

新型

煤化工

技术前沿

□唐宏青 著

XIN XING MEI HUAGONG
JISHU QIANYAN



中国财政经济出版社

新型煤化工技术前沿

XIN XING MEI HUAGONG JISHU QIANYAN

□唐宏青 著



中国财政经济出版社

图书在版编目(CIP)数据

新型煤化工技术前沿 / 唐宏青著. — 北京 : 中国
财政经济出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-5095-5115-8

I. ①新… II. ①唐… III. ①煤化工 - 普及读物
IV. ①TQ53-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 034448 号

责任编辑:武志庆
封面设计:蔡中华

责任校对:王建军
版式设计:蔡中华



中国财政经济出版社 出版

URL:<http://www.cfeph.cn>

E-mail:cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址:北京海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码:100142

发行处电话:010-88190406 财经书店电话:010-64033436

北京鑫富华彩色印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

880×1194 毫米 16 开 16 印张 32,000 字

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月北京第 1 次印刷

定价:168.00 元

ISBN 978-7-5095-5115-8/TQ·0002

(图书出现印装问题,本社负责调换)

本社质量投诉电话:010-88190744

序

《新型煤化工技术前沿》正式出版与读者见面了。该书的主要内容对新型煤化工行业的健康发展必将起重要的促进作用。

该书是唐宏青先生2009年所著的《现代煤化工新技术》一书的改版。其内容更加丰富，适应读者的范围更广泛。可供从事煤化工科研开发；工程设计；项目规划；煤化工企业生产人员及专业技术人员使用；也可供政府管理人员，高等院校相关专业师生参考。

该书在《现代煤化工新技术》的基础上增加了煤化工发展简史，在煤化工的科学发展观中增加了对煤化工发展方向的三种意见，煤化工的效率，煤化工发展的形势等内容。在煤化工原理中增加了近期煤化工技术发展的特点，选用煤化工技术的原则，煤气化后续流程等。采用“水煤浆气流床气化”、“干粉气流床气化”、“粉煤流化床气化”的分章，对每种气化方法的叙述做了简化。

设立了“合成气加工”章和“甲醇加工”章。对有关产品的工艺做了合并和简化。书中更新并增加了数据、增加了方块图，更方便读者的理解和入门。

唐宏青先生初学化学，后攻化工并在化工设计部门工作多年。具有深厚的理论基础和丰富的设计经验。尤其对煤化工方面的造诣很深，是煤化工行业很受欢迎的专家。

我以先睹为快的心情向读者介绍上述情况，是为序。

原化工部副总工程师 王文善

2013年11月



唐宏青先生：1941年生，上海人，1965年毕业于北京大学化学系，1989年获得中国石化总公司首批“突出贡献科技管理专家”称号，1994年晋升教授级高工，1996年任中国石化集团兰州设计院副总工程师，2003年任中国石化集团宁波工程有限公司副总工程师，2008年任中科合成油工程有限公司技术专家。

唐宏青先生是我国煤化工战线上的知名学者，长期从事化学工程开发和煤化工领域的工作，曾获中国石化集团科技进步二等奖两次。迄今已在国内外公开发表150多篇论文，著有《碳一化工新技术概论》、《化工模拟计算手册》和《现代煤化工新技术》三本专著。

我们已经进入了“十二五”建设时期，煤化工热再度受到人们的关注。每年有许多新入行的青年和干部进入这个领域，写一本普及读物也许能够符合他们的要求。

本书是一本专业性的综述普及读物，力求把当前煤化工的基本热点技术发展情况介绍给大家，为读者在进入这个领域之前引路。本书是“现代煤化工新技术”的后继版本，在内容上做了局部更新。

由于我国能源的特殊情况，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，这事毫无疑问的，因此，煤化工的发展指日可待。但是，煤化工产业发展不能是无序的，要科学发展，要充分认识到煤化工对环境的影响，我们一定要给后代留下一个良好生存的未来。

