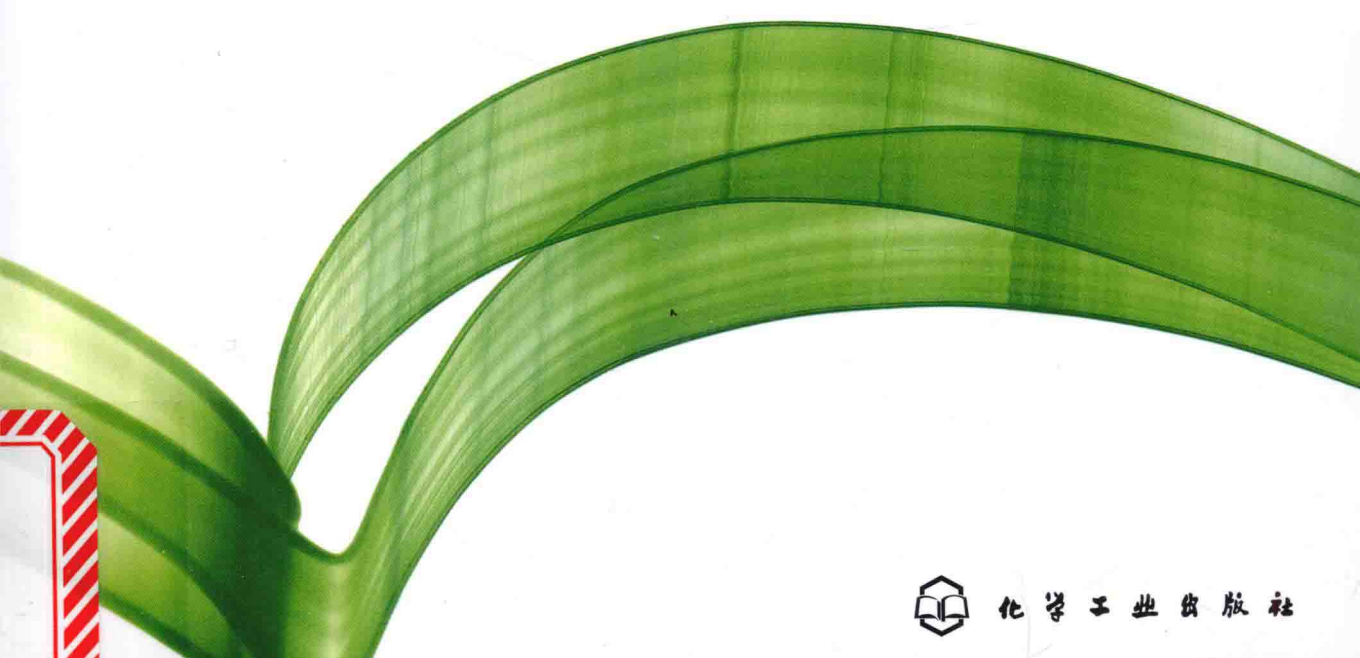


高等学校“十二五”规划教材

煤化工

技|术|及|装|备

汪建新 陈晓娟 王 昌 主编



化学工业出版社

高等学校“十二五”规划教材

煤化工技术及装备

汪建新 陈晓娟 王 昌 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分7部分,主要包括绪论、煤的基础知识、炼焦、炼焦化学产品的回收与精制、煤的气化、煤的直接液化和煤的间接液化的基本原理、生产工艺及主要设备等。本书在内容上注重实用性,各个章节的编写中,注重对实际生产技术和主要设备的阐述,减少了工艺理论性的内容。

本书可作为高等学校过程装备与控制工程、化学工程与工艺、应用化工技术等专业的教学用书,也可供从事煤炭、能源等相关专业的自学者及煤炭综合利用部门的工程技术人员参考,还可作为化工企业员工培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤化工技术及装备/汪建新,陈晓娟,王昌主编.
北京:化学工业出版社,2015.8
高等学校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-24072-9

I. ①煤… II. ①汪…②陈…③王… III. ①煤化
工 IV. ①TQ53

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第111291号

责任编辑:左晨燕 刘兴春

文字编辑:丁建华

责任校对:边涛

装帧设计:关飞

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:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数489千字 2015年10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:80.00元

版权所有 违者必究

前言

根据化工类专业及过程装备与控制工程（原“化工设备与机械”）专业教学改革的基本要求，为适应学科发展和专业培养方案调整的要求，内蒙古科技大学于2013年决定编写本教材。

