

山东半岛东、北部海滩动力地貌特征 及影响因素*

周良勇^{1,2}, 薛春汀^{1,2}, 刘健^{1,2}, 梁源^{1,2}

(1. 国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 国土资源部青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:根据 2003—2006 年进行的 5 次重复测量海滩剖面、海滩平面形态及波浪-沉积物参数(Dean 参数),对山东半岛东、北部典型海滩进行动力地貌类型的划分;通过对比研究区域北部海滩、东部海滩剖面季节性变化的不同,研究其与波浪条件的关系。结果表明:1)波浪-沉积物参数在该地区动力地貌类型划分中具有指标性,北部海滩以消散型和过渡型为主,而东部海滩主要为过渡型和反射型的海滩。2)海滩砂坝和海滩剖面形态显示北部海滩和东部海滩的在冬夏有相反的变化趋势。北部夏季风浪小,易出现海滩砂坝;而东部冬季风浪小,剖面上易出现海滩砂坝。3)大部分岸段同时受到波浪和潮汐的作用,但是波浪条件的季节性不同,仍然对海滩地貌起主要作用。

关键词:山东半岛东、北部海滩;海滩剖面;海滩倾向;波浪-沉积物参数(Dean 参数);海滩地貌动力类型

中图分类号:P737.1

文献标识码:A

文章编号:1671-6647(2013)01-0083-12

山东半岛东、北部主要为海滩海岸、障壁岛-潟湖海岸和基岩海岸,沙质海滩发育。了解海滩的地貌动力特征对海岸工程开发(如滨海公路、浴场修建)和旅游开发等有重要意义。根据 2003—2006 年的海滩调查资料,分析了山东半岛东北部海滩平面形态、剖面序列及剖面的年际和季节性变化,并利用沉积物-波浪参数(Dean 参数),研究了山东半岛东、北部海滩的动力地貌的类型。

沉积物-波浪参数方法已被应用于中国华南海滩的划分^[1-2],帮助了解海滩状态变化和海滩对波浪响应。但是,在本研究区域尚没有利用 Dean 参数对海滩进行动力地貌的分类。这种分类有利于研究海滩地貌的三维空间变化,同时对海滩开发、预防海岸灾害也有实际意义。

海滩倾向受到断层构造等影响^[3]。海滩倾向不同,受到的波浪的作用也不同,这影响着海滩动力地貌的变化。我们的研究区域,包括牟平养马岛西侧至荣成市褚岛一带的一系列海滩(图 1 中养马岛至威海之间的 M1~M7 为以往监测剖面^①,P1~P16 为我们的监测剖面;波高、潮差来自文献[4-5])。以成山头(或称成山角)为界,养马岛西侧至成山头部分为北部海岸,成山头至褚岛为东部海岸。两侧季节性波浪条件明显不同,为研究波浪动力因素对海滩动力地貌影响的提供了良好的条件。主要海滩的平面形态及倾向见图 2。

1 研究区背景

据《山东省海岸带和海涂资源调查报告集》和《中国海湾志》第三分册^[4-5],研究区波浪四季都是以风成浪为主,频率为 94%~100%。年均 $H_{1/10}$ 为 0.2~0.7 m。年均波浪周期在 1.6~3.4 s。北部海岸波浪特征不同于东部海岸的。北部海岸最大月均波高在冬季,夏季较小,主要波浪方向为 N 和 NNW;而东部海岸波浪特征正相反,冬季较小,夏季较大,主要波浪方向是 N, NNW, SSW 和 SW。极端波高出现在成山头站,波高达 8.0 m。研究区潮汐小,年平均大潮潮差 < 2 m,属于弱潮海岸(表 1 和图 1)。烟台至威海以西(高科技开

* 收稿日期:2012-01-19

资助项目:中国地质调查局国土资源大调查项目——山东半岛北部滨海环境地质调查与评价(200311000005);国土资源部油气资源和环境地质重点实验室基金——海岸工程影响下废弃黄河三角洲海岸动力地貌研究(MRE201013)

作者简介:周良勇(1971-),男,河北藁城人,博士,研究员,主要从事海岸带环境地质调查与研究. E-mail: zhoubox@yahoo.com

① 王文海,吴桑云,夏东兴,等. 典型岸段海岸侵蚀及其对策研究. 1996-08.

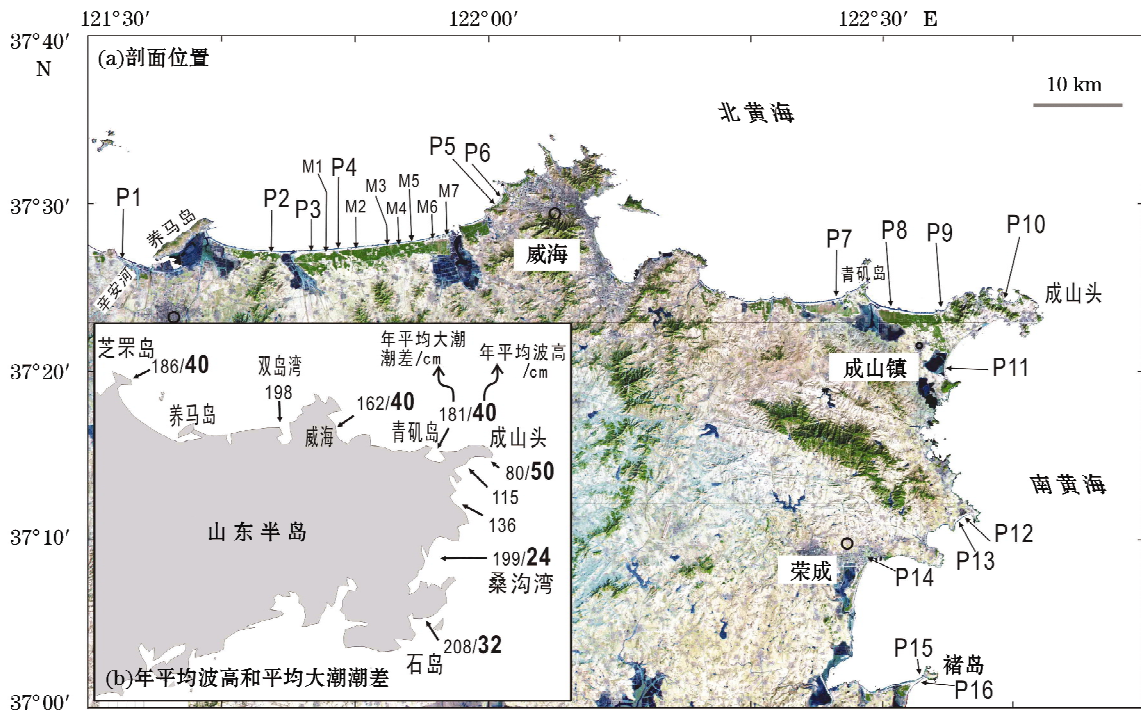


图 1 山东半岛东、北部海滩剖面位置及沿海年均波高、平均大潮潮差分

Fig. 1 Beach profile locations, average annual wave heights and average annual spring tide ranges along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

