

郑明东 水恒福 崔平 编著

# 炼焦新工艺与技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

# 炼焦新工艺与技术

郑明东 水恒福 崔平 编著



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

**图书在版编目(CIP)数据**

炼焦新工艺与技术/郑明东, 水恒福, 崔平编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-5025-7816-1

I. 炼… II. ①郑…②水…③崔… III. 炼焦-工艺 IV. TQ520.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 127570 号

---

**炼焦新工艺与技术**

郑明东 水恒福 崔平 编著

责任编辑: 辛田

责任校对: 边涛

封面设计: 尹琳琳

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心

(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

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 318 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7816-1

定 价: 29.00 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

高温炼焦是煤气化、液化、炭化等转化技术中最为成熟的工艺，也是高炉炼铁、机械铸造最主要的辅助产业。近年来，我国实际焦炭产量占世界总焦炭产量的一半左右，已成为全球最大的焦炭生产和出口国。由此刺激了炼焦技术的快速发展，新建和改造焦炉数量直线上升，焦炉大型化比例显著提高；干熄焦、捣固炼焦、焦炉信息化改造、炼焦生产自动化等一批新技术得到推广和应用；扩大弱黏煤利用、配煤专家系统、煤与不同添加物的共焦化以及改善焦炭热性质等应用型研究也取得了可喜的成绩。中国炼焦技术在国际上的地位也日益提高。但是，世界性的优质炼焦煤资源短缺，炼铁技术的进步不断减小对焦炭的依靠，以及资源的持续利用和生态系统的可持续性矛盾日益突出，如何合理利用、节约和保护矿产、能源等重要资源，提高煤炭资源利用效率和综合利用水准，是摆在焦化工作者面前的主要任务。本书正是在此背景下，全面总结近年来炼焦技术的最新成果，提出了我国发展炼焦技术的发展方向，以提高资源的利用效率和降低对环境的压力。全书共由 10 章组成，分别介绍了炼焦配煤基础、煤预热炼焦技术、煤干燥与煤调湿技术、配型煤炼焦技术、捣固炼焦技术、配加物共炭化炼焦技术、21 世纪新型炼焦技术、焦炭后处理技术、焦炉加热控制与应用以及焦化污染与环境治理等内容。

本书第1章、第9章由郑明东编写，第2章、第3章、第8章由崔平编写，第4章、第6章、第7章由水恒福编写，第5章由张代林编写，朱健崖、王林平、莫造林共同编写了第10章。全书由郑明东统稿。本书部分资料来自已出版的专著、论文和技术资料，另外在书稿整理过程中也得到作者研究生的支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，以及资料来源不足，难免出现不足之处，欢迎读者批评指正。

**编 者**

**2005年6月于安徽马鞍山**

# 目 录

<b>第 1 章 炼焦配煤基础</b> .....	1
1.1 炼焦煤资源与配煤原理 .....	1
1.2 炼焦配煤工艺 .....	8
1.3 焦炭质量预测.....	28
<b>第 2 章 煤预热炼焦技术</b> .....	40
2.1 煤预热工艺原理.....	40
2.2 煤预热的设备与工艺.....	51
<b>第 3 章 煤干燥与煤调湿技术</b> .....	78
3.1 煤干燥与煤调湿炼焦原理.....	78
3.2 煤干燥设备与工艺.....	81
3.3 煤调湿的设备与工艺.....	98
3.4 DAPS 工艺简介 .....	116
<b>第 4 章 配型煤炼焦技术</b> .....	126
4.1 配型煤工艺与原理 .....	126
4.2 配型煤炼焦工艺及设备 .....	136
4.3 发展配型煤技术的关键问题 .....	146
<b>第 5 章 捣固炼焦技术</b> .....	149
5.1 捣固炼焦基本原理 .....	149
5.2 捣固炼焦生产技术 .....	155