本书中用了一定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圣神的职责。我们应该以科学发展的观念来建设新的装置，而不要建完装置后再用科学发展的观念来收拾它，要抛弃先发展后治理的陈旧观念，这是真正的边发展边强大的道路，这就是笔者理解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。适合于初入门的科研、设计、生产、管理、计划、教学、制造、施工、投资、商务等方面的人员阅读。

笔者从大学毕业到现在毕生在化工设计单位工作，了解化工设计单位的情况，这本书对化工设计单位的非工艺专业也是适合的。在我们这一代，化工设计单位的非工艺专业，对工艺也有一定的了解。目前在化工设计单位里，这一点是不够理想的。

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

本书编写之前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。

笔者在退休后并没有打算出正式版煤化工书籍，原化工部老前辈潘连生副部长对于我的写作曾给予很大的鼓励和勇气，使我有“现代煤化工新技术”和本书两本作品，特此向潘老表示衷心的感谢。

唐宏青

2013.11.30

第一章 煤化工简介

第一部分 煤化工的定义和范围	3
第二部分 煤化工发展史	3
一、初创时期(18 世纪中叶至 20 世纪 20 - 30 年代)	4
二、初步发展时期(20 世纪 20 - 30 年代至 20 世纪中叶)	5
三、调整时期(20 世纪 50 年代至 20 世纪 90 年代)	6
四、新技术开发时期(本世纪开始)	6
第三部分 传统煤化工和现代煤化工	8
一、传统煤化工	8
二、现代煤化工	8
三、两类煤化工的交融	9
四、中国现代煤化工大事记	9

第二章 现代煤化工的科学发展观

第一部分 中国发展煤化工的历史使命	13
一、我国主要矿物能源的现状	13
二、对煤化工发展方向的三种意见	15
第二部分 煤化工可持续发展规律的探讨	16
一、科研分阶段顺序渐进	16
二、有序发展总量控制	18
三、新技术先示范后推广	18
四、成熟技术避免一哄而上	19
五、节能降耗是国计民生的大事	19
六、引进技术后消化吸收	19
七、装置建设应降低对外依赖度	20
八、发展规划应量水而行	21
九、温室气体的封存捕捉由企业承担	22

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

十、污水处理应近零排放	24
第三部分 煤化工的效率	24
一、煤化工的效率高低	24
二、吨产品的能耗	25
三、煤气化的方法与能量转化效率有关	26
四、煤化工是高能耗工业	27
五、能量转化率的不是主要判据	28
第四部分 煤化工的主攻方向	30
一、选择煤基化学产品的原则	30
二、煤转化为烃类的合理性	32
三、发展煤制甲烷	33
四、甲醇经济质疑	33
五、煤油气的价格联动	33
第五部分 发展煤化工的瓶颈	36
一、资源有限	36
二、建设和技术难度较大	36
三、技术进步缓慢	36
四、中小企业调整改造	37
五、周边环境的冲击	37
六、国内科研环境严峻	37
第六部分 煤化工发展的形势	38
一、逢煤必化	38
二、六次浪潮	38
三、未来展望:我国煤化工发展之路	40
 第三章 煤气化工艺原理	
第一部分 基本原理	45

新型煤化工技术前沿

唐宏青

一、化学原理	45
二、工业过程	46
三、煤的性质对气化反应的影响	46
第二部分 煤气化分类和命名	46
一、学术上的分类	46
二、技术上的分类	48
第三部分 主要煤气化技术简介	49
一、国外煤气化技术	49
二、国内煤气化技术	49
三、煤气化后的气体成分	50
第四部分 气化后续流程	50
一、后续流程的含义	50
二、后续流程介绍	50
第五部分 近期煤气化技术发展的特点	53
一、从装备国产化走向工艺技术国产化	53
二、单元技术引导全生产线“安稳长满”地运行	54
三、单炉规模的大型化	54
四、气化炉内操作压力的提高	54
五、原料向褐煤发展	54
六、气化后两种流程可以组合	55
第六部分 选用煤气化技术的原则	55
一、以煤定炉	55
二、优先考虑气流床	55
三、气化炉规模适中	56
四、力求技术成熟	56
五、降低投资	56
六、高度重视环保	57

