

中國景田風俗  
上册



# 中国煤田地质学

## 上册

2015/29

### 煤田地质基础理论

**主编:** 杨 起 韩德馨

**编写:**

绪论	韩德馨
成煤作用	任德贻
煤岩学基础	任德贻
煤化学概述	任德贻
煤层	周永丰
含煤建造的特征	兰昌益
含煤建造的古地理类型	兰昌益
聚煤盆地和聚煤古构造	李宝芳
含煤建造的赋存与分布	任文忠
煤化作用	杨 起
瓦斯与地热	陆国桢

**审校:** 韩德馨 杨 起 王池阶 冯天元 任文忠

**插图:** 陈训雄

煤炭工业出版社

# 前 言

这些年来，广大煤田地质工作者学习运用李四光教授创立的地质力学的理论和方法，开展了全国范围的煤田预测和科学研究工作，取得了较好的效果。在北方中生代和南方复杂煤田的找煤勘探实践中，创造性地应用地质力学来研究矿区、含煤区构造与建造的规律，解决了新区预测和老矿区扩大资源等问题。实践证明，地质力学确实是构造地质学派中的一支有生命力的新兴学科。这次重写《中国煤田地质学》就是以地质力学的观点来总结建国以来特别是近几年来煤田地质工作的成果，进一步探索地壳运动对煤矿产沉积的控制规律，希望能为进一步丰富发展这门新兴学科出一份力。由于这是初次尝试，主观和客观上的困难都很多。但参加编写的同志们解放思想，勇于登攀，努力克服各种困难，收集了全国范围的煤田地质资料，查阅了大量的国内外文献，虚心向地质力学所以及各方面的专家和同志们请教，使本书能在较短的时间内脱稿，向国庆三十周年献礼！

为了更快更好地发展我国的煤田地质科学，我们希望不断出版各种学派观点的著作，在地质科学的园地中百花竞开。

本书分上、下两册。上册为煤田地质基础理论；下册为中国聚煤规律。全书以地质力学理论为指导，重点突出了构造体系对煤系形成和改造的控制作用。在基础理论部份还较多地介绍了国外新的观点和学说。

本书是在煤炭部地质局的组织领导下完成的。参加编写的有河北、辽宁、广东、甘肃、贵州等全国各省、区煤田地质勘探公司、煤炭部所属大部分院校、武汉地质学院和煤炭科学院地质勘探研究所等单位。特别是中国矿业学院对本书的编写十分重视，投入了较大的力量。在本书编写过程中，煤炭部地质勘探单位和科研部门都提供了大量的素材资料，应该说这本书是全国广大煤田地质工作者共同劳动的结晶。

中国地质科学院、中国科学院的有关研究所、研究室及个人都为本书的编写提供了不少资料；孙殿卿教授、徐仁教授等对本书的编写给予热情指导，在此表示由衷的感谢。

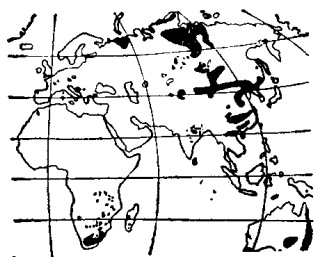
由于我们对地质力学领会不深，一些认识和提法可能有不够妥当之处；还因为一些地区工作程度不高，资料不全，使得对某些规律性认识还比较肤浅；又限于时间紧迫，对书的内容和文字、图表反复推敲不够，因此还存在不少缺点和错误，请读者予以批评、指正。

**《中国煤田地质学》编委会**

# 目 录

绪论 .....	1
<b>第一章 成煤作用</b> .....	4
第一节 成煤植物及其有机组成 .....	4
第二节 泥炭和腐泥的形成 .....	7
第三节 泥炭、腐泥转变成煤 .....	20
<b>第二章 煤岩学基础</b> .....	22
第一节 宏观煤岩组成和煤的物理性质 .....	22
第二节 煤的显微组成 .....	28
第三节 残植煤、腐泥煤和腐植腐泥煤 .....	45
第四节 鉴定煤变质程度的显微标志和方法 .....	47
第五节 煤岩学研究的意义 .....	51
<b>第三章 煤化学概述</b> .....	55
第一节 煤的化学组成 .....	55
第二节 煤的工艺性质 .....	62
第三节 煤的可选性研究 .....	70
第四节 我国煤的工业分类 .....	71
第五节 煤的化学结构 .....	73
第六节 煤的综合利用 .....	75
<b>第四章 煤层</b> .....	82
第一节 煤层的形成与一般特征 .....	82
第二节 煤层的厚度变化及原因 .....	85
<b>第五章 含煤建造的特征</b> .....	99
第一节 含煤建造的岩性特征 .....	99
第二节 沉积相的成因标志 .....	100
第三节 含煤建造中的主要沉积相 .....	114
第四节 含煤建造的旋回结构 .....	132
第五节 含煤建造中的其它矿产 .....	140
<b>第六章 含煤建造的古地理类型</b> .....	144
第一节 古地理类型的概念和影响因素 .....	144
第二节 含煤建造的古地理类型 .....	147
<b>第七章 聚煤盆地和聚煤古构造</b> .....	156
第一节 聚煤盆地的形成条件 .....	156
第二节 聚煤盆地的分类 .....	159
第三节 聚煤盆地的同沉积构造 .....	167
第四节 聚煤盆地的发展和演变 .....	174
第五节 聚煤盆地的形成和构造体系的关系 .....	178

