

国外油气勘探开发新进展丛书

GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU



# 石油 —— 世界石油工业综述

(第六版)

# Oil An Overview of the Petroleum Industry Sixth Edition

[美] 罗伯特·格雷斯 著  
冷鹏华 刘胜英 译



石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书(八)

# 石油——世界石油工业综述

(第六版)

[美] 罗伯特·格雷 著  
冷鹏华 刘胜英 译

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书简要地介绍了世界石油工业的发展历程以及石油的形成、勘探、钻井、开采与运输过程。

本书可供能源行业的管理人员、技术人员与研究人員，以及高等院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

石油：世界石油工业综述 / (美) 罗伯特·格雷斯著；冷鹏华，刘胜英译. —北京：石油工业出版社，2012. 1

(国外油气勘探开发新进展丛书·第8辑)

原文书名：Oil - An Overview of the Petroleum Industry

ISBN 978 - 7 - 5021 - 8804 - 7

I. 石…

II. ①罗…②冷…③刘…

III. 石油工业 - 工业史 - 世界

IV. F416. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 235027 号

Copyright © 2007 by Gulf Publishing Company, Houston, Texas.  
This book was originally published as Oil—From Prospect to Pipeline in 1958 by Gulf Publishing Company. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form without the prior written permission of the publisher.

本书经美国海湾出版公司 (Gulf Publishing Company) 授权翻译出版发行，中文版权归石油工业出版社所有，侵权必究。

版权合同号：20082828

---

出版发行：石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址：www. petropub. com. cn

编辑部：(010) 64523562 发行部：(010) 64523620

经 销：全国新华书店

印 刷：石油工业出版社印刷厂

---

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本：1/16 印张：6. 25

字数：140 千字

---

定价：38. 00 元

(如出现印装质量问题，我社发行部负责调换)

版权所有，翻印必究

# 《国外油气勘探开发新进展丛书（八）》

## 编 委 会

主 任：赵政璋

副 主 任：赵文智 张卫国

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 纪 王平双 刘德来

何保生 何顺利 冷鹏华

张仲宏 张烈辉 周家尧

顾岱鸿 章卫兵

## 序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

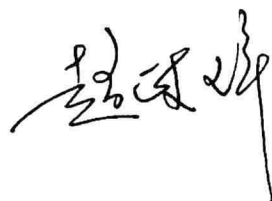
从2001年起，在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了7辑40多本专著。在这套系列丛书中，有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所亟需。这些译著发行后，得到了企业和科研院校广大生产管理、科技人员的欢迎，并在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。部分石油单位统一购买并配发到了相关的技术人员手中，例如中国石油勘探开发研究院最近就购买了部分实用手册类图书配发给技术骨干人员。同时中国石油总部也筛选了部分适合基层员工学习参考的图书，列入“千万图书送基层，百万员工品书香”活动的书目，配发到中国石油所属的基层队站。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可，三次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，产生了很好的社会效益。

2010年在前7辑出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《海上井喷与井控》、《天然气传输与处理手册》、《石油（第六版）》、《气藏工程》、《石油工程环境保护》、《现代石油技术（卷一：上游）（第六版）》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁



## 译者前言

自从 1859 年 8 月 28 日在美国宾夕法尼亚州钻出世界上第一口油井从而开创了现代石油工业的先河以来，经历了 150 多年，世界石油工业发生了翻天覆地的变化。尽管现今世界石油储量出现上升减缓的趋势，但是世界的石油资源仍然具有巨大的勘探潜力，受到越来越多的关注。

罗伯特·格雷斯所著的《石油——世界石油工业综述》在实际资料、内容编排和写作风格等方面都是具有鲜明特色的一本石油专著。它以简明而生动的语言和图表深入浅出地介绍了石油工业的发展、石油的起源、开采与运输等。全书分五部分，第一部分简要地介绍了世界石油工业的发展历程及石油资源的重要意义；第二部分介绍了石油的形成过程和机理，以及勘探方法；第三部分介绍了海洋和陆地上石油钻井的过程；第四部分介绍了采油工程及石油储运；第五部分是附录，包括常用英文缩写、主要地层术语、租约和契约样本以及主要石油词汇。希望这本书能为关注石油工业发展的人们提供一些基本知识，开阔视野，增进对石油资源的认识和深入了解。

