

古风暴沉积的化石标志

柳祖汉

(湘潭矿业学校)

内容提要 本文根据广泛的野外观察对一些不同寻常的化石保存状态、化石的变形、不同化石群的混合以及化石个体的排列方式进行了研究,认为它们明显地受到过强度猛烈、产生突然、作用短暂的水动力作用。把这些现象与一般的波浪、底流、潮汐以至浊流作用的结果加以对照区别,认为他们可以与其它沉积学特征结合,共同作为识别古风暴沉积的标志。

主题词 来自深处的生物块体 生物体的翻转破裂 扭曲的珊瑚 壳体正向粒级递变 内生和表生生物混合

作者简介 柳祖汉 男 42岁 副教授 古生物

引 言

古风暴以其产生突然、强度猛烈、时间短暂的特点作用于沉积物,同时也作用于古生物并留下特殊的化石标志。在判断和研究古风暴沉积时不仅要对其侵蚀面、残留层、丘状交错层理等沉积特征加以注意,还应当对记录了古风暴作用的化石特征给予重视。化石主要出现在风暴沉积的残留层中,少数出现在悬浮层中。在残留层中的生物往往是经过改造的原地生长的生物群(严钦尚,1984)。确定生物群是否经过风暴改造需要各种证据。据野外观察,下列现象对古风暴的判断和研究具有一定意义。

化 石 标 志

生活在较深地带生物的较重块体被搬运至较浅地带的生物群中。这种块体根据不同深度生物的形态和属种差异是容易区分出来的。块体通常呈角砾状,有时体积较大,一般风浪或底流无法搬动。湖北利川二叠系的海绵礁中含有高2m左右的由头足类壳体组成的巨大角砾。头足类壳体一般堆积在水较深较安静的环境中,这种巨砾被认为是从盆地相沉积中被风暴带到礁核中来的。该地的礁核主要由串管海绵构成(范嘉松等,1982)。据中国科学院海洋研究所邹仁林介绍,在西沙某些珊瑚礁表面,台风过后会出现一些几十至几百公斤重的巨砾,巨砾由水深十米以下的珊瑚骨骼组成。在澳大利亚大堡礁的边缘部分,从较深处搬来的巨砾成线状排列在礁的外沿。由于风暴作用短暂,巨砾的搬运不远,只分布在相变线附近。

其它营力也能使不同深度的生物混合,但有区别。潮汐、风浪和底流所搬运的生物

有磨圆度和分选性,重量有限。浊流或其它塌积作用只能把浅处生物搬至深处。另外,在缺乏沉积物覆盖的地方,由于地壳升降,深、浅水生物群也会发生混合形成聚合层,这种情况下深、浅水生物群是一前一后分别形成的,都是原地生长的。风暴不可能把一整个深水生物群搬至浅处并使它呈原地生长状态。

原地生长的块状生物被翻转,其保存状态不符合水动力学原理。广西象州四排组中有大量被翻转的蜂巢珊瑚(*Favosites*),小的直径10cm,大的120cm。这些珊瑚本应是底部平坦面向下,顶部隆凸面向上,是比较稳固的,翻转后却难以在动荡水体中维持稳定。这说明它们是在风暴高峰期被掀翻,又很快在风暴衰退期被掩埋。由于风暴作用的不均一性,被翻转的和保持原生长状态的同种生物共同存在。类似的现象在广西来宾的栖霞组中,湖南涟源、邵阳等地的泥盆系和下石炭统中经常见到,其翻转的生物种类虽然不同,形态也有差异,但保存特点是相似的。

