



国际能源署

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

世界能源展望

为促进明天的发展而评价今天的供应

2001

地质出版社



国际能源署

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

世界能源展望 · 2001

为促进明天的发展而评价今天的供应

翻译	马爱山	陈会鑫	郑水吉
	朱起煌	臧晓静	张艳秋
	谭云冬	谢波	刘甦
审校	朱起煌	杨登维	
审核	张抗		

地质出版社

· 北 京 ·

图字：01-2002-3898 号

内 容 简 介

具有经济合作和发展组织背景的国际能源署，长期关注世界能源安全 and 市场供需前景，其研究成果以“世界能源展望”年度报告的形式公开出版，已成为研究国际能源问题不可或缺的重要参考资料。本书是进入新世纪后的第一份“国际能源展望”报告，对新世纪所面临的国际能源发展问题进行了全面而有力度地论述，得出了一系列具有重要意义地结论。报告中分章讨论了石油、天然气、煤炭、可再生能源和核能，同时还对2020年以后的世界能源供应形势作了概括性的预测。本书资料翔实，数据很新，分析透彻，结论可信，具有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

世界能源展望·2001，为促进明天的发展而评价今天的供应/国际能源署编；朱起煌，张抗等译．-北京：地质出版社，2002.8

书名原文：World Energy Outlook

ISBN 7-116-03596-6

I. 世… II. ①国…②张… III. 能源经济-经济预测-世界 IV. F416.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第061737号

责任编辑：黄 兰 祁向雷 郁秀荣

责任校对：黄苏晔

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路31号，100083

电 话：(010) 82324508 (邮购部)；(010) 82324557 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

印 刷：北京印刷学院实习工厂

开 本：787×1092¹/₁₆

印 张：17 彩图：4 页

字 数：410千字

印 数：1—1200册

版 次：2002年8月北京第一版·第一次印刷

定 价：55.00元

ISBN 7-116-03596-6/F·151

(凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换)

中译本序一

经过适当的版权安排，国际能源署（IEA）这部广受欢迎的著作已被译成中文并在今天奉献给中国的广大读者。我对此深感欣慰。俄罗斯科学院以授予特别奖的形式肯定本书，使我们尤感荣幸。我希望本书的中译本也会对中国的研究人员、普通学者、行政官员以及政策制订者产生同样重要的价值。

没有任何理由担心今后 20 年会“用尽能源”，这是本书的中心思想。但我们大家，包括能源生产者和消费者，都同样面临某些严峻的挑战。支撑世界经济的能源资源的确存在，但要使它们得到有效和可持续的开发利用，必须投入巨量资金才能将它们找出来、开发起来并运送到需要它们的市场。石油供应不断向少数中东国家的集中以及对国际贸易日益增长的依赖，突出了恰当关注能源安全问题的必要性。

今天的能源市场是全球化的市场。没有一个国家能够单独应对它所面临的挑战。在保护全球环境的同时如何保证能源供应安全方面，IEA 各国和中国面临着类似的挑战。因此，IEA 和中国政府在 1996 年极为明智地决定以一种互利的方式开展合作。根据当时达成的合作协议，我们已在能源安全、能源效率、可再生能源、煤炭、天然气政策以及能源技术等领域，开展了联合行动。

就在《世界能源展望·2001》中译本出版之际，我们同时出版了《中国能源展望》。这一成果是 IEA 在中国国家发展计划委员会能源研究所的合作下完成的，它是我们《世界能源展望·2002》中的一章。今年 IEA 还将发表对中国天然气政策的一项重要研究成果，题目是《开发中国的天然气市场：能源政策的挑战》。

我衷心地希望，通过这种合作努力，IEA 与中国能不断增进相互了解，以更有效地应对我们所共同面临的挑战。

国际能源署署长

Robert Priddle

2002 年 7 月 25 日

中译本序二

任何一个国家的经济发展和人民生活的改善，都离不开类型适当、数量充足和价格合理的能源供应。中国亦是如此。1996~2000年中国GDP增长30%而一次能源消耗总量下降20%的“奇迹”再难重现。中外所有预测表明，中国今后20年将是世界上能源需求增长最快的国家，增长总量甚至可以和经合组织（OECD）国家增长总和旗鼓相当。大量的石油进口使得中国对外部的能源依赖不断上升。IEA最新估计，如果一切照旧（即石油产量增加不了而需求按过去速度递增），中国石油的外部依赖率将从目前的31%上升到2020年的74%。不管估计的今后具体依赖率有多高和能否成为现实，其上升趋势难以避免。国家能源安全已经受到了中国政府的高度重视。

