



封面图片：在科罗拉多和怀俄明两州交界地带的风力涡轮机。
(AP/Wide World Photo)

据预测，能源消耗量在今后几十年里将有巨幅增长，气候变化的风险也将增大，这需要人们基于技术创新和市场力量采取规模宏大的全球性应对措施。在本期文章中，专家和政府官员们描述了我们面临的选择，包括可再生能源、新型车辆和低碳发电，并且探讨了迈向可持续能源的最佳途径。

目录

[序言](#)

塞缪尔·W·博德曼，美国能源部长

[明日的清洁能源](#)

葆拉·多布里扬斯基，美国国务院副国务卿

美国认为，要促进能源保障和帮助国家发展，最佳途径是提倡清洁且可负担的能源技术。

花絮

· [宾夕法尼亚州：改变美国思考能源的方式](#)

凯瑟琳·A·麦金蒂，宾夕法尼亚州环境保护局局长

[重新发明车轮：汽车效率的革命](#)

艾默里·B·洛文斯，落基山研究所首席执行官

新的汽车技术有益商业、无害环境，并且提供安全和可负担的行动能力。

花絮

· [可负担轻质汽车材料取得进展](#)

艾默里·B·洛文斯，落基山研究所

[核能的复兴](#)

詹姆士·A·莱克，爱达荷国家实验室核计划副主任

凭借其出色的安全表现和经济效益、低成本发电能力、消除温室气体排放的潜力，核动力即将迈入一个全新的时代。

花絮

· [条件朝着有利于核动力的方向转化](#)

安德鲁·佩特森，环境商业国际公司合伙人

[可再生能源：期待无穷无尽的能量](#)

迈克尔·埃克哈特，美国可再生能源理事会会长

可再生能源不是万灵药，但能够帮助缩小石油进口、减轻污染和温室气体排放、增加就业机会。

花絮

· [AMORE：发展棉兰老岛的可再生能源](#)

· [常规生物柴油作物](#)

[小步伐节省大能源](#)

马克·D·莱文，劳伦斯伯克利国家实验室环境能源技术主任

能源效率就实现能源保障和环保优势而言，是我们政策武库中威力最大的工具。

花絮

· [美国住宅营造商迈向“绿色”](#)

· [节省能源：个人的选择](#)

[电力生产的清洁解决方案](#)

刘易斯·米尔福德，清洁能源组织会长；阿莉森·舒马赫，清洁能源组织项目主任

诸如脱碳煤、碳封存、超高效率化石能量生产及燃料电池等低碳选择，铺就了通往可持续能源未来的道路。

花絮

· [热电联产：由化石燃料生产更多的能量和减少污染](#)

[发展清洁能源技术的市场](#)

拉里莎·E·多布里扬斯基，美国能源部国家能源政策副助理部长

在当今竞争更激烈、一体化程度更大且效率更高的创新清洁技术全球市场中，政府能够起到赋能和催化的作用。

[可持续能源投资的路线图](#)

史蒂文·帕里，NGEN Partners LLC合伙人；马克·奇里利，MissionPoint Capital Partners LLP合伙人；马丁·惠特克，MissionPoint Capital Partners LLP合伙人

商业创新的骤然兴起与市场、法规及环保趋势合在一起，使得可持续能源投资机会愈加诱人。

[通过全球合作保障能源供应](#)

保罗·E·西蒙斯，美国国务院主管经济与商业事务的副助理国务卿

鉴于世界能源市场日益一体化的性质，实现美国能源保障需要妥善协调的国际努力。

补充阅读材料

[参考文献](#)

序言

塞缪尔·W·博德曼

值此新世纪的第一个十年，清洁能源技术正在改变我们为住宅、企业、车辆提供动力的方式。本人相信，在这十年结束前，我们将看到更为巨大的突破。

这不只是本人作为美国能源部长的看法；清洁能源在全球市场中的前进脚步也在不断加快。

风险投资者现已在替代能源技术中投入数亿美元的资金。由可再生能源公司构成的 Ardour 全球指数于 2006 年 5 月开始发布。投资界显然认为可再生能源是有利可图的；这只是可再生能源即将出现重大市场扩展的又一个迹象而已。

简言之，采用“绿色”能源的理由从来没有像今天这么充足。

布什总统提出的先进能源倡议 (Advanced Energy Initiative) 旨在为清洁能源技术寻求更多投资，刚进入 2007 年就增加了 22% 的资金。美国正加速研究我们认为市场竞争力前景最好的多项技术。

清洁能源系统种类繁多，但科技进步已经使它们可为人类所用。纤维素乙醇、氢气燃料、下一代核动力、太阳能光电池、以及接近零排放的火力发电厂——这一切势必将世界经济的动力转化为更清洁的替代能源。

如本期刊中的文章所述，这些新技术有望提升世界各地的生活标准，并给予我们构筑更明亮、更清洁且更繁荣之未来的工具。我希望各位读者如本人一样，发现这些文章不仅有趣，而且让人眼界大开。

塞缪尔·W·博德曼
(Samuel W. Bodman)

美国能源部长



塞缪尔·W·博德曼

明日的清洁能源

葆拉·多布里扬斯基



布什总统在加利福尼亚州燃料电池合作联盟（California Fuel Cell Partnership）的实验室阐述能源问题。
AP/Wide World Photo

为了无害环境地推动经济增长、发展及民主，世界需要可负担的清洁能源。借助于转换技术、企业家的创造力、以及对发展中世界项目的支持，美国正在迎接这个挑战。

葆拉·多布里扬斯基（Paula Dobriansky）是国务院负责民主与全球事务的副国务卿。

确保充足、可负担、清洁且可持续的能源，无疑是现代世界面临的巨大挑战之一。美国政府和美国的企业界与非政府组织，通过发扬清洁能源研究的长久传统来开发转换技术，正在迎接此一挑战。这些技术不仅将减少我国对石油的依赖，而且对整个世界都会有深远的裨益。

通过直面能源挑战，美国正在致力于促进能源保障、消除贫困、减少有害空气污染、以及控制气候变化。这些努力常常可以通过在基层建设民主文化而强化公民自治社会。

能源挑战

我们几乎每天都会看到与能源有关的头版新闻。每当世界领导人举行会谈，能源都是一项重要且紧迫的议题。从 2002 年的可持续发展世界首脑会议（World Summit on Sustainable Development）到 2005 年八国集团（Group of Eight，简称 G8）峰会到联合国可持续发展委员会（UN Commission on Sustainable Development）的 2005-2007 年能源周期，能源都是优先的中心议题。

这是很有道理的。供应的中断和不断攀升的价格，是人类关于车辆燃料、住宅供暖、企业动力的每日决策中的巨大隐忧。此外，目前有大约 20 亿人，即世界总人口的将近三分之一，缺乏现代化能源供应；而这对于将学校带入 21 世纪，推动工业发展、供水、提高农作物产量，以及照明、取暖、医疗保健设施制冷，都是不可或缺的。

能源保障和贫困缓解的综合目标，也与减少有害空气污染和控制气候变化的需要无可分割地连在一起。据世界卫生组织（World Health Organization）估计，每天有 4400 人死于室内空气污染，其中很多是由于不卫生的烹饪和取暖习惯所造成。

开发清洁且可负担的能源技术

美国认为，要在保护环境和改善公共卫生的同时促进能源保障和帮助国家发展，最佳途径是提倡清洁且可负担的能源技术。我们将需要采取多样化的方式，其中包括常规、先进及可再生能源与高能技术。

美国政府（经常在私营企业的配合下）正在国内和国际寻求一组应该能够在本世纪后五十年里逐步投入使用的技术。这包括使用非食物作物生产新型生物燃料、清洁煤技术、插电式混合动力汽车、氢燃料电池技术、更高效且防扩散的核能系统、以及聚变技术，而这里只是择要列举而已。

布什总统在 2006 年 1 月的国情咨文（State of the Union）演说中概要介绍了一项减少美国对石油之依赖的战略。总统的先进能源倡议（Advanced Energy Initiative）建议将美国能源部的清洁能源研究经费增加 22%，这包括在太阳能和风能技术、零排放燃煤发电厂、清洁核能技术及乙醇诸领域进行更大的投资。

重要的是，我们不仅要开发清洁能源技术，也要努力让此类技术更可负担和便于利用。因此，自 2001 年以来，美国政府在开发替代能源方面投入了逾 117 亿美元。此资金业已帮助大幅度降低可再生能源成本。随着常规能源成本的攀升，民间投资界也作出反应。2005 年，发电业对可再生能源技术的新资本投入达到 440 亿美元。可再生能源投资目前约占全球动力业投资的 20-25%。

我们在积极开发新能源的同时，也在尽力减少能源消耗。此项努力的一个突出实例是能源之星（Energy Star）计划。这是一项由美国政府支持的计划，旨在通过优越的能效帮助企业和个人保护我们的环境。借助于能源之星计划，美国人仅在 2005 年一年节省的能源就足以避免相当于 2300 万辆小汽车的温室气体排放量；并且同时节省 120 亿美元的电费，或美国全年电力需求的 4%。

通过政府与民间合作传播技术

就迎接能源挑战而言，与政府、社团、私营企业的多方合作是必不可少的。美国广泛参与合作计划，合作对象小至在非洲难民营构建简易太阳能炉灶和推广其用法的小型美国非政府组织，大至最近启动的亚太清洁发展与气候合作计划（Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate）。该计划包括澳大利亚、中国、日本、印度、韩国和美国，这些国家在全球能源使用量和温室气体排放量中所占比例超过 50%。计划旨在加速开发更清洁、更高效的技术和达到合作伙伴各自国家的减轻污染、保障能源及气候变化目标。亚太夥伴合作计划将允许关键经济部门的利益相关者作为平等夥伴全面参与，从而以统筹方式解决清洁发展与气候问题。

为了增强政府与民间的合作，美国国际开发署（U.S. Agency for International Development，简称 USAID）于 2001 年创建了全球发展联盟（Global Development Alliance）。通过这项新颖的计划，USAID 用逾 14 亿美元政府资金资助了将近 400 个联



印度农妇在风力涡轮机下劳作。
Joerg Boethling/Peter Arnold Inc.

合项目，并且因此带动合作夥伴投资 46 亿多美元。

对此类夥伴合作是否成功的终极检验，在于它们是否带来具体且实在的成果。说到可测量的成果，在将近四年前于约翰内斯堡举行的可持续发展世界首脑会议 (World Summit on Sustainable Development) 所发起的夥伴合作计划中，有一些正取得良好的进展。其中一例是清洁燃料与车辆夥伴合作计划 (Partnership for Clean Fuels and Vehicles)。这是布什总统的清洁能源倡议 (Clean Energy Initiative) 中四个基于业绩且市场导向的夥伴合作之一。总统的这项倡议是一项多管齐下的方法，旨在改善能源供应，提高能源效率，保护环境质量。在 2002 年，非洲撒哈拉以南地区只有一个国家不用含铅汽油。到 2005 年底，在清洁燃料与车辆夥伴合作计划的协助下，该地区全部 49 个国家都已停止提炼和进口含铅汽油。对于生活在这些国家中的 7.33 亿人口，此一变化将对许多人的健康产生显著影响。

美国政府决心透明地报告我们参与的夥伴合作计划。为此，我们建立了 www.SDP.gov 网站，用于发布关于美国可持续发展夥伴合作计划的最新消息。

构建有效的政策与法规框架

传播清洁能源技术的关键之一在于确保开发利用这些技术的市场。地方和国家两级的有效政策与法规框架对于鼓励今后几十年里需要的民间投资水平是绝对必要的。

就建立发展中世界各地的生产能力而言，美国政府正在取得显著进展。我们的努力包括从向印度的贫困地区提供可靠的能源服务，到制定南部非洲地区的电力交易规则，到改善全球能源业决策的公众参与。我们与发展中国家的政府部门、电力行业及最终用户密切合作，以期建立鼓励对能源业投资的制度和市场架构。

