

# 煤田地质学

上册

武汉地质学院煤田教研室 编

地质出版社

# 煤田地质学

上册

武汉地质学院煤田教研室 编

地质出版社

煤 田 地 质 学  
上 册

武汉地质学院煤田教研室 编

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1979年4月北京第一版·1979年4月北京第一次印刷

印数1—12,320册·定价2.70元

统一书号：15038·新 376

# 前 言

本书着重介绍煤田地质学的基本理论、基本知识和若干基本研究方法，以供研究生、大学生和广大煤田地质工作者参阅，亦可作为高等院校煤田地质及勘探专业的教学参考书。

本书试图在一些重要章节中反映我国煤田地质工作的丰富实践，并在此基础上结合本教研室多年来在研究工作中的体会，对若干煤田地质的理论与实践问题做出进一步的概括，也还试图在一些主要章节中反映国外煤田地质研究的新进展。但限于作者们的水平和编写工作的短促时间，我们对许多问题的概括和分析还很不成熟，对国际先进水平的反映也很局限。

本书编写过程中得到了煤炭部地质局所属公司、野外队和研究所，煤炭部所属矿务局和煤矿，地质总局所属各省局、队和研究所，煤炭部地质勘探研究所，湖北地质研究所，地质力学研究所，吉林泥炭沼泽研究室，南京地质古生物研究所等科研单位，以及许多兄弟院校的热情支持，并提供了大量资料和宝贵意见，使此书的编写工作才能得以完成，在此表示衷心感谢！

本书的编写任务由武汉地质学院煤田教研室杨起、李思田、陈钟惠、李宝芳、黄迺和、杨士恭、杨焕祥、李祯、古荣高、黄家福、翁成敏、胡益成和温显端等组成编写组共同完成，潘治贵、傅泽明、赵根榕和廖玉枝也参加部分；初稿完成后，由陈钟惠、李思田、黄迺和和黄家福进行编纂，最后杨起对全书进行了审校；全书插图的清绘工作由武汉地质学院绘图室完成。

鉴于全书篇幅较大，分上下两册出版，书中一定会有不少错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

## 绪 论

煤是植物遗体经过生物化学作用，又经受物理化学作用为主的地质作用转变而成的沉积矿产。它是由多种高分子化合物和矿物质组成的复杂混合物，是极其重要的能源和工业原料。

我国是世界上用煤最早的国家，文字记载见于两千五、六百年前的地理名著《山海经》，当时称煤为“石涅”，书中几处产“石涅”的地点，都是现今煤田的所在地。显然我国发现和开始用煤当远早于此。及至西汉我国已用煤冶铁，河南巩县还能见到西汉（公元前205—25年）使用煤饼炼铁的遗迹。魏晋称煤为“石墨”或“石炭”，晋《水经注》上有“石墨可书，又燃之难烬，亦谓之石炭”。随着生产的发展，煤的用途日广，开采益盛。象抚顺煤矿中唐代器皿的发现，太行山东麓、山东淄博等煤田至今尚有唐代采煤的遗迹就是很好的说明。宋朝用煤更加普遍，已是“汴京数百万家，尽仰石炭，无一家燃薪者”。曾于元代末来我国的意大利人马哥勃罗（Marco Polo, 1254—1324）写道：“中国全境有一种黑石，采自山中，如同脉络，燃烧与薪无异，其火候较薪为优……，致使全境不燃他物”。说明在我国普遍用煤已经若干世纪之后，有的西方国家还未发现这种矿产。

明代医学家李时珍在其名著《本草纲目》中叙述了煤的医药性能并写道：“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”。煤这一名称沿用至今。明代宋应星在《天工开物》中按块度将煤分为明煤、碎煤和末煤三类，并指出明煤产北，碎煤产南；又按用途分类：炎（同焰）高者曰饭炭（同煤），用于炊煮，炎平者曰铁炭，用于冶铁。我国历代用过的其它煤的名称，也很好地反映出我国古代劳动人民对煤工艺性能的深刻认识，如“黑石脂”指出某些煤含有较多的沥青质，而“焦石”则明显地指出了煤的结焦性能。恩格斯在《自然辩证法》中指出：“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的”。我国劳动人民在长期找煤、采煤和用煤的生产实践中积累下来关于煤的丰富知识，其中的一部分就是煤田地质学的内容。

煤不仅是重要的能源，它还是冶金工业和化学工业极其重要的原料。通过炼焦可以获得焦炭、煤焦油和焦炉气。其中焦炭主要用于冶金，也可与水蒸气和氮制成氨，以制造化肥，焦炭还可与石灰制成有机化学工业的原料电石，以制取塑料、合成纤维、合成橡胶、电影胶片、有机玻璃、炸药、农药以及用于焊接和切割金属等。利用炼焦的副产品煤焦油分馏出的轻油、酚油、萘油、洗油和葱油等为原料，制成的产品如药品、农药、炸药、香料、染料、塑料、油漆、合成纤维、合成材料、橡胶填料等已达百余种。炼焦的另一种副产品焦炉气既是冶金和民用燃料，同时也是重要的化工原料。煤的综合利用远不止这些，象从煤中和石煤中提取锗、镓、钒、镍、铜、铀等元素，利用氧化煤、泥炭和褐煤制造腐植酸类肥料，低热能的煤矸石、石煤燃烧后还可制成建筑材料等等。可以说煤浑身是宝，是工业的真正粮食。

