

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2015.02.006

浅析我国太阳能光热发电产业发展趋势^{*}

高子涵¹, 乔婧², 黄裕荣³

(北京市科学技术情报研究所 100120)

摘要: 随着空气质量、环境污染等问题日益严重,传统能源正遭受越来越频繁的质疑,各种新能源从诞生之日起就备受期待。太阳能光热发电是新能源利用的一个重要方向。本文从政策、产业链、示范项目等方面,分析了我国太阳能光热发电产业发展现状;并从政策环境、光热发电技术、技术经济性等方面,探讨了制约我国太阳能光热发电产业链发展的因素。

关键词: 太阳能光热发电, 产业现状, 发展趋势

中图分类号: TK519, TM911, TK514

The Analysis of the Tendency of Solar Thermal Power Industry in China

GAO ZiHan¹, QIAO Jing², HUANYuRong³

(Beijing Municipal Institute of Science and Technology Information, Beijing, 100120)

Abstract: As air deterioration and environment pollution are getting severe, traditional energy is seriously questioned increasingly. People are thus paying much more attention to new kinds of energy. One important among them is solar thermal power, which has become a new investment of renewable energy across the world.

Keyword: Solar thermal energy, industry, tendency of development

基金项目: 本文系北京市财政资金项目“北京高新技术产业竞争情报服务环境分析平台建设”(项目编号:PXM2014-178214-000009)研究成果之一。

作者简介: 高子涵,女,1985年生,本科,北京市科学技术情报研究所研究实习员,研究方向:科技情报,E-mail:95806531@qq.com;乔婧,女,1987年生,本科,北京市科学技术情报研究所研究实习员,研究方向:科技情报;黄裕荣,女,1979年生,硕士研究生,北京市科学技术情报研究所助理研究员,研究方向:科技情报。

太阳能光热发电是新能源利用的一个重要方向。太阳能光热发电正在成为世界范围内可再生能源领域的投资热点。^[1-2] 一年可发电量来讲,我国潜在的太阳能光热发电年发电潜力为42000TW·h/年。这意味着,即便在未来,所有的化石能源枯竭之后,我国仍然有着丰富的稳定的太阳能光热发电资源。而且发展太阳能光热发电也是我国经济发展的有效支点。^[3]

1 太阳能光热发电产业发展概况

1.1 国际太阳能光热发电产业现状

2007年,西班牙建成了首座光热电站,带领全球光热发电产业进入新一轮快速发展期,美国、阿联酋、摩洛哥、伊朗、澳大利亚、意大利、泰国、德国等都开始大力发展太阳能光热发电,全球的太阳能光热发电呈现一种“星火燎原”的态势,每年新增装机容量成倍增长,截至2012年底,全球已建成的光热发电站运装机容量已达

2574.25MW(见图1),并且还在快速增长中。^[4-5]

1.2 太阳能光热发电产业链概况

完整的光热发电产业链包括基本材料、主机设备的供应、系统的设计集成、电站的管理运营等部分。^[6-7] 其中,基本材料主要包括钢铁、玻璃、导热物质和储热材料,这些材料需要满足一定指标要求,如玻璃的透光率、储热材料的工作温度范围等;设备方面,太阳能光热电站的最重要设备包括反光镜、接收器、涡轮机以及储热储能设备等。^[8-9] 光热发电的关键技术也主要集中在上述环节,包括高反射率高精度反射镜、高温吸热器技术、高温储热技术、高热流密度下的传热以及各种相应设备的制造工艺和电站系统的设计、集成和控制技术等。^[10] 目前,我国太阳能光热发电处于产业化起步阶段。随着国外太阳能光热发电市场的快速发展,我国企业已经进入太阳能光热发电产业链的上下游环节,包括太阳能实验发电系统,太阳能集热/蒸汽发生系统等。



图1 全球太阳能光热发电累计装机容量(2007-2012年)

