

能源颠覆性技术发展现状及对策

孟浩

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 颠覆性技术将引发能源革命性变革。本文在分析颠覆性技术概念与特点的基础上, 系统归纳总结了国内外能源颠覆性技术的发展现状, 并从认识、制度、技术与措施等方面提出我国推动能源颠覆性技术发展的对策。

关键词: 颠覆性技术; 能源; 能源革命

中图分类号: G322 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.11-12.012

能源事关国家安全、社会经济发展全局和民生福祉。能源科技飞速发展正在影响着人类社会的方方面面, 而多领域、多学科交叉融合而生的能源颠覆性技术(destructive technology)的作用尤为突出, 具有巨大经济潜力, 对未来产业发展、商业模式、工作类型和生活方式乃至国家竞争力产生重大而深远的影响。2013年5月, 麦肯锡全球研究院发布的12项颠覆性技术研究报告显示^[1]: 到2025年, 这些技术对全球经济的直接影响将达到14万亿~33万亿美元, 其中自动驾驶轿车和卡车达2000亿~19000亿美元, 可挽救3万~15万人的生命; 储能技术达900亿~6350亿美元; 页岩气和轻质致密油等先进油气勘探开采达950亿~4600亿美元; 可再生能源达1650亿~2750亿美元, 每年可减少碳排放10亿~12亿吨。2014年清华大学何建坤教授^[2]指出: “未来氢能作为无污染优质二次能源渗透到经济社会各个领域时, 其颠覆性技术的创新以及新型能源体系基础设施运行方式和管理制度的演变, 都将会导致经济运营方式和社会生活方式的革命性变革, 但具体的表现形式和特征仅凭今天的认知则很难想象和预见。”

我国决策层对颠覆性技术高度重视, 2016年

国务院发布的《“十三五”国家科技创新规划》, 对发展“颠覆性技术”做出了部署^[3], 明确提出要在信息、制造、生物、新材料、能源等领域, 特别是交叉融合的方向, 加快部署一批具有重大影响、能够改变或部分改变科技、经济、社会、生态格局的颠覆性技术研究, 力求使我国在新一轮产业变革中赢得竞争优势。可见, 能源颠覆性技术对于推动我国能源革命、建设能源强国、实现中华民族伟大复兴的中国梦具有重大的战略意义, 既是难得的发展机遇, 也将会遇到前所未有的挑战。因此, 为了更好地抓住机遇、迎接挑战, 有必要系统梳理颠覆性技术, 明确其内涵与特点, 系统分析能源颠覆性技术的发展现状, 结合我国能源发展实际, 提出推动能源颠覆性技术发展的对策建议。

1 颠覆性技术

颠覆性技术的概念是1995年由美国哈佛商学院克莱顿·克里斯滕森(Christensen C M)教授在《颠覆性技术: 抓住下一波浪潮》^[4]中基于商业创新背景提出的, 随后其又在《创新者的困境: 当新技术造成大公司破产》^[5]中进行了较为系统的阐述, 颠覆性技术开始时往往从低端或边缘市场切入, 以简

作者简介: 孟浩(1972—), 男, 博士、研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为能源、低碳发展与科技创新等。

项目来源: 国家重点研发计划项目“颠覆性技术感知响应平台研发与应用示范”(2019YFA0707203); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项资金项目“重点科技领域前沿跟踪与深度研究”(ZD2020-02)

收稿日期: 2019-10-25

单、方便、便宜为特点，随着性能与功能的不断完善，最终开辟新市场，取代已有技术，形成自身的新技术体系。2003年克莱顿·克里斯滕森教授在《创新者方案：创造并持续成功增长》^[6]中使用“颠覆性创新”替代“颠覆性技术”，强调技术的“颠覆性效应”。我国学者王志勇等^[7]认为，从技术属性讲，颠覆性技术可以是基于新概念、新原理的原始创新技术，可以是支撑装备创新的新的使能技术，也可以是多项技术交叉融合产生的新技术；从潜在应用效果看，颠覆性技术或能大幅提升现有武器装备作战效能，或能催生新型武器装备、形成新的作战能力，甚至可以开辟一个全新军事应用领域。蔡珏^[8]认为，要不断丰富战争胜负要素，展现颠覆性技术的基础性、替代性、前沿性、对抗性及时效性的基本特征。

