

甲醇·氨和 新能源经济

Methanol · Ammonia and
New Energy Economic

冯向法 编著



化学工业出版社

TK01
F521

甲醇·氨和 新能源经济

Methanol · Ammonia and
New Energy Economic

冯向法 编著

TK01
F521



化学工业出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书论述了以化工能源甲醇、氨和多元化替代能源,如太阳能、风能、水能、生物质能、地热及核能的现代化利用构成的“新能源经济”。在替代油气化石能源经济方面,分析资料翔实,多有创意。哈伯因为发明“合成氨”获得了1918年的诺贝尔化学奖,奥拉因为在超强酸体系中发现了碳正离子及其在碳氢化学上包括倡导“甲醇经济”的杰出贡献获得了1994年的诺贝尔化学奖。如果说哈伯发明“合成氨”帮助人类解决了粮食问题,那么,奥拉倡导“甲醇经济”将会帮助人类解决面临的能源问题。

本书是作者终生从事核能、油气替代能源研发和实践的总结,也是参加有关活动的学术专著。本书结合中国能源经济的实际情况,既有前瞻启发性,又有现实可行性,可供能源管理部门、开发研究设计和有关企事业单位、能源化工和汽车及其燃料生产经营单位的有关人员参阅,尤其适于高校能源专业的师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

甲醇·氨和新能源经济/冯向法编著. —北京:化学工业出版社, 2010.4

ISBN 978-7-122-07781-3

I. 甲… II. 冯… III. 能源 IV. F407.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第027752号

责任编辑:成荣霞

责任校对:宋 夏

文字编辑: 瓮景岩

装帧设计: 杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张14 字数282千字 2010年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.00元

版权所有 违者必究



序 一

中国人自古以来一直极为看重能源问题，所以老百姓说：“开门七件事，柴米油盐酱醋茶”，在生活中牢牢地把能源放第一位。

人类发展到今天，化石能源资源危机和它们造成的环境问题，已经深深地困扰着人类社会经济的发展。当前，金融危机、全球气候变暖、环境恶化、粮食危机和能源危机缠绕在一起，相互间推波助澜，牵动了世界，震撼了世界。

2003年，时任国家发改委能源局局长的我，曾仿照《孙子兵法》，在能源局网站上写了几句话：“能源问题，国之大事；能源安全，强国之本；能源节约，人人有责；谋能源之大计，抓能源之大事。”

能源问题是全人类的共同问题，纵观人类社会发展的历史，人类文明每一次重大进步都伴随着能源的改进和更替，无论是木材时代、煤炭时代、石油时代乃至后石油时代都是同样的道理。世界各国都在研究未来能源，人类正在迈向新能源时代，未来的能源必将是清洁、高效、多元、低碳、可持续的。未来不是资源决定能源，而是科技决定能源，也就是说有什么样的科技就有什么样的能源。

根据国家的总体部署，我国发展替代能源，将沿着以新能源代替传统能源，以优势能源代替稀缺能源，以可再生能源资源代替化石能源的方向，坚持高碳能源低碳化利用的方针，逐步提高可再生能源资源在替代能源中的比重。

在替代能源发展过程中，到底哪一种能源能占据主导地位，它不取决于某个文件和某个指示，而是应由技术说话以回答行不行，环境说话以回答上不上，市场说话以回答用不用。政府在其中重要的是制定行业法规，编制产品标准，严格市场准入，加强市场监管，维护市场公平，确保能源安全。

《甲醇·氨和新能源经济》一书，编著者根据自己多年来研究和实践，抓住油气替代能源这个课题，立足当前，展望未来，理论结合实际，多有创意，是一本很值得读一读的书。我读了，今天推荐给能源界的朋友。当然，向法同志的研究只是开始，有不同看法的读者也可以与作者进一步商榷，我想向法同志是会欢迎的。

我希望向法同志把替代能源问题继续探讨下去。

中华人民共和国国务院参事
国家能源专家咨询委员会主任

二〇一〇年二月



序 二

去年，我们中国工程院的 29 位同仁，提出了“以功能储备补足资源储备的建议”，其中提到：受金融危机的影响，作为基础化工产品的甲醇市场需求减少，煤制甲醇企业开工率降低，还有许多项目正处于建设期或刚投产，这些企业面临着严峻挑战。中国资源的特点决定了必须发展煤化工。建立甲醇储备库，当市场价格低时收购储存，当价格上涨太快时吐出来，形成吞吐机制，可以起到平抑市场波动的作用。

储备甲醇还具有战略能源储备的功能。我国从 2007 年 12 月正式启动国家战略石油储备。但是石油储备量大，硬件设施建设投资大，而且建设时间长。因此，用甲醇储备补充石油储备的不足，是一种有益的选择。

