

煤炭高职高专（成人）“十二五”规划教材

选煤工艺

赵世永 主编

Xuanmei Gongyi



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

成人)“十二五”规划教材

选煤工艺

主 编 赵世永

副主编 康 华 刘海霞

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在讲解煤炭基本组成与性质的基础上,系统地叙述了煤炭筛分与破碎、各种选煤方法与理论、选煤设备及其工作原理、常见选煤工艺与选煤实践等内容。全书力求简明通俗、图文并茂、紧密结合生产实际,实用性强,能客观反映近年来我国在煤炭破碎筛分技术、重力选煤、浮游选煤及煤泥水处理技术等方面的最新进展。

本书为矿物加工工程专业职业高等教育教材,亦可作为全日制普通高等学校相关专业的教学与参考用书。对从事煤炭深加工和高效转化与利用的相关工程技术人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

选煤工艺/赵世永主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2013. 11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1932 - 9

I. ①选… II. ①赵… III. ①选煤—工艺设计 IV.

①TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 159366 号

书 名 选煤工艺

主 编 赵世永

责任编辑 孟 茜 章 毅

责任校对 周俊平

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 18.25 字数 451 千字

版次印次 2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价 30.00 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

陈兴华 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

前 言

煤炭洗选加工是煤炭生产和高效利用过程不可缺少的一个重要环节,是实现煤炭清洁利用、节能减排和可持续健康发展的基础和前提。我国是煤炭开采大国,也是煤炭洗选大国。原煤产量从2005年的21.90亿t增长到2010年的32.40亿t,相应原煤入选量从7.03亿t增长到16.50亿t,入选比例从32.10%提高到50.93%。截止到2010年底,全国拥有选煤厂约1800座,总入选能力为17.6亿t。我国也建成了一大批规模大、可跻身世界先进行列的现代化选煤厂。与中国煤炭资源分布地域广泛、煤质差别巨大相适应的各种类型的选煤工艺在中国几乎都得到了应用。目前,无论是选煤厂总的数量,还是生产能力,中国都已经成为名副其实的世界第一选煤大国。

“十一五”期间,在我国宏观经济持续向好和相关政策支持下,煤炭行业更加注重科学发展,自主创新能力进一步增强,特别是具有自主知识产权的新技术和关键装备的开发和全面推广应用。例如:大型重介质旋流器、复合干法选煤技术和装备、大型快速自动压滤机等工艺、技术和关键设备取得了重大突破,达到国际领先水平。我国自行研制开发的选煤设备已能满足单系统年处理能力400万t及以下的不同厂型、不同煤质、不同选煤工艺的新选煤厂建设和老厂技术改造的需要。

我国《煤炭工业发展“十二五”规划》提出:到2015年,原煤产量将达到41亿t,原煤入选率达到65%以上,入选量达26.6亿t以上,较2010年净增入选能力9亿t,平均每年增加入选能力2亿t。《煤炭工业发展“十二五”规划》同时指出:要大力发展煤炭洗选加工,大中型煤矿要配套建设选煤厂,鼓励在小型煤矿集中矿区建设群矿选煤厂;在大型煤炭基地重点建设一批具有国际先进水平的大型选煤厂;采用先进技术和设备改造现有选煤厂。

随着煤炭产量的快速增长和入选量的大幅提高,将有大批新选煤厂的建设投产或现有选煤厂的扩能改造的完成,需要大批选煤技术或管理人员从事煤炭洗选加工行业。

现阶段,选煤新技术、新工艺、新设备的不断涌现,选煤厂规模大型化、工艺流程差异化、工艺布置模块化、装备大型化、生产自动化、生产运行高效化成为选煤工业的迫切要求和技术发展的明显趋势。这些现实对选煤从业者提出了越来越高的要求,促使其不断学习、改进和提高。

在此背景下,我们组织编写了《选煤工艺》教材。本书以培养具有较高选煤职业素质和较强职业技能、适应选煤厂生产及管理需要的高级技术应用型人才为目标,贯彻理论与实际相结合的原则,力求体现职业教育针对性强、理论知识的实践性强、培养应用型人才培养的特点,在系统阐明筛分破碎、物理与浮游选煤、煤泥水处理等技术的基本理论和基本知识的同时,注重使读者学会理论知识的应用和实践技术的操作,提高其分析解决问题的能力。

