



iCourse · 教材

中国大学视频公开课配套教材

中国能源战略与政策

董秀成 曾叶丽 高建 主编

高等教育出版社



iCourse·教材

中国大学视频公开课配套教材

中国能源战略与政策

ZHONGGUO NENGYUAN ZHANLUE YU ZHENGCE

董秀成 曾叶丽 高建 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是以教育部视频公开课“能源战略与政策”为基础拓展、细化而成的。本书概括地介绍国际能源形势及其发展趋势,阐述国际能源地缘政治博弈态势,重点分析中国能源发展现状和面临的主要挑战,并对中国能源战略目标和能源政策进行分析、归纳和总结,目的在于激发广大读者关注我国能源发展严峻形势,并对我国能源战略和政策形成全面系统的了解和理解。本书以大众化、通俗化和通识化为特点,注重基础性、前沿性与实践性结合,积极引入国内外学术研究前沿以及实际应用案例,突出能源学科优势和石油特色。

本书是大学文化素质基础课的配套教材,也可作为高等院校本科生新生研讨课程教材,还可作为兴趣爱好者等社会读者的知识读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国能源战略与政策 / 董秀成 曾叶丽 高建主编. -- 北京 : 高等教育出版社, 2015. 11

iCourse · 教材. 中国大学视频公开课配套教材

ISBN 978 - 7 - 04 - 043931 - 1

I. ①中… II. ①董…②曾…③高… III. ①能源战略-中国-高等学校-教材②能源政策-中国-高等学校-教材 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 223992 号

策划编辑 权利霞	责任编辑 权利霞	封面设计 李卫青	版式设计 于 婕
插图绘制 于 博	责任校对 刁丽丽	责任印制 尤 静	

出版发行 高等教育出版社	咨询电话 400 - 810 - 0598
社 址 北京市西城区德外大街 4 号	网 址 http://www.hep.edu.cn
邮政编码 100120	http://www.hep.com.cn
印 刷 北京市四季青印刷厂	网上订购 http://www.landracom.com
开 本 787 mm×960 mm 1/16	http://www.landracom.com.cn
印 张 14	版 次 2015年11月第1版
字 数 240 千字	印 次 2015年11月第1次印刷
插 页 3	定 价 28.80 元
购书热线 010 - 58581118	

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 43931-00
审图号 GS (2015) 1454

前 言

能源为何物？这似乎是一个很简单、浅显、粗糙的问题。但越是简单的问题，给出一个明确、清晰的定义越困难。目前，关于能源的定义有许多，尽管文字表达可能有些差别，但基本内涵是一致的。《科学技术百科全书》定义：“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”；《大英百科全书》定义：“能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”；《日本大百科全书》定义：“在各种生产活动中，我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功，可利用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体，称为能源”；中国《能源百科全书》定义：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”

从这些权威定义看，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉，是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。凡是能被人类加以利用以获得有用能量的各种来源都可以称为能源。简单地说，能源就是能量资源或能源资源，是那些可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可做功的所有物质的统称，是能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能量的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源，以及其他新能源和可再生能源。

自古以来，人类社会离不开能源，能源是人类社会各种活动的物质基础。正因为如此，从某种意义上讲，人类社会与能源发展、演变、交替、利用、开发等活动形影不离，能源发展和能源消费在很大程度上表现出人类社会的发展和进步过程。人类社会最早利用的能源是火，而且由于人类社会发现了火，才使人类脱离野蛮而进入文明社会。人类社会发展历史十分漫长，自人类诞生以后几十万年演变过程中，人类社会长期利用薪柴和木炭来做饭取暖，这就是人类社会能源发展的薪柴阶段，薪柴和木炭是这个阶段的主要能源。

煤炭的利用是人类社会演变过程中的一大进步。自从18世纪初开始，西方国家开始逐渐利用煤炭来取代木柴，煤炭开始成为主导能源。1712年，托马斯·纽科门发明燃煤蒸汽机，西方国家开始以蒸汽动力来代替古老的人工体

力、风力和水力，能源发展进入一个全新的时代，标志着人类社会步入工业文明时代。1781年，瓦特发明了改良蒸汽机，欧洲国家开始大规模地使用煤炭作为动力，第一次工业革命产生。

