

XIANDAI
MEIHUAGONG XINJISHU

现代 煤化工新技术

唐宏青 编著

第二版



化学工业出版社

现代

煤化工新技术

唐宏青 编著

第二版



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书全面论述了现代煤化工的基础工艺、技术路线、气化下游产品、新技术进展及发展方向。作者以科学发展煤化工为指导思想,客观评述了现代煤化工各类新技术的优缺点。本书可供从事煤化工科研开发、工程设计的专业技术人员、地方政府和煤炭企业的管理人员、高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代煤化工新技术/唐宏青编著.—2版.—北京:化学工业出版社,2015.11
ISBN 978-7-122-25232-6

I. ①现… II. ①唐… III. ①煤化工 IV. ①TQ53

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第224152号

责任编辑:靳星瑞 王 丽 徐世峰

装帧设计:关 飞

责任校对:王 静

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:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张33½ 字数873千字 2016年1月北京第2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:148.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2015—33号

序

(一)

首先感谢本书的作者和化学工业出版社请我为此书写一序言。

近几年来,由于我国石油对外依存度不断增加,进口油价又较高,人们开始更多地关注是否可以从煤炭的深加工形成更多的化工品或能源化工品,再加有关资源省区急于要把资源优势转化为经济优势,于是在全国范围内迅速形成发展煤化工热。当前迫切需要用科学发展观引导煤化工的发展。

本书作者唐宏青同志我过去不认识,他1965年北大化学系毕业后,长期从事化学工程的设计和数学模拟开发工作。几年前我偶在有关化工杂志上连续看到他的几篇关于煤化工的文章,颇有深度,不仅知识面广,而且有自己以事实、数据、计算为依据的独立的观点、见解;甚至对有关权威(包括外商)的观点提出异议,以理服人。这种独立思考,坚持原则,尊重科学,不畏权威,敢于讲话的认真、求实、负责的精神,给我以深刻的印象。显然,这种求真务实、独立公正的科学精神应该提倡,值得学习。2006年年底我设法得到他著的《碳一化工新技术概论》一书,使我得益匪浅。后经介绍,结识了这位专家。

当前我国煤化工的发展中迫切需要一些有益于促进科学发展的书籍,为此我积极促进了本书的出版。本书的特点是把现代煤化工的发展与发展中的实际(即:发展中的热点、关注中的难点、争论中的焦点)密切结合起来加以论述。全书分成三部分:第一部分绪论,集中探讨煤化工发展的原则和总体概念;第二部分论述当代各种气化技术的比选,气化是合成气制化工产品的基础;第三部分论述煤化工和碳一化工产品以及正在开发、产业化的新技术。本书不是泛泛介绍国内外的新技术,而是对各种新技术进行评价,提出观点、见解,书中特别对国内开发的新技术作了足够的关注。本书力求以科学发展观为指导,努力探索、分析煤化工的科学发展途径。我认为这是一本有导向性、前瞻性的煤化工工程技术有实用参考价值的书籍。它的出版对在科学发展观指导下发展现代煤化工有一定的指导意义,有积极作用。

本书的出版得到化学工业出版社俸培宗社长的积极支持,深表感谢。

(二)

近年来我努力关注并试着从宏观上探讨煤化工的发展问题,亦曾提出过一些片言、拙见。为促进煤化工的科学发展,拟借本书出版之际,将我对科学发展煤化工的一些基本看法加以归纳、整理,刊出于此,供参考。

我国的化学工业是以煤化工起家,煤化工是我国化学工业的重要组成部分。煤化工是以煤为原料,经过化学反应生成化工、能源产品的工业,是煤炭深加工产业。我国是煤资

源相对丰富的国家，为科学合理、高效利用煤炭资源，进行深加工，适度发展现代煤化工是必要的。21世纪的我国煤化工，必须是在科学发展观指引下，高瞻远瞩，深思熟虑，从战略上谋求走可持续发展之路。

科学发展观是党中央提出的我国经济社会发展的重要指导方针，是发展中国特色社会主义必须坚持和贯彻的重大战略思想。科学发展观是用来指导发展的。以人为本，全面、协调、可持续发展是科学发展观的基本要求。坚持用科学发展观指导煤化工的发展，就是结合实际，努力把科学发展观的要求转化为谋划发展煤化工的正确思路和自觉行为，努力实施科学发展。坚持科学发展煤化工，涉及诸多方面，笔者考虑，至少应着重关注以下几个方面。