参加本书编写工作的有:赵世永(第一章和第三章),荀海鑫(第二章),康华(第四章),刘海霞(第五章和第六章),韩晓晶(第七章)。全书由赵世永统稿。

本书在编写过程中,得到西安科技大学蔡会武、吕淑湛等的帮助,也受到黑龙江科技学院、潞安职业技术学院的大力支持,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处难免。希望读者在使用中提出宝贵意见。

前 言

编 者
2012 年 12 月

目 录

第一章 煤与选煤	1
第一节 煤炭	1
第二节 选煤	12
第二章 选煤厂筛分与破碎	17
第一节 概述	17
第二节 筛分理论	20
第三节 筛分机械	33
第四节 破碎设备	50
第三章 重力选煤	66
第一节 概述	66
第二节 重介质选煤	68
第三节 跳汰选煤	103
第四节 其他重力选煤方法	135
第五节 重力选煤效果的评定	154
第四章 浮游选煤	178
第一节 概述	178
第二节 浮选基本原理	179
第三节 浮选药剂	185
第四节 浮选机及其辅助设备	192
第五节 煤泥浮选指标及主要影响因素	216
第五章 产品脱水	222
第一节 概述	222
第二节 产品中水分的赋存形态	224
第三节 重力脱水	226
第四节 离心脱水	232
第五节 过滤脱水	243

第六章 煤泥水处理	258
第一节 概述	258
第二节 分级、浓缩与澄清设备	259
第三节 煤泥的凝聚与絮凝	264
第四节 分级浓缩设备工艺效果的评定	268
第七章 典型选煤工艺流程	270
第一节 典型动力煤的选煤厂工艺流程	270
第二节 典型炼焦煤的选煤厂工艺流程	273
参考文献	280

第一章 煤与选煤

【本章重点】基于应用的中国煤炭分类体系及各类煤的特性及其主要用途。选煤的概念、目的及任务。

【本章难点】中国煤炭分类体系各分类指标的选择、含义及其测定方法。

【学习目标】了解中国煤炭基本分类方法,各种煤炭的特点及其利用途径。理解煤炭物理性质、化学性质、工艺性能与煤炭可选性之间的关系。

第一节 煤 炭

一、煤炭的形成和分类

(一) 煤炭的形成

煤是地壳运动的产物。远在3亿多年前的古生代和1亿多年前的中生代以及几千万年前的新生代时期,大量植物残骸经过复杂的生物化学、地球化学、物理化学作用后转变成煤,从植物死亡、堆积、埋藏到转变成煤经过了一系列的演变过程,这个过程称为成煤作用。成煤作用大致可分为两个阶段:第一阶段是植物在泥炭沼泽、湖泊或浅海中不断繁殖,其遗骸在微生物参加下不断分解、化合和聚积,在这个阶段中起主导作用的是生物地球化学作用。低等植物经过生物地球化学作用形成腐泥,高等植物形成泥炭,因此成煤第一阶段可称为腐泥化阶段或泥炭化阶段。当已形成的泥炭和腐泥由于地壳的下沉等原因而被上覆沉积物所掩埋时,成煤作用转入第二阶段——煤化作用阶段,即泥炭、腐泥在以温度和压力为主的作用下变为煤的过程。成煤第二阶段包括成岩作用和变质作用,在这个阶段中起主导作用的是物理化学作用。在温度和压力的影响下,泥炭进一步变为褐煤(成岩作用),再由褐煤变为烟煤和无烟煤(变质作用),如图1-1所示。

