

海岸风沙地貌分类研究现状

方海燕, 俎瑞平, 张克存

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000)

摘 要: 地处水陆交界地带的海岸地区, 自然地理环境复杂, 人类活动频繁, 影响海岸风沙活动的自然及人为因素复杂多样; 同时由于海岸风沙地貌分布的广泛性、区域的差异性、研究区域的不同和分类角度的差异等原因, 故而到目前为止, 对于海岸风沙地貌的分类, 仍然存在着多种多样的分类系统。在现有国内外海岸风沙地貌的分类研究的基础上, 进行了简单回顾, 并指出了现有的海岸风沙地貌分类的不足和发展趋势。

关键词: 海岸; 风沙地貌; 分类系统

中图分类号: P737.12

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)03-0248-04

Existing Condition of Research on Coastal Sand Geomorphological Classification

FANG Hai-yan, ZU Rui-ping, ZHANG Ke-cun

(Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering
Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Complex physiogeographical environment and frequent human activities exist in coastal regions locating on the border land of water area and mainland, therefore kinds of complicated factors influence the development of coastal sand geomorphology; at the same time, because of its extensive distribution, its difference in various regions, and different classification principles for coastal sand classification in different research regions, various classification systems for the coastal sand geomorphology still exist. It reviews the classification systems for the coastal sand geomorphology home and abroad simply, besides it also points out the deficiency and developmental trends on the basis of the classification systems.

Key words: coast; sand geomorphology; classification system

1 分类的必要性

在风力作用下, 沙质海岸地表物质产生的吹蚀、搬运和堆积作用, 称为风沙作用; 在风沙作用过程中形成的地貌, 称为海岸风沙地貌^[1]。近年来, 海岸风沙对海岸地区的危害日益引起了世界众多科学家们的密切关注, 因此, 这就激起了他们对海岸风沙地貌研究的热潮。而其中海岸风沙地貌的分类研究, 则又是海岸风沙地貌研究的重要基础问题之一。在海陆空交界地带的海岸地区, 由于影响海岸风沙地貌发育的因素多种多样, 如沙源、风力即动力条件、地貌条件、植被、潮汐、风向、沿岸流、降水量以及人为作用等, 所有这些条件都或多或少的影响着海岸风沙地貌的发育; 而所有这些影响海岸风沙地貌发育的因素的外在表现则是海岸地区的风沙地貌类型。因而, 通过研究海岸地区的风沙地貌类型及其分布, 可以反演其形成时的环境条件, 洞察海岸风沙地貌形成的机理。因此, 海岸风沙地貌的分类研究, 有助于阐明海岸带的动力结构特征、沙质海岸的演化, 以及第四纪古气候、海平面变化和新构造运动的性质和历史。同时, 也为海岸风沙地貌的

治理提供了一个理论依据。所以, 进行海岸风沙地貌的分类研究, 不仅对风沙地貌的理论研究有重要意义, 而且对于国民经济建设和人民的生活水平及其生态环境保护都有重要而深远的意义。

2 国内外的海岸风沙地貌分类系统

海岸风沙地貌的分类研究是海岸风沙地貌研究的重要基础问题之一, 国内外很多学者对此很早就进行了大量的研究, 并提出了众多的分类方案。但由于海岸地带特殊的自然地理环境和强烈的人类活动的影响, 同时由于对海岸地貌进行分类时依据的不同、人为因素的干扰等原因的存在, 使得到目前为止, 还没有一个通用的世界性的分类系统, 仅存在一些应用相对较多的概略性海岸沙丘分类方法。

2.1 国外的海岸风沙地貌分类系统

对海岸风沙地貌的分类研究, 国外很多学者很早就提出了相应的分类系统, 如早在 1923 年 A. Briquet 就提出将海岸沙丘划分为加积沙丘、固定沙丘与残余沙丘 3 类^[2], 后来 J. A. Steers 将他的分类方案略加修改而提出将其划分为堆

