

国外沉积地質与矿产

风暴流与风暴岩

(专集)



地质矿产部成都地质矿产研究所

出版前言

《国外沉积地质与矿产》是成都地质矿产研究所内部交流的不定期情报刊物。本刊经试刊一个时期后,力争创办为一种适合国内公开发行的有关国外沉积地质与矿产的译报类定期刊物。

为了推动我国沉积地质学、岩相古地理学、沉积-层控矿床学的研究和油气田勘查工作的开展,发展学科理论,开拓新的研究领域,提高研究水平,促进地质找矿和更好地为地质科学、技术、教育和国民经济建设服务,《国外沉积地质与矿产》在综合考虑我所的发展方向、专业设置和科研课题的前提下,将有重点、有选择地编译报道适合我国国情和地质科研、生产、教学需要以及符合情报特点的有关国外沉积地质与矿产及其相邻学科的新理论、新发现、新成就、新技术、新方法以及学科发展的新动向等等。

本刊将以国外最新发表的学术论文、研究报告、国际学术会议文献、“难得文献”以及各国期刊学报刊登的重要文章为其报道的原始资料来源。

根据上述编辑方针和报道范围,本刊将开辟“基础地质”、“矿床地质”、“综述与论评”、“动态消息”、“国际交流”等专栏目录,以全译、摘译和编译形式进行综合或专题报道。在兼顾一般的情况下,每期内容各有侧重,力求生动活泼、文图并茂。

本刊将热诚地为地质科研、生产、教学服务,面向全国广大地质工作者。为此,我们热烈欢迎读者对本刊的内容和版式提出宝贵建议和要求。

为了及时掌握国际沉积学界的学术动态,了解他们的学术观点,所长刘宝珺教授组织我所第五、八等研究室的部分同志,以《旋回与事件层理》(“Cyclic and Event Stratification”, G. Einsele and A. Seilacher, 1982)一书的内容为主,兼收和选择了其他有代表性的论文,采用专题报道形式,翻译成《风暴流与风暴岩》专集,以求读者有所借鉴。

本集由八室国外地质情报编译组张大国同志担任责任编辑,负责全书的编辑加工、审定出版。由于时间仓促和我们的水平所限,在编、译、校、印中,错误在所难免,敬希读者批评指正。

成都地质矿产研究所第八研究室

《国外沉积地质与矿产》编辑部

一九八五年十月

序 言

风暴引起的巨大灾变事件, 早已成为气象学者究研的重要课题。地质、地理和海洋学家侧重研究了风暴作用的强大破坏力及其对海岸地貌的影响, 而风暴对沉积作用的影响及其形成的沉积物的性质和分布特征等则并未予以足够的重视。

六十年代以来, 人们通过对现代海洋飓风、台风、中纬度冬季风和津浪等风暴作用以及滨岸和开阔陆棚环境的观察和研究以后, 开始了对古代地层中风暴沉积作用的研究, 重新厘定了过去被称之为似浊沉岩、浅水浊积岩及陆棚粒序层等的认识, 分析和鉴别了滨岸和陆棚环境陆缘碎屑区和碳酸盐沉积区沉积物的差异和特征。

七十年代初期, 著名沉积学家G. 克林(G. Kelling)和P. R. 马林(P. R. Mullin)在其论文中正式提出了“风暴沉积”(Storm Deposits)概念, 明确使用了“风暴岩”(Tempestite)这个不为人们熟悉的名词, 用以表示陆棚环境中由风暴引起的风暴流所形成的沉积物的特征组合。他们所发表的论文, 引起了国际沉积学界的普遍关注, 揭开了沉积学研究的新篇章。

近年来, 由于“幕式沉积作用”(Episodic Sedimentation)和“现实主义灾变论”哲学思想的兴起和影响, 国际上以G. 艾因赛勒(G. Einsele)、A. 赛拉谢尔(A. Seilacher)、T. 艾格内尔(T. Aigner)、G. 布卢斯(G. Bloos)、R. 孟德洛斯(R. Mundlos)、R. D. 克赖萨(R. D. Kreisa)、R. K. 巴姆巴赫(R. K. Bambach)、D. 杰弗里(D. Jeffery)等为代表的知名学者和沉积学家已把研究的重心转向

开阔陆棚环境上的风暴流及其沉积作用,促使更多的学者认为,周期性的灾变事件对沉积物的影响比长期缓慢的沉积作用影响更大。他们的研究为风暴沉积奠定了理论基础,取得了丰硕的成果,开辟了沉积学研究的新领域。风暴沉积理论的兴起和发展,与五十年代出现的油流理论一样,在沉积学甚至地质学中都是一个具有里程碑性质的重要事件。

