

Jean Monnet Chair project
(564792-EPP-1-2015-1-CN-EPPJMO-CHAIR)

E-Newsletter-4

更低的成本，更多的可再生能源
(2017.1.1—2017.6.30)

武汉大学欧洲问题研究中心

2017年6月30日

目录

1 欧盟可再生能源政策与具体行动回顾（2017年1月1日-2017年6月30日）	3
1.1 普及电动交通工具与充电桩	3
1.2 建设可再生能源发电厂	4
1.3 推动可再生能源研发	5
1.4 实现消费侧电力并网与跨区域电力互联	6
1.5 其他政策支持	6
2 欧盟可再生能源成本和发展现状	8
3 可再生能源成本计算方法	9
4 可再生能源成本的主要影响因素	9
4.1 技术创新	10
4.2 规模经济与学习效应	10
5 展望	12
资料来源	12

2020-2030 年是欧盟兑现《巴黎协定》承诺的关键期。欧洲议会将 2030 年欧盟可再生能源在全部能源消费中占比的目标由原来的 27% 提升至 35%。据欧洲统计局,2015 年欧盟国家可再生能源消费平均占比为 16.7%。如不采取积极措施,将很难实现 2030 年 36% 的国家目标。降低可再生能源成本是实现目标的重要举措。

1 欧盟可再生能源政策与具体行动回顾 (2017 年 1 月 1 日-2017 年 6 月 30 日)

欧盟最新的可再生能源政策主要包括普及电动交通工具与充电桩、建设可再生能源发电厂、推动可再生能源研发、消费侧电力并网与跨区域电力互联以及其他政策支持。

1.1 普及电动交通工具与充电桩

2017 年 1 月 1 日,荷兰所有火车自当日起,全部采用风力发电驱动。

2017 年 1 月 3 日,奥地利政府大力发展电动汽车,制定了到 2020 年电动汽车保有量达到 20 万辆的目标。目前奥地利共有 8500 辆电动汽车,约占汽车总数 0.2%。专家认为,在驱动方面,电力将成为未来的标准技术。未来二十年将是汽油、柴油、电动、燃料电池的混合过渡期,在过渡期的最后阶段电动汽车将占主导地位。目前电网建设仍是电动车发展的一大挑战,如果让电动汽车占汽车总量的比重达五分之一,奥地利还需额外兴建两个水力发电站。

2017 年 1 月 9 日,罗马尼亚最大的石油天然气公司 OMV 和能源公司 Electrica 合作达成,将开设第一家电动汽车充电站。这是 OMV 公司进军电力化领域的第一步。此外,匈牙利石油公司 Mol 也宣布,计划在罗布局电动汽车充电网络。德国零售商 Kaufland 已经和奥地利 Renovatio 集团合作,在超市内开设了几家充电站。根据社民党执政纲领,罗马尼亚在 2020 年前至少建设 2 万家充电站。目前,大部分充电站为私营企业所有。

2017 年 2 月 13 日,捷克公共交通协会宣布有 6 个捷克城市将获得共计 12 亿克朗(约合 4700 万美元)的欧盟基金,用于添置环保车辆。

2017 年 2 月 13 日,德国政府启动 3 亿欧元的电动车充电基础设施建设计划。该项目旨在从 3 月 1 日开始在全国范围内建设 15000 个充电站,以支持私人投资者、城市和乡镇建设完善的充电基础设施。根据项目实施计划,交通部将用 2 亿欧元建设 5000 个快速充电站,用 1 亿欧元建设 10000 个普通充电站。充电站将向公众开放且使用可再生能源供电。2 月 14 日,欧委会基于欧盟国家援助规则批准了德国关于新建新能源汽车充电站的项目,该项目有助于填补市场空白,且不会对竞争造成不利影响,有助于促进新能源汽车行业的发展,帮助实现欧盟既定的节能和降低污染目标,并未违反欧盟国家援助规则的要求。据悉,德国拟在未来四年内投资 3 亿欧元兴建新能源汽车充电装置,装置使用的所有电力将来自于可再生能源。

2017年2月21日，波兰发展基金与经济发展部、能源部、41个波兰城市、波兰国家研究和发展中心以及国家环境保护和水管理基金共同签署了发展电动交通的意向书，预计到2020年将购买780辆电动公共汽车，达到公汽总数的16%，电动公共汽车运载量比重由目前的0.3%提升至10%。2020年前，波兰政府计划为电动交通项目投入190亿兹罗提。

2017年2月27日，罗马尼亚西部城市阿拉德出租汽车公司 Taxi Verbiță 公司新花费15万欧元购入5辆电力能源汽车，这是罗国内首批新能源出租汽车，运营价格与其他车保持一致。公司总监 Gabriel Grizak 表示，未来该公司还将继续引进新能源汽车，以期减少对大气的污染。

2017年3月7日，瑞典计划兴建欧洲最大的锂电池工厂，项目预计总投资400亿瑞典克朗，2023年完成。目前已投资金1.2亿克朗，将获得大瀑布能源公司、瑞典创新署和瑞典能源署共同提供融资支持。

