

可持续发展与煤炭工业

中国科协第31次“青年科学家论坛”暨首届“煤炭青年学者论坛”

报告文集

主编 谢和平

-53

煤炭工业出版社

可持续发展与煤炭工业

——中国科协第 31 次“青年科学家论坛”

暨首次“煤炭青年学者论坛”

报告文集

主编 谢和平

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是中国科协第31次“青年科学家论坛”暨首次“煤炭青年学者论坛”——《可持续发展与煤炭工业》论文集。本次论坛共邀请活跃在煤炭工业科研、教学及生产第一线,已取得突出成就的年轻教授、副教授、高级工程师参加,共收到27篇论文,包括了各位代表在各自研究领域及煤炭工业可持续发展方面的最新成果。这些最新成果基本反映了我国煤炭工业当前面临的科学技术问题及未来可持续发展方向。

本书可供高等院校师生,科研院所及现场工程技术人员学习参考。

可持续发展与煤炭工业

——中国科协第31次“青年科学家论坛”

暨首次“煤炭青年学者论坛”

谢和平 主编

副主编:张玉卓 彭苏萍

责任编辑:伊烈 王玉芬

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京朝阳区霞光里8号 100016)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 12

字数 278 千字 印数 1—1,000

1998年6月第1版 1998年6月第1次印刷

ISBN 7-5020-1592-2/Z4

书号 4361 定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换



前言

为贯彻中共中央、国务院《关于加速科学技术进步的决定》和全国科技大会精神，中国科协设立了“青年科学家论坛”，其目的是为扎根国内，并已取得一定成就的青年科技工作者提供一个学术交流园地，意在为他们提供一个良好的学术交流气氛和环境，相互切磋、交流、展露才华，鼓励青年科学家走向世界科学前沿，培养造就更多的跨世纪优秀科技人才和学术带头人。为培养和造就一批进入世界煤炭科技前沿的跨世纪的煤炭学术与技术带头人，在原煤炭部党组的直接关怀和支持下，中国煤炭学会于1997年7月设立了“煤炭青年学者论坛”。论坛的任务是围绕煤炭科学技术的重要前沿问题和煤炭工业现代化建设的重大战略问题，进行高层次的学术研讨；跟踪世界煤炭工业高技术的发展动态，大胆探索，勇于创新，攀登煤炭科技高峰；并为有关领导和管理部门提供与科技进步、经济建设等有关的重要建议。

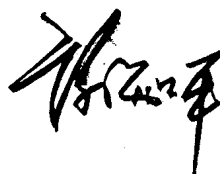
在当今的世界能源结构中，煤炭储量丰富，而石油、天然气相对贫乏，中国更是一个富煤贫油的国家。根据全球经济的可持续发展和能源利用强度的发展趋势以及中国能源结构的特点，中国70%以上能源来自煤炭的能源构成状况在相当长的时期内不会发生大的变化。专家预测，随着中国的现代化建设和经济的迅速发展，中国的能源消费必将迅速增长，对煤炭的需求也将继续增加，到2000年和2010年煤炭在一次能源中所占比例仍然分别为72.1%和65%。因此，煤炭工业的可持续发展直接关系到整个国民经济的可持续发展。加强和发展煤炭科技是中国走向优质、高效、低能与生态环境协调的能源系统的关键。中国煤炭科技应该大力发展新理论、新技术，促使煤炭工业的可持续发展。

可持续发展(sustainable development)是出于过去人类社会经济发展道路不可持续而提出来的，是人类在发展观念上的思想飞跃。“可持续发展已成为推动科技进步的动力、建设文明社会的象征和人类共同追求的目标”。我国煤炭工业长期以来走的是一条以粗放外延式增长为特征的传统发展道路，是以高投入、高消耗、多污染为代价的速度型发展过程。这种传统发展模式带来了一系列的问题，使煤炭工业陷入困难、被动的境地，在煤炭工业的未来发展中是难以为继的。这迫使我们必须对这种传统的发展模式进行反思和总结，煤炭工业的新型发展模式是什么？煤炭工业的未来科学技术体系与战略对策是什么？如何使煤炭工业走向一条可持续发展道路？这是科学界和工程技术界普遍关注的问题。我们提出以“可持续发展与煤炭工业”这一跨世纪的主题来进行讨论，得到了原煤炭工业部副部长、中国煤炭学会理事长范维唐院士、中国科协书记处书记张泽研究员、学会部黄珏同志、中国煤炭学会副理事长、秘书长潘惠正教授的大力支持，煤炭工业部人事司、科教司和中国煤炭学会等协助推荐了与会代表，并很快得到了煤炭科学技术界青年科学家的热烈响应。

本次论坛由原煤炭部科技教育司谢和平教授、兖州矿业集团张玉卓研究员、中国矿业大学彭苏萍教授及煤炭科学研究总院陈湘生研究员担任执行主席。参加这次论坛的代表来自我国煤炭高校、科研院所、大型企业等20多个单位的青年教授、专家和技术负责同志共27人，他们年龄均在45岁以下，且多为“中国青年科技奖”、“国家杰出人才基金”、国家

教委“跨世纪人才基金”、煤炭部“跨世纪人才基金”、“煤炭青年科技奖”和省部级以上科技成果奖的获得者，是我国煤炭系统青年科技队伍的先进代表。会议论文分别就“煤炭工业可持续发展与资源环境”、“煤炭工业可持续发展的科学技术体系”及“煤炭工业可持续发展战略对策”三个与当前煤炭工业可持续发展和煤炭科技跨世纪发展密切相关的主题进行了深入的探讨和论述，对制定未来煤炭工业可持续发展方针政策具有重要的参考意义，对我国煤炭系统科技人员今后的科学研究工作有指导作用。