冷鹏华负责第一部分、第二部分、第三部分、附录 A、附录 B、石油词汇的翻译；刘胜英负责第四部分和附录 C、附录 D 的翻译工作。

在本书的翻译和出版的过程中，得到石油工业出版社，东北石油大学白新华教授、杜洪烈教授，吉林大学曹成润教授和大庆油田勘探开发研究院有关领导与专家的大力支持与帮助，在此表示衷心感谢！

由于水平有限，译文之中难免出现不当之处，敬请读者批评指正。

译者

2011 年 5 月

# 前 言

本书对石油工业进行了简要介绍。很明显，这本书所涉及的任何主题，几乎都可以写成比这本书篇幅长得多的一本书。然而，本人还是希望通过这本书能够使读者基本了解石油工业，以及相关工作的原理、宗旨及其完成方式。我还希望读者能对生产每一加仑用于驱动汽车或房屋取暖的汽油所需要的大量专业知识、工程、科学技术有一个真实的认识。

石油工业是一个极其引人注目的行业！该行业遍及全世界，在最恶劣的环境中作业。已经开发出了令人惊奇的工具，这些工具能够完成难以想象的任务。为了开采石油和天然气，钻井的深度超过了5英里，甚至在深度达到2英里的海洋中开采石油。从井口到汽车或者飞机是一种微妙的供需平衡关系。能源工业值得我们给予高度的关注和诚挚的敬意。它使我们的汽车奔驰，送孩子们上学，载我们去上班。如果没有能源，其后果将不堪想象。可以肯定地说，我们将全部步行，或者骑自行车，或者骑马。

本书的第一版是在1958年出版的，是在半个世纪之前。我于1959年大学预科毕业，并在几年后开始了我在石油行业中漫长的工作生涯。

我出生时，我的父亲是钻井队的一名钻井工人。当时85%的俄克拉何马州当地居民依靠石油工业谋生，我在这种环境中长大。所以，基本上我的一生注定是从事石油行业的工作。

我从未梦想过，能够活着看到本书第一版出版之后石油工业发生的翻天覆地变化。在20世纪60年代，汉勃石油公司（Humble Oil）（现在为埃克森公司）的一位董事告诉我，石油的价格永远不会超过每桶3.15美元！此后，石油价格飞涨，远远超出了人们的想象！

我所从事的能源工业是世界上最佳的行业。它拥有世界上首屈一指的基础设施！而后，在20世纪80年代早期油气价格失去控制，石油工业基本遭到摧毁。我们至少失去了50万名工人，他们再也未能重操旧业。当时汽车制造业已经替代了石油工业，政府不得不进行干预并且挽救我们。但是，事实并非如此。有一段时间，20世纪80年代中期，休斯敦地质家们的最大雇主是Yellow Cab公司！

我们已经看到国内工业的衰退和国际工业的兴起。在20世纪80年代早期之后，能源价格出现不切实际的低迷。因此，美国变成了最大的能源消费国。由于对能源的依赖和无限的需求，美国已经受到石油输出国的束缚。

在 1981 年危机之后的 20 年期间，无人愿意从事石油行业的工作。如果有人想贷款从事与能源相关的交易，银行家将给予支持。当时石油工程学校的学员寥寥无几。没有一个大公司进行职员培训。每个大公司都在缩小规模或者完全售出。当我于 1965 年从俄克拉何马大学毕业时，从未想到诸如阿莫科公司（Amoco）、海湾加拿大资源公司（Gulf）和莫比尔石油公司（Mobil）等公司会倒闭！

现在，对石油的需求正面临着石油供给的严峻挑战，并且并且石油价格极不稳定。而美国正沉溺于能源消耗。我们的人均能源消耗要比地球上任何一个国家的人均能源消耗多得多。因此，我们受到不稳定供给和价格的冲击最严重！然而，我们的生产设施正在消失！公民们相信会有人力挽狂澜，确保我们对能源的需求。但是，我们却无能为力。事实上是本国石油工业仅仅控制着我们所消耗能源的一小部分。余下的，则在许多与我们不友好的国家或地区的掌控之中。

