

高等学校规划教材

煤田地质与勘探方法

王定武 王运泉 编

中国矿业大学出版社

P618.44.8
W-265

高等学校规划教材

煤田地质与勘探方法

王定武 王运泉 编

中国矿业大学出版社

805311

(苏)新登字第 010 号

内容提要

本书系统而概括地论述和介绍了近期国内外有关成煤基本理论和聚煤规律,以及煤田普查与勘探的理论和方法,其主要内容有:成煤作用、煤的组成和性质、含煤岩系的特征、聚煤盆地和聚煤古构造、中国聚煤作用概况,以及煤田地质勘探程序及阶段划分、煤田普查与勘探的技术手段、煤田普查、煤田勘探、煤层取样、地质编录与储量计算等。

本书是煤炭高等院校水文地质与工程地质专业的教材,亦可作为其它地质专业,有关专科和职工培训的教学用书,并可供广大从事煤田勘探的水文地质与工程地质技术人员参考。

责任编辑 宋德淑

版式设计 马景山

责任校对 马景山

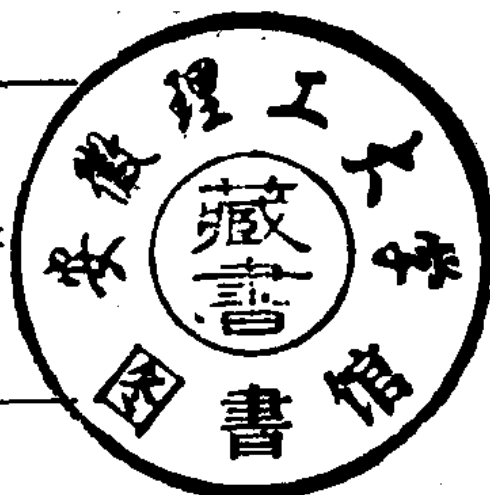
高等学校规划教材

煤田地质与勘探方法

王定武、王运泉 编

中国矿业大学出版社出版
新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷
开本 787×1092 毫米 1/16 印张 11.25 字数 268 千字
1995 年 4 月第一版 1995 年 4 月第一次印刷
印数:1—2000 册

ISBN 7 - 81040 - 349 - 4



P · 16

定价:6.50 元

前 言

《煤田地质与勘探方法》是根据煤炭工业部高等院校水文地质与工程地质专业制定的教学大纲编写的。本书是水文地质及工程地质专业的一门专业基础课,编者力求体现教材的少而精和具有科学性、系统性和适用性原则,做到内容前后连贯、重点突出而又深浅适度,以满足不同层次读者的需要。

全书分煤田地质、煤田普查与勘探两篇:第一篇主要介绍煤的形成过程、煤的物质组成和性质、煤层与含煤建造,以及煤田分布规律等;第二篇主要介绍煤矿床的工业评价、煤田普查与勘探阶段的划分、煤田的勘探技术手段、煤田普查与勘探方法、煤层取样、地质编录和储量计算等。

本书由淮南矿业学院王定武(绪论、第二篇)、焦作矿业学院王运泉(第一篇)合作完成。全书由王定武主编。

本书在编写过程中,对中国矿业大学北京研究生部任德貽教授,煤炭科学研究总院北京煤化所张自邵高级工程师,淮南矿业学院唐修义、赵师庆教授,焦作矿业学院张凤举教授、康继武、刘植恒等副教授,安徽省煤田地质局第一勘探队吴诚寅总工程师、蔡致中副总工程师、蔡鸿飞地质科长等同志给予的支持和帮助表示衷心感谢。

由于编写时间短促和编者水平所限,本书难免有错误和不妥之处,敬请读者给予批评指正。

编者

1993年12月

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

第一篇 煤田地质

第一章 成煤作用.....	(4)
第一节 成煤植物及其遗体堆积.....	(4)
第二节 泥炭化和腐泥化作用.....	(6)
第三节 煤化作用.....	(9)
第四节 煤的变质类型	(13)
第二章 煤的组成和性质	(17)
第一节 煤的岩石组成和物理性质	(17)
第二节 煤的化学组成和工艺性质	(26)
第三章 含煤岩系的特征	(35)
第一节 煤层的特征	(35)
第二节 含煤岩系岩性、岩相、旋回结构特征	(40)
第三节 含煤岩系古地理类型	(48)
第四章 聚煤盆地与聚煤古构造	(55)
第一节 聚煤盆地形成条件	(55)
第二节 聚煤盆地的类型	(56)
第三节 聚煤盆地的同沉积构造	(59)
第四节 聚煤盆地的发展和演化	(61)
第五节 富煤带及其形成条件	(63)
第六节 聚煤盆地的后期变化	(65)
第五章 我国聚煤作用概况	(68)
第一节 煤炭资源简介	(68)
第二节 我国聚煤作用基本特征及聚煤区划分	(69)
第三节 我国各聚煤区概况	(70)

第二篇 煤田普查与勘探

第六章 煤与煤矿床的工业要求	(77)
第一节 煤质	(77)
第二节 煤炭储量	(77)
第三节 开采技术条件	(81)
第四节 其它有益矿产的综合评价	(85)
第七章 煤田地质勘探程序及阶段划分	(87)
第一节 煤田普查与勘探的阶段性的	(87)

