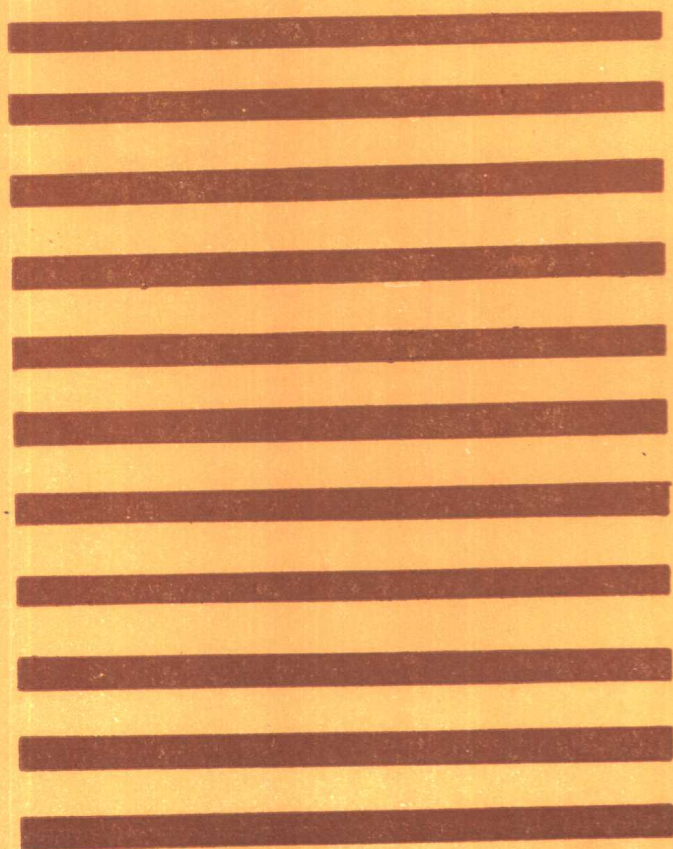
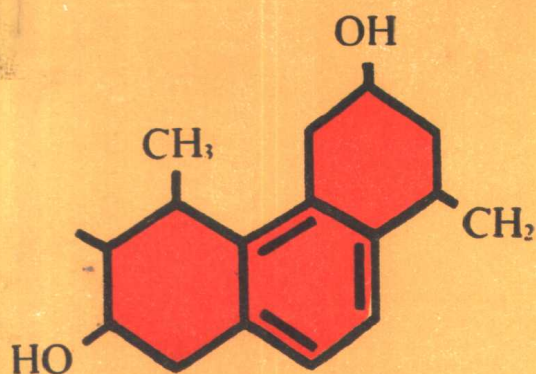


MEI HUA XUE

高等学校教学用书 中国矿业大学出版社



煤化学



钟蕴英 关梦媛 崔开仁 王蕙中 编

高等学校教学用书

煤 化 学

钟蕴英 关梦嫔 合编
崔开仁 王惠中

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书为高等院校煤化工、煤综合利用、选矿工程、煤田地质勘探、采煤等专业的教学用书,内容包括:煤的形成,煤的岩相组设,化学组成(工业分析、元素分析),煤的物理、化学、物理化学和煤的工艺性质,煤的分子结构,煤的分类和煤质评价,煤热化学加工的基本理论及各种煤的转化利用途径等。内容丰富充实,理论联系实际。同时也搜集了煤化学领域内开发研究的新成果。本书也可供从事煤炭勘探,开采、生产、煤质分析等工程技术和管理工作人员参考。

责任编辑:黄维

技术设计:杜锦芝

责任校对:周俊平

高等学校教学用书

煤 化 学

钟蕴英、关梦娴 合编
崔开仁、王惠中

中国矿业大学出版社 出版

江苏省新华书店经销 中国矿业大学印刷厂 印刷

开本787×1092毫米1/16 印张16 字数389千字

1989年6月第一版

1989年6月第一次印刷

印数:1—5000册

ISBN 7-81021-140-4

TD·47 (课)

定价:3.20元



前 言

本书是以1980年中国矿业学院综合利用教研室编写的《煤化学》讲义为素材，经过多年教学和科研实践，又搜集了各方面的资料，重新编写而成的。由于本书内容涉及面广，我们的水平有限，不免有错误和不妥之处，希望读者多加指正。

