

# 煤炭气化液化新工艺

## 新技术与质量检验检测

### 标准规范实务全书

MEITAN QIHUA YEHUA XINGONGYI XINJISHU YU  
ZHILIANG JIANYAN JIANCE BIAOZHUN GUIFAN  
SHIWU QUANSHU

TQ546  
G-858  
1

# 煤炭气化液化新工艺新技术 与质量检验检测标准 规范实务全书

(第一卷)

主编：顾文卿

宁夏大地出版社

# 编 委 会

主 编：顾文卿（中国矿业大学教授）

编 委 会：

刘伟江	刘妍妍	刘伟英	刘	冉
马爱菊	郝建国	张 冉	贾	明
孙 涵	王 凯	尚艳丽	王	松
韩 非	余志刚	李宏圆	阎	景

# 前 言

能源是中国实现现代化进程中的重要物质基础,一直受到各级政府和全社会的关注。今后 20 年,国内生产总值将以年均 7.2% 的速度增长,对能源的需求量十分巨大,而且要求不断优化终端能源结构,大幅度提高电力、液体燃料、气体燃料等使用方便、清洁、高效能源的比例。

我国煤炭资源丰富,石油和天然气相对短缺,以新能源、可再生能源为主的后续能源的开发和利用,还需要一段相当长的技术准备和过渡期。因此,在未来相当长的一段时期,煤炭仍将是我国的主要能源,而且是优化能源结构的主要基础能源。

为满足国民经济发展对石油的需求,近年来石油进口量迅速增加,预计到 2020 年石油缺口将占到消费总量的 50% 左右。石油进口量的持续增长,使国内石油供应直接受到国际形势变化所引起的市场和价格急剧变动的影响,由此引起的能源安全问题应受到充分的重视。

从能源发展现状和对未来供需平衡的预测分析出发,应采取多元化的途径解决国内石油供需矛盾。在积极利用国外能源资源和国际市场供应的同时,发展科技含量高、经济效益好、环境友好的煤炭转化技术,将煤炭加工转化成为液体燃料、气体燃料等清洁、高效的二次能源,在一定程度上可较大规模地补充和缓解石油短缺,是立足国内资源优势,保障能源持续、可靠供应的一条重要途径。

煤炭气化是发展新型煤化工的重要单元技术,煤化工联产是发展的重要方向。煤炭气化技术在单元工艺、中间产物、目标产品等方面有很大互补性。

将不同工艺进行优化组合实现多联产,产与尾气发电、废渣利用等形成综合联产,达到资源、能源综合利用的目的,有效减少工程建设投资,降低生产成本,减少污染物或废物排。同时,煤炭液化作为洁净煤技术的重要组成部分正在我国实现产业化。

为了促进煤炭气化液化新工艺新技术的推广,加强煤炭气化液化质量检验检测标准应用工作,我们特组织有关专家、学者编撰了本书。全书分为煤化学基础知识、煤炭气化概论、移动床气化新工艺新技术、流化床气化新工艺新技术、气流床气化新工艺新技术、熔融床气化新工艺新技术、地下气化新工艺新技术、煤气净化新工艺新技术、F-T合成新工艺新技术、煤炭液化新工艺新技术、其他煤化学产品加工利用及煤炭气化液化质量检验检测标准规范,内容全面、新颖。

手册在编撰过程中参考了相关资料,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请广大专家、学者批评指教。

