



北京市电力公司组织编写 宁岐 编著

# 架空配电线路实用技术

## (设计·施工·运行)

JIAKONG PEIDIAN XIANLU SHIYONG JISHU  
SHEJI SHIGONG YUNXING



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

# 架空配电线路实用技术

## (设计·施工·运行)

北京市电力公司组织编写 宁岐 编著



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书全面系统地介绍了《架空配电线路实用技术（设计、施工、运行）》，注重理论联系实际，全书共分八章内容。第一章：电力系统及电力网；第二章：架空配电线路；第三章：架空配电线路常用设备；第四章：配电变压器；第五章：架空配电线路设计；第六章：架空配电线路施工；第七章：架空配电线路及设备运行；第八章：常用电工仪表。为了读者学习和工作方便，附录中收录了架空配电线路的相关技术标准。

本书既可作为配电线路工自学和工作必备的工具书，也可作为电力职业技术学院或电力企业职工的培训教材，同时还可供配电专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

架空配电线路实用技术：设计·施工·运行 / 北京市电力公司组织编写；宁岐编著. — 北京：中国水利水电出版社，2009.12  
ISBN 978-7-5084-7115-0

I. ①架… II. ①北… ②宁… III. ①架空线路：配电线路 IV. ①TM726.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第236033号

书 名	架空配电线路实用技术（设计·施工·运行）
作 者	北京市电力公司组织编写 宁岐 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 25印张 593千字
版 次	2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	68.00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

# 序

——学海无涯 追求无境

在庆祝中华人民共和国 60 周年华诞之际，宁岐同志所著的《架空配电网实用技术（设计·施工·运行）》一书即将正式出版，翻开书稿便感受到了作者对科学的严谨态度和求知欲望，更感受到了一位老配电职工忠诚事业、报效祖国的炽热之情。

宁岐同志曾有一句座右铭：做一个对得起祖国的中国人。就是这个信念，支撑他在配电领域不断追求进取，不断攀登科学的高峰。早在 20 年前，宁岐同志就被工人们誉为“我们自己的专家”，他撰写的大量有关变压器、架空配电网、城市配电网等论文在专业刊物上发表，为解决实际问题提供了理论依据。几十年来，宁岐同志始终坚持实践与研究，不断将丰富的实践经验提炼、归纳、总结，试图寻找一条实践与理论相结合的捷径之路，为一线操作人员提供了宝贵教材。他的努力得到了认可，他的教材和论文也在实际工作中得到了传播与验证。

这次出版的《架空配电网实用技术（设计·施工·运行）》一书，内容涵盖了电力系统基本知识、电力网的接线方式、电力生产的特点，以及架空线路、继电保护、电网调度、变压器、配电箱、杆塔等一系列电力设备和装置的原理和操作原则，乃至一些技术性的计算方式和应用技术，堪称为一部全方位、立体型、多层面的教科书。该书的特点是将高深的电力生产原理简单化、实用化，为广大电力员工在实际工作中提供了理论依据；再者，本书重点突出，详细讲解了架空线路的设计、施工、运行原理和操作原则，是一线电力员工的必备工具书。

北京市电力公司具有百年历史，一代代电力工作者为北京的电力事业殚精竭虑，真诚奉献，凝聚成了一种“努力超越，追求卓越”的企业精神，同时也积淀了深厚的文化底蕴，涌现出一大批带有鲜明时代特色的人才，宁岐同志就是其中之一。他能从实践中总结经验、提炼精华，再使之指导实践，

