

PEIDIANWANG GUIHUA

JISUAN YU FENXI

# 配电网规划

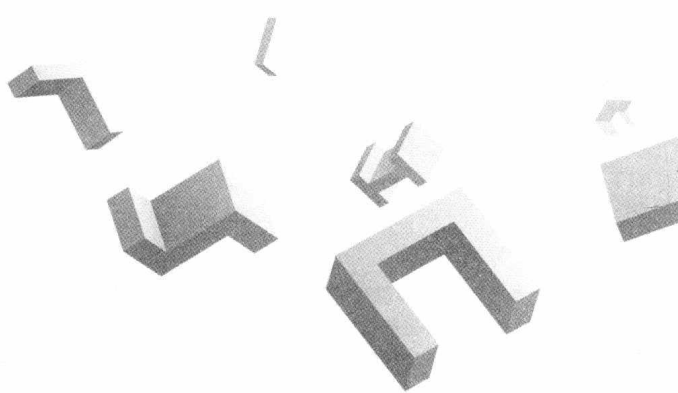
# 计算与分析

国网北京市电力公司培训中心 组 编

刘 军 主 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



PEIDIANWANG GUIHUA

JISUAN YU FENXI

# 配电网规划

# 计算与分析

国网北京市电力公司培训中心 组 编  
刘 军 主 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以 DL/T 5729—2016《配电网规划设计技术导则》为基础，讲述了配电网计算分析的相关问题。全书共分为八章，分别为配电网相关基础知识、配电网规划常用计算分析软件、配电网规划计算分析系统架构、配电网规划计算分析数据准备、配电网区域划分与负荷预测、规划前期数据统计与分析、配电网规划基础计算分析、配电网规划计算实用化分析，辅助相关工程技术人员学习。

本书可作为从事配电网规划、设计，工程建设、管理等工作人员的参考用书，可作为配电网计算分析相关部门培训参考教材，也可作为高等院校电力类相关专业学生的参考用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

配电网规划计算与分析 / 刘军主编；国网北京市电力公司培训中心组编。—北京：中国电力出版社，2017.12

ISBN 978-7-5198-1659-9

I. ①配… II. ①刘…②国… III. ①配电系统-电力系统规划-计算②配电系统-电力系统规划-分析 IV. ①TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 001837 号

---

出版发行：中国电力出版社

地 址：北京市东城区北京站西街 19 号（邮政编码 100005）

网 址：<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑：罗 艳（010-63412315，965207745@qq.com） 安 鸿

责任校对：闫秀英

装帧设计：左 铭

责任印制：邹树群

---

印 刷：三河市百盛印装有限公司

版 次：2017 年 12 月第一版

印 次：2017 年 12 月北京第一次印刷

开 本：787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张：16.5

字 数：372 千字

印 数：0001—1000 册

定 价：76.00 元

---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

# 前 言



为贯彻“配电网建设改造行动计划（2015—2020）”的战略部署，做好配电网规划与建设改造中新技术的推广应用，国家能源局2016年正式发布行业标准DL/T 5729—2016《配电网规划设计技术导则》（简称《导则》），并要求采取配套措施贯彻《导则》在电网公司的应用，以指导技术人员进行配电网的规划设计工作。作为配电网建设和改造的顶层设计，《导则》只规定了计算的基本功能，提出了计算的基本要求，缺乏详细的计算分析内容，也缺乏对计算结果的分析应用的详细指导。为解决这一问题，本书以《导则》和计算分析程序为基础，对《导则》中配电网规划为什么要进行计算分析、需要进行哪些计算分析、怎么进行计算分析等问题进行了详细解读，并提供了具有可操作性的实际案例。

本书主要作者参与了《导则》的编写，随后根据《导则》内容扩充完善了配电网规划计算分析程序，并在国家电网公司内部进行了宣讲和试用。通过本书的学习，工程技术人员可以尽快地掌握相关配电网基础知识、计算基本原理、具体实现方法、计算数据准备以及计算结果分析等，将规划计算与分析灵活应用于规划方案中，以解决实际工程中的规划计算分析问题。本书的编写遵循以下原则：

（1）内容的实用性。本书内容直接针对配电网规划设计中规定的主要计算，提供具体指导和实现方法，为配电网规划提供量化的实用工具。本书提供了必要的计算理论知识，但重点在计算结果的分析与应用，也就是现场工作人员如何利用计算工具，更好地分析规划方案中出现的各种问题，找到当前电网的薄弱环节，提出规划方案，并对规划方案进行对比分析。

（2）内容具有科学性。配电网规划计算分析立足于计算，但实际上是一个庞杂的规划辅助决策支持系统。系统以地理图形和海量数据为依托，以科学计算为基础，对电网的历史、现状进行详细的计算和分析，并对未来电网进行科学的预测、分析和规划。通过对《导则》的计算部分进行理论解析和详细的功能分析应用，引入先进理念、适应智能化发展趋势，吸收相关新知识、新技术、新成果，讲述内容经得起实践的检验。

(3) 内容具有持续性。根据配电网规划工作进程、配电网规划技术的发展和人才需求结构变化不断修订完善,可长期指导并规范配电网规划专业技术工程与管理人员开展配电网规划分析计算工作。

