

火电厂 燃料质量 检测与应用

曹长武 ■ 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电厂燃料质量 检测与应用

曹长武 ■ 编著

常州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内容提要

本书共分三篇，计十章。内容涵盖了燃煤、燃油、天然气质量检测的核心技术，主要包括燃煤特性综述、燃煤采制样技术、燃煤组成的测定、燃煤发热量的测定及其应用、燃煤物理性能测定、燃煤灰渣特性测定、燃油特性与应用综述、燃油质量检测方法、天然气特性与应用综述、天然气质量检测方法。全书编排紧凑、内容新颖、实用性强。

本书可供火力发电厂以及各行业中从事燃料检测的一线生产与管理人员使用，是电力系统燃料检验人员培训考核重要辅导教材。同时，对燃料质量检验机关的相关人员及高等院校燃料专业师生也具有参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂燃料质量检测与应用/曹长武编著. —北京: 中国电力出版社, 2012.5

ISBN 978-7-5123-3116-7

I. ①火… II. ①曹… III. ①火电厂-燃料-质量检验
IV. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 112935 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.25 印张 747 千字
印数 0001—3000 册 定价 92.00 元 *

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换。

版权专有 翻印必究

前言

电力工业是国民经济的基础产业。煤炭、石油、天然气都是重要的能源资源，各种燃料的特性不仅体现其实际应用价值，而且关系到各行各业，特别是火力发电厂的生产成本及机组的安全经济运行，故燃料的供应，包括其数量与质量，始终是各发电企业关注的焦点所在。

长期以来，我国的电源结构一直以火力发电为主，而火力发电又以燃煤为主。到“十一五”末的2010年，我国规划发电装机总量为8.4亿kW（实际上已突破9亿kW），其中煤电装机容量为5.93亿kW，占总装机容量的70.6%；水电装机容量为1.9亿kW，占总装机容量的22.6%；核电装机容量为1000万kW，占总装机容量的1.2%；天然气发电发展最快，装机容量为3600万kW，占总装机容量的4.3%；生物质能发电、风能发电装机容量分别为550万kW及500万kW，均占总装机容量的0.6%左右。虽然近年来，我国大力调整电源结构，风能、太阳能、生物质能、天然气发电等清洁能源比重有了大幅度增长，但是上述以火力发电为主，火力发电又以煤为主的电源结构的基本格局在短期内是不会改变的。

正是基于我国电源结构的这一特点，作者特编著本书。对火力发电厂燃料质量检测及其应用作了系统而有重点的简明阐述。全书共分三篇，计十章。其中第一篇燃煤质量检测与应用技术占本书比重的60%，而第二篇燃油质量检测与应用技术及第三篇天然气质量检测与应用技术各占本书的20%，以充分体现我国火力发电厂燃料以燃煤为主这一基本特征。

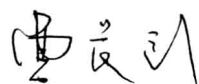
近年来，我国煤炭年产量已达到30亿t，其中50%以上用作电煤，仍然供不应求；另外，电煤质量难以得到保证，掺杂使假现象屡见不鲜。这给燃煤电厂的安全生产带来很大威胁，并蒙受巨大的经济损失。由于国际油价的不断攀升，我国不少燃油电厂已改为燃煤，在电厂中燃油主要用于锅炉点火及在锅炉燃烧环境不稳时，有时要投油助燃。总的说来，电厂燃油量不大。天然气是优质、清洁、高效的能源，具有巨大的发展空间，然而，我国现在燃气电厂并不多，加上天然气源不能得到稳定供应，常常无法处于正常运行状态。

对火力发电厂的燃料供应来说，必须保质保量。掌握燃料质量的检测技术是保证入厂燃料质量的重要手段，是计算及评价电厂经济指标及节能降耗业绩的基本依据，就其质量检测而言，2008年前后，我国修订了一大批商品煤采制化方面的国家标准。本书将以燃煤的采制样及发热量、含硫量、水分、挥发分、灰分、可磨性及灰熔融性的特性指标检测作为第一篇的重点内容；对第二及第三篇来说，以采制样及发热量、含硫量及其组成检测作为重点。

