

Feedstocks

Coal
Heavy oils
Petroleum residuals
Biomass
Wastes
Natural gas

Energy Carriers

Electricity
Steam

End Uses

Industry
Transportation

Energy for Sustainable Development

Gasification

(syngas generator)

P
L
Y
G
E
N
E
R
A
T
I
O
N

Infrastructure Requirements

Near/medium
term

Medium/long
term

Long
term

Hydrocarbons

DME

Hydrogen

Energy Carriers

Electricity
Steam

End Uses

Industry
Transportation

能源与可持续发展²

CCICED

中国环境与发展国际合作委员会
能源战略与技术工作组 编著

中国环境科学出版社

能源与可持续发展

(2)

中国环境与发展国际合作委员会

能源战略与技术工作组 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

能源与可持续发展. 2 / 中国环境与发展国际合作委员会能源战略与技术工作组编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2004. 7

ISBN 7-80163-936-7

I. 能… II. 中… III. ①煤炭工业—无污染技术—文集②煤炭资源—可持续发展—中国—文集 IV. ①X753-53 ②TD82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 080000 号

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
电子信箱: zongbianshi@cesp.cn

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2004 年 8 月第一版 2004 年 8 月第一次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12.75
印 数 1—1000
字 数 250 千字
定 价 48.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

本书的论文来源于“煤气化——中国能源清洁与安全”研讨会，该研讨会于 2003 年 8 月 25—26 日在北京举行，由能源战略和技术（以下简称 TFEST）专题组主办。TFEST 受国际环境与发展合作委员会（以下简称 CCICED）中方的委托准备一个报告——关于中国以煤气化为基础的能源战略方面的政策建议。CCICED 要求 TFEST 把其分析报告作为 CCICED 提供给中国政府的年度报告的一部分。（报告的原文以英文发表在 *Energy for Sustainable Development* 杂志 2003 年 12 月期。本书是中国能源专家组织翻译的中文版。）

研讨会是 TFEST 所做工作的重要部分，它广泛邀请了该领域内的专家和投资方，从而能够收集到报告所需的信息。参会人数达 130 人（3/4 来自中国，1/4 来自其他国家），分别来自政府部门、大学、其他非政府组织以及私人机构。会议共分为 4 个会期，每个会期为半天，以 TFEST 成员或相关专家提供的背景论文开始，然后是来自国内外的专家学者的演讲，然后是所有参会者的自由讨论。4 个会期的主题分别是：

1. 煤气化技术的广阔背景——中国现在和未来能源需求；
2. 中国煤气化技术的案例研究；
3. 中国实施煤气化项目中的阻力；
4. 中国以煤气化为基础的能源战略所需要的政策框架。

研讨会的所有背景论文和演讲主题列在本书的第 12 页（第 1 篇论文之后）。

本书第 1 篇论文（综述）是 TFEST 提交给 CCICED 的最终报告（作者只作了少量修改），题目是“可持续发展的煤炭利用：中国的一个重要战略”。它不仅叙述了可持续的以煤气化为基础的能源战略的远景，满足中国“3E”目标——环境保护、能源安全和经济发展（包括从 2000—2020 年 GDP 增长 4 倍），而且指出了近期内实现该战略目标的政策建议。

接下来的 4 篇论文（短文）关于以煤气化为基础的能源战略，来自中国核心机构的人士提出的自己的观点。第 1 篇论文作者是王骏，最近组建的国家发展与改革委员会（取代过去的国家发展与计划委员会）能源局副局长，该文概括了能源政策方面的观点。第 2 篇论文作者是曹湘洪，来自于中石化集团（SINOPEC），该文叙述了中国最大的能源与化工集团公司中煤气化已经大量存在的事实，以及未来的规划。第 3 篇论文作者是郑方能，该文概括了科技部支持的清洁煤技术研究与发展计划。第 4 篇论文作者是江哲生，前国家电力公司科技司副司长，叙述了为了可持续发展，正在进行的电力部门技术的整合、重构。

在第 5 篇论文中，Brian Anderson，TFEST 的成员之一，过去也是 CCICED 的一员，荷兰壳牌公司在东北亚地区的主席，提交了广泛实施煤气化的障碍分析，特别是从项目

层面提出了自己的见解。

以下 6 篇短文是原先准备作为背景论文提交给研讨会的。

Michael P. Walsh 描述了中国发展新能源研究的主要推动力：“按原有模式发展”（business-as-usual）的能源发展路线将导致的迅速增加的机动车、污染源增加、石油进口依赖等问题。

DeLaquil 和他的合作者论述了 Markal 建模的结果，该模型描述了中国近 10 年开始的未来 50 年能源发展技术选择对于本地污染、能源安全、温室气体排放等的影响。该论文重点强调了如果中国要实现未来经济、环境和能源安全目标，煤气化技术必须扮演的关键角色。

李政和他的合作者回顾了中国面临的 5 种主要能源挑战，解释了多联产的概念，2 种或更高价值的能源在一个工厂里进行联产，以及通过煤气化制取的化工产品有助于解决这些挑战。当多种有用的产品被提取时，多联产战略提高了经济性。另外，提出了实施多联产战略的政策建议。

