

欧盟地热能源技术研发及未来发展趋势

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 欧盟地热能源技术相对成熟,但其进一步的研发创新和技术推广应用存在技术和政策屏障。当前最主要的障碍是,钻井的高成本和储量不能达到预期生产目标。排除这些障碍,将成为欧盟地热能源技术未来的研发趋势和发展方向。通过详细分析欧盟地热能源技术的研发现状、市场前景和发展趋势,旨在为中国新能源技术的可持续发展提供有益的路径和经验借鉴。

关键词: 欧盟; 地热能源; 地源热泵; 双循环技术

中图分类号: TK 529 (5)-1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.02.004

1 欧盟地热能源技术的研发现状

地热能源可以满足工业和家庭的应用,用于替代化石能源,从而降低欧盟对外能源依赖和提高能源供应的安全可靠性。地热能源生产电力具备相对的灵活性,可以作为电网的基础负荷,平衡间歇式可再生能源接入电网所造成的不稳定压力。地热资源的热力供应具有广阔的直接和间接应用前景,但还有待进一步的市场开发。目前,欧盟地热能源技术的研发创新活动,主要集中于开发地热资源的电力生产技术和利用地源热泵 (Ground-Source Heat Pumps, GSHP) 气体压缩机生产经济社会效益上合适的热力技术。

欧盟预期的地热能源潜力包括装机容量为 3.5 GW (28 TW·h) 的水热发电 (Hydrothermal Electricity)^[1]和约为 70 GW (560 TW·h) 的创新型增强性地热系统 (EGS, Enhanced Geothermal Systems) 发电能力,而欧盟的 EGS 技术研发正处于示范项目的优化阶段。欧盟地热能源热量利用的统计数据至今尚不完整,但地热能源热量利用在欧盟 27 个成员国中均广泛存在,并继续快速扩大。联合国政府间气候变化委员会 (IPCC) 的专家报告估计,到 2050 年,地热能源可提供全球电力供应

的 3% 和供热/制冷能源需求的 5%^[2]。

地热能源是来自地球表面积以下的热量储存,其能量储存和可利用的主要形式包括:

(1) 利用地源热泵 (GSHP) 可开采温度相对较低的地下岩热和水。

(2) 传统意义上的地热资源,统称热流 (Hot-Fluid), 包括热水、热盐水和理想情况下的水蒸汽。

(3) 储存在地下深层热岩的热能量,包括干、湿和/或断裂性,往往伴随着高压,最初的穿透性措施在经济上开采不合算,必须采用创新型 EGS 系统辅助设施的刺激技术^[3]。

欧盟设立于法国 Soultz-suos-Foret 的地热能源发电研发示范项目,是世界上目前研究 EGS 技术比较重要的大型科研基础设施,已显示出 EGS 技术的优越性及经济上的可行性。欧盟的地热能源行业通常被区分为地热热能直接利用和间接利用 (发电),其对应的两大技术分别为 GSHP 和 EGS。欧盟地热能源在部分情况下采用热电联产混合利用技术,其地热发电剩余热量向居民小区提供热力供应。

自然界自然产生的,地下深度在 1~3 km 的热流被开发用于化石能源的替代,或发电或热能直接利用。利用后的热源被再次注入地下或直接排放。而作为对比,EGS 技术为保持对地热岩层/盆地形

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与自动控制。

收稿日期: 2012-09-17

成适当的穿透性，所采取的刺激措施如水压法、化学法或水压—化学混合法，使用后的热源一般被注入到深度为 3~6 km 地下岩层，用于地下热能恢复的补充。

利用地热能源生产电力，主要取决于地热源热流的温度和压力。

(1) 直接蒸汽涡轮机 (Direct Steam Turbines, DST) 技术利用地热高温蒸汽源直接生产电力，从而保持最低的电力生产成本。然而其开环配置 (Open Loop Configuration) 将对环境造成一定的不良影响，因此需要对剩余热流排放给予更好的管理，这将增加生产成本。

(2) 对高温盐水和蒸汽的混合热源而言，闪蒸蒸汽发电厂 (Flash Steam Plant, FSP) 技术在经济上是最好的选择。从液体中分离出来的蒸汽，在涡轮机内膨胀形成的推力生产电力，而高温盐水通过采用级联技术提供热力供应。