人类社会发现石油以后，能源再度爆发革命性发展，人类文明进入更高层次。1859年，埃德温·德雷克在美国宾夕法尼亚州打出第一口油井，这标志着现代石油工业首先在美国产生。人们开始大规模地利用石油作为动力资源，促使全球性工业革命由欧洲迅速向全球推广和延伸，伴随着新技术、新发明、新创造和新机器——内燃机、汽车、轮船、飞机等在地球上诞生，这场革命彻底改变了人类文明，改变了人类社会的生产模式、生活方式和交通运输条件。

在人类社会历史过程中，电力的发明最具有革命性，使人类在能源使用过程和模式上开始了一场根本性革命，所有的能源都可以转化为电力，然后以简便方式将电力输送到城市、乡村、工厂和千家万户。因为有电力，城市才会建造起高楼大厦并让人类社会使用现代建筑物；因为有电力，人们的办公大楼和住宅才可以冬暖夏凉，工厂才有条件实现自动化，城市才可以变得色彩斑斓；因为有电力，现代电子、通信、计算机、互联网等技术才可以有足够的动力基础。1879年，爱迪生发明电灯，电灯让人类告别黑暗。以电力为动力基础的现代信息通信技术，尤其是互联网技术迅速发展，让空间变小，距离缩短，地球变小，为各国的经济贸易联系奠定了技术基础，经济全球化和贸易自由化成为时代主流。

能源因人类社会进步而发展，能源在不断改变人类的命运。人类社会离不开能源发展和进步，能源发现、能源开发、技术进步和能源利用决定着人类生产方式、生活方式、消费模式、交通模式、定居模式和社会组织形式等。能源发展标志着人类社会文明的发展和进步，能源利用为人类享受高水平物质生活提供了重要基础。

目前，发展新能源已经成为全世界的潮流，无论是发达国家还是发展中国家，各国都十分重视新能源开发。从历史实践看，开发新能源并建立全新的能源体系是摆在全世界面前的一项艰巨任务，仅仅依靠政治推动和政府热情是难以实现的。无论是通过政府财政补贴还是能源企业自主开发，市场才是最终决定因素，开发任何一种新能源都需要成本支出，而成本无论高低最终都由社会支付和承担。无论如何，新能源开发都必须符合成本和效率原则，其成本和效率必须与现有能源（煤炭、石油和天然气等化石能源）开发的成本和效率相当，甚至成本更低、效益更好，才能吸引企业家的资本投资，才可能获得持久发展动力。

从目前情况看，化石能源价格高涨是世界各国政府推动新能源发展和能源转型的主要动因，但单纯依靠这一因素还远远不够，尤其是化石能源价格变化莫测，跌宕起伏，造成新能源市场开发起伏不定，因此必须有根本性外部动力来持续推动，其中市场力量是最关键动力。新能源开发尤其是以新能源为主流的能源体系建立，在很大程度上取决于能否及时出现一种或几种在效能、价格、环保、资源、产量、方便性等综合方面明显超过传统化石能源的能源。

目前，进入科学家视野的一些替代能源在资源和环保等方面有较大优势，但在成本和效率等经济性方面都还无法真正撼动化石能源的市场地位，如果没有重大技术突破而引发经济性大幅度提高，那么能源体系就不可能产生革命性变革和突破。

在现有可能的新能源中，生物质能、风能和地热能等在资源分布和开发规模上显然无法与化石能源媲美，而二甲醚、乙醇、清洁煤、煤层气、煤炼油等在资源潜力和规模上有一定优势，但这些能源本质上还属于化石能源。对于氢能、核聚变和太阳能等来说，这些新能源在资源潜力和规模上具有很大优势和发展空间，可能成为人类社会最终替代化石能源的主导能源，但目前在开发技术和产业突破或革命性变革之前，依靠这些能源替代化石能源还有很长的道路，目前只能起到局部或有限的替代作用。