煤是国民经济发展不可缺少的矿产资源。煤的产量和以煤为重要原料的钢铁产量是衡量一个国家工业发展程度的重要指标。解放前由于帝国主义和国民党反动派对我国煤炭资

源的掠夺性开采，使我国煤炭工业处于极端落后的状态，产量只是世界的第九位；解放后煤炭工业掌握在人民手中，得到了迅速发展，煤的产量已经跃居世界第三位，促进了社会主义建设事业的蓬勃发展。尽管我国现在的煤炭产量上升得很快，但是仍然满足不了国民经济各部门飞跃发展的需要。为了把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国，作为国民经济先行部门的煤炭工业，必须以更高的速度向前发展。

我国的煤炭资源极为丰富，不仅探明储量多，分布广，煤种齐全，而且远景潜力大。作为煤炭工业——国民经济先行部门的尖兵，煤田地质工作者肩负着为祖国的社会主义建设找到和探明又多又好的煤炭资源和发展煤田地质科学的重任。在当前，煤田地质战线的主要任务是：确保大型煤炭基地建设和原有煤炭基地发展的需要，在老矿要往深处探，广处探，扩大煤炭保有储量，在新建矿要高速度、保质保量地提供足够的煤炭资源；要为大区煤炭基本自给、扭转北煤南运提供新的煤炭基地，不仅要探明足够的储量，而且要找到足够的适合各种工业用途的煤种，并将煤田精查提前五年，煤田普查提前十年，以确保煤矿建设持续高速度地发展。面对上述任务，应该加强煤田地质科学基本理论的研究，从成因上搞清我国的煤田、煤系、煤层和煤质的特点和分布规律，从应用上摸索总结出一套适合我国特点而又行之有效的预测找煤和煤田地质工作方法。

煤田地质学的研究内容主要应包括下列几个方面：

#### （一）煤的物质成分和性质的研究

由于研究内容和手段的不同，又分为两个方向：一是把煤作为一种岩石，从岩石学的角度研究煤的组成成分和类型；一是从化学的角度研究煤的成分和性质。这两个方面目前都已发展成独立的分支，即煤岩学和煤化学。从长远发展来看，煤作为一种宝贵的化学工业原料使用的比例将愈来愈扩大，煤的物质成分和性质的研究也将日益深入，正如我国卓越的地质学家李四光同志指出的：“象煤炭这种由大量丰富多彩的物质集中构成的原料，不管青红皂白，一概当做燃料烧掉，这是无可弥补的损失”。因此对煤的各种组成包括有益的和有害的成分都需分别进行更深入的研究。

#### （二）成煤作用的研究

由植物转变成煤经历着十分复杂的过程，这就需要研究成煤作用各阶段的条件、因素和变化过程，这样才能找出煤的成分、性质复杂多样的原因，从而才能正确地进行煤质评价，认识煤质的分布变化规律并进行煤质预测。

在研究成煤作用的第一阶段——泥炭化作用阶段时是和沼泽学、植物学、有机地球化学等学科密切结合进行的，包括研究泥炭和腐泥的形成环境、堆积方式和转变条件等；研究这个阶段发生的生物化学变化过程，目前已经深入到研究煤中不同组分的成因。

在研究成煤作用的第二阶段——成岩和变质作用阶段时则需研究成岩和变质因素以及煤的成分、性质在成岩和变质过程中的规律性变化，特别是褐煤和无烟煤的成分和性质在煤化过程中的变化。

#### （三）含煤岩系和煤层的研究

不仅包括含煤岩系的岩性、岩相组成、岩性组合类型以及韵律结构等内容，更重要的还要深入研究含煤岩系和煤层的形成条件。这方面的研究又有两个分支方向，即沉积古地理方向和古构造方向。由于地质力学在煤田领域中的应用，使煤田古构造研究有了更快的进展。上述两个方向是密切结合不可分割的，由于古构造和古地理条件是煤层和含煤岩系

形成的主要控制因素，因而这两个方面的研究也是含煤性预测的主要理论基础。

以上是含煤岩系和煤层形成条件方面的研究，而后期变化方面也有许多重要的研究内容，如煤层和煤系的构造形变、变质作用类型以及风化作用影响等。

#### (四) 区域煤田分布规律的研究

从植物演化、气候条件、古地理环境、古构造因素等方面研究煤聚积的规律性。在上述研究基础上进一步探讨形变对含煤岩系赋存和分布的影响则属于煤田分布规律的研究内容。

这项研究内容都是着眼于较大区域，直到研究全球性聚煤带的分布。近年来研究巨型构造体系对煤田分布的控制是我国一个带特色的方向，海水进退规律对聚煤作用的影响也是重要的研究方面。

以上概括的四个方面都有丰富而复杂的研究内容，它们又与基础科学、边缘科学（如地质力学、有机地球化学）有密切关系，因而领域比较广阔。在上述基本内容的基础上还有大量的实际应用方面的问题如煤层对比方法、煤田预测等亦都属于煤田地质学的研究范畴。

