

经济转型中的 能源思考

林伯强 著



科学出版社

经济转型中的能源思考

林伯强 著

本书为新华都商学院能源经济与低碳发展研究院和厦门大学能源经济和能源政策协同创新中心的研究成果

科学出版社

内 容 简 介

本书旨在探讨中国经济转型中遇到的各种能源问题，为经济和能源的可持续发展尽微薄之力。全书一共分为七个章节，首先从中国目前的经济和能源现状出发，对社会关注的能源平衡、能源独立及可持续发展等焦点问题进行了简要分析，给出了未来能源战略调整的建议；接着讨论了电力、煤炭、石油及新能源行业的发展和改革问题，从税改、补贴、碳排放权交易及能源期货等角度提出了节能减排的新思路；最后对近年的一些重要能源事件进行了专业解读。

本书可供高等院校能源经济、资源经济等专业的师生，能源相关企业，政府相关管理部门及对能源经济和能源发展感兴趣的大众读者阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

经济转型中的能源思考 / 林伯强著. —北京: 科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-043336-7

I. ①经… II. ①林… III. ①能源经济-转型经济-研究-中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 029397 号

责任编辑: 林 剑 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 耕者工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 1 月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 221 000

定价: **88.00 元**

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

现阶段中国的经济发展和环境要求发生了重大变化。能源是解决环境污染和可持续发展问题的关键，能源的未来发展需要应对新的宏观经济社会发展常态。经济转型过程中的能源约束是一个系统性问题，包含能源消费总量控制、能源结构合理优化、保障能源安全、能源电力的区域间协调发展等方方面面。政府应在政策层面对各地区和各行业实行因地制宜、因时制宜的政策措施，科学有效地解决经济转型过程中的能源约束问题。政府能做的和需要做的显然很多。

首先是能源价格的市场化改革，既可以抑制能源需求，也有利于能源结构优化，还可以促进能源体制改革。因此价格机制改革是能源行业必须面对的一个核心问题。目前能源供需相对宽松，主要能源品种价格疲软，而且价格弱勢还会维持相当一段时间，这些都是能源价格改革的有利条件，政府应该趁目前的有利时机尽快进行能源价格改革。

通过合理的价格机制设计，能够实现很多的政策目标。第一，由于能源效率提高可能导致获得能源服务或者产品成本下降，引起能源需求“反弹”，因此简单提高能源使用效率不一定会使能源消费总量减少，只有配合能源价格改革，才是长期促进节能的有效手段。如果能源相对于其他生产要素变得更贵，生产者会寻求要素替代或选择能效更高的技术，从而促使节能减排。第二，在目前的技术水平下，风电、太阳能等清洁能源成本高于常规能源，以往主要依靠补贴来增加其竞争力，但是补贴的不确定性放大了清洁能源投资的风险，通过提高常规能源的价格，使得常规能源价格当中包括两个清洁能源的正外部性（稀缺和环境），可以加强清洁能源的竞争性。通过能源价格改革，清洁能源将会有有一个比较强劲的推动。第三，透明合理的定价机制有利于促进能源体制改革。虽然能源价格改革将面临公众承受能力和如何满足社会普遍能源服务，但可以通过合理的价格机制设计来解决公平和效率的问题，比如阶梯价格机制。

其次是政府职能转变是解决能源发展问题的另一个重要方面，包括如何有效解决能源市场的监管问题。如果说在能源中引入市场机制有利于理顺政府“有形之手”与市场“无形之手”的关系，那么能源监管则是为了进一步解决市场失灵，通过“无形之手”和“有形之手”共同促进能源市场健康发展。政府的作用需要从直接参与能源市场，向把握能源发展战略规划和加强引导转变。具体来说，政府在兼顾整体的平衡性和区域协调的基础上制定合理的规划，更多采用经济激励、财税补贴等市场机制政策（而非计划经济式的行政手段），对能源产业的有序发展加以引导，对在什么地方该做、以多大的规模做这两个关键问题上予以统筹，避免无序发展和过度建设。比如，引导煤炭产能合理发展、对煤化工产业把握总量控制、平衡区域内和区域间电源建设规模，等等。同时，健全能源监管，维护公平公正的市场秩序，为能源产业健康发展创造良好环境。举例而言，随着页岩气和煤层气快速增长，民营企业可能进入上游气源开发，而当前油气运输管道基本上都控制在石油国企手中。为保障公平的市场环境，政府需要解决垄断体制障碍，加强对管网设施的监管，既保证对供应商的无歧视接入，同时对管道运输价格进行有效监管。

