

中国能源展望

蒋正华

- 一、世界的热点——能源
- 二、中国能源状况
- 三、替代能源及可再生能源
- 四、中国能源问题对策

摘要

能源是一个世界性的重要课题，20世纪下半叶，由于人口快速增长，经济迅猛发展，人类社会以空前的高速度消耗着有限的资源。在50年内，世界人口从25亿增加到60亿以上，增长了近1.5倍，同期石油年消费量增长6.3倍，煤的消费量增长2.6倍，天然气消费量更是增长13.5倍。能源大量消耗引发了一系列政治、经济、生态、环境、社会问题，需要国际社会共同关注，协力解决。

中国正在经济高速增长时期，能源问题尤其突出。在各种化石能源中，煤炭是中国最丰富的能源，现已探明保有储量超过1万亿吨，估计远景总量超过5万亿吨，已探明可直接利用的煤炭储量接近2000亿吨。石油地质储量累计探明近250亿吨，天然气正处于勘探早期，预计远景储量47万—54万亿立方米。水能、风能、太阳能、地热资源丰富。

随着中国经济发展，能源消耗随之增加。由于采取了多种有效措施，能源强度（吨标准煤/万元GDP）由1977年历史最高值8.89不断下降，21世纪初保持在2.60至2.84之间，人均能源消费量1.70吨标准煤（2005年数），低于经济发达国家。

中国能源消费结构以煤炭所占比重最大，对生态保护和环境污染的治理产生了不利影响。从1993年起，中国由原油净出口国转变为原油净进口国，进口数量逐年增加，据各领域专家研究，未来15年内，中国经济增长势头强劲，对能源需求迫切。

石油在能源中起着特殊重要的作用，近年国际石油价格受全球经济复苏、部分地区政局动荡、投机炒作三大因素的影响不断上升，产生一系列经济、政治、社会风险，各国都采取了相应的对策。中国石油供求关系紧张，因此也在积极研究对策，加强石油勘探，加快建立战略储备，加大实现能源多元化力度，推行进口多元化，利用市场化手段防范风险。

面临严峻的形势，国家高度重视能源问题，采取了立足国内、开源与节能的方针。多年以来，国家大力建立有利于节能降耗的法制、体制和机制；推动技术进步，许多高耗能产业部门的技术已接近国际最先进水平；加强勘探的投入和开采能力的建设；推动经济结构调整和经济发展模式的转变；鼓励发展清洁生产和可再生能源的应用；这些行动已取得明显成效。

积极开源，优先节能是解决中国能源问题的基本方针。减少能源消费，一要调整经济结构，逐渐降低高耗能产业部门在经济中的比重。二要转变增长方式，加快节能高效技术的推广，促进建设循环经济，实施清洁生产。三要加强研究，制定具有科学性、预见性、前瞻性的能源规划，提出切实可行的综合性措施。四要提高全社会节能意识，从生活方式、消费方式等方面开源节流，形成节约能源、保护环境的舆论氛围。五要利用经济、法律、行政等各种手段，加强监督，使各项好的政策真正落实到基层。解决中国能源问题的根本途径就是贯彻落实科学发展观。

根据“十一五”规划，到2010年，中国的能源强度要下降20%，这是各方关注的目标，近年的现实令人不能乐观，为了保证实现规划要求，已经并将要采取一系列的措​​施，提高了工业部门和建筑业的技术标准；提出了有利于节能降耗的各种行政措施；鼓励制度、技术、管理创新；推动能源的多元化等。

能源与经济发展、社会进步、人民生活、生态环境、人类安全密切相关。当前，循环经济正在世界兴起，中国将与国际社会合作，建设一个繁荣、和谐的世界，明智、有效的能源政策是其中的重要因素。

一、世界的热点——能源

能源与经济发展模式

19世纪以前：生物质能源与农业经济

19世纪后期：煤炭成为主要能源，蒸汽机的发明与工业生产

第二次世界大战后期：石油走上舞台中央，推动现代交通及现代工业

1980年的第一位畅销书：世界挑战“The World Challenge”，Jean Jacques Servan-Schreiber. 本书的三分之一篇幅讲的是石油问题，中心是权力的转移。

重大事件对石油价格的影响

1953—1970年	石油输出国原油实售价平均1.15美元/桶
1970—1973年	OPEC成立，原油标价由1.8美元/桶提高到3.05美元/桶
1973年10月	第三次中东战争爆发，年末油价11.65美元/桶
1979年	伊朗革命发生，油价大幅上扬，1980年7月达31.5 美元/桶
1980年9月	两伊战争爆发，12月油价升至32.95美元/桶，现货市场最高价43美元/桶
1981年初起	油价回落，1985年末28美元/桶，1986年油价战时最低跌至8美元/桶
1990年8月	海湾危机，10月油价涨至34.52美元/桶
1991年起	大体稳定在20美元/桶左右
1998年	东南亚金融风波，12月油价跌至10.56美元/桶
1999年	油价反弹至25美元/桶左右
2000年10月	38美元/桶
2001年 9.11事件	经济衰退，新加坡普氏布伦特原油全年平均现货价跌至24.89美元/桶
2002年至今	中东局势紧张，石油大幅起落，总趋势是油价高昂，后果难以确定。（原油平均价02年为23.74美元/桶,03年为26.78美元/桶，04年为33.64美元/桶，05年为49.35美元/桶）