郑洪弢和他的合作者分析了以多联产为基础的能源供应系统对城市未来的影响，以枣庄为例，它是位于山东省的产煤区的一个城市。基于当前和市政规划的最终能源利用模式，揭示了可能的多联产系统的规模，在接下来的 20 年中，有助于减少当地的空气污染和从外地进口石油燃料的依赖性。

Larson 和任挺进对液体燃料（甲醇和二甲醚）提供了详细的性能和价格估计，它们都是煤气化后合成的产品。他们的分析重点强调了燃料-电力联产的诱人的经济性。他们也为替代工厂估计了 CO_2 排放，包括那些具有 CO_2 地下埋存的工厂。

Williams 和 Larson 以生产交通用燃料为例，针对能源效率、空气污染、温室气体以及其他方面，比较了煤直接液化和非直接液化技术。他们估计了中国生产甲醇和二甲醚的费用，重点强调了作为 H_2S 管理策略，在 DME 制备过程中同时捕获 H_2S 和 CO_2 的可预见的诱人的经济性，另外，与使用相应的石化燃料相比，它将减少 CO_2 的排放。

Eric D. Larson

李 政

备注：

CCICED 于 1993 年成立，作为一个高水平的咨询机构，每年向中国政府的领导人提供与可持续发展相关的政策方面的建议报告。委员会组成结构为：16 位中国政府的副部级官员，10 名院士，21 位具有相当成就的国际人士。CCICED 当前（5 年任期）的主席是副总理曾培炎（取代温家宝）。CCICED 每年委托数个特别工作组对委员会感兴趣的项目进行分析研究。该特别工作组由国内外人士共同组成。

目 录

可持续发展的煤炭利用	1
中国能源发展现状、政策及洁净煤技术的发展	17
中国石化公司采用煤气化技术的现状与展望	21
中国洁净煤技术的研究和开发	25
中国正在实施调整火电结构的政策促进电力可持续发展	31
中国实施煤基合成气/多联产（CSP）的障碍	37
中国机动车辆污染和燃料消费——长期的挑战	42
中国未来能源系统模型研究	61
以煤气化为基础的多联产能源系统	82
中国煤气化为基础的能源供应系统（合成气城市）的案例研究	90
通过煤的间接液化生产合成燃料	113
煤制液体燃料的直接液化技术和间接液化技术的比较	148
书讯和书评	188
附 录	196

可持续发展的煤炭利用

——中国的一个重要战略

中国环境与发展国际合作委员会能源专题组

1 3E（经济、能源、环境）的可持续发展

在 2002 年 10 月，中共十六大确立了中国国民生产总值到 2020 年翻两番的目标，并确立了经济发展、能源安全、环境保护的 3E 发展战略。为实现这一战略，中国的能源技术不能再按照现有模式继续发展。因为存在以下的风险：

- 为满足国内对于液体燃料尤其是车用液体燃料的需求，中国将过度依赖于石油进口。
- 污染将严重威胁中国的公众健康与环境，并造成可观的经济损失，按照目前模式发展，预计这个损失将从目前占 GDP 的 7% 增长到 2020 年的 13%。
- 气候变暖效应将更为显著，中国将无法有效地在温室气体减排问题上做出自己应有的（根据联合国关于气候问题的框架协议）贡献。^[1]

能否以合理的成本降低这些风险呢？答案是肯定的。这是通过对中国整体能源经济模型分析得出的结论^[2]。能源专题组分析了采用两种不同的战略发展方案，即传统技术方案和先进技术方案，直至 2050 年的发展情况，如图 1 所示。根据分析，采用先进技术的发展方案可以既满足中国的国民经济发展需要，又显著减少对空气的严重污染和对进口石油的过分依赖。究其原因，是先进技术方案中大量采用了先进的煤气化技术，起到了减少污染、缓解油品供应紧张状况的作用。参见图 1 灰色部分。

最新的能源研究所报告的研究结果^[3]如图 2 所示。该报告指出，常规情况下，即使能源利用效率达到最好，到 2020 年，油料进口仍将占消费总量的 60%。

然而，能源专题组的研究显示，先进技术的战略发展方案，其成本和提供能源效果与采用传统技术的战略发展方案相同，却可以基本限制石油和天然气的进口比例大致不超过消耗总量的 30%，同时满足对 SO₂ 以及远期对 CO₂ 的排放限制。该战略是基于提高能源利用效率、利用可再生能源、天然气、以及煤的现代化利用等诸多方面的综合战略。

