

电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材

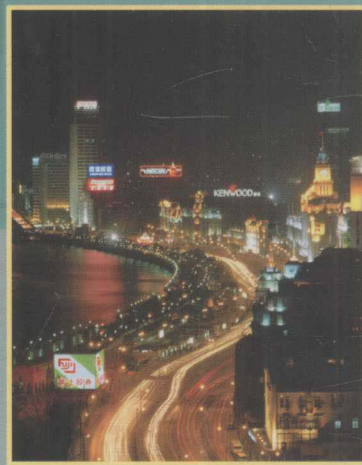
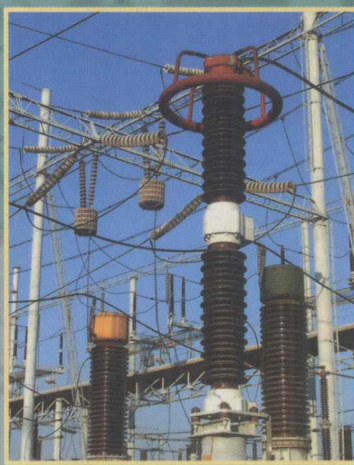
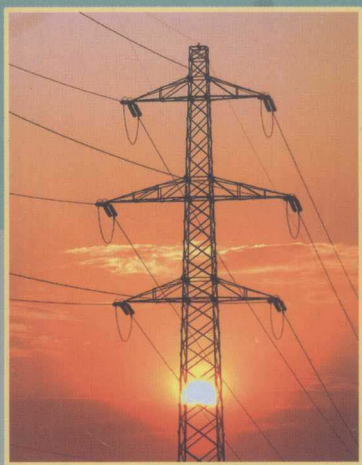
(初、中、高级工及技师、高级技师适用)

总主编 丁毓山 徐义斌

配 电 线 路 工

主 编 王向臣

副主编 徐宏全 于景文 杜 江



知识

技能

题库



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑：王春学

知识

技能

题库

电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材

(初、中、高级工及技师、高级技师适用)

应知应会必读

✓ 配电线路工

变电运行工

抄表核算收费工

装表接电工

送电线路工

农网配电营业工

继电保护工

电能表修校工

变电检修工

电气试验工

内线安装工

封面设计 北京瑞兴文化艺术中心 / 冯强
Tel: (010) 68311017 63202266-2701
E-mail: art@waterpub.com.cn
www.waterpub.com.cn / art

ISBN 978-7-5084-5733-8



9 787508 457338 >

定价：37.00 元

销售分类：电工技术/培训教材

电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材
(初、中、高级工及技师、高级技师适用)

总主编 丁毓山 徐义斌

配 电 线 路 工

主 编 王向臣
副主编 徐宏全 于景文 杜 江

TM726
11/200



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

3182754

内 容 提 要

本书根据《电力工人技术等级标准》、《中华人民共和国职业技能鉴定规范》、职业技能鉴定指导书及相关标准和岗位规范编写,为《电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材》之一。

本书共十章,主要内容包括:配电网概述、配电网电力负荷预测、变压器与仪用互感器、开关设备、配电线路的杆塔与导线、架空配电线路和电缆的运行、接地和接零、配电网的无功补偿、小区与高层建筑的电气设计、配电线路的防护等。为了便于学习和培训,每章后附有大量复习思考题与习题,并附有答案。

本书为岗位及职业技能鉴定培训教材,也可供相关技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

配电线路工/丁毓山,徐义斌主编;王向臣分册主编.

北京:中国水利水电出版社,2009

电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材:初、中、高级工及技师、高级技师适用

ISBN 978-7-5084-5733-8

I. 配… II. ①丁…②徐…③王… III. 配电线路—职业技能鉴定—教材 IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第100418号

书 名	电力工人技术等级暨职业技能鉴定培训教材 (初、中、高级工及技师、高级技师适用) 配电线路工
总 主 编	丁毓山 徐义斌
作 者	主 编 王向臣 副主编 徐宏全 于景文 杜 江
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
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 16.5印张 391千字
版 次	2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	37.00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

