

现代电力工业管理丛书



电力系统的计划与运行

北京水利电力经济管理學院



XIANDAI
DIANLI GONGYE
GUANLI CONGSHU

水利电力出版社

71865

T147/0145

现代电力工业管理丛书

7

电力系统的计划与运行

[1]新电气事业讲座编辑委员会

刘长垣 译



郑州电专 0116494



水利电力出版社

電力系統計画と運用

新電気事業講座 第7巻

電力新報社 昭和55年7月第二版

現代電力工業管理丛书 7

電力系統の計画と運行

【目】新電気事業講座編輯委員会

刘长垣 译

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 12.25印张 276千字

1986年11月第一版 1986年11月北京第一次印刷

印数00001—10000册 定价2.50元

书号 15143·6315X

内 容 提 要

本书是《新电气事业讲座》(共十二卷)的第七卷,全书共二章。
第一章电力系统计划,就近年出现的电力建设环境和选址日益困难的约束条件,论述了电力系统开发计划、送变电计划、配电计划、系统保护计划、计算机在电力系统计划中应用等问题。第二章电力系统运用,介绍了电力供需调整、运行操作、系统的控制、经济运用、综合自动化、联合运营等问题。

編集委員会の構成 (敬称略・順不同)

中 野 友 雄	北海道電力株式会社	取締役副社長
白 井 秀 吉	東北電力株式会社	取締役副社長
長 島 忠 雄	東京電力株式会社	取締役副社長
水 越 貫 一	中部電力株式会社	取締役副社長
森 本 芳 夫	北陸電力株式会社	取締役副社長
笠 川 元 治	関西電力株式会社	取締役副社長
丸山賢三郎	中国電力株式会社	取締役副社長
平 井 滋 二	四国電力株式会社	取締役副社長
川 合 辰 雄	九州電力株式会社	取締役副社長
正 親 見 一	電気事業連合会	副 会 長

編集責任者

酒 井 節 雄 株式会社電力新報社 代表取締役社長

序 言

日本电力新报出版的《新电气事业讲座》(十二册),经于开泉同志推荐,部指定由北京水利电力经济管理学院和水利电力出版社共同负责,组织了东北和北京的电业部门几十位同志完成了翻译、校订工作。出版这套书的目的,是供各地电业管理人员研究和推行现代化管理参考,因而将这套书定名为《现代电力工业管理丛书》。

党的十二大提出,到2000年,我国要实现工业、农业、国防和科学技术的现代化。电业当然也要实现现代化。未来十五年间,我们将兴建1300万千瓦容量的三峡水电站,采用单元60万千瓦的火电机组代替当前普遍采用的20~30万千瓦机组,建成几座60~90万千瓦的核电机组,建设七个1500~3000万千瓦规模的50万伏电网,电站和电网将实现高度自动化;在技术装备上,我们将达到八十年代国外电业的水平,有些项目甚至赶上当时国外电业先进水平。

电业生产实现了现代化,电业管理必然也要现代化。什么是电业管理?什么是现代化的电业管理?至今并无成文的课本,在大学里也没有相应的系科。这种情况在国外也是如此。国外电业部门的技术人员多是学电机、机械或土木的;管理人员多是学经济、法律和会计的。他们熟悉电业管理,主要是在工作中学习。日本电业管理人员,在大学毕业后参加工作后,要由电厂至营业所全面地实习三年,然后再定岗位。

近几年,在推行现代化管理中,在大连,由国家经委主办了美国人讲授的学习班。我们曾派过两批厂长级干部参加学习,但听的课多是一般制造行业的现代化管理,学员们反映所学习的内容对电业不太适合。制造行业的管理是不能套用于电业的。电业有它的特点:它技术性强,自动化程度高;在工业中一向是比较先进的行业;电业的产品必须随发随用,随用随发,突然停电将给用户带来巨大危害。一九五三年初,当各行各业大搞查定,推行定额管理和计划管理时,当时燃料工业部决定在电业部门强调安全第一,着力加强技术管理。三十多年的实践结果,说明这个决定是符合客观实际的,是有效的。在经营管理上,电业既简单、又复杂;产品单一,市场固定,比其他行业简单;但电网运行瞬息万变,日夜不同,寒暑不同,成百台机组、成千条线路、成百万用户都紧密地联在一起,则又较其他行业复杂。电业是装置性产业,在生产和经营管理上,其效益的高低,很大程度取决于设备条件,因而规划的好与差,往往有决定性意义。

