

白沙口沿岸堤上的贝壳分布*

李凡 李本兆

(中国科学院海洋研究所)



贝壳是海岸带沉积物中最常见的物质之一，同时也常常以不同的完整程度保存在古代沉积岩中。贝壳在海岸带中的分布方位是随机的，但是，某种贝壳因其特殊的几何形态，而具有一定的水动力学特征，使其沉积方位与海岸线的走向之间具有特殊关系。所以，沉积岩石学工作者，往往可以根据保存在沉积岩中的贝壳存在的方位，推断当时的海岸线走向及其水动力条件等某些沉积环境特征。

在研究沉积岩时，为了从贝壳的产状能够获得关于海岸线走向及其相应的沉积环境等较为可靠的信息，必须对现代海岸带中贝壳的产状及其与岸线走向和沉积环境的关系进行研究。Menard和Boucot(1951)^[1]，Behrens和Waston(1960)^[2]等曾经对于贝壳在水中搬运的特征，及其在激岸浪带内的差异性分选等进行了水槽实验及现场调查。Nagle(1967)^[3]曾经研究了贝壳在海浪和流作用下的存在方位等，为我们进一步认识现代沉积物中贝壳的产状及其形成机制，提供了有意义的资料。

这里根据1979年我们在山东省乳山县白沙口海岸调查中所得资料，对沿岸沙堤上贝壳的产状及其与岸线走向、水动力因素的关系进行初步研究。

一、调查区自然环境概况

白沙口位于山东半岛东南部的五垒岛湾内(图1)，西部有常家庄南角及宫家岛作为屏障，东部有鸟嘴头向海突出，使白沙口所在岸段形成了次一级相对独立的海湾。海湾朝向东南，面对浩瀚的黄海。湾内有一条长约18公里的大型沙嘴自西向东延伸，在海阳所附近与对面的角滩相呼应。沙嘴向陆侧为泻湖。湾内平

直开阔，发育成沙质港湾式泻湖海岸。沙嘴经受海浪的不断改造，在长期的演化过程中发育成复式沙堤。

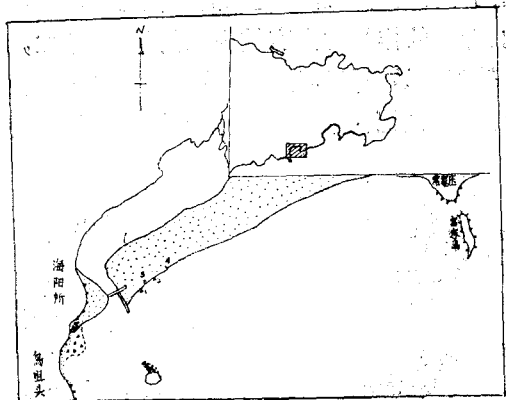


图1 调查区位置图

调查区的海浪，夏季以涌浪为主，波向主要集中在E—S方位内；冬季以风浪为主，波向较分散。由于海岸线轮廓的影响，波向的年频率分布以东南向为主。年盛行波向为149°，波能合成方向为139°。夏季，波高多大于1米，最大波高3.3米。激浪流及回流不断作用于沿岸沙堤的向海坡，直至堤顶。大浪期间，激浪流则能够翻越堤顶，沿岸堤的最大坡度朝其向陆坡流去。这些动力因素控制了沿岸沙堤上贝壳的整个搬运和沉积过程。

二、测量贝壳的选择及其形态特征

海岸带上贝壳的种类与该区底栖软体动物群落密切相关。调查区所见之贝壳主要有：福氏玉螺(Natica Fortunei Reeve)，毛蚶(Ana-

* 本文得到庄启谦同志的帮助，谨此致谢。

dara Subcrenata), 泥蚶 (*Anadara granosa*), 贻贝 (*Mytilus edulis* Linné), 栉孔扇贝 (*Chlamys farreri* Jones and Preston), 近江牡 (*Ostrea rivularis* Gould), 蛤子 (*Ruditapes philippinarum* Adams and Reeve), 西施舌 (*Macra antiquata* spengler), 以及腹足纲的红螺 (*Rapana venosa* Valenciennes) 等等。从沉积学的观点来看, 有指示意义的贝壳最好具备三个条件: 第一, 沉积后的方位特殊, 即其沉积的方位与岸线的走向、介质的作用方向有较密切的关系; 第二, 壳质较硬, 易于长期保存; 第三, 数量多, 便于统计。根据上述原则, 我们选择了毛蚶、泥蚶