如果从现在开始积极推行该战略，我们相信中国可以在 2020 年将石油年进口量降低

1 中国，作为联合国关于气候问题框架协议的参加国之一，“应该在公平合理、共同努力，各负其责、各尽所能的基础上保护气候系统”。

2 参见本报告末尾的背景论文清单。

3 中国能源可持续发展与碳排放情景分析综合报告，国家发改委能源研究所，2003.5。

0.5 亿 t。

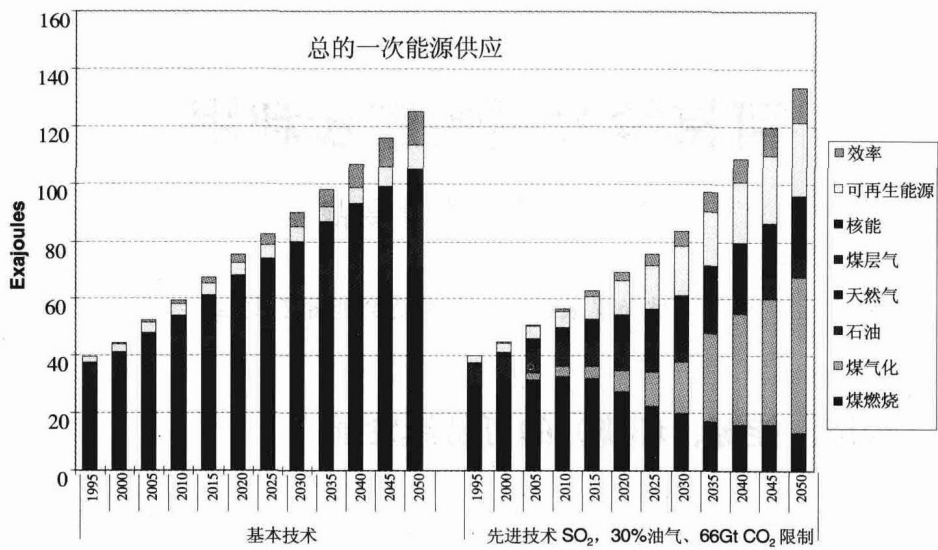


图 1 全部一次能源总体供应结构预测（传统技术情况与先进技术情况）

根据采用先进技术的方案预测，SO₂的排放将从1995年的2370万t下降到2020年的1620万t、2050年的880万t。石油与天然气进口量限制在总消耗量的30%。图中所示660亿t碳是一个累计的碳分摊排放份额，它的计算是基于大气中二氧化碳稳定在450×10⁻⁶以及按照2000年各国人口平均得出的全球允许碳排放量。同时，对于采用传统技术的方案，由于仍然依赖于燃煤机组发电以及石油炼制的液体燃料，则无法达到同样的目标，尤其是能源安全的目标。

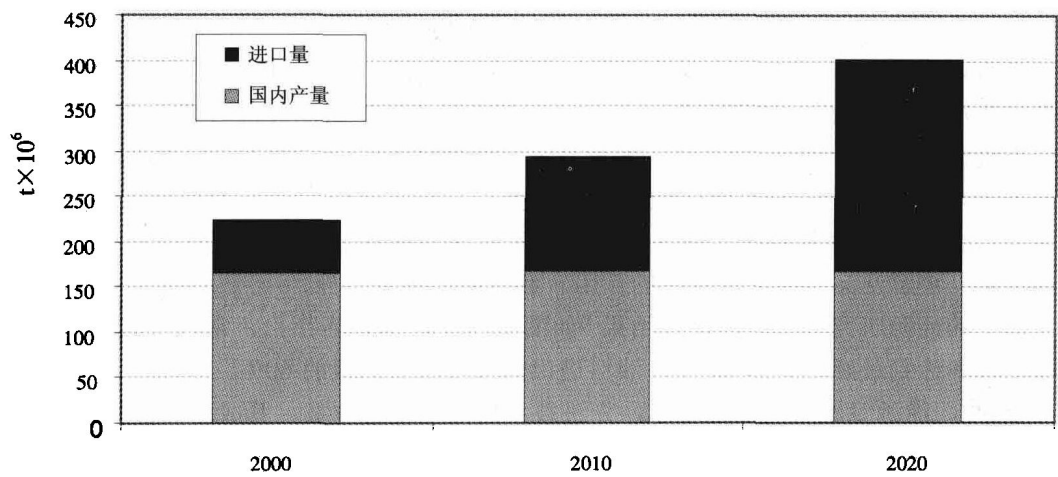


图 2 我国未来 20 年的预计油品消耗

该预计是根据能源研究所的可持续能源发展与碳排放战略研究3号方案（提高能源利用效率但不采用煤气化技术）做出。

煤炭的现代化是满足中国可持续发展的3E要求的能源系统中不可缺少的一个部分。煤炭的现代化是指通过气化技术生产热能、电力、交通用清洁燃料、工业与民用热以及替代进口油料与煤的直接燃烧等。该战略是基于目前已知的、并经过验证的技术，许多技术已经在中国成功应用，绝大部分属于化工领域。该战略的实施需要的是对这些技术

的整合与投资，而不是发展很多更为新型的技术。对于新增的发电容量的投资应该被引导到基于气化的能源系统方向，并强调多联产，联产其他能源载体和化学品。中国应该逐步实施一个灵活多样，适应性强的能源战略。在本报告中，能源专题组描述了这一战略的前景与实施计划。

