

# “夹缝”中发展的以色列多元化能源创新战略

李鸿炜

(中国国际核聚变能源计划执行中心, 北京 100862)

**摘要:** 以色列虽地处富产石油的中东, 常规能源却极其匮乏。但以色列在能源匮乏与周边阿拉伯国家敌视的“夹缝”中, 通过发展多元化能源创新战略, 推动了经济和社会的快速发展。本文从以色列能源发展历程、特点和趋势等方面分析了其多元化能源创新战略, 寻找我国能源创新战略发展可以借鉴的成功经验和做法。

**关键词:** 以色列; 能源创新; 清洁能源

**中图分类号:** TK01   **文献标识码:** A   **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.04.010

以色列是一个国土面积狭小, 人口仅有 830 万, 虽地处富产石油的中东, 但化石能源却极其匮乏, 能源供给主要依赖进口的国家。由于地缘政治的因素, 以色列长期不能从周边的海湾富油国进口石油和天然气, 必须舍近求远地从美洲和非洲进口石油。这就决定了以色列成本高昂且“不由自主”的能源状况。然而, 在地缘政治、资源匮乏与经济社会发展需求的“夹缝”中, 以色列坚持创新立国, 经济和社会全面发展, 仅仅建国 60 多年, 就已成为发达国家俱乐部成员。以色列是如何走出困境, 并取得如此发展成就的? 本文从以色列能源的发展历程、特点、趋势, 以及多元化的能源战略等方面寻找答案。

## 1 以色列能源发展历程

1948 年, 以色列宣布建国的第二天, 第一次中东战争爆发。伊拉克摩苏尔基尔库克大油田通往以色列港口城市海法的输油管线被伊拉克切断。以色列政府不得不从苏联、大西洋北海、非洲国家(如, 乍得、安哥拉), 乃至美洲国家(如, 墨西哥)进口石油; 从美国、澳大利亚及南非等进口煤炭<sup>[1, 2]</sup>。

1967 年“六·五”战争后, 以色列作为美国在中东的重要战略伙伴, 与美能源合作不断提升。1968 年后, 以色列从美国在中东的另一战略盟友巴列维王朝治下的伊朗获取石油供给。伊朗—以色列合资公司(EAPC)经横穿以色列的石油管线将石油送达以色列的红海之滨。随着巴列维王朝于 1979 年被推翻, 伊朗关闭了该石油线。

1979 年, 以色列同埃及签署《戴维营协议》, 两国实现和平共处, 同时就以色列从埃及进口油气能源达成一致。在埃以和平条约附加文件中, 美国进一步承诺在危机时期确保对以色列的石油供应。之后直至 20 世纪 90 年代中后期, 埃及成为以色列长期的能源合作伙伴。

2001 年阿富汗反恐战争期间, 美国进入中亚, 打开了中亚至里海的通道。2006 年 7 月, 黎巴嫩战争进一步扫清了连接东地中海和里海之间的障碍, 促使西线的“巴库—第比利斯—杰伊汉”(BTC, 里海—地中海)石油、天然气输送线得以扩展至东线, 并可以连接以色列埃拉特—阿什科隆输油线(THine)。由此, 以色列与阿塞拜疆、格鲁吉亚、土耳其等亲美国家的能源合作成为现实。以色列积极配合美国的倒萨战争, 获得的最大奖赏

作者简介: 李鸿炜(1980—)男, 副研究员, 主要研究方向为国际大科学工程管理。

收稿日期: 2016-01-31

是从伊拉克获取石油，重启了“摩苏尔—海法”输油管线。

2009年7月，以色列在海法近海又发现储量达1 800亿立方米的天然气储量。由于天然气自给率的提高，以色列近年来的能源进口比例下降。2007年12月，美国通过了《美以能源合作法案》，旨在减轻美国和以色列对外国石油的依赖，加强可再生能源、能源替代和能源效率方面的合作。近年来，以色列愈发重视可再生能源技术的研发和推广，可再生能源作为能源供给的比例逐年提高。

## 2 以色列能源发展特点及趋势

### 2.1 自然能源极其匮乏，能源需求与日俱增

以色列虽然地处富产石油的中东地区，但其化石能源非常匮乏。同时，由于巴以问题悬而未决，以色列一直处于阿拉伯国家敌意的环视之下，使其无法直接从附近的海湾富油国进口石油。随着美国中东战略的发展，以色列逐渐可以从埃及进口油气，从阿塞拜疆、格鲁吉亚、土耳其等国家进口天然气。

