

浙江港湾淤泥质海岸剖面若干特性

逢 自 安

(杭州大学地理系)

淤泥质海岸系主要由中值粒径小于0.05毫米的松散粘细物质所组成的低地平原海岸。在世界海岸地貌学文献中有时称它为“湿地海岸”。在西欧北海沿岸又被称作“瓦登海岸”。

我国大陆海岸线长一万八千余公里，其中这类海岸约有二千余公里，主要包括长江、黄河、珠江三角洲以及渤海湾、苏北平原海岸。这些地区有重要的城镇、港口或渔场，也是农业最发达的地区。因此，对这类海岸的研究在理论、生产和国防建设上均具有重大的意义。

本文仅就浙江淤泥质海岸剖面某些特性谈几点看法。

一、双“J”型剖面形式

研究海岸剖面的基本形式，有助于揭示海岸地形的发生、发展和衰亡的一般规律，从而有利于对海岸的开发和利用。

在以往的地貌学文献中，有人以杭州湾为界，将中国海岸划分为南北两大类，即杭州湾以北称沙岸，杭州湾以南谓岩岸。但是，由于海岸演化过程的不断进行，浙江基岩港湾海岸在其演进过程中，受细粒泥沙的充填作用十分明显，以致基岩直接濒于海的岸段已经不多，而普遍发育了港湾淤泥质海岸，尤以河口附近为最。主要包括杭加湖、肖绍宁、温黄、温瑞平等沿海地区的海岸。上述平原海岸分别位于杭州湾、台州湾和温州湾南北两岸。事实上它们已构成了现代浙江海岸的主体。兹选取具有一定代表性的台州湾、温州湾若干剖面为例(图1)综合分析，就发现剖面形态有一个共同特点：堆积型淤泥质海岸具有双“J”型剖面形式。如以基本图式表示之，并从动态学角度加以考察，便可看到整个剖面具有三个基本地貌面，见图2。

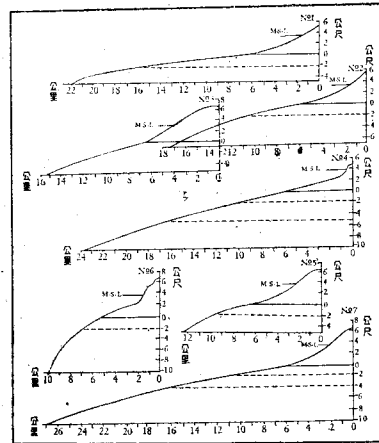
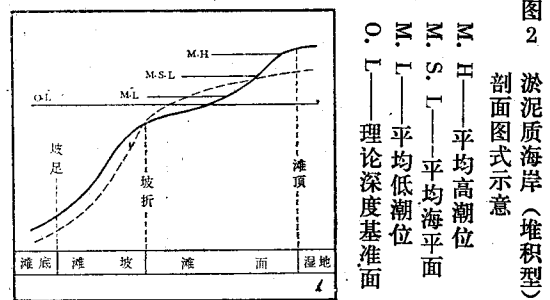


图1 台州湾、温州湾淤泥质海岸剖面
 №1——椒南金清剖面 №2——隘顽湾剖面
 №3——椒北白沙山北剖面 №4——敖北杨岭南剖面
 №5——瓯南上望剖面 №6——瓯北乐清剖面
 №7——敖南长腰山北剖面 M. S. L.——平均海平面
 (1966—1974) 深度——理论深度基准面



1. 滩面：位于剖面坡折以上，大致与平均海平面相当，其下界约在理论深度基准面* -2至-5米左右，上界“滩顶”可加积到平均高潮位(稍上)附近。通常我们将高、低潮位间的滩地称作“潮间浅滩”，简称“潮滩”，

* 所谓“理论深度基准面”即理论上潮汐可能到达的最低潮面。其数值取决于潮汐性质，由当地潮位资料求得。此系现在我国测绘海图水深的起算面。

在国外亦有的称“潮坪”，其稳定自然坡降在1%左右。“滩顶”高程与潮差大小有关，滩面平均高程取决于当地平均潮差；平均潮差大，滩面平均高程也高，反之则低（侵蚀剖面除外）。滩面宽度除潮差因素外，还与物质补给有关。潮差大、泥沙补给丰富，滩面亦宽。浙江海岸无大河直接提供物质，泥沙补给量有限，因此，滩面较窄，一般在4—6公里，个别超过7—8公里，例如杭州湾南岸庵东滩面R₀剖面附近宽达10公里左右。