因此，至关重要的是我们国家的每个公民应该具有能源工业的基本知识。我希望这本书能够提供这些基本知识。如果没有大量的能源供给，我们伟大的国家将不复存在。对于子孙后代来说，要想一直保证能源供给，将面临巨大的挑战。



# 目 录

1 世界石油 .....	(1)
2 石油的起源 .....	(19)
3 石油的开采 .....	(28)
4 生产与油藏工程 .....	(46)
附录 A 编制石油报告使用的英文缩写词 .....	(52)
附录 B 区域地层术语 .....	(57)
附录 C 租约和契约样本 .....	(73)
附录 D 能量换算 .....	(79)
石油词汇 .....	(80)

# 1 世界石油

本书对炼油和销售之外的石油行业进行了简要综述。它不是一本技术专著，而是一本对石油工业知识感兴趣的人们的启蒙读物。

将我在1975年编写第三版时的预言，与现在发生的事情对比一下，感觉很有趣。后来，我开始审视过去的预测结果，并预测未来我们大家究竟能做些什么。将来也许有人能知道我的预测结果对与错，可是到了那个时候，我或许已经离开人世，或许苍老到无法关注这一问题。

本书从第一版到第三版经历了17年的时间，从第三版到目前的第六版又过去了31年。在后来的31年中，世界石油工业发生了太多的变化——比我曾经梦想会看到的那些变化要多得多。1975年美国坦尼克公司（Tenneco）是国内石油行业中的一家大企业，可现在几乎没有人能记起它的名字。有谁会相信阿莫科公司、海湾加拿大资源公司和莫比尔石油公司会倒闭？而苏联随着柏林墙的倒塌而解体。

纵观能源工业，“繁荣”与“萧条”永远是交替出现的——好花不常开，好景不常在。记得我小的时候，总是喜欢漫步在俄克拉何马中部的原野上，倾听父辈们讲述石油城的兴起与消失。那些新兴的石油城曾经是一片片未开垦过的荒芜土地！

20世纪70年代早期就出现了石油工业史上最大的繁荣与萧条循环开始的迹象。1981年在美国有4500多部钻机在作业。“繁荣”过后是“萧条”，到了20世纪80年代中期，石油工业跌入了我们曾见过的最低谷。据说休斯敦地质家的最大雇主是Yellow Cab。据估计当时有50多万人失业。在1975年之后的31年期间，我们见证了世界闻名的最好的、最有实力的产业之一发生了转变！

能源工业一直处在渺无希望的低谷，直到最近才有转机。就是在2006年，才终于迎来了另一个“繁荣”期。石油价格达到了每桶75美元，天然气价格超过了每千立方英尺10美元<sup>①</sup>，汽油价格在全美国已攀升到了每加仑接近3美元。

这一切对平民有什么意义呢？未来我们、我们的孩子和我们的子孙后代又能拥有什么呢？

没错儿，文明社会的进步与能源及其可用性紧密相连。能源的开发已经照亮了人类文明的进程。大约100年前，能源的主要来源就变成了烃类——石油和天然气。过去的100年间人类的生活质量是有史以来最高的。经济繁荣与能源消耗是一对孪生兄弟。

2006年的美国是人们曾见到过的世界上最繁荣的国家，它也是世界上最大的能源消费国。美国现在有3亿人口，占世界人口总数60亿人的4.5%。而美国的能源消耗量大约是世界能源总消耗量每天 $8300 \times 10^4 \text{ bbl}$ <sup>②</sup>的25%。可见，美国是如此依赖能源！

① 原文为每百万立方英尺10美元——译者注。

②  $1 \text{ bbl} = 0.159 \text{ m}^3$ 。

目前,美国的能源形势严峻,加上政治形势的影响,就更加糟糕。诉讼和诉讼兆头阻碍了勘探和开发的进展。在一个案例中,我亲眼看见俄克拉何马州的一次法庭裁决中陪审团判给一个农场主因为大约1英亩<sup>①</sup>干旱土地而得到500万美元赔偿,而这块土地的价值决不会超过几美元。这是令人沮丧的。