笔者认为，系统性、交叉性、融合性应该也是颠覆性技术的重要特点。因为随着时间的推移，颠覆性技术逐步向纵深发展，体现了技术链、创新链与产业链的融合发展。以氢能技术为例，研发氢能技术是一个复杂的系统工程，从基础研究、应用研究、成果转移转化到产品商品化等创新链来看，涉及数学、物理学、化学、材料学、生物学、能源科

学、社会科学、系统科学等众多学科的交叉融合；从制氢、输氢、储氢、用氢等产业链角度看，涉及工程设计、运输、基础设施、商业模式等多领域知识与技能。可见，颠覆性技术不会凭空产生，而是跨学科、跨领域知识与技术的不断交融、相互激荡的结果，既可以是基本原理上的重大突破，也可以是现有技术基础上的集成创新，是创新集成的必然结果，是知识创新、技术创新、管理创新、制度创新、市场创新等创新子系统相互交织、主动优化组合的动态过程^[9]。因此，颠覆性技术具有系统性、前瞻性、替代性、突变性、不确定性、时效性、交叉性和融合性等特点（见图1），将重塑未来人类生产与生活，对未来技术结构变化、产业变迁、经济与社会发展产生颠覆性影响。

2 能源颠覆性技术发展现状

颠覆性技术并不神秘，开始时可能是少数人的自由探索，需要经历多次探索失败，但是有时会产生新的学科，在学科的交叉渗透中会产生全新动力。颠覆性技术不仅需要源头创新，而且需要持续不断的众多小创新，更需要知识创新、技术创新、管理创新、制度创新等子系统的创新集成，或许这

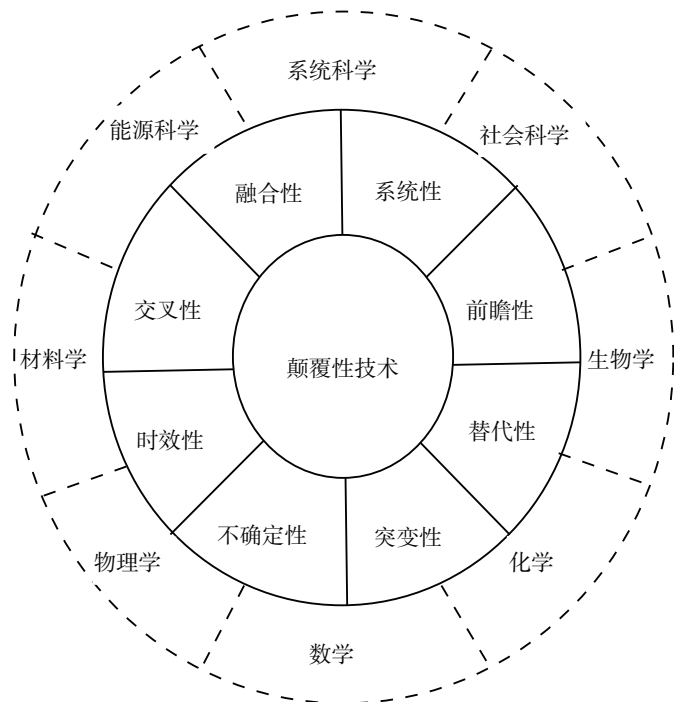


图1 颠覆性技术跨学科及其特点示意图

正是颠覆性技术创新的魅力所在。为了系统、全面地反映能源颠覆性技术的发展状况，笔者在系统分析现有文献的基础上，从提出时间、出处、技术名称、技术进展、存在问题等方面对已有的、与能源有关的颠覆性技术进行简要的归类分析（见表1）。由表1可见，能源颠覆性技术主要体现在如下

