

983184



高等学校教材

电力系统运行管理

蔡 洋 主编

32
8



高等学校教材

电力系统运行管理

蔡 洋 主编

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

高等学校教材
电力系统运行管理
蔡 洋 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路 6 号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 227 千字

1995 年 8 月第一版 1995 年 8 月北京第一次印刷

印数 0001—1480 册

ISBN7-120-02212-1/TM·622

定价 5.90 元

内 容 提 要

电力系统运行管理是现代电力系统管理的重要内容之一。本书从电力系统管理的角度出发,介绍了如何在电力系统的运行中应用现代化理论与方法,提高电力系统运行的安全可靠性和经济性。

全书共分九章,包括:概论,电力系统运行调度管理,电力供需平衡,电力系统安全与可靠性管理,经济运行,联合电力系统运行管理,电力系统运行与操作管理,电力系统设备管理及电力系统综合自动化。

本书系电力管理工程专业教材,亦可供相近专业和从事电力系统运行管理的有关人员参考。

前 言

《电力系统运行管理》教材,是根据《1990~1995年高等学校水利电力类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划(第二部分)》决定,按高等学校水利电力类专业教学委员会管理类专业协作组审定的编写提要,由北京动力经济学院组织编写的。

电力系统运行管理是对电力系统整个生产过程的管理,是电力企业管理的重要内容之一。随着电力系统规模不断扩大,电力系统结构日趋复杂,依靠简单的通信手段、凭借运行人员经验的传统管理方式,已满足不了现代电力系统安全经济运行的要求。许多现代化的技术管理手段逐步在电力系统中得到应用,电力系统运行的管理更加科学、更加系统,从而大大提高了电力系统运行的安全性和经济性。

本书就现代电力系统运行管理理论与方法作了探索性的系统阐述。主要内容有:电力系统运行调度管理,电力供需平衡,安全与可靠性管理,经济运行,联合电力系统运行管理,电力系统运行与操作管理,设备管理,电力系统综合自动化等。本书为高等学校电力管理工程专业主干课教材,并可供相近专业和电业各级干部继续教育、岗位培训使用。

本书由国家电力调度通信中心蔡洋主编并执笔第一、二章;北京动力经济学院刘长垣执笔第八章,马昕执笔第三、四、九章,马云霄执笔第五~七章;电力工业部华中电管局调度局许有方高级工程师主审。在本书编写过程中,参考了国内外有关著作、论文、文献和资料,得到了有关单位的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书作为电力系统运行管理的教材,尚属首次撰写,难免存在欠缺和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

1995年3月

FA11169

目 录

前 言

第一章 电力系统运行管理概论	1
第一节 电力系统概述	1
第二节 电力系统结构	4
第三节 电力系统供电质量标准	9
第四节 电力系统运行管理概述	11
第二章 电力系统运行调度管理	13
第一节 电力系统调度管理的性质和任务	13
第二节 电力系统运行方式的编制	17
第三节 电力系统频率的调整	21
第三章 电力系统电力供需平衡	26
第一节 电力供需平衡概述	26
第二节 电力系统负荷预测	33
第三节 电力系统运行计划的制定	36
第四章 电力系统安全与可靠性管理	43
第一节 电力系统安全运行管理概述	43
第二节 电力系统安全分析	50
第三节 电力系统安全控制	60
第四节 电力系统可靠性管理	69
第五章 电力系统经济运行	71
第一节 概述	71
第二节 发电厂的经济特性曲线	71
第三节 电力系统有功经济运行原理	74
第四节 机组最优投入	81
第五节 电力系统网损管理	84
第六节 优化潮流简介	89
第六章 联合电力系统运行管理	91
第一节 概述	91
第二节 联合电力系统的调度管理	93
第三节 联合电力系统的运行方式	94
第七章 电力系统运行与操作管理	99
第一节 火电厂的运行管理	99

第二节	水电厂的运行管理	105
第三节	抽水蓄能电站的运行	109
第四节	核电站的运行	112
第五节	电力系统操作管理	116
第八章	电力系统设备管理	120
第一节	电力系统设备管理概述	120
第二节	设备管理技术经济指标	122
第三节	设备的日常管理	125
第四节	设备的磨损与补偿	126
第五节	发供电设备修理	130
第六节	设备更新	135
第九章	电力系统综合自动化	139
第一节	综合自动化是电力系统发展的必然趋势	139
第二节	电网调度管理自动化系统	140
第三节	电力负荷控制技术	146
第四节	电力通信系统	151
参考文献		156