1. 积极发展有优势的产品领域

对于煤化工的作用及其发展必须有一个比较全面的看法，既不应笼统限制，不可发展，又不能不加引导，任其发展。煤化工的发展是有条件的。应该经过认真具体的科学分析，择其具有比较优势的领域进行发展。根据有关资料，已开发的现代煤化工技术在某些产品领域与石油化工相比有其相对优势。

要想大力发展煤化工，其关键是如何取得大量先进、稳定、廉价的合成气及成熟、先进的可供工业化的产品技术路线。显然，为此我们必须采用当代最先进的技术成果。从根本上来说，现代煤化工的发展取决于我们有多少较石油化工路线更有优势的技术。

我国化学工业要站在时代的高度，用战略眼光来指导发展。应以科学发展观为指导，以改革开放为动力，以可持续发展为基石，以提高科技创新能力为手段，以市场为导向，统筹考虑我国煤炭、石油、天然气、煤层气、焦炉气等化石资源以及可再生资源的高效利用方向，使我国形成石油化工与煤化工相结合、具有各自优势的产品领域，相辅相成，从而在整体上形成符合我国国情，科学合理的原料结构、产品结构、技术结构和企业结构，增强国际竞争力，加速推进化学工业现代化。

2. 实施可持续发展战略

煤化工是资源消耗型产业。产业发展的基石是坚持可持续发展战略。在新形势下我国煤化工能否实现可持续发展，取决于节能、降耗、减排、治污以及经济效益等几方面都能过得去。坚持可持续发展已成为化学工业战略性结构调整的主要推动力。

资源和环境的承载能力是煤化工发展的制约因素。实施以环境和资源可承载能力为基础的，高效率、低污染、低排放的发展方式是现代煤化工唯一可接受的可持续的发展方式。煤化工的发展要充分论证水资源是否落实，以水定发展，量水而行。

煤化工是一个重要的污染源。煤化工的发展应力求把污染、能耗降到最低限度。要发展煤化工，必须同时解决由此产生的污染问题。煤化工的发展决不能以浪费资源、牺牲环境和破坏生态为代价。我们应该认真吸取国内外发展的经验教训，用我们的智慧和远见，主动调整和控制自身的行为，把煤化工建设成为具有社会责任感、可信赖的资源节约型、环境友好型产业，真正为我国的经济发展和子孙后代造福，实现人与自然的和谐发展，促进可持续发展。我们的发展不能不顾自然、不计代价、不问未来。

煤化工是技术密集型和投资密集型产业，应采取最有利于节约资源、提高能效、降低污染、保护生态、提高效益的建设和运行方式，实施可持续发展。为此，要建设规模化、大型化、现代化、煤化一体化的煤化工基地，实施集约经营，谋求具备国际竞争力。煤化工如不具备国际竞争力，则无法承受国际油价波动和经济全球化带来的高度市场化竞争的冲击。

大型煤化工的深加工，工艺流程长、过程复杂，是一个较为严密的系统工程。其技术

和管理都有相当的难度,掌握需要一个过程,不是轻而易举的。大型煤化工项目,需要依托素质好、综合实力强、有良好发展前景且社会依托条件较好的大型企业来承担。

3. 加速转变发展方式

传统的煤化工是以低技术含量和低附加值产品为主导的高能耗、高排放、高污染、低效益(“三高一低”)行业。这种以粗放为主的煤化工发展方式,对资源、环境付出的代价过大,已难以为继。为实施科学发展,应加速转变发展方式,着力推进现代煤化工的发展。

煤炭属低效、高污染能源。现代煤化工是指采用现代先进技术,对煤炭进行深加工和综合利用的过程中,着重解决煤炭转化过程中高效、低污和经济三大方面问题。发展煤化工要与时俱进地采用新技术。

现代煤化工与传统煤化工的主要区别在于洁净煤技术、先进的煤转化技术以及节能、治污等新技术的集成应用,发展有竞争力的产品领域。

4. 贯彻技术开发先行,提升自主发展能力

我国煤化工的发展寄希望于技术创新。要真正发展煤基燃料替代品或其他煤基化学品,必须坚持技术开发先行,把提高自主创新能力,开发自有知识产权的核心技术,切实放在发展现代煤化工战略的首位。为坚持技术开发先行,需大力提高原始性创新能力、集成创新能力和消化吸收再创新能力,努力走出一条具有中国特色的科技创新之路。推进经济发展方式从要素驱动型向创新驱动型的转变是促进现代煤化工发展的根本途径。