(3) 双倍闪蒸蒸汽系统 (Double-Flash Steam Systems, DFSS) 技术，高温盐水通过依次相连的分离器，各分离器内的压力逐级降低；闪蒸蒸汽通过不同的气流通道注入双倍入口涡轮机 (Dual-Entry Turbine) 的相应部分，形成推力生产电力；其最大的优点是更好地利用地热资源和提高技术的总体循环效率，但将增加额外的成本。

(4) 双循环技术 (Binary Cycle Technology, DCT)，将地热盐水隔离成两个回路各自循环，次级回路和工作流体回路；工作流体被高温盐水汽化注入涡轮机生产电力，然后通过空气或水冷凝器进行冷却浓缩，泵回到热交换机再次被高温盐水汽化，往复循环生产电力。

温度在 120~180 °C 的地热资源，DCT 技术的热效率高于 FSP 技术，并具有更好的环境效益，但成本也更高。温度低于 120 °C 的地热资源，只能利用 DCT 技术生产电力。目前，欧盟 DCT 技术发电厂主要采用的是有机朗肯循环 (Organic Rankine Cycle, ORC) 或卡利纳循环技术 (Kalina Cycle Technology, KCT)，所采用的技术为成熟技术，单机容量从 60 kW 到数千 kW 不等。欧盟还利用地热资源与其他能源混合使用，例如，地热资源与集中式太阳能发电和/或生物质能源联合发电等。

欧盟地热资源的利用技术主要分布在：利用分

布式热力网络系统，向建筑物供暖和/或制冷；洗浴、康复和游泳池的温水供应；温室大棚农业或露天提高地温促进农作物生长，包括蔬菜、花卉、树苗和香蕉等；烘干植物或谷物，包括海藻、洋葱、小麦及其它谷类、水果、苜蓿、椰肉和木材等；水产养殖业，包括罗非鱼、大马哈鱼、鲱鱼、热带鱼、龙虾、对虾、虾类和短吻鳄等；工业热能利用，包括水的纯化或脱盐、食品加工、皮革加工、奶制品的巴斯德杀菌、水或碳酸饮料的装瓶、造纸和纸浆、化学催化、破或盐萃取、棚酸或棚酸盐生产等；冰雪融化和新型利用，包括公路和机场跑道除雪、CO₂ 分离和室内空气制冷等^[4]。

地热泵或地源热泵 (GHP/GSHP) 利用电网提供的电力，将地热资源转换成有用的地热能源，满足经济社会对电力或热量的需求。

欧盟 GSHP 系统主要分为开环和闭环 2 种类型 (Open- or Closed-Loop)，开环系统抽取地下热水源进行利用，而将使用过的热水返回或废弃排入下水道；闭环系统又称大地耦合 (Earth-Coupled) 系统，使用水或加入防冻剂的水作为工作流体，在埋入地下的回路管道中循环，抽取地下热源加热工作流体获取地热能源。地下管道回路的埋设可以是垂直或水平两种方式，前者的效益相对较高，但成本更昂贵和埋设的空间受到限制。地下管道回路埋设的深度取决于土壤地质结构、回路配置和系统装机容量，水平回路相对于 4~50 m 的地热水井埋设深度一般在 2 m 左右，而垂直回路可以达到 250 m 甚至更深，因此，也被称作井下热交换机 (Borehole Heat Exchanger)^[5]。欧盟的 GSHP 技术属于成熟技术，但技术的应用需要大量的资金投入，因此，也属于资本投入密集型技术。

GSHP 系统的效率测定，一般采用性能系数 (Coefficient of Performance, COP)，即获取的能源输出与自身消耗的电力之比。欧盟 GSHP 系统的效率平均为 COP 3.5，效率高的系统可达到 COP 6。作为比较，欧盟 GSHP 水热发电的热—电转换率一般在 7%~20% 之间变化，而增强性地热系统 (EGS) 的热—电转换率一般在 7%~12% 之间，两者均存在很大的改善空间^[6]。表 1 列出了欧盟地热能源主要技术的效率及容量因子，所有地热能源技术的效率需扣除系统外电力的消耗，尤其是热泵的能