根据国际能源机构的设定，其成员国的石油储备应相当于该国 90 天原油或成品油的净进口量。以我国 3 个月的石油进口量来计算，储备量需要达到 3000 万吨以上。目前我国初步规划用 15 年时间分 3 期完成石油储备基地的硬件设施建设，预计总投资将超过 1000 亿元。至 2010 年全面建成浙江镇海、浙江舟山、山东黄岛和辽宁大连 4 个基地，形成的储量仅能达到 1200 万吨，需要到 2020 年方能储备 3 个月的进口量。这其中的经济风险和安全风险不容低估。

比较来看，甲醇作为功能储备以补充我国石油资源储备的不足是合适的。甲醇可以以不同比例掺入汽油（M5，M15，M85，M100）使用，或者经过简单脱水反应生成二甲醚及甲醇与植物油进行酯交换反应合成生物柴油，两者都是清洁的代用燃料。现在很多石油化工产品都是以原油为原料加工而成的。其实，甲醇同样可以替代石油加工成多种化工产品。通过甲醇裂解工艺（MTO 工艺）可以生产混合低碳烯烃（乙烯、丙烯、丁烯等），也可以通过 MTP 工艺单独合成丙烯，而低碳烯烃是石油化工的龙头产品，甚至用于生产芳烃（苯、甲苯、二甲苯等）的 MTA 技术也在研发中，以满足现有石油化工的需求。甲醇还可以直接加工成多种产品，可以直接作为燃料电池燃料或中间体存储氢燃料，它也是传统用来加工甲醛、醋酸、甲基叔丁基醚（MTBE）、碳酸二甲酯（DMC）、1,4-丁二醇、乙炔二醇等大宗化学品的原料，是制造氯甲烷、有机硅产品的中间化合物，作为溶剂、黏合剂等也有重要应用。总之，以甲醇为原料延伸的产业链很长，储备甲醇能减少对原油的依赖。如果能在我国建成千万吨级的甲醇储备，即可减少石油储备的压力。

《甲醇·氨和新能源经济》一书，比较详细地介绍了甲醇和氨的履历、性质、贮能机理、原料来源、生产工艺、用途、市场潜力和发展前景，以及甲醇、氨与核能、风能、水能、太阳能、生物质能、地热等现代化利用的匹配。该书向读者提出一些新能源经济的有关议题，也为能源的储备、开发、应用提供了一些参阅材料，有思路，有创意，很值得读者进一步加以研讨。

中国工程院院士

二〇一〇年二月



前言

能源资源的品种、数量、质量、技术含量、价值以及它们对社会经济发展的影响，越来越引起人们的重视，特别是从 1750 年化石能源资源大规模开采利用至今二百多年以来，化石能源资源的巨大贡献及其面临的严重问题，都已经接近极限，一场空前的“新能源革命”正在拉开序幕。

如果说上一次能源革命是以煤、油、气等化石能源替代古典的木材、薪柴、人力、畜力、水力、风力等天然能源为特征，那么，“新能源革命”将是以太阳光、风能、水能、生物质能、地热等天然能源的现代化利用和核能、化工能的科技开发利用为特征。在能源经济的历史长河中，占据主导地位二百多年的“化石能源经济”不过是一个小插曲。

“化石能源经济”使人类摆脱了对于木材、薪柴、人力、畜力等的依赖，解放了生产力。“新能源经济”将摆脱人类对于煤、油、气等化石能源的依赖。只有“摆脱依赖”和“解放生产力”的变革才能称得上“革命”。尽管人类摆脱对于煤、油、气等化石能源依赖的进程还要持续一些时间，还可能经历痛苦的过程，但是，这场空前的“新能源革命”已经具备基本条件，并且必将成功。

中国是一个多年来一直在谋求实现四个现代化的大国，没有两弹一星和电子信息平台是不行的，同样，没有不依赖别人的油气替代能源也是不行的！

人类对于核能的科技开发和控制利用是“新能源革命”的礼炮，裂变核电站已经成功运转，核聚变能的控制利用也已可以期待。人类对于无载体“氢能源”的探索，虽然难不可及，但是已经从中收获了经验教训，拓展了的化工贮氢能源已经开始受到人们重视。太阳能、风能、水能、生物质能、地热等天然能源的现代化利用已经开始见效，它们与甲醇、氨等化工能源的相辅相成，在后石油时代，将是环境友好和可以持续供应的新能源经济的重要选择之一。历史将会证明，只要发挥科技的作用，在人类摆脱对于煤、油、气等化石能源依赖的革命进程中，悲观的、无所作为的观点都是不必要的。

