

国外沉积学期刊文献摘要选登

李文汉 编译

(成都地质矿产研究所)

《沉积学》 35卷6期 1988年12月

一、中至高能量小潮海洋环境中的进积砾石海滩层序

881

剖析了两种不同构造位置的进积砾石海滩：阿尔卑斯东南部强烈沉陷的 Messinian 前陆盆地和亚平宁山脉外缘的更新世海洋阶地。进积作用发生于流入小潮的封闭盆地（古亚得里亚海和古爱奥尼亚海）的辫状支流三角洲或扇—三角洲口附近。一种可与现代对比的风浪气候以周期性的强烈风暴活动为特征。大部分滩面的进积作用发生在风暴后的恢复时期和好天气阶段，风暴的冲击则主要记录于滩面上侵蚀面的切割，和滨面上及最高滩脊后的无分选粗砾石的侵位，前者是风暴强化的向海水流形成的，后者则是溢流作用造成的，这些序列的分析，得出了大量的发育于本文提出的两种不同地区的典型层段。亚平宁序列的特征表明一种强烈变化的风浪气候，具有从风暴期的（伴有强烈的沿岸流和回流）相对消散的坝塞地形，到典型的风暴恢复和好天气阶段的相对反射形状的周期性变化。另一方面，阿尔卑斯南部序列则没有坝塞地形和沿岸水流的依据，以及低滩面砾石中剪切的和重力的分选。这些特征标志一种较为反射的平均状况，这是由于海滩位置是沿古亚得里亚海的深港湾状头分布，以及进入波浪的极窄定向宽所致。加之南阿尔卑斯序列中普遍出现浪成砾石巨波痕和明显的砾石形状分带，都显示出由于较大的风区距离所造成的长周期波浪的较大影响。在位置和旋回性两方面都与海平面变化无较大关系。

二、丹麦 Jylland 北部晚更新世的粗粒沙嘴—台地序列

915

几个保存完好的晚更新世沙嘴系统出露在抬升的 Jylland 北部。它们现代的形态特征可使人们详细研究沙嘴的生长形式，而内部沉积学结构可通过沿沙嘴长度分布的一系列凹地予以测定。在这些系统中可看出两种特征的垂向序列。第一种（序列 I）由巨型交错层状前积单位组成，上覆顶积和海滩单位；而第二种（序列 II）是由上覆坝—槽与海滩单位的前积单位组成。这两种序列类型在侧向上互相过渡，只有很短的重叠距离。可据 Meistrell 的按刻度水槽试验得出的沙嘴—台地生长模式来解释这两种序列。巨型交错层状单位相当于粗粒的水下沙嘴—台地的进积作用，而顶积、坝—槽和海滩单位反映陆上沙嘴的生长。序列 I、II 的交替反映沙嘴与台地构造生长的反比关系：当水下台地进积速率减低时，陆上沙嘴均匀生长；当地均匀进积时，沙嘴生长减缓。这个模式可能只对相对粗粒的系统适

用, 因为只有这些沉积物曾有相对陡的前缘。沙嘴推进时的水深与底部地貌决定了巨型交错层状前积单位的厚度, 因为台地顶上的水深相对稳定。如果水深低于数米, 则沙嘴—台地不发育, 这就象在抬升海底上进积的晚更新世沙嘴系统那样。因此, 正确地识别沙嘴—台地序列可精确测定它们形成时的水深和海平面。最后, 本文的巨型交错层理形成模式, 补充到了已知的河流横向、侧向沙坝、边滩、潮下波浪和吉尔伯特三角洲等巨型交错层理模式中。

三、加利福尼亚东南的 Algodones 沙丘原: 迁移的现代沙丘原实例

939

加利福尼亚东南的 Algodones 沙丘原是北美最大活动沙丘原之一。该沙丘原正在向东迁移, 斜切合成的沙流方向 (SE24°)。区域风和沙丘原间的相互作用, 导致 Algodones 的迁移。这种相互作用产生一局部的次生流, 使得沙丘原按斜切合成沙流方向的方向迁移。

有四个依据表明 Algodones 曾向东迁移: (1) 缓坡, 是沙丘原后缘, 35m 厚, 500m 宽, 由风成沉积物组成, 与沙丘原的西缘相邻。在沙丘原的东部边缘 (前缘) 没有发现相同的沉积物。(2) 前缘沙席沉积物出露在沙丘原内的丘间地区, 这些沉积物在现代前缘沙席的西边。(3) 沿沙丘原的宽度方向, 西部的沙较粗, 分选较差; 东部的沙较细, 分选较好。这说明沙是由西向东搬运。(4) 大的复合—复杂的新月型沙丘向东迁移。

