

文章编号 :1000-0550(2001)01-0007-06

事件层的保存潜力探讨^①

S. G. Pemberton¹ 周志澄² J. MacEachern³

1(加拿大艾伯塔大学地球和大气科学系 爱蒙顿 T6G2E3)

2(中国科学院南京地质古生物研究所 南京 210008)

3(加拿大西蒙弗雷泽大学地球科学系 伯纳比 V5A1S6)

摘要 影响事件层保存潜力的主要因素有 纯粹的沉积速率、生物成因的混合速率以及机械改造的规模,可以从时间规模(过渡时间和消除时间)的角度来考虑事件层保存潜力。基底的机械改造同样对于事件层和正常天气下的沉积物的保存具有重要影响。综合分析影响事件层保存潜力的各种因素表明,在近基的临滨带中、上部及滨外带下部,事件层具有较高的保存潜力,而在近基及远基两端之间的临滨带下部及滨外带上部,事件层保存潜力较低。

关键词 事件层 保存潜力 过渡时间 消除时间 机械改造

第一作者简介 S. G. Pemberton 教授 1949 年出生 加拿大艾伯塔大学地球及大气科学系教授 沉积学及遗迹学
中图分类号 P512.2 文献标识码 A

随着对现代事件层沉积作用(风暴沉积作用和浊流沉积作用)的深入了解,有理由相信,在古代岩石记录中,事件层同样广泛存在,只是由于后来的生物扰动及机械改造,大大降低了事件层保存的可能性,同时也提出这样两个问题:1,事件层的保存潜力^[6,7,28]及影响事件层的保存潜力的因素;2,计算事件层保存潜力的定量模式。影响事件层保存潜力的主要因素有:纯粹的沉积速率、生物成因的混合速率以及机械改造的强度。多数作者提出的定量模式的操作是在假设后一种因素不存在的情况下,但沉积速率和生物成因的混合速率都不容易确定,它们二者掩盖了重要的、复杂的相关过程及相互作用,尽管它们对风暴层的保存作用具有重要影响。与早先主要考虑事件层及混合带单层厚度的模式相反,Wheatcroft^[28]把考虑重点放在时间规模上,提出了与过渡时间(transit time)和消除时间(dissipation time)有关的模式。显然,当风暴层的厚度大于掘穴带时,超过掘穴带厚度的那部分将会保存下来,而不管生物成因改造的时间有多长。虽然这一模式足以令人信服,但机械的和生物的因素对沉积事件所作出反应的内在的多变性大大地限制了这种定量计算的精度因而也就限制了它对于古代记录解释的应用。本文详细介绍 Wheatcroft 所提出的时间模式及沉积环境对事件层保存潜力的一般倾向。

1 过渡时间(transit time)

过渡时间指在掘穴的内栖动物对事件层产生破坏

作用之前,埋藏事件层所必需的时间。

以前的研究者曾经用生物成因的改造带的厚度除以沉积速率来计算过渡时间,Wheatcroft^[28]指出,事件层本身的厚度在计算过渡时间中是重要的,并提出了一个计算过渡时间的方法。该方法可以用下面的公式来表示:

$$T_t = \frac{B + E - 1/2E}{S_r}$$

(其中 T_t = 过渡时间, B = 生物成因改造带的厚度, E = 事件层厚度, S_r = 沉积速率)

数种相互作用的因素影响着过渡时间的确定,这些因素可能使得对古代的记录进行定量计算成为不可能。第一个因素就是生物成因混合带的厚度,它在部分上与组成底栖群落的动物的大小有关。虽然在一些例子里掘穴的大小与生物的大小有关,但在许多情况下,后来的深的造迹者在原先的遗迹上打上新的“烙印”并把原先的许多资料弄模糊了。再者,层的穿透程度并不是简单地与动物的大小有关,它也与动物本身的行为方式密切相关。许多觅食(grazing)和进食(foraging)构造常常局限于沉积物—水界面,而没有深深地穿透到地层中去,而活动的食泥动物和食肉动物常常更深地穿透到地层中去,因此,后一种行为方式对事件层的破坏作用要大于前一种行为方式。形成对比的是,垂直的滤食生物的居住构造或被动的食肉动物虽然可以非常深地穿透到地层中去(如 *Ophiomorpha*),但是,一旦这种掘穴构造建立起来,它们很少对层的破坏再起更多的作用,除非这种居住构造变得非常靠近