超越自我。他以执着的求学、丰富的理论、严谨的态度、不懈的努力，为首都电力事业的发展贡献才智，在退休之后仍发挥余热，精神可嘉！

愿这本书能成为您的良师益友，成为您进步成材的阶梯！

北京市电力公司工会主席 **李国华**

2009年10月

# 前 言

改革开放以来，我国电力工业快速发展，取得了重大的成就，为国民经济发展和社会进步作出了巨大贡献。随着人民物质生活的不断提高和精神生活的不断改善，电与经济、电与社会、电与人民的生活关系越来越紧密。随着城乡电网建设改造的深入发展和新技术、新设备、新材料、新工艺的推广、应用，配电网的技术状况发生了巨大变化：网络设备、接线方案、保护元件、自动装置、运行方式、数据采集、管理方法、操作工艺等都发生了重大变革。而变革最深、项目最多、范围最广的应属于10kV及以下配电网。所有这些都要求从事配电工作的同志，更新知识、更新观念，进一步提高技术水平和管理水平，以适应电网发展的需要。面对电力事业发展的新形势，不难发现，以往教材的内容已显得过时陈旧，有些内容与当今现实相差甚远。为此作者在认真总结40多年从事配电工作实践经验、系统总结新技术、新设备、新材料、新工艺应用经验，并在搜集了一批国内外新资料和参考文献的基础上编写了《架空配电线路实用技术（设计·施工·运行）》一书。作者的中心意图是为从事配电工作或准备从事配电工作的同志提供一本工具书，供在日常工作中参考。

本书共分八章，集中反映了目前国内架空配电线路新技术及新设备应用与发展的最新动态。本书注重理论与实践相结合，既讲述城市配网建设、改造的技术问题，又兼顾农网改造的实际情况，突出了先进性、全面性、通俗性和实用性。

本书编写章节清晰，层次清楚，推陈出新，内容新颖，图文并茂，具体实际，深入浅出，通俗易懂。本书以浅显易懂的文字对架空配电线路设计、施工、运行的每个技术问题进行描述，以便于读者接受。

一本好的教材，在培训人才方面的作用是难以估量的。

作者愿此书成为配电专业工程技术人员案头常放的参考书；成为配电网路工登上高级技师的阶梯；成为青年人开启“自学成才”大门的金钥匙。

作者虽尽了很大努力，由于时间紧迫和水平所限，书中谬误之处和疏漏不当之处定然难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

2009年8月于北京

# 目 录

序

前言

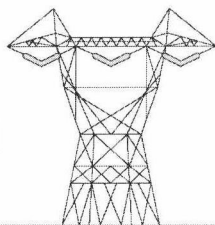
<b>第一章 电力系统及电力网</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 电力系统及电力网 .....	1
第三节 电力网的额定电压 .....	7
第四节 电力网的接线方式 .....	8
第五节 电力系统中性点接地运行方式 .....	11
第六节 电力生产的特点 .....	14
第七节 电力负荷及负荷分类 .....	15
第八节 供电质量 .....	17
第九节 继电保护和安全自动装置 .....	20
第十节 电网调度管理 .....	22
<b>第二章 架空配电线路</b> .....	24
第一节 杆塔及其基础 .....	24
第二节 导线 .....	32
第三节 绝缘子 .....	43
第四节 横担 .....	50
第五节 金具 .....	50
第六节 拉线 .....	73
第七节 接地装置 .....	76
<b>第三章 架空配电线路常用设备</b> .....	80
第一节 中压柱上开关 .....	80
第二节 10kV 跌落式熔断器 .....	108
第三节 避雷器 .....	111
第四节 低压单极三柱式隔离开关、熔断器和塑壳式断路器 .....	114
第五节 无功补偿与低压并联电力电容器 .....	126
第六节 箱式变电站 .....	134

<b>第四章 配电变压器</b> .....	141
第一节 变压器的工作原理 .....	141
第二节 配电变压器基本结构 .....	144
第三节 配电变压器主要技术数据 .....	149
第四节 配电变压器接线组别 .....	151
第五节 常用配电变压器类型 .....	155
第六节 变压器油 .....	164
<b>第五章 架空配电线路设计</b> .....	166
第一节 概述 .....	166
第二节 气象条件 .....	167
第三节 路径选择与杆塔定位 .....	168
第四节 电杆的选择与计算 .....	169
第五节 导线的选择与计算 .....	177
第六节 架空配电线路的导线排列、档距、线间距离与横担规格 .....	201
第七节 绝缘子、金具 .....	206
第八节 拉线受力计算 .....	207
第九节 电杆基础设计 .....	211
第十节 防雷和接地 .....	216
第十一节 配电变压器容量的选择 .....	222
第十二节 变压器台和柱上开关设备 .....	228
第十三节 对地距离及交叉跨越 .....	229
第十四节 接户线 .....	231
第十五节 线路施工图设计 .....	233
<b>第六章 架空配电线路施工</b> .....	237
第一节 概述 .....	237
第二节 基础施工 .....	239
第三节 电杆组立 .....	242
第四节 拉线和铁杆的安装 .....	248
第五节 导线架设 .....	251
第六节 变压器台与电气设备安装 .....	265
第七节 工程交接验收 .....	272
<b>第七章 架空配电线路及设备运行</b> .....	276
第一节 架空配电线路及设备运行管理 .....	276
第二节 架空配电线路运行 .....	278
第三节 架空配电线路季节性工作 .....	285
第四节 配电变压器运行 .....	287
第五节 防雷与接地 .....	295