当时,环境保护论者和自由主义政客还成功地阻止了在该国家许多地区内进行勘探和钻井。“不许在东海岸钻井,不许在西海岸钻井,不许在佛罗里达钻井,不许在阿拉斯加钻井”以及“不许在我的后院钻井”似乎是这些环境保护者的口号。几年前我和山岳俱乐部的一个成员参加了一次现场访谈节目。这次讨论的主题是关于在莫比尔湾钻井的问题。当然,山岳俱乐部的代表是反对钻井的。最后,仲裁人询问山岳俱乐部的代表,是否存在石油工业能够说或者做的任何事情,可以满足他所关注的问题或者将改变他的立场。他毫不犹豫地回答,“没有!”令人遗憾的是,即使有的话,正如历史已经证实对环境没有长期的影响,仅仅是一代或者不太长时期的不便之处。

我在俄克拉何马州长大,并且在我们的后院都有油井。现在,这些油井随同足迹一道消失了,这并未使我们感到伤心。比以往任何时候有更多的鹤鹑和鹿,淡水层没有遭到破坏,农场很兴盛。这个世界因为有了能源而变得更加美好、更加繁荣。

世界上220个国家和地区使用石油,但大量生产石油的国家和地区只有42个,大量出口石油的国家仅有38个。必然得出的结论是:世界上剩余油大多数存在于伊斯兰国家,主要在中东地区。

令人遗憾的是,油气资源是有限的。石油和天然气是化石燃料,本质上是天然形成的,这种有限的资源总有一天要枯竭。正如捕杀鲸鱼致使鲸鱼的数量减少导致鲸油的供给量枯竭一样,钻探和开采油气资源的结果也会使未来油气资源的供给量逐渐减少乃至枯竭。从开始到现在,世界上已经有大约 $1 \times 10^{12}$  bbl的原油被用掉。据美国地质调查局和能源信息署的研究结果,世界剩余待开采的石油约有 $2 \times 10^{12}$  bbl。目前全世界每天消耗石油 $8300 \times 10^4$  bbl,相当于每年消耗石油 $303 \times 10^8$  bbl,除此之外,人们还迫切要求石油的年平均增长率保持在2%左右。

迄今为止在人类历史上,石油已经供过于需求,且供需平衡,但生产能力增长的空间却越来越小。廉价而丰富的能源时代已经远去,可能一去不复返。过去,油价受到石油输出国组织(OPEC),主要是沙特阿拉伯的控制。如果油价过高,沙特阿拉伯会增加原油产量,于是油价就会跌下来;如果油价过低,沙特阿拉伯会压缩生产,于是油价又会涨上去。而现在,油价受华尔街投机商的影响要比受自由市场供求规律变化的影响大得多。

写这本书的时候,也就是2006年初,全世界原油闲置生产能力仅有 $200 \times 10^4$  bbl/d,并且几乎都在沙特阿拉伯。此外,由于环境气候的原因,这个国家在近30多年内没有建造任何炼油厂。我们目前的炼油能力已大大超过90%。不用担心供过于求,即使是在伊拉克战争期间,炼油厂仍在生产,遭遇了卡特里娜飓风,可油价却升到了75美元/bbl以上。

依我看,油价目前应该处在每桶40~50美元。2004年2月油价低于每桶30美元,而且基本市场力量上没有任何变化。但是,金融市场中的恐惧和迷信推动油价上升到不切实际的

① 1英亩=4046.86m<sup>2</sup>。

高度。如果伊拉克能够不断克服国内问题，它的确具有匹敌于沙特阿拉伯石油产量和生产能力增长空间的储量和潜力。但是，在消除我们的担心之前，美国必须建立一个能够扩建炼油规模和更新炼油装置的环境。

我最关注的问题是，已经把市场抬升到如此高度的那种疯狂，又随时都可能把市场抛入不可理喻的低谷。正如附录资料所述，国内生产活动受油价变化的影响。如果油价跌入不可理喻的低谷，那么，投入的作业量也会降至最低。之后，每当世界经济不再下滑的时候，我们会进入另一个繁荣—萧条时期。如果处于经济萧条时期，所有钻机将停产，勘探活动也会停止，处于等待另一个经济繁荣—萧条期出现的阶段。

