

煤质及化验基础知识



煤炭工业出版社

煤质及化验基础知识

罗颖都 陈祚生 刘恩庆 陈文敏 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍有关煤的性质及煤炭化验方面的基本概念和基础知识。

本书的煤质部分根据煤的成因类型和沉积条件,深入浅出地介绍我国煤炭的煤质特征,从泥炭、褐煤、烟煤到无烟煤、石煤和天然焦等各种煤炭的性质和用途,扼要阐述气化、焦化和液化等用煤单位对煤质的要求。书中还着重介绍生产矿井和地质勘探系统的煤质工作。

本书的煤炭化验部分,扼要介绍各主要煤质指标的定义和相互关系,测定目的、方法及指标等。

本书可供产煤和用煤单位的管理干部和煤质、化验人员参考使用,对煤炭科研、设计及院校等单位有关专业人员也有一定参考价值。

煤 质 及 化 验 基 础 知 识

罗颖都 陈祚生 刘恩庆 陈文敏 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

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 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$

印张 $9 \frac{5}{8}$

字数212千字

印数1—10,720

1980年9月第1版

1980年9月第1次印刷

书号15035·2332 定价0.90元

前 言

煤炭是一种组分复杂和用途很广的可燃有机物，它早在二千多年以前就为我国劳动人民所挖掘并用作燃料。我国幅员广大，煤炭资源十分丰富，品种也颇齐全。

为了充分合理地利用宝贵的煤炭资源，各产煤和用煤单位的管理与专业人员都需要全面地了解各种煤的特性、煤质指标及其用途。根据我国煤炭资源的实际情况，结合作者多年从事煤质和化验方面的实践经验，特编写此书，以供有关部门和人员参考使用。

全书由陈文敏同志统一整理，杨金和、罗颖都同志审订。在编写过程中，得到了煤炭科学研究院北京煤化学研究所的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

目 录

第一篇 煤质基础知识

第一章	概论	1
第二章	煤质指标的分级和用户对煤质的要求	41
第三章	生产矿井的主要煤质指标和可选性指标	59
第四章	我国不同成煤时代的含煤沉积和它的煤质特征	66
第五章	煤田地质勘探工作中的煤质工作	80
第六章	生产矿井的煤质工作	91
第七章	煤的风化、氧化、自燃和贮存	99

第二篇 煤炭化验基础知识

第八章	采样概述	107
第九章	煤样的制备	120
第十章	煤的工业分析	128
第十一章	煤的元素组分	160
第十二章	煤中伴生元素和有害元素	170
第十三章	煤灰成分及其特性	179
第十四章	煤的物理-机械性能	185
第十五章	煤的结焦性和低温干馏	196
第十六章	煤的气化指标	219
第十七章	煤的其他特性试验	226
第十八章	现代化煤质分析仪器的应用	244
第十九章	煤质分析结果的取舍和有效数字的确定	256
第二十章	煤质分析结果的简算	262
第二十一章	怎样审定煤质分析结果	275

附录

一、国际原子量表 (1975)	297
二、各种元素在地壳中的重量百分数	299

三、英制与公制换算系数表	300
四、英美度量衡折合国际公制、市制表	301
五、常用数理常数表	302

第一篇

煤质基础知识

第一章 概 论

一、煤是怎样生成的？

煤是怎样生成的，是由什么东西变成的？这个问题过去许多学者都有不同的解释。随着科学技术水平的日益提高，在显微镜下可清楚地看到，年轻煤的有机组分中还保留着植物的一些组织，如植物的细胞结构和比较稳定的树脂、树蜡、孢子、花粉和角质层等物质。因此，目前人们普遍认为煤是由古代的植物演变而来的。

那末煤是怎么形成的呢？在距今约2.3~3亿年前的石炭二迭纪时期，当时地球上的气候是潮湿、多雨而温暖，在很多地方，如我国的华北、华东和西南等地区都生长着繁茂的蕨类和裸子植物，以后随着地壳的变迁，这些植物就大量死亡，堆积在多水的广阔沼泽地带里。这类植物残骸在各种细菌，主要是厌氧细菌的生物化学作用下，不断发生缓慢而复杂的分解和化合等作用，释放出甲烷和二氧化碳等气体；其残留部分就逐渐转变为主要组分是芳香结构的腐植酸和沥青质等泥炭类物质。