为了把我国建成四个现代化的社会主义强国，煤田地质研究工作必须在理论、方法以及应用等多方面取得迅速进展，更好地为生产服务，这就是我国煤田地质战线正在全力以赴去实现的光荣而艰巨的任务。

# 第一篇 煤和成煤作用

煤是植物遗体在自然界经历了复杂的变化而形成的，这一转化的全过程叫做成煤作用。成煤作用可明显地分为两个大的阶段：第一阶段是在地表条件下，在沼泽和湖泊等环境中发生生物化学变化过程，经过这一过程形成了煤的前身——泥炭和腐泥，因此这个阶段称为泥炭化和腐泥化作用阶段。第二阶段是泥炭、腐泥被上覆沉积层覆盖后，由于温度、压力和时间等因素的作用而发生一系列物理化学变化过程，这个过程的早期阶段为成岩作用，使泥炭和腐泥转变成褐煤；后期则为变质作用，使已经形成的褐煤进一步发生重要的变化。成岩和变质作用总称为煤化作用。

由于成煤的原始植物质料、聚积环境和煤化作用经历的不同，必然形成各种各样性质互异的煤。首先，按照原始植物质料和聚积环境的不同可将煤分成三大类：

1. 腐植煤类：其前身是高等植物遗体在沼泽中形成的泥炭；
2. 腐泥煤类：其前身是低等植物遗体在湖泊等水体中形成的腐泥；
3. 腐植腐泥煤类：成煤原始质料兼有高等植物和低等植物，聚积环境介于前两类之间的过渡情况。

以上三种成因类型的煤在成煤作用第一阶段已经定型，但经过煤化作用转变成煤后还会进一步发生有规律的变化，如腐植煤类在煤化过程中的变化系列是褐煤—烟煤—无烟煤，其它煤类也有相应的变化阶段。

鉴于煤的物质成分和性质是认识成煤作用、区别各种不同类型煤的基础，下面将首先从煤的岩石学角度和煤化学角度进行介绍。

## 第一章 煤的岩石组成和物理特征

煤是可燃有机岩石，它在岩石组成上常具有明显的不均一性。一方面表现在煤是有机物质和无机物质混合组成的复合体；另一方面还在于组成煤的主体部分——植物有机残体所具有的复杂性和多样性。煤的这种不均一性无论对煤的性质或对煤的加工利用都发生深刻的影响。因此，我们对煤质的研究常围绕以下两个主要方面进行。

第一，把煤作为一类岩石，研究它的物质组成和各种物理化学性质，这就要求我们从煤和煤层中划分出基本的岩石单位，分类分层地加以研究。

第二，把煤作为一类矿石，研究它们在当前技术经济条件下加工、综合利用的合理途径。因此，除了上述按岩石分类分别进行研究的要求之外，还要按照煤的加工利用的生产现状进行研究。



研究煤的岩石组成和物理特征，通常采用煤岩学的方法进行，即用肉眼的和显微镜等光学仪器对煤进行研究。

研究煤的岩石组成和物理特征，对于正确评价煤质，确定煤的合理用途，研究煤炭资源的综合利用都有重大的实际意义。

## 第一节 煤的显微组分

煤的显微组分是指在显微镜下可以区别和辨认的煤的基本组成成分。按煤的成分和性质分为有机显微组分和无机显微组分两大类。有机显微组分指显微镜下观察到的煤中由植物残体转变而成的显微组分；无机显微组分指显微镜下观察到的煤中矿物质。

运用显微镜研究煤，通常有两种方法：一种在透射光下研究煤的薄片，主要鉴定标志是颜色（透光色）、结构、形态、透明度和轮廓等；一种在反射光下研究煤的光片，主要鉴定标志除颜色（反光色）、结构、形态和轮廓外，还有突起、反光性等。反射光下观察又分为普通反射光（物镜在空气介质中观察）和油浸反射光（物镜在浸油介质中观察）两种。后者由于浸油的折光率（一般采用 $N \approx 1.515$ ）与物镜的光学玻璃的折光率相近，减少了空气中折射的影响，使光线集中，而各显微组分的特征更为显著，易于识别。

### 一、煤的有机显微组分

有机显微组分按照成因标志和工艺性质的不同大致可以分成四组：凝胶化组、丝炭化组、稳定组和腐泥化组。

#### （一）凝胶化组分

凝胶化组分是煤中最常见最重要的显微组分。它是在泥炭化阶段和成岩阶段，植物的木质纤维组织经过凝胶化作用形成的。所谓凝胶化作用，实质上包括两方面内容，一是植物组织在生物化学作用下分解、合成产生新的化学物质；二是植物组织在沼泽水的浸泡下吸水膨胀，使植物细胞结构变形、破坏以至消失。前一种作用是不可能用显微镜下观察到的，用显微镜研究煤，只能观察到植物组织的后一种变化。A. И. 金兹堡 (Гинзбург) 所概括出的植物组织结构分解变化示意图，形象地反映了后一种作用的变化过程（图 I-1）。