第六节 富煤带的形成及其控制因素 .....	183
<b>第八章 含煤建造的赋存和分布 .....</b>	<b>191</b>
第一节 含煤建造的赋存 .....	191
第二节 含煤建造的分布 .....	197
<b>第九章 煤化作用 .....</b>	<b>209</b>
第一节 煤化程度指标 .....	210
第二节 煤化作用实质 .....	215
第三节 煤化作用因素 .....	217
第四节 煤变质作用类型 .....	222
第五节 煤变质研究在地质上的应用 .....	232
<b>第十章 瓦斯与地热 .....</b>	<b>235</b>
第一节 瓦斯 .....	235
第二节 地热 .....	248



## 绪 论

我们伟大的祖国幅员辽阔，地大物博，以矿产丰富著称于世，而且是世界上发现和使用煤炭最早的国家。

根据考古文物和记载，在我国新石器时代的晚期遗物和周朝的墓葬里曾先后发现用煤制成的工艺品，如辽宁新乐古文化遗址中的煤制工艺品，其同位素年龄为六千多年，煤质属抚顺的煤精。早在春秋战国时期，我国采矿事业已有一定规模并已较多的使用煤炭，当时称煤为“石涅”或“涅石”。在汉代一些冶铁的遗址中曾发现加工过的煤饼，这表明在汉代煤已作为冶铁燃料。三国时期，“石涅”或“石墨”并称。魏晋时期称煤为“石墨”或“石炭”。唐宋时仍沿用“石墨”、“石炭”。明朝开始有“煤”的称呼。《本草纲目》一书记载：“石炭即乌金石，上古以书字，谓之石墨，今俗呼为煤炭，煤墨音相近也。”李时珍在他的著作中还论述了煤治病的性能。

在长期生活的实践中，我国劳动人民逐步加深了对煤的认识，因此用煤范围也日益广泛，从早期用煤制作工艺品，随后用于日常燃料、焙烧建筑材料和冶炼金属。如北史王邵传“今温酒及炙肉用石炭”；水经注择氏西域记曰，“屈茨（即今新疆库车）北二百里有山，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”。在宋代即“昔汴京数百万家，尽仰石炭，无一家燃薪者”。元朝意大利人马可勃罗来中国游历，对煤的使用很惊奇，在他的游记中曾记述：“契丹全境中有一种黑石，采自山中，如同脉络，燃烧与薪无异，其火候较薪为优，盖若夜间燃火，次晨不息，其质优良，致使全境不燃他物，其所产木材固多，然不燃烧，盖火力足而价亦廉也”。可见我国元时采煤之盛。由于长期的开采和使用，到明时已总结出开采煤的经验和知识，据方以智《物理小识》记载：

“煤则各处产之，臭者烧熔而闭之成石，再凿而入炉曰礁，可五日不绝火，煎矿煮石，殊为省力”。这里所说的“礁”就是焦炭，“臭煤”是指含挥发物较多适宜炼焦的煤，在密闭条件下，把煤烧成坚硬的“礁”用来炼铁，进一步提高冶铁的质量。由此看来，我国也是世界最早用煤炼焦冶铁的国家。

宋应星的《天工开物》一书里，按煤的粒度和煤的用途进行煤的分类并指明煤的块度和产地，把煤分成三种即明煤、碎煤和末煤：“炎高者曰饭炭用于饮烹，炎平者曰铁炭用以冶煅”；“明煤产北，碎煤产南”。另外对矿井通风排气、顶板管理等都有较详尽的记载。值得注意的是当时已经有“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，无疑我国劳动人民从长期生产实践中已累积了从煤层露头寻找煤层的经验。

综上所述，我国古代劳动人民不仅有悠久的用煤历史，而且积累了丰富的找煤经验和

煤田地质知识。这表明，我们的祖先在现代地质学诞生之前，就已经创造出在当时具有一定水平的科学技术。

煤田地质学是研究煤、煤层以及含煤建造的成因、性质及其分布规律的一门科学。建国以来，随着煤炭工业的蓬勃发展，开展了大规模的煤田地质勘探和区域地质研究工作。于五十年代末期，先后在我国北方的几个平原地区，发现了一批规模可观的隐伏煤田；进入六十年代中期，陆续在江南地区的红色地层、火山岩掩盖下，在逆掩断层推复的老地层下面，找到许多新煤田。三十年来，在大量的生产实践和科学研究过程中，积累了丰富的经验，极大地推进了煤田地质学科的发展，在煤质研究、含煤地层的划分对比、沉积岩相及古地理、地质构造对含煤建造形成的控制、煤田预测等方面也都取得了很大成就。

在煤质研究方面，根据多年来对我国各主要煤田开展的大量的煤岩学、煤化学研究，一九五六年曾提出了我国以炼焦用煤为主的分类方案，系统地编制了全国煤质资料汇编和煤质分布图。在对我国各时代煤田煤岩研究的基础上，初步总结了主要聚煤期煤的显微煤岩特征，探讨了若干煤田的显微煤岩组成的化学工艺性质，编印了煤岩图鉴。近期以来，初步提出我国煤的显微组份新的分类方案，推进了我国煤岩学研究工作。煤岩学已应用于煤层对比、煤的可选性研究、煤变质阶段划分和煤的还原程度的探讨。近期采用煤岩学方法和新的测试手段综合研究我国早古生代石煤的成因，取得了新的进展。此外，在进一步研究褐煤、无烟煤等煤种分类指标的基础上，正在拟定有利于煤种划分与煤质研究的新的煤炭分类方案。