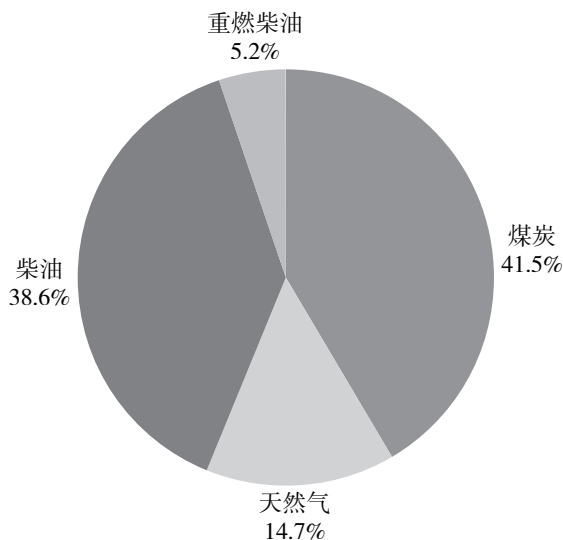


图1 以色列发电能源分布<sup>[3]</sup>

数据来源：以色列电力公司，2008年数据统计报告

以色列也是一个“电力孤岛”，与其邻国之间没有任何电力进出口交易，其电力供给几乎全部由以色列电力公司负责。该公司数据显示，2009年

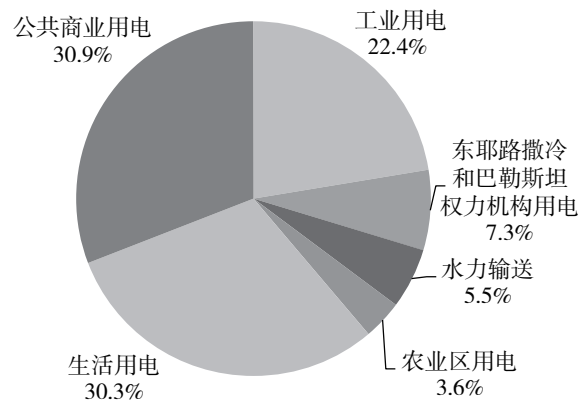


图2 以色列电力消费领域分布<sup>[3]</sup>

数据来源：以色列电力公司，2008年数据统计报告

以色列发电装机容量11 940兆瓦，主要采用天然气、煤炭、柴油和重燃料油等燃料发电（以色列发电能源分布如图1所示，其全国电力消费分布如图2所示）。以色列建国60多年，经济和社会发展迅速。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，以色列全国的用电量在过去十几年间以平均每年3.5%的速度增长。这一现实决定了以色列必须确保其能源供给的高度可用性和可靠性。

### 2.2 “夹缝”中生存，创新造就能源传奇

以色列97%的能源依赖进口，年均进口能源支出70多亿美元，占政府预算的6%，负担沉重。由于其地理局限性和地缘政治因素，以色列必须坚持科技创新，发展多元化的能源战略。

(1) 大力研发油气勘探技术。近年发现塔米尔气田、利维坦气田等大储量气田。由于天然气自给率的提高，以色列近年来的能源进口比例下降了4个百分点。

(2) 以色列采用俄罗斯犹太移民摩歇·格维尔兹的技术发明（该技术有可能从油页岩中提炼出石油价格为30~40美元/桶的燃料油），并与约旦等25个国家开展页岩油提炼技术合作。

(3) 以色列清洁能源技术不断创新，发展太阳能、风能、地热能、生物质能、潮汐能。其中，以色列太阳能技术居世界领先地位。清洁技术集团和世界自然基金会（WWF）联合发布的2014年全球清洁技术指数报告显示，以色列清洁技术的创新能力和商业化能力位居榜首，芬兰和美国紧随其后。

### 2.3 重视节能环保，发展清洁能源

2008年6月，以色列政府引进了“回购电价”（Feed-in Tariff）政策（政府强制公用事业公司以高于市场价回购绿色电力的行政命令）。在德国和其他地区，类似计划的推出已经大获成功，使小规模可再生能源生产者在能源市场上具有竞争力。

2009年1月，以色列通过了《以色列关于发展可再生能源的政策》，提出大力发展太阳能、风能、生物质能等清洁能源，并计划到2020年使其可再生能源发电量占全国电力供应的10%，2040年达到80%。同时，以色列也在积极探索提高能源效率的方法和技术。2014–2020年，以色列可再生能源已装及预期装机容量<sup>[3]</sup>如表1所示。

