

·煤质及化验 基础知识

(增订本)

煤质及化验基础知识

(增订本)

罗颖都 陈祚生 编著
刘恩庆 陈文敏

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以及煤质资料的汇编工作。

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。

责任编辑：施文华

煤 质 及 化 验 基 础 知 识

(增订本)

罗颖都 陈祚生 编著
刘恩庆 陈文敏

*

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787×1092¹/₃₂

印张13

字数 288 千字

印数1—10,620

1985年7月第1版

1985年7月第1次印刷

书号15035·2684 定价3.25元

增 订 说 明

随着煤炭在能源中所占比重不断提高，煤的利用范围不断扩大，用煤部门的广大工人和干部亟需全面了解有关煤炭的基础知识。为满足读者的需要，特将本书增订再版。

这次增订除补充修改了第一版的有关章节外，还增加了煤炭合理利用和综合利用等方面的基础知识，使读者对煤炭的基本性质及其加工利用有更全面的认识。

陈祚生、刘恩庆、陈文敏同志参加修订，陈文敏统编整理。

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	50
第 三 章	生产矿井的主要煤质指标和可选性指标	70
第 四 章	我国不同时代形成的含煤系及其煤质特征	77
第 五 章	煤田地质勘探工作中的煤质工作	103
第 六 章	生产矿井的煤质工作	114
第 七 章	怎样做好煤质资料汇编工作	122
第 八 章	煤的风化、氧化、自燃和贮存	129

第二篇 煤炭化验基础知识

第 九 章	采样概述	137
第 十 章	煤样的制备	150
第 十 一 章	煤的工业分析	158
第 十 二 章	煤的元素组分	192
第 十 三 章	煤中伴生元素和有害元素	201
第 十 四 章	煤灰成分及其特性	215
第 十 五 章	煤的物理-机械性能	221
第 十 六 章	煤的结焦性和低温干馏	245
第 十 七 章	煤的气化指标	277
第 十 八 章	煤的其他特性试验	286
第 十 九 章	现代化大型精密仪器在煤质分析中的应用	313
第 二 十 章	煤质分析结果的取舍和有效数字的确定	350
第 二 十 一 章	煤质分析结果的简算	355
第 二 十 二 章	结合煤田地质情况综合审查煤质分析结果	369

附 录

一、国际原子量表 (1975年)	389
二、各种元素在地壳中的重量百分数	393
三、英制与公制换算系数表	394
四、英美度量衡折合国际公制、市制表	395
五、常用物理常数表	395
六、我国煤炭分析方法“国标”及“部标”名称 及有关规定	396
七、煤质分析测定结果的计算和表达方法	397
八、一般煤质分析结果的各种基准的换算公式	398
九、煤炭某些发热量基准的换算	399
十、我国法定计量单位表	399
十一、我国各类能源折算成标准煤的换算系数表	401

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叠纪时期，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温度、压力的作用，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、煤炭储量

地下埋藏的具有工业价值的煤炭数量称为煤炭资源。其中，经过不同程度工作的称为储量。我们通常所说的储量，不但反映了对煤炭及其所含有用成份在数量上的了解，而且也反映出对其埋藏深度、赋存状态、厚度、质量等情况及其在开采工作中应具备的条件（如顶、底板岩性、水文、瓦斯、井温等）的综合了解和研究程度。世界各国根据本国的勘探和开采技术水平，以及对煤炭的需要情况，制定不同的计算煤炭储量的标准。根据我国的能源政策和煤炭资源及采煤技

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 ₂)	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	有孔虫繁荣, 哺乳类昌盛	硅藻茂盛	泥炭、褐煤、 长焰煤、气煤
中生代 (M ₂)	白垩纪 (K)	137	70	有孔虫兴盛 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 (包括不粘煤、 弱粘煤) 无烟 煤
	三叠纪 (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
古生代 (P ₂)	二叠纪 (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

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	动物界	植物界	
古生代 (P ₂)	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	菌藻类低等 植物形成的石 煤
	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	菌藻类低等 植物形成的石 煤
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	菌藻类低等 植物形成的石 煤
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

术，将煤炭储量分为两大类，即能利用储量（也叫平衡表内储量）及暂不能利用储量（也叫平衡表外储量）。

能利用储量是指符合当前开采技术水平和经济条件的储量，也可理解为合格储量。暂不能利用储量是指由于煤层太薄、灰分高或因水文地质条件、开采条件特别复杂，目前开采有困难，暂时还不能利用的储量。按以上两种储量计算的煤层最低厚度，因煤种、煤层倾角、开采方式及煤炭资源赋存地区的不同而异，计算标准见表1-2和表1-3。

