

基层供电企业员工岗前培训系列教材

配电线路基础

河南省电力公司 组编

贾 伟 主编

黄文涛 主审

专业类



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TM726/J250

基层供电企业员工岗前培训系列教材

配电线路基础

河南省电力公司 组编

贾 伟 主编

黄文涛 主审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》是依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》，结合生产实际编写而成的。

本套教材共有 14 册，其中 3 册为实训教材。本册为《配电线路基础》，全书共六个单元，具体内容有：配电网概述、配电系统中性点接地方式、架空配电线路组成、电力电缆、架空配电线路应力弧垂分析、配电线路管理基本知识等。

本书可作为基层供电企业新员工、复转军人入职培训用书和生产技能人员提升职业能力的培训用书，也可供电力职业院校教学参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路基础/贾伟主编；河南省电力公司组编. —北京：中国电力出版社，2010

(基层供电企业员工岗前培训系列教材)

ISBN 978-7-5083-9791-7

I. ①配… II. ①贾… ②河… III. ①配电线路—技术培训—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 217162 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

*

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 12.5 印张 230 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》

编 委 会

主 任： 凌绍雄

副 主 任： 焦银凯 苏国政 常玉田 仝全利

委 员： 孙永阁 陈水增 王 静 张 静 张少杰

邓启民 宋素琴 孙卫红 徐文忠 李忠强

吴 兵 沈世峰 吴 荻 惠自洪 郭海云

付红艳 戴 泌 曹国慧

前言

为了增强基层供电企业员工岗前培训的针对性和实效性，进一步提高岗前培训员工的综合素质和岗位适应能力，河南省电力公司组织河南电力工业学校、南阳电力技工学校的教学管理人员及部分教师共同策划、编写了这套基层供电企业员工岗前培训系列教材。该套教材按照电网主要生产岗位的能力素质模型和岗位任职资格标准，实施基于岗位能力的模块培训，提高培训教学的针对性和可操作性，培养具有良好职业素质和熟练操作技能、快速适应岗位要求的中级技能人才。

该套教材针对基层供电企业员工岗前培训的特点，在编写过程中贯彻以下原则：

第一，从岗位需求分析入手，参照国家职业技能标准中级工要求，精选教材内容，切实落实“必须、够用、突出技能”的教学指导思想。

第二，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了基础知识与专业知识、理论教学与技能训练之间的关系，有利于帮助学员掌握知识、形成技能、提高能力。

第三，按照教学规律和学员的认知规律，合理编排教材内容，力求内容适当、编排合理新颖、特色鲜明。

第四，突出教材的先进性，结合生产实际，增加新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，力求贴近生产实际，缩短培训与企业需要的距离。

本书共六个单元，主要介绍了配电网的基本知识、配电系统中性点接地方式、架空配电线路的组成、电力电缆、架空配电线路应力弧垂分析、配电线路管理基本知识等内容。本书由南阳电力技工学校贾伟主编，并编写了单元一、二、三，单元四、六由南阳电力技工学校张书军编写，单元五由济源电力公司朱明嘉编写。本书由河南电力工业学校黄文涛主审。

本书在编写过程中得到了河南电力工业学校输配电线路组全体教师、南阳供电公司齐海旺、常江、杨伟的大力支持，南阳电力技工学校张少杰、河南电力工业学

校惠自洪进行了具体的组织与指导，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促，水平有限，难免出现疏漏，敬请读者在使用中多提宝贵意见。

