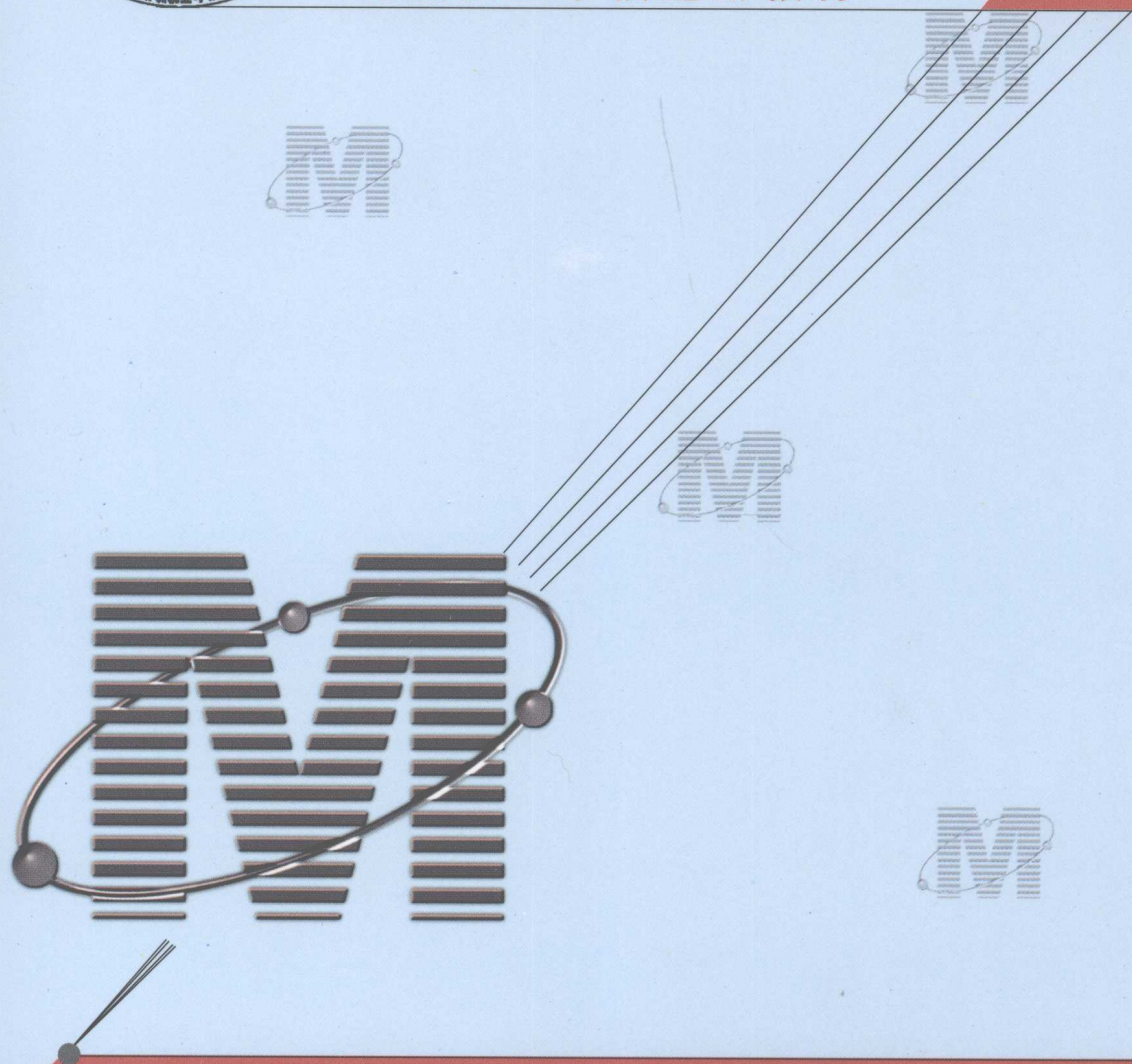




煤炭技工学校通用教材



煤 化 学

煤炭工业出版社

内 容 提 要

与煤炭有关的专业均应了解煤化学知识,此书编写的主要目的是为煤炭类各专业师生学习煤化学知识。全书共分六章,主要内容包括:煤的形成;煤岩组成;煤的化学组成和分子结构;煤的物理性质和化学性质;煤的工艺性质;煤的分类与应用。每章末附有思考复习题,书后附有实验题。

本书不仅作为煤炭技工学校各专业学习煤化学知识的教学用书,亦可作为与煤炭有关的企业单位技术培训之用。

煤炭技工学校通用教材

煤 化 学

全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 8

字数 184 千字 印数 10,001—14,000

2003 年 8 月第 1 版 2008 年 1 月第 3 次印刷

ISBN 978-7-5020-2311-9/TD98

社内编号 5083 定价 18.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国职业培训教学工作指导委员会

煤炭专业委员会

主任委员 刘 富

副主任委员 仵自连 刘同良 张贵金 韩文东 范洪春 刘荣林

雷家鹏 曾宪周 夏金平 张瑞清

委 员 (按姓氏笔划为序)

