

天然气经济学

白兰君 编著

Natural Gas

E C O N O M I C S

石油工业出版社

天然气经济学

白兰君 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书阐述了天然气作为重要的能源,在社会经济生活中及政治上的地位和作用。结合国内外天然气能源、产业的特点及风险性,对天然气经济规制的宏观、微观学进行了详细深入的分析与探讨,并对今后我国天然气市场的培育和开拓提供了重要的资料和思路。

本书适用于目前西部大开发的技术人员及有关专业、院校的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

天然气经济学/白兰君编著.

北京:石油工业出版社,2001.9

ISBN 7-5021-3472-7

I. 天…

II. 白…

III. 天然气-资源经济学

IV. F407.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 050457 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 23 印张 587 千字 印 1—1800

2001 年 9 月北京第 1 版 2001 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3472-7/TE·2574

定价:55.00 元

序

经济学(Economics)是研究人类社会在各个发展阶段上的各种经济活动和各种相应的经济关系及其运行、发展规律的科学。经济学是对人类各种经济活动和各种经济关系进行理论的、应用的、历史的以及有关方法的研究的各类学科的总称。经济学又可称为经济科学(Economic Sciences)。

经济活动是人们在一定的经济关系的前提下,进行生产、交换、分配、消费以及与之有密切关联的活动,在经济活动中,始终存在以较少耗费取得较大收益的问题。

经济关系是人们在经济活动中结成的相互关系,在各种经济关系中,占主导地位的是生产关系。

经济一词,在西方,源于希腊文 Oikonomia,原意是“家计管理”。古希腊哲学家色诺芬的著作《经济论》中论述了以家庭为单位的奴隶制经济的管理,这和当时的经济发展状况是适应的。

在中国古汉语中,早有“经济”一词,是“经邦”和“济民”、“经国”和“济世”,以及“经世济民”等词的综合和简化,含有“治国平天下”的意思。内容不仅包括国家如何理财、如何管理各种经济活动,而且包括国家如何处理政治、法律、教育、军事等方面的问题。例如在成都市南郊的“武侯祠”诸葛亮殿内,有这样一副对联:“经济自清心寡欲中得来 文章与伊训说命相表里”,显然,这里的“经济”是指“经邦济世”的经纶之才。包括在“经世济民”内的“经济”一词,很早就从中国传到日本。西方经济学在 19 世纪传入中、日两国。日本的神田孝平(1830~1898)最先把 Economics 译为“经济学”;中国的严复则译为“生计学”。到 1903 年以后,中国学者才逐渐采用“经济学”这个学科名称。

马克思主义的理论经济学,一般称为政治经济学。关于它的对象,在马克思主义经济学家中间,虽然也有一些不同看法,但多数认为它是研究人类社会各个发展阶段上的生产关系体系,即在一定的生产资料所有制前提下包括生产、交换、分配、消费诸关系在内的经济关系及其发展规律的科学,在阶级社会里,政治经济学的任务在于揭露各个阶级社会的阶级剥削。有的则认为它研究人类社会各个阶段上生产方式的发生、发展以及灭亡的规律,因此,它既要研究生产关系,也要研究与之相结合的社会生产力的性质、状况及其发展规律。事实上,就是主张政治经济学研究生产关系的经济学家,也不把生产关系作为孤立的研究对象,而是同社会生产力结合起来研究。

以理论经济学为基础的应用经济学,它的研究对象是国民经济各个部门的经济活动(如农业、工业、商业等)、或涉及各个部门而带有一定综合性的专业经济活动(如经济计划、财政、货币、银行等)、或单个经济单位的经济活动(如企业的经营管理)及其相应的经济关系。应用经济学就是要研究这些经济活动和经济关系的特殊规律性。

经济学作为多种经济学科的总称,除了理论经济学与应用经济学外,还包括其它许多门

类和分支，它们也都有各自的研究对象。

下面是经济学科分类表。

经济学科分类表

理论经济学 (一般经济理论)	宏观经济学	经济增长理论 经济周期理论 发展经济学
	微观经济学	供求价格平衡理论 消费者行为理论 成本、产量、价格理论 分配理论 福利经济学
	经济史 经济数量的分析、计量方法	数理经济学 经济数学 经济统计学 经济计量学
应用经济学	以国民经济个别部门的经济活动为研究对象的学科	农业经济学、工业经济学、建筑经济学、运输经济学、商业经济学
	以涉及个别部门带一定综合性的专业经济活动为研究对象的学科	计划经济学、劳动经济学、财政学、货币学、银行学等
	以地区性经济活动为研究对象的学科	城市经济学、农村经济学、区域经济学(经济地区规划、生产力布局)等
	以国际间的经济活动为研究对象的学科	国际经济学及其分支:国际贸易学、国际金融学、国际投资学等
	以企业经营管理活动为研究对象的学科	企业管理、企业财务、会计学
	以与非经济学科交叉联结的边缘经济学科,主要研究这些非经济领域发展变化的经济含义、经济效益、社会效益,从中找出它们的规律性	人口经济学、教育经济学、经济法学、卫生经济学、生态经济学、或环境经济学、社会经济学、经济地理学、国土经济学、资源经济学、技术经济学