美国也为与八国集团和一些其他夥伴就采掘业透明度行动计划 (Extractive Industries Transparency Initiative, 简称 EITI) 进行的合作感到自豪。EITI 支持通过对石油、天然气及矿业公司付款和政府收入的完整公布和查证，改善能源丰富国家的治理。



Eurelios 是欧洲联盟设在西西里的一座太阳能实验发电厂。

AP/Wide World Photo

在基层培养民主习惯

普及先进、清洁、健康且高效的能源服务有助于减少贫困和保护环境。或许同样重要的是，提供能源服务的行动也为有关社区的居民学习和实践民主决策带来了巨大的机会。

强健的民主制度的根基，决不只是投票选举，而是更深层的社会凝聚力和参与机制。对于乡下村民或城市贫民来说，对能源服务的追求取决于服务其社区的政府机构是否向选民负责。在关于谁于何时何地如何得到什么的政治决策中，公民的需求经常未获充份考虑。

全球各地的多项创新电气化方案，通过建立能够充当住户与服务提供单位之间桥梁的当地社区架构，正在努力解决这个问题。举例来说，美国国际开发署曾支持在印度阿美达巴德的一个联盟。在这个联盟里，非政府组织作为中介，向贫民区居民提供贷款和协助他们取得关于土地拥有人身份的适当证明文件，使他们有资格取得合法电力服务。其成果颇为让人瞩目。在试行项目中，820 个住户由非法且不可靠的服务升级到合法的电力供应。公用事业单位目前正在向 11.5 万城镇贫困住户推展这项方案。在巴西萨尔瓦多市，公用事业公司 COELBA 聘用当地的“社区业务代表”，与当地

居民和社区领导人一起了解和解决问题，以及提供关于节能方法的教育。迄今为止，COELBA 已经为逾 20 万户通电。以此成功为基础，美国国际开发署和美国能源协会（U.S. Energy Association），目前支持在 COELBA 和安哥拉电力企业 EDEL 之间的一项南南交流计划。

这些方案通过让社区中介参与电气化的努力，正在加强基层百姓的民主习惯。它们建立信任，形成社会资本，并且让人民可以表达自己的担忧。如此一来，这些方案不仅使顾客与供电单位建立联系，而且让人民能够了解参与民主过程的意义。此经验和此等新形成的技能可以轻易地应用于社会与政治生活的其他方面，最终帮助造就更强健、活力更足且更有保障的民主文化。

迎接挑战

美国致力于创造一个能够应对我们所面临的重大挑战的清洁能源未来。我们的方式是借助最佳科学研究、驾驭市场力量、培养企业家的创造力、以及与发展中世界合作，最终实现经济增长和环境清洁的双重理想。

重新发明车轮：汽车效率的革命

艾默里·B·洛文斯

随着汽车制造商开始转向较轻的材料、更流畅的空气动力外形、混合电推进、以及非石油燃料，一场可能让世界摆脱石油桎梏的“汽车效率革命”正在兴起。

艾默里·B·洛文斯(Amory B. Lovins) 是落基山研究所(Rocky Mountain Institute, 一个促进资源之高效和重复利用的非营利组织)的共同创始人和首席执行官, 并任复合材料技术公司Fiberforge的董事长。

运输不仅带动着全球石油贸易, 而且是一项关键的环保挑战, 在城市里尤为如此。绝大多数城市的设计是以汽车而不是以人为中心——从而使汽车“由方便的生活附属品变成核心组织要素”(环境问题作者德宁(Alan Thein Durning)语)。本来大可不必如此。另外, 有潜力改变全球发展与能源保障规范的新汽车技术已经存在, 还有一些新技术在开发中。这些技术如果得到利用, 将有助于为世界各地的企业提供安全且可负担的行动能力, 无害环境, 并形成竞争优势。这并非科幻小说里的天方夜谭, 而是我们能够预期在今后数年里看到的现实。



一种新型柴电混合动力公共汽车在华盛顿州西雅图市测试。

Ned Ahrens/金县都市公共交通管理局

世界不能再无止无休地每年把将近五万亿公升的石油(其中一半用于运输)转化为大约42%的全球二氧化碳排放量(国际能源机构2005年《世界能源展望报告》(World Energy Outlook))。石油有太多的直接和隐含代价——气候变化、不安全、地缘政治竞争、价格波动、以及经济和社会发展的衰退——理应被抛弃。

最根本的解决方案是最简单的。更合理的土地使用会强化邻里社区和让人民生活在他们已经选择居住的地点。明智的政策让所有交通方式, 从步行到骑自行车到乘坐超轻型列车和先进的公共汽车, 以诚实的价格公平竞争。从新加坡到库里提巴(巴西), 不以汽车为主要交通工具的城市并不存在汽车造成的问题, 却向所有人提供了极佳的行动能力。假以时日, 即便是以汽车为中心的美国和其他工业化国家, 倘若停止以其税收系统和区划法律鼓励城市扩展和汽车使用, 也能够做到这一点。

少开车是好事。不过鉴于全世界八分之七的人口迄今没有车——中国和非洲的汽车拥有比例仅相当于1915年的美国——我们也需要更优秀的汽车。请系好安全带: 汽车制造业一百年来最伟大的革命目前正在提速。

倘若把今天已用在一些汽车中的最佳常规技术用于所有汽车, 我们能节省其燃料用量的至少四分之一; 按目前美国的汽油价格, 只需不到一年的时间就可投资还本。然而, 通过研究汽车的物理性质, 我们能够做得更好。

新汽车材料

现代汽车的发动机、空转、传动系统及附件消耗其燃料能量的八分之七。只有八分之一到达车轮。而在此过程中，一半用于加热轮胎和路面或加热汽车推开的空气，仅剩下 6% 用于加速汽车 (然后在您停车时加热车闸)。并且由于在被加速的质量中，大约 95% 是汽车本身，所以最终只有不到 1% 的燃料能量用于移动驾车人。考虑到这是 120 年工程设计的成果，我们唯有摇头而已。

所幸的是，汽车推进能量需求的四分之三是由其重量造成的；并且我们在车轮处每节省一份能量，就可以另外节省七份无须在传输到车轮的过程中浪费的能量。因此，大幅度减轻汽车的重量有着巨大的节能作用。

在以往，降低重量意味着使用诸如铝和镁等高成本金属。现在，超轻钢材能够将汽车的效率加倍而无须增加成本或降低安全性。借助于聪明的设计，甚至常规钢材也能有意想不到的结果。德国一家新公司的 2+2 座、车体重量 450 至 470 公斤的柴油跑车 (<http://www.loremo.com>) 具有 160 至 220 公里 (100 至 137 英里) 的最高时速和百公里 1.5 至 2.7 公升 (每美国加仑 87 至 157 英里) 的油耗，并且将于 2009 年以 11000 至 15000 欧元的价格出售。

先进的聚合物复合材料甚至更轻且更强劲，它们能够在提高安全性的同时将汽车的重量和油耗减半；这是因为碳纤维复合材料吸收撞击能量的能力是同样重量钢材的 12 倍。此类材料能够让汽车大 (安全舒适) 而不重 (难以操作且效率低下)，同时节省石油和保护生命。一种新的制造工艺 (参见花絮) 甚至能够使碳纤维汽车的成本与钢制版本相同。因为其较贵的材料可由简化的汽车制造工序和较小的推进系统抵消。

举例来说，2000 年设计的一种毫不将就的中型多用途运动车 (图 1)，装备了最流行的加倍效率混合电动系统，能够舒适地载运五位成人和多达两立方米的货物、在 44% 的坡道上牵引半吨负载、于 7.2 秒内从静止加速到 100 公里/小时、在与钢制多用途运动车相撞时更安全，却只用正常汽油消耗量的不到三分之一——约为每百公里 3.56 公升或每美国加仑 67 英里。



倘若每年生产 5 万辆，此车的零售价将比时下同等钢制多用途运动车贵 2510 美元 (按 2000 年美元价值计算)；但这只是因为它采用混合电驱动，而非因为重量超轻。节省的汽油按美国燃料价格两年即可收回投资成本，按欧盟或日本的价格只需一年。由于只需要 80 分之 1 的机具且消除了车体车间和喷漆车间 (汽车制造中的两个最难且最高成本的步骤)。即使与当今最精简的工厂相比，制造这种汽车也将节省大量空间和五分之二资本。

图 1：2000 年设计的 Revolution (革命) 概念车，一种超轻 (857 公斤) 碳纤维中型多用途运动车。

图片由 Hypercar Inc. 公司提供

替代汽车燃料

目前在路上跑的许多汽车已经能够使用先进的生物燃料，例如 15% 汽油和 85% 乙醇——最好是由诸如柳枝稷或农作物废物等木质植物使用新工艺生产的纤维素乙醇。使用此“E85”燃料的超轻混合动力汽车，能够将石油用量再削减四分之三，仅占目前水平的 7%。巴西已经不再进口石油，其中五分之二归功于现在无补贴竞争的甘蔗乙醇。巴西四分之三的新汽车能够使用从纯乙醇到纯汽油的任何比例的混合燃料，但该国的所有汽油都含至少 20% 乙醇。瑞典计划到 2020 年不再依赖石油，而主要采用森林废物制造的乙醇，并规定 60% 销量最高的加油站在 2009 年前出售可再生燃料。

从长远看，三倍效率的超轻混合动力车使用压缩氢气作为燃料并用燃料电池将之转化成电力的设想在商业上完全可行。沉重且低效率的汽车将需要过于庞大的气罐和昂贵的大燃料电池。而空气动力性能良好的超轻汽车只需要三分之一的推进能量和较小的气罐。并且，让此三分之一大小的燃料电池具有成本效益，只需 3% 的累计产量。如此就比人们的预想提前了许多年。这种汽车在停放时 (96% 的时间) 甚至能够成为可以赚钱的流动发电站，在电价最贵的时间和地点卖电给电网。停车建筑可装备将氢气输送给汽车的管道和提取电力的引线。在电力需求高峰时段，您可以启动燃料电池，让汽车作为发电设备运转，卖电所得将记入您的账户。

在此之前，如果成本效益可以接受的话，给常规混合动力汽车添加更多的电池，就能够取代目前短距离——或许还有中距离——旅行所使用的燃料。

具有成本效益的技术

现代汽车需要功能强、美观、安全、省燃料且可负担。汽车制造商和公共政策制定者经常想当然地认为，高效率汽车一定体积小、加速差、不安全、丑陋不堪或成本昂贵。然而，综合的设计和新颖的技术，能够同时实现目前和未来人们希望的全部汽车属性而无须将就。我们将不需要用高燃料税或效率标准来促使人们购买不诱人的汽车。他们自己会想要购买超高效率汽车，因为这些车**更好**；就如同绝大多数人舍弃塑料唱片而购买数码媒体一样。

在购置价格较高的常规改良型汽车时，买主通常只计算头两三年节省的燃料，这是一大障碍。高企的燃料价格会让人少开车，但却不太会影响购车选择，因为油价将被非燃料成本稀释，然后又被打折扣。影响购车选择的最有力手段是收费退款。就每个尺寸档次而言，有些新车买主将需要缴付规费，而另一些买家则可享受退款；收取的规费将用于支付退款。付费还是退款及其金额取决于所购车型的效率。此拉大的价格差距会鼓励买车人购买自己喜爱的高效率车型。这样一来，买家省钱，汽车制造商利润增加，国家安全也有所改善。目前已在世界各地 (加拿大、法国、以及美国的一些州) 开始实行的此等收费退款是比燃料税或油耗标准更有效且政治阻力较小的手段。



一辆电动汽车在加利福尼亚州圣迭戈市的替代燃料加注站充电。

AP/Wide World Photo

汽车效率革命面临着许多挑战，但都是能够克服的。保时捷博士 (Ferdinand Porsche) 于 1900 年发明的混合动力汽车在将近一个世纪后由具有强劲领导力量和财务业绩的日本汽车制造商重新打造。这些热门的车型目前可有加倍的效率，其中许多还额外增强了性能。

