

美国国家氢能计划及其启示

王彦雨 高璐 刘益东

(中国科学院自然科学史研究所,北京 100190)

【摘要】通过对美国国家氢能计划的发起及发展历程、组织管理模式、科研体系、实施流程及评估过程进行考察与分析,探讨以政府为主导的应用性科研规划的特征及成功经验,提出针对我国国情的政策建议。

【关键词】美国国家氢能计划;应用性科研规划;科研体系;评估体系

【中图分类号】C935 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1003-0166(2015)12-0022-08
doi:10.3969/j.issn.1003-0166.2015.12.005

对于一些具有应用性特征,但却需要大量研究来攻克基础性的前沿难题、且在短时间内难以形成较强市场竞争力的科技研发活动来说,政府支持显得尤为必要。鲁坦(Ruttan)曾对D.E. 斯托克斯(Donald E.Stokes)的四象限模型进一步扩展,提出了以政府为主导的瑞克歇尔象限。然而,以政府为主导的应用性科研活动也面临着种种难题,如:政府角色如何扮演,市场、资本与技术的关系如何处理,合理的决策过程是什么等。本文以美国国家氢能计划为例,对美国国家氢能计划的发起和发展历程、组织管理体系、科研网络、实施流程及评估过程进行详细分析,希望能够从中获得启示。美国的国家氢能计划既不同于单纯的企业行为,因为它涉及到大量的基础研究、技术示范等环节;同时它又不同于纯粹的科

学,其最终目标是走向市场、面向最终用户。因此,美国采取以政府主导进行科研布局的做法,因为“燃料电池和氢能研发……的大部分工作,如果没有政府的支持是无法继续下去的”,它属于“工业性—政府支持”式项目^[1]。

1 美国国家氢能计划的发起及发展历程

作为一种新能源,氢能具有其独特的优势,包括减少污染和石油消费、能量转化效率高等,如美国能源部相关分析表明,使用氢能的燃料电池电动车,相比汽油内燃机车可少消耗近95%的石油^[13]。2002年11月,美国能源部发布《国家氢能发展路线图》(The National Hydrogen Energy Roadmap),开始系统实施

基金项目:本研究是中国科学院规划战略局资助的“科技发展规律研究”课题的部分成果

作者简介:王彦雨 中国科学院自然科学史研究所助理研究员,研究方向:STS、科技战略

高璐 中国科学院自然科学史研究所副研究员,研究方向:STS、技术的社会史与科技政策,科技战略

刘益东 中国科学院自然科学史研究所研究员,博士生导师,研究方向:科技战略、人才战略、STS、科技史

国家氢能计划。

1.1 美国早期氢能计划

1970年,通用汽车公司技术中心便首先提出“氢经济”概念,而随着20世纪70、80年代石油危机在世界范围内的爆发,美国政府开始关注新能源,氢能便是其一。如1976年,美国政府颁布《电动和混合动力汽车的研究、开发和示范法》,并授权国家基金委管理“氢项目”;1990年美国颁布《Spark M. Matsunaga 1990年氢研究、开发及示范法案》(Spark M. Matsunaga Hydrogen Research, Development and Demonstration Act of 1990),制定“氢研发五年管理计划”,由美国能源部秘书长指导,力图在最短的时间内,采用较为经济的方法,突破氢生产、分配、及运用过程中关键技术^[2];1996年,美国颁布《氢能前景法案》(Hydrogen Future Act of 1996),其目标是“使私营部门展示将氢能用于工业、住宅、运输的技术可行性”^[3]。虽然对氢能的关注很早便已经开始,但总体上讲投入较少(如依据《Spark M. Matsunaga 1990年氢研究、开发及示范法案》,1994年才投入1000万美元用于氢能研发),没有形成较为完善的组织管理和科研体系,且主要强调技术层面,氢能与市场的结合程度较低。

1.2 两次关键会议

20世纪末21世纪初,布什政府希望重塑美国的能源政策体系,其核心目标之一是塑造一个全面、完整和平衡的国家能源体系,氢能源逐渐走入美国的国家能源战略体系之中。2001年5月布什政府发布《为美国未来提供可靠、可负担得起、环境友好型能源》(Reliable, Affordable, and Environmentally Sound Energy for America's Future),在分析长期的能源及环境变化解决方案时,氢被视为是“未来能源的供给源”^[4]。

