

<<煤炭间接液化>>

图书基本信息

书名：<<煤炭间接液化>>

13位ISBN编号：9787122147653

10位ISBN编号：7122147657

出版时间：2012-10

出版时间：孙启文 化学工业出版社 (2012-10出版)

作者：孙启文

页数：486

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## &lt;&lt;煤炭间接液化&gt;&gt;

## 前言

2008年,中国的煤炭产量高达27.93亿吨,是1978年6.18亿吨的4.52倍,占2008年世界煤产量的42%,而增量占世界的80%以上。

多年来,在中国的能源消费结构中,煤约占70%,另外两种化石能源石油和天然气分别约占20%和3.5%;中国的电力结构中,燃煤发电一直占主导地位,比例约为77%;中国的化工原料结构中,煤炭占一半以上。

中国煤炭工业协会预计到2010年全国煤炭需求量在30亿吨以上,而中国科学院和中国工程院通过战略研究预计,到2050年,煤在中国的能源消费结构比例中仍将高居首位,占40%以上,这一比例对应的煤量为37.8亿吨,比2010年的需求量多26%。

由此可见,无论是比例还是数量,在较长的时期内以煤为主的能源结构和化工原料结构很难改变。

事实上,根据2008年BP公司的报告,在化石能源中,无论是中国还是世界,煤的储采比(中国45,世界133)都是石油的2倍左右。

因此,尽管煤在世界的能源消费结构中仅占28%,低于石油的36%,但“煤炭在未来50年将继续是世界的主要能源之一”(英国皇家学会主席Martin Rees,路透社2008年6月10日);“越来越多的化学制品公司正在将煤作为主要原料”(美国《化工新闻》高级编辑A.H.Tullo,2008年3月17日)。

但是,由于煤的高碳性和目前利用技术的落后,煤在作为主要能源和化工原料的同时也是环境的主要污染源。

据中国工程院的资料,2006年,我国排放的SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的总量达4000万吨以上,源于燃煤的比例分别为85%和60%,燃煤排放的CO<sub>2</sub>和烟尘也分别占到总排放量的85%和70%。

至于以煤为原料的焦炭、电石等传统煤化工生产过程,除对大气污染外,其废水、废渣对环境的影响也十分严重。

据荷兰环境署统计,2006年中国的CO<sub>2</sub>排放量为6.2Gt,而2007年又增加了8%。

虽然我国的人均CO<sub>2</sub>排放量远低于美国等发达国家,但由于化石能源的碳强度系数高[据日本能源统计年鉴,按吨(煤)计算:煤排放2.66t CO<sub>2</sub>,石油排放2.02t CO<sub>2</sub>,天然气排放1.47t CO<sub>2</sub>]和我国较长时期仍以化石能源为主(中国科学院数据,到2050年,化石能源在中国能源结构中占70%,其中煤40%、石油20%、天然气10%),和其他污染物一样,CO<sub>2</sub>的排放与治理也必须高度重视并采取有效措施。煤炭的上述地位和影响,对世界,特别是对中国,无疑是一种两难选择。

可喜的是,“发展煤化工,开发和推广洁净煤技术是解决两难的现实选择”已成为人们的共识并取得重要进展。

遗憾的是,在石油价格一度不断飙升的情况下,由于缺乏政策引导、科学规划,煤化工出现了不顾原料资源、市场需求、技术优劣等客观条件盲目发展的势头。

为此,笔者将20余年来对煤化工科学发展积累的知识、实践、认识和理解编撰成《煤化工发展与规划》一书,于2005年9月由化学工业出版社出版发行。

与此同时,作为我国化学化工类图书出版之“旗舰”和科技图书出版之“先锋”的化学工业出版社,在原化工部副部长谭竹洲、李勇武的指导下,极具战略眼光,决定在全国范围内组织编写《现代煤化工技术丛书》(以下简称《丛书》),出版社诚邀笔者担任该《丛书》主编,成立了由笔者和李勇武会长(中国石油和化学工业联合会)为主任的编委会,并于2006年4月18日在太原召开《丛书》第一次编写会议。

