

蓟县雾迷山组碳酸盐岩原地型 风暴沉积特征及成因探讨

安桐林

(天津市地质调查研究所)

提要 蓟县地区雾迷山组碳酸盐岩地层中发育原地型风暴沉积,它具有A、B、C和D四个沉积单元,即下部单元A为丘状角砾岩,中部单元B为波纹状层理,上部单元C为水平层理,顶部单元D为厚层一块层状层理。运用现代气象学和海洋水文学的研究成果,文章对该区原地型风暴沉积的成因作了初步探讨,认为在风暴作用下,形成海水高速涡漩,受风暴控制的碳酸盐台地或浅海沉积盆地底部沉积物被剪切、打碎而形成角砾,风暴衰减后,几乎在原地沉积下来,形成了具有独特韵律的沉积构造。

关键词 原地型风暴沉积 风暴 海水涡漩、古地理环境、雾迷山组 蓟县

作者简介 安桐林 男 27岁 助理工程师 区域地质调查

1 地质概况

蓟县地区雾迷山组地层厚度占整个中—上元古界地层厚度的1/3以上,约3300余米,沉积层序及顶底界线清楚,是一套以中层状细粉晶白云岩、中厚层状燧石条带含砂屑白云岩、厚层状沥青质粉晶白云岩、厚层—巨厚层状藻细晶白云岩、块层状叠层石白云岩、薄层状硅质岩为沉积韵律的浅海相碳酸盐沉积地层,生物特征主要为柱状、锥状叠层石、葡萄藻及微古植物等。在燕山地区,雾迷山组地层无论从岩性上还是生物特征上都很稳定,具有时间上和空间的统一性。

2 沉积特征

2.1 原地型风暴沉积

由风暴(包括飓风、台风和热带风暴)直接作用于海面,引起海水高速涡漩,产生涡漩流。在风暴浪控制的碳酸盐台地或浅海盆地底部,正常的碳酸盐沉积物遭受强劲的涡漩流作用,使沉积物发生改变并破碎,形成风暴角砾;风暴结束后,角砾几乎在原地沉积下来,形成了一套具有独特沉积构造的原地型风暴沉积。

雾迷山组原地型风暴沉积特征描述如下:

底部单元为含燧石条带细粉晶白云岩,水平层理或厚层—块层状理层,锥状、柱状叠层石发育。

下部单元A为丘状角砾岩,根据角砾的形态特征,可以分为两类:

原地型风暴边缘沉积 岩性为含燧石条带白云岩和细晶白云岩,与底部单元岩性相差

无几,地层中以丘状搅动层理为特征,层理延长约0.5—1m,有的层理被折断形成角砾,并排列呈搅动状(图版1,1,2),局部丘状搅动层理中可以见到假裸枝叠层石(图版1,2),说明风暴将正常天气沉积的沉积物搅乱而没有打碎的特征,是由风暴外区诱发的海底再沉积。

原地型风暴中心沉积 岩性为丘状燧石,白云岩角砾岩,丘状燧石角砾硅质岩,有人称之为“板砾岩”。它们单独出现在地层中,剖面上呈透镜体状,三维空间观察呈丘状,丘长0.3—1m,丘高10—35cm。燧石、白云岩角砾呈板状,长3—10cm,宽2—5cm。垂直于角砾的切片上,燧石角砾由小于0.01mm的泥晶二氧化硅组成,角砾成分与底部单元岩性相同。角砾排列呈“扇”状、“束”状、“放射”状、“暖气片”状,部分角砾发生弯曲,形成“紧闭褶皱”(图1左侧,图版1,4)。板状角砾之间由硅质胶结,少量白云质胶结。在丘的层面上,板状燧石或白云岩角砾呈三角格架状排列,似辉绿结构。角砾的排列显示逆时针方向旋转的趋势(图版1,6),三角格架中充填硅质胶结物。说明破碎的角砾受到旋转海流有牵引而作旋转运动,再沉积后保留了旋转运动的痕迹。这是由风暴最大风速区引起的海底再沉积。

本单元与底部单元接触面呈上坳状、上凸状、波状、水平冲刷状。表明底部单元沉积与本单元沉积间经历了一个很微小的沉积间断,说明了风暴活动的存在。

下部单元A与近源风暴岩下部粒序层段的主要区别为:①在地层中单独出现,呈丘状;②不显粒序性,仅发育长3—10cm,宽2—5cm的板状角砾,排列形态特殊;③角砾周围无氧化边,无磨圆;④具有搅动旋转的特点。