在今后 10 年中，大量的资金将投向电力产业，其投资方向将锁定 2020 年中国的煤炭利用模式，并在今后几十年内产生影响，因此推行本报告提出的战略已是刻不容缓。

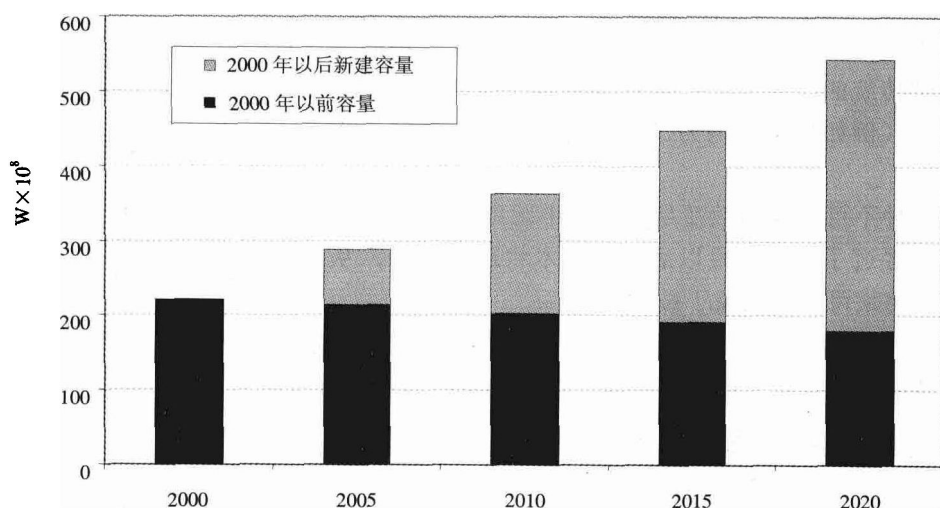


图 3 计划中的新建燃煤发电项目情况

如图 3 中显示，基于中国电力市场联合会的估计，2020 年在役电厂的 2/3 将要逐步立项建设。新建煤电容量（超过 3 亿 kW）是十分巨大的。从现在开始必须将这些项目中的相当一部分导向可持续的现代化发电方式，否则在环境和能源安全方面将付出更大的代价。同时，现在也必须立刻决策允许并鼓励投资于新型的车用燃料项目及其基础设施建设。

2 中国的领导层需要立即采取行动

能源专题组过去两年研究的结论，对于中国的近期和远期能源规划都是极其重要的。

2.1 煤炭现代化战略

本报告指出，中国迫切需要从根本上改变投资方向，从煤的燃烧利用方式，转向气化利用。能源专家组（以及其他研究者例如发改委能源所）的研究证明，中国的能源系统应该逐渐转向利用各种气源（煤制合成气，生物质制合成气，天然气，煤层气）生产电力、热能、清洁液体燃料和化学品。这种称为“多联产”的方法，是减少石油进口的最为经济有效及对环境友好的方法。此外，目前正在准备建设大量的坑口电站，而常规的燃煤电站的耗水量巨大，一般坑口地区往往缺水，造成用水紧张。而多联产系统的耗

水量则要少得多。

多联产要求在确定生产厂建设地点和基础设施规划方面有充分的灵活性，以高效利用投资，例如位于坑口的多联产工厂需要按公共的规则用输气输油管线和输电线路使产品进入市场。

近期对新建发电容量的投资决策对启动煤的现代化利用战略具有相当大的影响。如果中国延误过渡到以气化为基础的多联产技术的时机，将会显著增加将来中国治理空气污染、控制石油进口、减排温室气体的成本。

为了使得多联产战略的规划与实施赶上被经济的高速发展所驱动的电力投资高潮，需要打破传统的行业分割，进行融合或形成新的行业。同时也要求对于各有关政府部门进行整合（例如化工、电力、炼油、输运、天然气、煤矿、交通、管线、可再生能源等等）。

另一种不可忽视的效益是，如果中国率先发展这种技术，那么根据技术发展“学习”曲线，在经过了研发阶段以后，其成本将迅速下降，从而使中国获得独特的国际竞争优势，以及将来可大大获益于技术出口。

上述分析表明，煤/合成气多联产必须与包含可再生能源、天然气与节能等方面新技术的总体能源战略相互配合，才能使得相关领域的发展对国家产生最大效益。

2.2 建议采取的主要措施

上面的建议要求政府部门间打破行业分割，综合规划，在实施时可能有一定难度。有鉴于此，考虑到国家正在制定最有效的近期和远期能源投资战略，就必须紧急处理，能源专题组希望本报告的理念能够尽可能迅速地传递给中国政府最高层领导。

这件事对于中国政府具有极其重要的战略意义：

- 应该像贯彻小平同志“南巡讲话”一样，在政府与工业工作中采取相应的主动行动。
- 应该迅速确定一个清晰的发展方向，以便相关的整体规划、能力培养计划，以及配套政策迅速就位。

在中国社会主义市场经济条件下，政府应创造环境以使这些主动努力能够取得成功。政府应当明确目标，制定长期稳定一致的政策，扫除障碍，创造有利条件，使得私营企业也愿意采取相应的行动。

本报告将对上述论断进行详细阐述。

3 煤的现代化利用技术

中国的煤炭资源廉价而丰富，但历来采用燃烧方式利用，被视为天生肮脏的能源。这种使用方式，使得煤炭市场单一（仅仅用于提供热量和发电），且带来严重的环境问题。将煤气化为合成气是对煤炭进行现代化利用的基础，在此基础上，可以更好地将其转化为热和电，同时为生产新型液体/气体燃料提供了可能，这样，煤炭可以基本上满足能源市场的各种需求。

基于气化的煤炭现代化利用，可以通过将已经商业化的各种技术创新性地集成到新型能源系统中来实现。现代化的好处包括立竿见影的经济效益、石油进口量的削减，空气质量的改善，以及所采用的关键技术能保证远期以低成本应对气候变化的挑战的潜在利益。^[4]

