



能源蓝皮书

BLUE BOOK OF ENERGY

2006

中国能源发展报告

权威机构 · 品牌图书 · 每年新版

THE ENERGY DEVELOPMENT
REPORT OF CHINA
(2006)

主编/崔民选



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)



能源蓝皮书

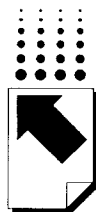
BLUE BOOK OF
ENERGY

2006

中国能源发展报告

THE ENERGY DEVELOPMENT
REPORT OF CHINA
(2006)

主编 / 崔民选



· 能源蓝皮书 ·

2006 中国能源发展报告

主 编 / 崔民选

出 版 人 / 谢寿光

出 版 者 / 社会科学文献出版社

地 址 / 北京市东城区先晓胡同 10 号

邮政编码 / 100005

网 址 / <http://www.ssap.com.cn>

网站支持 / (010) 65269967

责任部门 / 财经与管理图书事业部

(010) 65286768

电子信箱 / caijingbu@ssap.cn

责任编辑 / 薛铭洁

责任印制 / 盖永东

总 经 销 / 社会科学文献出版社发行部

(010) 65139961 65139963

经 销 / 各地书店

读者服务 / 市场部

(010) 65285539

法律顾问 / 北京建元律师事务所

排 版 / 北京中文天地文化艺术有限公司

印 刷 / 北京季蜂印刷有限公司

开 本 / 787 × 1092 毫米 1/16 开

印 张 / 34

字 数 / 562 千字

版 次 / 2006 年 4 月第 1 版

印 次 / 2006 年 4 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 7 - 80230 - 070 - 3/F · 367

定 价 / 60.00 元

本书如有破损、缺页、装订错误，
请与本社市场部联系更换



版权所有 翻印必究

序 言

能源是国家的重要战略资源，也是制约经济社会发展的资源因素，在国民经济和社会发展中发挥着十分重要的促进与保障作用，能源问题是关系中国经济社会发展全局的一个重大战略问题。

“十五”以来，中国能源发展步伐明显加快，能源建设取得了新的成绩。能源供给能力不断提高，能源运输体系初步建立，能源产量居世界第二，初步形成了以煤为主体，电力为中心，石油天然气、新能源和可再生能源全面发展的能源供给格局。能源消费结构有所优化。中国是世界第二大能源消费国，在能源消费结构中，煤炭所占的比重趋于下降，优质清洁能源的比重逐步上升。能源产业技术水平逐步提高，石油天然气地质复杂区块勘探开发、提高油田采收率等技术达到国际领先水平，火电 30 万千瓦和 60 万千瓦级机组已成为主力机组，水电设备制造、工程设计、施工建设技术达到世界先进水平，已拥有一批世界先进水平的大型煤炭矿井，国有重点煤矿采煤机械化程度大大提高。能源节约和环保取得进展，1980~2004 年，万元国内生产总值能源消耗年均下降 4% 以上，节能工作在全社会广泛开展，能源领域环境保护得到加强。能源体制改革稳步推进，能源市场逐步发育，企业自主经营、市场合理竞争、政府宏观调控的能源体制正在形成。能源立法工作明显加强，颁布并实施了《可再生能源法》，“能源法”起草工作正在抓紧进行，《电力法》、《煤炭法》和《节约能源法》也在组织修订，对能源发展和能源节约起到了重要作用。

“十一五”时期是全面建设小康社会的关键时期，我们将以科学发展观统领经济社会发展全局，坚持以人为本，转变发展观念、创新发展模式、提高发展质量，落实“五个统筹”，把经济社会发展切实转入全面协调可持续发展的轨道。“十一五”经济社会发展对能源提出了更高、更多、更为迫切的要求，无论从能源供应的数量、结构上，还是从能源利用的节约、安全



上,“十一五”能源发展都面临更加复杂的形势,保持能源、经济 and 环境的可持续发展是我们未来相当一段时间内十分艰巨的任务。

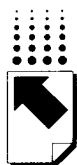
如何根据国内外发展的条件和环境,坚持以人为本,走出一条全面、协调、可持续发展之路,中国社会科学院等部门的专家组织编写的《2006 中国能源发展报告》对此进行了有益的探索,提出了解决中国能源问题的基本思路:不仅要积极做好开源工作,而且要优先做好节约工作;不仅要做好能源工作的“加法”和“乘法”,而且要做好能源开发利用的“减法”和“除法”。