生活在基底较浅层的内生生物被挖掘出来,较完整地大小不等地和表生生物混杂,出现在同一侵蚀面上。一般情况下,内生生物死亡后就保存在基底沉积物内部,不与基底之上的表生生物混合。湖南邵东余田桥的棋子桥组中有许多化石与同生角砾堆积在同一侵蚀面上。化石有表生的腕足类无洞贝(*Atrypa*)、裂线贝(*Schizophoria*)、通孔珊瑚(*Thamnopora*)、双壳类褶翼蛤(*Ptychopteria*)、琴海扇(*Lyriopecten*),又有内生的双壳类梳齿蛤(*Ctenodonta*)和后直蛭(*Orthonota*)。通常双壳类死后闭壳肌腐烂,双壳被韧带弹开,是单壳保存的。此层双壳类均为完整双壳,说明它们被挖掘后迅速埋藏,符合风暴沉积的特点。湖南邵东马鞍山棋子桥组中,一侵蚀面上有4cm厚的角砾状泥灰岩,角砾中有U形虫管。一平方米内有八个,虫管的大小形态(图版Ⅱ, 5)相似。这类虫管是蠕虫在基底中的居穴,两口朝上垂直层面。而所见虫管皆横卧层面且存在于角砾中,显然是被风暴挖掘出来的。

除风暴外,底流也有挖掘作用,但又有搬运作用。经过较长时间底流作用的生物有磨损及分选的迹象,不难与风暴沉积区别。

形成抗浪构造的生物骨架被大块破碎,其断口呈棱角状,断块就保存在附近(图版Ⅰ 1、5)。许多生物如层孔虫、珊瑚、海绵等的骨骼常叠覆(图版Ⅱ, 4)或粘结而成抗浪构造,不能被一般的风浪摧毁。风暴则有破碎的能力,但对碎块不作长距离搬运,而杂乱堆积在抗浪体附近(图版Ⅱ, 6)。有时碎块表面又覆盖有其它生物,说明风暴过后没有马上被沉积物掩埋,又经历了一个较安定的时期(图版Ⅱ, 1)。以上现象在华南各省的泥盆系和二叠系的生物层与生物礁中颇常见。

层状或板状的包壳生物被撕裂,形成向上开口的张性裂罅或翘曲(图版Ⅰ, 6)。层孔虫、刺毛虫、苔藓虫和某些床板珊瑚常呈板状或层状盖覆在基底或其它生物骨骼上生长,它们与附着物结合牢固足以抵御一般的风浪。但是湖南邵东、涟源等地的棋子桥组中,不少板状层孔虫、床板珊瑚和刺毛虫形成了裂罅和翘曲,在裂罅中有呈正向粒级递变的生物碎屑(图版Ⅰ, 3、4),这是风暴造成的。裂罅和翘曲形成于风暴顶峰期,而生物屑沉积于风暴衰减期。

在成岩作用的压力下层状或板状生物也会发生断裂,裂口有的向上,有的向下(图版Ⅰ, 2),其受力性质可根据被覆盖物的表面形态予以判断。事实上,现在观察到的

古风暴沉积经受过成岩压实作用, 须对裂罅作细致的力学分析来确定风暴作用的存在。

大量未受磨损的丛状生物断枝和保持原生长状态的同属种生物混杂堆积。丛状生物抗浪能力较弱, 虽然现代海洋中水下1 m就有丛状珊瑚出现, 但多数繁盛在水较深或有障壁的弱风浪带, 不受普通风浪强烈的破坏。然而, 在湖南、广西、贵州的中泥盆统常见成层的丛状珊瑚, 如: 通孔珊瑚(*Thamnopora*)、枝孔珊瑚(*Cladopora*)、分珊瑚(*Disphyllum*)等, 呈长短不等粗细不同的断枝, 无磨损、无定向排列, 并且和枝体有破损但仍然保持着原生长方位的同类珊瑚共同存在。其景象与风暴过后现代珊瑚礁上的丛状珊瑚的状态相似, 说明了古风暴的存在。这些珊瑚生长在风暴前的安定期, 折断在风暴的高峰期, 被覆盖在风暴的衰退期。有时衰退期缺乏足够的沉积物掩埋, 断枝上又生长其它生物, 代表风暴后又有相对安定期(图版 I, 2)。