如果沙丘原不断地迁移, 就将形成如下的垂向序列: 底部沙席沉积物, 由风成和水成沙纹纹层、小型风成交错层和季节性河流 (干谷) 沉积物组成; 风成沙丘沉积, 由风成中型复合交错层组成; 小型单一的风成交错层组, 具多变的倾斜方向; 沙席, 由低角度风成波纹交错层组成, 上覆界面之上的粗粒沙滞留物。

四、横穿活动褶皱带散布的近源至末端火山碎屑岩的沉积学: 华盛顿中部晚中新世的埃伦斯堡组

953

晚中新世埃伦斯堡组的火山碎屑岩出露在一完整古水系内的盆地中, 该古水系的沉积范围在喀斯喀特山脉源区以东 15 至 120km 之内。有两类相组合。第一类由侧向局限的、分选良好的复碎屑砾岩组成, 代表间喷发期间的砾石底负荷体制。第二类由侧向延伸很广的席状岩层组成, 以古土壤为界。席状层由单成分砾石的、泡沫状英安质砂岩组成, 间夹碎屑流和超浓度洪流沉积。这些席状层堆积与喷发事件相当, 该喷发事件在序列底部有时记录为空中降落的火山灰。碎屑流和超浓度洪流沉积物出现可远至距源区 120km 的地区, 但 50km 以外就不普遍了。超浓度洪流沉积物的丰度, 最初随远离源区和碎屑流沉积物的减少而增加, 说明超浓度洪流是通过碎屑流的稀释而形成的。砂质相形成宽阔的席, 在近源和中间部位以冲刷—充填层理为主, 在末端部位则渐变为狭窄的槽形交错层状席, 说明洪流流量随距离减弱。底层随成幕的沉积物流入而变化, 造成主河位置中的切入—加积旋回, 支流的成幕阻塞则形成湖泊或迅速加积的、不排泄的泛滥平原。虽然火山作用主要控制了沉积作用旋回, 但同时发育的亚基马褶皱带产生了决定沉积物分散的构造走向水系, 而盆地的沉降使得喷发相和间喷发相均能得以保存。由抬升背斜来的碎屑一般被远大于其体积的盆内火山碎屑所冲淡, 但小支流的主要沉积物是流向, 而不是来自喀斯喀特山。

五、日本中部伊豆半岛古新世 Shirahama 灰岩的混合水和热液白云石化

979

早古新世 Shirahama 灰岩是粒状灰岩—泥粒灰岩, 主要由藻、苔藓动物和棘皮动物碎屑及次火山岩碎屑组成。灰岩有各种各样的白云岩化, 白云岩的区域分布成斑状。白云石为充填孔隙、铸模和溶解晶簇的孤立晶体及交代生物碎屑的镶嵌集合体。方解石呈环边和充

填孔隙的亮晶胶结物,和钙质骨骼。在同位素方向,白云石分为重氧组(-2—-3.5‰PDB)和轻氧组(-5.5—-7.5‰PDB)。与重氧白云石伴生的方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 为-6.5—-8.5‰PDB,而与轻氧白云石伴生的方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 范围宽,为-7.5—-14‰PDB。无白云石灰岩中的方解石氧同位素组份为-2—-8.5‰PDB。结构、化学和同位素特征都表明重氧方解石形成于淡水,重氧白云石形成于混有10—30%海水的大气-海洋水。轻氧方解石和白云石沉淀于30—65℃时的变化了的热液流体。

岩相特征,及同位素和化学依据表明,Shirahama灰岩在沉积后立即暴露在淡水中,结果块状方解石沉淀(I阶段)。由于逐渐沉降或海平面运动,灰岩局部沉入大气-海洋混合水中,这导致重氧的带状白云石和亮晶白云石沉淀(II阶段)。百万年前此地区出现热液蚀变,有关的热液流和大气-热液混合水引起一些带状白云石脱白云化、部分晶簇白云石溶解、透明白云石沉淀和某些早期白云石重结晶(III阶段)。沸石也从这些流体中沉淀。最后,Shirahama灰岩又暴露在淡水中,亮晶方解石沉淀并阻塞了一些剩余的孔隙(IV阶段)。

《沉积学》 36卷1期 1989年2月

一、撕裂作用剖析

1

加拿大萨斯喀彻温东一中部坎伯兰沼泽面积5000km²,含有大量的活动的和废弃的河流地形,包括直至弯的孤立水道、网状水道系统、天然堤和决口扇,以及沼泽、湖泊和泥炭沼。1873年,萨斯喀彻温河撕裂使其大部分水流入坎伯兰沼泽(局部称为破裂区),并使河流阶地变为调节沉积物和水流入量的受侵湿地。这些调节作用延续至今,已有500km²的湿地受到撕裂。