特别需要指出的，本书不再重复标准规定的内容，而是侧重对检测中的技术要点及难点加以解析，并指出解决这些问题的途径与方法。本书将电力燃料的质量检测与应用技术融为一体，而不是将它们截然分成两个独立部分。

本书内容涵盖了燃煤、燃油及天然气质量检测的核心技术，充实了若干新的检测技术，体现了电力生产的迫切要求。在燃煤中，突出了采制样（包括人工及机械）的要求及存在问题的解决办法；在燃油、燃气中，突出了发热量及组成检测技术要点与要求。建议读者结合国家相关标准及在生产中碰到的实际问题来阅读本书，这将有助于对标准的理解与贯彻，并有助于提高自己的技术水平及解决实际问题的能力。

本书供火力发电厂以及各行各业中从事燃料检测的一线生产与管理人员使用，同时，对燃料质量检验相关的相关人员及高等院校燃料专业师生也具参考价值。



2012年8月

目 录

前言

第一篇 燃煤质量检测与应用技术

第一章 燃煤特性综述.....	3
第一节 煤的形成与分类.....	3
第二节 煤炭产品品种及其应用	12
第三节 煤炭的组成与基准的应用	19
第四节 电厂煤粉锅炉及磨煤制粉设备	30
第五节 电厂煤粉锅炉用煤的质量要求	42
第六节 电力生产全过程中的煤质监督	54
第二章 燃煤采制样技术	64
第一节 燃煤的采样特点与要求	64
第二节 燃煤采样的技术要点	73
第三节 燃煤人工采样标准贯彻中的若干问题	82
第四节 燃煤人工制样的技术要点与要求	94
第五节 燃煤人工制样标准贯彻中的若干问题.....	106
第六节 燃煤机械化采制样概述.....	118
第七节 采煤样机在电厂中的应用.....	129
第八节 采煤样机性能检验.....	136
第三章 燃煤组成的测定.....	149
第一节 燃煤水分的测定.....	149
第二节 燃煤灰分与挥发分的测定.....	159
第三节 燃煤碳、氢、氮的测定.....	167
第四节 燃煤全硫的测定.....	180
第四章 燃煤发热量的测定及其应用.....	196
第一节 有关燃煤发热量的基本概念.....	196
第二节 恒温式自动氧弹热量计及其特点.....	204

第三节	冷却校正值的计算方法与应用	211
第四节	恒温式普通型自动热量计热容量的标定	220
第五节	燃煤发热量测定及其结果检验	229
第六节	恒温式新型自动热量计使用中问题分析	240
第七节	电厂经济指标的计算与节能降耗	248
第五章	燃煤物理性能的测定	258
第一节	燃煤堆密度测定与煤场盘点	258
第二节	煤粉特性及其细度测定	263
第三节	燃煤哈氏可磨性指数测定	268
第四节	燃煤磨损及冲刷磨损指数测定	273
第六章	燃煤灰渣特性测定	277
第一节	灰、渣可燃物测定	277
第二节	煤灰熔融性及其测定装置	280
第三节	煤灰熔融性测定	287
第四节	煤灰成分测定	295

第二篇 燃油质量检测与应用技术

第七章	燃油特性与应用综述	311
第一节	石油及其产品的分类	311
第二节	燃料油质量指标及其应用	315
第三节	各类燃油的基本特征	321
第四节	燃油在锅炉中燃烧及燃烧产物	325
第五节	燃油的储存	335
第八章	燃油质量检测方法	341
第一节	燃油采样方法	341
第二节	燃油密度的测定	347
第三节	燃油黏度的测定	353
第四节	燃油闪点、燃点、自燃点与凝点的测定	359
第五节	燃油发热量的测定	367
第六节	燃油水分与灰分的测定	373
第七节	燃油碳、氢、氮、硫的测定	380
第八节	燃油机械杂质与含盐量的测定	387