2. 滩坡：位于剖面坡折以下，坡度变陡，自然坡降>1%，侵蚀剖面和岛屿、峡道地区，滩坡更陡。但海岸淤涨较快或岸外有岛屿掩蔽的地段，滩坡变缓，甚至<0.5%（见表1）。

表1 浙江淤泥质海岸滩坡坡降统计表

剖面名称	坡降(%)
椒南金清	0.46
隘顽湾	0.81
敖北杨屿	0.62
敖南长腰山	0.48
甌北乐清	3.21
甌南梅头	1.11
甌南上望	2.31
杭州湾北金山嘴	3.33
杭州湾北鸽山	20.00
杭州湾南庵东	2.50
杭州湾南金塘峡道北仓港区	14.29
沈家门港道东口北滩	48.00
沈家门港道东口南滩	51.00

滩坡的宽度自数公里至十几公里不等，某些侵蚀地区仅数十米。滩坡的水深通常延续到10—20米，个别地区达30米左右。“滩坡”与“滩面”以“坡折”相衔接。浙江淤泥质海岸的平均坡折，大致在理论深度基准面-2至-5米左右。

3. 滩底：是滩坡的基脚向海延展部分，属浅海海底的滨岸地带。这里底坡平缓，潮流和波浪作用较弱，是淤泥物质沉积的良好环境。

综上所述，“滩面”和“滩底”组成了淤泥质海岸剖面上部和下部两个基本堆积面，其

间以冲淤更迭的“滩坡”相过渡。这三个地貌面在横截面上构成一个巨“J”型剖面曲线（图2虚线部分）。其在冲淤动态上是一个不可分割的有机整体。

必须说明，潮汐海区淤泥质海岸是由“湿地”、“潮间浅滩”和“水下斜坡”三个基本地貌单元所组成^[3]。它与本文所述三个地貌面具有如下的对应关系：“滩面”和“滩坡”属淤泥质海岸潮间浅滩范畴；“坡足”以下的“滩底”属浅海滨岸地带。但就动态学角度而言，“滩面”是“湿地”的前身，“湿地”即“滩面”的向陆平展部分，位于高潮位以上，基本上已脱离潮汐作用，它与“滩面”之间以“滩顶”逐渐过渡，在形态上可视为“J”型剖面曲线的向上延展部分。由图2可知“潮间浅滩”是“滩面”的主体。而“滩坡”则是处于低潮位以下的“水下斜坡”的主体。“滩底”乃是“水下斜坡”的向海平展部分。

但是，若剖析“滩面”，便可发现其间亦包含着一个“J”型剖面曲线。它相应于平均高潮位的“上部堆积面”，因潮汐增水和风成增水等效应，沉积物可以加积到平均高潮位以上；其与平均低潮位相对应的“下部堆积面”，因潮汐减水和风成减水等效应，可延展到平均低潮位以下。上、下堆积面处于稳定堆积地带，坡度均较缓，自然坡降一般<1%。介于上、下堆积面之间的滩面中部是一个冲刷带，坡度较大，一般>1%。

上、中、下三带构成一个小“J”型剖面曲线（图2滩面实线部分），并以“滩面”统一体作为巨“J”型曲线的重要组成部分。浙江港湾淤泥质海岸剖面大都有上述的双“J”型剖面形式。

二、沉积特征的两重性

1. 浅海沉积与潮滩沉积相组合

浙江港湾淤泥质海岸是在全新世海相沉积的基础上发育起来的。因此，在沉积物的浅层柱状剖面中可清晰地揭示出表、底两层。

(1) 底层：为青灰色粘土，俗称“青紫泥”。青紫泥在浙江海岸可追溯到基岩山麓附

近。平原海岸的各类地貌均无一例外地存在着一个统一的浅海沉积基底。见图3。全新世海相沉积的厚度各地不一。在嘉兴桐乡厚达50余米，宁波姚江青林渡46.6米，台州黄岩金清区73—82米^[1]，温州龙湾46.86米。这套沉积层的特点是物质粘细， $M\phi > 7-8$ ，含水可塑，含有机质有腐臭味，含有孔虫：Ammonia SP. (嘉兴、黄岩)、Nonionella SP. (杭州)*，有时则含粉砂、细砂或贝壳碎屑，是一套浅海（或滨海）相沉积。

