

# 用电管理

与

# 企业电工

钱振华 编著

中国电力出版社  
www.cepp.com.cn



# 用电管理与企业电工

钱振华 编著

中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



## 内 容 提 要

本书是以《电力法》为指南,以国家标准和电力行业标准为依据,在大量使用新设备和新技术的城乡电网改造背景下撰写的,主要面对工厂、农村、商厦、宾馆、社区的发电、供用电及配电系统,旨在提高用户电气设备管理水平与电工应用技术水平。

全书共分十章:包括电与社会、用户与用电、供电质量标准、用户用电管理、用户节电、企业电工、电气设备的运行维护、电气倒闸操作及事故处理、电气防火以及触电急救与预防。书后还附有电工培训考核复习题解答参考。

本书适合具有初中以上文化水平的电气人员阅读,用以提高企业电工技术水平学习之用,也可作为电气工程师或电气主管工作时参考;对于发电、供电部门的有关人员以及乡镇企业农村电工等都可从中得到一定的帮助和提高。

### 图书在版编目(CIP)数据

用电管理与企业电工/钱振华编著. —北京:中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1860-9

I. 用... II. 钱... III. ①用电管理②企业·电工  
IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 098146 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2004 年 3 月第一版 2004 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 30.125 印张 803 千字

印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 前 言

国家经济的繁荣与振兴，推动了社会不断前进，为电力工业的高速发展提供了难得的机遇。工厂、商厦、宾馆、社区用电的急剧上升，再加上大量采用新设备（SF<sub>6</sub>断路器、真空断路器）和新技术（变频调速、软起动），使得在用电管理、供用电安全、节约用电等方面，出现了一系列新的热点问题。其中，突出“安全第一，预防为主”的指导思想，加强对供用电设备的运行维护管理；普及提高用户电工的应用技术水平，成为社会、用户及供电部门的共同要求。

为了适应这一要求，以《中华人民共和国电力法》（以下简称电力法）为指南，以国家标准和电力行业标准为依据，以供电部门具体技术政策要求为基础；围绕加强供用电管理、提高安全与运行水平这个中心，理论联系实际，编写了《用电管理与企业电工》一书。期望本书对全社会的城乡企业用户及广大电工均有所帮助，把供电、用电工作做得更好。

社会用电范围极广。不同性质的用户对用电的要求不同；而用户之间，在设备系统、工作条件、人员水平上又千差万别。因此，本书在内容上很难面面俱到，仅着重介绍 110kV 电压以下的发电、供用电、配电系统的情况，还望读者鉴谅。另外，我国电气设备的使用，目前正面临着新老并存、更新换代的特殊时期，请读者阅读本书时注意以下几个问题：

(1) 使用新设备，执行新的技术标准；使用老设备，执行老的技术标准；不能用目前的新标准去套老设备。

(2) 任何设备投入使用后，应以厂家说明书的技术数据和使用要求为运行依据。

(3) 为了说明问题，书中所列技术数据及分析意见，仅供参

考。

本书在编写过程中，承蒙北京国联科技公司、北京国安电气公司、北京鑫嘉能电力工程技术公司领导的大力支持、提供方便，在此深表敬意。对于北京鑫嘉能电力工程技术公司钱福德高级工程师；国华北京热电厂唐柏松高级工程师、李立成工程师、张和技师；北京第二热电厂蒋福吉、丁艳红高级工程师、李恩俊工程师；北京供电公司杜广庆、贺纓工程师等，在技术上给予的帮助和指导，致以诚挚的谢意。

本人虽长期从事发电、供电及用电的技术工作，由于学识水平及运行经验有限，书中错误及疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

