

齐义禄 主编



# 电力线路技术手册

兵器工业出版社

## 内 容 简 介

本手册分十二章,对电力线路的主要计算,如负荷计算、电压降、导线截面选择、线损、放线应力与弧垂、电线防振、杆塔强度、电线融冰、电力线对通信的影响、短路电流、继电保护、过电压保护和线路施工等进行编算,并对超高压线路与工程概算略加介绍。可供具有中等文化水平的电气工作者从事电力线路设计、施工和运行时参考。

## 电力线路技术手册

主 编 齐义禄

责任编辑 丁世用

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京市房山区十渡印刷厂印装

开本: 787×1092 1/32 印张: 23.375 字数: 506千字

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

印数: 1—12000 定价: 12.00元

ISBN 7-80038-299-0/TM·9

## 代 序

长期以来，我们很想读到一本专用的《电力线路技术手册》，可是书店内很少看到有这类书籍出售。湖南省零陵电业局工程师齐义禄同志在现场工作20多年，积累了丰富的经验，在工作之余勤奋、认真、细致地编写了这本手册。我们荣幸阅读了“手册”原稿，深感其内容实用，资料齐全，新颖、表格化，计算方法简明易懂。实为电网设计、施工和运行人员的必备工具书，也是电力专业自学与教学的重要参考资料。愿它早日出版，以飨读者。

邓定嵘 柳克治 1988年10月

---

## 前 言

解放40多年来,我国电力事业飞跃发展,电力线路密如蛛网似地布满全国城乡,到处呈现出一派电气化景象。

党的“十三大”发出了“沿着有中国特色的社会主义道路前进”的伟大号召。为了适应本世纪末实现“四个现代化”的新形势,高速度地建设电力事业,考虑到过去电力线路设计、施工中存在的某些问题,而对电力线路的主要计算如负荷计算、电压降、导线截面选择、线损、放线应力与弧垂、电线防振、杆塔强度、电线融冰、电力线对通信线的影响、短路电流、继电保护、过电压保护和线路施工等进行编算,并对超高压线路与工程概算略加介绍。以供具有中等文化程度的电气人员从事电力线路设计、施工和运行时参考。

本手册分十二章,共约50万字,其中表561个,图70余幅。编算限于初等数学范围之内,考虑到实用,避免了复杂的公式推导,对线路实用的计算结果和规程规定,以列表备查。同时对某些问题的看法,作了专题性的阐述。第三章第五节“线损计算分析程序”由湖南大学电气工程系杨其余同志编写。由于线路与变电往往密切相连,顺便对变电的某些问题,也略加叙述。

本手册的部分章节,曾作为对外线中级工培训班的教材讲授,受到了学员的好评。

零陵电业局邓定嵘同志初审了原稿,双牌电站柳克治同志审阅了部分原稿,湖南省电力局刘振铎同志对《手册》提

出了恳切的意见，以及其它对本《手册》出版给予帮助的单位  
和同志。在此一并表示深切的谢意！

由于笔者水平有限和所处环境信息的局限性，《手册》  
难免会有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者 1990年11月