我国煤的变质因素、变质规律以及煤变质类型等问题很早就引起地质及采矿部门的注意。不仅注意到由于含煤建造沉降到地壳深处而引起的深成变质作用，也深入探讨了接触变质和区域岩浆热变质的影响。近年来，由于地质力学的开展，构造应力变质现象，也受到广泛的注意和研究。显然，对煤变质的深入研究，对煤质的预测和评价具有重要意义。

在含煤地层的划分和对比方面，经过大量的生物地层学和岩石地层学的综合研究工作，对我国南北主要含煤地层进行了划分和对比，对某些地层的时代有了新的认识，如：过去统称为晚二迭世“龙潭组”的一部分，应归属为早二迭世茅口阶。由于在华南早侏罗世“安源煤系”中，发现了大量的晚三迭世海相瓣鳃生物群，从而明确了我国南方中生代主要聚煤期为晚三迭世。同时，对我国东北中生代含煤地层的研究也取得一定进展。由于在广西邕宁群中发现了“副两栖犀”和“石炭兽”等脊椎动物化石，证明其中大部分地层应属于老第三纪。五十年代以来，古植物、瓣鳃科、珊瑚、菊石、腕足类等化石的研究推动了含煤地层工作的开展，孢子花粉、介形虫等微体古生物也在煤系及上复地层的研究中广泛应用。另外，对矿区、煤田、省区及我国南、北方的含煤地层划分对比也开展了十分有益的研究工作，出版了大量的古生物图册和专著，为普查找煤铺平道路。

在含煤建造沉积规律的研究方面，通过对我国各类煤田含煤建造的岩性、岩相、旋回结构和古地理环境进行比较深入的研究，总结了我国煤系的沉积类型及其特征，进一步研究了不同岩相古地理环境与含煤性变化的关系，为煤矿产的预测普查提供了科学依据。在研究泥炭沼泽和现代滨海成煤环境的同时，对我国若干古生代煤田的岩相、古生物做了进一步分析，初步提出了海相成煤的理论。在深入研究若干煤田的沉积规律之后，获得了海进成煤、聚煤作用迁移变化规律、火山活动与成煤作用的关系等新认识。

近年来，在煤田预测和科研工作中，学习和运用地质力学理论和方法总结我国聚煤规律，得出了构造是控制含煤建造的主导因素这一基本观点，认识到构造体系控制着聚煤盆地的形成和演化，不同级别、不同序次的构造对聚煤带、煤盆地的挨次控矿关系，发现同沉积构造对富煤带有明显控制作用，总结了后期构造形变与煤系地层保存和分布的关系，这对于丰富和发展我国煤田地质理论起到了积极的作用。

三十年来，在伟大的中国共产党领导下，煤田地质学有了很大的发展，但与实现四个现代化的需要还是不相适应的，某些方面和国际先进水平相比还有较大的差距。许多新领域需要进一步探索，一些基本理论还需要深入研究。

为了使煤田地质科学有一个更快的发展，今后要扎实地做好基础地质工作，深入细致地收集积累反映煤田地质规律的各类地质资料；进一步加强煤岩学、煤化学、构造控煤、沉积学、聚煤古地理、煤变质作用等基本理论的研究；更加系统、深入地总结我国各主要聚煤期的聚煤规律；把遥感地质、数学地质等新兴学科引入煤田地质领域；运用微量、快速、高灵敏度的现代测试技术，进一步提高煤田地质研究的科学水平。

我国的煤炭资源极其丰富，品种多样，煤田地质工作有着广阔前景。在科学技术发展已进入新时代的今天，煤田地质科学也必将跨进以引入电子计算技术和空间技术成果为标志、以发展新的沉积理论、构造理论、煤的成因与变质理论为重点的新阶段。随着煤炭工业的迅速发展，煤田地质学科领域也将不断扩大，许多边缘学科将会不断诞生，新的技术手段也将日益增多，煤田地质工作的精度和科学预见性将大大提高，将会找到更多的新煤田，提供更准确更完整的煤田地质资料，为我国煤炭工业的高速度发展为实现祖国社会主义现代化做出贡献。





# 第一章

## 成煤作用

煤是植物遗体经过复杂的生物、地球化学、物理化学作用转变而成的。从植物死亡、堆积到转变为煤是经过一系列的演变过程，这个过程称为成煤作用。成煤作用大致可分为两个阶段：第一阶段是植物在泥炭沼泽、湖泊或浅海中不断繁殖，其遗体在微生物参加下不断分解、化合、聚积的过程。在这个阶段中起主导作用的是生物地球化学作用，低等植物经过生物地球化学作用形成腐泥，高等植物形成泥炭，因此成煤第一阶段可称为腐泥化阶段或泥炭化阶段。当已形成的泥炭和腐泥，由于地壳的下沉等原因而被上复沉积物所掩埋时，成煤作用就转入第二阶段——煤化作用阶段，即泥炭、腐泥在以温度和压力为主的作用下变化为煤的过程。成煤第二阶段包括成岩作用和变质作用，在这阶段中起主导作用的是物理化学作用。在温度和压力的影响下，泥炭进一步变为褐煤(成岩作用)，再由褐煤变为烟煤和无烟煤(变质作用)。

### 第一节 成煤植物及其有机组成

#### 一、低等植物和高等植物

成煤的原始物质是植物。植物界可分为低等植物和高等植物两大类。属于低等植物的有菌类和藻类，它们是单细胞或多细胞构成的丝状体或叶状体植物，没有根、茎、叶等器官的分化，全都是柔软的组织，构造比较简单，多数生活在水中。属于高等植物的有苔藓植物、蕨类植物和种子植物。高等植物是由某些低等植物经过长期演变而来，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，包括裸子植物和被子植物，有根、茎、叶、花等器官，并用种子繁殖。不论高等植物或低等植物，都可参与成煤作用而变成煤。在煤中常见的是高等木本植物的茎、叶、根等部分转变而成的组分(图1-1)。