表1 2014–2020年以色列可再生能源已装及预期装机容量

	2014–2015年	2016–2017年	2018–2019年	2020年	总装机容量百分比 (%)
能源效率目标：需求预测百分比 (%)	7	12	17	20	
能源需求预测（在考虑能源效率的情况下）(太瓦时)	60.4	61.5	64.5	64.3	
风能（兆瓦）	250	400	600	800	29
生物气和生物质（兆瓦）	50	100	160	210	7.6
热力太阳能或大型光电池（兆瓦）	700	750	1 000	1 200	43.5
中型光电池（兆瓦）	350	350	350	350	12.7
光电池至50千瓦（兆瓦）	200	200	200	200	7.2
总装机容量（兆瓦）	1 550	1 800	2 310	2 760	100
可再生能源生成百分比 (%)	5.3	6.5	8.3	10.2	

根据预期装机容量，陆地面积需求评估：约3380公顷

## 3 多元化的能源创新发展战略

以色列坚持创新立国，发展能源。以色列主要能源创新领域包括太阳能、风能、交通领域可替代能源、油页岩能源、核能等。

### 3.1 发展重要的自然资源——太阳能

太阳能是一种安全、持久、容量巨大的清洁能源，太阳照射到地球的能量每44分钟就相当于目前全世界一年的能源消费量。以色列年日照天数位居世界前列，南部的内盖夫沙漠年日照天数达到330天，太阳能被认为是其重要的自然资源。

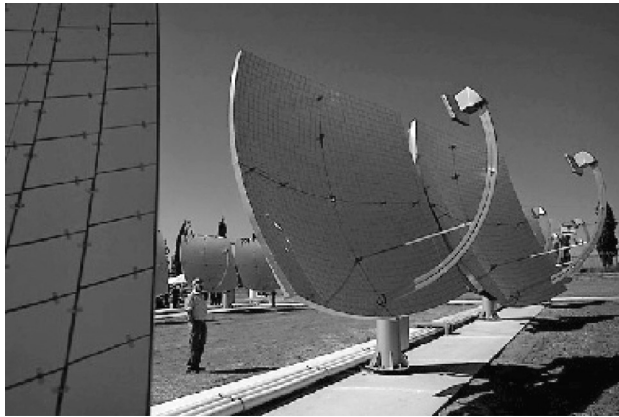
#### （1）家用太阳能

以色列家庭太阳能应用广泛，一方面是因为以色列在1980年通过法律，要求高度在27米以下的新建住宅建筑（包括私人住宅和公共住宅）必须安装太阳能热水系统；另一方面是因为以色列气候条件非常适合使用太阳能，每年近300天阳光灿烂，日照时间长、强度大（年平均日照强度为2 000千

瓦时/平方米），冬季气温较高，不结冰。最常见的热水器是平板式热水器，这种热水器使用立式水箱，容量一般为150升，采用太阳光直接加热方法，受光面积为2平方米左右，不使用水泵，而是利用靠热虹吸原理来保证水的循环。这些热水器系统的效率约50%，可以将30摄氏度的水加热到50摄氏度。有的系统采用更易吸收热量的液体散热剂和改进热交换系统以提高效率，或者通过改进系统的部件来提高效率，如改进平板以减少太阳光的反射。

#### （2）碟式太阳能技术

该技术是由反射镜组成的旋转碟式太阳能系统，能够利用高达75%的入射日光，大约相当于传统太阳能电池板性能的5倍，如图3所示。此外，反射镜的利用可以减少所需光伏电池的数量，使太阳能的成本与化石燃料相当。碟式太阳能系统由一组大面积、低成本的抛物线状碟式聚光器组成，每个碟式聚光器的面积为500平方米。它们能将温度最高锁定在1 000摄氏度。碟式聚光器将