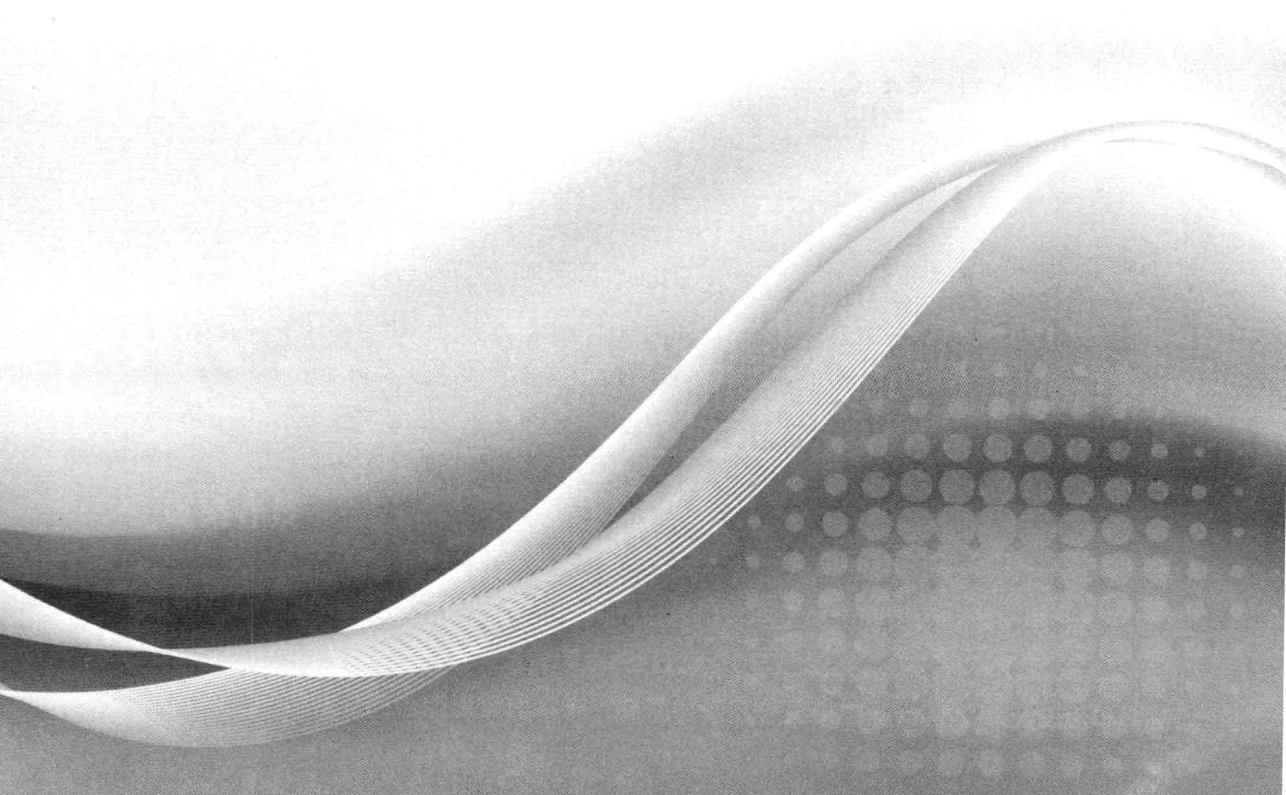
第三篇 天然气质量检测与应用技术

第九章	天然气特性与应用综述	395
第一节	燃气的分类及天然气质量指标	395
第二节	燃气组成及天然气作为燃料的特点	399

第三节	天然气资源分布及其在我国的利用·····	406
第四节	我国电源结构与天然气发电问题·····	414
第十章	天然气质量检测方法·····	420
第一节	燃气样品的采集与制备·····	420
第二节	天然气质量检测方法与要求概述·····	429
第三节	天然气中水分、总硫及硫化氢的测定·····	440
第四节	天然气热值与相对密度的测定·····	445
第五节	燃气组分的化学吸收法测定·····	460
第六节	天然气组分的气相色谱法测定·····	465

第一篇 《

燃煤质量检测与应用技术



第一章 燃煤特性综述

煤炭、石油、天然气均为宝贵的能源资源，它们都可以用作发电燃料。长期以来，我国电源结构一直以火力发电为主，火力发电又以燃煤电厂为主。虽然近年来我国加快了电源结构调整的步伐，但电源结构中仍以燃煤的火力发电为主的这一基本格局在短期内是不会改变的。

