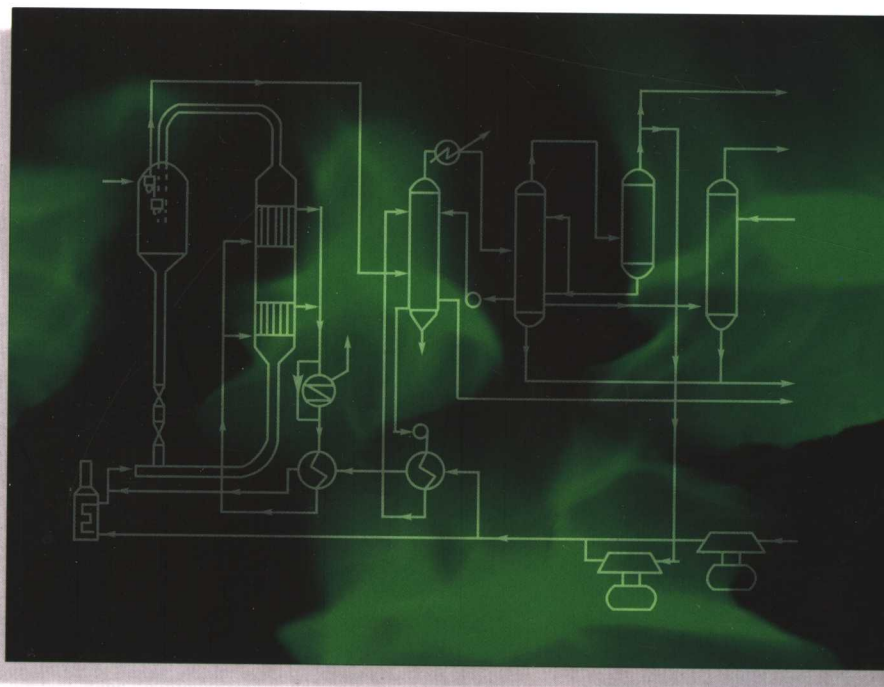


高 等 学 校 教 材

煤化工基础

李玉林 胡瑞生 白雅琴 编



化学工业出版社



煤化工基础

中国石化出版社



中国石化出版社

高等学校教材

煤化工基础

李玉林 胡瑞生 白雅琴 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按照目前化学工程工艺专业人才培养的指导思想,在广泛汲取教学成功经验的基础上编写而成。全书共分8章,即绪论、炼焦、炼焦化学产品的回收与精制、煤的气化、煤的直接液化、煤的间接液化、碳—化工主要产品、煤化工安全与环境保护。主要讨论了上述几个方面的基本理论和原理、主要生产工艺和近年来国内外发展现状、市场前景等。

本书可作为化学工程与工艺、能源化工、煤化工、炼焦化工、应用化工技术、应用化学等专业的教材或参考书,也可供从事城市煤气和工业燃气生产及煤炭综合利用部门的工程技术人员及管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

煤化工基础/李玉林,胡瑞生,白雅琴编. —北京:化学工业出版社,2006.7

高等学校教材

ISBN 7-5025-9137-0

I. 煤… II. ①李…②胡…③白… III. 煤化工-高等学校-教材 IV. TQ53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 085416 号

高等学校教材

煤化工基础

李玉林 胡瑞生 白雅琴 编

责任编辑:陈丽 徐雅妮

文字编辑:林媛

责任校对:王素芹

封面设计:韩飞

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限公司装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15¼ 字数 280 千字

2006年9月第1版 2006年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-9137-0

定价:26.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

我国有丰富的煤炭资源，煤炭产量和消费量均居世界首位。在石油消费量和进口量不断增加的形势下，大力发展煤化工技术是保证我国能源安全及化学工业持续发展的一项重要而紧迫的任务。国家已经将煤化工的研发及产业化列为国家中长期发展规划，是未来国家科技创新和产业化的主要研究方向之一。国内化工、电力、煤炭等行业也纷纷进行这些技术领域的应用、示范，已经形成了对这些技术的巨大需求。正是在这样的背景下，根据社会对人才的需求，国内很多高校的相关专业纷纷开设煤化工方面的选修课程，我们也在化工、应用化学等本科专业开设了煤化工基础 2 学分课程。

