

HARD TRUTHS

面对能源问题的严峻事实

纵观2030年全球
石油和天然气前景



2007年

■
美国国家
石油委员会

NATIONAL PETROLEUM COUNCIL

An Oil and Natural Gas Advisory Committee to the Secretary of Energy

1625 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006-1656

Phone: (202) 393-6100
Fax: (202) 331-8539

2007年7月18日

尊敬的塞缪尔 W. 博德曼
能源部部长
华盛顿特区20585

尊敬的部长先生：

针对您在2005年10月5日信中提出的问题，国家石油委员会就2030年全球能源体系下未来石油和天然气的前景进行了广泛深入的研究。当今综合能源市场的复杂性和围绕当今能源问题的紧迫性要求本研究包括：

- 对供应，需求，基础设施，技术和地缘政治作综合调查
- 对公共和综合内部能源展望资料作全面的研究
- 对技术的发展趋势与机遇作深入分析
- 从经济，安全和环保的角度来看待政策选择
- 350多位具有不同背景和组织的参与者
- 与1000多活跃在能源领域的个人和团体之间的对话

国家石油委员会的研究发现，由于人口增长和人民对生活水平提高的追求，全球总能源的需求预计到2030年将增长50-60%，在此同时，提供可靠，负担得起的能源来满足这一增长的风险，包括政治障碍，基础设施要求，培训人员资源，正在积累。我们将需要所有经济的，环保安全的能源资源来确保足够的，可靠的能源供应。

面对将临的全球挑战，没有单一的，简单的方案。考虑到全球能源系统的巨大规模和实质性改变所需要的漫长时间，必须从现在起，采取行动并持之以恒。

美国和世界在未来25年将面临全球能源的严峻事实：

- 为满足预计的总能源增长需求，煤炭，石油和天然气仍将不可缺少。
- 世界上的能源资源并未行将枯竭。但是历史上所依赖的常规资源的石油和天然气生产的不断扩增使风险正在积累。为了满足预计的能源的需求，风险带来了严峻的挑战。
- 为了降低风险，将需要不断扩增所有经济的能源资源，包括煤炭，核能，可再生能源和非常规石油和天然气。每种能源来源将面临着巨大的挑战——包括安全，环保，或经济障碍——以及为满足发展和交付对基础设施的要求。
- “能源独立”不应与加强能源安全混为一谈。在可预见的未来，“能源独立”是不现实的，但是，美国的能源安全可以通过放缓需求增长，扩大国内能源供应的多样化，和加强全球贸易和投资的措施来提高。没有全球能源安全就不可能有美国的能源安全。

尊敬的塞缪尔 W. 波德曼

2007年7月18日

第二页

- 大多数在美国能源领域工作者，包括富有经验的科学家和工程师，将在未来的十年中达到退休年龄。劳动力需要加以充实和培训。

- 旨在抑制二氧化碳排放的政策将改变能源结构，提高能源相关的费用，并要求减缓需求增长。

国家石油委员会提出五大核心战略来协助市场迎接2030年及以后的能源挑战。所有五大战略是必不可少的一面对多重挑战，没有单一的，简单的解决方案。但是，委员会深信迅速贯彻这些策略，并持之以恒，将促进美国在平衡经济，安全和环保领域的竞争力。

美国必须：

- 通过提高交通，住宅，商业和工业用途的效率使能源需求增长放缓。

- 扩大并加强洁净煤，核能，生物质，其他可再生能源和非常规石油和天然气生产的多样化；减缓国内常规石油和天然气生产下降的趋势；并增加新能源资源开发的进入许可。

- 能源政策与贸易，经济，环境，安全和外交政策相结合；加强全球能源贸易和投资；并加强与生产国和消费国的对话，从而改善全球的能源安全。

- 在能源供求体系的各个阶段，加强科学和工程实力，并创造长期的研究和发展机会。

- 制定法律和法规框架来确保碳捕获及封存。此外，决策者在选择减少二氧化碳排放的方案时，应建立一个有效的全球碳管理框架，包括为了减少二氧化碳排放而建立的一个透明，可预测的，整体经济承担费用的框架。

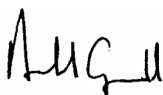
所附的报告，*面对能源的严峻事实*，详细阐述了根据各研究组的综合分析而得出的结论和推荐建议。

国家石油委员会期待着与您，您的同事，广大政府官员和公众一起来分享这一研究和结果。

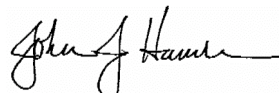
报告提交人，



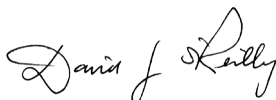
李 R. 锐莫德
主任



安德鲁·古尔德
副主任，技术研究



约翰J. 哈默
副主任，地缘政治和政策研究



大为 J. 奥赖利
副主任，供应研究



丹尼尔 H. 叶锦
副主任，需求研究

附件

报告全文纲要

传送文函

前言

执行概要

第一章：能源需求

需求研究观察

需求综述

需求数据评估

发电效率

煤的影响

工业效益

文化/社会/经济趋势

住宅/商业效益

需求研究潜在的政策选择

政策建议

第二章：能源供应

供应综述

能源供应前景

能源展望分析

石油及其他液体能源

天然气

煤

生物质

非生物替代能源资源

能源转换和交付基础设施

资源地进入

第三章：技术

主要结论

技术开发和应用

人力资源问题

碳捕获和封存

常规井（包括采收率和北极）

勘探技术

深水技术

非常规天然气藏-致密气，煤层，页岩

非常规碳氢化合物：重油，超重油，沥青

非常规碳氢化合物：油页岩

非常规碳氢化合物：气水合物

煤制液体能源

生物质能源供应

核能前景及对石油和天然气的影响

运输效率

第四章：地缘政治

世界正在如何改变

对美国的潜在影响

结论

第五章：碳管理

碳管理

能源利用效率和需求减少

交通

碳捕获和封存

第六章：建议

通过提高能源效率来减缓需求

美国能源供应的扩增和多样化

加强全球和美国的能源安全

强化能力来迎接新的挑战

碳限制的问题

第七章：方法

指导原则

研究组织

工作组

跨领域小组

综合团队

信息管理

分析方法

存储信息-数据库

公共数据和资料

内部数据和资料

平行研究

综述

附录

附录A：要求函和国家石油委员会的介绍

附录B：研究组名册

附录C：研究推广过程和会议

附录D：平行研究-过程和概要

附录E：光碟上的补充材料

缩写和缩略语

换算表

专题研究论文

在批准报告的同时，国家石油委员会也批准了公开在此研究中所引用的某些资料，包括由各工作组及其下属小组准备的具体的专题研究论文。这些专题研究论文是刊登在执行概要和章节中的结论所用分析资料的一部分。最后报告的光碟包括这些研究文稿。

这些专题研究论文，代表了作者的看法和结论。国家石油委员会并没有认可或核对这些专题研究论文中的陈述和结论，但批准公布这些材料作为研究过程的一部分。

研究数据库档案

为了使本研究更为广泛，也为了让所有参与者更容易查阅原始数据来源，特意建立了数据库。这样方便于所收集的多维数据的集中管理。到本研究完成时，共编辑和使用了近百份能源预测或展望。这些预测和数百份能源领域各方面的研究论文/文件，是用于解释并由此而得出研究结论和建议的基础。

建立数据库的目的是作为各工作组的主要分析工具，数据库收集了调查问卷和其他来源的各种数据。一旦数据被收集后，将按研究需要，对选定数据或数据范围进行单方或全面过滤筛选以便于分析。

同专题研究论文一样，国家石油委员会并没有认可或核对所用研究之数据库中的内容，但批准公布这些信息作为研究过程的一部分。

前言

国家石油委员会

国家石油委员会(NPC)是一个专责为联邦政府提供建议的组织。1946年,应杜鲁门总统的请求,通过内政部部长成立了这一联邦政府特许由私人资助的咨询组织并代表石油和天然气工业向联邦政府提供看法:咨询,情报,并推荐政策选择。第二次世界大战期间,在美国总统罗斯福的领导下,联邦政府和石油工业战争委员会进行了密切合作,通过调动石油供应帮助联军取得了胜利。在战后不稳定的环境下,杜鲁门总统希望继续保持这种成功的合作。今天,根据1972年联邦顾问委员会修正案,国家石油委员会隶属于美国能源部部长。

由美国能源部长挑选的约175名委员会成员确保了代表的均衡性,包括石油和天然气行业的各个部门,全国各阶层,及大小公司。委员会成员也包括了非石油和天然气领域的成员,代表学术界,财务,科研,印第安人,为公共利益服务的组织和机构。在不断变化的世界,委员会提供了一个对话论坛,讨论有关能源,安全,经济和环境事宜。

研究要求

在2005年10月5日的信中,能源部部长塞缪尔·博德曼先生要求国家石油委员会就全球石油和天然气供应是否能满足日益增长的世界需求的能力进行研究。特别地,能源部部长要求在研究中应阐述以下关键问题:

- ★ 全球石油和天然气供应的未来会怎样?
- ★ 不断增加的石油和天然气供应是否能及时,价格合理满足未来之需求而不危害经济增长?

- ★ 委员会推荐什么样的石油和天然气供应战略和/或需求策略才能保证美国经济更加稳定和繁荣?

(附录A中附有部长的要求函和国家石油委员会的介绍)

研究组织

按照部长先生的要求,国家石油委员会成立了全球石油和天然气委员会,并监督起草了一份草案供委员会审议。委员会还成立了一个协调亚理事会和四个工作组-负责需求,供应,技术,和地缘政治与政策-来协助委员会进行研究。36个集中在专项学科领域的小组支持这些工作组的研究。下一页的表中列出了各工作组的负责人。

各工作组成员分别来自国家石油委员会本身,以及美国和国际其他许多产业,美国和国际政府组织,非政府组织,金融机构,顾问公司,学术界和研究群体。超过350人担任了该项研究的委员会,协调亚理事会,工作组,以及专项研究小组的职务。(附录二载有这些研究群体的名册)。

除了这些研究组参加者外,有更多人通过外展工作参加了此次研究。这些努力是本研究的一个组成部分,其目的就是通知并向广大感兴趣各方征求意见。委员会与美国行政部门机构,美国国会委员会,州和地方政府,非政府组织,学术界,专业社团,和工业界的人员举行了20多次的会议。外展过程还包括主要消费国和生产国。博德曼部长亲自联络了全球19位能源部长请求他们鼓励政府和国家能源公司提供供应及需求数据。许多国家提供了建设性的回应。

全球石油和天然气研究负责人

主任

李 R. 锐莫德 b
已退休的董事长兼首席执行官
埃克森美孚公司

政府联合主任

杰弗里 C. 瑟尔
副部长
美国能源部

副主任-需求工作组

丹尼尔 H. 叶锦
主席
剑桥能源研究协会

副主任-供应工作组

大为 J. 奥赖利
董事长兼首席执行官
雪佛龙公司

副主任 - 技术工作组

安德鲁·古尔德
公司董事长兼首席执行官
斯伦贝谢有限公司

副主任-地缘政治与政策工作组

约翰J. 哈默
总裁兼首席执行官
战略与国际问题研究中心

主任 -协调亚理事会

阿兰 J. 凯利
企业策划与管理，全球物流优化前任总经理，
埃克森美孚公司

联合主任 - 协调亚理事会

詹姆斯 A. 斯鲁驰
石油和天然气助理部长
美国能源部

主任 -需求工作组

詹姆斯·别克哈德
全球石油集团主任
剑桥能源研究协会

主任 -供应工作组

唐纳德 L. 保罗
副总裁兼首席技术官
雪佛龙公司

主任 -技术工作组

罗德尼 F. 纳尔逊
创新与合作副总裁
斯伦贝谢有限公司

主任 -地缘政治与政策工作组

弗兰克 A. 韦拉斯特罗
主任兼高级研究员
战略与国际问题研究中心

由全球能源界和其他感兴趣的各方在外展会议上所提供的数据和反馈被整理成文件用于加深对能源领域未来的理解，并确保本研究讨论与能源相关的关键事宜。这些信息是用于分析和考虑，以及得出结论和建议的整套数据的一部分。（附录C记载了本研究的外展过程及会议。）

图 P-1 显示了研究过程中参与者背景的多样化。

研究组和外展参与者通过多种方式对本研究作出了贡献，或在多项研究领域担任全职工作，或参与某一具体项目，或审查所提供材料，或只参加外展会议。参与这些活动不应被解释为认同或同意报告中所有的陈述，结论和建议。另外，尽管美国政府参与者在鉴定和汇

编数据及其它信息方面提供了大量帮助，但他们并没有就研究报告中的政策建议采取立场。作为联邦政府委任和特许的咨询委员会，国家石油委员会只负责给能源部长提供最后的建议。但是，国家石油委员会认为广泛和背景多样化的研究组和外展参与者所提供的信息加强了本次研究和建议。委员会对所有参与研究过程并作出承诺和贡献的人员表示由衷的感谢。

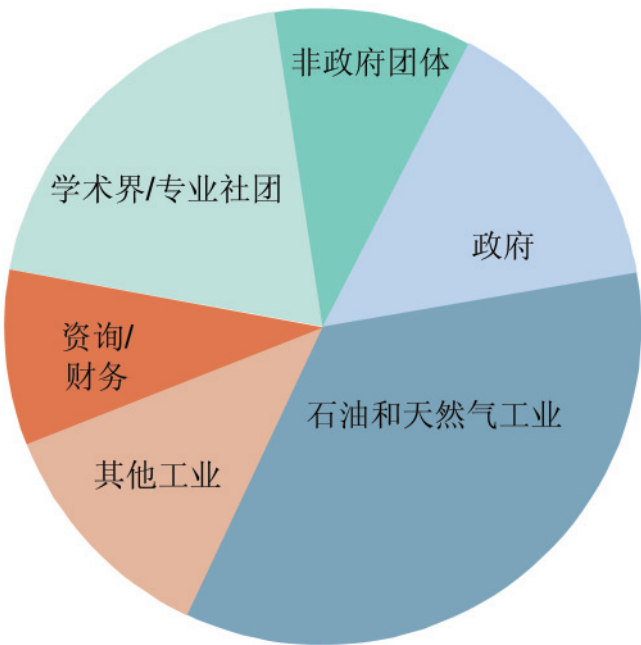
研究范围和方法

本研究主要集中在石油和天然气。但是，本研究对各种能源形式都进行了评估，因为它们都是相互竞争的全球能源市场的组成部分。事实上，了解各种能源形式是必要的，只有这样，才能对石油和天然气提供有意义的建议。本研究遵循了一系列指导原则来确保本研究：

- ★ 不是创造另一个关于能源需求，供应，或价格的“大众”展望，而是侧重于分析现有的预测来确定其基本假设，了解它们为什么不同，从而找出控制石油和天然气未来的重要因素。
- ★ 收集和分析公共数据(从政府，学术界等)及汇总内部数据(从国际石油公司和顾问)。
- ★ 征求广大感兴趣各方的意见，包括非政府组织和外国。
- ★ 注重的是长期条件，2030年及以后，而不是短期的能源市场波动。
- ★ 提出建议建立在可靠的数据和科学之上，为防范预设结论，只有在完成了研究分析，解释和结论后才提出政策方案选择和推荐建议。
- ★ 框架各细节问题来确保各研究组在其工作范围和时间内作研究。
- ★ 全面遵守反托拉斯法规，和联邦顾问委员会修正案法。虽然委员会承认价格在供需两方面所起的重要作用，反托拉斯法敏感性排除了对价格影响问题或未来价格水平作研究评估。