那么，世界上有没有足够的能源来满足各国经济和社会发展的需求呢？

IEA 2001年的《世界能源展望》从资源、技术、经济（成本和价格）、政府政策等方面对这一问题做了中肯、全面、科学的分析。这不仅受到了IEA国家的欢迎，也得到了全世界的肯定。俄罗斯科学院今年4月授予本书特别奖就是一个证明。该书中文版的出版无疑为中国从事能源安全研究的专家学者和政府官员提供了一个很全面的国际背景，也为中国各能源产业提供了可靠的技术经济信息。

我为能促成该书在中国的翻译出版感到高兴。该书对今后20年能源供应的结论不在此重复。我想借此机会与国内同仁交换一个超出本书范围的看法，这就是能源安全的内部因素。

能源安全是一个世界性的问题，所有的国家都面临着能源安全的难题。开展国际合作以促进大环境的稳定应是任何一个国家能源安全不可分割的一部分。对于一个国家而言，只有首先自己建立起一个合理的能源体系，才能抵抗外部环境的威胁。能源安全是一个很广泛的概念，不仅包括石油供应安全，而且包括其他能源供应的安全，特别是天然气和电力，还包括能源与环境的协调发展。总的说来，就是要保证随时随地都有充足的、价格合理的、符合用户和环保要求的能源供应，以保障国民经济的可持续发展。要达到这一目的，内部因素很重要。这包括一套系统的、涉及政府各个部门的、超越于具体项目的、符合现实而又有远见的国家能源政策。这也要求有一个有效的、备有足够和可靠的能源信息分析研究和决策能力的国家级机构。国家能源行业改革，特别是电力系统改革和天然气行业的布局，也会直接影响到这些与

老百姓生活密切相关的能源供应安全。另外，能源终端使用的选择和效益也对一个国家总体的能源安全至关重要。今后绝大部分的能源将消耗在建筑物中或在道路上。中国目前大兴土木，小汽车拥有量也在大幅度上升，如果没有把合理的能源选择和效益措施落实到具体项目上，是不是现在正在为今后的能源危机埋下祸根？

国际能源署中国合作部主任

陈新华

2002年7月25日

序

《世界能源展望·2001——为促进明天的发展而评价今天的供应》一书是国际能源署（IEA）自 1995 年以来对能源供应问题最为详尽的一次分析。它提出和剖析了全球能源生产和供应趋势的主要驱动力量，其中包括资源开发及将其输往市场的成本、能源价格以及政府政策，而特别需要指出的，则是反对有害气候变化的那些力量。这里的分析重点是一次能源。

我们所传达的关键信息，是全世界拥有丰富的能源供应。现已探明的能源储量，能充分满足 2020 年以前及此后相当一段时间的预测能源需求增长。但为了开发这些储量，需要在能源基础设施方面投入巨量资金。为了及时动员这些投资，就要认真考察现有的法规和市场壁垒。能否动员资本投入对重要中东产油国低成本储量的开发，将对今后 20 年的供应前景有决定性影响。供应成本、技术进步以及油价，都是天然气供应变化的关键因素。如果在政府的强大支持下能实现成本的明显下降，那么可再生能源的使用就会有巨大扩展空间。到 2020 年以后，氢基燃料电池和碳封存（sequestration）技术有可能为一个限制碳的世界提供大量清洁能源。

本研究所描述的能源供应趋势，对生产国和消费国的政府都有重要意义。国际能源署（IEA）成员国和其他国家对进口油气依赖性的增长，增强了出口国和进口国的相互联系，但同时也突出了消费国在处理供应中断方面的发言权。政府需要探讨这些供应安全问题。在建立法制和市场框架以及鼓励技术开发和推广方面，政府也将发挥重要作用。包括惩罚碳排放在内的环境政策，也将影响能源供应，其作用主要是影响需求和不同燃料的相对价值。