近年来国内简明扼要地介绍煤化工基础知识的本科教材相对较少，特别是包含煤化工研究最新发展的基础教材更为少见。本书就是在广泛汲取教学成功经验的基础上本着简明扼要、力求新颖的原则编写而成。全书共分 8 章，即绪论、炼焦、炼焦化学产品的回收与精制、煤的气化、煤的直接液化、煤的间接液化、碳一化工主要产品、煤化工安全与环境保护。书中主要讲述了上述几个方面的基本理论、原理、特点、典型生产工艺过程及其操作条件以及近年来国内外的发展历史、现状、市场前景等。其中第 1 章由胡瑞生和李玉林共同编写；第 2 章、第 3 章和第 8 章由李玉林编写；其余章节由胡瑞生和白雅琴编写；全书由胡瑞生教授主审并统稿。

本书可作为化学工程与工艺、能源化工、煤化工、炼焦化工、应用化工技术、应用化学等专业的教材或参考书，也可供从事城市煤气和工业燃气生产及煤炭综合利用部门的工程技术人员及管理人员参阅。

在本书编写过程中，参考了大量的相关中文专著和资料，同时我们的科研合作同事美国匹兹堡大学煤化工专家张玉龙博士也提供了较多的外文资料，在此谨向其作者表示感谢，同时还要感谢为本书提供大量技术资料的企业和老师、同学以及在出版过程中给予热情支持和帮助的单位 and 同志。另外在本书编写过程中还得到了内蒙古大学化学化工学院苏海全院长及其他领导、教师和学生的大力支持与帮助，在此也表示衷心的感谢！

我们对迄今为止的大量资料做了深入广泛的调研与分析，结合自己的科研实践，按化学原理—工艺流程—发展现状这一主线简明扼要地进行了介绍，这正是本书特色所在。但由于煤化工技术应用尚未形成较大规模以及技术保密等原因，加之作者水平与时间有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

胡瑞生
2006年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 煤炭资源	1
1.2 煤化工发展	1
1.3 煤化工的范围	3
思考题	4
第 2 章 炼焦	5
2.1 概述	5
2.1.1 炼焦炉的发展	5
2.1.2 炼焦化学工业产品	6
2.2 焦炭的性质及其用途	7
2.2.1 物理性质	7
2.2.2 焦炭的反应性	8
2.2.3 焦炭的用途及其质量指标	8
2.3 炼焦用煤及其成焦理论	11
2.3.1 煤的组成	11
2.3.2 煤的黏结成焦	12
2.3.3 炼焦用煤及其结焦特性	14
2.3.4 配煤	15
2.4 炼焦炉	17
2.4.1 焦炉的构造	17
2.4.2 焦炉加热煤气管道分布及其管道附件	21
2.4.3 几种常见焦炉的结构特点	22
2.4.4 炭化室尺寸及炉型的选择	26
2.4.5 焦炉的护炉设备及其作用	29
2.4.6 筑炉材料与烘炉	30
2.5 焦炉加热理论	33