美国的汽车制造商正在后面追赶，并且需要设备改造和人员重新培训的帮助 (这不一定要政府出钱)。他们的选择是无可回避的：美国要么继续进口高效率汽车来取代石油，要么**制造**高效率汽车而不再进口车和油。这个取舍关系到一百万份工作。然而，奥地利经济学家熊彼特 (Joseph Schumpeter) 所称的“创造性破坏”过程，目前正在横扫产能过剩的汽车业：市场将改变经理们的思维或取代他们，取决于哪一种变化首先发生。

中国和印度雄心勃勃的汽车制造商将加快步伐，健步超越西方技术。而没有汽车工业的国家可能选择开始一个全新的工业，但不是基于车轮——与其说是制造装了芯片的汽车，毋宁说是生产了带轮子的计算机。

总之，利用今天的技术，生产达到现有效率三倍的汽车、卡车及飞机是可行的，并且其额外成本只需一两年就能够收回。在建筑业和工业界提高石油使用效率，再加上使用节省的天然气和先进生物燃料作为替代，到 2040 年代美国有可能**不再需要**使用石油，赋予经济新的活力，以及停止 26% 的二氧化碳排放量。完全取代石油的平均成本将为每桶 15 美元 (按 2000 年美元价值计)，只是最近世界石油价格的五分之一；因此这个转变将由企业界为了逐利而带动。

在五角大楼赞助的一项 2004 年研究报告《石油残局致胜》(Winning the Oil Endgame)中，本人领导的团队已经描绘了此项转变的一个美国版本，并且正在进行实施。举例来说，沃尔玛 (Wal-Mart) 公司将其重型卡车的效率加倍，波音 (Boeing) 在 (不加价地) 推销效率高 20% 的 787 型飞机，五角大楼正探索效率大幅度提高的军用平台，其技术可用于改造民用车辆，如同军事研发活动创造了互联网一样。其他国家只要定出高目标、大胆思考、并且认真对待市场和技术进步，就能取得同样或更好的成果。超高效率汽车以及类似的其他运输工具将是使这个世界变得更富有、更公平且更安全的最佳途径之一。

本文所表达的见解不一定反映美国政府的观点或政策。

核能的复兴

詹姆士·A·莱克

核动力复兴的道路尽管仍然布满挑战，但也有望给全世界发电业带来活力和帮助解决诸如温室气体排放等问题。从长远看，核能可以变得更安全和更经济、防扩散且可持续。

詹姆士·A·莱克 (James A. Lake) 现任爱达荷国家实验室 (Idaho National Laboratory) 副主任，曾于 2000 年至 2001 年任美国核协会 (American Nuclear Society) 会长。

核电在美国出色的经济与安全记录、持续增长的能源需求、以及对清洁核电之环保益处不断提高的认识，构成了核能复兴的基础，能够支持美国在 21 世纪的能源保障、经济繁荣及环境质量目标。然而，在此复兴成为现实之前，决策者必须应对新厂所需资本成本相对较高、废核燃料的可持续管理、以及由核动力燃料循环扩散武器级钚的风险等重大挑战。



由切萨皮克湾眺望马里兰州的 Calvert Cliffs 核电厂。
图片由 Constellation Energy 提供

美国的核动力发展

美国的核动力诞生于 1950-1960 年代。当时人们抱有不切实际且已证明无法实现的期待，即核能成本将如此之低，以至于“便宜到无需按用量计费”。随着最早的核电厂兴建和投入运营，人们开始遇到建设成本不断攀升和安全方面的难题，这一切问题于 1979 年在宾夕法尼亚州米德尔顿市附近的三里岛二号厂 (Three Mile Island Unit II) 发生事故时达到顶峰。美国核管理委员会 (Nuclear Regulatory Commission, 简称核管会) 随后为确保安全运营而采取的纠正行动，在当时通货膨胀率达两位数的情况下，使在建工厂的完工期推迟了许多年，导致其中一些工厂宣告破产和遭到取消，从而结束了美国核动力的第一个时代。

在整个 1980 年代，核电企业完成了多座工厂的尾巴工程，将它们并网发电，而且集中力量提高成本效益与运营业绩，同时改善安全性能。到 1990 年代的后五年，美国的 103 座核电厂不仅生产美国 20% 的电力，而且成本与煤炭和其他燃料电厂相比颇具竞争力——每千瓦小时不到 2 美分。不仅如此，这些核电厂的安全记录也有超过 10 倍的改善，以至于核电成为当前工业安全方面的领先行业。到 1990 年代末，目睹能源价格的攀升和加利福尼亚州的大面积停电，美国企业对核电的兴趣大大提高。随着核电的商业环境开始改善，一些大型公用事业公司，例如 Exelon 和 Entergy，购买了规模较小且较不赚钱之公用事业公司的核电资产。

迄今为止，目前在运营的核电厂当中，半数以上已经申请且获批对其原有 40 年执照的 20 年展期。业界深信，随着原有执照的到期，所有美国核电厂都会申请展期。如此将确保这些大型电厂继续发电，让美国人不断享受其价格与环保益处。

随着我们告别核电的第二个时代——即恢复财务与安全可行性的时代——核动力目前具有对美国
和世界能源需求做出更大贡献的态势。进一步发展的动力有多个来源，包括对国家能源保障的担忧
加深，进口化石燃料成本日益攀升，经济繁荣导致对能源的需求显著增长，人们更加重视消除与化
石燃料关联的环境威胁和用无排放核动力作为替代能源，以及对低成本核电很有利的电力市场。

由于对核电的经济和环保益处的理解加深以及安全记录的改善，公众对核电厂营运的信任稳步提
高。一些民意调查显示，70%的美国人赞成继续使用现有电厂，并有50%以上的人支持兴建新厂。

目前，440座核电厂生产着世界16%的电力。尤其是在东亚国家、俄国及印度，积极兴建新厂的计
划已经启动。美国在经历了逾25年的休眠之后，也即将恢复新厂的建设。这将开启第三个时代，
即核能复兴的时代。

为了不辜负很高的期待，核动力需要应对四项主要挑战：

- 首先，核动力必须在世界能源市场中保持经济竞争力；特别是能源公司必须更好地控制资
本成本。
- 其次，在不断扩展的世界市场中，为了达到公众对非凡安全表现的期待，现有工厂必须继
续安全运营，并且未来工厂必须不断提高安全性。
- 第三，核动力及其燃料循环必须由公众和国家领导人视为可持续。尤其是在废核燃料的管
理方面，必须在废核燃料持续具有高放射性的长时期内以低成本高效益的方式安全地进
行；并且随着化石燃料的耗尽，核燃料供应必须能够延续许多个世纪。
- 第四，由燃料循环产生的核材料必须受到保护，以防止出于非和平目的的扩散和滥用。

美国核动力的新方向

2001年，美国政府颁布了新的国家能源政策
(National Energy Policy)，提高了现有核电
厂执照展期和新设施执照审批的效率，确定
了我国在近期内扩大核能利用的方向。该政
策进一步寻求借由开发、论证及部署下一
代核电技术来鼓励核能利用。重要的是，
它计划通过对先进燃料循环的研究与开发
来实现这个目标。与需要对废燃料进行地
下埋置的一次性核燃料相比，这些先进循
环系统可能更清洁、更高效、较少废物、
且防扩散性能更佳。

目前已有实施此能源政策的一些计划，包
括：

- 核动力2010 (Nuclear Power 2010)
计划，以鼓励新核电厂的近期兴建；
- 第四代 (Generation IV) 计划，以开发更经济、更安全、更可持续且更防扩散武器级钚的
下一代反应堆；
- 先进燃料循环计划 (Advanced Fuel Cycle Initiative)，以研究废核燃料的先进再处理与再利
用战略，从而用不分离钚的方式通过燃烧废核燃料中的长半衰期成份，在铀资源中提取显
著多的能量。此类技术有望减少废燃料数量，因而可能延长规划中的亚卡山 (Yucca
Mountain) 废核燃料与放射性废物地下储存库的寿命。



科研人员在爱达荷国家实验室的先进试验核反应堆上运行测试。

AP/Wide World Photo

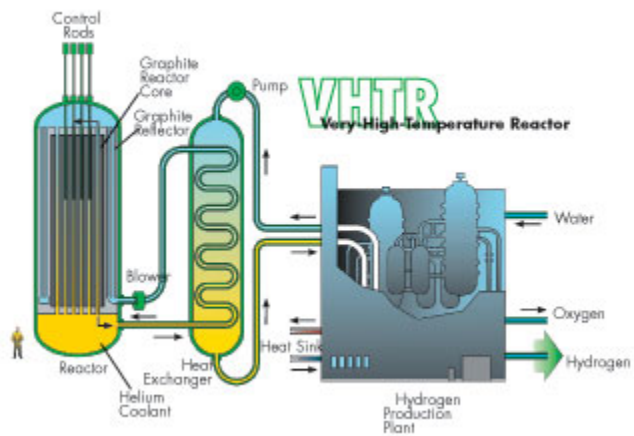
2005年8月8日，乔治·W·布什总统签署了2005年能源政策法案（Energy Policy Act），其中批准了上述计划的长期预算，包括贷款担保、生产税收抵免、以及在头几个新核电厂的建设中对私人投资提供保护。（这些工厂面临与新的执照发放手续和重新确立美国设计与建设基础设施相关联的风险。）该法案进一步批准了长期核能研究与开发计划的拨款，包括第四代先进反应堆开发计划和先进燃料循环计划；这两项计划现已综合为全球核能合作计划（Global Nuclear Energy Partnership，简称 GNEP）。

核动力 2010：核动力 2010 计划的焦点是检验与确认一项新的核管理委员会执照发放程序。该程序系基于对反应堆系统设计安全性的认证，对提议的反应堆地点发放许可证，以及对在经许可电站地点依照经认证反应堆设计的施工和运营发放组合执照。

由西屋公司（Westinghouse）和通用电气公司（General Electric）开发的四个先进反应堆设计已经通过核管会的认证；另外六个反应堆的设计正在审查中，其中至少两个将于 2008 至 2010 年通过认证。三个集团已经就六个可能的电站地点提出先期地点许可申请，目前在审查中。最后，12 家公用事业公司已经将其为多达 23 座新反应堆寻求施工与运营执照的计划通知核管会。第一个核电厂正式订单预期将于 2007 年底或 2008 年初发出。

第四代计划与下一代核电厂：第四代先进反应堆路线图系由 100 多位国际核专家制定，旨在评估六项下一代反应堆技术和确定其优先顺序。与现有技术相比，该六项技术具有更经济、更安全、更可持续且更防扩散的强劲潜力。超高温气冷堆和钠冷快堆业已被列为国际开发和论证的优先技术。

下一代核电厂系基于能够在摄氏 850-950 度温度范围内工作的气冷技术。此技术不仅大大改善发电热效率，而且明显是在或许能够高效率生产氢气的温度范围内。对布什总统用氢气作为国内运输燃料来取代日益昂贵之进口石油的努力而言，氢气的高效率无排放生产是一项关键要素。氢气起初将用于富化国产重质原油，然后是生产合成运输燃料，最终是驱动燃料电池车辆。因此重要的是，下一代核电厂不仅能够发电，而且可以生产运输业所需的氢气和工业流程使用的热量。在这些方面，美国对进口石油的依赖是对经济繁荣的一项威胁。



超高温反应堆示意图。

图片由爱达荷国家实验室提供

先进燃料循环计划与全球核能合作计划：全球核能合作计划由布什总统于 2006 年初宣布，意在显著加快美国先进燃料循环和快堆技术的开发。该计划的目标如下：

- 在废物体积、热负荷（放射性燃料在衰变过程中会释放大量热能）、放射毒性（对活细胞或组织有毒的辐射水平）、以及 21 世纪内将需要的储存库数目等方面，减轻与废核燃料地下埋置相关的负担；
- 回收废核燃料中包含的重要能量价值；
- 提高废核燃料再利用过程的防扩散能力。