有关电力工人技术等级及电力行业职业技能鉴定的培训教材已出版了很多，例如，由中国电力企业联合会名誉理事长张绍贤作序，原电力工业部副部长张凤祥和赵庆夫题词的《电力工人技术等级培训教材（初、中、高级工适用）》自1996年由中国水利水电出版社出版以来，已修订两次，共印刷了15次，总印数达100万册以上，深受电力系统广大读者的好评。但是，随着电力体制改革的深入，我国电力网正在向大电网、大电厂、超高压和特高压、核电站、高度自动化的方向前进，输电网和配电网正在经历着一次重大的变革。而变革最深、门类最多、面积最广的领域，还在配电网。110kV以下的配电网，在网络设备、接线方案、保护元件、运行方式、管理方法、操作工艺等方面，皆有不同程度的更新。可见，我国电力事业的发展速度是惊人的。面对电力系统这种发展的新形势，以往教材的内容已略显陈旧，特别是有些内容与当代的现实相差较远。为了配合新形势下电力系统人员培训的需要，中国水利水电出版社决定，组织有关专家和培训一线的教师编写这套教材。其编写宗旨是：保证编写质量，反映电力新技术、新设备、新方法，以满足当前电力企业的培训要求。全书包含三方面内容：知识、技能、题库。

为此，总主编聘请了辽宁省电力公司、铁岭电力公司、抚顺电力公司、海城供电公司、沈阳电力公司所属法库农电公司和于洪供电公司、沈阳农业大学信息电气工程学院、华北电力大学、中国农业大学信息电气工程学院、沈阳大学有关专家和教授参与编写。本书编写的原则是：不要求面面俱到，力求少而精，抓住重点，深入浅出。本书共分十章，主要包括：配电网概述；配电网电力负荷预测；变压器与仪用互感器；开关设备；配电线路杆塔与导线；架空配电线路和电缆的运行；接地和接零；配电网的无功补偿；小区与高层建设的电气设计；配电线路的防护。每章后面皆附有复习思考题，并附有答案。为了配合教学中使用，在书中标有（*）者，适于中级工使用；标有（**）者，适于高级工、技师、高级技师使用；没有标注者适于初级工。

本书编写人员有：王向臣、徐宏全、于景文、杜江、周世新、吴运峰、赵友鹏、金永柱、苗庆仁、刘武、杜琳。

参加本书部分编写工作的还有：黄书红、叶常容、张强、王卫东、石威杰、贺和平、潘利杰、张娜、石宝香、李新歌、尹建华、苏跃华、刘海龙、李小方、李爱丽、王志玲、李自雄、陈海龙、韩国民、刘力侨、任翠兰、张洋、李翱翔、孙雅欣、李景、赵振国、任芳、吴爽、李勇高、杜涛涛、李启明、郭会霞、霍胜木、李青丽、谢成康、马荣花、张贺丽、薛金梅、李荣芳、孙洋洋、余小冬、丁爱荣、王文举、徐文华、李键、孙运生、王敏州、杨国伟、刘红军、白春东、魏健良、周凤春、董小玫、吕会勤、孙金力、孙建华、孙志红、孙东生、王惊、李丽丽等。

作者虽尽了很大努力，但疏漏之处定然难免，深望广大读者多加批评指正。

作者

2009年1月于沈阳

目 录

前言

第一章 配电网概述	1
第一节 电力系统与电力网	1
第二节 配电网类别	5
*第三节 配电网的结构	9
复习思考题与习题	22
第二章 配电网电力负荷预测	25
第一节 负荷曲线	25
*第二节 负荷预测的一般方法	28
*第三节 变电所规划	32
**第四节 供电方式和 N-1 准则	36
*第五节 电网规划中的容载比	40
*第六节 线路长度的比例配置	43
复习思考题与习题	46
第三章 变压器与仪用互感器	49
第一节 配电变压器的工作原理及构造	49
第二节 变压器的技术数据	54
第三节 配电变压器的安装	58
第四节 变压器运行、维护与检查	65
第五节 变压器的防雷保护	68
**第六节 智能型箱式变电站	71
*第七节 配电变压器熔丝的选择与故障处理	77
第八节 仪用互感器	80
复习思考题与习题	84
第四章 开关设备	90
第一节 真空开关灭弧室的结构和工作原理	90
*第二节 真空断路器的灭弧原理	92
第三节 户外和户内真空断路器	93
第四节 SF ₆ 气体的特性	95
第五节 国产 SF ₆ 断路器	96