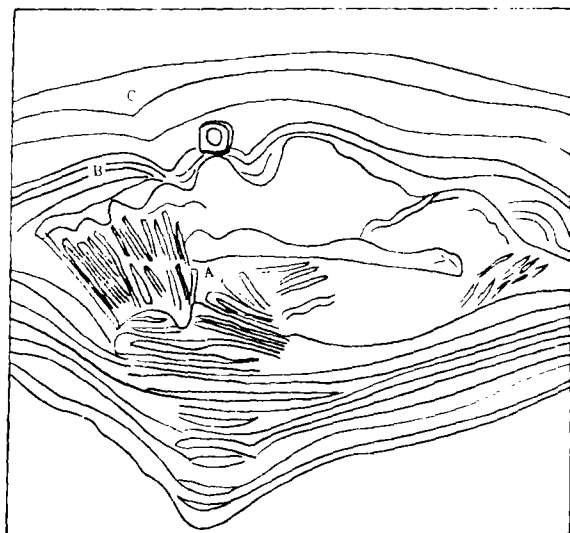


图1 原地型风暴沉积特征

(据照片素描,钢卷尺直径4.5cm)

底部单元:燧石条带白云岩 下部单元A:丘状角砾岩 中部单元

B:波纹状白云岩 上部单元C:波状—水平层状白云岩

Fig. 1 The feature of autochthonous storm deposits

(sketched from the photo, diameter of the steel tape is 4.5cm)

中部单元B为波状纹粉细晶白云岩,波纹由宽0.3cm左右的黑白色粉细晶白云岩构成,是下部A单元的裙边(吴梦源,1988)。有的波纹起伏很大,有的呈缓波状,构成了板状燧石、白云岩角砾的顶面;波纹状层理在丘的两侧向外逐渐变为缓水平层理,横向上连接大型对称型波痕。B单元厚度不均匀,约5—15cm,与A单元中的板状角砾呈角度不整合接触。

上部单元C为含燧石条带沥青质细晶白云岩,水平纹理发育,燧石条带亦呈水平层理状,断续相连,条带间距0.5—10cm,该单元与B单元接触面呈波状或水平状(图1)。

顶部单元D为含燧石条带藻叠层石细粉晶白云岩,厚层—块层状层理,地层中见锥状、柱状及假裸枝叠层石,与C单元接触面平整,层厚较大,约1—2m。顶面平整。

雾迷山组原地型风暴沉积的沉积层序部分呈完整型,大部分不完整,缺失B

单元或C单元,但A单元都很完好,剖面组合可以分为I. ABD; II. ACD; III. AD; IV. AB; ABD单元组合等,这说明A单元是原地型风暴沉积的标志,各单元组合的不完整性,恰是风暴作用大小、方向、海底地形、沉积物来源等因素变化的反映。

3 成因探讨

3.1 古地理环境

中—上元古界雾迷山组沉积期,蓟县地区陆块位于现代太平洋中,古纬度为 1° — 10° N,是一巨大的碳酸盐沉积盆地。盆地东部边缘在滦县以东,岩性变为薄层、中层泥晶白云岩,叠层石、藻白云岩很少,厚度很薄;海盆西部边缘在尚义、怀安县以西,地层变薄至尖灭;北缘为内蒙古陆,南部与广海连通,除了中部昌平有一很小的隆起外,海盆地底部很平坦,海水较浅,为陆表浅海沉积环境。现代风暴活动的区域,1—4月份在纬度 5° — 10° N之间,7—9月份在纬度 15° — 20° N之间,9月份以后向南移动,周而复始。推今至古,在雾迷山组沉积期,一定也有风暴活动。

3.2 水动力条件

雾迷山组沉积期为浅海环境。在风暴事件期间,风暴能引起巨大的海水涡漩流。虽然海流动能的垂直传递受到涡动粘滞度和假设板状混合层流的影响,动能消耗很大,但也可使风暴浪基面加深,有时达200余米。当风暴运行至大陆架时,海水的涡漩流能量可以传到海底,对海底产生极大的剪切作用力。C. Cooper(1982)认为,风暴事件期间,海底切应力比海面切应力要大得多,这主要由压力梯度产生的流与因风浪产生的不恒定流引起。这样势必会对海底沉积物施行剪切作用。