源消耗。

表 1 欧盟地热能源主要技术的效率和容量因子

地热能源技术	效率	容量因子/%
GSHP (平均)	3.5	19~30
GSHP (较高)	6.0	25
水热发电	7%~20%	90
EGS 发电	7%~12%	90
热力供应		37
洗浴或游泳池		52
工业热加工		70

数据来源: 2011 年欧盟联合研究中心 (JRC) 数据。

目前, 欧盟地热资源储量评估及管理技术, 包括基于数字模拟系统的地热资源评估技术的研发, 已进入关键的应用优化阶段。大量的研发活动集中于利用高温盐水生产电力, 包括: 结晶反应器纯化技术和 pH 值修正技术的研发及应用。但是, 任何一项新技术的应用都有可能继续增加地热能源利用的运营和管理成本, 因此, 技术在研发过程中, 必须高度重视降低技术的成本。比如, 采用 pH 值修正技术进行规模化的防腐蚀控制, 腐蚀的程度有可能变得更为严峻, 如果再采用更昂贵的铁材料, 必将大大提高生产成本。新型技术的研发及应用, 包括对双循环技术 (DCT) 发电厂空气冷凝器增加增强性蒸汽冷却, 可以在夏季原有的基础上提高效率达 40%; 相对有机朗肯循环 (ORC) 技术, 卡利纳循环系统采用氨水和水混合型工作流体, 可以显著提高地热资源转换效率。

地热泵可变速压缩机替代不变速压缩机, 可以提高 27% 的地热资源利用效率。新型先进的倍增和甚至 3 倍增吸收装置, 可以在原有基础上提高性能系数 COP1, 甚至地热资源温度在 80~100 °C 期间, 也能满足热力供应需求。欧盟近几年地热泵的性能系数一直在缓慢提升, 每年约提高 2%。二氧化碳 (CO₂) 作为工作流体应用于地热泵系统, 将大大提高系统的成本, 但性能系数可达到 COPS, 不存在影响环境的氟利昂 (Freons) 或丙烷 (Propane) 问题。

欧盟利用地热资源生产电力是未来的发展趋势, 温度超过 200 °C 的地热资源倾向于闪蒸蒸汽 (FSP) 技术的应用; 而温度低于 180 °C 的地热资源多使用双循环技术 (DCT), 也使用 FSP 与 DCT

混合技术, 采取级联配置以提高效率。增强性地热系统 (EGS) 技术的应用有扩大的趋势, 可用于传统地热资源以提高生产能力。其他两项发展较快的技术, 包括地热资源与生物质燃料/生物气混合发电厂和地热盐水中加入金属催化, 从而提高地热发电厂的整体经济效益。

欧盟地热资源开发的钻井成本占到总成本的 50%~70%, 包括传统的地热资源开发和增强性地热系统 (EGS) 开发。钻井成本主要来自地热井的钻探和钻塔及设备的运输, 取决于石油天然气的价格、当地的地质构造 (岩石硬度和钻井长度)、钻井成功率 (获得合适的资源) 和钻井深度 (合适资源和合适温度)。

目前, 欧盟一座 50 MW 典型的传统地热发电厂, 平均每口井装机容量 5 MW, 钻井成功率 67%, 钻井成本为 1 285~2 285 欧元/kW^[7]。每天的钻井费用 3 万~10 万欧元之间, 钻井及人工和辅助设施材料及服务各占 50%。欧盟闪蒸蒸汽 (FSP) 技术, 整个地热发电厂的投资成本为 1 600~3 200 欧元/kW; 双循环技术 (DST) 发电厂投资成本为 2 600~4 500 欧元/kW; 增强性地热系统 (EGS) 发电厂投资成本为 8 500~26 000 欧元/kW。欧盟地热资源生产电力的成本价格, 在高焓 (High-Enthalpy) 地区 (如意大利) 约为 50 欧元/(MW·h), 同化石燃料发电厂生产电力的成本价格不相上下; 但在低焓地区, DST 发电厂生产电力的成本价格将高达 300 欧元/(MW·h)。传统的地热资源热力供应成本价格相对低廉, 但现代地热资源热力供应的成本价格主要取决于热量来源是主产品还是副产品, 如 EGS 技术开发地热资源的成本价格最高, 热力供应成本价格为 40~100 欧元/(kWhth)。