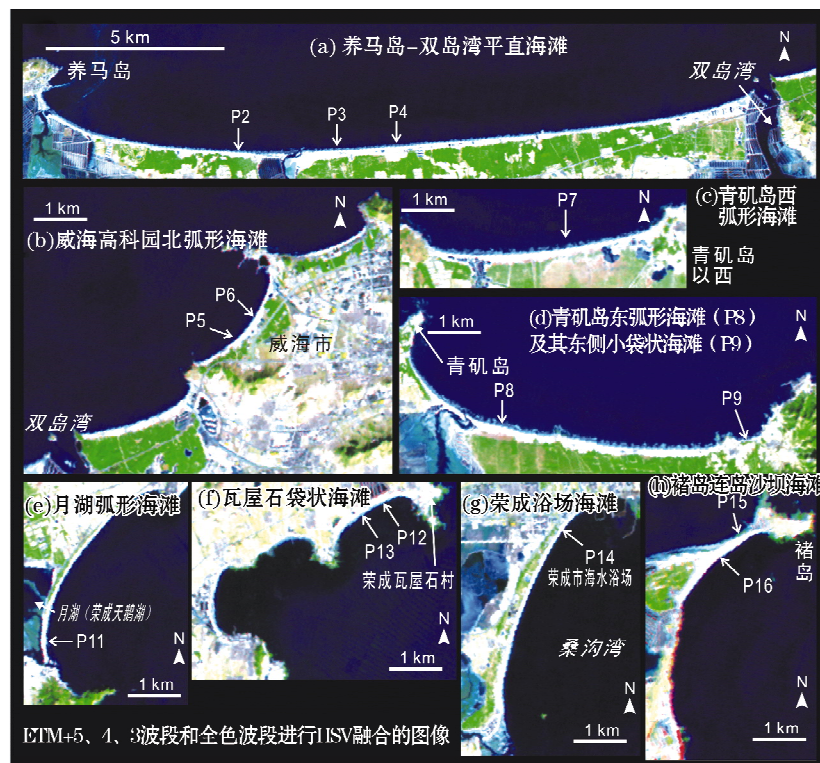


图 2 山东半岛东、北部主要海滩的平面形态及倾向

Fig. 2 Plan forms and inclinations of the major beaches along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

发区)地区为正规半日潮;威海市以西及东部海岸为不正规半日潮。平均大潮潮差为 0.80~2.08 m,属弱潮海岸。这里潮差小,属浪控海岸和波浪-潮汐共同作用的海岸^[2]。浪潮作用指数 $K^{[6]}$ 和相对潮汐指数 RTR 值^[7] 反应了潮汐和波浪对海滩的相对影响程度。这里利用本地烟台芝罘岛至石岛区资料计算了浪潮作用指数 K 和相对潮汐指数 RTR 值。山东半岛易受气旋、冷锋和热带气旋等天气系统影响,形成风暴潮^[7]。受冷锋影响,冬季经常出现大风天气(>17 m/s)。海滩沉积物为富含石英和长石的沙质,主要海岸滩沉积物来自河流和海岸花岗岩等风化产物。较大的河流有辛安河、沽河、沁水河等。

表 1 山东半岛东、北部海岸潮差、波高、相对潮差和浪潮作用指数

Table 1 Tidal ranges, RTR and K along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

海洋监测站	平均潮差/cm	平均大潮潮差/cm	波高 $H_{1/10}$ /cm	相对潮汐指数 RTR	浪潮作用指数 K
烟台芝罘岛站*	166	182	40	4.2	0.6
双岛湾站*	166	198	40	5.0	0.6
威海站*	139	162	40	4.1	0.7
朝阳港站*	75	181	40	4.5	1.3
成山头站*(即成山角站)	75	80	50	1.6	1.7
荣成诸小湾(北)站*	91	115	50	2.3	1.4
荣成诸小湾(南)站*	108	136	50	2.7	1.2
桑沟湾站*	110	199	24	8.3	0.5
石岛站*	170	208	32	6.5	0.4

注:“*”和“#”资料分别来自源文献[4]和文献[5]

2 资料和方法

2.1 海滩地貌平面特征参数

研究区海滩的平面特征受到岬角、潟湖出口等的控制。这里使用沙质海滩开敞程度(岬角影响程度)和凹陷性比值来确定控制海滩发育的海湾特征。沙质海滩开敞程度定义为海湾宽度(CI)和海湾岸线的长度(SI)的比值^[8-10],比值(SI/CI)说明海滩暴露程度。此外,海滩的暴露性也可以用海湾凹陷值(a)和岬角间隔距离(R_0)比率表示^[11]。海滩的这些参数采用 1996 年 1:10 000 航空影像图像在 Mapinfo 软件下进行测量。

2.2 海滩沉积物粒度、Dean 参数和动力地貌分类

2003 年和 2004 年进行了取样。在 16 个剖面(图 1)和调查点(图 3a)上共获得 287 个海滩表层(0~10 cm)沉积物样品。调查点在高潮线附近取沉积物样;剖面上,沿测线每个地形测点取一个样。用筛析法进行粒度分析。调查点沉积物粒径取其沉积物中值粒径,剖面的粒径为各样品中值粒径的平均值。