有许多组织和个人都对本研究的完成提供了帮助，我对他们的贡献深表谢意。在提供很有价值的石油供应数据方面，我要特别感谢石油输出国组织（欧佩克）的支持。

作为国际能源署的执行主任，本书是按照我的要求出版的，因此其中的内容不一定反映 IEA 成员国的观点和政策。

IEA 执行主任
Robert Priddle

致 谢

本研究是由国际能源署的经济分析部在其他部门的协助下完成的。长期研究室主任 Olivier Appert 在整个项目的执行过程中给予了宝贵的指导和鼓励。负责本研究设计和管理的是经济分析部主任 Fatih Birol, 研究组的成员有: Maria Argiri, Francois Cattier, Sylvie Cornot - Gandolphe, William Davie, Jean - Christophe Fueg, Lisa Guarrera, Stéphane Lemoine, Teresa Malyshev, Lawrence Metzroth 和 Trevor Morgan。

本研究还获得了国际能源署其他同事的帮助, 他们是: Dunia Chalabi, Xavier Chen, Laura Cozzi, Thierry Delahaye, Peter Fraser, Miharuru Kanai, Hiroyuki Kato, Sylvie Lambert D' Apote, Isabel Murray, Hanns - Joachim Neef, Rick Sellers, Michael Taylor, Caroline Varley, Mike Wittner 和 Xiaoje Xu。

国际能源署成员国和非成员国的许多政府部门以及世界各地国际组织和能源公司的代表, 也向我们提供了各种帮助。

本研究需要对不同燃料进行复杂的分析。我们曾请多位专家审读了各章的初稿。他们的批评和建议非常有意义。如果报告中存在错误、遗漏或估算失误, 其责任完全在于作者们。下面是审读有关章节的专家:

石油和天然气

Naoko Doi, Yonghun Jung, 亚太能源研究中心, 日本东京

Dermot Gately, 纽约大学, 美国纽约

Nadir Guerer, 石油输出国组织, 奥地利维也纳

James Jensen, Jensen 协会, 美国韦斯顿 (Weston)

Jostein Dahl Karlsen, 石油和能源部, 挪威奥斯陆; IEA 油气技术顾问组,
法国巴黎

Alessandro Lanza, 埃尼公司, 意大利罗马

Michael Lynch, 数据资源公司—Wharton 经济预测协会, 美国华盛顿特区

Matthew Simmons, Simmons 和 Company 国际公司, 美国休斯敦

Michael Smith, BP 公司, 英国伦敦

Jonathan Stern, 皇家国际事务学院, 英国伦敦

Bruce Stewart, CANMET 西部研究中心, 加拿大德文 (Devon)

煤炭

Anthony Baker, IEA 煤炭工业顾问团, 法国巴黎

Pierre Berte, Charbonnage de France, 法国吕埃马迈松 (Rueil Malmaison)

Bill Bruno, Consol 能源, 美国匹兹堡 (Pittsburgh)

David Cain, Keith Welham, Rio Tinto, Milton, 澳大利亚米尔顿; 英国伦敦

Ron Knapp, 世界煤炭研究所, 英国伦敦

Dermot Lane, Fording 煤炭有限公司, 加拿大卡尔加里

Jane Melanie, 澳大利亚农业和资源经济局, 澳大利亚堪培拉

Ross Williams, BHP Bielliton 煤炭部门, 澳大利亚布里斯班

Mustafa Yorukoglu, 土耳其煤炭企业, 土耳其安卡拉

可再生能源

Robert Dixon, Peter Goldman, Michael York, 美国能源部, 美国华盛顿特区

Justin Ford - Robertson, 新西兰森林研究院, 新西兰罗托鲁阿 (Rotorua)

Kyriakos Maniatis, 欧洲委员会 DG 能源与运输, 比利时布鲁塞尔

Pietro Menna, Ente per le Nuove tecnologie, l' Energia e l' Ambiente, 意大利那不勒斯

Francois Moisan, Jean - Louis Bal, Claude Roy, Agence De l' Environnement et de la Maîtrise de l' Energie, 法国巴黎

John Paffenbarger, Orion 电力, 美国巴尔的摩

Leo Schrattenholzer, 应用系统分析国际研究所, 奥地利拉克森堡 (Laxenburg)

Kai Sipila, Yrjö Solantausta, VTT 能源, 芬兰埃斯波 (Espoo)

Josef Spitzer, Joanneum 研究, 奥地利格拉茨 (Graz)