许多丛状生物断枝多呈圆柱状, 容易在风浪、潮汐、底流的作用下滚动, 形成长轴的定向排列和磨损, 时间一久将形成生物砂屑。这种现象在地层中也相当多, 不难与风暴沉积区别。

双壳保存的较完整的长身贝类壳体有的凹面向上, 有的凸面向上, 共存于同一层面。R.D.Kreisa和R.K.Bambach(1982)认为, 被改造和扰动了的而不是经过长距离搬运的贝壳层是风暴高峰期形成的风暴沉积部分。由于风暴衰减期沉积物迅速掩盖, 长身贝类的闭壳肌尚起作用, 使双壳闭合一起得到保存。这种现象在华南各省的下石炭统很常见。

另有一种破损的长身贝类单瓣壳体的堆积在广西、湖南的下石炭统和下二叠统也很常见。这是长身贝类闭壳肌腐烂后形成的空壳堆积。已死亡的生物介壳经风暴作用并且由悬浮状态快速沉积, 以介壳凸面向下为标志, 而经反复风浪或水流作用的则呈凸面向上姿态占优势的叠瓦构造(D.Jeffery and T.Aigner, 1982)。

许多单体珊瑚呈明显折曲, 折曲无定向(图版 I, 3)。桂中的东岗岭组和湘中的棋子桥组、梓门桥组中多有这种现象。单体珊瑚生活在较安静的环境中, 受风暴作用被打翻在基底上, 倘若未被沉积物掩埋, 珊瑚虫仍能向上继续生长并分泌骨骼。后来生长的骨骼与倒地部分呈明显折曲。有的珊瑚体折曲了几次, 每次都代表一场足以使它变位的风暴。折曲之间众多的生长纹证明两次风暴间有着较长的安定期。

底流也能使单体珊瑚发生折曲, 但折曲发生缓慢, 具一定弧度而且同一层中许多珊瑚都弯向一个方向, 与风暴造成的有区别。

海百合的较完整的萼部或较长的茎与明显受过扰动的其它生物骨骼保存在一起, 其长轴的排列无明显方向性。在湖南隆回配石在梓门桥组中, 保存完好的海百合萼和长达20cm的海百合茎与翻转的大长身贝(*Gigantopoductus*)、石柱珊瑚(*Lithostrotion*)和碎成几块的笛管珊瑚(*Syringopora*)出现在同一层面上。海百合属棘皮动物, 其萼和茎均由许多小骨板组成, 外部包有坚韧的皮膜使骨片不分离。在风暴中, 活的海百合被强力扯断, 随后被迅速埋葬, 此时皮膜尚未腐烂, 完整的萼和长段的茎就有机会与其它遭受风暴作用的生物骨骼保存在一起。

其它的棘皮动物也可能这样被保存, 但游走类如海胆和海星等只要不被风暴打死或打昏, 就可以逃走, 只在风暴悬浮层中留下逃逸构造。当上覆沉积超过30cm或沉积颗粒

较细时，逃逸也比较困难（A. Seilacher, 1982）。

死亡而未被掩埋的棘皮动物，其皮膜腐烂后骨骼离散成许多茎节或骨片，被风浪或水流散布于层面，通常只有在很安静的环境中才保持着较长的茎节或联合的骨片。

种类单调的完整的小型介壳呈正向粒级递变出现在大化石堆积层之上。D. Jeffery 和 T. Aigner (1982) 曾指出，风暴卷起底部沉积和较小的介壳形成悬浮液，而把大的介壳集中为滞留介壳。风暴的涌浪通过以后，悬浮物质沉降形成含有小介壳的粒序层。悬浮期间小介壳随水体而摆动，有效地避免了相互间的撞击和磨损，保持了完整性。由于同种生物往往成片地居住在一起，所以这些小介壳的属种很单调。在湖南马鞍山的棋子桥组中，曾见到无洞贝 (*Atrypa*) 和双腔贝 (*Ambocoelia*) 的小于 3mm 的幼年壳体呈正向粒级递变堆积在珊瑚和腕足类壳体之上，后者有明显的受扰动的迹象。广西来宾、湖南滩头的栖霞组中曾见拟纺缙筴 (*Parafusulina*) 的壳体有类似的堆积。