大量，广泛，和其他研究及预测的多样性构成了国家石油委员会分析的基础。国家石油委员会尝试调查和充分利用各种可用的预测：

- ★ 数据由国际能源机构(IEA)和美国信息署(EIA)提供—两个最常引用和最受尊重的能源预测来源。



65%的参与者来之于石油和天然气以外的领域

350多位参与者加上其他1000多人的建议

图 P-1. 广泛的参与

- ★ 对内部能源预测也进行了广泛调查。作为过程的一个组成部分，国家石油委员会聘用了公共会计事务所，阿吉，维特斯和&罗宾逊(Argy, Wiltse & Robinson, P. C.)，来收集，总结，并保证所回应的内部数据的安全。
- ★ 通过广泛的网络搜索收集来自学术界，政府机构，非政府组织和其他感兴趣单位的公开可用的预测资料。
- ★ 成立了数据库来收藏和协助所有收集到的预测分析。该数据库被包括在出版报告所附的光碟中。
- ★ 平行研究过程中审阅了许多有关能源政策方面的其他最新报道，并向委员会协调亚理事会通报。(附录D提供了该研究概要)。

需求工作组和供应工作组主要侧重于2030年世界能源需求和供应预测范围以及这些预测背后的关键假设/驱动力的分析和解释。技术工作组检查所调查的预测中技术假设的范围以及在今后25年这些技术可能会怎样影响到世界能源供应/需求。地缘政治与政策工作组有两个重点研究领域。其地缘政治分析就主权国家，区域和全球决策可能会怎样影响全球供需前景进行评估。而政策研究则是从各研究组的分析选择中综合成一套向能源部长汇报的简明的推荐建议，这些建议能反映经济，安全和环境之间的取舍。此外，除了上述研究之外，本研究还讨论了几个重要主题：能源效率，碳管理，和宏观经济问题。

这些多重努力的结果构成了国家石油委员会所推荐的供应和需求方面策略的基础，也是向能源部长汇报的政策建议的依据。

（见本报告各章节和专题论文对工作范围，问题框架，以及各研究组所用方法的详细描述）。

研究报告

为了增加透明度，并帮助读者更好地了解本项研究，国家石油委员会提供给所有感兴趣的各方如下研究结果和各研究组所编制的众多文件资料：

- ★ 执行概要提供了能源市场的动态以及需立即采取综合性行动建议的真知灼见，从而确保有足够和可靠的能源供应来保证不断扩张的繁荣，包括经济增长，全球安全和环境的责任感。

- ★ 报告章节含有需求，供应，技术和地缘政治与政策工作组的分析结果总结；对碳管理的讨论；所有的研究推荐建议；以及对所用方法的说明。这些章节为执行概要中的结论和推荐建议提供数据和分析依据。
- ★ 附录包含有委员会和各研究组名册，本研究外展过程的说明及其它信息。
- ★ 专项论文，可以在本报告封面背后的光碟中找到，包括由各工作组及下属小组准备的详细的，专项课题论文和报告。这些论文构成了分析的基础，而从这些分析中得出了本报告执行概要和章节中的结论和推荐建议。国家石油委员会认为本报告读者将对这些材料感兴趣，也有助于他们更好地理解研究结果。国家石油委员会成员没有被要求认同或批准这些文件中包含的所有陈述和结论，而是通过公布这些材料作为研究过程的一部分。（请查阅光碟附录E中专项论文的摘要和其他包括在内的文件清单）。

（出版的报告和光碟可以从国家石油委员会处购买或从委员会的网站，www.npc.org，浏览及下载）



执行概要

美国公众都十分关注能源-其可用性,可靠性,成本和对环境的影响。能源,已成为一个迫切政策讨论的议题。但能源是一个复杂的议题,关系到每一个人的日常生活和整个国民经济,能源涉及多种技术,并广泛影响着外交关系的许多方面。美国是全球能源系统的最大参与者-是全球最大的能源消费国,全球第二大煤和天然气生产国,最大的石油进口国和第三大生产国。建立一个适合美国石油和天然气现在和未来地位的框架需要广泛的研究和长远的考虑;本研究会在这两个方面提供参考答案。

在过去的四分之一世纪,世界能源需求增加了约60%,全球基础设施为此已扩张到了相当大的规模。对于未来的四分之一世纪,大多数人预测能源需求将会在更大基础上增加相似的百分比。石油和天然气在过去的经济活动中发挥了重要作用,今后还将和其他能源一起继续发挥其重要作用。在未来的几十年,世界将需要更高的能源效率和所有经济的,有益于环保的能源资源来确保经济的持续增长。

所幸的是,世界上的能源资源并未行将枯竭。但却面临着许多严峻的挑战。这些挑战可能会使各种能源资源无法成为人们所依赖的,可靠的,经济的能源供应。这些挑战具有新兴的不确定因素:地缘政治对能源开发,贸易和安全的影响;增加对二氧化碳排放量的限制将会改变未来能源的使用。虽然能源行业本身就具有风险,但是这些风险正在以新的方式积累和聚集。

国家石油委员会(NPC)对至2030年全球能源供应,需求,技术作了广泛的研究。委员会确认了影响可靠安全的未来能源的风险和挑战因素,并制定了相应的战略和提案来平衡未来的经济,安全和环保目标。

美国和世界在未来25年将面临全球能源的严峻事实:

- 为满足预计的总能源增长需求,煤炭,石油和天然气仍将不可缺少。
- 世界上的能源资源并未行将枯竭。但是历史上所依赖的常规资源的石油和天然气生产的不断扩增使风险正在积累。为了满足预计的能源的需求,风险带来了严峻的挑战。
- 为了降低风险,将需要不断扩增所有经济的能源资源,包括煤炭,核能,可再生能源和非常规石油和天然气。每种能源来源将面临着巨大的挑战--包括安全,环保,或经济障碍--以及为满足发展和交付对基础设施的要求。
- “能源独立”不应与加强能源安全混为一谈。在可预见的未来,“能源独立”是不现实的,但是,美国的能源安全可以通过放缓需求增长,扩大国内能源供应的多样化,和加强全球贸易和投资的措施来提高。没有全球能源安全就不可能有美国的能源安全。
- 大多数在美国能源领域工作者,包括熟练的科学家和工程师,将在未来的十年中达到退休年龄。劳动力需要加以充实和培训。
- 旨在抑制二氧化碳排放的政策将改变能源结构,提高能源相关的费用,并要求减缓需求增长。

自由和开放的市场应该尽可能依靠其有效的调节。当市场需要得到加强时,政策的实行应谨慎并考虑由此带来的非预期的后果。国家石油委员会提出了五大核心战略来协助市场满足2030年及以后的能源挑战。所有五大战略是必不可少的一面面对多重挑战,没有单一的,简单的解决方案。但是,委员会深信迅速贯彻这些策略,并持之以恒,将促进美国在平衡经济,安全和环保领域的竞争力。美国必须:

- 通过提高交通，住宅，商业和工业用途的效率使能源需求增长放缓。
- 扩大并加强洁净煤，核能，生物质，其他可再生能源和非常规石油和天然气生产的多样化；减缓国内常规石油和天然气生产下降的趋势；并增加新能源资源开发的进入许可。
- 能源政策与贸易，经济，环境，安全和外交政策相结合；加强全球能源贸易和投资；并加强与生产国和消费国的对话，从而改善全球的能源安全。
- 在能源供求体系的各个阶段，加强科学和工程实力，并创造长期的研究和发展机会。
- 制定法律和法规框架来确保碳捕获及封存(CCS)。此外，决策者在选择减少二氧化碳排放的方案时，应建立一个有效的全球碳管理框架，包括为了减少二氧化碳排放而建立的一个透明，可预测的，整体经济承担费用的框架。

委员会确定这些战略时综合了具有不同背景的350多位参与研究的专家们所提供的分析，信息和其敏锐的洞察力。此外，委员会还广泛听取采纳了1000多位活跃在能源领域工作者的意见和建议。研究小组审阅了大量的公众资料和专项研究来更好地了解和评估在当前全球能源预测背后所包含的许多假设和影响势力。

考虑到全球能源系统的巨大规模和重大变化所需的时间跨度，必须从现在起采取协调一致的行动，并持之以恒，才能促进美国在平衡经济，安全和环保目标领域的竞争力。委员会的调查结果和建议归纳如下并会在报告章节中详细解释。

日益增长的能源需求

未来几十年，能源需求总量将随着经济和人口的扩张而达到越来越高的水平。这将对供应系统产生压力并会促使对能源的使用效率越来越重视。

能源是维持和改善生活质量不可缺少的经济活动。预测未来能源的需求通常需要假设继续推动能源需求增长的经济和人口的扩张。随

着时间的推移，由于科学技术的不断进步，消费者教育程度的提高和政策扶持，使能源利用效率不断提高。这些发展使经济活动的增长超越了能源使用的增长。对世界人口，经济活动和能源效率的不同假设导致了对未来能源需求的不同预测，如图ES-1所示。

历史上，能源消耗一直集中在经济活动中心的发达国家，今天，发达国家中，以经济合作与发展组织(OECD)¹为代表，使用世界总能源的一半，其生产占全球国民生产总值²的一半。但是到2030年，世界80%以上的人口预计将生活在发展中国家，如图ES-2. 所示。

许多发展中国家刚刚达到个人财富和能源消费开始加速的地步。举例来说，虽然汽车数量在中国从2000年至2006年翻了一番以上，但平均每40人³才有一辆车，而美国则是每2人⁴就有一辆车。因此，在中国汽车销售和能源需求的急剧增长是完全可能的。这种能源消耗的激增，再加上大量的增长人口，使大部分新的能源需求增长将发生在发展中世界变得完全有可能，图ES-3显示了其中的一种预测。

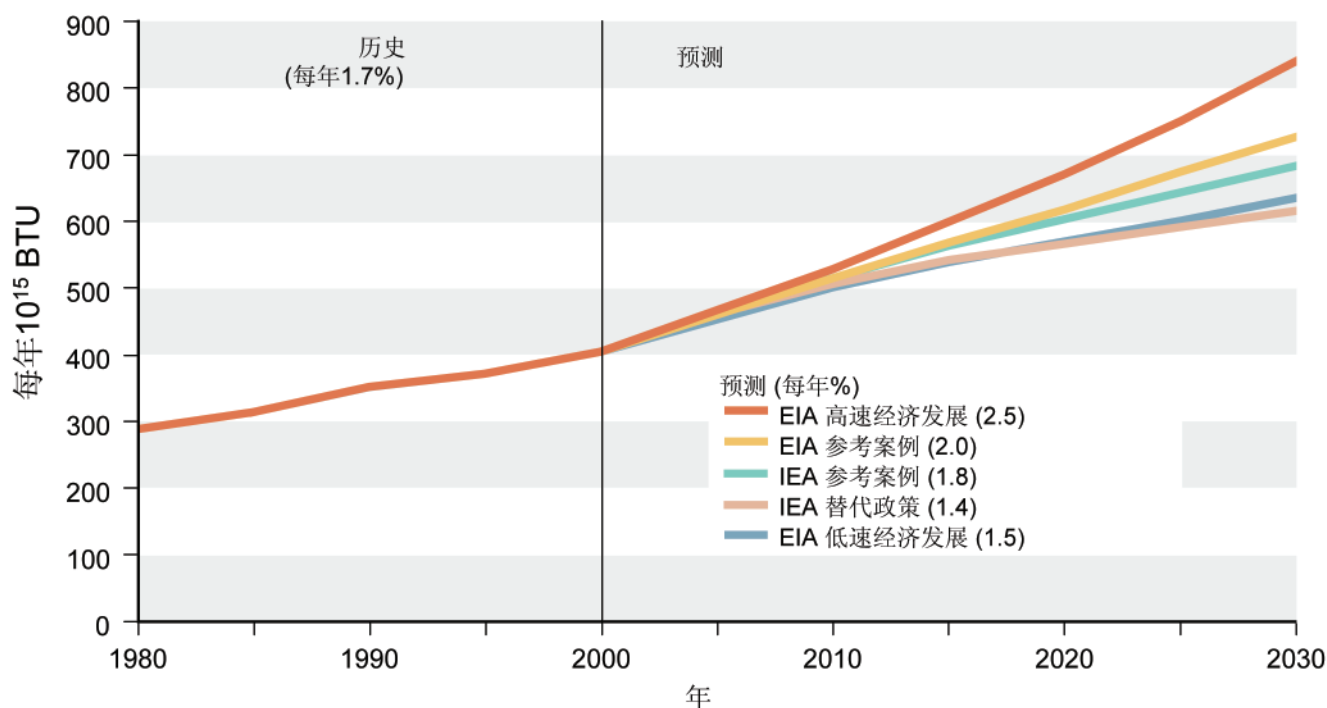
能源供应概观

世界使用多种能源。石油和天然气目前提供近60%的世界一次能源，⁵如图ES-4所示，毫无疑问石油和天然气仍将在满足预计能源需求增长中起到举足轻重的作用。

另一个严峻事实是，在未来四分之一世纪迅速增长的世界经济将需要能源供应的大幅增加。为了满足可靠的需求，必须扩张经济能源资源，包括煤炭，核能，可再生能源和非常规石油和天然气。所有能源都将面临并须克服生产，交付以及不断扩张的规模的挑战。

据目前的评估石油和天然气都显示有大量的就地资源。天然气资源似乎足以应付能源展望在这段时间内对天然气产量增加的预测。

未来石油供应将来自不同的来源，包括现有生产能力，开发现有储备，提高采收率，拓展非传统的液体能源，和寻找新的石油。图ES-5是根据国际能源机构在其2004年世界能源展望中描绘的案例演示。靠现有的石油资源基地维持采油量的增加具有不确定性。围绕能源领域潜在的更多不确定性在于如何克服越来越

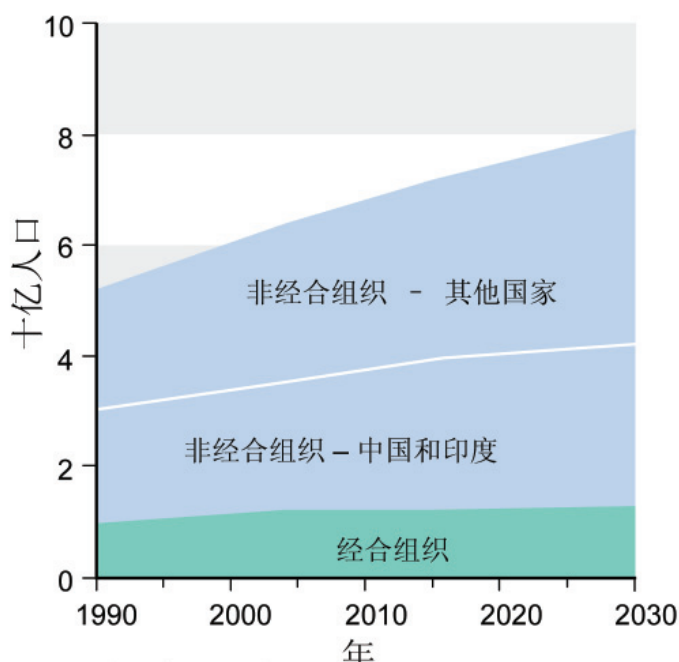


注： 一个quadrillion Btu 相当于 10^{15} 英国热量单位。每年一quadrillion Btu 相当于每天约50万桶石油的能量。
 来源： EIA： 环境能源署，2006年国际能源展望。
 IEA： 国际能源机构，2006年世界能源展望。

