第三章　古生态特征

实践证明，生物的生活过程（如新陈代谢、生长发育以及繁殖等）离不开一定的环境条件，从这个意义上讲，生物是一种反映环境灵敏的"指示器"。古生态的研究目的在于阐明古代生物与其当时生活环境之间的关系。因此，研究古生态的问题最引人关注的是对古环境和古地理的再造(当然，研究古生态还涉及到生物的发展演化，地层的划分对比等其它方面的重大问题)。

当古生物学作为一门独立的学科而出现时，个别先进的学者在其著作中就已包含有原始的关于古生态学的思想。自达尔文的进化论问世以后，在其影响下，人们意识到研究生物的生活环境将对解决生物发展演化的历史和物种的变化具有重要的意义，于是运用"将今论古"的现实主义原理，并采用比较解剖学和形态功能分析等方法来推断已绝灭生物的生活方式，从而逐渐形成了个体古生态学。到本世纪初期，古生态的研究已在个体古生态学的基础上有了新的发展，出现了综合古生态学和群落古生态学以及定量古生态学等的研究方向。

本章内容试就下扬子地区海相三叠系中有关古生态特征作一初步的探讨。

一、菊石古生态

(一) 菊石生活习性

菊石因具演化迅速，壳体特征明显以及地理分布广泛等特点而被人们视作理想的"标准化石"之一,用来划分和对比地层。或许因为它在地层学中占有重要地位的影响，而对其在古生物学和古生态学方面却注意不够，了解甚少。"将今论古"，即用现生生物生活史以推测同类生物的习性及生活环境，仍然是当前研究古生态的基本方法。然而菊石自中生代末已全部绝灭，不可能有现生的代表,因此从与菊石较相近的外壳亚纲唯一现存的"活化石"——鹦鹉螺的生活方式中所获资料，对我们了解菊石的某些习性显然是有益的。但另一方面对作为化石而保存下来的一些器官的形态功能进行分析，并结合个体特征及沉积围岩的岩性综合研究来推断这类已绝灭生物的生活方式及生存环境则是极其重要的。

与鹦鹉螺相比较，菊石的壳壁较薄并具皱纹，缝合线构造亦较复杂，这主要在于加强承受静水压力的功能，以适应于较深的水中生存。菊石壳体的外壁与平旋型锥体相对应，其包卷式生长方式使壳体更为坚固，但在缺乏另一壳瓣和铰合构造的情况下，其壳的扩张率远小于双壳类和腕足类，这种低扩张率壳体，不仅提供了保护作用，也提供了浮力作用。

过去除菊石壳体的特征外，有关其它器官部分则所知不多。近些年国外学者通过一些保存很好的特殊标本的研究，对保留在住室内的颚（jaw）和齿舌（radula）等已有所了解。从颚的着生情况和上下颚没有铰合点以及下颚呈铲状等特征推测，菊石似乎不像大多数现生头足类那样能咬碎较大的生物，它很可能以海底微体古生物为食（在住室内曾发现介形虫等），一度被断定是菊石触手的印痕已证实为蠕虫潜穴或埋藏的伪迹。

菊石的外套膜沿住室壁附着，难以用作喷射式推进，绝大部分菊石亦无水囊器官痕迹。因此尽管它们具备有高度发达的神经系统和相应的反应速度，但由于缺少强有力的喷射推进的运动机制，故而难以在水平或垂直方向作快速运动。与现生的一些头足类如鹦鹉螺及乌贼等比较，菊石显然不是善于游泳的生物，也不能快速捕食。

鹦鹉螺类死后，壳体处于原始的漂浮状态，食肉的动物即可轻易地吃掉其住室内的软体。而中空的壳体即升至水面随波逐流，甚至远离原来的生境而达海岸附近，其漂流的时间可历数月之久。实验证明，它们的空壳在沉向海底时，当其一旦沉没至水深 10 米后，壳体即以水平状态呈螺旋式下沉至海底。然而，从一些菊石埋藏的记录中显示与鹦鹉螺所获得的资料不符，因而不能用鹦鹉螺的模式与菊石类比。根据前人的资料，在菊石的住室内常发现有颚、齿板及口盖等。说明只有它们死亡后壳体往往连同软体同时迅速下沉到海底，这些器官才能在壳体内被埋藏和保存下来。从德国上侏罗统索伦霍芬石印石灰岩菊石旁边保存的壳体下部落地的印痕表明，菊石壳体在下沉时仍保持浮游的垂直状态沉达海底，在其着地之后才倾倒呈较稳定的水平位置。

综上所述，似乎可以得到这样一个概念，即菊石是生活在海洋中的生物，从未在半咸水或淡水中发现。它们多在陆棚地区活动，其中几乎绝大部分在接近海底面附近处作缓慢游动，并以海底生活的微体生物为食，或进行滤食。在正常情况下，死亡后的外壳可连同其中的软体一同沉积到海底埋藏，因此菊石的出现严格受到相的限制，从这点意义上说，它的分布不及营漂浮生活的生物广泛。

（二）群落的特征

群落是生物学的概念。早在 1877 年 Möbius 即将其作为生物生态系统中一个总生物群和自然环境相结合的单位。大概是 Weller（1899）始将其引入化石记录中。近一个世纪以来，对群落方面的研究日益引起生物界（包括古生物学界）的重视。有关群落的含义，各家在理解上虽然还不完全一致，但都认为“群落即指在一个特定的自然环境下生活在一起的生物群”。需要说明的，研究古生态群落，不能像研究现代生态群落那样，可以通过直接观察某一自然环境和其中总体的生物群生活状况，从而揭示两者之间的关系。由于古代生物的遗体能形成化石保存下来，需受种种因素的制约。因此被保存下来的化石不可能代表当时生物的总体;另方面古代生物从死亡到埋藏最后形成化石要经历一系列的变化，也不可能反映古代生物当时的环境全貌。

鉴于上述化石资料的不完备性和其它一些条件的限制，导致古生物学者无法完全套用生物学家研究生态群落的全部方法和理论。不过对保存的古生物化石进行群落分析，仍然能得到一些生态意义的信息，以再造古代生物生活习性以及它们当时生存的古环境概貌。

就菊石的习性及生活方式而言，其活动性和生活的水体深度相对较底栖生物大，以致使菊石群落所占据的地理范围往往也比一般底栖生物（尤其是底栖固着生物）为广，因此不象底栖生物在不太广的地区同一时期能划分出较多的群落。根据菊石化石分布及其组合面貌分析，本区早三叠世可以划分出六个群落，各自出现在不同时期的地层中，印度期(或 Griesbachian 期及 Dienerian 期)和奥伦尼期(或 Smithian 及 Spathian 期）各有三个菊石群落。中三叠世早期，区内仅在一处发现菊石,且数量很少，可能因海水变浅，含盐度高，不宜菊石生存有关，而且这些化石是否属原地埋藏，还有待研究，故对其群落特征暂不作讨论。

一般说来，在研究群落时往往应用有关统计学的概念，还常使用样方法在野外直接进行计数。我们在野外选择较好的地层剖面进行统计作为研究群落的初步尝试，力图从中获取某些反映古环境的生态信息。(见表 3-1)

现将各菊石群落的特征自老而新，依次分述如下:

1.*Ophiceras*——*Lytophiceras* 群落(简称 OL 群落)

OL 群落是本区三叠系最早的菊石群落,出现于印度早期或 Griesbachian 期的地层中,也是本区地理分布最广的菊石群落。它产于黄绿色泥质岩及泥灰岩中。由于受成岩期压实作用的影响，化石均被压扁，不过从个体保存完美及大小参差分布的状况分析，显示出原地埋藏的特点。OL 群落是本区海相三叠纪沉积的生物群落中分异度最低的一个，(图 3–1)。它由四个居群组成，分别为：*Ophiceras*，*Lytophiceras*，*Hypophiceras* , *Glyptoph iceras*。

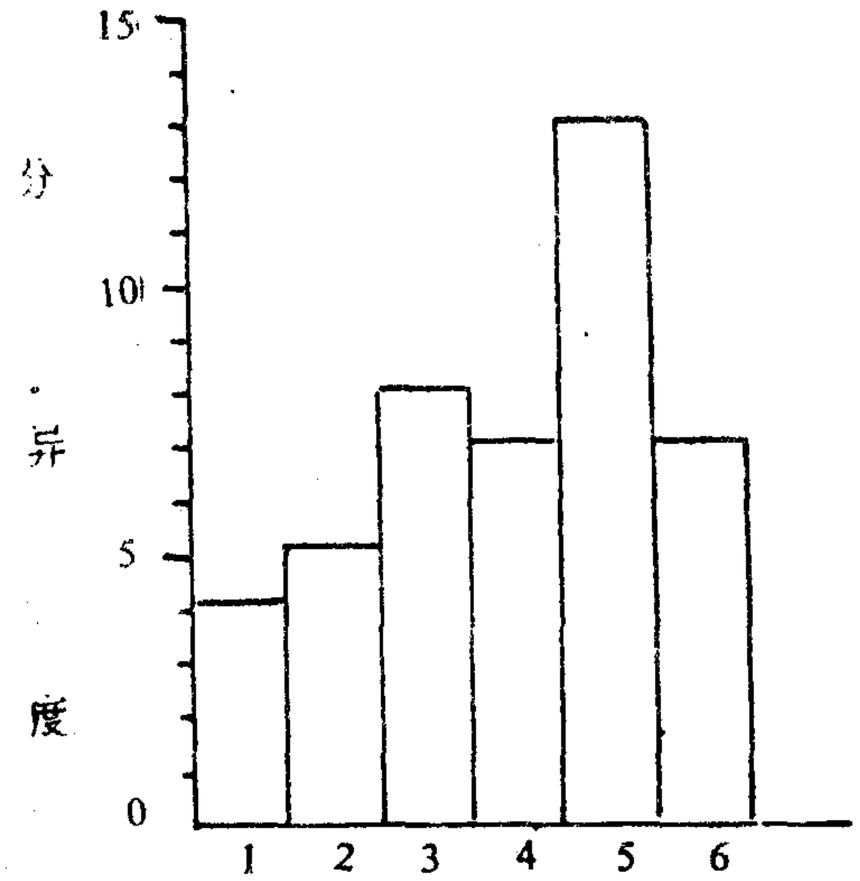


图 3–1 下扬子区早三叠世菊石群落分异度对比图

Fig 3—1 Correlation of the diversity of ammmonoid community in early Triassic

其特征均为壳体外卷，腹部较圆，表面光滑或具细弱纹饰的壳体类型。据计算所得，在各居群的相对丰度百分比（Pi%）中，以 *Ophiceras* 居群最高，占 50%；*Lytphiceras* 次之，为 39.58%；其余两个居群均＜10%（ 图 3–2)。

由此可见，*Ophiceras* 、*Lytophiceras* 在这个群落中的丰度约占 90%，居绝对优势。与其共生的双壳类以壳瓣薄，纹饰细的 *Claraia* 居群为主，以及少量腹足类。群落形成的 初期，尚有部分小型腕足类居群。这些都表明它们是生活在一个较为闭塞的潮下带静水环 境中。另一方面，这个群落的出现时值二叠纪末的生物绝灭事件结束不久，生物当时尚处 于复苏的初始阶段，新生的生物还没来得及大量繁衍辐射，这很可能也是造成群落分异度 不高的原因之一。

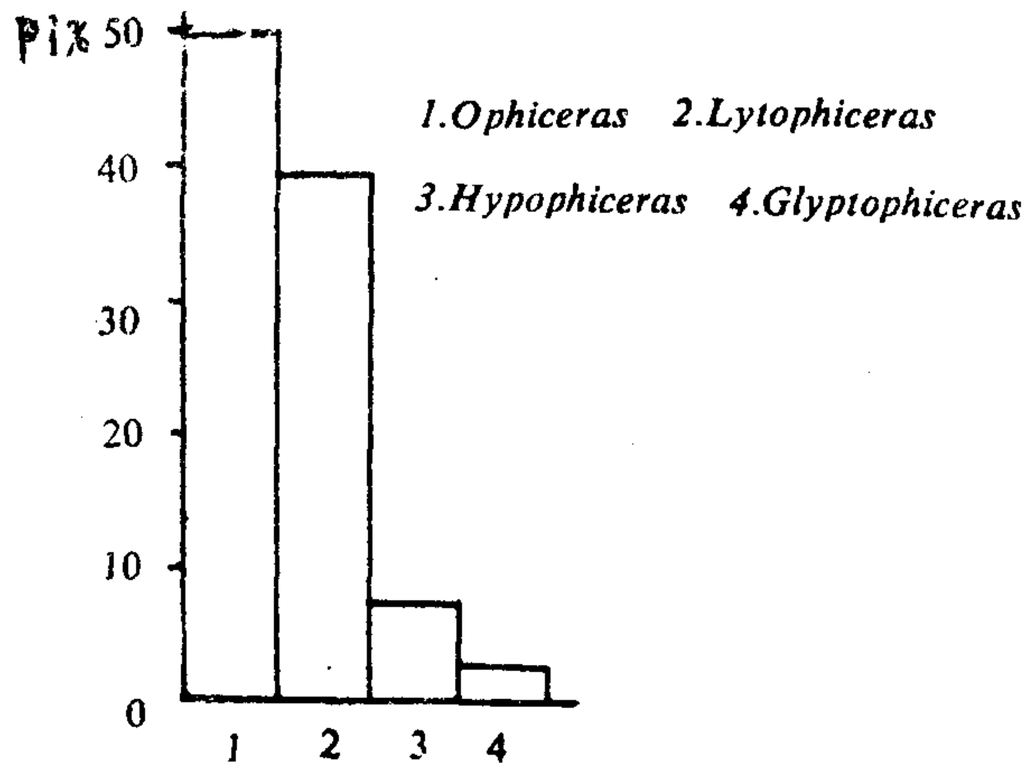


图 3–2 OL 群落各居群相对丰度图

Fig 3—2 Relative abundances of each population in the OL community

2*Gyronites*——*Prionolobus* 群落（简称 GP）群落）

GP 群落分布于印度中期（或 *Dienerian* 早期）,菊石产于黄绿色泥质岩或泥质灰岩中，化石均已被压扁，保存状况与 OL 群落相似，亦属原地埋藏。该群落从采得的化石统计，由 *Gyronites*，*Prionolobus*，*Pseudosageceras*，*Koninckites*, *Paranorites* 等 5 个居群组成，亦属分异度较低的群落（图 3-1）。经计算各居群的相对丰度百分比（pi%）为：*Gyronites*32.35%，*Prionolobus31.37%*，*Pseudosageceras*19.61%，*Koninckites* 8.83%，*Paranorites7.84%*,其中以 *Gyronites* 及 *Prionolobus* 两个居群相对丰度较占优势（图 3-3）。从群落的优势度 C＝0.2555，与理论上最大优势度 $C_{max}=1$ 和由数学推知的 $C_{min}=1/s=0.2$ 比较其值很低，亦说明群落的优势不集中，均衡度 E＝0.9085 与理论上最大均衡度 $E_{max}=1$ 相比，可以认为 GP 群落的均衡度较高。这种低优势度和高均衡度皆反映群落中个体在各居群上的分配较均一的特征。这个群落的形态特征是，其中的居群也几乎都是侧面光滑或具细弱的纹饰类型。但与上述 OL 群落相比，壳体较内卷或半外卷，并出现板状腹部，显示两者稍有差异。与此菊石群落共生的双壳类除 *Claraia* 外，还有 *Eumorphotis*，*Entolium* 等。其生活环境与 OL 群落的情况基本相似，仍属潮下低能地带。

