

华南砂质海滩的动力地貌分析

蔡 锋^{1,2}, 苏贤泽², 曹惠美², 夏东兴³

(1. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266003; 2. 国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 3. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 为探讨华南砂质海滩的动力地貌学特征, 对不同地理岸段不同地貌形态的 8 个沙滩剖面于冬、夏季进行现场重复调查和室内分析工作。据此, 通过对华南海岸带地质构造、地貌和现代海岸动力环境地域变化的分析, 将华南沿海砂质海岸划分为岬湾岸、沙坝-潟湖岸和夷直岸三种基本海岸地貌类型, 并且从滩面倾向、海岸动力环境影响、季节冲淤变化趋势和滩面沉积物粒径、坡度的动力响应等方面探讨砂质海滩的动力地貌, 得出其受制于多种环境因素的影响, 其中地质构造背景和海平面变化为大尺度的砂质海岸地貌的发育奠定了基础, 而全新世海侵海平面相对稳定后, 海岸动力条件的塑造起着决定性的影响, 浪潮作用指数是其中重要的影响指标。

关键词: 华南海岸; 砂质海滩; 动力地貌

中图分类号: P737.14 文献标识码: A 文章编号: 0253-4193(2005)02-0106-09

1 引言

华南沿海砂质海岸占岸线总长的 1/3 以上^[1], 不同岸段的沙滩海岸地貌特征有着明显的差异。这些沙滩的形成和发育是华南海岸环境演变的一个重要组成部分, 它们的地貌形态、物质组成的时空变化, 既反映了海岸的构造地貌格局, 同时也显现出现代海岸动力过程的塑造作用。笔者在综合分析中国海岸带调查、中国海湾志调查等历史资料的基础上, 于 2002 年 2 月和 2003 年 7 月两次对华南沿海的 8 个不同地理岸段不同地貌形态发育良好的砂质海滩进行现场重复调查。通过分析野外调查成果和前人的资料, 从较大空间尺度的角度探讨了华南砂质海滩的地貌类型及现代海岸动力环境的地域变化对不同岸段沙滩沉积物及其剖面地形的影响。

2 调查内容和方法

(1) 岸滩的地质地貌考察。共进行了 162 站 14

条沙滩剖面调查, 包括对沙滩物质组成、地质构造背景以及对后滨、前滨等地貌单元和滩面的微地貌进行观测, 对重要的地貌单元和微地貌进行摄像。

(2) 沙滩的断面地形测量。对 8 条剖面进行了冬夏季重复地形测量, 测量在最低潮或近低潮时实施, 剖面位置一般选择在海湾中部或直线段的中部, 测量包括后滨(潮上带)和前滨(潮间带); 测量仪器为全站仪, 在冬夏季测量采用相同的自设高程基准, 以便对比研究。

(3) 沉积物调查。在测量剖面的潮上带、潮间带布设短柱状样采样点 2~4 个, 根据沉积物粒度层序的不同分层取样, 采样深度一般为 50 cm。在室内进行物质组成观测和沉积物粒度分析。

3 海岸地貌的构造基础和发育过程

地质构造是海岸形态和地貌发育的基础。华南地区中生代形成的一系列北东和北西向组合的断裂构造, 对华南海岸带地貌形态起明显的控制作用,

许多山脉、河流、海岸岬角、海湾、半岛和岛屿等,其走向、形态和布局均循这两组构造方向发育,使华南海岸呈现棋盘状格局的山地港湾式地貌。另外,沿断裂带发生的中性、酸性岩浆活动所形成的岩体构成众多山地和丘陵,岩石风化剥蚀的物质为形成砂质海滩提供重要物源。

新第三纪以来,华南发生了明显的以间歇性上升为主的块断升降差异性运动。由于此时北西向断裂活动加强,在华南沿海地区形成了一系列断隆和断陷构造区²⁾(图1)。断隆区处于抬升和侵蚀剥蚀过程,形成山丘(或台地);断陷盆地接纳大河流入海洋,在河口区形成块断型三角洲平原和冲积海积平原。因此,华南沿海在海岸类型上表现出山丘(或台地)与平原海岸交错分布的明显特征。

