

MEIHUAGONG SHOUCE

ZHONGMEI MEIHUAGONG JISHU YU GONGCHENG

煤化工

手册

——中煤煤化工技术与工程



徐耀武 徐振刚 主编



化学工业出版社



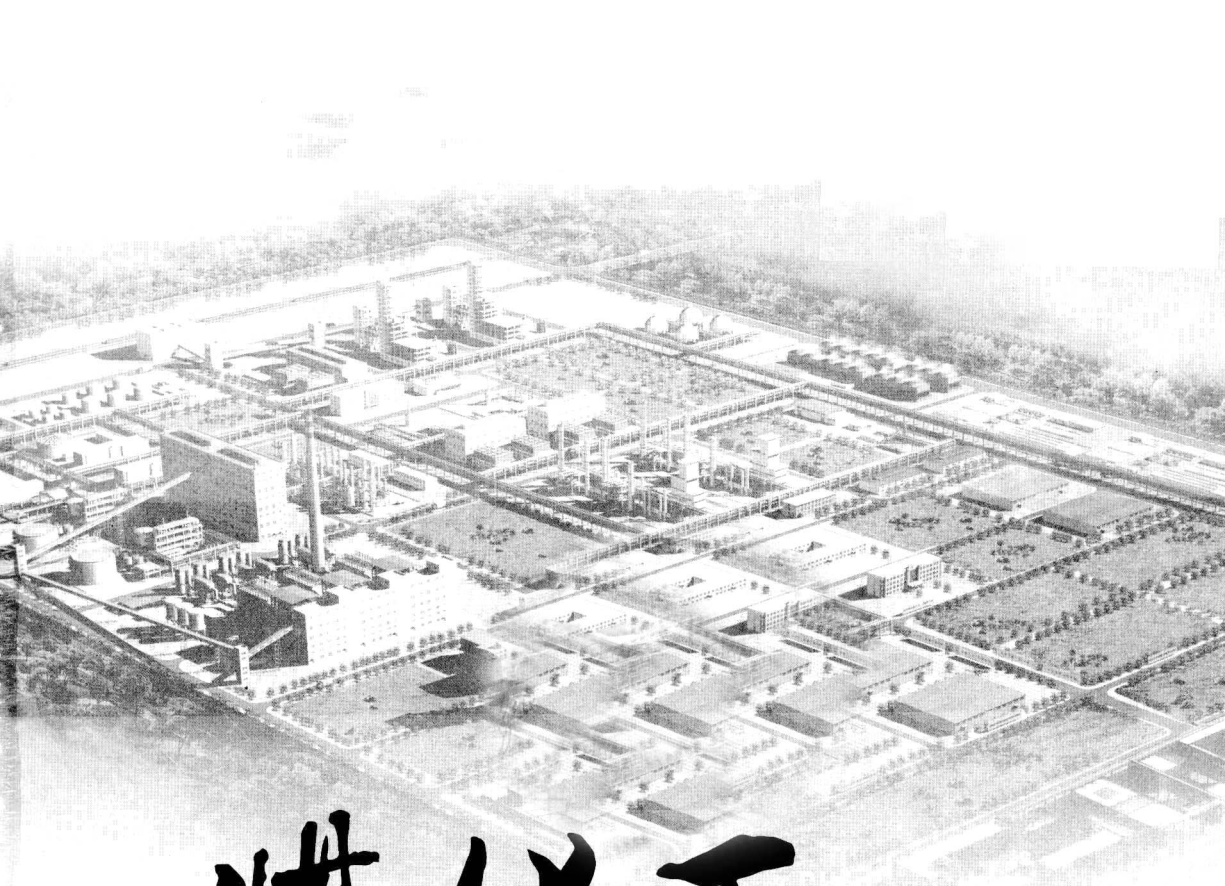
煤化工



——中国煤化工技术与工程

主 编 王 强 副主编 王 强

中国石化出版社



煤化工

手册

——中煤煤化工技术与工程

徐耀武 徐振刚 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤化工手册——中煤煤化工技术与工程/徐耀武, 徐振刚主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.1
ISBN 978-7-122-15800-0

