

# 配电网规划设计

Planning Design of Distribution Network

舒印彪 / 主编

 中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 配电网规划设计

Planning Design of Distribution Network

舒印彪 / 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了配电网规划设计和内容和方法。主要内容包括总论、配电网负荷预测、配电网供电区域划分、高压配电网规划、中压配电网规划、低压配电网规划、配电网无功规划、二次系统规划、电源接入、电力用户接入、电能质量、潮流计算、短路电流计算、供电可靠性计算、技术经济评价、配电网设备设施、农村电网改造升级、主动配电网、交直流混合配电网、网格化规划。书中还给出了规划设计常用的技术方法、计算公式、数据资料、图表曲线,可供查用、参考。

本书是配电网规划设计人员必备的专业技术指导用书,也可供从事配电网建设、运维、调度、营销等工作的专业人员学习参考,还可作为高等院校电气工程及其自动化和相关专业的教学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

配电网规划设计 / 舒印彪主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.10  
ISBN 978-7-5123-8401-9

I. ①配… II. ①舒… 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 (2018) 第 252618 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: 岳 璐 邓慧都 穆智勇

责任校对: 黄 蓓 常燕昆

装帧设计: 王英磊 左 铭

责任印制: 石 雷

---

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

版 次: 2018 年 11 月第一版

印 次: 2018 年 11 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 20.5

字 数: 468 千字

定 价: 98.00 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

# 编 委 会

主 编 舒印彪

编写组 刘开俊 冯 凯 吕 健 韩 丰 黄 震  
谷 毅 吴志力 杨卫红 刘思革 宋 毅  
薛振宇 王 哲 李红军 雷 勇 左向红  
何红斌 王云飞 王旭阳 郑 燕 徐 晶  
张巧霞 李亦农 赵景涛 原 凯 孙充勃  
靳夏宁 金 强 胡成恩 钱 康 徐荆州  
蔡 超 崔艳妍 韦 涛 金广祥 辛培哲

# 前 言

党的十九大报告指出，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，能源电力肩负的绿色、清洁、安全、高效供应保障使命更加艰巨。作为连接千家万户的“最后一公里”电网，配电网在服务人民美好生活需要、支撑能源生产消费革命、推动城乡经济社会发展、构建国家总体安全等战略布局中具有十分重要的作用。国家电网有限公司高度重视配电网建设与发展，把构建安全可靠、经济高效、灵活先进、绿色低碳、环境友好的智能配电网作为企业发展重要任务，不断加大建设改造力度。经过多年努力，配电网供电能力、供电质量、安全保障水平显著提高，实现了由整体薄弱向全面提高的重大转变，一系列先进理念、先进模式、先进经验得到充分的理论证明和实践检验。配电网规划设计在推动配电网转型升级这一历史进程中，发挥了举足轻重的作用。

为进一步加强统一规划，全面提升规划设计理念，实现新时代配电网高质量发展，国家电网有限公司组织规划设计骨干力量，紧密结合我国国情、网情，充分借鉴国内外先进成果经验，编制完成《配电网规划设计》。本书详细介绍了配电网规划设计的流程、原理、方法以及参数等，共分为总论、配电网负荷预测、配电网供电区域划分、高压配电网规划、中压配电网规划、低压配电网规划、配电网无功规划、二次系统规划、电源接入、电力用户接入、电能质量、潮流计算、短路电流计算、供电可靠性计算、技术经济评价、配电网设备设施、农村电网改造升级、主动配电网、交直流混合

配电网、网格化规划二十个篇章，覆盖了规划设计的各个领域、方方面面。

本书着眼思想引领、技术指导和实践操作，力求完整、准确。一是聚焦先进理念，紧扣供电可靠性、供电安全性，运用差异化规划、标准化设计、资产全生命周期管理等体系成果，体现输配协调、城乡协调、网源协调、配用协调、一二次协调，既详细阐明配电网规划设计的工作思路、具体流程和重点要点，又突出理论推导、方法解读和算例推演。二是实用性和前瞻性并重，秉持立足实际、适度超前的编纂思路，既全面总结近年来省、市、县、乡配电网规划设计的工作经验，兼顾运行、维护、营销等业务环节和沿海、严寒、高原等特殊环境需要，又拓宽视野、放远目光，对接国际一流标准，吸收融合主动配电网、交直流配电网等现有成熟技术和前沿成果。三是贴近读者需要，全书点面结合、内容丰富、深浅相宜，既能作为配电网规划设计的工具书，也可以作为生产运行、营销服务、科学研究的参考书，亦可为高等院校、教育培训等提供借鉴帮助。