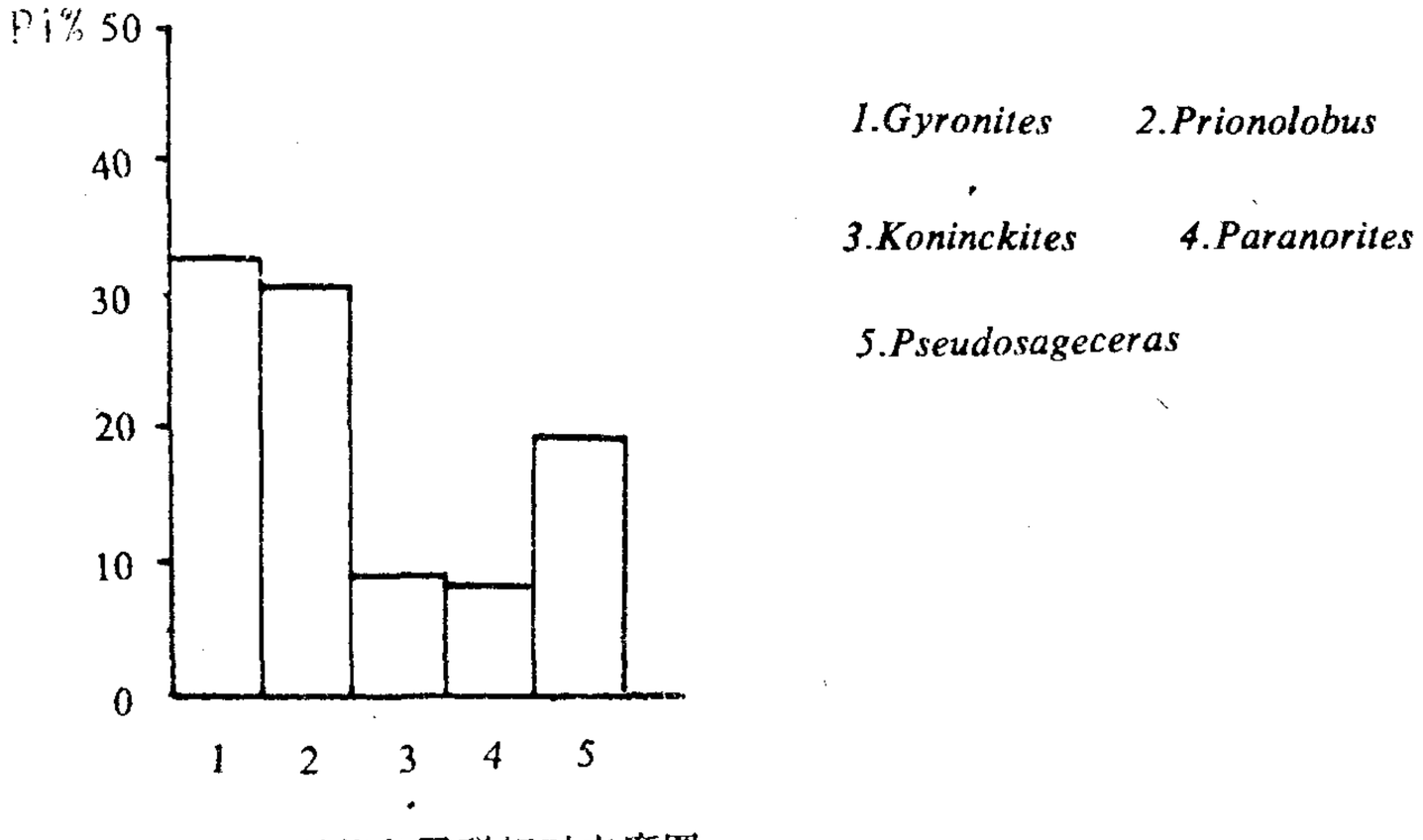


图 3-3 GP 群落各居群相对丰度图

Fig 3—3 Relative abundances of each population in the GP community

3.*Flemingites*——*Pseudosageceras* 群落（称 FP 群落）

FP 群落存在于印度晚期（或 Dienerian 晚期）地层中。菊石多产于黄绿色或灰黑色钙质泥岩中，常见成年个体与幼体在一起分布，大小参差，排列无序。此群落中的居群有 *Flemingites*，*Euflemingites*，*Meekoceras*，*Xenodiscoides*，*Paranorites*，*Proptychites* *Pseudosageceras* 及 *Dieneroceras*。其分异度较 OL 及 GP 群落均高(图 3-1)。各居群相对丰度的百分比（Pi%），以 *Flemingites* 居首位,占 55%，其次 *Pseudosageceras* 为 11.43%，其他菊石居群均在 10%以下（图 3-4)。毫无疑问 *Flemingites* 应为此群落的优势属。该群落的菊石形态特征，除壳型外卷者外，尚有半内卷及内卷型。多数菊石表面具

细纹饰或皱纹，少数属种表面光滑，与前两个群落相比有一定程度的分异。另一方面，菊石属中除了广布于特提斯区甚至全球性的属种之外，还有个别的土著种出现。与其共生的双壳类有 *Claraia*, *Gervillia*, *Pteria* , *Eumorphotis*, *Posidonia* 等。GP 群落分异度的增高，形态类型的多样化以及土著种的出现，似乎反映环境相对稳定，食物来源较丰富，使得生物开始发生较明显的辐射结果。此外,根据这个群落分异度相对较高以及形态特征分析，它们处于较低能具微弱水流，食物来源较丰富的潮下环境。

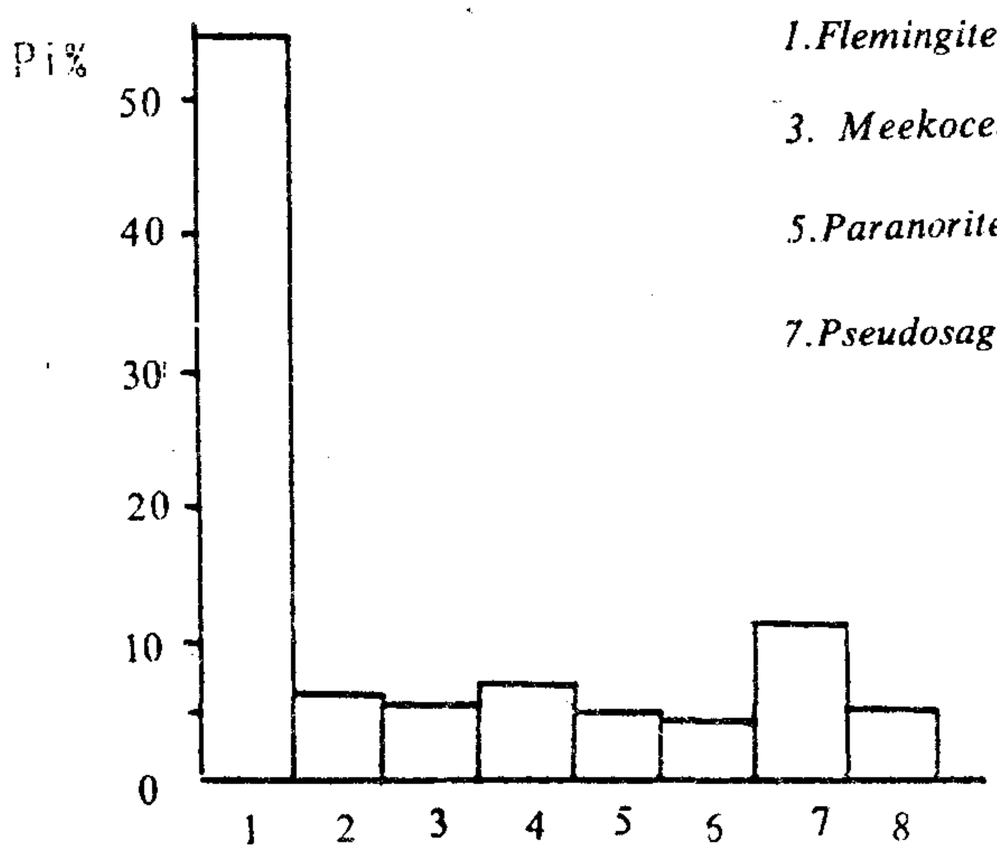


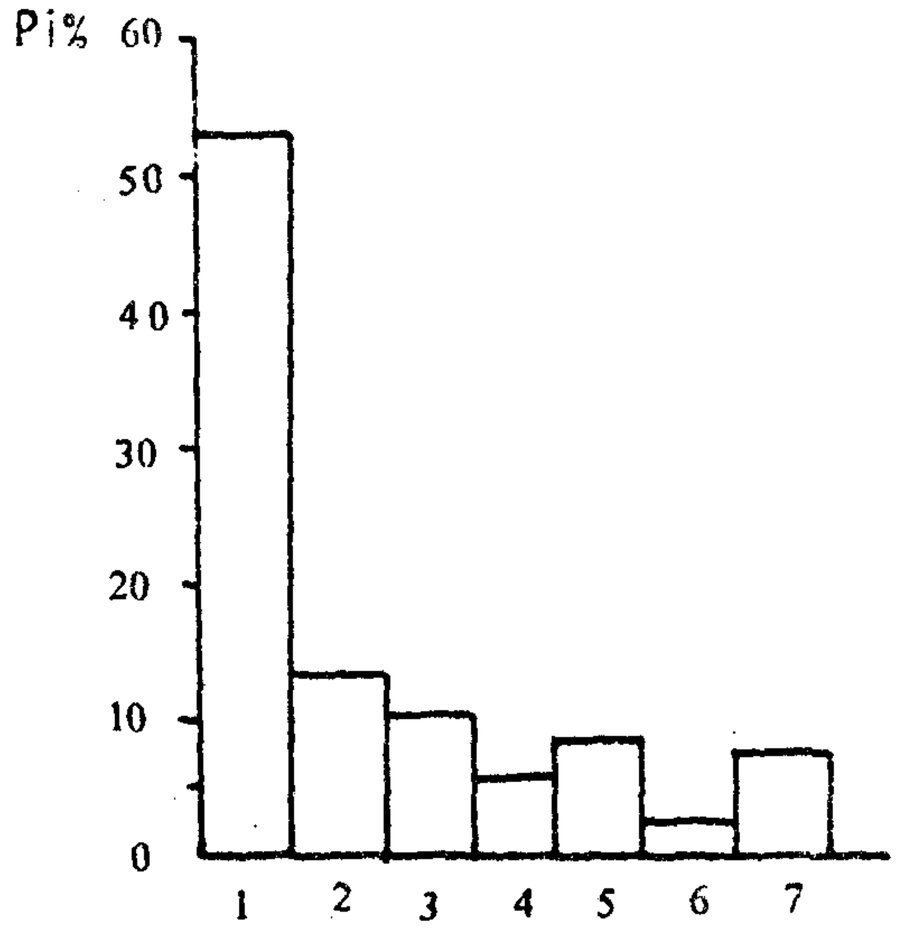
图 3–4　FP 落各居群的相对丰度图

Fig 3—4 Relative abundances of each population in the FP community

4.Anasibirites——*Meekoceras* 群落（简称 AM 群落）

AM 群落分布于奥伦尼期（或 Smithian 期）岩层内，菊石产于薄层及中厚层灰岩所夹的黄绿色泥质岩及泥灰岩中。化石多被压扁，但表面纹饰保存清晰，个体大小混杂分布，显示原地埋藏的特征。此群落由 7 个居群组成。根据计算，各居群相对丰度百分比 (Pi%) 分别为: *Anasibirites 52.45%*, *Meekoceras 13.29%* , *Dieneroceras 10.49%* *Arctoprionites 5.59%*, *Pseudosageceras 8.39%*, *Owenites 2.1%*, *Hemiprionites* 7.69% (图 3–5)。其中以 *Anasibirites* 占优势，其次以 *Meekoceras* 较多，故 AM 群落以此两菊石命名。与其共生的双壳类: *Claraia*, *Eumorphotes*, *Entolium*, *Posidonia* 等，还有少量腹足类以及鱼类古鳕目 Palaeoniformes。AM 群落中菊石的形态特征是：壳形以外卷及半外卷为主，壳体侧面具皱纹及细肋纹饰，腹部圆，与 FP 群落大体相似，所反映的生活环境也大致相仿，属低能弱水流，食物来源丰富的潮下带。

需要提出的是，*Owenites* 属是一种内卷型，腹部尖，表面光滑的菊石。它在广西，喜马拉雅等地丰度较高，故在那些地区常被认为带化石作为划分地层的依据.但在长江中下游地区却丰度较低，这可能受生态环境的局限性影响，因为每种生物的分布是受其所适应的环境范围所制约的，从 *Owenites* 的形态特征分析，它的分布可能受海水深度这一环境因素所制约。本区 AM 群落占据的地区为潮下带较浅的地区，不甚适合它们生活，致使其出现的丰度不高。当然也不排除其间可能还有其它环境的因素对它们的影响。



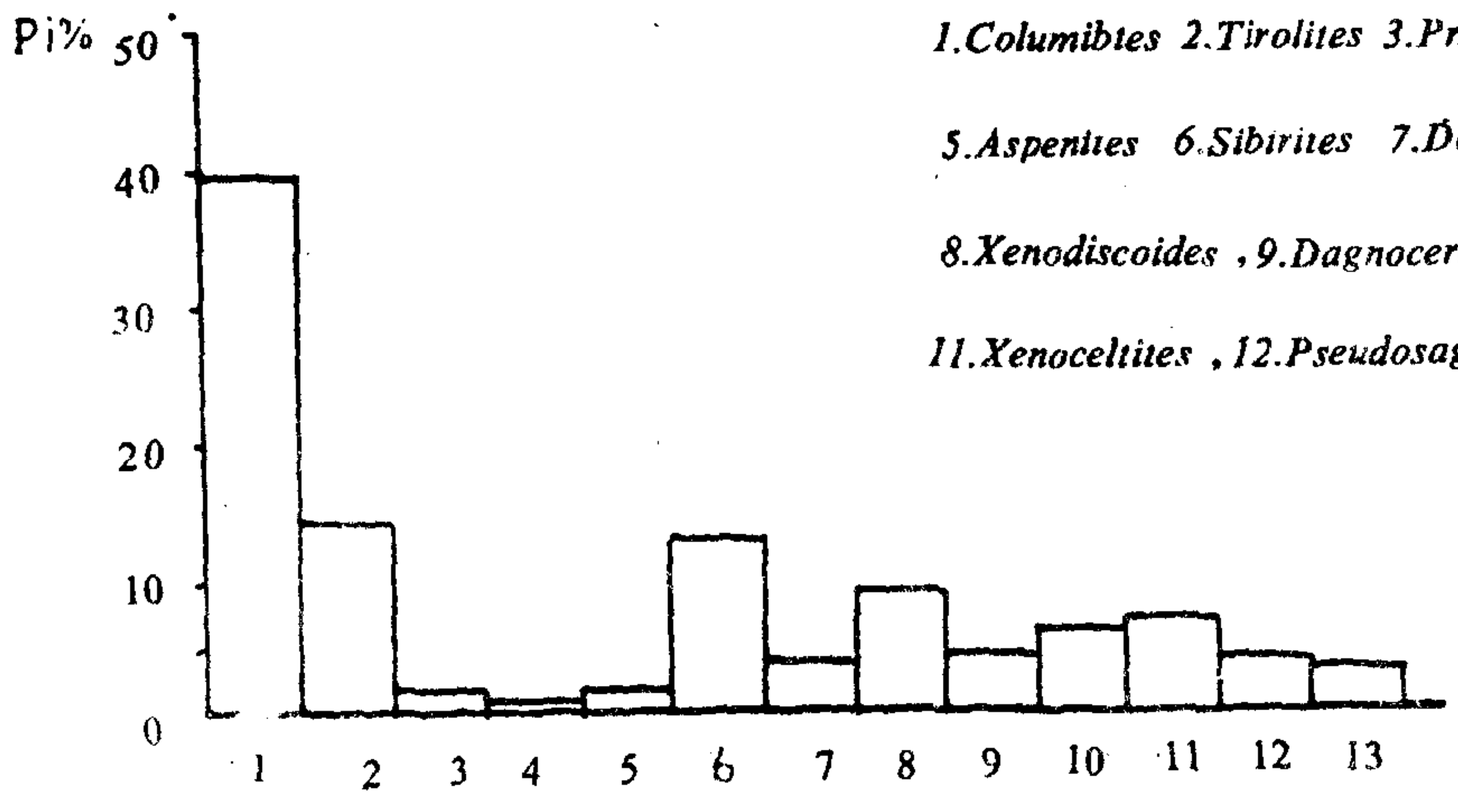
1. *Anasibirites*, 2. *Meekoceras*,
3. *Dieneroceras*, 4. *Arctoprionites*,
5. *Psaudosageceras*, 6. *Owenites*,
7. *Hemiprionites*,