最后，我们感谢中国科协为我们提供了“青年科学家论坛”这种极好的活动形式和交流机会，感谢煤炭工业出版社对本书的出版给予的支持和帮助。感谢原煤炭工业部副部长、中国煤炭学会青年工作委员会名誉主任、现国家煤炭工业局王君副局长对本次会议的召开给予的关心、指导和支持。中国煤炭学会青年工作委员会，中国矿业大学北京校区科研处，特别是彭苏萍教授、吴立新副教授、李帮三、王卫川同志为办好本次论坛作了大量的日常工作，煤炭工业出版社总编室主任伊烈副编审及中国矿业大学北京校区王玉芬副编审负责本论文集的编辑工作，在此一并致以深切的谢意。



一九九八年四月十八日

目 录

中国能源发展趋势与跨世纪煤炭科技展望	谢和平 (1)
--------------------------	---------

A. 煤炭工业可持续发展与资源环境

建立与完善我国煤矿高产高效矿井地质保障系统的几个问题	彭苏萍 (19)
走向 21 世纪的中国煤田地质勘探业	谭永杰 (26)
煤炭工业可持续发展战略中的地质工作	赵明鹏 (35)
论MGIS 技术及制约煤炭工业可持续发展的三大外在因素	吴立新 (40)
发展洁净煤技术是实现煤炭工业可持续发展的基础	徐振刚 (49)
煤矿瓦斯发电	
——高效利用能源和保护环境的新技术方案	黄盛初 (58)
兖州矿区“可持续发展”的方向和重点研究课题	黄福昌 (64)
浅谈采煤塌陷与矿区可持续发展	筮建原 (70)

B. 煤炭工业可持续发展的科学技术体系

我国建筑物下采煤的四个技术体系	张玉卓 (77)
技术创新是煤炭工业可持续发展的不竭动力	王春秋 (86)
内因火灾防治技术新取向	
——面向煤炭工业可持续发展的安全技术构想之一	徐精彩 (91)
发展煤炭洗选、增加环境容量是煤炭工业持续发展对策之一	蔡昌凤 (95)
我国煤矿瓦斯防治技术的研究与发展	胡千庭 (100)
矿山岩石力学的发展动力与展望	缪协兴 (109)
科技与安全在大型煤炭国企可持续发展中的运作	吉如升 (115)
煤系高岭土超细加工及其制备技术	张克仁 汪学思 丁守才 闫立平 (121)
我国沿煤层定向钻进技术的研究及应用前景	石智军 (124)
多功能机动掘采系统的探讨	陈同宝 方 臻 (129)

C. 煤炭工业可持续发展战略对策

与可持续发展战略相符的矿区风井及工广布置	陈湘生 (135)
关于煤炭工业可持续发展问题的探讨	王立杰 王春江 (138)
煤炭工业可持续发展及其政策选择	周德群 (143)
试论煤炭工业可持续发展问题与对策	寇子明 (152)
关于煤炭工业可持续发展问题的讨论	张 麟 李永平 (159)
矿山机械现代化与煤炭工业可持续发展	葛世荣 王军祥 (166)
淮南矿区可持续发展战略对策与建议	袁 亮 (172)
王庄煤矿可持续发展战略及其总体规划原则	师文林 (177)

中国能源发展趋势 与跨世纪煤炭科技展望

谢 和 平

(中国矿业大学北京校区 北京, 100083)

摘 要 煤炭在世界经济和能源结构中占有重要地位, 科学技术的迅猛发展促进了煤炭工业的不断变革。为探讨煤炭工业可持续发展道路, 本文分析了世界能源发展趋势, 论述了中国能源结构特点、存在的问题以及发展趋势。对煤炭科技的发展与进步进行了展望与思考。进而提出了煤炭高校在煤炭科技发展和进步中应起重要作用。

关键词 煤炭工业 煤炭科技 能源结构 发展思路

1 前 言

根据全球经济的可持续发展和能源利用强度的发展趋势以及中国能源结构特点, 中国70%以上的能源来自煤炭的能源构成状况在相当长的时期不会发生大的变化。根据专家预测, 为保障我国国民经济的正常发展, 2000年、2020年、2050年煤炭占一次能源的比重分别为70%、68%和50%左右。而在煤炭的生产和消费过程中存在着危害人身安全、生态环境和大气污染等等问题, 这又对中国经济的可持续发展带来制约和挑战。因此煤炭工业要实现“两个根本性转变”, 实行可持续发展战略, 重点在加快发展煤炭科学技术, 应用世界最先进的科技成果和技术来彻底改善目前煤炭的生产和消费状况, 实现李鹏总理所提出的“使煤炭更多地转换为电力和煤气, 甚至转化为水煤浆和液化油等液体燃料, 为社会提供更清洁的能源”。

煤炭科学技术的发展要考虑自身的发展特点和规律, 同时应跟踪世界能源发展趋势和能源结构不断发展变化的需要, 要有超前意识。由此煤炭科学技术的发展应立足于能源科学技术的前沿, 立足于中国能源发展战略所必要的技术储备, 立足于煤炭工业中长期发展战略实施所必须的关键技术的攻关, 立足于煤炭工业工程实际问题的解决来思考、来规划。另一方面, 随着中国经济改革所要求煤炭工业产业结构的调整以及煤炭作为工业原料(煤具有多组份性——达475种), 煤炭科学技术要从目前单一型(煤)的科学技术向综合型多元化(煤)的科学技术发展。基于上述考虑, 本文分析了世界能源的发展趋势和中国能源结构的特点, 从近期(15年)、中长期(2010~2050年)和长期(2050年以后)论述了煤炭科学技术发展的展望与思考, 简要地讨论了煤炭高校在煤炭科技进步中应起重要的作用。

2 世界能源发展趋势与世界能源结构

科学家对 21 世纪进行了展望和预测, 认为 21 世纪几个主要特点为:

- 将会爆发全球性能源危机, 全球将寻求新的可再生能源并扩大使用已知的不可再生能源和可再生能源;

- 全球性生态危机在所有国家, 特别是在工业发达国家令人恐惧地迅速发展, 水资源特别是饮用水问题加剧, 全世界必须使用现有的资源和资金来解决;

