

# 白沙口海岸带沉积物的床面形态及层理构造

李 凡

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

各种类型的沉积物床面形态及层理构造大量保存在沉积岩中, 成为恢复古沉积环境和古地理的重要标志之一。

1981年, 作者在山东白沙口海岸, 对海岸带不同地貌条件下的床面形态系列及层理构造进行了观测, 并对其形成过程进行了探讨。

白沙口位于山东半岛南岸, 五垒岛湾的西南隅(图1), 面对浩瀚的黄海, 为沙坝

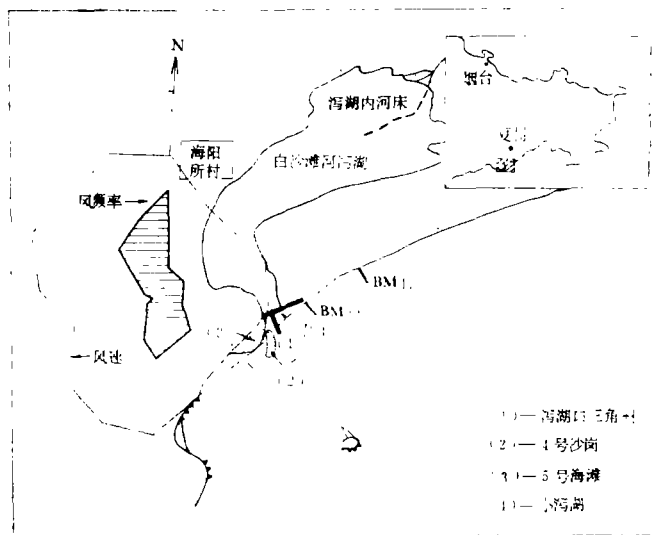


图1 白沙口位置图

Fig. 1 Location of Baishakou

泻湖海岸, 湾内岸线平直开阔。白沙口, 实指白沙滩河泻湖的入海口, 是一个潮汐通道。通道出口处, 由于泥沙累年倾泻, 河流径流、潮流和海浪的综合作用, 发育有泻湖口三角洲。三角洲上沙体发育。三角洲的东面和西面, 受径流影响逐渐减弱。那里有较为典型的沙质海滩剖面、剖面上有水下岸坡、海滩、沿岸沙丘等地貌单元。此外, 在拦沙坝的东西面有一个小泻湖, 小泻湖前有干枯的潮汐通道。在上述地貌单元上, 由于泥沙来源及沉积环境的不同, 形成了不同的床面形态及层理构造。

## 一、海滩上床面形态的分布系列

### 1. 不对称波痕

所见之不对称波痕的尺度较小,属小型波痕。波长(L)10—20厘米,波高(H)1—2厘米,波痕指数(L/H)6—10,对称指数1.3—1.8。波峰连续。组成物质为细砂或粗粉砂,平均粒径0.08—0.2毫米,粒径分布为波谷粗(有较多的粗砂、中砂颗粒),波峰细。此类波痕主要分布在海滩内侧的平坦低洼部分和低潮线附近。水动力条件为弱的振荡性水流,流速明显不对称。

### 2. 对称的平顶波痕(图版 I, 1)

此波痕的形态特征为波峰宽而平,谷为半圆形或矩形,波峰连续,平行或成音义状,或有弯曲,波长35—40厘米,其峰宽可达20—25厘米;波高6—8厘米,波痕指数5—6,两侧对称。剖面常见有粗砂、细砾底积层和细砂、粉砂的前积纹层。前积纹层往往以暗色矿物的富集表现得较为明显。浅色矿物颗粒较粗,并杂以贝壳碎片,层厚0.5—1.0厘米,总暗色矿物较少,前积纹层常难以辨别。

平顶波痕在本区分布较广,一般分布在泻湖三角洲上沙质堆积体的迎浪波及沙体脊部较平缓的地区,其波峰线平行于水边线,与砂体走向平行或垂直者皆有。其成因可分两种,一种是在较强的冲流和回流的往复作用下形成的,另一种则是振荡性水流,加上侧向水流对于波痕的改造作用形成的。在沿岸砂堤的坡角与海滩席状沙堆积体之间的凹地上出现的中型平顶波痕,就是激浪冲流和回流相遇、迫使水体侧向移动产生局部沿岸流、冲刷了原有的波痕形成的。

既然平顶波痕的波峰线有垂直于沙体的,也有平行于沙体的,而且沙体走向也不一定与岸线的走向一致,因此,很难根据波痕的走向来判断沙体或岸线的方向,它只能作为海滩环境的标志之一。

### 3. 干涉波痕(图版 I, 2)

调查区海滩上由于堆积体发育,海浪向岸边传播时往往受地形影响而发生折射和绕射,使海滩上的波向复杂多变。一个沙体上若受两组不同方向的海浪作用,便产生了斜交的或网格状的干涉波痕,这是一种不同方向的波痕的迭覆现象。图版 I, 2为泻湖口三角洲内4号沙岗南端的干涉波波痕,主波痕为南向强浪的作用,次波痕为南向海浪经过绕射后,从西南方向作用于沙体而成的。干涉波痕的存在说明该沙体的规模不大。三角洲外的沙体上很少发现这种干涉波痕、若偶然出现,尺度也很小。