# 目 录

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| <b>第一章 负荷计算与电网规划 .....</b>  | <b>( 1 )</b>  |
| 第一节 负荷预测与计算 .....           | ( 1 )         |
| 第二节 城网规划 .....              | ( 11 )        |
| 第三节 农网规划 .....              | ( 18 )        |
| <b>第二章 电压降计算与电压调整 .....</b> | <b>( 24 )</b> |
| 第一节 电压管理与电压降计算 .....        | ( 24 )        |
| 第二节 导线截面选择 .....            | ( 28 )        |
| 第三节 电容补偿调压计算 .....          | ( 35 )        |
| <b>第三章 线损计算与降损措施 .....</b>  | <b>( 47 )</b> |
| 第一节 输电网络电能损失计算 .....        | ( 47 )        |
| 第二节 配电网络电能损失计算 .....        | ( 60 )        |
| 第三节 降损措施 .....              | ( 71 )        |
| 第四节 无功电容补偿计算 .....          | ( 81 )        |
| 第五节 线损计算分析程序简介 .....        | ( 88 )        |
| <b>第四章 电线力学计算 .....</b>     | <b>( 94 )</b> |
| 第一节 基本概念 .....              | ( 94 )        |
| 第二节 电线力学计算 .....            | ( 119 )       |
| 第三节 导线放线应力表 .....           | ( 135 )       |
| 第四节 导线特性应力表 .....           | ( 195 )       |
| 第五节 导线防振计算 .....            | ( 238 )       |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>第五章 电力线路杆塔及基础计算</b>       | (255) |
| 第一节 杆塔型式及一般设计原则              | (255) |
| 第二节 杆塔荷载计算                   | (274) |
| 第三节 杆塔受力和抗弯强度计算              | (279) |
| 第四节 线间距离计算与导线排列              | (298) |
| 第五节 横担计算                     | (308) |
| 第六节 杆塔基础计算                   | (315) |
| 第七节 对山丘地带35kV线路设计的点滴体会       | (325) |
| <b>第六章 电线融冰计算</b>            | (332) |
| 第一节 融冰计算                     | (332) |
| 第二节 融冰技术措施                   | (339) |
| 第三节 “重冰区架空送电线路设计技术规定”<br>摘录  | (343) |
| <b>第七章 电力线路对电信线路的影响计算</b>    | (351) |
| 第一节 基本概念                     | (351) |
| 第二节 电力线路与电信线路接近及交叉时的有<br>关规定 | (358) |
| 第三节 电力线路对通信线路影响的计算           | (365) |
| <b>第八章 短路电流计算与继电保护装置整定</b>   | (385) |
| 第一节 短路电流计算的基本知识              | (386) |
| 第二节 短路电流计算                   | (392) |
| 第三节 电力设备的继电保护装置              | (405) |
| 第四节 继电保护装置的整定计算              | (411) |
| <b>第九章 过电压保护计算</b>           | (427) |
| 第一节 基本概念                     | (427) |
| 第二节 电力线路的过电压保护计算             | (430) |

|        |                                  |       |
|--------|----------------------------------|-------|
| 第三节    | 接地电阻计算 .....                     | (454) |
| 第十章    | 线路施工计算 .....                     | (471) |
| 第一节    | 起重工具 .....                       | (471) |
| 第二节    | 基础施工 .....                       | (490) |
| 第三节    | 杆塔起吊 .....                       | (493) |
| 第四节    | 导线避雷线架设 .....                    | (518) |
| 第十一章   | 工程概算 .....                       | (527) |
| 第一节    | 送变电建筑安装工程间接费和其它工程<br>与费用定额 ..... | (527) |
| 第二节    | 送电线路工程概算指标 .....                 | (535) |
| 第十二章   | 有关资料数据 .....                     | (556) |
| 第一节    | 超高压电网概况 .....                    | (556) |
| 第二节    | 其它参考资料 .....                     | (581) |
| 第三节    | 技术数据表 .....                      | (608) |
| 主要参考文献 | .....                            | (710) |

# 第一章 负荷计算与电网规划

## 第一节 负荷预测与计算

### 一、电量预测方法

#### 1. 年平均增长率法

$$E_t = E_0(1 + i)^{t-t_0} \quad (1-1)$$

式中:  $i$  ——所取期限内基期到末期年电量平均增长率;

$E_t$  ——预测年份年电量预测值;

$E_0$  ——所取期限内基期年电量;

$t$  ——预测年份;

$t_0$  ——基期年份。

#### 2. 电力弹性系数法

$$E_t = E_0(1 + kwP_{t-t_0})^{t-t_0} \quad (1-2)$$

$$kw = \frac{\Delta A\%}{\Delta B\%} \quad (1-3)$$

式中:  $P_t - P_{t_0}$  ——基期到预测年份工农业总产值年平均增长率;

$kw$  ——电力弹性系数;

$\Delta A\%$ ——年平均电量总消耗增长率（一般采用发电量）；

$\Delta B\%$ ——年平均国民生产总值增长率（以采用工农业总产值为宜）。

世界工业先进国家和我国的电力弹性系数见表1-1。

表1-1 世界工业先进国家和我国的电力弹性系数

| 国<br>别 | 年<br>份 | 1951~1980 | 其 中   |       |       | 1981~1987 |
|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|-----------|
|        |        |           | 51—60 | 61—70 | 71—80 |           |
| 美 国    |        | 1.84      | 2.31  | 1.87  | 1.26  |           |
| 苏 联    |        | 1.27      | 1.26  | 1.36  | 1.16  |           |
| 日 本    |        | 1.24      | 1.57  | 1.13  | 1.01  |           |
| 西 德    |        | 1.41      | 1.25  | 1.58  | 1.51  |           |
| 法 国    |        | 1.49      | 1.77  | 1.21  | 1.59  |           |
| 中 国    |        | 1.73*     | 2.24  | 1.66  | 1.22  | 0.51      |
| 世 界    |        |           |       | 1.26  | 1.17  |           |