第一章 电力系统运行管理概论

第一节 电力系统概述

一、电力系统及其发展

电力系统是随电力工业的发展逐步形成的。它是由发电、输电、变电、配电和用电系统构成的复杂的有机整体。

电的发现已经有较长的历史，但电力的应用只有 100 多年。上一个世纪，电开始用到生活中，以后才用到生产中。

由于三相交流变压器和感应电动机的发明，到 20 世纪，电力工业有了较大的发展。本世纪初，电压等级的提高、发展很快，由 20kV 发展到 115kV；20 年代以后，出现了 230kV 电压等级；50 年代，发展到 345kV 和 400kV；到 60 年代已达到 500kV 和 765kV；高压直流输电现正向 1100kV 及更高电压等级发展。

输电电压的提高，不仅可以远距离输送电能，而且把不同地区的发电厂、电网互连起来，形成省内、省间、全国、跨国大电网。电和其他产品相比有很大不同，就是运输时间短暂（接近光速），在地球范围内传输，无论相距多远，基本上无感觉上的差别。

随着电力生产的大量增长，电网也有很大发展。

发展电网是电力工业发展的规律，也是世界各国的共同经验。法国、意大利等国能源比较紧张，为了发展电力就搞国营，统一起来管，以便保证电力工业的发展并提供廉价电力，进而保证生产和人民生活的需要。美国、瑞士、日本、德国等国电网，由私营电力公司分地区经营，但为了各自利益，也互相供电，组成联合电网。瑞士是个小国家，500 多万人口，却有 1300 家电力公司，大家互供。它还和德国、法国、意大利、奥地利电网联起来，水电多发时瑞士往外送，水电少发时往里受电，充分发挥电网的优越性。前苏联的统一电网，横跨欧亚两洲，面积约 1000 万 km^2 ，装机容量 2 亿多 kW，是世界上最大的统一电网。联网可以错开负荷高峰，节约燃料，减少装机容量，节约投资，效益很大。在我国，联网的经济效益也很大。如山西向华北送电，一年送出几十亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。北京缺电，山西的煤又运不出，输电比输煤要方便。特别在交通运输紧张的情况下，通过联网把电送出来，效益更大。另外，在错峰方面，北京与沈阳时差半小时，与兰州时差一小时，与乌鲁木齐时差两小时。从东到西联网，可以把早、晚高峰错开，称为经度效益或时差效益。如果南北联网，则可把夏冬季高峰错开，称为纬度效益或温差效益。

总的看来，发展大电网，主要有以下经济效益：

- 1) 合理利用能源，有利于水力资源和低质煤的开发。
- 2) 可以安装大容量火电机组，有利于降低造价，节约能源，加快建设速度。大小机组安装周期基本相同，而小网不能装大机组。因为在小网中装设大机组，若有一机组出事故，则电网就会跨台，而且还不便于安排检修等。一般要求电网里最大的一台机组不得超过全

网容量的 10%~15%。

3) 大电网可以利用时差, 错开高峰用电, 各地区负荷的不同时率, 可削弱尖峰, 因而可减轻高峰电源紧张情况, 在满足用电高峰条件下, 可以减少全网装机容量。

4) 大电网能在各地区之间互供电力, 互通有无, 互为备用, 增强抵抗事故能力, 提高电网安全水平。一般来说电网电源欠缺 1%, 电网频率将降低约 0.5%, 如 500 万 kW 的电网缺 20 万 kW 时, 频率就要降低 1Hz。同一台机组在大、小电网里出事故对频率的影响大不相同。

5) 大电网能承受较大的冲击负荷, 有利于改善电能质量。

6) 水电可以跨流域调节, 并可在更大范围内进行水、火电经济调度。

由于联网可带来很大好处, 所以世界各国不仅国内联网, 而且与国外联网, 北欧、东欧和北美都已联成国际电网。

二、中国电力系统的发展

电力在我国的应用已有 100 多年历史。从 1882 年 7 月上海第一台机组发电开始, 到 1949 年新中国成立, 在 60 多年中, 经历了辛亥革命、土地革命、抗日战争和解放战争, 电力发展迟缓, 有时还遭到破坏, 全国只有几个大城市才有电力供应。1949 年时全国总装机容量 184.86 万 kW, 年发电量约 43 亿 kW·h, 人均年占有电量不足 10kW·h。当时中国的电力系统大多是大城市发供电系统, 跨地区的有东北中部和南部的 154kV、220kV 电力系统、东北东部的 110kV 电力系统 (分别以丰满、水丰和镜泊湖等水电站为中心) 以及冀北电力系统。