国际上,公用电业是1882年开始出现的。至今104年的电业,一直是有一套管理办法的;我国电业也一直有一套管理办法。这些管理办法大都与当时的设备和规模相适应。解放前,上海电力公司采用的美国电业当时的管法。日本占领时期,满洲电业、华北电业和蒙疆电业则采用日本电业当时的管法。解放后,我们仿照苏联电业的管法,抓了安全第一,抓了

建立责任制,设备检修,运行规程,技术管理,“一、二、三、四、五”^①,三基工作^②等等。在经营管理方面,实行成本核算,两部电价,但经营方式一直是统收统支,电价则三十多年基本不变。

六十年代以后,国外电业设备有了很大变化,电网规模也大大增大,自动化程度大大提高,因而管理上也有了很大变化。例如:水电站更多是流域集中控制,电站无人值班;火电厂更多是每单元机组由二人值班;二次变电站集中控制,现场无人;电网实行调频、调功率自动化。因而,十几年间,在日本、在英国、在法国,全国发电设备容量增加一倍、二倍,而电业从业人员却不增加,甚至略有减少,效率大大提高。在技术管理方面更加科学,精确。在经营管理方面,为了节约能源,推行累进电价制。为了提高工效,广泛采用了计算机。一般在能源大大涨价时,电费也有所上涨,但幅度比能源涨价小得多。不过从总的管理体制来说,由于电业生产过程仍然是“发、送、变、配、用”并未变化,所以各国的电业管理体制,大体上没有改变,仍然是以电网作为完整的核算单位,而电厂只作为生产车间。无论是统一管理的电网,或者是联营的电网,均力求取得全网最大的综合效益,实行经济调度。

从五十年代以来,我们的电业管理工作在1958年大跃进期间受到冲击,1962年以后逐步恢复;十年动乱期间又受到更大的冲击;四人帮打倒之后,几经整顿,又逐步恢复过来。1982~1985年四年间,由于设备遗留问题甚多,人员水平大大下降,我们在最近这次整顿工作中,仍以在加强安全生产基础上达到和超过文化大革命前水平作为目标;对于现代化管理,只提出作若干准备工作,如可靠性管理及可行性研究。四年来,我们在发供电设备完善化的同时,通过企业整顿和验收,推动了各项管理,从电厂和供电局目前所达到的安全纪录来看,我们所期望的目标已经达到。最近,国务院召开的全国经济工作会议宣布,企业整顿的任务已告结束;自今年开始,将进一步在企业中推行现代化管理。

前面已说过,什么是电业的现代化管理,并无成文的东西可以遵循。从一般道理来讲,国外的现代化电业的管理应该就是电业的现代化管理。但是,我们知道,国外电业有管得好的,也有管得较差的。他们的管法有适合于我国情况的,也有不适合的。应该说:凡是适合于我国电业情况,而又能管得好的,就是我们应该学习的电业现代化管理。

不管哪个国家,电力工业都以供给用户以“充足的、可靠的、合格的、廉价的”电力为其基本任务。凡是能充分达到这个要求的管理都是我们应该学习的。

日本电力新报在1978年出版的《新电气事业讲座》这一套书,包括:电力事业经营总论,电力事业经营管理,电力事业发展史,电力事业法令,电力事业财会管理,电价,电力系统的计划与运行,发电设备的建设与运行,输配电设备的建设与运行,核能发电,电力事业燃料,电力事业环境保护等共十二本书。它全面叙述了日本电业的经营、生产、建设

① 1963年10月水利电力部在西安召开了“电力生产技术管理经验交流会”,在其决议中明确电力生产技术管理工作要抓好:“一项资料、两个计划、三种规程、四项监督和五项制度”。具体内容请参见1985年5月水利电力部电化教育中心和华北电管局华北电力电视大学知识更新部编印的《电力企业管理基本知识》(电视录相教材文字版)第8页。

