

第一章 绪 论



滨海沙地是海洋、陆地和大气交界面受风和水作用的动态地貌景观，不仅具有强大的防灾减灾功能，而且因其特殊的位置、别具一格的动态特征和无与伦比的亲和力，成为滨海旅游的重点区域。滨海沙生植物是海岸带特殊而珍贵的生物资源，具有奇特的外形、鲜艳的色彩、惊心动魄的生存之道。它们或默默无闻地独居沙地一角，或热热闹闹地在沙地上出尽风头，给单调的滨海沙地带来了勃勃生机。随着全球变化和海岸带社会经济的快速发展，加上一些地区不合理的开发利用，以海岸侵蚀和沙地植被退化为主要表现形式的海岸沙地退化日趋严重，不仅沙质海岸地貌发生了巨大变化，而且生态服务功能也严重削弱。

我国在内陆沙漠植物资源、生理生态和植被恢复技术方面取得了长足的进展（赵哈林，2007）。20世纪50年代以来在海岸沙地木麻黄防护林的建设方面取得了举世瞩目的成就，但在滨海沙生植物资源的调查与保护、滨海沙生植物的生理生态、滨海沙地植被恢复理论与技术方面明显滞后。本章将对滨海沙地和沙生植物的基础知识、南方滨海沙地环境、沙地植被环境修复意义等进行概述。

第一节 滨海沙地

滨海沙地一般指海岸沙丘地，俗称沙荒地。滨海沙地上的植物区系，统称为滨海沙生植物。

滨海沙地迄今没有确切的定义，最常见的描述为：滨海沙地生境严峻，土壤贫瘠，易透水，保肥力差，生境干旱，阳光强烈，常年风大，蒸发强，土壤受海风和海水影响大，盐分高，植被演替困难。上述的这些气候环境特点虽然可以表征滨海沙地，但缺乏统一的科学界定。此外，我国南北纬度跨度大，在多种地貌形态分布的自然海岸上，均表现出局部差异性。因此，为了建立科学的滨海沙地及沙地植被研究体系，首先需要明确几个与滨海沙地密切相关的海岸带基本术语和概念。

一、海岸带术语及概念

海岸带即海陆系统交错带，从不同的角度和研究目的出发，海岸带范围的界定各有侧重。全世界关于海岸带的定义和海岸类型分类方案很多，且容易混淆。结合本书滨海沙生植物的研究内容和目的，笔者选择以海滩物质及地貌形态为基础的概念和分类方案。

（一）海岸带

一般海岸带即狭义海岸带，指陆地与海洋互相作用的过渡带，由潮上带、潮间带和潮下带 3 部分组成。不同岸段海岸带宽度差别很大，因此海岸带界线比较模糊，随研究目的和研究内容的不同，对于海岸带的划分和基本术语概念等也各不相同。广义的海岸带，从全球变化的角度出发，包括径流或漫流直接入海的流域地区、狭义海岸带和大陆架 3 部分，这多用于全球尺度或区域尺度的生物地球化学物质循环等。

中华人民共和国国家标准《海洋学术语——海洋地质学》（GB/T 18190—2000）给出的海岸线定义是：海岸线是海陆分界线，在我国系指多年大潮平均高潮位时海陆分界线。我国海岸带划分多采用海岸线向陆海两侧各扩展一定宽度的方法，即从波浪所能作用到的深度（波浪基面）向陆

延至暴风浪所能达到的地带。其上界是风暴潮作用的最高位置，即潮汐作用不及，平时只受含盐分的海风吹拂和有时被含盐分的雾笼罩，当风暴潮来临之时，海水可能溅漫的地带，该区域也叫浪花飞溅区（spray zone）；下界为波浪作用开始扰动海底泥沙处。我国海岸带常划分为潮上带、潮间带和潮下带，其中潮间带又分为高潮带、中潮带和低潮带（图 1-1-1）。