目前，全世界都在重视核聚变技术，但还有许多技术难关需要攻克，实现大规模、商业化利用还需要一个漫长的岁月。目前，氢能开发主要依赖化石能源，氢气主要是从化石能源中提取的，而通过电解水方式获取氢气需要大量电力，如果利用氢能源汽车替代燃料汽车，那么电力资源从何而来？最近几年，太阳能电池发展迅速，被人类社会寄予厚望，但在技术上和成本上还有诸多难题需要突破。

化石能源成为主导能源主要依靠市场力量推动，尤其是还取决于市场需求方面（主要是利用设备）的迅猛提高，历史上带动市场需求、使得煤炭和石油成为主导能源的力量是蒸汽机和内燃机。可以设想，如果利用新能源的设备成功问世并大规模普及，那么它们必须在功用和经济性方面要大大超过蒸汽机和内燃机。新能源设备不仅需要许多产业（如交通运输、电力和其他工业部门）的大力发展，而且还需要庞大的、复杂的相关基础设施及配套体系的建设与替代，这些也需要庞大的资金投入和成本，更需要一个长期的过程。

当今世界，能源变得越来越重要，越来越敏感，越来越大众化，能源与产业、能源与环境、能源与生态、能源与生活等变得越来越密不可分，能源已经成为人类社会共同关心、具有普遍性意义的大问题。在人类社会历史上，能源

曾经很少被人们议论，但是由于爆发了两次石油危机，尤其是当今世界经济发展对能源的过度依赖和可能存在的能源供应安全，才使能源成为各国政要及黎民百姓关心和议论的社会热点。

由于能源是整个世界发展和经济增长的基本物质基础和驱动力，因此能源问题受到各国政府的高度重视，国际社会将能源问题视为世界性的战略问题，大多数国家都将能源发展问题上升到国家战略层面，并根据战略需要制定国家能源政策。

本书概括地介绍国际能源发展形势及其发展趋势，研究国际能源地缘政治博弈态势，分析中国能源发展现状和面临的主要挑战，并对中国能源战略目标和能源政策进行分析、归纳和总结，目的在于激发广大读者关注我国能源形势并对我国能源战略和政策形成全面系统的理解。本书具备大众化、通俗化和通识化的特点，注重基础性、前沿性和实践性结合，突出能源学科优势和石油特色，积极引入国内外学术研究前沿成果以及实际应用案例。全书在内容组织上深入浅出、通俗易懂，旨在激发读者的学习兴趣，实现良好的知识传播效果。本书可作为高等院校本科生新生研讨课程教材，也可作为社会读者知识普及性读物。

参加本书编写工作的人员还有周仲兵、郭杰、皮光林、孔朝阳、董聪、侯运、陈佳、宋利泽、赵入辉等，在此对上述人员表示谢意。

目 录

第一章 放眼全球看能源——世界能源形势/1

- 第一节 化石能源经久不衰/1
- 第二节 气候变化和生态环境日益影响能源工业/13
- 第三节 能源问题已经演变成全球性问题/15
- 第四节 世界能源格局基本形势/16
- 第五节 能源技术不断进步/21
- 第六节 天然气工业迅速发展/28
- 第七节 新能源和核能发展引人注目/31
- 本章思考题/40

第二章 知己知彼看博弈——世界能源地缘政治/41

- 第一节 地缘政治与国家能源安全/41
- 第二节 世界能源地缘政治格局演变/42
- 第三节 世界主要地区能源地缘政治博弈/46
- 第四节 世界主要国家能源地缘政治战略/59
- 本章思考题/66

第三章 惊涛骇浪看周边——中国能源安全环境/67

- 第一节 能源安全概念/67
- 第二节 中国海外能源进口依存度逐年提高/68
- 第三节 中国海外能源合作受制政治因素/69
- 第四节 中国能源进口渠道比较单一/70
- 第五节 中国能源进口面临地缘政治威胁/73
- 第六节 中国周边环境日益复杂/76
- 本章思考题/81

第四章 通时达务看实际——中国能源发展现状/82

- 第一节 能源生产能力显著增强/82
- 第二节 能源消费规模持续扩大/88
- 第三节 能源结构调整取得一定进展/96
- 第四节 能源效率有所提升/98
- 第五节 二氧化碳排放逐年增加/100
- 第六节 能源科技水平迅速提高/104
- 第七节 能源体制机制不断改革完善/104
- 本章思考题/105