《风暴流与风暴岩》专集中的论文主要选自国际著名沉积学家G. 艾因赛勒和A. 赛拉谢尔主编的《旋回与事件层理》(Cyclic and Event Stratification, 1982)一书并兼收了其他的一些代表性著作。这些论著较集中地反映了近年来国际上研究风暴沉积所取得的成果。它不仅从理论上,而且结合具体实例,向读者较全面而系统地介绍了风暴沉积的形成机理,风暴岩剖面层序、特征及成因解释,风暴岩成因类型及其地质意义,风暴流与油流沉积的区别,风暴流研究的趋势等,展示了风暴岩沉积模式,是八十年代国外风暴流与风暴岩研究的权威性代表作。无论从理论上,还是从风暴岩成因的实例中,我们均可从中吸取有益的知识 and 借鉴。

现在,人们已普遍认为,风暴是现代和古代浅海环境中沉积作用的一个重要因素,代表瞬间的等时事件。然而风暴作用对沉积环境和沉积物的影响是相当复杂的。我们知道,风暴沉积是由风暴引起的强烈振荡水流、风浪回流所产生的强大剪切力,以及由风暴衰减期的波浪作用,把滨岸和陆棚沉积物掘起、搅动,悬浮经搬运再沉积的结果。在不同的环境和古地理位置中,风暴流的沉积作用和风暴岩的特征及其层序是不尽相同的。

通过对风暴流和风暴岩的研究,不仅对了解风暴沉积作用的机制、恢复古气候有着重要的意义,而且对分析沉积盆地、判断距岸的

远近和位置、海水的深浅、盆地形态、海底地形、恢复古地理和判别大陆边缘构造性质等也都是极为重要的。

随着风暴沉积和幕式事件理论的引进,八十年代以来,我国沉积学、地层学和古生态学者也逐渐开始了对风暴沉积的关注。从风暴流沉积的理论角度来看,对某些原来认定的浅滩或浊流沉积以及对某些矿产的控制作用等,可能要重新予以考虑。

当前,风暴沉积尽管受到国内外学者的重视,但有些问题尚待进一步探讨。随着研究的逐步深入,必将提出更多的新问题、新信息,以及各种地质因素对风暴岩形成的影响。当然,不同学派也可能对风暴沉积的学术、理论问题提出不同的见解或质疑,或者提供更有说服力的新论据。

本专集即将与我国广大地质工作者见面,我们希望在各自的工作实践中去加以识别和检验,以期在风暴流与风暴岩的研究中,做出我们自己的新贡献。

国外沉积地质与矿产

一九八五年第一期(总第1期)

目 录

出版前言	(I)
序 言	(II)
基础地质	
风暴作用对古生代陆棚环境中贝壳层的形成作用	(1)
英格兰西南部滨海韦斯顿附近石炭纪狄南阶石灰岩中的风暴沉积	(6)
摩洛哥下石炭统受波浪控制的浅海沉积	(10)
西德西南施韦比施哈尔附近三叠系壳灰岩上部小穿孔贝堆积层——一种风暴岩的凝聚层	(17)
钙质风暴岩: 西德西南部中三叠统上壳灰岩中受风暴控制的层理	(33)
西德南部下里阿斯统贝壳层的相和成因	(45)
东格陵兰上侏罗统中韵律层和贝壳层的形成作用	(55)
意大利亚平宁北部侏罗纪层状硅质岩: 远洋深海区的不完整旋回的沉积作用	(64)
石英砂质异地浊积灰岩——一种卷扰灰泥的碎屑浊积岩	(74)
英格兰希罗普郡喀拉道克阶(奥陶系)中受风暴浪影响的内陆架砂舌形体	(84)
事件沉积的一般标志	(98)
砂质风暴岩的鉴别特征	(105)
实验研究	
关于影响介壳堆积的波浪和水流特征的实验	(115)
在深海风暴影响下的沉积作用	(118)
综述与论评	
风暴沉积和周期性沉积的古地理意义	(128)
上壳灰岩阶异地介壳灰岩是风暴事件形成的吗?	(133)
幕式沉积作用——何谓正常? 何谓罕见? 这有什么关于?	(134)
为您服务	
地质矿产部成都地质矿产研究所古地磁实验室简介	(154)
封面设计: 冯纯江	

风暴作用对古生代陆棚环境中 贝壳层的形成作用

R. D. KREISA和R. K. BAMBACH

摘要：风暴作用是古生代陆棚环境中形成层理的主要营力。当风暴处于高峰状态时，浅海的海底被侵蚀，粗粒物质，包括簸扬形成的滞留贝壳、整个细砂、粉砂以及粘土都被悬浮；当风暴衰减时，呈悬浮状态的细砂和粉砂迅速沉淀。一些粗碎屑粒序层上部的渗滤组构中具有被簸扬的滞留贝壳和大部分具纹层一呈不明显的小粒序层，并伴随有与波浪作用有别的沉积构造。贝壳层受风暴作用的改造，但化石未被搬运。由于风暴作用的结果，使贝壳层中保存的动物群连续遭到破坏，并无法描述由文石组成的化石，但就整体而言，风暴作用保存了化石，使它们免遭侵蚀。

