煤炭高职高专（成人）“十二五”规划教材

炼焦工艺及化产回收

张桂红 主编

Lianjiao Gongyi Ji Huachan Huishou

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

专(成人)“十二五”规划教材

炼焦工艺及化产回收

张桂红　主　编
李全国　副主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了以煤为原料高温干馏炼焦及所得到的化学产品回收加工的基本原理、工艺过程、主要设备、生产方法及操作等知识。主要内容有：焦化备煤、炼焦设备、炼焦技术、炼焦生产操作、煤气的初冷、输送及焦油氨水分离、焦炉煤气脱硫脱氨、粗苯的回收与精制、煤焦油加工技术等。

本书可以作为高职煤化工、煤炭利用专业的教学、成人教育、职业培训教材，也可作为从事能源、煤炭利用、洁净煤技术、煤化工等相关领域的技术人员的自学用书和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

炼焦工艺及化产回收/张桂红主编. —徐州：中国矿业大学出版社，2013.9

ISBN 978-7-5646-1994-7

Ⅰ. ①炼… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①炼焦—工艺学②炼焦—化工产品—回收 Ⅳ. ①TQ520.6②TQ522.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 196605 号

书　　名　炼焦工艺及化产回收
主　　编　张桂红
责任编辑　耿东锋　章　毅
出版发行　中国矿业大学出版社有限责任公司
（江苏省徐州市解放南路　邮编 221008）
营销热线　(0516)83885307　83884995
出版服务　(0516)83885767　83884920
网　　址　http://www.cumtp.com　**E-mail**：cumtpvip@cumtp.com
印　　刷　徐州中矿大印发科技有限公司
开　　本　787×1092　1/16　**印张** 17.25　**字数** 431 千字
版次印次　2013 年 9 月第 1 版　2013 年 9 月第 1 次印刷
定　　价　28.00 元

（图书出现印装质量问题，本社负责调换）

全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主　任：李增全

副主任：于广云　丁三青　王廷弼

委　员：(按姓氏笔画排序)

王宪军　王继华　王德福　刘建中

刘福民　孙茂林　李维安　张吉春

陈学华　周智仁　赵文武　赵济荣

郝虎在　荆双喜　徐国财　廖新宇

秘书长：王廷弼

秘　书：何　戈

全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

煤化工类编审委员会成员名单

主　任：薛　巍

副主任：杜　群

委　员：(按姓氏笔画排序)

王启广　刘春颖　李　振　李建伟

杨庆江　吴　捷　张桂红　陈　玲

邵景景　赵世永　蔡会武

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前　言

我国的资源特点是“多煤、缺油、少气”，煤炭是我国的主体能源，在一次能源结构中占70%左右。在未来相当长的时期内，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。传统的煤炭工业存在利用率极低、环境污染严重等问题，因此我国必须大力发展煤炭转化技术，改变煤炭直接燃烧的现状。煤炭工业发展“十二五”规划中明确指出：按照调整优化结构、保障合理需求的原则，2015年全国煤炭产量39亿t，主要增加发电用煤，合理安排优质炼焦煤生产。高温炼焦不仅是煤综合利用的重要途径，也是冶金工业的重要组成成分，在国民经济运行中处于举足轻重的地位。炼焦指的是煤炭的高温干馏转化技术，通过热分解和结焦产生焦炭、焦炉煤气和炼焦化学产品的工艺过程。焦炭是炼铁生产中的主要原料，焦炉煤气是钢铁厂的主要燃料之一，目前虽然高炉大量喷煤，可以取代一部分焦炭作为炼铁的供热、还原剂和增碳的作用，但是不能取代焦炭在高炉中的料柱支撑作用。焦炭除用于炼铁外，还用于机械工业的铸造，在化学工业中用于生产电石，合成氨生产中用于制备氢气。煤在炼焦时，除有75%左右变成焦炭外，还有25%左右生成多种化学产品及煤气。来自焦炉的荒煤气，经冷却和用各种吸收剂处理后，可以提取出煤焦油、氨、萘、硫化氢、氰化氢及粗苯等化学产品，并得到净焦炉煤气。煤焦油是焦化工业的重要产品，其产量约占装炉煤的3%～4%，针状焦技术是提高煤焦油附加价值的最新技术，我国在这方面起步较晚，需要深入研究；氨的回收率约占装炉煤的0.2%～0.4%，常以硫酸铵、磷酸铵或浓氨水等形式作为最终产品。粗苯回收率约占煤的1%左右。其中苯、甲苯、二甲苯都是有机合成工业的原料。硫及硫氰化合物的回收，不但是为了经济效益，也是为了环境保护的需要。经过净化的煤气属中热值煤气，其质量约占装炉煤的16%～20%，发热量为17 500 kJ/Nm^{3}左右，是钢铁联合企业中的重要气体燃料。

