

CONSTRAINTS AND SOLUTIONS FOR ENERGY
AND ELECTRIC POWER DEVELOPMENT

能源与电力发展的 约束及对策

王志轩 潘 荔 张晶杰 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

CONSTRAINTS AND SOLUTIONS FOR ENERGY
AND ELECTRIC POWER DEVELOPMENT

能源与电力发展的 约束及对策

王志轩 潘 荔 张晶杰 王东胜 杨 帆 著
谭 杰 隋 欣 尹 婧 郭培堂



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以可再生能源电力化、绿色化并逐步取代传统化石能源为特征的能源革命蓬勃兴起为时代背景,研究并提出了能源发展的约束性因素分析方法。围绕中国能源生产和电力转换环节,从安全、清洁、节约、经济四个维度及生产力和生产关系两个方面,以资源禀赋、环境保护、水资源条件、应对气候变化四大主要约束性因素为重点,分析世界及中国能源的发展情况及中长期需求,构建能源可持续发展的指标体系和规划的目标值。针对四大约束性因素,研究分析约束性因素与所影响目标的关系、约束性因素的变化趋势、约束性因素间的相关关系,以及破解约束性问题的技术经济政策。提出必须积极转变能源发展方式,要立足国内的资源禀赋条件,遵循能源与经济发展的客观规律,把握世界能源全球化、市场化、低碳化的趋势,坚持以煤炭为主体、以电力为中心、油气和新能源全面发展的战略。提出煤炭行业应大力调整产业结构,继续采取各种有效措施积极推行煤炭的洗选加工,延伸产业链;燃煤发电应进一步提高发电效率,降低碳排放强度,对重点地区将采用区域联防联控政策控制大气污染,调整电源布局 and 结构,充分考虑区域水资源条件提高与电源的空间适配度,应用先进污染控制技术和设备,使污染物进一步得到有效控制;水电开发则应以其不同发展阶段约束性因素的不同,有针对性地破解生态环境约束和社会环境约束。

本书可供能源研究、规划、环境保护工作者参考,也可供相关专业的大学生及研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

能源与电力发展的约束及对策/王志轩等著. —北京:中国电力出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5123-6519-3

I. ①能… II. ①王… III. ①能源发展—研究—中国
②电力工业—工业发展—研究—中国 IV. ①F426.2②F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 226601 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月北京第一次印刷
710 毫米×980 毫米 16 开本 15.75 印张 273 千字
印数 0001—3000 册 定价 68.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

能源与电力的可持续发展是实现国民经济可持续发展的基础，能源与电力问题事关经济发展、社会稳定和国家安全。中国正处在工业化中期、现代化建设第三步战略部署、工业化和城镇化快速发展阶段，此阶段的重要特征之一就是能源与电力消费需求急剧上升，对能源生产供应提出了更高要求。本书将能源发展界定为能源生产与供应，从满足中国能源需求的角度出发，分析能源发展的主要约束性因素，并寻求破解之策。而电力是能源发展的核心，煤炭是基础，电力与煤炭发展的约束性分析和破解对能源发展约束性分析至关重要，本书的研究重点是电力与煤炭。

本书以科学发展观为指导，坚持能源与电力的安全发展、清洁发展、节约发展、经济发展的基本理念，科学分析制约能源与电力生产和消费的各种因素。经分析判别，确定资源禀赋、环境保护、水资源、应对气候变化为能源与电力发展的四大主要约束性因素。资源禀赋约束主要指由于能源与电力需求的增长，与资源供应不协调所导致的能源与电力持续发展受限；环境保护约束主要指由于能源的不清洁发展，尤其是煤炭开发、利用方式的不科学带来的环境污染、生态破坏，与经济社会发展要求不一致所导致的能源发展受限；水资源约束主要指能源发展导致的水资源破坏和水资源量对能源开发的制约；应对气候变化约束主要指能源发展，尤其是煤电发展产生的温室气体排放和能源结构调整及节能减碳措施是否能够满足中国应对气候变化的政治决定和行政要求。