导 言

美国东北部古生代岩层形成于开阔海的陆棚环境中，风暴是其层理形成的主要营力。在详细研究弗吉尼亚上奥陶统地层期间，辨认出风暴层并且研究了风暴层的沉积机理（KREISA, 1980; KREISA, 1981）。类似风暴的沉积特征在整个阿巴拉契亚褶皱区从寒武纪到石炭纪的陆棚相中均可见到（BAMBACH, 1969; BOWEN 等, 1974）。风暴层是根据其沉积构造和组构判别的，这些构造和组构是在风暴高峰阶段的冲刷和水力的簸选与风暴衰减阶段特别迅速地沉积造成的。以浪成为主的沉积构造能把风暴层与表面上类似的沉积层如浊积层区别开来。

风暴并不只局限于对层理和沉积构造的影响，风暴还改变了化石体保存的方位、化石的组合（古群落）和痕迹动物群。对古生态学家来说，识别大多数贝壳层中受风暴改造过的化石是极为紧要的。

风暴沉积的判别

确定风暴层中所见到的沉积构造和结构之间相互关系的模式见图1。这个模式对解释地质记录中各个沉积特征的成因和对判别受暴风影响的贝壳层与层理都是有用的。下面将按风暴活动的两个阶段：即高能的风暴高峰阶段和能量衰减的风暴晚期/风暴过后阶段来讨论。

1. 风暴高峰阶段

当风暴处于高峰状态时, 受表面波浪干扰的海底(浪基面)的深度与晴天相比大得多, 这是由于表层海浪波长的增大和风暴浪引起的涡流所致。这种海底能量增加的证据表现在风暴层底面形成具有平直到不规则的侵蚀面。这些侵蚀面上一般具有工具痕和具拉长的冲刷与充填构造的渠模(Whitaker, 1973)。AIGNER 和 FUTTFRER(1978)曾提

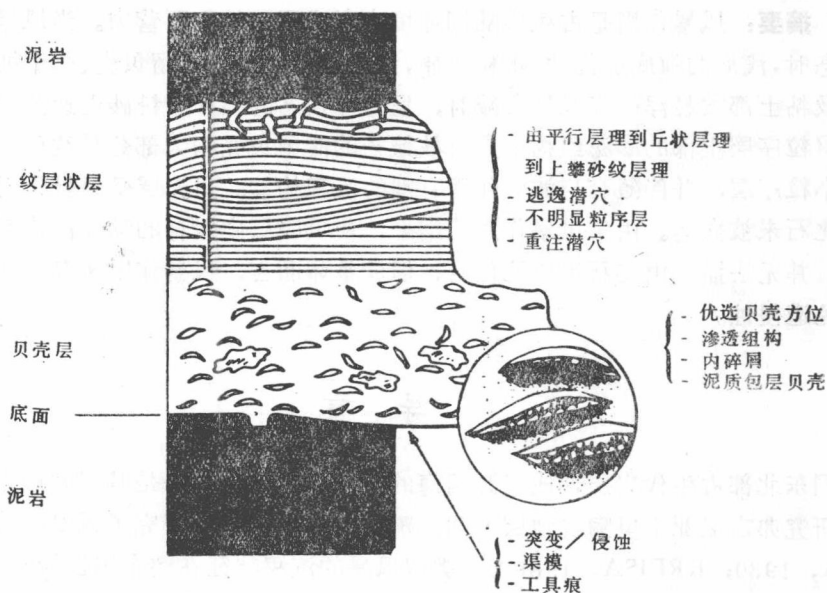


图1 风暴生成特征

出渠模对盆地分析是有用的, 因为渠模的排列方向是与沉积盆地内水流流动体系有关的。类似渠模的线性排列构造在俄亥俄州奥陶系的辛辛那提统的初步调查中也曾观察到。

覆盖在侵蚀底面上的沉积物可形成粒序层, 这是由于在风暴期间, 悬浮物发生分异, 而当风暴减弱时, 沉积物是按粒级逐渐变细依次沉淀造成的(见 KELLING和 MUL-LIN, 1975)。但是在许多情况下, 风暴作用的结果能产生不同分层的向上变细的岩性层序, 而每个层之间都是截变的(图1)。底部的粗碎屑沉积物经簸扬之后, 合适的碎屑在适宜的位置上形成滞留物。风暴层是由受机械作用改造过的物质组成的, 其主要证据为: 具下伏层岩性的内碎屑、具被掘出的泥质包层化石和具优选排列方位的贝壳或碎屑。在弗吉尼亚的奥陶系岩层里, 暴风层中贝壳排列方位的研究表明, 贝壳大部分是呈与层面