2009年，我国煤炭产量已达28.5亿t。其中，电力用煤占50%以上，煤质的优劣直接关系到电厂的安全经济运行，加上煤价的不断攀升，燃煤费用已占发电成本70%~75%，并且还在呈不断上升的趋势。所以煤质与煤价已成为所有发电企业关注的焦点，它已经关系到发电企业的生存与发展，因此煤质检测与应用的重要性也就受到各发电企业的高度重视。

燃煤特性与电厂生产息息相关，特别对电厂锅炉的安全经济运行及烟气除尘、脱硫、脱硝等环境保护工作的关系极为密切。要掌握燃煤质量检测技术，首先就应对煤质特性及燃煤电厂的生产工艺有较深入地了解，熟悉煤质特性与电力生产各环节之间的关系，从而为更好地掌握电力用煤的应用技术创造条件，上述内容包含在本书第一章中。本章可以说是关于燃煤质量检测与应用方面的专业基础知识，熟悉并能应用这些知识，不论对电厂煤质检测人员，还是对在电厂中从事燃料专业各岗位上的人员来说，都是一项基本要求。

第一节 煤的形成与分类

煤是古代植物深埋地下，在一定温度与压力的条件下，经历漫长的时代和复杂的化学变化而形成的。

一、地质年代与相应的植物成煤情况

1. 地质年代的划分

地质学家把地层分为六个阶段，即远古代、太古代、元古代、古生代、中生代及新生代。为了深入揭示各地质年代中地层和生物界的特征，地质学家又在“代”的下面划分出许多次一级的地质时代，如古生代自老到新可分为六个纪：寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪及二叠纪；中生代则分为三叠纪、侏罗纪、白垩纪；新生代则分为第三纪、第四纪。

地质年代的划分参见表1-1。

2. 煤的形成与演变

煤是古代植物的遗骸，这些植物遗骸是从最低级的菌藻类植物直到高等植物等各类植物死亡后形成的。由于地壳的变动，这些植物被埋在地下，受地层压力和地热作用逐步演变成煤。



表 1-1 地质年代的划分

代	纪		距今时间 (亿年)	生物发展阶段	
				动物界	植物界
新 生 代	第四纪		0.02~0.03	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 生 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	海生藻类时代
	志留纪		4.4	海生无脊椎动物时代	
	奥陶纪		5.2		
	寒武纪		6.0		
元 古 代	震旦纪		9.0	动物孕育、萌芽发展的初期阶段	
			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		

由植物演变成煤，经历了亿万年，发生了一系列变化。一般说来，这种变化可分为两个阶段，泥化作用阶段及煤化作用阶段。

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。因泥炭中含有较多腐殖酸、沥青质，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。

泥炭在地下受压力与温度的影响，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，这称为煤化作用阶段，也就是成煤的第二阶段。

在成煤的第二阶段中，又包括成岩作用和变质作用。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，腐殖酸含量先增加后减少，碳含量增加，氢、氧含量逐渐降低。煤的变质作用使褐煤向烟煤、无烟煤演化，褐煤中的水分不断减少，碳含量进一步增加，氢、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。

植物的成煤过程参见表 1-2。

表 1-2 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，数千年到数万年	地下（不太深），数万 万年	地下（深处），数千万年 以上
主要影响因素	生化作用，氧的供应状况	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（泥炭化作用）	第二阶段（煤化作用）	
		成岩阶段	变质阶段

各种煤的形成与对应的地质年代参见表 1-3。

表 1-3 各地质年代植物生长与成煤情况

代	纪	植物种类	煤 种	煤矿所在地域
新生代	第四纪、 晚第三纪、 早第三纪	被子植物	泥炭、 褐煤、 烟煤	云南、广西、广东、辽宁、台湾等地
	白垩纪		褐煤、烟煤	阜新、大同、萍乡、北票等地
中生代	侏罗纪 三叠纪	裸子植物	烟煤	新疆、内蒙古等地
	二叠纪		烟煤和 无烟煤	本溪、淮南、开滦、山西、太行山等地
古生代	石炭纪	孢子植物	无烟煤	云南禄劝、广东台山、秦岭西段等地
	泥盆纪			
	志留纪			
	奥陶纪 寒武纪	藻类植物	石煤	南方几个省
元古代				
太古代			无生物	

