

# 地质问题探讨

## 非海相动物群古生态学的某些问题 和兰开夏煤系\* 的沉积速度

(英) F. M. 布劳德赫斯特

### 一、非海相化石群的特征

#### (一) 绪言

煤系中的非海相动物群通常赋存在页理程度发育不同的细粒沉积岩中。本文将页理发育的岩石称页岩，无页理的细粒沉积岩称泥岩，二者之间过渡类型的岩石称页质泥岩。页岩一般色泽暗黑，含丰富的有机物质。而由粘土矿物组成的泥岩一般含有较多的混入物（如石英颗粒）。细粒沉积岩产生页理的原因有很多，许多研究工作者曾专门探讨过。其中粘土矿物在岩石中呈平行排列是形成页理原因之一。但根据X-衍射仪的分析，兰开夏煤系中页岩页理的成因与此无关。下列二点因素可能起着很大作用；（1）大量植物碎屑沿岩层层面平行排列。（2）岩石中矿物成分沿纵向规律地变化。

煤系地层中瓣鳃类化石主要属于 *Carbonicola*, *Anthracosia* 和 *Anthraconaia* 三个属的标本。详细观察这些化石群可以看出，大多数化石都是原地埋葬的，即介壳死亡后未经搬运。证据有（1）大多数化石的左右双瓣壳仍然是连着的，（2）没有流水搬运作用而引起的磨蚀现象，（3）缺失搬运作用造成的分选现象，（4）介壳的围岩都是一些形成于宁静沉积条件下的细粒岩石，不是那些足以引起介壳搬运环境下的岩石。大多数化石群里，介壳的左右二瓣是关闭的，但是有少数介壳，其左右二瓣是

张开的（例如作者 1955 年描述的 *Anthraconaia Pulchella*）。左右双瓣关闭的标本，其中多数是一个瓣直接盖在另一个瓣上（图 1）。在每个介壳层中，左瓣朝上的个体数目与右瓣朝上的大致相等。类似的情况在其它一些地方的煤层中也曾见过。瓣鳃化石的这种埋葬状态可能代表其原生生活状态。但这并不完全排斥有少部分可能会立着生活，即以铰合面呈垂直或近于垂直方式固着水底生活，只是在死之后，沉积物掩盖前由于自身的倒转或沉积物的挤压最终平躺下来，保存为化石。从图 1 可以看出，不同层位中化石的埋藏方向甚为不一。有些全为左右双瓣重迭的介壳组成（图 1, A），另一些则还包括其他的埋藏方向（图 1, B~E）。后一类型化石群里，有少部分标本以其腹缘朝上保存为化石。这种埋藏状态可能是介壳石化前遭受底流或水底泥砂扰动所致，不会是其原生生活状态。

图 1 所选用的化石，保存完美者，一般壳瓣内部都充填有含铁粘土，它们在介壳受围岩挤压前可能就存在，化石才免于压碎。这类标本仅赋存于泥岩或页质泥岩中。保存不好的标本一般其介壳内部都未充填上述物质，但化石埋藏方向仍依稀可见。这类标本在泥岩、页质泥岩和页岩中都常可以见到。