- 气候发生全球性变化, 自然地分成几个自然气候区, 环境对人类和生物资源的影响加强, 全世界将把大量能源和物质技术用于消除这些变化的消极后果;

- 开发太阳系的行星和宇宙空间, 在地球的条件下利用宇宙技术;

- 由于不利的环境因素影响, 人们免疫能力下降, 全球应建立人为地恢复和保护免疫能力系统;

- 发展和完善人工智能, 并广泛利用于人类的生产和生活保障系统。

可以说, 由于 20 世纪以来的全球经济增长和社会发展, 21 世纪会不可避免地出现全球性生态危机加剧, 自然环境变迁, 人口不断增加等不利因素。要消除这些因素所带来消极后果和保持人类社会的可持续发展, 全球能源的供应和保障是最重要的基础。因此, 开发和使用经济、洁净能源(再生和不可再生能源)将构成 21 世纪世界能源和能源科技永恒的主题。

自 1973 年中东战争触发第一次石油危机以来, 世界能源结构进入了一个新的转变期, 即从以化石能源为主的能源系统向以可再生资源为基础的持久系统转变。这是一个漫长的过程, 估计要经历 100 年的时间。因此, 在未来的 50 年内, 世界能源的发展趋势仍将是: 以化石燃料为主导, 以可再生能源和新能源为补充(如风能、太阳能、核能等); 同时以发展节能技术或产品为基础。

由 1995 年统计, 世界一次能源消费结构是煤炭占 27.2%, 石油占 39.7%, 天然气占 23.1%, 核电占 7.3%, 水电占 2.7%。

2.1 石油产量与消费有所增加

1993 年至 1994 年间, 由于北美和亚洲对石油需求量的迅速增加引起了世界石油产量的增长(见表 1)。据统计, 1994 年世界石油产量增加至 29.53 亿 t (5900 万桶/d), 这是近五年来石油产量的第一次大幅度的增长。但由于全球政治、经济形势的变化, 1997 年 10 月到 1998 年 3 月石油价格下降 40%, 石油输出国组织(欧佩克)最近决定石油减产, 以维护石油输出国的利益。

据估测, 今后几年内石油产量和消费将分别增加 2%, 供需前景难以确定。但中东丰富的油田已开始达到其生产极限, 生产成本将急剧上升, 今后石油价格将会增加, 这将导致人们寻求更经济的替代能源。

2.2 天然气产量增长缓慢但发展前景可观

据 1994 年统计, 全球天然气产量增加了 0.3%。美国 1986~1995 年后的天然气产量增加了 18%, 而石油产量却减少了 20%; 其他地区的天然气产量增加了 4%。

十分可观的是, 据美国地质调查局的新估算, 全球天然气资源丰富, 可用目前技术经济开采的常规天然气资源量按目前世界天然气产量计算可供使用 145 年。另据法国天然气

表 1 1993~1994 年部分国家石油消费量 (%)

	1993 年		1994 年	
	消 费	产 量	消 费	产 量
美 国			+3.3	-3.3
印度尼西亚	+8.1			
韩 国	+8.6			
中 国	+11.1			
泰 国	+13.8			

技术协会预测,从目前至 2020 年期间,天然气产量将持续增长,2000 年天然气可达 21.5 万 t 油当量 (约为 2.5 万亿 m^3),2020 年世界天然气产量会达到高峰期,可达 26.2 亿 t 油当量 (约为 3.5 亿 m^3)。

2.3 煤炭消费仍然持平并略有增长

自 1989 年以来,全球煤炭消费保持持平并略有增长。在一些工业化国家,如美国,其煤炭消费增加了 5%,最近基本持平,预计 1998 年美国煤炭产量将达 10.2 亿 t,1999 年增至 10.3 亿 t,主要是美国发电用煤需求量一直保持增长趋势。欧盟煤炭减少了 18%;东欧国家自 1987 年以来煤炭消费减少了 36%,1994 年减少了 10%,从而导致大部分煤矿停产关闭;俄罗斯到 1995 年仅煤炭工业债务就达 3.2 亿美元;1980 年以来,发展中国家的煤炭消费则增加了一倍多。图 1、图 2 和表 2 给出了 1970 年到 2010 年世界煤炭需求、产量及贸易情况的现状和预测^[1,2]。

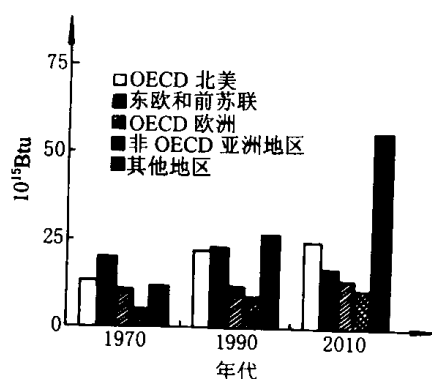


图 1 1970~2010 年世界各地的煤炭消费量
OECD—经济合作和发展组织

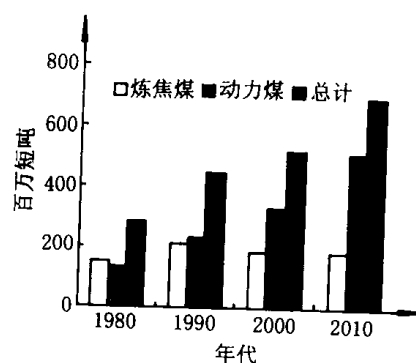


图 2 1980~2010 年间世界煤炭贸易

表 2 世界煤炭需求、产量及进出口量预测

单位: 亿 t

	需求量		生产量		进口量		出口量	
	1990 年	2010 年	1990 年	2010 年	1990 年	2010 年	1990 年	2010 年
欧洲经委会地区	18.21	17.98	18.30	17.71	1.99	2.78	2.08	2.51
西 欧	3.55	3.17	2.19	1.06	1.57	2.12	0.11	0.01
东 欧	7.15	5.74	7.19	6.10	0.26	0.38	0.70	0.75
北美洲	7.51	9.07	8.91	10.54	0.17	0.28	1.27	1.75
合 计	35.08	39.82	35.48	39.94	3.96	5.66	3.95	5.78

