

我国可再生能源中长期(2030、2050) 发展战略目标与途径

黄其励¹, 高 虎², 赵勇强²

(1. 东北电网有限公司, 沈阳 110180; 2. 国家发展和改革委员会能源研究所, 北京 100038)

[摘要] 基于我国调整能源结构的战略方针和以煤为主要一次能源的国情,根据可再生能源在技术、产业等方面的发展形势,从可持续发展的战略高度和大能源体系的视野,分析了2030年、2050年我国可再生能源发展的战略目标、技术路线、发展重点和保障政策,指出通过重点发展可再生能源发电、大力发展可再生能源热利用和燃气技术、积极努力发展生物质交通燃料技术,使可再生能源从目前的补充能源,逐步提升到2020年的替代能源、2030年的主流能源和2050年的主导能源的战略地位。

[关键词] 可再生能源;中长期;战略目标;途径

[中图分类号] TK01 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)06-0088-07

1 前言

“我国可再生能源中长期(2030、2050)发展战略研究”^[1]由风能、太阳能、水能、生物质能、海洋能和地热能六部分组成。该研究的特点是在大能源体系的广角视野中,以全生命周期分析的综合观点,以技术、经济、环境的多角度,能源需求总量和增量的不同方面,以及技术进步的现状及展望的动态发展进行分析,文章是该研究的综合篇。

2 大力发展可再生能源对我国经济结构和能源结构调整有重要的战略意义和现实意义

进入21世纪,能源安全、环境保护和气候变暖已成为全球关注的焦点问题。各国政府高度重视发展可再生能源,将其作为缓解能源供应矛盾、减少温室气体排放和保护生态环境的重要措施,纷纷制定了发展战略和激励政策,引导、扶植和激励可再生能源事业的发展,推动可再生能源应用技术日臻成熟

和完善,成本不断下降,市场竞争力不断增强,为大规模应用提供重要支撑。特别是2008年金融危机以来,各发达国家都把发展可再生能源作为应对金融危机、引领世界能源革命的战略举措,2011年3月11日日本东部地区地震、海啸引发的福岛第一核电厂的严重事故,更加强了对可再生能源发展期待的目光,可再生能源在未来能源供应和社会经济发展中的作用更加重大,地位将更加突出。

我国正处于经济快速发展时期,对能源的需求持续增长,能源、环境和气候压力对可持续发展的约束越来越严重。可再生能源是资源丰富、环境友好、本地化的清洁低碳能源。在我国大力开发和利用可再生能源具有更加明显的战略价值和现实意义,一是增加能源供应、填补常规能源缺口;二是显著减轻环境污染和温室气体排放;三是有利于“三农”;四是开拓经济新的增长领域、促进能源结构和经济增长方式的转变;五是建立先进的可再生能源技术和产业体系,使之成为抢占发展制高点、参与国际竞争的重要领域。

[收稿日期] 2010-03-25

[基金项目] 中国工程院重点咨询项目支持

[作者简介] 黄其励(1941—),男,辽宁营口市人,中国工程院院士,教授,博士生导师,国家电网东北电网有限公司名誉总工程师,研究方向为热力发电、电网技术管理和可再生能源发展战略;E-mail:huangqilispnec@sina.com

3 可再生能源具有成为我国战略能源的基础和潜力

已有的资源评价结果显示,风能、太阳能、生物质能、水能、海洋能和地热能等的技术可开发资源潜力为 40 亿 ~ 46 亿 tce,具有大规模发展的资源基础。

我国风能资源丰富,陆地技术可开发量大于海上,开发面积约 20 万 km²,可安装发电装机 6 亿 ~ 10 亿 kW;根据海洋区域规划,在水深不超过 20 m 的近海,利用 10 % ~ 20 % 的面积,可安装发电装机 1 亿 ~ 2 亿 kW。总计,可开发风能资源总量约为 7 亿 ~ 12 亿 kW,年发电量 1.4 万亿 ~ 2.4 万亿 kW·h。预计风电将成为我国未来能源结构中的重要组成部分。