天然气经济学属于应用经济学的范畴。应用经济学主要指应用理论经济学的基本原理研究国民经济各个部门、各个专业领域的经济活动和经济关系的规律性,或对非经济活动领域进行经济效益、社会效益的分析而建立的各个经济学科。它大体上可分为如下几个分支:

(1) 以国民经济个别部门的经济活动为研究对象的学科,如农业经济学、工业经济学、建筑经济学、运输经济学、商业经济学等。

(2) 以涉及国民经济各个部门而带有一定综合性的专业经济活动为研究对象的学科,如计划经济学、劳动经济学、财政学、货币学、银行学等。

(3) 以地区性经济活动为研究对象的学科,如城市经济学、农村经济学、区域经济学(经济地区规划、生产力布局)等。

(4) 以国际间的经济活动为研究对象的学科,如国际经济学及其分支:国际贸易学、国际金融学、国际投资学等。

(5) 以企业经营管理活动为研究对象的学科,如企业管理、企业财务、会计学、市场(销售)学等。

(6) 与非经济学科交叉联结的边缘经济学科, 如与人口学相交叉的人口经济学; 与教育学相交叉的教育经济学; 与法学相交叉的经济法学; 与医药卫生学相交叉的卫生经济学; 与生态学相交叉的生态经济学或环境经济学; 与社会学相交叉的社会经济学; 与自然地理学相交叉的经济地理学、国土经济学、资源经济学; 与技术学相交叉的技术经济学等。这些边缘经济学科主要研究这些非经济领域发展变化的经济含义、经济效益、社会效益, 从中找出它们的规律性。

应用经济学的分支学科, 无论在资本主义国家还是在社会主义国家, 都是适应社会经济发展的需要而不断扩展、不断充实的。应用经济学的发展, 离不开社会经济实践, 离不开理论经济学的指导, 但它们的发展反过来又丰富了理论经济学的内容, 起着指导实践的作用。

天然气经济学并不能简单地在上述分类中对号入座。天然气经济学既以国民经济中天然气这个部门的经济活动为研究对象, 同时又以天然气企业的经营管理活动为研究对象; 天然气经济学是与其它非经济学科交叉联结的边缘学科, 但又不详细地介绍和论证这些边缘学科的内容, 它只以天然气企业的经营活动为主线介绍和论证其经营活动中的基本规律, 是与其它非经济科学相结合的边缘学科的主要创新成果。

天然气经济学是以天然气企业的经营活动为主线, 运用与其它非经济科学相结合的边缘学科的研究方法和主要创新成果, 介绍和论证其经营活动中的基本规律的一门崭新的经济学分支。其主要研究对象是天然气企业的经营活动和其应当遵守的基本规律。主要研究方法是与其它非经济科学相结合的边缘学科的研究方法。

天然气企业的经营管理活动和基本经济规律与该产业的主要劳动对象和产出物——天然气的特性密切相关。

天然气是地壳中以烃类为主的天然气体。在石油地质学中, 通常多指油气田气, 即狭义的天然气。这种天然气在成分上以烃类为主, 含有一定的非烃气体。非烃气体大多与烃气伴生, 但在某些气藏中可以成为主要组分, 形成以非烃气体为主的气藏。广义的天然气是指自然界存在的一切气体, 包括岩石圈中各种自然过程形成的气体, 如煤成气、泥火山气和生物生成气等。自然界中气体的生成作用十分广泛, 可以是有机质的降解和裂解作用、岩石变质作用、岩浆作用、放射性作用以及热核反应等。在自然界里, 很少有成因单一的气体单独聚集, 而往往是不同成因的气体的混合。

天然气的产出类型依天然气存在的相态可分为: 游离态、溶解态、吸附态和固态气水合物。依天然气分布的特点可分为聚集型和分散型。只有游离态的天然气经过聚集形成天然气藏。

天然气的主要成分是烃类, 其中以 CH_4 (甲烷) 为主, 含少量的 C_2H_6 (乙烷)、 C_3H_8 (丙烷)、 C_4H_{10} (丁烷)、 C_5H_{12} (戊烷) 和 C_6H_{14} (己烷) 等, 一般碳数越大, 含量越少, 有时还含有非烃气体, 常见的有 N_2 、 CO_2 、 H_2S , 还有 CO 、 SO_2 、 H_2 、 Hg 等, 以及痕量到微量的惰性气体氦、氖、氩、氪、氙、氡等。