Dean 参数和海滩地貌特征被用于划分海滩动力地貌类型^[12-13]。Dean 参数(Ω)由波浪参数和沙粒的沉降速率决定,计算公式:

$$\Omega = H_b/T\omega \quad (1)$$

其中 H_b 为破波带波高, T 为波浪周期, ω 为沉积物沉降速率。

选用 5 个波浪站的波浪统计数据:芝罘岛站、旗杆嘴站(威海)、青矾岛站、成山角站和桑沟湾站。多数调查点的样品是 2003-08 取得,对应使用夏季或 8 月的波浪值。调查点 26 和 28(图 4)是 4 月取得,对应使用附近青矾岛站 4 月的波浪值。剖面上的样品都是 2003-10 取得,因此对应使用波浪站 10 月或秋季的波浪值。

由于收集的波浪波高为 $H_{1/10}$,需要通过 2 步计算获得 H_b 。首先通过海港水文规范估算有效波高($H_{1/3}$)(式 2),然后利用 Kormar and Gauhan 的半经验公式(式 3)^[14]计算 H_b :

$$H_{1/3} = 0.788H_{1/10} \quad (2)$$

$$\frac{H_b}{H_0} = 0.563 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (3)$$

式(3)中, H_0 为深水波高; $L_0 = (gT^2)/(2\pi)$, 为深水波长。

沉降速率根据 Ferguson 和 Church 的公式^[15], 用中值粒径进行计算:

$$\omega = (RgD^2) / [C_1\nu + (0.75C_2RgD^3)^{0.5}] \quad (4)$$

其中 C_1 和 C_2 为常数, $C_1 = 18$, $C_2 = 1.0$; D 为中值粒径 (D_{50}), g 为重力加速度, R 为沉积物密度(根据石英密度计算), ν 为运动黏度, $\nu = 1.00 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (水温 20 °C 时)。

根据 Dean 值可对海滩类型进行划分: $\Omega < 2$ 时为反射型海滩, $2 \leq \Omega \leq 5$ 时为过渡型海滩, $\Omega > 5$ 时为消散型海滩; 过渡型海滩进一步可分为 4 种亚类: 沿岸坝-凹槽型、韵律沙坝型、横向沙坝裂流型和脊-槽型^[8]。

2.3 海滩地貌特征和海滩剖面

2003—2006 年进行了 5 次剖面重复测量。剖面一般选在海滩中部, 使其更具代表性。起点有固定的标志, 使测量结果可对比。沿海岸选则了 16 个剖面进行监测。使用水准仪进行剖面测量, 用罗盘确定方向, 测量范围为后滨(或海岸沙丘)至低潮线。并且在剖面上取表层 5~10 cm 沉积样品, 进行了粒度分析。对剖面进行比较, 分析了空间上海滩序列变化和季节性变化。

3 结 果

3.1 海滩地貌平面特征

山东半岛东北部的沙质海岸按岸滩形态组合特征和成因, 可分岬湾海岸、沙坝-潟湖海岸和夷直海岸。岬湾海岸分布在威海北部、成山头附近和东部荣成诸小湾地区, 岬湾海岸发育袋状海滩。沙坝-潟湖海岸广泛分布在山东半岛北部、东部地区, 典型的如朝阳港外的海滩、月湖海滩等。夷直海岸为养马岛至双岛湾的一段海滩。

统计的各沙质海滩开敞程度(岬角影响程度, CL/SL)和凹陷性比值(a/R_0) (表 2 和图 2) 表明, 两者负相关, 即 CL/SL 越大, a/R_0 则越小, 相关系数 $r^2 = 0.86$ 。养马岛至双岛湾口海滩是平直海岸而非弧形海岸, 为开敞型, 其 CL/SL 值最大, 接近 1; 成山头附近马兰湾海滩(图 1 中 P10) 为袋状海滩最小, 为 0.17。北部海

表 2 山东半岛东、北部沙质海滩开敞程度 (CL/SL) 和凹陷性比值 (a/R_0)

Table 2 The degree of headland (CL/SL) and indentation ratio (a/R_0) of sandy beaches along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

海滩位置(相关剖面)	CL/SL	a/R_0
养马岛西(剖面 P1) 平直海岸	—	—
养马岛至双岛湾口(剖面 P2、P3、P4)	0.88	0.11
双岛湾西侧(黄埠港)	0.77	0.24
双岛湾西侧(剖面 P5、P6)	0.54	0.39
青矾岛西侧海滩(剖面 P7)	0.91	0.14
文石宝滩海滩(剖面 P8)	0.81	0.24
仙人桥海滩(剖面 P9)	0.76	0.22
马兰湾海滩(剖面 P10)	0.17	1.63
月湖海滩(剖面 P11)	0.55	0.44
瓦屋石海滩(剖面 P12、P13)	0.63	0.40
桑沟湾海滩(剖面 P14、P15)	—	0.16
剖面 P16 海滩(剖面 P16)	0.86	0.18

注: “—”表示海滩相对平直, 因此无对应参数

滩开敞度好于东部海滩的。桑沟湾是半开敞海湾, CL/SL 为 0.16, 尽管局部为弧形海岸, 但整个海湾是封闭性强。

3.2 海滩剖面 Dean 参数及剖面地形变化

山东半岛东北部海滩沉积物组分在细沙至粗沙之间, 主要矿物成分是石英和长石, 此外还有少量钙质贝壳碎片。利用粒度数据和与之相同季节的 5 个站位的波浪数据(表 3)^[4-5], 可计算出各海滩 Dean 参数。图 3 显示在各个海滩的取样位置、海滩粒度的中值粒径和海滩的 Dean 参数。图 3 中①~④代表不同波浪站范围。成山头附近(图 3b 中 24~30)海滩粒度比较粗。这一带有些砾石滩是 >2 mm 的砾石构成的。其他海滩的粒度为 0.25~0.80 mm, 并有从成山头向西和向南两翼变小的趋势。Dean 参数显示出研究区海滩差异, 据此大致可分为 2 部分: 1) 北部海滩在威海西面 Dean 值较大 (>5), 属于消散型海滩; 2) 威海东侧和东部海岸的 Dean 值明显较小 (<2), 属于过渡类型或反射类型。

表 3 山东半岛东、北部海岸夏秋波浪

Table 3 Wave parameters in summer and autumn along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