(4) 案例具有可操作性。为便于读者快速掌握《导则》规定的主要计算方法,本书选择的计算案例遵循少而精的原则,通过经典算例,真正做到简单、实用、可操作性强。

第一章讲述配电网规划的基础知识,解决为什么要进行计算的问题,为配电网规划计算分析打下基础;第二章介绍当前配电网计算分析中主流应用软件,便于读者选择或借鉴;第三章讲述配电网规划计算系统的基本框架,包括数据架构、功能架构等;第四章讲述配电网计算分析需要哪些数据,对数据质量有何要求,数据如何清晰使用等问题,这些对于配电网的计算分析都是必不可少的;第五章讲述配电网区域划分和负荷预测;第六章讲述配电网规划前期数据统计分析,主要包括停电历史数据分析、现状网统计分析、配电网规划方案管理等内容;第七章讲述配电网基础计算,包括拓扑分析、潮流计算、线损计算、短路电流计算,以及计算结果分析;第八章讲述配电网实用计算,包括供电安全分析、可靠性评估、无功优化规划、配电网自动化规划等内容。

中国电力科学研究院配电研究所、国网北京市电力公司运维检修部、人力资源部和培训中心对本书的编写给予了大力支持。感谢国家电网仿真中心徐得超硕士卓有成效的前期研究工作,没有他长期以来的帮助,就不会有配电网分析综合程序的研发,也不会有本书的编写。感谢陈海硕士、崔艳妍硕士在算例方面做出的突出贡献,感谢赵江河、刘海涛、吕广宪、韦涛、刘伟、赵大溥、王立岩、刘苑红、赵明欣、张伟、马丽、马康等同仁的大力支持。感谢合作单位明瑞中硕士在图形平台方面的支持,感谢马继明、俞志彦两位专家提供的帮助,感谢贺彦、邱佳、於志胜、成晓华等工程师的无私奉献。全国输配电技术协作网的老师在本书的编写过程中给予了极大的帮助。本书引用了国网陕西省电力公司电力科学研究院刘健教授的成果,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中邀请到配电网领域资深专家、教授级高级工程师侯义明老师审阅,并提出了宝贵意见,在此表示由衷地感谢。

配电网技术发展很快,加之作者水平有限,书中难免存在疏漏与不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2017年9月

# 目 录

前言

第一章 配电网相关基础知识	1
第一节 配电网基本概念	1
第二节 配电网基本结构及配电设施	7
第三节 配电网规划的特点	21
第四节 配电网规划设计流程	27
本章小结	28
第二章 配电网规划常用计算分析软件	29
第一节 国内常用计算分析软件	29
第二节 国外常用计算分析软件	35
本章小结	39
第三章 配电网规划计算分析系统架构	41
第一节 总体架构	41
第二节 功能架构	42
第三节 数据架构	48
第四节 系统架构实现的关键技术	50
本章小结	51
第四章 配电网规划计算分析数据准备	52
第一节 配电网网络结构数据	52
第二节 配电网实时数据	55
第三节 配电网数据处理技术	58
第四节 网络拓扑分析	78

本章小结 .....	86
<b>第五章 配电网区域划分与负荷预测</b> .....	87
第一节 供电区域划分的意义及影响因素 .....	87
第二节 负荷与电量预测 .....	92
本章小结 .....	110
<b>第六章 规划前期数据统计与分析</b> .....	111
第一节 停电历史数据分析 .....	111
第二节 配电网现状统计分析 .....	123
第三节 规划方案的管理 .....	138
本章小结 .....	140
<b>第七章 配电网规划基础计算分析</b> .....	141
第一节 电力系统计算的标幺值 .....	141
第二节 网络接线分析 .....	142
第三节 潮流计算 .....	143
第四节 配电网线损计算 .....	154
第五节 短路电流计算 .....	170
本章小结 .....	180
<b>第八章 配电网规划计算实用化分析</b> .....	181
第一节 配电网供电安全分析 .....	181
第二节 可靠性计算方法 .....	184
第三节 无功优化规划 .....	208
第四节 配电自动化规划计算 .....	221
本章小结 .....	229
<b>附录 A 配电网导线参考计算参数</b> .....	230
<b>附录 B 计算数据需求表</b> .....	232
<b>附录 C 配电网常用国际标准算例</b> .....	237
<b>附录 D 配电网标准算例</b> .....	249
<b>参考文献</b> .....	255

## 配电网相关基础知识

配电网，就是电力系统中负责电能分配的，属于系统的末端环节，是整个电力系统可靠、经济运行的重要保障，直接影响众多电力用户的实际体验。配电网规划工作是一项复杂的系统工程，涉及面广，专业性强，审批后的规划文本作为电力网络建设与改造的指导性文件，对电网发展，甚至是区域的国民经济、社会发展影响重大，若规划不科学、不合理，将直接影响配电网建设投资的社会经济效益以及用户的经济利益。

本章首先介绍配电网的基本概念，包括配电网定义、配电网结构、配电设备等，便于读者对后续计算分析部分的理解，然后重点分析了配电网规划设计的特点，阐述了配电网规划的要求，介绍了配电网规划设计分析计算的流程、一般要求和相关术语。