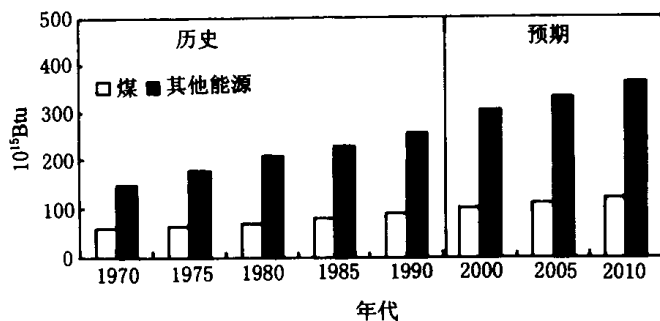


图3 1970~2010年间世界能源消费量 (千万亿 Btu)

1990年到2010年间,就一次能源的消费而论,煤炭在所有能源中的地位仅次于石油,在此期间,煤炭的消费量预计将会增加,从1990年的517Mt上升到2010年的6551Mt(百万吨)。仅中国的用煤增长量就将占预计增长量的3/4以上。根据不同的经济增长率和能源利用强度的趋势,2010年全球的煤炭消费量将会达到5840Mt至7379Mt之间。在80~90年代,煤炭在全部能源消

费中的比例略有上升——26%~27%。但这一比例预计在2010年将会回落到25%(图3)。

然而值得重视的是,在发展煤炭生产的过程中仍然存在以下两大问题:一是煤炭生产成本昂贵;二是发展煤炭对人和生态会产生巨大的损害,主要表现在环境污染、生态环境破坏和危害人身安全等方面。因此,为了发展煤炭生产,就须应用高科技彻底改变目前煤炭工业生产的面貌。

2.4 核电发展停滞

1994年,世界核电总装机容量从337000MW增加到339000MW,仅增加了0.5%。近年来,世界核电站共增加了5个,其中中国2个,美国、日本和墨西哥各增加一个。导致核电站发展停滞的主要原因是核扩散、核电站建设成本高和退役拆除费用高。如西马塞诸塞的杨基·罗反应堆于1960年建成,建设费用为1.86亿美元,至1991年关闭并拆除,仅拆除费高达3.7亿美元。

80年代由于许多新核电厂的投入使用,核电已有效、系统地削弱了电力部门对煤炭需求的增长势头。然而无论是公众还是经济学家都反对核电——特别是1978年三里岛事故之后,反对更甚。此后核电工程就被更高的建设费用、安全费用和设备成本退役费用所笼罩,使得核电厂的全部分摊成本相当高^[3]。

1996年布朗斯弗瑞3号电厂的起动使1998年成为核发电的高峰,约7000亿kWh。以后核电将逐渐下降,在2000~2005年将下降到每年约6800亿kWh,到2010年将下降到6670亿kWh。实际上,这是对核电较为乐观的预测。

在众多的发电方法中。从技术上看,煤炭和核电占据当今的领先地位,分别为56%和20%。在新的发电方法中,石油、天然气以及非水电等将继续取得一定的份额,水电和核能的发展也会在新增发电能力中发挥关键性作用。

2.5 风力发电迅速发展

1994年以来,全球风力发电装机容量增加了22%,达到3710MW。目前全球有25000台风力发电机组并网发电。

由于风力发电成本显著低于煤电发电成本(如英国风力发电成本仅为6美分/kW),所以目前风力发电在世界各国得到迅速发展,其中丹麦风力发电为第一位,占全球50%以上,风力发电装机容量增加了115MW。

2.6 其他可再生能源与节能技术与产品

美、英、法、日等国早在50年代已开始利用生物质能直接发电或热解气化发电,美国

已有近 400 万 kW 装机。利用液化技术将生物质能转换成液体燃料替代部分汽油等，80 年代已在美国、巴西等国实现。

世界各国很重视太阳能利用，太阳能电池年销售已超 6 万 kW，电池转换效率提高到 15% 以上，系统造价和发电成本已分别降至 4 美元/峰瓦和 25 美分/度电太阳能发电技术已获突破，目前已有 20 余座太阳能发电站在运行或建设。美国大力支持和发展光伏发电技术，计划 2000 年太阳能电池总产量达 140 万 kW。

近年来，世界潮汐能开发利用有重大进展。仅法国、前苏联、加拿大、韩国四国已建潮汐电站达 66 万 kW。总的趋势是潮汐能电站大型化，如俄罗斯计划的美晋潮电站设计能力高达 1520 万 kW，图古尔潮汐电站为 1030 万 kW，美国塞文潮汐电站为 720 万 kW，印度坎贝湾潮汐电站为 736kW。

节能技术目前普遍受到重视。节能紧凑型荧光灯 (CFL) 被誉为近 100 年发展史上技术创新的节能最新产品，1994 年销售量达 1.95 亿只。目前全世界达 50 亿只以上。如同时使用这些灯，节电相当于 28 个燃煤电站的发电量 (约 28GW)。节能的技术和产品能直接减少能源消费，由此就减少了能源消费对环境影响，减少了能源的生产、运输过程的工业活动，以及此过程产生的废物和废气。

总之，从目前世界能源的发展趋势来看，在发展以化石燃料为主，再生能源和新能源为辅的前提下，还要积极提高能源利用率和发展其他的节能技术或产品 (如光伏电池和紧凑荧光灯等)，才能满足人类生存发展对能源的需求。

3 中国的能源结构和发展趋势

在当今的世界能源结构中，煤炭储量丰富，而石油、天然气相对贫乏。中国更是一个富煤贫油的国家。1994 年世界化石能源储量及储采比见表 3。

表 3 1994 年世界化石能源探明储量及储采比

	储 量 (亿 t)		储采比 (%)	
	世 界	中 国	世 界	中 国
石油	1373	33	43	22.8
煤炭	10440	1145	235	94.6
天然气 (Tm ³)	141000	9359	66.4	47.75

