

江苏高校品牌专业建设工程资助项目
矿物加工工程“卓越计划”系列教材



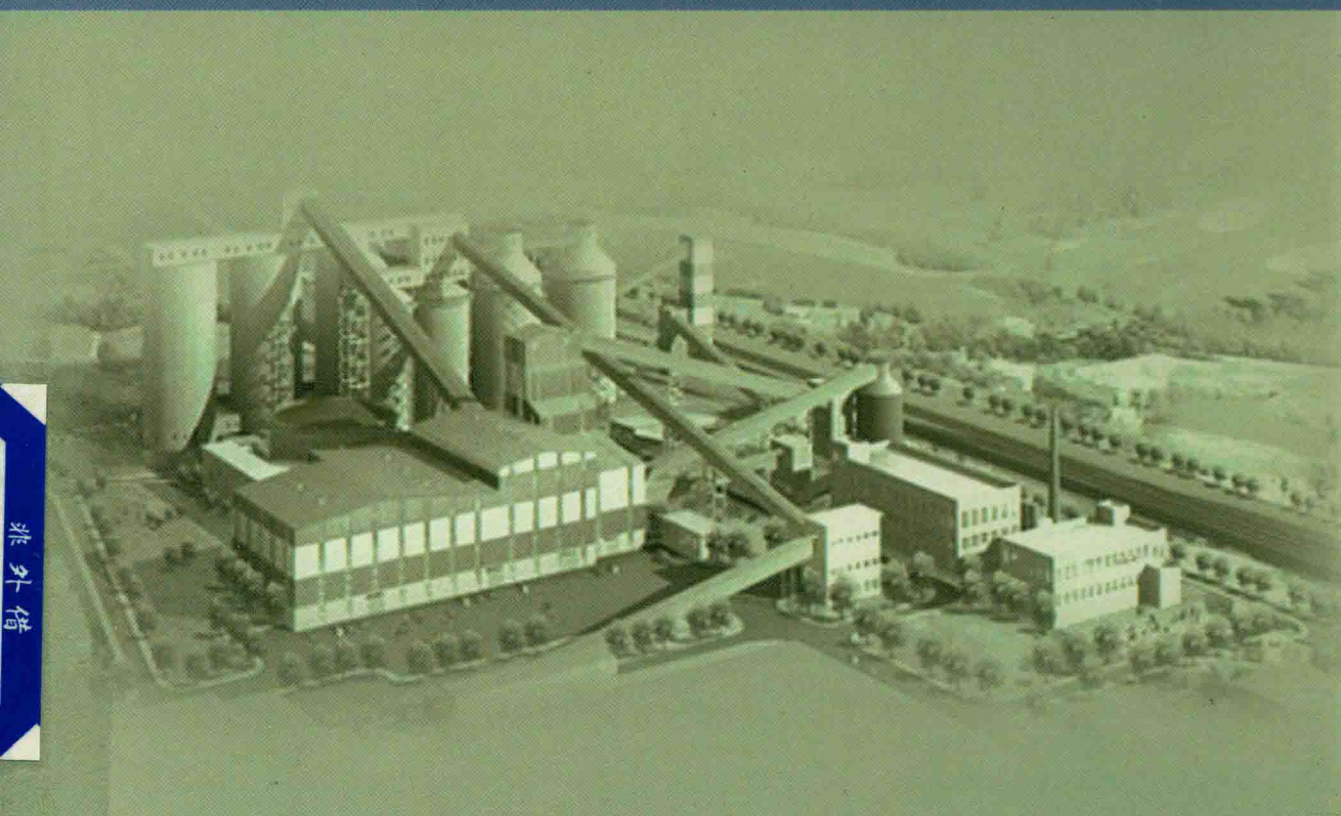
“十二五”江苏省高等学校重点教材
普通高等教育“十五”国家级规划教材

选煤工艺设计与^①管理

设计篇

匡亚莉 主编

Xuanmei Gongyi Sheji Yu Guanli



非外借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

选煤工艺设计与管理

(设计篇)

主 编 匡亚莉

副 主 编 闵凡飞 徐 岩 董宪姝

李 振 邓建军

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

选煤工艺设计与管理. 设计篇/匡亚莉主编. —4版. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2017.1
ISBN 978-7-5646-3453-7

I. ①选… II. ①匡… III. ①选煤—工艺设计②选煤厂—技术管理 IV. ①TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 021937 号

书 名 选煤工艺设计与管理(设计篇)
主 编 匡亚莉
责任编辑 褚建萍
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 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 27.25 字数 680 千字
版次印次 2017年1月第4版 2017年1月第1次印刷
定 价 38.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

《选煤工艺设计与管理》是普通高等教育“十五”国家级规划教材、“十二五”江苏省高等学校重点教材。

本教材编写内容包括选煤工艺设计篇和选煤厂管理篇两部分。教材中收集了大量的工程设计的实际资料和企业管理的实际数据。为了方便教学,还配有相应的多媒体光盘。在光盘教材中,除附有教材重点内容的计算示例、图纸实例外,还展示了计算机辅助设计软件、选煤厂信息管理系统等本专业专用软件。

设计篇中系统阐述了选煤厂设计的主要内容,包括设计用基础资料的整理,选煤方法的选择与方案比较,选煤工艺流程的制定与计算,选煤厂工艺设备选型与计算,选煤厂总平面布置和主要工艺车间的工艺布置,选煤厂设计的技术经济。同时还简要介绍了工程项目的基本建设程序和选煤厂设计用到的土建、管道等相关专业知识。

在本次修订中,增加了多种新工艺、新设备,并在第十章中集中增加了环境影响评价、安全评价、节能评价、后评价、职业病防护等内容。

设计篇的第一、五、七章由中国矿业大学匡亚莉编写;第二、六章由黑龙江科技大学徐岩编写;第三、四章由安徽理工大学闵凡飞编写,张文利、刘令云、陆芳琴、周伟参编;第八、九章分别由太原理工大学董宪姝和孙冬编写;第十章由西安科技大学李振编写;光盘部分由中国矿业大学邓建军、王章国编辑。全书由中国矿业大学匡亚莉教授统一协调和统稿。

