

人大国发院系列报告

年度研究报告

总期第5期 2015年2月

中国能源革命的缘起、目标与实现路径

国发院能源与资源战略研究中心

郑新业（中国人民大学国家发展与战略研究院、经济学院）



国家发展与战略研究院

National Academy of Development and Strategy, RUC

人大国发院简介

国家发展与战略研究院（简称国发院）是由中国人民大学主办的独立的校级核心智库。国发院以中国人民大学在人文社会科学领域的优势学科为依托，以项目为纽带，以新型研究平台、成果转化平台和公共交流平台为载体，组建跨学科研究团队对中国面临的各类重大社会经济政治问题进行深度研究，以达到“服务政府决策、引领社会思潮、营造跨学科研究氛围”的目标。

国发院通过学术委员会和院务会分别对重大学术和行政事务进行决策。目前由陈雨露教授担任院长，刘元春教授担任执行院长。

地址：北京市海淀区中关村大街59号 中国人民大学国学馆（紧邻新图书馆）

电话：010-62515049

网站：<http://NADS.ruc.edu.cn>

Email: nads_ruc@126.com, nads@ruc.edu.cn

目录

摘要	1
绪言 能源革命	1
第一部分 能源革命的提出：缘何革命？	4
一、能源供给	6
（一）能源供给持续压力	6
（二）能源供给结构以煤为重	9
（三）能源供给投资长期不足	13
二、能源需求	16
（一）能源总需求快速增长	17
（二）能源需求结构长期以煤为重	21
（三）能源需求预测：拐点在哪里？	25
三、经济结构	29
（一）第三产业比重持续上升	29
（二）高耗能产业耗能居高不下	32
四、负外部性	34
（一）全球气候变暖	35
（二）国内环境污染严重	37
（三）环境污染增加健康和治理成本	42
五、能源价格	47
（一）煤炭价格市场化	47
（二）油气价格行政管制	49

(三) 电力价格普遍过低	52
(四) 能源消费占家庭支出比重很小	57
六、能源安全	60
(一) 能源供应安全形势紧迫	60
(二) 能源使用安全不容乐观	66
专栏 中国应鼓励进口煤	69
(三) 能源基础设施安全亟需高度重视	71
七、能源强度	75
(一) 能源强度仍有较大改善空间	75
(二) 能源强度受制于能源结构	78
(三) 经济结构调整缓慢“拖累”能源强度	80
(四) 不合理能源价格恶化能源强度	83
第二部分 能源革命的目标和评估	87
一、能源革命的目标	87
二、能源革命目标顺序及其评估	89
三、能源革命的“不可能三角”	95
四、能源革命的条件	100
专栏 节能减排的发展权问题	107
专栏 抑制高耗能产业的扩张是控制能源总量的关键	113
第三部分 能源革命的路径	117
一、各行业现状	118
(一) 煤炭行业	118

(二) 油气行业	119
专栏 成品油定价机制就是鼓励劣质油	123
(三) 电力行业	125
(四) 核电行业	128
专栏 世界最大的三起核电事故	133
(五) 新能源行业	140
二、现有改革措施评价	144
(一) 煤电市场化	144
(二) 油气改革	145
(三) 电力体制改革	146
专栏 如何看待深圳电改?	148
(四) 核电改革	151
三、能源革命的实现路径	153
专栏 那个种了别人田荒废自家地的政府	153
(一) 政府退，把市场的归还给市场	156
专栏 交叉补贴是中国特色的“双重红利”	159
专栏 竞价上网是电改 2015 年的第一要务	161
(二) 政府进，种好自家监管的田	163
专栏 以节能调度为治理环境污染的措施之一	174
专栏 输配电成本监管的意义和挑战	176

摘要

伴随着中国经济的崛起，在主要发达国家能源消费绝对总量和相对比重都趋于下降的情况下，中国的能源需求及比重却在不断增加，并越过美国成为世界第一大能源消费国。然而，“富煤贫油少气”的能源禀赋限制使得我国能源供应能力有限，能源供给压力持续增加，无法满足日益增加的能源需求。这导致能源市场的供需缺口不断拉大，并且其扩大趋势并没有表现出逆转的迹象。为了保证能源供给，我国的石油和天然气的进口依存度很高。并且，能源进口地区较为集中，容易受到国际动荡局势的影响，面临较大的政治风险。能源供给的不可持续性使得未来能源发展存在很大的不确定性，带来了不容忽视的能源安全问题。

此外，我国能源领域还存在能源价格非市场化扭曲、能源性产品价格形成机制不合理的问题。管制下的低能源价格使得市场供求和资源稀缺情况不能得到有效反映，能源产品之间的替代性和互补性难以体现，导致能源需求过量，并严重阻碍了稀缺资源的有效配置。低能源价格也是导致能源使用效率低下和能源消费结构僵化的重要原因之一。我国的经济结构长期以来以第二产业为主，高耗能产业能源消费占工业消费比重很高，能源强度高于世界平均水平的 2.48 倍，这大大降低了我国的经济增长效率。低能源价格还导致能源生产和利用过程中的负外部性成本无法外部化，巨大的能源消耗给我国带来了严重的环境污染和生态破坏。从直接影响来看，能源的不当利用所排放的废水、废气，一方面加剧了水体环境的污染，降低了生物多样性；

另一方面使得大气环境更加恶化，导致酸雨、雾霾等极端天气的频繁发生。从间接影响来看，在全球低碳化的潮流大势中，巨大的环境污染排放量严重影响了我国国际形象的树立，而且对我国的出口、就业、财政收入、投资以及整体经济增长产生了一定的抑制作用。更为重要的是，环境污染严重危害了我国居民的生命健康。

因此，需求过于旺盛、供给持续不足、能源安全备受威胁、能源价格扭曲、经济结构较重、以及能源负外部性是当前我国能源领域面临的几个主要问题。为推动能源消费、能源供给、能源技术和能源制度四方面革命，本报告认为，能源革命的目标应该由确保能源供给、治理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击、保障能源安全五个维度构成。

我们单看改革的每个维度，实现起来并不是十分困难。问题的关键在于，若想同时实现上述目标是相当困难，几乎是做不到的。很难找到一种能源结构和体制来确保“既有能源用，又没有污染，价格还便宜”这三个目标能够同时实现，因而我们说存在某种程度上的“不可能三角”。因此，在对改革方案进行评估时，必须要对上述五个维度按照轻重缓急依次进行顺序评估，讨论改革方案能够在哪些维度解决能源领域中的问题，实现改革目标。其次评估出改革赢家与输家。对于赢家，改革红利要如何进行分配；对于输家，改革损失如何进行补偿。同时，物价水平、国际竞争力、经济增长速度与地区发展等经济基本面所受到的影响也必须进行可靠的评估。通过第二章具体的分析，本报告认为能源革命目标的先后顺序依次为：确保能源供给、治

理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击、保障能源安全。现阶段着重需要解决的问题是如何保障能源的充足供应与有效缓解环境污染。那么,如何化解各个目标之间的冲突、积极稳妥推进能源革命呢?这首先需要评估改革潜力,即现有条件是否允许进行改革。本报告最后一章即从能源革命重点领域出发,各个出击、全面探索,力图突破能源革命重点领域的困境和难题,对包括煤炭、油气、电力和核能等行业的现状进行深入分析,并对各行业现有改革措施进行试评估,进而就能源革命实现途径从政府与市场改革方向展开探讨。

通过对能源革命重点领域的特点分析,以及从已有改革措施的效果可以看出,当前能源领域传统的计划经济色彩浓重,各种能源问题产生的根源在于国家行政性垄断。行政性垄断引致价格的严格管制,市场无法有效发挥调节作用。而能源行业市场竞争机制的缺失会导致行业效率低下,定价机制受到管制又使得能源价格整体偏低,这既不能完全反应其成本,也抑制了企业生产意愿,造成能源短缺现象时有发生。同时也诱发了寻租行为的滋生。而与国家过度管制相对应的是合理监管的缺失,过度的管制并未获得其预想的效果,而政府应管不管导致能源行业负外部性长期得不到纠正。长此已久,能源革命就将只是一纸空谈。推进能源革命必须从市场有效与政府有为入手:市场定位于有序竞争,形成合理价格;政府定位于监管监督,保证质量安全。二者互相配合、互相补充、互相协调。

关键词: 能源需求 能源供给 不可能三角 能源市场化 政府监管

中国能源革命的缘起、目标与实现路径

郑新业¹

绪言 能源革命

能源历来是国际政治、经济、安全博弈的焦点。随着能源消费总量不断攀升，传统能源供应逐步趋紧，全球能源资源竞争日趋激烈；生态环境等制约因素凸显，围绕碳排放的博弈仍错综复杂；可再生能源技术、分布式发展体系、智能能源网络成为能源发展的新动向。总之，世界政治经济格局深度调整，世界能源格局正在发生新的变化，能源结构和能源技术出现深刻变革。然而，能源这一战略资源与国际政治、经济、安全格局相互交织的状况没有改变，发达国家在能源科技上占优势的地位没有改变，我国既面临从能源大国向能源强国转变的历史机遇，也面临诸多挑战。

习近平总书记就我国能源安全战略发表重要讲话指出，必须推动能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四方面的“革命”，为我们加快推进能源生产和消费革命指明了发展方向，提出了更高要求。

“能源革命”的提法，反映了现阶段能源、环境、经济之间的矛盾突出，已经到了必须进行“革命”的程度，同时也彰显出决策层推进能源

¹ 郑新业，中国人民大学国家发展与战略研究院能源与资源战略研究中心主任，中国人民大学经济学院副院长、教授，电子信箱：zhengxinye@ruc.edu.cn。作者感谢所有为本文提供写作建议或评论的朋友。本文观点并不必然代表作者所在单位，文责自负。

改革的决心，能源革命事关国家安全和发展的、势在必行。要完成这一重大战略任务，必须建立起顺应世界能源发展趋势、符合我国发展阶段和能源基本国情的现代能源体系，努力实现能源消费总量合理控制、能源生产结构不断优化、能源运行机制完善高效，从而达到经济社会发展、能源消耗与生态环境保护三者之间的稳定平衡与良性互动。

然而，中国能源革命更具艰难性。众所周知，中国已成为最大的能源消费国，快速推进的工业化和城镇化亟需能源的强力支撑，但能源资源相对缺乏，能源问题与环境问题、发展问题交织在一起，成为制约经济可持续发展和转型升级的瓶颈。而且，中国的能源价格长期实行政府指导定价，不仅没有充分反映市场供需，也没有充分考虑环境污染和不可再生能源的稀缺成本。更重要的是，能源改革历来有之，但改革力度不够且严重滞后。此番从“改革”上升到“革命”的战略高度，是否能够推动能源体系发生根本性变化、处理好能源领域政府与市场的关系、打破此前“不知道怎么改或者知道怎么改却没办法改”的局面，取决于“革命”的决心和力度，更在于对能源现状和前景的把握，在于能源革命的路线、手段和方式。

本报告即是从能源革命的视角出发，从能源供需、能源价格、能源与环境污染、能源安全等方面入手，全面剖析能源市场的发展现状、梳理能源市场发展面临的问题，从而揭示能源革命的必要性和紧迫性。在此基础上，对能源革命的目标及其冲突进行了探讨，认为能源革命在某种程度上存在“不可能三角”，能源革命的目标应顺次为保障能源供应、缓解环境污染，稳定能源价格和完善能源监管。最后，就能

源革命重点领域，包括煤炭、油气、电力、核电和政府监管等领域的改革方向、改革目标和改革路径逐一展开深入分析。本报告认为当前中国的重要能源政策包括：能源利用清洁化、价格形成合理化和政府监管科学化。能源利用清洁化主要指煤炭的清洁利用，在电力行业，节能调度和竞价上网是降低发电煤耗、提高发电效率的重要措施。价格形成合理化指能源价格在反映其成本、遵循市场规律的基础上，政府应对环境污染等负外部性成本进行纠正，采用全成本定价、进行输配电成本核算和监管是可行的政策措施。政府监管科学化是指政府仅对市场失灵的部分进行干预，完善其政策和监管职能的主体地位，加强能力建设。

自“能源革命”提出之后，各方从不同角度出发对能源革命内涵进行了各种各样的解读，但鲜有对能源发展现状和前景的全面的、深刻的把握，也缺乏对能源各领域改革的有针对性的建议。本报告试图填补这一空白，从而全面把握能源改革的背景、困难和方向，为能源革命提供切实可行的政策建议。

第一部分 能源革命的提出：缘何革命？

自去年 6 月中共中央总书记习近平在中央财经领导小组第六次会议中提出推动能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四方面的“革命”以来，“能源革命”是时下最热点话题之一，成为各大媒体、研究机构评论津津乐道，频繁解读的对象。然而为何在中国经济已经高速发展三十多年的今天，国家领导人还要提出“革命”一词？当前中国能源领域的总体概况到底是怎样？中国能源发展到底面临着怎样的困境？“能源革命”的对象到底是谁？中国能源到底“缘何革命”？接下来我们对中国能源发展面临的问题做简要介绍：

第一、能源供给压力大。一方面我国经济快速增长，对能源的需求也迅速上升，2000 年以来能源需求平均增长率在 7.9%，到 2013 年能源消费总量已经达到 37.5 亿吨标准煤，且还在不断上升。根据 EIA、IEA 等世界能源机构的研究成果，普遍预测认为 2020 年中国能源需求将达到 50 亿吨左右。另一方面，我国资源禀赋呈现“富煤贫油少气”的基本特点，人均资源占有量远低于世界平均水平。产量的增长跟不上需求的膨胀，为了满足国内需求，我国分别在 1993 年、2006 年和 2009 年成为石油、天然气和煤炭的净进口国，且进口总量持续上升。

第二、经济结构重。长期以来，我国经济结构以第二产业为主，经济增长走的是高耗能、高污染之路。从国际经验来看，高收入国家、发达国家第三产业在经济中的比重普遍高于 70%。而中国目前不到 50%，工业比重仍然高达 40% 以上。经济结构重化直接导致能源消费

结构的重化。我国工业能源消费占能源消费总量的 70% 以上，工业部门内部的重化倾向明显，六大高耗能行业用电量占工业用电量的比重大体维持在 63% 左右。经济结构的重化加深了能源消费的结构固化，不利于我国能源发展的转型。

第三、能源消费本身对环境和健康具有负外部性。中国以煤炭为主的能源生产和消费给环境带来了巨大的破坏，引发了大气污染、水污染、土地塌陷等等一系列问题。严重的环境污染已影响了我国居民的健康，引致了巨额的卫生开支，导致了健康与财富的双重损失。

第四、能源价格扭曲。我国能源价格受我国现有能源体系和经济结构的影响，未反映资源的稀缺性和外部性，能源的总体价格水平偏低。导致能源需求过量，这不仅造成了巨大的浪费，也对我国经济结构的调整和生态环境的改善造成阻碍，而且严重制约了稀缺资源的有效配置。

第五、中国能源安全备受威胁。自 2000 年到 2013 年，我国能源供给虽然保持稳定增长，进口比重维持在 10% 以下。但能源缺口绝对值却从 1.0 亿吨标煤上升到 3.5 亿吨标煤。石油对外依赖问题尤其严重，2012 年的进口比重高达 58%，已经超过了 50% 的国际警戒线，预计到 2020 将高达 60%。另一方面，能源行业具有资本密集、技术密集、不确定性大的特点，近年来中国能源投资在社会总投资中比重下降，波动剧烈，长期难以满足我国能源消费需要。

第六、我国能源利用效率低，能源强度高。虽然我国能源强度下降幅度很大，但比起发达国家和世界平均水平仍有一定差距，2012

年，我国单位 GDP 能耗是世界平均水平的 2.48 倍，是 OECD 国家的 4.7 倍。且能源效率低下受制于能源消费结构过“黑”和经济结构过“重”，短时间难以改善。

由于中国能源面临的供给压力大、经济结构重、负外部性、能源价格扭曲、能源安全威胁、能源强度大等重大问题，这些问题在现行能源体制下难以得到改善，因此“能源革命”迫在眉睫。

后文中作者将逐一介绍能源供给、能源需求、经济结构、能源的负外部性、能源价格、能源安全、能源强度七个方面的问题，以对中国能源现状有整体把握，并回答中国能源缘何革命的问题。

一、能源供给

能源是一种稀缺要素。对于世界第二大经济体中国来说，庞大的经济运行需要源源不断的能源输入，需要稳定的能源供应体系作为经济发展的坚实后盾。然而中国能源供应并不乐观，尽管供应稳定增长，但却跟不上需求的增长，尤其在油气资源方面。为了保障跟上消费增长的步伐，必须在能源工业部门进行大量投资，这是社会为保障能源供应付出的必要代价。

（一）能源供给持续压力

我国能源需求快速增长，但国内供应能力有限，能源供应长期紧张，所以国内能源需求必须通过大量进口来满足，从而导致我国能源对外依存度不断升高，能源安全问题也变得日益严峻。我国分别在 1993 年、2006 年和 2009 年成为石油、天然气和煤炭的净进口国，且

进口总量持续上升。能源供应紧张的局势在短期内难以缓解。从图 1-1 中即可看出，实线和虚线之间的差距不断增大，代表进口能源总量的上升。从 2000 年到 2013 年，能源供给虽然保持稳定增长，维持进口比重在 10% 以下。但能源缺口绝对值却从 1.0 亿吨标煤上升到 3.5 亿吨标煤。

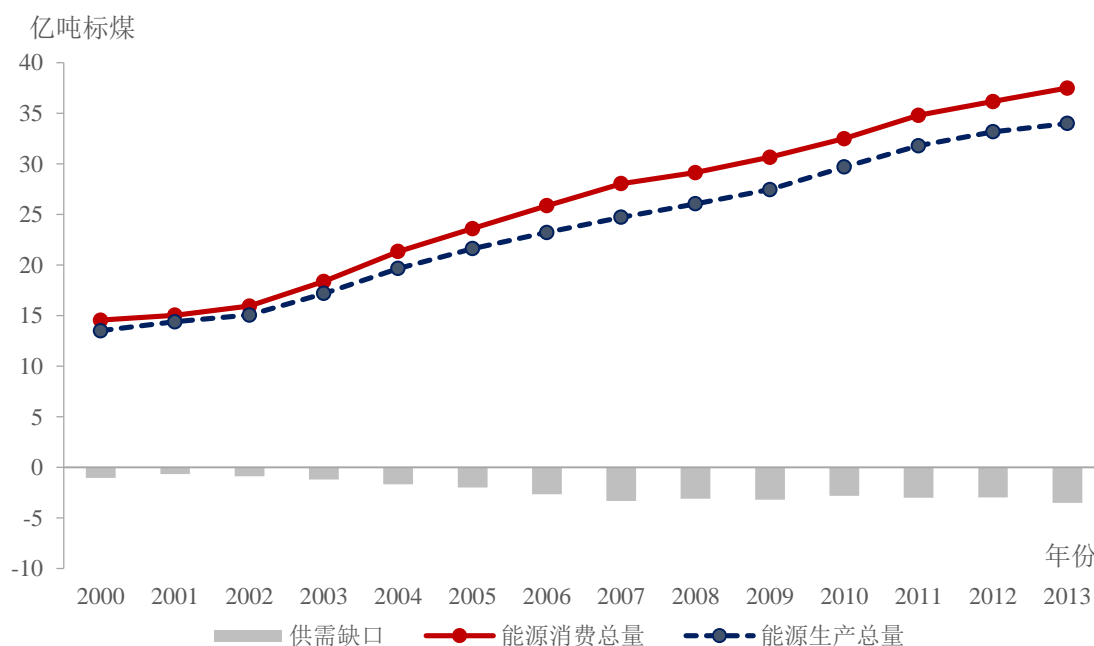


图 1-1 能源消费缺口分析

数据来源：《中国能源统计年鉴》

具体到能源品来说，煤炭方面，由于我国的煤储存量丰富，因此绝大部分都能实现国内直接供应，2012 年国内的煤炭产量超过 95%，相应的，仅有不到 5% 的煤炭来自进口。天然气方面，其供应绝大部分来自于国内生产，剩下大约 15% 左右缺口依赖于进口。相比较而言，石油的缺口十分严重，进口比重高达 56%。

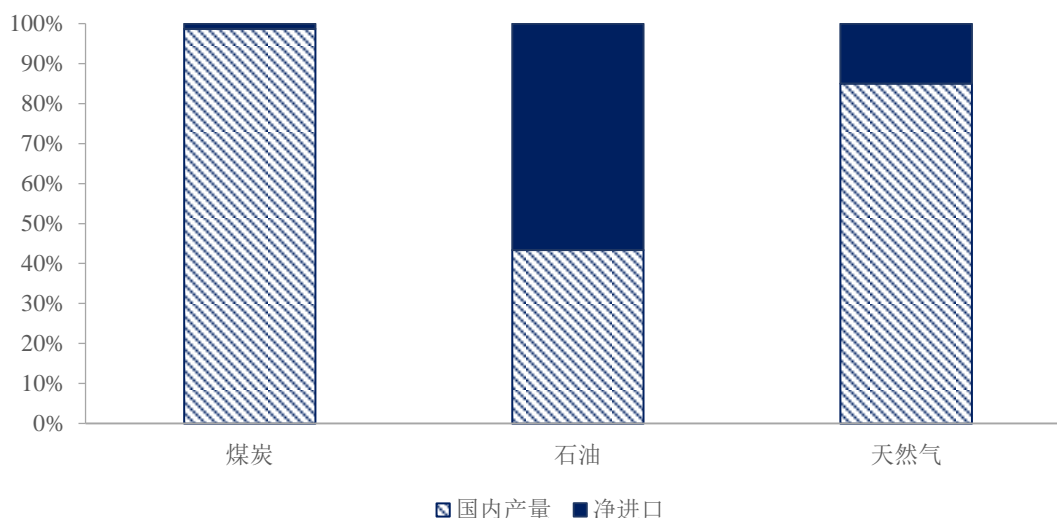


图 1-2 我国能源生产与进口结构 (2012 年)

数据来源:《中国统计年鉴》

从能源品的生产来看,我国能源生产增长速度在世界范围内是很快的。从 1980 年到 2010 年之间,煤炭生产的年平均增长率为 8.62%,远远高于 3.52%的世界平均水平。煤炭本身是一种相对不清洁的能源形式,发达国家由于自己对清洁环境的偏好,并不倾向于大量使用煤炭。可以看到 OECD 国家的年平均煤炭生产增长率仅为 0.07%。原油和天然气方面,印度的能源供应居于突出地位,其产量的增长率分别 7.16%和 19.22%。相对而言,中国的石油和天然气供应势头并不强劲。其中原油的增长率仅有 3.22%,远远达不到能源需求的平均增长率 7.9%,与此同时石油的消费比重还具有上升的趋势,造成了我国石油对外高依存度的局面。而天然气的供应增长率约 9.92%,但与印度相比,我国的天然气的供给显然滞后很大一截。值得一提的是,中国的电力供应却相当充足,从 1980 年到 2010 年,我国的电力增长率达 14.34%,超出同期印度近 4 个百分点。事实上,作为一个高速发展的

国家，为了保持良好的发展状态，中国必须保持高于世界平均水平的能源生产增长率。但无奈的是中国是一个“贫油少气”的国家，人均保有量远低于世界平均水平，这给我国未来的发展提出了严峻的考验。

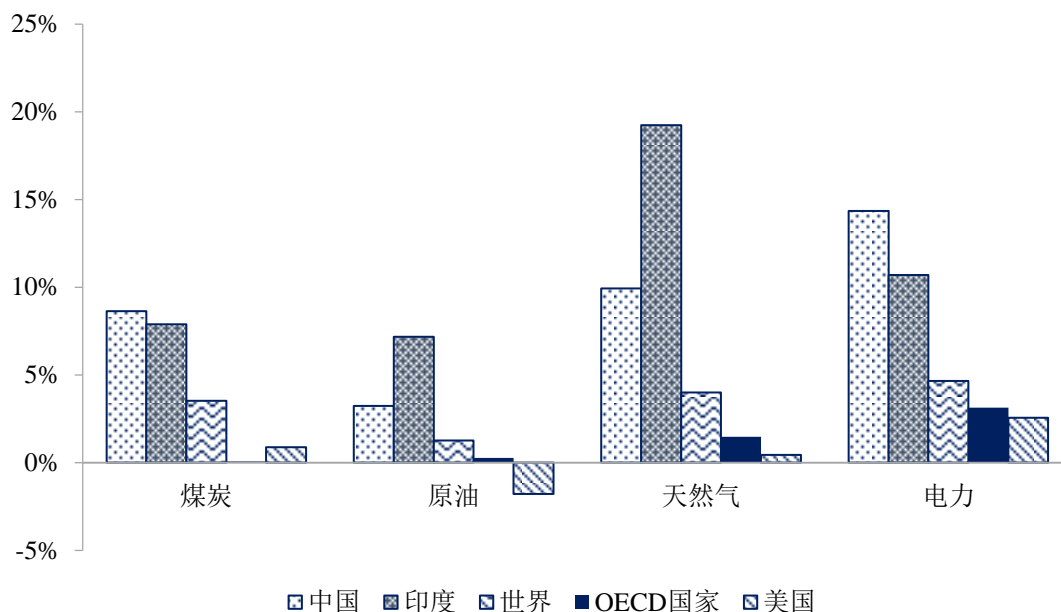


图 1-3 各国主要能源品生产增长率

数据来源：IEA, Statistics by Countries

(二) 能源供给结构以煤为重

从一次能源生产来看，以煤为主的供给结构难以优化。自 1980 年到 2013 年以来，我国的煤炭生产比重基本都在 70% 以上，保障了绝大部分的煤炭供应，可以说中国煤炭生产在我国经济飞速发展的历程中功不可没。而作为一个“贫油少气”的国家，中国的天然气和石油供应的增长潜力并不大。在总体供给结构中，石油的比重不断下降，从 1980 年约 25% 的比重下降到 2013 年的 10% 左右。此外，国内的石油资源也日益枯竭。被称为“共和国长子”的大庆油田，目前开采的

综合含水率已经超过了 90%。再从天然气来看，尽管在国家政策的强力支持下，天然气的比重略微上升，但其在能源消费结构中的比重甚小，2013 年仍然仅为 4.6%。

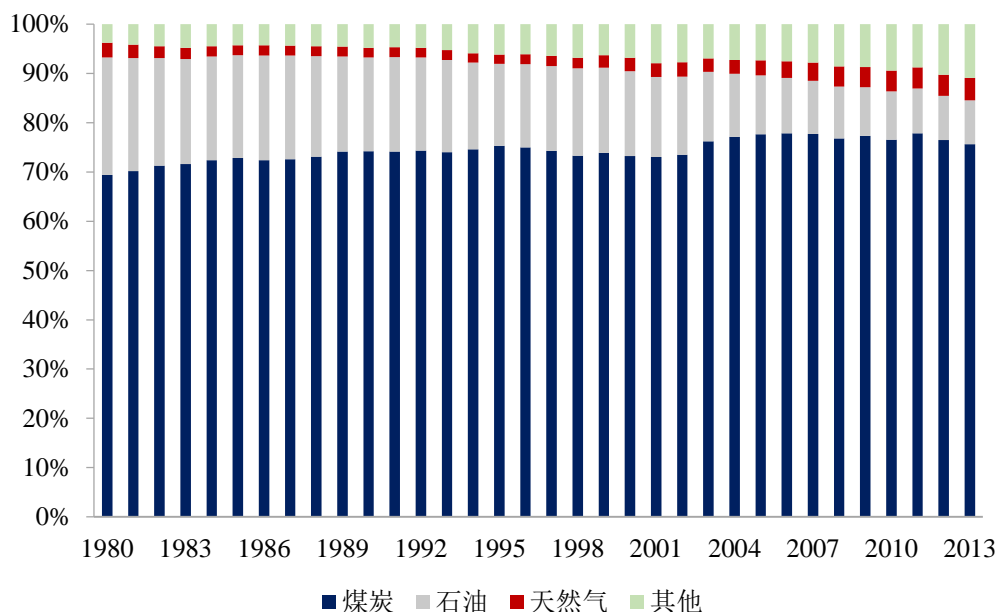


图 1-4 一次能源生产结构

数据来源：《中国能源统计年鉴》

从资源禀赋上看，我国能源资源的储量并不高，并且与美国存在很大的差距。我国一直以来被认为是一个“贫油少气”的国家，石油储量仅占全球的 1%，但美国的石油储存量却占据全球的 2.1%。因此，中国作为世界第二大经济体，在石油能源独立上居于不利的地位。另一方面，我国天然气储量也仅占全球的 1.7%，远低于美国的 4.5%。所幸的是中国主要依赖的化石能源煤炭的储量占到全球的 13.3%，而美国却高达 27.6%。如果再考虑中国巨大的人口基数，人均储量更显得捉襟见肘，远低于世界平均水平。根据《BP 世界能源统计 2013》，中国煤炭储量虽大，但人均储量仅为世界平均水平的 69.4%；石油和

天然气总体储量已经很低，人均石油和天然气的拥有量更是仅相当于世界平均水平的 5.2% 和 8.9%。能源禀赋的不足，为我国未来发展埋下了不确定性的伏笔。

事实上，煤炭本身是一种相对使用效率低、不清洁的化石能源。美国虽然拥有极度丰厚的煤炭资源，但其能源使用效率和清洁化、低碳化程度较高。中国出于自身发展条件的考虑，选择煤炭既是主动发挥自身优势，也是一种被动接受。

另外，我国能源资源的开发难度也在加大，原因之一是由于部分能源资源分布在地理地质条件较为恶劣的地区，现有技术无法开采或造成大量浪费，如我国的非常规油气资源如页岩油、页岩气大多分布于地质条件复杂的地区，同时能源开采的技术尚未达到大规模开发利用的程度，并且关键的技术需从国外引进，目前产量只占能源生产总量的很小一部分。此外，我国对一些能源资源的开发已逼近可持续发展的警戒线，难以进行大规模增产。目前，我国煤炭产量已超过 35 亿吨，而研究表明，在生态环境和水资源承载能力范围内我国煤炭资源的科学产能不宜超过 38 亿吨，若按目前每年增加 1 亿多吨的产能发展下去，将很快进入可持续发展的警戒区。我国东部地区的主力油田已进入高含水、高采出阶段，稳产的压力大大增加。

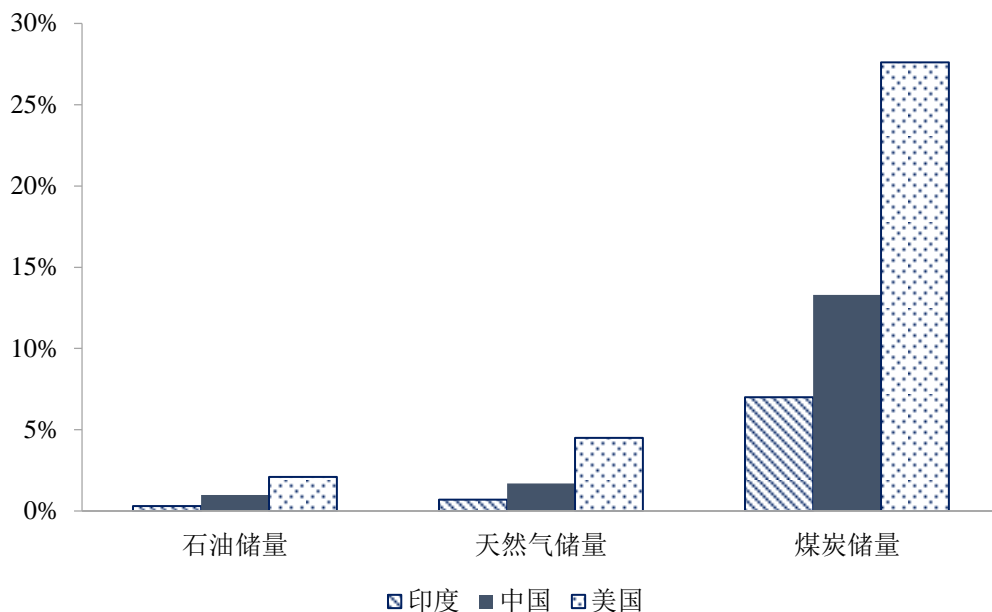


图 1-5 能源储量国际比较

数据来源：《BP 世界能源统计》

目前有一种声音，认为新能源将是能源革命的主力所在。但以此推动能源供给，如大力发展新能源为主的能源改革作用有限。2000年以来，我国可再生能源开发利用量显著上升，至2010年，我国水电发电量为722.2GW，风力发电量上升到31.07GW，光伏发电量890MW，生物质和垃圾发电量16.1GW。但是，与世界部分国家相比，我国可再生能源的开发利用规模很小。以可再生能源发电量占总发电量的比重来看，2010年我国可再生能源发电量占比20.8%，OECD国家平均可再生能源发电量占比38.0%，而加拿大、法国和挪威等国家的可再生能源发电量占比更是超过了70%。将我国新能源发电量与每年新增电力需求做比较，一方面在高强度的政策支持后，我国的新能源发电量实现了一定的增长，从2001年的183亿千瓦时上升到2012年的2054亿千瓦时。另一方面，我国的电力需求总体上呈现出上升

趋势，并且都高于新能源所贡献的发电量。具体来看，在 2007 年以前，我国新能源发电量未超过当年新增用电量的 20%；2010 年和 2011 年，新能源发电量占全社会新增用电量的比重分别为 23% 和 32%；2008 年、2009 年和 2012 年，由于全社会当年新增用电量较少，新能源发电量满足了 40% 以上的新增电力需求；尤其在 2012 年，新能源发电量满足了 78% 的新增电力需求。但是，从新能源发电量和全社会新增用电量的历年趋势来看，新能源发电量在满足电力需求方面的作用是有限的。

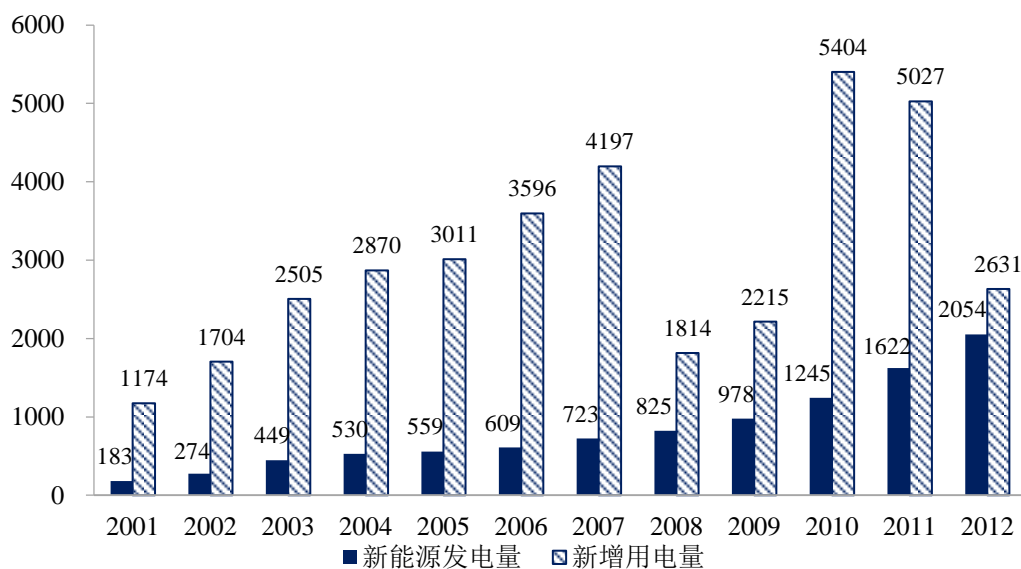


图 1-6 新能源发电量与新增用电量的比较（亿千瓦时）

数据来源：《中国电力年鉴》

（三）能源供给投资长期不足

能源行业具有资本密集、技术密集的特点，在勘探、发掘过程中，还要承担巨大的不确定性。为了保障供给的稳步上升，需要每年进行

大量的固定资产投资。中国每年在能源工业方面投资巨大，2012 年中国能源行业固定资产形成额达到 1.24 万亿元，占全社会固定资产投资形成额的 3.3%。从能源建设投资变化趋势来看，尽管能源工业固定资产投资总额不断攀升，相对于 1995 年的 2025 亿元，增加了 5 倍左右。但从相对比重来看，其在全社会固定资产投资总额中的比重从 1995 年的 10.1% 下降到 2005 年的 5.37%。此后，则一直保持缓慢下降的态势，截至 2012 年，能源行业投资仅占全社会比重的 3.3%。

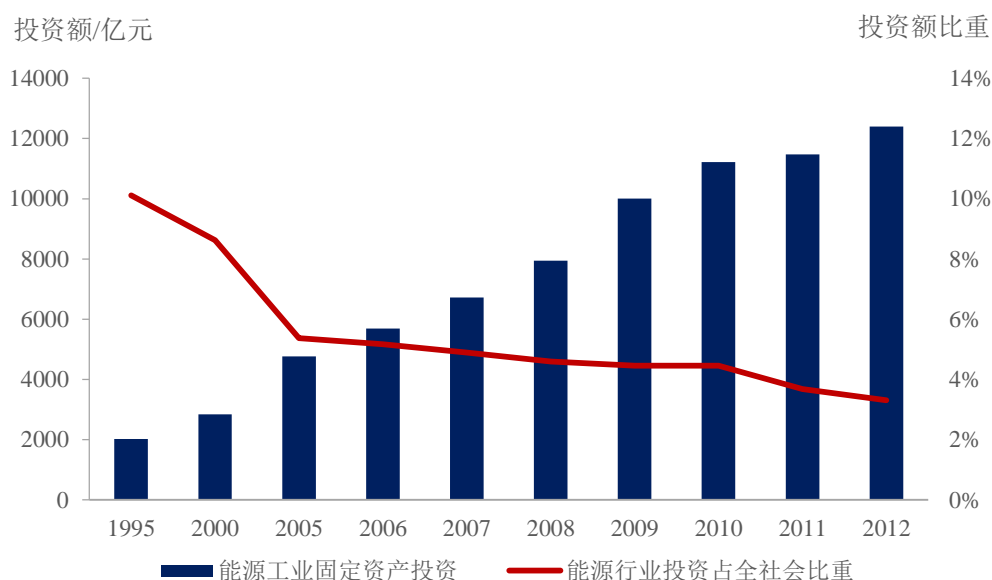


图 1-7 国内能源行业投资分析

数据来源：《中国统计年鉴》，《中国能源统计年鉴》

此外我们发现，能源工业固定资产投资的波动较为剧烈。2001-2005 年，能源工业固定资产投资的增长率大幅上升。其中，2001 年，我国的能源工业固定资产的增长率为 -8%，但在随后的 5 年里，能源工业的固定资产投资迅速增加到 28.8%。背后的驱动因素可能是加入世界贸易组织之后带来的出口猛增，或城市化带来的房地产开发

激增，或是基础设施建设投资增强等因素导致的。值得注意的是，能源工业领域的固定资产投资并非稳步上升，其中在 2006-2008 年和 2010-2011 年，都出现显著地下降，分别减少了 20.3% 和 33.2%，其中 2011 年的投资总量再次呈现出负增长。和能源消费总量增长率相比，2004-2010 年和 2012 年，能源工业固定资产投资的增长率超过了能源消费总量增长率。近年来中国世纪能源工业固定资产投资波动显著，能源行业有不确定性增加的风险。

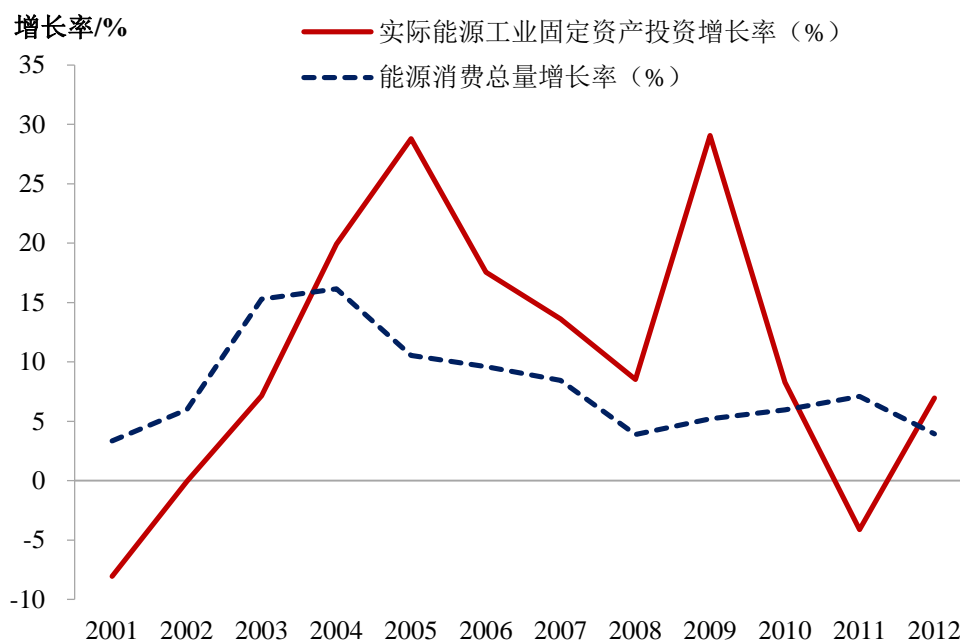


图 1-8 国内能源工业固定资产投资分析

数据来源：《中国统计年鉴》，《中国能源统计年鉴》

除了国内固定资产投资以外，我国还积极奉行“走出去”战略。在每年一亿美元以上的特大型对外投资项目中，能源项目资金总和所占的比重很大。尽管在 2005-2007 年里，能源项目金额比重占大型对外比重出现异常骤减。但在短暂的停歇后，又恢复了到了高位，并在 2009 年达到 56.16%。随后，在每年的特大型对外投资项目中，能源

项目都保持在 40% 以上的比重。巨大的对外直接投资和对内固定资产投资，都是全社会为了提高能源供给总量而付出的经济代价。

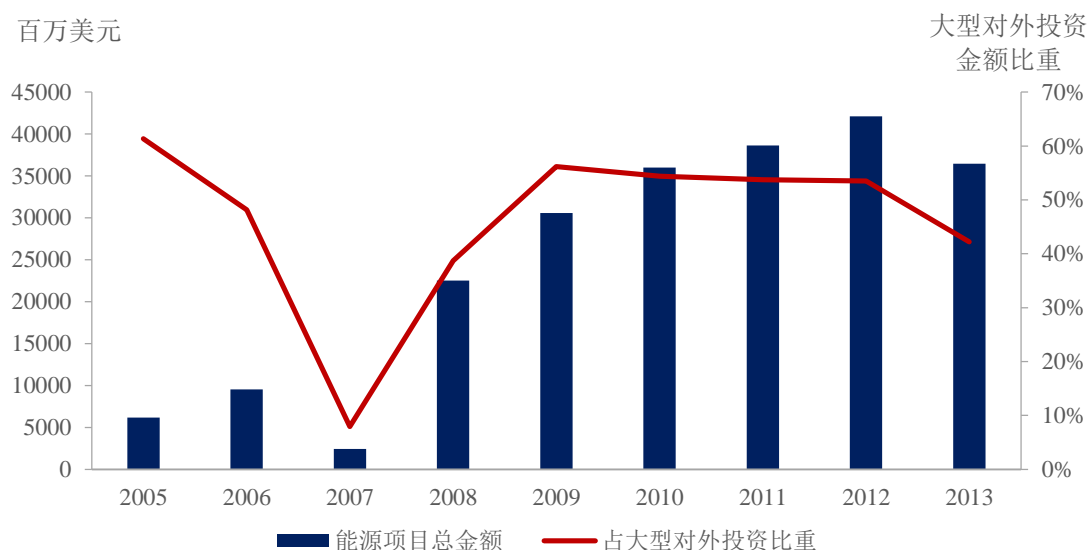


图 1-9 能源对外投资分析

数据来源：

<http://www.heritage.org/research/projects/china-global-investment-tracker-interactive-map>

我国能源需求的高速增长给能源供给带来了持续的压力。再加上我国能源资源储量匮乏，新能源发展尚不足以分担供给压力，能源工业固定资产投资比重持续下降，使得我国能源供给形势雪上加霜。

二、能源需求

我国能源供给压力大，归根结底在于需求上升太快，中国是全球最大能源消费国，过去的几十年里，能源消费总量经历了快速增长。然而，在总量变迁的过程中，能源消费中存在一些固化的特

征，比如消费结构过“黑”、集中于工业部门等，下面将对这些内容展开讨论。

（一）能源总需求快速增长

过去的三十多年里，在经济体制转型、经济全球化和城市化的共同作用下，中国经济挣脱发展的束缚，实现了前所未有的快速增长，成为世界第2大经济体。但经济的增长，离不开能源消费，在我国经济快速增长这一过程中，我国对能源也产生了巨大需求，能源消费总量增加了5倍以上，超过美国成为世界第一大能源消费国。能源消费总量保持着较快的增长，尤其是2000年以后，平均能源消费增长率在7.9%。从1984年到2002年18年之间，中国能源消费总量翻了一番，而进入21世纪以后，2002年到2010年仅仅过了8年的时间就翻了一番，到2013年的时候已经达到37.5亿吨标准煤。

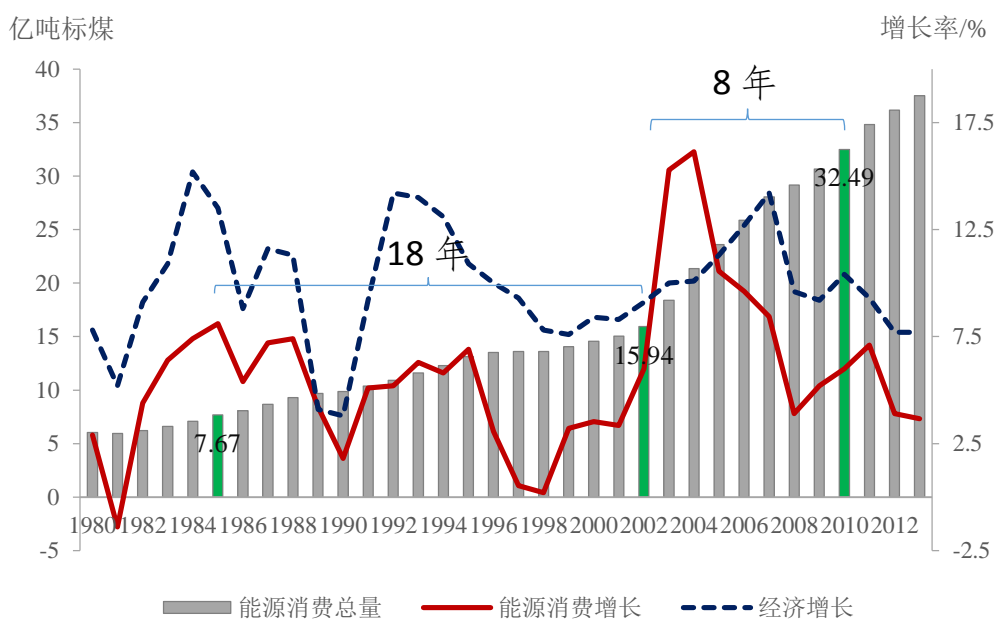


图 1-10 中国能源消费的演化

数据来源：《中国能源统计年鉴》

电力既是经济和社会发展的基本投入品，也是人们生活的必需品，电力的高速增长是经济增长和人民生活改善的前提。从1991年开始，我国的电力市场也步入了一个新台阶，我国全社会用电量从1991年的0.7万亿度增加到2014年的5.5万亿度。平均而言，全社会用电量以9.6%的速度增长。其中，1992、1994-1996、2002-2003、2005-2006以及2010-2011年间的全社会用电增长率都超过了10%。另外，2000、2004、2007年的全社会用电年增长率甚至突破了15%的大关。

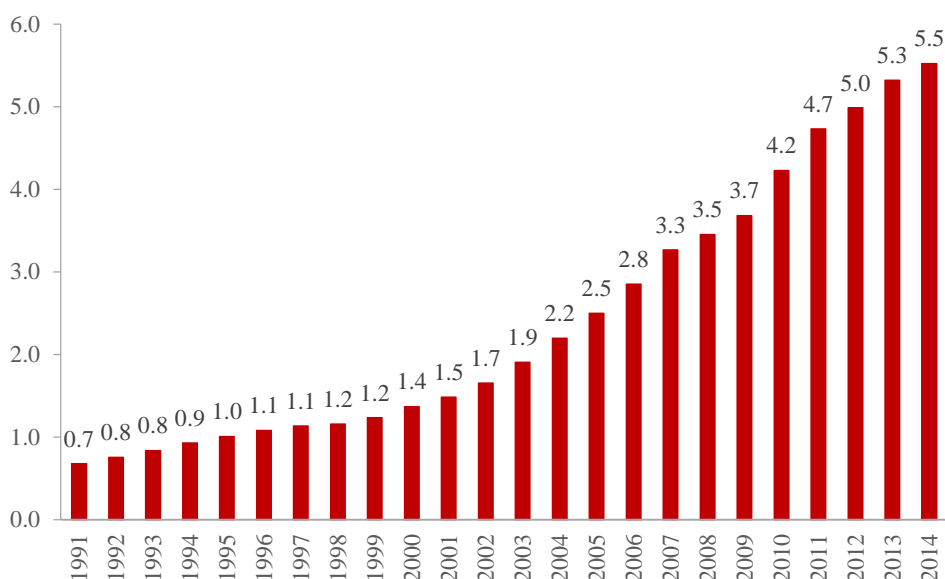


图 1-11 全社会用电量 (亿度)