I. 煤… II. ①徐… ②徐… III. 煤化工-技术手册
IV. TQ53-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 263374 号

责任编辑: 邵桂林
责任校对: 顾淑云

装帧设计: 刘丽华

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

710mm×1000mm 1/16 印张 28 $\frac{3}{4}$ 字数 579 千字 2013 年 1 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: 95.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编 徐耀武 徐振刚

编写人员（按姓氏笔画为序）

王兆龙	邢亚军	刘志盛	齐 薇
孙晋东	苏 炼	李光华	张 飞
张利合	徐姝娴	徐振刚	徐耀武
康玉波	鄢 凯		

前 言

煤炭是我国工业化推进的最基本的能源保障，以煤为主的能源结构在今后相当长时期内不会改变。在当前形势下，实现煤炭高效、清洁、低碳化利用的需求日趋迫切。况且，煤炭生产企业仅仅依靠原煤和煤炭初加工产品参与市场竞争，其可持续发展将受资源等诸多条件制约难以实现。积极关注新型煤化工战略新兴产业，因地制宜、不失时机地向煤化工领域发展和延伸，重点发展煤制化肥、烯烃和其它特色煤化工产业，进行纵向优化升级和产业结构调整，已成为中煤集团明确的战略方向和今后一段时期内的重点工作内容。

尽管集团公司煤化工产业起步较晚，但步伐很大也很坚实。在短短几年内，通过与当地企业合资合作以及独立开发等形式，集团公司迅速启动和落地开工建设了图克煤制 350 万吨/年尿素、榆横煤制 120 万吨/年烯烃等多个重大煤化工投资项目，总投资规模近千亿元，已经形成了横跨西北多个省区的大型煤化工项目群，而且后续发展潜力十分巨大，前景非常广阔。

为帮助大家学习和了解煤化工技术、产品、装备以及相关煤化工项目的生产工艺和技术经济情况，我们编写了这一专业性综合读物，内容划分为煤化工用原料煤、主要产品及应用市场、主要工艺及设备配置、中煤集团煤化工项目介绍和国内外其它煤化工项目介绍等 5 篇，共 37 章。

煤化工工艺繁多，生产过程复杂，产业链多而长，涉及专业面很宽也比较庞杂。目前，集团公司煤化工产业处于快速发展期，涉及的工程设计内容在不断充实。因此，在“借鉴国内外煤化工示范项目所取得的经验，结合自身条件”的原则下，本手册仅汇集了集团公司当前煤化工项目所涉及的国内外新的工程技术成果和典型示范项目案例，介绍了中煤集团当前主要煤化工项目的基本情况。随着集团公司煤化工产业的发展和项目推进，我们将不断丰富和完善本手册。

本手册的编写分工为：第一篇由张利合、徐姝嫻、鄢凯执笔，第二篇由孙晋东、刘志盛、苏炼、齐薇执笔，第三篇由齐薇、苏炼、刘志盛、王兆龙执笔，第四篇由鄢凯、张飞、徐姝嫻、王兆龙执笔，第五篇由张飞、孙晋东、张利合执笔。邢亚军、康玉波也参加了本手册部分章节的编写。本手册由徐振刚、李光华审核，由徐耀武审定。

由于本手册内容庞杂，涉及面宽，加之编写人员水平有限，编写时间较短，书中难免有不妥和错误之处，望广大同行予以指正。

编 者
二零一二年六月

目 录

第一篇 煤化工原料用煤

第一章 煤转化技术路线和下游产品链	2
第一节 煤转化技术路线	2
第二节 下游产品链	3
第二章 各类煤化工技术对原料煤的质量要求	8
第一节 煤干馏	8
第二节 煤气化	8
第三节 煤直接液化和其它煤转化	10
第三章 中煤集团煤源概况及其煤化工适应性分析	11
第一节 蒙陕基地	11
第二节 山西基地	13
第三节 新疆基地	14

第二篇 煤化工主要产品及应用市场

第四章 化肥	18
第一节 合成氨	18
第二节 尿素	20
第三节 硝酸铵	22
第四节 硝酸	25
第五节 硫酸铵	27
第六节 碳铵	30
参考文献	32
第五章 碳一化工及衍生品	33
第一节 甲醇	33
第二节 二甲醚	36
第三节 乙二醇	38
第四节 乙醇	42