第六节	倒闸操作与核定相位 .....	297
第七节	事故处理 .....	298
第八节	工程竣工验收 .....	303
第九节	线路及设备定级 .....	305
第十节	架空配电线路及设备运行技术管理 .....	311
<b>第八章</b>	<b>常用电工仪表</b> .....	<b>328</b>
第一节	万用表 .....	328
第二节	钳形电流表 .....	333
第三节	兆欧表与接地电阻测量仪 .....	335
第四节	电桥 .....	340
附录一	10kV 及以下架空配电线路设计技术规程 (DL/T 5220—2005) (摘录) .....	342
附录二	电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及 验收规范 (CB 50173—1992) .....	358
附录三	架空配电线路及设备运行规程 (试行) (SD 292—1988) .....	372
<b>参考文献</b>	.....	<b>388</b>

# 第一章 电力系统及电力网



JIAKONG PEIDIAN XIANLU SHIYONG JISHU

## 第一节 概 述

自然界存在的能源资源，通过相应的技术都可以转换为电能。因此，人们习惯地将自然能称为一次能源，把电能称为二次能源。一次能源主要来自太阳、地球及地球与其他天体的相互作用。现代世界各国主要用于发电的一次能源有石油、煤炭、天然气、风力、水力及原子能等。而被称做二次能源的电能，则是通过一定的技术手段和设备，利用一次能源转变而来的，这种能源的转变过程称为发电，一般在发电厂进行。

在电力工业发展初期，发电厂是建设在工厂或城市等用电地区附近，多半是孤立运行的电厂。大部分国家的动力资源产地和电力负荷中心往往相距很远。如水力资源是集中在江河流域水位落差较大的地方，热力资源又集中在煤、石油和其他热源的产地，而大的电力负荷中心则多集中在工业区和大城市。为了保证供电安全、可靠、经济、合理，就必须将各个分散的发电厂通过输电线路和变电所相互联系起来，以组成统一的电力系统。

电力是一种便于集中、传输、分配、控制和转换成其他形式的能源，它的利用和发展，方便了人们的生产和生活，同时也促进了国民经济的快速发展。今天，电力作为一种能源，在工农业生产、交通运输、科学研究、精神文明建设和人民生活等方面，起着越来越重要的作用，并已成为现代文明社会的重要物质基础。

## 第二节 电力系统及电力网

### 一、电力系统

由发电厂发出的电能，经过升压变压器升压，通过输电线路送到电力负荷中心变电所，经降压变压器降压，再由配电线路把电能分配到各个电力用户的用电设备。这种由发电机、升（降）压变电所、输配电线路以及用电设备连接而成的整体，称为电力系统。它是将一次能源转换成电能并输送和分配到用户的一个统一系统。在这个系统中有发电机、变压器、断路器、母线、输电线路、配电线路、配电装置、用电设备（电动机或照明装置）等电力设备，如图 1-1 所示。