新中国成立后, 随着电力工业的发展, 电力系统有了很大的发展。1990 年全国发电装机容量达 13789 万 kW, 年发电量为 6213 亿 kW·h, 为 1949 年的 144 倍, 人均年占有电量 500 多 kW·h, 年发电量总值由 1949 年的居世界各国第 25 位跃居第 4 位。

在输变电建设方面, 据 1990 年末统计, 35kV 及以上输电线路总长度为 46.4 万 km, 其中 500kV 线路为 7117km, 330kV 线路为 4023km, 220kV 线路 73130km; 35kV 及以上变电站总容量为 39257 万 kVA, 其中 500kV 为 2069 万 kVA, 330kV 为 471 万 kVA, 220kV 为 10407 万 kVA, 全国平均线路损失率约为 8%。

在发输变电建设中, 形成了发电装机容量在 20 万 kW 以上的电力系统 15 个, 接入的发电容量占全国总容量的 90%, 其中 100 万 kW 以上的电力系统有 12 个, 华北、东北、华东、华中四大电网均已达到 2000 万 kW 水平。电力系统采用 50Hz 作为频率标准。各主要电网的平均负荷率在 88% 左右。

电力系统输电电压等级, 除西北电网为 330/220/110kV 外, 其他电网都采用 500/220/110kV。目前各大电网都已形成 220kV 网架, 华北、东北、华东、华中四大电网已初步建成 500kV 大容量输电线路和跨省联络线, 并将逐步形成跨省互联的骨干网络。除超高压交流输电外, 目前已建成两条超高压直流输电线路, 第一条为 ± 100 kV, 从浙江省的镇海到舟山岛, 全长 53.1km, 其中 17km 为海底电缆, 输送容量为 10 万 kW。第二条为 ± 500 kV, 从葛洲坝水电站到上海南桥, 全长 1080km, 输送容量为 120 万 kW, 使华中和华东两大电网互联, 形成了跨大区的电力系统。

由于煤炭资源大部分在华北和西北,水力资源 70%以上集中在西南、西北和华中,而负荷中心在沿海及中部地区,随着黄河、长江、红水河流域水力资源的开发,煤炭基地火电厂的建设,预计到 2000 年,除西藏、新疆、台湾外,全国各跨省电网和省级电网将逐步互联并最终形成全国电网。

华北、东北、华东、华中、西北、西南、华南、山东、福建、云南等主要电网情况如表 1-1。

表 1-1 中国主要电力系统情况 (1990 年)

电 网	装机容量 (万 kW)			最大负荷 (万 kW)	发电量 (亿 kW·h)			平均利用 小时 (h)	无功电力 设备容量 (Mvar)
	总计	水电	火电		总计	水电	火电		
华 北	1848.09	84.20	1763.90	1328	975.89	14.42	961.47	5280	7127.6
东 北	2179.71	389.83	1789.88	1346	964.77	86.27	878.51	4798	7593.1
华 东	2193.01	248.07	1944.94	1454	1063.73	62.59	1001.14	5037	8921.5
华 中	1999.83	812.85	1186.98	1082	953.32	364.78	588.55	5024	7372.5
西 北	855.36	414.65	440.71	645	430.56	181.96	248.60	5361	2583.7
四 川	591.55	208.15	383.40	347	289.57	100.98	188.61	5338	2625.4
广 东	763.55	210.05	553.50	374	322.54	64.78	257.75	5821	2740.8
山 东	809.11	4.68	804.43	605	443.61	0.41	443.19	5899	1804.7
福 建	318.87	155.62	163.25	166	117.81	59.34	58.46	3828	444.7
云 南	251.10	144.92	106.18	152	101.82	53.76	48.06	4200	
广 西	267.40	140.87	126.53	144	110.62	58.02	52.65	4334	
贵 州	205.63	90.60	115.03	126	92.65	27.40	65.25	4532	

我国电力系统已形成 6 个跨省电网,6 个独立省网,以及跨省网间的互联。全国各级电网根据“统一调度,分级管理”的原则进行管理,分为国家电力调度、跨省电力调度、省级电力调度、地区电力调度和县电力调度等五级。简称国调、网调、省调、地调、县调五级。