② 指基层建设、基础工作和基本功。详细内容请参见李代耕编著的《新中国电力工业发展史略》第162~170页,企业管理出版社,1984年12月第一版。

等等如何管理，并介绍了美、英、法、西德等一些主要国家的电业管理情况。1978年的日本电业，已经是实现了现代化的电业；他们的管理也已由四十年代的管理，学习了美国和法国的方法，转而建立了一个更有效的适合于大机组、大电厂、大电网的管理。其中有很多地方是值得我们思考的。书内讲到日本电业的四个特点：一是公用事业，二是能源产业，三是地区性、垄断性产业，四是自由企业，并从而说明其管理原则。前三者对其他国家的电业，包括我国的电业都是一样的，并不因社会制度不同而有差别。只是自由企业这一条，则因所有制不同而有所不同。但是，当我们在按照有计划的商品经济这一特征，来改革我们的城市经济，要求我们的企业能够具有自我发展、自我完善的能力时，他们的一些内部核算形式和外部集资方式，也可供我们研究问题时参考。在为用户服务方面的公共关系管理，在技术管理方面的可靠性管理，在建设方面的投标制度和为生产服务的制度，在各项管理中计算机的运用，以及为了解决选厂困难的电源三法，为了解决公害问题的环保办法，为了节约电能的累进电价制等等，有的在书中专节叙述，有的做了实际工作而书中在某些地方进行了概略介绍，都是值得我们注意、学习和研究的。

我们将这套书介绍给所有电业管理工作——从领导干部到每个管理成员，无论是做技术管理的或是经营管理的，希望人手一套，至少是工程师和处级以上干部每人必须要有一套，使大家尽快了解国外电业是怎么管理的。“他山之石，可以攻玉”。我们应该择其善者而从之，根据我们的情况，参照那些好的做法，来探索我们自己的电业现代化管理。现在，各地电业已经分别在许多领域推行了一些新的管理方法，如有的在基建和检修施工中采用了关键路径法，有的在修造企业推行全面质量管理，有的在计划工作中推行了目标管理，在电厂和供电局普遍推行了可靠性统计等等。我们将在大家议论和试验、研究的基础上，总结大家的经验，斟酌今后的发展需要，在下一步写出我国自己的电业现代化管理的教材。

现代化管理不应是空想的，也不是一般性的漫谈。它必须适合我们的设备情况，必须符合我们的人员水平，必须能够与我们原有的管理相衔接。它必然会使电力供应更充足，更可靠，更合格，更廉价，使我们的工作效率更为提高。现代化管理不是生搬硬套，不是稀奇古怪，不是“一厂变一厂半”，也不是“拆庙搬神烧规程”，……。有些其他行业通行的现代化管理方法，凡适合我们某种工作情况的，我们也可借用，不适合的就不要勉强。三十多年来，我们是有过各种各样的经验教训的。一切从实际出发，是搞好现代化和现代化管理的前提条件。只有实事求是，不断地总结经验，才能探索出适合我国电业发展的管理方法来。愿与读者共勉之。

沈根才

一九八六年二月二日

前 言

电力系统，是由发电、送电、变电和配电设备构成的电力生产和供应的生产流通系统。为了向用户连续、可靠地供应优质电力，应合理、经济地计划和运用这些设备。

关于电力系统问题，自1969年出版电气事业讲座《电力系统的计划与运行》一书以来，已经过去八年了。此间，随着电力系统用电量的增长，陆续发展了大容量火电、原子能电站以及远距离大容量送电线路。电力系统在不断向大型化、复杂化方向发展。