采取何种监管模式？就我国实际情况而言，现阶段政府在价格和准入方面仍有相当大的影响，这一制度性问题短期内完全改变的可能性不大。监管模式的成败与否很大程度取决于对这一点的认识。目前采用政监合一，具体说就是在能源局内部设置监管机构，未来随着能源市场化改革的推进，有必要把能源监管机构独立出来，过渡到政监分离。

最后是能源体制改革。当前能源行业整体国有化程度约为86%，而且这个比例不断增大。在经济快速发展过程中，国有的能源企业能够不计成本地满足需求增长，有其短期的好处。国有企业固有的种种问题，包括竞争力不够、效率相对低下、垄断寻租等，都被快速增长过程中如何满足巨大的能源需求增量这一重要任务所掩盖。但是随着经济增长趋缓、环境压力增加，这些问题将日益凸显，而且会成为能源行业长期的健康可持续发展的障碍。

目前发展混合所有制是能源体制的改革方向。主要的思路是通过引入民营和外资，加剧市场竞争，倒逼能源企业提高经营活力。投资收益的不确定性和对国有能源企业的不信任，都影响民营和国外资本参与的积极性。因此，对于能源行业“混合所有制”改革的最大考验，在于如何满足非国有资本的收益要求，包括收益水平和确定性。从这个角度说，能源价格改革和能源体制改革都是吸引民营进入能源行业的必要条件，只有透明合理的市场化价格形成机制，才能提高经营者对市场的可预期程度，而能源体制改革所提供的公平合理的游戏规则，使经济要素充分流动，市场本身就可以解决合理收益的问题。

本书是作者在厦门大学能源经济和能源政策协同创新中心和新华都商学院能源经济与低碳发展研究院的研究成果，是一部密切关注中国能源发展动态，聚焦能源热点问题，致力于解决低碳经济转型中面临的能源困境和政策选择的专著。希望为能源经济学者、工作在能源领域第一线的实践者，以及社会各界对能源问题与政策感兴趣的广大读者，特别是能源政策当局提供准确、及时、全面的能源发展信息。

林伯强

2014年12月，厦门

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 经济与能源	1
1.2 “能源三角”及其平衡	4
1.3 资源环境约束下的能源宏观平衡	5
1.4 中国能源面临的机遇与挑战	7
1.5 能源独立问题	10
1.6 “超级”能源部委	13
第 2 章 能源战略调整	15
2.1 鼓励民营企业进入能源行业	15
2.2 能源价格改革	19
2.3 重视西部节能减排	24
2.4 深化海洋油气工业发展	26
2.5 优化能源资源配置	28
第 3 章 电力和煤炭市场改革	30
3.1 电力市场改革	30
3.2 煤炭价格“双轨制”改革	36
3.3 煤电一体化	40
3.4 阶梯电价	48
第 4 章 石油市场	54
4.1 行业情况	54
4.2 成品油价格机制改革	59

4.3	石油安全	67
第5章	节能减排新思路	75
5.1	深化资源税改革	75
5.2	减免消费税和进行有目标的价格补贴	79
5.3	碳排放权交易	80
5.4	原油期货交易	85
第6章	新能源行业发展	90
6.1	行业情况	90
6.2	风电行业发展	96
6.3	非常规天然气行业	99
6.4	核电行业	108
6.5	光伏行业	114
6.6	垃圾发电	122
6.7	稀土行业	125
第7章	重要事件解读	129
7.1	天然气并购事件	129
7.2	大宗商品价格回落有助经济企稳回升	131
7.3	中海油收购尼克森	132
7.4	欧盟航空碳税	135
7.5	中俄合作	139
	主要参考文献	144