第五节	MTBE	45
第六节	DMM	47
参考文献		49
第六章	油品	50
第一节	汽油	50
第二节	柴油	52
第三节	航空煤油	54
参考文献		55
第七章	化工品	56
第一节	聚乙烯	56
第二节	聚丙烯	59
第三节	聚氯乙烯	62
第四节	苯	65
第五节	苯酚	68
参考文献		70
第八章	天然气与 LPG	71
第一节	天然气	71
第二节	LPG	74
参考文献		75
第九章	冶金焦炭、兰炭	76
第一节	冶金焦炭	76
第二节	兰炭	78
参考文献		79

第三篇 煤化工主要工艺及设备配置

第十章	煤炭气化	82
第一节	煤气化原理及分类	82
第二节	固定（移动）床气化工工艺	84
第三节	流化床气化工工艺	90
第四节	气流床气化工工艺	94
第五节	其它气化技术	106
第六节	各种气化炉技术参数	116
第七节	CO 变换	119
第八节	脱除酸性气体	121
第九节	气体深度净化	126

第十节	空分装置	129
	参考文献	131
第十一章	合成氨及其下游产品	132
第一节	合成氨	132
第二节	尿素	139
第三节	硝酸铵	141
第四节	硫酸铵	142
第五节	碳铵	143
	参考文献	146
第十二章	甲醇及其下游产品	147
第一节	甲醇	147
第二节	甲醛	157
第三节	醋酸	161
第四节	二甲醚	164
第五节	乙醇	166
第六节	甲基叔丁基醚 (MTBE)	167
第七节	聚甲氧基二甲醚 (DMM _{3~8})	172
第八节	MTA	174
第九节	MTG	175
第十节	烯烃及聚烯烃	179
	参考文献	197
第十三章	合成油、合成天然气、合成乙二醇	199
第一节	费托合成	199
第二节	煤制天然气	213
第三节	煤制乙二醇	225
第十四章	煤炭直接液化	230
第一节	煤炭直接液化原理	230
第二节	工艺流程	231
第三节	催化剂性能及特性	252
第四节	主要设备及配置	254
第十五章	煤的干馏	258
第一节	原理及分类	258
第二节	高温干馏	259
第三节	低温干馏	263
第四节	焦油加工	268
第五节	干馏煤气利用	273

参考文献	274
第十六章 其它煤化工工艺	275
第一节 煤制碳素材料	275
第二节 电石法制乙炔	286
第三节 其它：提腐、提钒、锗稀土元素	289
参考文献	292
第十七章 IGCC 与煤基多联产	293
第一节 IGCC	293
第二节 煤基多联产	298
参考文献	301

第四篇 中煤集团煤化工项目介绍

第十八章 中煤图克化肥 200 万吨/年合成氨 350 万吨/年尿素项目	304
第一节 项目概述	304
第二节 项目产品	305
第三节 项目工艺	305
第四节 项目规划及进展	308
第五节 项目主要技术指标	309
第十九章 兴安盟 40 万吨/年聚氯乙烯及 60 万吨电石项目	310
第一节 项目概述	310
第二节 项目工艺	311
第三节 装置组成及规模	313
第四节 项目生产装置主要设备	313
第五节 项目实施规划和进展	315
第六节 主要技术指标	315
第二十章 平朔劣质煤综合利用示范项目	317
第一节 项目概述	317
第二节 项目工艺	318
第三节 装置工艺流程简述	323
第四节 项目生产装置主要设备	323
第五节 项目规划与进展	324
第六节 项目主要技术指标	324
第二十一章 蒙大 120 万吨/年煤制二甲醚项目一期 60 万吨甲醇项目	326
第一节 项目概述	326
第二节 项目工艺	327

