1	民用建筑电气负荷的计算	119
3.2.2	空调器容量的计算	126

第④章 导线、电缆的选择及计算 /129

4.1	导线的选择及计算	130
4.1.1	常用导线的技术数据	130
4.1.2	架空绝缘导线(电缆)及技术数据	136
4.1.3	经济电流密度及计算	143
4.1.4	导线截面积的选择	146
4.1.5	城乡电网建设与改造对导线截面积选择的要求	155
4.1.6	铜芯导线和铝芯导线的等值换算	157
4.1.7	高、低压线路的合理输送容量和输送距离的 确定	157

4.1.8 低压临时动力线路的最大输送容量和输送距离的确定	160
4.1.9 N 线、PE 线和 PEN 线截面积的选择	163
4.2 常用导线的安全载流量	168
4.2.1 导线安全载流量计算及安全载流量表	168
4.2.2 导线在短路状态下的允许电流计算	179
4.3 1kV 以上架空电力线路的试验	180
4.4 电力电缆的选择及计算	182
4.4.1 电力电缆的型号及主要用途	182
4.4.2 电力电缆型号的选择和敷设方式选择	187
4.4.3 电力电缆截面积的选择及校验	189
4.5 电力电缆的安全载流量	198
4.5.1 电缆安全载流量计算及允许温升	198
4.5.2 常用电缆安全载流量表	198
4.5.3 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	205
4.5.4 电缆在短时过载和短路状态下允许电流的计算 ..	206
4.6 工频电力电缆用于中频电力系统电缆截面积的选择 ..	209
4.7 控制电缆和控制设备导线的选择	211
4.7.1 控制电缆（线）的选择	211
4.7.2 直流电流表连接电缆截面积的选择	217
4.7.3 电控设备导线的选择	218
4.7.4 常用控制电缆的技术数据	219
4.8 阻燃电缆和耐火电缆的选择	224
4.8.1 阻燃电缆的选择	224
4.8.2 耐火电缆的技术数据	227
4.9 导线、电缆穿管管径的选择	229
4.10 地埋电力线路的计算	232
4.10.1 地埋线长度和截面积的计算	232
4.10.2 地埋线的技术数据	235

4. 10. 3 地埋线的敷设及常见故障处理	237
------------------------------	-----

第5章 线路施工计算

/239

5. 1 架空线路安装要求及施工计算	240
5. 1. 1 架空线路安装要求和规定	240
5. 1. 2 导线力学及弛度（弧垂）计算	247
5. 1. 3 导线弛度（弧垂）表及使用	256
5. 1. 4 架空线路档距的计算	266
5. 1. 5 架空绝缘导线的架设要求	268
5. 1. 6 架空线路的试验	269
5. 1. 7 架空线路的常见故障及处理	271
5. 2 电缆敷设要求及施工计算	274
5. 2. 1 电缆敷设要求和规定	274
5. 2. 2 牵引电缆的力学计算	277
5. 2. 3 水底电缆敷设张力的计算	278
5. 2. 4 电力电缆的试验	280
5. 2. 5 电缆线路的常见故障及处理	283
5. 3 电杆、卡盘、底盘的选用及埋深计算	285
5. 3. 1 水泥电杆的技术数据和质量估算	285
5. 3. 2 电杆坑、拉线坑的计算及卡盘、底盘的选用	287
5. 3. 3 电杆、导线风荷载及电杆弯矩的计算	291
5. 3. 4 拉线盘的选择与埋深计算	297
5. 3. 5 拉线的安装和拉线长度及截面积计算	299
5. 3. 6 电杆拉线桩安装尺寸的选择	308
5. 4 施工工具力学计算	309
5. 4. 1 人字抱杆强度计算	309
5. 4. 2 绞磨计算	311
5. 4. 3 地锚计算	313
5. 4. 4 锚桩计算	315

第6章 导线和电缆的运行、测试计算 /319

6.1 有关导线运行的一些计算	320
6.1.1 导线、避雷线振动频率和运行应力的计算	320
6.1.2 导线安全系数计算	321
6.1.3 架空导线拉断力计算	321
6.1.4 超高压送电线路的电晕计算	323
6.1.5 不同中性点接地方式下内部过电压的极限值	328
6.2 绝缘子和穿墙套管的选择与计算	329
6.2.1 高压支持绝缘子和穿墙套管的选择	329
6.2.2 针式、蝶式等绝缘子及穿墙套管的技术数据	331
6.2.3 悬式高压绝缘子的选择	333
6.2.4 悬式高压绝缘子的技术数据	336
6.3 有关电缆测试的计算	338
6.3.1 电力电缆绝缘电阻的要求及换算	338
6.3.2 电缆散热计算	340
6.3.3 电缆电容量的简单测算	342
6.3.4 单芯电缆金属护层感应电压的计算	342
6.3.5 电缆故障点的测算	344
6.3.6 几种新型电缆故障测试仪	354