本教材是根据中国煤炭教育协会的煤炭成人高等教育“十二五”规划教材建设精神，结合国际炼焦及化产回收生产技术的发展现状和应用实际所编写的。本教材本着“突出技能，重在实用，淡化理论，够用为度”的指导思想，与以往版本的同类教材相比，更能体现新理论、新技术、新方法、新工艺、新材料，保证教材的先进性和科学性，可以作为煤化工专业的教学用书和培训用书，也可作为从事煤化工相关领域技术人员的自学用书和参考用书。

本教材共分九章，其中第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第七章、第九章由黑龙江煤炭职业技术学院张桂红编写；第六章、第八章由七台河职业技术学院李全国编写。全书由张桂红统稿。

在本教材编写过程中，参考了大量的相关专著和资料，再次向相关作者表示衷心感谢，同时还要向为本教材提供技术资料的企业和老师、在出版过程中给予支持和帮助的单位和相关人员表示深深的谢意。

由于炼焦及化产回收技术涉及的专业面宽、参考资料多，限于作者的水平和能力，有不妥之处，恳请读者批评指正。

编　者

2012年6月

目　录

第一章　绪论 …… 1
第一节　炼焦化学工业简介 …… 1
第二节　我国焦化工业发展概况及展望 …… 3
本章测试题 …… 10

第二章　焦化备煤 …… 12
第一节　煤炭的分类和炼焦用煤 …… 12
第二节　来煤的接收与储存 …… 17
第三节　来煤的粉碎及配煤工艺 …… 20
第四节　备煤机械及操作 …… 24
本章测试题 …… 29

第三章　炼焦设备 …… 32
第一节　焦炉炉体 …… 32
第二节　焦炉特性 …… 36
第三节　焦炉分类及炉型举例 …… 39
第四节　护炉设备 …… 46
第五节　煤气设备 …… 52
第六节　焦炉机械 …… 56
本章测试题 …… 61

第四章　炼焦生产操作 …… 63
第一节　焦炭及室式结焦过程 …… 63
第二节　装煤 …… 69
第三节　推焦 …… 72
第四节　熄焦 …… 79
第五节　焦炭筛分与整粒 …… 83

本章测试题 …… 85

第五章 炼焦技术 …… 87
第一节 煤气燃烧及炼焦热耗 …… 87
第二节 炼焦温度的确定及测量 …… 92
第三节 压力制度及其测量 …… 96
第四节 炼焦技术新发展 …… 98
本章测试题 …… 104

第六章 煤气的冷却和输送以及焦油氨水的分离 …… 107
第一节 煤气在集气管及初冷器的冷却 …… 107
第二节 煤气冷却和冷凝的主要设备及操作 …… 117
第三节 煤气输送系统及设备 …… 126
第四节 焦油氨水的分离及煤气中焦油雾的清除 …… 134
本章测试题 …… 140

第七章 焦炉煤气脱硫脱氨 …… 142
第一节 焦炉煤气脱硫概述 …… 142
第二节 吸收法脱硫—AS 法和 VASC 法 …… 143
第三节 氧化法脱硫—HPF 法、改良 ADA 法和栲胶法 …… 146
第四节 其他脱硫方法 …… 151
第五节 焦炉煤气脱氨 …… 152
本章测试题 …… 161

第八章 粗苯的回收与精制 …… 163
第一节 粗苯的组成、性质和回收方法 …… 163
第二节 用洗油吸收煤气中的苯族烃 …… 165
第三节 富油脱苯 …… 175
第四节 煤气的终冷和除萘 …… 186
第五节 洗脱苯工段的主要操作及常见事故处理 …… 189
第六节 粗苯精制主要产品及加工方法 …… 194
第七节 精苯车间主要操作 …… 215
本章测试题 …… 219

第九章　煤焦油加工技术 …… 221
第一节　煤焦油的组成、性质及主要产品的用途 …… 221
第二节　焦油加工前预处理 …… 223
第三节　煤焦油蒸馏工艺 …… 226
第四节　煤焦油蒸馏主要设备及操作 …… 234
第五节　沥青的冷却、加工及针状焦的生产 …… 240
第六节　工业萘的生产 …… 246
第七节　精萘生产 …… 255
本章测试题 …… 260

综合试题 A …… 262

综合试题 B …… 264

参考文献 …… 266

第一章 绪 论

【本章重点】煤炭的中高温干馏；焦化厂车间组成及生产工艺；焦化技术的发展。

【本章难点】焦化车间组成及生产工艺；炼焦新技术及新工艺。

【学习目标】了解焦化产品的分类和组成；掌握煤炭的中高温干馏及焦化生产工艺；了解并掌握煤焦化产业的发展现状及新技术。

第一节 炼焦化学工业简介

一、炼焦化学工业

我国是一个“多煤少油”的国家，煤炭在我国一次性能源结构中处于绝对的主要位置。在《中国可持续能源发展战略》研究报告中，20多位院士一致认为，到2050年，煤炭在我国能源结构中所占比例不会低于50%。可以预见，煤炭工业在国民经济中的基础地位将是长期的和稳固的，具有不可替代性。然而，煤炭工业在为国民经济发展、社会进步和人民生活水平提高提供不可缺少的物质来源的同时，正面临着种种挑战：一方面煤炭行业是国家确定的九大高能耗行业之一，而且我国煤炭企业的能源利用率极低（为22%），比国外先进水平低28%；另一方面煤炭资源低水平开发和大量煤炭直接燃烧带来了许多生态环境和社会问题，以煤为主的一次能源消费结构所带来的环境压力愈来愈大。煤炭和石油、天然气一样，本身并不是污染源，煤炭所带来的环境压力主要是由于煤的不合理利用和利用技术落后造成的。解决这一关键问题的根本途径是发展洁净煤技术，改变煤炭直接燃烧的现状，大力发展煤炭转化技术。