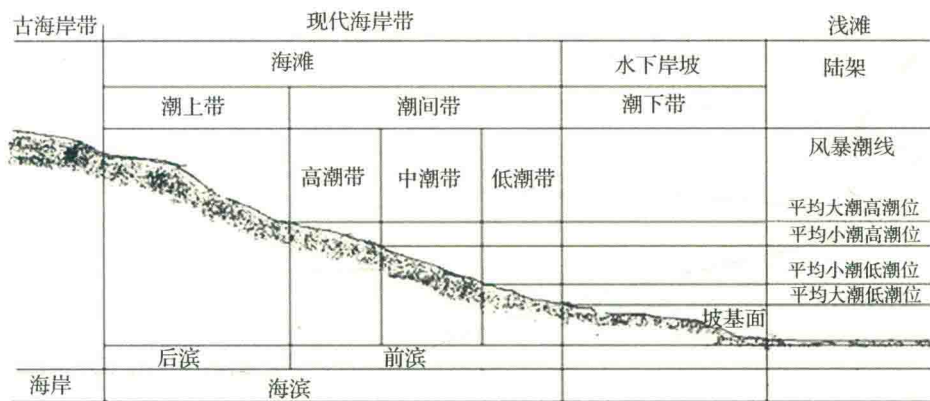


图 1-1-1 我国海岸带划分

西方文献中关于海岸带的划分多采用海岸（coast）和海滨（shore）系统的术语。Johnson（1949）最早提出海岸（coast）和海滨（shore）的定义，并经由 Shepard 和 Milliman（1978）进一步修正，一直沿袭至今。该系统术语中，海岸和海滨是分开的（图 1-1-1）。海岸线（coastline）即海岸和海滨的分界线，标志永久暴露的海岸向海的界线。海滨又分为前滨和后滨，分别与潮间带和潮上带区间相似。海岸是从海滨向陆的宽度不定的地带。

也有许多研究使用确切的数字来标定海岸带范围。例如，海岸带陆海相互作用国际项目 LOICZ（the International Programme on Land-Ocean Interactions in Coastal Zones）定义海岸带为向陆 200 m 高程的陆地区域和向海 200 m 水深的陆架区域（Pernetta & Milliman, 1995）。我国在海岸带调查中，统一在滨线向海延伸至 20 m 等深线（大致相当于中等海浪的 1/2 波长处）和向陆延伸至 10 km 的宽阔带状范围。

（二）海岸类型

海岸类型划分在国际上没有统一的标准，我国亦如此。

我国海岸基本类型的划分依据不同研究的需要，产生了多种划分方案。

王颖和朱大奎（1994）根据中国海岸的成因，划分出两个基本的海岸类型：基岩港湾海岸和平原海岸，并将河口海岸和生物海岸（包括珊瑚礁海岸和红树林海岸）单独列出。陈吉余等（1988；1989）根据形状、成因、组成和发育阶段，将海岸带类型主要划分为基岩海岸、沙质海岸、淤泥质海岸、红树林海岸、珊瑚礁海岸和河口海岸六大类型。在前人的基础上，刘锡清（2006）提出以地貌为基础的中国海岸分类表，此方案将海岸带先分为平原海岸、山地丘陵海岸和生物海岸 3 个一级类型；然后再根据地貌、海滩物质、生物等特征，分出 11 个二级类型（表 1-1-1）。

表 1-1-1 中国海岸类型（刘锡清，2006）

一级类型	二级类型		实 例
平原海岸	淤泥质平原海岸		辽河、华北、苏北三大平原海岸
	沙砾质平原海岸		台湾岛西岸、辽西－冀北海岸
	三角洲海岸		黄河、长江、韩江、珠江等三角洲
	三角湾海岸		杭州湾
山地丘陵海岸	岬湾海岸	海蚀型岬湾海岸	辽东大连湾、广东大鹏湾、大亚湾
		海蚀－海积型岬湾海岸	胶东、广东、海南的大部分海湾海岸
		海积型岬湾海岸	辽南、浙东、闽东的大部分海湾海岸
	火山海岸		海南岛西北海岸、广西涠洲岛
	断层海岸		台湾岛东部海岸
生物海岸	珊瑚礁海岸		海南岛和台湾南部部分岸段
	红树林海岸		福建、广东、广西、海南、香港和台湾部分岸段