表1 2010年以来能源领域颠覆性技术进展情况

年份	出处	技术	主要进展	存在问题
2011	《科学美国人》 ^[10]	新反应堆以聚变触发裂变	美国利弗莫尔国家实验室提出新方法并实现成功点火，由聚变爆炸产生的中子触发裂变反应，利用原子分裂产生的能量来驱动传统核反应堆，这扩大了可使用的核燃料的选择范围（包括未浓缩的铀、贫化铀，甚至其他核反应堆产生的废料），还能消耗掉90%的核燃料	存在聚变靶丸制作、裂变燃料层及未经检验的新技术等障碍及挑战
		太阳能燃料	一是美国桑迪亚国家实验室通过设计一套装置，将太阳光聚焦到1500℃高温，生成由H ₂ 和CO组成的合成气，并吸收CO ₂ ；二是将一种廉价催化剂泡入水中，并利用太阳能电池板产生的电力来制备H ₂ 和O ₂ ；三是将半导体纳米线制成人造树叶，利用阳光将水分解成H ₂ 和O ₂	对材料要求高，合成气制造机生产成本高，限制了实际应用
		量子光电池	单层硅吸收阳光的效率理论上限是31%，而半导体晶体（或称为“量子点”）的理论上限可提高到60%以上，这样，热电子能让太阳能电池的效率翻番。美国得克萨斯大学将硒化铅量子点沉积在一层导电的二氧化钛上，当光线照在上面时，所产生的热电子损失能量所需的时间要比原先长了1000倍。目前正在寻找能让导体将尽可能多的热电子转化为电流的方法	热电子究竟如何冷却、怎样流入导体等一系列困难，需要建立一套新的物理理论
		废热利用的热力发电机	形状记忆合金利用废热带来额外能量。通用汽车公司利用这一原理制造的原型机由一条仅10克重的合金带来，产生两瓦特功率，可以点亮一盏小灯。但形状记忆合金容易疲劳，会变得脆而易碎；需要连续处理3个月才能恢复“本态”的形状记忆	应用还很遥远，合金线很难组合成带；如何有效加热和冷却合金带
		波-转子发动机或冲击波发动机	该发动机产生动力的过程是在一个旋转的涡轮中进行的，仅有家用蒸锅大小，需要的部件也比活塞式发动机少得多，将不再需要活塞、连杆和汽缸，使制造成本降低30%，汽车油耗将降低80%	从模型到实际应用产品还有很长的路，有很多不确定性
		磁体制冷机	不使用压缩机，而使用基于磁体的新型制冷机，有一个小而平的、由某种此类合金制成的多孔楔形体构成的圆盘，其两侧固定着一个环形永磁体。磁体中空，里面分布着强磁场。当圆盘旋转时，每一个磁致热楔形体通过这个通道而升温，然后继续转出磁场范围而冷却。在系统内部循环的液体被这些旋转的楔形体反复加热和冷却，冷却后液体就能从房间中吸走热量	制作工艺、磁体材料及小型化等问题亟待解决
		更清洁的煤炭	美国圣母大学设计了一种被称为“离子液体”的新型材料（实质是一种盐），能吸收的CO ₂ 相当于其他化学结构类似的材料。而且在吸收过程中，这种盐会经历一个从固态到液态的相变，这种变化释放的热量能被回收利用，将碳从液体中汲出，便于后续处置	目前，只是实验室规模的装置，后续产业化还有许多困难

续表

年份	出处	技术	主要进展	存在问题
2013	麦肯锡全球研究院 ^[1]	储能技术	到 2025 年，其潜在经济影响将达到 900 亿 ~ 6 350 亿美元，主要应用于电动和混合动力汽车、分布式能源、公用事业级储能	亟待大规模产业化应用
		先进油气勘探开采	根据对北美、中国、阿根廷、澳大利亚和欧洲的估计，到 2025 年，页岩气和轻质致密油勘探开采的直接经济影响可达 950 亿 ~ 4 600 亿美元，并且主要产生于北美	不同国家的油气赋存条件不同，所需技术侧重点不同
		可再生能源	到 2025 年，风能和太阳能光伏占全球电力产量的比例可能由目前的 2% 增至 16%，其潜在经济影响可达 1 650 亿 ~ 2 750 亿美元，每年可减少碳排放 10 亿 ~ 12 亿吨	降低成本与产业化模式是未来发展的关键
2014	日本《颠覆性技术创新推进计划》(ImPACT) ^[12]	终极节能通信设备	利用大数据和物联网，采用终极非挥发性内存和自旋电子学逻辑集成电路，实现计算机的终极省电化	进一步减少不断增加的电力消耗
		通过核反应技术回收高辐射废料	获得全球首批核反应数据，通过确立合理的核转换方法，提出核反应工序，将核废料转换为稳定的原子核素或者短寿命原子核素，同时努力建立能够将回收生成物中包含的稀有金属等作为资源利用的生态系统	提出新的核反应控制方法
2015	美国《国防》杂志 ^[11]	核聚变反应	可为部队提供丰富的能源，并且安全性更好，成本也更低；可能在 15 年内投入使用，在未来 20 年或 30 年内，有望装备到舰艇上为整艘舰船供电	大量投资、耐高温材料等难题
		天基太阳能	发射地球同步卫星，在其上安装大型太阳能电池阵列，收集能量并通过聚焦束定向技术发送到地面的接收电厂。军方可在前线作战基地或其他偏远地区建造接收电场来收集能量，并将其转化为电能	成本非常高，相关系统需耗资数千亿美元
		太阳能斯特林发动机	太阳能发电系统先收集太阳能，然后提供给斯特林发动机，斯特林发动机的转轴输出动能后由发电机进一步转换为电能，将海军陆战队小型发电系统的燃油消耗量减少 40%~60%	演示阶段，2015 年进行关键设计评审
		储能技术	采用固体氧化物燃料电池和现有的商业化太阳能电池来供电	演示阶段
2015	《美国创新战略》 ^[13]	燃料电池	将化学能转换为电能的燃料电池	成本高
		清洁能源与节能技术	作为美国国家经济委员会和白宫科技办公室联合发布予以重点支持的九大领域之一，是美国政府持续推动的创新主题	研发核心设备及降低成本是关键
2016	科技部《十三五科技创新规划》 ^[3]	新一代能源技术	把开发氢能、燃料电池等新一代能源技术作为能源颠覆性技术进行系统部署，加强基础研发、关键技术工艺攻关、核心设备研制等	科学问题研究、技术产业化等亟待解决

