

黄、渤海海岸风沙地貌类型及其 分布规律和发育模式*

傅命佐 徐孝诗 徐小薇

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266003)

摘要 于1990—1994年, 对黄、渤海海岸风沙地貌、风沙沉积、风沙灾害和土地沙漠化现象进行详细的外业调查、测量和填图。在此基础上, 利用GIS技术原理, 对海岸风沙地貌进行系统的分类研究, 对海岸风沙地貌分布规律和发育模式进行较深入的探讨。结果表明, 研究区风沙地貌、风沙灾害和土地沙漠化现象主要分布在冬、春季气候干旱、风力强而持久、砂源丰富的渤海海岸和山东半岛北岸的砂质海岸地区, 海岸沙丘和风成砂地总面积达700多 km^2 , 海岸风沙地貌的发育模式受地貌背景、海岸带风场和砂源条件的控制。

关键词 海岸风沙地貌 分布规律 发育模式

黄、渤海海岸沙丘, 已有不少学者从不同的角度进行了研究(王颖等, 1987; 蔡爱智, 1980; 李善为等, 1985; 高善明等, 1980; 高善明, 1983)。但到目前为止, 尚无对本区海岸风沙地貌进行详细的分类研究。本研究尝试对黄、渤海海岸风沙地貌进行系统的分类, 并探讨它们的分布规律和发育模式。

1 研究方法

1990—1994年作者在详细的外业调查、测量和填图资料的基础上, 利用GIS技术原理, 对海岸风沙地貌进行系统的分类, 并根据海岸风沙地貌结构、分布规律和现代动力地貌过程的调查结果, 结合海岸带气候、地貌和砂源条件的分析, 探讨海岸风沙地貌的发育模式。

2 研究结果

2.1 主要海岸风沙地貌类型及其分布特征

外业调查、测量和填图分析、统计结果表明, 黄、渤海海岸受风沙作用的岸线长达1000多 km 。风沙地貌主要分布在渤海海岸和山东半岛北岸地区。主要风沙地貌类型为风成沙丘和沙地, 分布总面积达700多 km^2 。主要风沙地貌类型及其分布特征如下。

2.1.1 海岸沙丘

2.1.1.1 横向沙丘

抛物线沙丘 在黄、渤海海岸滩脊阶地和滩脊平原上广泛分布, 是海岸沙丘的主要类型。冀东滦河口—洋河口和秦皇岛湾的沙丘链, 大多由抛物线沙丘组成。单个沙

* 国家海洋局海洋科技发展基金资助项目, 8912号。傅命佐, 男, 出生于1958年2月, 研究员。

收稿日期: 1994年10月12日, 接受日期: 1995年12月26日。

丘的脊线呈向西南或西凸出的马蹄形,西南坡—西坡陡而凸,东北坡—东坡平缓而凹进,沙丘和沙丘链总体向西南或西移动。山东半岛北—西北岸和辽东半岛西北岸滩脊阶地上的沙丘链也多由抛物线沙丘、复合抛物线沙丘组成,牟平县外蹦—文登北海林场—威海市双岛林场的抛物线沙丘形态最典型,沙丘脊线呈马蹄形,两条丘臂长,指向北或西北,指示它们是由北向和西北向强风形成的(图1)。

