

环境保护与 中国天然气发展战略

胡朝元 陈孟晋 邓攀 主编

22

石油工业出版社

环境保护与中国天然气发展战略

胡朝元 陈孟晋 邓攀 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

在能源消费即将进入以天然气为主的消费阶段之时,对中国天然气发展战略进行深入分析是十分必要的。本书涵盖了环保、天然气勘探与开发、居民生活用气、发电、化工、天然气价格、天然气储运和国外天然气资源等内容,全面、系统地分析了未来天然气发展战略。

本书可作为从事能源战略分析的专家、管理者使用,也可供从事环保、天然气各领域的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境保护与中国天然气发展战略/胡朝元等主编.

北京:石油工业出版社,2004.12

ISBN 7-5021-4855-8

I. 环…

II. 胡…

III. 天然气工业-经济发展战略-研究-中国

IV. F426.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第118381号

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.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2004年12月第1版 2004年12月第1次印刷

787毫米×1092毫米 开本:1/16 印张:9.25

字数:171千字 印数:1—1000册

定价:30.00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

前 言

随着我国国民经济的迅猛发展，环境保护问题日益引起重视。据国务院发展研究中心预测，如果大气环境得不到有效治理，与伦敦雾相似的恶性事件将不断发生。到 2020 年，城市中受污染的人口将达 4.9 亿人，因污染而早亡的人口将达到 55 万人。作为最清洁、治理大气污染最经济适用的能源天然气，近年来在勘探与生产上虽不断取得重大突破，但仍处于起步阶段。如何快速高效地发展天然气，以满足成倍增长的市场需求，已成为全国关注的热点之一。1995 年，我们依据中国石油天然气总公司（以下简称总公司）的安排，组织石油勘探开发科学研究院廊坊分院，经济研究中心，国家计委，中国科学院能源研究所，四川石油管理局天然气经济研究所、信息研究所、天然气研究所，中国建筑技术研究院，开展了十个专题研究。

1996 年底，在参与研究的数十位专家的共同努力下，各子课题先后提交了研究总结。在此基础上，我们对各专题研究报告和国内外大量的新资料，进行了全面的综合研究，对一些重要问题做了更深入的分析探索，逐步形成了系统化的中国天然气上、下游整体发展战略，1997 年编写了研究报告。

由于这项研究工作的上、下游整体性，涵盖了环保、天然气勘探与开发、居民生活用气、发电、化工、天然气价格、天然气管道非管道储运和国外天然气资源等众多方面研究内容，其全面性和系统性在总公司系统内尚属少见。研究工作有一定深度，图表数据翔实，并新提出或采用了多种新的研究方法，为此，研究报告获得了总公司第一个软科学科技成果奖。

这项研究成果为总公司提出了一个可供优选的天然气发展战略方案。近年来的实践表明大部分研究成果与实际进程基本吻合。自 1996 年以来，陆续提交的研究成果中的一些内容，已经引起有关部门和专家的关注，并作为参考材料加以采用。邀请参加有关会议和索要报告者甚多。为满足多方面的要求和保存研究资料，现将该研究报告进行少量补充和删减，予以出版，以便与关心我国天然气工业发展的人士交流讨论。

本书是有关单位数十名专家历时三年的共同研究成果，对他们的辛勤劳动和各单位领导的支持，我们表示衷心的感谢。

本书在编写出版过程中得到各方面热情帮助，尤其是戚厚发教授做了大量的工作，系统审核了全书，在此深表谢意。由于天然气发展战略涉及面十分广泛，而我们的知识面相对有限，难免对某些问题的剖析尚显肤浅，甚至有不当之处，希读者不吝指教。

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 环境保护与天然气工业发展战略	(5)
第一节 西方的经验教训	(5)
第二节 中国环保形势严峻	(6)
第三节 发展天然气是解决环保问题的必然选择	(11)
第四节 中国环境问题的国际意义	(13)
第五节 抓住机遇, 加快经济发展, 同步改善环境质量	(14)
第三章 中国天然气需求量预测	(15)
第一节 中国天然气消费现状及总需求展望	(15)
第二节 中国城镇居民及商业用天然气需求量预测	(29)
第三节 中国发电用天然气量预测	(41)
第四节 中国化学工业用天然气量预测	(48)
第五节 中国工业用天然气量预测	(57)
第六节 中国天然气需求预测结果分析	(59)
第四章 中国天然气储量与产量发展预测	(63)
第一节 中国天然气勘探开发概况	(63)
第二节 中国天然气资源特点及储量增长预测	(66)
第三节 中国天然气产量预测	(80)
第四节 天然气重点勘探开发地区和领域	(86)
第五节 最小经济气田测算	(91)
第六节 中国煤层气资源可作为重要的后备产气领域	(93)
第五章 加速利用国外天然气资源	(97)
第一节 世界天然气储量和产量概况	(97)
第二节 国外主要可能管道供气区分析	(100)
第三节 我国东南沿海进口 LPG、LNG 的可行性分析	(104)
第六章 中国天然气管道布局	(111)
第一节 中国天然气管网布局原则	(111)
第二节 中国天然气管网建设框架构想	(113)
第七章 中国天然气价格与市场	(121)
第一节 投入产出粗略估算	(121)