设计篇的编写得到多家设计院、选煤厂、工程公司、科研单位的大力支持,纷纷应邀奉献出了自己的特色成果。中煤国际工程集团北京华宇公司总工程师、国家级设计大师邓晓阳教授对书稿进行了审查。太原煤炭设计院前院长、国家级设计大师戴少康教授对本书给予了无私的支持和帮助。2006年版中,范肖南、李哲编写的内容对本次修订有重要参考作用。李寻、刘顺教授编著的《选煤厂设计》,为本书提供了很好的参考。在此一并表示感谢。

在各章节中所引用的其他有关教材、著作和论文内容,一并列于参考书目中,如有遗漏,当属编者疏忽,敬请指正。

编 者

2016年2月

目 录

第一章 设计的基本原则和依据	1
第一节 选煤厂设计的基本原则.....	1
第二节 选煤厂的类型和厂型.....	3
第三节 用户对煤炭质量的要求.....	4
第四节 设计用的基础资料	14
思考题	16
第二章 基本建设程序	18
第一节 概述	18
第二节 可行性研究与厂址选择	23
第三节 工程招标与投标	26
第四节 初步设计与施工图设计	29
思考题	32
第三章 工艺流程设计	33
第一节 煤质资料分析	33
第二节 选煤方法的确定	40
第三节 方案的技术经济比较	53
第四节 工艺流程结构设计	63
第五节 共伴生矿物的回收	81
第六节 煤质资料的综合	89
第四章 工艺流程的计算	105
第一节 工艺流程计算的目、依据和原则	105
第二节 准备作业的计算.....	107
第三节 分选作业的计算.....	110
第四节 选后产品和煤泥水处理作业的计算.....	116
第五节 水量流程的计算.....	125
第六节 介质流程的计算.....	128
第七节 选煤最终产品平衡表的编制.....	137

第五章 工艺设备的选型与计算	140
第一节 工艺设备选型与计算的原则和规定.....	140
第二节 筛分设备的选型与计算.....	142
第三节 破碎设备的选型与计算.....	145
第四节 分选设备的选型与计算.....	148
第五节 介质系统设备的选型与计算.....	162
第六节 末煤及煤泥水设备的选型与计算.....	165
第七节 水力分级和浓缩设备的选型与计算.....	170
第八节 干燥设备的选型与计算.....	174
第九节 辅助设备的选型与计算.....	176
思考题.....	193
第六章 工业场地总平面设计	194
第一节 总平面设计的原则和内容.....	194
第二节 工业场地的建筑物与构筑物.....	196
第三节 工业场地的环境要求.....	205
第四节 总平面设计的具体步骤和实例.....	208
第七章 车间工艺布置	220
第一节 车间工艺布置的要求.....	220
第二节 原煤受储车间的工艺布置.....	225
第三节 原煤准备车间的工艺布置.....	239
第四节 跳汰选煤车间的工艺布置.....	249
第五节 重介车间的工艺布置.....	265
第六节 其他重选系统布置.....	285
第七节 浮选车间的工艺布置.....	292
第八节 干燥车间的工艺布置.....	311
第九节 沉淀浓缩设备的工艺布置.....	314
第十节 产品装车仓的工艺布置.....	319
第十一节 带式输送机及走廊布置.....	321
第十二节 安装、检修用起重设备布置.....	332
第十三节 自动控制设备布置的空间要求.....	335
思考题.....	339
第八章 选煤厂设计的技术经济	340
第一节 劳动定员的编制.....	340
第二节 设计成本计算.....	342
第三节 工程概算.....	344
第四节 经济评价和技术经济指标.....	349

思考题	360
第九章 工艺设计需要的相关知识	361
第一节 土建基本知识	361
第二节 溜槽及生产管道	372
第三节 选煤厂供配电及综合自动化	383
第四节 选煤专业委托有关专业的资料提纲	388
第五节 选煤厂与选矿厂设计的主要区别	395
思考题	396
第十章 辅助环节	397
第一节 环境影响评价	397
第二节 节能评估	400
第三节 安全评价	403
第四节 后评价	412
第五节 职业病防护设施	414
思考题	423
主要参考文献	424

第一章 设计的基本原则和依据

第一节 选煤厂设计的基本原则

煤炭工业是我国国民经济的基础产业,在我国以煤炭作为主要能源的格局今后 50 年内仍将持续。国务院印发的《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》指出,到 2020 年,一次能源消费总量控制在 48 亿 t 标准煤左右,煤炭消费总量控制在 42 亿 t 左右,占总能源消费比重近 62%。根据我国能源结构和资源特点,为了适应国民经济和社会主义市场经济的发展,以及适合环境保护的要求,《行动计划》提出,要按照安全、绿色、集约、高效的原则,加快发展煤炭清洁开发利用技术,不断提高煤炭清洁高效开发利用水平。制定和实施煤炭清洁高效利用规划,积极推进煤炭分级分质梯级利用,加大煤炭分选比重,鼓励煤矸石等低热值煤和劣质煤就地清洁转化利用。

要大力推进煤炭洁净生产和使用,发展洁净煤技术,其重要内容之一是大力推广煤炭的分选加工,用先进技术改造和建设选煤厂,提高煤炭入选比例。改造和建设选煤厂是大规模的煤炭工业基本建设项目,而选煤厂设计工作是基本建设的重要环节,设计是工程建设的灵魂,是煤炭基本建设计划具体实现的必经途径。

选煤厂设计的目的是有计划地解决新建厂或扩建厂的建筑、设备安装和进行生产时所需要的原材料供应、劳动力配备等一系列重大问题,并给出和保证投产后可能达到的最佳技术经济指标。

