

煤炭职业教育课程改革规划教材

MEITAN ZHIYE JIAOYU KECHENG GAIGE GUIHUA JIAOCAI

选煤概论

XUANMEI GAILUN

● 主 编 赵 江
副主编 蔡 冰 吴文丽

煤炭工业出版社

煤炭职业教育课程改革规划教材

选 煤 概 论

主 编 赵 江

副主编 蔡 冰 吴文丽

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

选煤概论 / 赵江主编. -- 北京: 煤炭工业出版社,
2011

煤炭职业教育课程改革规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3873 - 1

I. ①选… II. ①赵… III. ①选煤 - 职业教育 - 教材
IV. ①TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 114261 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 13³/₄

字数 319 千字 印数 1—3 000

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 6683 定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

为满足煤炭工业新形势对煤炭职业教育发展的要求，加快煤炭职业教育教材建设步伐，依据培养技术应用型专门人才的要求和煤炭行业的自身特点，在广泛调研和征求意见的基础上，本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想，我们组织有关教师编写了本教材。本教材在编写过程中注重职业教育的特点，简化了理论体系，充分体现新技术、新设备和新方法在煤矿生产实际中的应用，力求使所讲内容尽可能与现场实践相结合。

本教材由云南能源职业技术学院组织编写，由赵江任主编，蔡冰、吴文丽任副主编。具体编写分工如下：蔡冰编写绪论；赵江编写第一章和第二章；甘峰睿编写第三章、第五章和第八章；吴文丽编写第四章、第六章和第七章。全书由赵江统稿。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请有关专家和广大读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

编 者

2011 年 5 月

目 次

绪论	1
第一章 筛分	12
第一节 概述	12
第二节 筛分机械	20
第三节 筛分设备工作效果和影响因素	35
第四节 筛分机的使用和维护	41
第二章 破碎	44
第一节 概述	44
第二节 破碎机械	46
第三节 破碎设备工作效果和影响因素	54
第四节 破碎机的使用和维护	55
第三章 重力选煤	57
第一节 跳汰选煤	57
第二节 重介质选煤	77
第三节 其他重力选煤方法	93
第四章 浮游选煤	99
第一节 浮游选煤原理	99
第二节 浮选药剂及其作用	101
第三节 浮选机及辅助设备	106
第四节 浮选效果的评定	120
第五节 影响浮选效果的因素	123
第五章 脱水及干燥	130
第一节 筛分脱水	130
第二节 离心脱水	131
第三节 过滤脱水	143
第四节 压滤脱水	147
第五节 干燥机	152

第六章 煤泥水处理..... 158

 第一节 水力分级..... 158

 第二节 浓缩澄清..... 163

 第三节 煤泥的凝聚和絮凝..... 169

 第四节 煤泥水系统..... 172

第七章 生产工艺..... 175

 第一节 炼焦煤选煤工艺流程..... 175

 第二节 动力煤选煤工艺流程..... 180

第八章 技术检查..... 184

 第一节 筛分试验和沉浮试验..... 184

 第二节 可选性曲线和分配曲线..... 198

 第三节 工艺效果的评定..... 202

参考文献..... 210

绪 论

中国煤炭资源丰富，探明的煤炭可采储量约占世界总储量的 14%，居世界第三位。中国是世界第一大煤炭生产国和消费国，2009 年煤炭产量达到 2.96 Gt，2010 年煤炭产量近 3.2 Gt，煤炭消费量在一次能源消费结构中所占比例为 70% 左右。“十二五”期间，煤炭工业将面临总量增长的机遇，预计到 2015 年，全国煤炭消费总量将达到 3.8 Gt 左右，到 2050 年煤炭消费量的比例仍然不会低于 50%。可以预期，在较长的阶段内，煤炭在我国一次能源消费结构中占主导地位的格局将长期保持不变。

随着煤炭生产和消费量进一步增长，燃煤造成的环境问题将更加严重。为了改善环境，提高煤炭利用率和减少对环境的污染排放成为关键。因此，许多发达国家高度重视选煤技术与装备的发展，不断提高煤炭的入选率。我国也在积极实施洁净煤技术战略，推进洁净煤技术的产业化，大力发展煤炭分选加工，这正是提高煤炭企业经济效益和社会效益，保证国家能源安全和可持续发展的必然选择。

一、选煤在煤炭工业发展中的作用

选煤是煤炭洁净生产的重要环节，它是应用物理、物理-化学等方法除去原煤中的杂质（包括矸石、黄铁矿、杂质等），并把它们分成不同的质量、规格，以适应不同用户的需要。选煤是煤炭工业的重要组成部分，它在国民经济中有以下重要作用：

（1）保证煤炭质量。现代煤炭工业的特征之一是采掘高度机械化，在这种条件下，煤层夹石和顶底板岩石经常混入煤中，因而要靠选煤来降低原煤中的杂质、灰分和硫分，从而改善和保证产品质量。