① 国家自然科学基金(批准号:49872046)及古生物所创新基金成果

并且相互叠加,一般情况下,这样一组居住迹未必能完全地把一个事件层搞模糊。下一节将讨论到生物行为的性质同样对消除时间有着重要意义。

总起来说,生物成因的改造带在滨外相下部到深海相是最薄的,在这些地方,底栖群落以小的食泥动物和进食动物为主;穿过滨外相上部,生物成因改造带变厚,以更粗壮和更活动的食泥生物为主,平常天气的 *Skolithos* 遗迹相使生物成因的改造带更深地延伸到临滨相下部和浅水环境,但是也以此些深度的层的有效均一化的降低为特征。

即使采用现代环境作为参照物,沉积速率对于定量解释仍然存在着很大问题,最明显的问题出在平均或平常天气(正常的)沉积速率的采用上,只要在尚有疑问的层段中出现一个事件层就足以证明在这一环境中沉积速率本质上是不稳定的和不可预测的。一个滨外带几个月的平常天气以某种速率的沉积作用完全不能与几天的单次风暴的沉积作用相比。既然有关事件的频率及沉积作用的大小是如此不可预测,目前沉积速率尚不能进行可信的定量计算,包括大多数环境的沉积速率的计算。

2 消除时间(dissipation time)

消除时间指生物成因地破坏一个事件层所需要的时间。

Wheatcroft^[28]指出,事件层的破坏如果以分解矿物和化学成分(如火山灰层和铀异常层)的方式进行和以仅仅破坏事件层的岩石学和组构(如具丘状交错层理的风暴层和浊流沉积)来进行,二者之间存在着根本的区别。后者对于生物活动的持续时间更为敏感。与过渡时间的确定相比,消除时间的确定更为困难。

以前关于底栖群落特征的讨论涉及到两个强烈影响消除时间的参数,最明显的参数是构成内栖动物的大小。在单位时间内,粗壮的动物能够比微小的动物移动或混合更大的距离的沉积物。一般而言,浅水中的生物要比深水中的大。但决定内栖动物的大小由多种因素所决定,从属、种的差异到幼虫和成虫所占的相对比例^[5]。

在前一节讨论过渡时间时已提到生物的行为方式在对事件层的破坏中所起的作用。同样,比起生物的大小来,生物所进行的行为方式对于消除时间的确定来说具有更重要的意义。一般来说,活动的食泥动物和食肉动物在垂直方向上和横向上可以对事件层比觅食-进进行为产生更大的破坏能力,虽然后者也许也可以对沉积物产生强烈的改造,但总起来说,这种行为仅局限于接近沉积物-水界面的地方^[8],连续的、平

常天气的缓慢堆积的沉积作用也许会导致沉积物在横向上的彻底均一化,但是这种造迹生物通常只有很少的基底穿透能力^[6,7,13],只有 *Zoophycos* 的造迹生物是一个例外,*Zoophycos* 可以表现出较强的垂直穿透基底的能力^[15]。但无论如何,由于事件层通常只含有很少沉积的食物,生物成因的构造对事件层的破坏能力有限^[10]。例如,*Zoophycos* 在穿过事件层时只有很少的扰动,当它到达一个已埋藏的平常天气或正常沉积物构成的资源丰富的层段时,*Zoophycos* 显示出彻底改造在平常天气下沉积的沉积物的能力^[27]。居住构造和滤食构造具有相当的垂直穿透事件层的能力,但它们对于层的组构在体积上的改造是很小的,尽管这种造迹生物耗其一生,都在为加深或在区域上拓展这种构造而努力,但都无法达到活动的内栖动物对沉积层所产生的均一化程度^[9,21]。正因为如此,生物成因的混合带的实际厚度与在混合带内生物所采用的行为方式的性质相比是次要的。

涉及消除时间最不重要的因素之一是与底栖群落和沉积事件本身之间的水动力的相互作用有关。在许多情况下,事件层跟随在一次大量地移去或破坏常住的底栖群落之后,生物成因的构造也许没有简单地在事件之后就立即开始,在这一情况下,可能有一个相当长的时间没有被居群所占领,一旦再移居开始,对于这个群落来说,它也许甚至需要更多的时间才能达到它在扰动之前所具有的密度^[26]。在持续的高强度的浅水环境,在一次扰动之后,居群的重新恢复需要 11 个月时间,但在更敏感的深海环境,居群的恢复所需要的时间是浅水环境的 2 倍多^[4,11]。

