

中国能源可持续发展战略 专题研究

中国科学院能源战略研究组 编

Strategic Research Reports
on China's Sustainable
Energy Development



科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院知识创新工程重要方向项目

中国能源可持续发展战略 专题研究

中国科学院能源战略研究组 编

科学出版社

北京

内 容 简 介

在人类社会可持续发展进程中,能源对经济发展、国家安全和环境质量都是重要的物质基础。进入 21 世纪,我国经济与发展的宏伟目标对能源提出了更高的战略需求,世界能源发展也呈现出许多新的态势。本书针对我国能源所面临的重大与紧迫问题,就我国石油安全、可再生能源应用、氢能、电力节能、能源宏观形势与能源技术五个专题提出了战略研究报告,力求以丰富的基础数据,有效的预测与分析方法,给出各专题的技术发展道路与政策建议。

本书为国家能源战略的决策者、技术专家和关心国家能源发展的社会公众提供一份有益的参考资料,并对能源领域各方面专家的交流与讨论起到有益的促进作用。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源可持续发展战略专题研究/中国科学院能源战略研究组编. —北京:科学出版社,2006

(中国科学院知识创新工程重要方向项目)

ISBN 7-03-016248-X

I. 中… II. 中… III. 能源经济-可持续发展-经济发展战略-研究-中国 IV. F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 106118 号

责任编辑:彭胜潮 韩 鹏 卜 新/责任校对:陈丽珠

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 1 月第一次印刷 印张:26 3/4

印数:1—3 000 字数:617 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

中国科学院能源战略研究组

总体组

组 长：江绵恒

副组长：李静海 桂文庄 秦 伟 陈静宜

成 员：孙予罕 陈 勇 肖云汉 包信和 孔 力
周凤起 王玉兰 曹红梅

专题组

第一专题：我国石油安全的评估、对策与技术经济分析

依托单位：中国科学院山西煤炭化学研究所
中国科学院过程工程研究所

成 员：邓蜀平 彭 辉 王 钰 蒋云峰 温 浩

第二专题：我国扩大可再生能源应用的技术途径与发展战略

依托单位：中国科学院广州能源研究所

成 员：赵黛青 王利生 杨浩林

第三专题：氢能战略研究

I. 氢能与能源可持续发展战略研究

依托单位：中国科学院工程热物理研究所

成 员：肖云汉 赵丽凤 田文栋 原 鲲

II. 氢能与燃料电池的现状和未来

依托单位：中国科学院大连化学物理研究所

成 员：王树东 周 谨

第四专题：我国电力节能技术发展战略

依托单位：中国科学院电工研究所

成 员：童建忠 王亦楠

第五专题：我国能源形势宏观分析与能源技术发展战略

依托单位：中国科学院过程工程研究所

国家发展和改革委员会能源研究所

成 员：朱庆山 黄文来 周凤起 齐中英

序 言

能源是人类文明和社会经济发展的重要基础,是国家可持续发展的根本保障,是每个国家必须高度重视的战略资源。为此,世界许多国家都在研究和制定能源发展战略和能源技术发展路线图。在我国全面建设小康社会的进程中,能源的供应和安全问题显得尤为突出。如何在我国特有的能源资源和环境条件下,实现既能满足社会经济需求,又能最大程度地实现环境友好,是我们面临的严峻挑战。鉴于能源问题的复杂性,我们必须从国家长远发展战略的角度进行综合深入分析,提出有效的、符合国情的解决方案。

中国科学院一直高度重视我国能源发展战略的研究,20世纪80年代就组建了中国科学院能源研究委员会。2003年,在能源研究委员会改组后,院高技术局组织了我国能源可持续发展战略专题研究,在宏观分析国际能源状况和我国能源形势的基础上,对石油安全、可再生能源技术、氢能及电力节能等方面开展了一系列专题研究工作。这些研究试图对我国能源技术发展及其如何满足国家需求提出有独特见解的观点,描绘实现这一前景的发展途径,提出这条发展途径上的行动纲领,同时为我院能源科技发展工作提供支撑。在此基础上,我们还将陆续开展能源其他相关专题的研究,不断为我国能源发展政策、能源技术及其产业发展提出建议。