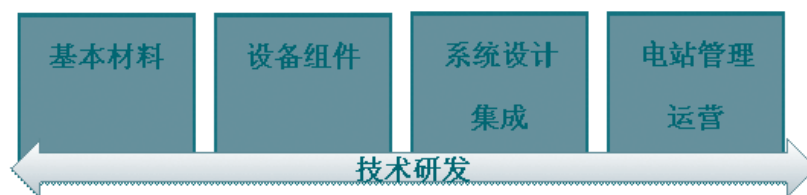


图 2 太阳能光热发电产业链

2 国内太阳能光热发电产业发展现状

虽然我国太阳能光热发电技术的实际应用尚在起步，但国家从“七五”期间就已经开始设立有关太阳能集热发电技术项目以对其进行技术跟踪，因而在太阳能集热发电的单元技术和人才培养上，积累了一定的基础。我国科学家目前已经掌握了一批太阳能光热发电的关键技术。我国企业敏锐嗅到光热发电的市场前景，在光热产业链上下游元件生产方面高速成长，已基本具备全产业链生产能力。在我国政府特许招标权的政策引导下，五大电力集团牵头投资，整体产业链已经初步形成。

2.1 政策推动产业发展，针对性政策有望出台

纵观我国太阳能光热发电产业政策的历史演变，我们可以发现，进入“十一五”之前，我国并没有专门针对太阳能光热发电产业的政策措施，只是制定了一些鼓励新能源和可再生能源的政策和规划。但是，这些政策客观上对于太阳能光热发电的发展起到了非常积极的推动作用。

“十一五”之后，国家针对可再生能源相继出台了一系列的法律法规、专项规划，并在科技投入上给予了有力支撑，可再生能源进入了飞速发展阶段。这个时期开始，涉及到太阳能的政策逐渐开始多起来，也越来越有针对性。在太阳能利用领域的政策，开始区分太阳能热利用，太阳能光伏发电和太阳能光热发电，政策针对性越来越强，目标也开始逐步明确。《可再生能源法》及相关配套规章和政策的出台，证明了国家对可再

生能源的重视，有利于各项可再生能源法律制度在全国的实施。《可再生能源中长期发展规划》中，首次要求建设太阳能光热发电站，并对 2010 年和 2020 年太阳能光热发电装机总容量的目标提出了具体、明确的要求。在重大的国家科技计划，“863”、“973”计划中也安排了太阳能光热发电技术及系统示范的项目。太阳能光热发电技术和产业在“十一五”期间得到了快速发展。^[11-12]

进入“十二五”之后，《产业结构调整指导目录（2011 年本）》把太阳能光热发电放在了鼓励类突出的位置。2012 年太阳能光热发电国家标准的颁布实施，将对我国太阳能光热发电技术和产业发展起到积极的规范和指导作用。2013 年《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》中，涉及新能源产业约 300 项，其中涉及了太阳能光热发电行业数十项相关产业和装备、技术服务，他们的出台意味着太阳能光热发电产业将更加收到鼓励。《可再生能源“十二五”规划》、《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》的颁布，为太阳能光热发电产业的发展提出了更高的目标要求。《太阳能发电发展“十二五”规划》、《太阳能发电科技发展“十二五”规划》两个专题规划的制定，不仅再次明确了太阳能发电的目标要求，而且对“十二五”期间的重点发展任务进行了详细的部署。

国家能源局正在制订《可再生能源供热实施方案》，方案重点落在供热应用上，以太阳能、地热和生物质能等供热方式为主。一份《太阳能供热制造意见》也在起草中，我国太阳能光热发电政策有望突破。

2.2 产业起步较晚，产业链初步形成

1981年的美国SOLAR ONE到SEGS（Solar Electric Generating System），国外技术先进国家已经有了数十年的经验。我国从2011年延庆塔式太阳能光热发电站开始，已经着手了这方面的研究。我国太阳能光热发电技术研究经过30多年的发展，太阳能聚光、高温光热转换、碟式聚光器系统的设计、兆瓦级塔式电站系统设计集成等方面已实现技术上的突破，太阳能光热发电