于锡昌 牛麦屯 牛宪民 王亚平 王自学 王郎辉

甘志国 石丕应 仵自连 任秀志 刘同良 刘荣林

刘振涛 刘 富 刘 鉴 刘鹤鸣 吕军昌 孙东翔

孙兆鹏 邢树生 齐福全 严世杰 吴庆丰 张久援

张 君 张祖文 张贵金 张瑞清 李 玉 李庆柱

李祖益 李家新 杨 华 辛洪波 陈家林 周锡祥

范洪春 赵国富 赵建平 赵新社 夏金平 高志华

龚立谦 储可奎 曾宪周 程光玲 程建业 程彦涛

韩文东 雷家鹏 樊玉亭

前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐，不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要，加速煤炭工业技能型人才的培养，促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步，在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会，以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础，研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划，并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划，劳动和社会保障部以《关于印发 1999 年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》（劳社培就司函·（1999）第 15 号）下发全国。这套教材 59 种，其中技术基础课教材 43 种，实习课教材 16 种。目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学，工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《煤化学》是这套教材中的一种，是根据劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲编写而成，经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定，并于 2000 年被劳动和社会保障部认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由兖州煤矿技工学校刘忠良同志编写，于 1993 年由煤炭工业出版社出版发行，在煤炭技工学校系统使用。根据煤炭生产和煤炭技工学校的教学要求，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会组织有关专家进行了全面的审查。并对教材中的部分内容进行了修改和更新，使该教材内容更加丰富，更具针对性、科学性、适用性，能够更好地满足煤炭技工学校的教学要求。在本教材的编写过程中，得到了煤炭企事业单位有关专家和工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

全国职业培训教学工作指导委员会
煤炭专业委员会

2003 年 7 月

目 录

绪 论	1
第一章 煤的形成	5
第一节 成煤的原始物质	5
第二节 煤的形成过程	7
第三节 煤的成因类型和成煤地质年代	11
第二章 煤岩组成	15
第一节 宏观煤岩类型	15
第二节 煤岩显微组成	16
第三节 煤岩学的应用	19
第三章 煤的化学组成和分子结构	22
第一节 煤中的水	22
第二节 煤中的矿物质和煤的灰分	25
第三节 煤的挥发分和固定碳	32
第四节 煤中有机质的元素组成和元素分析	35
第五节 煤中的硫	39
第六节 煤质分析结果的表示方法和不同基准间的换算	43
第七节 煤中有机质分子结构的基本概念	46
第四章 煤的物理性质和化学性质	50
第一节 煤的物理性质	50
第二节 煤的化学性质	56
第五章 煤的工艺性质	63
第一节 煤的发热量	63
第二节 煤的粘结性和结焦性	69
第三节 煤的其他工艺性质	76
第六章 煤的分类与应用	79
第一节 煤炭分类的意义和分类指标	79
第二节 中国煤的分类	80
第三节 国际煤炭分类	83
第四节 各种煤的煤质特征和主要用途	91
第五节 不同用途对煤质的要求	94
第六节 煤质评价	100
实 验	105
实验一 煤的岩相分析	105

实验二	煤的工业分析	106
实验三	煤的元素分析	108
实验四	全硫的测定(艾氏卡法)	113
实验五	发热量的测定	115
实验六	胶质层指数的测定	118

绪 论

一、煤炭在国民经济中的地位

人类的生产和生活离不开能源。所有的现代化生产过程几乎都与能源的消费同时进行。生产的发展在很大程度上依赖于能源工业的发展水平,取决于能源的科学开发、充分供应和合理利用。同时,能源与人民的生活也是息息相关的,现代社会的衣、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。

人类所拥有的能源(一次能源)包括煤炭、石油、天然气、有机物、风力、水力、太阳能、海洋能、核能等。其中,煤炭是世界上资源最丰富的能源。作为能量和动力的源泉,它为人类文明和生产的发展作出了重要贡献。正如革命导师列宁所说:“没有煤炭工业,任何现代化工业和任何工厂都是不可设想的,煤炭是工业的真正粮食”。18世纪的产业革命正是以煤炭为能源完成的。直到20世纪50年代,煤炭在世界能源的消费构成中一直处于主导地位。到50年代末和60年代,煤炭在世界能源中的优势地位逐渐被石油和天然气所取代,按标准燃料(发热量为 29.3MJ/kg 的燃料)计算,煤炭的产量和浪费量仅次于石油而居第二位。但从长远的观点看,由于煤炭资源丰富、分布广、价格低,因而在今后相当长的时期内,煤炭将是更可靠、更有前途的能源。

我国是开发、利用煤炭最早的国家之一。早在公元前,我国劳动人民就已开始开采和使用煤炭,至宋代已是“汴京数百万家尽仰石炭(即煤炭),无一家燃薪者”。两千年前的西汉时期,就已开始用煤炭来炼铁。明朝的名著《天工开物》中有专门的章节来阐述煤的性能、用途和开采方法。只是在17~19世纪西欧和美、日等国先后完成资产阶级革命和产业革命,而我国在“三座大山”的压迫和剥削下才渐渐落后了。新中国成立后,我国的煤炭工业得到迅速的恢复和发展。尤其是20世纪80年代,建成了许多现代化的大矿区,原煤产量迅速增长,1989年原煤产量突破10亿t,居世界第一位。我国的煤炭资源也很丰富,已探明的储量达7000多亿t,居世界第三位。目前,煤炭在我国的一次能源总构成中占70%以上,因而煤炭在我国被称为“第一能源”,而且在今后相当长的时期内仍将是主要能源。我国的能源生产和消费构成情况见表0-1。