撕裂控制的湿地变形包括决口扇和扇杂岩的发生和发展。有三种相互过渡的形式,每一种都有特征的砂伴形状,第一阶段的扇小、平面上呈舌状、被不稳定的支流水道切过和形成楔形席,它们沉积覆盖在细粒的富有机质的湿地沉积物之上。第二阶段的扇和扇杂岩在空间和时间上都是由第一阶段扇发展的。它们较大,含有大量的网状水道,形成不连续的板状砂体或连续的砂席,其中一些切入下伏的湿地沉积物。第三阶段扇由第一或第二阶段扇发展而来,含少而稳定的网状水道,沉积孤立的嵌在细粒泛滥平原沉积物中的薄层砂。虽然扇沉积的砂体构成了发展中的泛滥平原的重要部分,但出现在天然堤、浅水湖泊、废弃扇水道和泛滥平原水道间的各种各样的细粒相却是主要的撕裂沉积物。

1873年后破裂地区中阶地变形和沉积作用的记录表明了撕裂后泛滥平原演化的四个阶段。在开始阶段,由于水和沉积物的排泄淹没了邻接的泛滥盆地,所以新的水道和扇杂岩的数目迅速增加。网状阶段的特征是新的水道和扇发育的速率与老水道和扇的废弃速率近于平衡。这个阶段一直延续至新的泛滥平原地区被淹没。随着附近泛滥平原逐渐加积,新扇发育速率最终降低,由于较高的水道废弃速率,剩余水流进入较少但较大的水道中(回复阶段)。回复的结果最终又转入单水道阶段,完全了撕裂序列和开始新的河流。

萨斯喀彻温河的最后阶段的单水道很可能要产生一弯曲带,它仅是先前的更为广阔的撕裂带的一部分。

二、西班牙南东托尔斯顿阶特伯纳斯扇的一时间片内的三种不同的补给-叶状体系统

25

良好的露头 and 岩相标志使得恢复特伯纳斯盆地内-海底扇杂岩的极窄 (6000—60000 年) 的晚托尔斯顿期 (7—8 百万年) 时间片的扇相类型成为可能。与大部分传统的扇模式不同, 特伯纳斯盆地的扇不是单一补给—叶状体系统, 而是至少有三个并量的不同的补给—叶状体系统: (1) 砂岩体中的直补给峡谷, 由叠置的充填砂的冲刷坑组成 (富砂系统); (2) 泥岩中巢状冲刷坑前缘中发散的直补给水道。这些冲刷坑限于细粒席状浊流沉积物中 (泥质系统); (3) 弯曲的水道复合体, 远延至盆地, 在其出口处没有“叶状”沉积物 (单个系统)。

沉积特征表明, 特伯纳斯盆地内, 最初的盆底地貌和块体流搬运习性控制和最终阻止了富砂系统的形成, 而沉积地形和斜坡的不稳定性控制了泥质系统的形成。普遍窄 (10—30m) 而长 (8km) 的单个系统表明了它的局限性, 可能是一斜切斜坡基本方向的盆内断层崖。流动破裂 (flow stripping) 可解释水道终端无叶状体的原因。

三、紊流沉积物搬运和低振幅床沙形态产生的上流态平行纹理

47

进行了一系列的由上流态平坦沙产生平行纹层状沉积物的实验室试验。纹层厚几毫米, 能延续追踪至整个沉积区的宽度和长度 (0.3m×1.5m)。测量了沉积作用和平衡期间底床抬升变化; 许多底床波动出现的时间就紊流言是太长了, 因为许多理论认为纹层形成的时间不需这样长。我们认为, 即使在非常平坦的底床上也可出现出低振幅的床沙形态, 而它们的迁移便产生侧向连续的纹理。

实验室试验产生的所有纹层都是正递变的。用高速摄影可以观察到这些正递变是由一松散堆叠的粗砂层迅速沉积产生的, 粗砂层有几个颗粒直径厚。然后是缓慢筛出一堆叠很好的细砂表面层。最初的沉积作用是在边界剪切应力条件下小型紊流波动的结果。随后的筛出产生一平滑平面, 它的低摩擦系数暂时阻止了进一步沉积; 我们称这个作用为“抛光”。沿床沙形态槽迁移路线排列的小型紊流冲刷-冲填构造产生侧向联续的平行纹理。

