

## 低碳经济背景下的新能源技术经济范式研究

吴 辉

(合肥工业大学 人文经济学院, 合肥 230009)

**摘 要:**从技术经济范式的角度分析低碳经济环境下的新能源技术经济范式,归纳出新能源技术经济范式演进的规律:实现低碳经济发展的关键是能源技术发展的低碳化,使技术的经济潜能或商业价值与生态价值有机融合。新技术经济范式的形成会产生一系列新的技术群,这就使传统能源技术和新能源技术在相当一段时间内是一种共存与互补发展的状态。低碳化、生态化是能源技术发展的趋势。研发、示范、推广,政策激励机制,利益相关者的参与,可以加速低碳经济背景下的新能源技术经济范式的形成。

**关键词:**低碳经济; 新能源技术; 技术经济范式; 生态化转向

中图分类号: C93 文献标志码: A 文章编号:

收稿日期: 2011-03-22

**作者简介:**吴辉(1977—),男,安徽合肥人,主要研究方向为低碳经济、新能源技术、技术创新、技术管理。

目前世界正在围绕着全球气候变化和发展低碳经济展开激烈的博弈,旨在减少化石能源的使用、控制温室气体排放的行动,正在深刻地影响世界经济转型和能源发展的方向。作为发展低碳经济的重要支撑,新能源技术普遍受到各国的重视。新能源技术的开发利用是增加能源供应、调整能源结构、保障能源安全、保护生态环境、减少CO<sub>2</sub>排放的一项重要措施。新的技术经济范式的形成,会引起新的技术变革,也会产生新的技术群。新能源技术的低碳化发展,是低碳经济发展的关键。由于新兴技术在发展初期具有不确定性,为了减少新兴技术发展所带来的风险,技术发展的多元化可以减少新兴技术的风险。新能源与传统能源技术相比,还不具有竞争性,在一段时间内传统能源技术和新能源技术是一种共存与互补发展的状态。作为传统经济增长的支撑技术其内在逻辑上具有逆生态或反生态性,新能源技术为技术发展的生态化转向提供了技术支撑。

### 一、低碳经济背景下的新能源技术经济范式

#### (一)“范式”与技术经济范式

美国著名学者库恩在《科学革命的结构》一书中开创性地提出了“科学范式”概念,以此用来阐明关于科学理论发展中的内在规律性及其演进模式。库恩对“范式”的解释为:“范式”就是一个公认的模式或模式[1],它主要包括共有的世界观、基本理论、范例、方法、手段、标准、观察、实验等等与科学研究有关的所有东西。另一位美国学者科恩在《科学中的革命》一书中则把“范式”解释为:所谓“范式”,就是一组共有的方法、标准、解释方式或理论,或者说是一种共有的知识体[2]。

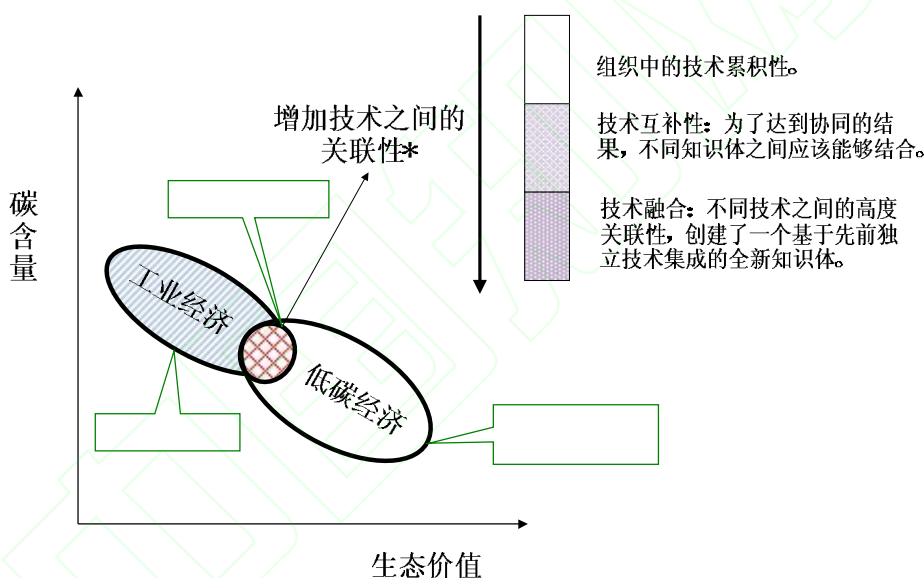
受库恩用“范式”来阐明科学理论研究的内在关联性的影响,此后的一些科学家和学者们则把“范式”的应用引向多元化。特别是在创新经济学等领域中常被用作构建理论分析框架的重要概念。1982年,著名技术创新经济学家G·多西将“科学范式”第一次引入技术创新研究之中,并提出了“技术范式”的概念。佩雷斯则首次提出了“技术经济范式”概念,实现了“技术范式”与经济增长的直接联系。我国学者朱光华认为:“技术—经济范式”是在新技术成熟时有关技术和投资决策的一套常识性的规则,“技术—经济范式”的变革(“技术革命”)通常含有多组基本创新和渐进创新,而且最终可能包括若干新技术体系,它不仅对整个经济领域产生扩散性的影响,而且也引起了广泛的制度、组织和管理创新[3]。