图 3-5 AM 群落各居群相对丰度图

Fig 3—5 Relative abundances of each population in the AM community

5.*Columbites-Tirolites* 群落（简称 CT 群落）

CT 群落分布于晚奥伦尼早期（或 Spathian 早期）沉积的地层，菊石多产于紫红色及灰黄紫色的瘤状灰泥灰岩中。从菊石个体分布的集散情况来看，以巢县至宁镇一带居群较密集，分异度及密度均较高，其他地区相对分散，密度和分异度较低，显示群落内部结构稍有差异。其中唯 *Columbites*, *Tirolites*, *Sibirites* 等属种则分布较广。根据安徽巢县及南京珠山采集的标本分析，CT 群落共由 13 个居群组成，为本区分异度较高的菊石群落（图 3-1）。其中各居群相对丰度的百分比（Pi%）分别为：*Columbites 39.1%*, *Tirolites 13.5%*, *Preflorianites 1.5%*, *Beneckeia 0.75%*, *Aspenites 1.5%*, *Sibirites 12.03%*, *Dorikranites 3.01%*, *Xenodiscoides 8.27%*, *Dagnoceras 3.76%*, *Nordophiceras 5.26%*, *Xenoceltites 6.02%*, *Psaudosageceras3.01%*, *Dinarites 2.26%*



1.Columibtes 2.Tirolites 3.Preflorianites 4.Beneckeia
5.Aspenites 6.Sibirites 7.Dorikranites,
8.Xenodiscoides, *9.Dagnoceras*, *10.Nordophiceras*,
11.Xenoceltites, *12.Pseudosageceras*, *13. Dinarites*.

图 3-6 CT 群落各居群相对丰度图

Fig 3—6 Relative abundances of each population in the CT community

(图 3-6)。从菊石形态特征分析，菊石壳体仍以外卷型居主要地位，内卷型所占比例不大，与 AM 群落有些相似，但壳侧面具横助及瘤结等较粗强的装饰，却与上述各群落有明显的区别。此外，各菊石属中发现有较多的土著种，也是此群落的主要特征之一。根据上述特征表明此菊石群落可能生存在浅水缓坡地带，由于氧的供应及食物来源均较充分，促进生物开始出现又一次分异的趋势。

6.Subcolumbites - Pseudoceltites 群落（简称 SP 群落）

SP 群落为本区早三叠世最后出现的菊石群落，分布于晚奥伦尼晚期（或 Spathian 晚期)。据目前所了解的情况，其地理分布范围较小，主要在巢县及宁镇地区内。菊石产于灰色薄层灰泥灰岩及灰绿、紫色(猪肝色) 瘤状灰泥灰岩中。它们共由 7 个居群组成，各居群在群落中的相对丰度百分比(Pi%) 分别为：*Subcolumbites 36.67%*，*Keyserlingites 3.33%*，*Arnautoceltites 13.33%*，*Hellenites 16.67%* *Hemilecanites3.33%*，*Proptychiloides 6.67%*，*Pseudoceltites 20.0%*（图 3-7)。其中以 *Subcolumbites* 占优势，其次为 *Pseudoceltites*，故以它们为此群落命名。SP 群落的菊石壳体多数外卷，内卷及半内卷少数，壳侧面具较粗壮的横助及瘤状装饰，与 CT 群落较相似，但 SP 群落优势属腹部具屋脊状或具棱 (腹棱)，则与 CT 群落有别。除双壳类 *Claraia* 和 *Periclaraia* 外，在巢县还发现与此群落共生的有水生爬行类 *Chaohusaurus*，*Anhuisaurus*，*Majiashansaurus* 等属种以及裂齿鱼目 Perleidiformes 等脊椎动物。从菊石形态特征分析，这个群落基本上生活于水体较浅，具中偏弱能量的水域，由于食物与氧气供应充分，生物分异现象比较明显。

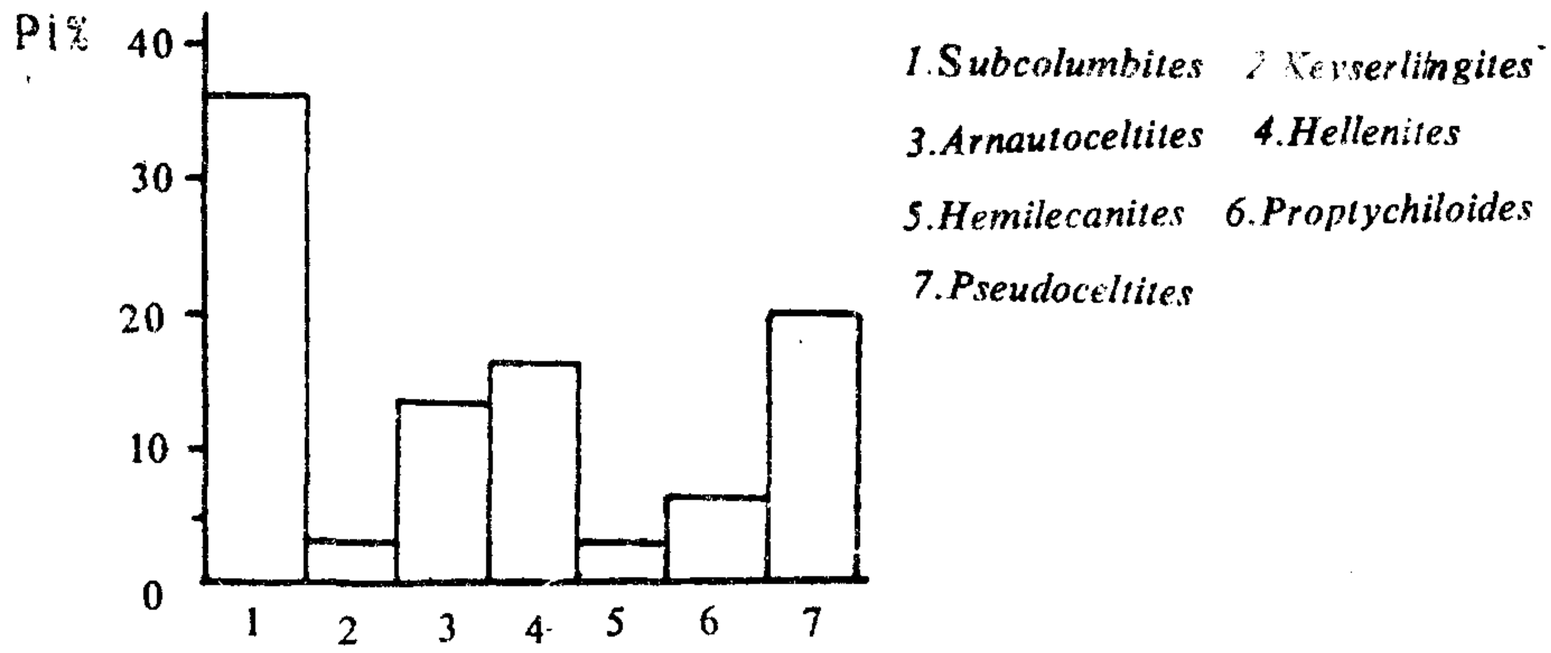


图 3-7　SP 群落各居群相对丰度图

Fig 3-7 Relative abundances of each population in the SP community

上述 6 个菊石群落在无锡均未见出现。无锡地区海相三叠系沉积由较多的颗粒灰岩(颗粒类型有鲕粒、砂屑、球粒、生物屑及核形石等) 组成，显示那里当时水浅，且能量较高，常处于水动力条件较强的动荡水流环境。其中生物仅见有腹足类化石，有的个体很小，密集成堆，属受过分选的尸积群。此外，还有丛状叠层石丘以及极少量的双壳类，从未见菊石化石赋存。同样情况，在江苏张渚、安徽广德以及湖北大冶等地的南陵湖段沉积较多的颗粒灰岩，也很少见到菊石。由此似乎可以认为，菊石只适应海水能量较低的静水或弱动荡水环境中生活，而能量较高的动荡水环境却不是菊石所喜爱的场所，也反应菊石

的地理分布尚受水动力条件因素的控制。

对本区早三叠世各菊石群落分异度的统计，可以看出它们之间存在某些差异，其中分异度最低的是分布在静水区的 OL 和 GP 群落，而分异度高的 CT 群落却发育在水动力条件相对稍强的环境中。可见这些菊石群落的发育情况不仅仅只是受水能量这一种因素的制约。换句话说，水动力并不是控制菊石群落发育特征的唯一因素。根据保存菊石化石的围岩（埋藏菊石遗体的沉积物）分析，菊石分异度低的围岩均呈灰黑色（风化呈黄绿色），有时还具星散状黄铁矿晶粒，表明为弱还原或还原环境的产物；菊石分异度高的围岩多呈紫灰和紫红色，显示为氧化环境下形成。这给人们一个启示，即菊石的分异度与海水含氧量的丰度之间存在着一定的相关性。由此可见控制菊石群落分布规律和发育特征的因素是多种多样的，其中不仅是深度，水能量及含氧量，其他如水温，含盐度，食物供应等等（包括物理的、化学的以及生物的）诸因素都起着不容忽视的作用。

在 6 个菊石群落中，就每一个群落而言，于其水平分布的地理范围内，仅在各居群菊石个体的数量上可能存在某些差异（这与采集的难易及详细程度等人为因素或许有一定的关系），当然也不排除客观实际存在差异的可能性。但群落的总体特征却基本上是一致的，反映在一个群落水平分布的地理范围内其生活环境的稳定性及相似性。若以各群落相互对比便清楚地反映出其间存在一定程度的垂直变化。由于菊石动物具备着自身演化较快的特点，因此要分清这种垂直变化，哪些是因为生态因素引起的，哪些是由于菊石自身演化所导致的，确是极其不易的。但上述 6 个群落的存在表明，在本区早三叠世这段地质历史时期内形成了一个菊石群落的演化系列，即 OL 群落（早印度期或 Griesbachian 期）→GP 群落（中印度期或早 Dienerian 期）→FP 群落（晚印度期或晚 Dienerian 期）→AM 群落（早奥伦尼期或 Smithian 期）→CT 群落（晚奥伦尼早期或早 Spathian 期）→SP 群落（晚奥伦尼晚期或晚 Spathian 期）。此外，从沉积环境方面分析，本区早三叠世初期，由于海侵形成一个相对较闭塞浅海盆地，随着时间的推移，海平面虽一度仍有较频繁的小幅度波动，但总的趋势是海水逐渐变浅，水动力逐渐增强。菊石群落的形态特征的变化及其演替序列和海水逐渐缓慢退却的过程基本上是吻合的（图 3–8）。由于海水深度和水动力条件变化，势必也会影响其他环境因素发生相应的改变，这对菊石群落的演替恐不能说没有生态因素的影响。至于菊石自身演化所产生的影响程度如何，则应属于古生物学另一范畴的研究内容，即不在此论及。

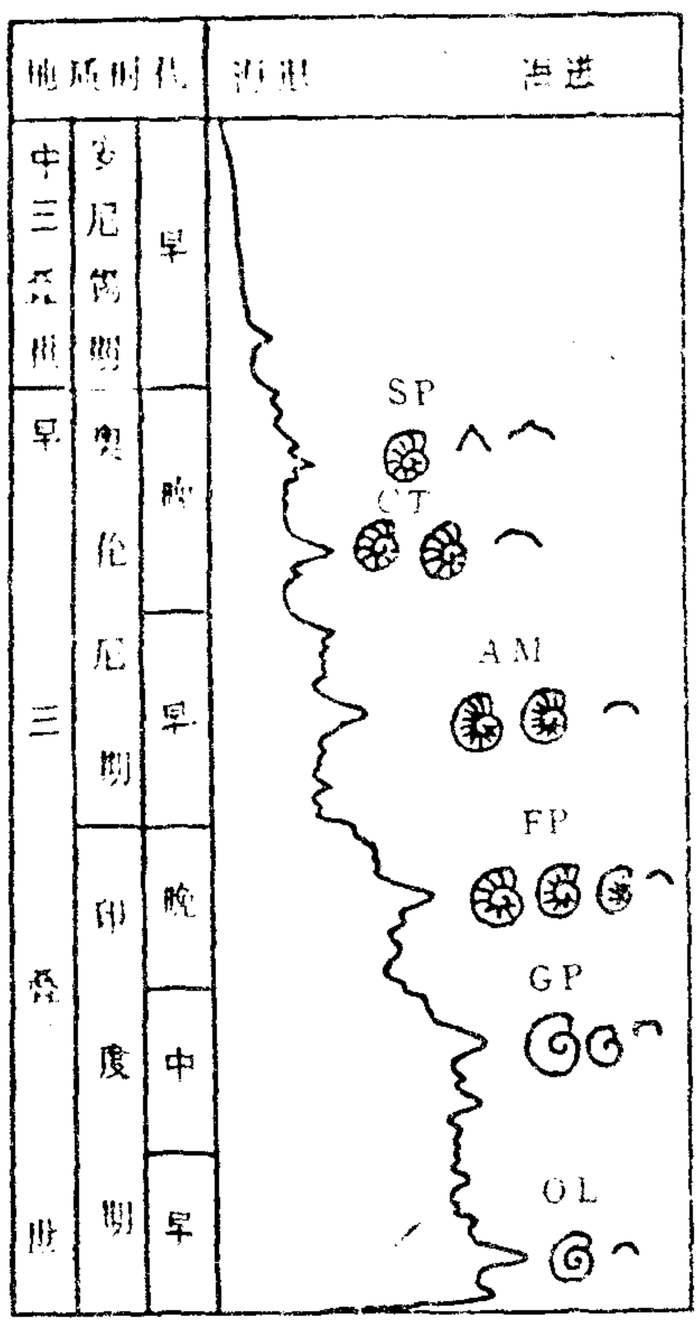


图 3–8 本区早中三叠世海水进退规程和菊石群落演替序列图

Fig 3–8 A map showing evolutionary series of ammonoid communities and marine transgression during Middle–Late Triassic in this region