随着地壳的下沉和沼泽上部受到泥沙等沉积物的覆盖，泥炭层逐渐压紧并不断失水，厌氧细菌的生物化学作用又逐

渐减弱以致消失，泥炭中的碳含量就逐渐增高，氧元素和腐植酸含量相应降低。随着地壳下沉速度的加剧，泥炭在地层内部受高温和不断增厚的覆盖层（岩层）的挤压，这样经过长期的地球化学作用，逐渐变为碳含量更高、氧和腐植酸含量更低的褐煤。

褐煤继续在不断增高的地温和不断增厚的岩层的压力作用下，进一步改变了分子结构的物理化学性质。首先，脱除了腐植酸中的羧基而变为只含腐植质的烟煤。烟煤在地层下部受到高温、高压的作用，又逐渐转变为碳含量更高、氧含量和氢含量更低的无烟煤。无烟煤可在地温和地压的长期作用下逐渐转变为超无烟煤（即半石墨类），甚至石墨。

上述从泥炭、褐煤、烟煤到无烟煤的形成过程，是大多数煤田的成煤规律。这种成煤规律具有广泛的区域性，叫做区域变质（或深成变质）成煤规律。另外，如有火成岩侵入泥炭、褐煤、烟煤煤层或煤层附近，因温度的增高而使这类煤直接变质成为无烟煤甚至成天然焦炭。人们常称这种变质过程为接触变质。还有是因地壳运动而产生褶皱及断裂，这一过程产生的热量使煤层温度增高，生成一些年老煤。这种使煤变质的作用叫做动力变质。一般属纯接触变质的煤田不多，动力变质的更少，常见于一些小型煤田。

最近，国内有些地质工作者，提出了构造应力变质的说法。这种学说认为，构造应力是地壳中各部分在构造力（即外力）的作用下发生质点间的相互作用而引起的一种附加内力。含煤岩系从开始形成时起，即处于一定方式的地应力的作用下。侧向挤压或扭动作用达到足够强度时，岩石颗粒之间由于内摩擦而释出热量，成为增强煤变质作用的因素。必须指出的是，构造应力变质与动力变质的学说，在受力作用

的研究方法上是不同的。构造应力变质强调按“构造带→应力场→地热场→变质带”这样一条变质规律演变。

煤的构造应力变质作用，是通过一定构造应力场控制下的岩系释热、导热和聚热等三个基本因素来实现的。作用于含煤岩系的构造应力，先通过岩石内能的变化，转化为热能并提高岩石的导热率使地热升高，同时，压缩煤和岩石，在煤层周围形成密闭环境，从而加速了煤的芳香结构的生长，且使分子排列趋于规则化，这样就增高了碳含量和煤的变质程度。

有关煤变质作用的各种学说和理论，都以一定的客观现

表 1-1 成煤时代与地质年代的关系

代	纪	同位素年龄 (百万年)		生物发展阶段		煤的牌号
		距今 时间	持续 时间	动物界	植物界	
新生代 (K ₁)	第四纪 (Q)	2.5	2.5	本世纪初人类祖先出现	被子植物	泥炭
	第三纪 (R)	67	64.5	孔虫繁荣，哺乳类昌盛	硅藻茂盛	泥炭、褐煤、长焰煤、气煤
中生代 (M ₁)	白垩纪 (K)	137	70	孔虫兴盛爬行类至后期急减	后期被子植物大量出现	褐煤、长焰煤、气煤、无烟煤
	侏罗纪 (J)	195	58	恐龙发展，鸟类出现	真蕨苏铁银杏和松柏繁茂	褐煤、烟煤、无烟煤（包括不粘煤、弱粘煤）
	三迭纪 (T)	230	35	爬行类发展，哺乳类出现，腕足类减少	裸子植物进一步发展	烟煤、无烟煤

