

中国工程院咨询研究报告

中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究

谢克昌 / 主编

第 9 卷

煤基多联产技术

倪维斗 李 政 刘 培 等 / 著



科学出版社

中国工程院咨询研究报告

中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究

谢克昌 / 主编

第 9 卷

煤基多联产技术

倪维斗 李 政 刘 培 等 / 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究》丛书之一。

煤基多联产技术是先进清洁的煤炭利用技术,是综合解决我国能源系统所面临的主要问题的重要途径和关键技术。本书从我国油品需求现状及未来趋势分析出发,分析我国发展煤基替代燃料的必要性和必然性,以及煤基替代燃料的发展现状及问题。本书采用全生命周期评价方法,对各类煤基替代燃料技术进行定量评估,为多联产发展方向提供依据,并给出适合中国国情的煤基替代燃料的最优规模。结合中国资源状况和技术发展情况,分析未来中国多联产系统发展的规模和布局,提出了中国 2030 年前多联产系统的发展战略和路线图,并对多联产发展的政策和保障体系提出了初步建议。

本书可供煤基多联产系统研究的专业人员以及能源、化工领域的研究和开发设计人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤基多联产技术 / 倪维斗等著. — 北京: 科学出版社, 2014. 10

(中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究 / 谢克昌主编: 9)

“十二五”国家重点图书出版规划项目 中国工程院重大咨询项目

ISBN 978-7-03-040340-7

I. ①煤… II. 倪… III. ①煤炭资源-综合利用 IV. ①TD819

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 063524 号

责任编辑: 李 敏 周 杰 张 震 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 1 月第二次印刷 印张: 9

字数: 200 000

定价: 120.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



中国工程院重大咨询项目

中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究 项目顾问及负责人

项目顾问

徐匡迪 中国工程院 十届全国政协副主席、中国工程院主席团名誉主席、原院长、院士
周 济 中国工程院 院长、院士
潘云鹤 中国工程院 常务副院长、院士
杜祥琬 中国工程院 原副院长、院士

项目负责人

谢克昌 中国工程院 副院长、院士

课题负责人

第1课题	煤炭资源与水资源	彭苏萍
第2课题	煤炭安全、高效、绿色开采技术与战略研究	谢和平
第3课题	煤炭提质技术与输配方案的战略研究	刘炯天
第4课题	煤利用中的污染控制和净化技术	郝吉明
第5课题	先进清洁煤燃烧与气化技术	岑可法
第6课题	先进燃煤发电技术	黄其励
第7课题	先进输电技术与煤炭清洁高效利用	李立涅
第8课题	煤洁净高效转化	谢克昌
第9课题	煤基多联产技术	倪维斗
第10课题	煤利用过程中的节能技术	金 涌
第11课题	中美煤炭清洁高效利用技术对比	谢克昌
综 合 组	中国煤炭清洁高效可持续开发利用	谢克昌

本卷研究组成员

顾问

方德巍	国家化工行业生产力促进中心	教授级高工
张素心	上海电气	教授级高工

组长

倪维斗	清华大学	院士
-----	------	----

副组长

李 政	清华大学	教授
李文英	太原理工大学	教授

成员

肖云汉	中国科学院工程热物理研究所	研究员
王勤辉	浙江大学	教授
方德巍	国家化工行业生产力促进中心	教授级高工
张素心	上海电气	教授级高工
张希良	清华大学	研究员
刘 培	清华大学	副研究员
麻林巍	清华大学	副研究员
薛亚丽	清华大学	助理研究员
许兆峰	清华大学	助理研究员
高 丹	华北电力大学	讲师
刘广建	华北电力大学	讲师
易 群	太原理工大学	讲师
李伟起	清华大学	博士后
潘玲颖	清华大学	博士生
陈 贞	清华大学	博士生
张东杰	清华大学	博士生
常诗瑶	清华大学	硕士生

序 一

近年来，能源开发利用必须与经济、社会、环境全面协调和可持续发展已成为世界各国的普遍共识，我国以煤炭为主的能源结构面临严峻挑战。煤炭清洁、高效、可持续开发利用不仅关系我国能源的安全和稳定供应，而且是构建我国社会主义生态文明和美丽中国的基础与保障。2012年，我国煤炭产量占世界煤炭总产量的50%左右，消费量占我国一次能源消费量的70%左右，煤炭在满足经济社会发展对能源的需求的同时，也给我国环境治理和温室气体减排带来巨大的压力。推动煤炭清洁、高效、可持续开发利用，促进能源生产和消费革命，成为新时期煤炭发展必须面对和要解决的问题。