编者

2010年1月

目 录

前言

单元一 配电网概述

课题一	配电网概念与类别	1
课题二	配电网负荷	4
课题三	配电网结构	9
课题四	电能质量及电压调整	15

单元二 配电系统中性点接地方式

课题一	中性点不接地方式	18
课题二	中性点经消弧线圈接地方式	21
课题三	中性点直接接地或经阻抗接地方式	24
课题四	低压配电系统的接地方式	26

单元三 架空配电线路组成

课题一	杆塔	32
课题二	导线	38
课题三	线路金具	52
课题四	绝缘子	75
课题五	基础与横担	82
课题六	拉线	86
课题七	接地与接地装置	91

单元四 电力电缆

课题一	电力电缆的特点及种类	97
课题二	电力电缆的组成	100
课题三	常用电力电缆的结构特点及应用	107

单元五 架空配电线路应力弧垂分析

课题一 架空配电线路的运行环境	113
课题二 导线的比载	119
课题三 导线的应力与弧垂	124
课题四 水平档距、垂直档距和代表档距	131
课题五 导线的振动和舞动	134

单元六 配电线路管理基本知识

课题一 用电管理基本知识	140
课题二 配电网供电可靠性管理	151
课题三 电网调度管理	158
附录 A 常用架空导线和地线的规格和性能	165
附录 B 常用导线的比载	177
附录 C 弱电线路等级	188
附录 D 公路等级	189
参考文献	190

配电网概述

配电网是电力系统的一部分，它是从输电网接受电能，再分配给各用户的电力网。输电网与配电网的划分，主要是按照它们各自的性质，并按照它们在电力系统中某一发展阶段的作用和功能来划分。配电网将高压电能降至方便运行又适合用户需要的各种电压，组成多层次的配电网向各用户供电。不同电压等级的配电网之间通过变压器连接成一个整体配电系统。当系统中任何一个元件因检修或故障停运时，其所供负荷既可由同级电网中的其他元件供电，又可由上一级或下一级电网供电。

课题一 配电网概念与类别

学习目标

1. 理解电力系统的概念与构成；
2. 理解输、配电网概念与类别；
3. 了解配电网基本要求与发展趋势。

知识点

1. 电力系统概念与构成；
2. 输、配电网联系与配电网分类；
3. 配电网基本要求；
4. 配电网发展趋势。

技能点

掌握电力系统、输电网、配电网的联系。

学习内容

一、电力系统与电力网

发电厂将燃料的热能、水流的位能或动能、风力的风能以及原子的核能等转换为电能。电能经过输电、变电和配电分配到各用电场所，通过各种设备转换成动力

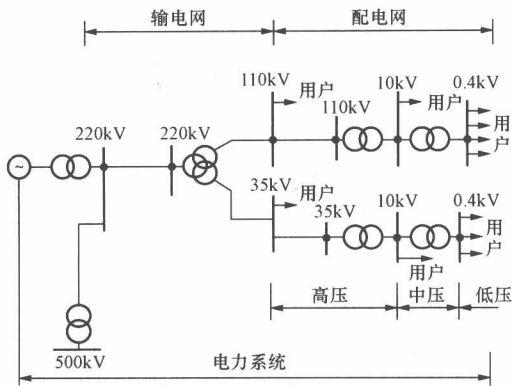


图 1-1 电力系统及输、配电网示意图

(机械能)、热、光等不同形式的能量，为国民经济、工农业生产和人民生活服务。目前，电能还不能大量储存，其生产、输送、分配和消费都在同一时间内完成，必须将各个环节有机地连接成一个整体，因而就形成了动力系统、电力系统和电网。电力系统及输、配电网示意图，如图 1-1 所示。

(1) 动力系统。发电厂的动力部分如火力发电厂的汽轮机、锅炉，

水电厂的水轮机和水库，核电厂的核反应堆和汽轮机，以及发电、输电、变电、配电、用电组成的整体，称为动力系统。

(2) 电力系统。由发电、输电、变电、配电和用电组成的整体，称为电力系统，电力系统是动力系统的一部分。

(3) 电力网（以下简称电网）。电力系统中输送和分配电能的部分，称为电力网，它包括升、降压变压器和各电压等级的输、配电线路，电网是电力系统的一部分。电网按其在电力系统中的作用不同，可分为输电网和配电网。