（2）适应用户的不同需求，经济有效地利用煤炭资源。不同的煤炭用户对煤炭质量规格有特定要求，通过选煤生产多种煤炭产品，才能保证煤炭的合理使用，提高能源利用效率，减少资源浪费。选煤还有助于开拓新的用煤领域，生产超低灰分煤炭，满足各种特殊用途（如制造水煤浆）的需要。

（3）避免无效运输，减少运力浪费。煤炭通过选煤就地排弃矸石和其他杂质后可大幅度减轻运输的负担，同时为综合利用煤矸石创造条件。

（4）提供优质燃料，减轻环境污染。煤炭经过洗选可除去大部分的灰分和 50% ~ 70% 的黄铁矿，减少燃煤对大气的污染。

（5）增强煤炭企业的市场竞争能力，提高企业经济效益。煤矿拥有选煤加工能力，可优化产品结构，能对市场需求变化作出快速反应，增强在国内外煤炭市场中的竞争能力，利于煤矿的生存和发展。

二、选煤方法分类及选煤厂类型

1. 选煤方法分类

按分选过程所利用介质状态的不同，选煤方法可分为湿法选煤和干法选煤。湿法选煤

是以水、重悬浮液或其他液态流体作为分选介质的一类选煤方法，该法已广为应用，但用水量、产品需要脱水（或脱介）、干燥，以及需对煤泥水和尾煤（矸石）处理等多项作业，工艺流程复杂，基本投资和生产成本较高。干法选煤是以空气作为分选介质进行的选煤方法。该法要求原煤外在水分低、入料粒度分级窄。虽然干法选煤的分选效果不及湿法选煤好，但在严重缺水的地区也是一种切实可行的选煤方法。

按煤与矿物分离的原理不同，选煤方法可分为重力选煤、浮游选煤及其他的一些特殊选煤方法。

重力选煤（简称重选）是利用煤与矿物间密度的差异，在水或重介质（重液、重悬浮液）和空气（干法）介质中进行分选的方法。重力选煤又可分为重介质选煤、跳汰选煤、螺旋槽选煤、摇床选煤和干法空气介质选煤等方法。

浮游选煤（简称浮选）是利用煤与矸石表面物理化学性质上的差异进行分选，通常有泡沫浮选和多油浮选（油团选煤）等。

复合式干法选煤是以空气和煤粉为介质，以空气流和机械振动作动力，使物料在床面上松散，并按密度分选的选煤方法。它具有分选不用水、工艺简单、设备少、生产成本低、能耗少等特点，适用于各种煤炭排矸和干旱缺水地区选煤。

水介质旋流器选煤是在旋流器中用水作介质，按颗粒密度差别进行选煤。目前，水介质旋流器主要用于处理易选末煤和粗煤泥，以及脱除煤中的黄铁矿。其优点是工艺流程简单，占地面积少，建厂投资和生产费用较低；缺点是分选效率低，设备易磨损。

特殊选煤主要是利用煤与矸石的导电率、导磁率、摩擦系数、射线穿透能力等的不同，把煤和矸石分开。它包括静电选、磁选、摩擦选、放射性同位选和 X 射线选等。

2. 选煤厂类型

选煤厂是对煤进行分选，生产不同质量、规格产品的加工厂，湿法选煤厂俗称洗煤厂。选煤厂通过大规模机械化连续生产作业，可有效地排除原煤中的矸石及其他杂质，按市场需求生产优质精煤和不同质量规格的商品煤，是现代煤矿的重要生产环节。

选煤厂视其主导产品的用途分为炼焦选煤厂与动力煤选煤厂。前者以生产冶炼用炼焦精煤为主；后者是非炼焦煤选煤厂的统称，以排除原煤矸石并生产粒级煤和电厂用煤为主。炼焦煤选煤厂的精煤质量要求高，分选粒度下限达 0.5 mm，因而工艺流程较为复杂。动力煤选煤厂根据原煤质量与市场需求确定工艺流程，一般工艺流程较为简单。

选煤厂按其所在位置、原料煤来源以及隶属关系，分为矿井选煤厂、群矿选煤厂、矿区选煤厂、中心选煤厂和用户选煤厂。

（1）矿井选煤厂的厂址设在矿井工业场地内，是只加工所在矿井（露天矿）毛煤或原煤的选煤厂。中国的选煤厂以此类型居多。

（2）群矿选煤厂是入选几个矿井原煤的选煤厂，厂址设在其中服务年限最长、生产能力最大的矿井工业场地内。

（3）矿区选煤厂的厂址设在煤矿矿区的单独工业场地上，是为本矿区若干矿井服务的选煤厂。

（4）中心选煤厂的厂址设在矿区范围外独立的工业场地上，是加工外来煤的选煤厂。

（5）用户选煤厂的厂址设在煤炭用户（如焦化厂）工业场地上，是为所在企业加工外来煤。

现代化的选煤厂是一个由许多作业组成的连续加工过程。选煤厂的规模以处理原煤的设计能力表示。处理原煤的能力以小时入选量 (t/h) 或年入选量 (Mt/a) 表示。中国采用年处理量划分选煤厂厂型。