手册编委会

2005年7月

# 目 录

## 第一篇 煤化学基础知识

<b>第一章 煤的外表特征和生成</b> .....	(3)
第一节 煤的种类和外表特征 .....	(3)
第二节 煤的生成 .....	(6)
<b>第二章 煤的一般性质</b> .....	(19)
第一节 煤的宏观特征和微观特征 .....	(19)
第二节 煤的物理性质 .....	(38)
第三节 煤的固态胶体性质 .....	(50)
第四节 煤的化学性质 .....	(54)
<b>第三章 煤的工业分析和元素分析</b> .....	(61)
第一节 煤样的采集 .....	(61)
第二节 煤样的制备 .....	(75)
第三节 煤质分析中常用基准和符号 .....	(83)
第四节 煤的工业分析 .....	(86)
第五节 煤的元素分析 .....	(106)
第六节 煤的发热量 .....	(122)
第七节 分析结果的基准换算 .....	(134)
<b>第四章 煤的有机质的结构</b> .....	(140)
第一节 煤结构单元核心部分的结构 .....	(140)
第二节 煤结构单元外围部分的结构 .....	(142)
第三节 煤的结构模型 .....	(145)
第四节 煤的分子结构的概念 .....	(148)
<b>第五章 煤的工艺性质</b> .....	(150)
第一节 煤的热解 .....	(150)
第二节 煤的黏结和成焦机理 .....	(158)

第三节	煤的黏结性(结焦性)指标 .....	(162)
第四节	煤的其他工艺性质 .....	(175)
<b>第六章</b>	<b>煤的分类及煤质评价 .....</b>	<b>(186)</b>
第一节	煤的分类指标 .....	(186)
第二节	中国煤分类 .....	(188)
第三节	国际煤分类 .....	(197)
第四节	各种煤的特性及用途 .....	(199)
第五节	炼焦煤种和配煤原理 .....	(202)
第六节	煤质评价 .....	(205)
<b>第七章</b>	<b>煤炭的综合利用 .....</b>	<b>(210)</b>
第一节	煤的气化 .....	(210)
第二节	煤的液化 .....	(214)
第三节	煤的燃烧 .....	(217)
第四节	石煤和煤矸石的利用 .....	(221)

## 第二篇 煤炭气化概论

<b>第一章</b>	<b>煤炭气化概述 .....</b>	<b>(227)</b>
第一节	煤炭在能源中的作用和地位 .....	(227)
第二节	煤炭气化的意义和种类 .....	(229)
第三节	煤炭气化工艺的分类 .....	(231)
<b>第二章</b>	<b>煤炭气化的反应原理 .....</b>	<b>(234)</b>
第一节	煤炭气化的基本反应 .....	(234)
第二节	煤炭气化反应的物理化学基础 .....	(235)
第三节	煤炭气化反应的化学平衡 .....	(237)
第四节	煤炭气化的反应动力学 .....	(243)
第五节	煤炭气化过程的催化作用 .....	(252)
第六节	煤炭气化生产过程的强化方法 .....	(258)
<b>第三章</b>	<b>煤炭气化炉 .....</b>	<b>(259)</b>
第一节	生产过程的控制与管理 .....	(259)
第二节	点火与开工 .....	(261)
第三节	正常运行管理 .....	(267)
第四节	停炉与开炉的操作管理 .....	(269)

第五节	一般事故与故障处理 .....	(270)
<b>第四章</b>	<b>煤炭气化过程的计算 .....</b>	<b>(274)</b>
第一节	气化指标 .....	(274)
第二节	气化过程的物料平衡与热量平衡 .....	(277)
第三节	移动床气化过程的综合算法 .....	(278)
第四节	移动床气化过程的实测数据算法 .....	(290)
第五节	流化床煤气化过程的数学模型 .....	(300)
<b>第五章</b>	<b>煤炭气化的应用 .....</b>	<b>(315)</b>
第一节	在电力工业上的应用 .....	(315)
第二节	在燃气生产上的应用 .....	(328)
第三节	在化学品生产上的应用 .....	(341)

### **第三篇 移动床气化新工艺新技术**

<b>第一章</b>	<b>发生炉煤气化新工艺新技术 .....</b>	<b>(369)</b>
第一节	发生炉煤气的制造原理 .....	(369)
第二节	影响发生炉煤气气化炉操作的因素 .....	(375)
<b>第二章</b>	<b>水煤气化新工艺新技术 .....</b>	<b>(381)</b>
第一节	水煤气的制造原理 .....	(381)
第二节	影响水煤气炉运行操作的因素 .....	(388)
<b>第三章</b>	<b>移动床加压气化新工艺新技术 .....</b>	<b>(394)</b>
第一节	移动床煤气化炉的基本结构及类型 .....	(394)
第二节	移动床加压气化新工艺新技术 .....	(410)

