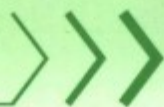




教育部高职高专规划教材



炼焦化学产品回收与加工



何建平 主编 朱占升 主审

5-43



化学工业出版社
教材出版中心

高职高专煤化工专业规划教材

煤化学	朱银惠
洁净煤技术	郝临山
炼焦工艺	王晓琴
炼焦化学产品回收与加工	何建平
炼焦机械及设备	梁英华 刘永新
煤炭气化工艺	许祥静 刘 军
煤化工安全与环保	谢全安 薛利平
煤化工专业实训指导	薛金辉

ISBN 7-5025-5752-0



9 787502 557522 >

ISBN 7-5025-5752-0/G · 1522

定价：32.00元

教育部高职高专规划教材

炼焦化学产品回收与加工

何建平 主编

朱占升 主审



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

炼焦化学产品回收与加工/何建平主编. —北京:
化学工业出版社, 2005.5
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-5752-0

I. 炼… II. 何… III. ①炼焦-化工产品-回收-
高等学校:技术学院-教材②炼焦-化工产品-加工-
高等学校:技术学院-教材 IV. TQ522.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037056 号

教育部高职高专规划教材
炼焦化学产品回收与加工

何建平 主编

朱世升 主审

责任编辑:张双进 于 卉

责任校对:顾淑云 战河红

封面设计:潘 峰

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 5 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010)64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{1}{4}$ 字数 433 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5752-0/G·1522

定 价: 32.00 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

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本教材是根据高职高专教育专业人才的培养目标和规格及教育部高职高专煤化工专业规划教材编审委员会审定的编写提纲编写的。

全书共分十章，介绍了中国炼焦化学工业生产的化学产品及应用情况，煤气净化与回收加工炼焦化学产品的典型流程，系统阐述了中国先进和常规的炼焦化学产品回收与加工的方法原理、生产过程、岗位操作等内容，同时也介绍了一些较成熟的新工艺、新技术。全书采用了中国现行产品的最新质量标准，对涉及的一些物质特性数据进行了精确的选取和核算，各章增加了生产故障排除内容，本书着重学生基本理论的应用，实际操作能力的培养，具有实用性、实际性和实践性。

本书由河北工业职业技术学院何建平任主编，编写第一章、第二章；太原科技大学化学与生物工程学院池永庆任副主编，编写第四章、第五章；山西综合职业技术学院工贸分院薛新科任副主编，编写第八章、第九章、第十章；河北工业职业技术学院李辉编写第六章；山西省煤炭职业技术学院王翠平编写第七章；太原科技大学化学与生物工程学院李红晋编写第三章；邯郸钢铁股份有限公司焦化厂的杨俊英编写了第四~六章的岗位操作和事故处理。全书由何建平统稿与整改。河北理工大学朱占升教授主审，对全书进行了仔细审改，提出许多宝贵意见，在此谨致衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了国内外出版的多种文献，在此谨向有关单位和作者深表谢意。限于编者水平和时间仓促，书中难免有深浅不当和疏漏错误之处，祈望广大读者和同行赐教指正。

编者

2005年1月

内 容 提 要

本书系统阐述了以煤为原料高温干馏得到炼焦化学产品回收与加工的生产方法、基本原理、工艺过程、操作条件与参数分析、主要设备结构、岗位操作、生产故障排除等知识。主要内容有煤气的冷却，煤气的输送和煤焦油雾清除，煤气中氨和粗轻吡啶的回收，煤气脱硫、脱氰，粗苯回收与制取、粗苯精制，煤焦油精制，工业萘及精萘的生产，粗酚、粗重吡啶及粗蒽的提取和精制等。