2017年4月20日，瑞典中东部的 Sörmland 地区车辆充电站数量急剧增加，由2015年的四个充电站，增加到现在的30个，并为司机提供了70个插座。这一增长主要是由 Klimatklivet 投资计划推动。到目前为止，中央政府资助了7亿瑞典克朗，且还将增加5亿瑞典克朗用于该项目的推动。

2017年5月19日，芬兰政府计划今年将投资500万欧元兴建至少800个电动汽车公共充点。芬兰现有电动汽车1000辆，芬兰政府打算到2030年将电动汽车的数量增长为25万辆。目前制约芬兰电动汽车发展的瓶颈是充电点数量少，且分布不均匀，比如芬兰东部几乎没有电动车充电装置。芬兰政府希望通过增加电动车充电点的数量刺激国民购买电动车以缩小与邻国的差距。

2017年6月6日，丹麦宣布政府逐步取消购买电动车税收减免政策导致2017年丹麦电动车销售出现急剧下降，决定延迟执行相关税收政策。丹麦电动车联盟负责人莱克·弗拉德认为税收改革彻底扼杀了丹麦电动车市场。丹麦税务大臣卡斯滕·洛伦岑承认逐步取消税收减免政策的过程非常艰难，会严重影响销售。

2017年6月28日，波兰 Greenway Infrastructure Poland 公司与欧盟签署在波兰建设电动汽车充电设施的协议，公司将从欧盟“连接欧洲设施”计划（CEF）中获得资金支持，2020年前在波兰建设200个电动汽车充电设施。

2017年6月28日，罗马尼亚布加勒斯特市议会拟批准市政府购买100辆电动公交车及其所需充电基础设施。

1.2 建设可再生能源发电厂

2017年1月9日，爱沙尼亚拟投资5亿欧元打造世界级风力发电厂，目的之一是为出口 ELEON 二型和三型风力发电机组（ELEON 为爱沙尼亚著名风机整机生产商）搜集数据。发电站并网容量达1000兆瓦，发电站完工后将成为世

界最大的陆地风力发电厂之一。

2017年2月10日，荷兰能源企业 Nuon 计划在其风电项目所在地区建设大型太阳能电站。迄今为止，Nuon 已计划建设 6 个太阳能发电站，总计安装 25 万块太阳能面板，发电规模达 70 兆瓦，可为 1 万户居民家庭提供电力。

2017年3月1日，由中国建材国际工程集团有限公司（简称中建材国际）工程总承包（EPC）的葡萄牙 Solara4 221MW 光伏电站项目开工。该项目是中建材国际在葡总承包的首个光伏电站项目，也是迄今为止整个欧洲已开发的单体装机容量最大的光伏电站项目，总投资 2 亿欧元，占地 800 公顷。标志着中葡新能源合作进入新阶段。

2017年6月1日，瑞典国有能源公司大瀑布（Vattenfall）将在柏林投资 9.8 亿克朗新建一座风力和天然气的电热站，该电站建成后将成为德国最大的电热站，帮助柏林在 2050 年实现碳平衡目标。

2017年6月6日，西班牙批准德国太阳能企业久维（JUWI）在穆尔西亚大区建造欧洲最大、世界第九大的光伏电站，设计装机功率为 450 兆瓦，占地面积 1088 公顷。预计投资 4.5 亿欧元，年发电量可达 7.5 亿千瓦，可满足穆尔西亚大区用电需求。这一电站将超过装机功率为 300 兆瓦的法国塞斯塔电站，跃居欧洲第一位。据统计，西班牙太阳能发电装机总量约为 4700 兆瓦。

2017年6月6日，德国、丹麦和比利时三国政府与 25 家企业联合发声，承诺在未来十年内使欧洲离岸风电装机容量增长五倍。于 2030 年前将欧洲风电装机容量由目前的 13GW 扩张至 60GW，每年新增装机容量不少于 4GW。

2017年6月19日，挪威公司 Nel Hydrogen 与法国公司 H2V Product 签定合作协议，拟设计、建造和维护法国 7 家氢气发电厂，通过生产氢气来作为可再生能源，将沼气和氢气与天然气混合以减少二氧化碳排放。

2017年6月28日，希腊正着手建设希腊最大风力发电场，项目建成后总装机容量 154 兆瓦，能满足 12.9 万个希腊家庭一年的能源消耗需求。

1.3 推动可再生能源研发

2017年1月10日，荷兰基础设施与环境部与瓦赫宁根大学签署为期四年的合作协议，双方将在空间、水和生态领域展开科研及培训合作，其中重点合作主题为循环经济、气候与能源、空间与生态，合作方式包括提供客座讲师和学生实习机会以及合作进行案例分析和毕业课题研究等。

2017年5月23日，瑞企业与创新大臣丹贝里表示，政府正在研究建立国家电动车电力传动系统测试中心，使其成为研究机构与产业界对接的平台，该举措的核心目的在于使瑞典成为世界电动车领域的领导者。