表 3—1　　菊石群落统计表

Table 3—1 The statistics of ammonoid communities

菊石	黄石	宿松坐山	怀宁月山	贵池和龙山	南陵丫山、南陵湖	泾县孤峰晏公堂	铜陵叶村施家冲	宁国三门洞	巢县马家山	南京湖山、珠山	镇江大历山	溧阳上黄	宜兴老虎山	总数
Ophiceras	5	4	8	4	6		8		15	13		5	4	72
Lytophiceras		4	9	5	7	6	5		12	9				57
Hypophiceras		2			4		3			2				11
Glyptophiceras						1				3				4
Gyronites			9	5	6	4	2			7				33
Prionolobus	2		3	3		4	5		9	6				32
Koninckites						1	2			6				9
Paranorites			1	2			3		2					8
Pseudosageceras			6		3	1	4			6				20
Flemingites	5		16	6	13		8	2	9	11	7			77
Euflemingites			3			1	1		2	2				9
Meekoceras				3			4	1						8
Xenodiscoides			2		1		4		1	2				10
Paranorites			3		2				2					7
Proptychites			1		2	2			1					6
Pseudosageceras	2		2		3	1	4			4				16
Dieneroceras				3		1			3					7
Anassibirites			3		7		6	1	21	18	9		10	75
Meekoceras			3	2	1		1	2	4	6				19
Dieneroceras			4	1			2		4	3				15
Arctoprionites					2				4	2				8

续表 3— —1

Pseudosageceras				3					5	4				12
Owenites							1		2					3
Hemiprionites										7	4			11
Columbites	1		2		5	4	6		14	9	11			52
Tirolites					2	3			6	6	1			18
Prifloriinites									2					2
Beneckeia									1					1
Aspenites									2					2
Sibirites							2		8	5	1			16
Dorikranites						1			2	1				4
Xenodiscoides						1	1	1	5	3				11
Dagnoceras									3	2				5
Nordophiceras	1					1	1		3	1				7
Xenoceltites						2			4	2				8
Pseudosageceras									2	2				4
Dinarites								1		2				3
Subcoumbites									7	4				11
Keyserlingites										1				1
Arnautocel tites									4					4
Hellenites									3	2				5
Hemilecanites										1				1
Propt[illegible]ychiloides								1		1				2
Pseudoceltites									5	1				6

二、遗迹化石古生态

遗迹化石是地质时期各种生物于生活期间直接留印在沉积物表面或沉积物内部各种生命活动（如居住、运动、停息、觅食等）的痕迹和遗物（如粪便）。它既不同于生物体本身石化的遗体化石，也不同于无机成因的沉积构造，而属于生物成因构造。遗迹化石代表生物生活期间一段活动的痕迹，不仅能集中反映造迹生物的生态习性特征，还能补充底栖古群落中遗体化石以外的某些生物居群，丰富古生物底栖群落的组成成员。此外，遗迹化石几乎都是原地形成、原地埋藏和保存的，因此对于揭示当时的沉积条件和判断古沉积环境极其有利，从而引起古生物学界和沉积学界尤其是古生态研究工作者的重视。近些年来，专门以研究由生物活动和习性所形成的各种痕迹，以及它们的分类描述，解释和应用等为内容的遗迹学已成为一门新兴的学科活跃在地质科学的领域中。

尹赞勋教授早在 1910 年即对于国内发现的二叶石进行了研究和描述。嗣后较长一段时间进展不大。直到七十年代，研究遗迹化石的工作在我国再度兴起，并得到蓬勃的发展，十余年来发表了许多有关论文，使遗迹化石的研究取得长足的进展。最近长江中下游地区海相三叠系中的遗迹化石也开始有人作了报道。这里欲借机将我们的初步工作所得作一粗浅的论述。至于遗迹化石系统描述部分，按原设计要求不在本报告内介绍，对此我们将另文发表。

(一) 遗迹化石产地及层位

通过野外观察发现，在研究区范围内，海相三叠系中遗迹化石甚为丰富，且分布普遍。西起湖北大冶、黄石，经安徽、江苏沿江地区，东达浙江长兴、湖州一带，凡见有海相三叠系出露几乎都能发现有遗迹化石保存于其中。由于种种条件限制，我们这次主要在湖北黄石沙田、安徽省宿松、怀宁、南陵、泾县、铜陵，江苏省南京、镇江、宜兴以及浙江省湖州等地进行了较详细的观察与采集（图 3–9）。

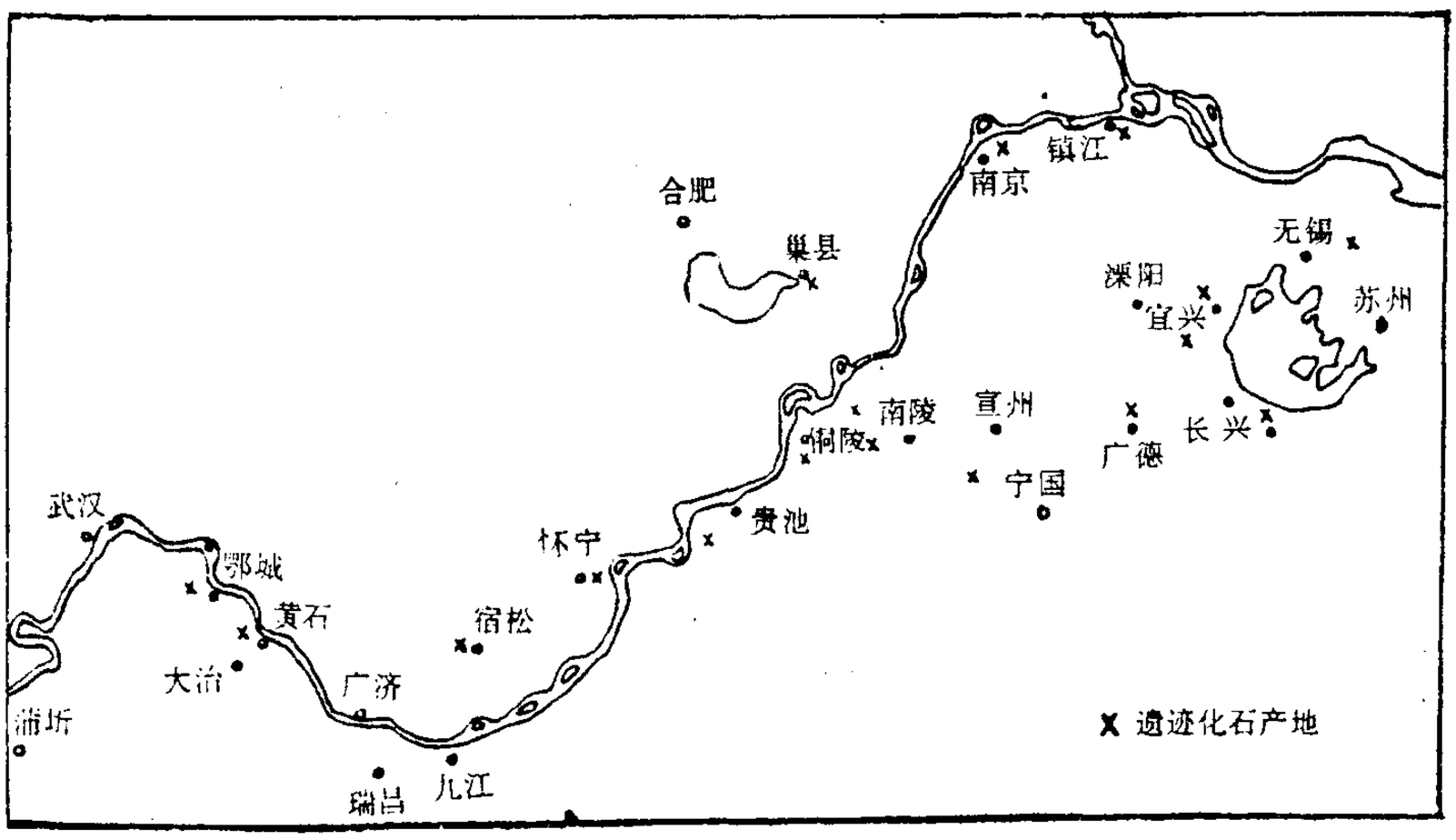


图 3–9　长江中下游遗迹化石分布图

Fig 3—9 Distribution of trace fossils in Lower Yangzi region

上述各地观察和采集到的遗迹化石，经初步鉴定的有 21 个遗迹属，还有一些尚未定名。它们分别产自区内海相三叠系约 20 个层位中（图 3-10）。现大体上可综合归纳为 7 个层段，自下而上分述如下：

1.产自青龙组底部"过渡带"的灰黄色粘土质泥岩中，有未定名的水平潜穴，数量较少。

2.青龙组殷坑段的下部（相当 *Ophiceras-Lytophiceras* 带）黄绿色钙质泥岩中有 *Palaeophycus*，*Chondrites*，*Brookvalichnus* 及 *Circulichnus*，其中以 *Palaeophycus* 数量最多，*Chondrites*，*Brookvalichnus* 次之，*Circulichnus* 较少。

3.青龙组殷坑段的中部（相当 *Gyronites--Prionolobus* 带）黄绿色泥灰岩中有 *Planolites*，*Pelecypodichnus* 和 *Ophiomorpha*，其中以 *Ophiomorpha* 最丰富，其次为 *Planolites* 和 *Pelecypodichnus*。

4.青龙组殷坑段上部（相当 *Flemingites* 带）黄色粉砂质钙质泥岩中产 *Gyrolithes*；薄层灰泥灰岩中产 *Planolites*，其中以 *Planolites* 较丰富，此外还见少量"粪化石"。

5.青龙组和龙山段（相当 *Anasibirites* 带），除薄层生物扰动灰岩（一般称作蠕虫状灰岩）以外，薄层灰泥灰岩中盛产 *Planolites*，*Chondrites*，*Gordia*，*Cochlichnus*，*Lockeia* 及 *Thalassinoides*，还有 *Agrichnium*，*Pteridichnites*，*Arenicolites*，*Treptichnus*，*Phycodes*，*Megagrapton*，*Monocraterion* 等，并见个别 *Zoophycos* 出现。另在南陵尚见小型足迹和步迹（track and track way）。

6.青龙组南陵湖段下部（相当 *Columbites* 带）灰色中厚层灰泥灰岩中有 *Planolites*，*Arenicolites*；*Laevicyclus* 以及 *Treptichnus*，数量较少。其中以 *Laevicyclus* 及 *Arenicolites* 相对较密集，*Planolites* 次之，*Treptichnus* 少量。

7.青龙组南陵湖段上部（相当 *Subcolumbites* 带）灰色中厚层灰泥灰岩中富产 *Planolites*。此外在巢县尚见一种呈幅射状潜穴且暂未定名的遗迹化石。

（二）遗迹化石的分类和形态特征

关于遗迹化石的分类，学者们对其特征从不同的角度提出了多种方案，目前常用的有下列四种：即形态分类、保存分类、习性和综合分类。以上的分类中，遗迹化石的保存情况以及能反映造迹生物习性的特征，在研究遗迹化石与地层的关系和沉积作用，进而为恢复古地理和推断古环境方面是具有重要意义的。而遗迹化石形态特征，则是系统分类与定名的主要依据。这里按照形态特征，试将本区海相三叠系所产遗迹化石归纳如下：

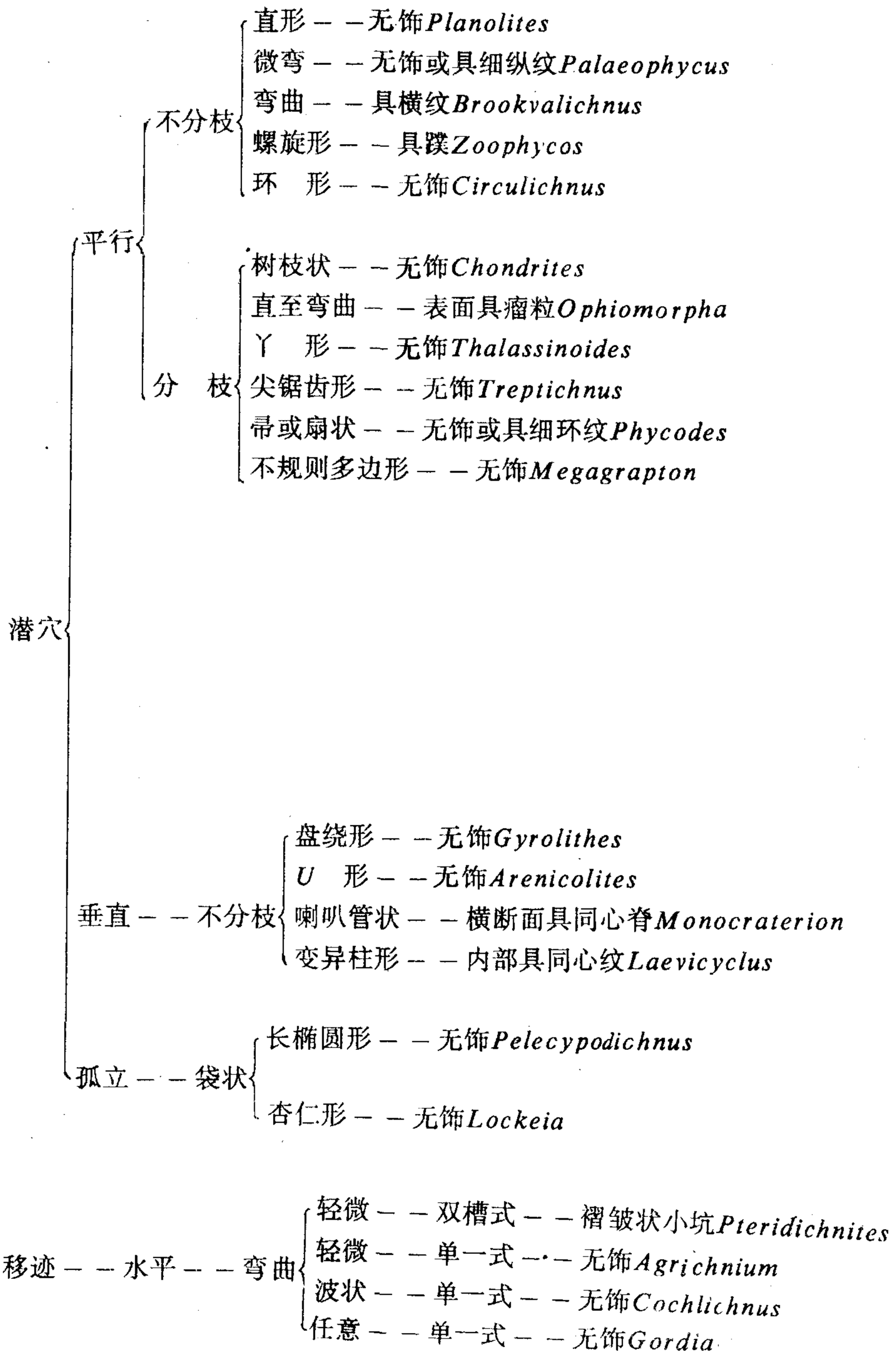
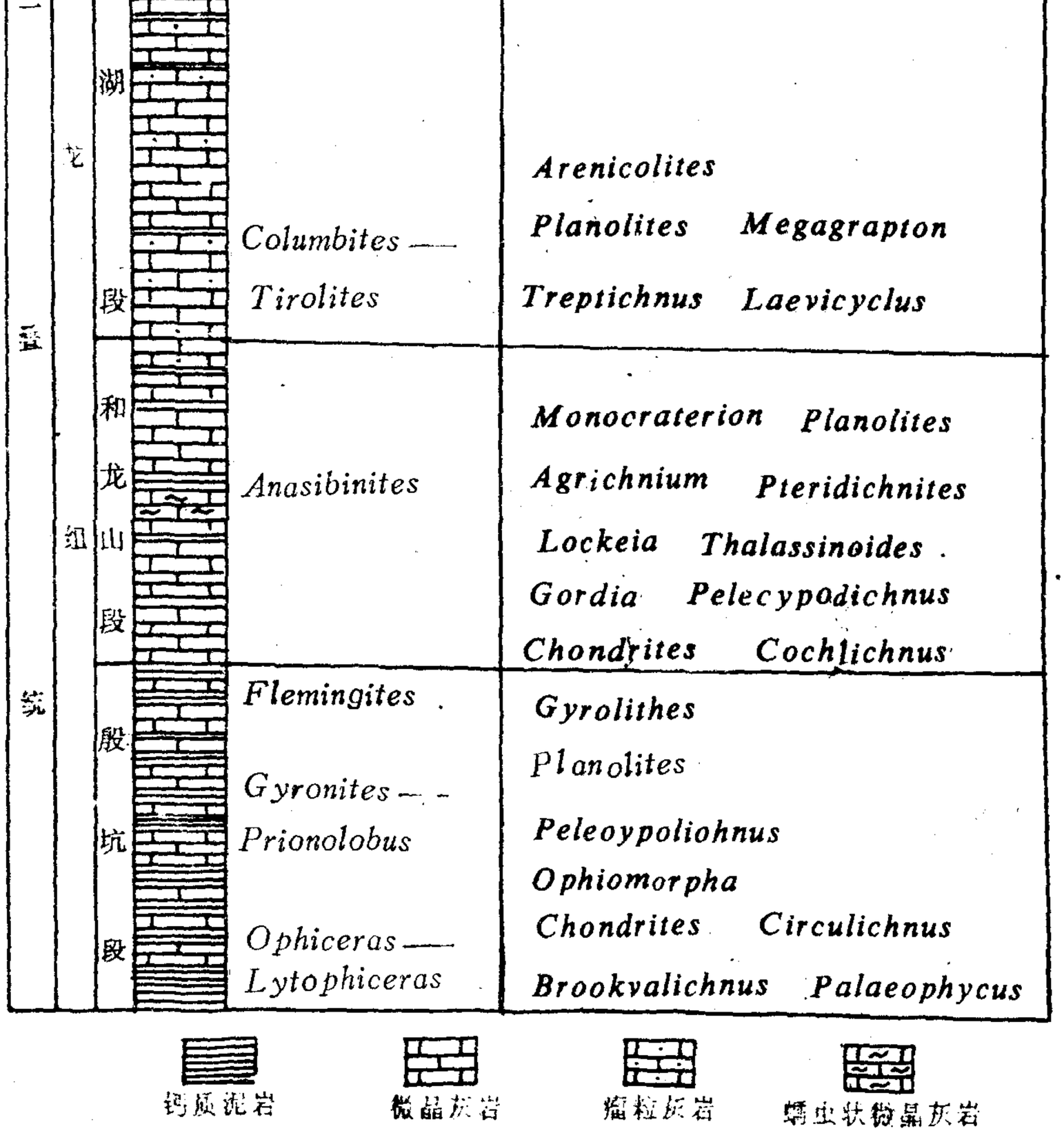

