

煤田地質及勘探

北京煤炭學院

煤田地質教研組

# 目 录

<b>第一章 緒論</b> ..... 1-4	一、煤田与煤產地的概念
一、可燃礦產的概念	二、煤田成因分类与構造分类
二、煤炭利用的歷史以及对國民經濟的关系	三、我國大地構造特点及煤田分类
<b>第二章 煤的形成过程</b> .....5-17	四、中國各聚煤期的古地理与煤田分佈
一、煤是植物的遺体形成的	五、煤田的地質經濟評價
二、細菌的活躍和泥炭的形成	<b>第九章 油頁岩</b> ..... 74-76
三、泥炭沼澤的發展与植物遺体堆積的关系	一、油頁岩的生成和性質
四、沼澤積水环境对煤質的影响	二、油頁岩礦床类型
五、泥炭進一步演变——褐煤的形成与煤的變質作用	三、我國油頁岩分布的地質时代
六、聚煤时期的古地理条件	<b>第十章 緒論</b> ..... 81-83
<b>第三章 煤岩学</b> ..... 18-23	<b>第十一章 普查</b> ..... 83-92
一、煤岩成份	一、煤田普查的目的和任务
二、煤岩类型	二、普查階段对煤田評價的主要方面
三、研究煤岩学的意义	三、找煤的先决条件和找煤標誌
<b>第四章 煤的物理性質</b> ..... 24-30	四、煤田予測圖的編制
<b>第五章 煤的化学性質及工業性質</b> ..... 31-38	五、找煤的方法
一、煤的化学分析	<b>第十二章 勘探</b> ..... 92-96
二、煤的煉焦性測定	一、勘探的目的和任务
三、煤的工業分类	二、勘探工作的階段
四、煤的綜合利用	三、勘探的技術方法
<b>第六章 煤的風化及自燃</b> ..... 39-41	四、勘探工作佈置系統
一、煤的風化	<b>第十三章 儲量級別和勘探網密度</b>
二、煤的自燃	一、儲量分級
<b>第七章 煤系与煤層</b> ..... 42-59	二、勘探类型与控制密度
一、煤系的概念	三、我國煤炭部關於井田勘探程序标准煤礦勘探程度的标准
二、煤系的形成与地壳运动的关系	<b>第十四章 取样</b> ..... 108-111
三、煤層的概念	<b>第十五章 儲量計算</b> ..... 111-120
四、煤層对比	一、儲量計算的保証及計算范围的圈定
五、煤系中其它有用礦產	二、儲量計算方法
<b>第八章 中國主要煤礦及煤田地質</b> ..... 60-73	

## 煤田地質学及勘探

## 第一編 煤田地質学

## 第一章 緒論

## 1. 可燃矿产的概念:

地球上生物非常繁多，根据现代生物学家的统计，植物大约有五十万种以上，动物约有一百万种以上，这些形形色色的生物都是亿万年来长期演化的结果，生物分佈的空间非常广阔，离开地面六千公尺以上的高空，直到深度超过一万公尺以上的海底都可以发现生物的踪跡，因此，有人把生物活跃的空间也就是生物所佔据的地球上的一部分范围叫做生物圈。

苏联地球化学家维尔纳德茨基曾经特别指出：地球上生物和它的巨大作用对地質学的意义，生物从产生到死亡进行了延续不断的地球化学作用，生物的繁殖力非常惊人，就单生活在水裡的矽藻来说，一支矽藻，如果没有其他条件的阻碍，差不多只需要八天的工夫，就可以产生相等于我们地球体积的有机物质，自然，这样繁殖神速的生物绝大部分是死亡了，只有那些最能适应自然环境的个体部份能够持续下去，生物遵循着自然界的规律不断地繁殖和死亡。如果他们的遗体在某种条件下堆积起来，形成一种特殊的沉积岩也就是由于生物遗体堆积而成的有机岩。

从地球的历史来看，能够形成岩石的生物品种很多，有的生存在大陆上，也有生存在水裡，像生活在海水裡的放射虫类，瓣虫类，斧足类，腕足类，往往是主要形成岩石的生物，在这些生物死亡以后，它们的遗体或贝壳在某些地方堆积起来拼成了岩石，这就是我们常见的做建筑材料用的石灰岩，除以上所说的一些动物能够形成岩石以外，像生长在陆地上低窪之地的高等植物，或飄浮水面的低等植物藻类以及浮游生物等也同样可以形成岩石，由于植物在某种有利条件下，大量的繁殖与死亡，遗体逐渐堆积，经过一系列变化，形成我们常见黑色的“煤炭”，依照波多尼的看法，认为一切具有燃烧性能的有机岩，是与自然界生物作用分不开的，因此就提出一个新的名词“可燃有机岩”，并用这个名词来概括用生物形成具有燃烧性能的沉积岩，相反的情况下，像由矽藻的遗体所形成的矽藻土，便是非可燃有机岩。