第三节	项目规划和进展	329
第四节	项目主要技术指标	329
第二十二章	榆横煤制 180 万吨/年甲醇转制 60 万吨/年烯烃项目	331
第一节	项目概述	331
第二节	项目工艺	331
第三节	项目规划与进展	335
第四节	主要技术指标	336
第二十三章	伊犁煤制 180 万吨/年甲醇转制 60 万吨/年烯烃项目	338
第一节	项目概述	338
第二节	项目工艺	338
第三节	项目规划与进展	344
第四节	主要技术指标	344
第二十四章	新疆准东 40 亿米³/年煤制天然气项目	346
第一节	项目概述	346
第二节	项目工艺	346
第三节	项目规划与进展	350
第二十五章	龙化哈尔滨煤化工有限公司暨龙化 25 万吨甲醇项目	352
第一节	公司总体情况简述	352
第二节	公司依托煤炭情况	353
第三节	产品分布和产能	353
第四节	全公司工艺	354
第二十六章	中煤焦化公司 18·30 化肥项目	358
第一节	项目概述	358
第二节	项目开发的背景	358
第三节	项目规模及项目目标, 产品情况	359
第四节	项目工艺	359
第五节	项目规划与进展	360
第六节	项目主要技术指标	360

第五篇 国内外其它煤化工项目介绍

第二十七章	南非 SASOL 煤间接液化项目	364
第一节	项目概述	364
第二节	项目工艺	365
第三节	项目规划与进展	372
第四节	技术经济指标	373

参考文献	374
第二十八章 美国大平原煤制天然气项目	375
第一节 项目概述	375
第二节 项目工艺	375
第三节 项目规划与进展	378
第四节 技术经济指标	378
参考文献	378
第二十九章 神华 108 万吨/年煤直接液化项目	379
第一节 项目概述	379
第二节 项目工艺	380
第三节 项目进展	388
第四节 技术经济指标	389
参考文献	389
第三十章 伊泰 16 万吨/年煤间接液化项目	390
第一节 项目概述	390
第二节 项目工艺	390
第三节 项目进度与规划	394
第四节 技术经济指标	395
参考文献	396
第三十一章 神华煤制 180 万吨/年甲醇转制 60 万吨/年烯烃 (MTO)	397
第一节 项目概述	397
第二节 项目工艺	398
第三节 项目规划与进展	404
第四节 技术经济指标	404
参考文献	405
第三十二章 宁煤煤制 167 万吨/年甲醇转制 50 万吨/年烯烃 (MTP)	406
第一节 项目概述	406
第二节 项目工艺	406
第三节 项目规划与进展	411
第四节 技术经济指标	411
参考文献	411
第三十三章 晋煤甲醇制 10 万吨/年汽油项目	412
第一节 项目概述	412
第二节 项目工艺	412
第三节 项目规划与进展	415
第四节 技术经济指标	416

参考文献	416
第三十四章 大唐克旗 40 亿标立方/年煤制天然气项目	417
第一节 项目概述	417
第二节 项目工艺	418
第三节 项目规划与进展	422
第四节 技术经济指标	423
参考文献	424
第三十五章 云天化金新煤制 50 万吨/年合成氨转制 80 万吨/年尿素	425
第一节 项目概述	425
第二节 项目工艺	425
第三节 项目规划与进展	434
参考文献	434
第三十六章 通辽金煤 20 万吨/年煤制乙二醇项目	435
第一节 项目概述	435
第二节 项目工艺	435
第三节 项目规划与进展	438
第四节 技术经济指标	439
参考文献	440
第三十七章 新疆广汇 80 万吨/年煤制二甲醚项目	441
第一节 概述	441
第二节 项目工艺	441
第三节 项目规划与进展	446
第四节 技术经济指标	446
参考文献	447

第一篇
煤化工原料用煤

第一章 煤转化技术路线和下游产品链

第一节 煤转化技术路线

中国是一个相对富煤、贫油、少气的国家，煤炭是我国工业化推进的最基本的能源保障。2011年，我国煤炭产量达到35.2亿吨左右，净进口1.88亿吨，煤炭消费总量35.7亿吨，占全球煤炭消费总量的49.4%。“十二五”期间，随着国民经济的快速发展，我国煤炭产量还将大幅增长。但是，煤炭在促进经济快速发展的同时也造成了严重的环境污染，并引发了一系列的经济和社会问题。由于煤炭不合理开采和利用方式落后造成的资源和环境问题已成为制约我国可持续发展的主要因素。