图 4 显示了中国煤炭现代化将建立在中国已有的化工煤气化项目经验以及世界范围内迅速增长的煤气化项目经验的基础之上。

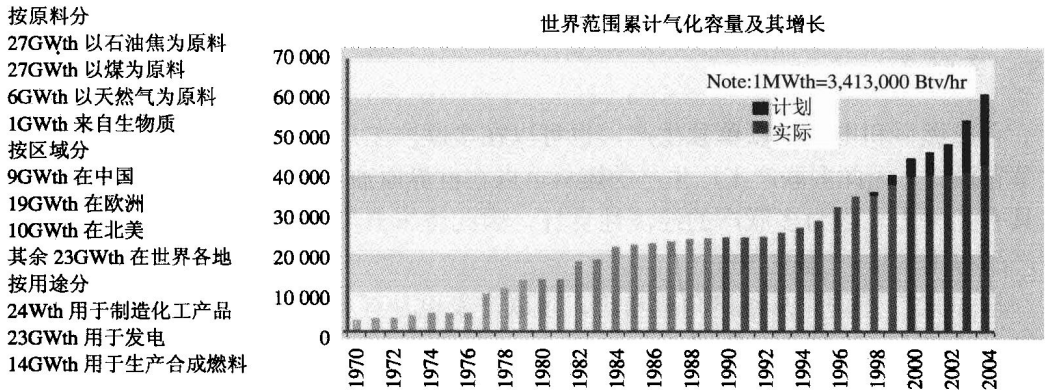


图 4 世界范围的累计气化容量及其增长情况（其中黑色为待建容量）

煤气化是一个世界范围内迅速发展的行业，气化容量以 3GWth/a 的速度增加，到 2004 年，装机容量将达到 61GWth。

3.1 煤气化用于发电和热电联产

由于燃气轮机技术的不断进步与改进，煤气化发电（联合循环）或是煤气化热电联产（燃气轮机或是联合循环）的好处日趋显著。与煤燃烧发电相比，燃气轮机与联合循环在热电联产的成本和热经济性等方面有相当大的优势。煤气化方式发电产生的空气污染排放水平可以与天然气联合循环媲美（CO₂ 除外）。

煤气化发电有两种方式：整体煤气化联合循环（IGCC）和多联产。目前中国的 IGCC 电站还无力从经济上与传统煤燃烧发电竞争，即使是在今后对 SO₂、NO_x 排放严格控制的条件下，IGCC 也不过在全生命周期的成本比较中勉强占优，仍然不足以从经济上吸引发电公司采用 IGCC。但下面将会说到，多联产工厂的发电成本在中国会具有吸引力。

3.2 煤气化用于生产合成燃料

煤气化使得近期生产清洁合成燃料成为可能，例如生产城市煤气用于炊事、采暖，生产 DME 用于炊事，生产甲醇、费托液体⁵和 DME 用于交通运输等等。而远期来说，有可能通过煤气化生产氢气燃料，并通过地下埋存副产品 CO₂ 以实现温室气体的零排放。

气化产生的合成气由小分子的 CO 和 H₂ 组成，我们可以用它来合成新型液体燃料，该燃料的性能和排放远胜于常规碳氢燃料（由原油或煤炭直接液化后炼制）。对于交通用

4 增加的成本相对有限，因为煤气化使得需要回收的 CO₂ 浓度很高，便于处理。

5 初级的合成碳氢燃料，类似于汽柴油。

燃料这是非常重要的，因为随着时间的推移，世界的排放标准将会越来越严格，普通的碳氢燃料不仅要求更为复杂的尾气处理技术，而且对油质要求提高。从而将大大增加炼制成本。

这种对生产和尾气处理的不断改进代价高昂，但采用气化技术可使这个代价降至最低，其基本途径是先除去合成气中的有害成分，例如硫、氮、汞等等（就象中国化工企业已做的那样），然后选择一个合适的反应过程，生成高性能（例如高辛烷值）和低排放（燃烧时排放的微颗粒与 NO_x 较少）的燃料。

3.3 多联产

合成燃料和电力可以单独生产，也可以在多联产工厂同时生产。多联产系统可以大大节省投资，因此多联产工厂生产的燃料可以在世界原油价格低至 20 美元/桶或略多时仍然具有竞争力。因为多联产的经济性良好，因此将来典型煤气化系统将同时生产多种能源产品与化学品。（参见图 5）

与 IGCC 不同，从经济角度考虑，多联产发电是有利的，因为这样可以使得联产合成燃料的成本大大低于单产成本，但是这一切都基于联产的电力能够以合理的价格上网销售。能源专题组的分析表明，多联产系统的电价可能接近带脱硫脱硝装置的燃煤蒸汽发电系统。

3.4 远期的炼碳厂

基于气化的煤炭现代化，使得其他的碳基原料亦可以得到合理的利用。在全世界的炼油厂中，用石油焦制成合成气来联产氢、电力和蒸汽（参见图 5）。同时，在全世界引起广泛兴趣的利用天然气制造费托液体燃料，也需要将天然气制成合成气。利用生物质生产液体燃料的首选方案也是通过气化，例如在瑞典，利用制纸浆和造纸过程中产生的生物质废料生产二甲醚的项目正在进行之中。