煤隔绝空气进行加热，分别得到固体产品、液体产品和气体产品的过程，即为煤的干馏过程。根据煤被加热的最终温度，分为低温干馏（500～550 ℃）、中温干馏（600～800 ℃）和高温干馏（即炼焦过程）（900～1 050 ℃）。通常炼焦指的是高温干馏，通过热分解和结焦产生焦炭、焦炉煤气和炼焦化学产品的工艺过程。焦炭是炼铁生产中的主要原料，焦炉煤气是钢铁厂的主要燃料，目前虽然高炉大量喷煤，可以取代一部分焦炭作为炼铁的供热、还原剂和增碳的作用，但是不能取代焦炭在高炉中的料柱支撑作用，而且随着高炉喷煤量的增加，对焦炭强度的要求越来越高。焦炭除用于炼铁外，还用于机械工业的铸造，在化学工业中用于生产电石，合成氨生产中用于制备氢气。

19世纪60年代炼焦的主要手段是成堆干馏，将优质炼焦煤堆成锥形，表面用砖和煤泥密封进行炼焦。当煤的挥发分较高时，焦炭质量疏松，后来改为在堆煤时进行夯实，采用长方形成堆干馏。后来开始出现用耐火砖砌成的能多次使用的焦炉，即蜂窝式焦炉，并大部分取代了成堆式干馏。之后开始出现炭化室与燃烧室分开，并设蓄热室进行余热回收式焦

炉。此时焦炉煤气有了富余，为进行化学产品回收创造了条件。焦炉开始使用硅砖进行砌筑，使结焦时间大为缩短。随后有了煤焦油和氨的回收工艺，由煤焦油蒸馏得到了防腐油。20世纪初由煤气中的氨生产硫酸铵的技术趋于成熟，煤焦油的加工也得到了发展，其产品有苯、甲苯、萘、酚类、蒽等。20世纪20年代，焦炉炭化室高度达4～4.5 m，60年代出现炭化室高6 m的焦炉，到了80年代有炭化室高度7.85 m的焦炉，2003年在德国斯维尔根焦化厂投产的炭化室高8.43 m的焦炉，是当今世界上最大、最高的炼焦炉。同时炼焦生产的机械化和自动化水平也大大提高，使炼焦化学工艺趋于成熟。

二、焦化厂的车间组成和生产过程

焦化厂车间组成如表1-1所示，一般有煤准备、炼焦、煤气净化、粗苯精制、焦油精制、水净化等主体车间组成。此外尚有辅助车间，如机修、动力、化验车间。煤准备车间包括收煤、贮煤、配煤、煤粉碎各工序，也有不少厂设有选煤工序。炼焦车间由炼焦、熄焦、焦炭分级工序组成。煤气净化的主要任务是将炼焦产生的粗煤气，脱除其中的煤焦油、氨、氰化物、硫化物及萘等，使煤气得以净化，并同时回收其中的粗苯。粗苯和焦油进一步加工，还可以得到苯、甲苯、二甲苯、溶剂油、酚类、萘、蒽类、不同特性沥青等产品。

表1-1　　焦化厂车间组成

序号	系统名称	主要生产设施
1	备煤车间	煤仓，配煤室，粉碎机室，胶带机运输系统，煤制样室
2	炼焦车间	煤塔焦炉，装煤设施，推焦设施，拦焦设施，熄焦塔，筛运焦工段（焦台、筛焦楼）
3	煤气净化车间	冷鼓工段（风机房、初冷器、电捕焦油器等） 脱氨工段（洗氨塔、蒸氨塔、氨分解炉等） 粗苯工段（终冷器、洗苯塔、脱苯塔等）
4	公辅设施	废水处理站，供配电系统，给排水系统，综合水泵房 备煤除尘系统，筛运焦系统化验室等设施，制冷站等

