

刁龙咀海岸的发育*

蔡爱智

(中国科学院海洋研究所)

海岸堆积体的研究是海岸地貌学的主要研究课题之一。近二十年来,对砂质海岸堆积地貌及其相应的沉积相的研究进展很快。一些地质研究者对北美和大洋洲的许多典型海岸的观测和研究获得了良好的成果,对黑海和里海也做过一些工作。砂质海岸堆积体的研究,过去偏重于沙坝、沙咀、沙堤等,而且多注重于陆上部分。从近几年发表的论文看来,已较普遍地重视了水下岸坡的坡度和粒径与波浪的关系,并探讨了堆积形态的冲淤规律。

本文通过对刁龙咀一带的地貌形态、沉积相发育、波浪要素、沿岸流、水下岸坡的坡度和泥沙来源等的分析比较,初步揭示了调查区全新世以来的海侵范围和海退过程,并借助海岸沉积相和层位关系讨论了复式羽状堆积体系的成因。

一、海岸自然概况

刁龙咀位于莱州湾东岸的中段,东经 $119^{\circ}50'$, 北纬 $37^{\circ}25'$ (图1)。从三山岛—苍上一—太平岛为东北—西南的构造线。此线的西侧为渤海拗陷区。组成本区岛和陆屿的基岩为太古代的玲珑花岗岩。从单山向西南方向为一明显的海、陆沉积交界线,与5米等高线一致,至今还存在着一条古海岸线的痕迹。

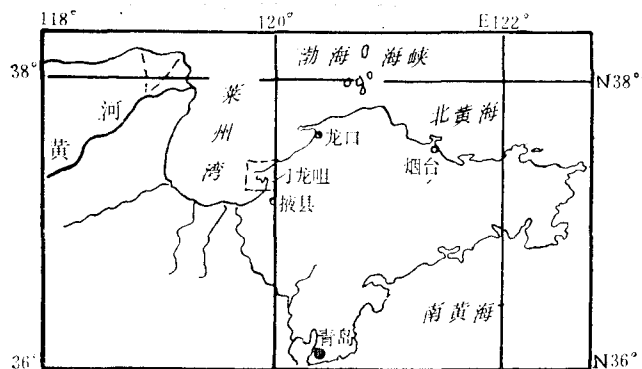


图1 刁龙咀位置图

古海岸线的西北面是松散的带有大量贝壳的海相砂和泻湖相的砂泥沉积。此线的东

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第530号。

参加1960年本区海岸调查的还有山东师范学院王连第、山东海洋学院蔡月娥、本所李本兆;参加1976年调查的还有烟台市城建局侯宝庆等;山东海洋学院庄振业热情地提供部分钻孔资料,在此深表谢忱。

本刊编辑部收到稿件日期:1978年6月14日。

南侧为陆相黄色砂土层、质地较硬。从河谷两岸切割的自然剖面上,也清楚地反映出陆相层具有多变的透镜层和少数交错层。透镜层的特征以含有大量的砾石、砂砾为标志。砾石和砂砾都是未经分选和磨圆度很差、大小混杂的。陆相黄色砂土层分布的上界高度不超过 100 米,向上尖灭。分析其岩性和层位关系,属于 Q_3^{pl} 。这一层向莱州湾海底延伸至 -15 米以下,上覆海相砂层。根据渤海海底和沿岸钻孔资料^[1,2],在最后一次海侵发生前,渤海是个内陆淡水湖沼,湖面高程曾低于目前水位 15—16 米。

