

煤层甲烷气 勘探开发工艺技术进步

许 卫 崔庆田 颜明友 李庆章 编著



石油工业出版社

煤层甲烷气勘探开发 工艺技术进步

许 卫 崔庆田 颜明友 李庆章 编著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

煤层甲烷气勘探开发工艺技术进展/许卫等编著.
北京:石油工业出版社, 2001.5

ISBN 7-5021-3362-3

I. 煤…

II. 许…

III. ①煤成气-甲烷-油气勘探

②煤成气-甲烷-气田开发

IV. P618.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 24082 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)

北京密云红光印刷厂排版

河北徐水县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 8.625 印张 220 千字 印 1—1000

2001 年 5 月北京第 1 版 2001 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3362-3/TE·2521

定价: 22.00 元

《煤层甲烷气勘探开发工艺技术进展》编委会

顾 问：李志明 贾庆仲 吴泽坚

主 编：许 卫

副主编：崔庆田 颜明友 李庆章

编 委：张树明 李晓明 王国勇

徐礼海

审 校：关志忠

参加编写人员：(排名不分先后)

黄学清 刘绪平 洪 春

刘满堂 郑涂寿 张占文

姚 飞 朱 文 卢拥军

张建博 林 平 王 玺

王永辉 任德生 仇志宁

马方明 刘海滨 米国新

徐学军 李学峰 程湘蓉

前 言

煤层甲烷气是煤层在地质史中漫长的煤化过程中所生成的以甲烷为主的天然气。它储集在煤层中，包括煤层基质表面的吸附气、煤层裂缝与割理中的游离气、煤层水中的溶解气和煤层间常规薄储层中的游离气等四大组成部分。由于煤层甲烷气主要以吸附状态赋存于煤层内表面上，故又称煤层吸附气或煤层甲烷气。

人们早就知道有煤层气，因为它是煤矿掘进中令人“谈虎色变”的瓦斯气，它曾经引发过无数次的矿井灾难。煤矿开采中很重要的工作之一就是通风，将工作面附近的瓦斯气尽可能地抽排出去，以保障采矿的安全。煤矿中的甲烷气排放到大气中后，又造成严重的环境污染，因而甲烷气是造成全球变暖的主要“温室效应”的气体之一。

煤层气抽排最初是以防害为目的进行的，而将煤层气作为一种资源进行大规模开发利用则始于美国。20 世纪 50 年代，已出现对煤层气的零星开发利用，如美国圣胡安盆地 1953 年投产了第一口煤层气气井，产量 $0.2 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。到 70 年代末，大规模开采煤层气资源已初具规模。1980 年 12 月 12 日美国阿拉巴马州黑勇士盆地的 Oak Grove 煤层气田的建成投产，标志着现代煤层气工业的诞生。此后，美国煤层气工业迅速发展。到 1994 年底，美国已有 6000 多口煤层气井，其中正在生产的井超过 5500 口，年产量逾 $210 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约占美国天然气总产量的 4.2%，仅美国弗吉尼亚州 1999 年就有 293 口煤层甲烷气井完井并投入生产，比 1998 年增加了 22%。

煤层气工业不仅能充分利用煤炭资源，在国民经济发展中起重大作用，而且是“变害为宝”的工业，因而它的意义十分重要。

由于美国成功地开发了煤层气资源，因而世界其他煤炭资源丰富的国家也开始从事这方面的研究和探索工作。我国的有关部

门已进行了多次试验、研究和探索，并取得了可喜的成果。此外，澳大利亚、加拿大、波兰、捷克、俄罗斯、乌克兰、比利时、印度等国家也都进行了不同程度的研究工作和先导性试验。其中澳大利亚取得的进展较为突出，近二三年内已累计钻了近60多口煤层气井，其中有的已投入生产。

在我国，原地矿部、煤炭部和一些外国公司已先后进行了煤层气勘探，目前已有约百口井进行了煤层气的勘探开发试验。原中国石油天然气总公司新区勘探事业部于1994年专门成立了煤层气项目经理部，开展煤层气地质勘探、钻井和试气等研究工作，初选出我国煤层气远景资源量为 $(25 \sim 35) \times 10^{12} \text{m}^3$ ，并在河北省、陕西省、山西省等地进行了煤层气的勘探开发试验。

煤层气是一种非常规的天然气资源，也是一种后备的战略资源。由于世界各国对环保问题的日益重视，开发煤层甲烷气已提到议事日程上来。美国十多年来在煤层气勘探开发中所积累的技术和经验以及取得的显著效益，更促进了煤层气工业在世界范围内的发