大型煤化工新技术的开发是一项复杂的系统工程,有相当难度的,绝非是“举手之劳”的短期行为,需要高强度、坚持不懈、持久地的投入。我们希望国家加大支持力度,亦期待有更多的煤化工界的大型企业,建立起以企业为主体,产学研相结合的技术创新体系,加大投入,勇于创新。我国的现代煤化工的发展寄希望于建立起一批大型创新型企业。

要加强引进技术的消化吸收再创新,积极推进重大装备国产化。可根据需要努力引进国外先进适用技术。我们不反对引进,反对的是引进—落后—再引进,把引进当成依赖,不注意培育自身的自我创新能力,不努力去搞好引进消化吸收再创新。应按国家有关规定,将通过消化吸收是否形成了自主创新能力,作为对引进项目验收和评估的重要内容,实施消化吸收再创新的计划与引进项目同步规划、同步实施、同步验收。

大型现代煤化工工程的特点之一就是大量的工程技术问题需处理。要充分发挥拥有先进工程技术,富有经验的工程设计单位在集成先进技术、处理工程开发和工程实践中的重要作用。工程设计单位亦应通过引进技术,培育自身创新能力,为开发新一代技术打下基础。

5. 坚持适度发展、有序发展

我国是以煤为主体(约占一次能源的70%)的能源结构。我国SO₂排放量和CO₂排放量分别居世界第一和第二,已对环境形成难以承受的压力。

近年来,我国为谋求煤基能源替代品的发展做了大量卓有成效的工作(有些为替代能源的战略技术储备是很必要的),大体已分别进行到技术开发、工业示范、成熟完善的阶段,有些问题还有待示范或试用实践后才能得出结论,有些不确定因素还有赖于我们积极的探索和深入研究。为此,不可低估前进中的问题,需要审时度势,权衡利弊,稳健决策。

煤基能源替代品的发展是否可行,取决于能源利用是否科学合理、环境污染是否得到控制和治理、经济上是否有一定效益,这三条必须兼而有之,即必须是技术先进可靠、经济效益可行、节能和环保达标的技术经济路线。对某些煤基能源替代品或可实施在可控条件下适度发展,其发展速度、规模,需统筹兼顾、综合平衡,坚持有序发展。我国在石油替代能源发展战略的政策导向和执行上一旦有失偏颇,将导致煤炭资源的过速消耗,降低能源保障

程度。我们正处在从化石能源体系走向可持续发展能源体系的时代。能源替代战略必须高瞻远瞩，深谋远虑。任何替代能源必须建立在可持续发展战略基础上。在替代能源的战略安排上，不能把目光集中在自己仅有的那些不可再生的资源上，应把重点放在可再生的清洁能源上。

我们要站在全局的高度来审视煤化工的发展。既要考虑煤化工产业对国民经济发展的正面影响，也要考虑可能带来的负面影响。我国煤化工产业规模应与国民经济发展相适应，产业发展方向应与坚持节约资源和保护环境的基本国策相一致。在发展目标的量化上要兼顾煤炭资源的保护与高效利用，发展规模控制在适度范围内。

我们要认真学习、积极贯彻落实国务院有关“积极引导煤化工行业健康发展”的指示[国务院办公厅(2009年5月18日)《石化产业调整和振兴规划》]。企业要坚决贯彻落实国家宏观调控政策和措施，积极主动配合搞好煤化工的科学发展，做市场的健康力量。

面对当前煤化工发展的形势，我们迫切需要进一步认真学习实践科学发展观，努力在解决影响和制约科学发展的突出问题上下工夫，力求突破见成效，把发展煤化工的积极性引导到科学发展上来。贯彻科学发展观贵在实践中，重在落实。我们要以高度责任感和紧迫感，坚持科学发展煤化工。

潘连生

2009年8月

(教授级高工、原化工部副部长、
中国化工学会前任理事长)

前言

《现代煤化工新技术》第一版出版已经6年了，这本书反映了当时国内煤化工的发展情况，力求把煤化工的基本热点技术以及发展情况介绍给大家，为读者在进入这个领域引路。因此，受到了行业内一定程度的重视。

现在，我们即将进入了“十三五”建设时期，“煤化工”再度受到人们的关注。国家正在制定新的煤化工发展计划，为此又有许多新的青年和干部将进入这个领域，继续完善原书也许能够符合他们的要求。近期，在许多中青年朋友的帮助下，将《现代煤化工新技术》的部分内容重新编写，补充了一些新发展的情况，出版第二版，力求让大家了解煤化工最新的发展形势。