三、选煤的主要产品

选煤产品是毛煤或原煤经选煤厂加工成的产物, 主要指精煤、中煤、尾煤、煤泥及煤粉。相对煤炭产品的废弃岩石称矸石。

毛煤——煤矿生产出来未经任何加工处理的煤。

原煤——从毛煤中选出规定粒度 (通常大于 50 mm) 的矸石及黄铁矿等杂物后的煤。

精煤——经分选获得的高质量产品, 主要由低密度有机物质组成, 是选煤过程的主导产品。

中煤——经分选获得的灰分介于精煤与矸石之间的产品。由轻密度、中间密度和高密度物质混合组成。

煤泥——湿法选煤过程中分离出来的粒度小于 0.5 mm 的产品。

尾煤——煤泥经分选后或经浮选过程选出精煤后排出的高灰分产品。

煤粉——干法选煤过程中由原煤分离出来的粒度小于 0.5 mm 的产品。

四、我国选煤工业发展的状况及存在的问题

1. 我国选煤工业的发展现状

过去的 20 多年是我国选煤工业稳健大发展的时期。20 世纪 80 年代初期, 选煤厂设计入选能力仅有 $1.10 \times 10^8\text{ t}$, 入选煤量 $1.17 \times 10^8\text{ t}$, 占原煤入选比例的 18.95%。近年来, 我国煤炭洗选加工业取得了较快发展, 原煤入选能力和入选量分别由 2000 年的 $5.25 \times 10^8\text{ t}$ 和 $3.86 \times 10^8\text{ t}$ 上升到 2005 年的 $8.37 \times 10^8\text{ t}$ 和 $7.03 \times 10^8\text{ t}$, 原煤入选率由 2000 年的 26% 上升到 2005 年的 32%。选煤技术也取得了显著进步, 采用重介选煤法的选煤厂超过了 40%; 开发了大直径无压三产品 (精煤、中煤、矸石) 重介旋流器等一批先进技术和设备, 提高了产品质量和生产效率。

据不完全统计, 截至 2006 年, 我国共有年入选原煤 $1.5 \times 10^5\text{ t}$ 以上 (包括 $1.5 \times 10^5\text{ t}$) 的选煤厂 1043 座, 年入选能力 $9.1602 \times 10^8\text{ t}$ 。其中炼焦煤选煤厂 582 座, 年入选能力 $3.8159 \times 10^8\text{ t}$, 占总能力的 41.6%; 动力煤选煤厂 461 座, 年入选能力 $5.3443 \times 10^8\text{ t}$, 占总能力的 58.4%。“十五”期间全国原煤入选率在 30%~35% 之间, “十一五”末原煤入选率提高到 50% 以上, “十二五”期间原煤入选率将达到 75% 以上。

目前, 国内外采用的选煤方法主要为重介、跳汰、浮选, 以及干法选煤。我国地域广阔, 煤炭资源丰富, 煤种齐全, 煤质变化大, 因而以上选煤方法均有应用。

(1) 重介选煤技术。经过几十年的科学研究和生产实践, 重介选煤技术日趋成熟, 重介质旋流器选煤技术取得了重大进展。我国拥有自主知识产权的三产品重介质旋流器选煤技术已广泛应用, 选煤效率达到了 95%。

(2) 跳汰技术。跳汰选煤对易选和中等可选性煤具有广泛的适用性, 具有系统简单可靠、生产成本低、分选效果好等优点。目前跳汰选煤在我国各种选煤方法中约占 60%。此外, 动筛跳汰近几年也逐步被应用, 用来代替人工排矸。

(3) 浮选技术。浮选技术近年来发展很快,多应用于炼焦煤的选煤厂和生产高炉喷吹用无烟煤粉的选煤厂。我国研制的浮选柱有效分选下限可达 $10\ \mu\text{m}$,使细粒精煤产率平均提高 $1\sim 3$ 个百分点;大型机械搅拌式浮选机单槽容积已达 $20\ \text{m}^3$;“十五”国家科技攻关课题——“带有矿浆预矿化器的机械搅拌式浮选机”已大面积推广应用。

(4) 干法选煤技术。干法选煤包括流化床选煤和风力选煤,主要应用于寒冷、水资源短缺地区的煤炭分选以及易泥化煤种的分选,在众多选煤方法中应用比例相对较小。其中应用较多的为风力选煤。为了提高干法选煤的分选效果,日本、加拿大和我国先后开展了空气重介质流化床干法选煤技术的研究。日本煤炭利用中心(CCUJ)用流化床分选大于 $13\ \text{mm}$ 粒级的块煤,用振动风力摇床分选 $13\sim 15\ \text{mm}$ 粒级的煤,完成了煤炭干选性试验项目。世界上用于处理 $50\sim 6\ \text{mm}$ 粒级煤炭、处理能力为 $50\ \text{t/h}$ 的空气重介质流化床干法选煤技术首先由中国矿业大学完成并通过了工业性试验。目前中国矿业大学为实现全粒级($300\sim 0\ \text{mm}$)煤炭干法选煤,正开展小于 $6\ \text{mm}$ 细粒级煤振动空气重介质流化床选煤技术、大于 $50\ \text{mm}$ 块煤深床型空气重介质流化床选煤技术、三产品双密度层空气重介质流化床选煤技术和小于 $1\ \text{mm}$ 煤粉摩擦电选技术的研究。

