

我国电力中长期发展战略研究

杨奇逊¹, 蒋宜国², 丛琳², 姚愉芳³, 白建华⁴

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192;

3. 中国社会科学院, 北京 100732; 4. 国网能源研究院, 北京 100052)

[摘要] 在预测中长期我国用电量需求的基础上,通过分析燃煤发电、水电、核电、非水可再生能源发电、天然气发电的供应能力,阐明了中长期我国电源发展的原则和目标,提出了中长期我国电网发展模式,并指出要以智能配用电、智能调度、大规模储能、超导电力、分布式供电等新型电力技术为支撑实现我国中长期电力发展战略。

[关键词] 能源发展战略;电力发展战略;中长期

[中图分类号] U455 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)06-0057-08

1 前言

21 世纪中叶,我国将实现第三步战略目标,建成中国特色的现代化社会主义国家。为实现这一目标,21 世纪上半叶我国经济将经历快速增长阶段、平缓增长阶段,然后过渡到中低速增长阶段。

能源发展战略服务于国民经济和社会发展的宏观战略目标,电力作为最重要的终端能源,肩负着支撑经济社会发展的重要使命。因此,科学制定电力发展战略对于我国实施科学、绿色、低碳的可持续发展战略,实现第三步战略目标具有重大意义。

通过预测我国中长期(2030、2050)用电量需求,分析各类电源的供应能力,研究提出了我国中长期电源发展目标和电网发展模式,为国家制定能源发展规划提供了决策依据。

2 我国中长期用电量预测

影响电量需求的因素主要有社会发展阶段的定位、宏观经济形势、产业结构与产品结构、技术进步、居民生活用电等。笔者利用系统动力学方法建立了经济社会发展模型,包括人口、生产、用电量、资本

(各产业可能的固定资产投资及需求投资)、科技进步等子模块,并形成一个总体结构,定量描述了各模块间的相互关系。其中的生产模块分为 15 个部门,依次是:农林业、能源开采业、采矿业、建材业、化学工业、电力工业、有色工业、冶金工业、机械制造业、通信计算机工业、其他工业、建筑业、交通运输邮电业、商业服务业、其他服务业,每个产业按生产函数建立产出方程。以 2007 年为基年,按照规划方案、高方案、低方案三种情景对我国 2007—2050 年的经济社会发展趋势、产业结构变化状况等进行预测,主要包括:GDP、各产业产值及增加值、经济增长速度、人均 GDP、产业结构、总人口、就业结构、城市化,从而确定我国中长期的用电量需求(包括用电量、人均用电量、人均生活用电量、用电结构等)。

2.1 经济发展水平预测

三种情景方案(规划方案、高方案、低方案)的预测结果表明,2007—2050 年我国 GDP 年均增长率分别为 5.58%、5.85%、5.18%,2020 年 GDP 总量分别达到 613 313.7 亿元、646 037.9 亿元、579 923.8 亿元,2050 年分别为 2 387 109.8 亿元、2 664 463.9 亿元、2 023 216 亿元。2020 年人均

[收稿日期] 2011-03-29

[基金项目] 中国工程院重点咨询项目支持

[作者简介] 杨奇逊(1937—),男,上海市人,中国工程院院士,华北电力大学教授,主要从事微机继电保护和电力系统数字仿真实理论的研究;
E-mail: yangqixun@sf-auto.com

GDP 为 6 189 美元、6 521 美元、5 852 美元, 2050 年人均 GDP 为 23 226.7 美元、25 979.6 美元、19 648.3 美元(以上均为 2005 年价格, 1 美元 $\approx$ 7 元人民币)。

根据这一预测结果, 结合世界银行对发展阶段的划分方法, 到 2020 年我国将实现全面小康, 2050 年将进入中等发达国家行列。

2.2 产业结构变动趋势预测

从发展阶段特点分析, 2007—2050 年将是中国经济结构发展迅速变化的时期。模拟结果表明, 2007—2050 年间产业结构变化的显著特点是, 第一产业比重逐年下降, 第二产业比重缓慢下降且 2020 年后大幅下降, 第三产业比重逐年上升。第一产业比重由 2007 年的 10.6 % 下降到 2050 年的 2.73 %, 第二产业比重由 2007 年的 48.6 % 下降到 2050 年的 34.3 %, 第三产业比重由 2007 年的 41 % 上升到 2050 年的 63 %。

