

豫电科普文摘

卜

河南省电力工业局
河南省电机工程学会

传播科学

提高国力

江泽民

国家主席江泽民书

前 言

科学技术是第一生产力。普及科技知识是提高全民素质的关键举措。

12年来,《豫电科普报》编辑出版了一百多期,发表了3000多篇科普文章,这些作品是广大科技人员经过实践的经验总结。作者中大都是战斗在生产第一线的广大工程技术人员和工人同志,也有大专院校的讲师、教授、校长,还有科技界领导、局长、总工程师、中科院院士、部长及理事长……。稿件来源自全国各地,科普文章深入浅出,涉及到电力生产、基本建设、电机工程、电器制造及用电知识等的方方面面。我们从3000多篇文章中筛选出了342篇,近六十万字汇编成册,供同志们参阅。

科学在发展,技术在进步,部分文章是早期作品,论据和经验可能过时,虽然作了修正和补充,不免仍有欠妥之处,这里请大家多提宝贵意见。文章以出版年代期刊数顺序排列,这样便于检索查找。

河南省电力工业局、省电机工程学会领导十分重视、关怀、支持科普工作,《豫电科普报》编辑部曾荣获电力工业部、河南省人民政府表彰,1996年被授予“科学技术普及工作先进集体”。荣誉应归功于大家,也是对我们一种鞭策。

编辑过程中,我们得到各位领导、专家的热心帮助、指导及技术咨询,在此表示衷心的感谢!由于编者水平所限,难免会有不周、不足和疏漏的地方,望广大读者不吝赐教,以便使本书更为充实、完善。

——编者

1997年6月

目 录

能源贫富交换和水电力调节方式的研究.....	(1)
第三次浪潮和第四次工业革命	(16)
话谈计量单位	(17)
热力计算方法综述	(19)
低周波运行与拉闸限电	(22)
开封普临电灯公司——河南最早的一家电厂	(23)
谈谈家庭用电	(25)
零线加保险危险 危险!!!	(29)
壁式过热器与壁式再热器	(30)
焙	(34)
昔日开封电业二、三事.....	(37)
降低电网线损途径之一——提高负荷功率因数	(38)
节能新技术电动机改用磁性槽楔	(42)
对调度自动化经济效益的评价	(44)
新的电力工程经济算法	(46)
煅	(48)
热泵与节能	(52)
安全用电常识——工作接地与保护接零	(55)
降低电网线损途径之二——合理组织电网运行方式	(58)
应用电离作用的消雷器	(62)
怎样选电动机	(63)
误动加盲送	(66)
摇表的使用	(67)

谈谈太阳能发电	(69)
也谈电网合理调压与降损的关系	(73)
为什么变压器的运行电压高了或低了不好	(75)
农村安全用电的基础工作	(76)
我省最早的第一篇电力科普文章	(77)
热管	(78)
对给水泵拖动方式经济性的探讨	(79)
对电缆耐压试验的一点看法	(82)
插座的选择与接线	(83)
防雷保护	(84)
查偷电	(86)
防雷尖兵——避雷针	(89)
电容器组应怎样投切?	(90)
六氟化硫气体的特性	(91)
铜与铝和铝与铝引线焊接方法	(92)
汽轮机真空系统找漏的新方法——卤素检漏仪	(93)
高能耗变压器的改造	(95)
低压触电保安器	(97)
汽轮机运行中的监视项目——“监视段压力”	(100)
提高锅炉燃烧效率的途径	(101)
当心电弧烧伤	(103)
《电,也存在质量的优劣》	(104)
利用能源的三次飞跃	(105)
风机水泵振动大怎么办?	(107)
烟字,你认识吗?	(108)
10kv 配电装置事故跳闸时信号继电器为何 有时不掉牌?	(110)
您会选民用电表吗?	(111)