**作者**

2003 年 12 月

## 目 录

## 前言

|            |                       |    |
|------------|-----------------------|----|
| <b>第一章</b> | <b>电与社会</b> .....     | 1  |
| 第一节        | 电力系统 .....            | 1  |
| 第二节        | 电力生产及使用的特点 .....      | 6  |
| 第三节        | 电的社会性 .....           | 13 |
| 第四节        | 对供电、用电的要求 .....       | 14 |
| 第五节        | 安全用电 .....            | 17 |
| <b>第二章</b> | <b>用户与用电</b> .....    | 18 |
| 第一节        | 用户的分类 .....           | 18 |
| 第二节        | 用户申请用电的一般程序 .....     | 20 |
| 第三节        | 供用电合同、并网协议及调度协议 ..... | 28 |
| 第四节        | 用户变更用电及违约用电 .....     | 38 |
| 第五节        | 预防窃电 .....            | 41 |
| 第六节        | 用户的权利和义务 .....        | 51 |
| <b>第三章</b> | <b>供电质量标准</b> .....   | 52 |
| 第一节        | 频率标准 .....            | 52 |
| 第二节        | 电压标准 .....            | 55 |
| 第三节        | 电源波形标准 .....          | 61 |
| <b>第四章</b> | <b>用户用电管理</b> .....   | 67 |
| 第一节        | 用电管理部门及电气主管 .....     | 67 |
| 第二节        | 用电管理的目标、任务及方法 .....   | 69 |
| 第三节        | 技术管理 .....            | 70 |

|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| 第四节        | 运行管理 .....             | 73         |
| 第五节        | 设备管理 .....             | 74         |
| 第六节        | 安全管理 .....             | 80         |
| <b>第五章</b> | <b>用户节电 .....</b>      | <b>86</b>  |
| 第一节        | 能源的利用与节电的意义 .....      | 86         |
| 第二节        | 电价 .....               | 89         |
| 第三节        | 电费 .....               | 93         |
| 第四节        | 节电管理的目标及措施 .....       | 100        |
| 第五节        | 节电的技术措施 .....          | 101        |
| 第六节        | 节电的运行措施 .....          | 155        |
| 第七节        | 节电的组织措施 .....          | 168        |
| <b>第六章</b> | <b>企业电工 .....</b>      | <b>177</b> |
| 第一节        | 企业电工的分类及认证 .....       | 177        |
| 第二节        | 企业电工的素质 .....          | 178        |
| 第三节        | 企业电工的职责 .....          | 183        |
| 第四节        | 电工值班 .....             | 184        |
| 第五节        | 值班制度 .....             | 188        |
| 第六节        | 电工运行维护工作及巡回检查制度 .....  | 191        |
| 第七节        | 安全用具和接地线 .....         | 198        |
| 第八节        | 电工常用检测仪器及使用 .....      | 213        |
| 第九节        | 企业电工的培训及考核题 .....      | 229        |
| <b>第七章</b> | <b>电气设备的运行维护 .....</b> | <b>234</b> |
| 第一节        | 电气设备运行维护工作的目标 .....    | 234        |
| 第二节        | 对电气设备的基本要求 .....       | 234        |
| 第三节        | 对电气设备的运行监控及要求 .....    | 263        |
| 第四节        | 架空线路的运行维护 .....        | 299        |
| 第五节        | 电缆线路的运行维护 .....        | 320        |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第六节  | 地埋线路的运行维护 .....     | 360 |
| 第七节  | 母线的运行维护 .....       | 367 |
| 第八节  | 变压器的运行维护 .....      | 386 |
| 第九节  | 断路器的运行维护 .....      | 471 |
| 第十节  | 隔离开关的运行维护 .....     | 516 |
| 第十一节 | 负荷开关的运行维护 .....     | 529 |
| 第十二节 | 接触器的运行维护 .....      | 546 |
| 第十三节 | 熔断器的运行维护 .....      | 553 |
| 第十四节 | 互感器的运行维护 .....      | 571 |
| 第十五节 | 并联电力电容器的运行维护 .....  | 598 |
| 第十六节 | 柴油发电机的运行维护 .....    | 629 |
| 第十七节 | 接地装置的运行维护 .....     | 649 |
| 第十八节 | 继电保护及二次线的运行维护 ..... | 676 |
| 第十九节 | 直流设备的运行维护 .....     | 738 |
| 第二十节 | 高压带电显示装置的运行维护 ..... | 771 |