\* 发育于英国中部地区的石炭纪煤系——译者

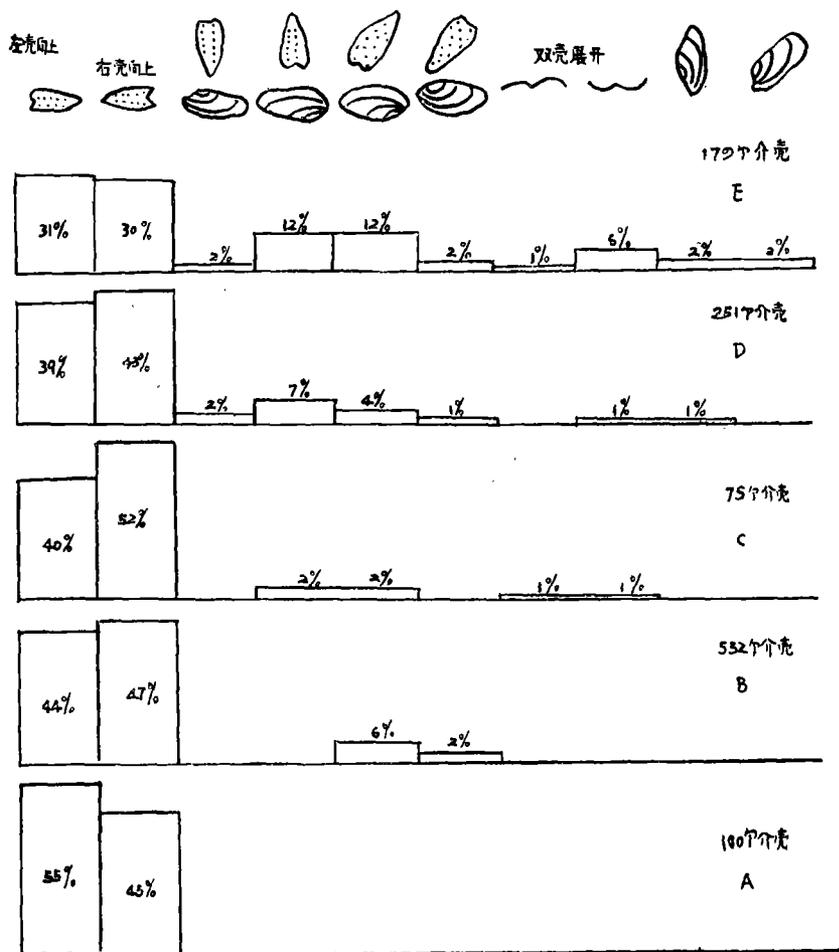


图1 兰开夏煤系非海相瓣鳃类化石埋藏方向图

A至D采自化石群呈带状分布的标本。

B采自化石群呈囊状分布的标本。

\* 标本所采具体层位略。

### (二) 介壳的埋藏方向及其常见大小的分布情况

本文所研究的瓣鳃类化石，有些沿着某些特殊层面富集，有些呈均匀带状分布，另有一些呈囊状或团块状聚集。一个标准囊的直径可为几英尺，高可达一英尺许。组成囊状的介壳化石，其特征——不论是双瓣壳的连结程度或缺失磨蚀现象等——都是与组成带状分布的化石一样。唯一的区别仅在于囊状中的介壳其腹缘朝上数目要多于带状中的(图1 A~D)。介壳呈囊状分布的地方，一般就是其原生生活场

所。介壳囊，实际上可视为在侧向上延伸不远的介壳条带。前者在泥岩中的分布远较后者广泛得多。

瓣鳃化石群中常见个体的大小与其埋藏方式以及围岩性质有着密切关系。在所观察的标本里，保存在页岩中的化石，其个体有大有小。而保存在泥岩中的标本，个体则全是大的。页岩泥岩中既可见到“页岩型”，又可见到“泥岩型”。这一现象在图2中已有所表明。