目前，中国能源构成中一次能源消费结构为煤炭占 75%，石油占 17%，天然气占 2%，水电核电占 6%，与世界其他国家相比，中国更加依靠煤炭。在一次能源构成中我国煤炭占 3/4，而其他国家煤炭仅占 1/4 或 1/3。如将我国能源需求划分为工业、民用和运输三部分，则在工业和民用能源消费中，煤占主要部分，在运输部门的消费中，石油和天然气占主要部分，如图 4 所示。

随着经济的迅速发展，中国的能源消费必将迅速增长^[1~12]。在发展新型能源的同时，煤炭仍将在一次能源消费结构中占主导地位。我国建国以来，在能源消费结构中一直以煤为主。1952~1994 年我国一次能源消费结构如图 5 所示。根据国民经济和社会发展目标的要求，专家预测中国 2000 年和 2010 年能源需求和能源结构为^[11]：

2000 年：能源需求总量在 15.5 亿 t 标准煤左右，其中煤炭需求量将超过 15.7 亿 t，石油 2.1 亿 t，天然气 300 亿 m^3 ，一次电力（水电、核电）2350 亿 kWh。能源结构大致为：煤炭 72.1%，石油 19.3%，天然气 2.6%，一次电力 6.0%。

2010 年：能源需求总量在 21.4 亿 t 标准煤左右，其中，煤炭需求量将达到 19.5 亿 t，石油 2.8 亿 t，天然气 900 亿 m^3 ，一次电力 5808 亿 kWh。能源结构为：煤炭 65%，石油 18.7%，天然气 5.6%，一次电力 10.7%。

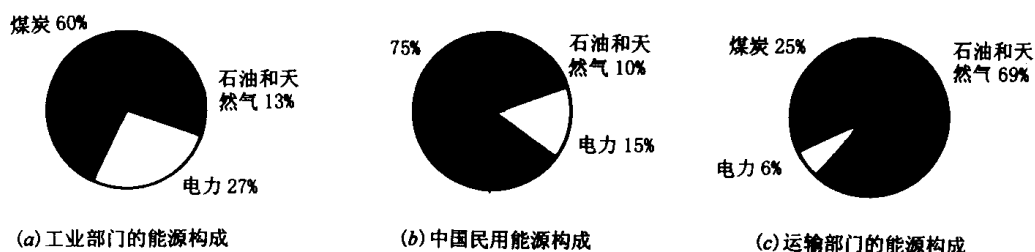


图 4 中国的能源构成

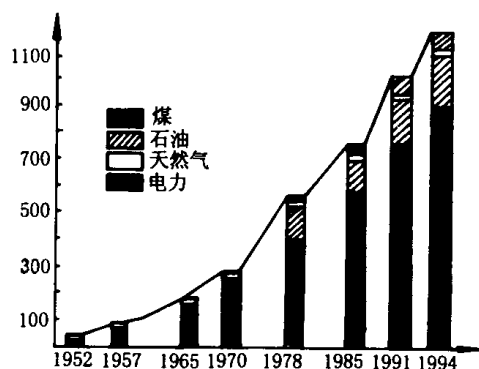


图 5 中国一次能源消费结构

事实上，在这个能源需求预测过程中，专家还是以传统的计划模式进行预测的。它没有考虑到科技进步对降低能耗的因素，没有考虑节能技术和节能措施的影响，也没有考虑中国大力发展水电、核电以及火电以后对一次能源消费将有大幅度减少需求的因素。因此，这个能源预测可能是一个过高的能源需求预测。

中国能源发展趋势为：以电力为中心，以煤炭为基础，积极开发油气，来调整能源结构；重视开发新能源和可再生能源，提高能源利用率和节约能源。走优质、高效、洁净、低耗的能源可持续发展的道路。

因此，我国的一次能源在近期（~2010 年）和中期（2030 年）仍以煤炭为主，从远期（2050 年）将形成化石能、核能、太阳能等新能源的多元能源结构。

3.1 我国不可再生能源现状和发展趋势

在过去的几年里，中国煤炭产量平稳增长，1996 年达 12.8 亿 t，1997 年已达 13.3 亿 t。目前大约 75% 的煤炭是直接燃烧，仅 25% 的煤炭是转化成二次能源。然而，为了发电快速增长的需要，预测至 2000 年中国的发电将占总煤炭需求量的一半。据专家预测^[1~8]，为保证我国国民经济正常发展，2000 年，2020 年，2050 年煤炭占一次能源的比重分别为 70%，60% 和 50% 左右。

我国石油年产量已达 1.5 亿 t，天然气 140 亿 m^3 ，但国内油气消费上升很快，预测 2000 年石油年需求量将超过 2 亿 t。近几年我国已成为石油净进口国。“九五”国民经济发展规划要求，石油天然气要在加强勘探增加后备储量的同时，保持产量稳定增长^[8]。

电力是被广泛利用的二次能源，根据使用一次能源的不同分为火力发电、水力发电和核能发电。“九五”期间，我国的电力要优先开发水电，适当发展核电^[8]。到 2000 年全国发

电装机容量将达到 3 亿 kW，发电量达到 14000 亿 kWh。电力生产仍将以火电为主（约占 81%）。目前火电装机容量占总装机容量的 75%。水资源可开发的水电容量达 3.77 亿 kW，80% 集中于西南、西北，目前开发率仅为 12%。我国核电起步晚，现有两座核电站（大亚湾和秦山），“九五”期间要加快发展核电。