图3 碟式太阳能发电站<sup>[4]</sup>

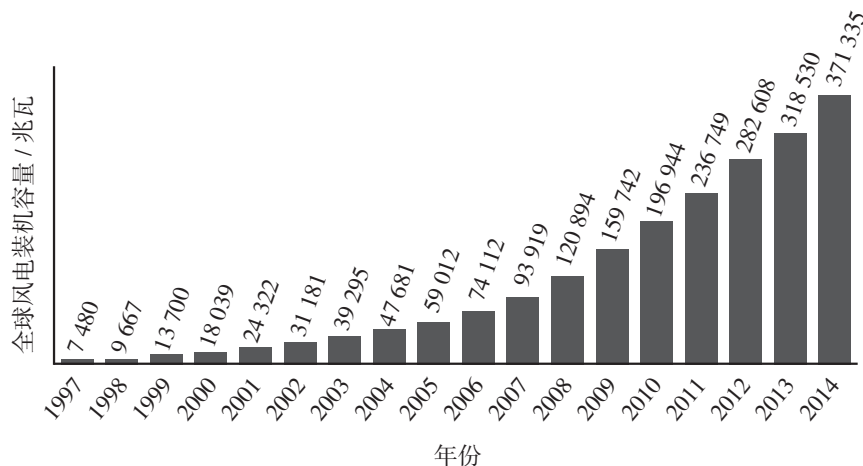
太阳光输送到一个专门的容积接收器，从而产生高温气体，并通过专门设计的空气管道系统传输到中央热能交换器的空气，以产生高温气流，这些气流经过蒸汽轮机后可转化为电能。以色列

Helio Booster 太阳能技术公司能够将所需要的太阳能吸热面积减少 30%，并提供最佳性能以及安装和环境效率，其平准化电力成本为当今聚光太阳能发电行业最低。

### 3.2 风能领域研究发展迅速

风能作为重要的清洁能源，越来越得到世界各国的重视，全球风电装机容量迅猛增长，2014 年达到了 371 335 兆瓦，如图 4 所示。以色列风能领域研究发展迅速，多个风电场批准开建。以色列基础设施、能源与水利部制定的发展目标为，到 2020 年实现可再生能源发电比例达到 10%，其中 1/3 来自风力发电。以色列公用事业管理局也分别针对小型风电机组（50 千瓦及以下）和大型风电机组设定了相关的上网电价补贴政策。

以色列基础设施、能源及水利部启动了绘制以色列风电发展潜力图的研究，该项目由以色列气象

图4 1997-2014 年全球风电装机容量<sup>[5]</sup>

服务中心（IMS）执行、芬兰气象研究所（FMI）提供咨询。IMS 开展的这项研究结果显示，以色列的陆上风力发电潜能可达 300 万千瓦。

以色列在提高风电发电机效率、涡轮机设计等方面拥有较先进技术。另外，以色列濒临地中海，海上风力资源较充足。近年来，以色列风电研发机构将海上风电设备和技术作为研究的主要方向。

### 3.3 寻找交通领域可替代能源

2011 年，以色列总理办公室、科技部发起了以色列交通领域“能源选择计划”，并设立“可替

代能源创新研究总理奖”，在总理内塔尼亚胡的推动下，以色列政府出台了十年规划，在总理办公室下成立了“能源选择计划”办公室，旨在探索降低石油依赖的方法、寻找交通领域可替代能源。甲醇经济研究、可在阴天工作的低成本太阳能电池、基于人工光合作用的太阳能-氢燃料技术转化等曾获得以色列可替代能源创新研究总理奖。

### 3.4 使用油页岩能源降低原油进口量

以色列油页岩开采技术独具特色。近年来的报道显示，以色列油页岩蕴藏丰富。世界能源理事会



(WEC) 公布的报告显示, 以色列油页岩蕴藏量为 2 500 亿桶油当量, 相当于沙特阿拉伯已探明的石油储量 (约合 2 600 亿桶)。油页岩是一种含有碳氢化合物的黑色易碎岩石, 分布于以色列的中部和南部。

传统的油页岩提取石油生产方法是将油页岩压碎, 之后通过高温、高压提取石油。以色列犹太移民摩歇·格维尔兹发明了油页岩提取石油技术, 将油页岩浸泡在炼油后留下的残余物中, 经过特殊催化过程提取石油。该技术使从油页岩中提取石油的价格降低至 30 ~ 40 美元/桶, 这将使以色列最终减少 1/3 的原油进口量<sup>[6]</sup>。

### 3.5 将核能作为可选能源

以色列政府曾于 2002 年宣布, 计划在內格夫沙漠的希弗塔建造一座 1 200 兆瓦的核电站。2013 年, 以色列国家基础设施、能源及水利资源部设立了核电站管理局, 推动核能从 2030 年开始作为新的可选能源。