铀

Hans - Holger Rogner, Ivan Vera, 国际原子能机构, 奥地利维也纳

Peter Wilmer, OECD 核能机构, 法国巴黎

内 容 概 述

为明天的世界提供动力

全世界拥有十分丰富的能源资源。已探明的能源储量足以满足 2020 年以前及其以后相当一段时间的能源需求。这个阶段的石油供应将是有保证的，但非常规石油的作用有可能扩大。天然气和煤的探明储量很丰富。在可以预见的将来，不存在核电生产所需的铀资源的短缺。可再生能源前景广阔，将会有更广泛的使用。到 2020 年以后，像氢基燃料电池和碳封存这样的新技术将为一个控制碳排放的世界提供大量的清洁能源。

全球能源供应前景的主要不确定因素是成本。技术的进步和生产率的提高正在推动生产和运输成本的下降，但在许多场合，最廉价储量的枯竭和新供应区运输距离的增大，却在提高能源的交货成本。主要市场的天然气供应成本已开始上升，因为这些市场附近的储量逐步枯竭，需要从更远的地区运送天然气。在另一方面，通常在地方或区域范围内开发的可再生能源，其生产成本将会有普遍下降。

影响能源供应的另一项关键因素是价格。对于扩大能源供应能力所需的投资，能源价格能左右其时间和力度。然而当前的供应也对价格有影响。石油市场由于已部分卡特尔（垄断组织）化，因此油价远高于原油供应的边际成本。天然气对成品油有竞争力，而且在许多天然气市场也存在天然气的垄断因素，因此气价也高于其边际成本。未来的石油价格有很大的不确定性，因为它在很大程度上取决于重要产油国的定价和产量政策。

在能源基础设施方面需要大量投资

为发展能源基础设施筹措资金是一项重大挑战。为了满足不断增长的需求，就要在能源的生产、转换、运输和配送等方面投入大量资金。其中发展中国家对这种投资的需要占了绝大部分，但成规模的投资将要由工业化国家提供。

及时获得这些投资的前提是降低监管和市场壁垒。非洲、中东和拉美的多数重要产油、气国都已认识到需要外资介入。阿尔及利亚、埃及、利比亚、尼日利亚等国已经改变了上游油气政策和实践，以吸引国际石油公司的合作投资。从 1992 年起，委内瑞拉的油气工业一直在吸收私有资本。沙特阿拉伯最近已开始向外国公司开放上游天然气产业。包括中国和印度在内的重要产煤国，为实现中期产量目标都需要吸收大量资本。外国直接投资的增加和国际与国家能源公司合作的加强，有可能使更多的能源供应项目得以实施，并使合作各方的投资风险得到控制。

国际贸易的增长必须解决安全问题

国际能源（特别是化石燃料）贸易的增长具有重大的地缘政治影响。由于能源需求区与能源产区在地域分布上很不一致，这种贸易会有快速增长。在净消费石油的地区，

对中东的依赖还将增大，经济合作与发展组织（OECD）的 3 个地区和部分亚洲地区尤为如此。这种形势将增强相互依存性，但有关担心也在增加，即世界对于供应中断所产生的价格冲击可能更为脆弱。石油供应链将变长，因而维持国际航海通道的安全将变得越发重要。

欧洲、北美和其他地区对天然气进口依赖的增大将加剧这种担心。最近印度尼西亚液化天然气（LNG）供应的中断，充分体现了从政治不稳定地区进口天然气的风险。在另一方面，预期的国际 LNG 贸易的扩大如能激发更多的短期贸易和更灵活的供应，就可以降低与长距离固定供应链相关的风险。

政府将塑造能源供应前景

全球能源供应趋势对能源生产国和消费国的政府有同样重大的影响。在处理能源供应安全问题、开创恰当的监管和市场框架以及鼓励技术开发和推广方面，政府将发挥重要作用。包括惩罚碳排放在内的环境政策，将通过抑制需求和改变燃料构成来影响能源供应。

油、气进口国的政府可能更加重视改善与供应国的关系，同时强化应对短期供应紧张或价格冲击的措施。2000 年 11 月在沙特首都利雅得召开的第 7 届国际能源论坛，为产油国和消费国讨论石油市场发展提供了一个机会。双方都呼吁稳定、透明和更准确的数据，以降低油价的波动。然而面对油、气供应商的价格竞争，政府和终端用户可能还将承担一定程度的风险。