众所周知，“能源”问题在我国特别重要，它关系到国家的强盛，人们生活的质量，是我们未来希望的基础。煤化工在中国能源、化工领域中已占有重要地位。煤化工行业的发展对于缓解中国石油、天然气等能源的供求矛盾，对于促进钢铁、化工、轻工、农业和国防等工业的发展，起到了补充的作用。我们期待在“十三五”期间，煤化工有一个比较稳健的发展，在“一带一路”建设中，做出新的贡献。

我们深信，煤化工产业的发展不能是无序的，我们一定要科学发展，一定要充分认识到煤化工对环境的影响，给后代留下一个良好生存的未来。因此，本书中用了相当的篇幅对煤化工科学发展的理念作了具体化叙述，作者认为，这个问题特别重要，科学发展是我们每个公民的职责。我们应该以科学发展的观念来建设新的装置，而不要在盲目建设后再用科学发展的观念来“收拾它”；我们应该抛弃先发展后治理的陈旧观念；我们应该走上边发展边强大的道路。这就是笔者所理解的国家领导人提出的建设“美丽中国”的道路。

本书对各种新型煤化工技术作了基本原理和工业实践的介绍，涉及面广而不深，容易读懂。适合于煤化工领域初入门的科研、设计、生产、管理、教学、制造、施工、投资、商务等方面的人员阅读。

笔者从毕业后到现在一直在化工设计单位(工程公司)工作，了解化工设计单位的基本情况。这本书对化工设计单位的非工艺专业人员也是适合的。在我们这一代，化工设计单位的非工艺专业人员，对工艺也应有一定的了解。目前，在化工设计单位里，这一点是不够理想的。本书的编写初衷之一是希望我们设计单位内的非化工专业设计师对工艺能够有一个基本的了解，这就会使整个设计中专业之间的配合更加密切，使整个设计更加协调。

由于本人学识有限和收集资料的面尚不够广，没有被收集在本书内的有关新技术，并不意味着不好或不应该受到关注，务请谅解。

本书第二版的编写，一部分由本人直接完成，另一部分是由热心于煤化工事业的中青年

朋友协助完成。他们是：王迎春、周大坤、彭超、田红、郭宝刚、曹超(第4~28章)；高振楠、王丽(第35~38章，第40~45章)；任相坤、崔永君、李超毅、康国俊、王瑞玉、曹红霞、郑传月、白思雨等(第46~50章)。

本书编写期间，曾得到国内许多学者、多个杂志编辑部、许多热心读者的帮助和提出宝贵意见，特在此一并致以衷心的感谢。

本书第一版出版后，化工部原副部长潘连生再次给予我很大的鼓励，支持我们编写第二版。在此，笔者真心实意地向关心我国化工事业发展的潘老表示衷心的感谢。

唐宏青

2015年6月30日

第一版前言

近年来我国能源、化工产品的需求出现了高速增长，煤化工在能源、化工领域中已占有重要地位。煤化工行业的发展对于缓解我国石油、天然气等优质能源供求矛盾，促进钢铁、化工、轻工和农业的发展，起到了补充的作用，因此，煤化工是要发展的。但是，煤化工产业的发展不能是无序的，目前的“潮涌现象”给环境与资源造成了巨大的压力。

党中央制定的科学发展观是我国经济社会发展的重要指导方针，是发展中国特色社会主义必须坚持和贯彻的重大战略思想。科学发展观是用来指导发展的，以人为本、全面协调可持续发展是科学发展观的基本要求。近年来，许多学者、专家在研讨我国煤化工应该如何在科学发展观的指引下科学发展。这个问题关系到我国煤化工的前途，因此是非常有意义的。本书将努力结合我国煤化工的发展实际，探求科学发展煤化工之路。

本书是一本专业性的综述读物，目的是让读者了解当前煤化工和碳一化工的热点技术发展情况，特别讨论了在煤化工企业大规模地向化工发展的基本建设中大家所关心的问题。同时，本书介绍了各种煤气化和合成气加工工艺的特点，便于读者在选择所需工艺时有一个基本的概念。

书中一部分工艺的说明中含有笔者的评述。这是笔者的个人意见，提出来与大家讨论，欢迎读者对此提出不同意见。

笔者希望，在国家的指导下，积极进行技术开发和宏观的经济发展安排，使我国不仅在经济总量上有很大的发展，而且也能成为世界化工技术领域的巨人，并且成为全球环保、节水和节能的典范。