最近几年我国学者正在积极把“范式”引入到循环经济研究之中,为我们研究低碳经济提供了有意义的参考。如,冯之浚教授认为:循环经济不仅是一种新的经济发展模式,也是一种新的经济增长方式[4]。中国学者王彦鑫认为:循环经济范式是基于深生态论,强调人类得以生存的大自然是一个整体,人类生命

的维持和发展依赖于整个生态系统的动态平衡,它不仅强调技术进步,而且将制度、体制、管理、文化等因素通盘考虑,注重观念创新和生产、消费方式的变革[5]。从某种意义上来说,用“技术经济范式”理论研究循环经济问题,可以看做是“技术经济范式”向生态化转变的萌芽。

## (二) 低碳经济背景下的新能源技术经济范式

目前,全球气候的恶劣变化,常规能源的日益枯竭,使各国政府都在积极发展低碳经济,一方面加快化石能源的低碳化利用步伐,大力发展低碳可持续的新能源;另一方面加强新能源技术研发和能源技术创新,实现本国能源供给多元化,确保本国能源供应安全,从而达到本国经济增长和减少二氧化碳排放与保护环境的双重目的。低碳经济发展的技术经济范式采取的是源头治理的方式,实现资源低投入低消耗、生产过程低排放、低污染,使经济增长是数量型、质量型、生态型增长。一定时期的技术经济范式总是由相互关联的各种技术所组成的一个或者几个主导技术群构成的,这种主导技术群决定着这个时期的经济增长的方式、规模。意大利学者Daniela Freddi通过研究发现:新范式不会代替旧范式,它们之间存在着内在逻辑性联系。首先,在同一个公司或部门里新技术是独立的旧技术的发展,旧技术性能通过研发投入来提升;其次,互补性使新旧范式得以共存,由于不同范式的存在往往会产生规模经济和创新机会;最后,技术融合[6](见图1)。低碳经济是以新能源技术为主导技术,同时又对先前能源技术进行创新的经济发展模式。



实现低碳经济发展的关键是能源技术发展的低碳化;低碳经济就是将传统经济发展模式改造为低碳型的新经济模式,把现代经济发展由碳基能源为基础的不可持续发展型向以低碳或无碳能源经济为基础的可持续发展型转变,研发新技术,推进化石能源排放无碳或低碳化;同时使能源结构由化石高碳型黑色结构向无碳或低碳化洁净结构转变,构建低碳化的新能源体系。能源结构的高碳化是传统工业化的必然结果,但在相当一段时间内,化石能源仍然是主导能源。因此在化石能源的清洁高效利用方面要不断加强新技术研发和原有技术创新。洁净煤技术是解决能源供给安全和环境问题的全球性主导技术,它是指从煤炭开发到利用全过程中,旨在减少污染物排放和提高利用效率的煤炭加工、燃烧、转化及污染控制等一系列新技术的总称,是使煤作为一种能源和含碳资源达到最大限度的利用,同时把释放的污染控制在最低水平,以实现煤的高效、洁净利用的技术体系[7]。洁净煤技术涵盖了从生产到最终使用的整个煤炭供应环节,包括资源回收、安全与健康、环境保护和废弃物处理等等。利用适当的洁净能源技术优势,可以对控制发电产生的二氧化碳排放物的增长起到非常重要的作用。整体气化联合循环系统(IGCC)是最清洁最有效的清洁

