



国家电网公司
电力科技著作出版项目

大电网结构规划

宋云亭 郑超 秦晓辉 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作出版项目

大电网结构规划

宋云亭 郑 超 秦晓辉 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

电网结构是影响电网安全可靠运行的重要因素之一,电网结构的构建是电力系统规划的重要内容。本书讲解了电网结构的定义和电网结构规划的方法,介绍了国内外典型大电网结构,从输电网、受端电网和电源接入系统方式三个不同角度对各种电网结构类型进行分析比较,对影响电网结构的相关因素进行了分析,最后给出了构建合理电网结构应遵循的主要原则。本书对大电网的规划建设具有参考价值和指导意义。

本书可供从事电力系统规划、运行、控制及管理工作的工程技术人员学习使用,也可供高校电气工程专业师生和从事电力系统专业领域研究工作的人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

大电网结构规划 / 宋云亭, 郑超, 秦晓辉编著. —北京: 中国电力出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3515 - 8

I. ①大… II. ①宋…②郑…③秦… III. ①电网 - 电力系统结构②电网 - 电力系统规划 IV. ①TM727②TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 224764 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

2013 年 2 月第一版 2013 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.125 印张 338 千字 1 插页

印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

电网结构是影响大电网安全可靠运行的重要因素之一，电网结构的构建是电力系统规划的重要内容。坚强的网架结构是电网保持较高安全稳定水平的基础。我国电网已进入特高压大电网、大煤电、大水电、大核电、大型可再生能源基地的新阶段。大电网比小电网具有很多明显的优越性，但是大电网对可靠性要求更高，若发生恶性连锁反应，可能造成严重的社会影响和经济损失。

研究大电网结构问题，涉及范围很广，从电网一般情况到重点分析，从电网结构现状到历史发展，从电网规划到运行管理等。分析研究国内外大电网结构和电网互联的情况，了解分析国外电网大停电事故情况并吸取其经验教训，从而得到对我国电网结构规划有益的启示，分析总结国外大电网结构建设的经验，力求去粗取精，去伪存真，提炼出一些原则性和规律性的意见，为我国大电网结构的规划发展服务。

本书编著者在电网规划领域具有丰富的研究和工程经验，均为国家电网公司科研攻关团队的骨干成员。该团队从事电网规划研究和工程应用工作多年，完成了多项来自科技部（国家科技支撑计划）、国家电网公司、各网省电力公司等单位电网规划方面的课题。本书依托以上项目的研究报告和论文，结合电网规划相关理论和基础工作，对电网结构规划方面的工作和成果进行了系统的整理，从而使本书能够比较系统、全面地反映有关电网结构规划的最新研究成果。

本书共13章，第4、8、10、11章由郑超编写，第5、6、7、12章由秦晓辉编写，其余章节由宋云亭编写并对全书进行统稿。在本书的编写过程中，中国电力科学研究院系统所的马世英、卜广全、杨海涛、申洪、郭小江、张文朝等专家为本书的编写提供了相关资料，硕士研究生朱琳和周霄协助整理和校阅了全书手稿，在此一并向他们致以衷心的感谢。

鉴于目前对电网结构进行全面而深入研究的书籍较少，涉及工程应用需要的更少，同时电网结构规划领域又有许多问题尚在研究和探讨之中，书中难免存在不当之处，恳请读者提出宝贵意见，使之不断完善。

目 录

前言

1

绪 论

1.1 电网结构定义	1
1.2 电网结构分类	2
1.3 电网结构规划的目的	5
1.4 决定电网结构的主要条件	6
1.5 电网结构规划的内容	6
1.6 电网结构规划的原则	7
1.7 电网结构规划准则	8

2

电网结构规划的模型和方法

2.1 电网结构规划的数学模型	11
2.2 电网结构规划方法	12
2.3 电网结构规划方案评价方法	14
2.4 电网结构规划方案评价指标体系	16
2.5 我国电网结构规划评估指标体系	19
2.6 构建具有较高输送能力电网结构的工程化实用方法	21