兴建抽水蓄能发电站是加速能源	
开发提高能源利用率的一种办法.....	(112)
超高压直流输电.....	(115)
使路灯增光延寿的办法.....	(120)
奇妙的热电效应.....	(121)
六氟化硫气体绝缘变压器.....	(123)
光纤电流互感器.....	(125)
一起罕见的人身死亡事故.....	(127)
气相色谱仪为变压器诊“病”.....	(128)
开封电厂灰管内结垢的清除.....	(130)
下一世纪的新兴学科——人工智能.....	(132)
程控电话简介.....	(136)
发电机的进相运行与 P—Q 园图.....	(138)
超导的由来和发展.....	(144)
超导的由来和发展(续).....	(146)
铁路电气化对电力系统的影响(简介).....	(152)
何为咨询.....	(154)
家用旋转电器的寿命.....	(156)
话说保险丝.....	(158)
浅谈彩色电视机的制式.....	(159)
谐波对电气设备的影响(简介).....	(161)
无功和线损.....	(164)
计算机的语言.....	(166)
什么是“情报”.....	(167)
浅谈红外测温技术.....	(169)
谐波源.....	(170)
几类技术文件的模式.....	(173)
$11/\sqrt{3}$ 电压补偿电容器改 Y 接为 Δ 接线.....	(175)

微波及微波通信·····	(176)
扩大人们视野的眼睛——阴极射线管·····	(180)
怎样识别输电杆塔·····	(182)
汽轮发电机组转子轴和轴承中的电流·····	(184)
系统辨识在电力系统中的应用	
介绍一种新型测试诊断技术·····	(186)
电力峰谷差·····	(190)
浅谈锅炉设备耐磨材料·····	(191)
DZC—1 型电子镇流器(简介)·····	(193)
燃气——蒸汽联合循环发电装置简介·····	(195)
五百千伏变电构架的新型结构·····	(198)
快速恢复供电有新法——电力故障指示器简介·····	(200)
无功功率浅说·····	(201)
电业名词解释·····	(202)
从节能观点浅谈火电机组的选型·····	(204)
超高压和特高压及其杆塔型式·····	(206)
我国电力科技展望·····	(210)
电力工业中的新型直流电源——镉镍蓄电池直流屏·····	(212)
电厂用煤与降低发电成本·····	(216)
县级电力调度自动化的一种方式·····	(218)
让绕线式异步电动机向电网发送无功功率·····	(221)
飞速发展中的交流调速技术·····	(223)
农村电网的故障分析及对策·····	(226)
组合结构及其截面形式·····	(229)
锅炉蒸发量与水容量·····	(233)
工业大夫——无损检测技术·····	(234)
长江三峡工程重新论证·····	(236)
浅谈火电机组“少汽无负荷运行”调峰方式·····	(238)

能源贫富交换和水火电力 调节方式的研究

河南省电力工业局·王新超·杨永康·徐行龙·方志民等

内容提要

本课题从论述我国能源贫富与水火电力界面出发,分析了全国的电力流向,阐明了河南电网在能源交界面和水电电力交换中的地位以及与三峡电站和全国联网的关系,在提出全国联网方案并进行技术经济比较的基础上,对能源贫富交换和水火电力调节方式进行了分析论证。

改革开放以来,随着国民经济的高速发展,我国电力工业也有了长足的进步,近几年来,装机容量及发电量以年均递增 10% 左右的速度向前发展,但由于我国能源分布与经济发展格局在地域上极其不均衡,大区之间的能源输送将日趋增大,以三峡工程的建设为开端,全国联网问题逐渐提到议事日程上来,本文将从能源的分布需求角度对全国联网络局作一分析。

1 我国能源分布和经济发展格局

1.1 我国能源分布状况

1.1.1 我国煤炭资源分布状况和开采前景

我国一次能源结构以煤炭为主,到 1990 年底全国探明保有储量 9667.67 亿吨,但分布极不均匀,主要分布在华北地区的山西和内蒙两省(区)、西北地区的陕西、宁夏和新疆三省(区)、华中地区