数据来源：《中国能源统计年鉴》

从能源消费总量的演化上看，世界能源消费总量趋势还在不断上升。但发达国家的能源消费已经呈现平稳的趋势，美国的能源消费总量自1980年以来仅仅缓慢上升，从1980年的18.05亿吨石油当量上

升到了 2007 年的 23.37 亿吨石油当量，年平均增长率仅仅为 0.96%，并且在 2007 年之后呈现下降的趋势，在 2012 年下降到 21.40 亿吨石油当量。事实上，不单单是美国，很多西方发达国家的能源消费量，近几年都已经呈现出跨过峰值，开始下降的态势，而美国仅仅是其中一个代表。经合组织是一个富国俱乐部，一定程度上可以代表经济水平较为发达的国家，从 OECD 国家整体的能源消费上来看，同样在 2008 年能源消费总量达到高位 55.49 亿吨石油当量，之后呈现下降趋势，在 2012 年下降到 52.50 亿吨石油当量。当然，发达国家能源消费量的下降，一定程度上和仍未结束的全球性经济危机有关。因此，全球能源消费增加完全由发展中国家造成，作为最大发展中国家的中国首当其冲，致使中国在国际气候、环境大会中处于被动。

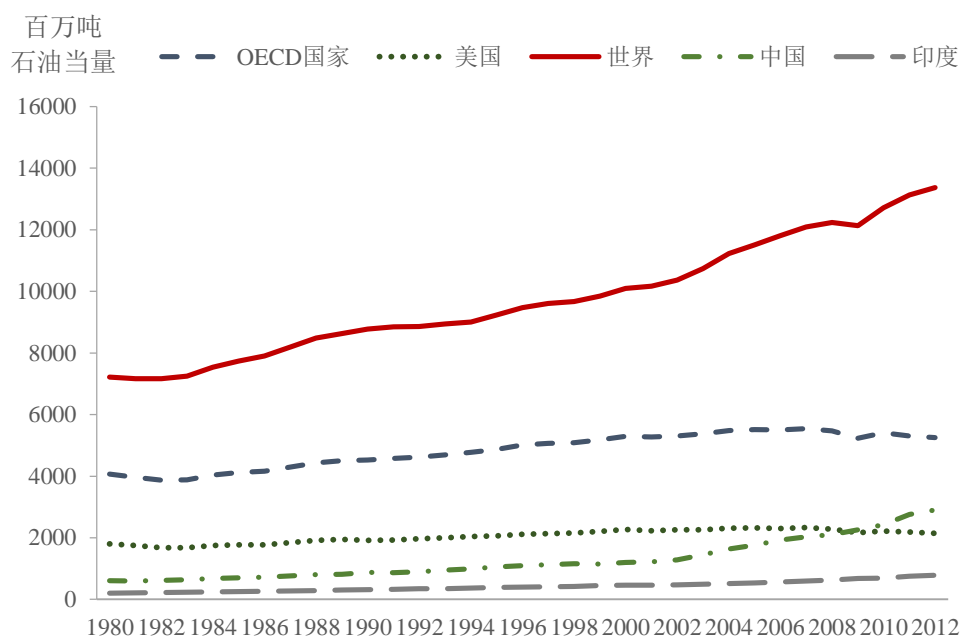


图 1-12 能源消费国际比较

数据来源：IEA, Statistics by Countries

从消费总量占全世界的比重上看，中国占全球能源消费的比重上

升非常明显。改革开放初期，作为全球人口第一大国，总能耗还不到全球的 10%，考虑当年中国人口占世界比重为 22.4%，中国的人均能源消费还不到世界平均水平的一半。1980 年以来中国能源消费占世界的比例不断上升，2012 年中国一次能源总消费量占到了全球能源消费量的 21.7%，高于美国的能源消费占比 16%。从趋势上看，几十年来中国、印度等发展中国家在全球的能源消费比重不断上升，而另一方面，以美国为首的较为发达的国家阵营所占比重却在不断下降。印度的增长速度和整体规模都远远不及中国，2012 年，印度的能源消费量仅为中国的 27%，经济规模总量也仅仅是中国的 22.8%。作为世界第二大发展中国家，印度与中国之间的整体规模差距还很大。

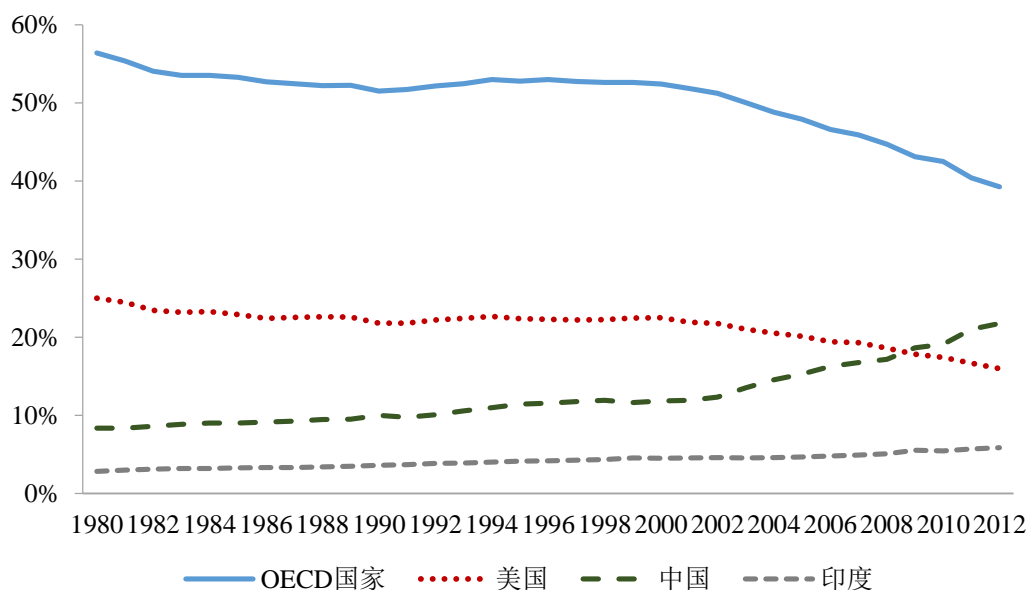


图 1-13 能源消费占世界比重

数据来源：IEA, Statistics by Countries

能源消费总量的增加，使得环境污染、气候变暖、能源安全等问题更加棘手，对我们的能源发展、经济转型提出更严峻的挑战。这些

问题将在后面的章节中展开更详细的讨论。

（二）能源需求结构长期以煤为重

受“富煤贫油少气”的能源禀赋限制，三十多年来，我国一次能源消费结构中，煤炭占据着绝对的优势，长期以来占比在 70% 左右。目前，天然气的比重有所增加，从 1980 年的 3.10% 上升到 2013 年的 5.8%；煤炭的比重为 66%，石油的比重为 18.4%，仅略微降低。

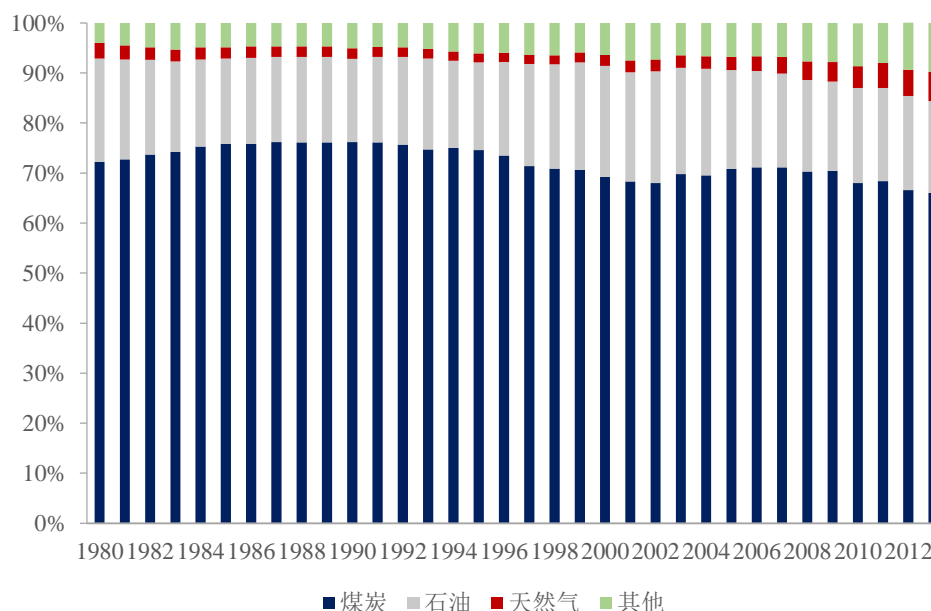


图 1-14 历年我国能源使用结构

数据来源：《中国统计年鉴》

从能源结构的终端使用上看，煤炭消费从 1980 年的仅仅 2 亿吨标煤上升到 2012 年的 7.69 亿吨标煤，占比从 40.8% 降到 32.7%。石油的上升非常明显，从 0.53 亿吨标煤上升到 6.08 亿吨标煤，占比从 10.8% 上升到 24.8%。天然气的比重有所提高，但依然很小，从 0.02 亿吨上升到 1.16 亿吨标煤，比重从 1.1% 上升到 5.8%。电力的上升也

非常明显，从 3.0% 上升到 21.0%，这很大程度上得益于家电的普及和人民生活水平的提高。可再生能源从 2.2 亿吨标煤上升到 3.09 亿吨标煤，增长很低，比重从 44.9% 降到 12.9%。由于经济发展，人们普遍能够使用上商品性能源，薪柴、牛粪等传统生物质能源逐渐告别我们的生活。

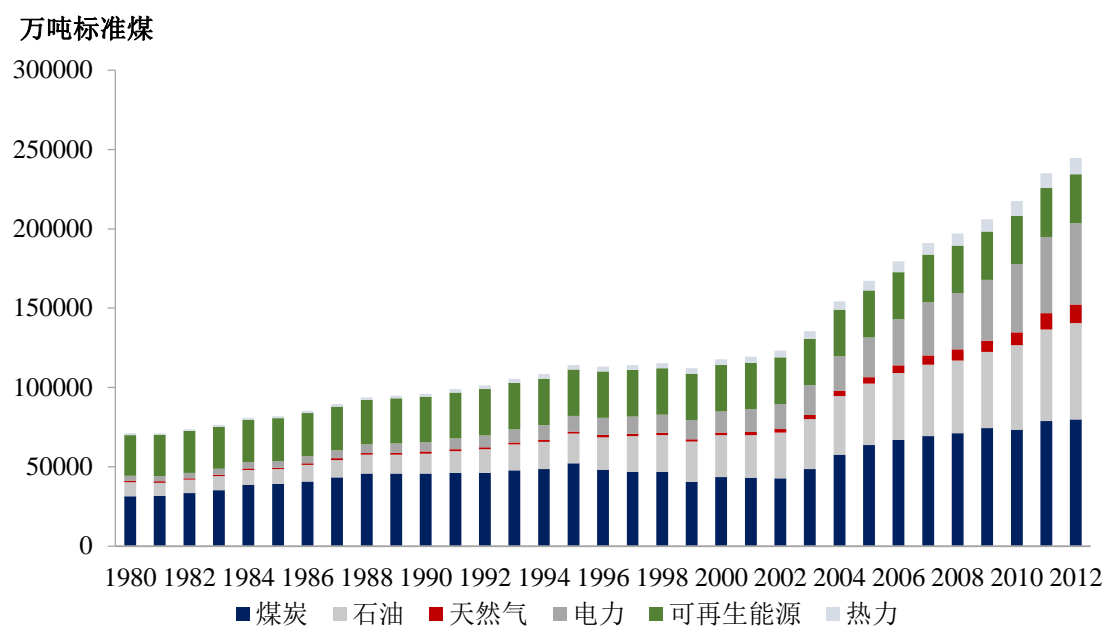


图 1-15 终端能源消费结构

数据来源：IEA, Statistics by countries

从能源的终端使用部门来看，1980 年中国的工业用能比重高于发达国家和世界平均水平；在交通上的比重仅为 5.01%，远小于 OECD 国家的 26.59%；同时期中国的普通商业和公共事业能源消费比重也极低，仅有 1.26%。这绝不是因为当时中国人生活用能浪费无节制，恰恰相反，体现的是当时经济活动低迷，经济总量小，能源消费量极低的贫困画面。事实上，1980 年正是改革开放起步时期，中国国内经济百废待兴，当时中国人均能耗仅为世界平均水平的 37.4%，OECD

国家的 14.7%。由于国家的政策导向，重工业优先发展，因此工业在能源消费构成中占据很大一块，但限于当时的社会工业总资本存量低，总体用能规模并不大。经过三十多年的发展，我国能源终端消费总量和结构发生重大变化，工业部门终端用能增幅最大，从 2.7 亿吨标煤上升到 11.6 亿吨标煤，增长了四倍以上。交通方面终端用能从 0.35 亿吨标煤增长到 3.44 亿吨标煤，几乎翻了十倍。居民用能仅从 3.4 亿吨标煤上升到 5.3 亿吨标煤，增长幅度最小。商用和公共服务用能从 0.09 亿吨标煤上涨到 0.88 亿吨标煤，涨幅接近十倍。

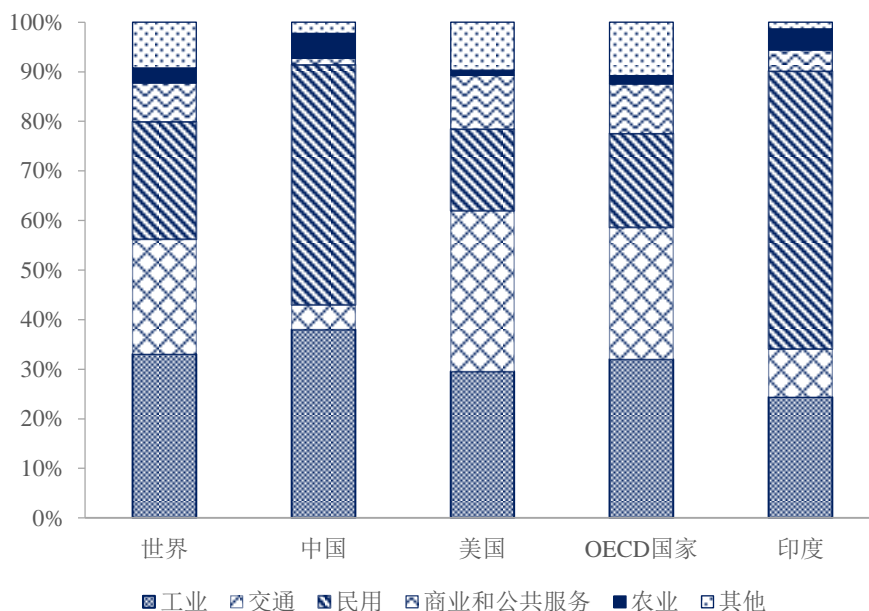


图 1-16 终端能源消费构成国际比较 (1980)

数据来源：IEA, Statistics by Countries

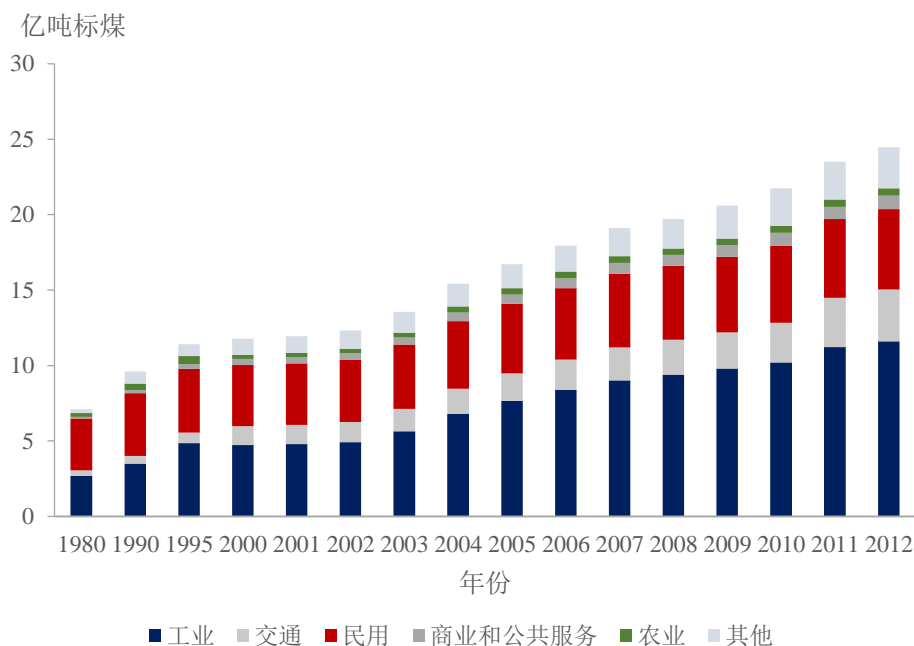


图 1-17 中国终端能源消费（按部门）

数据来源：《中国能源统计年鉴》

改革开放以后，中国经济腾飞，依靠廉价的劳动力、原料优势成为“世界工厂”。在终端用能中，工业用能达到 47.45%，远远超过世界平均水平的 28.3%和 OECD 国家的平均水平 22.1%。和 1980 年相比，发达国家的工业用能比重是下降的，由于国际分工和贸易结构的变化，发展中国家成为发达国家的高耗能产业迁移对象，所消耗的能源中有很很大一部分属于贸易品种的消耗，被进口国的国民所享用，这部分能源称为贸易隐含能，是导致中国等发展中国家工业能耗比重提高的原因之一。交通方面，中国的终端用能比重仅有 14%，仍远低于发达国家的 33.1%，这个比重在美国更高达 41.7%。民用、商业和公共服务能耗比重仍然低于发达国家水平。虽然中国的居民用能比重略高于发达国家，但考虑到中国的人口基数，人均生活用能还是远低于

发达国家水平。生活用能水平一定程度上反映一个国家的国民生活水平，中国和发达国家相比仍有差距。印度作为全球第二大发展中国家，终端用能构成和中国具有相似性，但近几十年来印度发展缓慢，工业化程度远远不及中国，整体发展水平差距还很大，这也是其工业用能水平远低于中国的原因之一。

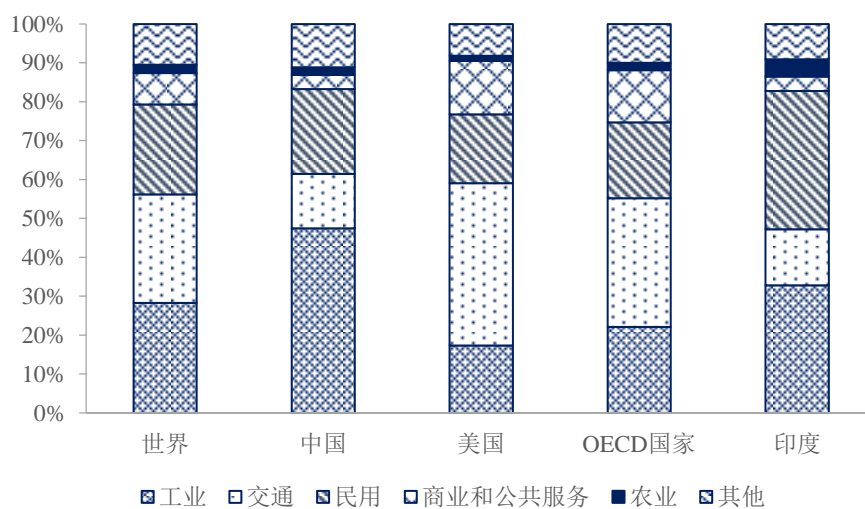


图 1-18 能源消费国际比较 (2012)

数据来源：IEA, Statistics by Countries

(三) 能源需求预测：拐点在哪里？

自 2003 年的“电荒”以后，为避免季节性甚至全年性能源紧缺问题的再度重演，清楚了解能源供需形势、搞好能源需求预测对保障我国经济稳定有序发展具有重要意义。对一个经济体进行能源预测通常会涉及该地区能源消费的历史与现状，通过对能源消费各因素的分析，考察能源需求与各因素的关系，并在此基础上对未来能源需求总量及能源结构给出定量或定性分析。目前，主要的能源需求预测的方

法见表 1-1。

表 1-1 能源需求预测主要方法

预测种类	预测方法	相关研究	缺点
相关分析法	部门分析法	IEA; EIA 等	基于历史数据进行估计, 无法准确预知未来经济发展的跳跃性变化; 主观性较强
	情景分析法	林伯强 (2013); 徐铭辰等 (2011)	
	投入产出法	伍亚等 (2011); 魏一鸣等 (2006)	
	能源消费弹性系数法	曾胜 (2011);	
数学模型法	时间序列法	林伯强 (2003); Crompton & Wu (2004); 卢二坡 (2005)	只描述社会经济现象的某一方面, 缺乏对经济信息的全面充分考虑
	灰色关联法	于超等 (2007); 王立杰等 (2002)	
	BP 人工神经网络模型	李亮 (2005); 黄海萍 (2007)	

在对中国 2020 年能源消费的估计上, 国内外能源机构通常利用情景分析的方法来研究能源需求总量与部门能源需求, 2000 年以前的研究大多认为 2020 年中国的能源总消费量在 20-30 亿吨左右, 这些研究结果没有预见到 2000 年之后中国能源消费速度的快速增长和经济规模的迅速膨胀。实际上, 2010 年中国能源消费总量已经超过 30 亿吨。这可能是由于采用了针对发达国家所设定的能源需求模型进行估计, 造成了对发展中国家能源需求预测产生偏差有关。事实证明, 发展中国家并未完全遵循发达国家的发展轨迹。

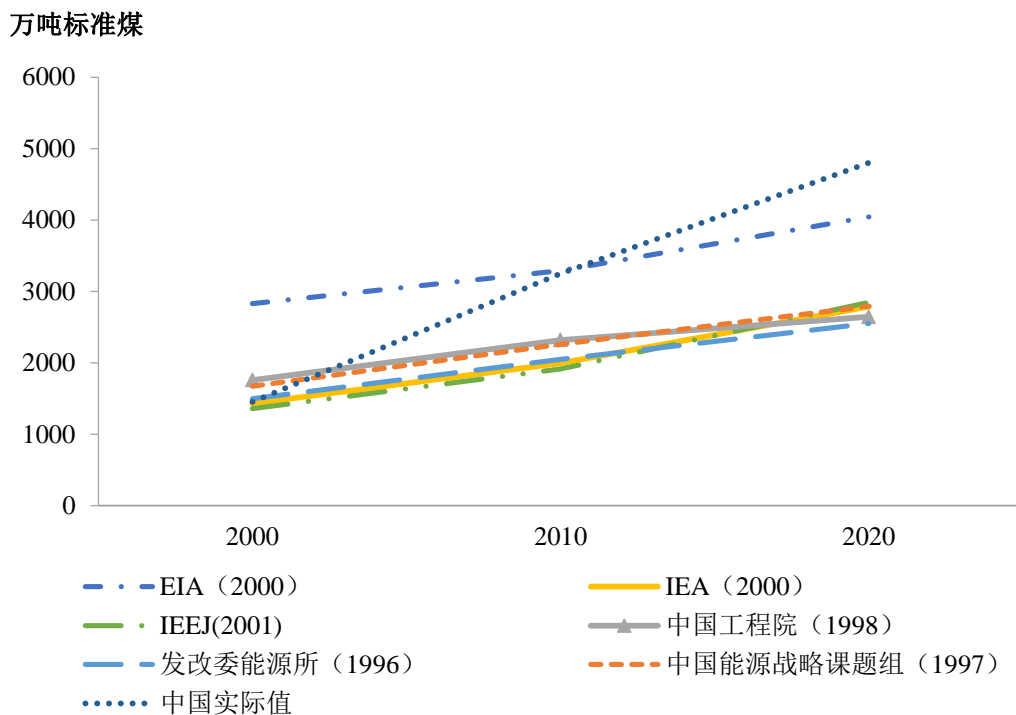


图 1-19 早期各机构 2020 年中国能源需求预测值

数据来源：作者整理

注：2020 年中国能源需求实际值为《能源发展战略行动计划(2014-2020 年)》提出的我国 2020 年一次能源消费控制量。

国务院办公厅近期印发的《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》，明确了 2020 年我国能源发展的总体目标、战略方针和重点任务，部署推动能源创新发展、安全发展、科学发展。这是今后一段时期我国能源发展的行动纲领。文件中表示，要以开源、节流、减排为重点，确保能源安全供应，转变能源发展方式，调整优化能源结构，创新能源体制机制，着力提高能源效率，严格控制能源消费过快增长，着力发展清洁能源，推进能源绿色发展，着力推动科技进步，切实提高能源产业核心竞争力，打造中国能源升级版，为实现中华民族伟大复兴的中国梦提供安全可靠的能源保障，其中明确提出到 2020 年，

一次能源消费总量控制在 48 亿吨标准煤左右。

近两年，国内外主要智库对中国 2020 年的能源需求预测多在 50 亿吨左右。通过简单利用外推法，假设 2012 年以后能源消费按照 1990-2012 年的平均增长率为 6.15% 增长，2020 年中国总能耗量将为 58.3 亿吨标煤。假设 2012 年以后能源消费以 2002-2012 年平均增长率 8.38% 增长，2020 年总能耗将达到 59.5 亿吨。假设 2012 年以后能源消费增长率保持在 3.95%，那么 2020 年能源消费总量将达到 50.9 亿吨。外推法的基本假设是能源消费结构和能源消费增长速度都保持不变，但是，随着技术进步和产业升级，能源强度下降，能源消费速度下降，能源消费总量并不会一直保持增加，可能出现拐点，呈现下降趋势。

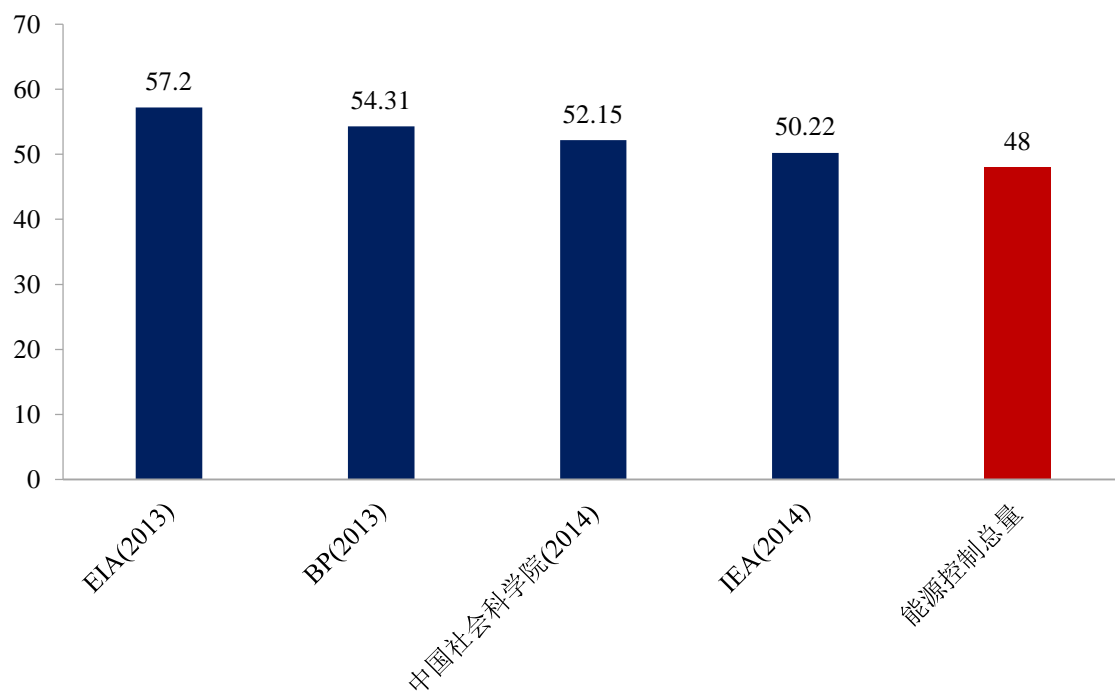


图 1-20 近期各机构 2020 年中国能源需求预测值 (亿吨标准煤)

数据来源：作者整理

无论从能源消费绝对量，还是从我国能源消费量占世界的份额来看，我国无疑是世界能源消费大国。在考虑长期以煤炭为主的能源终端消费结构，以及以工业部门为主的能源终端消费主体的情况下，2020年我国能源消费总量控制的目标有望实现，甚至可能出现拐点，呈现下降趋势。

三、经济结构

长期以来，我国经济结构以第二产业为主，在国际贸易分工中承担着能源密集、劳动密集型的环节，经济增长走的是高耗能、高污染之路。虽然我国经济结构中第三产业比重有所上升，并超过第二产业比重，但仍低于发达国家。高耗能产业在能源消费中占据的比重居高不下，致使能源消费结构固化，不利于能源转型和经济转型。

（一）第三产业比重持续上升

伴随着经济增长带来能源消费量剧增，我国成为世界头号能源消费大国。尽管经济总量的增长是加重我国能源消费压力的重要动因，但经济总量增长并不能完全地解释能源消费增长，产业结构与能源消费是否匹配才是问题症结所在。经济结构不合理不仅是我国能源使用效率低下的重要诱因，同时也导致了我国能源消费结构固化。

但近年来，我国经济结构调整取得积极进展，产业结构得到一定优化。在2008年前，我国第三产业对GDP的贡献率相对稳定在41%

左右；2008 年之后，受累于工业比重的持续下滑，第二产业占国民经济比重也出现了下降，而第三产业比重开始逐渐上升；到 2013 年，我国第三产业占比达到了 46%，首次超过了第二产业占经济比重（43%）。

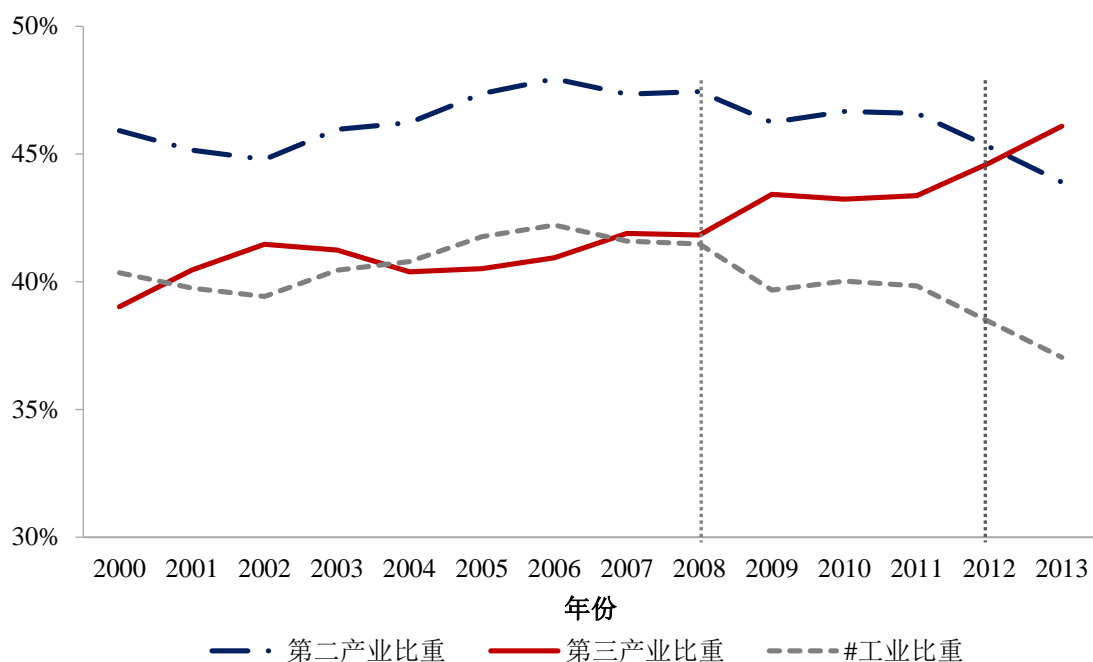


图 1-21 我国产业结构走势（2000-2013）

数据来源：《中国统计年鉴》

从国际比较来看，发达国家第三产业比重普遍在 70% 左右，即使部分发展中国家也已达到 50% 以上。尽管我国经济结构调整取得了一定进展，但第三产业比重仍低于其他发达国家水平，而且也低于发展中国家 50% 的水平。因此经济结构仍需加强调整力度。

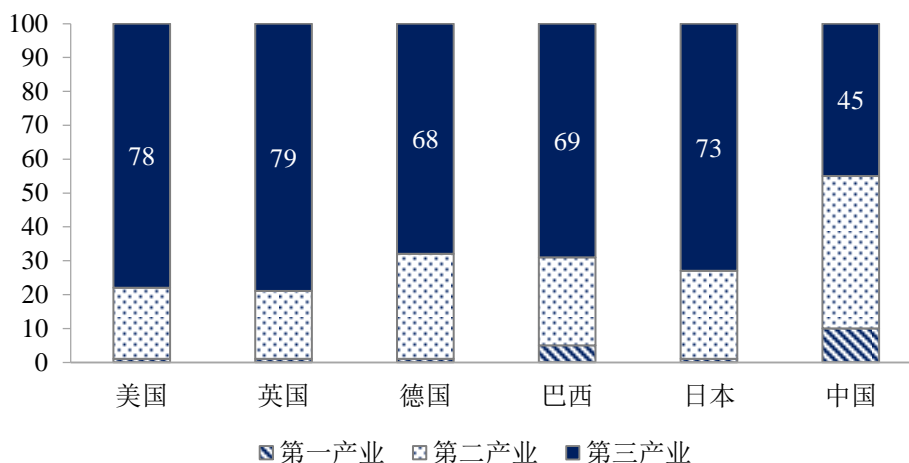


图 1-22 2012 年主要国家产业结构比较 (%)

数据来源：世界银行 (www.worldbank.org)

产业结构调整历来是政府施政的主轴之一。在历年政府工作报告中我们发现，“结构调整”这个词首次出现在1980年代，最多的是1991年，出现了66次。2010年以来这个词又开始密集出现。显然，结构调整在几十年来都是党中央国务院的重要政策目标。

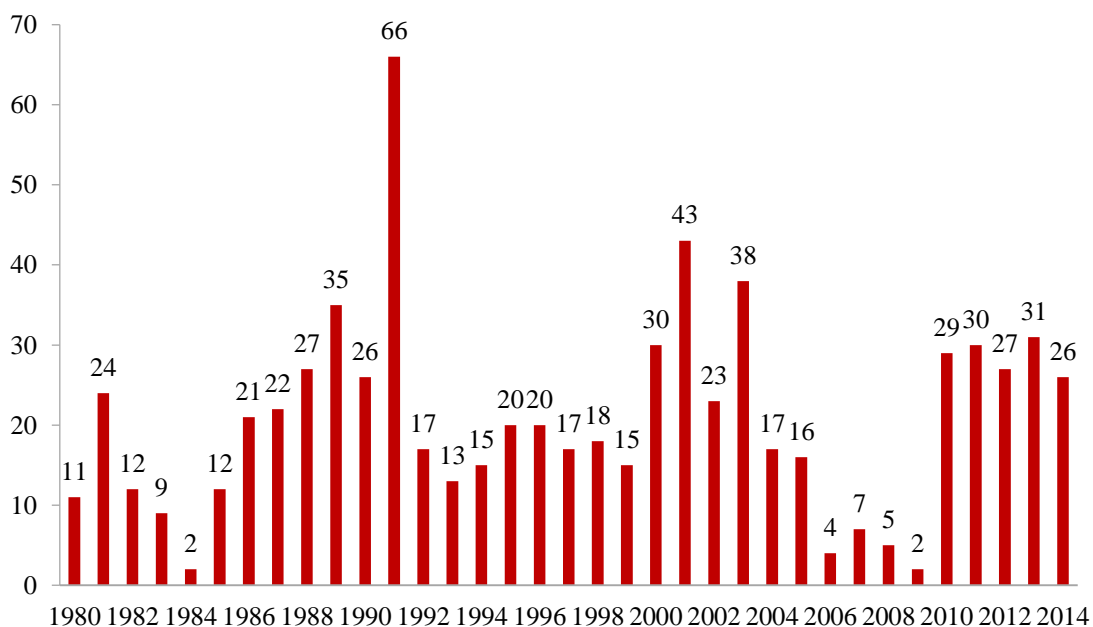
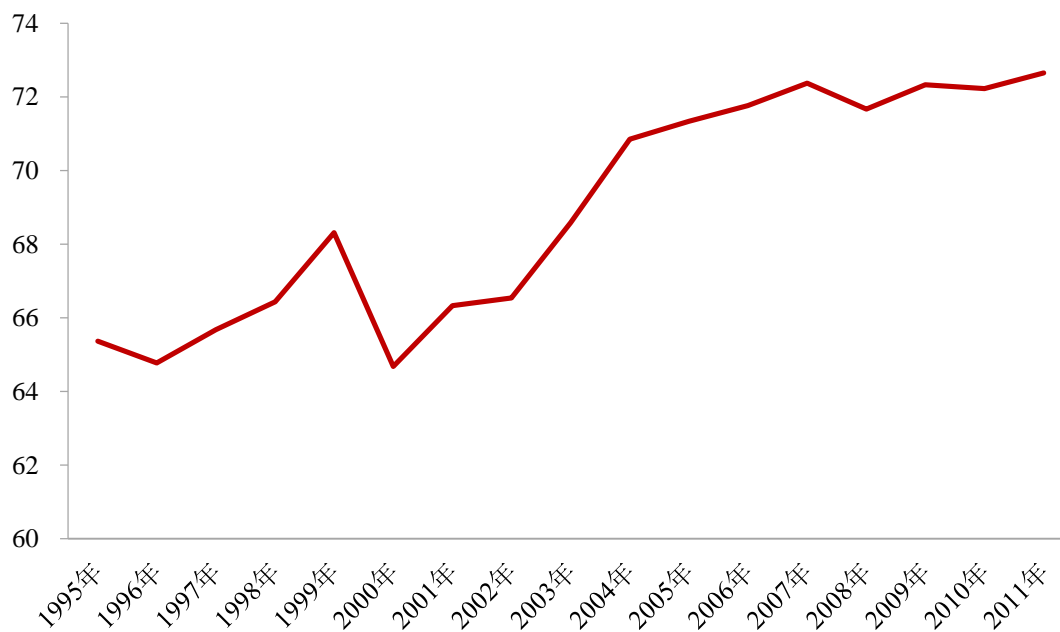


图 1-23 “结构调整”词汇出现在政府工作报告中的次数

来源：作者整理

(二) 高耗能产业耗能居高不下

从能源消费量来看，我国工业能源消费占能源消费总量的70%以上，工业部门内部的重化工倾向明显，六大高耗能行业²用电量占工业用电量的比重大体维持在63%左右；高耗能产业能源消费量占工业能源消费量的比重在2000年后，一路攀升到72%左右，对我国能源造成的压力不可小觑。尽管这些高耗能行业给经济发展提供了重要的物质基础，但同时也是资源、能源消费大户。具体来看，2011年我国六大高耗能行业总产值占工业总产值比重不到35%，但其能源消费量比重却超过75%。尤其是钢铁行业能源消费量达到24%左右，可见我国经济发展的重工业化特征在能源消费方面表现得十分显著。



² 六大高耗能行业分别为：化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、石油加工炼焦及核燃料加工业、电力热力的生产和供应业。

图1-24 高耗能产业能源消费量占工业能源消费量的比重 (%)

数据来源：中国经济与社会发展统计数据库

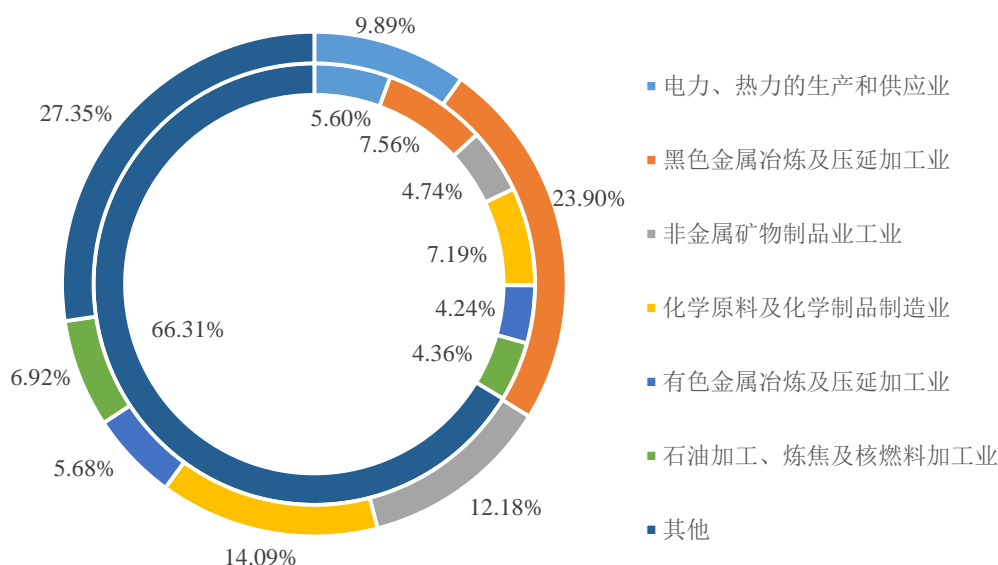


图 1-25 2011 年高耗能行业总产值（内）与能源消费量（外）占工业比重

数据来源：《中国能源统计年鉴》

从高耗能行业的能源需求变化情况来看，近年我国工业化与城市化进程加速，大规模基础设施建设与城市人口膨胀，对钢铁、水泥等高耗能产业产生更加强盛的需求。当前发展进程中的重工业化特征将对能源产生更大需求。从图 1-26 可以看到，2000 年后高耗能行业的能源需求普遍增加，尤以钢铁行业为代表的黑色金属冶炼及压延加工业增幅最为显著，从 1999 年的 16910 万吨标煤上升到 2011 年的 58896.58（单位），年均增长高达 7.87%。概括而言，除少数年份外，我国的高耗能行业能源消费量占工业能源消费总量的比重均保持上升趋势，且 2004 年以后稳定在 70% 左右。

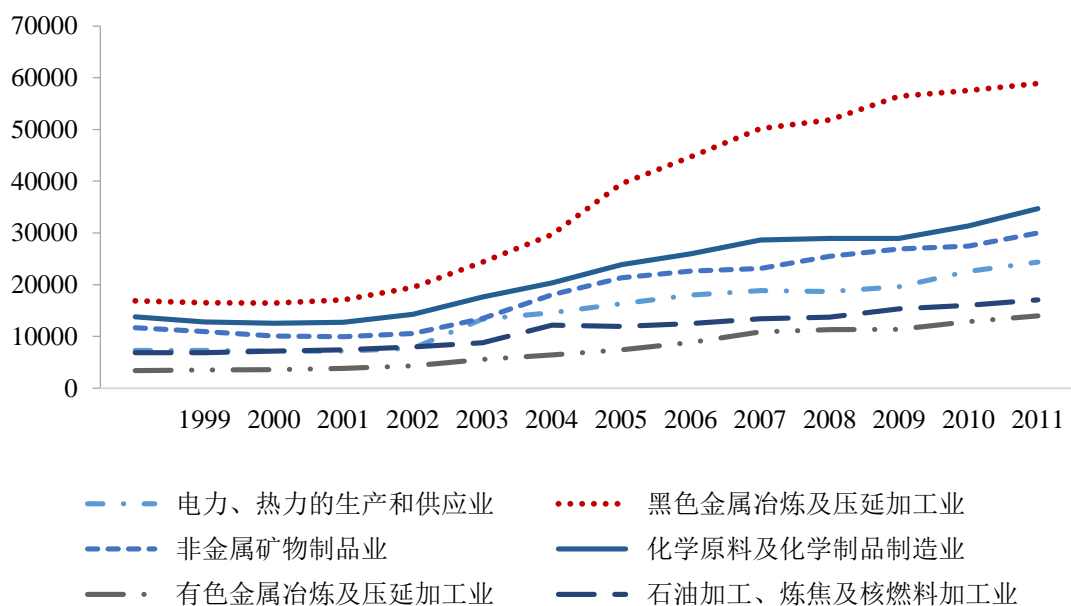


图 1-26 1999-2012 年我国高耗能行业能源消费量 (万吨标准煤)

数据来源：中国经济与社会发展统计数据库

近年来，我国经济结构调整取得积极进展。但与其他发达国家相比，经济结构仍然较“重”，尤其是工业部门内的重化工倾向较为明显。继续深化经济结构调整，促进技术升级，转变高耗能行业的发展方式以调控我国能源消费总量。

四、负外部性

能源在开采、运输、加工、使用及废弃物处理过程中均存在负外部性。伴随着经济总量与能源消费总量的快速增长，落后的能源生产技术与较重的能源消费结构引致的负外部性问题也日渐突出。这主要体现为生态破坏与环境污染。但同时由环境污染所导致的居民健康水平的下降以及环境治理成本的增加也不容忽视。在全球污染物方面，

我国已经成为二氧化碳的最大排放国；在本地污染物排放方面，我国的PM、二氧化硫、氮氧化物等废气、废水等的排放都有了迅猛增长，已成为二氧化硫的最大排放国，生态环境承载能力已接近极限。

（一）全球气候变暖

由能源不当利用带来的环境恶化除了表现在大气和江海污染加剧、淡水资源日益短缺、生物多样性受到威胁等方面外，二氧化碳等温室气体的过量排放所引发的全球气候变暖问题也开始引发人们关注。由气候变化导致自然灾害发生的频率和强度都大幅增加，气候变化成为当今人类面临的最重大的挑战之一。

能源消费总量与能源结构直接关系到了二氧化碳排放的总量与增长速度。从工业革命以来，世界经济处在飞速发展中，不仅刺激了化石燃料的广泛应用，同时也使得碳排放一路走高。目前，中国已经成为世界头号碳排放大国。1985年，碳排放方面美国一家独大，占据全球碳排放份额的24.5%，中国时值改革开放初期，仅占9.3%。经过三十年的发展，中国已然成为世界第二大经济体，同时也成为了世界头号碳排放大国，排放总量占到全球份额的26.4%，超过美国的24.5%。目前中国经济仍然处在高速增长中，按照目前的趋势，碳排放还没有呈现出接近峰值的征兆。而世界发达经济体美国、日本在碳排放总量上已呈现出下降的趋势。

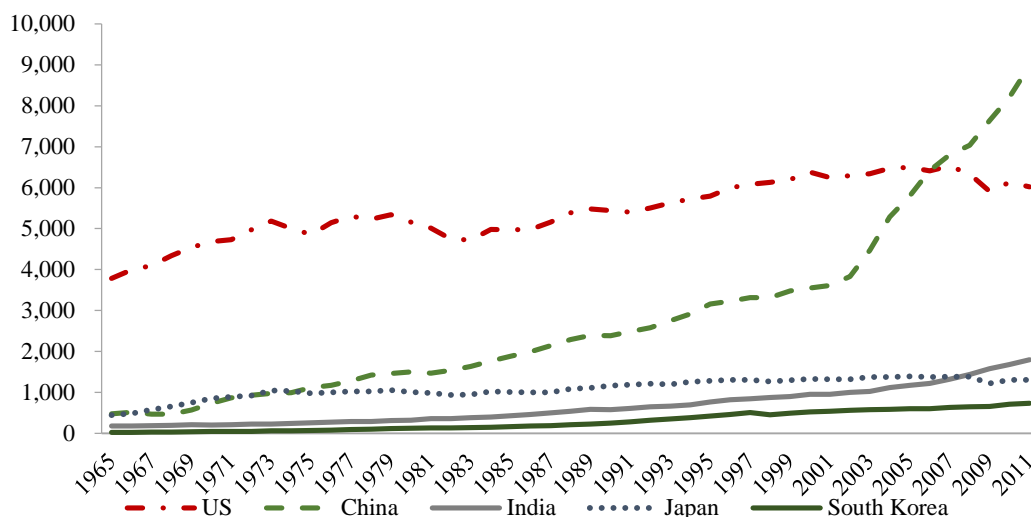


图 1-27 主要经济体二氧化碳的历史排放 (百万吨)