本书在编写过程中，得到国家电网有限公司各相关单位的大力支持和各级领导的悉心指导，凝聚了全体编著人员的辛勤汗水和努力。希望通过本书，能够为广大读者提供更加有效的技术指引和工作帮助，为现代配电网建设提供更加科学的理论支撑。书中不足之处，敬请广大同行和读者提出宝贵意见和建议。

编者

2018年7月

# 目 录

前言	
<b>1 总论</b>	<b>1</b>
1.1 配电网概述	1
1.2 配电网规划设计的重要性	1
1.3 配电网规划设计的原则和方法	2
1.4 配电网规划设计的任务和内容	4
1.5 资料收集和整理	7
<b>2 配电网负荷预测</b>	<b>10</b>
2.1 负荷预测的内容与要求	10
2.2 配电网负荷特性分析	12
2.3 配电网负荷预测方法	16
<b>3 配电网供电区域划分</b>	<b>33</b>
3.1 供电区域划分作用和原则	33
3.2 供电区域划分标准	34
3.3 供电区域划分方法	35
<b>4 高压配电网规划</b>	<b>38</b>
4.1 变电需求估算	38
4.2 变电站布点与设计	42
4.3 网络结构	46

4.4	电力线路	53
4.5	中性点接地选择	55
<b>5</b>	<b>中压配电网规划</b>	<b>57</b>
5.1	配电设施位置选择	57
5.2	配电变压器及其容量选定	61
5.3	网络结构	64
5.4	电力线路	72
5.5	中性点接地选择	73
<b>6</b>	<b>低压配电网规划</b>	<b>74</b>
6.1	供电制式	74
6.2	网络结构	75
6.3	中性点接地选择	79
6.4	接户线选择	81
<b>7</b>	<b>配电网无功规划</b>	<b>83</b>
7.1	无功负荷与电源	83
7.2	无功平衡	85
7.3	无功补偿	87
<b>8</b>	<b>二次系统规划</b>	<b>90</b>
8.1	继电保护及自动装置	90
8.2	配电自动化系统	93
8.3	配电网通信系统	98
8.4	用电信息采集系统	102
<b>9</b>	<b>电源接入</b>	<b>106</b>
9.1	电源概述	106
9.2	电源接入技术原则	109
9.3	常规电源接入设计	113



9.4	分布式电源接入设计	114
9.5	微电网	119
<b>10</b>	<b>电力用户接入</b>	<b>123</b>
10.1	电力用户概述	123
10.2	电力用户接入技术原则	124
10.3	电力用户接入设计	129
<b>11</b>	<b>电能质量</b>	<b>142</b>
11.1	电压质量	142
11.2	电网谐波	149
<b>12</b>	<b>潮流计算</b>	<b>154</b>
12.1	标幺值	154
12.2	潮流计算	155
12.3	功率损耗和电能损耗计算	163
12.4	供电安全分析	169
<b>13</b>	<b>短路电流计算</b>	<b>172</b>
13.1	计算目的和内容	172
13.2	计算方法及实例	177
13.3	限制短路电流的措施	181
<b>14</b>	<b>供电可靠性计算</b>	<b>183</b>
14.1	供电可靠性统计内容	183
14.2	供电可靠性分析指标	185
14.3	供电可靠性计算方法	187
<b>15</b>	<b>技术经济评价</b>	<b>193</b>
15.1	技术经济评价的作用与内容	193
15.2	方案比选	194
15.3	财务评价	201