毫无疑问，科学发展观是照耀在煤化工战线上的明媚的阳光。

本书编写历经五年，其间曾得到国内许多学者和多个杂志编辑部的帮助和提出宝贵意见，特在此一并致以衷心的感谢。

唐宏青

2009年5月2日

目 录

第 1 章 煤化工简介 /1

- 1.1 煤化工的定义和范围 1
- 1.2 煤化工发展史 2
- 1.3 传统煤化工和现代煤化工 7
- 1.4 中国现代煤化工大事记 8

第 2 章 现代煤化工的科学发展观 /10

- 2.1 中国发展煤化工的历史使命 10
- 2.2 煤化工可持续发展规律的探讨 14
- 2.3 煤化工的效率 25
- 2.4 煤化工的主攻方向 31
- 2.5 发展煤化工中的问题 38
- 2.6 煤化工发展的六次热潮 45
- 2.7 煤化工的明天是美丽的 48

第 3 章 煤气化工艺原理 /51

- 3.1 基本原理 51
- 3.2 煤气化分类和命名 53
- 3.3 主要煤气化技术简介 56
- 3.4 气化后续流程 58
- 3.5 近期煤气化技术发展的特点 62
- 3.6 选用煤气化技术的原则 64
- 3.7 总结 66

第 4 章 Texaco-GE 水煤浆气化 /68

- 4.1 Texaco-GE 水煤浆气化 68
- 4.2 发展历史 68
- 4.3 TCGP 气化原理及工艺流程 68
- 4.4 TCGP 的关键设备 69
- 4.5 TCGP 气化技术的特点及影响因素 71
- 4.6 TCGP 气化工艺在国内的应用 72
- 4.7 TCGP 气化型数据 73

- 4.8 评述 74

第 5 章 多喷嘴对置式水煤浆气化 /76

- 5.1 工艺概况 76
- 5.2 发展历史 76
- 5.3 工艺原理与流程 76
- 5.4 气化炉结构 77
- 5.5 考核数据 79
- 5.6 应用情况 80
- 5.7 评述 82

第 6 章 非熔渣-熔渣分级气化 /84

- 6.1 非熔渣-熔渣气化工艺 84
- 6.2 发展历史 84
- 6.3 工艺原理及流程 84
- 6.4 非熔渣-熔渣气化技术特点及性能考核数据 86
- 6.5 非熔渣-熔渣气化炉技术应用 87
- 6.6 评述 88

第 7 章 多元料浆气化 /90

- 7.1 工艺概述 90
- 7.2 开发过程 90
- 7.3 工艺原理及流程 90
- 7.4 气化炉结构 91
- 7.5 多元料浆气化工艺特点 92
- 7.6 多元料浆气化的主要技术经济指标 92
- 7.7 多元料浆的装置建设情况 93
- 7.8 应用实例 94
- 7.9 评述 95

