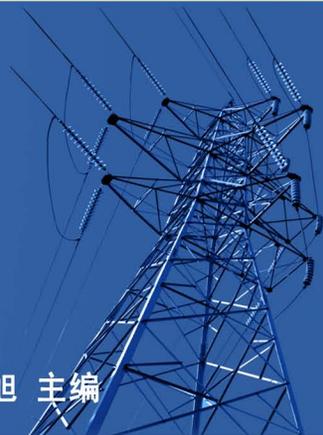


现代配电网规划

陈旭 主编



天津科学技术出版社

现代配电网规划

主编 陈 旭
编者 戴志伟 葛少云 申 刚
刘中胜 李小宇

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代配电网规划/陈旭主编. —天津:天津科学技术出版社,2013.3

ISBN 978 - 7 - 5308 - 7804 - 0

I. ①现… II. ①陈… III. ①配电系统 - 电力系统规划 IV. ①TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048546 号

责任编辑:王 祯

责任印制:张军利

天津出版传媒集团

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022) 23332400(编辑部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

天津市蓟县宏图印务有限公司印制

开本 787 × 1092 1/16 印张 7.25 字数 168 000

2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定价:20.00 元

前 言

国内有关配电网规划的研究起步于 20 世纪 90 年代初,由于赶上了国内经济持续发展所带来的配电网快速发展的契机,同时伴随着计算机技术、数据库技术、网络技术和通讯技术的发展应用,国内近二十年的配电网规划研究和实践工作取得了丰硕的成果。随着我国配电网规划的蓬勃发展,投资力度的进一步加大,如何更有效地进行电力网络规划,如何在规划过程中解决好电网的安全性、可靠性和经济性问题,已成为供电部门亟待解决的实际课题。为了帮助供电部门的同志更好地理解并掌握配电网规划,作者结合南方电网近年来加强配电网规划规范化、精细化方面的实践成果,进行了总结,组织编写了本书,期望对广大读者有一定的参考价值。

本书内容着重于 110 kV 及以下的配电网规划,从配电网规划的总体思路方法、各环节具体实施流程、关键问题的解决方式等相关内容入手,编制过程中参阅和引用了不少前辈和同行的工作成果,并结合南方电网各地市“十五”“十一五”“十二五”电网规划的实践经验、典型案例进行了具体的讲解阐述。本书共七章,分别为配电网规划简介、现状电网评估、电力需求预测、高压配电网规划、中压配电网规划、规划方案评估及配电网规划展望。各章节主体编制思路为理论方法的简要阐述、流程步骤的细化说明、关键问题结合典型案例的具体阐述。体系结构比较完整,编制形式直观、内容易懂、语言通俗,可作为从事电力网络规划等相关领域工作人员学习、参考之用,也可作为专业培训教材使用。

本书的编制和出版凝聚了作者多年来的经验,得到了省、地市供电部门、设计咨询单位有关工作人员的大力协助配合,并结合了专家给出的宝贵建议。希望本书能够对从事电力网络规划等相关领域的工作人员有所帮助和指导。本书定位为规划参考实用性手册,目的是指导配电网的实际规划工作,限于作者的写作水平及工作经验,本书可能存在不完善的地方,恳请读者见谅,并予以批评指正!

作者

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 配电网规划概述	(1)
1.1.1 配电网定义	(1)
1.1.2 配电网规划的作用	(1)
1.1.3 配电网规划与输电网规划的关系	(2)
1.2 配电网规划发展历程	(3)
1.3 配电网规划主要环节	(4)
1.4 配电网规划参考依据	(6)
1.5 配电网规划准备工作	(7)
第二章 现状电网评估	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 基于层次分析法的指标评估体系	(8)
2.2.1 理论依据	(8)
2.2.2 评价标准体系	(9)
2.3 现状电网综合评估流程	(10)
2.3.1 基础数据收集	(10)
2.3.2 指标确定及评估体系建立	(10)
2.3.3 评估指标选取适当性	(11)
2.3.4 评价标准的确定	(13)
2.4 小结	(14)
第三章 电力需求预测	(16)
3.1 概述	(16)
3.2 预测思路	(16)
3.3 预测方法	(17)
3.3.1 预测基本模型	(17)
3.3.2 实际应用	(20)
3.4 预测流程	(21)
3.4.1 基础数据收集	(21)
3.4.2 原始数据校核	(21)
3.4.3 电力需求预测相关分析	(22)
3.4.4 预测方法确定	(25)
3.4.5 预测结果校核	(36)
3.5 小结	(38)
第四章 高压配电网规划	(40)