15.4	不确定性分析	207
<b>16</b>	<b>配电网设备设施</b>	<b>210</b>
16.1	配电网设备选择原则	210
16.2	变配电设备	211
16.3	架空线路	218
16.4	电缆线路	222
16.5	配电电力电子设备	226
16.6	配电网设施布局	227
<b>17</b>	<b>农村电网改造升级</b>	<b>232</b>
17.1	农村电网的范畴和特点	232
17.2	农村电网改造升级原则	233
17.3	典型工程规划设计案例	237
<b>18</b>	<b>主动配电网</b>	<b>252</b>
18.1	主动配电网定义及功能	252
18.2	主动配电网规划	254
18.3	主动配电网示范工程	258
<b>19</b>	<b>交直流混合配电网</b>	<b>262</b>
19.1	交直流混合配电网定义及功能	262
19.2	交直流混合配电网规划	263
19.3	交直流混合配电网示范工程	270
<b>20</b>	<b>网格化规划</b>	<b>272</b>
20.1	基本原则及规划流程	272
20.2	规划区域网格划分	273
20.3	现状电网分析	278
20.4	负荷预测	278
20.5	网格化规划方案	279
20.6	成效分析	281

附录	282
附录 A 35~110kV 设备常用图形符号	282
附录 B 10kV 及以下设备常用图形符号	284
附录 C 配电网规划设计主要收资内容	285
附录 D 典型城市负荷密度指标	289
附录 E 配电网技术经济评价主要指标	290
附录 F 35kV 油浸式电力变压器设备规范及电气参数	295
附录 G 35kV 干式电力变压器设备规范及电气参数	297
附录 H 66kV 油浸式电力变压器设备规范及电气参数	299
附录 I 110kV 油浸式电力变压器设备规范及电气参数	301
附录 J 10kV 油浸式配电变压器设备规范及电气参数	304
附录 K 10kV 干式配电变压器设备规范及电气参数	306
附录 L 10kV 非晶合金配电变压器设备规范及电气参数	308
附录 M 架空线路电气参数及其电压损失	309
附录 N 电缆线路电气参数及其电压损失	312
参考文献	316

# 1 总 论

## 1.1 配电网概述

配电网是指从输电网和各类发电设施接受电能，通过配电设施就地或逐级分配给各类电力用户的 110kV 及以下电力网络。配电网是电网的重要组成部分，与城乡规划建设密切相关，是服务民生的重要基础设施，直接面向终端用户，需要快速响应用户需求，具有外界影响因素复杂、地区差异性大、设备数量多、工程规模小且建设周期短等特点。随着新能源、分布式电源和多元化负荷的大量接入，配电网的功能和形态发生深刻变化，由“无源”变为“有源”，潮流由单向变为多向，呈现变化大、多样化的新趋势。

配电网根据电压等级分为高压配电网、中压配电网和低压配电网。在我国，高压配电网的电压等级一般采用 110kV 和 35kV，东北地区主要采用 66kV；中压配电网的电压等级一般采用 10kV，个别区域采用 20kV 或 6kV；低压配电网的电压等级采用 380/220V。

配电网包括一次设备和二次设备。一次设备直接配送电能，主要包括变压器、开关设备、架空线路、电力电缆等；二次设备对配电网进行测量、保护与控制，主要包括继电保护装置、安全自动装置、计量装置、配电自动化终端、相关通信设备等。

## 1.2 配电网规划设计的重要性

配电网规划是电网规划的重要组成部分，是指导配电网发展的纲领性文件，是配电网建设、改造的依据。开展配电网规划设计，制定科学合理的规划方案，对提高配电网供电能力、供电可靠性和供电质量，满足负荷增长，适应电源及用户灵活接入，实现系统经济高效运行，切实提升配电网发展质量和效益具有重要意义。

由于历史原因，我国配电网发展不平衡，建设总体滞后，欠账较多，与国际先进水平还有明显差距。长期以来缺乏先进发展理念，网架建设被动跟随用户工程，发展随意性大，建设标准不统一，设备质量参差不齐，制约了电网整体功能发挥。