二、配电网类别

1. 高压配电网

高压配电网是指由高压配电线路和配电变电站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，也可以通过变压器作为下一级中压配电网的电源。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 110、63、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 作为两种配电电压等级并存。

作为高压配电网要求有高供电可靠性，所以高压配电变电站的进线通常至少有两回，每回线路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站的电源进线串接成环形的接线方式。高压配电变电站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。配电变电站增加进线回路、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站，必须设法提高其二次侧母线上的联络容量。

2. 中压配电网

中压配电网是指由中压配电线路和配电变电站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站供电，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，部分城市逐渐由 20kV 代替 10kV 供电，线损大幅度降低。

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 Q/GDW 156—2006《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；当任何一条线路事故停运时，通过操作能保持向用户继续供电，不过负荷，不限电。

3. 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半径较小，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，还要在接线上考虑减少检修造成停电的机会。

三、配电网基本要求与发展趋势

1. 配电网的基本要求

(1) 供电的连续可靠性。要求停电的次数最少，而且每次停电所影响的用户尽可能减至最少。

(2) 合格的电能质量。主要是要求配电网的电压保持在规定的电压变动范围内。

(3) 运行的经济性。采用科学的管理方法和合理的运行方式,使配电网的电能损耗降至最低。

2. 配电网发展趋势

配电网发展趋势表现为六个方面:

(1) 简化电压等级。这有利于配电网的管理和经济运行。世界各国都规定了电压等级和标准,并尽可能减少降压层次,将已存在的非标准电压逐步升压改造。同时,随负荷密度的不断增长,将输电电压(例如 220kV)直接引入市区。例如,法国巴黎的配电标准只有 225、20kV 和 0.4kV 三种,收到很好的效果。

(2) 为了城市的美观和安全,有些国家的大城市早已将城市配电网入地。绝缘导线或绝缘电缆在配电网中已逐步广泛应用。

(3) 配电网接线进一步向简化和高可靠性方面发展。

(4) 为减少与城市建设的矛盾,减少线路走廊用地和配电装置占地、半地下变电站和地下变电站以及小型成套配电装置,将在配电网中进一步扩大使用。窄基铁塔、钢杆线路、多回路并架线路将继续采用。地下电缆建设日益增加,电缆隧道、电缆沟、预制排管、公用事业管道合用的共同沟与共同隧道等措施将进一步推广。

(5) 配电网自动化程度日益提高。由于计算机技术的迅速发展,促使自动化技术的应用已由变电站发展到配电线路并使供电与用电两方面的业务紧密联系,从而使配电网的管理水平进入更高阶段。

(6) 设备的技术进步是配电技术进步的关键,新型配电设备的开发,除适应配电网技术要求外,还必须在经济上恰当合理。

思考与练习

1. 什么是电力系统?什么是输电网?什么是配电网?
2. 配电网按电压等级通常分为哪几类?
3. 对配电网有哪些基本要求?
4. 配电网发展趋势表现为哪些方面?

课题二 配电网负荷

学习目标

1. 理解电力负荷的分类及供电要求;

2. 了解配电网负荷特性与曲线。

知识点

1. 电力负荷分类及对供电的要求；
2. 配电网负荷特性；
3. 配电网负荷曲线。

技能点

根据负荷重要性选择供电电源。

学习内容

一、电力负荷

电力负荷是指发电厂或电力系统中，在某一时刻各类用电设备消耗电功率的总和，以千瓦（kW）或兆瓦（MW）为单位。

1. 电力负荷分类

电力负荷一般可根据其物理性能、电能生产、供给和销售过程、所属行业、负荷在电力系统中的分布、时间和重要性等进行分类。

按物理性能分类，分为有功负荷和无功负荷；按电能的生产、供给和销售过程分类，分为发电负荷、供电负荷和用电负荷；按所属行业分类，可分为国民经济行业用电和城乡居民用电等；按负荷在电力系统中的分布分类，可分为变电站负荷、分区负荷及全系统负荷；按时间分类，可分为年、月、周、日负荷；按负荷的重要性分类，可分为一级负荷、二级负荷、三级负荷。