为了达到这些目标，三项技术将得到开发与论证：(1) 废核燃料所含材料在新一代的钠冷快谱先进燃烧反应堆中的嬗变，由此提取其能量价值，并使最终核废料变得可用单一储存库较便利地管理；

(2) 使用无法分离武器可用铀的铀提取工艺 UREX+, 将出自水冷堆群的废核燃料的元素分离成铀、可再用燃料成份及裂变产物废料; 以及 (3) 先进燃烧反应堆之燃料回收再用和燃料加工技术的开发与论证。

展望

我们正处于核能复兴即将到来的时刻。这个复兴的基础是美国 103 座核电厂的持续安全且经济的运营, 预期不久将公布在今后十年里兴建和投产的新核电厂订单, 为复兴拉开序幕。更长远地看, 我们的国家实验室正在与我国的大学和工业界及国际社会合作, 努力开发下一代先进核动力系统。这些系统将会更经济、更安全、可持续, 并且具有大量增加核燃料中可烧部份的闭合燃料循环, 从而在大大增加可提取能量潜力的同时最大限度地减少核废料的数量。核动力在美国的能源未来中占据着重要地位, 并将安全地提供经济、清洁且可持续的电力和运输燃料产品。

本文所表达的见解不一定反映美国政府的观点或政策。

可再生能源：期待无穷无尽的能量

迈克尔·埃克哈特

可再生能源在全世界大规模扩展将需要创新的政府政策、稳定且可预测的投资环境、以及向发展中国家的技术转让。

迈克尔·埃克哈特 (Michael Eckhart) 是总部设在华盛顿市的非营利组织美国可再生能源理事会 (American Council on Renewable Energy, 简称 ACORE) 会长。ACORE 工作人员盖奇 (Peter Gage) 和麦卡特 (Cameron McCarter) 曾帮助撰写本文。

可再生能源业即将展现希望之光。可再生能源在许多地方已经商业化且具经济竞争力，势将通过戒除我们的油瘾和开始解决全球变暖问题促进美国的国家利益。此行业目前即将进入第二阶段，把美国的 30 年 150 亿美元投资用于研究、开发及论证将在市场中使用的可再生能源技术。



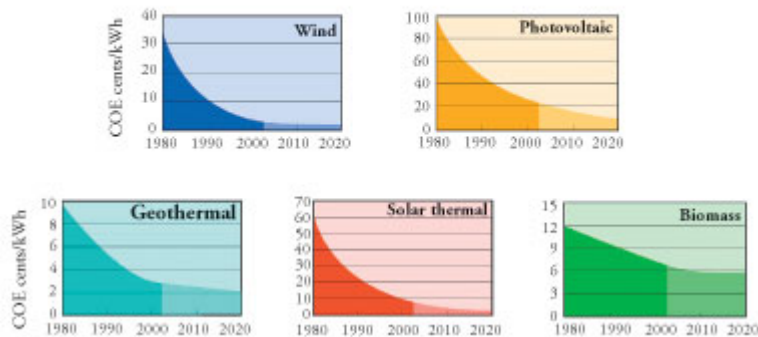
画家描绘的 Stirling 能源系统公司计划在加利福尼亚州莫哈韦沙漠兴建的一座太阳能发电厂。

图片由 Wade Newhouse/ Stirling Energy Systems, Inc. 提供

市场动力

目前有三种关键力量带动市场朝向可再生能源迈进。第一个动力涉及国家能源保障。目前的预测显示，美国的石油消耗量将持续增长且速度将超过不见起色的国内生产曲线，因而使美国越来越依赖外国石油市场。这将使美国经济在石油进口受到干扰时遭受打击。

Decline in Renewable Energy Costs



这些曲线反映了历史成本趋势，并非精确的历史性年度数据。COE = 能源成本。

资料来源：国家可再生能源实验室 ([National Renewable Energy Laboratory](http://www.nrel.gov))

此外，诸如中国和印度等发展中国家的快速增长，给世界石油市场带来不断加大的压力，而且这个问题在今后很可能继续恶化。其效应目前已经显现：几年前，每桶石油的价格还只有 30 美元，到 2006 年 6 月中旬已超过 70 美元。可再生能源有助于美国依赖国内能源，从而减少对石油的需求或减缓消耗量的增长。

迈向可再生能源的第二个动力是关于气候变化的忧虑。可再生能源能够帮助降低温室气体排放量，同时满足我们的能源需求。据一些新闻报导，2000 多位科学家一致认为，二氧化碳和甲烷等温室气体正在地球薄薄的大气层中累积，并且导致全球温度升高。其中许多科学家认为：温度升高预示着不良甚至可能是灾难性的后果，这个问题现在就必须着手解决，并且目前有可供采取的行动，使用无碳可再生能源就是解决方案之一。

第三个市场动力是可再生能源的成本。如图所示，该成本几十年来一直在下降，并且对于一些可再生能源来说应该会继续下降。可再生能源成本的下降应归功于可再生能源技术的改进。随着此行业成熟，成本将继续下降。

利用可再生能源

美国各地可再生能源分布不均匀，让我们很难有统一的国家政策。太阳能在西南部最强，风力主要用于大平原地区、山区及沿海地区，地热能西部地区。生物质在全国各地都有，但不同地区的形式不尽相同。生物燃料由农业州生产，但在设有空气质量限制的城市消费。

目前在美国各地有许多地方性可再生能源市场，这些市场各有其独特的资源、经济、文化及政治。一些州在可再生能源领域起到了带头作用。将近一半的州目前实施可再生能源配额制 (renewable portfolio standard, 简称 RPS)，即规定可再生能源生产目标的制度。州一级配额制规定了公用事业公司必须在指定日期之前由可再生能源生产特定数量的能量；这就立即创造出对可再生能源的新需求。

在其他地区，欧盟已经采取步骤促进对可再生能源的利用，并且是政策创新的一个来源。德国、西班牙、意大利及其他一些国家已经实施馈入电价，即公用事业公司或供应商必须向私有发电者支付的可再生电力单位价格。与此同时，芬兰、希腊及英国均有促使人们生产或使用绿色动力的拨款、税收奖励及强制命令。

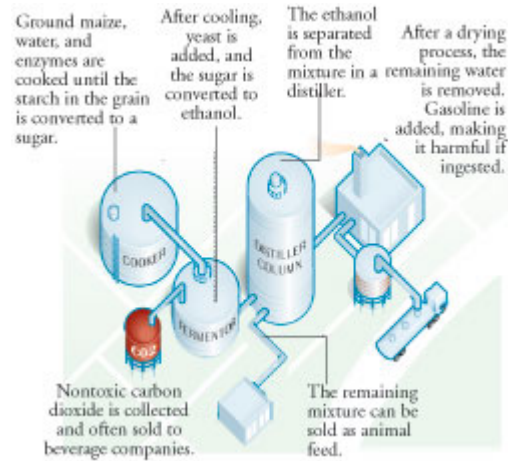
借助于美国国际开发署 (USAID) 和许多捐赠机构的资助，以及世界银行 (World Bank)、欧洲和其他地区开发银行、私营企业的财务支持，目前在发展中国家有广泛的可再生能源项目。印度是率先承诺大范围利用可再生能源的国家之一，目前积极开展风能、太阳能、水力、生物质能领域的活动。巴西是率先用糖生产乙醇的国家。印度南部、斯里兰卡、孟加拉均已建立起太阳能光电池市场，为无电网的住宅提供初步电力。中国已经发展出年产值 30 亿美元的太阳能水加热工业。

风力

将玉米乙醇加入汽油

2004 年，美国生产了约 34 亿加仑燃料乙醇。其中近 86% 来自玉米产量占全国三分之二以上的中西部。

制造燃料乙醇



美联社图片

风力是美国用于**大规模**可再生电力生产的领先能源。据美国风能协会 (American Wind Energy Association) 报告, 2006 年初美国风力发电装机总容量为 9149 兆瓦。其中相当大一部份——2420 兆瓦——系于 2005 年安装, 并且 2006 年计划安装约 3000 兆瓦。随着近来的技术提升, 风力发电与天然气相比的价格竞争力已有改善, 因此支持了持续增长。此外, 美国联邦政府向企业提供大约等于每度电 1.9 美分的风力生产税收抵免。对于诸如公用事业公司等注重减税的投资者来说, 这为投资风场提供了很强的吸引力。

最早的风力市场在 1990 年代末的丹麦, 然后是德国。当今的热门市场有西班牙、意大利、法国、英国及印度。但风力发电几乎已在世界各地采用。

太阳能

太阳能电池作为一个年产值 120 亿美元的全球工业, 是**分布式**动力生产 (消费者为满足自己的需求生产热量或电力并将多余电力送回到公用事业电网) 的首要可再生动力来源, 在日本、德国、西班牙近期均有成长。

2005 年, 《美国能源政策法案》(Energy Policy Act) 为美国国内住宅和商业设施购置的太阳能系统确立了 30% 联邦税收抵免, 此外加利福尼亚和新泽西等州还有大幅度补贴计划。

在发展中国家, 光电池具有极大的潜力; 但因为需要出售、安装及维护这些设备的当地企业基础设施, 并且需要经常无法获得的贷款, 已证实不易实施。尽管如此, 印度、斯里兰卡、孟加拉、摩洛哥、肯尼亚、南非及其他地方的市场均在成长中。

生物燃料

今后几年里, 主要为玉米乙醇的生物燃料在美国将提供可再生领域最大的投资机会。由劳伦斯伯克利实验室 (Lawrence Berkeley Laboratory) 收集的**最新证据驳斥了 1970 年代的过时观点**, 即由于玉米乙醇的高能耗生产, 其环保益处是不存在的。现在看来, 生产玉米乙醇与生产汽油相比所需的石油量要少得多, 并且此乙醇的温室气体排放量比汽油低 15-20%。新的纤维素乙醇技术可进一步显著减少温室气体排放量和石油使用量。由于可用乙醇替代甲基叔丁基醚 (一种作为汽油燃料成份在二十二个州被禁用的化合物), 需求已迅速增长。2006 年, 美国将生产超过 47 亿加仑 (179 亿公升) 的乙醇, 并且有年产量 20 亿加仑 (76 亿公升) 的新设施正在兴建中。

美国汽车制造商已经注意到近来对生物燃料的兴趣。举例来说, 通用汽车公司 (General Motors) 目前生产九个能够使用 E85 (由 85% 乙醇和 15% 汽油混合而成的燃料) 的车型。

投资

目前对可再生能源公司和项目有大量投资。据普华永道 (PricewaterhouseCoopers)、汤普森风险经济 (Thomson Venture Economics) 及全国风险资本协会 (National Venture Capital Association) 报告, 风险投资者于 2005 年对替代能源公司投入资金近 1.81 亿美元, 比上一年增长 7800 万美元。

许多行业的大公司已经开始注意到这个日益增长的市场机会, 并且表示支持。举例来说, 通用电气公司 (General Electric) 最近对加利福尼亚州的一个 50 兆瓦风能项目投资 5100 万美元, 而 Cascade Investment LLC 已将 8400 万美元投入生产和出售可再生燃料的太平洋乙醇公司 (Pacific Ethanol)。加速的市场成长为投资者在该行业 (目前年产值已达 500 亿美元) 创造了一个充满丰厚利润机会和风险的有利环境。

国家与全球受益

可再生能源是广泛取自我们周围天然可用能量的一大来源。可再生能源尽管并非万灵药，但用得越多，我们就得益越多，包括减少石油进口、减轻污染和温室气体排放、以及增加就业机会。

可再生能源能够为发展中国家和乡村地区带来重要的机会。举例来说，设在科罗拉多州拉尔马市的科罗拉多绿色风场 (Colorado Green Wind Farm)，通过向农民和牧人提供新的就业机会和收入来源，将本县的税收基数提高了 29%，使学校常规基金每年增加 91.7 万美元，并且使县医疗中心的资金提高 18.9 万美元。