这种产业结构发展趋势与当今发达国家相比有一定差距, 主要是 2050 年第三产业比重偏低, 因此, 从产业结构变动趋势角度分析, 我国在 2050 年只能发展到中等发达国家水平, 这也与我国农村人口比重较大、城市化水平较低的国情相吻合。

2.3 人口、就业结构发展趋势预测

根据模型预测结果, 2040 年左右我国人口将达到高峰即 14.78 亿人, 2040 年以后人口为负增长, 到 2050 年人口约为 14.68 亿人。随着产业结构的变动, 劳动力结构也将发生变化, 从第一产业向第二、第三产业转移。劳动力人口的绝对数在 2040 年之后呈下降之势, 2007 年劳动力人口占总人口的比重为 58.3 %, 到 2050 年该比重将降至 43 %。劳动投入对经济增长的贡献将逐渐下降。老龄化社会进一步发展, 64 岁以上人口占总人口的比重将逐步上升, 由 2007 年的 14 % 上升到 2050 年的 36.7 %。城市化发展水平指标逐渐上升, 城市化率即 2050 年城镇人口占总人口的比重在 78 % 左右。

2.4 用电量需求预测

三种情景方案(规划方案、高方案、低方案)下, 全社会用电量从 2007 年的 32 588.6 亿 kW $\cdot$ h, 分别增长为 2020 年的 66 399 亿 kW $\cdot$ h、70 382.55 亿 kW $\cdot$ h、62 319 亿 kW $\cdot$ h 和 2050 年的 104 616 亿 kW $\cdot$ h、119 474 亿 kW $\cdot$ h、87 507 亿 kW $\cdot$ h。2007—2020 年全社会用电量年均增长率分别为 5.63 %、6.1 %、5.2 %, 2020—2030 年年均增长率

分别为 3.11 %、3.99 %、2.64 %, 2030—2050 年年均增长率约为 0.4 %~0.7 %, 说明 2030 年左右用电量开始处于低速增长阶段。2007—2030 年电量消费弹性系数约为 0.65(同期能源消费弹性系数约为 0.48), 其中 2007—2020 年约为 0.72, 2020—2030 年约为 0.55。按照上述预测结果, 我国 2020 年人均用电量为 4 402~4 973 kW $\cdot$ h, 略高于 21 世纪初世界平均人均水平(2000 年为 2 320 kW $\cdot$ h), 相当于美国 1952 年、英国 1962 年、法国 1972 年、西班牙 1982 年的用电水平^[1]; 人均装机容量为 0.88~0.99 kW(5 000 利用小时)。2030 年人均用电量为 5 541~7 139 kW $\cdot$ h, 人均装机容量为 1.15~1.48 kW(4 800 利用小时)。2050 年人均用电量为 5 949~8 154 kW $\cdot$ h, 人均装机容量为 1.29~1.77 kW(4 600 利用小时), 人均生活用电量为 1 467~2 066 kW $\cdot$ h, 相当于 2006 年日本、英国、国家的水平。

2.5 用电结构预测

随着经济的发展、人均收入的提高、工业化阶段的完成、产业结构的优化、用电结构变化趋势为以工业为主的第二产业用电比重下降, 第三产业用电比重上升, 生活用电比重上升。预测用电结构变化为: 2007 年第二产业用电比重为 76.6 %, 到 2030 年下降为 68.6 %, 到 2050 年下降为 57.2 %; 2007 年第三产业用电比重为 9.8 %, 2030 年上升为 13.3 %, 2050 年上升为 17.5 %; 2007 年居民生活用电比重为 10.6 %, 2030 年上升为 16.7 %, 2050 年上升为 24.6 %~25 %。