续表

年份	出处	技术	主要进展	存在问题
2016	国家发展改革委、国家能源局 ^[14]	先进核电、高效太阳能利用、氢能与燃料电池、储能等技术	《能源技术革命创新行动计划（2016—2030年）》重点对清洁煤，非常规油气，新一代先进核反应堆，高效太阳能利用，大规模，低成本制氢，存储、运输、应用一体化，燃料电池、储能等技术的研发、示范、模式标准化与推广应用等进行全面部署，并分解到具体的技术创新行动，强调突破关键技术，加快推动技术成果产业化与大规模推广应用	研发组织、工程试验示范、产学研一体化协调、降低技术成本等
2017	德国《国家氢能及燃料电池技术创新计划》（NIP II） ^[15]	氢能与燃料电池	把氢能和燃料电池政府资助计划由2006—2016年延长至2026年，支持重点由第一阶段的研发向第二阶段的研发、示范运行及市场培育并重转移，第一阶段经费达14亿欧元，重点支持通过可再生能源制氢的方法和措施，开发氢能和燃料电池市场，并应用于汽车、客车、商用车和轨道交通等领域	应用示范与市场培育是未来发展重点，关键是降低成本与开发新的商业模式

6个方面。

一是传统化石能源的颠覆性技术。煤炭的清洁利用及非常规油气的勘探开发都需要颠覆性技术的有力支撑。煤炭的气化、液化，天然气水合物与页岩油气的勘探开发等，都可以认为是对传统化石能源的颠覆，体现了技术的先进性、可行性、低碳性与绿色化的发展方向。目前存在科学、技术产业化等问题亟待解决。欲从基础研究、先进材料、关键工艺（设备）、水平多分支井、水力压裂技术等方面实现关键性突破，就需要不断探索激发创新主体积极性、主动性与创造性的长效机制及产业化模式，这样才能推动传统化石能源革命。

二是可再生能源的颠覆性技术。风能、太阳能、生物质能、地热能等可再生能源已由目前的替代能源逐步上升为主体能源，智能风机、太阳能燃料、量子光电池、天基太阳能、斯特林发动机、干热岩等颠覆性技术提供了有效支撑。目前存在成本高、关键材料与技术欠缺、产业化及模式待突破等问题。要在可再生能源基本原理、关键材料、核心设备与工艺、产业化模式等方面实现颠覆性突破，就需要与大数据、云计算、能源互联网、储能技术等深度融合，催生颠覆性可再生能源技术。

三是先进核能的颠覆性技术。先进核能作为未来的主导能源，日益受到国内外的广泛关注与重视，其颠覆性技术主要包括安全、高效、低排放的三代核电与四代核电、小型模块化反应堆、先进乏燃料