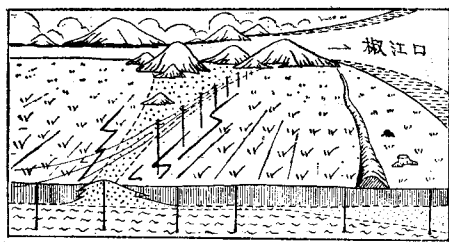


图3 黄岩金清平原、海岸剖面示意图

(2) 表层：为黄褐、灰黄色粉砂质粘土， $M\phi$ 在6—8之间，主要特点是粉砂和粘土互层结构，这是水动力强弱交替沉积的结果。常可见到沉积微层理，其中泥层厚约1毫米，而粉砂层极薄，系潮汐动力沉积作用的反映，我们称它为“潮层理”。潮层理可以在1厘米厚的沉积层内高达12层次，是一种典型的潮滩相沉积。必须指出，在近河口或水动力活跃地区，潮滩沉积的粒度可粗化到细砂甚至中砂类型，而港湾隐区可细化到粘土类型。

潮滩沉积与巨厚的浅海沉积相比较，它只是薄薄的一层“表皮”。它的厚度与潮差大小有关，由于潮汐增-减水和风成增-减水等效应，潮滩沉积的最大厚度可能超过当地平均潮差。浙江淤泥质海岸潮滩沉积的最大厚度在5米左右。在时代上应属现代沉积。其下即为青灰色粘土，属全新世早期的浅海（或滨海）相沉积。

2. 粉砂类型与粘土类型相结合

粉砂和粘土是浙江淤泥质海岸沉积物的主体。其中，细粉砂粒级是潮滩沉积的主要部分。

粗粉砂粒级以上的粗碎屑物质是在剖面塑造中附加的沉积类型，它们在潮滩上每以滩脊、砂嘴、砂坝或贝堤等地貌单元出现或分布于近河口地区，具有一定的局限性。如杭州湾、台州湾和温州湾滩面100个沉积样品中，细粉砂类型占63%，其平均粒径 $ME\phi = 7.02$ （表2）。细粉砂粒级之所以成为潮滩中主要沉积类型的原因有二。其一：因浙江砂源中粗粉砂含量较少。钱塘江、甌江河口悬沙中径皆为0.02—0.04^[2]毫米，均是属于中粉砂。而椒江上游两条支流的87个悬沙样品中，粗粉砂粒级平均百分含量只有15.99—19.40%。其二：就泥沙水力粗度而言，细粉砂可视为粗粒组分和细粒组分之间的临界粒级，在沉降和悬浮物理特性上，表现为受波浪或水流作用时具备了粗粒组分中最易悬浮和细粒组分中最易沉降的双重特性。这就是细粉砂在浙江淤泥质海岸潮滩上最易积聚的物理机制。浙江海岸在粉砂粒级于潮滩富集过程中，也可以看到粘土粒级物质的沉积。

表2 浙江滩面沉积物粒度参数表**
(1964, 1965, 1976)

沉积物名称	ME_{ϕ}	$B_{1\phi}$	$SK_{1\phi}$	KG_{ϕ}	样品数
粗粉砂	5.1058	1.4659	0.3852	1.4478	6
中粉砂	6.0944	1.9846	0.2469	1.1665	7
细粉砂	7.0216	2.0435	0.2971	1.0625	63
极细粉砂	7.6185	2.1463	0.2450	0.9186	20
粘土	8.9792	2.5038	0.1319	0.9143	4

关于粘土能在潮滩上沉积的机理，荷兰海洋研究所学者H·普斯麦(1967)曾介绍了Straaten和Kuenen(1958)提出的“冲刷延迟和沉降延迟效应”理论^[5]（图4）。“延迟效应”理论借助于理想的潮汐水团，解释了淤泥物质能在潮滩上沉积的自然现象。但是，我们

* 见“江南、华南地层区地层对比表”浙江省地质局。

** ME_{ϕ} 为 ϕ 值平均值， $B_{1\phi}$ 为 ϕ 值标准差， $SK_{1\phi}$ 为 ϕ 值偏态， KG_{ϕ} 为 ϕ 值峰态。

认为,对于一定粒度的物质而言,“延迟”本身是有条件的。尤其是那些细粒淤泥,一经悬浮往往长期难以沉降而非“沉降延迟”的问题。而当它们沉积以后又因其粘结、脱水和压实作用而抗冲性能骤增(当大潮汛向小潮汛转化期间,就有这种条件)。因而亦非单纯“冲刷延迟”的问题。这是一个值得进一步探索、研究的课题。