波浪站	夏季		秋季		图 3a 中对应 取样位置
	H_b/m	T/s	H_b/m	T/s	
桑沟湾	0.16	6.5	0.11	6.0	35~45
成山头	0.33	2.8	0.20	1.5	26~34
青矾岛	0.27	2.3	0.40	3.2	13~25
旗竿嘴	0.27	2.8	—	—	24
芝罘岛	0.27	1.3	0.54	2.3	1~23

注: “—”表示没有可用数据

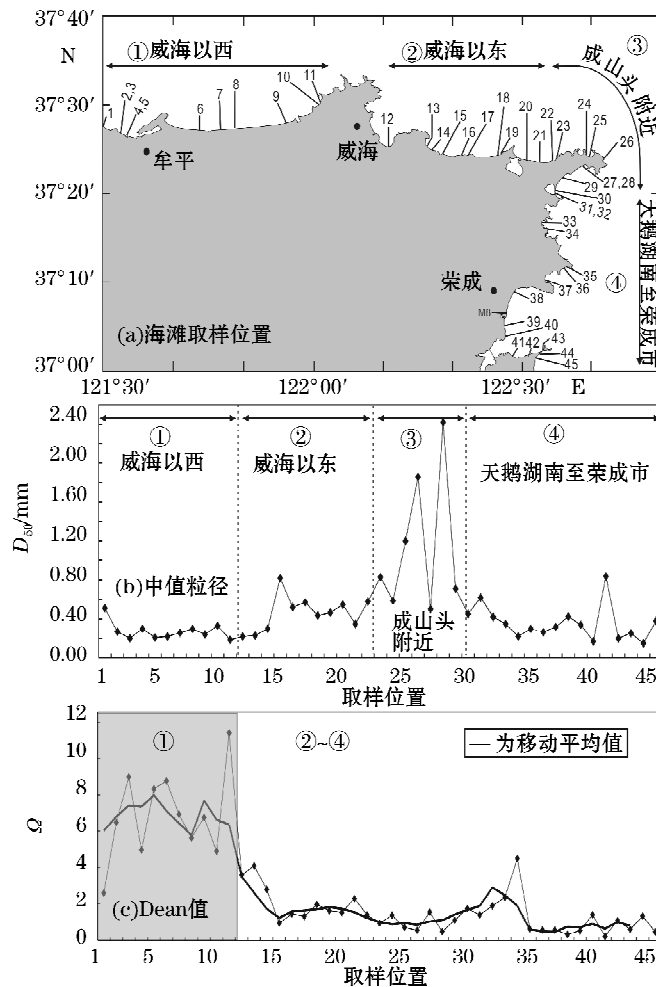


图 3 海滩取样位置、中值粒径及 Dean 值分布

Fig. 3 Sampling locations, median grain sizes and Dean numbers of the beaches studied

3.3 海滩剖面地形变化

重复测量显示海滩的形态在空间上和季节性的变化,以及其与 Dean 参数关系(图 4 水位线根据低潮位置和潮汐表推测)。从以下 5 个方面考察海滩的时空变化:1)海滩坡度和宽度;2)平滑海滩/有折的海滩;3)滩面形态,如上凸、下凹或平直;4)海滩坝数量变化;5)风成沙丘。

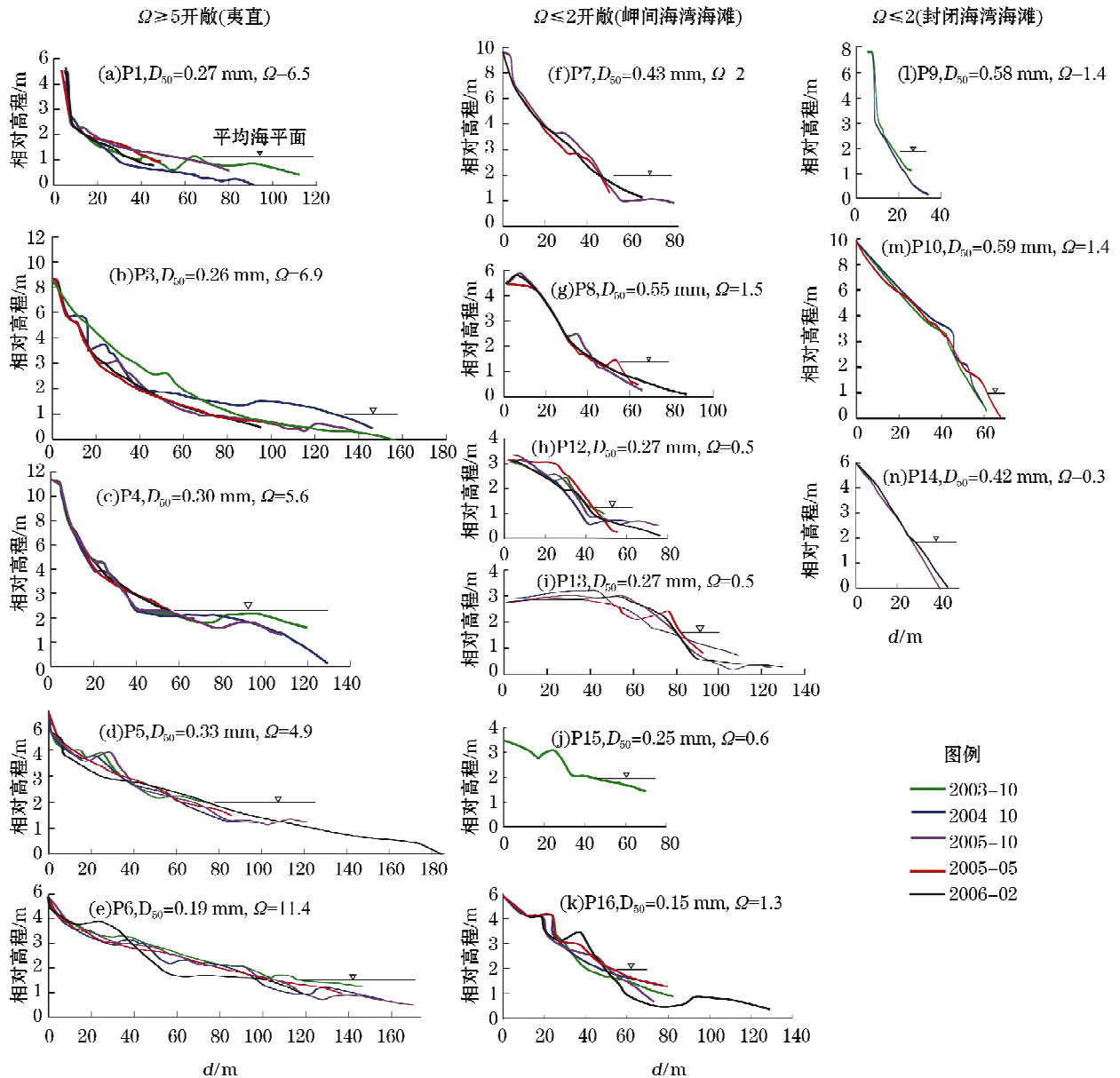


图 4 海滩地形剖面对比(位置见图 1)