随着电网的不断发展和互联,电网运行调度任务日益繁重。为了保证电网安全运行,1000 万 kW 以上容量大电网,需监控 40~60 个发电厂和变电所,以及近百条超高压输电线路,需采集 5000 多个遥测量和遥信量。需从数以万计的信息中将信息作智能处理,判断电网运行是否正常、经济或出现事故,以便及时准确地报警或采取措施,保证安全、可靠、连续、优质、经济地供电。为此,各级电网调度必须配备调度自动化系统,实现信息收集、安全监视、经济调度、自动发电控制和负荷控制等功能。

三、中国电力系统的特征

中国国土辽阔,能源资源储量丰富,分布不平衡。在全国 30 个省和直辖市中,东北部、东部沿海地区经济发展迅速,电力负荷耗量大又比较集中,而能源分布不平衡,集中在西部,这种基本格局决定了中国电力系统具有以下特征:

1) 随着各省区的经济发展,电力负荷日益增长,基本上形成了以省为范围的 20 多个大小不等的电力系统。

2) 北部和东部沿海各省经济发展迅速,经济协作紧密,电力负荷容量大,增长快又比较集中,从而形成了装机容量约 2000 万 kW 左右的东北、华北、华东、华中等跨省大区电网。

3) 各电力系统的结构与地区能源资源条件相关。北部、东部沿海地区电网水力资源不多,因此这些地区的电力系统以燃煤火电厂为主,如华北火电占 94%,东北为 79%,华东为 97%,山东为 99%。反之,西北、华中、西南、华南、福建、云南等省区电力系统则因水利资源丰富,水电容量占很大比重,其水电比重分别为 46.9%、41%、46.4%、40.5%、52%、50%。

4) 各省、区电网,基本上是以该省已建成的大电源为基础形成的。以大电源为重点结合大城市电力负荷分布形成网络骨架。如华北电网是以唐山陡河电厂,天津数个大电厂(大港等),北京附近几个大电厂和山西神头、大同,河北马头等地建设的大中型电厂为重点联网形成的。西北电网则以黄河上游兴建的几个大中型水电站如龙羊峡以及新建大型秦岭火电厂等为骨干形成的。

5) 电网的电力潮流受能源资源分布和负荷分布特点制约,基本上是西电东送的格局。特别是随着电力开发西移,到 2000 年以后,更是如此,这就需要从全国能源资源分布的上述特点出发规划发展我国的电力系统。

6) 各省区电网由小到大发展迅速,规模日益扩大,电源选址、网络建设难度增大,建设投资和运行费用日益增长,迫使电力系统发展建设必须统筹规划,在发挥电网经济效益基础上发展互联电网。已出现的跨省和地区的电力系统,对合理利用能源资源,加快电力工业的发展,改善电力系统运行状况,提高电网整体安全性和经济性,具有十分重要的作用,是我国电力系统发展的方向。

7) 由于常规发电能源不足,北部、东南部沿海电力系统的进一步发展,必须依靠核电。积极发展核电,增加核电比重是这些电网建设的重要方向。为配合核电发展,必须相应地积极发展抽水蓄能电站以适应调峰能力并改善电力系统安全经济状况,提高运行水平。

第二节 电力系统结构

一、概述

电网的安全稳定与否直接关系到国民经济的发展。保证电网的安全稳定,是电力系统管理的首要职能。实践经验证明,合理的电网结构是电网安全稳定的重要的物质基础。

所谓合理的电网结构,就是指在技术上电源布局合理,并按其地位、作用分区分层接入相应的主网;发电机组规模及参数的选择、电源建设与电网规模,须与发展阶段相适应;电网标准电压等级合理,网络结构清晰,潮流均匀、流向合理,使电网能适应负荷和电源建设的发展需要;电网运行的事故处理具有灵活性,抗干扰能力强;在规划建设上发电、送电、变电都要配套同步;经济上合理,适合国情。

电网结构中的薄弱环节,随时都有可能影响电网的安全稳定。据对十几年来的 255 次事故分析表明:稳定破坏事故中有 70% 左右直接或间接与电网结构薄弱或不合理有关。因

为薄弱的电网结构本身抗御不了重大的灾害和误操作，同时继电保护，自动装置难于在这种电网中发挥作用。随着电网规模的扩大，偶尔出现一次稳定破坏事故，其波及面造成的损失和影响都十分严重。