对能源发展战略持续研究十分重要,它不仅可以为国家层面的整体战略布局提供基础性支撑,而且可以在对能源资源、品种结构、环境影响、国际关系、技术经济等诸多环节进行全面分析的基础上,提供构建国家能源供应与社会进步协调发展体系的技术与政策建议。本书是中国科学院能源战略研究的第一批专题研究成果,希望本书的出版能为我国能源的持续、协调发展和安全贡献一份力量。

衷心感谢中国科学院能源战略研究组的专家在本项目中所付出的辛勤劳动,感谢中国科学院能源研究委员会的专家对本项目的支持与指导,同时也衷心希望本书提出的观点能得到各方面专家的批评与指正。让我们不断集成全社会的智慧,探索出符合我国国情的能源发展战略!

中国科学院副院长

江 锦 恒

2005年9月

前 言

在人类社会可持续发展的进程中,能源对经济发展、国家安全和环境质量都是重要的物质基础。当今世界,能源已成为各国政府、科技界和广大公众所共同关注的大事。人们已逐渐认识到,由于能源科技与产业的投资大、周期长,能源发展更需要持久的战略研究,需要统筹的顶层设计,并且需要前瞻性的部署。

能源是中国科学院的重要高技术研究领域之一,涵盖着广泛而又相互交叉的能源基础学科。中国科学院面向动力、化工、电力、过程工程等能源产业,针对化石能源和可再生能源的高效洁净转换与利用,在关键技术、系统集成和促进产业化等方面进行了长期并卓有成效的研究与发展工作,并在从国家到部门、地方与企业等各层面上的能源发展和规划制定工作中发挥了重要作用。

进入 21 世纪,我国经济与社会发展的宏伟目标对能源提出了更高的战略需求,世界能源发展也呈现出许多新的态势。为此,在中国科学院领导的直接指导下,中国科学院高技术研究与发展局于 2003 年适时地组建了中国科学院能源战略研究组,并对中国科学院能源研究委员会进行了换届改组,同时针对我国能源面临的紧迫问题,提出以对新时期能源可持续发展的思考,开展能源发展战略的研究。希望通过研究写出能体现中国科学院对国家能源发展战略认识、分析与建议的研究报告,为国家制定能源发展战略提供科学技术支持、评估意见与政策建议,并同时为中国科学院在能源科技领域的顶层设计和基础性、战略性、前瞻性工作部署提供支持。

为了能现实有效地实现这一研究目标,并能体现中国科学院战略研究的特色,战略研究组提出了按专题开展研究的工作方式,专题的确定应兼顾能源专门与整体问题。前者是指从有重大意义的能源主流问题中所提炼出的专门问题;而后者则是对能源整体发展态势的宏观分析。在各专题的研究中我们力求做到:紧密结合专题主线,构思对主线的多方位分析,使研究结果能回答主线所提出的问题;注重研究内容的科技内涵,提炼有针对性的基础数据,并力求结合与发展有效的预测和分析方法;按“前景—道路—行动”的思路,给出发展战略的研究结果,并提出相应的技术与政策建议。

战略研究于 2003 年 5 月列入中国科学院知识创新工程重要方向项目,以“我国能源可持续发展战略研究”为主体,第一批共确定了五个专题,思考背景如下。

第一专题:我国石油安全的评估、对策与技术经济分析。石油是能源安全中最突出的问题,也是国际政治的敏感问题,面对我国化石能源富煤、贫油、少气的现状,面对实现国家经济快速发展的宏伟目标,石油供需矛盾对国家的能源安全已构成重大威胁,不仅是政府所面对的当务之急,也成为公众舆论所关心的热点。该专题将对我国石油资源与供需关系的基本状况进行评估,对保证石油安全的措施进行技术经济分析,并提出我国应对石油安全的政策与策略建议。

第二专题:我国扩大可再生能源应用的技术途径与发展战略。面向能源资源可持续

供给的长远目标,面向能源与环境协调发展的战略需求,加快可再生能源发展已是当今世界各国的共识。我国可再生能源近年来有了很大增长,但在能源结构中的份额仍然很低,其发展正面临着重要的机遇与挑战。显然,迎接挑战需要制定跨越发展的目标,以及相应的技术发展途径和政策保证。该专题将试图提出我国扩大可再生能源份额的跨越发展目标,并在对各类可再生能源的诸多技术与经济环节分析基础上,提出实现这一目标的技术发展途径和政策建议。