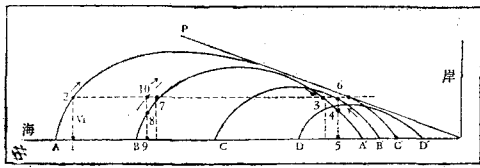


图4 在潮汐地区从海湾口至海岸断面各流速用不同的潮汐水团运动表示的图式。曲线仅表示沉降延迟和冲刷延迟结果的理想化的平均状态(据Straaten和Kuenen, 1958)

3. 双峰型的粒度组分

既然,浙江潮滩沉积以细粉砂为主并混入粘土物质的沉积。因此,潮滩沉积在级配频率曲线上表现为双峰型,见图5。以图5 N_1 为例,累积曲线呈“W”形。频率曲线出现两个峰值,第一众值 $\phi_0=5.7$, 第二众值 $\phi_1=9.44$, 双众数指数 $Mi\phi=2.87$ 。双峰曲线系两种动力能量的反映。在潮滩沉积层理结构中采得的样品都属双峰曲线类型。检阅台、温两湾滩面159个样品中,双峰型占76.7%,双峰型粒度组分主要分布在滩面的上、下两个堆积面。在水动力活跃地区或滩面侵蚀时期,可出现粒度偏粗的单峰型粒度组分(图6 N_2 、 N_3)。在港湾隐区或滩面淤积物质细化时期,可出现粒度偏细的单峰型粒度组分(图6 N_1)。单峰型粒度组分主要分布在上、下两堆积面之间的滩面中部冲刷带。此外,尚有少量多峰型粒度组分,主要见于海峡峡道口以及近河口边滩地区。

三、滩面地貌的分带性

由于潮汐作用导致滩面地貌具有明显的分带性。浙江潮滩地貌可划分为上、中、下三带(表3)。兹以台州湾黄岩金清滩面 D_{III} 为例

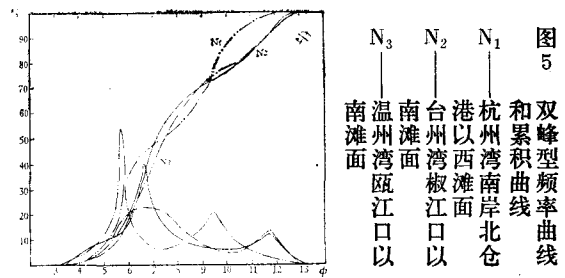


图5 双峰型频率曲线和累积曲线
 N_3 南滩面
 N_2 台州湾椒江口以
 N_1 杭州湾南岸北仑

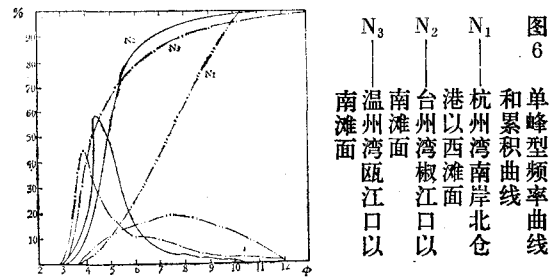


图6 单峰型频率曲线和累积曲线
 N_3 南滩面
 N_2 台州湾椒江口以
 N_1 杭州湾南岸北仑

概述如下:

I. 上部淤积带(高平滩带): 相当于“上堆积面”。约30—60%的高潮位作用于此带^[1]。滩面平坦,自然坡降为1‰左右。在平均高潮位以上通常滋生咸草。此带有时受潮、浪磨蚀作用,发育土质磨蚀“岩滩”,宽仅数米,“岩滩”上有时发现“泥砾”。由于70%左右的潮汛期不受潮淹,滩面长期裸露而呈龟裂状。平均高潮位以下咸草消失,过渡为光滩,但坡降增大(D_{III} 增至8.4‰)。此间在退潮时水流汇集泄卸迅速,遂成中带潮沟发育的沟头树枝状汇流区。

II. 中部冲刷带(滩面破碎带): 位于中潮位附近,60%以上的高潮位均能作用于此。平均高潮位以下,此带水深在2米左右,为滩面波浪能量集中、破碎地带。因此,浪蚀坑洼发育。滩面自然坡降 $>1\%$ 。退潮期上带汇流区集水冲刷本带形成潮沟干流区。潮沟是本带主要地貌类型。其上部以下切为主,下切深度达15—40厘米;下部以侧蚀为主,曲流发育。中部冲刷带潮沟发育地区密度在20米内可达13条。沟系袭夺现象明显。袭夺调整以后,潮沟拓宽,深度变浅,沟间地呈纺锤状坳丘地形,滩面起伏,支离破碎。本带在接近粗碎屑补给源地的近河口地区,可发育大型沙波、滩脊或