第二节	阶段的划分及各阶段的任务与要求	(87)
第三节	勘探程序的简化、“详终”或“普终”勘探	(91)
第四节	煤田补充勘探与专门水文地质勘探	(93)
第八章	煤田普查及勘探的技术手段	(93)
第一节	遥感地质调查	(93)
第二节	地质填图	(93)
第三节	山地工程	(94)
第四节	钻探工程	(95)
第五节	地球物理勘探	(96)
第六节	勘探技术的选择和综合运用	(98)
第九章	煤田普查	(99)
第一节	煤田预测	(99)
第二节	煤田普查的地质基础	(100)
第三节	找煤标志	(102)
第四节	不同掩盖程度的煤田普查方法特点	(103)
第十章	煤田勘探	(105)
第一节	勘探工程的布置	(105)
第二节	勘探工程密度	(110)
第三节	勘探程度与勘探深度	(117)
第四节	勘探设计	(119)
第五节	勘探工程的施工原则和顺序	(121)
第六节	不同特点煤矿床的勘探工作	(123)
第七节	与煤共生的其它有益矿产的勘探工作	(130)
第十一章	煤层取样	(131)
第一节	煤层取样的目的及基本要求	(131)
第二节	煤层取样的种类和方法	(131)
第三节	煤样的制备、包装和送验	(132)
第四节	取样方案	(133)
第十二章	地质编录	(135)
第一节	原始地质编录	(135)
第二节	综合地质编录	(147)
第十三章	储量计算:	(155)
第一节	概述	(155)
第二节	储量计算基本参数的确定	(156)
第三节	储量计算方法	(160)
第四节	储量计算的一般步骤	(164)
第五节	储量计算误差	(165)
第十四章	地质报告的编制	(166)
参考文献		(171)

绪 论

一、煤田地质与勘探方法学科的性质和研究内容

《煤田地质与勘探方法》实际上是由煤田地质学和煤田普查与勘探两门学科所组成,它们各有独立的科学体系,而又是密切联系不可分割的两个部分。

煤田地质学是研究煤、煤层以及含煤岩系成因、性质和其分布规律的一门科学,是煤田地质理论基础;而煤田的普查与勘探则是一门运用煤田地质理论,选择最先进、最有效的手段和方法,寻找和探明煤矿床,对煤田的地质与开采技术条件(如地层、构造、煤层、煤质、岩浆活动以及水文地质与工程地质、瓦斯、煤尘、自燃发火、地温等)进行研究,结合当前我国技术经济政策的有关规定,对煤矿床作出正确的工业评价,以满足煤炭工业建设的需要。所以《煤田地质与勘探方法》是地质与技术科学相结合的一门学科,即运用煤田地质学理论、研究地质变化规律及其原因,为煤田的地质勘探和今后开发的生产服务。

煤是国民经济发展不可缺少的矿产资源,作为国民经济先行部门的煤炭工业的发展,是离不开煤田的普查与勘探工作。这是因为它是煤炭工业建设的先行工作,其目的是为煤炭工业布局提供可靠的资源情况,为煤矿设计与建设提供地质依据,它直接关系到我国的工业化和社会主义建设,也关系到煤田地质科学的发展。因此,本学科在我国国民经济中占有极为重要的地位。

二、煤田地质与勘探方法学科和其它学科的关系

煤田地质与勘探方法是建立在地质、技术、经济科学基础上的一门具有科学理论性、生产实践性与综合性的学科。它的地质理论基础乃是矿物学、岩石学、沉积岩石学、地史学、构造地质学、矿床学及其它地质学科,只有具备以上各地质学科方面的知识,才能为煤田的形成条件、分布规律,以及煤矿床的地质特点的研究,打下良好的基础,也才能根据勘探区的地质条件,采用适合本地区地质特点的煤田勘探方法;反之,煤田的普查与勘探所获得的实际资料,又极大的丰富和发展了各地质学科的理论。

在煤田的普查与勘探过程中,需要采用各种技术手段,如地质填图、探矿工程、地球物理勘探和遥感技术等,就需要正确地运用和掌握各种技术手段的作用和要求等方面的技术知识,学会各种技术手段的综合运用,以提高勘探效果和质量。

在研究煤田的地质规律和煤田的勘探过程中,将获得大量的地质数据和测试数据,工作中经常需要进行统计、分析和计算,以得出正确的地质规律和煤炭储量,因此,也应具备数理统计、数学地质和计算技术等方面的知识。

为了对与煤共生有益矿产进行综合评价,指出综合利用的可能性和方向,必须掌握共生有益矿产的工业要求,加工工艺学的知识,以使各种矿产资源得以充分利用。

为了提供煤矿设计与建设所需的可靠地质资料,并为煤炭资源的顺利开发与利用服务,就必须掌握有关采煤学、水文地质及工程地质、瓦斯地质、地温等开采技术条件方面的知识。

为了多快好省地完成勘探任务,提出高质量的地质报告,还必须了解地质勘探工作的计划、组织与管理方面的知识。因此,还与社会科学有密切联系。

综上所述,煤田地质与勘探方法与上述各学科之间有着密切联系,并要利用有关学科的最新成就,为煤田地质、煤田的普查与勘探工作服务。

三、我国煤田地质与勘探工作的发展概况

我们伟大祖国地大物博,煤炭资源极为丰富,同时我国也是世界上发现和使用煤炭最早的国家。中国人民不仅有悠久的用煤历史,而且已积累了丰富的找煤经验和煤田地质知识。在水经注择氏西域记曰:“屈茨(新疆库车)北二百里山,夜则火光,昼则但烟,人取此山石炭,冶此山铁,恒充三十六国用”。在明代《天工开物》一书里,按煤的粒度将煤分为明煤、碎煤和末煤三类,并指出“明煤产北,碎煤产南”,总结了不同煤层的产地与分布规律,其中关于“凡取煤经久者,从土面能辨有无之色,然后掘挖,深至五丈许,方始得煤”的论述,表明当时已累积很多从煤层露头寻找煤层的经验和采煤知识。