Q_3^{pl} 层在古海岸线所在处为一条半埋藏的海蚀陡坎。陡坎与下面的侵蚀面连接。侵蚀面上覆全新世的海相沉积。

海蚀陡坎即古海蚀崖。崖的基处普遍保留着一层富含贝壳的中、细砂沉积,这一层与侵蚀面上的海相层是同一层位。崖下局部盖着一层最新的冲积层,厚 1 米左右。

海侵造成的侵蚀面上覆全新世的海相层是海侵过程留下来的基底层,是分选较好的中、细砂,厚 1—1.5 米。这是本区全新世的最早沉积层,属于 Q_4^{m-10} 。

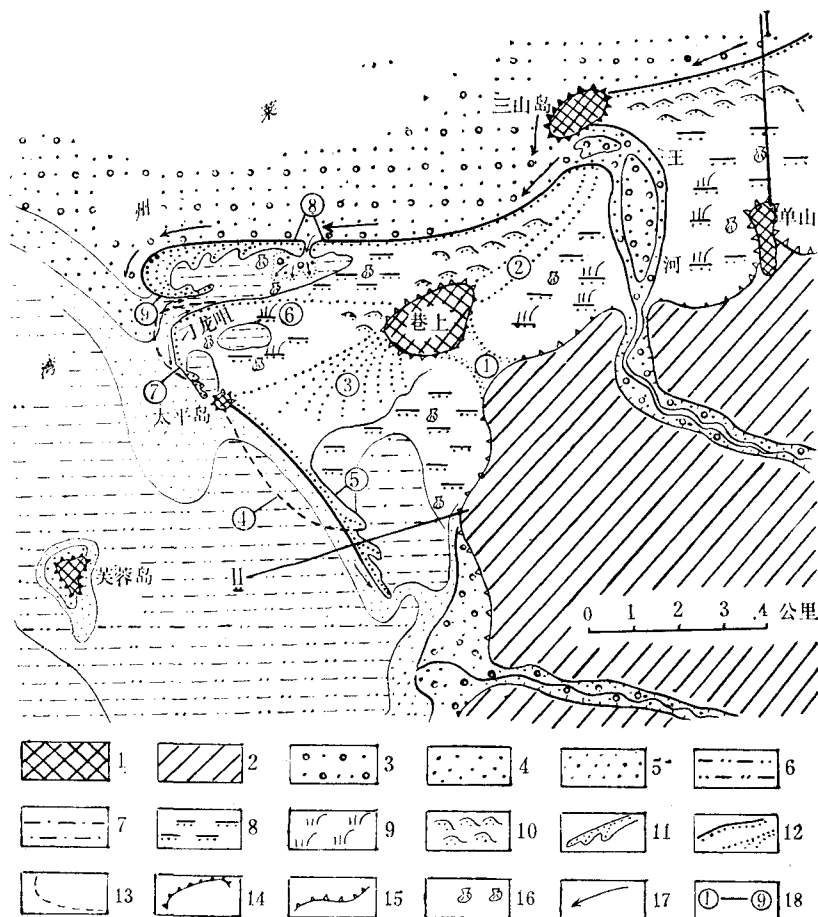


图 2 刁龙咀海岸地貌与沉积简图

1. 基岩岛山; 2. Q_3^{pl} 砂土层; 3. 砾砂; 4. 粗、中砂; 5. 细砂; 6. 粉砂; 7. 粉砂淤泥; 8. 泻湖洼地; 9. 苇草类; 10. 风成砂丘; 11. 羽状沙咀; 12. 岸边和陆上的沙堤; 13. 原沙咀位置; 14. 活动海蚀崖; 15. 衰亡的海蚀崖; 16. 贝壳取样点; 17. 砂流方向; 18. 各地貌发育的顺序。

Q_{4-1}^{m-1} 之上是一层厚达 5—8 米的青灰色,局部为灰黑色的富含贝壳的海成砂质泥和泥质砂。分析其粒级组合、颜色、厚度和富含贝壳与有机质等特征确定为海湾泻湖沉积。它是海侵之后经过长时期比较平静的环境下沉积的,按层位关系属 Q_{4-2}^{m-1} 。

在 Q_{4-2}^{m-1} 沉积阶段里,河流带来的陆源粗颗粒砂堆积在岸边狭窄的浅水区内。细的被带到较深的海域。随着陆源泥沙的不断增加,粗颗粒的砂石逐渐堆积增厚,同时把岸线向海推移(图 2)。