第六节 重合器综述	99
第七节 柱上重合器	101
第八节 线路分段器概述	103
*第九节 FDK10—12/D型户外交流高压跌落式分段器	104
第十节 线路自动分段器使用举例	107
第十一节 配电开关	108
*第十二节 真空断路器的应用	111
第十三节 隔离开关和负荷开关	114
第十四节 隔离开关检修的基本要求	115
*第十五节 SF ₆ 负荷开关在城乡电网中的应用	117
第十六节 跌落式熔断器	118
第十七节 配电变压器高压侧保护装置——跌落式熔断器	121
复习思考题与习题	122
第五章 配电线路的杆塔与导线	127
第一节 架空配电线路的杆塔	127
第二节 导线	129
第三节 绝缘子和金具	134
第四节 杆高、埋深、挖坑和立杆	137
第五节 杆头组装操作	141
第六节 拉线及其安装	144
**第七节 架空配电线路的设计规程	149
*第八节 拉线制作操作和更换耐张杆的操作	155
*第九节 杆塔基础	156
第十节 导线的连接	160
第十一节 登高工具的使用	173
复习思考题与习题	177
第六章 架空配电线路和电缆的运行	183
第一节 架空配电线路的运行	183
*第二节 电缆线路的运行	186
复习思考题与习题	194
第七章 接地和接零	196
第一节 工作接地与保护接地	196
*第二节 保护接零	201
复习思考题与习题	205
* 第八章 配电网的无功补偿	207
第一节 配电网的无功补偿规划	207

第二节 从提高功率因数的观点确定补偿容量	213
复习思考题与习题	217
第九章 小区与高层建筑的电气设计	219
*第一节 住宅的电气设计	219
*第二节 小区的配电网设计	222
**第三节 住宅的电气设计分析	224
复习思考题与习题	227
第十章 配电线路的防护	228
第一节 配电线路的防雷	228
第二节 防污	230
*第三节 导线的故障及其防止措施	232
第四节 倒杆、断杆和断横担故障及其防止措施	237
第五节 绝缘子故障及其防止措施	239
第六节 跌落式保险器故障及其防止措施	240
复习思考题与习题	242
附录 考核题集锦	244

第一章 配电网概述

第一节 电力系统与电力网

电力工业发展初期，发电厂多建在用电地区（如工厂集中区或城市），它们多半是彼此没有联系的孤立的发电厂，并且是用电压不高的输电线向邻近小区域供电。

为了充分利用动力资源，减少燃料运输，以降低发电厂的投资和运行费用，应建设水力发电厂和燃烧地方性燃料或劣质燃料的火力发电厂。但是，动力系统资源丰富的地区和电能、热能集中消费的地方往往不在一处，这就需要高压输电线，把远方发电厂的电能送到用户所在地。

随着电力技术特别是大机组、高电压技术的发展，利用高电压输电可以增加输电容量和距离并降低送电损耗的特点，在发电厂和用户之间建立了升压和降压变电所，用高压远距离输电线路输送电能。此外，为了保证运行的可靠性和经济性，发电厂之间互相连接起来，个别孤立的发电厂，通过各种不同电压等级的电力线路，首先是在一个地区内互相联系，之后发展到地区和地区之间的联系，从而组成了庞大的和统一的电力系统。

一、动力系统

电力系统和动力部分的总和称为动力系统。它包括发电机、变压器、电力线路、用电设备连在一起的电力系统和锅炉、汽轮机、热力网和用热设备、水库、水轮机，以及原子能电厂的反应堆等组成的动力部分。动力系统也可看成由以下两类元件连接而成：

(1) 变换元件。其主要任务是将一种形态的能量变换为另一种形态的能量。属于此类元件的有锅炉、汽轮机、发电机、电动机、工作机械（水泵、风机、车床等）、照明及家用电器、整流器、逆变器和变频器等。

(2) 输送元件。其主要任务是输送能量。属于此类元件的有变压器、架空电力线路、电缆线路、发电厂或变电所的配电装置、管道及燃料输送设备等。

在动力系统中，通过上述元件首先把不同形式的能量转换为电能，然后输送出去，分配到各用户，再转变为各用户所需要的其他形式的能量。图 1-1 所示为动力系统与电力系统、电力网的关系示意图。

二、电力系统

动力系统系指电力系统和动力部分的总和。而电力系统中除发电机和用电设备外的一部分称为电力网。

图 1-2 所示是一个较大电力系统的示

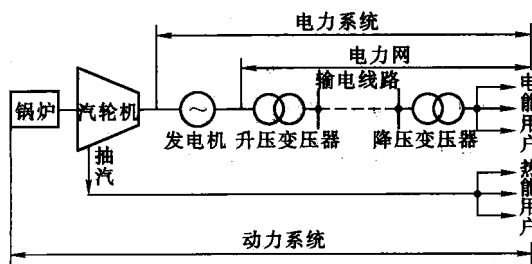


图 1-1 动力系统与电力系统、电力网的关系示意图

意图。在这个系统内有四个发电厂，其中有两个火力发电厂（火力发电厂1、火力发电厂2），一个热电厂，一个水力发电厂。大型水力发电厂的发电机不经过发电电压的母线而直接与升压变压器连接，升压到220kV，再用双回路220kV高电压远距离输电。热电厂建立在热能用户的中心，对附近用户，用发电机电压10kV供电，同时还通过一台升压变压器和一条110kV线路与大电网相连。火力发电厂1的10kV母线电压通过升压变压器升压到110kV，与电网相连，同时用10kV线路向附近用户和配电变压器（变电所6）供电，配电变压器将电压降低到380/220V，供电给低压电网。火力发电厂2直接将发电机出口电压升压到110kV，再与电网相连。从图1-2可知，一个较大的电力系统往往包括火力发电厂、水力发电厂和热电厂等各种类型的发电厂。