<b>第 6 章 配加物共炭化炼焦技术</b> .....	166
6.1 添加黏结剂炼焦 .....	166
6.2 添加惰性物炼焦 .....	183
<b>第 7 章 21 世纪新型炼焦技术</b> .....	191
7.1 SCOPE21 炼焦新技术 .....	191
7.2 巨型炼焦反应器 .....	205
7.3 无回收焦炉 .....	211
<b>第 8 章 焦炭后处理技术</b> .....	224
8.1 概述 .....	224
8.2 湿法熄焦技术 .....	229
8.3 低水分熄焦技术 .....	233
8.4 稳定熄焦技术 .....	239
8.5 干法熄焦技术 .....	242
8.6 其他熄焦技术 .....	263
<b>第 9 章 焦炉加热控制与应用</b> .....	265
9.1 焦炉的热工管理 .....	265
9.2 焦炉智能控制与应用 .....	285
9.3 焦炉四大车定位与联锁控制 .....	325
9.4 焦炉热工与模糊评定 .....	337
<b>第 10 章 焦化污染与环境治理</b> .....	345
10.1 焦化废水与污染.....	345
10.2 焦化污水处理工艺.....	351
10.3 焦化大气污染与控制.....	370
10.4 焦化废渣、废液处理.....	374
<b>参考文献</b> .....	377

# 第 1 章

## 炼焦配煤基础

炼焦配煤是焦炭生产的重要环节，对于室式炼焦工艺，焦炭质量主要取决于炼焦煤质量、配煤或预处理工艺和炼焦生产过程三个方面。在炼焦煤资源一定的情况下，炼焦煤料的预处理对改善焦炭质量具有十分重要的意义。尤其在当前国内外优质炼焦资源短缺的情况下，对炼焦配煤的研究和质量控制更加重要。

### 1.1 炼焦煤资源与配煤原理

#### 1.1.1 中国炼焦煤资源及煤质特性

我国炼焦煤虽较丰富，但在地区和品种分布上明显存在两个不平衡。从总的分布来看，东部沿海地区煤的储量小，而产量较大，而内陆及西部地区储量高，近几年的产量逐步加大。仅山西、河南、内蒙古、安徽四省区的炼焦煤储量就占全国炼焦煤储量的70%。从各大区的分布情况看，也很不平衡，华北地区炼焦煤储量约占全国储量的2/3，其中山西一省就占50%以上。华东地区炼焦煤储量集中在安徽、山东两省。安徽省炼焦煤储量占全国9%，全省90%以上的煤集中在淮南、淮北。东北地区炼焦煤储量较少，仅占全国炼焦煤储量的5%，主要分布在黑龙江、吉林两省。由于东北三省的开发生强度大，不少矿区如本溪、抚顺等煤矿井已经枯竭。



我国炼焦煤品种虽然齐全，但分布很不平衡，储量最大的气煤（包括 1/3 焦煤）占我国炼焦煤储量的 57%，肥煤、焦煤、瘦煤加到一起也不到炼焦煤储量的 50%。具体的比例分布为：肥煤 14.46%；焦煤 16.89%；瘦煤 12.38%；而且这些储量中高硫（ $S_{td} \geq 2\%$ ）的肥、焦、瘦煤分别占本煤种的 48.0%、29.6% 和 56.64%；即有一半的肥煤和瘦煤是高硫煤，1/3 的焦煤是高硫煤。

总之，我国炼焦煤资源虽较丰富，但地区分布很不均衡，煤种虽较齐全，但以气煤（包括 1/3 焦煤）储量高、产量大、分布面广为特征。近年来随着我国炼焦规模的快速发展，对炼焦煤的需求大幅上升，优质炼焦煤的供求关系十分紧张。为此，加强宏观控制和综合利用弱黏煤的研究显得非常重要和紧迫。

炼焦煤的特性主要包括煤的变质程度、煤岩组成、黏结性、化学成分以及煤的可选性等。总体而言，我国目前主要矿区生产的洗精煤，其灰分、硫分以气煤（包括 1/3 焦煤）为最低，焦煤的灰分为最高，肥煤的硫分为最高。在煤岩组分中，镜质组含量以肥煤最高，其他煤种相近，煤的可选性仍以气煤为最好。焦煤的可选性差，煤的硬度以气煤（包括部分 1/3 焦煤）为最高，较难破碎，肥煤最易破碎。

### 1.1.2 炼焦配煤的目标与原则

由于世界范围内炼焦煤资源的特征，以及高炉焦和铸造焦对灰分、含硫、强度等要求，在室式炼焦条件下，单种煤炼焦很难满足上述要求，各国煤炭资源也无法满足单种煤炼焦的需求，我国煤炭资源虽然十分丰富，但煤种、储量和资源分布不均，因此必须采用配煤炼焦。