2001年11月15-16日,美国能源部(DOE)在华盛顿州召开了“国家氢能展望会”,目的是“确认关于氢经济的一个共同愿景”^[5]。会议最终发布《美国向氢经济过渡的2030年远景展望》(A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy—to 2030 and Beyond)报告,对促进美国发展氢的动力要素进行了分析,如国家能源安全及降低石油消费的需要、降低温室气体排放的大背景、人们对空气质量要求不断提高。2002年4月2-3日,美国“国家氢能路线图研讨会”在华盛顿州召开,辨别未来氢经济蓝图的最重要的障碍及需求,探讨工业界、政府、大学、国家实验室等在实现美国氢经济蓝图过程中所扮演的角色等问题。2002年11月,DOE发布《国家氢能发展路线图》(A Plan For

Action)^[6],就美国氢能发展的目的、影响氢能发展的各种因素,以及氢能各环节(包括氢生产、氢运输等)技术现状、面临的挑战及未来发展路径进行了更为详细的设计和阐述,标志着美国“氢经济”理念开始由设想阶段转入行动阶段。

1.3 后续实施阶段

氢能展望会议和路线图会议仍然是停留在设想和谋划阶段,此后,美国政府(特别是DOE及其下属办公室)颁布了一系列法令、政策(见图1),使美国“氢经济”概念逐步转化为现实:

首先,氢能在美国国家能源政策相关法案中地位不断得到巩固。如2005年7月,美国《2005能源政策法》(Energy Policy Act of 2005)颁布,其内容分为18个专题,其中一项便是“氢能”,其目的是“进行氢能示范性及商业性应用,以满足运输、应用、工业、商业及住宅等方面的需求”^[7]。2006年1月,美国政府发布《先进能源倡议》(Advanced Energy Initiative),在“加速未来技术”栏目中,建议在以下三个有前途的领域加大投资,其中包括氢能汽车。

其次,美国政府持续颁布一系列专门针对氢能发展的政策文本和计划。如2003年1月,布什总统在国情咨文中正式提出实施“总统氢燃料倡议”(President's Hydrogen Fuel Initiative),在未来5年中投入12亿美元,重点研究与氢的生产、储存和运输有关的技术,促进氢燃料电池汽车技术和相关基础设施在2015年前实现商业化应用。这标志着美国发展氢能已从政策评估、制定阶段开始进入技术研发、示范阶段。2004年2月,DOE出台了《氢能技术研究、开发与示范行动计划》,该计划确定了美国氢能计划初始阶段即技术研发阶段的技术研发与示范活动的具体内容、目标等。2004年2月,能源部科学处(Office of Science, SC)发布《氢经济的基础研究需求》(Basic Research Needs for the Hydrogen Economy),分析了氢生产、氢存储、燃料电池所面临的基础研究挑战,并给出了优先研究领域。2006年,美国能源部能源效率和可再生能源处(Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, EERE)制定《氢立场计划》(Hydrogen Posture Plan),它的颁布,是美国国家氢能计划逐步走向深化的重要标志,之所以这么说,是因为它涉及美国国家氢能计划发展过程中的一系列潜在问题,如商业化问题、各参与主体的角色扮演问题等。

此外,面对氢能研发所需资金较多、商业化遭遇困境、政府拟削减预算等困难,美国各界不断向政府、国会呼吁,推动国家氢能计划不断推进。如2009年5月,美国奥巴马政府曾欲把2010年用于EERE

“氢与燃料电池研发项目”的资金(1.69 亿美元)削减一半以上。这一措施引发了社会各界的广泛关注,美国氢能协会、燃料电池协会(USFCC)及相关团体密切合作,最终取得了美国国会的支持,获得 1.74 亿美元的政府支持资金。2011 年 9 月,奥巴马政府发布“氢及燃料电池项目计划”(The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan),要求继续支持氢能研发。2012 年 2 月,美国总统奥巴马向国会提交 2013 财年政府预算案,其中美联邦政府向 DOE 拨款 63 亿美元,用于燃料电池、氢能等清洁能源的研发、示范和部署等活动。

2 美国国家氢能计划的组织管理体系

美国国家氢能计划非常注重各管理主体间在信息、资源方面的优化整合,打破不同部门间的条块分割,并积极推动“技术咨询”体系的完善,实现国家氢能计划管理体系的高效运转(见图 2)。

其中,能源部 EERE 是最为关键的部门,自 2005—2014 年,EERE 为美国国家氢能计划提供了近 15 亿美元的资助^[8],美国国家氢能计划所制定的

各种政策文本、所建立的各种协调与互动机制,也均是在 EERE 的指导下进行运转的。FE、核能源处(Office of Nuclear Energy, NE)、SC 则是 EERE 的辅助性管理机构,FE 主要负责基于煤生产氢的相关开发,NE 主要负责利用核能生产氢的相关研发计划,SC 是美国氢能基础研究的主要推动者(见表 1)。除 DOE 之外,其他联邦政府部门也积极参与其中,如美国商业部、美国国防部、美国交通部等,美国许多州也在积极推广及推进氢和燃料电池相关项目,如:新墨西哥州的“氢技术联盟”(Hydrogen Technology Partnership)等。