本书在第一章绪论中，简介了作者在能源经济方面的一些基本观点。

第二章介绍了传统的能源经济。其中，天然能源经济一节，从人类早期社会经济发展史的角度，说明能源在社会经济发展和人们心目中神圣的地位；化石能源经济一节，说明化石能源对于创造现代社会文明做出的巨大贡献和存在的严重问题。

第三章介绍了化学贮能的理论和物质基础，是本书的重点之一。太阳能及其引发的次级能源特别巨大，它们和它们转换成的电能，还没有适当的大规模贮存方法，通过化学贮能解决能量贮存问题，也就解决了能源的可持续利用问题。甲醇、氨等人造二次能源，本质上是与化石能源类似的化学能源，为了与化石能源区别，称之为“化工能源”。

第四章介绍了曾经引起高度重视的“氢能源”，导出了以贮氢物质甲醇、氨等为载体的“氢能源”的拓展。

第五章介绍了“氨经济”，是本书的新观点和重点之一。一百年前，德国人哈伯“以氢固氮”合成氨，帮助人类解决了粮食问题；今天，从另一个角度“以氮固氢”，把氨作为贮氢贮能载体，配合相应的化工新技术，也可以帮助人类化解当前的化石能源替代问题。

第六章介绍了“甲醇经济”，也是本书的重点之一。甲醇可以看作氨的孪生兄弟，迄今为止，它们都是由合成气催化合成的。它们的氢组分既可以由煤、油、气、生物质或者其他碳氢化合物获得，也可以由各种能源分解水获得。利用 CO_2 与氢合成甲醇，可以把 CO_2 从温室气体变成宝贵的能源资源。甲醇既可以替代石油作为车用燃料或者窑炉燃料，也可以作为燃料电池的首选燃料，甲醇还是碳一化工的基本原料，特别是甲醇制烯烃之后，“甲醇化工”完全可以替代“石油化工”，甲醇还有一些特殊用途。甲醇作为燃料，本来在一百多年前已经是事实，那时甲醇用木材生产，不仅在炊事、取暖和照明方面应用，而且最初的内燃机也用木制甲醇作燃料，后来虽然在价格上失去了与石油竞争的优势，但是，在赛车燃料中仍然获得了进一步的应用。在当今化石能源危机显现的新形势下，甲醇在新的层面上重返市场，堪当替代石油、天然气的重任。

第七章介绍了后石油时代化工能源甲醇、氨以外的多元化替代能源，包括生物质能、太阳能、风能、水能、地热等的现代化利用。对于核能也作了介绍。本章表明，对于化石能源的多元化替代路线是切实可行的，它们应该物尽其用，相辅相成，特别是应该与甲醇、氨等化工能源相辅相成，保证日益重要的“石油化工”也可以被替代。本章还就核能、风能、水能、太阳能、生物质能、地热等在其资源品质及对环境的影响、资源数量、技术可行性、成本和效益、原料和产品贮运的方便性、安全性、应用范围的兼容性、市场条件、投资大小及建设周期、困难因素、产业现状、发展前景等 11 个方面，进行了综合评价，以便横向比较，使读者有一个清晰的综合概念。

附录列出了常用的英文字母缩写词、常用单位及其换算、化学元素及其相对原子质量，以便读者参考。

后记——我的能源情结叙述了我编著此书的缘由、基本观点和期望，以便与读者作一些贴心交流。凡是我错了的，敬请斧正；凡是不完善的，敬请帮助完善；凡是需要携手实施的，热诚欢迎携手实施。

本书的一些观点，可以看作一家之言，但绝不仅仅是一家之言，因为许多同仁赞同这些观点，并且，赞同这些观点的人越来越多。

本书的化学贮能及其有关内容得到金涌院士和闫天堂教授的指点，合成氨、合成甲醇及甲醇制烯烃等方面的内容得到冯保运高级工程师的指点，燃料电池、氨经济及其有关内容得到孟广耀教授的指点，生物质能及其有关内容得到沈子龙教授的指点，核能及其有关内容得到李祥盈高级工程师的指点，醇基液体燃料燃具及其有

关内容得到张榕林教授的指点，环境安全及其有关内容得到彭守纯高级工程师的指点，总体上得到全国醇醚燃料及醇醚清洁汽车专业委员会、中国民营科技促进会、中国农村能源行业协会、全国醇醚企业产学研联谊会以及杨承宗、吴养洁、徐錠明、韩德乾、刘振堂、陈荣峰、秦海生、陈建岭、许东升、王海鹏等良师益友的指点，得到杨云、陈钦峰、方林焱、罗向阳、樊懿德、韩培学、纪延华、薛扳峰、郭德振、巫绍峰、史松君、蔡献青、陈继旭、官发森、汤家金、陈华云、宋文宏、姚纲领、张家让、王海东、路小峰、王晖、王根栓、王伟哲、王作荣、陈友华等同仁们的帮助，在此一并表示感谢！