天然气在地下深处, 常常处于高温高压下, 当温度超过临界温度时, 不论压力有多大, 都不能使气态物质凝结为液态。这种在高温高压下, 液态烃反而变成气态的现象, 称做逆蒸发。开采气体时, 温度和压力降低, 气态烃反而凝结为液态, 称做逆凝结。所谓临界温度, 就是指气相物质能够维持液相的最高温度。高于临界温度时, 不论压力多大, 都不能使气态

物凝结为液态。在临界温度时，气态物质液化所需的最低压力称临界压力。20 世纪 70 年代以来，在世界各国许多产油气区发现的深达 3000~4000m 或更深的天然气藏，多是凝析气藏。

天然气（烃气）在石油中的溶解度比在水中大，并且随压力增加而增大。在标准状态下，甲烷在石油中的溶解系数为 0.3，比水中大 9 倍。在较高压力下，石油可溶解数百倍于本身体积的天然气。

天然气中烃类气体是具有高热值的优质燃料，烃分子中含氢原子数越多，热值越高。它的经济特性自成体系。

作为经过漫长的地质年代生成、运移、储存下来的、大自然留给人类的物质财富之一，常规、非常规的天然气与人造能源气一起将在人类能源史上形成一个较长的时代。如果仅就常规天然气来说，从 1971 年开始大规模利用，至今虽然已有 30 年，但其担任能源时代主角的时间可能只有短短的几十年时间。

如前所述，人类对于天然气的自然特性已经有了较多的认识，对于天然气产业经济规律系统的总结却相对较少。这与天然气已经成为世界第二位能源的现实和不久后将成为第一位能源的前景来说，不能不说是一个遗憾。

作为一个专门从事天然气经济研究的工作者，在总结天然气产业经济规律方面自感有一定责任。在上级的安排下，我试图在此方面作一尝试。但当提笔之时，才逐渐发现，自己所从事的有关天然气经济研究的范围、内容、深度有限。如果仅仅局限于自己的或所在单位的直接研究成果进行总结，很难系统成书。因此，站在国内外的、前人的成果基础上绝对必要。

本书的出版既是对前人和自身知识成果的总结，也是本书所有参与者共同努力的结果。

姜子昂博士对本书的构思提出了建议，并协助校改了第一章、第六章；何润民硕士协助修改第七章、第十二章；胡奥林、程劲松、秦园、周昌英、岳登进、余南、李毅等同志提供了翻译的外文资料；特别是硕士生何春蕾同学为本书的资料翻译、文字校对、图例制作做了十分细致的工作；除了一些正规的出版物外，本书还参考了中国石油勘探开发科学研究院、中国石油规划设计总院、四川石油设计院和中国石油西南油气田分公司机关处室等单位一些同志的资料；参与本书文字录入、校对、复印等工作的还有马松平、陈钰、胡应富、严志、庞玉燕、钱红玉、马丽芳、张锐、陈小英、刘燕等。

我的夫人林跃英自始至终给予本书编写以有力的支持，女儿白桦为本书翻译了部分英文资料。

特别要提及的是，我所在的中国石油西南油气田分公司的领导对本书编写、出版给予了大力支持。分公司内外许多领导和专家也给予了实际的帮助，在此一并致谢。

本书与上面谈及的“天然气经济学”应有的内容相比还很不完备，它还不是对现行天然气经济工作的全面记录和归纳。为了使本书有一些新意，书中尚有许多值得商榷之处。

“天然气经济学”应涉及的内容十分浩繁。由于篇幅的限制，原准备编入的天然气企业管理与经济效益、天然气生产各环节的成本分析、天然气开发经济分析、天然气生产与利用的经济分析、天然气企业的筹资方式与资本经营、天然气企业投资经济效益等章节只有放在