可燃有机岩种类很多，依照存在的形态来说，可以简单地分为固体的、液体和气体的三种。

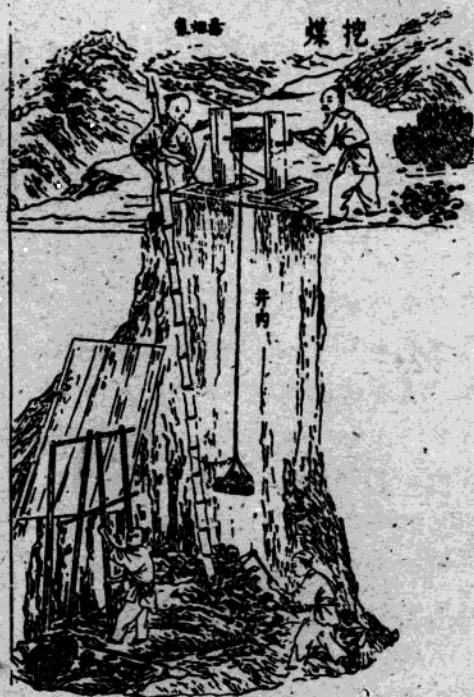
1. 固体可燃有机岩：包括各种煤、油頁岩、地腊、地沥青等一切有机岩石。
2. 气体可燃有机岩：例如从地下噴出来的天然气、以及与石油一起的油田气，其他像火山中排出来的“瓦斯”湖沼裡放出的沼气都属于这一类。
3. 液体可燃有机岩：主要包括从地下开採出来的石油。

以上三种可燃有机岩，其中以煤和石油对人类文明贡献最大，他们是近代工业上具有极重要经济价值的有用矿产，由于使用非常广泛，密切联系着人类的日常生活，因此有人把煤和石油当作近代工业的“黑色金子”之一，或者称誉为“黑色的金子”。

近代开矿事业的逐渐发达，大量的煤和石油从地下开採出来，这些富源都是亿万年来的地质时代生物活动的产物，就我国抚顺龙口来说，厚达120公尺的煤层，就是地史上，第三纪时千万年数不清的植物埋藏起来形成的，维尔德茨基曾经计算过，在地球上所有生物物质所拼成的地壳不超过它的0.1%，但是由于生物本身的活动性，结果起了一个推动地球物质进化的作用，由此看来，生物作用是极主要的地质外力作用之一，它产生的影响也是极其深远的。

### 三、煤炭利用的历史以及对国民经济的关係

人类发现煤和使用煤的历史非常悠久，根据历史的记载，在两千五百多年以前，我国已使用煤，是世界上用煤最早的国家，我们祖先运用了他们无穷的智慧和不仅创造了指南针、火药，以及印刷术，写下人类文化史上最光辉的一页，也是最早发现煤并且巧妙的发挥煤的使用价值，为人类工业技术上开辟了新的途径，从过去历史文献中，可以看出古代对煤的称呼很多有“焦石”“黑田”“乌金石”“灰木”“石炭”“画眉石”等名称，山海经是我国古代一部有名的地理著作，就有“石涅”或“涅石”的字样，据学者的考证，石涅或涅石就是指煤而言，到汉朝，也有因此压死民工的记载，北魏郦道元水经注“有叙述三国时候曹操密藏石炭作燃料的轶事，古代对煤的性质也有生动的描写“石虽可去”又燃之难，亦谓之石炭”煤的用途日广，除用于燃烧，冶炼外，已用于书写等方面，隋唐以后，商业逐渐发达，交通方便，人民使用煤越来越多，差不多已成为日常生活不可少的燃料，宋朝有名诗人陆游“老学庵笔记”中有“北方多石炭，南方多木炭”的说法，宋朝都城汴京（即河南开封）当时就有几百万户人家御给石炭，元朝时候，有了意大利人马可勃罗，游历我国多年，感讚我国灿烂，文艺各方面高度文明，在他一部游记裡说，我国的燃烧，不是木头，也不是草，却是一种黑色的石头，引起欧洲人惊奇不止，认为是一件了不起的事情，由于生产的需要和发展，开矿事业也日渐进步了，明朝时候，宋应星著“天工开物”（1637）



中国古代採煤的技术

把煤分成三种即明煤、碎煤、和末煤，并且对矿井通风排气，煤层上部岩层管理都有详细的记载，最值得引人注意的是，经过长期实践的结果，累积不少，宝贵的找煤经验，“凡取煤经久者，从土面触辨有无之色，然后掘挖，深至五丈许，方始得

煤……无疑，当时已有一班熟悉找矿的土专家。

从古代一些不完全的文献中可以看出，我国古代使用灶的范围非常广泛，像冶铁、熔铜、铸钱、烧砖瓦、烧石灰、炼油，无一不以煤炭作为燃料，另外还把灶当作治病的药物之一，明朝药物学家李时珍，在本草纲目中就有用凡治病的记载，并且对当时全国南北各地产灶地类作了介绍，这些古代产灶有名望的地类，也往往是今日重要灶田区域，直到今日，在大行山东坡一带，山东淄博附近，还有古代窑址可寻，可以看出古代探矿事业的繁盛了。

灶的发现和使用虽然很悠久，但工业上大规模的使用和开采还是近百年的事，从工业革命以后，蒸汽机轮船使用煤一跃而成为重要动力源泉，由于科学的迅速发展，灶的用途日渐广阔，经过科学研究，证明灶里面含有很多宝贝，把灶放在隔绝空气仪器里面，加热到一定温度，就会得到灶焦油，然后进行提取可以获得制造染料药物，炸药、塑料、肥料等极重要的化学产品，另外像灶渣可以制造水泥，近年来有人从等灶灰的研究，发现灶灰中储存稀有金属“锗”这是制造半导体电子管的重要材料，不少灶灰中含锗量是较多，往往成为提取锗的主要来源，有时从灶里面找到放射性的铀矿经济价值就要加六了，足见灶里面宝贝是非常繁多的，由此可见，灶炭浑身全是宝贝，它是十分有用的化学工业原料，灶的储量多少和分布情况，对国民经济发展有很密切的关系，革命导师列宁称灶为工业的粮食，给灶你击很高的评价，可见煤炭对国民经济关系极为密切。

