

欧盟可再生能源技术的研发及发展趋势

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要:从宏观角度,对欧盟促进可再生能源技术发展的战略及相关政策与措施进行分析解读。欧盟 2020 战略确定的促进能源安全及多元化发展和积极应对气候变化的总目标是:能源体系的可持续、可靠性和竞争力。能源技术必须为实现总目标服务,其研发的主要方向是:能源更清洁、更安全,价格更合理。欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan),旨在制定欧盟中长期战略能源技术的研发创新、成果转化和创新产品及服务的发展战略,包括短期的具体行动计划,也包括建立战略能源技术发展的长效机制。SET-Plan 最重要的行动之一,就是加强成员国之间以及同世界主要能源伙伴国家的国际能源科技合作。

关键词:欧盟;可再生能源;欧盟战略能源技术行动计划;新能源

中图分类号:F154.5 **文献标识码:**A **DOI:**10.3772/j.issn.1009-8623.2012.07.006

一、欧盟促进可再生能源技术发展的主要政策措施

欧盟 2020 战略确定的促进能源安全及多元化发展和积极应对气候变化的总目标是:能源体系的可持续、可靠性和竞争力。能源技术必须为实现总目标服务,而其技术研发的主要方向是:能源更清洁、更安全,价格更合理。加强能源技术及可再生能源技术的研发创新,一方面是实现欧盟能源总目标的必然选择;另一方面也是落实欧盟科研与创新政策框架,保持欧盟能源技术研发创新的活力和世界竞争力。欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan)^[1],汇集所有不同的战略新能源技术,包括可再生能源技术,有效地整合全社会公、私资源,优化配置,促进战略能源技术的相互协调和协同发展。SET-Plan 最重要的行动之一,就是加强成员国之间以及同世界主要能源伙伴国家的国际能源科技合作。

(一) 欧盟应对气候变化和能源安全的主要政策

自多个世纪以来,能源始终是欧盟经济社会发展和大众日常生活必不可少的一个重要组成部分,但

当今世界物美价廉的能源时代已经一去不复返。能源消耗需求的持续上升及所造成的生态环境沉重代价,欧盟不得不在应对气候变化的同时,持续增加着能源对外进口的依赖程度和承受着愈来愈高的能源价格,其欧盟一次性能源的消费需求趋势和能源对外进口的发展趋势见表 1。

1. 制定能源战略的三大关键目标

(1) 供应安全。加强国际能源合作,更好地统一欧盟成员国的能源政策,保证能源供求平衡。

(2) 竞争能力。保持欧盟能源经济和技术的世界竞争力,争取合理的世界能源价格。

(3) 可持续性。促进可再生能源及其技术的发展和能源的有效利用,积极应对气候变化。

2. 2020 年能源战略指标

欧盟 2020 能源战略已将上述目标转化成具有约束力的硬性指标^[2],相比 1990 年,到 2020 年要分别实现:

(1) 温室气体排放降低 20% (或 30%,在达成国际减排协议的前提下);

(2) 提高可再生能源在欧盟能源消费结构中的

作者简介:张志勤(1956—),男,副司长,主要研究方向为科技管理和自动控制。

收稿日期:2012年5月10日

表1 欧盟能源一次性消费需求及对外进口的依赖程度

能 源	一次性消费需求/百万吨等值石油					对外进口依赖程度/%				
	1990年	2005年	2010年	2020年	2030年	1990年	2005年	2010年	2020年	2030年
核能	188	272	260	219	188					
固体燃料	453	306	305	340	336	18	40	48	57	63
液体燃料	656	673	674	703	734	80	83	86	93	95
气体燃料	269	425	454	484	492	46	58	64	77	84
可再生能源	78	137	153	212	250					
合 计	1 644	1 812	1 844	1 962	2 000	44	52	56	63	67

资料来源: 欧委会报告, 2030年能源需求发展趋势。

比例, 达到 20%;

(3) 提高可再生能源在交通行业能源消耗中的比例, 达到 10%;

(4) 提高能效, 减少欧盟能源消耗, 达到 20%。

完成上述指标, 要求欧盟必须在可再生能源技术的研发创新方面取得重大的突破性进展。欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan) 是欧盟应对气候变化和能源安全政策在新能源技术领域的有力支撑。欧盟 2050 能源战略路线图制定了欧盟 2020—2050 年能源技术的中长期科技发展规划, 并确定了新能源技术研发的优先领域, 可再生能源技术的研发创新是重中之重。上述政策奠定了欧盟新能源技术发展的基础, 将进一步强化和整合欧盟新能源技术领域的研发活动, 加速新能源技术的研发创新。

(二) 欧盟科研与创新政策框架

研究、发展和创新是欧盟向以知识为基础的经济转型的核心, 是欧盟经济增长、扩大就业和社会融合的关键。欧盟在加强欧盟科研、技术开发和创新卓越的同时, 通过积极开展国际科技合作, 促进科研成果和新兴技术的广泛传播, 增强科技人员和知识的跨国界流动, 提高科研人员的科研和技术能力。

1. 欧盟研究区域 (ERA) 建设^[5]

根据欧盟指令, 欧盟研究区域建设于 2000 年正式启动, 旨在解决欧盟及成员国创新体系长期存在的主要缺陷: 研发创新市场分割、研发创新活动重复、研发创新资源分散和研发创新人员及技术成果的流动转移不畅。在欧盟范围内, 要实现以下目标:

(1) 建设一个科技人员、技术成果和创新知识自由流动的统一的科研“内部市场”。

(2) 督促成员国、区域和地方科研与创新政策及行动计划的相互协调和协同配合。

(3) 统筹和优化科技资源配置, 建立长期稳定的科技资源投入和行动计划执行机制。

2011 年 2 月 14 日, 欧盟理事会通过决议, 决定于 2014 年完成欧盟研究区域建设, 要求欧盟委员会与成员国、区域和地方密切合作, 加强协调, 加速欧盟研究区域建设。

2. ERA 与欧盟战略技术行动计划 (SET-Plan) 建立共同战略

欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan) 与 ERA 建设在新能源技术和可再生能源技术研发领域紧密配合、相辅相成, 积极推动新能源技术研发领域的 ERA 建设, 并联合制定共同的行动计划战略^[4]。SET-Plan 围绕欧盟战略能源技术, 在 ERA 的基础上, 积极推动成员国、工业界、科技界和金融界共同制定新能源技术和可再生能源技术的研发政策; 联合确定技术的未来发展方向、优先领域和具体的行动计划; 积极清除新能源技术和可再生能源技术研发创新市场的分割; 强化成员国、区域和地方之间的协同融合; 对外积极开展国际科技合作。

SET-Plan 建立起系列的可再生能源研发创新机制, 从而保证行动计划和研发创新的有效落实。

3. 欧盟第七研发框架计划 (FP7)^[5]

欧盟第七研发框架计划 (FP7) 对科技人员参与技术研发项目提供部分资助, 积极支持公私合作项目, 促进产学研紧密结合。FP7 针对可再生能源技术的研发单列财政预算, 逐年增加技术研发投入, 重点支持技术研发成果产业化项目, 促进成员国同成员国, 以及成员国同世界其他国家共同研发项目, 加速欧盟统一开放的研究区域建设。

FP7 资助支持的欧盟技术平台 (ETPs)^[6], 为企业主导的产学研密切结合、强强联合共同研发项目

提供了稳定的长效合作机制,形成了共同的研发创新文化和创新联盟。欧盟联合技术行动计划(JTI)^[7]的主要目标是围绕欧盟的重点研发领域(类似重大专项),在欧盟范围内统筹和优化资源配置,优势互补,最大化吸引全社会投资,强化公私伙伴关系共同研发创新,如JTI的燃料电池及氢能重大专项。

4. 国际科技合作政策及行动计划

国际科技合作政策及行动计划是欧盟科研与创新政策框架的重要组成部分,尤其在应对气候变化和保障能源安全的可再生能源技术研发领域,更是欧盟积极开展国际科技合作的重点领域。

(三) 欧盟战略能源技术行动计划(SET-Plan)

对欧盟而言,先进能源技术和可再生能源技术的研发创新是应对气候变化和保证能源安全的关键,新技术成果的广泛应用是实现欧盟气候和能源战略的基础。

1. SET-Plan 建立和完善了系列研发创新机制

SET-Plan 为完成战略能源技术的革命性突破,建立和完善了系列研发创新机制。例如,围绕可再生能源技术,成立了由欧盟委员会领导、各成员国代表参与的最高科学决策委员会,决策委员会决定各项发展战略,协调欧盟委员会、各成员国、区域和其他国家相互之间的关系,督促和指导各项行动计划的执行和落实;设立了专门的 SET-Plan 信息服务系统(SETIS)^[8],每年对成员国的能源状况、能源技术发展现状、能源技术研发人力和资金投入、以及世界能源和能源技术的发展趋势等,进行统计和分析研究,为决策委员会提供决策依据和技术支撑。

2. SET-Plan 在战略能源技术行业成立了工业行动分委会

SET-Plan 在战略能源技术行业分别成立了风能、太阳能、生物质能、智能电网、碳捕获及储存(CCS)、智能城市和可持续核能等各项技术的欧盟工业行动分委会。各分委会制定各自技术领域的发展目标、确定技术发展路线和实施行动计划方案。

3. EERA 积极执行和落实 SET-Plan 资助的研究项目

欧盟新能源技术研究中心一直在积极推动欧盟新能源技术科研领域的研发创新联盟(EERA)建设,该联盟将整合各成员国新能源技术科研机构的研发资源,积极执行和落实 SET-Plan 资助的联合研究项目。经济去碳化和新能源技术的研发创新,任重

而道远。SET-Plan 预计,为完成欧盟 2020 能源战略目标,未来 10 年需要欧盟及成员国和全社会公私投入新能源技术领域的资金达 500 亿欧元。

(四) 欧盟战略能源技术领域国际科技合作政策

应对全球化的气候变化和能源安全双重挑战,积极开展能源技术领域的国际科技合作,是实现欧盟能源战略目标不可或缺的重要组成部分。欧盟希望通过国际科技合作,促进新能源技术的科技进步、保持经济社会的可持续发展、提升欧盟新能源技术的竞争力和推动欧盟新能源技术在世界更大范围内的推广应用。

1. 国际科技合作政策的三大目标

(1) 通过建立新能源技术战略伙伴关系,强化欧盟新能源技术的世界竞争力;

(2) 在互惠互利的原则基础上,积极参与解决全球面临的或第三国面对的能源技术难题;