以后进行。

由于本人水平有限，天然气行业所涉及的专业多、知识面广，编写“天然气经济学”在国内又是一项开拓性的工作，书中存在许多错误和不足是肯定的，恳请读者批评指正。

白兰君

2001年4月于成都

目 录

第一章 能源经济与天然气政治	(1)
第一节 能源在社会经济生活中的地位和作用	(1)
第二节 天然气在能源结构中的地位及发展趋势	(2)
第三节 天然气与国家政治	(18)
第四节 天然气与中国国家和能源安全	(26)
第二章 世界天然气工业概论	(28)
第一节 1998 年世界能源概述	(28)
第二节 世界天然气工业概述	(31)
第三节 中国的天然气工业	(40)
第三章 天然气工业的产业特点	(46)
第四章 天然气环境经济	(48)
第一节 环境问题及其带来的挑战和机遇	(48)
第二节 天然气利用的环境效益	(53)
第三节 改善环境 促进发展	(59)
第五章 天然气规制经济	(64)
第一节 天然气经济规制概述	(64)
第二节 世界各国天然气规制动向	(69)
第三节 中国天然气规制应有的取向	(77)
第六章 天然气勘探经济	(86)
第一节 天然气勘探的产业特点	(86)
第二节 天然气资源经济	(91)
第三节 天然气勘探风险性分析	(94)
第七章 天然气开发经济评价	(103)
第一节 天然气开发经济评价概论	(103)
第二节 天然气开发方案财务评价	(110)
第三节 天然气开发不确定性与风险分析	(115)
第四节 天然气开发项目方案优选方法	(126)
第八章 天然气储运经济	(132)
第一节 天然气管输经济	(132)
第二节 天然气储运新技术——天然气水合物 (NGH) 技术	(154)
第三节 液化天然气经济分析	(158)
第四节 储气库建设与经济性	(170)
第九章 天然气发电经济性分析	(187)

第一节	天然气发电消费	(187)
第二节	天然气发电技术与经济性	(192)
第十章	天然气项目的国际融资	(206)
第一节	天然气项目融资的来源	(206)
第二节	全球多边机构融资	(206)
第三节	地区发展银行 (Regional Development Banks)	(216)
第四节	双边融资源和商业性金融机构	(218)
第五节	正确进行项目设计	(226)
第十一章	天然气股份经济	(232)
第一节	证券与衍生证券	(232)
第二节	天然气股份经济	(246)
第三节	天然气股份制的融资结构与理论	(249)
第四节	天然气证券交易与证券分析	(259)
第十二章	天然气市场培育与开拓	(265)
第一节	天然气市场概论	(265)
第二节	中国天然气市场形成和发育	(269)
第三节	我国天然气市场的环境分析	(278)
第四节	我国天然气市场供求前景分析	(283)
第五节	周边国家天然气资源利用前景分析	(289)
第六节	构筑中国天然气市场框架	(292)
第十三章	天然气供给与需求分析	(296)
第一节	天然气供求分析基础	(296)
第二节	天然气供需宏观预测的方法	(300)
第三节	天然气需求函数	(312)
第四节	天然气供应函数	(316)
第五节	天然气市场供需均衡	(317)
第十四章	天然气企业的创新	(325)
第一节	天然气企业创新与观念创新	(325)
第二节	创新思维与思维科学	(333)
第三节	企业创新分类及实现途径	(340)
术语		(354)

第一章 能源经济与天然气政治

第一节 能源在社会经济生活中的地位和作用

一、能源是人类进化的重要因素和基础条件

人类要延续繁衍首先必须求得生存,繁殖后代。

达尔文在 1859 年出版的《物种起源》一书中系统地阐述了他的进化学说。其核心——自然选择原理大意如下:生物都有繁殖过剩的倾向,而生存空间和食物是有限的,所以生物必须“为生存而斗争”。在同一种群(群体)中的个体存在着变异,那些具有能适应环境的有利变异个体将存活下来,并繁殖后代,不具有有利变异的个体就被淘汰。如果自然条件的变化是有方向的,则在历史过程中,经过长期的自然选择,微小的变异得到积累而成为显著的变异。由此可能导致亚种和新种的形成。

从各种不同流派的进化理论可以总结出,人类要进化就必须先适应环境,要适应环境就必须通过长期的生存才能做到,而生存必须依靠能源。所以,我们说能源是人类生存、繁衍的基本条件和生物进化的关键因素。

二、能源是社会经济增长的基础和动力

在原始社会,人类的基本经济活动主要是获得粮食和能源。而粮食实际上就是人类体内需要的能源。

在原始社会,人类的基本经济活动主要是获得食物和能源。而食物也就是人体需要的能源。在奴隶社会直至封建社会中,上山砍柴、开山挖煤仍然是人类基本的经济活动。

随着时代变革、社会进步、经济发展,人类寻找和获得能源的活动也在发生深刻变化,技术水平不断提高。能源开发从砍柴挖煤变为钻井采油、机械采煤、企业化造林、风能发电、核裂、聚变发电、利用潮汐能、太阳能、垃圾能和其它各种新能源的活动。

能源工业在整个社会经济中所占的比例虽然有所下降,世界经济形态也正在从资源经济走向知识经济,但经济形态的变化不能改变能源永远是社会发展动力这一事实。

三、能源是今后 20 年政治家必须面对的首要问题

能源问题历来事关重大。近年来,专家们已清醒地认识到:已经初见端倪的“知识经济”必将取代资源经济,但取代资源经济并不意味着完全排斥资源,任何经济形态都必须建立在物质资源利用的基础上,“知识经济”社会仍然离不开物质资源。专家们对能源经济未来的估计是:不可再生能源的耗竭是早晚的事情。以下问题迟早要成为各国政治家必须首先考虑的能源政治问题:

- (1)对传统能源生产、利用、节约技术制高点的占领、争夺和控制;
 - (2)对公共空域、海域甚至空间中和发展中国家已有的、未知的能源资源的占领、争夺和控制;
 - (3)对研究、开发新能源技术和新能源资源的占领、争夺和控制等。
- 中国是一个人均能源不足的国家,能源问题的现状和未来已经引起高层领导的关注。

第二节 天然气在能源结构中的地位及发展趋势

一、天然气代表着一个能源时代

1. 天然气是继薪柴、煤炭、石油之后的第四个能源时代

众所周知,人类利用能源的历史已经走过了薪柴、煤炭、石油三个时代,石油时代已近鼎盛,天然气将在未来的 10~20 年内代替石油而成为能源消费结构中的首位能源。尽管常规天然气资源是丰富的,然而毕竟是有限的,但包括非常规天然气在内的广义天然气资源却十分丰富。第二章表 2—2 的数据说明了常规与非常规天然气资源总量($36540 \times 10^{18} \text{J}$)超过常规石油与非常规石油资源总量之和($34440 \times 10^{18} \text{J}$),如果将氢气、人造气、生物气计算在内,非常规天然气资源还要扩大若干倍。

图 1—1 是各种能源占能源消费比例随时间变化的曲线:

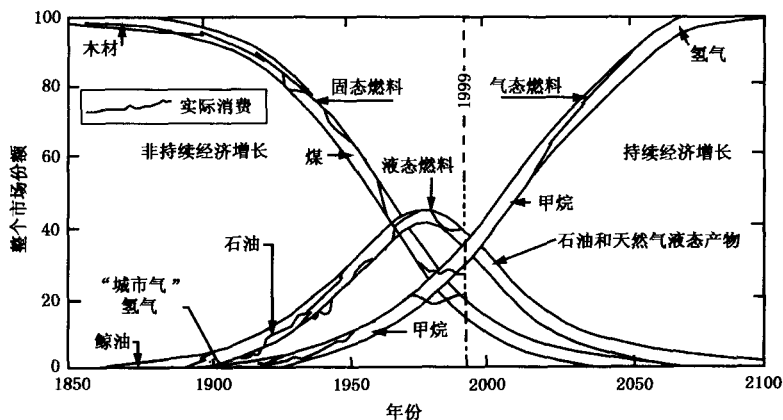


图 1—1 世界各种能源占总消费比例随时间变化曲线

资料来源:文献 7, p875

早在 1850 年以前,以木材、畜粪、煤为代表的固态燃料就已达到巅峰时代,而当时以鲸油、酒精、石油为代表的液态燃料才刚刚起步。石油曾经创造过无比的辉煌,至今仍占据全球能源的鳌头,但它至多仅能达到占能源总消费量 40% 以上的比例。以甲烷(及其它烃类)、氢气为代表的燃气燃料将创造比石油更大的辉煌。

除石油、煤炭、天然气外,还有太阳能、水能、核能、潮汐能等。表 1—1 为按物质三态和无常态能源的构成情况。

表 1—1 世界历年一次能源消费结构变化

单位: %

年 份	固体燃料	液体燃料	天然气	水电、核电
1950	61.5	27	9.8	1.7
1955	55.9	30.6	11.7	1.8
1960	52	32	14	2
1965	43.3	37.5	17	2.2
1970	35.2	42.7	19.9	2.2
1975	30.4	45.7	20.9	3.0
1980	30.79	44.21	21.48	3.53
1981	28.38	45.62	20.35	5.65
1982	29.49	43.71	20.66	6.08
1983	29.82	42.99	20.68	6.51
1984	29.75	41.81	21.31	7.13
1985	30.13	40.66	21.4	7.81
1986	30.0	40.97	20.97	8.06
1987	29.83	40.38	21.4	8.29
1988	29.50	40.28	21.72	8.56
1989	29.4	40.46	21.46	8.68
1990	29.8	36.9	23.5	9.8
1991	27.78	40.08	22.78	9.36
1992	27.64	40.38	22.59	9.38
1993	27.43	39.99	22.9	9.67
1994	28.1	39.3	22.9	9.7
1995	28.9	36.5	23.9	10.5
1996	27.17	39.21	23.7	9.93
1997	27	40	23	10
1998	26.2	40	23.8	10.1

资料来源:联合国《能源统计年鉴》、CEDIGAZ 和 BP 的资料。

从表中数据可知,天然气在能源消费结构中的比例稳步上升,由于环境问题的驱动,上升的速度预计会加快。

2. 天然气是走向无碳化能源时代的必经阶段

当人类大量利用化石能源之时就进入了“碳化氢时代”。碳与氢的化合物所储存的化学能在与氧结合时释放出来,为人类所利用。碳与氧结合最终生成二氧化碳,而氢与氧结合最终生成环境无害的水。所以,我们应以放出单位热量所排放的碳量作为某种能源是否为优质能源的指标,排碳量越多,对环境的破坏越大,其质量越差。