在现代底栖动物群中，幼体的死亡率通常高于成年个体。从这点出发，我们认为在一个未经搬运过的底栖动物化石群中，应该发现数

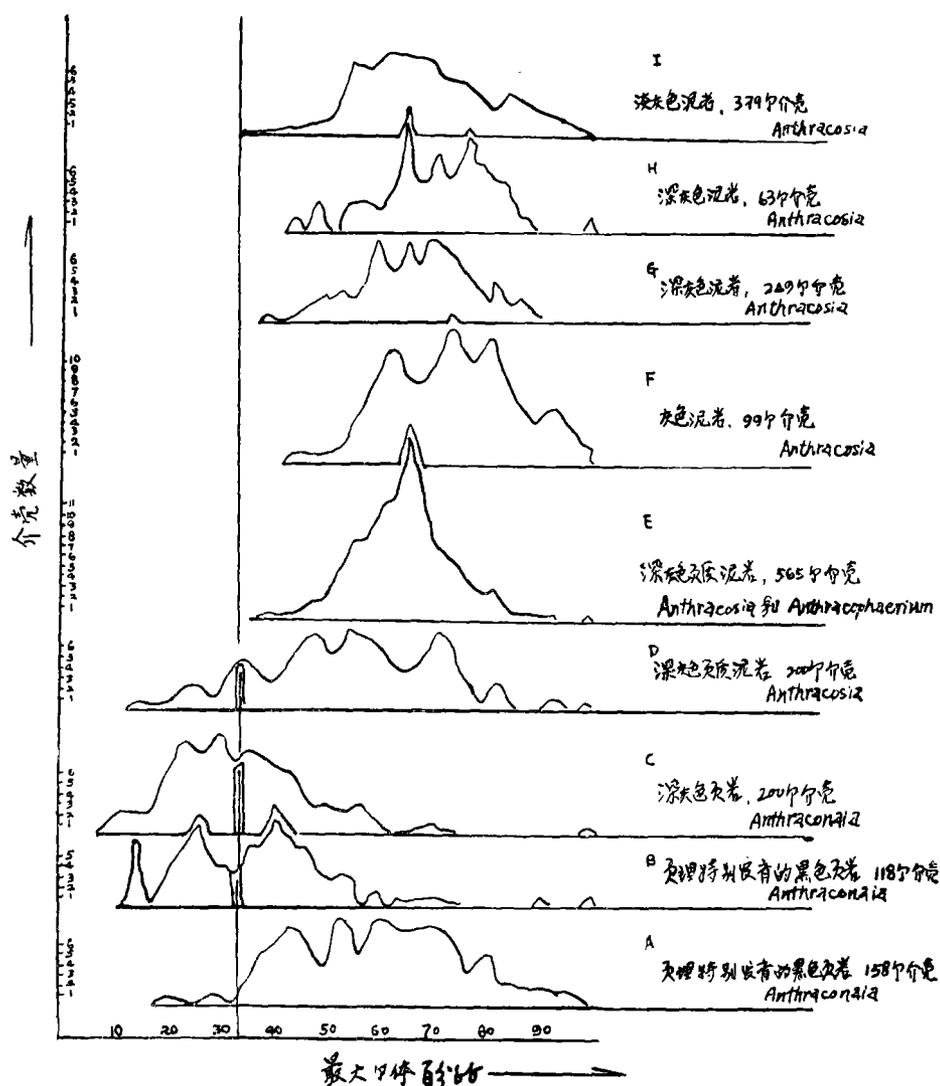


图2 兰开夏煤系非海相瓣鳃类化石常见个体大小分布图  
(个体大小以壳瓣长度衡量)

\* 标本所采具体层位略。

量较多的幼年尸体。Ferguson 就曾报导过一个几乎完全由幼体组成尸体群落的例子(1962)。兰开夏煤系页岩中化石个体有大有小, 这符合一般情况(虽然幼体数量略多一些)。而在泥岩中常见个体大小却有点异常: 缺失小的, 以大的为主。造成这一现象的原因实际上有很多, 试分析如下:

(1) 环境中的化学作用促使幼小介壳分介——在原始泥岩沉积物中可能存在着死亡的幼小介壳, 但是化石化前, 水介质中的化学作用

促使了它的分解。例如在一些酸性水发育地区, 脆薄的幼小介壳要比厚实的大介壳容易遭受分解。Segestrale 报导在波罗的海, 有些软体动物的介壳存在着溶蚀现象。这种溶蚀作用是由注入带有腐殖成分的酸性河水及现代底栖动物产生的二氧化碳所引起的。

在本区煤系地层的泥岩和某些页质泥岩中, 介壳保存完整者其内部必有一个含铁粘土成分的内膜。进一步观察这类标本的生长线及其它壳表部分, 可以见到原始介壳物质不是缺

失，就是为菱铁矿或铁白云石所置换。显然，碳酸盐矿物的形成时间是比较早的。因为(1)由于内膜的存在致使介壳未被压碎，这表明碳酸盐矿物至少在石化前就充填了介壳。(2)在缺乏介壳的外膜上。生长线及其它壳表特征一般都见不到，这指出当围岩尚未足以硬结形成印痕时，介壳物质就被破坏了。这种在介壳死亡早期碳酸盐矿物就大量发育以及它们与完整化石紧密伴生的事实表明，碳酸盐矿物虽是控制介壳成为化石的重要因素之一，但反之它在成因上又是与死亡介壳软体组织腐烂作用相关的。由于介壳分解造成的局部还原条件有利于碳酸盐矿物的沉淀。在泥岩中缺失幼小介壳的原因就可以这样解释：幼小介壳软体组织腐烂所产生的氧化还原电位太低，致使菱铁矿和铁白云石无法沉淀，这样也就没有介壳的置换反应，产生不了含铁粘土的内膜，介壳就无法保存为化石。但是根据这种见解，能保存为化石的介壳与不能保存的介壳，它们之间应该有条比较明显的界线。而实际上这种界线并不存在。在碳酸盐矿物发育不完全的地方，石化作用首先应在其胎壳部分进行，我们在化石群中就该找到这类保存不全的标本。这种化石也未发现。为此，泥岩及某些页质泥岩中缺失幼小介壳的原因与此关系不大。

(2) 潮流作用冲走了幼小介壳——现代瓣鳃动物群中可以见到潮流将较小的介壳携走而留下较大个体的现象。不过这种作用仅发生于浅水地区。本区含介壳的煤系地层都是一些岩性极细的沉积物，在它们沉积时要产生足以引起介壳运移的潮流或波浪看来是十分困难的。由潮流作用引起幼小介壳缺失的范围一般也不会象眼下所见到的那么广泛——几乎所有兰开夏煤系的泥岩中都缺失幼小介壳。在野外工作过程中，没有见到泥岩中有被搬运后再堆积的幼小介壳群；或因搬运而产生介壳破碎的痕迹。这样我们相信本区泥岩中幼小介壳的缺失也不是由此原因造成的。