能源部门的管理和结构改革对供应前景有重大影响。这些改革包括国有企业的私营化、能源部门对私营资本的开放、取消贸易和投资壁垒以及通过第三方强制性进入输送网络而在天然气和电力部门引进竞争。管理改革将增加投资机会，并鼓励开展新的能源供应项目。

对于跨国界的管道项目来说，贸易协调和关税规则将特别重要。惩罚性的过境费提高了供应成本，而地缘政治风险可以损害投资者的信心并提高资本成本。在转型经济国家，执行能源宪章条约对改善贸易环境和鼓励从里海出发的新油气管道项目，可能都具有重要作用。

研究和开发工作将对降低能源供应成本至关重要。政府可以通过鼓励投资研究和开发来影响降低供应成本的进度。在过去 10 年里，公共和私营部门的研究和开放投资都在下降。增加研发开支对能源供应技术和安全都有重大的积极影响。

常规石油储量可以轻松地满足 2020 年前的需求，但需要有相当规模的投资

探明的石油储量能够满足今后 20 年的预期需求。我们的《世界能源展望·2000》预测 2020 年的石油产量为 1.15 亿桶/日，占世界能源总供应量的 40%。石油仍将保持一次能源中最重要单种能源的位置。在今后 20 年里，预期的需求增长将主要来自运输部门，因为这一部门用其他燃料替代石油的可能性十分有限。由于石油产能将日益集中在少数几个拥有大量低成本储量的国家，预计石油的国际贸易将成倍增长。

像油砂和气-液转化合成油这样的非常规石油，预计它们的生产成本将进一步下降。非常规石油的数量可能超过目前的估算，到 2020 年，它们在总石油资源中的比例和

供应量都将会大得多。在加拿大的油砂和委内瑞拉的重油和超重油矿中，蕴藏着巨量的非常规油。

如果能获得必要的投资，今后 20 年全球石油产量不一定会达到顶峰。老油田产量的递减意味着需要有许多新产能替补，才能满足需求增长。未来的油价和生产成本的趋势，都将是及时吸引新产能投资的关键因素。

但是要更好地了解产量递减的特点。技术的进步能提升新油田的最高产量并使其更早到来，从而改善投资回报。但这将提高产量递减的速度。老的大油田的产量下降也对总的递减率有明显影响。这两方面的影响都需要密切关注。

中东重要产油国在开发他们的低成本石油资源方面既有机遇，也有挑战，但他们的筹集资本能力有不确定性。他们的生产和投资计划将与他们的价格政策有紧密的联系。由于国内资本不足，他们需要建立一种能吸引外国投资者的法规框架。

有点自相矛盾的是产油国，他们在油价适中时的日子要好于油价很高或很低之时。在世界能源模型中，用高油价和低油价方案分析了油价对供应和需求的冲击。这两种方案的分析结果与《世界能源展望·2000》的基准方案作了对比。这一分析表明，对于重要产油国来说，不管是很高还是很低的油价，都不会使他们的累积收益超过这一参考方案所设想的适中油价时的水平。

新技术的开发和应用将对降低供应成本和提高生产能力发挥关键作用。近年来，技术已经提高了石油勘探、开发和生产的效率。包括地下传感器和控制原理在内的新技术将降低生产成本并提高最终油、气采收率。

政府的政策和行业重组也将影响上游投资。生产能力的提高和市场环境的改善，可能导致欧佩克以外的多个国家大幅增加产量。如果最近几年能保持强劲表现，俄罗斯的增产潜力最大。

天然气市场有望快速扩大，但天然气的运输成本可能上升

天然气资源十分丰富，可以很容易地满足今后 20 年的预期需求增长。过去 20 年里，天然气的探明储量已经翻倍，全球储采比现已达到 60 年。估算的剩余资源，包括未发现的天然气，相当于 170 年到 200 年的供应量。今天的天然气储量主要发现于石油勘探过程中。但国际石油公司勘探投资中专门用于天然气勘探的比例在增加。同时也出现了在深水区域勘探和开发天然气的趋势。