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

七、超大型煤化工装置需要备炉	57
八、冷壁和热壁	57
第七部分 结束语	57
 第四章 水煤浆气化-气流床	
第一部分 GE- <i>Texaco</i> 气化工艺	61
一、概述	61
二、气化原理	61
三、TCGP 的主要影响因素	61
四、水煤浆气化流程	62
五、对煤质的要求	62
六、TCGP 的关键设备	62
七、TCGP 工艺的特点	63
八、本工艺的不足	64
九、气化炉出口的典型气体组成	64
十、评述	64
第二部分 多元料浆气化工艺	65
一、概述	65
二、开发过程	65
三、多元料浆气化的主要技术经济指标	65
四、料浆稳定性的影响因素	65
五、评述	66
第三部分 多喷嘴气化工艺	66
一、概述	66
二、多喷嘴对置式气化炉结构	67
三、多喷嘴对置式气化炉工艺的五项主要技术	67
四、与引进技术的区别	68

五、应用情况	68
六、安装要求高	69
七、评述	69
第四部分 非熔渣—熔渣气化工艺	69
一、概述	69
二、气化原理	70
三、关于熔渣的基本概念	70
四、氧气分级供给的优点	71
五、考核数据和结论	71
六、工业化情况	71
七、水煤浆水冷壁气化炉的开发	71
八、水煤浆水冷壁炉市场应用情况	72
九、评述	73
第五部分 E-Gas 气化工艺	73
一、概述	73
二、工艺特点	73
三、E-gas 气化炉的结构	73
四、工艺流程	74
五、典型运行数据	74
六、存在问题	74
七、评述	75
 第五章 干燥粉气化—气流床	
第一部分 GSP 气化工艺	79
一、概述	79
二、技术特点	79
三、GSP 气化炉的结构	80

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

四、气化工艺	81
五、技术特点	81
六、典型气化数据	82
七、国内 GSP 气化装置的建设	82
八、评述	84
第二部分 航天炉气化工工艺	84
一、概述	84
二、航天炉的主要特点	84
三、主要参数	85
四、设计指标和经济效益	85
五、航天炉考核数据	85
六、国内装置运行情况	85
七、评述	87
第三部分 Shell 煤气化工艺	87
一、概述	87
二、工艺特点	87
三、Shell 煤气化工艺流程	88
四、Shell 煤气化工艺的特点	88
五、主要设计技术参数	89
六、主要设备	89
七、国内装置建设和运行情况	91
八、评述	92
第四部分 两段式干煤粉气化	92
一、概述	92
二、工艺原理	92
三、试验的内容	92
四、关键设备	94

CONTENTS 目 录

新型煤化工技术前沿

唐宏青

五、工艺特点	94
六、工艺流程	96
七、两段式气化炉与 Shell 技术的区别	96
八、评述	96
第五部分 科林煤气化工艺	96
一、简介	96
二、科林 CCG 技术与西门子 CSP 技术的联系和区别	97
三、工艺流程	97
四、技术特点	97
五、工业化情况	99
六、评述	100
第六章 粉煤气化-流化床	
第一部分 灰熔聚气化	103
一、概述	103
二、基本原理	103
三、主要气化指标	103
四、工艺特点	103
五、常压示范装置的工业化过程	104
六、加压工业示范装置	104
七、加压工业化商业装置	105
八、评述	106
第二部分 恩德粉煤气化技术	106
一、发展历程	106
二、工艺技术原理	106
三、气化炉	107
四、消耗指标	107

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

五、气化特点	107
六、应用情况	107
七、评述	109
第三部分 KBR 气化	109
一、概述	109
二、工艺特点	109
三、KBR 工艺的优点	111
四、示范装置运行情况	111
五、评述	112
 第七章 碎煤气化技术-固定床	
第一部分 Lurgi 碎煤气化工艺	115
一、概述	115
二、工艺原理	115
三、工艺流程	115
四、典型的工艺指标	116
五、主要设备结构简介	116
六、国内的技术改造情况	117
七、原料煤质量的问题	117
八、Lurgi 炉工艺的改进	117
九、评述	118
第二部分 BGL 块 / 碎煤熔渣气化炉工艺	118
一、概述	118
二、工艺过程	118
三、BGL 块 / 碎煤熔渣气化技术优点	118
四、装置建设情况	119
五、BGL 工艺在 IGCC 工艺系统中的应用	119