3.3 形成机理

根据雾迷山组原地型风暴沉积下部A单元特征,可以认为燧石、白云岩板状角砾来自底部单元,它们在形成角砾前就已发生压实胶结作用,若没有非常大的作用力,是不可能将这些已压实胶结的碳酸盐沉积物打碎并排列呈特殊的形态,这一作用力就来自风暴。

在风暴事件期间,海流不仅有涡漩流,而且有层流、紊流等不恒定流,它们都会对海底沉积物产生剪切作用力,改造沉积物原来有形态,但引起海底沉积物变化的主要因素是涡漩流。设海底作涡漩流的水质点运动轨迹在平面上为圆,每个水质点都受到风暴产生的正压而有向下运动的趋势,海底压实已胶结的碳酸盐沉积物为AB(图2a),某个水质点在沉积物上的瞬间作用点用D表示,沉积物的重力与海水压力的合力用G表示,G的反作用力用G'表示,水质点绕某点O旋转时,对沉积物AB的剪切力(波速)用U表示,U又可分解为水平剪切力 U_1 和垂直剪切力 U_2 ,U对沉积物作用大小受沉积物表面粗糙程度的影响,越粗糙,作用力越大,反之则小。而U本身的大小与风暴作用强度成正比,与海水深度成反比。沉积物AB的粘滞力和内摩擦力的合力用 U' 表示。下面讨论:

当 $U < U'$ 时,沉积物AB不动。松散沉积物已悬浮起来。

当 $U = U'$ 时,沉积物依然不动。

当 $U > U'$ 时,有两种情况:

1)当U不很大时,由于 U_2 的下切作用,增大了 U_1 对碳酸盐沉积物AB的作用力, $U_1 > U'$,使沉积物AB在 U_1 的牵引下开始移动,无数个水质点将沉积物AB吸引向旋转中心O,形

成旋转中心沉积物加厚的特点, 沉积物的层理也由于海水的涡漩发生了变化, 形成上拱层理和搅动层理。但若此时风暴减弱, 海底就保留了风暴搅动的层理, 形成原地型风暴边缘沉积。

2) 当 U 较大时, U_2 下切沉积物, U_1 拉拽沉积物 AB, 达到一定程度, 沉积物 AB 在旋转中心堆叠, 并将 AB 拉断, 变成 AD、DB 两段, 形成角砾, 无数个水质点牵引着角砾 DB 向旋转中心 O 移动。某水质点与角砾 DB 的接触点为 D' , 这时海水对角砾 DB 有一个上浮力 P_1 , 与沉积物重力及海水压力的合力产生一个指向旋转中心 O 的向心力 P 和向心加速度, 同时还有一个离心力和离心加速度, 角砾 DB 在旋转吸引力的作用下, 发生褶皱断裂(图 2c、d)。同理, 强大的风暴涡漩海流, 可产生大量的风暴角砾, 角砾在向心力的作用下作旋转运动, 使破碎的角砾凝聚在一起, 风暴减弱时, 离心力又使角砾相互分开, 在原地沉积下来, 角砾排列呈“扇”状、“束”状、“花瓣”状, 由于角砾的旋转, 在层面上形成三角格架状。