作者以《甲醇·氨和新能源经济》为题编著此书，虽然倾心竭力，但是自己仍然很不满足，深感书不尽言，言不尽意。然而，这个关系到当今和今后国计民生以及人类社会经济持续发展的重大课题，非常需要广泛深入地加以探讨，以便明辨是非利害优劣，在尊重科学发展观的基础上，支持国家经济的可持续发展，促进全人类的能源进步。

但愿本书能够起到一些抛砖引玉的作用。

编著者

2010 年 1 月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 “能源经济”及其历史阶段划分	1
1.2 化石能源经济面临着严重危机	1
1.3 关于甲醇、氨和多元化新能源经济的诠释	2
1.4 本书赞同和主张应对化石能源危机的八个观点	3
1.5 应该特别重视科技的作用	5
1.6 关于中国的能源经济	6
第 2 章 传统的能源经济	9
2.1 天然能源经济	9
2.2 化石能源经济	12
2.2.1 煤炭	12
2.2.2 石油	15
2.2.3 天然气	19
2.2.4 可燃冰	20
2.2.5 化石能源经济必将让位于清洁、可持续利用的新能源经济	22
第 3 章 化学贮能的理论和物质基础	24
3.1 地球上并不缺少能源，关键是“能量贮存”问题	24
3.2 太阳能简介	25
3.3 化学物质的能级变换	26
3.4 地球上的空气资源	28
3.4.1 地球上空气的组分和状态	28
3.4.2 空气是地球上人们不可缺少的重要物质	28
3.4.3 氮气的存在、性能和用途	29
3.4.4 氧气的存在、性能和用途	31
3.4.5 氦气的存在、性能和用途	36
3.4.6 CO ₂ 的存在、性能和用途	37
3.5 地球上的水资源	40
3.5.1 地球上丰富的水资源	40
3.5.2 水的物理性质	40
3.5.3 水的化学组成和性质	41

第 4 章 关于“氢能源”和“氢经济”	43
4.1 氢的身世根源	44
4.2 氢的性质	44
4.3 氢的用途	46
4.4 氢的生产	47
4.5 氢的贮存和安全性	49
4.6 “氢能源”和“氢经济”的拓展	51
第 5 章 关于“氨经济”	52
5.1 哈伯“合成氨”的功绩	52
5.2 氨的性质和用途	54
5.3 侯德榜在“合成氨”方面的贡献	56
5.4 氨燃料和氨燃料电池	57
5.5 氨与生物质能的拓展利用	59
5.6 “氨经济”安天下	60
第 6 章 关于“甲醇经济”	63
6.1 甲醇的性质	63
6.2 甲醇的历史沿革	64
6.3 国际上关注甲醇经济的情况	65
6.4 中国关注甲醇经济的情况	67
6.4.1 中国甲醇生产的发展概况	67
6.4.2 中国探索“甲醇经济”的历程	70
6.4.3 中国关于甲醇经济的争论	74
6.4.4 究竟怎样认识“甲醇经济”	76
6.5 车用甲醇燃料与汽油、柴油的差异及其应对办法	77
6.5.1 关于甲醇的热值和动力性能	77
6.5.2 关于甲醇的毒性和环境安全	78
6.5.3 关于甲醇和甲醇燃料的腐蚀性	80
6.5.4 关于甲醇与汽油的互溶性	80
6.5.5 关于甲醇燃料的冷启动和高温气阻问题	81
6.6 “甲醇经济”切实可行	83
6.6.1 各种石油、天然气替代能源的对比和选择	83
6.6.2 生产甲醇的原料极其丰富，永远不会枯竭	84
6.6.3 甲醇的用途非常广泛	91
6.6.4 生产甲醇的工艺技术成熟，并且越来越好	102

6.6.5	甲醇燃料有利于环境保护	107
6.6.6	甲醇的潜在市场和经济竞争能力	108
第7章	后石油时代的多元化替代能源	113
7.1	生物质能	113
7.1.1	概述	113
7.1.2	生物质能资源的分类	115
7.1.3	生物质能的特点	116
7.1.4	生物质能的现代化利用	116
7.2	核能	141
7.2.1	核能的发现和原理	141
7.2.2	核裂变能的利用和裂变核电站	143
7.2.3	核聚变及其光辉的前景	150
7.3	太阳能	155
7.3.1	太阳热能的利用	155
7.3.2	太阳能光伏发电	161
7.3.3	太阳能光化学电池	166
7.4	风能	167
7.4.1	概述	167
7.4.2	中国风能资源分布	169
7.4.3	国内外风能行业发展前景	170
7.5	水能	173
7.5.1	江河水能水电	173
7.5.2	潮汐能	182
7.5.3	波浪能	185
7.6	地热	186
7.6.1	概况	186
7.6.2	全球地热资源的分布	187
7.6.3	西藏的地热资源	188
7.6.4	世界著名的地热田	189
7.6.5	地热资源评价	190
7.7	多元化替代能源综合评价	191
附录	常用英文字母缩写词、常用单位及其换算、 化学元素及其相对原子质量	197
参考文献		201
后记——我的能源情结		203