本书是在上述发展基础上，考虑这些变化以及建厂环境、技术更新进展，从取得广泛知识的角度，按“电力系统的计划”和“电力系统的运行”分别编写的。

第一章为电力系统计划。介绍了电力系统变迁及其特征。就今后日本电力系统进一步向巨型化发展，以及与国外实例对比做了展望。

以新的观点，就近年出现的电力建设环境、选址日益困难等制约条件，论述了电源开发计划和送变电设备计划的协调问题。

还采用复杂的系统技术、系统工程理论和应用电子计算机，阐述了对巨型、复杂电力系统状态的解析。

从防止事故扩大的观点出发，就电力系统稳定供电，详细说明了日本电力系统保护方式的考虑原则和应用方法。

从电力系统计划和运行的角度，对最近出现的特殊变化负荷的变动幅度及其影响做了说明。

第二章为电力系统的运行。介绍了电力供需调整和电力系统运行操作、控制、经济运行、系统自动化以及电力系统联合运营。

特别从供需运行的角度，讲述了水火电并列经济运行和当日运行问题。在电力系统控制、运行操作方面，从系统稳定运行角度介绍了电气现象和预防事故。还详细说明了随系统巨型化后，必须提高电力系统可靠性的有关技术研究以及各公司积极推行电力系统综合自动化的现状和未来展望。

在联合经营（广域运营）方面，随新信浓地区周波数的变换、北海道一本州间的直流联结等电力系统联结的强化，讲述了全国统一的联合电力交换问题。

如上所述，本书的编写，虽在原电气事业讲座《电力系统的计划与运行》一书的基础上，充实了最近的发展和今后展望等内容，但是，总有未尽其意的感觉。对此，幸有许多前辈发表过的文献可供参阅。

此外，执笔时摘引了不少本书附录中所列的文献、资料中的内容，对此一并致以衷心谢意。

新电气事业讲座编辑委员会

1977年11月

目 录

序 言

前 言

第一章 电力系统的计划	1
第一节 电力系统	1
一、电力系统的含义与变迁	1
(一) 电力作为能源的特性	1
(二) 电力系统的含义	1
(三) 日本电力系统的变迁和特点	2
(四) 国外电力系统	7
二、电力系统计划的基本内容	7
(一) 电力系统计划的任务	8
(二) 制定系统计划的必要性	8
三、电力系统结构	9
(一) 标准电压等级	9
(二) 系统结构的形态	10
(三) 电力系统结构的发展趋势	16
四、系统联结	16
(一) 系统联结的必要性和效果	16
(二) 系统联结的历史和现状	17
(三) 系统联结方式	18
五、系统短路容量	18
(一) 系统分割方式	18
(二) 引入高一级电压的系统分割	19
(三) 通过直流联结的交流系统分割	19
(四) 采用高阻抗设备	19
(五) 采用限流电抗器 (Reactor)	19
六、系统的供电可靠性	19
(一) 服务水平的意义	19
(二) 电压基准	21
(三) 周波数的基准	21
(四) 停电	21
(五) 供电可靠性定义	22
(六) 停电对用户的影响	23
(七) 供电可靠性的定量表示	23
七、电力系统的各种特性	24

(一) 一般地区供电系统	74
(二) 一般地区供电变电所	74
(三) 对特殊变动负荷的供电	75
第四节 配电计划	74
一、基本内容	74
(一) 配电计划的考虑方法	70
(二) 负荷预测与负荷密度	77
(三) 经济评价方法	78
(四) 服务水平的考虑方法	81
二、高负荷密度地区的配电计划	83
(一) 高负荷密度地区配电设备的特点	83
(二) 配电电压与配电方式	84
(三) 地下配电区域的设定	86
(四) 今后改造、扩建的可能措施	87
(五) 与送变电计划的协调	87
三、一般地区的配电计划	88
(一) 高压配电线路计划	88
(二) 低压配电线路的计划	89
第五节 系统保护计划	90
一、系统保护的基本内容	90
(一) 系统继电保护装置的任务与作用	90
(二) 系统继电保护装置的要求	91
(三) 电力系统继电保护系统概要	91
二、中性点接地方式	92
(一) 中性点接地方式	92
(二) 中性点接地方式与继电保护方式的配合	94
三、系统继电保护方式	94
(一) 送电线路继电保护方式	95
(二) 防止事故扩大继电保护方式	98
(三) 母线保护方式	101
(四) 配电线路的保护	101
第六节 电子计算机在电力系统计划中的应用	103
一、计算机的应用现状	103
二、今后的课题	104
第二章 电力系统的运行	106
第一节 系统运行的意义与内容	106
一、系统运行的意义	106
二、系统运行内容	106
(一) 供需调整	106
(二) 运行操作与控制	106