3.2 新能源和可再生能源的现状和发展趋势

新能源和可再生能源，指的是除煤炭、石油、天然气、核能和水力这些常规能源以外的可利用能源^[6~8]。

生物质能是一种低碳能源，在国外受到广泛重视。我国在生物质能开发利用上已有良好基础^[6~8]。户用沼气走上了稳定发展阶段，全国 525 万个沼气池年产气 12 亿 m³；大中型沼气工程发展很快，100m³ 以上的有 600 多处；集中供气已达 8.4 万户。近年来还开展了把秸秆等农林废弃物转换为优质燃气或液化燃料等新技术的研究开发，并已建立一批示范工程。今后主要是加速农村生物质能利用技术的更新换代，以转换高品位能源为主，发展气化、液化、致密成型和炭化技术。并利用酒厂、糖厂和畜禽养殖场的有机废弃物发展沼气，使之转化为高品位能源，并开展综合利用。到 2000 年，年生物质能高品位利用能力要达到 250 万 t 标准煤，其中发电装机 5 万 kW。沼气用户 2000 年达 755 万户（其中集中供气 20 万户），年产沼气 22.6 亿 m³。此外，开发利用城市废弃物再生利用技术。到 2000 年，稻壳发电、秸秆发电、蔗渣发电、垃圾发电的总装机容量要大于 5 万 kW。

我国太阳能利用在太阳能热水器、太阳灶、被动式太阳房和太阳能干燥四个领域的技术已基本过关^[8]。太阳电池引进了一批生产线，1988 年年产 0.45 万 kW，年销售量 0.11 万 kW。主要用于通信系统和边远无电地区。西藏已建、在建 9 座光伏电站。高效硅电池和非晶电池的实验室水平已接近国外，但尚未产业化。今后十年，重点是中、低温太阳能热利用。晶体硅电池组件的有效面积效率要比目前提高 2%~3%，系统造价要降低 30% 以上；太阳能农用温室达到 35 万公顷，被动式太阳房发展到 1000 万 m²。光伏发电系统总容量要达 1.6 万 kW。太阳能开发利用总量到 2000 年将达 150 万 t 标准煤。

我国风力发电总装机容量为 2.6 万 kW。50~200kW 微型风力发电机已批量生产，已有 12 万余台投入使用，解决渔民、牧民照明和看电视问题。1~20kW 中、小机组达小批量生产阶段；50~200kW 大中型风力发电机组正在研制；14 个风电场正在建设。低扬程大流量和高扬程小流量两种风力提水机已研制成功。今后要形成自己的风力发电设备设计、制造技术，风电场选址和并网技术。到 2000 年，200~300kW 风电机组国产化率将达 60% 以上，500~600kW 大机组国产化率要达 40% 以上，生产成本要降低 20%，并网型风力发电规模将达 40 万 kW 左右。

我国目前地热能利用量大约相当于 400 万 t 标准煤。地热发电装机容量 2.86 万 kW，其中西藏羊八井地热发电站装机 2.5 万 kW，年发电量 9700 万度。今后，为了提高地热资源的利用程度，尚需在资源勘探、钻井、回灌、防腐防垢及发电系统等技术方面加强研究和开发。

我国潮汐能开发已有 40 年历史，已建成潮汐电站 8 座，总装机容量达 6120 万 kW，其中最大的是浙江江厦电站，为 3200kW，单机容量为 500kW 和 700kW 的灯泡贯流式水轮发电机组全由我国自己研制。今后主要是围绕浙江省 1 万 kW 级潮汐电站建设，解决相关的技术问题，包括超低水头大容量潮汐发电机组研制，海中水下建筑的设计和施工技术。到 2000 年，潮汐发电的总装机容量要达到 3 万 kW。

4 世界能源发展趋势与中国能源问题的比较

对比世界能源发展趋势与中国目前能源现状,可以发现有以下区别:

1) 世界范围的能源结构以油气优质燃料为主,而中国以煤为主。从世界各国的能源结构看,所有工业化国家均以油气燃料为主,这是提高能源效率、降低能源系统成本、减少环境污染和提供优质服务的选择,也是当今世界能源发展的一个基本趋势。而中国的国情所在,资源上富煤贫油,经济上尚不发达,在相当长时间内仍然会是世界上能源结构以煤炭为主的国家之一,这就更需要大力发展中国能源科技,走符合中国国情的能源发展道路。

2) 一次能源转换成电能的比重不断提高,中国存在较大差距。电能不仅仅是许多高级工艺技术唯一适用的能源,而且电力是节约能源的重要手段。工业化国家几十年的实践表明:电力增长越快,一次能源需求增长就越慢。单位国民生产总值(GDP)消耗电能的数量越大,单位国民生产总值的耗能就越少,单位 GDP 的温室气体和其他污染物的排放量也由此而减低。

我国一次能源转换成电能的比重虽然逐年有所提高(如从 1990 年的 24.3% 提高到 1994 年的 28.7%),但远远不如工业化国家。1990 年,美国为 39.2%,英国为 43.1%,加拿大为 55.0%,整个 OECD 国家为 41.3%。而且治理电力工业集中的污染源远较治理低效直接燃煤的分散源易于操作和经济。

3) 提高能源利用率、发展节能技术和产品,中国比较滞后。节约能源是世界能源技术发展的一个基本趋势。提高一次能源转换成电能的比重,发展先进发电技术对此具有重要意义。先进国家能源利用率为 50% 以上,中国才 30% 左右。

4) 环境保护成为制定能源战略的重要因素,中国存在严重的环境问题。1992 年世界环发大会之后,工业化国家明确提出并实施可持续发展能源战略,而且所有保护环境和提高能源利用效率的项目都构成履行全球气候变化框架公约的行动。工业化国家关注全球气候变化,提出限制或减排 CO₂ 等温室气体问题。环境保护已成为国际政治问题。

能源生产利用对生态环境造成的损害,正是中国环境问题的核心,其中主要是大量直接燃煤造成的城市大气污染,以及过度消耗生物质能引起的农村生态破坏,还有 CO₂ 温室气体排放问题。如不采取严格的环保措施,我国 2020 年 CO₂ 排放量将居世界第一位。因此,发展清洁能源技术是中国能源战略的一个基本选择。