### 第一节 配电网基本概念

#### 一、配电网定义

电力系统负责电力传输的网络可分为特高压输电网、超高压输电网、输电网、配电网四个层级。一般认为，特高压输电网电压等级为交流 1000kV、直流 $\pm 800$ kV；超高压输电网电压等级为 330kV 及以上；输电网电压等级一般指 110kV 以上。配电网电压等级比较复杂，传统意义上的配电网一般指 10kV 中压配电网，最多到 110kV 的辐射网络。有观点认为，城市区域内的供电网络，即使电压等级为 500kV 也可以称为配电网，国内国外都有类似的例子，如欧洲的巴黎 400/225/20/0.4kV，罗马 380/150(120)/20/0.4kV，伦敦 400/225/132/22/0.4kV，德国柏林 380/220/110/30/10/6kV，北美洲纽约 345/138/25(33)kV，亚洲国家如新加坡 230/66/22/6.6kV，东京 500/275/154/66/22/6.6kV，韩国汉城 345/154/22.9/0.4kV 等就存在高电压等级的配电网。我国东部地区、南方经济发达的城市中，高负荷密度的部分中心区域也有 500kV 电网承担配电功能。

为减少配电网电压等级的混乱，DL/T 5729—2016《配电网规划设计技术导则》明确定义：配电网从电源侧（输电网、发电设施、分布式电源）接受电能，并通过配电设施就地或逐级分配给各类用户的电力网络，其中 110kV/66kV/35kV 为高压配电网，10kV/20kV/6kV 为中压配电网，400V/380V/220V 为低压配电网。



根据历史传统及现状管理情况，配电网一般还分为城市配电网和农村配电网，但目前各供电公司已逐渐弱化城市和农村口径，而统一称为配电网，只是建设重点和建设标准不同。例如，国家电网公司将配电网划分为市辖供电区电网（城市电网）和县域供电区电网（农村电网）。市辖供电区一般是指直辖市和地级市以“区”建制命名的地区，县域供电区主要是指县级行政区（含县级市、旗等），直辖市的远郊区中除区政府所在地、经济开发区和工业园区以外的地区，以及地级市中尚存在乡（镇）村的远郊区中的农村电网，不包括县城以及建制镇的城市电网。

从设备上分，配电网包括从变电站、10kV 馈电线路一直延伸到终端用户的所有供电网络，由架空线路、电缆、环网单元、杆塔、配电变压器、断路器以及一些附属设施等组成。

本书所指的配电网为 110kV 及以下电压等级电网，所采用的计算网络也与规定的相对应。

## 二、常用基本术语

### 1. 电量与负荷

(1) 全社会用电量。指某一区域在某一时期内国民经济各部门和城乡居民消耗的电量总和。

(2) 统调用电量。指电力企业各级调度范围内在某一时期内消耗的电量。

(3) 用电负荷。电力系统中各用电设备在某一时刻消耗的功率。

(4) 供电负荷。电力系统中用电负荷加上同一时刻网络损耗的功率。

(5) 网供负荷。一般分电压等级计算，指同一电压等级公用变压器所供负荷。

(6) 同时率。电力系统中某一用电范围内，用电负荷的最大值与该用电范围内各用电单位（区域、设备等）用电负荷最大值之和的比值。

(7) 需用系数。是指用户的用电负荷最大值与用户装接的变压器容量的比值。

(8) 最大负荷。一般指一天内，一个地理区域所有用电设备瞬时有功功率之和的最大值。另外，有关负荷特性参数规范要求的推荐，年最大负荷是指该年 5 日最大负荷值的平均值或按国际惯例取 3 日最大值的平均值。

(9) 饱和负荷。区域经济社会水平发展到一定阶段后，电力消费增长趋缓，总体上保持相对稳定，负荷呈现饱和状态，此时的负荷为该区域的饱和负荷。

(10) 容载比。容载比一般分电压等级计算，指某一供电区域、同一电压等级电网的公用变电设备总容量与对应的总负荷（网供负荷）的比值。容载比一般用于评估某一供电区域内 35kV 及以上电网的容量裕度，是配电网规划的宏观指标。容载比过大将使电网建设早期投资增大；容载比过小将使电网适应性差，影响供电。计算方法为

$$R_s = \frac{\sum S_{ei}}{P_{\max}}$$

式中  $R_s$ ——平均容载比，kVA/kW；

$P_{\max}$ ——该电压等级最大负荷日最大负荷，万 kW；

$\sum S_{ei}$  ——该电压等级年最大负荷日投入运行的变电站的总容量，万 kVA。

## 2. 配电网网络结构

(1) 电网电源。由电网公司供应的电源。当其可用时，通常作为主用电源，但是，如果分布式电源容量充裕，当在经济上合算时，有时也作为替代电源或备用电源。

(2) 应急电源。一个独立的储备有电能的电源。在正常电源发生故障或断电时，在规定的时间内能自动地为重要装置和设备供应可靠的电力，使得这些装置和设备不会因不能满足正常运行要求而危害个人健康与安全，或者导致财产的损失。

(3) 单线或单变电站。某一电压等级仅有单条电源进线的变电站或只有单台主变压器的变电站。

(4) 配变重载比例(%)。重载配电变压器台数之和/配电变压器总台数。配电变压器年最大负载率达到或超过 80%且持续 2h 以上称为重载。

(5) 线路重载比例(%)。重载线路条数之和/线路总条数。重载线路指配电线路年最大负载率达到或超过 70%且持续 1h 以上。

(6) 线路电缆化率。电缆线路长度占线路长度的百分比。

(7) 10kV (20kV/6kV) 架空线路绝缘化率。架空绝缘线路长度占架空线路长度的百分比。

(8) 主干线与分支线。变电站的 10kV (20kV/6kV) 出线，并承担主要电力传输的线段为主干线，主要包含断路器、隔离开关、电缆线路、架空线路和母线等元件。主干线以外的线段为分支线，自主干线 T 接为一级分支，从一级分支 T 接为二级分支，依次类推。主干线的线径首尾应一致，一般比分支线粗，线路容量也比分支线大。配电主干线分支线示意图如图 1-1 所示。