四、海洋砾石临界值和搬运的原地声学测量

61

在三个潮汐周期上作了近底紊流和海洋砾石床沙负荷搬运的测量。用两个电磁电流表测量底部边界层中的紊流, 用监听当地活动物质粒间碰撞声音的被动声学系统测量砾石的搬运。床沙负荷的视觉估测也用水下 TV 相机获得。与传统的床沙负荷取样不同, 声学技术能用可与收集的紊流资料对比的瞬时分辨率来估测所获得的搬运。这就能够作紊流和相当于瞬时流条件的沉积物之间的详细比较。研究结果表明, 具有雷诺应力的紊流喷发事件中, 只有冲刷和向外的相互作用才在粗沉积物搬运中有重要作用。此测量表明, 驱动搬运作用的超剪切应力, 在稳定的紊流速度起伏时瞬时增加。

五、东格陵兰和斯匹次卑尔根上元古代碳酸盐岩中的海相豆石

75

东格陵兰中部的上元古代碳酸盐层系 (Eleonore 湾群的的石灰岩-白云岩“统”) 和斯瓦巴德 (斯匹次卑尔根 Akademikerbreen 群的 Backlundtoppen 组和 Nordaustlandet 的 Raoldtoppen 群的上 Russö 组) 的上元古代碳酸盐岩都含有以豆石为主的厚的序列。这些岩石产生于浅海环境, 豆石基本上超细粒 (大小) 的。碳酸盐岩的侧向范围和厚度都支持是海洋环境; 与豆石伴生的叠层石、扁平砾岩、砂屑灰岩、泥屑石灰岩, 和与许多其它元古代碳酸盐层中相同的鲕, 也支持是海洋环境。此外, 包括豆石层特有的大波痕和交错层等沉积构造, 和石内蓝藻细菌的显微化石也说明是海洋环境, 后者与巴哈马滩现代海洋鲕粒中的微生物可对比。岩相特征和鲕的丰度说明豆石的原生是文石, 但新生变形作用、硅化、方解石化和白云化

等广泛地改变了原生矿物和组构。东格陵兰和斯瓦巴德的豆石碳酸盐岩反映相同的沉积环境和成岩历史。前人认为这两个序列是连续地堆积在生成豆石的海岸带,其延伸至少 600km 或 1000km 以上,现对比解释补充了生物学的、岩相的和化学地层学的资料。

六、以色列胡拉谷北部的石灰华

95

本文描述了广布于以色列胡拉谷北部的更新世石灰华沉积物的野外和岩相关系。石灰华与砾岩和玄武岩熔岩流交互。野外关系和放射性测量资料表明,石灰华堆积在 1000000 年前,25000 年前它们停止生长。

石灰华以高孔隙度为其特征。有些孔隙,以及一些充填亮晶的孔穴,保存有植物茎和叶的形状。丰富的植物物质说明光合作用,而不是细菌或非生物作用,是诱发碳酸盐沉淀的主要机理。

石灰华过去堆积和今天停止形成的原因是古地理背景不同。在以前,水流大多是缓慢的,形成广布而很浅的水席。茂盛的植物,连同该区水的停滞时间相对较长,提高了碳酸钙沉淀的能力。相反,现今峡谷中水流迅速,仅有少量的溶解碳酸钙沉淀,所推测的这种水文条件的改变,被认为是晚第四纪时断裂活动复活的结果。

七、加拿大北大平原中盐干盐湖的沉积学

109

Ceylon 湖是位于萨斯喀彻温南部的一小盐干盐湖,是加拿大西部北大平原中找到的一典型的浅水季节性湖泊盆地之一。现代卤水以镁、钠和硫酸铁为主,其组分和浓度在时间和空间上都有广泛地变化。现代沉积物全部只有相当简单的相关系。粗粒的滨岸和崩积碎屑的外圈包围着混合的细粒碎屑和盐,在盆地中心为主要由芒硝、无水芒硝和钠镁矾组成的盐盘蒸发岩。

晚更新世和全新世沉积物的岩心显示湖泊的演化是从一相对稀释的,以碎屑为主的深水盆地,经一浅半碱水的碳酸盐—碎屑相阶段,最后为现在的以盐为主的干湖。保存在盆地中的厚层蒸发岩说明卤水的演化是从富钠溶液变为 Mg-Na 混合系统。影响 Ceylon 湖沉积物最重要沉积后的作用是泥底群和盐喀斯特作用。

