

电力用煤培训教材

电力用煤

质量监督与环境保护

曹长武 编著

2



中国质检出版社
中国标准出版社

电力用煤培训教材

电力用煤质量监督与环境保护

曹长武 编著

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电力用煤质量监督与环境保护/曹长武编著. —北京:中国标准出版社,2013. 12

电力用煤培训教材

ISBN 978-7-5066-7377-8

I. ①电… II. ①曹… III. ①电厂燃料系统—煤质—质量监督—环境保护—教材
IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256014 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.25 字数 526 千字

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月第一次印刷

*

定价:59.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

前 言

电力工业是国民经济的基础产业之一。长期以来,我国电源结构中一直以火电为主,发电燃料则一直以煤为主。我国年生产煤炭约 35 亿 t,占世界煤炭总生产量的 46%,其中电力用煤约占全国煤炭消费量的 50% 以上,而且这种格局在短期内也不会改变。

煤的燃烧是造成大气污染的主要来源之一;另一方面,我国燃煤电厂的发电煤耗,对同类型机组而言,要较技术发达国家高 $50\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h}) \sim 60\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,这说明我国燃煤电厂发电效率相对较低,节能潜力巨大。

电力用煤的质量监督与电厂环境保护及节能降耗工作密切相关。电厂煤质监督工作人员必须适应新的形势要求,拓宽知识领域,把煤质监督工作提高到一个新的水平。为改善我国电厂煤质监督、环境保护、节能降耗现状,需要理论联系实际培训教材,故编著本书,以满足广大读者的要求。

全书共分七章,具体章节见本书目录。本书具有如下特点:

①充分反映我国燃煤电厂的煤质监督、环境保护及节能降耗工作的现状,从生产实际出发、较系统阐述电力用煤的专业知识。

②对一些关键性技术问题进行了深入解析,指出了解决问题的方法与途径,以切实提高读者的专业技术水平。

③电力用煤采制化的核心内容以 2008 年前后修订的国家标准为依据,阐明技术要点,有助于促进各电厂燃煤采制化工作的标准化、规范化。

④电厂环境保护与节能降耗工作内容贯穿于本书各章节中,以拓宽读者的知识领域,更好地完成煤质监督的本职工作。

⑤本书层次清晰、重点明确,易学易懂,不仅适合电厂作为燃料专业人员的培训教材,也可作为日常生产中的一本实用参考读物。

读者在阅读本书时,可参阅作者编著的《火电厂煤质监督与检测技术》、《电力用煤采制化专题技术》及《燃煤电厂环境保护》等书中的相关内容。上述三本书均由中国标准出版社出版。

本书适合具有大专以上文化程度的读者学习。主要对象为燃煤电厂煤质监督、检测与管理人员,也可供其他用煤企业相关人员及燃料专业大专院校师生作为教学参考读物。

曹长武

2013.11

目 录

第一章 煤炭专业基础知识	(1)
第一节 煤炭的形成与分类	(1)
第二节 煤炭产品品种及在电厂中的应用	(9)
第三节 煤炭组成与煤质特性指标	(20)
第四节 煤炭基准及其应用	(25)
第五节 发电煤粉锅炉用煤质量要求	(30)
第二章 电力生产全过程的煤质监督	(42)
第一节 锅炉设计与校核煤质的确定	(42)
第二节 电厂入厂煤质量验收与生产监督	(52)
第三节 入厂煤组堆及防止自燃	(59)
第三章 燃煤电厂燃烧系统	(69)
第一节 燃煤电厂生产流程及主要系统	(69)
第二节 电厂制粉系统与磨煤机的应用	(77)
第三节 煤粉特性及其质量监督	(84)
第四节 煤粉在锅炉内燃烧及燃烧效率	(89)
第四章 煤粉燃烧产物与环境保护	(97)
第一节 煤粉燃烧产物及其特点	(97)
第二节 酸雨的危害及电厂对大气污染物排放控制标准	(105)
第三节 高烟囱对烟气排放物的扩散作用	(114)
第四节 燃煤电厂除尘器的应用	(122)
第五节 燃煤电厂的烟气脱硫	(136)
第六节 燃煤电厂的烟气脱硝	(149)
第五章 灰渣的特性、排放与利用	(158)
第一节 灰渣的形成及其特性	(158)
第二节 灰渣的排放与贮灰场的作用	(163)
第三节 煤矸石对电力生产的危害与监督	(170)
第四节 对粉煤灰的质量要求及其利用	(174)