2.6 全国及 6 个地区电量需求预测

表 1 为全国规划方案电量需求预测结果。由表 1 可见, 在未来较长时期内, 我国电力需求仍将持续较快增长, 2030 年后电力需求将低速增长。2050 年, 中东部地区的电力需求总量仍将高于西部地区, 但差距在缩小, 全国电力需求格局基本不变。

1) 从人均用电水平分析。2020 年全国人均用电量为 4 690 kW $\cdot$ h/人, 人均用电量明显高于全国平均水平的地区有华北、华南、华东。2050 年全国人均用电量为 7 125.5 kW $\cdot$ h/人, 仅华中地区人均用电量低于全国平均水平。

2) 从生活用电量分析。2020 年全国人均生活用电量为 608.7 kW $\cdot$ h/人, 年人均生活用电量高于全国平均水平的地区有华北、东北、华南、华东地区(774 kW $\cdot$ h/人), 低于全国平均水平的地区有华

中与西北,西北地区最低。2050 年全国人均生活用电量为 1 735.7 kW·h,年人均生活用电量高于全国平均水平的地区有华东、华北、东北、华南,低于全国平均水平的地区是华中地区。

3)从用电结构分析。2007—2020 年全国及 6 个地区的用电结构总变动趋势为:农业和工业用电比重呈下降趋势,第三产业(交通运输、商业和服务业)和生活用电比重呈上升趋势。2020 年工业用电

比例比 2007 年减少幅度较大的地区有华东、华北,超过 5 %。这与各地区原有的经济基础及经济发展水平相吻合。到 2050 年,全国与 6 个地区的用电结构进一步优化,第一产业用电比重降至 1 % 以下,第二产业及工业用电比重降至 60 % 以下,生活用电比重上升至 24 % 以上,第三产业用电比重上升到 17 % 以上,6 个地区用电结构优化情况与全国相同。

表 1 全国规划方案电量需求预测结果
Table 1 Forecasting results of electricity consumption demand for planning in China

年份	地区	全社会用电量 /亿 kW·h	城乡生活用电 量/亿 kW·h	第一产业用电 量/亿 kW·h	第二产 业用电量/ 亿 kW·h	工业用电量 /亿 kW·h	第三产业 用电量/ 亿 kW·h	人均用电 量/kW·h	人均生活用 电量/kW·h
2007	全国	32 588.6	3 475.9	976.5	24 952.8	24 646.2	3 183.9	2 466.4	263
	华北	8 280.7	731.8	290.3	6 515.2	6 448.8	714.6	3 332	294
	东北	2 489.1	334.7	49.9	1 868.2	1 848.8	220.7	2 305	311
	华东	7 983.2	891.8	68.1	6 212.3	6 133.1	768.3	2 791	312
	华中	5 825.6	805.8	195.6	4 294.5	4 236.7	504.6	1 614	223
	华南	5 603.1	681.1	117.9	4 139.7	4 071.7	623.9	2 859	349
	西北	2 407	158.9	141.4	1 913.4	1 892.5	185.2	2 533.7	168
2020	全国	66 399	8 620	1 547.5	48 823.2	48 249.7	7 410.1	4 690.4	608.7
	华北	15 614	1 686	390	11 398	11 242	2 139	6 071	677
	东北	5 311.9	787	79.7	3 824.6	3 771.4	621.5	4 660	690
	华东	16 334.2	2 221.5	114.3	11 760.6	11 597.3	2 254.1	5 691	774
	华中	11 951.8	1 777	298.8	8 449.9	8 246.7	1 422.3	3 187	474
	华南	11 287.8	1 620	169.3	7 991.8	7 788.6	1 512.6	5 506	790
	西北	4 913.5	422	186.7	3 734.3	3 685.1	570	4 817	413.7
2030	全国	90 204.2	13 391	1 548.3	63 350.4	62 586.6	11 916	6 185.6	918.4
	华北	19 200	2 650	288	13 440	13 248	2 822	7 084	1 060
	东北	8 118.4	1 248.1	83.2	5 682.9	5 601.7	1 104.1	6 876	1 057.7
	华东	21 951	3 424	108	15 147	14 927	3 271	7 312	1 193
	华中	16 236.8	2 532.9	276	11 122.2	10 878.7	2 305.6	4 261.6	664
	华南	15 334.7	2 653	153.3	10 121.1	9 968	2 407.5	7 132	1 266
	西北	6 765.3	811.8	135.3	5 006.3	4 938.7	811.8	6 505	780.6
2050	全国	104 616	25 480	9 833.9	59 840.4	58 998	18 318.2	7 300	1 735.7
	华北	21 207	5 026	254	11 876	11 664	4 050	7 972	1 967.6
	东北	9 200	2 160	72	5 230	5 140	1 738	7 667	1 800
	华东	24 139	5 986	96	13 518	13 276	4 538	7 711	2 086
	华中	21 840	5 023	305.8	12 230.4	12 012	4 282	5 747.4	1 322
	华南	18 425	4 422	148	10 134	9 950	3 721.9	8 413	2 019
	西北	9 800	1 783	147	6 272	6 076	1 597	8 621	1 699