潜穴
不分枝
直形——无饰Planolites
微弯——无饰或具细纵纹Palaeophycus
弯曲——具横纹Brookvalichnus
螺旋形——具蹼Zoophycos
环　形——无饰Circulichnus
平行
分　枝
树枝状——无饰Chondrites
直至弯曲——表面具瘤粒Ophiomorpha
丫　形——无饰Thalassinoides
尖锯齿形——无饰Treptichnus
帚或扇状——无饰或具细环纹Phycodes
不规则多边形——无饰Megagrapton
垂直——不分枝
盘绕形——无饰Gyrolithes
U　形——无饰Arenicolites
喇叭管状——横断面具同心脊Monocraterion
变异柱形——内部具同心纹Laevicyclus
孤立——袋状
长椭圆形——无饰Pelecypodichnus
杏仁形——无饰Lockeia
移迹——水平——弯曲
轻微——双槽式——褶皱状小坑Pteridichnites
轻微——单一式——无饰Agrichnium
波状——单一式——无饰Cochlichnus
任意——单一式——无饰Gordia
足迹和步迹

图 3-10 长江中下游海相三叠系遗迹化石综合柱状

Fig 3—10 A synthetic column showing the position of trace fossils



（三）遗迹相与沉积环境

根据对现代海洋生物活动痕迹观察表明:不同门类的生物在相同的生活环境中,由于习性和行为的相似，往往能够造成相似的活动痕迹类型；而同一门类的生物在生活时，由于不同的活动行为也可以产生不同的活动痕迹类型。遗迹化石是古代造迹生物为适应其生活环境的生态行为记录，根据其行为和功能形态也完全能够显示其生活时的具体环境。实践证明，不同的古环境条件下往往形成并保存有不同的遗迹化石组合。据德国遗迹学家Seilacher（1967）通过综合地层记录中遗迹化石与沉积环境关系的研究，指出遗迹化石组合能代表一个狭窄的沉积相或沉积环境的分布范围，并划分出从海岸至深海盆地的5个遗迹相（即 Scoyenia 相，Skolithos 相，Cruziana 相，Zoophycos 相和 Nereites 相）以确定古海洋深度的分带，同时建立了遗迹相模式。

Seilacher 从深度分带划分的遗迹相，主要基于海水深度与水能量和食物供应情况(悬浮食物和沉积物食物）以及造迹生物的习性相关的观点出发而建立的模式。一般认为，这种遗迹相深度分带其总体趋势是存在的，因此这个模式长期得到普遍的认可与应用。但是近些年来有些学者通过现代海洋和地层记录中生物遗迹化石观察与研究的结果，认为水能量大小和食物供应情况并不一定与水深梯度有关，而控制遗迹和遗迹化石分布规律的因素也不仅只是深度一种，因此对他的这一模式提出一些质疑。从唯物辩证角度上看：不同地区、不同时代的沉积，其物理化学的沉积条件及生态系统都存在一定的差别，遗迹化石的分布规律也不可能完全一致，因此在应用遗迹相模式恢复古环境时需要结合地质背景具体情况加以全面分析。

根据本区海相三叠系中所产的遗迹化石形态和习性功能特征分析，大体上可划分为三个遗迹化石组合，现分述如下:

1.Palaeophycus--*Ophiomorpha*--*Planolites* 组合（简记为 POP 组合)。

POP 组合分布于青龙组殷坑段，主要由食沉积物的动物造成的水平或近水平的潜穴组成。其中有 *Palaeophycus*，*Ophiomorpha*（水平分布型），*Planolites*，*Brookvalichnus*，*Chondrites*，*Circulichnus* 等，以及尚未定名的水平或近水平潜穴。此外在中部尚有双壳类停息迹 *Pelecypodichnus*，上部出现少量甲壳动物十足目生活时形成的垂直潜穴 *Gyrolithes* 等。这个组合的特征明显地反映为潮下带。除在较强的风暴期外，通常处于水动力条件很弱的静水软底环境。位于浪基面以下，属浅海陆棚沉积。其岩性以黄绿色钙质泥岩及泥灰岩为主。由于这里受潮汐作用和波浪作用的影响微弱，海水温度和含盐度甚稳定，因此海底内栖生物的潜穴一般较浅,且多形成水平或近水平的潜穴类型。

2.Planolites--*Cochlichnus*--*Thalassinoides* 组合（简记为 PCT 组合)

PCT 组合分布于青龙组和龙山段，其中有 *Planolites*，*Chondrites*，*Thalassinoides*，*Treptichnus*，*Phycodes*，*Megagrapton* 等水平或近水平潜穴，并发现个别 *Zoophycos* 水平型潜穴。垂直潜穴也较丰富，如 *Arenicolites*，*Monocraterion*。多种移迹也很丰富。如 *Cochlichnus*，*Gordia*，*Agrichnium*，*Pteridichnites* 等。此外还有小型双壳类的停息迹 *Lockeia*。个别地区偶见未定名的小型足迹及步迹（Track and Track way)。PCT 组合以其分异度（又称多样性）高，生物扰动构造较发育为特色。其中不仅有较丰富的食泥动物

觅食产生的水平或近水平潜穴，也有较多的滤食性（食悬浮物）动物栖居的垂直潜穴，同时还有许多表栖动物在沉积物表面形成的各种移迹及少量停息迹和足迹（或步迹）。这显示其主要仍位于浪基面以下的潮下带近上部（局部地方达潮间带），海水较清澈，水动力条件较弱的软底环境，属较浅的浅海陆棚，局部为潮坪地带。岩性以薄至中厚层灰泥灰岩及粒泥灰岩为主，夹泥灰岩及钙质泥岩，水平层理较发育，也见有缓波状层理及丘状交错层理，系受风暴作用的影响。由于水能量在一般情况下略低，海水含盐度及温度变化不大。食物供应亦较丰富，除沉积物外还有较多的悬浮物随微弱的水流浮动。这不仅使食沉积物的内栖生物有条件形成较浅的水平或近水平的觅食潜穴，也为滤食性内栖生物得以建造垂直潜穴栖居，并从缓缓流动的水中获取足够的悬浮物为食,提供了较好的条件。此外也有利于一些表栖生物在沉积物表面运动、觅食与停息，形成较多的移迹，停息迹。足迹和步迹的出现，推测海底一度曾露出水面。在青龙组和龙山段的中上部全区较普遍地发育有较厚的生物扰动灰岩，似表明当时沉积速率一度变慢，使得内栖生物在生物扰动层上的新沉积层中为获得更充分的氧气与食物有足够的时间进行活动，从而产生较厚的生物扰动组合层。有的地方（铜陵）沉积速率变快可见逃逸构造。

3.Arenicolites—Laevicyclus—Planolites 组合（简记为 ALP 组合）

ALP 组合分布于青龙组南陵湖段下部，其中见有水平和近水平潜穴 *Planolites*, *Treptichnus* 和垂直潜穴 *Arenicolites* 及 *Laevicyclus* 等，上述各遗迹化石总的来说数量较少，但其中以 *Arenicolites*, *Laevicyclus* 及 *Planolites* 较占优势。因此，这一组合相对而言，以出现较多的垂直潜穴为特征（图 3–11），其岩性多为中厚层泥粒灰岩和粒泥灰岩。ALP 组合表现为浅海潮下带上部和潮间带下部，水动力属低偏中等能量的软底环境。因受到一定水流作用的影响，使海水温度和含盐度产生某种程度的变化，表栖生物移迹少见。另一方面，水流带来了较丰富的悬浮物与较充分的氧气，适合于某些食悬浮物的动物在海底挖掘垂直潜穴栖居，以营滤食生活。

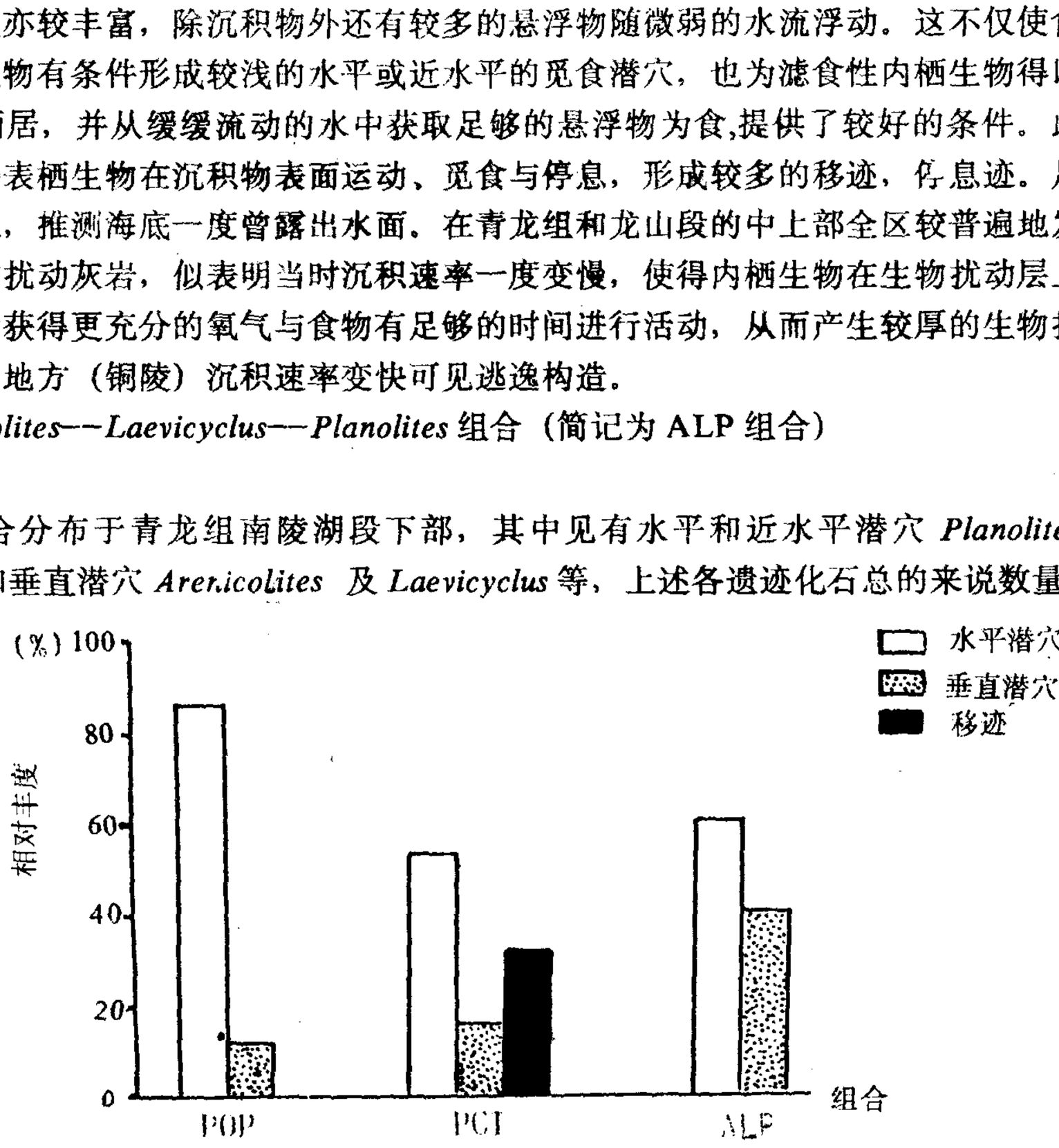


图 3–11 遗迹类型相对丰度图

Fig 3—11 Relative abundances of Kinds of trace fossils

除以上 3 个遗迹组合外，本区青龙组南陵湖段上部亦有许多内栖生物潜穴且普遍。形成较厚的生物扰动层（蠕虫状灰泥灰岩），属浅水弱能量的静水环境，而且在沉积速率较

缓慢的条件下产生的。有时在岩层剖面上可以见到因受生物扰动程度不同，呈现出一定的韵律性，说明沉积速率有周期性的变化。

嘉陵江组下部白云岩中在个别地方（宜兴）见有生物逃逸构造，表明蒸发岩台地当时沉积速率较快，超过生物所能忍受的生理极限而向上逃跑的结果。因青龙组南陵湖段上部生物扰动较强，其中遗迹化石较难定名，而嘉陵江组中的遗迹化石又很稀少，故未再划分具体组合。