平行方向排列的(约占75%),并且贝壳体凸面是向上的(2:1)。在某些情况下,一些大的扁平状贝壳或内碎屑(象“扁平的卵砾”)是呈直立或叠瓦状排列的。这种贝壳的排列方式既不代表有机体生活习性的位置,也不是现代陆棚中贝壳的排列状况(EMERY, 1968)。

在风暴高峰期形成的风暴层部分包括有:岩层底面具明显的侵蚀标志和上覆有大量的贝壳层(如果有贝壳存在的话)。这种贝壳层代表一种被改造和扰动了的簸扬物质,而不是经过长距离搬运来的。

2. 风暴衰退阶段

较细粒的沉积物,特别是很细的砂和泥是在风暴高峰阶段被搬运的(HAYES, 1967 REINECK 和 SINGH, 1972)。虽然造成这种搬运的风暴作用的详情还不大清楚,但很显然,在风暴期间陆源砂能从距离较远的滨岸带被带来,而且在开阔海的陆棚地带,砂和泥能由风暴形成的纯单向流(net unidirectional flow)搬运(SMITH 和 HOPKINS, 1972; BUTMAN 等, 1979)。砂和泥级的碳酸盐岩沉积物也是由风暴浪搬运的(AIGNER, 1979; KPEISA, 1989; KPEISA, 1981)。

由于风暴作用,较细的沉积物迅速从悬浮状态中沉淀下来,结果形成丰富的渗滤组构,如遮盖孔隙、贝壳单体上的微递变沉积物的坡栖(Perched)和在贝壳层(和内碎屑层)中形成沉积物屏蔽(sediment screening)(图2)。沉积物屏蔽是在细粒沉积物被大贝壳局部阻挡的情况下,滞流沉积的颗粒支撑组构不能渗滤而形成的,因而导致填隙(interstitial)细粒沉积物向下减少(图2)。虽然局部的遮盖孔隙和微递变沉积物可能是由于这种过程而不是渗滤作用造成的,但这些过程也都与风暴作用有关。例如,仅有部分滞留贝壳经簸选后能够产生微递变沉积物,而遮盖孔隙则见于单体贝壳向下堆积在底层凹面并被砂和粉砂沉积物迅速掩盖的地方。渗滤组构产在较薄的贝壳层与泥岩互层的地方,看来这似乎是在正常的低能环境中出现插入的高能事件的极好证据。

在风暴层中呈纹层状的细砂与粉砂和呈纹层状的粗细相间的贝壳层上部纹层段,是在一次暴风能量衰减事件中迅速沉积的产物,它们含有逃逸潜穴和发育不好的粒序层理(KREISA, 1981)。另外,纹层的本身就表明了沉积物是从悬浮的混浊体中沉积的,而不是作为床砂载荷移动的结果。沉积物如果是在牵引流搬运下产生的话,那么就会形成前积层移动的交错层。风暴层的纹层是典型的水平层理或呈板状或波状层理。出现的交错纹层是从悬浮液中迅速沉淀形成的一个典型特征。这是真正的由单向水流形成的交错纹层(波痕迁移纹理、JOPLING 和 WALKER),和浪生振荡水流形成的交错纹层(上攀浪成砂纹层理, BLOOS, 1976)。

纹层状风暴层通常呈有序的纹层层序(见 DE RAAF 等, 1977)。据 INMAN (1957)、ALLEN (1970)、KOMAR 和 MILLER (1975) 及 KREISA (1981) 按风暴衰退过程振荡水流的速度逐渐减小相应地自下而上划分为:从上攀浪成砂纹层理到丘状层理至水平层理(图1)。REINECK 和 SINGH (1972) 认为平行层理是当风暴衰退期间在缓慢运动的水流(20厘米/秒)下从风暴生成的悬浮混浊物中沉淀下来的。

纹层状的砂和粉砂层沉积之后便是风暴过后的悬浮的非常细的沉积物沉淀的产物,稍后,它们被上面的或寄宿其中的生物重新潜穴。在风暴层纹层段的上面很细粒的泥岩中有



图2 显示渗滤组构的贝壳层

注意遮盖孔隙中贝壳的下面（贝壳现为叶片状方解石所充填），较粗的球粒状沉积物和骨骼碎屑滞留在大贝壳之上。在遮盖孔隙之中，自下而上为粒状到泥晶微粒。由于剖面底部大贝壳的屏蔽作用使胶结前的孔隙度向上减少。视域宽度约1厘米，据显微照相素描。