我们还可以从图 3 剖面 I 看出这样的沉积过程:在海侵阶段,海平面上升,海岸线向陆地方向推进的过程中,波浪侵蚀作用于 Q_3^{dp1} 土层的同时留下了 Q_{4-1}^{m-1} ,它与下层的 Q_3^{dp1} 之间界线分明; Q_{4-2}^{m-1} 是在海平面稳定情况下的海湾沉积。这一层增高到一定程度才开始堆积分选较好的中、粗砂,同时发育海岸沙堤(咀)。

二、泥沙来源与动态

在本区,主要泥沙来源有二: 1. 王河源于掖县东部山区,流经掖县北部的低山区,全河段无实测流量和含沙量,无法推算该河输入海泥沙的总量。但是,我们从河床质和纵向坡度,河口区泥沙特征等得知汪河每年入海的泥沙数量相当多。2. 根据近岸底质特征和波浪作用可以确定自三山岛以北向西南搬运的泥沙流宽达 2.5 公里,以中细砂为主,夹少量砾石。

莱州湾东岸沉积以砂为主、波浪的动力对海岸泥沙搬运和地貌发育起了主导作用。我们在一次 7—8 级偏北风条件下进行波浪观测与访问渔民的结果是一致的。刁龙咀沙咀以北的近岸波浪比较大,波高达 3.2 米。强浪方向是北、东北。从西面来的比较弱、在相同风力条件下波高不足 2.4 米。可见,北部海岸泥沙主要是由东北向西南搬运、由西向东搬运数量较少。刁龙咀以南的海岸,波浪强度更弱。在与上述风力条件相同的情况下,近岸波高只有 1.5—1.8 米。主要波向来自北西,依次是西、南西。但后二者风力较弱,吹程又短、形不成大浪。

以刁龙咀沙咀为界的北部和南部近岸,波浪强度明显差别的主要原因有二: 1. 从刁龙咀以北的新砂咀向西北偏西方向有一条水下浅滩。偏北大风浪推进到浅滩上产生破裂,波浪能量一部分消耗在浅滩上; 2. 从分析刁龙咀沙咀往南两处实测波高数据可知,强浪经水下沙岗的消能作用,再经过一次大于 90° 的绕射作用,波能衰减了约二分之一。

波浪强度与近岸沉积物粒级分布是相适应的(见图 2)。粗砂夹砾石的底质分布在水下沙岗及以北的强浪区,过了水下沙岗才出现中砂、然后是细砂。在波浪大大减弱之后的南部,粉砂底质与弱浪区相适应。淤泥只有在南部—3 米水深以下的海底才能见到表面一薄层。在大风浪过后 2—3 天,开始出现一层厚 2—5 厘米的浅黄色稀淤泥,即水工上所谓的浮泥。这层淤泥是暂时现象,经过几天之后,淤泥层在—3 米处消失了,出现在—5 米以下的深水区。

根据上述特点说明: 本区近岸沉积物是在波浪作用下进行充分的分选。中、细砂和粉砂被搬运到南部,粗砂为主夹小砾石和中砂残留在北部。淤泥只能在南部水深大于 5 米的海底才能停留。潮流流速在本区海岸是很弱的,根据我们实测本区近岸 5 米水深以内的流速在大潮时也不超过 20 厘米/秒。这样的流速,只有在大风浪作用下掀起海底的

淤泥和细粉砂才能起到搬运的作用。

大量研究结果证明,沙咀形态是指示泥沙搬运方向的重要标志^[4,5,9,12]。我们根据刁龙咀海岸沉积物分布的规律、河口和海岸堆积地貌、波浪要素等得知本海岸泥沙来源相当丰富,泥沙由东向西,绕过刁龙咀折而向南搬运。事实证明,本区海岸泥沙主要是纵向运动,横向运动是局部的和次要的。

三、地貌特征与发育过程

本区海岸地貌是四个羽状沙咀,相应的泻湖和部分沙堤等组合的复式堆积体系。

讨论海岸地貌成因,必须详细研究构成各地貌体的物质组成以及各层的层位关系。

本区海岸地貌分两大部分: 1. 沙咀、沙坝、沙堤及其毗连的沙滩。组成这些地貌体的物质北部以粗、中砂为主夹小砾石。南部以细、中砂为主,界线在刁龙咀。但它们的分选性均较佳。2. 现在泻湖和老泻湖,北部的泻湖内夹有较多的粗砂,南部诸泻湖内则以细砂和粉砂淤泥为主,分选性差,但夹有贝壳生物和有机质。