上述青龙组的遗迹化石中具典型相标志的代表分子几乎没有发现，但从遗迹化石组合的分布与沉积环境的关系分析，其总体组合面貌似乎可以认为大致相当于 Seilacher 的 Cruziana 遗迹相分布的范围。Cruziana 相是分布最广泛的遗迹相之一，主要分布于开阔陆棚区或陆表海中（近来的工作揭示也可以出现在滨海地带），位于正常天气浪基面以下和风暴浪基面以上的潮下带到潮间带，摆动于中至低能水动力条件之间。沉积物的层理构造以水平层理为主，而出现的波状、槽状及丘状交错层理，可认为与风暴作用有关。由于食物供应较丰富多样，既有食沉积物的生物，也有食悬浮物的生物，还有活动于层面的食肉和食腐动物。在一般情况下，因水能量较低，一些环境因素（如温度、含盐度及沉积速率）的变化不大，虽出现一些垂直潜穴，但仍以水平潜穴占优势，与其它一些环境相比，表面遗迹（如底栖生物活动的移迹、爬迹和停息迹）也较多。因条件限制未能对这些分异度较高的遗迹化石群沿沉积的倾向是否可形成一些组合，以显示沉积环境的分带作较深入研究。但从青龙组遗迹化石组合的纵向分布的特征来看，殷坑段以水平潜穴为主，和龙山段出现水平与垂直潜穴以及移迹等高分异度组合，南陵湖段下部含有较多的垂直潜穴，显示海水由深变浅，水动力条件由弱变强的总的演变趋势，反映了海退的沉积序列，而青龙组南陵湖段上部的生物扰动构造较发育，是海水继续变浅，水能量变低，沉积速率转慢的结果。

这里的遗迹相演变趋向与沉积岩相及菊石群落所反映的生物相变化，表现是不谋而合的。以上所示，遗迹化石的形成与分布，不仅与深度有关，还受水动力、底质、沉积速率与食物的供应等诸因素的控制，而深度与其他诸因素之间亦绝非一般简单的相关关系。

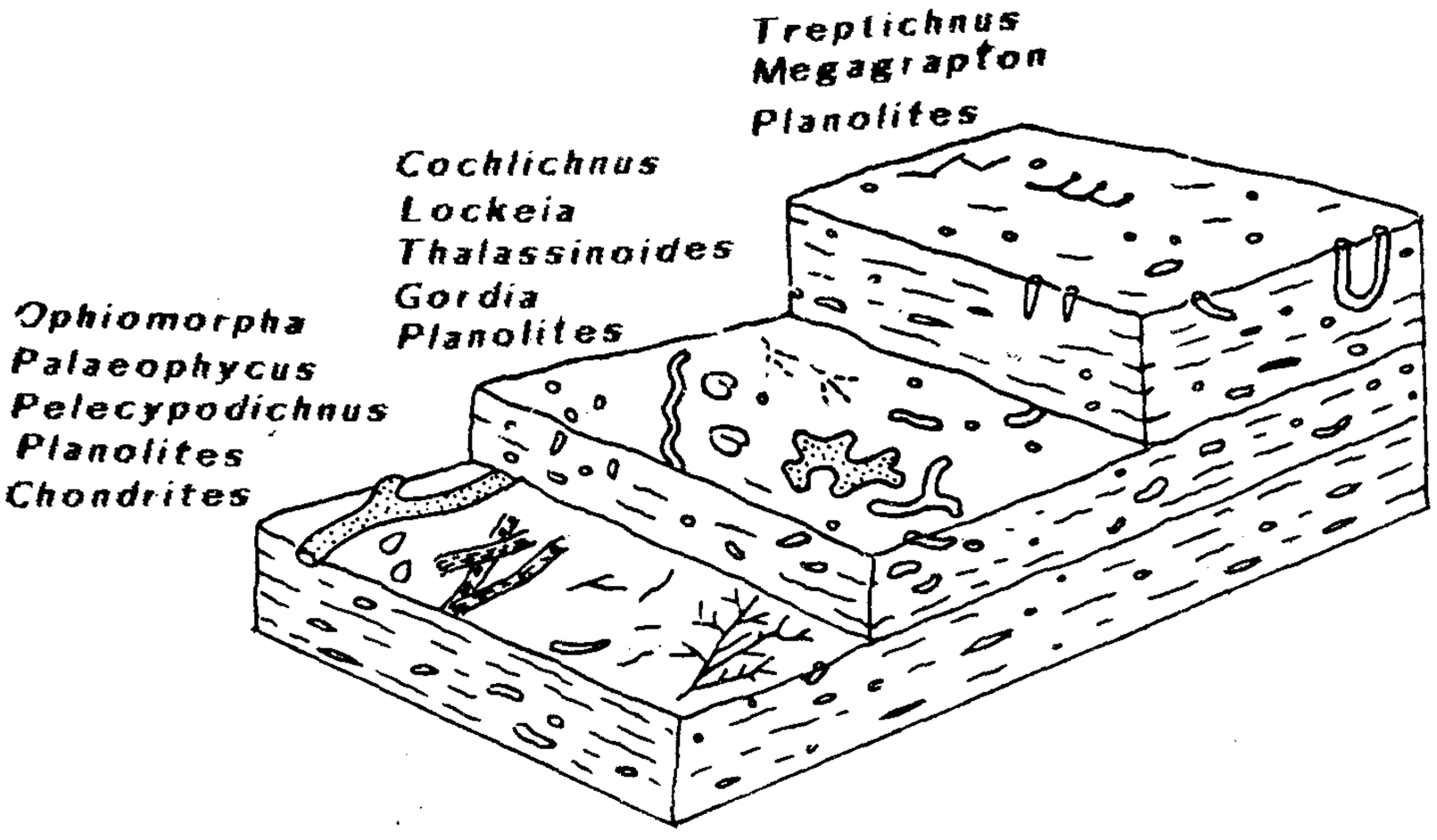


图 3–12 下扬子区青龙组遗迹化石组合分布示意图

Fig 3—12 Schematic representation of the distribution of trace fossil assemblages in the Qinglong Formation

三、叠层石古生态

叠层石通常被认为是蓝绿藻的生命活动和沉积作用的综合产物。从化石的定义是古代生命证据的意义上说，将其视作化石是符合定义的。但它们往往不是由某个种的藻类形成，而是一个藻类生物群落的产物，再者还不是生物遗体或遗骸，却是藻类生命活动的遗迹。因此，有时也将其作为一种特殊类型的遗迹化石，确切地说，应该是生物成因的一种沉积构造。

叠层石在我国广泛分布于晚前寒武纪碳酸盐岩地层中，类型繁多，特征明显，演化较速，能作为划分与对比地层的依据。何况前寒武系化石稀少，更显其在地层学方面意义重大，因此研究前寒武纪叠层石已成为研究前寒武系的重要手段和内容之一。下扬子区海相三叠系也产叠层石，由于数量不多，种类单调，分布零散，划分对比地层意义不大等原因，迄今很少有人研究。然而叠层石的形成和发育有其独特的沉积条件和生态环境。它们的形态往往随局部环境的变化而变化，也是反映环境的标志，无疑具有生态意义。

本区海相三叠系的叠层石见于江苏无锡、溧阳、南京及安徽广德、铜陵和繁昌等地，多赋存于嘉陵江组内，个别地区（无锡）在青龙组下部也有发育。这些叠层石以层状、柱状及二者间的过渡等类型为主，形成规模不大．分布零星，孤立的生物丘（Bioherms）和生物层（Biostromes）。现择其中发育较佳，保存较好者介绍如下,并就其古生态特征作一初步探讨。

（一）无锡嵩山

该处叠层石产于青龙组下部的浅灰色厚层状白云岩中，由呈丛状分布的柱状叠层石组成并构成约一米高，五米宽的叠层石生物丘（ 图 3-13 ）丘缘叠层石柱体较短小．

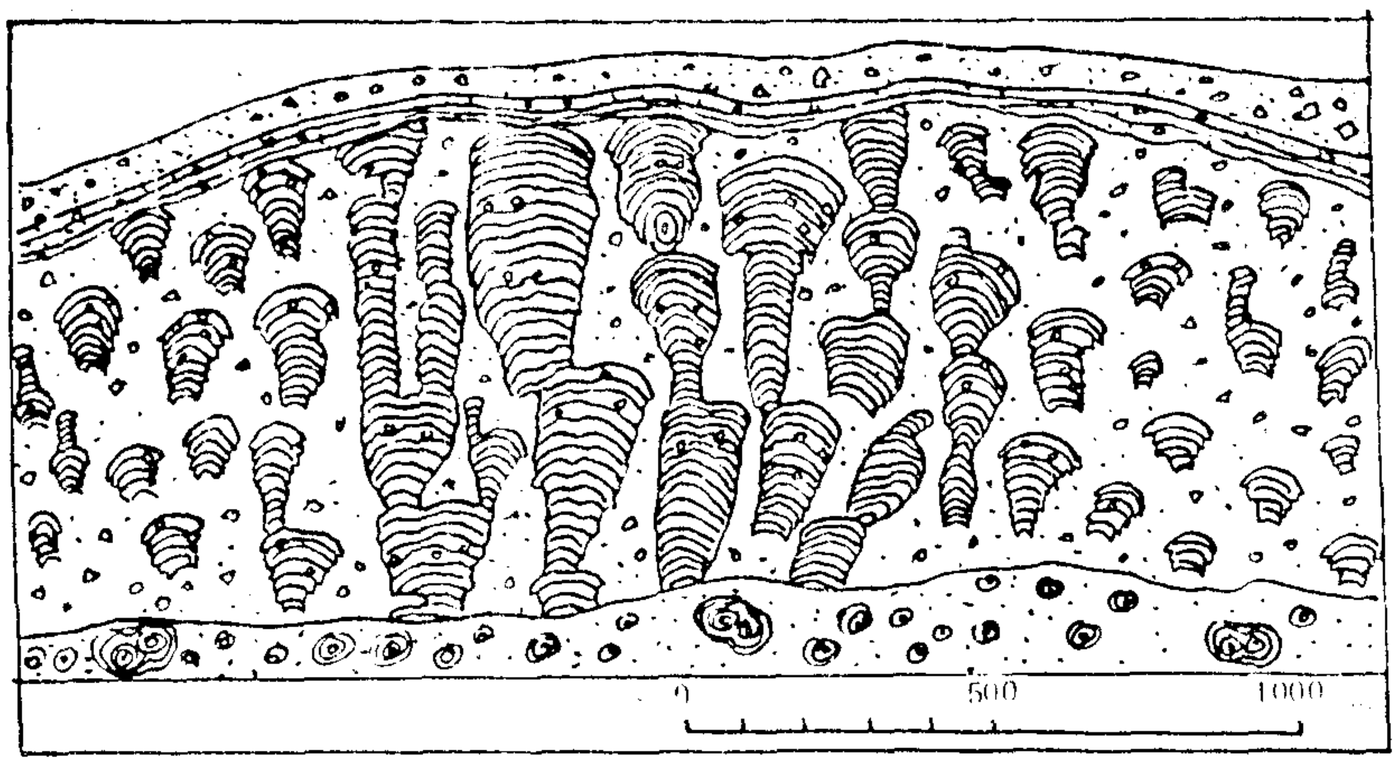


图 3-13 无锡嵩山 *Gymnosolen* 生物丘剖面图
Fig 3－13 Section of Gymnosolen bioherms of Songshan,Wuxi

（高 70-150mm，宽 25-50mm），一般不分叉，分布较稀疏;中部柱体较高大（高 800-1000mm，或＞1000mm，宽 100-150mm），以增宽平行分叉为主，作丛状密集分布。叠层石种类主要为 *Gymnosolen furcatus*，其纹层微结构虽被后期结晶作用有所破坏，但由细晶粒组成的凝块或不均匀的波状条带交互成层的特征仍清晰可辨。含此叠层石生物丘岩层之下伏以灰色中厚层状鲕粒白云质灰岩，产 *Euomphalus* 化石，个体大小不等，排列无序，分布不均。含生物丘岩层之上覆以灰色中厚层粒泥灰岩。

从以上特征推测，在叠层石产生前这里处于中、高能水动力的浅滩环境，因不时受到较强水流和海浪影响，形成以碳酸盐砂屑及鲕粒为主的砂质海底，水质清澈，光照充足；又因一些破坏藻类生长的食泥或食草动物难以生存，故颇宜藻类的繁殖与生长，遂形成叠层石保存于岩层内。从叠层石增宽平行分叉和作丛状分布的外形判断，在当时发育的过程中可能保持着持续而较快的沉积速率。在叠层石及其围岩中含有较多的砂砾屑，说明水体动荡频繁，而藻席捕捉和粘结众多颗粒。叠层石呈丛状生长并形成为生物丘等，恐均属藻类为抵抗较高能量的水流和海浪冲击以求生存而作出的一种适应性反应。或因以后水能量继续增大，环境更趋恶劣，藻席无法生长，叠层石也随之终止发育，其顶部甚至还受到不同程度水流和海浪的冲蚀，最后为碳酸盐沉积物所掩埋。对照现代叠层石研究结果，这类由柱状叠层石形成的生物丘常发育在潮间带下部或潮下带上部水动力较强的地带。从无锡当时的沉积环境和古地理位置分析，与现代巴哈马碳酸盐台地受潮汐和风浪作用影响较大的外缘砂带有一定的相似之处（图 3-14)。