党的十九大提出从决胜全面建成小康社会到全面建成社会主义现代化强国的“两个一百年奋斗目标”，随着新型城镇化、农业现代化步伐加快，配电网建设和改造任务日益紧迫。城

市供电可靠性要求不断提高，高新技术、高附加值产业、高精度制造企业等重要电力用户负荷越来越多，居民生活品质提升要求和电气化程度越来越高，停电造成的经济损失和社会影响越来越大；农村生产生活用电需求快速增长，局部地区农村电网建设滞后，仍存在“低电压”、县域电网与主网联系薄弱等问题，随着美丽乡村全面建设、农村再电气化和农村扶贫开发大力开展，需要尽快缩小城乡电网差距，实现电力普遍服务；分布式电源和电动汽车、储能装置等多元化负荷快速发展，配电网呈现愈加复杂的“多源性”特征，需要从传统的被动控制网络向先进的主动控制、主动管理系统转型升级。

我国配电网规划起步较晚，工作基础相对薄弱。当前配电网发展的老问题和新需求相互交织，规划问题日趋复杂，迫切需要提高配电网规划设计人员的业务水平和综合能力，运用全新的规划理念、工具和方法，加强统一规划，提高规划精益化、标准化水平，实现规划引领，促进配电网科学发展。

## 1.3 配电网规划设计的原则和方法

### 1.3.1 配电网规划设计的基本原则

配电网规划设计应依据统一技术标准要求，紧扣供电可靠性，贯彻电网本质安全、资产全生命周期管理等先进理念，按照统一、结合、衔接的总体要求和差异化的建设标准，统筹配电网建设和改造，遵循经济性、可靠性、差异性、灵活性、协调性的原则。

(1) 经济性。遵循全寿命周期的管理理念，统筹考虑电网发展需求、建设改造总体投资、运行维护成本等因素，按照饱和负荷需求，导线截面一次选定、廊道一次到位、变电站土建一次建成，坚持新建与改造相结合，注重节约和梯次利用，避免随意拆除、大拆大建、重复建设和超标准改造等浪费现象，保证规划的科学性；对项目实施方案进行多方案比选，分析投入产出，选取技术指标和经济指标较优的规划方案；规划建设规模和投资方案以供电企业为基本单位进行财务评价，确定企业的贷款偿还能力和经济效益，保证可持续发展。

(2) 可靠性。满足电力用户对供电可靠性要求和供电安全标准。可靠性一般通过供电可靠率  $RS-3$  (Reliability on Service-3) 判定配电网向电力用户持续供电的能力，通常是依据某一时期内电力用户的停电时间进行核算，计及故障停电和预安排停电（不计系统电源不足导致的限电）；供电安全标准一般通过某种停运条件下的供电恢复容量和供电恢复时间等要求进行评判，停运条件包括  $N-1$  停运和  $N-1-1$  停运，前者是指故障或计划停运，后者是指计划停运的情况下发生故障停运。配电网规划应兼顾可靠性与经济性，可靠性目标值过低，不能满足用户的用电要求；目标值过高，将造成过度的资金投入，投资效益下降。

(3) 差异性。满足不同电力用户的差异性用电要求，适应不同地区的地理及环境差异，划分供电区域进行差异化规划。一般按照负荷密度、用户重要程度等，参考地区行政级别，

按照统一的标准和原则，将配电网划分为若干类不同的区域，根据区域经济发展水平和可靠性需求，制定相应的建设标准和发展重点。

(4) 灵活性。配电网发展面临很多不确定因素，规划方案应具有一定的灵活性，能够适应规划实施过程中上级电源、负荷、站址通道资源等变化。同时，规划方案应充分考虑运行需求，提升智能化水平，能够在各种正常运行、检修等情况下灵活调度，确保配电网对运行条件变化的适应性，满足新能源、分布式电源和多元化负荷灵活接入，实现与用户友好互动。

(5) 协调性。配电网是电力系统发、输、配、用的中间环节，因此配电网规划设计应体现输配协调、城乡协调、网源协调、配用协调、一二次协调。同时，配电网规划应与城市发展规划紧密结合，统筹用户和公共资源，应用节能环保设备设施，促进配电网与周边景观协调一致，实现资源节约和环境友好。