在透射光下，凝胶化组分大多呈橙红、棕红到褐红色，透明到半透明，其变化主要取决于变质程度和切片厚度；一般质地均一，不含或少含其它外加物质，并常因物质均匀收缩而产生明显的垂直裂纹。在普通反射光下呈灰色，油浸反射光下呈深灰色，没有突起。

按照结构和形态特征的不同，可把凝胶化组分分为下列几种：

#### 1. 木煤

植物细胞结构保存完好，或者细胞壁轻微膨胀加厚，细胞腔排列规则，有时显示年轮，细胞腔在切面上常呈椭圆形、圆形或长条形。细胞腔中空或有时被矿物质或有机质充填。具有木煤结构（图版 I-1、II-1）。透射光正交偏光下具有明显的条带状消光现象。木煤在煤中多呈凸镜状或碎片状。

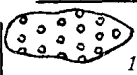

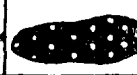




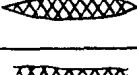

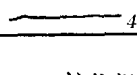
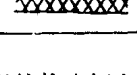

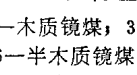
结构 \ 颜色	橙红 → 红	棕 → 深棕	黑
木煤的	纤维炭化  1	 5	 9
	 2	 6	 10
木质镜煤的	 3	 7	 11
镜煤的	 4	 8	 12
无结构的	 13		

图 I-1 植物组织结构分解变化示意图

1—木煤；2—木质镜煤；3—镜煤；4—凝胶化基质；5—半木煤丝炭；6—半木质镜煤丝炭；7—半镜煤丝炭；8—半凝胶化基质；9—丝炭；10—木煤丝炭；11—木质镜煤丝炭；12—镜煤丝炭；13—丝炭化基质

(据A. И. 金兹堡)

## 2. 木质镜煤

细胞壁明显膨胀加厚，细胞腔时有时无，仅留下少数大小不等的细胞腔，排列不规则，细胞结构模糊。有的细胞壁膨胀更甚，细胞腔几乎完全消失，仅由于腔和壁的颜色深浅不同，显示出团块状结构。正交偏光下可清晰见到条带状消光现象，轮廓明显。通常呈凸镜状出现，角质体镶边的存在可作为团块状木质镜煤的特征之一（图版 I-2、II-2）。

## 3. 结构镜煤

细胞壁强烈膨胀，细胞腔全被凝胶化物质所充填，仅仅根据原细胞腔和细胞壁部位的颜色深浅的不同，才能大致辨认原来细胞结构的痕迹（图版 II-3）。

有时在显微镜下看不出细胞壁有强烈膨胀迹象，而细胞腔多被均匀的有机物质所充填，细胞结构清楚。在正交偏光下，结构镜煤通常呈现微弱的条带状消光和网状消光现象。在煤中呈条带或凸镜状分布。

## 4. 无结构镜煤（又称均一镜煤）

细胞壁强烈膨胀分解，在透射光下细胞结构完全消失，显现均一状结构；惟在正交偏光下有时仍能隐约见到细胞结构的残迹，如微微显出粒状或均匀消光现象。无结构镜煤常呈条带状、凸镜状出现，轮廓清楚，有时有垂直裂纹或角质体镶边（图版 II-3、I-4）。

## 5. 凝胶化基质（透明基质）

凝胶化基质是煤中最常见的显微组分，它经常作为稳定组分、丝炭化碎片和矿物质的胶结物存在（图版 III-2）。透射光下呈橙、红、褐色，透明到半透明；反射光下则呈不同色调的灰色。

凝胶化基质在显微镜下可分两种：一种是完全无结构的均一凝胶化基质，在高倍（400—600倍以上）镜下也呈现均一性；另一种是有结构的不均一凝胶化基质，常呈团块状或木质镜煤状。透射光下根据色调深浅的不同，可以看出它们是由大小不同、形状各异的斑点、团粒或凝块集合而成的。

#### 6. 凝胶化浑圆体

煤中偶见一些圆形、椭圆形及纺锤形的物体，轮廓很清楚，透射光下呈红褐色，表面光滑，一般结构均匀致密，甚至在正交偏光下也呈现均匀消光现象（图版Ⅲ-1）。反射光下呈灰色，突起低，有的呈不规则槽状或圆形凹陷。其成因尚不十分清楚。

#### 7. 凝胶化菌类体

高等植物内部有时寄生着低等植物的真菌等菌类，由菌类的繁殖器官构成的菌类体往往由菌丝紧密交结并具有坚硬暗黑的外膜。菌类体呈椭圆形或圆形，常具有网格状结构，轮廓清楚，透射光下为褐红色。反射光下呈灰白色，突起不高。第三纪煤中较为常见，多为真菌菌类体。此外还有椭圆环状的菌孢子。国外烟煤中则有由细胞分泌的菌类体出现，但较罕见。

### （二）丝炭化组分

丝炭化组分也是煤中比较常见的显微组分。它是植物的木质——纤维组织在泥炭化阶段经强烈碳化（丝炭化）而形成的。丝炭化过程不仅可以直接作用于未经变化的植物遗体，也可以作用于不同凝胶化阶段的产物，也就是说，可以与不同程度的凝胶化作用相重叠。因此，植物细胞结构的保存程度上也存在着与凝胶化产物相应的不同显微结构系列（图Ⅰ-1）。