煤炭也是重要的工业原料,广泛地用于炼焦、气化、化工等国民经济各个部门。煤的综合利用途径见图0-1。

除了图0-1所列的煤的综合利用途径之外,利用煤的伴生矿物硫铁矿可以生产硫和硫酸;煤矸石可作为沸腾炉燃料、烧砖的燃料和原料、制取氧化铝、锗、钛及建筑轻骨料等。煤的综合利用可以生产出多种多样的产品,做到物尽其用,提高经济效益和社会效益。

综上所述,煤炭在现代化建设和提高人民的物质文化生活方面起着重要的作用,在国民经济中占有重要的地位。

表 0-1 中国能源生产和消费构成情况

年份	生产总量/ 万 t 标准煤	生产构成/%				消费总量/ 万 t 标准煤	消费构成/%			
		原煤	原油	天然气	水电		原煤	原油	天然气	水电
1953	5192	96.3	1.7	—	2.0	5411	94.33	3.81	0.02	1.84
1960	29637	95.6	2.5	0.5	1.4	30188	93.90	4.11	0.45	1.54
1965	18824	88.0	8.6	0.8	2.6	18901	86.45	10.27	0.63	2.65
1970	30990	81.6	14.1	1.2	3.1	29291	80.89	14.67	0.92	3.53
1975	48754	70.6	22.6	2.4	4.4	45425	71.85	21.07	2.51	4.57
1980	63735	69.4	23.8	3.0	3.8	60275	72.15	20.76	3.10	3.99
1985	85546	72.8	20.9	2.0	4.3	76682	75.81	17.10	2.24	4.85
1990	103922	74.2	19.0	2.0	4.8	98703	76.20	16.60	2.10	5.10
1995	129034	75.3	16.6	1.9	6.2	131176	74.60	17.50	1.80	6.10
1996	132616	75.2	17.0	2.0	5.8	138811	74.70	18.00	1.80	5.50
1997	132410	74.1	17.3	2.1	6.5	138173	71.50	20.40	1.70	6.20
1998	124250	71.9	18.5	2.5	7.1	132214	69.6	21.5	2.2	6.7
1999	109126	68.3	21.0	3.1	7.6	130119	68.0	23.2	2.2	6.6
2000	106988	66.6	21.8	3.4	8.2	130297	66.1	24.6	2.5	6.8
2001	121000	68.0	20.2	3.4	8.4	132000	67.0	23.6	2.5	6.9