需要指出，有些居住在一起的同种生物有合拍的生殖周期，同一期的幼体大小差别不显著，判断其粒序需要细致观察，甚至需要参考其它的沉积颗粒。

浊流沉积中的一些小壳体也呈现正向粒级递变，但这些小壳体是由浊流沿途的多种生物组成，包括了不同深度的属种，从而有别于风暴沉积。

综上所述，指示古风暴沉积的化石标志是多种多样的。由于不同地点，不同时期风暴的强度、持续时间和发生频率各有差别，不同环境受风暴影响的程度也不相同，其化石标志是有变化的。特别是沉积物和化石既受过风暴作用又受过其它营力作用时，情况就更加复杂。因此，要结合实际情况作细致的工作。强调化石研究与沉积岩石学的研究紧密结合，总是很必要的。

本文初稿承蒙卓越教授审阅，谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 严钦尚, 1984, 海洋与湖泊, 第15卷, 第1期, 14—19页。
- [2] 范嘉松等, 1982, 地质科学, 1982年, 第3期, 274—282页。
- [3] R D. Kreisa and R. K. Bambach, 1982, The Role of Storm Processes in Generating Shell Beds in Paleozoic Shelf Environments, Cyclic and Event Stratification, Edited by G. Einsele and A. Seilacher. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York pp. 200-206.
- [4] D. Jeffery and T. Aigner, 1982, Storm Sedimentation in the Carboniferous Limestones Near Weston-Super-Mare (Dinantian, SW-England), Cyclic and Event Stratification, Edited by G. Einsele and A. Seilacher. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York pp. 240-247.
- [5] A. Seilacher, 1982, General Remarks About Event Deposits, Cyclic and Event Stratification, Edited by G. Einsele and A. Seilacher. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York pp. 161-174.

FOSSIL MARKS OF ANCIENT STORM DEPOSITS

Liu Zuhan

(Xiangtan Mining Institute)

Abstract

Ancient storms affected both sediments and organisms and left some special marks on the fossils, which are useful to us to identify the ancient storm deposits. The main marks are listed as follows:

1. The heavy skeleton blocks of the organisms, which lived in the deeper water environments, were transported and mixed with the shallower water biocoenosis. These phenomena usually occurred near the facies change zone.

2. The big masses of the organisms, living in native places, were overthrown and kept in an unstable position.

3. The infauna shells were dugged out and mixed with the epifauna shells. All shells preserved in very poor chosen condition.

4. The large frameworks of the organisms, which built wave-resistive structures, were broken and their fragments with sharp edges kept nearby the structures.

5. The layers of encrusting organisms were torn and some upward gaps were formed on it.

6. Numerous broken branches and complete skeletons of the same dendritic organisms accumulated together in their native places. The broken branches were preserved in unworn and unchosen condition.

7. The upset productids with two complete concavo-convex shells were preserved together with the same kind of shells, keeping in their growing positions.