1) 二氧化碳的是与非

(1) CO₂ 气的用途。

提起 CO_2 , 人们自然会想到“温室效应”带给世界的灾难, 这是随着世界工业的发展, CO_2 一直作为废气大量排放的结果。实际上, CO_2 是一种丰富的可利用资源, 它的应用十分广泛, 高纯 CO_2 天然气可视为珍贵的矿产资源, CO_2 是全球碳循环过程中的重要中枢, 也是人类认识自然的极好指标。虽然 CO_2 在自然界分布广泛, 但一般浓度都较低, 例如大气中 CO_2 的体积浓度仅为 0.037%。低浓度的 CO_2 往往不为人类作为资源所利用。

根据人类目前拥有的技术条件及处理 CO_2 所需的费用大小综合考虑, 工业上利用天然 CO_2 的浓度不得低于 60%。一般认为, CO_2 含量在 90% 以上时, 工业上可直接利用, 小于 90% 时需经过处理后才可利用。

因此, 当天然 CO_2 在地壳浅层以大储量、高浓度 ($\text{CO}_2 > 60\%$) 产出时, 这种 CO_2 便可视为矿产资源。在经济发达地区, CO_2 的价格十分昂贵, 甚至超过了烃类气体。在油田, 高浓度、大储量的 CO_2 , 为人们提高原油采收率提供了物质保证。

① CO_2 气为提高油田采收率的最佳单相驱油介质。

采收率是油田开发中至关重要的参数, 对储量大于 $10 \times 10^8 \text{t}$ 以上的大油田每提高一个百分点, 等于找到一个 $1 \times 10^7 \text{t}$ 的油田。参加在伦敦召开的单相驱油介质的国际研讨会学者们一致认为, CO_2 气是 4 种最佳单相驱油介质之一。室内实验可提高最终采收率 9%, 现场实验结果 7%。大庆油田应用 CO_2 驱油, 无论是室内研究还是矿场试验都取得了很好的效果。

② CO_2 气是合成轻烃的重要材料。

在熔融铁的媒介作用下, CO_2 与 H_2 合成 CH_4 、 C_2H_6 、 $\cdots$ 、 C_6H_{12} ; 在密闭容器中通过烧红的镍片, CO_2 与 H_2 可以合成 CH_4 。这些实验告诉我们: 烃可以由 CO_2 与 H_2 合成。 CO_2 可以合成轻烃, 为 CO_2 气开辟出新的应用途径。

③ CO_2 气是工业和食品工业的原料。

在冶金工业中, CO_2 广泛用于焊接、铸模、金属热处理及低温处理的保护。化学工业中, CO_2 是重要的化工原料。例如 CO_2 可用于制造苏打 (NaHCO_3) 和油漆防护剂等。

饮食业中, 人类广泛利用液态或固态 CO_2 (干冰) 的大量吸热性质, 对各类副食品进行冷冻保鲜, 这种办法是人类大量冷藏保鲜副食品最常见、最实用也是最经济的办法之一。

在饮料制造业中, 液态 CO_2 也是生产啤酒、汽水和香槟酒等饮料 (如可乐) 的重要原料。

④ CO_2 气是棚舍种植业的支柱。

生物靠光合作用促进生长, 光合作用的基础是光和 CO_2 气, 因此, CO_2 又称气肥。在大棚和温室中, CO_2 气可以使果蔬增产及早熟。广东三水沙头圩乡用 CO_2 气作气肥, 经广东省农业科学院试验证明, 早稻可增产 23%, 西瓜可增产 43%, 蔬菜可增产 40%, 且提前 7~14 天成熟。

此外, CO_2 还可用于消防和人工降雨。

(2) CO_2 和引起气候变化的温室效应。

温室效应是大气对于地球的保暖作用的俗称。大气对于可见光有较大的透过率, 但对于红外辐射则有相当程度的吸收。到达大气顶的太阳辐射能大约有 50% 可以到达地表而被吸收, 使地面增温。由于地表温度低, 地表辐射几乎全部在红外波段。大气中的水汽和二氧化碳等能吸收大部分地表红外辐射, 使大气变暖。大气本身也放出红外辐射, 其中一部分向上传播, 经大气的吸收和再发射, 逐步传向外空; 另一部分向下传播而为地表所吸收。所以地表除

向外辐射能量外,还接收到相当一部分大气向下传播的红外辐射,它大大地减少了地表的净向上辐射。如果不存在大气,地球处于辐射平衡状态之后,其等效黑体温度可达 255K (约 -18°C),而实际的地表平均温度比这个温度还高出数十度。大气的这种使地表温度升高,使地球维持较高温度的热平衡的作用,和玻璃温室有相似之处,所以称为温室效应。