图 ES-1. 世界能源需求 – 平均年增长率

多的风险，包括进入可开采地域，投资金额和投资时间，技术开发和基础设施扩展。本研究观察到在2030年石油产量预测范围将会在每天不到8千万桶至每天1亿2千万桶。不同的预测范围是由于对这些不确定性所作的不同的假设而造成的。

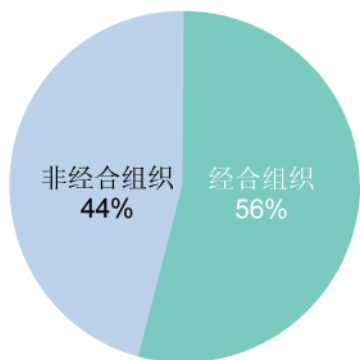
生物质能，主要用于燃烧的木材和畜粪，是今天最大的非化石能源。来自生物质的液体燃料，如从玉米和甘蔗中用生物化学转换法获得乙醇，近年来得到了迅速的发展，但相对于石油总消费量，液体能源的贡献大约只有石油所提供能源的百分之一。潜在的从木材，能源作物，废弃粮食作物中获得的纤维生物质资源在美国是相当大的。据美国农业和能源部估计美国每天可生产相当于高达400万桶石油的足够的生物质。⁶与其他任何能源资源扩张一样，在大规模生产生物质之前，生物质需克服面临的挑战。举例来说，把纤维物质转换成经济规模的液体燃料技术还不存在。乙醇扩张在美国同样面临着综合挑战：增加铁路，水运，管道运输能力；增加规模分布系统；平衡食物使用和水的要求。



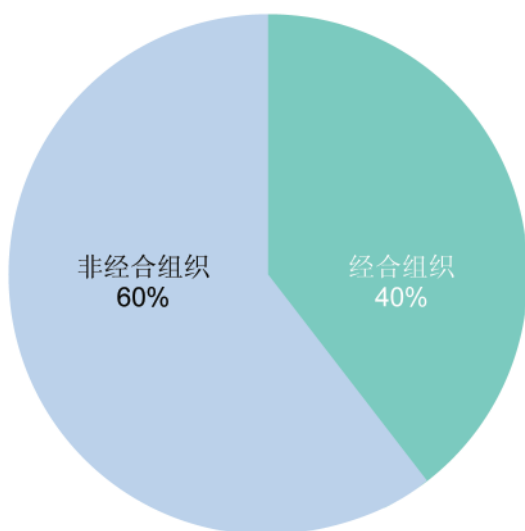
资料来源： 联合国世界人口展望。

图 ES-2. 世界人口

2004年 – 每年 445×10^{15} BTU



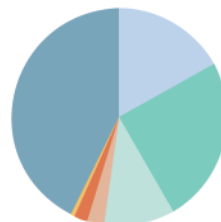
2030年 – 每年 678×10^{15} BTU



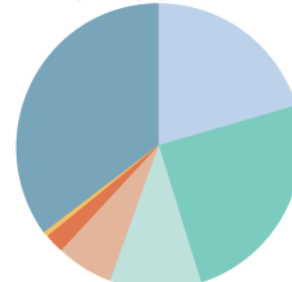
资料来源：国际能源机构2006年世界能源展望。

图 ES-3. 2004年至2030年世界能源需求的增长

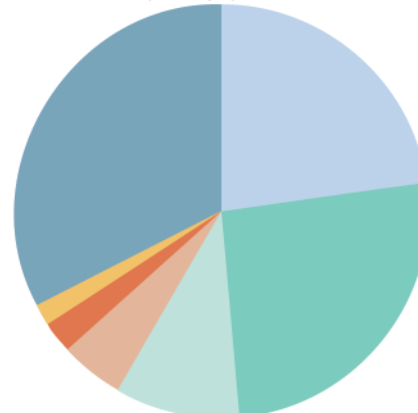
1980年 – 每年 288×10^{15} BTU



2004年 – 每年 445×10^{15} BTU



2030年 – 每年 678×10^{15} BTU



■ 石油 ■ 煤 ■ 核能 ■ 风能/太阳能
■ 天然气 ■ 生物质 ■ 水力 ■ 地热能

资料来源：国际能源机构2006年世界能源展望。

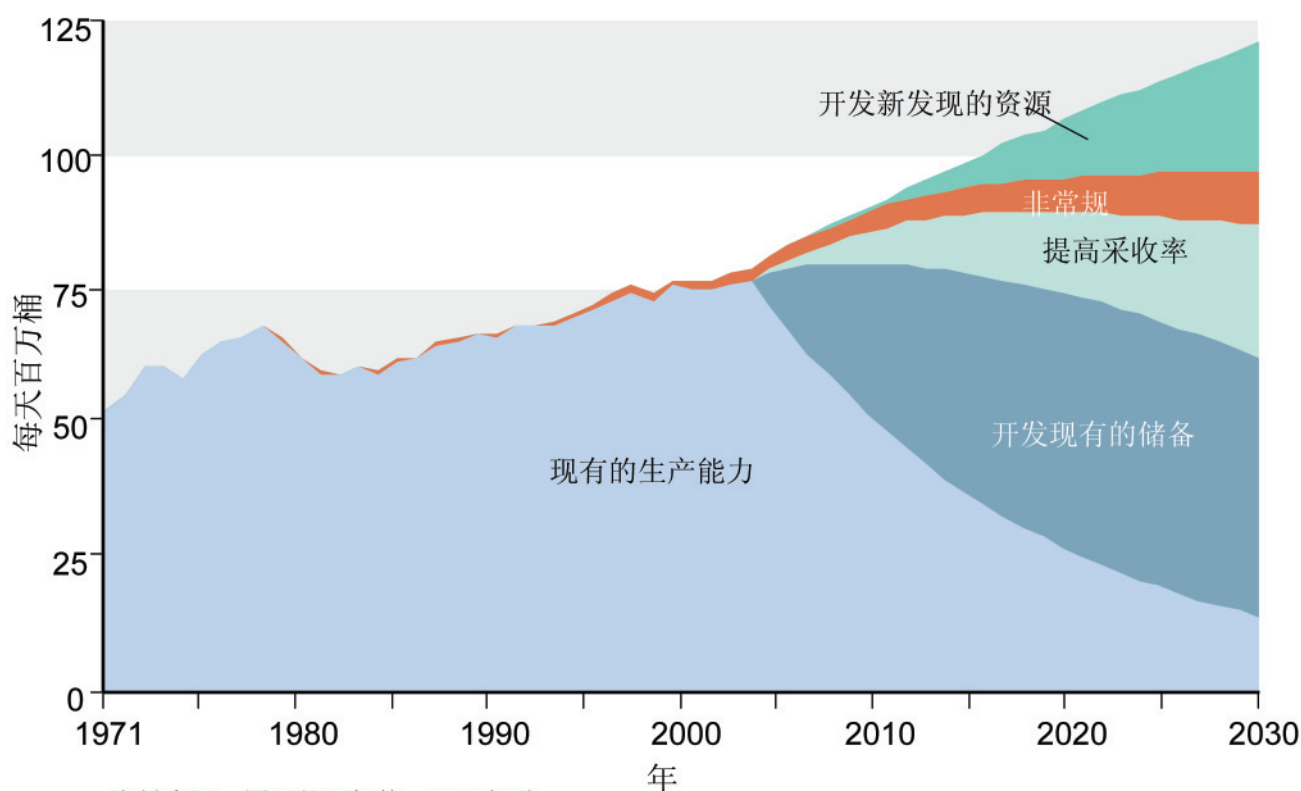
图 ES-4. 世界能源供应-历史与预测

风能和太阳能也增长迅速，目前约占世界能源组合的百分之一。风能和太阳能都有望能持续快速扩张，扩张同时将面临着相关挑战，包括是否经济，如何处理间歇性，如何使用土地，以及满足电网联网和长距离输电线路的需要。

水电供应约占今天能源的百分之二。由于发达国家在最适合的地点已建水站并投入使用，除在亚太开发地区，这一资源增长预期一般不会显著。

核电贡献了当今世界能源的6%左右，一般预期其增长将在美国以外地区。核电扩张面临安全和保障，管理和处置放射性核废料和武器扩散等问题。为了限制二氧化碳的排放或通过多样化来提高能源安全，核电值得进一步的发展。但是在另一方面，对核工业的额外限制，例如核电厂服务期的缩短或对新核电厂设计的限制，将会增强替代发电的需求，如天然气，煤炭，风能，太阳能。

煤炭是当今世界能源仅次于石油的第二大能源资源。在二氧化碳排放量没有约束的前提下，煤炭的份额普遍预计将持续增加。其增幅主要是由于发展中国家的日益增长的电力需求



资料来源：国际能源机构，2004年世界能源展望

图 ES-5. 总液体能源供应的演示图

而引起的。现有煤炭资源要远远大于石油和天然气资源；按目前的消耗率，美国经济可采煤炭资源至少可持续另外100年。⁷中国也有大量煤炭资源，但是主要资源地远离消费地区，受到运输等基础设施的限制。除了铁路，水运和电力线路等后勤方面挑战外，煤炭燃烧相比于常规资源的天然气或石油每单位产生的二氧化碳要高。在二氧化碳排放不进一步限制的条件下，到2030年煤炭、天然气和石油一起预期将提供超过80%的全球能源需求。

改变着的世界能源版图

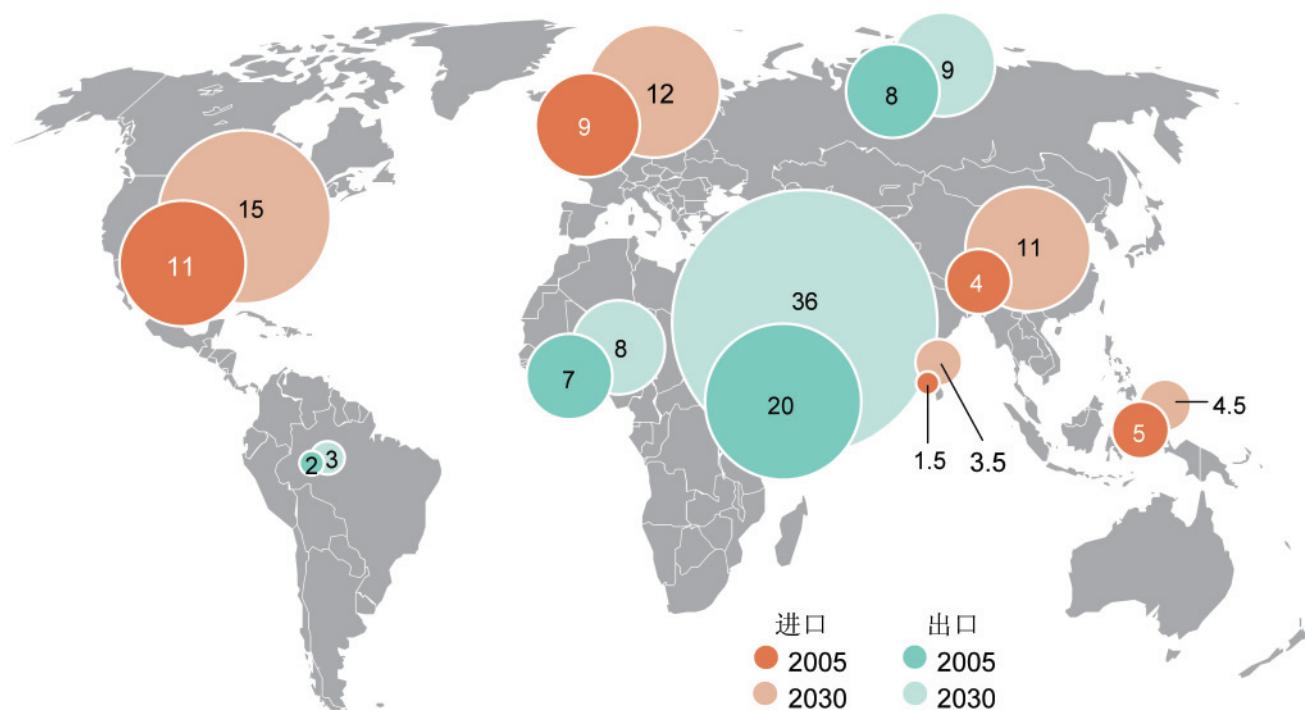
能源生产的增长受到了全球贸易和市场开放，以及在能源生产和运输方面的资本投资的支持。发展中国家的能源消耗预计将急剧增加，而美国和欧洲的石油和天然气生产却在下降。结合这两方面，国际石油和天然气贸易将需要大幅度增加，势必要重划世界能源版图。

预测石油和液化天然气(LNG)运输的增长突显了拥有可靠的运输、贸易和交付系统的重要性，同时提高了对地缘政治、环境和安全方

面的担忧。今天，世界上半以上跨洲间的石油运输需通过少数几个潜在的“瓶颈点”，它包括苏伊士运河，波斯普鲁斯海峡，霍尔木兹海峡和马六甲海峡。⁸

图ES-6显示了从现在到2030年，石油进出口在各洲间的重大变化的一种预测。天然气供需预计也将作出类似的转变。

此外由于石油和天然气国际贸易的增加，世界能源版图在另一层面上也在改变。常规石油和天然气资源越来越集中在少数非经合组织国家。这些国家的国营石油公司和能源部在决策如何开发和生产他们的资源时起着举足轻重的作用。在处理与石油公司和消费国家的关系时，生产者可能会越来越多地利用自己的资产，或为其商业谋利或服务于本国或国际政策利益。在上世纪90年代促进全球能源贸易和投资扩张的自由市场的趋势已受到了再度的压力。



注：数字显示为每天百万桶。

资料来源：国际能源机构，2006年世界能源展望，参考案例。

图 ES-6. 洲际间石油净进出口

美国和全球能源安全

美国和全球的能源安全依赖于各国间可以自由贸易的可靠的，充足的能源供应。这种依赖会随着国际石油和天然气贸易的增长的需求而加重，并可能越来越受到政治目标和紧张局势的影响。这些趋势正促使美国重新审视美国的能源安全。

对能源安全的重新考虑促使有人呼吁美国应在能源供应上完全自给自足，常被称为“能源独立”。这个概念，在可预见的未来是不现实的，也是与美国更广泛的外交政策目标和条约义务不协调的。迎合“能源独立”的政策可能会给国际贸易伙伴造成相当大的不确定性从而阻碍在国际能源供应发展上的投资。⁹