底栖群落的彻底地被破坏主要有两种方式,最明显的一种方式与产生这一事件层的扰动的严重性有关,这种情形在浅水环境特别明显,层的侵蚀混合更为突出,并且,在局部地方,早先侵蚀混合的层会被后来的层的侵蚀混合所吞没^[1,18]。在这些条件下,整个底栖群落彻底地被从基底中冲洗干净并被搬运到其它地方。这样的扰动强度向盆地方向逐渐减弱,因而,远基的风暴沉积特别是浊流沉积在它们的底部表面很好地保存有平常天气条件下常住的遗迹化石组合^[2,3,10,21,25]。

导致底栖群落破坏的第二个主要因素与沉积下来的事件层的厚度有关。生物一旦被埋葬,就试图穿过事件层向上掘穴以达到新的沉积物/水界面。如果事件层太厚,没有一个最初常住的群落能幸免于难,能够在风暴后的基底上重建新的居群,这样,就把有效的生物扰动时间降到最低^[16]。而另一方面,较薄的事件层可以更快地重建居群,因为大部分底栖群落可以在埋

葬时逃逸,由此而产生的生物成因的事件层的改造,纯粹作为这种逃逸改造的一种功能。

总的来说,风暴沉积向盆地方向变薄。因此,初看起来,陆架和下临滨的较薄的层也许会迅速地被移居,事实上,由于这些盆地的底栖群落的生物通常比较小,非常少的动物能够达到甚至一个相对较薄的事件层的顶部。再者,陆架和更接近盆地环境的造迹生物很少具有背甲,因此,它们不像浅水中的生物那样,能够在一次风暴沉积或浊流沉积流的包裹中幸免于难。

另一个与消除时间有关的重要因素是与事件层本身作为移居的场所和食物源的贮藏所的吸引力有关。事件层总起来说变化明显,正常(平常天气)沉积物适合于常住的群落。甚至那些从事件层中掘穴出来并到达沉积物-水界面的那些生物当发现基底缺乏合适的食物源后来会因此而死亡。而那些幼虫能够设法对于未开垦的基底找到自己的生存方法而真正幸存下来的和机会型生物是获取营养的能手,它们不去掘穿事件层,代之,它们只是建立居所,并且采用滤食、食表面泥或食腐策略^[14]。穿透的掘穴对于层的横向扰动影响比较小,但超乎寻常密集的居群可以把整个层都搞模糊,一旦适当数量的正常沉积物堆积下来,常住的动物群落本身会重新建立起来,内栖动物表现出很少深深地穿透入事件层的倾向,而是使自己的行为方式适应正常沉积条件^[24]。这种回避类型看来在盆地环境最为突出,在这些地方,在适应于事件层的行为方式与适应于正常基底的行为方式之间形成最鲜明的对照,在深海环境浊流发育的地方这种现象最为普遍。在滨外带上部条件下,以更近基的 *Cruziana* 遗迹相的粗壮的和多样的造迹生物为主。在适应于事件层和正常沉积物行为方式之间的差别比较少;而在临滨带的上部和中部环境,注意到平常天气的掘穴活动超过事件层掘穴活动的倾向并不存在^[23]。就所有的意图和目的而言,二者是相等的。

关于消除时间的最后一个因素是提供给掘穴活动的绝对时间。正如在讨论沉积速率时所指出的那样,在任何以幕式沉积作用为特征的环境中掘穴活动的时间存在着相当的可变性。在风暴沉积中,有人或许会猜想,掘穴活动的最短时间发生在浅水环境,随着接近盆地方向,有着更多的掘穴活动时间。这一点基本上反映风暴与浅水海底的相互作用有着较大的可能性,而与风暴的大小无关。但是,在浊流沉积中,掘穴活动时间的可变性与盆地的古地理面貌以及任何水下扇体系的结构之间有着更紧密的联系。