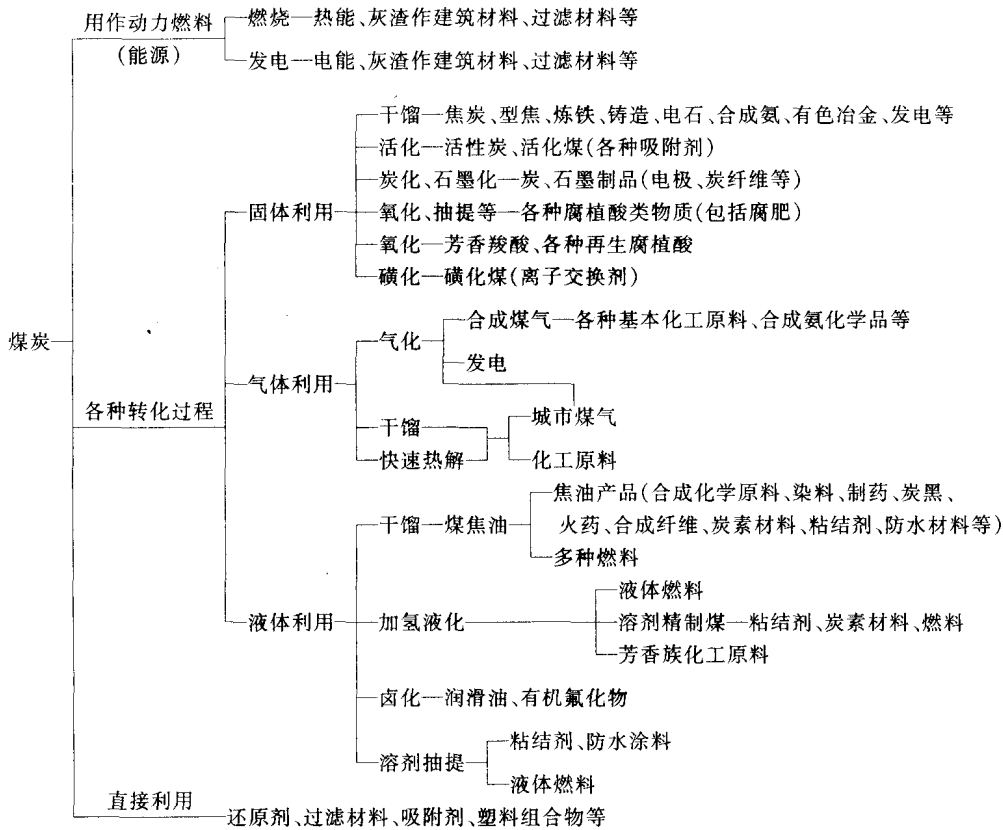


图 0-1 煤炭综合利用系统图

二、煤化学研究的内容

煤化学是随着煤炭的开采和加工利用技术的发展于 19 世纪才开始形成的一门科学。

人们的生产实践促进了人们对煤的认识，而人们对煤的进一步认识又促进了生产的发展。例如在 19 世纪，煤通常仅作为燃料直接燃烧，只需要掌握一些煤的工业分析、元素分析和发热量等简单数据及外部特征就足以解决生产实践问题了。20 世纪 30 年代以来，随着煤化（主要是焦化、气化、液化、低温干馏等）工业的进一步发展，使煤化学在对煤的外部特征和个别性质研究的基础上，逐步深入到对煤的组成、岩相、结构及工艺过程机理等一些本质问题的研究，并且以煤的生成过程来解释引起煤的性质和组成多样性的原因，力求把外部特征和性质与内在的组成、岩相、结构紧密联系起来。到 20 世纪 50 年代，在有关煤的最根本的理论问题上（例如煤岩学、煤的生成、煤的粘结成焦机理和煤的结构模型等方面）产生了一些学说，这些学说不仅能解释许多现象，还给加工工艺指出了新的方向。例如关于扩大炼焦用煤资源、型焦方面的研究和开发。20 世纪 70 年代，由于石油价格的飞涨及一些国家和地区石油资源的日趋枯竭，使得人们对煤化学和煤化工的研究更进一步重视起来，并采用一些先进的科研手段，在煤化学基础理论的研究方面和煤的焦化、气化、液化等新技术、新工艺、新产品的研究方面都取得了一些重大突破。由此可见，煤化学是一门实践性很强的学科。

煤化学是研究煤的生成、组成、结构及其基本性质之间的变化规律的一门科学。煤化学研究的主要内容是：

- (1) 关于煤的生成、组成、结构、性质、分类等方面的问题；
- (2) 关于煤的热加工和化学加工及其机理方面的问题；
- (3) 关于煤的加工产物的组成和性质方面的问题；
- (4) 关于煤的各种性质与煤化程度的关系以及不同煤种的加工利用途径问题。

研究这些问题的目的在于认识煤的特性，了解煤的加工利用的理论依据，指导生产实践，探索新的加工利用途径，更合理、充分、广泛和有效地利用煤炭资源。

由于成煤原始物质的复杂性和成煤过程中客观条件的多样性，造成了煤的组成、结构、性质的复杂性和多样性。煤是一种含有多种有机、无机化合物的混合物，不同的煤在组成、结构、性质上差别又很大，因而不可能写出一个能代表所有煤（甚至某一煤种）的分子式和化学结构式。在许多方面目前还仅有定性的描述，而无定量的测定，有许多理论问题尚无定论，甚至至今还没有一个理想的煤的分类方法。因此，在煤化学学科内还有着广阔的有待开发的领域。

三、选煤专业学习煤化学的目的意义

选煤工作者的任务是：贯彻“高品质、多品种、适销对路、合理利用”的方针，用机械加工的方法除去煤中的矿物杂质，提高煤炭品质；根据不同原煤的性质和用途，选择不同的选煤工艺，将原煤分选加工成为不同品质规格的多种产品，适销对路地供应不同用户，以适合不同用煤单位对煤质的不同要求，达到合理利用煤炭资源、提高煤炭的使用价值、提高用户及煤炭企业自身的技术经济指标的目的。

选煤专业学习煤化学的目的在于：

(1) 了解自己的工作对象——入选原煤的生成、组成、结构、性质和合理的加工利用途径，从而选择合理的选煤工艺条件，确定合理的工艺指标、提高选煤的技术经济效益，并探索新的选煤方法和工艺。

(2) 选煤厂的技术检查是检查、分析选煤生产过程是否正常的一项经常性的工作。学习了煤化学的知识，才能使你正确理解技术检查数据所表示的意义及其所反映的问题的实质，正确判断选煤生产的各个环节操作是否正常，正确选择使生产恢复正常并达到最佳状态应采取的措施，以便及时调整和改善操作、保证产品品质。

(3) 了解各种煤的工艺性质及各种加工利用方法对煤质的不同要求，在选煤生产中做到心中有数，主动地选出适合不同用户的优质产品，满足不同用户的要求，为煤的合理利用、综合利用创造条件。

第一章 煤 的 形 成

煤是由多种有机高分子化合物和无机矿物质组成的复杂混合物。煤与煤之间的性质千差万别，不仅不同煤田之间的煤质差别很大，即使同一煤田中不同煤层的煤质差别也很大；在同一煤田同一煤层的不同地点采的煤样，其煤质也有较大差别；甚至在同一煤田同一煤层的同一地点，而将煤层从上到下分成若干分层采样，各分层的煤质也有差异。引起煤质千差万别的原因是成煤的原始物质和成煤条件的不同。因此，只有深入地了解煤的成因，才能更好地了解煤的组成、结构、性质及其变化规律。