煤炭分选工程的新建、改建和扩建的工程设计和工程咨询,应遵循以下基本原则:

(1) 应从我国的国情出发,顺应国际发展趋势,及时采取国内外先进技术、实践经验和成熟可靠的新工艺、新设备、新材料,不断提高选煤厂建设的现代化水平和经济效益。

(2) 应合理利用资源,推广洁净煤技术,实现可持续发展。动力煤应加工后销售。稀缺煤种必须实行保护性加工利用。

(3) 认真贯彻党和国家有关工程设计方面的方针、政策,遵守基本建设程序,执行煤炭分选工程设计规范和有关的其他规程、规范、法令、规定,严格按照设计任务书的要求。

选煤厂设计的过程是一个复杂的系统工程(见图 1-1),包括多级子系统。各子系统之间相互依赖、相互关联,需要高度协同,任何一个环节出了差错,都会严重影响整个设计的质量。各子系统又涉及不同的知识领域,从图中可以看出,整个过程的知识支持体系涉及二十几个知识领域和学科,使整个过程表现了多学科交叉、知识密集、内容庞杂的特点。由于该领域知识密集,设计质量高度依赖于设计人员的知识和经验,因此,难免会出现由于设计人员经验不足而造成的失误。另外,设计中还有人工操作力所不能及的范围,如在方案选择和过程优化环节,理论上的可选方案有无数种,靠人工计算很难穷尽。综上所述,要想提高矿物加工和选煤厂设计的质量和可靠性,应采用计算机技术和人工智能技术。

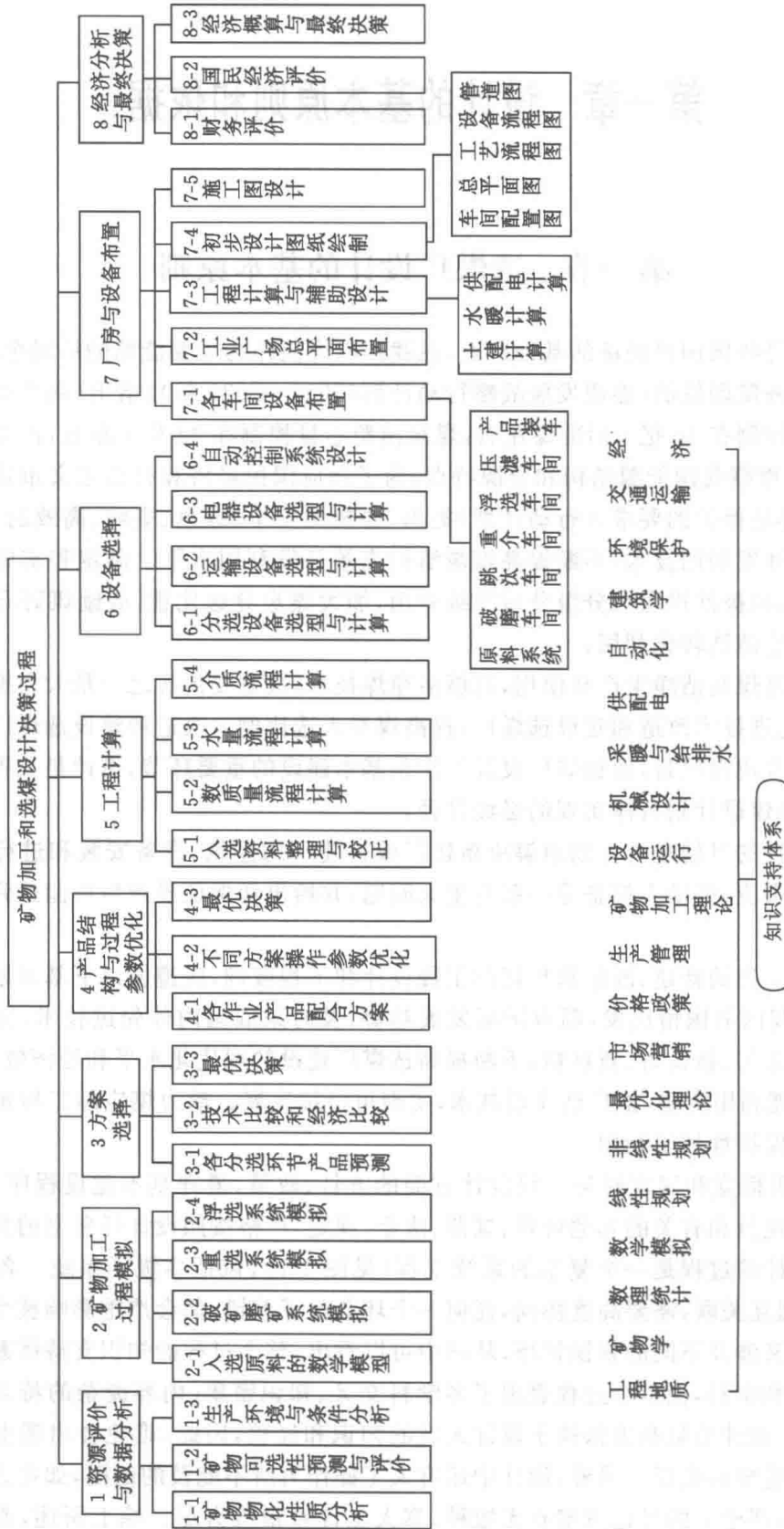


图 1-1 选煤厂设计的部分内容和过程

选煤厂设计工作的具体要求如下:

(1) 设计时应首先考虑煤炭资源特点、条件及市场的要求,其次考虑原煤和产品运输距离。必须有足够的煤炭资源且经过勘察落实,方具备设计的前提条件。在有足够的煤质资料和其他设计资料的基础上,确定适当的工艺流程和设备,同时还要考虑产品在市场中的竞争能力,以保证获得经济效益。工艺流程应具备一定的灵活性以适应市场变化和多种用户的要求。在一般情况下,原煤和产品运输距离越短越好,以保证经济效益和产品的竞争力。