1950年到1983年世界经济与石油价格

年份	石油消费量 吨石油/1000美元（1980年价）	石油价格 美元/桶
1950	0.19	1.71
1955	0.21	1.93
1960	0.24	1.50
1965	0.27	1.33
1970	0.31	1.30
1971	0.32	1.65
1972	0.32	1.90
1973	0.32	2.70
1974	0.30	9.76
1975	0.29	10.72
1976	0.31	11.51
1977	0.31	12.40
1978	0.31	12.70
1979	0.31	16.97
1980	0.29	28.67
1981	0.28	32.50
1982	0.27	33.47
1983	0.25	28.50

年份	石油平均价 (美元/桶)	年增长率 (%)			
		石油产量	谷物产量	汽车产量	世界总产量
1950 ~ 1973	2	7.6	3.1	5.8	5.0
1973 ~ 1979	12	2.0	1.9	1.1	3.5
1979 ~ 1983	31	-5.2	1.0	-3.0	1.7

资料来源：摘自联合国世界形势报告，1984

进入21世纪以来世界石油消费前十位国家

(消费量单位：千桶/日)

年份 国家	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005年占 世界份额 (%)
美 国	19701	19649	19761	20033	20732	20655	24.6
中 国	4772	4872	5288	5803	6772	6988	8.5
日 本	5577	5435	5359	5455	5286	5360	6.4
俄罗斯	2583	2566	2606	2645	2714	2753	3.4
德 国	2763	2804	2714	2664	2634	2586	3.2
印 度	2254	2284	2374	2420	2573	2485	3.0
韩 国	2229	2235	2282	2300	2283	2308	2.7
加拿大	1937	2023	2067	2132	2248	2241	2.6
法 国	2007	2023	1967	1965	1978	1961	2.4
墨西哥	1884	1899	1837	1885	1898	1978	2.3
世界 合计	75779	76379	77280	78655	81444	82459	100

资料来源：BP Statistical Review of World Energy June 2006

进入21世纪以来世界天然气消费前十位国家 (及第12位的中国)

(消费量单位：亿立方米)

年份 国家	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005年占 世界份额 (%)
美 国	6697	6414	6616	6431	6450	6335	23.0
俄罗斯	3772	3727	3889	3929	4019	4051	14.7
英 国	969	964	951	953	970	946	3.4
加拿大	830	828	856	922	927	914	3.3
伊 朗	629	702	792	829	865	885	3.2
德 国	795	829	826	855	859	859	3.1
日 本	749	766	752	826	787	811	2.9
意大利	649	650	646	709	736	790	2.9
乌克兰	731	709	698	680	729	729	2.6
沙特	498	537	567	601	657	695	2.5
中国	238	268	286	332	390	470	1.7
世界合 计	24354	24608	25400	26019	26947	27496	100