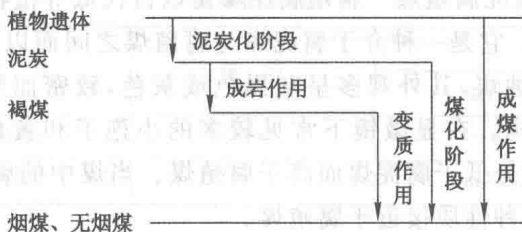


图 1-1 成煤作用的阶段划分

煤与煤之间的性质千差万别,不仅不同煤田的煤质差别较大,即使是同一煤田中不同煤层的煤质,其差异也很大。在同一煤田同一煤层不同地点采的煤样,其煤质也有较大的

差别;甚至是在同一煤田同一煤层同一地点采样,而采样时,将煤层从上到下分成若干个分层采样,各分层的煤质也有差别。

引起煤质千差万别的原因,与成煤物质、成煤环境和成煤作用有关。

(二) 煤炭的分类

通常煤的分类有成因分类和工业分类(或实用分类)两大体系。成因分类是根据成煤原始植物的不同而进行分类的。工业分类是根据煤的工业利用的途径不同而分类的。

1. 煤的成因分类

煤按照成因分类,主要分为由高等植物生成的腐殖煤和由低等植物生成的腐泥类,以及由上述两类混合形成的腐殖腐泥煤和腐泥腐殖煤以及残殖煤5大类。其中以腐殖煤在地球上的比例最多,约占全部煤的95%以上。各类煤的基本特性如下。

(1) 腐殖煤 古代高等植物死亡后,其残骸堆积在空气不太充足的低地沼泽中,产生不完全的氧化分解作用,随后,由于死亡植物残骸的不断堆积,它们完全与空气隔绝而氧气停止进入,这时植物残骸依靠本身含有的氧而发生厌氧细菌的分解作用,从而开始脱水、去羧基($-\text{COOH}$),放出二氧化碳、水及甲烷等气体,使残骸的碳含量相对增高,氧和氢含量则逐渐减少,形成了一种凝胶状的物质,这种物质称为泥炭。随着地壳的下沉,堆积在沼泽中的泥炭就逐渐被黏土、砂石等物质的堆积而形成了岩层。泥炭在上覆岩层的压力作用下又发生了压紧、失水、胶体老化、硬结等物理和物理化学作用,使覆盖泥炭的化学组成也发生了不断的变化,最后变成了碳含量更高、氧和氢含量更低而致密度更高的褐煤。褐煤在岩层压实下又经过高温($200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)、高压(几千至几万大气压)作用下而逐渐演变成烟煤和无烟煤。

腐殖煤的原始成煤物质为高等植物中的纤维素、半纤维素和木质素等,它们是在植物死亡后逐渐形成的。

(2) 腐泥煤 由细胞中含有大量原生质的古代菌藻类低等植物和浮游生物死亡后堆积在湖沼、海湾等水体底部的缺氧环境中,经过腐败作用和物理作用及物理化学作用(即煤化作用)后转变而成的煤。腐泥煤在自然界很少,它常以薄层状或透镜状夹于腐殖煤中。腐泥煤的挥发分高,如相当于褐煤阶段的腐泥煤的干燥无灰基挥发分常高达 $80\%\sim 95\%$ 左右,而由腐殖煤形成的褐煤的挥发分一般只有 $40\%\sim 65\%$ 左右。腐泥煤的主要特点是呈灰黑色,结构较均一,致密块状,硬度和韧性都较大,同时光泽暗淡,具贝壳状断口,且氢含量高、焦油产率也高。这一类煤包括了藻煤、胶泥煤和藻烛煤。

(3) 腐殖腐泥煤和腐泥腐殖煤 腐殖腐泥煤是以古代低等植物和高等植物一起作为原始成煤物质而形成的煤。它是一种介于腐泥煤与腐殖煤之间而以腐泥煤为主的过渡型煤,这一类煤包括烛煤和藻烛煤,其外观多呈灰黑色或灰色,致密而坚硬,其中烛煤的韧性较大,贝壳状断口,块状结构。在显微镜下常见较多的小孢子和黄色或橙黄色的腐泥基质。其氢含量、焦油率和挥发分低于腐泥煤而高于腐殖煤。当煤中的腐殖成分高于腐泥成分时就叫做腐泥腐殖煤,其各种性质接近于腐殖煤。

(4) 残殖煤 主要由高等植物中的树脂、孢子、花粉、角质层以及木栓组织等稳定组分经过生物化学、物理和物理化学作用后形成的煤。残殖煤的泥炭化作用是在活水、多氧的沼泽环境中进行的,由于含氧的新鲜流水不断地注入,稳定性差的木质、纤维组织等被大量氧化分解,稳定组分得以相对富集。残殖煤的主要特点是光泽比较暗淡,具粒状、片状结构