我国太阳能资源丰富地区占国土面积 96 % 以上,每年地表吸收的太阳能相当于 17 000 亿 tce 的能量。用现有建筑 20 % 的屋顶面积,可安装约 20 亿 m² 太阳能热水系统,年替代煤炭 3.2 亿 tce;用 20 % 的屋顶面积和 2 % 的戈壁、荒漠地区,可安装约 2.2 万 km² 的太阳能光伏/光热发电系统,装机容量约 22 亿 kW,年发电量可达 2.9 万亿 kW·h。

我国目前可能源化利用的生物质资源约为 2.9 亿 tce,主要是农业有机废弃物,利用方式是发电和民用沼气等。随着社会经济的发展,废弃生物质资源将不断增加。通过技术进步增加现有农林业产能和开发利用边际土地,2050 年前生物质能源利用的资源总潜力有望达到 8.9 亿 tce。

我国可开发的水能资源非常丰富,技术可开发潜力约 5.4 亿 kW,年发电量可达 2.5 万亿 kW·h,折合 8.6 亿 tce。尚未开发的水能资源,主要集中在西部、西南部地区,需要加快开发,实施西电东送。此外,我国还有 1.2 亿 kW 的小水电资源,开发潜力巨大。

我国地热可采储量约相当于 4 626 亿 tce,资源潜力占全球总量的 7.9 %。如果仅考虑目前已经探明的高温地热以及中低温地热勘探打井情况,我国高温地热发电装机的资源潜力为 582 万 kW,发电能力 300 亿 ~ 400 亿 kW·h/a,近期中低温地热资源可利用量相当于 1 440 万 kW 的装机容量和 864 亿 kW·h/a 的发电量,总计折合约 5 000 万 tce 的年产能。

海洋能是有待开发的重要可再生能源。我国各

类海洋能的理论资源量分别为数千万甚至数百亿千瓦,估计可开发利用量为 10 亿 kW 的量级,其中潮汐能、近海波浪能和潮流能发电技术可望率先实现商业化利用,其可开发装机容量分别为 2 179 万 kW、1 285 万 kW 和 1 395 万 kW。

综上所述,我国可再生能源可利用资源总量为 40 亿 ~ 46 亿 tce 以上(见表 1),可以满足成为未来主流乃至主导能源的资源需求。

表 1 我国可再生能源资源潜力

Table 1 Resource potential of renewable energy in China

类型	理论蕴藏量 /亿 kW	可开发利用量 /亿 kW	产能量 /(亿 tce·a ⁻¹)
风能	43	7 ~ 12	5 ~ 8
太阳能	4.5 × 10 ⁷	22	11 ~ 14
生物质能	—	—	8.9
水能	6	5	8.6
地热能	4 626.5 亿 tce	0.2	0.5
海洋能	6 100	9.9	5.5
合计	—	59	40 ~ 46

注:1. 风能、水能按照年可发电量及 2006 年发电煤耗计算产能量;2. 地热能的开发利用量根据目前勘探的地热井资源估算

到 2008 年年底,全国可再生能源年利用量 2.5 亿 tce(其中水电约 2 亿 tce,太阳能、风电和现代化生物质能利用量共约 5 000 万 tce),约占一次能源消费总量的 9%。随着化石能源资源、环境和气候约束的日益加大,可再生能源技术的不断进步,特别当考虑碳减排成本之后,可再生能源的竞争力和贡献率将快速增长,从目前的补充能源(2010 年 10 % 份额),逐步提升到 2020 年的替代能源(约 20 % 份额)、2030 年的主流能源(近 30 % 份额),直到 2050 年的主导能源(可达 40 % 份额)的战略地位。具体如下:

2010 年前后:非水能可再生能源开发利用量可达 0.6 亿 tce,占一次能源总需求的 2 %;含水能可提供约 3.0 亿 tce 左右,比例接近 10 %。在此阶段,能源需求主要靠化石能源满足;除水电外,可再生能源主要在农村和偏远地区、海岛能源供应中发挥作用。这阶段的主要任务是建立完善技术产业体系,使成熟或初步成熟的风力发电、太阳能中低温热利用、沼气、地热采暖等技术逐步实现商业化应用,并制定中长期发展战略和科技进步规划,确定以后 5 ~ 10 年的技术攻关目标。

近中期(2020 年前后):按高、中、低方案考虑,非水能可再生能源开发利用量可达 1.7 亿 ~

3.2 亿 tce, 占一次能源总需求(假设 40 亿 tce)的 4.9%~9.3% 左右; 含水能可再生能源利用量可达 5.4 亿~7.6 亿 tce, 比例约为 13%~19%。此阶段化石能源仍是主导能源, 但随着可再生能源技术不断成熟, 逐步具备更大规模推广条件, 可再生能源的贡献比例不断加大, 将成为能源总需求中增量部分的主力军, 在该阶段的战略定位是替代能源。

长期(2030 年前后): 非水能可再生能源利用量可达 3.2 亿~6.4 亿 tce, 占一次能源总需求(假设 45 亿 tce)的 7.2%~14%; 含水能可再生能源利用量可达 7.9 亿~11.6 亿 tce, 比例约为 17%~

26%。届时可再生能源将具有较强的竞争优势, 在新增能源供应中占主导地位, 在整体能源系统中占重要地位, 成为主流能源之一。

远期(2050 年左右): 非水能可再生能源开发利用量可达 7.2 亿~14 亿 tce, 占一次能源总需求(假设 50 亿 tce)的 14%~28%; 含水能可以提供约 12 亿~20 亿 tce, 比例约为 24%~40%。受资源、环境和温室气体排放的制约, 化石能源的消费和 CO₂ 排放已达到峰值, 可再生能源成为主导能源之一, 能源结构的根本性改变将基本实现。我国可再生能源开发利用前景见图 1。

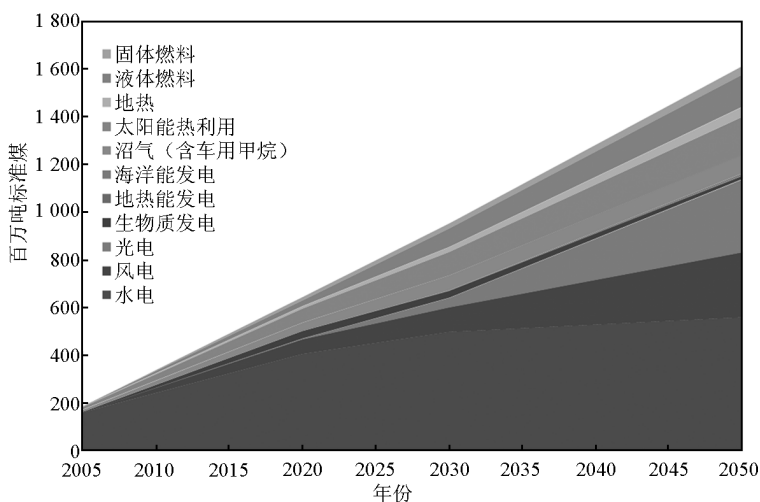


图 1 我国可再生能源开发利用前景(中间方案)

Fig. 1 Prospect of development and utilization of renewable energy in China (moderate scenario)

特别指出的是, 可再生能源将在今后新增能源供应中占更大的比例。到 2050 年, 含水能可再生能源在新增一次能源供应中比例将达到 40%~72%, 非水电可再生能源的比例将达 28%~56%, 从而对我国资源、能源、环境、生态约束下的可持续发展起到战略支撑作用, 对农村、边远地区的社会经济发展起到有力的保障作用。

4 确立科学合理的可再生能源发展方向

可再生能源的资源种类多, 不同技术的商业化水平差异较大, 开发条件也各不相同, 可采取不同的技术和利用途径。可再生能源开发利用的原则是: a. 符合我国能源发展的战略需求, 能大规模地替代化石能源、减少碳排放、降低能源对外依存度; b. 资源丰富, 有可靠的资源保障能力; c. 技术成熟或有成熟发展的前景, 可实现商业化; d. 技术经济合理、