资料来源：BP Statistical Review of World Energy June 2006

世界石油供求特点：

——全球石油储量、产量最多的地区集中，其中一些地区局势动荡。

BP公司资料：2005年底世界已探明的石油储量1.2万亿桶，其中OPEC成员国石油储量0.9万亿桶，占75.2%，而中东地区即占全球石油储量的61.9%。

——主要石油消费国越来越依赖进口

BP公司资料：2005年全球石油消费38亿吨，其中美国9.45亿吨，占25%，欧盟7.00亿吨，占18.3%，日本2.44亿吨，占6.4%

美国能源信息管理局预测：2020年进口石油将占美国石油消费量的75%，欧盟为80%以上，日本为99%。

——少数跨国公司控制优质油气资源

各种资源显示：全球80%以上优质油气资源开采由埃克森—美孚、英国石油、壳牌等大跨国公司控制

——运输安全问题突出：管道、油轮运输均有安全问题

石油价格上升对经济发展影响：

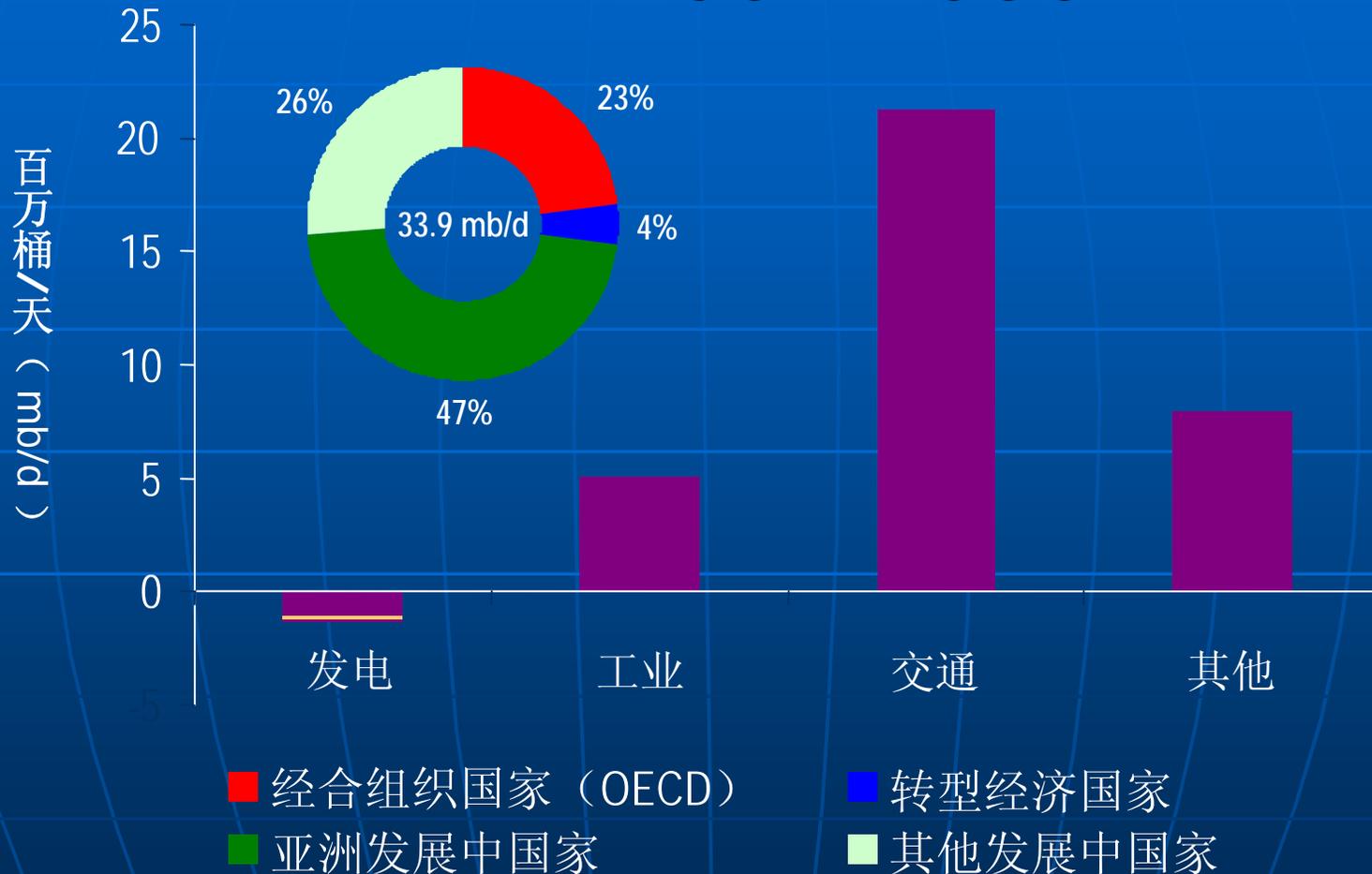
- 石油价格因需求上升、资源有限、突发事件影响、投机资本炒作四因素影响而上升。
- 国际能源机构认为：石油价格每上升10美元/桶，世界经济增长下降0.5个百分点，其中美国下降0.3%，欧盟0.5%，日本0.4%，中国0.8%。
- 高油价影响复杂，对中国也可缓解局部经济偏热，并可抵销货币升值压力。
- 各国将分别采取措施平抑油价，应对未来需求
 - 提高能源效率，控制需求增长
 - 发展替代能源、可再生能源
 - 建立石油战略储备体系应付紧急需求

参考情景：世界石油供应的增长，2004-2030



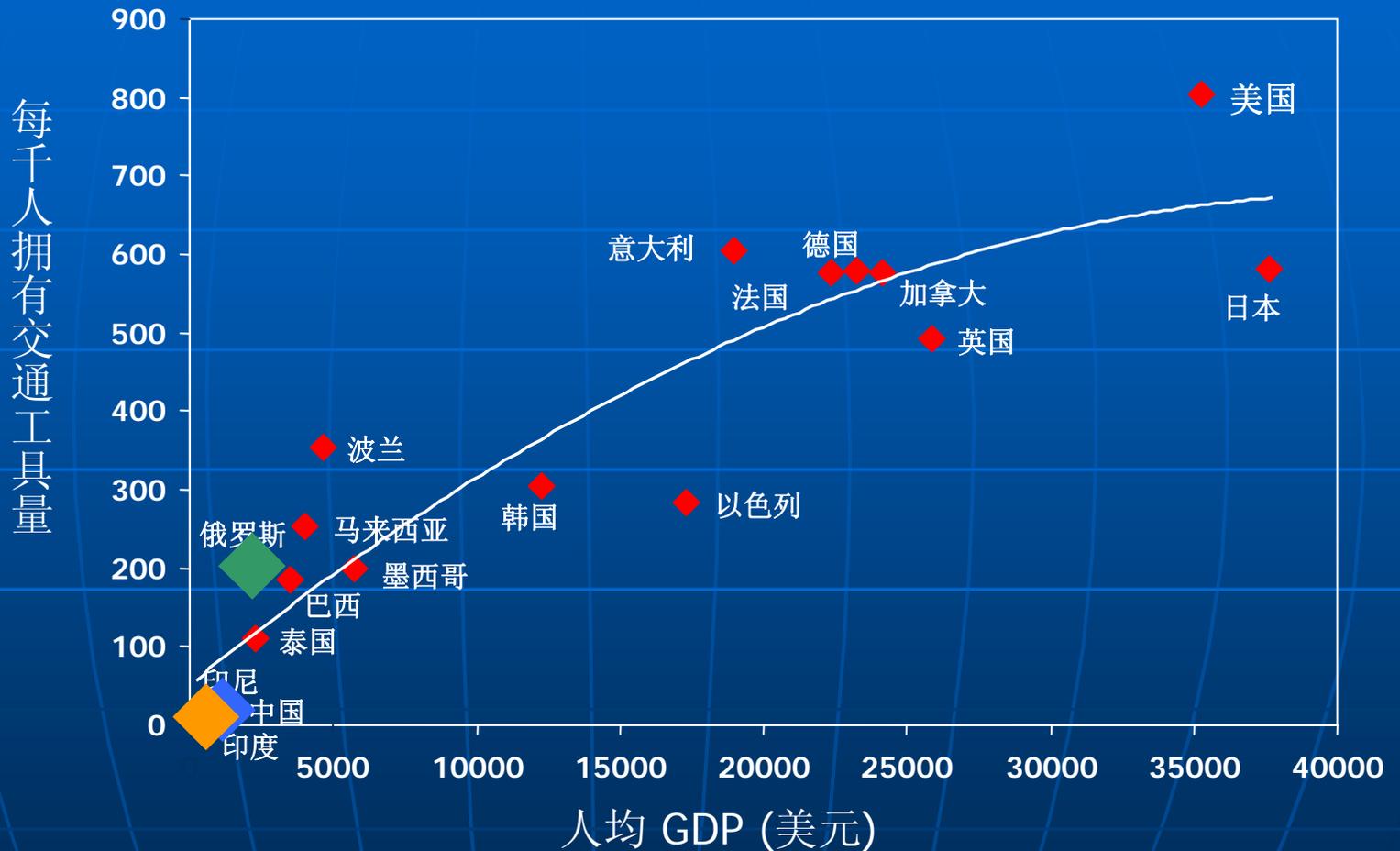
非OPEC成员国的常规能源产量将在下一个十年的中期达到最高点，而OPEC成员国在世界石油供给中所占的比例将急剧上升

