

欧盟集中式太阳能发电技术的研发及趋势

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 欧盟集中式太阳能发电 (CSP) 技术是近几年发展起来的新兴技术, 但基于各行业已有知识的积累, CSP 技术已发展成独立的技术分支, 并具备相应的技术成熟度。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, 如欧洲地中海沿岸。通过对欧盟集中式太阳能发电技术的研发现状、市场前景和发展趋势全面分析, 可以为我国新能源技术的可持续发展提供有益的借鉴。

关键词: 欧盟; 集中式太阳能发电; 研发创新; 政策措施

中图分类号: F450.66; TM615(5) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2012.12.005

太阳能在地球所有的能源资源当中, 可以说是能量最大的能源资源。地球所拦截的太阳能能量相当于地球所有可利用能源资源总量的 10 000 余倍。目前, 人类所掌握的太阳能应用技术, 已可以为经济社会的发展提供所需要的热量、制冷、电力, 以及工业和家庭用燃料。2011 年, 联合国政府间气候变化专门委员会已将太阳能的有效利用, 列入减缓气候变化需要重点优先发展的可再生能源目录之中^[1]。

集中式太阳能发电 (Concentrated Solar Power, CSP) 技术, 利用积聚的太阳能加热液体、固体或气体, 再利用传统的电力生产下游工艺生产出所需要的电力。典型的 CSP 技术发电厂由两大部分组成: 生产热量的太阳能聚光系统和生产电力的功率系统。通常情况下利用朗肯循环技术 (Ranking Cycle Technology, RCT) 进行耦合连接。太阳能聚光系统一般情况下, 由太阳能接收器 (Receiver) 和集热器 (Collector) 构成。当今世界的绝大部分电力生产, 无论能源资源来自煤炭、天然气、核电, 还是燃油或生物质燃料, 均必须首先生产出合适的热流体 (Hot Fluid), 然后带动涡轮机发电。因此, CSP 技术发电厂的关键问题就是在经济合理的前

提条件下, 生产出适合推进涡轮机转动的热流体, 依托已有的现代发电技术生产电力。

1985—1991 年, 美国加州南部首先部署安装了利用槽式太阳能技术 (Solar Trough Technology) 生产电力的发电厂设施, 装机容量为 354 兆瓦。迄今为止, 这些所建的太阳能发电厂仍然在进行着正常的商业化运营, 一定程度上证实了 CSP 技术发电厂长期商业化运作的可行性及生存潜力。

一、欧盟集中式太阳能发电技术的研发与利用

规模化的 CSP 技术发电厂所采用的最常见的共同方式, 就是利用玻璃镜片的太阳光反射原理, 聚光照射一条管线, 或槽式线性聚焦 (Linear Focus in Trough) 或线性菲涅尔系统 (Linear Fresnel Systems); 聚光照射一个聚焦点, 或中央接收器或盘式系统 (Dish Systems), CSP 技术系列各主要类型有其自身的特性和特点, 欧盟对它们的研发和利用也处于不同的程度。

1. 槽式聚光器 (Trough Concentrators)

采用槽式聚光器, 成排的抛物面反光镜聚焦 70~100 倍的太阳光, 集中照射沿着槽式抛物面

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

收稿日期: 2012 年 9 月 17 日

聚焦线上铺设的热量收集单元 (Heat-Collection Element, HCE)。HCE 的铺设方式为南北向, 便于移动轴线跟踪太阳光。HCE 为真空双层集热管道形状, 内管是涂有容易吸收太阳能的选择性表面 (Solar-Selective Surface) 的钢管, 中层为真空, 外管为透明玻璃管道。热转换流体 (Heat-Transfer Fluid), 目前情况下, 一般为油质液体, 在内层钢管流动中被加热到 390 °C 左右。来自多行排列的槽式 HCE 的热流 (Hot Fluid) 汇集, 通过热转换机时生产出合适的蒸汽, 带动涡轮机发电。1 兆瓦装机容量的槽式聚光器, 需要的土地面积大约为 2 公顷。