数据来源: EIA

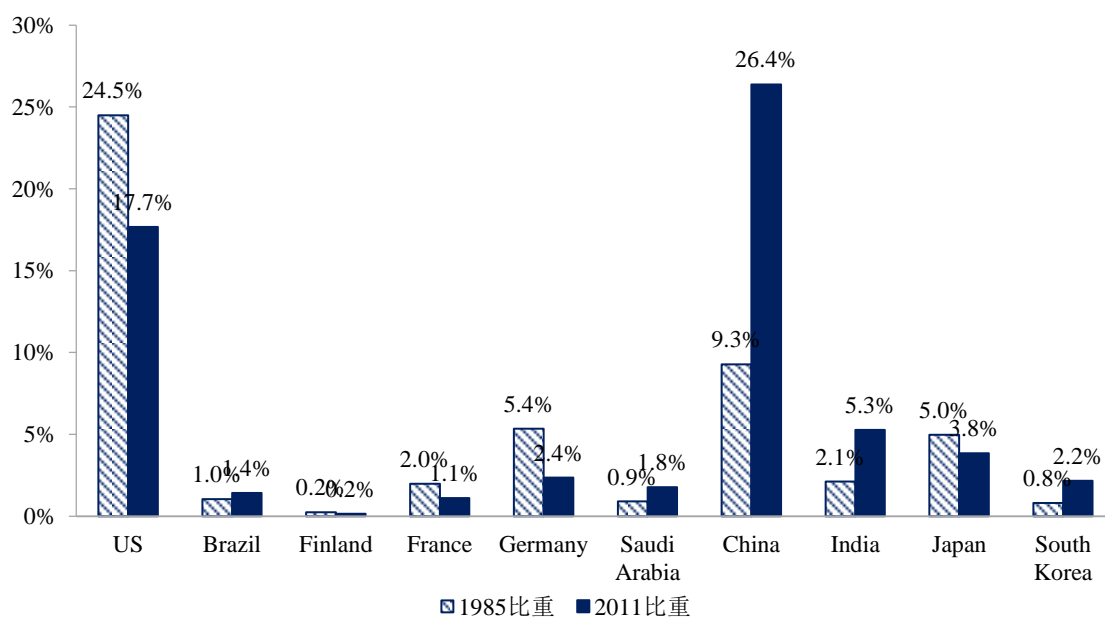


图 1-28 主要经济体二氧化碳排放量占全球二氧化碳排放总量的比重

数据来源: EIA

中国作为当前世界的头号碳排放大国, 面临着巨大的国际压力。如果不做出正确的表率将有损我国负责任大国的形象, 势必面临世界

各国的指责。然而，目前我国减排压力巨大。首先，我国经济整体处于快速增长阶段，碳排放随着经济增长的规模效应不断上升，短时间内不会下降；第二，我国排放量区域集中度过高，碳排放集中于重化工业中心和人口密集的东部大城市；第三，我国产业集中度很高，高耗能产业集群化现象很明显；第四，目前没有合适有效的减排政策工具能够使用；第五，碳排放与能源消费之间关系密切，而我国在能源消费上严重依赖煤炭资源，非常不利于碳排放的下降；第六，抑制碳排放势必会对我国的出口、就业、财政收入、投资以及整体经济增长造成影响；第七，抑制碳排放也将影响消费、投资与政府支出以及整体经济增长。

（二）国内环境污染严重

从大气环境来看，煤炭、石油等化石能源使用的低效率是大气环境遭到破坏的重要原因。化石能源的燃烧往往伴随着大量废气的产生，其中煤炭燃烧的污染物排放水平最高。2013年，全国工业废气排放量669361亿立方米（标态），比上年增加5.3%。其中二氧化硫排放量2043.9万吨，比上年减少3.5%。工业二氧化硫排放量1835.2万吨，比上年减少4.0%，占全国二氧化硫排放总量的89.8%。全国氮氧化物排放量2227.3万吨，其中工业氮氧化物为1545.7万吨，占全国氮氧化物排放总量的69.4%。城镇生活二氧化硫排放量208.5万吨，比上年增加1.4%，占全国二氧化硫排放总量的10.2%。根据环保部2012年数据显示，就近年的大气污染情况来看，二氧化硫排在逐年减少，

相对的污染程度有所下降，而 PM_{2.5}、臭氧等污染物成为了大气污染物中超标最为严重的污染物。此外，全世界污染最严重的 30 个城市有 20 个都在中国。

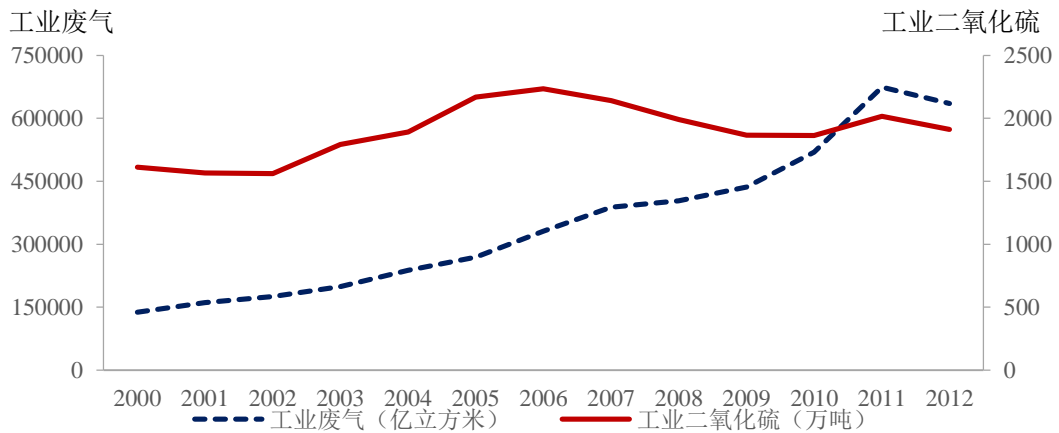


图 1-29 我国历年工业废气与工业二氧化硫排放量

数据来源：《中国环境统计年鉴》

Global Annual Average PM_{2.5} Grids from MODIS and MISR Aerosol Optical Depth (AOD), 2010
Satellite-Derived Environmental Indicators

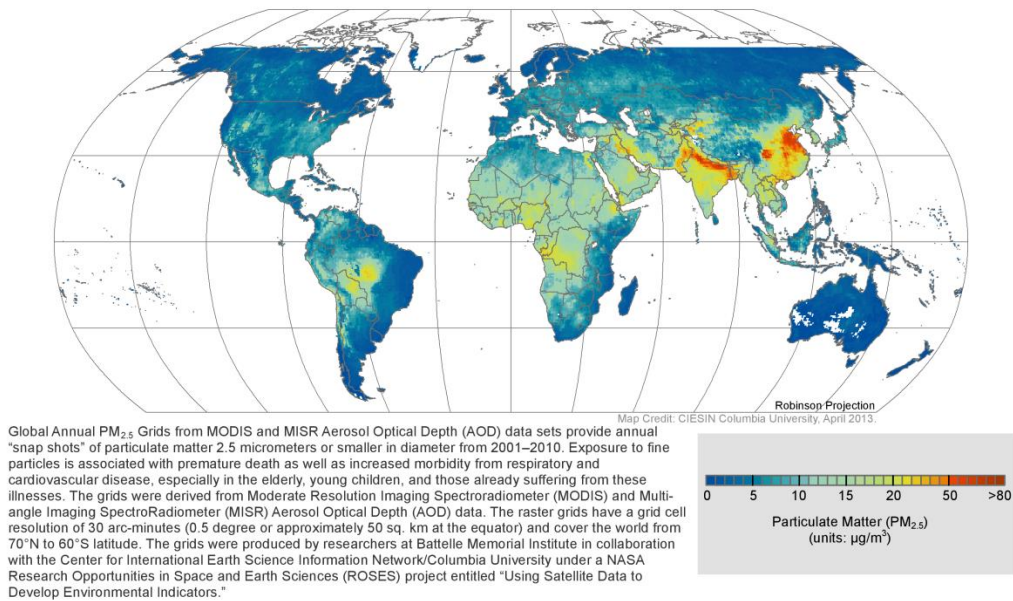


图 1-30 2010 年全球 PM_{2.5} 分布情况

数据来源：NASA

据 NASA 测算,中国 2008 年 $PM_{2.5}$ 排放量达 1388 万吨,占世界总排放量的 34%。 $PM_{2.5}$ 作为目前最为严重的大气污染物,同时也是近年来频频发生的雾霾现象的“罪魁祸首”。 $PM_{2.5}$ 的形成与大气排放物中的烟尘、无机盐等有密切的联系。如图 1-31 所示,张小曳等(2013)通过对 2006 和 2007 年在我国 16 个观测站、每 3 天 1 次滤膜气溶胶样品的分析,发现我国大气气溶胶中,矿物气溶胶、硫酸盐和有机碳气溶胶(OC)三类气溶胶贡献了我国 PM_{10} ³ 质量浓度的 70% 左右,硝酸盐占约 7%,铵盐占约 5%,元素碳气溶胶(也被称为黑碳)占约 3.5%。也就是说这些气溶胶粒子组成成分中的大部分都与煤炭的燃烧有直接关系,从而可以推断出,目前我国 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染严重的情况,与我国长期以煤炭为主的能源结构有着必然的联系。

³ $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的区别只在于颗粒粒径上,主要的成分和来源基本相同。根据世界卫生组织研究,发展中国家 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的 50% 左右,发达国家 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的 50—80% 左右。

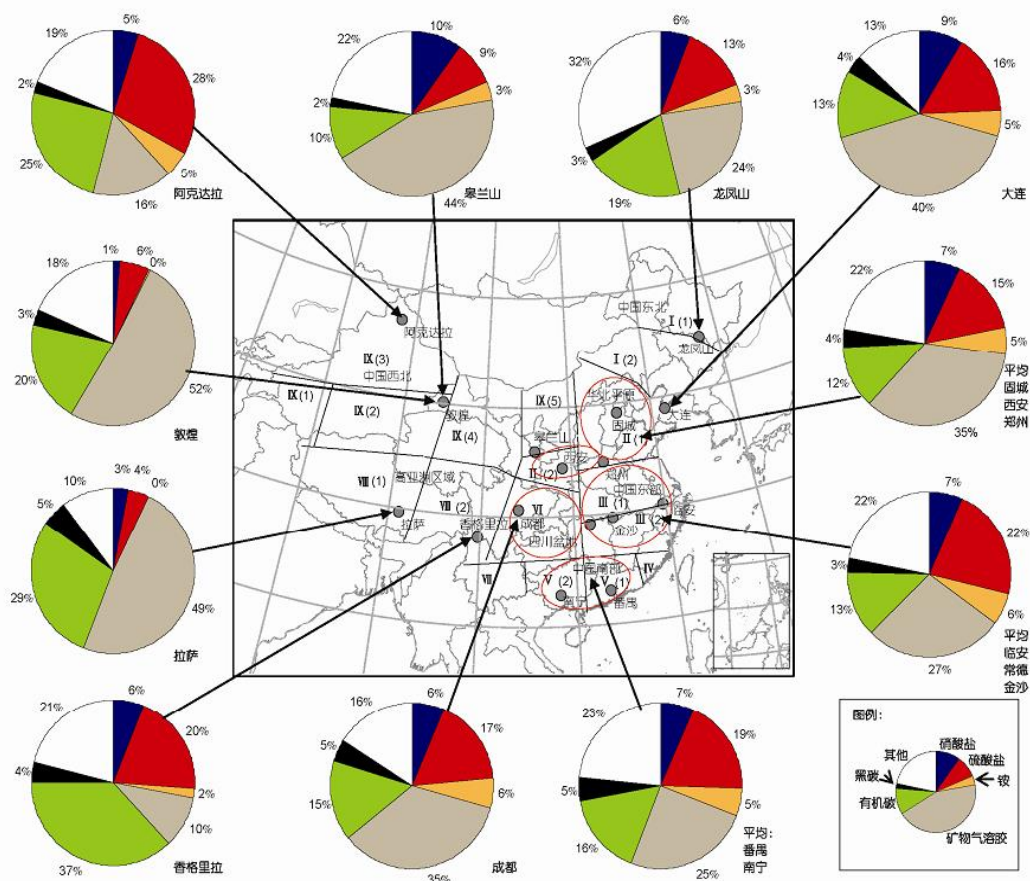


图 1-31 我国不同区域的站点 PM_{10} 中各化学组成所占比例

资料来源：张小曳等（2013）；中间是观测站点分布图及我国 9 个霾分布区，其中红圈划出的是我国 4 个最严重的霾分布区。

2014 年 3 月 26 日，环境保护部发布了京津冀、长三角、珠三角区域及直辖市、省会城市和计划单列市等 74 个城市 2013 年度空气质量状况（人民日报，2014.3.26）。从主要污染物浓度分析，74 个城市 $PM_{2.5}$ 年均浓度为 72 微克/立方米，仅拉萨、海口和舟山 3 个城市达标，达标城市比例为 4.1%； PM_{10} 年均浓度为 118 微克/立方米，11 个城市达标，达标城市比例为 14.9%；二氧化氮年均浓度为 44 微克/立方米，29 个城市达标，达标城市比例为 39.2%。其中三个地区的首要污染物均为 $PM_{2.5}$ ，其次是 PM_{10} 、臭氧和二氧化氮。

从水体环境来看，能源开采会对地下水系造成破坏而能源使用会排放污染物。这不仅给水资源造成负面影响，也会进一步扰乱生态系统平衡。2013年，全国废水排放量695.4亿吨，比上年增加1.5%。工业废水排放量209.8亿吨，比上年减少5.3%，占废水排放总量的30.2%。废水中化学需氧量排放量2352.7万吨，比上年减少2.9%。工业废水中化学需氧量排放量319.5万吨，比上年减少5.6%，占化学需氧量排放总量的13.6%。废水中氨氮排放量245.7万吨，比上年减少3.1%。工业废水氨氮排放量24.6万吨，比上年减少6.8%，占氨氮排放总量的10.0%。水质污染一方面会导致水体生态环境遭到破坏，水下生物多样性减少；另一方面，饮用受污染水资源带来的疾病威胁也不容忽视，用水危机正席卷而来。

生态环境的破坏与我国能源的开发和利用情况高度相关。首先，能源的开发阶段就可能造成生态环境的破坏。据统计我国煤炭每年新增采空区超过4万公顷，累计已达100万公顷左右，70%的大型矿区均是土地塌陷严重区。煤炭开发已造成西北地区约245万平方公里范围内的水土流失，加剧了当地生态环境脆弱、水资源严重匮乏局面；煤炭的开采和洗选需要耗费大量的水资源，因其产生的废水占工业废水的比重较高。此外，国内煤矸石山达1500余座，煤矸石存量已达40亿亩，占地近2万公顷，其中长期自燃矸石山400座，每年因自燃就要排放20多万吨有害气体。同时，油气资源的开发也给环境带来了巨大压力。陆地油气资源的开发不仅降低了地下水水位还对地下水的品质造成了破坏。而海上石油的开发稍有不慎就会对海洋生态环

境造成灾难性影响。其次，能源的利用也会对生态环境造成影响，目前我国电力的主要来源是火电，火力发电占比高，部分发电机组煤的燃烧不充分，发电厂的废气中含有大量的碳氢化合物，一些企业未按要求安装脱硫脱硝设备，所排废气中二氧化硫、氮氧化物占比高，散发到大气中会形成光化学烟雾和酸雨；在石油石化工业上，由于排污环节多、污染物排放种类复杂且毒性大，超过 80% 的石化项目建在江河水域和人口密集的环境敏感地区，若发生生产事故或污染物泄露事件，将对环境造成巨大破坏。

（三）环境污染增加健康和治理成本

严重的环境污染已影响了我国居民的健康。众多研究报告称，长期吸入含有大量污染气体，会导致人体呼吸系统和其他器官系统以及组织结构的损害，且易引起肺癌。煤烟中的多环芳烃等致癌物，导致我国肺癌的死亡率与 30 年前相比上升了近 5 倍，已取代肝癌成为中国居首位的恶性肿瘤死亡原因。

图 1-32 比较了我国城市和农村肺癌在死亡成因中所占比重的变化情况。不管在城市还是在农村，肺癌导致的死亡率都在上升。从城市数据看，70 年代的肺癌死亡率为每十万人有 12.61 人次。1992 年开始肺癌已成为死亡率最高的恶性肿瘤，到 2004 年左右，肺癌的死亡率已经达到每十万人有 40.98 人次，死亡率远远高于其他肿瘤。在农村，肺癌也已经成为肝癌之后死亡率最高的恶性肿瘤。农村的肺癌死亡率与城市相比稍低，一个可能的原因是农村的空气污染低于城市。

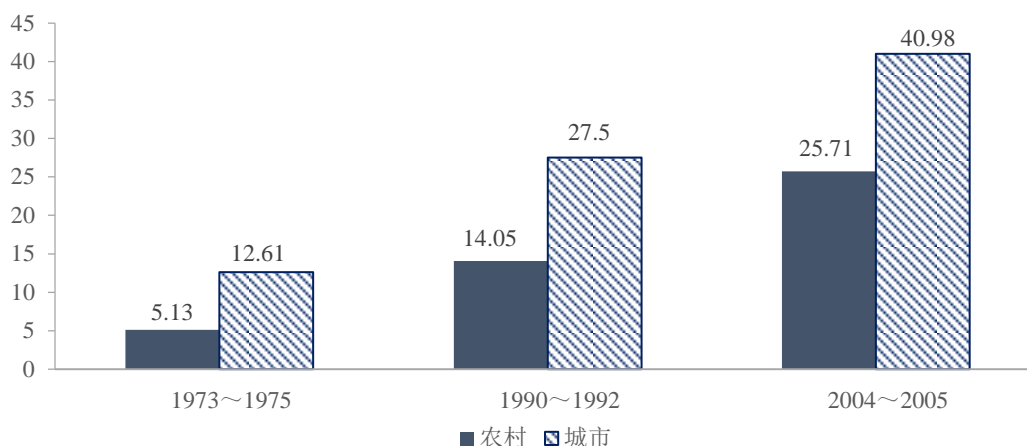


图 1-32 我国城市和农村肺癌在死亡成因中的比重（每 10 万人）

数据来源：《中国卫生和计划生育统计年鉴》

2008 年，我国与大气污染有关的死亡人数达到 50 万人，其中婴儿占 1/10。所估算出的过早死亡人数见图 1-33，由于每个省空气污染程度和暴露在城市中的人口不同，过早死亡人数最高的是江苏、浙江、山东和广东。因为这些省份不仅有高密度的人口，同时也存在很严重的空气污染问题。太原燃煤污染区肺炎、支气管炎发病率为对照区的 3 倍。

根据 WHO 2010 年的《疾病负担报告》，2010 年中国由于空气污染 $PM_{2.5}$ 所造成的死亡人数（归因死亡）高达 120 万，其中脑血管疾病死亡有 60.5 万，缺血性心脏病死亡有 28.3 万，慢性阻塞性肺疾病死亡有 19.6 万，呼吸系统癌症死亡有 13.9 万，下呼吸道感染死亡有 1.05 万（Yang 等，2013）。根据《京津冀地区燃煤电厂造成的健康危害评估研究》，2011 年京津冀地区 196 个燃煤电厂大气污染物排放导致的 $PM_{2.5}$ 污染造成了京津冀地区约 9900 人过早死亡，并导致接近 7 万人次因健康受损而去医院接受门诊治疗或住院。其中，河北省的

152 个燃煤电厂导致了 75% 的过早死亡。居民生活环境质量下降，健康隐患增加，能源领域的革命刻不容缓。

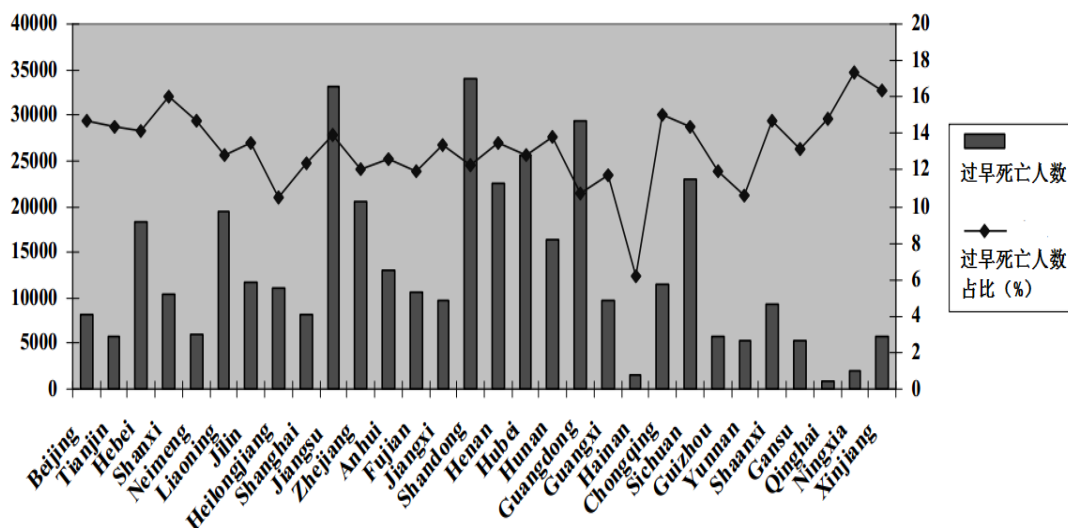


图 1-33 各省空气污染引致的过早死亡人数(人)及占总死亡人数的比重(%)

数据来源: Maureen Cropper, <http://new.palgrave.com/PDFs/9780230232471.pdf>

污染问题的迅速蔓延，引发了巨额的卫生开支。严重的环境污染导致了健康与财富的双重损失。巨大的医疗开支给百姓民生增加了负担，中国家庭医疗支出的比重比起十多年前也高出几乎一倍，医疗卫生部门所接纳的病人数也明显上升。

从城镇居民的医疗保健支出水平来看，1990-2000 年，城镇家庭医疗保健支出份额连年上升。2000 年后，城镇居民的医疗保健支出上升到较高的水平，于 2005 年达到峰值，占现金消费支出的比重为 7.56%。2006 年至今，医疗保健支出占比出现连续的小幅下降，但始终保持在 6% 的水平以上。并且，随着二氧化硫排放量的上升，城镇居民的医疗保健支出水平呈现明显上升的趋势。

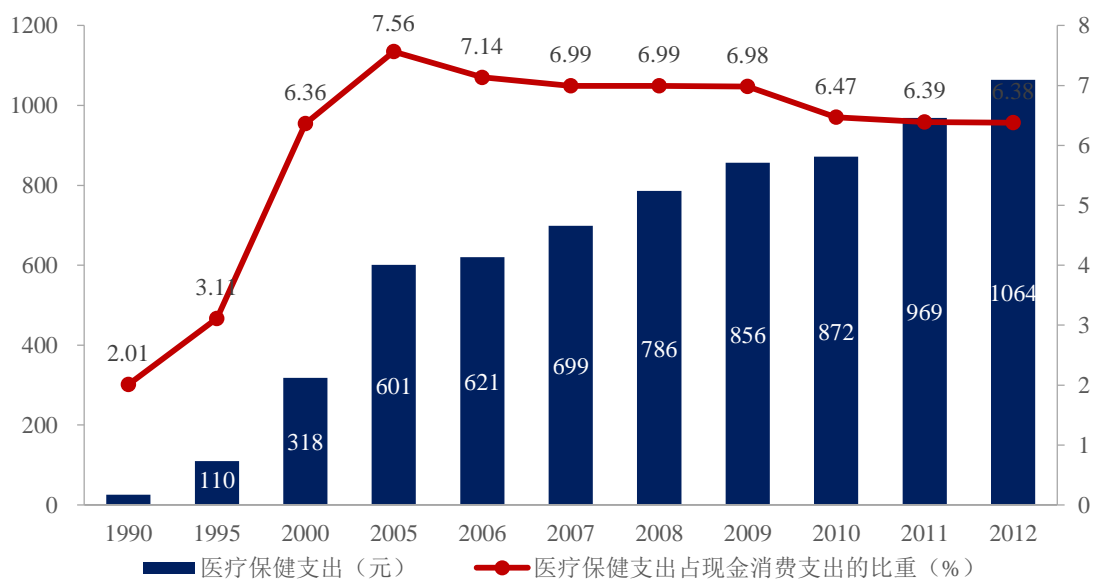


图 1-34 历年我国城镇居民医疗保健支出情况

数据来源：《中国统计年鉴》

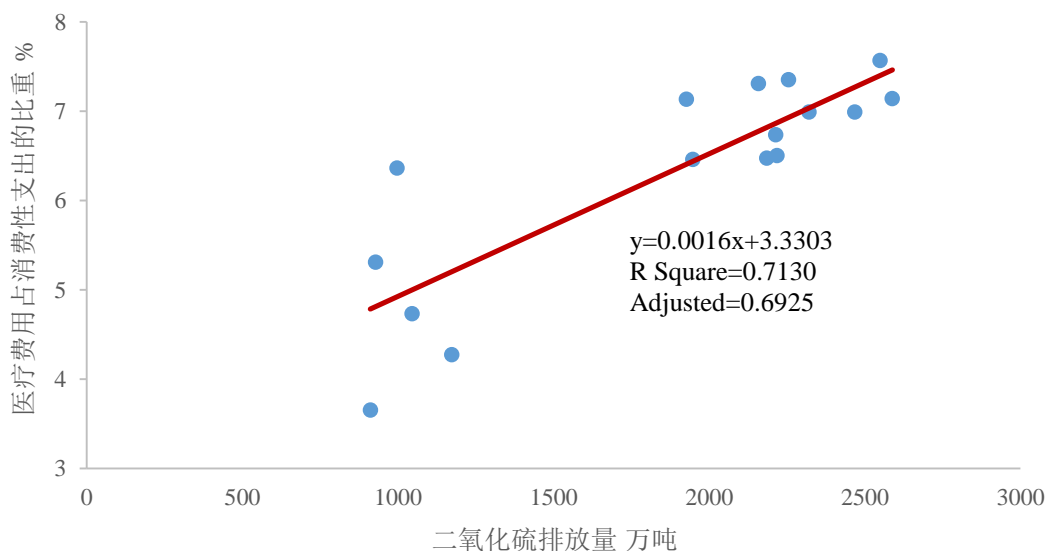


图 1-35 我国二氧化硫排放量与城镇居民医疗费用支出水平的关系

数据来源：作者根据《中国统计年鉴》的数据估计

环境污染的破坏与恶化也带来了环境污染治理投资的不断增加。2012 年，全国环境污染治理投资总额超过 8000 亿元，其中工业污染源治理投资 500 亿元；环境污染治理投资总额占 GDP 的比重为 1.59%

(图 1-36)。从结构上看，废气和废水的治理是环境污染治理的重中之重。可见，改变当前环境污染现状亟需能源革命的发生。

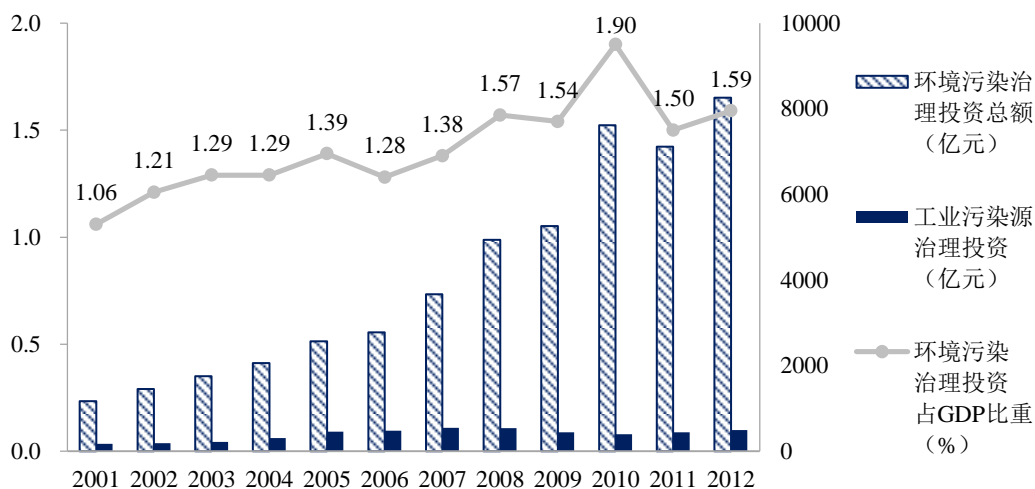


图 1-36 2001-2012 年全国环境污染治理投资情况

数据来源：《中国环境统计年鉴》

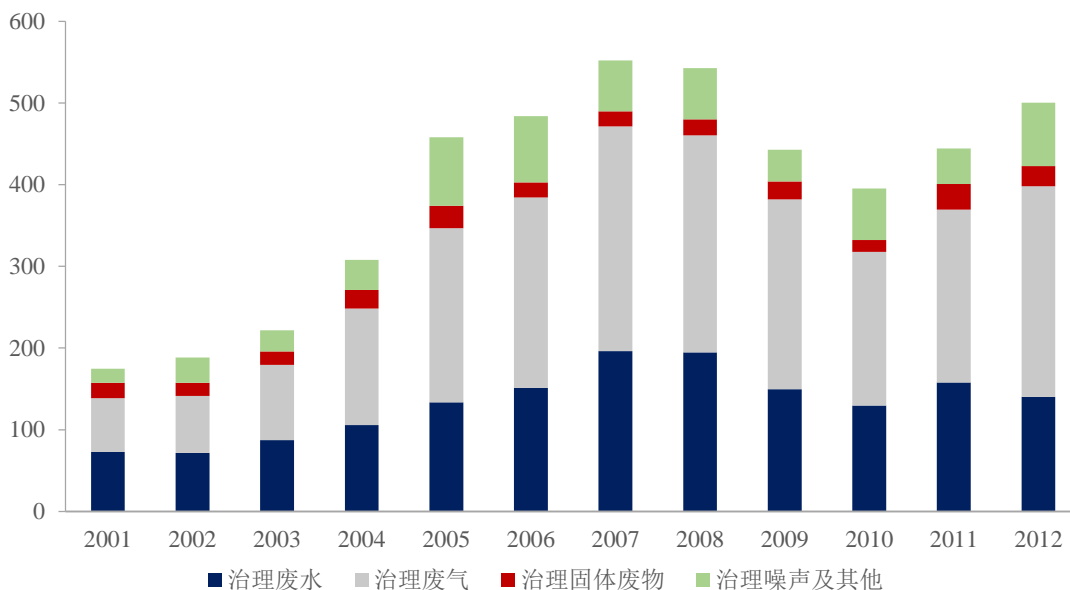


图 1-37 我国的环境污染治理投资结构（亿元）

数据来源：中国国家统计局-环境统计数据（2012 年）

由能源生产与消费过程所引致的负外部性问题已严重阻碍了我国负责任大国形象的树立与生态文明建设。中国作为碳排放及温室

气体排放的头号大国，在向低碳发展转型和国际气候谈判的进程中，无疑将面临更大的压力和承担更多的节能减排任务。而在国内，能源利用导致的环境污染和生态破坏已威胁到人们的生命健康，节能减排刻不容缓。

五、能源价格

能源价格与人们的生活息息相关，对日常生活的影响不容忽视。我国现行能源价格形成机制主要包括政府定价和垄断性价格。受我国现有能源体系和经济结构的影响，能源价格一直不能反映其资源的稀缺性，总体价格水平偏低。这不仅造成了巨大的浪费，也对我国经济结构的调整和生态环境的改善形成了巨大阻碍。当前，我国虽然在煤炭、电力等领域进行了价格改革的初步探索，并取得了一定的成果，但总体上未能对能源价格体制进行有效的改革。

（一）煤炭价格市场化

我国从 1993 年起，政府逐步放开了煤炭市场价格，对于电力企业计划内用煤实行政府指导价，在计划外电煤以及其他行业用煤的煤炭价格实行市场定价。从 2002 年至今，我国放开了电煤指导价格，实行市场定价。目前，我国煤炭价格除电煤外基本实现了市场化定价。图 1-38 显示了秦皇岛港口动力煤(5500 kcal/kg)的月度平仓价走势。在 2003 年底之前，煤炭价格走势平稳；2003 年 12 月，煤炭价格为 275 元/吨，由于我国能源需求的大幅上涨，煤炭价格进入第一个快速

上升的时期，到 2005 年 1 月，煤炭价格上升为 435 元/吨。2007 年 5 月至 2008 年 7 月，受金融危机影响，煤炭价格呈现第二次大幅度上升，至 2008 年 7 月，煤炭价格达到 1000 元/吨；而在 2008 年 11 月，煤炭价格迅速回落到 590 元/吨。煤炭价格的第三个上升时期是 2009 年 7 月到 2011 年 10 月，从 545 元/吨上升至 855 元/吨。此后，煤炭价格呈现波动下降的趋势，到 2014 年 9 月，煤炭价格为 480 元/吨。煤炭价格的三次大幅上升和两次迅速回落，不仅受到煤炭开采和运输成本、煤炭市场供求关系、经济发展状况、煤炭替代能源发展、国际煤炭价格等诸多因素的影响，也受到如金融危机、福岛核电站事故等外生冲击的影响。

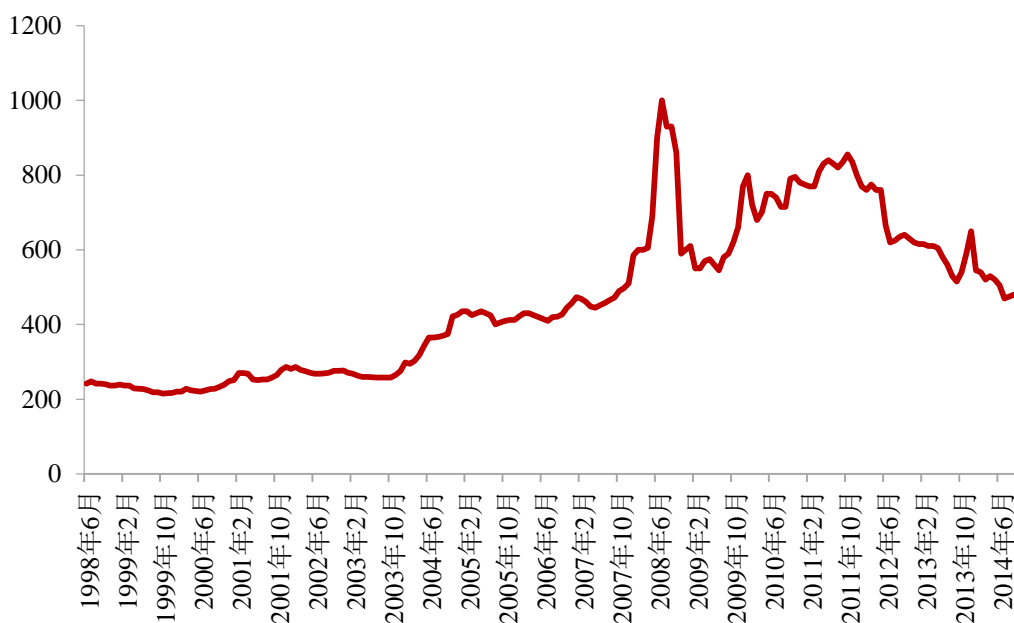


图 1-38 秦皇岛港口动力煤（5500 kcal/kg）的月度平仓价走势（元/吨）

数据来源：中诚信数据库

虽然我国煤炭价格已经市场化，但是由于政府对电煤实行政府指导价，煤炭市场存在着比较明显的煤炭价格“双轨制”。我国 60% 以上

的煤炭用于发电，当煤炭价格上涨时，由于国家对电煤价格的干预，使得电煤价格低于市场价格，煤炭企业难以履行煤电合同，出现变相加价、以次充好和合同供应不稳定的问题。当前电力行业市场发育程度不高，电煤市场竞争不充分，再加上地方政府的不当干预等，使得作为煤炭行业的下游产品电价并没有市场化。自 2006 年以来，煤炭价格出现大幅的波动，但工业用电价格只增长了很小一部分，居民用电价格几乎没有发生变化，居民用电价格的绝对值与增长速度均处于国际偏低水平。“市场煤，计划电”使得煤电价格联动没有得到很好的落实，成为空谈。

（二）油气价格行政管制

在成品油形成价格机制上，受行政管制的成本加成法无法随国际油价进行快速调整，当国际油价大幅攀升时，我国成品油价格会低于其生产成本，相关企业生产意愿不强，容易形成局部“油荒”。现在成品油的调价周期由 22 个工作日缩短到 10 个工作日，这使得成品油价格调整的滞后有了较大改观，缩小了成品油价格与同期生产成本的差距，向市场化迈出了重要一步。

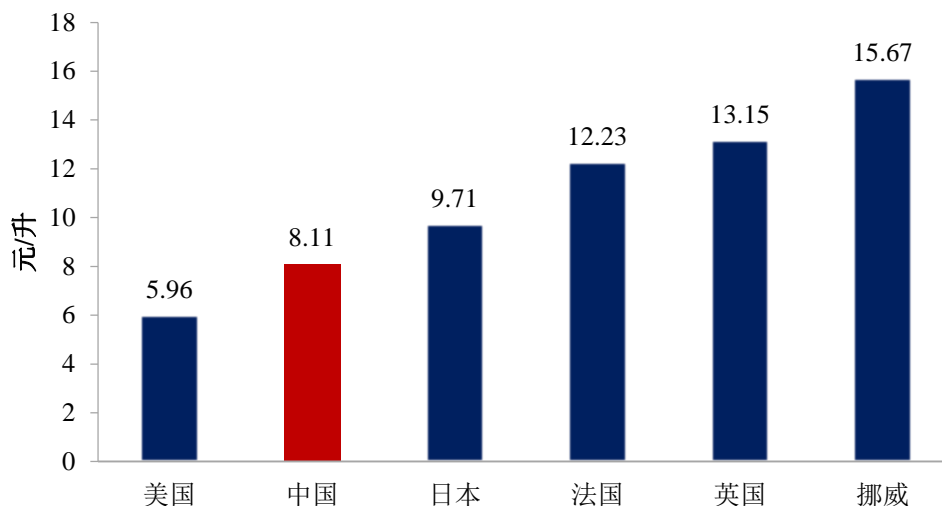


图 1-39 2014 年 8 月汽油价格主要国家比较

数据来源：全球汽油价格网（globalpetrolprices.com）

就天然气价格而言，我国天然气在上下游的定价均存在问题，在上游天然气的定价（天然气出厂价格）上，政府进行严格的管制，使得天然气出厂价格处于较低水平。在下游天然气定价上，由于存在国家调控，定价尚不能反映生产、运输的成本。如表 1-2 所示，我国工业用天然气价格与其他国家基本持平，民用天然气价格低于世界上主要国家。天然气价格过低不仅导致我国进口天然气价格倒挂，而且导致天然气市场供不应求。我国天然气供需形势紧张，长期面临着“气荒”的威胁。为缓解这种局面，我国从 2006 年开始进口天然气，到 2013 年，我国天然气对外依存度已经达到 31.6%。

表 1-2 部分国家终端用户天然气价格（2012 年，美元/10⁷kcal）

	工业	民用
中国	566.4	486.3
加拿大	444.0	153.8
美国	455.1	164.6
英国	496.9	932.6
德国	659.5	1167.1
法国	660.8	1082.4
韩国	837.2	894
日本	995.1	964.2

数据来源：中国国家发展改革委价格监测中心；《中国物价年鉴》，IEA，Energy Prices and Taxes, 1nd Quarter 2014。

因较高的能源对外依存度，我国格外关注国际能源价格波动对能源安全的影响。从 2000 年开始，世界主要三大能源价格出现了持续上涨过程。2008 年金融危机后，世界各主要发达国家经济体受到沉重打击，以出口为导向的新兴经济体国家产品出口受到严重影响，能源的总需求急剧减少，主要能源价格大幅下跌，其中原油从 100 多美元每桶下跌到 60 多美元每桶，煤炭价格从 150 多美元每吨的高位跌到 80 美元每吨，天然气价格也出现了小幅下跌。然而不久之后，随着金融危机的影响逐渐淡化，各国经济开始恢复，以及中印两大新兴国家进入工业化、城镇化加速阶段，全球能源需求进入新一轮增长。到 2013 年，石油价格上涨到 100 多美元每桶，而煤炭价格在 2010 年更是达到了 100 美元每吨以上的价格，在此期间天然气价格也在持续上涨。然而，自 2014 年夏天开始，受美国页岩气革命和欧佩克宣布石

油不减产的影响,国际油价出现大幅下跌,截止到2015年1月22日,布伦特原油价格大幅下跌,每桶原油价格较6月份价格下跌超过50个百分点,跌至每桶50.11美元。原油价格的大跌也导致了其他能源价格的大幅下跌。国际主要能源品价格走势如图1-40所示,可以看出,在2008年之前基本呈现上升态势,而2008年之后能源品价格波动幅度增加,加剧了能源相关行业的投资、生产和消费的不确定性。

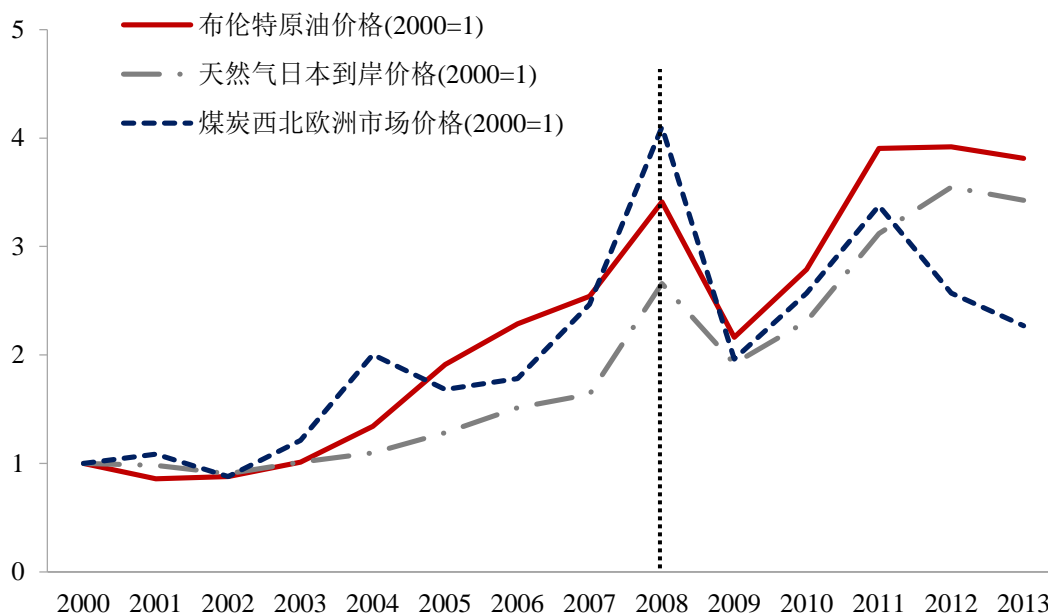


图 1-40 国际主要能源品价格走势 (2000=1)

数据来源: IEA

(三) 电力价格普遍过低

我国的居民电价水平远低于 OECD 的价格。2002 年我国电价为 0.46 元/度, 2010 年调高到 0.53 元/度, 但是仍远低于欧洲 OECD 国家的电价或 OECD 国家的平均电价, 并且后二者的电价都有较大的

增幅。2008年欧洲 OECD 国家的电价达到 1.59 元/度,是中国电价(0.52 元/度)的近 3 倍,而 OECD 国家的平均电价 (1.09 元/度) 也是中国电价的近 2 倍。

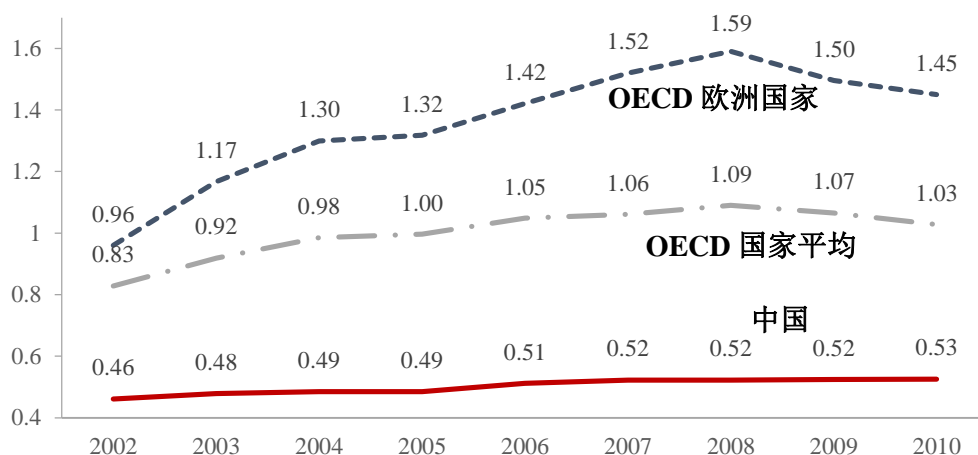


图 1-41 中国和 OECD 国家居民电力价格比较 (元/度)

数据来源：国网能源研究院，2011 国际能源与电力价格分析报告，中国电力出版社，2011 年 7 月。

我国工业用电价格较低。以 2009 年为例 (图 1-42)，对比我国与部分国家的工业电价。我国工业用电价格为 8.13 美分/kWh，哈萨克斯坦、加拿大和美国较低，而意大利的工业用电价格达到 27.6 美分/kWh，我国存在一定的提升电价的空间。由于电力是重要的投入品，电力价格的高低对企业的设备选择和能耗水平有很大的影响。现行的电力价格对结构调整的积极作用不大，一定程度上甚至是造成产业结构调整效果不好的重要原因。

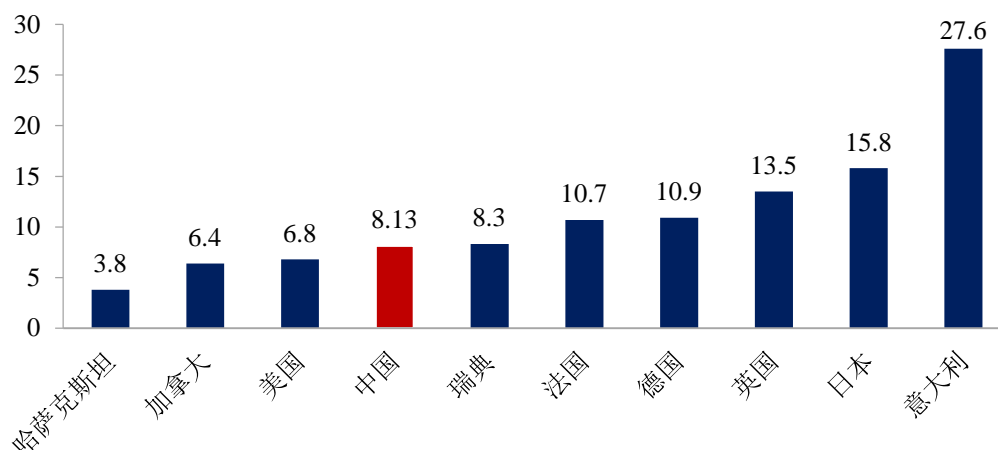


图 1-42 2009 年部分国家终端用户电价 (美分/kWh)

数据来源: 王庆一,《2011 能源数据》,中国可持续能源项目参考资料,2011.10。

我国居民电价在国际上处于较低水平。比较发现,在 IEA 统计的国家和地区中,除哈萨克斯坦的居民用电价格略低于中国外,其余国家均高于中国。2010 年,中国全年平均居民用电价格为 0.526 元,仅为 OECD 国家平均值的一半,欧洲 OECD 国家平均值的 1/3。丹麦为居民用电价格最高的国家,每度电的价格为 2.346 元,接近我国居民用电价格的 5 倍。