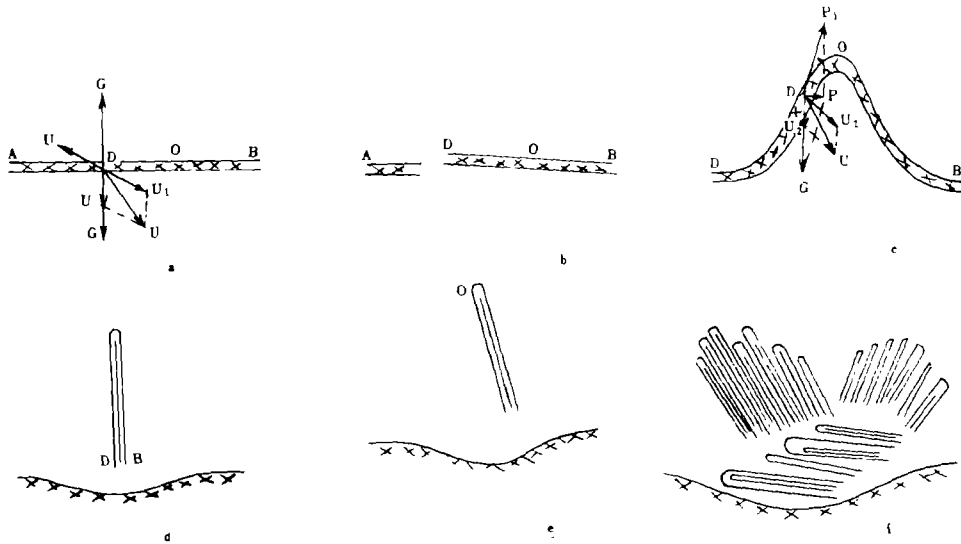


图 2 A 单元形成过程示意图

Fig. 2 Sketch map of forming process of unit A

当 $U \gg U'$ 时, 板状角砾大部分悬浮于海水中, 随海流旋转, 移动, 并使角砾叠置在一起, 组成“暖气片”状、“放射”状沉积构造, 风暴衰减后, 几乎在原地沉积下来, 形成丘状角砾岩(图 2e、f)。这就是原地型风暴中心沉积。

在湍流的情况下, 沉积物胶结作用进行得很快, 在下部 A 单元沉积后, 风暴后期的湍流将会使沉积角砾快速胶结起来, 使其不被海水破坏。

风暴减弱后, 风暴产生的海面长波却迟迟不衰, 但在垂向上, 能量减弱的很快, 风暴浪基面马上回升, 海水由高速涡漩流向低流速的层流、紊流过渡, 被卷起的颗粒较大的碳酸盐松散沉积物开始回落, 在 A 单元表面形成波纹状层理中部 B 单元。在 A 单元两侧形成大型对称型波浪痕和缓水平层理。

风暴末期至风暴天气过去后, 海面逐渐恢复平静, 变为低流态, 被风暴卷起的大量细小碳酸盐颗粒缓慢下沉, 形成水平层理 C 单元。

天气晴朗后, 沉积盆地恢复了阳光充足, 沉积物丰富的特点, 生物大量繁殖, 沉积了厚一块

层状叠层石白云岩。

由于风暴在运行时,常会发生原地停滞,折向前进,绕过岛屿,突然消失,一次风暴刚过,另一次风暴又沿前一次的路线光临等现象。这些特点会影响原地型风暴沉积层序的连续性和完整性,使雾迷山组原地型风暴沉积的沉积组合不完整、或重复出现。因此仅用风暴重力流相模式或盆地斜坡原地型风暴沉积相模式解释这种不完整组合是不确切的。

3.4 问题讨论

现代各大洋中,B级以上风暴每年平均有37.3次,10级以上风暴每年平均有28.8次,雾迷山组沉积期达100百万年以上,地层中记录下来的原地型风暴沉积仅一百多个(粗统计),说明只有特大风暴才可能形成风暴沉积。另外,风暴一般在靠近大陆架时就开始减速,登陆时风速已很小,这反映在大陆架上形成原地型风暴沉积比较困难。但有的风暴在靠近大陆架时增强,这时就有可能形成原地型风暴沉积。

风暴和流啸都能形成海水高速涡流,但海啸是由火山活动或近岸震级较大的地震引起的巨浪,在雾迷山组地层中,未见有地震和火山活动的痕迹,所以雾迷山组地层中,只有风暴活动形成的风暴沉积。

结语

1. 蓟县地区雾迷山组碳酸盐岩地层,从时间上和空间上都可能形成原地型风暴沉积,并且它具有特殊的沉积构造,尤其下部A单元独特的角砾排列形态,是鉴别的标志之一。
2. 雾迷山组原地型风暴沉积的形成受风暴强度,海水深度及海底平坦程度的控制。
3. 雾迷山组沉积期,蓟县地区曾经历了多次复杂多变的风暴活动。

本文完成过程中得到了庞玉奎高级工程师和天津冶金地质研究院王芸生高级工程师的帮助和支持,基础室的季茂攻、田树信高级工程师提供了部分野外资料,天津市气象科学研究所陈森源高级工程师提供了气象学方面的资料,谨此谢忱。

