

HUANAN JIAWAN SHAZHI HAIAN QINSHI  
YANBIAN JI BINHAI LÜYOU KAIFA

# 华南岬湾砂质海岸侵蚀 演变及滨海旅游开发

李志龙 著



旅游教育出版社

# 华南岬湾砂质海岸侵蚀 演变及滨海旅游开发

HUANAN JIAWAN SHAZHI HAIAN QINSHI  
YANBIAN JI BINHAI LÜYOU KAIFA

李志龙 著



旅游教育出版社

· 北 京 ·

责任编辑:孙延旭 崔跃萍

图书在版编目(CIP)数据

华南岬湾砂质海岸侵蚀演变及滨海旅游开发/李志龙著. —北京:旅游教育出版社, 2011. 6

ISBN 978 - 7 - 5637 - 2125 - 2

I. ①华… II. ①李… III. ①海岸—侵蚀—研究—中国②沿海—旅游业—经济发展—研究—中国 IV. ①P737.11②P731.2③F592.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 026512 号

华南岬湾砂质海岸侵蚀演变及滨海旅游开发

李志龙 著

|          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| 出版单位     | 旅游教育出版社                             |
| 地 址      | 北京市朝阳区定福庄南里 1 号                     |
| 邮 编      | 100024                              |
| 发行电话     | (010)65778403 65728372 65767462(传真) |
| 本社网址     | www. tepcb. com                     |
| E - mail | tepx@163. com                       |
| 印刷单位     | 北京科普瑞印刷有限公司                         |
| 经销单位     | 新华书店                                |
| 开 本      | 787 × 960 1/16                      |
| 印 张      | 12. 75                              |
| 字 数      | 176 千字                              |
| 版 次      | 2011 年 6 月第 1 版                     |
| 印 次      | 2011 年 6 月第 1 次印刷                   |
| 定 价      | 25. 00 元                            |

(图书如有装订差错请与发行部联系)

# 前言

海岸带是地球上大气圈、水圈、岩石圈和生物圈最紧密接触的部分,自然环境复杂,自然资源丰富多样,通常是人类生产生活的重要场所。世界上半数以上的城市、人口、经济都集中在海岸带。在旅游业飞速发展的今天,阳光、海滩和海水,已经成为最重要的旅游资源组合,被称为“3S”,成为人们旅游最理想的去处之一。海岸带环境、资源与灾害对沿海地区经济发展及人口生存影响极大。然而,当今全球海岸普遍遭受着侵蚀后退过程。由于全球气候变暖引起的海平面的上升和人类活动的负面影响加剧了海岸的侵蚀。海岸侵蚀演变及其岸滩防护成为当前地球科学研究的重点与前沿。

华南地区是我国海岸线最长最复杂的地区,在地质构造、泥沙物源以及水动力等因素影响下发育成多种类型的海岸,其中沙质海滩更是普遍发育,长达数千米,占华南海岸线总长度的三分之一以上。华南沙质海岸类型多样,既有岬湾海岸、沙坝-潟湖海岸,也有夷直海岸。其中,岬湾海岸为华南沿海广泛分布的一种地貌形态,此类海岸常见形态是以一基层岬角为头突入海中,湾头海滩岸线呈月牙形曲线弯入湾头,近湾头水域呈现半心形海湾,近岬角岸线较弯曲,远离岬角的海滩岸线平直,形态优美,加之温暖宜人的亚热带、热带海洋型气候,华南岬间海湾沙质海岸成为了人们旅游休闲的最佳去处。

跟世界其他沙质海岸一样,华南沙质海岸同样遭受着普遍侵蚀后退现象。华南沙质海岸侵蚀演变规律的研究,可以为华南海岸带的保护、开发、利用、管理提供理论依据。

本书以华南岬间海湾沙质海岸为研究对象,以现场实测资料为基础,采用多种研究方法,按不同时空尺度,探讨了华南岬间海湾沙质海岸的侵蚀演变机制与平面平衡形态规律。研究的目的在于探索海洋动力和近岸地形的变化规律及不同尺度动力与地形的相互作用模式,并且给出这样的模式一