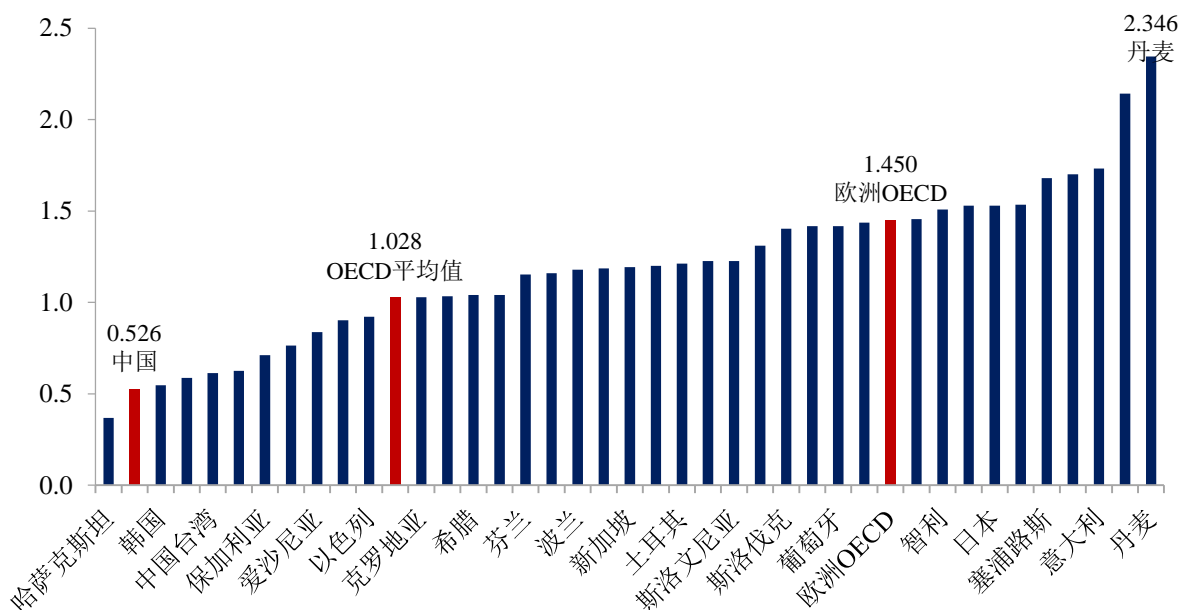


图 1-43 我国与世界其他国家名义居民用电价格比较（2010 年，元/度）

数据来源：中国的数据来源于《中国物价年鉴》36 个大中城市平均值，由于我国同一电网覆盖地区的居民用电价格一致，因此 36 个大中城市的平均值大致可以等于我国城市居民用电价格的平均值；其余国家数据来源于 IEA statistics 2011；其中美国为不含税电价。

我国居民用电名义电价上涨不多，实际价格甚至有一定程度的下降。自 2002 至 2010 年这 8 年间，中国平均居民用电价格的年增长速度仅为 1.66%；与此相比，OECD 国家平均年增长率为 2.75%，欧洲 OECD 国家平均年增长率为 5.28%。如果排除物价水平变动的因素，中国自 2000 年以来，最大的一次居民用电价格增幅仅为 2.6 分/度（2006 年），多数年份居民用电价格不变或仅上涨 0.06-0.2 分/度。如果考虑物价水平的上涨因素，则 2004-2008 年，我国居民实际用电价格持续下降，2000-2009 年的实际居民用电价格涨幅仅为 1.8%，平均年增长 0.2%。

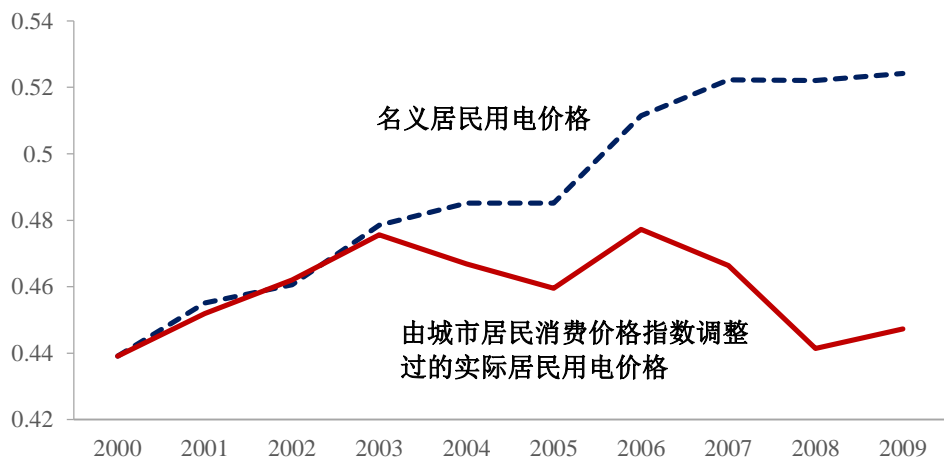


图 1-44 我国名义居民用电价与实际居民电价 (元/度)

数据来源：《中国物价年鉴》

这里需要特别强调的是，电力价格体系还存在一个很难评价的政策安排是终端电价的交叉补贴和普遍服务功能。由于我国民众和政府认为用电是基本公共服务，是生活的必需品，因而在制度上就建立了工商业补贴居民、城乡同价，以及电网企业承担电力普遍服务的功能。在中国的电价体系中，存在工业与居民、城市居民与农村居民、高电压等级用户与低电压等级用户之间的多种交叉补贴。一般而言工业用电电压等级较高，用电量较大，供电成本较低；而居民用电的供给成本较高。相对于农村居民，城市居民的用电规模性明显，运输线路较短，因而供电成本较低。相对于电压等级较低的用户，高电压输电成本较低。与供电成本相悖，在我国的电力价格体系中，工业电价较高，而居民电价较低；城市居民电价较高，而农村居民电价较低；高电压等级的电价较高，而低电压等级的电价较低（见图1-45）。

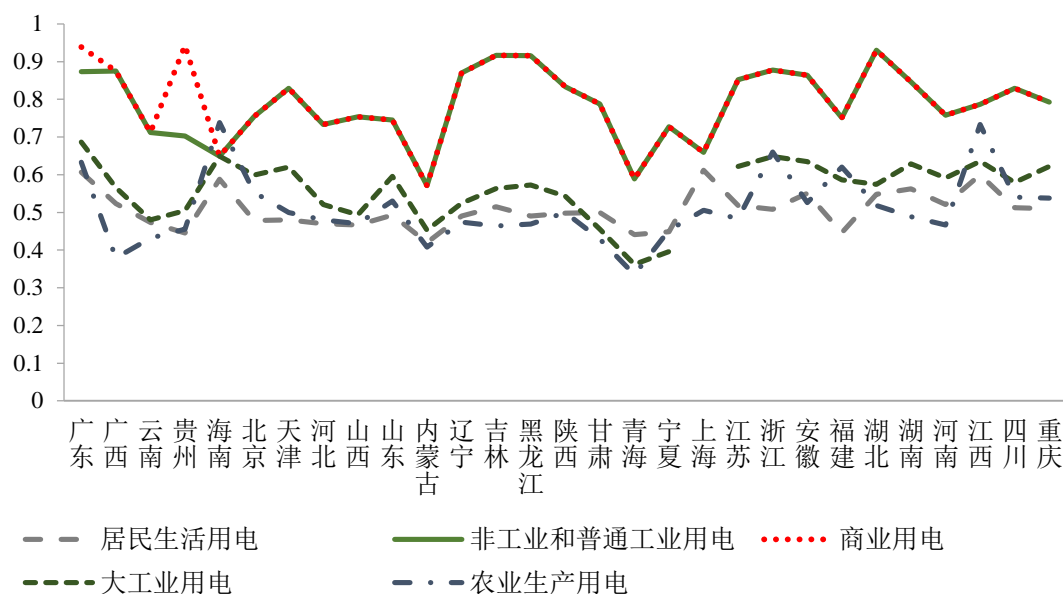


图1-45 2011年各省电价（元/度）

数据来源：

发改委关于调整华北电网电价的通知(发改价格[2011]2619号)的附件；
 发改委关于调整东北电网电价的通知(发改价格[2011]2620号)的附件；
 发改委关于调整西北电网电价的通知(发改价格[2011]2621号)的附件；
 发改委关于调整华东电网电价的通知(发改价格[2011]2622号)的附件；
 发改委关于调整华中电网电价的通知(发改价格[2011]2623号)的附件。

多种电压下的价格按最低价算（即电压最高时的价格），峰谷平电价按平时段算，湖北省按未开征城市公用事业附加费的电价算。

（四）能源消费占家庭支出比重很小

中国居民用电消费在家庭消费支出中占比较低。根据世界银行亚非发展中国家能源消费数据以及中国调查数据可知⁴，2009年，中国城镇家庭平均电力消费占总消费支出比重约为2.8%，与柬埔寨持平。在世界银行统计的9个国家中，电力消费占比最低的为肯尼亚，城镇

⁴ Expenditure of Low-Income Households on Energy, evidence from Asia and Africa

家庭电力消费仅占全年消费总额的 0.7%，乌干达次之，为 1.1%，孟加拉为 2.2%，而柬埔寨与中国的电力消费占比都为 2.8%，泰国、印度、肯尼亚、越南等都高于中国。其中巴基斯坦城镇家庭电力消费占比约为 4.8%，高于中国 70%。如果考虑全部能源消费在家庭全年消费总额中的比重，那中国无疑是这 10 个亚洲发展中国家中最低的，仅为 5.4%。其次为肯尼亚，能源消费比重为 6%，最高的是越南，高达 14%，是中国的 2.6 倍。2011 年城市居民电费占消费支出的比重，全国平均是 2.53%，比重最低的是新疆，最高的是贵州（3.63%）。

表 1-3 2009 年部分国家电力消费和能源消费占家庭消费支出的比重

国家	电力消费	能源消费
孟加拉	2.2	7.1
柬埔寨	2.8	7.3
印度	3.6	11
印度尼西亚	4	8.8
肯尼亚	0.7	6
巴基斯坦	4.8	9.6
泰国	3.5	9.8
乌干达	1.1	6.3
越南	4	14
中国	2.8	5.4

数据来源：世界银行，Expenditure of Low-Income Households on Energy, evidence from Asia and Africa

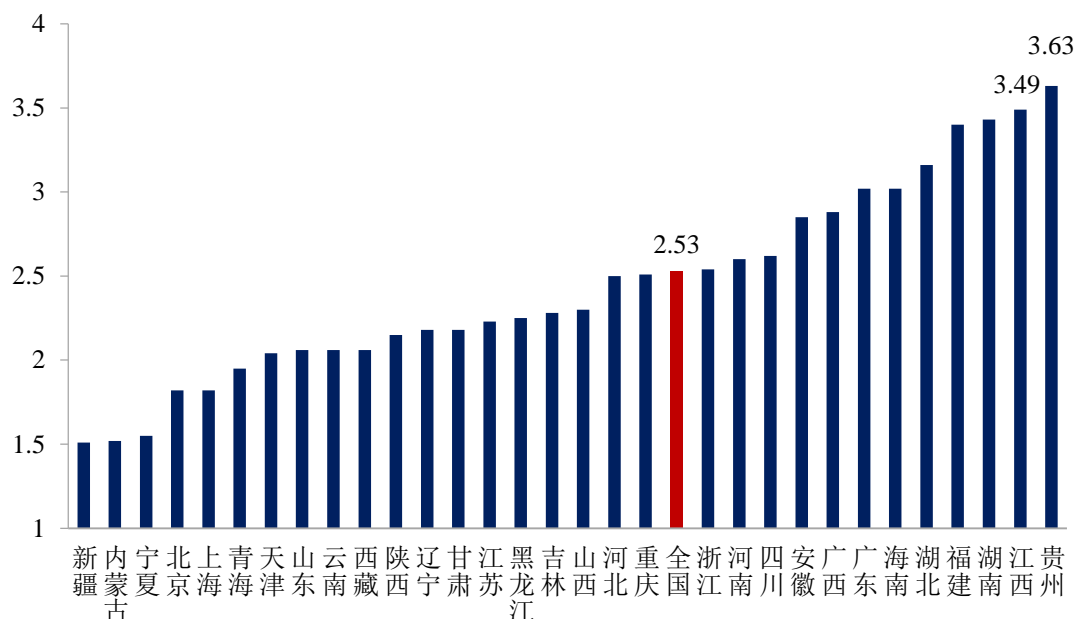


图1-46 城市居民电费支出占消费支出的比重（2011年，%）

数据来源：《中国城市（镇）生活与价格年鉴》

我国当前能源价格非市场化扭曲，能源性产品价格形成机制不合理，市场信号未能准确反映市场供求和资源稀缺情况，更无法反映环境污染等外部成本，导致能源需求过量，这种管制下的低能源价格不但不足以反映市场中不断变化的供求关系，也无法反映资源的稀缺性和能源产品之间的替代性和互补性，其后果更是严重阻碍了稀缺资源的有效配置。

近年来，政府对能源价格的改革日趋重视，在 2012 年的《政府工作报告》中提出进一步加强对能源价格的价格改革，涉及煤炭、成品油、天然气和电力多个方面。当前我国的能源定价机制仍处于不断摸索之中，成熟的定价机制尚未形成，总体来看，放松政府管制、打破垄断以进一步推进市场化定价是改革大方向。

六、能源安全

20 世纪 70 年代爆发的两次世界石油危机，石油价格暴涨使得严重依赖石油的西方发达工业化国家的经济陷入危机，国际社会逐渐开始将能源安全、国家安全和经济安全紧密联系起来，使得能源安全的内涵得到了极大的扩展。1974 年，以美国为首的西方发达国家成立国际能源署 (IEA)，正式倡导了以稳定石油供应和价格为中心的能源安全概念，也据此制定了以能源供应安全为核心的能源安全保障体系，其突出标志是以战略石油储备为核心的应急反应机制在西方发达国家的普遍建立。20 世纪 80 年代后，国际社会面临着因能源使用带来的一系列环境问题，能源安全使用被视为能源安全的重要方面。“9·11”恐怖主义袭击后，发达国家对能源风险的认识进一步扩展到能源基础设施的安全。

一般认为，能源安全包含以下要素：首先是能源供应安全，包括保障国家经济独立性的能源对外依存、能源进口的稳定可靠、对能源价格和供应中断的抵抗能力。其次是能源使用安全，包括能源开采、运输和消费中的隐患和负外部性。最后是能源基础设施安全。

(一) 能源供应安全形势紧迫

我国原油已探明储量在世界原油储量中占比较少，2013 年中国已探明原油储量占全世界探明储量的比例为 1.07%，且该比例近十年来还在逐渐下降。具体情况见图 1-47。我国原油产量在世界原有产量中也占比偏低，2013 年中国原油产量 2.1 亿吨，占世界原油产量的

5.04%。具体情况见图 1-48。

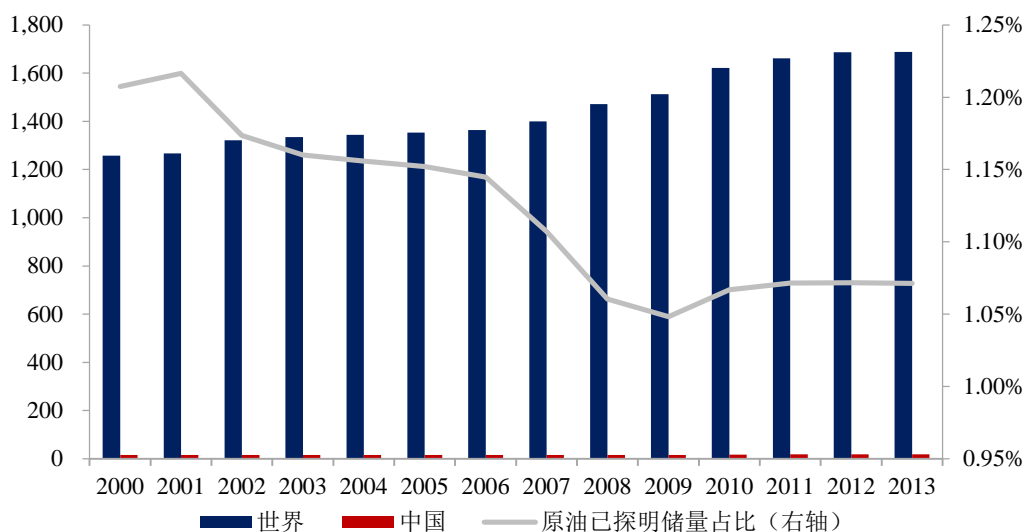


图 1-47 世界及中国已探明原油储量 (十亿桶)

数据来源: BP 世界能源统计年鉴

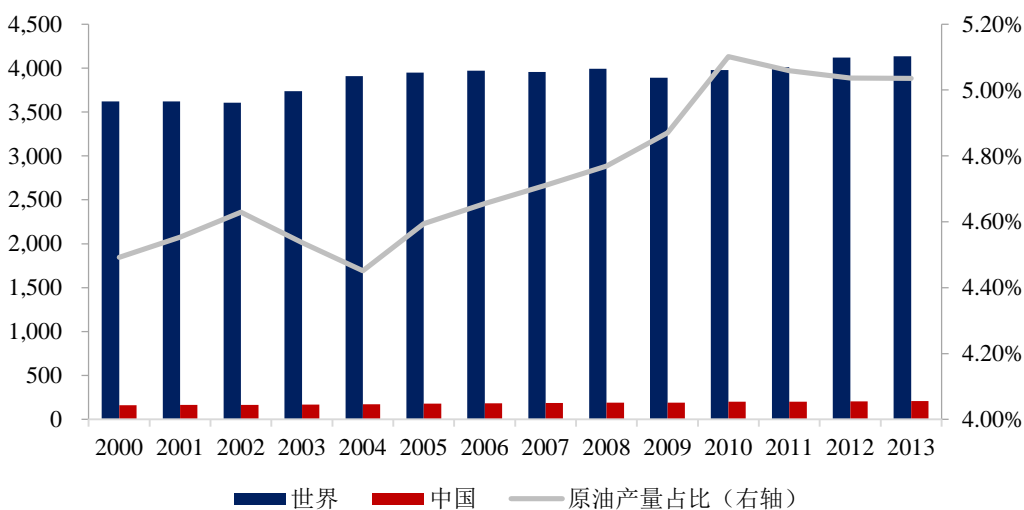


图 1-48 世界及中国原油产量 (百万吨)

数据来源: BP 世界能源统计年鉴

从国内供需情况来看,近年来原油产量虽然有所提高,但仍无法满足能源需求增长,供需缺口逐步增大,2013 年中国原油产需缺口

2.99 亿吨，是 2000 年 3.85 倍。具体情况见图 1-49。

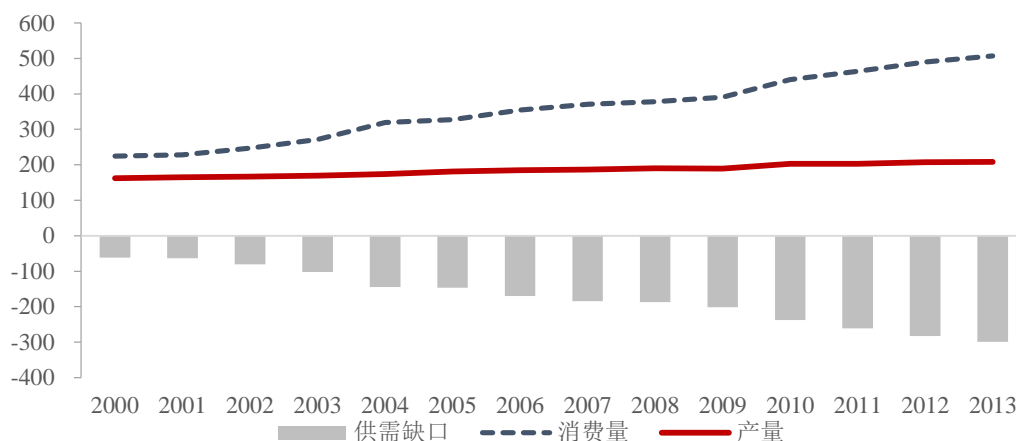


图 1-49 中国原油供需缺口 (百万吨)

数据来源：BP 世界能源统计年鉴

1993 年，我国由石油净出口国变为石油净进口国，自此之后，我国石油的进口量逐年攀升，对进口石油的依存度不断提高。中国原油进口量从 2000 年的 0.7 亿吨增至 2012 年的 2.7 亿吨，年均增速达到 11.9%；同期原油进口依存度从 2000 年的 33% 升至 2012 年的 58%，已经超过了 50% 的国际警戒线，保障石油安全面临着越来越严峻的挑战。预计到 2020 年我国的石油对外依存度将高达 60%。

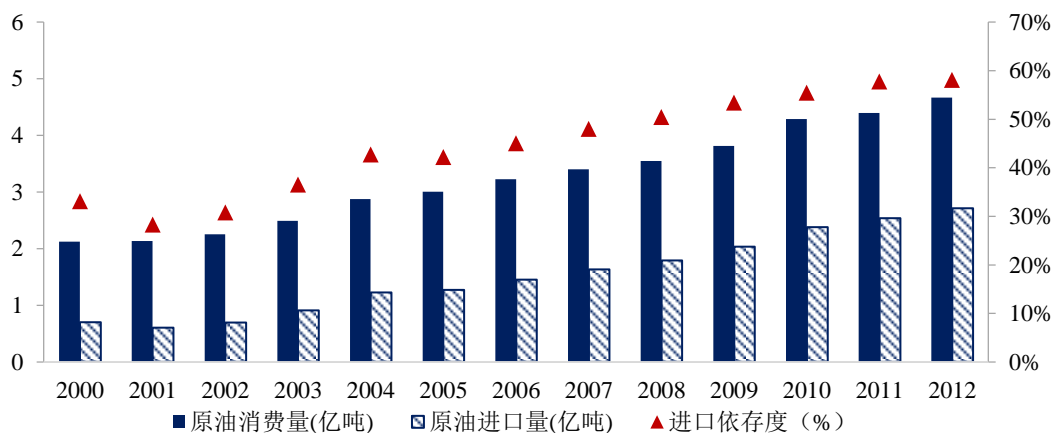


图 1-50 我国原油消费量、进口量与进口依存度 (2000-2012)

数据来源：《中国能源统计年鉴》

我国天然气储量和产量占比偏低。2013 年，中国天然气已探明储量 3.27 万亿立方米，占全世界已探明储量的 1.76%。2013 年中国天然气产量 0.12 万亿立方米，占全世界产量的 3.45%。具体占比情况图见 1-48。

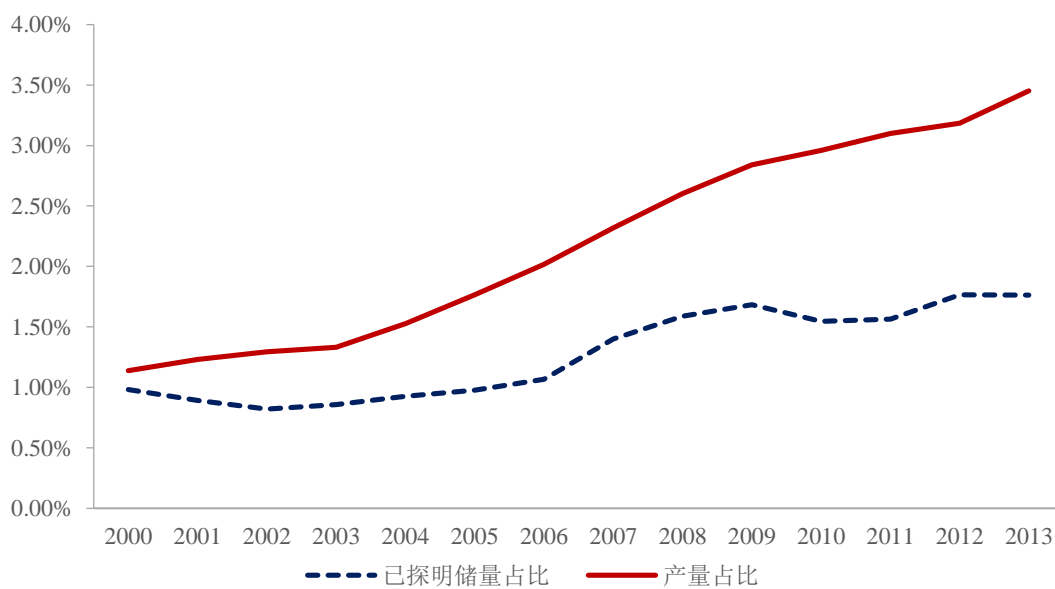


图 1-51 中国天然气已探明储量及年产量在世界的占比情况

数据来源：BP 世界能源统计年鉴

天然气消费在我国一次能源消费中占比不高。近年来，全球天然气消费在一次能源消费中的占比基本保持在 23% 左右，变动不大。中国天然气消费占一次能源比例虽有所增长，但整体比例仍不大，2013 年占比为 5.1%。具体情况见图 1-52。

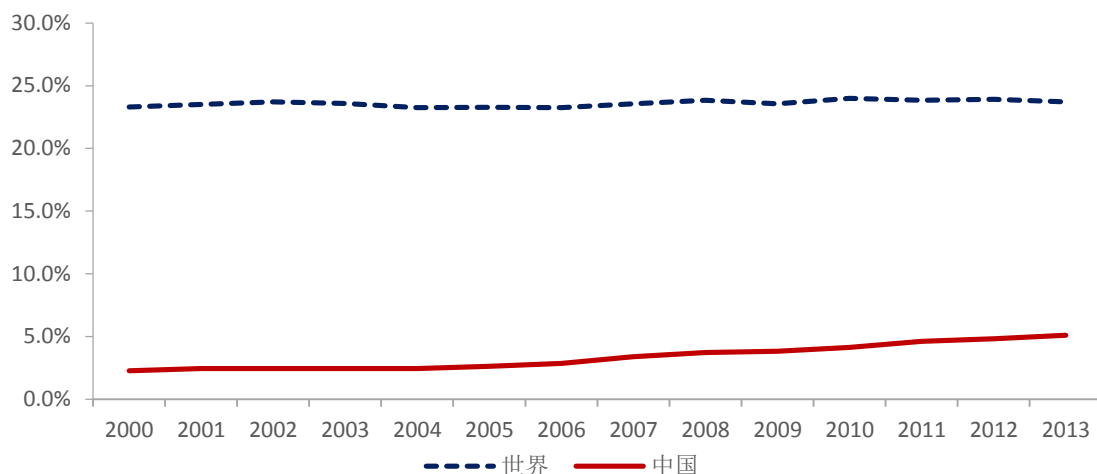


图 1-52 天然气消费在一次能源消费中占比

数据来源：BP 世界能源统计年鉴

我国天然气进口也在近年呈井喷式增长。2006 年我国天然气进口量为 10 亿立方米，进口依存度仅为 1.8%；到 2012 年，天然气进口量已达到 421 亿立方米，年增速高达 87%，同时进口依存度也上升至 28.8%。

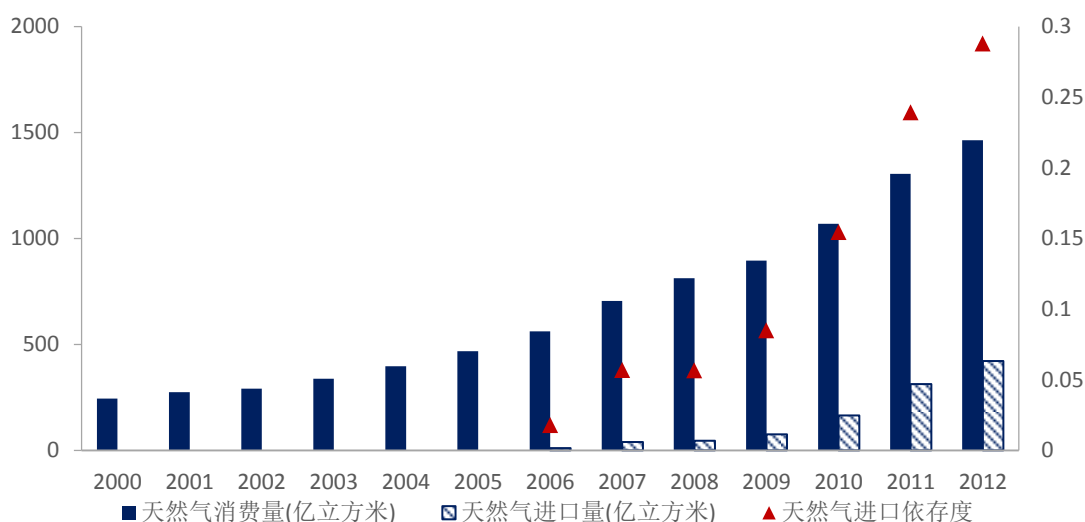


图 1-53 我国天然气消费量、进口量与进口依存度 (2000-2012)

数据来源：《中国能源统计年鉴》

虽然我国煤炭资源丰富，但自 2009 年起，我国已由煤炭出口国变为煤炭进口国。2013 年，中国煤炭净进口量达 3.2 亿吨，对外依存度为 8.1%。随着我国能源需求的持续增长，我国已由能源的净出口国变为能源的净进口国。目前，我国的煤炭、石油、天然气均需从国外进口，能源的对外依存度在逐年加大。能源安全问题日益凸显。

我国的能源进口方式较为单一，进口的能源集中在几个国家上。当前我国进口最多的能源便是石油，由于世界石油资源的分布集中在阿拉伯、俄罗斯、中亚等少数地区，我国进口的石油主要来自这些地区和国家。从统计数据看，我国原油进口量约有 45% 来自中东地区，非洲地区占进口总量的 35% 左右。仅从沙特、阿曼、安哥拉、伊朗和俄罗斯五国的原油进口量就占我国总进口量的 60%。一方面，由于部分产油国处于国际局势动荡的地区，局部冲突不断，暴力袭击时有发生，严重影响了我国石油的进口安全。另一方面，除从俄罗斯进口的石油是通过管道运输外，其余进口石油均需通过海路运输。我国从中东、非洲进口的原油严重依赖于霍尔木兹海峡、马六甲海峡，原油的运输距离远，运输通道单一，安全防护较弱，大部分进口石油的安全保障程度较差，极易受制于人。以马六甲海峡为例，我国 80% 的进口原油要经过此地，然而该地区形势复杂，一些外部势力妄图控制马六甲海峡以遏住中国能源进口的咽喉；另外东南亚各国普遍对中国的崛起心存戒心，意图阻断中国进出印度洋的出口，积极同中国争夺南海的主权权益；最后由于近年来海盗活动日益猖獗，经过马六甲海峡的石油运输风险进一步加大。

同时，我国战略石油储备体系建设刚刚起步，抵抗能源供应中断能力较弱。目前，我国国家战略石油储备一期工程已经完成，在四个国家石油储备基地共储备原油 1243 万吨，大约为 9100 万桶，仅相当于九天的原油消费量，远低于国际能源署建议的 90 天进口量。林伯强与杜立民（2010）认为，在当前中国石油进口需求的价格弹性相对较小的情况下，应对十年一遇的石油供应中断危机，最优的战略石油储备规模为 80 天进口量，而应对更大规模的石油中断危机需要更大的石油储备量。⁵

（二）能源使用安全不容乐观

能源的生产和运输过程通常存在污染环境、破坏生态及危害生命的负外部性。在能源生产过程中，典型以矿难为例。2011 年，我国发生煤矿事故 1201 起，全年实际死亡人数 1973 人，煤炭百万吨死亡率从 2001 年的 4.67 下降到 2011 年的 0.67。我国历年矿难死亡人数和煤炭亿吨死亡率远远超过印度和美国。如图所示：

⁵ 林伯强、杜立民，中国战略石油储备的最优规模，世界经济，2010 年第 8 期。

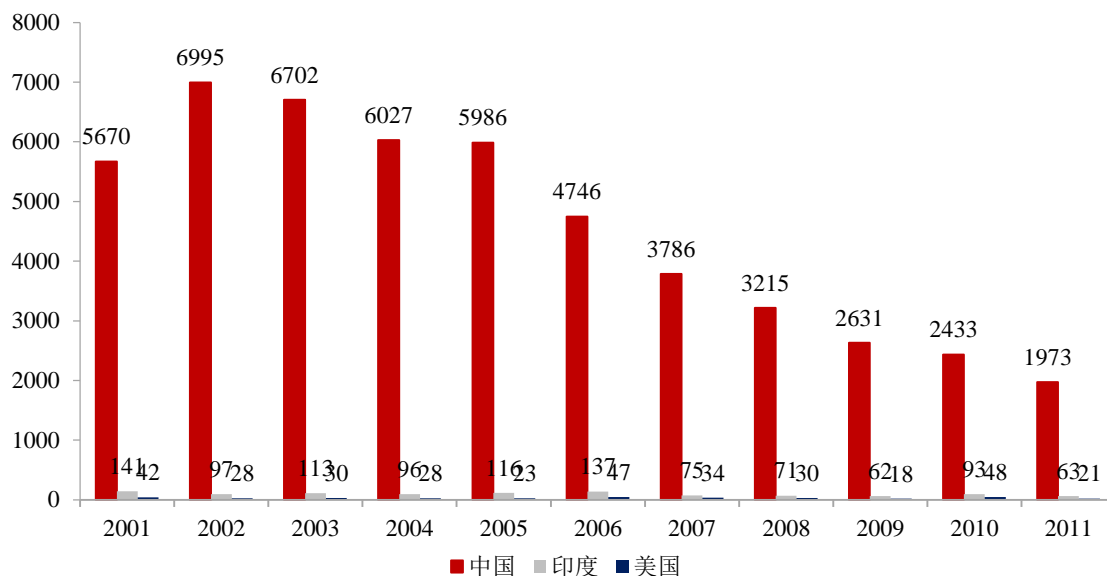


图 1-54 中国、印度和美国历年矿难死亡人数

数据来源：BP 世界能源统计年鉴，美国矿山安全与健康管理局，中国安监局

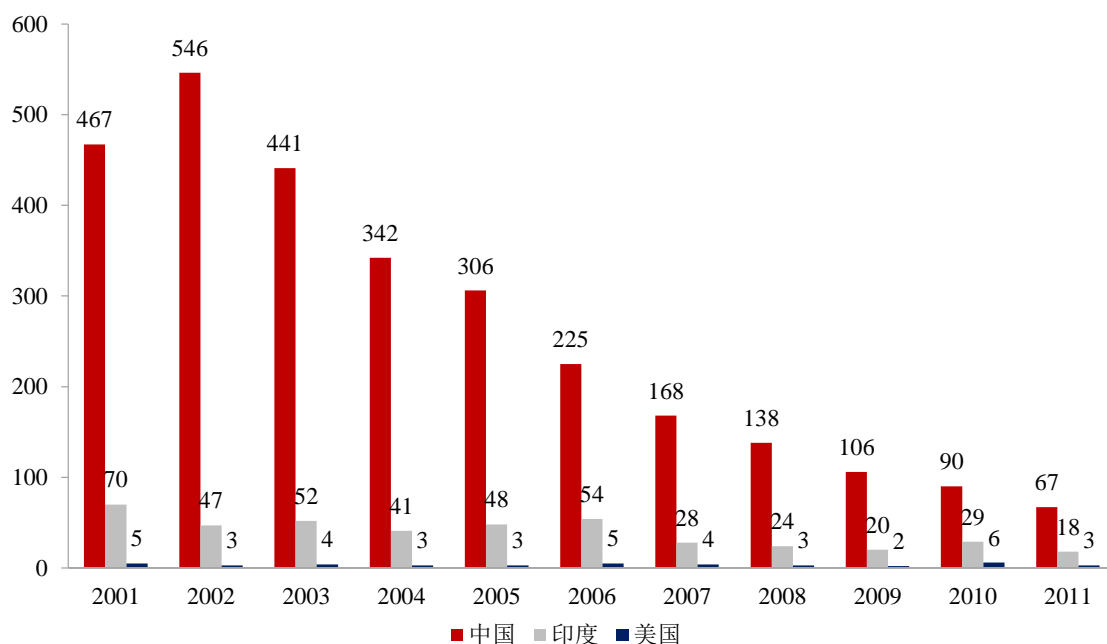


图 1-55 中国、印度和美国亿吨煤死亡人数

数据来源：BP 世界能源统计年鉴，美国矿山安全与健康管理局，中国安监局

此外，由于工艺落后、缺乏有效防护措施，我国煤炭行业存在着不同程度的职业危害，包括粉尘、毒物、噪声、振动、高温、高湿等，

由此导致各种职业病并存，例如尘肺病、慢（急）性职业中毒、职业性眼耳鼻喉病等，严重危害劳动者的健康。同时，爆破和开采中产生的各种化学成分和多种有毒气体如一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、醛类、油烟等均可损害劳动者健康。有些矿石还含有放射性氡及其子体，与粉尘结合形成放射性气溶胶，吸入后会对劳动者造成放射性损害。我国每年因氡及其子体致肺癌的死亡人数是美国的好几倍。煤炭行业职业病发生率在我国众多产业中长期居高不下，其尘肺病的发病总人数占我国尘肺病发病总人数的近 58%。

在能源运输过程中，以海上航运的石油泄漏为例，海洋石油污染造成了难以估量的损失。由于全球石油产地和消费地分布不均，世界一半以上的年产石油通过油船在海上运输，给海洋带来了油污染的威胁。1989 年 3 月 24 日，在美国阿拉斯加州附近海域触礁的油轮“埃克森·瓦尔迪茨号”造成 3.4 万吨原油流入威廉王子湾。2009 年 3 月，世界自然基金会发表一份研究报告，对 1989 年 3 月 23 日的一次原油泄漏事件进行了持续研究后发现，20 年的时间仍旧不足以消除一次重大石油泄漏的后遗症，灾难发生地美国阿拉斯加州海岸，仍旧覆盖着大量的石油，油水混合物浸入到了 25 厘米深的地下，甚至渗入到了阿拉斯加州威廉王子海峡艾利洛岛。2004 年 12 月 7 日，两艘外籍集装箱船在我国珠江口水面相撞，无人员伤亡，但一船燃油舱破裂，450 吨重油漂向大海，在海上形成了一条长 9 海里的油带。这是我国船舶碰撞最大的一次溢油事故。而我国在海洋环境保护方面法律制度的缺失和应急处理能力的不足，大大削弱了能源使用的安全保障。

专栏 中国应鼓励进口煤

我国煤炭资源分布广，北富南贫、西多东少。目前全国大概有 12526 处煤矿，其中接近 1 万处煤矿是 30 万吨以下的小煤矿，生产能力分散，生产集中度过低。同时，我国大多数煤矿地质条件复杂，自然灾害多，现有 50% 左右的煤矿是高瓦斯矿井，60%-70% 的煤矿是在复杂和极复杂的构造条件下进行开采，容易引发重大事故。另外，大量的乡镇煤矿机械化程度很低，从业人员素质普遍较低，煤炭开采利用效率低下。过度 and 低效的煤炭开采破坏了生态结构，威胁了生命安全，降低了周边地区居民生活质量，给经济和社会带来了负面影响，成为社会不稳定因素。近 10 年来，伴随着我国煤炭产量以年均近 20% 的增速达到 36.5 亿吨的产量，煤炭生产安全、环境保护、煤炭工业可持续发展等问题也随之而来且日益严重，经济社会发展与能源紧张、环境污染的矛盾日益突出。我国应把煤炭进口作为解决困难的一个有效突破手段，缓解国内煤炭行业所面临的严重局面。

首先，进口煤可以降低跨区域运输的成本。我国煤炭生产偏西北、消费偏东南，导致了我国“西煤东运、北煤南运”的运输格局。长期以来，受制于铁路、公路的垄断地位，加之市场供需两旺，造成煤炭运价不断攀高，煤炭运力持续紧张，运输成本几乎占到煤炭成本的一半以上。仅从运价比较，从美国进口煤炭，吨煤运输成本仅为 20 多美元；而从内蒙古包头到秦皇岛的吨煤运输成本则要近 50 美元；如果从较远的新疆运到内陆河南，运输成本则接近吨煤 80 美元。进口煤可以大大降低煤炭运输成本。

其次，2012 年以来国际市场煤炭价格大幅度下滑，为我国煤炭需求的增长提供了资源契机，对平抑国内煤炭供求矛盾发挥了重要作用。进口煤一方面可以保存更多国内资源，减少环境和安全的压力，降低煤炭人员的死亡率。另一方面，价格竞争也可以促进国内煤炭企业节约成本，改进管理，减少能源浪费。

同时，可以利用低成本进口煤带来的产业洗牌机会，整合煤炭资源，推进煤矿兼并重组工作，提高煤炭行业的市场集中度，终结小煤矿时代，推进大煤炭经济，实施大基地大集团战略。煤炭行业集中度对全国重点煤矿死亡率影响为负，国家进行煤炭企业重组，提高煤炭行业集中度，能够降低煤炭百万吨死亡率，提高中国煤矿的安全水平。

值得关注的是，前不久中澳签署自由贸易协定意向书，中国取消了澳洲对华煤炭出口关税。意向书还显示，澳洲对华出口的包括铝土矿、炼焦煤、动力煤等能源和资源产品将在两年内免除关税。另一个值得关注的煤炭供应国是俄罗斯。中俄两国除了在石油、天然气和核能等领域合作外，煤炭领域合作也是政府重点推动的项目之一。2012 年，我国与俄罗斯能源部正式签署中俄煤炭领域合作路线图，基于此，我国自俄罗斯进口煤炭量也创下历史新高，突破 2 千万吨。此举不光能加大我国的能源多样性，保障能源安全，也大大缓解了资源大国在全球大宗商品价格持续下滑中所面临的经济打击，是双赢战略。

可见，进口煤具有巨大的经济效益和社会效益。我国应鼓励沿海、沿边地区拓展煤炭进口渠道，保障进口煤源稳定可靠，以稀缺煤种和优质动力煤为主，稳步开展煤炭进口贸易。同时我国要完善能源结构

调整的战略部署，与资源大国建立战略合作伙伴关系，签定长期的能源领域合作计划，保障我国进口煤炭数量和价格的稳定，为社会经济发展服务。

（三）能源基础设施安全亟需高度重视

能源基础设施是指为社会生产和居民生活提供能源供应的基本物质工程设施，不包括直接为军事、国防等提供服务的设施部分。能源基础设施安全风险是指由内外部各种不确定因素引起的能源基础设施损坏或故障，在经济、安全、社会影响等方面产生一系列负外部性。其风险主要包括两类：一是由于人为因素造成的能源基础设施破坏，包括人为的、有目的的主动袭击和操作失误（见表 1-4）；另一类是非人为因素造成的能源基础设施破坏，包括自然灾害、化学腐蚀、机械故障、控制系统失灵等。

表 1-4 能源基础设施的人为风险

风险来源	产生类型		主要对象	形式	频率	后果
人为因素	主动攻击	物理攻击	油气输送管网	恐怖袭击、暴力判断、武装罢工等	高	严重
		网络攻击	电力网络、数据采集系统等	木马病毒攻击、网络钓鱼攻击等	—	—
	操作失误	外力影响	—	—	高	一般
		材料缺陷	—	—	—	—
		误操作	—	—	—	—

能源基础设施的空间分布广，同时具有社会关联性大、恢复能力慢、破坏后果严重等特征，因而极易成为暴力恐怖袭击的重点。其主要的后果包括四个方面：一是会导致直接的经济效益损失，并可能影响相关的上下游部门经济效益；二是安全事故可能引起人员的直接伤亡或者造成潜在的健康影响；三是能源基础设施损坏可能对周边空气、水体、植被等生态环境造成危害；四是会造成社会秩序混乱、心理恐慌等。根据国际能源基础设施攻击数据库（EIAD）的统计，2000年前暴力袭击能源基础设施的频率低于200起/年，而近年来已接近400起/年。

我国能源基础设施建设速度不断加快，2005年以来，我国管道输油（气）里程年均增长11%，6000千瓦及以上电厂发电设备容量年均增长12%，核能源消费年均增长9%。基于各类能源基础设施的不同环节、风险类型评价了风险频度和后果（见表1-5）。

表 1-5 未来我国能源基础设施人为风险评估

		油气基础设施			煤炭基础设施			电力基础设施			核能设施	其他能源设施
		开采 炼制	储 运	终 端	开采 安全	储 运	终 端	发 电	输 电	终 端		
人为因素	主动攻击		↑			↓		↑			↑	
	网络攻击		↑					↑			↑	
	外力影响		↑						↑		↑	
	材料缺陷		↓		↓				↓			
	误操作		↑		↓						↑	

我国能源基础设施安全风险主要包括三个特征：

一是能源基础设施存量大、增量快，安全风险频度增加。油气基础设施方面，随着管道和储运设施的进一步规划建设，非人为因素

风险将保持较高的频率，且易成为外力攻击的目标。电力基础设施自动化管理水平不断在提高，非人为因素风险将有所减少，但其安全风险的后果与严重程度较大，由此加大了电力基础设施的风险等级。核能源基础设施的风险主要体现在风险后果的严重破坏性。

二是能源基础设施在地域分布上高度集中。石油原油生产方面，2012 年我国黑龙江、陕西、新疆、天津、山东五个地区占总生产量的比例达到 77.5%，其中新疆等区域还属于暴力恐怖袭击多发区域，风险等级明显偏高。电力生产方面，2013 年 6000 千瓦及以上电厂发电设备容量分布在广东、内蒙、江苏、山东、四川省的比重达到约三分之一。这些省市对应的用电量在全国占比也较大，电力设施一旦受到破坏，产生的后果都较为严重。

三是现有管理水平和风险防控技术发展滞后。管理方面，没有专业机构对能源基础设施安全进行统一宏观管理，基本上由运营企业自行管理；政府机构的管理也由各分散的部门对不同领域的能源基础设施进行管理。法律法规方面，没有形成体系，现有法规基础都较为薄弱，导致政府部门在进行管理、处置的过程中缺乏较为权威的法律依据，企业的运营、主导地位难以完全确立，消费者和相关人员的利益无法得到合理保障。数据统计和安全监测方面，整体上缺乏有效的信息统计和数据整理，只能通过新闻媒体等获得不完全信息，无法从宏观上进行把握和分析。同时，对能源基础设施的安全运行、风险监控等较为缺乏，基本上是企业考虑自身效益情况下的自主行为。风险应急方面，没有针对性的应急措施和应急预案，目前的处置方式属于

“事后应急”的模式，缺乏针对不同能源领域基础设施的专业化预案和应急指导，一旦出现较大的能源基础设施安全问题，可能会引起较大的负外部性。在新闻、宣传等方面也存在报道不实、时效性不足等问题，对社会影响的正面性不强。

从以上三方面看，我国能源安全问题不容忽视。第一，我国能源对外依存度较高，而能源进口地和运输线路较为集中、应对供给中断的战略储备不足增加了能源供应的风险。第二，我国能源生产隐患多、使用不清洁，加剧了能源消费带来的负面影响。第三，我国能源基础设施量大、集中、管理和防控落后，安全风险未能得到有效监控。

七、能源强度

降低能源强度一直是我国政府的工作计划，《能源发展国家十二五规划》中明确提出“十二五”期间要把能源强度降低16%。近几十年间，由于技术的引进和生产方式的改变，我国能源强度不断下降，但比起发达国家，仍然有较大差距。同时过“黑”的能源消费结构、过“重”的经济结构、不合理的能源价格都不利于进一步提高能源利用效率，降低能源强度。

（一）能源强度仍有较大改善空间

中国过去的能源政策取得了显著的成效，以2005年为基年计算，根据《中国能源统计年鉴》，1990年我国单位GDP能耗为每万元2.31吨标煤，2005年降为每万元1.28吨标准煤，十五年间能源效率几乎

提高了一倍。2005 年以来，能源效率继续保持下降趋势，截止到 2012 年，能源强度下降到 0.97 吨标准煤每万元，累计下降 24.5%，年均下降 3.94%。

从国际上比较来看，1980 年到现在，我国经济结构逐渐改善，淘汰低端产能，引进国外生产技术都使得能源强度不断降低。同为发展中国家的印度也经历了能源强度的大幅度下降。而发达国家的生产技术已经较为先进，其能源强度相对平稳。虽然我国能源强度下降幅度很大，但比起发达国家和世界平均水平仍有一定差距，2012 年，我国单位 GDP 能耗是世界平均水平的 2.48 倍，是 OECD 国家的 4.7 倍，说明我国能源使用的经济效率偏低，另一个角度也表明我国的节能潜力巨大。