所谓配煤就是将两种以上的单种煤料，按适当比例均匀配合，以求制得各种用途所要求的焦炭质量。采用配煤炼焦，根本的目的是既要保证焦炭质量符合要求，又要合理利用煤炭资源，同时增加炼焦化学产品产量，降低炼焦成本。为此，在制定炼焦配煤方案时，必须遵循下列原则。

① 充分考虑焦炭质量品种的要求，配合煤性质与预处理工艺及炼焦条件相适应。

② 充分考虑炼焦煤资源条件，既要考虑本地区煤炭资源，又要考虑扩大炼焦煤源。

③ 配煤中要有一定量的基础煤种，重视各单种煤的结焦特性和配伍性，最大限度地增加弱黏结性煤应用比例。

④ 适量增加高挥发煤的用量，有利于增加炼焦化学产品，防止炭化室中煤料结焦过程产生的侧膨胀压力超过炉墙极限负荷，避免推焦困难。

⑤ 充分考虑炼焦煤的运输压力，缩短煤源平均运距，物流流向合理，在特殊情况下有调节余地。

⑥ 主要用煤煤种来煤数量稳定，质量均匀。

⑦ 在保证上述条件的基础上，利用最优化方法，达到配煤成本最低的要求。

### 1.1.3 配合煤质量指标

配合煤质量指标大体上可以分为两类，即化学性质，如灰分、硫分、矿物质组成；工艺性质，如煤化度、黏结性、细度、膨胀压力等。

① 水分 配合煤水分应力求稳定，以利于焦炉加热制度稳定。因此来煤应避免直接进配煤槽，应在煤场堆放一定时期，通过沥水稳定水分，储煤场应有雨季排水的条件，还可通过干燥，稳定装炉煤的水分。

② 细度 一般条件下，室式炼焦的配合煤细度（小于3mm粒级的比例）因装炉煤的工艺特征而定，常规炼焦（顶装煤）时为75%~80%，配型煤炼焦时约85%，捣固炼焦时为90%以上。在此前提下，尽量减少<0.5mm的细粉煤的含量，以减轻装炉时的烟尘逸散。

③ 灰分 炼焦过程中，煤的灰分全部转入焦炭，配合煤的灰分控制值可根据焦炭灰分要求推算。



曲线和矿物质的组成也引起生产企业的重视。前者控制混煤比例和弱黏煤利用情况，后者影响焦炭热性质。

#### 1.1.4 炼焦配煤原理

多年来，炼焦配煤理论发展较快，形成了多种配煤原理或配煤技术。最直观的配煤原理是胶质层重叠原理，以烟煤的大分子结构及其热解过程中由于胶质状塑性体的形成，使固体煤粒黏结的塑性成焦，由于不同烟煤所形成胶质状塑性体的数量和质量不同，导致黏结的强弱差别，并随气体析出数量和速度的差异，得到不同质量的焦炭；第二类是基于煤的岩相组成不同，决定煤粒有活性和非活性之分，煤粒之间的黏结是在其表面进行，则以活性组分为主的煤粒相互间成流动状结合型，固化后不再存在粒子的原形，而非活性组分为主的煤粒相互间的黏结则呈接触结合型，固化后保留粒子的轮廓，从而决定最后形成焦炭的质量，即所谓的表面结合成焦原理；第三类是 20 世纪 60 年代后期发展起来的中间相成焦原理，认为烟煤在热解过程中产生的各向同性液体中，随热解进行会形成由大分子的片状分子排列而成的聚合液晶，即新的各向异性流动相态——中间相，成焦过程就是这种中间相在各向同性胶质体基体中的长大、融并和固化过程，不同的烟煤表现为不同的中间相发展深度，最后形成不同质量和不同光学组织的焦炭。近年来由于计算机的发展和应用，以信息和计算机为主的配煤专家系统，其原理更加考虑单种煤的特性，包括常规的黏结性和煤的光学组织对焦炭质量的贡献，把模糊的配煤理论数值化，引入性能价格比、质量权重、炼焦专家经验等概念，为焦炭质量预测奠定了较好的基础。

围绕上述配煤理论形成了一系列的焦炭质量预测方法。

##### (1) 胶质层重叠原理

配煤炼焦时除了按加和方法根据单种煤的灰分、硫分控制配合煤的灰分、硫分以外，要求配合煤中各单种煤胶质体的软化熔融区间能较好地搭接，这样可使配合煤在炼焦过程中，能在较大的温度范围内使煤料处于塑性状态，从而改善黏结过程，保证焦炭结构均