或块状构造,灰分一般较高,氢含量、挥发分和含油率都较高,适于炼油,大多以透镜体或夹层出现在煤层中。中国江西的乐平鸣山矿、桥头丘矿和浙江长广等矿区的煤都属于残殖煤。由于这些煤在显微镜下常可见到大量黄色或红色的树皮,故也称树皮残殖煤。

2. 煤的工业分类

2009 年 6 月 1 日发布,2010 年 1 月 1 日实施的《中国煤炭分类》(GB/T 5751—2009)标准规定了基于应用的中国煤炭分类体系。

分类方案主要依据表征煤化程度的干燥无灰基挥发分(V_{daf} ,%)的五个等级,即 $V_{daf} \leq 10.0\%$ 、 $V_{daf} > 10.0\% \sim 20.0\%$ 、 $V_{daf} > 20.0\% \sim 28.0\%$ 、 $V_{daf} > 28.0\% \sim 37.0\%$ 和 $V_{daf} > 37.0\%$,再结合透光率(P_M ,%)及恒湿无灰基高位发热量($Q_{gr,maf}$, MJ/kg)等指标把煤分为褐煤、烟煤和无烟煤三部分,见表 1-1。

表 1-1 无烟煤、烟煤及褐煤分类表

类 别	代 号	编 码	分类指标	
			$V_{daf}/\%$	$P_M/\%$
无烟煤	WY	01,02,03	≤ 10.0	—
烟煤	YM	11,12,13,14,15,16	$> 10.0\% \sim 20.0\%$	—
		21,22,23,24,25,26	$> 20.0\% \sim 28.0\%$	
		31,32,33,34,35,36	$> 28.0\% \sim 37.0\%$	
		41,42,43,44,45,46	> 37.0	
褐煤	HM	51,52	$> 37.0^a$	$\leq 50^b$

注:a、b 注释详见《中国煤炭分类》(GB/T 5751—2009)。

表 1-1 中各类煤用两位阿拉伯数码表示。十位数系按煤的挥发分分组,无烟煤类为 0,烟煤类为 1~4,褐煤类为 5。至于个位数,无烟煤类为 1~3,褐煤类为 1~2,表示煤化程度;烟煤类为 1~6,表示黏结性。

在褐煤阶段,利用透光率和恒湿无灰基煤的高位发热量来区分褐煤和长焰煤。当 $V_{daf} > 37.0\%$, $P_M > 30\% \sim 50\%$, $Q_{gr,maf} > 24$ MJ/kg,则为长焰煤;当 $V_{daf} > 37.0\%$, $P_M > 30\% \sim 50\%$, $Q_{gr,maf} \leq 24$ MJ/kg,则为褐煤。并用透光率再把褐煤细分为两小类,即褐煤一号和褐煤二号,见表 1-2。

表 1-2 褐煤的分类

类 别	代 号	编 码	分类指标	
			$P_M/\%$	$Q_{gr,maf}/\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
褐煤一号	HM1	51	0~30	—
褐煤二号	HM2	52	$> 30 \sim 50$	≤ 24

在烟煤阶段,利用黏结指数($G_{R,1}$)和胶质层最大厚度 Y 值(mm)(或奥阿膨胀度 b 值,%)再细分为 12 类煤,即贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气肥煤、气煤、1/3 焦煤、1/2 中黏煤、弱黏煤、不黏煤和长焰煤,见表 1-3。