能源安全并不需要能源独立是一个铁的事实。美国应该通过放缓需求，扩大并促进国内能源供应的多样化，并加强全球能源贸易和投资来保障能源安全，而非追求能源独立。事实上，即使美国能自给自足，美国也不能脱离全球能源，贸易和金融活动。没有全球能源安全就不可能有美国的能源安全。

全球能源发展的投资

建设新的，数十亿美元的数千英尺深的水中石油钻井平台，在复杂地形和跨越国界处铺设管道，扩大炼油厂，修建用于运输和储存液化天然气的船舶和码头，建造运输煤和生物质的铁路，从遥远的风力发电站铺设新的高压输电线路——所有这一切都需要超过数十年的大量投资。更高的实质性投资是提高生产能力所必需的。未来项目可能会更加复杂和地处偏远，从而导致每单位能源生产成本的提高。¹⁰吸引足够的资金来改进和扩大能源基础设施必须要有一个稳定和有吸引力的投资环境。

美国应积极地与能源供应商沟通，鼓励开放贸易和投资来扩大国际能源生产和基础设施。国际贸易和外交谈判应该经常与能源问题相结合，从而促进法治，财政稳定，公平的进入，并在开发所有的能源资源中保护好环境。

■ 关键资料：能源系统的规模和时间表

世界能源系统的规模和重大改变所需的时间，在需求和供给两个方面，常常被低估了。几个例子：

- 世界目前每天使用大约8千6百万桶石油—每秒4万加仑。
- 新的大型油田从勘探到实际开始生产需15-20年，生产能持续50年或更长时间。
- 一座新的大型石油平台需花费几十亿美元并需十年或更长时间才能建造完成。加拿大东海岸的西柏尼尔平台耗资50亿美元，从发现到生产前后用了19年，仅生产了0.2%的世界能源需求。¹²在美国墨西哥湾的雷马平台耗资40亿美元，发现8年后尚未投入生产，其容量只是世界能源需求的0.3%。¹³

- 一座新的中等规模的美国炼油厂（每天12万桶原油蒸馏能力）将耗资30亿或更多，¹⁴而带给美国炼油能力的增加不到1个百分点。
- 美国在上个世纪共修建了约20¹⁵万英里的石油管道和约28¹⁶万英里的天然气管道。
- 一项新的商业化技术广泛应用到实际道路上的车辆将需二十多年的时间—例子包括燃油喷射和前轮驱动。
- 建筑物通常可使用几十年。在初始安装后，许多影响能源耗费的地方难以改造而且改造十分昂贵。例如壁厚，绝缘性，结构严密性，和窗户。
- 在石油和天然气市场，一项新的商业化技术，从概念到被广泛采用平均需16年的时间。

技术进步

人类智慧和技术进步为开发新能源，进一步发展现有的资源，更加高效和环保地使用能源创造了机会。在技术进步方面，石油和天然气工业有着悠久的历史，今天，能源工业所采用的材料，化学，工程，计算机，遥感技术远远超出几十年前的任何想象。技术已节省了大量的能源需求并增加了供应，与此同时，减少了产业的环境“足迹”。科技进步将继续下去，虽然从最初的概念到大规模实施，可能需超过十年的时间才能取得广泛的影响。¹¹

没有单一的技术可以确保世界未来的能源需求能够以经济和环保的方式得到满足。技术进步将需要在许多方面取得多项进展与突破。而做到这一点，足够的财政和人力资源必须得到长时期的保证。与此同时，美国能源工业面临着巨大的人力资源短缺问题，这可能会对为满足能源日益多元化的需求所需的未来技术进步的发展产生不利的影响。大多数能源行业的技术人员即将达到退休年龄，而在过去的四分之一世纪，从美国高校工程和地质专业毕业的人数却大幅下降，这一切都会阻碍未来技术进步的実施。

委员会与美国国家科学院的报告“迎击风暴：增强活力使美国走向更美好的经济未来”在许多方面有着相似的结论，那就是把重点放在数学和科学教育，重视长期的基础研究，并确保美国在研究和技术创新领域保持世界领先的地位。

碳排放的限制问题

限制二氧化碳排放量的呼声不断升高，这将对能源的供应和需求产生深远的影响。由于能源使用而产生的全球二氧化碳排放一般预测将增长，如图ES-7所示。对气候变化的深切关注可能导致对这些碳排放的进一步限制。一个不争的事实是：旨在抑制二氧化碳排放量的政策将改变能源结构，提高能源相关费用，并要求减缓需求增长。

大幅度减少二氧化碳排放量将需要在能源生产，基础设施，燃料使用方面作重大改变：如减少需求，使用低碳或碳中性燃料，捕获和隔离碳，石油和天然气燃烧废气。实施有效大规模的改变将需要时间，资金和技术。一项新的商业化汽车技术广泛应用到实际道路上的车辆将需二十多年的时间。在改善建筑能源利用效率方面同样缓慢—建筑物可使用几十年。采取步骤改善能源利用效率如增加绝缘和使用保温更好的窗户将十分困难和昂贵。发电厂和工

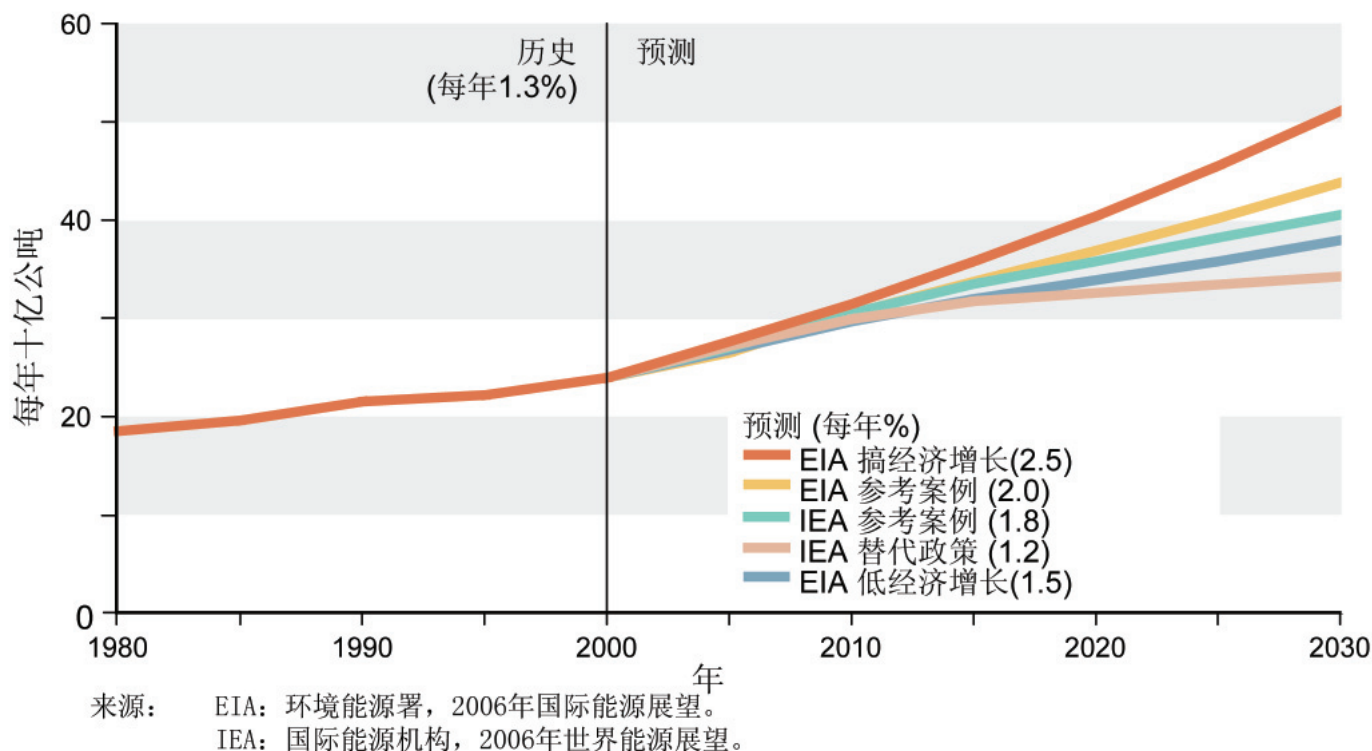


图 ES-7. 全球二氧化碳排放量 - 增长预测

业设施往往持续50年或更长，这就限制了在这些行业的资金周转的频率。如果想在提高效率，改变燃料使用，捕获和存储二氧化碳排放等领域取得任何重大进展，则需数十年的时间对车辆，建筑物，工厂，发电设施和基础设施作重大改变。

美国能源政策策略

没有单一的，简单的方案可以解决世界能源的挑战。世界将需要一切可以找到的经济，环保安全的新能源来支持和维护未来几十年的繁荣。为此，美国必须从现在起从多方面采取行动并持之以恒。委员会研究者提出了以下五大战略目标：

- 提高能源效率使需求减缓
- 美国能源供应的扩增和多样化
- 加强全球和美国能源安全
- 强化能力以迎接新的挑战
- 限制碳的排放。

尽管本报告的重点一直集中在确认主要结论及提出相关的，有效的建议，但对过去的教训也应谨慎铭记。由于不当的政策选择所带来的不良后果或消极影响不应低估。¹⁷旨在惩罚部分行业的政策可能有其政治需求，但往往会破坏能源安全和广泛的国家利益。

提高能源效率使需求减缓

提高汽车燃油的经济性

近一半美国每天消耗的2千1百万桶石油产品是用于汽车和轻型卡车上的汽油。据美国能源情报署(EIA) 2007年能源展望的参考案例预测汽油消耗年均增长为每年1.3%，即从2005年至2030每天增加300万桶。

公司平均燃料经济性指标(CAFE)是美国在过去三十年用于提高汽车和轻型卡车燃油经济性的主要政策。原标准对汽车提出了经济要求，而对轻型卡车的要求则相对比较宽松，以此避免惩罚工作用卡车的使用者。在当时，轻型卡车销量约为汽车销售的四分之一。从那以后，归类为轻型卡车的运动型多功能车和厢式旅行车的市场份额大大增加。现在，这些轻型

卡车销量已超过了轿车销量，如何提高较低的卡车燃油经济性指标已限制了整体燃油经济性的改善。

现在销售的轿车和卡车相对于二十年前技术更加先进有效。然而燃油经济性指标，本来可以在过去二十年中通过这项技术来提高，却被用来增加车辆的重量，马力，和舒适度了。因此，轿车和卡车的燃油经济性指标在过去的20年基本不变，如图ES-8所示。

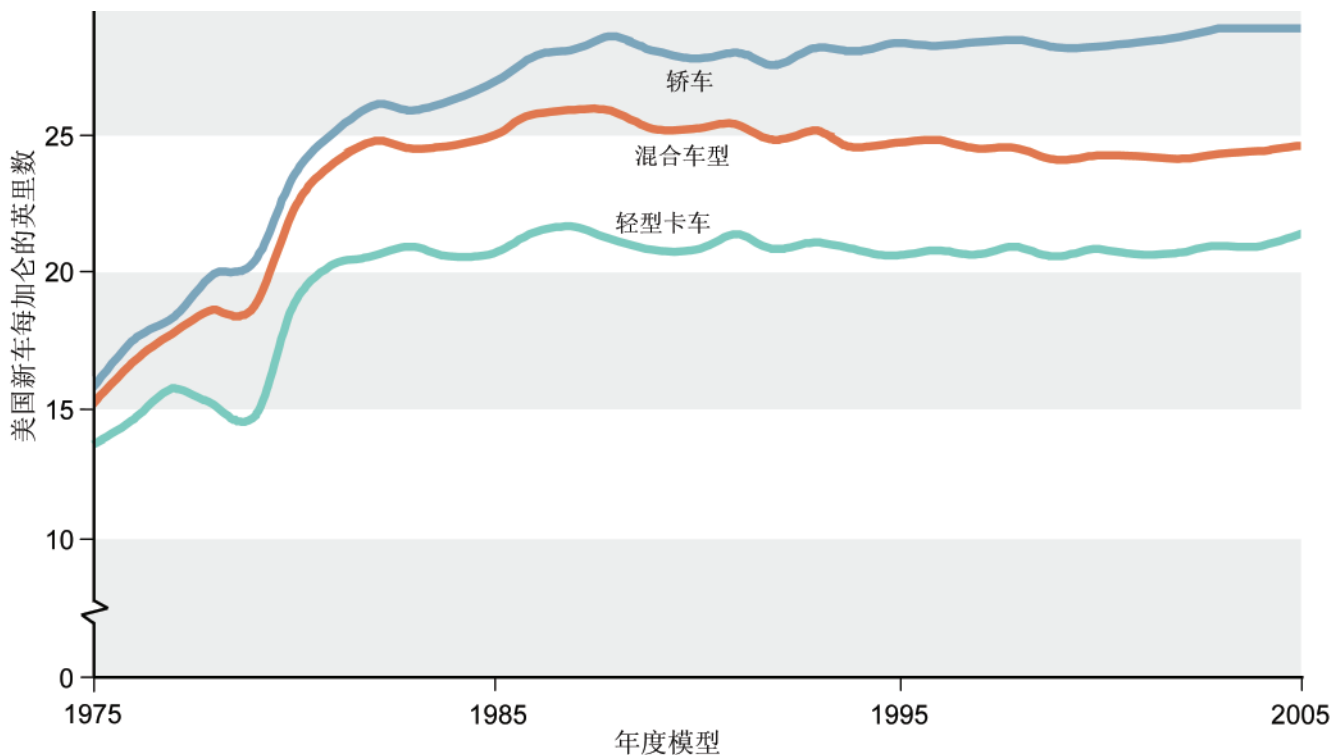
根据对技术潜力的详细调查，假定车辆性能和其他特性保持不变，到2030年利用现有的和将来的技术，把新型轿车和轻型卡车的燃油经济性能提高一倍是可能的。¹⁸经济指标的改善会增加汽车成本。布什总统在其2007年国情咨文演讲中建议从2010年开始在CAFE标准上每年提高4%与到2030年新的轻型车辆燃油经济指标提高一倍的潜在目标是一致的。取决于如何迅速地改善新型车队并应用到实际，美国石油在2030年每天将减少约3-5百万桶的需求。¹⁹另外，通过减少汽车重量，马力，舒适度，或发展较为昂贵但更突出的先进技术，进一步改善燃油经济指标也是可能的。

推荐建议

全国石油委员会提出以下建议来提高汽车的燃油经济性能：

- 运用经济和现有技术最大限度地提高汽车和轻型卡车的燃油经济性指标。
 - 定期更新标准。
 - 避免因轻型卡车销量的增加进一步侵蚀燃油经济性标准，或调整轻型卡车的标准来反映轻型卡车和轿车的市场占有率的相对变化。

潜在影响：到2030年在能源增加的基础上美国每天可减少3-5百万桶石油的需求。



资料来源：美国环保局，轻型汽车技术和燃油经济性的趋势： 1975年到2006年。

图 ES-8. 美国 汽车和轻型卡车的燃油经济性

在住宅和商业领域降低能源消耗

百分之四十的美国能源消耗是在住宅和商业领域，其中包括在发电和输送电力过程中损耗的能源。据环境情报署预测到2030年美国住宅和商业能源使用量将增加近三分之一。

在过去几十年建筑物的能源使用效率已有了显著提高。改进的地方包括建筑结构本身，暖气系统，空调系统，照明系统和家电。然而，这些改进已部分被建筑面积增加和大型多功能家电所抵消了。成本效益的节能建筑技术已超过美国现行的联邦，州和地方政策的规定。如果采用现有技术将额外减少能源使用量的15-20%。²⁰