在分析能源与电力中长期需求的基础上，本书还对上述四大约束性因素的现状、约束性因素与所影响目标的关系、约束性因素的变化趋势、约束性因素间的相关关系，以及破解约束性问题的技术经济政策等方面进行了分析研究。通过综合分析 with 系统优化，提出了破解约束性因素的方案及政策建议。对于能源资源约束，应对之策是必须积极转变能源发展方式，要立足国内的资源禀赋条件，遵循能源与经济规律的客观规律，把握世界能源全球化、市场化、低碳化的趋势，坚持以煤炭为主体、以电力为中心、油气和新能源全面发展的战略。对于环境保护约束，煤炭行业应大力调整产业结构，继续采取各种有效措施积极推行煤炭的洗选加工，延伸产业链；燃煤发电应对以灰霾为特征的区域大气污染采取调整电厂

布局 and 结构，加强管理，应用先进污染控制技术和设备，使污染物得到有效控制；水电开发则应根据其不同发展阶段约束性因素的不同，有针对性地破解生态环境约束和社会环境约束。针对水资源约束，本书提出“十二五”“十三五”时期火电布局应充分考虑区域水资源条件，提高两者的空间适配程度。针对应对气候变化约束，着重分析了电力工业作为中国二氧化碳排放的主要行业，应加快电力结构调整，大力发展非化石能源；不断提高煤电发电效率和清洁利用水平；加快有利于减少温室气体排放的市场机制建设；健全法律法规体系等。

从长期和宏观来看，本书将有助于厘清中国能源可持续发展中必须解决的几个问题：第一，中国能源需求持续增长对能源供给形成很大压力；第二，资源相对短缺制约了能源产业发展；第三，以煤为主的能源结构和能源效率的低下不利于环境保护；第四，能源技术相对落后影响了能源供给能力的提高；第五，国际能源市场变化对能源安全造成的重大威胁。要解决上述问题，能源结构调整必须进一步加快。2013 年，煤炭、石油、天然气，以及水电、核电等其他可再生能源占能源消费总量的比重分别为 66.0%、18.4%、5.8% 和 9.8%，相对于能源消费总量的快速增长，能源消费结构调整缓慢。要满足 2020 年非化石能源占 15% 的消费比重目标，应进一步转变能源发展方式，提高水能、风能、太阳能等可再生能源比重。

本书的研究方法包括数据分析、法规梳理、约束性因素研究、对“十二五”相关重大问题的预测等。在研究过程中，首先，开展了有针对性的资料收集。一方面依靠本书编写单位自身具有的行业统计和长期积累数据的实力，以及近几年开展的相关宏观研究的课题成果，对资料进行整理分析、归纳；另一方面收集国家或行业权威报告，以及国内外相关研究成果。其次，加强调研，通过成立专家组、组织专题调研、召开相关研讨会等形式进行充分调研。第三，采用比较研究的方法，分析中国能源发展的规律。在此基础上，借鉴国外经验和教训，注重定性分析和定量分析相结合，兼顾研究的综合性和创新性。

本书由王志轩负责全书框架、思路、技术路线设计和总体把握；潘荔负责总体组织协调；张晶杰负责各个环节的组织和系统集成。各章执笔人共同对全书进行了讨论。第 1 章由王志轩、张晶杰执笔，第 2 章由潘荔、张晶杰执笔，第 3 章由杨帆、谭杰、隋欣执笔，第 4 章由王东胜、尹婧执笔，第 5 章由杨帆、谭杰执笔，第 6 章由王志轩、潘荔、张晶杰、郭培堂执笔。

王晨龙在数据校核中做了大量工作。在此对本书所参阅引用的相关文献的作者表示衷心感谢。

由于作者水平有限，加之成书时间仓促，疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

2014 年 11 月

前言

1 能源及其约束性因素分析	001
1.1 能源发展约束性因素研究的提出	002
1.1.1 系统研究能源问题是能源大转换时代的要求	002
1.1.2 能源、经济、环境的协调平衡仍是能源系统 研究的主要目的	004
1.1.3 “约束性指标”的出现为系统研究能源问题 开启一扇大门	008
1.2 能源发展约束性因素研究的理论探索及应用	009
1.2.1 约束及约束理论	009
1.2.2 能源发展的约束性因素研究框架	011
2 能源发展趋势	037
2.1 世界能源资源概况	038
2.1.1 化石能源资源	040
2.1.2 非化石能源资源	043
2.2 中国能源资源概况	046
2.2.1 能源资源总量	046
2.2.2 能源生产与消费	049
3 能源发展的环境保护约束分析	077
3.1 煤炭开发	078
3.1.1 环境影响及控制现状	078
3.1.2 主要环境保护约束性分析	082
3.1.3 破解思路及政策建议	085
3.1.4 煤炭开发环境保护约束性小结	085
3.2 燃煤发电	086
3.2.1 环境影响及控制现状	086
3.2.2 主要环境保护约束性分析	099
3.2.3 破解思路及政策建议	110