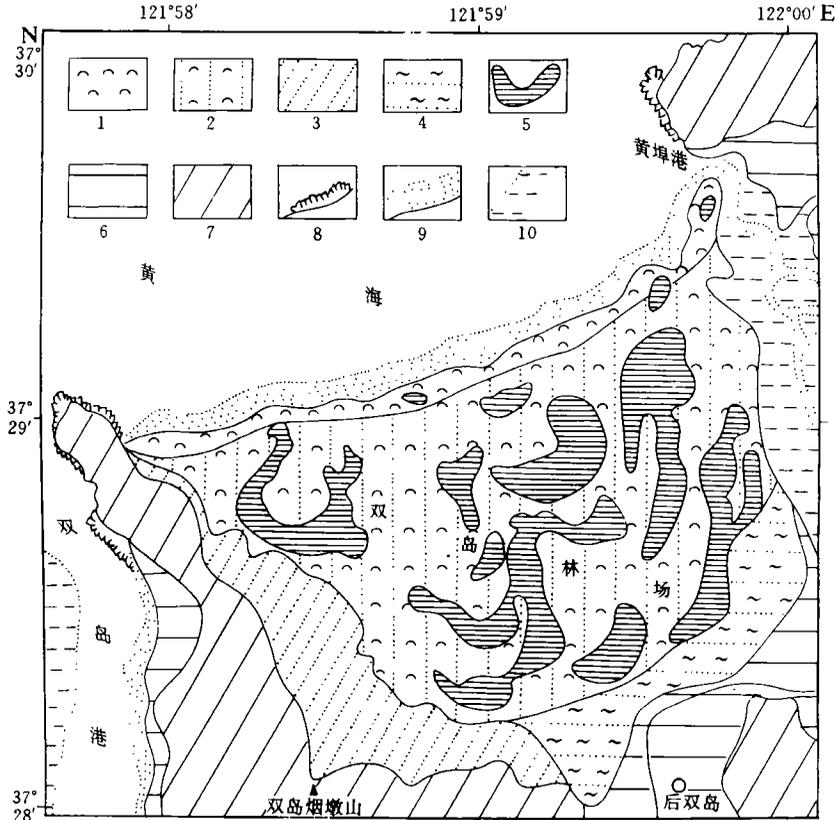


图1 威海市双岛林场风沙地貌图

Fig. 1 The aeolian geomorphic-type map of Shuangdao Beach Forest Field of Weihai City

1. 岸前沙丘带; 2. 小型抛物线沙丘及沙垄起伏的风成沙地; 3. 倾斜的风成沙地; 4. 平坦的风成沙席;
5. 沙丘; 6. 平原; 7. 丘陵; 8. 岩滩; 9. 沙滩; 10. 泥滩。

新月形沙丘 黄、渤海海岸没有典型的流动新月形沙丘,少数沙丘在某些季节具有类似新月形沙丘的特征,如文登市双岛港西侧的“沙珠”和海阳县潮里村南海岸大沙丘。它们的脊线都近东西向延伸,北坡缓而凹进,南坡较陡而呈弧形凸出,北东翼的丘臂长20—30m,指向北,西侧丘臂呈弧形向NWW缓慢伸展。冬季在北向风作用下,滑落面朝南,是较典型的抛物线沙丘;夏季在南向风作用下,滑落面位于北坡上部,朝北的丘臂变成两翼前进角,沙丘形态呈新月形。此外,山东半岛北岸的一些滩脊阶地上有固定、半固定的新月形沙丘或沙丘链分布,如烟台胜利东村—曲家台子—园艺

场一带的沙丘和沙丘链。冀东昌黎海岸的沙丘链,有些也是由新月形沙丘组成的。

横向沙脊 系脊线与海岸线平行或近于平行的风成沙脊。广泛分布在海岸沙坝、沙嘴和滩脊阶地上。海岸沙坝、沙嘴和滩脊阶地前沿的横向沙脊(岸前横向沙脊)规模较小,一般高仅为 5—8m,相对高度为 2—5m,多呈流动或半固定状态,剖面上具有“二元结构”:上部为风成砂盖帽,下部为较粗砂组成的沙坝或老海滩沉积层。海岸滩脊阶地上的横向沙脊(后岸沙脊)规模较大,多由沙丘链组成,剖面上具有典型的沙丘前积层理和顶积层理。山东半岛北岸—西北岸的后岸横向沙脊高度多在 10m 以上,有的高达 20—30m,由抛物线沙丘链或新月形沙丘链组成,大多分布在滩脊阶地的向陆侧边缘或海岸山麓剥蚀准平原上。这些沙脊(沙丘链)都已有固沙防护林固定。河北昌黎县滦河口—大蒲河口海岸滩脊平原上的横向沙脊规模巨大,有半固定的和加积性的两种。半固定横向沙脊分布在滦河—前七里庄之间的沙丘带,脊线延伸方向近南北向或 NNE 向,主要是抛物线沙丘链,平面上表现为细长的沙脊,沙脊四周有防护林,脊间低地上亦有低矮的灌丛、草丛沙丘分布,但沙脊顶部裸露,仍有一定活动(图 2)。加积性横向沙脊位于岸前低沙丘带之后或直接濒临海滩,平行海岸延伸,沙脊主要由抛物线沙丘组成,脊线尖棱而蜿蜒起伏,总延伸方向为 NNE 向(图 2)。由于得到来自海滩和岸前沙丘带的风成砂源源不断的供应,沙脊不断增高。北空育虾场—新开口的海滨大沙丘链高度在 50 年代时多不足 30m,现多在 30m 以上,少数沙丘高达 40m 以上。