第二节	中国现行天然气价格存在的问题	(121)
第三节	国外天然气定价办法与价格体系	(123)
第四节	中国天然气定价的基本原则与天然气价格预测	(126)
第五节	中国天然气市场的培育与开拓	(129)
第八章	结论、对策和建议	(134)
第一节	结论	(134)
第二节	对策和建议	(137)
参考文献		(139)

第一章 概 述

我国天然气工业正处在重要的转折时期，经过 40 多年的准备，特别是“八五”以来的努力勘探工作，天然气储量的快速增长，给天然气工业提供了大发展的基础，良好的改革开放政策使国家富强和人民生活水平逐步达到小康，天然气需求的剧增将创造良好的市场机遇。但是天然气储量能否转化为产量，如何利用好产量，当前情况并不乐观。长期困扰天然气勘探、天然气工业基础设施建设和价格等各种问题仍十分严重。目前全面研究和解决天然气工业问题已提上日程，机遇与挑战共存，应正确分析形势，抓住当前“时机”，采取适宜的发展战略，天然气工业必将对国民经济的发展与环境保护做出重要的贡献。

第一，邓小平关于建设有中国特色的社会主义的理论，是研究天然气发展战略的指导思想。他提出的三个发展阶段的构思和党中央、国务院关于“九五”计划和 2010 年远景目标的建议，是研究和制定天然气发展战略的主要依据。

第二，要理性地从全国宏观经济发展战略，从国民经济高速发展和环境保护及人民生活质量逐步提高的总框架中，以天然气工业自身经济规律和优化能源结构的大趋向为基础，理性地研究天然气发展战略。

1994 年我国能源结构中，煤占 75%，油气占 19.3%、水电占 5.7%。我国是世界上煤炭比重高于 70% 的四个国家之一。波兰、南非、朝鲜等另外三国均正在努力改变以煤为主的能源结构。我国虽一时尚不能完全改变以煤为主的能源结构，但应逐步降低对煤炭的依赖程度，以缓解环境问题和运输压力。

第三，要根据天然气工业本身的经济特点，从长远发展的角度制定天然气发展战略。

天然气是蕴藏丰富的最清洁而便利的优质能源，但是由于储运难、上市难、投资大、回收周期长等特点，国外许多国家的天然气工业普遍比石油工业发展落后 30~40 年，并均经历了先慢后快的发展过程，这不是偶然的，而是有重要的内在经济因素的原因。

例如加拿大早期以石油为钻探目标，发现天然气也视为无用产品而烧掉。经过 30 多年，才建成由西向东的输气管道，将气送到东部经济发达区和美国市场，很快成为世界第三大产气国。

荷兰发现格罗宁根气田后，头十年的巨大投资和外汇赤字，也曾引起失望及怨气情绪。到 1975 后，才有较多盈利，1988 年气田开发收入占全国财政收入的 16.7%，成为国家支柱产业。

由于天然气工业项目这种长周期投资回报的特点，故此，世界各国都是从长远的角度来认识和制定天然气发展战略的，国际贸易中也均以长期购销合同方式运作，典型的合同期限为 20 年。

美国在 1990 年由能源部长亲自写信给石油委员会主席，要求对天然气的发展战略进行综合分析，不仅要为美国的能源供应，也要为总统的环境目标政策提供依据。美国组织各方面高级领导和专家近 200 人，经过两年紧张研究，提出包括资源、市场需求、储运、管理等方面的系统报告，其发展战略覆盖时间为 20~30 年，这个年限被认为是投资决策所需最短年限。东南亚联盟国家于 1993 年前，也组织力量完成了 2020 年的长期发展战略。

与上述许多国家类似，中国目前天然气工业也比石油工业落后约 30 年。其原因主要是天然气工业本身的经济技术方面因素，但也不可否认有一定的认识上的负面影响。对此我们不要感到惊奇和消极埋怨，而要积极抓住当前有利时机，吸取国外经验，结合我国实际，加强天然气战略研究，制定加速发展天然气工业的对策。