新中国成立前,我国煤炭工业极端落后,煤田地质工作极其薄弱,未进行过系统的煤田地质研究和正规的地质勘探工作,对我国的煤炭资源了解很少;新中国成立后,党和国家对我国煤炭工业的发展极为重视,先后在我国北方的几个大平原地区,发现一大批规模可观的隐伏煤田之后,又陆续在江南地区的红色地层,岩浆岩掩盖下与在逆掩断层推覆的老地层下面,发现不少新煤田,并总结了一套不同地质条件下的煤田勘探经验和综合勘探方法。

40多年来,在煤田的生产实践和科学研究中,其中煤田地质和地质勘探都取得了很大成就,它们表现在以下几个方面:

在煤质研究方面,多年来由于对我国各主要煤田开展大量的煤岩学、煤化学研究、系统的编制了全国煤炭资料汇编和煤质分布图。1986年在原有的以我国炼焦用煤为主的分类方案之后,提出了新的中国煤炭分类国家标准。此外,目前十分重视开展煤中矿物的研究,了解煤中微量元素的种类及含量,为煤的综合利用和成煤理论提供依据;同时,在初步总结我国主要聚煤期的显微煤岩特征,探讨显微煤岩组成的化学工艺性质的基础上,提出了我国烟煤显微组分分类方案,并将煤岩学应用于煤层对比、煤的可选性评价、不同煤岩组分结焦性、寻找油气田,以及煤的综合利用和控制环境污染等方面的研究。

在含煤岩系和煤层研究方面,通过对我国各类煤田含煤岩系的岩性、岩相、旋回结构和古地理环境与古构造进行的深入研究,总结了我国煤系的沉积类型及其特征,研究了不同岩相古地理环境、古构造与含煤性变化的关系,以及富煤带和厚煤层的形成条件,获得了海进成煤与聚煤作用迁移变化规律的新认识,为煤田的预测普查提供了科学依据。

在煤田普查与勘探方面,勘探方法和技术水平得到较大的提高。例如,广泛运用航空照片填绘地形地质图;地球物理勘探技术的运用与数字化,已成为隐伏区普查与勘探的一种基本手段;数学地质方法的推广应用对煤田地质勘探资料与分析测试数据的定量研究和地质问题的解决,均取得了明显的成效;由于钻探是煤田勘探最主要的技术手段,钻探装备的国产化,钻探技术及钻探工艺上的明显进展,提高了煤田地质勘探的效率,加快了地质勘探的速度。

我国虽已在煤田地质与勘探技术水平方面有了很大的发展和提高,并且在某些方面已达到或接近世界水平,但从我国煤炭工业高速度和现代化的需要来看还不相适应,某些方面和世界先进水平相比还有较大的差距。今后除了进一步加强煤田地质学基本理论的研究,引入新兴学科和现代化测试技术,提高煤田地质研究科学水平外,还需要大量发展和引进先进的勘探技术手段,特别应引入和运用电子计算技术,建立各种类型的煤田地质数据库系统,

以便提高地质工作的速度,对煤田地质与勘探工作进行综合分析或模拟论证,预测各种地质因素的变化趋势,以达到优化勘探设计目的,把我国的煤田地质与勘探方法提高到一个新水平,为我国煤炭工业的高速度发展,为实现社会主义四个现代化做出贡献。

第一篇 煤田地质

第一章 成煤作用

煤是植物遗体经过复杂的生物化学、物理化学作用转变而成的。从植物死亡、堆积到转变为煤所经历的一系列演变过程,称为成煤作用。成煤作用可分为两个阶段:第一阶段是植物遗体在沼泽、湖泊等环境中不断堆积和在微生物的参与下发生分解、聚合等以生物化学作用为主的过程,高等植物遗体经过这一过程形成泥炭,低等植物形成腐泥,因此这个阶段可称为泥炭化或腐泥化作用阶段;第二阶段是泥炭、腐泥被上覆沉积物覆盖后,在温度、压力等因素作用下转变成煤的过程,这个过程主要进行的是物理化学作用。由泥炭或腐泥转变为褐煤称为成岩作用,而由褐煤转变为烟煤、无烟煤则称为变质作用。成岩作用和变质作用统称为煤化作用。

第一节 成煤植物及其遗体堆积

一、成煤植物及其有机组成

成煤的原始物质是植物。根据植物组成细胞的功能是否分化成组织和器官,可分为低等植物和高等植物。前者是单细胞或多细胞构成的丝状体或叶状体,没有根、茎、叶等器官的分化,全部是柔软的组织,构造简单,多数生活在水中,如菌类和藻类;高等植物由于长期对陆地生活的适应,在形体、结构和生理特征上都较低等植物复杂,如种子植物有根、茎、叶等器官并用种子繁殖。无论是高等植物还是低等植物都可参与成煤作用,但以前者为主。