5) 小型能源系统的分散化与多样化,中国还比较落后。随着太阳能、风力发电和燃料电池等能源的商业应用,目前由 3~4 个电站供电的城市将来有可能由几千个联网的小型发电装置供电。彻底分散化的小型新型能源系统的产生与发展,与计算机从大型化向个人小型计算机转移很相象,各类小型能源系统网的建立又与计算机网络的发展相似。

从长远的观点看,农村广大而经济发展又极不平衡的中国更加需要和适宜适用、发展这种新型的分散能源系统。随着可再生能源以及核能在中国的发展,还将为调整和改善能源结构、能源供应的多元化作出积极贡献。

5 煤炭科技发展的展望与思考

党的十三大已经强调要“使经济建设转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”。十四大又进一步指出,“努力提高科技进步在经济增长中所占的含量”。煤炭工业部党组已明确提出“科教兴煤”战略,实现煤炭工业的“两个根本性转变”和可持续发展的任

务。可以说，加速煤炭科技进步，加强科学管理是显著提高整个煤炭工业的经济素质和效益，提高整个行业的生产力质量和水平的根本途径。目前在我国煤炭开发技术方面有很大的难度，煤炭科技进步存在以下三个主要问题：

1) 科技进步对经济增长的贡献低。迄今为止，我国煤产量的增长仍主要靠投入大量的人力和资金，技术进步所起的作用很小。1953~1984 年煤炭全民独立核算工业企业的科技进步速度为 7.8%，科技进步对经济的贡献率为 9.2%，位于全国 17 个行业最末；1984~1993 年，国有重点煤矿科技进步对煤炭经济增长的贡献率为 23.13%，表明了煤炭科技进步有了较大的发展，但仍低于国家科技进步对经济增长贡献率 30% 的水平^[1,6~9]。据世界银行统计，美国、英国、日本等发达国家科技进步贡献率目前已达 70%~80%。

2) 煤炭技术基础面貌仍较落后。改革开放以来，我国煤炭科技取得了长足的进步，科技能力和水平明显提高，对促进煤炭工业的现代化作出重要贡献，但仍远远落后于煤炭工业发展的需要。表 4、表 5 的统计数据充分地说明了这一点^[10]。

表 4 1994 年主要产煤国家煤炭工业指标

国家	中 国	美 国	俄罗斯	印 度	德 国	澳大利亚	波 兰	南 非	英 国
煤产量(Mt)	1239.9	937.4	272.1	270.8	259.5	231.7	200.7	195.7	49.0
硬煤	1192.9	579.5	179.9	251.6	52.4	183.0	133.9	195.7	49.0
次烟煤和褐煤	47.0	357.9	95.2	19.2	207.1	48.7	66.8	—	—
商品煤占原煤比例(%)	88.9	86.0	82.0	—	51.6	82.6	84.0	80.7	72.0
煤炭探明可开采储量(Mt)	1145.0	2405.6	2016.0	699.5	800.7	909.4	421.0	553.3	25.0
矿井平均开采深度(m)	370	90	514	150	928	250	610	200	570
矿井采煤机械化程度(%)	71.0	99.9	97.0	25.0	100.0	100.0	98.0	99.5	100.0
其中综合机械化(%)	44.8	87.0	85.7	5.0	100.0	100.0	88.3	50.0	100.0
煤炭工业职工数/万人	825.0	11.4	81.9	78.0	14.48	2.24	29.2	5.26	1.2
煤炭全员效率(t/工)	—	37.02	3.95	2.57	5	30.41		290	—
煤矿事故死亡率(人/Mt)	5.74	0.047	0.96	0.54	0.41	0.015	0.16	0.248	0.042

表 5 中国 1981~1995 年煤炭主要指标

年 份	1981	1990	1992	1993	1994	1995
原煤产量(Mt)	621.36	1079.88	1116.38	1149.70	1239.90	1292.2
其中国有重点煤矿(Mt)	335.05	480.22	482.54	458.03	468.67	503.6
原煤入洗比重(%)	18.1	17.7	17.25	15.9	15.7	15.6
炼焦用洗精煤产量(Mt)	51.45	85.51	77.42	76.15	77.73	81.42
商品煤灰分(%)	21.17	18.96	19.96	19.93	19.88	19.97
商品煤含矸率(%)	0.46	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08
洗精煤灰分(%)	10.34	10.19	10.04	9.96	9.97	10.03
国有重点矿采煤机械化程度(%)	39.77	65.1	72.3	72.1	71.0	71.6
其中综合机械化程度(%)	17.67	33.5	41.1	43.8	44.8	46.7
县营以上煤矿单位年末职工数(万人)	463.38	546.40	551.39	534.94	524.87	508.82

续表

年 份	1981	1990	1992	1993	1994	1995
其中国有重点矿	273.12	357.15	363.21	351.74	344.51	330.84
国有重点矿原煤全员效率(t/工)	0.870	1.217	1.330	1.398	1.590	1.780
原煤生产坑木消耗(m ³ /万 t)	86.8	39.8	33.1	31.4	30.2	30.0
综合电力消耗(kWh/t)	35.68	43.89	50.47	53.82	53.78	54.35

这些统计数据表明,从总体上来看,目前我国煤炭生产和利用技术与发达国家相比,仍存在很大差距;粗放型经济模式比较明显;由科技促进煤炭工业产业结构的调整,提高人员效率上还相当落后;

3) 职工素质尚不够高,对“科学技术是第一生产力”理解不够深,科技意识不够强。这是制约煤炭工业整体发展的重要因素之一。煤炭工业要实现高效安全需要高科技,产业结构调整需要科学技术,招商引资、多种经营更需要借助外来的科学技术。这不仅需要依靠大量科学技术专家和科技人员,还需要广大管理干部和全体劳动者有强烈的科技意识和科技素质,进行科学决策、科学管理、科学地指导生产。