干涉波痕按其中两组波痕的大小对比,可以分为均衡的和不均衡的两种,前者指两者波痕的尺度基本相等,后者指两者之间有明显的差异,其成因与他们出现的地貌部位及动力条件有关。

### 4. 回流痕

回流痕平面上呈菱形,也称菱形波痕。其锐角一般为40—60°,锐角顶角附近的颗粒较粗、为中砂、粗砂,高约0.5厘米,沿菱边向外粒度变细、高度趋于平坦。回流痕分两种、一为大型的,仅在4号沙岗脊部出现,长达1米左右,大致相当于Reineck等人的“菱形大波痕”(图版 I, 3),另一种是小型的(图版 I, 4),长约10—20厘

米,为细砂、粗粉砂,仅在沿岸沙堤的向海坡出现。

回流痕形成的动力条件是水层薄,流速相对较大。据现场观测,当水深0.05—0.1米,流速为0.7—1.0米/秒时,即见有回流痕。沿岸沙堤上的回流痕经常是由于滩面上的细小砾石或贝壳等阻挡回流,使水流改变方向,形成燕尾式侧向堆积形成的。

#### 5. 渗流痕(图版 I, 5)

在沿岸沙堤的下半部,由于渗流冲刷床面形成渗流痕,其外形形成树枝状或辫状等,整体走向与岸线垂直。由于渗流的侵蚀作用,将细粒物质向海搬运,因此,渗流痕的组成物质多为粗砂、细砾等。由于渗流的流速较小,流程短,而且,仅在落潮到一定阶段才表现出侵蚀作用。因此,渗流痕的相对高差一般只有0.5—1.0厘米,很少大于2厘米。

渗流的流向指向海,辨别渗流指向最明显的标志是在渗流痕的源头有细小的羽毛状沟痕,它与主流痕呈锐角相交,交角的指向则为渗流的流向。

大风浪过后,由于海滩受侵蚀变陡,渗流流速增加,渗流痕的规模相应增大,因此,渗流痕的规模往往能够为海岸动态提供一定的线索。

#### 6. 平坦床面

平坦床面是沙体表面平坦,其上不出现凹凸起伏的波痕或流痕的床面。它们分布在沿岸沙堤的上半部,或海滩上沙体坡度较大的斜坡上。就本区而言,坡度大于 $\frac{1}{20}$ 时,床面上波痕消失,形成平坦床面。显然,这是由于冲流和回流的流速较大的缘故。据观测,当波高1米时,沿岸沙堤上冲流流速可达1.7米/秒,回流流速约1.1—1.2米/秒,此时,沙堤上除了出现近似于平坦床面的流水线理外,基本上为平坦床面。

#### 7. 残留浪成波痕(图版 I, 6)

残留浪成波痕类似于舌状波痕,分布在沙体边缘、靠近潮汐通道附近。波峰不连续、异相排列。此类波痕是由于水动力条件的变化,流水(潮流或迳流)侵蚀原有的对称或不对称波痕形成的。波痕的边缘、存在着流水侵蚀的痕迹、但是,流水的速度不大能量较弱。

#### 8. D形侵蚀坑(图版 I, 7)

D形侵蚀坑平面上成“D”字形、或新月形,波峰连续,异相排列。长0.8—1.5米,宽约1米,高0.2—0.3米。主要分布在小泻湖口干枯的潮汐通道内。其物质组成为粗砂、砾石,杂以贝壳。调查区内的D形侵蚀坑是1974年7月形成的,当时,由于东南向大浪的作用,小泻湖口的沙咀连成沙坝,泻湖与外海隔绝,通道逐渐干枯。通道内坡度平缓。在沙坝形成的过程中,强劲的潮流顺通道流入湖内,其流速达1.5—2.0米/秒。由于潮汐作用,水深不断变化,当水深小于0.3米时,上述流速的弗洛德数即可大于1,成为急流。此时水体涡动强烈,产生局部侧向侵蚀-堆积作用。因此,D形侵蚀坑是在急流缓坡条件下形成的。

除了上述床面形态以外,尚有气泡沙构造、风成沙波痕构造(图版 II, 8),及生物孔穴构造等。风成沙波痕分布在高潮线以上的沿岸沙堤的向陆坡。波长10—15厘米,波高1厘米左右,波痕指数10—15。风力增强时,波长可增至35—40厘米。其粒度分布为波峰粗(粗砂、细砾),波谷细(中砂或细砂)。生物孔穴构造一般位于沿岸沙堤的

向陆坡,直径3—5厘米,深度有时达0.8米,为沙蟹穴居的场所。由于这种生物孔穴能够贯穿沙层层理,并形成孔穴充填构造,易于保存,因此,常可作为高潮线以上沿岸沙堤沉积环境的标志之一。