第三专题:氢能战略研究。基于对人类社会可持续发展能源前景的关切,当前氢能国际上、特别是各发达国家的能源战略中有加快部署的趋势,氢能从20世纪末以燃料电池为主要平台的发展热潮,已经逐渐提升到了整体上建立人类可持续发展能源体系的高度。氢能的这一发展趋势不仅对燃料电池的发展又注入新的活力,同时也必然有由“氢能体系”所导致的能源技术的新发展。按照这一认识,该专题将从“氢能与能源可持续发展战略研究”和“氢能与燃料电池的现状和未来”两个子专题展开,将就氢能与人类社会可持续发展能源体系的前景,就氢能与燃料电池的研究与应用,给出态势分析,提炼出在基础、技术与系统各层面上的关键问题,并提出技术发展途径、前景预测和政策建议。

第四专题:我国电力节能技术发展战略。电力是能源利用的主要方式,节能是能源利用的重要国策,是国民需要建立的生活理念,但我国现状在认识与实施上都还相当滞后。该专题将针对我国国情,以电力的节能应用为主线,在对发电、输电、储能和用电众多技术环节分析的基础上,提出它们对节能贡献的综合分析、以及技术与政策实施建议。

第五专题:我国能源形势宏观分析与能源技术发展战略。未来20年是我国经济和社会发展的关键时期,为实现国内生产总值翻两番、建设全面小康社会的发展目标,能源供需前景将会如何?这不仅涉及能源总量的增长,而且还必须包括能源结构的优质化,因此依据我国能源特点,发展合理的能源技术与能源体系已是势在必行。该专题在分析国际能源宏观形势的基础上,将针对我国国情,对我国中长期能源形势进行预测与分析,并结合各能源品种的技术经济分析,给出各能源技术的优先发展建议。

我们深知,能源战略研究是一项面向社会、服务社会的开放性研究,是一项持久而复杂的系统工程,因此在本项目研究过程中曾开展了各种形式的调研、交流与研讨,并得到中国科学院能源研究委员会专家的多方面指导。本书将五个专题的研究报告汇集出版,更是希望为负责国家能源战略的决策者、技术专家和关心国家能源发展的社会公众提供一份有益的参考资料。作为国家研究机构的研究结果,希望本书能对能源产业各方面专家的沟通、交流与讨论起到有益的促进作用。本研究组成员在宏观思维与综合分析能力方面的不足以及难于超越自身所熟悉研究方向的局限都可能导致本书存在的各种缺陷。因此,诚挚地希望能得到各方面专家的批评与指正。

感谢本研究组所有成员为本项战略研究所付出的辛勤努力和表现出的良好合作精神。感谢中国科学院能源研究委员会及各方面专家对本项战略研究的支持、指导与帮助。

陈静宜

2004年12月

总 目 录

序言

前言

第一专题	我国石油安全的评估、对策与技术经济分析.....	1
第二专题	我国扩大可再生能源应用的技术途径与发展战略	75
第三专题	氢能战略研究	137
	I. 氢能与能源可持续发展战略研究	137
	II. 氢能与燃料电池的现状和未来	213
第四专题	我国电力节能技术发展战略	293
第五专题	我国能源形势宏观分析与能源技术发展战略	347

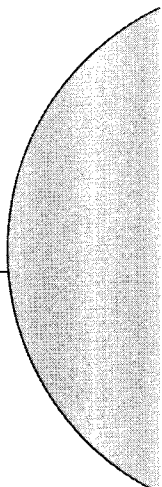
第一专题

我国石油安全的评估、对策 与技术经济分析

邓蜀平 彭 辉 王 钰 蒋云峰 温 浩

中国科学院山西煤炭化学研究所

中国科学院过程工程研究所



摘 要

本专题通过定性和定量的方法对石油在社会经济生活中发挥的作用以及国内外石油供需态势进行了分析,在此基础上明确了我国石油安全存在的问题。通过分析、比较世界主要国家应对石油安全所采取的对策,并结合我国的国情,提出了我国应对石油安全的对策和建议。特别是对其中的主要对策——煤基替代能源技术路线进行了技术经济评价。