2.5.1	煤气的燃烧与热工评定	33
2.5.2	焦炉传热	41
2.5.3	流体力学基础在焦炉中的应用	42
2.5.4	焦炉加热制度	49
2.6	炼焦工艺与操作	52
2.6.1	焦炉装煤及其烟尘控制	52
2.6.2	焦炉出焦和熄焦	53
2.6.3	筛焦	58
2.7	炼焦新工艺简介	60
2.7.1	配煤的预处理技术	60
2.7.2	型焦	64
	思考题	68
第3章	炼焦化学产品的回收与精制	70
3.1	概述	70
3.1.1	炼焦化学产品的产生、组成及产率	70
3.1.2	炼焦化学产品的用途	72
3.1.3	炼焦化学产品回收的方法	72
3.2	粗煤气的初步冷却和分离	74
3.2.1	粗煤气的初步冷却流程	74
3.2.2	对喷洒氨水的要求	75
3.2.3	煤气初冷方法与设备	75
3.2.4	焦油与氨水的分离	76
3.3	煤气的输送与净化	77
3.3.1	煤气的输送	77
3.3.2	煤气的净化	77
3.4	煤气中氨和吡啶的回收	88
3.4.1	氨的回收	89
3.4.2	粗轻吡啶的回收	95
3.5	粗苯的回收	97
3.5.1	概要	97
3.5.2	煤气的最终冷却和除萘	98
3.5.3	粗苯吸收	99
3.5.4	富油脱苯	102
3.6	粗苯的精制	105

3.6.1	概要	105
3.6.2	硫酸洗精制	106
3.6.3	催化加氢精制	110
3.6.4	初馏分加工	114
3.6.5	重苯处理加工——古马隆-茚树脂的生产	115
3.7	焦油加工	116
3.7.1	概要	116
3.7.2	焦油脱水、脱盐	118
3.7.3	焦油蒸馏	119
3.7.4	焦油馏分加工	121
3.7.5	焦油加工利用进展	130
	思考题	131
第4章	煤的气化	132
4.1	煤炭气化概述	132
4.2	煤炭气化原理	134
4.3	煤炭气化方法与气化炉	136
4.3.1	气化工艺	136
4.3.2	气化炉	147
4.4	煤炭性质对气化的影响	152
4.4.1	煤的组成的影响	152
4.4.2	煤的物理性质的影响	153
4.4.3	煤的化学性质的影响	154
4.5	煤气化联合循环发电	155
4.5.1	IGCC 发电工艺	155
4.5.2	影响 IGCC 发电系统效率的因素	155
4.5.3	IGCC 技术的特点	156
4.5.4	IGCC 技术的现状	157
4.6	国内外煤气化发展的现状	158
4.7	市场前景及环境分析	158
	思考题	159
第5章	煤的直接液化	160
5.1	煤直接液化的反应机理及影响因素	160
5.1.1	煤的直接液化反应机理	160
5.1.2	煤直接液化的影响因素	161

5.2 煤直接液化的一般工艺过程	164
5.3 几种国内外典型的直接液化技术	165
5.3.1 德国 IG 和 IGOL 工艺	165
5.3.2 美国 H-Coal、CTSL 和 HTI 工艺	168
5.3.3 美国 EDS 工艺和日本 NEDOL 工艺	170
5.3.4 煤油共炼工艺	172
5.3.5 中国神华煤液化项目工艺	173
5.4 煤直接液化催化剂	175
5.5 煤直接液化产物的特点及对煤质的基本要求	176
5.6 煤直接液化粗油提质加工	177
5.6.1 过滤	177
5.6.2 反溶剂法	177
5.6.3 超临界萃取脱灰	178
5.6.4 真空闪蒸	178
5.7 国内外煤直接液化发展现状	178
思考题	181
第 6 章 煤的间接液化	182
6.1 煤间接液化与 FT 合成基本原理	182
6.1.1 FT 合成反应	183
6.1.2 FT 合成的基本工艺	184
6.2 几种间接液化的典型工艺	185
6.2.1 南非 Sasol 厂间接液化工艺	185
6.2.2 其他合成液体燃料工艺	188
6.3 FT 合成过程的工艺参数	190
6.4 FT 合成催化剂	191
6.5 FT 合成反应器	192
6.6 间接液化的产物特点及对煤质的基本要求	194
6.7 国内外煤间接液化发展现状分析	195
思考题	197
第 7 章 碳一化工主要产品	198
7.1 煤制碳一化工主要产品概述	198
7.2 甲醇合成	198
7.2.1 合成原理	199
7.2.2 工艺流程	199