### 二、电力网

由各种电压等级的输配电线路和升（降）压变电所（站）连接而成的网络，称为电力

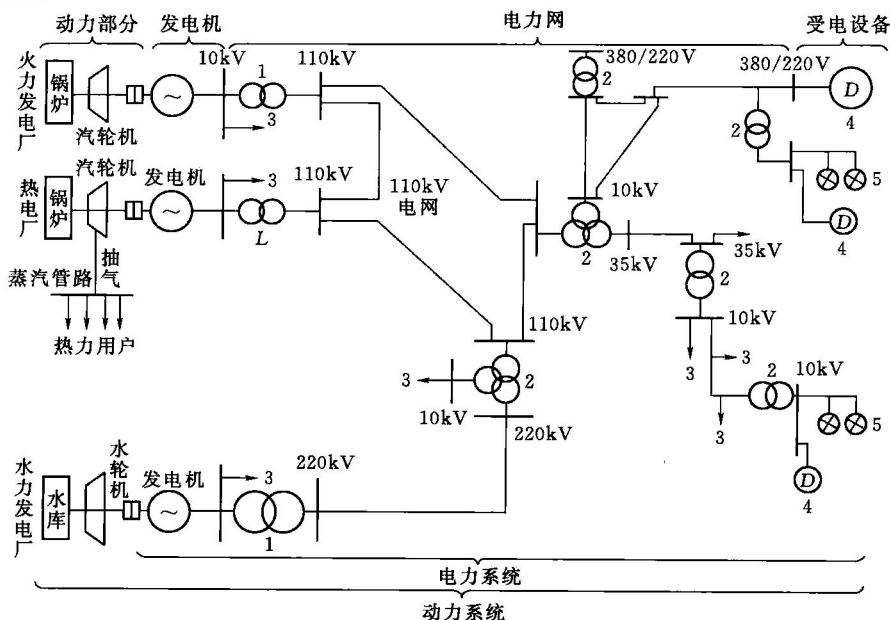


图 1-1 电力系统和电力网示意图

1—升压变压器；2—降压变压器；3—负荷（泛指）；4—电动机；5—电灯

网，它是电力系统的重要组成部分。从图 1-1 可以看出，电力网比电力系统只是少了发电设备和用电设备。

### 三、动力系统

电力系统加上发电机的原动机和力能部分称为动力系统。整个动力系统除电力系统外，还包含热能、水能或其他能源的动力设备和热力用户。如图 1-1 所示。

### 四、联合电力系统

一般将发电机、电力网和用电设备组成的整体称为电力系统。若将两个或两个以上的小型电力系统用电网连接起来并联运行，便组成了地区性的电力系统。进一步把这些地区性的电力系统用电网连接起来，就组成了联合电力系统。组成联合的电力系统在技术上和经济上都有很大的优越性，归纳起来，有如下几个方面。

#### 1. 提高供电的可靠性和电能质量

由孤立发电厂供电时，在电厂内很难建立起足够的备用容量。因此，当有的机组检修，另一机组发生故障时，就会影响对用户的连续供电。但在大的电力系统内，即可建立足够的备用容量，备用机组的台数较多。这样，个别机组发生故障对系统的影响较少，而几台机组同时发生故障的机会也很少，因此提高了供电的可靠性。

由于联合电力系统容量较大，个别负荷的变动，即使是较大的冲击负荷，也不会造成电压和频率的明显变化，仍能保持稳定，从而保证了电能质量。



### 2. 可减少系统的装机容量, 提高设备利用率

由于不同地区之间, 东西有时差, 南北有季节差, 再加上负荷性质的不同, 所以电力系统中各个用户的最大负荷出现的时间就不同。因而在联合电力系统中, 综合起来的最大负荷将小于各个用户最大负荷相加的总和。由于系统中最高负荷的降低, 相应的就可以减少系统中总的装机容量。

一般为了保证供电的可靠性, 必须在发电厂内建立起必要的备用容量。对于孤立运行的电力系统, 则必须在每个系统中均建立起备用容量, 其数值通常应等于该系统总容量的10%~15%, 且不小于一台最大机组的容量。但是, 在联合电力系统中各电厂的机组可错开时间进行检修, 当某些电厂的机组发生故障时, 可由系统中其他机组支援, 这样系统中的总备用容量, 比各个孤立系统备用容量的总和可以减少一些。

因此, 组成联合电力系统后, 在用电量一定时, 可以减少总的装机容量。在总的装机容量一定时, 可以提高设备的利用率, 增加供电量。

### 3. 便于安装大型机组, 降低造价

系统中火电机组的经济装机容量与电力系统总容量及负荷增长速度等因素有关。一般在100万kW以上的电力系统中, 最经济的机组容量应为系统容量的6%~10%左右, 1000万kW以上的电力系统中, 最经济的机组容量为系统容量的4%~6%左右, 对于容量较小的电力系统, 当负荷增长较快时, 最经济的机组容量为系统容量的20%左右。机组容量小于这个比例时不经济, 超过这个比例会造成运行和检修的困难。由于联合电力系统容量大, 按照比例可装设容量较大的机组, 而大型机组每1kW设备的投资和生产每1kW·h电能的燃料消耗以及维修费用, 都比装设小机组便宜, 因而可节约基建投资、减少煤耗、降低成本和提高劳动生产率。