美国国家氢能计划通过多种机制,推进 DOE 内部及其与外部各部门间的整合,保证资源、信息的有效整合,如:1)内部整合机制。在 2006 年 DOE 颁布的《氢立场计划》文本中,便提出要加强能源部内部各部门之间氢能相关项目的协调,2011 年 9 月,“氢及燃料电池协同小组”(Hydrogen and Fuel Cells Coordination Group)成立,以整合 EERE、FE、NE、SC 等之间的资源,其中 EERE 是领导者,其使命是评估项目的进展情况,强化项目进展及技术进展方面的信息交换;2)外部整合机制。美国能源部不断推进与

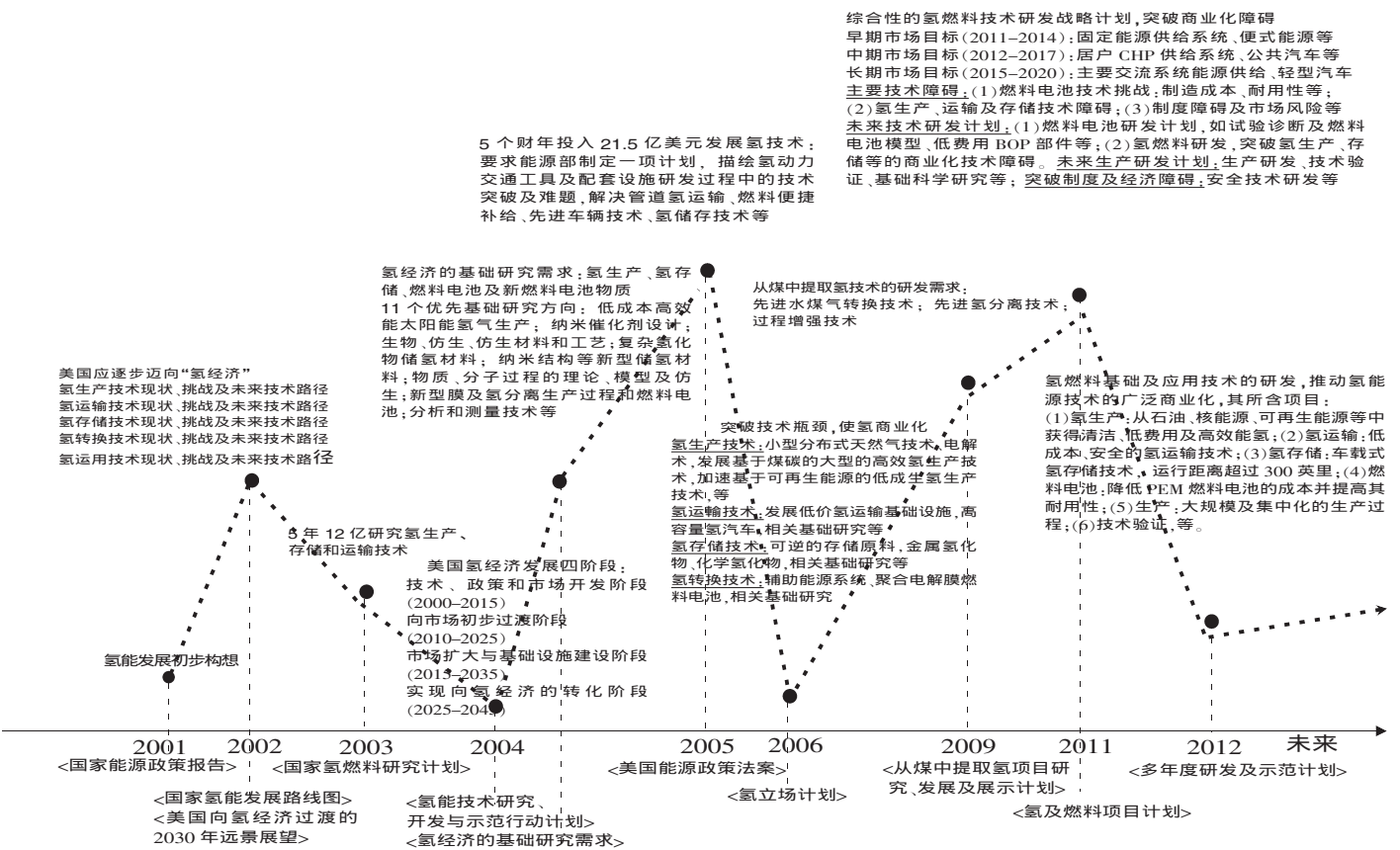


图 1 美国国家氢能计划政策文本历史演变

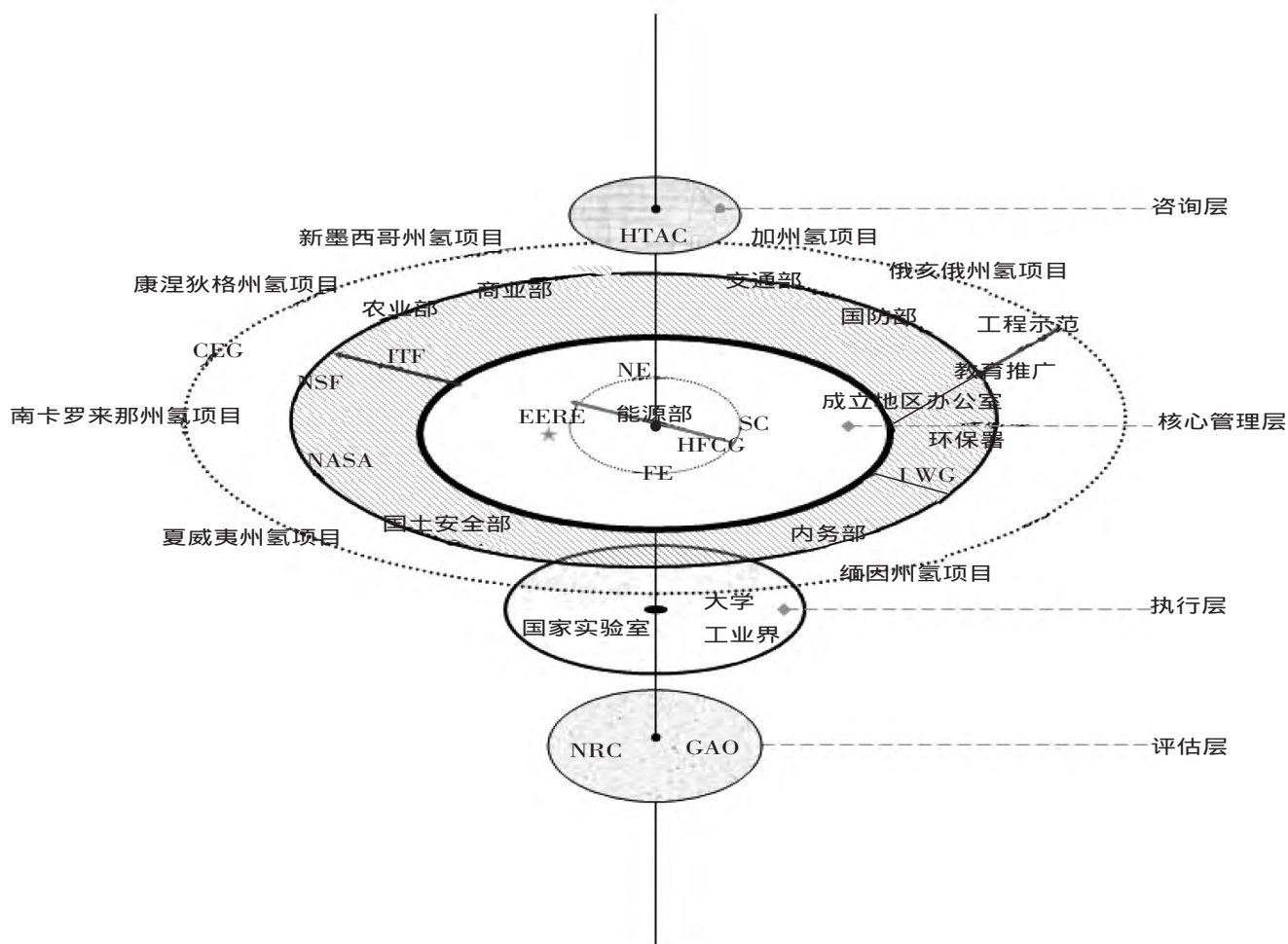


图2 美国国家氢能计划组织管理体系

注：HTAC：氢和燃料电池技术咨询委员会（2005）；ITF：跨部门氢和燃料电池技术小组（2006）；IWG：氢和燃料电池跨部门合作小组（2003）；HFCG：氢及燃料电池协同小组（2011）；GAO：美国行政管理和预算局；NRC：美国科学院国家研究委员会；NHA：能源部与国家氢协会；CEG：清洁能源团体