随着社会的进步和世界科技的迅速发展,资源和环境的协调发展,可持续的经济增长将成为 21 世纪矿业科学的主题。根据目前煤炭工业科技进步的现状,如果在未来 50 年到 100 年的时间跨度上展望煤炭科学技术的发展,我们认为在煤炭科技的发展和进步上至少存在三个永恒的主题:

(1) 高产高效高安全的煤炭生产:存在三个过渡,即人员效率从目前标准达到现代化标准;开采难度上从浅部开采到深部开采;自动化程度从综合机械化到无人工作面。

(2) 深入持久开发和开展洁净煤技术,使煤炭成为真正的洁净能源和清洁的终端能源,使煤炭从目前 80%以上直接消费逐步转化为间接消费和再生消费。

(3) 不断提高行业科技素质、科技意识和科技水平,真正实行科学决策和科学管理。

煤炭科学技术的发展要考虑自身的发展特点和规律,同时应跟踪世界能源发展趋势和能源结构的不断发展变化的需要,要有超前意识。因此煤炭科学技术的发展应立足于能源科学技术的前沿,立足于中国能源发展战略所必要的技术储备,立足于煤炭工业中长期发展战略实施所需要的关键技术的攻关,立足于煤炭工业的工程实际中的重大问题来思考、来规划。另一方面,随着中国经济改革所要求的煤炭工业产业结构调整,以及煤炭工业作为工业原料,煤是有多组分性(达 475 种),煤炭科学技术要从目前单一型(煤)的科学技术向综合型多元化(煤)的科学技术发展。下面我们从近期(~2010 年)、中长期(2010~2050 年)和长期(2050 年~)对煤炭科学技术的发展进行展望和思考。

5.1 近期(~2010 年)煤炭科技发展的展望与思考

根据中国的国情和中国经济发展战略分三步走的目标,在未来的 15 年(~2010 年)中,中国仍处于依靠大量消费资源、增加能源供应来维持经济增长的状况。依靠科学技术,改善能源结构、优化能源的生产和利用仍是中国能源发展战略的主要内容之一。在这发展战略中,一次能源的安全、高效地生产、加工利用以及减小和消除在一次能源的生产和消费过程中引起的环境问题的研究构成了这一时期矿业科学的主题。

专家预测^[5,11~15]:到 2010 年中国的一次能源构成中,煤炭仍将占 70%左右,仍将成为

中国的主要能源消费品。根据中国这一能源结构特点,煤炭部已提出:煤炭科技工作今后要围绕提高经济效益和科技水平,以综采放顶煤技术、锚杆支护技术、防治重大瓦斯和煤尘事故的可靠技术、洁净煤技术和建设高产高效矿井的综合配套技术为主攻方向,全面促进煤炭工业的技术进步,推动产业结构和产品结构的优化,改善煤炭企业的经济和安全状况,为实现我国煤炭工业的九五改革与发展目标而奋斗。具体体现在如下七个方面:

(1) 科技进步对煤炭经济发展的贡献率在国有重点煤矿增长幅度大于 35%。

(2) 围绕建设一批多层次的高产高效矿井,研制开发综采放顶煤、锚杆支护等急需的配套关键技术。为 100 个高产高效矿井达到全员效率 4t/工以上、国有重点煤矿采掘机械化程度达到 80%以上、人员效率达到 2t/工以上服务。

(3) 积极开发防治重大瓦斯、煤尘爆炸和火灾事故的可靠装备,为将国有重点煤矿百万吨死亡率降到 1 以下,国有地方煤矿和乡镇煤矿有较大幅度降低,以及基本控制尘肺病的发生提供技术保障。

(4) 积极开展洁净煤技术的开发利用,改善矿区环境。

(5) 为煤炭工业综合利用和多种经营发展提供适应技术,促进产业结构调整。

(6) 适应市场经济的需要,加强煤矿技术标准体系的建立。

(7) 大力加大成果转化工作力度,使之尽快形成现实的生产力。

要达到以上目标应作好三方面的工作:

(1) 逐步形成面向煤炭生产建设主战场、发展高技术及其产业、加强基础性研究三个层次的战略框架,根据煤炭工业的热点、难点和重点问题,明确煤炭科技的主导性方向;

(2) 加速科技成果转化,努力开拓技术市场;

(3) 深化科技体制改革,建立有利于煤炭科技进步的机制。

随着能源结构的调整和国民经济的发展,在这一段时间内,安全及环境问题将是全球煤炭工业发展面临的主要课题。并将会提到一个重要的位置来考虑。因此发展高效安全生产技术以及洁净煤技术的前期科技投入和综合开发和利用研究将成为煤炭科技的重点。因此我们应着重抓好如下技术储备和基础性研究来迎接 21 世纪对煤炭工业新的挑战:

(1) 保证煤炭工业可持续高效安全生产的量测和监测网络的基础研究以及重点设备部件的基础研究。

(2) 为煤炭发展战略项目:坑口电厂、管道输煤、煤层气等战略起步项目作好技术引进和相应的技术开发研究。

(3) 深部开采(1000 米以下)的基础研究及其关键技术的前期研究。

(4) 培养和发展促进煤炭综合利用和煤炭产业结构调整的更新技术研究和高层次人才培养,包括与煤炭相关的电力、建材、化工、新材料等学科,明确切入点,改善和调整学科结构,提高人员素质。

(5) 煤炭利用的基础研究,重点是发展煤化学这一基础理论研究。使煤炭这种可靠廉价的能源成为一种可与石油及天然气相近的高效洁净能源,为我国在 2010~2050 年期间的经济可持续发展所必要的能源供应作好技术储备研究,至少使之能实现用煤炭取代油气作为发电厂和工业与民用锅炉燃烧和消费。研究的重点方向是:煤的气化、煤的液化、水煤浆,特别是目前实验室开发的精细水煤浆技术使之成为能替代工业和民用柴油。

(6) 矿区生态环境恢复与重建以及报废矿井利用的基础研究和开发研究。