第 1 章 概 述

1.1 经济与能源^①

1. 十年回顾

加入世贸组织后，中国经济飞速发展。中国的国内生产总值从 2001 年的 10.8 万亿元增至 2010 年的 40.3 万亿元，年均增长超过 10%。世界银行数据的数据表明，2010 年中国经济对世界经济增长的贡献率为 25%，是全球第一经济增长动力。2001 年到 2010 年这十年间，一方面中国传统优势产业潜能（如家电、纺织、电子等）得到了释放；另一方面中国的船舶、汽车等制造业在激烈的国际竞争中得到快速发展，成为外贸出口的新增长点。中国经济的高速发展不仅惠及全中国人民，也惠及了世界经济的发展。中国的对外经济合作取得了令人瞩目的成就：中国的货物贸易进出口规模在 2001 年到 2010 年间从 5098 亿美元跃升至 30000 亿美元左右，进口规模世界排名从第 6 位上升到第 2 位，出口规模更是跃居第一位；吸引外商直接投资累积 7595 亿美元，在发展中国家排名首位；2010 年对外直接投资总额高达 688 亿美元，位居世界第五。

现代经济体的成长离不开能源工业的支持。十年来，中国能源工业发展迅速，是支撑经济持续快速发展的关键因素。与 GDP 增长相一致，过去十年里，中国一次能源^②的生产总量翻了一番，居世界第一。中国比较重视能源工业的基本建设与更新改造，在总量上保持了较高投入。2000 年中国能源工业投资额为 2839.59 亿元，2010 年该数值为 11 219.45 亿元，约为 2000 年的 4 倍。就投资结构而言，电力行业投入占比较大，我国电力行业投入占比自 2000 年以来

^① 本部分内容为作者发表于 2012 年 8 月 24 日《中国社会科学报》的文章，原题为《能源经济学》。

^② 一次能源：是指自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能量资源，包括化石燃料（如原煤、石油、原油、天然气等）、核燃料、生物质能、水能、风能、太阳能、地热能、海洋能、潮汐能等。

就一直处于60%以上；其次是煤炭及石油天然气采掘等一次能源开发，但比重在下降，该比重的下降，标志着中国能源工业的建设重点从保障一次能源供应能力转向了提高能源产品加工转换效率^①、走向现代能源工业结构体系。

随着能源工业投资力度的不断增强，我国主要能源产品的生产能力得以大幅度提高。第一，作为最重要的能源产品，煤炭的生产能力显著提高。2001~2010年，全国原煤产量由11亿吨上升到32亿吨，年均增速达到10.4%。在煤炭采掘生产能力大幅度提高的同时，新增煤炭洗选^②能力与新增煤炭采掘能力的比率大幅度提高，煤炭洗选能力与新增煤炭采掘能力的比率由改革开放前的15%提高到现在的接近40%。第二，目前我国石油产量大致稳定在2亿吨左右，居世界第四位，这标志着我国炼油技术水平的原油深加工能力得到充分发展。2010年，我国新增炼油能力约3000万吨，一次原油加工能力突破5亿吨。第三，天然气生产能力近几年有了较大增长，2000年我国天然气产量仅272亿立方米，2010年这一数值达到948.5亿立方米，增长248.1%。第四，支撑我国现代化经济和社会发展的电力在十年间也经历了跳跃式的发展。2001年全国装机容量3.4亿千瓦，到2010年全国发电装机容量已经高达9.6亿千瓦，是2001年的2.8倍。虽然以煤为主的电力结构依旧，但清洁能源^③的水电、核电、风能发电等的新增机组容量的比重得到了大幅度提高，2010年，全国水电装机比例为22.36%，核电装机比例为1.12%，并网风电装机比例为3.06%。