全世界有一定煤炭资源量的国家至少有60多个，煤炭的地质储量估计达 $13 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，如果加上低阶煤，估计可达 $25 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。拥有煤炭资源的主要国家有俄罗斯、中国、美国、加拿大、澳大利亚和亚、欧、非的其他一些国家，据国外有关部门估算，世界煤层气资源量约有 $240 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，其中独联体有 $17 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、加拿大有 $(5.66 \sim 76.4) \times 10^{12} \text{m}^3$ 、中国有 $(30 \sim 35) \times 10^{12} \text{m}^3$ 、美国有 $11.35 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，澳大利亚有 $(8.5 \sim 14.16) \times 10^{12} \text{m}^3$ ，德国和波兰均为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

随着常规天然气资源的不断减少以及能源需求量的不断增加，特别是在环境保护要求日趋严格的今天，煤层气这一巨大的潜在资源在能源消费结构中的地位也将逐步提高。美国天然气协会(AGA)曾预测，到2000年，美国天然气供应量的15%可能来自煤层甲烷气。

1998年7月，作者受中联煤层气有限责任公司的委托及美

国 Devon 公司、Geomet 公司、Star 公司和 Smith 公司的邀请,在美国进行了为期一个月的煤层气开采技术学习和考察。根据中联煤层气有限责任公司的要求,回国后编写了有关技术考察报告,本书是在此基础上进行有关删节后完成的。在完成本书初稿阶段时,得到中联煤层气有限责任公司、大港煤层气有限责任公司、辽河煤层气有限责任公司领导的大力支持;辽河石油勘探局李志明、贾庆仲、吴泽坚等对本书进行了审阅并提出了宝贵的修改意见;中联煤层气有限责任公司马方明、刘海滨,大港煤层气有限责任公司徐学军、米国新、李学峰,原中国石油天然气总公司勘探开发研究院廊坊分院单文文、李文启等人为本书编写提供了宝贵的资料;外文资料的翻译及译校工作由辽河石油勘探局钻采院关志忠完成;本书的文稿输入及图形处理由辽河石油勘探局钻采院陈志华、刘洪芹、宋志军、梁慧芝、秦红芹、都红磊、高凤艳、刘德英、仇志宁等完成。

本书在编写出版过程中,引用了国内外部分学者有关煤层气勘探开发技术方面的论著和文献,为保持原著的完整性,所引用的计量单位仍采用原单位,未进行有关换算。由于无法将全部引用的原著作者一一列出,本书编者在此向所有原著的作者致歉,并表示衷心感谢。

由于编委会成员知识和经验的局限性,加之近年来煤层气勘探开发技术的迅速发展,本书必然会存在一些不够确切乃至不当之处,敬请有关专家和读者不吝赐教,批评指正。

编 者

2000 年 12 月 28 日

目 录

第一章 国内外煤层气勘探开发利用现状	1
第一节 世界煤层气资源与勘探开发现状	1
第二节 中国煤层气开发前景	7
第三节 世界煤层气开发利用现状	10
第二章 中国煤层气分布特征及其控制因素	14
第一节 中国煤炭资源概述	14
第二节 煤层气的形成条件和控制因素	15
第三节 中国煤的储集性和煤层气的分布特征	18
第四节 中国煤层气开发前景	23
第三章 煤层甲烷气的形成及其特征	24
第一节 煤成气和瓦斯	24
第二节 煤层甲烷的形成	28
第三节 煤层甲烷的成因分类及其同位素特征	35
第四节 煤层甲烷吸附特性	41
第五节 煤层甲烷量的地质影响因素	49
第六节 煤层甲烷储层特征	52
第七节 煤层甲烷气藏的形成条件	73
第八节 煤层甲烷气藏类型	95
第九节 火山喷发形成煤焦岩煤层气	99
第四章 煤层甲烷资源综合地质评价研究与 勘探地质选区	106
第一节 煤层甲烷资源综合地质评价研究	106
第二节 煤层甲烷勘探地质选区及其评价	109
第五章 煤层气开发合理井网及开发方案编制	113
第一节 煤层气开发井网	113
第二节 煤层气开发方案编制基本原则	118
第三节 煤层气储层模拟	120
第六章 煤层测井评价和有利勘探方法	124
第一节 煤层测井评价技术	124