收稿日期: 2004-02-09

基金项目: 中国科学院资源与环境领域知识创新工程重大项目(KZCX2-304); 国家自然科学基金项目(4997101); 国家基础研究规划(973)项目(19990305)资助

作者简介: 方海燕(1977-), 男, 山东省金乡县人, 博士研究生, 主要从事海岸风沙地貌研究。

积沙丘、固定沙丘、残余沙丘和抛物线沙丘 4 类^[3], 该划分方案至今仍有一定的影响。随着科技水平的提高, 研究手段的进步, 对海岸风沙地貌的研究不断深入和发展, 分类系统也不断深入和完善, 对海岸风沙地貌的分类开始简单到复杂、划分级别由单级到多级、分类依据由少到多的方向转化。因此, 到目前为止已提出了众多的海岸风沙地貌分类系统。

Richard A. Davis Jr 根据沙丘的形成模式, 将海岸沙丘划分为有植被覆盖的沙丘和横向沙丘脊; 1977 年, V. Goldsmith 等考虑到沙丘起源、内部结构与形态, 对此基本的海岸沙丘系统进行略加修改, 建议将海岸沙丘划分为植被沙丘 (vegetated dune)、人为沙丘 (artificially induced dune)、海岸沙山 (medano s dune)、抛物线形沙丘 (parabolic dune)、其它类沙丘 (如风成岩等)。由于海岸沙丘主要由前四种组成, 而第五种包括的沙丘类型很少, 所以就將前四种的沙丘类型用英文缩写为 VAMP, 这种分类系统后来就简称为 VAMP 分类方案^[4]。

根据海岸沙丘的形成过程, 1980 年, J. L. Davies 提出将海岸沙丘划分为源于海滩沙的原生沙丘和原生沙丘经过风力或其它因素再改造而形成的沙丘即次生沙丘。其中原生沙丘又可细分为有少量植物覆被的流动沙丘和大量植物覆被的障碍沙丘两个亚类; 次生沙丘则可细分为进积沙丘和蚀余沙丘两个亚类^[5] (表 1)。而原生沙丘和次生沙丘的四个亚类又可具体的体现为一系列的沙丘形态。后来成瀨敏郎也基本上按此方法对日本海岸沙丘进行类型划分的^[6] (表 2)。

根据植被对沙丘的固定作用, 综合前人研究, K. Pye 则将海岸沙丘划分为障碍沙丘和进积沙丘两大类。其中障碍沙丘又细分为草丛沙丘、沙坪、前丘脊、横向沙丘脊 (非进积型)、小丘状沙丘和月牙形沙丘等; 进积沙丘则细分为新月形

沙丘、横向沙丘脊 (沉积型)、进积沙席、抛物线沙丘和斜形沙丘等类型^[7]。

1985 年, K. L. Tinley 等在对南非海岸沙丘的认真研究之后, 在借鉴内陆沙丘类型的划分方法的基础上, 将海岸沙丘划分为裸露或移动沙丘、植物覆被沙丘、地形阻碍沙丘和湿地沙丘 4 个一级类型、13 个二级类型和 23 个三级类型 (表 3)^[8]。表 1 J. L. Davies 的海岸沙丘分类系统

分类	亚类	主要沙丘形态
原生沙丘	流动沙丘	横向沙丘脊
		新月形沙丘
		斜形沙丘脊
次生沙丘	障碍沙丘	前丘
		沙滩脊
		沙丘台地
	进积沙丘	吹蚀沙丘
		抛物线形沙丘
		纵向沙丘
		进积沙席
	蚀余沙丘	风沙沙丘

表 2 日本海岸沙丘的分类 (成瀨敏郎)