在 20 世纪 70 年代中期，美国的生产能力达到顶峰，之后，就开始下降。此外，美国对石油的需求继续增长。因此，美国必须进口越来越多的石油以满足对能源的需求。幸运的是，一些国家的石油产量多于其需求量，美国能够买到和进口到所需要的石油。目前，美国的石油产量略高于  $500 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ ，进口量略高于  $1400 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 。

过去，海上勘探一直限于几百英尺的水体深度。最近几年，我们掌握了在 10000ft 水深条件下的勘探技术，特别是在墨西哥湾深水中的发现激动人心，并将真正地增加美国的生产能力和石油储量。例如，英国石油公司（BP）目前正在开展桑德霍斯项目。预计该项目将使日生产能力增加 100 多万桶，并且能补充美国的石油储量。此外，沿相同走向还有几个潜力更大的油气田。然而，这些地区的深海作业成本每天超过 100 万美元，使石油的勘探和生产成本高昂。这类发现能够大幅度降低美国石油产量递减速度，但是不期望得到相反的结果。

然而，世界石油生产能力，像美国在 20 世纪 70 年代那样的日子将很快来临，达到顶峰并开始下降。什么时候发生？会产生什么样的影响？未来要把握什么？据我看来，大多数情况既不乐观，也不沮丧。然而，有些情况肯定会交替出现并且发生变化。我在本章附录中收入了许多图表（表 1. A1，图 1. A1 ~ 图 1. A11），希望有助于更好地认识过去。

未来能够把握什么？如果说我了解预测的话，那就是预测结果极少有准确的。当我于 20 世纪 60 年代中期刚刚走出校门的时候，前汉勃石油公司——现在的埃克森公司的一名董事会成员告诉我们，石油的价格决不会超过每桶 3.15 美元，而我们恰恰得学会怎样依靠它来生活。后来，在 20 世纪 70 年代，随着油价攀升，埃克森公司预测油价将达到每桶 100 美元。此后不久，油价开始下跌，几乎跌到每桶 10 美元。

到写这本书时止，我们的总统在最近的几次讲话中说“我们的国家正处在重大技术突破之际，这些技术突破必将震惊大多数美国人”。他似乎确信一些技术突破将有助于美国不依靠外国石油。我们将看到这一切！

然而，随着时间的流逝，这些数字变得模糊了。据 2005 年资料，世界上大约有 60 亿人口，并且现在（2006 年）每天大约消耗  $8300 \times 10^4 \text{ bbl}$  ( $35 \times 10^8 \text{ gal}$ ) 石油。美国的每一个男人、女人和孩子几乎每天消耗 3gal 石油，而世界其他地区的平均消耗量是每人每天不到 0.5gal 石油。消耗量仅次于美国的是加拿大，平均每人每天消耗 2.6gal 石油，澳大利亚平均每人每天消耗 2.2gal 石油。据 2002 年资料，沙特阿拉伯和荷兰属于相同类型，平均每人每天消耗 2.5gal 石油。

据美国人口调查局统计，到 2050 年世界人口将上升到 90 亿，到 21 世纪末将达到

120 亿。所有这些人消耗能源的数量将不断增加。随着世界经济越繁荣昌盛，人们对能源的依赖程度就越增加。如果他们像美国人那样大量消耗能源时，我们将全部陷入彻底的麻烦之中。

正像美国在 20 世纪 70 年代石油产量达到高峰而后下降那样，世界石油产量也将达到高峰而后开始下降。什么时候出现石油产量高峰？计算方法相当简单。如果美国地质调查局 (USGS) 的估计是准确的，那么，全世界剩余油还有  $2 \times 10^{12}$  bbl，而我们现在每天用掉  $8300 \times 10^4$  bbl，在下一个 66 年内或到 2072 年时产量达到高峰，而后结束，石油需求没有绝对增长。