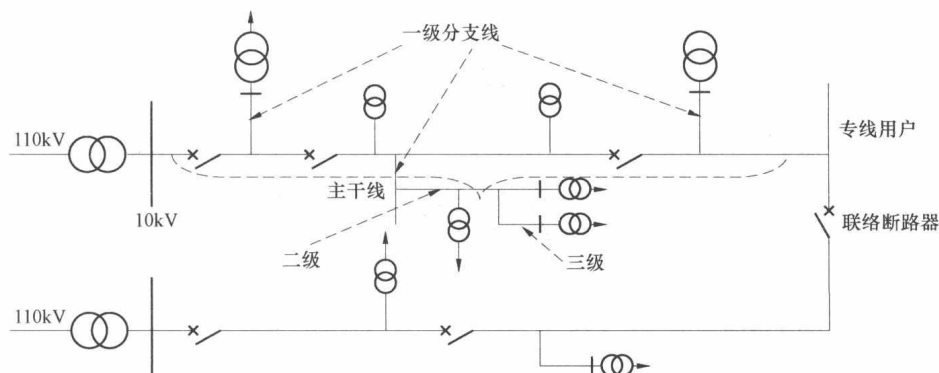


图 1-1 配电主干线分支线示意图

(9) 供电半径。变电站供电半径指变电站供电范围的几何中心到边界的平均值。10kV (20kV/6kV) 及以下线路的供电半径指从变电站 (配电变压器) 低压侧出线到其供电的最远负荷点之间的线路长度。

(10) 10kV (20kV/6kV) 线路联络率。有联络的线路之和占线路总数的比例。

(11) 配电线段。馈线上开关 (包括分段开关、分段隔离开关、熔断器等) 所包围的区域定义为线段，也可以理解为将所有的开关删掉后留下的互相连通的区域称为线段。

所谓线段，就是一块区域，里面任意设备发生故障时，所产生的停电后果是一样的。如图 1-2 所示的配电线段定义示意图，用虚线框起来的区域就属于一个线段。

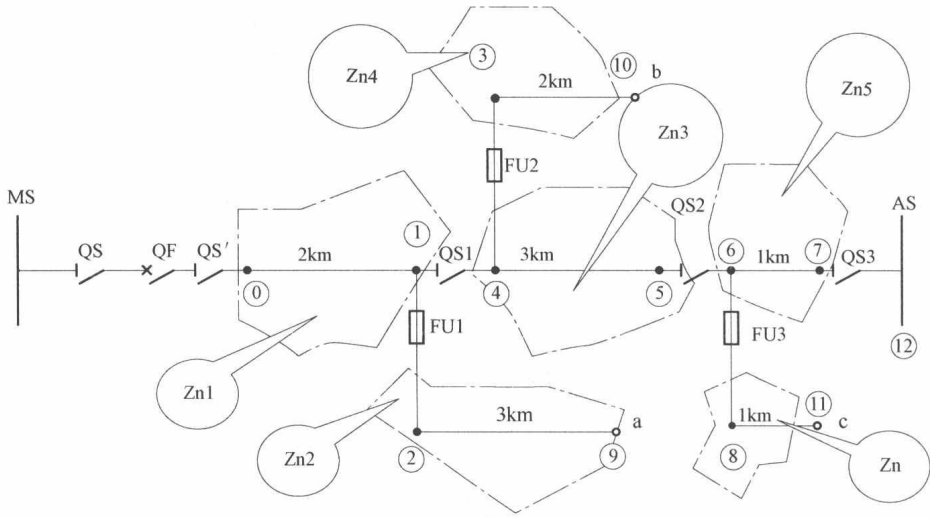


图 1-2 配电线段定义示意图

QF—配电干线断路器；FU1、FU2、FU3—熔断器；QS、QS'、QS1、QS2、QS3—隔离开关；  
a、b、c—负荷点；MS—主电源；AS—备用电源；●—节点；①，②，……，⑫—节点编号

(12) 计算馈线集。所有联络在一起的馈线组成馈线集合，也称为馈线片区（区块），馈线组块。馈线集合是永久的集合，当馈线联络开关确定后，馈线集合也随之确定。

(13) 配电  $N-1$  定义。

- 1) 35~110kV 电网中一台变压器或一条线路故障或计划退出运行。
- 2) 10kV 线路中一个分段（包括架空线路的一个分段，电缆线路的一个环网单元或一段电缆进线本体）故障或计划退出运行。

### 3. 可靠性指标

(1) 允许断电时间。根据不同类型用户的用电负荷对供电连续性的要求，各用电设备在不对其他设备造成影响的前提下所能容忍的最长断电时间。该时间取决于设备运行要求及负荷性质，还与行业性质特点、社会经济水平、政治影响及人们的忍受程度等因素有关。