3

国外典型电网结构

3.1 美国电网结构	22
3.2 加拿大电网结构	28
3.3 日本电网结构	29

3.4 欧洲互联电网结构 36

3.5 俄罗斯电网结构 55

3.6 巴西电网结构 57

3.7 非洲互联电网结构 59

4

中国电网结构

4.1 电源发展及结构特征 63

4.2 区域电网结构概况 76

4.3 全国联网结构概况 84

5

电源接入系统结构分析

5.1 电源接入基本方式对电网输电能力的影响 88

5.2 电源通过独立送电回路和同时与送端系统相联比较 91

5.3 电源独立送电与打捆送电比较 100

5.4 电源接入原则的研究 110

6

输电网结构分析

6.1 单通道式 114

6.2 通道互联式 118

6.3 网对网式 120

6.4 密集式 132

6.5 大区电网互联式 135

7

受端电网结构分析

7.1 松散型 139

7.2 环状 140

7.3 网格型 145

8

电磁环网分析

8.1 电磁环网对电网输电能力影响的研究 149

8.2 电磁环网解环原则 151

8.3 电磁环网解环效果分析 152

9

提高电网可靠性的措施

9.1 优化电网安全稳定控制措施 155

9.2 采用输电系统先进技术 156

9.3 配置电网安全稳定控制系统 157

9.4 电网第三道防线的建设 162

9.5 采取综合应对策略 164

10

提高电网输电能力的措施

10.1 影响电网输电能力的因素 166

10.2 新型交流导线与输电技术 167

10.3 灵活交流输电技术 172

10.4 提高电力系统建模与仿真技术 182

10.5 合理配置电力系统稳定器（PSS） 183

10.6 直流调制控制 184

10.7 发展特高压电网 186

10.8 其他提高电网输电能力的新型技术 187

11

交直流输电技术对电网结构的影响

11.1	交流输电技术	189
11.2	直流输电技术	193
11.3	直流输电技术发展情况	201
11.4	交直流输电技术对比	204
11.5	交直流经济输电距离比较	205
11.6	交直流系统相互关系评价	207
11.7	交直流并联混合输电	209

12

国外电网大停电分析

12.1	国外电网典型大停电事故简介	215
12.2	电网大停电事故原因分析	216
12.3	防止电网大停电事故的相关措施	217
12.4	电网大停电事故对我国电网结构规划的启示	220

13

构建合理电网结构的原则

13.1	电力系统主网结构的发展经验	222
13.2	构建合理电网结构的主要原则	224
13.3	合理电网结构构建的思路	228
13.4	构建合理电网结构的要求	230
参考文献		233

绪 论

1.1 电网结构定义

电网结构是指输送和分配电能（包括电压变换）的各类电压等级电力线路、变压器和相应的配电装置的连接或接线方式。大型电网的结构通常以电压等级进行分层，多级电压电网结构如图 1-1 所示。

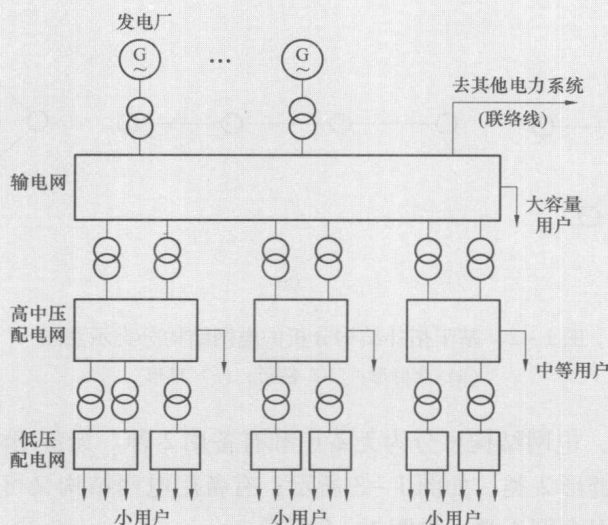


图 1-1 多级电压电网结构示意图

电网结构与电压等级，电源、负荷点的容量和数目，它们之间的地理位置以及可靠性要求等因素密切相关。

电网结构对电力系统运行的安全性、经济性、电能质量及调度控制的方便性及灵活性均有很大影响。主网架要采用电联系强的结构，包括采用较高的电压等级；同时要尽量简化结构，限制短路电流水平，提高调度控制运行的灵活性。主网架接线应尽量避免 T 接、单回路大环网、高低压环网、环套环、长短线并列、单回路超长线等结构。对低一级电压的电网，应力求采用简单的结构，实行分片供电。