项目由科技部组织，进行自主技术的研发和示范电站建设，逐步从科研院所向企业转移，我国企业已进入太阳能光热发电产业链的上下游环节，目前国内已基本可全部生产太阳能光热发电的关键和主要装备，一些部件具备了商业生产条件，太阳能光热发电产业链逐步形成，独立建造大规模太阳能光热电站成为可能。

国家发改委、国家能源局和科技部也在持续关注和支持太阳能光热发电项目，支持太阳能光

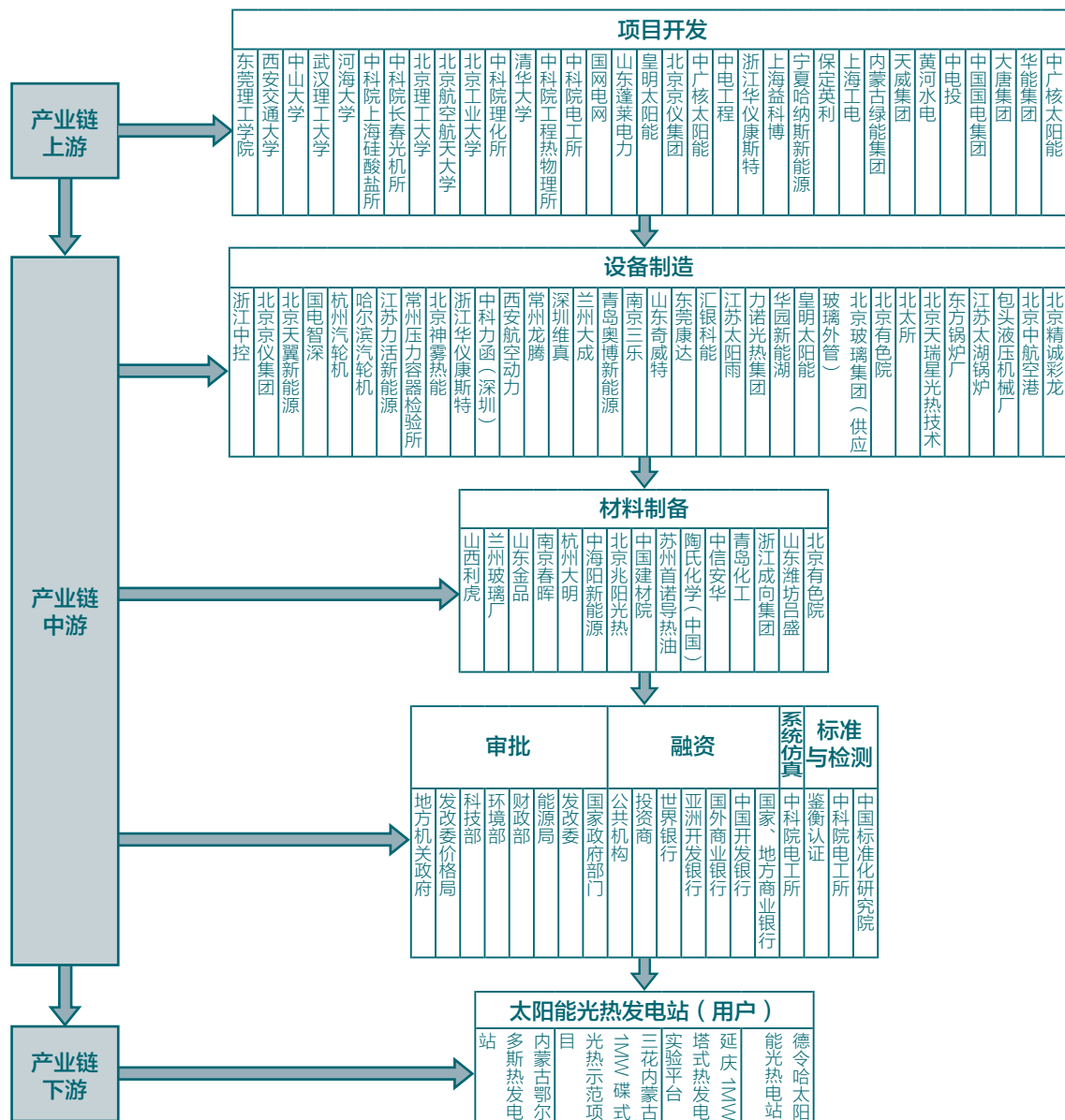


图3 我国太阳能光热发电产业链现状

热发电用材料、聚光部件、吸热部件、储热装置、系统集成和项目开发等，而在关键部件的开发方面，已经涌现出一批企业公司。但是现阶段我国光热发电的产业链还相当不完善。如图 3 所示，光热发电产业链的各个分支，包括太阳能光热发电用材料、聚光部件、吸热部件、储热装置、系统集成和项目开发等均有企业进入。在我国参与太阳能光热发电产业的企业有 98 家，其中参与项目开发有 34 家企业，主要有中广核太阳能、华能、大唐、中国国电、中电投等发电集团和企业。材料与设备共有 48 家企业，主要有北京有色院、中海洋新能源、北京京仪和浙江中控等企业，可见，我国光热发电的产业链正在形成之中。完整的光热发电产业链包括基本材料、主机设备的供应、系统的设计集成、电站的管理运营等部分，我们国家目前在前三个环节已初具雏形，但是产业链下游由于我国还没有出台相应的针对上网电价的政策，所以太阳能光热电站发展一直处于瓶颈期。^[7]