7.2.3 甲醇转汽油 (MTG)	201
7.3 二甲醚生产	203
7.3.1 甲醇气相催化脱水工艺 (二步法)	203
7.3.2 合成气直接合成二甲醚 (一步法)	205
7.4 醋酸生产	206
7.4.1 合成原理	207
7.4.2 工艺流程	207
7.5 甲醛生产	209
7.5.1 甲醛的生产原理	209
7.5.2 甲醛生产的工艺条件	209
7.5.3 工艺流程	210
思考题	211
第8章 煤化工安全与环境保护	212
8.1 煤化工管理与安全生产技术	212
8.1.1 生产安全技术	212
8.1.2 安全生产管理	213
8.2 煤化工废水污染和治理	214
8.2.1 煤化工废水的来源及特点	214
8.2.2 煤化工废水的治理	216
8.3 煤化工废渣处理与利用	219
8.3.1 煤化工废渣的来源	219
8.3.2 煤化工废渣的处理与利用	220
8.4 煤化工烟尘污染和治理	223
8.4.1 煤化工大气污染物的来源	223
8.4.2 煤化工烟尘控制	224
8.4.3 煤化工气态污染物的处置	227
8.5 煤化工职业卫生设施与个人防护	229
8.5.1 煤化工职业卫生设施	229
8.5.2 煤化工个人防护用品	231
思考题	233
参考文献	234

第 1 章 绪 论

1.1 煤炭资源

煤是地球上能得到的最丰富的化石燃料，我国是煤炭资源丰富的国家之一，其储量远大于石油和天然气。根据有关数据统计，20 世纪末，我国煤炭可采储量约为 8000 亿吨，产量约为 14 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。

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。其中炼焦用煤约占 42%；长焰煤、不黏煤和弱黏煤约占 22%；褐煤约占 14%；其他煤种约占 22%。我国不仅有优质的炼焦煤，而且还有世界稀缺的大同、神府等优质煤。

在我国的能源结构中，过去和现在都是以煤为主，有数据统计，20 世纪末我国的能源构成比例为：煤炭 76.2%，石油 16.8%，天然气 2.5%，水电 4.5%。随着煤炭产量的逐年增加，煤炭在能源结构中的比例将会进一步加大。

我国的煤炭消耗主要在以下行业或部门：火力发电 2.2 亿吨/年，工业锅炉 3 亿吨/年，铁路运输 2400 万吨/年，民用 2 亿吨/年，炼焦化学工业 7100 万吨/年，化学肥料工业 3000 万吨/年。近年来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。

1.2 煤化工发展

煤化工主要是指以煤为原料经过化学加工，使煤转化为气体、液体和固体燃料及化学品的过程。包括煤的高温干馏、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。

煤的加工业始于 18 世纪后半叶，至 18 世纪中叶，由于工业革命的进展，炼铁用焦炭的需要量大增，炼焦化学工业应运而生。到 18 世纪末，开始由煤生产民用煤气。当时用烟煤干馏法，生产的干馏煤气首先用于欧洲城市的街道照明。

1840年,由焦炭制发生炉煤气,用于炼铁。1875年使用增热水煤气作为城市煤气。同时,建成有机化学品回收的炼焦化学厂。

20世纪,许多有机化学品,大多数是以煤为原料进行生产,煤化工成为化学工业的重要组成部分。1925年,我国在石家庄建成了第一座炼焦化学厂。20世纪20~30年代间,煤的低温干馏发展较快,所得半焦可作为民用无烟燃料,而低温干馏焦油进一步加氢生产液体燃料。1934年,在上海建成立式炉和增热水煤气炉的煤气厂,生产城市煤气。