本书可作为高职煤化工、煤炭综合利用专业的教学、成人教育、职业培训教材，也可供从事能源、燃气、煤化工、煤炭综合利用等有关生产的技术人员参考。

目 录

第一章 概述	1
第一节 炼焦化学产品概述	1
一、炼焦化学	1
二、炼焦化学产品	1
三、回收炼焦化学产品的重要意义	2
第二节 炼焦化学产品的生成与组成和产率	3
一、炼焦化学产品的生成	3
二、炼焦化学产品的组成	4
三、炼焦化学产品的产率	5
四、影响化学产品产率和组成的因素	5
第三节 回收与加工化学产品的方法及典型流程	7
一、在正压下操作的焦炉煤气处理系统	7
二、在负压下操作的焦炉煤气处理系统	9
三、粗苯加工生产流程系统	10
四、煤焦油加工生产流程系统	10
复习思考题	11
第二章 煤气初冷和煤焦油氨水的分离	12
第一节 煤气在集气管内的冷却	12
一、煤气在集气管内的冷却机理	12
二、煤气在集气管内冷却的技术要求	13
三、集气管的物料平衡与热平衡	14
第二节 煤气在初冷器的冷却	16
一、煤气的间接冷却	17
二、煤气的直接冷却	21
三、间接冷却和直接冷却结合的煤气初冷	23
第三节 煤焦油氨水的分离	24
一、煤焦油氨水混合物的性质及分离要求	24
二、煤焦油氨水混合物的分离方法和流程	25
三、煤焦油质量的控制	26
第四节 煤气冷却和冷凝的主要设备	26
一、煤气冷却设备	26
二、澄清分离设备	31
三、冷凝液水封槽和接受槽	32

第五节 煤气初冷操作和常见事故处理	33
一、煤气初冷操作	33
二、煤气初冷常见事故处理	36
复习思考题	37
第三章 煤气的输送和煤焦油雾的清除	39
第一节 煤气输送系统及管路	39
一、煤气输送系统及阻力	39
二、煤气输送管路	40
第二节 鼓风机及其操作性能	42
一、离心式鼓风机	42
二、离心式鼓风机的性能与调节	44
三、罗茨式鼓风机	47
第三节 鼓风机的操作管理	48
一、鼓风机系统的操作	48
二、鼓风机的常见事故及处理	51
第四节 煤气中煤焦油雾的清除	51
一、煤气中煤焦油雾的形成和清除目的	51
二、电捕焦油器	52
复习思考题	55
第四章 煤气中氨和粗轻吡啶的回收	56
第一节 硫酸吸氨法回收煤气中的氨	56
一、氨的性质和用途	56
二、硫酸铵生产的原料和产品	56
三、硫酸铵生产的方法原理	58
四、影响硫酸铵结晶的因素及控制	60
五、硫酸铵生产工艺流程	63
六、饱和器的物料平衡和热平衡	67
七、硫酸铵生产的主要设备	72
八、硫酸的接受与储存	78
九、饱和器法生产硫酸铵的主要操作和常见事故处理	78
第二节 磷酸吸氨法回收煤气中的氨	85
一、生产工艺原理	85
二、无水氨生产工艺流程	86
三、主要设备及操作要点	87
四、无水氨生产的物料平衡	88
第三节 粗轻吡啶的制取	90
一、粗轻吡啶的性质和组成	90
二、从硫酸铵母液中制取粗轻吡啶的工艺原理	91

三、制取粗轻吡啶的工艺流程	92
四、中和器的物料平衡	94
五、影响粗轻吡啶生产的因素及其控制	95
六、粗轻吡啶生产的主要设备	96
七、产品质量	97
第四节 剩余氨水的加工	97
一、剩余氨水的组成	98
二、剩余氨水加工制取黄血盐的工艺流程及其操作	98
三、剩余氨水加工主要设备	100
复习思考题	101
第五章 焦炉煤气中硫化氢和氰化氢的脱除	103
第一节 概述	103
一、脱除煤气中的硫化氢和氰化氢的重要性	103
二、脱除煤气中硫化氢和氰化氢的方法	104
第二节 焦炉煤气的干法脱硫	105
一、干法脱硫原理	105
二、干法脱硫剂的制备与使用条件	105
三、脱硫设备及操作	106
四、脱硫操作制度	107
五、脱硫箱的设计参数和脱硫剂量的计算	107
第三节 改良蒽醌二磺酸钠（改良 ADA）法脱硫和栲胶法脱硫	107
一、生产过程原理	108
二、改良 ADA 脱硫工艺流程和设备	109
三、粗制硫代硫酸钠和粗制硫氰酸钠的提取	112
四、精制硫氰酸钠	113
五、改良 ADA 法脱硫的产品及其质量	115
六、栲胶法脱硫	116
第四节 HPF 法脱硫	118
一、HPF 法脱硫的基本反应	118
二、HPF 法脱硫工艺流程	119
三、HPF 法脱硫操作条件讨论	121
四、HPF 法脱硫工艺的评价	122
五、HPF 法脱硫生产主要操作及常见事故处理	122
第五节 苦味酸法脱硫	125
一、弗-洛法脱硫脱氰	126
二、昆帕科斯法制取硫酸	128
三、工艺技术操作控制指标	129
四、FRC 法的脱硫脱氰的工艺特点	129