### 4. 充分利用各种动力资源, 提高运行的经济性

有很多能源, 如风力, 潮汐、太阳能和原子能等都可以用于发电, 如果这些电站与系统连接, 将被充分利用。

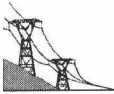
水力资源取决于河流的水文情况, 受气候条件的影响, 而河流的天然流量, 往往不能与电力用户的需要相配合, 在夏季丰水期, 水量较多, 而用电较少, 在冬季枯水期, 水力资源较少, 但此时电力负荷通常反而增高。若水电站孤立运行, 则形成冬季出力不足, 夏季却要弃水, 使水力资源不能得到充分利用。如果水电站与电力系统相连接, 由于电力系统有很多火电站, 这样在丰水期可让水电站满发, 而减少火电站的负荷, 在枯水期则让火电站担负基本负荷, 而让水电站担负尖峰负荷。此外, 火电厂之间还可以经常使高效率 and 运行最经济的发电机组多带负荷; 效率很低或燃烧优质煤的机组少带负荷。这样就可以充分利用水力资源, 降低火电厂的煤耗, 从而降低了电能成本, 提高运行的经济性。

以上这些优点, 说明了建立联合电力系统的必要性。

## 五、电力系统组成

### (一) 发电厂

发电厂是电力系统的中心环节, 它是将其他形式的能源转换为电能的工厂。根据采用的一次能源种类不同, 发电厂分为火力发电、水力发电、原子能发电、太阳能发电、风力



发电、潮汐发电、抽水蓄能发电等类型。

### 1. 火力发电

(1) 火力发电一般又可按以下类型分类：①按燃料分类有：燃煤发电厂、燃油发电厂、燃气发电厂、余热发电厂；②按原动机分类有：凝汽式汽轮机发电厂、燃气轮机发电厂、内燃机发电厂和蒸汽—燃气轮机发电厂；③按供出能源分类有：凝汽式发电厂、热电厂；④按发电厂的容量大小分类有：小容量发电厂，其装机容量在 100MW 及以下的发电厂；中容量的发电厂，其装机容量在 100~250MW 范围内的发电厂；大中容量的发电厂，其装机容量在 250~600MW 范围内的发电厂；大容量发电厂，其装机容量在 600~1000MW 范围内的发电厂；特大容量发电厂，其装机容量在 1000MW 以上的发电厂。

(2) 火力发电流程。以凝汽式火电厂为例，说明火力发电流程如下：

燃料燃烧的热能 $\xrightarrow{\text{锅炉}}$ 高温高压水蒸气 $\xrightarrow{\text{气轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能 $\xrightarrow{\text{变压器}}$ 电力系统

(3) 火力发电特点。优点是厂址布局灵活，建设速度快，投资少；缺点是会产生污染和运行费用较高。提倡建设紧靠煤矿的矿口电厂，建设热、电合供的热电厂和工业企业自备的热电联产电厂。

### 2. 水力发电

(1) 水电站一般可分为以下类型：①堤坝式水电站。在河流中落差较大的适宜地段拦河建坝，形成水库，以提高坝前后的水头。②引水式水电站。将坡降较小的弯曲弧形河段用直线形引水管道将落差集中，引水入厂房中的水轮发电机发电，其尾水泄入河的下游。③抽水蓄能式水电站。有高位和低位两个水库，安装既可抽水又能发电的可逆式两用机组，在高峰负荷时，机组作为水轮机—发电机组，将高位水库的水放下来通过机组发电，为电力系统供电；当低谷负荷时，可逆机组则作为电动机—水泵机组，用系统的电能将低位水库的水抽到高位水库中蓄能，以便在系统的用电高峰时，再用高位水库的水来发电。

(2) 水力发电流程。水力发电的方式很多，但其基本生产流程是相同的，即拦河建坝集中落差的水能 $\xrightarrow{\text{水轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能 $\xrightarrow{\text{变压器}}$ 电力系统。