欧盟正在进行的利用废弃蒸汽和熔盐替代热转换流体的研究, 已获得更高的热流温度, 从而可以提高槽式发电的整体效率。熔盐技术在太阳能集热领域和热能储存系统 (TES) 的应用, 可以显著降低热转换机和 TES 的成本价格。然而, 熔盐相对较高的凝固点 120~220 °C, 意味着夜晚必须采取特殊措施, 防止熔盐在管道中凝固。

2. 线性菲涅尔反射镜 (Linear Fresnel Reflector)

线性菲涅尔反射镜的吸引力在于相对于槽式聚光器来说, 因其接收器被固定, 每平方米的基础设施建设成本可以得到显著的下降。但线性菲涅尔的年光效能 (Annual Optical Performance) 低于槽式聚光器。

3. 中央接收器 (Central Receiver)

中央接收器也称太阳能塔 (Solar Towers), 用于电力生产的热动力循环可达到更高的温度, 因此, 具有更高的效率。

中央接收器作为点聚焦集热装置, 相对槽式聚光器和线性菲涅尔反射镜, 能够产生高得多的温度。该项技术利用反光镜阵列 (定日镜, Heliostats), 每个反光镜自动跟踪太阳光, 将太阳光聚焦反射到固定于塔顶的接收器, 从而使塔顶接收器的温度可以达到 1 000 °C 及以上。

中央接收器产生的高温蒸汽, 可以满足先进性汽轮发电机的要求, 如, 可以应用于先进的燃气涡轮机循环系统。

中央接收器和槽式聚光器相同, 均需要相对比较平坦的土地, 例如, 较理想的太阳能发电场, 地面的斜度最好低于 1%。

4. 盘式系统 (Dish Systems)

盘式系统是最理想的反光镜, 因此, 适合应用于满足高温热量的需求。盘式系统被制作成圆盘抛物面形状, 将太阳光聚焦于安装在聚焦点位置的接收器上, 接收器随着跟踪太阳光的底盘运动而运动。盘式系统可以产生温度高达 900 °C 及以上的热流, 生产出的蒸汽适合电力斯特林发动机 (Power Stirling Engines) 的应用。

欧盟盘式系统-斯特林发动机技术商业化的开发研究已取得成功, 正在进行系列技术标准化的制定和商业化推广应用实施方案的规划。

欧盟盘式系统主要围绕单机装机容量相对较小 (10~15 千瓦) 的斯特林发电机进行技术研发和设计优化。欧盟大型的太阳能盘式系统具有 400 米² 的孔径, 属于欧盟科研基础设施的一部分, 用于技术的研发创新活动。目前, 世界上最大的太阳能盘式系统, 孔径达到 485 米², 由澳大利亚国立大学建立。

5. 热能储存 (Thermal Storage)

CSP 技术发电推广应用的一个重要关键问题, 是有效地解决热能储存, 以保证电力能源供应的质量。迄今为止, 欧盟热能储存技术的商业化运作, 已成功实现了 0.5~1 小时满负荷运营需求的热能储量, 可以改善 CSP 技术发电厂与电力系统的入网连接, 如热能储存在发电厂上空短暂的阴云团通过时, 可以提供不间断的电力。

目前, 欧盟正在进行的热能储存技术研发创新活动, 主要集中于 6~7.5 小时满负荷运行的热能储存, 从而可以满足傍晚用电高峰时的电力需求, 而此时的电力收购价格也相对较高。

CSP 技术热能储存, 一般在太阳能热流进入发电系统之前进行。欧盟采用的热能储存介质包括: 熔盐, 可通过分离的两个熔盐罐 (热和冷) 进行储存; 蒸汽集热器 (Steam Accumulators), 用于短期的热能储存; 固体陶瓷颗粒物质; 高温混凝土材料。当需要时, 热能储存装置的热温下降, 产生的蒸汽带动涡轮机发电。

6. 水在 CSP 技术发电中的效用与合理使用

一般情况下, CSP 技术发电厂都建于干热的荒漠化地带, 因此, 水的有效利用相对重要。水主要应用于太阳能热循环系统的冷却, 对 CSP 技

术发电不可或缺。CSP 技术发电厂的湿冷却（Wet Cooling）的需水量约为 2.8 米³/千瓦时，与传统火力发电厂的用水量相当。

CSP 技术发电厂的空气制冷系统或湿/干混合制冷系统，提供了切实可行的替代湿（水）冷却，可以最高减少 90% 的冷却水使用量^[2]。CSP 技术发电厂的水使用量一般占到其电力价格的 2%~10% 之间，主要取决于当地的地理环境、电价和水费，在炎热的夏天水使用量甚至有时占到电价的 25%。而中央太阳能塔式发电厂因为在较高的温度下运行，水的使用量相对较少。