Fig. 4 Contrast of beach topographic profiles (the locations referred Fig. 1)

北部夷平海滩的坡度较小、宽度较大,一般坡度在 $1.1^{\circ} \sim 2.1^{\circ}$,最大宽度 180 m。有些海滩剖面潮间带有明显拐点,可将剖面分成陡的向陆海滩和缓的向海海滩。如 2004-10 剖面 P4 的海滩形态,陡的一段坡度达到 6.4° 。北部开敞弧形海岸海滩和东部类似海滩的宽度接近,都比夷直海岸坡度大,宽度变小。封闭性强的海滩坡度最大、宽度最小。北部海岸以下凹的形态为主,而东部海岸则以平直及上凸的海滩为主,如

P12 和 P13。这反映北部海岸受到更强的风浪的作用。

海滩沙坝是沉积物静离岸输运在碎波带形成的潮间带凸起。海滩沙坝出现与坡度、宽度关系密切。研究区整个区域的海滩显示了这种相关性,即坡度小、宽度大时易出现沙坝。北部海岸最西侧靠近辛安河附近的海滩,坡度小,沉积物供应充足,发育海岸沙丘,则海滩上形成多个直的海滩沙坝,如烟台市牟平区(图 5a)。而宽度窄的封闭海滩,没有海滩沙坝。



图 5 山东半岛东、北部各类海滩照片

Fig. 5 Photographs of different beaches along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

Dean 参数对北部开敞的平直海滩剖面的状态和封闭海湾海滩状态的判断较为准确。北部开敞的平直海滩剖面的 Dean 参数较大,大于或接近 5,而其形态为消散型为主,表现为坡度小、沉积物来源丰富,其中剖面 P1 为典型的有多个坝的消散型(图 5a、图 5b 和图 5c)。封闭海湾海滩的 Dean 参数为 0.3~1.4,其形态为变化较小的反射型海滩,与 Dean 参数判断的一致(图 4 和图 5e)。而开敞的岬湾海滩的 Dean 参数为 0.5~2,根据海滩状态模型,其应为反射型,而实际海滩形态则包括了反射类型(图 4 中 P12 和 P13)和过渡类型,而且以有坝的过渡类型为主(图 5d 和图 5f)。因此,对开敞的岬湾海滩,Dean 参数不能准确反映其状态。

海滩剖面季节性变化也比较明显(图6)。北部海岸夏季(10月)容易形成沙坝,冬季(2月)则较少,如北部的平直海岸剖面 and 北部的岬湾海滩剖面的变化。北部海滩冬季海滩常变低数十厘米,或者海滩靠岸的上部沙坝受侵蚀,而下部堆积,使海滩变平滑。王文海等监测的1992年冬季和1993年夏季海滩剖面(图1中M1~M4和M7),也揭示海滩沙坝夏季出现,而冬季消失。而东部海岸海滩剖面则相反,海滩冬季出现沙坝,而夏季消失^①。沙坝的变化显示北部和东部海岸季节性变化的不同。

