

城市电网 建设改造标准汇编 (规划设计篇)

国家电力公司安全运行与发输电部 编

中国电力出版社

城市电网 建设改造标准汇编 (规划设计篇)

国家电力公司安全运行与发输电部 编

中国电力出版社

内 容 提 要

为适应我国城市电网建设改造工作的需要,国家电力公司特编写《城市电网建设改造标准汇编》一套书,包括规范设计篇和设备选型篇(上、下册)两部分,本书为其中一本。主要内容包括城市电网规划设计导则,城市中低压配电网改造技术导则,变电所设计规范,电缆、线路设计规范,无人值班变电所自动化系统设计技术规定,继电保护和自动装置技术规程,配电系统自动化规划设计导则等国标、行标及文件规定,均为现行最新标准。

本书可作为城网规划、设计人员及有关技术人员阅读,也可供有关管理人员参考。

城市电网建设改造标准汇编 (规划设计篇)

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>)

北京市地矿印刷厂印刷

*

1999年5月第一版 1999年5月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 45.75印张 1134千字
印数 0001—4000册

*

书号 155083·2 定价 85.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

国家电力公司安全运行与发输电部
关于推荐订阅《城市电网建设改造文件汇编》和
《城市电网建设改造标准汇编（规划设计篇）及
（设备选型篇）》的通知

安运技函 [1999] 56 号

各电力集团公司，各省电力公司，东北公司：

根据党中央、国务院关于加强基础设施建设和加强工程质量管理的各项指示、文件精神，在国家计委等综合部门指导、支持下，国家电力公司系统抓紧城市电网建设改造项目前期工作，加强工程质量管理，加快了城网工程的实施。经国家计委批复，1998 年国家电力公司系统已启动开工 81 个城网项目（全国 86 个城网项目）。1999 年将分批启动开工其他城网项目。这些工程要在 2000 年底前基本完成，时间紧，工程量大，责任重。根据各地反映，为了深入贯彻落实党中央、国务院关于加强基础设施建设工程质量管理的指示和文件精神，实现高质量完成城网建设改造任务，安运部组织收集了城网建设改造的有关指导性文件、讲话，挑选了有关技术标准、规范等，汇编成册，共分《城市电网建设改造文件汇编》、《城市电网建设改造标准汇编（规划设计篇）》和《城市电网建设改造标准汇编（设备选型篇）（上下册）》三册，委托中国电力出版社出版发行，供各省电力公司及供电（电业）局、设计单位、施工单位、监理单位以及有关企业、事业单位领导、工程管理人员和技术人员学习、遵循。请各单位积极组织订阅。有关事宜可直接与中国电力出版社联系。

随着城网工程实施和各地经验积累，我们将适时补充修编。各地工程实施过程中有何意见和建议，请及时反映。

1999 年 3 月 26 日

前言

改革开放以来,中国电力工业贯彻“二十”字办电方针,取得了巨大发展,1998年底全国发电装机容量达到2.7亿kW,发电量1.167万亿kW·h。电力供需矛盾缓解,电网建设也有了较快发展,基本适应了国民经济持续快速健康发展和人民生活水平提高的需要。但是城乡电网仍然严重存在有电送不进、用不上的现象。近年来,城市经济和城市建设发展很快,而城市电网建设改造相对迟缓,供配电能力不足、配电网络脆弱、变电所布点少、导线截面小,大量设备陈旧老化、承受自然灾害或意外事故能力低、居民住宅供电系统设计标准低不适应现代家电负荷使用,造成供电可靠性不高,电网损耗攀升、电能质量达不到国家规定,城市配电网成了用电市场扩大和用电量增长的“瓶颈”。临夏城市配电网停电事件频频发生,居民用电得不到保障,酷暑耐忍,意见很大。城市电网存在的问题,引起了党中央、国务院的高度重视。1998年中央发出的3号文件中明确指出了“城市电网落后,远不能适应经济发展和人民生活的需要”的问题。

1998年,面对亚洲金融危机的冲击,中央果断作出扩大内需、加快基础设施建设的重大决策。国务院领导非常重视城乡电网的发展,把城乡电网的建设改造列为国家六项基础设施建设的一项内容;朱镕基总理多次关心要求做好城网规划、加快城网建设改造;国家发展计划委员会、国家经贸委支持、指导国家电力公司研究加快城乡电网建设改造和使用国产设备的问题;财政部就加强贴费的收取管理和使用下发了文件。经过规划、研究,拟订三年投入2500多亿元资金进行空前规模的城乡电网建设改造。城乡电网进行如此规模的建设改造是建国以来历史上第一次,机遇难得,不可丧失,激发了各省电力公司干部、职工进入角色、以巨大热情投入工作,抓紧工程前期工作,加强工程管理,加快工程实施。

