

向空间要能源

——空间太阳能离我们多远

陈霖豪

(中华人民共和国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 伴随着全球能源与环境以及气候变化的问题日益突出, 空间太阳能重新引起美国等国家的兴趣。本文简要分析了空间太阳能的意义和可行性、美国空间太阳能的预研情况以及空间太阳能的前景。

关键词: 空间太阳能; 美国; 能源

中图分类号: V31 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2009.05.003

1968年, 美国工程师Peter Glaser首先提出空间太阳能的科学设想。其基本构想是在地球的外层轨道空间或月球上建立太阳能卫星发电基地, 然后通过微波将电能传输到地面的接收装置, 再把微波能束转变成电能供人类使用。40年后的今天, 全球能源与环境以及气候变化的问题日益突出, 空间太阳能重新引起美国等国家的兴趣。空间太阳能离我们究竟还有多远?

一、空间太阳能的意义和可行性

距离地球1.5亿公里的太阳是一个巨大的核聚变反应堆, 为人类提供了取之不尽的能源。太阳内部不断进行的高温核聚变反应释放着功率为 3.8×10^{26} 兆瓦的巨大辐射能, 其中只有二十亿分之一到达地球大气高层; 经过大气层时, 约30%被反射, 23%被吸收, 仅有不到一半的能量 8×10^{16} 兆瓦到达地球表面。即便如此, 只要能够利用其万分之几, 便可满足今日人类的全部需要。但是, 由于其能量密度低, 还要受昼夜、季节、气候、地域等因素的影响, 在地面上利用太阳能来发电受到很大限制。空间太阳能可以极大地改进地面太阳能利用的性能, 因为它可以不间断地吸收阳光, 而不

要考虑昼夜、季节、气候、地域等因素。同时作为可再生能源, 空间太阳能是洁净能源。为满足全球不断增长的能源需求, 保障能源安全, 同时减少温室气体排放, 应对气候变化, 空间太阳能是一种具有吸引力的战略选择。从长期来看, 空间太阳能能够使人类减少对有限的化石能的依赖, 也是替代核能大规模扩散使用的一种途径。

另一方面, 空间太阳能将带来空间利用和探索的新时代。空间太阳能的开发需要大幅度降低人类进入地球轨道和太空运行的费用, 使航天飞行和空间利用更加安全、可靠、廉价, 给宇航工业带来变革性甚至革命性的影响, 催生新的空间能源技术和产业。反过来, 新的空间能源技术和产业促进人类利用空间和探索宇宙能力的提高。

空间太阳能如果成功开发利用, 将可能改变全球能源经济和能源外交的游戏规则, 减缓围绕能源资源的利益争夺和冲突, 改变全球地缘政治格局。拥有空间太阳能开发利用能力将给一个国家的能源安全、经济发展、环境保护以及国家安全带来巨大回旋空间。

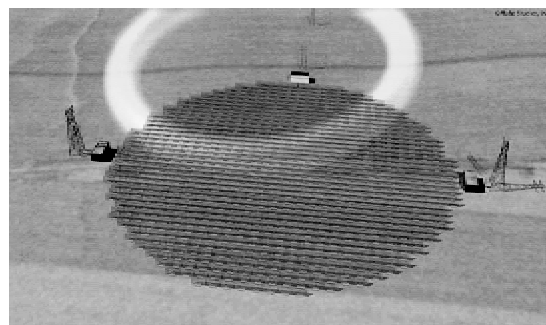
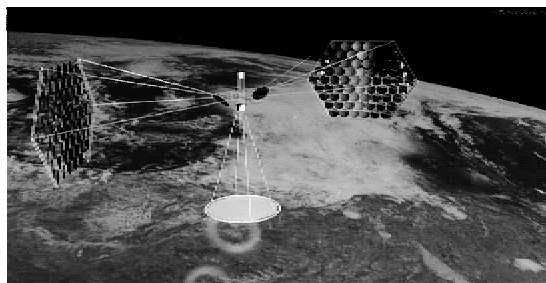
空间太阳能系统是庞大复杂的高技术工程, 它由3个主要部分组成: 太阳能发电、微波转换和

作者简介: 陈霖豪 (1965-), 男, 公共管理硕士, 科学技术部国际合作司处长; 研究方向: 科技政策、能源。

收稿日期: 2008年9月22日

发射、地面接收和转换。从能量利用的角度看,这是一个太阳能——电能——微波——电能的能量转化过程。它需要众多学科的参与和支持,例如:高载荷、低成本、可重复使用航天发射和运输技术、载人航天技术、空间站技术、空间遥感机器人技术、太阳能发电技术、无线电能传输技术、微波技术、材料技术等。虽然技术上面临如此多的挑战,但是目前这些是已有或可开发的技术,理论上没有不可逾越的技术障碍或者需要新的科学发现和重大技术突破。