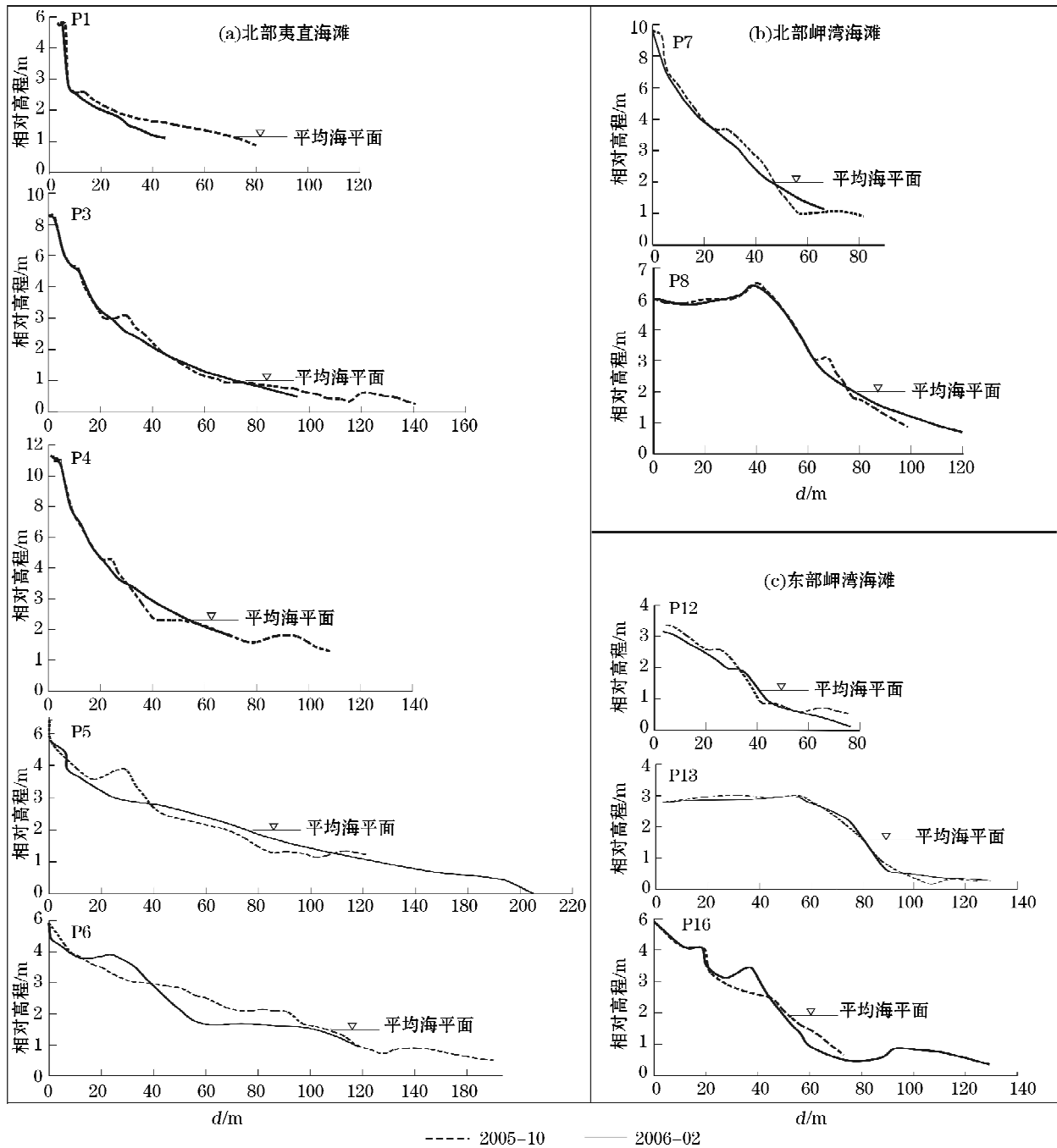


图6 山东半岛东部、北部剖面的季节性变化及海滩坝的出现/消失

Fig. 6 The seasonal changes of beach profiles and the occurrence and disappearance of beach bars along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula

4 海滩动力地貌的影响因素

4.1 海滩剖面参数和沉积动力参数关系

威海以西基本为消散型海滩,威海至成山头主要为过渡型海滩,成山头至楮岛以反射型为主,这与 Dean 参数反映的海滩动力地貌一些特征的判定结果基本是一致的。当然,控制海滩发育的还有其它地质控制因素,如构造对海滩倾向的控制、沉积物供给等^[13,17-18]。尽管这个模型有一定的局限性,但数据显示,利用 Dean 参数可对山东半岛东、北部海滩进行初步分类。相关性分析显示海滩地形参数和动力参数的关系(图 7)。

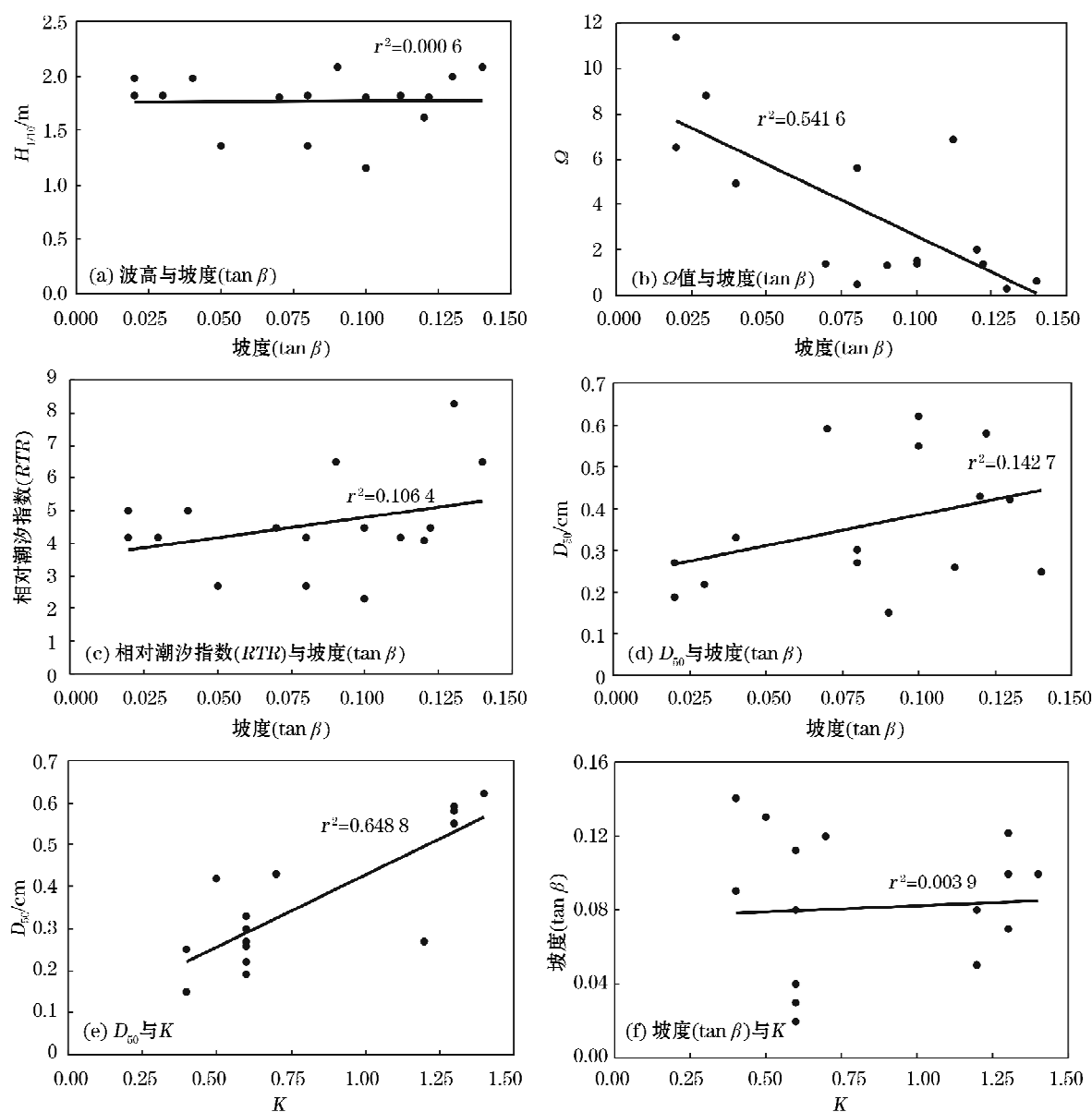


图 7 海滩地形参数和动力参数

Fig. 7 Topographical and dynamic parameters of the beaches studied

海滩潮间坡度与 Ω 值有一定相关性 ($r^2=0.54$), 而与岸滩平均沉积物中值粒度、潮差、相对潮差之间的相关性不强。这反映出地貌与单纯的沉积物或动力因素关联不强, 而与综合因素有关。K 值则与海滩平均沉积物粒度有较强的相关性 ($r^2=0.6488$), 但与海滩潮间坡度无关。这与华南海滩的特征^[3]有一定的区别。