对比我国海岸类型的各种分类方案不难发现，划分的依据大同小异，基本上是根据形态成因的原则划分，并考虑组成成分和现代动力过程。因此，虽然海岸类型分类方案至今没有统一标准，但是各分类方案观点基本一致，只是名称和应用范围不同而已。例如，基岩海岸可对应山地丘陵海岸，三角洲和三角湾海岸可对应河口海岸，沙质海岸和淤泥质海岸则分别相当于沙砾质平原海岸和淤泥质平原海岸，生物海岸包括珊瑚礁和红树林海岸。

本书采用最常用的分类方法，按照海滩物质组成把我国海岸划分为淤泥质海岸、基岩海岸和沙质海岸三大类。本书涉及的滨海沙地基本分布于沙质海岸，或从广义上说，滨海沙地就是沙质海岸。

1. 淤泥质海岸

淤泥质海岸主要由粉沙（ $0.004 \sim 0.063 \text{ mm}$ ）和黏土（ $<0.004 \text{ mm}$ ）组成，海洋动力以潮流为主，季节性冲淤变化明显。淤泥质海岸的潮滩十分宽缓，常达数千米至十几千米，是该类型海岸的重要地貌单元，具有典型的潮上带、潮间带和潮下带3部分（图1-1-2和图1-1-3）。



图 1-1-2 淤泥质海岸（海南儋州）



图 1-1-3 我国淤泥海岸典型植被——盐地碱蓬和互生米草群落（江苏启东）

2. 基岩海岸

基岩海岸是全新世海侵之后，海平面与山地丘陵的岩石直接接触的地段。该类型海岸地势陡峭，潮上带海蚀地貌发育，常有海蚀崖、海蚀穴；潮间带发育海蚀平台，间或有砾石、粗沙质海滩；水下岸坡较陡，深水逼岸，岸滩较窄（图 1-1-4 和图 1-1-5）。



图 1-1-4 基岩海岸（福建福鼎西台山岛）



图 1-1-5 高位珊瑚礁基岩海岸（台湾垦丁）

3. 沙质海岸

沙质海岸海滩物质组成主要是沙粒和少量砾石。海岸营力以波浪为主，季风与风暴潮对海滩地貌改造作用明显，沙质海岸为波场高能环境的产物。

沙质海岸的物质来源主要是河流输沙、海岸侵蚀供沙、滨岸堆积和生物碎屑。首先由波浪运移粗颗粒沉积物到潮间带和潮上带，然后再经风力搬运覆盖于海岸至丘陵斜坡上，形成沙质沉积带（图 1-1-6 和图 1-1-7）。



图 1-1-6 沙质海岸（海南昌江棋子湾）



图 1-1-7 沙质海岸（海南三亚湾）

(三) 沙质海岸常用的相关术语

1. 滨

沙质海岸常以滨的概念划分,它在垂直海岸线的纵向划分范围及术语更接近于 Johnson (1949) 的提法,即沙质海岸带自海向陆的组成包括滨外、滨面、前滨、后滨、海岸五大部分(图 1-1-8)。

(1) 滨外:从内外滨侧延伸到大陆边缘的海滩剖面中相当平坦的部分,或由滨面较陡的外缘到大陆架坡折带为滨外,沉积物的搬运仍受波浪作用,但地形变化不明显,只有极端风暴作用下才发生显著变化。

(2) 滨面:从前滨向海伸展到刚刚超出破浪带的海滩剖面部分,又称水下岸坡,位于低潮线向海延伸至波浪能够作用到海底的区域,沉积物受波浪作用显著,在一定周期内堆积或侵蚀地形变化明显,滨面常发育沿岸沙坝系。