(3) 迁移作用引起幼小介壳的缺失——成

熟的瓣鳃动物是否会从其栖居地向外迁移，即由“页岩环境”向“泥岩环境”迁移，以致形成上述现象呢？根据对兰开夏煤田露天采掘场的观察，在横相上由页岩相变成泥岩相的情况尚未见到过。若这种现象即使存在也是十分稀少。含有介壳的泥岩一般分布又十分广泛，所以其中的瓣鳃动物要是迁移来的话，则其迁移的距离一定是十分大的。从对现代淡水动物的认识来看，一般介壳动物的活动能力十分有限，上述远距离迁移是不可能存在的。再之在工作过程中从未见到瓣鳃动物的任何迁移痕迹。故可以断定，由于迁移作用而引起兰开夏煤系泥岩中幼小介壳缺失，其可能性是十分微小的。

(4) 选择捕食作用导致幼小介壳的缺失——大家都熟知这样的一些例子；某些瓣鳃动物的捕食者(例 American tingle) 最欢喜捕食它的幼体。另有一些(例 Starfish) 则仅摄食一定大小的个体。它们留下的空壳多半可以保存为化石。但有些捕食者(例某些鱼类)，它们捕食瓣鳃动物时不但吃掉它们的软体部分，而且还要损坏硬壳部分。Segerstrale 报导过一则实例；软体动物 *Macoma baltica* 在波罗的海浅水区，成年与未成年个体都十分发育。而在深水区幼小个体却甚为罕见，它为栖居在这里的 *Pontoporeia* 摄食岩屑中有机物时一起吃掉了。硬壳部分为这种动物的下颚骨磨坏，无法保存下来。

(5) 生长速度大于死亡率致使幼小介壳缺失——Olsen 和 Rigby 曾记述由于生长率和死亡率不同以致最终影响化石群中常见个体大小分布不同的例子。兰开夏煤系泥岩和页岩中常见个体大小分布不同的情况可能与原生动植物群生长率和死亡率不同有关。以人类中同样的例子来看，原始和古代社会中，人类的平均寿命比现代的要短得多。从古至今人类的绝对寿命并没有延长。因此在古代人类的墓地上幼童的尸体显然要比现代人类墓地上见到的为多。这种死亡率高的古代人类可与页岩环境中生活的介壳相比，而死亡率低的现代人类可与泥岩中

介壳动物相比。

(6) 新生不足致使幼小介壳缺失——包括瓣鳃类在内的一些动物其排卵量每年都可以变化。甚至某些年头，由于环境的不利，完全可以停止排卵或幼体的成长。这些都是生态工作者熟知的例子。在瑞典北部泊拉温(Parlälven)河中，*Margaritifera margaritifera* (L)几乎全是成年或老年的个体。有人观察了112个标本。其中仅8个年龄小于30岁。就是这8个也被认为是由于重返老回春作用造成的，这是新生不足的重要实例。

兰开夏煤泥岩中缺失幼小介壳的部分原因可能也归咎于此。由于产卵或幼壳发育的减少，在泥岩沉积时水中生活的介壳可能都是一些成年的大个体。在它们死亡后，若没有搬运来混杂有幼小介壳的沉积物，其结果就会形成目前泥岩中所遇到的景况。但是，按这种解释，在泥岩下面应该见到一些含大量幼小介壳的沉积物，这一点至今尚未观察到。

影响排卵及其成熟的因素有很多。现代某些淡水瓣鳃类生活史包含有一个寄生阶段，即当其为幼年时需要借鱼作为宿主在水中生活。减少这种寄宿主数量可以影响瓣鳃类的生存。又，当以鱼作为宿主的其它动物(如挠足类)过于发育时。相应地也会不利于瓣鳃类的增殖。水介质中粉砂和泥悬浮物数量的多寡是另一个控制瓣鳃类发育生存的重要因素。例有一种叫 *Venus mercenaria* 瓣鳃，当水中粉砂，高岭土或漂白土集中时就难于生存，反之则有利繁育。水底底土的性质的变化也会促使新生的下降。