续表

代、纪	同位素年龄 (百万年)	生物发展阶段		煤的牌号		
		距今时间	持续时间			
古生代 (P ₂)	二迭纪 (P)	285	55	菊石、腕足类等继续发展、三叶虫等绝灭	晚期种子蕨等衰落。松柏类发展	炼焦煤、无烟煤，其他烟煤
	石炭纪 (C)	350	65	珊瑚，腕足类很多，两栖类发展，爬行类出现	真蕨、芦木、科达树等繁茂	同上
	泥盆纪 (D)	400	50	腕足类和珊瑚发育，鱼类发展	裸蕨类繁茂，原始裸子植物等出现	只有少量无烟煤
	志留纪 (S)	440	40	腕足类、珊瑚、三叶虫，笔石等昌盛	末期裸蕨类开始出现	菌藻类低等植物形成的石煤
	奥陶纪 (O)	500	60	海生无脊椎动物如三叶虫、头足类等繁盛	藻类广泛生长	“
	寒武纪 (cm)	570	70	若干门类无脊椎动物如三叶虫突发性繁盛	红藻、绿藻等开始繁盛	“
元古代 (Pt)	震旦纪及以前 (Z)	2400	1830	末期无脊椎动物出现	蓝藻和细菌开始繁盛	“
太古代 (Ai)	没有国际性的划分方案	4500	2100	无动物时代	晚期有菌类和低等蓝藻存在	无有机生物岩

实为基础,只是在解释煤变质过程中的侧重点不同而已。煤的变质作用是一种极复杂的受内、外多种因素影响的结果,但是不管怎样,总离不开“能量”这一决定性的因素。所以各种煤变质的理论和学说均应起到互为补充,使之不断完善的作用。

二、成煤时代和地质年代的关系

煤的生成和古代生物的出现有着十分密切的关系,因此,各种煤与其地质年代是紧密相关的(表1-1)。

三、煤层的储量计算标准

煤层有没有开采价值,而且是否经济,主要取决于储量和储量的级别。因此各国都根据本国勘探和开采的技术水平以及对煤炭的需求量等,来制订计算煤炭储量的方法。我国是根据煤种和本地区煤炭的需求量来计算储量。煤炭储量分为“能利用储量(即平衡表内储量)”和“尚难利用储量(即平衡表外储量)”两大类,我国主要计算前一种储量。

1. 能利用储量

过去叫平衡表内储量,是指符合当前工业技术经济条件的储量,也是煤田地质勘探工作的主要任务。计算储量的煤层最低厚度,常随煤的牌号和煤层倾角不同而异。煤层倾角小于 25° 时,炼焦用煤计算储量的煤层最低厚度为0.6米,非炼焦用煤计算储量的煤层最低厚度为0.7米,褐煤计算储量的煤层最低厚度为0.8米(表1-2)。对同一种煤,煤层倾角不同,计算储量的煤层最低厚度也不相同。以褐煤为例,煤层倾角 $<25^\circ$ 、 $25\sim45^\circ$ 和 $>45^\circ$ 时,其计算储量的煤层最低厚度分别为0.8米、0.7米及0.6米(见表1-2)。

2. 尚难利用储量

过去叫平衡表外储量,是指有益组分含量低或无用杂质

含量高、矿体厚度太薄以及矿山开采技术条件、水文地质条件特别复杂者。计算储量的原则与计算能利用储量相同，只是计算储量的煤层最低厚度比计算能利用储量更低一些而已（见表1-2）。

表 1-2 一般煤矿的储量计算标准

储量类别			能利用储量			尚难利用储量		
煤质牌号			炼焦用煤	非炼焦用煤	褐煤	炼焦用煤	非炼焦用煤	褐煤
工业指标								
最采 低厚 可度 (米)	矿层 井倾 煤角	<25°	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6	0.7
		25~45°	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6
		>45°	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5
	露天	0~90°	1.0			0.5		
最高灰分A [*] (%)			40			50		

储量级别分为：工业储量（A级、B级和C级）、远景储量（D级）和预测储量三种。工业储量是矿井设计的主要依据，其它储量只供勘探时参考。

在缺煤地区，计算储量煤层的最低厚度可根据情况减小0.1~0.2米，最高灰分可按50~60%计算，应用基低位发热量 Q_{dw}^* 的下限选用3000卡/克以上（在有的地区，褐煤的低位发热量 Q_{dw}^* 大于2500卡/克时也可计算储量）。

对于石煤，计算储量煤层的最低厚度因煤的发热量不同而不同。如干基低位发热量 Q_{dw}^* 为800~1200卡/克的石煤，最低可采厚度为2米； $Q_{dw}^* > 1200 \sim 3000$ 卡/克的石煤，最低可采厚度为1米， $Q_{dw}^* > 3000$ 卡/克者，最低可采厚度为0.5米。计算深度以不超过300米为准。石煤的 $Q_{dw}^* < 800$ 卡/克或垂深>300米时，暂不计算储量。