开发世界天然气资源将需要大规模投资于生产设施和通向市场的输送管网。随着市场最近的天然气储量的枯竭和供应链的加长，运输在总的供应成本中的比例将上升。管道仍将是输送天然气的主要手段，但液化天然气的作用也可能扩大。在亚洲-太平洋和大西洋地区，LNG 贸易预计将有明显增长。

对于天然气生产商来说，气价（包括绝对气价和相对于石油的气价）和供气成本是推动天然气项目投资的关键因素。由于成本的上升，可能需要有高于 1990 年的井口价才能吸引供气设施所需的投资。然而气价在 2000 年和 2001 年初达到顶峰后，存在下落的空间。

技术对抑制供应成本的上升十分关键。应用先进技术、改进管理和项目设计以及提

高生产能力，已大大降低了天然气成本。为了进一步降低成本并开辟新的供应源，仍将需要技术的进步。今后 10 年成本的下降将慢于最近 10 年，如果研究方面的预算继续削减，情况尤为如此。另一方面，创新技术可以开辟现有技术无法探及的资源。气转液技术的不断进步，使那些因规模偏小和离市场太远而目前不能利用的气田，可以在将来得到开发。

不同供气项目争夺资本的冲击有很大的不确定性。竞争的扩散将刺激现货市场的发展，并促使长期合同的气价独立于油价。虽然长期合同的期限在缩短，但这种合同仍将使用。竞争将在一定程度上降低井口气价和过境气价，从而打击某些潜在的上游开发项目。但与此同时，竞争性的市场为生产商销售天然气提供了新的机遇。通过降低运输成本，竞争也可以影响井口较高的净回价。

市场的扩展和新供应链的形成将促进市场的一体化。需求的上升和运输网络的扩展将强化地区和全球层次的市场一体化。主要地区市场之间的实际联系将扩大，其中 LNG 贸易将迅速发展。新 LNG 项目组织形式的变化，包括向特定的供应链提供较少的产能，可以为 LNG 项目带来更大的商业机遇。

煤炭供应的前景取决于煤炭使用的环境可接受性

与石油和天然气相比，煤炭储量非常巨大，而且地域分布较分散。煤炭的探明经济可采储量接近于一万亿吨，相当于目前水平的 200 年产量。几乎有一半的煤炭储量分布在经济合作和发展组织（OECD）国家。这些储量的规模和分布实际上已排除了煤炭供应的安全问题。决定煤炭生产成本和前景的是煤矿的质量，而不是一个国家的实际储量规模。

影响今后煤炭供应的最不确定的因素是环境政策对需求的冲击，在电力部门尤其如此。对煤炭的需求，主要取决于电力部门的洁煤技术能否满足环境要求，同时也取决于用煤发电是否对用其他燃料发电具有竞争力。对今后环境法规（包括对碳排放的限制）的担心，可以阻碍对新煤矿项目的投资。

可以预期技术将继续推动采煤和选煤效率的提高和成本的下降。对健康和安全的关心，将进一步促进使用可降低劳动成本的自动化机器。技术还将有助于降低为达到日益严格的环境法规所需的成本。煤矿规模的不断扩大，预期也能提高生产率。

对煤炭工业的补贴，仍将是有些国家的一大特点。OECD 的一些无烟煤生产国，为了支持原本建立在煤炭之上的本国经济，仍在补贴本地的煤炭生产商。过去 10 年来，得到补贴的煤炭产量有明显下降，但在可以预见的将来，还不可能完全取消补贴。在 OECD 以外的国家，补贴很常见。但有许多国家也在改革和改组它们的煤炭工业，以改善经营业绩和投资前景。

要使可再生能源扩大应用，必须进一步降低成本

预期在今后 20 年，可再生能源的一次能源生产将有快速增长。但在缺乏政府明确介入的情况下，可再生能源在全球能源构成中的比例可能仍将很低。在 OECD 国家，可以预期主要的增长将来自风能和生物能，控制温室气体排放和使能源构成多样化的政策和措施都将支持开发这两种可再生能源。在发展中国家，在进一步开发可经济利用资源的基础上，预期水电是发展最快的可再生能源。

可再生能源具有满足世界很大一部分能源需求的技术潜力，但在目前的市场条件下，其经济潜力要低得多。在今后 20 年，由于技术进步以及市场扩大所带来的规模效益，预期可再生能源的经济价值会有提高。碳排放的市场代价也有利于可再生能源。使用可再生能源的最大好处是保护环境和供应较为安全。可再生能源在对付全球变暖的斗争中具有关键的作用。如果引入碳排放的市场代价，可再生能源的使用就会增加。由于大多数可再生能源都产自本地，所以它们常常可以提高能源供应的安全性。