植物的有机组成包括碳水化合物(包括纤维素、半纤维素和果胶质)、木质素、蛋白质和脂类化合物(包括脂肪、树脂、树蜡和孢粉质等)。各类植物甚至同一种植物的不同部位有机组成不一样,从表 1-1 中可以看出,低等植物主要由蛋白质和碳水化合物组成,脂肪含量也比较高;而高等植物则以纤维素、半纤维素和木质素为主。

表 1-1 植物的主要有机组分百分含量

植 物		碳水化合物	木 质 素	蛋 白 质	脂类化合物
细 菌		12~28	0	50~80	5~20
绿 藻		30~40	0	40~50	10~20
苔 藓		30~50	10	15~20	8~10
蕨 类		50~60	20~30	10~15	3~5
草 类		50~70	20~30	5~10	5~10
松柏及阔叶树		60~70	20~30	1~7	1~3
木的	木质部	60~75	20~30	1	2~3
本不	叶	65	20	8	5~8
植同	木 栓	60	10	2	25~30
物部	孢粉质	5	0	5	90
分	原生质	20	0	70	10

注:此表据《中国煤田地质学》(上册),1979。

此外,植物各有机组成的化学性质是不同的,在成煤过程中,容易分解的不稳定成分如碳水化合物和蛋白质等大部分被破坏,而比较稳定的木质素和脂类化合物则成为参与成煤的主要物质。植物有机组成上及各有机组成化学性质上的差异,可直接影响到植物遗体的分解和转化,进而影响到煤的性质和用途。

二、植物遗体的堆积环境和堆积方式

(一) 植物遗体堆积环境——沼泽

植物遗体能顺利堆积并转变为泥炭或腐泥的基本条件是:必须有大量的植物持续繁殖;植物遗体不被分解破坏而能保存下来,并进一步转化成泥炭或腐泥。满足上述两个条件的环境主要是沼泽。

1. 沼泽及其形成条件

沼泽是地表土壤充分湿润,季节性或长期积水,有大量植物生长和堆积的低洼地段。沼泽的形成和发育,是气候、水文、地貌等多种因素综合作用的结果。

气候条件主要是指湿度和温度。湿度是形成沼泽的必要条件,形成沼泽的湿度条件是年降雨量大于年蒸发量。温度既影响植物的种群和生长速度,也影响植物遗体的分解速度,因而对泥炭堆积增厚的影响体现为矛盾的两个方面:一个热带森林沼泽7~9年本身重建一次,在此期间树木的生长高度可达30m,而温带在同样长时间内生长高度只有5m左右,寒带植物生长更慢且多为营茅、草本植物;另一方面在温度较高条件下,微生物活跃,加速了对植物遗体的分解破坏。因此尽管从现代世界泥炭的分布来看,热带、温带和寒带都可形成泥炭,但最有利于泥炭堆积的显然是温暖潮湿的气候条件。

形成沼泽的地貌条件,要求有低洼、能保持积水的地形。

在水文条件上要求入水量大于出水量,只有这样才能保证沼泽化地区有充分的积水。因此,沼泽地区的水文平衡方程可简单地用下式表示:

$$\text{入水量} = \text{出水量} + \text{存水量}$$

式中入水量应包括地表水、地下水的流入量和大气降水,出水量应包括地表水和地下水的流出量和蒸发量。

2. 沼泽的分类

一般按水分的补给来源,将沼泽分为低位沼泽、高位沼泽、中位沼泽三类。其中,低位沼泽,由于水源以地下水补给为主,且地形低洼,地下水面的高度几乎与沼泽面一致,因此低位沼泽常常或周期性地被水淹没。地下水在补给过程中,带来了大量的矿物质,为植物的营养来源提供了有利条件,所以高等植物能大量繁殖,常形成茂密的森林,显然低位沼泽对泥炭形成最为有利。这类沼泽中所形成的泥炭,一般灰分较高,沥青质含量低,焦油产率较低。我国第四纪泥炭中,90%形成于低位沼泽。地史上各成煤期也以低位沼泽为主。

高位沼泽,水源主要依靠大气降水补给。其地下水面低于沼泽面,水源不足,矿物质少,因此不利于那些需要充分矿物质营养的高大植物生长繁殖,而常分布些苔藓植物,显然高位沼泽在成煤过程中的作用不太重要。高位沼泽中所形成的泥炭一般灰分低,沥青含量高,焦油产率高。

中位沼泽,一部分水源由大气水补给,一部分由地下水补给,不论是其中的植物群落特点,还是所形成的泥炭性质均兼有高位沼泽和低位沼泽的特点,故又称过渡沼泽。

此外,按含盐度,沼泽可分为淡水沼泽、半咸水沼泽和咸水沼泽。淡水沼泽一般是内陆

的,其生长的植物群多为淡水的草本或木本植物,淡水沼泽在成煤过程中占有重要地位。这种沼泽在我国分布很广,据统计我国沼泽面积约 11 万 km²,其中大部分是淡水沼泽,如我国四川省西北部的若尔盖淡水沼泽。半咸水沼泽、咸水沼泽多与海水有关,位于滨海地带,其植物群落和景观面貌与内陆淡水沼泽明显不同。例如,我国海南崖县和广西合浦县等海边的红树林沼泽、北美大西洋海岸著名的底斯摩(Dismal)沼泽,都是现代滨岸咸水、半咸水沼泽的典型例子。地史上滨岸沼泽对成煤具有极其重要的地位。