上述各类床面形态,按其形成条件,有规律的分布在海岸带不同的地貌部位上,构成了特定的共生组合(图2)

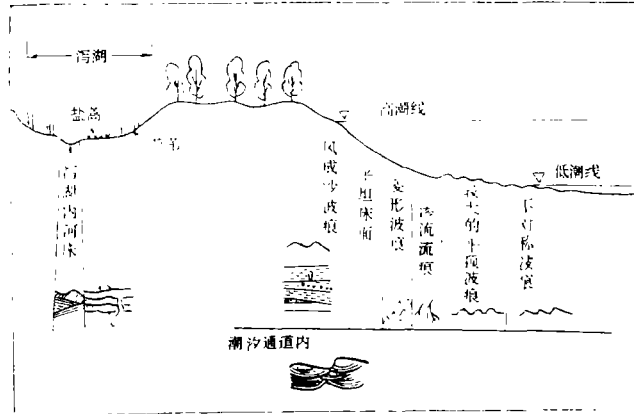


图2 白沙口沙坝泻湖海岸床面构造序列及层理构造

Fig. 2 Bed structure series and bedding structures on the barrier-lagoon coast of Baishakou

应当指出,上述各床面形态的出现部位并不是一成不变的,随着作用于床面上动力条件的改变而变化。1978年9月,4号沙岗脊部发育着平行于沙岗脊部的平顶波痕(图版I, 1),1981年10月观测时,则为平坦床面或大型回流痕(图版I, 3)。5号沙滩上,1978年9月出现尖顶或圆顶的波峰连续的小波痕,1979年7月,由于南向大浪的强劲作用,则出现大片“D”形侵蚀坑。

由于床面形态的局限性和多变性,在现代沉积环境的研究中,以及推测古代沉积环境时,应当重视床面形态的共生组合。

## 二、沉积物的层理构造

### 1. 海滩上沉积物的层理构造

主要指沿海沙堤以外的海滩席状沙部份。为了叙述方便,将潮汐通道也放入本节。

由于沙体的移动及冲淤变化,形成了各种层理构造。在海滩上一部份沉积物剖面中多见有由“波痕层”构成的单一层组,层面平直、或呈现断续的小波状层理,同时见有薄层的粒级层理及粗砂、细砾、贝壳透镜体。暴风浪之后,剖面上也出现小型槽状交错层理。大型槽状交错层理仅见于干枯的潮汐通道内(图版II, 9),它们具有层面向下弯曲、呈反抛物线状的前积层。前积层多为粗砂、砾石、贝壳层。槽状交错层的厚度为30—40厘米,平行于流线方向上的层面曲率小,垂直于流线方向上的层面曲率大。

### 2. 沿岸沙堤的层理构造

沿岸沙堤的层理构造具有由暗色矿物和浅色矿物的砂或粉砂纹层组成的大型板状交

错层等多种特征(图版 I, 10), 现就以下两例说明。

图 3-1 位于 BM<sub>17</sub> 断面沿岸沙堤脊部的向海坡, 自下而上的层序为:

(5) 中砂细砂及粉砂纹层互层, 间有薄的砾石、贝壳夹层。纹层厚约 0.2—2 毫米。下部有波状压扁构造。

(4) 粗砂砾石贝壳层, 向海倾斜尖灭。在平行于岸线的剖面上表现出中间厚、向两侧尖灭的透镜状, 它们是埋藏的高潮线附近或滩角附近的小砾石贝壳堆。

(3)-(1) 均为由浅色矿物和暗色矿物的细砂、粉砂纹层组成的板状交错层。

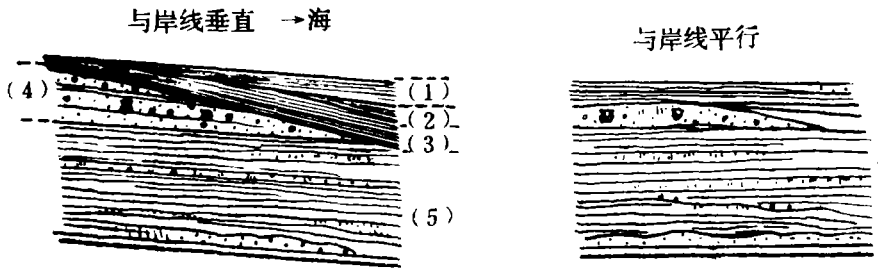


图 3-1 BM<sub>17</sub> 断面沿岸沙堤上部向海坡层理构造

Fig. 3-1 The Bedding structures on the seaward slope of the upper part of the longshore bar near BM<sub>17</sub> section

(3) 与 (4) 斜交, 交角小于 10°, 指向海、表现了其间沿岸沙堤有侵蚀后退的现象。

(3)-(1) 层之间的交角皆指向陆、其间基本上为加积作用, 表现出沿岸沙堤有向海增长的现象。

图 3-2 系 BM<sub>14</sub> 断面沿岸沙堤偏向陆坡的实测剖面, 其层理特征自下而上为:

(4) 中砂细砂互层, 夹有砾石透镜体。该透镜体在垂直于岸线的剖面上向海尖灭、平行于岸线的剖面上向两侧尖灭。

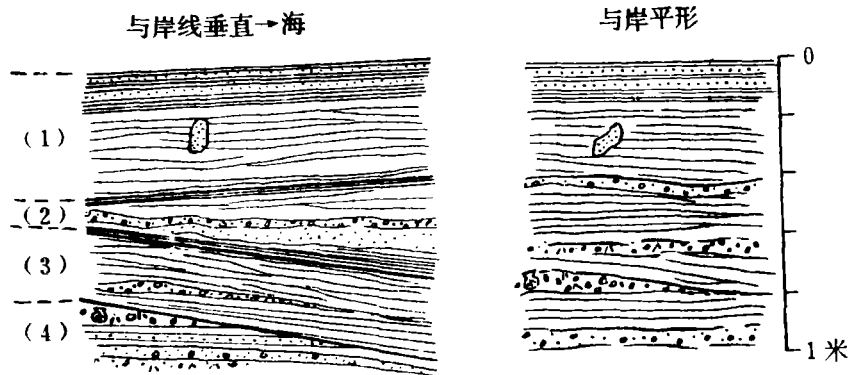


图 3-2 BM<sub>14</sub> 断面附近沿岸沙堤脊部向陆坡层理构造

Fig. 3-2 Bedding structures on the landward slope of longshore bar keel near BM<sub>14</sub> section

(3) 浅色矿物和暗色矿物的细砂粉砂互层, 中有薄层砾石贝壳夹层, 与下伏的(4)层斜交, 交角小于 $15^{\circ}$ , 指向海, 说明岸线受侵蚀后退。

(2) 暗灰色中砂细砂层, 夹有波状粗砂细砾贝壳层。上部为粉砂、细砂纹层互层, 向陆变薄、尖灭, 交角指陆, 表现为加积作用, 岸线增长。

(1) 浅色矿物和暗色矿物纹层互层组成的板状层理, 上部有两层暗色矿物富集的薄层。纹层厚0.5—2毫米, 总厚40厘米, 有虫孔充填构造。

综上所述沿岸沙堤的层理构造有以下几个特征:

1. 剖面上普遍发育由细砂和粉砂粒级的浅色矿物和暗色矿物纹层互层组成的板状交错层理。纹层互层显然是在潮汐作用下冲流和回流不断作用的结果, 也是沿岸沙堤层理构造的基本特征(图版 I, 10)。

2. 板状交错层在沙体的不同方向表现出不同的特征。垂直于岸线的剖面上, 交错层的倾角一般小于 $15^{\circ}$ , 最大可达 $30^{\circ}$ , 平行于岸线的剖面上主要表现为平行状, 或小型波状, 若有交错层, 交角皆小于 $10^{\circ}$ 。

3. 常见有粗砂、细砾及贝壳透镜体, 在垂直和平行于岸线的方向上表现出不同的特征。

4. 有虫孔充填构造, 这是沿岸沙堤高潮线以上沉积环境的重要标志。

### 三、泻湖内的床面形态及层理构造特征

白沙滩河泻湖是湾口沙坝分隔海湾形成的, 白沙滩河注入其中。由于河流的侵蚀基准面较低, 泻湖内仍有一段河床延伸。泻湖内床面上, 除了河床内有小型沙波及波痕以外, 由河岸向湖岸依次出现沙质平坦床面, 泥质平坦床面。在泥质平坦床面上发育有泥裂和潮蟹的洞穴(图版 I, 11), 湖滩上长有盐蒿和芦苇。

白沙滩河为丘陵区季节性河流, 枯水期基本断流。泻湖内在涨落潮的影响下, 先期沉积的细粒物质被搅动悬浮, 再沉积形成粘土层理。汛期山洪暴发, 沙石俱下, 形成湖内粗粒沉积。由于汛枯交替, 湖滩上形成泥层和沙层的水平层理互层。靠近河床区有时也出现小型交错层理。由于输入物中以沙为主, 故泻湖内沙层发育。汛枯交替形成的水平层理互层是泻湖滩上层理构造的主要特征, 同时, 湖滩上洞穴构造发育。由于生物活动频繁, 常使层理搅动, 或成无层理构造(图版 I, 12)。此外, 由于植物残体的腐烂, 剖面上常见有黑色有机质条纹和斑块。

### 四、影响床面形态和层理构造的因素

床面形态及层理构造的发育及其特征, 与水动力条件、地形坡度、及沉积物颗粒大小有关。Allen曾指出, 随着水流速度的增加和水深的减小, 沙波脊部也由连续的直线型变为弯曲的、不连续的新月型, Reineck等人认为, 前积层的形状与底部流速的大小有关, 即随着流速的增加, 沉积物由推移荷戴转为推移和悬移荷戴的共同作用, 前积层也由角形发展为切线形、曲线形、床面形态也由波痕变为平坦。Clifton曾经用底部水分子的最大轨道速度( $V_{max}$ )、流速的不对称性( $\Delta U_m$ )、泥沙的平均粒径( $D$ )、和波周期( $T$ )等四个参数建立起浅水波形成的沉积构造模式<sup>[4]</sup>等。海滩上的水动力条件与水