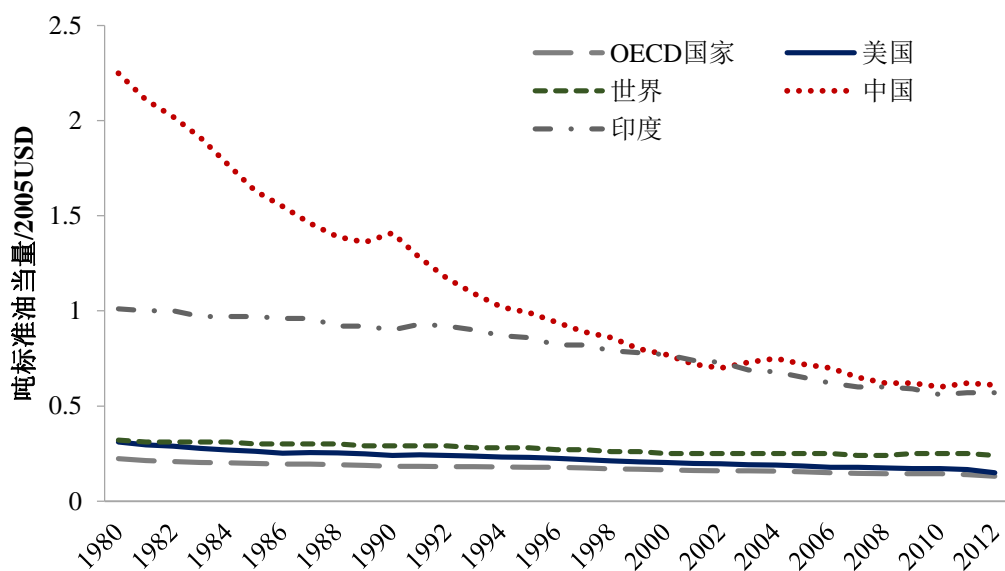


图 1-56 能源强度演化国际比较

数据来源：IEA, Statistics by Countries

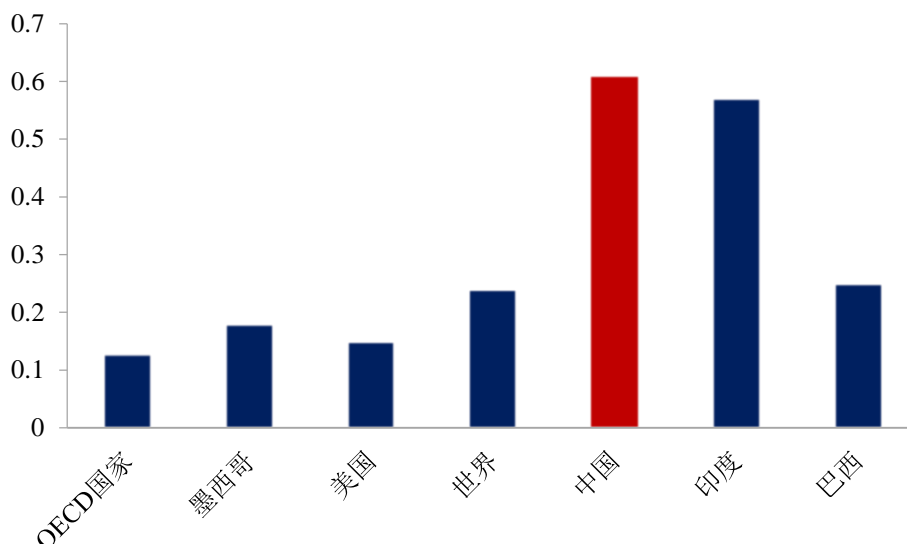


图 1-57 能源强度国际 2012 年截面比较

数据来源：IEA, Statistics by Countries

从主要工业品的能源消耗来看，我国的产品单耗指标同世界先进水平也存在一定差距。如图 1-58 所示，我国一些地区的重点大型企业单位产品能源效率已经达到较高水平，如全国千家企业（2006）的钢、原煤、合成氨、电石生产，以及浙江/广东省的千家企业（2006）在钢铁、合成氨、烧碱、原油、玻璃生产上已经接近甚至超过了国际先进水平，但是就全国平均水平而言，主要工业产品与国际领先水平仍存在 20%-50%左右的效率差异。

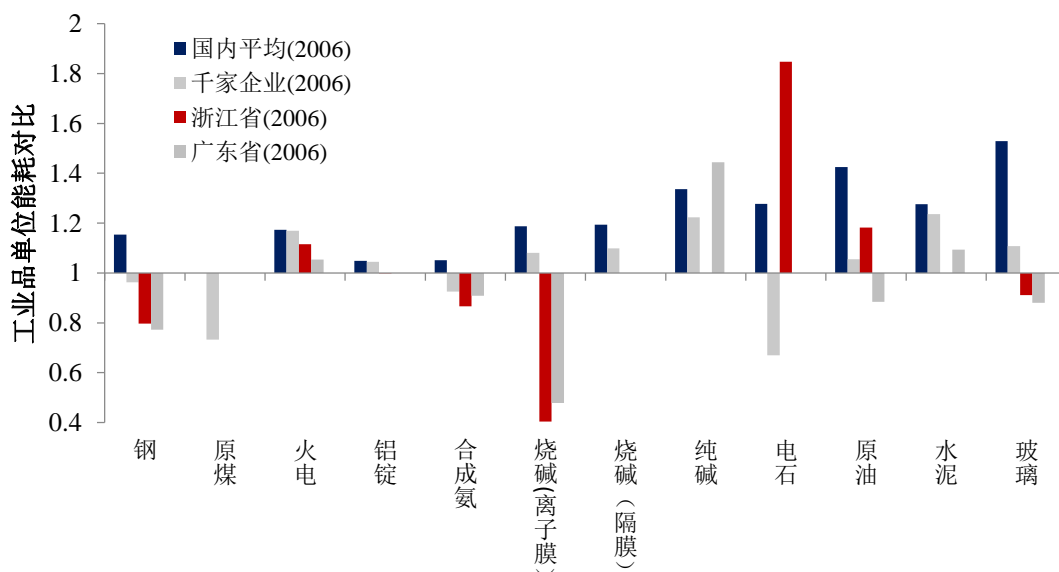


图 1-58 我国工业品单位能耗对比 (国际先进水平=1)

数据来源：浙江省数据来源于浙江省能源消费与利用白皮书（2007）；广东省数据来源于广东省千家企业能源利用公报（2007）；国内平均、千家企业、国际先进水平数据来源于千家企业能源利用状况公报（2007）。

（二）能源强度受制于能源结构

在我国一次能源消费中，煤炭消费占比一直处于 66%-71%。2000 年，煤炭消费量为 10 亿吨标准煤，到 2013 年，增加至 24.8 亿吨标准煤，年均增幅为 7.2%。与此同时，全国煤炭需求并没有减少的迹象，预计 2020 年煤炭需求将达到 50 亿吨。生产方面，我国的化石能源的资源禀赋状况可以用“富煤、贫油、少气”来概括，这种资源禀赋特征使得我国的能源消费以煤为主。我国煤炭储量丰富，资源量居世界第三位，而石油和天然气的储量则远远低于煤炭储量。

受以上种种因素影响，我国能源转型的难度较大。一方面，能源系统本身具有市场惯性，当前我国以煤为主的能源结构造成了与之相适应的管理制度、运行体制和系统标准等体系，并且形成了相应的利益分配格局。新兴的能源进入现有能源系统存在巨大障碍，一是引进新技术、新标准会带来额外的成本，二是现行能源格局下的利益相关者会进行阻挠。从国外的经验来看，能源结构调整需要较长的周期，一般而言，至少需要 20-30 年的时间。另一方面，我国落后的技术水平也不利于能源结构的调整。目前我国的能源利用技术与国际先进水平相比还有较大差距，例如，我国能源加工转换、储运和终端利用的综合效率仅为 36%，比发达国家低 10%。另外，在非常规能源的开采方面，与国际先进水平差距明显，不少低浓度矿井瓦斯无法进行抽采，每年约向空气中直接排放 200 亿立方米，能源被白白浪费。

总体能源消费结构过“黑”不仅是我国环境污染的罪魁祸首之一，也是导致我国能源高强度的重要原因。一方面，煤炭在开发过程中，会造成土地资源破坏进而造成生态系统的恶化。另一方面，煤炭在利用、运输等过程中会形成以酸雨、二氧化硫和烟尘为主要危害物的煤烟型大气污染。加之我国 85% 的煤炭都是通过直接燃烧使用的，这种低效的使用方式造成了我国能源效率极低。从图 1-59 可以看出我国各类能源消耗与能源强度之间的关系。除煤炭能源外，水电、石油及可再生能源均与能源强度呈负相关，可见改善当前的能源结构将极大地提高我国能源使用效率。

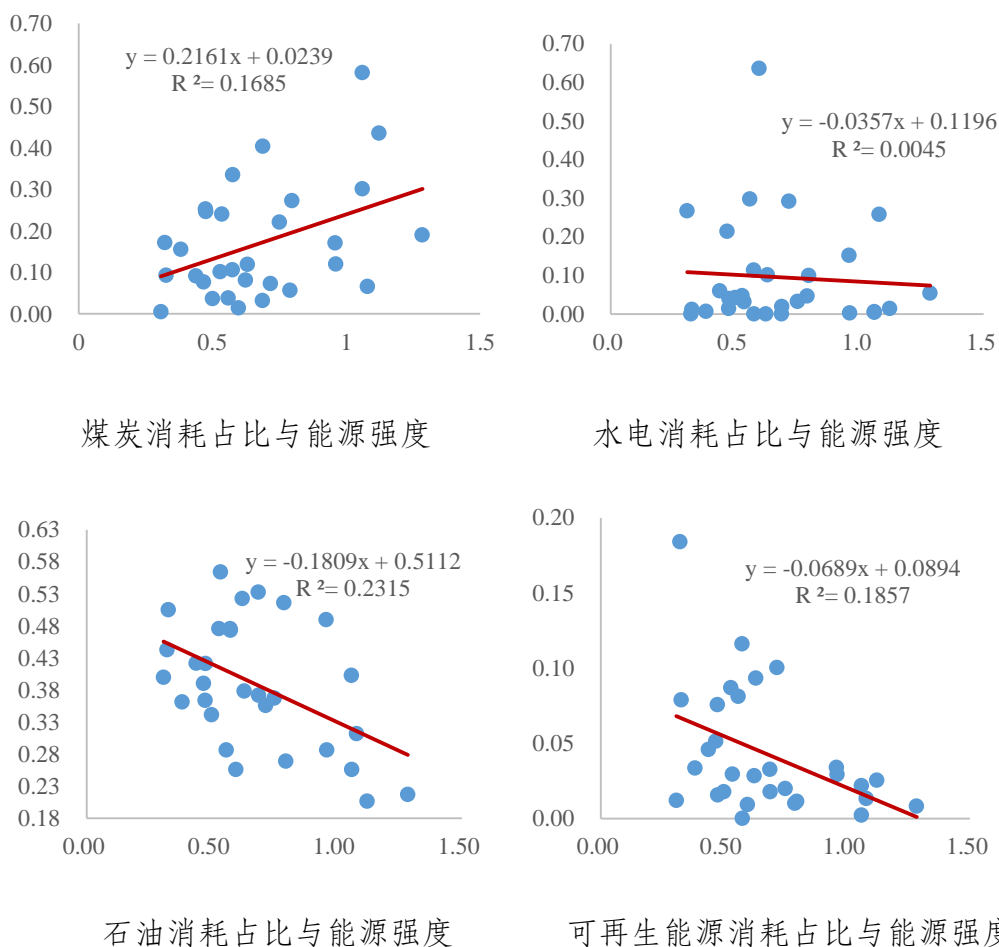


图 1-59 能源结构与能源强度

数据来源：作者根据 EIA 和 WB 的数据估计

(三) 经济结构调整缓慢“拖累”能源强度

从能耗强度来看，以“两高一资”为主的经济发展方式是导致我国单位 GDP 能耗高的重要因素。由于各产业的能源消费强度不同，调整经济结构与转变经济发展方式有助于降低能源强度。2010 年，耗能产品和设备产量占全球的比重如图 1-60 所示，大部分的耗能产品和设备在我国生产。水泥、建筑陶瓷、微型计算机、手机等产品产量占世界产量的比重达到 60% 及以上；微波炉和房间空调占比超过

70%；而电石占比最高，为 93%；汽车、合成氨等产品产量所占份额较小。并且，耗能产品和设备的生产能耗大都高于国际先进水平，以 2010 年为例，我国耗能产品能耗均高于国际先进水平的能耗，二者间差距最大的是自制浆企业（500 kgce/t），其次为电石电耗（340kWh/t）、乙烯综合能耗(321kgce/t)、砖瓦综合能耗(300 kgce/t)。同时，耗能产品的生产耗电量也较高（图 1-51），单位产品耗电平均约为 2810kWh。可见，我国工业能源消费为高耗能结构。

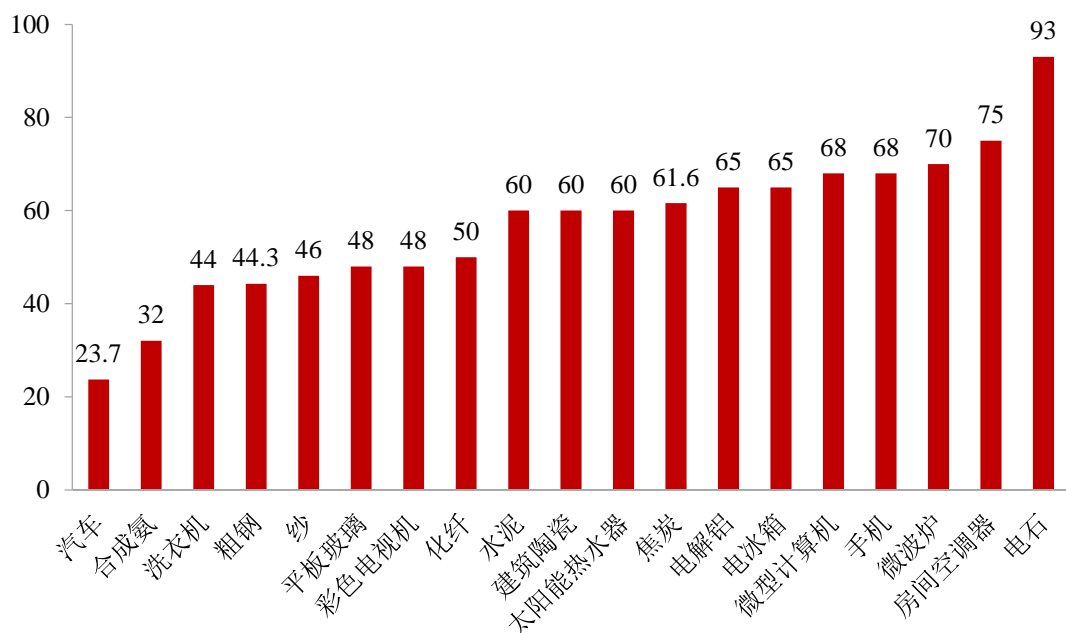


图 1-60 2010 年我国耗能产品和设备产量占全球的比重 (%)

数据来源：王庆一，《2011 能源数据》，中国可持续能源项目参考资料，2011.10

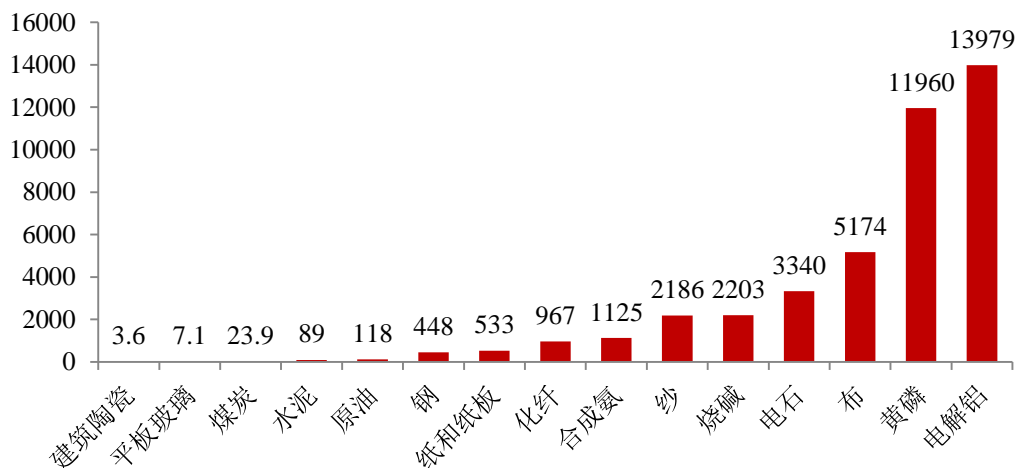


图 1-61 2010 年中国主要高耗能产品单位电耗 (kWh)

数据来源：王庆一，《2011 能源数据》，中国可持续能源项目参考资料，2011.10。

通过与英美两国对比，可以发现制造业比重与能源强度有着密切关系，我国高能源强度与当前产业结构不合理紧密相关。图 1-62 显示了英美中三国制造业占比均与能源强度呈正相关关系，且我国制造业比重远高于英美两国。与英美两国相比，我国能源强度对制造业所占比重更为敏感，即制造业占比的轻微上升会造成更大幅度的能源强度上升。

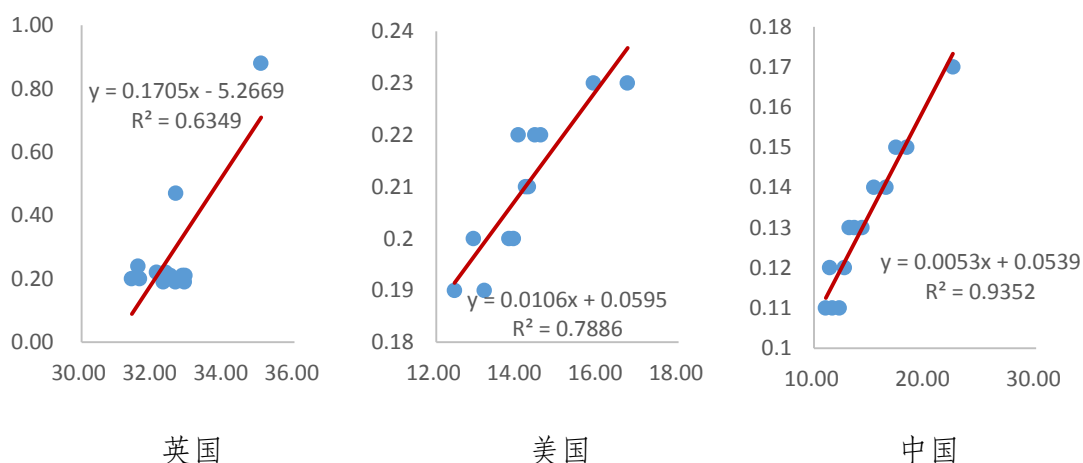
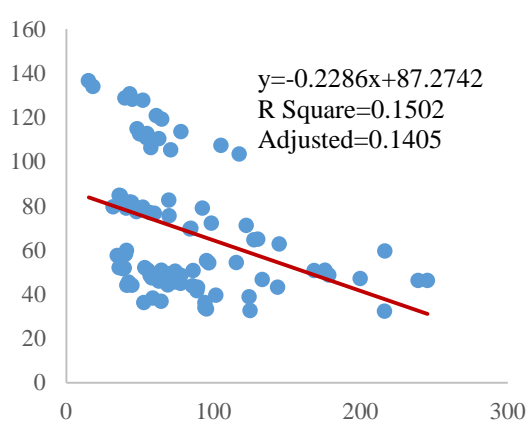


图 1-62 中美英三国制造业占 GDP 的比重与能源强度

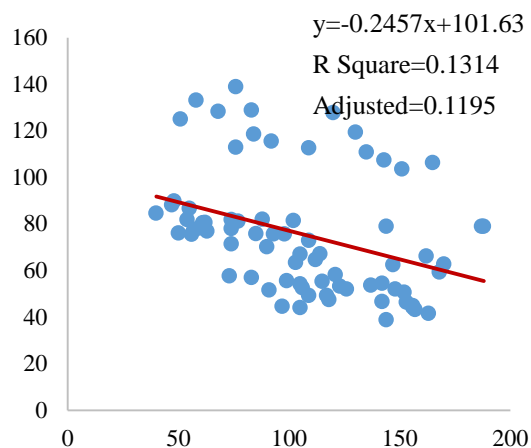
数据来源：作者根据 EIA 和 WB 的数据估计。

(四) 不合理能源价格恶化能源强度

一直以来,由于多种原因形成了能源性产品价格形成机制不合理,要素市场体系不健全,已成为经济发展呈高消耗、高排放、低效率的粗放型模式的一大症结。这种管制下的低能源价格不但不足以反映市场中不断变化的供求关系,也无法反映资源的稀缺性和能源产品之间的替代性和互补性,其后果更是严重阻碍了稀缺资源的有效配置。随着市场经济的不断发展与日趋成熟,发挥价格机制来反映能源成本与供求关系以及降低能源强度,是实现节能发展的必要途径。从下图可以看出,各类能源品价格均与能源强度呈现负相关关系,即由于能源价格过低,能源强度普遍较高,能源使用效率过低。而如果能源价格上升,需求将会减少进而有效控制能源消费总量,并进一步促进节能技术的研发。



工业煤价与能源强度



高级汽油价格与能源强度

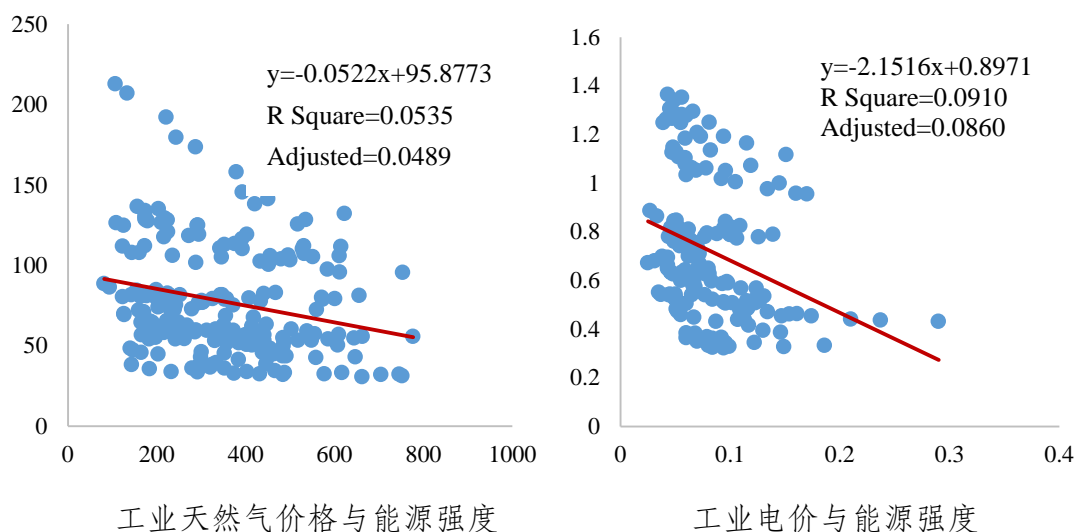


图 1-63 能源价格与能源强度

数据来源：作者根据 EIA 的数据估计。

历年来，我国能源强度下降幅度很大，但与国际先进水平相比，仍存在一定差距。影响能源强度的因素较多，而我国以煤炭为主的能源消费结构、以制造业为主的经济结构，以及未能反映能源供给成本的过低价格均是导致我国能源强度较高的原因。除技术革新外，控制能源消费量、调整经济结构与纠正能源价格是提高能源使用效率辅助手段。

综合以上来看，我国能源供给稳步增长，仍然难以跟上国内需求变化，能源缺口进一步加大，且能源投资长期不足；我国能源需求快速增长，且需求结构顽固性强，煤炭比重居高不下，需求总量仍在上升；经济结构中工业比重大，高耗能产业能耗居高不下；能源生产、运输、消费中的负外部性影响环境，使居民付出健康、医疗支出双重

代价；能源价格总体偏低，未涵盖资源的稀缺性、能源的外部性，定价机制存在不透明；能源进口比重提高，尤其石油对外依赖程度越过50%警戒线，能源基础设施安全堪忧；能源强度高于发达国家，受到过“黑”能源消费结构、过“重”经济结构、不合理能源价格的不利影响。能源问题给我国经济进一步发展，跨国“中等收入陷阱”，实现绿色发展提出了挑战。我国能源监管部门一直致力于解决这些问题，但现行政策已经无法解决这些问题。中国要发展，不让能源问题阻挡民族的前进，就需要在能源领域进行一场“革命”。那么“能源革命”的目标和是什么？如何评估这些目标，“革命的”方向在哪里？这些我们将在第二章为大家进一步分析。

第二部分 能源革命的目标和评估

一、能源革命的目标

伴随着中国经济的崛起，在主要发达国家能源消费总量趋于下降的情况下，中国的能源需求却在不断增加，并超越美国成为世界第一大能源消费大国。这导致了我国的能源供给压力持续增加。由于我国“富煤贫油少气”能源禀赋限制，能源供应能力有限，无法满足日益增长的能源需求，使得能源市场的供需缺口不断拉大，且并没有表现出逆转的迹象。为了保证能源供给，我国的石油和天然气的进口依存度不断攀升，与此同时，我国能源进口地区较为集中，容易受到国际动荡局势的影响，面临较大的安全风险。能源供给的不可持续性使未来能源发展存在很大的不确定性，带来了不容忽视的能源安全问题。

当前，我国能源性产品的价格形成机制不合理，市场信号未能准确反映市场供求和资源稀缺情况，更无法反映环境污染等外部性成本。能源价格非市场化扭曲，管制下的低能源价格导致能源需求过量，阻碍了稀缺资源的有效配置。过低的能源价格也是导致能源使用效率低下和能源消费结构僵化的重要原因之一。我国的经济结构长期以来以第二产业为主，高耗能产业能源消费占工业消费比重很高，使得我国的能源强度高于世界平均水平2.48倍，大大拉低了我国的经济增长效率。大量的能源消耗也给我国带来了严重的环境污染和生态破坏问题。从直接影响来看，能源的不当利用所排放的废水、废气一方面加剧了环境污染，损害了生物多样性；另一方面使得气候环境的恶化，导致

酸雨、雾霾等极端天气的频繁发生。从间接影响来看，在全球低碳化的潮流大势中，居高不下的环境污染物排放量严重影响了我国国际形象的树立；并且对我国的出口、就业、财政收入、投资以及整体经济增长产生了一定的抑制作用。更为重要的是，环境污染严重危害了我国居民的生命健康。

如前所述，当前能源领域存在的主要问题可以归纳为以下五点：一是供给持续不足、需求过于旺盛，在经济大幅增长、能耗水平已经较高的情况下，我国本身的能源供给增长速度落后于能源需求增长，油气资源表现地尤其明显。二是经济结构较重，第二产业占比较高，尤其是高耗能产业产能和能源消耗高居不下。三是能源利用的负外部性明显，能效和能源质量偏低等一系列因素造成了如环境污染等负外部性问题。四是能源价格非市场化扭曲，受我国传统价格体制的影响，能源价格整体上无法体现能源生产与供应的全部成本，在一定程度上存在扭曲。五是能源安全备受威胁，缺乏足够的战略储备、组织管理、法律规范、风险防范及应急预案等。为推动能源消费、能源供给、能源技术和能源制度四方面的革命，我们认为，能源革命的目标应该由确保能源供给、治理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击、保障能源安全五个维度构成。

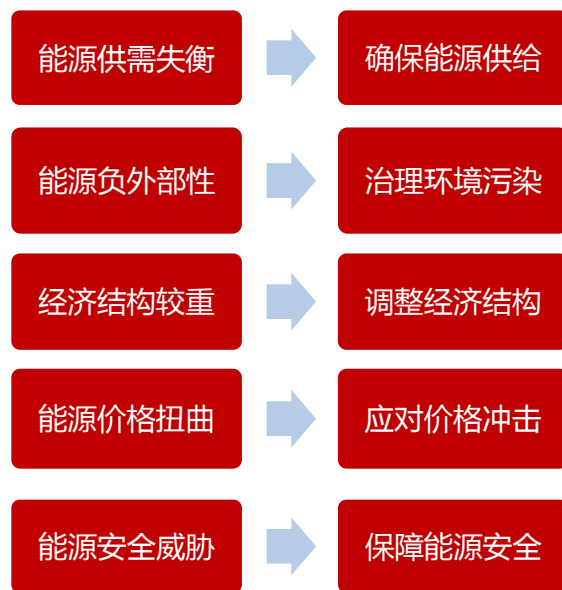


图2-1 能源革命的目标

二、能源革命目标顺序及其评估

在讨论能源革命方案是否能够达到既定目标时，应当分清轻重缓急，因此有必要对上述五个维度的能源革命目标进行顺序评估。

首先，确保能源供给应居首位。能源乃一国发展之根本，安全之大忌。它不仅是经济发展中必不可少的投入品，对人们的生产和生活有重要的影响，还直接关系到一国的宏观经济增长、微观企业的盈利能力等，同时也是一国军事、政治的基础。能源需求与经济发展水平之间呈现S型曲线的关系。工业化前期，能源需求增长缓慢；工业化过程中，特别是在工业化中期，由于重化工业加速发展，能源需求快速上升；完成工业化以后，能源需求将保持稳定或略有上升。中国正处于工业化中期向工业化后期过渡的历史阶段，相应的，能源需求保持较高速度增长。在此条件下，确保能源供给仍将是推动经济增长的

基石。在中国“富煤贫油少气”的能源禀赋，以及核能、风能和太阳能发展能力不足的现状下，保障能源供给，无论是对经济的高效运行还是人民生活质量的改善，都将是不起飞的成就。

其次，治理环境污染应该受到足够的重视。伴随着能源消费的持续增加，我国能源利用所带来的污染排放问题也愈发严重。能源的低效使用会带来巨大的负外部性，包括能源本身的浪费和对环境的破坏。尤其是近年来，在国际上，气候变暖和能源领域的生态价值受到广泛关注；在国内，酸雨、雾霾等极端天气也已经对人民生命健康产生了极大的威胁。因此，能源的清洁使用不仅是顺应全球低碳化的潮流大势，也是保障人民生命健康的重要途径。

再者，能源消费革命需要与经济结构转变相互促进。近三十年来，我国经济增长的主要驱动力来自技术引进和大量的投资、出口，其中能源的大量消费和使用是经济增长的重要支柱。从因果关系来看，这种粗放式的增长模式不仅使得能源消费结构固化，而且导致了能源资源的浪费和低效利用。目前，中国正处于经济结构转型的过程中，未来 5-10 年中国经济增长的驱动力将是技术进步和制度改进。具体来说，技术进步就是对现阶段信息化技术运用以及未来新兴技术行业的支持，通过对新兴生产力的培育和引导促进经济增长；制度改进就是对现阶段突出的结构性问题进行深入分析和解决，充分发挥政府和市场的不同资源配置作用，通过对现有生产力的释放促进经济增长。在经济增长模式从粗放型向集约型转变的过程中，能源消耗量和能源利用效率将得到减少和改善。同时，优化经济结构的有效方案也需要

进行逆向推理，即可以通过能源的清洁、高效利用来促进经济结构转型，从而保证经济的持续高效运行。

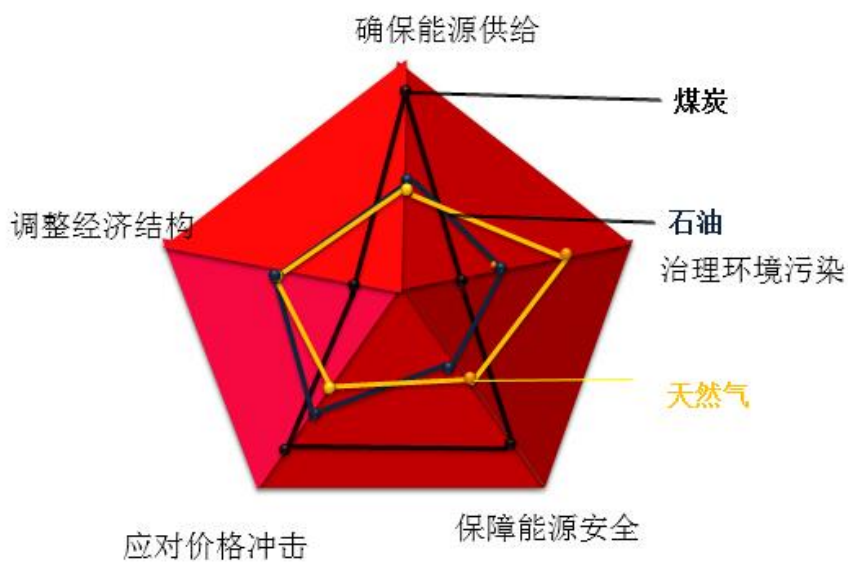
另外，能源价格对企业和居民的冲击也不容忽视。由于能源属于一种特殊的商品，有效的能源价格不仅需要准确反映市场供求关系，促进资源的有效配置，同时也一定要兼顾居民对价格的可接受性，保障社会的公平性与可持续性。这里特别指出的是，在评论能源价格高低时，将价格本身和其占家庭消费比重进行国际比较是没有太大意义的，这是由于各个国家资源禀赋不一样，富裕的国家可能价格不高，穷的国家也可能由于成本高而被迫支付较高的价格。因此，对价格高低的正确评价方式应当是看价格是否反映了生产过程的全部成本。

最后，我们也要重视能源安全问题。在国际政治经济形势日益复杂的情况下，能源供应是否安全关乎到我国经济能否畅通平稳运行，更进一步，能源供应安全甚至关系到社会稳定和国防军事战备。此外，安全是能源利用技术提高和效率提高的重要基础，能源利用安全问题也是涉及到我国社会能否持续进步的重要因素。因此，此番能源革命应对能源安全问题有所关注。

基于上述标准和分析，改革的目标应当是在确保能源供给的前提下，首要解决污染问题，然后才是调整价格水平的高低。笔者认为，能源革命评估的先后顺序依次为：确保能源供给、治理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击、保障能源安全。从我国现有的能源供应体系来看，主要能源满足上述目标的特性如以下图表所示：

表 2-1 现有能源供应体系的改革目标特性

主要能源	确保能源供给	治理环境污染	调整经济结构	应对价格冲击	保障能源安全
煤炭	√			√	√
石油	√			√	
天然气	√	√	√	√	
核能	√	√	√	√	
水能	?	√	√	√	√
风能		√	√		
太阳能		√	√		



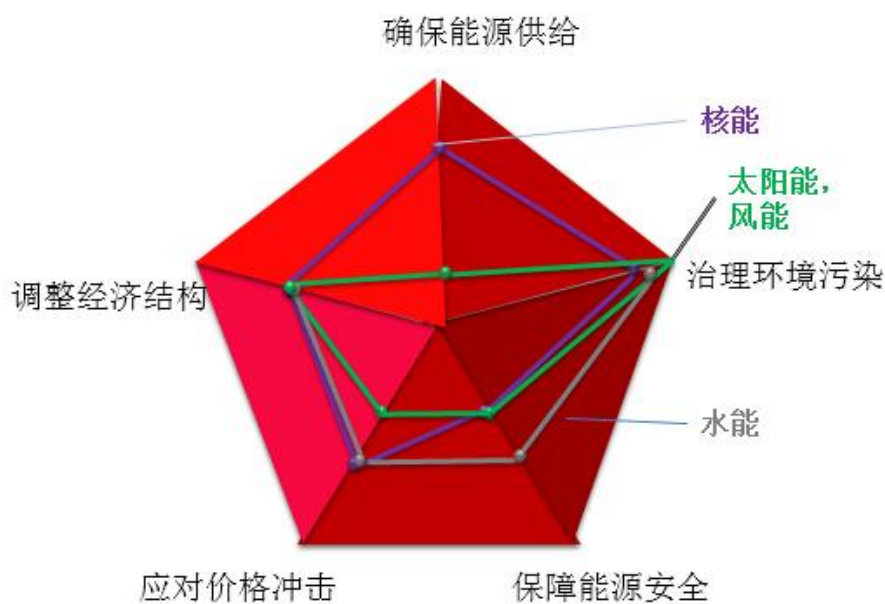


图2-2 主要能源品的改革目标特性

就煤炭而言，由于我国的煤炭储存量较为丰富，因此能够满足能源供给、价格低廉以及能源安全的目标。但与此同时，我国煤炭产业链的相关技术和安全设施等方面技术创新不足，使用的煤炭品质不高，燃烧效率偏低，造成大量的资源浪费。在此条件下，煤炭的大量使用无疑会增加环境污染物的排放，并且不利于经济结构的调整。但是如果能够实现煤炭的清洁利用，将能有效克服上述问题。

就石油而言，尽管我国通过增加石油进口满足了目前的能源需求，但进口依存度过高会导致能源安全问题不断升级。一方面，我国的石油进口来源地较为集中，对政治、外交等相关因素的依赖性较强；另一方面，石油运输航线和管道等各方面的安全管控也有较大的压力。另外，我国石油价格相对较低，对企业和居民的冲击较小，但价格低

廉导致的资源过度使用，使得环境污染治理和经济结构调整的目标难以实现。所以，攻克石油领域的这些困境仍然任重而道远。

就天然气与核能而言，能够同时实现保证能源部分供给、降低污染治理成本、优化经济结构以及保障企业和居民应对价格的能力的目标。但是，由于我国自身的能源禀赋限制以及核能推广的难度，天然气与核能均无法满足“能源安全”的目标，也不能完全保障能源供给。天然气对管道储存和运输等要求较高，形成的管道网络一旦出现问题，就会对供给和安全同时造成负面影响；核能设施虽然发生安全问题的概率不大，但一旦发生问题，其后果的严重程度将远高于其他能源设施。因此，如何在能源革命中合理利用天然气与核能，使其效用最大化，应成为新一轮革命关注的问题。

在水能方面，我们清晰地发现，我国的水能供应体系能同时满足治理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击以及保障能源安全的目标。但值得注意的是，我国的人均水能资源有限，并且水能资源在过去几十年已经得到了充分的开发，进一步发展的潜力不大，在实现能源供给方面存在很大的不确定性。

最后，从新能源来看，其推广利用不仅有利于环境保护，而且有助于经济结构调整，因此受到人们的推崇。但是，从新能源发电量和全社会新增用电量的历年趋势来看，新能源发电量在满足电力需求方面的作用十分有限，不足以担当起支撑全社会用能的重任。此外，新能源的开发利用需要极高的成本，导致其价格较高。为发展新能源，使其价格与化石能源具有竞争性，政府从多个方面对相关产业进行支

持，耗费了大量的能源财政补贴。如果依靠新能源进行革命，这一财政负担随着新能源比重的增加还会继续增大。因此，依靠新能源实现能源革命是不切实际的。

三、能源革命的“不可能三角”

讨论能源革命，既需要关注效率，也需要关注公平，不能忽略欠发达地区的发展权问题；既要让市场起作用，在市场失灵部分让政府发挥作用的同时，还得防止政策失灵。由此观之，决策者处于相当困难的境地。在确保能源供给的前提下，我们能否有一个“既能、又能，还能”的打破“不可能三角”、兼顾各种目标的改革方案？若没有，政策目标的优先序为何？完成这些需要的配套措施有哪些？改革的红利如何分配？改革的损失如何弥补？有无配套措施把改革红利和改革成本挂钩，以降低改革的阻力？

我们单看每个维度的改革，实现起来并不是十分困难。例如，第一，确保能源供给，满足企业和居民日益增长的能源需求，尽管不容易但可以做到，即加大能源开发力度和能源进口强度。第二，治理环境污染，可以通过调整能源需求结构，减少煤炭使用达到；还可以通过能源的清洁利用，例如使用脱硫脱销和减少二氧化碳排放的技术，来降低二氧化硫等本地污染物和二氧化碳的排放。第三，调整经济结构，可以降低第二产业的比重，淘汰高耗能、高污染产业，同时鼓励第三产业的发展。第四，降低价格对企业和居民的冲击，由于当前的新能源无法满足巨大的新增能源需求，煤炭仍将是满足我国日益增长

能源需求的主力军，因此实现途径就是尽量使用低成本的煤炭和技术，不额外投资减少污染所需要的设备和技术，并通过发电市场的充分竞争和政府自然垄断部分的严格管制，来确保电力价格反映其生产成本。第五，保障能源安全，可通过加强国际合作，规避可能面临的政治风险，保障能源供应安全；另外，通过加强能源利用技术，尤其是保障能源基础设施的稳固，保障人民的生命财产安全。

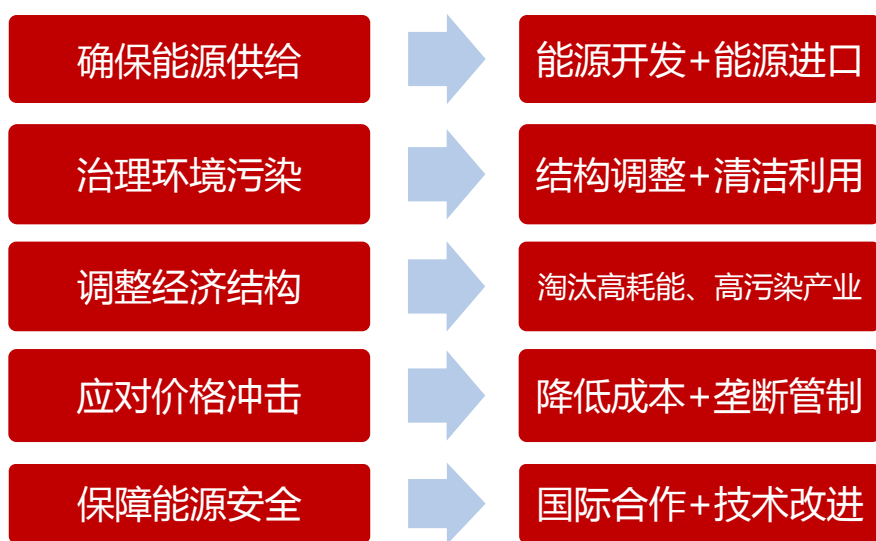


图 2-3 能源革命的“不可能三角”——单维改革

在五个目标维度中，做到“二维兼顾”也并不困难。例如，确保“能源供给”和“能源安全”同时实现是很容易的，途径之一就是使用那些成本较高，但污染较少的新能源，辅之以使用脱硫脱销技术和二氧化碳减排措施的火电。类似的，“治理污染结构”和“应对价格冲击”也是可以兼顾的，如只使用清洁且成本低的能源。“保证能源供给”和“应对价格冲击”同时实现就更容易了，通过发展成本低的火电就很容易做到。

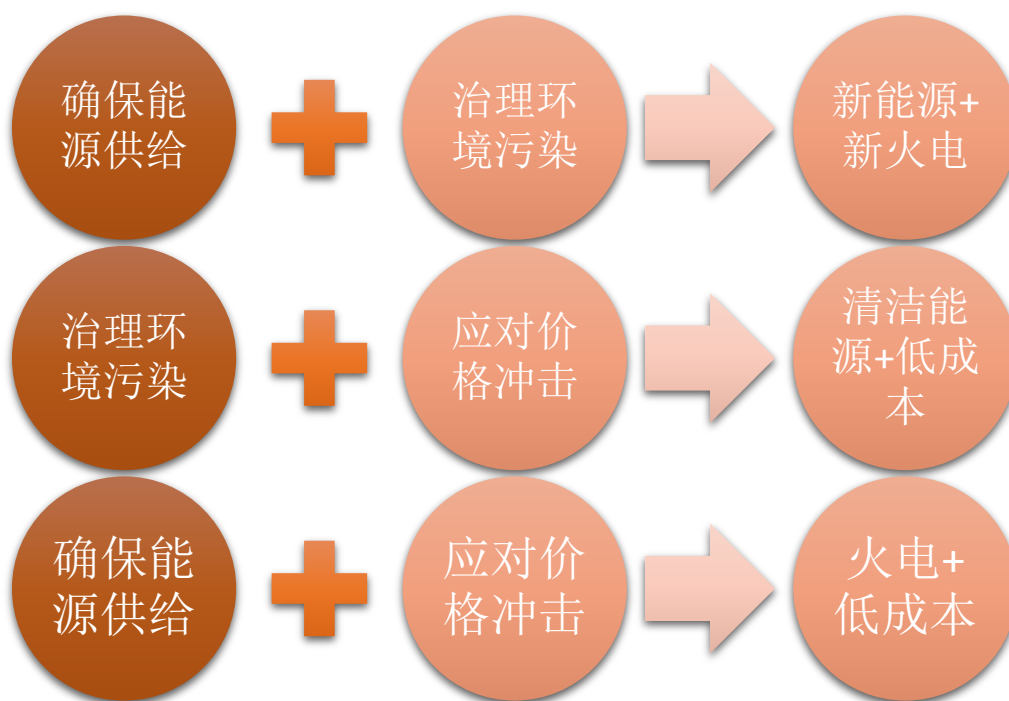


图 2-4 能源革命的“不可能三角”——二维兼顾

问题的关键在于，若想同时实现上述五个目标是相当困难，几乎是做不到的，很难找到一种能源结构和体制来确保社会渴望的“既有能源用，又没有污染，价格还便宜”这三个目标能够同时实现。例如，使用成本较高、污染较少的新能源，辅之以火电的方法，在实现了确保能源供给和治理环境污染的基础上，无法在应对价格冲击、调整经济结构和保障能源安全方面满足基本目标：新能源本身的使用成本偏高、稳定性不高，并且极易成为攻击目标，而火电是经济结构中第二产业的重要促成部分，这一方案也只能满足二维的改革目标。又如，使用清洁且成本低的能源这一方案，能够很好地满足治理环境污染以及应对价格冲击的目标，但是在确保能源供给、调整经济结构和保障

能源供给方面没有办法满足。发展低成本的火电本身能够满足确保能源供给和应对价格冲击的目标，但如前所述，火电本身对于经济结构调整和环境污染产生的作用都是负面的，无法满足这两个目标；而对于满足能源安全的目标，受制于成本因素，对安全风险的防控和监管力度就会是有限的。或者某两个方法能够实现三个目标，例如使用清洁能源和低成本的火电两种方法结合，可以实现治理环境污染、应对价格冲击和保障能源供给的目标，但这两个方法本身存在冲突，清洁能源本身对成本的要求就比较高，会对冲低成本火电在价格方面的优势。因而，我们说存在某种程度上的“不可能三角”，即“既要、又要，还要”，包含三个甚至以上能源改革目标的方案是不存在的，我们总想充当“既先生”（姓既，名又还），但这是不符合实际的。从政策管理方面来讲，现有的方案哪个能够满足我们的设想？是需求侧管理？涨价？还是数量控制？从能源类别方面来讲，哪些能够实现我们的目的？是新能源？核电？还是煤炭的清洁利用？

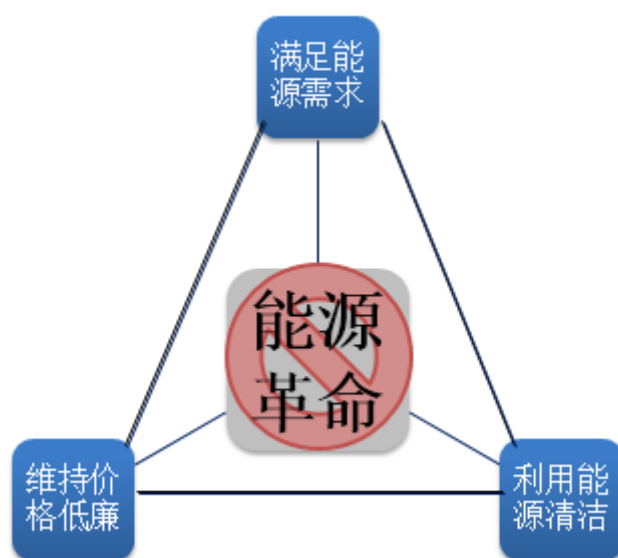


图 2-5 能源革命的“不可能三角”

由上述问题不难发现，我国决策者在能源革命上处于非常困难的位置。以电力体制改革为例，作为特殊商品的电力，其影响和实际生活中的重要性并不相称。电力的生产、消费和价格的任何风吹草动都会引发热烈讨论。和众多的政策辩论不同，电力的争论常常显得非常诡异——要么截然对立，要么鸡同鸭讲。前者表现在电力行业是天使还是魔鬼、电网拆分与不拆分、调度中心是否独立、输配是否分开等，后者体现在输配分开与竞价上网，环境税与交叉补贴，拆分电网、打破垄断与大用户直供等。单独看，也许每一个提议都是对的，但把它们都放一起来看，相互之间既可能不搭界，也可能相互冲突。诡异的背后其实反映了电力这个商品特殊的地方：技术上需要实时平衡，生产组织上部分有自然垄断性质，发电过程会有大气污染物和二氧化碳等排放，此外，作为生活必需品，电力供应多了生活保障的考虑。因此，讨论电力，既需要效率的角度，也需要公平的角度；既要让市场起作用，在市场失灵部分让政策发挥作用的同时，还得防止政策失灵。推而广之，整个能源领域也几乎面临着同样的争论，在众多需要解决的问题中分出主次，评估改革中正面和负面作用的大小是一项任务艰巨的工作。显然，改革需要尽可能地保留优点，解决问题。

总而言之，能源革命的目标冲突是明显存在的。根据目前的能源发展情况和可能的解决路径，单个目标的解决方案是容易找到的，二维目标的达成在某些情况下也是能够实现的，但是要同时实现三维甚至更多的目标，在目前条件下是一定不可能的。一方面，同一个方案不可能同时满足三个目标；另一方面，两个或者单个方案的组合有可

能够能够满足能源革命的目标，但是这几个方案之间本身会存在冲突，相互抵消各自的优势作用。

我们谈论改革，总是因为有某个方面做得不好。因此，评估改革，我们需要在考虑我国特定的政策取向的前提下，对现存的产业做个评判，然后提出改革的路径和思路。基于上述讨论，我们将在后续章节对各类能源情况进行梳理，首先对现行煤炭行业、油气行业、电力行业和核电的绩效做简单评估，然后讨论改革方案是否能够解决问题并提出改革建议。