处理及循环利用、可控核聚变试验堆、核聚变发动机等。目前先进核能颠覆性技术在基础研究、关键材料、应用开发与示范等方面均有不同程度的突破与进展，但在重大原理、关键材料、技术工艺与方法、成本控制等方面亟待突破。未来先进核能技术在重大原理、关键技术、核心装备等方面的进一步发展将有可能使其成为推动能源革命的重要抓手。

四是氢能与燃料电池。氢能与燃料电池是实现人类可持续发展的重要颠覆性技术。美国、日本、德国及我国等主要国家都对氢能与燃料电池进行重点部署与推动。目前主要国家已经在关键材料、重要工艺与装备、大规模制氢、分布式制氢、加氢站、燃料电池等方面实现了一定的突破，具有一定的市场、技术与人才基础。但在科学原理、核心技术、降低成本、推动产业化等方面亟待新突破。这是未来能源革命的重要组成部分。

五是先进储能技术。先进储能技术作为能源、新材料与先进制造等跨学科交叉的颠覆性技术，是实现智慧能源网络、应对气候变化、建设生态文明的重要支撑。美国、欧盟、英国、日本及我国等均已进行了系统部署，在新原理研发与验证、关键工艺与设备、示范与应用等方面取得了突破与进展，但在降低成本、大规模产业化应用等方面还需进一步努力，才能加快推动未来智慧社会的建设。

六是先进节能技术。先进节能作为能源开源节流的重要手段，主要包括基础原理、关键设计、工

业节能核心设备、小型化发电机及终极节能设备等，其颠覆性技术的影响不容忽视。美国、日本等均已进行相关部署，并取得一定成效，我国一直重视节能技术，并把其作为实现能源革命的重要途径。目前节能颠覆性技术存在亟需研发核心设备、降低成本及产业化等问题，未来重点关注节能的技术经济性，不断降低节能成本，加大节能示范与推广应用。

总之，上述6类能源颠覆性技术尽管涵盖的领域不同，技术特点各异，取得了不同程度的技术进步，但还存在需要研发核心技术（设备）、降低成本、实现产业化等问题，但可以肯定的是，它们都将对能源发展、社会经济进步及生态文明建设等产生颠覆性影响，而且随着信息技术、能源技术的不断发展以及能源革命的不断推进，未来将不断涌现新的颠覆性能源技术，不断创造能源新需求、新产品、新业态，为经济社会发展提供前所未有的驱动力，推动经济格局和产业形态深刻调整，形成能源创新重塑产业变革、产业变革促进能源革命的良性互动格局。

3 推动我国能源颠覆性技术发展的对策

发展能源颠覆性技术涉及科技、经济、社会的方方面面，从来不是一蹴而就、一帆风顺的，往往受制于当时的科技进步、经济发展与社会环境。因此，有效推动我国能源颠覆性技术发展必须从制约能源颠覆性技术发展的认识、制度、技术与措施等方面着手，才能推动能源颠覆性技术发展。

首先，正确认识能源颠覆性技术是推动其健康持续发展的前提。观念是行为的先导，为此对发展能源颠覆性技术主要应把握好以下4点：一是对能源颠覆性技术的认识要客观、系统、全面，不能过于炒作能源颠覆性技术的概念而忽视技术创新的内在规律性、关联性、复杂性与不确定性。二是正确看待能源颠覆性技术的作用，它是推动能源革命与产业变革的重要力量，将重塑未来能源与产业结构，引领创新型经济，变革军民融合方式，普惠民生福祉。三是注重利用系统的全生命周期观，全面看待能源颠覆性技术。能源颠覆性技术始于新的创意，贯穿于能源基础研究、应用研究、小试、中试、示范到推广应用等创新链的全过程，终于价值链的增值实现，在突出重视关键环节与重点的同时，不能

忽视全产业链的协同配合与统筹推进。四是要注重创新集成。能源颠覆性技术是一个动态开放的创新系统，涉及政府、企业、高校、科研机构等不同创新主体，以及风险投资、技术服务机构等服务支撑系统，推动能源颠覆性技术发展需要兼顾各参与主体的权利与责任，做到责权利的有机统一，加大能源颠覆性技术创新、制度创新、管理创新、市场创新等不同创新之间的创新集成，以实现更好的创新成效。