我国采用新的方法开采灶矿，这是十九世纪末期的事情鸦片战争以后，帝国主义势力侵入我国，强占重要矿山主权，灶矿也不例外，像山东淄博及河北井 曾被德国帝国主义霸占，河北开滦及河南焦作被英帝国主义侵占，抚顺灶矿被日帝国主义侵占，他们用极其残酷的手段，对我国地下富源进行掠夺式开采，但是对灶田地質研究却极为漠视，1916年地質调查厅成立以后，对我国灶田进行了踏勘和研究，对少数重要灶田进行了研究，总的来说，在反动政权统治之下，地質工作像其他科学一样，没有得到发展，解放之后，由于党的正确领导，灶田地質获得很大的发展，可说一日千里，随着各地全民办钢铁，全民办灶矿，在1958年煤和铁是勘探获得最大丰收的两项灶的远景储量已远远超过了年初估计的一万五千亿吨达到九万五千亿吨，跃居世界的前列，由于华南各地已先后发现不少灶田，所谓“江南无煤论”等已经彻底破产，为改进过去灶类工业分布不平衡提供了有利条件，由于灶田地質广泛的展开，对于我国煤田的分布灶田的特性，灶岩的研究，均有广大的开展，尤其是近年来灶田预测图的绘制，更足以说明，几年来灶田勘探工作累积丰富的经验，不仅理论上有了很快的提高，而且进一步用到实践方面来预测新灶田的范围及其远景，丰富了我国灶田地質新的内容。

几年来地下勘探的丰硕成绩完全证明了全党全民办地質的方针的英明正确，成千上万的群众在党的领导下上山找矿，以“向地球开战要高山献宝”豪迈的气概，展开规模极其壮大的矿产的普查，广大地質人员破除迷信，发挥敢想敢做的共产主

义风格，在土洋并举，土洋协作的方针下打开了过去地质落后的局面，广泛地质勘探的结果，说明我国地大物博，这些丰富的资源为我国建设完整的工业体系，伟大的社会主义国家提供了极其可靠的保证。

## 第二章 煤的形成过程

### (一) 煤是植物的遗体形成的

长久以来人们就追问这个问题：“煤是什么东西形成的呢？”古时候，有人认为煤和其他岩石一样，自从地球形成以后，就有煤的存在；也有人认为煤是由火成岩似的侵入岩层造成的，等等不同看法。随着人类知识的发展，人们已逐渐认识到“煤是植物的遗体形成的”这个事实，但是正确地把煤形成的学说放在科学基础上的第一人，却是俄罗斯伟大学者罗蒙诺索夫。以后越来越多的事实证明了煤的真实来历。人们在煤层附近的岩石裡面，有时就在煤层中间，都可以找到保存良好的植物化石，并且植物的外形和结构都非常清晰，甚至偶然也可以发现整段的树干和树根的化石。

我国阜新煤田，曾经找到一段外形保存良好的树干，已变成亮晶晶的煤块。在世界各地好些地方，还可以找到过去森林的石化树根，成为游客观赏的古蹟。这些例子更明确的告诉人们一个科学的事实“煤是植物变来的。”但是植物怎样变成煤的呢？经过多少年来许多学者的研究，已经揭露出从植物遗体怎样变成泥炭，泥炭怎样变成褐煤又怎样变成烟煤至无烟煤这一秘密了。因为，煤本身的特头，就像古代石碑上的文句一样，已经清楚地告诉人们它怎样经过了一段复杂曲折的过程。

前面已经说过，煤主要是植物遗体变化而成的有机岩，我们知自然界的植物种类很多，大致可分为两大类：第一类是低等植物或叶下等植物。这是比较原始的植物，构造非常简单，最喜欢繁殖在平静的湖泊或低洼的沼泽地带，平常所见的藻类便是显著的例子。这些低等植物死亡以后，沉到水底，形成一种胶冻形的“腐泥”。这种腐泥便是造成“腐泥煤”的主要原料，腐泥煤的光泽暗淡性质均一，打碎以后，常具贝壳状的新口，燃烧起来时发出刺鼻的洒清味。第二类是高等植物，更是造成煤的重要材料。高等植物大都生长在陆地上，主要由木质素和纤维素组成，其他还有保护树叶和嫩芽的角质和树脂等物质，由这类高等植物形成的煤叫“腐植煤”，或叫“陆植煤”。由于形成煤的原始材料不同，因此煤可以划分“腐泥煤”和“腐植煤”两个大类。现在我们先谈谈植物是如何变化的。