4.1	概述	(40)
4.2	高压配电网规划思路方法	(40)
4.2.1	总体思路	(40)
4.2.2	规划目标及原则	(41)
4.2.3	规划关键环节说明	(41)
4.3	高压配电网规划流程	(44)
4.3.1	基础数据收集	(44)
4.3.2	电力平衡分析	(45)
4.3.3	变电站选址定容	(48)
4.3.4	容载比分析	(49)
4.3.5	网络结构规划	(51)
4.4	小结	(57)
第五章	中压配电网规划	(58)
5.1	概述	(58)
5.2	中压配电网规划思路方法	(58)
5.2.1	总体思路	(58)
5.2.2	规划目标及原则	(59)
5.2.3	规划关键环节说明	(60)
5.3	中压配电网规划流程	(62)
5.3.1	基础数据收集	(62)
5.3.2	目标网架接线模式选取	(62)
5.3.3	不同年份电网规划及过渡	(64)
5.3.4	走廊通道规划	(71)
5.3.5	规划成效对比分析	(76)
5.4	小结	(77)
第六章	规划方案评估	(79)
6.1	经济性评价	(79)
6.1.1	主要思路与方法	(79)
6.1.2	计算的基本条件和参数	(81)
6.1.3	主要经济评价指标	(82)
6.1.4	敏感性分析	(83)
6.2	供电可靠性评估	(87)
6.2.1	可靠性评估指标	(87)
6.2.2	可靠性评估方法	(87)
6.2.3	可靠性评估流程	(90)
6.2.4	提升供电可靠性措施	(95)
6.3	线损评估	(96)
6.3.1	线损构成	(96)
6.3.2	线损计算方法	(97)

6.3.3 线损评估思路	(98)
6.3.4 降损措施	(99)
6.4 小结	(101)
第七章 配电网规划展望	(102)
7.1 配电网规划面临的问题及需求	(102)
7.1.1 配电网规划面临的问题	(102)
7.1.2 配电网规划发展需求	(102)
7.2 配电网规划未来发展趋势	(103)
7.2.1 配电网规划与可靠性规划的有效结合	(103)
7.2.2 注重新技术新设备的推广应用	(104)
7.2.3 配电网规划与城市建设规划有效结合	(104)
7.2.4 配电网规划的智能化需求	(104)
7.2.5 配电网规划工作与管理体系的高效融合	(106)
参考文献	(107)

第一章 绪论

1.1 配电网规划概述

1.1.1 配电网定义

电能是现代人类社会中最重要也是最方便的能源。而将用于能源生产、输送、分配和消费的各种电气设备连接在一起组成的整体称为电力系统。它的功能是将自然界的一次能源通过发电动力设备转化成电能,再经输电、变电和配电环节将电能供应到用户。电力系统是发电、输电、变电、配电、用电以及蓄电蓄能设备协调运行的有机总和,同时也包括它们的有关管理、控制、调节、保护、测量、自动化和通信系统。配电网是电力系统的重要组成部分,如图 1-1 所示。在我国,按电压等级可划分为高压配电网(220 kV、110 kV、66 kV 和 35 kV)、中压配电网(20 kV、10 kV)和低压配电网(380 V、220 V)三部分。