2. 学科热点与发展

能源工业在快速发展的同时也存在着诸多问题。例如，能源消费量持续快速增长对保障能源持续稳定供给形成巨大压力，此时能源的科学合理规划显得非常重要，但这恰恰是我国长期以来比较薄弱的一环。又如，能源产品定价机制缺乏科学性和透明度，不能很好地反映资源稀缺程度；电力改革相对滞后与煤电矛盾导致的因缺电而造成经济损失较大；能源资源管理缺乏规范机构设置和制度，中央、地方各方利益复杂博弈；清洁能源发展缺乏有效规划和激励政策；等等。

这些能源领域的矛盾，只有经过专业经济学研究后提出解决方案才有可能缓解。我国经济学的发展是把马克思主义政治经济学与西方经济学理论结合起

^① 能源加工转换效率指一定时期内能源经过加工、转换后，产生的各种能源产品的数量与同期内投入加工转换的各种能源数量的比率。

^② 煤炭洗选：利用煤和杂质（矸石）的物理、化学性质的差异，通过物理、化学或微生物分选的方法使煤和杂质有效分离，并加工成质量均匀、用途不同的煤炭产品的一种加工技术。

^③ 清洁能源：不排放污染物的能源，它包括核能和可再生能源，其中，可再生能源是指原材料可以再生的能源，如水力发电、风力发电、太阳能、生物能（沼气）、海潮能等能源。

来，联系我国经济实践，就一些具体经济问题，进行分析、论证和解释说明，逐步形成与中国经济社会背景相关的经济理论和解决方案。在此过程中，对西方经济学的大量引进可以说是我国经济学发展的一个突破点，而我国经济的快速发展及持续快速发展的要求在为经济学研究提供良好素材的同时，也对经济学研究提出了较高要求，即如何实现可持续的经济高速发展，以帮助我国步入发达国家行列。因此，可持续经济增长成为近年来我国经济学界长盛不衰的热门议题。

作为经济增长不可或缺的因素之一，能源对经济的影响力日益增加，致使能源经济学在近年来兴起，并蓬勃发展，逐渐成为经济学界关注的热点。能源资源是有限的，资源的稀缺性与人类欲望的无止境是经济学的一对基本矛盾，而这一矛盾也正是经济学研究的基础，由此而引起的种种选择问题正是经济学的研究对象。能源经济学正是以主流经济学为主线，结合运用其他学科，来探索人类如何面对有限的能源资源并作出权衡取舍的选择的科学。

近十年来，由于人口、资源、环境和经济可持续发展的四大问题都与能源资源及其开发利用密切相关，如何实现能源的可持续利用及经济的可持续发展，逐渐成为现代经济学研究的热点与前沿问题，并促使越来越多的国家和国际组织开始对包括能源、环境与经济增长的关系及能源的政府公共政策问题等在内的能源经济问题进行系统、深入和全面的研究，寻求持续协调的发展目标。在相关研究中，关于能源需求与供给、能源要素与其他生产要素之间的替代、能源与经济增长关系的经济学计量模型及相关应用软件被更多地使用，一些关于能源、环境与经济增长的大型宏观经济模型得以建立并被广泛采纳。不少国家的大学也纷纷开设能源经济学学科和能源经济学课程，能源经济学步入一个蓬勃发展的阶段。最近几年，人们对能源稀缺（具体表现在能源价格持续上涨）和环境污染（具体表现在气候变暖的担忧和恐惧）的忧虑正在将能源经济学研究推到日益重要的位置。

缺乏高水平的能源经济研究来为政府制定能源政策提供建议，使得许多能源问题不能得到及时有效的解决。中国政府清楚地认识到能源及环境问题的重要性，也设定了五年规划中的能源强度^①目标，但最终却只通过拉闸限电^②来完成。我们知道能源价格对节能减排的关键性作用，但又很难把握价格改革的力度和速度。如何以最小的成本有效实现节能减排目标，是能源经济学目前急需研究的问题。因此，我们需要更多的能源经济工作者在现有研究的基础上笔