水下地貌除了北部一片平缓的粗砂和砾砂组成的浅滩外,自刁龙咀向西北西方向延伸着一条由分选良好的中、细砂组成的莱州浅滩。

莱州浅滩顶高在一米左右,它的西南侧全是分选很好的粉砂。中间夹着一窄条细砂分布带。显然,浅滩便是沉积物的突变带。

三山岛以北的沿岸沙堤以中、细砂为主,带有少量粗砂组成的。图 3 剖面 I 揭示了堤内泻湖洼地沉积可分两层: 上层厚 0.6—0.8 米,为风成细砂层,颗粒均匀,分选性良好;下层是含少量淤泥的粉砂和细砂并含以下贝壳:

1. 青 蛤 *Cyclina sinensis* (Gmelin)
2. 异白樱蛤 *Macoma incongrua* (Martens)
3. 拟蟹守螺 *Cerithiopsis tubercularis* (Montagu)
4. 托氏蜆螺 *Umbonium thomasi* (Crosse)
5. 纵带锥螺 *Batillaria zonalis* (Bruguier)

三山岛以南的堆积地貌是复杂多样的。图 2 简明地反映了各种地貌体之间的关系和全新世以来海岸演化的全过程。各堆积地貌体依次从①—⑨顺序发育。

根据沉积层特征和地貌形态标志,苍上与古陆岸之间存在着一条古连岛沙坝①。组成堆积体②、③的物质相同,均以粗、中砂夹少量的小砾石。当③形成后,纵向泥沙流沿着该堤的水下岸坡大量向西南搬运并绕过太平岛向东南方向进入以细砂和粉砂为底质的浅滩区,发育了沙咀④。后因⑥的发育而切断了泥沙流供应,使④后退而至目前的位置⑤。

③ 北面浅滩砂粒径为 1ϕ 。在波浪作用下,向南绕过太平岛进入④的砂粒为 0.5ϕ 。此外,④的高度也比③低 0.5—0.7 米。据上述两方面的差值可以证明: 1. 波浪绕过太平岛后波能大减,搬运泥沙的能力亦弱; 2. 波能减弱后形成的海岸沙堤的高度亦相应降低。已经证明,海岸沙堤的高度取决于波浪的强度,可使邻近堤高出现巨大的差值。如海南岛的鹿回头连岛东岸堤比西岸堤高 2 米,山东芝罘连岛两岸高差也超过 1.5 米^[3,4]。

⑥ 堆积体发育,原来沿③向西南移动的泥沙流便开始改沿⑥向西移动,建造新的堆积体。但是,在偏北风浪作用下,③仍有部分砂继续向南搬运。由于沙源很少而引起④的

逐渐伸延和侵蚀后退,堤坡处出露泻湖层。图3剖面II所展示的层位是富有说服力的。羽状沙咀的这种发育过程与渤海湾蛭头沽等地贝壳形成的动力原理是相同的^[5]。

对于小羽状沙咀⑦来说,在偏北风的作用下,仍有一部分砂向南搬运并绕过太平岛而进入⑥。但进砂量小于出砂量,所以⑦处于侵蚀后退状态。1979年2月,在一次偏北大风作用下,⑦的中段被冲开了一个潮汐通道。⑧的中段在四十年前受一次特大风浪冲开了一个潮汐通道,通道口的泻湖内形成一个小型的、由中、粗砂夹砾石的潮汐小三角洲。

Hoyt 对坝岛成因理论的研究比 Johnson 的理论有了新的发展。他认为:在纵向泥沙流供应下形成沙咀,进而发育为坝岛是常见的,与海平面的变化可以无直接关系^[7,8]。