(3) 前滨:指界于一般高潮线与低潮线之间的地带,是高潮时波浪上冲流所达到的界限和低潮时回冲流所达到的下限之间的斜坡。

(4) 后滨:位于一般高潮线到风暴潮海水能够覆盖的地带,其范围从平均大潮高潮线向陆延伸至自然地理特征改变的地方(如海蚀崖、海岸沙丘等),一般只有在风暴潮期间才被海水淹没。

(5) 海岸:是水陆交界处经波浪、潮汐、河流等作用下形成的滨水地带。

其中,前滨与下文滩面的意义相近,不过前滨往往还包含滩面以下较平坦的一段剖面部分。

2. 滩

沙质海岸最典型的特征是沙滩,又可划分为滩肩、滩面和滨面,其中滩面又包括滩脊、滩坎等(图 1-1-8)。

(1) 滩肩:指平均海平面以上在海滩上部近于水平的部分,由海滩沉积物在高潮线附近堆积而成的近乎水平的沙体,属于后滨范围。海滩上可以发育有一个以上的滩肩,也可以没有滩肩。

(2) 滩脊:又叫滩肩外缘,是滩肩的向海界线,滩肩上常常可见滩坎。

(3) 滩坎:指波浪在海滩剖面上侵蚀留下的近于垂直的小陡崖,高度通常小于 1 m。

(4) 滩面:指平均大潮高潮线以下,经常受到波浪冲溅作用的海滩剖

面倾斜段，是沙滩位于高低潮线之间的斜坡，斜坡底部常常堆积较粗的沉积物。

(5) 水下岸坡：指从滩面转折处向海伸展的一个缓的坡面，一直到达有效波浪作用的深度。

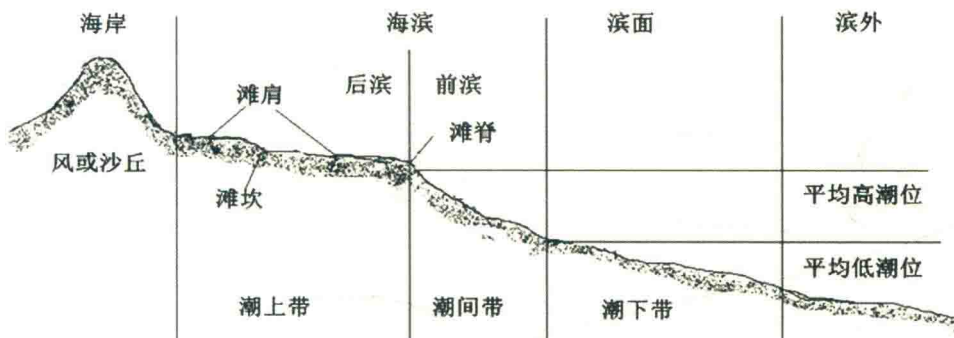


图 1-1-8 一般沙质海岸剖面 (陈吉余, 1996)

3. 沙质海岸地貌

沙质海岸是由沙粒沉积物在波浪和风力作用下堆积而成的，不同的海岸地形和海岸动力能量，造就了风格迥异的沙质地貌类型。

从形成原因看，沙质海岸地貌类型可分为两大类——海滩地貌和风沙地貌，即分别由海浪和风力作用形成。

从形成过程看，一般由沙质沉积物沿岸横向运动，形成的堆积地貌有海滩、滩脊、滩肩、滩坎、滩面、水下堆积阶地、沿岸沙坝、水下沙坝、浅滩等；由沙质沉积物沿岸纵向运动，形成的堆积地貌有海滩、沙咀、湾坝、连岛沙坝、潟湖、海岸沙丘等。其中，海岸沉积沙丘是在风力作用下，沉积物纵向向陆沉积而成，其形成过程和沙丘类型是国内外沙丘研究的重点内容。海岸沙丘地貌以下有详细介绍。