焦化厂车间生产过程如图1-1所示，来自备煤车间的配合煤装入煤塔，装煤车按作业计划从煤塔取煤，经计量后装入炭化室内。煤料在炭化室内经过一个结焦周期的高温干馏制成焦炭并产生荒煤气。炭化室内的焦炭成熟后，用推焦车推出，经拦焦车导入熄焦车内，并由电机车牵引熄焦车到熄焦塔内进行喷水熄焦。熄焦后的焦炭卸至凉焦台上，冷却一定时间后送往筛焦工段，经筛分按级别贮存待运。煤在炭化室干馏过程中产生的荒煤气汇集到炭化室顶部空间，经过上升管、桥管进入集气管。约800 ℃左右的荒煤气在桥管内被氨水喷洒冷却至85 ℃左右。荒煤气中的焦油等同时被冷凝下来。煤气和冷凝下来的焦油等同氨水一起经过吸煤气管送入煤气净化车间。煤气净化车间由冷凝鼓风工段、脱硫工段、硫铵工段、终冷洗苯工段、粗苯蒸馏工段等工段组成。荒煤气在煤气净化车间进行冷却、输送、回收煤焦油、氨、硫、苯族烃等化学产品并同时得到净煤气。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

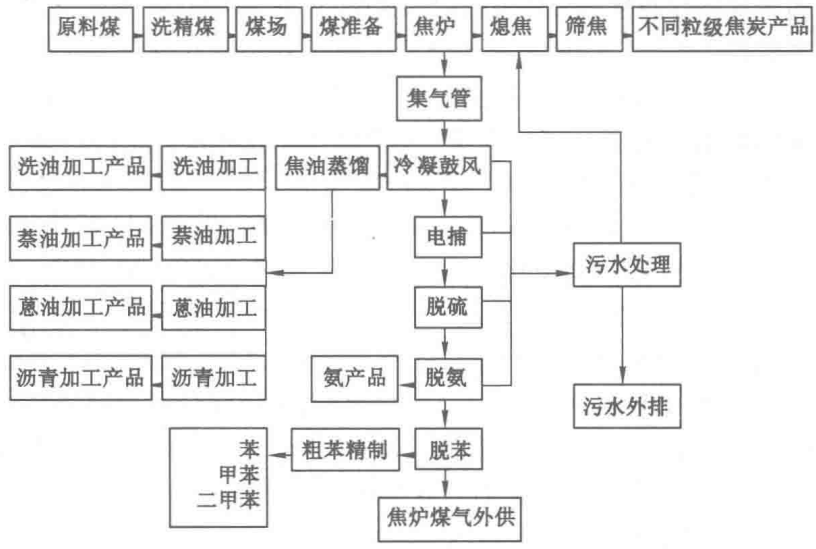

图 1-1 炼焦生产过程示意图

三、焦化产品在国民经济中的作用

（一）焦炭

焦炭是炼焦最重要的产品，大多数国家的焦炭 90%以上用于高炉炼铁，其次用于铸造与有色金属冶炼工业，少量用于制取碳化钙、二硫化碳、元素磷等。在钢铁联合企业中，焦粉还用作烧结的燃料。焦炭也可作为制备水煤气的原料制取合成用的原料气。

（二）煤气和化学产品

煤在炼焦时，除有 75%左右变成焦炭外，还有 25%左右生成多种化学产品及煤气。来自焦炉的荒煤气，经冷却和用各种吸收剂处理后，可以提取出煤焦油、氨、萘、硫化氢、氰化氢及粗苯等化学产品，并得到净焦炉煤气。煤焦油是焦化工业的重要产品，其产量约占装炉煤的 3%～4%，其组成极为复杂，多数情况下是由煤焦油工业专门进行分离、提纯后加以利用；氨的回收率约占装炉煤的 0.2%～0.4%，常以硫酸铵、磷酸铵或浓氨水等形式作为最终产品。粗苯回收率约占煤的 1%左右。其中苯、甲苯、二甲苯都是有机合成工业的原料。硫及硫氰化合物的回收，不但为了经济效益，也是为了环境保护的需要。经过净化的煤气属中热值煤气，发热量为 17 500 kJ/Nm^3 左右，每吨煤约产炼焦煤气 300～400 m^3，其质量约占装炉煤的 16%～20%，是钢铁联合企业中的重要气体燃料，其主要成分是氢和甲烷，可分离出供化学合成用的氢气和代替天然气的甲烷。

第二节 我国焦化工业发展概况及展望

一、我国焦化产业发展历程

我国生产焦炭和应用焦炭的历史，可以追溯到宋代。但是工业规模的焦炭生产，始于 1898 年江西的萍乡和河北的开滦，分别采用圆窑和长方形窑成堆干馏方法，1916 年生产焦炭 26.6 万 t。19 世纪 20 年代开始建室式炼焦炉，同时还采用了捣固炼焦技术，并形成了一定的炼焦规模。20 世纪 30 年代除继续兴建一批焦炉外，焦炉开始采用复热式，并配备了煤