为了探索在能源发展战略中贯彻中央提出的科学发展观,该报告从中国能源发展现状入手,用规范和实证分析方法对中国能源供给、能源消费、能源信息化、能源利用对环境影响、能源安全、能源投资、能源政策等进行了阐述和论证。围绕抓好节约资源,实现能源经济的可持续发展问题,该报告提出了如下值得研究的观点:(1) 转变能源经济的增长方式是节约能源的关键,积极提高产业的技术水平,加快建立能源技术支持体系,特别是对传统产业进行改造是切实改变高投入、高消耗、高污染、低效率的重要手段;(2) 优化经济结构是优化能源消费结构的关键,在消费的重点行业必须加大技术改造力度,同时鼓励正确的能源消费观;(3) 推动发展能源的循环经济,促进资源的循环利用,大力推动清洁生产,努力实现废弃物的资源化、减量化、无害化;(4) 建设促进能源资源节约的体制机制,实行能源资源效率与技术准入标准,建立市场化的资源节约机制,同时,根据国家政策引导明确资源需求总量和能源资源效率控制目标,提出建立有利于能源资源节约的相关政策等。

希望这些研究和成果有助于深化中国能源发展的研究,有助于中国政府、相关部门和机构的科学决策与研究,有助于中国能源的可持续发展。

徐锁明

2006 年 3 月 27 日



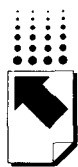
目 录

CONTENTS

导 论 增长的极限	/ 1
一 对中国能源的基本判断	/ 1
二 能源对经济增长的影响	/ 4
三 一个无法回避的现实	/ 8
四 我们所能做的选择	/ 9
第一章 能源供给：现状与问题	/ 15
一 一般能源供给及生产状况	/ 15
二 新能源及可再生能源	/ 72
三 中国能源供应预测	/ 85
第二章 能源消费：现实与预测	/ 97
一 能源消费的现实	/ 99
二 经济增长与能源消费	/ 133
三 中国能源消费预测	/ 138
第三章 中国能源的进出口	/ 147
一 世界能源市场现状	/ 147
二 中国能源的进口	/ 164
三 中国能源的出口	/ 179
第四章 中国能源投资情况	/ 186
一 中国能源投资现状分析	/ 186
二 能源投资环境分析	/ 198



三 能源行业投资的几点建议	219
第五章 中国能源政策分析	231
一 能源战略及能源政策的制定	232
二 中国能源政策制定的结构因素	262
三 能源政策效果度量与评价	272
第六章 能源利用及环境影响	282
一 能源活动的环境容量约束	283
二 环境效应对能源结构的调整作用	313
三 中长期能源战略：向清洁能源与新能源转换	337
第七章 中国能源行业信息化	344
一 能源行业信息化现状	344
二 能源行业信息化问题	376
三 能源行业信息化对策	382
第八章 能源博弈与能源安全	391
一 国际能源竞争与合作	392
二 中国能源战略储备全攻略	420
三 中国能源安全问题的逻辑框架	441
第九章 中国能源工业的国际竞争力	450
一 中国能源工业的竞争力	450
二 中国能源行业的国际化竞争力分析	461
三 能源因素与经济增长	478
第十章 可持续发展的选择	493
一 实施能源节约与替代	493
二 发展能源的循环经济	505
三 国家战略：可持续性	517
参考文献	524
后 记	529



CONTENTS

目 录

Introduction	The Limit of the Growth	/ 1
1. 1	Basic Judgment to Chinese Energy	/ 1
1. 2	Energy Influence to Economic Growth	/ 4
1. 3	One reality which is unable to avoid	/ 8
1. 4	The Choice We Can Do	/ 9
Chapter 1	Energy Supply: Present Condition and Forecast	/ 15
1. 1	General Energy Supply and Produce Condition	/ 15
1. 2	New Energy and Renewable Energy	/ 72
1. 3	The Forecast to the Supply Condition of Chinese Energy	/ 85
Chapter 2	Energy Consumption: Present Condition and Forecast	/ 97
2. 1	Present Condition of Energy Consumption	/ 99
2. 2	Economic Growth and Energy Consumption	/ 133
2. 3	The Forecast to Chinese Energy Consumption	/ 138
Chapter 3	The Import and Export of Chinese Energy	/ 147
3. 1	Present Condition of World Energy Market	/ 147
3. 2	The Import of Chinese Energy	/ 164
3. 3	The Export of Chinese Energy	/ 179
Chapter 4	The Investment Circumstances of Chinese Energy	/ 186
4. 1	Analysis to Chinese Energy Investment Condition	/ 186
4. 2	Analysis to Energy Investment Environment	/ 198