技术可行性并不意味着经济可行性,开发空间太阳能仍存在许多不确定因素。最大的挑战之一是发射成本和地面及空间设施的成本。将设备和材料送入轨道构成最大的投资,目前,每公斤载荷是2万美元,只有每公斤载荷降低至200美元,而且整个发射和太空安装成本达到每公斤3500美元,空间太阳能经济上才可行。目前,还不能计算出需要发射卫星装置的大小、轨道类型以及成本。但可以肯定的是,这种太阳能设备体积会非



目前的设计示意图 (Mafic Studios 提供)

常大。如何发射这么大的卫星,对现有的航天部门也是挑战。而考虑到空间太阳能的发电效率,欧洲空间局的研究显示,空间太阳能可以与地面大规模太阳能发电相竞争。

太空安全方面存在隐患。向太空发射更多设

备可能会给太空安全造成麻烦,比如不小心撞上其他卫星或者宇航人员。能量传输频段的分配和如何确保能量的安全传输和合理分配,需要克服技术上的难题。对航空安全和通讯、生物体、人类环境有多大影响以及如何减轻这些影响还需详细研究。此外,空间太阳能开发会不会被用作“太空武器”也是国际社会关注的问题。对于地球上的人来说,来自太空的能源既要满足生活需要,又不至于造成伤害。

二、美国空间太阳能的预研

Peter Glaser设想提出后,受到了一些国家的重视。20世纪70年代,美国能源部和国家航空航天局组织对空间太阳能发电的概念研究,认为其实施不存在不可克服的技术困难。当时设计了一种称为“参考系”的发电系统:由60块太阳能面板组成,每块长10公里,宽5公里,发电500万千瓦,总发电量3亿千瓦。用这样一颗发电卫星,便可取代美国所有的地面电站。由于该系统过于庞大,需约3000亿美元的巨额投资,在当时冷战的条件下难以得到支持。随着能源问题的突出和航天技术的进步,1995-1997年国家航空航天局重新研究这一问题,较全面地分析了空间太阳能发电的技术经济可行性,在方案上也有很大不同。它采用渐进的自我发展模式,即先发射一颗投资为100亿~150亿美元的25万千瓦发电卫星,出售电力以回收投资并获取利润,然后再扩大发电卫星的规模。该研究组估计,2010年以后,空间发电将实用化。但由于其他能源相对廉价等多方面原因,美国决策者没有选择开发空间太阳能。1998-2001年,国家航空航天局实施了空间太阳能科技探索计划,开展第一批技术研发项目。2001-2003年,国家航空航天局和美国科学基金会又资助了第二批技术研发项目。资源匮乏的日本,对空间太阳能发电表现了极大的兴趣,制定了SPS 2000计划,准备发射功率为1万千瓦的太阳能电池发电卫星。其他一些国家和国际组织也在进行太阳能空间发电方面的工作。除空间发电本身的技术问题和经济性外,科学家们还就微波输电对通讯、生物体、空间等离子体及大气层的影响等,进行了多方面研究。

2007年3月,美国国防部“国家安全太空办公室”对空间太阳能再次进行评估,这是美国国防部首次正式考虑这一利用能源的新概念。研究小组负责人、空军发言人迈克尔·霍尼斯切克中校称,为了解决能源多元化的问题,美国可以向太空发射带有能量搜集装置的卫星,从而布建大规模的空间太阳能站,为地面上的美军基地或战场提供能源,该能源也可以用于非军事用途。如果项目得到批准并实行,预计可以在未来的20年内完成。2007年10月,报告完成,170多位专家通过网络和会议参与了报告的起草。报告结论是:

1. 空间太阳能为大大提升美国及其伙伴的安全、能力和行动自由提供了一个战略机遇,美国政府和企业应高度关注。

2. 虽然空间太阳能开发仍然面临技术挑战,但现在比以往任何时候技术上更可行,目前的技术能力可以提高其可行性。政府为主导的概念验证示范能推动商业开发。

3. 需要设立国家计划,有高层强有力领导和巨大资源投入,来实施空间太阳能如此宏伟的项目。项目规模至少不小于“国际热核聚变计划”(ITER)和“国际空间站”。

4. 如果美国启动空间太阳能项目,美国应看到,除美国政府之外,从宇航工业到能源工业、从外国政府例如日本、欧盟、加拿大、印度、中国、俄罗斯等国家到众多公民,都有广泛兴趣和利益。对能源安全 and 环境质量的日益关注是他们的共同点。美国政府有最好的机会开发空间太阳能,但是没有美国主导由其余国家独立开发的可能性是完全存在的。