### 1.3.2 配电网规划设计的方法

配电网规划设计要对一个地区、一个省，甚至全国配电网发展的全局性问题进行宏观指导，方法上着重于综合分析，结论主要体现对配电网技术原则、建设规模、发展重点、电网投资等的宏观判断。在重大原则明确的前提下，配电网规划设计还要研究规划水平年的目标网架和逐年过渡网架，研究具体建设项目的建设规模、建设时序、电网拓扑以及与其他项目的协调一致，通常可借助成熟的软件进行量化计算和综合分析。

配电网规划设计的方法主要包括：

(1) 基本条件分析。配电网发展的基本条件是满足电力负荷需要，分析内容包括电力负荷增长、空间负荷分布和负荷特性分析三个部分。

电力负荷增长直接反映国民经济发展和居民生产生活的用电需要，侧重于对电量、负荷总量和增速的分析。根据规划期内各阶段的负荷需求，即可确定配电网各电压等级的变配电容量需求及发展速度，为方案制定提供依据。

空间负荷分布是指电力负荷在不同地块上的分布数量与发展时序。空间负荷分布的研究需要借助城乡总体规划、土地利用总体规划、控制性详细规划、修建性详细规划中的地块信息，包括用地性质、建筑面积、容积率等，研究结果为变配电设施的选址、选线和定容提供参考。

负荷特性分析主要研究多样化的负荷组合后，随温度、季节等条件变化的用电规律（如空调、取暖、农村季节性用电负荷等），为确定配电网最大负荷、容量需求、网架结构、设备选择、运行方式等提供参考。

(2) 基本功能分析。在基本条件分析的基础上，配电网规划设计应针对供电区域划分、电压等级序列选择、变电站供电范围划分等基本功能进行分析。

供电区域划分应主要考虑负荷密度、用户可靠性需求等因素，并与行政区划相结合，尽量避免划分后造成经济社会、电网设备等相关数据的统计困难。

电压等级序列选择应遵照 GB 156《标准电压》的规定，简化变压层级，避免重复降压，并满足供电能力、供电半径和电能质量的需求。目前，我国城市配电网较为常用的电压等级序列有：110/10/0.38kV、66/10/0.38kV 和 35/10/0.38kV；农村配电网常用的电压等级序列有：110/35/10/0.38kV 和 66/10/0.38kV，少数偏远地区也有采用 110/35/0.38kV 电压

等级序列。对于部分城市内存在的 220/35kV 电压等级，需结合实际情况和未来发展需求，论证 35kV 电压等级发展方向。

变电站供电范围划分应确保每一个变电站都要有明确的供电范围和合理的供电半径。规划新增变电站时，须重新梳理已有变电站的供电范围，考虑电压质量等约束，实现变电站所带负荷的合理分配。

(3) 基本形态分析。基本形态分析的目的是确定配电网的电网结构与变电站接入方式。高压配电网结构主要有链式、环网和辐射状结构，变电站接入方式主要有 T 接和  $\pi$  接；中压配电网结构主要有双环式、单环式、多分段适度联络和辐射状结构；低压配电网宜采用辐射状结构。

高压、中压配电网的网络结构往往是由 2 种或 3 种基本结构组成，主要决定于供电区域类型、上级电源分布、负荷分布、电力通道资源条件等，设计时一般按照“闭环设计、开环运行”的方式考虑：高压配电网结构在同一地区同类供电区域应尽量统一，初期电网结构较弱时，可通过加强中压配电网的联络，提高负荷转移能力；中压配电网应根据变电站位置、负荷密度和运行管理的需要，分成若干个相对独立的供电区，架空线路采用多分段多联络结构时，分段数应根据线路长度和负荷分布情况确定（一般不超过 5 段），并装设分段开关，重要分支线路首端亦可安装分支开关，电缆线路一般可采用环网结构；低压配电网实行分区供电，应结构简单、安全可靠，一般采用辐射状结构。

(4) 技术经济分析。技术经济分析用于优选配电网规划设计方案，论证投资合理性，检验规划成效。在规划设计中，通常采用潮流计算、短路电流计算、可靠性计算、财务评价等技术经济分析手段，计算分析  $N-1$  通过率、电压偏差、短路电流水平、户均停电时间、年费用、内部收益率、投资回收期等主要技术经济指标，对规划方案的技术经济特性进行全面综合评价，提出最佳方案。