2017年6月28日，意大利企业 Dyaqua 研制出“隐形”光伏电池，即将光

伏电池嵌入聚合物材料中，仿造成石材或木材等建筑材料，达到裸眼无法识别的效果，解决传统的光伏电池板较为丑陋的外观问题。

1.4 实现消费侧电力并网与跨区域电力互联

2017 年 1 月 4 日，荷兰经济部长坎普在致国会的信中表示，近年来荷兰私人对用于发电的太阳能电池板投资急剧增加，自 2011 年以来有关投资增长 91%，而 2004 年-2010 年，此类投资仅增长 13%。坎普认为，这些增长主要基于一种方法，即私人产生的未使用电力被直接并入电网中，家庭电费因此而相应减少。其次政府对使用太阳能的补贴以及太阳能电池板成本的大幅削减也起到一定作用。

2017 年 5 月 22 日，欧盟批准智能电网项目，实现斯洛文尼亚和克罗地亚的电力互联，促进该区域可再生能源利用。Connecting Europe Facility (CEF)基金委该项目提供 4000 万欧元资金支持。

2017 年 6 月 1 日，能源基础设施论坛在哥本哈根召开，气候行动和能源委员 Cañete 宣布，将通过波兰实现波罗的海诸国与欧洲大陆电网的同步互通。

2017 年 6 月 26 日，围绕欧洲电力网络建设的会议在布鲁塞尔召开，旨在探讨如何更好地整合欧洲各国的电力网络，整合电力网络与交通等网络。在 Connecting Europe Facility 和 Horizon 2020 计划下，2014-2020 年间将有 30 亿欧元资金用于能源网络技术设施建设和研发。

2017 年 6 月 28 日，欧委会为法国和爱尔兰首次建立电力互联系统资助 4 百万欧元，有利于欧盟成员国能源的跨区域交易，加强了爱尔兰能源供给安全，以及有助于更多可再生能源并入欧洲能源系统。资金来源于欧盟 CEF 基金（Connecting Europe Facility）。

1.5 其他政策支持

2017 年 2 月 2 日，保加利亚首都索菲亚市议会通过预算草案，共涉及 13.28 亿列弗，目标是将索菲亚发展成为绿色、创新型城市。

2017 年 2 月 10 日，四家能源公司（Enenco、Engie、Greenchoice 和 Nuon）中标荷兰政府绿色电力采购项目，将在 2018 至 2022 年间每年为荷国防部、基础设施与环境部、安全与司法部及中央房产局供应 1000 吉瓦绿色电力。该项目总金额约 2 亿欧元，其中三分之一的绿色电力应为荷兰本土产生。荷政府表示，为了推动可再生能源发展，未来采购中将要求所有绿色电力均为荷兰本地产生。

2017 年 2 月 21 日，据瑞典《哥德堡邮报》报道，2016 年瑞典生物燃料使用量同比增长 26%，再创新高。瑞典生物能源协会公布的数据显示，生物燃料在交通工具中的使用比例已经达到 18.6%，在从化石燃料到生物燃料的转换中，瑞典在欧洲国家中走在前列。从全球来看，可能只有巴西强于瑞典。

2017年2月23日，欧盟可能将改变对华光伏产品双反措施的形式，使用出口最低限价来替代目前实施的价格承诺。欧委会委员会会议预计下周将通过延长对华光伏双反措施的决定。因受到很多成员国的反对，欧委会已将措施延长期限由2年缩短至18个月，并计划在18个月内逐步终止措施。

2017年3月6日，德国联邦经济和能源部拟于2018-2020年进行试点，对风能和光伏发电补贴实行联合招标，每年4月1日和11月1日分别进行一次，不论哪种发电方式，补贴报价较少的企业才能拿到政府补贴。每年采用联合招标形式资助的装机容量为400兆瓦。针对风能和光伏分别进行的补贴招标将继续保留，不过容量会相应减少。此次试点是应欧盟委员会要求进行，目的是建立欧盟统一的能源市场。

2017年3月14日，罗马尼亚环境部发起“绿色校园”项目，将从今年起在4000所学校安装太阳能发电板，资金来源为环境基金或政府出售二氧化碳排放许可的收入。

2017年4月26日，芬兰政府重申将致力于实现一个完全碳中性的社会，并兑现芬兰在《巴黎气候协定》上的承诺。未来四年内，芬兰将追加投入2500万欧元推动实现在能源生产领域放弃燃煤使用，削减50%的进口石油使用量，鼓励可再生能源的生产，争取可再生能源在能源消费中的占比达到50%以上。同时鼓励使用木质建筑材料、低排放运输方式如燃气和电动汽车等。

2017年5月20日，瑞士通过新的能源法案《能源战略2050》，将于2018年1月1日生效。瑞士将不再新建核电站，并在未来彻底退出使用核能。该法案还确定了瑞士将大力发展可再生能源，推进能源转型。