第五章 困知勉行看国情——中国能源发展面临挑战/106

- 第一节 能源资源约束矛盾突出/106
- 第二节 生态环境压力不断增大/111
- 第三节 能源效率亟待提高/114
- 第四节 能源体制机制亟待改革/118
- 本章思考题/121

第六章 远虑深思看方向——中国能源发展战略/122

- 第一节 能源发展总体思路/122
- 第二节 能源发展总体目标/124
- 第三节 节能优先战略/126
- 第四节 能源结构优化战略/133
- 第五节 立足国内能源战略/139
- 第六节 能源国际合作战略/141
- 本章思考题/148

第七章 策无遗算看对策——中国能源发展政策/149

- 第一节 强化节约优先意识 不断提高能源利用效率/149
- 第二节 安全高效开发煤炭 加强煤炭清洁化利用/151

第三节	石油勘探开发海陆并重	加大非常规资源开发力度/155
第四节	合理开发利用气态能源	加快天然气基础设施建设/160
第五节	安全高效发展核电	建立健全事故应急机制/165
第六节	加快重点流域水电开发	因地制宜开发中小水电/170
第七节	加大国家财政支持力度	推动非水可再生能源 开发规模化/174
第八节	完善能源科技创新体系	增强科技自主创新能力/181
第九节	强化互利双赢理念	加强国际能源合作/187
第十节	深化能源管理体制改革	加强能源监管工作/189
第十一节	完善能源法规体系	建立现代能源市场体系/193
第十二节	加快能源储备体系建设	健全能源应急反应机制/199
本章思考题/204		

参考文献/205

第一章 放眼全球看能源——世界能源形势

根据美国能源信息管理署(EIA)的全球报告,可再生能源将成为未来经济增长最迅速的能源资源,但石油仍然是主要的能源资源。2011年国际能源展望报告指出,可再生能源消费将以每年2.8%的速度增长,其在整个能源领域的占比在2035年将达到15%。全球能源消费将继续增长,而中国和印度将增长最快,发展中国家能源消费增长要明显快于发达国家。

第一节 化石能源经久不衰

目前,全世界能源年总消费量约为134亿吨标准煤,其中石油、天然气、煤炭等化石能源占85%,大部分电力也是依赖化石能源生产的,核能、太阳能、水力、风力、波浪能、潮汐能、地热等能源仅占15%。化石能源开发和利用技术比较成熟,已经系统化和标准化,在成本和经济方面有明显优势。在今后几十年里,石油仍然是最主要的能源,全球需求量将以年均1.9%的速度增长;煤炭仍然是电力生产的主要燃料,全球需求量将以每年1.5%的速度增长。

一、全球化石能源分布状况

化石能源主要包括煤炭、石油和天然气,目前化石能源是促进世界经济发展、社会进步和文明的主流能源。

煤炭资源是主要的化石能源。煤炭资源量与煤炭储量具有不同含义,埋藏在地下具有开发利用或潜在利用价值的煤炭数量,称作煤炭资源量。经过一定的地质勘探工作,确定符合国家规定的储量计算标准,并具有一定工业开发利用价值的煤炭资源量称作煤炭储量。因此,煤炭储量是已发现的煤炭资源量,尚未被发现的煤炭资源量称为预测煤炭资源量,煤炭资源总量就是煤炭储量与预测煤炭资源量之和。从分布范围来看,煤炭资源在全球分布十分广泛,相对比较均衡。

石油资源也是化石能源,其分布范围有限,分布失衡是其重要特征。石油是由古代有机物变来的。在漫长地质年代里,海洋里繁殖大量的海洋生物,其死亡

后遗体随着泥沙一起沉到海底,长年累月地一层层堆积起来,与外界空气隔绝着,经过细菌分解以及地层内高温和高压作用,生物遗体逐渐分解,转化成石油。石油形成以后,还需要一定的地质条件,才能够富集成为油田。地质条件在岩石圈里不是均匀分布的,因此在地球上成规模的油田不多,分布也不均匀。从东西半球来看,约有 3/4 的石油资源量集中于东半球,而从南北半球来看,石油资源主要集中在北半球。全球石油资源主要集中在两大纬度带:第一个纬度带是北纬 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,拥有波斯湾及墨西哥湾两大油区和北非产油区,占世界一半以上的石油储量;第二个纬度带是北纬 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$,主要包括北海油区、苏联伏尔加及西伯利亚油区和阿拉斯加湾油区。