(2) 矿井型选煤厂应与矿井同时设计、同时施工、同时投产。其他类型选煤厂必须保证煤源供应,以及在不影响有关矿井正常投产的前提下,适当安排工期。

(3) 在设计中因地制宜地采用经济效益高的工艺、技术和设备。工艺流程与设备力求简单、可靠和高效率。在技术经济条件允许的情况下提高机械化、自动化水平。应该优先采用国内外先进设备。

(4) 在条件适合的情况下,尽量套用或局部套用经过生产考验的定型设计或比较成功的设计。必要时进行局部修改,或以此为参考重新设计。在设计中要考虑标准化、系列化、通用化的问题,不仅可节约人力、物力,缩短设计周期,提高设计质量,同时也为将来选煤厂生产创造有利条件。

(5) 重视回收利用煤中共生和伴生矿物,以及选煤厂的多种经营问题,特别要在设计中考虑中煤、矸石、煤泥等副产品的利用和多种经营。

(6) 设计要为安全生产创造必要的条件,要认真考虑消防及预防火灾的问题。

(7) 设计要符合环境保护与职业病防护的要求。煤泥尽可能地在厂内回收,并实现洗水闭路循环。如果排放生产废水,则必须符合环保要求。废渣、废气和煤尘要合理处置,要有一定措施减少或隔离噪声。环境保护工程与选煤厂同时设计、同时施工、同时投产。要考虑厂区、生活区的绿化和美化设计,使选煤厂有良好的生产、生活环境。

(8) 设计中要统筹考虑节能与安全问题。在生产工艺、动力、建筑、给排水、暖通与空调、照明、控制、电气等方面采取具体节能措施,包括:节能新技术、新工艺、新设备应用,能源的回收利用等。对可能产生的危险源提前采取安全措施。

(9) 为了避免重复设计、重复投资以及防止漏项,选煤厂设计必须与有关设计严格分工和划分设计范围,特别是矿井型或群矿型选煤厂多与矿井在同一工业场地,许多附属设施和福利设施必须共用和同时设计。因此,设计方面的分工和投资的分摊是很重要的,在开始下达设计任务时必须明确。

(10) 现有设计应为将来选煤厂进一步发展或改、扩建留有余地并为施工创造条件。

第二节 选煤厂的类型和厂型

选煤厂由于处理原煤的来源、性质和用途不同,以及处于矿井或用户的工业场地位置的不同,会有不同类型。而不同类型的选煤厂由于各自具有不同的特点,在设计中应根据不同情况,采取不同的技术措施。选煤厂的分类如下:

根据处理原料煤性质和用途不同,可分为炼焦煤选煤厂、动力煤选煤厂或炼焦煤和动力煤兼选的选煤厂以及只要求按粒度分级的筛选厂。

根据处于采矿、冶炼、化工等工业场地地理位置(即选煤厂建厂地点)和原煤来源的不

同,可分为矿井选煤厂、群矿选煤厂、矿区选煤厂、中心选煤厂和用户选煤厂五种类型。

(1) 矿井选煤厂

矿井选煤厂是单独服务于某一矿井、厂址位于该矿工业场地内、只选该矿所产毛(原)煤的选煤厂。它的处理能力、年工作日数、日工作班数等工作制度一般应与矿井相同。选煤厂的一些附属设施如机修、供暖、供电以及行政管理和职工生活福利设施尽可能与矿井共用。在考虑大型选煤厂的建设时,应首先考虑建设此类型的选煤厂。

(2) 群矿选煤厂

群矿选煤厂是同时服务于产量较小的几个矿井,一般处理几个矿井煤质相近的毛煤和原煤。其厂址设在几个矿井中产量最大的一个矿井的地面工业场地上。附属设施与公共福利设施尽可能与该矿井共用。

(3) 矿区选煤厂

矿区选煤厂是同时服务于几个矿井、入选区内几个矿井原煤的大型选煤厂。它与上述两种选煤厂不同之处在于:厂址位于本矿范围内与几个矿井有联系的单独的工业场地上;通常设在位于几个矿井所产原煤的运输流向的交点上;入选若干矿井的来煤;有独立的辅助车间、生活福利设施及铁路运输线。

(4) 中心选煤厂

中心选煤厂的厂址设在矿区范围外独立的工业场地上,入选多个矿区的来煤,其他特点与矿区选煤厂相同。

(5) 用户选煤厂

用户选煤厂是附属某一个用煤企业的一个厂(车间),其行政管理、辅助设施、生活福利等均由所属统一管理。一般附属属于钢铁公司、煤气公司及焦化厂,厂址设在这些企业的工业场地上。该类型的选煤厂一般入选多种牌号的外来煤。

根据选煤厂的处理能力不同,可分为以下三种厂型,见表 1-1。

表 1-1 选煤厂设计厂型

厂 型	年处理能力/Mt
大 型	1.2,1.5,1.8,2.4,3.0,4.0,5.0,6.0 及以上
中 型	0.45,0.6,0.9
小 型	<0.3

第三节 用户对煤炭质量的要求

煤炭既是燃料,也是工业原料,广泛地用于冶金、电力、化工、城市煤气、铁路、建材等国民经济各部门。不同的行业、不同的用煤设备对煤炭的质量均有不同的要求。掌握各种工业用煤对煤炭质量的要求,对于指导煤炭企业合理制定煤炭产品的结构和质量指标,实现产品对路销售有着积极的促进作用。

2012年,我国煤炭总消耗量达到 29.89 亿 t,其中电力行业动力煤需求量为 18.55 亿 t。电力行业动力煤消费量占动力煤总消费量的 62.23%,建材行业动力煤消费量占动力煤总