参考情景：石油需求的增长， 2004-2030



石油需求的增长大部分来自发展中国家的交通行业

2004 交通工具的拥有量



在正在形成的市场中，交通工具拥有量的增长有巨大的潜力

石油价格仍然是关键

- 如果石油价格没有上涨，石油进口国经济增长的速度将更快
 - 2002年以来，OECD国家和全世界的GDP增长应比实际增长高出0.3个百分点
- 高油价所导致的最终影响目前还不确定
 - 重大的不平衡— 包括美国的赤字— 仍然存在
 - 通胀率和利率仍在上涨
- 高油价持续的时间越长，对世界经济的威胁就越大

二、中国能源状况

- 煤炭：中国国土含煤面积55万平方公里，煤炭地质总储量55.7万亿吨，其中垂深1000米以浅的2.6万亿吨，探明保有储量1万亿吨，占世界第三位。
- 石油：2005年底油气资源评价：中国石油资源总量1068亿吨，其中陆上822亿吨，沿海海域246亿吨，可采资源量150亿吨。2005年新增探明石油地质储量5.75亿吨，剩余石油可采储量16.5亿吨。
- 天然气：2005年底油气资源评价：预计可采储量为14万亿立方米，勘探领域主要在塔里木、鄂尔多斯、柴达木、四川、莺歌海、琼东海、东海七大盆地。
- 其他能源：水能、风能、生物质能、太阳能、地热能、海洋能等。

中国一次能源生产总量及构成

年份	一次能源生产总量 (万吨标准煤)	构成(%, 以能源生产总量为100)				
		原煤	原油	天然气	水电	核电
1978	62770	70.30	23.70	2.91	3.09	—
1980	63735	69.50	23.75	2.98	3.77	—
1985	85546	72.83	20.86	2.01	4.30	—
1990	103922	74.23	19.01	1.96	4.80	—
1995	129034	75.30	16.60	1.90	5.85	0.39
2000	106988	66.63	21.77	3.38	7.65	0.57
2001	120900	68.55	19.40	3.34	8.17	0.54
2002	138369	71.24	17.24	3.14	7.71	0.67
2003	159912	74.46	15.15	2.91	6.49	0.98

注：各能源折标准煤系数：煤炭0.7143，石油1.4286，天然气13.3，水电按当年发电标准煤耗。

资料来源：国家统计局《中国能源统计年鉴》

中国发电量及构成

年份	发电量（亿千瓦时）				发电量构成 （%，以总计为100）		
	发电总量	火电	水电	核电	火电	水电	核电
1978	2566	2120	446	—	82.62	17.38	—
1980	3006	2424	582	—	80.64	19.36	—
1985	4107	3183	924	—	77.50	22.50	—
1990	6212	4945	1267	—	79.60	20.40	—
1995	10077	8043	1906	128	79.82	18.91	1.27
2000	13556	11164	2224	167	82.36	16.41	1.23
2001	14717	11768	2774	175	79.96	18.85	1.19
2002	16405	13274	2880	251	80.91	17.56	1.53
2003	19106	15804	2837	433	82.72	14.85	2.27

资料来源：国家统计局《中国能源统计年鉴》

中国能源消费总量及构成

年 份	能源消费总量 (万吨标准煤)	构成（%，以能源消费总量为100）				
		煤炭	原油	天然气	水 电	核 电
1978	57144	70.67	22.73	3.20	3.40	—
1980	60275	72.15	20.76	3.10	3.99	—
1985	76682	75.81	17.10	2.24	4.85	—
1990	98703	76.19	16.63	2.05	5.13	—
1995	131176	75.30	16.60	1.90	5.85	0.39
2000	130297	66.07	24.68	2.50	6.28	0.47
2001	134915	65.28	24.27	2.70	7.27	0.48
2002	148222	65.59	23.97	2.62	7.20	0.62
2003	170943	67.64	22.74	2.64	6.07	0.92