2.3 示范练兵，电站系统形式多样

在国家发展新兴战略性产业的框架下，随着可再生能源配额制的实施，五大发电集团和地方能源公司高度重视太阳能光热发电项目的开发与技术储备。据不完全统计，我国已经搭建的太阳

能高温集热系统共 22 个，其中 2 个为采用汽轮机发电系统：中科院电工所 1MW 塔式电站和上海益科博公司三亚电站。1 个采用 160kW 螺杆机发电系统，由兰州大成科技公司建设，位于兰州新区。另外，青海中控太阳能公司也已经完成一期塔式系统的工程建设，并产汽，其容量为容量 10MW。^[7]

2013 年 1 月 26 日，由浙江中控太阳能技术有限公司（中控太阳能）投建的青海德令哈一期 10MW 塔式光热电站落成（总规划 50MW），这是国内首个商业化运营的光热发电站项目，项目于 7 月 5 日并入青海电网发电，已顺利运行 4 个多月，标志着我国自主研发的太阳能光热发电技术向商业化运行迈出了坚实步伐，为我国建设并发展大规模应用的商业化太阳能光热发电站提供了强有力的技术支撑与示范引领。2013 年 9 月 13 日，由深圳市金帆能源科技有限公司投资建设的金帆能源甘肃阿克塞 50 兆瓦槽式太阳能光热发电项目，在阿克塞哈萨克族自治县正式开工建设，这是我国首个完全商业化槽式光热项目，将对我国光热发电的商业化进程起到重要的促进作用。目前国内电力开发企业已规划了十多个大型光热发电项目，光热发电已经在技术和产业上做好准备，即将迈入商业化应用的门槛。