消费量的 21.05%，化工行业动力煤消费量占动力煤总消费量的 3.71%，冶金行业动力煤消费量占动力煤总消费量的 3.37%，其他行业动力煤消费量占动力煤总消费量的 9.64%。

一、炼焦用煤的质量要求

冶炼焦是高炉炼铁必不可少的燃料和原料。据统计，70%焦炭用于冶金行业，主要用于高炉炼铁。我国焦炭生产始终是与钢铁生产同步发展的。从 1993 年起，我国焦炭总产量和机焦产量都居世界第一位。尽管各种非高炉炼铁技术（不用焦炭炼铁）将会得到进一步开发和应用，但无论从技术上、生产规模上还是从经济上分析，我国现有大量高炉仍是我国炼铁生产的最主要的装备，高炉用焦仍将是焦炭消费的主渠道。我国 2003 年炼焦精煤的产量在 18 000 万 t 左右，炼出的焦炭主要供炼铁、铸造和化工等部门使用。在我国新的煤炭分类 GB/T 5751—2009 中，1/2 中黏煤、气煤、气肥煤、1/3 焦煤、肥煤、焦煤、瘦煤和贫瘦煤均属炼焦煤范畴，都可作为炼焦（配）煤使用。

1. 我国炼焦煤资源特点

截至 2013 年年底，全国煤炭探明储量为 14 842.9 亿 t，两年内新增查明储量 2 038.2 亿 t，占世界探明储量的 12.8%。我国煤炭资源分布广，除上海外各省区均有分布，但分布极不均衡。在中国北方的大兴安岭——太行山、贺兰山之间的地区，地理范围包括内蒙古、山西、陕西、宁夏、甘肃、河南 6 省区的全部或大部，是我国煤炭资源集中分布的地区，其资源量占全国煤炭资源量的 50% 左右。

据 2013 年统计，我国炼焦用煤探明储量为 2 803.67 亿 t，占世界炼焦煤查明资源量的 13%。我国炼焦煤资源有以下特点：

第一，分布不均，中国埋藏深度在 1 000 m 以内的炼焦煤资源 80% 分布在山西省和贵州省。山西省焦煤查明资源储量 1 694.6 亿 t，占全国焦煤查明储量 60.4%；山西省焦煤可采储量 331.6 亿 t，占全国可采储量 51.3%。焦煤查明资源储量占全国第二、三、四、五位的分别是安徽省 236.2 亿 t、山东省 172.7 亿 t、贵州省 98.6 亿 t、黑龙江省 98.2 亿 t。另外，河北（占 3.45%）、河南（占 3.25%）等省也有炼焦煤资源。

第二，煤种比例与需求相比极不协调，气煤（包括 1/3 焦煤）储量最多占炼焦煤保有储量的 46.3%；肥煤占炼焦煤保有量的 12.5%；焦煤占 23.6%；瘦煤占 15.9%。上述数据表明，我国炼焦用煤在资源/储量中比例较少，只占 1/4，且其中一半是气煤，而强黏结的肥煤、焦煤只占炼焦用煤的 1/3，炼焦用煤还受灰、硫、磷等有害成分及可选性影响，炼焦用煤资源/储量中真正可作炼焦配煤的不足 1/2。我国炼焦煤以高挥发分气煤为主，强黏结性肥煤和焦煤少，而低灰低硫的优质炼焦用煤则更少。

第三，各煤种质量及可选性差别较大。一般强黏结性肥煤和焦煤灰分较高、可选性差。由于受灰分、硫分和可选性的限制，炼焦用煤中可以作为炼焦配煤的不足 1/2。而低灰、低硫的优质炼焦用煤则更少。

目前，市场上炼焦煤供应紧张，主要是肥煤和焦煤，这与炼焦煤储量中肥煤和焦煤少有一定关系。我国炼焦煤从总量上可以满足需要，但炼焦配煤所需要的主焦煤和肥煤约占炼焦煤总量的 55%~60%，而我国主焦煤和肥煤储量少，产量低，制约炼焦工业发展。瘦煤和气煤选煤能力不足，也是个薄弱环节。未来我国炼焦精煤的供需缺口主要是主焦煤和肥煤。我国煤炭资源虽很丰富，但地区及煤种的分布却很不均衡，炼焦煤类还不到我国煤炭总储量的 30%，且结焦性和黏结性均很好的肥煤和焦煤中有很一部分属于高灰、高硫、难选煤。

因此,更加合理地利用我国现有的炼焦煤资源是极为必要的。今后随着炼焦技术的不断发展,炼焦煤的范畴也将会逐渐扩大。

2. 炼焦用煤的质量指标

在炼铁过程中,焦炭既作为燃料为冶炼过程提供热源,又作为主要的还原剂,同时为维持炉内料柱的透气性,使高炉能够正常运行,还需要有一定的块度和强度。随着高炉大型化和强化冶炼技术的发展,对焦炭强度的要求也日益提高。

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。

在炼焦生产中,为了获得符合质量标准的焦炭,必须控制影响焦炭性能的各种因素。从不同种类的炼焦用煤的结焦性原理可看出,提高焦炭质量的关键是配煤方案是否科学合理以及一些工艺因素。合理的配煤指标还直接影响到整个焦化厂的经济效益,因为原料煤的价格费用是整个焦化厂最主要的成本指标。因此在制定配煤方案时要综合考虑资源概况,做到优势互补,努力降低原料的费用,结合资源配置和焦炭质量的要求,提出合理的配煤控制指标。配煤质量指标主要有:

(1) 灰分 A_d (%)

在炼焦过程中,煤中的灰分几乎全部转入焦炭之中。煤的灰分高,焦炭的灰分必然也高。由于灰分的主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 等酸性氧化物,熔点较高,在炼铁过程中只能靠加入石灰石等熔剂与它们生成低熔点化合物,才能以熔渣形式由高炉排出,因而会使炉渣量增加。焦炭在高炉内被加热到高于炼焦温度时,由于焦炭与灰分的热膨胀性不同,焦炭沿灰分颗粒周围产生裂纹并逐渐扩大,使焦炭碎裂或粉化。此外,焦炭灰分高,也要求适当提高高炉炉渣碱度,高炉气中的钾、钠蒸气含量也相应增加,而这些均加速焦炭与 CO_2 反应而消耗大量焦炭。