本书是由钟蕴英、关梦嫔、崔开仁、王惠中等四位同志合编。各章分工如下：

绪论、第七章、第十章 钟蕴英编写；

第一章 王惠中编写；

第二章、第三章、第九章部分 崔开仁编写；

第四章、第五章、第六章、第八章、第九章部分 关梦嫔编写。

全书由钟蕴英主编。

在编写过程中，受到各方面人士的帮助和支持，特此表示谢意。

编者

1988.7

目 录

绪论	(1)
第一章 煤的形成	(3)
第一节 成煤的主要物质——植物	(3)
第二节 植物遗体的堆积	(11)
第三节 泥炭化作用与腐泥化作用	(15)
第四节 煤化作用	(18)
第五节 地质年代和主要聚煤期	(24)
第二章 煤的岩石组成	(32)
第一节 煤岩学的研究方法	(32)
第二节 煤的显微组成	(32)
第三节 腐植煤的岩石类型和物理性质	(49)
第四节 显微煤岩组分的化学性质和显微煤岩组分定量	(54)
第五节 煤岩学的应用	(58)
第六节 煤岩学发展方向	(62)
第三章 煤的化学组成	(63)
第一节 煤中的水分	(63)
第二节 煤中矿物质和煤的灰分	(69)
第三节 煤的挥发分和固定碳	(77)
第四节 煤的元素组成和元素分析	(82)
第五节 煤中的硫	(87)
第六节 煤质分析测定结果的表达方法和不同基准间的相互换算	(94)
第四章 煤的物理性质	(98)
第一节 煤的密度	(98)
第二节 煤的机械性质	(101)
第三节 煤的光学性质	(104)
第四节 煤的电性质与磁性质	(106)
第五节 煤的热性质	(108)
第五章 煤的化学性质	(111)
第一节 煤的氧化	(111)
第二节 煤的加氢	(119)
第三节 煤的其它化学反应	(125)
第六章 煤的固态胶体性质	(128)
第一节 煤的润湿性和润湿热	(128)

第二节	煤的孔隙度和孔径分布·····	(130)
第三节	煤的表面积·····	(132)

第七章 煤结构的基本概念和研究方法·····(133)

第一节	煤结构的基本概念·····	(133)
第二节	统计结构解析法的原理以及和结构参数的相关性·····	(137)
第三节	化学方法研究煤的结构·····	(144)
第四节	仪器分析法研究煤的结构·····	(148)
第五节	煤的结构模型·····	(163)

第八章 煤的工艺性质·····(167)

第一节	煤的发热量·····	(167)
第二节	煤的热解·····	(172)
第三节	煤的粘结和成焦机理·····	(182)
第四节	炼焦煤的工艺性质·····	(188)
第五节	煤炭气化与燃烧工艺性质·····	(197)
第六节	原煤的工艺性质·····	(200)
第七节	煤的其它工艺性质·····	(205)

第九章 煤的分类和煤质评价·····(208)

第一节	煤炭分类的意义和分类指标·····	(208)
第二节	中国煤的分类·····	(210)
第三节	硬煤的国际分类·····	(216)
第四节	煤质评价·····	(220)

第十章 煤的利用化学·····(224)

第一节	泥炭利用化学·····	(225)
第二节	褐煤利用化学·····	(232)
第三节	烟煤利用化学·····	(236)
第四节	无烟煤利用化学·····	(237)
第五节	煤制品利用化学·····	(240)
第六节	一氧化碳化学的发展·····	(243)
第七节	石煤利用化学·····	(245)
第八节	矿区发展煤炭多种经营·····	(249)

参考文献

绪 论

一、煤炭是国民经济发展的物质基础

煤炭是我国的主要能源，它在能源消费结构中占70%以上，可见煤是发展生产的重要物质基础。

人类社会的发展经历了三个能源时期，即柴草时期、煤炭时期、石油时期。在本世纪的50年代中东、北非等地区，相继发现了巨大的油田和气田，石油涌入国际市场，进入了消费领域。首先是工业发达国家，很快地由使用煤炭向石油、天然气转变，并且转变的速度相当快。50年代中期，世界石油和天然气的消费便超过了煤炭，成为世界能源供应的主力，是一场具有划时代意义的能源革命，对促进世界经济繁荣和发展引起了非常重要的作用。

1973年石油价格大涨，而且石油、天然气的资源并不象人们所想像的那么多，这件事震撼了世界。能源演变开始步入过渡期，它的主要特点是由石油、天然气为中心的能源结构向比较丰富的煤炭转变，同时开发核能和太阳能等其他再生能源。在我国并不存在油转煤的问题，根据我国国情，煤炭一直是我国的主要能源，煤炭不仅仅作为动力燃料，并且也是珍贵的化工原料。现代化生产是建立在机械化、电气化、自动化基础上的高效率生产，所有的生产过程几乎都与能源的消费同时进行。随着社会经济的不断发展，生产对能源的依赖性会越来越大。能源与人民的生活也是息息相关，现代化社会的衣、食、住、行以及文教、娱乐等文明生活，都离不开能源。因此，能源是发展生产和提高人民生活水平的重要物质基础。对我国来讲，煤炭就是重要的能源基础，而且在今后相当长的时期内仍将是主要能源。因而煤炭在国民经济发展中占据着十分重要的地位。

二、我国煤炭的储藏量和分布状况

我国煤炭资源丰富，煤种齐全。截止1980年末，全国煤炭保有储量（指经过一定程度地质勘探工作证实而现存的储量）为6424亿t，其中炼焦用煤占保有储量的35.3%，约为2264亿t，其他非炼焦煤为4160亿t，占64.7%。由此看出，我国的煤炭储量是相当丰富的，但分布不均衡。按保有储量分析分布情况，三分之二左右的煤炭集中于华北地区，西北占12%，西南占10%，华东只占6.5%，中南仅占3.7%，东北占3.1%。若按省、区的分布顺序，山西为首位占31.3%，内蒙古其次，占30%，而贵州第三占7.2%。储量在100~200亿t左右的省区有宁夏、安徽、陕西、河南、新疆、云南、河北、山东、黑龙江。上述十二个省、区保有储量占全国的93.5%。而湖南、湖北、广东、广西、江苏、浙江、福建、江西等省、区，仅占全国保有储量的1.9%。总之，我国煤炭资源的分布特点是北多南少，西多东少，而多数工业发达地区和人口密集地区的分布恰恰与煤炭资源分布地区相反。从长远发展看，煤炭基地的开发将逐步向北、向西转移。因此，山西、内蒙古可以作为大力发展煤炭工业的基地。