(1) 海滩地貌：在特大高潮线和最小低潮线之间（包括前滨和后滨），有波浪和水流的作用，为有效波浪作用的区域，沙质海岸泥沙的运动所引起的海滩的冲淤演变所形成的地貌。

在沙质海岸上，沿岸沙坝与滩肩是海滩地貌的重要特征构造，其剖面结构如图 1-1-9 所示，分别称为沙坝型海滩和肩滩型海滩 (Hayes & Boothroyd, 1969)。Johnson (1949) 分别给这两种海滩取名为正常海滩和风

暴海滩。正常海滩是潮汐涌浪淤积的，而且有较陡的前滨坡度和近海阶梯代替沙坝；风暴海滩则是暴风浪作用的结果，以较缓的前滨坡度和近海沿岸沙坝为特征。

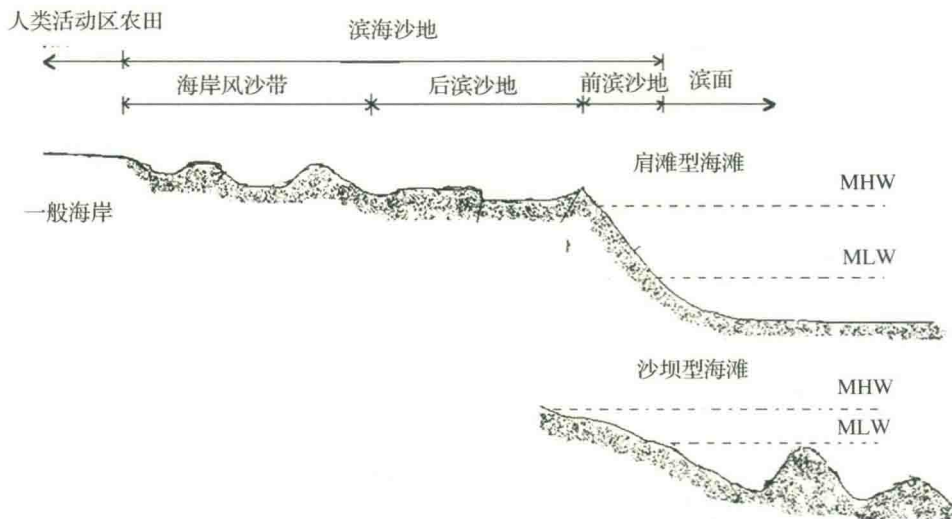


图 1-1-9 我国滨海沙地范围及海滩剖面划分（陈吉余，1996）
（MHW: 平均高潮线，MLW: 平均低潮线）

沿岸沙坝一般隐于水下，低潮时有可能露出。需要指出的是，沿岸沙坝的形成与迁移有别于潮滩上由波浪和水流作用所形成的海滩沙坝（陈吉余，1996）。滩肩的高程常常就是波浪上涌水流达到的高程。

（2）风沙地貌：沙质海岸的风沙地貌是发生于特大高潮线以上（后滨线以上），完全由风力作用，在陆地上所形成的海岸风沙地貌。

因地形地貌和形成机制的不同，国内外关于海岸风沙地貌的分类方法较多。我国学者董玉祥（2006）依据我国各种海岸风沙地貌在位置、成因、稳定性与形态特征等方面的差异，建立了一个体系较为简单的分类系统。首先，按沙丘发育的地貌位置分为岸前沙丘和岸后沙丘两类；其次，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，分为初始海岸沙丘、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 13 个三级类型，具体见表 1-1-2。

表 1-1-2 中国海岸风沙地貌分类系统（董玉祥，2006）

位 置	形成次序与稳定性	形态类型
岸前沙丘	初始海岸沙丘	锥形前丘
		新月形前丘
		横向前丘脊
岸后沙丘	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
		风蚀残丘
		风蚀洼槽