个物理解释。根据对控制过程的认识,从地形动力学与岸线形态规律出发,探求稳定的海滩状态与平衡岸线形态。同时把理论研究和实践应用相结合,应用平衡形态理论的应用模型对华南 31 个主要岬间海湾的稳定性进行了判定,论述了其在海岸防护工程上的应用,并结合华南海岸带开发、利用、管理,及其华南滨海旅游开发展开了讨论。

该书是作者在博士论文基础上修改整理完成的,其间经历了数次的实地调查和观测,是作者和其团队共同努力的成果。其中李志强博士、冯砚青工程师、刘萌伟博士、曹建荣、常瑞莲、朱雅敏等为此书的撰写及其野外调查、观测及其资料的收集提供了很大的帮助。特别是作者的博士生导师陈子燊教授在我做博士论文期间的悉心指导和认真审批,为此书的完成打下了重要基础,在此一并表示衷心感谢。

由于本人经验不足,水平有限,书中错误与不足之处在所难免,恳请读者批评指正,不吝赐教。

作者

2010 年 12 月



# 目 录

## 上 篇 华南岬间海湾砂质海岸侵蚀演变

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....             | 3  |
| 一、研究意义 .....                    | 3  |
| 二、国内外研究概况 .....                 | 5  |
| 三、研究方法 .....                    | 9  |
| 四、研究的主要科学问题 .....               | 10 |
| <b>第二章 华南海岸带环境概况</b> .....      | 12 |
| 一、地质地貌 .....                    | 13 |
| 二、气候与陆地水文 .....                 | 16 |
| 三、波浪 .....                      | 16 |
| 四、潮汐与潮流 .....                   | 23 |
| 五、华南沙质海岸侵蚀概况 .....              | 26 |
| <b>第三章 波浪及华南岬湾近岸波浪场特征</b> ..... | 28 |
| 一、波浪的基本概念 .....                 | 28 |
| 二、波浪近岸变形数值模型的发展及其原理 .....       | 32 |
| 三、实例分析——靖海湾波浪场数值模拟 .....        | 35 |
| 四、岬间海湾近岸波浪场特征分析 .....           | 38 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第四章 海滩前滨地地形动力过程及蚀积机制</b> .....    | 41  |
| 一、海滩前滨剖面地形动力过程分析 .....               | 42  |
| 二、冲流带海滩高频振动特征及蚀积机制分析 .....           | 50  |
| 三、海滩蚀积状态的地形动力学判别 .....               | 56  |
| <b>第五章 华南岬间沙质海岸侵蚀影响因素及作用机制</b> ..... | 60  |
| 一、台风大浪对海岸侵蚀的影响 .....                 | 60  |
| 二、华南海平面上升及海岸的响应 .....                | 68  |
| 三、华南沙质海岸侵蚀的其他影响因素 .....              | 85  |
| <b>第六章 岬间海湾沿岸输沙与岸线演变</b> .....       | 89  |
| 一、沿岸输沙机理及其计算 .....                   | 89  |
| 二、沿岸输沙对岸滩侵蚀与岸线变化造成的影响 .....          | 91  |
| 三、实例分析——后江湾岸线变化数值模拟 .....            | 92  |
| 四、小结 .....                           | 101 |
| <b>第七章 华南岬间海湾平面平衡形态规律</b> .....      | 102 |
| 一、岬间海湾平衡形态模式的提出及平衡形态模型 .....         | 103 |
| 二、华南岬间海湾平衡形态神经网络模型 .....             | 109 |
| 三、模型应用 .....                         | 118 |
| 四、小结 .....                           | 124 |

## 下 篇 华南海岸带管理及旅游开发

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第八章 华南海岸带开发与管理</b> ..... | 127 |
| 一、华南海岸带自然环境与资源概况 .....      | 127 |
| 二、华南海岸带开发与管理 .....          | 133 |
| <b>第九章 滨海旅游开发理论探讨</b> ..... | 145 |
| 一、滨海旅游的概念 .....             | 145 |
| 二、滨海旅游国内外研究概况 .....         | 148 |
| 三、滨海旅游研究的基础理论 .....         | 150 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 四、旅游开发面临的问题与前景展望 .....         | 154        |
| <b>第十章 华南滨海旅游开发 .....</b>      | <b>159</b> |
| 一、华南海岸带旅游资源 .....              | 159        |
| 二、华南海岸带滨海旅游开发现状及存在的主要问题 .....  | 162        |
| 三、华南滨海旅游开发策略 .....             | 167        |
| 四、华南滨海旅游开发案例——珠海滨海旅游开发探讨 ..... | 169        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>178</b> |