其次，构建完善的制度体系是推动能源颠覆性技术发展的根本保障。没有良好的科技创新制度，颠覆性技术就失去了成长的环境与空间，因为“颠覆性技术是技术创新同管理创新、制度创新的组合融合，可以较好地发挥颠覆性技术的革命性、引领性作用。”^[16]党的十八大以来，党中央、国务院坚持把科技创新和制度创新双轮驱动作为创新发展的根本动力，不断进行深化科技体制改革。目前，我国已形成了国家自然科学基金、国家科技重大专项、国家重点研发计划、技术创新引导专项（基金）以及基地和人才专项等新五类科研计划体系，先后在创新型人才培养、科研经费管理、科技成果评价及技术转移转化等方面出台一系列举措，制度安排上逐步建立了以政府为引导、以市场为导向、以企业为主体、产学研一体化的技术创新体系，为能源颠覆性技术的发展奠定了良好的制度基础。下一步，要充分实现创新驱动发展的总体部署，一是需要进一步完善创新治理体系。从国家层面来说，不仅要从事基础教育方面培育人的创新精神，而且配套法律制度等方面的建设也须与技术的发展齐头并进，为颠覆性技术的发展保驾护航^[17]。二是进一步细化与落实科技创新的制度安排，做好“看得见”的政府之手与“看不见”的市场之手之间的有效协同，加强中央、部、省与市等各级政府之间的协同配合，建立与完善部际协调、省部会商、省市地协同发展的动态新机制。三是研究制定能源颠覆性技术规划。规划作为顶层设计有利于指导能源颠覆性技术未来走向。在总结研究已有能源相关规划成果基础上，根据新情况、新变化与新趋势，研究制定“十四五”能源颠覆性技术发展专项规划，明确能源颠覆性技术发展的原则、思路与技术路线图，推动制度的有效落实。总之，大胆进行制度创新，以体制机制的

创新推动能源颠覆性技术的绿色、健康、可持续发展。

第三，加大研发力度是促进能源颠覆性技术发展的关键。主要构建能源颠覆性技术新型研发体系，从以下几方面入手：一是加大能源颠覆性技术的基础研究。建议以能源颠覆性技术国家实验室建设为契机，联合重点科研院所、领军型企业构筑国家能源基础研究的战略力量。建议国家自然科学基金积极设立能源颠覆性技术研发方向，重点探索能源颠覆性技术的新概念、新思想的可行性；建议国家科技重大专项与重点研发计划针对不同能源专项领域，设立符合其特点的能源颠覆性技术基础研发课题，重点突破能源颠覆性技术的新观点、新原理，创建新的能源颠覆性技术知识创新体系。二是加大能源颠覆性技术的共性技术与应用技术研究。建议创建能源颠覆性国家技术创新中心，围绕能源颠覆性技术的共性、关键、核心技术，建立以企业为主体、产学研共同参与、协同攻关的技术创新体系。建议国家重点研发计划与技术创新引导专项（基金）围绕能源颠覆性重大共性关键技术与应用技术，设立一批瞄准清洁煤、非常规油气、可再生能源、核能、储能等领域的重点研发项目，组织产学研优势力量协同攻关能源颠覆性技术的重大、核心、关键科技问题，突破能源颠覆性技术应用的瓶颈制约。三是加大能源颠覆性技术的示范基地建设。以推动落实《能源技术革命创新行动计划（2016—2030年）》为契机，整合能源领域已有基地与平台，支持地方政府结合当地产业发展与重大社会需求，构建一批能源颠覆性技术的中试基地与示范区，加快能源颠覆性技术的重大科技成果落地与产业化，加速其对社会经济发展的颠覆性作用。

第四，多措并举是加快能源颠覆性技术发展的必要条件。一是建立与完善推动能源颠覆性技术发展的政策体系。制定与完善能源颠覆性技术研发设备加速折旧、研发费用加计扣除、专利质押贷款、创新券、首台套新产品政府采购等细化措施，形成配套的政策体系。二是建议设立能源颠覆性技术发展引导基金。引导基金以国家财政资金为引导，领军性企业为主体，社会资金广泛参与，构建理事会、咨询委员会、执行委员会的治理体系，采用“公正公平、公开竞争、风险共担、利益共享”的新机