在全球气候变化问题日益突出的背景下，“低碳能源”、“低碳经济”、“近零排放”日益受到世界关注。随着我国煤炭消费量的持续增长，节能减排的难度将日益增大，节能减排的边际成本将不断攀升。我们知道，煤炭具有能源和资源的二重性。在这种情况下，迫切需要通过实现煤炭洁净转化，拓宽煤炭清洁高效利用途径，大幅度提高资源利用效率，减少污染物排放，促进节能减排。

煤炭转化技术以煤为原料，通过气化、液化、碳—合成等先进化工工艺手段，将能源转化与化工产品合成相结合，生产化学品、煤基氢气、煤基代用液体燃料等。煤炭转化能有效提高能效、降低污染物排放，实现资源综合利用和能源有效利用，更是中国发展低碳技术经济的关键。

煤炭转化技术包括煤的一次化学加工、二次化学加工和深度化学加工。从源头上来看，煤炭转化技术大体划分为煤炭干馏、煤炭气化和煤炭直接液化等工艺路线，如图1-1。

煤炭干馏是应用最早的化工转化技术路线，并且至今仍然是煤化学工业的重要组成部分。煤炭干馏是将煤炭隔绝空气加热分解，得到气态、液态和固态产物。随着加热温度的变化，热解产物的特性会有所不同。热解温度高于950℃的过程成为高温干馏，若采用合适的烟煤为原料，干馏固体产物即为冶金焦，2010年国内焦炭产量3.87亿吨。由于受其产品需求的制约，煤炭中低温干馏技术发展和应用不及高温干馏。由于中低温干馏可拔取煤中富油组分生产油品，半

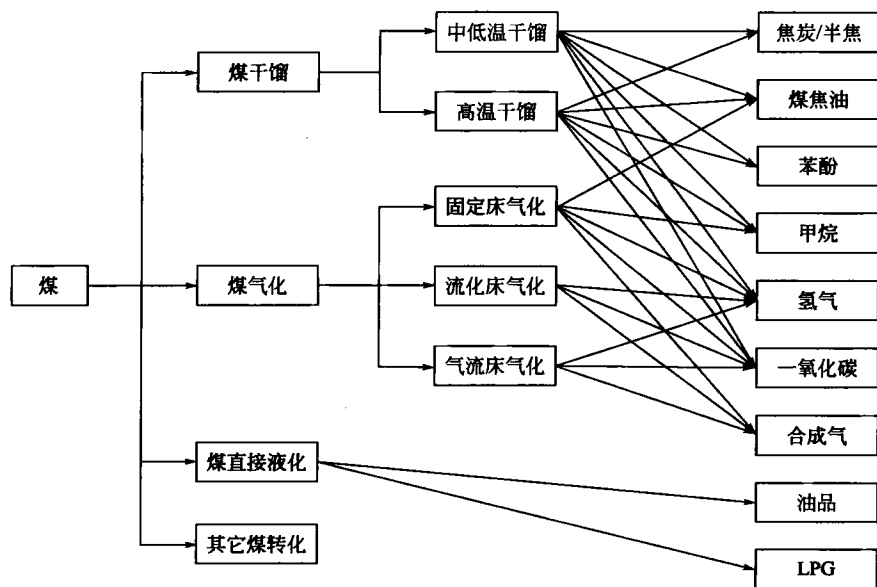


图 1-1 煤转化主要技术路线

焦可生产合成气，实现煤炭分级综合利用。从长远来看，中低温热解技术具有较好的发展前景。

煤炭气化是利用气化剂（ O_2 、 H_2O 或 CO_2 ）与煤炭反应生成合成气（ CO 和 H_2 的混合物）的煤炭转化技术，是新型煤化工技术的龙头和关键。新型煤化工技术是指以煤气化为龙头，以一碳化工技术为基础，合成、制取各种化工产品和燃料油的煤炭洁净利用技术，与电热等联产，可大幅提高能源效率和资源利用效率，实现社会经济效益最优化。