4. 基岩海岸的沙质海滩

基岩海岸中，山地临海，岸线曲折，岬湾交错，常具有两种地貌景观。

一种是基岩岬角海岸，多见于突伸入海的半岛和开阔海域中的基岩岛屿岸段。此类海岸直接遭受波浪强烈冲蚀和沿海流的冲刷作用，海岸切割剧烈，岸前几乎无海滩沉积发育，海蚀强烈，有海蚀崖、海蚀平台、海蚀洞、海蚀柱、海蚀拱桥、海蚀沟槽等海蚀地貌发育，宏伟壮观。

另一种主要散布于海湾内的岬角和岛屿基岩岸段，基岩岸坡较缓，一般海蚀崖多趋于衰亡或半衰亡状态，崖面不新鲜，岸前较少有成片的岩滩，但有较宽的沙滩发育，多分布在海湾顶部，在腹地狭小的海湾发育成狭窄的沙砾滩。

二、滨海沙地的范畴与范围

一般人们提到的滨海沙地多指海岸沙丘带或海岸风沙带，俗称沙荒地，

指特大高潮线以上完全由风力作用形成的沙质海岸风沙地貌，有时还会包括后滨的沙质海滩部分。前滨则由于其周期性潮汐的水域环境特点，而不被列入滨海沙地的范畴。从植被修复与保护角度而言，由于遭受不定期的风暴潮作用，植被常遭受毁灭性的破坏，因此不建议在后滨进行绿化（图 1-1-10～图 1-1-13）。另外，从海岸的土壤分类（现行的五级分类制）看，风沙带土壤属于风沙土类，后滨土壤分类至今不详，前滨土壤则被统一归为滨海盐土类。可见，滨海沙地范围较难统一，本书则选择从沙地的形成机制和过程分析，对滨海沙地范围进行规范。



图 1-1-10 后滨区域植被因风暴潮影响而死亡（福建惠安崇武）



图 1-1-11 后滨区风暴潮后重生的马鞍藤（福建惠安崇武）



图 1-1-12 马鞍藤因不定期风暴潮而部分枯死（海南文昌）



图 1-1-13 生长于后滨区域的马鞍藤群落（海南万宁大洲岛）

（一）滨海沙地及其土壤的形成过程

滨海沙地的形成过程也即沙地土壤的形成过程：首先，运移物（包括河流远距离运移物、近距离山丘地表径流运移物及近岸海域碎屑物）在潮汐、波浪的作用和分选下，以滩面或沿岸沙坝的形态，堆积于平直的迎风海岸或岬角海湾岸线外的水下；接着，这些沙粒物又逐渐地随波浪向岸线推移，在前滨和后滨处形成包括滩肩、沙堤等类型的海滩；最后，在向岸风的作用下，海滩的沙粒继续向岸运移，最终在后滨线以外的海岸区形成了风沙带的风沙地貌。

与此同时，不同阶段的沙质土壤在生物的作用下，随着时间的推移，也最终逐渐发育形成成熟的滨海风沙土。滨海风沙土形成的初期，主要是沙堤和沙丘的不断加高和扩展，呈现流动状态，有时称为流动沙丘；随着沙生植物的生长繁殖，植被覆盖度逐步加大，沙面变紧，地表形成结皮（沙壳）；表层土壤有机质染色，剖面逐渐风化，成为半固定的沙土，或称半固定沙丘（图 1-1-14 和图 1-1-15）；随着地带性植物的渗入或人工造林，地表结皮愈来愈厚，土体也变得愈来愈紧实，进而固结形成弱团块状结构，逐渐发育为固定沙土。