(一) 系统电压变动特性	24
(二) 系统周波数特性	27
(三) 送电特性	29
第二节 电源开发计划	34
一、电力负荷预测	35
(一) 电力负荷预测的意义	35
(二) 电力负荷的预测方式	35
(三) 电力负荷预测的分类与对象	36
(四) 最大负荷与负荷曲线	36
二、供电计划	38
(一) 供电计划的意义	38
(二) 供电计划的制定概要	38
(三) 供电备用能力	44
三、电源的种类与特性	47
(一) 电源的分类及其特性	47
(二) 各种发电方式的技术特性	48
(三) 各种发电方式的经济特性	49
四、电源开发计划与送变电系统计划	50
(一) 电源开发计划	50
(二) 开发计划必须考虑送变电系统计划	56
第三节 送变电计划	57
一、基本计划	57
(一) 送变电计划的考虑方法	58
(二) 可靠性的考虑方法	58
(三) 经济性的评价	59
(四) 送电容量	62
(五) 变压器的过负荷容量	63
(六) 短路容量	64
(七) 电压调整设备	65
二、主干系统计划	65
(一) 主干系统的基本构成	65
(二) 主干系统的电压	66
(三) 大城市外轮系统计划	66
(四) 大容量输电系统计划	69
(五) 连接送电线计划	69
三、大城市送电计划	70
(一) 大城市供电系统的构成	70
(二) 大城市供电变电所	71
(三) 地下送电线路	74
四、一般送变电计划	74

(三) 经济运行	107
三、供电指令组织(调度组织)	107
第二节 电力供需调整	107
一、供需调整的意义	107
二、用电需要预测	108
三、供电能力(供电出力)	109
(一) 水电供电出力	110
(二) 火电、原子能电站供电能力	113
(三) 由其他电力公司受电及交换电力	115
(四) 作业停运计划	116
(五) 次日发电计划	116
第三节 电力系统的运行操作	118
一、系统操作	118
二、系统操作的必要性及其分类	118
(一) 正常时系统操作	118
(二) 事故时系统操作	119
三、电力系统的运行与气象	120
第四节 电力系统的控制	121
一、潮流调整	121
(一) 潮流调整的意义	121
(二) 稳定运行方面的潮流调整	121
(三) 从经济运行方面考虑的电力潮流调整	125
(四) 为进行潮流调整的系统操作	125
(五) 环网系统的潮流调整	127
二、电压调整	129
(一) 电压调整的意义	129
(二) 目标电压设定方法	129
(三) 电压调整设备	132
(四) 电压调整方法	134
(五) 电压-无功功率的控制方式	134
(六) 电压闪变对策	135
三、周波调整	137
(一) 周波调整的意义	137
(二) 调整方式	137
(三) 连接点潮流与周波变动	138
(四) 自动周波控制方式	139
(五) 多个系统构成的联结系统控制	141
(六) 周波控制电站(调频电站)	142
第五节 电力系统的经济运行	142
一、水力发电	143

(一) 水电站经济运行原则	143
(二) 梯级水电站的经济运行	144
(三) 水库的运行	145
(四) 抽水蓄能水电站的运行	146
二、火力发电	147
(一) 火电经济运行的原则	147
(二) 火电经济负荷分配	148
(三) 火电机组运行台数的确定	148
三、水火电综合经济运行	149
(一) 经济运行计划	149
(二) 当日运行	150
第六节 电力系统综合自动化	151
一、综合自动化的目的和必要性	151
二、综合自动化的内容与效果	152
(一) 提高供电的稳定性	152
(二) 省力化	152
(三) 改善劳动环境	152
(四) 经济性	153
三、综合自动化系统	153
(一) 系统的体系与功能	153
(二) 系统构成	154
四、自动化项目与内容	156
(一) 自动化项目	156
(二) 自动化内容	157
第七节 联合运营的电力交换	169
一、电力交换合同	169
(一) 电力交换	169
(二) 电力交换的分类	170
(三) 电力交换的运行实绩	171
二、电力交换的运用	172
(一) 预测的通报	172
(二) 选定送电公司	172
(三) 电力交换的实施	173
(四) 与电力交换运用有关的联络系统	173
(五) 电力交换的受供地点	173
第八节 联合运营中的供电运用	173
一、联合供电运用组织	173
二、联络运行	174
(一) 周波调整	174
(二) 联络线潮流调整	174