分类	地貌形态
原生沙丘	堤状沙丘
	横向沙丘
	新月形沙丘
次生沙丘	小丘状沙丘
	纵向沙丘
	抛物线沙丘
	斜形沙丘
	穹形沙丘
	爬升沙丘

表 3 南非海岸沙丘分类系统

一级类型	二级类型	三级类型
裸露或移动沙丘	流动沙席和沙堆	流动沙席, 流动沙堆
	新月形沙丘或横向沙丘	新月形沙丘, 新月形沙丘链, 横向沙丘, 摆动沙丘, 波状沙丘链
	线型沙丘	线型沙丘
植物覆被沙丘	星状沙丘	星状沙丘
	植物覆被园丘形沙丘	锥形沙丘, 堆庄或丘状沙丘, 平行海岸脊形丘
	沉降丘或植物滞成沙脊	沉降丘或植物滞成沙脊
	抛物线形沙丘	吹蚀沙丘, 加积上升抛物线沙丘, 吹蚀 U 形沙丘, 风向平行沙丘脊
地形阻碍沙丘	爬升- 落降沙丘	爬升- 落降沙丘
	岬角分散流沙丘	岬角分散流沙丘
	地形分流沙丘	地形分流沙丘
湿地沙丘	湿地沙堆	湿地沙堆
	盐湖透镜状沙丘	盐湖透镜状沙丘
	泻湖岸沙丘	泻湖岸沙丘

之后, Bird (1990)、奥森, J. S. (1993) 等也都通过对欧洲海岸沙丘的研究, 将其风沙地貌类型划分为原始沙丘 (前沿沙丘)、风蚀沙丘 (圆形沙丘、抛物线形沙丘)、流动沙丘 (新月形沙丘、沙丘链) 和残留沙丘等类型^[9]。而 J. S. Olson 和 E. vanderM aare l 在对欧洲海岸沙丘的研究中, 从沙丘形态角度制定了一个极其复杂、详尽的包括有四级类型的海岸沙丘分类系统^[9], 其中包括 2 个一级类型、5 个二级类型、17 个三级类型和 46 个四级类型 (表 4)。

R. W. G. Cateer 和 P. Wilson 等人通过对爱尔兰海岸沙丘进行认真细致的研究之后, 根据海岸沙丘的风沙沉积状态, 将爱尔兰的海岸沙丘划分为正沉积状态的沉积类沙丘和负沉积状态的侵蚀类沙丘等^[10] (表 5)。其中, 正沉积状态的沉积沙丘又可划分为季节性沙丘、前丘 (固定的和流动的) 和

风蚀沙丘, 季节性沙丘、前丘和风蚀沙丘则又可进一步划分为更低一级的沙丘类型; 负沉积状态的侵蚀类沙丘主要是风蚀沙丘, 风蚀沙丘可再划分为多种低一级的沙丘类型。

近期, I C Rust 和 W. K. Illenberger 又从形态- 动力学角度对海岸沙丘类型进行了划分, 将海岸沙丘划分为以植物固沙过程为主的稳定型沙丘 (包括丘状沙丘、前丘和脊形沙丘) 和以沙物质移动为主的裸露、移动的非稳定型沙丘 (包括抛物线沙丘、摆动横向沙丘、新月形沙丘、线状沙丘、流动沙席和岬角分流沙地)^[11]。