4.3	Suggestions on Energy Investment	/ 219
Chapter 5	Analysis to Chinese Energy Policy	/ 231
5.1	Establishment of Energy Strategy and Policy	/ 232
5.2	The Structure Factor of Establishing Chinese Energy Policy	/ 262
5.3	the Effect and Estimate of Energy Policy	/ 272
Chapter 6	Energy Use and the Influence to Environment	/ 282
6.1	Environmental Capacity Restraint of Energy Activity	/ 283
6.2	The Adjustment of Environment Effect to Energy Structure	/ 313
6.3	Medium and Long-term Energy Strategy in China: Transformation to the Clean and New Energy	/ 337
Chapter 7	The Information of Chinese Energy Industry	/ 344
7.1	Situation of Energy Industry Information	/ 344
7.2	Problems in Energy Industry Information	/ 376
7.3	Countermeasures in Energy Industry information	/ 382
Chapter 8	Energy Gambling and Energy Safety	/ 391
8.1	International Energy Competition and Cooperation	/ 392
8.2	China Strategic Reserve	/ 420
8.3	Logical Framework of China Energy Security Problem	/ 441
Chapter 9	International Competitiveness of Chinese Energy	/ 450
9.1	Industrial Competitiveness of Chinese Energy	/ 450
9.2	Analysis to Chinese Energy Internationalization Competitiveness	/ 461
9.3	Energy Factor and Economic Growth	/ 478
Chapter 10	The Choice of Sustainable Development	/ 493
10.1	Implementation of Energy Saving and Substitution	/ 493
10.2	Developing Energy Circulation Economy	/ 505
10.3	National Strategy: Sustainable	/ 517
References		/ 524
Postscript		/ 529

导 论 增长的极限

我们面对的资源和环境压力比过去任何时候都更加严峻，尽管资源约束并非中国经济发展的绝对障碍。但中国并不具有特别资源优势，人口众多、人均资源不足是基本国情。多年来，依赖大量资源消耗，推动了中国经济的快速增长，与此同时经济增长的代价是：资源消耗过度、环境破坏严重。因此能源短缺危机与环境约束压力同时并存。

20 世纪 70 年代初，罗马俱乐部的报告《增长的极限》警告世人：为了人类社会美好的未来，我们再也不能为所欲为地向自然界贪婪地索取，恣意地掠夺了。因为，“我们不只是继承了父辈的地球，而是借用了子孙的地球”。《联合国环境方案》也曾用同样的话来告诫世人。1981 年，当代科学家、思想家莱斯特·布朗又在他影响深远的《建设一个可持续发展的社会》中的扉页上引用上述话语呼吁人类社会采取有效措施，努力稳定全球人口规模，保护自然资源，开发和利用可再生资源，自觉地改变价值观念，努力探索一条人与自然协调发展的新路，建设一个可持续发展的社会。

如何建设一个可持续发展的社会，我们需要对现实作出一个基本的分析与判断，并提出相应的对策。

一 对中国能源的基本判断

（一）国内能源供应紧缺

中国的能源供应现状是：能源消费量远远大于能源供应量。自 1992 年起中国能源消费总量超过能源生产总量，至今能源供应低于能源消费的趋势有增无减。由于能源投资不足，中国能源生产增长低于能源消费增长，20 世纪 90 年代至今的 10 余年间，能源生产总量的年均增长为 3.3%，能源消费的年均增



长为 4.2%，相差约 0.8 个百分点。中国能源的核心问题表现在如下几个方面。

能源结构以煤为主。从全球一次能源系统中，我们可知，化石能源占 90%，核电、水电仅占 10%。化石能源包括煤炭、石油、天然气，其中，煤炭占 62.8% 多，石油占 19.6%，天然气占 17.6%。由此可见，在全球化石能源中，煤炭占据绝对优势。在中国一次能源生产与消费构成中也不例外，煤炭比例超过 2/3。2004 年，中国一次能源生产构成中原煤占 75.6%，原油占 13.5%，天然气占 3.0%，水电占 7.9%。能源结构以煤为主是由资源约束决定的，能源消费结构也基本与生产结构趋同。