参 考 文 献

- 陈晋德等,1980,蓟县覆旦亚界的研究,天津科学技术出版社,56—114页。
- 陈联寿、丁一江,1979,西太平洋台风概论,科学出版社。
- 刘宝君、曾允孚,1986,岩相古地理基础和工作方法,地质出版社。
- 杜汝霖,1990,元古宙的古气候,河北地质学院学报,13卷3期。
- 吴梦原,1988,北京地区雾迷山组碳酸盐岩潮汐沉积模式,河北地质学院学报,11卷4期。
- 贾振远、李之琪,1989,碳酸盐岩沉积相和沉积环境,中国地质大学出版社。
- H.G里丁,1985,中译本,沉积环境和相,科学出版社。
- A. Parker and B. W. Sellwood, 1981,贾振远等译,1989,沉积物的成岩作用,中国地质大学出版社。
- Cecchione D. A., 1982, Measurements of storm-generated bottom stresses on the continental shelf, *Journal of geophysical research*, V. 87, N. C3.
- Cooper C., 1982, Numerical simulations of hurricane-generated currents, *Journal of physical oceanography*, V. 12, N. 10.

The Features and Genetic Discussion of Carbonate Autochthonous Tempestite in Wumishan Formation in the Jixian

An Tonglin

(Tianjin Institute of Geological Survey and Research)

Abstract

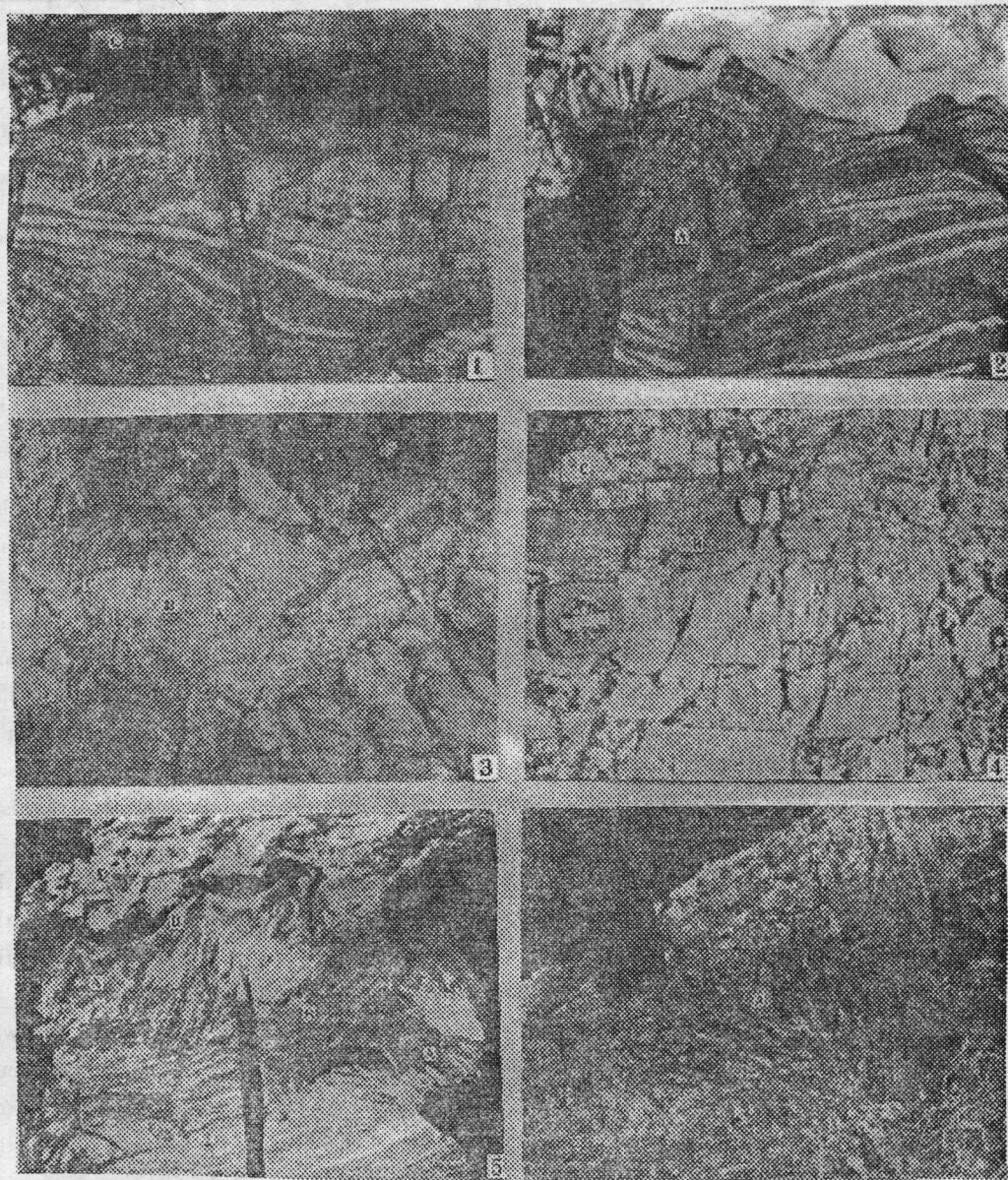
It grows a group of the autochthonous storm deposits in the Wumishan formation of the middle-late Proterozoic in the Jixian area. The complete depositional sequence character is: the bottom unit is the silex striped fine-powdery graded dolomitite. The lower unit A has two types, one is the autochthonous storm-fringe deposits, it's the silex striped dolomitite and fine graded dolomitite, there is a hummocky stirring bedding in the strata, the other is the autochthonous storm-center deposits, it's hummocky breccia, the tabular breccias of silex and dolomitite show vertical fan, radiating, sheaf, radiator arrangement in the section and triangle trellis arrangement on the surface. The middle unit B is the white and black streaking powery-fine graded dolomitite with corrugated bedding. The upper unit C is the silex striped asphaltic fine graded dolomitite with horizontal bedding. The top unit D is the silex striped stromatolites dolomitite with thick-massive bedding. The uncomplete depositional sequence is: the unit B or C often absent, only it's the A that is a mark to identify the autochthonous storm deposits.