就在编委会紧锣密鼓地组织、协调、推荐作者、确定内容、审定大纲的不到两年间,国内的煤化工又有了强势的发展和规划。

据有关方面的粗略统计,2007年全国煤制甲醇生产、在建、计划产能总计达6000万吨,2008年实际产量1126.3万吨;2008年二甲醚产能约410万吨,实际产量200万吨;直接和间接液化法“煤制油”的在建和计划产能也超过千万吨;技术尚未成熟的煤制低碳烯烃、醇、醚等化工原料在建和计划项目也此起彼伏,层出不穷。

煤化工这种强势的发展与规划不仅面临着市场需求和技术成熟度的有力挑战,而且还受到原料煤、水资源、环境容量等条件很大限制,其中尤以水资源为甚。

## &lt;&lt;煤炭间接液化&gt;&gt;

美国淡水研究权威、太平洋研究所所长称：“当水资源受到限制和污染，或者经济活动不受限制而且缺乏恰当的管理时，严重的社会问题就可能发生。

而在中国，这些因素的积聚将产生更为严重、复杂的水资源挑战。

”按现有技术，煤制甲醇、二甲醚、油（间接液化）的单位产品水耗（t/t）分别为15、22、16。

虽然，大量的温室气体排放来源于化石能源无节制的使用，特别是燃煤发电和工业锅炉，但目前的煤化工产品生产工艺过程排放的温室气体也不容忽视，英国《卫报》网站说“用煤生产液体燃料的过程所产生的温室气体是常规石油燃料的两倍以上”。

至于传统的煤化工产品生产技术，还对原料煤有苛刻的要求，如固定床造气需要无烟块煤或焦炭，而焦化和电石生产的原料煤是焦煤和肥煤，但这些优质煤种的保有储量仅占煤炭资源保有总量的16.9%（无烟煤）和3.7%（焦煤和肥煤）。

针对上述情况，2009年2月19日，国务院提出“停止审批单纯扩大产能的焦炭、电石等煤化工项目，坚决遏制煤化工盲目发展的势头”，并要求石化产业的调整振兴必须“技术创新、产业升级、节能减排”。

这使得煤化工的发展必须要以提高能效、减少能耗、降低排放为目标进行科学规划、优化选择、合理布局。

但是，由于成煤物质和成煤年代等差异所导致的煤的复杂性和煤化学工程的学科特性，煤化工具有基础研究学科交叉、工程开发技术复杂、规模生产投资巨大的显著特点。

这些特点对以煤气化为基础，以一碳化学为主线，以优化集成为途径，生产各种替代燃料和化工产品的现代煤化工尤其突出。

要做到煤化工产业的科学规划、健康发展就必须全面了解、充分把握这些特点。

应运而生的《现代煤化工技术丛书》正是为满足这一需求，力求通过分册组成合理、学术实用并举、集成精粹结合、内容形式统一的编撰，体现现代煤化工的特点；希冀通过对新技术、新工艺、新产品的研究、开发、应用的指导作用，促进煤化工产业的技术进步；期望通过提供基础性、战略性、前瞻性的原理数据、可靠信息、科学思路推进煤化工产业的健康发展。

为此，在选择《丛书》编撰者时，优先考虑的是理论基础扎实、学术思想活跃、资料掌握充分、实践经验丰富的分领域技术领军人或精英。

在要求《丛书》分册编写时，突出体现“新、特、深、精”。

新，是指四新，即新思路、新结构、新内容和新文献；特，是有特色，即写法和内容都要有特色，与同类著作相比，特色明显；深，是说深度，即基础论述要深，阐述规律要准；精，是要成为精品，即《丛书》不成“传世”之作，也要成业界人士的“案头”之作。