第一节 成煤的原始物质

一、植物是成煤的原始物质

在 19 世纪以前，对于煤是由什么物质形成的，一直没有明确的认识。有的认为煤是同地球一起形成的，一有地球就存在煤；有的认为煤是由其它岩石变化而来的；有的则认为煤是由植物变化而来的。这些众说不一的猜想，当时都缺乏科学根据。直到 19 世纪，人们有了显微镜这一科学研究的工具，才开始揭开了煤的形成之谜，证实了煤是由植物变化而来的。

把煤磨成薄片放在显微镜下观察，可以看到有些煤还保留着植物的某些原始组分，如细胞结构、孢子、角质层、木栓层等，有时还可看到植物生长的年轮。对煤的元素分析结果表明；煤中有机质的元素组成与植物的元素组成基本相同。人们在采矿过程中，也常常可以见到煤层的顶、底板的岩层中有树根、树叶、树皮碎片等化石，有时还可见到由断裂的树干变成的煤仍保持着原来断裂树干的形状。通过对煤的结构的进一步研究表明，煤是由古代的植物演变而来的。

二、成煤植物的有机组成

我们知道，地球上的植物是由水生到陆生，由低级到高级、由简单到复杂逐步进化、发展而来的。根据其进化的顺序可分为菌藻类植物、苔藓植物、蕨类植物、裸子植物、被子植物。其中菌藻类植物为低等植物，其余为高等植物。

植物的种类繁多，结构组成各异，但其有机化学组成可归纳为四大类：碳水化合物、木质素、蛋白质和脂类化合物。我们这里所讲的植物的有机组成是指有机化学组成。各类植物的有机组成不同，而且同一种植物各部分的有机组成也不同，如表 1-1 所示。

由表 1-1 可见，低等植物主要由蛋白质和碳水化合物组成，脂类化合物含量也较高，而高等植物的化学组成则以碳水化合物和木质素为主。木本植物各部分的组成差别也很大。植物细胞中的原生质主要由蛋白质组成；根、茎、叶以碳水化合物和木质素为主；而角质层、木栓层、孢子和花粉则含有大量的脂类化合物。植物在有机组成上的差异，直接

影响其在成煤过程中的分解和转化，影响煤的性质和用途。

1. 碳水化合物

植物中的碳水化合物又包括纤维素、半纤维素和果胶质等。

表 1-1 植物的主要有机组成

植 物		碳水化合物/%	木质素/%	蛋白质/%	脂类化合物/%
细 菌		12~18	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、阔叶树		60~70	20~30	1~7	1~3
木本植物的 不同部分	水质部	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

纤维素是植物细胞壁的主要成分，是高分子化合物，属多糖，分子式可用通式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 表示，结构式如图 1-1。

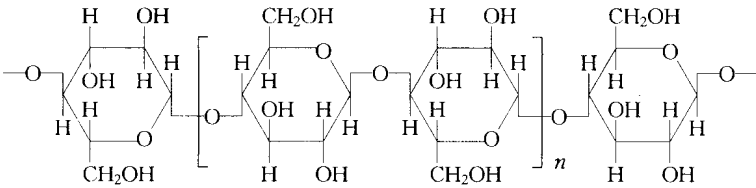
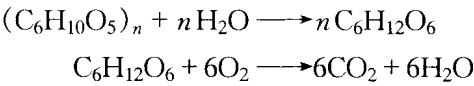


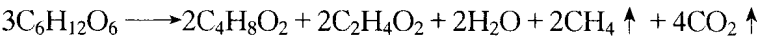
图 1-1 纤维素的分子结构

在植物中，纤维素对于微生物的作用很稳定，但当植物死亡后，在酸性介质中，在喜氧细菌的作用下可水解为单糖。单糖一部分可作为微生物的营养来源，一部分又可进一步分解成二氧化碳和水：



半纤维素是植物细胞的重要组成之一，在植物的木质部中含量较多，亦属多糖类。果胶质是糖类的衍生物，它或与半纤维素一起存在于木质部中，或集中存在于植物的果实中。半纤维素和果胶质的化学组成和性质与纤维素相似，并且在生物化学作用下比纤维素更易水解为单糖和酸类物质。

在缺氧环境中，碳水化合物又可在厌氧细菌的作用下产生发酵作用，生成丁酸、醋酸、甲烷、二氧化碳等，并参与成煤作用。



2. 木质素

木质素也是植物细胞壁的主要成分。它多存在于植物茎部的细胞壁中，与纤维素、半纤维素等紧密结合在一起，以增强坚固性。

木质素是具有芳香结构的化合物，它的结构复杂，不能用一个统一的结构式表示，但已知它是一个具有缩合芳香环、带有侧链并含有甲氧基（—OCH₃）、羟基（—OH）等多种官能团的物质。木质素的组成因植物的种类不同而不同，有三种不同类型的单体，如图 1-2。若干个单体又以多种化学键互相联结起来，形成三度空间的大分子。