第六节 氨水法脱硫	129
一、生产工艺原理	130
二、氨水脱硫工艺流程	131
三、湿式催化法制取硫酸	133
四、AS循环脱硫法和克劳斯法硫磺生产	134
复习思考题	137
第六章 粗苯的回收与制取	138
第一节 粗苯的组成、性质和回收方法	138
一、粗苯的组成和性质	138
二、回收苯族烃的方法	139
第二节 用洗油吸收煤气中的苯族烃	140
一、吸收苯族烃的基本原理	140
二、吸收苯族烃的工艺流程	142
三、影响苯族烃吸收的因素	143
四、洗油的质量要求	148
五、洗苯塔	149
第三节 煤气的终冷和除萘	152
一、横管式煤气终冷除萘	152
二、油洗萘和煤气终冷	153
三、煤气预冷油洗萘和终冷	154
第四节 富油脱苯	155
一、富油脱苯的方法和原理	155
二、富油脱苯工艺流程	157
三、富油脱苯产品及质量	160
第五节 富油脱苯主要设备	161
一、脱苯塔	161
二、两苯塔	163
三、洗油再生器	164
四、管式加热炉	165
五、分凝器和油气换热器	168
六、换热器	169
第六节 洗脱苯工段的主要操作及常见事故处理	170
一、洗脱苯工段的主要操作	170
二、洗脱苯工段常见事故及处理	173
复习思考题	174
第七章 粗苯的精制	176
第一节 粗苯精制主要产品及加工方法	176
一、粗苯的组成及主要组分的性质	176

二、粗苯精制方法和主要产品的产率	180
三、粗苯精制主要产品的用途和质量	180
第二节 轻苯的初步精馏和酸洗净化	183
一、轻苯的初步精馏	183
二、酸洗净化的主要化学反应	184
三、酸洗净化的工艺要求和生产流程	186
第三节 已洗混合馏分的精馏	188
一、已洗混合馏分的吹苯	189
二、吹出苯的半连续精馏	190
三、吹出苯的全连续精馏	191
第四节 酸洗精制主要设备	193
一、混合器	193
二、精馏塔	194
三、重沸器	196
第五节 精苯车间(工段)主要操作和防火	197
一、精苯车间(工段)主要操作(以热油连料全连续精馏系统为例)	197
二、精苯车间的油库	199
三、精苯车间(工段)的防火	200
第六节 催化加氢精制轻苯	201
一、催化加氢的方法	202
二、催化加氢用催化剂	202
三、轻苯加氢的原理及主要反应	203
四、催化加氢精制工艺流程	204
五、催化加氢主要设备	206
第七节 初馏分的加工	207
一、初馏分的组成、性质和加工方法	207
二、热聚合法生产二聚环戊二烯	208
第八节 古马隆-茛树脂的生产	209
一、古马隆和茛的性质	210
二、古马隆-茛树脂的制取步骤	210
三、制取古马隆-茛树脂的工艺流程	212
复习思考题	213
第八章 煤焦油的初步蒸馏	214
第一节 煤焦油的组成、性质及主要产品的用途	214
一、煤焦油的组成和性质	214
二、煤焦油中各种馏分的产率	217
三、煤焦油主要产品及用途	217
第二节 煤焦油加工前的准备	218