冰岛 Hveragerdi 的地热供暖温室。

图片由 Simon Fraser/Photo Researchers Inc. 提供

可再生能源的潜力是巨大的。它将为美国提供能源保障、更清洁的环境、优质工作及投资机会。美国乡村地区能够从可再生能源开发中获得最大益处。

此等开发也将让世界各地的乡村人口有机会获得现代能源。风能、太阳能、地热、生物质及小型水电站能够向乡村公用事业公司和村庄供应电力。太阳能光电板和太阳能热水器可将现代能源带入家庭。

展望

可再生能源在美国和世界各地发展前景良好，并正在加速取得进展。这对于依赖计算机模拟预测的政府政策规划人员来说是一项挑战，因为该等预测可能因石油价格的快速攀升和可再生能源需求的加速增长而过时。举例来说，能源信息局 (Energy Information Agency) 提供的美国官方预测显示，到 2030 年可再生能源只占美国能源供应的约 10%，但多个行业组织要乐观得多。能源未来联盟 (Energy Future Coalition) 预测到 2025 年可再生能源供应量可达 25%，ACORE 认为 2020、2030、2040 年的供应量将分别为 20%、30%、40%。

为了实现这些目标，常规能源价格必须继续居高不下，可再生能源成本必须继续下降，并且政府政策必须是稳定和可预测的，从而鼓励贷款机构和投资者对可再生能源系统投资。此外还必须进行国际协作，将技术转让给发展中国家。

本文所表达的见解不一定反映美国政府的观点或政策。

小步伐节省大能源

马克·莱文

决策者现在需要认识到，他们在鼓励消费者投资和得益于能源效率上能够发挥更积极的作用。由众多个人采取的步骤，能够节省大量能源和促进本地市场与国家经济。

马克·莱文(Mark D. Levine) 是设在加利福尼亚州之劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory) 的环境能源技术部主任。

我们通常将能源效率视为个人行为，可向大家推荐，但对一个国家的影响有限。这是个令人遗憾的误解。能源效率不仅是实现能源保障的工具之一，而且在我们现有的工具中威力最大。精心设计与实施的能源效率政策，不仅能够大幅度降低能源需求，也将促进经济发展。

能源节约相对于能源效率

能源节约这个概念现在是指人们在完成日常任务时为了少用能源而采取的行动，或者甚至不做某些事情以节省能源。在美国，迄今只有一次将能源节约作为一项严肃的政策加以实施。那是在 2001 年，当时加利福尼亚州发生了电力危机，处于一种绝望的境地：没有时间兴建更多的发电厂，从州外输入电力也不可行，能源效率(定义见下文)也无法及时发挥效用。

加州首创了一些诱导能源节约的新方法，尤其是 20/20 计划。该计划将消费者电费的 20% 退还，前提是消费者将用电量削减 20%。在 2002 年至关重要的夏季里，节约行动导致用电量下降 11%，高峰用电量下降 16%。加州为此项节省付出了代价，但钱留在了州内，流到电力消费者手上；另外，在当时通行电价扶摇直上的情况下，退款成本只是供电成本的一小部份。

除非遇到危机，否则能源节约并非人们乐见的政策。更有效的方式是投资于能源效率。请注意“投资”这个词。能源效率是一项投资战略，并且政府政策对于其成功的重要性，就如同中央银行的决策对于国家宏观经济政策的重要性一样。能源效率不是一项短期政策，而且事实上只有数年、数十年坚持不懈方能有效。

能源效率的经济学原理

对许多人来说，能源效率要么看不见摸不着，要么太小以至于无足轻重。人们很容易想到太阳能设备(例如屋顶上的光电池)或风能设备，但能源效率本身无法形象化，它需要通过实施许多措施来提高，其中每项措施都对降低能源消耗有一些贡献。

由于决策者一般不会意识到能源效率作为政策措施的重要性，能源效率常常被忽略。图 1 和图 2 将美国作为一个整体澄清了这些问题。图 1 将 1973 年之后三十多年中能源消费强度(每单位国内生产总值的能源消耗)的演变与倘若此前的趋势没有改变的情况加以比较。

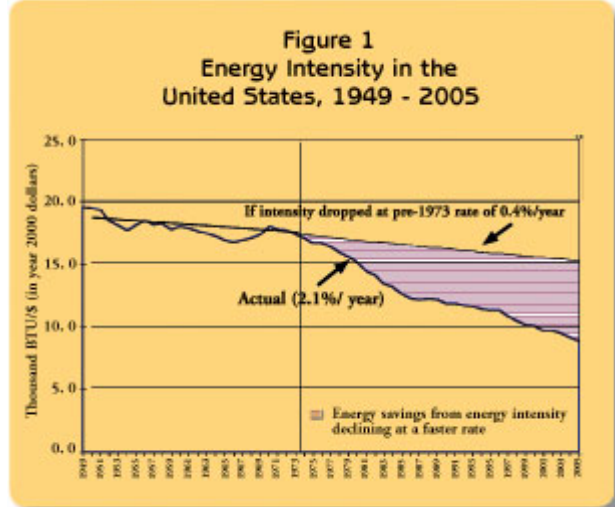


图 2 显示了能源消费强度变化的显著效果。倘若能源需求的增长方式没有改变，我们今天所用的能源将比我们的实际用量

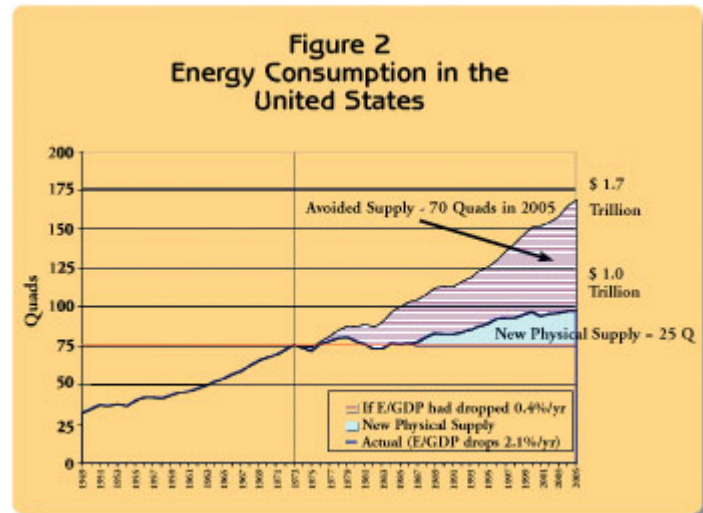
多 75%。

多 75%。

资料来源:

<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/overview.html>

能源消费强度的降低是美国经济发生结构性变化的结果。由制造业朝向诸如银行和信息技术等服务业的转移，对此强度改善的贡献约为三分之一。另外三分之二源于能源效率投资。这意味着在自 1973 年石油禁运后的三十年里，在满足美国能源需求方面，能源效率的贡献几乎是新增供应量的四倍。能源效率尽管几乎看不见且极少在处理能源保障事务的高层讨论中被提及，却具有强大的威力。



五项重大能源效率政策

美国能源效率的收益源于四项明确的政策和一项未言明的政策。这四项明确的政策涉及下列内容:

附注: Quad是一能量单位, 等于 10^{15} BTU (英热单位)。

资料来源: <http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/overview.html>

- 电器效率标准;
- 公用事业需求侧管理计划 (为提高客户能效而做出的公用事业投资);
- 建筑物能耗标准;
- 企业汽车油耗标准。

未言明的政策则是联邦政府不会阻挡小幅度提高能源价格。也就是说，与能源价格高得多的其他工业化国家不同，美国没有为反映林林总总的外部成本而征收石油税。

在这四项明确政策中，有三项目前在美国得到非常积极的实施。《2005年能源政策法案》(Energy Policy Act) 确立了导致 15 项电器标准的水平。美国能源部依照法院命令，正在积极制定 17 种其他产品的标准并将于今后二到五年内颁布。

需求侧管理——旨在提高用户能源效率的公用事业计划——在一段时期里因为公用事业公司重组而停滞不前，但现又热火朝天地展开。许多公用事业公司施行的最成功的用户侧管理计划之一涉及用高效率灯具取代低效率荧光灯的更新退款。

加利福尼亚州的公用事业公司将于今后三年内在用户侧管理上投入 20 亿美元；这是此前水平的两倍和过去十年平均值的四倍。根据公用事业公司的预测，如此可将今后十年里电力需求的增长由每年 2% 削减至每年 0.5%。加州是提高能源效率最积极的州。与若无电器与建筑物能源效率标准和公用事业需求侧管理计划的预测结果相比，电力需求的增长在今后十年里应会减少约 85%。如该州在至少二十年里对提高电力最终使用效率的追求所证实，优良的能源效率投资政策能够通过长期努力产生显著成果，但公众或公共政策制定者并未广泛认识到这一点。

第三项政策涉及建筑物能源效率标准。与电力需求侧管理相似，建筑物标准通常在州一级制定，在地方一级实施。因此，各州的情况可能有很大差别。部份由于联邦研究与开发计划的重要成就，新建筑的能源消耗是现有建筑的三分之二到一半，从而保证了在建筑使用期内节省能源。

继续这一成功有两个必不可少的关键因素：(1) 联邦政府重新加强建筑物能源效率之研发——这方面的工作已经导致了提高能源效率的技术；以及 (2) 强化建筑物能耗标准。一些州 (尤其是在美国东西海岸) 有更新和强化标准的计划，但大多数州没有。

第四项政策，也是与石油供应保障直接关联的一项，是汽车油耗标准。从长远看，解决石油进口问题将需要在成本和环境上可行的替代能源，但这不会很快实现。在今后数十年里，石油进口量将继续攀升。尽管人们普遍认为美国需要削减进口量，此问题并未得到正视。这就增大了我们在世界上面临的危险。

如果不从政治角度出发，这个问题并非无法解决。强化汽车油耗标准，在很大程度上如同电器效率标准一样，具有简洁之美：它只应用于少数能够做出所需投资的制造商，从而实现更高的效率，然后将成本转移给消费者。这也是一项弱点，因为少数几个强有力的制造公司能够反对美国国会的政策并且获胜。制造商们担心，更严格的油耗标准将使消费者因为失去重要的享受而不开心；就汽车而言这包括大小、安全性、功率 (加速性能)。事实上，以往的经验，包括美国 1975 年颁布的原始 CAFE 标准，表明汽车工业有能力创新，并在不损害上述特徵的同时达到起初认为苛刻的标准。

对汽车油耗的此等改善能够在让其他国家中数千万消费者满意的同时实现。图 3 显示了美国和若干其他地区的油耗标准。看着这张图，人们会想，美国汽车制造商在世界市场上恐怕早晚会有麻烦。

美国能够将目标定在让所有车辆——包括多用途运动车和其他轻型与重型卡车——在 2015 年达到 2005 年欧洲联盟油耗标准的水平，即按照与汽车增长相同的百分比提高。美国也可以同意在 2020 年达到欧洲 2012 年标准，但决策者不太可能设定其中任何一个目标。果真实行这些政策，虽然我们仍将远远落后于欧洲人，但可将我们 10 年后对进口石油的依赖由预测的 56% 降至约 40%，并且将二十年后的 62% 降至 25%。

对于许多人来说，改善汽车油耗的首要动机是能源保障，但其中也有更多的经济、环境及安全益处。鉴于能源效率投资的回报颇丰，此政策几乎可以肯定是低成本高效益的。与图 2 所示的总体经济之能源效率收益相似，在更高效率汽车上的此类投资将为整个美国经济带来非常显著的益处——与不提供净益处的供应投资相比至少有 20% 的年度回报。