\* 中国为1953~1980年数字；

注：本表摘自“农村电气化”86年第2期。

3.综合单耗法

$$E_i = NT_i \tag{1-4}$$

式中  $N$ ——综合单耗。

$$N = \frac{\sum N_i}{n} \tag{1-5}$$

式中  $\sum N_i$ ——各年综合单耗；

$n$ ——所取年数；

$T_i$ ——预测年份年产量（或年产值）预测值。

表1-2 超前系数法预测农村用电量 (10<sup>8</sup>MW·h)

| 时 期           | "七五" | "八五" | "九五" | 2001—<br>2015年 |
|---------------|------|------|------|----------------|
| 全国总用电量增长率 (%) | 7.93 | 8.45 | 5.92 | 4.73           |
| 超前系数          | 1.15 | 1.05 | 1.0  | 1.0            |
| 农村总用电量        | 1856 | 2839 | 3785 | 7571           |

表1-3 速度法预测农村用电量 (10<sup>8</sup>MW·h)

| 时 期            | "七五" | "八五" | "九五" | 2001—<br>2015年 |
|----------------|------|------|------|----------------|
| 选用的用电量增长速度 (%) | 9    | 7.8  | 6.5  | 4.5            |
| 测算的期末总用电量      | 1846 | 2687 | 3881 | 7124           |

表1-4 1986—2015年农村用电量和负荷预测

| 时 期                            | "七五"  | "八五"  | "九五"      | 2001—<br>2015年 |
|--------------------------------|-------|-------|-----------|----------------|
| 期末农村用电量 (10 <sup>8</sup> MW·h) | 1800  | 2700  | 3600—4000 | 7200—8000      |
| 本期年递增率 (%)                     | 8.45  | 8.45  | 5.92—8.18 | 4.73           |
| 农村用电总负荷 (MW)                   | 44000 | 62000 | 80000     | 145000         |
| 年平均递增率 (%)                     | 7.86  | 7.1   | 5.23      | 4.09           |
| 农村用电无功负荷 (Mvar)                | 56000 | 79000 | 102000    | 189000         |

注：无功负荷  $Q = K \cdot P$

(1-6)

式中  $P$  ——有功负荷 (kW)

$K$  ——无功当量, 取1.25—1.35。

表1-5 农村分类用电量预测 ( $10^5 \text{MW} \cdot \text{h}$ )

| 年<br>份<br><br>项<br>目 | 1985  | 1990 | 1995 | 2000年 |
|----------------------|-------|------|------|-------|
| 农村用电量总计              | 1200  | 1800 | 2700 | 3600  |
| 县城用电                 | 604.6 | 880  | 1240 | 1510  |
| ①县办工业                | 498.6 | 710  | 960  | 1100  |
| ②居民生活用电              | 57.6  | 90   | 150  | 220   |
| ③其他                  | 48.4  | 80   | 130  | 190   |
| 农业用电                 | 595.4 | 920  | 1460 | 2090  |
| ①排灌                  | 132.9 | 160  | 175  | 190   |
| ②农副产品加工              | 122.2 | 150  | 195  | 240   |
| ③农业生产                | —     | 50   | 70   | 90    |
| ④乡镇企业                | 195.4 | 400  | 760  | 1200  |
| ⑤乡村农民生活              | 117.7 | 160  | 260  | 370   |

注, 1987年农村用电量达 $1546 \times 10^5 \text{MW} \cdot \text{h}$ .

表1-2至1-5, 摘自1988年第3期《中国电力》.

表1-6 各类电力用户的 $T_{max}$ 及 $\tau$ 值

| 企 业 名 称 | $T_{max}$ | 当 $\cos\varphi$ 为下列值时相应的 $\tau$ 值 |           |
|---------|-----------|-----------------------------------|-----------|
|         |           | 0.9                               | 0.95      |
| 煤炭工业    | 4000~5500 | 2400~3950                         | 2200~3750 |
| 石油工业    | 6500~7000 | 5100~5800                         | 5000~5700 |
| 黑色金属采选  | 4000~6500 | 2400~5100                         | 2200~5000 |
| 钢铁联合企业  | 4500~7000 | 2900~5800                         | 2700~5700 |
| 有色、化工采选 | 5000~6500 | 3400~5100                         | 3200~5000 |
| 有色金属冶炼  | 7500      | 6550                              | 6500      |
| 电解铝工业   | 8000      | 7350                              | 7310      |