电网结构规划通常要针对具体的电力系统，提出若干个电网结构规划方案，逐个进行潮流分析、稳定分析、短路电流分析、可靠性评估和经济性分析，经过技术经济比较，最

后确定合理的电网结构。

1.2 电网结构分类

由于现代电网的结构愈来愈复杂,电网结构多种多样,从不同角度看来电网结构分类也不尽相同,不能一概而论,因此电网结构只能非常近似地加以描述和分类。本书从拓扑结构、可靠性、网络繁简度、电力流向4个不同的角度来对典型的电网结构进行分类。

(1) 按拓扑结构分,电网结构可分为放射形、链形、环形3大类,如图1-2所示。放射形是一种最简单的电网结构,电力潮流容易调整,系统保护设置容易,运行调度和控制最为方便;缺点是发生事故时需要进行系统切换操作,单回线路供电可靠性不高。链形结构是放射形的扩展,但可靠性低于放射形。环形结构有较好的可靠性和经济性,其优点是发生事故时不需要进行系统切换操作,可以提高整个系统的送电容量,以减少事故损失;缺点是系统结构复杂,潮流调节和系统保护复杂,在发生事故时有可能引起连锁反应。

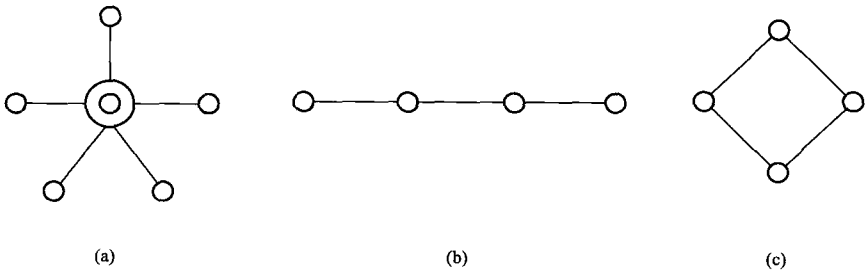


图1-2 基于拓扑结构分析的电网结构分类示意图
(a) 放射形; (b) 链形; (c) 环形

(2) 按可靠性分,电网结构可分为无备用和有备用2种。无备用电网结构又可分为单回路放射形和单回路链形2类,如图1-3所示;有备用电网结构又可分为双回路放射形、双回路链形、环网和混合型4类,如图1-4所示。

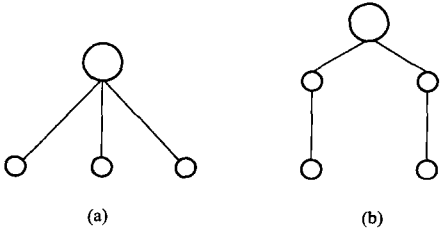


图1-3 无备用电网结构示意图
(a) 单回路放射形; (b) 单回路链形

(3) 按网络繁简度分,电网结构可分为简单结构和复杂结构2种。若可以归结为等值两机系统的电力系统属于简单结构;若只能用3台或更多台等值发电机来表示的电力系统

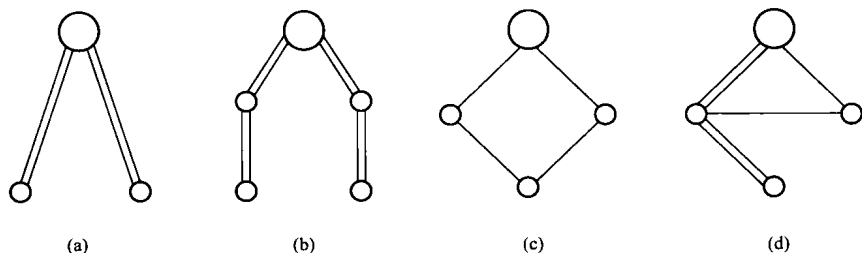


图 1-4 有备用电网结构示意图

(a) 双回路放射形；(b) 双回路链形；(c) 环网；(d) 混合型

则属于复杂结构。

(4) 按电力流向分，电网结构可分为电源接入系统结构、输电网结构和受端电网结构 3 种类型。电源接入系统结构又可详细划分为点对点网、打捆外送、放射式、混合式 4 类，如图 1-5 所示；输电网结构可详细划分为单通道式、通道互联式、网对网式、密集式、大区电网互联式 5 类，如图 1-6 所示；受端电网结构可详细划分为松散式、环式、网格式 3 类，如图 1-7 所示。