无烟煤及烟煤主要形成于古生代的二叠纪到志留纪，中生代的三叠纪与侏罗纪，部分年轻烟煤及褐煤、泥炭则形成于中生代的白垩纪及新生代的地质年代。

表 1-3 中的元古代，也称原生代；太古代，也称始生代。

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 1-4。

由表 1-3 可以看出，各种煤主要形成于新生代第三纪到古生代志留纪这一地质年代，距今数百万年至约 4 亿年这一漫长时期，在整个地质年代中，较集中的聚煤期如下：

（1）古生代的石炭纪及二叠纪，距今 3.09 亿～2.23 亿年，成煤植物主要是孢子及裸子植物，形成无烟煤及烟煤。

（2）中生代的侏罗纪及白垩纪，距今 1.57 亿～1.25 亿年，成煤植物主要是裸子及被子植物，形成烟煤及褐煤。

（3）新生代的第三纪，成煤植物主要是被子植物，形成烟煤及褐煤。

不同种煤的形成跨越很长的历史时期，成煤植物各不相同，环境与地质条件也存在很大的差异，自然不同种煤其化学组成也就不同。



表 1-4 由植物到无烟煤的化学组成变化

类 别		C (%)	O (%)	HA (%)	V (%)	H ₂ O (%)	容重 (t/m ³)
植 物	草本植物	48	39	0			
	木本植物	50	42				
泥 炭	草本泥炭（黑龙江）	56	34	43	70	740	1.0
	木本泥炭（广东）	66	26	53			
褐 煤	煤化程度低（云南）	67	25	68	58		
	煤化程度中等（内蒙古）	71	23	22	45	10~30	1.1
	煤化程度较高（广西）	73	17	3	44		
烟 煤	长褐煤	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 1-4 可以看出：由植物→泥炭→褐煤→烟煤→无烟煤的演变过程中，煤的化学组成呈现一定规律性的变化。

按照上述演变程序，煤中含碳量逐渐增加；而含氧量、含水量及挥发分别逐渐减小；容重逐渐增大；在烟煤及无烟煤中，腐殖酸已降至为零。

腐殖酸（humic acid）指煤中能溶于稀苛性碱和焦磷酸钠溶液的一组高分子量的多元有机、无定形化合物的混合物，以 HA 表示。

根据成煤植物及成煤条件的不同，可将煤划分为腐植煤、残植煤、腐泥煤三大类。

由高等植物，主要为孢子植物。裸子植物和被子植物形成的煤为腐植煤，它是自然界分布最广、蕴藏量最大、用途最多的煤，这也是本书所阐述的对象。至于残植煤及腐泥煤类，本书将不再涉及。

二、煤的分类

由于成煤植物的不同、成煤条件的差异，特别是其变质程度上的区别，导致各种煤具有不同的物理化学特性。各种工业对用煤质量均有特定的要求，为了保证合理利用煤炭资源与指导生产，就必须对煤炭进行分类，这不仅具有科学意义，而且具有重要的经济价值。

1. 我国煤的分类

我国煤炭按 GB/T 5751—2009《中国煤炭分类》的规定进行分类，该标准是以煤炭的煤化程度及工艺性能作为分类依据的。根据煤的煤化程度，将煤分为无烟煤、烟煤及褐煤，其煤化程度依次降低。

对于烟煤，表征煤化程度的指标是以干燥无灰基挥发分 V_{daf} 表示；而工艺性能指标是以黏结指数 G_r 为主。据此，将烟煤划分成下述 12 个类别：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。