配电网数据量大、发展快，基础数据靠人工收集效率低、准确性差，应尽量通过采集终端和信息系统自动获取。随着信息化技术的发展，应用成熟可靠的计算机软、硬件系统，辅助完成各类数据分析和量化计算工作，提高规划设计的工作效率和质量，已成为配电网规划工作的必然趋势。目前国内外已有多个专业的配电网规划设计平台和计算分析软件，如国家电网有限公司组织开发应用的一体化电网规划设计平台和配电网规划计算分析软件：前者能够实现负荷预测、供电区域划分、成果管理等配电网规划基础功能，后者能够实现供电可靠性计算、技术经济比选等量化分析。这些工具和手段可有效降低规划人员工作量，提高规划设计效率和规划方案精益化水平。

## 1.4 配电网规划设计的任务和内容

### 1.4.1 配电网规划设计的任务

配电网规划设计要全面落实国家和地方经济社会发展目标要求，深入分析配电网现

状、存在问题及面临的形势，研究提出配电网发展的指导思想、发展目标、技术原则、重点任务及保障措施，指导配电网建设和改造。一方面要以经济社会发展为基础，分析配电网发展需求，合理确定总体发展速度、建设和投资规模；另一方面要根据存在的pecific问题和负荷需求，研究制定目标网架结构、站点布局、用户和电源接入方案等，明确工程项目以及建设时序和投资。

配电网规划设计年限应与国民经济和社会发展规划的年限保持一致，与城乡发展规划、输电网规划等相互衔接，规划期年限一般为5年，主要分析现状及问题，明确发展目标，开展专题研究，制定规划方案，提出5年内35~110kV电网项目和3年内10kV及以下电网项目。当城乡总体规划、土地利用总体规划、控制性详细规划等较为详细时，配电网规划可展望至10~15年，确定配电网中长期发展方向，编制远景年的目标网架及过渡方案，提出上级电源建设、电力设施布局等方面相关建议。

配电网发展的外部影响因素多，用户报装变更、通道资源约束、市政规划调整等都会影响配电网工程项目建设。为更好地适应各类变化情况，配电网规划设计应建立逐年评估和滚动调整机制，根据需要及时研究并调整规划方案，保证规划的科学性、合理性、适应性。

#### 1.4.2 配电网规划设计的内容

配电网规划设计的流程如图1-1所示，主要内容有：

(1) 现状诊断分析。逐站、逐变、逐线分析与总量分析、全电压等级协调发展分析相结合，深入剖析配电网现状，从供电能力、网架结构、装备水平、运行效率、智能化等方面，诊断配电网存在的主要问题及原因，结合地区经济社会发展要求，分析面临的形势。

(2) 电力需求预测。结合历史用电情况，预测规划期内电量与负荷的发展水平，分析用电负荷的构成及特性，根据电源、大用户规划和接入方案，提出分电压等级网供负荷需求，具备控制性详规的地区应进行饱和负荷预测和空间负荷预测，进一步掌握用户及负荷的分布情况和发展需求。

(3) 供电区域划分。依据负荷密度、用户重要程度，参考行政级别、经济发达程度、用电水平、GDP等因素，合理划分配电网供电区域，分别确定各类供电区域的配电网发展目标，以及相应的规划技术原则和建设标准。

(4) 发展目标确定。结合地区经济社会发展需求，提出配电网供电可靠性、电能质量、目标网架和装备水平等规划水平年发展目标和阶段性目标。

(5) 变配电容量估算。根据负荷需求预测以及考虑各类电源参与的电力平衡分析结果，依据容载比、负载率等相关技术原则要求，确定规划期内各电压等级变电、配电容量需求。

(6) 网络方案制定。制定各电压等级目标网架及过渡方案，科学合理布点、布线，优化各类变配电设施的空间布局，明确站址、线路通道等建设资源需求。

(7) 用户和电源接入。根据不同电力用户和电源的可靠性需求，结合目标网架，提出接入方案，包括接入电压等级、接入位置等；对于分布式电源、电动汽车充换电设施、电气化铁路等特殊电力用户，开展谐波分析、短路计算等必要的专题论证。