除此之外, 还有分别按海岸沙丘的形成时代、沙源、颜色、植被盖度以及海岸沙丘所处地形位置来对海岸风沙地貌进行类型划分的^[12~ 15]。

表 4 欧洲海岸沙丘分类系统

一级类型	二级类型	三级类型	四级类型	
堆状与脊形沙丘	初始沙丘	锥形沙丘	风影沙丘, 盾状沙丘, 穹状沙丘	
		环形/新月形前丘	环行前丘, 新月形前丘	
	风蚀沙丘	前丘脊	三棱体沙丘, 平行海岸脊形丘, 浪蚀前丘, 流动前丘	
		上升抛物线沙丘	碗形抛物线沙丘, 加积上升抛物线沙丘, 马蹄形吹蚀丘	
		U 形沙丘与风隙沙丘	U 形抛物线沙丘, 风隙沙丘对	
		复合抛物线沙丘	M 形抛物线沙丘, W 形抛物线沙丘, 梳状抛物线沙丘, 鱼钩状抛物线沙丘, Y 形抛物线沙丘, 蜂窝状抛物线沙丘	
	移动沙丘	盆形吹蚀沙丘	椭圆形吹蚀沙丘, 圆形吹蚀沙丘	
		横向沙丘	新月形沙丘, 横向沙丘脊	
		线状沙丘	赛夫沙丘, 斜形沙丘	
		星状沙丘	星状沙丘	
	残留沙丘	摆动沙丘	摆动沙丘	
		堆状蚀余沙丘	圆形蚀余丘, 锥形蚀余丘, 火山口形蚀余丘, 残余林地沙丘	
		起伏蚀余沙丘	波状蚀余沙丘, 沿岸低地蚀余沙丘, 内侧蚀余沙丘	
		条形蚀余沙丘	条形蚀余沙丘	
	沙质平地与凹地	凹槽与水域	围绕地形障碍物沙丘	围绕地形障碍物沙丘
			沙丘脊间凹槽	锥形凹槽, 初始凹槽, 成熟凹槽, 平坦沙地, 风蚀平沙地, 背风侧袋形凹地, 沉溺凹槽
丘间水域			丘间水塘, 丘间湖	

表 5 爱尔兰海岸沙丘分类系统

沙丘类型	亚类	主要沙丘形态
沉积类沙丘	季节性沙丘	潮上风成阶地, 湿核加积沙丘, 影子沙丘, 岸线沙丘
	前丘(固定的、流动的)	脊顶蚀变前丘, 浪蚀前丘, 斜坡前丘, 回声前丘
	固定沙丘	稳定沙丘, 垂直增长沙丘, 水平增长沙丘, 混合增长沙丘
侵蚀类沙丘	风蚀沙丘	干风蚀沙丘, 湿风蚀沙丘, 沿岸沙质平地, 次生吹蚀沙丘, 残余沙丘, 沙席/爬升沙丘, 覆沙

但是, 从国外各个海岸沙丘类型划分方案的应用来看, 目前还是以综合考虑位置、形态、稳定性与年龄因素等的概括性划分方法应用最为广泛, 该分类方法将海岸沙丘划分为近海的初始前丘、近内陆的稳定沙丘以及流动的非稳定沙丘等 3 种类型^[16]。

表 6 中国温带海岸沙丘分类系统

位置	形成次序与稳定程度	形态类型
岸前沙丘	初始海岸沙丘	锥形前丘
		横向前丘脊
后岸沙丘	稳定型沙丘	草灌丛沙丘
		抛物线沙丘
		斜向沙脊
	非稳定型沙丘	新月形沙丘
		横向沙脊
		纵向沙垄
		爬坡沙丘
		海岸沙席

2.2 国内的海岸沙丘分类系统

国内海岸风沙地貌研究, 相对于国外来说, 其起步较晚, 但发展迅速, 到目前为止, 也提出了数个区域性的海岸沙丘分类系统。

1987 年, 李从先等将我国滦河以北海岸沙丘划分为新月形沙丘、横向沙丘、星状沙丘与平沙地等^[17]。董玉祥等根据综合性、区域性和层次性三大原则, 依据我国温带海岸沙丘在位置、成因、稳定性与形态特征等方面的差异, 通过野外调查、航卫片分析等, 将我国温带海岸沙丘归并为一个 3 级分类系统^[18]。首先, 按沙丘发育的地貌位置, 分为岸前沙丘和后岸沙丘两类; 再主要根据海岸沙丘形成次序和植被在海岸沙丘形成、发育与演变过程中的作用, 分成初始沙丘、稳定型沙丘和非稳定型沙丘 3 个亚类; 最后, 依据海岸沙丘的形态-成因特征, 共划分出锥形前丘、横向前丘脊、草灌丛沙丘、抛物线沙丘、斜向沙脊、新月形沙丘、横向沙脊、纵向沙垄、爬坡沙丘与海岸沙席等 10 个三级类型。这三级 10 种海岸沙丘就构成了我国温带海岸沙丘的分类系统(表 6)。

