

配电网

PEIDIANWANG
GUIHUA
SHEJIJISHU

规划设计技术

刘树森 © 著



辽宁大学出版社
Liaoning University Press

配电网

PEIDIANWANG
GUIHUA
SHEJIJISHU

规划设计技术

刘树森 © 著



辽宁大学出版社
Liaoning University Press

图书在版编目 (CIP) 数据

配电网规划设计技术/刘树森著. —沈阳: 辽宁
大学出版社, 2017. 5
ISBN 978-7-5610-8623-0

I. ①配… II. ①刘… III. ①配电系统—电力系统规
划—系统设计 IV. ①TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 100600 号

配电网规划设计技术

PEIDIANWANG GUIHUA SHEJI JISHU

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司
(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)
印 刷 者: 鞍山新民进电脑印刷有限公司
发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司
幅面尺寸: 170mm×240mm
印 张: 20.75
字 数: 390 千字
出版时间: 2017 年 5 月第 1 版
印刷时间: 2017 年 5 月第 1 次印刷
责任编辑: 崔利波
封面设计: 韩 实
责任校对: 金 山

书 号: ISBN 978-7-5610-8623-0
定 价: 68.00 元

联系电话: 024-86864613
邮购热线: 024-86830665
网 址: <http://press.lnu.edu.cn>
电子邮件: lnupress@vip.163.com

目 录

第一章 配电网规划	1
第一节 概 述	1
第二节 配电网规划设计的重要性	1
一、配电网的定义	1
二、规划设计的作用	3
三、规划设计的基本原则	3
四、规划阶段划分	4
第三节 配电网发展规划	5
一、配电网发展规划的内容	5
二、配电网发展规划的业务范围	5
第四节 配电网规划设计	6
一、配电网规划设计的内容	6
二、配电网规划设计的业务范围	7
第五节 配电网规划设计的程序和方法	7
一、规划设计流程	7
二、规划设计的一般要求	9
三、规划设计的成果	9
第二章 配电网供电区域划分	12
第一节 概 述	12
一、供电区域划分的作用	12
二、供电区域划分的一般原则	12
三、影响供电区域划分的主要因素	13
第二节 供电区域划分的定义及方法	13

一、供电区域划分的定义	13
二、供电区域划分的方法	14
第三节 供电区域划分实例	15
一、供电区域划分的目标	15
二、供电区域划分的标准及要求	16
三、供电区域划分的步骤	17
四、供电区域划分结果	17
第三章 配电网负荷预测	20
第一节 概 述	20
第二节 基本要求	20
一、主要内容	20
二、收资需求	21
三、主要特性参数	23
第三节 总量负荷预测	27
一、通用预测方法	27
二、电量预测方法	29
三、负荷预测方法	30
四、预测方法特点分析	34
第四节 网供负荷预测及变电容量估算	36
一、网供负荷预测	36
二、变电容量估算	37
第五节 空间负荷预测	38
第四章 电源与分布式电源规划	40
第一节 概 述	40
第二节 发电厂接入设计	41
一、接入原则	41
二、设计内容	44
三、接入高压配电网方案	44
四、接入中压配电网方案	45
第三节 分布式电源规划	47

一、分布式电源规划过程	47
二、分布式电源类型选择	48
三、分布式电源规划优化方法（选址和定容）	53
四、分布式电源接入容量估算方法	55
五、含分布式电源的配电网规划应注意的问题	57
第四节 分布式电源接入	58
一、电源接入系统技术要求	58
二、电源接入电压和频率异常时的响应特性要求	59
三、分布式电源接入系统设计内容	62
四、分布式电源接入系统方案	62
第五章 典型用户负荷特性及用电特点分析	68
第一节 负荷特性分析方法	68
一、按影响因素分析电力负荷特性	69
二、分行业分析电力负荷特性	70
第二节 主要负荷特性指标分析	71
一、负荷特性指标含义	71
二、负荷特性指标分析	71
第三节 典型用户负荷特性的分析方法	73
一、典型用户负荷特性的分析方法	73
二、典型用户负荷特性分析及用电特点	75
三、配电网规划工作中对典型用户负荷特性需要重点考虑的因素	78
四、配电网规划工作中负荷预测需要重点关注的问题	79
第四节 盘锦市电力负荷特性研究实例	80
一、用电结构分析	81
二、负荷特性分析	87
第六章 配电自动化规划设计	96
第一节 规划设计原则及要求	96
一、设计原则	96
二、规划要求	97
第二节 故障处理模式	98