的河南省、东北地区的黑龙江省和西南地区的贵州省。其中,被国家列为能源基地的“三西”地区(陕西、山西、内蒙西部),其煤炭保有储量占全国保有储量的 63.5%。

我国今后的煤炭生产将主要集中在“三西”地区。据预测,2000 年、2010 年和 2020 年“三西”地区煤炭产量将分别达到 5.24 亿吨、7.3 亿吨和 9.52 亿吨,除满足本区消费外,可分别外调 3.67 亿吨、5.2 亿吨和 6.62 亿吨。目前,全国煤炭调出省除“三西”地区外,还有黑龙江、安徽、山东、河南、贵州、宁夏和新疆等七省(区),至 2000 年以后,黑龙江、安徽、山东、河南四省将无力外供,贵州省也仅能供西南地区用煤。因此,2000 年以后我国煤炭资源能够外调的区域只有华北地区和西北地区,而煤炭资源贫乏的华东和华中地区 2000 年需分别从“三西”基地调入约 1.2 亿吨和 0.27 亿吨,2010 年需从“三西”地区调入约 2.0 亿吨和 0.69 亿吨。

1.1.2 水力资源分布及开发展望

我国水力资源丰富,可开发容量达 3.78 亿千瓦,年发电量达 1.92 万亿千瓦时,主要集中在西南、西北和华中等地区,其中以西南地区水力最为丰富。到目前为止,全国已经开发水电装机容量仅占可开发容量的 10%。

西南地区的云南、贵州、广西三省可开发的水能资源合计为 1.0 亿千瓦,占全国总量的 26.5%,其中金沙江、澜沧江、怒江、乌江、红水河均是我国的大型水电基地。据有关部门初步规划,2020 年以前主要开发金沙江中下游河段的溪落渡、向家坝、观音岩、上虎跃峡等水电站,雅砻江、大渡河、澜沧江中下游梯级电站以及乌江干流梯级电站建设。

华中电网水力资源主要分布在长江干流三峡、葛洲坝河段和汉江、清江、资水和赣江等长江支流上,可开发水力资源 0.52 亿千瓦,占全国可开发资源的 13.7%,其中 84%的水力资源在湖北、湖南两省。目前已开发利用约 0.1 亿千瓦,占 20%左右,尚有 80%待

开发利用。根据华中电网电力发展规划,2000年、2010年、2020年水电开发利用程度将分别达到25.8%、72.5%、80%,其中举世瞩目的三峡工程1820万千瓦水电机组将于2010年全部投产发电。到2020年华中地区经济上可开发容量已基本开发完毕。

西北地区多山川河流,水能资源可开发容量达0.48亿千瓦,占全国的12.7%。西北地区陕、甘、宁、青四省(区)有黄河、长江、澜沧江、内陆河四大水系,可开发容量为0.33亿千瓦,占全国总量的8.7%。做为全国有名的水电优质“富矿”的黄河上中游龙羊峡至青铜峡河段,在首中尾部分别有龙羊峡、刘家峡、黑山峡三大水库总库容达406.03亿立方米,具有良好的调节性能,被列为全国十大水电基地之一,有67%的水能资源待开发。就四省区而言,而还有约80%的水能资源有待开发。

1.2 我国经济发展格局

改革开放以来,我国国民经济发展十分迅猛,综合国力不断加强,但由于受地理位置、资源状况、历史原因和政策导向等诸多因素的影响,各地区的经济发展步伐参差不齐,东南沿海地区占天时、地利之优势,又加上产业结构比重趋于合理,发展比较迅速,经济较为发达;而中、西部地区由于开放程度较小,力度不足,产业结构调整偏慢,经济处于启蒙时期,发展较为迟缓,与东南沿海地区的经济形成一定的差距。

今后相当长的一段时间内,我国经济将仍处于高速发展阶段,根据国家计委、国家信息中心的预测,1991—2000年、2001—2001年、2011—2020年我国GNP发展速度将分别为9—10%,7.43%和6.5%。按照这一预测速度,我国将在本世纪末完成第二步发展目标即达到小康水平,同时为实现第三步发展目标即下个世纪中叶达到中等发达国家水平奠定基础。

根据国家经济发展战略,我国今后的经济发展将充分利用“沿海、沿江、沿边”以及横贯中西部的“新欧亚大陆桥”的区位优势,同

时依靠东西部经济互补性,以东部经济带动西部经济的发展,缩小东西部经济差距,实现经济的持续均衡发展。因此以浦东为龙头的长江经济带、环渤海经济、珠江三角洲地区以及新欧亚大陆桥沿线地区将是未来我国经济发展的活跃地区,同时仍将起到经济带头人的作用。