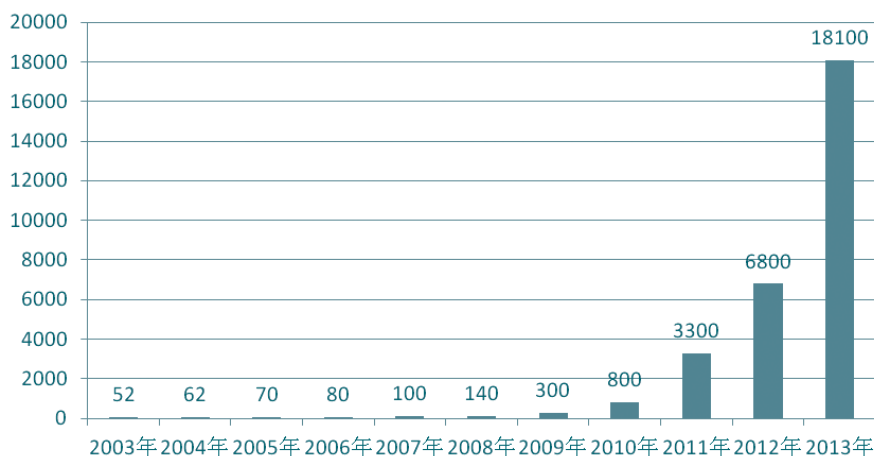


图 4 2003 - 2013 年中国光伏年度累计装机容量走势（MW）

3 制约国内太阳能光热发电产业链发展的因素

3.1 太阳能光热发电的政策环境障碍分析

我国对太阳能光热发电产业的各项支持政策在逐渐的增多。但是当前的政策主要集中在规划类的引导性政策、研发支持类政策、市场引导类政策方面。还没有专门针对太阳能光热出台强有力的经济激励政策,这也是目前制约我国太阳能光热发电产业发展的重要瓶颈。

对比光伏发电,虽然20年补贴电价并未形成法律法规,但是在2010年国家已经给予1.15/度上网电价,2011年给予1元/度上网电价,随着上网电价的明确,光伏装机量在国内从2010年开始高速增长,截至2013年底我国光伏装机容量达到18.1GW,2013年新增装机容量为11.300GW。而相比之下,光热发电行业缺乏明确的电价补贴政策予以支持。

3.2 太阳能光热发电技术障碍分析

太阳能光热发电是将太阳能转化为热能,通过热功转化过程发电的技术。目前商业化的太阳能光热发电项目在全球逐步推进。然而我国的太阳能光热发电处于产业化起步阶段,相关产业链上的产品还处于试制和产业化的前期阶段,关键技术产品仍需要进一步验证。从太阳能光热发电的产业链分析可以看出我国的太阳能光热发电产业在各个环节的发展还面临不同程度的挑战:

3.2.1 光热发电站的系统集成技术缺乏

太阳能光热发电站涉及太阳能集热、常规发电、传热蓄热等多种系统集成,集合光学、热学、材料及其机械等多个技术领域,既不同于传统的电力生产,又不同于单纯的太阳能应用,需要跨学科、跨领域的系统集成技术,尤其需要系统的集成经验。^[15]我国目前还没有建成商业化的示范

电站,仅仅有几个研究试验电站刚刚运行,国内对电站整体系统设计和系统集成没有经验,太阳能光热发电站系统模拟及仿真技术刚刚起步,缺乏电站整体建设、运营经验和能力。即使是国外的成熟技术和经验,在我国适合太阳能光热发电的阳光充足地区往往多风、沙尘暴等恶劣天气,而这样特殊的气候条件和运行环境下是否适合也需要研究和验证。

3.2.2 关键技术有待突破

我国太阳能光热发电处于产业化起步阶段,热电产业链上的核心技术在我国均是空白;而塔式集热系统众定日镜/场的精密控制技术、高性能聚光集热器设计与制造的相关工艺,碟式斯特林发动机的可靠性加工工艺均由国外大企业垄断;槽式真空集热管的制造技术主要是德国Schott公司和以色列Solel公司,所生产的真空集热管皆为熔封直通式金属-玻璃真空集热管,均实行技术封锁,即使用市场份额也很难换回技术。^[16-18]这些关键技术和装备的研发和制造,直接关系着我国太阳能光热的产业化进程。目前我国在这些关键技术和设备上还处于研发和试制阶段,这也是成为我国太阳能光热发电规模化发展的重要制约因素。

3.2.3 技术支撑体系,技术标准等产业服务体系还处于空白

我国的太阳能光热发电还处于技术研发和示范阶段,相关产业链上的产品还处于试制和产业化的前期阶段,因此国内关于太阳能光热发电的相关技术标准和规范刚刚开始,国内对电站整体系统设计和系统集成没有经验,太阳能光热发电站系统模拟及仿真技术刚刚起步,缺乏电站整体建设、运营经验和能力。相关检测体系、标准体系也还是空白。对关键设备的检测能力还处于建设初期,因此对我国刚试制出的产品缺乏检测手段和能力,因此也就无法验证我国生产的产品的性能和可靠性,进而使国内电站的建设由于缺乏