表 1-3 烟煤的分类

类 别	代号	编 码	分类指标			
			$V_{daf}/\%$	$G_{R,1}$	Y/mm	$b/\%$
贫 煤	PM	11	$>10.0\sim20.0$	≤ 5		
贫瘦煤	PS	12	$>10.0\sim20.0$	$>5\sim20$		
瘦 煤	SM	13	$>10.0\sim20.0$	$>20\sim50$		
		14	$>10.0\sim20.0$	$>50\sim65$		
焦 煤	JM	15	$>10.0\sim20.0$	>65	≤ 25.0	(≤ 150)
		24	$>20.0\sim28.0$	$>50\sim65$	≤ 25.0	(≤ 150)
		25	$>20.0\sim28.0$	>65		
肥 煤	FM	16	$>10.0\sim20.0$	(>85)	>25.0	(>150)
		26	$>20.0\sim28.0$	(>85)	>25.0	(>150)
		36	$>28.0\sim37.0$	(>85)	>25.0	(>150)
1/3 焦煤	1/3JM	35	$>28.0\sim7.0$	>65	≤ 25.0	(≤ 220)
气肥煤	QF	46	>37.0	(>85)	>25.0	(>220)
气 煤	QM	34	$>28.0\sim37.0$	$>50\sim65$	≤ 25.0	(≤ 220)
		43	>37.0	$>35\sim50$		
		44	>37.0	$>50\sim65$		
		45	>37.0	>65		
1/2 中黏煤	1/2ZN	23	$>20.0\sim28.0$	$>30\sim50$		
		33	$>28.0\sim37.0$	$>30\sim50$		
弱黏煤	RN	22	$>20.0\sim28.0$	$>5\sim30$		
		32	$>28.0\sim37.0$	$>5\sim30$		
不黏煤	BN	21	$>20.0\sim28.0$	≤ 5		
		31	$>28.0\sim37.0$	≤ 5		
长焰煤	CY	41	>37.0	≤ 5		
		42	>37.0	$>5\sim35$		

在无烟煤阶段,根据氢含量($H_{daf},\%$)或干燥无灰基挥发分再细分为 3 小类,即分为无烟煤一号、无烟煤二号、无烟煤三号,见表 1-4。

表 1-4 无烟煤的分类

类 别	代 号	编 码	分类指标	
			$V_{daf}/\%$	$H_{daf}/\%$
无烟煤一号	WY1	01	$0\sim3.5$	$0\sim2.0$
无烟煤二号	WY2	02	$>3.5\sim6.5$	$>2.0\sim3.0$
无烟煤三号	WY3	03	$>6.5\sim10.0$	>3.0

注:在已确定无烟煤亚类的生产矿、厂的日常工作中,可以只按 V_{daf} 分类;在地质勘查工作中,为新区确定亚类或生产矿、厂和其他单位需要重新核定亚类时,应同时测定 V_{daf} 和 H_{daf} ,按上表分亚类。如果两者结果有矛盾,以按 H_{daf} 划亚类的结果为准。

(三) 各类煤的特性及主要用途

1. 无烟煤(WY)

无烟煤的特点是固定碳含量高,挥发分低,纯煤真密度高达 $1.35 \sim 1.90 \text{ kg/m}^3$,无黏结性,燃点高,一般达 $360 \sim 420^\circ\text{C}$ 左右。燃烧时冒烟少。无烟煤主要供民用及作合成氨造气的原料;低灰、低硫,且质软易磨的无烟煤,不仅是理想的高炉喷吹和烧结铁矿石用的还原剂与燃料,而且还可以用来制造各种碳素材料如碳电极、炭块,活性炭,滤料等材料。

2. 贫煤(PM)

贫煤是烟煤中变质程度最高的一小类煤,不黏结或微具黏结性。在层状炼焦炉中不结焦。燃烧时火焰短,耐烧,但燃点也较高,仅次于无烟煤,一般在 $350 \sim 360^\circ\text{C}$ 左右。主要作为电厂燃料,尤其是与高挥发分煤配合燃烧时,更能充分发挥其热值高又耐烧的优点。一般也可作民用及工业锅炉的燃料。

3. 贫瘦煤(PS)

贫瘦煤是炼焦煤中变质程度最高的一种,其特点是挥发分较低,黏结性仅次于典型瘦煤。单独炼焦时,生成的粉焦多;在配煤炼焦时配入较少比例时也能起到瘦化作用,对提高焦炭的块度起到良好的作用。这类煤也是发电、机车、民用及工业炉窑的燃料。

4. 瘦煤(SM)

瘦煤是具有中等黏结性的低挥发分炼焦煤。炼焦过程中能产生相当数量的胶质体, Y 值一般在 $6 \sim 10 \text{ mm}$ 左右。单独炼焦时能得到块度大、裂纹少、抗碎强度较好的焦炭,但其耐磨强度较差,作为配煤炼焦使用较好。