(5) 细粒煤脱水技术。美国多采用超高速离心脱水技术进行细粒煤的脱水,而欧洲则趋向于采用加压过滤技术或隔膜挤压技术。为进一步降低细粒煤产品的水分,国际上已开始尝试将压滤脱水与热力干燥构成一体的蒸汽压滤脱水技术的研究。我国研制并推广用了加压过滤机、超高速离心机和强气压穿流式隔膜挤压压滤机,在很大程度上降低了浮选精煤水分,改善了煤泥水处理系统的工况。

另外,随着选煤技术的不断发展,选煤厂自动化、计算机技术和自动装车技术、装配式选煤厂的设计和建设,以及在线测灰技术等辅助技术也在不断更新和发展。目前,我国选煤厂的自动化控制程度已有很大提高,集选煤厂生产过程控制、生产设备集中控制,工艺参数、产品质量及数量、材料及能源消耗等数据的实时采集,生产及市场经营管理为一体的“管”、“控”一体化的选煤厂设计、生产质量管理体系正被广泛采用。

2. 我国选煤行业存在的不足

尽管从“九五”到“十一五”期间我国选煤工业得到了迅速发展,选煤技术有了较大进步,但与世界发达国家和国内生产需求相比,特别是与洁净煤技术的要求相比,还存在不小差距。目前我国选煤工业存在的难点及热点问题主要有:

(1) 原煤入选比例低,商品煤灰分高。我国原煤产量位居世界前列,但是原煤入选比例只占 35% 左右,特别是动力煤入选比例更低,远远低于国外 $50\%\sim 95\%$ 的水平。因此商品煤平均灰分一直在 $22\%\sim 24\%$ 之间,电力用煤平均灰分在 $26\%\sim 28\%$ 之间。由此导致煤炭利用效率低,燃煤造成的污染严重。

(2) 选煤厂平均规模小,经济效益差。2005 年全国共有选煤厂 961 处,原煤入选总能力为 $8.37\times 10^8\ \text{t}$,平均生产规模仅为 $8.7\times 10^5\ \text{t}$,国有重点煤矿选煤厂平均能力也只有 $1.6\ \text{Mt/a}$,比国外平均规模低 50% 左右。因而全员效率、经济效益均较差。

(3) 选煤设备可靠性差,自动化水平低。我国虽然建立起自己的选煤设备制造体系,用国产的设备能够装备 $3\sim 4\ \text{Mt/a}$ 能力的选煤厂,但机械设备的制造质量差,可靠性低,自动控制水平不高,特别是一些大型高效选煤设备对国外的依赖度较大。选煤工艺配置灵活性差,不能适应原煤性质和产品质量、品种变化的要求。此外,还有一些技术、设备相

当落后的乡镇小选煤厂。

(4) 适用于干旱缺水地区, 年轻变质煤及易泥化煤分选的干法及节水型分选技术, 尤其是空气重介流化床干法选煤技术有待进一步开发、完善。

(5) 生产能力闲置严重。一方面原煤入选比例低; 另一方面生产能力闲置严重。

(6) 运力浪费。2006 年国内煤炭总调运量 1.768×10^9 t, 平均运距为 600 km, 如果全部入选, 可清除 1.8×10^8 t 矸石。

(7) 共伴生矿物的分选、提纯和综合利用技术尚不成熟, 煤系非金属矿产资源没有得到有效的利用。

(8) 环保意识差、副产品利用率低。煤炭洗选总量和副产品产量与环境容量不平衡, 节约能源和资源有效回收利用意识有待提高。2005 年, 全国洗选共计排放废水约 67 Mt, 煤炭开采和洗选加工每年产生和排放的煤矸石、煤泥达 3.8×10^8 t, 利用率为 53%, 煤矸石堆场占用土地高达 65000 ha 以上。

(9) 相关法律法规和标准体系不够完善。

(10) 选煤基础理论研究薄弱, 对新的分选方法、设备的探索不够有力, 影响选煤技术水平的进一步提高。

五、煤炭主要用户对质量的要求

煤炭既是燃料, 也是工业原料, 广泛应用于冶金、电力、化工、城市煤气、建材等国民经济的各个部门。不同的行业、不同的用煤设备都有特定的煤炭质量要求和技术标准, 了解煤炭加工利用的主要领域及对煤炭质量的要求, 对于指导我国煤炭资源的合理利用及综合加工, 实现煤炭产品的对路供应有着积极的促进作用。