第二次世界大战前后,煤化工得到了迅速的发展,主要是以煤制液体燃料。发展最好的国家是德国,其次是南非。在第二次世界大战的前期和战期,德国为了战争,开展了由煤制液体燃料的研究和工业生产。1931年,柏吉斯(Bergius)成功地由煤直接液化制取液体燃料,为此获得了诺贝尔化学奖;1939年,这种用煤高压加氢液化所制的液体燃料年产量达110万吨;1932年,发明了由CO加氢合成液体燃料的费托(Fischer-Tropsch)合成法,称为煤间接液化法,1933年实现工业化生产,1938年产量达59万吨;同时,德国还建立了大型的低温干馏工厂,所得半焦用于造气,经过费托合成制取液体燃料。所得低温干馏焦油经过简单处理,用作海军船用燃料,或经过高压加氢制取汽油或柴油,1944年低温焦油年产量达94.5万吨。第二次世界大战末期,德国用加氢液化法由煤及焦油生产的液体燃料总量达到94.5万吨。与此同时,还从煤焦油中提取各种芳烃及杂环有机化学品,作为染料、炸药等的原料。

南非由于所处的特殊地理和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连续地发展。1955年建成萨索尔一厂(Sasol-I);1982年又相继建成二厂和三厂,这两个厂的人造石油年产量为160万吨。

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。由于廉价石油、天然气的大量开采,除了炼焦随着钢铁工业的发展而不断发展外,工业上大规模地由煤制液体燃料的生产暂时中断,煤在世界能源结构中的比例由约67%降到26%,代之兴起的是以石油和天然气为原料的石油化工。

1973年,煤化工的发展又有了转机。由于中东战争以及随之而来的石油大涨价,使以煤生产液体燃料及化学品的办法又受到重视,欧美等国家加强了煤化工的研究开发工作,并取得了进展。如成功地开发了多种直接液化的方法和由合成气制甲醇,再由甲醇转化制汽油的工业生产技术。

20世纪80年代后期,煤化工有了新的进展,成功地由煤制成醋酐,即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。此为在这段时间内以煤制化学品的一个最成功的范例。

在煤液化方面我国从20世纪50年代初即开始进行煤炭间接液化技术的研

究，曾在锦州进行过煤间接液化试验，后因发现大庆油田而中止。由于70年代的两次石油危机，以及“富煤少油”的能源结构带来的一系列问题，我国自80年代又恢复对煤间接液化合成汽油技术的研究，由中国科学院山西煤炭化学研究所组织实施。早在“七五”期间，中国科学院山西煤炭化学研究所的煤基合成汽油技术就被列为国家重点科技攻关项目，2002年建成煤间接液化1000吨/年合成油品开发装置，经多次运行取得成功。2004年中国兖矿集团建成10000吨/年煤间接液化装置并投入了运行试验，另外，从90年代初开始研究用于合成柴油的钴基催化剂技术也正处在试验阶段。目前，我国万吨级煤基合成汽油工艺技术开发和集成的研究正在进行，经过多年的开发和研究，我国已经具备建设万吨级规模生产装置的技术储备，在关键技术如催化剂的研究开发方面已拥有了自主知识产权。在煤直接液化方面目前中国神华集团也已做了有益的尝试。神华集团煤直接液化项目总建设规模为年产油品500万吨，分两期建设，其中一期工程由三条生产线组成，包括煤液化、煤制氢、溶剂加氢、加氢改制、催化剂制备等14套主要生产装置。一期工程总投资245亿元，建成投产后，每年用煤量970万吨，可生产各种油品320万吨，其中汽油50万吨，柴油215万吨，液化气31万吨，苯、混合二甲苯等24万吨。由于中国对能源的需求不断增加，神华集团将用15年左右的时间，建立以煤为原料的煤液化和煤化工新产业，形成年产千万吨级油化产品的能力。