2. 用电负荷按重要性分类

根据突然中断供电所引起的损失程度，用电负荷可分为以下三类。

(1) 一级负荷。也称为一类负荷，是指突然中断供电将造成人员伤亡或将在政治、经济上造成重大损失的负荷。如造成重大设备损坏，有害物溢出，污染环境，生产秩序需要很长时间才能恢复，重要交通枢纽无法工作，经常用于国际活动的场所秩序发生混乱等的负荷。

在一级负荷中特别重要的负荷又称为保安负荷，如事故照明、通信系统、火灾报警装置、保证安全生产的计算机及自动控制装置等。保安负荷中断供电将导致爆炸、火灾、中毒、混乱等。

一级负荷要求有两个独立电源供电，所谓独立电源是指此两个电源之间无直接联系，如任一电源因故障而停止供电，另一电源不受影响，能继续供电。对特别重要的负荷（保安负荷）还必须备有应急电源，如蓄电池、能快速启动的柴油发电机、不间断电源装置（UPS）等。

(2) 二级负荷。也称为二类负荷，是指中断供电将在政治、经济上造成较

大损失的负荷，如造成主要设备损坏，产品大量报废或减产，连续生产过程需较长时间才能恢复的负荷；突然中断供电将会造成社会秩序混乱或产生严重政治影响的负荷，如交通与通信枢纽、城市主要水源、广播电视、商贸中心等等的用电负荷。

二级负荷原则上要求两路及两路以上线路供电，并尽量做到当发生电力变压器或电力线路故障时不致中断供电。当负荷较小时或地区供电困难时，也可由一路专用线路供电。

(3) 三级负荷。也称为三类负荷，是指不属于上述一类和二类负荷的其他负荷。这类负荷，突然中断供电造成的损失不大或不会造成直接损失，对供电电源无特殊要求。

二、负荷特性

配电网负荷的特性反映了配电网负荷的固有性质和变化规律，如幅值大小、功率因数、波动情况、季节变化、集中程度、环境影响等。研究并掌握配电网负荷特性，有利于正确选择配电网接线，合理配置设备的容量和形式，安排适当的运行方式，不断提高配电网的经济效益和供电的安全可靠性。

配电网负荷通常分为工业用电负荷、农业用电负荷、交通运输用电负荷、市政生活及照明用电负荷四类。各类特性如下：

1. 工业用电负荷

工业用电通常有负荷集中、连续性强的特性。负荷情况与行业性质及用户的工作方式有关，图 1-2 所示为不同班制企业的日负荷曲线。工业用电负荷虽然也随一些外界环境条件变化有所增减，如部分建材、制糖生产受季节影响等，但负荷本身影响较小，全年负荷比较稳定。工业用电负荷在配电负荷中的比重随着工业、经济的发展而减少，如工业发达的美国、日本分别只占 1/3、1/2，而发展中国家一般都在 70% 以上，我国在 70% 左右。

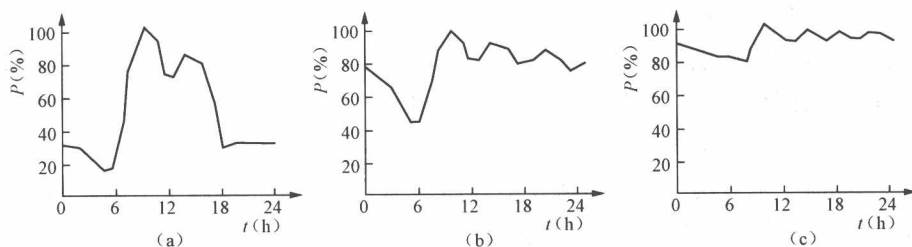


图 1-2 不同班制企业的日负荷曲线

(a) 一班制企业；(b) 两班制企业；(c) 三班制企业

2. 农业用电负荷

农业用电负荷包括农村居民用电、农村生产与排灌用电、农村工商业用电等。农业用电负荷受气候、季节影响较大。在工业发达国家，由于农村经济的高度发展，农业用电的构成与城市用电的构成差别较小，而在发展中国家两者差别很大。