党中央、国务院下大决心,抓基础设施建设,不仅是为推动当前的经济增长,而且着眼长远,增强经济发展的后劲,为下个世纪实现现代化打基础。党中央、国务院对基础设施和各种建设工程的质量问题极为关心。江泽民总书记指出:“要以对国家和人民高度负责的精神,对投资项目统筹规划,科学论证,做好前期各项准备工作,提高招标投标的透明度,决不能搞‘三边工程’、‘胡子工程’、‘豆腐渣工程’……这是百年大计,一定要坚持质量第一”。朱镕基总理也多次强调:要抓好工程质量,质量责任重于泰山。国家计委召开了多次前期工作会,抓紧立项,布署工程质量检查。今年初国务院专门召开基础设施建设工程质量工作会议,研究解决基础设施建设工程中“项目管理混乱、违反规定的建设程序”;“招标投标法规不健全,运作不规范”;“工程监理制度形同虚设,团体监理问题突出”;“腐败现象严重”的问题。国务院领导要求各级领导要有充分的认识,下大力气整治工程质量。并且指出:确保基础设施和各项重大工程的质量,是所有工程组织者、设计者、评估者、施工者和监理者的历史责任。质量好的重大工程是一座纪念碑,无言地记录着建设者的赤诚、努力和奉献。造成重大损失的劣质工程,危害国家和人民,其责任者将成为千古罪人。

国家电力公司高度重视城市电网建设改造工程,从启动立项开始就要求各省电力公司从

思想上端正认识，在工程管理方面建立健全规范、规定及规章制度。认真遵循国务院布署和国家综合部门的指导，不断加强工程质量管理的工作。高严总经理亲自担任城乡电网建设改造领导小组组长。高严总经理，查克明、陆延昌副总经理等领导多次亲自到会讲话、贯彻国务院领导指示、引导城网建设改造工作深入健康开展，同时组织相应编制、印发一系列进行城市电网建设改造工作的指导性文件。按照国家安排，国家电力公司系统及全国其他各省地（市）级城市电网建设改造工程将在 2000 年底前基本完成。时间紧、工程量大、责任重。根据各地反映，为了深入贯彻、落实党中央、国务院关于加强基础设施建设工程质量管理的要求，推进城网建设改造工程质量管理，我们将国家有关部门和国家电力公司关于指导城网建设改造的有关规定、文件，领导讲话以及规划设计、设备选型等技术标准、规范汇编成册，共分《城市电网建设改造文件汇编》、《城市电网建设改造标准汇编（规划设计篇）》和《城市电网建设改造标准汇编（设备选型篇）（上下册）》三册，予以出版发行，供各省电力公司及供电（电业）局、设计单位、施工单位、监理单位以及有关企、事业单位等在工作中参考。让我们共同认真务实，努力奉献，不辜负党中央国务院的期望，对国家、对人民、对子孙后代高度负责，切实加强工程质量管理，建设高质量的工程，经受住历史的检验，为中国电力发展史增添新的一页。

鉴于涉及面广、时间紧，汇编中有疏漏或不当之处，欢迎随时反映、指正。

国家电力公司安全运行与发输电部

1999 年 3 月

目 录

前 言

城市电力网规划设计导则	1
城市电力网规划设计导则修编说明	36
DL / T 599—1996 城市中低压配电网改造技术导则	48
《城市中低压配电网改造技术导则》编制说明	53
关于《城市中低压配电网改造技术原则》的实施情况及补充意见	56
关于加快城市电力网建设改造的若干意见	62
DL / T 621—1997 交流电气装置的接地	65
GB 50052—95 供配电系统设计规范	92
GB 50053—94 10kV 及以下变电所设计规范	121
GB 50059—92 35~110kV 变电所设计规范	145
GB 50060—92 3~110kV 高压配电装置设计规范	176
GB 50054—95 低压配电设计规范	215
GB 50173—92 电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范	251
GB 50217—94 电力工程电缆设计规范	275
GB 50168—92 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范	350
GB 50227—95 并联电容器装置设计规范	381
DL / T 620—1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合	425
GB 50062—92 电力装置的继电保护和自动装置设计规范	482
DL 5002—91 地区电网调度自动化设计技术规程	511
GB 14285—93 继电保护和安全自动装置技术规程	525
无人值班变电所自动化系统设计技术规定 (送审稿)	557
配电系统自动化规划设计导则 (试行) (报审稿)	604
GB 50229—96 火力发电厂与变电所设计防火规范	621
DL 448—91 电能计量装置管理规程	674
GBJ 63—90 电力装置的电测量仪表装置设计规范	697
35~110kV 无人值班变电所设计规程 (送审稿)	704
《城市电力网规划设计导则》实施补充意见及说明 (送审稿)	715
关于当前城网建设改造工作中贯彻《城市电力网规划设计导则》若干问题的建议	721