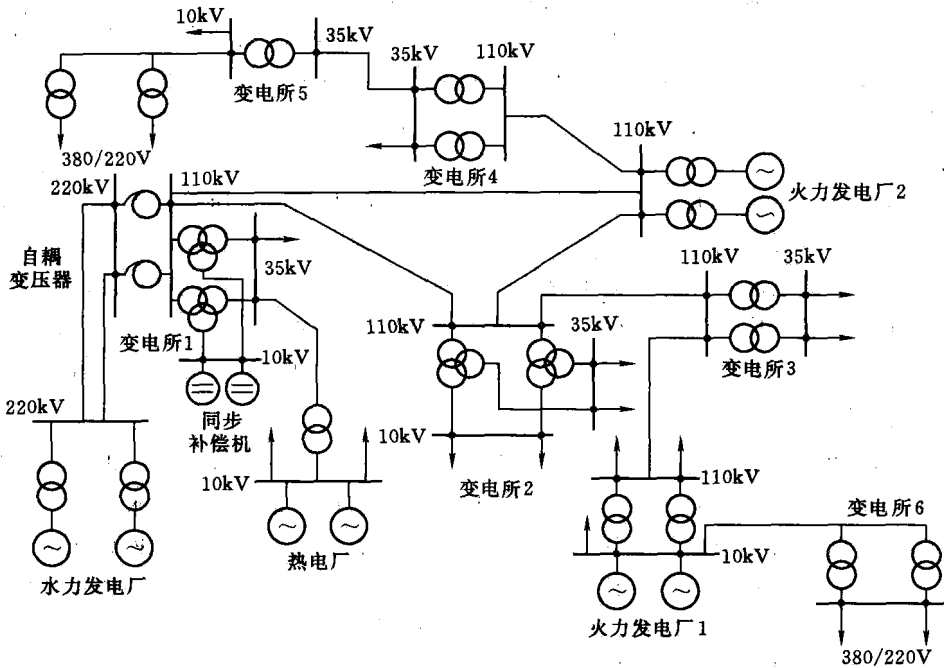


图 1-2 电力系统示意图

在图1-2中，变电所1和变电所2是电力系统中各发电厂相互联系的枢纽，称为枢纽变电所，也叫区域变电所。变电所1有两台自耦变压器将220kV电压降低到110kV，并且还有两台三绕组变压器，除联络110kV及35kV两种电压等级的电网外，低压绕组采用10kV电压供电给两台同步补偿机，以满足电网中无功功率的需要。变电所3称为穿越变电所，有两台双绕组变压器，平时有110kV的功率穿越变电所。变电所4和5称为地区变电所。变电所4由110kV线路输入电能，降压后，供电给35kV用户和地区变电所5。

三、电力网

电力网是将各电压等级的输电线路和各种类型的变电所连接而成的网络。由图1-1不难看出，电力网比电力系统仅少发电设备一个环节。电力网的构成可见图1-3给出的

示意图。电力网按其在电力系统中的作用不同，分为输电网和配电网。输电网是以高电压，甚至超高电压将发电厂、变电所或变电所之间连接起来的送电网络，所以又可称为电力网中的主网架。直接将电能送到用户的网络称为配电网。配电网的电压因用户的需要而定，因此，配电网中又分为高压配电网（指 35kV 及以上电压）、中压配电网（指 3kV、6kV、10kV 电压）及低压配电网（220V、380V）。