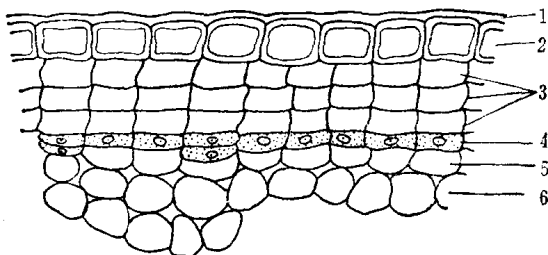


图 1-1 茎周皮切面示意图(据北京林学院,1961)

1—角质膜；2—表皮；3—木栓层；4—木栓形成果层；  
5—栓内层；6—皮层

化合物——包括纤维素、半纤维素和果胶质等。

植物和被子植物，有根、茎、叶、花等器官，并用种子繁殖。不论高等植物或低等植物，都可参与成煤作用而变成煤。在煤中常见的是高等木本植物的茎、叶、根等部分转变而成的组分(图1-1)。

#### 二、植物的有机组成

不论低等植物还是高等植物，主要都是由以下四类有机化合物组成的：1.碳水化合物——包括纤维素、半纤维素和果胶质等。2.木质素。3.蛋白质。4.脂类化合物——

111111

包括脂肪、蜡质和树脂、角质、木栓质、孢粉质等。各类植物的有机组成不同，而同一种植物各部分的有机组成也不一样（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	木 质 部	60~75	20~30	1	2~3
的 不 同 部 分	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

从表 1-1 可以看出，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素、半纤维素和木质素为主。木本植物各部分的有机组成差别很大，活细胞中的原生质主要是由蛋白质组成，茎和叶以纤维素、木质素为主，而角质膜、木栓层、孢子和花粉则含大量的脂类化合物。植物有机组成上的差异，直接影响它的分解和转化，影响到煤的性质和用途。下面简单介绍植物的有机组分与成煤作用有关的特点。

#### （一）碳水化合物

包括纤维素、半纤维素和果胶质等。

纤维素是构成植物细胞壁的主要成分。纤维素的大分子是由几千个 D-葡萄糖残基以  $\beta$ -1, 4 键相联结而成的多糖，具长链状结构，分子式为  $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。纤维素在溶液中呈胶体，容易水解。在活的植物中，纤维素对于微生物的作用很稳定，但当植物死亡后，在氧化条件下容易受需氧性细菌、霉菌等微生物的作用，而分解成为  $CO_2$ 、 $CH_4$  和水。在泥炭沼泽的酸性介质中，纤维素可分解为纤维二糖和葡萄糖等。

半纤维素和果胶质的化学组成和性质与纤维素相近，但比纤维素更易水解为糖类和酸。

#### （二）木质素

木质素也是植物细胞壁的主要成分，常分布在植物茎部的细胞壁中，与半纤维素等碳水化合物紧密结合，以增强其坚固性。木本植物的木质素含量高，针叶树的木质部中木质素含量比阔叶树多。木质素是具有苯基丙烷结构的芳香族的高分子聚合物，含甲氧基等官能团。

木质素的单体以不同的链连成三度空间的大分子，所以比纤维素稳定，不易水解；在植物死亡后也比纤维素难分解，但较易氧化成芳香酸和脂肪酸。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，并和其他化合物生成与腐植酸相似的物质，所以木质素是植物转变成煤的原始物质中很重要的有机组分。

### (三) 蛋白质

一般植物体内蛋白质含量不多，但由于它是组成植物细胞原生质的主要物质，所以在植物生命活动过程中起着重要作用。蛋白质是由若干个氨基酸按一定键结合而成的结构复杂的高分子化合物，含羧基和羟基，具有酸性和碱性，是一种具有强烈亲水性的胶体。低等植物中蛋白质含量高，如藻类、细菌。植物死亡后，若氧化条件充分，蛋白质可全部分解为气态产物而逸去。在泥炭沼泽和湖泊的水中，蛋白质可以分解或转变为氨基酸、卟啉等含氮化合物，参与成煤作用。煤中的氮和硫可能与植物的蛋白质有关。

### (四) 脂类化合物

脂类化合物通指不溶于水，而溶于醚、苯、氯仿等有机溶剂的有机化合物。脂类包括许多类型化合物，包括脂肪、蜡质，也包括树脂、角质、木栓质及孢粉质等。

#### 1. 脂肪

脂肪属于长链脂肪酸的甘油酯。低等植物含脂肪多，在藻类中含量达20%，高等植物一般仅含1~2%，且大多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，脂肪酸参加了成煤作用。在天然条件下，脂肪具有一定的稳定性，因此从泥炭或褐煤提出的沥青中能发现脂肪酸。

#### 2. 蜡质

在植物中成薄膜覆盖在茎、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个~36个碳原子的高级一元醇形成的酯类，化学性质稳定，不易遭到分解。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，胶状的树脂不断分泌出来保护伤口。针叶植物含树脂最多，低等植物没有。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，因此能很好地保存在煤中。我国抚顺第三纪煤中的“琥珀”就是由植物的树脂变成的。

#### 4. 角质和木栓质

植物的叶及嫩枝、幼芽、果实的表皮常常被覆着角质膜，角质膜就是人们过去常叫的角质层，它具有保护植物防止过度蒸发和防御病菌侵袭的作用。角质就是角质膜的主要成分，其含量可达50%以上(图1-2)。角质是脂肪酸脱水或聚合作用的产物，或是高分子脂