During the deposition of the Wumishan formation of the middle-late Proterozoic, the platform of the Jixian area was in Pacific Ocean, the palaeolatitude was 1° – 10° N, the depth of seawater was less in the basin. The sedimentary environment was shallow sea. It was the same as the area of 5° – 20° N latitude of the modern storm movement. There must were storm moving here during the Wumishan formation.

A strong vortices storm whirled the seawater highly during the storm event. The storm wave base was deepened to get to 200m depth, the seabed geted huge shearing stress U which can be resloyed into horizontal U_1 and vertical U_2 . When weak storm, U_2 was a little force which couldn't cut out anything on the seabed, U_1 pulled the sediments of seabed to go to vortex point, hummocky stirring bedding was shaped. This is the autochthonous storm-fringe deposits. When strong storm, U_1 pulled and U_2 cut off the carbonate sediments on seabed. Breccia was shaped. Under the vortices flows action, breccias were moving to vortex center. At last, breccias showed vertical fan, radiating, sheaf, radiator arrangement in the section and triangle trellis arrangement on the surface. This is the autochthonous storm-center deposits.

In late storm, the seawater flows turned the upper flow regime vortex into the lower flow regime. The coarse grade loose carbonate sediments were confused by storm and redeposited to make corrugated bedding, and the fine graded redeposited to get horizontal bedding in the lower flow regime of storm end. In fair weather, the fine sun, prosperous organisms, rich sediments, the thick-massive was made.

There weren't the tsunami during the deposition of the Wumishan formation, because the mark of the earthquake and the vulcanicity has been not discovered in the strata of the Wumishan formation. There only is the autochthonous storm deposits of storm direct action, it's different from the storm gravity flows and the pattern showing autochthonous storm sedimentary on ramp.



1. 原地型风暴边缘沉积, 下部单元丘状搅动层理被折断, 形成角砾。 2. 原地型风暴边缘沉积, A、B 单元中含假裸枝叠层石。 3. 原地型风暴中心沉积, 下部 A 单元为放射状角砾, 中部 B 单元为波纹状层理, 上部 C 单元为水平层理。 4. 原地型风暴中心沉积, 下部 A 单元为暖气片片状角砾, 中部 B 单元为缓波状层理, 上部 C 单元为水平层理。 5. 原地型风暴中心沉积, 二次风暴形成的 A、B 单元叠加的沉积特征, D 单元为块层状层理。 6. 原地型风暴中心沉积, 下部 A 单元层面板状角砾组成的三角格架构造, 记录本大小为 17.5×12 厘米。