强烈生物活动，可见生物的重注潜穴。这种生物潜穴的数量从风暴层的顶部向下渐减少。当潜穴既多又深时，生物扰动作用就能完全破坏原生层理的面貌（MOORE 和 SCRUTTON, 1957）。大多数古生代陆棚沉积物都具有强烈的向下穿切的生物潜穴，但其深度仅为4—8厘米，而在整个显生宙时期，在开阔的陆棚环境里，潜穴作用的深度可能有所增加（BAMBACH 和 SEPKOSKI, 1979）。

具浪成构造的纹层状砂与粉砂和上覆的某些泥岩段代表风暴能量衰减时从悬浮物沉淀下来的风暴层部分。生物潜穴活动常使风暴衰减期沉积的细粒沉积物与晴天条件下逐渐沉积的上覆沉积物之间的界面变得模糊不清。

风暴对化石保存的影响

在风暴形成的贝壳层中，所含的化石虽曾受到改造，但却几乎未被搬运过。粘附和充填在贝壳上的沉积物和下伏岩层的岩性是一致的，它们是来自下伏岩层的侵蚀物。贝壳层和层内的生物种类和泥岩夹层内生物的种类一样，它们都是有规律地呈同样的相对丰度出现（见表1，PLANTS, 1977；BOWEN 等，1974）。

然而，某些特征则为风暴扰动所模糊或改变。正如 WALKER 和 ALBERSTADT（1975）所报导的，一些风暴改造过的贝壳层未能保存生物群落完整的连续性。文石质骨骼常常在成岩作用的早期即被溶解。原生的文石质化石虽然可呈铸模保存在未受改造的沉积物中，但这些铸模在风暴侵蚀和重新悬浮周围的沉积物期间被破坏了。风暴形成的贝壳层中所含的原生文石质化石相对于方解石质化石的比例来说，通常要比未受改造的泥岩夹层

表1 受改造的泥质颗粒岩和未受改造的页岩互层中方解石骸晶相对丰度的比较

	10块页岩标本	7块泥晶灰岩标本
<i>Sowerbyella</i> (小苏维伯贝)	27%	30%
<i>Zygospira</i> (轭螺贝)	28%	22%
<i>Dalmanella</i> (德姆贝)	12%	17%
Ramose Bnyozoa (多枝苔藓虫)	14%	14%
<i>Rafinesquina</i> (瑞芬贝)	5%	5%

资料来源于弗吉尼亚凯塔巴山(上奥陶统)马丁斯堡(Martinsburg 组)小苏维伯贝—轭螺贝群落段(厚81米)(据PLANTS, 1977)

少得多。在新斯科舍的阿力撒哥(Arisaig)区志留系岩石中采集的标本,未受改造的泥岩标本中80%以上具有和方解石质化石一样的文石质铸模的完整化石,然而,风暴层中的标本仅37%含有与未受改造的岩层里所含比例相同的文石质化石(BAMBACH, 1969)。为了防止在风暴改造的贝壳层中采集受曲解的化石,古生物学家必须十分注意辨别受风暴扰动的岩层。

尽管这些忽视了化石的埋藏效应,但却是风暴层中与化石有关的一种积极因素。因风暴造成的贝壳被迅速埋藏,使那些已经存在而被暴露的贝壳免遭继续破坏和散失(BAMBACH, 1969)。因此,风暴沉积能使那些未遭侵蚀的贝壳保存下来。

参考文献(略)

译自《Cyclic and Event Stratification》, 1982, P. 200—206

罗建宁 译

李兴振 校

英格兰西南部滨海韦斯顿附近石炭纪

狄南阶石灰岩中的风暴沉积

D. 杰弗里 T. 艾格内尔

摘要: 下石炭统狄南阶碳酸盐岩出露在霍普滨海韦斯顿中部 (Middle Hope Weston-Super-Mare) 的崖壁上, 在 Ramsbottom (1973) 的海退旋回的上半部, 由沉积在潮控陆棚环境的不同岩相单元组成。碳酸盐相中的夹层为玄武质凝灰岩、熔岩和石灰岩薄层。凝灰岩和碳酸盐岩薄层中的递变层理、生物扰动和波痕以及介壳层内的生物组构表明这套地层由互层的风暴层和晴天层组成, 它们形成特征的“对偶层”。风暴是狄南阶沉积作用中的重要因素, 并形成了特殊的岩相, 它们不同于单纯的海面升降或垂直构造运动 (或两者都有) 为唯一区域控制条件的碳酸盐沉积作用所形成的那些岩相。