城市电力网规划设计导则

能源电 [1993] 228 号

1 总则

1.1 本导则是根据原城乡建设环境保护部和原水利电力部 1985 年 5 月颁发的《城市电力网规划设计导则》(试行本)进行修改和补充而成的。本导则是编制和审查城市电力网(以下简称城网)规划的指导性文件,适用于我国按行政建制的城市。

1.2 城网是城市范围内为城市供电的各级电压电网的总称,是电力系统的主要负荷中心,又是城市现代化建设的重要基础设施之一。各城市应根据中华人民共和国城市规划法的相关规定,编制城网规划,并纳入相应的城市规划。

1.3 城网规划是城市规划的重要组成部分,应与城市的各项发展规划相互配合,同步实施。

1.4 城网的规划应着重研究电网的整体。城网规划的编制,应分析现有城网状况,根据需要与可能,从改造和加强现有城网入手,研究负荷增长规律,解决城网结构中的薄弱环节,扩大城网的供电能力,加强城网的结构布局和设施标准化,提高安全可靠性能,做到远近结合、新建和改造相结合、技术经济合理。

1.5 各城市的城网规划应有明确的分期规划目标。城市各级电网在远期规划实施后,应达到以下的水平:

1.5.1 具有充分的供电能力,能满足各类用电负荷增长的需要。

1.5.2 容量之间、有功和无功容量之间比例协调。

1.5.3 供电质量、可靠性达到规划目标的要求。

1.5.4 建设资金和建设时间取得恰当的经济效益。

1.5.5 设备得到更新,网络完善合理,与社会环境协调一致,技术水平达到较先进的现代化程度。

1.6 本导则在执行中将结合实际需要进行修改补充,以期不断完善。

2 规划的编制和要求

2.1 城网规划范围

2.1.1 城网的供电区包括城市的全部地区。城网规划应以市区电网规划为主要组成部分。市区是指城市的建成区及远期规划发展地区。计算城网负荷所用的供电面积,原则上不包括大片农田、山区、水域、荒地等。

市中心区是指市区内人口密集、行政、经济、商业、交通集中的地区。市中心区用电负荷密度很大,供电质量和可靠性要求高,电网接线以及供电设施都应有较高的要求。

一个城市的城网可根据其中心区的布局、地理条件、负荷密度和送电网电压的选择,划分为几个区域电力网。市区以外的负荷集中的工业区和城镇可分别建设区域性电力网。

2.1.2 城网由 220kV 的送电网,110、63、35kV 的高压配电网,10kV 的中压配电网和

380/220V 低压配电网组成。

2.2 规划的主要内容

城网规划一般应包括以下主要内容：

2.2.1 分析城网布局与负荷分布的现状。明确以下问题：

- (1) 供电能力是否满足现有负荷的需要，及其可能适应负荷增长的程度；
- (2) 供电可靠性；
- (3) 正常运行时各枢纽点的电压水平及主要线路的电压损失；
- (4) 各级电压电网的电能损失；
- (5) 供电设备更新的必要性和可能性。

2.2.2 负荷预测

2.2.3 确定规划各期的目标及电网结构原则和供电设施的标准化。包括中、低压配电网改造原则。

2.2.4 进行有功、无功电力平衡，提出对城网供电电源点（发电厂、220kV 及以上的变电所）的建设要求。

2.2.5 分期对城网结构进行整体规划。

2.2.6 确定变电所的地理位置、线路路径。确定分期建设的工程项目。

2.2.7 确定调度、通信、自动化等的规模和要求。

2.2.8 估算各规划期需要的投资，主要设备的规范和数量。

2.2.9 估算各规划期末将取得的经济效益和扩大供电能力以后取得的社会经济效益。

2.2.10 绘制各规划期末的城网规划地理位置接线图（包括现状接线图）。

2.2.11 编制规划说明书。

2.3 经济分析

2.3.1 经济分析包括经济计算和财务计算。经济计算一般用于论证方案和选择参数。财务计算一般用于阐明建设方案的财务现实可能性。对参与比较的各个方案都必须进行经济分析，选择最佳方案。

2.3.2 在经济分析中，一切费用（包括投资和运行费用）和效益都应考虑时间因素，即都应按照贴现的方法，将不同时期发生的费用和效益折算为现值。贴现率暂定为 10%，城网供电设施的综合经济使用年限可定为 20~25 年。