环境生态友好, 符合可持续发展要求; e. 符合全能源领域的科学、和谐发展。

按照以上的发展原则, 可再生能源的发展方向可以概括为以下几方面。

4.1 重点发展的可再生能源发电技术

近中期主要大规模发展水电、风电, 适度发展生物质发电和太阳能光伏发电; 中远期在发展水电、风电基础上, 积极发展太阳能光伏发电、因地制宜发展太阳能热发电、深层地热发电, 结合开发海洋和保卫海疆战略发展海洋能发电。此阶段生物质利用将逐步向生物燃料转化, 以达到部分替代石油等优质能源的目的。近中期的重要任务是搞好大规模发展可再生能源的技术攻关, 使之尽快具有竞争力, 为大规模、快速、健康发展, 实现大规模利用打好坚实基础。

目前, 水电是仅次于火电的第二大电源, 2010 年年底装机达 2.1 亿 kW, 占全国总装机容量的

22% (其中,抽水蓄能机组占2%)。我国水能资源丰富,但开发程度不高,且坝工筑造技术和水电装备制造技术已处于世界一流水平。水电开发在资源、技术、产业等各方面都不存在限制性因素,大规模发展水电要更重视对生态环境保护、移民安置和致富问题,要在保护生态、环境基础上大力、有序发展水电。同时,为了做好电源结构调整,必须加大抽水蓄能等调峰机组的建设力度,使调峰机组比例能逐步达到合理比例,建议按不少于总装机容量5%进行规划。

风力发电成为继水电之后最成熟的可再生能源发电技术。我国风电装机容量连年翻倍增长,到2010年年底,并网风电装机达3107万kW。我国陆地风电上网电价为0.51~0.61元/kW·h,与常规发电成本较为接近。随着风电设备单位投资下降、风电场选址水平提高、风电机组利用率及效率的提高,预计2020年前风电发电成本接近0.4元/kW·h,可完全具有和清洁火电竞争的优势。风电在技术、产业、成本上有明确的发展预期,对环境等不产生负面影响,因而风电是优先发展的可再生能源。但是,我国风能资源集中在三北地区(陕西北、山西北和内蒙北),当地用电负荷水平较低、电力系统结构薄弱;加之远距离输电能力不足、跨省跨大区消纳的市场不成熟,必须高度重视和系统解决风电的并网、输送和更大范围消纳问题。2010年以来,我国能源主管部门、可再生能源业界和电网企业经过深入研究,对通过采取各种措施,到2020年开发和消纳1.6亿~2亿kW风电的目标和可能性基本达成了共识。在长期,我国需要进一步推进技术和制度创新,促进电力系统与风电协调发展。

太阳能发电主要包括光伏发电和太阳能热发电两类。光伏发电目前是一种较为成熟、可靠的技术,其市场应用已经从独立发电系统向大规模并网方向发展,包括大型地面光伏电站和与建筑结合的分布式光伏发电系统。光伏发电目前最大缺点是经济性较差,当前每千瓦时成本约为煤电的4~6倍、风电的2~3倍左右。2010年,敦煌10MW国家首轮并网光伏发电特许权示范项目正式建成投产,通过招标确定的上网电价为1.09元/kW·h;第二轮280MW国家并网光伏发电特许权示范项目完成招标,中标电价在0.7288~0.9907元/kW·h,代表了业界对2012年项目建成时的成本预期。我国还