(一) 燃烧用煤对煤质的要求

1. 一般工业用炉对煤质的要求

一般情况下, 燃料用煤在锅炉内有层状燃烧、沸腾式燃烧和悬浮式燃烧这 3 种燃烧方式。

1) 层燃炉用煤对煤质的要求

层燃炉是目前使用最多的锅炉, 为保证其正常运行, 减少热损失, 提高热效率和减轻污染, 要求煤的粒度均匀适中, 有条件的可以考虑使用型煤。此外, 煤的硫分、水分、灰分对层燃炉也有影响。硫分含量高, 则烟气中 SO_2 和 SO_3 等有害气体多, 污染大, 水分一般控制在 6% ~ 8% 之间。水分过高, 排烟热损失增大。水分过低, “飞灰”损失增大。灰分增高, 发热量降低, 故要求灰分越低越好。根据炉型不同, 层燃炉所用煤种也不同。

2) 沸腾炉用煤对煤质的要求

沸腾炉是一种燃用各种劣质煤、煤矸石和石煤的新型锅炉, 它可以燃用各种劣质燃料, 其中包括灰分达 70%、发热量仅为 4.2 kJ/mol 的燃料, 挥发分仅为 2% ~ 3% 的无烟煤以及含碳量仅为 15% 以上的炉渣。但要求所用燃料的粒度最大不超过 8 ~ 10 mm, 平均粒度为 2 mm 左右为最佳。

2. 火力发电对煤质的要求

我国发电用煤以大型火力发电厂为主, 用煤量很大。一般大型电厂多采用煤粉锅炉, 这种炉型对燃煤质量的适应性很强, 既可以设计成燃用高挥发分的褐煤炉型, 也可设计成

燃用低挥发分的无烟煤炉型。但对一台已安装使用的锅炉来讲，不可能燃用各种挥发分的煤炭，每一种型号的锅炉对煤的质量都有一定的适应范围，因此要求供煤的质量稳定，最好能做到定点供应。对于挥发分 V_{daf} 低于 6.5% 的年老无烟煤，由于其不易燃烧，一般不作电厂燃料，但可以掺入一定量的高挥发分煤制成配煤来燃用。

对发电用煤而言，挥发分和发热量是两个十分重要的指标。不同挥发分的煤对发热量有不同的要求。挥发分在 6.5% ~ 10% 之间的无烟煤，其发热量 $Q_{\text{net,ar}}$ 应在 20.91 MJ/kg 以上；而对于挥发分大于 40% 以上的年轻煤类，其发热量只要求在 11.71 MJ/kg 以上即可。

发电用煤的灰分和硫分都不应太高。一般以灰分 A_d 不大于 24% 为宜。为了充分利用劣质煤， A_d 可放宽到 46%。 S_t 一般应在 1% 以下，最高不宜超过 3%。硫分高既会严重污染环境，又会腐蚀燃煤设备。对于固态排渣的锅炉，为了能顺利出渣，对煤灰熔融性也有一定的要求，ST 应在 1350℃ 以上。液态排渣的煤粉炉要求灰熔点越低越好，且煤灰黏度也越低越好。具体内容请参考 GB/T 562—1998。

3. 工业窑炉对煤质的要求

1) 水泥生产对煤质的要求

煅烧水泥熟料的窑有立窑和回转窑，我国大中型水泥厂一般采用回转窑，立窑已经逐步淘汰。回转窑又分为湿法窑和干法窑两类。

根据水泥生产工艺和回转窑的燃烧特点，采用湿法窑时，灰分 A_d 不超过 28%，挥发分 V_d 为 18% ~ 30%，发热量 $Q_{\text{net,ar}}$ 大于 20.908 MJ/kg。采用干法窑时，灰分 A_d 不超过 25%，挥发分 V_d 为 18% ~ 30%，发热量 $Q_{\text{net,ar}}$ 大于 22.999 MJ/kg。回转窑要求使用中等煤化程度的烟煤，即焦煤、肥煤、1/3 焦煤、气煤、1/2 中黏煤、弱黏煤、不黏煤。对具备运入多种煤搭配使用的老区，也可搭配使用无烟煤、瘦煤、贫瘦煤、贫煤、长焰煤和褐煤等煤类。

2) 陶瓷生产对煤质的要求

烧制陶瓷用的煤炭，要能使窑内温度达到 1350℃ 以上，并且升温快，恒温好。应采用煤灰熔点在 1300℃ 以上，粒度为 100 ~ 50 mm 且热值高的气煤或长焰煤。

3) 砖瓦工业对煤质的要求

在砖瓦工业中，使用最多的是轮窑，煤由顶部撒入窑内。因为烧砖的温度是 950 ~ 1150℃，所以煤的灰分高低，对砖瓦烧制的影响不大，所用煤炭无需加以洗选。但隧道式砖窑应使用弱黏结性煤及贫煤，也可使用粒度为 100 ~ 50 mm、50 ~ 25 mm、25 ~ 13 mm 和 13 ~ 6 mm 的无烟煤及褐煤。

(二) 煤炭气化对煤质的要求

就已工业化的气化方式而言，通常有移动床气化、流化床气化、气流床气化和熔融床气化 4 种。气化工艺对煤的质量要求比较宽松，不同煤阶、不同粒度级、不同含硫量的煤都能用于气化。气化炉炉型不同，对煤质的要求也就不同。