2.3.3 经济分析中各个比较方案一般设定相同的可比条件，即：

(1) 供电能力、供电质量、供电可靠性、建设工期方面能同等程度地满足同一地区城网的发展需要；

(2) 工程技术、设备供应、城市建设等方面都是现实可行的；

(3) 价格上采用同一时间的价格指数；

(4) 环境保护方面都能满足国家规定的要求。

2.3.4 参与比较的各方案由于可比条件相同，经济计算一般可以选取年费用最小的方案。在计算各方案的费用时，应计算可能发生的各项费用，包括：建设和改造的各项费用（土地征用、建筑物拆迁、环境保护、设备、设施、施工等）和运行费用（运行维护、电能损失等）。

2.3.5 方案比较还可以用优化供电可靠性的原则进行，即不先设定可靠性指标，将不同可

靠性而引起的少供电损失费用引入计算，以取得供电部门和全社会最大经济效益。各地区可逐步创造条件通过典型调查和分析确定。

2.4 规划的年限、各阶段的要求和编制流程

2.4.1 城网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年）、远期（20年）三个阶段。

近期规划应着重解决当前城网存在的主要问题，逐步满足负荷需要，提高供电质量和可靠性。要依据近期规划编制年度计划，提出逐年改造和新建的项目。

中期规划应与近期规划相衔接，着重将城网结构及设施有步骤地过渡到规划网络，并对大型项目进行可行性研究，做好前期工作。

远期规划主要考虑城网的长远发展目标，研究确定电源布局和规划网络，使之满足远期预测负荷水平的需要。

2.4.2 规划的编制流程。

首先做好全区和分区分块的负荷预测，并经过技术经济比较确定近、中、远期规划的目标和标准化的电网结构原则。编制流程可分为三个步骤进行：第一步建立远期电网的初步布局，作为编制分期规划的发展目标；第二步根据预测负荷和现有的电网结构，经过分析计算，编制近期的分年规划和中期规划；第三步以近、中期规划最后阶段的规模和远期预测的负荷水平，经过分析计算，编制远期规划（参见附录 A 规划编制流程示意图）。

具体的编制方法分列如下：

（1）确定远期电网的初步布局。根据远期分区分块预测的负荷，按远期规划所应达到的目标（供电可靠性等）和本地区已确定的技术原则（包括电压等级，供电可靠性和接线方式等）和供电设施标准化，粗略的确定：

- a. 待建的高压变电所的容量和位置；
- b. 现有和待建变电所的供电区域；
- c. 高压线路的路径；
- d. 各变电所中压电网的布置，包括出线回路数；
- e. 所需的电源容量和布局，结合电力系统的规划，提出对发电厂和电源变电所的要求。

（2）编制近期规划。从现有的电网入手，将下一年的预测负荷分配到现有的变电所和线路，进行电力潮流、电压降、短路容量、环流、故障分析等各项验算。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。

新的电网布局确定后，重新进行各项计算，务必使满足近期规划所规定应达到的目标以及电网结构和设施标准化的要求。如达不到，应重新确定电网改进方案，重复计算，并据此提出年度的改造和新建项目，然后重复按上述步骤编制下一年以至逐年的近期规划。

（3）编制中期规划。做好近期规划后，再在近期末年规划电网的基础上，以中期的预测负荷，分配到变电所和线路上，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。由于远期规划内容是近、中期规划的积累与发展，因受各种因素的影响，必将对其原定的初步布局有所调整和修改。

(5) 低压电网规划。低压电网规划直接受到小块地区负荷变动的影响,而且可以在短期内建成,一般只需制定近期或中期规划。其步骤如下:

a. 假定每一配电变压器的供电范围不变,然后按年负荷增长确定逐年所需变压器和线路的容量。

b. 当所需变压器和线路容量或电压降超过规定的最大值时,则采取增加变压器和馈入点,电网进一步分段,必要时调大导线等措施来解决,并将达到规定负荷的用户改由中压供电。

2.4.3 规划的修正。

负荷预测是规划的主要依据,但其不确定因素很多,为此必须按负荷实际变动和规划的实施情况,对规划进行滚动修正。

为适应城市经济和社会发展的需要,远期规划一般每五年修编一次。有下列情况之一时,必须对城网规划的目标及电网结构和设施的标准化进行修改,并对城网规划作相应的全面修正:

- (1) 城市整体规划或电力系统规划进行调整或修改后;
- (2) 预测负荷有较大变动时;
- (3) 电网技术有较大发展时。

2.5 规划的编制、审批和实施

2.5.1 城网规划由供电部门和城市规划管理部门共同编制,以供电部门为主,报网(省)电管局(电力局)审批。

2.5.2 根据中华人民共和国《城市规划法》,城网规划有关内容经当地城市规划主管部门综合协调后,纳入城市规划,报上级人民政府审批。

2.5.3 城网规划应通过城市建设与改造的统一规划来实施,城建部门应与供电部门密切配合,统一安排供电设施用地,如:变(配)电所、线路走廊(包括电缆通道),以及在城市大型建筑物内或建筑物群中预留区域配电所和营业网点的建筑用地。

2.5.4 城网建设中的线路走廊、电缆通道、变配电所等用地,应充分考虑远期规划的合理需要,但实际建设可按需要分期进行。

3 负荷预测

3.1 一般规定

3.1.1 负荷预测是城网规划设计的基础。预测工作应在经常调查分析的基础上,收集城市建设和各行各业发展的信息,充分研究本地区用电量和负荷的历史数据和发展趋势进行测算,为使预测结果有一定的准确性,可适当参考国内外同类型地区的资料进行校核(注:本导则所用负荷一词一般指最大电力负荷)。

3.1.2 负荷预测分近期、中期和远期。近期还应按年分列,中期和远期可只列期末数据。由于影响负荷变化的因素太多,预测数据可用高低两个幅值(幅值相差不宜过大)。

3.1.3 为使城网结构的规划设计更为合理,应从用电性质、地理区域或功能分区、电压等级分层等方面分别进行负荷预测。

用电性质分类可按能源部制定的电综4表的统计分类方法进行,也可按城市的实际情况,分成几个大类。

地理区域或功能分区可根据城市行政区、地理自然条件（如山、河流等）、一个或几个变电所的范围划分，也可按城市规划土地的用途功能或地区用电负荷性质等情况适当划分。分区的原则，主要是便于制定城网在不同时期的改造和发展规划。分区的面积不必相同，市中心区宜小些，一般可在 5km^2 左右，市郊区可大些。

电压等级分层可根据城网所选用的电压等级划分。计算城网某个电压等级的负荷时，应注意从总负荷中减去上一级电网的线损功率和直配供电（发电厂直供的）负荷。

3.1.4 负荷预测需收集的资料一般应包括以下内容：

（1）城市总体规划中有关人口、用地、能源、产值、居民收入和消费水平以及各功能分区的布局改造和发展规划（包括各类负荷所计划发展的建筑面积和土地利用比率）等。

（2）市计划、统计部门以及气象部门等提供的有关历史数据和预测信息。

（3）电力系统规划中电力、电量的平衡，电源布局等有关资料。

（4）全市及各分区分块、分电压等级按用电性质分类的历年用电量、高峰用电量和负荷、典型日负荷曲线及电网潮流图。

（5）各级电压变电所、大用户变电所及配电所（包括杆架变压器）的负荷记录和典型负荷曲线、功率因数。

（6）大用户的历年用电量、负荷、装接容量、合同电力需量、主要产品产量和用电单耗。

（7）大用户及其上级主管部门提供的用电发展规划，计划新增和待建的大用户名单、装接容量、合同电力需量、时间地点。国家及地方经济建设发展中的重点项目及用电发展资料。

（8）当电源及供电网能力不足，造成供不出电时，应根据有关资料估算出潜在负荷的情况。

由于负荷预测、归类分析工作量大，且需要经常更新数据，宜应用计算机进行。

3.2 预测方法

3.2.1 对现状和历史的负荷、电量进行分析处理，作为预测依据的原始数据。对其中一些明显不合理甚至错误的个别数据，应尽可能事先进行修正处理。

3.2.2 负荷预测工作，可从全面和局部两方面进行，一是对全城市地区总的需要量进行全面的宏观预测，二是对每分区的需要量进行局部的预测。在具体预测时，还可将每分区中的一般负荷和大用户分别预测，一般负荷作为均布负荷，大用户则作为个别集中的点负荷。各分区负荷综合后的总负荷，应与宏观预测的全区总负荷进行相互校核。

3.2.3 负荷预测工作一般先进行各目标年的电量预测，以年综合最大负荷利用小时或年平均日负荷率求得最大负荷的预测值，也可按典型负荷曲线，得出其各时间断面的负荷值。

3.2.4 负荷预测可采用以下几种常用方法进行，并相互校核：

（1）单耗法。根据产品（或产值）用电单耗和产品数量（或产值）来推算电量，是预测有单耗指标的工业和部分农业用电量的一种直接有效的方法。

目前我国城市中工业用电还占较大比重，单耗法还是负荷预测中一个重要的方法，较适用于近、中期规划。

（2）弹性系数法。城网的电力弹性系数应根据地区工业结构、用电性质，并对历史资料及各类用电比重发展趋势加以分析后慎重确定。

(3) 外推法。运用历年的时间系列数据加以延伸, 推测各目标年的用电量。具体计算时, 一般是以用电性质的各个分类电量作为应变变量, 与此分类电量的相关因素(如人口、工农业产值、人均收入、居住面积等)作为自变量, 用回归分析建立数学预测模型, 反复计算进行预测。