第六章 燃煤采制样	(182)
第一节 煤的不均匀性与采样的代表性	(182)
第二节 燃煤的人工采样方法	(188)
第三节 燃煤人工制样含义、特点与要求	(198)
第四节 制样精密度及各种煤样的制备	(206)
第五节 燃煤机械化采制样	(215)
第六节 采煤样机在电厂的应用与评价	(225)
第七节 采煤样机的性能检验	(232)
第七章 煤质特性与检测方法技术要点	(243)
第一节 煤中全水分的测定	(243)
第二节 煤的工业分析组成的测定	(247)
第三节 煤的元素分析组成(碳、氢、氮)的测定	(253)
第四节 煤中硫的测定	(261)
第五节 煤中发热量的测定	(270)
第六节 煤的哈氏可磨性指数的测定	(298)
第七节 煤的堆积密度及含矸率的测定	(303)
第八节 煤粉细度与灰渣可燃物的测定	(306)
第九节 煤灰熔融性的测定	(311)
第十节 煤灰成分的测定	(320)

第一章 煤炭专业基础知识

本书以电力用煤质量监督为中心,系统地说明燃煤电厂环境保护与节能降耗的方法与途径。而煤质监督的核心则是掌握入厂与入炉煤的采制样技术与质量检测技术(简称电力用煤的采制化技术)。为此,首先应学习并掌握有关煤炭的专业基础知识,从而为学习本书创造必要的条件。

第一节 煤炭的形成与分类

电力工业是国民经济的基础产业。煤、石油、天然气均为宝贵的能源资源,它们都可作为发电燃料,利用这些矿物燃料发电的企业,则称为火力发电厂。根据所用燃料的不同,火电厂又有燃煤、燃油、燃气电厂之分。

在我国能源生产总量中,1978年~2003年期间,原煤占66.6%~75.3%,平均为72.4%;原油占15.2%~23.8%,平均为18.0%;天然气占1.9%~3.4%,平均为2.6%;水电占3.1%~8.7%,平均为5.9%。

我国各种能源占消费总量的比重,长期以来,相对稳定,变化并不太大。在我国电源结构中,火电一直占70%左右,在火电厂中,又以燃煤为主,这种基本格局在短期内仍然是不会改变的,近数十年来,我国电力用煤占全国原煤年产量长期维持在50%左右,故煤在我国电力工业中,占有特殊重要的地位。

一、煤的形成

煤是古代植物遗体因地壳的变动而被埋在地下,在一定的温度和压力的条件下,经历漫长的时代和复杂的生物化学和物理化学变化,逐步演变而成的固体有机可燃沉积岩。

1. 地质年代与成煤

地球从形成、演化、发展至今已有46亿年之久,地质学家常用放射性同位素测定法与古生物学两种方法来划分不同地质年代的地层。地质学把地层分为六个阶段:即远太古代、太古代、元古代、古生代、中生代和新生代。而在“代”以下划分为许多次一级的地质时代。如古生代自老到新又可分为六个纪:即寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪;中生代分为三叠纪、侏罗纪、白垩纪;新生代分为第三纪、第四纪。地质年代划分参见表1-1。

在整个地质年代中,有三个最大的聚煤期,它们分别是:

①古生代的石炭纪及二叠纪,成煤植物主要是孢子植物,主要形成无烟煤和烟煤。

②中生代的侏罗纪及白垩纪,成煤植物主要是裸子植物,主要形成烟煤和褐煤。

③新生代的第三纪,成煤植物主要是被子植物,主要形成烟煤和褐煤。

表 1-1 地质年代的划分

代	纪		距今年代/亿年	生物发展阶段	
				动物界	植物界
新生代	第四纪		0.02 ~ 0.25	人类时代	被子植物时代
	第三纪	晚第三纪	0.25	哺乳动物时代	
		早第三纪	0.7		
中年代	白垩纪		1.4	爬行动物时代	裸子植物时代
	侏罗纪		1.95		
	三叠纪		2.5		
古生代	二叠纪		2.85	两栖动物时代	陆上孢子植物时代
	石炭纪		3.3		
	泥盆纪		4.0	鱼类时代	
	志留纪		4.4		
	奥陶纪		5.2	海生 无脊椎动物时代	
	寒武纪		6.0		
	元古代	震旦纪	9.0	动物孕育萌发初期阶段	海生藻类时代
25.0					
太古代			38.0	原始细菌 (最低等原始生命产生)	
	地球初期发展阶段		46.0		