(二) 植物遗体堆积方式

根据植物遗体是否经过搬运,可将其堆积方式分为原地堆积、异地堆积两大类。

1. 原地堆积

原地堆积是指植物遗体在原来生长的沼泽中堆积并形成了泥炭。原地堆积所形成的煤层特点是:在煤层底板中大都有植物根系化石,有的还有树墩化石存在;煤层中常见有直立的树干;煤层分布一般面积广、厚度大且稳定。

2. 异地堆积

异地堆积是指植物遗体从生长的地方经过相当距离的搬运后,再在三角洲前缘、冲积扇前缘、河漫滩洼地等地带堆积并形成了泥炭。世界上有名的大河,如密西西比河、亚马逊河和刚果河等都有巨大的漂木在三角洲地区堆积。原煤炭工业部地质勘探研究所在河北赞皇和易县发现古河道河湾处埋藏有大量躺倒的树干所形成的泥炭,这些都是异地堆积的典型例子。一般异地堆积所形成的煤层特点是:煤层中常见平躺或树根朝上的树干化石;煤层常呈鸡窝状,分布面积有限,储量小,很难有工业价值,煤层中常混有大量矿物碎屑。

如果原地堆积形成的泥炭,经过较长距离搬运再沉积,亦属异地堆积。例如美国佛罗里达西海岸,当飓风侵袭时,泻湖中泥炭岛上的大块泥炭随水漂流很远,搬运过程中分裂成泥炭碎屑,到适当地段再沉积下来,但如果所形成的泥炭是在沼泽范围内搬运,即所谓的微异地堆积,还应属于原地堆积的范畴。

根据对现代泥炭沉积的观察和对地史上所形成的煤层的研究,这两种堆积方式都存在,但以原地堆积为主。几乎所有有开采价值的煤层都是原地堆积的,而异地堆积所形成的煤层比较少见且多不具有开采价值。

第二节 泥炭化和腐泥化作用

一、泥炭化作用

高等植物死亡后其遗体在沼泽中堆积起来,在水、氧气及微生物的参与下,经过一系列的变化转变为泥炭的整个过程,称为泥炭化作用。在泥炭化过程中,主要进行的是生物化学作用。

(二) 泥炭及其特点

泥炭是高等植物遗体在沼泽中经过泥炭化作用而形成的一种颜色棕到棕黑色、疏松、富含水分(35%~45%)的有机堆积物。泥炭中的有机质称为腐植物质,含量一般在 50%~80%,它包括变化程度不等的植物残体和很细的无定形物质。此外,泥炭中还含一定量的矿物质,含量多少与泥炭形成条件有关。

泥炭的化学组成复杂,泥炭的有机质通过系统分离可以得到沥青、腐植酸、易水解的化合物(如糖类)、纤维素和木质素等。其中,腐植酸含量大都在 50%左右。泥炭中有机质的元

素组成主要是碳、氢、氧、氮和硫。通常泥炭的分解程度越高,碳含量越大、氧含量越小。

植物遗体转变为泥炭,有机组成也发生相应的变化(表 1-2)。如植物中含有的蛋白质在泥炭中消失了,木质素、纤维素等在泥炭中很少,产生了大量的植物中没有的腐植酸。沥青既可由合成作用形成,也可由树脂、树蜡、孢粉质等转化而来。在元素组成中,泥炭的碳含量比植物高,而氧含量比植物低。说明泥炭化过程中,植物的各有机组成发生了复杂的生物化学变化,形成了新的产物(腐植酸、沥青质)。

表 1-2 植物与泥炭化学组成比较表

组成 名称	元素组成, %			有机组成, %				
	C	H	O+S	沥青 A(脂肪 树脂、树蜡)	纤维素 半纤维素	木质素	蛋白质	腐植酸
莎 草	47.90	5.15	39.37	5~10	50	20~30	5~10	0
木本植物	50.15	6.20	42.10	1~3	50.60	20.30	1~7	0
桦川草木泥炭	55.87	6.35	34.97	3.56	19.65	0.75	0	43.58
合嘴木本泥炭	65.46	6.53	26.75	10.00	0.89	0.39	0	52.88

注:据四川矿业学院等,《煤田地质学》讲义,1974。

(二) 泥炭化过程中的生物化学变化

根据 H. T. 季托夫和 T. A. 库哈连科等的研究,泥炭化过程中的生物化学变化通常可分为以下两个阶段:

第一阶段 植物遗体暴露在空气中或在沼泽浅部,由于水、氧气和微生物的参与和作用,发生氧化、分解和水解作用,使植物遗体有机组成的一部分被彻底破坏,变成气体和水;另一部分则转化为较简单的有机化合物;未遭受分解的部分,特别是树脂、树蜡、孢粉等稳定组分继续保留。

第二阶段 随着植物遗体的不断堆积和沼泽水的覆盖下,堆积物下层出现缺氧条件,分解作用逐渐减弱。与此同时,在厌氧菌参与下,经过第一阶段保留下来的植物成分和分解产物间互相作用,并合成腐植酸,沥青质等新产物。

植物遗体的所有有机组成在微生物和氧的作用下都能分解,只不过分解速度不同,由快而慢的顺序是:蛋白质、脂肪、果胶质、纤维素、木质素、角质层、孢粉质、树脂、树蜡等。因此,如果氧化作用一直进行到底,无论是什么植物成分全都会遭到破坏和分解转变成气态和液态产物而逸散。然而在沼泽环境下,氧化分解往往是不充分的,经过第一阶段的不完全分解后会迅速转入第二阶段。这是因为随着沼泽覆水程度的增强和植物遗体堆积厚度的增加,使正在分解的遗体逐渐脱离氧化环境而转入弱氧化环境或还原环境;植物遗体分解过程中产生的某些气体、有机酸和微生物新陈代谢的酸性产物,使沼泽水变酸,抑制了微生物的生存和活动;植物中防腐和杀菌成分(如酚类)的逐渐积累也不利于微生物的生存。正是由于这些条件的存在,才确保了植物遗体不致遭到完全破坏,从而得以保留形成泥炭。