欧盟地热泵系统的建设成本, 典型的独立户型家庭用地热泵容量 6~11 kW, 建设成本为 1 000~2 500 欧元/kW; 工业或商业用地热泵容量 55~330 kW, 建设成本为 700~950 欧元/kW^[8]。资本投入的成本还将主要取决于地热交换机的布局是水平部署还是垂直部署。

新型地热资源发电厂的容量因子 (Capacity Factor) 通常情况下可以达到 90%, 最高可达 95%, 而全球目前的平均值是 74.5%, 其欧盟地热能源主要技术的容量因子见表 1。

此外，地热能源开发钻井技术与石油天然气开发钻井技术基本相同，主要的不同在于：地热钻井通常情况下需要更大的井口直径，将直接增加钻井成本；地热盐水相对石油天然气更具腐蚀性，需要不同的外壳材料和固井方法；地热的热膨胀效应，需要对完井（Well Completion）采取特殊的措施；高温效应降低钻头的寿命；增强性地热系统（EGS）地热岩石的硬度，明显高于石油天然气的地质结构硬度，影响钻头寿命和掘井速度。

2 欧盟地热能源技术的市场需求

2.1 技术市场

根据地热资源的分布不同，欧盟地热资源发电主要包括3种不同的技术市场：

（1）高温水热发电市场。欧盟高温水热发电市场装机容量为910 MW，与其他国家相比，相对较低，如美国3100 MW，菲律宾1970 MW。欧盟高温水热发电市场较小的主要原因是，经济上可开采合适深度的高温水热资源较少，特别是钻井开发的成本过高。欧盟27个成员国尚未开发的高温地热储量主要分布在意大利、西班牙的Canaly岛、葡萄牙的Azores和Madeira地区、以及法国的海外省Guadalupe。

（2）低温水热发电市场。欧盟低温水热资源通过双循环技术（OCT）发电，可开采的地热资源储量在欧洲的分布比较广泛，资源储量相对比较集中的成员国包括奥地利、法国和德国。欧盟低温水热发电装机容量较小的主要原因有，较小的单机装机容量、较高的成本价格和相对较低的热转换效率，但该市场由于得到欧盟各成员国较高固定电价政策措施的刺激，仍然每年以缓慢的速度在增长。

（3）增强性地热系统市场。欧盟增强性地热系统（EGS）技术仍然处于相对早期的研发创新阶段，目前欧盟研发示范基础设施的装机容量为5 MW，已显示出极具发展的潜力，预示着地热资源未来市场的发展方向。欧盟部分EGS技术研发示范工程计划已着手实施或正在计划设计阶段，包括英国、德国等国，其中2项示范工程已得到欧盟新能源技术可持续发展计划（NER 300）的资助支持。

2.2 供应市场

欧盟的地热热力供应市场主要分为两大部分：一

是前端的地热泵市场，二是直接的热力供应市场。

（1）地热泵市场。2010年，欧盟地热泵市场，由于得到各成员国的财政支持，例如，管道补贴，对其高成本形成资本收益平衡，因此，正在迅速地得以恢复发展。而直接的热力供应市场却意外地变化不定，大部分增长计划未能得到实现，欧委会认为，其主要原因是成员国的政策变化过快，引发市场的观望。

2010年，欧盟新增地热能源发电装机容量20 MW（意大利），从而使欧盟地热总装机容量达到863 MW，其中，765 MW已接入电力系统^[9]。作为比较，欧洲其他国家，如：冰岛的地热装机容量为575 MW；土耳其的地热装机容量为82 MW。2010年，世界地热总装机容量达10.9 GW，各种地热能源主要技术的分布：闪蒸蒸汽技术（FSP）42%；双倍闪蒸蒸汽技术（DFSS）20%；干蒸汽技术（Dry Steam）26%；双循环技术（DCT）及混合技术12%。2011年，世界上共有24个国家建设了地热能源发电厂，近年来，世界地热装机容量年增长率平均为2%左右^[10]。

（2）热力供应市场。2009年，欧盟地源热泵（GSHP）热力供应市场的装机容量保持在12.6 GWth，地热泵（GHP）热力供应市场的装机容量为2.86 GWth。