启动了建设“金太阳”示范工程,2010年规模达到200MW。在这些项目的推动下,国内并网光伏发电市场开始起步,分布式光伏发电市场逐步扩大。西北地区太阳能和土地资源丰富,大型并网光伏电站的发展潜力可望达到数亿千瓦以上,预计2020年左右实现发电侧平价上网,但未来大规模发展需要统筹考虑当地消纳能力和电网送出能力。分布式光伏发电属于“电网友好型”可再生能源电力,可以很方便地安装在负荷中心的建筑屋顶和墙面上,就地发电和使用,可减少输配电损失,而太阳能发电功率曲线与用电负荷曲线重合性好,使得光伏电力是最好的“错峰”黄金电力。预计2015年前分布式光伏发电即可达到用户侧“平价上网”,其市场应用将会迅速扩大。我国与建筑结合的分布式光伏发电的市场应用潜力估计达到100GW。太阳能热发电技术目前总体上处于研发和示范阶段,随着技术成熟和成本下降,在我国西部广大荒漠和东南沿海滩涂地带有着一定的发展前景,2030年后会成为重要的能源。

生物质发电是一种常规技术,发电成本取决于生物质原料的收集、运储和发电效率。综合考虑资源特性和生物质发电技术经济特点,我国应科学、有序地发展生物质发电。在生物质资源相对集中地区(能源灌木林区、农林业加工厂、大型集中农场等)可优先发展中型生物质直燃/混燃发电和生物质热电联产项目(10MW以上),在生物质资源相对分散区域(如广大农业区)可灵活发展中小型生物质或与煤混合燃烧发电,在大中城市发展有机垃圾直燃发电或填埋产生的沼气发电。

在可预见的期限内,地热能和海洋能发电不会在我国能源结构中占据重要地位,但随着技术产业进步,可望在某些地区和特殊领域发挥独特作用。地热能发电应本着“先易后难、先浅后深、先供暖后发电、先试验后推广”的原则,尽快开展干热岩热能利用技术研究,促进地热发电较快发展。海洋能开发的原则,应当先沿海、后近海,最后开发远海资源;在规模上,应当从小型到中型、从单体到群体,最后达到大型、规模化开发;在开发顺序上,当前应以潮汐能发电为重点,积极发展波浪能、潮流能发电,探索温差能、盐差能发电技术。

4.2 大力发展可再生能源热利用和燃气技术

近期发展重点是普及太阳能热水器和沼气技术,因地制宜发展地源热泵、地热采暖和制冷技术,

中远期积极研究和发展太阳能中、高温利用,如工商业用热和太阳能空调等太阳能与建筑一体化应用技术,以及工业太阳能热利用技术等,为改善城乡人民特别是农村居民生活用能条件做出较大贡献。

太阳能中、低温热利用技术主要是太阳能热水、太阳能采暖制冷、太阳房和太阳灶等技术。太阳能热水器是太阳能利用技术中最为成熟的技术,2010年年底我国太阳能热水器保有量1.35亿 m^2 ,约占全世界的60%左右。太阳能制冷和采暖技术处在研发之中,估计2020年前可以投入商业化利用,太阳房和太阳灶适合在农村和边远地区应用,使用量较小。欧盟率先提出了人均1 m^2 太阳能热水器的概念,我国也提出了大力发展和普及太阳能热水器的方针,从技术发展趋势和装备制造能力来看,特别是考虑了太阳能制冷和采暖技术的应用,我国有实现人均1 m^2 太阳能热水器的条件。因此,太阳能热水器在当前和未来,都是物美价廉、节能环保的太阳能中、低温热利用技术。

生物质热利用包括沼气、生物质气化和致密成型技术。这些利用方式与农村能源的建设和小康发展息息相关。户用沼气在我国农村地区已有较广泛的应用,为居民提供清洁生活燃料。随着社会经济水平的不断提高和畜禽集中养殖,需要探索发展村级沼气利用技术和模式。大中型畜禽养殖场的资源比较集中,可以大规模开发利用,有效促进环境治理。因此,在农村发展户用沼气的同时,应积极发展大、中型畜禽养殖场和村级沼气工程。生物质致密成型燃料技术可明显提高能量密度和燃烧效率,宜于用作农村居民和工业锅炉燃料,今后应尽快提高技术装备水平、发展集约化农林生物质致密成型燃料的生产模式、降低生产成本、开拓应用市场。生物质气化技术可为居民提供清洁方便的生活燃料,可望随着技术进步和气化发电一体化趋势的成熟,提高综合经济效益、在农村能源供应中起到补充和替代传统生物质能的作用。