3.2.4	燃煤发电环境保护约束性小结	113
3.3	水能开发	114
3.3.1	环境影响及控制现状	114
3.3.2	主要环境保护约束性分析	116
3.3.3	破解思路及政策建议	126
4	能源发展的水资源约束分析	131
4.1	水资源对煤炭发展的约束性因素	132
4.1.1	煤炭与水资源的关系	132
4.1.2	约束性因素分析	135
4.1.3	对策与措施	164
4.2	水资源对火电发展的约束性因素研究	168
4.2.1	火电发展与水资源的关系	169
4.2.2	约束性因素分析	170
4.2.3	对策与措施	174
5	能源发展的应对气候变化约束分析	177
5.1	应对气候变化形势	178
5.1.1	国际形势	178
5.1.2	国内趋势判断	184
5.2	中国主要能源活动温室气体排放及减排现状	186
5.2.1	煤炭开发	186
5.2.2	电力生产	189
5.3	主要能源行业温室气体减排效益分析	194
5.3.1	煤炭开发	194
5.3.2	电力发展	196
5.4	主要能源领域应对气候变化思路	207
5.4.1	煤炭行业	207
5.4.2	电力行业	208
6	能源发展系统优化	211
6.1	理念方针及目标	212
6.1.1	坚持正确的能源发展理念	212

6.1.2 坚持科学的能源发展方针	212
6.1.3 建立科学的约束性指标及约束性限值	213
6.2 综合优化	213
6.2.1 结构调整优化	213
6.2.2 科技进步优化	219
6.2.3 管理措施优化	225
6.2.4 智能电网为平台的供需系统优化	227
6.2.5 实施跨流域水资源管理优化	229
6.3 政策措施建议	231
6.3.1 优化能源布局	231
6.3.2 确定合理的能源结构	232
6.3.3 以技术进步促进能源工业发展	232
6.3.4 加快淘汰落后产能	233
6.3.5 完善法规、经济政策和管理措施	233
6.3.6 加强能源发展规划与相关规划协调	234
参考文献	235
后记	238
索引	239

1

能源及其约束性因素分析



1.1 能源发展约束性因素研究的提出

1.1.1 系统研究能源问题是能源大转换时代的要求

研究表明,能源利用方式和程度是人类文明得以产生和发展的驱动力和标志。人类社会从原始文明、农业文明、工业文明到正在进入的生态文明形态来看,基本是以能源利用方式的变革为标志的。薪柴的使用开启了原始文明并使人类在火的引导下进入农业文明。18 世纪蒸汽机的发明与利用引发了工业革命,在化石燃料的大量使用下生产力得到快速发展;而 19 世纪电能的使用,极大地促进了社会经济和人类文明的发展,人类社会进入一个以全球化为标志的发展新阶段,开创了以电为标志的工业文明新时代。21 世纪,人类开始进入知识经济时代,在对农业文明、工业文明的继承和创新的基础上,以可再生能源的电能化快速发展为特征的能源革命兴起,标志着生态文明时代的到来。

人类从来没有停止过对能源问题的关注和研究,在浩瀚如海的文献中,出于对政治、经济、文化、技术、发展阶段及信息掌握程度不同等原因,对能源问题的看法既有全人类形成的共识(如可持续发展的观点),也有众多不同的流派和观点。其中,在 2012 年,对能源领域,甚至经济、政治领域有重要影响的两部著作值得一读。