制，探索形成市场化运作新模式，引领能源颠覆性技术发展。三是实施能源颠覆性技术人才专项。支持科研院所与创新型企业根据能源颠覆性技术研发需要，从国内外引进行业领军人才，或与国内外相关机构联合培育创新型人才，打造能源颠覆性技术人才高地，支撑能源颠覆性技术发展。四是奖励能源颠覆性技术成果。为推动能源颠覆性技术发展，建议国家科技奖励向能源颠覆性技术倾斜，鼓励行业协会/学会设立能源颠覆性技术成果奖，奖励在能源颠覆性技术基础研究、应用研究及重大科技成果转化等方面做出突出贡献的单位与个人，引导社会多出成果、出好成果。■

参考文献：

- [1] Manyika J, Chui M, Bughin J, et al. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy[EB/OL]. [2019-08-15]. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>.
- [2] 何建坤. 新型能源体系革命是通向生态文明的必由之路——兼评杰里米·里夫金《第三次工业革命》一书[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2014, 14(2): 1-10.
- [3] 国务院. “十三五”国家科技创新规划[M]. 北京: 人民出版社, 2016: 26.
- [4] Christensen C M. Disruptive Technologies: Catching the Next Wave[J]. Harvard Business Review, 1995, 73(1): 43-53.
- [5] Christensen C M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1997: 5-6.
- [6] Christensen C M. The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth[M]. Boston: Harvard Business Press, 2003: 3-5.
- [7] 王志勇, 党晓玲, 刘长利, 等. 颠覆性技术的基本特征与国外研究的主要做法[J]. 国防科技, 2015, 36(3): 14-17.
- [8] 蔡珏. 关于颠覆性技术发展的理性认识[J]. 国防科技, 2016, 37(5): 31-35.
- [9] 孟浩. 企业创新集成研究[R]. 北京: 科学技术文献出版社, 2011: 73-75.
- [10] Collins G P, Biello D, Trivedi B P, et al. 7 radical energy

- solutions[J]. Scientific American, 2011, 304(5): 38-45.
- [11] 李雅琼. 盘点十大颠覆性技术 [EB/OL]. (2015-03-19) [2019-02-16]. http://www.81.cn/wjism/2015-03/19/content_6404902.htm 2018.3.20.
- [12] 中国科协创新战略研究院. 日本颠覆性技术创新计划研究要点报告 [J]. 中国高新科技, 2017, 1(1): 93-95.
- [13] 甘本拔. 颠覆性技术纵横谈(下) [J]. 知识就是力量, 2017(2): 8-11.
- [14] 国家发展改革委员, 国家能源局. 能源技术革命创新行动计划(2016—2030年) [EB/OL]. (2016-06-18) [2019-02-16]. <http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201606/W020160601304245143804.pdf>.
- [15] 中华人民共和国科学技术部. 国际科学技术发展报告 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2018.
- [16] 刘琦岩. 大力发展引领产业变革的颠覆性技术 [J]. 红旗文摘, 2016(14): 19-21.
- [17] 赵永霞. 制度护航下的颠覆性创新 [J]. 纺织导报, 2018(2): 1.

Development Status and Countermeasures on Energy Disruptive Technologies

MENG Hao

(Institute of Science and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Disruptive technologies will revolutionize energy. Based on the analysis of the concepts and characteristics of disruptive technologies, this paper systematically summarizes the development status of energy disruptive technologies at home and abroad, and proposes countermeasures to promote the development of energy disruptive technologies from the perspectives of understanding, systems, technologies and measures in China.

Key words: disruptive technology; energy; energy revolution

征稿启事

《全球科技经济瞭望》是中国科学技术信息研究所主办的一本综合性的科技核心期刊。多年来, 由于独特的稿源渠道, 使得《全球科技经济瞭望》一直受到了广大读者的青睐。为了进一步提高该刊的办刊质量, 我们希望按照核心期刊的办刊模式, 征集一些具有一定学术水平和前瞻性、创新性的优质稿件。

本刊重点栏目: 创新战略与政策、科技与经济、科技计划与管理、研究与探讨、调研报告等。欢迎各大院校、企事业单位等研究人员踊跃投稿。一旦来稿被录用, 我们将与您取得联系。来稿请按照核心期刊稿件的格式要求, 包括中英文标题、中英文摘要、中英文关键词、参考文献、作者简介、作者单位(中英文、地址及邮编)等, 并请您提供您的联系方式。

E-mail: liaowang69@126.com

主 页: <http://www.kjliaowang.com.cn>

联系地址: 北京市西城区三里河鲁 54 号 266 室《全球科技经济瞭望》编辑部

邮政编码: 100045

联系人: 朱娜

联系电话: 010-58882535