当今世界,石油在社会经济生活中发挥着越来越重要的作用。但具有重要战略地位的石油资源,在世界各国的分布、生产以及消费却是极不平衡的。正是这种不平衡性,衍生了石油安全问题。曾经爆发过的两次石油危机带给世界多数国家经济上的沉重打击,便是最好的例证。

政治环境、石油供求形势、科技发展等因素都不同程度地影响着世界各国的石油安全。不同国家也针对石油安全问题,提出了各自的应对策略,主要采取的措施表现为:以保障石油安全为核心积极开拓新的石油供应基地;建立和加强石油战略储备;厉行节能政策;积极开发新能源;降低石油消费,大力推广使用清洁能源等。

我国一次能源现状是富煤、贫油、少气。石油生产能力远远不能满足需求,需要大量进口以弥补这一缺口。不仅如此,我国的石油生产增长速度远低于石油需求的增长速度,进口依存度逐渐加大。在现有的进口结构中,中东地区的石油进口比重占 50% 以上;在进口路线中,西非、东南亚、中东三条主要路线都要经过马六甲海峡,运输路线单一,且承运的中国船东所占比例较小。此外,我国目前尚没有建立能应对石油安全的石油战略储备,石油安全问题已日趋严重。

针对我国面临的石油安全问题,借鉴世界主要国家应对石油安全的对策,结合我国国情,应采取以下相应的对策以降低石油安全风险:坚持“开发与节约并举,节能优先”的基本能源政策,提高石油利用效率;加强国内油气资源勘探,提高油气供应的安全性;实施“走出去”战略,合理利用国内国外两种资源,实施多元化买油和对外合作采油策略;着手建立我国的石油战略储备;进行能源结构调整,促进能源结构多元化,积极发展核电、可再生能源以及各种替代能源技术,并实施煤电一体化战略和发展煤多联产系统。

在应对石油安全的对策中,近中期降低石油进口依存度的有效技术手段是发展以煤炭为原料的替代能源技术的多联产系统,主要包括煤制甲醇、煤制二甲醚、煤直接液化制油、煤间接液化制油。对按以上四条路线设定的四种石油进口依存度方案的实施规划,进行了技术经济评价,结果显示,发展煤基替代能源将大大降低我国的石油进口依存度,当然,这需要较多的资源、资金投入,国家应根据国内外形势逐步调整选择适合的发展方案。

目 录

摘要	3
第一章 概述	7
一、背景与意义	7
二、研究方法	8
三、研究目标	8
第二章 石油是当今社会经济发展的重要基础	9
一、石油在能源领域中的独特地位	9
二、世界石油资源开发与供需现状	11
三、世界石油安全面临的不确定因素	13
四、世界主要国家应对石油安全的发展战略与产业政策	15
五、小结	18
第三章 我国石油供需现状与安全问题	19
一、我国能源结构的特点	19
二、我国石油资源、分布以及生产情况	21
三、我国石油供需现状与中长期预测	21
四、石油供需矛盾日趋剧烈	23
五、小结	28
第四章 应对我国石油安全的对策及评价	29
一、积极发展节能技术、提高石油利用效率	29
二、加强国内油气资源勘探、提高油气能源供应的安全性	31
三、加强国际合作开发国外石油资源以及实现进口多元化	33
四、建立和完善我国的石油战略储备	34
五、应对石油安全我国须进行能源结构调整	35
六、发展替代燃料技术以降低石油消耗	38
七、小结	47
第五章 煤基石油替代能源的技术经济评价	48
一、煤基石油替代能源的研究及生产应用	49
二、煤基替代能源的技术经济评价	54
三、小结	68
第六章 结论与建议	70
一、主要结论	70

二、政策建议	70
主要参考文献	72
缩略语表	73

第一章 概述

一、背景与意义

能源是人类社会存在与发展的基石,是经济发展与文明进步的基本制约条件,是国民经济、国家安全和实现可持续发展的重要基础。能源在经济、安全 and 环境这三大问题中具有举足轻重的地位。科学技术的进步为人类选择理想能源创造了条件并使能源构成不断趋于合理。制定一个既能适应经济全球化和环境全球化形势、又符合我国国情的能源发展战略,是 21 世纪初我国必须解决并且能够解决的问题。