(2) 用户可靠性指标。负荷侧可靠性指标用于评估系统中每个负荷点的可靠程度，主要有以下几种基本指标：

1) 平均故障停运率  $\lambda$ 。负荷点平均故障停运率是一定时间内（通常为一年）负荷点停运率的期望值，对于两状态模型，停运率由元件故障率决定，对于三状态模型，还要考虑计划检修率的影响。各负荷点  $\lambda$  大小说明了该负荷点的可靠性程度。 $\lambda$  值越高，则负荷点停电次数越多，供电越不可靠。

2) 平均年停运时间  $\mu$ 。负荷点平均停运时间是一年内负荷点停运持续时间的期望值，对于两状态模型，停运时间由故障停运时间决定，对于三状态模型，还要考虑计划检修时间的影响。

3) 平均停运持续时间  $\gamma$ 。负荷点平均停运持续时间是负荷点平均每次停运所持续的

时间。在有备用电源，备用元件可切换的情况下，其停电时间较短， $\gamma$  值较小。

目前，我国的配电系统多为环形网络开环结构，故负荷点指标计算式为

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \sum_i (\lambda'_i + \lambda_i) \\ \mu_s &= \sum_i (\lambda'_i \gamma'_i + \lambda_i \gamma_i) \\ \gamma_s &= \frac{\mu_s}{\lambda_s}\end{aligned}$$

式中  $\lambda_s$  ——系统的平均故障率，次/年；  
 $\mu_s$  ——系统的年平均停运时间，小时/年；  
 $\gamma_s$  ——系统的平均停运持续时间，小时/次；  
 $\lambda'_i$  ——元件  $i$  的检修故障率，次/年；  
 $\lambda_i$  ——元件  $i$  的故障率，次/年；  
 $\gamma'_i$  ——元件  $i$  的平均检修持续时间，小时/次；  
 $\gamma_i$  ——元件  $i$  的平均故障检修时间，小时/次。

4) 平均电量不足指标 *AENS*。*AENS* 负荷点平均电量不足是指一定时间内（通常为一年）负荷点缺供电量的期望值。

$$AENS = LU$$

式中  $U$  ——负荷点平均年停运时间；  
 $L$  ——负荷点平均停运负荷。

### (3) 系统可靠性指标。

1) 系统平均停电频率 *SAIFI*，单位为次/(户·年)是指每个由系统供电的用户在每单位时间内的停电次数。它可以用一年中用户停电的积累次数除以系统供电的总用户数来估计。

$$SAIFI = \frac{\text{停电用户户数} \times \text{次数}}{\text{用户总数}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

式中  $\lambda_i$  ——负荷点  $i$  的平均停运率；  
 $N_i$  ——负荷点  $i$  的用户数。

2) 系统平均停电持续时间 *SAIDI*，单位为小时/户，是指每个由系统供电的用户在一年中经受的平均停电持续时间。它可以用一年中用户经受的停电持续时间的总和除以该年中由系统供电的用户总数来估计。

$$SAIDI = \frac{\text{总停电时户数}}{\text{用户总数}} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

式中  $U_i$  ——负荷点  $i$  的平均停运时间；  
 $N_i$  ——负荷点  $i$  的用户数。

3) 平均供电可用率 *ASAI*，是指一年中用户经历的不停电小时总数与用户要求的总供

电小时数之比。

$$ASAI = \frac{\text{用户用电小时数}}{\text{用户需要供电小时数}} = \frac{8760 \times \sum_{i=1}^n N_i - \sum_{i=1}^n U_i N_i}{8760 \times \sum_{i=1}^n N_i}$$

4) 缺供电量  $ENS$ , 是指系统一年中因停电而造成用户总的电量损失。

$$ENS = L_i U_i$$

式中  $L_i$ ——负荷点  $i$  的平均停运负荷。

#### 4. 技术经济术语

(1) 线损率。线损是指电能从发电厂传输到用户过程中, 在输电、变电、配电和营销各环节中所产生的电能损耗。线损率指标集中体现了电网结构、生产运行、装备及经营管理水平, 同时也是电网经营企业的一项重要经济技术指标。线损率也可以称为统计线损率、综合线损率。包括理论线损和管理线损两部分。

$$\text{线损率} = [(\text{供电量} - \text{售电量}) / \text{供电量}] \times 100\%$$

式中 供电量=本地区或本网内发电公司(厂)上网电量+外购电量+电网输入电量-电网输出电量;

售电量=所有终端客户的抄见电量。对本供电企业的非电力生产单位(如基建部门), 都应当作为用户看待;

发电公司(厂)上网电量——本地区统调电厂(独立发电公司、直属电厂、地方电厂)记录的上网电量;

外购电量——各供电(电力)公司从本公司供电区域外的电网购买的电量;

电网输入电量——主要是高于本供电区域管理的电压等级的电网输入电量;