由上表可知,无烟煤形成最早,依次为烟煤、褐煤、泥炭,即使最为年轻的泥炭,至少也有2~3百万年的历史,至于无烟煤的成煤,则可溯源于3亿~20亿年前这一时期。

2. 煤的形成与演变

古代植物在成煤过程中,历经两个阶段:第一阶段为泥炭化作用阶段;第二阶段为煤化作用阶段,参见表1-2。

表 1-2 古代植物的成煤过程

演变	植物→泥炭→褐煤→烟煤→无烟煤		
转变条件	水中、细菌、数千至数万年	地下(不太深),数百万年	地下(深处),数千万年
主要影响因素	生化作用,氧的供应情况	压力(加压失水)物理化学作用为主	温度、压力、时间、化学作用为主
转变阶段	第一阶段(泥炭作用)	第二阶段(煤化作用)	
		成岩阶段	变质阶段

(1) 成煤第一阶段

古代植物首先因细菌的作用而发生腐烂、分解、内部组织被破坏,一部分物质转为气体逸出,残余物质开始转为泥炭,这一阶段称为泥炭化作用阶段。

因泥炭中含有较多的腐植酸、沥青质等,而呈现为棕黑色或黑褐色,泥炭可视为由植物转为煤炭的中间产物。

(2) 成煤第二阶段

泥炭在地下受压力和温度的影响,逐渐被压紧及硬化,继续排出气体和水分,从而使固定

碳的比例日趋增大,形成了固体有机可燃沉积岩。这一阶段称为煤化作用阶段。

在成煤的第二阶段中,又包括成岩作用及变质作用两个过程。

①成岩作用过程。泥炭经成岩作用转变为褐煤。在这一过程中,泥炭中的植物残留成分逐渐消失,腐植酸含量先增加后减少,碳含量增加、氮、氧含量逐渐降低。

②变质作用过程。煤的变质作用使褐煤向烟煤、无烟煤演变,褐煤中的水分不断减少,碳含量进一步增加、氮、氧含量进一步降低。

综上所述,煤实际上是古代植物经泥炭化作用与煤化作用而生成的固体有机可燃矿岩,在植物到煤的演变过程中,其化学组成逐步变化,它们之间并没有明显的界限,参见表1-3。

表1-3 由植物到无烟煤的化学组成变化

类 别		$\omega(\text{C})/\%$	$\omega(\text{O})/\%$	腐植酸/ $\%$	$V/\%$ (挥发分含量)	$\omega(\text{H}_2\text{O})/\%$	容重
植物	草本植物	48	39	0			
	木本植物	50	42				
泥炭	草本泥炭	56	34	43	70	>40	1.0
	木本泥炭	66	26	53			
褐煤	煤化程度低	67	25	68	58	10~30	1.1
	煤化程度中等	71	23	22	44		
	煤化程度较高	73	17	3	45		
烟煤	长焰煤	77	13	0	43	10	1.2 ↓ 1.4
	气煤	82	10		41	3	
	肥煤	85	5		33	1.5	
	焦煤	88	4		25	0.9	
	瘦煤	90	3.8		16	0.9	
	贫煤	91	1.8		15	1.9	
无烟煤		93	2.7	0	<10	2.3	1.8

由表1-3可以看出,由植物演变成无烟煤,其他化学组成的变化是:

①含碳量不断增加,容重也不断增大;

②含氧量,水分及挥发分含量不断减少;

③腐植酸由零变大,到煤化程度低的褐煤(年轻褐煤)达到顶点,而后又由大变小,到烟煤中已不再含有腐植酸。

二、煤的分类

由于成煤植物的不同,成煤条件的差异,特别是在煤化程度上的区别,导致各种煤具有不同的特性。各种工业用煤均有特定的要求,例如对炼焦用煤,需要黏结性和结焦性较好的煤;制造水煤气作合成氨的用煤,则需要无黏结的无烟煤;作为锅炉燃料用煤,则需要挥发分不能太低,具有足够热量的烟煤与褐煤等,各种以煤为原料或燃料的设备,只有使用符合其特性要求的煤,才能保证产品质量,并使煤炭资源得到合理利用。

为此,就必须对煤炭予以科学分类,以指导对煤炭的合理利用,具有重要的实际意义。

1. 我国煤炭的分类方法

我国煤炭分类方法参见 GB/T 5751—2009《中国煤炭分类》,这是一种应用型技术分类体系。标准规定的分类参数一是表征煤化程度的参数;另一是用于表征工艺性能的参数。

(1) 用于表征煤化程度的参数

①干燥无灰基挥发分,符号为 V_{daf} ;

②干燥无灰基氢含量,符号为 H_{daf} ;

③恒湿无灰基高位发热量,符号为 $Q_{gr,maf}$;

④低煤阶煤透光率,符号为 P_M 。

其中③的单位为兆焦/千克(MJ/kg),其他各项均以%表示。

(2) 用于表征煤工艺性能的参数

①烟煤的黏结指数,符号为 $G_{R,I}$ (简称为 G);