石油安全问题日趋显著。未来能源供应安全问题主要取决于油气可靠供应。中国自 1993 年首次成为石油净进口国、1996 年成为原油净进口国以后，2004 年进口原油达 1.23 亿吨，首次突破亿吨大关，增幅为 34%；燃料油进口已经突破 3000 万吨，煤油、柴油的增幅分别达 40% 和 22.4%。原油 2004 年进口依存度已超过 40%，预计到 2020 年将达到 60%。统计数据显示，20 世纪 90 年代初以来，中国原油进口量从 300 万吨增至 1.23 亿吨，年均增长 28%。同期原油进口贸易额由 4 亿多美元增至 339 亿美元，增长了 80 倍；原油净进口量从 1996 年的 228 万吨增至 11732 万吨，增长了 50 倍。与此同时，原油价格也连创新高，从 20 世纪 90 年代的年均 140 美元/吨升至 2004 年的 276 美元/吨，翻了近 1 倍。由于世界石油出口集中于少数国家，再加上地缘政治因素，如何长期稳定地保证石油供应是一个不容易解决的问题，也是涉及国家安全的重大问题。

长期以来，我们总是以为中国地大物博、资源丰富，国民和政府都未能树立资源危机的意识。然而，中国是世界上人口最多的国家，人均资源水平极低，几乎所有人均资源都低于世界的平均水平。中国矿产资源紧缺矛盾日益突出，石油、煤炭、铜、铁、锰、铬储量持续下降，缺口及短缺进一步加大，中国 45 种主要矿产的现有储量，能保证 2010 年需求的只有 24 种，能保证 2020 年需求的只有 6 种，资源瓶颈已经是一个不得不面对的现实。

（二）人均能源消费偏低

中国一次能源消费量已超过俄罗斯，居世界第二位。能源消费总量虽大，但人口过多，人均能耗水平很低。从全球来看，经济越发达，人均能源消费量越多。到 2050 年，中国要实现第三步的发展目标，国民经济要达到中等发达国家的水平，人均能源消费量必将有很大的增长。

1994 年人均能源的消费量为 1433 千克油当量 (kgoe), 世界发达国家为 5066kgoe, 发达国家在 1980 年人均能源消费量已经达到 4644kgoe。

有关能源机构预测, 到 2050 年世界人均能源消费量为 2 ~ 2.5 吨油当量 (toe), OECD 国家平均为 5.6 ~ 6.7toe; 如果特别强化生态因素制约, 则 2050 年世界平均能源消费量为 1.4toe, OECD 国家为 3toe, 则中国届时人均能源消费量至少是 2.0 ~ 2.5toe。这个数值仅达到目前 OECD 国家的低限值, 低于目前 OECD 国家人均消费量 50% 的水平。

根据以上设想, 如果 2050 年时中国人口总数为 14.5 亿 ~ 15.8 亿人, 则一次能源需求总量为 29 亿 ~ 39.5 亿 toe, 约为目前美国能源消费总量的 1.5 ~ 2 倍左右, 为届时世界能源消费总量的 16% ~ 22%。可见从量的方面来看, 这是一个严重的挑战。

(三) 能源利用效率不高

能源总效率由三部分构成: 开采效率、中间环节效率、终端利用效率。中间环节和终端利用效率的乘积通常称为“能源效率”。中国研究人员对中国 1980 年、1995 年的能源效率也进行了计算, 并和 OECD 国家 70 年代初、90 年代初的相应数据进行比较, 得出的结论是: 中国 1995 年的能源效率相当于 OECD 国家 70 年代后期的水平, 终端利用环节的效率仅略高于 OECD 国家 70 年代初的水平, 工业部门的能源利用率比 OECD 国家 70 年代初的水平尚低 5 个百分点。

中国的能源利用效率远低于西方发达国家, 从单位 GDP 的能源消费上看, 无论用官方汇率还是用购买力平价 PPP 法计算, 中国的能源效率都属世界上最低的一类, 再从主要耗能产品的单位产品能源消耗上看也比发达国家高 12% ~ 55%。