4.2 海洋动力条件对海滩状态的影响

双岛湾以东至研究区东南端, 是波浪和潮汐共同作用的海岸^[6], 季节性风浪对海滩地形发育影响非常明显。

北部海岸带波浪特征不同于东部。整体上, 北部海岸年均浪高大, 而东部年均浪高小(图 1)。东部海域密集的海带养殖, 这有减小波浪能量的作用^[19]。从浪向玫瑰图看, 在北部, 海岸受到 N, NE, 和 NW 风引起的波浪作用, 主浪向为北; 而东部则同时受到北部和南部风浪的影响, 至少有 2 个主浪向(图 8)。月平均浪

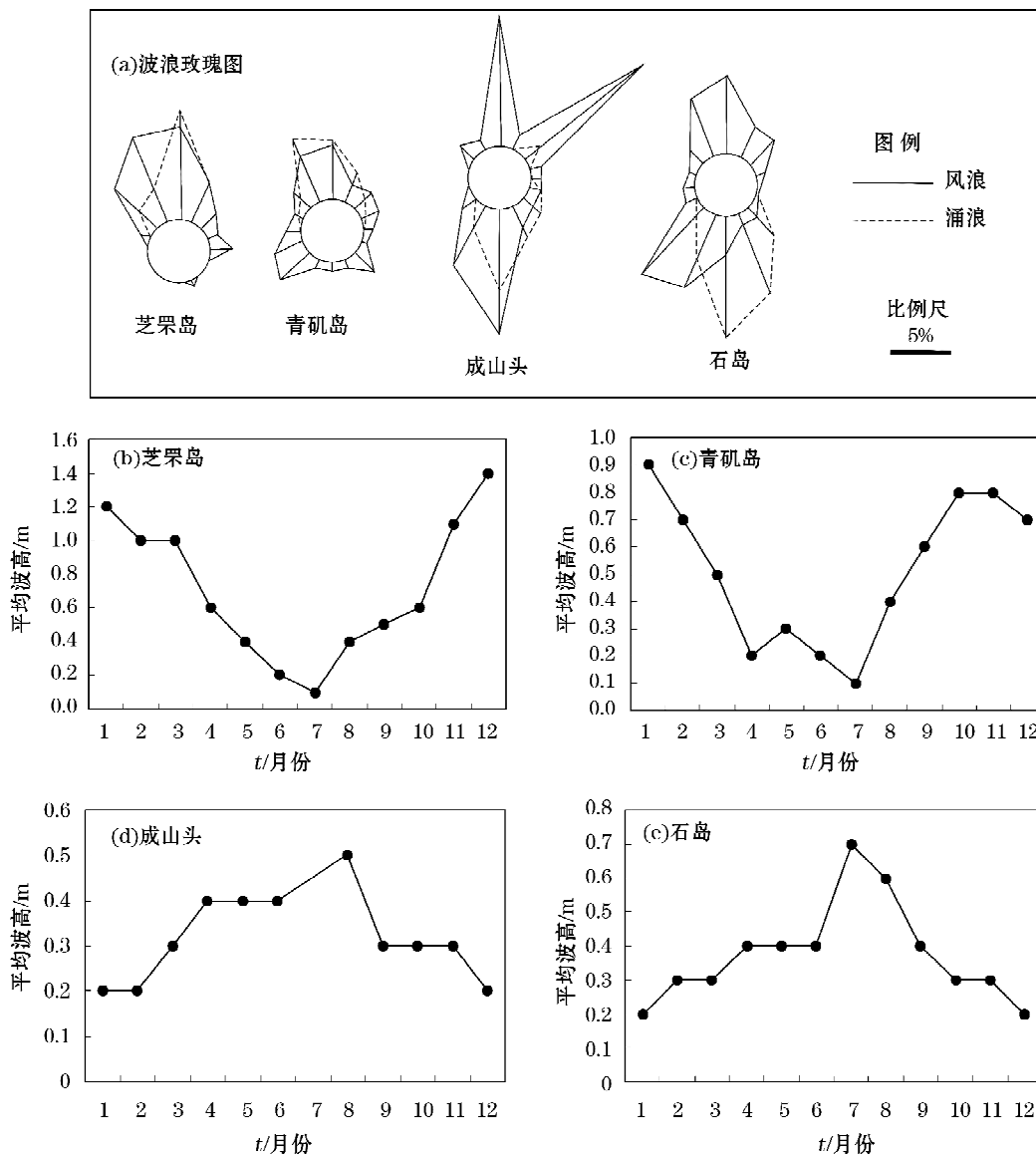


图 8 山东半岛东、北部波浪站波浪玫瑰图和各月平均波高变化^[1]

Fig. 8 Wave rose diagrams and monthly averaged wave heights from the wave stations along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula^[1]

高图反映:北部海岸冬季浪高大,夏季浪高小;而东部则相反,冬季浪高小,夏季浪高大。由于冬季 N 和 NW 向风暴影响,因此北部冬季波高较大。与之相反,东部海岸受控于东风和东南风引起的波浪,因此夏季波高较大。这可以解释北部和东部海滩沙坝的出现和消失。这是由于海滩沙坝易出现在较小的涌浪条件下,而在大风浪时常受到破坏。因此北部和东部海滩沙坝的季节性变化正好相反:北部夏季出现潮间沙坝,冬季消失,而东部剖面夏季剖面较平滑,而冬季易出现潮间沙坝。构造决定着海滩的倾向,而倾向与波浪动力条件有关,这些因素共同影响着海滩的变化。