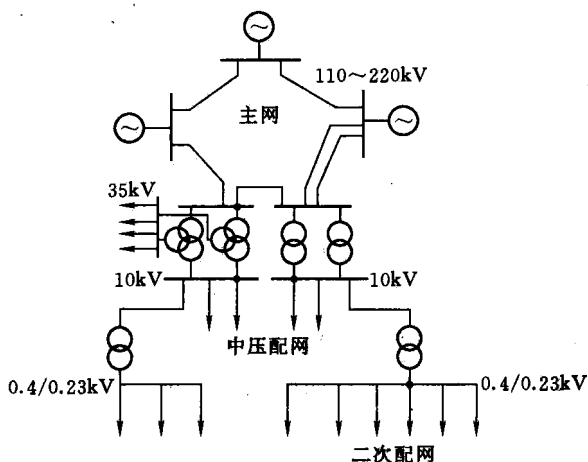


图 1-3 电力网示意图

四、大型电力系统优点

大型电力系统主要是在技术经济上具有下列优点：

(1) 提高了供电可靠性。由于大型电力系统的构成，使得电力系统的稳定性提高，同时，对用户供电的可靠程度相应的提高了，特别是构成了环网，对重要用户的供电就有了保证，当系统中某局部设备故障或某部分线路检修时，可以通过变更电力网的运行方式，对用户继续连续供电，减少了由于停电造成的损失。

(2) 减少了系统的备用容量。电力系统的运行具有灵活性，各地区可以通过电力网互相支援，为保证电力系统所必需的备用机组也可大大地减少。

(3) 形成电力系统便于发展大型机组。

(4) 通过合理地分配负荷降低了系统的高峰负荷，提高了运行经济性。

(5) 提高了供电质量。

(6) 形成大电力系统，便于利用大型动力资源。特别是能充分发挥水力发电厂的作用。

五、电力生产特点

电力生产，具有与其他工业产品生产不同的特点，具体有以下几方面。

1. 电能的生产、输送、分配，以及转换为其他形态能量的过程是同时进行的

电能是不能大量储存的。电力系统中瞬间生产的电力，必须等于同一瞬间取用的电力。电力生产发电、供电、用电在同一时间内完成的特点，决定了发电、供电、用电时刻要保持平衡，发供电随用电的瞬时增减而增减。

任何其他产品的生产、运输、销售（使用），都是既有联系，又独立存在。任何产品，在生产该产品的工厂完成之后，它的生产过程就完结了。产品要被社会所使用，则要通过运输环节即流动过程扩散出去，扩散到使用人手中，通过使用表现它的价值。生产、运输、使用三个环节都是独立存在的，而且其中有一个相对较长的周转期。电力则不同，停止了用电，供电就随之停止，发电也随之停止。这就是说它的生产、运输、销售（使用）是十分紧密地联系在一起，三个环节，只能共同存在，共同发生作用，任何一个环节都不能孤立存在，而且在时间上它是瞬时的，没有周转期和间歇期。

发电、供电都是电力部门生产的组成部分，它的建设、管理都是电力部门的内部工作，这是一个方面；用电则是在电力部门之外，是电力的使用者，是另一个方面。因此，发、供、用是三个环节，两个方面。由于上述特点，电力部门必须时刻考虑到客户的需要。不仅要搞好发电工作，而且要搞好供电和用电工作。这不仅是国民经济的需要、客户的需要，而且是搞好发电工作的需要。

2. 电力生产是高度集中的、统一的

在一个地区内生产同类产品的各工厂，可以隶属于不同的行业（如石油化工、电炉钢、电石、铸造等），接受本行业的计划、技术、业务的领导，同类产品的各个工厂可以制定各自不同的产品规格、技术标准、销售方式，可以根据国家计划或市场需要，组织生产和销售。但是电力产品则截然不同，在一个电网里不管有多少个发电厂、供电局，也不管这些厂、局的隶属关系如何，都必须接受电力网的统一调度，要有统一质量标准（频率、电压）、统一管理办法，在电力技术业务上受电网的统一指挥和领导，电能由电网统一分配和销售，电网设备的检修、启动、停止、发电量和电力的增减都由电网来决定（这一点还要逐步扩展到用电单位），这是电力生产高度集中统一性的另一个方面。从上述两方面看，在一个电力网内，必须统一指挥、统一调度、统一管理电力的生产和销售，这是电力生产的规律，世界各国都是如此，电力生产的指挥、调度都是集中在电网调度部门，在一个供电区内都是独家经营。

3. 电能使用最方便，适用性最广泛

发电厂、电网经一次投资建成之后，它就随时可以运行。电能不受或很少受时间、地点、空间、气温、风雨、场地的限制，与其他能源比较是清洁、无污染、对人类环境无害的能源。

4. 过渡过程相当迅速

电力系统中各元件的投入或退出都在一瞬间完成。电力系统运行方式的改变过程也非常短促。因此，有关生产指挥人员必须具有相应的技术、业务水平以外，必须广泛采用特殊的自动装置和保护装置，才能保持正常稳定运行。

5. 电力生产在国民经济发展中具有先行性

国民经济发展中电力必须先行。人们往往称电力工业是国民经济的“先行官”。所谓先行作用，主要是装机容量、电网容量、发电量增长速度应大于工业总产值的增长。这个数量上的超前关系是由以下一系列因素所决定的：