三、煤化学发展的历史和远景

煤化学是19世纪开始形成的一门学科,它是煤化学加工工艺的理论基础。从20世纪30年代以来,煤化学加工工艺技术逐步发展,煤的利用不仅仅作为直接燃烧的一次能源,煤的气化、液化工艺相继而起,促使煤化学不再是研究外部特征和一般性质,而是将大型精密仪器的近代物理或物理化学测试技术引进到煤化学领域,解释了煤的内部特征和煤的结构分析。因此,煤化学是一门理论与实践密切相关的学科。

煤化学的内容包括:

- (1) 煤的形成和组成;
- (2) 煤的结构与分类;
- (3) 煤的转化过程和产品研究;
- (4) 煤的各种性质与不同煤化程度的关系,以及不同煤种的利用途径。

由于煤是一种组成、结构极其复杂且不均一的物质,因此它不是纯物质,不能采用常规的化学定律来阐明一些问题,这就形成煤化学课程的特殊性。同时煤化学范围内尚有许多不能完全解决的问题,如煤的结构、转化机理等等。这些都是有待于广大煤化学工作者去探索研究的。

第一章 煤 的 形 成

煤是由多种高分子化合物和矿物质组成的复杂混合物。煤与煤之间的性质千差万别，不仅不同煤田的煤质差别较大，即使是同一煤田中不同煤层的煤质，其差异也很大。若同一煤田同一煤层，但因在不同地点采的煤样，其煤质也有较大的差别；甚至是在同一煤田同一煤层同一地点采样，而采样时，将煤层从上到下分成若干个分层采样，各分层的煤质也有差别，引起煤质千差万别的原因，是与成煤的物质和成煤的条件有关。即与成煤作用有关。

随着生产和科学技术的发展，人们逐渐对成煤作用有了正确的认识。最初对煤的形成曾作过种种假设，归纳起来有三种：（1）认为煤是和地球一起形成的，有地球就存在煤；（2）认为煤是由岩石变化而来的；（3）认为煤是由植物形成的。后来人们在生产实践中，常常见到煤层顶板有植物化石，有时还看到由树干变成的煤，并保留了原来断裂树干的形状。显微镜发明后，在显微镜下，可观察到在煤中还保留有植物的某些原始组分，如细胞结构、年轮、孢子、角质层和木栓层等，说明煤是由植物遗体经过生物化学作用和物理化学作用，演变而成的沉积矿物。

第一节 成煤的主要物质——植物

研究煤的形成过程首先必须研究成煤的原始物质及其堆积环境，前者是变化的根据，后者是变化的条件，成煤的原始物质中最主要的是植物。

一、植物的演化与聚煤作用

植物在地史过程中，逐步由低级向高级发展演化，并经过多次飞跃。

最早出现的植物是低等植物，低等植物是由单细胞或多细胞构成的丝状和叶片状植物体，没有根、茎、叶等器官的分化，如细菌和藻类。低等植物大多生活在水中，细菌的生存环境十分广泛，它们是地球上最早出现的生物；藻类从太古代、元古代开始一直发展到现在，其种类达两万种以上。

高等植物有根、茎、叶等器官的分化，包括苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物，地史上这些类别的植物除苔藓外，常能形成高大的乔木，具有粗壮的根和茎，成为重要的成煤物质。

植物的这些类别并非一开始就都存在，自有植物以来，从低等的菌藻到高级的被子植物，其发展过程显示出五个阶段，由老到新是：菌藻植物时代；裸蕨植物时代；蕨类和种子植物时代；裸子植物时代；被子植物时代。这几个阶段对煤的形成和聚积有直接关系。植物由低级向高级演化，当某种高等植物占优势后，有些植物灭绝。但低等植物的一些门类仍继续存在。

从元古代到早泥盆世以前，是菌藻植物时代，宽阔而稳定的浅海环境是藻类发展的良好条件。藻类的大量繁殖，使震旦纪、寒武纪、奥陶纪、志留纪的海相沉积中有不少石煤，而石煤是我国最古老的煤，在石煤中保存有兰绿藻、褐藻等化石证明，石煤属腐泥煤类。石煤在我国南方分布很广，尤以寒武纪的石煤最为重要。

从志留纪末期到早、中泥盆世的植物以裸蕨为主，形成目前所知的世界上最古老的陆生植物群，因此这一时期可称为裸蕨植物时代。裸蕨的出现说明植物经过漫长的发展从水域扩大到陆地，这是植物发展史上，也是聚煤历史上的重大事件。裸蕨植物的组织器官还是原始的，它们的高度一般不到1m，没有真正的叶和根，只在地下茎上生长着假根，如图1-1所示。由裸蕨形成的煤始于早泥盆世，如德国莱茵区早泥盆世板岩中所夹的镜煤条带，即由裸蕨的枝桠形成。我国泥盆纪裸蕨形成的煤层，见于云南禄劝、广东台山和秦岭西段等地。