联邦各政府部门之间的氢能合作，其整合机制主要通过氢和燃料电池跨部门合作小组（The Hydrogen and Fuel Cells Interagency Working Group, IWG）和跨部门氢和燃料电池技术小组（Hydrogen and Fuel Cells Interagency Task Force, ITF）来实施；IWG于2003年成立，每月举行见面会，其代表来自10个政府部门（如农业部、国防部等）；而ITF的成员则包括IWG的高级代表，拥有影响美国氢和燃料电池项目发展及实施的部门决策能力，确保各种活动（如预算等）之间保持良好的协调性。

除协调机制外，美国国家氢能计划还非常注重技术咨询体系的建立，以确保决策的合理性。如1990年便成立“氢技术咨询小组”（Hydrogen Technical Advisory Panel），当前主要技术咨询机构是“氢和燃料电池技术咨询委员会（Hydrogen and Fuel Cell Technical Advisory Committee, HTAC）”，它是根据《2005能源政策法案》807款建立起来的，其成员来自工业界、学术界、政府机构、金融组织、环境组织及氢安全领域中的专家。HTAC每年会举行3次会议，就美国国家氢能计划运转过程中所遇到的技术难

表1 2007美国能源部各部门氢能研发资助额/万美元^[9]

	能源效率与可再生能源处	科学处	核能处	化石能源处
所占比例	71%	14%	7%	8%
所分金额	18 951.1	3 638.8	1 885.5	2 151.3

表 2 2009 年美国能源部国家氢能计划科研资助金额分配比例^[10]

	国家实验室	大学和研究所	项目管理及横切性活动	企业界
所占资金比例	41%	18%	8%	33%(其中,大企业所占比为10%,小企业所占比为14%,能源公司所占比为2%,汽车企业所占比为7%)

题、未来的科研方向和重点研究领域,每年向能源部长或副部长提供关于氢能研发活动的《年度评估报告》。

3 美国国家氢能计划的科研网络体系

作为以政府为主导的美国国家氢能计划,DOE 将大量的资金用于解决氢能在未来应用过程中所面临的技术难题(特别是关键的、共性技术难题),保持美国在世界范围内氢能领域中的技术优势地位。它通过资金的投入与引导,构建了以 DOE 所属国家实验室为主导、大学及研究所、企业为辅助的科研体系。

从资金分配层面看,DOE 所属国家实验室所获研发资助金额最多,如 2009 年,国家实验室所获资助占 DOE 氢能资助总额的 41%,其次为企业界(33%),大学及研究所约占 18%,此外还有一些项目管理活动或横切性的活动(如教育、制造研发等),约占 8%(见表 2)。

从所承担项目数来看,DOE 所属国家实验室居于首位。如 2012—2013 年间,DOE 所资助的与氢和燃料电池相关的项目中,DOE 所属国家实验室共承担 48 项,约占 38.1%,一些国家实验室承担着 DOE 多达几十个与氢能相关的项目,其中“国家可再生能源实验室”承担的项目最多;美国各公司共承担 53 项,约占 42.0%,承担项目较多的为 Proton OnSite、Giner 等;美国的各个大学共承担 16 项,约占 12.7%,大学在参与美国国家氢能计划过程中,具有项目分散、单个大学承担项目数量少(多为 1 个)的特点,2012—2013 年间,承担 DOE 氢能相关项目数量较多的为德克萨斯大学(4 项)、康涅狄格大学(4 项)。

各参与主体相互合作,形成由基础研究、应用研究、技术示范、市场转化等活动所构成的统一链条:1)基础研究主要由大学、国家实验室及研究所来承担,提供必要的知识储备;2)应用研究实体主要包括设备制造商及工业供应商、联邦实验室、大学、研究所、规范和标准发展组织,解决氢能应用环节所面临

的共性技术难题;3)技术示范活动主要由美国联邦政府或各州政府推动和主导,其承担者则包括汽车及能源公司、设备制造商等;4)市场转化活动则包括最终用户、早期应用者、汽车及能源公司、应用公司、能源服务公司、风险基金公司、州及当地政府、工商业组织。

4 美国国家氢能计划实施流程

美国国家氢能计划的实施是一个系统工程,其流程严密、科学,保证计划的顺利、高效实施:

第一步:举行战略规划研讨会。研讨会邀请企业界、大学、环境保护组织、联邦及地方政府机构、国家实验室等的高级管理人员或科研人员,确立美国氢能计划的未来发展方向。此外,DOE 还定期举行一些特定技术领域的研讨会,以确定优先研究领域,适当调整技术目标和节点。