总而言之,上述因素对事件层所进行的生物改造起着基本的控制作用,从而影响到事件层的保存潜力。

不幸的是,这些因素是与定量计算相悖的,因而严重地限制了用以解释岩石记录中有关事件层保存作用的现存的数学模式的效果。

3 事件层保存潜力的环境倾向

在所提出的大多数模式中,基底的机械改造被忽略掉了。显然,它对于事件层和平常天气下的沉积物的保存作用有着更重要的意义。在风暴沉积中,增强了的机械改造是与浅水环境中较大的和较高频率的风暴有关。后一种因素基本上反映了在风暴沉积物上很少有平常天气下的堆积作用以及很少有在基底上的移居,二者使得连续的风暴事件改造较早的风暴沉积的能力有所提高。在近基条件下,连续的风暴事件可以造成后一次风暴事件彻底破坏前一次风暴事件的沉积物^[1],导致这些层只有很少的保存作用。

虽然难以应用数学的模式来说明风暴沉积的保存潜力,但根据经验观察,许多近基-远基的倾向还是明显的。总起来说,浅水环境有利于事件层的保存。因为发生风暴的频率较高,加强了侵蚀的混合作用从而缩短了掘穴活动的时间,同时也减少了平常天气下沉积的沉积物的保存机会。这些因素看来克服了下列有利于对事件层进行生物成因改造的一些因素:在浅水环境下,动物的个体比较大,对层的穿透能力较大;事件层较适合于常住的底栖群落移居,以及在一次扰动之后,较高的移居速率。浅水沉积物以垂直和次垂直的居住构造为主,减少了对事件层的改造作用,这些环境典型地与近基的临滨带上部和中部相当。

远基环境也有利于事件层的保存,但是原因却与浅水环境显然不同。在远基环境,平常气候条件下沉积的沉积物具有较高的保存潜力。下列因素有利于风暴沉积的保存:较小的侵蚀混合;内栖动物的个体较小以及对层的穿透能力较小;事件层基本上不适合作为常住的底栖群落的基底;底栖群落对于环境扰动比较敏感以及在扰动之后重新移居的速率较低。这些因素克服了那些有利于事件层改造的条件:如平常天气条件下的沉积时间较长,正常沉积物堆积速度较慢以及减少的事件层堆积作用的潜能。这样的环境在北美西部内陆海槽的白垩系的陆架和滨外下部是典型的。

风暴沉积保存潜力最低的地区看来发生在近基和远基两端之间的环境中。在这些条件下,侵蚀混合不是那么有效,常住的遗迹化石组的变动不像两端那样经常,再者,底栖群落对于扰动的灵敏度减弱以及总的移居速率较高。所有这些因素都有利于更迅速地对事件层进行生物成因的改造。生物类型和所采用的行为方式的多样性使得风暴沉积将作为适合于底栖群落进

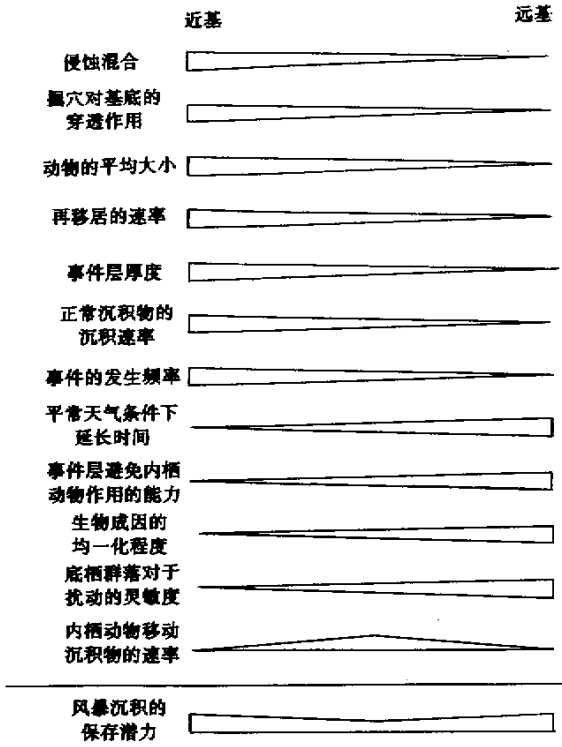


图 1 图示反映影响风暴保存作用的主要因素以及它们与近基和远基沉积位置有关的相对重要性

Fig.1 Schematic representation of the main factors affecting tempestite preservation and their relative importance with respect to proximal and distal depositional positions