5. 有些基本问题需要继续研究,包括经济可行性、技术开发目标和风险管理路径、最好设计方案的选择、示范项目的全面设计和建设。

报告建议美国政府组织对空间太阳能开发的预研,制定有利于空间太阳能开发的政策、监管和法律环境;建议美国政府通过商业开发来降低大部分技术风险;建议美国政府成为空间太阳能早期示范者、采用者和客户。

总之,与产业界和愿意加入的国际伙伴全面合作,迅速启动支持空间太阳能概念验证示范项目符合美国政府和美国国家利益。该报告是近年

来较有影响力的空间太阳能研究报告,受到美国和其他国家航空界和能源界的关注。

目前,美国民间特别是航天界掀起了空间太阳能热。美国的一些民间机构,例如:美国国家空间协会(National Space Society)、空间前沿基金会(Space Frontier Foundation)、空间能源协会、1970年Peter Glaser发起成立的SUNSAT能源理事会等,组织专家学者研讨空间太阳能的可行性,开展研究,说服政府采取行动。2007年10月,13个组织共同在华盛顿成立了“未来空间太阳能联盟”(The Space Solar Alliance for Future Energy)。国家空间协会副主席霍普金斯说,“当美国现在决定如何应对未来50年的能源挑战时,空间太阳能必须是应对方案的一部分。美国国会、联邦政府和企业界应该马上开始投资。”即将于2008年5月底在华盛顿举行的美国国家空间协会年会也将空间太阳能列为大会主议题,该协会还发布了空间太阳能专刊。

根据Matula & Loveland公司2005年的民意调查,关于你最希望的美国政府航天投入方向的问题,最多的回答是空间太阳能(35%),其次是保护地球(17%)。

三、空间太阳能的前景展望

空间太阳能真正进入商业开发还有许多问题需要回答,技术可行性、经济可行性、示范项目设计、政府与企业合作、国际合作模式等等。可以预计是,在可能爆发全球性能源危机的大背景下,美国等大国将不会回避或放弃空间太阳能的战略选择,将投入更多的资金开展预研、技术储备、开发及示范。

鉴于空间太阳能开发的巨额投资和风险,商业开发之前将是小型概念验证示范项目,而且政府在小型概念验证示范阶段将起主导作用。如前所述,美国国防部“国家安全太空办公室”对空间太阳能的评估报告认为,如果采取行动,预计可以在未来的20年内完成实现小型概念验证示范项目,在本世纪上半叶人类可以实现使用安全、可靠、清洁的空间太阳能。

空间太阳能有可能成为国际合作的新热点。空间太阳能开发的巨大投资使国际合作成为极具

吸引力的模式，其国际合作规模将不亚于“国际热核聚变计划”（ITER）和“国际空间站”，它将是又一项国际大科学和技术工程。美国、欧盟、中国、俄罗斯、日本、印度等国家和地区是潜在的参与方。如果美国主导发起空间太阳能计划，不排除它对中国参与存有戒心。■

参考文献：

- [1] 《空间太阳能作为战略安全的机遇——第一阶段系统可行性研究》，向美国国家安全太空办公室主任提供的报告，2007年10月10日

- [2] 《走向星球》，美国国家空间协会杂志，2008年春季刊
[3] 网站：<http://spacesolarpower.worldexpress.com/>
[4] 美国国家空间协会网站 www.nss.org/settlement/ssp/index.htm
[5] 美国政府网 www.america.gov/st/washfile-english/2007/August/
[6] 空间前沿基金会网站 <http://space-frontier.org>
[7] 空间能源协会网站 www.spacepowerassociation.org
[8] 华夏经纬网站 <http://www.huaxia.com/zk/jpwk/zplz/ftmy/00157599.html>

Ask Space for Power

——how far does space-based solar power (SSP) from us

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

Abstract: With the emerging challenges of global energy, environment and climate change, space-based solar power (SSP) has been catching attention of the United States and a few other countries. This article analyses the importance and feasibility of SSP, the situation of SSP pre-research in the United States and the prospect of SSP.

Key words: space-based solar power; the United States; energy