(1) 工农业方面生产力的提高，主要依靠劳动生产率的提高并不断提高机械化和电气化的水平。

(2) 出现许多新的、规模大的、耗电多的工业部门，如电气冶炼、电化学等。

(3) 农业、交通运输业等，随着技术革新的开展，将广泛应用电能，使电能需要量大大增加。

(4) 人民生活、文化水平不断提高，家用电器日益增多，如电视机、电扇、洗衣机、电冰箱、电热及空调设备等，就会使民用电量日益增加。

一般说来，电力消费增长速度总要比国民经济的快速增长速度快，比一次能源消费的增长速度也快。

第二节 配电网类别

一、高压配电网

高压配电网是指由高压配电线路和配电变电所组成的向用户提供电能的配电网。

高压配电网的功能是从上一级电源接受电能后，可以直接向高压用户供电，也可以通过变压器为下一级中压配电网提供电源。高压配电网容量大、负荷重、负荷节点少、重要性较高。高压配电网的电压等级分为 110kV、63kV、35kV 三个标准，一般城市配电网采用 110kV 作为高压配电电压，在东北地区采用 63kV 作为高压配电电压，少数地区却以 110kV 和 35kV 作为两种电压等级并存。

作为高压配电网要求有高供电可靠性，所以高压配电变电所的进线通常至少有两回，每回线来自不同电源点的不同母线段，也可以采用将几个配电变电所的电源进线串接成环形的接线方式。高压配电变电所一般配置两台或两台以上同容量的主变压器，其容量与电源进线容量相配合。主变压器正常运行的利用率是以在一台主变压器停运后，其余主变压器的短期过负荷能力和变压器的二次侧母线上备用联络线所能提供的容量来决定的。配电变电所增加进线回路、相应的变压器台数以及备用联络线容量，均可以提高主变压器利用率。只有一台主变压器的配电变电所，必须设法提高其二次侧母线上的联络容量。

二、中压配电网

中压配电网是指由中压配电线路和配电变电所组成的向用户提供电能的配电网。中压配电网的功能是从输电网或高压配电网接受电能，向中压用户供电，或向各用户小区负荷中心的配电变电所供电，再经过变压后向下一级低压配电网提供电源。中压配电网具有供电面广、容量大、配电点多等特点。

配电网的形成和发展是从低压到中压，最后到高压配电网。中压配电网的电压等级也是随着电网的发展和负荷的增长，从较低电压开始逐步发展到较高的电压等级。在我国，中压配电网采用 10kV 为标准额定电压。

中压配电网负荷点多而分散，网络接线较为复杂。在网络接线方面，各国均采用停电损失最少、对社会影响最小的综合考虑方法，对中压配电网的可靠性规定了不同的要求。我国的《城市电力网规划设计导则》规定：向市区供电的中压配电网，应能保证当任何一条 10kV 线路的出口断路器计划检修停运时，保持向用户继续供电；事故停运时，通过操作能保持向用户继续供电，不过负荷，不限电。

三、低压配电网

低压配电网是指由低压配电线路及其附属电气设备组成的向用户提供电能的配电网。低压配电网的功能是以中压配电网为电源，将电能通过低压配电线路直接送给用户。低压配电网的低压配电线路供电距离较近，低压电源点较多，一台中压配电变压器就可作为一个低压配电网的电源，两个电源点之间的距离通常不超过数百米。低压配电线路供电容量不大，但分布面广，除少量集中用电的用户外，大量是供给城乡居民生活用电及分散的街道照明用电等。

低压配电网逐渐采用比较经济的三相四线制、单相（照明、家用电器等）和三相（动力）混合系统。我国规定采用单相 220V、三相 380V 的低压额定电压。

低压配电网负荷多而分散，一般情况下，用电量较小，负荷重要性较低，停电后影响相对较小，不一定配置备用电源。但对于负荷密度较高，一旦停电将造成严重影响的地区，除要求不停电作业外，还要在接线上考虑检修造成停电的机会。

四、架空线与电缆线路

配电网主要由配电线路和开关设备组成。网络构成按导线类型分，形式有：

(1) 纯架空线路。

(2) 架空线路与电缆线路混合方式（在线路出口处或线路中间有一段或几段使用电缆线路者）。

(3) 纯电缆线路。

网络连接按拓扑结构可分为放射形、环网形、单环网、双环网等。

架空线路的特点是：沿空中走廊架设，需要电杆（塔）支持，每条线路的分段点设置单台开关（多为柱上）。为了有效利用架空走廊，在城市市区，多采用同杆并架方式。有双回、四回同杆并架；也有 10kV、380V 上下排同杆并架。架空线路按在网络的位置分主干线路和分支线路，在主干线路中间可以直接 T 接形成分支线路（大分支线路），在分支线路中间可以直接 T 接又形成分支线路（小分支线路）。主干线和较大的分支线应装设分段开关。主干线路的导线截面一般为 150~240mm²，分支线截面一般不小于 70mm²。