行掘穴活动的介质。数量众多的活动的食泥生物和食肉动物有利于在生物成因的混合带里对层的组构进行迅速而彻底的改造。同样,滤食生物的参与也提高了深穿透的垂直构造的发育程度。这些带看来与滨外带上部和临滨带下部远端位置的近基的 *Cruziana* 遗迹相组相当。

风暴沉积保存潜力(图 1)看来与对许多现代和古代例子的观察结果相符^[17,19,21]。注意,总起来说,风暴沉积的保存作用在中间的沉积环境看来较低,具有较高的保存可能性的地方发生在近基和远基环境,虽然二者的原因显然不同。Dott^[7]应用了 Carla 飓风所产生的沉积物的实例来指出这种保存潜力的易变性, McGowan(在 Dott^[7]报告中)仅仅在 Hayes^[12]报道 Carla 飓风的 15 年后,就无法鉴别出由这次飓风所产生的这种明显的风暴沉积物,生物扰动显然已把这一记录的许多部分涂抹掉了。然而,形成鲜明对比的是,在滨外(水深超过 18~20 m), Nummedal(在 Dott^[7]报道中)却识别出这一事件层,在这一地区,生物成因对风暴沉积改造的强度较小。Dott^[6]指出,沉

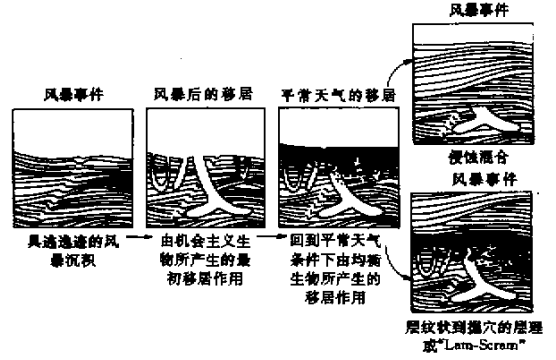


图 2 风暴沉积的逐渐移居化的发育阶段

Fig.2 Progressive colonization of tempestites

积作用、掘穴活动和冲刷相互作用的交替变化使得事件沉积作用留下很少的记录。由截顶的掘穴顶部和层外的掘穴充填所代表的隐伏的层与层的连接也许是反映这种混合层序的幕式历史的仅有的线索。图 2 图示一次风暴的这种逐渐的移居以及在已保存的记录上的后来的反复变化的作用。发育的最初阶段显示出具有内部截顶表面的风暴沉积的侵位。逃逸逸记录了被流体包围的或被层所埋藏的生物逃跑的过程。发育的第二阶段反映在风暴后条件下没有被开发的风暴层的最初移居,这一组合以机会主义生物的滤食和居住构造为主。发育的第三阶段反映平常天气条件下常住的均衡群落的重建。此后的风暴事件也许导致: 1) 复杂的或实质上复杂的风暴后移居化证据的消除(一些深的穿透构造和逃逸构造也许可以保留下来)或 2) 风暴层的小的侵蚀混合作用,机会主义风暴组合的保存作用以及平常天气组合的局部的、部份地保存作用所产生的“层纹状一掘穴”层理。

由飓风所产生的风暴沉积的低的保存潜能也许反映这样一些扰动的不经常性。在这些环境中,在风暴沉积还没有被埋藏到内栖动物可以到达的深度之下时,它长期遭受着生物成因的移居及改造。形成鲜明对照的是,许多高纬度环境以风暴活动周期性变化为特征:在冬季风暴季节,扰动频繁而高强度;在夏季平常天气季节,风暴发生的频率及强度都低^[20]。在这些条件下,风暴沉积在冬季堆积很快,只有很短的或者根本没有时间给予生物成因的移居;夏季平常天气季节有利于生物成因的移居和对风暴沉积的改造,但是,这种移居和改造大部分限制于最高事件层的顶部。与不经常和低强度的特别是在平常天气季节的风暴相应堆积的任何风暴沉积也许表现出程度非常大的生物成因的杂色化。