八、总形状因素对自然界砂级沉积岩套沉降速度的影响

125

在一定范围内,自然界砂级颗粒的沉降速率受它们形状的影响。在用沉降速率估算颗粒大小时,这可能是一重要因素。为了估计这影响的灵敏性,以以色列南部中生代努比亚砂岩的两个自然砂群落的 1/4 中筛选碎屑来研究它们的形状特性和沉降速率,因为它们具有与总形状特性相似的概率。用傅里叶形状分析法估算了好的表面特征(圆度和表面粗糙度)。检测了总形状的重大差别和在实验室的沉降管中测量了它们对沉降速率的影响。最明显的差别出现在粗粒级中,偶尔也出现在中等大小粒级中。

在非常接近的时间间隔的原始沉降数据作出了高分辨粒级频率投影图,在自然界它们一般是多峰态的。微细的形状差别对沉降速率有重要影响,因此在研究灵敏性时它们是一重要的条件。

可以想象,曾有较多源区和作用过程的自然砂群落,比本文所分析的样品的沉降速率有更大的不同。因此,为了在将沉降时间换算为粒级时减小误差,就必须考虑总形状因素。本文概述的一容易方法是通过计算分析样的每个砂组的标准化曲线。分析样总样一分层的筛选的 1/4 中样作为标准化的基础,因此必须用把筛选直径换算成真实直径的相关因子。在本研究中,是通过图象分析获得标准切面直径。

九、讨论	137
1. 加拿大东部宾夕法尼亚期河流相地层中的滑塌块、层间砾岩及伴生的侵蚀构造	137
回答	145
2. 地中海中部中和晚第四纪沉积序列	151
回答	156
3. 英格兰东南下石炭系河流相 Fell 砂岩群中块伴流的迁移和水道的形成	159
回答	160
十、书评	163

《沉积学》 36 卷 2 期 1989 年 4 月

一、加利福尼亚北部—古代和现代泥质陆棚上的沉积作用 179

加利福尼亚北部的现代伊尔河陆棚和与其类似的更新世里奥德尔组, 提供了一个将现代环境研究与古代层序研究有效结合起来的理想机会, 因而能进一步了解泥质陆棚。该现代陆棚是全新世厚泥质沉积物堆积的场所。陆棚上的地层学和沉积物的分布类型都表明, 河流泛滥在沉积物堆积中起重要作用, 即使在高能的, “以风暴为主的” 海岸也是如此。泛滥“信号”保存作用中的主要因素是细粒沉积物的粘结习性和成幕的沉积物注入的快速速率。

里奥德尔组包括为 400m 的几乎全为细粒的陆棚沉积, 它们堆积在古伊尔河口的滨外。该陆棚沉积物由 4 个沉积序列组成。序列 1 记录从外陆棚至内陆棚的推进。相的走向与现代陆棚的走向非常相似, 说明沉积作用也是相似的。这些沉积物的详细调查可洞察现代和古代陆棚上各种作用和性质。

里约德尔序列的泥质相以生物扰动、粘土质粉砂、与几种平坦层互层为特征。富粘土粉砂层是泛滥沉积, 层状粗粉砂层是风暴期间中陆棚上的粗粉砂沉积。里约德尔序列的总搬运沉积物的计算和生物扰动沉积物的粒径分布表明, 这些沉积物是细粒泛滥沉积物和粗粒风暴沉积物的生物搅拌作用的结果。本研究结果基本表明, 细粒陆棚沉积物保存了可分辨的沉积作用的记录。

二、美国蒙大拿州贝尔特盆地中元古代纽兰组的页岩相和成因 203

页岩构成全世界沉积物的 60% 以上。尽管砂岩和碳酸盐岩的相模式还非常不完善, 但页岩的研究就更为落后了。根据层理特征、结构特征和粉砂、粘土和碳酸盐的比例, 中元古代纽兰组可分出六类沉积在近岸至盆地环境的页岩相。这些页岩类型的结构特征从其伴生的岩相可看出和沉积环境有关。页岩未遭生物扰动, 它们的结构和沉积特征反映了微生物席的水下生长、风暴的侵蚀作用和沉积作用、絮凝的与分散的粘土的沉积作用、连续缓慢的背景沉积作用、波浪或水流的簸选以及陆上暴露。

三、安大略比尔德莫尔—杰拉尔顿的浊积岩与铁建造: 缓坡/扇联合模式在太古代碎屑和化学沉积作用中的应用 221

砂质浊积岩、颗粒流、砾岩块体流和氧化相的铁建造出现在晚太古代的比尔德莫尔—杰拉尔顿地区, 是一呈东西向延伸的长 80km 以上的沉积变质带。该盆地的海洋部分包含 4 个岩相组合 (LA): (1) 薄层状铁建造—碎屑沉积组合, 代表含有铁建造连续沉积物类型;