未来的“炼碳厂”应利用合成气生产一系列的能源与化工产品，制造合成气的原料包括煤、重油、石油焦，天然气⁶、生物质甚至城市垃圾（参见图 5）。采用农业废弃物的“炼碳厂”可能对中国相当重要，例如通过多联产生产 DME（用于炊事）以及根据需要来发电。

4 煤炭现代化利用的终端用能前景

如图 5 所示，煤炭现代化利用可能由近/中期（2006—2020 年）的一系列技术方案进化到远期（2020 年以后）的一系列新型技术。

6 包括小规模且远离使用区的天然气、煤层气，因为它们用管线输出不经济。

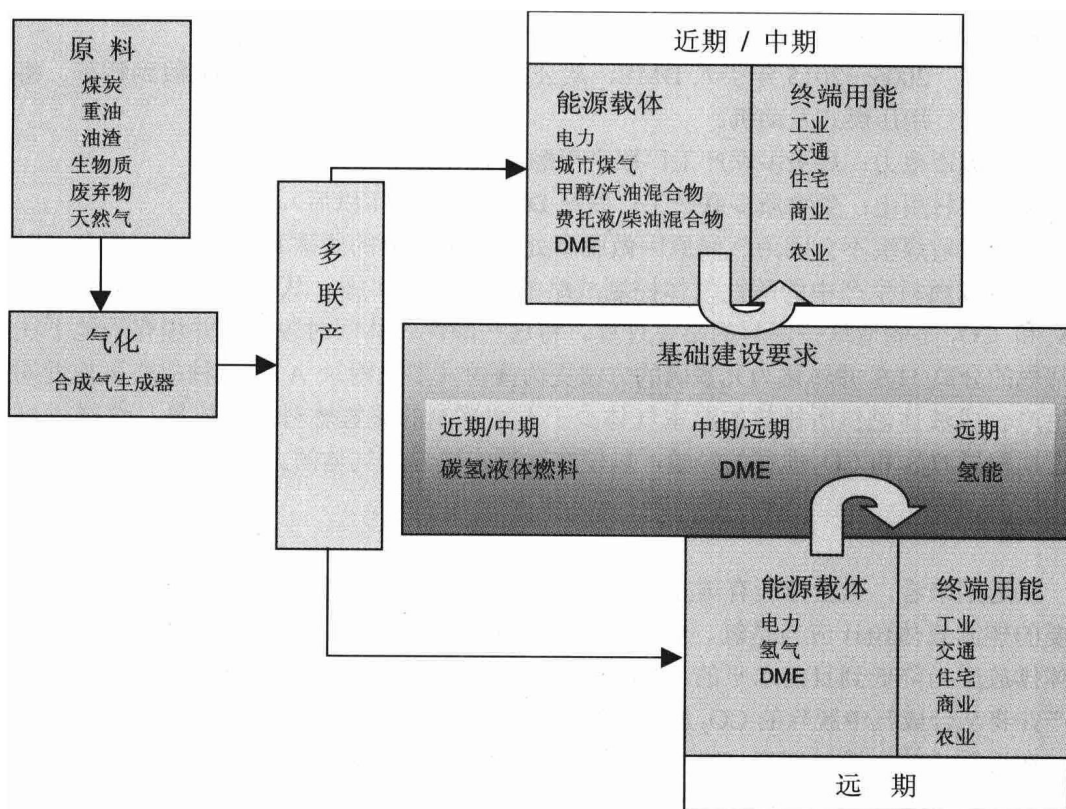


图5 现代化煤炭利用的前景

基于气化的煤炭现代化技术可以生产合成液体燃料、联产电力和过程热。成本最低的方案是多联产，将来它可以使用不同的碳基原料，在一个工厂（“炼碳厂”）内生产多种能源产品（以及化工产品），如同目前的炼油厂一样，将非石油的各种碳基原料以气化的形式炼制成各种能源载体和化工产品，例如 DME。为了对这些能源载体（中期主要是 DME，远期主要是氢）加以利用，需要新的基础设施。

4.1 近期/中期

在近期/中期，多联产工厂将在联产电力的同时生产城市煤气、甲醇、费托液体以及 DME，为市场提供以下服务：

- 城市地区取暖与炊事：用城市煤气取代煤炭直接燃烧。
- 工业用热：用城市煤气取代煤炭直接燃烧。
- 农村与小城镇的炊事用燃料：DME 可以利用现有液化石油气的基础设施，其原料可以是煤（2006—2020 年）或者是生物质（2015 年以后）。
- 不需要改变精炼厂之外基础设施的车用燃料替代品：
 - ✧ 甲醇与汽油掺混使用^[7]（汽油醇）。
 - ✧ 费托液体与柴油掺混燃料。

7 甲醇比例不超过 15% 时，汽油醇用于汽油发动机不需要对发动机与燃料系统做大的改动。1L 甲醇在汽油醇（M15）中应用可以替代 25%~30% 的汽油（通过改善发动机性能），就像 M85 一样。因此，如果广泛推广 M15，到切换为使用 M85 之前，油料进口削减可以取得最大效果。如果不采用 M15，到 2020 年汽油消耗量大约是 1 700 亿 L，如果都采用 M15，则可以替代 210 亿 L 进口汽油。