注：各能源折标准煤系数：煤炭0.7143，石油1.4286，天然气13.3，水电按当年发电标准煤耗。资料来源：国家统计局《中国能源统计年鉴》

能源生产弹性系数

年份	能源生产比上年增长 (%)	电力生产比上年增长 (%)	国内生产总值比上年增长 (%)	能源生产弹性系数	电力生产弹性系数
1985	9.9	8.9	13.5	0.73	0.66
1989	6.1	7.3	4.1	1.49	1.78
1990	2.2	6.2	3.8	0.58	1.63
1991	0.9	9.1	9.2	0.10	0.99
1992	2.3	11.3	14.2	0.16	0.80
1993	3.6	15.3	14.0	0.26	1.09
1994	6.9	10.7	13.1	0.53	0.82
1995	8.7	8.6	10.9	0.80	0.79
1996	2.8	7.2	10.0	0.28	0.72
1997	-0.2	5.0	9.3		0.54
1998	-6.2	2.9	7.8		0.37
1999	1.4	6.2	7.6	0.18	0.82
2000	2.4	9.4	8.4	0.29	1.12
2001	6.6	9.2	8.3	0.80	1.11
2002	4.6	11.7	9.1	0.51	1.29
2003	13.9	15.5	10.0	1.39	1.55
2004	14.3	15.3	10.1	1.42	1.51
2005	10.0	13.5	10.2	0.98	1.32

注：国内生产总值增长速度按可比价格计算

能源消费弹性系数

年份	能源消费比上年增长 (%)	电力消费比上年增长 (%)	国内生产总值比上年增长 (%)	能源消费弹性系数	电力消费弹性系数
1985	8.1	9.0	13.5	0.60	0.67
1989	4.2	7.3	4.1	1.02	1.78
1990	1.8	6.2	3.8	0.47	1.63
1991	5.1	9.2	9.2	0.55	1.00
1992	5.2	11.5	14.2	0.37	0.81
1993	6.3	11.0	14.0	0.45	0.79
1994	5.8	9.9	13.1	0.44	0.76
1995	6.9	8.2	10.9	0.63	0.75
1996	5.9	7.4	10.0	0.59	0.74
1997	-0.8	4.8	9.3		0.52
1998	-4.1	2.8	7.8		0.36
1999	1.2	6.1	7.6	0.16	0.80
2000	3.5	9.5	8.4	0.42	1.13
2001	3.4	9.3	8.3	0.41	1.12
2002	6.0	11.8	9.1	0.66	1.30
2003	15.3	15.6	10.0	1.53	1.56
2004	16.1	15.4	10.1	1.59	1.52
2005	9.9	13.5	10.2	0.97	1.32

注：国内生产总值增长速度按可比价格计算

中国综合能源平衡表(万吨标准煤)

项 目	1990	1995	2000	2003	2004	2005
可供消费的能源总量	96138	129535	136535	172129	203344	222045
一次能源生产总量	103922	129034	128978	163842	187341	206068
回收能		2312	1760	2043	2508	2840
进口量	1310	5456	14334	20048	26593	26952
出口量(一)	5875	6776	9633	12989	11646	11447
年初年末库存差额	-3219	-491	1097	-814	-1452	-2368
能源消费总量	98703	131176	138553	174990	203227	223319
终端消费	94289	124252	132030	166633	194104	212893
加工转换损失量	2264	3634	2461	3378	3684	3952
损失量	2150	3289	4062	4979	5439	6474
平衡差额	-2565	-1641	-2017	-2862	117	-1275

资料来源:摘编自《中国统计年鉴》2006,中华人民共和国统计局编

主要高耗能产品单耗的国际比较

名称	单位	1990年			2000年			2004年		
		国内平均水平	国际先进水平	国内外差距 (%)	国内平均水平	国际先进水平	国内外差距 (%)	国内平均水平	国际先进水平	国内外差距 (%)
火力供电煤耗	克标准煤/千瓦时	427	322	+32.6	392	316	+24.1	379	312	+21.5
吨钢可能耗	千克标准煤/吨	997	629	+58.5	784	646	+21.4	705	610	+15.6
水泥综合耗	千克标准煤/吨	201.1	122.6	+64.0	181.0	125.7	+44.0	157.0	127.3	+12.3
乙烯综合耗	千克标准煤/吨	1580	857	+84.4	1212	714	+69.7	1004	629	+59.6

资料来源：中国能源财经税收政策研究课题组“中国可持续能源财经与税收政策研究”综合自国家电网公司；中国钢铁工业协会；中国建筑材料工业协会；中国化工节能技术协会；日本能源经济研究所《日本能源与经济统计手册》2005年版；日本能源学会志2004年NO. 7

中国能源消费与经济增长关系的分析:

有许多研究报告，如“中国能源报告（2006）”（魏一鸣等）
Granger因果关系分析两变量模型：

$$GDP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i EC_{t-i} + \varepsilon_t$$
$$EC_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j EC_{t-j} + \sum_{j=1}^m \beta_j GDP_{t-j} + \varepsilon_t$$