羽状沙咀末端的冲淤变化是十分迅速的。据我们重复实测,⑥的末端自1952—1976年内后退了50米,平均每年蚀退2米。近年来,由于⑧和⑨不断增长,⑥后退的速度减缓。⑧的西端自1952年以来向西延伸了110米,平均每年增长4.4米。此数只能代表近期,因为不同时期的自然条件和人类的作用差异很大,侵蚀强度、输沙能力也大不相同。

从形态上,由于风砂作用,北部沿岸诸泻湖和洼地现已成为苇草砂地,湖盆面积处于逐渐缩小之中。

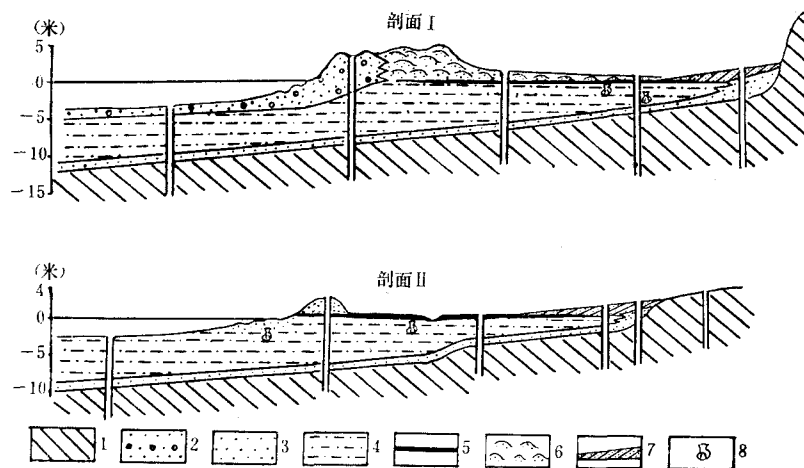


图3 刁龙咀海岸沉积发育图

1. Q_3^{pl} 砂土层; 2. Q_2^m 粗砂; 3. Q_2^m 中细砂; 4. 淤泥粉砂; 5. 泻湖沉积; 6. 风成沙丘;
7. Q_2^l 砂土层; 8. 海生贝壳。剖面线位置见图2。

四、羽状沙咀形成的条件

在海岸地貌专著和论文中,介绍过不少典型的羽状沙咀的形态特征与发育过程。例如英国的 Dungeness^[11],大洋洲南部和东部海岸^[6],苏联的亚速海和里海^[12]等。应当指出,刁龙咀羽状沙咀比较复杂,形成条件和发育过程独显特异,需另加讨论。

刁龙咀堆积体系的发育取决于下列条件:

1. 具有比较稳定的纵向泥沙流供应大量的沙源。莱州湾东岸、自龙口以南,存在着一股向西南方向移动的沿岸泥沙流。它在向西南搬运的过程中,由于王河等沿岸各小河不断补充入海泥沙而得到增强,大量沙量供应堆积体。

2. 要有两个不同方向、强度差别较大的波浪作用力。在强浪作用下, 砂粒向沙咀末端搬运, 使沙咀增长。北来的强浪经过绕射和来自西向的弱浪则把沙咀末端的砂推向泻湖(湾)内, 由此产生了一条向内弯曲延伸的钩状小堆积地貌。沙咀体的增长形式就是以出现一个钩状小地貌形态为标志记录着一次大的推进。由多次出现钩状形态叠置排列而成羽状。

3. 保持逐渐增长的水下岸坡和相应的、依一定规律分布的沉积物。水下岸坡的堆积增长是新沙咀发育的基础。一组新的沙咀发育, 说明了该处水下岸坡增长达到了新的宽度和高度。已经查明, 在特定的海岸段, 近岸浅滩的坡度是与该处沉积物颗粒大小、波浪强度相适应的结果^[9]。由此表明, ③形成时的水下岸坡与⑥、⑧形成时的坡形基本相同, 只是位置外移了。可见上述三堤(咀)的水平距离即水下岸坡向海推移的距离。