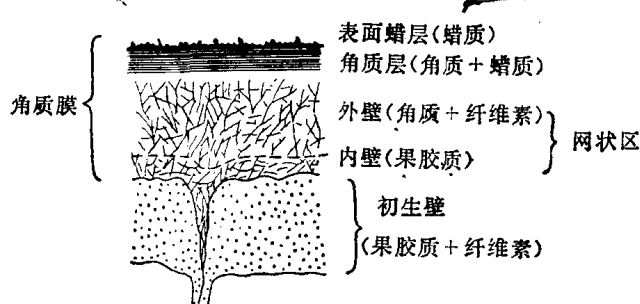


图 1-2 透射电子显微镜下角质膜的垂直切面示意图

(据C.杰弗里, Jeffrey, 1976)

肪酸与纤维素的酯，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酸醇及二羧酸、含大量碳原子(>C<sub>20</sub>)的长链酸类和醇类。

角质和木栓质的化学性质稳定，因此煤中常保存有植物的角质膜和木

栓层。

#### 5. 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，其化学性质甚为稳定，能耐一定的温度和酸、碱的处理，不溶于有机溶剂。古生代煤中，常保存有较多的孢子。

除上述四类主要有机化合物外，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，具有酚的特性。鞣质浸透了老年木质部的细胞壁、种子外壳，许多树皮中鞣质高度富集，如红树科树皮中鞣质含量达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。

色素是植物体内贮存和传送能量的重要因子，含有与金属原子结合的吡咯化合物结构。

综上所述，可以看出，不论是高等植物还是低等植物(包括微生物)，都是成煤的重要原始物质。成煤的原始物质不同，必然导致煤在性质上的差异和具有不同的用途。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”。这些由不同种类成煤植物所形成的各种类型的煤，称为不同成因类型的煤。

如成煤的原始物质主要是植物的根、茎等木质纤维组织，则煤的氢含量就比较低；如果是由含脂类化合物多的角质膜、木栓层、树脂、孢粉所形成的煤，则其氢含量高(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质的重要因素之一。

表 1-2 成煤植物各种物质的元素成分

元素组成(%)	C	H	O	N
成煤植物				
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	—
蜡质	81.0	13.5	5.5	—
角质	61.5	9.1	29.4	—
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 泥炭和腐泥的形成

高等植物能够大量繁殖、堆积并转变为泥炭的地方是泥炭沼泽，而低等植物繁殖、堆积并转变成腐泥的地方则是沼泽中的深水地带、湖泊、泻湖及浅海。研究现代泥炭沼泽和湖泊中泥炭、腐泥的形成特点，研究第四纪埋藏泥炭和腐泥的形成特点，能帮助我们了解

地质历史上煤的形成环境和形成过程，有助于分析煤层和煤质变化的原因和规律。

## 一、泥炭的形成

### (一) 泥炭沼泽

沼泽是地表土壤充分湿润、季节性或长期积水、从生着喜湿性沼泽植物的低洼地段。沼泽表层积累有大量有机质或泥炭。

世界上很多地区都有现代泥炭沼泽，据估计总面积达一百六十万平方公里。在我国，沼泽分布也很广，总面积达十一万平方公里，据初步统计，其中泥炭层堆积较厚的面积约为二万六千平方公里。

泥炭沼泽的形成和发育是地质、地貌、气候、水文、土壤、植物等多种自然因素综合作用的结果。不论是内陆地区，还是近海地区都可以形成泥炭沼泽。形成泥炭的沼泽植物可以是草本的，也可以是木本的。在不同的自然地理条件下所形成的泥炭沼泽及泥炭各有其不同的特点。

#### 1. 内陆泥炭沼泽

我国内陆有许多泥炭沼泽。泥炭沼泽面积较大的是川西北高原和东北地区。

川西北高原的若尔盖地区，就是一片辽阔的草本泥炭沼泽。这里是当年红军长征途中“过草地”的地方。若尔盖沼泽是一个四周被高山所环绕的盆地，南北长达 200 公里，东西宽达 100 公里。沼泽地区的基岩是三迭纪的轻变质岩系。在第四纪冰川消退以后，这里出现过许多湖群和河流。在地壳相对稳定或下沉缓慢的时期，湖群大部分演变为沼泽，河谷也由于冲积、淤积而沼泽化。现在在盆地内平坦而广阔的河谷和阶地上，在湖滨洼地，分布着成片的沼泽(图1-3)，沼泽总面积达2700平方公里。沼泽中长满了蒿草、苔草等喜湿的草本植物和藻类，堆积的泥炭层厚度一般为2~3米，厚的可达8米。泥炭呈褐色、暗棕色，含有大量水分，分解程度较低，可见未分解的草本植物残体。若尔盖地区气候寒冷，降水量大而水分蒸发很慢，盆地地形封闭且低平，土质粘重，排水不畅，使地表大面积长期积水，因而形成沼泽，并且造成草本植物的大量繁殖和泥炭的堆积。