为此，除了按各种技术导则、规程要求严格进行电网规划、设计建设和运行外，加强上述各阶段的管理十分重要。它包括加强项目前期工作，做好多方案的论证比较，对电网进行深入细致的计算分析，理顺发电、送电工程及电网配套的渠道，为电网一次系统和二次系统的配套，同步建设创造良好的条件，还要从电网整体出发，力求减少片面性，避免“短期行为”削弱电网等违反电网安全稳定客观规律的现象发生。只要尊重电网发展的客观规律，就一定能建设好、管好电网。

随着电力系统规模的不断扩大，电力系统的结构也越来越复杂。最早的电力系统是由一个电源向几个负荷点供电的简单系统，供电面积很小，线路也十分简单。当电能作为优质的二次能源普遍地应用于生产和生活之后，电力需求迅速增长，相应地系统规模也迅速增大，从单个电厂的简单系统发展成几个、几十个电厂向千、万个用户供电的大系统，供电面积大，线路成千上万条，系统的结构自然也日趋复杂。从横的方面看，电力系统可分为：将一次能源转换为电能的发电系统，将发电系统发出的电能汇集后输送到各处的输电系统和将输送来的电力分配到各用户的配电系统三大部分。从纵的方面看，电力系统具有按电压等级区分的分层结构。本节将对电力系统的电压等级和基本结构作一介绍。

二、标准电压等级

我们知道，在电力传输中，线路输送的三相功率 S 和线电压 U 、线电流 I 之间存在着如下关系：

$$S = \sqrt{3}UI$$

当线路输送的功率 S 是一定的时候，输电电压愈高，线路上的电流 I 就愈小，从而线路上的电压损耗和功率损耗就愈小，电力传输的距离就愈长。而且，线路上的电流小，所需导线载流部分的截面积就小，可节省线路投资。但是，电压愈高，对绝缘的要求就越高，结果是导致投资增加。综合考虑以上各方面的因素，对应于某一输送容易和输送距离，存在着一个最经济的输电电压。表 1-2 列出了与几种额定电压等级相适应的输送功率和输送距离。

表 1-2 与额定电压等级相适应的输送功率和输送距离

额定电压 (kV)	输送功率 (kW)	输送距离 (km)	额定电压 (kV)	输送功率 (kW)	输送距离 (km)
3	100~1000	1~3	35	2000~10000	20~50
6	100~1200	4~15	110	10000~50000	50~150
10	200~2000	6~20	220	100000~500000	200~300

但是，从设备制造和运行管理的角度考虑，为保证设备生产的系列性和运行的安全可靠，不应任意确定线路电压，甚至系统中规定的标准电压等级过多也不利于电力工业的发展。考虑到我国现有的实际情况和进一步的发展，我国国家标准规定的标准化等级（又称额定电压），如表 1-3 所示。

表 1-3

我国规定的标准电压等级

(kV)

额定电压	3 (6)	10	35	110	220	(330)	500
------	-------	----	----	-----	-----	-------	-----

我国电力系统的输电电压等级,除西北电网为 330/220/110kV 系列外,其他都采用 500/220/110kV 系列。超高压 500kV 系统主要用于大电力长距离输送和跨省联络线,并正在逐步形成跨省互联的骨干网络;超高压 220kV 主要形成大输电网的主干网架;110kV 既用于中、小系统的主干线,也用于大电力系统的二次网络;城市配电网目前主要采用 10kV 电压,但随着城市电力需求的增长,配电网的电压升高,形成 110kV 配电网。这种划分不是绝对的,要根据具体情况,经过论证分析后决定。图 1-1 给出了电力系统电压分层示意图。