在吸收国内外相关教材和著作优点、广泛征求同行专家意见和建议、吸纳前沿和前瞻资料的基础上，以减少学时、加强基础、拓宽知识面、增强适应性、展示学科发展趋势为目标，经过两年时间的努力，完成了本书的编写工作。编写过程中，在总结各高校教改经验并结合编者多年的教学实践，考虑目前高等工科院校课程体系改革的需要以及已毕业学生反馈意见的基础上，同时考虑了宽基础、大口径的知识体系结构和有兴趣读者的自学需要，力求较全面地反映煤化工技术的发展规律，使之有益于培养读者的创造性思维。

全书由汪建新、陈晓娟、王昌主编。其中汪建新编写绪论和第2章，陈晓娟编写第4~6章，王昌编写第1章和第3章。全书最后由汪建新教授完成统稿和修改工作。另外，赵飞、刘超勃、张东、贾璐齐、史小亮、谢宇、班叶青等同志参与了本书部分内容的编写，尤其是在本书制图、校对等方面付出了辛勤劳动，对书稿质量的提高起到了很大的作用。

本教材由2013年度内蒙古科技大学教材基金资助。编写本书参考了有关专著与文献资料，在此向其作者致以诚挚的谢意；内蒙古科技大学机械工程学院在本书的出版过程中给予了大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请使用本书的师生和读者多加批评指正。

编者

2015年5月

目 录

0 绪论 /1

0.1 煤化工的范畴	1
0.2 煤化工技术发展简史	2
0.2.1 煤化工技术发展的四个时期	2
0.2.2 我国煤化工技术的发展历程	3
0.3 我国煤化工产业背景	4
0.4 煤化工生产装置的主要特点	5
0.5 课程的基本要求	5
思考题	6
参考文献	6

1 煤的基础知识 /7

1.1 煤的种类、形成和分子结构	7
1.1.1 煤的种类	7
1.1.2 腐植煤的生成过程	8
1.1.3 煤的结构	8
1.2 煤的化学组成	10
1.2.1 煤的工业分析	10
1.2.2 煤的元素分析	12
1.2.3 煤的成分分析基准	14
1.3 煤的工艺性质	15
1.3.1 气化和燃烧用煤的工艺性质	15
1.3.2 炼焦用煤的工艺性质	17
1.4 煤的分类	17
1.4.1 我国煤炭分类	18
1.4.2 各种煤的特性和用途	20
思考题	23
参考文献	23

2 炼焦 / 24

2.1 概述	24
2.1.1 炼焦工业产品	24
2.1.2 焦炭的性质	25
2.1.3 焦炭的用途及其质量指标	27
2.2 煤的成焦过程	30
2.2.1 煤的成焦过程简介	30
2.2.2 煤的成焦特征	31
2.2.3 炼焦过程的化学产品	32
2.3 炼焦配煤	33
2.3.1 配煤的目的和意义	33
2.3.2 配煤的质量指标	33
2.3.3 配煤设备	35
2.4 炼焦炉	40
2.4.1 焦炉的构造	41
2.4.2 焦炉的分类	47
2.4.3 几种常见焦炉的结构特点	48
2.4.4 炉型的选择	52
2.5 焦炉附属设备	54
2.5.1 护炉设备	54
2.5.2 炉门	56
2.5.3 荒煤气导出设备	56
2.5.4 焦炉加热设备	59
2.5.5 废气导出设备	60
2.6 焦炉附属机械	61
2.6.1 装煤车	61
2.6.2 推焦车	62
2.6.3 拦焦车	64
2.6.4 熄焦车	65
2.7 炼焦生产	65
2.7.1 焦炉装煤	65
2.7.2 焦炉出焦和推焦	66
2.7.3 熄焦	68
2.7.4 筛焦	70
2.8 炼焦新技术	71
2.8.1 捣固炼焦	71
2.8.2 配型煤炼焦	75
思考题	78
参考文献	79