根据层理属性和铁建造与砂/粉砂的比例来确定亚类；(2)薄层状以浊积岩为主的组合。这些沉积物主要由粉砂/砂层组成，该粉砂/砂层没有垂向趋势，或在几米的范围内向上变细、变薄；(3)中层状以浊积岩为主的组合。这些沉积物大多为中至粗粒状，垂向上砂序列无构造，或偶夹有构造的层段；(4)厚层状组合，以无粒序砂为主，厚达7—8m。砂层的特征是：底部是薄的粗砂和砾石带；中部最厚，为含中砂和粗砂的混合层；上部为细砂/粉砂的薄条带。

整个沉积作用体系从辫状河把沉积物搬运至堆积成支流河口砂坝的海岸地区开始。作者认为斜坡中有一近岸坡折，局部具长的水道(LA₁)，并从紧靠海岸线穿过三角洲表面直延至海底扇的较深部分(LA₃的有构造部分)。但是，许多三角洲表面可能没有被主水道切开，而是沿斜坡下溯而成一海底缓坡。沉积物通过滑塌事件和席状颗粒流(LA₃的无构造部分)而被搬运穿过缓坡。铁建造和LA₂可能堆积在具低沉积物供给速率的上一中缓坡区，和扇—缓坡系列的末端。

随着辫状平原上主河流位置的变化，相关的海底水道和滑塌供给的缓坡沉积物也将有侧向变化。这就产生了扇和缓坡两种环境中不同相组合的叠覆，它可以解释层理的垂向趋势为什么限于几米范围内。作者认为，窄狭的太古代克拉通边缘，加之以无规则的作用(诸如与强火山碎屑活动周期有关的沉积物供给的改变之类)，以及与弧有关的地震活动，也都是造成无垂向构造序列的原因。这类环境中的浊积岩序列一般含有海底缓坡和海底扇沉积作用的重要信息。

四、犹他州东南二叠纪怀特里姆砂岩的砂质沙漠边缘

235

犹他州峡谷地区国家公园的二叠纪怀特里姆砂岩含有各种各样的沉积特征和构造，它们主要形成于砂质沙漠迁移和海洋影响砂质沙漠边缘阶段。有三种空间上不同的岩相和沉积相，并可从该组内部的非正式地层单位而加以辨别。风成砂丘相主要由怀特里姆砂质沙漠的细粒交错层状砂岩组成。该相分布最广，构成了这个组的总体。风成砂丘内，相是一些小的代表丘间沉积物的次级相。由平行层状砂岩组成的席状砂相构成了怀特里姆砂岩最下部，此相似乎曾是主砂质沙漠体系的先驱或主导(堆积的)边缘。最后的相是再作用的或薄板状的波纹状至扰动砂岩相，它局限于该组的顶部几米，在有的地方与三叠纪Moenkopi组呈过渡关系。薄板状相含有许多构造，这表示有海洋的再作用，以及干裂或陆上暴露时期。

一些先前的工作者曾趋向于把整个怀特里姆砂岩作为一个沉积位置的产物。显然，怀特里姆砂岩中表现出的那样，在砂海的边缘由于与相当环境的相互影响而存在有过渡相。此外，相的地层关系中的变化可能与砂质沙漠迁移的阶段有关。砂质沙漠边缘的沉积物早于中心砂质沙漠的发育。砂质沙漠可能出现在海平面相对低的时期。海平面的影响记录在该组的顶部，因为砂质沙漠的终止与沙供给停止的相对高海平面有关。二叠纪怀特里姆时Kaibab海的海进可能是保存原生沙丘地形起伏的主要作用。海平面变化也可能影响相的分布和砂质沙漠边缘构造的复杂性。其后的板状相的河流再作用；在三叠纪底部Moenkopi组沉积作用时期，可能抹掉了晚二叠系的特征。

五、科威特沙漠中风成沉积物的成因和结构特征

253

科威特有几种类型的风成沉积物：(1)平坦沙席，类似于沙漠底板沙；(2)不移动的沙，包括有起伏植被的沙席和干谷充填沉积物；(3)移动沙，形成活动沙席和沙丘。简单

的粒径频率曲线表明了各种风成沉积物类型之间的成因关系。四个粒径参数,即平均粒径、分选性、偏态和峰态,在区别平坦沙席沉积物和沙丘时是有作用的。也可辨别活动沙席沉积物,因为它们一般位于平坦沙席和沙丘沙这两个端元之间。粒径参数的改变只与位置有关。变粗的和正的偏态通常向下风向增加。科威特风成沉积物的矿物学和结构特征表明,它们主要是来自美索不达米亚的泥质泛滥平原沉积物、Al-Dibdibba 砾质沉积物的砂屑和钙质结壳与石膏胶泥结壳的风化物质。沉积区和风蚀区的分布表明,科威特北部的沙漠以正的沙平衡为特征,而南部的沙漠为负的沙平衡。