从晚泥盆世开始，经过石炭纪到晚二叠世早期，以孢子植物蕨类和裸子植物的种子蕨类为主，植物发生了重大的变化，在植物演化史上可称作蕨类和种子蕨类时代。这一时期象石松植物中的鳞木、封印木，节蕨植物中的芦木，种子蕨类和苛达树等达到全盛时期。该时期在温暖潮湿的气候条件，许多树木十分高大，如鳞木、封印木等可高达三十余米，它们是当时大面积发育的森林沼泽中的主要植物群，为煤的形成和聚积提供了丰富的物质基础。由于植物组织结构和生理机能的不断进化，对陆地生活环境适应性逐渐增强，因此二叠纪聚煤作用从滨海地区逐渐向内陆扩展，成煤范围更加广泛，在世界广大范围内都有煤形成，是地史上重要的聚煤期。

中生代时裸子植物迅速发展，而且十分茂盛，因此，中生代称为裸子植物时期。其主要有苏铁，本内苏铁、银杏和松柏类，裸子植物的根系，体内的机械组织，输导组织等比起蕨类植物更加发达完全，而且是种子繁殖，较蕨类植物以孢子繁殖进化了一大步，这一时期形成的煤遍及世界各地，不但在滨海有，并扩大到整个内陆，我国晚二叠——侏罗纪聚煤作用也相当广泛，是我国另一个重要聚煤期。

早白垩世末期，大陆上的植物又发生重大变化，高等被子植物开始占主导地位。被子植物的形态结构比裸子植物更加完善，对陆地生活环境有较强的适应能力，分布广泛，因此新生代称为被子植物时期。它是世界上重要的聚煤期，我国第三纪也是一个重要的聚煤期。图1-2表示了最主要的植物门类在地史上的分布。

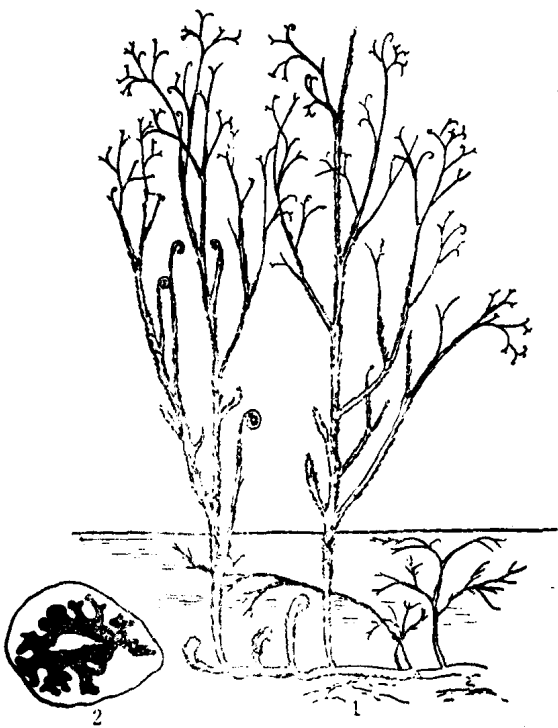


图 1-1 裸蕨植物星木属复原图
1—植物全貌； 2—茎的横断面

从以上的叙述，可以看到植物的演化对煤的形成聚集有十分重要的影响，只有植物大量分布才有聚煤作用发生；而新的聚煤时期的出现又总是以新门类植物群的出现为前提。

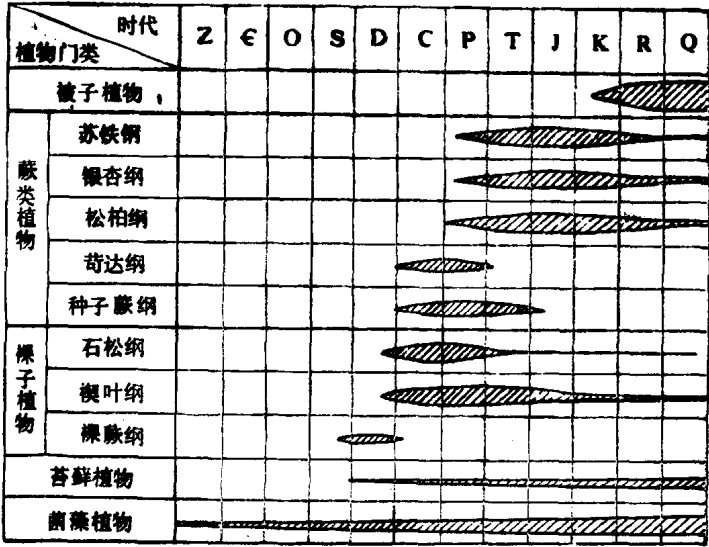


图 1-2 地史上主要植物群分布图

二、植物的某些结构

在煤中常见的高等木本植物各部分转变形成的组分。木本植物主要是由根、茎、叶所组成的。

1. 茎

茎是成煤的主要材料，如图 1-3 所示。茎从外到内是，由表皮、周皮（主要是木栓层）、皮层、韧皮部、形成层、木质部和中间的髓心等七部分组成。在形成层以外的表皮、周皮、皮层和韧皮部统称为树皮。