表 3

滩面地貌分带表

序号	动态分带	形态分带	地貌特征	沉积粒度*	成因类型
I	上部淤积带	高平滩带	滩面平坦, 上部发育草滩, 有龟裂纹, 下部过渡为光滩。	细 $ME_{\phi} = 7.4233$	潮流堆积为主。附加潮、浪侵蚀作用。
II	中部冲刷带	滩面破碎带	滩面坡降增大, 割切破碎, 发育潮沟、坳丘、沙波、浪蚀坑洼等。	粗 $ME_{\phi} = 6.4396$	潮、浪侵蚀为主。附加潮、浪堆积作用。
III	下部淤积带	低平滩带	滩面平坦光滑, 水系不定型, 呈散流状, 有浅型积水洼地等。	细 $ME_{\phi} = 7.5500$	潮流堆积为主。附加潮、浪侵蚀作用。

* 据 D_{II} 一九六五年秋季

沙堤。例如瓯南五溪沙滩面, 就有相当规模的砂堤或沙波发育。

III. 下部淤积带(低平滩带): 相当于“下堆积面”。滩面平坦光滑, 自然坡降 $<1\%$ 。上部为潮沟散流区, 绝大部分潮沟至此沟系消失, 水系呈散流状, 有零星蚀余坳丘和浅型积水洼地。滩面大势低平单调。

滩面上、中、下三带构成一个有机整体。

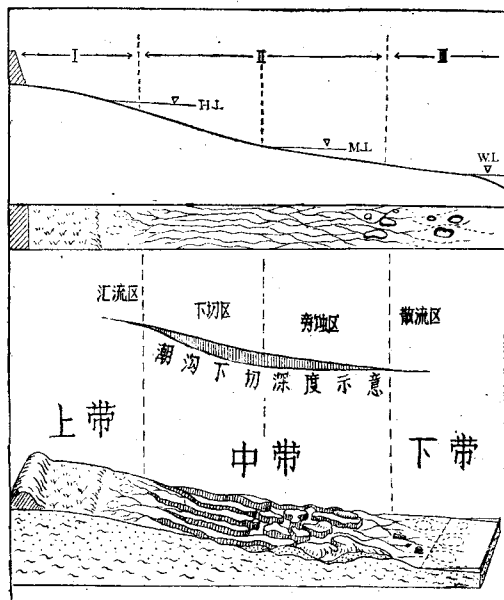


图 7 浙江港湾淤积质海岸滩面分带示意图

I 上部淤积带——高平滩带
II 中部冲刷带——滩面破碎带
III 下部淤积带——低平滩带

在自然坡降上自陆向海表现为缓—陡—缓; 在地貌形态上显现出平坦光滑—起伏破碎—平坦光滑; 在沉积特征上则具有细—粗—细的机械分异规律。凡此有规律地变化, 可能与近岸浅滩潮波的近似驻波特性有关, 高低潮位时潮流速度等于零, 有利于滩面上、下两个堆积面的泥沙落淤。最大流速出现在中潮位附近, 加之波浪作用, 因此滩面中部水动力较强, 滩面冲刷破碎见图 7。

四、关于滩面的淤积发展

已如前述, 由于滩面上部淤积、中部冲刷、下部淤积而塑造成小“J”型剖面。而滩面剖面的塑造取决于滩面水沙平衡。根据某些定位观测资料, 发现在一次全潮过程中滩面上、下堆积面, 多数情况为泥沙向岸方输移, 滩面淤积为主, 中部滩面在大潮汛多表现为泥沙向海输移, 小潮汛则有相反情形。因此, 在由小潮汛向大潮汛转变期间, 中部滩面逐渐以冲刷为主。反之则向淤积为主转化。中部滩面在年内多表现为春季淤积、秋季冲刷(或冬淤、夏冲)的季节变化, 而上、下堆积面则表现为相对稳定的持续堆积。应该指出, 上述滩面上、中、下三带在冲淤动态上息息相关。随着“上堆积面”的淤高, 将导致中部滩面坡降增大, 从而反过来限制了上带的淤涨(拓宽)。然而, 中部坡降