^① 能源强度：生产某一单位经济产品或服务所需的能源产品量。能源产品量与 GDP 的比率通常作为整个经济系统的能源强度指标。

^② 拉闸限电：是指在电力系统中拉开供电线路断路器，强行停止供电的措施。

耕不辍，取得更多高质量的研究成果，为丰富科学发展观下的经济理论体系作出持续的贡献。

1.2 “能源三角”及其平衡^①

达沃斯世界经济论坛对“能源三角”的定义是：以环境可持续发展的方式促进经济增长，为人类提供普遍能源服务并保障能源安全。这要求我们在充足能源供应、环境污染和社会发展目标之间进行一种权衡，尤其是对像中国这样的发展中国家。

我国目前正处于城市化和工业化的发展阶段，国内的能源需求将持续地快速增长，国内的能源消费也会保持一段时期不断上升的态势。减少能源补贴的能源价格改革是平衡这些目标的重要手段之一。

众所周知，政府对能源的行政定价意味着正向或负向的补贴。我国经济快速增长要求充足的能源供应和可以承受的能源成本。在我国，煤炭提供了约70%的一次能源和接近80%的电力，提高能源价格的困境在于能源成本是一个十分敏感的问题。我国目前以煤炭为主的能源结构可以以更低的成本提供能源，但却导致了更多二氧化碳的排放，造成了严重的环境污染。在目前的能源结构下，通过能源补贴来维持低能源成本会导致更多化石燃料的使用，这对于二氧化碳减排来说是一个挑战。实践中，设计不合理的能源补贴会增加无效的能源消费，增加二氧化碳排放和其他污染物排放。

从另外的角度来说，在我国，为公众提供普遍的能源服务，保证能源使用公平也意味着能源补贴。举例来说，我国的居民电价一直受到财政补贴。尽管进行了居民阶梯电价^②改革，但目前居民电价制度仍然要求电力部门在保证普遍电力服务（用电公平）的前提下，对城乡居民实行统一的电价，从供电成本来说，每消费一单位电，城市居民就受到补贴。由于政府的其他社会政策目标，在我国实行的能源价格改革，往往是减少一种补贴的同时，却又造成了其他形式的补贴。

引入民间资本是保证充足能源供应的重要途径，但当前的困难在于如何鼓励民间资本进入能源领域。迄今为止，政府在引导民间资本进入能源领域方面作出了各种政策努力，但收效甚微。实际上，从1980年开始，我国的能源领

^① 本部分内容为作者发表于2012年11月29日《中国科学报》的文章，原题为《如何平衡“能源三角”》。

^② 阶梯电价：把户均用电量设置为若干个阶梯分段或分档定价计算费用。对居民用电实行阶梯式递增电价可以提高能源效率；通过分段电量可以实现细分市场的差别定价，提高用电效率。

域就对民间资本开放；在20世纪90年代，民间资本在发电侧中所占的份额高达14%。但是，由于政府对电价的行政定价，加上近年来煤炭价格的持续增长，发电企业普遍亏损，这些原因和其他一些体制弊端，已经使得民间资本目前在发电侧中所占份额下降至不到5%。仅仅依靠政策鼓励，而不采取诸如能源价格改革等配套政策改革，将无法鼓励更多的民间资本进入能源行业。

由于无法在能源供应、环境保护和普遍的能源可获得性之间作出合理选择，我国的能源改革至今步履维艰。目前能源行业所处的改革环境，相比十年前，并没有得到明显改善。政府已经意识到能源补贴的负面影响，并考虑通过定价改革来减少能源补贴。2012年7月，政府开始改革居民电价，并着手对天然气价格进行市场化改革。

我国能源行业进一步深化改革需要新的思路和方法。无论能源改革如何进行，都必须充分考虑两个约束条件：一是让政府放开能源行政定价，由市场来决定能源价格（可能需要相当长一段时间）；二是任何改革都不能影响到能源的供应（因为我国仍然处于经济快速发展的阶段，持续快速增长的能源需求必须得到满足）。