在我国煤炭分类中，干燥无灰基挥发分 V_{daf} 的大小，作为煤炭分类的主要指标。无烟煤的 $V_{daf} \leq 10\%$ ；褐煤的 $V_{daf} > 37\%$ ；而烟煤的 V_{daf} 又可大体上分为四个区段，即 $V_{daf} > 10\% \sim 20\%$ 、 $V_{daf} > 20\% \sim 28\%$ 、 $V_{daf} > 28\% \sim 37\%$ 及 $V_{daf} > 37\%$ 。这说明同属烟煤，但不同类别之间，其煤化程度还是有很大差异的。如烟煤中煤化程度最高的贫煤，其性质接近无烟煤，所以，有时也将贫煤称为半无烟煤；而烟煤中煤化程度最低的长焰煤，其性质则相当接近褐煤。

泥炭是由植物演变成煤的过程中的中间产物，它还不能称为煤。我国煤炭分类标准是将煤炭分为无烟煤、烟煤及褐煤三大类，也就是各种煤炭均分属于上述三个煤种。其中无烟煤又分为 3 个单元，用相应的数码 01、02、03 来表示；烟煤又分为 24 个单元，相应的数码参见表 1-5；褐煤又分为 2 个单元，用相应的数码 51、52 表示。按照同类煤性质基本相似，不同煤性质有较大差异的原则将烟煤中的 24 个单元合并成上述 12 个类别，所以中国煤炭的分类是 3 大类（即 3 个不同煤种：无烟煤、烟煤与褐煤），14 个类别，29 个单元。

中国煤炭分类简表参见表 1-5。

表 1-5 中国煤炭分类简表

类别	符号	包括数码	分 类 指 标					
			V_{daf} (%)	G	Y (mm)	b (%)	PM (%)	$Q_{gr,maf}$ (MJ/kg)
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	$>10.0 \sim 28.0$	>65				
肥煤	FM	16, 26, 36	$>10.0 \sim 37.0$	(>85)	>25.0	①		
1/3 焦煤	1/3JM	35	$>28.0 \sim 37.0$	>65	≤ 25.0	(≤ 220)		
气肥煤	QF	46	>37.0	(>85)	>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, 32	$>20.0 \sim 37.0$	$>5 \sim 30$				
不黏煤	BN	21, 31	$>20.0 \sim 37.0$	≤ 5				
长焰煤	CY	41, 42	>37.0	≤ 35			>50	
褐煤	HM	51	>37.0				≤ 30	≤ 24
		52	>37.0				$>30 \sim 50$	

① 参阅 GB/T 5751—2009《中国煤炭分类》

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



按 b 值划分类别时, 当 $V_{daf} < 28.0\%$ 时, $b > 150\%$ 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 值划分的类别为准。

(2) 对 $V_{daf} > 37\%$, $G \leq 5$ 的煤, 再以透光率 PM 来区分, 为长焰煤或褐煤。

(3) 对 $V_{daf} > 37\%$, $PM > 30\% \sim 50\%$ 的煤, 则可测定 $Q_{gr, maf}$, 如其测值大于 24 MJ/kg , 应划分为长焰煤, 否则为褐煤。

从我国煤炭保有储量来看, 无烟煤及褐煤分别占全国储量的 14.3% 及 14.1% , 烟煤则占 62.3% , 其他为未分牌号的煤。

现将表 1-5 中各符号的含义作一说明:

(1) V_{daf} ——干燥无灰基挥发分, 它是指煤样在 $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$ 隔绝空气的条件下, 加热 7 min , 由煤中有机物分解出来的液体 (呈蒸汽状态) 及气体产物。试验室测出的为空气干燥基挥发分 V_{ad} , 它可以通过下式求算出干燥无灰基挥发分, 即

$$V_{daf} (\%) = V_{ad} \times \frac{100}{100 - M_{ad} - A_{ad}} \quad (1-1)$$

式中 M_{ad} ——煤样的空气干燥基水分, $\%$;