2.1.1.2 纵向沙丘

新月形沙垄 在两组风向成锐角相交的盛行风交替作用下,新月形沙丘的一侧翼角不断发育向前伸展,另一翼角停止发育甚至受侵蚀而消失,形成单翼伸展的沙垄,其延伸方向与两组盛行风的合成风向近于平行,与海岸线近于垂直。它们主要分布在山东半岛北—西北岸和辽东半岛西北岸的宽大滩脊阶地上。沙垄的延伸方向多为近南北向或 NNW 向,反映它们是在 NE—NW 象限的风作用下形成的。

纵向沙垄 系两组风向成锐角相交的盛行风交替作用下形成的形态单一的长条形沙垄,脊线与二组盛行风的合成风向平行,与海岸线近似垂直。主要分布在山东半岛北—西北岸和辽东半岛西北岸的滩脊阶地上,有时与新月形沙垄和灌丛、草丛沙丘共生。脊线方向近南北向或 NNW 向,反映它们与新月形沙垄是在同一风系作用下形成的。

2.1.1.3 斜向沙丘(斜向沙脊)

是一种与海岸线成 30° — 50° 锐角相交的风成沙脊或沙丘链。在黄、渤海海岸地区,只有河北昌黎滦河口—大蒲河口海岸具有发育大型斜向沙脊的地貌条件和物质基础。那里海岸沙丘带宽达 2.5—4km(自南向北变窄),海滨加积性横向沙脊的内侧,分布着一系列羽状排列的 NW—SE 走向的沙脊(图 2),它们大多由抛物线沙丘链组成,少数为新月形沙丘链。横剖面上呈东北坡长而平缓、西南坡短而陡的不对称形态,指示它们是以东北风为主导风作用下所形成。沙脊顶部和西南坡裸露,丘间低地和东北坡下部有人工固沙林,移动性较弱。

2.1.1.4 冢形沙丘

冢形沙丘是指那些平面形态呈圆形或椭圆形、断面上呈馒头形或坟堆形的沙丘,没

有明显的指示风向的标志。这种沙丘广泛分布在海滩后滨带、海岸沙坝、沙嘴、滩脊阶地以及大沙丘群的丘间低地上。

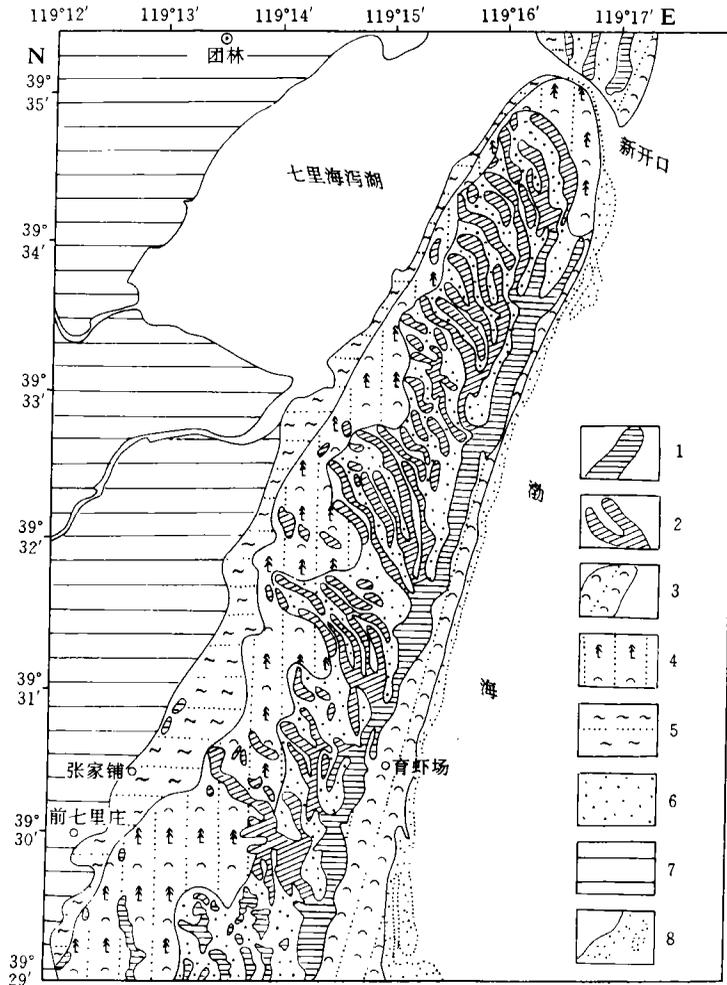


图2 冀东七里庄—新开口风沙地貌图

Fig. 2 The aeolian geomorphic-type map of the coastal zone from Qilizhuang to Xinkaikou in eastern Hebei Province