## **第八章 电气倒闸操作及事故处理** ..... 777

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 第一节 | 倒闸操作的基本要求 .....   | 777 |
| 第二节 | 操作票制度及操作监护制 ..... | 791 |
| 第三节 | 倒闸操作技术及注意事项 ..... | 796 |
| 第四节 | 防止电气误操作的措施 .....  | 803 |
| 第五节 | 变电所设备的倒闸操作 .....  | 813 |
| 第六节 | 工厂企业设备的倒闸操作 ..... | 826 |
| 第七节 | 定相及核对极性的操作 .....  | 839 |
| 第八节 | 变压器改变分接头的操作 ..... | 860 |
| 第九节 | 电气事故处理 .....      | 863 |

## **第九章 电气防火** ..... 872

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 第一节 | 电气火灾举例 .....    | 872 |
| 第二节 | 电气火灾发生的原因 ..... | 874 |

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| 第三节        | 防止电气火灾的措施 .....      | 875        |
| 第四节        | 电气灭火及注意事项 .....      | 890        |
| 第五节        | 电工在电气灭火中的责任 .....    | 896        |
| <b>第十章</b> | <b>触电急救与预防 .....</b> | <b>898</b> |
| 第一节        | 人身触电的特点 .....        | 898        |
| 第二节        | 常见的触电形式 .....        | 900        |
| 第三节        | 触电的原因及预防 .....       | 908        |
| 第四节        | 触电急救 .....           | 914        |
| 附录         | 电工培训考核复习题解答参考 .....  | 931        |
| 参考文献       | .....                | 954        |

## 第一章

## 电 与 社 会

发电厂发出的电，通过电网及变电所，送到城市、工厂和农村，为千家万户带来希望和光明，为国家带来繁荣与振兴。

电，是现代文明社会的象征；

电，是历史进步的纽带；

电，是全社会不可缺少，不可替代的能源；

电，是一种特殊的商品，看不见，摸不着，但谁都离不开它。

电能在生产、输送、分配和使用方面，有着自己的特点和规律。电业亦成为当今社会最主要的行业之一，担当着国民经济“先行官”的任务，并深刻地影响着社会及人民的生活。

作为“光明使者”的发电、供电部门及各行各业的电工，能为社会及人民的用电服务，是幸运的，值得受到尊重和羡慕。为此，应以更好的服务质量回报社会，以体现“人民电业为人民”的宗旨。这个宗旨也应该是所有电业工作者终身追求的目标。

## 第一节 电力系统

早期的电力工业，都是直接由发电厂向用户供电。为了提高供电的可靠性和经济性，在发展中逐步将分散的发电厂，通过输电线路和变电所连接起来。另外，许多现代热电厂，不但发电，同时兼顾供热，于是形成了电力系统和动力系统。电力系统，是指发电厂、电网和电能用户构成的能源系统；动力系统，是指电