根据上述指导思想和编写原则，《丛书》由以下分册组成。

- 1.《煤化工概论》（谢克昌、赵炜编著）：以煤的转化反应为主线，以煤的转化技术分章节，阐述煤化工的基本原理，提供煤化工的总体轮廓。
- 2.《煤炭气化技术》（于遵宏、王辅臣等编著）：在工艺过程分析、气化过程原理论述的基础上，比较各种气化过程的优劣，给出自主创新的煤炭气化实例。
- 3.《气体净化分离技术》（上官炬、常丽萍、苗茂谦编著）：以气化煤气净化与分离的科学和技术问题为基础，比较各种净化工艺与技术，以解决现存问题，提供最佳技术选择。
- 4.《煤的等离子体转化》（吕永康、庞先勇、谢克昌编著）：作为煤的非常规转化的重要组成，以多年的实验工作为基础，介绍等离子体应用于煤转化的主要技术。
- 5.《煤的热解、炼焦和煤焦油加工》（高晋生主编）：以煤的热解为主线，将热解、炼焦和煤焦油加工有机结合，通过新技术的阐述，推动传统煤化工的革新。
- 6.《煤炭直接液化》（吴春来编著）：以扎实的理论知识和丰富的实践经验为基础，提出直接液化用煤、生产工艺的优选原则，实现理论性和应用性的并重。
- 7.《煤炭间接液化》（孙启文编著）：在介绍费托合成反应基础理论、技术发展的基础上，重点对核心问题——催化剂和反应器的研发做详细阐述。
- 8.《煤基合成化学品》（应卫勇编著）：开发煤基合成化学品的新产品、新技术是现代煤化工的重要组成。

## &lt;&lt;煤炭间接液化&gt;&gt;

面向企业，以阐述煤基化学品的生产技术、工艺和应用为主。

9.《煤基多联产系统技术及工艺过程分析》（李文英、冯杰、谢克昌编著）：以煤气化为基础的多联产是公认的煤洁净高效利用的主要技术途径，通过非多联产和多联产过程的分析给出多联产的创新优化实例。

10.《煤基醇醚燃料》（李忠、谢克昌编著）：作为重要的车用替代燃料，结合国内外的实践，重点介绍甲醇、二甲醚和乙醇燃料的性质、制备和应用。

11.《煤化工过程中的污染与控制》（高晋生、鲁军、王杰编著）：在客观分析煤化工过程对环境污染的基础上，通过该过程中有害元素的迁移与控制论述，介绍主要污染物的净化、减排和利用技术。

12.《煤化工设计基础》（张庆庚、李凡、李好管编著）：煤化工新技术、新工艺的产业化离不开整体考虑和合理设计，而设计基础来源于全面的知识和成功的实践。

由以上《丛书》各分册的简介可以看出，各分册独立成册，却内涵相连，各分册既非学术专著，又非设计手册，但发挥之作用却不仅在于科研、教学之参考，更在于应用、实践之指导。

鉴于中国石油和化学工业联合会、化学工业出版社对这套《丛书》寄予厚望，国家新闻出版总署将其列为国家“十一五”重点图书，身居煤化工“冷热不均”却舍之不得，仍拼搏奋斗在第一线的诸位作者深感责任重大，均表示要写成精品之作，以飨读者。

但因分册内容不同，作者情况有别，《丛书》难以整体同时问世，敬请读者原谅。

“纵浪大化中，不喜亦不惧”，煤化工的发展道路可能有起有伏，坎坷不平，但其在中国的地位与作用如同其理论基础和基本原理一样难以撼动，在通过洁净煤技术，实现高碳性的煤炭低碳化利用，并与可再生能源一起，促进低碳经济发展的进程中，现代煤化工必将发挥不可替代的作用。

诚望这套立意虽高远、内容难全面、力求成经典、水平限心愿的《丛书》能在煤化工界同仁的“不喜亦不惧”中，成为读者为事业不懈追求的忠实伙伴。

2009年9月9日

## <<煤炭间接液化>>

### 内容概要

《现代煤化工技术丛书：煤炭间接液化》以煤炭间接液化基本理论为基础,详细介绍了煤间接液化技术的基本原理、关键技术、关键设备、主要工艺单元以及大型煤间接液化工业过程。全书共分七章,内容丰富全面,具有较强的实用性和新颖性,可供从事煤间接液化技术研究、设计和生产的技术人员参考,也可供大专院校煤化工专业师生参考。