4 结语

事件层在大多数盆地中代表着一个重要的沉积作用的产物正在更多地 在岩石记录中被识别出来, 尽管许多事件层由于后来的生物扰动及机械改造作用的破坏, 已经无法从这些记录中识别出来。在研究事件层的成因、结构和构造的同时, 要注意研究事件层的保存的可能性, 分析影响事件层保存潜力的各种因素。在不同的环境下, 事件层的保存潜力是不同的。

参 考 文 献

- Aigner T, Reineck H E. Proximity trends in modern storm sands from the Helgoland Bight (North Sea) and their implications for basin analysis[J]. *Senckenbergiana Maritima*, 1982, 14 : 183 ~ 215
- Crimes T P. Trace fossils in an Eocene deep - sea sand fan, northern Spain [A]. In : Crimes T P, Harper J C, eds. *Trace fossils 2* [C]. *Geological Journal*, Special Issue, 1977, 9 : 71 ~ 90
- Crimes T P, Goldring R, Homewood P *et al.* Trace fossil assemblages of deep - sea fan deposits, Grunigel and Schlieren flysch (Cretaceous - Eocene, Switzerland) [J]. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 1981, 74 : 953 ~ 95
- Dauer D M, Simon J L. Repopulation of the polychaete fauna on an intertidal habitat following natural defaunation : Species equilibrium [J]. *Oecologia*, 1976, 22 : 99 ~ 117
- Dorjes J, Hertweck G. Recent biocoenoses and ichnocoenoses in shallow - water marine environment [A]. In : Frey R W, ed. *The Study of Trace Fossils* [C]. New York : Springer - Verlag, 1975. 459 ~ 91
- Dott H R. Jr. SEPM Presidential address : Episodic sedimentation : How normal is average ? How rare is rare ? Does it matter ? [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1982, 1983, 53 : 5 ~ 23
- Dott R H. Jr. An episodic view of shallow marine clastic sedimentation [A]. In : de Boer P L, van Delder A Nio S D, eds. *Tide - Influenced Sedimentary Environments and Facies* [C]. Dordrecht : D. Reidel Publishing Company, 1988. 3 ~ 12
- Ekdale A A. Graphoglyptid burrows in modern deep - sea sediment [J]. *Science*, 1980, 207 : 304 ~ 306
- Frey R W. Trace fossils and hummocky cross - stratification, Upper Cretaceous of Utah [J]. *Palaos*, 1990, 5 : 203 ~ 18.
- Frey R W, Goldring R. Marine event beds and recolonization surfaces as revealed by trace fossil analysis [J]. *Geological Magazine*, 1992, 129 : 325 ~ 35
- Grassle J F. Slow recolonization of deep-sea sediment [J]. *Nature*, 1977, 265 : 618 ~ 19
- Hayes M O. Hurricanes as geological agents : Case studies of Hurricanes Carla, 1961 and Cindy, 1963 [R]. Bureau of Economic Geology, The University of Texas, Report of Investigations, 1967, 61 : 1 ~ 56
- Howard J D. The sedimentological significance of trace fossils [A]. In : Frey R W, ed. *The Study of Trace Fossils* [C]. New York : Springer - Verlag, 1975, 131 ~ 46
- Jumars P A. *Concepts in Biological Oceanography* [M]. New York : Oxford University Press, 1993.
- Kotake N. Paleocology of the *Zoophycos* producers [J]. *Lethaia*, 1989, 22 : 327 ~ 41
- Kranz P M. The anastrophic burial of bivalves and its paleoecological significance [J]. *Journal of Geology*, 1972, 82 : 237 ~ 65
- Kumar N, Sanders J E. Characteristics of shoreface storm deposits : Modern and ancient examples [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1976, 46 : 145 ~ 62
- MacEachern J A, Pemberton S G, and Raychaudhuri, I. The substrate - controlled Glossifungites ichnofacies and its application to the recognition of sequence stratigraphic surfaces : Subsurface examples from the Cretaceous of the Western Canada Sedimentary Basin, Alberta, Canada [A]. In : Leckie D A, Posamentier H W, Lovell R W, eds. *NUNA Conference on High Resolution Sequence Stratigraphy*, Geological Association of Canada, Program, Proceedings and Guidebook, Calgary [C]. Canada : Geological Association of Canada, 1991. 32 ~ 36.
- MacEachern J A, Raychaudhuri I, Pemberton S G. Stratigraphic applications of the Glossifungites ichnofacies : Delineating discontinuities in the rock record [A]. In : Pemberton S G, ed. *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Core Workshop Notes, 1992, 17 : 169 ~ 98
- Owens E H. Temporal variations in beach and nearshore dynamics [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1977, 47 : 168 ~ 90
- Pemberton S G, Frey R W. Ichnology of storm - influenced shallow marine sequence : Cardium Formation (Upper Cretaceous) at Seebe, Alberta [A]. In : Stott D F, Glass D J, eds. *The Mesozoic of Middle North America* [C]. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 1984, 9 : 281 ~ 304
- Pemberton S G, MacEachern J A, Ranger M J. Ichnology and event stratigraphy : The use of trace fossils in recognizing tempestites [A]. In : Pemberton S G, ed. *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration* [C]. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, 1992a, 17 : 85 ~ 117
- Pemberton S G, Van Wagoner J C, Wach G D. Ichnofacies of a wave - dominated shoreline [A]. In : Pemberton S G, ed. *Application of Ichnology to Petroleum Exploration* [C]. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, 1992b, 17 : 339 ~ 82
- Rees E I S, Nicholaidou A, Laskeridou P. The effects of storms on the dynamics of shallow water benthic associations [A]. In : Keegan B F, Ceidigh P O, Boaden P J, eds. *Biology of Benthic Organisms* [C]. Oxford : Pergamon Press, 1977, 465 ~ 74
- Seilacher A. Paleontological studies in turbidite sedimentation and erosion [J]. *Journal of Geology*, 1962, 70 : 227 ~ 34
- Sousa W P. The role of disturbance in natural communities [J]. *Annual Review Ecology Systematics*, 1984, 15 : 353 ~ 91.
- Vossler S M, Pemberton S G. *Skolithos* in the Upper Cretaceous Cardium Formation : An ichnofossil example of opportunistic ecology [J]. *Lethaia*, 1988, 21 : 351 ~ 62
- Wheatcroft R A. Preservation potential of sedimentary event layers [J]. *Geology*, 1990, 18 : 843 ~ 45