一、故障处理原则	98
二、故障处理模式选择	98
第三节 主站建设原则	99
一、总体要求	99
二、主站系统配置	99
三、主站规模设计	99
四、主站功能配置	100
第四节 终端建设原则	100
一、基本要求	100
二、终端配置标准	101
第五节 通信网建设原则	102
一、总体要求	102
二、组网方式	102
三、通信方式选择	102
四、通信规约	103
五、信息交互	103
六、安全防护	103
第六节 配电终端分区计算方法	104
一、参数定义	104
二、计算原理及公式	104
三、典型计算参数下各类区域馈线所需划分“三遥”或 “二遥”分段数计算示例	107
第七节 通用造价	112
一、通用造价概述	112
二、通用造价总体原则	113
三、通用造价编制依据	114
四、典型方案说明	138
五、典型方案造价一览表	141
第七章 配电网典型供电模式技术	144
第一节 供电模式的概念、内涵及编制原则	144

一、供电模式的概念、内涵·····	144
二、编制原则·····	145
第二节 主要技术原则·····	146
一、110~35 千伏变电站·····	146
二、110~35 千伏线路·····	147
三、10 千伏线路·····	147
四、配电设备·····	148
五、供电安全标准·····	149
六、短路电流水平·····	150
七、电力线路载流量·····	150
八、电能质量检测·····	153
第三节 基本模块组·····	153
一、电网供电模块组·····	154
二、电源接入模块组·····	155
三、用户接入模块组·····	155
四、配电自动化模块组·····	155
第四节 主要技术指标·····	156
一、负荷密度·····	156
二、供电可靠率·····	156
三、综合电压合格率·····	157
四、转供能力·····	157
第五节 配电网典型供电模式方案·····	158
一、A+类供电区域典型供电模式·····	159
二、A类供电区域典型供电模式·····	177
三、B类供电区域典型供电模式·····	195
四、C类供电区域典型供电模式·····	220
五、D类供电区域典型供电模式·····	235
六、E类供电区域典型供电模式·····	252
第八章 国内外配电网规划设计简介·····	259
第一节 法国巴黎配电网·····	259

一、巴黎城区高压配电网	259
二、巴黎城区中压配电网	260
三、巴黎城区低压配电网	262
第二节 日本东京配电网	264
一、东京电网概况	264
二、东京配电网接线模式	264
第三节 新加坡电网	268
一、新加坡电网概述	268
二、配电自动化建设	268
第四节 上海浦东核心区配电网	269
一、总体思路	270
二、目标网架	271
三、馈线自动化方案	274
第九章 配电网诊断评估指标体系研究	277
第一节 诊断评估指标体系研究现状	277
第二节 现有诊断评估指标及解释	278
一、基础指标	278
二、安全可靠指标	280
三、效益指标	281
四、设备指标	283
第三节 我国诊断评估指标应用中存在的问题	286
附表 配电网典型供电模式汇总表	288
参考文献	317
后 记	321

第一章 配电网规划

第一节 概 述

电能作为优质、清洁、高效的二次能源，是目前世界各国能源消费的主要形式之一。电能作为一种特殊的商品，不能大量储存，其生产、运输、销售和消费是同时完成的。用户对电能需求的不断增长，只有通过电力工业本身的基本建设以不断扩大电力系统的规模才能满足。要满足国民经济发展的需要，电力工业必须先行。因此，做好电力工程建设的前期工作，落实发、送、变电本体工程的建设条件，协调其建设进度，优化其设计方案，其意义尤为重大。配电网规划是电力系统规划设计的重要组成部分，是配电网工程前期工作的基础。它是关于单项本体工程设计的总体规划，是具体建设项目实施的方针和原则，是一项具有战略意义的工作。配电网规划设计工作应在国家产业和能源政策指导下，在国民经济综合平衡的基础上进行。