2017年5月25日，西班牙政府宣布将发展可再生能源作为推动低碳经济发展的主要手段，积极推动起草气候变化和能源转化法案。首相拉霍伊宣布政府正在积极准备新一轮可再生能源的招标。招标容量和上一轮相当，为3000兆瓦，并承诺不向消费者收取附加成本。

2017年6月19日，罗马尼亚电信运营商Telekom Romania联合中兴通讯公司在康斯坦察市启动智慧城市项目，项目内容包括智能停车场、智能城市照明、电动汽车充电桩、环境检测传感设备、无线网络接入等。

2017年6月26日，德国最大光伏产品制造商Solarworld破产后，相关机构召开圆桌会议。其中德国图林根州经济部长蒂芬泽（Wolfgang Tiefensee）和萨克森州经济部长杜利希（Martin Dulig）要求政府未来在光伏项目招标时不能只考虑价格，而应扶持那些重视环保和研发的企业。但金融危机以来，德国政府大幅削减扶持措施以及来自中国廉价产品的激烈竞争，使得德国光伏产业急转直下。Solarworld公司负责人阿斯贝克（Frank Asbeck）将“中国光伏行业无所不在的补贴”视为其破产的原因。

2 欧盟可再生能源成本和发展现状

全球能源转型加速，可再生能源成本急速下降，尤其是太阳能光伏和风电成本（图 1）。2016 年，某些替代能源相对于传统能源已具有成本优势。

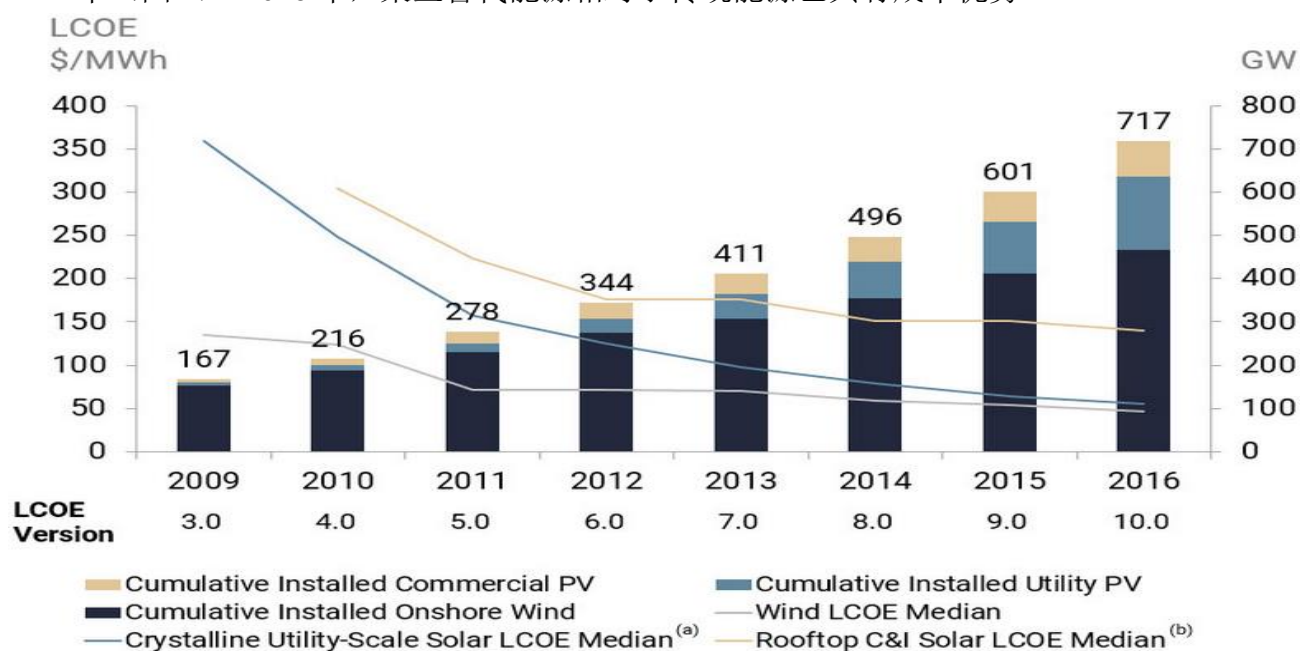


图 1 太阳能发电和陆上风电规模及成本

资料来源: <https://www.lazard.com/>.