表 7 黄、渤海海岸沙丘分类系统

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

傅命佐等则根据黄海、渤海海岸的沙丘类型分布情况, 首先按沙丘发育的地貌部位, 分为岸前沙丘和后岸沙丘; 其次, 根据沙丘脊线与海岸线的关系, 分为横向、纵向、斜向与冢形沙丘 4 个亚类; 然后根据沙丘的形态和结构特征分为冢形沙丘、抛物线沙丘、新月形沙丘、横向沙脊、纵向沙垄、斜向沙脊等 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, 共划分出 4 级 23 类海岸沙丘^[19](表 7)。

吴正则依据形态-成因原则, 把华南海岸沙丘简明地分为岸前沙丘、横向沙丘、新月形沙丘(沙丘链)、抛物线形沙丘、纵向沙垄、沙席和爬坡沙丘以及草丛沙丘等类型^[20]。

近期, 张振克等在对烟台附近的海岸风沙地貌进行研究时, 根据海岸沙丘的地貌形态及其分布特征的差异, 将研究区域的风沙地貌划分链状风积沙丘、滨岸沙丘、丘间席状沙地和下伏基岩沙丘等^[21]。陈方等人则将海坛岛的海岸风沙地貌简单的划分为岸前沙丘、平沙地和覆盖沙丘等3种类型^[22]。

3 趋势研究

对海岸风沙地貌分类研究的最终目的无非是为了防治风沙对沿海地区各项经济建设的危害, 有利于发展经济, 提高人民的生活水平。因此, 作者认为, 对海岸沙丘的分类趋势, 应该向有利于风沙防治的方向发展, 即从风沙防治的角度对海岸沙丘进行分类, 从而有利于进一步依据不同的沙丘类型进行不同的治理方案。由于影响海岸沙丘发育的因素很多, 同时这些影响因素同样也影响着沙粒的启动风速; 另一方面, 在沙丘的不同深度, 沙粒的大小和湿度等也存在着一定差别。所有这些都会影响沙粒的启动风速, 因此, 从风沙防治的角度对海岸沙丘进行分类, 目前来讲存在着很大的困难, 但这将会大大有利于海岸地区风沙防治和发展经济。因此, 从风沙防治的角度对海岸地区的沙丘进行分类, 将可能是海岸沙丘分类的趋势之所在。

4 讨论和结论

(1) 海岸风沙地貌的分类研究, 是海岸风沙地貌研究的重要基础问题之一。通过海岸风沙地貌的分类研究, 可以阐

明其形成时的环境条件, 洞察海岸风沙地貌形成的机理。对于了解海岸带的动力结构特征、沙质海岸的演化, 以及第四纪古气候、海平面变化和新构造运动的性质和历史; 同时也为下一步海岸危害治理提供理论基础。

(2) 海岸沙丘分类作为海岸风沙地貌研究的核心与基础问题, 国内外已经对海岸沙丘的分类进行了大量的研究, 并提出了多种分类方案, 但由于基于海岸沙丘类型及其形态的复杂多样性、分布的广泛性与区域的差异性, 由于研究区域的不同、分类角度的差异, 因此, 各种划分方案间差异大, 共性少, 尤其是划分等级、类型数量上差别巨大, 至今仍未有一个统一的海岸沙丘分类系统。