### **第四篇 流化床气化新工艺新技术**

<b>第一章</b>	<b>气化炉的流化过程 .....</b>	<b>(435)</b>
第一节	炉料的颗粒特性 .....	(436)
第二节	床层的流化过程 .....	(438)
第三节	流化过程中流速和压降的关系 .....	(439)
第四节	临界流化速度与颗粒的终端速度 .....	(441)



第五节	最佳流化速度 .....	(445)
<b>第二章</b>	<b>气化炉的气化过程 .....</b>	<b>(446)</b>
第一节	气化炉的气化过程 .....	(446)
第二节	床内的颗粒分布 .....	(448)
第三节	炉内碳粒的转化率 .....	(453)
<b>第三章</b>	<b>加压流化床气化炉的气化过程 .....</b>	<b>(459)</b>
第一节	压力对流化过程的影响 .....	(459)
第二节	压力对气化过程的影响 .....	(460)
<b>第四章</b>	<b>气体分布装置的类型和特性 .....</b>	<b>(461)</b>
<b>第五章</b>	<b>典型流化床气化炉及其工艺 .....</b>	<b>(464)</b>
第一节	温克勒气化炉及其工艺 .....	(464)
第二节	高温温克勒气化炉(HTW) .....	(469)
第三节	灰熔聚流化床气化炉 .....	(473)
第四节	循环流化床气化炉 .....	(486)
第五节	按间歇式工作的常压流化床水煤气炉 .....	(488)

## 第五篇 气流床气化新工艺新技术

<b>第一章</b>	<b>气流床化的基本原理 .....</b>	<b>(497)</b>
第一节	气流床气化的基本原理 .....	(497)
第二节	气流床气化的特点 .....	(498)
<b>第二章</b>	<b>影响气流床气化的主要因素 .....</b>	<b>(500)</b>
第一节	温度 .....	(500)
第二节	压力 .....	(500)
第三节	氧煤比 .....	(501)
第四节	蒸汽煤比 .....	(501)
第五节	气化炉结构 .....	(501)
<b>第三章</b>	<b>典型的气流床气化法 .....</b>	<b>(503)</b>
第一节	K—T 气化法 .....	(503)
第二节	德士古(TEXACO) 气化法 .....	(508)
第三节	DOW 气化法 .....	(513)

## 第六篇 熔融床气化新工艺新技术

第一章	熔渣床气化新工艺新技术 .....	(521)
第一节	罗麦尔(Rummel)单筒气化炉 .....	(521)
第二节	萨尔贝尔克-奥托气化炉(SAARBERG/OTTO) .....	(523)
第二章	熔铁床气化新工艺新技术 .....	(527)
第三章	熔盐床气化新工艺新技术 .....	(531)

## 第七篇 地下气化新工艺新技术

第一章	地下气化工艺和方法 .....	(537)
第一节	地下气化工艺 .....	(537)
第二节	煤的地下气化方法 .....	(538)
第二章	气化通道的贯通方法 .....	(541)
第一节	逆向燃烧法 .....	(541)
第二节	电力贯通法 .....	(541)
第三节	水力压裂法 .....	(542)
第四节	定向钻孔法 .....	(542)
第三章	影响地下气化的主要因素 .....	(543)
第一节	地下水 .....	(543)
第二节	煤层顶板和周围岩石的性质 .....	(543)
第三节	煤层构造 .....	(543)
第四节	煤质及其种类 .....	(544)
第五节	工艺操作条件 .....	(544)

## 第八篇 煤气净化新工艺新技术

第一章	煤气的初冷、输送及初步净化 .....	(547)
第一节	煤气的初冷和焦油氨水的分离 .....	(547)