焦油、硫酸铵、粗苯等回收装置和煤焦油连续蒸馏装置，40 年代有了用深冷法从焦炉煤气中分离出氢气的装置投入生产。1949 年全国焦炭生产量为 52.5 万 t。

1954～1957 年开始兴建炭化室高度为 4.3 m 的双联火道、废气循环、复热式焦炉，同期组建煤焦研究室和炼焦专业设计部门及负责砌炉监督、烘炉开工和焦炉加热调节的热工站。1957 年焦炭生产能力为 538 万 t，实际生产焦炭 555 万 t。1958～1965 年我国开始建设了一大批自己设计的 58 型焦炉，炭化室高为 4.3 m，双联火道、废气循环、焦炉煤气下喷、复热式焦炉，同时期建起了配煤实验站，研究区域配煤问题，总结出了以地区煤为主的配煤原则。新增焦炭生产能力 966 万 t。粗苯、煤焦油连续加工装置相继建成并投入生产。1966～1975 年开始向焦炉大型化发展，通过实验并设计和投产了炭化室高 5.5 m 的大容积焦炉，捣固炼焦的炭化室高度为 3.8 m。同时对焦化污水处理和焦炉煤气脱硫脱氰进行了研究，并取得了成果，建成第一座污水生物化学处理装置。1985 年，炭化室高为 6 m 的焦炉在宝钢建成投产后，炭化室高 6 m 的焦炉已成为我国大型钢铁联合企业建设配套炼焦设施的首选炉型，当时捣固焦炉炭化室高度已经达到 4.3 m。

2004 年，从德国引进的炭化室高 7.63 m 的焦炉在山东济宁和山西太钢开始建设，标志着我国焦炉大型化又有新发展。2005 年，我国开始研发拥有完全自主知识产权的炭化室高 7 m 捣固焦炉和炭化室高 5.5 m 捣固焦炉。此外，干熄焦技术开始应用于生产并逐步得到发展。煤气净化技术也大为提高，焦化污水处理采用三级处理，推焦装煤消烟除尘装置配套建设，炼焦车辆自动对位，生产过程自动化和监视技术也大量采用。焦化生产装置的设计、研究、制造技术已与国际水平相当，开始打入国际市场。焦化技术的研究机构完备，焦化专业技术人员的培养院校实力雄厚。2011 年焦炭生产量超过 3.9 亿 t，我国已成为世界焦炭第一生产大国。

二、焦化技术的现状及发展展望

（一）炼焦技术的现状及发展展望

世界炼焦工业近几十年来取得了长足的发展。大容积焦炉、捣固焦炉、干法熄焦等开发较早的先进工艺技术在工业化实际生产运行中日臻完善。日本的型焦工艺、德国的巨型炼焦反应器、美国的无回收焦炉、乌克兰的立式连续层状炼焦工艺等近几年来开发的新工艺、新技术则加快了工业化进程。

我国炼焦工业近几年发展较快，以宝钢二期工程焦炉为代表的中国焦炉技术，达到国际水平的捣固焦技术及装置、干熄焦技术、配型煤炼焦技术正在加快推广，铸造型焦和热压型焦装置已建成。可以说与国际先进水平的差距正逐渐缩小。然而，长期困扰世界炼焦工业的炼焦煤资源恶化、环境污染严重、焦炉产量和热效率低下等问题远远没有得到解决，这就推动了一批炼焦新工艺、新技术的产生。

1. 焦炉大型化

炭化室加宽加高、提高单孔炭化室产焦量是焦炉的发展方向。自 20 世纪 80 年代以来，国际上建设了许多炭化室高度大于 7 m 的大容积焦炉，德国 1993 年进行了炭化室高为 10 m 的单孔炼焦系统的工业试验，欧盟专家为德国 ThyssenKrupp 公司设计的炭化室高 8.43 m 的焦炉正在建设中。近几年，我国在鞍钢、武钢、安钢、邯钢、湘钢、济钢、莱钢、涟钢等钢铁企业和独立焦化企业新建扩建一批装备水平高的 6 m、7 m 大型顶装炉和 5.5 m、6.25 m 捣固焦炉。至 2009 年底，我国已有 6 m 顶装焦炉 142 座，5.5 m 捣固焦炉 70 座，大型焦炉的产能已达 1 亿 t

以上。兖矿、太钢、马钢、武钢、首钢京唐公司和沙钢先后引进投产的德国 7.63 m 超大容积焦炉共 14 座，年产焦炭能力 1 520 万 t。唐山佳华引进了炭化室高 6.25 m 世界最大的 4 座捣固焦炉也已于去年投产。7.63 m 超大容积焦炉和 6.25 m 世界最大的捣固焦炉的投产对推动我国焦炉大型化起到了积极推动作用。为适应我国焦炉大型化的发展，国内开发了炭化室高 6.98 m、长 17.180 m、宽 0.450 m、有效容积 48 m^3 和炭化室高6.98 m、长 18.152 m、宽 0.530 m、有效容积 60 m^3 两种大容积顶装焦炉。鞍钢、邯钢和本钢等厂家已有 13 座 7 m 大容积顶装焦炉投产，还有 10 座焦炉将要投产。7 m 级大型焦炉的开发、设计和建成投产将使我国的炼焦技术水平进一步提高。河南也相继投产了国产的 6 m 捣固焦炉和国产的 7.63 m 顶装焦炉。