五、几点认识

莱州湾东岸的全新世海侵事件, 在地貌和沉积上的依据均十分明显。海水入侵淹没了由 Q_3^{pl} 组成的平缓坡地, 受波浪的侵蚀作用而产生土质海蚀崖。海蚀崖以上的陆地无任何海蚀或海积遗迹。海蚀崖下延伸着一层海侵留下的 Q_4^{s-1} 砂层。据钻孔资料, 这一层向海底延伸超过 -15 米。

根据近岸海底陆相层与海相层的深度, 又联系到渤海湾、莱州湾西岸等的地层资料, 可以得出, 全新世海侵之前“渤海湖”的水面比目前低 15 米。

典型的刁龙咀堆积体系是海侵后海平面基本稳定的条件下, 莱州湾东岸泥沙流和汪河入海泥沙大量供应并经过长期堆积而成的。水下岸坡与沙堤(咀)同时增长, 两条平行的沙堤的水平间距即水下岸坡向海推移的距离。

参 考 文 献

- [1] 王绍鸿, 1979. 莱州湾西岸晚第四纪海相地层及其沉积环境的初步研究. 海洋与湖沼 10 (1): 9—23.
- [2] 赵松龄、夏东兴等, 1978. 关于渤海湾西岸海相地层与海岸线问题. 海洋与湖沼 9 (1): 15—29.
- [3] 蔡爱智、李星元, 1964. 海南岛南岸珊瑚礁的若干特点. 海洋与湖沼 6 (2): 205—218.
- [4] 蔡爱智, 1978. 论芝罘连岛沙坝的形成. 海洋与湖沼 9 (1): 1—14.
- [5] 蔡爱智, 1980. 渤海湾贝壳堤成因初步研究. 海洋科学集刊 第 18 期(排印中).
- [6] Bird, E. C. F., 1972. Australian coastal barriers. In Barrier Inland. Dowden Hutchinson & Row Inc. PP. 401—426.
- [7] Hoyt, J. H., 1967. Barrier Island formation. Geol. Soc. Amer. Bull. 78: 1125—1135.
- [8] Johnson, D. W., 1919. Shore processes and shoreline development. John Wiley and Sone, Inc., New York. PP. 404—440.
- [9] King, C. A. M., 1959. Beaches and Coasts. Edward Arnold, London PP. 321—353.
- [10] Shepard, F. P., 1973. Submarine Geology. Third edition Hafer & Row Publishere. New York. PP. 141—147.
- [11] Steers, J. A., 1964. The Coastline of England and Wales. Edward Arnold London. PP. 321—353.
- [12] Зенкович, В. П. 1962. Основы Учения о Развитии Морских Берегов Изд АН СССР Москва стр. 404—414.

DEVELOPMENT OF THE ACCUMULATIONAL GEOMORPHOLOGY OF THE SPITS DIAOLONGZUI*

Cai Aizhi

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Abstract

Diaolongzui lies in the center of eastern coast of the Laizhou Bay. In the coastal plain there is an old coastline. They are many date revealing this old coastline: 1. The 5 m isometric line is a continuous, distinctive cliff, with a relative height of 1—2 meters; 2. Over the cliff is a slight slop consisting of a Q_3^{dpl} yellow stratum. On the Q_3^{dpl} slop, neither feature of marine erosion nor tract of marine accumulation is showing; 3. Below the old cliff is a Q_4^m mixture of sands, conchs and muds.

Conditions under which the multi-accumulation spits were formed are as follows: A great bulk of the sands supplied from the Wanghe river, some supplied from the eastern coast of the Laizhou Bay, and the carrying by the wave and longshore current to the southwest.

Accumulational forms ①—⑨ are developed in sequence. Behind each form there is a lagoon or marsh. After form ⑥ was developed, form ④ undergoes a process of retreat from ④ to ⑤.

On the formation of small barrier inland we favored Hoyts hypothesis that the small barrier island may be formed by spit growth across a lagoon and subsequent truncation of the spit during storms. For examples: a. Form ⑧ was truncated by storm into a small inlet and island forty two years ago; b. The smallest spit ⑦ was truncated into a smallest inlet and island in February, 1979 by a strong northern wind.

* Contribution No. 530 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.