分析上述影响本区泥岩和部分页质泥岩中缺失幼小介壳的具体原因，可以看出下列二点可能直接关系是最大的：

- (1) 选择捕食作用
- (2) 幼蚌的成长率大于死亡率

实际上新生的不足往往也是与其中之一或二紧密相关的。要想进一步认识这个问题，尚需研究其它地方类似情况的地层。

## 二、木化石和沉积速度

1959年布劳德赫斯特和麦格罗(Magraw)报导了一块木化石，这块标本采自兰开夏威根(Wigan)附近的Blackrod煤层中。化石是一个铸型，高不下于38英尺。这类木化石的形成经过推究如下：原生植物在其躯干尚未分解前就为沉积物掩盖，接着，由于树干分解，产生了空洞并为沉积物充填，形成了铸型。这一过程只能在沉积速度相当快的情况下才能顺利完成。

自记述Blackrod煤层的这块标本后，在兰开夏地区又观察和研究了50多个这类木化石(大多采于露天煤场)。它们产出的层位多数位于煤层之间的地层中，直接保存在煤层中的为少数，至于穿过底板进入煤层的标本迄今尚未见过。原生植物的组织结构，除了在极少数标本的内部可见到外，一般只在它的最外层残存了少些。所以大多数标本的鉴定是比较困难的。尤其在那些体壁增生，致使树干下部叶基形态保存不全的标本，鉴定就更为困难。

据文献所载，兰开夏地区曾见到过许多与上述类似的木化石。我们现在已找到的标本显然比实际保存下来的要少得多，这反映了本区的沉积速度曾经一度是很快的。这种沉积作用可以和邻近河道的连续泛滥联系起来；当带有大量沉积物的洪水不断淹没长有森林的陆地，使它们和冲到的植物一起在水下沉积下来，当水流退走后，冲到的植物按前述方式形成木化石。水流速度不会太快，冲到的树木没有被流水带走是一很好的佐证。类似的机械沉积在德国某些煤田和美国科罗拉多三迭系中也曾见到过。在兰开夏地区木化石一般都保存在细砂岩，粉砂岩或粗粒泥岩中，而在含有介壳的细粒泥岩中迄今尚未见到。这是由于细粒沉积岩堆积太慢，当植物还没有来得及为沉积物掩盖就遭受分解破坏了。无法保存下来成为化石。

## 三、煤系、介壳层和沉积速度

根据粗粒沉积岩中主要产木化石，而介壳

化石仅赋存在细粒沉积物中的情况，将不同粒度沉积岩作如下简要划分：

产介壳化石                      产直立木化石  
 页岩——页质泥岩——细粒泥岩——粗粒泥岩——粉砂岩  
 ——砂岩(页理)(页理或无页理)(——无页理——)

细粒沉积岩因其沉积速度过慢以致木化石无法保存下来，故上述简要分类也同时反映了沉积速度系统变化的情况。砂岩沉积末期——沉积速度最快。页岩沉积末期——沉积速度最慢。这样，沉积速度(加上底流活动程度)可能是控制常见介壳大小分布的重要因素。这种控制作用具体内容大致如下：

根据对现代瓣鳃动物的了解，清洁水是最利于它们发育生长的。当水中存在着悬浮物时，只是在一定的数量限度内才能生存的，否则这类动物就难于生活。所以，当页岩沉积时，沉积速度一般较缓慢，水中悬浮物数量较少而作为它们食料的有机物质十分丰富。所以水介质中，大小个体的瓣鳃动物都十分发育。现代沉积物中瓣鳃动物的密集程度往往与水底有机物数量成正比。

泥岩沉积时，沉积速度较快，水中过剩的泥砂悬浮物也较多，无疑是不利于介壳发育生长的。当悬浮物的供应不是过多，流入的带泥

浆的水能够满足在形成氧化水(Oxygenated water)时所需的消耗——这情况不同于减少或接近减少的情况，后者一般出现于页岩沉积时泥粒表面或邻近(具有丰富有机质和高硫的特征)。这时水底的氧化还原电位只能引起少量幼小介壳的死亡，调整生长率和死亡率之间关系。同时，还可以促进选择捕食和某些有机物再活动的能力。加之底流(可以破坏原生页理结构和沉积物中有机物)毁坏已死亡的幼小介壳，再由于水中多余悬浮物的影响，排卵的减少。结果只是一些成年个体在局部环境有利的地方生活着，它们死亡后可能形成化石囊。若沉积速度再次加快时，瓣鳃动物就不利于再生存下去。最后，在相宜的条件下，煤系植物开始作为化石保存在沉积物中。

#### 四、结 论

在兰开夏煤系，海相或非海相动物化石层一般呈薄层状夹层出现在产直立木化石的地层之间，这一现象是由缓慢沉积作用(相应出现动物化石)和快速沉积作用(相应出现木化石)交替作用的结果所造成的。

(段威武译自 Amer. J. Sci. 1964. 262 No7. 858—969)