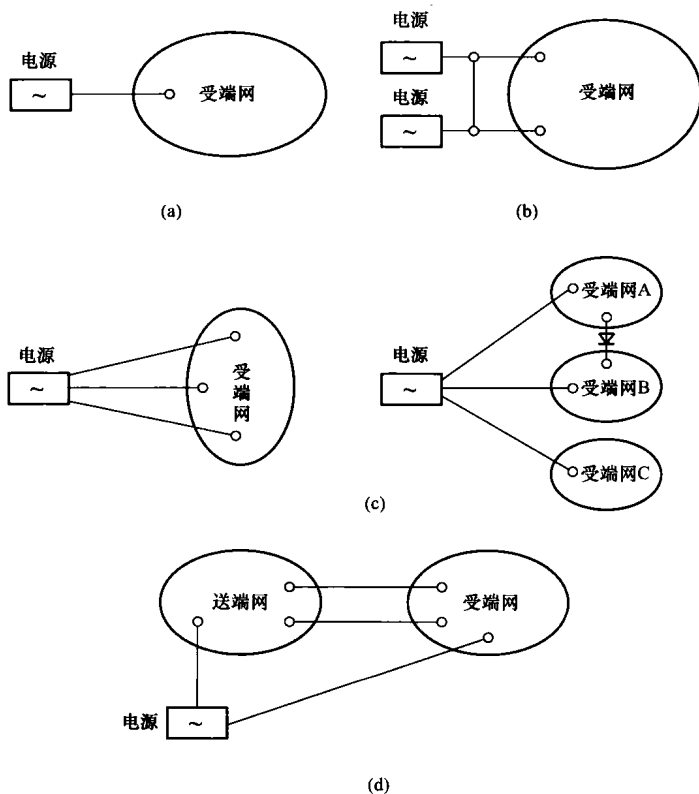


图 1-5 电源接入系统结构分类示意图

(a) 点对点网；(b) 打捆外送；(c) 放射式；(d) 混合式

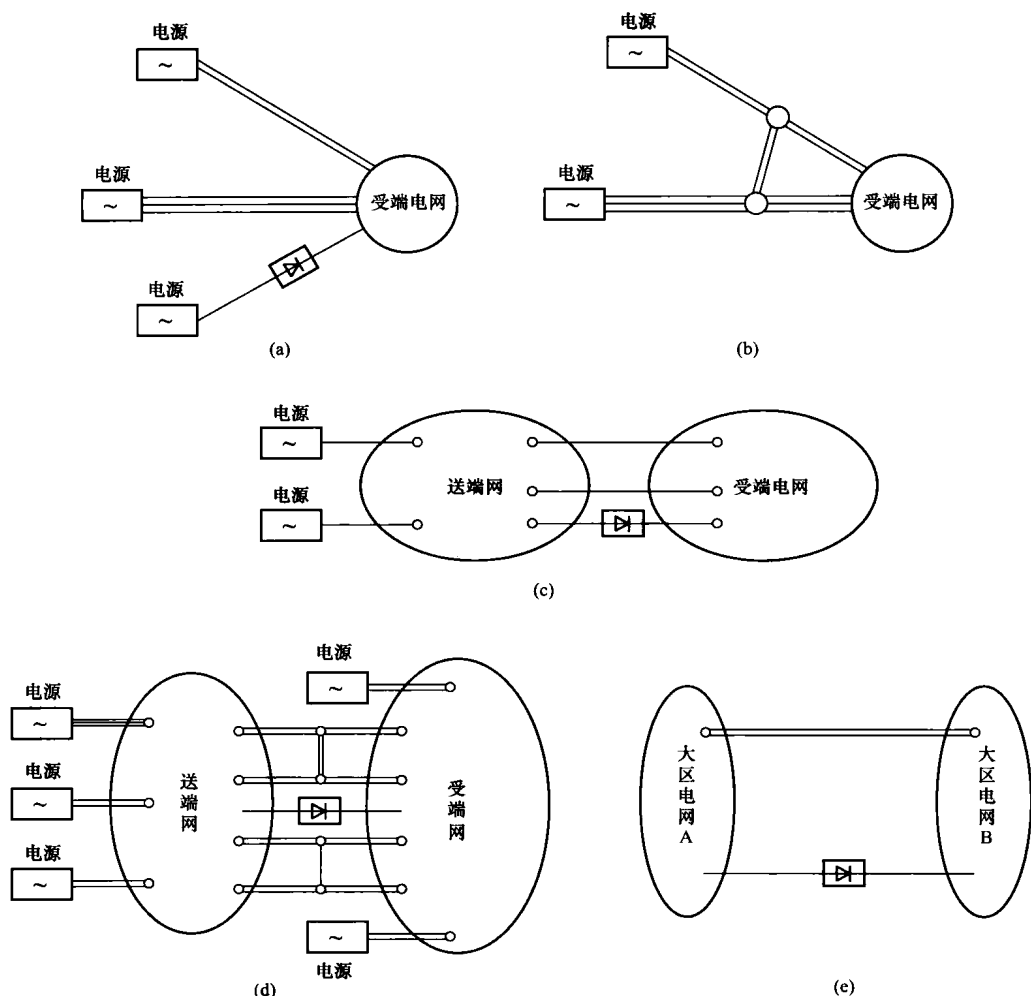


图 1-6 输电网结构分类示意图

(a) 单通道式；(b) 通道互联式；(c) 网对网式；(d) 密集式；(e) 大区电网互联式

世界上电网结构千差万别，既有经过统筹规划后形成符合规划设计理论标准的电网结构，也有顺其自然发展而成的特殊电网结构。前者是在目标网架下有目的地建设电网，最大程度保证电网安全可靠运行，后者却很难使电网结构合理，因此不可避免地存在不稳定因素。

对于一个实际的电网来说，其电网结构可能既具有某个类型电网结构的特点，又具有另一类型电网结构的特点。实际电网的结构可能介于两类典型电网结构之间，也有可能是多种类典型电网结构的混合体。