(3) 通过能源技术国际科技合作,推行欧盟各项能源政策的国际化和强化欧盟的对外关系。

为此,欧盟对世界各主要能源国家,包括工业化国家、新兴经济体国家、发展中国家及区域,制定了区别对待的国际科技合作联络图(国家目录)。

2. 国际科技合作的利益

欧盟能源技术国际科技合作总的原则是共同参与、互利共赢。

(1) 提高不同伙伴之间在新技术研发和低碳经济领域的协同;

(2) 有利于清洁技术的发展,解决与能源相关的技术共性问题;

(3) 集中资金资源,分担研发风险,开展高风险共同研究,建立和扩大共同技术标准;

(4) 支持能源技术的相互交叉和整体组合,降低关键技术研发成本;

(5) 促进能源技术研发的协调配合,加强能源技术研发网络体系建设;

(6) 支持新能源技术向新兴经济国家和发展中国家的技术转移和推广应用。

3. 国际科技合作的方式

欧盟能源技术国际科技合作在不同水平层次上,以不同的方式开展对外合作。

(1) 双边合作框架

欧盟已同世界主要的合作伙伴签署了科技合作

协定,并确定了双方的优先合作领域和合作方式。双边合作指导委员会定期会晤,对双方的合作进行督促和指导。作为补充,欧盟还同部分国家签署了专门的能源技术合作协议或联合声明,加强双方在能源技术领域的科技合作。作为欧盟主要的研发框架计划,即欧盟第七研发框架计划(FP7)积极支持第三国家和联系国家参与欧盟能源技术的研发项目,此外,FP7还设有部分专门特定的第三国能源技术合作研发项目。

(2) 区域合作框架

在积极开展双边合作的基础上,欧盟还在区域合作框架下,同部分国家开展能源技术科技合作。欧盟的区域合作框架分别由3部分组成:拉丁美洲及加勒比国家、地中海伙伴关系国家(MPC)和黑海区域国家(BSEC)。

(3) 多边合作框架

欧盟与国际能源署(IEA)签有合作协定,在该框架下欧盟开展了大量的同第三国能源技术的研发合作。此外,欧委会参与了多项能源技术多边科技合作,例如,国际氢能合作伙伴(IPHE)、世界碳收集领导人论坛(CSLF)等。

二、欧盟风能技术的研发及发展趋势

(一) 欧盟风力发电技术的研发现状

几个世纪以来,人类已利用风力提水灌溉和碾磨面粉,进入20世纪,风力发电技术得以迅速发展,风力涡轮机的尺寸和输出功率得到快速提升。

1. 风力发电是欧盟快速增长的可再生能源之一^[9]

进入21世纪,欧盟新增电力装机容量的1/3来自风力发电,2007年,风力发电量已占到欧盟总发电量的3.7%。

近几年来,随着风力发电行业持续快速地增长,欧盟制定的风力发电目标是:到2020年,风力发电量占欧盟电力消费结构的20%以上。完成这项目标,欧盟必须对海上风力发电技术开展系列的研发创新,尤其是降低风力涡轮机的成本、改善系统的可靠性和接入高压输电网技术。

2. 欧盟委员会高度重视风力发电技术的研发创新

多年来,欧盟委员会对风力发电技术的研发创新,一直给予高度的重视,已取得多项重要的研发创新成果。2002年以来,欧盟委员会已资助70余项风

力发电技术科研项目,资助总额超过1.8亿欧元,资助的项目包括:风力涡轮机、风力发电场系统及设备元器件、风力发电场与高压输电网的衔接、风力资源的评估预测以及陆地和海上风力发电场的规模化示范工程等。自2007年以来,FP7资助的研发创新项目主要集中在:改进风力涡轮机的可靠性、海上风能资源预测和海上风力发电平台与输电网的连接。

欧盟通过风能技术平台(TPWind)建设^[10],支持和鼓励风能技术领域各相关机构的紧密配合和优势互补,强化成员国和行业产学研之间的密切关系。2006年,欧盟正式推出风能技术发展共同纲领^[11],并在此基础上制定出风能技术的战略研发议程(SRA)、风能技术市场推广战略(MDS)和2030年风能技术研发规划。

3. SET-Plan 出台 EWI 计划,推动风能技术的研发创新和市场化

SET-Plan,从加强风能技术行业各利益相关方的紧密联系出发,出台了欧盟风能行动计划(EWI),强化欧盟委员会、成员国、地方、工业界、科技界优势资源互补,平衡研发利益关系,共同推动风能技术的研发创新和市场化,积极调动社会各界参与研发投资和技术的推广应用。

EWI计划的主要目标是:实现欧盟2020战略风力发电目标,加快风电技术的成本降低,加强海上风力发电的研发创新,加大风电与输电网衔接的研发投资,新增就业岗位25万个。

(二) 欧盟风力发电技术的市场需求

欧盟的陆地风电技术已接近成熟(near-mature),目前的研发主要集中在更大功率的风力涡轮机。预计到2030年,陆地和海上风力涡轮机的平均单机装机容量分别达到2000千瓦和10000千瓦,将出现装机容量超百万千瓦数量级的海上风力发电场。