第1章 绪论



1.1 “能源经济”及其历史阶段划分

狭义的“能源经济”概念，指的是物质生产时单位产量与能耗的关系，或者指一个国家的 GDP 与能耗的关系。而本书所说的“能源经济”是广义的概念，指的是能源品种、质量、数量、技术含量和价值等对社会经济发展的影响。

人类社会经济发展史阶段的划分，有不同的说法，例如，原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会，或者石器时代、铜器时代、铁器时代、工业化时代等等，它们都具有各自的经济属性，都与当时的能源品种、质量、数量、技术含量和价值密切相关。

18 世纪中叶起源于英国的“工业革命”，实质上依靠了化石能源的大规模开采利用，以致有人认为可以把它叫做“能源革命”。

经济史学家安格斯·麦迪森（Angus Maddison）表示，从 1901 年到 2000 年的 100 年间，以可比的价格计算，全球生产总值上升了 19 倍，同期，各种商业能源消费上升了 18 倍。其相关性之紧密，令人惊叹！

目前看来，广义的“能源经济”可以分为天然能源经济、化石能源经济、后石油时代的新能源经济三个阶段。

当今尚处在以石油、天然气和煤炭为主导能源的化石能源经济时代。但是，这个化石能源经济时代必将结束，一场空前的新能源革命已经开始。

本书认为，取代化石能源经济的新能源经济，或者说后石油时代的新能源经济，将是“甲醇经济”、“氨经济”及其与核能、风能、水能、太阳能、生物质能、地热等“多元化”能源现代化利用相辅相成的新能源经济。

1.2 化石能源经济面临着严重危机

自从 1750 年工业革命开始以来，随着社会经济的迅速发展和人口的增长，人类大肆消耗了地球上亿万年积累的化石能源。这些化石能源创造了人类社会的现代文明，决定过战争的胜负，至今还在被一些国家用作国际政治斗争的武器。今天，它们不仅是最重要的生产资料和生活资料，而且作为商品的属性越来越强。这种当今贸易量和影响力最大的国际化商品，与国际金融市场联系在一起，甚至成了比黄金还硬的世界通用货币。一些商家购买石油并不是为了使用，而只是为了倒卖赚钱或者控制市场。

诚然，近些年来还在不断勘探出来一些新的石油、天然气和煤炭贮量，但是，它们毕竟仍然是有限的，它们枯竭的日子仍然是屈指可数的。况且，由于石油、天然气贮量的日益减少，市场的供需矛盾将不可避免地促使它们价格上扬，其严重程度和引起的连锁反应，甚至是现在难以想象的，这就使得世界经济形势难以预料。伴随石油能源危机而来的粮食危机、金融危机、经济危机，随时都有可能发生，甚至可能引起政治和军事危机。在不得不依赖煤、油、气等化石能源的条件下，一些缺少煤、油、气资源的国家，时刻忧心忡忡。

在这种形势下，化石能源安全，必然要牵涉到经济安全、国家安全和世界安全。上自国家领导人，下到包括老百姓在内的能源用户，都在为筹措能源而奔波，在这种情况下，对于滥用化石能源造成的环境问题，尽管到了危及人类生存的程度，尽管从联合国到许多民间机构都在强烈地呼吁，但是整治行动却软弱无力。

这些就是当今世界面临的化石能源危机。

1.3 关于甲醇、氨和多元化新能源经济的诠释

为了应对当今世界面临的化石能源危机，国内外各界提出了多种替代方案，例如，氢能源替代方案、生物质能替代方案、核能替代方案，等等。这些方案虽然都有一定的道理，但是在技术、经济可行性和规模数量上，目前还有一些实际问题难以解决，使得它们都难以单独成为后石油时代的主导性替代能源。

本书作者受到一百年前科学家们利用氢气与空气中的氮气合成氨和近年来乔治·A. 奥拉教授等人提出“甲醇经济”以及中国古代哲学的启示，认为利用地球上最丰富的天然资源太阳能、水、空气，以电解或者热解、光解水产生氢气，与空气中的氮气合成氨，或者与空气中循环产生的二氧化碳合成甲醇，用作燃料和化工原料，可以彻底摆脱人类对于化石能源资源的依赖，保证人类所需能源的持续供应，保证人类社会经济可以持续发展。