木质素比纤维素稳定，不易水解，但较易氧化分解成芳香酸和脂肪酸。在成煤过程中，木质素在微生物的作用下发生分解，并和其他物质合成与腐殖酸相类似的物质。所以，木质素是成煤的原始物质中最重要的有机组分。

3. 蛋白质
蛋白质是组成植物细胞原生质的主要物质，在高等植物中蛋白质含量不高，而在低等植物中含量较高。

蛋白质是成分和结构极为复杂的高分子有机物，它由大量不同类型的氨基酸分子缩合而成。蛋白质可以水解为若干种简单的氨基酸，参与成煤作用。蛋白质的元素组成除了碳、氢、氧之外，还有少量的氮和硫。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
植物中的脂类化合物包括脂肪、树蜡、树脂、角质、木栓质和孢粉质等。
脂肪在低等植物中含量较高，如藻类中可达20%；高等植物中含量很少，仅有1%~2%。且主要集中于植物的孢子或种子中。在生物化学作用过程中，脂肪能被水解，生成脂肪酸和甘油，参与成煤作用。脂肪酸具有一定的稳定性，因此在年轻的煤中能发现脂肪酸。

树蜡在植物中成薄膜状覆盖在茎、叶及果实外皮上，防止水分蒸发和避免遭受伤害。其化学性质稳定，不易分解，故在年轻的煤中也常能见到。

树脂是植物生长过程中的分泌物，当植物受伤时会来保护伤口。高等植物中的针叶植物含树脂最多，低等植物不含树脂。树脂的化学性质十分稳定，微生物也不能破坏它，因此能很好地保存在煤中。我国抚顺第三纪煤中的“琥珀”就是由树脂变成的。

角质、木栓质、孢粉质分别存在于植物的角质膜、木栓层、孢子和花粉中。它们的化学性质都比较稳定，能在煤中保存下来。

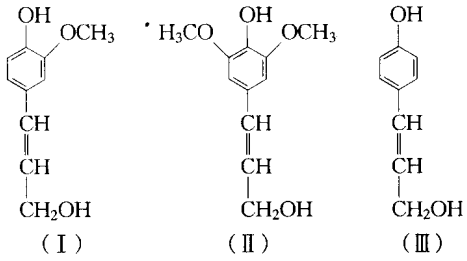


图 1-2 木质素不同类型的单体
I—松柏醇；II—芥子醇；III—β-茴香醇

第二节 煤的形成过程

古代的植物是怎样转变成煤的呢？从植物的死亡、堆积到转变成煤的过程大体可分为两个阶段：泥炭化（腐泥化）作用阶段和煤化作用阶段。即植物遗体先经泥炭化（腐泥化）作用转变成泥炭（腐泥），然后再经煤化作用转变成煤。

一、成煤的必要条件

1. 适宜的气候条件和植物的大量生长繁殖

成煤首先要有温暖、潮湿而且稳定的气候条件，另外再辅之以肥沃的土壤和充足的水

分,使得植物能一代又一代持续、繁茂地生长繁殖,形成植物遗体长期持续的堆积。根据研究,5~10m厚的泥炭层才能形成1m厚的煤层。可见,必须有植物的大量生长繁殖,为成煤提供充足的物质基础。



图 1-3 泥炭层的堆积示意图

2. 适宜的地理环境

是否所有的植物死亡后都能转变成煤呢?不是的。植物遗体如果暴露在空气中,它会逐渐被氧化、分解,最后完全消失掉。要想使植物遗体在堆积过程中不致被彻底氧化分解,而使其一部分分解产物能保存下来并最终变成煤,必须具备适宜的地理环境。具备这种条件的地理环境就是沼泽。

沼泽是地面上常年积水、内有大量植物生长的低洼地段。沼泽中的植物死亡后其遗体没入水中,与空气呈半隔绝状态,在水中微生物的参与下经过长期、复杂的生物化学作用逐渐转变为泥炭,实现由植物到煤的第一步转变。图 1-3 为泥炭在沼泽中堆积的示意图。

由此可见,植物变成煤还要有广阔、稳定、具有一定积水深度的沼泽环境,适于植物群落的发展,并使植物死亡后将遗体没入水中,水中还要有足够数量和种类的微生物活动,以促使植物遗体向煤的转化。

3. 要有适宜的地质作用的配合

那么是不是所有的沼泽地区都可以形成煤层呢?也不是的。在植物遗体的堆积过程中,如果沼泽的基底不下降,整个沼泽会很快被植物遗体填满。后来死亡的植物便只能堆在水面以上,而露出水面的植物遗体是不能保存下来的,那么植物遗体的堆积也就至此为止了,不能形成较厚的泥炭层。如果在植物遗体的堆积过程中,沼泽地区的地壳作上升运动,沼泽中的植物遗体和原来已经形成的泥炭层则会被渐渐推出水面,暴露在空气中被细菌分解破坏,最后全部消失掉,泥炭层不能被保存下来。