- 1. 横向沙脊; 2. 斜向沙脊; 3. 岸前沙丘带; 4. 灌丛沙丘带; 5. 平坦的风成沙席;
- 6. 丘间低地; 7. 平原; 8. 沙滩。

2.1.2 海岸风成沙地

风成沙地是海岸带特有的一种风积地貌类型，在砂质和砂砾质海岸广泛分布。黄、渤海海岸地区有三种风成沙地：平坦的风成沙席、起伏的和倾斜的风成沙地。

平坦的风成沙席 广泛分布在海岸沙丘带后侧的平原或台地上，风成砂厚度较小，且自海向陆逐渐变薄，无层理或具显微平行层理。目前，沙席多有防护林覆盖，

有的被改造为耕地或果园。

起伏的风成沙地 分布在岸前低沙丘带与大沙丘带之间或丘间低地上,沙地上有各种灌丛、草丛沙丘或纵向沙垄、新月形沙垄分布,偶见个别大沙丘,风成砂堆积厚度较大。

倾斜的风成沙地 分布在海岸山丘向海坡上,一些海岸低山丘几乎全被风成砂所覆盖,有些死海蚀崖斜坡上也有风成砂披盖。山坡上的风成沙地厚度自坡麓向上逐渐变薄,风成砂粒度亦自下而上渐变细。山坡风成沙地在山东半岛北岸和辽东半岛西北岸的岬湾沙滩海岸广泛分布,某些近海岛屿上也有分布,如烟台附近的崆峒岛、长山群岛的石城岛、大长山岛等地。山坡上风成砂分布高度一般在 50m 左右,局部高达 100m(辽东半岛白沙山)—140m(山东威海双岛烟墩山)。

2.2 海岸风沙地貌分类

海岸风沙地貌与荒漠区风沙地貌一样,都是风力吹蚀、搬运、堆积作用的产物。因此,海岸风沙地貌的分类,可借鉴内陆荒漠区风沙地貌分类方法。同时,海岸风沙地貌的发育与海岸地貌背景和海岸带特殊的风场关系十分密切,因此,海岸风沙地貌的分类,应反映海岸地貌和海—陆地理环境的特点。海岸沙丘和风成沙地系统分类如下。

2.2.1 海岸沙丘分类

根据黄、渤海海岸的沙丘类型分布情况,首先按沙丘发育的地貌背景,分为岸前沙丘(包括沙坝、沙嘴沙丘和海滩滩肩、滩脊阶地前缘的沙丘)和后岸沙丘(包括海岸滩脊阶地、海岸平原、台地上的沙丘);其次根据沙丘脊线与海岸线的关系,分为横向(平行于岸线)、纵向(垂直于岸线)、斜向(与岸线斜交)和冢形(脊线不明显的)沙丘 4 个亚类;然后根据沙丘的形态和结构特征分为 7 种主要形态类型;再根据沙丘动态分为流动的、加积性的、半固定的和固定的 4 种动态类型,最后综合命名。分类结果见表 1。

2.2.2 海岸风成沙地分类

根据风成沙地分布的地貌背景,可分为平原(包括沙坝、沙嘴、海积阶地和海岸平原)上的和山坡(包括死海蚀崖斜坡)上的两种;按照沙地地表起伏状况,可分为平坦的风成沙席、起伏的和倾斜的风成沙地 3 种类型;然后,根据沙地上有无植被覆盖,可分为有植被覆盖的和裸露的两种;再根据沙地或沙席现代动力地貌过程,分为活动的、半固定的和固定的 3 种动态类型;最后综合命名。分类结果见表 2。