天然气资源也是化石能源,其形成过程与石油类似。天然气资源分布主要集中在中东、欧洲和苏联,其次是亚太地区,再其次是北美和北非地区,其他地区储量极小。从具体国家来看,以俄罗斯储量最多,其次是伊朗和卡塔尔。

二、化石能源造就人类现代文明

工业革命首先在欧洲爆发,其历史已经有数百年,正是工业革命导致人类社会由农业文明步入工业文明,但也正是工业革命将人类的贪婪性和对地球环境的破坏性表现得淋漓尽致,人类社会似乎更加文明,但人类寻找、开发、利用和消耗地球资源和化石能源的方式却显得更加不文明,人类在取得舒适的生活方式的同时,与赖以生存的自然界之间产生了严重不和谐。可以说,人类文明程度伴随着工业文明而提高,但人类能源文明却变得“野蛮”了。

随着工业文明在全球范围内以广泛认同的客观规律全面铺开,化石能源消耗与经济增长之间的相互关系或规律,逐渐成为经济学研究中的重要课题之一。在整个 20 世纪,经济增长与化石能源消耗增长几乎同步,这似乎是经济学的基本规律,很少有人提出质疑。然而,化石能源消耗与经济同步增长规律其实存在“尴尬”矛盾,如果将这种规律确定为“普遍”规律,看来已经完全与人类社会可持续发展之间产生冲突,因为经济增长可以作为可持续目标,由于化石能源资源的稀缺性、不可再生性和有限性,以有限能源来支持无限经济目标,就成为一种“悖论”。

经济增长的核心是国内生产总值(GDP,用货币表示),这属于经济学研究范畴,当然属于社会科学;能源消耗用能量表示,能源开发和利用本质上属于物理学、化学范畴,当然属于自然科学。因此,能源消耗问题其实既是社会科学问题,同时也是自然科学问题。非常遗憾,在当今世界,自然科学家基本不懂经济学,同样经济学家也基本不懂自然科学,而能耗规律又表明与自然科学和社会科学、

自然规律和经济规律等紧密相关,无法割离,需要作为科学整体来研究。正因为如此,能耗规律在学术地位上就显得有些“尴尬”,自然科学家与社会科学家可能持有相互矛盾的观点,有些人乐观,有些人悲观,在能源消耗问题上各持己见,难以取得一致意见。

在工业革命初期的 300 年中,尽管西方在制度、科学等方面取得重大文明进步,但其经济发展规模和经济增长效率等方面并没有取得重大突破。尽管如此,欧洲在经济发展和生活空间上取得突出进展,以极其残酷、野蛮的手段获取并控制了美洲和澳大利亚等地区。由于这些海外区域相当于三个欧洲以上的土地面积,因此使得欧洲能够极大地缓解人口压力,其人口增长和经济增长动力得到提高。

在此期间,全球经济增长十分缓慢,300 年间仅增长 2 倍多,即使是发展最快的西欧也仅增长了约 4 倍,与 20 世纪经济增长速度相比显得微不足道,因此能源问题根本没有上升到足以引起重视的“问题”程度。尽管当时商品经济已有全球化发展趋势,政治制度和经济制度也发生了重大变革,资本主义制度体系逐渐建立起来,但是由于没有爆发能源革命,经济增长没有得到快速提高。

众所周知,蒸汽机是欧洲工业革命的重要象征,但蒸汽机在发明初期并没有得到广泛利用,其根本原因还是能源“短缺”。1712 年,托马斯·纽科门发明了蒸汽机,但几十年没有被推广应用。瓦特于 1763—1769 年对蒸汽机进行重大改造,1800 年在市场上仅仅销售 289 台,且多数购买者并没有能够充分使用这些机器,主要原因是其动力源要依赖木柴,大量消耗和使用木柴对于机器拥有者来说很难承受。