### (二) 细菌的活跃和泥炭的形成

只要有适宜的阳光，空气，水分，养料等条件，植物便会茂盛地繁殖起来。如果高等植物繁殖在沼泽或湖泊地带，在死亡以后，植物遗体就被沼泽中水行覆盖而堆积起来。由于气流闭塞，细菌不能充分地进行分解，植物组成部份像木质素和纤维素等没有被彻底破坏，就在这死水停滞的环境下，逐渐转变为腐植煤，伴随一些植物残屑和矿物杂质堆积成为泥炭。如果沼泽是气流畅通的活水沼泽，细菌繁殖迅速，分解作用也较为强烈，因此木质素和纤维素几乎全部消灭了，只有植物体中最稳定的部份，像孢子、花粉、角质层一类物质保存下来，因而形成另一个类型的所谓“残植煤”。残植煤是腐植煤的一种，比较少见。我国江西米平所产的煤，有部



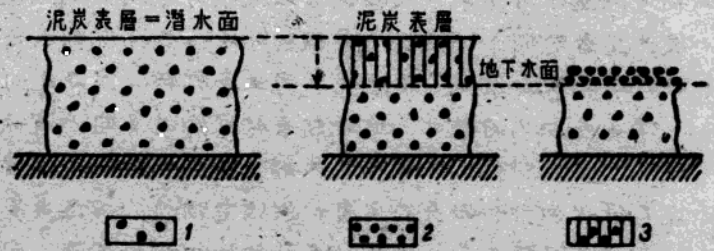
印度的热带泥质海濱植物林 (Мангровий лес)

份是属于树皮残渣煤。残渣煤的特征一般含氢较高，因此残渣煤如果多的话，就可以作为干馏的材料。是有很大经济价值的。

从植物的分解到泥炭的形成，细菌作用始终占据重要的地位，所以有人把这段过程，叫做“泥炭化作用”或叫做以生物化学为主的“菌解作用”作为成煤过程的第一步。

泥炭里面细菌很多，有人

估计一克重的泥炭约有细菌三亿到七亿之多，有时竟有二十亿，由此可见，细菌活跃的程度了。



残渣煤的成地堆积方法

我们知道，繁殖在湖泊中的低等植物（藻类等）及其他浮游生物，死亡之后，遗体沉入水底，由于水的隔绝，氧气不易输入，细菌作用的参与，促使分解而成“腐泥”。由于这类生物主要由蛋白质和脂肪组成，纤维素极少，和高等植物组成成分有显著的不同。其中蛋白质和脂肪转变成“沥青”。人们往往把低等植物变成腐泥的过程，叫做“腐泥化作用”。由腐泥组成的腐泥煤种类很多，如藻煤、烟煤、卡斯杨煤等都是显著的例子。我国抚顺煤田所见的“煤精”山东枣庄的“卡卡煤”，都是属于腐泥煤的一种。如果在某种情况下，腐泥煤含灰份很多，有时竟达到



70%以上，并且有层片状的结构，这便是常见的“油页岩”。从成因的观点来看，油页岩是一种含多量灰份的腐泥泥。

植物类别	蛋白质	脂肪	蛋白质+脂肪(平均)
低等植物	22—60	2—11	24—62
高等陆生植物	9—27	2—5	11—30

腐植泥和腐泥泥的区别，不仅在于形成的原始材料不同，化学成份上也表现有一定的差别：腐植泥氮的含量少，一般小于6%，相反，腐泥泥氮的含量比较高，一般会氮7—9%，有时超过9%以上，所以腐植泥和腐泥泥的工业用途就有显著的不同。苏联学者任什士尼可夫根据泥的成因，把泥进行了分类。这种分类非常简明，而且很适用，这就是我们一般常用的“泥的成因分类”。

类别	名称	原始物质
腐植泥类	腐植泥	高等植物的木质纤维组织
	残植泥	高等植物的比较稳定物质(角质孢子等)
腐泥泥类	腐泥泥	保存原有结构的低等植物残体
	胶泥泥	失去原有结构的低等植物残体

就腐泥泥来说，它的用处很大，有的用于干馏提取焦油，有的作为家畜的饲料，还有一种特殊腐泥，可用于治疗外伤和神经系统的疾病，而且颇具特效。世界上，很多的湖沼发现腐泥沉积物，有的湖沼腐泥像年轮的定期的堆积起来。苏联克里木半岛一个湖沼里，发现厚的三公尺腐泥，依照堆积的速度来推算，已经有二千四百多年的历史了。

### (三) 泥炭沼泽的发展与植物遗体堆积的关系。

植物死亡以后，如果不迅速的掩盖起来，迟早就会腐烂而消失，这是自然界常见的现象。可见植物遗体形成泥炭，只有在适当的地理条件下才能实现。什么地类最适宜于植物堆积呢？最适宜的堆积场所，是积水的湖沼或沼泽地带。由于湖沼地带地形低洼，水份充足成为植物繁殖，进而形成泥炭的良好场所。

湖沼地带的植物分布是有一定规律性的。根据近代植物地理知识，可以了解植物的习性不尽一致，每种植物往往受自然条件像阳光、水位深浅、养份多少等因素的控制。

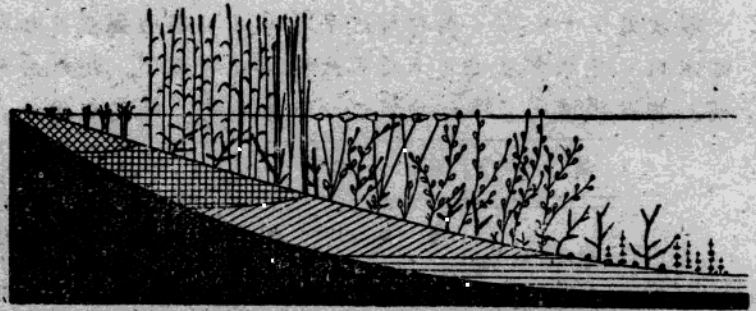
因此各种植物都有它繁殖的适当位置，这样便造成湖沼地带植物规律性的分布。一般沼泽植物生长的情况，大致是：离岸最远的水中，生长着藻类和浮游生物，水深约3—4公尺的地方，生长着睡莲和眼子菜，部份的叶子飘浮在水面，在水