另外，电网结构并非静止的，而是在不断发展变化中。世界各国的电网都是在不断地简化、升压、改造过程中，不断地新陈代谢。所以，可能在某一时期该电网属于某种类型电网结构，过了一段时间后又变成另一类型的电网结构了。理想的电网结构应吸收各种典型电网结构的长处，而避其之短。在电网规划设计阶段，应根据电网各自的特点，远期和近期相结合，技术性和经济性统筹考虑。

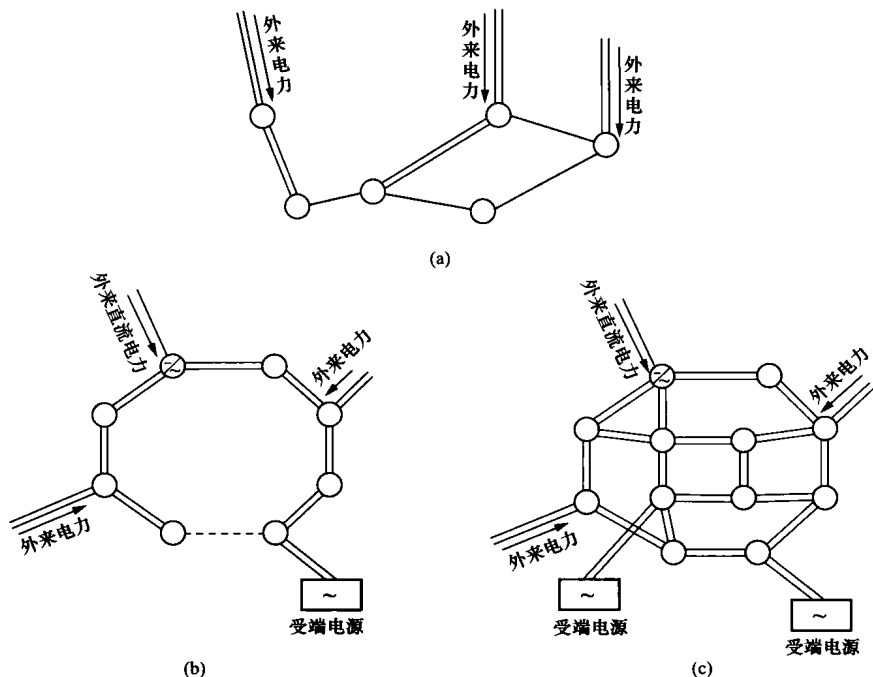


图 1-7 受端电网结构分类示意图
(a) 松散式；(b) 环式；(c) 网格式

1.3 电网结构规划的目的

(1) 在保证一定可靠度情况下，减少备用容量。如美国 40 多年来电网不断互联，减少装机的效益达 110 亿美元，同时减少运行备用、事故备用和检修备用容量，在紧急状态下进行功率缺额支援；再如前苏联统一电网实现经济效益数十亿美元，减少备用 15GW。