<<煤炭间接液化>>

作者简介

作者：孙启文，煤液化及煤化工国家重点实验室主任，研究员

## &lt;&lt;煤炭间接液化&gt;&gt;

## 书籍目录

1 概论 1.1 发展煤炭间接液化技术的意义 1.1.1 能源构成 1.1.2 煤炭资源与有效利用 1.1.3 煤炭资源对能源安全的影响 1.2 煤间接液化核心技术费托合成的基本概念及发展历史 1.2.1 费托合成 (Fischer Tropsch Synthesis) 技术 1.2.2 发展历史 1.3 我国煤间接液化技术发展现状 参考文献 2 费托合成反应基本原理 2.1 费托合成反应 2.2 转化率与选择性 2.2.1 转化率 2.2.2 选择性 2.3 反应热力学 2.3.1 反应热 2.3.2 反应的吉布斯自由能 2.3.3 反应的平衡常数 2.3.4 二次反应的热力学分析 2.4 反应机理 2.4.1 活性吸附过程 2.4.2 费托合成反应机理 2.4.3 费托合成中水煤气变换反应机理 2.5 反应动力学 2.5.1 基于反应物消耗速率的反应动力学方程 2.5.2 基于烃类产物生成速率的反应动力学方程 2.5.3 水煤气变换反应动力学方程 2.6 费托合成产物选择性与ASF (Anderson Schulz Flory) 分布 2.6.1 费托合成产物选择性的特点 2.6.2 费托合成反应产物的ASF (Anderson Schulz Flory) 分布模型 2.6.3 费托合成产物分布与操作条件的关系 2.6.4 催化剂对费托合成产物分布的影响 2.6.5 实际产物分布与ASF模型的偏离 主要符号说明 参考文献 3 费托合成反应催化剂 3.1 发展历史 3.2 铁基催化剂 3.2.1 低温铁基催化剂 3.2.2 高温铁基催化剂 3.3 钴基催化剂 3.3.1 催化剂制备方法 3.3.2 催化剂物理性质 3.3.3 催化剂还原与使用 3.3.4 催化剂反应性能 3.3.5 催化剂失活 3.4 钴基催化剂与铁基催化剂比较 主要符号说明 参考文献 4 费托合成反应器 4.1 发展历史 4.2 固定床反应器 4.2.1 反应器结构 4.2.2 固定床反应器特点 4.3 浆态床反应器 4.3.1 反应器结构及内构件 4.3.2 浆态床反应器特点 4.3.3 浆态床反应器放大设计基础 4.4 流化床反应器 4.4.1 循环流化床反应器 4.4.2 固定流化床反应器 4.4.3 流化床反应器放大设计基础 4.5 反应器数学模拟 4.5.1 固定床反应器数学模拟 4.5.2 浆态床反应器数学模拟 4.5.3 固定流化床反应器数学模拟 主要符号说明 参考文献 5 费托合成原料气体的生产 5.1 费托合成对原料气的要求 5.1.1 费托合成反应计量化学及对合成气组成的要求 5.1.2 费托合成反应对气体含硫量的要求 5.2 煤的气化 5.2.1 煤在气化过程中的变化 5.2.2 煤气化过程的热力学平衡模型 5.2.3 煤气化反应动力学 5.2.4 煤的气化性质 5.2.5 气化炉及气化工艺 5.2.6 不同气化工艺比较 5.3 CO变换 5.3.1 反应方程式 5.3.2 反应热力学 5.3.3 反应动力学 5.3.4 工艺流程和主要设备 5.3.5 变换催化剂 5.4 合成气脱硫技术 5.4.1 低温甲醇洗 (Rectisol) 技术 5.4.2 NHD (Selexol) 技术 5.4.3 其它技术 5.5 CO<sub>2</sub>脱除 5.5.1 改良热钾碱法 5.5.2 甲基二乙醇胺法 5.6 硫回收技术 5.6.1 克劳斯 (Claus) 工艺 5.6.2 斯科特 (Scot) 工艺 主要符号说明 参考文献 6 费托合成产品深加工 6.1 费托合成尾气处理 6.1.1 费托合成尾气的特点 6.1.2 尾气加工单元 6.1.3 费托合成尾气加工分离流程 6.2 费托合成油深加工 6.2.1 费托合成油组成特点 6.2.2 费托合成油适合加工的目标产品 6.2.3 费托合成油加工方法 6.2.4 传统炼油工艺对费托合成油品加工过程的适应性及环境影响评估 6.2.5 费托合成油加工工艺流程 6.3 费托合成反应水的加工处理 6.3.1 费托合成反应水的特点 6.3.2 不同组分的分离过程 6.3.3 费托合成反应水加工分离工艺 6.3.4 费托合成反应水加工分离过程分析 参考文献 7 费托合成与大型煤间接液化工艺过程 7.1 费托合成工艺 7.1.1 低温费托合成工艺 7.1.2 高温费托合成工艺 7.2 大型煤间接液化工艺过程 7.3 煤间接液化过程分析 7.3.1 费托合成过程分析 7.3.2 兖矿榆林百万吨级煤间接液化示范装置分析 7.4 其它应用 7.4.1 联产电力的分析 7.4.2 与甲醇过程的联合生产 7.4.3 与直接液化的联合生产 7.5 发展趋势 参考文献