第二节	有利煤层的勘探方法	133
第七章	煤层甲烷气井钻井完井技术	139
第一节	低压钻井技术	139
第二节	常规钻井	142
第三节	完井	144
第四节	煤层气井取心技术及取心方式选择	148
第五节	TH-2 型煤层取心工具	150
第八章	煤层气开采工艺技术	153
第一节	煤层气的开采	153
第二节	提高采收率的影响因素	161
第三节	提高采收率	167
第四节	水力压裂裂缝诊断分析技术	175
第五节	煤层压裂改造配套工艺技术	181
第六节	排采管柱优选排水采气技术	185
第九章	试井分析与产量预测	187
第一节	试井分析	187
第二节	产量预测方法	196
第三节	煤层气井注入/压降法测试工艺	211
第十章	煤层地下气化技术	218
第一节	地面煤气化方法简述	218
第二节	煤的燃烧	219
第三节	煤层地下气化技术	235
第四节	煤气的净化和加工处理	237
第十一章	煤层气利用及采出水处理	242
第一节	煤层气利用	242
第二节	采出水及水处理	244

第一章 国内外煤层气勘探开发利用现状

第一节 世界煤层气资源与勘探开发现状

一、世界煤层气资源与勘探开发现状

目前，世界煤层气勘探开发的主要进展情况如下。

1. 美国煤层气勘探开发技术发展过程与现状简介

以往为了保证煤矿开采的安全，美国的煤矿在采矿过程中都要向大气中排放大量甲烷气（瓦斯）。据估计，在 20 世纪 80 年代初，从美国煤矿中排入大气的甲烷气量高达 $780 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，在 1990 年增至 $850 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。抽排瓦斯不仅严重污染大气，而且耗费很大财力、物力，在亚拉巴马州，每排出 $57 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的甲烷需耗用 10MW 的动力。努力变害为宝，是促使美国煤层气工业发展的重要原因。

据估计，美国在 17 个含煤盆地或地区（见表 1-1）中，煤层气的总资源量为 $19 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其中可采资源量约为 $3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

2. 澳大利亚煤层气勘探开发现状

近 5 年来澳大利亚的煤层气勘探十分活跃，主要集中在东部的几个二叠纪—三叠纪含煤盆地，包括悉尼、冈尼达、博恩、加利利等盆地，仅在近几年已钻 60 多口煤层气探井，其中博恩盆地的 2 口井经测试后转为生产井。

悉尼盆地位于澳大利亚新南威尔士州，面积 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，是一个二叠纪弧后盆地。盆地的煤层包括上二叠统 Illawarra 煤系

表 1-1 美国含煤盆地煤层气资源概况

盆地名称	面积 (km ²)	煤层最 大埋深 (m)	主要煤 层数 ⁺	单井最大 总煤层 厚度 (m)	单煤层 最大厚 度 (m)	最高 煤阶	压力类型	含气量 ^① (m ³ ·t ⁻¹)	煤层气地 质储量 (10 ¹² m ³)
西部									
圣胡安	19500	1200 ^③	14	30	12	LvB	u, n, o,	17 (1070)	2.38
皮申斯	17400	3660	20	30	6.7	SA	u, n, o,	12 (2320)	>2.38
大格林河	54600	1830	30	29	6	HvaB	u, n	15.4 (1070)	8.89
泡德河	67000	1220	24	91	60	Sba	u	2.0 (370)	0.85
拉顿	5700	920	40	27	3	LvB	u	14 (370)	0.28
西华盛顿	16900	?	?	?	12	HvbB	?	2.1 (180)	0.68
温德河 ^②	21000	3660	6?	30	8.5	Sba	n, u,	??	0.06
尤因塔	24000	920	?	?	7.6	HvaB	?	10.0 (970)	0.28
东部									
北阿巴拉契亚	11400	610	6	6	3.7	HvaB	u	12.5 (240)	1.73
伊利诺斯	130000	920	3	5	4.6	HvaB	u	4.2 (210)	0.55
黑勇士	15500	1220	5	6	2.4	LvB	u, n	17 (850)	0.57
中阿巴拉契	1300	760	6	5	1.8	LvB	u	19 (370)	0.14
阿科马	35000	920	2	3	2.1	LvB	u	15.6 (430)	0.11
卡霍巴和库萨	940	3800	25	?	?	LvB	?	11 (?)	0.08
里奇蒙德	650	920	2	?	4.6	MvB	?	8.5 (?)	0.08
宾州无烟煤盆	1300	920	3	?	2.0	A	?	20.0 (209)	?
瓦利	160	1220	2	?	?	SA	?	??	?