第 8 章 E-gas 气化工艺 /97

- 8.1 工艺概述 97

8.2 发展历史 97

8.3 工艺流程 97

8.4 E-gas 气化炉的结构 98

8.5 E-gas 煤气化工艺特点 99

8.6 装置应用 100

8.7 评述 100

第 9 章 Shell 煤气化 /102

9.1 Shell 煤气化工艺概述 102

9.2 发展历程 102

9.3 工艺原理及流程 103

9.4 Shell 煤气化工艺的特点 105

9.5 主要设备 106

9.6 国内装置建设和运行情况 108

9.7 评述 109

第 10 章 两段式干燥粉气化 /110

10.1 工艺概述 110

10.2 发展历史 110

10.3 工艺原理及工艺流程 110

10.4 试验 112

10.5 关键设备 113

10.6 工艺特点 114

10.7 装置建设及应用 115

10.8 评述 115

第 11 章 五环炉气化 /116

11.1 工艺概述 116

11.2 发展历史 116

11.3 工艺流程 116

11.4 气化炉结构 117

11.5 技术特点 118

11.6 装置应用 119

11.7 评述 119

第 12 章 GSP 煤气化 /120

12.1 GSP 气化工艺 120

12.2 发展历史 120

12.3 GSP 气化技术的工艺原理和流程 120

12.4 GSP 气化炉的结构 122

12.5 技术特点 124

12.6 GSP 气化工艺应用 125

12.7 GSP 典型气化数据 126

12.8 评述 128

第 13 章 航天炉气化 /129

13.1 工艺概况 129

13.2 发展历史 129

13.3 气化原理及流程 129

13.4 航天炉气化炉结构 130

13.5 航天炉气化技术特点 132

13.6 航天炉建设和运行情况 133

13.7 评价 134

第 14 章 科林煤气化 /136

14.1 工艺概述 136

14.2 发展历史 136

14.3 工艺流程 136

14.4 气化炉结构 137

14.5 技术特点 138

14.6 装置应用情况 139

14.7 评述 140

第 15 章 沈鼓煤气化 /141

15.1 工艺概述 141

15.2 发展历史 141

15.3 工艺流程 141

15.4 气化炉结构 142

15.5 技术特点 143

15.6 在线计算系统 144

15.7 评述 145

第 16 章 SE-东方炉气化 /146

16.1 工艺概述 146

16.2 开发历程 146

16.3 工艺流程 146

16.4 技术特点 146

16.5 装置建设进展 147

16.6 装置运行数据 148

16.7 评述 149

第 17 章 Lurgi 煤气化/150

17.1 工艺概述 150

17.2 发展历程 150

17.3 工艺原理及流程 151

17.4 主要设备结构简介 153

17.5 主要技术特点 153

17.6 装置运行情况 154

17.7 Lurgi 炉工艺的改进建议 156

17.8 评述	156
---------------	-----

第 18 章 BGL 气化 /158

18.1 工艺概述	158
18.2 发展历史	158
18.3 工艺流程	158
18.4 气化炉结构	159
18.5 BGL 炉气化技术优点	160
18.6 装置建设情况	162
18.7 评述	162

第 19 章 云煤气化 /164

19.1 工艺概述	164
19.2 发展历史	164
19.3 工艺流程	165
19.4 工艺特点	165
19.5 装置建设	166
19.6 评述	167

第 20 章 恩德粉煤气化 /168

20.1 工艺概述	168
20.2 发展历史	168
20.3 工艺流程	169
20.4 气化炉结构	170
20.5 工艺特点及消耗指标	170
20.6 应用情况	171
20.7 评述	172

第 21 章 高温温克勒气化 /174

21.1 工艺概述	174
21.2 发展历史	174
21.3 工艺流程	175
21.4 工艺特点及工艺参数	176
21.5 应用情况	177
21.6 评述	178

第 22 章 KBR 气化 /179

22.1 工艺概述	179
22.2 发展历史	179
22.3 工艺流程	179
22.4 KBR 工艺的优点	181
22.5 示范装置运行情况	182
22.6 评述	182

第 23 章 灰熔聚气化 /184

23.1 工艺概述	184
-----------------	-----

23.2 发展历史	184
23.3 基本原理及流程	184
23.4 工艺特点	186
23.5 装置应用	186
23.6 评述	188

第 24 章 SGT 炉气化 /189

24.1 工艺概述	189
24.2 开发历程	189
24.3 工艺流程	189
24.4 技术特点	190
24.5 装置应用	191
24.6 评述	192

第 25 章 天然气转化制合成气 /193

25.1 概述	193
25.2 传统蒸汽催化转化	194
25.3 联合蒸汽催化转化	196
25.4 预转化蒸汽转化工艺	198
25.5 热交换器型转化	199
25.6 催化部分氧化转化工艺	204
25.7 非催化部分氧化转化工艺(POX)	206
25.8 各种天然气转化工艺的比较	206
25.9 评述	208

第 26 章 天然气部分氧化制合成气 /210

26.1 概述	210
26.2 天然气部分氧化法机理	211
26.3 天然气部分氧化影响因素	211
26.4 技术关键	213
26.5 技术应用情况	214
26.6 评述	217

第 27 章 生物质气化技术 /218

27.1 概述	218
27.2 发展历史	219
27.3 基本原理	219
27.4 BSF 技术与煤化工技术的区别	219
27.5 生物质气化技术分类及特点	220
27.6 生物质制醇模拟实例	225
27.7 生物质气化技术应用情况	226
27.8 评述	228

第 28 章 烧嘴技术 /229

28.1 概述	229
---------------	-----

28.2	烧嘴的性能	229
28.3	烧嘴的结构型式	230
28.4	二通道烧嘴	230
28.5	三通道烧嘴	231
28.6	四通道烧嘴	234
28.7	五通道烧嘴	235
28.8	多个烧嘴的对置式布置	237
28.9	国内常用的烧嘴	238
28.10	评述	239

第 29 章 低温甲醇洗净化技术 /241

29.1	概述	241
29.2	低温甲醇洗工艺简述	242
29.3	低温甲醇洗的典型工艺	244
29.4	各塔基本工艺过程	247
29.5	工艺流程的优点	250
29.6	几个特殊的问题	251
29.7	“半贫液流程”简介	253
29.8	评述	255