迄今为止,海上风力发电仅仅占欧盟风力发电的很小一部分,预计未来数十年,欧盟海上风力发电将持续快速地增长。目前,海上风力发电技术还有许多亟待解决的关键问题,最大的挑战来自海上风力涡轮机的设计、负荷控制、与输电网连接和更有效的能源储存能力。

进入21世纪,欧盟风力发电行业快速扩张。根据欧盟风能协会(EWEA)提供的数据,2007年,欧盟风电装机容量达560百万千瓦,占欧盟电力装机

总量的 7.3%，其中海上风电装机容量为 10.8 百万千瓦；新增装机容量的 40% 来自风力发电，风力发电量达 119 太瓦·时，占欧盟电力消费结构的 3.7%，平均可以为欧盟的 3 000 万家庭提供用电，其中海上风力发电量为 4 太瓦·时。

欧盟委员会的一份研究报告指出，欧盟的风电技术在全球竞赛中处于前列方阵，是世界风力发电市场的领跑者。然而，近几年世界主要能源国家如美国、中国、印度和韩国等，加快了发展风电的步伐，大有后来居上之势。

（三）欧盟风力发电技术的研发趋势

欧盟风电技术行业已经制定了未来数十年的宏伟发展目标：到 2020 年，风力发电满足欧盟电力需求的 20%；到 2030 年，满足 30%。但前提条件是，必须把风力发电的成本至少降低 20%（包括制造、运输、安装、运营和维修成本）。

欧盟风能协会（EWEA）预计，未来 10 年欧盟风电技术的研发需要投资 60 亿欧元。SET-Plan 制定了欧盟 2020 风力发电技术研发的路线图，具体描述了风电技术研发创新的主要阶段和时间进度表。

提高风力发电量和推广风电技术，必须解决高压电网的适应能力和电能的储存技术。由于风力资源的不确定性和不稳定性，电能储存技术的研发显得尤其重要；此外，风电技术的推广应用需要因地制宜，不同的规模或不同的气候条件等需要配套相应的风力发电技术。

三、欧盟光伏能技术的研发及发展趋势

（一）欧盟光伏能发电技术的研究现状

当半导体材料吸收太阳光，光照使半导体材料的不同部位之间产生电位差，这种由光子（photons）转化成电势（voltage）的过程称作光伏效应。光伏能技术就是利用半导体材料制成的太阳能电池板的光伏效应，直接将太阳光转化成电能的技术。

1. 光伏能的应用领域

20 世纪 50 年代，太阳能电池最早被开发应用于空间领域，随后逐步发展到消费领域，如计算器、手表等，以及安装在屋顶或集成安装形成相对规模的光伏能发电站。如今，光伏元器件绝大部分用于集中发电并接入输电网，少部分用于发展中国家和农村偏远地区的家庭生活用电。鉴于太阳能的巨大潜

力，光伏能将成为未来清洁电力的主要能源之一。

2. 欧盟委员会对光伏技术研发创新的支持

光伏能技术的发展受到两大前提条件的制约：一是降低光伏能系统发电的成本，二是提高太阳能电池的光电转化效率。为此，欧盟委员会一直将光伏能技术的研发创新作为优先领域给予重点资助支持，强化光伏技术行业相关方的紧密合作和共同研究^[12]。

欧盟委员会主要利用欧盟研发框架计划，资助支持光伏技术的研发已经超过 30 年。2001 年以前，欧盟资助支持的光伏技术研发项目主要有：光伏电池和光伏模块、光伏系统、光伏技术建筑设计及光伏技术研发能力建设；2002 年以来，欧盟资助光伏技术研发的资金超过 1.1 亿欧元，支持了晶硅光伏电池、薄膜光伏电池及模块、有机和染料敏化太阳能电池、聚光型光伏电池（Cpy）以及光伏电池的新型设计和先进光伏系统设计等 30 余个研发项目。

欧盟第七研发框架计划（FP7）将继续将光伏技术作为优先领域给予重点资助，并加大对该技术研发创新的资金投入力度。

欧盟制订了光伏技术的研发和发展纲要，并推出了欧盟光伏技术科研议程（SRA）和具体的研发行动计划，确定了直到 2030 年的技术发展路线。

3. 欧盟在光伏技术领域的国际科技合作

欧盟积极开展光伏技术领域的国际科技合作，充分利用欧盟光伏技术平台（EPVTP），强化成员国、区域、工业界、科技界之间以及第三国之间的密切合作关系。同时，广泛吸引全球优秀的科技人员参与欧盟的光伏技术研发项目，从而保证欧盟的光伏技术始终处于世界领先水平。

（二）欧盟光伏发电技术的市场需求

2002 年以来，随着世界对清洁能源持续增长的需求，太阳能电池板和光伏系统的产量每年以 50% 的速度快速递增。

2007 年，世界光伏风电技术领先的国家为：德国、日本和美国，三国光伏发电装机容量占世界总装机容量的 89%。根据欧洲光伏工业协会（EPIA）^[13]的一份统计研究报告显示，2007 年，德国新增光伏发电装机容量达 27.8 万千瓦，总装机容量继续保持世界领先；美国新增装机容量为 20.5 万千瓦，增速世界领先；新兴经济体（如中国和印度）的增速也快速提高；西班牙光伏发电装机容量在欧盟成员