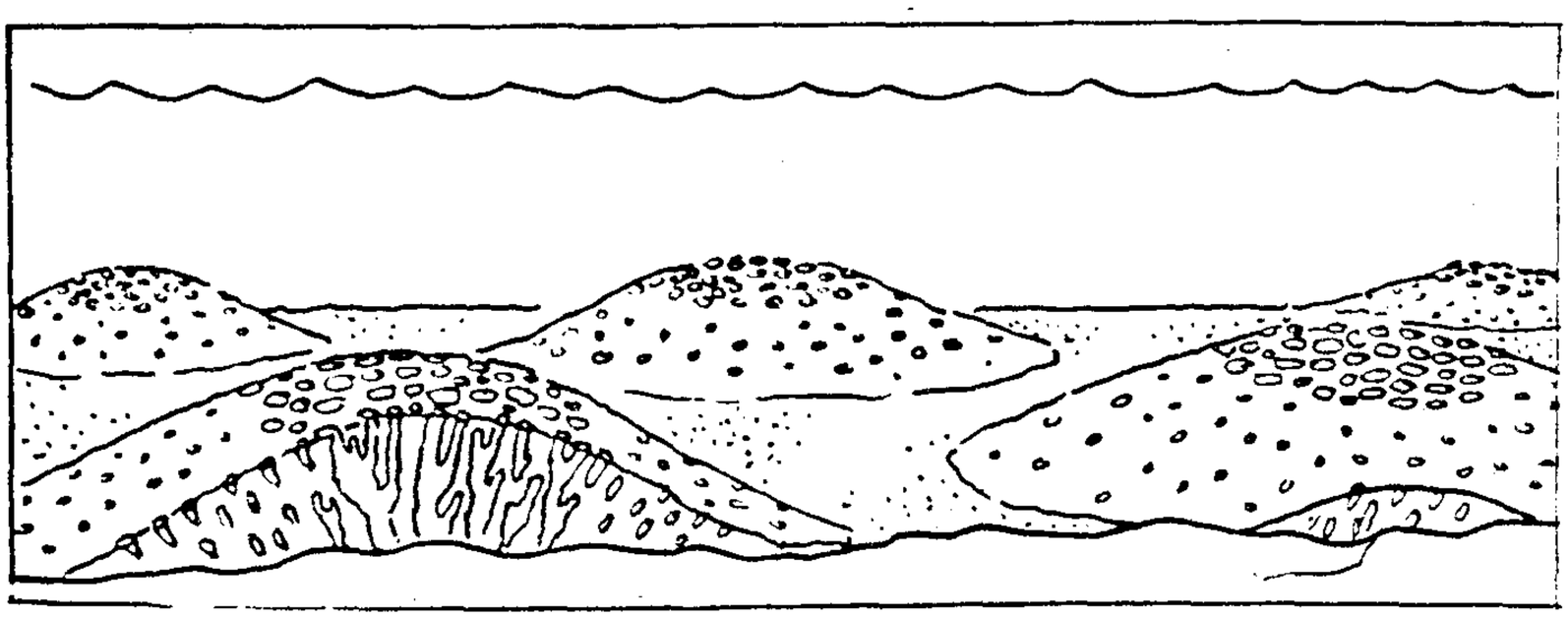


图 3-14 无锡嵩山古藻层复原图

Fig 3－14 Reconstruction of algal mat of Songshan,Wuxi

(二)溧阳上黄

上黄飞家山见 4 层由叠层石构成的生物层，均产于嘉陵江组下部，其围岩大多为灰黄—浅灰色白云岩（图 3-15)，下部两层叠层石及其围岩中具较多石膏晶痕，上部两层间则夹较多砾屑。在 4 层叠层石生物层中以自下而上的第三层发育较全，即由层状、层柱状及柱状 3 种叠层石组成（余者均为层状叠层石）:下部为柱状叠层石 *Collumnaefacta schichanica*，其基部生长在砂砾屑泥粒白云岩的侵蚀面上，柱体高 360-420mm，宽 80-300mm，常见连接融合现象，其生长倾向 348°，倾角 61°，大多沿 160° 方向横向拉长达 1-3 米；上部为层状叠层石 *Stratifera uralica*，见滑动揉皱现象，使藻纹层呈波状起伏，波脊走向亦为 160°（图 3-16)；中部为两种叠层石的过渡种类（图 3-17)。以上叠层石虽然体形各异,然其纹层微结构却由相同的微晶方解石组成断续条带层，并均见藻丝体缠绕交织的痕迹（图 3-18)，可能为相同藻类因环境不同所发生的形态变异。从下部小型层一柱状向上成长为大型层状叠层石，象征水在变浅。叠层石的纹层近水平（拱度以 0.2 为主）则为低能量水所致，而揉皱纹层的产生或由海底局部具一定坡度和定向水流引起。推测以上叠层石可能成长于潮间较低能带的潮坪较浅水地段，海底局部有斜坡，海水时有较缓慢的定向水流的环境。

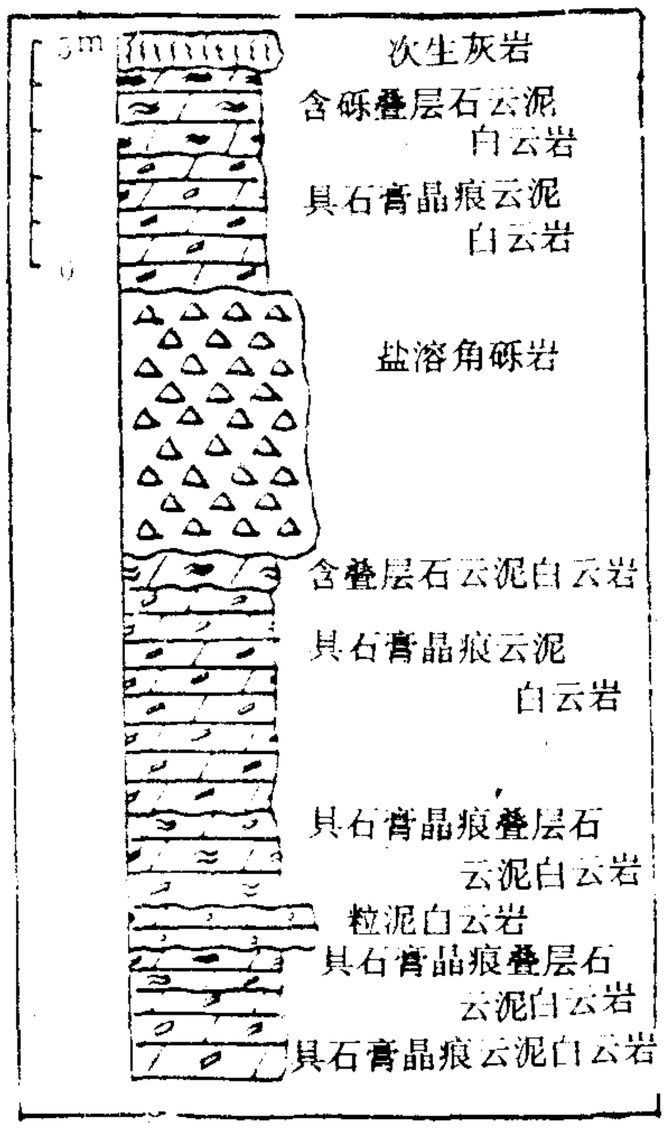


图 3-15 溧阳飞家山含叠层石岩层柱状图

Fig 3—15 Column of stromatolites-bearing strata of Feijiashan,Liyang

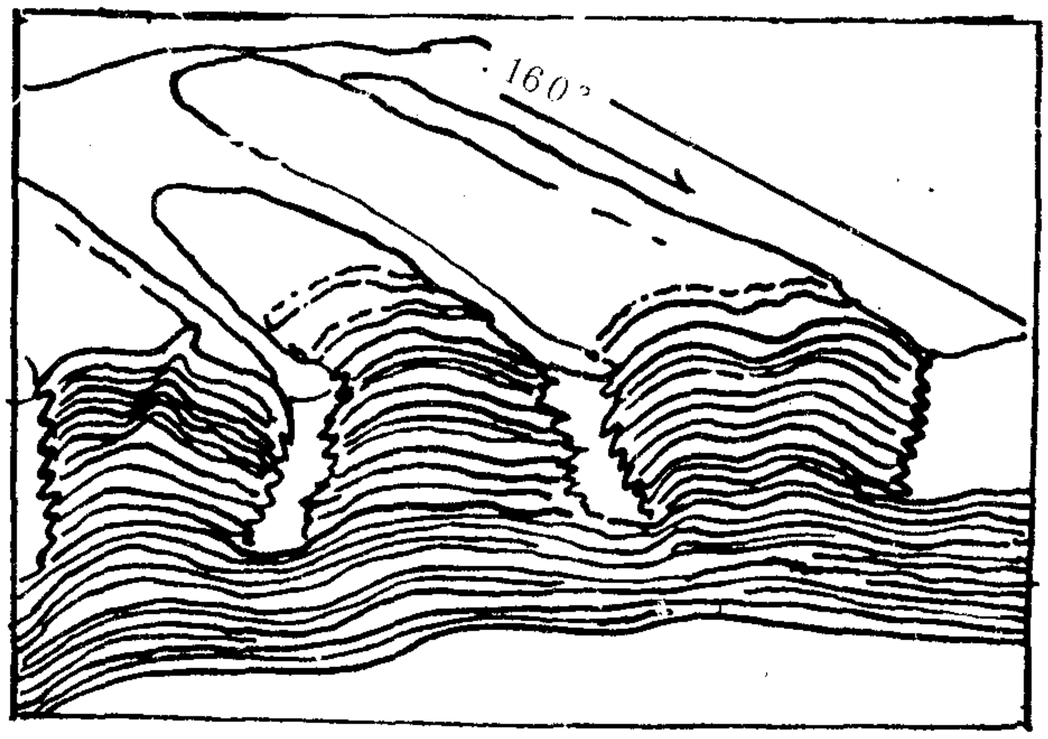


图 3-17 溧阳飞家山叠层石产状图

Fig 3—17 The stromatolite Occurrence in Feijiashan



图 3-18 溧阳飞家山叠层石微构造

Fig 3—18 Drawing of stromatolite microstructure from Feijiashan

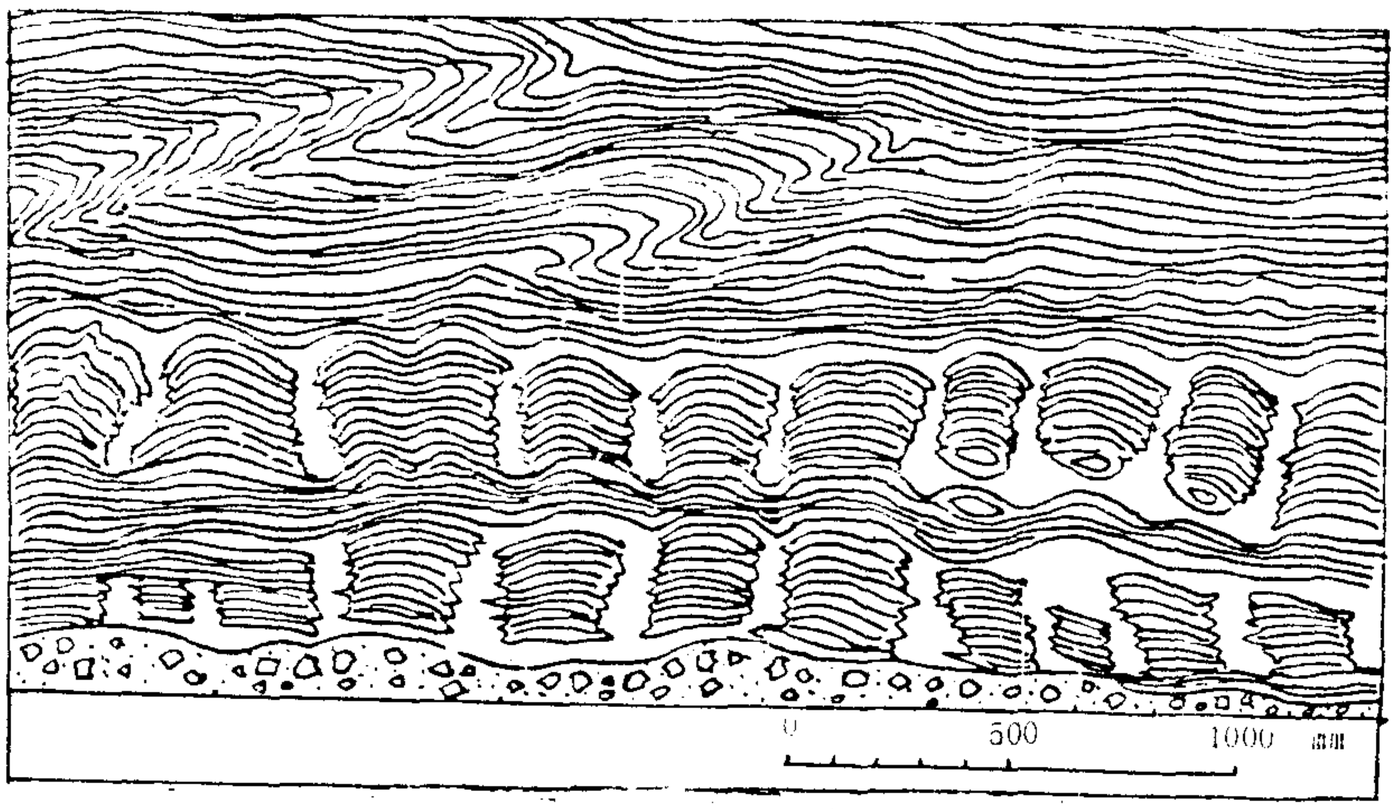


图 3-16 溧阳飞家山第三层叠层石生物层剖面图

Fig 3—16 The Feijiashan section showing the third biostrome of stromatolite

三 安徽繁昌北山

繁昌北山为本区三叠纪叠层石最发育的地点之一，叠层石分别集中发育在嘉陵江组中部和上部。中部的叠层石共 5 层，其中最下两层产于块状含骨屑和砂屑的白云质粒泥灰岩

中。叠层石类型以层状及层柱状为特征，其代表种类有 *Stratifera* 和 ***Kussiella*** (图 3–19)，微构造均呈波状条带并夹石膏晶痕。第三层叠层石产于块状鲕粒白云质粒泥灰岩内 (图 3–20)，以层状和丘状类型叠层石为主，代表种类有 ***Stratifera*** 和 ***Paniscollenia*** (图 3–21)。其微构造皆由不均匀密集分布的粗凝块组成，并具冲刷侵蚀现象，即有些藻席直接生长在已被破坏的老藻席的侵蚀面上，也有的藻纹层刚发育即被沉积物掩埋而夭折，只留下断续的小片藻纹层。***Paniscollenia*** 外形呈一端浑圆一端较尖的流线形，尖端均指向 30° (图 3–22)，显示当时的水流方向并有一定的水动力强度。在此之上的两层叠层石，产于厚层白云质灰泥灰岩中，几全由层状的 ***Stratifera*** 构成，微构造呈均匀的条带状，属静浅水缓慢沉积环境下产物。

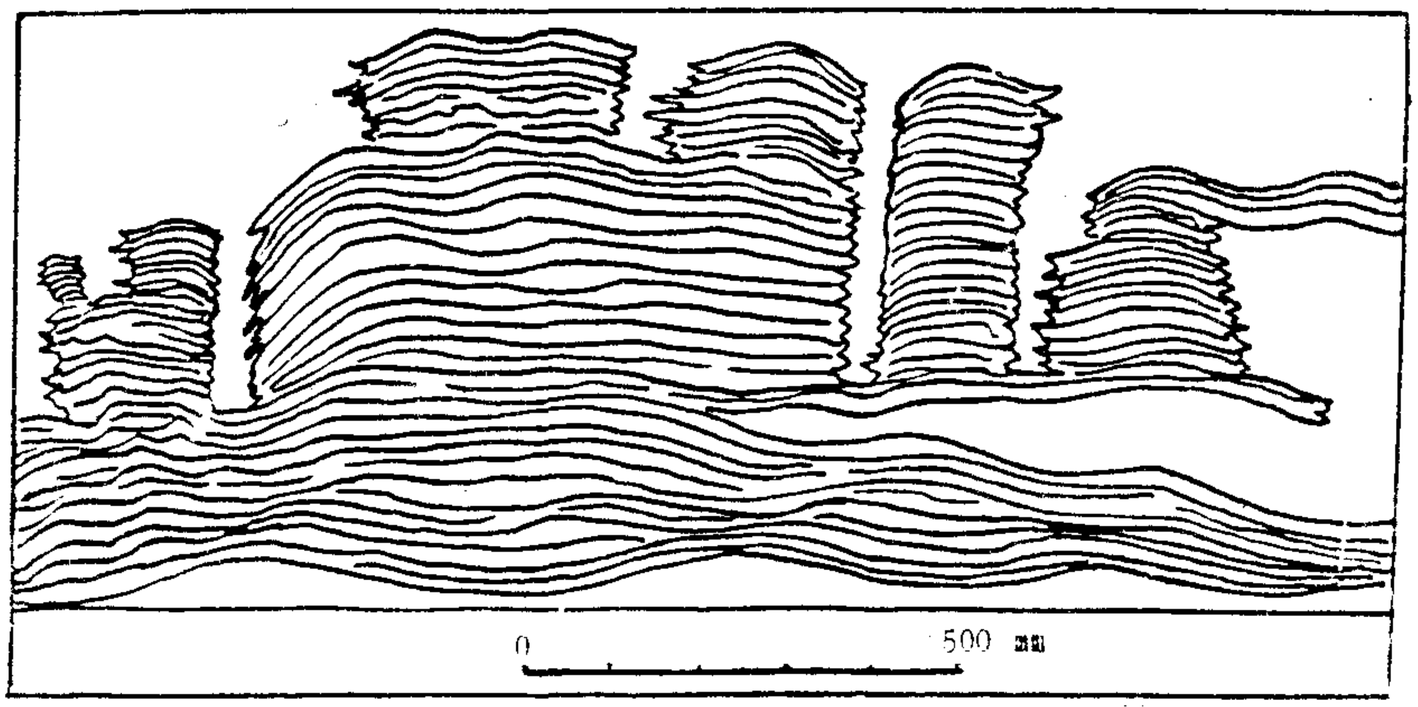


图 3–19 繁昌北山 *Stratifera*––*Kussiella* 生物层剖面图
Fig 3 – 19 Section of Stratifera–Kussiella biostromes of Beishan,Fanchang