和贻贝, 在调查区沿岸沙堤的不同地貌部位上进行了测量。

毛蚶和泥蚶壳体外形相似, 壳质均坚厚, 膨胀、呈长卵形(图2(1)), 壳顶突出, 向内卷曲, 腹缘前端圆; 凸面朝上时, 处于稳定状态。沿其高取断面, 形似不对称的沙波纹, 腹缘坡缓, 壳顶坡陡, 且铰合部陡直; 后者对搬运介质(如海浪和流水等)的阻力大, 故在单向流的作用下, 壳顶的指向往往与流向一致, 其长轴(指贝侧两端, 相当于毛蚶和泥蚶的体长)与流向垂直。

贻贝贝壳与毛蚶和泥蚶不同, 其壳体成长楔形(图2(2)), 壳较薄, 前端尖细, 后端宽广, 背缘为一扁弧形, 故前端对于搬运介质的阻力小, 同时, 壳体的重心偏于前半部, 所以, 在单向流的作用下, 长轴(相当于壳体的高)往往与流向一致, 而壳顶的指向与流向相反。

(图2(4))。

上述贝壳的搬运、沉积特征, 在Nagle的现场实验中有所证实⁽³⁾。

三、测量结果

在白沙口沿岸沙堤上, 共选择了四个测点进行测量。

海滩沉积物中的贝壳, 凸面朝上和凸面朝下的皆有, 因为它们裸露于大气中, 凸面朝下的方位不稳定, 所以在测量中, 以凸面朝上的为准。但是, 个别凸面朝下的贝壳, 其壳体内有较多沙质沉积的也统计在内。测量结果如下:

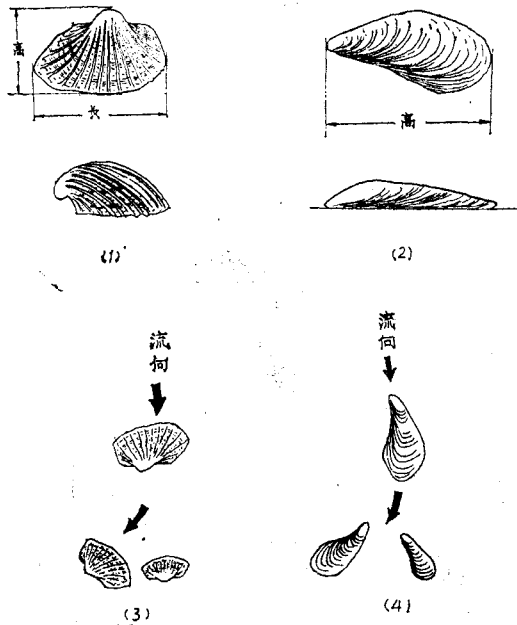


图2 贝壳的形态及其在水动力作用下的方位特征

表1 贝壳壳顶指向

站号	贝壳名称	地貌部位 (沿岸沙堤上)	壳顶指向频率			
			海	陆	西	东
1	毛蚶、泥蚶	向海坡	53.8	21.5	13.2	11.5
2	毛蚶、泥蚶	向海坡	56.9	29.2	8.3	5.6
3	毛蚶、泥蚶	向陆坡	2.0	93.0	4.0	1.0
4	贻贝	堤顶偏向海坡	59.5	19.5	4.0	17.0

测点 1 岸线走向NE60°，测点位于沙堤的向海坡。统计的贝壳是毛蚶和泥蚶，共130个。壳体长3—4厘米，保存完整，其长轴的分布频率见图3(1)。如图所示，贝壳长轴基本上为正态分布，其频率分布的众数为NE40—60°（占22.3%）和60—80°（占23.1%），即位于海岸线走向（NE60°）的两侧，长轴的平均走向为73.4°，与岸线走向差13.4°，壳顶指向以向海为主（表1），向陆次之，这是由于激浪流和回流共同作用，特别是回流最后作用的结果。它们反映了沿岸沙堤向海坡经受由海浪作用而引起的进退流往复作用这一基本动力特征。同时尚可发现，壳顶指向西的频率大于指向东的频率，这种现象反映了本区以东南向海浪为主的海浪频率分布特征。