六、星状沙丘动力学:墨西哥大沙漠的实例

273

大沙漠沙漠中,一个高 40m 的星状沙丘上表面风速和方向、沉积作用和侵蚀作用类型的观察表明,沙丘形成与由于风向季节性变化而成的气流之间的相互作用在建成这类沙丘中起重要作用。这类相互作用导致沙在沙丘的中心部位沉积,造成其塔形,以及一些线状沙臂的延伸。

所研究沙丘的主臂为 NE-SW 向,或夏季横切 SSE 向风,冬季横切 NNW 向风。每个季节期间发育一高达 10m 的崩落面。主脊线的流动分离产生一宽的背风面次生流动带,此次生流动沿崩落面底把沙移向该沙丘的中心部分,在沉积为风成波纹的地方又移到局部流动速度降低的地带。分离流动的再附着出现在 N 或 S 臂的较低部分,平行流动方向。春季的西风把沙移来斜切 S 和 N 臂,并朝向沙丘的 E 臂。大型的流动分离和转换被主脊线瞬时背风面中发育强螺旋状旋涡取代,它们沿崩落面将沙移到沙丘臂末端风速较低的地带。

大沙漠中星状沙丘的形成是在这样一个序列之后,该序列中,新月形沙丘移到一风向相反的地区,先发育成一冠状脊。聚合的背风面次生流发育了,形成平行于每一主风向的线状单元,而在沙丘中心部分的沙高度聚积。星状沙丘不同阶段的实例都可证实。

七、现代和古代河流中呈成土集合体的泥的床沙负荷搬运

291

澳大利亚埃尔盆地湖泊、库珀和迪亚曼提纳河中丰富的砂粒大小的泥集合体,是属于一种形成于深破裂泛滥平原土壤中的集合体的床沙负荷搬运。形成成土泥集合体的必需条件是:(1)丰富的粘土,应含少量的膨胀粘土;(2)具有季节性干热时期的气候。这些土壤(变性土)的全球性分布说明,有大量的泥是被现代河流作为成土集合体搬运的。

已经知道的古代泥集合体和变性土剖面相似物,有侏罗纪的东伯尔林组(美国康涅狄克州)和石炭纪的 Maringouin 组(加拿大新斯科舍和新不伦瑞克)。这些组中占优势的红色泥岩,被解释为床沙负荷沉积物,是半干旱古气候条件下的片流沉积。三叠纪的霍克斯堡砂岩(澳大利亚北、南、西)也含有砂粒大小的泥岩集合体,认为是成土作用生成的,但其古溶胶和其它相指明它形成于潮湿气候。这些标志着,泥作为成土集合体的床沙负荷搬运,在古代河流中也如现代河流中一样,是一重要的作用。

八、加拿大不列颠哥伦比亚晚阿尔布期 Boulder Creek 组的多重古溶胶

307

垂向序列中空间上紧靠在一起的 15 种石化的古溶胶,产出于加拿大不列颠哥伦比亚东北部丘陵区晚阿尔布期 Boulder Creek 组顶部 90m 内。古溶胶有发育良好的厚 0.5—1.5m 的剖面,包括 A、B、C 三层。古溶胶的特征是灰色、胶膜、垂直的根、自然土块、球状菱铁矿和无沉积构造。在由于全球海平面变动或局部构造事件而使一个或多个盆地形成宽广的不整合面时,便形成古溶胶。这些不整合面代表一降低的基面的陆地记录,这是由于峡谷的深切和被切割泛滥平原上沉积速率降低所引起的。气候潮湿至半潮湿。总的看来,发

育这种土壤的环境是低起伏的,遭受弱的侵蚀。该年的那一部分水平面高,但也有周期性干燥和有机碎屑氧化的依据。在此层段内的古溶胶据计算可代表150000年的非沉积时间。