Discusses on Preservational Potential of Event Bed

S. G. Pemberton¹ ZHOU Zhi-cheng² J. MacEachern¹

(Department of Earth and Atmospheric Sciences ,Edmonton ,Alberta T6G2E3 Canada)

✉ Nanjing Institute of Geology and Palaeontology ,Chinese Academy of Sciences ,Nanjing 210008)

✉ Department of Earth Sciences ,Simon Fraser University ,Burnaby ,British Columbia V5A1S6 Canada)

Abstract

The increasing awareness of tempestites in the ancient record has correspondingly led to much consideration of their preservability. The main factors influencing the preservability are the net sedimentation rate, the biogenic mixing rate, and the magnitude of physical reworking. Wheatcroft has put forward the concept of time scales to attempt to solve this problem. The terms of transit time and dissipation time are introduced. Transit time is related to the thickness of the biogenic reworking zone, the thickness of event beds and sedimentation rate. The biogenic reworking zone is also controlled by the animal size and the behavior engaged in during its generation. The determination of transit time is difficult because of the unsteady and unpredictable sedimentation rate. The determination of dissipation time is even more complicated than that of transit time. The dissipation time is controlled by many factors such as the size of infauna, the behavior engaged in by the organisms, the dynamic interplay between the benthic community and the depositional event itself, the desirability of the event bed as a site for colonization and as a repository of food resources and the absolute time available for burrowing etc. Unfortunately, the preceding factors appear to resist quantification and therefore severely limit the effectiveness of existing mathematical models to explain tempestites preservation in the rock record.

Physical reworking of the substrate has a profound effect on the preservation of both the event bed and the fair-weather deposits. On the basis of comprehensive analyses of all factors influencing preservational potential of event beds and empirical observations, both proximal upper-shelf and middle-shelf and distal shelf and lower offshore favor preservation of tempestites but for markedly different reasons. The lowest preservational potential for tempestites appears to occur somewhere between the proximal and distal extremes. Such zones appear to correspond to proximal *Cruziana* ichnofacies suite of the upper offshore and distal portion of the lower shelf.

Key words event bed preservational potential transit time dissipation time physical reworking