# 上 篇

华南岬间海湾砂质海岸侵蚀演变



# 第一章

## 绪论

### 一、研究意义

海岸是海洋与陆地相互接触、相互作用的空间。海陆接触的部分瞬时所在为一条水边线,但它处于经常变动之中,表现为兼具海陆而宽窄不一的带状区域。广义的海岸即海岸带。海岸带是地球上大气圈、水圈、岩石圈和生物圈最紧密接触的部分,自然环境复杂,自然资源丰富多样,通常是人类生产生活的重要场所(赵焕庭,张乔民,宋朝景等,1999)。世界上半数以上的城市、人口、经济都集中在海岸带。海岸带环境、资源与灾害对沿海地区经济发展及人类生存影响极大。然而,当今全球海岸普遍遭受着侵蚀后退过程。例如,美国百分之八十的海岸线遭侵蚀(《中国环境报》,2000-8-9),尼日利亚的海岸线正在以每年20~30米的惊人速度向陆地后退(《中国旅游报》,2002-11-21)。另外,由于全球气候变暖引起的海平面的上升和人类活动的负面影响加剧了海岸的侵蚀。海岸侵蚀机制及其岸滩防护成为当前地球科学研究的重点与前沿。20世纪70年代以来,包括澳大利亚、美国、英国、加拿大、荷兰等发达国家的地理学或自然地理学研究人员致力于海岸侵蚀过程的研究,海岸侵蚀演变及其应用方面已经成为这些国家自然地理学研究最活跃的领域或方向。

按其床面物质组成不同,海岸可以分为由无黏性泥沙组成的沙质海岸和由黏性泥沙组成的淤泥质海岸。由于无黏性泥沙运动特性及其主要驱动力的差异,沙质海岸有着自己特有的形态结构及其冲淤演变规律。沙质海岸的主要驱动力是波浪(吴宋仁,1999)。波浪从深水入射进入近岸带,由于近岸带地形的作用而发生折射、绕射、底摩擦、破碎、反射、波-波相互作用等复杂的过程,其能量最终在近岸带消散。近岸带的泥沙经过波浪的搅动、

搬动、沉积而使得海岸地形发生变化。第二次世界大战后,特别是 20 世纪 80 年代以来,不少研究人员从不同的角度对沙质海岸的形态变化及其冲淤演变规律进行了大量的研究,并取得了不少的研究成果。但是由于波浪的运动、地形的变化、及其波浪与地形相互作用的复杂性、大量的非线性作用过程和海滩地形测量带来的困难等,使得人们对沙质海岸的侵蚀机制及演变规律仍然缺乏足够的认识,还有待于进一步的深入研究。

华南沿海岬间海湾沙质海岸分布广泛,除了大河口邻近海岸外,基本上属岬间海湾沙质海岸。沙质海岸岸线长度占华南岸线总长度的 1/3 以上(陈欣树,1989)。跟世界其他沙质海岸一样,华南沙质海岸同样遭受着普遍侵蚀后退现象。在科学落后、经济不发达的年代,海岸带人烟稀少,经济落后,即使破坏性大的台风大浪引起的强烈的侵蚀作用,也不一定造成灾难性的后果。因此,过去华南沿海沙质海岸的侵蚀问题没有引起人们足够的关注。改革开放以来,在经济全球化的带动下,我国的经济外向型特征越来越强,海岸带成了我国经济强势发展的纽带,大量的货物商品进出口都要依赖沿海港口。华南沿海优良港湾众多,港口码头的建设也取得了巨大的成就,其中珠江三角洲港口群已成为大力推进华南地区经济发展的以香港为轴心的国际运输中心(许志峰,2005)。随着居民收入水平的提高和自由支配时间的增加,海岸(主要是沙滩)已经成为我国居民重要的旅游目的地。华南海岸带自然环境优美,国内外游客如云。据 1992 年统计(国家海洋局,1995),华南沿海有旅行社 445 家。1998 年广东省接待海外游客 7000 万人次,滨海旅游产值 335 亿元,位居全国第一。华南沙质海岸已由原来的不毛之地变成了现在的宝贵的黄金海岸。对华南沙质海岸侵蚀机制的研究,了解华南岬间海湾的演变规律,可以为华南海岸带的保护、开发、利用、管理提供理论依据。因此,在华南海岸带经济取得迅速发展的今天,加强对华南海岸带侵蚀演变规律的研究具有迫切的现实意义。