4)2020 年及 2050 年 6 个地区用电水平差距仍将存在。2007 年人均用电量最低的是华中地区,最高的是华北地区,是华中地区的 2 倍多。2050 年,华中地区人均用电量为 5 747 kW·h,华北地区为 7 972 kW·h,是华中地区的 1.39 倍,差距在缩小但仍存在。

3 我国中长期发电能力分析

3.1 煤电供应能力

我国煤炭资源非常丰富,截至 2007 年年底,全国查明煤炭资源量 1.2 万亿 t^[2]。综合考核煤炭资源、开采条件、自然灾害、生态环境、水资源和开发经济性等开发约束,预计未来我国煤炭可持续供应能力可达到 37 亿 t。随着煤炭清洁化利用水平的提高,我国电煤比例将进一步提高,电煤占比按 70 % 考虑时,全国电煤可持续供应能力将达到 26 亿 t。

长期以来,我国煤电大量布局在中东部经济发达地区,导致中东部地区大气污染物排放已超过其环境承载力;而我国西部、北部能源资源富集地区经济发展落后,火电装机容量相对较小,环境污染较轻。因此,未来应该严格控制中东部地区的燃煤电厂建设规模,燃煤电厂应更多地向环境承载力较强的西部和北部煤炭富集地区布局。

目前,我国正在开展前期工作的大型煤电基地主要有山西(晋东南、晋中、晋北)、陕北、宁东、准格尔、鄂尔多斯、锡盟、呼盟、霍林河、宝清、哈密、准东、伊犁、彬长、淮南等煤电基地,可开发总装机规模接近6亿kW,目前正在开展前期工作的装机规模约为4亿kW^[3]。

3.2 水电供应能力

我国水力资源非常丰富,水力资源技术可开发装机容量为5.42亿kW,年发电量为2.47万亿kW·h,居世界首位^[4]。但我国水力资源分布不均衡,中东部相对缺乏,西部丰富,其中,西南地区(云、贵、川、渝、藏)是我国水力资源最丰富的地区,但水电开发利用率仅为18.3%,尤其是西藏地区水电开发率仅为0.003%,因此未来我国水电开发潜力较大。

我国水力资源主要富集于金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、乌江、长江上游、南盘江红水河、黄河上游、湘西、闽浙赣、东北、黄河北干流以及怒江等水电基地,未来水电开发潜力较大的地区主要集中在西南地区的金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江和怒江等5个水电基地。但由于西南地区负荷占全国的比例较小,而用电负荷相对集中的华东、华中、广东地区能源资源相对匮乏,因此西南水电在满足当地负荷增长需要的前提下仍具备大规模外送的条件。

2011—2020年,西南水电开发规模可超过1亿kW,2020年水电外送规模可达到7800万kW,其中四川、西藏水电主要送华中、华东地区,云南水电主要送广东、广西地区。到2030年,全国除西藏外其他地区水电基本开发完毕。