配电网的发展速度及其经济合理性不仅关系到电力工业本身能源利用和投资使用的经济和社会效益，同时也将对国民经济其他行业的发展产生巨大的影响。正确、合理的配电网规划设计实施后可以最大限度地节约国家基建投资，促进国民经济其他行业的健康发展，提高其他行业的经济和社会效益，因而其重要性是不可低估的。

第二节 配电网规划设计的重要性

一、配电网的定义

配电网可以根据功能、电压等级等因素进行定义。按照功能划分，电网分为输电网和配电网。输电网承担电力输送的功能，配电网承担电力分配的功

能。按电压等级划分,可将某一电压等级及以下的资产统一定义为配电网。

目前,随着各地区经济发展及电网建设情况不同,各地区不同电压等级电网承担着配电功能。例如,中西部地区一般为110(66)kV及以下电网承担配电功能,而东部地区及南方经济发达的高负荷密度的部分城市中的220kV已进入城市中心区承担配电功能。另外,部分地方按照电压等级将某一电压等级及以下电网统一划分为配电网。

根据历史传统及现状管理情况,配电网一般分为城市配电网和农村配电网。但目前各电网公司已逐渐弱化城市和农村口径,而统一为配电网,只是配电网建设重点和建设标准不同。

例如,国家电网公司将110kV及以下电压等级电网定义为配电网,包括110(66)kV、35kV、10(20)kV和380V电网,其中又包括市辖供电区电网(城市电网)和县级供电区电网(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,但不包括已纳入县级供电区的地区。县级供电区主要是指县级行政区(含县级市、旗等),此外还包括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。南方电网公司将配电网定义为110kV及以下电压等级电网,包括110kV、35kV、10(20)kV、380/220V电网。

配电网可以分为高压配电网、中压配电网及低压配电网。按电压等级划分,一般35kV及以上电压等级配电网为高压配电网,10(20)kV电网为中压配电网,380/220V电网为低压配电网。本书所指的配电网为110kV及以下电压等级电网。

配电网资产规模大,直接面向用户,配电网的规划、设计与建设直接关系到整个电网企业的经济效益和广大电力用户的安全可靠供电。依据配电网在电网中所处位置及承担的功能,规划设计具有以下特点:

1. 配电网资产规模大,建设标准直接决定了电网企业的投产能力、经济效益及用户供电可靠性,配电网规划要兼顾可靠性和经济性等多方面需求。

2. 配电网工程以用户为导向,配电网不仅要与上一级电网协调优化,更要满足用户接入及供电需求。

3. 配电网单个工程小,建设周期短,用户需求变化快及建设工期要求短,改造频繁。

4. 配电网工程与市政工程关系紧密,工程实施受市政条件影响大,不可控因素多。同时,配电网建设受政策法规影响大。

5. 规划边界条件复杂,各类用户接入标准及要求不同,随着分布式电源及电动汽车等多元负荷的发展,对规划的前瞻性及适应性要求更高。

二、规划设计的作用

根据配电网规划工作特点，配电网规划的主要作用包括以下几方面：

1. 明确配电网发展技术原则，确定配电网建设标准。
2. 提出配电网远期、中期发展规划及近期方案及计划，指导配电网建设。
3. 提出配电网布局规划及空间资源需求，为与市政规划衔接提供依据。

三、规划设计的基本原则

配电网应向用户提供充足、可靠和优质的电能，而经济性、可靠性和灵活性是配电网系统应该具有的品质，故满足一定程度的经济性、可靠性和灵活性是对配电网规划设计的基本要求。

（一）供电能力充分满足用电负荷增长需求

在规划期内应当尽快改善、解决配电网现存的薄弱环节，并使规划期配电网具有足够的供电能力，充分满足预测负荷的需求。具体衡量标志：

1. 配电网在规划期内、期末常态工况下，能够满足当前负荷和预期负荷增长的需求，配电网所有元部件（包括变压器、供配电线路等一次主设备）运行的负载率在技术经济上合理，电压质量合格，不发生满负荷、过负荷问题。这是最基本的要求。

2. 高中压配电网网架在规划期末或稍长时间内，在常态工况下能够满足比预测负荷增长率高的负荷增长需求，而配电网一次主设备不致过负荷，并保持电压质量在规定合格范围内。