增大的结果, 将加剧滩面的割切作用, 增强了滩面水系的溯源侵蚀和冲刷能力, 而中带退潮的刷滩作用将增大退潮水流的含沙浓度。同时, 退潮经此愈趋低平潮, 流速减缓, 泥沙落淤, 因而促使“下堆积面”的淤积发展。但是, “下堆积面”的淤高势必向中带扩展。换言之, 将减缓中带滩面的自然坡降。此时, “中带”便由侵蚀为主时期转变为淤积为主的时期; 其进一步发展, 将按“上带”滩面的淤积过程演进, 直至“中带”代之“上带”而达滩面水沙平衡状态为止。如此淤积发展, 滩面“下带”将向“中带”转化, “中带”代之“上带”而“上带”则演化为“湿地”。潮汐海区淤泥质海岸及其堆积型潮滩, 便是如此向海扩展的。

由此可见, 淤泥质潮滩剖面的塑造, 主要是滩面潮汐水流和泥沙因子矛盾斗争的结果。其间, 滩面各带将不断变更其自然坡降, 这些个别坡降改造过程的总体, 便构成了淤泥质潮滩剖面总坡降的调整过程。

讨论了“滩面”淤积发展过程以后, 我们可以看到滩面“中带”自然坡降较大, 在动态上表现了不稳定性, 反映滩面动力能量的变更最为敏感, 它冲淤善变, 泥沙上下交换频繁、强烈。而且在整个滩面淤积发展过程中, 经历着比较明显的侵蚀和堆积两个时期, 在滩面冲淤动态方面发挥了上、下两个堆积面之间的平衡调节作用, 从而促使滩面最终塑就成小“J”型的剖面形式。如果允许将滩面“中带”看作一个冲淤“平衡带”的话, 那末在大“J”型剖面塑造中, “滩坡”是否亦将具有相应的“平衡”调节作用呢? 我们认为淤泥质海岸平衡剖面的塑造是比较复杂的, 其平衡调节地带可能不只一个。平衡点何在? 平衡机理如何? 这是值得进一步深入研究的重要课题。

五、结 语

综述淤泥质海岸剖面的基本特性, 可以说它具有十分明显的“两重性”:

1. 在剖面形态上具有多梯级型特征。其

中双“J”型系堆积型剖面的基本形式。上、下两堆积面、滩面和滩底, 分别以滩面“中带”和“滩坡”衔接过渡, 构成了整个剖面的有机整体。它们均与特定的潮汐水力因子相适应。其中, 潮位变化直接关系到滩面小“J”型的空间变幅。剖面物质的掀扬和运移主要受潮流和波浪两种动力因素所制约。其中, 波浪对这类海岸的掀沙作用颇为突出, 而潮流则是淤泥质海岸泥沙运移的主导动力因素。

2. 在沉积物平面配置上, 具有粗、细相结合的机械分异规律。垂直剖面中表现为潮滩沉积和浅海沉积相组合。在潮滩沉积中的粒度级配曲线具有双峰特征, 这是“粉砂”和“粘土”两种基本类型相结合的反映。而细粉砂作为浙江潮滩沉积的主要类型, 除了砂源条件外, 还与细粉砂本身易沉易浮两重特性有关。

3. 在冲淤动态上, 滩面具有上、下两个堆积面, 而在整个剖面中则具有“滩面”和“滩底”两个堆积面以及滩面中带和滩坡两个冲刷带。剖面各带彼此有机联系, 而在一定条件下互相转化。在堆积盛行时期, 各带依次向岸方转化。反之, 在侵蚀时期, 各带则发生逆向转化。实现这种转化, 历时远比基岩砂砾质海岸为短。即这类海岸既容易破坏, 亦容易调整。根据浙江台州湾温黄平原海岸海塘建筑史, 通常塑造这类剖面大约15—20年左右即可完成^[1]。

总之, 淤泥质海岸具有形态上的可塑性, 动态上的易变性和反映动力能量上的灵敏性。其在动力、形态、动态和沉积上的“两重性”, 是由潮汐海区这类海岸所处典型的海陆过渡地带这一特定的自然地理环境所决定的。其中流场物质(中值粒径 <0.05 毫米)是淤泥质海岸发育的物质基础; 而潮汐因素是其动力前提。因此在开发、利用这类海岸时, 必须着眼于这两个方面及由此而产生的“两重”特性, 去作各种试验研究, 以适应其特点, 因地制宜, 抑弊扬利。

(下转第18页)