其中 GDP_t ：t期国内生产总值， EC_t ：t期能源消费
对1978年至2000年的数据分析结果是：

在接近1%的显著水平上拒绝了“GDP不是EC的原因”，在
10%的显著水平上拒绝了“EC不是GDP的原因”。换言之：1978
年至2000年中国经济增长对能源消费有显著的Granger因果关系，
能源对经济增长的因果关系却不显著。

进一步分析经济结构、能源效率与能源消费的关系，采用了结构分解分析方法（structure decomposition analysis , SDA）

令 e^0 为基期能源强度（生产单位经济产出所消耗的能源投入）， y^0 为基期经济产出，则可将n期能源强度对基期的变化分解为结构份额及效率份额，即：

$$\frac{\sum_i e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0)}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0} \quad (\text{结构份额})$$

$$\frac{\sum_i (e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0} \quad (\text{效率份额})$$

$$(i=1,2,3; n=1,2,\dots,N)$$

计算结果见下表：

中国能源强度变化中的结构份额与效率份额

年份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
结构份额	0.32	0.47	0.11	0.23	0.12	-0.78	0.04	-0.04	2.02	0.56
效率份额	0.68	0.53	0.89	0.77	0.88	1.78	0.96	1.04	-1.02	0.44
年份	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
结构份额	-0.11	-0.31	-1.03	-0.10	-0.70	-0.18	-0.07	0.08	-0.10	-0.09
效率份额	1.11	1.31	2.03	1.10	1.70	1.18	1.07	0.92	1.01	1.09

由表可见，1993年以后结构份额大多为负，即经济结构变化促进能耗增加，这一时期能源效率提高全部因各产业能源利用率提高所致。（1980-2000年结构份额累计-1.76%，效率份额累计101.7%）

三、替代能源及可再生能源

- 水能：中国水能资源世界第一。全国30万千瓦以上大型水电站可开发量2.76亿千瓦，5万至30万千瓦中型水电站可开发量6820万千瓦。5万千瓦以下小水电站装机容量1.28亿千瓦。80%水能集中在西部，青藏高原号称中国的水塔。
- 风能：中国陆地可利用风能2.5亿千瓦，海上可利用风能7.5亿千瓦，主要分布在两大风带：东部沿海及岛屿；内蒙、新疆、东北、华北北部、甘肃及宁夏的“三北”地区。
- 生物质能：秸秆年产6亿吨，折3亿吨标准煤。森林及林业剩余物资源折2亿吨标准煤。城市垃圾、农产品加工及畜牧业废弃物合计可产900亿立方米沼气。

——太阳能：中国三分之二国土面积日照时间在2200小时以上，每平方米年太阳辐射总量大于5000兆焦（相当于170千克标准煤）。

——地热能： 高温型 高于150℃；
 中温型 90℃—149℃；
 低温型 低于89℃。

高温地热资源主要在西藏拉萨到云南腾冲一线及台湾部分地区，中低温地热资源各地均有

——海洋能：潮汐、波浪、潮流、海流、海水盐度差、海水温度差等，有机械能、盐能、化学能等。

——非常规石油资源：油页岩、油砂、超重油资源。

——新能源：核能、氢能、燃料电池等。

生物质能源：

- 燃料乙醇：原料为木质纤维素、有机废弃物，包括玉米、甜高粱、木薯、甘薯、芭蕉芋等。
- 生物柴油：原料为植物果实、种子、植物导管乳汁、动物脂肪油、废弃食用油等，与醇类经交酯反应获得燃料油。
- 生物质液化：
 - 直接液化（生物质热解液化）
 - 间接液化：高温气化形成合成气、净化后合成二甲醚或甲醇，也可进一步合成柴油
- 生物质发电：建设和发电成本高
我国已有小型气化炉、以秸秆、木屑、稻壳、树枝等为原料。
- 沼气技术：经济发达国家以沼气厌氧技术处理禽畜粪便、垃圾和高浓度有机废水，用沼气发电。发展中国家用秸秆和禽畜粪便为原料，沼气作为燃料。
- 高光合作用能源植物，应用转基因技术。

生物质能资源发电的效益：

- 近期可利用总量相当于5亿吨标准煤，为消费总量的五分之一以上；
- 减少排放二氧化碳的碳量为3.5亿吨；
- 二氧化硫、氮氧化物、烟尘减排2500万吨；
- 带动能源林产业发展，促进生态良性循环。

煤基液体替代燃料比较

煤基液体燃料经济和能源利用效率比较

项目	直接液化合成油	间接液化合成油	甲醇燃料
吨产品耗煤（吨）	4 ~ 4.5	4.5 ~ 5.5	2.0 ~ 2.2
产品转化能效（%）	44.4 ~ 50.0	36.4 ~ 44.4	45.4 ~ 50
吨产品成本（元）	高	高	700 ~ 900
效益规模（万吨/年）	>200	>100	灵活
运输距离	大	大	小
运输量	小	小	大
储运能耗	相近	相近	相近
和汽油的替代比	1: 1	1: 1	1.5~1.7: 1
总相对燃料能效（%）	44.4 ~ 50	36.4 ~ 44.4	53.4 ~ 66.6