(续)

| 企 业 名 称 | $T_{max}$ | 当 $\cos\varphi$ 为下列值时相应的 $T$ 值 |           |
|---------|-----------|--------------------------------|-----------|
|         |           | 0.9                            | 0.95      |
| 机械、电器制造 | 2000~5000 | 1000~3400                      | 800~3200  |
| 化学工业    | 6000~7000 | 4500~5800                      | 4350~5700 |
| 建材工业    | 4000~6500 | 2400~5100                      | 2200~5000 |
| 造纸工业    | 6000~6500 | 4500~5100                      | 4350~5000 |
| 纺织工业    | 5000~6000 | 3400~4500                      | 3200~4350 |
| 食品工业    | 4000~4500 | 2400~2900                      | 2200~2700 |
| 其它工业    | 4000      | 2400                           | 2200      |
| 交通运输    | 3000      | 1600                           | 1400      |
| 电气化铁道   | 6000      | 4500                           | 4350      |
| 城市生活用电  | 2500      | 1250                           | 1100      |
| 上下水道    | 5500      | 3950                           | 3750      |
| 农村工业    | 3500      | 2000                           | 1800      |
| 农村照明    | 1500      |                                |           |
| 农副加工    | 2000      |                                |           |
| 电灌      | 1300~1500 |                                |           |
| 农村综合    | 1800~2500 |                                |           |

## 二、 负荷预测

1. 根据年需电量求最大负荷: 年需电量除以最大负荷利用小时 $T_{max}$ 。 $T_{max}$ 等于全年供电量除以最大负荷。

2. 负荷密度法: 根据每 $km^2$ 负荷数确定。

3. 综合需用系数法: 一般综合需用系数取0.16~0.3,

最大负荷 $P_{m.x}$ 等于综合需用系数乘以总装机容量。

各类电力用户的最大负荷利用小时 $T_{m.x}$ 及损耗小时 $\tau$ 值见表1-6。

### 三、负荷计算<sup>〔1〕</sup>

#### 1. 排灌负荷

某县属平丘区，排渍不多，主要是电灌（排灌用电量占农用电量的40%）。

就某处电灌站而言，电灌负荷：

$$P = 9.81 \frac{QH}{\eta} (\text{kW}) \quad (1-7)$$

式中  $P$ ——电灌负荷（kW）；

$Q$ ——水的流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）；

$H$ ——总扬程（m）；

$\eta$ ——水泵、电动机和传动装置的总效率，对单水泵取0.6~0.7。

求得 $P$ 的数值后，选择标准型号的水泵并配用电动机，此电动机的容量就是设备容量 $P_{\text{设备}}$ 。而就某一地区而言，总电灌负荷：

$$P_{\text{总}} = K_{\text{负载}} \times K_{\text{同时}} \times P_{\text{设备}} \quad (1-8)$$

式中： $K_{\text{负载}}$ ——负载率取0.8；

$K'_{\text{同时}}$ ——同时率取0.6~0.8。

根据某乡调查，有耕地13352亩，安装电灌设备容量992kW，负载率 $K$ 等于0.8，同时率 $K'$ 等于0.8，需要电灌负荷：

$$\begin{aligned} P &= K_{\text{负载}} \times K'_{\text{同时}} \times P_{\text{设备}} \\ &= 0.8 \times 0.8 \times 992 = 635 (\text{kW}) \end{aligned}$$

$$\text{平均每 kW 灌田: } \frac{13352}{635} = 21 \text{ (亩)}$$

电排负荷一般与电灌负荷错开使用，不另计算。

## 2. 农副产品加工负荷:

某县农副产品加工主要有碾米、粉碎、磨面、榨糖、榨油、磨粉、磨豆、制茶等，全县共有装机容量 4648kW，占农用容量的34%。一般农副产品加工厂同时率为0.4~0.6，负载率为0.8，试计算该县农副加工负荷。

$$\begin{aligned} \text{负荷计算: } P &= K_{\text{负载}} \times K'_{\text{同时}} \times P_{\text{设备}} \\ &= 0.8 \times 0.6 \times 4648 \\ &= 2231.04 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

## 3. 县乡工业负荷:

某县乡办工业，主要有农机修配、农副加工、瓷器生产等用电。

县办工业有机械、造纸、瓷器、水泥、化肥、采矿、制药、塑料等工业用电，装机容量共27374kW，占全县总容量的66.7%，1981年县乡工业用电量2870万kW·h，占全县总用电量78.6%。县乡工业负荷，一般采用需用系数法和产品单耗电量法计算。