下岸坡或近岸浅海等有所不同，由于潮汐作用，海滩周期性地被海水淹没、水深也有无水-浅水-较深水等周期性变化，因此，作用于海滩上的水动力因素，除了潮流、海浪等以外，以冲流和回流为主要特征，因此，影响海滩上床面形态及其分布的主要动力因素是冲流和回流的性质。假定床面坡度和泥沙的粒度不变，随冲流和回流流速的增大，床面形态将由平坦变为→波峰连续的不对称波痕→波峰连续的平顶波痕或干涉波痕→回流痕→平坦→D形侵蚀坑（坡度较大的堆积体上无此类型）等。初始的平坦床面为流速小于泥沙起动流速条件下形成的。

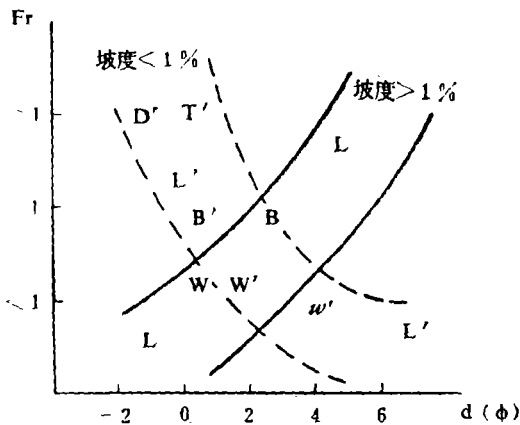
坡度对于床面形态的影响也很显著。小型波痕和D形侵蚀坑出现在坡度较小的地区，前者多在堤间凹地、平坦的海滩席状砂区，后者多在坡度平缓的潮汐通道内。平坦床面多分布在坡度较大的地区，如沿岸沙堤向海坡的上部，以及海滩上的陡坡处。

沉积物粒径对床面形态的影响，一般表现为细砂、粉砂区，波痕幅度较小；粗粒沉积物区，波痕幅度较大。

回流痕（或菱形波痕）是水层薄、流速大的条件下产生的。大型回流痕见于海滩堆积体的顶部，坡度平缓，小型回流痕则见于沿岸沙堤向海坡的中部、坡度较陡。

上述因素对于层理构造的影响表现为，沿岸沙堤上，在薄层的激浪冲流和回流的作用下，形成由纹层互层组成的大型板状交错层，槽状交错层是在急流缓坡条件下形成的。

综上所述，可将冲流（和回流）流速、海滩坡度、及沉积物粒度等与床面形态等的关系用下图表示。



B、B'-回流痕 D'-D形侵蚀坑 T'-槽状交错层 L、L'-平面床面 W'-小型波痕 W、W'-中型波痕或平顶波痕

图4 海滩上流速（以弗诺德数Fr表示）粒径、床面坡度与床面构造，层理构造的关系

Fig. 4 Relationship of the velocity of swash and backwash, grain size and bed slope with the bed and bedding structures

## 五、根据交错层特征识别沿岸沙堤海陆方向的讨论

在沿岸沙堤上,交错层理复杂多变,往往难以借此辨认出海陆方向。麦基等人测量的结果认为,沿岸沙堤横断面上交错层的向海倾角( $<10^\circ$ )一般小于向陆倾角( $16-20^\circ$ )。王正英等<sup>1)</sup>对浙江普陀岛现代海滩沉积的调查也得出了相同的结论,并将这一规律运用到古代沙岩体的研究中去。调查表明,上述规律也会出现异常现象,在某些大浪侵蚀海滩的情况下,交错层的向海倾角往往达 $30^\circ$ 左右。为了从不同角度上分析、判别沿岸沙堤的海陆方向,增加识别标志,作者初步研究了白沙口沿岸沙堤上板状交错层的层理倾向和交错层的交角指向与沙体海陆方向之间的关系。

交错层是沙体受侵蚀-堆积并发生移动而成的。沙堤向海坡受侵蚀,将部份泥沙抛至向陆坡加积,沙堤向陆后退。此时,在向海坡受侵蚀的部位形成侵蚀面(或切割面)(见图5A),其标志是早期的沉积层理受切割,上下层间的交角有共同的上斜边,即