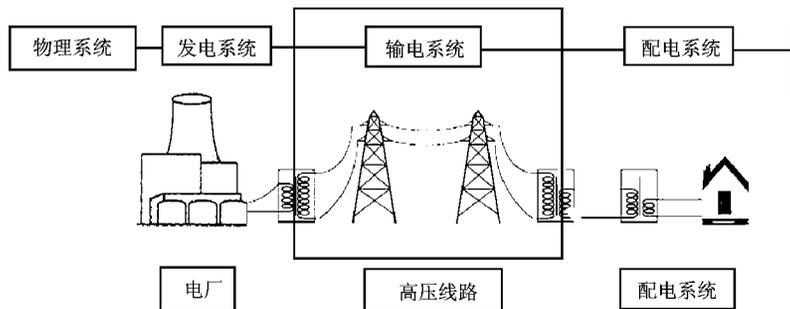


图 1-1 电力系统示意图

1.1.2 配电网规划的作用

配电网规划的重点,是研究和制订配电网的整体和长远发展目标,确定配电网的远景目标网架、中期目标网架及过渡方案和近期建设改造规划,使得未来电网发展能够适应、满足并适度超前于供电区域的国民经济和社会发展要求。本书重点讲解的内容主要分为高压配电网规划和中低压配电网规划。

配电网规划主要解决城乡范围内电力负荷及电力平衡,供电电源(变电站)和供电系统及其布局的问题。作为向城乡分配和供应电能的供电保障,配电网的完善与否直接关系到城乡经济社会发展的步伐与质量。可以说,配电网规划是城乡规划的重要组成部分,需要以城乡总体发展规划为依据,对电网进行科学合理的规划,以保证电网改造的合理性和电网运行的安全性与经济性。同时配电网规划也是电力企业制定自身发展规划战略的重要技术基

础。

配电网规划采用科学的方法确定何时何地规划区内新建或改建何种电力设施,使得未来的电网在满足城市规划、负荷发展、电网各种技术要求以及城市环保、美观等公众要求的前提下,安全可靠地为电力用户提供客户所需质量的电能,并为电力企业追求最大的经济效益和社会效益。通过配电网规划,确定合理的电网目标网架,使其满足供电安全、供电可靠、建设和运行经济、适应发展、供电协调等方面的要求;确定符合本地特点的技术原则和实施细则,为电网建设项目提供决策依据;将电力规划纳入城市规划,确定站址、廊道位置,综合分析电网建设成果与投资、企业运营等问题。

科学的配电网规划是建设坚强电网、满足电力需求、保证安全可靠供电的前提;能够保证电网与城乡协调发展,解决站点、地上地下走廊等电网长期可持续发展的战略资源问题;科学的配电网规划,可以提高系统运行管理效率,降低网络损耗和停电损失,极大地提高电网的运行效益;科学的配电网规划能够优化电网建设改造项目,是提高系统投资效益的最有效途径。另外,科学的配电网规划是配电自动化规划实施的基础,也是电力企业战略发展规划的重要组成部分。

1.1.3 配电网规划与输电网规划的关系

厂网分离改革后,我国有两大电网公司,国家电网公司和南方电网公司。两大公司均实行输、配垂直一体化管理体制,均下辖省、市、县等不同级别的公司。输电网(一般指 220 kV 及以上的电网)规划由省一级电网公司负责,配电网(一般指 110 kV 及以下的电网)规划由市供电局完成。

输电网规划的范围较配电网规划的范围要大得多,通常会涉及几座城市或整个省区,每 2~3 年滚动修编一次。配电网规划涉及详细的负荷、线路等的变动,通常每年都要进行修编或细化工作,输配电网规划在如下方面会存在一定的不协调问题。

(1) 负荷预测。

输电网规划进行负荷预测时结合省、市两级社会经济和电力发展情况,注重长期(5 年及以上)总量值的预测;配电网规划立足于当地实际情况,详细预测每一区域的负荷发展,注重短期(2~3 年)总量值和具体点负荷的预测。不同的人员预测结果可能不同,有时出入会很大。

(2) 电源点。

输配电网规划的电源点的协调问题,通常出现在 220 kV 变电站的选址上。输电网规划末端为 220 kV 变电站,对 110 kV 及以下电网的发展考虑不足。在现阶段变电站站址和走廊都较紧张的情况下,220 kV 变电站作为 110 kV 电网的上级电源,不合适的站点可能会使 110 kV 电网的建设在技术、经济等方面不是最优,甚至出现不能为 110 kV 变电站送电的极端情况。

(3) 网络。

电源点出现问题一般会造成网络出现问题。因此,配电网规划与输电网规划的协调问题显得十分重要,一般需要考虑以下几点:

① 输电网与配电网的配合问题。

一般情况下,输电网规划对配电网规划起着导向作用,配电网规划对输电网规划起着基

础作用;输电网规划为配电网规划提供框架和范围,但输电网规划也要考虑配电网的需求和特殊性。同时,配电网规划基础数据要尽量细化和准确,为输电网规划提供重要的参考和基础。

②供电半径问题。

合理的输电网规划,可以减少配电网的供电半径,降低配电网的网损率,提高整个电网的安全性、投资效益和运行经济性。

③供电可靠性问题。

配电网的供电可靠性与输电网关系很大。110 kV 变电站分布合理,可以提高配电网的联络和电能的互供能力,使得配电网布局结构得到优化。

④无功补偿配合问题。

一般高压配电网以集中补偿为主,低压配电网以分散补偿为主。高压补偿对低压补偿有重要的区域、导向和基础作用,低压补偿则仅为局域、补充和调节作用。

为了避免这类问题的出现,在进行配电网规划时,应注重与输电网的协调配合,一方面,地市供电局应加强与省电网公司的沟通、协调以及数据交换。必要时可对输电网规划进行修改,以完成切合实际并适当超前的电网规划。另外,还应从管理层面及技术层面入手,对规划沟通的细节出台约束性文件,建立完善的交流平台,使交流顺畅而易于完成,减少规划人员的工作障碍。

1.2 配电网规划发展历程

国外有关配电网规划的研究始于 20 世纪 60 年代,并在 20 世纪七八十年代随着国外配电网规划工作的展开而得到空前发展。国内有关配电网规划的研究起步于 20 世纪 90 年代初,由于赶上了国内经济持续发展所带来的配电网快速发展的契机,同时伴随着计算机技术、数据库技术、网络技术和通讯技术的发展应用,国内近二十年的配电网规划研究和实践工作都取得了丰硕的成果。国内配电网规划的发展经历了四个阶段,见表 1-1。

表 1-1 国内配电网规划的发展历程与方向

阶段	需求	特点	深度	结果
阶段1 规划人员手工规划(1990年之前)	上级布置的任务	完全依赖规划人员的知识和经验;规划人员由基建人员兼职,有工程设计人员参与。 方案的分析仅限于定性分析。 工作量大,且易出现问题。 能提供较简单的规划文本及方案图纸。	高压配电网	通常质量较低
阶段2 手工规划结合潮流、短路等工具(1990—2000)	上级布置的任务	主要依赖规划人员的知识和经验;规划人员由基建、配电运行人员兼职,有部分设计单位的电网规划人员参与。 除定性分析外,能提供规划方案潮流及短路定量计算分析。 工作量较大,可能出现问题。 规划文本的内容较以前有较大的提高。	高压配电网	通常质量一般

续表

阶段	需求	特点	深度	结果
阶段3 规划 辅助决策系统 结合专家 (2000—2007)	上级任务, 城市规划对 电力配套的 需求	<p>主要依赖规划软件及规划人员的规划经验;有专职规划人员,部分人员有基建、配电运行经验,专业的中介咨询机构参与。</p> <p>通常可以提供较丰富的定量分析比较手段。</p> <p>规划报告的内容较丰富,适应城市规划发展的需要。</p> <p>这一阶段重点解决了饱和空间负荷预测和远期目标网架规划问题。</p>	高、中压配电网	质量较好,实用性强,能与城市规划结合
阶段4 日常 化规划与规划 平台(2007年 至今)	供电公司 企业化改革 后,从自身生 存发展角度, 从实际需求 对规划提出 新要求	<p>由经过配电网规划专业培训的专职人员负责,基建、配电运行、营销等专业人员参与,专业的中介咨询机构配合。</p> <p>规划日常化:规划软件发展成为规划信息平台,成为规划人员完成规划业务流程不可缺少的日常工作平台。</p> <p>规划精细化:解决近期规划和建设改造项目的科学决策,能充分发挥电网建设资金的效率,规划获得直接效益,规划更精细。</p> <p>规划信息化:规划软件与其他信息系统结合密切,实现原始数据收集自动化和制度化,能及时反映负荷和电网的变化;规划信息平台提供规划数据的发布,规划在电网建设改造、业扩等其他业务中发挥指导和约束作用。</p> <p>规划分布化:需要不同单位部门参与,多人协同分工合作完成规划。</p> <p>规划科学化:通过工作平台,有效减少人工工作量,使滚动规划及时进行,形成规划信息的及时反馈,达到规划与实际结合的良好循环。最终达到规划科学化的目的。</p>	高、中压配电网,甚至有需求的区域的低压配电网	规划结果真正实用,近期规划水平明显提高,解决空间负荷预测难题