3 炼焦化学产品的回收与精制 / 80

3.1 概述	80
3.1.1 炼焦化学产品简介	80
3.1.2 炼焦化学产品的组成和产率	81
3.1.3 炼焦化学产品回收的生产流程	83
3.2 焦炉煤气的冷却、冷凝	84
3.2.1 粗煤气的冷却及主要设备	85
3.2.2 对集气管喷洒氨水的要求	89
3.2.3 焦油与氨水分离及主要设备	89
3.3 煤气的输送和净化	91
3.3.1 煤气输送设备	91
3.3.2 煤气输送管路	91
3.3.3 煤气的净化	93
3.4 氨和吡啶的回收	98
3.4.1 氨和吡啶的基本性质和用途	98
3.4.2 饱和器法生产硫酸铵工艺及设备	99
3.4.3 无饱和器法生产硫酸铵工艺及设备	103
3.4.4 弗萨姆法生产无水氨	106
3.4.5 吡啶的回收	107
3.5 粗苯的回收	108
3.5.1 粗苯的组成和性质	108
3.5.2 回收苯族烃的方法	109
3.5.3 煤气最终冷却和除萘	110
3.5.4 粗苯吸收工艺及设备	112
3.5.5 富油脱苯	115
3.5.6 富油脱苯的主要设备	117
3.6 粗苯的精制	122
3.6.1 初步精馏	123
3.6.2 粗苯化学精制的方法	123
3.6.3 粗苯的酸洗精制	123
3.6.4 粗苯的催化加氢精制	127
3.6.5 初馏分的加工	131
3.6.6 重苯处理加工	132
3.7 焦油的加工	133
3.7.1 焦油的组成、产率及主要产品的用途	133
3.7.2 焦油加工前的准备	134
3.7.3 焦油的蒸馏	135
3.7.4 焦油加工的主要设备	136
思考题	138
参考文献	139

4 煤的气化 / 140

4.1 概述	140
4.1.1 煤炭气化的概念	140
4.1.2 煤炭气化技术的分类	140
4.1.3 气化炉	142
4.1.4 气化用煤对煤质的一般要求	145
4.1.5 煤炭气化技术的意义及应用	146
4.2 煤炭气化原理	147
4.2.1 干燥	148
4.2.2 热解	148
4.2.3 气化燃烧过程的化学反应	148
4.2.4 气化与燃烧的比较	150
4.3 固定床气化技术与气化炉	151
4.3.1 固定床气化用煤的要求	151
4.3.2 固定床气化过程	152
4.3.3 固定床气化工艺	154
4.3.4 固定床气化炉	156
4.4 流化床气化技术与气化炉	164
4.4.1 流化床气化过程	164
4.4.2 流化床气化工艺及设备	165
4.4.3 流化床气化用煤的要求	169
4.5 气流床气化技术与气化炉	169
4.5.1 气流床气化技术	170
4.5.2 德士古水煤浆气化工艺及设备	173
4.5.3 Shell 煤气化工艺及设备	181
4.5.4 气流床气化工艺对煤质的要求	191
4.6 煤炭气化技术比较及发展方向	192
4.7 煤气的净化	194
4.7.1 煤气中的杂质及危害	194
4.7.2 煤气除尘方法和设备	194
4.7.3 煤气的脱硫	197
4.7.4 CO 的变换	201
4.7.5 CO ₂ 的脱除技术	201
4.8 煤气化联合循环发电	201
4.8.1 IGCC 发电工艺	202
4.8.2 空分系统	203
4.8.3 影响 IGCC 发电系统效率的因素	205
4.8.4 IGCC 技术的特点	206

4.8.5 IGCC 技术的现状及前景	206
思考题	207
参考文献	207

5 煤的直接液化 / 208

5.1 概述	209
5.1.1 煤与石油	209
5.1.2 煤直接液化的基本原理	212
5.1.3 直接液化对煤质的要求	213
5.1.4 煤直接液化过程中溶剂的作用和来源	214
5.1.5 煤直接液化产物	214
5.1.6 煤直接液化催化剂	215
5.2 煤直接液化的工艺过程	216
5.2.1 煤浆制备	217
5.2.2 直接液化单元	217
5.2.3 循环溶剂加氢单元	222
5.2.4 液化粗油提质加工	222
5.3 几种国内外典型的直接液化技术	223
5.3.1 煤直接液化工艺分类	224
5.3.2 德国煤液化精制联合技术	224
5.3.3 美国 H-Coal、CTSL 和 HTI 技术	226
5.3.4 日本 NEDOL 技术	229
5.3.5 俄罗斯低压煤直接液化技术	229
5.3.6 煤油共炼技术	230
5.3.7 中国神华煤液化技术	232
5.3.8 典型液化技术对比	233
5.4 煤直接液化技术的主要设备	235
5.4.1 直接液化反应器	236
5.4.2 煤浆预热器	240
5.4.3 高温气体分离器	241
5.4.4 高压低温分离器	242
5.4.5 高压换热器	242
5.4.6 高压减压阀	244
5.4.7 高压煤浆泵	245
5.4.8 临氢设备用材的研发	246
5.5 煤液化工艺与其他煤转化工艺对比	246
思考题	247
参考文献	248