1. 移动床气化对煤质的要求

移动床气化曾称固定床气化，是煤料依靠重力下降与气流逆向接触的气化过程，即气化剂以较低速率由下而上通过炽热的煤床层并发生反应产生煤气的方法，按照气化炉的操作压力分为常压与加压两种。常压法比较简单，但要求用块煤，软化温度低的煤难以使用。加压法是常压法的改进和提高，常用氧气与水蒸气为气化剂，对煤种适应性大大提

高。

常压移动床型气化炉的应用比较广泛，对煤的适应性也较强，可采用的煤种有长焰煤、不黏煤、弱黏煤、1/2 中黏煤、气煤、1/3 焦煤、贫瘦煤、贫煤和无烟煤。煤的品种以各粒级的块煤为宜，软化温度 ST 大于 $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，灰分 A_d 不大于 24% ，全硫 $S_{t,d}$ 小于 2.00% ，抗碎强度应大于 60% ，热稳定性 TS_{+6} 大于 60% 。对于无搅拌装置的发生炉，要求原料煤的胶质层厚度 Y 小于 12.0 mm ；有搅拌装置的发生炉，则要求 Y 小于 16.0 mm 。

常见的移动床气化炉有间歇式气化（UGI）和连续式气化（鲁奇 Lurgi）两种。前者用于生产合成气时要采用块状无烟煤或焦炭为原料，以降低合成气中 CH_4 含量；后者多用于生产城市煤气。

鲁奇加压气化炉用煤粒度为 $5\sim50\text{ mm}$ ，气化温度 $750\sim900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，加压 $2\sim3\text{ MPa}$ ，煤以越年轻的煤越好，一般为褐煤，也可用长焰煤、气煤、不黏煤或弱黏煤，其软化温度 ST 以大于 $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜，煤的活性越大越好，块煤的热稳定性和落下强度也是越高越好。如果采用液体排渣的鲁奇加压气化炉，由于其气化温度为 $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，因此以使用软化温度低于 $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的年轻煤为宜，且软化温度越低越好。这种鲁奇加压气化炉产生的煤气热值可达 16.73 MJ/m^3 ，既可作为城市煤气，也可作为人造合成石油、合成氨、合成甲醇的原料。鲁奇加压气化炉是我国今后煤气工业发展的主要方向之一，如没有块煤，也可用褐煤砖代替。褐煤用于加压气化是提升其使用价值的有效措施。

目前在我国普遍使用的以无烟煤为原料制造合成氨原料气的威尔曼固定床气化炉和以弱黏煤为原料的制造燃料气的气化炉均以块煤为原料，以粒度为 $25\sim50\text{ mm}$ 的中块最佳，也可采用 $13\sim60\text{ mm}$ 、 $13\sim25\text{ mm}$ 或 $25\sim75\text{ mm}$ 的各种块煤。如果用烟煤做原料，要求其胶质层最大厚度 Y 值小于 16 mm ，灰分 A_d 不超过 25% ，硫分 $S_{t,d}$ 小于 2% 。用无烟煤制造合成氨原料气时，一定要求有较好的热稳定性。如果热稳定性不好，块煤在气化炉内受热很易崩裂成碎片或粉末，降低煤气产率，严重时造成停炉事故。

2. 流化床气化对煤质的要求

流化床气化曾称沸腾床气化，是以粒度为 $0\sim10\text{ mm}$ 的小颗粒煤为气化原料，在气化炉内使其悬浮分散在垂直上升的气流中，使煤粒在沸腾状态下进行气化反应，煤料层内温度均一，易于控制，气化效率高。

流化床气化要求煤的活性越大越好（一般在 $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时， CO_2 还原率大于 60% ）。多使用比较年轻的煤，以灰分小于 25% 的褐煤为最好。也可采用长焰煤或不黏煤，其粒度以小于 8 mm 为宜，但 $0\sim1\text{ mm}$ 的粉煤越少越好，否则尘灰会带出大量的碳，从而降低产气率，煤灰软化温度 ST 以大于 $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为好，全硫 S_t 应小于 2% 。

3. 气流床气化对煤质的要求

气流床气化过程是气体介质夹带煤粉并使其处于悬浮状态的气化过程，其工作原理是用气化剂将粒度为 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下的煤粉带入气化炉内，煤料在高于其灰熔点的温度下与气化剂发生燃烧反应和气化反应，灰渣以液态形式排出气化炉。

气流床对煤种（烟煤、褐煤）、粒度、含硫量、灰分等具有较大的兼容性，但不适宜用化合水含量高的煤，灰熔融温度高的煤也不适宜。因为气化反应时间短，不到 1 s 就能完成，所以要求煤粉的粒度越细越好，一般要求小于 200 网目（ 0.074 mm ）的粉煤占 90% 左右（褐煤可降到 80% ），要求煤的全水分为 $1\%\sim5\%$ ，煤的软化温度越低，气化