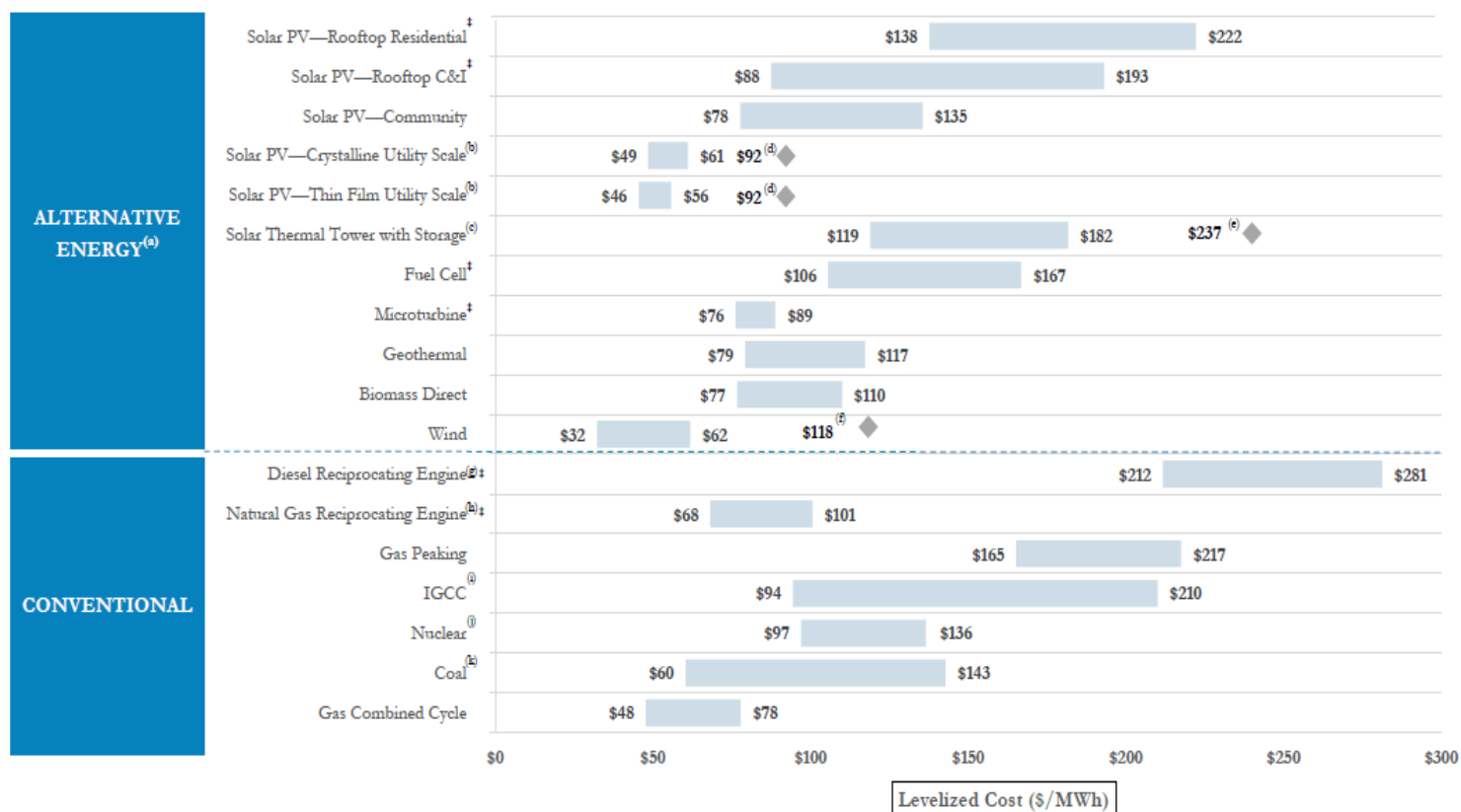


图 2 2016 年替代能源与传统能源发电成本对比（单位美元/KWH）

资料来源: <https://www.lazard.com/>.

其中，欧盟的风电成本下降更为明显，据 REN21 《2017 全球可再生能源现状报告》，丹麦可再生能源电力成本已降至每度电 0.05 美元甚至更低。德国最新的 2 个海上风电招标项目获得者的收益也全部来自批发电价而非政府支持。丹麦和荷兰的海上风电招标电价新低使欧洲海上风电产业向其 2025 年前海上风电电价低于煤炭电价的目标更进了一步。2017 年 5 月 17 日，西班牙举行清洁能源拍卖，中标者全部为风能制造商，生物能源和光伏发电企业全部出局。招标结果未出现溢价，因此西班牙消费者无需为使用这些能源付出额外的成本，这也意味着风能发电具有市场能接受的价格。光伏企业失败的原因主要是成本，在所有参与企业已经拿出最低折扣的情况下依然竞争不过风能。西班牙光伏协会认为，中小光伏企业完全没有选择，只有规模大成本低的技术才能中标，光伏无法和风能竞争。

风电成本的显著下降促进了欧洲风力发电的迅速发展。欧盟统计局发布的数据显示，2016 年欧盟总发电量为 310 万 GWh，其中风力发电量 31.5 万 GWh，占比 10%，是 2005 年的 5 倍，成为欧盟第四大电力来源，在火电（49%）、核电（26%）和水电（12%）之后。从成员国看，丹麦风力发电占总发电量的比重最高，达 43%，其次为立陶宛（27%）、爱尔兰（21%）、葡萄牙（20%）和英国（14%），罗马尼亚的占比与瑞典相当，排在克罗地亚、奥地利、波兰、荷兰之前。法国、卢森堡和芬兰约为 4%，拉脱维亚和匈牙利均为 2%。占比最低的国家包括斯洛伐克、马耳他、斯洛文尼亚和捷克。从增速看，立陶宛和丹麦的风电占比增长最快，分别达 27% 和 24%，其他增长较快国家还包括葡萄牙（17%）、爱尔兰（16%）以及西班牙和德国（均为 11%）。