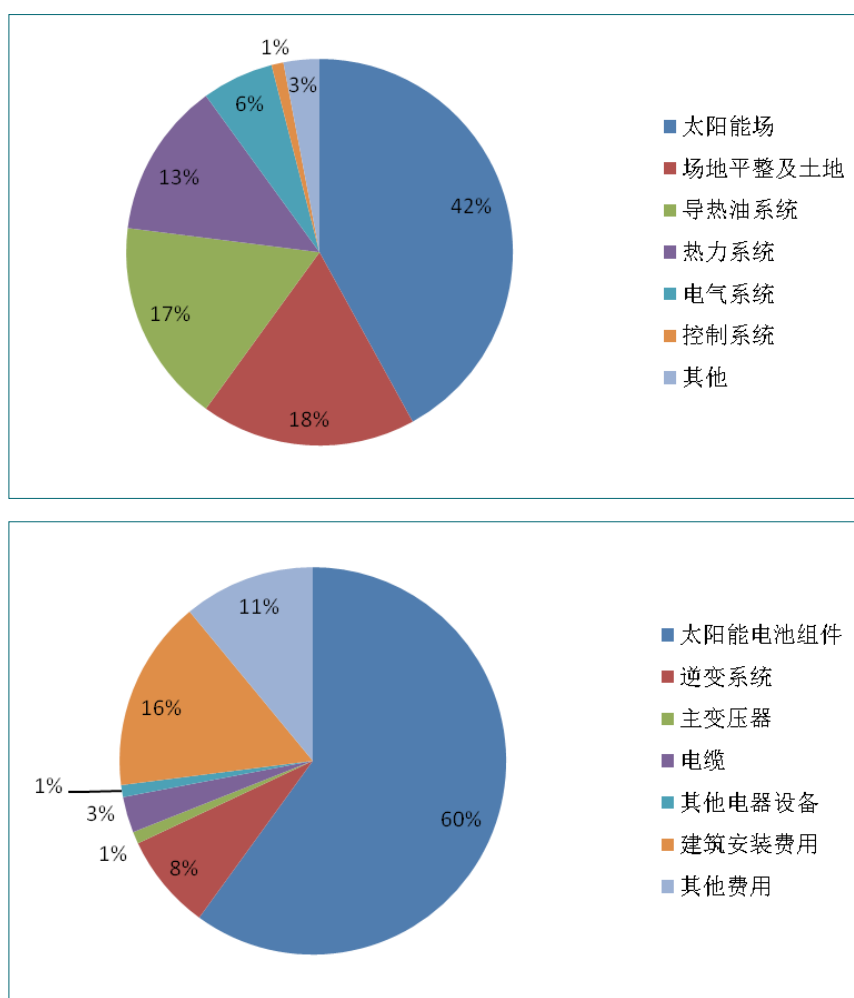


图 5 上：西班牙 50MW 无储热槽式电站总承包成本结构；下：国内某 10MW 光伏电站建设成本构成

国内产业的支撑而进展缓慢，反过来电站建设缓慢又影响到产业产品的研究与开发，形成了一个恶性循环。

3.3 太阳能光热发电的技术经济性分析

太阳能光热发电站除了技术产品方面的制约因素外，其发展缓慢的另外一个重要制约因素是其技术经济性。太阳能光热发电需要高额的初始投资，导致其电价与传统发电电价相比缺乏竞争力，这是太阳能光热发电在发展中一度徘徊不前的主要原因，也是未来能否真正得到广泛应用的关键。^[9]如图 5 所示，太阳能光热发电，首先需要选择合适的地点建立大规模的镜场，用以收集

太阳能。其次，这部分构成镜场的镜子支架、光热管等等都需要耗费很大一部分成本。最后工程设计和施工的难度等都需要消耗不少资金。高额的初始投资使得太阳能光热发电系统的发电成本较高，是常规能源发电成本的 2 ~ 3 倍。总之，太阳能光热发电的技术经济性制约了太阳能光热发电的大规模发展，也是其市场份额增长缓慢的重要原因之一。