油页岩层储量以厚度>0.7米，焦油产率T^{*}大于5%为

计算下限。

四、煤的分类

煤炭不仅是主要的能源，而且还是重要的化工原料。煤的种类繁多，质量也相差悬殊，不同类型的煤有不同的用途。如结焦性或粘结性良好的煤就是优质的炼焦用煤；热稳定性好的无烟块煤是合成氨厂的主要原料；挥发分和发热量都高的煤是较好的动力用煤；一些低灰、低硫的年轻煤则是加压气化制造煤气和加氢液化制取人造液体燃料的较好原料。

为了合理并综合利用煤炭资源，使之发挥最大的效能为人民服务，就需要把煤炭划分成不同的类别。这种把煤划分成若干类别的方法就叫煤的分类。

煤的分类有几种：按成煤的原始植物进行分类的方法叫做煤的成因分类；按煤的工业使用方法进行分类，就是煤的工业分类或商业分类；按煤的组分结构进行分类的方法叫做煤的科学分类，等等。

从煤的成因来划分，大致可分为腐植煤、腐泥煤和腐植腐泥煤三大类。在腐植煤中还有一种由高等植物中的稳定组分形成的煤，常称为残植煤，例如由角质层、孢子和树脂等形成的残植煤。在腐泥煤中还可分为由藻类植物形成的藻煤（如石煤就是由含矿物质较多的藻类植物形成，煤化程度相当于无烟煤的一种腐泥煤）和藻类完全分解的胶泥煤。在腐植腐泥煤中还常分为烛煤（点燃时发出明亮的火焰）和煤精等两类。

从煤的工业分类来划分，大致可分为炼焦煤、动力煤和炼油煤等几类。但从国际硬煤分类和世界一些主要产煤国家来看，煤的工业分类实际上也就是以炼焦用煤为主的工业实

用分类。

煤的科学分类，主要是按煤的元素成分进行分类。早在1873年，比利时学者格鲁纳首先提出了按煤的元素组分为基础的分类方案。在他的分类方案中，提出O/H(重量)比为5~6的是泥炭，O/H比=5的为褐煤，O/H比=2~4的为烟煤，O/H比=0.75~1的为无烟煤。其后，还有不少人都曾研究过用煤的元素组分来进行分类。如赛勒尔就采用可燃基碳和氢两个指标对煤进行分类。在二十世纪六十年代，我国庄前鼎教授也曾提出用挥发分 v' 和煤的简化特性系数 B' ($2.35 \times \frac{H' - O'^{1/8}}{C'}$)对中国煤进行分类。总之，以元素分析结果为基础的任何一种煤的科学分类，都只能反映煤炭性质的一般概况，对煤的许多特性都不能全面地反映出来。

五、中国煤的分类

中国现行的煤分类也与其他国家的煤分类一样，都是以炼焦用煤为主的工业分类（或叫实用分类）法。分类所用的指标为可燃基挥发分 v' （%）和胶质层最大厚度 y 值（毫米）。我国煤共分为十大类和24个小类。十大类是：褐煤、长焰煤、不粘煤、弱粘煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤和无烟煤。这十大类中，气煤、肥煤、焦煤和瘦煤的结焦性较好。

我国现行煤分类是1956年制订，1958年4月颁布试行的（表1-3），经过二十多年来的试行已发现有一些缺点亟需修订。例如，分类中 $v' > 40\%$ 的长焰煤和褐煤就不能确切地进行划分；炼焦用煤和非炼焦用煤之间的某些牌号煤也不能正确地划分。这对各种煤的合理使用和正确计价是很不利的。此外，分类所需的煤样量较大，这与我国煤田地质勘探中大

表 1-3 中国煤分类(以炼焦用煤为主)方案

大类别	小类别	分类指标	
名称	名称	v^1 (%)	y (毫米)
无烟煤		0~10	—
贫煤		>10~20	0 (粉状)
瘦煤	1号瘦煤	>14~20	0(成块)~8
	2号瘦煤	>14~20	>8~12
焦煤	瘦焦煤	>14~18	>12~25
	主焦煤	>18~26	>12~25
	焦瘦煤	>20~26	>8~12
	1号肥焦煤	>26~30	>9~14
	2号肥焦煤	>26~30	>14~25
肥煤	1号肥煤	>26~37	>25~30
	2号肥煤	>26~37	>30
	1号焦肥煤	≤26	>25~30
	2号焦肥煤	≤26	>30
	气肥煤	>37	>25
气煤	1号肥气煤	>30~37	>9~14
	2号肥气煤	>30~37	>14~25
	1号气煤	>37	>5~9
	2号气煤	>37	>9~14
	3号气煤	>37	>14~25
弱粘煤	1号弱粘煤	>20~26	0(成块)~8
	2号弱粘煤	>26~37	0(成块)~9
不粘煤		>20~37	0 (粉状)
长焰煤		>37	0~5
褐煤		>40	—