目前国内正处于第3到第4阶段的过渡期,配电网规划信息平台的出现是第4阶段的重要特征。部分地区的配电网规划已经开始进行具有第4阶段特征的工作,例如空间负荷功能区域的收集分析预测系统,分布式的配电网评估系统,基于地理信息系统(Geographic Information System,简称GIS)的规划系统等。表中第4阶段的特点清楚地表明了规划以及规划软件的发展方向,同时也指出现有工作的不足和实际需求。

1.3 配电网规划主要环节

配电网规划主要包括现状电网评估、负荷预测、变电站选址定容、配电网规划、投资估算及工程经济评价等环节。部分地市配电网规划还包括无功规划和二次系统规划(含继电保

护、通信、自动化等),这是发展趋势,有利于有功和无功、一次和二次系统的协调发展,从而提高配电网自动化、信息化水平。

1. 现状电网分析与评估

现状电网分析评估工作是在电力企业现有的数据资源的基础上,运用科学的统计分析和定量计算手段对现状电网进行详细的分析评估,从配电网发展的目标和根本任务出发建立评价指标体系,形成表征指标到宏观指标再到微观指标的分析思路,了解现状电网的特点、存在问题,有针对性地建设改造电网。

现状电网分析包括高压配电网分析和中压配电网分析两部分,主要从技术合理性、运行安全性、供电质量及可靠性、运行经济性和电网维护水平等五个方面进行分析,得到以上多项评价指标数据后,再对电网进行综合评价,最终得到电网的综合评分,综合评价的具体方法比较常见的是采用基于区间层次分析法。

2. 电力需求预测

电力需求预测,包括总量、分区和空间负荷预测。由于影响负荷需求的不确定性因素较多,负荷预测可采用多种方法进行。应该提出2~3个预测方案,并推荐一个方案作为配电网规划设计的基础。

(1) 远景:采用负荷密度指标法,此类方法通过横向比较,深入调查,找到本地区发展到某一特定时刻的饱和指标,通过细致而缜密的计算,可得到目标年的总量及空间分布结果,有比较强的空间把握能力,适应的预测期限较远,具备较强的可干预性,能适应突发事件。

(2) 近中期:采用趋势外推法,利用历史数据通过各种数学模型进行趋势外推,以获得目标时间段的总量发展规律。目前常用的预测模型主要有弹性系数法、时间序列、灰色系统、相关分析法和等增长率法。

3. 变电站选址定容

该环节主要进行有功、无功电力平衡,提出对电网各级电压供电电源点的建设要求。变电站选址采用的是目前较为通用的“伪动态优化”技术,即平面多中位法,依据规划目标年负荷分布预测的结果,利用变电站选址容量优化软件自动进行计算,再进一步进行近期和中期的变电站站址及站容优化计算。

4. 配电网规划

(1) 规划目标和技术原则。

规划一定要做到近期、中期和远景规划相结合,过去一般制定五年规划、十年规划、长期规划等规划任务,而不做远景或饱和规划,这是不科学的。规划年份不宜过多,一般远景为一年,中期一到两年,近期三年逐年列出建设项目。

规划年限应与国民经济发展规划和城市总体规划的年限一致,一般规定为近期(5年)、中期(10~15年)、远期(20~30年)三个阶段。

依据以上分期原则,确定规划各分期的目标、电网结构的原则、供电设施的标准及技术原则,其中规划技术原则应具有一定的前瞻性、适应性、差异性、针对性。

(2) 网络规划。

提出各级新建变电站的站点位置、线路路径方案(通过科学计算校核,如潮流计算、“N-1”计算、短路电流计算等,必要时还应进行稳定计算校核)。进行多方案技术经济比较,最终确定分期末及各规划水平年的目标网架,并给出电网现状及各分期末的配电网规划地