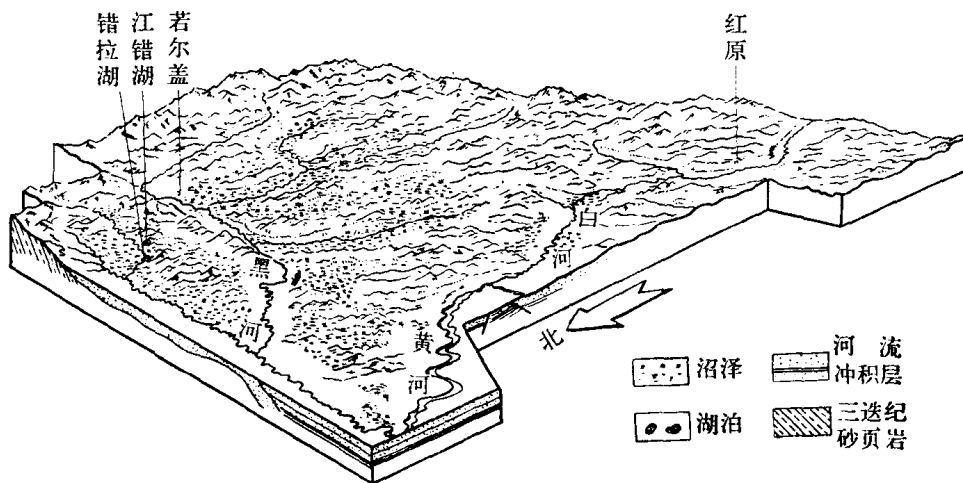


图 1-3 四川若尔盖沼泽区景观示意图(据柴岫等, 1965)

东北是我国泥炭沼泽分布最广的地区。三江平原、松嫩平原等地都有大面积的沼泽和

沼泽化地带。三江平原是黑龙江、松花江和乌苏里江冲积而形成的。这地区地壳长期下陷。由于地势低平，坡降平缓，排水不畅，地表又有较厚的粘土、亚粘土层，地处寒温带，有季节性冻层，透水性差，加以河道衰老、下切不深，排洪能力小于洪水流量，而降水较多又集中在夏秋季，造成了地表长期成季节性积水的现象。苔草群丛广泛分布在三江平原的低洼地、旧河道和水泡子边缘等处，形成所谓的“漂伐甸子”。“漂伐甸子”的泥炭层厚度常达40~50厘米，有时可达70厘米。

除川西北高原和东北地区外，我国各地区也都有不同类型的泥炭沼泽分布。如天山山麓、燕山南麓、太行山东麓冲积-洪积扇前缘的低洼地带受地下水溢出或冰雪融化水补给而形成泥炭沼泽。青藏高原那曲地区的河漫滩、湖滨和阶地上低洼地带常有沼泽及沼泽化草甸分布。江西南昌附近在海拔600~900米的山间盆地中，也有厚达3米多的泥炭层发育。

世界上许多地区也都有大面积的内陆泥炭沼泽发育。北半球的加拿大、英国、瑞典、芬兰、德国、波兰、苏联一带是世界上泥炭沼泽最发育的地带，其中大部分都是内陆泥炭沼泽。这些地区位于寒温带和温带，气候湿润，有利于植物的繁殖和堆积，而且几乎全部都分布在第四纪冰川范围内，冰川后形成了有利于泥炭堆积的地貌，在一些低洼地区泥炭沼泽大量发育，其中以凸起的泥炭藓沼泽为主，这些沼泽的底部往往有湖泊相富含有机质的淤泥发育。而位于赤道非洲的刚果盆地则是热带泥炭沼泽比较发育的地区。盆地周围是高原山地，刚果河(扎伊尔河)流至盆地内的丘陵平原，由于终年高温、雨量充沛，森林茂密，乔木高达30~80米，在盆地中上游的冲积平原内，水流平缓，内陆的森林泥炭沼泽和草本泥炭沼泽广泛发育。一般泥炭层厚度不大，仅0.6米，但局部也可达30米厚。

## 2. 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) 滨海平原泥炭沼泽 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三十米，地势低平。这地区自白垩纪以来，长期下陷，沉积了一套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，泥炭沼泽发育，有些面积达几千平方公里。

如美国的底斯摩沼泽位于温带地区，面积曾达5700平方公里(现在局部已疏干，被开垦利用)，地形低洼，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，由于冰期后海面升高，引起潜水面升高，使分布在河漫滩的森林沼泽逐渐扩大，到3500年前整个地区全被泥炭层所覆盖。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、水紫树、白雪松等植物(图1-4)。沼泽植物有很多特点，首先，由于沼泽植物不能象陆生植物那样，将根插得很深，因此需要某种特殊的适应以保持其稳定，通常树干的基部加宽，根向各方向撑开，支持树体以免倾倒。此外，由于沼泽植物的根常被水所淹没，所以发育有特殊的气根，伸出水面，保持根部的呼吸。广阔的沼泽中时有无数粗大的树木被风吹倒，淹没在沼泽里，树干、树枝、树叶以及植物细屑不断沉入水中，形成泥炭，泥炭层厚达3~7米，泥炭增长速度平均为每年2~2.5毫米。底斯摩沼泽由于靠近海岸，低洼平坦，地壳稍有升降就会引起海水大面积进退。这种环境和晚古生代发育在海岸地区的某些煤系沉积环境比较相近。

(2) 三角洲平原泥炭沼泽 美国密西西比河三角洲及墨西哥湾北岸发育着大片的滨



图 1-4a 美国Okaloosa沼泽的落羽杉森林，  
开阔的水域繁殖着水生植物、蕨类植物及灌木丛



图 1-4b 美国佛罗里达州岛状森林沼泽边缘  
的落羽杉。落羽杉树干基部的黑印是渍水水面  
的痕迹，地表浅色部分是藻类堆积物

(据E.施塔赫, Stach, 1975)