开发可再生能源需要持续投资于基础设施。在 OECD，2020 年的可再生能源发电可占 4%，预期其投资将达到 900 亿美元。这相当于今后 20 年整个电力部门 10% 的投资。如果政府能够做出很大努力推动和补贴可再生能源，那么到 2020 年它们的份额可能达到 9%。为此，也许必须投资 2300 亿美元。

可再生能源技术的成本已有下降，但为了与化石燃料竞争，还需要进一步降低。今后成本下降的速度是不确定的。如果化石燃料的价格没有大幅上涨，如果政府没有采取有根本变化的新政策，在近期内几乎不会有可再生能源能与化石燃料竞争。然而在特定的应用领域，可再生能源可以具有成本效益。有些技术（如风能利用技术）已接近于具备竞争力，而另外一些技术还需要大幅降低成本。争夺土地使用权和输送能力的限制，可能降低可再生能源的供应潜力。

可供核电生产的铀资源十分丰富

当前核电站所需的铀是由一次开采的铀矿以及储备和库存的铀提供的。虽然储备铀的供应在增加，但过去几年里铀的开采有下降。已知的铀储量和二次来源的铀，能充分保证今后 20 年的铀供应。

在中期内，铀的开采不可能增加。过去几年的低价意味着只有低成本的铀矿才能开采。近期的铀产量将来自最有效的生产国加拿大和澳大利亚。前苏联各国未来的铀生产仍存在相当的不确定性，因为虽然资源丰富，但都面临着筹资问题。

关于二次供应存在较大的不确定性。其中很大一部分是因为有些与国防有关的铀最终会进入商业市场。今后几年，由俄罗斯核弹头的高浓缩铀兑调的低浓缩铀将成为市场供应品。

中期的铀价将维持中等水平，但随着二次供应的枯竭，长期的铀价有可能上涨。当二次供应下降时，铀价有可能上涨到可较好反映生产成本的水平。由于从铀矿的发现到投产有一段很长的准备期，一般可达 10~15 年，因此其投产必须有价格的把握，即价格必须足以回收勘探和开发成本。

2020 年以后的能源供应形势将取决于技术

对于长期的能源供应形势，生产成本将比资源基础更重要。在 2020 年以后的相当长时间里，资源不会成为天然气和煤炭生产的制约因素，但随着低成本储量的枯竭，成本可能增加。预计常规石油将最先达到产量顶峰。但技术可以延迟产量顶峰的到来，而非常规石油可以填补供应的短缺，不过可能成本较高。煤炭供应的形势基本上取决于能否找到具有环保意义的用煤方式。

从长期看，政府推动低或零碳排放技术的力度以及有关的成本都是关键问题。化

化石燃料资源能充分满足 2020 年以后的能源需求，但持续依靠这些燃料可能需要大规模地采用控制碳的技术。为此要投入多少资金仍是非常不确定的因素。

到 2020 年以后，可再生能源在全球能源供应中的作用可能大大增强。对新发电能力需求的增加，将为可再生能源进入电力部门创造真正的机遇。这一进程的速度将取决于它和相竞争燃料的相对成本，这里要考虑可能征收的碳排放税或处罚规定。要使成本下降，需要有技术创新。

核电的未来是不确定的。有些政府可能寻求扩大或使用核电，以此作为减少碳排放或使燃料多元化的一种方法。但如果不能解决对环境的冲击和安全问题，也将存在完全取消核能的压力。现有的核电厂大多数将在 2020 年以后达到寿命期。至于是否更新这些工厂，需要提前作出决策。

有些正在考虑或在积极开发的技术可能从根本上改变能源供应的长期形势。当前新能源供应技术的主要研究重点是氢的生产和使用。氢技术具有大规模供应能源的前景，而且环境影响最小。氢基能源的碳及其他排放，将取决于生产氢的方式。化石燃料可以为生产燃料电池中所使用的氢提供初始能源。再往后，根据技术的进步程度，氢的生产可能以使用核能或可再生能源的水的电解为基础。这时，碳的排放就可以忽略不计。如果技术上具有竞争性，碳的封存（sequestration）（即从燃料和海洋或地层的碳源中分离出二氧化碳）可能也会对能源供应的长期形势产生重要影响。