注: LvB 为低挥发煤; SA 为半无烟煤; HvaB 为高挥发 A 烟煤; Sba 为亚烟煤。HvbB 为高挥发 B 烟煤。压力类型: u 为欠压; n 为常压; o 为超压。①最大含气量 (取样深度)。②数据只来源于 Fort Union 组。③为 Fruitland 组最大深度。+: 单井主要煤层数。

和二叠统 Greta 煤系, 累计煤层厚度为 9~100m, 大部分地区为 30m。煤层多为高至低挥发烟煤, R_o 为 0.2%~0.6%, 以褐煤为主, 煤层渗透率较低, 为 $0.05 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 不等。估计煤层气地质资源量为 $3.68 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

冈尼达盆地位于悉尼盆地以北, 以 Mt Coricudgy 背斜相隔, 其地质条件与悉尼盆地相似。Australian CBM Pty Ltd (ACM) 公司自 20 世纪 80 年代末开始对该盆地进行研究, 但直到 1993 年才开始打井, 1995 年打了第二口评价井。测井结果表明, 二叠系煤层厚度累计为 80m, 实测渗透率为 $45 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 部分煤层的 R_o 为 0.7%~2.0%。

博恩盆地位于昆士兰州东部, 主体二叠系煤层包括 Reids Dome 层、Collinsville 层、Moranbah 层和 Rangal 层。盆地中的煤阶向东逐步上升, 可达半无烟煤—无烟煤。博恩盆地的煤层气资源量很大, 估计为 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。目前博恩盆地的煤层气勘探十分活跃, 并取得明显进展。主要作业公司有 Conoco、Tristar 和 CRA 勘探公司。Conoco 公司在博恩盆地已累计打煤层气井 17 口, 其中包括 4 个生产测试试验区的 7 口测试井。Tristar 公司自 1994 年 8 月以来已在该盆地打了 14 口井, 其中 13 口井作洞穴完井, 其中 2 口井测试结果表明储量超过 2.8 万 m^3 且不产水。CRA 勘探公司主要在该盆地东缘作业, 其 Peat II 井的测试产量是目前澳洲的最高产量, 该井 1995 年 3 月完井, 生产测试时用 7/8in (22.2mm) 油嘴, 在 896kPa 的稳定压力下产气 7.1 万 m^3/d , 后转为生产井; 另一口井 (Peat III 井) 在 1995 年 8 月钻进 985m, 测试获 3.6 万 m^3/d 的产量, 后也转为生产井。

加利利盆地位于昆士兰州中部, 是一个克拉通内断陷盆地, 面积 23.4 万 km^2 。目前只有 Enron 公司在此进行煤层气勘探。Enron 公司的研究区位于盆地东北部, 面积 48000 km^2 。据随钻测井结果, 该盆地煤层为二叠系 Aramac 煤系和 Bandanna/Colinlea 层系, 煤层厚 (单层可达 13m), 煤阶低 (仅在局部地区 R_o 超过 0.7%), 煤层含气量也比较低, 平均为 2.6 m^3/t (钻井

测井结果)。煤层为常压至超压。1993~1994 年 Enron 公司打了 6 口探井, 确定两个有利构造区, 即 Crossmore 背斜和 Rodney Creek 背斜。Crossmore 地区煤层净厚度为 24m, 含气量为 $3.7\text{m}^3/\text{t}$, 为饱含气, 平均渗透率约为 $52 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 估计地质储量 170 亿 m^3 。Rodney Creek 地区饱含气的煤层净厚度为 35m, 平均渗透率 $13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 估计地质储量 230 亿 m^3 。1995 年 7 月 Enron 公司又打了 2 口测试井。

3. 其他国家的煤层气勘探现状

(1) 捷克共和国

俄斯特拉发·卡尔菲纳盆地是捷克最重要的含煤盆地, 其石炭系地层含 225 个煤层。目前已建成了一个煤层气开发试验区, 面积 240km^2 , 包括 10 个小区, 计划在其中最希望的小区打 6 口井。1994 年底已完成第一口井。

(2) 波兰

波兰于 1992 年 10 月完成第一轮开发煤层气的招标, 当时吸引了一些外国公司前往合作。近两年来在煤层气的勘探、资源评价和开采试验等方面做了许多工作, 尚待建成工业产能。估计波兰煤层气资源量为 $3 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