中国工程院作为我国工程技术界最高的荣誉性、咨询性学术机构，立足我国经济社会发展需求和能源发展战略，及时地组织开展了“中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究”重大咨询项目和“中美煤炭清洁高效利用技术对比”专题研究，体现了中国工程院和院士们对国家发展的责任感和使命感，经过近两年的调查研究，形成了我国煤炭发展的战略思路和措施建议，这对指导我国煤炭清洁、高效、可持续开发利用和加快煤炭国际合作具有重要意义。项目研究成果凝聚了众多院士和专家的集体智慧，部分研究成果和观点已经在政府相关规划、政策和重大决策中得到体现。

对院士和专家们严谨的学术作风和付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。

徐匡迪

2013年11月6日

序 二

煤炭是我国的主体能源，我国正处于工业化、城镇化快速推进阶段，今后较长一段时期，能源需求仍将较快增长，煤炭消费总量也将持续增加。我国面临着以高碳能源为主的能源结构与发展绿色、低碳经济的迫切需求之间的矛盾，煤炭大规模开发利用带来了安全、生态、温室气体排放等一系列严峻问题，迫切需要开辟出一条清洁、高效、可持续开发利用煤炭的新道路。

2010年8月，谢克昌院士根据其长期对洁净煤技术的认识和实践，在《新一代煤化工和洁净煤技术利用现状分析与对策建议》（《中国工程科学》2003年第6期）、《洁净煤战略与循环经济》（《中国洁净煤战略研讨会大会报告》，2004年第6期）等先期研究的基础上，根据上述问题和挑战，提出了《中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究》实施方案，得到了具有共识的中国工程院主要领导和众多院士、专家的大力支持。

2011年2月，中国工程院启动了“中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究”重大咨询项目，国内煤炭及相关领域的30位院士、400多位专家和95家单位共同参与，经过近两年的研究，形成了一系列重大研究成果。徐匡迪、周济、潘云鹤、杜祥琬等同志作为项目顾问，提出了大量的指导性意见；各位院士、专家深入现场调研上百次，取得了宝贵的第一手资料；神华集团、陕西煤业化工集团等企业在人力、物力上给予了大力支持，为项目顺利完成奠定了坚实的基础。

“中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究”重大咨询项目涵盖了煤炭开发利用的全产业链，分为综合组、10个课题组和1个专题组，以国内外已工业化和近工业化的技术为案例，以先进的分析、比较、评价方法为手段，通过对有关煤的清洁高效利用的全局性、系统性、基础性问题的深入研究，提出了科学性、时效性和操作性强的煤炭清洁、高效、可持续开发利用战略方案。

《中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究》丛书是在10项课题研究、1项专题研究和项目综合研究成果基础上整理编著而成的，共有12卷，对煤炭的开发、输配、转化、利用全过程和中美煤炭清洁高效利用技术等进行了系统的调研和分析研究。

综合卷《中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究》包括项目综合报告及10个课题、1个专题的简要报告，由中国工程院谢克昌院士牵头，分析了我国煤炭清洁、高效、可持续开发利用面临的形势，针对煤炭开发利用过

程中的一系列重大问题进行了分析研究,给出了清洁、高效、可持续的量化指标,提出了符合我国国情的煤炭清洁、高效、可持续开发利用战略和政策措施建议。

第1卷《煤炭资源与水资源》,由中国矿业大学(北京)彭苏萍院士牵头,系统地研究了我国煤炭资源分布特点、开发现状、发展趋势,以及煤炭资源与水资源的关系,提出了煤炭资源可持续发展的战略思路、开发布局和政策建议。

第2卷《煤炭安全、高效、绿色开采技术与战略研究》,由四川大学谢和平院士牵头,分析了我国煤炭开采现状与存在的主要问题,创造性地提出了以安全、高效、绿色开采为目标的“科学产能”评价体系,提出了科学规划我国五大产煤区的发展战略与政策导向。