深2—3公尺的地方生长芦苇，深度为1—2公尺地方长的是莎草，高出水面的地方生长着草和木贼。一些高大的树木也跟着繁殖起来(如茵)各种植物依照它适宜于生长的地方不断繁殖，同样地形成条件不同的泥炭。



小湖的消灭，湖岸及湖中生长植物沉积湖中，结成泥炭，将湖填满，图中黑的部分是泥炭的沉积

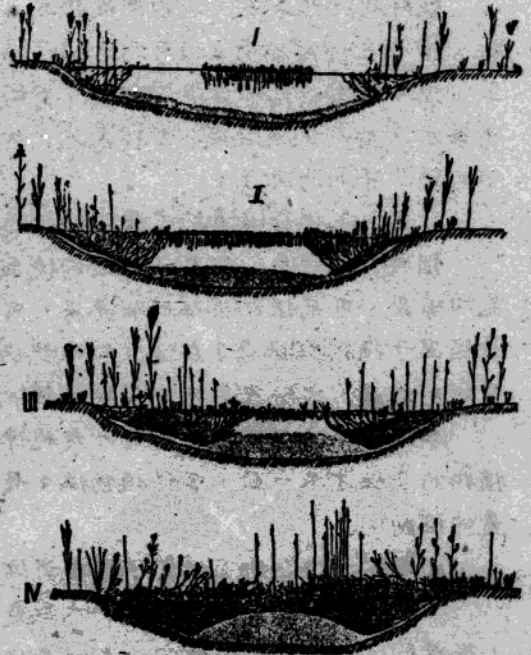
从地史的观点来看，湖沼的存在是极其短暂的。由于泥沙的充填。或由于地下水面的下降，植物的繁殖与堆积等种之因素，湖沼范围就日渐缩小，以致消灭了。历史上不知有多少湖沼无形地从地球上消失。湖沼的发展从存在到消灭大致可分为四个阶段(如茵)。



 莎草泥炭	 腐泥泥炭
 蒲草及蘆葦泥炭	 腐泥煤

第一阶段湖沼较深，开阔平静的湖中央，飘浮着藻类。及各种浮游生物，它们死亡了，遵循着“腐泥化作用”的道路形成腐泥，沉积于湖沼底部。在湖岸浅水地带，沼泽植物不断繁殖构成泥炭，逐渐堆积起来(茵1)演进到第二阶段的时候，位于湖沼中央部份的腐泥逐渐堆积加厚，湖水随着日渐淤浅。边缘地带的沼泽植物和泥炭层，逐渐向湖中心推进，逐步占据湖沼的一部份(茵2)。植物生长和堆积范围不断扩大。到第三阶段，湖沼更浅了。沼泽植物大量繁殖的结果，泥炭分布范围日大。慢慢地和中央部分的腐泥相接触，甚至两者相互交错的堆积起来。高大的乔木也随着草本植物，向湖心方向推进和繁殖(茵3)。到最后一个阶段，植物大量繁殖和堆积的

湖沼植物的分布



湖中腐泥层淤积和岸生及水生植物生长的四个阶段(茵4)

结果，原来湖沼的地方，形成了凸起的沼滩，最后仅仅有利于高等植物的繁殖和堆积了（图4）。

从上面湖沼发展过程来看，腐泥堆积是越来越少，中间厚两边薄，好像扁豆体的样子。所以，在某些札田所发现的腐泥札，分布范围既小厚度也不大，通常厚度一般不超过两公尺。有时候腐泥札像扁豆体似的夹在腐植札里面。如果腐植札中含有许多腐泥质的话，这样的札有时可提取15—20%的液体燃料，经济价值就更高了。因此，开采札层的时候，要注意腐泥札赋存的情况，便于进一步充分利用。

关于湖沼发展的情况，不仅今日湖沼符合这种规律，就是地史上存在的湖沼也有类似的情形。苏联学者纳乌莫娃研究某些札层以后，发现不同类型的札具有规律性的分布。她以泥炭堆积的完全旋迴为基础，把札层与湖沼发展的过程结合起来，从札层本身的特征，证明了在湖泊较深的部份，形成的是腐泥札，然后是烛札（



陆生植物和水生植物造成的泥炭其下为冰川沉积

(英国 Shetland 岛)

水深不及十公尺) 水浅的地方是腐植—腐泥札，最后为腐植札。自然，湖沼的发展比较复杂的，札层的结构也就显得多样了。纳乌莫娃定了札层地层学的基础，更深刻的帮助我们了解湖沼演变与札层之间密切的关系。

#### (四) 沼滩的积水环境对札质的影响。

我们常见到一块札的标本，里面有亮晶晶的镜札，带有蜡状光泽的焦炭，有时也找到光泽较镜札略暗的亮札和外形暗淡的暗札。这是什么道理呢？要回答这个问题，我们不妨先谈一谈细菌的繁殖和积水的关系。大家知道，细菌作用担任了形成泥炭的重要角色。但细菌分解作用的强弱，就要看沼滩积水的条件，是否有利或者抑制细菌繁殖。首先是水位的变化和水的毒性控制了细菌活跃时间的长短，进而影响有机物质破坏的程度。