第 30 章 煤制甲烷 /257

30.1	概述	257
30.2	发展历史	258
30.3	工艺原理	259
30.4	甲烷化催化剂	261
30.5	美国大平原工艺简介	261
30.6	煤制甲烷的技术经济问题	263
30.7	煤制甲烷的工业化进程	264
30.8	煤制甲烷的煤气化方法选择	265
30.9	评述	266

第 31 章 合成油 /267

31.1	概述	267
31.2	费托合成工艺	270
31.3	费托合成催化剂	271
31.4	费托合成反应器	272
31.5	油品精制和尾气处理	273
31.6	煤制油工艺	273
31.7	示范厂运行情况	274
31.8	大规模工业化进程	276
31.9	评述	277

第 32 章 甲醇 /279

32.1	概述	279
32.2	甲醇合成工艺	281

32.3	甲醇合成催化剂	282
32.4	甲醇合成塔	283
32.5	甲醇精馏工艺	284
32.6	煤制甲醇工艺	288
32.7	甲醇装置的投资估算	289
32.8	评述	289

第 33 章 乙二醇 /290

33.1	概述	290
33.2	合成气合成乙二醇工艺分类	291
33.3	合成气直接合成法	291
33.4	草酸酯法(氧化偶联法)	292
33.5	甲醇甲醛合成法	293
33.6	国内科研情况	295
33.7	国内装置建设情况	296
33.8	煤制乙二醇的工艺路线	297
33.9	评述	299

第 34 章 乙醇与低碳醇 /300

34.1	概述	300
34.2	乙烯水合工艺	302
34.3	合成气间接合成法	303
34.4	合成气直接合成法	305
34.5	评述	308

第 35 章 甲醇制低碳烯烃(MTO) /310

35.1	概况	310
35.2	MTO 工艺的机理	311
35.3	国内外催化剂研发进展	311
35.4	国内外工艺的研究进展	313
35.5	反应后的气体组成	316
35.6	煤制烯烃的技术经济	316
35.7	国内 MTO 工业化示范厂的建设	317
35.8	煤制烯烃示范项目的三条经验	320
35.9	评述	321

第 36 章 甲醇制丙烯(MTP) /323

36.1	概述	323
36.2	技术发展历史	324
36.3	甲醇制烯烃的流程	325
36.4	国内装置建设和开车情况	329
36.5	评述	332

第 37 章 甲醇制汽油(MTG) /333

37.1	概述	333
------	----------	-----

37.2	MTG 工艺技术及特点	334
37.3	实际 MTG 工艺过程	335
37.4	国内工业化情况	339
37.5	新西兰 MTG 装置情况	341
37.6	评述	342

第 38 章 甲醇制芳烃 /343

38.1	芳烃的来源	343
38.2	煤制芳烃的工艺路线	344
38.3	关于 PX 项目建设的必要性	351
38.4	结论	352

第 39 章 二甲醚 /353

39.1	概况	353
39.2	二甲醚的生产方法	356
39.3	一步法流程研究	360
39.4	国内的研究和模拟设计	364
39.5	评述	367

第 40 章 醋酸 /368

40.1	醋酸的性质	368
40.2	醋酸在工业上的用途	368
40.3	主要生产工艺和工艺开发历程	369
40.4	乙醛氧化法	372
40.5	轻烃氧化法	374
40.6	乙烯直接氧化法	377
40.7	甲醇羰基化合成法	379
40.8	经济比较	387
40.9	煤制醋酸	389
40.10	讨论	391

第 41 章 甲醛 /393

41.1	概述	393
41.2	甲醛生产的工艺路线	394
41.3	过量甲醇氧化法	395
41.4	过量空气氧化法	396
41.5	甲醛生产工艺路线比较	397
41.6	国内科研情况	398
41.7	过量甲醇氧化法的典型工艺数据	399
41.8	评述	400

第 42 章 碳酸二甲酯 /401

42.1	概述	401
42.2	DMC 的物化性质	401
42.3	DMC 的用途和应用	402

42.4	DMC 合成技术的发展	404
42.5	煤气化制取 DMC	412
42.6	评述	413

第 43 章 醇醚燃料 /415

43.1	甲醇燃料	415
43.2	二甲醚	423
43.3	乙醇	425
43.4	聚甲氧基二甲醚(DMM _{3~8})	427
43.5	炼油行业的做法	430
43.6	评述	430

第 44 章 IGCC /433

44.1	IGCC 的定义	433
44.2	IGCC 的优势	434
44.3	IGCC 的弱点	434
44.4	国外 IGCC 发展概况	435
44.5	国内 IGCC 装置建设	437
44.6	IGCC 系统关键工艺技术	437
44.7	关于“IGCC+碳捕集”模式	439
44.8	评述	439