粒序凝灰岩和石灰岩席

1. 描述

1) 石灰岩为主的次级单元

这套地层为碳酸盐粉砂岩和泥岩, 含不等量的细粒火山碎屑。粉砂岩以具有对称波痕为特征, 常有复杂的和部分生物扰动的层内交错层纹。泥岩分隔粉砂岩并充填在波痕的波谷中, 因此每一层粉砂岩的底是突变而平坦的。层位10的红色泥岩具有明显的**皱痕**, 在大小和方向上类似鲕粒岩的波状层理也很发育。重荷模、火焰构造和极小型的平卧交错层纹以及一组痕迹化石, 包括 *Rhizocorallium* (根珊瑚迹)、*Monocraterion* (单频管迹)、*Diplocraterion* (双频管迹)、*Skolithos* (针管迹) 和 *Teichichnus* (墙状迹), 标志着是一快速沉积和冲刷事件的复杂系列, 随之是较宁静的条件发育了含有介壳滞留砾的强烈生物扰动层。

2) 凝灰岩为主的次级单元

为一套由分米厚的向上变细的条带韵律层组成。每一个条带由厘米厚和毫米厚的正粒序 (有时具粒序交错纹层) 组成, 较厚的条带顶部以很薄的细层或黑色泥晶或硅质碳酸盐的扁平透镜体为标志。

2. 解释

1) 碳酸盐为主的次级单元

这些层被解释为悬浮沉积和波浪以及潜穴动物的再改造, 它们具有风暴沉积物的特征 (Hayes, 1967; Kumar 和 Sandes, 1976; Reimeck 等, 1967, 1968; Schäfer, 1956)。Kelling 和 Mukkl (1975) 所设想的风暴形成的序列的过程-反应模式为正常沉积作用、风暴扰动、粗颗粒增多, 然后恢复为正常沉积。在这样的沉积物中, 层理是以晴天和风暴天为条件的。在晴天, 生物能群集并生长在基本是泥质的底层上; 风暴卷起底部沉积物和较小的介壳 (形成悬浮液), 而把大的介壳则集中为滞留介壳。风暴的涌浪通过以后, 悬浮物质沉降形成含有介壳层的粒序层, 而晴天条件则形成波状沉积物的生物扰动构造。强烈的生物扰动本身能加强或产生介壳层的递变层理 (Roads 和 Stanley, 1965)。因此, 这些粒序层纹状石灰岩可能就是 Goldring 和 Bridges (1973) 所描述的席状砂岩的类似沉积。

2) 粒序凝灰岩 (包括火山砾岩)

承认上述地层的风暴成因, 我们就能把大部分粒序凝灰岩解释为碎屑从水悬浮液中 (晴天和其后的风暴期间) 沉降的结果, 这里碎屑经水流和波浪作用来自遥远的西南方的熔岩-玻璃碎屑杂岩的推进的前缘。在每个粒序层顶部的薄泥晶层和透镜体代表在相同时间里被卷起的较低密度的碳酸盐泥作为火山沉积物最后沉降的结果。较厚的凝灰岩层表示, 因较剧烈的火山活动或风暴活动或者兼而有之时所增加的大量碎屑的快速沉积。

碳酸盐表层: 海百合颗粒

虽然能发现有原地生长的米契林珊瑚 (*Michelinia*), 但更常见的是磨损和分选差的化石碎屑, 形成一种具双态的海百合颗粒岩: 主要的一种粒径为 0.5 毫米, 较少的为 2 毫米。

可以找到 Klein (1970) 描绘的那种复杂的内部交错层理。在一个地方找到槽状交错层理, 在那里它好象与复杂的交错层理合并。板状交错层理有两种规模, 一些单元的上部全被生物所扰动; 视倾斜总是双极的和双态的。这些层中的交错层理表明原始沉积物被铸压成沙丘和沙波 (Harms 的术语, 1975)。如大多数单元的生物扰动的顶部所示, 交错层理是由间歇性的反向水流形成的。

生物扰动是如此的广泛而彻底, 以致在上下两个沙丘层沉积作用之间的时间必定相当长。复合交错层状生物亮晶灰岩单元的顶和底都是突变的, 最初被生物泥晶灰岩复盖 (现已白云石化)。在简单的海面升降模式中, 我们则需设想海面逐渐下降, 紧接着突然上升, 然后再突然下降。此外, 所观察到的交错层状生物亮晶灰岩横向渐变为生物泥晶灰岩也颇令人费解。说明深度差异的脉冲构造模式也有同样的困难。因此, 提出了一种可供选择的解释。