2.3 海岸风沙地貌分布规律和发育模式

黄、渤海海岸风沙地貌的分布规律和发育模式,主要受控于海岸带气候条件、砂源和地貌条件 3 种因素。渤海海岸和山东半岛北岸地区,冬、春季气候干旱,风力强而持久;辽东半岛东南岸、山东半岛东南岸、鲁南海岸和苏北海岸气候较湿润,风力较弱(傅命佐等, 1994)。因此,研究区风沙地貌主要分布在渤海海岸和山东半岛北岸地区,其他岸段风沙地貌规模小,形态和结构不典型。

2.3.1 海岸风沙地貌分布规律

冬、春季气候干旱,风力强而持久,砂源丰富、地形较开阔平坦的海岸地区,风沙地貌发育规模大,形态典型,类型丰富多样,如冀东滦河口—大蒲河口,山东半岛西北岸,辽东半岛西北岸熊岳小平原—仙人岛及山东半岛局部海湾小平原、河口小平原地区。

表1 黄、渤海海岸沙丘分类表

Tab. 1 Classification of coastal dunes around the Yellow Sea and Bohai Sea

地貌背景	沙丘脊线与海岸线的关系	形态类型	动态类型	分类名称
岸前沙丘	冢形沙丘	冢形沙丘	流动的 半固定的	流动的岸前冢形沙丘 半固定岸前冢形沙丘
	横向沙丘	新月形沙丘	流动的 半固定的	流动的岸前新月形沙丘 半固定岸前新月形沙丘
		横向沙脊 (沙丘链)	流动的 加积的 半固定的	流动的岸前横向沙脊 加积性岸前横向沙脊 半固定岸前横向沙脊
后岸沙丘	冢形沙丘	冢形沙丘	半固定的 固定的	半固定草丛冢形沙丘 固定的灌丛冢形沙丘
	横向沙丘	抛物线沙丘	半固定的 固定的	半固定抛物线沙丘 固定的抛物线沙丘
		新月形沙丘	流动的 半固定的 固定的	流动的新月形沙丘 半固定新月形沙丘 固定的新月形沙丘
		横向沙脊 (沙丘链)	加积的 半固定的 固定的	加积性横向沙脊 半固定横向沙脊 固定的横向沙脊
	纵向沙丘	新月形沙垄	半固定的 固定的	半固定新月形沙垄 固定的新月形沙垄
		纵向沙垄	半固定的 固定的	半固定纵向沙垄 固定的纵向沙垄
	斜向沙丘	斜向沙脊 (沙丘链)	半固定的 固定的	半固定斜向沙脊 固定的斜向沙脊

冬、春季气候干旱、风力强劲、沙源颇丰, 海岸山丘临海的岬湾型砂质海岸地区, 山坡风成沙地分布高度大, 分布面积广, 如山东半岛北岸和辽东半岛西北岸岬湾沙滩岸地区。

现代沙坝—泻湖海岸砂源较丰富, 但因沙坝之后是泻湖, 风沙地貌仅限于沙坝之

表 2 黄、渤海海岸风成沙地分类表

Tab. 2 Classification of aeolian sandy land in the coastal areas of the Yellow Sea and Bohai Sea

地貌背景	地形起伏状况	植被状况	动 态	分 类 名 称
海岸平原、台地、滩脊阶地、沙坝、沙嘴	平坦的风成沙席	裸露的	活动的	活动的平坦风成沙席
		有植被的	半固定的 固定的	半固定平坦风成沙席 固定的平坦风成沙席
	起伏的风成沙地	裸露的	活动的	活动的起伏风成沙地
		有植被的	半固定的 固定的	半固定起伏风成沙地 固定的起伏风成沙地
山坡及死海蚀崖斜坡	倾斜的风成沙地	裸露的	活动的	活动的倾斜风成沙地
		有植被的	半固定的 固定的	半固定倾斜风成沙地 固定的倾斜风成沙地