煤技术之一,气化处理可以处理所有含碳原料,包括煤碳、石油焦炭、残油、生物质和城市固态废弃物。

新技术经济范式的形成会产生一系列新的技术群,这些新的技术群同旧的技术经济范式中的技术群相比,在起初并不具有市场竞争力。因此,实现新技术经济范式中的技术群的商业化,会促进新技术经济范式的形成。新技术在具有竞争力之前,会面临技术障碍、成本障碍及其它障碍。比如二氧化碳捕集与封存技术已经成功运用于发电厂中,但二氧化碳捕集和增压会造成能源效率的损失,由此增加了二氧化碳捕集的成本。所以只有经过不断的技术研发和技术创新,提升技术的应用性能,才能增加新技术的市场竞争力。然而即使新技术在完全商业化后,其成本可能仍然较高。目前风力发电总装机容量已经达到相当的规模,商业化规模已经凸显。由于风电的成本取决于系统组成和规模,也与场地有关。陆上风轮机的整套设备成本一般为850-1150美元/(kW·h),海上风轮机整套设备的成本范围为1100-2000美元/(kW·h)比陆上设备高出30%-100%[8]。当然可以通过进一步的研发和技术学习来降低成本、增加技术的应用性能。政府的政策往往会激励某项新技术的商业化进程,政府对新技术的投入,也会吸引更多的私营部门对新技术的研发活动。众所周知,奥巴马总统将能源计划称为“当代的伟大计划”,通过发展新能源产业来激发技术革命,创造新的经济增长点。除此之外,新能源技术的发展会受到融资、计划、许可、相关配套措施等因素的制约。唯有化解这些因素,新的技术经济范式的形成才能顺利进行。

### (三) 低碳经济背景下的新能源技术经济范式的生态化转向

常规化石能源的日益枯竭,以及在使用化石能源的过程中的碳排放,严重污染了地球环境。致使人类不得不开始寻找新的低碳能源以缓解能源危机,减少温室气体的排放,拯救人类赖以生存的地球。在传统工业模式下,经济效益的提高是以生态效益的损失为代价的,人类走的是一条不可可持续发展的道路。尽管现代工业体系拥有先进的技术群,但却无时不在摧毁着人类自身和大自然。在旧的技术经济范式中,人类依靠的仍然是新技术解决新问题。例如,人类在化石能源不断枯竭的今天,发展更先进的采煤技术、更先进的石油开采技术。一方面没有从根本上解决化石能源日益减少的问题,另一方面也没有解决化石能源在使用过程的污染问题。因此在这种情景下,要使经济效益、社会效益、生态效益成为低碳经济增长的集中体现,就必须实现技术经济范式的生态化转向。

作为传统经济增长的支撑技术其内在逻辑上具有逆生态或反生态性。自然界的进化遵循的是一种循环的、生态的逻辑,而现代技术正在摧毁这种逻辑。所以必须从宏观上调控技术发展,重新构建有利于可持续发展的技术体系。建立一套严格的技术评价体系,达到技术的社会经济价值与生态价值、现实价值与未来价值的双重效应,使生态环境效益、经济效益、社会效益成为经济增长与技术发展的约束条件。为此需要确立一种“新的技术观”:技术与社会、经济、环境、生态紧密结合,协调发展;实现科学、合理地利用与开发自然资源,规范技术应用程序,建设技术的健康发展机制。

中国科学院科技伦理研究中心李真真研究员认为:技术应用的合理性常常会面对一技术应用中的责任主体间的正义关系问题,技术应用中的风险问题,技术选择或决策中伦理冲突问题[9]。正是这些问题使人类在技术应用的可选择上面临着伦理困境。新技术的应用为社会创造更多的机会和带来诸多好处的同时,可能会危及公共利益:环境污染、生态破坏。在低碳经济环境下,新能源技术为技术经济范式的生态化转向提供了技术选择导向。由于在不同模式的技术经济范式中,行为选择目标不同,因此对于技术的应用和推广就存在着一定的差异。在旧的技术经济范式中,对技术的选择过分注重技术应用的经济指标而忽视了环境指标和生态指标,因而造成技术的进步和发展的畸形。经济性、生态性是技术经济生态化转向的关键指标。目前风能发电技术不仅突破了技术作为单一性工具或中介性手段的片面技术价值观,更重要的是实现了技术的内在价值:生态价值。2008年,风能提供了丹麦电力消费的将近20%,在葡萄牙和西班牙超过11%,在爱尔兰占9%,在德国占将近7%,占有所有欧盟电力的4%多,在美国占将近2%[8]。电力部门排放的污染物如硫氧化物和氮氧化物减少了,耗水量也非常低。从某种意义上来说,当前的技术选择导向决定着未来技术发展的方向和进度;同时,政府出台的政策和激励措施,可以加速技术的研发、推广、应用。