我国常规地热资源直接利用的能量一直位居世界第一,并逐步开发了地热资源梯级利用技术、地下含水层储能技术等。2008年我国利用地热供暖建筑面积约2400万 m^2 ,地热供生活热水约50万户。地热能热利用的发展方向是因地制宜,优化地热资源的梯级利用。地源热泵技术的推广具有广阔的前景,可有效利用蕴藏在地表浅层的丰富的地热资源,替代传统供热、供冷模式,部分解决建筑的空调、采

暖、热水供应。

4.3 积极努力地发展生物质交通燃料技术

生物质燃料已成为交通替代燃料的最重要发展方向之一,正在酝酿生产技术和产业升级转型。生物质交通燃料有多样的原料资源、技术路线和产品。目前已经实现商业化的生物质燃料主要包括利用玉米、甘蔗、木薯、植物油等传统粮、糖、油原料生产的燃料乙醇和生物柴油,被称为第一代生物燃料(或传统生物燃料)。近年来,国际社会日益重视粮食安全,大力发展以农林业废弃物、非粮能源林植物、富油微藻等为原料的第二代、第三代生物燃料技术,主要是纤维素乙醇(丁醇)、加氢生物柴油(HVO)、生物质费托合成燃料(BTL)、合成醇醚燃料(生物甲醇和二甲醚)以及氢燃料等。另外,通过将未来生物精炼厂联产热、电及生物质化工产品,还有助于替代常规能源和石油化工原料。

国际上近年来对生物液体燃料的能源替代和温室气体排放影响评价研究结果总体上趋于一致,认为绝大部分生物液体燃料产品都具有一定的替代化石燃料和减排温室气体效益,但采用不同原料和生产技术路线的生物液体燃料品的化石能源,其替代化石燃料和减排温室气体效果存在较大差异。与甘蔗乙醇以外的大部分传统生物液体燃料相比,第二代生物液体燃料都具有非常明显的节能减排效益。

从中、长期发展方向看,燃料乙醇技术的重点是纤维素制乙醇等;生物柴油发展主要依赖油料植物种植、生物质气化和费托合成技术生产柴油,或其他生物质液化生产生物柴油技术的发展,以及微藻制油、制氢技术等。我国人多耕地少,未开垦的土地贫瘠,可供利用土地有限,加之总降雨量少,未开垦的土地多分布在干旱少雨地区,需要大规模发展抗逆、高能量农林作物,方可满足未来大规模发展生物液体交通燃料的需求;生物基工业制品本身虽非能源,却能起到部分替代石油的作用,应纳入能源战略和工作的视野。

生物液体燃料在石油替代中发挥重要作用已经成为一种共识,必须加快产业升级转型,从主要利用食用粮、糖、油农产品等作为原料,转向主要利用非粮作物和纤维素生物质等非粮原料,从单一原料和产品转向多种原料、多种产品的综合精炼技术产业体系,从粗放式、破坏性的土地开发和原料植物种植模式转向集约式、保护性的土地开发和原料植物种植模式。近期发展以木薯、甜高粱等为原料的第1.5

代燃料乙醇,积极发展生物基因技术以扩大生物质资源基础;中、远期争取实现纤维素燃料乙醇技术、微藻制油技术的大规模商业化应用,利用农林牧废弃物生产燃料乙醇和生物柴油,为发展“绿色石油”、再造“生物石油大庆”、减少石油对外依存度做出一定的贡献。

5 可再生能源发展的近、中期重点任务

为实现可再生能源的大规模、可持续开发利用,我国必须大力培养自主产业、攻克技术难关、增强创新能力、提高技术水平,努力建立坚实的基础、完整系统的产业链,制定并实施有效的支持政策和措施,争取早日建成具有国际竞争力的产业体系。