更准确的说，2000 年美国地质调查局 (USGS) 公布了世界石油和天然气资源量的最佳估算结果。能源信息署 (EIA) 继 1974 年金·哈伯特研究以来进行了第一次联邦政府分析。后来未发生任何影响该研究成果的事件，在 2003 年 4 月出版的《海上杂志》或网站可以找到这一信息。

根据那项研究，石油产量将在需求量增长较大的 2021 年与需求量零增长的 2112 年之间达到高峰。在这两种情况下，2050—2100 年都没有有意义的石油供给。图 1.1 给出了典型情况。如图 1.1 所示，假设石油需求年增长率为 2%，那么，按储采比平均期望值计算，现在石油需求量约为  $300 \times 10^8$  bbl/a，到 2037 年将增长到  $600 \times 10^8$  bbl/a。在达到最大需求量之后，假定储采比保持不变，直到 2125 年左右储量枯竭为止。如图 1.1 中曲线所示，在 2037 年之后，由于我们不能产油，世界的石油消耗量将被迫下降。依我看，到那个时候，油价可能会真的涨疯了。

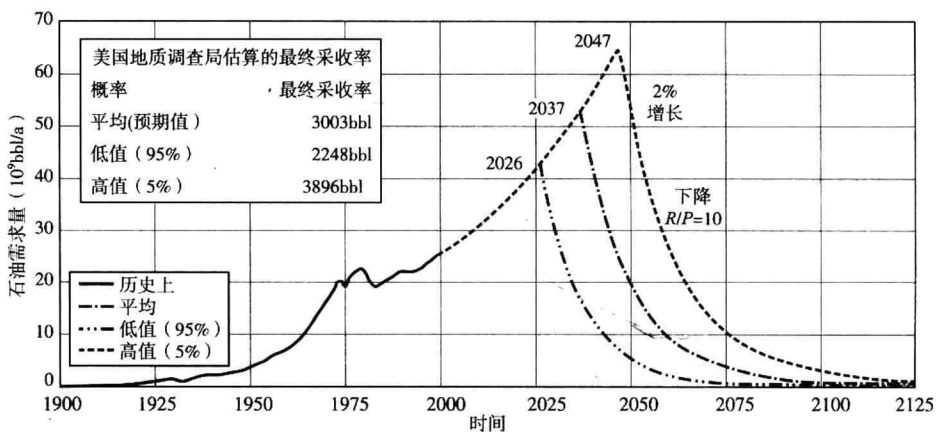


图 1.1 石油需求增长变化趋势 (John H. Wood, Gary R. Long, David F. Morehouse, “世界常规石油供应量预计到 21 世纪达到高峰值”, *Offshore*, 2003 年 4 月)

来源: 能源信息署

为了获得世界石油需求总量，将美国的需求量加到美国地质调查局 (USGS) 估算的除美国以外的其他国家的石油需求量之中

给定不同的需求增长率值，就可以做出一组需求曲线。然而，当需求增长率取值为零时，这些曲线并无重大差别，曲线的终点落在 22 世纪的上半叶。唯一的区别是，当需求增长率取值较低的时候，产量满足需求的时间会更长一些。例如，当需求增长率取值为零的时候，石油产量会更好满足 22 世纪一定时期的需求，油价也会在相当长的一段时间内处于

中等价位。

当世界石油供给达到高峰时，会发生什么？我们现在从供应量略大于需求量这种情况可以得出一些看法。供应量大于需求量，二者之差有增大的潜力，并且正在增大。可以想象，当这种供过于求的差额没有了，供不应求的差额日益增大的时候，将会怎样？可能会出现价格疯涨！能源势必会向着出价最高一方流动，曲线上价格的尖峰可能会出现疯狂的波动。

但是，据我看来，它完全取决于我们的国家作为能源的领导者和主要消费者所采取的对策以及世界的石油储备情况。当然，石油价格将呈指数增长。替代能源将更具有竞争力，并且它的应用势在必行。自从 20 世纪 80 年代中期以来，石油和天然气在美国能源消耗总量中所占的比例为 63%，这个比例在未来必将减小。