丝炭化组分的细胞壁由于高度碳化而在透射光下呈黑色不透明，反射光下突起高，呈白色，油浸反射光下为白色到亮黄白色，空的胞腔因光线散射呈黑色。细胞腔中空或被矿物质所充填。

按照结构和形态特征的不同，可把丝炭化组分分为下列几种：

#### 1. 丝炭

植物细胞结构保存清楚，与木煤相当，有时还可以看到局部的年轮。一般丝炭的胞腔宽大而胞壁较薄，胞腔形状有扁圆形、圆形和长方形等（图版Ⅲ-3、Ⅳ-1）。胞壁有厚薄两种。由于丝炭本身空隙较多，脆度很大，在后期受到外力作用时常发生各种变形，挤压破碎成褶曲状、弧状和星状等次生结构；有时遭受强烈挤压而全部破碎压紧，以致无法辨认出植物的原生结构。丝炭细胞腔常被黄铁矿、粘土矿物等充填。煤中丝炭多呈凸镜状、条带状或碎片状，有时成薄层出现。

#### 2. 木质镜煤丝炭

细胞壁加厚，细胞腔缩小，细胞结构不很清楚，排列亦不规则，有时只保存个别胞腔。具有相当于木质镜煤的结构（图版Ⅳ-2）。在煤中较常见，多呈凸镜状出现。

#### 3. 镜煤丝炭

透射光下几乎全部呈黑色不透明，极少看到细胞结构痕迹，通常成条带或凸镜体出现，有时可见垂直裂纹。镜煤丝炭在煤中比较少见。

#### 4. 丝炭化基质（不透明基质）

透射光下不透明。反射光下呈白色，微突起。油浸反射光高倍镜下有时见到呈均一状

或粒状、团块状、棉絮状及条带状结构的丝炭化基质，可夹有稳定组分、凝胶化基质团块与凸镜体或轮廓清晰的丝炭微粒、矿物质等。丝炭化基质在煤中比较常见。

#### 5. 丝炭化浑圆体

透射光下为黑色不透明，反射光下呈亮白色，凸起高。形状多为圆形或椭圆形，表面光滑，轮廓很清楚。煤中较少见。

#### 6. 丝炭化菌类体

透射光下为褐黑色及黑色，反射光下呈黄白色，具中高突起。常成群出现。其它特征与凝胶化菌类体相似。

### (三) 稳定组分

稳定组分是成煤植物中化学稳定性强的组成部分，在泥炭化和成岩阶段几乎没有发生什么质的变化而保存在煤中的组分。稳定组分包括孢子体、花粉体、树脂体、角质体、木栓体和不定形体等。它们在透射光下透明到半透明，呈黄色到橙红色，轮廓清楚，外形特征。反射光下呈深灰色，低突起。油浸反射光下呈黑灰色—灰黑色。

#### 1. 孢子体和花粉体

孢子体是孢子植物的繁殖器官。一般雌性的孢子体较大，称为大孢子体；雄性的孢子个体较小，称为小孢子体。大孢子体的直径 $>0.2-1.5$ 毫米，通常在放大镜下甚至肉眼下就可看到。小孢子体的直径平均 $0.03-0.1$ 毫米，仅在显微镜下才能辨认。花粉体是种子植物的繁殖器官，体积更小，一般小于 $0.05$ 毫米。

大孢子体在煤中多被压成扁平体，纵切面呈封闭的长环状，其宽度与长度的比例从 $1:10$ 到 $1:20$ 。内缘平滑，不具锯齿，外缘平整或附瘤状、针状和刺状等各种纹饰。末端转折处呈钝圆形，有时有局部的折叠（图版V-3、V-1）。

小孢子体的纵切面常呈长圆形，扁圆形或似三角形（图版V-4）。常以群体聚集，成堆出现，称为小孢子群（图版IV-3）。花粉体与小孢子体形态相似，主要区别在于小孢子体多有三射裂纹或单射裂纹，而花粉体没有（图版V-2）。

孢子体和花粉体的颜色在普通透射光下呈浅黄色到橙黄色。透明到半透明。反射光下呈浊黑色，微突起。

孢子和花粉都由单细胞构成，发育在特殊的孢子囊（或花粉囊）中（图版IV-4）。外部的孢子囊和孢子内含的原生质一般都不稳定，难以保存下来。通常见于煤中的是孢子体和花粉体的细胞壁的中层，即由化学性质极其稳定的孢粉素构成的薄膜。

古生代是孢子植物繁盛时期，故古生代煤中孢子体较多，花粉体则以第三纪煤中较多。

#### 2. 角质体

角质体是由植物的角质层转变而来的组分。它是由一种复杂的脂类混合物所组成。角质层存在于植物的叶、枝、芽的最外层（图版V-4、VI-1, 2），具有保护植物组织的作用。显微镜下呈宽度不等的细长条带状，其一边（外缘）平滑，而另一边（内缘）呈明显的锯齿状。角质体在煤中的产状或成断片或被挤压成叠层状或盘肠状，其末端折曲处多带尖角状折曲等特征，一般易与大孢子体相区别。