3. 交通运输用电负荷

交通运输用电负荷包括火车站、汽车站、航运码头、飞机场、航空站的动力和通风用电，电气化铁道和电气化运输机械的用电，以及车站、码头、机场基建用电等，这类负荷在全年内一般变化不大。

4. 市政生活及照明用电负荷

市政生活及照明用电负荷包括城市公用事业、居民、商业、学校、机关、部队等的生活及照明用电负荷。其中公用事业用电负荷较为平稳，居民、商业等用电负荷受季节影响却极为明显。因此，这类用电负荷波动性较大，有时直接影响配电网峰值负荷的季节性变化，其影响程度取决于这类负荷在配电网负荷中所占的比重。在工业发达的国家，这类负荷在配电网负荷中比重较大，而发展中国家，所占比重较小，我国目前为10%左右。

图1-3所示为一条向工业用户和市政生活及照明用户供电的城市中压配电网线路的日负荷曲线。

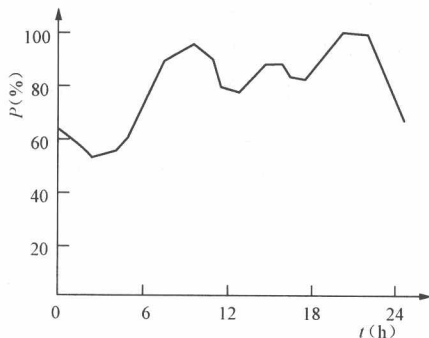


图1-3 城市中压配电网线路的日负荷曲线

三、负荷曲线

配电网负荷与时间的曲线称为负荷曲线。它反映了一定时间段内负荷随时间变化的情况。通过配电网负荷曲线，可以掌握各个时期内负荷变化的规律，从而制定出配电网设备运行、维护、检修的计划，也可估计出配电网中设备及其负载的变化趋势，从而制定配电网的建设规划。

负荷曲线有有功负荷曲线、无功负荷曲线、日负荷曲线、年负荷曲线四类。日负荷曲线表示一日24h内负荷变化情况，作为经济而且合理地安排配电网日运行方式的依据，保证供电的安全可靠性；年负荷曲线表示一年中的负荷变化情况，用以制定全年或各季的配电网运行方式，安排设备维修计划和实施配电网的年度改造、建设计划。

1. 日负荷曲线

日负荷曲线是根据在一定时间间隔内功率的测量记录，在直角坐标中逐点画

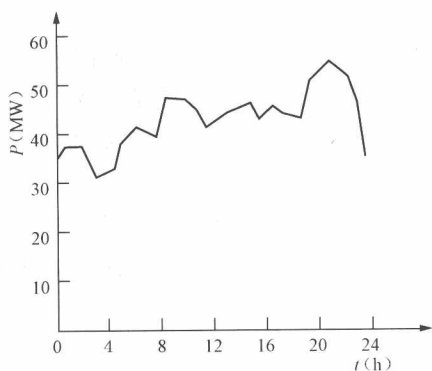


图 1-4 日负荷曲线

出，并依次连接成折线或绘成曲线，如图 1-4 所示。绘制日负荷曲线所选的时间间隔可自定，如 0.5h 或 1h，时间间隔越短，越能精确反映实际负荷的变化。为实际应用及便于计算，也可将所测量的各点数值逐点绘成阶梯形曲线。日负荷曲线与纵、横坐标所包围的面积，就代表一日 24h 内所消耗的电能，即配电网的日用电量。