低碳经济背景下的技术经济范式中,对关键技术的选择,实现了技术的经济潜能或商业价值与生态价值的融合,而当技术价值的实现与新兴技术的不确定性特征发生冲突时,就会面临两难境地。在技术范式实现生态化转向过程中,也会遇到同样的问题。目前新能源供给还不是主导的常规能源,短期内人类对化石能源的大量需求是不会得到根本性改变,人类在既要确保能源供给安全的情况下又要减少温室气体排放,从而就会使人类在能源选择上处于两难境地。技术选择的决策方案只有符合社会经济发展需求时,才能得

到广泛的应用。采用现有技术和新兴技术组合应用的方式,既可以将全球使用与化石能源有关的 CO<sub>2</sub> 排放量减少,又可以实现能源供给的安全。从图 2 中可以看出,单独使用可再生能源对 CO<sub>2</sub> 排放的贡献是 17%;如果使用 CCS 和可再生能源组合的方式,对 CO<sub>2</sub> 排放的贡献就是 36%。

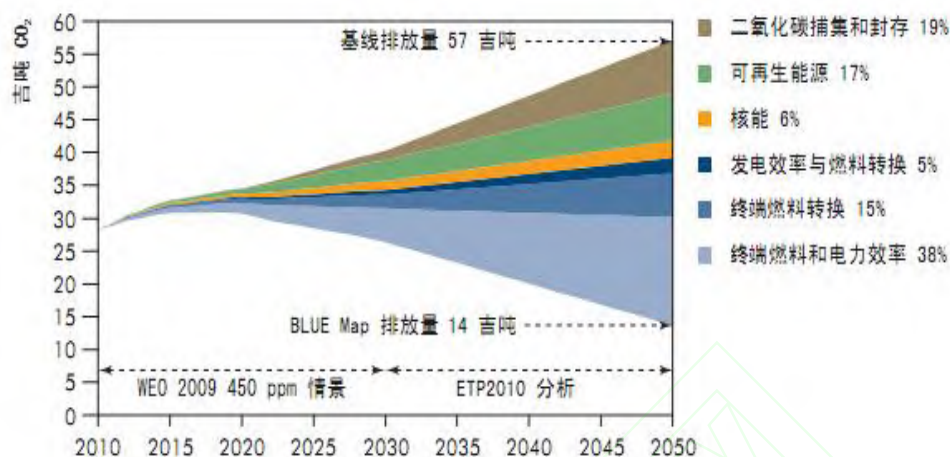


图 2 CO<sub>2</sub> 减排预测 (IEA, 2009)

## 二、低碳经济背景下的新能源技术经济范式的形成路径

### (一) 新能源技术的研发、示范、推广

墨西哥国立大学能源研究中心研究员 Jorge Islas 通过对发电厂的燃气汽轮机技术变迁的研究后发现:新技术在成熟之前需要经历一个很长的过程[10],整个过程是长期的、不确定的,在具有竞争力之前,需要经历研发、示范、推广三个主要阶段。早期的研发不具有确定性的成果,而对新能源技术进行研发的目的则是为了解决技术在应用上的障碍和降低成本。新技术在研发阶段的不确定性会影响到对技术研发的投入。近期全球对太阳能的公共 RD&D①的投资仅为每年 1 亿美元。为了在全球范围内进行太阳能 RD&D,这样的投资规模还远远不够,应该每年保持在 1 亿美元,以后甚至每年要达到 10 亿美元[11]。因此,早期的、主要由政府资助的 R&D 对于新能源技术的发展极为重要。政府涉足了新能源技术发展的早期活动,可以弥补私人部门对新能源技术发展早期阶段的缺位,为新能源技术的产业化打下了坚实基础。