根据厚度可将角质体分为厚壁角质体和薄壁角质体两种。角质体的厚度随植物种类、植物组织的不同或生长环境的差异而有所不同。叶的角质层比茎的角质层薄。阴湿环境下

生长的角质层薄，甚至没有。由于背腹两面受光的情况不同，也影响角质层的发育，通常上表皮角质层较厚，下表皮的较薄。

### 3. 木栓体

木栓体是由木栓层形成的组分。木栓层是多年生植物周皮组织的外层部分，由木栓形成层向外分裂产生（图 I-2）。它是组成树皮<sup>①</sup>的一部分。木栓层由多层长方形木栓细胞

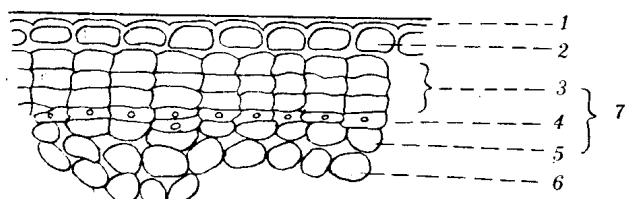


图 I-2 茎的部分横切面

1—角质层；2—表皮；3—木栓层；4—木栓形成层；5—栓内层；6—皮层；7—周皮

组成，常作规则排列。木栓的细胞具有栓质化的细胞壁，其主要成分是木栓素，它具有抵抗高温、强酸和细菌的能力，同时不透水，不透气，构成植物良好的保护组织。因此，也常能较好地保存在煤中。多数木栓体保持原有木栓细胞的形态与结构特征，常呈叠瓦状及鳞片状出现，轮廓清楚；少数情况下细胞结构仅隐约可见（图版 VI-3）。

我国南方晚二叠世煤中木栓体分布普遍，江西乐平煤中木栓体高度富集，形成典型的树皮残植煤（图版 VI-4）。有的煤岩工作者发现一些地区的煤中，具有木栓细胞的形态，却出现不同程度的凝胶化现象，其成因和分类归属尚待进一步研究。

### 4. 树脂体

树脂是植物的分泌组织——树脂道的分泌物，它可保护植物不致干枯腐烂并具有防止微生物侵袭的作用。它的化学性质稳定，在生物化学过程中很少发生变化并聚合成不溶解、不熔融的物质，因此能较好地保存在煤中。

树脂体在普通透射光下多呈柠檬黄色、稻草黄色到橙黄色，透明到半透明，平滑均一，一般没有结构。轮廓清晰，形状多样，常呈椭圆形、圆形和凸镜形等（图版 VII-1,2）。反射光下呈灰色，微突起。常充填于具有细胞结构的显微组分中。

裸子植物，尤其是松柏树，富含树脂体。我国抚顺第三纪煤中树脂体特别丰富，肉眼即可明显识别，石化的树脂称为琥珀，是有名的工艺美术原料。

### （四）腐泥化组

由藻类等遗体在还原环境中经腐泥化作用转变而成，一般划分出藻类体和腐泥基质等显微组分。

#### 1. 藻类体

藻类体是由藻类形成的组分。腐泥煤中常见的藻类是绿藻和蓝绿藻，它是绿色的和蓝绿色的单细胞结合组成的群体。细胞个体直径从 5—10 微米到 300—400 微米，聚集成团状。藻类群体轮廓不规则，边缘不平整，表面呈放射状、蜂窝状或海绵状结构；有时分解较强而结构模糊或完全不显结构。在高倍镜下可以看出群体中的黑色斑点往往是细胞的内胞腔（图版 VII-3）。

透射光下，颜色从柠檬黄色到棕褐色，有时受到污染，变化较大。反射光下呈各种色

① 树皮是一个比周皮含义更广的非专业名词。从广义上说，它指形成层以外的所有组织，包括：表皮、周皮、皮层和韧皮部。在较老的树木上，可分为外面死的树皮和里面活的树皮（包含韧皮部）。从狭义上说，它指各层周皮（主要是木栓层）和其间夹杂着的一些死亡组织（薄壁组织）的混合物或专指木栓层。

调的灰色、深灰色，微突起。油浸反射光下近乎黑色，有内反射现象。

藻类体在紫外光照射下发出银色带蓝绿色彩的荧光，易与由木质纤维组织转变的显微组分（不发荧光）相区别。山西浑源二叠纪煤中有由皮拉藻（Pila）形成的藻类体。此外我国石煤中和国外油页岩中都发现过蓝绿藻等。

## 2. 腐泥基质

腐泥基质是藻类等彻底分解的产物。腐泥基质在透射光下以透明和半透明为主，颜色从黄绿、棕褐到灰色，一般呈较鲜明的黄色色调，有时微显绿色色调，并常见矿物污染致使颜色变深，透明度降低。油浸反射光下呈不均匀的深灰色，表面粗糙无突起。结构呈粒状、块状、絮状及带状等。

实际上完全纯净的腐泥基质少见，常见的多是腐植-腐泥或腐泥-腐植混合基质。显微镜下（普通灯光）观察时，腐泥基质和混合基质较难区分。但在紫外光照射下，腐泥基质具发光性，呈现黄色、灰黄色或棕色的荧光，而混合基质不具发光性。