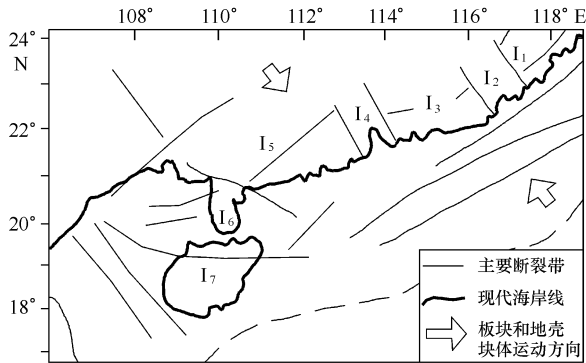


图1 华南沿海地区中生代断裂构造略图

I₁. 闽南隆起, I₂. 韩江三角洲断陷, I₃. 粤东断隆, I₄. 珠江三角洲断陷, I₅. 粤西桂南断隆, I₆. 雷琼断陷, I₇. 琼中南断隆

全新世冰后期海侵时期将华南海岸线大致从现

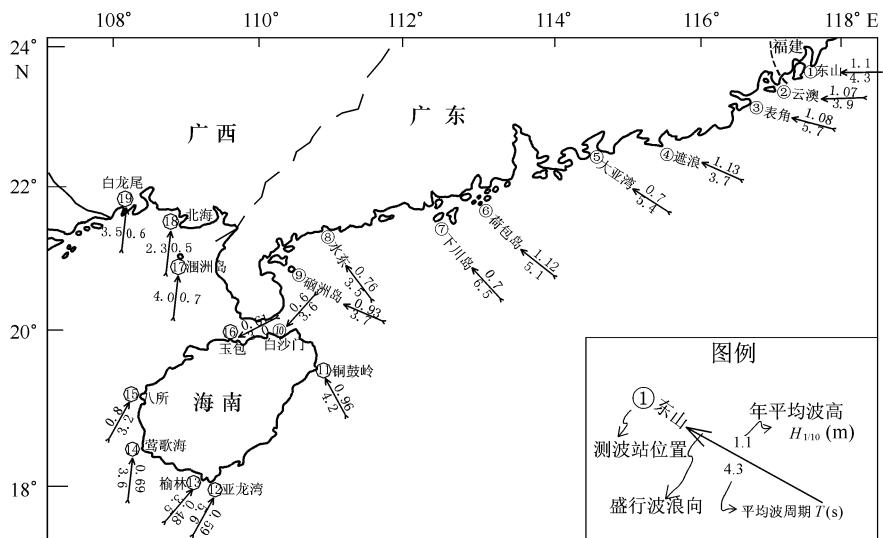


图2 华南沿海波浪状况的地域变化

代陆架边缘推进到现代岸线的位置³⁾,它对华南海岸地貌的现代发育及分布至少造成两种明显后果:第一,原为山间谷地或河谷沉沦为海湾或溺谷,形成各种现代海岸地貌;第二,低海面时期陆架上的古海岸泥沙或古沙坝沙随着海平面上升和滨面后移,在波浪的作用下逐步向陆搬运和沉积⁴⁾,导致华南一些岸段形成规模巨大的具超覆沉积构造(overlap sedimentary structure)的沙坝-潟湖堆积体。

4 华南海岸动力环境的地域变化

波浪、潮汐、径流和风等外动力是塑造海岸地貌的重要因素,其中波浪向岸传播引起的质量输送流、破碎波产生的沿岸流及海岸水体堆积引起的离岸流等近岸流系对砂质岸滩的形成和发育是最具活跃的动力因素,然而近岸波场中波能的分布又与潮差大小有关。因限于篇幅,下面仅对波浪和潮汐的地域变化作分析。

4.1 波浪状况的变化

华南沿海除粤中外,海浪波型均以风浪为主。风浪受季风气候的影响,冬季波向主要是北东,夏季为偏西向,春季、秋季为常波向的交替时期。最大波高出现在夏季、秋季的台风季节。由于华南大陆轮廓向南东凸出,并且北东向季风强于南西和南东向季风,故东部地区和海南岛东岸冬季波高大于夏季的,其余地区大部盛行偏南向浪。据文献[5~10]报道的测波资料,经整理和分析,华南沿海各地盛行波浪向、十分之一大波波高及波周期的年平均值可归纳如图2所示。从图2可以看出:

(1) 盛行波浪向的地域变化自闽南至粤西大体从东北向以顺时针方向逐步偏转为南东向, 到雷州半岛东侧反转成近东向, 至琼州海峡进一步变为北东向, 但在海南岛东岸又恢复为南东向, 而在海南岛南岸和桂南沿岸均基本为南向略偏西;

(2) 年平均波高的分布具有自东往西逐渐降低的趋势, 即闽南、粤东沿海在 1.0 m 以上; 粤中至粤西除荷包岛外大多为 0.6~0.9 m, 桂南沿海为 0.5 m 左右; 在海南岛东、西沿岸大体大于南、北沿岸, 这种变化与经台湾海峡南下的北东向季风首先影响华南东部海区的波浪成长有关。

4.2 潮汐类型及潮差的变化

华南沿海潮汐除东部局部地区受来自台湾海峡传入潮波的影响外, 主要是由太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡传入南海后而形成的。由于受地理条件的影响, 潮波在向西传播过程中发生了变化, 因而各地潮汐类型有所差异 (图 3)。潮差大小虽然在某些程度上也受地形、径流和季节变化等因素的影响, 但主要取决于地理上的分布。从图 3 可以看出, 华南沿海各地年平均潮差具有以下分布特点: 闽南沿岸和桂南沿岸潮差最大, 平均大于 2 m, 前者受台湾海峡潮波传入的影响, 后者乃地处北部湾湾顶之故; 雷州半岛东、西两侧潮差次之; 粤东、粤中和琼州海峡以及海南岛东岸和南岸的潮差较小, 一般小于 1 m。