第四，我国从计划经济转变为社会主义市场经济，天然气必须从生产决定消费的旧模式，转变为以市场为导向，以满足市场需求为原则来制定天然气发展战略的新模式。

实现“九五”计划和 2010 年远景目标纲要，我国的经济总量将由 1995 年的 5.76 万亿元，增加到 2000 年的 8.5 万亿元和 2010 年的 17 万亿元（2.05 万亿美元）。2010 年中国人均国民生产总值为 1500 美元，20 世纪末将达到人均约 800 美元。据国内外有关专家预测，2020 年中国的国内生产总值将达到 3.5~4.0 万亿美元左右，人均 2350~3600 美元，基本达到泰国、韩国等中等收入国家水平（目前世界平均中等收入国家的人均 GDP 为 2200 美元）。据统计，许多国家在 GDP 人均 1000 美元以后必然大幅度增加天然气消费。预计在 2000—2005 年，我国会达到这个水平。中国那时天然气消费将出现一个快速增长阶段。人民生活比较富裕，生活质量提高了，人均能耗将由目前 1t 标煤提高到 1.7t。人民对环境要求也随着提高，能源结构中天然气等优质洁净燃料也必将占有更大的比重，这是一个不可阻挡的趋势，即使本国没有足够的油气资源也要进口，以满足市场需要。

韩国的能源消费大致经历了三个阶段。1950—1960 年，韩国的国内经济刚刚起步，外汇短缺，因而国内能源消费以本国生产的煤炭为主，1950 年和 1960 年煤炭消费量分别占一次能源消费总量的 71.6% 和 79.2%，而同期石油消费量只占 27.3% 和 19.4%；60 年代中期以后，随着国家经济发展，能源消费结构发生了迅速的转变，石油消费量超过煤炭消费量而占主导地位，1970 年 GDP 达到人均 2000 美元，石油消费量占一次能源消费总量的 57.6%，1980 年达到

62.7%，石油的主导地位已经形成；1985 年韩国开始进口液化天然气（LNG）和液化石油气（LPG），天然气在韩国一次能源消费中占据了一席之地，1994 年韩国在一次能源消费中，天然气占 11.5%，其中 LNG 为 4.5%，LPG 为 7%。

泰国人口为 5830 万，1993 年 GDP 为 1244 亿美元，人均 GDP 为 2133 美元，当年消费天然气 $87.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。依此推算，我国在 2020 年对天然气的需求将为目前耗气量的十倍左右。由韩国、泰国的例子可看到，中国天然气工业与世界天然气工业的发展潮流一样，必将进入一个新的快速发展阶段。

第五，研究中国天然气发展战略，离不开全世界能源发展大潮流，特别在今天世界经济日趋全球化的形势下，二者更是密不可分。

世界能源结构至少每 70 年发生一次重大的转变：自工业革命以来，1880 年煤炭首先替代了柴薪，在能源中上升到 50%，随着内燃机的推广应用，20 世纪中叶石油代替了煤炭。现在由于环境保护要求，使天然气在一次能源中的比重占到 23.2%，比 1950 年的 10.2% 增加一倍以上。1960—1970 年天然气的消费量翻一番，1970—1990 年天然气消费量又增加一倍，其中 1980—1990 年间天然气消费量增加 39%，而石油仅增加 3.8%。

展望未来，世界天然气发展前景更是引人瞩目。预计今后十年（1995—2004）全世界天然气年增 3.65%，石油年增 2.1%。待探明资源量石油为 $645 \times 10^8 \text{ t}$ ，气为 $132.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，气几乎为油的二倍（当量）。总资源量油为 $3113 \times 10^8 \text{ t}$ ，气为 $327.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，油气大致相等。若加上非常规资源，油为 $4000 \times 10^8 \sim 7000 \times 10^8 \text{ t}$ ，气为 $849 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，则气资源量明显大于石油资源量。到 2010

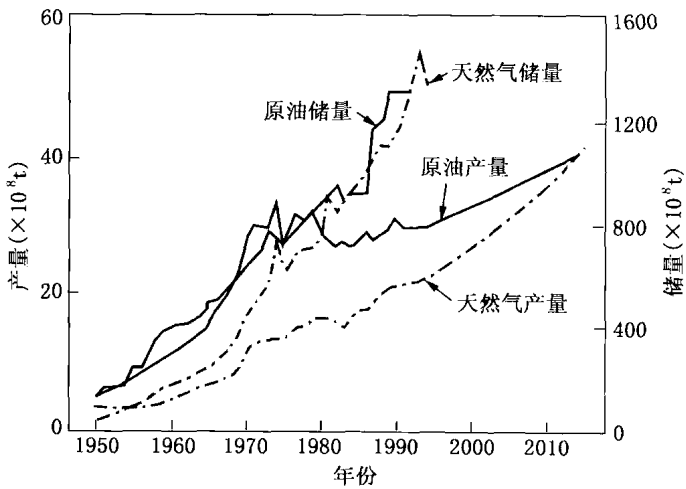


图 1—1 世界油气产储量
（当量）变化趋势图

年剩余探明可采储量气为 $165.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，石油为 $1441 \times 10^8 \text{ t}$ ，以热当量计算，天然气储量已超过石油储量。预计到 2015 年天然气产量将超过石油产量（图 1—1），2010—2020 年能源结构（图 1—2）中天然气将占 29%，石油占 27%，煤占 24%，核电占 8%，水电占 8%，其他能源占 4%。几项油气资源对比数据说明天然气将继续保持高速发展，从而成为全球的主要燃料来源。人类的能源消费很快将进入以天然气为主、石油次之的第四个阶段。