3 可再生能源成本计算方法

目前国际通行的可再生能源成本计算方法为平准化能源成本（levelized cost of energy, LCOE）方法。来自收入的净现值等于成本的净现值这一恒等式，即

$$\sum_{n=0}^N C_n(1+r)^{-n} = \sum_{n=0}^N (AEP_n P_n + B_n)(1+r)^{-n}$$

其中， C_n 是总支出， AEP_n 是生产的电能， B_n 是其他收入来源（如，可能存在的税费补贴等）， r 是贴现率， P_n 是一个均值，因此，

$$P_n = \frac{\sum_{n=0}^N (C_n - B_n)(1+r)^{-n}}{\sum_{n=0}^N AEP_n(1+r)^{-n}} = LCOE$$

LCOE 实际上等于成本的净现值与能量产出的经济时间价值的比值。

4 可再生能源成本的主要影响因素

目前影响可再生能源成本最主要的因素主要包括技术创新和规模经济。

4.1 技术创新

技术创新有利于成本降低。据 REN21 《2017 全球可再生能源现状报告》，太阳能光伏发电的制造和安装领域正在进行创新，包括改善风力涡轮机的材料和设计，以及在集中式太阳能热发电 CSP 的热能存储技术上的进步，这些技术创新都有助于整体成本的降低。

可再生能源技术创新可以用可再生能源专利数据表示。依据联合国开发计划署的划分标准将可再生能源进行分为水能、生物能、风能、太阳能、地热能和海洋能六类。如图 1 所示，各类型可再生能源专利从 1999 年开始呈现上升趋势，2005 年以来增速较快，2012 年开始陡然减少。具体来看，风能和太阳能技术创新明显领先于其他类型可再生能源，生物能紧随其后。

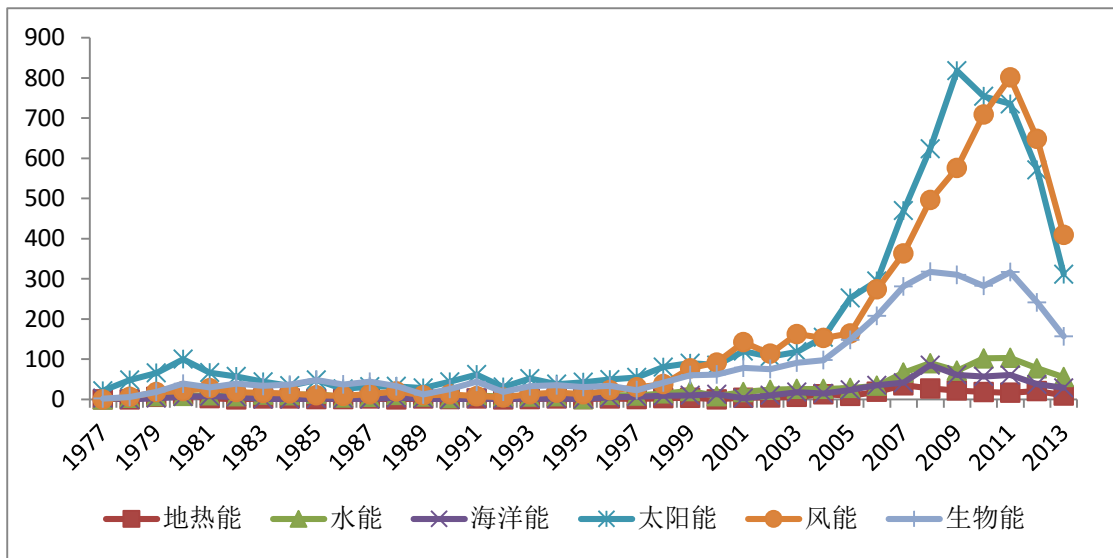


图 1 1977-2013 年期间欧盟可再生能源专利申请数据（单位：个）

4.2 规模经济与学习效应

规模效应是指随着生产要素增加，生产规模扩大，出现长期平均成本下降的现象，可再生能源规模增加具有明显的规模与学习效应。可再生能源开发前期建设成本和技术研发成本非常大，因此可再生能源规模增加分担了较高的初始成本，带来长期平均成本下降。再者，可再生技术创新速度快，运行和维护成本较低且不断下降，原料成本（除生物质能不确定）接近于 0，因此边际成本较小且不断下降，这使规模效应更加明显。学习效应是规模经济出现的原因之一，初期大规模的可再生能源技术扩散较为困难，学习效应是人力资本积累和可再生能源技术扩散的重要驱动力，有利于降低边际成本（Nachtigall 和 Rübbecke, 2016）。