一部是美国全球能源经济知名学者丹尼尔·耶金所著的《能源重塑世界》。该书围绕三个基本问题展开(即快速发展的世界是否会有足够的能源?如何确保世界赖以维系的能源系统的安全?对环境的担忧,尤其对气候变化的担忧会对能源的未来产生怎样的影响?),主要包括地缘政治、技术创新和人类生活方式的转变对能源的影响等。书中讲述了石油、天然气、煤炭和电力的发展历程及未来的发展趋势,描述了各国在气候问题的立场,讲述了可再生能源的新生和清洁能源、电动汽车的能源效率何以成为重中之重等话题。书中提到:“满足世界经济不断增长的能源需求将是一个挑战。在上一个十年的中期,‘石油峰值论’——世界石油行将枯竭的观点广为流传。但是随着投资加大和创新带来的新的供应,这种担心渐渐远去。‘廉价石油’的时代也许已经结束,但‘石油时代’绝对没有终结。”“鉴于能源供应体系的庞大规模及复杂性,变革的酝酿周期可能较长。但是,如果能源转型的时代真的来临,那么 6 万亿美元的全球能源市场将会上演一场角逐。也就是说,现在的能源供应主体——石油、天然气、煤炭将会和新进入市场的风能、太阳能及生物质能展开争夺,后者将努力获取更大的市场份额。如此大规模的转型如果真的发生,无疑会对排放、整

体经济、地缘政治以及国家的地位产生重大影响。”可见，作者对于“石油时代”不会终结是肯定的，而对于大规模的能源转型是有保留的。但是，作者肯定的是“不管将来能源结构如何，能源及能源挑战将会成为未来时代的主题”。

另一部是美国著名经济学家杰里米·里夫金所著的《第三次工业革命》，中文版于2012年在中国发行。书中指出：“到20世纪80年代，越来越多的迹象表明化石燃料驱动的工业革命达到了顶峰，人为原因造成的气候变化正酝酿着一场巨大的全球危机。”但是“在美国，很少有人关心石油峰值的预测，对于气候变化将导致恶果的警告以及显示我们的经济并不健康的众多迹象也置之不理。”“无论步履多么蹒跚，欧洲人至少在想办法应对化石燃料即将枯竭的现实；不幸的是，大部分美国人仍不接受化石燃料时代就要终结的事实，不愿承认曾造福于我们的经济模式目前正举步维艰。”他指出，我们正处于第二次工业革命和石油世纪的最后阶段。这是一个令人难以接受的严峻现实，因为这一现实将迫使人类迅速过渡到一个全新的能源体制和工业模式。他提出，第三次工业革命将改变世界，互联网技术和可再生能源将结合起来，为第三次工业革命创造强大的基础。可再生能源的转变、分散式生产、储存（以氢的形式）、通过能源互联网实现分配和零排放的交通方式构成了新经济模式的五个支柱。在新时代，数以亿计的人们将在家里、办公室、工厂生产出自己的绿色能源，并在“能源互联网”上与大家分享，就像现在在网上发布、分享消息一样。他认为，我们已具备了实现第三次工业革命的科技、规划等条件，第三次工业革命40年的基础设施建设将创造无数的新商机和就业机会，这项工程的结束将标志着以合作、社会网络和行业专家、技术劳动力为特征的新时代的开始。

显然，两位作者对能源趋势的把握有共性也有不同。但是两位作者对中国的能源问题都非常关注，进行了相关研究并提出建议。丹尼尔·耶金在讲述《能源重塑世界》创作的过程中，着重提出中国是这本书中唯一一个占两个章节的国家。而杰里米·里夫金，更是对中国第三次工业革命中的角色和作用寄予了厚望。他提出：“中国人需要关心的是20年后中国将会处于一个什么样的位置，是身陷于日薄西山的第二次工业革命之中继续依赖化石能源与技术，还是积极投身于第三次工业革命，大力开发可再生能源科技？”“如果选择了第三次工业革命这条道路，那么中国极有可能成为亚洲的龙头，引领亚洲进入下一个伟大的经济时代。”

不论他们如何评论中国，毋庸置疑，中国的能源问题是中国经济社会发展的最重要的问题之一，不论是现在还是未来，中国面临着比其他大国更加严峻的能源问题的重大挑战。中国的能源问题，远比以前两位作者所提到的要大得