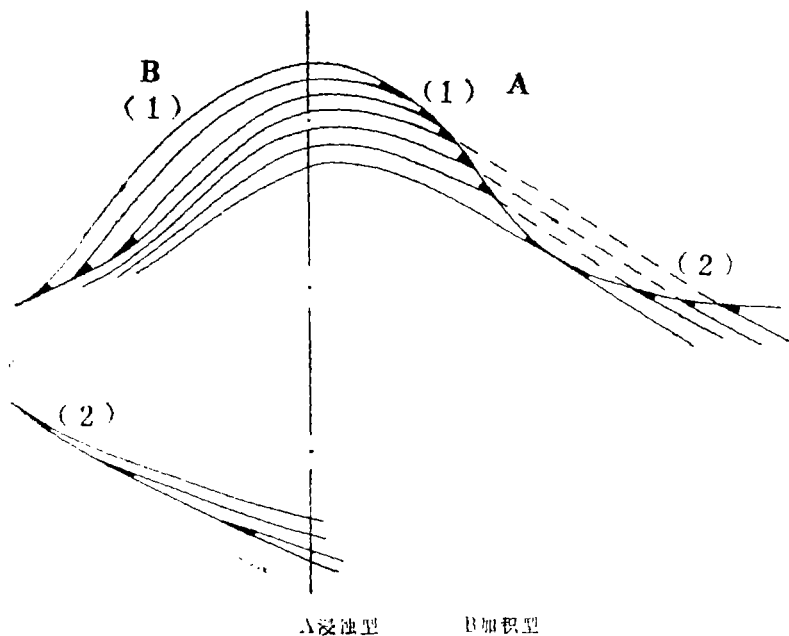


图5 沿岸沙堤上交错层的基本类型

Fig. 5 Basic types of crossbeddings on the longshore bar

它们在同一侵蚀层面上。观测表明,在出现侵蚀面的情况下,层理的倾向和交角的指向一致时,则交角指向海(图5A-(1)),反之,交角指向陆(图5A-(2))。交角永远指向被侵蚀的部位。对于这种交错层暂称为侵蚀型交错层,侵蚀型交错层反映了沿岸沙堤受破坏性海浪侵蚀后退。现代动力地貌观测表明,侵蚀作用越强,交角越大。

在沿岸沙堤的向陆坡上,因流水侵蚀也可能产生类似的侵蚀型交错层,然而规模较小。另一种交错层是加积作用下形成的,其认识标志是,层理交角有共同的底边,即它

1) 王正英等,1982,舟山普陀岛、上海南汇、苏北吕泗现代海岸沉积特征,海洋沉积作用与浅地层学学术讨论会论文摘要。



们在同一堆积层面上(图 5 B)。出现堆积型交错层时,不论其层面倾向和交角指向一致与否,交角皆指向陆。然而,它们所代表的沙体动态不同,即当两者一致时,沿岸沙堤上部受侵蚀后退(图 5 B-(1)),它与上部侵蚀型交错层相对应;两者相反时,沙堤表现为,在所谓建设性海浪作用下,海岸堆积,向海增长(图 5 B-(2))。

应当指出,上述层理特征只是在理想的单一条件下形成的,实际上,由于海岸带水动力条件复杂多变,砂体不断经受着强弱不等的侵蚀-堆积的相互交替,因而,剖面上出现的是不同层理类型互相叠置的,犬牙交错的复杂交错层。在这种情况下,若能分辨出交错层的类型,并确定层理倾向和倾角的关系,同时结合众所周知的交错层向海和向陆倾角大小的差异性,以及埋藏的小型砂砾贝壳透镜体等特征综合分析,将能为我们判别古代砂体的海陆方向提供较好的信息。

本文得到吴崇筠教授的鼓励和支持,李从先、顾家裕等提出宝贵意见,图件由本所绘图室李清、蒋孟荣等清绘,谨致谢意。

(收稿日期:1982年9月13日)

### 参 考 文 献

- Reineck, H. E., I. B. Singh, 著1977. 陆源碎屑的沉积环境, 18页. 大庆油田科学研究设计院等译。
- Allen, J. R. L., 1966, On bed forms and paleocurrents. *Sedimentology*, Vol. 5 No. 6 p. 153-190
- Clifton, H. E., 1976, Wave-formed sedimentary structures a conceptual model. *Beach and Nearshore Sedimentation*, p. 126-148

## BEDFORMS AND BEDDING STRUCTURES OF THE SEDIMENTS IN THE BAISHAKOU COASTAL ZONE

Li Fan

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### Abstract

Situated on the southern coast of Shangdong Peninsula, Baishakou belongs to barrier-lagoon coast. The bedforms and bedding structures of sediments in this region were investigated in 1981. The investigation shows that geomorphological units, such as longshore barriers, lagoon, tidal delta, tidal channel and beach, have been developing there. In the coastal zone, there are asymmetric ripples, symmetric plane top ripples, interference ripples, backwash marks, permeate current-borne rill marks, plane bed surface, surviving wave ripples, 'D' erosional holes, wind-borne ripples and so on. They have formed into a special distributional series of the sediment bedforms on the barrier-lagoon coast. Under the influence of the refraction and diffraction of waves, interference