能源效率低与以煤为主的能源结构有密切关系, 不仅以煤为燃料的中间转换装置效率低, 且以煤为燃料的终端能源利用装置效率低于液体或气体燃料。中国煤炭资源综合回收率一般在 30% 左右, 小型矿井不足 15%。

(四) 人均能源资源不足

中国拥有居世界第一位的水能资源, 居世界第二位的煤炭探明储量, 石油探明采储量居第 11 位。已探明的常规商品能源资源总量是 1550 亿吨标准煤 (Btce), 占世界总量的 10.7%。但中国人口众多, 人均能源资源探明量



只有 135 吨标准煤，相当于世界平均拥有量 264 吨标准煤的 51%。中国煤炭人均探明储量为 147 吨，是世界人均值 208 吨的 70%，石油人均探明储量 2.9 吨，为世界人均数的 11%，天然气为世界人均数的 4%；即使水能资源，按人均数也低于世界人均值。

（五）环境约束日益显现

中国高度依赖煤炭的消费，煤炭在一次能源消费中占到 75%，过度使用煤炭不仅会带来效率差，而且会造成环境污染的严重后果。

1997 年全国二氧化硫排放量为 2346 万吨，居世界第一位，其中 78.9% 来自工业排放。城市二氧化硫年均值浓度在 3~248 微克/立方米范围之内，全国年均值为 66 微克/立方米。52.3% 的北方城市和 37.5% 的南方城市年均值超过国家二级标准（60 微克/立方米）。很多城市二氧化硫浓度大大超过世界卫生组织（WHO）推荐的标准值（40~60 微克/立方米）。二氧化硫排放引起的酸雨污染已扩展到全国整个面积的 30%~40%。

1997 年全国烟尘排放量达 1873 万吨，其中工业烟尘排放量占 83.6%，城市总悬浮颗粒物 TSP 年均值浓度在 32~741 微克/立方米范围之内，全国年均值为 291 微克/立方米，超过国家二级标准（200 微克/立方米）的有 67 个城市，占城市总数的 72.0%，北方城市年均值为 381 微克/立方米，南方城市为年均值为 2 微克/立方米。北京、天津、重庆、济南、太原等均居世界上烟尘污染最严重的城市之列，其 TSP 值比 WHO 推荐值（40~60 微克/立方米）高很多倍。

（六）交通运输压力过大

中国煤炭生产基地远离煤炭消费中心，形成了西煤东运、北煤南运、煤炭出关的强大物流，不仅运量大，而且运距长。历年煤炭运量占铁路运量的 40% 以上，沿海和长江中下游水运运量中煤炭约占 1/3。特别是煤炭基地的山西北部的煤运到上海要 2000 多公里，到广州要 3300 多公里，过多的使用煤炭，必然会给运输带来巨大的压力。

二 能源对经济增长的影响

不论从能源的人均储量，或消费水平，还是能源的消费方式及其结果

看，中国能源对经济发展的支持都不具有乐观性。一般而言，能源供应对经济增长具有较大的影响。当能源价格水平偏低时，经济增长速度较快，反之，当能源价格偏高时，经济增长就会放慢。

进入 21 世纪以来，中国进入到一个关键的发展时期。这一时期，一方面，经济发展的各种基础设施条件已经大大改善，中国正处于工业化中后期及其加速阶段，这个时期的特征是重化工业带动，显然如果能抓住战略机遇，使经济发展再上一个新台阶是必要的。另一方面，这一时期也是中国资源矛盾突出暴露时期，“瓶颈”约束加剧，如果处理不当，就有可能丧失发展机遇，导致经济增长的徘徊不前。

作为一个发展中的大国，中国目前正拥有着难得的发展机遇。中国成功地走上了市场经济的道路，市场所激发的效率优势正在源源不断地增强中国的国际竞争力。按照目前的增长速度，中国的 GDP 将在 2030 年以前超过美国成为世界第一大国。从增量上看，2003 年，中国在全球新增 GDP 中的贡献率已经达到了 19.3%，已经超美国的 18.6%，成为世界经济增长的第一贡献国。中国发展的“机会窗口”已经来临。在一国或地区的某个特定发展阶段，未成年人口和老年人口总人口的比例会在较长时期内表现为一个较低的水平，此时，社会劳动力供给充足、社会负担相对较轻，是经济发展的黄金时期。从目前的情况看，中国已经进入并且在未来十几年内都将处于“机会窗口”内。