多、复杂得多，当全世界在争论石油还能用多久时，中国的问题是煤炭还能用多久；当全世界在讨论如何应对气候变化向低碳时代迈进时，中国还更要关注笼罩在我们头上的霾何时消散？的确，中国是世界上最大的风力涡轮机生产国，是世界上最大的太阳能电池板生产国，是世界上太阳能资源最为丰富的国家之一，拥有世界上最丰富的风力资源，是世界上水电资源最丰富的国家，中国的生物质能与地热能的总量也相当可观，中国页岩气储量也可能是世界最大的国家之一……但是这一切，并不能回答快速发展的中国是否有足够的能源，如果是，成本如何、需要怎样的技术？也不能回答如何确保中国赖以维系的能源系统的安全，还不能很好回答对环境的担忧，尤其对气候变化的担忧会对能源的未来产生怎样的影响。因为在能源的研究方面还有很多事情没有做或者没有做好。例如，至今没有一部能源法，一些能源发展的基本理念与相关法律、规划、政策并不一致，环境政策与能源政策不协调，不同能源品种之间的发展不协调，能源规划是相互割裂的，电力发展规划多年来未颁布，煤电矛盾大戏久演不衰，电厂电网不协调、煤电水电不协调、缺电窝电现象并存，弃风、弃水问题不时加重，电价机制不协调等，核电、水电、可再生能源发展也存在着许多问题。因此，能源发展在世界能源变革的大潮中，如何能顺应潮流并成为中国经济和社会发展的中流砥柱，必须站在中国国情的基础上，找出中国之路。为此，要加强对中国能源问题的系统研究以适应能源革命时代的要求。

1.1.2 能源、经济、环境的协调平衡仍是能源系统研究的主要目的

随着历史的发展，能源、经济、环境三者越来越密切相关，在当代社会，任何一方的问题已经不能脱离其他两个方面单独存在。而且随着社会进步、科学技术的突破、自然环境的变化，以及人们对物质、精神需求的不断提高，能源、经济、环境概念的内涵也在不断发生变化，对能源、经济、环境问题的认识不断深化。例如，第三次工业革命的五大支柱，本质也是对能源认识的扩展；从经济方面看，区域经济变化会影响到更大范围，甚至全球经济的变化，不仅是经济数量的变化，而且更加关注包括安全、稳定等要素在内的质量的提高；从环境方面看，由传统的污染物排放引起的环境问题，向生态保护、应对气候变化及更加舒适的环境要求（而不仅仅是健康的基本需求）方面不断拓展。这些变化，使能源、经济、环境之间的关系越来越复杂，相关问题的研究往往适应不了快速变化的形势和解决复杂问题的需要。

对于中国能源发展问题，首先要用科学发展观的基本理念确立指导思想，如经济与环境是协调发展还是环境优先？是通过制约能源发展来制约经济发展

还是促进能源发展以促进经济发展？是在保护环境的底线发展能源还是尽可能地保护环境？这些问题似乎容易回答，然而当认真分析过去与当前的有关法规和相关政策时，当各种能源、经济、环境的重大矛盾和焦点事件出现时，当观察每日发生在眼前的事实时，则会出现很多的迷茫。

人类对能源、经济、环境问题的系统研究也只有几十年的时间。20 世纪 70 年代中期，在能源与经济研究方面出现了一系列用于研究能源规划和预测能源供应的需求模型，在能源与环境方面出现了用于预测污染排放对环境质量影响的空气质量模型，这些模型主要是以二元系统为应用对象。到 80 年代，出现了能源、经济、环境的三元系统的研究框架，其优化目标逐步由成本最低的单目标向多目标决策发展。进入 90 年代，随着应对气候变化的全球行动的加强，气候模型不断加快完善，2014 年 4 月 12 日，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第 39 次会议审议并通过了第五次评估报告及其决策者摘要。目前，包括经济、能源、环境、资源、人口、安全、能效等不同要素的模型研究不断深入，应用比较广泛的模型有 MARKAL 模型、多目标规划模型、CGE 模型、投入-产出模型等，若干主要能源模型分类见表 1.1，若干主要能源模型比较见表 1.2。