②烟煤的胶质层最大厚度,符号为 Y ,单位为毫米(mm);

③烟煤的奥阿膨胀度,符号为 b ,以百分数表示。

在上述两类参数中,表征煤化程度的恒湿无灰基和煤阶透光率以及表征工艺性能的黏结指数、胶质层最大厚度、奥阿膨胀度在电煤中应用很少,本书中自然也少有提及,故在此仅作简要说明,而对于干燥无灰基挥发分、含氢量及高位发热量等在本书中将会反复提及,广泛应用,故在此就不作说明。

a. 恒湿无灰基:以假想含最高内在水分、无灰状态的煤为基准。

最高内在水分,则是指煤样在温度 30℃,相对湿度 96% 下达到平衡时测得的内在水分。

b. 煤阶:指煤化作用深浅程度的阶段。

c. 透光率:指煤在规定条件下,用硝酸和磷酸的混合物处理后所得溶液的透光百分率。该指标适用于褐煤和低煤阶烟煤。

d. 黏结指数:由中国提出的煤的黏结力的量度,以在规定条件下烟煤与专用无烟煤完全混合并碳化后所得焦炭的机械强度来表征。

e. 胶质层最大厚度:烟煤胶质层指数测定中利用探针测出的胶质体上、下层面差的最大值。

胶质层指数则是一种表征烟煤塑性的指标,以胶质层最大厚度 Y 值,最终收缩度 X 值等表示。

f. 奥阿膨胀度:是指煤的膨胀性和塑性的量度,以膨胀度 b 和收缩度 a 等参数表征。

(3) 我国煤炭的分类

采用煤化程度参数,主要是按干燥无灰基挥发分 V_{daf} 将煤炭划分为无烟煤、烟煤、褐煤。

褐煤和烟煤的划分,是用透光率为主要指标,并以恒湿无灰基高位发热量为辅助指标。

也就是说,我国煤炭根据煤化程度和工艺性能指标将煤分成无烟煤、烟煤、褐煤三大类别,俗称煤种。

①无烟煤亚类(即将大类进一步划分为的小类)的划分采用干燥无灰基挥发分和干燥无灰基氢含量为指标,如二者的结果有矛盾,则以按干燥无灰基氢含量的划分结果为准。

②烟煤类别的划分,需同时考虑烟煤的煤化程度和工艺性能(主要是黏结性)。烟煤煤化程度的参数采用干燥无灰基挥发分作为指标;烟煤黏结性的参数,以黏结指数作为主要指标,并以胶质层最大厚度或奥阿膨胀度作为辅助指标,当二者划分的类别有矛盾时,以按胶质

层最大厚度划分的类别为准。

③褐煤亚类的划分,热量与透光率作为指标。

综上所述,在中国煤炭分类体系中,先按干燥无灰基挥发分指标,将煤炭分为无烟煤、烟煤和褐煤;再根据干燥无灰基挥发分和黏结指数等指标,将烟煤划分为贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、1/3 焦煤、气肥煤、气煤、1/2 中黏煤、弱黏煤、不黏煤及长焰煤 12 个小类。

各类煤按煤的挥发分分类,无烟煤 $V_{daf} \leq 10\%$; 烟煤 $V_{daf} > 10.0\% \sim 20.0\%$ 、 $> 20.0\% \sim 28.0\%$ 、 $> 28.0\% \sim 37.0\%$ 及 $> 37.0\%$; 褐煤为 $V_{daf} > 37.0\%$ 。

2. 中国煤炭分类结果

表 1-4 反映了我国煤炭分类的指标及结果。

表 1-4 中国煤炭分类简表

类别	代号	编码	分类指标					
			V_{daf} %	G	Y mm	b %	P_M % ^b	$Q_{gr,maf}$ ^c MJ · kg ⁻¹
无烟煤	WY	01,02,03	≤ 10.0					
贫煤	PM	11	$> 10.0 \sim 20.0$	≤ 5				
贫瘦煤	PS	12	$> 10.0 \sim 20.0$	$> 5 \sim 20$				
瘦煤	SM	13,14	$> 10.0 \sim 20.0$	$> 20 \sim 65$				
焦煤	JM	24	$> 20.0 \sim 28.0$	$> 50 \sim 65$	≤ 25.0	≤ 150		
		15,25	$> 10.0 \sim 20.0$	$> 65^a$				
肥煤	FM	16,26,36	$> 10.0 \sim 37.0$	$(> 85)^a$	> 25.0			
1/3 焦煤	1/3JM	35	$> 28.0 \sim 37.0$	$> 65^a$	≤ 25.0	≤ 220		
气肥煤	QF	46	> 37.0	$(> 85)^a$	> 25.0	> 220		
气煤	QM	34	$> 28.0 \sim 37.0$	$> 50 \sim 65$	≤ 25.0	≤ 220		
		43,44,45	37.0	35				
1/2 中黏煤	1/2ZN	23,33	$> 20.0 \sim 37.0$	$> 30 \sim 50$				
弱黏煤	RN	22,33	$> 20.0 \sim 37.0$	$> 5 \sim 30$				
不黏煤	BN	21,31	$> 20.0 \sim 37.0$	≤ 5				
长焰煤	CY	41,42	> 37.0	≤ 35			$> 50^e$	
褐煤	HM	51	> 37.0				≤ 30	≤ 24
		52	> 37.0				$> 30 \sim 50$	