近期，我认为技术进步是对现有系统的改进和完善，不会出现一种重大的能使世界转而应用其他能源系统的技术突破。长远来看，30 年或者更长的时间，谁能断定会开发出什么样的技术。但依我看，在没有重大技术突破的情况下，核能在许多领域必然要替代化石燃料，例如发电。一些专家预测，在未来 30 年内核能的利用率每年将上升 1.4%。

其他能源包括水力、煤炭、生物燃料（如木材和家畜粪便）、风能和太阳能。估算风能和太阳能的利用率在指令和津贴的推动下将以每年 11% 的速度增长，但到 2030 年在总能源供给量中也仅能占到 1%。

在美国，我们必须提高能源的利用效率。现在的美国家庭，每个家庭成员至少拥有一辆车。在大多数城市中每个人驾驶自己的汽车去工作。我总是欣慰地设想，如果唯一的要求是汽车中有二人或多人时，大城市快车道上的汽车会多么少。很难想象大城市的公共交通设施有多么少。这种状况必须改变。遗憾的是，在美国唯一能改变人们的事情是经济。当自驾车费用太高的时候，我们先是抱怨，之后是设法几个人合驾一辆车或乘公共汽车。人们很难知道，有多少事情令人不得不做出痛苦的抉择。最近几个月，实际上汽油已经涨价了，但这对我们的经济还没有产生负面影响，人们还没有开始减少自己的能源消耗量。

在一定程度上，汽油价格影响着消费情况。由于能够买得起能源，使得我们有条件大量地消费能源。20 世纪 60 年代，在我上学期间，汽油价格为每加仑 0.30 美元，大学毕业时我每月差不多挣 800 美元。考虑通货膨胀因素进行调整后，20 世纪 60 年代的汽油价格相当于 2005 年的 1.91 美元，而 2005 年时我每月差不多挣 5000 美元。不必说了，工资增长速度要比汽油价格上涨速度快得多。如果工资与汽油价格的比率等于 75 年之前的水平，那么，那时每加仑汽油的价格应该超过 10 美元。从某种意义上讲，当汽油价格高到买不起的时候，汽油的消费量就会持平或下降。然而，汽油价格到底是每加仑 3 美元还是 5 美元尚不清楚。但是，有一个价格，我们正在接近它，它使我们的社会对能源供给更加保守。

天然气将在许多方面取代石油，汽车能够使用天然气。像在欧洲，高效的柴油发动机将取代汽油发动机。柴油发动机使用的燃料范围要比汽油发动机更加宽泛、更加清洁，更利于环境保护。

力量和财富将从石油输入国戏剧性地转移到输出国。在 20 世纪 80 年代，我参观了阿布扎比的一位朋友的办公室。墙上有两张照片，一张是 60 年代拍的，另一张是 80 年代拍的。在第一张照片中，阿布扎比仅仅是沙漠——帐篷、骆驼和少量现代建筑。而在另一张照片

中,阿布扎比变成了一个大都市!现在这种情景甚至更明显。阿布扎比的新飞机场更是令人惊叹的奇观。

富含石油的国家将变得越来越富有。世界上的力量均衡将向那些具有财富的国家转移。中东的政治将变得越来越复杂,并且受西方的影响越来越小。

在未来30年,将要出现极其有趣的乘车现象。或许一项新发明将改变这一过程,我们将全部驾驶用空气作动力、无任何污染且不断供给动力的汽车。我希望能活着看到这种汽车制造出来。

表 1. A1 世界原油和天然气储量 (2003 年 1 月 1 日)