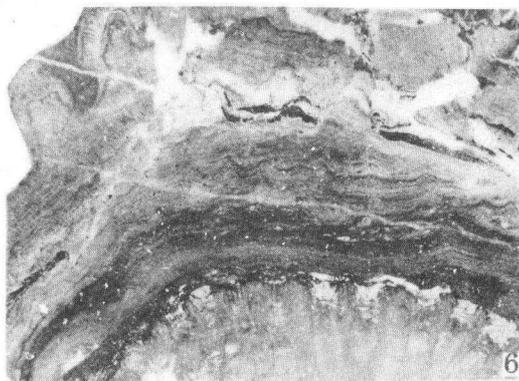
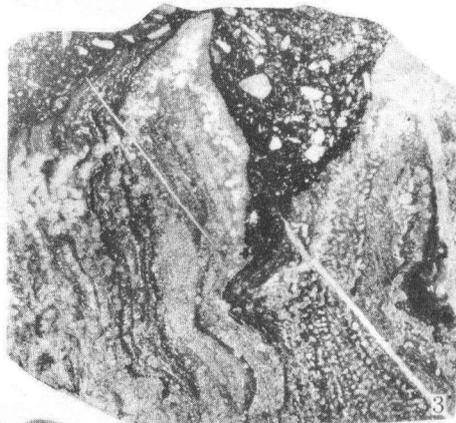
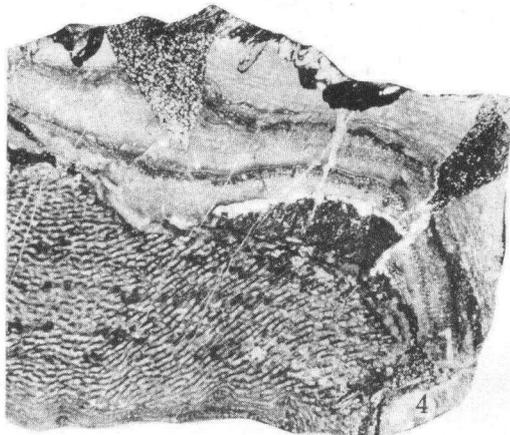
8. Many single corals bent into some marked angles. An angle indicated one of the storms happend during the growing processes of these corals.

9. More or less complete calyxes and long stems of crinoids were preserved with the skeletons of other organisms, which were broken by waves.

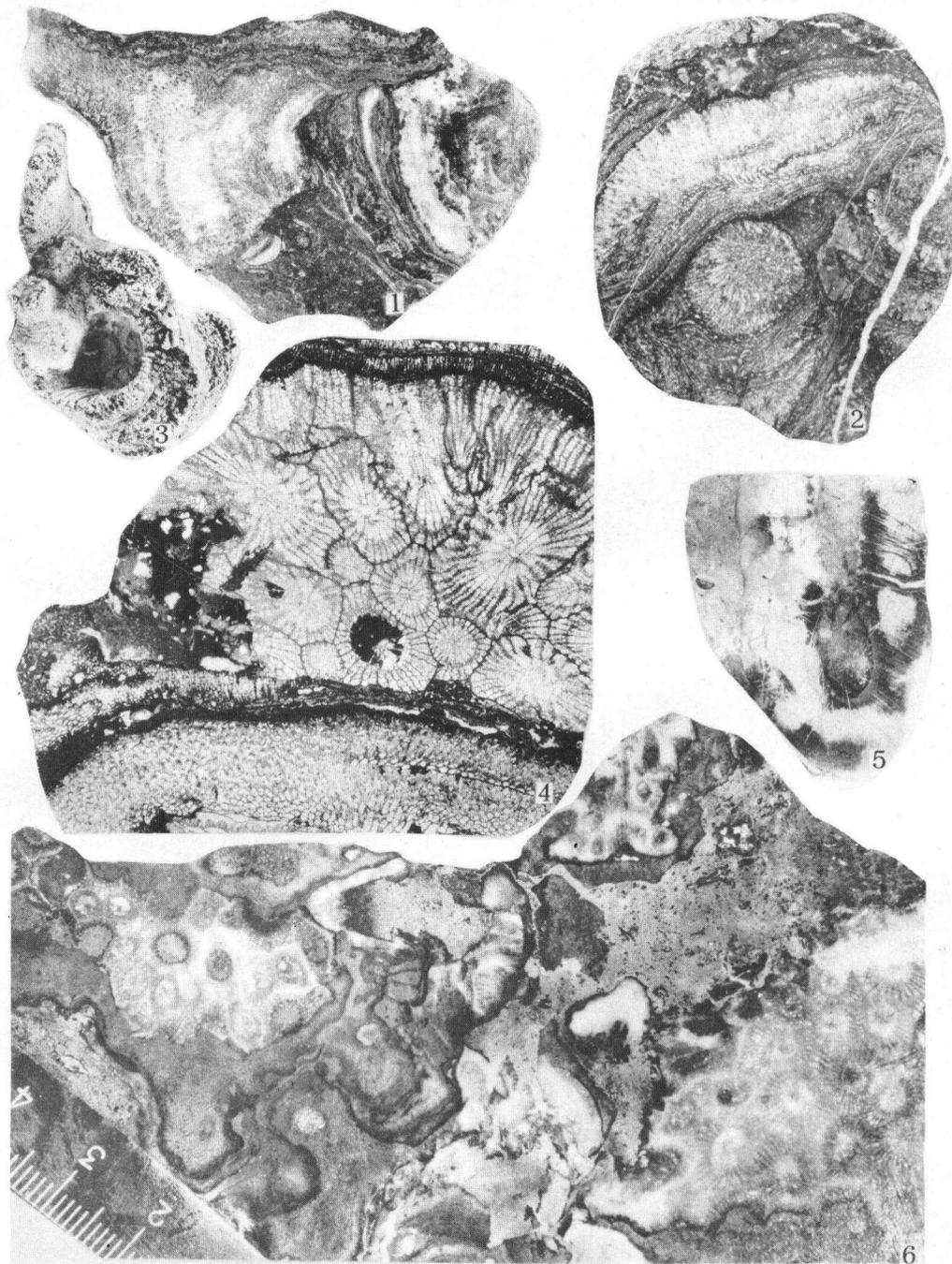
10. Numerous small shells accumulated on the top of the layer consisting of larger fossils and showed the positive graded bedding. These small shells only belong to few species.