^a 在 $G > 85$ 的情况下,用 Y 值或 b 值来区分肥煤、气肥煤与其他煤类,当 $Y > 25.00\text{mm}$ 时,根据 V_{daf} 的大小可划分为肥煤或气肥煤;当 $Y \leq 25.0\text{mm}$ 时,则根据 V_{daf} 的大小可划分为焦煤、1/3 焦煤或气煤。

按 b 值划分类别时,当 $V_{daf} \leq 28.0\%$ 时, $b > 150\%$ 的为肥煤;当 $V_{daf} > 28.0\%$ 时, $b > 220\%$ 的为肥煤或气肥煤。如按 b 值和 Y 值划分的类别有矛盾时,以 Y 值划为的类别为准。

^b 对 $V_{daf} > 37.0\%$, $G \leq 5$ 的煤,再以透光率 P_M 来区分其为长焰煤或褐煤。

^c 对 $V_{daf} > 37.0\%$, $P_M > 30\% \sim 50\%$ 的煤,再测 $Q_{gr,maf}$,如其值大于 24MJ/kg ,应划分为长焰煤,否则为褐煤。

无烟煤、烟煤、褐煤的划分参见表 1-5。

表 1-5 无烟煤、烟煤、褐煤的分类表

类别	代号	编码	分类指标	
			$V_{\text{daf}}/\%$	$P_{\text{M}}/\%$
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	≤ 50

在煤炭的三大类别中,用作电力燃料的煤主要是烟煤、其次为褐煤,而无烟煤因挥发分含量太低、锅炉不宜单独燃用,有时也作适当掺烧用煤。作为电力用煤的无烟煤,只能是无烟煤三号及二号。无烟煤亚类的划分参见表 1-6。

表 1-6 无烟煤亚类的划分

亚类	代号	编码	分类指标	
			$V_{\text{daf}}/\%$	$H_{\text{daf}}/\% ^a$
无烟煤一号	WY1	01	≤ 3.5	≤ 2.0
无烟煤二号	WY2	02	$> 3.5 \sim 6.5$	$> 2.0 \sim 3.0$
无烟煤三号	WY3	03	$> 6.5 \sim 10.0$	> 3.0

a 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} ,按本表分亚类。如两种结果有矛盾,以按 H_{daf} 划亚类的结果为准。

褐煤亚类的划分参见表 1-7。

表 1-7 褐煤亚类的划分

类别	代号	编码	分类指标	
			$P_{\text{M}}/\%$	$Q_{\text{gr,maf}}/(\text{MJ/kg}^a)$
褐煤一号	HM1	51	≤ 30	—
褐煤二号	HM2	52	$> 30 \sim 50$	≤ 24

a 凡 $V_{\text{daf}} > 37.0\%$, $P_{\text{M}} > 30\% \sim 50\%$ 的煤,如恒湿无灰基高位发热量 $Q_{\text{gr,maf}} > 24\text{MJ/kg}$,则划为长焰煤。

烟煤是作为电力用煤的主体,它是煤化程度高于褐煤而低于无烟煤的煤,其特点是挥发分产率范围宽,单独炼焦时,从不结焦到强结焦均有,燃烧时冒烟。

烟煤共分 12 个小类,按其变质程度由高到低排列依次为:贫煤、贫瘦煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气肥煤、1/3 焦煤、气煤、1/2 中黏煤、弱黏煤、不黏煤及长焰煤。贫煤的变质程度接近无

烟煤(三号),它又称为半无烟煤;长焰煤的变质程度则接近于褐煤(二号),二者有时难以严格区分。

三、各种煤的基本特征与在电厂中的应用

各种煤具有不同的基本特征,因而具有不同的实际应用价值。

1. 泥煤

泥煤也称泥炭,它是植物成煤过程中的一个中间产物,它并未列入中国煤炭分类表中。泥煤的煤化程度较褐煤更低。

泥煤挥发分含量很高, V_{daf} 可达50%~70%,全水分 M_t 高达20%~50%,收到基低位发热量很低,通常为(4.2~8.4)MJ/kg,含硫量多数<1%,但也有较高者。