2009年，欧盟地热能源发电总量达5.55 TW·h，其中意大利占欧盟发电总量的96%，而全球地热能源发电总量为67 TW·h。2009年，欧盟地热能源热力供应总量等值30.7 TW·h，其中来自GSHP技术相当于20.1 TW·h，GHP技术直接热力供应10.6 TW·h^[11]。2010年，全球投入到可再生能源领域的资金达2020亿欧元，而投入到地热能源发电领域的资金不到其中的1%，只有16亿欧元^[12]。

欧委会和欧盟地热能源理事会（EGEC）确定了地热能源相对较高的发展目标：2020年地热能源装机容量达到1.5~6.0 GW；2030年达到7.0~21.0 GW；2050年达到10~100 GW。2011年，全球地热能源新增装机容量停滞不前，而按照新能源投资的预期报告^[13]，到2020年全球需要新增地热能源装机容量16 GW。

欧委会认为，欧盟地热能源开发利用的最主要障碍是，钻井的高成本和储量不能达到预期生产目标。欧盟目前地热能源勘探开发钻井的成功率

在 20%~60% 之间, 甚至生产用井的钻井失败率达到 30%~40%, 对地热能源的投资影响很大。地热能源钻井工业企业与地热能源运营管理工业企业之间的发展目标也不相一致, 例如, 当石油天然气价格上升时, 地热能源开发钻井的成本价格也大幅度随之上涨。其他两项制约地热能源技术推广应用的主要障碍分别是: 促进地热能源技术可持续发展政策措施的缺失, 如技术研发的投入不足、技术标准不完善, 以及地热资源的所有者身份确认和地热资源开发复杂的许可证颁发程序。欧盟成员国的投资激励措施, 特别是支持可再生能源发展的政策措施多变, 前后不一致和相互不协调, 例如, 欧盟 13 个成员国为地热能源发电提供的固定入网电价分别在 25~300 欧元/(MW·h) 之间不等, 在积极推进欧盟统一能源市场建设中, 很难让投资者对这种不适当政策的持续稳定性给予信任。地热能源开发复杂的许可证颁发、政策法规框架的滞后和繁琐的行政程序, 意味着长时间的耐心等待、工程拖延和投资的不确定性。地热能源开发对环境的负面影响引起社会公众的广泛关注和接受难度, 例如, 视觉和气味的相关影响、地热能源利用的低效率、以及残余物及废弃热量的排放等, 均阻碍了欧盟地热能源技术大范围的推广应用。欧委会强调, 地热能源技术属于新兴使能技术, 包括增强性地热系统 (EGS)、双循环技术 (DCT)、新型地热钻井技术等, 需要欧盟成员国和各相关利益方形成共识, 增加地热能源技术的研发投入, 加快工程师和高素质技术人员的培养, 关键是降低地热能源开发的成本和提高效率技术的研发创新。

3 欧盟地热能源技术的未来发展趋势

目前, 欧盟地热能源技术的研发创新涉及多学科、多领域和多行业, 难以形成合力, 绝大部分新型技术的研发属于综合性开发技术。欧盟第七研发框架计划 (FP7) 和欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan), 以及地热能源工业技术网络平台, 联合资助支持的关键技术研发创新活动, 主要集中于以下优先技术领域的突破:

(1) 超高温、超高压深层地热资源的有效利用技术, 以及腐蚀性盐水处理及新型材料技术。

(2) 地热资源特性的研究, 包括地温梯度和

热流量机理的基础研究, 地质结构包括岩石学和水文地质学, 地质构造引发地震的机理研究等。

(3) 地热田的设计及开发技术研究, 包括计算机数字模型、地质断裂特征图、原位应力测定 (In-Situ Stress Determination) 和最佳刺激区预测技术等。

(4) 刺激 (Stimulation) 技术的研发, 聚焦创新型刺激技术、改进型连接井口与地热源技术、增强性穿透液刺激技术、地震/非地震地质运动剪切过程分析及模型、地热模块的化学刺激技术、实验室及现场测试技术、环境友好性化学催化剂技术。

(5) 地热田运营及维护技术的研发, 包括通过储量短暂变化进行储量功能的检测分析技术、新型检测工具和测绘工具、盐溶液与岩石的相互作用、创新型再注入设计技术 (井内循环、冷却技术)、微地震诱导技术、地热田储量的力学演变、地热田寿命和地热田从分钟到数 10 年期的储量模型。