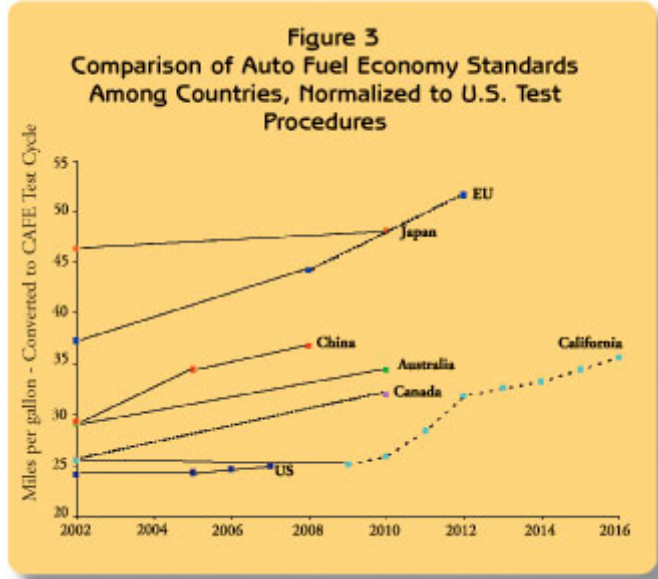
公众政策的作用

人们尚未充份意识到，提高能源效率的政策是改善能源保障的主要工具。尽管有关政策只受到了有限的关注和支持，在过去三十年里，通过提高效率而节省的能源对满足需求的贡献是新增能源的四倍。目前，美国每年的能源开支为 1 万亿美元。倘若没有以往的能源效率改进措施，则将为 1.5 万亿美元！

能源效率是具有人们非常了解之回报的投资。只要政策的设计和实施合理，投资回报一般都很高。由此政策获得的经济回报，与由投资新油井或煤矿获得的回报一样具有确定性，只是通常会更好。供应投资和需求投资的巨大区别在于，前者由追求投资回报的公司完成，后者则通常分散在千千万万消费者的身上，而这些消费者经常不了解其益处。

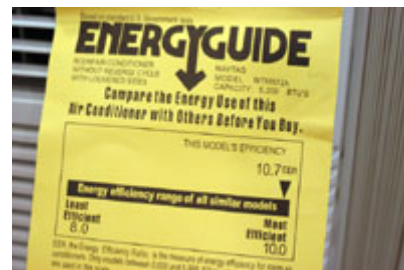
鉴于能源效率投资通常没有强有力的政策加以推动，并且鉴于能源需求增长对国家的影响非常之大，公共政策的作用值得大大强调。与影响能源供应的某些政策不同，针对能源需求的适当政策能够诱导消费者的投资，因此无需政府补贴。

政府决策者，尤其是涉及国家能源保障的决策者，最好能够将能源效率政策作为一项优先任务。



附注：虚线表示提议的标准。

来源：安峰 (译音) 和索尔 (Amanda Sauer), “世界各地轿车油耗与 GHG 排放标准比较” (Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy and GHG Emission Standards Around the World), 皮尤全球气候变化中心 (Pew Center on Global Climate Change), 2004 年 10 月 27 日。



在空调机上提供能源效率信息的零售店标签

William Thomas/Getty Images

本文所表达的见解不一定反映加利福尼亚大学或美国政府的观点或政策。

电力生产的清洁解决方案

刘易斯·米尔福德和阿莉森·舒马赫

为了在 2050 年之前实现能源保障和气候稳定，实施低碳技术的战略必须富于创造性。这场对地球产生深刻影响的能源转变必须包括诸如脱碳煤、碳封存、燃料电池、生物能源及超高效率燃气发电厂等清洁技术的组合。

刘易斯·米尔福德 (Lewis Milford) 和阿莉森·舒马赫 (Allison Schumacher) 分别是清洁能源组织 (Clean Energy Group) 的会长与项目主任。该组织的总部设在美国，是一个重要的非营利组织，其宗旨是在多种清洁能源与环境变化问题上推动创新技术、融资及政策计划。

为了开发给世界带来变革的低碳技术并将之商业化、投放市场及广泛应用，我们需要前所未有的大规模创新。

清洁能源市场在近年里已有突飞猛进的成长，但在全球变暖解决方案中仅构成一小部份。该解决方案取决于向低碳未来的根本转变。

清洁能源一般包括常规可再生技术，即利用太阳、风、小型水轮机、生物质、海洋热、潮汐与波浪、地热、燃料电池及相关能量储蓄与转化技术。



一部 250 千瓦燃料电池是纽约一家喜来登酒店发电和热水系统的组成部份。

AP/Wide World Photo

但我们需要在低碳技术领域全面革新。我们必须大幅度提高对这些可再生技术的利用和显著推进低碳方案，例如脱碳煤、碳封存、超高效率化石能量生产、燃料电池、生物能源，以及基因组学、纳米技术及相关领域的派生技术。

不仅如此，单靠目前的能源与气候政策，我们将无法以在 2050 年之前巩固能源保障和稳定气候所必需的规模或节奏推动清洁能源市场。我们在部署所有这些低碳选择的创新战略时必须更具创造力。此外，目前的创新技术融资与商业化结构也不足以将这些迫切需要的低碳技术推向市场。

唯有同时解决加快低碳技术革新创造的步伐和实现大规模融资与商业化这两大难题，我们才能实现全球能源转变。

低碳技术解决方案

除了诸如太阳能光电池、风能、海洋能等可再生能源和效率技术外，有希望的低碳技术解决方案包括下列方面：

脱碳煤：综合气化联合循环 (Integrated Gasification Combined Cycle, 简称 IGCC) 代表着新一代的煤电厂。它们与常规电厂相比，技术上更优越且环保上更可取。这是因为它们能够气化煤炭，从而可在燃烧前降低硫氧化物、氮氧化物、微粒及汞的排放量水平。IGCC 工厂也会显著减少二氧化碳排放量，且能够进一步配置为具有捕碳能力，从而免除了最终净化步骤。

煤可用三种方式脱碳：经由管道末端的洗涤器、封存及 IGCC (或 IGCC 加封存)。这三种脱碳方法目前均已商业化，但需要大量生产和部署才能与常规电厂竞争和阻止后者的继续兴建。在发展中国家尤其如此，因为其常规煤电厂的预测增长速度非常之高。在未来受碳限制的世界里，IGCC 有可能成为首选煤电厂。

超高效率燃气发电厂：采用先进组合循环涡轮机的天然气发电厂具有比常规煤电厂更高的效率和较低的温室气体排放量。在 2005 年的某些时间，天然气是比煤更昂贵且价格波动更大的燃料，这就使得成本经济效益成为一项关键因素。天然气供应的未来发展可能影响价格差距。为了推动大规模采用超高效率燃气技术，可能需要鼓励提高成本竞争力。

燃料电池：燃料电池将氢气和氧气转化为电力，其副产品只有水和热量(无温室气体)。这是一项有多种应用前景的技术，尤其是在具有敏感电力负荷的地点生产清洁的分布式电力，例如机场、银行、数据中心、紧急救援站、医院、电话交换站。

现场燃料电池以持续的优质电力提供能源保障。它们能够使用天然气及可再生燃料运转。燃料电池技术的障碍有：相对大的前期资本成本、维护与操作要求、生产氢气燃料的成本、以及燃料储存和输送等问题。为了实现大面积采用，燃料电池应在关键地点得到考虑，例如医院和其他电力中断可能带来严重后果的设施。对于这类设施来说，成本差距可能属于次要因素。另外，还必须克服在公用事业一级更广泛采用燃料电池的其他障碍，例如在燃料电池停运维修时由电网供电的高昂费率。

纤维素生物质和生物燃料：随着生产和使用生物燃料兴趣的高涨，厌氧分解器和气化器等生物质技术在利用农作物、农作物废物及粪便生产电力上将有更多的用武之地。然而，生物能源市场依然年轻，在实现生物质和生物燃料技术的快速和广泛采用前还有一段路要走。此外，从低碳角度来看，人们广泛认为，就生产生物燃料而言，使用纤维素(基于植物的)生物质比种植玉米等专用作物更可取；这是因为采收和运输专用作物会增加二氧化碳排放量。基因组学研究对于提升此技术可能颇为关键，但人们尚未能够借此开发高能量生物燃料和能源系统并使之商业化。

封存：封存(捕获和锁闭过多的碳排放而非将它释放到大气中)分为两类：(1) 生物方式，由已知会吸收大量碳且种植在特定地区的植物捕获；以及(2) 地质方式，即将碳注入岩层中。人们正在探索关于这两种封存的许多技术，但尚未形成能够大范围使用的方案。政府和民间的所有参与者都应采取更积极的行动，尽快解决以最佳方式捕获和长期储存碳所涉及的多种科学与技术问题。

还有更多能够打破传统能源技术垄断的许多其他低碳技术有待发明。这方面的挑战不只是在发明创造，还在于为未来低碳技术建立和快速扩展市场。

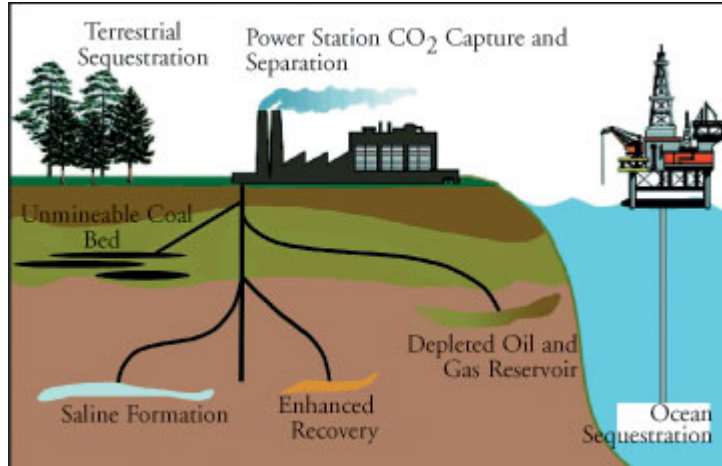
加速革新

我们面临许多低碳技术挑战和机会。专家们一致认为，清洁能源的成功开发不仅需要关注基础和应科学的发展，亦应重视新兴技术的商业环境变化。

八国集团(简称 G8) 在 2005 年 7 月于苏格兰格伦伊格尔斯市举行的气候变化、清洁能源及可持续发展对话(G8 Dialogue on Climate Change, Clean Energy, and Sustainable Development) 中，认识到对技术创新及其商业化的迫切需要。世界银行(World Bank) 制定了一个“投资框架”作为此对话的基石，表明为了支持低碳技术投资、研发及商业化的大规模扩展，技术革新是当务之急。

世界银行投资框架报告的结论是：当前政府和民间的政策与资金不足以推展通过减少碳来稳定排放量的技术。

碳封存选项



由排放中捕获或从大气中提取的二氧化碳 (CO₂) 可在植被、土壤及地下库中长期储存，注入深海，或者转化成类似岩石的固体材料。压缩的CO₂可用于加强从油田中开采石油或从不可开采的煤层中回采甲烷。一旦用于此目的，CO₂将安全永久地留在地表下。

能源更替的挑战

世界能源系统的更替殊为不易，因为能源是全世界资本密集度最高的工业，有着复杂且相互依赖的金融、法规及机构网络以及一个多世纪的政府保护与支持。然而，能源革命能够迅猛推展——汽车作为运输工具取代马车用了约 30 年，而在全美各地普及集中供电仅用了不到 40 年。

目前转变的规模将需要等同于过去 100 年里工业化国家由能源带动的技术转变。在这个世纪中，我们看到的变化是：从工业上使用的水车、木柴取暖和煤油照明、马车运输到几乎遍及世界各地的电气化、至煤炭发电、亿万辆汽油和柴油驱动的车辆、喷气式飞机、以及最终由此带来的微芯片和数字经济。