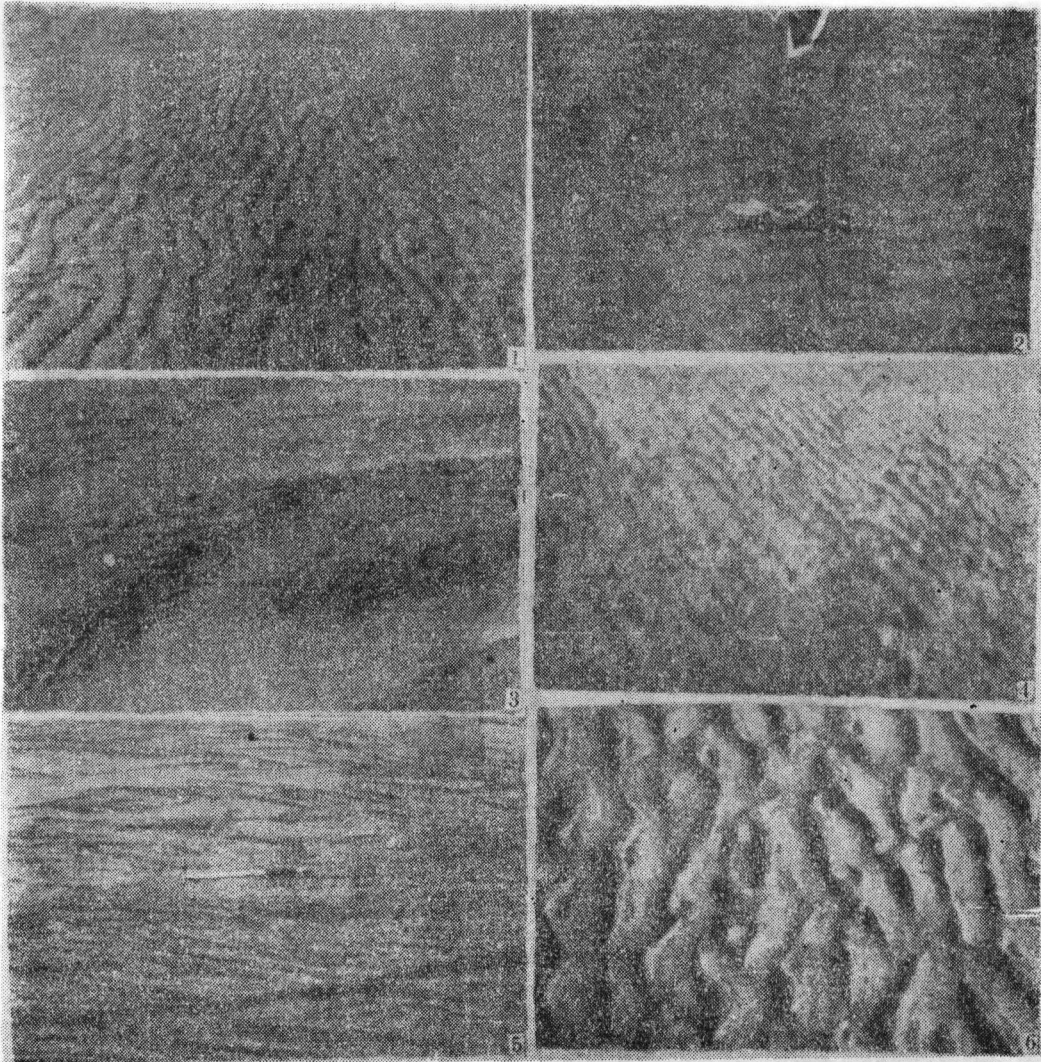
ripples have developed, and consequently they are distributed on the secondary sand body, especially on some sand bodies in the tidal delta.

The bedding feature of the longshore bar is a big planar crossbedding composed of laminated crossbeddings of silt and fine sand, They consist of dark heavy minerals and light ones of a light color respectively. They, in particular, have some organism caves and small lenticles. Made up of coarse sand, gravels and shells, these lenticles can serve as marks for indicating longshore barrier sedimentary environment. The bigger trough crossbeddings with coarse sand, gravels and shells are distributed only on the bed of the tidal channel. Disturbed with organism caves and organic material spots can often be seen on the lagoon bank. The caves and spots result from the activities of organisms.

The bedforms and bedding structures are distributed regularly in correspondence with different geomorphological units and also vary with them. Therefore, it is very important to study the combination of the bedforms and bedding structures.