(3) 水力发电特点。优点是发电成本低、效率高，不会产生污染，可综合利用水资源，运行灵活，水能可储蓄和调节；缺点是建设周期长，投资大，水电站的建设受自然条件的限制。

### 3. 原子能发电

原子能发电是指原子核裂变所释放出的巨大核能，可分为两种：一种是重金属元素如铀、钚等的原子核发生裂变放出巨大能量，称为裂变反应；另一种是轻元素，如氢的同位素氘和氚等的原子核聚合成较重的原子核如氦，放出巨大的能量，称为聚变反应。原子能发电厂即核电厂主要是采用受控核裂变式，利用铀 235 被中子轰击发生原子核裂变放出的能量作为热源，由水或气体作为冷却剂带出热能，在蒸汽发生器中把水加热变为蒸汽，推动汽轮发电机做功发出电能。

原子能发电的优点是发电成本低，无烟尘污染，所耗用的燃料很少；缺点是建造的成本很大。

### 4. 太阳能发电

太阳能是比水资源更为可靠的、取用不尽的能源，特别是在少雨地区，太阳能的开发



利用具有重要意义。

太阳能发电分为利用太阳热能发电和利用太阳光能发电两大类：①太阳热能发电是将太阳热能集中起来加热介质（水），用水蒸气推动汽轮发电机发电。②太阳光能发电是将太阳光能直接分配给高效光电池，产生直流电并经逆变后送到用户。

其优点是一种最清洁、最廉价的能源，取之不尽，用之不竭；缺点是占地面积大，造价高，受天气和纬度的影响大。

#### 5. 风力发电

风力发电是以自然界的风为动力，驱动发电机发电，风力发电要求风速大而稳定。我国内蒙、西北和沿海地区的风能资源丰富，已有不少中、小型风力发电站在运行。德国、荷兰、丹麦、英国、美国等国家风力发电比较发达。近年来，不少国家已经有采用风能与太阳能混合发电的装置。

其优点是发电成本低，无污染，适合分散安装；缺点是设备安装投资大，运行受自然界的影响大。

#### 6. 潮汐发电

潮汐发电是利用海水潮汐涨落时海水水位的升降落差推动水轮发电机组发电。由于太阳和月亮对地球表面不同位置的引力不相平衡，使海水形成有规律升降的潮汐现象，海水有规律的运动形成大量的动能和势能，称为潮汐能。

其优点是发电成本低，无污染；缺点是受外界环境影响大。

#### 7. 抽水蓄能发电

作为一种特殊形式的水电站，抽水蓄能电站一般利用电力系统多余的电量（汛期、假期或后半夜低谷电量）把水由下库抽到上库，在高峰负荷时放上库之水来发电，具有调峰填谷的双重作用，是电力系统最理想的调峰电源。此外，它还可以调频、调相、调压和作为备用，对保障电网的安全优质运行和提高系统经济性具有重大作用。

抽水蓄能电站的优点是其在短时间负荷高峰时调峰作用巨大，其启动及出力变化快，可保证电网的供电可靠性，提高电网的供电质量。缺点是建设地点受许多限制，投资大，建设周期长，上网电价高。

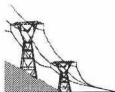
截至目前，全国已建成抽水蓄能电站 11 座，总装机容量 5600MW，占全国电力装机容量的 1.8%，在建总规模达 7700MW 以上。

### （二）变电所

变电所是电力网中线路的连接点，是用以变换电压、交换功率和汇集、分配电能的设施。变电所中有电力变压器，配电装置，控制、保护、测量、信号和自动装置，通信设施，以及直流电源等。因平衡无功、系统稳定和限制过电压等工作需要，还装设并联电容器、并联电抗器、静止无功补偿装置、串联电容补偿装置、同步调相机等。

#### 1. 电力变压器

变压器是变换电压的设备，它连接着不同电压的配电装置，习惯上称为变电所的主变压器。凡降低电压向地区或客户供电的变压器称做降压变压器；凡升高电压向电力网送电的变压器称做升压变压器。变电所中有两种或三种电压的配电装置时，则分别采用双绕组或三绕组变压器。在发电厂中，发电机均连接在升压变压器的低压绕组上。