第二步:路线图(市场的和技术)规划。在确定了整体目标以后,下一步便是对氢能未来的市场发展路线及技术演化路线进行详细规划,并确定具体的技术节点,如 2011 年的“氢及燃料电池项目计划”设定了 200 多个详细的技术节点。

第三步:竞争性项目选择。当确定了具体的技术节点后,DOE 便主要通过竞争性项目选择(除了一些定向的合作项目外)、严格的内部控制来确定资助主体及资助项目,如 2008 财年,共投入 19 100 万美元用于基于竞争的选择性项目,占全部研发经费 25 200 万美元的 76%。DOE 会基于技术可行性、未来的社会影响力、创新程度,以及在多大程度上有助于实现美国能源部氢能计划目标等指标,从众多申请者当中择优选取项目^[166-67]。

第四步:项目执行。在项目执行过程中,DOE 会组织相关技术专家综合运用各种方法来管理竞标成功的各个项目,特别是注重“底层选择”方法,这一方法依据项目的反馈信息,对美国氢能计划未来整体发展方向或单个子项目进行评估,它涉及“继续执行/停止执行”决策,如果特定研究领域或特定项目被“停止执行”,那么将更多的资源转向更有前景的

表 3 2002 美国氢能路线图会议参会人员性质及构成

	技术专家	行政管理人员	软科学专家	其他人员(标准或规范制定者、技术示范与推广人员、信托投资或融资等)
人数	148	39	21	14
所占比例	67%	18%	9%	6%

研究领域,并提供更多的资助。

第五步:系统整合与系统分析。DOE 非常重视对美国氢能计划的系统整合与系统分析工作,力图有效分析美国国家氢能计划实施过程中的各种需求、各种风险并加以有效规避,同时,有效整合美国国家氢能计划实施过程中的各种因素,使各个环节、各个要素有效协调,形成更优的整体效应。

5 美国国家氢能计划的评估

美国国家氢能计划将项目评估视为保证项目顺利、高质量开展的重要环节,它通过一系列评估手段来保证计划运转的透明与高效,如价值评议结果及进程的公布、评估信息的反馈、项目打分等,一般分为内部评估和外部评估:

1)内部评估。首先,每一年,DOE 及其下属的 EERE、FE、NE 和 SC 会举办“年度绩效评估会议”(Annual Merit Review, AMR),对 DOE 所资助的氢能项目进行评估。评估过程非常严格,据统计 2013 年 AMR 总共评议 118 个项目,其中有 11 个项目由于执行不力而未通过审核,被取消获得进一步资助的资格,未通过审核率为 9.3%。评估意见实际上对项目的未来进展起到了非常重要的促进作用,如 2008 年美国能源部 EERE 所开展的一项调查报告“DOE Hydrogen Program Saved Nearly \$30 Million by investing in Annual In-Progress Peer Reviews”显示,将近 80%的获差评项目在随后的年度评议中获得了更高的得分。其次,通过系统整合功能,能源部也会召集独立的技术评估会议^①,对美国氢能计划是否完成了相关的技术节点进行评议。

2)外部评估。首先,DOE 每年(或不定期地)都会向美国国会提交关于氢能发展状况的报告,由国会对美国 DOE 氢能计划的进展状况、预算状况等进行审核。其次,根据《2005 能源政策法案》,美国科学院通过其“国家研究委员会”(National Research Council),每四年对美国 DOE 氢和燃料电池相关项目的进展情况进行评估,同时美国学院在 USCAR、能源公司、公共事业部门的合作下,对 DOE 研发状况进行两年一度的评估;另外,政府问责办公室(The

Government Accountability Office)也对美国 DOE 的相关氢能研发活动进行监督与评议。

6 结论和政策建议

到 2011 年,美国的国家氢能计划“已取得了令人印象深刻的技术进步”^②。从中,我们可以总结出以政府为主导的应用科研规划得以成功实施的重要条件,如:良好的计划性与可执行性、强调政府的担当、重视广泛的利益相关者的诉求、重视技术因素与市场因素关系的优化处理。具体而言:

1)应强调计划的“可执行性”。从计划的制定到具体实施,美国国家氢能计划非常高效,它通过一系列措施保证计划的顺利执行:首先,邀请众多的利益相关者参与国家氢能规划,如美国“国家氢能路线图研讨会”便邀请了来自工业界、学者、环境组织、基金会、联邦及州政府机构、国家实验室等的共 200 多位人员,这些利益相关者往往是氢能项目的承担者,通过广泛参与,可以提升他们的参与意识与责任意识,便于达成共识和预期共赢;其次,美国国家氢能计划通过竞争性项目选择、严格的内部控制来选择资助对象,以保证最优秀的科研团队来承担相关课题;再次,依据国家氢能计划整体目标对各个项目的进程进行系统的跟踪;最后,实施定期的及不定期内部评估或外部评估,特别是“年度业绩评估会议”对承担 DOE 氢能项目的科研项目进行严格审核,保证了美国国家氢能计划进程的高效性。