(8) 电气计算分析。开展潮流、短路、可靠性、电压质量、无功平衡等电气计算，分析校验规划方案的合理性，确保方案满足电压质量、安全运行、供电可靠性等技术要求。

(9) 二次系统与智能化规划。提出与一次系统相适应的通信网络、配电自动化、继电保护等二次系统相关技术方案；分析分布式电源及多元化负荷高渗透率接入的影响，推广应用先进传感器、自动控制、信息通信、电力电子等新技术、新设备、新工艺，提升智能化水平。

(10) 投资估算。根据配电网建设与改造规模，结合典型工程造价水平，估算确定投资需求，以及资金筹措方案。

(11) 技术经济分析。综合考虑企业经营情况、电价水平、售电量等因素，计算规划方案的各项技术经济指标，估算规划产生的经济效益和社会效益，分析投入产出和规划成效。

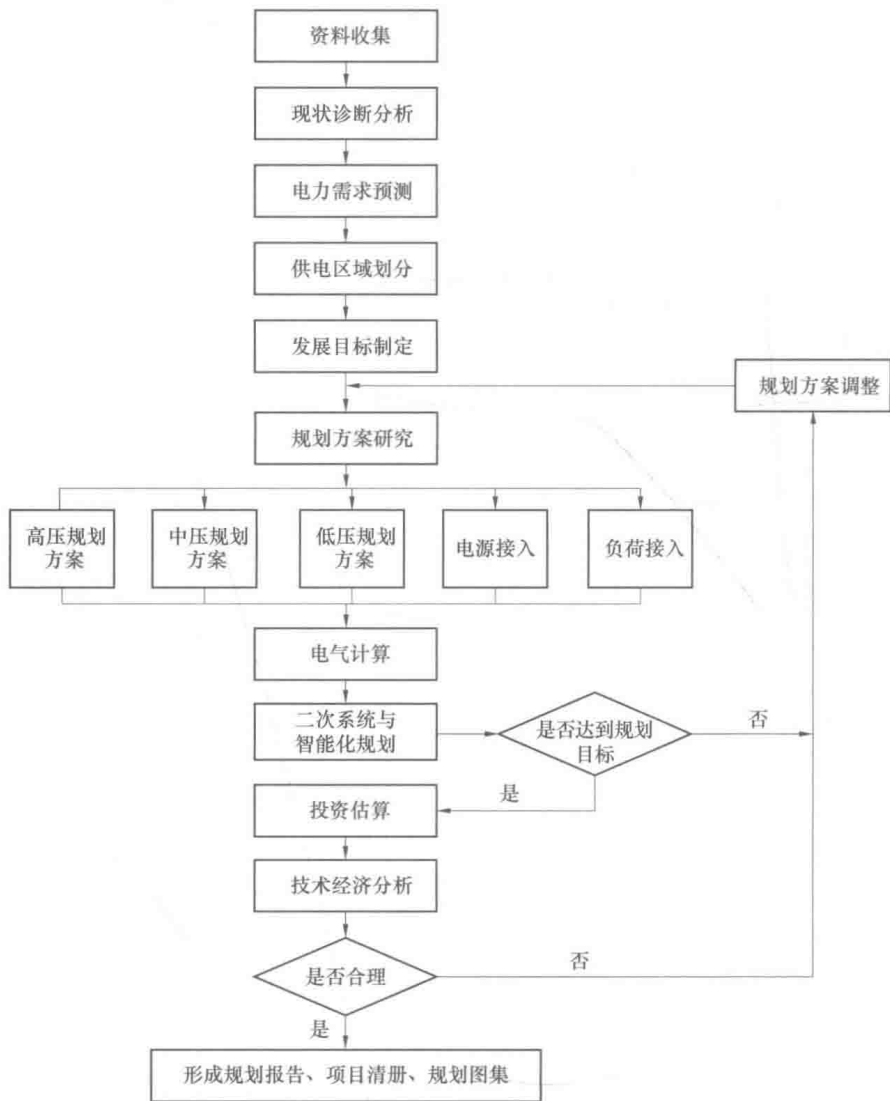


图 1-1 配电网规划设计流程示意图