四、能源革命的条件

我国能源革命面临着诸多不利条件和有利条件。其中，不利条件包括革命目标相互冲突、能源供给结构难以优化、地区发展权问题等；有利条件包括能源需求增速趋缓、能效提升具有空间、对污染治理达成共识、居民能源支出所占比重较少、政策工具创新、以及垄断企业具有效率提升空间等。

革命的首要不利条件是目标间相互冲突，各项目标难以同时实现。如前所述，能源革命目标可以分为确保能源供给、治理环境污染、调整经济结构、应对价格冲击和保障能源安全。就单个目标来看，满足起来并不困难，例如可以通过能源开发和能源进口保障能源供给，通过能源结构调整和能源清洁利用治理环境污染。若要同时满足两个目标，也不困难，例如可以通过发展新能源和新火电来达到确保能源供给和治理环境污染的目标，还可以通过发展火电和降低发电成本来达到

到确保能源供给和应对价格冲击的目标。但是，若想同时满足三个或三个以上改革目标就很难了，甚至可以说不可能。例如煤电可以满足能源供给、维持能源低廉价格，却不能达到利用清洁能源的目标，核电和新能源可以满足利用清洁能源，却不能实现满足能源需求和维持能源低廉价格。因此，在能源革命过程中，我们必须意识到革命目标之间的冲突，进行必要的权衡取舍。

能源供给结构难以优化指基于我国“富煤贫油少气”的资源禀赋，以煤炭为主的能源供给结构在未来一段时间内很难做到改善。在煤炭持续高产量的情况下，我国煤炭占一次能源供给比重长期维持在70%左右；我国石油、天然气储量较低，且石油以濒临开采殆尽，若未来没有新油气田被发现，则二者的需求将主要靠进口满足，因而不具备成为我国能源支柱的条件；我国核电和新能源虽然近年取得了显著发展，但供给量依然很低，尚不足以满足每年的新增用电量，因此也难以发展为我国主要能源供给来源。基于上述条件，我国能源供给结构优化将存在很大困难。

地区发展权问题指节能减排政策对地区经济发展的影响。我国能耗大的地区普遍经济发展水平较低，并且经济发展依赖于高能耗产业，若盲目对此类地区实施严格的节能减排政策，将严重制约当地的经济增长速度。并且，这些地区的高能耗产业为全国提供了商品和原材料，同时本地承受了较高的外部性成本。经济较发达的地区在享受经济欠发达地区提供的产品时，也理应对产地的外部性成本予以补贴。因此，在对能耗高的地区施行节能减排政策时，必须要考虑到其发展权问题，

为落后地区的经济发展留足空间。

上述不利条件或多或少阻碍了能源革命的进程。但是，诸多有利条件也成为能源革命的基础。首先，能源需求增速放缓且能效提升具有空间。虽然由能源消费量历史数据来看，我国近年来能源消费量上升显著，拥有较高的增长率，但是随着我国致力于针对高耗能产业的经济结构调整和技术水平升级，未来能源消费量增长率很可能出现下降，能源消费总量甚至会出现拐点。特别是，国务院以及提出了到2020年将以此能源消费总量控制在48亿吨标准煤的目标（《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》）。

我国现行的能源政策并没有起到鼓励能源效率提升的作用，以煤耗企业为例，表2-2反映了我国不同煤耗企业的发电小时数情况。可以看出，煤耗水平和发电小时数并没有显著的相关关系。将煤耗水平按从小到大排序，其中最低10%的企业平均发电小时数为5145.7小时，中位数为6741小时，最大值为8139小时，最小值为193小时；煤耗最高10%的企业平均发电小时数为3968.1小时，中位数为3654小时，虽然平均数和中位数都小于煤耗最低10%的企业，但是其最大值到达8573小时，为各煤耗区间企业发电小时数最大值中的最高值。也就是说，存在煤耗水平非常高的企业，其发电小时数也达到非常高的水平，这将非常不利于我国煤耗企业整体能源效率的提升。由各个煤耗区间的发电小时数平均数和中位数也可以看出，在煤耗由低到高的六个区间中，前五个区间的发电小时数平均数和中位数都随煤耗强度增加而降低，而这两个指标又在第六区间出现回升，这表示煤耗最

低的企业生产了较多的电力。如果以各个煤耗区间的发电小时数最大值和最小值作对比，结果就更加显而易见了。如前所述，最大值的最高值出现在煤耗强度最高的区间，而最小值的最高值则出现在煤耗强度的第三个区间，这都与电力产量应随煤耗强度增加而减少的情况不符。科学的、鼓励能源效率提升的发电方式应当是使煤耗低的企业拥有高的发电小时数，这可以通过优先购买煤耗低的企业生产的电力来实现。

表 2-2 不同煤耗企业的发电小时数情况

不同煤耗企业的发电小时数差异					
分位点	煤耗	平均	中位数	最大	最小
最低 10%	小于 310	5145.7	5741	8139	193
20%	(310,332]	5185.9	5492	7867	302
20%	(332,356]	5023.6	5187	7958	665
20%	(356,403]	4533.7	4870	8436	178
20%	(403,511]	3443.7	3092	8362	35
最高 10%	大于 511	3968.1	3654	8573	11

数据来源：《电力工业统计资料汇编》

考虑到我国能耗企业能源效率与产出量不相关的情况，通过政策调整促进能源效率高的企业提高产出，能源效率低的企业退出市场，将给我国整体能源效率提升带来很大空间。

治理污染共识指随着我国环境污染情况日益严重，以及居民收入水平提升带来的对良好环境质量需求的提高，公众对于环境污染治理已达成共识。公众对于环境治理的普遍认同将有利于相关政策的制定和实施，排除各类压力，得到社会的认可。

居民能源支出少指我国居民的能源类支出占消费总支出的比重

很低。能源革命将不可避免地对居民能源消费产生影响，例如能源价格提升将使居民将更多的收入用于能源消费，相应的，用于其他类型商品的支出将会减少。若能源消费占总消费的比重很高，能源价格提升将对居民消费结构产生很大影响，这也意味着提价将面临很大阻力。然而，我国居民能源支出占消费总支出的份额非常小，这就表明能源改革并不会对居民的消费水平和消费结构产生显著影响，因而有利于能源改革的实现。

图 2-6 展示了 2011 年我国各省能源居民能源支出占家庭总支出的比重，横轴表示地区，纵轴表示占比。可以看出，能源支出在家庭支出中占比不高，占比最高的地区为吉林省，能源支出占家庭支出的 8.1%，占比最低的地区为上海市，能源支出仅占家庭支出的 3.2%。

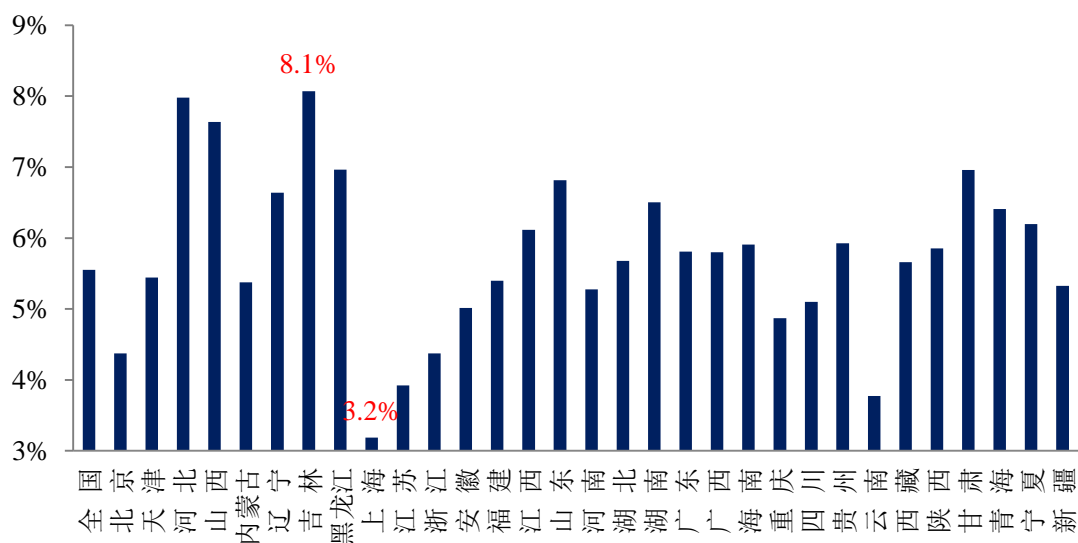


图 2-6 2011 年能源支出占家庭支出比重 (%)

数据来源：《中国城市（镇）生活与价格年鉴》

图 2-7 展示了 2011 年我国城镇居民家庭消费支出构成的平均水平，横轴表示家庭消费支出类型，纵轴表示各类支出占消费总支出的

比重。可以看出，食品支出是我国城镇居民家庭的主要支出类型，占消费总支出比重达到 36.32%。相较之下，能源消费支出占居民家庭消费支出的比例很低，全国平均而言，电、燃料、取暖费、车辆用燃料及零配件消费占家庭消费总支出的比重仅分别为 2.53%、1.31%、0.9% 和 2.5%。

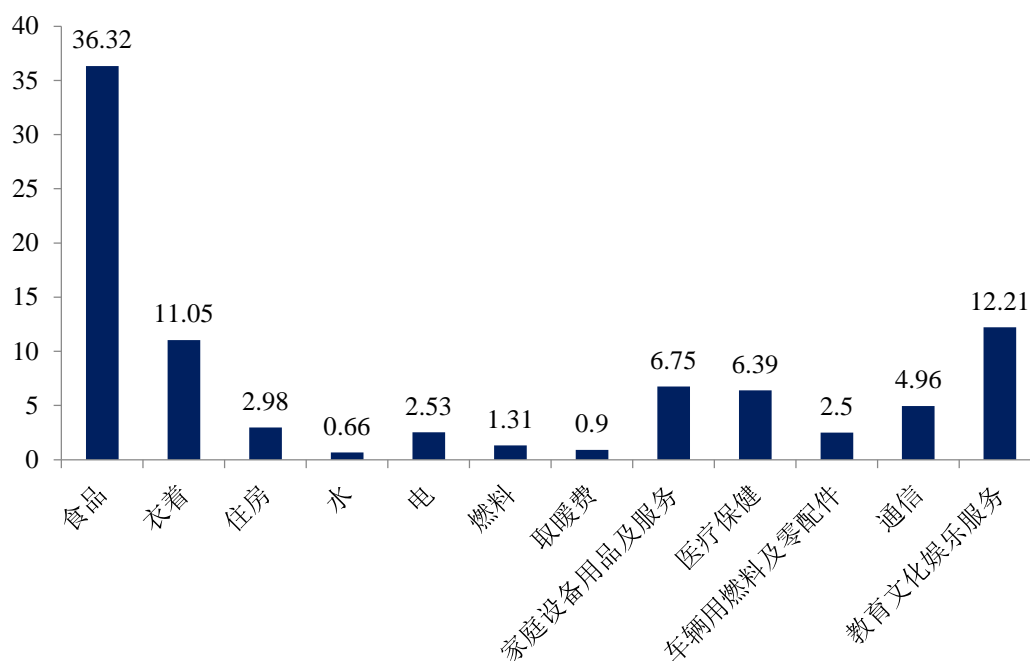


图 2-7 2011 年城镇居民家庭消费支出构成 (%)

数据来源：《中国城市（镇）生活与价格年鉴》

图 2-8 展示了 2011 年我国各省城镇居民电费支出占消费总支出的比重，横轴表示地区，纵轴表示占比。可以看出，电费支出在消费总支出中仅占据相当小的比例，全国平均水平为 2.53%，占比最高的地区为贵州省，电费支出占消费总支出的 3.63%，占比最低的地区为新疆维吾尔自治区，电费支出仅占消费总支出的 1.51%。

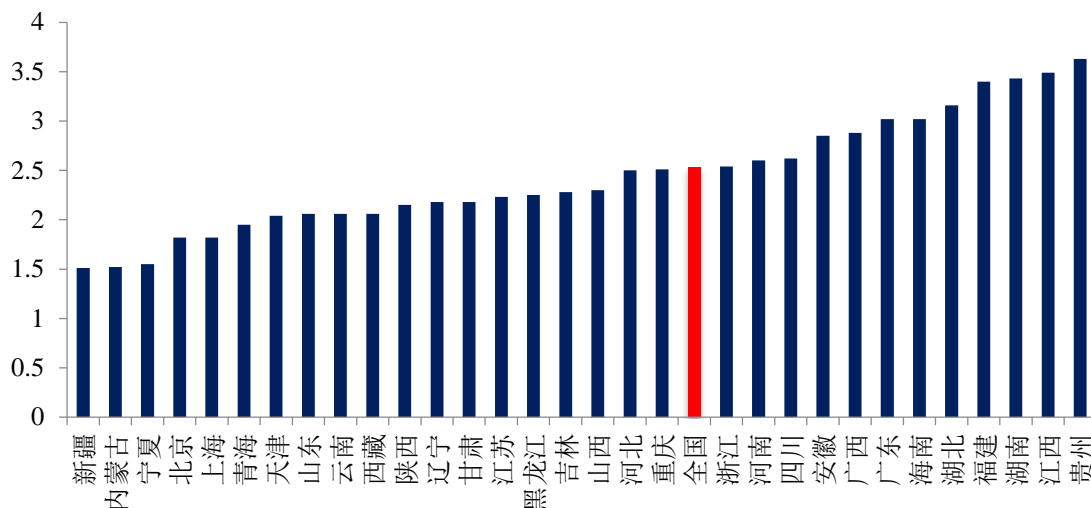


图 2-8 2011 年城镇居民电费占消费支出比重 (%)

数据来源：《中国城市（镇）生活与价格年鉴》

我国居民能源消费支出在消费总支出中所占份额非常低，这就意味着能源价格调整并不会对居民福利产生非常大的影响，这将对我国能源革命提供有利的条件。

政策工具创新指我国政府可以通过多种政策手段的综合运用达到能源革命的目标。在能源革命中，总体思路应当是把该由市场解决的问题交给市场，把该由政府调整和监管的收归政府。政府可以通过财税改革、补贴、监管等多种政策工具调整市场失灵，例如利用加收资源税和差别增值税率将外部性内部化并同时减少税收改革对公众的影响，通过维持电力领域的交叉补贴来实现中国特色的“绿色双重红利”，以加强政府监管的方式实现能源的清洁利用和自然垄断领域的生产成本监管。由此可见，政策工具的创新将为我国能源革命提供一层重要保障。

垄断行业效率提升指我国能源领域内的垄断部门仍然具有很大的效率提升空间。政府可以通过加强对自然垄断部门，诸如油气和电

网的监管来提升效率。例如加强对油气产品质量的监管，提高油品质量；完善对输配电环节的监管，防止企业过度投资的“A-J效应”和X非效率问题，健全输配电成本核算方法。垄断部门的巨大效率提升空间将为我国能源改革提供目标和用武之地。

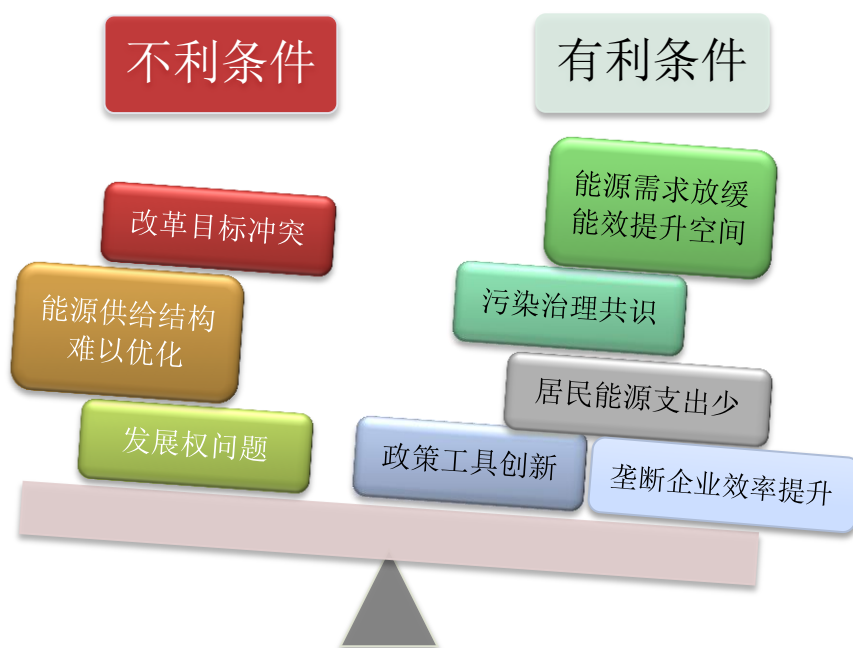


图 2-9 能源革命的有利条件和不利条件

正确认识我国能源革命的有利条件和不利条件，将有助于增强能源革命的针对性和实效性，使能源革命有的放矢、张弛有度。而在研究中我们发现，我国能源革命的有利条件居多、时机成熟，现阶段推进能源革命是顺势而为，能源革命必将突破重重艰难，打开能源发展新局面，切实推动中国能源的可持续发展。

专栏 节能减排的发展权问题

习近平总书记就推动能源消费革命提出，要“坚决控制能源消费

总量”，在此过程中，对能源这一投入要素的绝对量进行控制。但是，能源作为经济发展的重要支柱，控制能源消费总量将对经济发展产生不利影响。无论从能源消费总量还是煤炭消费总量上看，以人均 GDP 衡量的经济欠发达地区，例如四川、山西、河南、河北、山东和内蒙古等地，同时也是能耗大省，其能耗和煤耗均在平均消耗量以上。从节能减排的角度看，这些能耗大省应严格实行能源强度和能源消费总量的“双控”政策，但这将对其未来发展权造成损害，也限制了其发展空间。

图 2-10 和图 2-11 分别表示了 2012 年我国各省人均 GDP 与地区能源消费总量和煤炭消费总量的分布。其中，各散点表示各省在象限图中的分布位置，横轴分别对应地区能源消费总量和煤炭消费总量，纵轴对应地区人均 GDP。将图分为四个象限，从右上方逆时针排列，分别为一、二、三和四象限。分布在第一象限的散点为能源或煤炭消费总量高，且人均收入水平高的地区；分布在第二象限的散点为能源或煤炭消费总量低，而人均收入水平高的地区；分布在第三象限的散点为能源或煤炭消费总量低，且人均收入水平低的地区；分布在第四象限的散点为能源或煤炭消费总量高，而人均收入水平低的地区。由象限图可见，北京、天津和上海都属于能源消费少而人均收入水平高的地区，对这类地区进行能源消费控制并不会对地区的经济发展水平造成显著影响；相比之下，河南、河北和山西都属于能源消费多而人均收入水平低的地区，从能源消费控制来看，这类地区作为能耗大省，应当施行严格的能源强度和能源消费量控制，但由于地区经济欠发达

和对能源的高度依赖，严格的“双控”政策将对其未来发展权造成损害，限制地区发展空间。

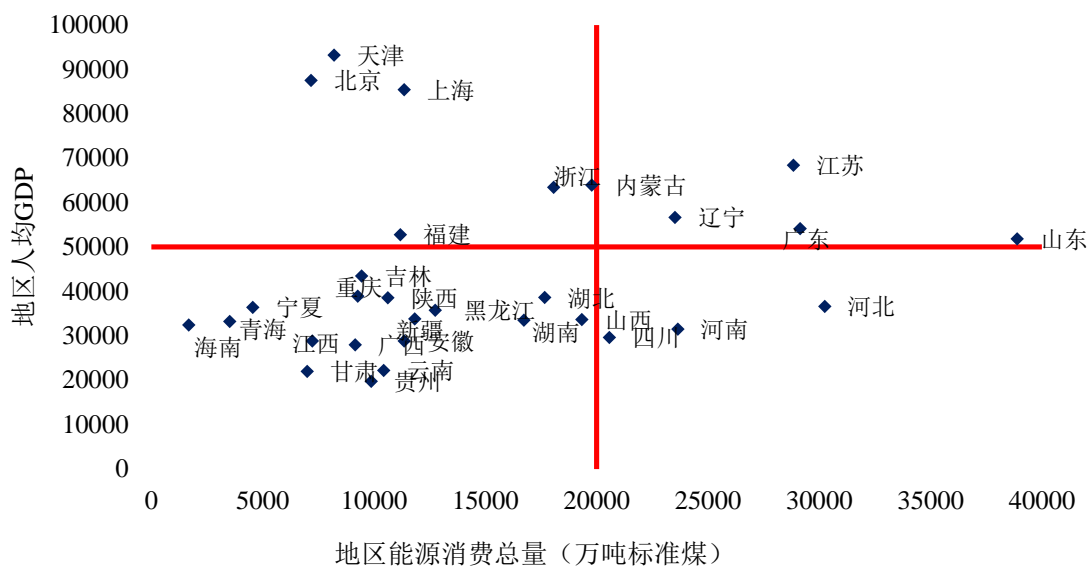


图 2-10 2012 年分地区能源消费总量/人均 GDP

数据来源：《中国统计年鉴》，《中国能源统计年鉴》

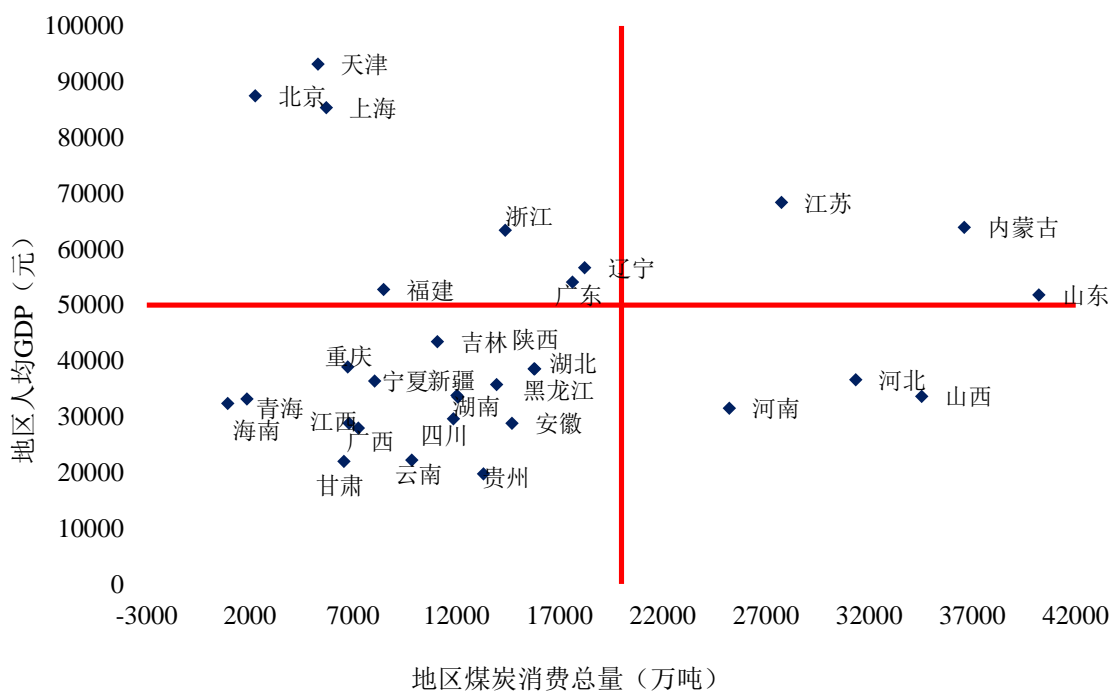


图 2-11 2012 年分地区煤炭消费总量/人均 GDP

数据来源：《中国统计年鉴》，《中国能源统计年鉴》

图 2-12、2-13、2-14 和 2-15 分别表示了 2012 年我国各省人均 GDP 与地区各类污染物排放量的分布。其中，各散点表示各省在象限图中的分布位置，横轴分别对应地区各类污染物排放量，纵轴对应地区人均 GDP。将图分为四个象限，从右上方逆时针排列，分别为一、二、三和四象限。分布在第一象限的散点为污染物排放量高，且人均收入水平高的地区；分布在第二象限的散点为污染物排放量低，而人均收入水平高的地区；分布在第三象限的散点为污染物排放量低，且人均收入水平低的地区；分布在第四象限的散点为污染物排放量高，而人均收入水平低的地区。由象限图可见，北京、天津和上海都属于污染物排放量少而人均收入水平高的地区，好的环境质量作为一种正常品，其需求将随着居民收入水平提高而上升，因而北京、上海等经济较发达地区的居民更加重视环境污染问题；相比之下，河南、河北和山西都属于污染物排放量高而人均收入水平低的地区，从这类地区居民的角度来看，他们对环境质量的需求并没有北京、上海居民那么高，并不希望地区经济发展受到减排的严重制约。

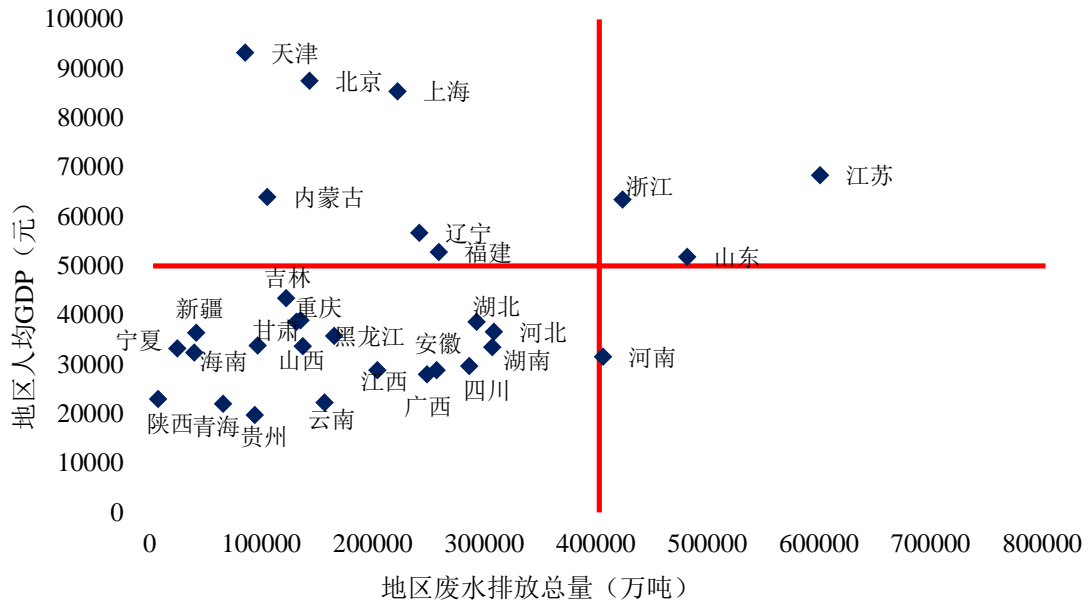


图 2-12 2012 年分地区废水排放总量/人均 GDP

数据来源：中国国家统计局

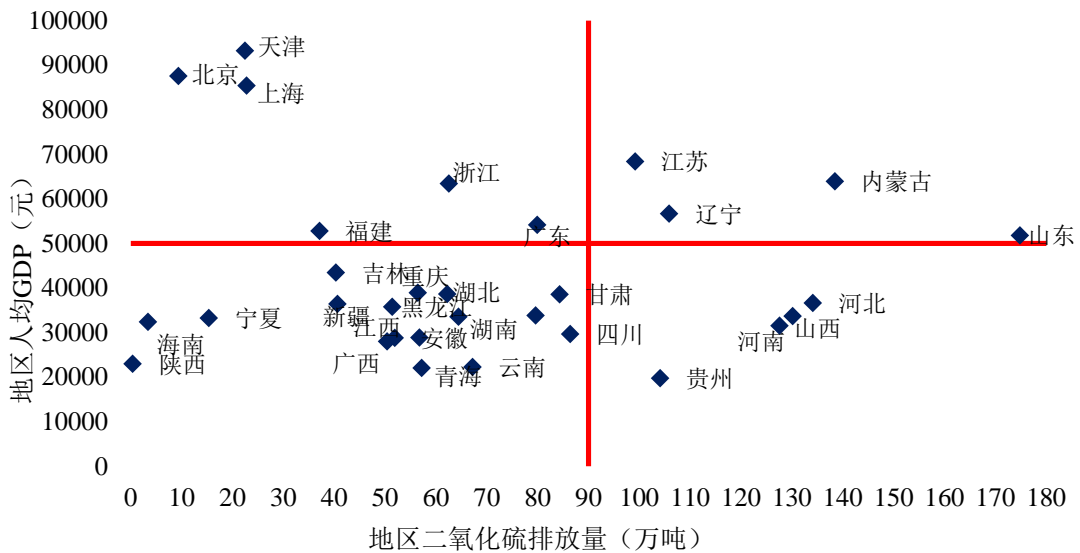


图 2-13 2012 年分地区二氧化硫排放总量/人均 GDP

数据来源：中国国家统计局

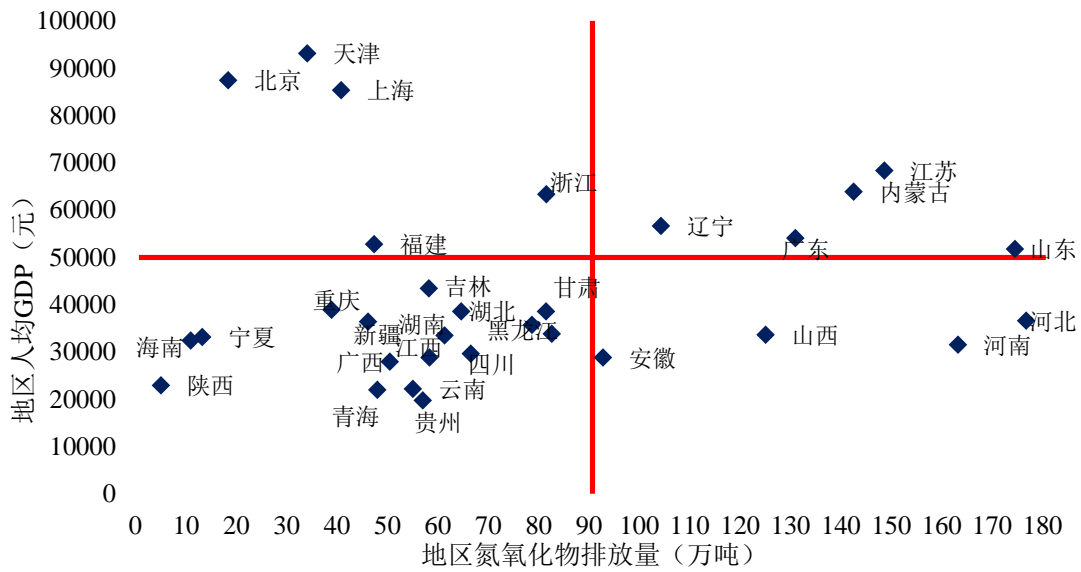


图 2-14 2012 年分地区氮氧化物排放总量/人均 GDP

数据来源：中国国家统计局

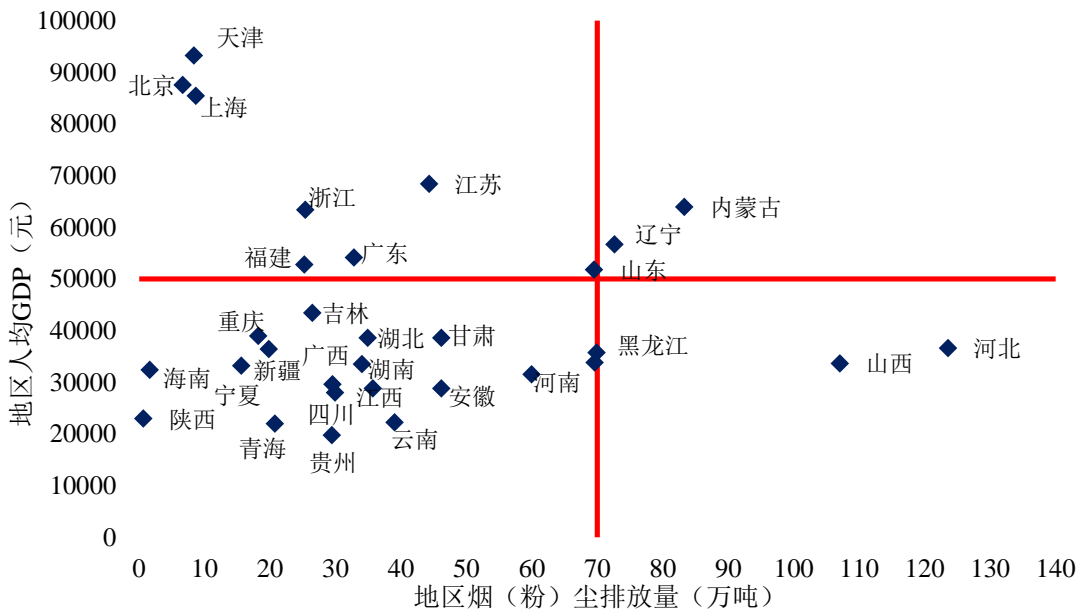


图 2-15 2012 年分地区烟（尘）排放总量/人均 GDP

数据来源：中国国家统计局

在经济发展与节能减排的问题上，发达国家与中国的关系就像北

京和河北的关系一样，人均收入水平高、能源消耗和污染排放少的发达国家相当于北京，而人均收入水平低、能源消耗和污染排放高的中国就相当于河北。中国拥有大量高能耗行业，为世界各国提供商品和原材料，同时自身承受着环境污染的外部性，而高二氧化碳排放量还被发达国家诟病。国际上一直要求中国降低二氧化碳排放量，中国也确实就此努力，制定二氧化碳排放额度并积极建设碳排放权交易制度。但是，国际上在对中国提出减排要求时，也应当考虑中国现处的发展阶段，作为发展中国家，中国在积极履行减排义务时，也应当拥有足够的经济发展空间。

专栏 抑制高耗能产业的扩张是控制能源总量的关键

主流观点通常认为经济发展必然带来能源需求的提高，然而这并不必然。具体来看，2012年上海、河北与山西GDP分别为21602.1、28301.4与12602.2亿元，但就能源消费量来看，三省市分别为11362、30250、19336万吨标准煤。可以看出上海经济总量虽高于山西，但能源消费量较山西少近800吨标煤。从上海与河北的比较来看，河北经济总量虽高于上海30%左右，但其能源消费量却达上海3倍之多。从三者的产业结构来看，河北以钢铁行业为主导产业，山西以煤炭开采业为主，而上海第三产业占比较重。可见，对能源消费的分析不能仅仅从经济总规模来考虑，而应该从产业结构视角出发。产业结构与能源需求的匹配问题才是经济能否实现可持续发展的关键所在。

长期以来，我国能源消费主要集中在工业部门，工业能源消费量

占能源消费总量比重已连续多年维持在70%左右。而在工业部门内部，“高能耗、高污染、低附加值”的钢铁、水泥、化工等高耗能产业是导致工业能耗居高不下的主要原因。从这个角度来看，高耗能产业的用能需求才是促使我国能源需求持续上升的根源所在。

近几年，我国多次出现全国性与季节性电荒事件，各项数据均显示问题出现在高耗能产业上。具体到行业来看，我们以钢铁行业为例。图2-16展示了2003-2011年的钢铁产量增长率和电力消费增长率的月度数据，其中横轴表示时点，纵轴表示增长率。可以看出，钢铁产量增长率和电力消费增长率的变化趋势大致同步，且电力消费增长率变化滞后于钢铁产量增长率。虽然仅以此图无法判断二者具有因果关系，但是两者间的相关关系显而易见。可见，钢铁行业作为高耗能行业中的用能大户，其发展与电力消费量的变动息息相关。

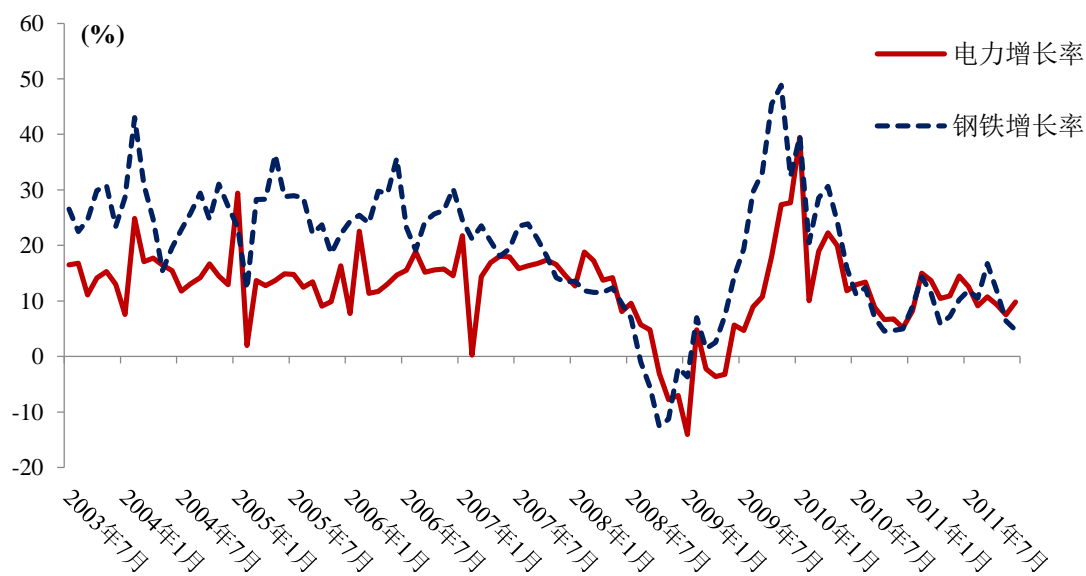


图 2-16 2003-2011 年电力消费与钢铁产量增长率

数据来源：《中国统计年鉴》

针对钢铁产量增长率和电力消费量增长率的相关关系，我们将二

者做一元回归，以钢铁产量增长率作为自变量，电力消费增长率作为因变量，拟合结果如图 2-17 所示。各散点表示拟合样本，即 2003-2011 年各月的钢铁产量增长率和电力消费增长率。其中，横坐标对应的是钢铁产量增长率，纵坐标对应的是电力消费增长率。直线表示回归结果，斜率为 1.051，即 1%的钢铁产量增长率会带来 1.051%的电力消费增长率。回归结果的 R^2 为 0.4795，表明钢铁产量增长率可以解释约 48%的电力消费量增长率。

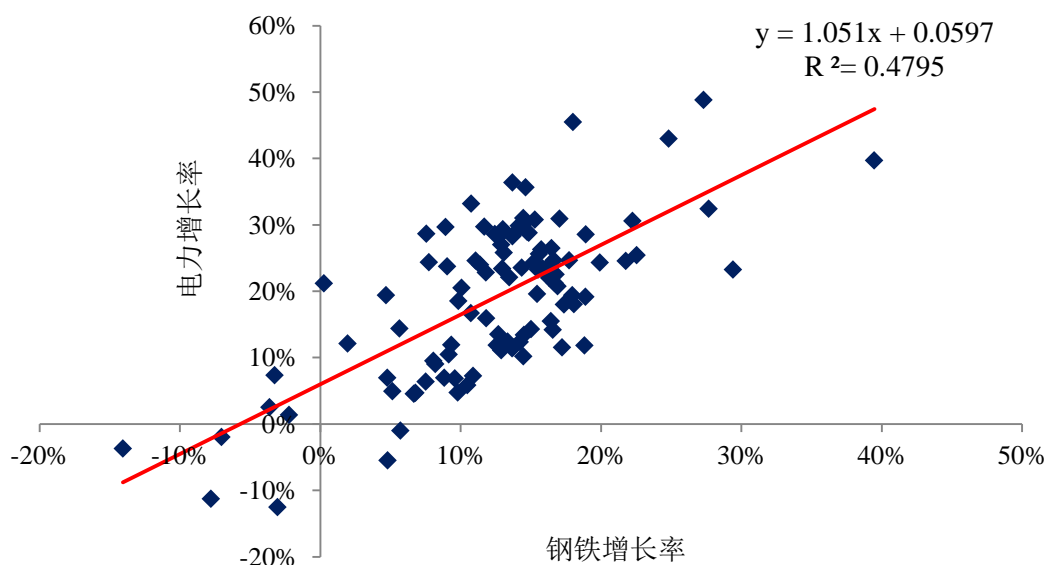


图 2-17 2003-2011 年电力消费与钢铁产量增长率的相关性

数据来源：《中国统计年鉴》

当前，我国高耗能行业能耗过高，其根本原因在于能源使用效率较低。由于我国高耗能行业工艺水平与设备落后，这导致在能源利用过程中浪费严重，能源强度很难下降。另一方面，我国高耗能产业过度扩张导致产能过剩，在技术水平未得到提升的情况下，产量的增加必然带来能源的过度消耗。此外，一些地方政府由于经济下行压力，

对高耗能产业发展存在路径依赖,对高耗能产业的过度保护现象严重,使得高耗能行业盲目发展。因此,为实现能源消费总量控制目标,加快高耗能产业的调整步伐刻不容缓。

基于上述讨论，我们将在下面章节对各类能源现状进行梳理，并分别对现行煤炭行业、油气行业、电力行业和核电的现有改革绩效做简单评估，然后就实现能源革命的最优途径从政府与市场两个角度分别进行深入分析。

第三部分 能源革命的路径

此前部分，本报告分别从能源供需、能源价格、能源与环境污染、能源安全等方面入手，全面剖析能源市场的发展现状、梳理能源市场发展面临的问题，从而阐明能源革命的必要性和紧迫性。在此基础上，对能源革命的目标及其冲突进行了探讨，认为能源革命在某种程度上存在“不可能三角”，能源革命的目标应顺次为保障能源供应、缓解环境污染，稳定能源价格和完善能源监管。而现阶段着重需要解决的问题是如何保障能源的充足供应与有效缓解环境污染。那么，如何化解各个目标之间的冲突、积极稳妥推进能源革命呢？在此过程中，决策者需要在各目标间进行权衡抉择，确定其改革优先顺序。而这首先需要对改革潜力进行评估，即现有条件是否允许进行改革。其次评估出改革赢家与输家。对于赢家，改革红利要如何进行分配；对于输家，改革损失如何进行补偿。物价水平、国际竞争力、经济增长速度与地区发展等经济基本面所受到的影响也必须进行可靠的评估。由此观之，市场与政府对自身的准确定位将对改革能否顺利进行、目标间冲突能否有效化解起到关键作用。

这一部分将从能源革命重点领域出发，各个出击、全面探索，力

图突破能源革命重点领域的困境和难题，对包括煤炭、油气、电力和核能等行业的现状进行深入分析，并对现有改革措施进行试评估，进而就能源革命实现途径从政府与市场改革方向展开探讨。

一、各行业现状

能源行业是国民经济的重要领域，各行业的发展都离不开能源行业的物质支持。经过多年发展，我国能源产业体系逐步完善，呈现出能源多元化趋势。现阶段我国能源行业主要包括煤炭、油气、电力、核电与新能源这五大类。能源行业作为能源革命的主要对象，只有对各能源行业的现状进行深入了解，才能识别出其革命潜力，进而有效评估。本节将就各能源行业的特点、优缺点进行详细分析。

（一）煤炭行业

煤炭作为我国重要的基础能源和工业原料，有力地支撑了我国经济的长期高速发展。长期以来，煤炭能成为我国最重要的能源品种，是在于煤炭利用存在其自身优点。第一，我国煤炭储量丰富，开采供给较为稳定。第二，煤炭价格低廉，保证了生产生活的用能需求。当前煤炭行业的主要特点为煤炭资源丰富，但地理分布与消费地区分布不协调。煤种来看，动力煤资源丰富但炼焦煤稀缺，煤炭品种质量差异较大。

尽管我国煤炭产量高，但目前煤炭的开采利用仍存在不少的问题。

1、煤炭使用效率低

首先，煤炭规模化开采水平不高。我国煤炭产业集中度偏低，2010

年我国前10大煤炭企业产量占比不到36%。过低的产业集中度阻碍了我国煤炭产业规模化效益、安全生产水平及可持续发展能力的进一步提升。其次，煤炭开采效率较低，资源浪费严重。我国中小煤矿较多，先进生产技术和开采设备的使用率不高，煤炭开采过程中存在“吃肥丢瘦”、“采厚弃薄”等现象。国有重点煤矿的资源采出率一般在50%左右，国有地方煤矿和乡镇煤矿不到30%，有的仅为10%-15%，远远低于世界60%的平均水平。再次，煤炭转换利用效率偏低。相当比例的煤炭通过中小锅炉直接燃烧利用，不仅降低了能源利用效率，而且使得污染物排放分散，增加了处理的难度和成本。

2、煤炭使用污染严重

在煤炭的开采、运输和燃烧过程中，每一环节都会产生各种污染，给环境带来严重负外部性。因此，煤炭行业一直是减排的重点领域。

3、煤炭开采安全性低

中国的矿难事故已经成为国际关注的焦点。如前所述，我国历年矿难死亡人数和煤炭百万吨死亡率远远超过世界其他国家。并且，由于工艺落后，缺乏有效防护措施，我国煤炭行业存在着不同程度的职业危害。

(二) 油气行业

受限于我国“贫油少气”的能源资源禀赋，我国油气需求依赖于进口。近年来，我国石油产量的增长相当缓慢，甚至止步不前开始出现下滑趋势。未来20年，我国石油产量将保持一个低速增长的势头，

大约为 1.8-2.0 亿吨/年。从长期来看，如果未来几年海上石油开发技术方面没有重大突破或进展，我国的石油产量只能是微弱的正增长。我国国内石油产量难以满足经济快速发展的需要，大量的石油需求缺口只有通过进口弥补。中国石油对外依存度将由目前的 50% 左右上升至 70% 左右（中国人民大学课题组，《2020 年全面建成小康社会的能源消费指标解读》）。

作为清洁能源，天然气的利用有利于减少环境污染。目前，我国天然气消费比重远低于英美德等发达国家，人均天然气消费量也大幅低于世界平均水平。由于基础值较低，中国的天然气消费量具有巨大的增长空间。然而，天然气产量过剩在 2006 年发生逆转，出现了大幅上升的天然气进口，形成了现在的国产气为主，进口气快速增长的局面。

在油气经营方面，两桶油对我国石油的垄断是我国石油行业的最显著特点。当前，成品油定价以国际市场原油价格作为参照成本，天然气则是以替代能源市场价格作为参照成本。

总体上看，中国国内的油气生产无法满足本国对油气资源需求。并且，随着未来能源需求的进一步增长，本国油气资源加速增长的可能性很大，供给潜力不足，油气资源对进口高度依赖。而由于受到国际政治、油气价格、运输安全等多方面的影响，无法保证大量的进口资源稳定供给。当前油气行业的问题主要表现在以下几点。

1、进口来源稳定性不足

一是中东前景不容乐观。从全球范围来看，中东地区依旧在石油

市场中占有举足轻重的地位，中国石油进口的主要来源地也是中东，但是中东国家已经开始对本国石油产业进行改革，石油产业价值链的中下游已经成为未来发展的重点，这就意味着中东地区极有可能减少原油的出口而转向石油产品的生产和出口，这种变化将对中国未来石油获取带来挑战。二是美洲地区发展潜力有限，这一地区基本处于美国的控制之下，从该地区获取石油供应的难度较大。三是非洲地区资源进口难度较大。在中东之外，中国目前能够巩固并扩大影响力的是非洲地区。非洲地区生产的低硫油是其他地区无法替代的，近年来非洲已经成为全球争夺的重要石油产区，但中国企业在非洲的投资合作更多的偏向于参与开发并直接在本地产地消化油气资源，直接进口难度较大。四是俄罗斯及中亚地区较有潜力，保持同俄罗斯的全面战略伙伴关系以获取这块资源丰富的地区，从而保证供应，成为中国政府外交的重要环节。

2、进口渠道存在较大安全风险

石油获取通道，即进口石油的运输方式，目前中国 90% 的石油进口依靠海运，主要运输咽喉要道是几大国际著名海峡或运河：波斯湾、霍尔木兹海峡、苏伊士运河、马六甲海峡、巴拿马运河等。但由于国际市场上石油的需求方竞争愈演愈烈，海上运输的安全风险也大大增加，索马里海盗事件也让中国提高了对海上运输风险的警惕。同时，这几大海运要道并不处于中国的直接或间接控制之下，一旦爆发冲突，线路被封锁，则会对中国的石油运输产生重大破坏。

3、现有的油气价格无法反映油气产业链的全成本

我国现有的成品油定价机制如下：政府以布伦特等三地原油价格为基础，考虑炼厂成本、合理利润以及流通费用后制定最高限价，在10个连续工作日国际油价的移动平均价格变动幅度超过4%的情况下，对成品油最高限价进行调整。我国现有的天然气定价主要采用“成本加成”的方法，即出厂的生产成本加上合理的利润构成成本价。其中天然气产业生产、运输价格由国家发改委制定，销售价格由地方发改委定价。⁶