正是由于温室效应,美国科学家认为地球气候可能在短期内发生巨变。

美国科学家最近发现,统治地球长达数千年之久的冰河期因为气温的急剧上升而结束,这一发现意味着全球气候可以在短短几十年的时间内发生巨变。美国专家认为,这一研究重新引起人们对于全球变暖可能会导致气候突然变化的关注。通过对封闭在格陵兰岛冰层中气体的分析表明,大约 1.5 万年前,上一次冰河期即将结束的时候,大气的温度曾经迅速上升了 16°C 。这种温度的突然上升发生在短短的几十年中。以前人们认为气温至少要经过 1000 年才会有比较明显的变化。但是我们发现气温发生明显变化的速度要快得多。

分析冰核中氩和氮的同位素化学组成的新技术使科学家们在检测温度变化的时候获得了前所未有的精确度。我们所说的气候是大气和海洋温度、洋流、大气化学组成、冰原、大陆块甚至包括地球在围绕太阳运行的轨道上的位置等各种因素的复杂混合物。科学家们目前还没有完全掌握上述这些因素是如何同时发挥作用形成地球气候的。已经有许多专家预言说,大气中二氧化碳等温室气体含量的增加可能会导致全球逐渐变暖。气温会在很长的时间里缓慢上升。

2) 能源利用的优质化导致了能源的非碳化

燃烧各种能源释放单位热量的同时排放的二氧化碳量为:木材 $110\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 、煤炭 $97\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 、石油 $73\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 、天然气 $56\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 。

从图 1—2 可看出,从 1850 年到 1998 年,世界和美国消费的能源当中碳的平均含量逐年持续降低,全球能源结构向低碳转变。19 世纪末,含碳量较低的煤炭取代木材成为主要能源,1900 年世界能源平均含碳量降至 $97.9\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 。20 世纪 60 年代末期,低碳的石油取代煤炭成为工业能源,1970 年世界能源平均含碳量进一步下降至 $75\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$,1998 年世界能源平均含碳量为 $67.1\text{gCO}_2/(10^6\text{J})$ 。随着能源结构低碳化的继续发展,含碳量更低的天然气,将取代石油成为主要能源、最终将进一步降低能源含碳量,即可再生的太阳能、氢能源取代现有大部分矿物能源成为最主要的能源,人类将逐步实现“非碳经济”。

世界能源结构向非碳化演变的原因可能是:

- (1) 科技的发展要求能源优质化,也为能源非碳化创造了技术前提;
- (2) 近年来日益高涨的环保浪潮成为能源优质化的强大推动力;
- (3) 知识经济和可持续发展目标,推动了不含碳的氢能源等可再生能源的发展,最终取代矿物能源。

世界能源结构演变的过程表明,人类将进入天然气时代,利用天然气发展是当今世界能源发展的大潮流。

天然气的使用具有其它能源无可比拟的优势:

- ① 天然气利用的热效率高。
- ② 热价比高。

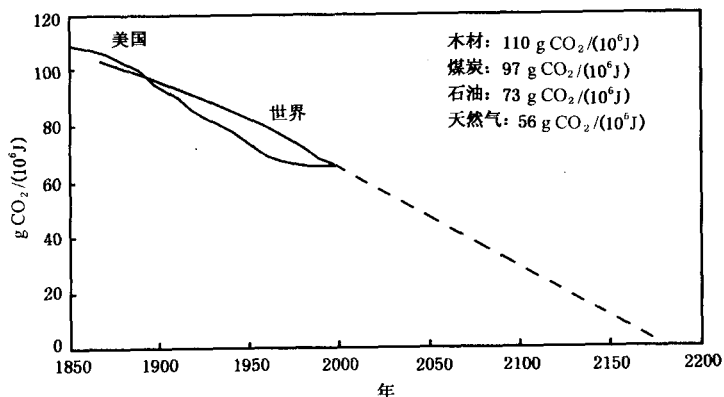


图 1—2 世界能源消费结构非碳化演变趋势

资料来源:文献 9, p128 图 2

据用 Cedigaz 和 IEA 提供的数据计算,热值为 9000kcal^① 的 1m³ 天然气相当于 10.54 度电,考虑热效率(假设气为 50%,电为 90%以上)也相当于 5.86 度,据各地能源价格资料,井口天然气价格只比民用煤、工业用煤略高一些。表 1—2 提供的四川地区各种能源的热值价格就是一个具有普遍性的例证,表中实际销售价格数据源自四川省统计局。