2. 捣固炼焦技术

捣固炼焦是用高挥发分弱黏结性或中等黏结性煤作为炼焦的主要配煤组分，将煤料碎至一定细度后，用机械捣固成煤饼，送入焦炉炭化室内炼焦。其炼出的焦炭质量大大改善；或在保证焦炭质量不变的情况下，可多用 10%～25%高挥发分弱黏结性煤。虽然我国煤炭资源比较丰富，但炼焦煤资源相对较少，而强黏结性煤资源更稀缺宝贵。近几年，我国炼焦能力的超常发展，国际市场炼焦精煤价格节节上扬，这些都促使我国采用捣固炼焦技术。2006 年炭化室高 5.5 m 大型捣固焦炉首先在云南投产。河北旭阳、乌海神华、攀钢、涟钢等一大批企业的 5.5 m 捣固焦炉相继投产。唐山佳华炭化室高 6.25 m 世界最大的 4 座捣固焦炉也已于去年投产。我国捣固焦炉的产能已超过 1 亿 t。这相当于每年少用焦煤和肥煤 2 700 万～3 300 万 t，大大缓解了我国强黏结性炼焦煤的供应。

3. 干法熄焦(CDQ)技术

干熄焦是利用冷惰性气体(燃烧后的废气)在干熄炉中与红焦直接换热，从而冷却焦炭。采用干熄焦可回收 80%红焦显热，平均 1 t 红焦可回收 3.9 MPa、450 ℃蒸汽 0.45～0.58 t。平均每熄 1 t 红焦净发电 90～105 kW·h，如采用高压锅炉，平均 1 t 红焦可多发电 14%～18%。采用干熄焦可改善焦炭质量，降低高炉焦比。在保持焦炭质量不变情况下，可多配 15%弱黏结性煤，节省焦煤资源，降低炼焦成本。干熄焦可减少对环境的污染。避免了生产等量蒸汽燃煤而对大气的污染。对 100 万 t/a 焦化厂而言，每年可减少 8 万～10 万 t动力煤燃烧对大气的污染，少向大气排放二氧化硫 144～180 t 、烟尘 1 280～1 600 t，尤其是每年可减排 10 万～17.5 万 t CO_2，可减少温室效应，保护生态环境。我国目前使用的主要是从日本和俄罗斯/乌克兰引进的单套处理能力为 70～75 t/h 的装置。2005 年，我国实现了干熄焦技术与设备的国产化、大型化和系列化，使每套干熄焦基建投资可节约 6 000 万元左右。大中型钢铁企业从节能、环保、改善焦炭质量和多用弱黏结性煤的角度出发，纷纷兴建干熄焦装置。我国的一些独立焦化厂从节能环保、减排二氧化碳的角度出发，也在认可和采用干熄焦技术。2010 年，完全采用我国自己的干熄焦技术和国产设备建成投产的干熄焦装置已达 150 多套。干熄焦炭对炼铁生产降低焦比、稳产顺行起到了关键作用，炼铁行业对干熄焦炭的稳定供应非常迫切，不但钢铁企业焦化厂纷纷在建干熄焦装置，独立焦化厂逐步采用干熄焦技术也是一个发展方向。

4. 煤调湿(CMC)技术

煤调湿是将炼焦煤料在装炉前去除一部分水分，保持装炉煤水分稳定在 6%左右，然后装炉炼焦。这项技术以其显著的节能、环保和经济效益受到普遍重视，并得到迅速发展。1996 年中国第一套 CMC 装置在重钢焦化厂投产，采用的是导热油传热方式，系统较为复

杂、投资高。目前，鞍山焦耐院正在开发工艺简单、投资少的以蒸汽为热源的 CMC 装置，用蒸汽在列管式调湿机内与煤换热，利用烟道废气带走从煤中析出的水分，将装炉煤的水分稳定在 6%左右。该工艺可使焦炉生产能力提高 7.7%，焦炉加热煤气消耗量减少 14%，初冷器用水减少 1/3，剩余氨水减少 1/3，相应的氨蒸气用量减少 1/2。现在世界上主要有三种形式（按热源的不同）的煤调湿工艺：导热油煤调湿（回转式干燥机煤调湿）、蒸汽煤调湿（回转式干燥机煤调湿）和焦炉烟道气调湿（流化床煤调湿）。在日本几乎都是采用蒸汽煤调湿，只有日本室兰焦化厂采用焦炉烟道气煤调湿 。焦炉烟道气煤调湿的热源是充分利用焦炉烟道废气的余热，节能降耗。我国宝钢、太钢和攀钢已投产的煤调湿装置是采用蒸汽煤调湿装置，采用国产回转式干燥机。济钢、马钢、昆钢已投产的煤调湿装置是采用以焦炉烟道气为热源的流化床煤调湿工艺。

5. 除尘地面站与车载式焦炉烟尘治理技术

我国目前使用的装煤除尘系统主要形式有非燃烧法干式地面站除尘方式、燃烧法干式地面站除尘方式、燃烧法湿式地面站除尘方式以及装煤出焦二合一干式地面站除尘方式。出焦除尘系统主要形式有干式地面站除尘和热浮力罩除尘。近年来，鞍山焦耐院开发设计的干式除尘装煤车已在济钢焦化厂和昆钢焦化厂投入使用，该车是将装有袋式除尘器的干式除尘装置安装在装煤车上，具有投资省、易实施的特点，烟尘捕集率＞85%，除尘效率＞99.5%，烟气出口粉尘浓度＜50 ms/m^3，符合国家环保法规的相关要求。