滨海沙地及滨海风沙土的形成发育模式如图 1-1-16 所示。



图 1-1-14 植被覆盖下表层土壤有机质积累——土壤剖面（西沙赵述岛）



图 1-1-15 植被周围的枯枝落叶（西沙七连屿）

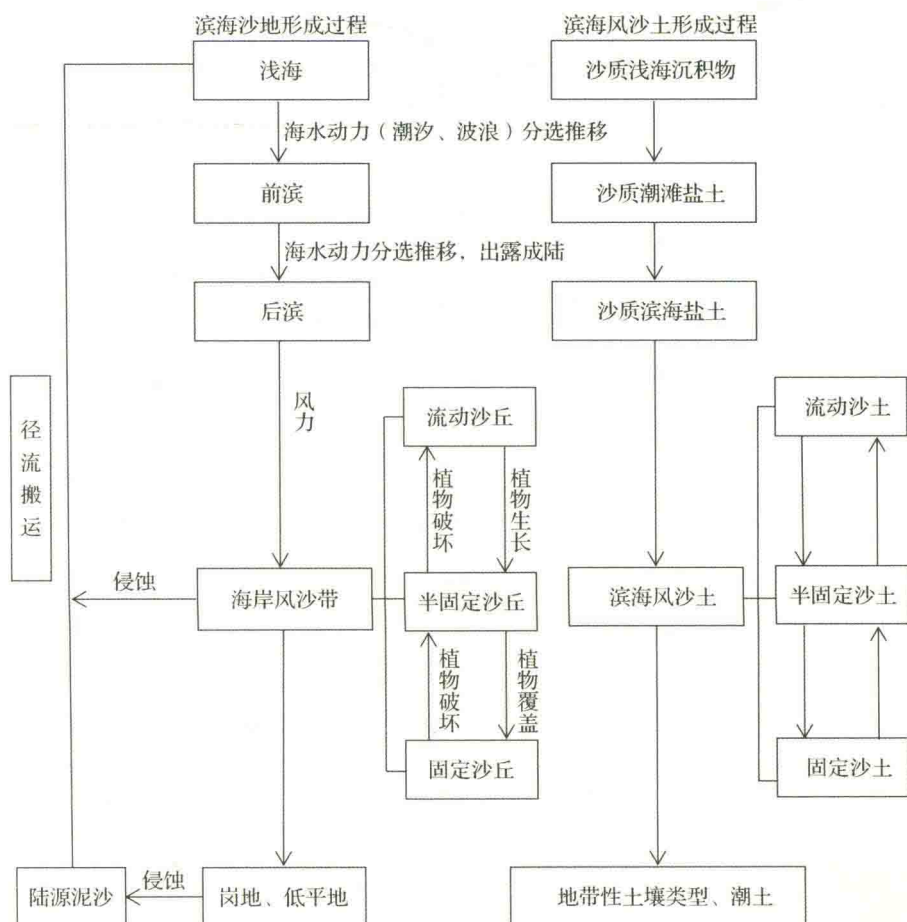


图 1-1-16 滨海沙地及滨海风沙土的形成发育模式（吴正，2003）

(二) 滨海沙地的范围及剖面结构划分

在沙地形成过程中, 海岸风沙带、后滨和前滨 3 部分关系密切, 递进式土壤演变与淤蚀作用相互依存。同时, 后滨区还是滨海沙生植物演替的重点区域, 也是本书的讨论重点。为了更系统地研究滨海沙地, 本书将海岸风沙带、后滨沙地及前滨沙地 3 部分均归为滨海沙地范畴(图 1-1-9)。

(1) 滨海沙地的向陆界线: 沙质海岸是滨海沙地系统地理意义上的有机载体, 无机环境最明显的特性就是土壤沙质性, 因此从土壤层面非常明确地界定了滨海沙地的向陆界线, 其向陆界线为海岸带沙质海岸熟化土壤耕作层的出现, 即农业可耕作区和沙质土壤相连接的边缘线。

(2) 滨海沙地的向海界线: 向海的前滨线, 也即最低低潮线, 标志永久淹水的海岸向陆的界线。

其中, 前滨沙地是受到潮水周期性淹没的区域, 其特点是周期性的水域环境, 土壤含盐量高。后滨沙地是高潮线以上至风暴潮所能作用的区域, 该区域大部分时间暴露在海水面以上, 仅在特大风暴潮时才被海水淹没。海岸风沙带在形成与发育过程中与近海海域有着千丝万缕的联系。