平衡海岸平面曲线形态规律是研究沙质海岸演变与稳定的重点之一。应用海岸平面平衡形态规律,可以对海岸的侵蚀和堆积状况进行预报。根据其预报结果把人类的生、生活设施布置在可能侵蚀的区域之外,同时它还能能为人工岬头护岸、填海造地工程以及选择港口和治理航道等工程应用提供重要的科学依据。华南岬间沙质海岸因为其本身的地理位置和地理环境既有世界其他海岸共性又有自己的特性,故而,其海岸带演变有着与世界其他海岸相同的规律,也有其独特的一面。因此,对华南岬间沙质海岸的侵蚀机制和平面平衡形态规律的研究,能为华南海岸防护与海岸带土地利用等实际应用提供重要的理论依据,对华南海岸带的经济的稳定与发展有着

重要的作用。海岸带陆海相互作用的研究处于有关学科领域发展的前缘,是自然科学多学科与社会科学的交叉点,因此具有重要的理论和现实意义。

## 二、国内外研究概况

沙质海岸的侵蚀问题,实质是海岸带泥沙在波浪、潮汐等驱动力的作用下如何运动的问题。海岸在驱动力的作用下无时无刻不在发生变化,正是这些变化吸引了一代又一代的科学家从事海岸研究。

国外对海岸的研究起步较早。第二次世界大战后,许多科研组织与团体开始从事海岸方面的研究。如英国皇家学会(the Royal Society)与英国南极调查局(BAS)开始鼓励科研组织对海岸方面的研究(Stoddart, 1969);美国地质调查局海军研究办公室与自然科学基金会开展了某些区域的海岸带调查(Emery, Tracey, 1954; West, Psuty, Thomas, 1969);澳大利亚科学和工业研究组织(CSIRO)已经将海岸带的研究作为土地研究与区域调查项目的一部分(Twidale, 1956)。最初对海岸演变与地形形成的研究以大尺度的地形(或地貌)为主,采用静态描述的方法(Russell, 1942; Davies, 1958)。由于受研究手段的限制,缺乏机制分析,美国海岸侵蚀研究团,即现在的美国海岸工程研究中心(CERC)首先应用实验量化方法来解释海滩地形的变化。随后有很多的研究人员应用并改进了这一方法(Shepard, Inman, 1950; Dolan, 1966; Harrison, Krumbein, 1964; Harrison, 1970; King, 1953)。这一方法的特点是通过实验的测量数据如滩面坡度、泥沙粒径、波高建立经验方程,预测海滩对驱动力的响应。对海滩演变过程的解释主要依赖于统计数据之间的相关性,并没有确定性的理论,即把海滩形态和变化过程当做“黑箱”来研究。统计方法虽然不能对海滩在驱动力作用下变化的物理机制有明确的解释,但是可以促进对作用机制的认识。另外,这一方法在海岸工程应用方面有一定的利用价值。有些研究人员从水动力与风动力的角度来研究海岸的短期过程(Inman, Gayman, Cox, 1963; Longuet - Higgins, Stewart, 1964; Bowen, 1969; Noda, 1974)。这些研究则解释了动力与形态之间相互联系的物理机制。数学方法、室内实验、野外观测等是早期对海岸研究的主要手段。Komar 对这些研究做了系统的论述(Komar, 1976)。

20 世纪 70 年代,一些研究人员开始注意海滩的侵蚀过程与形态之间在不同的时空尺度的相互调节。Wright 和 Thom 首先提出了一较完整的地形动力学(morphodynamics)概念(Wright, Thom, 1977)。地形动力学从流体动力、泥沙运动、地形变化之间的相互耦合过程来研究海岸的演变,是指地形和驱使泥沙运动的水动力间非单向的相互作用和变化过程,考虑沉积形态、