4 结语

现阶段，太阳能光热发电是受项目及政策驱动的产业。由于缺乏大型太阳能光热发电技术示

范工程和规模化并网发电的支持,我国太阳能光热发电的产业基础还是比较薄弱的,关键材料与设备的国产化程度较低。我国太阳能光热发电起步相对较晚,但光热发电产业发展迅速,五大电力集团和地方能源公司都高度重视太阳能光热发电项目的开发,并积极布局太阳能光热发电示范项目,积累经验,改进产品性能,对未来光热发电项目的大规模开发意义重大。

目前,我国企业已进入太阳能光热发电产业链的上下游环节,目前国内已基本可全部生产太

阳能发电的关键和主要装备,一些部件具备了商业生产条件,太阳能光热发电产业链逐步形成,独立建造大规模太阳能光热电站成为可能。但是从政策环境、光热发电技术、技术经济性等方面来看,我国太阳能光热发电的全面开展还存在着一定的障碍,下一步应面向全产业链建设布局攻关,并建设完善的产业服务链体系。确信在我国政府和企业的共同努力下,太阳能光热发电站产业必将在我国能源利用中发挥越来越重要的作用,未来发展前景广阔。

参考文献

- [1] 戴丽. 太阳能光热发电未来将“后来者居上”[J]. 节能与环保, 2013(7):44-45.
- [2] 王野平, 徐岩松, 梁伟延. 从可持续发展战略高度审视太阳能热力发电[J]. 科技管理研究, 2002(3):92-95.
- [3] 张争, 夏勇. 太阳能光热发电的发展现状及前景分析[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2013, 31(1):24-26.
- [4] 黄裕荣, 侯元元, 高子涵. 国际太阳能光热发电产业发展现状及前景分析[J]. 科技和产业, 2014(9):54-56.
- [5] 李琼慧. 太阳能光热发电现状与市场前景[J]. 电器工业, 2011(8):28-31.
- [6] 杜凤丽, 胡润青, 朱敦志, 等. 太阳能热发电产业发展障碍分析[J]. 新能源进展, 2013(3):208-217.
- [7] 杜凤丽, 原郭丰, 常春等. 太阳能热发电技术产业发展现状与展望[J]. 储能科学与技术, 2013(6):551-565.
- [8] 侯元元, 刘彤, 黄裕荣, 等. 国际太阳能光热发电技术专利情报研究[J]. 科技和产业, 2014, 14(8):142-145.
- [9] 汤延令. 太阳能热发电技术现状及发展[J]. 福建电力与电工, 2008(4):12-16.
- [10] 尹航, 卢琛钰, 汪毅, 等. 太阳能光热发电技术及国际标准化概述[J]. 电器工业, 2014(7):58-60.
- [11] 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, 2011:218-243.
- [12] 张于喆, 李红宇. 发达国家和地区培育太阳能光伏市场的政策和启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2011, 26(2):5-12.
- [13] 中控太阳能德令哈光热发电项目一期 10MW 建成[EB/OL] [2015-01-05]. <http://www.solarzoom.com/article-23980-1.html>.
- [14] 中国首个商业化槽式光热发电项目在阿克塞开建[EB/OL] [2015-01-05]. http://www.chinadaily.com.cn/hqgj/jryw/2013-09-13/content_10108641.html.
- [15] 高子涵, 侯元元, 潘锐焕. 我国太阳能光热发电技术专利分析[J]. 中国科技信息, 2014(11):35-38.
- [16] 侯元元, 夏勇其, 黄裕荣, 等. 基于专利信息的太阳能光热发电技术竞争态势分析[J]. 情报探索, 2014(8):54-58.
- [17] 李振, 余翔. 太阳能产业专利发展趋势及专利战略应用[J]. 电子知识产权, 2008(2):35-38.
- [18] 侯元元, 黄裕荣, 蔚晓川, 等. 太阳能光热发电集热元件专利分析[J]. 企业技术开发, 2014, 33(4):14-16.
- [19] 陈伟, 张军. 聚光型太阳能热发电现状及在我国应用的风险分析[J]. 可再生能源, 2010(2):148-151.

(投稿日期: 2015-01-13)