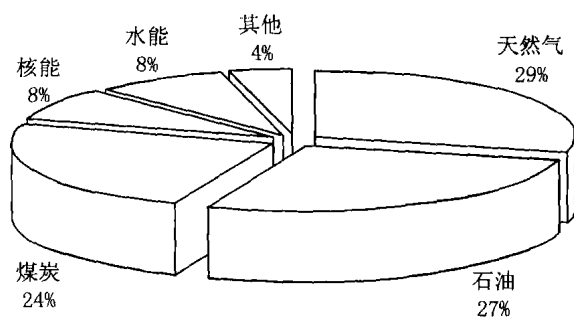


图 1—2 2010—2020 年世界
能源结构示意图

第六，天然气工业大发展除市场需求和价格承受能力外，另两项基本条件是气源和输气管网的建设。因此，应从上下游一体化的角度出发来制定天然气发展战略。

随着国家经济雄厚，人民生活富裕，有较高的价格承受能力，必将出现极大的天然气市场需求。我们应千方百计地将大量天然气输送到各类用户手中。当然要首先分析

研究国内天然气资源和供气潜力，同时要积极利用国外气源，并统筹研究两种气源的输送管网规划方案。充分开发国内外气源、建设骨干管网和下游利用配套工程，积极培育天然气消费市场，为天然气进入市场创造必要的竞争条件。因此必须从上下游整体出发研究天然气发展战略。

第七，天然气工业是一个复杂的系统工程，必须在多学科相结合，多种预测方法相互验证的基础上，制定天然气发展战略。

天然气工业上、下游整体发展战略研究涉及面很广，包括勘探、开发、环保、民用、发电、化工、工业燃料、管道储运、价格、市场等诸多领域中的方方面面问题。因此必须运用多学科进行综合分析，用数学模型、情景分析、地质评价等多种方法进行预测，相互补充验证，才能得到一个比较切合客观实际的规律性认识，为正确的战略选择奠定基础。

总之，天然气的优越性很多，无论是从经济效益和社会效益，还是在价格和质量等方面，均比其他能源有更强的竞争力。天然气事业必将在竞争中得到更快更大的发展，我国天然气工业落后的局面必将改变，但改变速度的快或慢将取决于正确的战略决策和对策。目前必须加强天然气中长期战略研究，才能更加清楚地认识天然气的经济与环境价值，以不失时机地做出正确的战略选择。

第二章 环境保护与天然气工业发展战略

环境保护、经济效益和天然气产量快速增长是促进天然气工业发展的三个重要因素，环保要求是大量使用天然气改善能源结构的根本动力之一。

第一节 西方的经验教训

近代能源结构的变更，在很大程度上，是在人们走过了一段严重污染阶段沉痛的教训后，使人们对环境质量要求日益提高的结果。

从全球看，工业革命以来，大量煤炭燃烧使大气严重污染，CO₂等温室气体的排放，使大气中CO₂的浓度由1880年的260μg/L上升到1985年的340μg/L，全球气温上升了1℃左右，常此下去，将会引起人类生存环境的严重破坏。为此，1991年7月伦敦首脑会议宣言要求“所有签约国都应制定应付全球变暖的可行性措施，特别是限制温室效应气体排放量的战略。”

从地区看，英、美、日等西方发达国家在其工业高速发展的历史进程中，都先后经历了严重环境污染的阶段，先后发生了八次大的污染事故，其中五起是震惊世界的大气污染事故（表2—1），造成严重的危害，教训十分惨痛。后来各国都经过了多年的努力，通过改善能源结构等，才使大气环境得以改善。

表 2—1 国外几次严重的大气污染概况

事 件	主要污染物	受 害 情 况
比利时 马斯河谷事件 (1930年12月)	SO ₂ 、氟化物、浮尘	几千居民患呼吸道疾病，有60多人死亡， 比平时死亡人数增加9倍
美国 多诺拉事件 (1930年10月)	SO ₂	有43%的居民患呼吸道疾病
英国 伦敦事件 (1952年12月)	浮尘、SO ₂	4天内死亡4000人，事件过后2个月又陆 续死亡8000人
美国 洛杉矶事件 (1954年)	汽车排出废气、 CO、NO _x 、醛类 化合物等	75%居民患眼病
日本 四日事件 (1962—1964年)	SO ₂	大量居民患哮喘病