煤炭作为重要化石能源走向经济领域,是瓦特改造蒸汽机以后几十年后的事情,但煤炭开发和利用实现了人类能源文明与社会文明的紧密结合。1820—1850 年前后,英国、法国和德国开始发现煤矿并大力开发。1850—1869 年,法国煤炭产量由 440 万吨上升到 1 330 万吨;德国煤炭产量由 420 万吨上升到 2 370 万吨。1830—1888 年间,整个世界煤炭消耗量占整个能源消耗量的比例由不到 30% 迅速达到 48%。煤炭迅速取代木材而成为主要能源,蒸汽机真正开始大显神通,交通、钢铁、电力等产业迅速发展,整个世界经济、社会产生连锁式飞跃发展,人类社会开始由“木材能源文明”时代全面进入“煤炭能源文明”时代。

石油正式成为主流能源,主要发生在第二次世界大战以后。二战以后,中东地区发现了大量廉价石油资源,西方国家经济依靠这些廉价能源迅速发展,形成持续快速发展超过 20 年的“黄金发展”期,社会实现了“飞跃”进步,奠定了西方国家主宰世界经济的基本格局,完成了现代化和巨额财富积累。

可以得出结论,是煤炭文明奠定了西方国家工业文明的基础,而石油文明筑就了西方国家的现代化,发达国家之所以发达,最基本也最重要的标志就是其能够获得和消费大量的化石能源。从化石能源时代开始,人类社会在短短一百多年发生了翻天覆地的变化。很显然,人类社会之所以发生如此惊人变化,其根本原因是人类发现、开发和使用这些在几亿年间自然界逐渐形成、储存并留给人类的这笔庞大的宝贵财富——化石能源。

三、化石能源具有明显的经济优势

目前,我们正生活在一个快速变化的时代,持续变化是我们唯一可以肯定不变的事情。从能源结构看,必须承认一个客观现实,那就是化石燃料仍然在全球能源消费中占据绝对优势,由于核热潮在二十多年前已经结束,因此化石燃料仍顽强地占据着大约 85% 以上的市场份额。

尽管在世界范围内,人们炒作替代能源,有些观点甚至是令人难以置信,但是我们最终无法回避一个基本事实,即化石燃料主导地位没有被撼动。在过去二十多年中,化石燃料价格持续高涨,同时气候变化问题一直伴随化石能源问题而不断凸显。

化石能源竞争优势依然十分明显,三大化石燃料(煤炭、石油和天然气)在目前来看,几乎没有其他能源可以真正替代它们。煤炭、石油和天然气都是化工燃料,以固态、液态和气态形式存在,几乎适用于任何行业,比如电力、交通、工业用热或住宅/商业取暖需求等。化石能源需求适中、易于运输、易于使用、高度集中,没有人可以否认这些优势。距离第二次工业革命发生已经过去 150 年,化石燃料推动全球经济增长 5 000%,其经济作用非常惊人。

由于化石能源很容易被利用,不需要很复杂的程序,更不需要付出昂贵的成本进行运转。例如,中国用燃煤发一千瓦电的成本仅仅占风能发一千瓦电的成本的一半左右,占用核能发一千瓦电的成本的三分之一左右。此外,核能需要比煤炭更专门的知识 and 管制,而风能是间歇性的,通常风能发电场比燃煤发电厂的发电容量少三倍。

作为一个经济快速增长的发展中国家,通过漫长而艰难的工作建立了有利的经济环境,而且有成千上万的人正在涌向城市,并且这些人愿意接受的工资水平还在持续升高,劳动力成本上升意味着会影响国际竞争力,那么这个国家在短时期内很难奢望会依靠更加昂贵的能源来维系经济运转。因此,如果这个国家有 100 亿美元可用于电力基础设施建设,那么它将打造什么样的发电设备呢?