(3) 目前对海岸沙丘的划分, 大多是针对某一个地区, 根据某个分类依据而提出来的。因此, 分类虽多但很零散而不系统, 而对于为某个地区服务的沙丘分类又必须依据本地区而建立相应的分类系统。为此, 考虑到一方面要建立一个统一的国际性的海岸沙丘分类系统, 另一方面限于海岸沙丘分布上的区域性和类型的复杂性, 进行海岸沙丘的区域性分类亦是必要的。因此, 海岸沙丘分类系统还有赖于整个海岸沙丘研究工作的进一步深入与发展。

(4) 考虑到经济发展的需要, 从海岸风沙防治的角度对海岸沙丘进行分类, 尽管影响因素会更加复杂多样, 从目前来看存在这一定的困难, 但它将会是今后海岸沙丘分类研究的趋势之所在。

参考文献:

- [1] 吴正, 黄山, 胡守真, 等. 华南海岸风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 25
- [2] Steers J A. Processes of coastal development[M]. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1967. 598- 599
- [3] Steers J A. The coastline of England and Wales[M]. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1969. 506- 507
- [4] Richard A, Davis, Jr. Coastal Sedimentary Environments[M]. New York: Springer- Verlag, Inc., 1978. 178
- [5] Davies J L. Geographical variation in coastal development[M]. London: Longman, 1980. 152- 168
- [6] 吴正, 黄山, 胡守真, 等. 华南海岸风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 49
- [7] Pye K. Coastal dunes[J]. Progress in Physical Geography, 1983, 7(4): 531- 557
- [8] Tinley K L. Coastal dunes of South Africa[R]. South Africa national scientific programme report[R]. S Afr. natl scient. Prog. Rep. No. 109 CSIR, 1985, 17.
- [9] Olson J S, E vanderM aarel. Coastal dunes in Europe: a global view [A]. F vanderM eulen, P D Jungeriu sand, J H V isser. Perspectives in Coastal Dune M anagement[C]. The Hague: SPB Academic Publishing, 1989. 3- 32
- [10] Carter R W G, W ilson P. Chronology and geomorphology of the Irish dunes[A]. M B Quigley. A guide to the Sand Dunes of Ireland[C]. Ireland: Galuary, 1991. 18- 37
- [11] Rust I C, Illenberger W K. Coastal dune: sensitive or not? [J]. Landscape and Urban Planning, 1996, 34(3- 4): 165 - 169
- [12] Carter R W G. The geomorphology of coastal dunes in Ireland[J]. Catena, 1990, 18(Supp): 31- 40
- [13] Ranwell D S, Rosalind Boar. Coast dune management guide[M]. London: Rem inder Press, 1986. 105
- [14] Bird E C F. Classification of European dune coasts[J]. Catena, 1990, 18(Supp): 15- 24
- [15] Feilberg A, Jensen F. M anagement and conservation of sand dunes in Denmark[A]. R W G Carter, et al. Coastal dunes: geomorphology, ecology and management for conservation[C]. Otterdam: A. A. balkema, 1992. 429- 438
- [16] Cater R W G, Nordstom K F, Psuty N P. The study of coastal dunes[A]. Karl Nordstom, et al. Coastal Dunes: Form and Process[C]. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 1- 14
- [17] 李从先, 陈刚, 王秀强. 滦河以北海岸风成沙沉积的初步研究[J]. 中国沙漠, 1987, 7(2): 12- 21
- [18] 董玉祥. 中国温带海岸沙丘分类系统初步探讨[J]. 中国沙漠, 2000, 20(2): 159- 165
- [19] 傅命佐, 徐孝诗, 徐小微. 黄、渤海海岸风沙地貌类型及其分布规律和发育模式[J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(1): 56- 65
- [20] 吴正, 黄山, 胡守真, 等. 华南海岸风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 49- 53
- [21] 张振克. 烟台附近海岸风沙地貌的初步研究[J]. 中国沙漠, 1995, 15(3): 210- 215
- [22] 陈方. 海坛岛海岸风沙特征及其发育[J]. 海洋科学, 1994, 6: 46- 50