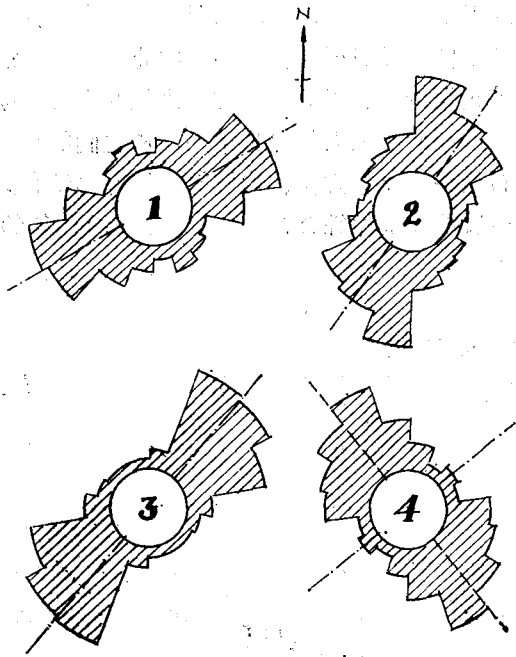


图3 贝壳长轴走向频率分布玫瑰图
 岸线走向----岸线法向
 ①②③毛蚶和泥蚶 ④贻贝

测点 2 岸线走向NE40°，岸线较测点1微向南偏。测点位于向海坡，测量的贝壳为毛蚶和泥蚶，共72个。壳体大小同测点1，壳体长轴的分配频率见图3(2)。如图所示，该测点上，毛蚶和泥蚶长轴频率分布的最大值在0

—20°（占26.4%），次为20—40°（占18.1%），平均走向64°。此值与岸线偏离较大，可能是受测点附近岸线走向局部转折的影响。但是，壳顶指向的分布趋势仍和测点1一致。

测点 3 岸线走向NE40°，测点位于沿岸沙堤的向岸坡。统计的贝壳为毛蚶和泥蚶，共100个，壳体大小同测点1、2。在该测点上，控制贝壳搬运和沉积的动力因素与前者不同，这里是翻越沿岸沙堤的激浪流起主导作用。它的性质近于间歇性单向流，其流向指向陆地。在这种间歇性单向流的作用下，毛蚶和泥蚶的壳顶有93%指向陆地，壳顶指向分布相对集中。此外，在该测点上，壳顶指向同样有向西的频率大于向东的特征。显然，它们主要是受东南方向翻越沿岸沙堤的激浪流作用的结果。贝壳长轴频率分布的众数为NE20—40°（占29%）和40—60°（占28%），其平均走向为57.2°，与岸线走向差17.2°（图3(3)）。

测点 4 岸线走向NE50°，测点位于沿岸沙堤顶部稍偏向海坡，测量的贝壳为贻贝，共200个。壳体高约4—6厘米，保存基本完整。其长轴的频率分布见图3(4)。如图所示，其频率分布较为分散，频率众数为140—160°（占23%），其次为120—140°（占18%），它们与岸线的走向近于垂直，但位于岸线法向的两侧。其平均值为113°，与岸线法向差27°。贻贝壳顶指向的频率分布因为测点大部分位于沿岸沙堤顶部，这里激浪流作用明显，回流相对较弱；在激浪流作用下，贻贝壳顶冲着流的来向，因此，壳顶指向海的频率大，并且向东的频率大于向西的频率。

综上所述，毛蚶、泥蚶和贻贝的长轴频率分布除测点2受岸线局部转折的影响外，都有较明显的规律。它们都近似地服从正态分布律，两个频率众数或位于海岸走向的两侧，或位于岸线法向的两侧。若将两个众数合并，则可认为，上述毛蚶和泥蚶贝壳长轴分布频率众数的方向，大致平行于岸线的走向，其均值与岸线走向差<25°。贻贝壳长轴分布频率的众数方向，大致与岸线的走向垂直，其均值与

岸线法向差 $<30^\circ$ 。同时还可以看出,壳顶指向的频率分布,基本能反映测点的水动力特征。

应当指出,上述诸测点上贝壳长轴的分布方位是较分散的,随机误差较大;其标准离差平均为 44° ,若除去测点2,尚为 40° 。

为了进一步分析岸线走向变化对于贝壳长轴分布方位的影响,我们采用了t检验和F检验法,分别对其均值和标准离差的显著性进行检验。

设以测点1为准,将其余各测点与之比较取差异显著性水平 $\alpha=1\%$,则 $t_\alpha=2.63$, $F_{\frac{\alpha}{2}}=1.62$,计算结果见表2。

表2 测点2、3、4上的t检验和F检验

站号	t_i	F_i
2	-1.4	1.83
3	-4.9	1.59
4	-8.4	1.29

对 t_i 取绝对值,显然有: $t_4 > t_3 > t_2 > t_\alpha$

表3 贝壳长轴走向保证率

δ (度)	测点号	1	2	3	4	4'
	保证率(%)					
$<10^\circ$		34.6	32.8	40.0	5.6	30.0
$<20^\circ$		51.4	54.7	57.0	9.0	42.0
$<30^\circ$		64.6	67.1	74.0	10.0	55.8