- 需要建设新的基础设施的车用燃料替代品：
 - ✧ 2006—2015 年引入 DME，从公共汽车和卡车开始，随后过渡到轿车，将改用压燃式发动机。
- 城市电力：煤炭多联产工厂联产甲醇或 DME。
- 农村用电：生物质多联产工厂联产 DME（2015 年以后）。

尽管目前煤炭不会因为气候原因做脱碳处理，但部分的脱碳和 CO_2 地下埋存可以作为一项合成燃料生产中的酸性气体控制战略的尝试加以实施。从合成气中去除酸性气体 H_2S 和 CO_2 是制造这些燃料的必要过程。将这些酸性气体同时脱出来并埋存于地下往往比常规的分离 H_2S 并转化为元素硫的方法更为廉价（参见附录 A）。这种战略可使近期煤炭生产合成液体燃料所排放的温室气体少于石油炼制的碳氢燃料的排放量，这样就可以在近期积累 H_2S 和 CO_2 埋存的经验，以便在远期实现温室气体的大量减排。

4.2 远期

从远期来看，当全球所有国家在做能源规划时都不得不考虑气候变暖的因素的时候，主要的能源载体预计应当是氢、电以及一两种碳基能源载体，最终全球能源系统的温室气体排放应当降低到目前水平的 50%，甚至更低。要实现这一目标，采用基于气化的多联产并将从合成气中脱除的 CO_2 加以埋存将是一种成本较低的途径。

在近零排放（通过埋存 CO_2 ）的条件下从煤中生产氢对于中国来说技术上没有很大问题，而且这可能是成本最低的近零排放制氢方法（参看附件 B）。氢能利用中主要的问题是：(i) 大规模埋存二氧化碳的科学不确定性（需要多个兆瓦级别的示范项目）(ii) 氢能市场的发展——全世界正在掀起燃料电池汽车的研发高潮。

氢能将主要用于城市。对于农村地区的用能仍会采用碳基燃料，因为使用氢能的基础设施成本很高，不适合用在能量密度较低的农村。尽管碳基燃料只能实现部分脱碳，但是农村地区的温室气体的总排放量相对较小，整个能源经济仍然可以实现气候控制的目标。

5 基础设施问题

基于气化的煤炭现代化将对中国的基础设施建设提出新的挑战，但同时也带来了新的机遇。

5.1 缓解铁路建设压力

煤炭现代化可以为缓解铁路运输的巨大压力创造机会，因为中国目前 70% 的铁路运力用于将煤炭由产地运往使用地。多联产工厂可以建在煤矿附近，通过用管道输送液体燃料和用输电线路输电的形式将能源外送，而不需要大量运煤。当然，这样的坑口工厂，就不可能通过多联产生产城市煤气了，但是城市煤气可以由更加安全（不含有毒的一氧化碳）的 DME 来取代。

5.2 电力基础设施

坑口多联产工厂可能提出导致大量的输电要求。因此，中国的电力输送技术应与国际保持接轨与同步，尤其是采用传输成本较低的长距离直流输电技术。

5.3 减少碳基能源载体种类

由于基础设施投资巨大，需要尽可能减少碳基能源载体的种类。因而近期应该尽量寻找最优的可以长期使用的新能源载体。DME 是一种杰出的第三类（和电、氢相互补充的碳基燃料）能源载体候选对象，可以考虑在近期引入。它可以应用于多种燃料市场，它实质上无毒，即使不作尾气处理，DME 发动机造成的空气污染也相当小。

5.4 DME 相关的基础设施建设

采用 DME 作为一种新的煤基能源载体需要一系列新的能源基础设施建设，因为该燃料需要加压罐装存储，与液化石油气类似。这个基础设施的转换，是大多数工业化国家没有改用 DME 的主要原因，尽管它的性能和排放特性是如此优秀。然而，日本却在积极地推进 DME 的使用，这部分是因为它是唯一一个在国内广泛使用液化石油气的工业化国家，也因为意识到未来的液化石油气供应可能无法满足国内的需要。

日本、中国以及其他发展中国家拥有较多的液化石油气基础设施，这些设施可以轻易地转换用于 DME。对于这些国家，转换到使用 DME 比那些缺乏液化石油气基础设施的发达国家要容易。

考虑到 DME 在交通上的应用，中国相对于其他大多数国家有利，因为它的常规车用燃料的基础设施还不是非常发达（尤其是西部地区），因此转换的代价相对较小。然而有利时机稍纵即逝，中国应当尽快引入 DME 作为交通用燃料。因此有必要在 2006—2015 年这段时间内大力发展 DME 经济，用于交通运输。

5.5 氢能的基础设施

引入氢能经济要求的基础设施建设更为复杂和困难。由于氢气燃料电池以及其他终端使用装置还不会立刻商业化，因此大范围地建立氢能利用基础设施还为时尚早。然而，在近期，可能会发展有限度的氢能基础设施（在几个大城市），以便为氢混合动力公共汽车、氢能燃料电池示范车队等补充燃料。临时氢源可能来自于合成氨以及其他化工厂，也可由甲烷转化站生产。

6 建议政府采取的措施

- 发改委（尤其是能源局）应该清楚地确定可持续发展的长期能源战略，包括大规模气化及多联产。
 - ◇ 为基于气化的煤炭现代化制定详细的跨行业发展计划。
 - ◇ 确定并排除煤炭现代化发展的立法和法规制度方面的障碍。