资料来源：“中国能源可持续发展若干重大总量研究”第三章陈俊武、谢克昌（中国科学院学部组织咨询项目）科学出版社，2007年3月

煤基醇醚燃料：

- 技术简单、成熟，2005年中国甲醇产量超过500万吨，估计“十一五”期末生产能力超过1000万吨；
- 甲醇分子含50%氧，用作燃料减少尾气排放，热效率比汽油提高20%；
- 尾气中一氧化碳和碳氢化合物低，虽然含少量甲醇及不完全氧化产物甲醛，但易净化；
- 甲醇燃料率烷值高，具有较好调和性；
- 水溶性强，生物降解快；
- 易储存、易运输、燃点高；
- 缺点是甲醇有一定毒性，要减少泄漏，防止误饮。

海洋能源资源开发：（除潮汐、波浪、潮流、温差、盐差外）

开发海洋资源日益引起世界各国重视，许多高新技术发展与海洋研究密切相关。迄今为止，人类只对约20%的海洋进行过调查，对约5%的海洋做过较系统研究。

——深海科学钻探水深已达7034米

——石油钻井最大深度接近2000米，石油生产平台最大水深已超过300米

——可燃冰（天然气水合物或甲烷水合物）储藏在300—4000米深海洋中，高纬度大陆地区永久冻土带及水深100—250米以下极地陆架海中，一个体积单位可燃冰可分解为164个体积单位天然气及0.8个体积单位水。全球储存可燃冰总能量为石油、天然气、煤总和之2—3倍，燃烧方便、清洁，但开采困难，其温室效应比CO₂强10—20倍。

核能发电:

——原料:

铀-235 (核素)

钍-232 $\xrightarrow{\text{吸收中子}}$ 钍-233 $\xrightarrow{\beta \text{ 衰变}}$ 镤-233 $\xrightarrow{\beta \text{ 衰变}}$ 铀-233 (核素)

铀-238 $\xrightarrow{\text{吸收中子}}$ 铀-239 $\xrightarrow{\beta \text{ 衰变}}$ 镎-239 $\xrightarrow{\beta \text{ 衰变}}$ 钚-239 (核素)

核素 (具有一定质量数、原子序数、核能状态、存在时间大于 10^{-10}S) 的原子核可经中子轰击引起核裂变。

——四代核能系统

● 第一代: 早期原型反应堆, 20世纪50—60年代。

如: shipping port压水堆、Dresden沸水堆、Magnox石墨气冷堆

● 第二代: 标准商用堆, 20世纪60年代后期到90年代前期大量制造, 单机容量600—1400MW, 有轻水堆、重水堆、压水堆等。

- 第三代：先进轻水堆，20世纪80年代末开始发展，90年代中期投入市场，有改进型沸水堆、欧洲压水堆、系统80+反应堆，AP-600反应堆等。因初投资高、建设周期长，美国能源部又将改进了经济性的第3代核能系统称为3+代核能系统。
- “第四代核能系统”计划，美国能源部提出，目标在2020年或之前推出，要求解决经济性、安全性、废物处理、防止核扩散问题。2002年9月第4代堆国际论坛在东京达成国际合作协议，有11个国家参加，选定6种第4代先进核能系统：气冷快堆、熔盐反应堆系统、铅冷却快堆系统、钠冷快堆系统、超临界水冷反应堆系统、超高温反应堆系统。

——中国863计划决定研发三种先进反应堆

- 高温气冷堆（实验堆2003年1月满功率并网发电）
- 快中子反应堆
- 聚变—裂变混合堆

氢能：

——氢是清洁的二次能源，但只以化合物形态存在于自然界中，其应用需解决制氢、储氢、用氢三环节。

——制氢

- 电解水制氢，用可再生能源或核能发电，电解法制氢，技术成熟，需解决成本问题。
- 从化石能源制取氢是目前的技术，但不可持续，目前全球年产氢5000亿 m^3 ，96%由该技术制取。
- 光生物分解水制氢，微生物在生命活动中产生氢，常温、常压、低能耗，环境友好，要解决大量生产问题。
- 太阳能制氢，有热解水（2000—3000 $^{\circ}\text{C}$ ）；紫外光分解水（需催化剂）；光催化分解生物质；光电化学池从水中制氢（需催化剂）。

——储氢

- 金属氢化物储氢，包括稀土系、钛系、锆系等合金，储氢密度高，使用寿命长，可逆性好，成本低，安全。正在通过改进配方，制成玻璃微球等方法提高性能。
- 纳米碳、纳米碳管储氢，需液氮温度。
- 有机化合物储氢，通过烯烃、芳香烃等不饱和烃和氢的可逆反应储氢、脱氢。储氢效率高，可循环使用，安全性好。问题：不能在温和条件下放氢。

——用氢：

- 各种燃料电池，其中质子交换膜燃料电池（PEMFC）在商品化方面发展最快，问题是价格高（800美元/千瓦），寿命低（车用PEMFC寿命1000小时左右）会结冰（其中含水，0℃结冰）会中毒（催化剂因大气中二氧化硫等污染会中毒失效）。

四、中国能源问题对策

胡锦涛总书记在中央政治局第23次集体学习时讲话：“能源资源问题是关系我国经济社会发展全局的一个重大战略问题。……既积极做好开源工作，又优先做好节约工作，应该成为解决我国能源资源问题的基本思路。我们要继续坚持立足国内的基本方针，加大国内资源勘探力度，加强煤炭、石油、天然气的开发利用，积极开发水能资源，加快发展核电，鼓励发展新能源和可再生能源，优化能源结构。同时，要积极开展国际能源资源合作，充分利用国际国内两个市场、两种资源。”