这样，平衡“能源三角”关系对发展中国家来说意味着能源补贴的继续存在。即使一些能源补贴是合理的，但补贴设计上的不合理常常使得补贴政策的初衷与最终结果之间有很大的差距。要在我国形成合理有效的“能源三角”平衡关系，能源价格改革必不可少。在能源企业基本国有的情况下，如果政府出于种种原因不能放开对能源的行政定价，那么就需要更加合理的能源补贴设计，即通过设计目标更加明确、更有针对性的补贴来提高能源使用的效率和公平。

1.3 资源环境约束下的能源宏观平衡^①

日益恶化的能源安全、环境污染、气候变化问题，迫使我们开始更宏观地考虑能源行业问题。一个国家的能源问题是围绕着能源平衡而展开的，即围绕着用多少能源、用什么能源，以及如何在约束下进行平衡选择而展开的。

宏观能源平衡与传统的能源平衡有变革性的区别。传统的能源平衡是简单地从能源供给侧考虑满足能源需求，而宏观能源平衡是兼顾政府节能减排指标

^① 本部分内容作为作者发表于2012年4月9日《中国能源报》上的文章，原题为《宏观能源平衡符合发展实际》。

(能源强度、碳强度^①和能源消费总量控制)和绿色发展,将节能作为满足能源需求的一个重要组成部分。以往的区域能源发展战略,一般是先确定某个时期内的能源需求,而后根据能源资源生产储备状况确定能源投资和供给。当然,以往的能源平衡也涉及节能减排,但是,节能并不是约束条件。

新的宏观能源平衡基本公式是:能源需求量=能源供给量+节能量。在这个平衡公式的指导下,能源宏观平衡模型可以有以下两个优化过程。

宏观能源平衡公式看上去虽然很简单,但它不是基于简单的能源平衡,而是有很强的政策含义。在能源需求量既定和资金量有限时,要保证多少能源供给和多少节能,取决于投入。也就是说,资金既可以投向能源生产(进口),也可以投向节能。那么,有多种政策组合可供选择,如果将更多的资金投入到了节能中,节能量就提高,但是能源生产投入就会相应减少。政府可以通过选择能源供给投入和节能绿色投入,以满足能源需求的成本最小化。因此,政府投入和公共政策如何引导资金流向,对能源和绿色投入的选择至关重要,这是能源宏观平衡模型的第一个优化过程。

由于中央政府的“十二五”强制性碳强度目标^②,能源平衡要求除了针对二氧化硫、粉尘和氮氧化物等污染物,还必须包括减少二氧化碳排放。因此,能源规划需要将二氧化碳排放作为满足能源需求的一个约束条件,即能源需求公式中的能源供给量要加上二氧化碳排放约束。

一个特定的二氧化碳约束量就会有相对应的能源结构。一般说来,二氧化碳排放约束越紧,煤炭在一次能源消费结构中的比例就越低,如果油气保持稳定,核能、风电和太阳能等新能源的比例就需要增加。不同的碳排放量对应的能源结构不同,其能源成本及其对经济增长、就业等的影响也会有所不同。因此,需要对不同的能源结构及其对应的能源成本进行分析,从经济社会角度考虑是否可以接受该能源结构。政府可以将节能和排放约束下可以接受的能源结构作为能源规划的基础,考虑使用什么样的政策支持能源结构的实现。

可以预见,随着二氧化碳排放约束收紧(排放量下降),对应的能源结构将发生相应变化,GDP、就业等宏观经济变量都会出现不同程度的下降,单位GDP能耗、二氧化硫和固体废弃物排放也随之出现不同程度的下降。在开始时,排放约束对GDP和就业的冲击可能不大,但随着排放约束进一步收紧,其对GDP和就业等宏观变量的影响将加大,在排放约束达到某一临界点时,相对应的经济成本就可能是无法接受的。因此,能源宏观平衡模型的第二个优