3.3 核电供应能力

我国是一个铀资源较为丰富的国家,目前已探明铀矿床200多个,其中经济可采占有相当的比例,而且我国与主要产铀大国和主要铀业公司建立了长期友好合作关系,因此天然铀供应不会成为我国核电发展的制约因素。

我国幅员辽阔,满足核电环境要求、适宜进行核

电建设的地区分布较为广泛。目前已在浙江、江苏、广东、山东、辽宁、福建和广西等地储备了一定规模的核电厂址资源,并已开展了较充分的前期工作。据不完全统计,我国已开工建设和通过可研审查的核电厂址资源已超过7000万kW。考虑备选厂址以及通过进一步选址勘察,我国核电厂址资源可满足3亿~4亿kW的装机。根据我国《核电中长期发展规划(2005—2020)》,2020年我国核电装机将达到7000万kW左右,2030年将达到16000万kW左右,2050年争取达到40000万kW左右。

目前,我国已掌握改进的二代核电技术,安全性和可靠性已经比国际上多数正在运行、或将把运行寿命从40年延长到60年甚至80年的核电站更高。随着电力供需形势的发展以及我国对第三代乃至第四代核电技术掌握程度的推进,未来我国核电的发展空间将更加广阔。

3.4 非水可再生能源发电供应能力

1) 风电供应能力。近年来,我国风电发展十分迅速。2006—2009年,风电装机容量连续4年实现翻番式增长,2009年全国风电并网装机容量达到1760万kW。预计2020年全国风电开发潜力为1.7亿kW,其中,河北、蒙东、蒙西、吉林、江苏、酒泉、哈密七大基地为1.4亿kW;2030年全国风电开发潜力为2.7亿kW,其中,七大基地为2.1亿kW。这是综合考虑风能资源和开发条件约束下的开发规模,若仅从风能资源利用的角度考虑,未来我国风电开发潜力有较大的增长空间。

2) 太阳能发电供应能力。我国太阳能资源十分丰富,从资源的角度看,我国未来太阳能发电的发展潜力巨大。据粗略估计,若将我国现有建筑屋顶面积的1%安装光伏系统,装机容量约3550万~6620万kW,年发电量达287亿~543亿kW·h。若按我国戈壁和荒漠面积的3%计算,太阳能发电可利用资源达27亿kW,年发电量达4.1万亿kW·h。从经济性的角度看,未来随着光伏发电技术逐步成熟,其成本将不断下降,预计2020—2030年光伏发电成本将与煤电成本相当,进入规模化发展阶段。

3) 其他非水可再生能源发电供应能力。2006年,我国生物质资源约合5.4亿tce,可用于生物质资源量约为2.8亿t。预计2050年我国生物质资源最高可达14亿t,可供清洁能源化利用的生物质能资源潜力达8.9亿tce。生物质发电不具备资源优

势和成本下降空间,因此应鼓励多样化发展,以中小规模为主。2020年,我国生物质发电装机规模约1 500万kW,2030年达2 000万kW后将基本保持稳定。

另外,我国海洋能也非常丰富。沿岸波浪能资源理论量为1 285万kW,潮汐能资源蕴藏量为1.1亿kW,沿岸海流潮流能资源理论蕴藏量为1.4亿kW,海洋温差能如按热效率取7%、工作时间取50%、利用资源10%估算,装机容量可达13.2亿~14.8亿kW。

3.5 天然气发电供应能力

我国常规天然气资源量约为56万亿 m^3 ,可采资源量22万亿 m^3 ,主要分布在塔里木、四川、鄂尔多斯、柴达木、松辽、东海、琼东南、莺歌海和渤海湾等九大盆地。截至2007年年底,我国天然气资源探明率仅为10.46%,探明程度较低。据预测,2008—2050年,我国天然气探明地质储量将快速增长,为天然气开发奠定资源基础。考虑国内常规天然气、煤层气以及引进海外资源等因素,到2020年我国天然气供应量可达3 000亿 m^3 左右,2030年达3 900亿 m^3 ,2050年达5 000亿 m^3 。预计2020年燃气发电装机容量约5 200万kW,2030年燃气发电装机容量约7 300万kW。