煤直接液化，即煤高压加氢液化，可以生产石油和化学生产。由于煤炭直接液化对煤种等要求较为苛刻，投资技术经济风险较大等因素，目前世界上商业运营的仅有神华百万吨级煤炭直接液化示范装置。

此外，煤炭可以用于生产腐殖酸类和活性炭等等。这类煤炭转化技术产业规模较小，不适于建设大型规模化项目，本手册不作重点论述。

第二节 下游产品链

一、煤干馏产品链

煤干馏按加热终温的不同，可分为三种： $900\sim 1100^{\circ}C$ 为高温干馏，即焦化； $700\sim 900^{\circ}C$ 为中温干馏； $500\sim 600^{\circ}C$ 为低温干馏。煤干馏的产物是焦炭或半焦、煤焦油和煤气：

(1) 焦炭或半焦 焦炭是高温干馏的固体产物, 90%以上用于高炉炼铁, 其次用于铸造与有色金属冶炼工业, 少量用于制取碳化钙、二硫化碳、元素磷等。焦炭也可作为制备水煤气的原料制取合成用的原料气。

半焦为中低温干馏固体产物, 产率约为原料煤的 50%~70%。以褐煤为原料进行中低温干馏, 可把约 3/4 的原煤热值集中于半焦, 但半焦质量还不到原煤的一半。半焦反应性好, 适于做还原反应的炭料。半焦含硫比原煤低, 作为燃料有利于环境保护。半焦还可用于气化, 生产合成气。

(2) 煤焦油 高温煤焦油其产率占原料煤的 3%~4%, 组成极为复杂, 主要含有萘、蒽、菲、咔唑等, 是重要的精细化工原料。世界上 90%以上的蒽来自焦化副产物粗蒽; 而咔唑则 100%来煤焦油。

中低温煤焦油比高温焦油轻, 含有较多的脂肪烃和环烷烃以及多烷基酚、二元酚和三元酚等化合物, 产率占原料煤的 6%~25%。由中低温焦油提取的酚可以用于生产塑料、合成纤维、医药等产品。中低温焦油经加氢生产汽油和柴油, 也是石油所不能完全替代的化工原料。

(3) 煤气 高温干馏煤气为焦炉煤气, 又称炼焦煤气, 一般每吨干煤可生产焦炉气 300~350m³ (标准状态)。其主要成分为氢气 (55%~60%) 和甲烷 (23%~27%)。高温干馏煤气氢气量高, 可用生产甲醇、合成氨等, 其它成分如甲烷可用于生产人工天然气。

中低温干馏煤气含有较多甲烷及其他烃类, 产率 80~200m³/吨 (原料干煤)。煤气组成因原料煤性质不同而有较大差异。褐煤中低温干馏煤气的烃类含量低, 烟煤的含量可高达 65%, 故其热值可达 33.5~33.7MJ/m³。在气流内热式炉内干馏时, 所得煤气被热载体烟气稀释, 因而热值降低 3~4 倍, 降低了其应用价值。中低温干馏煤气主要用作本企业的加热燃料和其他用途, 多余的煤气可做民用煤气, 也可做化工合成原料气。

煤炭干馏产品链见图 1-2。

二、煤气化产品链

煤气化技术是指将固体煤转化为可燃气体 (煤气) 的煤炭热加工过程。在各种先进的煤气化技术中, 鲁奇碎煤加压移动床气化、水煤浆加压气流床气化和粉煤加压气流床气化受到广泛关注, 产业化技术日臻完善。鲁奇碎煤加压移动床气化由于在气化低阶煤的突出优点, 在南非煤直接液化工厂得到成功应用。鲁奇碎煤加压移动床不仅能够生产合成气, 还可副产煤焦油用于加工油品。由于煤气中甲烷含量高于其他煤气化工艺, 非常有利于生产人工天然气。水煤浆加压气流床气化和粉煤加压气流床气化对煤种适应性较强, 气化强度大, 气化温度高, 生产合成气组分单一, 污染物治理费用较低。

从合成气的下游来看, 主要产品是氢气、一氧化碳、合成氨和甲醇。一氧化碳