力系统加上发电机原动力及热能用户构成的能源系统。电力系统、动力系统、电网三者之间的关系如图 1-1 所示。

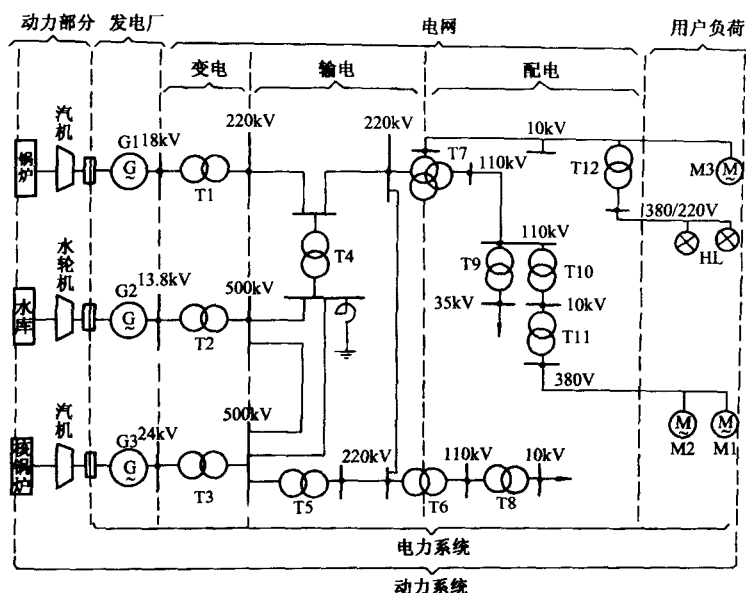


图 1-1 电力系统、动力系统、电网示意图

G1 ~ G3—发电机；M1、M2—低压电动机；M3—高压电动机；

T1 ~ T3—升压变压器；T4—联络变压器；T5 ~ T7—降压变压器；

T8 ~ T12—配电变压器；HL—照明

## 一、电力系统

### (一) 发电厂

发电厂即电源所在地，是专门将其他形式的能源通过发电装置——发电机，转换成电能的工厂，它是电力系统的核心环节。火力发电厂是以煤、油、天然气为燃料，通过燃烧将热能转换为电能；水力发电厂是将水库中水的势能变为动能，再转换成电能；核电厂则是将原子能裂变产生的热能转换成电能。其他如地热、风能、太阳能、潮汐能等能源，都可以通过发电装置将其转

换成电能。

## (二) 电网

电网起着输送和交换电能的作用，是发电厂与用户之间不可缺少的中间纽带，是电力系统的重要组成部分。电网主要包括以下几个方面：

### 1. 变电装置

包括升压（降压）变压器及其相关设备和变电所。

### 2. 输电装置

包括 220 ~ 500kV 高压及超高压输电线路及其相关的设备。

### 3. 配电装置

包括 110kV 电压及以下的供电线路及相关的配电变压器和变电所（室）。

(1) 高压配电。电压为 110kV 或 63kV，供给大型企业用户。

(2) 中压配电。电压为 10 ~ 63kV，供给中等企业用户。

(3) 低压配电。电压为 660V 或 380/220V，供给小型企业用户及居民用户。

## (三) 用户

用户是指千家万户的用电者。其中既包括工厂、商厦、宾馆、社区和广大农村；也包括国家机关、军队及科研文教等单位；其中居民用电最广、最分散，遍及城乡。用户是电力系统的终端，是供电的最后一站。

发电厂、电网及用户这三者相互依存、紧密联系。只有不断地协调配合，才能在稳定的运行中实现对电力的需求，进而创造出丰富多彩的精神文明及物质文明，使人们过上美好幸福的生活。

## 二、电力系统的并网运行

把两个或多个小型的电力系统，通过输电线路连接起来，即并网运行。它可以组成地区性电力系统；在此基础上进一步把几个地区性电力系统连接起来，可组成大的区域性电力系统；若把所有区域性电力系统连接起来，将组成全国统一的电力系统。电



力系统并网运行能获得巨大的利益，其优越性主要表现在以下方面：

### （一）合理利用动力资源

电力系统并网运行，可以更加合理地利用国家的动力资源，达到优势互补，发挥其最佳综合经济效益。水力资源、煤炭资源、天然气或石油资源等，往往远离负荷中心。建成统一的电力系统并网运行后，可将水电厂和火电厂生产的电能通过输电送往大城市和负荷中心。电力系统并网运行还可使水电、火电、核电及其他电源各自发挥自己的优势和特点，相互协调配合。例如当南方雨季水电多发时，北方火电可停机少发，降低发电成本；只能带基本负荷不宜大起大落频繁调节的核能发电厂则可让并网的其他发电厂担任调频、调峰的任务。这样国家动力资源的配置能得到优化，各方面能很好的互补，使经济效益大为提升。

### （二）提高设备利用率降低成本

电力系统并网运行，可以提高发供电设备的利用率，相对减少电力系统的总装机容量，有利于降低电力生产成本。首先，利用地区时差错峰，可以减少调峰设备的容量；其次，电网的事故备用容量、检修备用容量也可以减少。这样电网总装机容量可以减少。换句话说，在总装机容量不变的情况下，并网运行对外带的负荷要比各个发电厂单独孤立运行对外带的负荷多。