6 煤的间接液化 / 249

6.1 概述	249
6.1.1 发展煤间接液化技术的意义	249
6.1.2 煤间接液化核心技术的发展概况	249
6.2 煤间接液化原理及操作条件	252
6.2.1 煤间接液化的基本原理	252
6.2.2 费托合成技术	253
6.2.3 F-T 合成的工艺条件	254
6.2.4 F-T 合成催化剂	256
6.2.5 间接液化的产物特点	259
6.2.6 间接液化对煤质的一般要求	259
6.3 典型间接液化工艺	260
6.3.1 南非 Sasol 间接液化工艺	260
6.3.2 其他合成液体燃料工艺	264
6.4 F-T 合成反应器	267
6.4.1 F-T 合成反应器概述	267
6.4.2 固定床反应器	267
6.4.3 流化床反应器	270
6.4.4 浆态床反应器	273
6.4.5 三类反应器的比较	276
6.5 甲醇的生产	278
6.5.1 甲醇简介	278
6.5.2 甲醇合成原理	279
6.5.3 甲醇合成工艺	281
6.5.4 甲醇合成设备	284
6.5.5 甲醇精馏	291
6.6 甲醇汽油的合成技术	293
6.6.1 甲醇转汽油工艺	293
6.6.2 甲醇转汽油的工艺条件	293
6.7 二甲醚生产技术	294
6.7.1 二甲醚简介	294
6.7.2 二甲醚的生产方法	295
6.8 甲醇制烯烃技术	296
6.8.1 低碳烯烃简介	296
6.8.2 典型的甲醇制烯烃技术	296
思考题	298
参考文献	298

0.1 煤化工的范畴

煤化工是相对于石油化工和天然气化工而言的，通常以煤炭为原料的相关化工产业均可统称为煤化工。理论上来说，以原油和天然气为原料通过石油化工工艺生产出来的产品也都可以以煤为原料通过煤化工工艺生产出来。

具体来讲，煤化工是以煤为原料，经过化学加工使之转化为气体、液体、固体燃料以及各种化工产品的工业过程，产品种类繁多，生产技术各异。除煤本身的转化技术外，总体上

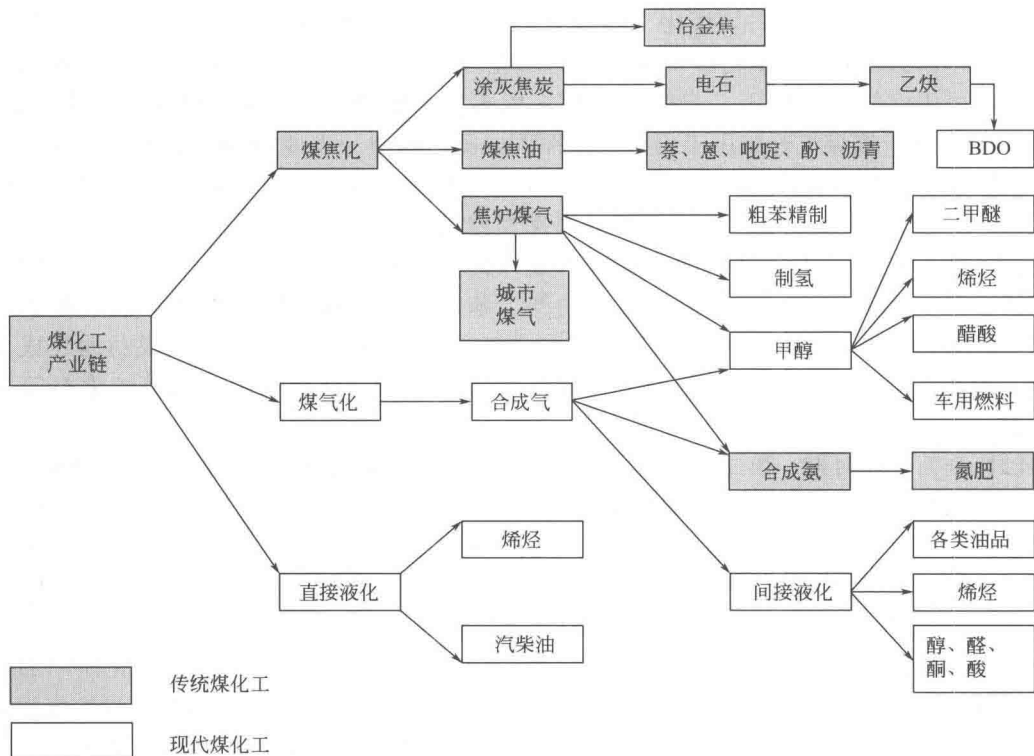


图 0-1 煤化工产业链结构示意图

都是基于化工原理的基本单元操作技术的组合。主要包括煤的焦化（煤的高温干馏和煤的低温干馏）、煤的气化、煤的液化、煤制化学品及其他煤加工制品。其产业链结构如图 0-1 所示。