泥煤一般不用来作为发电燃料,而将其晒干后,可作生产当地的民用燃料。

2. 褐煤

褐煤是经过成岩作用,没有或很少经过变质作用所形成的低煤化程度的煤。外观多呈褐色,光泽暗淡,易风化,质较软,含有较高水分及一定量的腐植酸。它作为电力燃料具有挥发分高、水分大、发热量低的特点,一般供褐煤产地的电厂燃用。

3. 烟煤

烟煤是煤化程度介于无烟煤与褐煤之间的煤,其特点是挥发分含量范围广,不同类别的烟煤黏结性差异较大,燃烧时冒烟。

在我国烟煤保有储量最多,产量也最大,应用也最多,我国早期有众多电厂锅炉设计用煤选用贫煤,然而贫煤的储量远低于无烟煤,由于贫煤的资源日益短缺,不少燃用贫煤的电厂锅炉不得不掺烧其他类别的烟煤或无烟煤。

除贫煤外,还有贫瘦煤、瘦煤、弱黏煤、不黏煤、长焰煤等也可供电厂锅炉燃用。

4. 无烟煤

无烟煤是煤化程度最高的煤,它的挥发分含量最低,密度最大,无黏结性,燃烧时多不冒烟。

由于无烟煤挥发分含量太低,它不适宜单独作电力用煤,然而它可适当的掺加于贫煤中作发电的辅助用煤。各种煤的一般性质的比较参见表1-8。

表1-8 各种煤的一般性质的比较

煤种	泥炭	褐煤	烟煤								无烟煤
			低变质煤				中变质煤		高变质煤		
			长焰煤	不黏结煤	弱黏结煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	
颜色	浅褐色为主	棕褐色	黑褐色		黑色		深黑色		灰黑色		钢灰色
光泽	无光泽		暗淡		半暗		半亮		光亮		金属光泽
外部条带	有原始植物残体不明显		呈条带状								无明显条带
密度/(g/cm ³)	很低	1.25 ~ 1.45	1.25 ~ 1.35								1.35 ~ 1.9
容重/(t/m ³)		1.05 ~ 1.2	1.2 ~ 1.4								1.30 ~ 1.8
硬度		1.5 ~ 2.5	2.5 ~ 3.5								> 3.5

续表

煤种		泥炭	褐煤	烟煤								无烟煤
				低变质煤				中变质煤		高变质煤		
				长焰煤	不黏结煤	弱黏结煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	
断口		针状纤维状	土状、锯齿状				参差状				贝壳状	
脆性	不脆	较脆	一般较脆				脆				脆	
韧性	较强	较差	一般较差				差				差	
水分/%	60 ~ 90	30 ~ 60	4 ~ 15								2 ~ 12	
燃烧特征	点燃难易	易点燃	易点燃	较易点燃						较难点燃	难点燃	
	烟	烟浓		烟浓				有烟		烟淡	无烟	
	火焰	有焰		焰长				有焰		焰短	焰短	
	膨胀性		不膨胀	不膨胀	弱膨胀	膨胀	强烈膨胀	膨胀	微膨胀	不膨胀		
	黏结性		不黏结	不黏结	弱黏结	中等黏结	强黏结	强黏结	弱黏结	不黏结		

四、煤的岩相组成

煤是一种可燃有机矿岩,煤的岩相研究方法分为宏观法及显微法两种,现作简要说明。

1. 宏观岩相成分

用肉眼或放大镜观察煤,可将煤区分为镜煤、丝炭、亮煤和暗煤四种煤岩成分。其中镜煤和丝炭是简单的宏观煤岩成分,亮煤与暗煤是复杂的宏观煤岩成分。它们的色泽、断口各具特征,性质也各不相同。