### （三）进一步提高电能的质量

在负荷变动相同的情况下，容量大的电网频率及电压的变化、波动要比容量小的电网或孤立发电厂小得多。因此，电力系统并网运行能进一步提高电能质量，有利于用户设备的运行及正常工作。

### （四）增加和提高供电的可靠性

电力系统并网运行时，如果个别发电机组发生故障退出运行，网内其他机组可迅速增加出力，以弥补出现的功率缺额，因此仍能保证频率、电压的稳定，保证用户的用电可不受影响，大大提高了供电、用电的可靠性。



### (五) 为安装大机组创造条件

电网容量越大，允许安装的发电单机容量就越大。大机组的单位建设成本（元/kW）及电能生产成本（元/kWh）均比小机组便宜得多。因此大机组的经济性非常突出。但是另一方面，大机组故障或跳闸，将对电网产生巨大的影响，引起频率、电压严重降低。这样，只有大电网才能为安装大机组创造条件，因为电网经济的单机容量约为电网总容量的4%~6%（事故时影响电网频率1~1.5Hz），一般不超过8%~10%（事故时影响电网频率2~2.5Hz）。

综上所述，电力系统的并网运行是实现大电网、高电压、大机组的先决条件，是建设现代化电力系统的必由之路。

## 三、用户与电力系统

### (一) 市电

日常用的电，一般习惯称为“市电”。市电都是从电力系统的中心变电所降压，通过配电线路供电给用户的。因此，电力系统的安危与用户用电能否得到保证密切相关。

### (二) 相互关系

#### 1. 电网对用户的影响

当电网装机容量不足；发供电单位发生事故造成电力减产，供应不足；输配电线路及其相关的设备故障等，都会使用户饱受停电之苦。

#### 2. 用户对电力系统的影响

当用户出现问题也会牵连到电力系统，成为事故停电的另一个原因。特别是大型企业用户，内部变电所的电力事故，对电力系统的冲击及安全影响很大，后果多数非常严重。例如，某化工厂的110kV变电所，设备长期失修，造成110kV母线发生春季污闪事故，虽保护动作但断路器拒绝跳闸，造成相邻某发电厂与电网解列。该厂中断供电供热后，造成该地区大面积停电，影响几十万市民的正常生活，并短时使国际广播电台停播。再如，某钢厂吊车司机，无证驾驶吊车，不负责任，将吊杆触及到220kV线



路上，引起单相短路而跳闸，跳闸后其他运行线路导线过负荷烧断，使事故进一步扩大，造成某市西部地铁、医院、商业区大面积停电，波及范围占全市 1/3。

### (三) 相关的责任

在保证供电、用电的可靠性及安全上，用户与电力系统、发供电部门负有同等的责任。为了共同的利益，都要以“安全第一”的精神做好自身的工作，减少人为事故，避免不必要的损失。

## 第二节 电力生产及使用的特点

### 一、电力生产的特点

#### (一) 发电与用电的同时性

电力生产的“产、供、销”是在同一时间内完成的。也就是说，在一个运行正常，频率、电压稳定的电力系统中，发电厂生产的总电力，在同一时间与用户使用的总电力以及相关的线损、自用电是相等的。即

$$\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1-1)$$

或 
$$\Delta P = \Sigma P - (P_1 + P_2 + P_3) = 0 \quad (1-2)$$

式中  $\Sigma P$ ——电力系统总的发电容量；

$P_1$ ——全部用户用电之和；

$P_2$ ——电力系统的线损（变压器及线路损耗之和），约占

6% ~ 8%；

$P_3$ ——发电厂、变电所自用电，约占 6% ~ 7%；

$\Delta P$ ——电网有功功率缺额（以下简称有功缺额）。

在电力生产、供应、使用的过程中，保持平衡关系时  $\Delta P = 0$ ，全电网的运行频率  $f$  与额定频率  $f_N$  相等，即  $f = f_N = 50\text{Hz}$ 。