2)政府的“为”与“不为”。鲁坦(Ruttan)指出“在美国,几乎所有的、在世界范围内具有非常强的竞争力的工业中,政府在技术发展和技术转移过程中均发挥着重要作用”^③。那么政府在具有应用性特征的国家科研计划中扮演了何种角色?美国的国家氢能计划给了我们很多启示:(1)在氢能研发初期发挥关键性作用,对于像氢能这种具有前期投入巨大、风险较高、长期收益明显的新兴技术来讲,发展初期往往在单纯的市场法则面前脆弱不堪,这便需要政府的强力参与,包括通过资源、资金的大力投入,以解决一些共性关键问题;(2)当技术的性能及可靠性得到验证后,需要政府通过前期购买或租赁等方式成为

“早期的技术采购者”,以促进公众对新技术的认同,避免单纯市场法则的冲击,如2003年2月,美国公布总额10亿美元的“未来发电厂”计划,为氢能利用提供示范;(3)当市场渗透活动逐渐增加时,政府不能一直承担“买单者”角色,否则过度依赖政府会弱化其市场竞争力的培育,因此美国国家氢能计划在发展后期将全面交予企业、面向市场。总之,政府的作用不可替代,但也不能无限扩大其功能范围。

3)强调专家(包括技术专家、软科学专家等各类专家)在决策过程中的核心地位。虽然政府(特别是DOE)是主要的出资方,但美国国家氢能计划的政策制定及评估过程是由专家决定的,专家往往在决策过程中发挥着关键性作用。如2002年美国氢能路线图会议上,技术领域专家所占份额最大,为148人,约占67%,而软科学专家为21人,约占9%,两者合计为169人,约占总人数的76%,而行政管理人员则为39人(如表3所示)。评估环节更是如此,如2013年美国氢能“年度绩效评估会议”评估专家有189名,主要为来自企业界、国家实验室、大学的技术专家,约占81%。

4)美国的国家氢能计划构建了完整的从“上游”的基础研究,到应用研究,直至“下游”的开发研究、市场推广链条,“链条的完善性及运转的高效性”是保障美国国家氢能计划顺利开展的重要条件。首先,积极推进氢能基础研究管理体系的建构,如2003年5月,美国能源部科学处成立了专门的氢能基础研究资助及管理机构——“氢生产、存储及应用基础能源科学工作组”,“确定氢能生产、存储、应用过程中的基础研究需求及机遇”^[12];其次,不断完善氢能技术研发、示范、市场转化体系,如2003年9月,美国能源部发布“自由车和燃料合作计划”,将能源部、USCAR及工业界关联起来,以识别和解决必要的技术及技术障碍,让“用户负担得起的氢燃料电池汽车”得以大规模的生产。此外,美国国家氢能计划非常支持氢能技术在大学、国家实验室、工业界及其它利益相关者之间相互转移,包括“共同研究及发展协议”、“小企业创新研究”、“小公司技术转移项目”等,如2011年源于美国能源部资助的氢能及燃料电池专利约313个,约33项专利被商业化,从而实现了良好的经济效益。

5)美国国家氢能发展路径规划强调技术要素的优先性、技术路径与市场路径的合理结合,保证在获得技术优势的前提下获得商业应用层面的成功。首先,它强调以技术突破为先导、核心技术竞争力培养

为中心的规划模式,注重对核心技术难题的突破,不以牺牲技术优势为代价来换取市场上的短暂成功;其次,市场化是美国国家氢能计划的最终目标,因此在关于氢能规划的一系政策文本(如《氢立场计划》)中,对美国氢能的商业化实现路径均做了详细的规定;此外,从整体看,路线图规划具有非常明显的“市场导向——确定技术路径——设定具体技术节点”等特征,以实现氢能技术路径与市场路径的优化整合,即首先基于未来氢能的成本接受程度,来计算、确定氢生产、氢运输、氢转化等技术环节的成本;其次,根据市场接受度,遵循氢能技术演化逻辑,共同确定未来氢能的技术演化路径和阶段性目标;最后,确定具体的技术节点。