一般焦炭灰分每升高 1%,高炉熔剂消耗量约增加 4%,炉渣量约增加 3%,每吨生铁消耗焦炭量增加 1.7%~2.0%,生铁产量约降低 2.2%~3.0%。因此,对炼焦用煤而言,灰分应尽可能低些。炼焦精煤的灰分一般控制在 10.00% 以下,最高不应超过 12.50%。

(2) 硫分 $S_{t,d}$ (%)

焦炭中的硫全部来自于煤,存在的形式主要有以下几种:

- ① 煤中矿物质转变而来的硫化物,如 FeS 、 CaS 以及 Fe 与 S 固溶产生的 Fe_nS_m ;
- ② 炼焦过程中部分硫化物被氧化生成的少量硫酸盐,如 $FeSO_4$ 、 $CaSO_4$;
- ③ 炼焦过程中生成的气态含硫化物在析出过程中与高温焦炭作用而进入焦炭生成炭硫复合物。

高炉内由炉料带入的硫分,仅 5%~20% 随高炉煤气逸出,其余的参加炉内硫循环,只能靠炉渣排出。焦炭含硫高会使生铁含硫高,增大其热脆性,同时还会增加炉渣碱度,使高炉运行指标下降。通常焦炭硫分每增加 0.1%,煤炭消耗量增加 1.2%~2.0%,生铁产量减少 2% 以上。此外,焦炭中的硫含量高还会使冶炼过程的环境污染加剧。

配煤中的硫 70%~80% 将进入焦炭,我国规定一级冶金焦硫分不大于 0.60%,根据装炉煤硫分估算公式计算出配煤的含硫量不应大于 0.66%。

(3) 全水分 M_t (%)

煤中水分的高低对于焦炭的质量没有直接影响。但水分含量过高,除了增加不必要的运输量之外,还会给实际生产带来一系列的问题。炼焦配煤的水分含量过高,会使炼焦过程

自身的能耗有所增加,也给严寒地区装卸车等带来一定的困难。一般规定炼焦配煤的全水分应在 8% 以下。

(4) 磷含量

煤中所含的磷几乎全部残留在焦炭中,焦炭中的磷又全部转入生铁,会增大其冷脆性。转炉炼钢不易除磷,要求生铁含磷量低于 0.01%~0.015%。我国炼焦精煤的磷含量普遍较低,一般都能满足要求。

(5) 结焦性或黏结性

在生产实践中,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,要求可适当放宽些,以解决炼焦煤源不足的问题。煤的结焦过程是一个由很多环节构成的极其复杂的工艺。煤的黏结性和结焦性是煤极为重要的性质。煤的黏结性是煤在隔绝空气受热后能否黏结其本身和其他惰性物质(即无黏结能力的煤)成焦块的性质;煤的结焦性是煤隔绝空气受热后能否生成焦炭(即焦炭的强度和块度等性能是否符合铸造焦或冶金焦的要求)的性质。煤的黏结性强是煤的结焦性好的必要条件。弱黏结性的煤,其结焦性能一定很低;没有黏结性的煤也就不存在结焦性。

(6) 其他配煤指标

挥发分应保持在 22%~25%;胶质层厚度 Y 值为 17~25 mm;黏结指数 G 在 65 以上;配煤的粉碎细度为 0~3 mm 粒度的煤的质量占全部煤料重的 80%~85%。

铸造焦配煤应符合的指标是二级铸造焦相当于一级冶金焦的配煤,一级铸造焦相当于特级冶金焦的配煤。另外气孔率应符合铸造焦要求。

3. 煤种对焦炭质量的影响

煤分为褐煤、烟煤和无烟煤三种。由于炼焦时很少采用单种煤为原料,所以烟煤按采取比例的不同都能被用于配煤炼焦。用多种煤配合炼焦时只需一半以上是强结焦或强黏结性的煤,其余的用结焦性较低的弱黏结煤。在炼焦过程中,主要炼焦煤(如气煤、肥煤、焦煤和瘦煤)分别有着不同的结焦特性和作用,是原料煤(配煤)影响焦炭质量的主要因素之一。其他工艺条件,如加热速度、煤料细度等也会影响焦炭的质量。

(1) 气煤(QM)对焦炭质量的影响

气煤是一种变质程度较低的炼焦煤,在我国的炼焦煤资源中所占比例最大。气煤的挥发分指标较高为 28.0%~37.0%,黏结指数在 50~65 之间。由于挥发分高,生成的焦炭呈长条形状,并且有很多纵向裂纹,块度小,抗碎强度和耐磨强度均较差。一般在配煤炼焦时多配入气煤,可增加产气率和化学产品回收率,同时能增加焦炭的收缩度,减少膨胀压力。

(2) 肥煤(FM)对焦炭的影响

肥煤是中等及中、高挥发分的强黏结性的炼焦煤,其黏结惰性组分的能力非常强,在焦化过程中起着类似骨架的重要作用,是配煤炼焦中的基础煤。肥煤的胶质层厚度大于 25 mm,加热时能产生大量的胶质体,容易使焦炭的空隙率增大,强度降低。在炼焦配煤中,肥煤配比大时,应适当多配入瘦煤,或者多配弱黏煤,这样有助于改善焦炭的质量,提高强度,还能充分利用弱黏煤炼焦,因此肥煤是最宝贵的炼焦煤资源。

(3) 焦煤(JM)对焦炭质量的影响

焦煤是中等及低挥发分的中等黏结及强黏结性的煤。挥发分为 20.0%~28.0%、黏结指数为 20~65 和挥发分为 20.0%~28.0%、黏结指数为 50~65、胶质层厚度 ≤ 25.0 mm 的