经过技术研发可以实现技术的可行性,但对于市场而言技术仍然面临许多障碍。技术的示范活动可以进一步检验技术的可行性,少量示范的目的在于对技术进行检验,大规模示范的目的在于对技术进行预测推广,并验证技术大规模使用的经济性和在商业模式下运行的可行性。再选择示范成功的技术进行推广,开展推广项目,表明新技术虽然成本仍然较高,但随着技术推广过程的深入,可以通过与应用的互动实现成本降低的机会,直到新技术逐渐具有经济竞争力。政府通过推广项目宣传新技术的市场情景,也可以刺激私有产业的涉足,加快了技术商业化进程。为了加速全球技术开发的进程,发达国家就必须有义务帮助发展中国家,发展中国家也会因为通过技术转让、能力建设以及研发示范合作等方式而获得了足够的设备和经验。发展中国家的技术不仅会得到快速发展,而且也会为技术推广提供机会和技术成本的降低。

### (二) 发展低碳经济与新能源技术的政策激励机制

新能源技术是依赖大量研发投入和示范的高技术领域,为了加快新技术的示范,重要的投资支持和制度变革是必须[12]。政府要对现有的制度进行创新,并制定相应的政策支持新能源技术的发展。政府政策的干预可以跨越“死亡之谷”(政府投资的基础研究和企业投资的产品开发之间的空白),使技术发展和应用过程中的关键障碍得到解决。技术发展所需的政策支持与技术所处生命周期不同发展阶段的特点存在关联性。政策的制定应充分考虑技术的发展现状,找到切入点,以降低政策成本并实现收益的最大化。技术发展阶段的特征不同,因而会面临不同的发展障碍,对适合不同阶段的技术要给予相应的政策支持。

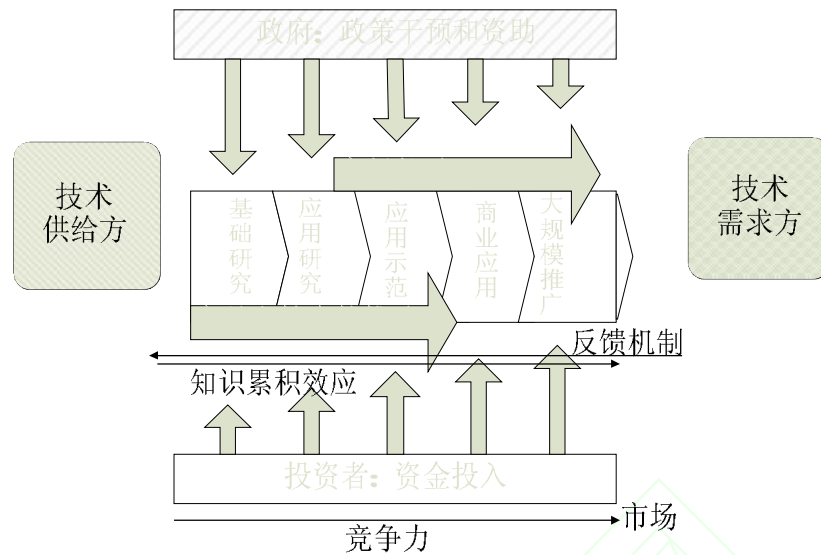
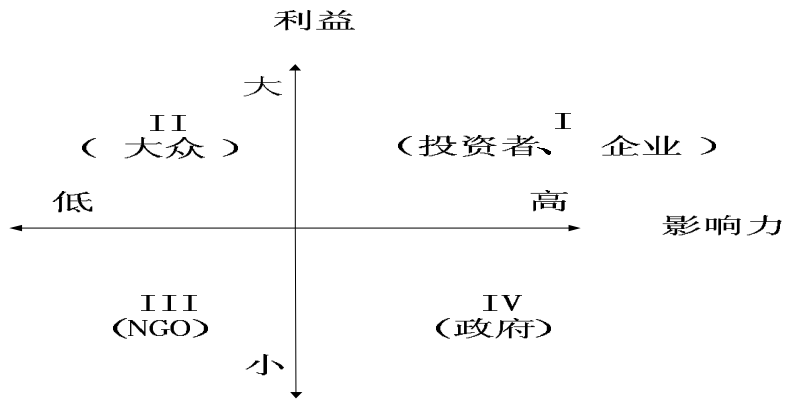