近年来，由于世界经济的发展，能源需求不断提高，国际油价不断上涨，如1998年大约平均为13美元/桶，2000年大约平均为29美元/桶，2006年4月国际油价已经突破70美元/桶，而通常专家认为煤液化的燃料油生产成本价大约为25美元/桶，因此目前发展煤液化产业展示出良好的市场竞争力。另外，发展煤炭液化是我国保证煤炭工业可持续发展，缓解环境恶化，优化能源结构，解决石油短缺，保证能源供应安全的最有效途径之一，预计今后煤液化技术与开发会有迅猛发展。

目前我国在发电、工业锅炉和民用方面煤炭的消耗量占煤炭开采量的90%，由于其用煤方式多为直接燃烧，利用效率较低，污染严重。为了有效、经济和合理地利用煤，我国非常需要发展煤转化技术，实现煤的高效、清洁利用。

1.3 煤化工的范围

从煤的加工过程看，目前煤化工可分为：煤的高温干馏、煤的低温干馏、煤的气化、煤的液化、煤制化学品以及其他煤加工制品。表1-1给出煤加工行业的类型及其产品。

表 1-1 煤加工行业的类型及其产品

气 化	炼 焦			直接 液化	低温 干馏	其他 加工
煤气→合成气→氨、 甲醇、液体燃料、化学 品、醋酐等	焦炉煤气	煤焦油	焦 炭	液 化 油 → 液 体燃料、 化学品	煤气、 低温煤焦 油、半焦	褐 煤 蜡、活性 炭等
	煤气、粗苯	萘、蒽、吡啶、沥 青、碳素品	冶金焦、电石→ 乙炔			

炼焦是应用最早的工艺，至今仍然是煤化工的重要组成部分。炼铁用的焦炭是其主要产品，同时利用焦炭通过电石生产乙炔化学品以及聚氯乙烯，得到焦炉煤气可生产城市煤气、苯、甲苯、萘、蒽和沥青等。

煤的气化在煤化工中占有重要的地位，用于生产各种燃料气，属于洁净能源。煤气化生产的合成气，可合成液体燃料即煤间接液化，也可用于合成氨、甲醇、醋酐、醋酸甲酯等。

煤的直接液化，即煤高压加氢液化，可以生产人造石油和化学产品。

煤低温干馏生产的低温焦油，经过加氢生产液体燃料，低温焦油分离后可得有用的化学产品。低温干馏所得的半焦可做无烟燃料，或用作气化原料、发电燃料及碳质还原剂等。低温干馏煤气也可做燃料气。

思 考 题

- 1 什么是煤化工？其发展过程主要经历了哪些变化？在我国发展煤化工有何优势？
- 2 从煤的加工过程来看，目前煤化工主要包括哪些分支？
- 3 本课程的主要内容及其特点是什么？

第 2 章 炼 焦

2.1 概述

煤在隔绝空气的条件下，加热到 $950\sim 1050^{\circ}\text{C}$ ，经过干燥、热解、熔融、黏结、固化、收缩等阶段，最终制得焦炭，这一过程称高温炼焦或高温干馏，简称炼焦。

2.1.1 炼焦炉的发展

从炼焦方法的进展看，炼焦炉经历了煤成堆、窑式、倒焰式、废热式和蓄热式等几个阶段。高温炼焦始于 16 世纪，当时是用木炭炼铁的。17 世纪因木炭缺乏，英国首先试验用焦炭代替木炭炼铁，中国及欧洲开始生产焦炭，当时，将煤成堆干馏，以后演变为窑式炼焦，炼出的焦炭产率低、灰分高、成熟度不均匀。为了克服上述缺点，18 世纪中叶，建立了倒焰炉，将一个个成焦的炭化室与加热的燃烧室之间用墙隔开，墙的上部设连通道，炭化室内煤干馏产生的荒煤气经流通道直接进入燃烧室，与来自炉顶通风道的空气相汇合自上而下地边流动边燃烧。这种焦炉的结焦时间长，开停不便。19 世纪，随着有机化学工业的发展，要求从荒煤气中回收化学产品，产生了废热式焦炉，将炭化室和燃烧室完全隔开，炭化室内煤干馏生成的荒煤气，先用抽气机抽出，经回收设备将煤焦油和其他化学产品分离出来，再将净焦炉煤气压送到燃烧室燃烧，以向炭化室提供热源，燃烧产生的高温废气直接从烟囱排出，这种焦炉所产煤气，几乎全部用于自身加热。