一、煤焦油的储存和运输	218
二、煤焦油质量的均合	219
三、煤焦油的脱水	219
四、煤焦油的脱盐	220
第三节 煤焦油的连续蒸馏	221
一、一次气化过程和一次气化温度	221
二、煤焦油连续蒸馏工艺流程	224
第四节 煤焦油蒸馏主要设备	231
一、管式加热炉	231
二、蒸发器	233
三、馏分塔	235
第五节 沥青的冷却及加工	236
一、沥青的冷却和用途	236
二、改质沥青的生产	237
第六节 煤焦油蒸馏主要生产操作和常见事故处理	239
一、煤焦油蒸馏主要生产操作	239
二、管式炉煤焦油蒸馏常见事故及处理	242
复习思考题	243
第九章 工业萘及精萘的生产	244
第一节 工业萘的生产	244
一、生产工业萘的原料与产品质量	244
二、工业萘生产工艺流程	245
三、主要设备结构及操作	250
第二节 精萘的生产	253
一、区域熔融法制取精萘	254
二、分步结晶法制取精萘简介	257
复习思考题	258
第十章 粗酚、粗重吡啶及粗萘的提取和精制	260
第一节 粗酚及粗重吡啶的制取	260
一、酚类及吡啶碱类的组成和分布	260
二、馏分的洗涤	261
第二节 粗酚盐的净化、分解及粗酚精制	264
一、粗酚盐的净化	264
二、精制酚盐的分解	266
三、粗酚的精制	268
第三节 粗吡啶盐基的精制	272
一、粗轻吡啶盐基的精制	273
二、粗重吡啶盐基的精制	275

第四节 粗萘的制取和精制.....	276
一、粗萘的制取.....	276
二、粗萘的精制.....	278
复习思考题.....	280
附录	281
附表 1 各种温度下焦炉煤气中水蒸气的体积、焓和含量	281
附表 2 不同温度和压力下焦炉煤气中萘饱和蒸气含量	283
附表 3 结晶温度与含萘量关系	284
参考文献	285

第一章 概 述

第一节 炼焦化学产品概述

一、炼焦化学

炼焦化学是研究以煤为原料，经高温干馏获得焦炭和荒煤气（或称粗煤气），并用经济合理的方法将荒煤气分离和精制成化学产品的技术和工艺原理的学科。以煤为原料，经过高温干馏生产焦炭，同时获得煤气、煤焦油、并回收其他化工产品的工业是炼焦化学工业。生产和经营炼焦化学产品的单位是炼焦化学工厂。在中国钢铁联合企业能耗中，焦炭和焦炉煤气提供的能源占60%以上，所以大部分焦化厂设在钢铁联合企业中，是钢铁联合企业的重要组成部分，另有一部分是设在民用煤气或化工部门。

二、炼焦化学产品

煤是一种结构复杂的由很多苯环缩合起来的多环结构物质，煤中的价键以碳原子结合为主，氢、氧、氮、硫等原子镶嵌在苯环之间。在加热时能黏结成块的煤种，通常称之为炼焦煤。

炼焦煤于炼焦炉内在隔绝空气高温加热条件下，煤质发生一系列的变化，除生成固态焦炭外，还裂解生成挥发性产物简称为荒煤气。荒煤气中含有许多种化合物，包括常温下的气态物质如氢、甲烷、一氧化碳、二氧化碳等； $C_1 \sim C_6$ 直链烃类和氢等裂解成焦炉煤气的主要成分。缩环裂解后，含一个苯环的为苯系化合物，包括苯、甲苯、乙基苯和二甲苯、三甲苯的同分异构物；含两个苯环的为萘系化合物，包括萘和甲基萘、二甲基萘的异构物，也包括茚、联苯及茈等；含三个苯环的为蒽系化合物，包括蒽、菲和荧蒽等；含四个和四个以上苯环的为多环系化合物，包括苊、蒾、苯并荧蒽等。煤结构中除碳、氢元素外的氮、氧、硫等成分，在裂解中除了一部分生成一氧化碳、氰化氢、硫化氢、氨等进入焦炉煤气外，其余部分是和苯环和多环化合物结合，形成一系列复杂化合物。例如：含氧的苯环生成酚、甲酚、二甲酚等酸性物质；含氧的萘环生成萘酚、萘二酚等；氧也能生成杂环含氧化合物，如古马隆、氧茚等；氮在裂解时可生成吡啶、甲基吡啶等碱性物质；也可生成喹啉、异喹啉等；此外，还可生成咪唑、吡啶、苯胺、萘胺等化合物。硫与碳原子直接结合组成二硫化碳，存在于焦炉煤气中；另外，硫还能与直链化合物生成噻吩，与苯环缩合生成硫茚，与萘化合成萘硫酚等。煤高温下裂解转入荒煤气的物质有上万余种，目前有些国家生产的炼焦化学产品品种已达500多种。中国目前经过生产试制，包括小批量生产的大约为150余种，正式生产的有70多个品种。这70多个品种的含量约占煤中所含化学产品的95%，搞好这些炼焦化学产品的回收与精制，对经济建设将起到重大作用。