据 2001 年资料统计(吴钟瑚, 002),化石能源仍是目前消费的主要能源。在世界一次能源供应结构中,石油占 38.5%,天然气占 23.7%,煤炭占 24.7%。因此,石油安全是能源安全的核心和集中表现。

石油安全(陈立, 2002)是指石油进口国应始终处于一种能够以合适的价格和数量连续不断地获得外部石油资源,以满足本国经济和社会发展需要的状态。一国石油供应对外依赖的程度越高,其安全问题就越突出。

20 世纪末以来,特别是美国“九一一”事件以后,发达国家不断调整自己的石油安全战略,推行新措施,这对我国既是一种有益的启示,同时也是一种挑战和威胁。自 1996 年我国成为原油净进口国以来,石油进口量逐年增加,已成为仅次于美国和日本的世界第三大石油进口国,预计到 2006 年左右,我国的石油消费将超过日本,在亚太地区位居首位。石油消费和石油进口的不断增长,加剧了我国与亚太地区国家和发达国家对国际石油资源的竞争,凸显出我国石油供应的不安全性。

到目前为止,尽管我国石油供应尚未出现过大规模石油供应中断的情况,但一些不利因素正在整体潜在和部分现实地影响着国家的石油安全。从石油在国家的经济增长、能源安全和环境保护三者关系中所起的作用来看,有利因素和不利因素难以实现和谐的统一,从而不能确保我国长远的石油安全。我国的能源资源状况是品种齐全、总量可观,但资源结构不理想、人均拥有量少的问题也十分突出。首先,以煤为主的能源资源结构难以支撑能源结构优化需要;其次,国内石油资源有限,大量利用国际石油资源势在必行。因此,作为一个发展中国家,如何做好既要进口石油而又能保证石油安全,确实是一个现实的、不可回避的难题。我国可以借鉴发达国家的做法和经验,从中得到有益的启示,以便在实现现代化的进程中解决好石油安全这一重要课题。

随着世界能源市场不断出现的新变化,世界各发达国家纷纷制定了相应的策略。在我国,在以市场需求为导向,以全面创新为动力,以安全供应为基础,以经济效益为中心,以全方位调整和优化能源结构为主线,重点解决石油供不应求的结构性矛盾的能源策略指引下,借鉴发达国家应对石油安全的对策,并结合我国的能源资源状况,找出符合我国

国情的应对石油安全的措施和策略,是很有挑战性和现实意义的课题和任务。

二、研究方法

本专题通过分析世界及中国的石油供需现状及未来发展趋势,并借鉴发达国家的能源产业政策、能源领域技术发展态势,针对中国石油资源的特点,分析了中国石油的消费状况,特别是在对几种替代燃料的技术路线进行技术经济评价的基础上,提出保障我国石油安全比较现实可行的能源策略和技术路线。

在能源策略的研究中,本专题在定性分析的基础上,对保障我国石油安全的主要对策进行了一定程度的量化。其中对石油替代能源的有关技术路线重点进行了以煤炭为原料的四种产品路线的分析,包括煤制甲醇、煤制二甲醚、煤直接液化制油以及煤间接液化制油。

主要研究内容包括:世界主要国家的能源战略与产业政策;中国石油资源的形势及预测;保障我国石油安全问题的对策与策略;以煤炭为原料的石油替代燃料的技术经济评价。

在搜集翔实、准确的数据资料基础上,进行分类整理与研究分析,是本专题的主要研究方法。在研究过程中,本专题通过定量和定性相结合的基本分析手段,对历史数据采用统计与预测分析的方法得出简要结论;在世界各国能源政策的分析过程中,采用对比及类比分析相结合的方法;在对以煤炭为原料的石油替代能源技术路线的评价过程中,主要运用技术经济评价的方法以得到预期结果。

三、研究目标

在对以上内容进行分析评价的基础上,提出我国为保障国家石油安全应采取的主要的对策,并为国家制定相应的能源战略政策提供建议。