但是,如果泥炭沼泽地区的地壳是缓慢下降的,并且地壳的下降速度与泥炭层的积累速度(大约每年2~5mm)大致相等,使沼泽中一直保持一定的积水深度,也就是说这一地区始终保持沼泽环境,那么植物遗体的堆积和泥炭层的积累就会长期持续进行下去。这种状况持续的时间越长,形成的泥炭层就越厚。如果上述状况持续一个时期以后,地壳的下降速度加快,超过了泥炭的积累速度,沼泽渐渐变为湖泊。由于水深超过一定限度(一般认为是2m),不能再生长植物,那么植物遗体的堆积和泥炭层的积累也即随之停止。从相邻陆地上被水冲刷下来的泥砂开始向泥炭层上面淤积,逐渐把泥炭层覆盖起来。这层覆盖物就成为以后煤层的顶板或夹矸层。如图 1-4 所示。

由于地壳的上升和下降运动可能是反复进行的,那么在同一地区就可能出现多次的泥炭层积累,这就是形成一般煤田都有多层煤的原因。

这里还应指出:许多沼泽环境是由湖泊环境演变而来的。湖—沼的演变过程,也同时伴随着泥炭的积累过程。在地质历史中,湖泊的生命一般是短暂的,浩瀚的湖泊会被流水携带的泥砂逐渐堆积而淤浅,或者由于地下水位的下降以及湖边浅水带植物的生长繁殖和死亡植物遗体的不断堆积并泥炭化迫使湖泊范围逐渐缩小,随着湖边泥炭层逐渐向湖心推



图1-4 泥炭层被覆盖后的情形示意图

进。湖泊逐渐沼泽化并形成一定范围和厚度的泥炭层。图1-5所示为湖—沼演化的剖面图。

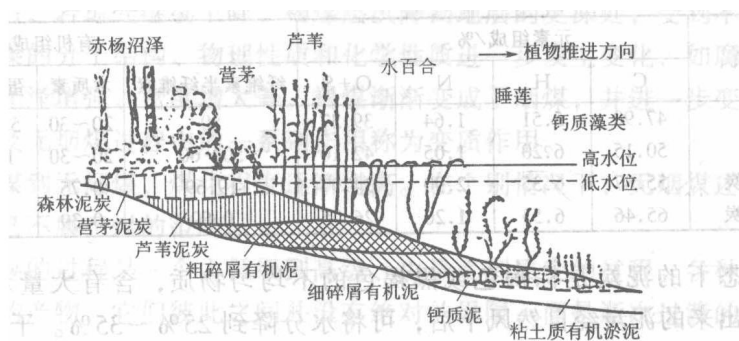


图1-5 湖—沼演化中湖边泥炭和有机质淤泥形成示意图

由此可见，植物转变成煤还必须有适宜的地质作用的配合。这里主要是指适宜的地壳沉降运动，使植物遗体能连续不断地逐渐堆积并将泥炭保存下来。另外，当泥炭随地壳的继续沉降被埋入地层深处时，还需要地壳深处压力和温度的作用，以促成泥炭向煤的转化及煤的变质作用。

二、煤的形成过程

1. 泥炭化作用与腐泥化作用

1) 泥炭化作用

高等植物死亡后，在生物化学作用下变成泥炭的过程叫做泥炭化作用。

近代研究资料表明，植物所有的有机组分都参与成煤作用。在泥炭化过程中，有机组分的变化是十分复杂的，一般认为，泥炭化过程中的生物化学作用大致分两步进行：

第一步：植物遗体中的有机质经氧化分解和水解作用，转化为较简单的化学性质较活泼的低分子化合物。植物遗体没入沼泽水中后，开始时处于泥炭沼泽的表层，由于表层覆水浅、空气流通、温度高，又有大量有机质，有利于微生物的生存，含有大量的喜氧细菌。植物遗体在喜氧细菌作用下进行氧化分解和水解作用，转化成结构简单、化学性质活泼的低分子化合物。例如把纤维素水解成单糖，将木质素氧化分解成芳香酸和脂肪酸，从脂肪中分解出脂肪酸，把蛋白质分解为氨基酸等。

第二步：分解产物又相互作用，合成新的、复杂的、较稳定的有机物。随着地壳的下沉、上部植物遗体的不断堆积和覆水的逐渐加深，使正在分解或未分解的植物遗体与空气的隔绝程度不断加深，环境逐渐缺氧，喜氧细菌逐渐减少，厌氧细菌逐渐增多，氧化环境逐渐被还原环境所取代。这时，氧化分解作用逐渐减弱，但仍有一些有机质被分解，如纤维素、果胶质在厌氧细菌的作用下产生发酵作用，生成甲烷、二氧化碳、氢气、丁酸、醋酸等中间产物。但此时，在厌氧细菌的参与下，分解产物之间的合成作用及分解产物与植物残体之间的相互作用开始占主导地位。这种合成作用导致一系列新物质的产生，其中最主要的是腐植酸和沥青质。至此，植物遗体就变成了泥炭。

由植物转变成泥炭，在化学组成上发生了质的变化，如表 1-2 所示。植物转变成泥炭后，植物中所含的蛋白质全部消失了，木质素和纤维素含量也已很少，而产生了大量的原来植物中所没有的腐植酸。在元素组成上，碳含量增加，氧含量减少。