设备越容易运转。国际上已有多家单系列、大容量的加压气化厂在运行，其清洁、高效代表着当今技术发展的潮流。

4. 熔融床气化对煤质的要求

熔融床气化是一种与前述气化方式有不同受热方式的煤加压气流床气化技术；是将粉煤和气化剂以切线方向高速喷入一个温度较高且高度稳定的熔池内，把一部分动能传给熔渣，使池内熔融物作螺旋状的旋转运动；是煤料与空气或氧气随同蒸汽与床层底部呈熔融态的铁、灰或盐相接触的气化过程。按熔融情况分为熔渣床、熔盐床和熔铁床3种。煤在高温熔融液体热载体中进行气化，在液体热载体介质的催化作用下加快气化速度，提高效率。液体热载体还能对粗煤气有精制作用。即使气化高挥发分煤，也可产生出不含焦油的产品煤气。采用的液体热载体有熔融煤灰渣、熔融 Na_2CO_3 和熔融铁水。由于熔融的高温铁水对煤粉具有良好的熔解能力，煤中硫和铁水具有强烈的亲和性，在气化用煤方面，也可选用高硫煤，对煤种有较宽的适用范围。

（三）炼焦用煤对煤质的要求

焦炭强度的高低主要取决于煤的结焦性和黏结性，因此，炼焦用煤要有较好的结焦性和黏结性。此外，对煤的其他指标也有相应的规定。

1. 冶金焦用煤质量要求

炼焦用煤的灰分应尽可能低，一般应在 10.00% 以下，最高不应超过 12.50%；全硫 $S_{t,d}$ 一般应在 1.50% 以下，个别稀缺煤种（如肥煤）最高也不应超过 2.50%；全水分 M_t 应低于 12.00%；挥发分应控制在 28.00% ~ 32.00% 之间；黏结指数 G 应控制在 58 ~ 72 之间（或胶质层最大厚度 $Y = 17 \sim 22 \text{ mm}$ ）。

2. 铸造焦用煤质量要求

铸造焦用煤的灰分应尽可能低，控制在 10.00% 以下；全硫 $S_{t,d}$ 一般控制在 1.00% 以下，最高也不应超过 1.50%；全水分 M_t 不应高于 12.00%。

在实际生产中，大多采取配煤炼焦。在保证焦炭质量的前提下，对配煤中的单煤，特别是结焦性和黏结性均较好的焦煤和肥煤的要求可适当放宽些，以解决炼焦煤源不足的问题。此外还有气化焦和电石焦，用量不大，且对煤的要求较低。

（四）煤炭液化对煤质的要求

1. 煤的直接液化对煤质的要求

在多数情况下，原煤的液化效果比精煤要好，所以液化以采用原煤为宜。

原料煤的灰分 A_d 要求一般不超过 25%；煤的可磨性要好；煤中的氢含量越高，氧含量越低越好；煤中的硫分和氮等杂原子含量越低越好。研究表明，液化用煤的丝炭组含量最好低于 10%，最高也不要超过 15%；镜煤平均最大反射率小于 0.7% 的煤大多适宜液化，但也有某些镜煤平均最大反射率达到 0.9% 的也颇适宜液化；一般宜采用挥发分产率较高的年轻煤（如褐煤、长焰煤和 $V_{ad} > 37\%$ 的气煤）作液化用煤。从煤的化学成分来看，一般以含碳量小于 85%，碳氢质量比小于 16 的煤较为适宜。神华的不黏煤、长焰煤和云南先锋的褐煤都是较好的直接液化煤种。

2. 煤的间接液化对煤质的要求

煤的间接液化是将煤气化得到原料气（即水煤气）在一定条件下（温度、压力）经催化合成石油及其他化学产品的加工过程。

煤的间接液化对煤质的基本要求：一般采用弱黏结或不黏结性煤进行气化。

3. 煤的部分液化对煤质的要求

煤的部分液化法即煤的低温干馏法。

低温干馏是指煤在较低温度下（500 ~ 600 ℃）隔绝空气加热，使煤的部分大分子裂解成石油产品、半焦、化工产品、干馏煤气等的过程。

低温干馏的原料煤应是不黏结煤或弱黏结煤、含油率高的褐煤和高挥发分的烟煤。具体指标如下： $T_{ar,ad} > 7\%$ ， $A_d < 10\%$ ， $S_{t,d} < 3\%$ ，抗碎强度高，热稳定性好，弱黏结或不黏结。

（五）其他工业用煤对煤质的要求

电石炉既可以用焦炭作为原料，也可以用无烟煤作为原料，这两种电石炉对无烟煤的质量要求见表1。生产电极糊用无烟煤的质量要求见表2，生产避雷器用碳化硅时对无烟煤的质量要求见表3，生产人造刚玉时对无烟煤的质量要求见表4，竖窑烧石灰时对无烟煤的质量要求见表5。

表1 电石炉用无烟煤的质量要求

煤 质 指 标	开 启 式 炉	密 闭 式 炉
$A_d/\%$	< 7	< 6
$V_{daf}/\%$	< 8	< 10
$M_t/\%$	< 5	< 2
$P_d/\%$	< 0.04	< 0.04
$S_{t,d}/\%$	< 1.5	< 1.5
真相对密度 TRD/%	< 1.45	> 1.6
粒度/mm	3 ~ 40	3 ~ 40