水动力过程和沉积物再分布的完整组合以及它们的类型、这些组合时间变化的次序和范围、这些组合与它们对环境状况时间变化性之间的联系。Wright 和 Short 以澳大利亚不同海岸背景的岬间海滩为例,利用碎波尺度参量总结了反射性、耗散性和介于两者之间的中间类型海滩——碎波带波流、地形、组合和剖面特征(Wright, Short, 1984)。Lippmann 和 Holman 进一步划分了 8 种海滩状态和 4 种沙坝类型,并和 Wright 的分类进行了对比(Lippmann, 1990)。地形动力学方法在短期或某个事件尺度范围的海岸过程的研究取得了一定成就。由于海岸系统及其变化过程是非线性的,特别是中长期的海岸侵蚀演变,动力过程与形态之间的相互作用更为复杂。地形动力学方法对长期的海滩演变研究仍然存在较大困难。

海滩剖面是对海滩侵蚀研究的一个重要手段。海滩剖面是通过其物质组成、坡度与地貌形态结构的时空变化在一定程度上反映的复杂过程。Shepard 通过对美国西海岸的近岸观测提出了“冬季剖面”(风暴剖面)与“夏季剖面”(涌浪剖面)的概念(Shepard, 1950b),反映了剖面形态与动力特征及剖面类型的转换与蚀积过程的关系。一些学者进一步研究了粒度与波浪尺度对海滩剖面类型的影响(Scott, Theodore, 1954; Kemp, 1961)。剖面除了依赖于风暴与涌浪条件的变化外,还显示出与其他动力要素如潮汐、风等发生相应的变化(Duncan, 1964; Strahler, 1966)。“中立点”假说的提出引起了研究人员极大的兴趣,根据中立点假说,研究人员提出了许多海滩平衡剖面模型(Dean, 1991; Bodge, 1992; Lee, 1994)。平衡剖面形态只是根据动力和海滩泥沙充分作用下的实验或实测的海滩剖面,经过经验拟合而得到的一个具有统计意义上的相对平衡的海滩形态。实际的海滩剖面是受当地波候、沉积物性质、海岸地貌形态、地质基础等众多的要素控制的,因此,理想的平衡剖面在自然界是难以找到的。尽管如此,海滩平衡剖面对海岸侵蚀变化和海滩演变过程的研究是有重要意义的。正如 Larson 和 Kraus(1989)指出的:“如果已经在实验条件下能够证明海滩平衡剖面的存在,那么从理论上讲,是否能在自然界找到绝对的平衡剖面就变得不那么重要了。”

随着计算机技术的发展,数值模拟方法在海岸侵蚀演变方面的应用更为广泛。如近岸波浪数学模型中,平面二维波浪模型的理论不断发展与完善,有不少的模型已应用于海岸工程,比较典型的模型有 HISWA、REF/DIF-1、SWAN、CGWAVE、HARBD 等;垂向二维模型开始应用于一些简单的实例,主要有 NEWFLUME、SKYLLA;三维波浪模型的研究已经起步(谷汉斌,孙精石,2004)。海岸侵蚀演变模型可分为跟泥沙横向运动有关的剖面模型、与泥沙沿岸运动有关的岸线模型及三维模型。剖面模型是在平衡剖

面理论与海滩泥沙的横向输运机制建立起来的,可用来预测剖面形态对海洋动力如潮汐、风暴浪等对海岸工程建筑的响应。较为典型的剖面模型有:EDUNE(Kriebel, 1985)、SBEACH(Larson, 1989)、CCCL(Chiu, Dean, 1986)、CROSS(Zheng, Dean, 1997)等。岸线模型包括一线模型与多线模型。一线模型是较为简单而又发展成熟的模型,在海岸工程中应用广泛(Hanson, Kraus, 1991; Leont'yev, 1997; Todd, 2005)。工程中应用较多的一线模型有GENESIS、LITPACK、SAND94、UNIBEST等。多线模型需要对横向输沙有一个明确的描述(Bakker, 1969; Perlin, Dena, 1983),因为目前横向输沙机理还不十分清楚,这就限制了多线模型在工程中的应用。三维模型对实际现象的简化较少,因而应用范围较大(Bender, 2004),但需要更多的计算时间。另外,因为动力与形态之间相互作用的复杂性,三维模型对海滩侵蚀演变的可信度还是较低,特别是对海滩变化的长期预测。在海岸工程应用方面,数值模拟相对于室内的物理模型,其优点是成本较低,实验方案容易变换。