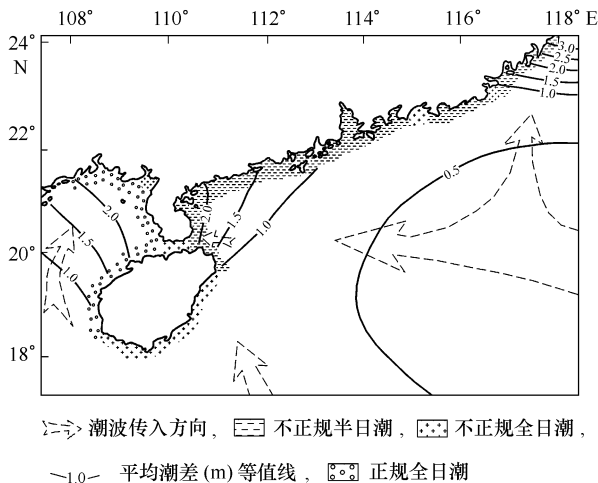


图 3 华南沿海潮波系统、潮汐类型及潮差分布略图 (据文献 [5])

4.3 浪潮作用指数值的沿岸变化

砂质海滩的剖面形态、滩面沙粒大小和演变趋势主要取决于波浪和潮汐的强弱及彼此消长, 其关系一直是海岸地貌工作者关注的课题。著名的

Hayes 海岸类型模式就是基于潮汐和波浪相对强度的差别而作出的分布区限^[11, 12]。夏东兴和崔金瑞^[13]引入浪潮作用指数(K), 并定义 $K = 2.5H/R$, H 为 $H_{1/10}$ 平均波高, R 为平均潮差, 同时得出 $K > 1$ 时形成浪控地貌, $K < 1$ 时形成潮控地貌, K 接近 1 时发育过渡型地貌, 为判别海滩状态对水动力环境的响应特征提供了定量的指标。嗣后 Masselink 和 Short^[14] 也提出一个类似的无量纲参数 (RTR), 从潮差影响的角度来描述海滩特点。本文拟利用 K 值作为海岸动力因子来探讨华南各砂质海滩的动力地貌学特征。对此, 就图 2, 3 及相关资料进行了分析、整理和计算, 并且将各岸段海区的 K 值示于图 4。由图 4 的 K 值分布可看出: (1) 除桂南沿海为潮控海岸外, 其余岸段大部为浪控海岸; (2) 闽粤沿海的 K 值以粤东为最大, 并且逐步往东、西两侧减小; (3) 海南岛东岸的 K 值大于西岸的。

5 华南砂质海岸的地貌类型

有关海岸地貌的分类方案较多, 所考虑的主要因素及其分类标准很不统一^[15-23]。国内大多采用文献 [21] 所确定的原则对海岸类型进行分类, 但该分类方案中对砂质海岸的地貌类型未作进一步划分。陈欣树^[1] 将华南砂质海岸狭义地划分为古滨岸砂质堆积体 (老红砂阶地) 和现代岸堤砂堆堆积体两种地貌, 后者又按发育形式和外动力特点再分为 7 种类型。本文的所谓砂质海岸泛指砂质海滩依托的海岸地貌的形态结构。鉴于陆源 (非海洋生物骨壳) 砂质海滩分布广泛, 可处在不同的气候带, 可背依不同陆地地貌单元, 但岸与滩往往是不可分割的统一体, 两者不仅唇齿相依, 在物质来源和成因上密切相关, 而且由于不同岸段海洋动力条件的差别, 海滩状态也有所不同。因此, 这类海岸的地貌形态与组合具有明显的区域差异。下面笔者权且按岸滩形态组合特征和成因将华南砂质海岸地貌划分为岬湾岸、沙坝-潟湖岸和夷直岸三种基本类型, 并将各类型砂质海岸的可能分布岸段示于图 4 (本文仅讨论陆源砂质海滩的动力地貌特征)。

5.1 岬湾岸型

华南沿海形成众多湾口朝向南西或南东的岬湾海岸, 这种类型的砂质海岸的分布十分普遍。在基岩岬角之间开敞海湾内, 由于波浪作用, 波场中的物质通过沿岸输沙和横向输沙一般形成对称弧形或不规则弧形的砂质海滩。其地貌特征为台地或山丘临海,

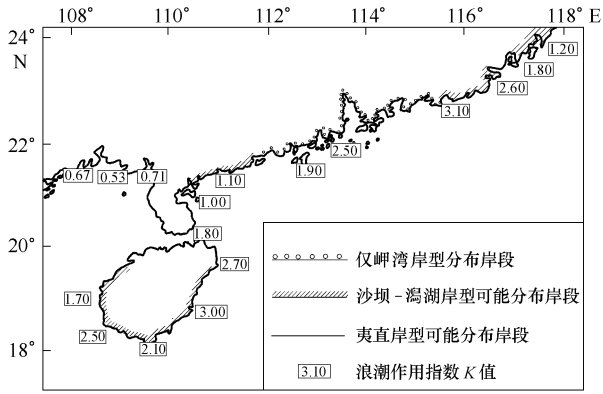


图4 华南沿海砂质海岸的地貌类型及其特征分布岸段

岸线曲折,基岩岬角凸出(图5);砂质海滩的长度较小,一般仅有数十至数百米。砂质物源主要来自注入海湾的小型山地河流搬运或海岸的侵蚀物。动力条件通常属浪控海岸, K 值多大于 1。