表2 生产电极糊用无烟煤的质量要求

煤质指标	一 级	二 级
$A_d/\%$	< 10	< 12
$S_{t,d}/\%$	< 2	< 2
$M_t/\%$	< 3	< 3
抗磨试验（<40 mm 残留量）	< 35	< 25

表3 生产避雷器用碳化硅时对无烟煤的质量要求

煤质指标	固定碳 $FC_d/\%$	灰分 $A_d/\%$	粒度/mm
质 量	> 80	< 13	> 13 或 > 25

表4 生产人造刚玉时对无烟煤的质量要求

煤质指标	固定碳 $FC_d/\%$	灰分 $A_d/\%$	粒度/mm
质 量	> 77	< 15	> 13 或 > 25

表5 竖窑烧石灰时对无烟煤的质量要求

煤质指标	固定碳 $FC_d/\%$	灰分 $A_d/\%$	粒度/mm
质 量	> 60	< 25	> 13 ~ 100

六、我国选煤的发展方向

我国是世界上最大的煤炭生产和消费国，在煤炭生产和使用过程中，浪费资源、污染环境、无效运输问题突出。只有积极发展煤炭洗选加工，优化产品结构，提高产品质量，减少原煤直接燃烧，提高能源效率，降低环境污染，减少煤炭无效运输，才能实现节能减排目标。

(1) 建立和完善政策法规和标准体系，对于促进煤炭洗选加工业发展、提高煤炭质量、降低环境污染、实现节能减排目标至关重要。

(2) 采用先进技术和设备改造现有选煤厂，充分发挥生产能力。

(3) 大力推广具有自主知识产权的重介选煤和干法选煤等技术，重点在大型煤炭基地建设一批具有国际先进水平的选煤厂。大中型煤矿原则上要配套建设选煤厂，小型煤矿要依托大型煤矿选煤厂或建设群矿选煤厂，充分发挥现有生产能力，扩大动力煤、高炉喷吹煤洗选加工量，提高炼焦精煤产品质量。

(4) 逐步推广使用动力配煤，在煤炭中转港口和主要集散地建设配煤厂，发展产、配、销、送及售后服务一条龙体系，为用户提供质量稳定、价格合理、环保型动力配煤。

(5) 加强选煤厂的科学管理，大力提高管理水平，使选煤生产沿着高质量、多品种、产销对路、合理供应煤炭产品和综合利用各种伴生矿物资源的方向前进，努力提高选煤生产的经济效益，合理回收伴生矿物（如黄铁矿）及其他稀有金属矿物等，进一步提高选煤厂的经济效益。

(6) 洗选加工是煤炭循环经济产业链和产品链的起点。通过大力发展煤矸石电厂、煤矸石水泥厂、矸石砖厂和煤泥水处理复用，用煤炭伴生物加工制造稀有金属、陶瓷建材等产品，有效提高资源利用效率。

(7) 要加大选煤科技投入，促进选煤技术尽快升级，提高洗选设备的国产化水平。重点开发模块化选煤技术与成套装备、高效重介旋流器选煤成套装备、高硫煤和难选煤脱硫技术与工艺等新型选煤技术。国家在资金和政策方面应大力扶持科研力量强、加工手段先进、具有一定生产规模的科研机构 and 选煤制造厂，快速提升自主创新能力，为我国煤炭企业提供先进的选煤装备。

(8) 搞好选煤技术人材的培训。我国已经在高等、中等学校中建立起培养选煤高级和中级技术人员的机构和师资力量，发挥好他们的作用，为我国培养合格、适应科研和选煤生产的技术人才。

(9) 搞好科学研究。例如，研究油团选煤工艺和技术经济效果；化学选煤工艺技术

和设备；高梯度磁选脱硫及其他深度脱硫方法；电选超低灰精煤；选择性絮凝工艺技术和药剂，脱水干燥工艺，防止环境污染和大气污染；减少和防止噪声；实现煤泥闭路循环和生产平衡等。

（10）进一步研究开发干法选煤及节水型选煤技术，进行干法选煤的工业示范。预计到2012年，干法及节水型选煤技术将进一步成熟，制约中国西部干旱缺水地区发展煤炭洗选加工工业的问题也将得到根本解决。

（11）加强国际交流，了解各国选煤发展的趋势和技术水平，引进技术先进的选煤厂装备，促进我国选煤技术水平的提高。

（12）开展煤系共伴生矿物的分选、提纯和综合利用的研究，并使之与选煤结合，实现资源有效利用。使与煤共伴生矿物资源得到综合利用，选煤厂将成为多产品结构、无工业污染、高经济效益的企业。

（13）建设国家选煤工程技术研究中心，努力解决科技成果向生产力转化的薄弱环节问题。

复习思考题

1. 什么叫煤的洗选？选煤的目的是什么？
2. 常用的选煤方法有哪几种？