国家/地区	原油 (10 <sup>9</sup> bbl)		天然气 (10 <sup>12</sup> ft <sup>3</sup> )	
	油气杂志	世界石油	油气杂志	世界石油
百慕大	0.000	0.000	0.000	0.000
加拿大	180.021	5.485	60.118	60.126
格陵兰	0.000	0.000	0.000	0.000
墨西哥	12.622	17.197	8.776	14.985
圣皮埃尔和密克隆	0.000	0.000	0.000	0.000
美国	22.677	22.677	186.946	186.946
北美洲	215.320	45.359	255.840	262.057
南极洲	0.000	0.000	0.000	0.000
安提瓜和巴布达	0.000	0.000	0.000	0.000
阿根廷	2.879	2.820	26.960	23.431
阿鲁巴	0.000	0.000	0.000	0.000
巴哈马	0.000	0.000	0.000	0.000
巴巴多斯	0.003	未单独报道	0.005	未单独报道
伯利兹	0.000	0.000	0.000	0.000
玻利维亚	0.441	0.930	24.000	28.061
巴西	8.322	9.813	8.092	8.370
开曼群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
智利	0.150	0.012	3.460	1.200
哥伦比亚	1.842	1.632	4.507	4.225
哥斯达黎加	0.000	0.000	0.000	0.000

续表

国家/地区	原油 (10 <sup>9</sup> bbl)		天然气 (10 <sup>12</sup> ft <sup>3</sup> )	
	油气杂志	世界石油	油气杂志	世界石油
古巴	0.750	0.510	2.500	0.550
多米尼加	0.000	0.000	0.000	0.000
多米尼加共和国	0.000	0.000	0.000	0.000
厄瓜多尔	4.630	4.621	0.345	0.345
萨尔瓦多	0.000	0.000	0.000	0.000
富兰克林群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
法属圭亚那	0.000	0.000	0.000	0.000
格林纳达	0.000	0.000	0.000	0.000
瓜德鲁普	0.000	0.000	0.000	0.000
危地马拉	0.526	未单独报道	0.109	未单独报道
圭亚那	0.000	0.000	0.000	0.000
海地	0.000	0.000	0.000	0.000
洪都拉斯	0.000	0.000	0.000	0.000
牙买加	0.000	0.000	0.000	0.000
马提尼克	0.000	0.000	0.000	0.000
蒙特塞拉特	0.000	0.000	0.000	0.000
荷属安德列斯群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
尼加拉瓜	0.000	0.000	0.000	0.000
巴拿马	0.000	0.000	0.000	0.000
巴拉圭	0.000	0.000	0.000	0.000
秘鲁	0.323	0.963	8.655	8.620
波多黎各	0.000	0.000	0.000	0.000
圣基茨和尼维斯	0.000	0.000	0.000	0.000
圣卢西亚岛	0.000	0.000	0.000	0.000
圣文森特和格林纳丁斯	0.000	0.000	0.000	0.000
苏里南	0.170	未单独报道	0.000	未单独报道
特立尼达和多巴哥	0.716	0.990	23.450	20.348



续表

国家/地区	原油 (10 <sup>9</sup> bbl)		天然气 (10 <sup>12</sup> ft <sup>3</sup> )	
	油气杂志	世界石油	油气杂志	世界石油
特克斯和凯科斯群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
乌拉圭	0.000	0.000	0.000	0.000
委内瑞拉	77.800	53.130	148.000	149.207
美国维京群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
英国维京群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
未说明的其他国家	不适用	0.433	不适用	0.004
中美洲和南美洲	98.551	75.854	250.083	244.360
奥地利	0.086	0.084	0.844	0.812
比利时	0.000	0.000	0.000	0.000
波斯尼亚和黑塞哥维那	0.000	0.000	0.000	0.000
克罗地亚	0.092	0.093	1.237	1.158
丹麦	1.347	1.834	2.975	4.191
法罗群岛	0.000	0.000	0.000	0.000
芬兰	0.000	0.000	0.000	0.000
前南斯拉夫	不适用	不适用	不适用	不适用
法国	0.148	0.150	0.506	0.513
德国	0.342	0.274	11.294	8.486
德意志民主共和国	不适用	不适用	不适用	不适用
德意志联邦共和国	不适用	不适用	不适用	不适用
直布罗陀	0.000	0.000	0.000	0.000
希腊	0.009	未单独报道	0.018	未单独报道
冰岛	0.000	0.000	0.000	0.000
爱尔兰	0.000	未单独报道	0.700	未单独报道
意大利	0.622	0.745	8.000	7.872
卢森堡	0.000	0.000	0.000	0.000
马其顿	0.000	0.000	0.000	0.000
马耳他	0.000	0.000	0.000	0.000