电网输出电量——各供电(电力)公司从本公司供电区域向外部电网输出的电量。

(2) 理论线损。通过理论计算得出的线损, 称为理论线损, 又称为技术线损。包括可变损耗和固定损耗, 根据电网的供电设备参数及负荷情况计算得出。

(3) 管理线损。统计线损与理论线损的差就是管理线损。管理线损包括: 用户违章用电和窃电损失、电网组件漏电损失、抄表核收损失、表计误差损失、其他损失等。

(4) 单位投资增供负荷。企业通过投资电网建设, 增加了供电负荷, 该指标表示每单位投资增加的供电负荷, 单位为 kW/元。

(5) 单位投资增供电量。企业通过投资电网建设, 增加了供电量, 该指标表示每单位投资增加的供电量, 单位为 kWh/元。

(6) 财务内部收益率。财务内部收益率是指项目计算期内净现金流量现值累计等于零时的折现率, 它是项目寿命期内尚未回收的投资盈利率。

(7) 净现值。净现值是指未来期各年净现金流量的现值。净现值表示项目达到基准折现率水平后剩余资金的现值价值, 是反映净盈利的指标。

(8) 投资回收期。回收期是指项目原始投资回收所需的时间, 即各年现金流量从零年开始累计相加至总和等于零所经过的时间。回收期一般以年来表示。

## 第二节 配电网基本结构及配电设施

研究和分析配电网先要研究其基本结构。配电网一般根据区域类别、地区负荷密度、性质和地区发展规划，选择相应的接线方式。配电网的网架结构要满足供电安全水平且运行灵活，具备充足的供电能力、较强的负荷转供能力、对上级电网有一定的支撑能力，在确定网架备用互供容量裕度时，应充分考虑线路平均负荷水平、最大负荷持续时间、运行环境及季节气温等因素。配电网应能适应各类用电负荷、分布式电源、电动汽车充电设施等新能源的增长与发展，便于开展带电作业，适应负荷接入与扩充，便于实施配电自动化，并能有效防范故障连锁扩大。网络结构满足相应供电可靠性要求，与社会环境相协调，建设与运行费用合理。