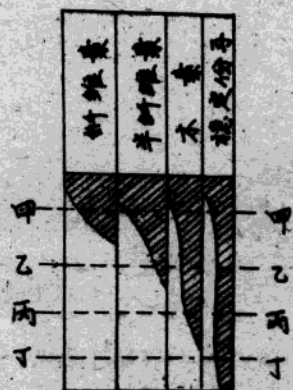
另外，再看一植物有机体各部份稳定程度。最容易分解的是原生质，其次是脂肪，纤维素，半纤维素，木质素；比较难分解的如角质层，孢子，花粉，腊质和树脂体，它们代表植物体中最稳定的部份，往往在其他部份被分解之后仍然能保留下来。由于积水环境控制着细菌作用的深浅和植物有机体本身的特征，就产生了不同的札的岩石类型。现在试从下面四种积水情况来说明为什么积水环境对札质有一定的影响（如图）。

甲——代表了一个气流闭塞的死水沼滩情况，植物遗体不断堆积，由于水的酸度增高而毒化，阻碍了细菌的生存，通常的木质素，纤维素，等物质发生凝胶化作用

形成黑色均一的物质，即所谓“镜札”（甲线代表的位置）。

乙——如果沼泽地带由于新鲜水流的输入，因而水流阻塞不很严密，水的酸性减少了。细菌作用又逐渐活跃起来。纤维素消失了，但木质素和半纤维素仍能保存下来，逐渐失去原有结构，变成胶体状的基质。另外，角质层，和树脂体等稳定成分，局部的高集起来，这样就形成了亮札（乙线代表的位置）。

丙——如果是气流通畅的活水沼泽，细菌繁殖趋于活跃，细菌分解作用比较深入，纤维素，半纤维素都消失了，只有小部份木质素和大量的植物稳定成分残留下来，因此造成光泽暗淡的暗札（丙线代表的位置）。



植物物质各个组成部分分解和札的组成部分形成顺序的次序表。

丁——代表了一个开阔积水较深的活水湖沼，气流最畅通，边缘部份植物受细菌分解很完全，只留下孢子花粉之类的稳定成分，以及在水中繁殖的藻类和浮游生物所形成的腐泥，这样就产生了烟札和藻札（丁线代表的位置）。

至于常见的煤炭，是在沼泽积水少，温度不定的情况下，植物遗体经过缓慢氧化而形成的产物。镜札，亮札，暗札和煤炭都是组成札的主要部份，是常称为“札岩分子”。

我们常见札有各式样条带状结构，是与札岩分子的排列和数量有密切关系的。

### (三) 泥炭的进一步演变——褐札的形成与札的变质作用。

植物通过细菌作用变成泥炭，仅是完成了成札作用的第一步。随着泥炭不断的堆积，越积越多，在形成顶板以后，细菌作用逐渐变得缓慢。泥炭由于沉积物的压力，泥炭有多量的水被挤出来了。体积日渐缩小，趋于緻密。在发生化学变化的过程中，碳的含量逐渐增多，氧的含量逐渐减少，又使溶于碱溶液中的腐植酸含量逐渐减少……经过一系列的变化，泥炭就逐渐变为褐札了。一般地质学家把上面叙述的泥炭经过紧压，脱水，化学变化以及泥炭在堆积时所发生的一些变化，亦即使泥炭变为褐札所经历的变化，归于“成岩作用”的结果。换句话说，由于成岩作用的影响泥炭变成了褐札，这是成札过程的第二个阶段。

褐札是在温度低压力较小的情况下形成的（约在70°C以下）。如果褐札继续受地球温度和压力的影响，褐札便向烟札过渡了。这时发生的变化是比较显著的，褐札中死含有部份腐植酸，到烟札时就完全消失了，并开始具有显著的光泽和微弱的粘蚀性。这标志着褐札向烟札过渡的时候，化学性质和物理性质都发生了一些重要的变化。根据这些理由，一般认为褐札变为烟札的时候，就开始进入成札过程的第三个阶段——札的“变质作用”。

札的变质作用是指札埋藏在地下，受到温度的压力的影响，促使札质发生变化

的现象。因为导致煤质变化的地质因素是地温和压力，所以有些学者认为煤的变质也就是地球化学作用所产生的结果。促使煤变质的“热”主要有两个来源：一是地球内部蕴藏的热，一是来自直接侵入岩层的岩层的岩浆所散逸的热。总的来说，煤变质是受地热的影响，而且压力也起了一定的作用。煤受到温度和压力的强弱不同，变质程度的深浅也不尽一致，因而有不同牌号煤的出现。一般把烟煤和无烟煤看成是变质煤，为了使用的方便，又把烟煤中的贫烟煤(P)和气煤(T)作为低变质煤，肥煤(W)及焦煤(K)作为中变质煤，把瘦煤(M)和贫煤(T)作为高变质煤。