## 2. 配电装置

配电装置是指交换功率、分配电能的电气装置的组合设施，包括母线、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器和避雷器等。配电装置是按照变电所电气主接线的要求进行布置的，其布置方式有屋外式和屋内式两种，屋外式布置又有中型、半高型和高型等不同型式。6~10kV 配电装置通常采用屋内式，农村简易变电所可采用屋外式。35kV 配电装置可以根据具体情况采用屋内式或屋外式 110kV 及以上配电装置一般采用屋外式。在污秽地区或场地狭窄处，110~220kV 配电装置则采用屋内式。气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）则同时具有占地少和防污秽等优点，它也有屋内式和屋外式两种。

## 3. 控制、测量、信号、保护和自动装置

它们是保证电气设备安全运行的监控和保护手段。控制方式有一对一控制和选线控制等。保护有主设备保护和线路保护、母线保护等几类。测量有常规测量和选择测量两类，可显示各种所需监测的电气量。信号有声响信号和灯光信号两种，也有强电和弱电之分。当电气设备出现不正常运行情况时，自动装置就能及时完成保证安全运行的操作。

## 4. 通信装置

通信装置有微波通信、载波通信和光纤通信几种，是作为变电所的调度语音通信、远动和保护信号以及远动数据的传输通道。

## 5. 补偿装置

电力网要求无功功率就地平衡，为了平衡变电所供电范围内的无功功率，在变电所内装设并联电容器组或同步调相机；为了补偿远距离输电线路的充电功率，需要在变电所内装设并联电抗器；为了增强系统的稳定性，提高线路输电能力，有时还需要在变电所中装设串联电容器组。

### （三）输配电线路

电力线路是电力网的主要组成部分，其作用是输送和分配电能。电力线路一般可分为输电线路（又称送电线路）和配电线路。

#### 1. 输电线路

架设在发电厂升压变电所与地区变电所之间的线路以及地区变电所之间的线路，称为输电线路。其作用是用于输送电能。输电线路输送容量大，送电距离远，线路电压等级高，是电力网的骨干网架。

目前我国输电线路主要有两种型式：

（1）交流架空输电线路：目前国内最高电压等级为 750kV，也称为超高压输电线路。

超高压输电线路采用分裂导线，扩大了每相导线的等值半径，减少感抗，提高系统并列运行的稳定性，还可节约金属材料。

（2）直流输电线路：直流输电是将三相交流电经换流站整流变为直流电，将直流电通过直流输电线路送至受电端的换流站，再逆变为三相交流电。在 20 世纪 90 年代就已投入运行的葛—上±500kV 直流输电线路将华东、华中两大电网连在一起。天生桥至广州的±500kV 直流输电标志着我国电网已进入大机组、大电网、交直流超高压输电的新阶段。



## 2. 配电线路

从发电厂或电力系统中负荷中心变电站到用户变电所之间的线路，以及为城市、乡镇用户供电的线路称为配电线路。其作用是用于分配电能。配电线路分为高压配电线路（35~220kV）、中压配电线路（3kV、6kV、10kV、20kV）及低压配电线路（220/380V）。

将多条配电线路以一定的技术条件构成的网络称为配电网。

## (四) 电力用户

凡经供电企业注册、登记的电力使用者（单位或个人），称为电力用户。在配电网中，供电企业管辖范围至供、用双方产权分界点，分界点电源侧属公用电网。分界点用户侧的电网，称为电力用户内部电网。

# 第三节 电力网的额定电压

能使发电机、变压器与各种用电设备正常工作，且其技术性能和经济效果取得最佳指标的电压，叫做发电机、变压器与各种用电设备的额定电压。每一电力网都用由它供电的用电设备的额定电压来表明。变压器一次线圈也是“用电设备”的一种。

实际应用中用电设备的端电压很少等于它的额定电压，这是因为输配电线路及变压器存在电压损耗，任何电力网沿线路各点的电压是不相等的，如图 1-2 所示。

由于电力设备的生产必须标准化，不可能按照图中斜线 AB 上各点的电压值来制造电力设备。还由于电力线路中各点的电压是随着负荷的变化而变化的。所以，要使所有受电设备运行正常，只能力求电力设备的端电压与电网额定电压尽可能地接近。显然，若取线路首端 A 的电压  $U_1$  和末端 B 的电压  $U_2$  的平均值  $U_p$ （即  $U_p = \frac{U_1 + U_2}{2}$ ），作为受电设备的额定电压，就能满足上述要求。因此，电压  $U_p$  就是电力线路的额定电压  $U_e$ ，或称电力网的额定电压。