煤焦化是应用最早的煤化工技术，主要生产焦炭，同时生产焦炉煤气、苯、萘、蒽和沥青等，习惯称为传统煤化工，至今仍然是煤化工的重要组成部分。而现代煤化工主要指以煤气化为龙头，以碳一化工技术为基础，以国家经济发展和市场急需的产品为方向，以生产洁净能源和可替代石油化工的产品为主线，合成、制取各种化工产品和燃料油的煤炭洁净利用技术，也叫新型煤化工。主要产业有煤气化，煤液化，煤制烯烃，煤制甲醇、二甲醚，甲醇制醋酸及其下游产品等。

可见，煤化工的发展包含着能源和化学品生产两个重要方面，结合能源与化工技术，形成煤炭—能源—化工一体化的新兴产业，促进煤炭综合利用技术的发展。

0.2 煤化工技术发展简史

煤化工出现于 18 世纪后半叶，其工艺和技术最早起源于美国、德国和日本这些发达国家，早在 19 世纪就形成了完整的煤化工体系，但在其发展过程中受到石油化工的影响，其地位曾一度受到削弱。近年来，随着世界各国能源需求的增加以及石油和天然气资源的不断减少，煤化工越来越受到各国研究人员的高度重视，从而获得了快速发展。

0.2.1 煤化工技术发展的四个时期

(1) 初创时期 初创时期煤化工技术主要致力于冶金用焦和煤气的生产。18 世纪中叶由于工业革命的进展，炼铁行业对焦炭的需求量大增，炼焦工业应运而生。18 世纪末，煤用于生产民用煤气。1792 年，苏格兰人 W·默多克干馏烟煤，将所得煤气用于家庭照明。1812 年，这种干馏煤气开始用于伦敦街道照明，随后世界一些主要城市也相继采用。1816 年，美国巴尔的摩市（Baltimore）建立了煤干馏工厂生产煤气。从此，煤的干馏工业得到发展。1850—1860 年，法国及欧洲其他国家相继建立了炼焦厂。这时焦炭虽是炼焦的主要目的产物，但炼焦化学品的回收，也引起人们的重视。第一次世界大战期间，钢铁工业高速发展，同时作为火药、炸药原料的氨、苯及甲苯也很急需，促使炼焦工业进一步发展，逐渐形成炼焦副产化学品的回收和利用工业。19 世纪 70 年代德国成功地建成了有化学品回收装置的焦炉，从煤焦油中提取了大量的芳烃，作为医药、农药、染料等工业的原料。

(2) 全面发展时期 第二次世界大战前夕及大战期间，煤化工技术取得了全面而迅速的发展，主要致力于煤制液体燃料的开发，发展最好的是德国和南非。第二次世界大战期间，纳粹德国为了发动和维持战争，开展了由煤制取液体燃料的研究和工业生产。1923 年发明的由一氧化碳加氢合成液体燃料的费托（Fischer-Tropsch）合成法，1933 年实现工业生产，1938 年产量已达 59 万吨。1931 年，F·柏吉斯（F·Bergius）成功地将煤直接加氢液化得到液体燃料，并由此获得了诺贝尔化学奖。到 1939 年，这种用煤高压加氢液化所制的液体燃料产量达 110 万吨。期间，德国还建立了大型的低温干馏工厂，以褐煤和少量烟煤做的压型煤砖为原料，开发了克虏伯-鲁奇外热式干馏炉及鲁奇-斯皮尔盖斯内热式干馏炉，所得半焦用于造气，经费托合成制取液体燃料。低温干馏焦油经简单处理后作海军船用燃料，或经