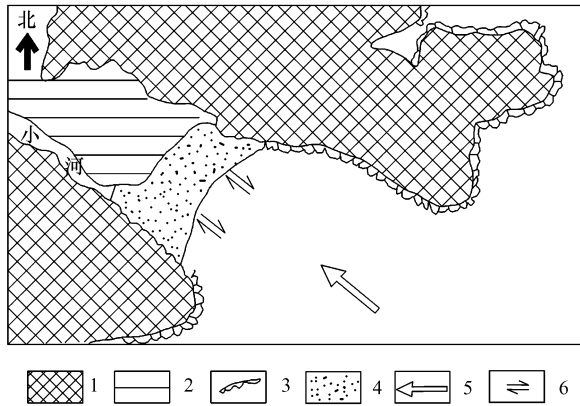


图5 华南岬湾型沙质海岸的主要地貌模式示意图

- 1. 山地、丘陵或台地, 2. 洪冲积平原, 3. 岩滩, 4. 砂质海滩,
- 5. 盛行波浪向, 6. 泥沙主要运输方向

5.2 沙坝-潟湖岸型

华南沙坝-潟湖型砂质海岸主要分布在粤东、粤西和琼东等岸段。本类型海岸通常由离岸沙坝及其封闭的潟湖组成,它的次一级地貌单元有拦湾沙坝、潟湖、潮汐通道和涨、落潮三角洲砂体等。拦湾沙坝显然是其中关键的地貌形态结构,它的形成和演变直接维系着整个地貌体系的生成和发育。华南沿海拦湾沙坝地貌按形态和成因可分为三种主要类型:(1)沙坝砂体,呈条带状平行岸线分布,大多是全新世海侵时陆架泥沙随海面上升在波浪作用下向岸迁移堆积而成,其特点为规模宏大,具超覆沉积构造⁴¹,如粤西水东港和琼东港北港沙坝-潟湖海岸;(2)沙嘴砂体,呈长条状离岸障壁体平行或斜交岸线

分布,头端常弯曲,乃斜向海岸入射波浪引起的沿岸输沙而成,如闽粤交界宫口湾之渡西沙坝-潟湖海岸;(3)连岛砂体,泥沙在岛屿后面波影区堆积至陆岸,如粤东碣石湾白沙沙坝-潟湖海岸。华南的这种砂质海岸地貌类型的主要特征如下:其一,通常居于岬控海湾之内,沙坝一端靠陆,另一端向湾中伸长;其二,由于海滩对动力条件和供沙状况的变化具有自调响应,以达到泥沙作动态平衡迁移的机能,故沙坝滨线一般呈内凹弧形或半心形,形成了 Silvester²⁴¹ 所描述的对数螺线形态 (logarithmic spiral);第三,华南沿海盛行波浪向主要是东北东或南东向,以致许多沙坝-潟湖海岸呈螺线形岸线,其切线均位于海湾西侧,而弧形遮蔽带及潮汐通道则居于海湾东侧(图6)。

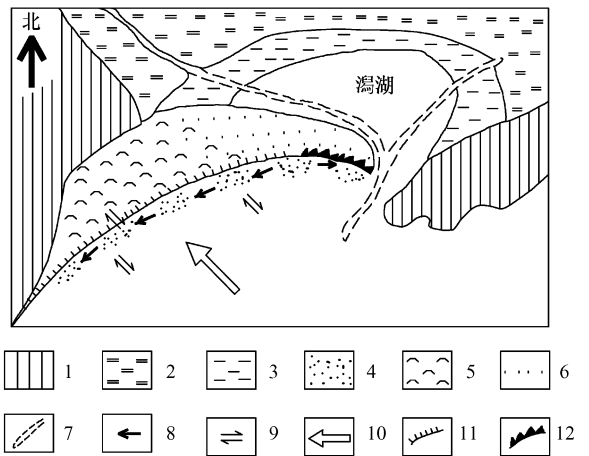


图6 华南沙坝-潟湖型砂质海岸的主要地貌模式

(据李春初⁴¹资料,但本文作了适当修改)

- 1. 丘陵、台地或阶地, 2. 海积平原, 3. 粉砂淤泥质潮坪, 4. 砂质海滩和沙嘴, 5. 沙丘, 6. 沙坝脊, 7. 潮汐通道, 8. 沿岸输沙方向,
- 9. 向岸离岸输沙方向, 10. 盛行波方向, 11. 侵蚀岸段,
- 12. 淤积岸段