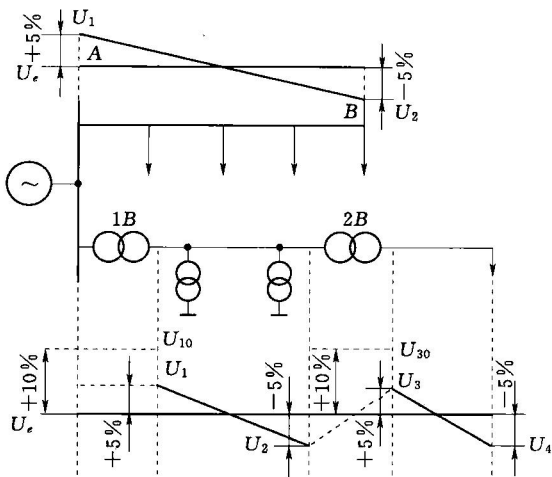
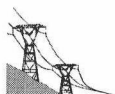


图 1-2 电力网中电压的变化

一般 10kV 电压等级电力线路的电压损失应不大于 5%，因此发电机额定电压比电力网额定电压高 5%。如果线路首端电压比电力网的额定电压高 5%，则末端电压比电力网额定电压低 5%，这样就保证了电力设备的端电压不超出额定电压  $\pm 7\%$  的允许变化范围。

变压器接受电能的一次绕组相当于用电设备，它的额定电压应等于电力网的额定电压  $U_e$ 。但是有些直接与发电机连接的变压器，它的一次绕组的额定电压与发电机相同，即比电力网额定电压高 5%。变压器送出电能的二次绕组，是处于下一级送电线路的首端，





相当于发电机，它的额定电压  $U_1$ 、 $U_3$  比电力网的额定电压高出 5%。由于变压器二次绕组的额定电压是指空载情况的电压值，故当变压器负载运行时，其二次绕组将产生一定的电压损耗。为了使二次绕组的实际输出电压比电网额定电压高出 5%，因而对短路电压较大的变压器（包括高压侧电压为 35kV 以上的变压器和 35kV 以下而其短路电压为 7.5% 以上的变压器），其二次绕组的额定电压  $U_{10}$ 、 $U_{30}$  应比电力网额定电压  $U_e$  高出 10% 左右。这样，即可保证线路首端 1、3 的电压比电力网额定电压高 5%，末端电压  $U_2$ 、 $U_4$  比电力网额定电压低 5%，以满足送电要求。

此外，在变压器的高压绕组上具有改变变压比的分接头，可根据电力网的实际电压进行电压调整。

电力网的额定电压，应按照国家标准 GB 156《标准电压》的规定选择，现将该标准摘录，见表 1-1。

表 1-1 交流三相系统及相关设备的标称电压

系统标称电压 (kV)	电气设备最高电压 (kV)	系统标称电压 (kV)	电气设备最高电压 (kV)
3 (3.3)	3.6	110	126 (123)
6	7.2	220	252 (245)
10	12	330	363
20	24	500	550
35	40.5	750	800
66	72.5	1000	1100

GB 156 中，对低压配电三相三线或三相四线系统的标称电压及电气设备的额定电压值规定为：

220V/380V；

380V/660V；

1000V/ (1140V)。

1140V 仅限于煤矿井下使用。

GB 156 规定：“系统标称电压 3kV、6kV”不得用于公共配电系统。

## 第四节 电力网的接线方式

电力网是连接发电厂与电能用户的纽带，电力网的结构是保证电网安全、经济运行的基础。因此，在电网结构的规划与建设中选择合理的接线方式十分重要，一般应坚持以下原则：

(1) 供电能力必须适应日益增长的负荷发展需要。

(2) 提高供电可靠性。根据电源、负荷的分布划分区域，按电压等级分开层次。划分区域时应力求电力供应基本平衡，各区域之间利用联络线路，做到相互支援。

(3) 保持正常运行时各枢纽点的电压水平和主要线路的电压损失不超过允许值。

(4) 提高运行的经济性，使各级电压的电网有较小的功率损耗、电能损耗和年运行