为了实现类似规模的转变，我们必须做到：

- 最重要的是，政府、学术界及私营企业应把技术研发与应用及商业化联系起来，而非只将注意力集中在研发上。
- 关于低碳技术的辩论不仅应在联合国气候变化框架会议 (United Nations Framework Convention on Climate Change) 和八国集团气候变化、清洁能源及可持续发展对话中进行，而且要在各个层次 (国际、国内、地区) 和多种框架中展开，由国内各地区利益相关者参与。
- 在全球范围内减少碳排放的任务应分配至政府和民间的各个级别。如此将打开创造性解决问题的大门，从而克服市场缺陷，促进低碳技术转让和信息分享，建立不同学科之间的联系，并取得真正的成果。
- 能源融资必须积极朝向新的资本积累形式转移，以构建未来的低碳能源基础设施。
- 八国集团投资框架和其他国际协作形式有必要回答关于技术革新和商业化的更广泛问题。革新链中的空缺必须得到填补，从而使工业化国家和发展中国家可同时向低碳技术转移。为了取得成果，上述努力必须与资源和具体预算的显著扩展相结合。公私合作需要将加快低碳技术革新与采用的步伐作为头等大事。

能否全面解决这些问题构成了二十一世纪面临的能源保障挑战。

本文所表达的见解不一定反映美国政府的观点或政策。

发展清洁能源技术的市场

拉里莎·多布里扬斯基

拉里莎·多布里扬斯基 (Larisa E. Dobriansky) 是能源部国家能源政策副助理部长。

通过使用经济刺激手段和消除市场障碍，从而释放技术革新的潜力，政府能够就在市场中推动清洁能源技术发挥关键作用。

实现安全且可持续能源未来的挑战巨大且紧迫。倘若近来的趋势延续下去，全球能源需求预期将增加到目前水平的四倍；这势必带来高昂的成本、更大的石油进口依赖、恶化的本地和地区空气污染、以及气候变化的更高风险。不仅如此，在今后二十年里，随着发展和转型中国家继续改善其生活标准，全球能源增长的一半以上将是在这些经济体系中发生。面临如此巨大的变化，我们必须通过技术革新与商业化，改变世界能源发展的路线。倘若没有宏伟的全球技术开发与部署，世界能源总用量如此快速增长势必加剧目前已是极大担忧的能源相关问题和挑战。



研究人员在阿尔贡国家实验室 (Argonne National Laboratory) 观察正在测试的凌治混合动力汽车。
AP/Wide World Photo

我们现在有一个关键的机会窗口，可以用来改变世界目前的路线，走上迈向新的全球能源经济的轨道。该经济形式将立即强化能源保障和经济增长，并且显著改善环境。为了满足预期的需求增长，我们有必要在能源基础设施上做出重大投资。此外，为了向更清洁、更高效率能源技术转变和动员必要的私人资本以将有关技术商业化，我们必须采用精心设计的政策和鼓励措施，建立有效的公私伙伴关系及国际合作。

因此，政府的影响市场中采用和推广更清洁、更高效率技术的条件上起着不可或缺的作用。在当今竞争更激烈、一体化程度更大且效率更高的全球市场中，此作用就变成赋能因素和催化剂。当市场中有通过使用较佳能源技术实现净公众益处的潜力时，政府能够在尽量减少干预市场流程的同时，通过将注意力集中在让这些产品的能源相关属性更吸引供应商、消费者及投资者，提高采用的可能性。

布什政府正在寻求一项促进能源技术市场发展的全面方式。该方式将涵盖创新过程的所有方面，并且成为在全球转变能源系统的基石。政府的计划和政策在寻求加速革新创造，减少市场障碍，通过增加消费者的选择来创造对清洁能源服务的需求，以及借由更好的规则和制度来改善能源生产与消费系统。这个针对技术革新的多层面经济发展方式，将焦点集中于在国内和国际建立可行的市场，由此吸引对较低能源强度产品、更清洁且能源效率更高的工艺及生产现代化的投资。这是将技术革新创造、投资动员、以及基于市场之政策制定相结合的路线。

技术革新过程

2006年1月31日，布什总统宣布了其旨在减少美国对外国能源依赖和超越石油经济的先进能源倡议(Advanced Energy Initiative)。为了改变我们向住宅和办公室供电的方式，美国政府计划在零排放燃煤电厂、变革性太阳能和风能技术及清洁安全的核能上做出更多投资。为了改变我们驱动汽车的方式，此倡议将增加对混合动力汽车和电动汽车之更优电池和对无污染之氢燃料车辆的研究。它也将为不只是用玉米，而且使用木片、树叶和秸秆或柳枝稷生产乙醇的最先进方法，提供更多的研究资金。

这个倡议，以及在本届政府期间着手的其他研究、开发及部署计划和活动，都强调了对于旨在实现技术改进和成本削减的技术革新来说必不可少的交流学习过程，以及为配合此技术之特徵所需的企业和市场组织改变。联邦政府在鼓励私人投资和启动所有相关市场参与者互相学习的过程中，扮演着关键角色。为了实现技术部署的目标，政府与私营企业界互动以刺激技术学习，从而能够逐步降低成本和实现产品改良，以及发展市场参与者以更低成本且更有效的方式生产和使用技术的能力。

采购和专门市场发展，对于鼓励私营部门进行新知识投资和刺激市场参加者有组织学习两方面，一直是两个关键部署战略。举例来说，将技术开发者、顾客及供应链内中介结合的联邦能源管理计划(Federal Energy Management Program)正在促进以下方面的改革：市场参加者从事业务的方式、他们之间的相互关系、以及他们生产和消费更清洁且更高效率产品的能力。同样，专门市场通过将焦点集中在新技术对于特定买家有特殊兴趣的具体特徵，已经帮助推动学习过程和吸引技术开发投资。具体地说，能源部正在与国防部协调，扩展将国内能源(煤炭、生物质、重质油砂、油页岩)用于新型军用和民用低排放运输燃料的生产。此协调将鼓励对诸如煤炭气化、生物质能转换及合成气体至液体(将天然气和煤炭生成的合成气体转化为液体燃料和化学物质)等技术的研究、开发、论证及商业使用。

市场障碍

主要依赖于市场力量，政府尽力只在市场失于高效率分配资源的情况下和干预将改善净社会福利时试图干预。

市场障碍会减缓采用新的和改进的技术之速度，并且使人们拘泥于常规技术。典型障碍包括缺乏信息、无竞争力的市场价格或价格扭曲、高交易成本、缺乏融资机会、资本股票周转率、低效率的市场结构及过度或不足的法规管理。

联邦政府目前在实施形形色色的众多政策，旨在针对污染等未市场中计入且未于价格中反映出来的因素做出调整，或者就市场组织或结构做出法规改变。借助于迫使买卖双方将市场以外的代价计算在内的税项、标准及法规，我们就可通过纳入这些因素而调整市场价格。举例来说，对于在市场中用节能产品取代低效率产品来说，最低能效标准一向是非常低成本高效益的手段。《2005年能源政策法案》(Energy Policy Act)要求针对许多电器和办公设备制定新的能源效率标准，包括紧凑型荧光灯、除湿机、冷饮售货机、单元热风机、吊扇、商业空调与供暖设备、商业制冰机、商业洗衣机。

美国政府也在实施多项基于性能和投资的鼓励性方案，并且已经建立揭示节能产品益处的可靠信息系统。借助于能源之星 (Energy Star) 产品标志，联邦政府为 40 余种常用家庭和商业产品确立了能源效率指导方针。在 2005 年，通过该计划节省了 1500 亿千瓦小时的能源 (约占美国电力销售的 4%)，因此节省了 120 亿美元的电费和避免了 3500 万吨温室气的排放。

《能源政策法案》也为清洁能源技术、产品、服务项目提供了林林总总的鼓励，包括税收减免、节能业绩合同、给可再生能源债券持有者的鼓励、以及资助在州一级实行的能源之星产品购买退款计划。该法案亦授权能源部就新的和改善的技术提供贷款担保。这个金融工具能够瞄准先进技术率先采用者所面对的高风险投资，从而弥补在开发循环中就“进入市场”而言的显著空缺。贷款担保的使用能够显著吸引私人资源。能源政策法案的鼓励项目将帮助克服市场障碍和允许只有在政策干预下才能出现的市场成长。

市场转型

多项市场转型计划以对正常市场流程的最小干预，正帮助提升能源因素在市场活动中的可见度和影响市场运转的制度框架。

例如，联邦能源管理计划 (Federal Energy Management Program) 正在利用一组政策工具和鼓励项目来发展节能技术、产品及服务的市场。这些工具与鼓励项目包括标准和标签，性能与节省目标，政府购买，由能源服务公司进行的能源使用审计，消费者教育与信息，能源定价政策和计量实践，新技术的研究、开发及论证，公私夥伴合作，以及创新的融资——尤其是节能业绩合同和公众益处基金。

通过总统倡议的家庭能源效率伙伴计划 (Partnerships for Home Energy Efficiency)，能源部、环境保护署、住房与城市发展部正在与私营企业协作，改善住房拥有者和他人获得节能产品与服务的条件。为了突破推进高效率能源和可再生技术的瓶颈，这项倡议也通过使政策和鼓励措施与市场结构更好地对应，努力克服市场障碍。

创新的业务解决方案

所有这些努力构成了结合技术创新、鼓励投资及制订政策的全方位市场发展方式。此方式通过伙伴关系和网络，寻求发展市场关系——在此不同层级 (不论是地方、州、联邦、地区或国际) 的不同参与者，将以相互加强和相互支持的方式工作。其目标是发展更好的合作与协调机制，从而推进创新的社会过程。利用技术、信息及资本的全球化力量，各级政府能够帮助培育创新业务解决方案，从而确保推动未来经济成长和开发可靠、可负担、高效率且清洁的能源。



能源之星徽标。

图片由环境保护署 (Environmental Protection Agency) 提供



节能紧凑型荧光灯管。

承蒙环境保护署 (Environmental Protection Agency) 提供

可持续能源投资的路线图

史蒂文·帕里、马克·奇里利、马丁·惠特克

设计良好的法规环境和坚实的金融基础设施对于支持清洁能源技术的大规模实施是必不可少的。许多国际组织、政府部门及私营金融与风险管理服务提供商，利用创新的融资机制和替代投资载体，正在寻求参与这项宏伟任务的途径。

AP/Wide World Photo

史蒂文·帕里 (Steven Parry) 是 NGEN Partners LLC 公司的合伙人之一。NGEN Partners LLC 系设在加利福尼亚州圣巴巴拉市的一家风险资本公司，专门投资于清洁能源技术和其他创新技术。马克·奇里利 (Mark Cirilli) 和马丁·惠特克 (Martin Whittaker) 均为设在康涅狄格州南诺沃克市之私募股本公司 MissionPoint Capital Partners LLP 的合伙人。

尽管气候变化和能源技术蓬勃发展的消息纷至沓来，关于我们如何为新技术的实施提供资金却鲜少见到报导。此问题的规模有可能远远超过技术挑战——据国际能源机构 (International Energy Agency) 估计，在今后 25 年里，包括清洁能源项目在内的全球能源扩展需要 17 万亿美元的资金，仅发展中国家就需要约 5 万亿美元。

能源融资来源

可持续能源的融资是与公司或项目相联的。从高风险和高回报期待的最早阶段，到风险和回报均相应较低之成熟运营的较晚阶段，始终需要为项目发展融资。上表显示了这些融资来源所发挥的作用。

公司一级的资本来源包括：

- 公司发展早期的个人投资者(或称“天使投资者”)和风险资本家，该阶段风险最高，需要研发和启动资本；
- 上市公司和非上市公司投资者，通常在企业有营业收入后参与，提供成长和扩展资本；
- 抵押债务和企业债务，适合已经确立地位和资产负债表的后期成长阶段公司与成熟公司。

在项目一级，开发资金包括：

- 项目股份，在项目周期开始时为选址、数据收集及项目形成而提供，获得股份的投资者成为企业股东；
- 混合债务与股份，又称为“夹层融资”，通常为项目的建设或安装提供；
- 优先债务，用于较大项目的建设和持续扩展及项目企业的经营，通常由大型贷款机构发放，在偿还期内按照常规还本付息。