六、BGL 气化炉的改进	120
七、评述	121
第八章 低温甲醇洗净化技术	
第一部分 概述	125
第二部分 低温甲醇洗工艺简述	125
一、发展历史	125
二、基本原理	126
第三部分 低温甲醇洗的典型工艺	127
一、流程特点	128
二、流程总体叙述	129
三、典型数据	130
第四部分 各塔基本工艺过程	130
一、H ₂ S 吸收塔(1 塔)	130
二、CO ₂ 吸收塔(2 塔)	131
三、H ₂ 闪蒸塔(3 塔)	131
四 CO ₂ 再生塔(4 塔)	132
五、H ₂ S 再生塔(5 塔)	132
六、甲醇精馏塔	133
七、尾气洗涤塔	133
第五部分 工艺流程的优点	133
第六部分 几个特殊的问题	134
一、微量组分问题	134
二、绕管换热器	134
三、采用新型高效塔盘	135
第七部分 “半贫液流程”简介	135
一、工艺特点	135

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

二、方案实例	136
第八部分 评述	137
第九章 合成气加工工艺	
第一部分 甲醇	141
一、概述	141
二、甲醇合成工艺	141
三、甲醇合成催化剂	142
四、甲醇合成塔	143
五、甲醇精馏工艺	144
六、煤制甲醇工艺	147
七、甲醇装置的投资估算	148
八、评述	148
第二部分 费托合成制油	149
一、概述	149
二、费托合成工艺	150
三、费托合成催化剂	151
四、费托合成反应器	152
五、油品精制和尾气处理	153
六、煤制油工艺	153
七、示范厂运行情况	153
八、大规模工业化进程	154
九、评述	154
第三部分 煤制甲烷	155
一、概述	155
二、工艺原理	155
三、美国大平原工艺简介	157

四、煤制甲烷的技术经济问题	158
五、煤制甲烷的工业化进程	159
六、煤制甲烷的煤气化方法选择	160
七、评述	160
第四部分 乙二醇	160
一、概述	160
二、合成气直接合成法	161
三、草酸酯法(氧化偶联法)	162
四、甲醇甲醛合成法	162
五、国内科研情况	163
六、煤制乙二醇的工艺路线	164
七、评述	164
第五部分 乙醇与低碳醇	165
一、概述	165
二、乙烯水合工艺	167
三、合成气间接合成法	167
四、合成气直接合成法	169
五、评述	172
第十章 甲醇加工工艺	
第一部分 甲醇制低碳烯烃(MTO)	175
一、概况	175
二、MTO 工艺的机理	176
三、国内外催化剂	176
四、国内外工艺的研究进展	177
五、反应后的气体组成与分离	179
六、煤制烯烃的技术经济	179
七、国内 MTO 工业化示范厂的建设	180

目 录 CONTENTS

新型煤化工技术前沿

唐宏青

八、示范厂的三条经验	181
九、未来 MTO 工业化的进程	181
十、国外技术进入中国市场的道路已经打开	182
十一、评述	182
第二部分 甲醇制丙烯 MTP	183
一、现状	183
二、发展历史	183
三、甲醇制烯烃的流程	184
四、国内装置建设和开车情况	185
五、评述	186
第三部分 甲醇制汽油 MTG	186
一、发展历史	186
二、MTG 工艺技术及特点简介	187
三、实际 MTG 工艺过程	188
四、国内工业化情况	191
五、新西兰装置的有关情况	191
六、评述	193
第四部分 醋酸	193
一、醋酸的性质、用途	193
二、发展历史	193
三、醋酸生产和技术路线简介	194
四、传统方法简介	194
五、甲醇羰基合成法	198
六、不同醋酸生产工艺条件对比	199
七、催化剂的研究	199
八、低压法的各种改进	199
九、经济比较	200