图3: 新能源技术发展链

当政策与技术的生命周期相配合时，政策将对技术发展发挥关键性作用。有效的政策将会成为技术发展的坚实基础和框架。低碳能源技术，诸如太阳能光伏发电技术，如果要使其对减少温室气体排放发挥有意义的贡献，就有必要降低其成本；政策选择将会起到确定性作用[13]。政府积极出台激励政策，鼓励研发，再通过资金支持、提供技术平台等方式，吸引和鼓励社会研发力量（研究院、高校、企业等）参与技术的研发，这样就可以减少其他参与者在技术发展早期阶段的风险，技术就会逐渐适应激烈的市场竞争；一旦新技术成为具有竞争性的商业化技术，投资参与者就会获得合理的投资回报。当前，政府必须迅速采取行动，执行一系列旨在减少新技术成本竞争力的差距范围的政策，而且又能反映个别新技术特征的和其成熟度的政策。勇于挑战现有商业模式的新兴公司，往往会加速突破性创新的进程。因此，政府要逐步消除新兴公司进入和成长的政策，对新技术发展具有重要意义。同时可以借鉴其他各种工具为符合国家政策目标的技术创造市场，包括法规、税收优惠、各种补贴等。不过政府的激励和支持力度应随时间而减少，当技术具有竞争力时全面取消。此外，政府的政策也会促进国际间的技术扩散规模。

### （三）利益相关者的参与

对低碳经济环境下的新能源技术发展采用利益相关者理论进行分析，目的是确定新能源技术发展可能会影响到相关各方的利益。对于每个利益相关者来说，应明确自己与新能源技术发展之间有什么样的利益关系，他们是否享有一定的权利，以及他们的行为是否会影响到新能源技术的发展。Filip Johnsson 等学者对北美、日本、欧洲等地区的能源利益相关者进行调查发现，绝大多数利益相关者认为气候危机正在威胁着当前社会，必须致力于解决这个问题。有效的技术应用可以解决问题。相当多的利益相关者认为未来10-20年，诸如太阳能和CCS能够进入市场，被电力部门所应用。当然他们也承认CCS示范会面临障碍，必须为CCS发展提供驱动力。非政府组织（NGO）认为CCS比核能更具吸引力，但逊色于可再生能源[14]。



注：资料来源于熊焰(2010)，经过整理

图4：利益相关者分类矩阵

按照利益相关者的影响力和利益大小，可以将低碳经济环境下的新能源技术发展的利益相关者区分成四个象限（四种类型），“I”象限的利益相关者影响力较高而且获得的利益巨大，比如私营投资者或企业。“II”象限影响力较低但利益巨大，比如公众。“III”象限影响力小，利益也小，比如非政府组织（NGO）。“IV”象限影响力大但是利益较小，比如政府。各利益相关者的行动取向见表1。

表1 利益相关者的行动取向

利益相关方		行动取向
政府部门	中央政府 / 地方政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过立法、税收、行政管制等形式在环境问题上提出更严格的要求；</li> <li>政府把发展新能源和低碳战略视为技术经济转化的重要举措，加强新能源技术选择和能源技术向低碳转型方面的强制导向力；</li> <li>出台各项政策激励措施，加大资金投入；</li> <li>建立技术发展的信息共享机制。</li> </ul>
	财政部门	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过财政激励、融资救援方案和其它机制为近期示范项目提供资金；</li> <li>资助长期的技术研发和示范；</li> <li>投资基础设施建设。</li> </ul>
	环保部门	<ul style="list-style-type: none"> <li>为初期示范项目颁发许可，规划长期的综合政策框架；</li> <li>制定环境影响评价标准、风险评估机制、负面影响补救措施；</li> <li>参与国际环保组织，发挥国际公约的影响力；</li> <li>制定碳排放标准、征收碳税，激励低碳技术发展</li> <li>开展环保教育的培训/宣传活动。</li> </ul>
非政府组织 (NGO)		<ul style="list-style-type: none"> <li>发挥非政府组织的影响力，宣传低碳技术在应对气候变化和能源枯竭中的作用；</li> <li>为技术研发提供一定的资金援助；</li> <li>为技术的应用提供技术支持。</li> </ul>
投资者 投资者		<ul style="list-style-type: none"> <li>政府投资：基础设施投资、基础技术研发投资、长期投资、私营部门不愿意的投资。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>私营投资：投资于有正常投资回报的项目。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>公私合营：政府部门投资于项目的前期，私营部门投资于运营阶段。</li> </ul>
企业		<ul style="list-style-type: none"> <li>培养技术自主研发和创新能力；</li> <li>积极开展与他方的技术合作。</li> </ul>
公众		<ul style="list-style-type: none"> <li>增强对低碳技术的接受程度；</li> </ul>