政府将在鼓励技术进步方面发挥重要作用。政府行动对技术开发和部署有重大影响，包括定价和税收政策以及对研究的直接资助。所有国家的政府都已表示要付出更大努力降低二氧化碳的排放。以降低能源供应中断风险和推进更有效市场为目标的政府政策，也将影响长期的能源供应前景。

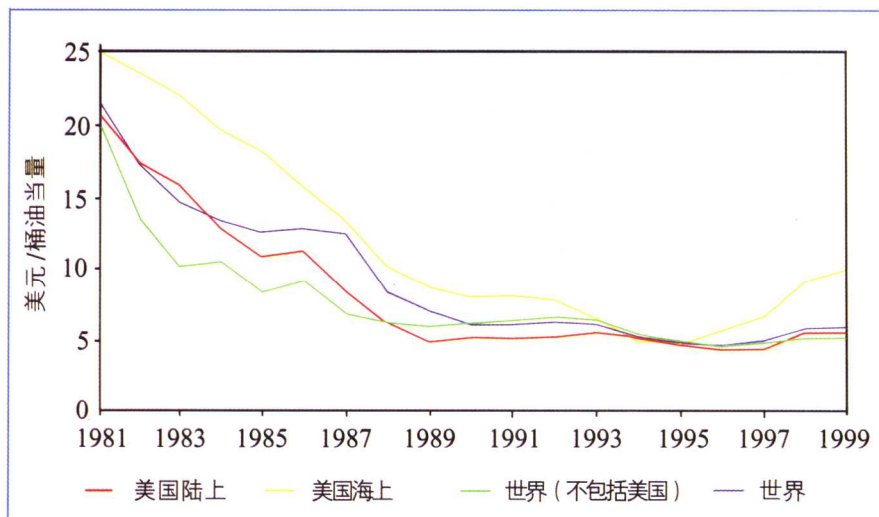


图 2.6 发现与开发成本三年期平均水平的变化趋势（1979-1981 年-1997-1999 年），数据取自美国能源信息署的报告系统成员公司，据 EIA 和 IEA 的分析报告。

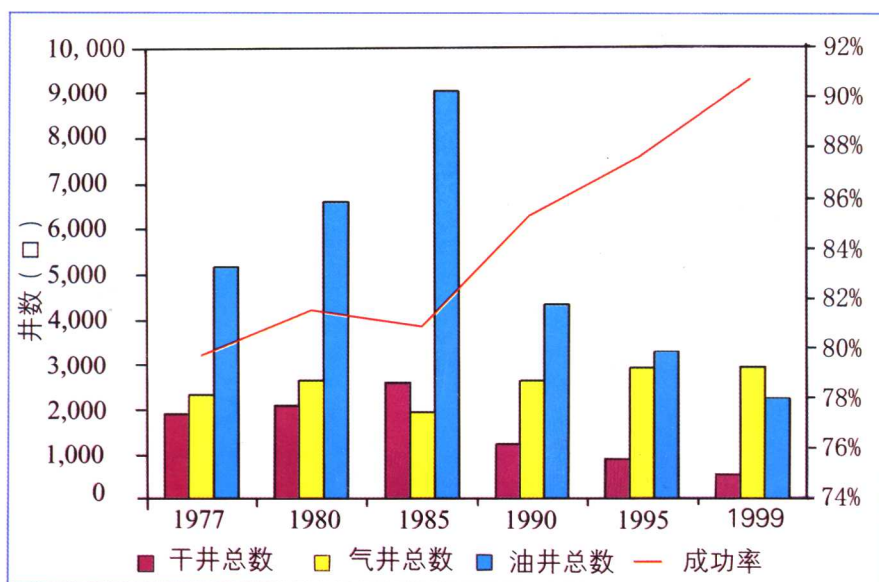


图 2.7 油气井钻探与成功率的变化趋势，数据取自美国能源信息署的财务报告系统成员公司。钻井成功率是油气发现井总数与钻井总数之比。据 EIA 和 IEA 分析报告。



图 2.16 俄罗斯的主要石油出口路线 (据 IEA 分析报告)