理接线图和潮流图。

配电网规划以现状网为依托,在此基础上结合未来变电站的建设以及负荷预测结果来进行,主要从满足负荷发展需求、网络接线模式、明确供电分区、网络的过渡等方面入手。配电网规划的主要编制内容如下:

①编制远期初步规划。根据预测的远期负荷水平,按远期规划所应达到的目标和本地区已确定的技术原则和供电设施标准,初步确定远期电网布局。

②编制近期规划。从现有电网入手,将基准年和目标年的预测负荷分配到现有或规划的变电站和线路,进行电力潮流、短路容量、无功优化、故障分析、电网可靠性等各项验算,检查电网的适应度。针对电网出现的不适应问题,从远期电网的初步布局中,选取初步确定的项目,确定电网的改进方案。

③编制中期规划。做好近期规划后,在近期末年规划电网的基础上,将基准年和中期规划目标年的预测负荷分配到变电站上,进行各项计算分析,检查电网的适应度。从远期电网的初步布局中选取初定的项目,确定必要的电网改进方案,做出中期规划。

④编制远期规划。以中期规划的电网布局为基础,依据远期预测负荷,经各项计算后,编制远期规划。远期规划是近、中期规划的积累与发展,因受各种因素的影响,远期规划原定的初步布局必将会有所调整和修改。

5. 投资估算及方案评估

(1) 确定投资规模。

根据建设规模估算相应项目的投资水平,确定各电压等级的投资规模,汇总各规划水平年需要的静态投资,得到配电网规划总投资。

(2) 经济评价。

计算规划方案的重要财务指标,分析还贷压力、投资回报情况等,分析财务可行性,为电力企业的经营管理提出决策性意见。

(3) 电网技术指标评估。

分析规划后的电网基本参数,包括网架结构、设备水平、技术管理水平等,对电网的技术指标,如供电可靠性指标、线损指标等进行分析评估。

1.4 配电网规划参考依据

配电网是保证经济发展的一项重要基础设施,因此配电网规划建设必须紧密结合地方总体发展规划方向,以满足、服务地方经济发展需要。配电网规划的重点是确定配电网络的远景目标、中期发展网架及过渡方案,提出近期建设改造项目。配电网规划过程中的接线模式选择、设备选型等均需严格按照相关规划技术导则中规定的范围进行确定。本书将不再针对技术规范性内容进行详细描述。下面将规划过程中的常用技术导则列举如下。

《城市电力规划规范》,GB/T 50293—1999;

《城市电力网规划设计导则》,Q/GDW156—2006;

《城市中低压配电网改造技术导则》,DL/T599—2005;

《中国南方电网城市配电网技术导则》,Q/CSG 10012—2005,中国南方电网有限责任公司;

《中国南方电网县级电网规划设计导则(试行)》,南方电网计[2005]79号;
《南方电网公司加快城市电网改造和完善农村电网工作方案》,南方电网办[2008]40号;
《中国南方电网公司110 kV及以下配电网规划指导原则》,南方电网生[2009]4号;
《供电系统用户供电可靠性评价规程》,DL/T836—2003;
《农村电网建设与改造技术原则》,DL/T5131—2001;
《电力系统电压和无功电力技术导则》,SD325—89;
《农村电网改造升级技术原则》,国家能源局,2010年9月。

1.5 配电网规划准备工作

配电网规划是一项需要多方交流协调的工作,规划过程中出现变更反复的情况较常见,因此,做好配电网规划不仅需要规划人员具备扎实的电力基础知识及丰富的电网运行经验,还需要科学合理地确定规划思路方法,把握规划重点,加强实地调查,确保数据的真实准确性。除此之外,还需要对规划过程中可能出现的各种突变因素进行预警。

(1) 确定符合规划区特点的规划方法,梳理工作思路,明确工作重点。

(2) 把握规划的重点,包括网架薄弱环节的分析、政策法规的约束条件、自然状况对电网的影响以及明确最重要和急需解决的问题。

(3) 实地调查的重要性也不容忽视,通过实地调查,可以直观地认识用地发展趋向、电网供电状况、准确把握区域负荷发展特点,同时也是准确核实基础数据、检验分析规划结果合理性的客观手段;实地调查可以从典型片区入手,调查全部设备和用地情况、重要用户情况以及突变情况应急方案及结果。