第7章 室内布线及计算 /356

7.1 室内布线方式的选择和基本要求	357
7.1.1 室内布线方式的选择	357
7.1.2 室内布线的基本要求和规定	358
7.2 接户线和进户线的安装要求和规定	361
7.2.1 接户线的安装	361
7.2.2 进户线的敷设	364
7.3 照明线路的设计	366
7.3.1 照明线路的设计要求	366

7.3.2	住宅小区供电线路的设计	368
7.3.3	多层建筑供电线路的设计	370
7.3.4	高层建筑供电线路的设计要求	371
7.3.5	住宅供电线路的设计	373
7.3.6	导线截面的选择	376
7.3.7	室内配电线路保护设备的选配	376
7.4	智能建筑综合布线和计算机系统布线	380
7.4.1	智能建筑综合布线设计等级配置	380
7.4.2	智能建筑综合布线的要求和规定	381
7.4.3	计算机系统布线要求	384
参考文献		385

第 1 章

电能质量的标准和要求



1.1

电能质量的主要指标及计算

1.1.1 频率偏差 e_f

(1) 电压频率偏差的计算

当发电机输出的有功功率和用户吸收的有功功率维持动态平衡时,才能使电网电压频率的偏差保持在 0.2Hz 以内,当有功功率冲击使有功功率不能平衡时,将产生电压频率偏差。

电压频率偏差按下式计算:

$$e_f = f - f_e$$

式中 f ——实测电网频率, Hz;

f_e ——电网额定频率, Hz。

(2) 频率合格率的测算

是通过监测及直接或间接地统计频率超限时间以获得表征电网频率在限值以内的一种考核方法。统计时以 s 为单位,计算公式如下:

$$\text{频率合格率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{频率超限时间}}{\text{总运行统计时间}}\right) \times 100\%$$

(3) 电力系统频率偏差的限值 (见表 1-1)

■ 表 1-1 电力系统频率偏差限值 Δf

电力系统	频率偏差限值 $\Delta f/\text{Hz}$	备 注
正常运行条件下	± 0.2	一般电力网容量在 300 万千瓦及以上
系统容量较小时	± 0.5	一般电力网容量在 300 万千瓦以下
由冲击负荷引起	± 0.2	根据冲击性负荷性质、大小以及系统的条件,也可以适当变动,但应保证近区电力网、发电机组和用户的安全、稳定运行及正常供电

(4) 频率偏差对用电设备的影响

当电力系统的频率变化超过了国家规定的频率偏差限定值时, 会使一些用电设备工作状态不正常。频率偏差对用电设备的影响见表 1-2。

■ 表 1-2 频率偏差对用电设备的影响

用电设备	对正常工作的影响
电动机	使电动机转速下降, 发热增加, 缩短电动机使用寿命, 同时还降低生产率, 影响产品质量
与系统频率有关的测控设备	降低其性能, 影响准确度, 甚至不能工作
变压器	引起励磁电流增加, 无功功率损耗加大, 供电能力减小, 恶化了电力系统的电压水平
滤波器和电容器	引起滤波器失谐和电容器组发出的无功功率变化
计算机	引起计算错误和控制混乱

1.1.2 电压偏差 e_U

1.1.2.1 电压偏差的计算

当用户无功功率较大时, 将产生电压偏差, 容性无功功率使电压偏高, 感性无功功率使电压偏低。为此需对用户无功功率进行补偿。

电压偏差按下式计算:

$$e_U = \frac{U - U_e}{U_e} \times 100\%$$

式中 U ——实测线电压, V;

U_e ——电能计量点的额定线电压, V。

1.1.2.2 电压偏差的测算

供电电压偏差按以下方法测量: 获得电压有效值的基本的测量时间窗口应为 10 周波, 并且每个测量时间窗口应该与紧邻的测量时间窗口接近而不重叠, 连续测量并计算电压有效值的平均值, 最终计算获得供电电压偏差值, 计算公式如下:

$$\text{电压偏差}(\%) = \frac{\text{电压测量值} - \text{系统标称电压}}{\text{系统标称电压}} \times 100\%$$

测量电压的时间长度，视具体情况，有选 3s、1min、10min 及 2h 的。

1.1.2.3 电压偏移率的计算

另外，在实际应用中还有一个“电压偏移率”的概念。其计算方法如下。

设某段时间内线路始端电压偏移率为 $\delta U_1\%$ ，线路电压损失率为 $\Delta U_l\%$ ，则线路末端电压偏移率为

$$\delta U_2\% = \delta U_1\% - \Delta U_l\%$$

当有变压器或其他调压设备时，还应计入其电压提升，即

$$\delta U_2\% = \delta U_1\% + e\% - \sum \Delta U\%$$

例如，图 1-1 电路中，其末端的电压偏移率为

$$\begin{aligned}\delta U_2\% &= \delta U_1\% + e\% - \sum \Delta U\% \\ &= \delta U_1\% + e\% - (\Delta U_{l1}\% + \Delta U_b\% + \Delta U_{l2}\%) \end{aligned}$$