将会继续建造受福岛核电泄露影响的具备 6 吉瓦(GW)^①发电量的核能发电厂？还是建造输出仅仅等同于 2 吉瓦核能发电厂的 8 吉瓦的风力发电厂？或者 16 吉瓦的实用燃煤发电厂？在相同的 100 亿美元的前期投资下，燃煤发电可以比使用核电能增加 3 倍的收益，比使用间歇风电增加 7 倍的收益。显然，从经济利益出发，人们必然愿意使用煤炭而不是其他能源。

事实上，化石燃料的利用容易而实用，因此在经济增长是当务之急时，燃煤相对于其他替代能源而言，资源优势十分显著。当然，如果经济增长不再是当务之急时，那么化石燃料的优势或许随之消失，但世界上 80% 以上的人生活在发展中国家，这些人需要提高生活质量，这些国家需要发展经济，这又是客观现实。

虽然开采化石燃料的平均成本正在上升，但是市场价格同时高涨，让化石燃料行业获取了巨大利润。石油公司向投资者提供的回报非常可观，而且能给政府带来庞大的财政收入，因此化石燃料价格上涨只会进一步巩固化石燃料行业，提高从地球上提取的每桶、每吨或每立方米燃料的利润率。

众所周知，人类整个现代文明是建立在化石燃料基础上的。人类已经建立了一个庞大的燃气发电行业，有超过 10 亿辆汽车由石油驱动，一个个产业由化石能源来驱动前行。此外，人类已经建立起一个包括矿山、水井、管道、超级油轮、加气站及输电线路在内的化石能源开发与销售网络，使化石能源的社会基础继续巩固。

化石燃料是现代文明的根基，对全球文明的形成或改造都非常重要，在不改变整体经济结构的情况下重建根基，将会异常复杂和艰难。如果改造进程不通过非常缓慢和谨慎的步伐来进行，那么以债务为基础的全球经济及其巨大的财政失衡、没有资金的福利以及社会不平等，将会无法避免。

随着替代能源成本继续降低，化石能源成本继续攀高，许多人预测全球经济将发生颠覆性改变，尤其是将低碳经济作为经济主体形式，但是这种预言直到目前还没有真正实现，可以预见这种改变将需要漫长的历程。

四、化石能源仍将长期占据主导地位

目前，由于石油价格高涨，许多人开始看衰化石能源，利用新能源来替代化石能源已经成为一种全球性趋势和诸多国家的政府口号，如美国提出要实现“能源独立”，日本提出要“摆脱石油”，其核心就是要通过大力发展新能源来取代化石能源。但从历史实践看，能源替代非常复杂，由新的能源体系来替代旧的能源

^① 吉瓦是表示功率的单位，1 吉瓦=10³ 兆瓦=10⁶ 千瓦。

体系往往要花费很长时间,每一次能源替代都需要漫长岁月,绝对无法在短期内实现。

美好愿望不能取代艰难现实,与过去几次能源替代过程相比,目前人类社会寻找新能源以替代传统化石能源并建立全新的能源体系的难度非常大,可以说是困难重重,或者说,人类社会目前正在面临一次历史上最为艰难的能源替代和能源消费方式的大转化过程。由于攻克能源开发技术越来越难,使得能源替代和能源变革的速度与以往相比不但没有加快,反而是速度越来越慢。从能源发展历史看,煤炭替代柴薪速度最快,人类社会大约经过 75 年便实现了这第一次能源替代。在 1860—1960 年,石油逐渐取代煤炭成为世界能源市场的主力军,这一过程大约经历了 100 年。

煤炭取代柴薪,石油替代煤炭,再发展到天然气逐渐取代石油,然后是核能替代部分化石能源作为发电动力,每一次发展都比以往更加清洁,但每一次发展对技术的要求都更高、更复杂。煤炭取代柴薪,技术要求比较简单,因此时间比较短;石油取代煤炭,技术要求变得较高,因此时间比较长。相对而言,目前人类社会热衷的新能源革命对技术要求更高、更复杂,直到目前人类还没有找到十分成熟的能够替代化石能源的技术,甚至还没有明确到底哪种能源可以真正替代化石能源。另外,化石能源替代数量落后于人类社会对能源需求的增长速度。目前,全球性能源需求持续增长,消费规模空前庞大,进而使由一种或几种新能源来满足需求或替代化石能源的难度大大增加。