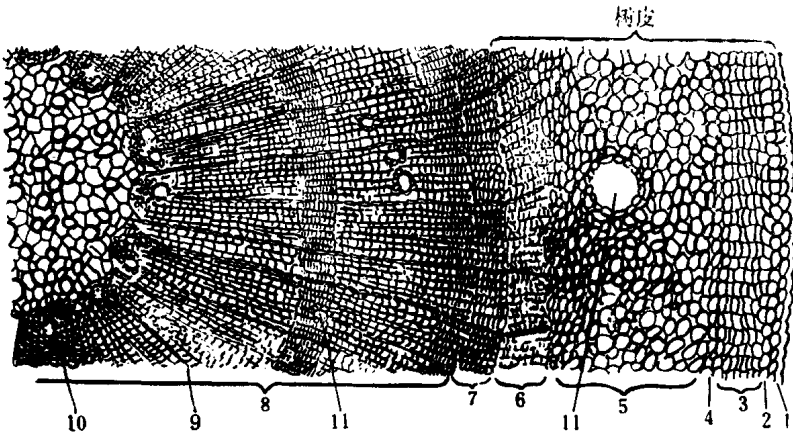


图 1-3 松木幼茎的构造

1—角质层；2—表皮；3—木栓层；4—木栓形成层；5—皮层；6—韧皮部；
7—形成层；8—木质部；9—木髓射线；10—髓部；11—树脂管

表皮包被在整个植物体的表面。其细胞表皮包被在外壁常增厚并角质化，角质层或蜡

被起保护植物作用。木本植物的初生部分（嫩芽、细枝）都有表皮。

木栓层是由具有分生能力的细胞所组成的。通过细胞的分裂活动，不断向外形成新的韧皮部细胞，向内形成新的木质部细胞。木质部中常见的年轮与形成层的周期活动有关，春天时形成层活动活跃，形成腔大壁薄的细胞，称春材；入秋后，形成层活动减弱，分出的细胞小，壁厚，称秋材，每年增加一轮春材和秋材，合称一年轮。

在茎的结构中，水分和养料的运输与贮藏，主要是在木质部和韧皮部进行。裸子植物木质部主要由纺锤管胞组成，见图 1-4。被子植物木质部主要由细长的木纤维细胞和导管所组成，这些细胞是运输水分和养料的主要通道。

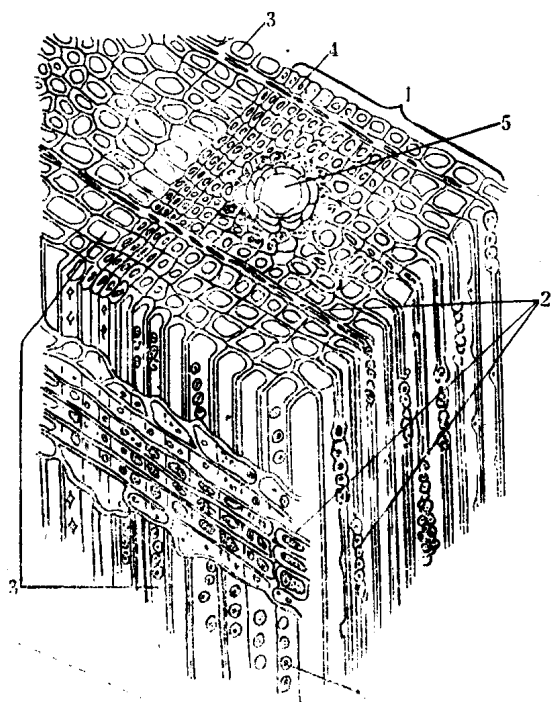
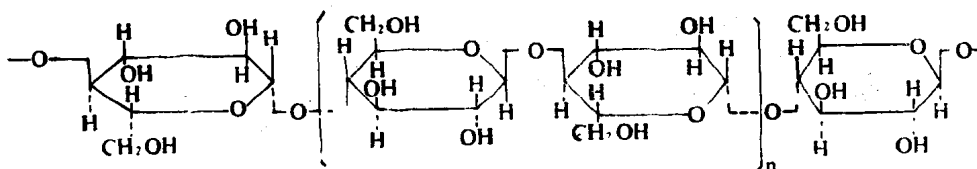