对黏结组分多的炼焦煤，由于纤维质组分的强度低，要得到强度高的焦炭，需要添加瘦化组分或焦粉之类的补强材料。

一般的弱黏结煤，不仅黏结组分少，且纤维质组分的强度低，需同时增加黏结组分（或添加黏结剂）和瘦化组分（或焦粉之类的补强材料），才能得到强度好的焦炭。

高挥发非黏结性煤，由于黏结组分更少，纤维质组分强度更低，应在添加黏结剂和补强材料的同时，对煤料加压成型，才能得到强度好的焦炭。

瘦煤、无烟煤或焦粉只有强度较高的纤维质组分，需在有足够黏结性的前提下才能得到高强度的焦炭。

### （3）共炭化原理

炼焦煤和非炼焦煤如沥青类有机物共同炭化时，如能得到结合较好的焦炭，称为不同煤料的共炭化。共炭化产物与单独炭化相比，焦炭的光学性质有很大差异，合适的配合煤料（包括添加物的存在）在炭化时，由于塑性系统具有足够的流动性，使中间相有适宜的生长条件，或在各种煤料之间的界面上，或使整体煤料炭化后形成新的连续的光学各向异性焦炭组织，它不同于各单种煤单独炭化时的焦炭光学组织。对不同性质的煤与各种沥青类物质进行的共炭化研究表明，沥青不仅作为黏结剂有助于煤的黏结性，而且可使煤的炭化性能发生变化，发展了碳化物的光学各向异性程度，这种作用称为改质作用，这类沥青黏结剂又被称为改质剂。

共炭化过程传氢对煤的改质有重要影响，沥青在共炭化时起着氢的传递介质作用，为描述氢的转移情况，可定量地用沥青与煤的供氢能力及受氢能力来描述。沥青的供氢能力远高于煤，为煤的3~5倍，气煤的受氢能力远高于其供氢能力，而沥青的受氢能力可忽略不计。因此煤与沥青共炭化时，沥青对煤有传氢作用，两者的受氢能力差别愈大，沥青对煤的改质活性愈强；此外煤的受氢能力愈大，共炭化时沥青对煤的改质活性也愈强。

### （4）炼焦配煤专家系统

配煤专家系统是在计算机和信息技术基础上发展起来的配煤新概念，综合利用了煤质数据库、焦炭质量预测方法、炼焦专家经验以及过程控制原理，以实现生产成本最小、优质炼焦煤用量最小或弱黏煤用量最大为优化目标，对完善炼焦煤资源规划、生产物流规划、配煤方案的生产、生产技术和宏观管理具有极大的推动作用。专家系统用于配煤其原理是：根据炼焦配煤生产过程和煤质历史数据的水平，在给定的决策水平、工艺控制水平和生产操作水平条件下，由专家控制器、执行控制器实现专家配煤过程。其中，专家控制器是基于神经网络的知识推理，由计算机根据设定的焦炭质量和知识库中的焦炭质量预测模型和模型规则以及专家经验计算出各单种煤的配合比例。专家控制器给出每一种配合煤的流量信号，由执行控制器给出准确地控制运行皮带的速率和下煤量。

该专家系统包括数据库系统、焦炭质量控制模型系统和配煤控制系统。与数据库配套的数据库管理系统，采用 Access 开发，在 Windows 下运行，可以进行数据库管理、统计表格管理以及反射率分布图管理等多种功能。焦炭质量控制模型包括：①标准单种煤性质与归属；②配合煤与单种煤的关系；③焦炭质量预测等。

## 1.2 炼焦配煤工艺

炼焦煤在装入炭化室以前的各种加工和处理过程统称为原料煤的准备过程，又称为备煤或配煤工艺。一般包括入炉煤预处理、单种煤的配合以及煤的粉碎或成型等环节。常规的预处理基本流程如图 1-1 所示。

近年来随着炼焦过程机械化和自动化程度的提高，采取何种预处理技术，对节约优质炼焦煤资源，确保高炉焦炭质量具有重要意义。一般备煤工艺在有关的著作中都有叙述，下面仅就广泛采用的新工艺与设备进行概述。