应当指出，上述有机显微组分的分类是一个偏重成因又兼顾工艺研究的基本分类。不少煤岩工作者在凝胶化组和丝炭化组之间又划分出二个过渡的组分组，即半凝胶化组（或称弱凝胶化组）和半丝炭化组（或称弱丝炭化组）。由于半凝胶化组是本质纤维组织经过凝胶化作用后又经受轻微的丝炭化作用而形成，故其特征和工艺性质与凝胶化组分相近，而半丝炭化组受丝炭化作用较丝炭化组稍弱，故其特征和工艺性质与丝炭化组相近。半凝胶化组和半丝炭化组具有与凝胶化组相应的细胞结构系列和相应的组分。这两类过渡组分在低、中变质阶段煤中特征明显，而在高变质阶段煤中较难区分。

## 二、煤的无机显微组分

植物的有机残体构成煤的主要组成部分。但从植物的生命开始到泥炭化和煤化的全部过程，都有无机成分（矿物质）参加作用，并对有机物质的转化过程发生影响。因此，无机成分也是构成煤的重要组成部分。

煤的无机显微组分按来源可分为三种：

1. 成煤原始物质（植物）本身所固有的原生矿物。矿物质是植物生长不可缺少的营养物质，植物细胞壁的矿质化——主要是钙质化和硅质化，可以增强植物自身的机械支撑能力。这些积蓄在植物体内的无机成分伴随着植物有机残体一同参加成煤作用，称为原生矿物。

2. 在泥炭化过程中沉积的和成岩过程中生成的矿物，如由水力和风力搬运到泥炭沼泽中沉积的碎屑矿物，主要为石英碎屑和部分粘土矿物、长石和云母等；还有由胶体溶液中沉淀出来的和化学成因矿物——黄铁矿、粘土矿物、蛋白石、玉髓、菱铁矿、褐铁矿和赤铁矿等。属于化学成因的还有煤中各种结核形成物。这些化学成因的矿物大多是成岩阶段的产物。

3. 后期由地下水带来的矿物质，由于物理化学条件（如溶液的浓度等）变化而沉淀充填于裂隙、层面或风化溶洞中的，被称为后生矿物。主要有碳酸盐矿物（方解石）、硫酸盐矿物（石膏）、硫化物矿物（黄铁矿）和高岭石，偶有石英。此外由于热液侵入形成的石英等亦属于后生矿物。

以不同方式和产状出现在煤内的无机矿物，按其成分和性质，可分为下列几类：

### （一）粘土类

分布极广，在煤内矿物中所占数量比例甚大。煤中常见的粘土矿物有高岭石、水云母、蒙脱石等。它们常分散分布于煤中，有时集中成小的凸镜体或薄层。

### (二) 硫化物类

多为不透明矿物，在反射光下具耀眼的金属光泽。此类矿物包括黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、闪锌矿和方铅矿等。其中黄铁矿是煤内大量存在和经常出现的矿物之一。其产状不同，有的呈晶粒、凸镜体及结核，有的极细小，在显微镜下才能识别。也有的充填于植物细胞腔中或交代其他显微组分。

### (三) 碳酸盐类

分布极广。主要是方解石和菱铁矿，其次还有白云石、菱镁矿和霞石等。方解石常呈薄膜充填于煤的裂隙、层面中，镜下观察多为脉状。菱铁矿多呈球状或粒状分布于基质中。

### (四) 硫酸盐类

主要是石膏，往往沿层面或裂隙以微小晶粒出现，属于后生矿物。以风化带、氧化带煤中分布较多。

### (五) 氧化物类

主要有石英、玉髓、蛋白石、褐铁矿、赤铁矿和磁铁矿等，其中以机械搬运沉积的石英碎屑为最常见。化学成因的石英、玉髓和蛋白石等一般呈无定形状态，其内部常见炭质包裹体。褐铁矿、赤铁矿为后生矿物，磁铁矿有时作为机械搬运而来的陆源矿物。

除以上主要几类矿物外，还有很少量的长石、绿帘石、蓝晶石、电气石、锆石、贵金属矿物等，以及稀有分散元素和放射性元素。

表 I-1

矿物质	普通反射光下			油浸反射光下颜色	其他特征	主要产状	
	颜色	突起	表面特征				
粘土矿物	暗灰	不显	微粒状	黑色	轮廓清楚	微粒，凸镜体，团块，薄层或充填于细胞腔中	
石英	深灰	很高	平整	黑色	轮廓清晰	棱角状、半棱角状碎屑，自生石英外形不规则，个别呈自形晶	
黄铁矿	浅黄白色	很高	平整，有时蜂窝状	亮黄白色	轮廓清楚	圆球粒或具晶形，结核状、浸染状、有时充填于细胞腔中	
碳酸盐	方解石	乳灰	微	光滑平整	灰棕色带有珍珠色彩	常见解理，具明显非均质性	呈脉状充填于裂隙
	菱铁矿	深灰	低	平整	同上	具明显非均质性	球状和粒状

(据四川等矿业学院资料略有改动)