## 4 以色列政府支持能源创新的主要方式和途径

### (1) 制定政策, 鼓励清洁能源

早在 1986 年, 以色列就颁布法令, 要求每幢新建筑必须安装太阳能热水器。2002 年, 以色列制定政策, 对可再生能源电力的用户给予资金补贴。2006 年, 以色列政府制定《可持续与替代能源研究计划》, 鼓励新能源和能源使用技术的开发。2009 年 1 月, 以色列通过了《以色列关于发展可再生能源的政策》, 提出大力发展太阳能、风能、生物质能等清洁能源, 并计划在 2020 年使可再生能源发电达到全国电力供应的 10%。2011 年, 以色列总理办公室、科技部发起了以色列交通领域“能源选择计划”, 并设立“可替代能源创新研究总理奖”, 在总理办公室下成立“能源选择计划”办公室, 探索降低对石油依赖性, 寻找交通领域的可替代能源。

### (2) 项目支持, 资金资助

以色列为鼓励初创公司进行能源创新, 设立了 STRATEGY 基金, 每个项目资助 62.5 万以色列谢克尔 (约 18 万美元), 如图 5 所示, 资助比例占单个项目预算的 62.5%<sup>[7, 8]</sup>。

同时, 以色列还设立了旗舰示范项目基金, 支

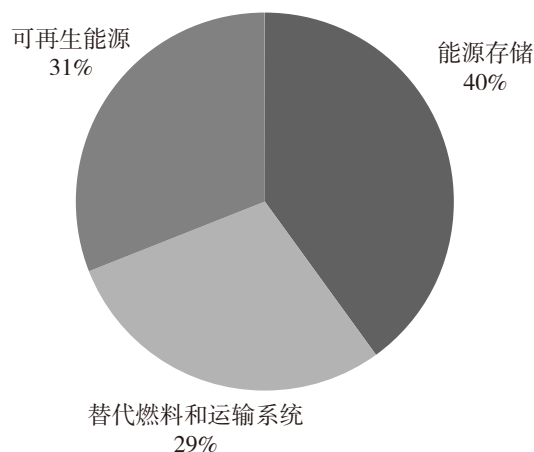


图 5 2008—2013 年 STRATEGY 基金资助项目领域分布

持可再生能源和石油替代技术企业创新和技术示范, 每个旗舰项目 150 万谢克尔 (约 43 万美元), 占单个项目预算的 50%。

此外, 以色列还通过国际合作促进能源领域科技创新, 主要包括美以双边科学基金 (BSF)、美以产业研发基金 (BIRD)、国际能源署 (IEA)、执行协议 (IAS)、国际可再生能源协会合作项目 (IRENA)、欧盟研究项目, 以及以色列与法国、德国、意大利、加拿大等国的双边合作项目, 如表 2 所示。

### (3) 建立国家新能源技术中心, 打造新能源硅谷

在以色列南部的內盖夫沙漠, 政府、大学和科研机构共同成立了新能源技术测试中心, 帮助太阳能等领域的新能源企业或研发单位在沙漠进行实地测试、数据收集与分析、成本评估, 以尽快将新技术推向市场。

以色列总理办公室、计划和预算委员会制定了卓越研究中心 (I-Core) 计划, 由高教委负责具体实施。在第一批卓越研究中心中, 以色列以內盖夫本古里安大学、以色列理工学院和魏兹曼研究院为基础, 设立国家太阳能燃料研究中心, 吸引全国甚至全球的顶尖科学家联合开展可再生能源和提高能源使用效率技术的研究。

### (4) 设立奖学金, 培养创新人才

从 2011 年开始, 以色列国家基础设施、能源

表 2 以色列能源研发领域主要国际合作项目情况

国际合作项目名称	合作方	资助经费 (万美元/年)	进展
BSF Energy	以色列国家基础设施、能源及水利部与美国能源部	120	已支持数千名美裔科学家，包括 36 名诺贝尔奖得主
BIRD Energy	以色列国家基础设施、能源及水利部与美国能源部	340	BIRD 基金每年资助 20 个美国和以色列联合产业研发项目，截至 2014 年底，已支持 80 亿美元
IAS	以色列国家基础设施、能源及水利部与国际能源署	未公布	以色列已成为国际能源署光伏发电系统 (PVPS)、氢能 (HIA) 先进燃料电池 (AFC)、先进发动机燃料 (AMF)、高温超导 (HTS) 等执行协议的成员方
IRENA	以色列国家基础设施、能源及水利部与国际可再生能源协会	未公布	未公布
欧盟研发计划	以色列国家基础设施、能源及水利部与欧盟	未公布	如以色列加入欧洲“地平线 2020”计划，每年将贡献 1.4 亿欧元（1.91 亿美元），预期的相对回报为 60%。