高压加氢制取汽油和柴油。1944 年低温干馏焦油生产能力已达到 94.5 万吨/年。与此同时,工业上还从煤焦油中提取各种芳烃及杂环有机产品,作为染料、炸药等的原料。第二次世界大战末期,德国用加氢液化方法由煤及煤焦油生产的液体燃料达 480 万吨/年。此外,由煤直接化学加工制取磺化煤、腐植酸(又称腐殖酸)和褐煤蜡的小型工业,及以煤为原料制取碳化钙,进而生产乙炔从而以乙炔为原料的化学工业也获得发展。

(3) 萧条时期 第二次世界大战后,煤化工的发展受到石油化工的很大冲击。由于大量廉价石油和天然气的开采,除炼焦工业随钢铁工业的发展而不断发展外,工业上大规模由煤制取液体燃料的生产暂时中止,煤在世界能源结构中的比例由约 67% 降到 26%,随之兴起的是以石油和天然气为原料的石油化工。不少工业化国家用天然气代替了民用煤气。以石油和天然气为原料的石油化工飞速发展,导致以煤为原料的乙炔工业的地位也大大降低。

然而,南非由于所处的特殊地理、政治环境以及资源条件,以煤为原料合成液体燃料的工业一直不断地发展。1955 年在南非最大城市约翰内斯堡(Johannesburg)以南 80km 的萨索尔堡建成了第一座费托合成法工业装置,即萨索尔一厂(SASOL-I);1977 年,又开发了大型流化床反应器;1982 年在约翰内斯堡东南 120km 的塞康达相继建起了第二座工厂(SASOL-II)和第三座工厂(SASOL-III)。萨索尔是目前世界上唯一进行大规模煤液化生产合成燃料的国际公司,二厂和三厂的人造石油产能为 160 万吨/年。主要使用间接转化技术合成液体燃料,即先将煤气化,然后合成燃料油和化工产品。目前生产汽油、柴油、蜡、乙烯、丙烯、聚合物、氨、醇、醛、酮等 113 种化工产品。

(4) 技术开发时期 1973 年,煤化工的发展又有了新的转机。1973 年中东战争以及随之而来的石油大幅度涨价,使以煤生产液体燃料及化学品的办法又重新受到重视。欧美等国家加强了煤化工的研究开发工作,并取得了进展。如在煤直接液化的方法中发展了氢煤法、供氢溶剂法(EDS)和溶剂精炼煤法(SRC)等;在煤间接液化法中发展了 SASOL 法,将煤气化制得合成气,再经合成制取发动机燃料,亦可将合成甲醇再转化生产优质汽油,或直接作为燃料甲醇使用。20 世纪 80 年代后期,煤化工有了新的突破,如成功地由煤制成醋酐:先由煤气化制合成气,再合成醋酸甲酯,进一步进行羰化反应制得醋酐。成为煤制化学品的一个最成功的范例。

0.2.2 我国煤化工技术的发展历程

我国煤化工的发展始于 20 世纪 40 年代,初期是以煤为原料生产合成氨、化肥、焦炭、苯、萘、沥青、炸药等产品。1925 年,在石家庄建成了第一座焦化厂,满足了汉冶萍炼铁厂对焦炭的需要。1920—1930 年间,煤低温干馏的研究得到重视并较快发展,所得半焦主要用作民用无烟燃料,低温干馏焦油则进一步加工成液体燃料。1934 年,上海建成立式炉和增热水煤气炉的煤气厂,生产城市煤气。20 世纪 50 年代由于煤化工技术的发展和先进技术的引进,煤化工的产品逐渐演变为合成氨、甲醇、化肥、电石、石灰氮、染料、酒精、合成橡胶等。20 世纪 60 年代,伴随着一大批以煤为原料的中型氮肥厂的出现,使得企业在生产化肥的同时还生产其他很多种化工产品,从而为我国煤化工产业的最终形成奠定了坚实的基础。

20 世纪 70 年代,在石油化工产业异军突起的背景下,煤化工曾一度遭到冷落。石油对于工业发展作用不容估计,但是考虑到我国的实际国情,丰富的煤炭资源对于解决我国能源危机作用显现,所以 20 世纪 80 年代以后,我国又开始在上海、山西、陕西建设部分大型的

煤化工基地。

近年来,在国家大力支持下,我国在煤炭液化技术方面也取得了长足发展。

2008年我国神华集团煤炭直接液化百万吨级示范工程开始投煤试车,并成功生产出合格的石脑油和柴油等目标产品。至2009年煤液化装置稳定运行达到了预期目标,解决了一系列的煤制油世界性技术性难题,积累了宝贵的经验。但是煤直接液化技术在我国的发展仍不成熟,需要国家加大自主研发的力度,同时积极吸纳德国、日本等发达国家已有的成熟经验,以求最终实现大规模工业化生产。