注:4'为贻贝壳长轴与岸线法向间的差。

四、结 论

1. 毛蚶、泥蚶和贻贝壳长轴的分布基本上服从正态分布律,虽然地貌部位及动力条件不同,但是,毛蚶、泥蚶贝壳长轴分布频率众数的方位与岸线的走向大致相同,其均值与

t_2 同时有: $F_4 < F_3 < F_{\frac{\alpha}{2}} < F_2$

从统计学原理可知, $t_i > t_\alpha$,或 $F_i < F_{\frac{\alpha}{2}}$,

说明因环境因子的改变而引起的样本变化显著。换言之,环境因子与相应样本间的关系密切。从上述计算结果不难看出,由于岸线走向的变化,引起了贝壳长轴总体分布特征发生了变化,两者关系密切,仅在测点2上,由于局部岸线走向间的转折,显示不出上述规律。为了进一步直观地求出贝壳长轴分布与岸线走向间的关系,我们借用一下保证率这一术语。此处所指“保证率”的含义是:贝壳长轴走向与岸线走向(或法向)之差为某一角度(δ)时的出现率。统计结果见表3。

可以看出,毛蚶、泥蚶贝壳长轴走向 $<30^\circ$ 的保证率为65—75%,贻贝壳只有55%。保证率低,说明可靠程度小。因此,我们不能单纯根据少量贝壳的存在方位来推测岸线的走向,而应根据大量测量结果,从它们的总体分布趋势、众数方位、均值等,最好再结合其他地质地貌条件综合分析,以便得出可靠的结果。

岸线走向差 $<25^\circ$ 。贻贝壳长轴分布频率众数的方位与岸线法向大致相同,其均值与岸线法向差 $<30^\circ$ 。

2. 贝壳长轴分布与岸线之间虽有一定的规律,但是,其值仍较为分散,标准离差较大,随机误差在个别站点上(测点2)甚至大于因子误差。长轴走向保证率低。这种情况说

明,单纯根据贝壳走向判断岸线的方位不太可靠,尚需结合其他因素综合分析。就贝壳本身而言,统计的样本以较大为适。

3. 在沿岸沙堤的向海坡,毛蚶、泥蚶壳顶频率的众数指向海,向陆次之。这种方式反映了它们经受激浪流和回流的往复共同作用,同时以回流作用更为明显的动力特征。在堤顶附近,贻贝壳顶指向频率的众数指向海,向陆次之,是激浪流为主的往复流形成的结果。在向陆坡,毛蚶、泥蚶壳顶较集中的指向陆地,是具单向流性质的翻越堤顶的激浪流作用下形成的。因此,我们可以根据贝壳壳顶指向的频率分布特征,大致推断出搬运营力的性质。

4. 调查区1—3测点上贝壳壳顶指向频率的另一特征是偏西的大于偏东的频率,测点4上则相反。它们从不同角度上反映了调查区

海浪分布以东南向为主的特征。结合上述壳顶的指向海或向陆的事实,我们可以认为,贝壳壳顶的指向大致上可以反映出作用营力的主要方向。

应当指出,由于条件的限制,文中资料尚少,统计的数据不一定准确地反映客观规律,这个问题有待于进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] Menard, J. W. and Boucot, A. J., 1951. Am. J. Sci. 249:131—151.
- [2] Willian, B. E. and Waston, R. L., 1969. J. S. Petro 39(1):159—165.
- [3] Nagle, J. S., 1967. Wave and Current Orientation of shells, J. S. Petro, 37 (4):1124—1138.

SHELL DISTRIBUTION ON THE LONGSHORE BAR OF BAISHAKOU

Li Fan,

Li Benzhou

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Hydraulic characteristics of the shells differ with their shapes and consequently with their distributions on the longshore bar. Using the method of statistics, a field investigation of the relationship between the distribution pattern of *Anadara subcrenata*, *Anadara granosa*, *Mytilus edulis* Linne shells and the trend of the coastline were made at Baishakou in 1974.

All the evidences show that the mass of frequency distribution on the major axis of *Anadara subcrenata*, *Anadara granosa* shells and the trend of coastline are generally in agreement, and the difference between average orientation and trends of coastline is generally less than 20° . The mass of frequency distribution on the major axis of *Mytilus edulis* Linne shells and the trend of coastline are in general at right angles, and the difference between average orientation and normal trend of the coastline is generally less than 30° on the longshore bar.