与水利部首席科学家办公室设立了能源领域创新人才奖学金，旨在将以色列打造成为国际可再生、可持续能源和能源效率研究的国际人才中心。迄今为止，该项目已发放 77 笔奖学金，合计 720 万谢克尔<sup>[7, 8]</sup>。

## 5 结语

以色列虽资源匮乏，且与周边大部分阿拉伯国家关系紧张；但其以科技创新立国，通过制定《可持续与替代能源研究计划》等一系列政策，支持新能源领域创新；建立国家能源技术中心和卓越研究中心 (I-Core)，整合全国能源领域科技研发力量；资助科研项目，独自或通过国际科技合作，设立能源技术研发基金，支持开发各新能源技术，并培养创新人才；设立“可替代能源创新研究总理奖”，吸引全球能源创新人才。以色列正通过大力支持能源科技创新，让这片“流着奶和蜜的土地”愈发富饶。■

### 参考文献：

[1] 全品生. 以色列能源战略评介 [J]. 西亚非洲, 2009(5):

59-63.

- [2] 王新刚. 以色列国家能源战略的特点 [J]. 人文杂志, 2010(4): 143-147.
- [3] Ministry of National Infrastructures. Policy on the Integration of Renewable Energy Sources into The Israeli Electricity Sector[R]. Jerusalem, Israel, 2010.
- [4] 薛亮. 以色列太阳能无需补贴 ?20 年后电力免费使用 [EB/OL]. (2009-05-04)[2015-11-21]. <http://env.people.com.cn/GB/9233387.html>.
- [5] 世界风能协会. Wind energy in the renewable energy mix to go for 100% renewable energy[EB/OL]. [2015-11-21]. <http://www.worldwindconf.net/presentations/>.
- [6] 晓平. 以色列研发出油页岩提炼新技术 [N]. 中国石化报, 2010-11-19(7).
- [7] Ministry of National Infrastructures. Energy and water resources, renewable energy sources[EB/OL]. [2015-11-21]. <http://energy.gov.il/English/Subjects/RenewableEnergy/Pages/GxmsMniRenewableEnergy-Lobby.aspx>.
- [8] Ministry of Economy and Industry. National sustainable energy and water program[EB/OL]. [2015-11-21]. <http://israelnewtech.gov.il/English/Energy/Pages/default.aspx>.

## Analysis and Enlightenment of Diversified Energy Innovation Strategy in Israel

LI Hong-wei

(China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center, Beijing 100862)

**Abstract:** Israel is lack of conventional energy, though it locates in the middle-east area with abundant oil and gas. However, between the “scissors” of energy shortage and the surrounded Arabic with hostile attitude, Israel promotes the economic and social development by developing the diversified energy innovation strategy. This paper describes the diversified innovation energy strategy of Israel by analyzing its development history, characteristics and trends, in order to find the successful experience, which can be referenced by China.

**Key words:** Israel; energy innovation; clean energy

---

---

(上接第 50 页)

- [16] DOE. Residential Energy Efficiency Tax Credit[R/OL]. accessible.pdf.  
[2016-03-02]. <http://energy.gov/savings/residential-energy-efficiency-tax-credit>.
- [17] IRS. Carbon Dioxide Sequestration Credit[R/OL].  
[2016-03-02] [https://www.irs.gov/pub/irs-access/f8933\\_](https://www.irs.gov/pub/irs-access/f8933_)
- [18] 仲平. 美国奥巴马总统“气候行动计划”解读[J]. 全球科技经济瞭望, 2014(3): 5-10.
- [19] 仲平, 禹庚. 2014 财年美国能源与气候变化研发预算解读[J]. 全球科技经济瞭望, 2014(1): 56-60.

## Governmental Science and Technology Policies, Programs and Investment in Addressing Climate Change in the U.S.

ZHONG Ping<sup>1</sup>, LI Xin<sup>2</sup>

(1. The Administrative Centre for China's Agenda 21, Beijing 100038;

2. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

**Abstract:** The paper summarizes the science and technology (S&T) policies, programs and practices employed by the U.S. government in the past twenty more years in supporting the implementation of its climate agenda, which include establishing interagency coordinating mechanism on climate S&T, implementing interagency climate and energy S&T program, employing clean energy tax credit policies, coordinating overseas technical assistance on climate adaptation and mitigation, and upgrading government funding support on climate R&D. All these policies and measures are effective in the U.S. and shall provide useful reference to China in planning and decision-making process.

**Key words:** U.S.; climate change; S&T program; S&T investment