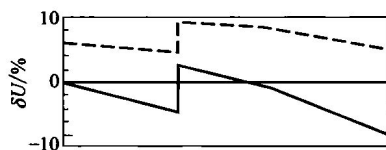
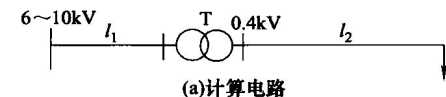
式中 $\delta U_1\%$ ——线路始端的电压偏移率；

$\sum \Delta U\%$ ——回路中电压损失总的百分数；

$\Delta U_{l1}\%$ ， $\Delta U_{l2}\%$ ——高压线路和低压线路的电压损失百分数；

$\Delta U_b\%$ ——变压器电压损失百分数；

$e\%$ ——变压器分接头或调压设备的电压提升百分数，常用配电变压器分接头与二次空载电压和电压提升的关系，见表 1-3。



(b) 电路沿线的电压偏移曲线(实线为最大负荷,虚线为最小负荷)

图 1-1 电压偏移计算电路

■ 表 1-3 变压器分接头与二次空载电压和电压提升的关系

10(6)±5%/0.4kV 变压器抽头		+5%	0	-5%
10.5(6.3)±5%/0.4kV 变压器抽头	+5%	0	-5%	
变压器二次空载电压/V	360	380	400	420
电压提升 e	-5%	0	+5%	+10%

1.1.2.4 电压合格率的测算

(1) 电压合格率计算公式

被监测的供电点称为监测点，通过供电电压偏差的统计计算获得电压合格率。供电电压偏差监测统计的时间单位为 min，通常每次以月（或周、季、年）的时间为电压监测的总时间，供电电压偏差超限的时间累计之和为电压超限时间，监测点电压合格率的计算公式如下：

$$\text{电压合格率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{电压超限时间}}{\text{总运行统计时间}}\right) \times 100\%$$

(2) 地区电网电压年（季、月）度合格率的统计

① 各类监测点电压合格率为其对应监测点个数的平均值。

$$\text{月度电压合格率}(\%) = \sum_{i=1}^n \frac{\text{电压合格率}}{n}$$

式中 n ——各类监测点电压监测点数。

$$\text{年(季)度电压合格率}(\%) = \sum_{i=1}^m \frac{\text{月度电压合格率}}{m}$$

式中 m ——年（季）度电压合格率统计月数。

② 电网年（季、月）度综合电压合格率 γ 为

$$\gamma(\%) = 0.5\gamma_A + 0.5\left(\frac{\gamma_B + \gamma_C + \gamma_D}{3}\right)$$

式中 $\gamma_A, \gamma_B, \gamma_C, \gamma_D$ ——分别为 A、B、C、D 类的年（季、月）度电压合格率。

1.1.2.5 供电电压偏差的限值

见第 1.2 节表 1-11。另外，电网电压损失允许范围还可参见表 1-4～表 1-6。

■ 表 1-4 各级电压城网的电压损失分配

城网电压	电压损失分配值/%	
	变压器	线路
110kV、63kV	2~5	4.5~7.5
35kV	2~4.5	2.5~5
10kV 及以下	2~4	8~10
其中:10kV 线路		2~6
配电变压器	2~4	
低压线路(包括接户线)		4~6

■ 表 1-5 各种情况下网络电压损失允许值

序号	名 称	允许电压损失 $\Delta U\%$	附注
1	内部低压配电线路	1~2.5	总计不得 大于 60%
2	外部低压配电网络	3.5~5	
3	工厂内部供给有照明负荷的低压网络	3~5	
4	正常情况下的 高压配电网络	3~6	
5	同上,但在事故情况下	6~12	
6	正常情况下地方性高压供电网络	5~8	第 4、6 两项之和 不得大于 10%
7	同上,但在事故情况下	10~12	
8	正常情况下地方性网络	10(有调压器时为 15)	
9	同上,但在事故情况下	15(有调压器时为 20)	

■ 表 1-6 各种情况下设备端电压允许偏移值

名 称	允许电压偏移/%
1. 电动机	
(1)连续运转(正常计算值)	±5
(2)连续运转(个别特别远的电动机)	
① 正常条件下	-8~-10
② 事故条件下	-8~-12
(3)短时运转(例如启动相邻大型电动机时)	-20~-30 ^①
(4)启动时	
① 频繁启动	-10
② 不频繁启动	-15 ^②