## &lt;&lt;煤炭间接液化&gt;&gt;

## 章节摘录

版权页：插图：CO在金属表面上的吸附常以羰基金属络合物表示，C原子上的5s孤立电子向金属原子的空轨道提供电子，首先形成二者之间的强σ键，然后金属原子的d轨道将电子反馈给CO的反键π\*轨道，形成金属与CO间的π键，由于这两个键的共同作用，CO依靠C原子在金属表面被牢固吸附，但由于π反馈使得C与O之间的反键增强，碳氧键被削弱而变得不稳定，即吸附的CO被活化，这种反应性可以近似地认为与π反馈的大小有关。

如果π反馈进一步增大，碳氧键就会更加不稳定直到发生断裂，即CO在金属表面上发生解离吸附（8）。

CO在金属表面上的吸附类型也不是单一的。

一般来讲，在费托合成催化剂的UPS、XPS和IR光谱中，以C原子端垂直吸附在过渡金属表面的COads是唯一可以辨识的稳定的表面含氧物种，波数高于2000cm<sup>-1</sup>的C—O振动对应于线性吸附的CO分子，有的还有非常弱的孪式吸附，而波数低于2000cm<sup>-1</sup>的振动对应于高配位数的CO桥式吸附，此外还有双联、多联等类型，最常见的是线性吸附和桥式吸附。

CO分子参与反应，主要有以下特征。

（1）最高占有轨道上5s孤对电子具有弱Lewis碱的性质，与强的Lewis酸反应可以生成加成产物；与具有空轨道的某些过渡金属作用能形成金属羰基络合物。

在络合物中，CO的5s孤对电子进入金属的空轨道形成σ键，同时金属的d电子也可以反馈到CO的空轨道上形成π\*键。

（2）由于CO的最低空轨道是反键性的，当金属的反键电子进入该轨道时，与形成的σ键共同作用，其结果是使C—O键受到削弱，由于不同金属的特性不同，C—M键的强度不同，所以C—O键被削弱的程度也会不同；（3）CO分子同时具有还原作用，尤其是与H<sub>2</sub>O共存时，因为水煤气变换反应的存在，使体系具有较强的还原能力。

CO是以分子态吸附于催化剂表面上直接与吸附氢反应，还是解离成表面碳进行反应，或者是解离和非解离的CO在催化剂上同时发生竞争反应，是费托合成反应机理研究中的重要问题。

辛采芬等（13）采用脉冲法和热重法对费托合成铁系催化剂上CO化学吸附进行了研究，认为对于熔铁催化剂，在-78~0℃ CO在催化剂表面上以物理吸附为主，0~200℃范围内以分子态化学吸附为主，200~280℃ CO分子态与解离态两种吸附共存，280℃以上以解离吸附为主。

沉淀铁催化剂有着类似的吸附状态，但温度范围和起始解离温度有所不同。

2.4.2 费托合成反应机理 目前提出的大多数费托合成反应机理均假设烃生成可以视为聚合反应，尽管具体的反应历程不同，但基本均可以概括为链引发、链增长、链终止/脱附等三个阶段。

弄清楚合成反应机理是深入研究反应的引发、链的增长、产物分布和动力学规律的前提。

总结起来最少有十几种机理用于解释费托合成反应，但目前尚无一种为大家所共同接受。

下面分别对几种典型的费托合成反应机理加以讨论。

## <<煤炭间接液化>>

### 编辑推荐

《现代煤化工技术丛书:煤炭间接液化》为“十一五”国家重点图书。在介绍费托合成反应基础理论、技术发展的基础上,重点对核心问题——催化剂和反应器的研发做详细阐述。

<<煤炭间接液化>>

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>