国中处于第 2 的位置, 占欧盟光伏发电总装机容量的 11%。

快速增长的市场需求进一步刺激光伏技术的研发创新。目前, 欧盟从事光伏技术研发创新的全职科技人员达 5 000 人。

(三) 欧盟光伏能发电技术的研发趋势

根据欧盟 2020 能源战略的目标要求, 光伏发电必须满足欧盟 2020 年 12% 的电力需求。因欧盟成员国电力价格差别的原因, 目前, 欧盟高压输电网被分割成大小不等的数块, 估计各高压输电网达到欧盟光伏发电规定的要求困难相对较大, 进度不一。初步预计, 意大利和西班牙高压输电网将分别在 2012 年达到欧盟的规定, 德国将在 2015 年达到要求。

国际绿色和平组织 (Greenpeace) 和欧洲光伏能工业协会 (EPIA) 联合出版的研究报告^[14]显示, 2030 年, 世界光伏发电装机容量将达到 1 864 百万千瓦, 届时, 每年的光伏发电量将达到 2 600 太瓦·时, 约占世界电力需求的 14%。

未来 10 年, 欧盟光伏技术领域研发重点为:

1. 降低晶硅光伏模块的成本和材料密度, 提高光电转化效率;
2. 提高薄膜光伏模块的寿命和光电转化效率;
3. 研发第三代光伏装置 (光伏电池的超高转化效率和超低价格成本);
4. 提高研发资金的使用效益, 保障公私资金对光伏技术研发的持续投入。

第三代光伏装置的研究已经显示出突破性的成果, 显著地改善了光伏转化的效率。第一块高效光伏电池板 (high-efficiency cell) 把光电转化效率提高到 40%, 而目前市场上销售的光伏电池板的转化效率一般在 15%~20%。该项研究的下一步目标是更大尺度地研发和降低成本, 加快推向市场的步伐。

欧盟光伏技术的研发创新和成果的推广应用, 同样需要高压输电网的技术支撑和配合。应加快对传统的输电网进行必要的适应性改造, 加强智能电网技术的研究, 积极部署智能电网的建设和提高电能储存技术。欧盟光伏技术行业要提升全社会的认可程度, 加强光伏技术研发创新成果和经济社会环境效益的展示, 从而促进和吸引公私资金对光伏技术研发的持续投入, 保证光伏技术的健康发展。

四、欧盟生物质燃料技术的研发及发展趋势

(一) 欧盟生物质燃料技术的研发现状

生物质燃料是利用生物质资源 (如农业和林业的有机物质或残留物、城市有机垃圾、能源农作物等) 转换而成的一种能源 (如热量、电能或交通燃料)。传统的燃烧固体生物质的可利用性, 逐渐被更清洁、更合适的形式取代, 以提高生物质的热转换效率和燃烧值。

1. 生物质燃料的应用

生物质燃料可用于发电, 其发电过程一般分为两个步骤: 先将生物质燃料转化成热能, 有时也被用来与煤混合燃烧产生热能; 再通过传统的发电技术将热能转换成电能或热电联产。欧盟利用生物质材料转换成交通燃料, 以替代对外依赖严重的碳氢化合物 (石油和天然气) 和降低二氧化碳 (CO₂) 的排放。实际上, 交通用生物质燃料具有碳氢化合物类似或相同的特性, 很容易被使用和储存。主要原料来自谷物、甜菜或菜籽油的第一代交通生物质燃料, 已经在市场上得到广泛使用, 特别是在拉美和欧洲市场上。

目前, 欧盟生物质燃料的研发活动主要是有效地利用林木、城市垃圾和水生生物质 (藻类) 生产生物质燃料。而近期和未来几年的研发活动将集中在第二代生物质燃料, 其原料是来源于对环境不造成影响的非食品类植物或能源农作物。欧盟 2020 能源战略确定的目标是, 到 2020 年, 生物质燃油占欧盟交通总用油的 10%^[15]。

生产生物质燃料的另一种方式是利用现代石油化工技术提炼生物质材料和生物质化工材料 (Biomaterials and Biochemicals), 通过生物化工厂将生物原材料转化成生物质燃料, 该项新技术还有待进一步的研究和开发。

2. 生物质燃料是 FP7 计划的优先领域

生物质燃料是 FP7 能源研发主题的优先领域, 也是生物技术研发主题中的主要研究领域。主要有可再生能源农作物的可持续生产研究、可持续非食品生物技术和生物化学技术及工艺的研究等。

3. 生物质能源技术研发平台

欧盟对生物质燃料技术的对外研发科技合作持积极态度, 并通过研发框架计划和生物质燃料技术

平台对国际研发合作项目给予资助。考虑到生物质能源行业涉及面广及其复杂性,在欧盟委员会的鼓励和支持下,分别成立了4个生物质能源技术研发平台:生物质燃料技术平台、可持续生物化工技术平台、未来植物技术平台和林业生物技术平台。每个平台均由欧盟委员会、成员国、区域、工业界、科技界、大学和民间机构的代表组成。技术平台制定各自技术领域共同的技术研发目标、政策措施、研发进度和具体的行动计划。目前,在欧盟委员会的积极推动下,各技术平台的内部协调机制和平台之间的协同机制已完成,对促进生物质能源技术的研发创新活动具有基础性的积极作用。