最近在黑西哥又发生一起大的污染事故，在 1995 年、1996 年墨西哥城两次大气污染指数超过警戒线 250 点，最高达到 300 点，全城有 52 万多人出现呼吸道疾病，仅治疗费即达 7000 多万比索，政府不得不宣布汽车每周停驶两天，政府机关的车辆 50% 停驶，学生停止户外活动，工厂 40% 减产。若污染指数达到 350 点时，将下令 70% 工厂停工，学校、银行、公共场所停业、停课，城市基本瘫痪。

下面以英国伦敦改变大气污染为例，说明天然气发展和环保的紧密连系。到 1819 年，以煤为能源的工业革命，使伦敦市变得非常肮脏，直到 1952 年 12 月 6 日—8 日，发生了震惊世界的伦敦烟雾事件，当时气温降至零度以下，又遇上无风大雾，SO₂ 日均值浓度高达 2mg/m³，烟尘日均值浓度达 1.7mg/m³，是平时的 6~10 倍。市内的许多名胜古迹和古老建筑被烟熏得面目全非；充满神奇色彩的伦敦城内的白塔变成了灰塔……，4000 多人死亡，事后两个月内陆续又有 8000 余人死亡，全球为之震惊。当时英国每年因烟雾损失大致 8 亿美元。

伦敦烟雾事件发生以前，英国能源以燃煤为主。事件之后，针对煤烟型大气污染采取了建立烟控区、改造炉子、限制用煤量及煤种等措施，但未能抑制大气环境的恶化。烟雾事件在 20 世纪 60 年代的英国仍有出现，当时的政府在公众舆论的压力下，被迫采取了行动。一方面颁布了“清洁空气法”；另一方面改变能源结构，从根本上防治大气污染。1970 年英国人均消费天然气 118m³，占 6%、煤占 50%。1990 年煤的比重下降到 30%，天然气上升到 27%。随着天然气管道普及化，伦敦市区工厂不准以煤做燃料，居民用的燃料改为气、电，火车全部改用柴油机车和电动机车牵引，经过 20 多年的努力，1992 年伦敦被评为世界空气最清洁的城市之一。

第二节 中国环保形势严峻

一、环境保护迫在眉睫

多年来，我们在环境与资源保护方面做了许多卓有成效的工作，制定和实施了一系列环保法律、条例，收到一定效果，得到国际社会的积极评价。如重点治理的抚顺市已由卫星照片中看不到的城市，变为较为清洁，在遥感图上又重新显露出来的城市。最近江泽民同志在十四届五中全会上强调，不能走先污染后治理的路子。

1996 年，为进一步贯彻落实《国务院关于环境保护若干问题的决定》，采取了有效措施，取缔、关停了 15 类污染严重的小企业，到 1996 年 12 月份已取缔、关停 56866 个，占应取缔的 80.5%。其中非法选金厂 21320 个，非法炼焦

厂 8951 个，非法炼硫厂 1540 个。“三河”、“三湖”两区也正在大幅度加强环保治理的力度。

但是，我国是一个发展中国家，正处于加速实现工业化的进程中，环保形势严峻。据国家环保局统计，近十多年来，我国以煤烟型污染为主的大气污染始终维持在较高污染水平（图 2—1），600 多个城市中，大气质量达到国家一级标准的不足 1%。全国主要城市大气污染状况严重（图 2—2）。1994 年，SO₂、TSP 在统计的 88 个城市中有 45 个超过二级标准，以兰州、太原污染最重；NO_x 在统计的 85 个城市中有 4 个城市超标，相对较轻。