1.3 电力布局和发展前景

截至1994年底,我国共有发电装机容量19989.7万千瓦,其中华东、东北和华中电网装机容量已超过两千万千瓦,华北电网接近两千万千瓦,南方互联电网超过一千万千瓦,西北电网接近一千万千瓦,加之未与区域性电网联网的山东、四川和福建电网的两千余万千瓦,总装机容量已超过1亿2千万千瓦,占全国装机容量的88%以上。

为满足国民经济发展的需要,今后七年我国电力和电量年递增率将为8—9%。1995—1997年,需要每年新增发电装机1500—1700万千瓦;1998—2000年,每年将新增2000万千瓦左右,到本世纪末,力争我国发电装机总容量将达到3亿千瓦。

我国今后电力发展的布局和重点为:①水电:重点抓好“两江两河”(即长江中上游干支流、澜沧江、黄河上游、红水河)的开发。②火电:重点抓好“三口”(即坑口、港口、路口)电厂的建设并优先在“三西”(山西、陕西、内蒙西部)和河南、贵州等煤炭基地建设坑口电厂向负荷中心送电,“九五”期间建设坑口电厂2800万千瓦;在东南沿海、沿江地区建设港口电厂2500万千瓦,沿济通、京九等新线建设路口电厂2600万千瓦。③核电:重点抓好“两二一辽”(即广东二核、秦山二核、辽宁核电)的建设,同时,“九五”期间还要做好广东阳江三核和浙江三门以及江苏、福建等核电站的前期准备工作。

与经济发展格局相同,我国用电负荷的重心主要在东部、南部沿海地区,京广、陇海沿线地区以及长江流域沿江地区,而这些地

区能源严重不足,需要从外区输入大量能源。

1.4 能源贫富和水火电力交换界面的客观形成

由上述各节所述可知,我国能源分布极不均匀,煤炭资源主要分布在京广线以西的华北、西北、西南等地区,其煤炭资源储量占全国储量的 87% 左右,且煤质优良,而京广线以东的华东、华南等地区的煤炭储量仅占全国的 2.6% 左右,沿京广线的华中地区煤炭储量约占全国的 2.9%,且 80% 以上集中在河南省京广线以西地区。水力资源主要分布在京广线以西的西南和西北地区,这两个地区的水力理论蕴藏量占全国的 90% 左右,西南地区的金沙江、澜沧江、怒江、乌江、红水河及西北地区黄河上游龙青河段均是我国的水电开发基地。在长江干支流上的华中地区也有较丰富的水能资源,主要分布在京广线以西的长江干流三峡、葛洲坝段以及长江支流的一些河段。

由此可见,沿京广线东西两大区域能源贫富相差悬殊,京广线以西地区为能源富裕地区,京广线以东为能源贫乏地区,这样,沿京广线的河北南部、河南、湖北、湖南等省客观上就形成了我国能源贫富的一个分界面。

另一方面,从煤炭资源和水力资源的分布情况以及电力发展布局也可以看出,我国煤炭资源主要分布在陇海线以北的华北、西北地区,而水力资源则以陇海线以南的西南、华中地区为主,使得陇海线以北地区电源结构上以火电为主,以南地区水电所占比例较大。同时,西南地区、华中地区水力资源与西北地区水力资源由于分属不同水系,水文特性不尽相同,可以实现跨流域调节以使充分地利用水力资源,因此沿陇海线的陕西南部、河南省在客观上就构成了我国水水、水火电力的交换界面。

能源贫富的水火电力交换界面,如同京广、陇海两大铁路主干线一样,构成了我国能源资源分布的一个大十字结构,这个结构决定了我国电力的流向以及电力交换的形势,对研究全国联网方案

起着至关重要的作用。加强处于能源贫乏和水火电力交换界面地区的网络结构,使之能够满足大容量电力输送和水电、水火电力交换的需要,将是全国联网的客观需要和必经途径。

2 能源贫乏与水电电力界面电力交换方案

2.1 电力交换的形式

电力交换的形式有两种:一是输电型,二是调节型。当电力由一个地方单向向另一地方输送,由此架设的电力线路是输电型线路;若电力的流向根据季节不同、电网运行方式不同而变化,其电力线路通常是电网区间联络线,这种联络线可谓调节型线路。