^① 碳强度是指单位GDP的二氧化碳排放量。

^② 2009年11月,中国政府提出到2020年单位GDP碳排放(碳强度)要在2005年的基础上下降40%~45%的目标。

化过程基本上是一个经济增长、社会稳定和可持续发展的平衡，也是长期与短期的平衡。

宏观能源平衡模型可以在保障一定经济增长速度的前提下，在国家或一个省份的能源平衡中综合考虑如何应对政府的强制性节能减排和能源总量控制目标。应对政府能源总量控制，就是将公式中的能源需求量在一定的时期内固定在某一个数量，能源平衡就是在这个既定量的约束下，在能源供给量和节能量之间进行资源优化配置，确定最优能源供给量。以此类推，应对能源强度和碳强度目标也可以在相关约束的前提下，进行平衡优化。

能源宏观平衡还要求能源行业规划必须站到整体能源的高度，改变以往能源各行业单独进行平衡规划的习惯。各类能源之间有替代性，随着能源日益稀缺和能源价格的走高，各能源之间的替代性会越来越强。在能源价格比较低的时候，能源之间也会有替代，但是替代成本比较大，替代动力相对不强，如果替代需要的投资大，替代就可能是不经济的。而随着能源价格上涨，替代动力和替代条件日益充分，能源价格越高，替代投资就相对越小，替代可能性就越大。一旦能源价格走到一定高度，很多能源替代都将成为可能。

日益增强的替代性使各种能源产品的价格具有联动性。例如，石油价格上行会带动煤炭价格上涨，尽管可能会有一段滞后期。这种价格联动滞后关系既与能源替代相关，也受心理和其他因素的影响。能源替代性和价格联动性使得各种能源之间具有约束的相关性，各种能源的生产和消费也因此互相约束。能源宏观平衡模式由于考虑宏观节能减排目标，从而可以站在能源整体的高度考虑能源平衡，这更符合现阶段的发展实际。

1.4 中国能源面临的机遇与挑战^①

2011年世界能源发展充满了不确定性。欧盟经济难以摆脱困境，阿拉伯国家政局动荡不安，种种因素使得国际石油价格大幅度波动。日本福岛的核电事故也使世界核电发展充满了不确定性。但是根据BP公司的统计，虽然2011年世界局势不稳，世界一次能源消费仍然增长了2.5%，与过去十年的平均能源消费增幅基本持平。能源需求增量主要来自于非OECD^②国家，OECD国家的能源消费下降了0.8%，非OECD国家的能源消费增加了5.3%，与其过去

^① 本部分为作者发表于2012年9月12日《哈佛商业评论》上的文章，原题为《寻找未来能源突破口》。

^② OECD: Organization for Economic Co-operation and Development, 经济合作与发展组织, 简称经合组织, 成立于1961年, 总部设在巴黎, 是由30多个市场经济国家组成的政府间国际经济组织, 旨在共同应对全球化带来的经济、社会和政府治理等方面的挑战, 并把握全球化带来的机遇, 目前OECD成员国总数为34个。

十年的平均增长水平大致持平。另外，石油消费比重在一次能源消费结构中逐年下降，但依然是最主要的一次能源，占比仍达 33%。

中国不可避免地受到国际能源局势的影响，从能源结构看，首先是受日益走高的原油价格的影响。高油价对中国最直观的影响是更多的支出，中国每年需要花费约 13 000 亿人民币到国际市场上购买原油。更重要的是，国际油价与国内商品价格的相关性使得油价波动对国内的通胀，乃至对宏观政策造成影响。其次是低碳发展要求的影响。煤炭在中国一次能源消费中占比约 70%，提供了全国约 80% 的电量。低碳发展背景下，即使中国政府了解低煤炭消费比重的的重要性和紧迫性，在中国煤炭资源丰富、价格便宜的现实情况下，面对巨大的能源需求增量，迅速降低煤炭消费比重既不现实，也缺乏切实有效的办法。

1. 世界能源发展新趋势

节能技术的研发和应用成为新的经济增长点，同时也被认为是降低世界能源消费增长最有效的手段和实现“碳减排”的最主要措施。世界各国纷纷制定各种政策措施，推动能源设备和技术的革新，以实现节能减排和经济可持续发展。