通过考察美国国家氢能计划,我们总结出一些有益的经验及启示,并做出如下政策建议,如:(1)我们一直都在强调可执行性、可操作性,为此,必须注意以下几点,一是各利益相关者的充分沟通,并达成共识和预期共赢,二是整个计划各环节的合理设计和衔接,三是技术路线图和施工图要明确各技术节点,四是实行合理的进程管控;(2)在政府主导的应用性科研规划中,如何使政府做到恰当的“不为”至关重要。政府要强化自己的“搭戏台”功能,注重平台建设和服务供给能力的提高,而不是滥用话语权;(3)提高各类专家的决策权,没有调查研究,就没有发言权和决策权,而调查研究需要专业知识和专业能力,“这是专业化引起的第二次权力革命,就是智识革命,决策由专业研究完成,实现决策与执行的分离”^[13],从根本上提高专家的话语权和决策权;(4)大型应用性科研计划的制定和执行,往往需要解决一系列重大问题,这高度依赖地基础研究和应用研究,缺乏重大问题与对策研究能力是不可能成功完成大型科研计划的。□

注 释:

(1)基础研究领域:2008年举行了氢存储材料理论焦点会议,当前仍然持续进行的基础科学合同会议;(2)应用研究领域:2007年举办的氢安全研讨会、2008年与科学处联合举行的氢存储材料理论焦点会议、2009年举办的MCFC&PAFC研发研讨会,以及2010年举办的国际氢存储罐安全研讨会;(3)技术示范及验证领域:2006年的H₂转化分析会议、2009年举办的IPHE基础设施研讨会及压缩性天然气及氢燃料会议,2011年举办的能源部与交通部的废物转化为能源活动,等。这些研讨会包括广泛的利

益相关者，并为技术现状及所面临的挑战等讨论提供开放的争论空间。

参考文献

- [1]U.S Department of Energy. The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan [R/OL]. 2011 [2013-10-02].http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/program_plan2011.pdf.
- [2]Spark M. Matsunaga Hydrogen Research, Development and Demonstration Act of 1990 [R/OL]. 1990 [2013-08-12].<http://www.hydrogen.energy.gov/background.html>.
- [3]Hydrogen Future Act of 1996[R/OL].[2014-03-08].http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen_future_act_1996.pdf.
- [4]National Energy Policy Development Group. Reliable, Affordable, and Environmentally Sound Energy for America's Future: Report of the National Energy Policy [R/OL]. United States Government Printing, 2001:6-11.
- [5]U.S. Department of Energy. A National Vision of America's Transition To A Hydrogen Economy —To 2030 and Beyond [R/OL].2002,i. [2013-07-12]. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/vision_doc.pdf.
- [6]U.S. Department of Energy. National Hydrogen Energy Roadmap [R/OL].2002,i. [2013-09-10].
http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/national_hydrogen_energy_roadmap.pdf.
- [7]Energy Policy Act of 2005 [R/OL].2005,570 [2014-01-03].http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/epact_05.pdf.
- [8]Dave Peterson and Rick Farmer .Historical Fuel Cell and Hydrogen Budgets[R/OL]. 2014,1[2014-05-06]. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/14008_historical_fuel_cell_h2_budgets.pdf.
- [9] U.S. Department of Energy. Fuel Cell Technologies Overview[R/OL]. 2012, 41.[2013-12-07].http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_may2012_satyapal.pdf.
- [10]U.S. Department of Energy. DOE Fuel Cell Technologies Program Update [R/OL].2009,34. [2014-07-19]. http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_july09_03_doe.pdf.
- [11]Vernon W. Ruttan. Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective [M]. New York: Oxford University Press, 2001:1-10.
- [12]U.S. Department of Energy. Basic Research Needs for the Hydrogen Economy [R/OL]. 2003,iii-iv. [2013-09-23].http://science.energy.gov/~media/bes/pdf/reports/files/nhe_rpt.pdf.
- [13]刘益东.提升智语权和智媒实力,实现中国智库的快速崛起[J]. 未来与发展,2012(12):3.

The Inspiration of the National Hydrogen Energy Roadmap of US

Wang Yanyu, Gao Lu, Liu Yidong

(The Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China)

Abstract: Through the analysis of the policy process, management model, research system, the implementation and evaluation process of the The National Hydrogen Energy Roadmap of US, this paper discussed the characters of government-driven implicational research and its successful experiences, and proposed policy suggestions aimed at Chinese circumstances.

Key Words: The National Hydrogen Energy Roadmap of US, The planning of implicational research, scientific research system, evaluation system

CLC number: C935 Document code: A Article ID: 1003-0166(2015)12-0022-08

doi: 10.3969/j.issn.1003-0166.2015.12.005