从成品油的价格情况来看，根据国际油价变化情况制定的最高限价并没有直接反映供需情况，无法充分体现油气全产业链成本，批发价格的走势也并未与指导价格完全一致，仅在一定程度上反映了供需情况的变化。从天然气的价格情况来看，成本方面未考虑国际天然气价格变化，同时忽略了天然气的替代属性，未与竞争燃料的市场价格挂钩；在政策导向和负外部性方面，也没有体现出天然气的热值环保、便利等社会经济优势。

4、政府监管失灵，导致资源错配

从成品油情况来看，现有价格机制没能体现油品质量，企业无动力进行技术创新和精细化发展，企业偏向于降低油品质量，“劣币驱逐良币”的情况时有发生，对市场秩序和国家税收、环境治理造成负面影响。从天然气的价格情况来看，价格与市场供需基本无关，并且

⁶ 国产陆上常规气、进口管道气价格实行门站价，供需双方可在国家规定的最高上限门站价范围内协商确定具体价格；门站价与燃料油和液化石油气权重分别为60%和40%价格挂钩，并按可替代能源价格85%的水平，即折价系数K为0.85，通过市场净回值法测算中心市场的门站价，最后结合管输费具体确定各省门站价。页岩气、煤层气、煤制气出厂价格以及液化天然气气源价格放开，由供需双方协商确定。

政府部门的大量补贴使得全国范围内天然气价格偏低，一方面使得供给企业对需求判断不准，没有降低成本的动机，盲目扩大投资；另一方面容易形成利益输送和寻租。

5、对竞争引导不当，生产经营效率偏低

“X 非效率”是指垄断企业在不存在市场竞争机制约束的状况下，放松内部管理和技术创新，从而导致生产经营低效率的现象。目前我国的油气价格机制无法从竞争方面引导企业。从成品油方面来看，现有价格机制不利于上中下游的竞争开展，导致大集团内部效率偏低。从天然气价格来看，地方存在市政管网定价的“最后一公里”问题，地方企业垄断终端管网，不利于形成竞争体现真实供需情况。

专栏 成品油定价机制就是鼓励劣质油

2015 年 1 月，汽油等消费税每升提高到至 1.52 元，柴油等消费税每升提至 1.2 元。这是继 2014 年 11 月 29 日、12 月 13 日之后，两个多月内我国第三次提高成品油消费税单位税额。财政部与国家税务总局表示，此次提高燃油税是为了环保，一方面，有利于节约能源，鼓励新能源发展；另一方面，新增收入可用于治理环境污染、应对气候变化。

目前，我国的成品油价格构成中，消费税以固定金额的形式征收，原油价格主要受国际油价的影响。因此，在国际油价下跌情况下，消费税占比的提高实际上反映了油气资源开采负外部性的成本比例增加，用于弥补国内本身开采、加工费用偏高造成的损失。

提高燃油消费税固然可以减轻石油消费，降低尾气污染。但当前污染源主要是来自劣质油的使用。而现行的成品油定价机制只规定最高限价而未针对油品质量进行定价，消费者购买到的只是符合基本检测标准的产品，并不能准确识别油品质量。这种只有定价机制而缺乏合理的质量监督检测标准的运行机制，导致企业的差异化产品无法得到准确识别，因而企业无动力进行技术创新和精细化发展。企业基于盈利动机的考虑会尽量压低成本，通过降低油品质量、压缩炼油成本等方式在价格上展开竞争，这导致部分价格便宜的小炼厂炼制的油品、调和油等纷纷进入市场，“劣币驱逐良币”的情况时有发生，对市场秩序和国家税收、环境治理造成负面影响。因此，劣质油的大范围使用是石油生产端粗放导致的，而其根源又在于定价机制无法识别油品质量。在该种情况下增收燃油消费税只是从消费端入手，未抓住污染的主要矛盾。

与国外相比，我国油品质量历来诟病较多。尽管排放标准硫含量与欧洲标准基本一致，但芳烃、烯烃等含量与欧洲标准有较大差距。而这类化合物在燃烧或挥发后会使得环境遭到严重污染。曾在 2013 年初，多地空气质量持续恶化，汽车尾气被认为污染的重要来源，这引发了对中国油品质量的讨伐。当时主流回应认为油品质量的提升会带来成品油价格的普遍上涨，进而给消费者带来压力。在目前国际石油价格下跌的窗口期，政府在提高消费税的同时，更应该加大对油品质量的监管，鼓励企业进行油品质量升级置换，强化对差异化竞争的引导。总之，提高油品质量标准是比增加消费税更好的环保方式。

表 3-1 排放标准硫含量情况与实施时间

油品标准	硫含量	芳烃	烯烃	全面实施时间
“国 I”标准	<800ppm	<40%	<35%	2002 年
“国 II”标准	<500ppm	<40%	<35%	2005 年
“国 III”标准	<150ppm	<40%	<30%	2010 年
“国 IV”标准	<50ppm	<40%	<28%	2015 年
“国 V”标准	<10ppm	<40%	<24%	2018 年
“欧 I”标准	<1000ppm	/	/	1992 年
“欧 II”标准	<500ppm	/	/	1996 年
“欧 III”标准	<150ppm	<42%	<18%	2000 年
“欧 IV”标准	<50ppm	<35%	<18%	2005 年
“欧 V”标准	<10ppm	<35%	<18%	2008 年

（三）电力行业

现行电力行业特点,是发电侧的电源结构以火电为主,水电为辅,核电、风电和太阳能作用不大,部分用户有自备电厂;输配电体系在全国是国家电网和南方电网在区域内自然垄断运营;电力终端消费以工商业为主,居民用电为辅。总结起来,现有电力行业的优点:第一是以较低的价格水平满足了电力需求,保证企业和居民的用电安全。第二是交叉补贴,企业补贴居民、城市补贴农村等。第三是电网部分充当了民政角色,补助低收入人群的用电需要,同时通过电网内部东部补西部,城市补贴农村,提供普遍服务的方式,部分承担了财政职能。第四是电网具有烫平供给和需求两侧的不确定性的功能,部分起到了“水库”或者“保险公司”的功能。第三点和第四点过去提得不多,

我们研究认为新一轮电改需要注意这两个角度。

现行安排也有明显的缺点：

1、电力生产的污染物排放较大

在以火电为主的供给侧，火力发电煤耗在纵向比较上有一定的改善，但在横向比较上仍然有很大的差距。即便是在我国行业内比较，大量企业的发电煤耗还是令人难以接受。尽管脱硫脱销设施安装取得了巨大进展，但企业缺少采用脱硫脱销技术的激励，政府缺少监管的设备和人力，因而火电企业在污染排放上一直被很多人诟病，其节能减排的潜力未被挖掘的问题同样被人们所议论。伴随电力供给高速增长的同时，电力行业的污染和排放问题也越来越严重。许多人把雾霾天的数量增加和 PM2.5 问题的严重程度，以及中国二氧化碳排放快速增长直接和火电规模扩张相联系。本地污染问题和二氧化碳排放带来的全球压力是当今电力产业面临的最为严重的问题。

2、自备电厂供电煤耗较高，缺乏监管

自备电厂是电力工业的有机组成部分，其技术水平、管理水平、安全水平与整个电力系统的安全、稳定、经济运行息息相关，企业的自备电厂在保障生产和降低成本上发挥了巨大的作用，但也存在着平均单机容量较小，供电煤耗较高，缺乏监管等较大问题。据统计，2006年我国企业自备电厂平均供电煤耗 449 克/千瓦时，比 2006 年全国平均供电煤耗高 83 克/千瓦时；单位二氧化硫排放量 9.97 克/千瓦时，比 2006 年全国单位二氧化硫排放量高 4.27 克/千瓦时；单位氮氧化物排放量 8.83 克/千瓦时。企业自备电厂发电机组利用小时数平均为

5293 小时，比同期全国火电机组平均利用小时数低 340 小时。

3、电力价格偏离成本

我国的电力价格在三个方面偏离了成本。一方面，尽管在发电侧存在众多的企业，电力市场存在竞争，但由于政府没有对发电过程中产生的污染排放征税，污染排放的成本并没有进入电价，外部成本没有内部化，因而电价低于其实际耗费的资源的。另一方面，输配电环节上，由于电网的垄断经营造成的过度投资、X 非效率，以及价值向上下游转移等问题在电力行业中或大或小存在，因而电价中又包含了本不该有的部分。综合现有的研究成果看，把发电侧的污染成本加上，把输配环节的“水分”挤出去，一加一减之后，电价还是应该比现有的高。另外，在前文的电力价格部分，笔者指出我国终端电价存在着交叉补贴。如若从不好的角度看，由于补贴存在，价格不能反映成本，存在能源过度使用造成的效率损失。

4、对电力企业的监管大幅后退

由于电网的自然垄断性质，政府对电力企业的监管一直是电力产业组织的核心内容。国际经验和大量研究表明，没有有效的监管，电力企业会有三大问题：膨胀资产、X 非效率、价值转移。只要是成本加成高于借贷成本，电力企业总会扩张资产。由于没有竞争压力，垄断企业缺乏控制成本的动机，会出现各种各样人浮于事的事情。同时，电力企业还会出现以较高的价格采购关联企业的投入品，较低的价格向关联企业销售服务的问题。从这个角度看，新的国家能源局成立以后，原电监会的职能萎缩，对电力企业的上述三个方面的监管不仅没

有进展，反而出现大幅度的后退。应该说，目前中国对垄断的监管效果不佳。原电监会职能萎缩是电力改革走过的“弯道”。

（四）核电行业

经过多年发展，我国在核电领域已拥有若干运营中核电厂和机组，并有多个核电厂和机组处于建设状态（见图 3-1）。并且，我国在核电技术领域也已取得突破，研制出第三代核电技术“华龙一号”。核电相比于其他能源地区适应性更强，在使用过程中不会造成空气污染与产生二氧化碳并且热值高能量密集，运输方便进而有利于减轻交通运输压力。近年来，我国火电发电量、水电发电量、核电发电量都一直处于增长状态，其中核电发电量增长率最高。核电发电量虽然增长率最高，但由于基数很低，所以其占总发电量比重一直处于较低水平，大约在 1%-2% 之间。然而长期以来，核电在我国电力生产结构中依然占比很低，仅能满足很小一部分电力需求，并且存在核电价格被低估的情况。

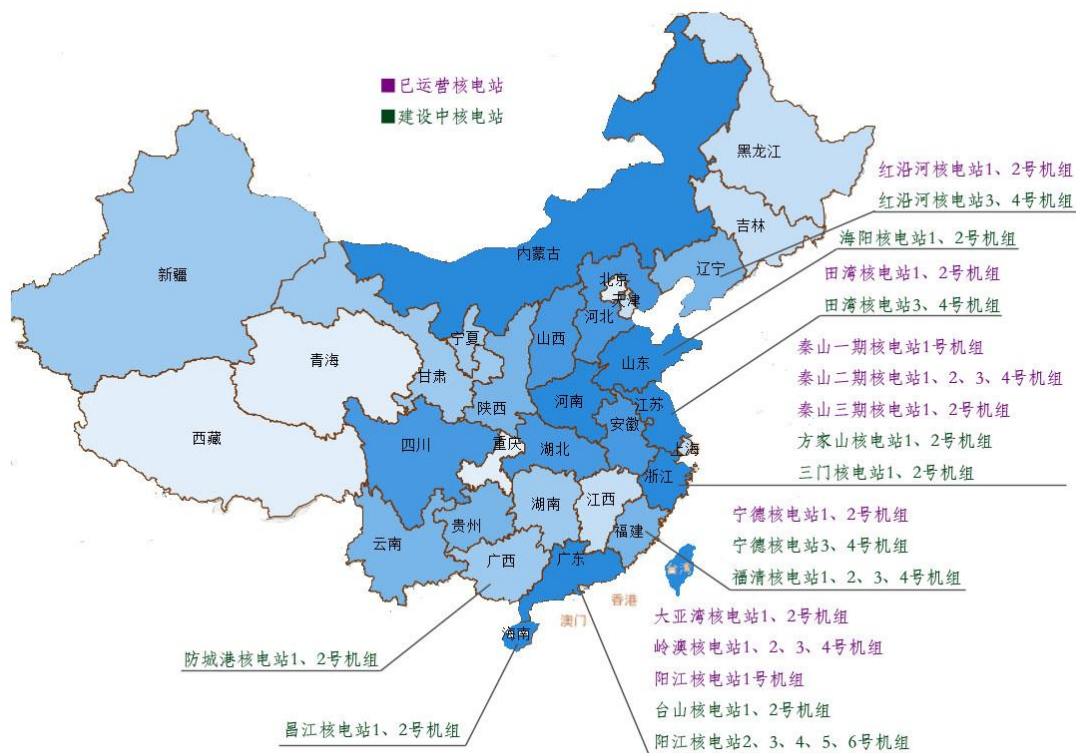


图 3-1 中国已运营、建设中核电站分布

数据来源：中国核能行业协会，中广核，《2013 年年度全国核电运行情况》。

目前，我国核电上网电价一般按经营期电价办法进行电价测算，最终由价格主管部门批准后实行。2013 年，国家发改委根据我国目前核电社会平均成本与电力市场供需状况，核定全国新建核电机组的标杆上网电价为每千瓦时 0.43 元（发改价格[2013]1130 号）。对比我国核电上网电价与各省环保电价（发改价格[2014]1908 号，2014 年 9 月），可以看出，随着煤电电价的不断上涨，我国核电相对于煤电的竞争力不断提升。

表 3-2 各省（区、市）统调燃煤发电企业上网电价（单位：元/千瓦时，含税）

省级电网	调整后标杆上网电价	省级电网	调整后标杆上网电价
北京	0.3924		
天津	0.4049	四川	0.4552
河北北网	0.4141	重庆	0.4383
河北南网	0.4234	辽宁	0.4044
山西	0.3772	吉林	0.4014
山东	0.4396	黑龙江	0.4064
内蒙古西部	0.3004	内蒙古东部	0.3104
上海	0.4593	陕西	0.3894
江苏	0.431	甘肃	0.3289
浙江	0.458	宁夏	0.2791
安徽	0.4284	青海	0.354
福建	0.4379	广东	0.502
湖北	0.4592	广西	0.4574
湖南	0.494	云南	0.3726
河南	0.4191	贵州	0.3813
江西	0.4555	海南	0.4778

备注：标杆上网电价含脱硫、脱硝和除尘电价。

数据来源：《国家发展改革委关于进一步疏导环保电价矛盾的通知》

但是，当前核电发展还存在以下几方面问题：

1、潜在成本低估

经营期电价测算方法是在综合考虑电力项目经济寿命周期内各年度的成本和还贷需要的变化情况的基础上，通过计算电力项目每年的现金流量，按照使项目在经济寿命周期内各年度的净现金流量能够满足按项目注册资本金计算的财务内部收益率为条件测算电价的一

种方法。据此测算的核电上网电价忽略了核废料的处理成本、核反应堆的退役成本、以及核电安全风险所带来的外部性成本，因而低估了核电价格。核电成本还应该包括以下几项：

第一，核废料处理成本。

核电站在运行中产生的放射性核废料，任何国家至今也没有妥善的解决办法，而核废料仍然在继续产生出来，堆积起来。以核电站运行产生的乏燃料中放射性钚-239 为例，其半衰期长达两万四千年，持续管理、储存的难度非常大。

目前全世界已积累了 36 万吨高放射性核废料，并且以每年 1.2 万吨的速度增长。已经后处理的乏燃料大约有 10 万吨，其余 26 万吨都处于临时存储状态。我国在运核电机组只有 20 台且大部分投运时间不长，所以目前核废料数量有限，都暂存在各个核电站的乏燃料池中。2020 年在建 27 台核电机组投运后，发电能力将达到 5800 万千瓦左右，届时每年将产生约 1500 吨乏燃料，乏燃料处理压力将马上凸显出来，需要巨大的地下空间对这些核废料进行掩埋，这将对我国的核废料处理能力提出巨大考验。公开资料显示，目前中国已建有两座中低放射核废料处置库，一座位于甘肃玉门，另一座在广东大亚湾附近的北龙。根据中国核电发展规划，我国将在 2015-2020 年左右，确定永久性高放射核废料处置库的库址。哪里愿意放核废料，哪里能够放核废料，都是悬而未决的大问题。

第二，核反应堆退役成本。

核电站本身在停机后也将变成一个庞大的放射性废弃物。核电站

只要插入燃料棒运行过一次，整座核电站就将变成一个大型放射性物体。若将停机后的核电站拆除，则意味着将出现高达数万吨的放射性废材。

英国《金融时报》11月12日报道，国际能源署警告，未来25年，全球有近200座核反应堆将被关闭。而关闭、清理这些老化的核反应堆所需费用将超过1000亿美元。国际能源机构(IEA)在其年度报告中说，核反应堆安全退役成本有相当大的不确定性。很多政府安全拆除核反应堆的经验有限，在过去的40年中，仅有10座反应堆被关闭。

第三，核电安全风险。

与火电站相比，核电站不向环境排放CO、CO₂、SO₂和COX及烟尘，而且可以大大节约煤耗，因此核电被认为是一种清洁能源。但是，核电厂具有发生核电事故的风险，并且事故一旦发生，会对人类和地球生物圈造成很大的危害。

核电站在运行期间本身不会像外界排放放射性物质。核电的安全风险主要是指在发生核能事故的情况下，向外界溢出放射性物质的风险，当溢出的放射性物质量足够大时，将会给公众带来危险。人体在短时间内吸收大剂量辐射会导致疾病或死亡。

国际原子能机构和经济合作与发展组织核能机构将核能事件分为7个等级，1-7级严重性逐级递增。到目前为止，世界上共发生过3起对公众造成重大危害的核电站事故，分布是1979年的三哩岛核电站(Three Mile Island-2)5级核能事故、1986年的切尔诺贝利核电

站（Chernobyl）7级特大核能事故、2011年的福岛第一核电站（Fukushima 1 Site）7级特大核能事故。切尔诺贝利核电站事故产生巨大的辐射量，致使周围多国地区遭受核辐射污染。有研究显示，有27万人因切尔诺贝利事故患上癌症，其中致死9.3人；建立在白俄罗斯国家科学研究成果上的报告指出，全球共有20亿人口受到切尔诺贝利事故影响；而事故发生后，前苏联在数年内前后共疏散34万余人，切尔诺贝利自此成为禁区。福岛第一核电站事故使得周围辐射值超出正常情况6000余倍，核电周围30公里范围被设为禁飞区，方圆20公里居民被疏散，周边数百公里的海水遭受污染。事故还使得各国反核示威增加，核电发展进程受到阻力；也使得世界核安全监管体系进一步加强，新建核电站的防护等级进一步提升。

核电站事故对环境和人体造成的巨大外部性可以侧面通过事故赔偿金额体现出来。福岛第一核电站事故后，东京电力公司面临的代价包括清理被损毁和污染的核电站、恢复损失的电力工业，以及赔偿受到核泄漏影响的居民和企业。据日本政府估算，东京电力公司的赔偿金额在3-10万亿日元之间，赔偿年限将持续8-25年。为支付巨额赔偿金，东京电力公司采取了一系列措施，包括出售世界各地子公司、削减员工收入、寻求政府援助、出售股票和不动产等。截止到2014年9月，东京电力公司已先后32次共缴付43756亿日元的赔偿金。

专栏 世界最大的三起核电事故

1、三哩岛核电站事故

1979年3月28日，位于美国宾夕法尼亚州萨斯奎哈纳河的特里岛核电站发生核泄漏事故，该事故是美国核历史上最严重的一次核事故，部分堆芯熔毁，为五级核能事故。这一事故由设备故障和一系列管理和操作失误造成。最初，核电站二号反应堆一回路的给水泵停转，汽轮机停机，备用泵按照预设程序启动，但由于辅助给水系统中的隔离阀在此前的例行检修中没有按规定打开，导致辅助给水系统没有投入运行。机组的回路冷却水没有按照程序进入蒸汽发生器，热量在反应堆中心持续聚集，堆芯压力上升，导致稳压器卸压阀在给水泵停转后3秒钟开启，放出堆芯内的部分汽水混合物。5秒钟后自动停堆。当反应堆内压力下降至正常值时，卸压阀由于故障未能自动回座，堆芯冷却剂以 $45\text{m}^3/\text{s}$ 继续外流，压力降至正常值以下。此时，“高压注入应急堆芯冷却系统”自动启动，但反应堆操作员未判明卸压阀没有回座，反而于三分钟后关闭了应急堆芯冷却系统，停止向堆芯内注水。一回路冷却水大量排出造成堆芯上部失水，堆芯上部燃料棒的温度超过 2760 度。当反应堆操作员回复应急堆芯冷却系统和主泵运行之后， 260 度的水遇到 2760 度的堆芯，堆芯燃料棒破裂，堆芯崩塌。堆芯90%的燃料棒包壳破损，47%的核燃料熔毁并发生泄漏。系统发出放射性物质外漏警报，但并未引起运行人员注意。直到近16个小时之后，二号堆实现强迫循环，但运行人员始终没有察觉到堆芯损坏和放射性物质外漏。

三里岛核电站核泄漏事故是由一次小的事故急剧扩大造成的堆芯熔化严重事故。但由于主要的工程安全设施自动投入，以及反应堆

拥有燃料包壳、压力边界和安全壳三道安全屏障，事故并未造成直接的人员伤亡。事故后，原子能委员会对三哩岛核电站周围居民进行了追踪研究，研究结果显示，在以三哩岛核电站为圆心的 50 英里范围内，220 万居民中无人发生急性辐射反应；周围居民所受到的辐射相当于进行了一次胸部 X 光照射的辐射剂量；三哩岛核泄漏事故对于周围居民的癌症发生率没有显著性影响；三哩岛附近未发现动植物异常现象；当地农作物产量未发生异常变化。

2、切尔诺贝利核电站事故

1986 年 4 月 26 日，位于前苏联治下乌克兰普里皮亚季镇附近的切尔诺贝利核电站四号反应堆发生爆炸，连续的爆炸引发大火，并散发出大量高能辐射物质到大气层中。这次灾难释放出的辐射线剂量是二战时期爆炸于广岛的原子弹的 400 倍以上。核辐射尘埃污染过的云层飘往众多地区，包括前苏联西部的部分地区、西欧、东欧、斯堪的纳维亚半岛、不列颠群岛和北美东部部分地区。乌克兰、白俄罗斯和俄罗斯境内均受到严重的核污染，超过 336000 名居民被迫撤离。这一事故被认为是历史上最严重的核电事故，是首例七级特大核能事故。

1991 年发布的解释认为，事故源于反应堆的设计缺陷。一方面是控制棒的重大设计缺陷，其尾端由石墨构成，导致开始插入控制棒的前几秒钟会使反应堆输出功率增加；另一方面，反应堆周围没有建造围阻体，使得压力容器破损后，放射性污染物会直接进入大气。

切尔诺贝利核电站采用压力管式石墨慢化沸水反应堆，事故发生在对反应堆的测试过程中。控制棒在实验时被取出，之后紧急停堆命

令使所有控制棒全部插入，由于控制棒的插入机制是在 18 至 20 秒内慢速完成，控制棒的空心部分的临时位移和冷却剂逸出，导致反应功率增加。增加的能量导致控制棒管道变形，控制棒在插入过程中被卡住，只能进入管道的三分之一，无法停止反应。随后 7 秒内，反应堆输出功率灾难性激增，达到了额定功率的十倍。燃料棒开始融化，蒸汽压力迅速增加，导致一场大蒸汽爆炸，使反应器顶部移位并且被破坏，冷却剂管道爆裂并在屋顶炸开一个洞。由于反应堆以单一保护层方式兴建，放射性污染物在压力容器发生爆炸破裂之后直接进入大气。屋顶炸毁使得氧气流入与极端高温的反应堆燃料和石墨慢化剂结合，引起了石墨火，火灾使放射性物质的扩散和污染区域更加广泛。

3、福岛第一核电站事故

2011 年 3 月 11 日，日本宫城县东方外海发生的 9.0 级地震以及紧接引起的海啸，造成福岛第一核电站发生一系列设备损毁、堆芯熔毁、辐射释放等灾害事件，是切尔诺贝利核电站事故以来最严重的核事故，被列为七级核能事故。

福岛第一核电站共有六个沸水反应堆，地震发生时，4、5、6 号机组正处于停机状态，1、2、3 号机组在侦测到地震时立即进入自动停机程序。在反应堆自动停机后，厂内发电功能停止。由于地震对电力网造成大规模破坏，核电站无法利用厂外电源驱动冷却和控制系统，因此只能依赖厂区内的 13 台紧急柴油发电机组。但是接踵而至的 15 米海啸越过厂区 5.7 米的海堤，淹没了地势较低的柴油发电机组。近一小时后，一共有 12 台紧急发电机中止运转，供给反应堆的交流电

源失效。冷却系统因此停止运作，反应堆开始过热，1、2、3号反应堆经历了堆芯熔毁，并发生了几起氢气爆炸事件。日本政府估计释入大气层的总辐射剂量大约是切尔诺贝利核电站事故的十分之一。此外，大量放射性物质也被释入土地和大海。

2013年8月20日，核电站又发生多达300吨的高辐射浓度污水从污水储存槽外泄的事故，该事故被评为三级。东电表示泄漏原因是蓄水罐变形，蓄水罐曾用胶圈进行密封，防止变形，但橡胶可能已经因老化而丧失功能。

福岛第一核电站6座反应堆中，1-5号反应堆都是马克1型反应堆，由通用电气生产。曾有通用电气内部文件曝光，内容直指马克1型反应堆未经足够测试、存有影响安全的设计瑕疵。在诸多瑕疵中，马克1型围阻体的低围阻容量设计最为人诟病，这种设计经不起爆炸，以及氢气膨胀的冲击。

第四，其他外部性成本。

核电站在战争时期极易成为攻击目标。美国已对境内86处核电站的空域采取多项限制措施。由此额外增加的军事防御、军队、武警等经费虽然由国家负担，也应计入核电站的外部性成本。

核电站80公里内很难得到大笔投资项目，即使拆除了核电站至少还会受其几十年乃至上百年的影响。核电站事故更会强化这种影响。核电站周围本来该有的投资效益的损失也应当计为外部性成本。

为防止核电站在地震、海啸或人为事故中发生泄漏，国家和地方

政府在区域规划和基础建设中都要额外增加相当多的投资，这些开支也应该计入核电站的外部性成本。

2、公众对核电的高感知性风险

近年来，我国核电建设进展迅速，然而与此同时，核电的公众认知、政府的风险沟通和公众参与机制建设却远远没有跟上核电发展的步伐。我国曾经爆发过多起核电公众抗争事件，例如 2007 年山东民众反对乳山红石顶核电项目、2012 年安徽民众反对彭泽核电项目、2012 年荣成居民反对石岛湾核电项目和 2013 年广东民众反对江门核燃料项目等。

公众对核电项目的反对来源于其对核电的高风险认知。风险可分为技术性风险和感知性风险，技术性风险指物理性的、可被量化的风险，感知性风险指由心理认知构建的风险。技术性风险和感知性风险之间往往并不存在显著的一致性。当技术性风险相对较低的项目或事件遇到“愤怒”的人群，就会被理解为高危险性的项目或事件。高感知性风险直接导致了公众对核电的排斥。在核电领域，造成高感知性风险的“愤怒”往往来自于核能事故。

图 3-2 反映了民众在福岛第一核电站事故发生之前和之后对核电站的风险感知变化。数据来自福岛第一核电站事故发生前和发生后分别对江苏省连云港市居民进行的问卷调查，位于连云港市的田湾核电站是我国距离日本福岛第一核电站最近的核电站。

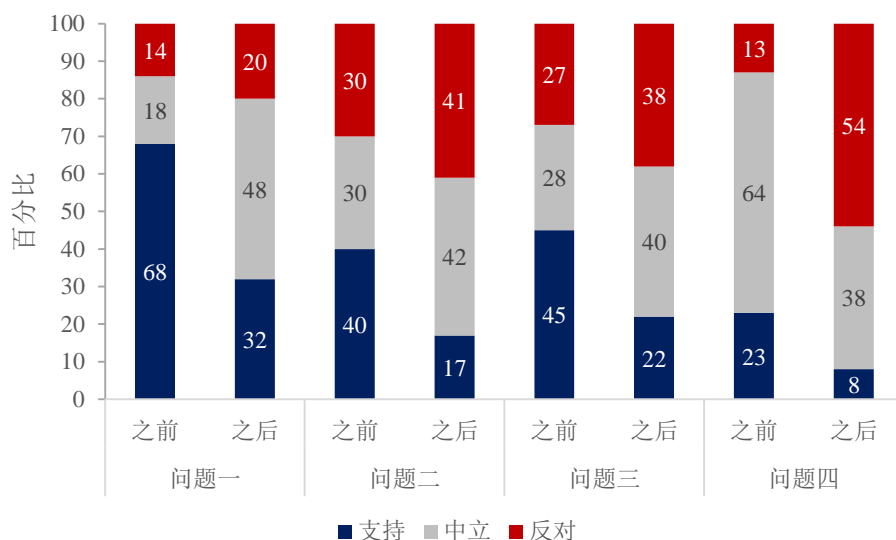


图 3-2 对江苏省连云港市居民的核电调研结果

注：问题一：我国应当利用核能。问题二：我们应当尽快在中国建设更多的核电站。问题三：如果对促进核能发展进行投票，我一定强烈投赞成票。问题四：我非常欢迎在我居住的城市兴建核电站。

数据来源：Lei Huang etc. Effect of the Fukushima nuclear accident on the risk perception of residents near a nuclear power plant in China [J]. PANS, 2013(3).

由调研结果可以发现，福岛第一核电站事故增加了中国公众的风险感知水平，降低了中国公众对核电站的接受程度。关于是否应当利用核能，支持利用核能的比例由事故前的 68% 跌至事故后的 32%，事故发生后，有相当大的一部分民众对利用核能保持中立。关于是否应当在中国建设更多核电站，支持者比例由事故前的 40% 跌至事故后的 17%，事故发生后，有 41% 的受访者反对中国建设更多的核电站。关于是否促进核能发展，支持者比例由事故前的 45% 跌至事故后的 22%，事故发生后，有 38% 的受访者反对促进核能发展。关于是否欢迎在自己居住的城市建设核电站，这一项的公众认知在事故发生前后变化最

为显著。事故发生前，有 64% 的受访者对在所居住城市建设核电站持中立态度，只有 13% 的受访者反对；事故发生后，反对者的比例大幅增加至 54%，并且仅有 8% 的被访者支持在居住城市建设核电站。

文章还通过调研数据分析了公众对不同级别核事件发生频率的平均接受度。结果显示，50% 的受访者认为 1 级核事件（异常）的发生频率不能超过 50 年一遇，2 级核事件（注意）的发生频率不能超过 100 年一遇，3 级核事件（严重）的发生频率不能超过 150 年一遇。

除核事故之外，核知识了解程度、媒体报道、信任度也是影响公众感知性风险的重要因素。教育程度和知识了解程度的增加会使公众的感知性风险认知下降，从而使公众对核电政策的支持率增加。媒体对核电事故的广泛报道及其报道形式和报道态度，会间接甚至直接对公众的感知性风险认知产生影响。新媒体报道是公众所能接触到的最为便捷的消息来源，其报道态度倾向，也会左右公众的态度倾向和接受度。公众对核电站的认识和态度倾向也与他们对政府和核电公司的监管制度、紧急预案制度的信任度有显著的关联。

3、核电技术依然不足

虽然经过多年的努力和发展，我国自主的核电技术已取得显著成果，但与世界一流技术比较，依然存在较大差距。

（五）新能源行业

随着传统化石能源日益紧缺和环境污染的加剧，以风能、太阳能为代表的新能源开发与利用得到世界各国的广泛关注。2000 年以来，

我国积极发展可再生能源和新能源，可再生资源开发利用量显著上升。至 2010 年，我国水电发电量为 722.2GW，风力发电量上升到 31.07GW，光伏发电量 890MW，生物质和垃圾发电量 16.1GW。

但是，与世界部分国家相比，我国可再生能源的开发利用规模很小。以可再生能源发电量占总发电量的比重来看，2012 年我国可再生能源发电量占比 20.29%，美国可再生能源发电量占比 12.62%，而巴西、加拿大等国家的可再生能源发电量占比超过了 60%。

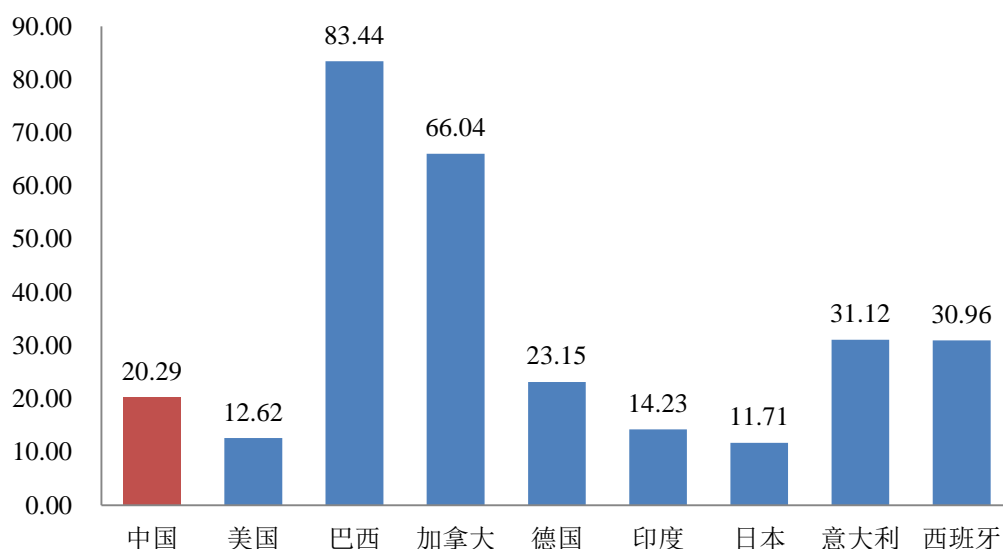


图 3-3 2012 年部分国家可再生能源发电量占总发电量的比重 (%)

数据来源：国家可再生能源中心，国际可再生能源发展报告 2013

将我国新能源发电量（不包括水电和火电）与每年新增电力需求做比较。2007 年以前，新能源发电量未超过当年新增用电量的 20%；2010 年和 2011 年，新能源发电量占全社会新增用电量的比重分别为 23%和 32%；2008 年、2009 年和 2012 年，由于全社会当年新增用电量较少，新能源发电量满足了 40% 以上的新增电力需求；尤其在 2012 年，新能源发电量满足了 78% 的新增电力需求。但从新能源发电量和

全社会新增用电量的历年趋势来看，新能源发电量在满足电力需求方面的作用十分有限，不足以担当起支撑全社会用能的重任。

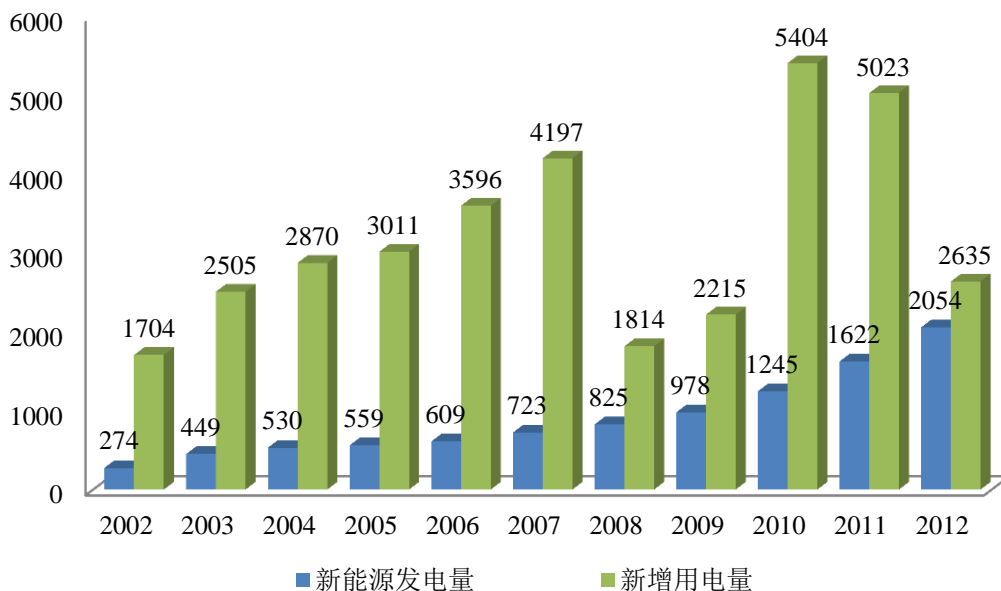


图 3-4 新能源发电量与新增用电量的比较 (亿千瓦时)

数据来源：《中国电力年鉴》

对中国而言，新能源行业发展在我国经济发展中所起的作用十分有限。新能源发展面临着以下问题：

1、耗费大量财政补贴

我国新能源行业扮演着“准公共品”的角色，为了鼓励新能源的开发和利用，我国从多个不同的方面对相关产业进行支持。主要有财政补贴和税收优惠，包括对新能源发电的装机设备和发电量补贴、新能源汽车的税收优惠等；对新能源产业配套设施的建设支持；对新能源产业发展的金融支撑和资金投入，如建立新能源金融信贷，加大研发经费的投入等。风力发电和生物质发电补贴差不多，平均值分别为 0.22 元/千瓦时和 0.24 元/千瓦时；太阳能发电的补贴远远高于风力和

生物质发电，平均补贴高达 1.88 元/千瓦时，基本上是前两者的 8 倍左右。由此可见，为发展新能源和可再生能源，使其价格与化石能源具有竞争性，政府从政策上进行了大量的财政补贴，这个负担随着可再生能源比重的增加还会继续增大。

表 3-3 2010 年度全国新能源发电补贴金额（元/千瓦时）

类别	平均值	中位数	众数	标准差	方差	极差	最小值	最大值
风力发电	0.2286	0.23	0.22	0.6318	0.004	0.5120	0.0065	0.7410
生物质发电	0.2412	0.2344	0.21	0.5519	0.003	3.3990	0.145	0.4841
太阳能发电	1.8758	0.8817	0.8817	1.5324	2.3481	3.4934	0.3285	3.7341

数据来源：国家发展改革委、国家电监会《关于 2010 年 1-9 月可再生能源电价补贴和配额交易方案的通知》（发改价格[2011]122 号）附件：一、2010 年 1-9 月可再生能源发电项目补贴表

2、新能源发展遭遇技术瓶颈

相对于发达国家，我国新能源利用起步较晚，新能源利用技术水平偏低。以风力发电技术为例，它虽然是我国发展最快的新能源行业，已具有 1.5MW 以下风机的整机生产能力，但是一些核心零部件，如轴承、变频器、控制系统、齿轮箱等的生产技术难关却迟迟未能攻克。可再生能源发电并网一直是一大技术难题，其中重要原因是我国没有构建智能电网，没有先进的电网调控和调度技术。目前，我国新能源利用的大部分核心技术和设备制造依赖进口，自主创新的动力和能力不足，大多数新能源和节能环保的技术和产业缺乏自主的科学技术。而技术产业的示范与应用推广，市场推广度不高。最后，由于技术和设备部分一般占新能源投资的绝对比重，导致我国新能源利

用成本较高，不得不依靠财政补贴。

二、现有改革措施评价

（一）煤电市场化

长期以来，煤炭作为国家垄断的重要能源行业，其定价受到政府的行政管制。基于此，我国实行的是重点合同电煤价格与市场煤炭价格双轨制。其目的是利用行政手段将电煤价格控制在较低水平，以应对煤炭价格上涨带来的电价上涨，但也抑制了煤炭行业的获利空间。1993年后，国家逐步放开除电煤之外的煤价，并到2002年电煤指导价格实现全部放开，除电煤之外的煤炭价格基本实现市场化定价。自2005年，煤电联动机制开始实行。2012年底，国务院发布《关于深化电煤市场化改革的指导意见》，提出“当电煤价格波动幅度超过5%时，以年度为周期，相应调整上网电价。”这一提法表明我国煤电联动机制的具体实施方法。

但是就政策实施效果来看，这一措施并未有效打破垄断与促进煤炭市场化。双轨制仍然存在于部分大型企业之中，且部分重点合同电煤与市场煤价格差距不断扩大。由于电价调整操作性难、涉及面广且影响较大，煤电联动往往难以同步进行。“市场煤，计划电”使我国煤电价格联动无法真正得到落实。当前煤炭价格正处于下行阶段，这将是煤电联动的最佳时机，若此时煤电联动无法完全实现，煤炭企业的生存环境将不断恶化，煤炭行业将跌入谷底，“煤荒”将再度重来。

（二）油气改革

2013 年国家发改委决议将现在成品油的调价周期由 22 个工作日缩短到 10 个工作日，取消调价幅度限制，调整挂靠油种。这使得成品油价格调整的滞后有了较大改观，缩小了成品油价格与同期生产成本的差距，向市场化迈出了重要一步。但与此同时，2014 年的多次燃油消费税的连续上涨却打破正常的油价调整机制。我国现行成品油消费税调整与成品油价格挂钩，并不合理。两者之间并不存在必然联系，税收调整这一政府行为与价格涨跌这一市场行为相联动，事实上只是补贴了石油行业因油价下跌带来的损失，却并未给环境治理带来好处，也同时使居民的合法权益得不到保证，税收的稳定性与严肃性被破坏。与直接提升油品质量相比，提升消费税对于治理环境只会陷入自我矛盾的怪圈。

相较于国际市场石油与天然气价格之比的 1:0.6，我国两者之比达到 1:0.24，这表明我国天然气价格存在偏低的现象。2013 年，为理顺天然气价格，我国出台了《关于调整天然气价格的通知》。该通知区分了存量气和增量气，并提出增量气门站价格要进一步调整到与可替代能源价格保持合理比价关系的水平，而存量气价格调整分 3 年实施。2014 年，发改委调整非居民存量气价格，居民用气与增量气价格不变。这一措施的实施，有利于促进存量天然气与增量天然气价格并轨，进一步推动天然气价格的完全市场化，使天然气价格在市场竞价中能有效反映市场情况。此外，两气并轨，将扩宽天然气领域的投资渠道，提高天然气的供给，并推动我国产业结构调整，加速产业转型。

（三）电力体制改革

电这一商品的影响和实际生活中的重要性并不相称，电的生产、消费和价格的任何风吹草动都会引发热烈讨论。他国如此，中国更甚。和众多的政策辩论不同，关于电的争论常常显得非常诡异——要么截然对立，要么鸡同鸭讲。前者表现在电力行业是天使还是魔鬼、电网拆与不拆、调度中心是否独立，输配是否分开等。后者体现在输配分开与竞价上网、环境税与交叉补贴、拆分电网打破垄断与大用户直接交易等。

诡异的背后反映了电这一商品的特殊性。技术上需要实时平衡，生产组织上部分有自然垄断性质，发电过程会有污染并释放二氧化碳。电还是生活必需品，因此又多了生活保障的考虑。讨论电力，既要统筹“不可能三角”，同时由于电力是重要的投入品，电力行业的绩效又要考虑是否和其他政策目标冲突；既需要效率的角度，也需要公平的角度；既要让市场起作用，在市场失灵的部分还得让政策发挥作用，防止政策失灵。由是观之，决策者其实处于较为困难的境地。

依据媒体报道，电力改革可能的方向是，有序放开输配以外的竞争性环节电价、有序向社会资本放开配售电业务、有序放开公益性和调节性以外的发用电计划、推进交易机构相对独立，规范运行、进一步强化政府监管、进一步强化电力统筹规划、进一步强化和提升电力安全高效运行和可靠供应水平。

表 3-4 现行体制和改革的目标特征

目标	稳定供应	污染治理	价格	交叉补贴和普遍服务	产业结构调整	有效监管
现行体制	有	无	国家核定	有	不	不
可能方向	有	无	单独核定输配电价，分步实现公益性以外的发售电价格由市场形成	过渡期间，电网企业申报交叉补贴数额，通过输配电价回收	恶化	存疑

不难看出，这一提议的好处是消除电网垄断力的延伸，加大了配电环节的竞争，并解决了配电环节的 X 非效率问题；配电部分的效率因而提升。

不过，这是否完全抓住了电力行业面临的主要矛盾，找准改革红利所在？解决配电环节的问题的确是重要组成部分，但是解决确保安全可靠供电问题，解决电力生产过程的污染，以及解决企业的资产膨胀、内部效率以及利益转移问题，应该是更大的优先项。

这个提议也没有提及政府在两个市场失灵地方该担负的责任：在竞争性的发电侧，需要政府的税收或者行政手段来降低污染排放；在自然垄断部分，需要政府投资设施、培训配备人员来对企业进行有效监管，以控制成本，提升内部效率，减少行业价值向上下游关联企业转移。

此外，该提议加上“大用户直接交易”的大面积推行，会造成两个方面的后果。首先是用电成本的降低会刺激高耗能产业的进一步扩张，进一步恶化国家的产业结构，冲击产业结构调整政策的效果。更

为严重的是，由于来自工业的收益下降，电网企业维持交叉补贴，提供电力普遍服务的能力将急剧下降。这将给民政部门和财政部门带来冲击，财力不佳的地区，所受的冲击更为严重。

需要强调指出的是，红利不大的改革将带来巨大的利益调整。初步的分析表明，若实施提议中的某些措施，赢家将可能会是高耗能产业，输家是财政部门、民政部门、地方政府、居民、农村和偏远地区以及产业结构调整政策。至于电网本身，则是得失皆有，总体有利。电网的规模变小了，收益低了，但其承担的义务也将减少更多。各个地区的电网则是苦乐不均，东部电网获益，中西部的电网利益受损。

专栏 如何看待深圳电改？

深圳改革试点首个监管周期（3年）的电网输配电准许收入和输配电价已获批复。2015年至2017年深圳市电网输配电价水平分别为每千瓦时0.1435元、0.1433元和0.1428元。这标志着深圳输配电价改革试点工作进入正式实施阶段，是我国电力市场化改革的一个重大突破。

按照国家电价改革部署，南方电网在2013年初就向国家发改委、广东省发改委提出以深圳作为输配电价改革试点的工作意见，通过细致分析、周密研究，提出了电网投资监管、成本约束激励机制等方面的完善性建议，并认真配合国家发改委、广东省发改委做好第一个监管周期定价参数核定。2014年10月，国家发改委正式印发深圳输配电价改革试点方案，在深圳率先实行基于有效资产的独立输配电价形

成机制。试点方案印发后，南方电网成立了专项工作领导小组，制定了《推进深圳市输配电价改革试点实施工作方案》，确保深圳市输配电价改革试点于2015年顺利实施。

首先，输配电价改革试点是一项开创性的工作，是对建立健全科学合理的输配电价形成机制、推进电力市场化改革的开创性探索。新的输配电价监管模式将促使电网企业更加重视内部管理，规范投资行为，加强成本约束，提高服务水平。新的价格机制下，电网企业盈利由现行“购销价差”模式改为“成本加收益”模式，准许成本和收益由政府监管部门严格核定。这对于促进电网企业健康协调发展、促进电力市场化改革、还原能源商品属性都具有重大意义。

深圳电改的核心目标是发现电力的真实成本，建立独立的输配电价形成机制。此轮电改公布了分电压等级的输配电价，使得电力市场买卖双方在协商定价时有科学依据，有利于促进电力资源的优化配置。其次是推进电力市场化改革。在独买独卖的盈利模式后，电网企业将按照政府核定的输配电价收过网费，进而理顺输电和配电端的价格形成机制，为电价改革向整个上下游链延伸做好铺垫。在“放开两头”推进电力领域上下游市场化的同时，加强“中间监管”，即建立对电网企业成本的约束与激励机制，促进电网企业加强管理，提高效率。

深圳作为全国第一个输配电价改革试点，其意义在于是按国际通行的核价方法监管电网企业收入，标志着我国对电网企业监管方式的转变。改革试点也将为其他地区输配电价改革积累经验，推动我国实现输配电价监管的科学化、规范化和制度化，也为电网企业健康发展

提供有效的商业模式和稳定的价格机制支持。

其次，深圳电改示范意义毋庸置疑，但推广价值和效果有待观察。

一方面，深圳市在试点改革方面的优势得天独厚。早在上世纪80年代末，深圳市在电价管理机制、销售电价结构等方面就已进行了改革，包括设立以电价调节准备金为基础的动态平衡机制，根据用户的用电负荷特性改革销售电价结构等，形成了有别于其他地方的独立电价体系。在南方电网内部，深圳各方面条件比较好，具备电价改革的体制条件。在外部，深圳是改革开放的前沿，政府具有改革的经验和决心。