“甲醇经济”和“氨经济”都包含了它们在“能源”和“化工”两个方面的应用以及它们对社会经济的影响。这与天然能源经济时代不同，那时只是在能源方面对社会经济产生影响，不涉及木材、薪柴的其他用途。到了化石能源经济时代，增添了“煤化工”和“石油化工”方面的新内容，而且，这些新内容的比重越来越大。如果单从能源角度来说，煤、油、气等化石能源还是比较容易替代的，因为核能、风能、水能、太阳能等以及它们转化成的电能，有可能替代煤、油、气等作为动力使用，而将它们用作化工原料生产合成纤维、塑料、橡胶、化肥、农药和燃料等，就难以直接替代煤、油、气等化石能源资源了。但是，甲醇和氨在能源和化工原料两个方面，都可以替代煤、油、气等化石能源资源。特别是将它们与核能、风能、水能、太阳能以及取之不尽的水、空气资源结合起来，可以用之不竭。

“甲醇经济”与“氨经济”虽然有些类似，但是又各有所长。合成氨开创了利用空气和水人工合成人类必需物质的先河，为人类解决了至关重要的粮食问题，产

业基础已经非常雄厚，在人们心目中威望已经很高。甲醇与氨相比，还有两个更为突出的优点：一是它在常温下是液态，便于贮运使用；二是它可以大量利用二氧化碳，减少二氧化碳造成的温室效应，纳入前途无量的碳一化工领域。目前，完全可以期望甲醇和氨以及它们与“多元化”的核能、风能、水能、太阳能、地热等现代化利用配合，能够在后石油时代保持和进一步促进社会经济发展，使人类社会平稳地由“化石能源经济”为主导的时代，发展到以“甲醇经济”、“氨经济”与“多元化”的核能、风能、水能、太阳能、生物质能、地热等现代化利用相辅相成的“新能源经济”时代。

1.4 本书赞同和主张应对化石能源危机的八个观点

为了应对化石能源危机，国内外提出了许多观点，其中，罗马俱乐部的“经济增长极限”观点，从人口增长、农业生产、工业生产、自然资源 and 环境污染等几个方面，阐述了在人类社会的发展过程中，经济增长给人类自身带来的毁灭性灾难。这种“经济增长极限”观点，以大量详实的资料为依据，似乎有一定的道理，但是，本书不赞同这种观点。

本书借鉴历史，立足现实，面向未来，寄希望于人类的科技创新能力，赞同和主张应对化石能源危机的八个观点如下。

(1) 人类有能力开发利用化石能源，也一定有能力摆脱对于化石能源的依赖。

核能的发现和调控利用就是开发新能源的一个例子，因为以前人们是不知道这种巨大能源及其控制利用的。现在，人类智慧的发展、科技的进步和经济基础的积累，已经为开发利用更好的新能源创造了基本条件，一场更为伟大的摆脱对于化石能源依赖的“新能源革命”，已经开始出现了！人类利用能源的历史，将沿着“天然能源—化石能源—清洁、可持续供应的新能源”的轨迹前进。

(2) 中国实施的“节约优先、立足国内、煤为基础、多元替代”能源路线是切实可行的。针对能源严重浪费的现实，提倡“资源节约”非常必要。风能、水能、太阳能、生物质能等可再生能源以及地热，在过去是有重大贡献的，现在仍然是必要的，将来以现代化的新形式加以“多元化”利用，使其相辅相成，可以物尽其用。但是，目前它们的数量、应用范围和竞争能力还有限，都还难以成为单独替代煤、油、气等化石能源的主导性能源。

“煤为基础”符合中国的国情，也是立足国内保证百年能源安全的近期选择，直到有更好的替代能源开发出来，但是，必须实施清洁煤工程，照顾环境效益。

关于核能，将来一旦受控核聚变的技术问题解决，可以长期为人类提供大量的能源，这的确是一种新理论、新技术和美好期望。不过，现有的裂变核电站，还难以单独成为替代煤、油、气等化石能源的主导性能源。

(3) 巨额的太阳能，包括太阳能引发的风能、水能、生物质能等，使地球上并

不缺少能源，只是一个“贮存”问题。在能量贮存方面，人们设计了一些方案，但是都还不够理想。随着人类认识、实践和智慧的发展，一个比较理想的方案已经摆在我们面前。这个方案就是利用化学物质能级变换的化工贮能方法，适当多贮留和利用一些太阳能。