5.3 夷直岸型

夷直岸型砂质海岸主要分布在以新构造期形成的断陷盆地和断陷区(如韩江三角洲断陷和雷琼断陷)为背景的河口三角洲平原岸段和粤西桂南断陷区内由下更新统湛江组和中更新统北海组地层组成的古洪冲积平原岸段。这些岸段的第四纪沉积层厚度大,海相层和陆相层多次交替叠置,其岩性一般为砾砂、砂、砂质黏土和黏土质粉砂等质地疏松的陆源碎屑沉积物,是典型的软质海岸。全新世海侵海面相对稳定后上述岸段平原边缘由于缺乏基岩岬角(或岛礁)对向岸入射波浪的遮挡,整个岸段在波浪直接

而长期的塑造下自我调整响应机能,以致形成的砂质海岸较为平直. 夷直岸型砂质海岸的地貌特征如下:(1) 海岸地势低平, 岸线平直, 不见基岩岬角;(2) 由于原始岸坡坡度小, 向岸入射波浪的波能较为分散, 滨海输沙能力弱, 常形成以细粒砂为主的宽阔平

缓且长度较大的海滩;(3) 岸滩地貌呈现弱侵蚀堆积状态, 少见潟湖、沙嘴或沿岸沙坝之类的明显堆积地貌或岩礁、砂砾滩等强侵蚀地貌. 将本文研究区各砂质海滩的海岸地貌类型列于表 1.

表 1 本文研究砂质海滩的海岸地貌构造背景

研究区海滩名称	编号	区域新构造环境	砂质海岸地貌类型
闽南东山岛金銮湾沙滩	A	闽南隆起	岬湾岸型
粤东碣石湾白沙沙滩	B	粤东断隆	沙坝-潟湖岸型(连岛砂体类型)
粤中高栏岛飞沙滩	C	珠江三角洲断陷	岬湾岸型
粤西水东港虎头山沙滩	D	粤西桂南断隆	沙坝-潟湖岸型(沙坝砂体类型)
琼东云龙湾沙滩	E	琼中南断隆	岬湾岸型
琼东港北港沙滩	F	琼中南断隆	沙坝-潟湖岸型(沙坝砂体类型)
琼南亚龙湾沙滩	G	琼中南断隆	岬湾岸型
桂南北海银滩沙滩	H	粤西桂南断隆	第四纪沉积层夷直岸型

6 华南砂质海滩动力地貌学特征探讨

地质构造、海平面变化和海洋动力条件对海岸形态的发育均有极大的影响. 尽管砂质海滩可背依不同的陆地地貌单位, 但后者之地质和构造基础在宏观尺度上为其形成、演变提供了背景条件及一定的物质来源是无可置疑的, 这从上述不同砂质海岸类型的海滩具有不同地貌形态特点可以明显看出.

砂质海滩以前滨滩面(即正常潮间带滩地)为主要组成部分, 其沉积物横向活动范围一般还包括陆侧的后滨和向海侧的近滨. 笔者在 2002 年 2 月(冬季)和 2003 年 7 月(夏季)对华南沿海 8 个海滩剖面进行重复测量主要侧重于后滨和前滨. 现将各沙滩剖面地形的冬夏季变化示于图 7, 图中标出后滨和前滨的分界点和滩面沉积物的平均中值粒径以及所处海区的浪潮作用指数(K 值). 为便于分析对比, 还将各个砂质海滩的 K 值变化与其滩面沉积物中值粒径和平均坡度(β 值)的相关关系示于图 8. 根据图 7 和 8 的实测资料, 并且综合有关海岸地貌, 我们拟从下面四个方面讨论华南沿海砂质海滩的动力地貌学特征.

6.1 滩面倾向

由图 7 可见, 研究区砂质海滩之横向剖面方向一般朝向东南, 即滩面倾向以南东为主, 这与华南的地质构造背景不无相关. 据卢演侑和丁国瑜^[25], 华

南沿海地带在新构造期一系列走向北东和北东的断裂和向南东弯曲的弧形断裂带作压扭性运动, 制约着该区海岸线的分布, 而与之伴生的一系列短而不连续的北西向断裂则表现为张性或张扭性变形. 这种情况在使华南海岸带凸显向南东突出的圆弧特征的同时, 也造就了华南沿海海湾湾口多数朝向东南. 全新世海侵后, 海滩的形成受原始岸坡的影响和现代华南沿海盛行波主要为南东的浪向的作用, 显然这也是滩面大多倾向南东向的重要因素.

6.2 海岸动力环境影响

从图 4 可以看出, 华南沿海的浪潮作用指数一般大于 1, 因而多数砂质海滩滩面形成坡度较大的浪控地貌. 本文调查的海滩中仅桂南北海银滩沙滩(见图 7 中 H 剖面)例外, 该海滩地处北部湾湾顶, 由于波能小、潮差大(K 值仅为 0.53), 其前滨滩面在原始岸坡较小的古冲洪平原上形成了以细砂为主的宽阔平坦的潮控地貌.