第 45 章 多联产 /441

45.1	多联产的定义	441
45.2	多联产思路的形成与历史	442
45.3	多联产的特点	443
45.4	实现多联产的路线图	444
45.5	多联产的分类与实例	444
45.6	关于零排放能源系统	448
45.7	评述	449

第 46 章 煤直接液化 /451

46.1	煤液化的含义和基本原理	451
46.2	国外煤炭直接液化技术的发展历程	452
46.3	国内煤液化技术发展历程	453
46.4	国外典型工艺	454
46.5	国内工业化的煤液化工艺流程	460
46.6	煤液化主要设备	461
46.7	直接液化对煤质的基本要求	462
46.8	循环溶剂的选择	463
46.9	关于制氢	463
46.10	工业化情况	463
46.11	煤油共炼	464
46.12	评述	466

第 47 章 煤炭分质利用 /468

47.1 分质利用的定义 468

47.2 分质利用的工业过程 469

47.3 分质利用的流程 474

47.4 分质利用的工程建设 475

47.5 评述 475

第 48 章 焦炉气的利用 /476

48.1 概述 476

48.2 焦炉气的组成与净化 476

48.3 焦炉气制甲醇 477

48.4 焦炉气制合成氨 484

48.5 焦炉气制甲烷 485

48.6 评述 489

第 49 章 针状焦 /492

49.1 概述 492

49.2 生产工艺原理 493

49.3 煤沥青预处理新技术及配套针状焦生产
工艺的特点 497

49.4 性能指标 498

49.5 评述 499

第 50 章 煤化工用煤 /501

50.1 中国的煤炭资源 501

50.2 中国煤炭分类 503

50.3 煤炭洗选 505

50.4 煤化工产业涉及到的环境污染 507

50.5 原煤的性质 508

50.6 不同煤化工技术对煤的要求 510

50.7 评述 511

第 51 章 煤化工与水 /513

51.1 中国的水资源 513

51.2 煤化工工厂的用水 514

51.3 节水途径 514

51.4 产品新鲜水耗的基本要求 516

51.5 水权置换 517

51.6 节水减排提高水利用效率的过程系统
工程方法 517

51.7 结论 519

第1章

煤化工简介

1.1 煤化工的定义和范围

煤化工是以煤为原料，经过化学加工使煤转化为气体、液体、固体三种形态的化学产品和燃料的过程，是生产出社会需要的各种化工产品的工业。

煤中有机质的基本结构单元，是以芳香族稠环为核心，周围连有杂环及各种官能团的大分子。这种特定的分子结构使它在隔绝空气的条件下，通过热加工和催化加工，能获得固体产品如焦炭或半焦，同时还可得到大量的煤气（包括合成气），以及具有经济价值的化学产品和液体燃料（如烃类、醇类、氨、苯、甲苯、二甲苯、萘、酚、吡啶、蒽、菲、咔唑等）。此外，也可以通过部分氧化的方法得到合成气，再加工成其他化学品。因此，煤化工的发展包含着能源和化学产品生产两个方面，两者相辅相成。

煤化工的主体部分是煤的一次化学加工、二次化学加工和深度化学加工三个阶段的化学变化过程，即煤气化、合成气化工、甲醇化工。

在煤化工的生产技术中，炼焦是应用最早的工艺，并且至今仍然是煤化学工业的重要组成部分。煤的焦化、气化、液化、煤的合成气化工、焦油化工、电石乙炔化工、制氢、氨合成、甲醇合成等，都属于传统的煤化工范围。

新一代煤化工技术是指以煤气化为龙头，以合成气化工技术为基础，进一步加工制取油气燃料和各种化工产品的煤炭洁净利用技术。

煤的气化在煤化工中占有重要地位，煤气化产生合成气，即 $\text{CO} + \text{H}_2$ ，这是煤化工的龙头工艺，投资大、难度大、对环境的影响大、需求量大，因此，它对煤化工的整体工艺起了决定性的作用。

煤气化产生的合成气，一方面可以用于生产燃料气，是干净的能源，有利于提高人民生活水平和环境保护；另一方面，它是合成液体燃料和基本化学品的原料。因此，合成气化工是煤化工中的主流工艺。

在目前中国的具体情况下，车用和家用燃料是国民经济的重要支柱，合成气通过费托合成生产以柴油为主的油品，是合成燃料的关键工艺，产品的价值高、用途