为了降低耗热量和节省焦炉煤气，1883 年发展了蓄热式焦炉，增设蓄热室。高温废气流经蓄热室后温度降为 300°C 左右，再从烟囱排出。热量被蓄热室储存，用来预热空气。这种焦炉可使加热用的煤气量减少到煤气产量的一半，用来预热高炉煤气时，几乎将全部焦炉煤气作为产品，因而大大降低了生产成本。近百年来，炼焦炉在总体上仍然是蓄热式、间隙装煤、出焦的室式焦炉。

从筑炉材料看，自 19 世纪 90 年代起，砌筑焦炉的耐火砖由黏土砖改为硅

砖,使结焦时间从24~48h缩短到15h,使一代焦炉从10年延长到20~25年。近年来,随着硅砖的高密度化、高强度化和砖型的合理化,炼焦炉将进一步提高导热性和严密性,从而进一步缩短了结焦时间和延长了炉龄。

从炉体的构造看,为了炼出强度高、块度均匀的焦炭和提高化学产品的产率,炉体设计必须有利于均匀加热,同时,适当降低炉顶空间温度,以减轻二次裂解,此外,为使焦炉和高炉配套,以提高劳动生产率,焦炉正向大型化发展。

为了实现均匀加热,需要发展和完善加热设备,即尽可能降低燃烧系统的阻力和异向气体之间的窜漏。近年来,在加热煤气设备方面,逐步向自动调节和程序加热方向发展。

总之,为了实现焦炉高效低耗、提高生产率,焦炉正朝着大型化、全机械化和自动化方向发展。

2.1.2 炼焦化学工业产品

在炼焦过程中,除了产出焦炭(约占78%,质量分数,以下同)外,还产生焦炉煤气(占15%~18%)和煤焦油(2.5%~4.5%),这两种副产品中含有大量的化工原料,可广泛用于医药、染料、化肥、合成纤维、橡胶等生产部门。回收这些化工原料,不仅能实现煤的综合利用,而且也可减轻环境污染。

2.1.2.1 焦炭

焦炭的90%以上用于冶金工业的高炉炼铁,其余的用于机械工业、铸造、电石生产原料、气化及有色金属冶炼等。

2.1.2.2 焦炉煤气

煤在焦炉中加热,由于煤分子的热解,析出大量的气态物质,即为焦炉煤气。焦炉煤气的热值高,是冶金工业重要的燃料。经过净化后,可作为工业燃料和民用煤气。从焦炉煤气中提取的物质主要有:氨,产率为0.25%~0.4%,可生产硫酸和无水氨等;粗苯(产率为0.8%~1.1%)和酚类产品,粗苯经过精制可得苯、甲苯、二甲苯,还有古马隆-茛树脂等;硫化物(产率为0.2%~1.5%),可生产硫磺;吡啶等。

2.1.2.3 煤焦油

荒煤气经过冷却析出的煤焦油,分两步进行处理。首先用蒸馏的方法,将沸点相近的组分集中在各种混合馏分中,然后再对各混合馏分进一步精制得纯产品,焦油蒸馏所得的馏分如下。

- (1) 轻油馏分 可提取苯、甲苯、二甲苯、重苯等。
- (2) 酚油馏分 可提取酚、甲酚、二甲酚等。
- (3) 萘油馏分 生产萘、精萘、工业喹啉等。