## 三、显微组分的分类和命名

煤的显微组分 (Maceral)① 为英国学者 M. C. 司托普丝 (Stopes) 1935 年所提出，

① Maceral 的中文译名除比较通用的“显微组分”外，文献中还可见到：煤素质，微成分，组成体，有机矿物和矿化植物等。

用以表示煤的组成的最小基本单位，它在分类上的地位与“造岩矿物”的意义相当。

几十年来，各国学者对显微组分的分类和命名讨论极多，分类方案层出不穷。这些分类除因地因人而异外，特别与研究方向有很大的关系。一般以成因方向的分类较细，而工艺方向的分类则趋于简化；从研究方法看，前者侧重于透射光中的研究，而后者则多以反射光下的研究为基础。

1955年，国际煤岩学术语委员会曾在列日（Liege）会议上提出一套显微组分的国际分类草案。这个分类草案是以1935年赫尔冷（Heerlen）会议所推荐的M. C. 司托普丝—C. A. 塞勒（Seyler）分类方案为基础演变而来（表I-2）。1956年在伦敦通过的这个国际分类草案主要建立在光片研究的基础上，并附有各类组分的物理、化学—工艺性质的材料（参见1963年国际煤岩委员会通过出版的《国际煤岩详解辞典》第二版）；显微组分的分组亦以工艺性质为主要依据。因此可视为偏重工艺研究的分类。

表 I-2

显 微 组 分	分 组	代 号
结 构 镜 质 体 无 结 构 镜 质 体	镜 质 组	V
丝 质 体 半 丝 质 体 微 粒 体 { 微 粒 微 粒 体 { 粗 粒 微 粒 体 菌 类 体	惰 性 组	I 或 F
孢 粉 体 角 质 体 树 脂 体 藻 类 体	壳 质 组 或 稳 定 组	E 或 L

二十多年来，由于新的技术手段（荧光显微镜、电子显微镜等）的应用，研究方法（煤反射率测定法、荧光测定法、亚甲基碘化物浸蚀法、放射性照射法等）的改进，对显微组分的划分、命名和特征的研究有了新的进展。其间国际煤岩委员会于1971年和1975年两次对1963年《国际煤岩详解辞典》第二版作了增补。1975年出版的E. 施塔赫（Stach）《煤岩学教程》集中反映了二十多年来煤岩学研究的新成果。首先，这本书把褐煤的显微组分分类与硬煤（烟煤及无烟煤）的显微组分分类分开（表I-3及表I-4），认为褐煤与硬煤的显微组分不仅在一些物理、化学和工艺特性及成因特点方面很不相同，而且在显微组分的组成上也不很一致；后者表现在褐煤中出现的显微组分数目比硬煤的多，组分的特点也有差异，因此不宜于采用统一的分类方案。其次，关于硬煤显微组分的分类方案（表I-3），总的看来与上述1956年的国际分类方案相近，都分出三个显微组分（镜质组、壳质组和惰性组）和十几个组分，但是在显微组分划分、描述和成因探讨方面深入了一步。例如，增加了三个新的显微组分，即碎屑镜质体、碎屑稳定体和碎屑惰性体；一些显微组分（结构镜质体、无结构镜质体和丝质体），根据其结构和形状不同所反映的成因差别，进一步划分出若干“亚显微组分”，如丝质体又细分为火焚丝质体和氧化丝质体两个亚显微组分；一些显微组分（结构镜质体、孢子体、藻类体和菌类体）根据其形态和结构特征，



表 I-3 硬煤显微组分一览表

显微组分组 Group maceral	显微组分 Maceral	亚显微组分 Submaceral	显微组分变种 Maceral variety
镜质组 Vitrinite	结构镜质体 Telinite	结构镜质体 1 Telinite 1 结构镜质体 2 Telinite 2	科达木结构镜质体 Cordaitotelinite 真菌质结构镜质体 Fungotelinite
	无结构镜质体 Collinite	均质镜质体 Telocollinite 胶质镜质体 Gelocollinite 基质镜质体 Desmocollinite 团块镜质体 Corpocollinite	木质结构镜质体 Xylotelinite 鳞木结构镜质体 Lepidophytotelinite 封印木结构镜质体 Sigillariotelinite
	碎屑镜质体 Vitrodetrinite		
壳质组 Exinite	孢子体 Sporinite		薄壁孢子体 Tenuisporinite 厚壁孢子体 Crassisporinite 小孢子体 Microsporinite 大孢子体 Macrosporinite
	角质体 Cutinite 树脂体 Resinite		
	藻类体 Alginite		皮拉藻类体 Pila-Alginite 伦奇藻类体 Reinschia-Alginite
	碎屑稳定体 Liptodetrinite		
惰性组 Inertinite	微粒体 Micrinite 粗粒体 Macrinite 半丝质体 Semifusinite		
	丝质体 Fusinite	火焚丝质体 Pyrofusinite 氧化丝质体 Degradofusinite	
	菌类体 Sclerotinite	真菌菌质体 Fungosclerotinite	假薄壁菌质体 Plectenchyminite 浑圆菌质体 Corposclerotinite 假浑圆菌质体 Pseudocorposclerotinite
	碎屑惰性体 Inertodetrinite		

(引自E. Stach《煤岩学教程》，1975)