滨海沙地有时会被陡崖、海蚀崖、基岩丘陵、台地等代替, 即海滩与基岩陡岸直接相接; 有时又会包含如潟湖、沙咀、湾坝、连岛沙坝等特殊的沙地地貌, 这些特殊沙地形态各异, 或封闭或隔离, 除潟湖外, 位置多深入海域, 一般植被发育的可能性较小。

三、滨海沙地的南北差异

在我国漫长的海岸线上, 海岸类型分布具有明显的南北差异。首先, 南北地域地质构造、岩石组成、海岸动力等不同。其次, 我国海岸带南北地跨 42 个纬度, 受辐射、大气环流以及寒潮和台风的影响, 其气候条件也具有明显的南北差异; 在不同的气候和水动力条件下, 作用于海岸不同的岩性物质(如坚硬的石英岩抵抗侵蚀能力强, 海岸形态变化速率缓慢; 而抗蚀性弱的砂岩、页岩等在相同的动力条件下, 海岸形状的变化则很快), 对于塑造海岸地貌和海岸动态变化方面将产生巨大的差别。

（一）海岸地貌的南北差异

中国海岸轮廓和海岸地貌深受地质构造影响，大地地质构造决定和影响了我国现代海岸格局和海岸地貌（陈吉余，1996；王颖和季小梅，2011）。特别是中生代以来的新华夏构造系（中新代太平洋的俯冲，东亚大陆形成一系列 NNE 或 NE 向隆起带和沉降带及与之伴生的 X 形断裂，即所谓“新华夏构造系”，对老构造有继承也有新生），不仅决定了我国海岸轮廓和第四纪沉积物的展布特征，而且也是我国海岸变迁的重要原因之一。

从宏观上看，我国海岸大体上以杭州湾为界分为南北不同的两大部分。杭州湾以北的海岸线穿过相同的 3 个隆起带和 3 个沉降带，由于隆起带和沉降带的块断差异运动，在海岸类型上表现为山地与平原海岸交错分布的显著差异性。杭州湾以南，即由浙东至桂南的东南沿海，丘陵台地峰峦起伏，低山点缀。杭州湾以南的海岸基本上处于同一个隆起带，在同一构造带的整体抬升作用下，致使东南沿海的海岸地形具有相对一致性的特点。

从海岸带看，构造隆起带比构造沉降带海岸线长。但是，构造沉降带入海河流域面积要比构造隆起带入海河流域面积大得多。这一特征导致陆地输入海岸带的水沙通量严重不均。构造隆起带的入海河流域面积为 324 万平方千米，相当于全国总面积的 33.8%。注入沉降带海岸带的年净流量相当于整个入海年径流量的 58.5%，入海年输沙量相当于整个入海年输沙量的 89.8%（李从先和张桂甲，1996），这也是造成我国海岸类型南北差异的重要原因（刘锡清，2006）。

总体上，杭州湾以北的海岸表现为上升的山地丘陵海岸与下降的平原海岸交错分布，形成下辽河、华北、苏北 3 段平原海岸和辽东半岛、辽西—冀北、山东半岛 3 段山地丘陵海岸；杭州湾以南海岸，基本上以隆起的山地丘陵海岸为主，但在一些河口出现小型断陷盆地，发育成平原海岸，如温州平原、潮汕平原、珠江三角洲平原。此外，断裂交切组成的 X 形深大断裂构造，对我国海岸的分布形势也有重要影响。特别是山地丘陵海岸的总体走向多与 NNE 大断裂一致，而局部海湾、岬角的分布，又常受棋盘格式构造的制约，从而使中国山地丘陵海岸轮廓线具有总体上的平直性和局部上的曲折性特点。