建筑物通常持续几十年。许多影响其能源消耗功能的环节，如墙的厚度，绝缘性，结构严密性，和窗户，通常在这几十年不会有很大变动。技术和改善建筑物系统从而改善建筑物整体能源效率的过程一般都将比较缓慢，因此早日执行政策来实现长久巨大的能源节省是很重要的。

能源效率投资的主要障碍包括初始成本，不足的能源价格信号，不同的利益（消费者的利益不同于房东的利益），以及有限的个人消费者的信用信息。为了减少能源消耗大大低于预计的标准底线，将需要提高能源效率的政策驱动。

建筑物能源守则

建筑物能源守则已被证明适用于提高新建建筑物和正在翻修的旧建筑物的能源效率的重要的政策工具。建筑物能源守则由50个州和数千个地方机构来管理。为了帮助州和地方政府，国家建立了能源守则模型并每隔几年更新一次。根据美国联邦法律，国家没有权利对州政府强制执行建筑物能源守则，虽然至少有41个州已采纳了建筑物能源守则的某些条款。

采纳建筑物守则不一定能确保节约能源，但守则的执行和遵守还是很关键的。据一些司法部门报道三分之一或更多的新建筑物使用了与守则不相符合的窗户和空调设备，这两项是最容易被核实的节能环节。²¹

建筑物能源守则通常只针对新的和做主要翻修的建筑物。必须制定另外的政策来鼓励对现有建筑物进行不断的重大节能改造。

电器和设备标准

电器和其他设备的标准是衡量现有建筑物降低能源使用的主要政策措施。这些产品也许单独并不消耗多少能源，但是综合起来却代表了全国能源使用量的相当大的一部分。²²

越来越多普及的产品目前还没有采用能源效率标准，其中包括那些日益广泛的数字技术产品。能源效率标准适用范围应不断评估，并及时包括那些耗能极大的设备。此外，工业和其他利益相关者也已就其他产品的标准进行了谈判，如住宅火炉和锅炉。落实和执行这些严格的标准将会使能源消耗低于目前美国能源部的要求标准。²³

住宅和商业效率的提高一部分被能源需求和节电产品使用的增加所抵消了。举例来说，美国的住宅面积在稳步上升，使本应节省的能源由于住宅面积的增加而抵消。同样地，家用电冰箱的数量和规模也在增加，尽管每台冰箱的耗能降低了，但所节省的能源大部分却被这些增加所抵消了。能源效率方案应考虑步骤来避免这些能源使用的增加。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来提高住宅和商业部门的能源效率：

- 鼓励各州政府执行和实施更加严格节能建筑标准，并定期更新。
- 建立电器新产品的标准。
- 联邦政府定期更新电器标准。

潜在影响：到2030年美国每年可节省 7×10^{15} – 9×10^{15} Btu的能源，其中包括每年 2×10^{15} – 3×10^{15} Btu的天然气（每天50–80亿立方英尺），每年 4×10^{15} – 5×10^{15} Btu的煤，和约每年 1×10^{15} Btu的石油（每天50桶）。

提高工业部门的效率

工业部门消耗了美国能源的三分之一左右，而且占据了预计的美国和全球石油和天然气需求增加的主要份额。世界范围内，到2030年，工业界对天然气的需求估计将增加一倍，对石油的需求估计每天将增加500万桶，或至2030年，总石油需求增长的15%。

工业部门对能源价格十分敏感。美国能源密集型产业和厂家依赖于能源供应的国际竞争来保持其全球竞争力。近年来，由于美国天然气价格上涨速度高于世界其他地方，使美国能源密集型使用天然气作为燃料或原料的企业不得不提高效率和/或转移更多的业务到美国以外的低能源成本的地区。

纵观整个工业界，有机会把能源效率提高15%。²⁴可以提高的领域有废热回收，分离工艺，和热电联产。²⁵这个机会的40%可现在就实施，其余的60%则需通过进一步研究，开发，示范和部署才能实现。采取鼓励使用高能效技术的方案将进一步加快其实施。使联邦研究和开发税收减免的法案永久化就是鼓励私人在这些领域投资的一个好方法。但是技术培训工人的缺乏将妨碍节能项目的执行，加上能源价格波动的不确定性使项目实施更难。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来提高工业部门的效率：

- 能源部应该积极进行和推广研究，开发，演示和采用工业界节能技术和最佳实施方法。
- 研发税收减免应永久化来刺激私人研发投入。

潜在影响：到2030年美国每年可节省 4×10^{15} – 7×10^{15} Btu的能源，煤，天然气和石油的节省各占约三分之一。

发电使用了大量的能源。在美国，约有百分之三十的一次能源是用于电力发电部门。现有发电厂似乎只能轻微提高经济可行的发电效率（2至6%），主要是在例行维修时进行改

善。主要潜在效率的提高是采用最新技术和设计的发电厂来替代现有的发电厂。淘汰现有发电设施和采用新技术设计的设施是由燃料成本，电厂的可靠性和电力调度等经济因素来决定。

美国能源供应的扩增和多样化

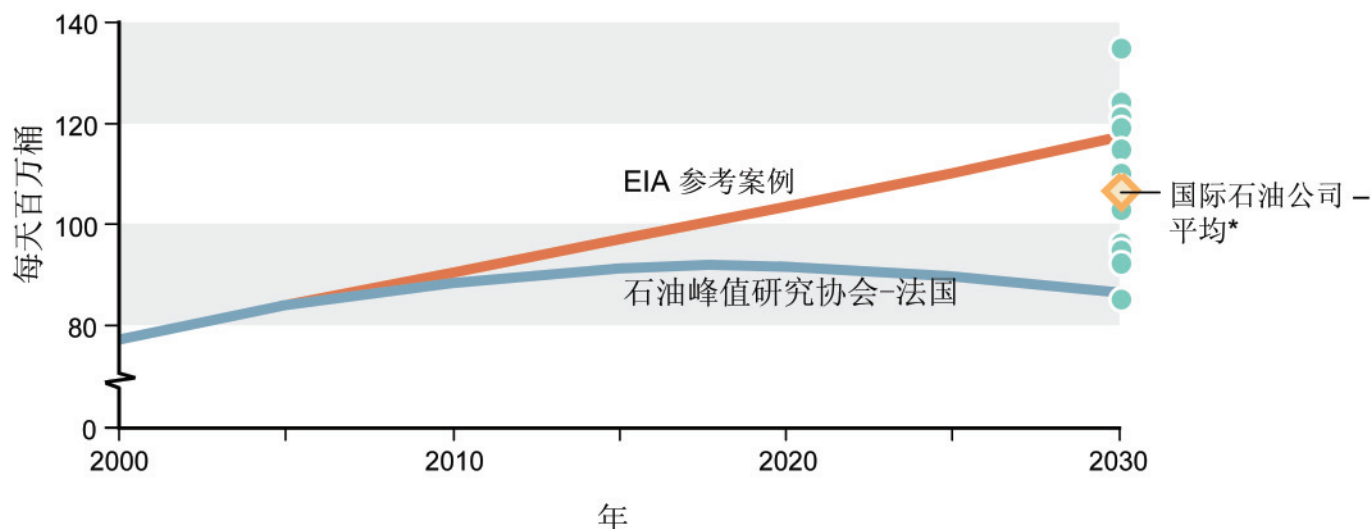
石油，天然气和煤-用于交通，供热，电力，和工业用途的化石燃料-目前为止是工业经济最大的能源资源。而其他资源，尤其是从生物质和其他可再生能源的燃料，可能将会在能源供应总量中占有越来越多的份额，但石油，天然气和煤至少到2030年预计仍将占据主宰地位。

石油和天然气生产面临着复杂的前景。不容忽视的事实是：从历史来看，常规能源所提供的全球石油和天然气供应是不大可能在未来25年满足预期的50–60%的需求增长。替代现行的生产和增加常规石油和天然气供应的风险正在积累。它们涉及越来越多的包括受环境制约的生产能力，基础设施的需求，以及复杂的地缘政治在内的全球不确定性。

能源行业是风险性行业，而风险正以新的方式积累和聚集。地缘政治变化和日益庞大和复杂的技术挑战相混合。因环保而限制开采的美国的一些资源可能会因安全考虑而获得开采。碳排放问题挑战煤的使用，而能源安全的考虑可能会鼓励使用煤。碳排放限制将需要庞大的资本投资来维持能源生产。了解未来数十年能源供应前景，必须考虑到这些不确定性，以及所产生的风险背景。

原生储量和可采资源是讨论任何化石燃料供应的基本概念。原生储量在这里指的是地球上实际储藏的潜在的能源资源：多少桶的石油，多少立方英尺天然气和多少吨煤。化石燃料的原生储量是固定的：它会枯竭而且不会得到补充。可采资源是原生储量中的一部分-这一部分可以开采并可转化为燃料和电力。

全球化石总原生储量估计很大，但只有一小部分技术上可以开采。总石油的原生储量为13–15 兆桶，天然气为 50×10^{15} 立方英尺，煤原生储量总量为14兆吨。



* 国际石油公司回应NPC 调查所提供的内部展望的汇总平均。如要了解图中其他汇总和展望，请阅读第二章（能源供应），能源展望分析，全球液体总产量。
资料来源：EIA，2006年国际能源展望，NPC展望调查。

图 ES-9. 了解全球石油预测的范围

可再生资源例如生物质能，风能，和太阳能代表巨大额外原生储量能源。不像化石燃料，可再生资源，可以不断得到补充。

了解能源产量预测的范围

本研究综合了各方的石油产量预测，包括环境情报署和国际能源机构供应/需求综合研究；各种其他渠道收集的有关预测的公开资料；以及一系列国际石油公司 (IOCs) 和能源咨询机构所作预测的内部资料。石油产量预测的范围各不相同，如图ES-9所示。图中突出了环

境情报署的参考案例，石油峰值研究协会 (ASPO)-法国，和国际石油公司的平均预测。根据地下资源和地面因素不同程度的风险和不确定性，2030年的产量预测范围从每天不到8千万桶至1亿2千万桶，进一步凸显出了不同程度风险和不确定性对预测的影响。这一预测结果，加上对总资源的评估，显示能源供应重点应考虑的不是地下的原生储量，而是“产能”。在未来25年中，地面上的风险-地缘政治，技术和基础设施-更有可能影响到石油和天然气产量，而不是地下原生储量的限制。这一系列预测显示有必要采取积极的策略来处理好2030年液体燃料交付使用的风险积累。

■ 关键资料：石油高峰辩论

对生产预测和可开采石油资源估计的可靠性的焦虑引发了对未来石油供应和交付使用的辩论。这些焦虑强烈地体现在石油高峰的预测上（1）石油产量没有大大超出目前的生产水平（2）石油产量不可避免的下降越来越接近。对石油供应的预测从2015年开始出现分歧。持石油高峰观点的预测提供了预测下限。这些预测普遍认为石油供应独立于需求并预测了供应短缺。与此观点相反的预测和经济模式认为至少到2030年，市场力量将提供足够的驱动力来开发全球油气资源和其他资源以满足对能源的需求。

持石油高峰观点者认为石油产量即将达到高峰并提出了以下几条证据，包括：某些国家历史高峰产量；从油井，油田，盆地和世界的生产周期来推算；历史上供应世界石油的大型油藏。这些关于常规石油生产的历史数据并没有考虑到预期的新油田的发现，提高采收率技术，从非常规资源生产石油的先进技术，以及重新评估和修改已知资源。经济和投资环境，以及获得开采的许可，也将影响到石油生产基准。

有关石油高峰预测及相关问题的进一步讨论，请查阅本报告第2章“能源供应”。

导致对常规石油和天然气生产作出不同预测的原因引起了广泛的辩论，这些辩认也是“石油高峰”辩论的一部分。因此，本研究认为有必要对全球石油和天然气原生储量和资源作一次新的评估，以便为目前正在进行的辩论提供更多的新数据。

减缓美国常规石油和天然气生产的下降

美国曾经是世界上最大的产油国，而现在则是全球第三大石油日生产国，排在沙特阿拉伯和俄罗斯之后。在过去35年里，美国石油产量一直稳步下降，如图ES-10所示，而美国天然气生产却一直比较稳定，如图ES-11所示，美国对石油和天然气的需求在稳步增长，不足部分通过进口来弥补。在未来25年及以后，许多预测认为美国国内的供需差距将进一步拉大。历史上，先进的技术提高了现有油井和油藏的采收率。技术如提高原油采收率(EOR)有可能进一步提高采收率并减缓产量的下降。²⁶

2005年，美国超过17%的石油和9%的天然气生产来之于陆地的贫井。全国有40多万口贫井，²⁷平均日产量为2.2桶。如果没有这些贫井，美国的进口将增长近百分之七才能弥补不足。生产和章程费用的增加，通过管道进入市场可能性的降低，都是决定这些贫井是否被过早遗弃的关键因素。当油井和油田被过早遗弃，与之相关的石油和天然气资源，由于经济，契约的终止及相关问题，可能永远无法追回。能进入这些油田就提供了采用新技术来提高石油和天然气最终采收率的机会。