海沼泽，面积达3万多平方公里。局部伸入到大陆内部达五十公里(图1-5)。各种植物带及其相应的沼泽平行海岸分布，由滨海生长网茅等草本植物的咸水沼泽，在陆地上变成繁殖莞属等植物的微咸水沼泽，生长芦苇、菅茅等的半微咸水沼泽，最后变成以香蒲、芦苇、拟菰为主的淡水沼泽。密西西比河三角洲平原上湖沼密布，沼泽化程度很高，现代泥炭的厚度可达4米左右。在离天然堤近的地方，由于经常受洪水泛滥的影响，泥炭含粘土和粉砂较多，而远离天然堤的地方所形成的泥炭含无机质少。根据C<sup>14</sup>同位素测定结果，在近六千年中，由于河道多次迁移，共形成了十六个三角洲瓣，在每一个瓣的三角洲平原上都

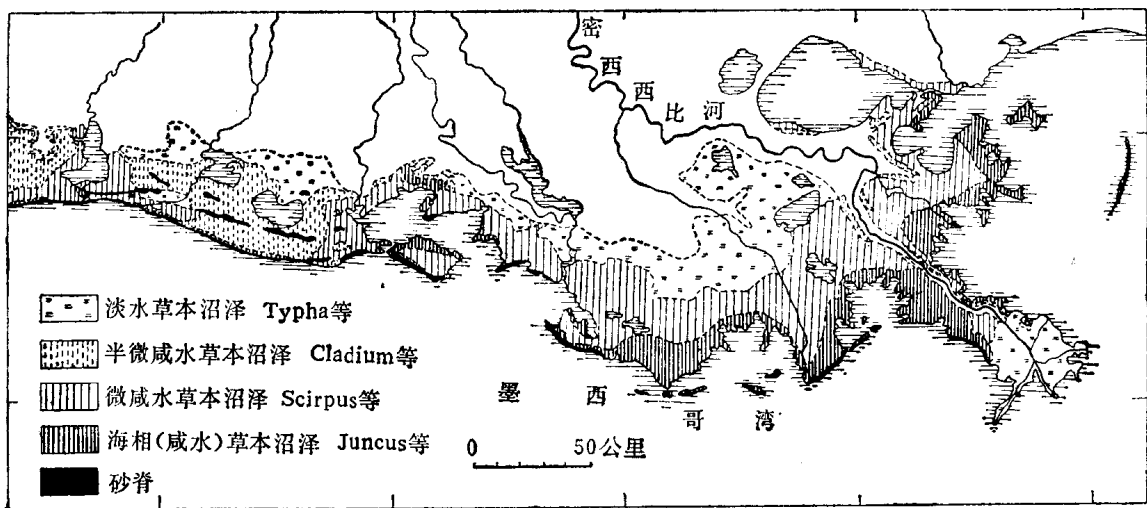


图 1-5 墨西哥湾北部海岸各种类型的沼泽分布图

(据奥尼尔, 1949及M.Th.泰希缪勒, 1962)

有泥炭沼泽相发育，形成多层泥炭及有机质腐植土。一般支流河道发育的地区，河流常泛滥，泥炭堆积范围较小，泥炭层往往呈透镜状，在短距离内即变薄、尖灭(图1-6-A)；而在远离河道的地区，泥炭层广泛发育，持续时间较长，可形成四、五米厚，在几十公里范围内都比较稳定的泥炭层(图1-6-B)。

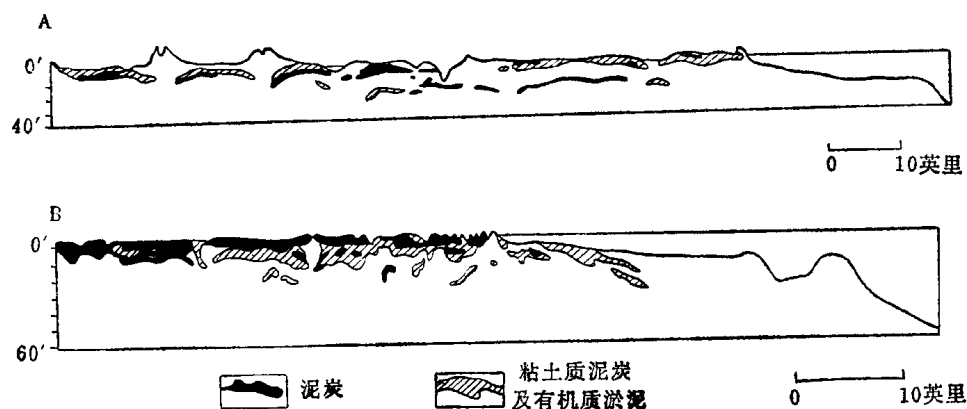


图 1-6 密西西比河三角洲体系泥炭沼泽相分布示意剖面(据弗雷泽, Friezer, 1967)

恒河、湄公河、尼日尔河、亚马逊河、多瑙河等世界上许多大河的三角洲沼泽化程度都比较高，但泥炭沼泽并不太多，泥炭层厚度也不大。我国的长江和珠江三角洲平原下都有埋藏泥炭层。如珠江三角洲平原下普遍发育有两层全新世的埋藏泥炭，厚度一般为0.5~2.0米，可达4米。研究表明，这些泥炭是在古三角洲平原的低洼地带形成的，其植被组成与现代三角洲平原的相似。

(3) 红树林泥炭沼泽 红树林泥炭沼泽是一种特殊类型的滨海泥炭沼泽。红树林是热带地区的海岸植被，它生长在滨海的浅滩上。涨潮时，潮水淹没了浅滩，树干被浸泡在水中，只有树冠漂露在海面上，成为一片“海洋森林”，落潮后，露出的树干常沾满了污泥，树根周围堆积了大量浮泥。海滩上茂密的红树林有减低流速和加速沉积的作用。为了适应长期浸泡在海水与淤泥等缺乏空气的环境中生活，为了适应海岸的风浪，红树具有发达的支柱根和气根(图1-7)。红树的生长要求终年无霜、温暖而潮湿的气候，世界上红树大致分布在南北回归线范围内。