(1) 需用系数法 即将各类设备的需用系数乘以设备总容量得计算负荷。

各类设备的需用系数及力率见表1-7。

(2) 产品单耗电量法 根据产品单耗和年产量求出年耗电量，再除以年最大负荷利用小时得计算负荷。

$$P_{\text{计算}} = \frac{\text{年耗电量}}{T_{\text{max}}} = \frac{\text{产量单耗电量} \times \text{年产量}}{T_{\text{max}}} \text{ (kW)} \quad (1-9)$$

表1-7 需用系数值 (  $K_{zs}$  )

| 用电设备名称                    | $K_{zs}$ | $\cos\phi$ |
|---------------------------|----------|------------|
| 造纸机                       | 0.4      | 0.7        |
| 机床                        | 0.2      | 0.65       |
| 泵、鼓风机、压缩机、<br>破碎机、筛选机、电阻炉 | 0.8      | 0.8        |
| 电焊变压器                     | 0.35     | 0.35       |
| 纺织机械                      | 0.5      | 0.7        |
| 化肥生产设备                    |          | 0.9        |
| 农副产品加工                    | 0.3~0.48 | 0.65       |
| 照明                        | 0.8      | 1          |
| 大米厂机械                     | 0.7      | 0.75       |
| 卷扬机                       | 0.5      | 0.8        |
| 球磨机                       | 0.72     | 0.8        |
| 农机修配                      | 0.2      | 0.6        |

表1-3 电力用户电量单耗统计表

| 用电负荷名称  | 电量单耗        | 用电负荷名称 | 电量单耗                   |
|---------|-------------|--------|------------------------|
| 电解铝     | 20000kW·h/t | 机制纸    | 790kW·h/t              |
| 冶金电炉钢   | 700kW·h/t   | 大米     | 20.2kW·h/t             |
| 原煤      | 40.63kW·h/t | 面粉     | 48kW·h/t               |
| 电石      | 3650kW·h/t  | 自来水    | 296kW·h/t              |
| 合成氨(小型) | 1600kW·h/t  | 水泥(立窖) | 82.11kW·h/t            |
| 日用瓷     | 1369kW·h/万件 | 原油加工   | 55.117kW·h/t           |
| 棉纱      | 1586kW·h/t  | 砂铁     | 950kW·h/t              |
| 棉布      | 14kW·h/m    | 耐火砖    | 147kW·h/t              |
| 烧碱      | 2450kW·h/t  | 刨花板    | 240kW·h/m <sup>3</sup> |
| 氯酸钾     | 7835kW·h/t  | 糖      | 364kW·h/t              |
| 锰粉      | 185kW·h/t   | 啤酒     | 920kW·h/t              |

4. 日常生活用电

某县有照明负荷装见容量为1179kW，照明负荷的负载率  $K_{\text{负载}}=1$ ，同时率  $K'_{\text{同时}}=0.8$ ，试求计算负荷

$$P_{\text{计算}} = K_{\text{负载}} \times K'_{\text{同时}} \times 1179 \\ = 1 \times 0.8 \times 1179 = 943.2(\text{kW})$$

随着农村生活水平的提高，收音、电视、广播用电日益增多，其计算负荷按设备额定容量乘以同时率（ $K'_{\text{同时}}=0.8$ ）可得。

农村乡村工业往往采取一班制生产，因而照明用电负荷与工业负荷是错开的。

5. 农村电力网有功负荷计算

(1) 同时率与网损率

表1-9 各类设备的同时率

| 名 称      | 同 时 率   | 名 称        | 同 时 率   |
|----------|---------|------------|---------|
| 排 灌      | 0.9     | 生活照明       | 0.8     |
| 灌 溉      | 0.6~0.8 | 35kV变电站    | 0.8~0.9 |
| 农副产品加工   | 0.4~0.6 | 6~10kV农用线路 | 0.3~0.4 |
| 6~10kV配变 | 0.3~0.9 | 6~10kV工业线路 | 0.5~0.6 |

表1-10 各级农用电力网网损率

| 名 称          | 网 损 率 | 备 注        |
|--------------|-------|------------|
| 0.38kV线路     | 1—4   | 配电房装总表只有1% |
| 6~10kV线路及变压器 | 6—12  |            |
| 35kV线路及主变    | 6—10  |            |
| 110kV线路及主变   | 6—10  |            |

注：以各级电网最大负荷作基准的百分数表示。