5. 焦煤(JM)

焦煤是一种结焦性较强的炼焦煤,干燥无灰基挥发分一般在 $16\% \sim 28\%$ 。加热时能产生热稳定性很高的胶质体。单独炼焦时能得到块度大、裂纹少,抗碎强度和耐磨强度都很高的焦炭。但单独炼焦时膨胀压力大,有时易产生推焦困难。一般以作为配煤炼焦使用较好。

6. 肥煤(FM)

肥煤是中等挥发分及中高挥发分的强黏结性炼焦煤,其干燥无灰基挥发分多在 $25\% \sim 35\%$ 左右。加热时能产生大量的胶质体。炼焦时能生成熔融性好、强度高的焦炭,耐磨强度比相同挥发分的焦煤炼出的焦炭还好。它是配煤炼焦中的基础煤。

7. 1/3 焦煤(1/3JM)

1/3 焦煤是中等偏高挥发分的较强黏结性炼焦煤。它实质上是一种介于焦煤、肥煤和气煤之间的过渡煤。单独炼焦时熔融性良好,能生成强度较高的焦炭。焦炭的抗碎强度接近肥煤,耐磨强度则又明显地高于气肥煤和气煤。因此它既能单煤炼焦供中型高炉使用,也是良好的配煤炼焦的基础煤。在炼焦时配入量可在较宽范围内波动而能获得高强度的焦炭。

8. 气肥煤(QF)

气肥煤是一种挥发分和胶质体厚度都很高的强黏结性炼焦煤。结焦性高于气煤而低于肥煤,胶质体多但较稀薄(即胶质体的黏稠度小)。单煤炼焦时能产生大量的气体和液体化学产品。它最适合于高温干馏制造城市煤气,也可用于配煤炼焦以增加化学产品的回收率。

9. 气煤(QM)

气煤是一种变质程度较低,挥发分较高的煤焦煤,结焦性较强,加热时能产生较高的煤气和较多的焦油。胶质体的热稳定性较差,也能单独结焦。但焦炭的抗碎强度和耐磨强度多低于其他炼焦用煤牌号。焦炭多呈细长条而易碎,并有较多的纵裂纹。一般在配煤炼焦时多配入气煤后可增加煤气和化学产品的产率。有的气煤也可单独高温干馏来制造城市煤气。

10. 1/2 中黏煤(1/2ZN)

1/2 中黏煤是一种中等黏结性的中高挥发分烟煤。其中有一部分在单独炼焦时能形成一定强度的焦炭,可作为炼焦配煤的原料。黏结性较差的一部分煤在单独炼焦时,形成的焦炭强度差,粉焦率高,则主要可作为气化或动力用煤。

11. 弱黏煤(RN)

弱黏煤是一种黏结性较弱的从低变质到中等变质程度的烟煤。隔绝空气加热时产生的胶质体少。单独炼焦时,有的能结成强度差的小块焦,有的只有少部分能凝结成碎屑焦,粉焦率很高。一般适用于气化及动力燃料。

12. 不黏煤(BN)

不黏煤是一种在成煤初期已经受到相当程度氧化作用的低变质到中等变质程度的煤。加热时,基本上不产生胶质体。煤的水分大,有的还含有一定的次生腐殖酸,含氧量较多,有的高达 10% 以上。主要可作为发电和气化用煤,也可作为动力燃料和低温热解原料。

13. 长焰煤(CY)

长焰煤是变质程度最低的高挥发分烟煤。煤的燃点低,纯煤热值也不高。从无黏结性到弱黏结性均有,有的还含有一定数量的腐殖酸。贮存时易风化、碎裂。有的长焰煤加热时能产生一定数量的胶体质,也能结成细小的长条形焦炭,但焦炭强度差,焦粉率高。多作为电厂、机车燃料以及工业炉燃料,也可作气化和低温热解用煤。

14. 褐煤(HM)

褐煤的特点是水分大,孔隙度大,挥发分高,不黏结,热值低,含有不同数量的腐殖酸。氧含量高达 15%~30% 左右,化学反应性强,热稳定性差。块煤加热时破碎严重,存放在空气中很容易风化变质,破碎成小块甚至呈粉末状,使热值更加降低。灰熔点也普遍较低,煤灰中常含有较多的钙盐。