另一方面，深圳电改无疑可为其它地区的改革积累经验、进行示范，但如何推广、效果如何至少目前还未可知，但应从以下几个方面未雨绸缪再进行考量：

第一，多买多卖的电力市场的形成，可能会阻碍经济结构的转型。火电消耗大户将以直购门槛为界限，强行挤入电力高速公路，潜在增加了环境的污染，高耗能产业如果继续做大，也将直接冲击产业结构的转型目标。

第二，强化监管将倒逼政府管理体制的完善，但可能会影响资源有效配置和电力普遍服务。对电网企业实施有效的监管会倒逼政府加强对自身能力的建设，一方面减少事前审批，杜绝企业寻租行为与腐败的出现，另一方面促使新的监管和考核体系的推出，如使电价逼近真实成本，进而实现资源的有效配置。然而，过度的监管可能会导致电力企业在投资层面更加谨慎乃至驻足不前，不利于保障电力供给，

尤其是农村地区的电力供应可能会受到影响；另外在运行层面电网企业将不再发挥优化组合供需两侧资源的优势，供需的脱节可能会造成资源的浪费。而且，随着电价交叉补贴机制逐步瓦解，城乡居民和偏远地区面临电价上涨的风险，使财政、民政部门及各地方政府必须承担起此前电网所承担的电价补贴和普遍服务功能。

第三，由于区位特点、负荷密集程度、经济发达程度等因素不可比，这就意味着其它地区较难复制深圳经验。深圳属于改革开放的前沿，具有良好的改革基础，而当下的深圳没有农村，是一个资源高度密集的城市，没有区域差别，财政收入又很高，其经验对于经济较不发达地区而言可能并不适用。而且，在深圳的电力供给中，核电占比相当大，并且污染较低。由于核电的收益较为隐性，而损失却是显性的，对其可接受性绝大部分取决于人们的受教育程度，但我国各地区的受教育程度存在很大的差异，核电项目在其他地区可能会遭遇PX化命运。

（四）核电改革

我国对于核电发展的政策近年来不断变化。2005年国务院颁布《核电发展中长期规划（2005-2020）》，提出“积极发展核电”的方针，中国核电走上快速发展的道路。2011年3月11日发生的福岛核事故改变了中国核电的发展节奏，强调要把安全放在核电发展的第一位，并在当年没有开工任何核电建设项目。在我国核设施经过全面的安全检查以及基本完成整改的基础上，2012年10月24日，国务院召开

常务会议，批准了核电安全规划及调整后的《核电发展中长期规划（2012-2020）》，核电新项目建设重新启动。

在发展核电过程中，常常有两个目标，一个增加发电量，二是使用自主设计设备，促进核电技术发展。然而，这两个目标是冲突的。鉴于我国核电技术尚不完善，引进国外先进技术设备将有助于核电发电量提高；但是依赖国外先进技术设备将不利于我国自主的核电技术发展。所以，在发展核电时要避免“一鱼两吃”。

目前，国际上运营中的核电站最新技术为第三代压水堆型核电站，包括改进型电厂（如EPR）和非能动型电厂（如AP1000），中国已引进AP1000技术。AP1000由美国西屋公司开发，在2002年3月完成设计的预认证审查，在2004年12月获得最终设计批准。而我国目前最先进的核电站技术为在2014年11月获得采用的“华龙一号”技术方案，由ACP1000和ACPR1000+两种技术融合而来，是我国自主研发的第三代核电技术路线。由此来看，我国第三代核电技术的发展比美国晚了约10年。另外，第四代核电技术已处于开发阶段，由美国能源部发起，并联合法国、英国、日本等9个国家共同研究，预计可在2030年左右投入应用。第四代核电技术将避免核分散，安全性高，核废料产生量少，具有更好的经济性。

鉴于我国核电技术与世界先进核电技术的差距，在发展核电的过程中，不应一味追求实用自主设计设备，要考虑到经济性、安全性，适当引入国际先进技术，提高发电量。

三、能源革命的实现路径

通过对能源革命重点领域的特点分析，以及从已有改革措施的效果可以看出，当前能源领域传统的计划经济色彩浓重，各种能源问题产生的根源在于国家行政性垄断。行政性垄断引致价格的严格管制，市场无法有效发挥调节作用。而能源行业市场竞争机制的缺失会导致行业效率低下，定价机制受到管制又使得能源价格整体偏低，这既不能完全反应其成本，也抑制了企业生产意愿，造成能源短缺现象时有发生。同时也诱发了寻租行为的滋生。而与国家过度管制相对应的是合理监管的缺失，过度的管制并未获得其预想的效果，而政府应管不管导致能源行业负外部性长期得不到纠正。长此已久，能源革命就将只是一纸空谈。推进能源革命必须从市场有效与政府有为入手：市场定位于有序竞争，形成合理价格；政府定位于监管监督，保证质量安全。二者互相配合、互相补充、互相协调。

专栏 那个种了别人田荒废自家地的政府

当前的能源价格，特别是发改委的油气定价机制，是一种模拟市场的定价机制。根据国际油气的成本价格，以进口原油的到岸成本为定价标准。这看起来是依据国际能源市场的价格变化，但最大的问题是，这个价格是模拟的，能准确吗？能比市场做得好吗？全世界大多数国家都是市场竞争，为什么中国要设计出一套模拟市场竞争呢？发改委经常给出的理由是关系国计民生，所以要管。但问题是什么不关乎国计民生呢？矿泉水也关乎国计民生，但是没有人管，也没见出大

事情。当然，能源价格定价机制改革可能要复杂一些。同样是能源产业，煤价上涨就没有多少人埋怨，因为市场有办法应对问题。煤价已经从 1998 年的 200 元一吨，涨到 2010 年的 1020 元一吨，电厂并没有担心，继续涨价就去进口。

能源价格改革的逻辑很简单，全世界比较成功的经验都是如此：第一步，先让市场起作用，形成真实的价格；第二步，外部性监管，如果对真实价格不满意，认为没有满足负外部性，可用税收杠杆调节加价；第三步，普遍性的公共服务，如果有贫困群体需要照顾，可以由民政部门出面，来购买服务，不要搞阶梯电价，纯粹给钱更好，而且我们的低保已经覆盖全国。这样一来决策逻辑就非常简单。以电力为例，首先，如果电厂竞争形成成本，大家都没话说。其次，如果认为以成本定价太低，不利于反映环境成本、解决污染问题，可以通过税收杠杆调整，交环境税、碳税都没关系，这取决于每度电的外部性成本。能源采掘和生产造成的负外部性，可以想办法复垦，办法很多。最后，有一点必须注意，如果市场均衡价格高，是七毛钱一度电，那和政府没关系，用得起就多用，如果贫困群体用不起，可以有其他办法。简单说，能源价格如果没有反映外部性，由价格司去管，如果需要保护穷人、提供普遍化服务，那由民政部去管，如果觉得需要消费交叉补贴，可以收补贴基金，就是普遍服务基金，这都可以。但要注意补贴措施导致的价格转移，企业有很强的加价能力。

发改委管定价，实际上就是揽责上身，政府在这方面典型的是种了市场的田，荒废了自家监管的地。如果放开市场准入，放开进口权、

生产、销售，那么在市场组织方面，发改委干好一件事即可，就是反托拉斯。当市场出现寡头垄断时，要用反托拉斯法去管。以中石油、中石化为例，两家企业垄断了产业链的上下游。中石油垄断了国内80%的油气长输管道，中石化拥有短输管道，所有油气都要通过两家企业的管道，其他油气输入和油气零售都被迫退出市场。为什么页岩气现在没有人敢开发？如果开发了，怎么运出来？卖给谁？又要去求中石油。如果放开市场，大不了自己想办法解决。放开之后，发改委只要监控垄断即可。比如，处于上游的管道公司必须独立，对上对下都没有利益。此时的主要监管标准就是“不准欺负人”。油气领域的改革可以延续2002年电力体制改革办法。当年的电力体制改革是对的，但问题是“半拉子”。当时的逻辑很清楚，发电领域能拆分的就拆分，不能拆分的严格监管。成立电监会，监管国家电网，目标很简单。一方面，国家电网是独一买家，不能欺负卖家，因此不能让国家电网拥有除了调峰之外的发电企业，否则它就会欺负人。按照这个思路改革，国家电网在发电领域就没有利益，谁便宜就买谁。另一方面，国家电网又是独一卖家，所以要管输配电价。由电监会来监管，卖东西的时候就不让电网欺负人。此过程中，设计了一个电力的成本监管，这是必须的，否则就会无限加大自己的生产成本。所谓“半拉子”，首先输配电没有改革，如果输配电领域引入竞争，就可以把成本挖掘出来。现在没有竞争，电网说成本是多少就是多少。其次，中间多样化的服务没有挖掘出来。很多争议，比如特高压等，国家电网也有委屈冤枉的地方。

所以，能源价格改革的问题关键在于，政府要认识清楚，老百姓也要认识清楚，什么是政府真正应该管的事。发改委价格司的任务不是定价，而是测量每个能源产品的负外部性，这是技术活，应该和社政司合作，搞清楚每种能源的负外部性是多少，然后保证市场竞争。污染的测量技术，中国完全没有问题。过去我们常说污染治理，这是错误的，污染的重点在于预防。我们有最好的发电机组，污染预防做起来非常容易，国内也有做得很好的企业。说白了，政府的工作是什么？中国为什么污染问题这么严重，在线监测为什么搞不定？环保部有能力建设吗？政府现在是想干活，但没有人、没有设备、没有法源。今后，专门的监管机构、法源、设备是能源革命的必然内容。全面监测，配监测车辆，引进技术，实现环保部垂直管理，并不是难事。发改委价格司一方面给环保部提供技术支持，另一方面通过价格调节需求。把环保问题从后期治理提升到前期预防，中央从文件发放者变成具体的公共服务提供者，投资人力、设备和技术，真正做监管。

（一）政府退，把市场的归还给市场

如上面专栏所述，当前能源领域最大的问题在于，政府种了市场的田，荒废了自家监管的地。在接下来的能源革命中，政府应有所为有所不为。在简政放权的现阶段，政府应积极推进能源市场价格改革，让市场发挥作用，减少对价格的干预，实现能源价格的市场化定价。

但必须明确价格改革并不等于涨价，只是逐步建立起反映市场供需关系、资源稀缺性与负外部性的定价机制。改革途径主要是引入竞

争机制与实现能源品的全成本定价。引入竞争机制主要是指“凡是能由市场形成有效价格的都交给市场，政府不进行过度干预。推进水、石油、天然气、电力、交通、电信等领域价格改革，放开竞争性环节价格。”引入竞争机制有利于全面反映了市场供求关系、价格变动以及资源稀缺性，实现资源的优化配置，提高技术创新，进而促进环境污染的缓解。随着我国社会主义市场经济的逐步发展，能源领域的革命也必须正视竞争机制的作用，有竞争才有进步。全成本定价主要指让能源使用者与受益者负担能源使用的最终外部性成本。当前能源品的定价机制未能完全反映环境成本、全产业链的生产成本以及能源废料处理、风险等成本。由于这些成本的缺失所导致的潜在成本低估使得能源使用的负外部性未能完全体现在能源价格之中，一方面容易导致环境污染、安全事故等一系列问题的产生。另一方面，价格过低使得企业没有动力进行生产与技术创新，造成能源供给紧张。具体而言，我国能源领域如何有效实行价格改革可以参见下表。

表 3-5 能源领域价格改革手段

	引入竞争	全成本定价
煤炭	电煤价格市场化	反应环境成本
油气	放开进口权，连通国内外两个市场	全产业链的生产成本
电力	竞价上网	
核电		体现核废料处理、核污染、核能利用风险等成本

1、煤炭价格

煤炭的价格改革需要实行全成本定价，煤炭成本不仅要包含生产成本，还要考虑煤炭整个生命周期所产生的环境外部性成本，即煤炭开采、运输及使用过程中，三废排放引起的环境污染及对生态系统的破坏，以及未被受益企业承担的那部分经济损失。有研究报告从生产、运输和使用全链条的角度核算煤炭的环境成本，计算 2010 年中国的煤炭环境成本为 204.76 元/吨，生产、运输和使用环节的环境成本分别为 67.68 元/吨，52.04 元/吨和 85.04 元/吨。其中，20%左右的成本已通过环境税费的征收内部化了，剩下的 80%未内部化的环境成本说明我国煤炭定价基本未反映出环境成本。所以，应当对煤炭价格实施全成本定价，加快推进生态保护税、环境税出台，实行资源税改革，让价格反映资源的稀缺性和环境治理成本，使能源使用者和受益者最终负担能源的外部性成本。

其次，煤电价格应真正落实价格联动机制。煤电价格当前难以并轨主要在于行政力量对重点合同价格的控制，因此，政府在此领域应有所不为，放弃自身干预权，让煤炭行业与电力行业能够完全按照市场价格进行竞争。对于所谓的煤炭行业应转向煤电一体化的观点，在当前煤电价格双轨制情况下，该提法忽视了市场竞争规律。

2、油气价格

油气价格的市场化改革首先应放开市场，减少干预。成品油市场方面，首先要放开原油进口权，引入竞争机制，连通国内国外两个市场，把行业的国际竞争因素渗入国内价格形成过程中，这将对推动成品油产业升级产生积极意义。其次，要放开油品定价，充分体现企业

成本，同时成品油市场的内外沟通也是成品油价格市场化的重要手段。

天然气市场方面，要放开竞争，将天然气价格与竞争燃料市场价格挂钩，在上中下游的价格中体现不同环节的成本特点，同时形成联动机制，发挥市场的调节作用，实现全产业链成本定价机制。

3、电力价格

发电侧当前存在众多的企业，电力市场存在竞争，在有充足的电力供给的前提下，应恢复实行竞价上网，并将其作为电改 2015 年第一要务。同时将外部成本内部化，使价格能够反映其全部成本，为污染定价。并辅以脱硫脱硝技术和严格监控，淘汰低效率的发电机组，提高火力发电清洁度。对于交叉补贴这一具有争议性的政策，报告认为应维持交叉补贴这一中国式绿色红利。

专栏 交叉补贴是中国特色的“双重红利”

“双重红利”假说认为开征环境税可以实现“双重”目标：一方面由于将环境污染外部成本实现内部化，实现环境状况改善从而增加福利，即“绿色红利”；另一方面，可以利用环境税收收入来降低现行税制对资本和劳动产生的扭曲，从而通过减少税收系统的损失而增加福利，即“效率红利”。

欧洲各国最早开始进行一系列环境税制改革。1991 年瑞典在开征环境税的同时，降低了公司税和个人所得税税率，使得两者占 GDP 的比重分别从 2.8% 和 22.5% 降低到 1.9% 和 19.5%；1996 年 10 月英国开征垃圾填埋税，每年收入达 4.5 亿英镑，用来降低 2% 的社会保

险支出；自 1997 年起，芬兰减少的所得税和劳动税（1997 年减少 56 亿芬克）部分被新开征的生态税和能源税所补偿（1997 年增加 14 亿芬克）。从各国改革效果来，绿色红利得到实现，各国环境质量有了明显改善。效率红利从短期看实现了就业红利但没有实现投资红利，究其原因可能是企业需要一定的时间周期来适应技术进步，从而引发短期的投资萎靡。不过从长期看投资红利同样增加，这意味着可以实现环境税的双重红利。

由于我国没有污染税，我国电力市场实行的交叉补贴，制度上安排企业承担高于其实际成本的价格，可以看作是一种中国模式的“环境税”，具有双重红利。我国电力企业利用在盈利领域（工、商业）的收益来弥补在非盈利领域（居民）的亏损，是工业、商业电价对居民电价的交叉补贴。我国 52% 的工业能耗来自于高耗能产业。通过对高耗能高污染的行业收取高电价，相当于对其征收了环境税，倒逼高耗能产业转型，实现绿色红利。而对居民实行低电价，实际是把从高耗能产业征收来的环境税，返还补贴给了居民，增加了居民福利，实现效率红利。只不过交叉补贴这个“环境税”没有经过税收系统，而是直接通过电网系统进行了再分配，电网充当了民政部、财政部的职能。几十年来中国一直在实行中国特色的双重红利，是否要改革现存的销售电价交叉补贴，实现电价市场化定价是一个需要重新审视的问题。市场化只是方向和手段，手段需要为目的服务，而不应该成为改革的目的。

专栏 竞价上网是电改 2015 年的第一要务

竞价上网是电力市场化改革的基本条件。其实现的前置条件有：

(1) 厂网分离。2002 年，国家电力公司拆分为中国国家电网公司和中国南方电网公司两大电网，以及华能集团公司、大唐集团公司、华电集团公司、国电集团公司和电力投资集团五大发电企业。(2) 充足的电力供给。长期来看，我国电力行业在保障电力供给，满足全社会用电需要方面做出了巨大的贡献。

目前，我国各省地方政府自主制定其电力调度计划，并没有引入有效的市场竞争。而电力竞价上网可以通过市场竞争激励发电企业降低成本，提高生产效率。从纵向看，我国发电煤耗从 1990 年的 392 克标煤/千瓦时下降到 2011 年的 308 克标煤/千瓦时；从横向看，和日本 2011 年的发电煤耗 294 克标煤/千瓦时相比，我国的发电煤耗仍有降低的空间。更具体地，从不同煤耗发电企业的发电小时数看，发电煤耗最低的 10% 的机组，平均发电小时数为 5145.7 小时，最大发电小时数为 8139 小时，但其最小发电小时数仅为 193 小时，表明部分高效率的发电机组仍未能有效运转。然而，部分发电煤耗较高（大于 356 克标煤/千瓦时）的机组最大发电小时数超过 8300 小时，表明部分低效率的发电机组仍继续常年运转。为控制煤炭消费总量，主张淘汰发电效率较低的机组，而鼓励高效机组的投入和运转。从这一点出发，竞价上网是一个有利的倒逼机制。

但是，需要注意的是，电力竞价上网在刺激企业降低发电成本的同时，可能滋生企业通过减少发电污染物排放治理而降低其成本的行

为，从而带来更为严重的环境和生态破坏。因此，需要严格监控发电企业脱硫脱硝项目的实施，作为电力竞价上网的配套措施，以在提高发电效率的同时，保障电力供给的清洁性。

以竞价上网为电改的第一要务，必须明确其实施可带来的好处及应付出的代价。在严格机组脱硫脱硝监管的辅助下，通过上网电价的竞争，倒逼电厂引入先进技术，提高生产效率，以降低发电成本，获得上网价格的优势。不可忽略的是，竞价上网会对企业产生优胜劣汰的后果。对于那些效率高的企业，工作小时数越多，发电量越高，利润也相应增加；反之，对于那些效率低的企业来说，例如发电煤耗高于全国平均水平（308 克标煤/千瓦时）的机组，将被压缩利润，带来损失。总的来说，通过竞价上网实现电厂企业的的优胜劣汰、版图重塑，压缩电厂利润和淘汰落后产能是电改必须付出的代价。若为了这些落后产能而不搞竞价上网是对 13 亿人的不负责（本地污染），对地球人的不负责（二氧化碳）！



图 3-5 竞价上网的成本-收益分析

4、核电价格

在核电定价过程中，除了计算核电站的建设成本和运营成本，还应当把核废料的处理成本、核反应堆的退役成本、以及核电的外部性成本纳入定价体系，实现全成本定价。其中，外部性成本不仅包括核电安全风险对公众和自然环境带来的外部性，还包括对核电实施采取的特殊军事防御、核电站引起的周边投资削减、和针对核电安全的区域规划及基建投资带来的外部性成本。

考虑到核废料最终处置依然是世界性难题，核反应堆退役所需的巨大资金，核设施建设所带来的种种外部性成本，以及核事故一旦发生，对人体和环境造成的巨大损害，全成本定价后的核电价格应当会较高。

（二）政府进，种好自家监管的田

而针对市场失灵，政府应加强作为，积极推进各项改革与加大扶持监管力度。由于产权难以进行界定，能源市场通常难以靠自身之力来解决能源使用的负外部性问题，这时需要政府进行干预。政府应在以下四个方面积极发挥作用。

1、配套财税改革

财税改革主要体现为两个维度，一是实施增值税差别税率改革，将含碳能源品的增值税率从 17% 上升到 30%，而将无碳能源品在税率从 17% 降到 9%，以内生化解能源品的正/负外部性。同时，降低普通商品的增值税率，以缓解价格冲击。以煤炭体制改革为例，煤炭的清洁利用是当下最重要的能源政策。要确保电力供应，重点放在生产侧。

在现行的能源供给结构下，既要保证能源供给，又要好的环境，重中之重就应该是煤炭的清洁利用。促进煤炭的清洁利用要将经济激励与财政支持结合，建立健全煤炭清洁化利用技术的应用与推广示范机制。中央财政可以考虑成立煤炭清洁化利用发展基金，给予专项支持，同时加大对煤炭清洁利用的补贴力度，健全融资体系。此外，排污费返还、运用政府采购杠杆等方式引导企业开展清洁生产和利用也都是不错的经济类政策选择。另外，在电力行业的财税改革方面，课题组陈占明老师的前期研究表明，当普通商品的增值税率降到 12% 时，电价上涨将不会影响各地区的消费者价格指数。

财税改革的另一个维度是加征资源税，这既可以作为对使用自然资源所支付的费用，也可以看作是对环境污染和提供公共设施与服务的补偿。加征资源税所引起的能源价格变化并不象人们误以为的那样会对整体经济产生强烈冲击，事实上其影响很小，在 2009 年的经济条件下，能源价格上升 1% 对造成的全国 GDP 损失约为 1313 亿元，约为当年 GDP 总量的 0.36%，其中损失比例最大的是河南，为 0.39%，损失比例最小的是西藏，为 0.24%。因此，财税改革实施具有可行性。

2、实行补贴政策

补贴政策不仅包括财政补贴也包括企业交叉补贴。类似于税收手段，补贴政策不仅有助于保障不同地区、不同收入居民的能源使用问题，也有利于保证企业的正当获利，进而促进企业的技术革新。当前，我国为了鼓励新能源的开发和利用，我国从多个不同的方面对相关产业进行支持。主要有财政补贴和税收优惠，包括对新能源发电的装机

设备和发电量补贴、新能源汽车的税收优惠等；对新能源产业配套设施的建设支持；对新能源产业发展的金融支撑和资金投入，如建立新能源金融信贷，加大研发经费的投入等。国家能源科技“十二五”规划新能源技术领域的重点任务为：大型风力发电；高效大规模太阳能发电；大规模多能源互补发电；先进核能发电以及生物质能的高效利用。对新能源和可再生能源的相关发展支持主要体现在专项补贴、价格补贴和税收优惠等方面。针对风力发电，《风力发电设备产业化专项资金管理暂行办法》（财建[2008]476号）规定财政部对满足支持条件企业的首50台风电机组，按每千瓦600元的标准予以补助，例如1.5兆瓦机型产品的整机及部件配套企业，其前50套产品将从财政得到共计4500万元的补贴。对太阳能开发利用的支持，主要有光伏发电上网电价相对水电、火电和风电的发电成本而言较高，2008年底，在特定条件下的光伏发电成本降到1.9元/kWh左右，⁷仍依靠国家政策的补贴和税收优惠。此外，对太阳能光热利用的支持如《可再生能源建筑应用专项资金管理暂行办法》，中央财政安排专项用于支持可再生能源建筑应用的资金。与生物质能相关的经济激励政策重点主要有以下几个方面。在开发方面，一是财政部已明确生物质能源原料基地建设补贴，对国家认定的能源林业、能源农业生产基地，每亩地给予180元以上的财政补贴。（财政部《生物燃料和生物化工原料基地补贴办法》），二是财政部对符合条件的农业秸秆收集加工企业给予150元/吨的补贴。（《秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法》财建

⁷ 资料来源：《中国新能源与可再生能源年鉴》2009

[2008]735 号) 在价格补贴方面, 对生物质发电在各地标杆电价的基础上给予 0.25 元/度的补贴; 自 2007 年起, 对部分亏损发电企业额外给予 0.10 元/度的财政补贴。此外, 每年财政对生物质的能项目投资有数十亿的补贴, 有增值税和所得税上的部分优惠。除上述几种可再生能源补贴, 财政对地热能、氢能同样有相关补贴。补助情况见下表 2.1。风力发电和生物质发电补贴差不多, 平均值分别为 0.22 元/千瓦时和 0.24 元/千瓦时; 太阳能发电的补贴远远高于风力和生物质发电, 平均补贴高达 1.88 元/千瓦时, 基本上是前两者的 8 倍左右。由此可见, 为发展新能源和可再生能源, 使其价格与化石能源具有竞争性, 政府从政策上进行了大量的财政补贴, 这个负担随着可再生能源比重的增加还会继续增大。

最后需要补充的一点就是, 财政补贴虽然能够保证新能源价格不会过高, 进而促进新能源的推广, 但从长期来看, 财政补贴会造成能源行业的歧视性对待问题。财政补贴只适用于短期内纠正能源消费失衡情况, 但不适用长期。

3、发展核电与新能源。

核电作为一种燃值高、污染低的可再生能源, 能够有效降低污染治理成本并优化经济结构。虽然我国核电发展迅速, 但核电发电量依然仅能满足很小一部分电力需求。2013 年全国累计发电量为 52451.1 亿千瓦时, 核电累计发电量为 1107.1 亿千瓦时, 仅占全国累计发电量的 2.11%。因此, 应推动核电发展。

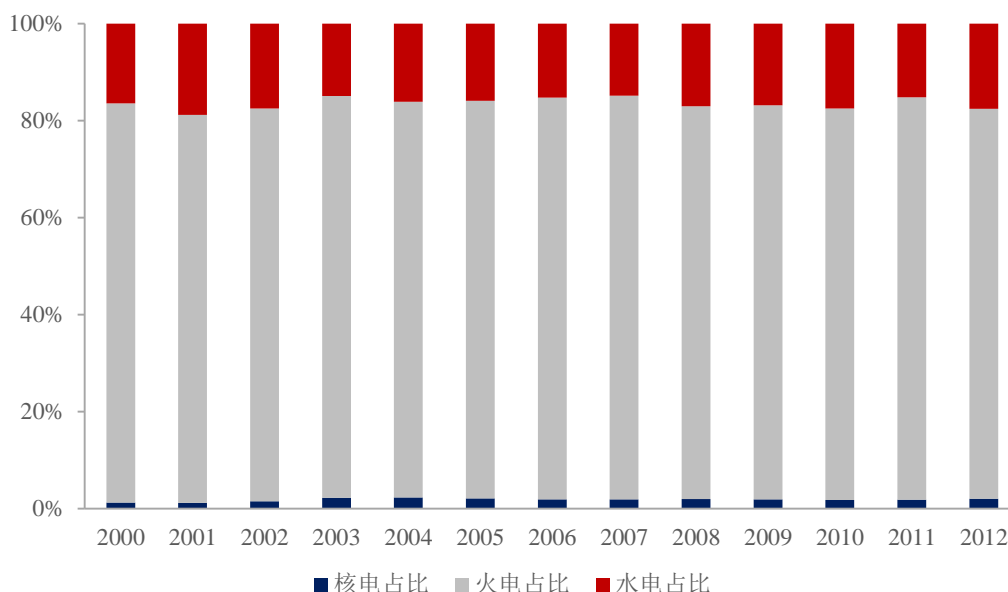


图 3-6 2000-2012 年中国电力生产结构

数据来源：2000-2011 年数据由国家统计局网站数据计算得出；2012 年数据由《中国电力年鉴 2013》数据计算得出。

但在发展核电过程中，避免核电 PX 化是第一要务。PX 化是邻避运动的一种，来源于我国公众反对 PX 项目立项、投产的群体性过敏反应。核电的 PX 化即指公众对核电项目的反对发展到群体性、过敏性反应。若公众对核电项目的反对态度出现 PX 化，将对核电发展产生非常不利的影响，并且可能引发社会不稳定。

相对于技术性风险，核电的 PX 化更加与核电项目的感知性风险密切相关。感知性风险与公众对核电知识的了解、政府核电项目信息公开程度、公众对政府非信任度有关。更为重要的是，核电事故会对公众的感知性风险产生非常显著的影响。因此，在福岛第一核电站事故发生的情况下，我国更应该严防核电 PX 化。

为了避免核电的PX化,我国政府应当加强核能和核电知识宣传,并促进信息公开,加强风险沟通,重塑公众对核电的感知性风险,使公众的感知性风险尽量接近技术性风险,对核电项目有更清晰的认知。

另外,虽然我国的自主核电技术以及已经取得显著成效,但与世界先进核电技术相比依然存在差距。在发展核电的过程中,不应一味追求实用自主设计设备,还要考虑到经济性、安全性,适当引入国际先进技术,提高核电规模,避免“一鱼两吃”。

类似于核能的发展,新能源虽然具备其他能源不可比拟的优点。但是,由于新能源成本较高,从新能源发电量和全社会新增用电量的历年趋势来看,新能源发电量在满足电力需求方面的作用有限。同时,政府为了鼓励新能源的建设,从政策上进行了大量的财政补贴,这个负担随着可再生能源比重的增加还会继续增大。因此,发展新能源需要政府的扶持与鼓励,但必须有个度。

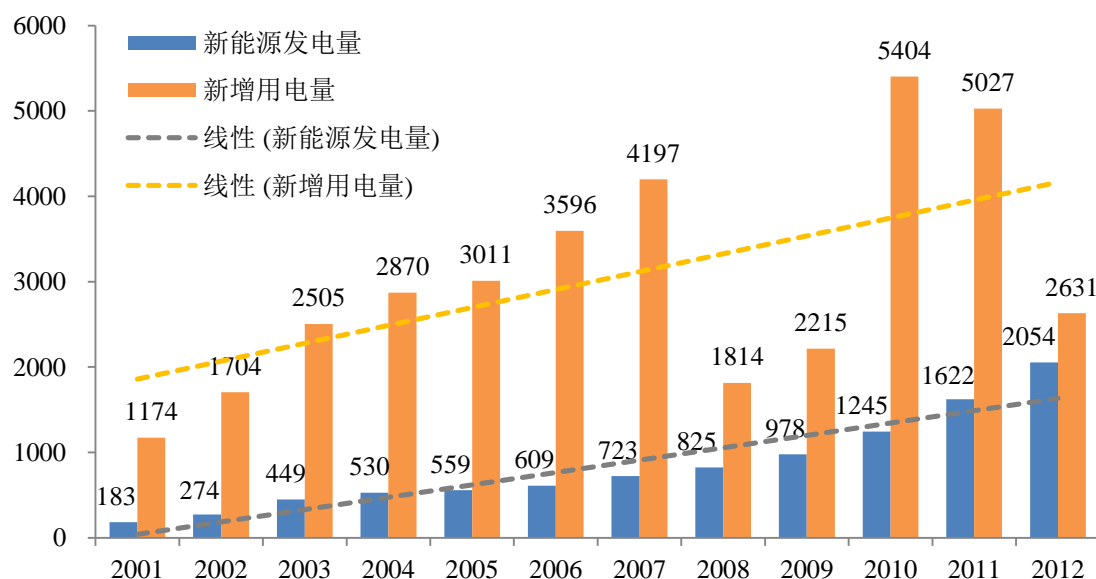


图 3-7 新能源发电量与新增用电量的比较 (亿千瓦时)

数据来源:《中国电力年鉴》

4、重建政府监管体系

重建政府监管体系主要指建立符合可持续发展要求的现代能源监管体系。这需要从完善能源监管法律体系、优化能源监管职能、提升能源监管格局并促进能源监管工具革新等四方面共同努力。法律完善能有效规范监督行为，职能的优化配置能提升监管执行能力，监管格局的提升能完善协调机制，而只有革新监管工具才能全面提高监管能力。可见，监管体系四维一体，缺一不可。

(1) 完备能源监管法律体系，规范监督行为。

从国际经验来看，能源立法是确立监管机构合法性的普遍做法，统一的能源法对能源监管机构的定位和监管体系的建设具有纲领性的作用。在我国的能源立法的建设和完善中，需要对国家的能源管理体制、能源监管机构、能源管理部门及其职责、能源监管机构及其职责、能源市场等有一个明确的定位，也就需要一部既有综合型又突出重点、既有政策指导性又有法律规范性的、具有中国特色的能源基本法。在能源基本法之下，需要制定下位的能源管理法规、监管法规和能源市场发展条例，从而构建统一规范的能源监管法律体系，提高能源监管的执法能力和执行效力。然而，由于法律制定程序复杂、时间较长，在完善能源监管立法的过程中，可以参照已经实施的电力监管办法，先从制定相关的监管条例开始，待时机成熟再逐步过渡到国家基本法。与此同时，能源监管立法需要紧紧把握能源监管及其立法的发展规律，借鉴世界发达国家能源监管立法的先进经验。

(2) 优化能源监管职能配置，调整监管机构设置。

我国的能源监管行政任务和职能的产生是基于确保国家能源安全、促进能源市场化改革、节约能源、提高能源效率和保持能源可持续发展的现实需要。在这一现实需要的基础上，产生了能源安全监管、能源市场监管、节能和能源效率监管、能源环境监管和可再生能源监管等具体的行政监管任务和职能。在现阶段，我国能源监管职能的配置应当处理好以下三对关系：第一，能源监管机构和能源政策部门之间的职能配置关系；第二，能源监管机构和其他监管机构之间的职能配置关系；第三，中央能源监管机构和地方能源监管机构之间的职能配置关系。基于此，我国能源监管机构设置的基本思路如下：首先，设立独立、专业的能源监管机构是大势所趋，符合能源市场进一步发展的需要。监管机构的独立性是核心，是其有效履行监管职责的前提条件。第二，采取循序渐进的改革思路。我国能源监管机构改革的任务具有长期性和艰巨性，设置不同过渡方案是比较务实的，也需注重改革方案的可操作性。第三，根据能源监管的基本分类设置不同的监管机构，并充分考虑不同监管机构设置模式的优劣。第四，理想的方案是综合的能源监管机构模式。大多数学者意识到了对能源行业实施统一监管的重要性，因为这有利于形成和执行统一的能源监管政策，避免行业分割、监管职能相互冲突现象的发生。

(3) 提升能源监管格局体系，完善监管协调机制。

我国现代能源监管体系建设滞后，监管规则不完善，监管机构不健全，从而延缓了能源行业有效竞争格局的形成，使能源市场发展总体效率低下、服务价格不合理、行业发展受制约、消费者权益受损等

问题得不到有效解决。只有建立现代监管体系，制定统一的市场准入规则和行业行为规范，才能够从根本上推进政府能源管理体制的改革。

有效的能源监管还需要完善能源监管协调机制，加强各能源利益相关者之间的协调。我国各省市的经济发展程度不均衡，能源开发、生产和消费也处于不同的发展阶段，需要科学确定能源监管权力的横向和纵向划分，在不同监管部门和监管机构之间合理分配监管权力。其次，更要加强不同监管机构之间的分工协作，特别是加强能源领域的上下游监管协调、加强能源产业的经济性监管和社会性监管的协调。再次，需要建立多层次、全方位的协作机制，如建立一些合作协调机构和会议制度，来协调各方的利益，解决可能会出现矛盾和冲突。此外，还可以以不同门类能源的共性为基础、以不同门类能源之间的相互关系为协调的纽带，利用一体化的综合管理运行机制对不同门类的能源实行统一监管，以提高效率、降低成本。

(4) 促进能源监管工具革新，全面提高监管能力。

党的十八届三中全会为能源市场化改革指明了方向，也对能源监管工作提出了更高要求。国家能源局在转变职能、简政放权的同时，必须加强对政策法规执行情况和市场行为的监管，及时矫正市场失灵，维护市场秩序，确保“权力和责任同步下放，调控和监管同步加强”。

促进能源监管工具的革新、实施多样化的管理手段是提高能源年监管能力的重要环节。为了科学、合理、高效地实施能源监管，许多国家的政府都采用了强制与引导相结合，监管与开放相统一，立法、行政、经济等多种手段并用的监管方式。如加拿大政府在能源开发领

域，监管政策的基本目标是构建开放的市场框架，坚持效率与公平的原则，注重健康、安全和环保。在这一目标下，能源监管机构依据相关法律法规颁发市场准入许可证，并对所涉及的土地征用、环境保护、地下资源所有权收益、矿区使用权转让及相关居民利益等问题进行监督检查，而对开发投入、价格形成等则实行市场化运作。

除了监管工具的革新之外，加强能源监管能力建设还可以从以下方面展开：第一，进一步建立和完善能源监管法律法规体系，及时修订相关规章制度，完善能源监管标准化工作机制，探索开展能源监管标准化工作，促进监管工作规范化。第二，理清监管工作程序，健全闭环监管工作机制，在规划、政策和项目核准等方面，形成制定、检查、反馈、处理、完善的闭环，实现能源管理与监管的有效衔接。第三，完善能源监管报告制度，定期发布年度基本监管报告和重点专项监管报告，披露问题，实施处罚，督促整改。第四，加强能源监管信息系统建设，建立能源企业定期报送能源供需信息制度，准确掌握能源供需情况。第五，加大能源监管学习培训力度，切实提高监管人员素质。

在防止煤炭事故的问题上，我国应学习其他地区监管的有效经验。例如为了实施减灾方案，台湾劳委会就曾于 2006 年招募 150 名专案检查人力投入职业减灾工作，大幅提升检查质量，年均执行各项劳动检查达两万场次，有效拓展了防灾范畴，并督促生产单位落实了劳动法令。除此之外，减灾方案还包括协调跨部门共同减灾、提升防灾执行力、促进防灾合作伙伴关系、改善辅导机制、强化工安宣导行销、

扩大防灾教育训练、健全职场防灾法规及制度等措施。也可以考虑加大先进设备与技术从国外的引进力度，并积极引入煤炭或电力进口，通过这些方式“挤出”国内不符合管理规范的不安全煤矿，从根本上减少事故发生。其他重要管理政策，还包括建立清洁生产数据库和信息系统，加强国家和地方清洁生产中心能力建设，推动清洁生产和利用逐步走向深入等。还要有步骤、有计划地进行法律法规完善，尽快制定相关法令，加快制定《清洁生产法》及其实施细则，使煤炭企业的清洁生产受到法律框架的规范指导。

就油气与电网这类自然垄断行业，政府应加强垄断监管，严格实施《反垄断法》。对于油气行业的监管，一方面要规范竞争，财务独立。在天然气生产、净化、输送、配送等不同环节进行单独的财务核算，独立计价，规范竞争。将井口价格与竞争燃料的价格联动，采取由市场供需调节输配送服务费率，并由政府监管的定价方式。另一方面，严格监管，重视质量。在加强监管产品质量，对油品标准和标号进行准确识别规范，有效监控成本的同时，做好安全、质量等方面管道的整体运营监管，在经营权方面加强研究，解决好“最后一公里”的竞争问题。

对于电力行业监管，一要推行节能调度，以此为治理环境污染的措施之一。二要完善我国输配电成本监管体系，设立独立的电力监管机构，重建电监会组织体系，严格监管管理交易，保障会计信息披露的准确度和透明度；此外，制定并完善成本核算和监管的法律法规体系。其次，政府需要投资将发电侧的污染内部化；还需要建立强大的

队伍，投资购买设备来应对垄断企业的三大问题。

专栏 以节能调度为治理环境污染的措施之一

2007年8月，国务院办公厅转发了国家发展改革委等四部门联合制定的《节能发电调度办法（试行）》，并确定率先在广东、江苏、河南、四川、贵州等5省试行节能调度，以减少发电厂的能源消耗和污染物排放。

一般来说，传统的调度模式是在综合考虑各发电厂的运行特性、电厂在系统中的地位和作用、系统正常运行、系统调峰、调频以及负荷与事故备用的基础上，并在考虑合理的计划检修的容量后，安排各类型的机组的运行位置和发电量的。以往的“大平均”调度模式导致了高效环保的大火电机组、水电及核电等清洁能源机组的发电能力无法充分发挥，高污染高能耗的小火电机组却能多发电的情况，造成了能源资源浪费和环境污染。

表 3-6 节能发电调度与传统发电调度的比较

方式	传统发电调度	节能发电调度
前提	安全稳定运行、连续供电	安全稳定运行、连续供电
目标	安全	节能、环保
约束	安全约束	安全、经济、环境约束
标准	行政计划	能耗和污染物排放水平
原则	平均分配	优化配置
理论效果	高污染、高能耗	污染小、效率高

电力系统节能发电调度是指在保障电力可靠供应的前提下，按照

节能经济的原则，优先调度可再生发电能源，按机组能耗和污染物排放水平由低到高排序，依次调用化石类发电资源，最大限度地减少能源资源消耗和污染物排放。节能调度的基本原则是以确保电力系统安全稳定运行和连续供电为前提，以节能环保为目标，通过对各类发电机组按能耗和污染物排放排序，以分省排序区域内优化区域间协调的方式，实施优化调度，并与电力市场建设工作相结合，充分发挥电力市场的作用，努力做到单位电能生产中能耗和污染物排放的最少。

从节能发电调度顺序上可以看出，传统的以煤为主的火力发电排在了很靠后的位置，这必将导致煤电在总电量中所占的比重有所下降，这就意味着有一部分火电厂发不上电，尤其是那些既不经济又不环保的小火电厂。从这一方面来看，这不仅能够提高非可再生能源的利用率，也能减少对环境的污染。而位于发电前列的发电类型则是以可再生能源为主，从长远来看，随着化石燃料的减少，可再生能源无疑是必然的选择，既符合经济性又符合环保要求，对我国经济的可持续发展具有重要意义。

就节能发电调度效果来说，以贵州省为例，2008年1月贵州省开展节能发电调度试点工作以来，截至2010年10月，通过节能发电调度，全省共节约标煤283.1万吨，单位发电标准煤耗减少了10克/千瓦时；减少二氧化碳排放876万吨；减少二氧化硫排放370万吨，平均脱硫率95.34%，节能发电调度对电力工业节能减排发挥了重要作用，在一定程度上可以部分解决能源危机和环境问题。

专栏 输配电成本监管的意义和挑战

输配电成本必须纳入电力监管，输配电成本信息披露需做出相应规定。其原因在于输电和配电无法通过市场竞争进行成本核定，具体又表现为以下几个方面：一、电力作为准公共品，具有服务的普遍性，电力企业除了向低成本地区提供电力外，还须向高成本地区提供同样的电力。二、电网企业经营属于典型的自然垄断，易导致内部成本外部化，增加消费者负担。三、输配电成本的信息不对称问题：电网企业可以利用自身的信息优势高报成本，监管方却难以确定对电网企业的支付或补偿额度，这使得电网企业可能会产生道德风险问题。四、目前我国电力行业采取成本加成定价法，监管下的完整、真实的成本信息是制定合理输配电价的基础。

输配电价是上网电价和销售电价的中间支点，独立的输配电价定价机制的确立是发挥市场配置资源作用在电力市场的重要体现，输配电成本监管具有重要意义。首先，在保障安全的前提下，通过监管输电网公平开放，增加用户用电选择权，有利于打破电网统购统销垄断格局，积极推进电价改革，建立独立的输配电价格机制，突破“市场煤、计划电”的困局。其次，政府部门和监管机构加强输配电成本监管，有利于促进电网企业建立健全内部成本管理制度，削弱电网企业成本膨胀动机，防止电网企业经营者将不合理的费用转嫁给消费者，保护消费者合法利益。第三，现行电力价格往往是电网企业与政府和监管部门博弈的结果，通过加强输配电成本监管，有利于提升电力定价的科学性、合理性和透明度。第四，实施输配电成本监管，有利于

控制电网企业不合理成本的支出，有利于输配电成本信息的清晰透明和及时披露，这将有利于社会公众对电网企业的监督。

随着电力体制改革的推进，输配电成本监管的问题日益凸显，增加了电网企业监管难度。这集中表现为：

第一，监管主体地位不完善，包括监管法规不完善和监管权力不清晰。随着电力改革的不断深入，《电力法》原先的立法环境发生了重大变化，在电力监管实践中存在着明显的历史局限性，特别是其对电力市场的建立运作以及开展有效竞争等内容涉及较少，对输配电垄断性企业也缺少约束性监管，更没有明确电力监管机构的具体职权。而我国电力监管机构职权配置存在职责不明、权责不一的分散现象，形成了“多头管理”局面，如发改委负责电力基建项目的审批，原电监会负责电力技改项目的审批。管理主体多元化，管理职能分散，破坏了监管职能系统性的设置和职能分工，造成了监管协调难度大、成本高、效率低的后果。

第二，缺乏对被监管企业过度投资和 X 非效率问题的有效制约。在信息不对称情况下，监管机构难以准确掌握电力企业真实准确的输配电成本，如果对其进行投资回报率管制，易导致“A-J 效应”和 X 非效率问题。但就目前我国施行的输配电成本监管法律法规及制度而言，几乎没有针对被监管企业过度投资和 X 非效率问题进行的有效制约方法，存在很大的监管漏洞。

第三，价格监管与成本监管互相分割。成本监管和价格监管是密不可分、相互依存的，对电网公司的输配电成本监管和价格监管需要

“双管齐下”。但是，由于监管主体的混乱和监管职责的交叉，我国目前的监管体系不仅没有将两者很好的联系在一起，反而出现了价格监管与成本监管互相分割的局面，这不仅不利于对电网企业进行输配电成本监管，同时也不利于输配电价的合理制定和电力市场改革的稳步推进。

第四，输配电成本核算方法不完善。《输配电成本核算办法》虽然明确了电网企业的成本核算体系，对电网企业的成本对象、成本项目、科目设置也做出了具体的规定，但其仍然采用“大一统”式的核算方法，没有将输配电成本分开进行独立核算，对输配电成本核算规则的具体运用仅给出了原则性规定，对费用的种类划分也比较粗，这不利于监管机构判断输配电成本的真实性，难以发现输配电成本中存在的问题。

第五，输配电成本信息报送制度不健全。在中国现行的法律框架下，《输配电成本核算办法（试行）》、《电力企业信息报送规定》以及《电力企业信息披露规定》中都涉及到了电力企业对电力监管机构的输配电成本信息报送，但仅仅局限于规定电网企业报送信息应当遵循真实、及时和透明的原则，缺乏更加详细、实际的信息报送具体规定。总体而言，电网企业成本报表报送不及时，比较分析不全面，报送质量较低，成本信息缺乏透明度，为输配电成本监管带来许多阻碍。

第六，输配电成本监管方法、监管工具匮乏。在原电监会成立时间较短，电力监管机构对在监管权责配置不到位、电网企业输配电成本核算粗放的情况下，如何开展输配电成本监管，在理论上缺乏深入

系统的研究，在实践上缺少可以借鉴的经验。电力监管机构对输配电成本监管的主要工作是对电网企业报送的输配电成本报表进行分析，但从实际来看，监管机构对数据的深层次分析还比较缺乏，对输配电成本的监管还没有形成全面、系统的方法。

对于核电监管，根据国际经验，核电监管需要两部基本法律作为其发展之立脚石。一是建立基本法“原子能法”以明确相关主体权责，二是完善专门法“核安全法”与基本法相配套，以明确核电各环节要求。不同于其他能源，核电全生命周期的任何事故都有可能对社会与公共安全造成巨大破坏。因此，核电发展离不开独立而特殊的纵向一体化监管。由于核反应堆是核辐射的主要来源，核反应堆监管应为监管核心。同时，应完善核电应急机制，将应急管理作为日常监管的重要延伸。

随着能源管理体制改革的不断推进、能源行业的不断发展，能源监管成为大势所趋。在这方面，中国不仅需要借鉴国外的成功经验，更需要从现实出发，以提高政府能源管理效能和监管能力为目标，通过不断的体制和机制创新，逐步建立起符合能源可持续发展要求的现代管理体制和监管制度。

在能源革命的新时代，大气污染治理、煤电升级改造、能源国际合作、简政放权是 2014 年关键词。2015 年是“十二五”收官之年，也是“十三五”谋划之年，推进能源生产和消费革命仍是能源领域的

总基调。我国能源发展战略需要从世界主要国家能源转型探索启示，积极构建我国能源革命的总体目标和思路，建立结构多元化、总量平衡、效率较高、开放大循环、系统自适应以及开发和利用可持续的现代能源体系，实现从高碳到低碳、从低效到高效、从污染到绿色的能源可持续发展。

在能源革命中，技术革命和体制改革是保障，转变经济发展方式是重点和难点，两者又与能源革命互为前提、互相推动。在保障能源供应与减少环境污染的双重目标之下，能源革命应涉及能源政策体系、价格体系和市场化多方面改革，其基本思路在于：“把市场的交给市场、把政府的收归政府”——大力推进煤炭清洁高效利用，着力发展非煤能源，科学规划煤、电、油、气、核能及新能源的发展利用；还原能源商品属性，有序放开竞争性环节价格，构建有效竞争的市场结构和市场体系，形成主要由市场决定能源价格的机制；转变政府对能源的监管方式，健全能源法治体系，建立专业、高效的监管体系，全面提升能源监管能力。