• 培养低碳消费的意识。
--------------

### 三、结语

采用技术经济范式理论分析了低碳经济环境下的新能源技术发展,目的是为了归纳出低碳经济与新能源技术之间的内在关联性—世界能源技术正在向高效、清洁、低碳方向快速发展,新能源技术成了发展低碳经济的有力支撑。目前大部分发达国家的新能源技术发展已经领先一步,对新能源技术发展的支持力度非常大,而且掌握了一定的核心技术。我国正处于工业化阶段,对能源的需求在不断增加,以煤炭为主的能源结构短时间内得不到根本解决;新能源技术的发展才刚刚启动,政策激励机制也不够完善。因此,我国政府首先要有明确的能源技术发展规划方向,不断完善能源技术创新机制,增强技术自主创新能力,加强与发达国家的技术合作,为新能源技术发展提供更多的平台。

### 注释:

①RD&D: 研究、开发、示范。

### 参考文献:

- [1][美]T. S. 库恩. 科学革命的结构[M]. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京:北京大学出版社, 2003.
- [2][美]I. 伯纳德·科恩. 科学中的革命[M]. 鲁旭东, 赵培杰, 宋振山, 译. 北京:商务印书馆, 1998.
- [3]朱光华, 邹骥. 能源技术创新是解决我国长期能源问题的关键[J]. 理论月刊, 2006, (8):53-55.
- [4]冯之浚. 循环经济的范式研究[J]. 中国软科学, 2006, (8):9-21.
- [5]王彦鑫. 范式革命与循环经济范式[J]. 山西财经大学学报:高等教育版, 2007, (4):15.
- [6]Freddi D. The integration of old and new technological paradigms in low-and medium-tech sectors:The case of mechartronics[J]. Research Policy, 2009, 38:548-4272.
- [7]杨利, 王建国. 洁净煤技术新进展[R]//中国科学院. 2010 高技术发展报告. 北京:科学出版社, 2010.
- [8]国际能源署(IEA). 能源技术展望——面向 2050 年的情景与战略[M]. 张阿玲, 等, 译. 北京:清华大学出版社, 2009.
- [9]李真真. 技术政策的伦理维度[G]//中国科学院. 2010 高技术发展报告. 北京:科学出版社, 2010.
- [10]Islas J. The Gas turbine:A new technological paradigm in electricity generation[J]. Technological Forecasting and Social Change, 1999, 40:129-148.
- [11]IEA. Technology roadmap—Concentrating solar power[M]. Paris, France, 2010.
- [12]IEA. Clean coal technologies accelerating commercial and policy drivers for deployment[M]. Paris, France, 2008.
- [13]Nemet GF, Baker E. Demand subsidies versus R&D:Comparing the uncertain impacts of policy on a pre-commercial low-carbon energy technology[J]. The Energy Journal, 2009, 30:49-80.
- [14]Johnsson F, Reiner D, Itaoka K, et al. Stakeholder attitudes on carbon capture and storage—An international comparison[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2010, 14:410-418.

A research on the new energy techno-economic paradigm in the low-carbon economy environment

Wu Hui

(School of Humanities and Economics, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: From the perspective of techno-economic paradigm has a new energy techno-economic paradigm in the low-carbon economy environment, inductive new energy technology economic paradigm evolvement law. The traditional energy technology and new energy technology in when a period of time is a kind of coexistence and complementary development state. Low carbonation, ecology is

the development trend of energy technology. Research, development, demonstration, promotion, policy incentive mechanism, stakeholder participation, Can accelerate the formation of new energy techno-economic paradigm in the low-carbon economy environment.

Keywords: low-carbon economy; new energy; techno-economic paradigm; ecological turn