推荐建议

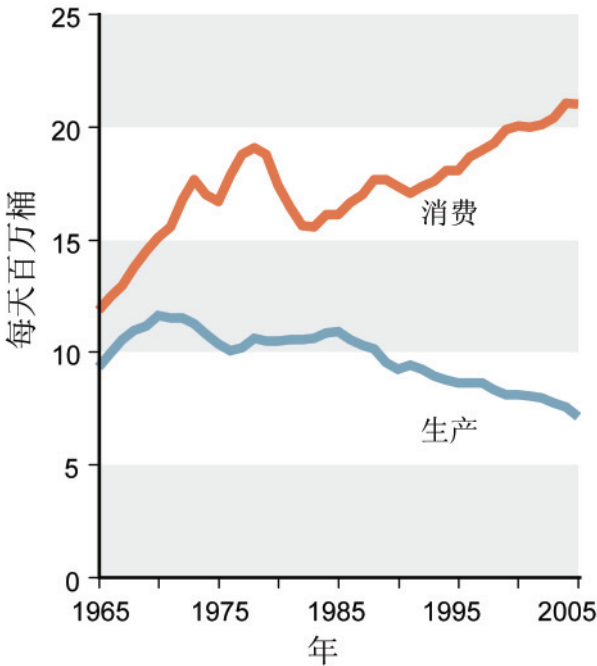
美国国家石油委员会提出了以下建议来促进现有油藏采收率(EOR)的提高：

- 支持有关贫井的管理章程精简和研究开发项目。
- 加快批准提高采收率项目，管道及相关基础设施。

潜在影响：仅在美国就可增加900至2000亿桶可采石油，从而有助于缓和目前的生产下降。

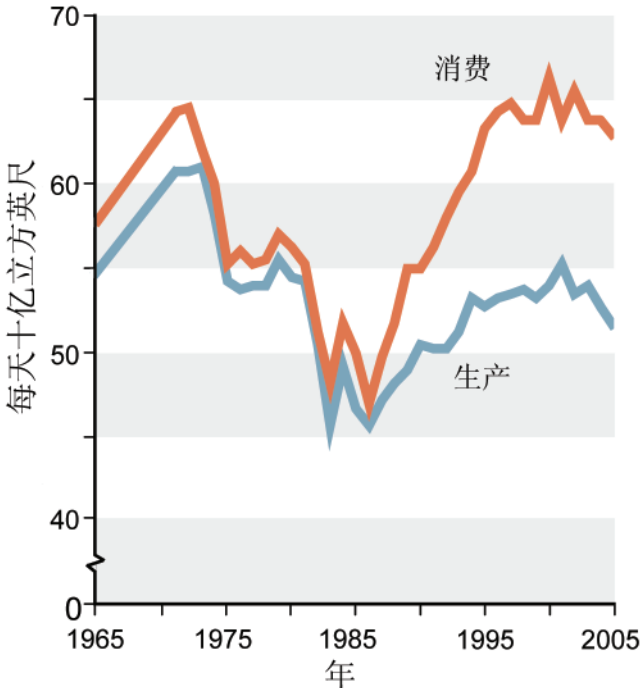
增加新能源开发的进入许可

由于种种原因，一些美国国内的能源资源的开采受到了制约。在美国，估计有400亿桶技术上可采石油资源要么完全不允许开采或受到重大契约限制。这些资源平均分布在陆地和



来源：BP公司2006年世界能源统计回顾。

图 ES-10. 美国石油生产和消费



来源：BP公司2006年世界能源统计回顾。

图 ES-11. 美国天然气生产与消费

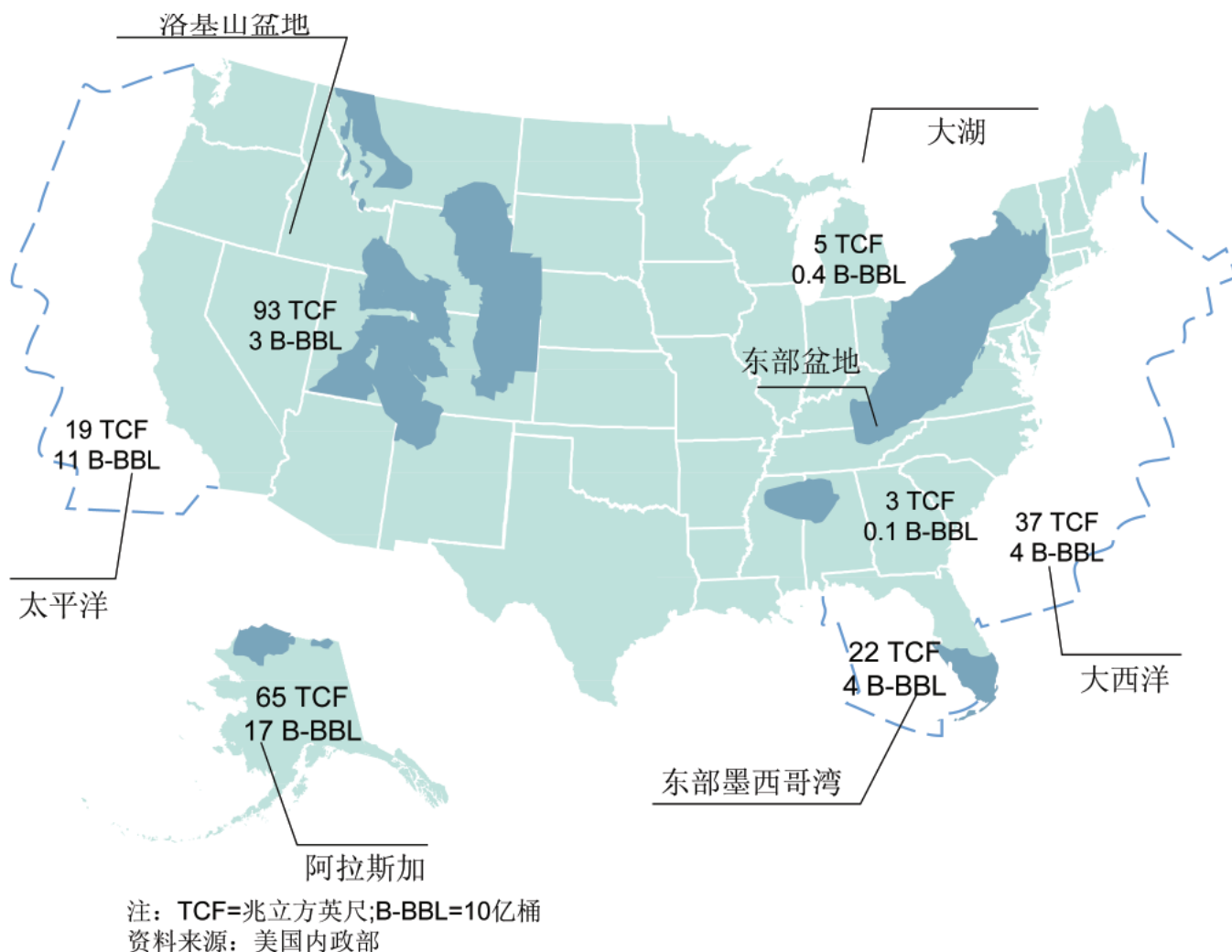


图 ES-12. 美国受开采限制的石油天然气资源

海上，如图ES-12所示。超过250兆立方英尺天然气也受到了类似的限制。另外在加拿大预计有110亿桶的石油资源和51兆立方英尺的天然气资源被限制开采。技术和操作水平的提高可以缓解环境污染问题，从而使原本的一些限制可能得到放宽。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来促进进入最有潜力的美国石油和天然气盆地进行开采：

- 开展国家和地区盆地资源和市场评估来寻找增加石油和天然气供应的机会。
- 利用技术和操作创新，允许目前被禁止或限制进入的高潜力陆上和近海地区进行对环保负责的开发。

潜在影响：5至10年内从目前不允许进入的地区所增加的储备将会非常可观，在现有技术条件下，将可能增加约400亿桶石油和250兆立方英尺的天然气。

在美国有着巨大的“非常规”石油和天然气的潜在资源。在未来25年，这些资源将可为美国石油和天然气生产作出显著的贡献。非常规天然气存在于“致密”层或受到约束的地层矿床，在煤层和页岩地层中。它代表了美国天然气产量重要的增产部分，估计为目前美国天然气生产的20-25%。通常情况下，非常规天然气井，相对于常规井，产出更高并能生产较长的时间从而有助于维持供应。同样，美国有大量的藏在非常规地层的原油正通过目前的技术革新来增加开采。

在美国洛基山地区油页岩中有巨大的油气矿床。直到最近，还没有可行的技术可以有效地、环保地来开采。研究、开发和示范项目，正积极进行来探索所需的技术。这些技术是扩张经济，环保地维持资源生产所要求的。然而，成功规模化生产还需要几十年。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来促进非常规石油和天然气的生产：

- 加速美国对油页岩和油砂的研究，开发和租约。
- 加速美国非常规天然气的租约和开发。

潜在影响：美国非常规天然气的产量可增加一倍，每天超过100亿立方尺，增加美国天然气总产量的10%左右。

实施这些策略可以减缓美国石油和天然气生产不可避免的下降，但却不可能扭转下降的趋势。美国生产和需求之间的差距将继续扩大，特别是石油。从新地区或偏僻地区，以及从非常规石油和天然气资源中开发经济的能源需要较长时间周期和较高的资本投入，这些都将成为减缓美国产量下降的挑战。

长期能源生产的多样化

加快发展生物质能源

随着美国总能源需求的增长，将会越来越多地需要美国能源供应的多元化并需要这些补充能源能经济、环保和商业化地大规模开采。煤炭和核能已经发挥了重要作用，生物质正演变成一种选择，主要是转换为运输燃料。风能和太阳能的预测增长速度将快于整体能源需求，但其总的贡献在本研究的时间范围内预计仍将很小。总的来说，所有这些能源都有助于减少能源供应安全的风险。

生物质包括潜在可转换为能源资源的木材，栽培作物，自然生长的植被。第一代生物质转化燃料主要是通过作物如玉米，甘蔗，大豆和棕榈油。开发第二代生物质转化技术，如纤维质乙醇，可以利用树木，能源作物，废弃植物作为原料，可以让非食品植被转化为重要的燃料生产资源。

正如其他任何新开发的能源，生物燃料必须满足技术，后勤和市场的要求才能取得重大的规模发展。这些挑战包括：增加铁路，水运和管道运输能力；扩大乙醇生产厂和分配系统规模；开发纤维质乙醇转换的成功技术；最大限度地利用潜在的可耕地。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来加快生物质能源大规模商业化的发展：

- 支持第二代生物燃料作物的研究。这些作物只须较低的投入或适合较贫瘠的土地。
- 推动农业政策来加强全球粮食作物和燃料用生物质的生产。
- 支持用以收获，贮存，运输能源作物的基础设施发展的政策，并促进生物燃料纳入国家运输燃料供应的一体化进程。

潜在影响：相当于美国的生产每天增加可达400万桶石油的液体燃料。²⁸

维持发电，燃料和原料用煤炭的长久环保活力

鉴于美国巨大的煤炭资源基地-有人估计，美国是世界上最大的煤炭资源国家-以及煤炭目前在发电行业所作出的重大贡献，煤炭仍将是美国的能源供应长久有效的组成部分。许多研究预测，用煤发电将继续增长，另外，煤炭直接转化液体燃料使液体燃料供应多样化的发展将进一步提高。然而，煤燃烧也是能源生产中最大的二氧化碳排放的来源。加上煤制油生产规模的扩大，以及非常规重油气的转换将产生大量额外的二氧化碳气体。因此，碳排放规模的限制问题将是决定煤炭是否继续成为能源供应体系重要组成部分的关键。维持煤炭的长久活力的推荐建议会在本执行概要的稍后的章节“碳排放的限制问题”中作专项讨论。

扩大国内核能容量

尽管核能有安全性，放射性核废料和武器扩散的问题，预测普遍认为核能将继续发挥作用。在碳排放受到限制的环境下，核能可能要在能源体系中占据更大的部分。在未来的25年，本研究认为核能将继续存在-核能既可以满足预计的需求也可以提供所需增加的容量如果必须要减少二氧化碳排放量的话。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来扩大国内核能源/电力行业技术和工业能力：

- 落实全国能源政策委员会²⁹的建议，10年中从联邦能源研究，开发，示范和调配预算中拨款20亿美元，用以修建一两个新的先进的核设施。
- 履行现有联邦政府对核废料管理的承诺。

潜在影响：重塑美国的领导能力。保持核能以便在未来碳排放受限的情况下，核能可增加能源政策的选择机会

加强全球和美国的能源安全

除了扩大美国石油和天然气的生产和开发更多的商业规模的国内能源种类，美国必须扩大全球石油和天然气供应市场的多样化。建立国内商业规模的替代能源需要很长的一段时间，这就需要美国继续参与国际能源市场。而且时间会超出本项研究的时限。此外，来自主要资源国家的石油和天然气供应相比于美国国内的能源具有其较低的生产和开发成本。保持从这些市场获得能源有助于美国提供可承受的能源供应从而推动美国在全球市场的竞争力。

■ 关键资料：能源安全和战略石油储备

本研究关注能源的长久未来也重视基本的供求关系，这是因为全球能源安全需要稳固的供给/需求平衡来保障。在短期内，还有另一个方面影响能源安全-是否拥有战略储备来应对短期的供应中断。

受到1973-1974年石油供应冲击， 经合组织国家同意维持战略石油储备，并创建了国际能源机构，以协调石油供应出现紧急情况时的应对措施。今天，经合组织国家都致力于各自持有相当于90天的进口石油库存。

2005年秋季，美国墨西哥湾地区卡特里娜和丽塔飓风过后的善后工作体现了这一战略的

价值。飓风一度关闭了所有墨西哥湾沿岸的原油生产和近30%的美国炼油能力，国际能源机构迅速协调并在全球投放了战略石油，全球市场迅速重新得到了平衡，美国从世界各国获得石油产品的供应，包括欧洲和日本。

总体而言，经合组织国家目前共持有约14亿桶战略石油储备。美国战略石油储备 (SPR)，现今拥有近7亿桶原油。从美国战略石油储备的角度看，目前其数量相当于从委内瑞拉进口16个月的石油。

经合组织总战略储备量几乎占伊朗原油19个月的出口³⁰（其中没有一桶原油流入美国）。

世界正在进入一个特殊时期：国际能源开发和贸易更有可能受到地缘政治考虑的影响，而不是受自由开放市场和国际能源公司间传统商业之间互动的影响。随着需求的增长，新的消费国家的进入，一些供应商设法利用自己的资源为其政治目的服务，而消费者也在探索新的途径来保证他们的供应来源，石油和天然气的全球竞争将会越来越激烈。

这些变化将对美国的利益，战略和政策制定以及能源公司如何开展业务带来深远的影响。随着美国影响力可能的下降，随着经济力量转向其他国家，许多预期的变化将可能加剧美国的能源安全风险。随着时间的转移，对世界主要石油和天然气资源的安全威胁可能将恶化。

从地缘经济角度来说，最大的影响将来自于石油和天然气需求增长的发展中国家。这个需求可能超越开发新供应来源所需的时间，从而迫使价格上涨。从地缘政治角度来说，随着中国，印度和其他新兴经济体对能源需求的急速增长，发达国家和发展中国家之间平衡的改变的后果将会被放大。

这些变化所面对的大环境是在世界许多地区，包括从中获益的许多工业化国家，敌视全球化的势力正在崛起。这种戾气可能会破坏全球的贸易体系。随着主要生产者和消费者寻求双边或区域性优惠协定，完成多边贸易谈判的政治意愿可能会减退，从而将分裂世界贸易，增加成本，削弱市场效率。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来促进全球和美国的能源安全：

- 能源政策与贸易，经济，环境，安全和外交政策相结合。在处理能源和能源安全有关的政策问题时，能源部应与国防部，国务院，财政部，商务部一起享有平等的权力。
- 通过加强与主要消费国和生产国的能源对话，包括中国，印度，加拿大，墨西哥，俄罗斯和沙特阿拉伯，来继续开拓国际能源市场。
- 通过多边和国际机构包括世界贸易组织，八国集团，亚太经济合作组织(APEC)，国际能源机构，国际能源论坛，和联合石油数据方案(JODI)，支持并加强鼓励全球对能源采用透明化，市场化的努力来促进有效的全球能源市场。
- 通过技术转让和租赁安排来协助并鼓励全球采用能源效率技术。

潜在影响：资源进入限制和削减产量可能使2030年潜在全球液体能源（每天25-35+百万桶）和天然气（每天1500-2000+亿立方英尺）的渐进增长目标陷入风险。

强化能力以迎接新的挑战

为了满足全球日益增长的能源需求，需要改善交付能源供应的关键能力。这些关键能力包括：

- 评估未来的基础设施要求
- 人力资源开发
- 鼓励技术进步
- 提高能源数据和资料的质量，包括增加原储量资源的知识。

发展美国基础设施要求的综合预测系统

运输基础设施在提供能源及其他商品中起到了至关重要的作用，它包括从资源地到集运中心，到加工生产厂，并最终到达消费用的需求中心。运输系统在过去的两个世纪已演变成为一个包括管道，铁路，航道，港口，码头和公路的巨大网络。如今的运输系统是一个高度复杂的，强大的服务网络。这个网络安全可靠并已是国家经济活动的基础。