煤的变质作用主要有三种：即区域变质，接触变质和动力变质。其中以区域变质最重要，现在先谈区域变质。

1. 区域变质 从矿井 温泉和火山地带所获得的资料，足以证明地球内部蕴藏着高热。愈向地壳深处前进，温度也愈来愈高。一般平均深度每增加100公尺，温度增加3°。这种随着深度增大温度逐渐增高的现象叫地热增温率。当然，随着深度增加，地壳深处所受到上覆岩层的压力也随着加大。我们不难想象到，随着地壳的沉降，煤层向地壳深处沉降，在温度和压力的影响下，煤的挥发份随着变质程度的加强而减少，炭的含量却增高了，煤质发生巨大的变化，这叫区域变质，或者叫做深成变质。世界上重要的煤田像苏联顿巴斯煤田，库兹巴斯煤田，德国鲁尔煤田等地方都可以发现明显区域变质的现象。

区域变质主要有两个特点：

A，首先是在同一煤田范围内构造大致相同的情况下，随着煤层深度的增加，煤的变质程度加高，也就是说，从垂直方向来看煤的变质随层位的加深而增加了。1875年希尔特研究鲁尔煤田时发现这个特点，因此称为“希尔特定律”。通常确定煤的变质程度指标是以挥发份和碳的含量为准则，这两个指标在某种程度上能正确的反映煤质递变情形。以鲁尔煤田为例，每增加100公尺，挥发份减少1.8%。比方说，有上下垂直距离约一千公尺的两层煤，挥发份减少1.8%，上层煤挥发份如果是37%（属气煤），到了下层煤减至19%，就变为焦煤了。如再向深处延伸，变质程度愈来愈高，便是瘦煤以至无烟煤存在的范围了。这种变化的规律性，尤其明显表现在煤层数目很多的煤田。顿巴斯煤田，含煤地层厚达八千七百多米，含煤两百层光景，就很突出了。我国煤田一般含煤地层厚度不大，以华北石炭二叠纪煤田而论，厚度不过二、三百米而已，此种规律性变化比较不明显。以淮南煤田而论，最上层的一层煤和底部一层煤相距约二百四十公尺，挥发份由39.3%降至34.7%，每加深100公尺，挥发份减少1.92%。由此类推，沉降的深度不同，煤的变质程度也随之而异，而有不同牌号煤出现。斯坦诺夫根据煤质变化与沉降深度的关系，指出各种牌号煤所存在的深度是有一定意义的（如下表）。但是由于各地地热增温率不同，必须结合各煤田实际情况来灵活运用，找出煤质变化的规律性，从而指导煤田勘探，就可预测某牌号煤分布的位置。

变质带深度与沉降关系

变质带	深度(公里)	札的性質
0, 成岩作用带	0 — 1.0	新褐札
1, 变质作用带	1.0 — 1.5	古褐札(烟札过渡)B
2, — " —	1.5 — 2.5	长焰札 丙
3, — " —	2.5 — 3.5	气札 P
4, — " —	3.5 — 4.5	肥札 M
5, — " —	3.5 — 5.5	焦札 K
6, — " —	5.5 — 6.0	瘦札 NC
7, — " —	6.0 — 8.0	贫札 T
8, — " —	8.0 — 11.0	无烟札 A

B. 在区域变质的范围里，札呈规律性的带状分布。这是什么道理呢？我们已经明白，札层位置越深，变质程度也越高，不同的深度温度和压力也就必然不同。比方同一层札延伸的范围比较广阔，甲地方沉降较深，乙地方沉降较浅，所处的深度位置不一致，便形成札质水平方向的变化(图)，换句话说也即是由于札层

沉降程度不同，沉降浅的地方可较出现褐札或低变质札，沉降深的地方可较出现高变质札。从以上的叙述，可以进一步体会一个重要原则：札的变质程度加深的方向，与含札地层反上奥岩层的厚度增大的方向往往是一致的。



图 不同煤层的札质分布

札的带状分布例子在我国也是数见不鲜的，如华北太行山一带，

以太行山东坡札田为例，自北向南札质有显著的变化，紫山为无烟札，向南至牛兒庄为贫札，峰二矿为焦札，六河讲为肥札，金子窑为瘦札，鹤壁附近为贫札，焦作一带为无烟札。同样的例子也发现于山西、河南等地。都是值得今后深入研究的重要问题。





者灰份增高很多，以致影响札质的经济价值。所以进行札田勘探或矿井地质工作的时候，要注意火成岩侵入的产状及对札质的影响，提出可靠的资料，保证生产任务顺利的完成。

3. 动力变质 动力变质又叫构造变质。在这一变质作用中压力起着主导的作用，由于强烈的褶皱和断裂作用，致使札的变质程度增高。苏联学者鲁斯金对顿巴斯札田主背斜中央部分札质的变化，认为札质的变化与围岩的错动存在着密切的关系。关于动力变质问题至今仍是争论的焦点，但是应当指出，在复杂的褶皱区域，地层某些部份与札层一起向地壳深处沉降，这时温度与压力是两者互相关联的地质因素，如果认为在动力变质中压力是唯一的主要因素，这样便把压力的作用估计得太高了。