2. 年负荷曲线

年负荷曲线有两种：①表示一年中每日最大负荷变动的情况，称为日最大负荷年变动曲线，或称运行年负荷曲线，如图 1-5 所示，可根据典型日负荷曲线间接绘制；②不分日月的界限，而以全年实际使用小时为横坐标，以负荷大小的数值为纵坐标，依次排列绘制而成，称为电力负荷年持续曲线，如图 1-6 所示。这种负荷曲线可近似地根据一年中具有代表性的夏季和冬季日负荷曲线进行绘制。电力负荷年持续曲线与纵、横坐标所包围的面积等于一年中所消耗的电能，即配电网的年售电量。

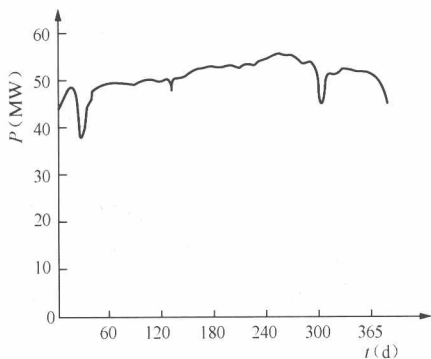


图 1-5 运行年负荷曲线

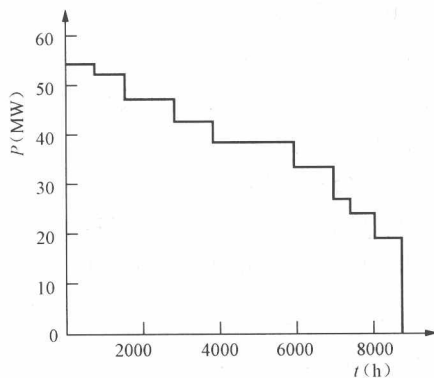


图 1-6 电力负荷年持续曲线

3. 年最大负荷

一年中在某一时刻出现的最大负荷值，称为年最大负荷。年用电量和年最大负荷之比称为年最大负荷利用小时数。

4. 日负荷率

配电网日平均负荷与最大负荷之比，称为日负荷率。

思考与练习

1. 电力负荷按重要性分为哪几类？各对供电有何要求？
2. 负荷曲线有哪些？负荷曲线有什么作用？

课题三 配电网结构

学习目标

1. 理解中压配电线路常见的接线方式及特点；
2. 理解低压配电线路常见的接线方式及特点；
3. 了解电缆配电网常见的接线方式及特点。

知识点

1. 中压配电线路常见的接线方式及特点；
2. 低压配电线路常见的接线方式及特点；
3. 电缆配电网常见的接线方式及特点。

技能点

根据负荷特点确定供电方式。

学习内容

配电线路是配电网的重要组成部分，担负着输送和分配电能的重要任务。配电线路按电压高低分，有中、高压配电线路（1kV 以上线路）和低压配电线路（1kV 及以下线路）；按结构形式分，有架空线路、电缆线路和户内配电线路等。

一、中压配电线路的接线方式

1. 单电源供电方式

单电源供电有放射式和树干式两种。图 1-7 (a) 和 (b) 分别为单电源供电放射式线路和树干式线路。

放射式线路的特点是每个用户由独立的线路供电。放射式线路敷设容易、维护方便、运行中互不影响，当一线路发生故障时不影响其他线路的正常运行，而且便于装设自动装置。但该线路所用高压开关设备较多，使投资增加。当某一线路发生故障或检修时，该线路所供电的负荷都要停电，供电可靠性不很高。因此，放射式接线一般只适用于三级负荷和个别二级负荷。

树干式线路特点是多个用户由一条干线供电。树干式线路所用的高压开关设备少，耗用导线也较少，投资省，增加用户时不必另增线路，易于适应发展。但该线路供电可靠性较差，当某一段干线发生故障或检修时，则在其后的若干变电站都要