上, 因而规模有限, 如冀东滦河口—南堡、山东半岛东南岸—苏北海岸的沙坝—泻湖海岸地区。

2.3.2 海岸风沙地貌发育模式

2.3.2.1 砂源丰富的开阔平原海岸的风沙地貌发育模式

冀东滦河口—洋河口海岸平原广阔, 海岸带风速自海向陆逐渐减小, 海岸风沙地貌发育模式是: 在向岸风作用下, 海滩砂被吹送到岸前, 堆积成岸前沙丘; 在大风期间, 岸前沙丘受侵蚀, 风成砂向陆搬运, 堆积在加积性横向沙脊(沙丘链)上, 使之不断增高。由于 NNE 向的横向大沙脊的掩蔽作用, 向岸风对其内陆侧的沙丘不起作用。在 NE—N 向风作用下, 内侧的沙丘逐渐发育成 NW—SE 向延伸、与海岸线及横向沙脊斜交的斜向沙脊。随着向陆风速减小, 斜向沙脊带向陆侧发育低矮的灌丛沙丘。再向陆方向, 风速继续减小, 越过沙丘带的风成砂落积, 形成平坦的沙席。因此, 该岸段风沙地貌结构模式自海向陆依次是: 岸前沙丘带→加积性横向沙脊→斜向沙脊→灌丛沙丘带→平坦的风成沙席。

2.3.2.2 砂源丰富的开阔台地海岸和海湾小平原海岸的风沙地貌发育模式

山东半岛西北岸的台地海岸, 辽东半岛熊岳—归州平原海岸, 山东半岛北岸和东南岸的海湾小平原或滩脊阶地海岸, 地形较开阔, 风速较大, 风沙地貌发育模式是: 在向岸风作用下, 海滩砂被吹送到岸前, 堆积成岸前沙丘。大风期间, 岸前沙丘受侵蚀, 强劲的向岸风将砂子向陆搬运, 在台地或小平原的前缘带堆积成各种低矮的沙丘、沙垄等, 在沙丘、沙垄带的向陆侧边缘, 常形成较高大的沙丘链或横向沙脊; 越过大沙丘带的风成砂在平地上堆积成平坦的风成沙席。其风沙地貌结构模式自海向陆依次是: 岸前沙丘→纵向沙垄或抛物线沙丘或灌丛沙丘起伏的风成沙地→大沙丘或沙丘链→平坦的

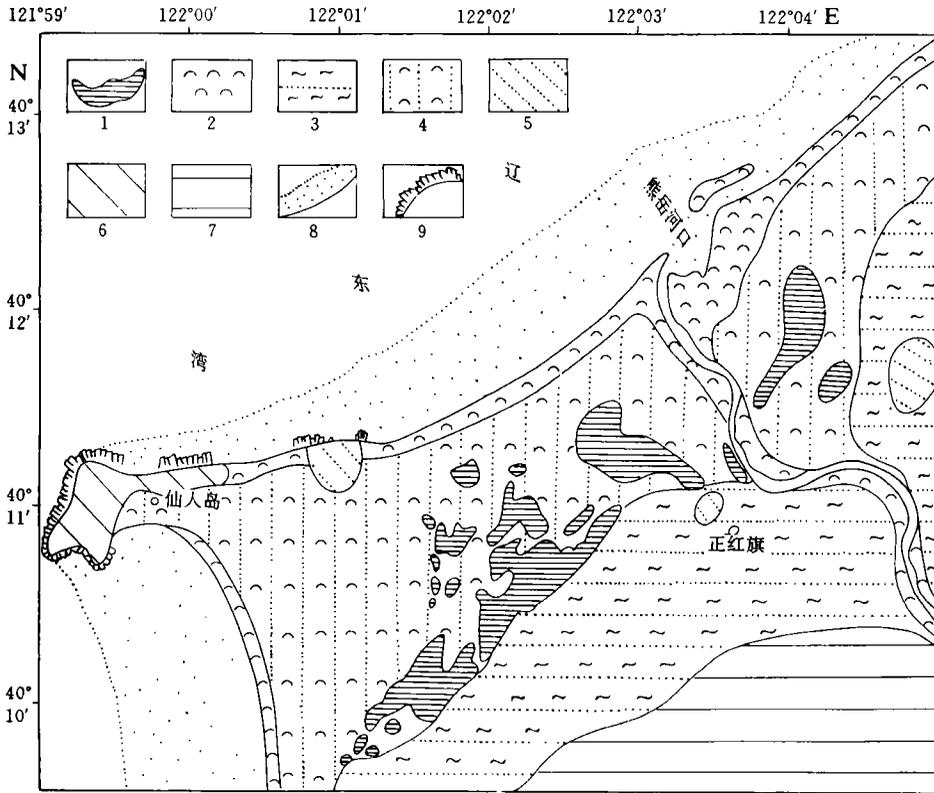


图3 辽东半岛熊岳河口—仙人岛海岸风沙地貌图

Fig. 3 The aeolian geomorphic-type map of the northwest coastal zone of Liaodong Peninsula from Xiongyue River mouth to Xianrendao