与良好增长态势比较起来，中国的资源约束问题却是令人担忧。十六大以后，我们倡导“和平崛起”，但和平崛起首先还是一个发展问题，显然，决定发展的最根本因素并不是发展所处的环境，而是取决于其资源投入产出过程。我们可以把中国的发展看做一个很大的系统，这个系统有自己的边界，系统内有一系列的子系统，这些子系统通过系统边界实现与外界环境的信息互换及物质交换。我们可以想像，只有当外界的资源能通过系统边界进入系统，并且经过系统处理后的物质及信息同样通过系统边界输出到外部环境中，经济体才能有效维持自身的生存与发展。

资源约束应是中国和平崛起的硬约束条件。资源约束并不是一个新问题，在经济学的框架内，资源约束所导致的稀缺资源最优配置问题无处不在。在人类历史发展的长河中，资源约束与经济增长的关系有着不同的表现形式，但绝大多数场合中，资源约束是以“流量约束”的形式表现出来的，其主要特征是资源受到技术经济条件的制约，无法全面地由潜在资源向现实



资源转化,在这种情况下,人们担心的是资源获取的流量与质量,而不是资源存在与否。同时,当资源,尤其是不可再生资源存量非常有限时,资源约束就转化成另一种约束形式——“存量约束”,在这种情况下,人们不得不开始考虑资源供给的可持续性。比较起来,资源的流量约束相对较软,而存量约束却完全不一样,对于流量,人们可以通过技术进步、效率改进等手段使资源约束逐渐弱化,而资源的存量约束则严峻得多,它常常会使经济发展受到较大的阻滞。

中国是人口众多、人均资源相对较少的国家,经过多年的发展,中国在经济建设方面取得了巨大的成就,但也消耗了大量的资源,资源存量与经济总量之间的矛盾越来越突出。可以说,在几十年间,中国的资源约束已经从流量约束迅速转为存量约束。

(一) 能源消费的刚性

2003年,中国国内生产总值首次超过了11万亿元大关,人均GDP首次超过1000美元。经济学的研究告诉我们:当一国经济发展水平处于人均GDP从1000美元向3000美元迈进的过程中,往往会出现激烈的社会结构调整,整个社会的需求结构、产业结构都将发生巨大的变化。

据统计,1997~2003年间,中国城市居民消费的恩格尔系数从46.6%下降到37.1%,农村居民消费的恩格尔系数也从55.1%下降到45.6%。居民消费总体从重视生活水平提高到重视生活质量的提高,从满足基本生存需求向追求人的全面发展转变,汽车、住宅、通信、旅游等正在成为新的消费热点。这些消费结构的变化直接引发产业结构的快速调整。有关数据显示,在500万元以上项目中,中国钢铁投资增长96.6%,电解铝投资增长92.9%,水泥投资增长121.9%,汽车投资增长87.2%,煤炭投资增长52.3%。

应该注意,上述投资领域几乎都集中于资源消耗行业,这将导致重化工业以及其他资源依赖型企业超常规发展,根据2004年中国企业500强排行榜,我们得出前100强中的资源型企业的分布情况。

资源型企业是指关键资源的产出企业、运输企业、消耗企业等,具体包括能源、钢铁、汽车、铁路等与关键资源消耗密切相关的企业。在2004年中国企业前100强中,资源型企业超过了半数,数量达到52家,这说明中国的经济结构正处于资源依赖的强势阶段,对关键资源的生产和使用决定了

经济发展的命脉。从结构上看问题更加突出：2004 年位居中国企业 500 强前 3 位的是国家电力公司、中国石油和中国石化，其营业收入分别 48295173 万元、47528703 万元和 46667311 万元，这一规模远远高于排名第 4 位的中国工商银行的 1743350 万元。这足以说明电力、石化等资源型企业在中国总体产业结构中的支配地位。可见，中国现阶段的资源约束问题有着强烈的需求拉动背景。中国已经进入产业结构的快速调整期，而产业结构升级、城市化进程加快都会对资源消耗产生超额需求，产生大量的资源型企业。这是中国产业升级必须支付的成本。