天然气对煤炭的替代是一个比较确定的趋势。以美国为例，2013 年 4 月份美国能源信息局发布的一份报告表示，此前的二十年间，天然气一直是美国煤炭发电替代的重要力量。特别是在 2012 年天然气价格低迷时，天然气发电替代煤炭发电的情况在全美各地广泛出现，IEA 同年的数据表明，此替代使得美国能源相关的二氧化碳排放在五年的时间里减少了 4.2 亿吨。2012 年 IEA 发布的《全球天然气市场中期展望报告》更是指出，2012 年到 2017 年的五年里，全球天然气需求量将大幅增长，中国天然气消费量将翻一番。许多研究认为，未来天然气价格的区域间差异将缩小，亚洲现货市场的价格可能成为国际天然气市场的风向标。

美国是目前页岩气^①开发最为成功的国家，并借此降低了其原油对外依存度，改善了能源消费结构。美国 2009 年超越俄罗斯成为世界最大的天然气生产国，EIA^②更是预测美国 2021 年将成为天然气净出口国。美国的成功引发了全球对页岩气开发的高度关注，俄罗斯、波兰、英国、意大利、挪威及中国等

① 页岩气：从页岩层中开采出来的天然气，是一种重要的非常规天然气资源。

② EIA: Electronic Industries Association, 电子工业协会，美国电子行业标准制定者之一，创建于 1924 年，当时名为无线电制造商协会，只有 17 名成员，代表不过 200 万美元产值的无线电制造业。而今，EIA 成员已超过 500 名，代表美国 2000 亿美元产值电子工业制造商，成为纯服务性的全国贸易组织，总部设在弗吉尼亚的阿灵顿。

国家都开始加大页岩气开发的力度。

智能电网^①是世界电网发展的新方向。发展智能电网将有效解决可再生能源发电的并网问题，促进可再生能源的商业化、规模化开发利用。此外，智能电网还可以有效推动电动汽车产业的发展。近期中国可再生能源发展减速，很大程度上受限于电网发展。

2. 中国能源发展趋势和发展约束

中国人口规模庞大，但人均能源消费相对较低。中国当前仍处于城市化和工业化阶段，也是向中等收入国家迈进的关键阶段，需要充足的能源供给来支持快速的经济增长。中国目前的高耗能、低能效及高排放的经济结构，是经济增长的阶段性问题。对于现阶段的中国来说，兼顾高增长和高效率十分困难。尽管中国各级政府规划都要求调整经济结构、降低能源消费以降低能源强度，但至今所取得的成果相当有限。这说明，为实现节能减排，中国需要付出更多的努力，同时也需要更多的帮助。

从能源角度看，中国现阶段的发展约束主要包括四个方面：能源稀缺、环境污染与气候变化、能源安全、能源成本。

首先，能源稀缺。中国人口基数大且人均能源消费水平低。可以预见，经济发展将使中国面临能源匮乏的问题，能源稀缺将是中国未来经济发展的硬约束，也应该是节能的根本动力。

其次，中国正面临环境污染和气候变化的巨大挑战。大量的能源开采和消费对环境造成直接影响，是中国目前主要的污染来源。由于经济的高速发展，政府很难从根本上扭转生态污染恶化的势头，而能源需求导致的二氧化碳排放量不断增长使得中国面对的气候变化压力不断增加。

再次，中国能源安全问题的本质是石油安全问题。2011年中国的石油对外依存度为57%，如果政府不采取相应的措施，到2015年石油对外依存可能会超过美国，达到65%。此外，近年来中国天然气和煤炭的进口量也在快速增长。

最后，包括中国在内的发展中国家都面临着能源成本这一现实问题。经济的高速增长需要充足且廉价的能源作为支撑。满足巨大的能源需求增量将使节能减排变得更为困难，成本也更高。中国政府十分关注社会稳定和能源成本，

^① 智能电网：智能电网是电网的智能化，又称为“电网2.0”。它建立在集成、高速双向通信网络的基础上，通过自动化的方式，利用模拟或数字信息及通讯技术来收集和处理信息（如供应商和消费者的行为信息），以提高电能生产和分配的效率、可靠性、经济性和可持续性。