(2) 经济电能交换。如加拿大魁北克向美国提供廉价水电，美国 1986 年交换电能节省燃料和运行费用 35 亿美元。法国将廉价的核电输送到英国和意大利。法国核电占本国电力的 75%，意大利的水电占本国电力的 40%，实现相互补偿。

(3) 开发大能源基地。如前苏联开发煤矿火电站群和西伯利亚水电站群。1976 年 6 月，美国西北部 BPA 电网把哥伦比亚河流域联邦经营的 1362 万 kW 水电送到各电力经营企业和大用户，形成西北电网。加拿大建设拉格郎日梯级水电站群，与负荷中心联网输电，以弥补能源不平衡。

(4) 提高运行的灵活性。可以统筹利用分布于电网各处的电力和电量，当运行方式变化、负荷预测误差和电源建设投运提前或拖后时，都可通过电网互联以保证供电需求和电源平衡。

(5) 充分利用现有发输电设备。前苏联各加盟共和国和地区的联网，都可以充分利用各地已建成的各类水、火、核电站，1992 年总装机容量达 3.11 亿 kW，尖峰负荷 1.05 亿

kW，总电量 1.4 万亿 kWh，运行 20 年效果很好。西欧 1992 年总装机容量 3.86 亿 kW，尖峰负荷 2.5 亿 kW，总发电量 1.5 万亿 kWh，联网扩大到北欧、东欧。

国内外电网规划的目标均是“社会成本最小化”，电网规划的目标通常被表述为“在保证将电力安全可靠地输送到负荷中心的前提下，使电力建设和运行费用为最小”。

1.4 决定电网结构的主要条件

政治体制是确定电网结构的重要条件。如前苏联解体，使统一电网解列运行，前苏联与东欧的同步联网也面临解列。随着北约东扩，东欧各国电网也逐个与西欧同步联网。

经济管理体制是实现电网结构目标的必要条件。各地区的能源资源在某阶段必然有盈余和短缺，如果经济管理体制合适，必然可以通过电网互联得到互补，取得联网效益。如：西欧各国联网并与东欧联网；北欧国家与俄罗斯在边境背靠背联网，可见不同政治体制也不妨碍有经济效益的电网互联。但是如果经济管理体制不适应，在相同的政治体制下的联网也不能取得很好的经济效益。如俄罗斯统一电网虽然已联起来，但从各自的经济利益考虑，没有落实经济利益分享的办法，使联络线维持零功率运行。

经济合理、技术可行是电网结构的基础条件。

1.5 电网结构规划的内容

电力系统规划是在整个国民经济计划指导下，具体研究今后 5 年、10 年、15 年及更长时期内电力工业与国民经济其他部门间的合理比例关系；电力工业内部发、输、变电之间的比例关系；研究电力工业的发展规模和速度、发展规律、电力工业布局、燃料动力平衡、电力工业科学技术进步和电力工业经济效益等重大问题，并作出长远的可行安排，以指导电力工业的具体实施计划，保证电力工业高速度、高经济效率的发展，不断地满足国民经济及人民生活对电力的需要。

电力系统规划由电力负荷预测、电源规划和电网规划三部分构成。电力负荷预测是电力系统规划的基础，它提供电力增长状况、负荷曲线及电力分布情况。电源规划是根据某一时期的负荷需求预测，在满足一定可靠性水平下寻求一个最经济、对社会和环境负面影响最小的电源开发方案。电网规划的任务是根据规划期的负荷增长及电源规划方案确定相适应的最佳电网结构，以满足经济可靠输送电力的要求。电网规划又称电网结构规划或输电网规划，是电力系统规划的一个重要组成部分。电网规划一般包括电源接入系统方案论证、主网架结构规划、受端电网规划及与周边电网联网规划等。电网规划重点是研究网架方案，论证电网网架结构、最高电压等级、输电方式、大型电源的接入、变电站布局和规模、受端主干网架方案、各有关电网之间联网方案以及电网新技术的应用等。就电力系统而言，电源规划与电网规划是互相耦合的不可分割的整体。

电网规划主要解决以下三个问题：

(1) 在何处投建新输电线路；

(2) 何时投建新的输电线路;

(3) 投建何种类型输电线路。

电网规划设计包括近期、中期、长期三个阶段,并遵循“近细远粗、远近结合”的思路开展工作。设计年限宜与国民经济和社会发展规划的年限相一致,近期规划5年左右、中期规划5~15年、长期规划15年以上。近期规划侧重于对近期电网建设项目的优化和调整;中期规划侧重于电网网架多方案的研究,提出推荐的电网结构和建设项目;远期规划侧重于对主网架进行战略性、框架性及结构性的研究和展望。近期规划是中、长期规划的基础,中、长期规划指导近期规划。