3.6 我国中长期发电能力综合评价

在没有重大能源科技突破之前,未来20年甚至40年,“洁净煤发电+核电+可再生能源”将是我国发电能源供应的基本格局。2030—2050年,风电、太阳能发电等非水可再生能源发电以及核电所占的比重大幅上升,新增份额分别占到全国新增装机的58.9%和27.7%,成为新增发电的绝对主力。但2050年之前,煤电仍将是我国的主力电源。

为满足电力需求预测水平,根据电力需求预测高方案,2020年我国各类电源发电量约7.0万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,2030年约10.4万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,2050年约12.0万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

根据上述分析,制定我国中长期电源发展的分阶段目标是:a. 2030年之前,核电及风电等新能源发电将获得较快发展,比重不断提高。风电及核电的大规模发展将加大系统的调峰压力,因此需要加大抽水蓄能等调峰电源建设,同时,必须转变电力发展方式,优化煤电布局,加快发展输电,实行输煤输电并举;b. 2030—2050年,除部分水电之外,核电、风电和太阳能发电成为满足新增发电需求的三大主

力电源,同时,需要保障发电能源供应和电源布局合理、满足环保和应对气候变化等外部环境要求,最大限度地满足经济社会发展对电力供应的要求。

4 我国中长期电网发展战略

4.1 我国电网电力流分析

我国电网发展经历了由小到大、由弱到强的过程,从城市孤立电网逐步发展到地区电网,再发展到省内电网,进一步发展到大区电网,目前已经初步形成以六大区域电网(东北电网、华北电网、西北电网、华中电网、华东电网、南方电网)互联为主要形式的全国联网格局。

东北电网的蒙东地区有丰富的煤炭资源,可以借助本网的资源优势以及核电和可再生能源的建设满足本网内电力流平衡,并有外送的电力流。华北电网所覆盖地区的煤炭资源丰富,基本可满足本网内电力流平衡,除接受东北的部分电力,也有接受毗邻的西北电网东部地区部分电力的可能。西北电网内资源丰富,本网负荷相对较轻,加上新疆煤电基地开发和甘肃风电基地开发有较大电力流外送。华中电网网内东部水电已基本开发完毕,西部主要是四川省境内的水电开发量大,本网内煤炭资源相对缺乏,且运输条件不好,网内电力流主要是西部向东部输送,西部水电大量开发后,还有送电华东电网的可能,本网已有接受西北、华北电网的部分煤炭基地的电力流。华东电网是主要的受端电网之一,其电力流主要来自三峡工程(已建)、金沙江流域、西部煤炭基地及蒙东煤炭基地,但本网地处沿海沿江,交通便利,在建电厂规模大,核电运行和待建设规模都处于全国前列。南方电网除接受三峡水电站300万kW电力外,其他电力流均是本网内流动,未来的趋势也大致如此,云南境内的水电主要是东送广东、广西,远期也有接受西藏水电的可能,此外,缅甸、老挝等地水电送电南方电网的可能性也很大。

我国能源资源分布极不平衡,因此远距离输电不可避免。我国电网远距离输电的电力流主要来自于水电开发、燃煤电站集约性开发,以及可能的大风电基地的远方输送。预计到2020年,我国跨区、跨国电力流规模约3亿kW;2030年,跨区、跨国电力流规模约4亿kW左右;2030年以后,跨区、跨国电力流将无显著增长。

4.2 我国中长期电网发展模式

根据以上分析,笔者认为我国要实现电力的远

距离、大容量、跨区域输送,必须大力加强电网建设与改造,持续优化完善电网结构。关于我国中长期电网的发展模式,目前主要存在两种观点,与之对应有两种电网发展模式^[5]。