6.3 季节冲淤变化趋势

华南沿海风浪受季风气候的影响, 冬季波向以东北向为主, 夏季为偏南向浪(多数为南东向, 北部湾沿海等局部地区为南西向), 从图 7 各沙滩的冬夏季地形剖面变化可看出:

(1) 岬湾岸型沙滩(A, C, E 和 G 剖面)夏季与冬季相比, 其前滨滩面呈现淤涨, 并且随 K 值增大有加强的趋势. 这体现了海岸形态的控制作用, 即多数

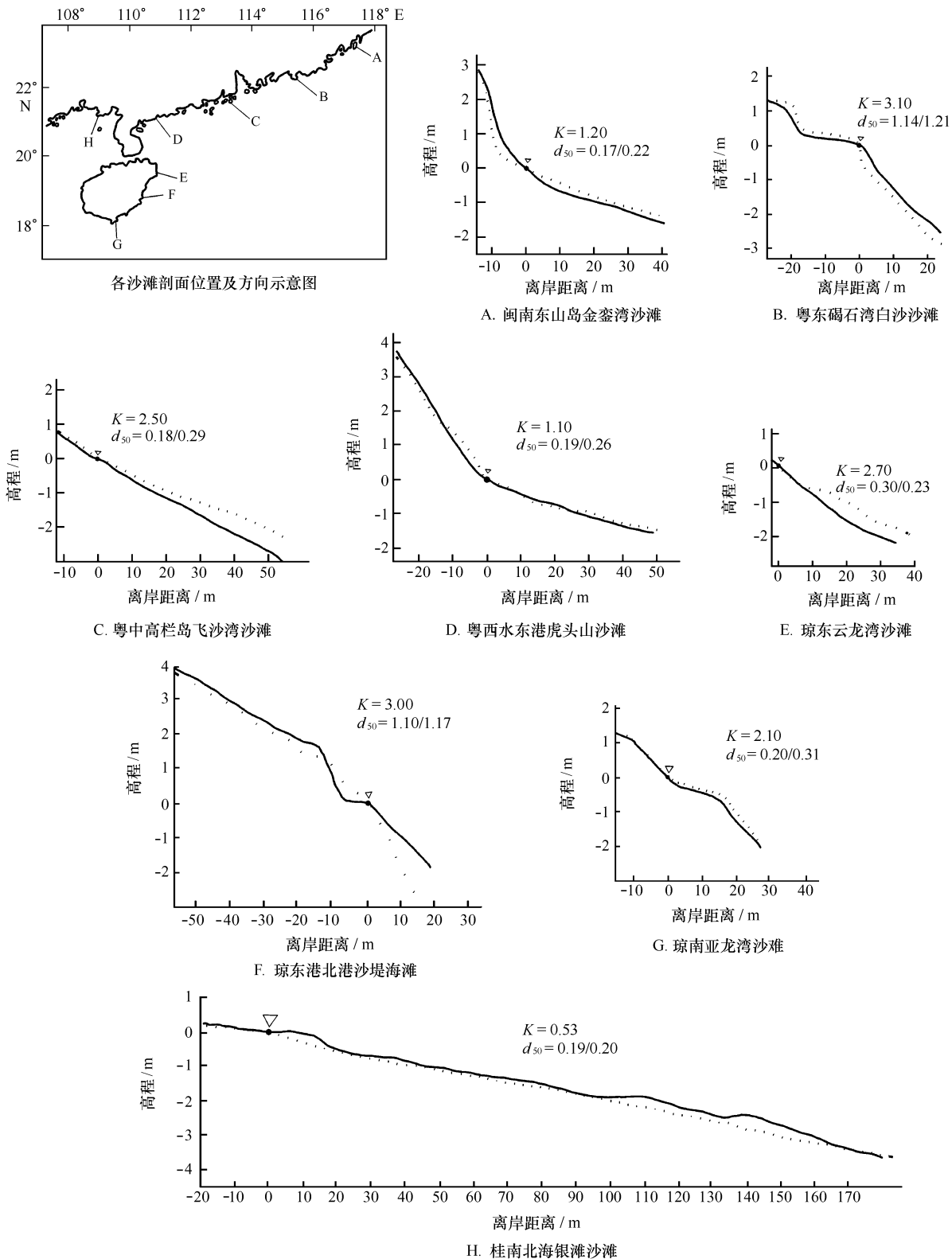


图7 华南沿海几个主要砂质海滩剖面地形的冬夏季变化

纵坐标和横坐标均以平均大潮高潮的痕迹线所形成的水陆交界线为0点(°). d_{50} (冬/夏)为滩面沙粒的中值粒径(mm).
 实线剖面于2002年2月测量(冬季剖面), 虚线剖面于2003年7月测量(夏季剖面)

岬湾朝向南东有利于夏季常波况条件下偏南向浪的向岸输沙,同时也表明海区的 K 值大小与沙滩的季节性变形程度有着正相关关系;