这些石灰岩可能代表 Anderton (1976) 所描述的“表层砂岩”的碳酸盐相似物。他根据现代硅质碎屑海中的作用重建了一系列事件, 以说明苏格兰西部晚前寒武纪汝拉 (Jura) 石英砂岩的板状砂岩体。他的砂岩体的沉积构造与海百合生物亮晶灰岩中所看到的构造非常相似。Klein (1970) 认为复杂砂丘是爬升砂丘: 在霍普中部, 正如它们在 Anderton 的

模式中那样,与卵石层和不明的水道沉积构造共生。风暴后的状态表明砾石砂(碳酸盐类似物为砾质生物亮晶)地区和邻近地区又恢复泥质物沉积作用。厚的表层砂是连续的风暴单元堆积的:先沉积风暴后的泥,在下层沉积作用之前被簸选掉了(混合效应)。

鲕粒颗粒岩中的介壳灰岩(图1)

鲕粒岩显然是高能沉积物:底板在不断地变迁,鲕粒的同心结构也意味着频繁的扰动(Davies 等1978)。在几个露头上见到的振荡波痕表明波痕的活动性,但主要能量是反向水流提供的,一般都解释为潮汐水流(Selley, 1968; Klein 1970)。交错层理的规模和类型表明,水流使鲕粒砂改造成小的砂丘和砂浪(Harms 术语, 1975)。所有这些特征与所见到的某些现代鲕粒堆积特征是一致的(Loreau, 1973),既没有发现陆面暴露的证据也没有任何代表潮间或海滩环境的沉积构造(这可能是由于鲕粒岩上部很少暴露)。据认为,大多数鲕粒岩很少是浮出的广阔砂坝或堆积在开阔陆棚上的鲕砂席。

主要由 *Productus* (长身贝) 和 *Megachonetes* (大戟贝) 介壳和一些腹足类介壳组成的介壳灰岩,常与鲕粒岩互层。这些介壳层常显示有侵蚀的、不规则的冲刷底板;介壳普遍呈叠瓦状构造。根据介壳的组构和方向,介壳灰岩明显地划分为两种类型:

类型A: 碳酸盐泥/砂基质中的粒泥灰岩。

叠瓦构造主要是凸面向下或介壳以“端点向前”的姿态直立。

类型B: 泥粒灰岩—颗粒岩基质大部分被冲洗掉。叠瓦构造主要是凸面向上。

有些作者(Middleton, 1967; Emery, 1968; Sanderson 和 Donovan, 1974; Futterer, 1978 文章)把介壳碎片凸-凹方向作为沉积过程的标志。Middleton(1967)证实:浊流实验中的凹-凸碎片的23—69%为凸面向下或呈“端点向前”的直立姿态。相反, Richter (1942)指出,碎片凸面向上是单向水流的典型特征(也见Futterer, 1978)

因此,在两种类型介壳灰岩中见到的组构可作如下解释(图1):

类型A: 富含介壳的沉积物周期性注入在鲕粒砂坝或浅滩上,并且由悬浮状态快速沉积,以介壳凸面向下为标志。由于掩藏迅速没有受到后来的再改造。

类型B: 与类型A相反,介壳受后来水流的再作用。因此,细粒物被簸选掉(泥粒灰岩),而介壳以凸面向上的姿态为优选的叠瓦构造。

总之,介壳周期注入在鲕粒浅滩上,可用风暴事件解释。但是风暴形成的构造(类型A介壳灰岩)总叠加有晴天期的潮汐再改造作用(类型B介壳灰岩)。

结 论

由于对风暴事件的认识使人们对狄南阶小旋回简单海面升降模式产生了怀疑。George (1978年版)早就对海面升降模式持以批判态度,代而提出大地构造既控制大的也控制小的旋回。但是强烈的风暴能叠加在各不相同的相上,甚至影响广大的地区,因为现代飓风的直径可达650公里(Barry 和 Chorley, 1971)并且影响长达500公里的海岸。风暴是再沉