- 1. 沙丘; 2. 岸前沙丘带; 3. 平坦的风成沙席; 4. 小型沙丘及沙垄起伏的风成沙地;
- 5. 倾斜的风成沙地; 6. 丘陵; 7. 平原; 8. 沙滩; 9. 岩滩。

风成沙席(图3)。

2.3.2.3 岬湾沙滩岸风沙地貌发育模式

山东半岛北岸和辽东半岛西北岸的岬湾沙滩岸，海湾平原狭窄，甚至山丘临海，海岸带风力强，但至山丘前，北向风遇阻而减速。海岸风沙地貌的发育模式是：向岸风将海滩砂搬运到岸上，堆积成岸前沙丘。大风期间，岸前沙丘受风蚀，强劲的北向风将沙子一直挟带到山前带，因遇山丘阻挡风速降低，风砂落积，在山前地带堆积成高大的沙丘或沙丘链，在岸前沙丘与大沙丘带之间较宽的沙地上，分布中等规模的沙丘、沙垄或起伏的风成沙地。越过沙丘带的风砂，披盖在山丘向海坡上，形成倾斜的山坡风成沙地。因此，这些岸段风沙地貌的结构模式自海向陆依次是：岸前沙丘带→纵向沙垄或小型沙丘等起伏的风成沙地→高大的抛物线沙丘或沙丘链→倾斜的山坡风成沙地(图1)。

3 结论

3.1 黄、渤海沙质海岸地区, 普遍受风沙作用的影响, 风沙地貌广泛分布。主要风沙地貌类型有风成沙丘和沙地两大类。沙丘类型较丰富, 其中以抛物线沙丘分布最广。

3.2 海岸风沙地貌的发育受气候条件、砂源和地貌背景 3 种因素的控制。气候干旱多风, 砂源丰富、地形开阔平坦的地区, 风沙地貌发育类型齐全, 形态典型, 规模较大。

3.3 从海岸风成沙丘和沙脊的脊线延伸方向与主导风向的成因关系分析可以看出, 研究区大部分沙丘、沙脊、沙垄是由 N-NW 向强风所形成, 说明 N-NW 向大风是研究区风沙地貌发育的主导因素, 同时也是研究区风沙灾害和土地沙漠化发生的直接原因。

参 考 文 献

- 王颖、朱大奎, 1987, 中国沙漠, 7(3): 29—40。
李善为等, 1985, 黄渤海海洋, 3(3): 47—56。
高善明等, 1980, 海洋学报, 2(4): 102—114。
高善明, 1983, 海洋湖沼通报, 3: 29—32。
傅命佐等, 1994, 中国沙漠, 14(1): 31—40。
蔡爱智, 1980, 海洋与湖沼, 11(3): 204—210。

THE AEOLIAN GEOMORPHICAL TYPES IN THE COASTAL AREAS OF THE YELLOW SEA AND BOHAI SEA, AND THEIR DISTRIBUTION PATTERNS AND DEVELOPING MODELS

Fu Mingzuo, Xu Xiaoshi, Xu Xiaowei

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266003)

Abstract On the basis of the authors' 1990 — 1994 comprehensive investigation on the aeolian geomorphical features, aeolian sedimentation, wind-sand disasters and land desertification phenomena in the coastal areas of the Yellow Sea and Bohai Sea, including field survey, mapping and measurements of wind-sand movement, the coastal aeolian geomorphical types are classified, using the principles of Geographical Information System. The distribution pattern and evolution models of coastal aeolian geomorphical types are presented and discussed in detail. The results show that the coastal aeolian geomorphical features, wind-sand disasters and land desertification phenomena are mainly distributed over the sandy coastal areas of the Bohai Sea and along the north coast of the Shandong Peninsula where sand resources are abundant and the climatic environments in winter and spring are characterized by drought weather, frequent strong winds which last for long periods. The total area covered by coastal aeolian dunes and sandy lands exceeds 700km²; the north to northwestern winds are the direct factors causing wind-sand disasters and land desertification in the study area. The evolution models of aeolian geomorphical types in various coastal areas are mainly controlled by coastal geomorphical backgrounds, specific coastal wind regimes and sand resources. Three different evolution models of the coastal aeolian geomorphical patterns are recognized and described.

Key words Coastal aeolian geomorphology Distribution pattern Evolution model