配电网的一般接线方式为单辐射式、单（双）环网、双（对）放射式和链式。

### 一、配电网典型结构

#### 1. 高压配电网典型结构

##### (1) 高压架空网

1) 最基本的供电方式为单侧电源双回供电，为节省占地，可采用同杆双回路供电方式，沿线可支接若干变电站，其示意图如图 1-3 所示。

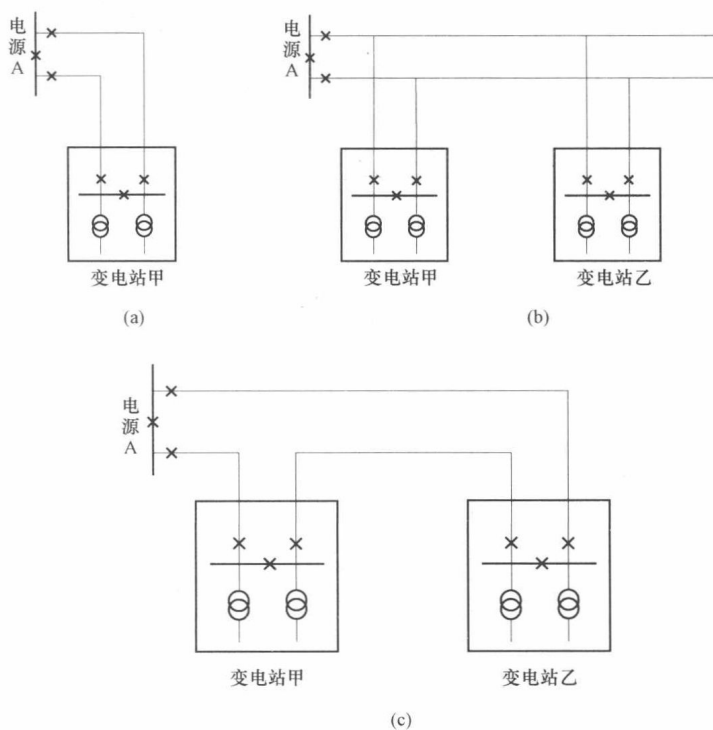


图 1-3 单侧电源双回供电  
(a) 放射型；(b) T 接；(c) 链式

2) 单侧电源双回供电方式在遭受雷击等自然灾害以及线路检修时, 有同时停运的可能, 有条件时, 宜在两侧配备电源, 其示意图如图 1-4 所示。

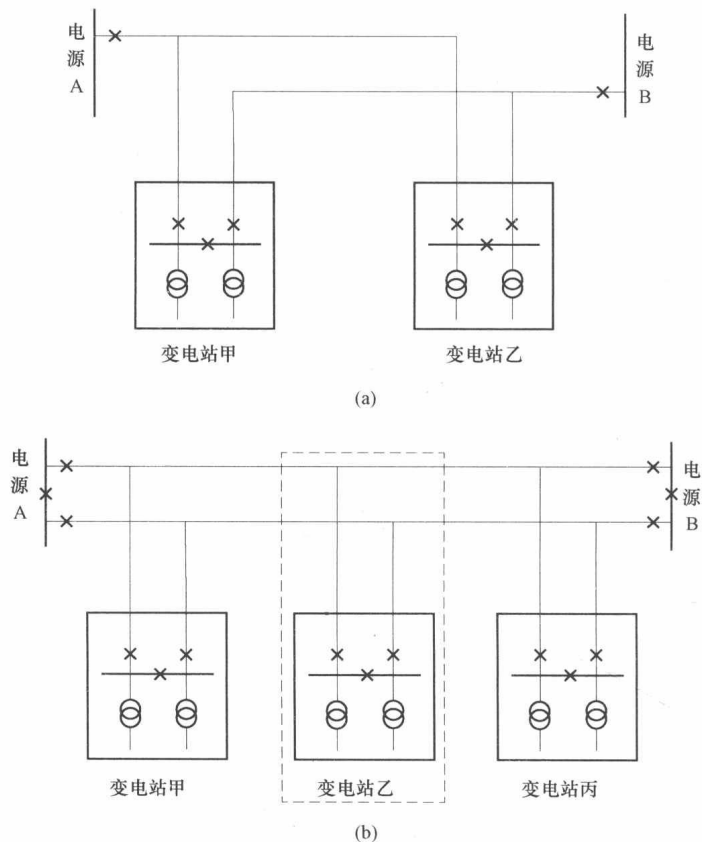


图 1-4 双侧电源双 T 接  
(a) 不完全双 T 接; (b) 完全双 T 接

3) 市中心区、市区及城镇地区支接变电站数不宜超过 3 座, 支接 3 座变电站时宜采用双侧电源三回路供电, 如图 1-5 所示。

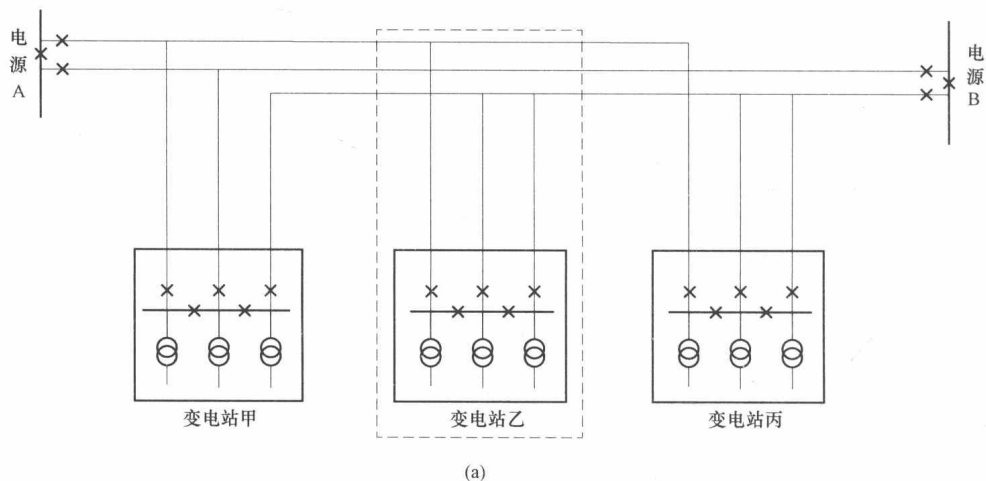


图 1-5 双侧电源三 T 接 (一)  