下石炭纪鲕粒岩中的介壳灰岩

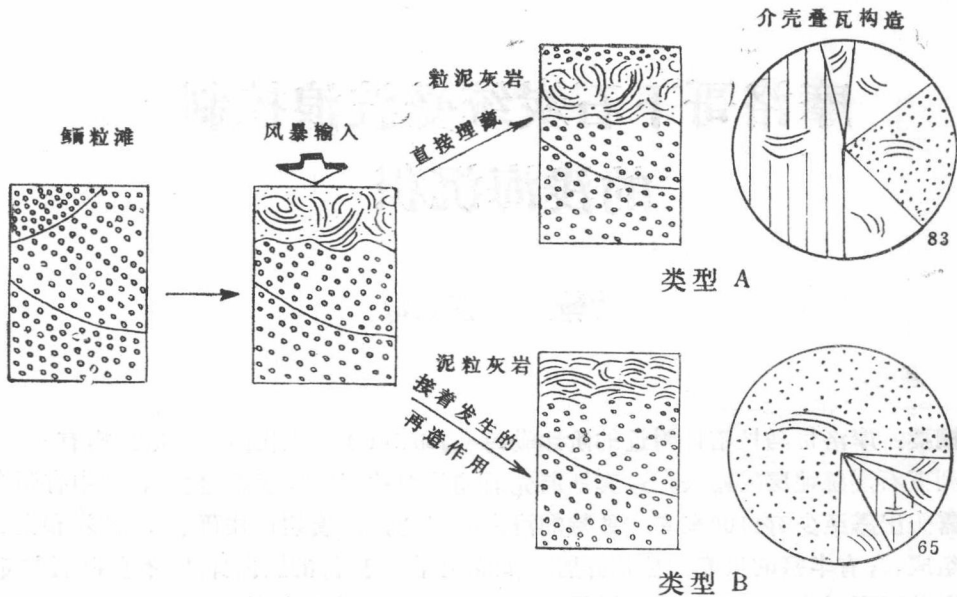


图1 风暴形成介壳灰岩的两种类型与叠瓦构造特征（详细解释见正文）

积作用的重要作用力。由于飓风极少遵循同一路线，所以风暴是比其单个直径更大的区域上再沉积的重要营力（Perkins 和 Enos, 1968）。按照（i）绿色动物（Chlorozoan）碳酸盐组合分布和（ii）地球大气圈的变化习性的均变论的观点，不可避免地得出这样的结论：下石炭纪沉积作用一定被强烈的热带气旋引起极大的改变。虽然这样的事件对我们现代人类社会是灾难，但从地质学的标准来看则是有意义的。

按灾变论观点必然对狄南阶中主要旋回的概态有影响，但必须强调指出外力作用和非沉积学因素控制小旋回的发育。Anderton（1976）的模式证实，在潮汐为主的风暴海中，数米厚的砂和泥互层的形成无需依赖海面（海面升降）或海底（构造的）的振荡运动。

据此建议，按硅质碎屑岩模式的术语解释碳酸盐、石灰岩序列的主要部分，对英国和西北欧狄南阶岩石的盆地分析将卓有成效。

感谢和参考文献（略）

译自《Cyclic and Event Stratification》，1982，P. 240—247

许效松 译
李文汉 校

摩洛哥下石炭统受波浪控制的 浅海沉积

约翰·格雷厄姆

摘要：摩洛哥马拉喀什附近的阶比勒特（Jebilet）古生代内露层中出露有一系列下石炭统地层的露头，这套地层先前笼统地被叫作复理石建造。其中有两个露头出露至少有1100米厚的独特的浅海沉积物。这套岩层由砾岩、砂岩和泥岩组成，含有丰富的贝壳和植物碎屑。砾岩中含有独特的层内碎屑，有些砾岩与砂岩盖层配对产出，被解释为风暴沉积。砂岩中有占优势的水平和低角度交错层理，有丰富的浪痕面。这些砂岩属滨面和内陆棚沉积。这里很少见到泥岩，但有些地方则形成很厚的砂岩层，其保存的化石一碰即碎。可以想象，这些厚的泥岩层显然是在平静的，可能是在外陆棚环境中沉积的。主要沉积输入可能曾经通过一个受波浪控制的三角洲，但研究地区却没有找到分支河道的证据。虽然，一些诸如浪痕之类的古海流指征表明有一个稳定不变的方向，但目前还没有足够的证据来确定滨线的方位。不过，现已清楚地阐明在一个有厚层浊积岩层的地方具有同时代的受波浪控制的巨厚浅海沉积物，这从大的范围来说，它暗示着一种什么样的古地理环境还有待于更多的资料来确定。

引 言

本文描述的岩层属摩洛哥马拉喀什附近阶比勒特古生代内露层的一部分（图1）。该内露层大约在300百万年前华里西运动期间发生了变形，并为花岗岩所侵入，至石炭纪末期基本趋于稳定。现今的露头是根据第四纪覆盖层的延伸圈定的。而古生代岩层则产于现今露头南北地下近地表处。关于阶比勒特内露层地质的综合说明最近Huvelin(1977)已有专文论述。

在阶比勒特的中部和东部，下石炭统沉积岩石的原地或准原地层序被一系列具有共生混杂堆积的角砾岩的推覆体所覆盖。在原地层序内部，继第一期褶皱之后，可以看出推覆体的位置。在马拉喀什东部，大部分下石炭统岩石被Huvelin(1977)称之为“Kharrouba复理石”，而地层本身也包含有这种复理石单元。在大部分地区，以浊积岩为主的这种层