5 结 语

根据海滩剖面形态、平面形态和 Dean 参数,可以把山东半岛东北部海滩分为 3 种主要的海滩状态类型。北部海滩以消散型和过渡型为主,而东部海滩主要为过渡型和反射型的海滩。海滩的状态主要受到水动力因素的控制,因此,Dean 参数在区域范围内是适用的指标性参数。

季节性变化显示,波浪条件控制山东半岛北部和东部海滩剖面变化。两段海岸季节性波浪的不同,使北部和东部海滩剖面变化趋势也不同。潮间沙坝清楚反映了这种不同。

参考文献(References):

- [1] CHEN Z C. Response characteristics of beach morphologies in an arc-shaped coast to typhoon waves [J]. Chinese Science Bulletin, 1995, 41(12): 1015-1019.
- [2] WANG W J, YANG X W. State and evolution of sandy beaches along the coast of South China [J]. Journal of Tropical Ocean, 1996, 15(4): 9-15. 王文介, 杨雪舞. 华南沿海海滩状态和演变[J]. 热带海洋, 1996, 15(4): 9-15.
- [3] CAI F, CAO H, SU X, et al. Analysis on morphodynamics of sandy beaches in South China [J]. Journal of Coastal Research, 2007, 23(1): 236-246.
- [4] Scientific and Technological Committee of Shandong Province (STCSP). Integrated investigation report on coastal zone of Shandong Province [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1990: 1-793. 山东省科学技术委员会. 山东省海岸带和海涂资源综合调查报告集(综合调查报告)[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 1-793.
- [5] Compilation Committee of "Records of Bays in China" (CCRBC). Records of Bays in China (Volume 3: Bays in north and east of Shandong Peninsula)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991: 179-469. 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第 3 分册(山东半岛北部和东部海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 179-469.
- [6] CUI J R, XIA D X. The relationship between coastal morphology and the characteristics of waves and tides of Shandong peninsula [J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Sea, 1992, 10(3): 20-25. 崔金瑞, 夏东兴. 山东半岛海岸地貌与波浪、潮汐特征的关系[J]. 黄渤海海洋, 1992, 10(3): 20-25.
- [7] MASSELINK G, SIIORT A D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model [J]. Journal of Coastal Research, 1993, 9(3): 785-800.
- [8] ZHOU S L, YAN L F. Analysis and forecast of weather of storm tide in east Shandong [J]. Meteorological science and technology, 2002, 30(1): 37-42. 周淑玲, 闫丽凤. 影响山东半岛风暴潮的分析和预报[J]. 气象科技, 2002, 30(1): 37-42.
- [9] SIIORT A D, MASSELINK G. Embayed and structurally controlled beaches[C]//SIIORT A D. Handbook of beach. Chichester: Wiley, 1999: 142-161.
- [10] KLEIN A H F, BENEDET F L, SCHUMACHER D H. Short-term beach rotation processes in distinct headland bay beach system [J]. Journal of Coastal Research, 2002, 18(3): 442-458.
- [11] XIA D X, WANG W H. Formation and evolution of bays[C]//CHEN Z S, WANG W H, WU S Y, et al. Introduction of Bays in China. Beijing: China Ocean Press, 2007: 179-469. 夏东兴, 王文海. 海湾的形成与发育[C]//陈则实, 王文海, 吴桑云, 等编. 中国海湾引论. 北京: 海洋出版社, 2007: 179-469.
- [12] SILVESTER R, HSU J R C. Coastal Stabilization [M]. Singapore: World Scientific, 1997: 578.
- [13] WRIGHT L D, SIIORT A D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis [J]. Marine Geology, 1984, 56: 93-118.
- [14] SHORT A D. Australian beach systems-nature and distribution [J]. Journal of Coastal Research, 2006, 22(1): 11-27.

- [15] KORMAR P, GAUGHAN M K. Airy wave theory and breaker height prediction[C]//Proceedings of the 13th conference on coastal engineering, ASCP, 1972; 405-418.
- [16] FERGUSON R I, CHURCH M. A simple universal equation for grain settling velocity [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2004, 74(6); 933-937.
- [17] ANTHONY E J. Sediment-wave parametric characterization of beaches [J]. *Journal of Coastal Research*, 1998, 14(1): 347-352.
- [18] JACKSON D W T, COOPER J A G, DEL RIO L. Geological control of beach morphodynamic state[J]. *Marine Geology*, 2005, 216; 297-314.
- [19] ZHANG X L, ZHU M Y, LI R X, et al. Simultaneous and consecutive multi-parameter monitoring of shellfish culture environment[J]. *Advances in Marine Science*, 2004, 22(3), 340-345. 张学雷, 朱明远, 李瑞香, 等. 贝类养殖环境的多参数同步连续监测[J]. *海洋科学进展*, 2004, 22(3): 340-345.

Beach Morphodynamics and Impact Factors on the Beaches in the Northern and Eastern of Shandong Peninsula

ZHOU Liang-yong^{1,2}, XUE Chun-ting^{1,2}, LIU Jian^{1,2}, LIANG Yuan^{1,2}

(1. *The Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China*; 2. *Qingdao Institute of Marine Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China*)

Abstract: Types of beach morphodynamics are divided for the typical beaches along the northern and eastern coasts of Shandong Peninsula based on beach-flat forms, wave-sediment parameters (Dean parameters) and five repeated beach profile surveys carried out from 2003 to 2006. Relationships between the beach morphodynamical types and the wave conditions are also discussed by comparing the differences in seasonal changes of beach profiles in the north with those in the east. The results show that: 1) according to the wave-sediment parameters, which are indicative of division of beach morphodynamical types in the studied areas, the beaches along the northern coast of the peninsula are dominated by a dissipative type and a transition type, whereas along the eastern coast of the peninsula the beaches are mainly composed of a transition type and a reflective type; 2) the forms of beach bars and beach profiles indicate that the beaches along the northern coast of the peninsula have a changing tendency opposite to those along the eastern coast of the peninsula in summer and winter, with the beach bars occurring frequently on the former profiles in summer and on the latter profiles in winter due to small waves; 3) although the northeastern coast of the peninsula is mostly subjected to the actions of waves and tides at the same time, the seasonal changes in wave conditions have played an more important role to the beach morphodynamics of the beaches.

Key words: the northern and eastern of Shandong Peninsula; beach profile; beach inclination; Dean number; beach morphodynamical type

Received: January 19, 2012