第3卷《煤炭提质技术与输配方案的战略研究》,由中国矿业大学刘炯天院士牵头,分析了煤炭提质技术与产业相关问题和煤炭输配现状,提出了“洁配度”评价体系,提出了煤炭整体提质和输配优化的战略思路与实施方案。

第4卷《煤利用中的污染控制和净化技术》,由清华大学郝吉明院士牵头,系统研究了我国重点领域煤炭利用污染物排放控制和碳减排技术,提出了推进重点区域煤炭消费总量控制和煤炭清洁化利用的战略思路和政策建议。

第5卷《先进清洁煤燃烧与气化技术》,由浙江大学岑可法院士牵头,系统分析了各种燃烧与气化技术,提出了先进、低碳、清洁、高效的煤燃烧与气化发展路线图和战略思路,重点提出发展煤分级转化综合利用技术的建议。

第6卷《先进燃煤发电技术》,由东北电网有限公司黄其励院士牵头,分析评估了我国燃煤发电技术及其存在的问题,提出了燃煤发电技术近期、中期和远期发展战略思路、技术路线图和电煤稳定供应策略。

第7卷《先进输电技术与煤炭清洁高效利用》,由中国南方电网公司李立浯院士牵头,分析了煤炭、电力流向和国内外各种电力传输技术,通过对输电和输煤进行比较研究,提出了电煤输运构想和电网发展模式。

第8卷《煤洁净高效转化》,由中国工程院谢克昌院士牵头,调研分析了主要煤基产品所对应的煤转化技术和产业状况,提出了我国煤转化产业布局、产品结构、产品规模、发展路线图和政策措施建议。

第9卷《煤基多联产技术》,由清华大学倪维斗院士牵头,分析了我国煤基多联产技术发展的现状和问题,提出了我国多联产系统发展的规模、布局、发展战略和路线图,对多联产技术发展的政策和保障体系建设提出了建议。

第10卷《煤炭利用过程中的节能技术》，由清华大学金涌院士牵头，调研分析了我国重点耗煤行业的技术状况和节能问题，提出了技术、结构和管理三方面的节能潜力与各行业的主要节能技术发展方向。

第11卷《中美煤炭清洁高效利用技术对比》，由中国工程院谢克昌院士牵头，对中美两国在煤炭清洁高效利用技术和发展路线方面的同异、优劣进行了深入的对比分析，为中国煤炭清洁、高效、可持续开发利用战略研究提供了支撑。

《中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究》丛书是中国工程院和煤炭及相关行业专家集体智慧的结晶，体现了我国煤炭及相关行业对我国煤炭发展的最新认识和总体思路，对我国煤炭清洁、高效、可持续开发利用的战略方向选择和产业布局具有一定的借鉴作用，对广大的科技工作者、行业管理人员、企业管理人员都具有很好的参考价值。

受煤炭发展复杂性和编写人员水平的限制，书中难免存在疏漏、偏颇之处，请有关专家和读者批评、指正。



2013年11月

前 言

煤基多联产技术是先进清洁的煤炭利用技术，是综合解决我国能源系统面临的主要问题的重要途径和关键技术，主要表现在以下三方面。

第一，多联产可以生产多种产品，效率提高有助于缓解能源供需矛盾和液体燃料短缺。粗煤气通过高温净化后获得纯净硫和净煤气，然后可以用净煤气为原料来进行热、电、气、化工联合生产，即在发电的同时，还可以大规模地生产甲醇、二甲醚、F-T油等替代燃料，以及化工产品和城市煤气等。

第二，多联产能将污染物和温室气体排放降到最低，满足未来社会对环保和温室气体减排更严格的要求。一方面，煤气化系统的合成气净化环节可以有效地脱除各种污染物；另一方面，在煤气化整个工艺过程中可以增加较少的成本捕集高浓度、高压的二氧化碳，满足未来减排二氧化碳的需要。

第三，多联产系统的实质是多种不同类型产品生产过程的优化耦合。优化耦合后的系统不仅可以实现电力与高附加值化工产品的联产、有效地降低各产品的成本，而且还可以灵活地调节多个产品之间的“峰-谷”差，使得整体系统的经济效益始终维持在高水平。