- ✧ 优先考虑各种满足中国能源战略需要的资金需求，消除国有资金投资的障碍，建立快速审批机制。
- 确立电网对多联产产出电力的购买义务：
 - ✧ 在多联产项目引入发展期间（5~10 年）给予优惠电价。
 - ✧ 设定期限（例如在 2015—2020 年），在此后一定比例的新建发电项目中必须采用煤气化技术。
 - ✧ 建立一种机制（例如“一揽子标准”，固定份额制）来管理，使煤气化发电从引入阶段通过竞争过渡到大规模使用。
- 建立车用燃料供应商（加油站）的义务规则，促使其更多采用煤气化生产的合成燃料（例如费托液体，甲醇以及 DME）以减少油料进口：
 - ✧ 从现在开始推广 M15，到 2020 年，大部分的汽油都应掺甲醇销售（M15）。
 - ✧ 从现在开始逐步推广，到 2020 年，大部分的柴油掺混费托液体销售。
 - ✧ 在一个初始引入期（5~10 年）内，对于交通运输的 DME 设立优惠价格，鼓励用 DME 替代柴油，并逐渐扩大替代的份额（可以考虑从公共汽车和卡车开始）。
- 在农村地区和小城镇引入清洁燃料，为 DME 作为炊事用燃料推广提供市场保证。
- 促进煤炭现代化的融资：
 - ✧ 支持并促进私有资本投资多联产，例如，减税，提供低息贷款，提供风险资金等。
 - ✧ 制定合适的政策，吸引外国投资者。
- 推动多层次宣传与教育（发改委，科技部，环保总局，自然科学基金，电力总公司，化工协会）：
 - ✧ 增加公众对于煤炭现代化的关注。
 - ✧ 面向政府官员、企业领导、基层政府官员、工程公司甚至学生，组织多种形式的培训班、研讨会（普及多联产的概念）。
 - ✧ 为以上人员和单位组织正在进行的示范项目参观。
 - ✧ 在相关专业的大学生和工程技术人员的课程中引入有关概念与技术的介绍。
 - ✧ 促进新的工业协会（如多联产协会、气化协会、DME 协会……）的成立。
- 从资金和行动上支持进一步的相关科研和开发（发改委、科技部及其他部门）：
 - ✧ 多联产关键技术，例如大型燃气轮机、气化技术、液相反应器以及新型催化系统等等。
 - ✧ DME 作为柴油的替代燃料的发动机。
 - ✧ 高纯度甲醇在高压压缩比火花点燃发动机上的应用。
 - ✧ 煤炭现代化所需要的基础设施发展以及最优投资计划，例如说，大规模示范性多联产工厂优化选址问题^[8]。
 - ✧ 多联产在可持续的城市化进程中的作用问题。

8 例如说是铁路运煤到城市边缘还是设置输油（合成燃料）管线，还是直接输送电力。

- ◇ 支持/推动已经开始的基于煤气化的煤炭现代化利用项目（兖州，宁夏，重庆，烟台等等）。
- ◇ 支持相关的多联产示范项目在 2006—2010 年间投产，尤其是在高硫煤资源丰富的地区，或者是有 CO₂ 利用或存储机会的地区。
- ◇ 积极参与旨在推进 CO₂ 地下埋存的国际合作与示范项目。
- 为实施上述战略，政府应采取的促进措施（不仅仅针对多联产）：
 - ◇ 在燃料价格中引入环境与健康附加税，并严格予以执行。
 - ◇ 引入更严格的电力生产/化工生产/汽车排放标准。
 - ◇ 引入更严格的城市空气质量控制标准。
 - ◇ 对能源市场放宽限制以保护公众利益。
 - ◇ 给中国资金投入加大自由度。
 - ◇ 对于国内外投资强调平等、透明、可预测性。
 - ◇ 推进合资项目。
 - ◇ 尽快使国内设计与建设标准与国际接轨。
 - ◇ 改进对知识产权的保护。
 - ◇ 简化并加快项目审批过程。
 - ◇ 对采煤业实施现代化改造，以缓解较严重的健康、安全和环境问题。

参考材料

参考材料均包含在 CCICED 的论文集中，需要参考者请向国合会秘书处索取。

“煤气化多联产——中国能源清洁与安全”国际研讨会文献汇编，2003 年 8 月 25—26 日在北京清华大学举行。论文集收录了为研讨会准备的背景文献，以及研讨会上的发言。

背景文献

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1 基于氧吹气化的多联产系统 | 倪维斗 李政等 |
| 2 煤制合成燃料的直接液化与间接液化方法的比较 | Robert H. Williams & Eric D. Larson |
| 3 中国未来能源系统模型研究 | Pat DeLaquil Eric D. Larson 陈文颖 |
| 4 利用间接液化技术生产合成燃料 | Eric D. Larson
任挺进 |
| 5 煤气化与中国的电力部门：制度与法规问题的简单回顾 | Mark Jaccard
茅于軾 |
| 6 在中国实施合成气城市战略的案例研究 | 郑洪弢 李政等 |
| 7 中国汽车尾气污染和燃料消耗：煤基替代燃料的潜在角色 | Michael P. Walsh |