3. 配电网网架在规划期或稍长时间内，在规定元部件“N-1”维修工况下，能够通过调度操作调控，满足负荷需求，不致使配电网元部件过负荷。

（二）配电网具有良好的安全供电性能

良好的安全供电性能是指配电网运行满足规定的“N-1”安全准则，即在网络常态工况（含“N-1”维修工况）下，一个元件发生意外故障（如雷击、短路）或设备事故冲击时，配电网及其他元件的安全稳定运行状态不被破坏，仍能保持（或迅速恢复）正常供电而不损失负荷。“N-1”安全准则是检验配电网安全供电能力的基本准则。

（三）提供良好的电能质量

配电网在常态工况下应保障终端用户电能质量指标符合国家颁布的五项供电质量标准。其中，电压偏差是对用户用电和配电网安全、经济运行影响敏感的基本指标，主要取决于配电网结构、无功补偿及其调节能力以及运行方式，需要在配电网规划阶段打下良好基础。供电企业对时有发生电压不合格现象

应制定控制电压合格率的企业标准和相应的实测规则与改进计划。

(四) 提供良好的用户供电可靠性

用户供电可靠性表征配电网向用户持续供电的程度是用户真正感受到供电是否可靠的基本标志。用户供电可靠性指标主要有用户供电可靠率 RS-1 和 RS-3、用户年平均停电时间 AIHC-1 或 AIHC-3、用户年平均停电次数等。世界各国电力公司都对提高用户供电可靠性十分重视,采取措施,不断提高用户供电可靠率,不断提高用户满意度。

(五) 具有较低的线损率

配电网电能损耗是将电能经由地区配电网向本地用户配送过程中,在该地区高、中、低压配电网及营销环节所产生的损耗和损失。线损越高,供电企业的效益就越低。因此,要科学地制定规划期合理的线损率目标。降低线损是落实节约能源、降低能耗基本国策的重要内容,也是供电企业提高经营效益的重要途径。

近年来,我国各省电网技术线损理论计算分析和实际线损率统计分析表明,配电网线损电量约占整个电网线损总量的 65%~75%,其中 10kV 及以下中、低压配电网线损电量约占 45%左右(有的配电网达到 50%以上)。电网典型日运行方式实测理论计算与实际统计分析还表明,我国中、低压配电网线损率与发达国家相比有较大差距,国内城市电网之间相比也存在较大差异。从这方面说,科学地规划、建设好配电网,合理地降低配电网线损还有一定的潜力。

(六) 保持供电企业负债率在合理范围内

供电企业负债率是企业经营状况的重要指标,也标志着可持续发展和盈利的能力。在配电网规划中应当宏观控制规划期资金投入数量,将最大负债率(指主业资产负债率)控制在适宜的范围。在一定负荷增长率和国家批准电价政策下,应有一个合理的年负债率变化值,从而使该规划期配电网投资既有需求扩张的目标,又有投资收益的约束,从而达到优化的目的。

一般来说,供电企业负债率在 70%以下,该企业资产属优良资产,市场信誉好、偿还能力较强,对电网发展是强有力的支撑。目前,供电业务具有自然垄断属性,在电力稳定增长的时期里,短期负债率高到 70%~80%也属于可运作资产范畴。当然,这需对一段时期(如 5 年)内的负债率变动趋势进行综合分析,不以一个年度的具体数字而论。

四、规划阶段划分

配电网规划年限应与国民经济和社会发展规划的年限相一致,一般可分为近期(5 年)、中期(10 年)、远期(15 年及以上)三个阶段,遵循“近细远粗,远近结合”的思路。其中,近期规划应着力解决当前配电网存在的主要问

题，提高供电能力和可靠性，满足负荷需要，并依据近期规划编制年度计划。一般来说，高压配电网应给出 5 年的网架规划和分年度新建与改造项目；中压配电网应给出 2 年的网架规划和分年度新建与改造项目，并估算 5 年的建设规模和投资规模。