As listed above, the fossil marks of ancient storm deposits are various and sometimes very similar to some phenomena caused by other agencies, such as ordinary waves, tides, bottom currents, turbidity currents and so on. This paper also discusses the differences between them. But, it is still necessary to consult the sedimentological evidences, when these fossil marks are used,

FOSSIL MARKS ANCIENT STORM DEPOSITS



1. 被打翻的层孔虫碎块，新口棱角状 $\times 1$ ，湖南邵东，D₂ 2. 受压破裂的板状层孔虫， $\times 1$ ，湖南邵东，D₂ 3. 被打翻破裂的层孔虫和床板珊瑚叠覆体，裂隙中的生物碎屑呈正向粒级递变， $\times 1$ ，湖南涟源，D₂ 4. 盖覆于床板珊瑚之上的层状层孔虫被撕裂，裂隙中的碎屑物呈正向粒级递变， $\times 1.5$ ，湖南邵东，D₂ 5. 无分选堆积的生物角砾， $\times 0.5$ ，湖南涟源，C₁ 6. 盖覆于四射珊瑚之上的板状层孔虫和刺毛虫被撕裂， $\times 1$ ，湖南邵东，D₂



1. 被打翻碎裂的层孔虫和床板珊瑚叠覆块体又被层孔虫盖覆, $\times 1$, 湖南湘乡, D_2 2. 倒下的床板珊瑚断枝又被层孔虫和床板珊瑚盖覆; $\times 1.5$ 湖南涟源, D_2 3. 折曲 90° 的单体四射珊瑚, 萼边上有向上生长的苔藓虫, $\times 1$ 湖南邵东, D_2 4. 保持生长方位但局部破碎的四射珊瑚, 床板珊瑚和层孔虫的叠覆块体, $\times 1.5$ 湖南涟源, D_2 5. 保存在泥灰岩角砾中的U形虫管, 湖南邵东, D_2 6. 破碎的珊瑚、层孔虫礁灰岩, 局部被层孔虫重新粘结, $\times 1.5$, 湖南涟源, D_2

131-X