(3) 比利时

比利时东北的凯平 (Campine) 盆地是西北欧海相石炭系大煤田的一部分。为了评价该煤田未开采地区煤层气开发利用的可行性, 已建立了一个试验区。1992 年底在比利时的皮尔地区打了一口井并进行了生产测试, 但测试结果并不理想。

(4) 英国

英国煤矿瓦斯利用的历史较长, 但用直井开发这种资源只是近几年才开始。现已有 7 家公司获得了煤层气开发租约, 其中英国 Evergreen 资源公司最为活跃。1992 年春完成了第一口井, 完钻井深 1074.4m, 钻遇煤层厚 22.6m, 并进行了压裂处理。

(5) 俄罗斯和乌克兰

俄罗斯和乌克兰的煤层气资源极为丰富。然而, 由于资金和

技术上的问题，煤层气的勘探开发活动仅停留在煤矿瓦斯气的处理和煤层气资源评价上。目前这些独联体国家正积极努力，希望借助美国石油公司的技术和资金开发利用煤层气资源。

(6) 加拿大

早在 20 世纪 80 年代初期加拿大就开始在西部盆地进行煤层气勘探活动，但无进展。1990 年以后由加拿大沉积和石油地质研究所组织对全国煤层气资源进行评价，同时一些公司在西部盆地以及东部新斯科舍省部署了一批井进行勘探和开采试验。

(7) 印度

印度的煤层气资源潜力很大，但开采还存在问题。一是技术上的问题，如准确估算煤层气的含气量和渗透率；二是商业上的问题，市场问题尚未解决，管道设施也跟不上。

(8) 津巴布韦

目前共设有 4 个煤层气勘探区块，总面积达 8100km²。勘探费用由欧洲投资银行提供，勘探工作主要是通过遥感、航空磁测和构造模拟寻找高渗透性煤层。1994 年底打了一口测试井。

其他一些国家也在进行煤层气资源的评价和勘探，包括法国、匈牙利、西班牙、南非、新西兰等。总之，目前除美国之外，世界上其他国家尚没有大规模开发煤层气。即使是澳大利亚，也只有少数生产井。形成这种局面的原因可能有三点：第一，煤层气作为一种非常规天然气，其前期工作往往需要很大的资金投入，如果没有税收政策上的优惠，很难吸引资金；第二，除美国外，其他国家尚不能彻底解决各自存在的具体技术问题；第三，由于煤层气本身的特殊性，从地质评价到工业开采一般需要相当长的时间。

二、中国煤层气勘探开发利用现状

中国是世界第一产煤大国，以井下开发为主。据 1992 年全国矿井瓦斯等级鉴定，有 2351 个主要矿井中有 1034 个为高瓦斯

和突出矿井，占 44%。近年来，随着采深进一步加深和掘进度进一步扩大，矿井瓦斯涌出量平均每年增加 1.7 亿 m^3 。1993 年国有重点煤矿瓦斯涌出量达 44.8 亿 m^3 。瓦斯爆炸和瓦斯突出事故在煤矿重大恶性事故中一直占有很大比例。瓦斯事故已构成煤矿安全生产的最大威胁。

抽放煤层气是减少矿井瓦斯涌出量，防止瓦斯爆炸和突出事故的根本性的措施。抚顺煤矿从 1952 年开始实行煤层气抽放，是我国最早进行抽放煤层气的煤矿。到 1980 年，全国有 32 个矿区进行煤层气抽放。但是除少数抽放量大的矿井建立煤层气利用设施外，许多煤矿抽放煤层气仅是为了安全生产的需要，抽放的煤层气没有加以利用，而是抽放后排放到大气中，这样既浪费了能源资源，又污染了环境。为了发展矿井煤层气抽放和利用，在国家经济贸易委员会资源节约综合利用公司的支持下，原煤炭部加工利用局开始将煤层气利用工程列入国家节能基建投资计划。从资源论证、设计审查、资金安排到施工管理均实行行业管理。到 20 世纪 80 年代末，利用国家拨款，煤代油资金和各项优惠贷款，兴建和扩建煤矿煤层气利用工程 50 多项，建设储气罐总容量 65 万 m^3 ，输配气干线 618.7km，供气 22 万户。同时还开发了煤层气发电、生产碳黑和甲醛等工业项目。1995 年全国煤矿抽放井已达 146 个，年抽放量为 6.3 亿 m^3 ，利用量达 4 亿 m^3 。20 世纪 80 年代至 90 年代初，我国开始引进美国煤层气开发技术。1989 年初，能源部邀请美国 ICF 公司来华进行煤层气技术交流，同年 12 月召开中国首次煤层气开发研讨会，预示着我国煤层气开发将成为一个新的热点。随后，能源部组织有关专家和工程技术人员赴美考察，原煤炭部、地矿部、石油部等部门也先后组团考察学习；同时，国外如美国的 ARI、ARCO、中美能源公司、安然公司、阿莫科公司和澳大利亚的 BHP、路伟尔公司等纷纷来华洽谈合作项目。截至 1990 年 8 月，中央批复能源部关于开发利用煤层气的书面建议，我国煤层气进入技术引进和试验阶段，开滦矿务局唐山矿煤层气示范项目经国家计委批准开始