项目规模也会影响资本来源。基于成熟技术的大型项目——例如水力发电或陆上风力发电——在传统上由大型金融机构融资，并且需要多个来源的融合债务、夹层融资、股份融资组合。在此类项目中，风险是可测量且可保险的。这些项目经常以“资产负债表外”的形式融资，即倘若项目失败，借钱给该项目的人无法通过向项目拥有人索赔来弥补其损失。

较小规模的项目，或使用诸如风能和小规模生物质等新技术的项目，则有不同。这些形式的能源技术除与所有能源项目关联的风险外，还包含技术风险，因此通常不易吸引到私营市场的传统资本来

源。此类情况下的融资通常以股份形式提供。贷款人一般认为用依赖项目产生的现金流量偿还债务风险过高，所以不愿提供贷款。因此，解决此风险难题对于将可持续能源产量提升到有意义的水平是至关重要的。

评估风险

投资于可持续能源技术必须承担风险。其中一些是能源业常见的风险，而其他则属于可持续能源技术和围绕该技术之无数技术、性能、法规及合同事宜的特有风险。此类风险包括：

- 定价——在放松管制和由长期合同向短期(或称“现货”)电力定价(定价与付款同时或接近同时发生)转移之趋势下项目的经济效益具有不确定性；
- 货币风险——以外币持有的资产可能面临的不利汇率变化；
- 国家与政治风险——对于利用债务和夹层融资的电力项目，政府撤销保证长期收入之电力购买协议的可能性；
- 不良的可保险性——缺乏承保经验和贷款损失的历史数据，因而使保费昂贵且承保范围有限；
- 技术性能——缺乏历史性能数据且经过考验的业者匮乏；
- 知识产权保护——在发展中市场的专利侵权和知识财产失窃的可能性；
- 服务与维修——缺乏专门的工程技术服务、技术工人及替换设备；
- 主要资源可用性——诸如风力表现、生物质原料来源、水力可用性等方面的不确定性；
- 基础设施风险——电网联接问题和缺乏传输与分配系统；
- 信用风险——许多较小项目的开发商和供电合同对方的信用质量不佳；
- 合同风险——有关清洁技术之法律环境不成熟；
- 法规与政策——对清洁能源技术税收优惠的政治态度改变(例如美国投资税收抵免和生产税收抵免延续的不确定性)。

减轻融资风险

目前，许多上述风险在市场中没有得到很好理解或充份控制。因此，许多主流融资提供者感到无法放弃传统投资项目而支持可持续能源技术。这些金融家——经常错误地——认为可持续能源融资属于社会性活动，与其寻求最佳风险回报组合的受托义务不一致。

近来出现了多种针对可持续能源且不惧其伴随风险的替代投资载体，使风险资本在包括可持续能源的更广泛清洁技术类别上的投资水平显著提高。风险投资公司目前将其年度总投资额的 10%投入清洁技术领域。诸如 SunEdison LLC 等公司目前采取服务费模式——为太阳能项目提供初始资本，然后按月向客户收费。这一商业创新的骤然兴起与其他趋势——化石燃料价格出现前所未有的大幅度波动、技术提升、电力市场法规改革、以及不断加深的环境忧虑——合在一起，使得投资可持续能源愈加诱人。

然而在目前，绝大多数方案依然需要法规和第三方参与。在发展中国家和转型经济体中，这个准公私夥伴合作方式中的关键参与者包括诸如世界银行 (World Bank) 及其融资部门、国际金融公司 (International Finance Corporation) 等多边组织，诸如美国进出口银行 (Export-Import Bank of the United States) 等双边组织，以及单边国家计划。在美国、加拿大、亚洲及欧洲，许多政府正在借由税收补助、直接和间接财务支持、以及利用市场机制来减轻风险。一些重要例子包括：

- 印度可再生能源开发署 (Indian Renewable Energy Development Agency), 为太阳能项目提供资金支持;
- 世界银行的亚洲替代能源计划 (Asia Alternative Energy Program), 已在多项可持续能源计划中投入 13 亿多美元;
- 美国的投资税收抵免和生产税收抵免, 通过提供资本与运营成本税收抵免降低可持续能源生产的单位成本;
- 碳基金 (Carbon Trust), 由英国政府设立和投资的独立公司, 旨在帮助英国转向低碳经济;
- 加拿大可持续发展技术基金 (Sustainable Development Technology Canada), 由加拿大政府于 2001 年建立的数百万美元的基金, 旨在促进清洁技术的开发与论证。



作为印度可再生能源开发署某项目之组成部份在印度安装的太阳能动力泵。

图片由 Chennai-Hyderabad 之 Polyene Film Industries Limited 提供, ASTAE 版权所有, 1998 年/ 世界银行

今后的项目机会(尤其是小型项目)包括开发新形式保险, 例如价格保护计划和捆绑的能源购买衍生工具, 从而为电力的买卖双方提供更好的价格确定性、融资创新、以及最终的清洁能源风险证券化。为帮助面向最终用户的可持续能源项目贷款而设计的国家级计划也正在开始出现。

最后, 若无有利且精心设计的法规环境, 所有这些计划都不会成功。各个国家成功的前提是: 拥有稳定且长期的法规, 充分保护知识产权, 遵守合同, 执行法规, 为可持续能源项目提供包括长期价格清晰度的资金支持。

碳融资替代方案

事实证明, 在为清洁能源项目建立市场机制时赋予环境益处以经济价值是催化进一步融资的有效方式。封顶与交易式排放量市场(多个受管制实体的总排放量被封顶, 但这些实体之间可自由交易配额, 从而以最低的经济成本达到其目标) 尤其成功, 已经将数亿美元转移至清洁能源项目, 并且导致了专门将排放配额资金化的专门行业之兴起。基于项目的计划(基于实际减少的排放量发放奖励配额, 参照常规排放量计算) 亦经验证是将资本转向清洁技术项目的有效方式。

通过全球合作实现能源保障

保罗·E·西蒙斯



2005年5月，在阿塞拜疆举行的巴库-第比利斯-杰伊汉输油管道揭幕典礼上，美国能源部长博德曼 (Samuel Bodman) (右起第二) 与土耳其总统塞泽尔 (Ahmet Necdet Sezer) 握手，左起第二人为格鲁吉亚总统萨卡什维利 (Mikhail Saakashvili)，右侧鼓掌者为阿塞拜疆总统阿利耶夫 (Ilham Aliyev)。

AP/Wide World Photo

在能源市场日益一体化的世界上，各国只有通过参与多种国际夥伴关系才能确保拥有可靠、可负担且无害环境的能源供应。

保罗·E·西蒙斯 (Paul E. Simons) 是主管经济与商业事务的副助理国务卿。

美国能源政策的根本目标在于确保我们以有利于经济发展和繁荣。

文献目录

有关清洁能源的更多阅读资料 (英文)

Aston, Adam. "Here Comes Lunar Power." *Business Week*, iss. 3974 (6 March 2006): p. 32.
http://www.businesweek.com/magazine/content/06_10/b3974056.htm

Bamberger, Robert. *Energy Policy: Conceptual Framework and Continuing Issues*. CRS Order Code RL31720. Washington, DC: Congressional Research Service, 11 May 2006.
<http://italy.usembassy.gov/pdf/other/RL31720.pdf>

Busel, John P., and Carl LaFrance. "Bigger and Better." *Power Engineering*, vol. 110, no. 3 (March 2006): pp. 22-28.

Bush, George W. Remarks on Advanced Energy Initiative. Milwaukee, Wisconsin, 20 February 2006.
<http://www.whitehouse.gov/news/releases/2006/02/20060220-1.html>

Eckhart, Michael. "Renewable Energy Industry: 2005 Review/2006 Outlook." *Power Engineering*, vol. 110, no. 1 (January 2006): p. 8.

Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050. Paris: International Energy Agency, June 2006.

Holt, Mark. *Nuclear Energy Policy*. CRS Order Code IB88090. Washington, DC: Congressional Research Service, 15 March 2006.
<http://www.usembassy.it/pdf/other/IB88090.pdf>

Hutchinson, Alex. "Is This the Key to Our Nuclear Future?: This Tennis Ball-Sized Fuel Pebble Could Pave the Way for a New Generation of Smaller, Smarter, Safer Reactors Needed to Solve a Looming Energy Crisis." *Ottawa (Ontario) Citizen*, sec. A, 12 February 2006.

International Energy Outlook 2006. Washington DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, June 2006.
[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2006\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2006).pdf)

Lugar, Richard G. "Thinking Outside the Barrel." *Business Week*, iss. 3977 (27 March 2006): p. 124.
http://www.businessweek.com/magazine/content/06_13/b3977116.htm

Makower, Joel, Ron Pernick, and Clint Wilder. *Clean Energy Trends 2006*. San Francisco, CA: Clean Edge, Inc., 2006.
<http://www.cleaneedge.com/reports-trends2006.php>

Meeting Energy Demand in the 21st Century: Many Challenges and Key Questions. Statement of Jim Wells, Director, Natural Resources and Environment. GAO-05-414T. Washington, DC: U.S. Government Accountability Office, 16 March 2005. <http://www.gao.gov/new.items/d05414t.pdf>

[Milford, Lewis, Allison Schumacher, and Marc Berthold. *A Possible Turning Point for Climate Change Solutions: How Innovations in Investment, Technology and Policy Are Needed for Emissions Stabilization*. Montpelier, VT: Clean Energy Group; Berlin, Germany: Heinrich Boll Foundation, 2005.](http://www.cleanenergygroup.org/Reports/CEG_Possible_Turning_Point_For_Climate_Change_Solutions.pdf)
http://www.cleanenergygroup.org/Reports/CEG_Possible_Turning_Point_For_Climate_Change_Solutions.pdf

Parfit, Michael. "Future Power: Where Will the World Get Its Next Energy Fix." *National Geographic*, vol. 208, no. 2 (August 2005): pp. 2-31.
<http://www.nationalgeographic.com/ngm/0508/feature1/index.html>

Public Finance Mechanisms to Catalyze Sustainable Energy Sector Growth. Paris, France: United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics, Sustainable Energy Finance Initiative, 2005.
<http://www.unep.fr/energy/publications/pdfs/SEFI%20Public%20Finance%20Report.pdf>

Schnepf, Randy. *Agriculture-Based Renewable Energy Production*. CRS Order Code RL32712. Washington, DC: Congressional Research Service, 28 February 2006.
<http://www.nationalaglawcenter.org/assets/crs/RL32712.pdf>

Sissine, Fred. *Energy Efficiency: Budget, Oil Conservation, and Electricity Conservation Issues*. CRS Order Code IB10020. Washington, DC: Congressional Research Service, 25 May 2006.

Sissine, Fred. *Renewable Energy: Tax Credit, Budget, and Electricity Production Issues*. CRS Order Code IB10041. Washington, DC: Congressional Research Service, 25 May 2006.
http://fpc.state.gov/documents/or_ganization/67129.pdf

Woloski, Andrea. "Fuel of the Future: A Global Push Toward New Energy." *Harvard International Review*, vol. 27, no. 4 (Winter 2006): pp. 40-43.

Yacobucci, Brent D. *Alternative Fuels and Advanced Technology Vehicles: Issues in Congress*. CRS Order Code IB10128. Washington, DC: Congressional Research Service, 6 January 2006.
http://fpc.state.gov/documents/or_ganization/61498.pdf

Yacobucci, Brent D. *Alternative Transportation Fuels and Vehicles: Energy, Environment, and Development Issues*. CRS Order Code RL30758. Washington, DC: Congressional Research Service, 6 January 2006.
http://fpc.state.gov/documents/or_ganization/61498.pdf

Yergin, Daniel. "Ensuring Energy Security." *Foreign Affairs*, vol. 85, no. 2 (March 2006): pp. 69-82.

美国国务院对以上其他机构或组织的资料内容及其是否仍然存在概不负责。所有链接在2006年6月时畅通。