(4) 对于规划过程中可能发生的突变因素也要进行科学预警,如规划范围和区域发生变化、规划水平年份设定不合理、规划定位存在的不确定性、规划思路和重点的转移等等,基于上述考虑,规划人员需要合理安排工作进展,做出时间裕量,分析需求,把握规划特点,科学预知可能出现的问题,提前做好预警准备。

第二章 现状电网评估

2.1 概述

现状电网评估是对配电网主要电力设施的容量配置及运行状况进行的摸底排查和客观评价,是电力企业每年都要进行的一项重要工作。目前,我国电网建设项目的提出以及项目优先级的确定,常依靠人工主观判断,项目决策水平较低、电网建设改造的盲目性较大,这一问题在中低压配电网的建设改造中尤为突出,造成了资金的巨大浪费。每年改造后的电网仍然存在很多问题,不能很好地满足广大用户的要求。导致这种局面的一个主要原因是缺乏系统、科学的电网分析评估方法和决策工具,对电网现存和即将出现的问题,不能定量给出问题的严重程度与问题出现的具体位置。因此,配电网评估具有重要的现实意义,而且应建立在科学的理论基础之上进行。

2.2 基于层次分析法的指标评估体系

2.2.1 理论依据

配电网现状分析评估的好坏取决于评价体系建立水平和评估方法使用水平的高低。传统的配电网评估工作主要包括可靠性、安全性、供电质量等单项评估,利用模糊综合评判方法给出客观、全面、综合的电能质量评价指标,有些方法在评估配电网可靠性时考虑了原始数据的不确定性,这在一定程度上改善了评估效果,但缺乏整体性评价,对电网建设的直接指导性不强。随着规划深度的提高,这种以发现问题为主的现状分析已不能很好地满足实际要求,鉴于配电网评价指标繁多且彼此关系复杂的特点,系统的量化综合评价理论逐步在配电网现状评估中得到应用。现状电网综合指标评估体系,便是基于层次分析法(AHP)和德尔菲法(Delphi),对现状电网的综合指标进行评价,以科学系统的量化分析理论为基础,按照全面、合理、严密的要求,给出客观的量化分析结果。

层次分析法是一种实用的多方案或多目标的决策方法,它采用先分解后综合的系统思想,合理地将定性与定量相结合。清晰的层次结构是AHP分解简化综合复杂问题的关键,在此基础上确定的属性权重反映了同层指标间的重要程度。德尔菲法是一种能够充分综合领域专家知识、经验和信息的方法,本质上是一种反馈匿名函询法,是一种利用函询形式的集体匿名思想交流过程。现状电网综合评估首先是综合诸多配电专家的经验确定评价指标,然后利用AHP法建立评价体系、确定指标权重,同时咨询专家意见对此进行修订,反复进行直至得到满意结果。图2-1所示为应用层次分析法和德尔菲法建立配电网综合评价体系的基本流程。

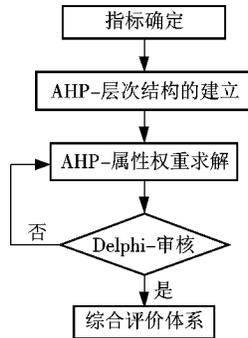


图 2-1 综合评价体系的建立流程

对于不同发展程度的电网,其现状电网的综合评价体系和评分标准是相同的,评价标准因电网的不同而有所不同,而指标权重可以相同,也可以根据不同城市对现状电网的侧重而设定不同的值。

2.2.2 评价标准体系

1. 模糊隶属函数和隶属度

模糊隶属度方法是用精确的数学语言对模糊性的一种描述。它把定性指标合理地量化,很好地解决了现有评估方法中存在的评价指标单一、评价过程不合理的问题。建立隶属函数即建立一个从论域(被考虑对象的全体)到 $[0,1]$ 上的映射,来反映某对象具有某种模糊性质或属于某个模糊概念的程度。具体程度值大小即为隶属度。实际工程应用中,将隶属函数分成成本型、效益型和适中型三种,其曲线如图 2-2 所示。图中 d_i 表示被考虑的因素, s_i 表示 d_i 在 $[0,1]$ 中的位置,即 d_i 对某决策评语的隶属度。