4.2.1 模式一

加快特高压交流工程建设,尽快形成华北-华中-华东(“三华”)特高压1 000 kV 交流同步互联电网,在全国形成4个同步电网,即以“三华”同步电网为核心,通过直流输电线路与东北、西北、南方电网互联。晋、陕、蒙、宁、新煤电,西南水电,西北风电等能源基地通过特高压交直流混合系统向东中部负荷中心地区送电,如图1所示。

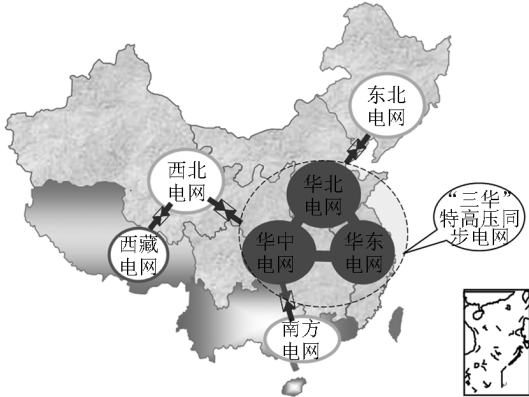


图1 我国中长期电网互联格局(模式1)
Fig.1 Mid-long term interconnected power grid in China(mode 1)

4.2.2 模式二

以六大区域电网为核心,以500 kV 电网为主网架(西北电网以330 kV 和750 kV 电网为主网架),充分发挥500 kV 输电网的潜力,同时通过对500 kV 电网进行柔性输电技术改造,大幅度提高输电能力、接受远距离输电安全落地能力和应对各类电网事故能力。六大区域电网之间在现有联网的基础上,逐步加强边际互联,如图2所示。

以上列出的两种电网发展模式决定了不同的技术发展走向,至于未来采用哪种模式还需要进一步认真研究并做决策。

5 我国中长期电力发展战略的科技支撑

科技是支撑能源战略实施的根本保证。21 世纪中叶,电能人类社会终端能源消费的比例将进一步增加。以新型高效发电、智能电网、储能技术、超导电力技术为代表的清洁、高效、便利的新型电力技术将逐步成为支撑我国未来长远发展的主导能源

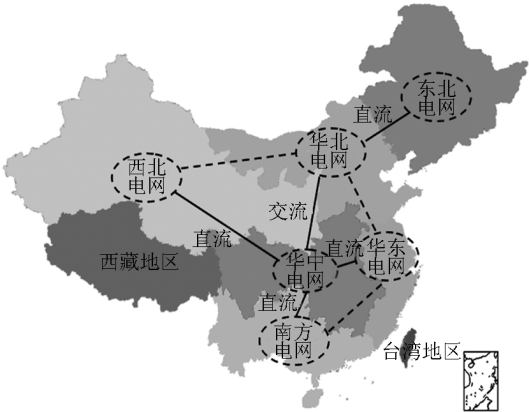


图2 我国中长期电网互联格局(模式2)
Fig.2 Mid-long term interconnected power grid in China(mode 2)

转换和利用技术。因此,要实现我国中长期电力发展战略,必须建设智能电网,大力开展智能配用电、智能调度、电能大规模储存、超导电力、分布式供电等关键技术研究,为我国中长期电力发展战略的顺利实现提供坚强的科技支撑。

5.1 智能配用电技术

重点实现智能配用电系统支撑技术、智能配电网高可靠高效供电技术、灵活互动的智能用电技术、智能配用电系统高性能通信技术研究方向的关键技术突破^[6],解决构建智能配电网的重要理论与关键技术问题,研制具有自主知识产权的系列智能配电设备,开发先进的配电网自愈控制系统与灵活接入的智能用电互动平台,建设具有国际领先水平的智能配用电示范城市或园区。

5.2 智能调度技术

重点开展一体化支撑平台关键技术、信息标准化建模技术、在线安全分析技术、大系统智能优化决策技术以及可视化展示技术、节能环保优化调度技术等领域的研究工作^[6],研发具有自主知识产权的一体化分布协调智能调度技术支持系统。以标准规范为基础先行,通过试点应用逐步完善提升,以实用化为关键指标开展推广应用。