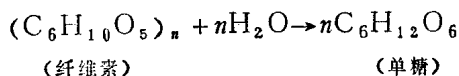
图 1-4 裸子植物(松木)木质结构图

1—年轮；2—木髓射线；3—早生管胞；
4—晚生管胞；5—直立树脂管；6—具缘纹孔

合物，它是多糖，可用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 的通式表示，其分子结构如下：



纤维素可在喜氧细菌的作用下，水解成单糖。



单糖又能进一步分解成 CO_2 和 H_2O 。

2. 叶

叶的表皮外常包被有角质层，起保护作用，表皮下的叶肉组织是进行光合作用，制造养料的地方。

植物除了根、茎、叶外，还有繁殖用的孢子和花粉。孢子是孢子植物的繁殖器官，花粉是种子植物的繁殖器官。孢子和花粉都很小，也是成煤的原料之一。

三、植物的组成

虽然成煤植物的种类十分繁多，但主要是由糖类及其衍生物、木质素、蛋白质和脂肪，以及脂类化合物包括树蜡、树脂等有机化合物组成的。

1. 糖类及其衍生物

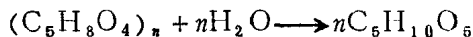
糖类包括纤维素和半纤维素，糖类的衍生物有果胶。

1) 纤维素：纤维素是植物的重要组成部分，在木材中约占5%，在棉花中约占98.95%。纤维素是高分子化

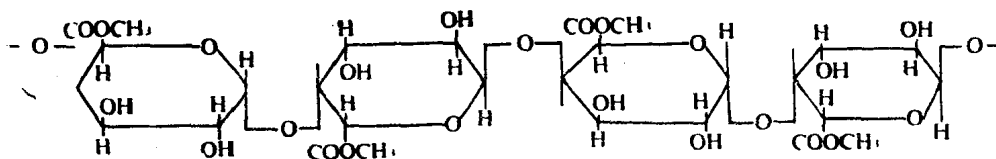
在泥炭沼泽的酸性水介质中，纤维素经水解后参与成煤作用，纤维素水解成的葡萄糖，为微生物营养的来源。

2) 半纤维素：半纤维素是植物细胞的组成部分，在高等植物的木质部中约占17~41%。

半纤维素也是多糖，如多维戊糖 $(C_5H_8O_4)_n$ ，也能在微生物作用下水解成单糖



3) 果胶：果胶存在于植物的木质部或集中于植物的果实中。果胶是糖的衍生物，呈果冻状，果胶分子中有半乳糖醛酸 $\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ H-C-(CHOH)_4-COOH \end{array}$ ，故呈酸性，半乳糖醛酸的环节构成果胶的分子，果胶的结构式如下：



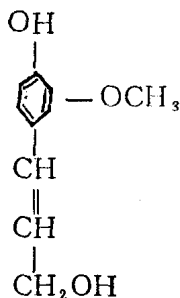
果胶在生物化学作用下，是不稳定的。在泥炭形成的开始阶段，可以水解成为一系列的单糖和糖醛酸。

2. 木质素

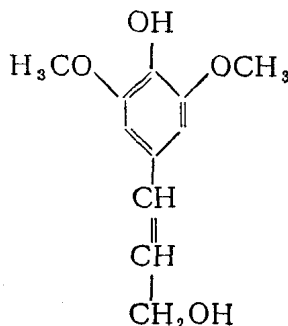
木质素分布在高等植物茎部的细胞壁中，包围着纤维素并填满其间隙，以增加茎部的坚固性。

木质素是具有芳香结构的化合物，它的结构复杂，至今还不能用一个结构式来表示，但已知它是一个具有缩合芳香环，带有侧链并含有甲氧基 $(-OCH_3)$ 、羟基 $(-OH)$ 、醚氧基 $(-O-)$ 和醛基 $(-C \begin{array}{c} O \\ \parallel \\ H \end{array})$ 等多种官能团的物质。根据德国 W. 弗来格(Flag)分析，木质素的组成因植物的种类不同而不同，它有三种不同类型的单体：

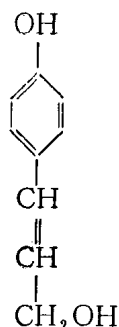
(1) 针叶树中木质素的主要成分是松柏醇 $(C_{10}H_{12}O_3)$ 。



(2) 落叶树中木质素的主要成分是芥子醇 $(C_{11}H_{14}O_4)$ 。



(3) 禾木的木质素中含有
 ρ -香豆醇($C_9H_{10}O_2$)。

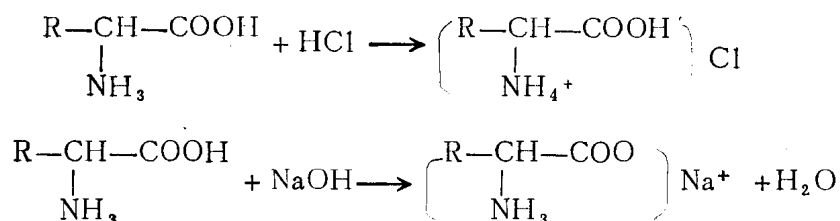


木质素在碱性介质中，容易氧化成与天然腐植酸相似的物质——多环芳香羧酸。木质素也参加成煤。但木质素比纤维素稳定，不易水解，在植物死亡后，也比纤维素难分解。但在多氧的情况下，经微生物的作用，比较容易氧化成为芳香酸和脂肪酸。在泥炭沼泽的水中，在水和微生物的作用下，木质素发生分解，并和其它物质化合成与腐植酸相似的物质。所以，木质素是植物群转变成煤的原始物质中很重要的有机组分。

3. 蛋白质

蛋白质是组成植物细胞原生质的主要物质。在木本植物中蛋白质含量不高，而低等植物中蛋白质含量较多。

蛋白质是成分和结构极为复杂的高分子有机物。它是一种无色透明半流动状态的胶体，具有强烈的亲水性，它是有机体生命起源最重要的物质基础。蛋白质是由许多不同的氨基酸分子缩合而成的。它在无机酸或碱中煮沸时，水解为 α -氨基酸的混合物。蛋白质的成分中含有羧基($-\text{COOH}$)和氨基($-\text{NH}_2$)，羧基呈酸性，氨基呈碱性，所以蛋白质呈两性，它与强酸或强碱作用都能生成盐类。