从我国第一次能源分布可知,我国电力流向及布局主要是西电东送、南水北调。从地域分布来看,能源富余主要在京广铁路以西的“三西”煤炭基地、西北地区(水、火电)、西南地区(水电);京广铁路及其以东地区则是经济较为发达而能源贫乏的地区,需要从外区接受大量电力,因此,我国未来电力的流向主要是西电东送,其形成的网络是输电型的,大容量的电力输送将通过能源贫乏界面来完成;从电力布局来看,北方以火电的建设为主,南方重点在水电开发,另外蒙西、山西由于受电厂水源的限制,不可能大规模向南输送电力,这就决定了南水北调调节及南北水系跨流域调节,因此南北电力交换将是调节型的,水电、水火电力调节将在水火电力交换界面上实现。

2.2 全国跨大区联网分析

电力工业的特点决定了电网必须依靠不断扩大联网来提高供电安全可靠性和实现远距离电力输送,因此电网的发展呈现明显的阶段性,先是逐渐发展形成区域性电网,然后通过区域性电网之间联络加强形成互联电网,最终发展成为统一(或联合)电网。我国电力工业经过几十年的发展,目前已形成六个跨省(区)的区域性电力系统(即东北、华北、西北、华东、华中和南方电力系统),而且华东、华中两大电网已随着葛上直流输电线的投产实现互联,因此

现阶段我国电网发展处在区域性电网向互联电网过渡阶段。在这个阶段,各区域性电网在不断加强其内部结构的基础上,将通过三峡电站的建设、西南水电以及“三西”火电的外送实现互联,最终不断加强互联,实现全国联合大电网。

为便于论述,我们将全国各大区电网简化为:“三西”火电基地、京津唐电网、东北电网、西北电网、华中电网、华东电网、西南水电基地和华南电网。

2.2.1 东西联网分析

东西联网将主要是输电型联网,可能的联网通道为:“三西”火电基地向京津唐电网、华东电网、华中电网送电;西北电网向华中送电;西南水电基地向华南、华中、华东送电;华中电网向华东电网送电。

比较肯定的联网通道是“三西”火电基地向京津唐电网送电和西南水电基地向华南电网送电。由于华中电网远期一次能源不足,缺电严重,就近接受西北电网及西南水电基地电力是可行的,而华东电网远距离接受“三西”火电基地、西北电网及西南水电基地电力均需跨越华中电网,其联网方式采用经华中电网转送还是直接输送电力应进行分析比较。

华中电网与华东电网已随葛洲坝水电站外送实现联网,但由于远期华中电网本身是一个缺能地区,两大区的联网实际上形成了全国电网的大受端系统,而三峡水电站的建设将进一步加强两大区电网的联系,为华中转送“三西”、西北、西南电力至华东创造了条件,因此,华中电网与华东电网的联络线应定位在输电型联络线上。华东电网作为一个缺能大区,又远离能源富余地区,它需要的主要是电量,已建成的葛上直流输电工程和配套三峡建设的华中至华东送电线路如仅作为水火调节线路,将大大降低这些线路的利用率。应配套三峡工程建设扩大华中电网与能源富余地区的联网,使华中电网一方而接受电力,另一方面利用华中—华东联络

线向华东电网输送基荷。同时,华中电网与西北部能源富余地区的扩大联网也可以增强水火电调节能力,充分利用三峡的水力资源。

2.2.2 南北联网分析

从全国电网形成的初步思路来看,首先将逐步形成由“三西”火电基地、京津唐电网和东北电网组成的北部电网;由西北电网、华中电网和华东电网组成的中部电网;西南水电基地和华南电网组成的南部电网。这三个电网进行南北互联就形成了全国互联电网。

由于南北界面为水火电力交换界面,南北联网的通道选在西部的三个能源基地是不可取的,可能性较大的联网通道应是沿京广铁路的京津唐电网、华中电网及华南电网。三大区互联,在全国电网中形成南北通道,这样,水电比例较大,且与西南水电、西北电网相联的华中电网与“三西”火电基地、京津唐电网构成的火电比例占绝对优质的华北电网就可以通过水火电力交换界面,充分调节南北电力,实现水水互补、水火调节。