7. CSP 技术发展规划与资助项目

根据欧盟战略能源技术行动计划（SET-Plan）的 CSP 技术发展规划，截至目前，欧盟第 7 研发框架计划（FP7）共资助了 7 800 万欧元，支持 12 项 CSP 技术发电研发项目或示范工程。

（1）2007 年，欧盟资助的 CSP 技术发电研发项目，分别为改善环境效益的示范工程项目和利用 CSP 技术的海水淡化研发项目。

（2）2008 年和 2010 年的 CSP 技术发电研发项目招标中，主要支持科研基础设施的改进和关键技术的科研突破。

（3）2010 年的招标增加了 CSP 技术的研发投入，资助支持了 CSP 技术发电厂干冷却系统技术的开发，其他两项获得资助的研发项目为规模化的示范工程建设，分别涉及欧盟地中海沿岸国家 CSP 技术供电和海水淡化与制盐联产开发项目。

（4）2011 年的招标，集中于 CSP 技术发电厂的热能储存技术的研发（3 个研发项目）和先进的热转换流体的科研项目；

（5）2012 年的招标，集中于太阳能盘式系统技术的研发和 CSP 技术与其他能源资源混合利用技术的科研活动^[3]。

二、 欧盟集中式太阳能发电技术的市场需求

1985—1991 年，美国利用槽式技术开发的太阳能发电系统（SEGS）陆续在莫哈韦沙漠地区（Mohave Desert）开工建设，总装机容量达到 354 兆瓦。15 年以后，首座新型的 CSP 技术发电厂在美国建成，装机容量为 64 兆瓦，并与美国内华

达州（Nevada）电力系统联网。2007 年，欧盟首座 CSP 技术发电厂在西班牙建成，装机容量 11 兆瓦，成功并网发电。

目前，世界上最成熟的规模化 CSP 商业应用技术，当属中等装机容量的槽式/热量转换发电系统，而中央太阳能接收器系统属于 CSP 技术系列的第二主要商业化应用技术。

盘式系统-发动机或涡轮机技术，如利用斯特林发动机或燃气涡轮机，在小型装机容量方面已具备商业化应用的成熟度，主要应用于向独立或分散用户提供所需的电力。

CSP 技术发电厂的运行寿命一般为 20~30 年，无安装热能储存系统的 CSP 技术发电厂机组运行时间约为 1 800~3 000 小时/年，其容量因子（Capacity Factor）约为 20%~34%。采用热能储存系统或与天然气混合循环系统的 CSP 技术发电厂，容量因子的调度水平可以得到显著的提高，但成本也将相应增加。例如，采用热能储存系统的 CSP 技术发电厂，机组运行时间理论上可以达到 8 760 小时/年，即容量因子理论上可以提高到 100%，但在实际应用中并不划算。一般情况下，商业化运作采用热能储存系统的 CSP 技术发电厂，机组运行时间平均为 4 000~5 200 小时/年，即容量因子平均为 46%~59%。

1. 到 2020 年，欧盟 CPS 技术发电装机容量将达到 30 吉瓦

欧盟资助设立于西班牙的用于科研活动的 CSP 技术发电厂基础设施，采用熔盐热能储存系统，机组运行时间可达到 6 500 小时/年，其容量因子相当于 74%^[4]。

欧盟几项整合太阳能 CSP 技术的联合循环开发项目，利用太阳能与天然气或生物质燃料的混合技术，包括西班牙、意大利、阿尔及利亚和摩洛哥的开发项目，均进展顺利。

截至 2010 年底，欧盟成员国西班牙运营的商业化 CSP 技术发电厂的装机容量达 730 兆瓦，占世界 CSP 技术总装机容量的 58%，世界 CSP 技术总装机容量为 1.26 吉瓦。