6. 生产过程综合自动化

焦炉生产自动化是一个包含生产控制和管理自动化内容的集成系统。我国目前正在推广的焦炉生产自动化技术包括焦炉加热计算机控制及管理系统、焦炉机械动态自动识别炉号及对位控制系统、集气管压力综合控制系统、焦化厂生产管理计算机网络系统以及焦炉烘炉计算机自动测温与管理系统等。焦炉综合自动化系统的构成为模块化结构，可根据各焦化厂情况和用户要求，一次实现所有功能或逐步实现各项功能。

7. 热回收焦炉

热回收焦炉以其较低的造价、较轻的污染和较好的焦炭质量等特性，正在受到世界各国焦化工作者的关注。美国、德国、澳大利亚、印度、墨西哥、中国等都在积极开发和建设这种热回收焦炉。美国太阳公司建成的热回收焦炉已取得了令人满意的效果。我国首创的捣固装煤热回收焦炉试验炉已建成投产，现正在进一步完善中。这种焦炉适合于在没有煤气用户或缺乏电力的地方采用。

（二）焦炉煤气综合利用现状及发展展望

1. 焦炉煤气净化现状

目前，我国正在生产使用的焦炉煤气净化工艺很多，主要包括冷凝鼓风、脱硫、脱氨、脱苯等，在净化煤气的同时回收焦油、硫黄、硫铵或氨水、粗苯等化工产品。我国煤气净化工艺一般均采用高效的横管初冷器来冷却荒煤气，几种不同的煤气净化技术主要表现在脱硫、脱氨工艺方案的选择上。脱氨工艺主要有水洗氨蒸氨浓氨水工艺、水洗氨蒸氨氨分解工艺、冷法无水氨工艺、热法无水氨工艺、半直接法浸没式饱和器硫铵工艺、半直接法喷淋式饱和器硫铵工艺、间接法饱和器硫铵工艺、酸洗法硫铵等。脱硫工艺主要有湿式氧化工艺（如以氨为碱源的 TH 法、FRC 法、HPF 法及以钠为碱源的 ADA 法、PDS 法）和湿式吸收工艺（如氨硫联合洗涤的 AS 法、索尔菲班法及真空碳酸盐法）等。我国煤气净化工艺已达到

国际先进水平。根据煤气用户的不同，可选用不同的工艺流程来满足用户对不同煤气质量的要求。煤气脱硫是我国正在推广的强制性环保措施。引进的脱硫方法由于工艺复杂、投资高，仅在大型焦化广得到应用。比较适合我国国情的是自行开发的改良 ADA 法、HPF 法和真空碳酸盐法脱硫工艺。

2. 焦炉煤气综合利用现状

焦炉产生的煤气经过净化后，除部分用于焦炉自身加热外，剩余煤气均不同程度地得到了利用。钢铁联合企业中的焦化厂，绝大部分焦炉均为复热式焦炉，一般采用高炉煤气加热，所产生的焦炉煤气经净化后供给炼铁、炼钢、轧钢等用户。作为城市煤气气源厂的焦化厂，绝大部分焦炉也为复热式焦炉，可采用焦炉煤气加热，也可采用发生炉煤气加热，所产生的焦炉煤气经净化，达到城市煤气标准后供应城市居民用户或工业用户。在中国，产生大量剩余焦炉煤气的主要有两类焦化厂：一是以生产焦炭为主的独立焦化厂，其生产的焦炉煤气既不能供应城市用户，又没有合适的工业用户；二是目前供应城市煤气用户的焦化厂，如北京焦化厂、天津煤气厂、上海焦化厂等，在采用天然气取代焦炉煤气供应城市煤气用户后，焦炉煤气没有合适的用户。这些过剩的煤气迫切希望找到经济、合理、高效的综合利用途径。

焦炉煤气综合利用发展思路：焦炉煤气中含有 55%～60%的 H_2、23%～27%的 CH_4、5%～8%的 CO，低位发热量 17 920 kJ/m^3，不仅是优质的气体燃料，还是理想的化工合成原料。因此，焦炉煤气的综合开发利用也应从燃料和化工原料两条思路上考虑。

(1) 开发利用煤气的联合工业用户

焦炉煤气作为洁净的气体燃料，若用于生产水泥、建材、耐火材料，可大大提高产品的质量和品位。如山西焦化厂利用自产的焦炉煤气焙烧高铝矾土，利用焙烧高铝矾土的余热生产蒸汽，供全厂蒸汽用户，不仅提高了产品质量，扩大了市场，还实现了能源的综合利用，降低了生产成本。