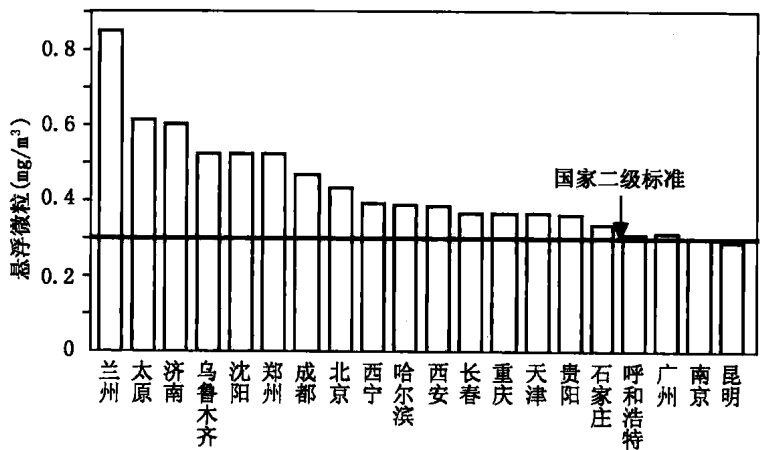


图 2—1 1994 年大气中总悬浮微粒平均值比较

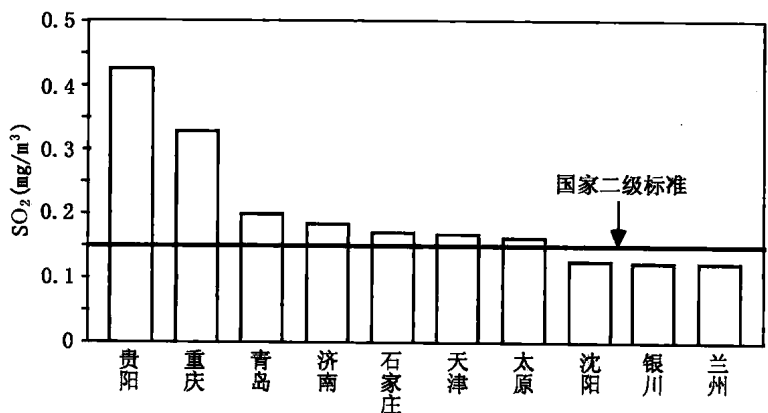


图 2—2 1994 年大气中二氧化硫年均值比较

用国外标准（表 2—2）衡量我国大气污染状况，TSP 超标几乎增加一倍，超标率接近 100%。

我国大气环境质量与国外相比差距大。全世界污染最重的十大城市中，中国有北京、沈阳、西安三个，而本溪、兰州等市的污染程度有过之而无不及。

据 1987 年联合国卫生组织环境开发署全球环境系统介绍的 1980—1984 年全球 40 多个城市大气质量年平均值, 按污染严重的顺序排列: 颗粒物污染第一位为科威特, 沈阳为第二位, 西安为第三位, 北京为第五位, 上海为第九位, 广州为第十位。我国首都的颗粒物与国外相比, 是法兰克福的 12.9 倍, 是东京、纽约的 7 倍, 是加拿大温哥华的 6.7 倍。 SO_2 污染严重第一位的是意大利米兰市, 我国沈阳为第二位, 西安为第七位, 北京为第八位, 广州为第十二位, 上海为第二十一位。本溪、鞍山、兰州、包头、重庆等市污染程度甚至更高。我国大气环境污染属于典型的煤烟型污染, 是世界上污染最严重的国家之一, 相当于国外 20 世纪 50—60 年代污染严重的水平。特别是冬季采暖期更为突出。一些城市的 TSP 及 SO_2 浓度已达到伦敦事件时水平, 如无刮风等扩散条件, 有可能出现重大烟雾事件 (曲格平, 1992)。如牡丹江市烟雾含量已接近“伦敦烟雾”事件浓度, 严重影响市民健康, 才引起重视, 以气化、热化、绿化、地面硬化为主治理, 实行大气排污许可证, 近 6 年用 12 亿元治理污染, 使烟雾含量由 1988 年的日均 $0.83\text{mg}/\text{m}^3$ 降到 1996 年的 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$, 达到三级标准。

表 2—2 各国大气环境标准比较

污 染 物	年均值最大允许浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	中 国	美 国	加 拿 大	意 大 利
SO_2	150	80	60	80
TSP	300	150	70	150
NO_x	100	100	100	200

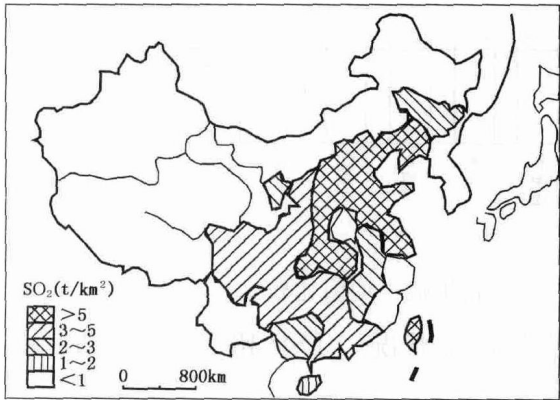


图 2—3 1990 年中国 SO_2 排放强度分布

二、大气污染已造成多方面危害

中国酸雨区由 1985 年的 175km^2 扩大到 1993 年的 $283 \times 10^4\text{km}^2$ 。污染范围由西南扩至长江流域进而扩至黄河流域, 形成西南酸雨区 (贵阳、重庆、柳州)、南昌污染区 (南昌、长沙、黄石)、福州、厦门污染区和青岛污染区等四个大面积的酸雨区 (图 2—3 至图 2—6)。其中西南区、南昌区和厦门污染区酸雨出现率在 90% 左右。