与电缆线路相比，架空线路具有如下优点：成本低，投资少，施工周期短，易维护与检修，容易查找故障。缺点是：占用空间走廊，影响城市美观，容易受自然灾害（风、雨、雪、盐、树、鸟等）和人为因素（外力撞杆、风筝、抛物）等破坏。目前我国 10kV 配电网较多采用架空线路方式。

架空线路主要由杆塔、横担、绝缘子、金具、导线、地线、拉线等部件组成；架空线路的配电网主要有以下几种拓扑形式：放射形、环网形（手拉手）、三电源点环网接线、四电源点环网接线、复杂网络（3 分 4 连）等。

在配电系统中，各级变电站之间、变电站与配电站、开闭所及用户之间都必须通过架空线或电缆线路连接起来，以传送电能。由于在市区、城郊、农村的环境条件有很大差别，线路亦有不同的电压等级，因此对采用线路的类型，以及架空线路的杆型、导线的结构与截面或电缆线路的敷设方法、电缆的型号与球面，均需经过分析比较才能予以确定。

（一）架空线路

长期以来，由于经济性和施工方便等原因，架空线路一直是国内外电力线路的首选。表 1-1 列出了地下电缆与架空线路费用的比值。可以看出，电压越高，比值越大。因此超高压与高压线路一般都是采用架空线路。

表 1-1 地下电缆与架空线路费用的比值

电 压	超 电 压	高 压	中 压	低 压
费用比	(15~25) : 1	10 : 1	(2~5) : 1	1.5 : 1

架空线路的杆塔分木杆、水泥杆、铁塔。因为铁塔机械强度高，使用年限长，可以现场组装，便于运输，超高压和高压线路一般均采用铁塔。中、低压线路一般采用木杆或水泥杆。为节约木材资源，近 20 年来，我国已基本不采用木杆，而大力推广水泥杆（即钢筋混凝土杆）。水泥杆优点是使用寿命长，维护工作少，缺点是重量大，运输、施工不方便。采用预应力钢筋的混凝土杆，重量较轻，在城乡电网中广为应用。

杆塔按用途可分为直线杆、耐张杆、转角杆、终端杆、跨越杆等。架空线路主要由杆塔、横担、绝缘子、金具、导线、地线、拉线等部件组成。与配电负荷关系密切的是导线的选择。导线分单股铝线（L）、多股铜绞线（LJ）、钢芯铝绞线（LGJ）、单股铜线（T）、多股铜绞线（TJ）、钢绞线（GJ）等。导线截面为 $10\sim 185\text{mm}^2$ 。以上均为裸导线。超高压、高压架空线路基本上都采用裸导线（组合导线）。而中、低压架空线路主要是在市区内，近几年来已开始采用绝缘导线。绝缘导线比架空裸导线有明显的优点，它便于解决树与导线、建筑物与导线之间距离的矛盾；在发生断线故障时，仅在断头处有电，减轻了对外界的危害。架空绝缘导线在国外已有 30 年的运行经验，根据国外统计资料，法国 1982~1984 年因采用绝缘导线，事故率从每百千米 5.43~6.67 次降低至 1 次。

10kV 绝缘导线的架设方式可以采用传统架空线架设方式，亦可采用吊在钢索上成束架设的方式。当两根绝缘导线平行紧密接触架设时，一根绝缘导线加电压 80kV，另一根绝缘导线接地，通过试验未发生击穿。试验结果证明，成束架设方式可行。

10kV 架空绝缘导线，目前国内的产品以单芯（铜芯或铝芯）、高密度聚乙烯（HDPE）或交联聚乙烯（XLPE）绝缘为主。导线标称截面为 $10\sim 240\text{mm}^2$ 。

1kV 低压塑料绝缘线，目前国内的产品有铜芯聚乙烯线（JV 型、JY 型）、铝芯聚乙烯线（JLV 型、JLY 型）、铜芯交联聚乙烯线（JYJ 型）、铝芯交联聚乙烯线（JLYJ 型）等，导线标准截面为 $16\sim 240\text{mm}^2$ 。