(三) 异常时的相互协作	174
(四) 佐久间周波变换设备的运用	175
三、今后的联合供电运用	176
(一) 通过新信浓周波变换设备的连接	177
(二) 北本联结	178
(三) 今后展望	179
参考文献	180

第一章 电力系统的计划

第一节 电力系统

日本电力需要的增长，反映了国民经济发展和民众生活的提高。今后，也将沿着经济稳定增长的路线，顺利地向前发展。

面对电力需要的增长，为完成电力事业的任务，必须努力促进电源开发和可靠供电。还要从环境保护和合理利用土地方面，研究电源选址问题，以适应电站规模和机组容量日益大型化的要求。

随电源点越来越远离负荷中心，远距离、大容量输电系统的建设日益重要。随地方社会发展日势城市化和过密化，向城市中心供电的高电压、大容量化，也在不断发展。

由于社会对供电要求的提高和复杂化，不但要保证充分供应优质的电力。而且，还要研究输电线路经过地区的用地、环境保护、地方建设、城市改造等一系列的有关协调问题，及其对输电设备计划所产生的各种新课题。

在上述形势下，为了有预见地、合理地构成电力系统，不仅要重视发电设备、送电设备、变电设备、配电设备等计划的制定，还要把握电力事业的今后发展趋势和地方社会发展对电力事业的要求。从而作好各种设备之间的协调，制定具有最佳经济效果和综合平衡的综合计划，是十分重要的。

一、电力系统的含义与变迁

电力，作为工业、交通、通信等不可缺少的重要基本能源，广泛、密切地普及于民众生活中。随着家庭电气化的发展，人们在日常生活中，对电力的依靠也日益加强。电力越来越重要了。

电力供应对国民的文化的物质生活，具有重要的直接或间接影响。向国民经济供应可靠，优质的电力，是电力事业的使命。

（一）电力作为能源的特性

作为社会重要能源的电力，其特性是电能不能贮存，从生产到消费的流通过程于瞬间进行，而且生产和消费必须随时保持等量的平衡。由于电力的上述特性，发电和送电、消费的流通过程，必须以统一的系统进行。

其次，一般供电均为交流电，交流电由有功功率和无功功率组成。其中直接做功的为有功功率，使有功功率顺利发挥其作用的则为无功功率。

换言之，电力与其他能源商品的不同之处，在于电能供需的平衡性及瞬时性。这一点和电力具有无功功率，都是今后研究电力系统时，必须牢记的。

（二）电力系统的含义

由于电力具有供需平衡和瞬时性的特性，其生产、输送、分配、消费的能源流通过程，

必须构成统一的系统，称此统一系统为电力系统。

电力系统是由发电设备（生产）、送变电设备（输送）、配电设备（分配）及电力用户（消费）组成，它们之间具有极深的关系关有机地结合在一起，发电和消费经常保持严格的平衡关综合地进行经营。电力系统的基本构成虽如（图1-1）所示，但实际上它是由基本系统经过复杂组成的一个统一复杂电力系统。

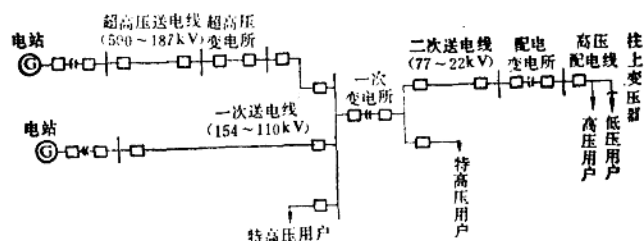


图 1-1 电力系统的基本构成

（三）日本电力系统的变迁与特点

日本的电力系统，随着国民经济的不断发展。1975年末的送电线路总长为65852km，如图1-2、图1-3所示。其中，仅超高压以上的送电线路已达9199km，已形成有发电设备容量为8000多万kW的庞大电力系统如表1-1和图1-4所示。