西班牙正在建设的 CSP 技术发电工程的装机容量为 898 兆瓦，而已注册或正在商谈上网电价的装机容量达 842 兆瓦。如此计算，预计到 2013 年底，

西班牙 CSP 技术发电的总装机容量，可达到 2.5 吉瓦。

根据欧洲太阳能热电力协会（ESTELA）确立的，并得到欧委会确认的欧盟 CSP 技术发展路线图及行动计划^[5]，到 2020 年，欧盟 CSP 技术发电装机容量将达到 30 吉瓦，其中，西班牙的装机容量届时可达到 19 吉瓦。

2. 欧盟 CSP 技术推广应用主要在地中海沿岸日照强度大的地区

典型的 CSP 技术发电厂，不安装热能储存系统。目前，欧盟成员国的工程建设投资成本在 2 100~6 000 欧元/千瓦之间变化，平均为 4 800 欧元/千瓦左右。如果再加入热能储存系统，将显著提高工程的投资成本。

欧盟 CSP 技术发电厂的电力生产成本价格，在很大程度上，依赖于全年的直接日照强度（Direct Normal Insolation, DNI）。在欧盟南部，DNI 平均达 2 000 千瓦时/（米²·年），槽式系统的电力生产成本价格为 0.18~0.2 欧元/千瓦时；相对于日照强度更高的地区，如北非国家或美国南部，DNI 可达到 2 300 或 2 700 千瓦时/（米²·年），电力的生产成本价格可进一步降低 20% 或 30%。在 DNI 一定的情况下，CSP 技术槽式发电厂采用改进的创新型技术，装机容量规模达到 200 兆瓦，电力生产的成本价格可下降 25%~35%。

欧盟 CSP 技术的推广应用，主要分布在南部的地中海沿岸国家和地区，因地中海沿岸平均 DNI 大于 2 000 千瓦时/（米²·年），且土地资源相对丰富。基于现有技术，欧盟 27 个成员国 CSP 技术发电的潜力可达到每年生产电力 1 500 太瓦时。

3. 欧盟 CSP 技术发电路线图

根据欧盟战略能源技术行动计划（SET-Plan）确定的目标，欧洲太阳能热电力协会（ESTELA）发展 CSP 技术的路线图如表 1 所示。

表1 欧盟 27 个成员国 CSP 技术发电路线图

年 份	2010	2020	2030
装机容量/吉瓦	0.83	30	60
CSP 电力消费率/%	0.08	2.4	4.3

ESTELA 的技术专家报告^[6]认为，根据欧盟与

北非国家签署的联合共同开发太阳能资源的协议，以及所计划建设的欧盟-北非电力系统的联网，欧盟将从 2020 年起，每年进口北非太阳能电力 60 太瓦时；到 2030 年，进口量将达到 230 太瓦时。欧盟 27 个成员国 CSP 技术的发电量，再计入北非进口的太阳能电量，到 2030 年，欧盟 CSP 技术的电力消费量将占到欧盟电力消费结构的 10%^[7]。

根据国际能源署（IEA）2010 年出版的 CSP 技术发展路线图^[8]，全球 CSP 技术发电装机容量，预计到 2020 年，将达到 148 吉瓦，发电量 340 太瓦时；到 2030 年，将达到 337 吉瓦，发电量 970 太瓦时；到 2050 年，将达到 1 089 吉瓦，发电量 4 050 太瓦时。而欧洲可再生能源理事会（EREC）的研究报告^[9]预计，欧盟 27 个成员国 CSP 技术发电装机容量，到 2020 年，将达到 12 吉瓦，发电量 38 太瓦时；到 2030 年，将达到 27 吉瓦，发电量 121 太瓦时；到 2050 年，将达到 50 吉瓦，发电量 254 太瓦时。此意味着，到 2050 年，欧盟 27 个成员国 CSP 技术发电量只占到全球 CSP 技术发电总量的 2.5% 左右。

最近几年，欧盟 CSP 技术设备制造工业的年业务量从忽略不计迅速发展到现在每年 4 兆瓦装机容量的业务，可生产制造 CSP 技术设备的规模化工业企业和工程公司也从几家增加到数 10 家。