A_{ad} ——煤样的空气干燥基灰分, $\%$ 。

干燥无灰基, 则是以假想的干燥无灰状态的煤为基准的表示方法。

(2) G (或 $G_{R.1.}$) ——黏结指数, 是指在规定条件下, 以烟煤在加热后黏结专用无烟煤的能力。

(3) $Q_{gr, maf}$ ——恒湿无灰基高位发热量。恒湿无灰基, 是以假想含最高内在水分、无灰状态的煤为基准的表示方法。

(4) Y ——胶质层最大厚度, 是指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。

(5) b ——奥阿膨胀度, 其含义指由奥迪贝尔和阿尼两人提出的煤的膨胀性和塑性的量度, 以膨胀度 b 和收缩度 a 等参数表示。

(6) PM ——透光率, 是指煤在规定条件下用硝酸与磷酸的混合液处理后所得溶液的透光百分率, 本指标适用于褐煤及低煤阶烟煤。

上述各指标中, 除 V_{daf} 应用较多外, 其他 5 项指标在电力用煤中应用很少, 所以不作细述。

2. 硬煤国际分类

硬煤指中等变质程度煤 (烟煤) 和高变质程度煤 (无烟煤) 的合称, 镜质体平均随机反射率 $0.5\% \leq R_{ran} < 6.0\%$ 的煤, 或上限采用镜质体平均最大反射率 $R_{max} < 8.0\%$ 。一般, 硬煤就是无烟煤与烟煤的总称。

另外, 在国际贸易往来中, 还常见次烟煤这一术语, 次烟煤是国际煤层煤分类中, 含水无灰基高位发热量大于或等于 $20 \sim 24 \text{ MJ/kg}$ 的低煤阶煤。

煤阶指煤化作用深浅程度的阶段。

硬煤国际分类表见表 1-6, 它是一种以炼焦煤为主的体系。

表 1-6

表 1 国际煤炭分类表

(于1956年3月日内瓦国际煤炭分类会议中修订)

组别(根据黏结性确定的)			类 型 代 号										亚组别(根据结焦性确定的)			
组别 号数	确定组别的指数 (任选一种)		第一个数字表示根据挥发分(煤中挥发分<33%)或发热值(煤中挥发分>33%)确定煤的类别 第二个数字表示根据煤的黏结性确定煤的组别 第三个数字表示根据煤的炼焦性确定煤的亚组别										亚组 别号		确定亚组别的指数 (任选一种)	
	自由膨 胀序数	罗加 指数											膨胀性 试验	黏金试验		
3	$4\frac{1}{2}$ ~9	>45					435	535	635				5	>140	>G ₆	
								534	634				4	50~110	G ₅ -G ₆	
								533	633	733			3	0~50	G ₁ -G ₄	
						332a	332b	432	532	632	732	832	2	≤0	E-G	
2	$2\frac{1}{2}$ ~4	20~45						423	523	623	723	823	3	0~50	G ₁ -G ₄	
							322	422	522	622	722	822	2	≤0	E-G	
						321		421	521	621	721	821	1	仅收缩	B-D	
					212		412	512	612	712	812	2	≤0	E-G		
1	1~2	5~20				211		411	511	611	711	811	1	仅收缩	B-D	
													0	无黏 结性	A	
0	$0\sim\frac{1}{2}$	0~5	100		200	300	400	500	600	700	800	900	各类煤挥发分大致范围(%) 类别 6: >33~41 类别 7: >33~44 类别 8: 35~50 类别 9: 42~50			
类别号数			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
确定 类别 的指 数	挥发分(干燥无灰 基)V _{ad} (%)		0~3	3~10		10~14	14~20		20~28		28~33	>33	>33			
	(恒湿无灰基),发 热值(kJ/kg)(30℃, 相对湿度 96%)			3~6.5	6.5~10		14~16	16~20		>32 400	>30 100 ~32 400	>25 500 ~30 100	>23 900 ~25 500			
			以挥发分指数(煤中挥发分<33%)或发热值指数(煤中挥发分>33%)确定										类 别			

1. 如果煤中灰分过高, 为了使分类更好, 在实验前应用比重液方法(或用其他方法)进行脱灰, 比重液的选择应能够得到最高的回收率和使煤中灰分含量达到 5% ~ 10%。

2. 332a: $V_{\text{daf}} > 14\% \sim 16\%$; 332b: $V_{\text{daf}} > 16\% \sim 20\%$.