第二节	煤气的输送及鼓风机 .....	(567)
第三节	煤气中焦油雾的清除 .....	(575)
第四节	煤气中萘的清除 .....	(579)
<b>第二章</b>	<b>煤气除尘 .....</b>	<b>(586)</b>
第一节	除尘的原理及方法 .....	(586)
第二节	除尘的主要设备 .....	(588)
<b>第三章</b>	<b>煤气脱硫 .....</b>	<b>(590)</b>
第一节	煤气脱硫方法分类 .....	(590)
第二节	化学吸收法脱硫 .....	(591)
第二节	干法脱硫 .....	(601)
<b>第四章</b>	<b>煤气中硫化氢和氰化氢的脱除 .....</b>	<b>(612)</b>
第一节	脱硫脱氰概述 .....	(612)
第二节	改良蒽醌法 .....	(614)
第三节	蒽醌法 .....	(620)
第四节	苦味酸法 .....	(626)
第五节	氨水法 .....	(630)
第六节	对苯二酚法 .....	(638)
第七节	单乙醇胺法 .....	(640)
第八节	脱硫脱氰的主要设备 .....	(642)
<b>第五章</b>	<b>炼焦煤气中氨和粗轻吡啶的回收 .....</b>	<b>(647)</b>
第一节	硫酸吸氨法 .....	(648)
第二节	磷酸吸氨法 .....	(680)
第三节	粗轻吡啶的制取 .....	(687)
第四节	剩余氨水的处理 .....	(696)
<b>第六章</b>	<b>煤气化气的其他加工和利用 .....</b>	<b>(711)</b>
第一节	煤气化气体 .....	(711)
第二节	一氧化碳变换 .....	(712)
第三节	脱碳 .....	(719)
第四节	合成甲醇 .....	(724)
第五节	液体燃料的合成 .....	(733)
第六节	甲烷化 .....	(742)
<b>第七章</b>	<b>煤气站的环境保护 .....</b>	<b>(748)</b>
第一节	煤气站废水的处理 .....	(749)

第二节	煤气站有害气体污染的防治 .....	(759)
第三节	煤气站噪声污染防治 .....	(760)
第四节	煤气站粉尘及固体残渣的治理 .....	(760)

## 第九篇 F-T 合成新工艺新技术

第一章	F-T 合成原理 .....	(765)
第一节	概述 .....	(765)
第二节	P-T 合成的化学反应 .....	(766)
第三节	影响 F-T 合成反应的因素 .....	(767)
第四节	F-T 合成催化剂 .....	(768)
第二章	F-T 合成典型生产工艺 .....	(771)
第三章	F-T 合成的主要设备 .....	(781)

## 第十篇 煤炭液化新工艺新技术

第一章	概 述 .....	(787)
第一节	中国化石能源资源 .....	(787)
第二节	中国化石能源生产及消费状况 .....	(801)
第三节	中国能源展望 .....	(808)
第四节	中国能源面临的挑战 .....	(812)
第五节	中国煤炭液化的意义 .....	(813)
第六节	石油的基本性质 .....	(820)
第二章	煤炭直接液化技术基础 .....	(838)
第一节	概 述 .....	(838)
第二节	煤炭直接液化的基本原理和基本概念 .....	(842)
第三节	煤炭直接液化反应机理 .....	(845)
第四节	煤质与煤的液化特性 .....	(849)
第五节	煤直接液化催化剂 .....	(858)
第六节	煤炭直接液化的溶剂 .....	(862)
第七节	煤炭直接液化反应动力学 .....	(863)