CSP 技术设备制造企业的国际化程度相对较高，往往利用自己的专门技术同当地的民用工程公司合作，共同承担大型 CSP 技术发电厂设施的建设。CSP 技术大部分的原材料供应企业也从中获益，包括玻璃、钢材、铝合金和混凝土工业企业等。例如，最近几年，槽式发电厂真空集热管供应商的订货量快速上升，以至于到货期已延长至 18 个月。

4. 制约欧盟 CSP 技术商业化应用的障碍及对商业化应用的一些措施

（1）制约欧盟 CSP 技术商业化应用的障碍

目前，制约欧盟 CSP 技术发电规模化的商业应用，主要面临的障碍有 2 点：

一是发电成本相对过高。CSP 技术发电相对较高的建设、运营和维修成本价格及现有的主流技术（如槽式和太阳能塔式）发电的成本价格，与其他能源资源的竞争力还存在一定距离，但尚有较大的

改进空间。

二是研发创新投入不足。在 CSP 技术发电的研发创新方面,如对创新型 CSP 技术发电的总体设计的研发及熔盐/槽式、直接蒸汽/线性菲涅尔、熔盐/太阳能塔和混合燃料联产技术的研究开发等,欧盟的资金投入明显不足。

(2) 对 CSP 技术商业化应用的一些建议

一是应开展对低成本、长时间热能储存系统的研究开发,由此,可提高 CSP 技术发电的灵活性和电力可靠性。理想的热能储存技术,是储存系统能达到超过 8 小时的满负荷储存量。

二是在基于成本价格的前提下,可扩大 CSP 技术发电的应用市场,如海水淡化、制盐、制氢、制冷、空调和热电联产等。

三、 欧盟集中式太阳能发电技术的发展趋势

目前,欧盟层面资助支持 CSP 技术发电研发创新活动及其创新成果推广应用的,主要是欧盟第 7 研发框架计划(FP7)和欧盟战略能源技术行动计划(SET-Plan)。

欧盟工业企业组成的欧洲太阳能热电力协会(ESTELA),负责具体制定 CSP 技术发电可持续发展的路线图和实施可操作的行动方案,并主导 CSP 技术发电的研发进程;欧盟委员会则支持和鼓励 ESTELA 积极同成员国、区域、科技界和利益相关方紧密合作,制定 CSP 技术发展扶持政策和协调各参与方的协同行动。

2008 年,欧盟委员会建议组织实施的欧盟第 6 个新能源工业行动计划(EIIs)开始实施,主要包括:风能、太阳能(CSP 技术发电和太阳光伏能)、碳捕获及储存技术(CCS)、智能电网、生物质能源和核能。首批 4 个 EIIs 计划,包括 CSP 技术发电行动实施方案的启动,已于 2010 年 6 月,在西班牙马德里举行的欧盟战略能源技术行动计划(SET-Plan)大会上,正式对外宣布。

1. 太阳能工业行动计划优先研发目标

太阳能工业行动计划(SEII)确定的 CSP 技术发电的 3 大重点优先研发目标^[10]是:降低电力生产、运营和维修的成本,完善 CSP 技术发电的灵活性和可靠性,强化创新型技术的研发创新,其

主要内容包括 4 个方面:

(1) 制定欧盟委员会统一的促进 CSP 技术发展政策,增加欧盟及成员国的研发投入,吸引和扩大全社会投资,强化技术的研发创新活动。

(2) 制定和实施统一规划,加速 CSP 技术发电科研基础设施和规模化示范工程建设。基于降低成本价格的前提下,进一步优化结构设计和标准化的改进。

(3) 加强新一代 CSP 技术发电的研发创新,着重解决 CSP 技术发电关键技术的突破和成本价格的下降,扩大适合 CSP 技术的商业应用市场,包括混合技术发电和各种应用技术开发等。

(4) 扩大国际科技合作,支持形成全球的统一研发市场和技术应用市场,提升欧盟工业企业的竞争力和世界先进水平,鼓励保护知识产权和 CSP 系列技术标准的国际化,特别要重视北非国家太阳能资源的开发和欧盟-北非电网衔接基础设施建设。