(a) 不完全三 T 接

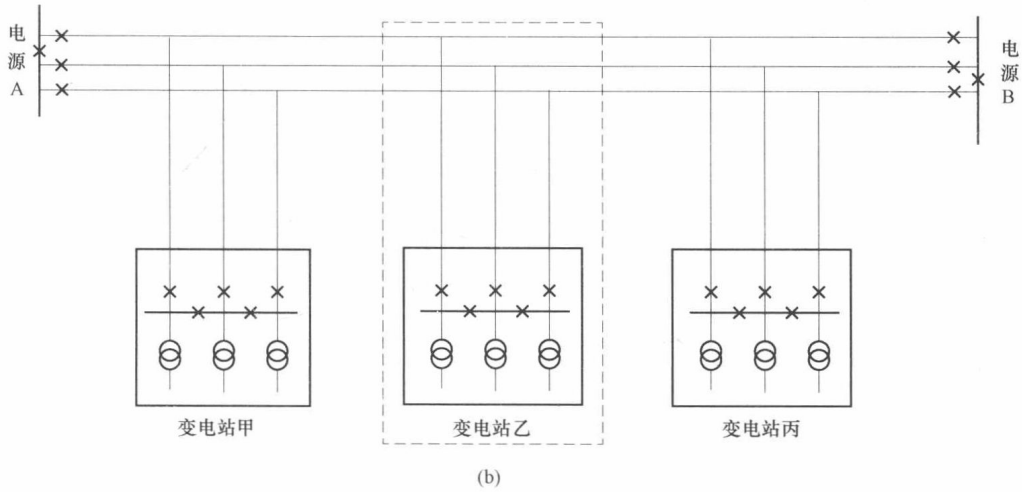


图 1-5 双侧电源三 T 接 (二)  
(b) 完全三 T 接

4) 市中心区、市区等高负荷密度地区, 以及供电可靠性要求较高地区, 可采用链式接线, 如图 1-6 和图 1-7 所示。

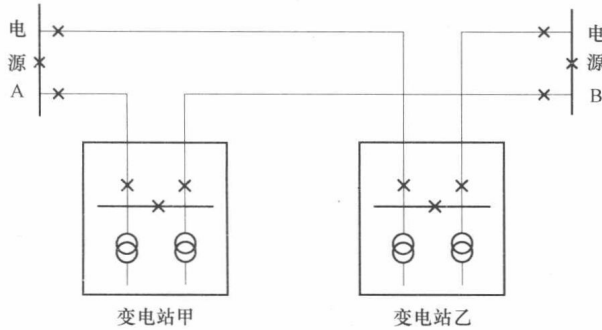


图 1-6 双侧电源单回链式

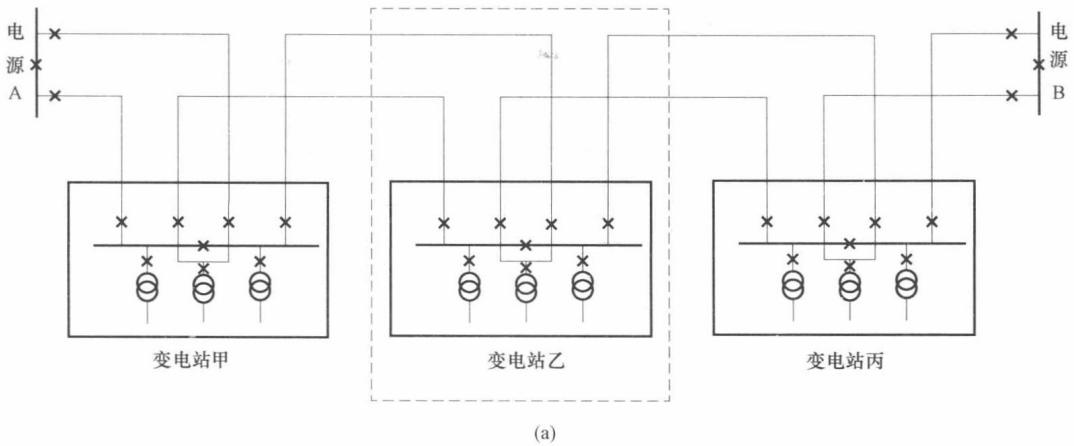


图 1-7 双侧电源双回链式 (一)  
(a) 三台变压器



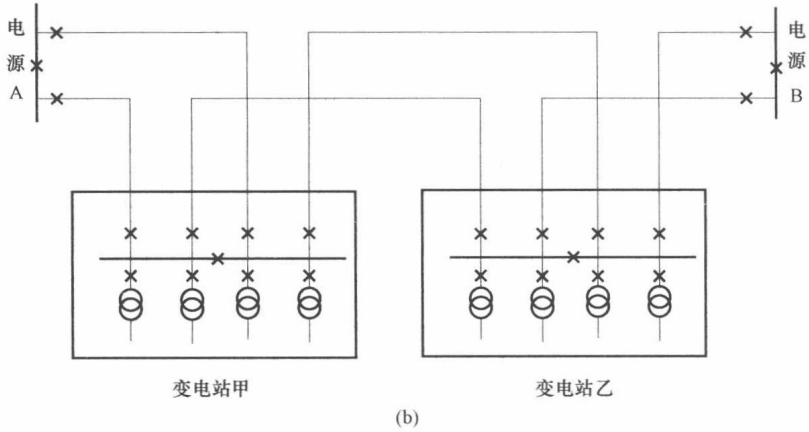


图 1-7 双侧电源双回链式 (二)  
(b) 四台变压器

(2) 高压电缆网。高压电缆网和高压架空网结构类似，也分放射型、 $\pi$ 接（相当于架空线的 T 接）、链式三种，如图 1-8~图 1-12 所示。

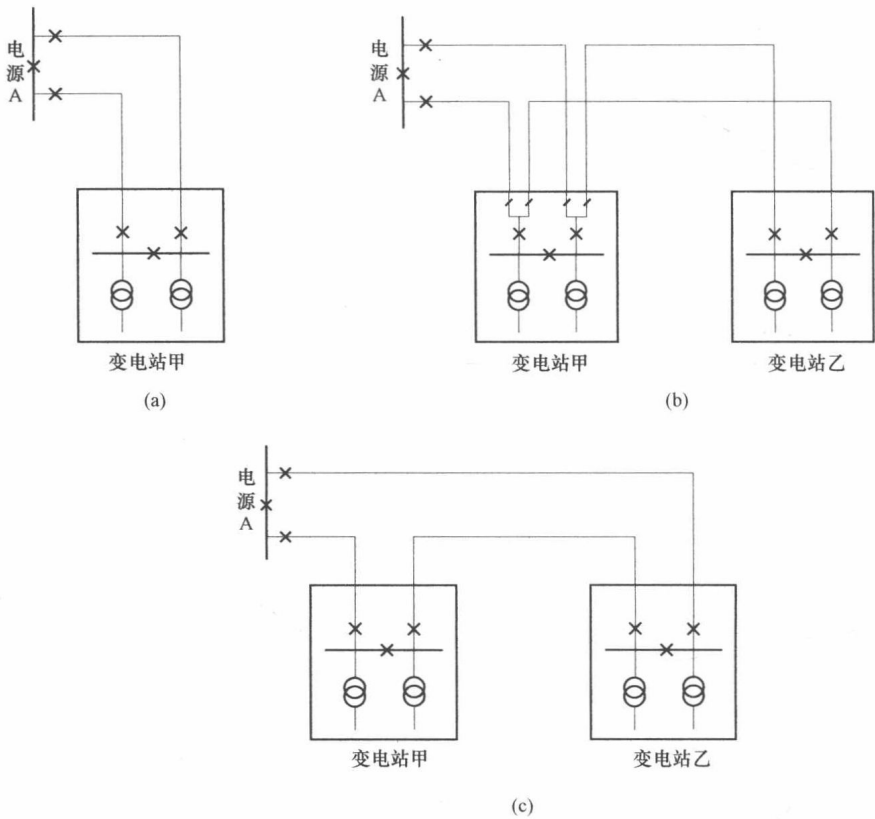


图 1-8 单侧电源双回供电  
(a) 放射型；(b)  $\pi$ 接；(c) 链式