多联产系统生产的液体燃料产品对解决我国的液体燃料短缺，降低石油进口依存度，保障能源安全具有重要意义。煤基液体燃料是煤基多联产系统的重要产品之一，而其用途在于替代目前主要通过石油炼制得到的各类油品的消费，如汽油、柴油、LPG和石脑油等，以缓解石油安全的压力和改善油品终端利用的技术经济性和环境排放。在分析替代燃料发展潜力的基础上，本书从多个层面、多个维度出发，通过煤基液体燃料供应链各方面基础信息的收集和分析，对煤基液体燃料技术的发展进行了全面、客观的评价。分析了包括煤直接液化、煤间接液化、煤基甲醇、煤基二甲醚等几种主要技术的发展现状，以及各转化环节的技术、经济和环境性能的比较，并对以上各种煤基液体燃料的发展现状、发展障碍和未来潜力进行了评述。

本书选取了在技术上较为成熟、发展潜力较大的四种典型煤基多联产系统作为研究对象，对其经济、能效、环境特性进行了全生命周期分析。研究结果显示，多联产系统可更好地实现能量的梯级利用和集成，能量利用效率要高于IGCC系统。多联产系统比投资高于传统的火力电厂以及超临界、超超临界电厂比投资。全生命周期过程中系统的CO₂排放主要来源于煤的转化利用阶段，而多联产系统化学品运输、利用过程也是另一重要排放源，提高化学品生产、消耗链环节效率是减排的关键。

在上述分析的基础上，本书提出了广义和狭义的煤基多联产系统定义。

广义多联产定义为：以煤气化技术（包括煤完全气化，部分气化，热解等）为“龙头”，从产生的合成气来进行跨行业、跨部门的联合生产，以同时获得多种高附加值的化工产品和多种洁净的二次能源（气体燃料、液体燃料、电力等）的优化集成能源系统。狭义多联产定义为：利用已参与化工合成后的合成气发电的系统。其特征为：①只有进入化工合成反应器参与了化工合成，而其中未转换的尾气被抽出去下游发电工段参与发电的那部分合成气称为“联产合成气”。②在并联系统中，只有分流到化工合成段参与合成的那部分合成气是联产合成气，而直接通往发电工段燃烧发电的那部分合成气不是联产合成气，其本质是电力分产。③在传统化工生产过程中，如果驰放气用于发电，其本质上也是化工-电力多联产，只不过因为发电量小，而被称为余能利用。

研究表明，我国多联产系统总体上已经进入工业示范早期，技术日趋成熟，为大范围技术推广打下了良好的基础。同时，我国液体燃料高度短缺，生态环境保护形势严峻，多联产系统的发展具有广阔的空间。但我国多联产系统发展仍面临缺乏主导设计、难以打破行业分割以及缺乏相关政策、法规支持等挑战。

本书共8章，第1章概述我国的能源形势以及多联产系统对解决我国能源、环境问题的重要意义；第2章从中国油品需求现状出发，分析油品供需的未来趋势，探讨中国发展煤基替代燃料的必要性和必然性；第3章分析中国煤基液体燃料发展现状及问题，论述中国发展多联产技术的可行性和紧迫性；第4章采用全生命周期评价的方法，对中国各类煤基替代燃料进行经济、能效和环境评估，分析各类煤基替代燃料的优劣，为中国多联产的发展方向提供依据；第5章采用能源安全的损益分析方法，分析研究中国发展煤基替代燃料的最优规模，进而得出最适合中国国情的多联产发展规模；第6章在已有的多联产系统研究和发展基础上，总结提炼适合中国国情的多联产定义和分类方法；第7章结合中国资源禀赋和技术发展情况，分析未来中国多联产系统发展的规模和布局；第8章结合上述研究内容，研究和确定中国2030年前多联产发展战略和路线图，并对多联产发展的政策和保障体系提出了初步建议。

本书是中国工程院“中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究重大咨询项目”之“煤基多联产技术”课题的主要研究成果，该课题由清华大学、太原理工大学、中国科学院工程热物理研究所、浙江大学等单位共同完成。参与本书编写的其他人员有：李文英、麻林巍、高丹、刘广建、易群、张健赞等。在此，谨对上述合作单位和人员一并表示衷心的感谢！