综合以上所述，我们可以深刻的认识到影响札质的主要因素不外是：

- A, 札的原始材料的成分和性质；
- B, 沼泽积水的环境；
- C, 札的变质作用。

现在，我们再讨论另一个题目：历史上曾出现几个重要的聚札时期，当时的古地理条件究竟怎样？

(六) 聚札时期的古地理条件。

— 札的形成是许多地质因素综合的结果。从古地理的角度来看，一个适宜聚札的环境必须具备几个主要条件：植物大量繁殖，气候温暖潮湿，地形低洼便于植物的堆积，有节奏的地壳运动。这几个条件是彼此相互关联着的。现在先谈植物大量繁殖的这个条件。翻开地球的历史，可以知道历史上几次重要聚札时期，像石炭二叠纪，侏罗纪和新生代第三纪，无一不是与植物大规模发展紧密相配合的。从古生代泥盆纪时候，高等植物的裸蕨开始迁进了陆地，到泥盆纪结束的时候完全绝迹，这可算是陆地植物发展的先驱。代替裸蕨而兴起的是蕨类植物，石炭纪时候，气候暖和潮湿，蕨类迅速地向前发展，这时高大的鳞木和封印木发展很快，形成地球上广大稠密的森林。这些植物被埋藏在地下，形成了札层。现在，我们还时常在札层里找到完好的鳞木或封印木化石。二叠纪时期，齿羊齿和大羽羊齿相继出现了，植物的种类越来越多，裸子植物这时也有了发展，造成古生代聚札的优良条件。因此石炭二叠纪成为全世界重要的聚札期，世界上很多著名的札田都是这时期的产物。进入中生代的时候，裸子植物广泛地复盖着大地，在中生代的森林里，苏铁类，松柏类，银杏类占据了优势，为侏罗纪聚札期打下良好的基础，侏罗纪札田分布很广。我国侏罗纪札田尤其占据重要位置。从白垩纪进入新生代第三纪，植物的发展，进入另一个新阶段，这是高等显花植物为主的繁殖时期。第三纪札田几乎全世界各地都可找到它的踪迹，连今日寒冷的北极圈内也都蕴藏着第三纪的札层。从古生代石炭二叠纪，中生代侏罗纪，直到新生代第三纪，这几个重要聚煤期也正是植物大量繁殖的时期。植物的繁殖保证了成煤过程顺利的进行，没有植物的存在，自然更谈



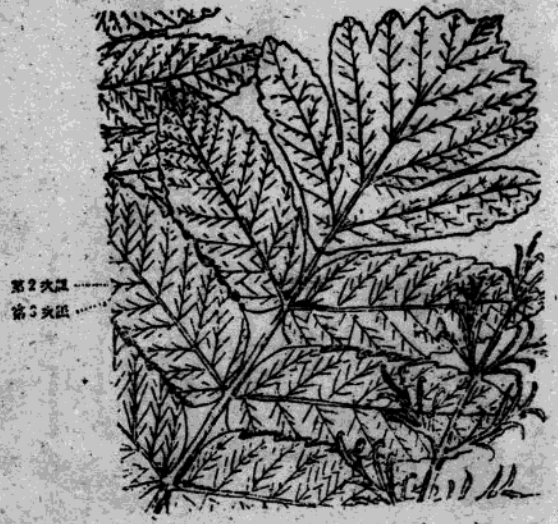
不到聚煤期的出现。

气候条件也是不可缺少的重要因素。温暖潮湿的气候是适宜植物大量繁殖的先决条件，不仅今日植物界如此，就是千万年以前的古界，也符合这条原则。这从古植物学研究可以找到证明：

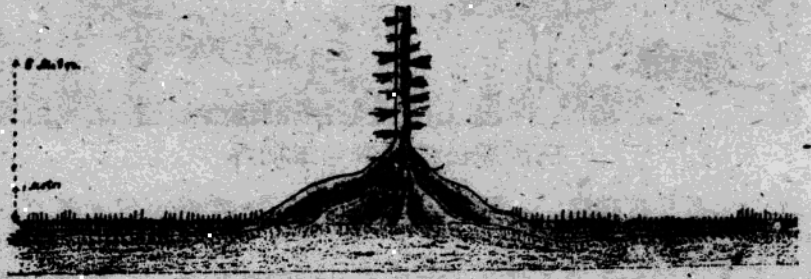
古生代大致相同的植物群，分布在全世界很广阔的地区，反映当时聚煤期气候确实是均匀一致。发现古生代植物化石，树干高大，缺乏年轮，具有比较大的细胞，细胞壁较薄的现象，足以证明由于气候温暖潮湿适宜，植物生长迅速所致。有些植物化石，根部膨大，类似今日沼泽地带生长的植物；需要粗大的根和气根，才能支持生

长(如图)过此来微那部部说明植物生长的自然环境。中生代三叠纪末期和侏罗纪情况也大致相仿。另外指出三个最大的聚煤期及三个最小的聚煤期。  
·三个最大聚煤期

包括：a 中石炭纪；b 侏罗纪；c 第三纪。三个最小的聚煤期是：a 下石炭纪；b 三叠纪；c 白垩纪。这个总结更强有力的概括了在地埋条件与聚煤期的关系及其世界性的意义。(表)



大明羊齿(二叠纪)



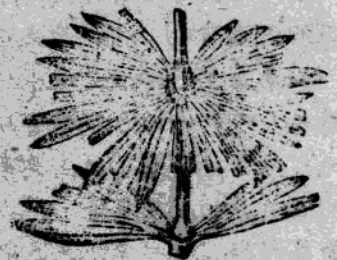
苏门答腊热带沼泽中一种典型的树木，具有平铺地表的大根及直立的掃帚形气根。



蕨木



楔葉木



輪木Annularia

上古生代植物