量使用的取样量少的小口径钻机是不适应的。

针对我国现行煤分类中存在的缺陷,煤炭科学研究院和

国内其他一些单位正在研究修订现行煤分类的指标和方案：对有一定粘结性的煤的分类指标，用煤样用量很少的粘结指数（系类似于罗加指数）来取代胶质层最大厚度 y 值；对褐煤和长焰煤，用煤的透光率（即煤样用稀硝酸处理后的有色溶液对光的透过率）或碳含量作为区分指标；对贫煤和无烟煤用纯煤真比重或可燃基氢含量作为区分指标，等等。目前，为了克服分类用煤样太多的缺陷，煤炭工业部已于1977年颁布标准少量煤样烟煤胶质层指数测定方法MT29-77。标准规定，试样不够时可用“少量煤样的烟煤胶质层指数测定”方法（只用23克煤样）代替现行的胶质层指数测定方法（用100克煤样），以作为过渡措施。

表1-3中的分类用煤样，必须是比重1.4的重液洗选后的精煤，或用灰分小于10%的原煤。纯煤真比重大于1.4的无烟煤，应根据其比重而分别采用比重1.6、1.7或1.8的重液进行洗选。

六、我国的炼焦用煤

我国炼焦用煤主要是指气煤、肥煤、焦煤和瘦煤。此外，大同的某些弱粘结煤也在配煤炼焦中广泛使用。

1. 气煤

气煤是煤化程度最低的一种炼焦用煤，可燃基挥发分产率 v' 均大于30%，胶质层最大厚度 y 值 $>5\sim 25$ 毫米。在隔绝空气加热时这种煤能产生大量煤气和较多的焦油，胶质体的热稳定性有的较差，也有较好的。

在焦化时气煤一般都能单独结焦，但在结焦过程中收缩大，焦炭多细长而易碎，并常有较多的纵裂纹。在炼焦时多配入这种煤，可以降低焦炉的膨胀压力，增大焦饼的收缩，增加化学产品的产率，有利于综合利用，降低炼焦成本。但

如掺入过多，就使焦炭块度变小，强度降低。如能采用捣固装煤和炉外预热等手段，多用气煤也能炼出高强度的冶金焦炭。气煤中的2号肥气煤，不但能单独炼出较好的冶金焦，而且还是配煤炼焦中的重要组分。

气煤除主要供炼焦外，某些高灰高硫或粘结性较差的1号气煤，也可作为动力用煤或气化用煤。

气煤是我国炼焦煤中储量最多的一种，约占炼焦用煤的40%以上，而且分布面广，东北、华东、西北和华北的内蒙古等区都蕴藏着大量气煤。这种煤的煤质特点是低灰、低硫和可选性较好。根据我国炼焦煤的特点在发展焦化工业时，应着重考虑多用气煤，这对合理利用我国炼焦用煤资源是十分有利的。

2. 肥煤

肥煤是中等煤化程度的烟煤，其煤化程度高于气煤。它的主要特征，是胶质层最大厚度大于25毫米，挥发分 V^d 的范围一般从24%到40%，但典型肥煤的挥发分多为28~35%左右。肥煤受热能产生大量流动性大的胶质体，热稳定性比气煤好。

在炼焦过程中，这种煤的软化温度低，固化温度高，具有很强的粘结能力，是配煤炼焦的重要成分。用肥煤单独炼焦时能生成熔融性良好的焦炭，但横裂纹较多，气孔率较高，在焦根部分（靠近焦饼中心）有蜂窝焦。因此，肥煤很少用来单独炼焦，而是多与粘结性较弱的气煤、瘦煤或弱粘煤等配合炼焦，以获得高强度的冶金焦。

肥煤主要用作炼焦，除洗选后硫分很难降低的作为动力用煤外，一般很少用于其他方面。

我国的肥煤资源不太丰富，且又以高硫煤比例较大，分