我国的红树林主要分布在广东(包括海南岛)和福建南部沿海，广西和台湾沿海亦有少量分布。红树林适宜在风平浪静、淤泥深厚的海滩生长发育。如海南岛文昌县铺前港是一个溺谷状海湾，湾口、湾中砂堤、砂嘴发育，半封闭了海湾，沿岸的河溪在雨季把大量细粒物质带入港湾，形成了细粉砂软泥和含淤泥粗粉砂等浅滩，给红树林发育带来了良好的底质条件。文昌县的清澜港、万宁的港北港、陵水的新村附近、崖县的三垭湾、儋县排浦等地海湾、沙坝后侧的泻湖内红树林沼泽普遍发育。沼泽内由于红树的枯枝落叶积聚腐烂，淤泥中富含有机质，发出恶臭。泥炭层厚度在广西钦州可达5米。

美国佛罗里达半岛西海岸红树林沼泽相当发育。红树林带沿海岸低地绵延数百公里，宽达16公里，红树高达20余米(图1-8)。泥炭层厚1~5米，泥炭的硫分和灰分都高。有些地区由于潮汐波浪过于强烈，带来了富含新鲜氧的海水，植物死后地表部分腐朽分解，仅地下的根部被保存下来。佛罗里达半岛地处亚热带和热带，雨量丰沛，化学风化强烈，地形极其





图 1-7 海南岛三亚湾红树林，可见气根和支柱根

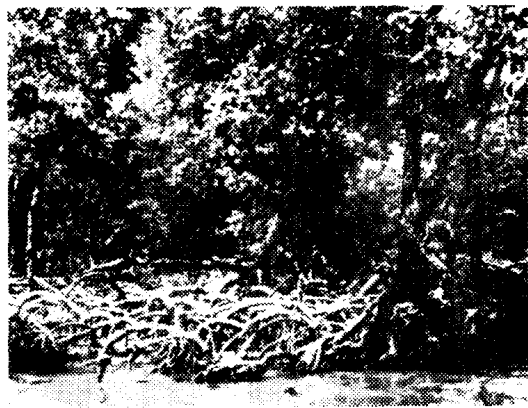


图 1-8 美国佛罗里达州万岛群岛红树林景观 (据M.格兰特 格鲁斯, Grant Gross)

平缓。在滨海、浅海地带广泛分布着钙质软泥或钙质介壳砂、藻屑砂、鲕状砂、含钙质石英砂等沉积物。与泥炭沼泽毗邻的海湾，水很浅，有的仅1~2米深，沉积着微粒碳酸盐。海湾中许多小岛上也被覆着茂密的红树林。有些地区早期形成的红树林泥炭层已被海湾相介壳软泥所覆盖。在更新世鲕状灰岩中也夹有泥炭层(图1-9)。这种沉积环境和我国广西、黔东某些地区晚二迭世煤系沉积有相似之处。

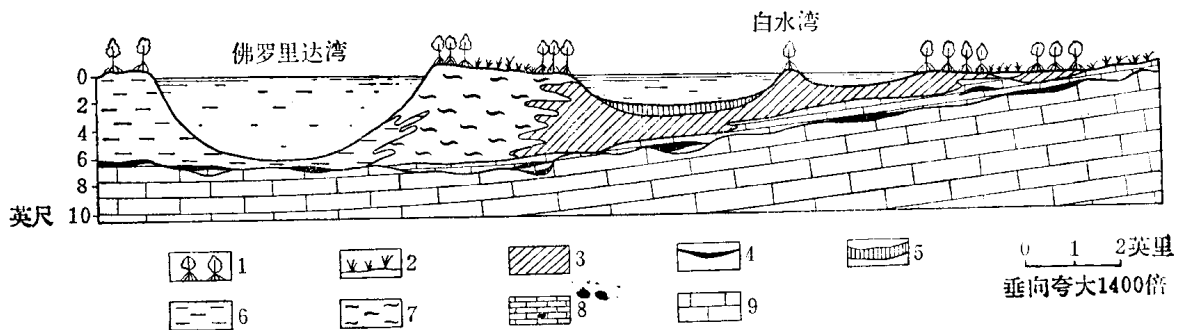


图 1-9 美国佛罗里达湾-白水湾红树林泥炭沉积剖面 (据W.斯巴克曼, Spackman, 1966)

- 1—红树林; 2—沼泽草本植物; 3—红树林泥炭; 4—泥炭; 5—介壳软泥; 6—海相碳酸盐软泥;
- 7—泥灰; 8—淡水钙质软泥; 9—更新世鲕状灰岩

马来西亚、苏门答腊、加里曼丹和新几内亚-巴布亚等亚洲热带地区，红树林沼泽也很发育。

### (二) 泥炭化作用

高等植物死亡以后，变成泥炭的生物化学作用过程称为泥炭化作用。

过去对煤主要是由植物的哪些有机组分变成的，争论很大。有人认为，煤主要是由植物的木质素形成的；也有人认为，煤主要是由纤维素形成的。近代研究资料表明，植物所有的有机组分和泥炭沼泽中的微生物都参加了成煤作用，而且各种组分对于形成泥炭与泥炭进一步转变为煤的过程都有影响，在不同程度上决定着煤的性质。泥炭化过程中，有机