#### (二) 频率的同一性和电压的非同一性

整个电力系统处在稳定、同步运行时，各处的频率是一致

的，即处处相等（频率表指示的差异是因误差引起的）；而各处的电压值却不相同。

### 1. 有功缺额与频率的关系

（1）有功缺额  $\Delta P = 0$ ， $f = f_N = 50\text{Hz}$ ，表明电网正常，为理想状态。

（2）有功缺额  $\Delta P < 0$ ， $f < f_N$ ，表明电力供应不足，缺电。

（3）有功缺额  $\Delta P > 0$ ， $f > f_N$ ，表明电力供应过剩。

### 2. 无功缺额与电压的关系

除负荷不同的因素外，当电网与用户之间无功出现缺额，将引起电压异常变化：无功电源不足的地方，电压将下降；反之，电压将上升。因此，形成电网中每个地区和每家用户的电压彼此都不相等。

### （三）电能不能大量贮存

直流电通过蓄电池可以贮存一些，但存量非常有限；交流电的贮存目前尚无好的解决办法。当电力供应不足时，如果没有足够的备用容量投入，就只能通过限电拉路来使发电与用电平衡，保证电网的安全与稳定。

### （四）中断供电后果严重

电为全社会服务，与整个国计民生相关。中断供电所造成的社会影响及经济损失多半是直接的；大面积停电所产生的后果往往是严重的，甚至是无法弥补和挽回的。

### （五）生产自动化水平高，管理严格

电网的运行情况每时每刻都在变化，且变化引起的电磁的、机电的变化过程（也称暂态过程）非常快，故电力生产过程的调整及切换操作必须自动完成，以免发生事故。因此，从电力行业整体水平来看，技术难度大，自动化水平高，生产管理严格，执行规章制度必须一丝不苟，工作要求万无一失。这些，都是其他行业无法比拟的。

## 二、用户用电的特点

### （一）负荷曲线



## 1. 电力负荷

一切用电设备所消耗的电力称为电力负荷，简称“负荷”。电力负荷主要包括：电动机、电热器、照明设备、电子设备及其他用电设备。

## 2. 负荷曲线

负荷随时间及季节而发生的变化，用负荷曲线表示。负荷曲线综合的反映了用户用电的特点及规律。某电力系统典型的日负荷曲线及年负荷曲线见图 1-2 及图 1-3。

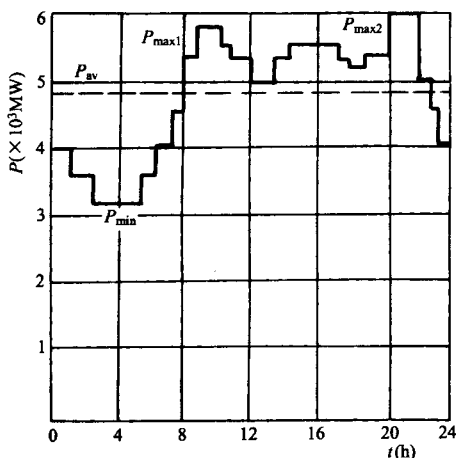


图 1-2 典型日负荷曲线

(1) 日负荷曲线。一天中的最大负荷称高峰负荷，在上午及傍晚各出现一次，见图 1-2 中的  $P_{\max 1}$  及  $P_{\max 2}$ ，且  $P_{\max 2} > P_{\max 1}$ ，均大于 24h 的平均负荷  $P_{av}$ ；一天中的最小负荷称低谷负荷  $P_{\min}$ ， $P_{\min} < P_{av}$ ，出现在子夜时分。 $P_{\max} - P_{\min}$  称峰谷差。

(2) 年负荷曲线。一年中的最大负荷出现在冬季，见图 1-3 中的  $P_{\max}$ ；最小负荷  $P_{\min}$  出现在夏季，但这种情况因空调装置的大量使用正逐渐在改变。

(3) 企业的负荷曲线。不同企业的负荷曲线不同；同一企业