(6) 盐溶液地热田开发技术的研发, 包括: 金属部件表面的缩小及防腐技术、热交换机和过滤器以及管道的防腐技术、适应或经济上合适的防护技术及产品、地热泵的可靠性从 6 个月延长至 12 个月。

目前, 欧盟闪蒸蒸汽技术 (FSP) 的研发创新活动主要集中于提高效率、改进对地热源浓盐水的抗腐蚀能力和降低地热资源各种污染物及碳排放。双循环技术 (DCI) 的研发创新主要集中于积极探索氨水的利用和其它更环保的方式替代碳氢燃料和氟利昂。有机朗肯循环技术 (ORC) 的研发创新将主要集中于利用新型热传输工作流体提高效率和进一步改进制造能力提升整体收益率。卡利纳循环技术 (KCI) 主要集中于可靠性和降低成本, 与 ORC 技术形成良性竞争。

欧盟增强性地热系统 (EGS) 技术的研发目标是探索新的和合适的技术方式, 便于利用 EGS 技术可持续开发地热资源, 特别是适合地方利用的技术。热交换机的研发主要集中于提高热转换效率, 在合适的经济条件下提升对热盐水的抗腐蚀强度。欧盟相关的地热能源技术研究还包括热力、制冷、热-冷结合、高温热量储存技术、地热能源与太阳能或生物质能混合利用技术、空调系统技术以及整合节能建筑技术等。

欧盟地热泵制造行业的技术挑战主要包括降低

制冷剂的成本价格和产品质量及可靠性^[14]。因此，欧盟热泵技术的研发创新将主要集中于：地面易操作部件的安装/拆卸技术；先进的控制系统技术；自然和高效的工作流体技术；恶劣气候环境条件下的单联级与多联级热泵技术；地热源的二次利用（混合型地热源）技术；系统整体改进技术^[15]。

欧盟地热能源创新型设计技术及其推广应用，将主要集中于自动冷热联动（空调）、农业利用、工业热加工、公路和飞机跑道的除冰及雪融技术，以及地热能源的混合利用和在节能建筑领域的应用。■

参考文献：

- [1] Global Geothermal Markets and Strategies: 2009–2020[R]. Cambridge, Massachusetts: Emerging Energy Research, 2009–05.
- [2] IPCC. Special Report on Renewable Energy Source and Climate change Mitigation[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011.
- [3] Workshop on Geothermal Electricity[R]. Brussels: European Commission, 2011–04.
- [4] Lunda J W, Freestonb D H, Boyda T L. Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review[J/OL]. Geothermics, 2011, 40(3): 159–180. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375650511000344>.
- [5] European Future Energy Forum. Geothermal Energy in Europe: Today and in Future, 2009.
- [6] Enhanced Geothermal Innovative Network for Europe Coordination Action[R]. Brussels: European Commission, 2008.
- [7] Geothermal Research Note[R]. Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2011–08.
- [8] The UK Supply Curve for Renewable Heat[R]. National Economic Research Associates (NERA), 2009.
- [9] The State of Renewable Energy in Europe[R]. EurObserv'ER, 2011–02.
- [10] BP Statistical Energy Review 2011[R]. British Petroleum (BP), 2011.
- [11] Ground-Source Heat Pump Barometer[R]. EurObserv'ER, 2011–09.
- [12] Renewables 2011-Global Status Report[R]. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). 2011–07.
- [13] Geothermal Market Outlook[R]. Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2011–02.
- [14] Presentation of Heat Pump Statistics 2010[R]. European Heat Pump Association (EHPA), 2011.
- [15] Heat Pump Programme[R]. International Energy Agency (IEA), 2008.

Development of Geothermal Energy Technologies and Its Future Trends

ZHANG Zhi-qin

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

Abstract: Geothermal energy technologies in the EU are relatively mature, however, their further R&D and innovation as well as technology application encounter both technology barriers and policy ones, for example, the cost of drilling is too high; its geothermal energy reserves cannot reach the expected output goals. The trends of R&D and innovation for geothermal energy technologies will be to make breakthrough in key areas of geothermal energy in the EU. This paper analyzes the R&D status, market prospect and development trends of geothermal energy technologies in the EU, hoping to provide beneficial clue and important references for the sustainable development of new energy technologies in China.

Key words: EU; geothermal energy; ground-source heat pump; dual cycle technology