表 1-2 植物与泥炭化学组成的比较

植物与泥炭	元素组成/%				有机组成/%				
	C	H	N	O+S	纤维素半纤维素	木质素	蛋白质	沥青 A	腐植酸
莎 草	47.90	5.51	1.64	39.37	50	20~30	5~10		0
木本植物	50.15	6.20	1.05	42.10	50~60	20~30	1~7	1~3	0
桦川草本泥炭	55.87	6.35	2.90	34.97	19.69	0.75	0		43.58
合浦木本泥炭	65.46	6.53	1.26	26.75	0.89	0.39	0	10	52.88

自然状态下的泥炭是棕褐色或黑褐色的不均匀物质，含有大量水分，可达 70%~90%。开采出来的泥炭经自然风干后，可将水分降到 25%~35%。干燥后的泥炭颜色变浅，为土状。泥炭中含有许多未分解的植物残骸，有时用肉眼就可以看出，因而泥炭中碳水化合物含量仍很高。

泥炭在我国分布很广。埋藏浅，易开采，很多呈裸露型，是重要的资源。风干后可作燃料，厌氧发酵后可作有机肥料，也可进行低温干馏制取化工原料。

2) 腐泥化作用

在还原环境下，由低等植物转变为腐泥的作用，称为腐泥化作用。

在停滞缺氧的滞水盆地中，水中的浮游生物和菌类死后的分解产物相互作用并沉向水底，在厌氧细菌的作用下，这些低等植物中所含的蛋白质、碳水化合物、脂肪等受到分解，分解产物再经过聚合作用和缩合作用，形成一种棉絮状胶体物质，这种物质再经进一步变化形成腐泥。

腐泥呈黄色、暗褐色或黑褐色，是一种粥状流动的或冻胶淤泥状物质，水分高达 70%~90%，风干后可降到 18%~20%，变成具有弹性的橡皮状物质。干馏时，焦油产率很高。

现代的湖泊和泻湖海湾中都有腐泥形成。在湖—沼演变过程中，湖泊的深水处必有腐泥生成，浅水处生成的腐泥往往与泥炭交错沉积，所以我们常在煤田中央发现腐泥煤。

2. 煤化作用

当泥炭和腐泥由于地壳下降被其他沉积物覆盖时，成煤作用就由第一阶段（泥炭化作用阶段）转入第二阶段——煤化作用阶段。煤化作用又分为两个连续过程，即成岩作用和变质作用。

1) 成岩作用

泥炭被其他沉积物覆盖后，在上部沉积物的压力作用下，经过漫长的地质年代，逐渐发生压紧、失水、胶体老化、固结等一系列物理变化和物理化学变化，使其密度增大，同时化学组成也发生了缓慢的变化，泥炭就渐渐变成了褐煤。由泥炭转变为具有岩石特性的褐煤这一阶段的作用称为成岩作用。

褐煤与泥炭的本质区别在于：泥炭仍富含植物有机组成中的碳水化合物或植物残体，而褐煤已不含这类物质了，但褐煤仍含有一定数量的在泥炭化作用阶段形成的腐植酸。

褐煤呈黑褐色，含水量仍较高，天然状态的褐煤含水达 30%~60%，在空气中自然风干后可降到 10%~30%。因此，褐煤易于风化破裂，不适于长途运输，宜作地方燃料和气化原料。褐煤一般埋藏较浅，便于露天开采。

2) 变质作用

褐煤形成以后，若地壳继续下降，褐煤层沉降到地层的更深处，受到不断增高的温度和压力的影响，煤的分子结构、物理性质和化学性质进一步发生变化，如腐植酸消失、碳元素含量增高、光泽增强、密度增大等，褐煤渐渐变成了烟煤，并进一步变成无烟煤。由褐煤转变成烟煤及无烟煤过程中的一系列作用称为变质作用。

由褐煤、烟煤到无烟煤，煤化程度逐渐增高。在个别情况下，无烟煤还可以进一步变为石墨。但石墨已不属于煤的范畴。

由植物变成煤的过程是一个由低级到高级、由量变到质变的过程。各种煤仅仅是成煤过程中某一阶段的产物，它们彼此之间并没有绝对的界限，而是渐次过渡的。当具备一定的条件时，它们都可以进一步演变。高等植物成煤的过程可归纳如表 1-3。

表 1-3 成 煤 过 程

转 变 顺 序	植物→泥炭→褐煤→烟煤→无烟煤		
转变地点	沼泽水中	地 下	
经过时间	数千年、数万年	数百万年	数千万年
主要作用	生物化学作用	物理化学作用	
转变阶段	泥炭化作用阶段	成岩作用	变质作用
		煤化作用阶段	
	成煤作用过程		

腐泥经进一步的煤化作用可以变成腐泥煤。其过程大致与泥炭的煤化过程相似。

第三节 煤的成因类型和成煤地质年代

一、煤的成因类型

根据成煤的原始物质不同，可将煤分为三种不同的成因类型：腐植煤类、腐泥煤类、腐植腐泥煤类。

1. 腐植煤类