目前,世界人口超过 70 亿,预计到 2050 年世界人口将会超过 90 亿。为满足人类社会稳定生活需要,并不断提高人类生活质量,能源消费增长速度不但不会减慢,而且还会继续加快。尽管太阳能、风能、地热等新能源发展速度较快,但这些新能源开发数量基本上被人口增长而增加的能源消耗而抵消,如果单纯依靠新能源来满足人类社会不断增长的巨大能源需求,难度可想而知。

五、人类需要客观理性地认识煤炭地位

尽管煤炭是碳排放的罪魁祸首,日益受到各种各样的非议,但是煤炭依然是目前世界上最重要的发电燃料。1990—2010 年,燃煤发电量翻了近一倍,从 $4\,426 \times 10^9$ 千瓦时(TWh)增至 $8\,697 \times 10^9$ 千瓦时,占有电力供应的 41%。在过去 10 多年,燃煤发电增加 $3\,361 \times 10^9$ 千瓦时,比天然气、核能、太阳能和风能发电的总量还要多。在过去 30 年,以煤炭为主的电力使全球人类平均寿命增加 6 年,提高全球国内生产总值(GDP)160%。

全球煤炭储量接近 9 000 亿吨,庞大的资源分布在 70 多个国家。如果世界

发展目标是真正为了“消灭贫困”，那么利用煤炭发电就是必然选择。电力是现代发展的必要条件，人类社会发展趋势必然导致对电力需求的增长。

1990年，世界上超过1 000万人的城市有10个，到2050年，人口超过1 000万的“大城市”将超过60个。到2050年，全球将新增26亿人，平均每年增长7 000万人，每天增长19.2万人。实际上，几乎所有的人口增长都将发生在城市，城市化进程不断推进。到2050年，世界上有70亿人将生活在城市中。

电力需求日益增长，通过增加煤炭来发电不可避免。自1970年以来，对电力的需求已经翻了两番多，从 52×10^{11} 千瓦时至 $2\,255 \times 10^{10}$ 千瓦时，这些电力需求增量的大部分都是通过煤炭发电来完成的。在未来20年，对电力的需求将增加至超过 4×10^{13} 千瓦时，而煤炭仍然预计将提供近40%的全球电力。

电力匮乏依然是人类社会的重要课题。目前，有26亿人每天用电花费不到2美元，20亿人用电量少得可怜，另外有13亿人还根本用不上电。能源匮乏将不断蔓延并且呈增长态势，约50亿人，占世界人口的70%，每年使用的电力不到每人2 350千瓦时，人均只占欧盟平均水平的1/3。

我们需要正视现实，需要客观理性地认识煤炭，不要轻易放弃煤炭，需要考虑如何利用煤炭。人类今后的中心任务是如何高效、清洁地利用煤炭，在满足电力需求不断增加的同时，开辟一条更加有效、低碳、可持续的发展道路。例如，在煤粉燃烧系统采用超临界技术，在越来越高的温度和压力下运转，这样就可以比传统发电厂效率更高。目前，已经有近500千兆瓦发电容量的超临界机组在运行，有望在世界各地普遍推广和利用。高效的现代燃煤电厂排出的二氧化碳比传统燃煤电厂平均少了近40%。

人类需要大力发展清洁煤炭技术，这不仅能满足环保和生态需要，同时也为数十亿人提高生活质量带来希望。

六、石油替代路漫漫

目前，化石能源枯竭论很时尚，人们担心化石能源将很快退出能源舞台，于是人们开始关注如何替代石油，石油替代能源便成为热点。那么，我们不禁要问，到底哪些能源有可能替代石油呢？

从石油以外的其他能源看，能源可以分成不可再生能源和可再生能源。不可再生能源包括油砂/重油、生物质能源、天然气水合物、页岩油、煤炭、核裂变和聚变燃料及地热能等，而可再生能源包括水力发电、太阳能、风能、潮汐能、大洋热能转换等。

上述能源是否可以替代石油，这是一个十分复杂的问题，既是能源自身问