使用各种交通工具的货物运输已大幅度增加。25至30年前在各种基础设施系统中所具有的备用和多余容量已缩减。运输进一步持续增长将需要添置设施。

随着非常规能源资源的增长将需要新的基础设施投资。许多替代能源，如生物质燃料和非常规石油和天然气对基础设施的要求将是极大的但却往往被低估。碳捕获及封存（CCS）项目的潜在规模也将需要大量新的基础设施。

至2030年能源供需预测普遍假设基础设施只要经济可行的都将建造。这些预测普遍假设投资能力，许可证，和建立能源所增种类和数量而需的基础设施将不受限制。然而，在实际生活中，社会，环保和土地使用的限制不可避免地影响基础设施的规划与发展。申请许可证的复杂过程延长了项目的时间，而基础设施建设和维修费用或许完全排除了需基础设施的某些能源选择。总之，需要更多的信息来了解所增能源基础设施的全部要求和适时投资的局限性。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来提高为满足未来美国能源体系的增长对所需基础设施的了解：

- 美国能源部(DOE)应对2030年能源基础设施需求作一次综合的研究。
- 能源情报署应把基础设施相关数据纳入其能源情报收集系统。

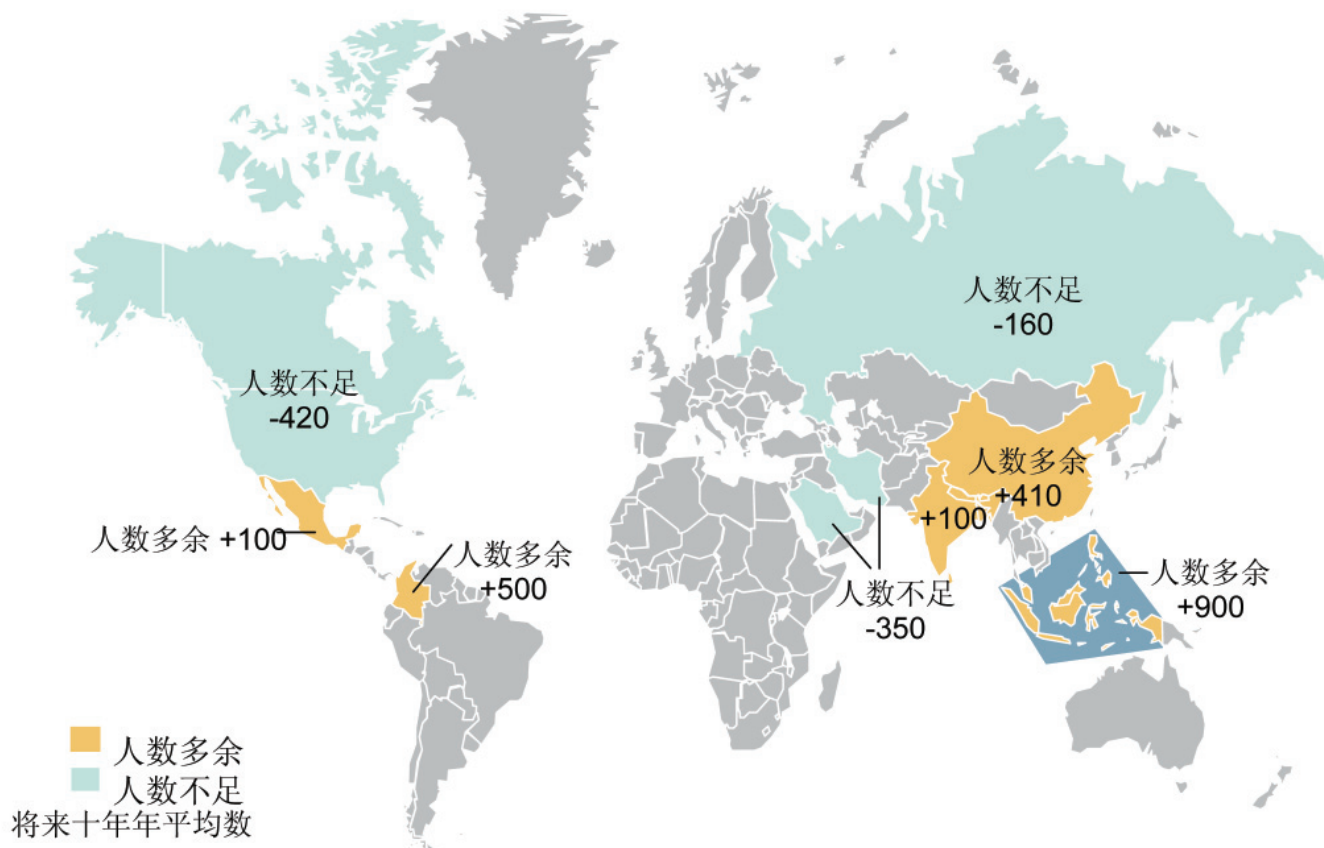
重建美国科学和工程技术能力

随着二次世界大战后生育高峰期出生的一代人开始退休，能源工业面临着严重的人力资源挑战。在美国能源行业工作的近一半的人员在未来10年将有资格退休。而后一代进入劳动大军的人数相对较少。“人口悬崖”是能源行业各领域雇佣所将面临的问题。³¹一个严峻的现实是太少的年轻人为此做好了准备，美国能源劳动力必须得到充实和培训。

2004年美国石油学会的调查显示到2009年在石油和天然气工业工程师和地球科学家将有38%的短缺，仪表和电工将有28%的短缺。具体在能源行业的其他科学，工程和技术专业的人员的统计数字还没有，但问题会延伸到这些领域。预测未来石油和天然气潜在员工的一个非常重要的指标就是在大学获得石油工程和地球科学学位的学生人数。在过去的四分之一世纪，进入石油技术科目的学生人数下降了约75%。

美国向来占据着全球能源产业的领导地位，但如果没有足够的人员替代，美国的领导地位将因预计的人员退休而危危可及。美国政府与能源工业应积极合作通过教育，招聘，发展和挽留来更新这至关重要的劳动大军—就如同公司致力发展和更新能源供应一样。

联邦和各州政府可以通过资助大学在科学技术领域的研究和发展而发挥重要作用。对大学涉及能源工业的研究项目的一贯支持将告诉即将进入大学的准学生们这些科目对国家非常重要。例如，几所大学最近通过针对高中生，他们的父母，和他们的辅导员的积极游说招募已增加了石油技术专业的入学人数。上述结果表明，大力招募能够取得积极成果，但需要更为广泛的努力。



来源: Schlumberger 公司2005年业务咨询研究.

图 ES-13. 石化技术毕业生区域不均匀性

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来增强美国科学和技术教育计划:

- 通过增加奖学金, 大学研究经费和支持技术学校来对那些寻求工程和其他技术学位的本科生和研究生提供帮助。

未来十年没有足够的时间来培训足够的年轻专业人员去填补空缺职位。通过知识共享, 辅导和教育来加快增强他们的能力将成为关键。许多退休人员可能愿意逐步退休, 但却面临限制他们兼职工作的监管制度障碍。应该利用这些个人的专长来帮助下一代准备好专业和职业的培训。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议让退休人员更容易通过担任顾问, 教师和教练来继续工作:

- 修改美国税法和退休计划法规允许退休人员兼职工作而不受到惩罚。

纵观世界各大洲，一些能源相关领域的毕业生存在有地域差别(图 ES-13)。在今后十年中，允许在美国工作的外国人数将取决于每年发放的工作许可签证。增加工作和学生许可配额，可以帮助减轻这一地域不平衡现象，并有助于美国的能源生产。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来增加美国训练有素的能源专业人员资源：

- 在能源和技术领域为训练有素的专业人员增加学生和移民配额。

创造研究和发展机会

石油和天然气工业使用先进的尖端科技。勘探专家能解释地球表面下数英里深的地质构造。钻井工程师需从极端深处，在高温高压下，开采资源，而且往往是在偏远和极具挑战性的地方。生产工程师通过数英里长的管道，有时也是在极端条件下，把石油和天然气运输到表面，然后再送至炼油厂。在那儿，重油和含硫原油提炼成有用的产品。今天所有这些成绩的取得相比甚至十年前，环境的“足迹”（环境影响）变得更小，而且比以往任何时候更经济。

大部分能源科技的发展，是业界响应资源机会的结果，例如开放墨西哥湾深水勘探。在美国陆地，由于获得常规资源的机会已经成熟，因此投资美国陆地的能源生产的研究就较少。政府有责任创造新的机会，制定规章框架和发展提取新资源所需的基础设施。由美国能源部资助的提高采收率的一项研究就可能通过增加国内产量而获得非常可观的经济效益。煤层气和油页岩提供了更多的机会。

在过去两年，能源部资助的石油和天然气有关研究和发展项目的减少对大学和国家实验室产生了消极影响。政府在工程和科学领域的拨款，随后分发到各大学和国家实验室，维持着这些重要机构。拨款的同时必须要有合理使用拨款并保证研究成果的合同协议，这是极为重要的。

政府支持大型示范项目诸如“未来发电”（FutureGen）即综合大型发电和碳捕获和封存技术的同时，国家利益也得到了充分保障。此外，政府和业界在几个关键领域的合作，其中包括先进材料，生物加工过程，气象和海洋学(metocean)的研究，都将使彼此双方受益。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来扩大研究和发展机会以支持长期的研究目标：

- 重新审视现有的研究和发展研究项目，把重点重新放到创新，应用研究等领域，例如提高采收率，非常规的石油和天然气，生物燃料，核能，煤制燃料，和碳捕获和封存技术。
- 在能源部科学办公室保留基础研究的预算来支持新型技术。
- 重视并加强在美国大学和国家实验室的研究。
- 鼓励能源部，国防部和工业界在创新领域的合作，如先进材料和海洋资料和分析。

提高能源数据和信息的质量

在参考其它研究预测数据时，研究小组观察到一些重要的基本数据和资料不全，不符，过时，或过于简单化。投资和决策往往得到的是这些不确定数据。例如，对潜在资源和产能做出的不同估计导致了对未来石油和天然气供应预测的差距。此外，很少或根本没有量化的数据可以清楚地帮助了解额外的基础设施容量的需求。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来提高能源数据和信息的质量：

- 扩大环境情报署和国际能源机构的数据收集，在其公开的每年编写的能源展望中提供额外的生产和消费数据来源。
- 增加能源运输系统的数据收集和分析用资金并以此作出基础设施的决定。

现在有许多能源展望，但很多是根据少量的公开现有的资源估计，其中引用最多的是美国地质调查局(USGS)的评估，来预测未来化石燃料的生产。由于这些评估每十年左右才全面更新，用于能源政策决定的基本数据可能并非反映最新的现实。此外，许多从事能源预测和分析的机构往往采用不同的方法和假设来评估，也会造成对未来生产能力的误解。

本次研究的结果证明保持全面，及时，对全球石油，天然气和煤炭原生储量和可回收资源的基本评估是何等重要。虽然所依据的地质知识和观测资料造成这些评估的内在不确定性，一个新的，全面的评估将使决策和战略依据更加准确反映化石能源的现实情况。此外，到2030年，以生物质能为基础的能源资源将作出越来越多的贡献，再生资源的全球评估将能为现有的原生储量能源提供更完整的面貌。

为了提高基本原生储量能源和资源数据的可靠性和及时性，美国应该同其他全球利益相关者合作改进数据收集，管理，解释，以及数据沟通和原生储量能源与可开采资源的评估。

推荐建议

美国国家石油委员会提出了以下建议来更新公开现有的全球原生储量和资源评估：

- 美国地质调查局(USGS)应就美国 and 全球石油和天然气原生储量和可回收资源作一次综合地质评估。
 - 更为广泛地听取工业界和国际专家的意见，综合最新数据。
- 美国地质调查局(USGS)应就美国及全球可采煤炭资源和储量进行一次新的全面的调查，并采用常用的分析和报告方法。
- 美国能源部和农业部应就全球生物质资源进行评估。

潜在影响：通过对关键资源数据的共同理解来及时地更好地为决策服务。

碳排放的限制问题

由于人为的二氧化碳排放，人们越来越担心全球气候变暖。国家石油委员会没有研究气候变化的科学性。但意识到越来越多提出的减少碳排放量的倡议，国家石油委员会就二氧化碳排放限制对能源的潜在影响和技术应用的机会进行了考虑。限制二氧化碳排放量将会限制化石燃料的使用，化石燃料目前提供了全球80%的能源。因此，计划好潜在的二氧化碳排放限制作为整体能源策略的一部分就变得尤为重要。

就其性质而言，气候变化是全球性的。燃烧化石燃料而排放的二氧化碳会促进其在大气层，土地和海洋之间的整体流动。由于二氧化碳是在大气层混合，在世界上任何地方排放二氧化碳，其影响结果将是全球性的。

截至2005年, 32美国是世界上最大的二氧化碳排放国, 无论是总量还是按人均计算, 但是绝大多数的预测认为二氧化碳排放的增长是在发展中世界, 正如图ES-14所示。大量减少二氧化碳排放量将需要数十年全球性的, 广泛的行动, 并需要较大的持续的投资。

使碳捕获和封存成为可能

煤炭燃烧是能源利用中二氧化碳排放的最大来源, 根据大部分的预测, 煤仍将是用于发电的主要燃料。煤的资源基地要远大于石油和天然气, 据一些估计, 美国拥有世界上最大的煤炭资源。³³减少二氧化碳排放的一种方法是碳捕获和封存, 捕获二氧化碳并封存于地下。广泛地说, 以商业规模部署这一技术就可以在未来二氧化碳排放受限制的条件下继续使用煤。此外, 一些非常规石油的生产需要大量能源, 从而增加每单位能源交付的二氧化碳排放量, 未来这些能源的发展将可能会受到碳捕获和封存技术的影响。石油和天然气工业领域已开始拥有大规模碳捕获和封存技术, 虽然这些技术尚未在整合和商业规模中得到证明。更重要的是, 长期储存二氧化碳的有关法律和监管框架仍然缺乏。

规模是碳捕获和封存另一个重要的考虑因素。在美国, 如果把所有燃煤发电而产生的二氧化碳收集并压缩, 总计将会达到每天5千万桶。³⁴这相当于美国每天处理石油量的2.5倍。要处理好这么大的体积容量, 必须对储存地点加以规划和评估。