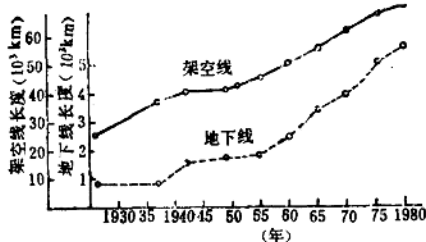


图 1-2 送电线路总长的变化

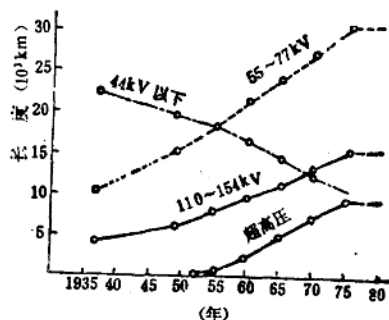


图 1-3 架空送电线路按电压分类总长的变化

1. 系统构成的变迁

日本电力系统构成的发展过程，可大致分为五个时期。

（1）简单系统时期

最初的（明治20年代，1888年~1898年）电力系统如图1-5所示，是以一个或数个电站为中心，向城市内直接配电的简单系统。

（2）系统联结时期

伴随电力需要的增长，简单系统的运行发生困难。因此，进入大正年代（1913年），如图1-6所示，开始在简单系统群的负荷侧增设联结线，作为同一个电力系统运行。但是，既

如此，各简单系统仍采取各自供需平衡方式，尽量控制使联结线路的潮流只调节各系统电力的富余或不足而已。当系统发生事故时，首先于系统分离点（解列点）将各简单系统分开，以继续各自单独运行。这种相互联结的系统，比简单系统具有提高发电设备的利用和降低电力损失的经济效果；而且当系统事故时，还可通过系统解列控制事故于局部，具有防止事故扩大的功能，是一种好的系统方式。在这种系统方式中最著名的是1937年建成的东京66kV内轮线，一直到1958年都充分发挥了系统联结的功能。

表 1-1 年末发电设备容量
(九电力公司)的变化

设 备	年 度			
	1935	1965	1975	1976
水 电	(65) 749	(35) 1078	(20) 1638	(21) 1741
火 电	(35) 409	(65) 1960	(72) 5810	(71) 6020
原子能发电			(8) 608	(8) 691
共 计	1158	3038	8056	8452

注：1. 括号内为构成比例(%)；
2. 容量单位为万kW。

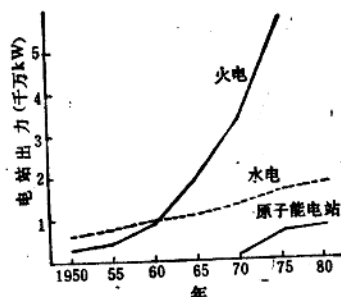


图 1-4 发电设备容量的变化 (九电力公司)

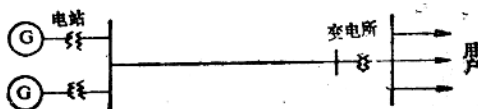


图 1-5 简单系统

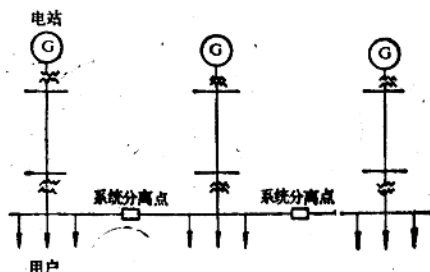


图 1-6 下部电压联结系统

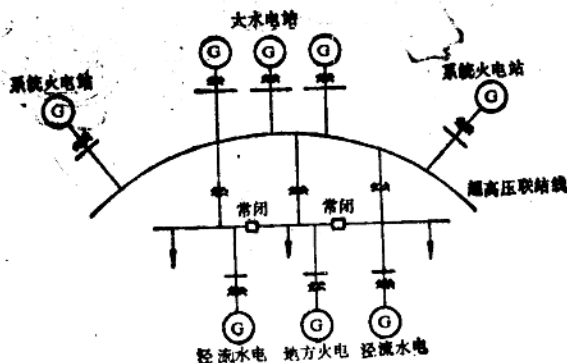


图 1-7 超高压联结系统