据统计，已有 85% 的南方城市降水年均 pH 值小于 5.6。江苏省 84% 的土地下过酸雨，是全世界少见的。酸雨对森林、土壤、农作物、天然或人造建筑与材料等都有着不同程度的破坏（表 2—3），可由川东地区的例子看出。

酸雨等大气污染给我国造成的经济损失逐年增加，目前已达到每年直接损失 200 亿元左右，仅重庆市每年直接损失 20 多亿元，北京市

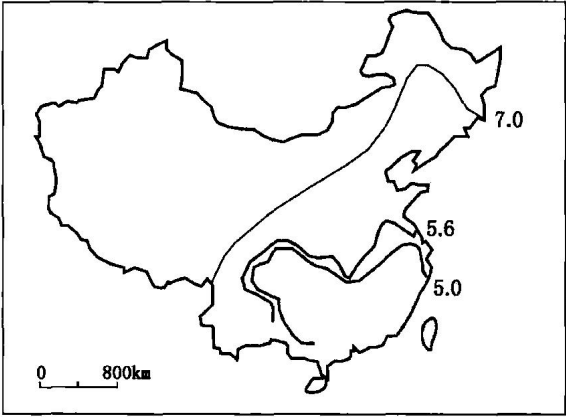


图 2—5 1985 年中国降水年均 pH 值等值线

曲格平指出，天津市耗煤多的工厂的下气区与交通干线沿途，肺癌死亡率 10 年内上升了 20.6% 左右，这和墨西哥、巴西等国外城市的增加率相当。

北京市在 20 世纪 80 年代末曾对大气污染对居民健康影响进行专题调研。通过对 1500 名学生和大量居民的统计结果（表 2—5）表明，居民密集的烧煤为主的大栅栏区，呼吸系统患病率比陶然亭区要高得多。

据墨西哥卫生部公布的数据，在该市约 1800 万人口中，1/3 的人感到眼睛不舒服，24% 的抱怨头痛，12% 的人呼吸困难。前不久，上千名学童因空气污染而病倒。

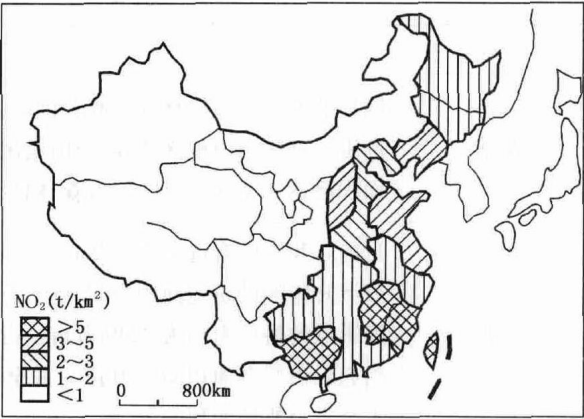


图 2—4 1990 年中国 NO₂ 排放强度分布

每年损失 9 亿元。大气污染造成的潜在和间接经济损失更为巨大。

SO₂、NO_x、TSP 等污染物对人体健康亦产生严重危害。许多研究证明大气污染物对呼吸系统、免疫系统、血液循环系统及细胞染色体都有损伤作用。重污染区呼吸系统患病率明显大于清洁区（表 2—4）。据统计，一些大气污染比较严重的城市，其呼吸道疾病发病率和死亡率比大气污染较轻城市高 50% 左右。

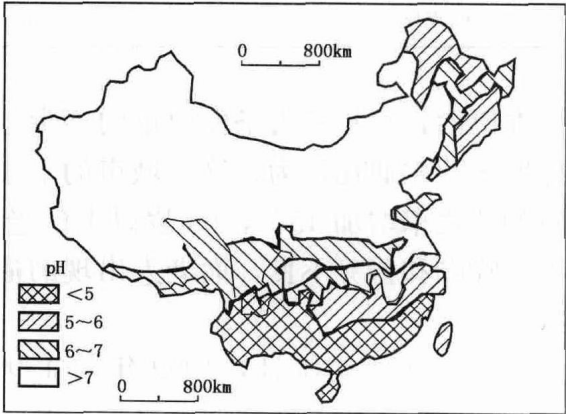


图 2—6 中国土壤的 pH 值

表 2—3 酸雨的危害

危害对象	危 害 程 度
森林	四川的万县地区松林 65000 公顷，其中 26% 的松林已经枯死，55% 已经受到明显的危害；重庆南山地区 4700 公顷马尾松，有 46% 已经枯死；广西针叶林受酸沉降影响面积已达 234.5 万公顷，占森林总面积的 47%
土壤	目前，我国已有近 $1/3$ 约 $280 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的土地受到不同程度的侵蚀和破坏。广东省受酸沉降影响的耕地面积为 3806.5 万亩，占全省总耕地面积的 83.3%；广西省受酸沉降影响的耕地面积为 3249 万亩，占全省总耕地面积的 85.6%。广东酸性降水和 SO_2 引起农田减产面积 468 万亩，占全省总耕地面积的 10%；广西减产面积 480 万亩，占全省总耕地面积的 12%
其他	重庆市内的公共汽车的铁外壳，因锈蚀一二年就得换一次，现在不得不改用铝板