煤炭间接液化技术在我国的研究源于20世纪50年代,至今获得了很大的发展。目前我国在建或已经建成的煤炭间接液化项目有内蒙古伊泰间接液化煤制油项目、山西潞安间接液化煤制油项目、神华鄂尔多斯间接液化煤制油项目等。

进入21世纪以后,国际石油价格持续上涨和长期高位运行,我国石油对外依存度不断提高,在这种双重压力下催生了国内煤制甲醇、煤制烯烃以及煤制油品等以石油替代为目标的现代煤化工产业。

0.3 我国煤化工产业背景

我国能源结构的基本特点是富煤、贫油、少气,这就决定了煤炭在一次能源中的重要地位。与石油和天然气相比,我国煤炭的储量比较丰富。我国煤炭资源总量约5.6万亿吨,其中已探明储量为1万亿吨,采储量和产量均居世界前列,而且随着勘探工作的发展,还在逐年增加。按人均年消费煤炭1.45t,即全国年产20亿吨煤炭估算,可以保证开采上百年。

我国的煤炭资源不仅采储量和产量大,而且种类较全。主要分布地区是华北、西北,其次是西南、华东。从我国煤炭生产的品种来看,无烟煤约占总产量的20%,烟煤约占75%,褐煤只有5%。

与此相反,我国石油资源相对比较贫乏。据测算,我国石油资源的最终可采储量为130亿~150亿吨。据统计,我国累计探明石油可采储量67.91亿吨,累计采出量约为43亿吨,剩余可采储量只有24.91亿吨。即使考虑到今后伴随着油气勘探技术水平提高,国内未来石油探明可采储量还有一定增长潜力,但预计今后20年全国石油剩余探明可采储量也只能达到50亿吨左右,年可采探明储量只有2亿吨左右。而在2006年我国的石油消费量就已经达到3.465亿吨。因此,从长期看,国内石油资源远远难以满足未来经济发展和人民生活水平提高对石油资源的需求。

目前,我国煤炭主要应用于以下行业或部门:火力发电2.2亿吨,工业锅炉3亿吨,铁路运输2400万吨,民用2亿吨,炼焦化学工业年用煤7100万吨,生产冶金焦炭4000万吨,化学肥料工业年用煤3000万吨,以煤为原料生产的甲醇,占总产量的70%,以电石为原料生产的氯乙烯,占总产量的80%以上。

发展现代煤化工产业,以煤气化为龙头,以碳一化学为基础,合成、制取主要以替代石油化工产品和燃料油的化工产业,有利于推动石油替代战略的实施,保障我国的能源安全,实现能源多样化,促进后石油时代化学工业可持续发展。

虽然我国的煤炭资源十分丰富,能够为煤化工的发展提供资源保障,但是由于煤化工产业高技术、长周期、高风险等因素限制,同西方发达国家相比,我国的煤化工还有相当大的

差距。为了有效、经济和合理地利用煤炭资源,我国非常需要研究开发煤炭转化技术,实现煤的综合高效利用。

0.4 煤化工生产装置的主要特点

煤化工装备种类较多,一般分为动设备、静设备和成套设备。动设备是指有驱动力带动的转动设备,主要有往复压缩机、离心压缩机、离心泵、高速泵、屏蔽泵、潜水泵、真空泵、齿轮泵以及汽轮机等;静设备主要有加氢反应器、塔、盛运容器、换热器、储罐、气化炉、还原炉等压力容器和管道、阀门;成套设备主要有膜分离成套设备、膜回收成套设备、污泥脱水成套设备以及变压吸附成套设备等。其中有相当数量的设备和机械属于特种设备或特种机械,如锅炉、压力容器、气瓶及压力管道、起重设备等。

煤化工生产中输送各种介质的管线错综复杂,设备密集,且存在腐蚀性很强的多种介质。因此,煤化工企业大量采用不锈钢等耐腐蚀材料,在设备防腐方面投入巨大。产品多为苯、酚、萘、焦油、合成气、液体燃料、甲醇等腐蚀性强、毒性大、易燃易爆的化工产品,因此进入现场的检修和生产人员要掌握一定的化学知识,并配备适用于化工区域作业的防护用品。现场特殊作业的场所多,存在的安全隐患也多,同时煤化工区域对环保的要求较高,因此检修过程也需要一定的环保措施。