煤都是焦煤。焦煤加热时能产生热稳定性很高的胶质体,炼出的焦炭结焦性好,块度均匀,裂纹少,抗碎强度和耐磨强度都很高。但单独炼焦时,膨胀压力大,推焦困难,一般作为配煤炼焦使用较好。

(4) 瘦煤(SM)对焦炭质量的影响

瘦煤是一种高变质低挥发的中等黏结性的烟煤。黏结性指数在 20~65 之间,挥发分在 10.0%~20.0%之间,瘦煤分子结构上多聚芳香环系周围的侧链和官能团少,开始断裂的时间长,因此瘦煤的热分解温度高。焦化过程中能产生相当数量的胶质体,形成的焦炭块度大、裂纹少、抗碎强度较好,但这种焦炭的耐磨强度差。在配煤中加入瘦煤,还可增加焦炭块度。

二、发电用煤的质量要求

我国发电厂是煤炭的最大用户。2012年,我国煤炭总产量达到 29.89 亿 t,其中,电煤全年消费量约 18.55 亿 t,占全国煤炭消耗的 62.06%。随着环保对燃煤排放 SO_2 和粉尘的要求越来越高,发电用煤对煤质的要求也日益提高,发电用煤对煤质的主要要求如下:

1. 发热量

合适的发热量是发电用煤必须首先满足的条件,一般说来,单机容量越大的火力发电厂对燃煤热值的要求也越高,如以 30 万 kW 的发动机组为例,其燃煤的发热量($Q_{\text{net,ar}}$)应在 23 kJ/kg(5 500 kcal/kg)左右,最好在 25 kJ/kg(6 000 kcal/kg)以上;而对沸腾燃烧的小型坑口电厂来说,其发热量($Q_{\text{net,ar}}$)在 12.545 kJ/kg(3 000 kcal/kg)以上即能满足要求。一般中小型电厂的燃煤发热量($Q_{\text{net,ar}}$)多在 18.817~23 kJ/kg(4 500~5 500 kcal/kg)左右。有些燃用褐煤的电厂,燃煤热值($Q_{\text{net,ar}}$)在 10.454 kJ/kg(2 500 kcal/kg)以上的也可以使用。但总的来说,发电用煤的发热量以符合电厂在锅炉设计时的要求为好,发热量过低或过高都会影响电厂的正常运行。

2. 挥发分

我国的大部分火力发电厂用煤以烟煤为主,因此对供电厂用煤的挥发分(V_{daf})要求一般应在 10%以上,其中以 V_{daf} 大于 20%的较好, V_{daf} 大于 30%~36%的则更易于燃烧。至于燃用褐煤的一些电厂(其中不少为坑口电厂)的挥发分(V_{daf})一般都在 40%以上。少数燃用无烟煤的电厂则多用挥发分(V_{daf})介于 8%~12%之间的年轻无烟煤。但总的来说,电厂用煤的挥发分也应以符合各厂在锅炉设计时的要求为好。

3. 灰熔融性

对固态排渣的发电厂煤粉锅炉来说,通常以燃煤的灰熔融性软化温度(ST)大于 1 350 °C 为最好,总的来说,ST 值越高越好。

对少数液态排渣的电厂锅炉来说,则要求燃煤的灰熔融性流动温度(FT)越低越好,一般以 FT 小于 1 200 °C 为最好,必要时还可添加助熔剂以降低灰渣的流动温度。

4. 硫分

如单从对燃烧的影响来看,发电用煤对硫分没有严格的要求,但由于硫分会腐蚀锅炉和管道,影响设备寿命;而更重要的是由于燃煤排放出的 SO_2 会严重污染大气质量,产生酸雨。从环保的角度看,燃煤的硫分以低于 1%为最好。

5. 可磨性

对大中型电厂来说,由于普遍采用煤粉燃烧,若发电用煤的可磨性太差,就会增大其磨煤电耗,从而使发电成本增高。因此,总的来说,发电用煤的哈氏可磨性指数(HGI)越高越

好,对烟煤来说,其 HGI 值以大于 50 较好,至少也应在 45 以上。至于褐煤和无烟煤的哈氏可磨性指数则另行考虑。

6. 灰分

发电用煤的灰分一般不宜太高,否则,不仅会增高磨煤电耗(尤其是黄铁矿的硬度更大),而且还会增加排灰量和增大堆灰场地,同时还增加了入厂原煤的运输量,从而增大发电的综合成本。不过,为了充分利用我国的低质煤资源如选煤厂的洗中煤和部分洗矸,对某些小型坑口电厂来说,也可就近采用灰分不超过 46% 的廉价高灰分煤作为燃料。

7. 全水分(M_1)

发电用煤的全水分(M_1)增高不仅会降低其收到基低位发热量($Q_{\text{net,ar}}$),而且还会影响其可磨性。这是由于水分越大的煤,在磨煤机中会互相粘连而增加磨煤时间,从而增大磨煤电耗。因此,除褐煤以外,一般发电用煤的水分以不超过 15% 为宜,且以不超过 10% 最好。此外,发电用煤的品种以粒度 $< 13 \text{ mm}$ (或 $< 25 \text{ mm}$) 的末煤或粉煤 ($< 6 \text{ mm}$) 最好,煤中的可见矸石含量也是越低越好。

三、高炉喷吹用煤的质量要求

高炉喷吹是 20 世纪末发展起来的炼铁新技术,喷煤大幅度增加,使焦比下降。现在有条件的大钢铁企业高炉喷煤已接近或达到 $200 \text{ kg}/(\text{t 铁})$ 左右。因此预计国内高炉用焦在总量上将有所减无增,即使铁总产量有所增加,焦比下降所节约的焦炭也将补偿新增所需焦炭量。高炉喷吹用煤的煤种煤质对高炉冶炼过程及技术经济指标有重要影响,尤其是对大幅度喷煤的高炉则更为重要。影响高炉喷吹用煤质量的主要因素如下。