合理的电网结构是电力系统安全稳定运行的基础。电网规划设计应统筹考虑,合理布局。重点研究网架的送电规模、最高电压等级、输电方式,优化电网结构,对电网进行安全稳定和经济评价。合理的电网结构应满足如下基本要求:

(1) 满足电力市场发展需要,适度超前,具有较强的适应能力;

(2) 安全可靠、运行灵活、经济合理;

(3) 贯彻分层分区的原则,网架结构简明,层次清晰;

(4) 无功配置和潮流流向合理,控制系统短路水平。

电网规划应遵循以市场为导向、安全稳定为基础、经济效益为中心的原则,做到科学论证、技术先进。电网规划应在国家电力中长期规划的指导下,从整体效益出发,引导电源建设布局;推荐的电源建设方案是电网规划的基础,在电源建设方案变化时还要做好敏感性分析。

1.6 电网结构规划的原则

电力工业的基本任务是向用户提供充足、可靠、合格、廉价的电力,促进国民经济持续、稳定、协调的发展,提高社会效益。因此,规划设计应该以保证上述基本任务的实现出发,做到所规划设计的系统能最充足(包括合格)地供应电力,电网能最可靠地稳定运行,能取得最经济的投资和运行费用,以及对于发展变化、运行方式变化能最灵活地适应。然而实际上存在许多约束,如资金约束、资源约束、建设工艺约束、环境约束和政策约束等,所以,任何电力系统都不可能做到最充足、最可靠、最经济而又最灵活。例如,为了提高可靠性,要多花投资;而反之,有时为了经济性,又不得不牺牲某些可靠性,如牺牲严重故障下的稳定性,以及允许个别方式下的过电压越限。又如,为了有适应发展的灵活性,要增加投资或临时降低可靠性。然而,又因有灵活性而带来后期发展的投资节约、电网误操作率的降低以及长期运行的安全性。可见,充足、可靠、合格、廉价这四个特性是相互制约、相辅相成的。因此,规划设计应因地、因时、因系统制宜,要对四个特性作折衷选择,以求最合理的配合。一个规划和设计较好的电力系统应该定义为:是一个具有四性(充足性、可靠性、经济性和灵活性),且它们配合得当,从而使全网在全过程中的社会总成本(包括供电成本和停电损失)为最低的电力系统。这也是规划设计的指导思想。

合理的电网结构是电力系统安全稳定运行的重要物质基础。历史上由于电网结构不合理而诱发电力系统暂态稳定破坏,最终造成电力系统大面积、长时间停电的重大事故比较多。因此,在进行电网规划时不仅要考虑电网的经济性和充裕性问题,而且要研究电网在受到大扰动时的动态行为,以避免造成重大的社会经济损失。

1.7 电网结构规划准则

国外电网规划的技术标准为“电网规划标准”或“电网规划可靠性准则”,其中最具代表性和影响力的是北美电力可靠性协调委员会颁布的 *NERC Planning Standards* (《NERC 规划标准》),该标准不是强制性标准,对电网规划仅起指导作用。

我国目前电网结构规划依据的技术标准是 DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》,但该导则包含的许多技术标准属于运行标准。Q/GDW 268—2009《国家电网公司电网规划设计内容深度规定》对电网规划内容和深度提出了要求,对电网规划可起到重要的指导作用,但对于技术性能并没有提出具体而全面的要求。

目前国内外采用的规划标准(可靠性准则或安全稳定导则)绝大多数采用的是确定性准则,少数采用概率性准则。

1.7.1 电网结构规划准则概述及分类

规划准则不同,标志着不同的可靠性与经济性,它涉及电力投资与停电损失之间的比值协调。制定规划设计准则的目的是保证供电的充分和可靠而多装的发、输、变电设备所增加的投资及其运行费用,与不多装这些设备导致用户的停电损失(或电力公司的停电赔偿)两者之间取得合理的平衡,即其总费用为最小。

世界各国由于地理条件、负荷密度、电网结构及经济发展水平不同,因而规划设计准则亦不尽相同。一般来说,发展中国家或地区,因为经济发展水平低而不得不采用可靠性较低的准则。相反,发达国家或地区,因为经济发展水平较高,停电带来的损失比较严重,因而采用可靠性较高的准则。