近、中期发展可再生能源的重点任务是:a. 系统地做好可再生能源发展的综合性、顶层设计,全面规划可再生能源、常规电源、调峰电源和电网的统一、协调发展;b. 促进大规模风电和电力系统的协调、快速发展;c. 大力降低光伏发电成本,加快扩大国内规模化光伏市场,为太阳能发电的大规模发展打好基础;在城乡全面推广太阳能热利用;d. 下大力气攻关第二代、第三代生物质液体燃料技术;e. 大力发展抗逆、基因作物的培育和推广;f. 充分发挥水电的重大作用,大力发展水电站和大、中、小型抽水蓄能电站的建设,为水电自身发展和支撑风电、太阳能发电的发展做贡献;g. 根据我国可再生能源资源分布和开发特点,注重示范和应用工程的系统性、综合性;h. 制定并实施更积极的财政支持政策和完善相关的国家标准体系。

6 制定完善可再生能源发展的保障措施

我国可再生能源的发展已经取得了进展,有了一定的基础。但是,相对于中长期战略目标,存在的问题也十分明显,主要是:大规模风电和太阳能发电的并网和远距离输送能力不足,资源(包括相关的土地、水资源)详细评估不足、自主知识产权的关键设备和技术研发滞后、研发的基础能力薄弱、专业人

才缺乏、产业链不健全、市场保障(国内市场和国内市场配套发展保障)不强、标准体系等不健全且执行力度不够,政策制度措施不完善等。特别是产业基础薄弱,核心技术研发和创新能力低是我国可再生能源技术发展中普遍存在的问题。

因此,需要大大提高全社会对发展可再生能源战略意义的认识,在“十二五”期间,努力攻破可再生能源发展的各种制约瓶颈。第一,要提出积极、明确的各阶段发展目标,并在“大能源”系统层面做好顶层设计和布局,重点发展水电、风电、太阳能发电、太阳能热利用、生物液体燃料,配套发展智能电网;第二,按照“科学发展,分类指导;重视研发,夯实基础;循序渐进,持之以恒;集中力量,整理部署”的原则,对可再生能源给予长期的政策扶持;第三,要在电力、成品油和燃气部门建立完善的适应分散式、间歇式可再生能源发电的技术、标准体系、管理制度和经济激励政策,特别是要建立大规模可再生能源电力并网、跨区域电力输送和市场消纳保障政策;第四,增大各种投入,做好基础性工作,进一步详查资源家底和细致分布,重点做好资源详查评估、关键技术公共研发平台建设、技术标准和认证体系建设工作,建立国家级可再生能源研究中心和实验室。

总之,大力发展可再生能源已经成为世界各国的共识,是我国调整能源结构、实现可持续发展的必然选择,全社会必须予以高度重视,从国家层面明确可再生能源在我国能源结构调整中的战略定位,对于可再生能源发展给予尽早、长期、积极、稳健的支持,全面、大力、持续、协调地发展壮大可再生能源技术和产业,使之尽早度过发展初期存在的技术和经济成本难关,实现可再生能源发展的战略目标。

参考文献

- [1] 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(可再生能源卷)[M]. 北京:科学出版社,2001.

The mid-long term (2030, 2050) development of renewable energy in China: Strategic target and roadmap

Huang Qili¹, Gao Hu², Zhao Yongqiang²

(1. Northeast China Grid Company, State Grid, Shenyang, 110180, China;

2. Energy Research Institute National Development and Reform Commission, Beijing 100038, China)

[**Abstract**] In the context of the coal-dominated primary energy mix in China and the national strategy of restructuring such energy mix, this paper reviews the technological and industrial progress in renewable energy sector, and analyzes the strategic targets, technological roadmap, key areas and enabling policies for renewable energy development by 2030 and 2050 in a strategic perspective. This paper concludes that renewable energy is expected to evolve from supplementary energy now to alternative energy by 2020, mainstream energy by 2030 and dominative energy by 2050, through the deployment of renewable energy technologies, focusing on power generation, thermal utilization and gasification, and biofuel for transportation

[**Key words**] renewable energy; mid-long term; strategic target; roadmap