4. 制定生物质能源行业行动计划

欧盟战略能源技术行动计划(SET-Plan)为促进生物质能源技术行业的研发创新活动,专门制定了欧盟生物质能源产业行动计划(EIBI)。该计划由工业企业主导,加速生物质能源技术在欧盟范围内的推广应用。该计划主要研发领域集中在:可持续发展、具有竞争力的价格、世界领先水平的生物质能源技术(第二代生物质燃料)和具有高能量密度的生物质材料和生物质化工材料。

能源安全及多元化是世界各主要国家共同面临的严峻挑战,需要全球共同努力、加强合作。欧盟及成员国努力协调生物质能源技术相关方的内部密切关系,积极开展同世界能源技术伙伴国的国际科技合作,平等互利、优势互补,强化在生物质能源技术领域共同的研究创新和联合研究。

(二) 欧盟生物质燃料技术的的市场需求

近几年来,生物质能源在世界能源的年消费中持续增长,已占到世界一次性能源消费的10%以上,其中发展中国家消耗约2/3,主要用于非工业领域传统的取暖和饮食。目前,世界用于向工业和建筑提供电力和采暖的年生物质燃料需求量约8艾焦/年(相当于1.9亿吨等值石油),用于交通领域的生物质燃油约1.7艾焦/年(相当于4000万吨等值石油)。2007年是欧盟生物质燃油指令^[16]生效后的第4年,根据欧盟可再生能源观察机构(EurObserv'ER)的调查统计数据,2007年,欧盟生物质燃油的消费量为770万吨等值石油,占交通总能源消费量的2.6%^[17]。

要完成欧盟2020能源战略确定的生物质燃油

到2020年占交通能源消耗量10%的目标,对欧盟生物质燃料行业而言,是一项不小的挑战,或要加速技术研发创新提高产量,或要增加对外进口量。2008年,欧盟生物质农作物的种植面积达2500万公顷,约占世界总农业用地面积的0.5%。

2007年,欧盟27个成员国生物质能源的总消费量约9570万吨等值石油,其中,4800万吨用于发电,4000万吨用于供热,只有770万吨用于交通生物质燃油。

(三) 欧盟生物质燃料技术的研发趋势

欧盟2020能源战略生物质燃料目标是:到2020年,欧盟生物质燃料需要达到1.2亿吨等值石油。欧洲生物质燃料协会(AEBIOM)提供的数据信息表明,欧盟27个成员国的生物质资源每年可提供尚未得到充分利用的资源量为3.5艾焦/年。其中,尚未得到开发利用的森林和农业生物质残留物为1.5艾焦/年,新型生物质资源可提供2艾焦/年。新型生物质资源包括:新型生物质林木、生物质草本植物、水生植物、油料农作物和其他新型能源农作物。新型生物质资源,60%用于发电和供暖,40%用于生物质燃油,如此,可基本达到欧盟2020能源战略的目标。

SET-Plan生物质燃料工业行动计划(BioII),积极促进生物质燃料技术在工业上的推广应用。行动计划要求,到2020年,工业生产的生物质燃料总量占到欧盟能源消费结构的14%,从而促使生物质燃料占到欧盟可再生能源总量的60%。

目前,欧盟可利用生物质资源的多样性及分布的相对分散性,导致欧盟生物质燃料技术与成员国或区域的原材料不相适应;生物质燃料相对化石能源的低能量密度,导致工业生产活动需要更大的生物质燃料输入量,从而对现代经济社会接受生物质燃料形成挑战。因此,目前和未来数年,欧盟生物质燃料技术的研发创新活动主要围绕下述工作进行:

1. 提高生物质燃料的能量密度,这将成为研发创新重点目标,必须引起高度重视。
2. 加快利用高效能源农作物和水生生物质植物的研发创新,积极部署第二代生物质燃料技术的市场化推广应用;积极推进城市固体垃圾和其他各种工业垃圾处理技术的研发及应用,重点是将其转化成生物质燃料。

3. 加快转化技术的研发创新,包括垃圾焚化、厌氧菌处理、消化吸收处理、气化、热解、颗粒化和混合燃烧等技术;加强新型热化学转换和生物化学转换技术的研发及应用,包括规模化厌氧菌、消化吸收和乙醇发酵工厂技术等。

4. 为更好地对生物质燃料生物化工厂进行设计、安装,并运行示范工程,进行大量的研发、实验以及优化组合、标准化和规范化研究等活动;对不同的原材料进行适应性研究,加强生物质燃料的改进研究以及市场化的推广应用等。

五、欧盟可再生能源相关技术的研发及发展趋势

(一) 集中式太阳能发电技术的新进展

集中式太阳能发电技术(Concentrated Solar Power, CSP)是将太阳能聚集在一个点上,通过加热水或液体产生水蒸气带动汽轮机发电的技术,通常是利用抛物形状槽或抛物形状圆盘或塔状功率系统收集太阳能以生产电力。CSP 技术更适合应用于太阳光相对充足、广袤的荒漠戈壁地区,如欧盟地中海沿岸国家。CSP 技术除应用于电力生产外,还可以应用于热电联产、电解氢气和盐脱离工厂等。

目前,FP7资助的CSP技术研发项目^[18]主要有:

1. 建设应用不同CSP技术的大尺度发电示范工程,进行优化比较和经济上的可行性及适应性;

2. 提升CSP技术工厂的运营操作性,降低CSP技术的成本,促进廉价替代材料的研发及储能技术研究;