能级变换理论认为，组成化学物质的分子、原子，有不同数量或状态的电子分布在不同的能级上。在高能级上的电子受到某种因素的作用，会从高能级跳到低能级，同时释放出相应的能量；相反，输入适当的能量，会使电子从低能级跃迁到高能级，同时贮存相应的能量。这样，人们可以利用各种形式的太阳能或者其他暂时剩余的能量，把某些善于贮能的物质从低能级转变为高能级，从而达到贮存能量的目的，需要时，再把这些贮存的能量释放出来供给应用。

(4) 地球上数量最多的能源资源是太阳能、水和空气，它们非常容易获得，可以循环再生，成本低廉，取之不尽，应该充分地加以科学利用。氮气含量占空气的 78.12%，是合成氨的主体材料。氧气含量占空气的 20.95%，是包括生命呼吸在内的燃料燃烧必需的元素。空气中的二氧化碳虽然只有 0.03% 左右，但是因为它是不断循环产生的，并且有岩石圈中取之不尽的碳库作为后盾，所以二氧化碳也是一种取之不尽的资源。不仅光合作用需要二氧化碳，而且，与“水中取氢”合成甲醇也大量需要二氧化碳，二氧化碳还有许多其他重要用途。科学利用太阳能、水和空气资源将会是解决能源问题的一条根本出路。

(5) 氨是地球上第一个很有价值、可以大规模生产和应用的人造化合物。德国化学家哈伯通过“以氢固氮”合成氨，用作农肥，极其有效地解决了人类的粮食问题，因而获得了 1918 年的诺贝尔化学奖。现在换一个角度，通过合成氨“以氮固氢”，也将在解决能源问题上做出新的重大贡献。采用适当的化工技术后，氨可以直接用作燃料，特别是氨作为燃料电池燃料时没有积炭问题。氨的衍生物氨基酸、蛋白质是生命体不可缺少的组分。氨在化工和其他领域还有许多重要用途。

(6) 甲醇可以说是氨的孪生兄弟，因为迄今为止，合成氨前段生产合成气的工艺与合成甲醇时前段生产合成气的工艺完全相同。甲醇与氨相比，用途更加广泛。甲醇不仅可以作为清洁燃料，而且介入了庞大的“碳—化工”领域，特别是甲醇制烯烃后作为有机化工原料，凡是石油能做的事，甲醇都能做，甚至可以做得更好；甲醇还有一些石油不具备的特殊用途。1994 年诺贝尔化学奖获得者乔治·A·奥拉教授等人，在详细、客观地比较了各种油、气替代能源的资源、用途、经济技术可行性和环保效应之后，提出了《跨越油气时代：甲醇经济》的宏论。中国工程院金涌、谢克昌等 29 位院士，去年提出了“关于转换战略能源储备理念的建议”，其基本内容之一就是制作甲醇的“功能”储备，补足石油、天然气的“资源”储备。

(7) “化学贮能”的最大落脚点，是利用取之不尽的水分解产生氢气，与空气中不断产生的二氧化碳合成甲醇，或者与空气中取之不尽的氮气合成氨。甲醇和氨是最好的高能级贮氢载体，是拓展了的“氢能源”，它们可以克服无载体“氢能源”难以贮运和安全性很差的缺点，最有可能与太阳能、风能、水能、生物质能、核

能、地热等一起，造就“化石能源经济”之后的多元化“新能源经济”。

(8) 在利用水分解产生氢气与空气中不断产生的二氧化碳合成甲醇或者与氮气合成氨之前，现实可行的有效办法，是利用现有的某些能源材料制取甲醇和氨，例如，高硫劣质煤炭、偏远地区的天然气或者可以再生的生物质等。在这方面，工艺技术都已经成熟，产品形态稳定，贮运方便，具备了与石油进行市场竞争的能力，可以大规模推广应用。这样，使得“甲醇经济”和“氨经济”既有可以期待的“前瞻性”，又有充分的“现实性”。

1.5 应该特别重视科技的作用

关于能源的认识和控制利用，应该特别重视科技的作用。回顾历史可见，即使在天然能源经济时代，能源的利用也是和人类的认识、智慧及科学技术有关的。以科技发展的眼光来看，远古时代的人工取火，比近代的核能发现利用，具有更重要的意义！