粗苯和煤焦油都是组成很复杂的半成品，经精制加工后，可得到的产品有：二硫化碳、苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、古马隆、酚、甲酚、萘、蒽和吡啶盐基及沥青等。这些产品具有极为广泛的用途，是塑料、合成纤维、染料、合成橡胶、医药、农药、耐辐射材料、耐高温材料以及国防工业的重要原料。

在钢铁联合企业中，经过回收化学产品的焦炉煤气是具有较高热值的冶金燃气，是钢铁生产的重要燃料。焦炉煤气除满足钢铁生产自身的需要外，其余部分经深度脱硫后，可供民用或送往化学工厂用作合成原料气。

由于石油和天然气的化学加工和合成技术的发展，炼焦化学产品受到竞争，但石油储量有限，开采量加大，按目前耗用速度，石油使用年限估计为几十年。而煤的使用年限估计在几百年。世界各国都重视炼焦化学工业的发展，以从中取得化学工业的原料。一些重要化工原料，主要来自炼焦化学工业，如全世界萘需求量的90%来自煤焦油，作为染料原料的精蒽也几乎全来自煤焦油，生产碳素电极的电极沥青绝大部分来自煤焦油沥青。近年来，为了进行经济上的竞争和加强环境保护，炼焦化学工业在改进生产工艺，生产优质多品种的炼焦化学产品、降低生产成本和减少单位投资等方面均取得了很大进展。中国已从焦炉煤气、粗苯、煤焦油中提取出百余种产品（详见表1-1）。今后，在中国丰富的煤炭资源基础上，煤的综合利用将更加合理和高效地发展。

第二节 炼焦化学产品的生成与组成和产率

一、炼焦化学产品的生成

煤料在焦炉炭化室内进行高温干馏时，煤质发生了一系列的物理化学变化。

装入煤在200℃以下蒸出表面水分，同时析出吸附在煤中的二氧化碳、甲烷等气体；随温度升高至250~300℃，煤的大分子端部含氧化合物开始分解，生成二氧化碳、水和酚类，这些酚主要是高级酚；至约500℃时，煤的大分子芳香族稠环化合物侧链断裂和分解，产生气体和液体，煤质软化熔融，形成气、固、液三相共存黏稠状的胶质体，并生成脂肪烃，同时释放出氢。

在600℃前从胶质层析出的和部分从半焦中析出的蒸汽和气体称为初次分解产物，主要含有甲烷、二氧化碳、一氧化碳、化合水及初煤焦油（简称初焦油），氢含量很低。

初焦油主要的族组成（质量分数）大致如下。

链烷烃(脂肪烃)	烯烃	芳烃	酸性物质	盐基类	树脂状物质	其他
8.0%	2.8%	58.9%	12.1%	1.8%	14.4%	2%

初焦油中芳烃主要有甲苯、二甲苯、甲基萘、甲基联苯、菲、蒽及其甲基同系物，酸性化合物多为甲酚和二甲酚，还有少量的三甲酚和甲基吡啶；链烷烃和烯烃皆为C₅~C₃₂的化合物，盐基类主要是二甲基吡啶、甲苯胺、甲基喹啉等。

炼焦过程析出的初次分解产物，在炭化室内的流动途径如图1-1所示，约85%的产物是通过赤热的半焦及焦炭层和沿温度为1000℃左右的炉墙到达炭化室顶部空间的，其余约25%的产物则通过温度一般不超过400℃，处在两侧胶质层之间的煤料层逸出。