九、澳大利亚晚元古代比特泉区组内叠层石的形状与旋回性间的相互关系 323

晚元古代比特泉区组的 Loves Creek 段下部两个单位中的叠层石生物层和生物丘代表了向上变浅和向上变深的序列。在中心单位,叠层石形状受在一不对称向上变浅序列中的相对位置控制。鲕粒和/或球粒内碎屑粒状灰岩,和小的不规则球茎状和圆柱状叠层石是旋回底部,海进部位的特征。穹状、圆柱状和层状叠层石构成了旋回的总体。这些形状形成于一逐渐变浅的陆表海。旋回的较深部位以穹状叠层石为主。这里的起伏向上逐渐增加。旋回的较浅部位以圆柱状和层状叠层石为主,其起伏向上则迅速消失。在旋回顶部的薄层状白云泥岩中,共同出现的干裂、帐篷构造、崩塌溶解面、膏模和硬石膏结核假晶,提供了陆上暴露的依据。相反, Loves Creek 段底部单位中的叠层石加积于海平面逐渐上升时期。层状、圆柱状和穹状叠层石构成的向上变浅旋回的单元出现在这个加深的序列中,但仅出现在向上变浅旋回的下半部。叠层石纹层的总的起伏在整个底部叠层石单位中是向上逐渐增加。Loves Creek 段底部向上变深叠层石序列的识别,和该序列与下伏 Gillen 段面的不整合面,可以把 Loves Creek 段的古环境解释为一单一的“大型”海平面旋回。

十、外南极山脉早寒武世沙克尔顿灰岩的礁、礁杂岩及伴生的岩相 341

沙克尔顿灰岩是一碳酸盐盆地沉积,该台地是早寒武世末和中寒武世时大南极克拉通的边缘部分。在外南极山脉中心的霍利约克山,这个单位记录了稳定陆棚上的沉积作用,其上有大量的由微生物和古杯类组成的生物礁。穴斑状钙泥岩、泥粒灰岩和粒泥灰岩与点礁,代表能量相对低至中等的陆棚地区的沉积。厚的鲕状粒状灰岩层反映高能滩的沉积,且呈沙席,与广泛的礁杂岩伴生。

这些礁的骨架主要是微生物的产物,推测其主要是蓝藻细菌。根据微生物群组份,可分出三类礁。第一种类型是缺乏古杯类的 *Renalcis* 粘结灰岩。这些礁中,丰富的指向上的 *Renalcis* 原植体形成圈捕细粒沉积物的骨架;第二种类型,形成某些较大礁的核,由含叠层生物孔洞构造的微生物粘结灰岩组成;第三类,也是最普遍的礁,其组份是变化的。其特征是出现丰富的 *Epiphyton*,但可含有古杯类,微生物显微化石 *Girvanella* 和 *Renalcis* 以及显微生物凝块状泥晶灰岩。在这类礁中,造格架生物构成了特别高的孔隙度,有小的粒间和窗孔孔隙、大的增生一格架孔,以及少量米级大小的孔洞。这些空间内,堆积了 *Epiphyton* 和少量的 *Renalcis*、结壳的格架元素、细粒沉积物,和沉淀了普布海底的胶结物。

沙克尔顿灰岩中的粘结灰岩组构非常复杂,具有与年青的、较富后生动物的礁,以及深水含叠层生物孔洞构造泥丘的相同组构。外观上首先出现在早寒武世中期的 *Epiphyton-Girvanella*-古杯类格架和含叠层生物孔洞构造的粘结岩,在构造、组份和推测的水文位置方面,均作为以后的显生代更广泛的礁和复杂格架型的先驱者。

十一、西泰克吉姆灰岩中(摩洛哥 Jebilet 的古生代)的雪球构造及其滑动成因 363

描述和解释了在摩洛哥 Jebilet 山东部古生代地块中西泰克吉姆韦宪统中所见的沉积球状构造。

米级大小的球由碳酸盐组成。结构上,它们与泥粒灰岩或粒泥灰岩相同,有一些呈现螺旋状的内部组织。这些球嵌在砂屑灰岩至砾岩的杂基中,直接盖在页岩层上。

这些构造的成因与湿雪的崩落并在斜坡底产生雪球沉积的机理相同。碳酸盐沉积层沿

一富有机质层分离，并在雪球在重力影响向坡下运动时包卷。

十二、密歇根州北部寒武系 Munising 组砂岩中的磨蚀石榴石：它们层内溶解成因的岩相依据

371

密歇根北部寒武系 Munising 组砂岩中石榴石上的叠瓦状楔形痕（磨蚀面）伴有石榴石外模的次生孔隙。刻蚀的石榴石周围的外模孔隙表明，这些砂岩中的石榴石曾遭受层内溶解（矿物表面从其原始边界后退），而不是颗粒增生作用，因为没看到石榴石的增生体。具石榴石溶解作用结构特征的石榴石磨蚀面组合，证实石榴石磨蚀面是层内溶解作用形成的。这些结果确认了在其它古代研究中的相同发现，并扩大了层内溶解形成磨蚀面的地理和地层范围。