电力系统安全可靠包括两个方面的内容,相应的有两种量度,即充裕性(Adequate)和安全性(Security)。前者是指电力系统有足够的发电容量和足够的输电容量,在任何时候都能满足用户的峰荷要求,它表征电网的稳态性能。后者则是指电力系统在事故状态下的安全性和避免连锁反应而不会引起失控和大面积停电的能力,它表征电网的动态性能。电网规划设计采用可靠性计算(亦称静态可靠性计算)来检查电网的稳态充裕性;采用稳定计算(亦称动态可靠性计算)来检查电网的动态安全性。

在发电规划中,由于发电可靠性主要取决于电网电源容量的充裕性量度,因此在准则中一般只评价发电静态可靠性。衡量静态可靠性的指标有电力不足概率 LOLP (Loss of Load Probability)、电力不足期望值 LOLE (Loss of Load Expectation)、电量不足期望值 EENS (Expected Energy Not Served)、停电频率和持续时间 F&D (Frequency and Duration)等。目前,许多国家习惯上都用 LOLP 作为电源保证程度的量度。但是也有不少国家,还提出了评价发电动态可靠性这一标准,它规定当系统发生事故后系统备用容量不足而使供

电可靠性不能保证时,所应采用的若干应急调度方法和顺序,以及计算其频率的方法,以保证系统必要的可靠性。这些应急措施包括降低电压、限制用电负荷及调用机组最大出力等调度运行的措施。但从规划设计角度来说,需要对其中的系统旋转备用值作规定,以及对低频减载作计算。

在输电规划中,不仅要考虑充裕性,而且还要考虑安全性。由于输电线路的容量不是一个确定值,线路强迫停运不具有独立性。因此在输电静态可靠性中,各个国家衡量可靠性是采用 $N-K$ 法则来进行潮流计算,计算输电网络的静态充裕性的。即当由 N 个元件组成的电力系统中有 K 个元件断开后,不丧失供给负荷用电的能力,网络任一点电压和任一线路上的潮流均不超过允许限度。一般选取 $K=1$,对某些电力系统中的重要线路也可取 $K=2$ 。

输电系统动态可靠性,通常是按指定的确定性事件进行稳定计算,若不能满足,则要采用提高稳定性的措施。由于各国的具体情况不同,所采用的校验计算条件也不同。

1.7.2 我国电网结构规划准则

DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》、SD 131—1984《电力系统技术导则》和 DL/T 5429—2009《电力系统设计技术规程》,对电力系统规划设计标准作了规定,现将有关规划设计的内容归纳如下:

1.7.2.1 发电准则

(1) 静态可靠性。规划和运行中的电力系统均应有有功功率备用容量,以保证系统经常在额定频率下运行。备用容量包括:① 负荷备用容量,为最大发电负荷的 $2\% \sim 5\%$;② 事故备用容量,约为最大发电负荷的 10% ,但不小于本系统中最大一台机组容量;③ 检修备用容量,一般宜为最大发电负荷的 $8\% \sim 15\%$ 。系统备用容量总计为 $20\% \sim 30\%$ 。

(2) 动态可靠性。负荷备用容量应是接于母线,且立即可以带负荷的旋转备用容量。

1.7.2.2 输电准则

(1) 静态可靠性。电力网应能满足以下供电要求:

1) 同级电压网络内任一元件(变压器、线路、母线)事故时,其他元件不应超过事故负荷的规定。

2) 向无电源或电源很小的终端地区供电的同级电压网络,当2回及以上线路中任一回路事故停运后,应能保证地区负荷供应的 $70\% \sim 80\%$ 。

3) 电厂送出线路有2回及以上时,若任一回路事故停运后的静稳定能力小于正常输电容量,则应按事故后静稳定能力输电,否则应按正常输电容量输电。

4) 核电厂的送出线中,任一回路检修停运而另一回路又突然故障时,应按维持机组安全运行的出力输电。

5) 受端主干网络(已形成多回路结构)中任一回路事故停运后,应保持正常供电。有多座变电站供电的地区,在一台(组)变压器事故停运后应保证正常供电,但初期地区内只有 $1 \sim 2$ 座变电站,每座变电站只有一台(组)变压器时,允许损失部分负荷。

6) 装有两台(组)及以上变压器的变电站,其中一台(组)事故停运后,其余主变