2.3 电力交换方案及分析

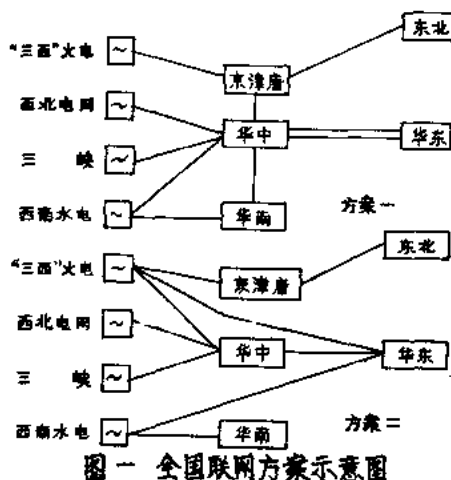
2.3.1 电力交换方案

按上述大区联网分析,对全国互联电网结构方案设想如下:

方案一:考虑到京津唐电网、华中电网、华南电网缺能比较严重,就近与“三西”火电基地、西北电网、西南水电基地进行联网,南北沿京广铁路将上述三个缺能地区进行联网,实现南北水火电调节;华东电网与华中电网联网;东北电网可与京津唐电网相联。全国电网形成以华中电网为中心的西电东送、南北水火电交换的通道。

方案二:由于各电源基地的开发时间、强度、方式的不同,采用由各电源基地直接同受电地区联网的方式,“三西”火电基地分别与京津唐、华中、华东联网;西北火电与华中联网;西南水电与华东、华南联网。

两方案示意图见图一。



2.3.2 电力交换方案与分析

方案一：a. 由京津唐、华中、华东、华南四个电网组成了全国电网的受端主干网，由“三西”火电、西北电网、三峡电站、西南水电作为送电端向受电网送电，从能源的资源分布和需求状况来看，电力潮流与能源流向一致，形成了电力接力输送形式，在减轻铁路运输煤炭压力的同时，缓解了电力供需矛盾。

b. 电网网架清晰，结构合理，在华中电网网络结构和华中电网与其它电网联络得以加强，并在华中电网建设一定的补偿容量后，就可实现西电东送、北电南送以及水水跨流域和水火跨地区的调节。

c. 与单一送电网络相比，此方案中的电网联络线既可实现向缺能地区输送电量，也可实现跨地区、跨流域的电力交换，不仅提

高了输电线的利用率,而且兼顾了扩大联网电力交换的效益和电量输送效益。

d. 各区域电网间的运行交换方便,互补能力强,使各电网之间便于调节,减少各电网自身的事故检修备用,同时各区域电网间的错峰效益明显,使整个电网的效益得以提高。

e. 联网方式采用相邻大区间的联网,便于大区之间以直接形式进行背靠背隔离,使全国电网即有其大网的统一性和特点,又不致于使区域性事故影响全国电网,同时便于电网的调度运行和电网间的利益分配。

f. 便于电网建设统筹兼顾,使电网建设与电源建设逐步分离,改变现在的电网建设依赖于电源接入系统,使电源和电网在运行中相互依存,互相影响的局面,便于电网主干网架的形成,使电网运行不受电源和用户的影响。

g. 与长距离、大容量输电网络相比,现行的 500KV 输电电压等级较适合于互联电网,因此,采用此方案的联网方式,可适当推迟出现高一级电压和避免各区之间形成几个电压等级的联络,便于电网的运行管理。

h. 电网的运行可靠性提高,任一回联络线跳闸和某一电源出现故障都不会使整个电网的运行遭到破坏,而且各电网间的安全自动装置容量实现。

i. 大区间联络线建设与电源建设关系不紧密,电源投资方不积极,使电网建设资金筹集困难,需要国家统筹考虑。

方案二:电网网架结构不清晰;水火跨区域交换,水水跨流域交换不方便;因电源点直送负荷中心的输电距离和容量不同,缺乏统一规划,有可能形成多种方式多种电压等级的联络线,使电网运行管理复杂不便;由于网架结构不清晰,使电网安全自动装置难以实现;电网运行可靠性差,电网间的互补能力较弱,需在受端电网增加较大的补偿容量,否则在送端系统或区域间联络线出现问题