二、煤炭宏观煤岩成分及类型

(一) 煤的宏观煤岩成分

根据颜色、光泽、断口、裂隙、硬度等物理性质的不同,用肉眼或放大镜可将煤层中的煤分为镜煤、亮煤、暗煤和丝炭四种宏观煤岩成分。镜煤和丝炭是简单的煤岩成分,暗煤和亮煤是复杂的煤岩成分。

1. 镜煤

镜煤呈黑色,光泽强,结构均匀,性脆,具有贝壳状断口,光亮、均一,常具有内生裂隙的宏观煤岩成分。在成煤过程中,镜煤是由成煤植物的木质纤维组织经过凝胶化作用形成的。镜煤的内生裂隙发育,裂隙面呈眼球状,裂隙间有时充填方解石和黄铁矿等薄膜。随煤化度加深,镜煤的颜色由深变浅,光泽变强,内生裂隙增多。在中等变质阶段,镜煤具有强黏结性和膨胀性。在煤层中镜煤呈透镜状或条带状,厚度一般不超过 20 mm,有时呈线

理状夹杂在亮煤或暗煤中,但有明显的分界线。在煤层中,镜煤的裂隙常垂直于层理。

2. 亮煤

亮煤是光泽次于镜煤、具有微细层理的宏观煤岩成分。亮煤呈黑色,其光泽、硬度、密度、结构均匀性和内生裂隙发育程度等均逊于镜煤。断口有时呈贝壳状,表面隐约可见微细纹理。在显微镜下观察,亮煤是一种复杂的、非均一的宏观煤岩成分。在中等变质阶段,亮煤具有较强黏结性和膨胀性。在煤层中亮煤常组成较厚的分层,甚至整个煤层。

3. 暗煤

暗煤是光泽暗淡、坚硬、表面粗糙的宏观煤岩成分。暗煤呈灰黑色、内生裂隙不发育、密度大、坚硬且具有韧性。它的层理不清晰,呈粒状结构,断口粗糙。在显微镜下可以观察到暗煤是一种复杂的、非均一的宏观煤岩成分。暗煤由于组成不同,其性质差异很大。如富含惰质组的暗煤,略带丝绢光泽,挥发分低,黏结性弱。

4. 丝炭

颜色灰黑,外观像木炭,具有微弱的丝绢光泽和明显的纤维状结构。丝炭按其孔隙和细胞腔内有无填充物而分成硬、软两种丝炭。软丝炭孔内无填充物,疏松多孔,硬度小,性脆易碎能染指。硬丝炭的空腔常被矿物质所充填,它坚硬致密,比重大。在煤层中一般丝炭数量不多,常呈扁平透镜体沿煤的层面分布,大多数厚度为1~2 mm至几毫米,有时也能形成不连续的薄层。不同煤化程度煤中所含的丝炭,性质很少变化。其特点是碳含量高、氢含量低,没有黏结性,含油少。因为丝炭孔隙率大,吸氧性强,往往是造成煤自燃的重要因素。

上述宏观煤岩成分的具体特征和性质见表 1-5。

表 1-5 宏观煤岩成分分类及性质

煤岩成分	宏观可见特征	密度/g·cm ⁻³	灰分/%	挥发分/%	固定碳/%	相对硬度
镜煤	均匀发亮,有裂隙,呈黑色透镜体	约 1.3	0.5~1	35.1	64.9	2
亮煤	由亮的或暗的极细的夹层组成	约 1.3	0.5~2	40.3	59.7	3
暗煤	黑色或灰黑色、硬且粗糙的表面	1.25~1.45	3.5	53.8	46.2	7.5
丝炭	黑色、丝绢光泽、木炭状碎屑	1.35~1.45(软丝炭); 1.6 以上(硬丝炭)	5~10	9.5	90.5	1

(二) 宏观煤岩类型

根据《烟煤的宏观煤岩类型分类》(GB/T 18023—2000),按宏观煤岩成分的组合及其反映出来的平均相对光泽强度和光亮成分(包括镜煤和亮煤)含量,可划分为四种宏观煤岩类型:光亮型煤、半亮型煤、半暗型煤及暗淡型煤。