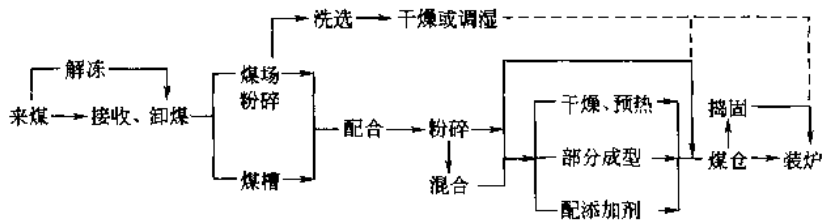


图 1-1 炼焦煤预处理基本流程

### 1.2.1 煤场设备大型化

在原料煤接收和储存过程中，重要的进展是煤场设备大型化，广泛采用的有：大型翻车机械（图 1-2）、多功能堆取料机。相对于其他类型的卸煤设备而言，翻车机具有效率高、生产能力大、运行可靠、操作人员少和劳动强度低等特点，适合于大型焦化厂使用。

堆取料起重机械也有多种类型，国内焦化厂目前主要采用的是直线轨道式斗轮堆取料机，主要有 DQ-2020、DQ-3025、DQ-5030 和 KL-4 四种型号。工作机构包括斗轮及其驱动装置、斗轮臂架及其上的悬臂胶带机、回转机构、变幅装置和尾车等。前部斗轮通过本身旋转从煤堆取煤或卸煤，形式上分无格式（或开式）及有格式（或闭式）两种。无格式斗轮构造简单，重量轻，卸料方便，卸煤区间大，卸料能力也较高，但刚度稍差，由于侧挡板和倒料槽的附加摩擦，驱动功率较大。有格式斗轮刚度较大，切削力较大，可用于挖取冻煤。DQ-3025 型号的堆取料机结构示意图如图 1-3 所示。

DQ-5030 变幅采用液压缸调节，对整体摆动的抗振性强。尾车用于连接皮带和堆取料机，尾车采用活动升降式，堆料时尾车抬高，取料时尾车与前车摘钩，后退以后降下，使进料皮带插入门座下不起作用，由斗轮挖取的煤经悬臂皮带送至出料皮带，故进料与出料皮带可单向运转，用于通过式煤场；当煤场地面胶带机逆向运转时，也可用于往返式煤场。



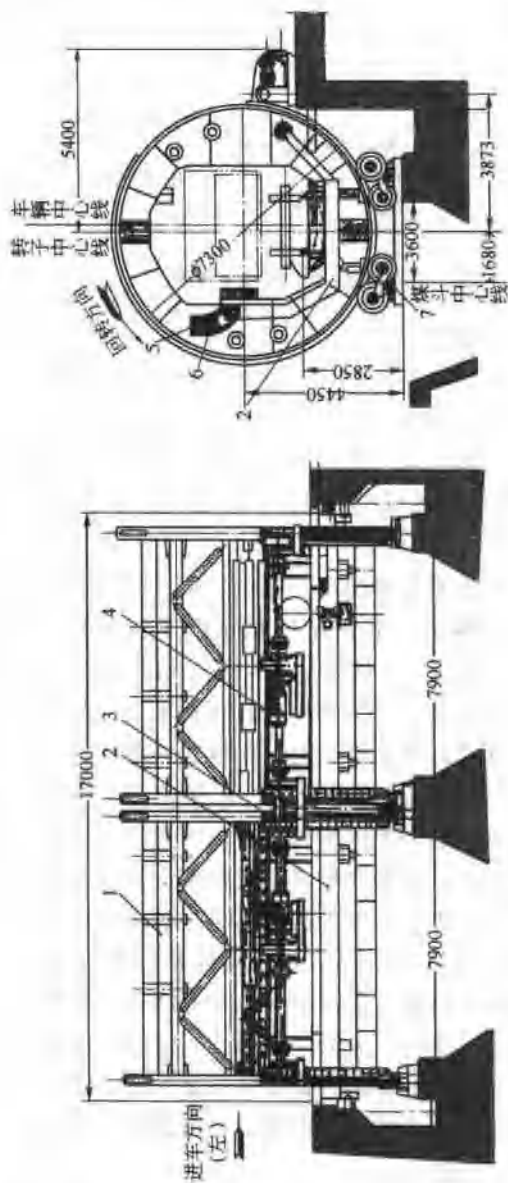


图 1-2 KFJ-2A 型三支座转子式翻车机

1—转子；2—平台及压车装置；3—转子齿条；4—传动装置；5—平台滑动轴；  
6—平台移动导槽；7—托辊装置