美国能源部发现美国陆上风力发电市场存在规模经济，但是存在阈值。当风力发电厂相对较小时（小于 20MW），规模效应更为明显，当超过 20MW 的阈值后，规模效应大幅减弱（Wiser 和 Bolinger, 2010）。不同技术的的学习率也存在差异，光伏发电（10–47%），风电（15–19%），生物质发电（0–10%），水力发电

(0-10%)，在生物燃料中，生物乙醇（7-29%），生物柴油约 10%。考虑技术突破的可能性，学习率为光伏发电（23%），风电（65%），生物质发电（10%），水力发电（10%），制冷取暖（10%），交通运输（10%）（Bigerna 等，2016）。

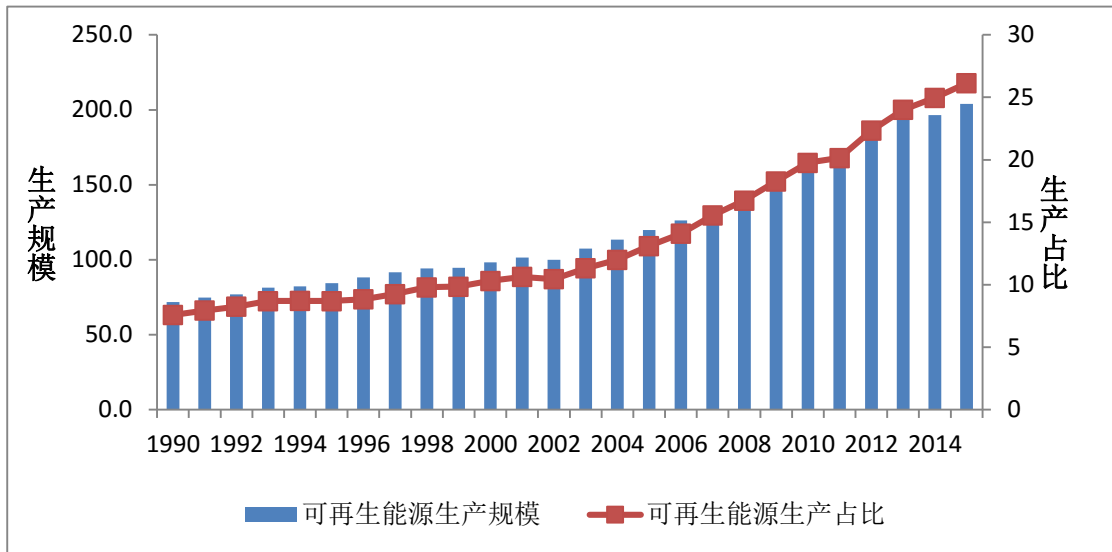


图 2 1990-2015 年期间欧盟可再生能源生产规模和占比（单位：Mtoe/%）

如图 2 所示，可再生能源生产规模和占比都呈上升趋势。具体来看，以耗能最大的三个行业（电力、交通、供热和制冷）为例，①水力发电规模最大，风力发电规模紧随其后，然后依次为生物能发电、太阳能发电，地热能和海洋能发电规模较小。②交通、供热和制冷这两个行业，生物能的使用占绝对领先地位。因此，欧盟水能、风能和生物能的生产规模较大。