中期规划着重将现有配电网网架逐步过渡到目标网架，预留变电站站址和线路通道。中期规划应与近期规划相衔接，明确配电网发展目标，对近期规划起指导作用。

远期规划应侧重于战略性研究和展望，主要考虑配电网的长远发展目标，根据饱和负荷水平的预测结果确定目标网架，并对电源布局提出要求。

第三节 配电网发展规划

一、配电网发展规划的内容

配电网发展规划的任务是研究配电网长期发展的规模及其速度，是以一地区或一省未来国民经济的发展为基础，以动力资源和其他经济资源为条件，测算用户对电力、电量的需求，分析 110kV 及以下电源的合理分布、构成、装机规模，研究新的变配电技术和对新的变配电设备的需求，掌握配电领域新技术的发展形势，估算未来配电网发展所需要的资金，提出配电网发展所需超前研究的科研课题和建设方针。

一般来讲，编制配电网发展规划有两个方面的基本任务：一是确定宏观规模，主要是论证、提出规划期内负荷增长的趋势和数量，需要新建、改造的一次设备（各级电压变电站和配电网）工程规模及其综合投资估算，预期的经济、社会效益和可取得的技术经济指标，可能存在的主要风险和降低风险的措施等。二是提出实施规划的技术方针原则和工程要求，主要是确定适合配电网实际的技术原则；明确采用先进、实用的设备及对这些设备在落实国家节能、环保政策方面提出具体要求；提出合理网架布局、站址、路径（包括地面、地下通道）和配电设施用地等要求，以及无功补偿、二次系统（含继电保护、自动化、通信、信息系统）等建设改造的原则、规模等。不同规划期的配电网规划，其研究的侧重点有所不同。

二、配电网发展规划的业务范围

1. 对规划年份电力负荷的发展进行预测，并对用电负荷的构成及特性进

行分析。

2. 进行规划年份的电力、电量平衡。
3. 对规划地域内发电能源情况进行调查，并对包括风、光伏等资源条件及运输条件进行分析。
4. 对 110kV 及以下的电源建设方案进行优化论证。
5. 提出相应的配电网网架方案。
6. 提出系统逐年新增发电容量及退役容量，规划期发送变电工程项目及其规模，规划期及逐年基建总投资和筹措设想。
7. 规划方案的技术经济指标及经济效益。
8. 应完成的前期工作及科研项目。

第四节 配电网规划设计

一、配电网规划设计的内容

配电网规划设计的任务是通过对未来 5~15 年电力系统发展规模的研究，合理设计电源和网络建设方案，统一和协调输、变电工程的配套建设项目，确定设计年度内系统发展的具体实施方案。配电网设计工作视研究的地域范围和解决技术问题的侧重点不同可以分为以下几类：

(一) 配电系统设计

省或地市配电系统设计的任务是在系统主力电源接入系统方案和主网架方案已经确定的条件下，研究省及地市接入配电网电源接入系统方式及二次电压等级的网络方案，通过系统潮流、调相调压及短路电流计算，提出省及地市的配电系统接线方案及相应需要建设的变配电项目（包括无功补偿配置）。

(二) 电源接入系统设计

电源接入系统设计的任务是根据负荷分布和电源合理供电范围，研究电源最佳接入系统方式（包括电压等级及出线回路数）、电源送出工程相关网络方案、建设规模及无功补偿配置，并提出系统运行对设计电源的技术要求（如稳定措施、调峰、调频、调压设备的规范及发电机的进相及调相能力等）。

(三) 本体工程设计的系统专业配合

本体工程设计的系统专业配合的任务是把电厂接入系统设计中确定的技术原则落实到具体工程设计中去，包括设计规模，分期建设方案，电气主接线、主设备规范，建设进度、技术条件核校及可能采取的措施等。系统专业的配合

资料是本体工程设计的依据和基础资料。

(四) 电力系统专题设计

为解决设计年限内系统中出现的专门技术问题，需要进行系统专题设计。

其范围主要有：

1. 系统扩大联网设计。
2. 系统高一级电压等级论证。
3. 交、直流输电方式选择。
4. 电源开发方案优化论证。
5. 弱受端系统供电方案。
6. 特殊负荷的供电方案。
7. 新技术设备的应用研究。