表 1.1 若干主要能源模型分类

分类方法	划分类别	典型代表	主要研究的问题	时间跨度
按研究内容	能源-经济模型	MACRO	能源经济	长期
	能源-环境模型	AIM	能源消费、能源环境	长期
	能源-经济-环境模型	3Es-Model	能源经济、环境、政策	长期
	综合模型	IIASA-WEC E3	能源技术、经济、环境	长期
按研究方法	能源仿真模型	POLES	能源经济	长期
	能源优化模型	MESSA GE	能源技术、经济、政策	长期
	能源均衡模型	CGE	能源经济、环境	中期
	能源投入-产出模型	HERMES	能源经济	中期
按模型功能	能源供应模型	PRIMES	能源经济、环境、技术	长期
	能源需求模型	MEDEE	能源技术、经济	长期
	能源技术模型	ERIS	能源技术、能源发电	—
按研究范围	全球能源模型	IIASA-WEC E3	能源技术、经济、环境	长期
	区域能源模型	GEM-E3	能源经济、环境	长期
	国家能源模型	NEMS	能源经济、环境、政策	中期
	部门能源模型	LEAP	能源经济、环境	长期

续表

分类方法	划分类别	典型代表	主要研究的问题	时间跨度
按建模方法	自顶向下模型	CGE	能源经济、环境	中期
	自底向上模型	MARKAL	能源技术、环境	长期
	混合能源模型	NEMS	能源经济、环境、政策	中期

资料来源：魏一鸣等. 能源-经济-环境复杂系统建模与应用进展. 管理学报, 2005 (2): 160.

表 1.2 若干主要能源模型比较

项目	研究方法	主要功能	优缺点	典型代表	开发机构
自顶向下模型	计量经济学方法、一般均衡理论、线性规划理论	适用于能源宏观经济分析；能源政策规划的制定	采用经济学方法，便于提供经济分析；不能详细地描述技术；反映了被市场接受的可行技术；利用大量的数据来预测；低估了技术进步的潜能；不能控制技术进步对经济的影响；通过经济指标决定能源需求，但是强调能源供给的变化	CGE	Norway
				3Es-Model	NUT/Japan
				MACRO	IIASA
				GEM-E3	NTUA/EU
自底向上模型	线性规划理论、非线性规划理论、多目标规划理论、系统动力学方法、投入-产出方法	能源技术选择策略研究；能源技术对环境的影响分析；能源供需预测；能源技术的成本分析；能源政策分析	利用工程学方法，不擅长经济分析；对技术有详细的描述；反映了技术的潜力；高估了技术进步的潜能；利用分散的数据详细地描述供给技术，但是强调能源消费的变化；直接评价技术选择的成本；假设能源部门和其他部门的关系可以忽略	MARKAL	ETSAP/IEA
				MESSAGE	IIASA
				EFOM	EU
				MEDEE	IEPE/France
				ERIS	PSI、NTUA and IIASA
				LFAP	SEI/Sweden
				AIM	NIES/Japan
混合能源模型	线性规划理论、非线性规划理论、混合整数规划方法、计量经济学方法	能源供需预测；能源政策分析；能源环境措施分析；能源技术的演化及成本分析	综合了上述两种模型的优点，既充分考虑技术选择的成本，又考虑了价格弹性的作用，是对整个能源系统的模拟和分析；便于进行更详尽的能源经济分析；研究范围多是全球的、区域或国家的；功能比较齐全，结构比较复杂，是对现实能源系统进行模型和仿真的复杂巨系统	NEMS	EIA/DOE of America
				IIASA-WEC E3	IIASA and WEC
				PRIMES	JOULE/EU
				POLES	JOULE/EU
				MIDAS	JOULE/EU

由表 1.2 及大量文献报道可知,采用模型对能源、经济、环境之间的关系进行研究是一种常用的、典型的和有效的方法,而且基本上可以覆盖能源领域所涉及的各个方面,采用模型研究有助于量化表达所要解决的问题和判断问题发展的趋势,特别是一个好的模型对于所研究问题影响要素的敏感性分析有独到的优势。但是运用模型也存在一定的局限性。从模型本身看,对于“自顶向下”的分析方法,即从宏观经济角度出发,分析经济发展对各部门的影响,给出宏观经济变化引起的能源系统供求关系的变化状况;不足之处是对资源生产和利用技术的描述比较抽象,资源消耗变化的原因不够明确,低估了技术进步的潜能。对于“自底向上”的分析方法,由于是建立在可以较精确预测其成本、效果及发展趋势的能源工程技术基础之上,可信度较高,但忽略了对宏观经济和非技术市场要素的反馈。对于混合能源模型,虽然综合了以上两个方面的优点,弥补了以上两个方面的不足,但是大大增加了模型开发和使用方面的难度,尤其是中国对其研究尚处于起步阶段,对模型所涉及各子系统的内在相互渗透、相互制约关系综合的研究还不深入。