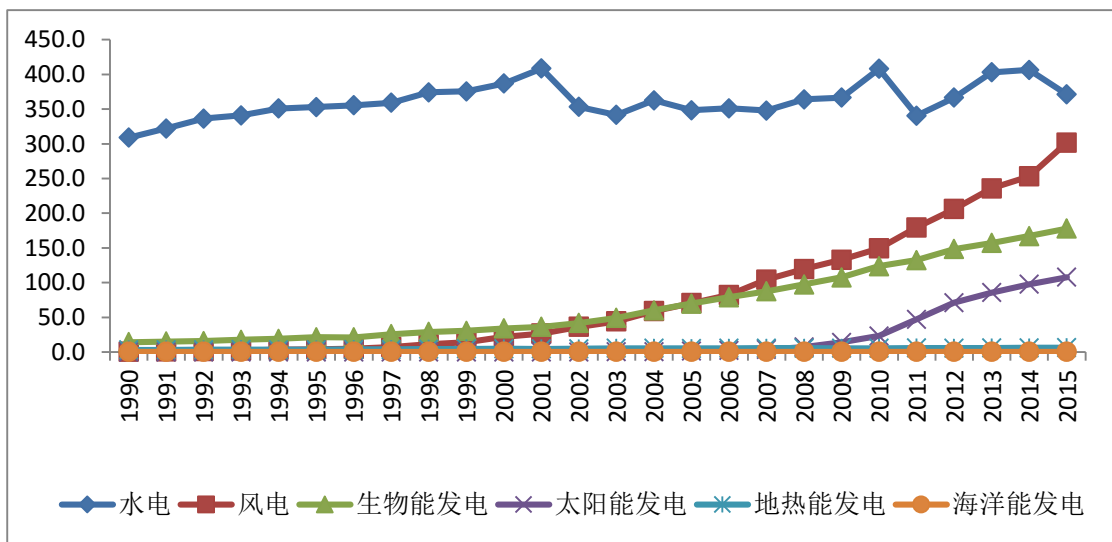


图 3 1990-2015 年期间欧盟可再生能源发电规模（单位：KWH）

由于数据可得性，欧盟统计局没有从生产角度将可再生能源规模根据不同类型可再生能源进行分类，但从消费角度进行了分类。基于可再生能源进出口规模

很小，几乎可以忽略不计。因此，可再生能源生产和消费规模可以近似相等。为了进一步比较不同类型可再生能源的生产规模大小，可以基于消费数据进行分析。可以发现，将各行业消费数据累加之后，生物能消费规模最大，水能紧随其后，其他依次为风能、太阳能、地热能和海洋能。可见，用可再生能源发电规模来代替生产规模并不准确。

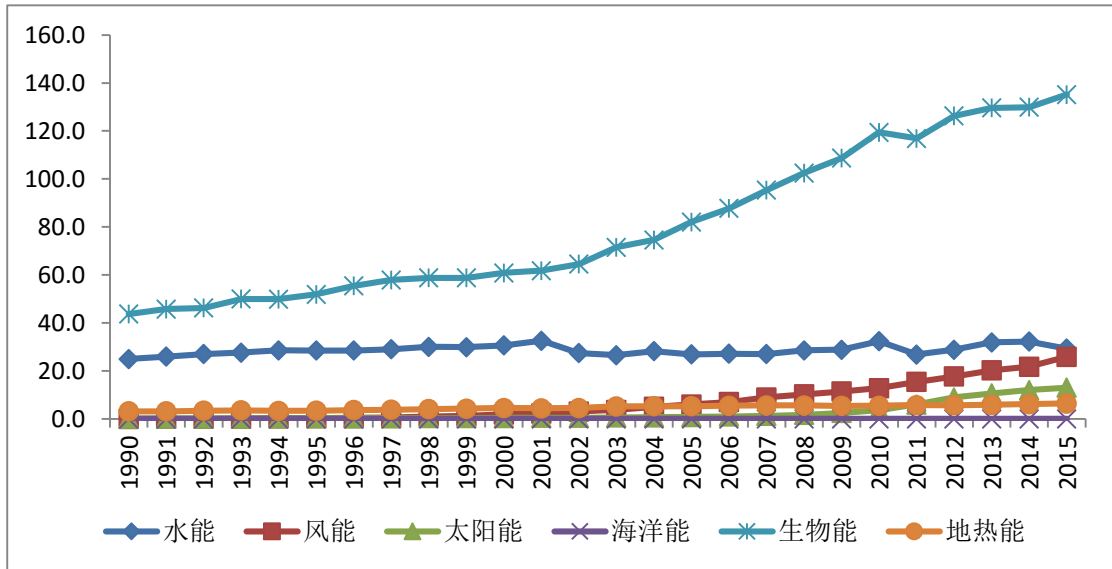


图 4 1990-2015 年期间欧盟可再生能源消费规模 (单位: Mtoe)

5 展望

随着各国全方位推进可再生能源技术创新，以及可再生能源生产规模不断扩大，其成本必将不断下降。IEA 发布《世界能源展望》，提出到 2040 年多种可再生能源就算没有补贴也将具有竞争力。可再生能源将进一步下降，其中太阳能光伏发电成本将下降 40-70%，陆上风力发电的成本将进一步下降 10%-25%。

彭博新能源财经公布《新能源展望》报告显示，全球风电和太阳能成本将加速下降，太阳能发电及陆上风电成本将在 2040 年前分别进一步下降 66% 及 47%，可再生能源将在 2030 年前实现比大多数化石能源电厂更低的运营成本。

资料来源

(本文相关报道均译自或引自以下网站和文献)

[1]中国社会科学院欧洲研究所 <http://ies.cass.cn/>.

[2]中国商务部驻外经商机构(欧洲地区) <http://www.mofcom.gov.cn/mofcom/ouzhou.shtml>.

[3]欧盟统计局 <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

[4]Lazard 公司 <https://www.lazard.com/>.

[5]蓝澜, 刘强, 陈梓. 新能源比传统能源成本更高吗? .西部论坛, 2013, 23 (3): 66-72.

[6]Wiser R, Bolinger M. Wind technologies market report. Department of Energy Energy Information

Administration; June 2011. p. 2010. Tech. rep., U.S.

[7]Simona Bigerna, Carlo Andrea Bollino, Silvia Micheli. Renewable energy scenarios for costs reductions in the European Union. *Renewable Energy*. 2016, 96: 80-90.

[8]Daniel Nachtigall, Dirk Rübberke. The Green Paradox and Learning-by-Doing in the Renewable Energy Sector. *Resource and Energy Economics*, 2016, (43): 74-92.