第八节	煤液化工工艺条件对液化反应的影响 .....	(865)
第九节	煤炭直接液化反应器 .....	(869)
第十节	煤直接液化装置其他关键设备 .....	(876)
<b>第三章</b>	<b>煤直接液化新工艺新技术 .....</b>	<b>(884)</b>
第一节	基本工艺过程 .....	(884)
第二节	典型煤直接液化工工艺 .....	(885)
第三节	改进后的煤直接液化工工艺 .....	(911)
第四节	其他煤直接液化工工艺 .....	(917)
第五节	煤油共处理 .....	(929)
第六节	煤液化粗油提质加工工艺 1 .....	(935)
第七节	煤液化残渣的性质及利用 .....	(949)
<b>第四章</b>	<b>煤炭间接液化新工艺新技术 .....</b>	<b>(957)</b>
第一节	概 述 .....	(957)
第二节	F-T 合成的化学反应热力学及产物分布 .....	(960)
第三节	F-T 合成催化剂 .....	(972)
第四节	F-T 合成的反应机理和反应动力学 .....	(988)
第五节	F-T 合成反应器 .....	(994)
第六节	工艺参数对合成反应的影响 .....	(1000)
第七节	F-T 合成工艺 .....	(1002)

## 第十一篇 其他煤化学产品加工利用

<b>第一章</b>	<b>煤高温干馏化学产品 .....</b>	<b>(1043)</b>
第一节	高温干馏化学产品的生成和产率 .....	(1043)
第二节	高温干馏煤气的处理系统 .....	(1047)
<b>第二章</b>	<b>粗苯的回收与制取 .....</b>	<b>(1051)</b>
第一节	粗苯的组成、性质和质量 .....	(1051)
第二节	用洗油吸收煤气中的苯族烃 .....	(1054)
第三节	富油脱苯 .....	(1068)
<b>第三章</b>	<b>粗苯的精制 .....</b>	<b>(1085)</b>
第一节	粗苯的组成及精制产品 .....	(1085)
第二节	酸洗精制 .....	(1093)
第三节	催化加氢精制 .....	(1112)

第四节	初馏分的加工 .....	(1121)
第五节	古马隆—茚树脂的制取 .....	(1125)
第六节	苯渣树脂的制取 .....	(1134)
<b>第四章</b>	<b>煤焦油的加工 .....</b>	<b>(1136)</b>
第一节	煤焦油的种类 .....	(1136)
第二节	煤焦油组成及特性 .....	(1138)
第三节	煤焦油的初步蒸馏 .....	(1147)
第四节	煤焦油馏分的加工 .....	(1175)
第五节	煤焦油沥青 .....	(1190)

## **第十二篇 煤炭气化液化质量检验检测 标准规范**

<b>第十二篇</b>	<b>煤炭气化液化质量检验检测标准规范 .....</b>	<b>(1203)</b>
-------------	-------------------------------	---------------

# 第一篇

## 煤化学基础知识





# 第一章 煤的外表特征和生成

煤是由许多高分子碳氢化合物和少量无机矿物质组成的可燃有机矿产(可燃有机岩)。煤是一种主要的能源,在国民经济中起着举足轻重的作用。煤作为一种商品和工业原料,其性质、质量与煤的价格、煤的利用关系密切,为了有计划地开采和合理利用煤炭资源,就需要对煤质进行研究,在影响煤质的诸多因素中,成煤原始物质和成煤环境至关重要。

## 第一节 煤的种类和外表特征

### 一、煤的成因类型

煤是由植物转变而成的,不同类型植物形成的煤的特征、性质都有差异。根据成煤原始物质和堆积环境的不同,可把煤分成腐植煤类、腐泥煤类、腐植腐泥煤类三种类型(见表1-1-1)。

表1-1-1 煤的成因分类

大 类	类 型	成煤原始质料的类别和聚积环境
腐植煤类	腐植煤	高等植物在沼泽环境中形成
	残植煤	
腐泥煤类	腐泥煤	低等植物和少量动物在湖泊或沼泽中积水较深部位形成
腐植腐泥煤类	腐植腐泥煤	高等植物和低等植物都占重要地位,聚积于湖泊、沼泽过渡的环境

#### 1. 腐植煤类

是指由高等植物的遗体经过泥炭化作用和煤化作用形成的煤。腐植煤在自然界分布最广泛,储藏量最大,腐植煤的物理性质、化学性质、工艺性质变化很大,适合各种不同