5.3 电能大规模储存技术

重点研究智能电网储能的关键技术、储能系统集成共性技术,提出储能系统应用的优化配置、储能装置大容量化和大规模化、储能装置多元化的柔性组合、应用方式和协调运行的建设性方案,加强储能技术在集中和分布式清洁能源接入电网中的应用研究,研究储能单元扩容、能量转换、状态监测和能量

管理、控制保护、用户储能元件接入和管理、电池阶梯利用、电网储能成组电池特性及评价方法、维护技术等。

5.4 超导电力技术

重点研发高电压等级、大容量、功能化高效超导电力装置及其与常规电网相适应的超导输配电技术,力求在冷绝缘超导电缆、复合导体、高温区运行兆焦级容量储能系统、500 kV 电压等级/数万安培超导故障限流器等装置的构建和系统应用技术上取得突破^[7]。

5.5 分布式供电技术

研究含分布式供电系统的配电网运行、保护、控制和需求侧管理技术以及微电网主要装备关键技术^[8],建设基于虚拟电厂技术的分布式供电管理系统和微网示范工程。研究实现虚拟微电网的架构及虚拟微电网作为一种未来配电网新形态的可行性,研究动态微电网技术和基于计算机及双向通信技术实现虚拟微电网系统的规划、设计、运行和管理技术。

6 结语

电力是经济社会发展不可或缺的重要能源。在未来较长时间内,我国仍将处于工业化中期和城镇化进程加快发展的阶段,电力需求仍将持续较快增长。为保障能源的可持续供应,应对气候变化,改善环境状况,我国需要大力发展新型清洁能源发电,构建以煤电为主,水电、核电、风电、太阳能发电等清洁

能源协调发展的电源结构。鉴于我国煤炭、水能、风能等能源资源主要分布在西北部地区、负荷中心主要集中在中东部地区的现状,为满足我国中长期电力需求持续快速增长的需要,实现能源资源的大范围优化配置,必须远距离大规模输送电力,同时要依托新型电力技术构建坚强的智能电网,为实现我国在 21 世纪中叶全面建成小康社会及实现现代化的重要目标奠定坚实的基础。

参考文献

[1] 国家能源局发展规划司,国家电网公司发展策划部,国网能源研究院.能源规划数据手册[M].北京:中国电力出版社,2009.

[2] 中国煤炭工业发展研究中心.我国未来煤炭供应能力研究[R].2008.

[3] 中国社会科学院工业经济研究所.2008 中国工业发展报告——中国工业改革开放 30 年[M].北京:经济管理出版社,2008.

[4] 全国水力资源复查工作领导小组.中华人民共和国水力资源复查成果(2003 年)[R].2005.

[5] 中国能源中长期发展战略研究项目组.中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究:电力·油气·核能·环境卷[M].北京:科学出版社,2011.

[6] 刘振亚.智能电网技术[M].北京:中国电力出版社,2010.

[7] 肖立业.超导电力技术的现状和发展趋势[J].电网技术,2004,28(9):38-42,46.

[8] 丁明,张颖媛,茆美琴.微网研究中的关键技术[J].电网技术,2009,33(11):10-15.

Research on mid-long term electric power development strategy in China

Yang Qixun¹, Jiang Yiguo², Cong Lin², Yao Yufang³, Bai Jianhua⁴

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China; 3. Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China; 4. State Grid Energy Research Institute, Beijing 100052, China)

[**Abstract**] On the basis of forecasting mid-long term electricity consumption demand in China, power supply capacity, including supply capacities of coal-fired power, hydropower, nuclear power, non-hydro renewable resource power and gas power, was analyzed. The principle and purpose for developing mid-long term power supply pattern were expounded, and mid-long term power grid pattern is proposed. Finally, it was indicated that mid-long term electric power development strategy in China need some new power technologies, such as intelligent power distribution and utilization, intelligent power dispatching, large scale energy storage, superconducting power, distributed power supply, etc.

[**Key words**] energy development strategy; electric power development strategy; mid-long term