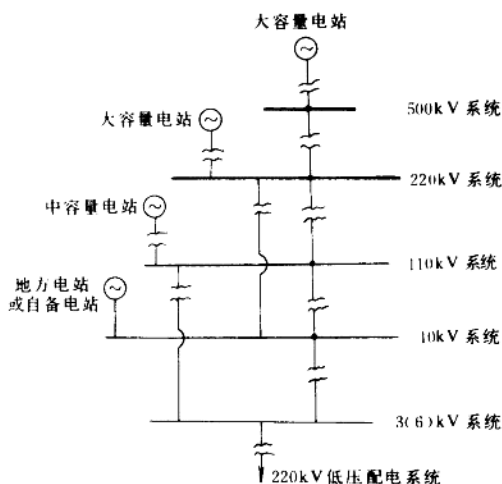


图 1-1 电力系统电压分层结构示意图

三、系统结构形态

(一) 基本结构形态

电力系统的基本结构形态有三种:辐射式结线、环状结线和网格状结线。三种结线方式各有千秋。

1. 辐射式结线

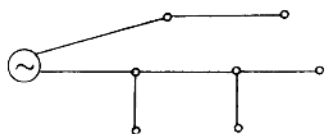


图 1-2 辐射式结线示意图

辐射式结线如图 1-2 所示。这种结线方式的特点是简单、经济、运行方便。但是它的供电可靠性低,不适于向可靠性要求高的用户供电。

2. 环状结线

如图 1-3 所示,这是一种有备用结线方式,其主要优点是线损小,供电可靠性较高。由于网络形成一个环,任何负荷点都可以从两端受电。这样,当某个负荷点一侧的线路发生故障时,可以由另一侧尚完好的线路向负荷点供电,以减少停电时间。

这种结线方式的缺点是设备和结构较为复杂,工程费用较大。当发生事故时,处理不当,易产生连锁波及,扩大事故范围,因此,对保护装置要求很高。

环状结线可以有两种运行方式:环网开环运行和闭环运行,开环运行方式指开环点的联络开关通常是断开的,正常运行时相当于两个辐射网运行。闭环运行方式指正常运行时开环点联络开关是闭合的,真正的环网运行。目前许多城市的城市配电网多采用环网开环运行方式。它既具有辐射网结构简单,运行操作方便的特点,又具有较辐射网高的运行可靠性。而高压输电网则多采用环网运行方式,因为它的可靠性要求很高。

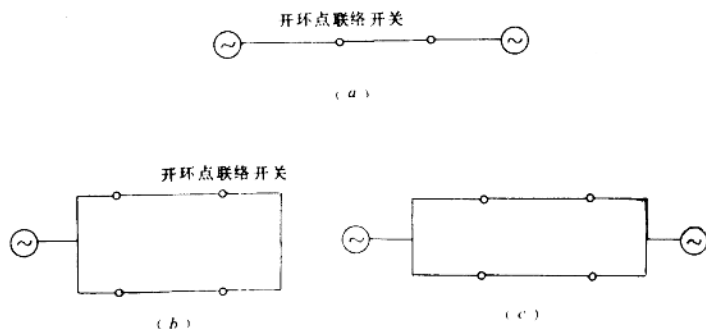


图 1-3 几种环状结线示意图
(a) 两端供电网；(b) 单电源环网；(c) 双电源环网

3. 网格状结线

如图 1-4 所示。与前两种结线方式比较，这种结线方式具有更高的供电可靠性。对每一个负荷点来说，都相当于有多条线路供电，这就相当于有多重备用线路，可以大大减少负荷点的停电时间。但是从图中也可以看到，这种结线方式结构复杂，设备多，使得工程投资巨大，而且运行操作复杂，对保护选择性要求很高。目前我国还很少使用这种结线方式。

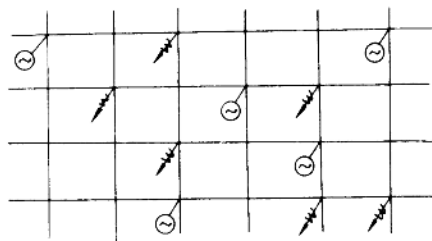


图 1-4 网格状结线示意图

实际电力系统的网络结线可能采用某一种结线方式，需经过技术经济比较后才能确定。所选的结线方式应能满足负荷所要求的供电可靠性，并且具有较好的经济性，运行灵活，操作方便。

(二) 主干系统形态

主干系统是电力系统中担负主要输、配电任务的超高压系统，主干系统的结构形态由地理条件和电源分布情况而定，这里介绍两种常见的结构形态。

1. 远距离输电系统

在电源远离负荷中心情况下，发展了潮流方向不变的远距离输电系统，其特点是高电压（500kV 及以上）、大容量（几百万千瓦电力）、长距离（数百到数千公里）输电。图 1-5 给出了长距离输电示意图。

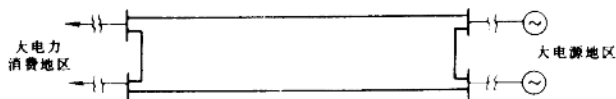


图 1-5 长距离输电示意图

我国的水力资源 70% 以上在西南、西北和华中，煤炭资源大部分在华北和西北，而负荷中心在东部沿海及中部地区，因而形成了西电东送的格局，远距离输电系统在我国电力建设中将起重要作用。