由于我们的知识范围和经验所限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

作者
2013年12月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 多联产是综合解决中国能源挑战问题的重要途径	(1)
1.2 多联产发展战略研究的关键问题	(3)
1.3 研究内容及主要结论	(4)
第 2 章 中国油品需求现状及未来趋势分析	(8)
2.1 中国油品需求的现状分析	(8)
2.2 中国油品需求的未来趋势分析	(15)
2.3 结论和建议	(37)
第 3 章 煤基液体燃料发展现状和问题	(39)
3.1 煤炭资源供应潜力分析	(39)
3.2 煤基液体燃料技术发展现状	(44)
3.3 煤基液体燃料的发展政策分析	(49)
3.4 结论和建议	(51)
第 4 章 多联产/IGCC 系统 LCA 分析与研究	(54)
4.1 生命周期评价的意义	(54)
4.2 LCA 的评价的边界条件的选取	(54)
4.3 研究内容	(55)
4.4 结果与分析	(59)
4.5 灵敏度分析	(70)
4.6 基本预测	(72)
4.7 结论	(75)
第 5 章 煤基替代燃料发展的损益分析	(77)
5.1 能源安全内涵分析	(77)
5.2 能源安全损益分析原理	(82)
5.3 煤基替代燃料案例分析	(84)
5.4 结论	(91)
第 6 章 多联产系统的研发现状及定义	(93)
6.1 多联产系统研究现状	(93)
6.2 多联产系统示范装置运行情况	(96)
6.3 多联产系统的分类	(102)
6.4 多联产系统的定义	(104)
6.5 结论	(105)

第7章 多联产发展的规模和布局分析	(106)
7.1 中国甲醇的消费现状和未来预测	(106)
7.2 煤基多联产系统发展的规模和布局	(111)
第8章 多联产系统发展战略及路线图	(116)
8.1 多联产系统发展的现状及形势	(116)
8.2 多联产系统发展的战略思路和目标	(117)
8.3 多联产系统发展的战略措施及技术路线图	(120)
8.4 多联产系统发展的政策保障措施	(122)
参考文献	(124)

1.1 多联产是综合解决中国能源挑战问题的重要途径

(1) 中国能源问题

在过去的 30 多年里，伴随着经济高速发展，中国能源需求快速增长，对能源供给与环境生态提出了巨大挑战，主要表现在以下五方面（倪维斗等，2008）。

1) 能源需求量巨大且快速增长，供应能力紧张。尽管近年来能源需求快速增长，但由于人口基数大，人均能源消耗水平尚低于世界人均水平，因此随着经济的进一步发展，人均能源消耗和能源消费总量还将进一步增长。能源消费总量的快速增加将给中国的能源供应带来巨大的压力。

2) 液体燃料短缺，高度依靠进口，能源安全堪忧。近年来，中国汽车保有量不断攀升，交通消耗占中国每年石油消费的 30% 以上（国家统计局，2010）（此为统计年鉴数值，如果按大交通计算，应为“约 50%”），而且这一比例还在继续增长。中国 2008 年原油及其成品油净进口量约为 2 亿 t（国家统计局，2010），对外依存度达到 53%，今后可能还将继续增加，中国能源安全问题面临严峻挑战。

3) 环境污染严重。伴随能源消耗增长，环境问题也日益严峻，中国的大气污染的特点在于：常规污染（ NO_x 、 SO_2 和烟尘）仍是中国的主要问题，大城市中，交通已超过燃煤成为 NO_x 排放的主要来源。

4) 温室气体排放量巨大而且迅速增加。近年来随着能源消耗的增

长，中国温室气体排放量迅速增长，已成为世界上最主要的温室气体排放国之一。国际社会减排 CO_2 的呼声必将对产生巨大的政治和经济压力，甚至成为限制中国经济发展的边界条件。

5) 农村和小城镇所需能源的供应。在现今的农村，还有相当数量的农民没有得到良好的能源服务，日益富裕起来的农民将需要更方便和清洁的能源。而与此同时，中国城镇化率每年增长约 1%（国家统计局，2010），每年有超过 1000 万的人口进入新的城镇，众多日益崛起的小城镇需要清洁能源服务。农村和小城镇的能源需求都将对能源供应的数量、品种以及基础设施建设提出巨大挑战。

不难看出，以上提到的五大挑战均和煤炭有千丝万缕的联系。一方面，煤炭是当前中国的主力一次能源，且中国的能源结构将导致煤炭在未来相当长的一段时期内仍将是能源供应的主体，将是中国能源不可或缺的一部分；另一方面，煤炭的开采和直接燃烧是引起中国生态、环境污染和温室气体排放等诸多问题的主要原因之一。