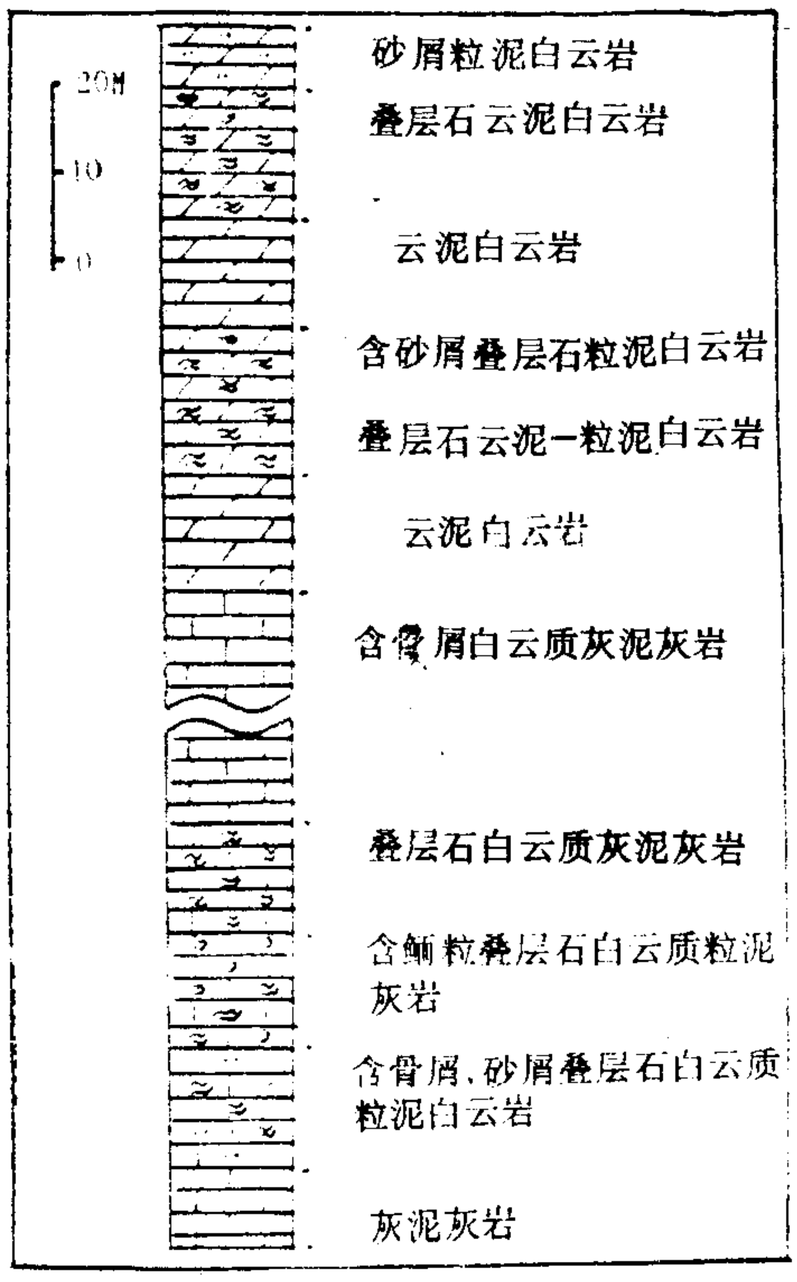


图 3–20 繁昌北山含叠层石岩柱状图
Fig 3 – 20 Column of stromatolite–bearing strata of Beishan

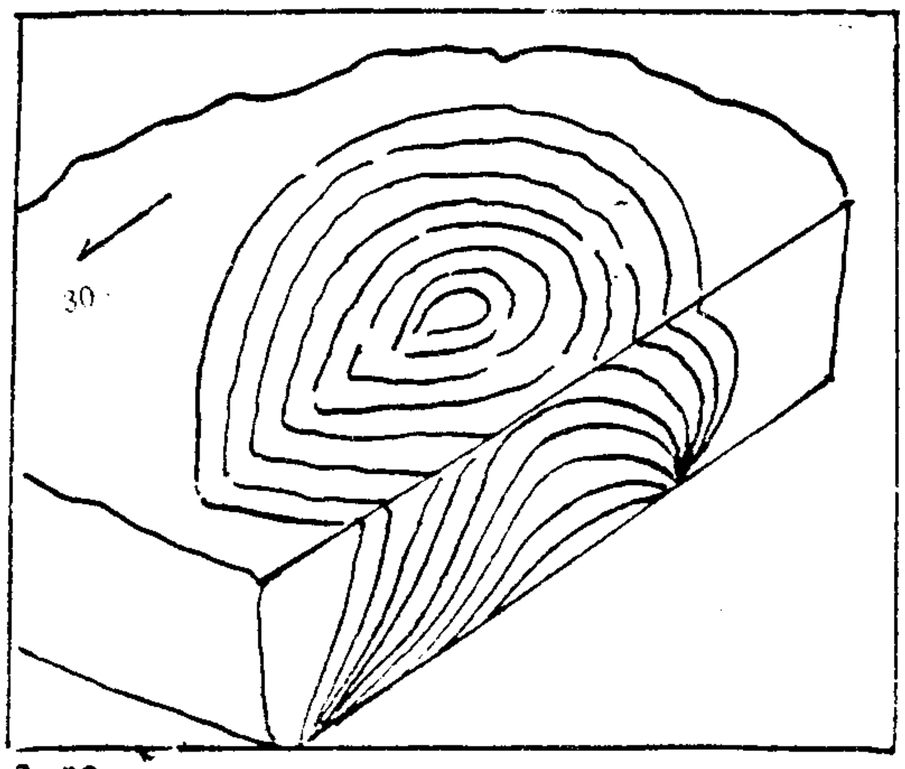


图 3–22

Paniscollenenia 在定向水流作用下形成的流线形变形
Fig 3 – 22 Deformation of Paniscollenia under the action of current drag

嘉陵江组上部见三层叠层石均产于白云岩中，基本上皆由层状的 *Stratifera* 组成。最下面的叠层石呈薄的藻纹层以夹层形式赋存于砂屑粒泥白云岩中；中间的由层状叠层石组成厚度近 7 米的中一厚层状生物层，其围岩为含骨屑、藻屑粒泥白云岩；上面的层状叠层石形成厚达 14 米左右的生物层，围岩为灰质云泥白云岩。生物层及围岩均见石膏假晶，且自下向上增多，终为含众多石膏假晶的砂屑粒泥白云岩及云泥白云岩所代替，使藻纹层消失。

由上可见，繁昌地区嘉陵江组的叠层石形态由柱状、层柱状向层状演化，围岩由白云质灰岩向白云岩转变。岩石中的颗粒有向上变细的趋势，而石膏假晶渐次增多，显示水体变浅，水流转滞，盐度增高的总规律。这种变化应和区域海平面下降及气候干旱炎热有关。在此期间或因沉积速度的变化等因素影响，使藻类的生存几度兴衰，在地层中留下数层由叠石形成的生物丘和生物层的地质记录。

据 R.K.Park（1973）和 S.Golubic（1976）等研究波斯湾特鲁西尔的阿布扎比沿岸潮坪地带结果：阿布扎比沿岸中部潮间带因海水盐度较高，使一些食草腹足类等动物的活动受到限制，藻席得以繁茂生长；上部潮间带的碳酸盐沉积中的硫酸盐含量增大，藻席中出现石膏晶体。对照繁昌叠层石的沉积特征与其有一定相似之处，推测繁昌地区当时可能也处于潮间低能地带的潮坪环境（图 3-23）

综上所述，下扬子地区海相三叠系中发育不同类型叠层石各自代表一定的生态环境并和现代某些碳酸盐沉积区叠层石的形成条件有一定相似之处，可作恢复古环境的参考。另外，从这些叠层石的成长阶段中，还提供了某些环境变化的信息。

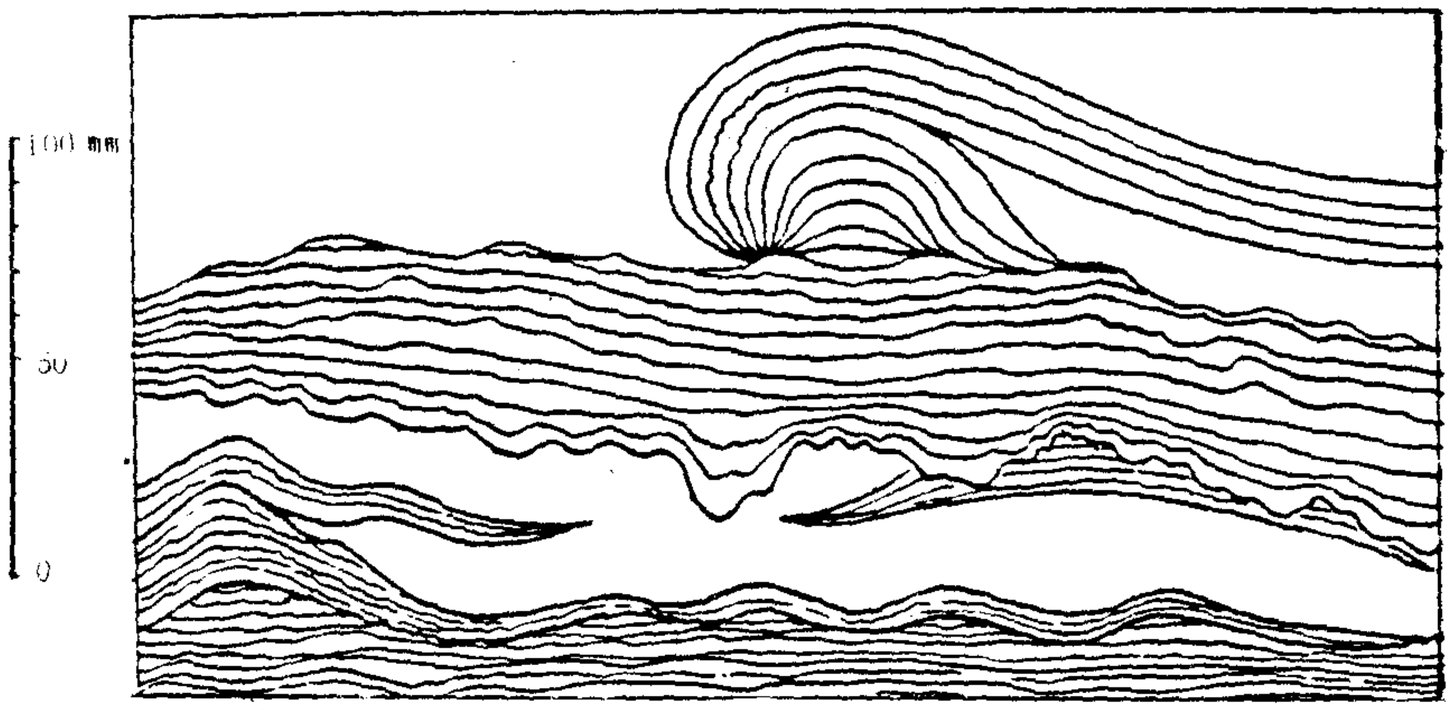


图 3-21 繁昌北山 *Stratifera*--*Paniscollenia* 生物层剖面图

Fig 3—21 Section of Stratifera–Paniscollenia biostromes of Beishan

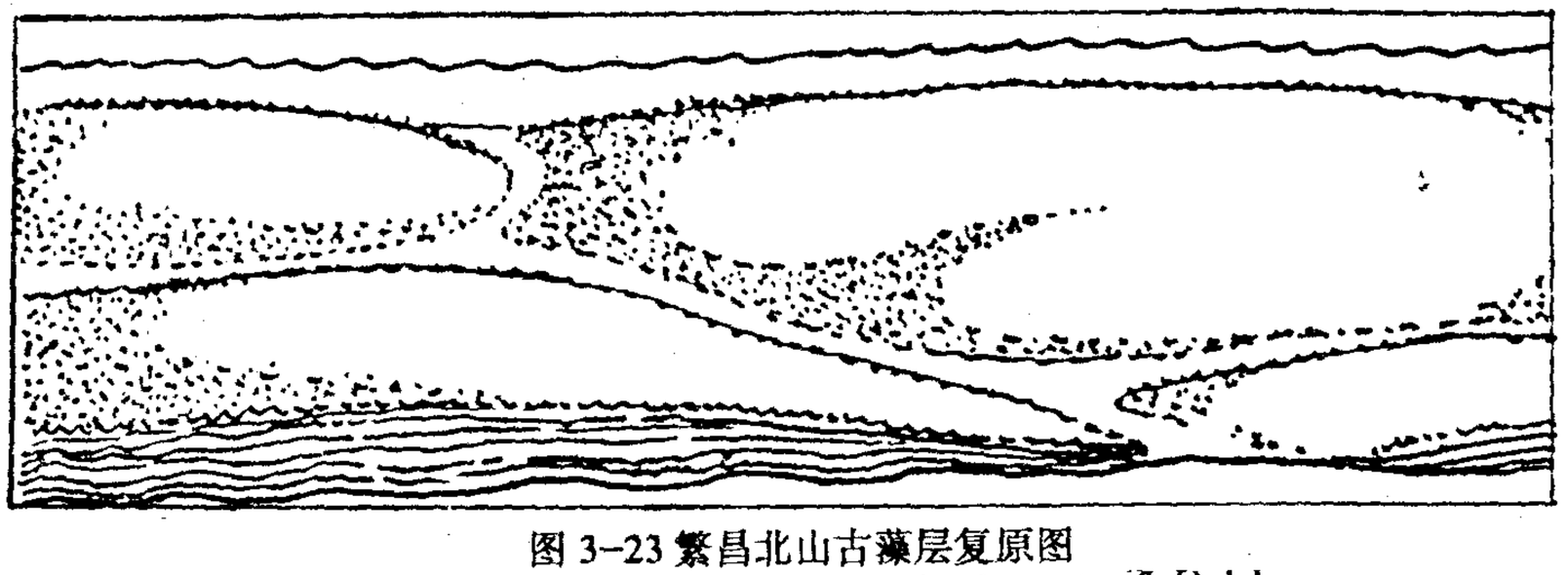


图 3-23 繁昌北山古藻层复原图

Fig 3—23 Reconstruction of algal mat of Beishan