——节能

中华人民共和国节约能源法第四条：“节能是国家发展经济的一项长远战略方针”。

2007年3月5日，温家宝总理在政府工作报告中就节能降耗、保护环境和节约集约用地提出八项措施：

- 完善并严格执行能耗和环保标准；
- 坚决淘汰落后生产能力；
- 突出抓好重点行业和企业；
- 健全节能环保政策体系；
- 加快节能环保技术进步；
- 加大污染治理和环境保护力度；
- 强化执法监督管理；
- 认真落实节能环保目标责任制。

重点在于调整经济结构，提高经济效益。

——积极开源

- 加强技术支撑能力，勘探与开采。
- 中国煤炭资源回采率的提高，液化，煤层气利用。
- 中国石油开采技术的提高，大庆连续20多年年产5000万吨以上石油的经验，石油装备制造能力提高。
- 石油勘探理论的新成就：“海相深层碳酸盐岩天然气成藏机理、勘探技术与普光气田的发现”。获2006年国家科技进步一等奖，并被评为2006年中国十大科技进展的第二名。
- 替代能源的开发：乙醇、甲醇、液化油、生物柴油、氢能、核能发电、风能、太阳能等
- 国际合作

——资源节约型、环境友好型社会的建设

- 勘探及开发资源的制度建设，以政策引导、经济、行政、法律手段从源头上节约资源，1995年起，已有能源方面法律4部，尚待完善并加强执法监督。
- 引导合理消费方式，减少资源浪费。如制止过度包装、推广能源节约型产品、提倡节能行为等。
- 加强宣传教育，组织多种活动，形成社会意识，从青少年抓起，使节约能源成为社会自觉行动。
- 逐步提高技术标准，加强市场监督力度，减少各工业部门能源消耗。

——循环经济建设

- 没有垃圾、只有放错地方的资源
太空船式经济与牧童式经济
- 1998年上海提出的实现循环经济11个专题、10个子报告：
清洁生产与工业废弃物减量化、资源化；生态农业建设与农业废弃物减量化、资源化；建设工程废弃物的处置利用；包装物减量及包装废弃物的处置利用；废旧汽车的回收利用；城市生活垃圾资源化利用；固体废弃物的资源化综合利用；废纸的回收与利用；郊县（区）生活垃圾处置研究；发展循环经济的地方法规和政策研究。
- 循环经济和生态工业示范园区：建设绿色浙江、贵港国家生态工业园区、南海国家生态工业示范园区、石河子国家生态工业示范园区，长沙黄兴国家工业示范园区、鲁北国家生态工业示范园区等。
- 循环经济促进法的立法。

——对清洁能源及可再生能源开发、应用的财税激励政策

- 补贴政策：对投资者补贴（如小水电）、对生产者补贴（促进增产增效）、对消费者补贴（沼气等）
- 税收政策：正、负两个方向的政策，税收优惠支持清洁、可再生能源，高税收抑制非清洁、非可再生能源。
- 价格政策：强制性的价格优惠促进相关产业发展（节能法第五章价格管理与费用分摊等）
- 低息贷款：（贴息贷款等）
- 政府采购：（列入目录）
- 专项基金：（多渠道建立发展基金、专项资金）
- 市场机制：（强制份额等）

——中国可再生能源技术水平

- 已商业化技术：小水电、太阳能热水器、地热发电、地热采暖、传统生物质技术、潮汐发电；
- 需支持、待商业化技术：太阳灶、光伏电池、被动太阳房、风电机组、沼气池、部分生物质能技术；
- 试点示范技术：太阳能干燥器、城镇有机废物利用、生物质气化；
- 研究待开发技术：现代生物质能技术、海洋波浪发电、海洋温差发电、制氢新技术、储氢技术。

——中国现行节能政策

政 策	主要措施	实施机构
节能管理	定额管理 推广节能技术和产品 淘汰高耗能机电产品，限制浪费能源的生产方式 建筑物和家用电器能效标准 重点耗能企业节能监测	国家发改委、财政部、商务部、国家工商总局、能源生产与使用行业归口部门
	节能项目贷款（并给予低利率优惠，还实行“税前还贷”） 节能投资和设备进口税收减免 企业节能奖，奖金计入成本 节能产品和技术推广补贴	国家发改委、财政部、国家税务总局、建设银行、中国工商银行、中国农业银行、有关行业归口部门
研究、开发和示范	国家科技攻关计划（专项经费） 示范项目（贴息贷款） 推广项目（补助、贷款和税收优惠） 企业自主开发	国家发改委、科技部、财政部、有关行业归口部门
信息和技术服务	建立国家、地方和行业节能技术服务中心 建立全国资源节约综合利用信息网络和数据库 建立和保持能源统计体系	国家发改委、国家统计局、有关行业归口部门、非政府组织
宣传、教育和培训	每年开展节能宣传周活动 节能列入中小学教学内容 建立国家、地方和行业节能培训中心	国家发改委、科技部、教育部、有关行业归口部门、非政府组织

资料来源：中国可持续能源财经与税收政策研究，国务院发展研究中心产业经济

研究部，中国民航出版社，2006年9月

谢谢!