（2）多联产系统的优势

要解决中国能源面临的挑战问题，关键在于发展先进的煤炭利用技术。多联产系统正是一条先进的煤炭利用技术路线，是综合解决五大问题的重要途径和关键技术（倪维斗等，2003），其优势表现在以下三方面。

1) 多联产可以生产多种产品，效率提高有助于缓解能源供需矛盾和液体燃料短缺。粗煤气通过高温净化后获得纯净硫和净煤气，然后可以以净煤气为原料来进行热、电、气、化工联合生产，即在发电的同时，还可以大规模地生产甲醇、二甲醚、F-T 油等替代燃料，以及化工品和城市煤气等。

2) 多联产能将污染物和温室气体排放降到最低，满足未来社会对环保和温室气体减排更严格的要求。一方面，煤气化系统的合成气净化环节可以有效地脱除各种污染物；另一方面，在煤气化整个工艺过程中可以以

较小的增加成本捕捉高浓度、高压的 CO_2 ，满足未来减排 CO_2 的需要。

3) 多联产系统的实质是多种不同类型产品生产过程的优化耦合。优化耦合后的系统不仅可以实现电力与高附加值化工产品的联产、有效地降低各产品的成本，而且还可以灵活地调节多个产品之间的“峰-谷差”，使得整体系统的经济效益始终维持在高水平。

因此，发展煤基多联产系统是综合解决中国能源挑战的重要途径，应作为中国近期、中期、远期的重要能源战略之一。它不仅对中国能源系统最终走上可持续发展之路具有深远意义，而且对缓解中国当前面对的能源资源和环境瓶颈具有重要的现实意义。

1.2 多联产发展战略研究的关键问题

多联产发展战略研究需解决以下 5 个关键性问题。

(1) 为什么要发展多联产

需要研究多联产与中国社会经济发展、能源发展的关联和必要性。从中国国情出发，特别是从中国油品供需现状和未来发展趋势着手，分析发展煤基替代燃料的必要性，进而通过分析中国煤基替代燃料的发展现状和问题，揭示煤基多联产发展的重要性和必然性，是进行煤基多联产发展战略研究必须回答的先决问题。

(2) 该发展什么种类的多联产

正如中国煤基替代燃料的种类多种多样，煤基多联产也有多种类型。如何科学合理地评价不同种类多联产产出的煤基替代燃料的优劣，选择何种类型的替代燃料产品是多联产发展过程中必须回答的问题。

(3) 发展多大规模的多联产

需要对多联产发展的原理和规律进行研究。通过在能源安全整体框架

下思考多联产的产品——替代燃料的作用和地位，通过考察替代燃料正反两方面作用的辩证关系和规律，可以认识替代燃料发展的原理和约束，为科学地确定替代燃料发展，进而为多联产发展的战略目标和实施策略奠定思想基础。

(4) 什么时候，在什么地方发展多联产

需要从中国特定资源结构、分布特点，中国总体能源消费结构、技术和利用状况出发，通过对各种可选择的多联产技术开展基于地域情景的布局研究，为选择和制定中国多联产的发展方向、路线和重点提供客观依据。

(5) 如何制定和保障多联产的发展战略和技术路线图

为国家提出正确的、系统的、有见地的和可操作的战略建议是本书的最终目标。一方面，需要研究和确定中国 2030 年前多联产发展意图达到的战略目的以及指导方针；另一方面，需要研究在满足 2030 年能源供应和其他发展约束的前提下，如何设计多联产研发、示范、推广和产业化以及相应政策保障措施的时间路线图。

1.3 研究内容及主要结论

多联产系统生产的液体燃料产品对解决中国的液体燃料短缺，降低石油进口依存度，保障能源安全具有重要意义。煤基液体燃料是煤基多联产系统的重要产品之一，而其用途在于替代目前主要通过石油炼制得到的各类油品的消费，如汽、柴油、LPG 和石脑油等，以缓解石油安全的压力和改善油品终端利用的技术经济性和环境排放。为分析煤基液体燃料的未来产品需求，首先需要明确中国石油基油品需求的现状和趋势，以及所需要的油品替代规模。本书从油品的资源供应、原油炼制以及终端消费的整体系统出发，分析了中国油品需求的现状和未来趋势，