(1) 镜煤

镜煤呈黑色,光泽强,结构均匀,性脆,具有贝壳状断口中,其形态多呈透镜体或层状。

镜煤的挥发分含量较高,黏结性,结焦性较好,活性大,灰分低,含镜煤多的煤是优质炼焦和气化原料。

(2) 丝炭

丝炭呈绒黑色,有丝绢光泽和明显的纤维状结构,它是由成煤植物木质纤维组织经丝炭化作用而形成。

丝炭含碳量高,含氢量低,没有黏结性,因其孔隙率高,故易吸收氧而发生氧化和自燃。

(3) 亮煤

亮煤呈黑色,光泽仅次于镜煤,具有贝壳状断口,硬度低、性脆、易破碎。

亮煤是一种复杂的、非均一的宏观煤岩成分。它的挥发与氢含量高、黏结性较好,它宜作炼焦,气化及低温干馏的原料。

(4) 暗煤

暗煤光泽暗淡,断口平整光滑,结构微密坚硬,有韧性,不易破碎。它也是一种复杂的非均一宏观岩相成分。

暗煤黏结性差、灰分高,不宜作为炼焦用煤。

由此可知,镜煤工艺性质最好,亮煤次之,丝炭最差,暗煤则介于亮煤与丝炭之间。四种宏观煤岩成分的性质列于表1-9中。

表 1-9 四种宏观煤炭成分性质的比较

项 目	镜 煤	亮 煤	暗 煤	丝 炭
宏观可见特征	均匀发亮,呈黑色透镜体	由亮的或暗的极细夹层组成	光泽暗,呈黑色或灰黑色,硬度大,表面粗糙	黑色,丝绢光泽,木炭状碎屑
灰分/%	0.5~1	0.5~2	3.5~5.0	5~10
挥发分/%	35.1	40.2	53.8	9.5
固定碳/%	64.9	59.7	46.2	90.5
硬度	最低	较低	最高	高
脆度	高	较高	最低	最高
黏结性	最强	强	弱	无
反射光	灰白色	亮灰色	灰白色	黄黑色
透射光	深褐色	淡红色	深黄色	黑黄色

2. 煤岩的显微组分

在透射光下观察煤的薄片时,鉴定的标志主要是透射光、形态和结构;在反射光观察煤的光片时,鉴定的主要标志除反射色,形态和结构外,还有突起。反射光下通常用油镜物镜进行观察。