(三) 泥炭化过程中的几种作用

泥炭化过程中,植物的木质纤维组织在不同的环境条件下,经历不同的作用,进而转化为成分和性质完全不同的产物。

1. 凝胶化作用

凝胶化作用是指在覆水较深,水体滞流、缺氧的弱氧化至还原的环境中,在厌氧细菌的参与下,植物遗体的木质纤维组织逐渐分解,细胞壁不断吸水膨胀,胞腔逐渐减小,甚至完全失去细胞结构并形成以腐植酸和沥青质为主要成分的凝胶,溶胶等胶体物质的过程。经过凝胶化作用产生的不同形态和结构的凝胶化物质,再经煤化作用即形成煤中的凝胶化组分,如木煤、木质镜煤、结构镜煤、无结构镜煤和凝胶化基质。

2. 丝炭化作用

丝炭化作用是指在覆水浅、比较干燥富氧的氧化环境中,在好氧微生物的参与下,植物遗体的木质纤维组织遭受氧化、脱水、脱氢等作用形成一种贫氢、富碳物质——丝炭的过程。丝炭化物质及时被覆盖保存后,经煤化作用即转变为煤中的丝炭化组分。

关于丝炭的成因比较复杂,有人认为沼泽中森林或泥炭起火后造成的木炭状残余物,也可转变为丝炭,即所谓的火焚丝炭。但是一般认为植物木质纤维组织经充分的丝炭化作用形成丝炭的方式,才是最主要的。

此外,凝胶化作用的产物在环境积水条件变化时,可再发生丝炭化作用,形成与凝胶化组分相应的丝炭化组分,如木煤丝炭、木质镜煤丝炭、镜煤丝炭及丝炭化基质。若后期丝炭化作用不彻底,则形成半凝胶化及半丝炭化组分,如半木煤、半镜煤、半丝炭等。

凝胶化作用和丝炭化作用是泥炭化过程中的两种基本作用。据研究,它们不仅发生在泥炭形成阶段,煤化作用过程中还要继续进行相当长的时期。

3. 残植化作用

残植化作用是指泥炭化作用的一种特殊情况,即在泥炭化过程中水介质流动通畅、长期有新鲜氧供给的环境条件下,凝胶化和丝炭化作用的产物被充分分解破坏并不断被流水带走,使稳定组分大量集中的过程。残植化作用的产物经煤化作用即成为残植煤。例如,我国云南禄劝角质残植煤,角质膜含量达 60%~75%;江西乐平、浙江长广的树皮残植煤,则主要由木栓层组成。

二、腐泥化作用

腐泥化作用是指在湖、海等水体或沼泽深水地带的还原环境中,在厌氧微生物参与下,低等动、植物的遗体经过生物化学作用形成富含水分的有机软泥——腐泥的过程。

腐泥常呈黄色、暗褐色、黑灰色等。新鲜腐泥含水量达 70%~90%,其组成和性质与泥炭相比有很大差别,如氢含量高、氧含量低、富含沥青质且焦油产率很高(25%~50%)等。腐泥经煤化作用即形成腐泥煤,如藻煤、胶泥煤等。

三、煤的成因分类

不同类型的煤是成煤植物在聚积阶段各因素综合作用的产物。划分煤成因类型的主要依据是:成煤植物的种类;植物遗体堆积的环境条件;成煤植物分解转化过程中的作用性质。根据上述原则,煤的成因分类如表 1-3 所示。

表 1-3 煤的成因分类

类 别		原始物质	主要植物残体	聚积环境	作用性质
腐植煤类	腐植煤	高等植物	本质纤维组织、孢子、角质层、树脂等	积水较多,水活动性小	凝胶化作用
				积水较少,湿度不足	丝炭化作用
	残植煤		角质层、树脂、孢子、木栓层	水介质活动性大	残植化作用
	腐植—腐泥煤类		藻类和高等植物组织残体、孢子、角质层	开阔水体、滞水环境	腐泥化作用和凝胶化作用
腐泥煤类	腐泥煤	低等植物和浮游生物	藻类为主	淡水和咸水湖泊、泻湖或浅海	腐泥化作用
	胶泥煤		藻类彻底分解的产物		

注:据四川矿业学院等,《煤田地质学》讲义,1974。

第三节 煤化作用

一、煤化作用的两个阶段——成岩作用和变质作用

煤化作用是指已经形成的泥炭,由于地壳的下沉而埋藏于地下深处后,在温度、压力和时间等因素的作用下转变成褐煤、烟煤、无烟煤的整个过程。这个过程中所发生的变化主要是物理化学变化,它包括了成岩作用、变质作用两个阶段。关于这两个阶段的界线划分,还有不同的认识。过去多数学者认为变质阶段是从烟煤开始,主要依据是烟煤中已不含原生腐植酸;根据近十几年的研究,现在主要的观点是把亮褐煤(老褐煤)作为变质作用的起点,主要依据是亮褐煤已出现镜煤,并具有微弱光泽和较强的镜煤化作用。