1. 煤种

高炉喷吹煤粉主要是利用煤粉中的固定碳,对高炉而言“碳”比氢价值高。从煤种角度讲,应优先选用固定碳含量高的煤种,依次为无烟煤、贫煤、瘦煤等。含碳高的无烟煤在风口前分解吸热低于烟煤,而含氢高的烟煤其氢以碳氢化合物或水的形态进入高炉,分解吸收大量热量。

近年来,国内外有不少文献提出无烟煤和烟煤混喷,挥发分可配到 20%~25%。这在无烟煤源少时可以考虑,因为使用过高挥发分的煤,如气煤喷吹,必然会降低置换比(见表 1-2)。而我国之所以要喷烟煤,也是由于无烟煤供不应求。即使如此,在烟煤本身价格差不大时,优先选用的是贫煤、瘦煤而不是气煤。表 1-2 是不同煤种效果的对比计算,喷吹后只比基准期提高了 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 风温,结果无烟煤的置换比为 0.9,而高挥发分气煤的置换比只有 0.48。这是因为:① 碳是发热剂,而氢不是;② 由于大量挥发分在风口前分解吸热,风口前的火焰温度被气煤降到 $1837 \text{ }^\circ\text{C}$,这一温度只能由焦炭燃烧来补偿。这就把无烟煤的优点显示出来了。当然,这只是对比计算,不作为定量依据,但已经能够定性说明问题的实质。

表 1-2 喷吹不同煤种效果的对比计算

项 目	焦比/(kg/t)	煤比/(kg/t)	干基挥发分/%	热风温度/ $^\circ\text{C}$	火焰温度/ $^\circ\text{C}$	置换比
基准期	650	0		1 000	2 373	
喷气煤	577	150	33.11	1 100	1 837	0.48
喷瘦煤	531	150	16.00	1 100	2 037	0.79
喷无烟煤	515	150	10.31	1 100	2 095	0.90

2. 灰分

灰分是决定性的指标,希望喷吹用煤的灰分尽量低些,因为灰分提高 1%会造成燃料比增加 2%和相应的减产,尤其我国是个大渣量冶炼的地区,高灰分还将给高炉操作带来更多困难。作为一个实用的限度,应考虑煤粉置换焦炭后渣量比全焦作业时不增多。因此,高炉喷吹用煤的最高灰分至少应比本厂焦炭灰分低两个百分点,即如工厂的焦炭灰分为 13%,喷煤灰分应不高于 11%。

3. 硫

对煤中硫应和焦中硫同等看待,例如焦中含 0.8%的硫,煤中硫以不高于 0.6%为好,高炉工作者不应忘记我国生铁规格中硫的上限分别定在 0.07%、0.03%,这已是 20 世纪 50 年代来自苏联的标准了,当今欧洲工厂 Sidma 宣传的生产水平是煤比 200 kg/t,生铁含硫 <0.02%,故煤中硫越低越好。

4. 可磨性

可磨性是反映煤耐磨特性的一项煤质指标,可磨性指数越大,越易粉碎。可磨性也是决定磨煤机效率和电耗的重要依据,影响着粉煤的加工成本和高炉生产效益,对于磨机能力不足的工厂,煤的这项指标显得特别重要。可磨性好的试样中,有的可磨性(HGI)高达 90 以上。如对于烟煤,可磨性高到这种程度,在磨机内会有黏结现象,但对于无烟煤则完全没有机内黏结问题。

5. 反应性

煤的反应性是反映煤气化、燃烧的一个重要特性指标。对于喷吹用煤,要求反应性尽量高。这是因为煤粉不可能在 1~2 ms 内燃烧完毕,总有一定量的未燃碳进入炉缸,它们如不能被铁矿中的 FeO 所吸收(燃烧、气化),则会造成炉缸堆积,使操作困难。

另外,在大幅度喷煤时,料柱中作为支撑部分的焦炭已大为减少,例如减少了 40%,若上述的碳素溶解反应还气化焦炭,则会使焦炭更少。因此,如果喷煤形成的未燃碳不但粒度极细,而且活性又高,遇到渣中 FeO 时,首先被气化的自然是未燃碳粒,而不是焦炭,于是焦炭强度就被保持,这样就可弥补我国焦炭强度不佳的缺憾。

6. 燃烧性

粉煤在高炉风口前能否完全燃烧,直接关系到置换比的高低和喷煤量的扩大。粉煤在高炉风口燃烧状况要受诸多因素影响,如风温、煤量、富氧、粒度以及煤本身的组分、煤质等。前面的因素促进煤的燃烧,而煤本身的组分和煤质则是选煤的一个指标。

7. 爆炸性

高炉喷吹煤是以煤代焦、开辟煤源利用的一条重要途径,喷吹煤的难点是在生产煤粉和运送煤粉的过程中容易爆炸,其技术关键是防止烟煤的爆炸,所以爆炸性成为高炉喷吹煤的重要指标。高炉喷吹用煤粉粒度细,在高温、粉尘情况下极易发生爆炸,不同煤种发生爆炸的可能性不同,只有无爆炸性或弱爆炸性的煤种,才能作为高炉喷吹用煤。无烟煤属无爆炸性。

爆炸性用特定条件下爆炸燃烧火焰长度表示。煤粉试样通过气流喷入实验管内 1 050 ℃的火源上,视其爆炸时返回火焰长短判断其爆炸性。一般仅在火源处出现稀少火星或无火星的属于无爆炸性煤,如无烟煤;当产生火焰返回至喷入端,火焰长度在 50 mm 以下,视为微弱爆炸性煤;火焰长度 100~400 mm 时为易燃且具有爆炸性煤;返回火焰长度大于 400 mm 时为强爆炸性煤,如高挥发分烟煤、褐煤等。