现代煤化工生产装置的规模越来越向大型化,技术密集型、自动化方向发展。主要设备吨位高、质量要求高,材料要求苛刻、制造水平要求高。如:气化炉是现代煤化工最为关键的装备,大部分煤化工项目都需要经历煤炭经气化炉转换为合成气这一环节;空分设备也是煤化工的关键设备之一,煤气化及煤液化均需使用大量的高纯度氧气,均具有较高的技术壁垒。

0.5 课程的基本要求

本课程是理论与实践密切结合的一门学科,需要综合应用化学、化工原理、化工热力学和化工设备等基础知识,建立完整的专业技术理论体系。对于初学者来说,乍看起来庞杂繁琐,但只要掌握课程的规律和特点,就不是一件难事。学习时,主要应针对如下几个方面:原料的选择和预处理;生产方法的选择及方法原理;设备或反应器的作用、结构和操作;催化剂的选择和使用;影响操作条件的因素和操作条件的选择;工艺流程组织;产品规格和副产物的分离与利用;能量的回收和利用;不同工艺路线及流程的技术经济评比等。

由于本课程涉及的知识面广,在学习时要注意点面结合,建立起知识内容的构架,重点内容应深入细致地探究。对于典型过程,要求理解并掌握工艺原理、选定工艺条件的依据、工艺流程的确立及特点、不同反应设备的结构特点等。对于典型产品的不同原料、不同工艺路线应进行分析比较,比较其技术经济指标、能量回收利用方法、副产物回收利用和废料处理等方法,找出其各自的优缺点。出于本课程的综合性和实践性,学习中应注意培养分析问题和解决问题的能力,特别强调理论和实践相结合,应安排更多的机会适时接触生产现场。只有这样,才能把这门课学好。

思考题

1. 什么是煤化工，其发展过程主要经历了哪些变化？
2. 在我国发展煤化工有何优势？
3. 从煤的加工过程来看，煤化工主要包括哪些分支？
4. 传统煤化工和现代煤化工分别包括哪些范畴？
5. 简述本课程的主要内容及其特点？

参考文献

- [1] 谢克昌. 煤化工发展与规划. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 郭树才. 煤化工工艺学, 第3版. 北京: 化学工业出版社, 2012.

1

煤的基础知识

煤不仅是重要的燃料，也是珍贵的冶金和化工原料，把煤用化学方法进行分解提炼，综合利用，能够生产出几百种化工原料，对现代化工业、农业以及人民生活都密切相关，因此被人们誉为“黑色的金子”“工业的食粮”。

我国是煤炭资源丰富的国家之一，其储存量远大于石油和天然气。国家能源局在煤炭工业发展报告中指出，煤炭是我国的主体能源，在一次能源结构中占70%左右，在未来相当长时期内，煤炭作为主体能源的地位不会改变。煤炭工业是关系国家经济命脉和能源安全的重要基础产业。

煤是一种组成、结构非常复杂和极不均一的混合物，其中包括有机物、无机物和几十种复杂的煤岩显微组分。因此，要搞好煤化工发展，首先要了解煤炭的基本特性。

1.1 煤的种类、形成和分子结构

1.1.1 煤的种类

煤是古代植物埋藏在地下经历了复杂的生物化学和物理化学变化后逐渐形成的固体可燃性碳质沉积岩。俗称煤炭。其中，含有一定量的矿物质，相应的灰分产率小于或等于50%（干基质量分数）。

(1) 腐泥煤 由低等植物和浮游生物经腐泥化作用和煤化作用形成的煤称为腐泥煤，包括藻煤、石煤和胶泥煤等。腐泥煤中矿物质含量较高，光泽暗淡，常呈褐色，均匀致密，贝壳状断口，硬度和韧性较大，易燃，燃烧时有沥青味。腐泥煤常以薄层或透镜状夹在腐植煤中，有时也形成单独的可采煤层。

(2) 腐植煤 由高等植物的遗体经过泥炭化作用和煤化作用形成的煤称腐植煤（又称腐殖煤）。腐植煤是因为植物的部分木质纤维组织在成煤过程中变成腐植酸这一中间产物而得名。它是自然界分布最广、蕴藏量最大、用途最广的煤种。绝大多数腐植煤是由植物中的木质素和纤维素等主要组分形成，亦有少量腐植煤是由高等植物经微生物分解后残留的脂类化合物形成的，称为残植煤。单独成矿的残植煤很少，多以薄层或透镜状夹在腐植煤中。

由于储量、用途和习惯上的原因，人们通常讲的煤，一般指主要有木质素、纤维素等形