(4) 综合用电水平法。根据单位消耗电量来推算各分类用户的用电量。城市生活用电可按每户或每人的平均用电量来推算, 工业和非工业等分类用户的用电量可按每单位设备装接容量的平均用电量推算, 现在和历史的综合用电水平可通过资料分析和典型调查取得, 将来各目标年的人口、户数、设备装接容量的预测值, 可通过城市规划部门和用户的资料信息或用外推法测算, 各目标年的综合用电水平还可参照国内外同类型城市的数据或用外推法测算。综合用电水平法适用于分区负荷中的一般负荷和点负荷的预测, 但预测期以近、中期较为合适。

(5) 负荷密度法。负荷密度是每平方公里的平均负荷数值。一般并不直接预测整个城市的负荷密度, 而是按城市区域或功能分区, 首先计算现状和历史的分区负荷密度, 然后根据地区发展规划对各分区负荷发展的特点, 推算出各分区各目标年的负荷密度预测值。至于分区中的少数集中用电的大用户, 在预测时可另作点负荷单独计算。由于城市的社会经济和电力负荷常有随同某种因素而不连续(跳跃式)发展的特点, 因此应用负荷密度法是一种比较直观的方法。

3.3 电力平衡

3.3.1 根据预测的负荷水平和分布情况, 应与电力系统规划中对城网安排的电源容量进行电力平衡(包括有功和无功平衡)。

3.3.2 电力平衡应与上级电力规划部门共同确定:

- (1) 由电力系统供给的电源容量和必要的备用容量;
- (2) 电源点的位置, 接线方式及电力潮流;
- (3) 地区发电厂、热电厂、用户自备电厂接入城网的电压等级, 接入方式和供电范围;
- (4) 电源点和有关线路以及相应配套工程的建设年限、规模及进度。

电力平衡应按目标年分阶段分区进行。

4 规划设计的技术原则

城网结构是规划设计的主体, 应根据城市建设规模、规划负荷密度以及各地的实际情况, 合理选择和具体确定电压等级、供电可靠性的要求、接线方式、点线配置等技术原则。

4.1 电压等级

4.1.1 城网电压等级和最高一级电压的选择, 应根据现有实际情况和远景发展慎重研究后确定。城网应尽量简化变压层次。

4.1.2 城网的标称电压应符合国家标准。送电电压为 220kV, 高压配电电压为 110、63、35kV, 中压配电电压为 10kV, 低压配电电压为 380/220V。选用电压等级时, 应尽量避免重复降压。现有的非标准电压应限制发展, 合理利用, 并分期分批进行改造。

除在城网改造的过渡期间外, 一个地区同一电压城网的相位排列和相序应相同。

4.1.3 现有城网供电容量严重不足或老旧设备需要全面进行技术改造时, 可采取升压措施。但必须认真研究升压改造的技术经济合理性。

4.2 供电可靠性

4.2.1 城网规划考虑的供电可靠性是指电网设备停运时,对用户连续供电的可靠程度,应满足下列两个目标中的具体规定:

- (1) 电网供电安全准则。
- (2) 满足用户用电的程度。

4.2.2 电网供电安全准则。

城市配电网的供电安全采用 $N-1$ 准则,即:

- (1) 高压变电所中失去任何一回进线或一组降压变压器时,必须保证向下一级配电网供电;
- (2) 高压配电网中一条架空线,或一条电缆,或变电所中一组降压变电器发生故障停运时:
 - a. 在正常情况下,除故障段外不停电,并不得发生电压过低和设备不允许的过负荷;
 - b. 在计划停运情况下,又发生故障停运时,允许部分停电,但应在规定时间内恢复供电。

(3) 低压电网中,当一台变压器或电网发生故障时,允许部分停电,并尽快将完好的区段在规定时间内切换至邻近电网恢复供电。

4.2.3 上述 $N-1$ 安全准则可以通过选取电网和变电所的接线及设备运行率 T 达到。 T 的定义为:

$$T = \frac{\text{设备的实际最大负载(kVA)}}{\text{设备的额定容量(kVA)}} \times 100\% \quad (1)$$

具体计算为:

(1) 220~35kV 变电所:应配置两台或以上变压器,当一台故障停运时,其负荷自动转移至正常运行的变压器,此时变压器的负荷不应超过其短时容许的过载容量,以后再通过电网操作将变压器的过载部分转移至中压电网。符合这种要求的变压器运行率可用下式计算:

$$T = \frac{KP(N-1)}{NP} \times 100\% \quad (2)$$

式中 T ——变压器运行率;

K ——变压器短时的容许过载率;

N ——变压器台数;

P ——单台变压器额定容量。

条件为短时内将变电器的过载部分转移至电网,需转移的容量 L 为:

$$L = (K-1)P(N-1) \quad (3)$$

当实际能向电网转移的负荷小于 L 时,则应选用较计算结果为小的运行率。

变压器短时允许的过载率应根据制造厂提供的数据,参照该变压器预计的全年实际负荷曲线,以过载而不影响变压器的寿命为原则来确定。在缺乏数据的情况下,一般可取过载率为 1.3,过载时间为 2h,计算结果为:

当 $N=2$ 时, $T=65\%$;

当 $N=3$ 时, $T=87\%$ (近似值);

当 $N=4$ 时, $T=100\%$ (近似值)。

变电所中变压器愈多, 其利用率愈高。但当变压器为三台以上时, 则应采取措施, 使停运变压器的负荷能平均分配至其他运行中的变压器。

(2) 10kV/380V 配电所: 10kV/380V 户内配电所宜采用两台及以上变压器, 有条件时低压侧可并联运行。10kV/380V 杆架变压器故障时, 允许停电, 但应尽量将负荷转移至邻近电网。

(3) 高压 (包括 220kV) 线路: 应由两个或两个以上回路组成, 一回路停运时, 应在一次侧或二次侧自动切换供全部负荷而不超过设备的短时容许过载容量, 并通过下一级电网操作转移负荷, 解除设备的过载运行, 线路的运行率为:

$$T = \frac{(N-1)K}{N} \times 100\% \quad (4)$$

式中 N ——线路回路数;

K ——短时容许过载率, 可根据各地的现场运行规程规定。

(4) 中压配电网:

a. 架空配电网为沿道路架设的多分段、多连接开式网络, 每段有一个电源馈入点, 当某一区段线路故障停运时将造成停电, 但应尽快隔离故障, 将完好部分通过联络开关向邻近段线路转移, 恢复供电。线路的运行率:

$$T = \frac{KP - M}{P} \times 100\% \quad (5)$$

式中 M ——线路的预留备用容量, 即邻近段线路故障停运时可能转移过来的最大负荷;

K ——短时容许过载率;

P ——额定容量。

T 的数值不应大于 1。

b. 电缆配电网一般有两种基本结构: ①多回路配电网, 其运行率与 (3) 同; ②开式单环配电网, 其运行率计算与双回路同。但环网故障时, 需经过倒闸操作恢复供电, 时间较长。

c. 由于电缆故障处理时间长, 一般不采用放射形单回路电缆供电。如采用时, 应根据用户要求, 给予必要的保安电源, 电压和容量可与用户协商决定。

(5) 低压配电网。与中压配电网同, 但故障转移负荷时应核算末端电压降是否在允许的标准以内。

4.2.4 要对变电所作进出线容量的配合和校核。变电所初级进线总供电能力应与初级母线的转供容量和主变压器的允许过负荷容量相配合, 并满足供电可靠性的要求。

变电所的次级出线总送出能力应与主变压器的允许过负荷容量相配合, 并满足供电可靠性的要求。

校核事故运行方式时, 应考虑事故允许过负荷, 以节约投资。

4.2.5 当现有电网的供需矛盾突出时, 在近期规划中可尽量利用供电设备的容量以解决负荷的需求, 规划时可采用较 4.2.3 计算结果为高的设备运行率。即在事故时切除部分负荷, 使设备过载率限制在规定之内。其运行率为:

$$T = \frac{K(N-1)P + L_C}{NP} \times 100\% \quad (6)$$

式中 L_C ——自动切除的负荷。

在远期规划中变电所二次侧与电网联络必须很强，且配电自动化水平较高，在短时可转移负荷 $L_N > (K-1)(N-1)P$ 时，则运行率：

$$T = \frac{K(N-1)P + L_N}{NP} \times 100\% \quad (7)$$

式中 L_N ——能在短时可转移至电网的最大负荷。

4.2.6 满足用户用电的程度。

电网故障造成用户停电时，允许停电的容量和恢复供电的目标时间。其原则是：

- (1) 两回路供电的用户，失去一回路后应不停电；
- (2) 三回路供电的用户，失去一回路后应不停电，再失去一回路后，应满足 50% ~ 70% 用电；
- (3) 一回路和多回路供电的用户电源全停时，恢复供电的目标时间为一回路故障处理的时间；
- (4) 开环网路中的用户，环网故障时需通过电网操作恢复供电的，其目标时间为操作所需的时间。