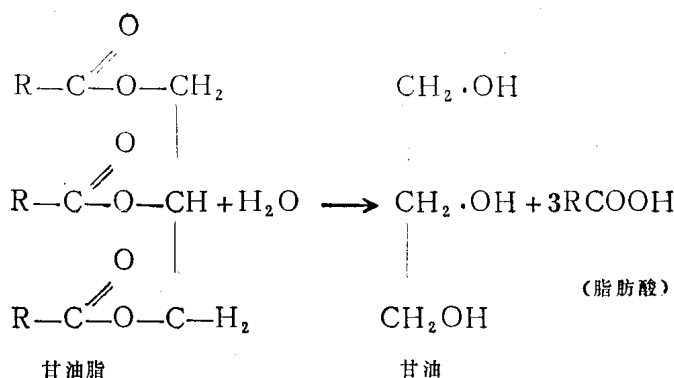
植物死亡后处在氧化条件下，蛋白质可全部分解为气态产物而逸出。如植物死亡后处在泥炭沼泽的水中，则蛋白质可以水解为若干简单的氨基酸，并参与成煤作用。煤中的氮和有机硫可能与植物的蛋白质有关。

4. 脂类化合物：

脂类化合物通常是指不溶于水，而溶于醚、苯、氯仿等有机溶剂的有机化合物，脂类包括脂肪、树脂、角质、木栓质和孢粉质等。

1) 脂肪

脂肪属于长链脂肪酸的甘油酯。低等植物含脂肪较多，如藻类含脂肪达70%。高等植物一般仅含1~2%，且多数集中在植物的孢子和种子中。在生物化学作用过程中，脂肪在酸性或碱性溶液中能被水解，生成脂肪酸和甘油，如：



脂肪酸参加成煤作用，在天然条件下，脂肪具有一定的稳定性，因此从泥炭或褐煤溶剂抽提出的沥清中能发现脂肪酸。

2) 树蜡（蜡质）

在植物中树蜡成薄膜复盖在茎叶和果实外皮上，防止水分蒸发和避免遭受伤害，蜡质的成分比较复杂，主要是长链脂肪酸与含有24~36个碳原子的高级一元醇形成的脂类，其化学性质稳定，不易分解，在泥炭和褐煤中常常发现有蜡质。

3) 树脂

树脂是植物生长过程中的分泌物，当植物受伤时，不断分泌出胶状的树脂来保护伤口，针叶植物含树脂最多，低等植物不含树脂。树脂是混合物，近年研究表明，其成分主要是二萜和三萜类的衍生物。树脂的化学性质十分稳定，不溶于有机酸，微生物也不能破坏它，因此能较好地保存在煤中。我国抚顺第三纪煤中的“琥珀”就是由植物的树脂演变而成的。

4) 角质和木栓质

植物的叶、嫩枝、幼芽和果实的表皮，常常复盖着角质膜。角质膜就是过去人们常称的角质层，它具有保护植物，防止过度蒸发和防御病菌侵袭的作用。角质是角质膜的主要成分，其含量可达50%以上。角质是脂肪酸脱水或聚合作用的产物，或是高分子脂肪酸，其主要成分是含有16个和18个碳原子的角质酸。

木栓质将植物的木栓组织浸透以提高其抵抗腐烂的能力。在木栓中木栓质含量达25~50%。木栓质的主要组成是脂肪醇及二羧酸，含有大量碳原子(>C₂₀)的长链酸类和醇类。

角质和木栓质的化学性质稳定，因此，在煤中常保存有植物的角质膜和木栓层。

5) 孢粉质

孢粉质是构成孢子花粉外壁的主要有机组分。孢子中孢粉质的含量一般为百分之二十几，孢粉质具有脂肪族——芳香族碳网结构，其化学性质非常稳定，能耐一定的温度和酸、碱的处理，也不溶于有机溶剂。在古生代中常保存有较多的孢子。

除上述主要有机化合物外，植物中还有鞣质、色素等成分。鞣质（又称丹宁）是由不同组成的芳香族化合物，如丹宁酸、五倍子酸、鞣花酸等混合而成，并具有酚的特性。鞣质浸透了老年木质部细胞壁、种子外壳，许多树皮中鞣质高度富集，如红树皮中鞣质含量达21~58%，铁杉、漆树、云杉、栎、柳、桦等现代和第三纪沼泽植物的重要种属都含有鞣质。鞣质具有抗腐性，泥炭藓的细胞壁由于浸透了鞣质，所以抗腐性很强，一般分解程度较差。

✕

煤化学

色素是植物内贮存和传递能量的重要因子，含有与金属原子结合的吡咯化合物结构。

四、成煤植物对煤炭性质的影响

由于植物的种类不同，其有机组分的百分含量也不同。低等植物主要是由蛋白质和碳水化合物组成，脂肪含量比较高；而高等植物的组成则以纤维、半纤维素和木质素为主。相同植物其不同部分的有机组分百分含量也不同，如木本植物各部分的有机组成差别很大，见表1-1。