二、配电网规划设计的业务范围

1. 进一步分析核算系统电力负荷和电源的水平、分布、组成及特性，必要时对负荷增长进行敏感性分析。

2. 进行电力电量平衡，进一步论证系统的合理供电范围和相应的电源建设方案。

3. 优化网络建设方案，包括电压等级、网络结构及过渡方案。

4. 进行无功平衡和电气计算，提出保证电压质量、短路电流的技术措施，包括无功补偿设备、调压装置及其他特殊措施。

5. 安排变配电工程及无功补偿项目的投产时间，提出主要设备数量及技术规范，估算总投资及发、供电成本。

6. 提出应进行的远景年份所需发电工程可行性研究，现有网络改造项目及其他需进一步研究的问题。

第五节 配电网规划设计的程序和方法

一、规划设计流程

配电网规划设计工作的主要步骤包括：

1. 所需资料及历史数据收集。
2. 负荷预测及供电分区。
3. 现状电网评估。

4. 确定规划目标及技术原则。
5. 规划设计方案制订。
6. 分析计算及技术经济比选。
7. 费用估算及经济分析。
8. 规划报告编制。

具体流程见图 1-1。

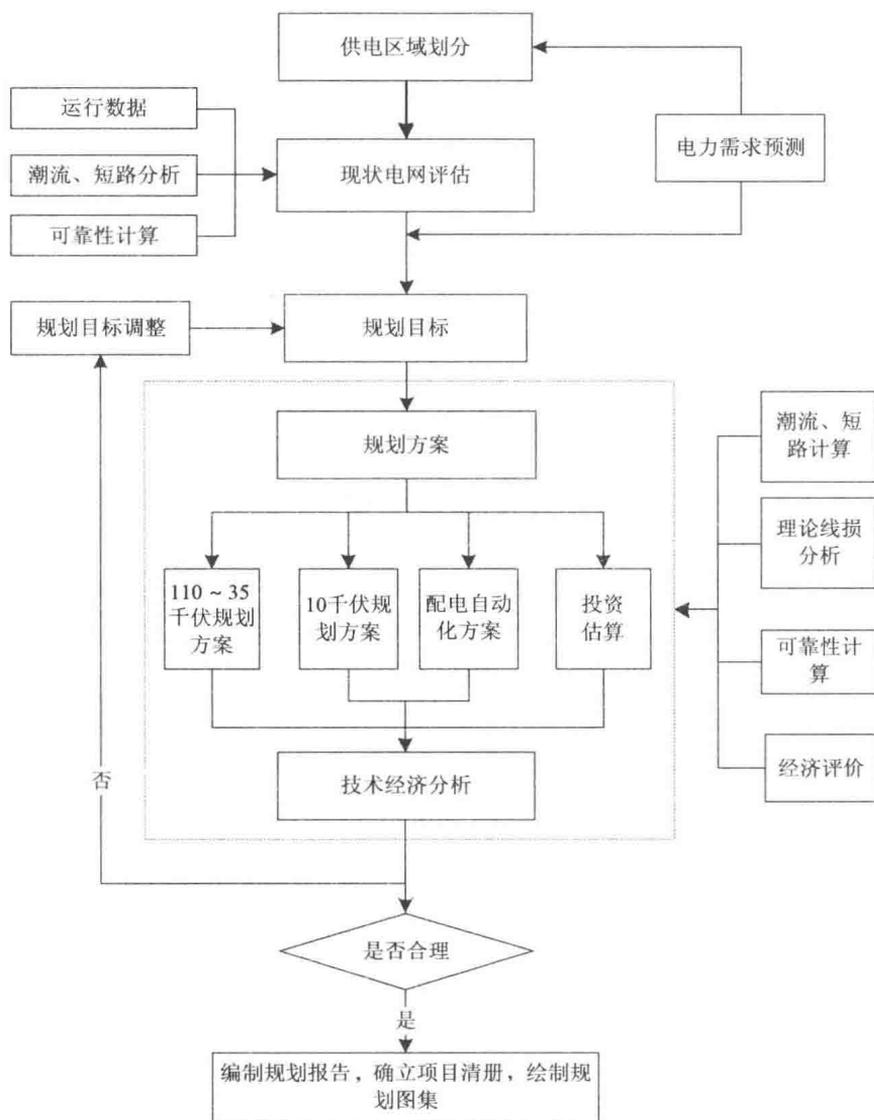


图 1-1 配电网规划流程