（二）资源效率的弱化

需求结构变迁是中国资源约束刚性条件，资源使用方面的效率损失则使其刚性条件更加强化。有关统计资料显示：2003 年中国 GDP 总量约为 1.4 万亿美元，约占世界的 4%，但为此消耗的各类国内资源和进口资源占世界消费量的比重却远高于 4%，其中，原油为 7.4%，原煤为 31%，铁矿石为 30%，钢材为 27%，水泥为 40%。显然，经济成果与资源投入相关性弱化。

中国包括能源加工、转换、储运和终端利用各个环节在内的能源效率，近年约在 33% ~ 34% 左右，与发达国家比，约低 7 ~ 10 个百分点。例如，中国火电机组平均效率为 33.8%，而国际先进水平为 40.6%。单位产值能耗的差距较大，中国按当年汇率计算的每百万美元国内生产总值能耗，已由 1990 年 2417 吨标准煤降低到 2000 年 1274 吨标准煤，但仍是美国（364 吨标准煤）的 3.5 倍，是欧盟国家（214 吨标准煤）的 5.9 倍，是日本（131 吨标准煤）的 9.7 倍。中国钢铁、有色金属、石化、化工、建材和电力等高能耗工业的能源消费量大约占工业能源消费量的 3/4，占能源消费总量的 1/2 以上。中国主要耗能工业产品单位能耗与国际先进水平相比，平均要高出 40%。中国能源效率较低、单位产值能耗和主要产品单位能耗较高，正是能源综合利用水平的反映。以煤炭为例，中国小煤矿的大量存在，导致煤炭资源开采效率不足 30%，其中小煤矿的回采率只有 15%，资源浪费大；原煤采出后的洗选率只有 35%，大量原煤直接燃烧，既增加能耗，又污染环境；煤炭用于发电的比例仍在 50% 以下；工业锅炉的运行效率（60% ~ 65%）低于国外 20 个百分点；城市民用能源燃气普及率还不到 2/3，农村居民生活用煤数量较大；燃煤发电机组的热效率还停留在 33% ~ 35% 左右，厂用电率（15%）和线损率（7% ~ 8%）合计超过了 20%；中小电动机的运行效率



(约 87%) 低于国外 5 个百分点。这样, 中国煤炭从开采、加工、转换到终端消费的总效率还不足 10%。不可否认, 中国的资源使用效率还远远不能与发展国家相提并论。

(三) 国际分工的选择

2005 年中国经济的对外依存度超过 63%, 可以毫不夸张地说, 中国正处于世界“加工厂”的地位, 中国输出的大多是资源密集型产品, 而进口的大多是技术密集型产品, 这样一进一出, 就形成了以“资源”换“技术”的资源输出型经济模式。可以说, 目前的这种国际分工, 使发达国家的资源约束矛盾在国际上发生转嫁, 显然, “加工厂”必然要大量地为“委托加工者”消耗资源。

三 一个无法回避的现实

传统的世界观形成在 19 世纪中叶, 其科学基础是牛顿的三个机械定律和热力学第一定律, 以及达尔文的“进化论”。基本的观念是“物质不灭”和“能量守恒”, “运动着物质的永远循环是宇宙的最终结论”, 认为世界总的方向是从无序向有序发展。全社会的目标是建立一个“物质极大丰富”的人类大同世界, 地球上的资源和能量将随着技术的发展“取之不尽, 用之不竭”。

1850 年, 德国科学家克劳修斯总结并发表了热力学第二定律, 即“熵定律”(加入的热量/绝对温度 = 熵), 他认为: 热可以自发地从高温传向低温, 而低温不会自发的传向高温。简单地说, 一杯热水可以自己变冷, 确不会自动变热, 除非借助外部更多的能量。能量虽然守恒, 但质量却发生了变化, 一桶温水可能比一小锅开水所含的热量要多, 但它永远煮不熟一个鸡蛋。熵会自发的越来越增加, 而不会自动减少。热向何处去了? 向更低的温度散去, 直到绝对温度 -273°C , 一旦散去将难以重新聚积, 一旦能量散尽, 温差将消失, 宇宙将热寂, 能量实际上是从有序向无序发展。

进入 20 世纪, 随着科学的发展, 人们对世界的认识也在深化, 科学家发现热力学第二定律是一个具有普遍意义的真理, 而并非“形而上学”。特别是俄籍比利时科学家普利高津, 对热力学第二定律进行了广泛的延伸, 并创立了耗散结构理论。不仅能源科学进一步证实了这些理论的正确性, 而且