推荐建议

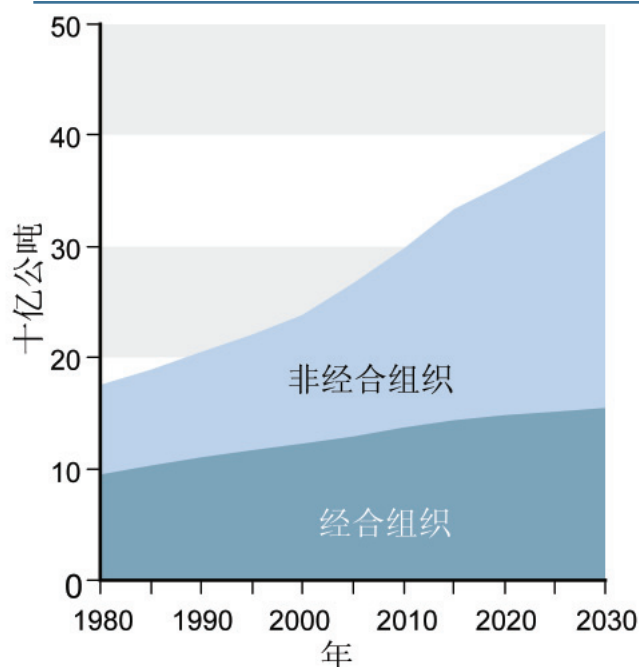
美国国家石油委员会提出了以下建议来使煤能环保地继续长久地在电力和燃料中使用:

- 建立一个有利于碳捕获和封存的法律和监管框架。
 - 对土地使用和责任的政策提供明确的管理。
 - 提供联邦土地来储存碳。
- 使全范围的碳捕获和封存和洁净煤技术示范成为可能。

- 组织好电力和石油/天然气产业之间的努力。
- 展开全国范围内二氧化碳封存能力的评估。
 - 建立在现有的能源部区域伙伴关系的努力基础上。
 - 鼓励全球应用。
 - 继续联邦政府研究和对先进煤制燃料技术的开发支持。

潜在影响: 即使在碳排放受限制的情况下, 保持煤在未来美国的能源组合中占有25%的贡献, 包括潜在的煤制石油生产。

碳管理的综合措施将包括提高能源利用效率和减少需求; 增加使用非碳为基础的电力(核能, 风能, 太阳能, 潮汐能, 海洋热能, 地热能); 转向低碳燃料, 包括可再生能源; 并部署碳捕获和封存。碳排放限制的成本应加入各经济部门, 或是通过碳排放税或分配量与交易(cap-and-trade)机制, 使市场寻找到最低成本组合的方法来减少碳排放。任何强加的成本应该用一种可长久预测的方式, 要不然管理不确



资料来源: 国际能源机构, 2006年世界能源展望, 参考案例。

图 ES-14. 世界二氧化碳排放

面对能源问题的严峻事实

■ 关键资料：政策渠道来限制二氧化碳排放量

直接监管：二氧化碳排放量可以通过对每种排放源设立标准来控制，例如发电厂和工业设施。经济学家普遍认为，这种监管是低效率的，因为它不允许这样的可能性，那就是一些排放源相比其他排放源可能可以更经济地减少排放。在给定总成本的条件下，鼓励那些可以更经济地减少排放的单位更多地减少排放量，将会带来较大的削减总量，但这在固定监管目标的条件下可能很难做到。

分配量与交易 (cap-and-trade) 规章：分配量与交易体系克服了直接监管的低效率。它提供了一个市场化机制来鼓励那些可以最经济地减少排放的单位尽可能地减少排放。管理者必须确定体系包括哪些排放源，以及在一个特定的时间内，允许的总排放量。排放一定数量的许可证，例如一公吨二氧化碳，然后被分配或拍卖。许可证可以交易，鼓励那些可以低于市场许可证价格消除排放的单位减少消除排放，而对那些控制排放较为昂贵的单位可以从市场购买许可证。

创建一个分配量与交易体系涉及重要的政策选择：包括哪些行业。

定性将会削弱投资环境，并有可能扰乱经济活动。任何强加的成本，也应考虑其他国家所采取的行动以及由此对美国竞争力的影响。

- 允许哪一程度的排放，是否要提供“安全阀”来限制波动或许可证的价格。
- 许可证是否应无偿分配或被拍卖。
- 是否应用单一的许可制度涵盖所有受影响的部门或不同部门不同系统。

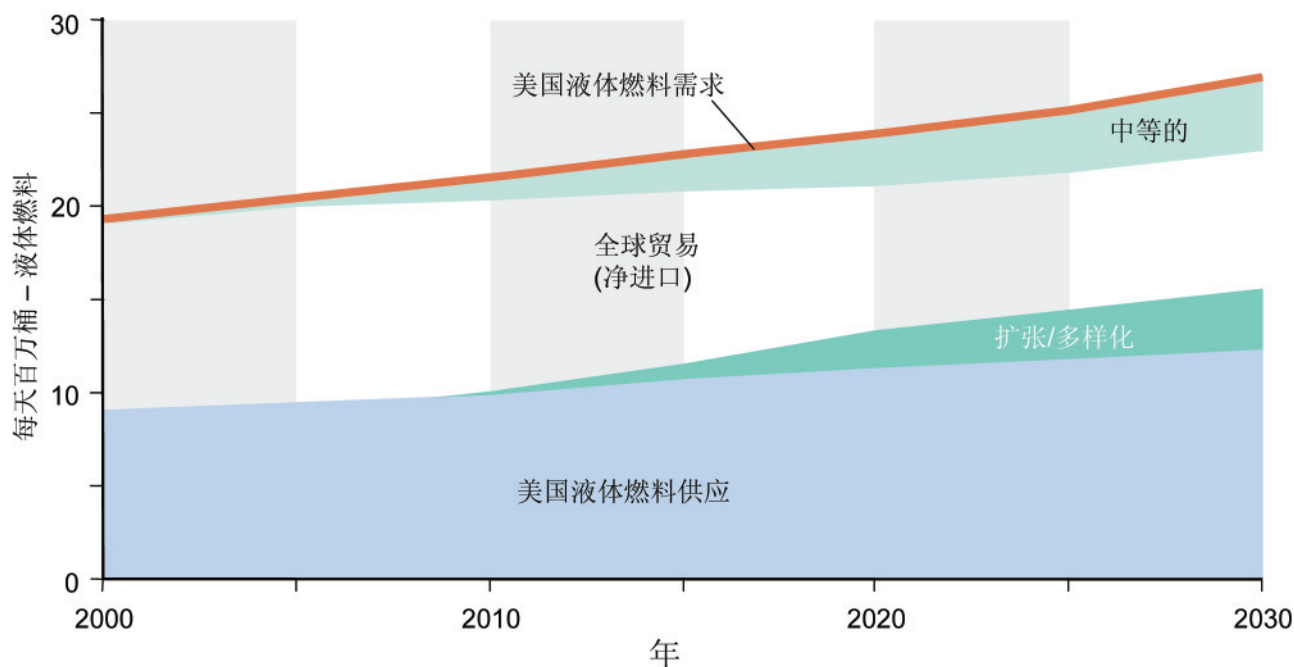
碳税金或收费：税金或收费就是征收二氧化碳排放税或费用，先建立排放的成本，然后让市场建立排放水平。原则上，分配量与交易体系取得的任何程度的排放减少，也可通过税金或收费来实现。对于燃烧排放的二氧化碳，最简单的方法，就是对一次能源征费，对那些不排放二氧化碳的一次能源使用，例如生产石化制品，则退还税金或收费。

税收或收费系统的优势在于建立一个可预测成本的体系，从而鼓励长期规划和投资，不需要对各部门和设施设定公平合理的排放标准从而使管理复杂化。税收或收费系统的缺点在于导致的排放程度不能预先确立。税收或收费系统另一个挑战是如何公平地把这部分的收入回报经济。

推荐建议

作为决策者考虑采取行动来减少二氧化碳排放时，美国国家石油委员会提出的建议包括：

- 一个有效的碳管理全球框架，包括各主要二氧化碳排放国，同时应特别注重中美合作的机会。
- 美国应有一个有效的二氧化碳排放成本机制。
 - 各经济领域，以市场为基础的，可见的，透明的，适用于所有燃料。
 - 长期可预测的法规有助于稳定的投资环境。
- 用于提高石油和天然气采收率的二氧化碳应有税收奖励。



资料来源：EIA，2006年国际能源展望，参考案例/NPC全球石油和天然气研究估计。

图 ES-15. 为美国推荐的战略效果示意图

推荐的发展策略的潜在影响

美国国家石油委员提出五大核心战略以协助市场迎接能源至2030年及以后所面临的挑战。执行所有推荐的发展策略的潜在影响的说明列于图ES-15。起始是能源环境署的参考案例代表美国液体燃料的需求，所建议的减少需求战略的潜在影响用淡绿色表示。减缓常规资源下降的建议和进一步增强能源供应的多样化建议的潜在影响用深绿色表示。所推荐策略的综合效应是从2006年到2030年，美国国内需求和供应缺口将缩小三分之一左右，如图所示—改善了能源可用性，可靠性，成本和对环境影响的前景。

考虑到全球能源系统的巨大规模和重大改变所需要的漫长时间，必须从现在起，采取协调一致的行动来落实这些建议，并持之以恒，通过平衡经济，安全与环境目标来促进美国的竞争力。下列报告各章详细阐述了世界综合能源系统的复杂性所带来的挑战以及确保更可靠能源未来的机会。

尾注

1 经合组织（经济合作与发展组织），包括澳大利亚，奥地利，比利时，加拿大，捷克共和国，丹麦，芬兰，法国，德国，希腊，匈牙利，冰岛，意大利，日本，韩国，卢森堡，墨西哥，荷兰，新西兰，挪威，波兰，葡萄牙，斯洛伐克共和国，西班牙，瑞典，瑞士，土耳其，英国和美国。

2 2003年的数据是根据国际能源机构的2005年世界能源展望和环境情报署2006年国际能源展望的评估。

3 截至2005年底，据中国国家统计局报告，3千1百60万辆车和13亿人口。

4 据美国运输统计局估计，2004年美国有1亿3千7百万辆车，而人口为2亿8千1百万人。但遗憾的是美国还有大量卡车/运动型多功能车没有单独报告。比较近似的种类是“其他车辆—两轴四轮”，将有9千2百万辆，这样美国“客运车辆”的总数为2亿2千8百万辆，比例为每10人8辆客车。

5 “一次能源”是指一种能源的首次使用。举例来说，煤炭可以通过燃烧而产生电力。在生成和传递电力给终端用户的过程中能源会有损失，这样最终电力的能源价值就会小于煤被燃烧时的初始能源价值。在这个例子中，煤炭是一次能源，而不是最终使用的电。

6 美国农业部和能源部2005年4月“十亿吨研究”—生物质作为生物质能源和生物制品业的原料：每年提供10亿吨生物质的技术可行性研究。网址：<http://www.osti.gov/bridge>

7 据美国地质调查局1974年的最近研究,美国煤储量可维持约240年。而就在本报告发表之前,美国国家科学院发表了一份报告认为经济可采煤的储量,可能低于1974年美国地质调查局的数字,以现有的煤耗率大约可维持100年。

8 请查阅本报告第4章,地缘政治,“新的贸易格局”章节。

9 见石油输出国家组织秘书处2007年世界石油展望,尤其是第2页,第7页和第8页。

10 国际能源机构2006年世界能源展望,第12章,315页。

11 请查阅本报告所附的技术发展专题报告,F节。

12 西柏尼尔平台,1979年发现,1997年开始生产,每天产量为18万桶。网址, <http://www.hibernia.ca>

13 雷马平台,1999年发现,设计容量为每天25万桶。网址, <http://www.bp.com>

14 根据亚利桑那州炼油公司新的炼油厂申请报告估计,网址, <http://www.arizonacleanfuels.com>

15 美国油气管道协会。

16 国家石油委员会,平衡天然气政策,2003年。

17 例如,请查阅美国国会研究服务中心2006年发表的*上世纪80年代原油暴利税-现行能源政策的蕴涵*,网址, http://nationaljournal.com/policycouncil/energy/legnar/031406CRS_Crude.pdf。

18 请查阅本报告的第三章,技术,“运输效率”的章节。技术转化在何种程度上减少燃油消耗取决于几大因素,包括成本,消费者的喜好,可用性,部署和时机。

19 假定目前的燃料经济性标准到2030维持不变,2030年每天潜在节约燃油为300至500万桶。

20 基准预测摘自能源情报署,2007年年度能源展望和至2030年预测,表2,2007年2月, http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/excel/aeotab_2.xls; 能源节约估计取自于几项研究包括由Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz 和 Harry Misuriello在2005年7月联合起来节省能源上发表的*建立在成功之上,减少建筑物能源政策*。“可实现”用在这里是指现有措施通过合理的努力在合理的舒适度减少的前提下,如果有的话,可以实现的能源节约。

更多的讨论可查阅, *国家能源效率之行动计划*,网址, <http://www.epa.gov/cleanrgy/actionplan/eeactionplan.htm>7。

21 摘自Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz 和 Harry Misuriello在2005年7月联合起来节省能源上发表的*建立在成功的基础上,减少建筑物能源政策*。第18-

19页。关于遵守守则研究的编辑,请查阅美国能源部的*基准研究*,网址为(http://www.energycodes.gov/implementation/baseline_studies.stm)。阿肯色州报告显示100家抽样调查有36家的空调不符合州能源守则的要求。

22 摘自Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz 和 Harry Misuriello在2005年7月联合起来节省能源上发表的*建立在成功的基础上,减少建筑物能源政策*,第24页。

23 额外的节能请查阅由 Steven Nadel, Andrew deLaski, Maggie Eldridge, 和 Jim Kleisch的文章, *引领可持续发展之路新型电器和设备效率标准*,2006年3月,网址: <http://www.standardsasap.org/a062.pdf>。

24 摘自2004年能源部带宽化学研究;2006年能源部在石油炼制过程中的能量带宽;2006年美国化学工程师学会纸浆和造纸工业能量带宽研究。

请查阅2007年5月麦肯锡全球研究所发表的*遏制全球能源需求的增长:能源生产力机会*。

25 “热电联产”,是指利用发电余热来满足系统或建筑物供热需求。这个组合通常被称为“(利用)废热(同时发电)发电”,结果比分开发电和供热的效率要高得多。

26 请查阅本报告的第三章,技术,“常规油”章节,内含有关可提高常规油气采收率的潜在技术的详细讨论。

27 “贫井”是指日产量少于10桶的油井。

28 美国农业部和能源部2005年4月“十亿吨研究”-生物质作为生物能源和生物制品业的原料:每年提供10亿吨生物质的技术可行性研究。网址: <http://www.osti.gov/bridge>

29 请查阅 www.energycommission.org/files/content-Files/report_noninteractive_44566feaabc5d.pdf 第4页。

30 据能源情报署统计2006年伊朗的石油出口为每天250万桶。

31 美国劳工部:“找出并解决美国能源工业的劳动力短缺挑战,”总统的高增长行业就业培训倡议,美国劳工部就业培训管理局(2007年3月)。

32 据荷兰环境评估机构初步估算,中国2006年二氧化碳总排放量超越了美国。更多信息请查阅 <http://www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/moreinfo/Chinainsecondposition.html>。

33 根据美国地质调查局1974年的调查,美国国家科学院最近一项研究表明美国经济可采煤炭资源可能只有约40%的美国地质调查局估计。

34 根据能源情报署美国2004年一千兆瓦燃煤电厂和2090兆瓦燃煤发电所产生的每天15万桶超临界二氧化碳。