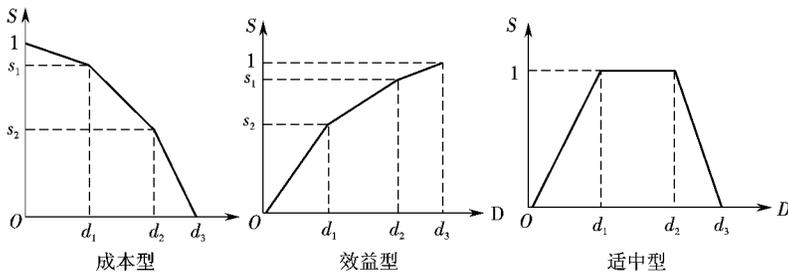


图 2-2 模糊隶属度函数类型

2. 评价标准体系的建立

评估过程中的指标评分即将指标的原始数据按照一定的标准转换成量化评分。例如,选定“安全性差、合理、良好、优化”作为决策判断集合,根据隶属函数即评分标准计算出各项指标对“安全性差、合理、良好、优化”的隶属度,再将其乘满分 100,便得到该属性的得分。

单点模糊评估是指一项指标对应其隶属函数上的一个确定隶属度的评估方法。下面以具体指标为例说明。指标“变电站主变容量配合不合理”在一定程度上反映变电站资源的利用情况,属于成本型函数。在确定函数的基本形状后,应用 Delphi 方法,确定三个典型评

分点 $(d_1, 25)$ 、 $(d_2, 50)$ 和 $(d_3, 75)$,以及曲线首末点评分为100和0的点,依据这五个典型点,应用五点法即可确定对应于该指标的隶属函数。依此方法,可计算得出整个评价体系。

2.3 现状电网综合评估流程

配电网综合评估的目的在于彻底摸清电网状况,找出其中存在的问题和隐患,为电网规划改造提供理论依据。这就要求以科学的系统分析理论为基础,按照全面、合理、严密的评估步骤,给出客观的量化分析结果。

为达到这一目的,评估过程至少应包括:基础数据收集、建立层次结构、单项指标计算及评分、综合评分和问题分析等几部分。

2.3.1 基础数据收集

在现状电网分析时,数据有很强的时效性。选取的数据不能反映现状电网的真实情况,则会得到错误的分析结果,同时可能影响后面的规划工作。选取数据应注意明确规划基准年和规划工作开始时间的关系,同时负荷选取值要科学,各类型负荷选取应能体现网络典型的运行状态。

1. 现状中压配电网地理接线图

以现状路网图为背景绘制完成,包含各变电站位置,主干线、大的分支走向,分段开关、联络开关位置,主干线名称。

2. 线路单线图

应包含所有线路各节点联络关系,各段导线型号、长度,配变位置、容量、型号。

3. 基准年全网最大负荷日各回中压线路的调度运行日志

包含各回线路最大负荷日24小时出口电流,出口电压,出口功率因数。

最大负荷日是地区电网年度负荷达到最大的一天,取这一天中变电站主变、中压线路出口整点24组数据中最大的那一组来计算衡量规划区变电站和线路的供电能力。

4. 各电源变电站情况

电源变电站所在的分区、变电站名称、电压等级、主变台数、容量、中压可出线间隔数、已出线间隔数、最大负荷等数据。

2.3.2 指标确定及评估体系建立

配电网处于整个电网的最底层,与用户紧密相连,具有点多、面广、线路长的特点。配电网规划指标体系的建立,必须充分考虑配电网的上述特点,确保指标体系的实用性和可操作性,即在评价指标选择方面,应准确、规范、可比;在评价指标数据来源方面,应真实、可靠;在评价结果方面,应客观、全面。具体地讲,配电网规划评价指标体系的建立应遵循以下6个原则:

(1) 准确性原则。评价指标的内涵与外延界定确切,统计口径无歧义,重复计算的指标数据应具有高度的一致性。

(2) 规范性原则。评价指标的分类、计量单位、计算方法、调查表等应有统一的规范性要求,以便在实际工作中推广应用。