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
木本植物的不同部分	木质部	60~75	20~30	1	2~3
	叶	65	20	8	5~8
	木 栓	60	10	2	25~30
	孢粉质	5	0	5	90
	原生质	20	0	70	10

高等植物和低等植物都是成煤的重要原始物质，由于成煤的原始物质不同，必然导致煤炭在性质上的差异和用途上的不同。由高等植物形成的煤叫“腐植煤”；由低等植物形成的煤叫“腐泥煤”；而由高等植物、低等植物共同形成的煤叫“腐植腐泥煤”。这些由不同种类的成煤植物所形成的各种类型的煤，称为不同成因类型的煤。

若成煤的原始物质主要是植物的根、茎等木质纤维素组织，则煤的氢含量就比较低；如果是由含脂类化合物多的角质层、木栓层、树脂、孢粉所形成的煤，则其氢含量就高见表1-2；若由藻类形成的煤其氢含量就更高。这些煤在加工利用过程中，表现出来的工艺性质很不一样，所以成煤的原始物质是影响煤炭质量的重要因素之一。

表1-2 成煤植物各种物质的元素组成

元素组成 % 成煤植物	C	H	O	N
浮游植物	45.0	7.0	45.0	3.0
细 菌	48.0	7.5	32.5	12.0
陆生植物	54.0	6.0	37.0	2.75
纤 维 素	44.4	6.2	49.4	—
木 质 素	62.0	6.1	31.9	—
蛋 白 质	53.0	7.0	23.0	16.0
脂 肪	77.5	12.0	10.5	—
腊 质	81.0	13.5	5.5	—
角 质	61.5	9.1	9.4	—
树 脂	80.0	10.5	9.0	—
孢 粉 质	59.3	8.2	32.5	—
鞣 质	51.3	4.3	44.4	—

第二节 植物遗体的堆积

植物遗体不是在任何情况下都能顺利地堆积并能转变为泥炭,而是需要一定的条件。首先需要有大量植物的持续繁殖,其次是植物遗体不致全部被氧化分解,能够保存下来转变为泥炭。具备这样条件的场所就是沼泽。

一、植物遗体的堆积环境——沼泽

沼泽是在一定的气候、地貌和水文条件下的产物。沼泽是常年积水或极其潮湿的地段,内有大量植物生长和堆积,植物死亡后遗体被沼泽水复盖,并与氧呈半隔绝状态,使植物遗体不致完全氧化分解,经过生物化学作用,即可转变为泥炭。沼泽可发育在浅海的滨岸、泻湖海湾、水上三角洲、山间盆地、湖泊、冲积扇前缘、河漫滩阶地和牛轭湖等处。

按水分补给来源的不同,沼泽可划分为三种类型:

(1) 主要由地下水补给,潜水面较高的沼泽称为低位沼泽,其地下水面的高度几乎与沼泽表面相等,而且由于其地形低凹,常被水淹没或周期性地被水淹没;

(2) 主要以大气降水为补给来源的泥炭沼泽为高位沼泽,其地下水面经常低于凸起的沼泽表面;

(3) 兼有低位沼泽和高位沼泽的特点,其水源部分由地下水补给,部分又由大气降水补给的沼泽称为中位沼泽或过渡沼泽。

上述三种沼泽不仅与地貌、水文条件有关,也与沼泽的发展阶段有关。如一个低位沼泽,随着植物遗体的不断堆积,泥炭层不断加厚,在沼泽中部的养分、矿物质来源减少的情况下,发育了一些不需要很多养分的特殊植物如水苔类,这类植物的抗分解能力很强,它能逐步积累,从而可使沼泽表面逐渐凸出水面,使潜水面相对下降,而形成过渡型沼泽,并进一步转化为高位沼泽。

在低位沼泽中,由于地下水带来了大量溶解的矿物质,为植物的生长提供了充分养料,如果又处在温暖地区,就很快形成茂密的森林沼泽,而且植物死亡后的遗体被沼泽水复盖,有利于形成泥炭,所以低位沼泽是形成泥炭的最有利条件。

根据沼泽距离海岸的远近,分为近海泥炭沼泽与内陆泥炭沼泽。

1. 近海泥炭沼泽

在近海地区不论是滨海平原、滨海三角洲平原,还是潮坪带都有泥炭沼泽发育。

1) 滨海泥炭沼泽

在北美大西洋,墨西哥湾沿岸的滨海平原,宽达五百余公里,而大部分地区高差不及30m,地势低平(该地区自白垩纪以来,长期下陷,沉积了砂页岩和碳酸盐岩系)。滨海平原上分布着许多宽阔的河流盆地,由于泄水不良,有泥炭沼泽发育,有些面积可达几千平方公里。

如美国的底斯摩沼泽位于温带地区,面积曾达5700km²,地形低洼,离海拔仅几米。底斯摩沼泽地区在更新世是一个被砂洲与大洋相隔的泻湖。全新世初期河流发育,由于水期后的海面升高,引起潜水面的升高,使分布在河漫滩的森林沼泽逐渐扩大,在3500年前整个地区全被泥炭层所复盖,底斯摩沼泽繁殖着茂密的森林,较高的地方有松属植物,低处有落羽杉、白杨、白雪松等植物。生长在沼泽水中的植物,具有气根,保持其根部呼吸,