从模型的实际应用看也存在如下的限制或缺陷:①由于没有也不可能有一个普遍适用的将能源、经济、环境系统中各种不同要素进行等价值化的公认的评价标准,如对能源的独立程度、清洁程度、经济性之间的指标数据进行同度量处理的标准。②受研究者自身能力水平和模型使用条件的限制往往侧重于其中某两个系统关系的研究,难以考虑不同地区、不同阶段和不同层次的需要。③模型输入参数值的选取范围、模型所需大量的数据选取往往会因人而异。例如,应用较广的 MARKAL 模型是一个基于单目标线性规划方法的能源系统分析工具,通常由 4000~6000 个变量及数量相当的方程式构建而成,由于使用者的不同,使得模型预测的结果在很大程度上取决于模型使用者的主观判断,甚至当不符合主观判断时,使用者在一定的允许范围内通过调整参数和数据选取达到目的。

综上所述,不同模型对相同问题所作的分析存在一定差异,使得模型成为一个高雅的摆设,或成为支持研究者结论的所谓科学借口。在对模型预测结果进行审查时,由于受审查者专业、时间、条件等限制,往往只是按规定的审查程序把模型当成一个“黑箱”进行形式上审查,做不到对模型本身的构造和各种参数、计算过程进行实质性审查。模型的验证也主要是通过研究者自身采用特定的方法对模型进行“验证”。因此,模型在科学决策中往往只是起到参考和辅助作用。随着模型技术的不断完善、数据经验的不断积累、支撑模型的各种规律性研究不断深入、计算技术的不断提高,模型应用的范围将不断扩大,在

决策中起到越来越重要的作用。因此,面对非常复杂的中国能源问题,面对能源发展从理念到思路再到措施上存在的各种分歧,靠模型或者主要靠模型分析还找不到解决中国能源问题的钥匙,何况运用模型本身的前提条件是要理清所解决问题的关键环节和问题点。

由于设计和运用模型对于能源、环境、经济问题的研究存在着缺陷,因此还不能完全依赖这种研究方法。在研究中,重要的是在正确的思想指导下,认真分析能源、经济、环境方面的关键问题,通过解决关键问题,带动整体、系统问题的解决。

1.1.3 “约束性指标”的出现为系统研究能源问题开启一扇大门

2006年3月,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年(2006~2010年)规划纲要》发布,在纲要中提出了23个“十一五”时期经济社会发展的主要指标。规划纲要中首次提出了规划指标的属性,即把规划指标分为两类,一类为预期性指标;另一类为约束性指标。约束性指标有8个,集中在人口资源环境和公共服务人民生活两大类别中。主要有全国总人口控制、单位GDP能耗降低、单位工业增加值用水量降低、耕地保有量、主要污染物排放总量减少、森林覆盖率、城镇基本养老保险覆盖人数、新型农村医疗合作覆盖率等。在纲要中明确解释了两类指标属性的概念,明确预期性指标是国家期望的发展目标,主要依靠市场主体的自主行为实现;政府要创造良好的宏观环境、制度环境和市场环境,并适时调整宏观调控方向和力度,综合运用各种政策引导社会资源配置,努力争取实现。约束性指标是在预期性指标基础上进一步明确并强化政府责任的指标,是中央政府在公共服务和涉及公众利益领域对地方政府及中央政府有关部门提出的工作要求;政府要通过合理配置公共资源和有效运用行政力量,确保实现。“约束性指标”一经出世,其“层次”很高,此后,中国的能源与环境管理中,“约束性指标”成为一种重要的手段,也成了家喻户晓的高频词。

约束性指标虽然有了非常权威的出处,并且赋予其一定的内涵,但是对约束性指标本身的研究实际上远远不够,更缺乏从理论上对经济问题、能源问题、环境问题的综合系统研究。约束性指标的主要功能是作为一种考核政府和官员政绩的工具,至于为什么选择约束性指标、如何确定约束性指标值、约束性指标如何分解,以及实施后对能源、经济、环境之间的平衡产生什么样的影响等问题现实中并不关心。在实际工作中往往造成约束性指标完成了,但是真正要解决的问题依然存在。例如,“十一五”期间,全国完成了二氧化硫排放总量减少