值得注意,煤的成岩、变质作用与沉积岩的成岩、变质作用不能等同看待。煤作为有机沉积物,对温度和压力的反应比无机成因的沉积物敏感的多,也强烈的多。在同样条件下,含煤岩系沉积岩尚处在成岩阶段,而煤却遭受了不同程度的变质,如我国河南焦作、山西阳泉等地的煤已转化为无烟煤,其围岩却仍然是正常的沉积岩。

由此可知,煤的成岩作用是指已经形成的泥炭在上覆静压力和温度的影响下,经压实、脱水、增炭、游离纤维素消失而出现凝胶化组分,逐渐固结并具有微弱反射力等物理化学变化转变成暗褐煤(年青褐煤)的过程。而变质作用则是指暗褐煤在更高温度、压力下,进一步发生物理化学变化,转变成亮褐煤、烟煤、无烟煤的过程。

煤化作用过程中,煤的分子结构、化学组成、物理性质和工艺性质等都会发生规律性变化。如随着煤化程度的增高,煤的芳香化程度不断提高,芳香族物质逐渐缩合成越来越大的聚合体,脂肪族成分则逐渐脱落并以挥发分形式逸出,分子排列不断规则、紧密、定向化;在元素组成方面,碳含量逐渐增加,但以褐煤至气煤阶段和无烟煤阶段增加的幅度最大,氢、氧含量逐渐减少,氢含量在碳含量大于 87% (V_{daf} 为 29%) 时减少特别快,而氧含量则在碳含量小于 87% 时减小比较显著;原生腐植酸含量在泥炭和暗褐煤阶段最高,随着煤化作用的加强而减少,到长焰煤阶段已完全消失。此外,煤化过程中气体的逸出以焦煤阶段最多,甲烷的生成量则随煤化程度增高而递增;同样,煤的物理性质和工艺性质也都会随着煤化程度的增高发生规律性变化。

二、煤的变质指标和变质阶段的划分

煤化程度和煤变质阶段的划分是煤质研究的重要内容之一。为正确鉴定煤的变质程度，首先要选择好划分变质程度的指标(即煤的变质指标或煤级指标)，这样才能进行煤的变质阶段的划分，分析煤质变化规律，从而进行煤质预测和评价。

(一) 煤的变质指标

可作为衡量煤的变质程度的物理和化学指标，称为煤的变质指标。化学指标，如碳、氢、水分含量、发热量及挥发分等；物理指标，如镜质组反射率、x 射线衍射强度等。进行煤化程度研究，对于试样应有统一要求，以便进行比较。一般认为，烟煤、无烟煤中的镜质组和褐煤的腐植组具有杂质少，质地比较纯净均一，以及分布广且易于剥离等优点。因此在鉴定煤化程度时，化学分析资料最好取自镜煤，反射率要求测自镜质组。

在选择指标时，不仅要选择煤化过程中变化显著、规律明显的指标，而且还应注意针对不同阶段或不同变质类型的煤选择不同指标，即各种指标均有其最适用范围。例如，对于受正常地热影响而形成的深成变质煤来说，选择的鉴定指标和适用范围为：挥发分 V_{daf} ，最适于肥煤至无烟煤阶段，即 V_{daf} 在 8%~30% 范围内；碳含量 C_{daf} ，最适于长焰煤至肥煤阶段和无烟煤阶段，即 C_{daf} 分别在 70%~85% 和 >90% 的范围内；发热量 $Q_{gr,daf}$ 和水分 M_{ad} ，最适用于泥炭、褐煤、长焰煤至肥煤阶段，即与 $V_{daf} > 30\%$ 的范围相当；镜质组反射率 $R_{o,max}$ ，最适于焦煤至无烟煤阶段，即 $R_{o,max} > 1.10\%$ 范围内；氢含量 H_{daf} 和 X 射线衍射强度均适用于无烟煤阶段(图 1-1)。对接触变质煤来说，由于变质过程中岩浆和矿化水放热迅速，煤的化学反应很快，所以其变质指标的变化常与深成变质煤不一致，表现在：煤的粘结性遭到破坏；在长焰煤至贫煤阶段水分偏高，但无烟煤阶段偏低；煤的发热量、挥发分产率和氢含量偏低；煤的比重在褐煤至肥煤阶段偏低，在焦煤至无烟煤阶段反而偏高；煤的显微硬度随着远离火成岩而降低。对于区域岩浆区域热变质煤，其变质指标变化与深成变质煤相似，但在焦煤至无烟煤阶段，其碳含量较低、粘结性较差，电阻率也较低。对于动力变质煤，变质指标变化较为复杂，有些与深成变质有差别，如水分明显偏低，孔隙度小而密度大等。