3. 太阳能CSP混合技术的研发及利用CSP技术生产氢气的研究;

4. 欧盟层面的大型集中式太阳能科技基础设施建设;

5. 2.5万千瓦级CSP技术发电厂的规范化设计和标准化研发。

2010年,欧盟接入输电网的CSP装机容量达400万千瓦,发电量11太瓦·时。欧盟委员会预计,2020年,欧盟CSP装机容量将达到3000万千瓦,发电量85太瓦·时;2030年,CSP装机容量将翻番达6000万千瓦,发电量170太瓦·时。

(二) 智能电网技术的研发动向

迄今为止,欧盟输电网的建设理念仍然停留在

传统的大型发电厂。其生产电力通过输电网向被动用户供电,但可再生能源的持续快速发展,要求欧盟输电网变得更“智能化”,从而避免输电网的不稳定甚至崩溃。智能电网通过采取便利可再生能源(如风能、光伏能发电等)接入输电网的措施,最大化利用可再生能源资源,同时对输电网进行互联改造,可以更好地优化资源配置、节约能源和方便电力消费用户的双向联网(出售自己多余的电能)。因此,对传统输电网进行智能化的再改造过程,需要进行一系列复杂的适应电力供需市场的设计、组织、调整和技术研发工程,需要对新兴交叉技术进行大量的研发创新活动,促进输电网和配电网变得更稳定、更可靠和智能化。此意味着需要对信息通讯技术(ICT)在输电网中的应用加快研发进度。

FP7对智能电网技术研发及应用项目的资助主要集中在以下3大领域:

1. 电力消费用户与输电网的双向连接技术,输电网对间接电力生产的管理技术,对电能储存用户进行补偿和奖励的技术。

2. 提高输电网能效技术,可再生能源接入输电网技术,更大范围输电网联网技术(成员国电网之间电价有差别),输电网优先可再生能源跨境交换技术等。

3. ICT输电网应用技术,新型电能储存技术,清洁煤炭技术和碳捕获及储存技术,城市、建筑、交通智能技术,电动汽车充电设施和燃料电池技术等。

(三) 加速电能储存技术的科技研发

以风能和太阳光伏能为动力的可再生能源的主要作用是生产电力向输电网供电,因其动力(是否有风或阳光,由老天决定)来源的不确定,尤其是规模化可再生能源发电场与输电网相连接,对电力供求关系必须给予平衡的输电网将会造成极大的不稳定。伴随着可再生能源在欧盟电力生产结构中的所占比例逐年持续提高(计划2020年达到30%左右),自动调节电力供应的智能电网技术应运而生,其中电能储存技术是其重要的组成部分。

目前,欧盟在电能储存技术研发方面处于世界领先水平,但仍然不能满足因可再生能源快速发展对电能储存技术形成的强大市场需求。为此,SET-Plan逐年加大对电能储存技术研发的支持力度,基于电能储存的机械、物理特性和电化学原理,推进电

能储存技术的发展。

欧盟在电能储存方面的主要研究领域包括：水利抽水电站——落差势能储能技术；压缩空气——汽轮机储能技术；电解池——电化学储能技术；氢气—电解——内燃机储能技术；燃料电池——锂离子（Li-ion）、硫化钠（NaS）、镍镉（NiCd）、镍氢（NiMH）、铅酸（Pb-acid）储能技术；调速轮储能系统（Flywheel Storage Systems）储能技术；超大型电容储能技术；超导磁能源储存技术（SMES）。

（四）欧盟 2050 能源战略路线图，能源行业是关键

欧盟委员会推出的欧盟 2050 能源战略路线图^[19]确定的总目标是：到 2050 年，在保证经济社会可持续发展和满足大众生活质量对能源需求的同时，在 1990 年基础上，降低温室气体排放 80%~95%。能源行业作为能源供应和节能减排的“源头”，成为实现欧盟 2050 能源战略路线图的关键。为此，路线图对欧盟能源行业制定的能源三大目标是：供应可靠性、技术竞争力和行业去碳化，其主要的行动计划包括：

1. 制定政策措施。完善能源行业的公平竞争环境，建立新能源投资的合理回报机制，适当提高传统能源的价格，促进能源政策、标准和研发创新的相互良性循环，支持新能源创新型中小企业的加速发展，促进经济增长和扩大就业等。

2. 发展新兴能源。提高能效和发展可再生能源是能源行业实现目标的两大基础，2050 年之前电力市场的需求将逐年持续增长。研究分析各种能源供应的组合显示，提高能效和可再生能源在能源消费结构中所占的份额，是实现目标的关键，没有第二条路径。

3. 加强研发和创新。增加低碳技术的公共 R&D&I 资金投入，完善研发创新风险分担投融资机制，引导和扩大企业及全社会增加 R&D&I 投资。加强对可再生能源、提高能效、智能电网、能源储存、碳捕获及储存（CCS）、核能安全、第四代核电、热核聚变等低碳技术的研发，强化能源国际科技合作等。