(2) 沙坝-潟湖岸型沙滩(B, D 和 F 剖面)的冬夏季冲淤变化与岬湾岸型沙滩有所不同,它基本处于相对侵蚀状态,并且 K 值越大,侵蚀越明显;从图 6 华南沙坝-潟湖岸型砂质海岸的主要地貌模式可看出,当夏季波向与其直接入射岸段滨岸的走向斜交时,波能流沿岸分量造成的沿岸输沙方向通常往西,而且沿岸输沙率的沿程变化一般有往西增大的趋势,使得沙坝下游直线岸段的沙滩处于侵蚀状态;本文实测的沙滩剖面位置均位于直线岸段,故夏季呈现了侵蚀趋势。

(3) 夷直岸型沙滩(H 剖面)冬夏季的冲淤变化趋势与沙坝-潟湖岸型沙滩有些类似,但 H 沙滩剖面处在北部湾北岸,其沿岸输沙方向和量值略有不同。

6.4 滩面沉积物粒径和坡度的动力响应

由图 8 可见,各实测沙滩的 d_{50} 及 β 角均与 K 值成较明显的正相关关系,这表明 K 值是制约沙滩滩面状态的重要动力影响因子。

6.4.1 沉积物粒径的变化

图 8 显示出沙滩夏季剖面的 d_{50} 值多数大于冬季的,仅琼东海滩(E 和 F 剖面)例外。如图 7 所示, E 和 F 剖面方向基本向东,该两岸段冬半年盛行的东北向浪相对于华南沿海其他岸段不仅风区较长,而且能量较高,使之在冬季具较强动力条件,从而冬夏季滩面沉积物的 d_{50} 值的变化不同于其他岸段,但华南多数岸段冬半年的东北浪向一般成离岸浪,相对而言,夏半年偏南向浪的直接向岸入射则起明显的作用,以致夏季的 d_{50} 值通常大于冬季的。这说明滩面沉积物粒径大小主要受制于 K 值的作用,季节风浪向变更以及沙滩剖面的地理位置与方向等因素也具有一定的影响。

6.4.2 前滨滩面坡度的变化

图 8 显示冬季剖面的 β 角一般大于夏季剖面的,只有琼东港北港沙堤海滩($K=3.0$)例外。关于海滩的形态, Wright 和 Short^[26] 把之区分为消散型和反射型二种极端状态和四种中间类型。王文介和杨雪舞^[27] 认为华南沿岸砂质海滩在正常波况条件下处于消散优势型和反射优势型之间的海滩形态占优势,我们上述的观测资料与他们报道的结果是基本一致的,对此作如下解释:冬半年华南沿海涌浪

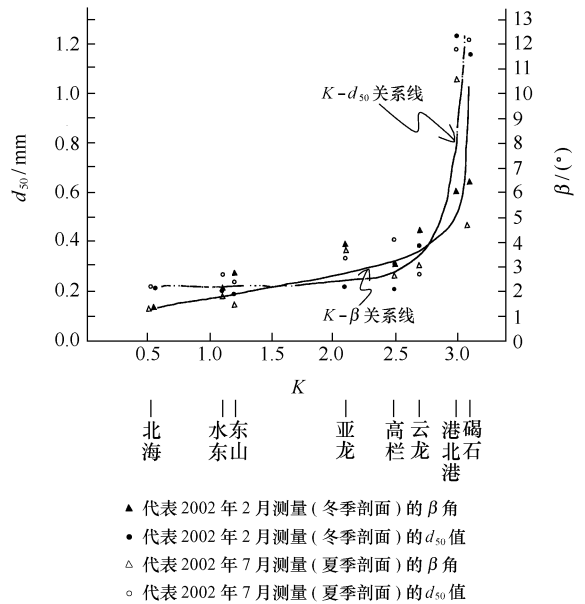


图 8 华南沿海几个主要砂质海滩浪潮作用指数(K)与滩面沙粒中值粒径(d_{50})和平均坡度(β 角)的关系

较多,波周期长,沙滩剖面多具较强的反射性,其后滨常呈明显滩肩形态,故多数滩面坡度较大;夏半年风浪较盛行,波周期短,有时还受到热带风暴和台风浪的冲击,沙滩呈较强的消散性,此时多数沙滩的后滨滩肩泥沙向海移,形成系列平行海岸的沙坝,滩面坡度普遍变缓。至于琼东港北港沙堤海滩出现比较反常的现象,可能主要是由于该海滩滩面朝向东北东方向,又海区潮差小, K 值很大,冬季这一岸段较强的北东-东北东向风浪对滩面正面冲击,使海滩剖面呈现相对强的消散型;夏季在偏南向风浪的斜向冲击下,尽管有较强的沿岸输沙量,但向海输沙减弱,同时还由于岸坡陡、 K 值大、入射波能量的高度集中,使波浪抵达滩面后往来不及破碎就直接冲上沙滩,而波浪冲流的高程大必然在后滨形成了高滩肩,因此滩面 β 角明显大于冬季的。

7 结语

从上述华南沿海砂质海滩的动力地貌分析得出,沙滩的地貌形态受制于海岸的地理位置、构造背景、岸线走向、海洋动力条件及沙源供给等多种沉积环境因素的影响。区域地质历史过程中发生的构造运动和海平面变化为大尺度的砂质海岸地貌的发育奠定了基础,而全新世海侵海平面相对稳定后,在现代海岸动力条件下发生的滨海输沙中沙滩沉积物补给、迁移和堆积等作用所进行的冲淤调整对其滩面