2. 大城市外轮系统

高负荷密度的大城市供电系统，要求对用电增长有高度的适应性和供电的高度可靠性。为满足这种用电的高要求，通常采用在大城市周围建设超高压外轮线路作为城市供电母线，将水、火电电源引入外轮线的适当地点，向供电系统进行再分配的系统结构。图 1-6 给出了大城市外轮的模型。

四、系统联结

随着国民经济的迅速发展，人民生活水平的不断提高，用电负荷迅速增长，并且用户对供电质量要求也越来越高。为了满足用户的需要，充分利用一次能源，提高发电效率，地区电力系统之间互相联网形成容量更大的跨地区联合电力系统已成为一种必然趋势。这种联合电力系统联络线送电容量可达几千万 kVA，以欧洲发输电协调联盟为例。图 1-7 显示了

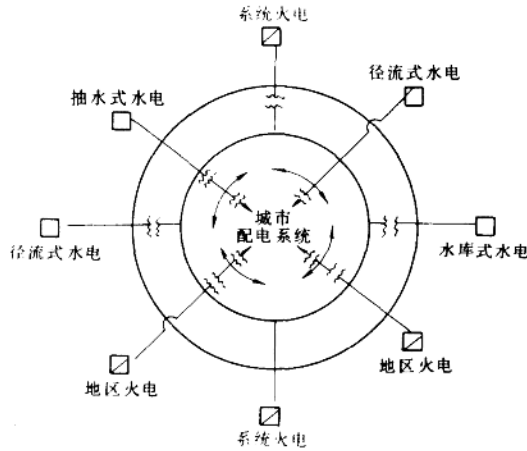


图 1-6 大城市外轮系统示意图

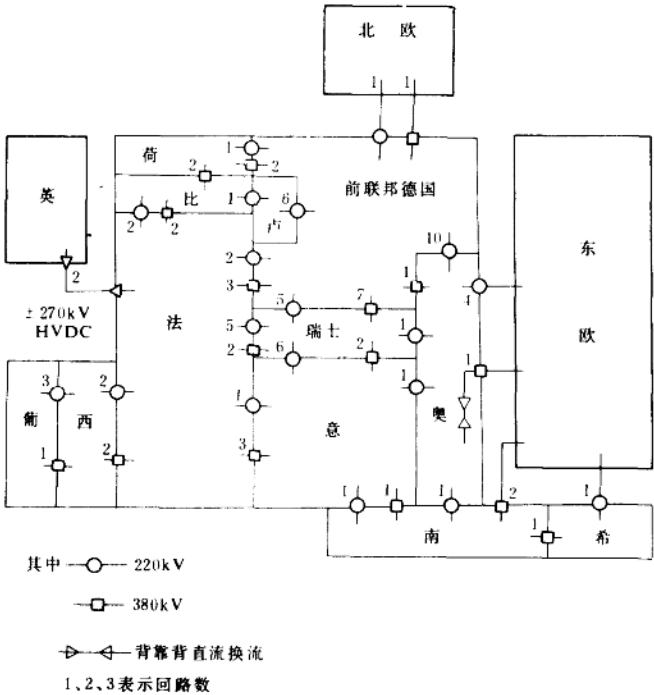


图 1-7 欧洲发输电协调联盟电网

此联盟电网联络示意图。参加联盟的国家有：瑞士、法国、联邦德国、比利时、意大利、卢森堡、奥地利、荷兰、西班牙、葡萄牙、南斯拉夫和希腊等 12 国。联合电网用 380/220kV 作为输电电压，互联成一个紧密电网，并与北欧、东欧、英国等电网互联和交换电能。联盟 12 国的联络线可送容量总计达 6000 万 kVA。1985 年全年交换电量各国合计为 979 亿 kW·h。

电力系统形成复杂的联网，不仅可以充分地利用一次能源、节约运行费用，而且可以互相支援，提高运行质量和供电可靠性。

联网所取得的技术经济效益是显著的，但是，电力系统联网容量越来越大，结构越来越复杂，也带来了一些新问题。比如系统的短路容量增大，导致断路器及其关连的串联设备容量不足，易发生因事故电流引起的电磁感应故障和事故扩大等问题。因此，必须采取一些必要措施，使联网优势得到充分发挥。