表 1—2 1988~1997 年四川省主要能源价格

年 份		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
能源名称											
液化石油气 (民用)	销售价,元/kg	0.5	0.68	0.8	1.08	1.72	1.92	2.34	2.91	2.12	2.53
	折合天然气价,元/(10 ³ m ³)	400	5.44	640	864	1376	1536	1872	2328	1696	2024
电 (民用)	销售价,元/(kW·h)	0.2	0.2	0.2	0.22	0.22	0.24	0.27	0.29	0.34	0.4
	折合天然气价,元/(10 ³ m ³)	2108	2108	2108	2319	2319	2530	2846	3057	3584	4216
原煤 (民用)	销售价,元/t	39.5	50.9	54.4	77.2	79.1	104.3	159.3	166.7	200.9	210.3
	折合天然气价,元/(10 ³ m ³)	73	95	101	144	147	194	296	310	374	391
汽油 (70#)	销售价,元/t						2840	2870	2740	2830	3090
	折合天然气价,元/(10 ³ m ³)						2184	2207	2107	2176	2376
柴油 (0#)	销售价,元/t	780	790	790	920	1290	2540	2540	2450	2610	3030
	折合天然气价,元/(10 ³ m ³)	629	638	638	742	1041	2050	2050	1977	2106	2445

资料来源:根据四川省统计局提供的资料计算。

③环境效益好。

所以,经济的“非碳化”是时代发展的必然结果。

二、超前思维,寻找未来能源

矿物燃料是人类在 20 世纪的主要能源,在经济和政治动机的驱使下,科学家和企业家们

① 1kcal = 4.17kJ。

正在超前思考寻找可以替代矿物燃料的新型能源的方法。思路如下。

1. 使重力转向

尽管相当多的科学家们持保留态度,但美国一个科研小组宣称已经观测到悬垂在一个不断旋转的瓷性回旋型超导体上方的物体,质量减轻了2%。如果这种质量丧失现象可以得到确认和验证,意味着导体产生的某种力以重力的反作用力在发挥作用,即吸收重力、屏蔽重力或者干扰重力波的频率。

科学史上,许多发明是在被认为是异端邪说的状况下通过坚持不懈的努力才实现的。马可尼大胆地想将无线电信号传过大西洋,但权威们以逻辑推论嘲笑了马可尼的“无知妄说”:无线电是沿直线传播的,不可能顺着地球表面的圆弧行进,而只能离开地球进入太空。但马可尼坚持试验,终于将无线电信号送过了大西洋。这个表面上违反规律的实验之所以成功是因为,在大气层上方带电的电离层会把无线电波弹回地球表面。

2. 在外层空间捕捉太阳能

科学家计划在外层空间捕捉阳光中蕴藏的能量并通过空气或者通过 22×10^4 mile 长的电缆将这些能量输送回地球。这样的想法也许有点异想天开。但是正在研究获取替代矿物燃料各种方法的理论科学家和工程师们认为,不论这些方法看上去有多么不可思议,只要有一种方法能取得成功,就有可能有助于满足人类在下个世纪对能源的需求,而且不会对环境造成进一步破坏。

按照人类目前对自然科学的理解,这些方法取得成功的可能性极小,但“致力于这一研究领域的人越多,就越有可能出现大胆的解决方案。”

3. 利用反物质能量和真空“零点能”

美国正致力于开发反物质发动机。当反物质与正物质发生碰撞时,这两种物质相互抵消,并且在碰撞发生的一瞬间释放出巨大的能量。收集并储存反物质非常困难。如果能够找到收集和储存方法,“针尖大小的反物质在与正物质结合时就会释放出无法估算的巨大能量”。

4. 努力寻找矿物燃料的替代能源

太阳这个离地球 1.5×10^8 km、直径 140×10^4 km 的大火球,每时每刻都在影响着地球的物理、气象、生物和人,其主要手段就是给地球以巨大的能量。这些能量除一部分反射回外太空外,大部分以各种形式储存起来,太阳是地球能量的源泉。

1) 太阳能

目前太阳能发电成本昂贵,但越来越多的企业涉足太阳能研究并投入大量资金开发这种能源。太阳能市场潜力大,生产太阳能电池和设备的厂商每年以将近30%的速度增长。在德国,能够保证一个普通家庭用电的微型太阳能发电站的成本是2.5万马克。如果大批生产,太阳能设备的部件价格会下降。英国石油公司和壳牌石油公司正投资数亿美元用于太阳能的开发、利用。壳牌石油公司在德国建立了一个 25×10^6 W 的太阳能电池厂。

到2010年,日本将在7万个房顶上安装太阳能设备。美国则用100万个太阳能“房顶计划”来响应。1999年年初德国也提出了10万个太阳能“房顶”计划。欧盟2010年有百万屋顶计划,其中50%出口到发展中国家农村地区;阿根廷拟投资1.5亿美元建设太阳能发电;中国1999年起投资8000万美元建设20万套小型屋顶系统;印尼耗资1.2亿美元建设20万套小型屋顶计划正在实施,斯里兰卡也正在实施用5500万美元建立3万套小型屋顶系统的计划。