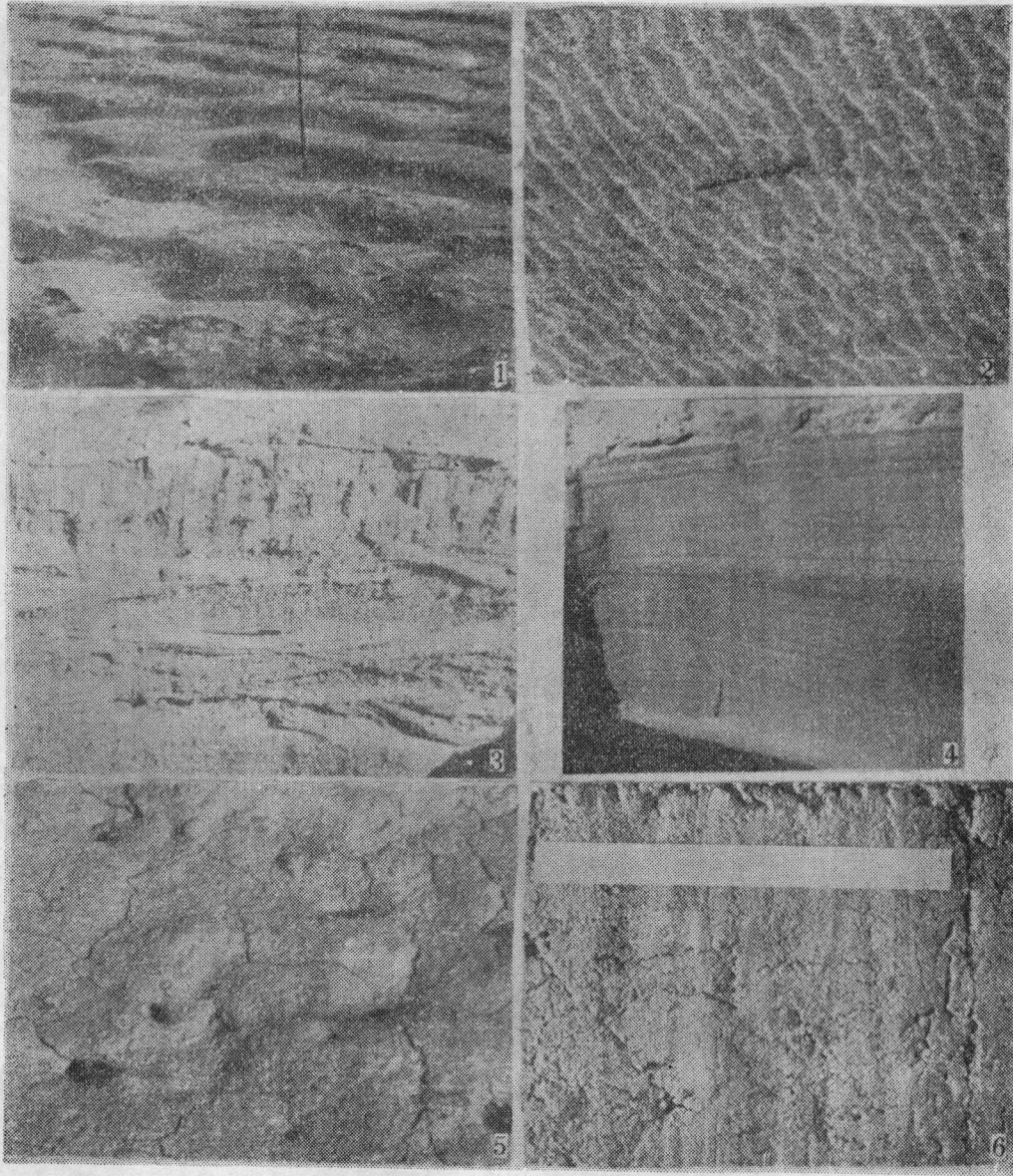
The patterns of the bedforms and bedding structures have a close relation to the velocity of swash and backwash, slope of the sand body and grain size of sediments. Suppose the slope of the bed surface and grain size are fixed, with the velocity of swash and backwash increasing, the bedform will change from plane bed surface to asymmetric ripple with continuous crest --- plane top ripple or interference ripple with continuous crest --- backwash mark --- plane bed surface --- 'D' erosional hole (such as a type of bedform can not be found on the steeper sand body). Small ripple and 'D' erosional hole occur only on the planar part of the sand body.

The crossbeddings of sediments on the longshore bar result from the movement of the sand body. On the whole they can be divided into two types: erosional and aggradational. The formation of complicated crossbeddings is due to their inter-overlapping. As for the erosional crossbeddings if the direction of the dip angle is identical with the inclined direction of the bedding, the dip angle will indicate the seaward side, otherwise the landward side. As for the aggradational crossbeddings, no matter whether they are identical or not, the dip angle always indicates the landward side, but they show the different dynamics of the coast. Therefore, the relationship between the dip angle and inclined direction of the beddings, together with other methods, will be helpful to distinguishing the seaward side from landward side of the ancient sand body.



1. 对称平顶波浪 2. 干涉波浪 3. 菱形大波浪 4. 小回流痕 5. 渗流痕 9. 残留浪成波浪

Yingde Chen, Maqiu Jin, Qiyang Cao, Dingde Meng, Xianghua Fan, Jiasong Fan, Fu...  
Yunshan Qian, Ziqiang Tang, Tong... Xu Yongchang, Fu Jiamo, Qiu Yinan, Hui Rongrui, Zeng Yunlu, Ge Baochen



1. “D”形侵蚀坑 2.干涉波痕 3.菱形大波痕 4.小回流痕 5.渗流痕 6.残留浪成波痕