状态起着决定性的影响, 其中浪潮指数 K 值是反映 这种变化的重要指标。

参考文献:

- 1] 陈欣树. 广东和海南岛砂质海岸地貌及其开发利用 [J]. 热带海洋, 1989, 8(1): 43—51.
- 2] 刘以宣. 南海新构造与地壳稳定性 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 108—133.
- 3] 张虎男, 赵红梅. 华南沿海晚更新世晚期—全新世海平面变化的初步探讨 [J]. 海洋学报, 1990, 12(5): 620—630.
- 4] 李春初. 华南港湾海岸的地貌特征 [J]. 地理学报, 1986, 41(4): 311—320.
- 5] 《中国海岸带水文》编写组. 中国海岸带水文 [M]. 北京: 海洋出版社, 1995. 132—172.
- 6] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第八分册(福建南部海湾) [M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 443.
- 7] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第九分册(粤东海湾) [M]. 北京: 海洋出版社, 1998. 403.
- 8] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十分册(粤西海湾) [M]. 北京: 海洋出版社, 1999. 394.
- 9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十一分册(海南省海湾) [M]. 北京: 海洋出版社, 1999. 406.
- 10] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十二分册(广西海湾) [M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 335.
- 11] HAYES M O. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime [A]. LEATHERMAN S P. Barrier Islands [C]. New York: Academic Press, 1979. 1—27.
- 12] DAVIS R A, HAYES M O. What is a wave dominated coast? [J] Marine Geology, 1984, 60(1/4): 313—329.
- 13] 夏东兴, 崔金瑞. 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.
- 14] MASSELINK G, SHORT A D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model [J]. Journal of Coastal Research, 1993, 9(4): 785—800.
- 15] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理: 地貌 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 313—332.
- 16] 刘以宣. 海岸与海底 [M]. 北京: 海洋出版社, 1982. 7—12.
- 17] 任美镔, 张忍顺. 潮汐汉道的若干问题 [J]. 海洋学报, 1984, 6(3): 352—360.
- 18] 柯马尔 P D. 海滩过程与沉积作用 [M]. 邱建立, 庄振业, 催承琦译. 北京: 海洋出版社, 1985. 8—26.
- 19] 王宝灿, 黄仰松. 海岸动力地貌 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1989. 91—259.
- 20] 王 颖, 朱大奎. 海岸地貌学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1994. 94—243
- 21] 陈吉余, 黄金森. 中国海岸带地貌 [M]. 北京: 海洋出版社, 1995. 51—92.
- 22] 罗宪林, 李春初, 罗章仁. 海南岛南渡江三角洲的废弃与侵蚀 [J]. 海洋学报, 2000, 22(3): 55—60.
- 23] 杨世伦. 海岸环境和地貌过程导论 [M]. 北京: 海洋出版社, 2003. 9—16.
- 24] SIL VESTER R. Ecological effects of various coastal defense systems [A]. BANNINK B A, BROEDERS W P A, KNOESTER M, et al. Integration of Ecological Aspects in Coastal Engineering Projects (PART 2) [C]. Oxford: Pergamon Press, 1984. 355—365.
- 25] 卢演铸, 丁国瑜. 中国沿海地带新构造运动 [A]. 中国科学院地学部. 海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 63—74.
- 26] WRIGHT L D, SHORT A D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis [J]. Marine Geology, 1984, 56(1/4): 93—118.
- 27] 王文介, 杨雪舞. 华南沿海沙滩状态和演变 [J]. 热带海洋, 1996, 15(4): 9—16.

Analysis on morphodynamics of sandy beaches in South China

CAI Feng^{1, 2}, SU Xiarr ze², CAO Hui-me¹, XIA Dong-xing³

(1 College of Earth Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2 Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China; 3 First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Abstract: Eight profiles of sandy beaches distributed in different geographical coast sections and different coast geomorphologies were repeatedly surveyed on the spot in winter and summer and analysed in laboratory to discuss the morphodynamics of the sandy beaches along the coast of South China. On the basis of the research, combined with the analysis on the coastal geological structure, geomorphology and the char

ges of modern coastal dynamical environments with geographical location, the sandy coast of South China is differentiated into three basic types of coastal geomorphology: cape bay coast, barrier lagoon coast and straightened coast. The morphodynamics of the beaches were studied through the analysis on the beach ircline, coastal dynamic changes, the seasonal scouring silting changes tendency, the sediment grain size of the beach face and the dynamic response of beach slope. The results show that the morphodynamics was enslaved to many environmental factors, in which geological structure background and sea level changes played an important base for the development of the geomorphology of sandy beaches in a large scale distribution. After the Holocene transgression, the sea level was relatively stable, the moulding action of modern coastal dynamic condition became decisive, and the index of tide-wave was an important factor.

Key words: coast of South China; sandy beach; morphodynamics