煤的显微成分按其成煤植物、成煤条件及性质分为:镜质组、稳定组、丝质组和惰质组,煤的显微组分与宏观煤岩成分之间存在一定的相互关系,见图 1-1。

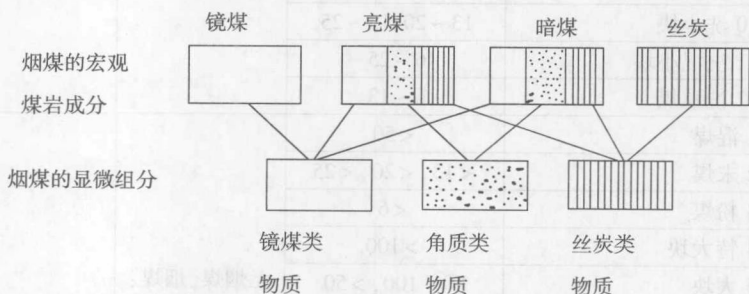


图 1-1 烟煤的显微组分与宏观煤岩成分间的关系

关于镜质组等的详细情况,本书就不作说明。

总的说来,含镜质组多时,煤的黏结性强,适于干馏;含稳定组多时,由于挥发分及氢含量高,适用于煤的干馏和气化;含丝质组多时,各方面的工艺性质均较差。

第二节 煤炭产品品种及在电厂中的应用

煤矿从地下开采出来的煤,称为毛煤。它经拣矸或筛选加工后所获得的具有不同质量与用途的煤炭产品,称为煤炭品种。

煤炭品种与煤种是两个不同的概念。煤炭品种是煤经过生产加工后的产品;而煤种则是由煤的自身属性,主要是挥发分及黏结性能决定。

各个品种的煤均可作为商品销售,故煤炭品种也就是市场上销售的商品煤的品种。

一、煤炭产品的类别与品种

煤炭产品按其用途、加工方法和技术要求划分为五大类,29 个品种。煤炭产品的类别,品种和技术要求应符合表 1-10 的规定。

表 1-10 煤炭产品的类别,品种和技术要求

产品类别	产品名称	技术要求			
		粒度/mm	$Q_{\text{net,ar}}/(\text{MJ/kg})$	$A_d/\%$	最大粒度 ^a 上限/%
1. 精煤	1-1 冶炼用煤焦精煤	<50, <100		≤12.50	≤5
	1-2 其他用煤焦精煤	<50, <100		12.51 ~ 16.00	
	1-3 喷吹用精煤	<25, <50	≥23.50	≤14.00	
2. 洗选煤	2-1 洗原煤	<300	无烟煤、烟煤: ≥14.50 褐煤: ≥11.00	—	≤5
	2-2 洗混煤	<50, <100			
	2-3 洗末煤	<13, <20, <25			
	2-4 洗粉煤	<6			
	2-5 洗特大块	>100			
	2-6 洗大块	50 ~ 100, >50			
	2-7 洗中块	25 ~ 50			
	2-8 洗混中块	13 ~ 50, 13 ~ 100			
	2-9 洗混块	>13, >25			
	2-10 洗小块	13 ~ 20, 13 ~ 25			
	2-11 洗混小块	6 ~ 25			
	2-12 洗粒煤	6 ~ 13			
3. 筛选煤	3-1 混煤	<50	无烟煤、烟煤: ≥14.50 褐煤: ≥11.00	<40	≤5
	3-2 末煤	<13, <20, <25			
	3-3 粉煤	<6			
	3-4 特大块	>100			
	3-5 大块	50 ~ 100, >50			
	3-6 中块	25 ~ 50			
	3-7 混块	>13, >25			
	3-8 混中块	13 ~ 50, 13 ~ 100			
	3-9 小块	13 ~ 25			
	3-10 混小块	6 ~ 25			
4. 原煤	4-1 原煤、水采原煤	<300	无烟煤、烟煤: ≥14.50 褐煤: ≥11.00	<40	
	5-1 原煤	<300	无烟煤、烟煤: <14.50 褐煤: <11.00	>40	
5. 低质煤 ^b	5-2 煤泥、水采煤泥	<1.0, <0.5		16.50 ~ 49.00	

^a 取筛上物累计产率最接近、但不大于 5% 的那个筛孔尺寸,作为最大粒度。

^b 如用户需要,必须采取有效的环保措施,不违反环保法规的情况下供需双方协商解决。

表 1-10 选自国家标准 GB/T 17608—2006《煤炭产品品种和等级划分》。

各类煤炭产品的含义如下:

(1) 精煤

是指煤经过精选(干选或湿选)加工生产出来的,符合品质要求的产品。其多为低灰分,低含硫量的优质煤,精煤有 3 个品种。

(2) 洗选煤

经洗选加工的煤,洗选煤有 12 个品种。

(3) 筛选煤

筛选煤(粒级煤)是煤经过筛选或洗选生产的,粒度下限 $>6\text{mm}$ 的产品,其中粒度介于 $6\text{mm} \sim 13\text{mm}$ 的煤,称为粒煤,其他则称为块煤,筛选煤有 11 个品种。

(4) 原煤

从煤矿生产出来的,未经任何加工处理的煤,称为毛煤,而从毛煤中选出规定粒度的矸石(包括黄铁矿等杂物)后的煤,则称为原煤。原煤不再划分品种,故原煤既可说是煤炭产品的一大类,也可称为煤炭产品的一个品种。

(5) 低质煤

指干基灰分 $>40\%$ 的各种煤炭产品及煤泥、水采煤泥等。

二、除精煤外的其他煤炭产品质量指标划分

有众多的指标可以表征煤的质量,但作为燃料来说,最具代表性的指标为煤的发热量及含硫量,而灰分与发热量密切相关,在不具条件测定发热量时,也可用灰分值的大小反映发热量的高低。

在 GB/T 18666—2002《商品煤质量抽查和验收方法》中,也是以干基高位发热量(干基灰分)及干基全硫作为商品煤质量验收的技术指标,这是因为煤作为燃料,就是利用煤燃烧时产生的热能,故煤的发热量高低自然成为评价商煤质的首要指标;另一方面,煤中硫含量一般并不太高,多数在 $0.5\% \sim 3.0\%$ 之间,但 $>3.0\%$ 的煤也不在少数,煤中硫对电力生产有着巨大的危害作用,故采用煤的发热量(灰分)及全硫量作为评价商品煤特别是电力用煤的重要指标是十分合适的。

由于电厂锅炉不应用精煤作为设计用煤,本书所述煤炭产品的质量指标划分将精煤除外。除精煤外煤炭产品发热量等级划分参见表 1-11。

表 1-11 煤炭产品发热量 $Q_{\text{net,ar}}$ 等级划分

等级	编号	发热量 $Q_{\text{net,ar}}/(\text{MJ/kg})$	等级	编号	发热量 $Q_{\text{net,ar}}/(\text{MJ/kg})$
Q_1	295	>29.00	Q_{20}	200	$>19.51 \sim 20.00$
Q_2	290	$>28.51 \sim 29.00$	Q_{21}	195	$>19.01 \sim 19.50$
Q_3	285	$>28.01 \sim 28.50$	Q_{22}	190	$>18.51 \sim 19.00$
Q_4	280	$>27.51 \sim 28.00$	Q_{23}	185	$>18.01 \sim 18.50$
Q_5	275	$>27.01 \sim 27.50$	Q_{24}	180	$>17.51 \sim 18.00$
Q_6	270	$>26.51 \sim 27.00$	Q_{25}	175	$>17.01 \sim 17.50$
Q_7	265	$>26.01 \sim 26.50$	Q_{26}	170	$>16.51 \sim 17.00$