对于石煤、油页岩、泥炭等低热值燃料，按储量计算的煤层最低厚度根据各地区及资源情况而定。

表 1-2 一般地区煤炭储量计算标准

储 量 类 别			能 利 用 储 量			暂不能利用储量		
煤 种			炼焦用煤	非炼焦用煤	褐 煤	炼焦用煤	非炼焦用煤	褐 煤
项 目								
最低可采厚度 (米)	矿井开采	<25°	0.7	0.8	1.0	0.6	0.7	0.8
		25~45°	0.6	0.7	0.9	0.5	0.6	0.7
		>45°	0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.6
	露天开采		1.0			0.5		
最高可采灰分A ^g (%)			40			50		

表 1-3 缺煤地区煤炭储量计算标准

储 量 类 别		能利用储量			暂不能利用储量		
煤 种		炼焦用煤	非炼焦用煤	褐 煤	炼焦用煤	非炼焦用煤	褐 煤
项 目							
最低可采厚度 (米)	<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
最高可采灰分A ^g (%)		40	50	40	50	60	50
最低发热量Q ^g _{DW} (大卡/公斤)			3000	2000		2000	

注：非炼焦用煤和褐煤，在灰分和发热量两项指标中有一项符合标准即可。

根据地质勘探阶段和对煤层研究的程度，目前我国把煤炭储量分为A、B、C、D四级。A级最高，D级最低。储量级别不是固定不变的，它随着经济建设发展需要和地质科技水平的提高而改变。

储量类别和储量级别的关系如下页表所示。

从表中可以看出，工业储量是指平衡表内A + B + C级储量，它是矿井设计的依据。

$$\begin{array}{l}
 \text{总储量} \left\{ \begin{array}{l} \text{平衡表内储量} \\ (A+B+C+D) \\ \text{平衡表外储量} \\ (A+B+C+D) \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{工业储量} \\ (A+B+C) \\ \text{远景储量} \\ (D) \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{可采储量 (包括开拓煤量、准备} \\ \text{煤量、回采煤量)} \\ \text{设计损失} \end{array} \right.
 \end{array}$$

远景储量是平衡表内D级储量,只作为地质勘探的依据,不能据以作矿区规划和建井。

可采储量是工业储量中可以开采出来的部分储量。

设计损失是指设计时预留于地下不能采出的储量。

开拓煤量是矿井开拓范围内全部储量减去设计和地质损失乘以盘区回采率的煤量。

准备煤量是矿井准备范围内的全部储量减去设计和地质损失及呆滞煤量,再乘以盘区回采率的煤量。

回采煤量是矿井回采范围内全部储量减去与采煤方法有关的损失乘以回采率的煤量。

此外在查阅地质勘探报告和矿井地质工作中常常遇到以下一些储量名词。

保有储量是年终结算后实际存在的平衡表内储量,也称为平衡表内保有储量。

地质储量是指计算边界以内的全部储量。

预测储量是没有勘探工程,达不到D级的储量,它只能作为普查规划的依据。

找矿储量也称概查储量,是找矿阶段结束后提出的储量,即找矿区内的全部储量。一般为D级,可作为地质勘探规划的依据。

普查储量是指完成普查工作提出的储量,一般为C+D级,它作为制定地质勘探规划的依据。

详查储量是完成详查工作后提出的详查区内的全部储量。一般为B + C + D级，它作为矿区总体设计，划分井田及进行精查的依据。

精查储量是完成了精查工作后提出的精查区内全部储量。是矿井设计、建井和开采的依据。一般为A + B + C级。

探明储量指平衡表内A + B + C + D级储量，或者说是提出并经批准的表内D级以上的储量总和。对于未开采的煤田，探明储量等于保有储量。

累计探明储量对于生产矿井有特殊意义。它等于保有储量、历年开采量与开采有关的历年损失量，历年报废储量的总和。

高级储量指A + B级储量。

低级储量指C + D级储量。

各类井型高级储量占井田总储量的百分比见表1-4。

表 1-4 矿井高级储量比重表

储量级别百分比	构造简单		构造中等			构造复杂	
	大型	中型	大型	中型	小型	中型	小型
井田内A + B级占总储量百分比(%)	50	40	50	40	20	30	20
第一水平A + B级占本水平储量百分比(%)	70	60	60	50	30	40	

露天矿先期开采地段的高级储量比例，应比表1-4第一水平的规定再增加10%。

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类服务，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' $\left(2.35 \times \frac{H^y - O^{y/8}}{C^y}\right)$ 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1-5），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，煤炭科学研究所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

表 1-5 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 _r (%)	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	—

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