2012 年 4 月,欧盟大型太阳能发电场(包括 CSP 技术和太阳能光伏发电)旗舰项目落户希腊,因希腊每年平均 300 个光照日。该旗舰项目预计直接投资 200 亿欧元(2012 年恒定值),装机容量 10 吉兆,总占地面积 200 平方公里。

2011 年 11 月,欧盟两大新能源集团 DESERTEC 和 MEDGRID 结成联盟,共同联合开发北非和地中海沿岸国家的太阳能和风能资源,计划建设装机容量 20 吉兆的太阳能和风能发电场,生产的电力 75% 当地消费,25% 输送至欧洲市场消费^[11]。

2. FP7 确定资助支持的 CSP 技术优先领域

欧盟第 7 研发框架计划(FP7)确定资助支持的 CSP 技术重点优先领域涉及 5 个方面:

(1) 建设应用不同 CSP 技术的大尺度发电示范工程,用于优化设计和比较,加强经济上的可行性和适应性研究。

(2) 提升 CSP 技术发电厂的运营操作性和降低技术生产成本。

(3) 太阳能 CSP 混合技术和扩大应用技术研究,包括 CSP 技术与天然气或生物质能源混合,CSP 技术应用于热电联产、制盐、制氢、制冷和空调等。

(4) 欧盟层面大型 CSP 技术科研基础设施建

设及人才队伍建设。

(5) 25 兆瓦单机装机容量 CSP 技术发电设备的规范化设计和标准化研发。■

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [R]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2011.
- [2] US Department of Energy. Concentrating Solar Power Commercial Application Study: Reducing Water Consumption of Concentrating Solar Power Electricity Generation [R]. Washington: US DOE, 2009.
- [3] European Solar Thermal Electricity Association [/OL]. [2012-08-15]. <http://www.estelasolar.eu/>.
- [4] Gemasolar Thermosolar Plant [EB/OL]. (2011-10-24). http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=40.
- [5] ESTELA. "Solar Power from the Sun Belt"—The Solar Thermal Electricity Industry's Proposal for the Mediterranean Solar Plan [R/OL]. (2009-06). http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/2009_-_ESTELA_-_MSP_17_-_09_07_06_FINAL_.pdf.
- [6] ESTELA. "Solar Power from Europe's Sun Belt"—A European Solar Thermo-Electric Industry Initiative [R/OL]. (2009-06). http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/2009_-_ESTELA_-_STEII__SET-Plan__06_-_09_07_03_FINAL_-_NO_LIST_.pdf.
- [7] DESERTEC. White Book: Clean Power from Desserts—The Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security [R/OL]. 4th ed. (2009-02). http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/DESERTEC-WhiteBook_en_small.pdf.
- [8] International Energy Agency (IEA). Technology Roadmap: Concentrating Solar Power [R/OL]. (2010-10). http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/csp_roadmap.pdf.
- [9] Greenpeace, European Renewable Energy Council (EREC). Energy [R/OL]. (2010-06). Evolution—A Sustainable World Energy Outlook [R/OL]. (2010-). <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2010/fullreport.pdf>.
- [10] European Solar Thermal Electricity Association (ESTELA). Solar Thermal Electricity European Industrial Initiative (STE EII): Implementing Plan 2010–2012 [R/OL]. (2010-05). <http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/Policy/2010%20-%20ESTELA%20-%20STE-ESII%20Implementation%2010%2005%2026%20-%20REV-4.pdf>.
- [11] 张志勤, 吴鹏. 欧盟两大新能源集团强强联合 [EB/OL]. (2011-11-25). <http://www.chinamission.be/chn/zogx/kjhz/t881279.htm>.

Research and development of concentrated solar power technologies and its future trends in the EU

ZHANG Zhiqin

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

Abstract: Concentrated Solar Power (CSP) is a newly emerging technology in recent years in the EU. Based on the accumulated knowledge and technologies, the CSP has developed into an independent technology branch and become technically mature. CSP technology is suitable to be applied in sunny desert and gobi areas such as Mediterranean coast. This paper analyzes the R&D situation, market prospect and future development of CPS technologies in the EU, which could provide important references for the sustainable development of new energy technologies in China.

Key words: EU; concentrated solar power (CSP) technology; R&D innovation; policies and measures