（二）电缆线路

电缆线路主要是指沿地下走廊敷设，无需杆（塔）支撑，但需要电缆沟（管）道等设施支持的配电路。一般多为多台开关（开闭所、环网柜等）设置，线路中间不可任意直接 T 接，要通过电缆分接箱或开闭所等设备才可形成分支线路。由于电缆主要处于地下的复杂环境，故对电缆本身有较高的要求，要求电缆要有可靠的绝缘与防护。中压主干线电缆截面宜选用铜芯 185mm^2 及以上或铝芯 240mm^2 及以上，支线电缆的截面应选用满足载流量及热稳定的要求。

与架空线路相比，电缆线路具有安全可靠、运行过程中受自然气象条件和周围环境的影响较小、寿命长、对外界环境的影响小、不影响人身安全、同一通道可以容纳多根电缆（供电能力强）等优点。但也有自身和建设成本高（与架空线路相比投资成倍增长）、施工周期长、电缆发生故障时因故障点查找困难而导致修复时间长等缺点。

电缆的敷设主要有以下方式：

（1）直埋敷设，用于电缆条数较少时。

（2）隧道敷设（专用的和与其他市政建设设施用沟道如煤气、自来水、热力管道、电信光缆、有线电视等混用），用于变电所出线端及重要市区街道、电缆条数多或多种电压等级电缆并行以及与市政建设统一考虑的地段。

- (3) 排管敷设，用于有机动车负载的通道。
- (4) 沟槽敷设，用于电缆条数较多且无机动车负载的通道。
- (5) 架空及桥梁构架敷设。
- (6) 水下敷设。

欧美等发达国家采用电缆线路的比例较高，我国在城网改造以前，应用比例很低，随着城网改造及城市发展的需要，其应用数量逐年增多。根据我国的具体情况，电缆线路主要适用于：

(1) 城市的繁华地段、主要道路、重点旅游区等按照城市规划不宜通过架空线的地方。

- (2) 工业园区达到中长期规划的地段。
- (3) 电力负荷稳定，近期变化不大的工厂企业等区域。
- (4) 走廊狭窄、架空线对建筑物不能保持安全距离的道路。
- (5) 负荷密度和供电可靠性要求高的地区，用架空线路不能满足要求时。
- (6) 深入市区的 110kV 及以上电压等级的线路。

电缆网络主要有单放射式、单环网式、双放射式、双环网式等网络构成形式。

城市电网的中压（10kV）配电线路，以往一直是采取沿街道（马路）架设架空线路的方式。随着城市现代化建设和改造，市中心主要街道、新建小区、工业开发区等，均按规划提出采用电缆线路的要求，以优化环境。常用的电力电缆有下列几种：

(1) 油纸绝缘电缆。分黏性浸渍纸绝缘电缆和滴流浸渍纸绝缘电缆。黏性浸渍纸绝缘电缆结构简单，工作寿命长，便于安装和维护，在 6~35kV 电网中广为采用。但因其最大截面为铝芯 240mm²，不能满足大容量负荷的要求。黏性浸渍纸绝缘电缆的缺点是易滴油，不宜高落差敷设。滴流浸渍纸绝缘电缆绝缘稳定性好，高落差敷设不滴油，具有更长的工作寿命，但价格略高。

(2) 塑料绝缘电缆。一般用于低压线路。绝缘材料有聚氯乙烯和聚乙烯两种。前者具有非燃性，化学稳定性高，安装维护方便，能满足高落差敷设的要求。但工作温度高时影响其机械性能。后者介电性能优良，便于加工，但受热易变形，易延燃，易发生应力龟裂。

(3) 橡胶绝缘电缆。一般用于低压线路。电气性能、机械性能和化学稳定性好，但耐电晕、耐热、耐油、耐臭氧性能较差。

(4) 交联聚乙烯绝缘电缆。是目前可应用于各级电压电网的一种电缆，国外已用于 400kV 电网。其绝缘介质材料是通过利用高能辐照或化学方法对聚乙烯分子进行交联制成的，容许较高温度，具有载流量大、介电性能优良、质轻坚固等优点，适宜于环境恶劣、高落差敷设。但抗电晕、游离放射性能较差。

电力电缆主要是由线芯、绝缘层和保护层组成。线芯有铜芯、铝芯之分，芯数有单芯、双芯、三芯和四芯之分，芯形多为扇形，亦有圆形和半圆形。电缆型号中字母的含义见表 1-2 和表 1-3。

电缆型号的选择，一般优先选用交联聚乙烯绝缘电缆。选择电缆截面，可根据长期允许载流量、短路时热稳定性、经济电流密度和允许电压降几项要求来计算，采用其中最大者为电缆选用截面。