1. 光亮型煤

主要由镜煤和亮煤组成,光泽很强。由于成分较均一,条带状结构一般不明显。光亮型煤具有贝壳状断口,内生裂隙发育,脆度较大,易破碎。在显微镜下观察,镜质组一般占85%以上。

2. 半亮型煤

常以亮煤为主,有时由镜煤、亮煤和暗煤组成,也可能夹有丝炭。平均光泽强度较光亮

型煤稍弱。半亮型煤的特点是条带状结构明显,内生裂隙较发育,常具有棱角状或阶梯状断口。半亮型煤是最常见的煤岩类型,如华北晚石炭世煤层多半是由半亮型煤组成的。显微镜下观察,镜质组含量一般在70%甚至80%以上。

3. 半暗型煤

由暗煤及亮煤组成,常以暗煤为主,有时也夹有镜煤和丝炭的线理、细条带和透镜体。半暗型煤的特点是光泽比较暗淡,硬度和韧性较大,比重较大。

4. 暗淡型煤

主要由暗煤组成,有时有少量镜煤、丝炭或夹矸透镜体,光泽暗淡,通常呈块状构造,致密,层理不明显。煤质坚硬,韧性大,比重大,内生裂隙不发育。在我国,个别煤田,如青海大通煤田,有以丝炭为主组成的暗淡型煤。

三、煤炭有机显微组分和有机质结构

在光学显微镜下能够识别出来的组成煤的基本成分,称为显微组分。由植物遗体变化而成的为有机显微组分,而矿物杂质则称为无机显微组分。根据《烟煤显微组分分类》(GB/T 15588—2001),把煤的有机显微组分划分为三个显微组,即镜质组、惰质组和壳质组。

(一) 煤的有机显微组分

1. 镜质组

镜质组是煤中最主要的显微组,我国多数煤田的镜质组含量约为60%~80%。镜质组是植物的茎、叶等木质纤维组织,经腐殖化作用和凝胶化作用而形成的显微组。在透射光下呈橙红色至棕红色,随变质程度增高颜色逐渐加深;在反光油浸镜下,呈深灰色至浅灰色,随变质程度增高颜色逐渐变浅,无突起。到接近无烟煤变质阶段时,透光镜下已变得不透明,反光镜下则变成亮白色。随变质程度增高非均质性逐渐增强。按其凝胶化作用程度不同,镜下可分为结构镜质体、非结构镜质体、碎屑镜质体等显微组分。

2. 惰质组

惰质组是煤中常见的一种显微组,但在煤中的含量比镜质组少。我国多数煤田的惰质组含量约为10%~20%,但西北低变质烟煤的惰质组普遍含量较高,大都在30%以上。它主要是由成煤植物的木质纤维组织受丝炭化作用转化形成的显微组。在透射光下呈黑色不透明,反射光下呈亮白至黄白色,并有较高突起。细胞结构有些保存完好,有些细胞壁已膨胀或只显示出细胞腔的残迹,有些甚至完全不显示细胞结构。随变质程度增高,丝质组变化不甚明显。根据细胞结构保存的完好程度和形态特征,可分为丝质体、半丝质体、真菌体、分泌体、粗粒体、微粒体、碎屑惰质体等显微组分。

3. 壳质组

壳质组主要来源于高等植物的繁殖器官、保护组织、分泌物和菌藻类,以及与这些物质相关的降解物。从低煤化度烟煤到中煤化度烟煤,壳质组在透射光下呈柠檬黄色—黄色—橘黄色—红色,大多轮廓清楚,外形特征明显;在油浸反射光下呈灰黑色到深灰色,反射率比煤中其他显微组分都低,突起由中高突起降到微突起。随煤化程度增高,壳质组反射率等光学特征比共生的镜质组变化快,光镜质组反射率达1.4%左右时,壳质组的颜色和突起与镜质组趋于一致;当镜质组反射率大于2.1%以后,壳质组的反射率变得比镜质组还要高,常具强烈的光学各向异性。壳质组具有明显的荧光性。从低煤化度烟煤到中煤化度烟煤,壳质组在蓝光激发下发绿黄色—亮黄色—橙黄色—褐色荧光,随煤化程度增高,荧光强