实施。1991 年联合国开发计划署 (UNDP) 确定向我国提供援助, 建立“中国煤层气资源开发”项目, 1992 年 6 月转为全球环境基金项目 (GEF) 提供援助资金 1000 万美元, 该项目包括松藻矿务局、开滦矿务局、铁法矿务局三个煤层气开发示范子项目和西安煤炭勘探开发院全国煤层气资源评估子项目, 由原煤炭部组织实施。1993 年, 联合国援助原地矿部开展“深层煤层气勘探”项目, 提供援助资金 130 万美元, 由华北石油地质局实施。上述项目对中国煤层气开发有极大的推动和影响作用。截至 1998 年底, 煤炭、石油、地矿系统所属的有关部门及地方政府利用国内资金或引进外资与技术, 已在 20 多个矿区打了近百口煤层气勘探和生产试验井。其中柳林、晋城、铁法项目已取得较好煤层气显示, 前景看好, 有所突破。这些项目为煤层气工业的发展奠定了基础。

第二节 中国煤层气开发前景

中国能源工业经过 40 多年的发展, 已基本形成了以煤炭为主、多种能源互补的能源生产体系。建国初期, 我国的能源生产和消费结构基本是单一的煤炭型结构, 煤炭约占能源生产总量的 96%, 占消费量的 94%。随着我国石油天然气工业的迅速发展和水能及其它能源的开发利用度进一步加强, 从 20 世纪 60 年代开始, 我国的能源结构有了较大的改善, 初步形成了以煤为主、多种能源互补的生产和消费结构。1994 年, 煤炭在一次能源的生产和消费中的比重逐渐下降到 75% 左右, 石油、天然气和水 (核) 电在一次能源生产中的比重分别增加到 17.5%、2% 和 5.5%。

中国与印度在主要能源消费上很类似, 这两个国家煤炭在能源结构中均占一半以上, 而其它能源占很小比例。日本、澳大利亚、美国和俄罗斯等国家不同于中国, 他们大量依靠石油和天然气, 二者约占能源需求量的一半以上。由于生物燃料缺乏, 日本

依靠大量核能、进口石油和水电。

中国的现代化建设面临能源问题的严重挑战。由于中国人口、资源、环境以及经济、科技等因素的制约,能源供应长期以来不能满足经济迅速增长的需要。要解决中国现代化建设所面临的能源问题,必须改变依靠大量消费资源、增加能源供应来维持经济增长的状况,采取一条新的非传统的发展模式和发展战略,即保证持续发展的能源战略。这一新的发展战略与发达国家迥然不同,也有别于其它发展中国家,其基本思路和主要内容如下:

一、节能优先

靠增加能源供应保证经济增长的发展模式,受资金、资源、环境等因素的严重制约,已经越来越行不通了。而消费使用必将加剧能源短缺,削弱资源基础,延缓现代化进程。此外,中国节能潜力巨大,能源利用效益如果提高到发达国家目前的水平,则能源消费至少可减少 30%。实施这一战略是中国经济持续、稳定、协调发展的关键一环,也是减少大气污染、CO₂ 和 CH₄ 排放量的最经济途径。

二、改善能源结构

当前中国能源结构存在的主要问题在于煤炭比重过大,水电和天然气与其潜在的资源量极不相称;一次能源转换成电能比例和电力占终端能源消费比例太低;工业用能比例偏高、交通运输和民用能源比例过低;农村生活用能 70% 依靠生物质能源;煤、电、运发展不协调;能源产业结构不合理,小煤矿、小火电过多,石油开采与下游工业分割;能源供需的地区分布极不平衡。世界一次性能源生产结构中,天然气占 25%,消费构成中占 22%。而中国在能源消费与生产构成中,天然气徘徊在 2% 左右,这是极不相称的。必须提高对发展天然气的重要性的认识,在价格、税收和投资等方面采取一系列政策,以促进天然气工业的发展。