在化石能源经济时代，人类的认识、智慧及科学技术作用更大，煤炭与蒸汽机的结合产生了工业革命，石油与内燃机的结合造就了现代经济的飞速发展。蒸汽机和内燃机的意义，在于它们提供了利用热能、化学能为机器提供动力的手段，使人类摆脱了对于自身肌肉力量以及畜力、风力、水力等的长期依赖，而且百倍、千倍地提高了做功的强度和效率。在工业革命的第二阶段，约在 1870 年以后，科学的贡献超越了技术的贡献。智慧的人们设立了专业学校和工业研究实验室，装备了贵重的先进仪器，聚集了对于指定课题进行攻关的训练有素的科学家，即，人们发明了做出发明创新的方法，使得所有工业都受到了科学的影响。例如，电和电力、微电子应用到了各个工业部门；地质学准确地探明了石油、天然气和其他矿产资源；化学从煤炭和原油中提炼出了成千上万种宝贵的“煤化工”和“石油化工”产品，等等。

到了后石油时代，原来客观存在的化石能源资源将要退出历史舞台，化工能源、核能等新能源，以及风能、水能、太阳能、生物质能、地热等天然能源的现代化利用，将是人类智慧和天然资源更加巧妙的结合。没有重大的科技创新，是难以成就后石油时代“新能源经济”的。本书认为，核裂变、核聚变产生巨大的能量是公认的科技创新；利用太阳能、风能、水能、核能或者其他各种暂时剩余的能量把水中的氢分解出来，作为能源贮存在甲醇、氨等贮能载体之中，需要时再把贮存的能量释放出来，从而彻底摆脱人类对于化石能源的依赖，也是解决实际问题的重大科技创新。因此，后石油时代的新能源经济，实质上也可以说是“科技能源经济”。

本书力图将“能源科技”与“能源经济”结合起来，着眼于用新能源科技解决新能源经济问题。

追溯合成氨的历史，在二百多年前，一些先驱科学家顾及到人类终将遇到的粮食问题，寄希望于能够实现“从空气中取氮”，并将其转化为可以被农作物利用的

肥料形式。经过一百多年的科学探索研究，德国化学家哈伯终于成功地发明了合成氨，使得后人免于饥饿。今天，当煤、油、气替代能源问题迫切地摆在人类面前的时候，我们也有责任做出类似的科学探索研究，使得我们的子孙后代免于遭受缺乏必需能源的苦难。

在应对世界性经济危机和石油能源危机的举措中，科技将发挥无与伦比的决定性作用。

1.6 关于中国的能源经济

资料和考古遗存表明，中国之所以是文明古国，与其先民在天然能源经济时代的作为有关。在 170 万年前旧石器时代中国“元谋人”遗址中，发现了石器和大量的炭屑，这是目前所知世界上最早的用火遗迹。在 40 万~50 万年前“北京人”居住的洞穴中，有很厚的火灰，火灰中还有烧过的兽骨。

中国燧人氏钻木敲石取火和火神祝融光融天下的故事，比“四大发明”更伟大。

陶器是地球上出现的第一个用火烧制的人造材料，它开创了天人合一改造世界的先河。1962 年，在江西省万年县，出土了距今 1 万年左右的 90 多件残陶片。在 6900 年前“河姆渡人”遗址中，发现有大量的陶器。中国人的老祖母女娲“炼五色石补天”的传说，表明当时已经可以烧制陶器。陶瓷的发明，也不亚于“四大发明”。

再后，有夏商时代出土的大量铜器、春秋战国和汉代的炼铁，以及煤炭、石油的早期发现和作为炊事、取暖燃料的利用。在天然能源经济时代的中期，风车、水车、帆船和以风力、水力为动力的机器也出现了许多，中国北魏贾思勰的《齐民要术》和明代宋应星的《天工开物》，都有所记载。

现代的工业革命，从整体上讲，中国比西方晚了一些时间，但是，也有不少寄希望于“科技兴国”的仁人志士。例如，20 世纪 20 年代侯德榜突破氨碱法的技术奥秘，主持建成了亚洲第一座纯碱厂；30 年代他领导建成了中国第一座兼产合成氨、硝酸、硫酸和硫酸铵的联合企业。新中国成立以后，侯德榜又发明了碳化法合成氨流程制碳酸氢铵新工艺，并使之在 60 年代实现了工业化生产和大面积推广。至今，遍布全中国的中小化肥厂，不仅可以保证中国十多亿人口的粮食供给，而且在必要时可以联产数千万吨甲醇，弥补中国石油、天然气能源资源的不足。

长期以来，中国是世界上生产和使用煤炭最多的国家，也是世界上出口焦炭最多的国家，总的说来，中国的化石能源自给率达到 90% 以上。但是，石油、天然气的贮量先后戴着“赤贫”和“不够用”两顶帽子。

20 世纪 60 年代以前，中国顶着石油资源“赤贫”的帽子。以李四光为代表的一批地质科学家，摘掉了这项“赤贫”帽子。经过“大庆油田”会战，1963 年，全国原油年产量达到 648 万吨，同年 12 月，周恩来总理在第二次全国人民代表大