表 2—4 国内不同污染程度城市呼吸系统患病率 (%)

疾 病	重污染区 ^①			中轻污染区			相对清洁区		
	全人口	小学生	>40 岁	全人口	小学生	>40 岁	全人口	小学生	>40 岁
上呼吸道炎症	11~15	15~80		6~7	6~60		6~7	5~30	
慢性气管炎	9~14		15~30	8~9		13~15	5~8		5~8
哮喘	2.5~5.0			2~3			2~2.5		
肺气肿	0.9~1.8		5~7	0.9~1.6		4~5	0.5~1.6		2~3

①重污染区平均 $\text{TSP} > 300 \text{ mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2 > 150 \mu\text{g/m}^3$ 。

表 2—5 北京市大气污染对健康影响的抽样调查

地 区	1500 名学生 X 线胸肺部透视为阳性者	肺癌死亡率
大栅栏区	20%	25%
陶然亭区	0%	11.5%

在巴西，每年冬天圣保罗市的不少老人和儿童因空气污染致死。肺病学专家保罗·萨尔迪瓦认为，这个城市的空气中含有污染物质过多，造成五岁以下儿童的死亡率增加 15%，65 岁以上的老人死亡率增加 12%。儿童死亡的主要原因是哮喘和营养不良，而老人出现的症状是肺气肿、支气管炎和其他呼吸道疾病。

据国家环保局统计，1992 年与 1996 年相比，城市地区肺癌死亡率上升 16.6%，环境污染是主要原因之一，这已引起我国高层领导的关注。

第三节 发展天然气是解决环保问题的必然选择

一、天然气作为优质能源，相同能耗时排放污染物量比用煤、石油要低得多（表 2—6）

我国环境以煤污染型为主，目前我国大气中 SO_2 的 90%、 CO_2 的 85%、 NO_x 的 67%，烟尘的 70%均来自燃煤，主要的环保措施就是减少燃煤。

表 2—6 天然气、石油、煤燃烧时排污量比较（按单位热值计算）

燃 烧 产 物	天 然 气	原 油	煤 炭
灰分	1	14	148
SO_2	1	400	700
NO_2	1	5	10
CO	1	16	29
CO_2	3	4	5

虽然煤炭燃烧新技术的使用，可以减少 SO_2 排放量，但不能根本解决其他成分污染问题，且费用比使用天然气更昂贵。据资料介绍，欧洲欲使燃煤电厂 SO_2 排放量减少 $750 \times 10^4 \text{t}$ 需投资 300 亿美元。对美国中西部使用煤和天然气的研究表明，当使用高含硫煤时，要使 SO_2 排放量削减 50%，每吨 SO_2 的脱硫费用为 50~1000 美元，多数情况下为 200~400 美元；采用其他控制对策时，每吨 SO_2 的费用为 250~2000 美元，并且烧脱硫煤，并未解决尘埃、 CO_2 等其他污染问题。若按此比例，我国为达到环境保护要求必须减少二氧化硫 $1300 \times 10^4 \text{t}$ ，则需投资 520 亿美元。

水电和核能对环境污染比油、煤甚至比天然气更少，但由于资源限制不可能有巨大的发展，只有天然气才能作为现实的主要替代能源。

二、由运输方面看，也须大力推广使用天然气代替部分煤炭

1994 年全国煤炭产量为 $12.3 \times 10^8 \text{t}$ ，53.6%的煤炭需要通过铁路运输流入市场消耗，当年全国铁路运输 42%的货运量是煤炭。全国客、货运输十分紧张已成为影响国家经济发展的重要因素。尤其应该指出，我国煤炭资源主要是在西部地区，其中内蒙古占 22.4%，山西占 26.2%，陕西占 16.6%，新疆约占 20%以上。今后一个相当长时期内，全国煤炭供应量的绝大部分需要从“三西地区”调出，“三西地区”外运通道年总运力大约为 $2.9 \times 10^8 \text{t}$ ，其中煤炭年外运力大约 $2.3 \times 10^8 \text{t}$ ；预计 2000 年年外运总能力达 $3.8 \times 10^8 \text{t}$ ，其中煤炭年外运能力为 $3.2 \times 10^8 \text{t}$ 。而 2000 年、2010 年和 2020 年需要该地区调出煤炭分别为 5