(2) 开发以焦炉煤气为原料的化工合成项目

焦炉煤气是制造合成氨的理想原料。氢气是合成氨的直接原料气，焦炉煤气中含有55%～60%的氢气，其他成分如甲烷、一氧化碳等，可经转化、变换、脱碳等工序制得纯氢气，然后氢气与氮气合成氨。焦炉煤气同样是合成甲醇、二甲醚的理想原料，其本身含有生产甲醇和二甲醚的原料气。

(3) 焦炉煤气用于制氢

焦炉煤气是制氢的理想原料，其所含的 55%～60%的氢气可通过变压吸附法生产纯度为 99.9%或更高的氢气。氢气是化学工业合成的重要原料气之一，还是化学工业中常用的还原剂和氢化剂。在电子工业中，氢是制取半导体材料——硅的重要原料。气象上用于探空气球。氢已成为运载火箭航天器的重要燃料之一。可达到零排放的无污染高效氢燃料电池动力汽车已投入试验运行，世界各大汽车公司已陆续推出该类型汽车样车。氢能的应用范围今后必将不断扩大。

(4) 焦炉煤气甲烷化供城市煤气用户

对目前供应城市煤气用户的独立焦化厂，在天然气进入城市后，也可对焦炉煤气进行甲烷化，将其热值提高后掺入天然气管网供应城市煤气用户。

(5) 焦炉煤气发电

焦炉煤气暂时没有合适用途时，也可用来发电。焦炉煤气用于电厂锅炉时，其热效率可达90%，利用锅炉生产蒸汽发电，发电后的蒸汽还可供焦化厂生产用。焦炉煤气也可直接用于燃气透平机发电。我国利用航空发动机研制的焦炉煤气透平发电机已在陕西焦化厂及兖州矿务局焦化厂得到成功应用。

(6) 焦炉煤气用于直接还原铁

钢铁联合企业中，焦化厂生产的含有大量H_2和CH_4的焦炉煤气本身就是还原性气体，可直接送入气基竖炉生产海绵铁。由此而促成的高炉—直接还原铁—焦炉的联合流程是高炉流程工艺技术的自身完善，是钢铁生产向短流程过渡的必由之路。

(三) 煤焦油加工现状及发展思路

1. 煤焦油加工现状

2001年我国煤焦油产量为400万t左右。煤焦油是由多种复杂的混合物组成的，目前已从中成功分离出来的有500多种。煤焦油和加工产品是冶金、化工、医药、建材、交通、通讯等领域的重要基础原料，在国内外有着广阔的市场前景。我国煤焦油加工工业是随着炼焦工业而发展起来的，焦油加工部门一般作为焦化厂的一个生产车间而建设。我国目前拥有煤焦油加工装置的企业有50多家，焦油加工能力约270万t/a。煤焦油加工水平与世界先进水平相比尚有一定差距。早在20世纪60年代，国外就开始建设大型的焦油集中加工厂，焦油集中加工的规模已达到150万t/a，单套装置的加工能力达到了50万t/a，提取的产品品种达到了200多种。我国现有的焦油加工装置主要分散在各焦化厂，单套装置的加工能力小、产品品种少。目前，处于国内领先地位的是宝钢于20世纪80年代从日本引进的焦油加工装置，加工规模为26万t/a，单套装置加工能力13万t/a，产品品种26种。其余分散在各焦化厂的焦油加工装置，加工能力除鞍钢为25万/a、武钢为20万t/a、本钢为15万/a外，其他的只有5万～10万t/a，产品品种10余种。

2. 焦油加工的发展思路

(1) 发展焦油集中加工

规模经济性作为一般的经济规律同样适用于煤焦油加工业。由于煤焦油本身的特殊性质，欲提取煤焦油中含量<1%的组分，只有对其进行集中加工才具有经济意义。在条件允许的情况下，煤焦油加工的规模越大越好。煤焦油加工的实践表明，焦油加工的起始经济规模应达到20万～25万t/a。从20世纪70年代起，世界各国的焦油加工业就向集中加工这个方向发展。实现煤焦油集中加工和单机装置大型化，不但有利于提高工艺装备水平、自动控制水平和余热利用率，还为焦油馏分的深加工创造了最基本的条件。同时，由于集中加工，还可大大减少分散的加工点，可最大限度地采取环保治理措施，减轻对环境的污染。我国目前发展焦油集中加工的条件已基本成熟。可采取各焦化厂之间合并或集中处理的方式，也可采取独立专营的煤焦油产品公司来集中加工各焦化厂的煤焦油。提供原料煤焦油的各焦化厂，可按提供焦油的数量入股，并按提供的焦油数量对盈利部分进行分红。这样不仅可确保集中加工厂的原料焦油来源稳定，还可利用集中加工的优势，提高产品质量及数量，在激烈的市场竞争中取得最佳的经济效益。

(2) 发展焦油馏分集中加工

在焦油集中加工的基础上，我国宜进一步实施焦油馏分的集中深加工，各焦油加工企业不宜搞小而全的馏分深加工。焦油馏分集中加工的发展思路应是同一区域或相近区域

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com