4. 投资基础设施。鼓励公共私人资金投资能源基础设施，加速更新改造能源老基础设施的步伐，支持能源行业的规模化经营，促进跨成员国之

间的能源网络互联，优先接入新能源和新能源的消费，加速欧盟能源统一市场建设。

（五）加快新能源技术研发创新步伐

能源价格的不断上涨和欧盟对进口能源（接近 60%）持续增长的依赖，对欧盟的能源安全构成了严重威胁。欧盟 2020 能源战略的总目标是保证欧盟 2020 年能源的可持续、竞争力和可靠性，并确定了三项“有名的”20% 指标：即到 2020 年，减少 CO₂ 排放 20%（相比 1990 年）；降低能源消耗 20%；可再生能源占能源消耗结构的 20%。因此，新能源技术的研发创新（R&D&I）成为实现欧盟 2020 能源战略的关键和依靠^[20]。

欧盟积极增加对新能源技术研发创新的资金投入，主要从两方面着手推进新能源技术的研发创新：一是加强无污染、低成本、低碳能源技术的研发（研发创新）；二是支撑欧盟工业企业在快速扩张的世界低碳经济市场上的领先地位（成果转化及产业化）。欧盟在新能源研发创新的优先领域有：

1. 提高能效。主要包括节能建筑、机器设备、工业流程、能源工业和交通行业等。
2. 生物质能。主要发展第二代生物质能源、具有竞争力的替代碳氢化合物的解决方案等。
3. 风力发电。大力发展海上规模化风力发电场、智能电网、可再生能源接入、电能储存技术等。
4. 太阳能光伏。具有价格竞争力的太阳能光伏能、可再生能源取暖或制冷技术（空调）等。
5. 燃料电池。燃料电池技术及氢能的利用、电动汽车及充电设施、清洁智能交通技术等。
6. 清洁能源。清洁煤技术、清洁天然气、碳捕获及储存技术（CCS）等。
7. 核能技术。第四代核反应堆、核聚变、核安全技术、降低核废料、核辐射防护技术等等。■

参考文献：

- [1] A European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) —Towards a Low Carbon Future, COM(2007) 723 final [R]. Brussels: Commission of the European Communities, 2007-11-22.
- [2] European Commission. Europe 2020—A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth, COM(2010) 2020 final [R]. Brussels: European Commission, 2010-03-03.

- [3] European Commission. European Research Area[OL]. http://ec.europa.eu/research/era/index_en.htm.
- [4] European Commission. The European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)[EB/OL]. http://ec.europa.eu/research/energy/eu/policy/set-plan/index_en.htm.
- [5] FP7—Tomorrow's Answers Start Today[R]. Brussels: European Commission, 2006.
- [6] European Commission. European Technology Platforms (ETPs) are Industry-Led Stakeholder Fora Charged with Defining Research Priorities in a Broad Range of Technological Areas[EB/OL]. (2011-05-10). http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html.
- [7] European Commission. About the Joint Technology Initiatives[EB/OL]. (2010-09-08). http://cordis.europa.eu/fp7/jtis/about-jti_en.html.
- [8] Welcome to SETIS—Towards a Low-Carbon Future[OL]. <http://setis.ec.europa.eu/>.
- [9] European Commission. Wind Energy[EB/OL]. http://ec.europa.eu/research/energy/eu/research/wind/index_en.htm.
- [10] European Wind Energy Technology Platform (TPWind)[OL]. <http://www.windplatform.eu/92.0.html>.
- [11] Wind Energy Association (EWEA)[OL]. <http://www.ewea.org/>.
- [12] European Photovoltaic Technology Platform. About PV Platform[EB/OL]. <http://www.eupvplatform.org/about-pv-platform.html>.
- [13] European Photovoltaic Industry Association (EPIA)[OL]. <http://www.epia.org/>.
- [14] Greenpeace & EPIA. Solar Generation V—2008[R/OL]. (2008-09). http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/EPIA_SG_V_ENGLISH_FULL_Sept2008.pdf.
- [15] European Commission. Biofuels and Other Renewable Energy in the Transport Sector[EB/OL]. http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/biofuels_en.htm.
- [16] European Union. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the Promotion of the Use of Biofuels or Other Renewable Fuels for Transport[J]. Official Journal of the European Union, 2003-05-179 (L123): 42–46.
- [17] Observ'ER. Biofuels Barometer[R/OL]. (2008-06). <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro185.asp>.
- [18] 欧盟集中式太阳能发电技术的新进展[EB/OL]. (2012-02-13). http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201202/t20120210_92319.htm.
- [19] Energy Roadmap 2050, COM (2011) 885/2[R]. Brussels: European Commission, 2011-12-15.
- [20] 欧盟加快新能源技术研发创新步伐[EB/OL]. (2012-01-29). http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201201/t20120119_92085.htm.

Analysis on the R&D of renewable energy technology and its trend of development

ZHANG Zhiqin

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: This paper comprehensively analyzed the EU's energy strategy and energy policy on accelerating the renewable energy technology development. To ensure energy safety and diversity and respond the climate change actively, EU makes *the EU Strategy 2020* to maintain energy system's sustainability, reliability and competitiveness. The target of research and development is the cleaner and safer energy at a more reasonable cost. SET-Plan, EU's Strategic Energy Technologies Plan, aims to set down the medium and long term development strategy for R&D innovation, transfer of scientific and technological achievements, as well as product & service innovation. One of the important initiatives of SET-Plan is to enhance international cooperation in energy technology areas between both EU members and global major energy partner countries.

Key words: EU; renewable energy; EU's Strategic Energy Technologies Plan; new energy