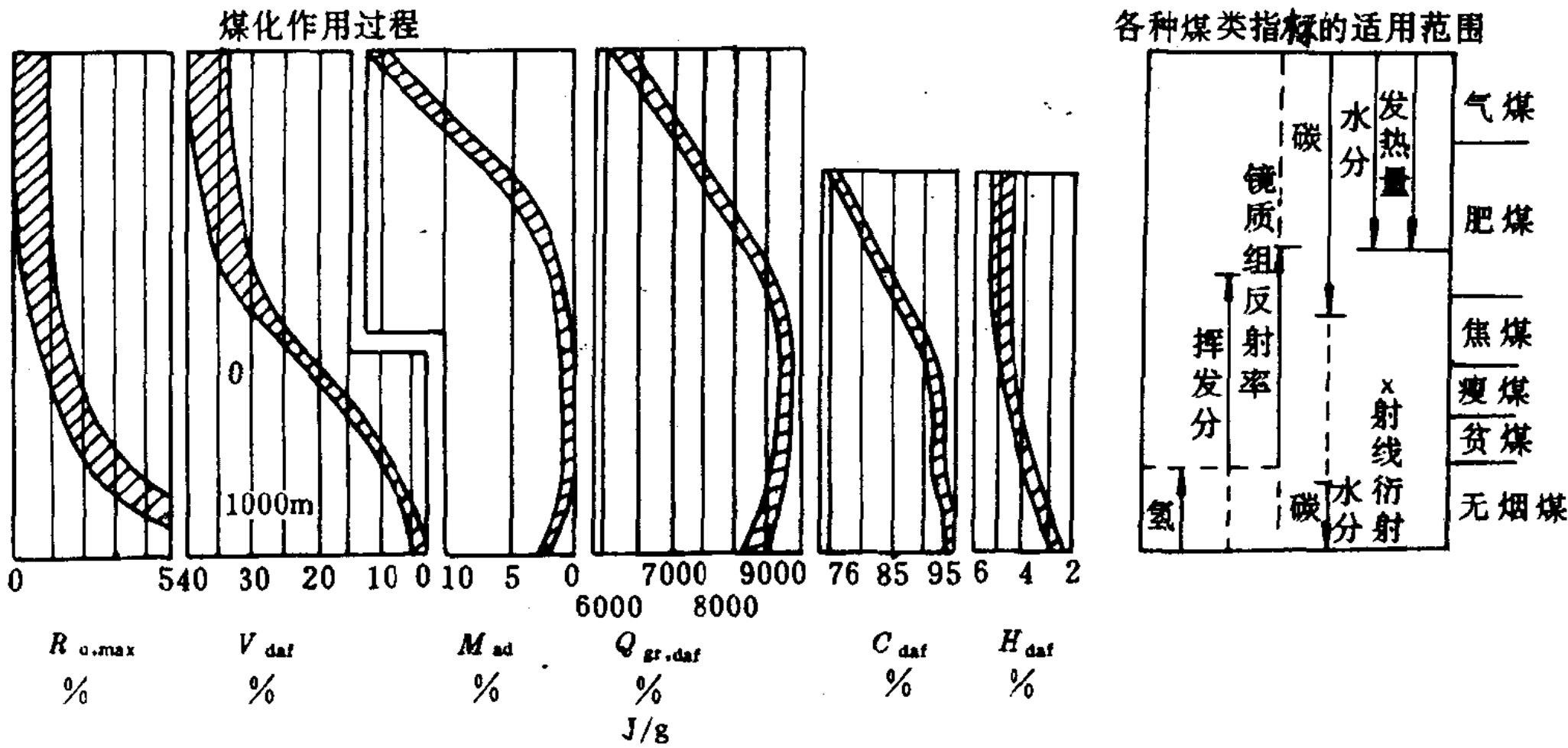


图 1-1 煤化过程中各种煤级指标的变化及其适用范围
(据 E. 施塔赫, 1975; M. 泰希缪勒 1967, 1968 资料; 略修改)

(二) 变质阶段的划分

煤变质阶段的划分、目前尚无统一方案。一般首先根据肉眼观察将煤划分为未变质的、低变质的、中变质的和高变质的等四个阶段。然后再根据显微镜下用油浸法测定镜质组的最大反射率值,将低、中、高变质的煤进一步划分为八个变质阶段,即 0~Ⅵ 阶段,与按化学工艺性质划分的八个煤类(曾称工业牌号)大致相当。最后每个变质阶段按反射率强弱又可再分为三个小阶段(表 1-4),分别以 1、2、3 表示,写在阶段代号的右下角。其中,1 代表变质较低,2 与标准煤样相当,3 变质较高。

表 1-4 变质阶段的划分和命名

变质程度(按肉眼)	变质阶段名称 (按镜质组反射率)		与变质阶段相应的煤类 (按工艺性质)	进一步细分的变质小阶段
* 未变质煤	褐煤 0 阶段		褐 煤	0 ₁ 0 ₂ 0 ₃
低变质煤	烟 煤	I 阶段	长焰煤	I ₁ I ₂ I ₃
		II 阶段	气 煤	II ₁ II ₂ II ₃
		III 阶段	肥 煤	III ₁ III ₂ III ₃
中变质煤		IV 阶段	焦 煤	IV ₁ IV ₂ IV ₃
		V 阶段	瘦煤	V ₁ V ₂ V ₃
		VI 阶段	贫 煤	VI ₁ VI ₂ VI ₃
高变质煤	无烟煤	VII 阶段	无烟煤	VII ₁ VII ₂ VII ₃

注:1. * 把煤变质作用的起点放在褐和烟煤界限上,暂用。
2. 据武汉地质学院,《煤田地质学》,1979;略修改。

值得注意,煤的变质阶段是根据单一煤岩组分的物理指标划分的,而煤类则是根据平均煤的化学工艺性质来划分,因此两者不能完全等同,只有当平均煤样属于光亮煤时,煤类才与煤的变质阶段相当。

三、煤化作用的因素

研究表明,温度、压力及作用持续时间是引起煤化作用的主要因素。在不同阶段,各因素所起的作用不同。成岩阶段,压力起主导作用;变质阶段,则温度因素最为重要。

(一) 温度