考虑具体目标时间的原则是：负荷愈大的用户，目标时间应愈短。可分阶段规定目标时间。随着电网的改造和完善，目标时间应逐步缩短，若配备自动化装置时，故障后负荷应能自动切换。

4.3 容载比

4.3.1 容载比是反映城网供电能力的重要技术经济指标之一。容载比过大，电网建设早期投资增大；容载比过小，电网适应性差，影响供电。

变电容载比是城网变电容量 (kVA) 在满足供电可靠性基础上与对应的负荷 (kW) 之比值，既是宏观控制变电总容量的指标，也是规划设计时布点安排变电容量的依据。城网变电容载比应按电压分层计算。发电厂的升压变电所向地区配电网供电的容量计入电源变电容量。同级电压网用户专用变电所的变压器容量和负荷应扣除。

4.3.2 变电容载比大小与计算参数有关，也与布点位置、数量、相互转供能力有关，即与电网结构有关，变电容载比的估算公式为：

$$R_s = \frac{K_1 \cdot K_4}{K_2 \cdot K_3} \quad (8)$$

式中 R_s ——容载比，kVA/kW；

K_1 ——负荷分散系数；

K_2 ——平均功率因数；

K_3 ——变压器运行率；

K_4 ——储备系数。

以上参数可按实际情况取数，但相关因素很多。城网变电容载比一般为：

220kV 电网为 1.6~1.9；

35~110kV 电网为 1.8~2.1。

应加强和改善网络结构，建立既满足可靠性要求又降低容载比，以提高投资的经济效益。例如：变电所增加主变台数，次级电网增加转移负荷的能力，提高功率因数，提高自动化程度和提高各变电点的负荷预测及变电容量配置的准确性等。

4.4 城网接线

4.4.1 城网由送电线路，高压配电线路，中压配电线路，低压配电线路以及联系各级电压线路的变、配电所组成。电网接线的要点如下：

- (1) 各级电压电网的接线应标准化；
- (2) 高压配电网接线力求简化；
- (3) 下一级电网应能支持上一级电网。

各级电压配电网的常用接线见附录 B，供参考。

4.4.2 220kV 及以上的送电线路和变电所是电力系统的组成部分，又是城网的电源，可靠性要求高，一般为建于城市外围的架空线双环网。在不能形成地理上环网时，也可以采用 C 形电气环网，环网的规划属系统规划。当负荷增长需要新电源接入而使环网的短路容量超过规定值时，应在现有环网外围建设高一级电压的环网，将原有的环网开环分片，以降低短路容量，并避免电磁环网。

4.4.3 在环网的适当地点设枢纽变电所，将超高压降压后送至市区。在负荷密集、用电量很大的市区，可采用 220kV 深入市区的供电方式。此种为市区供电的 220kV 线路和变电所属城网规划范围。

4.4.4 高压配电网包括 110、63kV 和 35kV 的线路和变电所。根据采用架空线或电缆及变电所中变压器的容量和台数，选择接线。变电所接线要尽量简化。采用架空线路时，以两回路为宜。采用电缆线路时可为多回路。

4.4.5 为充分利用通道，市区高压架空线可同杆双回架设。为避免双回路同时故障停电而使变电所全停，应尽可能在双侧有电源。条件不具备时，可加强中压电网的联络，在双回路同时故障时，由中压电网倒入保安电力。

4.4.6 不论采用架空线还是电缆，当线路上 T 接或环入三个及以上变电所时，线路宜在两侧有电源，但正常运行时两侧电源不并列。

4.4.7 对直接接入高压配电网的小型供热电厂或自备电厂，一般采用单电源辐射方式向附近供电，随着城网负荷的增长，逐步缩小这些电厂的供电范围。这些电厂与系统的连接方式，如通过高压配电线，一般考虑在运行上仅与一个高一级电压的系统变电所相连，并在适当地点设解列点。

4.4.8 中压配电网由 10kV 线路，配电所、开关站，箱式配电站，杆架变压器等组成，主要为分布面广的公用电网。中压配电网的规划应符合以下原则：

(1) 中压配电网应依据高压配电变电所的位置和负荷分布分成若干相对独立的分区。分区配电网应有大致明确的供电范围，一般不交错重叠。分区配电网的供电范围将随新增加的高压配电变电所及负荷的增长而进行调整；

(2) 高压配电变电所中压出线开关停用时，应能通过中压电网转移负荷，对用户不停电；

(3) 高压配电变电所之间的中压电网应有足够的联络容量，正常时开环运行，异常时能