第三节 电力系统供电质量标准

由于电能和其他能量之间转换方便，宜于大量生产、集中管理、远距离输送，电能国民经济各部门和日常生活中用得越来越广泛，人们对电的需求和依赖程度越来越高，电力部门已成为社会正常生产活动和人们生活必需的最基础的部门之一。因此，电能质量将直接影响到国民经济各部门和人们的生活。

电力系统向用户供电的质量好坏，一般可以由以下三个指标表示：

- 1) 电力连续不断供应的程度。
- 2) 电压维持在规定值的程度。
- 3) 频率维持在规定值的程度。

电力连续不断的供应是电力用户的一个最基本的要求。供电的突然中断将使生产停顿，生活混乱，甚至危及设备及人身安全。它给国民经济带来的损失大于电力系统本身的损失。因此，在电力系统运行中应采取必要的措施，保证持续供电。

具体规定上述指标时，应以用户受益最大为原则。从用户的角度来看，供电质量越高越好。但是供电质量的提高往往伴随着电力系统设备投资的增大，其结果是电力成本将增加。这又会受到资金限制，并使用户的电费负担更重。实际采用的方法是适当协调用户受益和电力设备投资及电费负担之间的关系，规定一个可以接受的范围。衡量供电质量的三项指标必须保持在这一规定范围之内。

下面将分别介绍我国采用的供电质量标准

一、电能质量标准——电压标准和频率标准

我国标准规定，良好的电能质量指电压正常，偏移不超过额定值的 $\pm 5\%$ ；频率正常为 50Hz，偏移不超过 $\pm 0.2 \sim 0.5\text{Hz}$ 。一般的用电设备电压和频率保持在此规定的范围内，不会对工作有任何影响。但是，如果电压或频率偏移过大，会造成用电设备非正常运行。引起大量减产或出现废品，缩短设备寿命，甚至造成人身事故。

近年来，我国电力需求增长很快，而电力建设跟不上负荷的增长，使电力不足的矛盾

越来越突出。我国的电力系统经常运行在电压或频率偏低的状态，供电可靠性也很低。为了解决这个问题，除大力增加新发电设备外，还必须挖掘潜力，使现有设备充分发挥作用。同时合理调配用电，大力宣传节约用电，杜绝一切浪费。

电能质量的好坏，还与调度管理是否完善、运行调整是否及时有关。如果调度管理不当，运行调整不及时，即使系统中有充足的供电能力，也不能保证电能质量。因此，完善调度管理制度，提高电力系统综合自动化水平，加强运行人员责任心，并提高其技术水平，对保证电力系统电能质量也是非常重要的。

二、供电可靠性指标

1. 停电对用户的影响

停电是指对用户的供电中断。停电按性质可分为两类：计划停电和故障停电。

计划停电是指有计划安排的停电，可以事先通知用户。如因设备检修或系统施工等引起的停电就属此类。因为计划停电是有准备的停电，所以给用户造成的损失较小。

故障停电是指由于系统设备发生故障造成的用户供电的突然中断。因为事先无法预告，因而给用户造成的损失比计划停电大得多。停电对用户的影响视该用户的用电目的、生活水平、社会环境等不同而不同。按美国的调查结果，用户的不快感受下列因素的影响：

- 1) 停电频度。
- 2) 停电规模。
- 3) 停电持续时间。
- 4) 停电发生时间。
- 5) 停电发生的季节。
- 6) 停电原因。

停电给用户造成的损失分为直接损失和间接损失。直接损失如设备损坏、生产停滞、计算机服务或数据遭到破坏等，间接损失如被迫修改计划造成的损失，人员加班的额外开支、税收损失等等。

造成事故的原因是多方面的。统计资料表明，电力系统稳定性破坏的直接原因中，设备质量差占 32%，自然灾害占 16.6%，继电保护误动作占 13.2%，人员过失占 17%，运行管理水平低占 21.2%。因此，要降低停电事故就必须从下面几方面做出努力：

- 1) 尽量提高设备自身的可靠性，及时认真地检修，防患于未然。
- 2) 改进电力系统结构，尽量减少对用户的停电。
- 3) 通过设置自动装置等措施，尽量防止事故扩大和尽快恢复供电。
- 4) 加强培训，提高运行人员的技术水平。
- 5) 加强运行管理。

2. 供电可靠性指标

可靠性是指一个元件、设备或系统在预定时间内，在规定条件下完成规定功能的能力。电力系统的功能是向用户尽可能可靠地、经济地供给合格的电能。因此，电力系统可靠性定义为向用户提供质量合格的、连续的电能的能力。

电力系统常用的可靠性指标有：