国内有关沙质海岸侵蚀问题的研究有:陈子燊在20世纪80年代就指出了中国海岸侵蚀问题与主要控制因素(陈子燊, 1988);夏东兴、季子修进一步讨论了中国的海岸侵蚀问题(夏东兴, 王文海, 武贵秋等, 1993);陈子燊通过对剖面蚀积变化的主要周期及其与波能的耦合关系、海滩不同高度带体积变化的动态特征及弧形海岸海滩地貌对台风大浪的响应过程的分析,通过高能与低能条件下泥沙搬运方向和高能条件下海滩碎波带地形状态与波动过程的研究,探讨了近岸带地形、动力和沉积环境之间的相互关系(陈子燊, 1995; 陈子燊, 1999; 陈子燊, 2000)。王文介对华南沿海海滩状态和演变的研究(王文介, 1996);庄克琳建立了海岸侵蚀的解析模式(庄克琳, 庄振业, 李广雪, 1998);张我华等从环境工程的角度讨论了在岸滩侵蚀的问题中建立了模型的基本框架(张我华, 蔡袁强, 吴昌灿, 2002);李志龙等通过海滩体积变化的主分量分析,讨论了海滩体积变化跟动力要素的关系(李志龙, 陈子燊等, 2004)。李志龙等探讨了冲流带滩面高频振动特征并通过相关分析讨论了滩面侵蚀与波浪和潮汐的关系(李志龙, 陈子燊等, 2005)。

有关海岸侵蚀问题,虽然国内已有不少关注,但其所作工作大多是定性的,宏观上的描述,对海岸过程模式及侵蚀机制、海岸稳定性机理及稳定形态方面系统深入的研究并不多见。

随着海岸侵蚀演变越来越引起人们的重视,对海岸的研究也越来越深入。总的说来,现代的海岸侵蚀演变研究具有如下特点:

1. 高新技术手段逐渐渗入。对海滩波浪和地形——特别是对碎波带地形的测量是非常困难的事情,新的精密仪器、声学、光学、遥感等高新技术手

段的采用,为海岸研究提供了大量的更为精确的数据。

2. 数值模拟方法应用越来越广泛。确定性描述的数学模型应该是海岸侵蚀演变预测研究的一个重要方向。但只有对动力与形态之间的作用机制有了更为清楚的认识才能提供模型的可信度。

3. 统计的、经验的方法仍然是海滩研究的一个重要手段。流体动力—泥沙输运—地形变化之间的相互耦合存在着许多复杂的非线性过程,人们对其相互之间作用机制的认识仍然存在一定的困难。动力与形态之间的统计相关分析与侵蚀演变趋势的经验预测具有简单而较高可信度的优点而仍被人们大量采用。

4. 新的数学方法不断应用于海岸研究。如小波分析、神经网络模型等。

5. 多学科交叉、多学科结合的现象越来越普遍,成为海岸侵蚀演变过程研究的发展趋势。

平衡海岸平面曲线形态规律与平衡剖面规律一样,是研究沙质海岸演变与稳定的重要规律之一。Yasso 最早通过模拟原型海湾,提出对数螺线模型(Yasso, 1965)。随后的一些研究者通过大量原型海湾的模拟和波浪槽试验,提出了新的岸线平衡模型。比较典型的有抛物线形模型(Silvester, Ho, 1993; Silvester, Hsu, 1997)、椭圆形模型(Shinohara, Tsubaki, 1966; McCormick, 1993)、形态要素模型(Hsu, Silvester, 1989)等。平衡形态规律在海岸长期侵蚀演变预测与防岸护岸工程上得到了广泛的应用(Ming, Chiew, 2000; Mauricio, Raul, 2001; Hsu, Jan, 2003)。

对海湾平面平衡形态研究在国内也逐渐引起了一些研究人员的重视,主要研究成果有:夏益民提出的双曲线形模型及其实际工程的应用(夏益民, 1988; 夏益民, 1991; 夏益民, 1994;);王文介对优势波浪和次优势波浪对岬湾的作用可能形成双对数螺线海湾的研究(王文介, 1997);常瑞芳通过波槽试验论述了波浪对稳定海湾形成的影响因子(常瑞芳, 1994)等。

岬间海湾平面平衡形态经验模式的提出和发展为海岸平面形态的稳定性研究提供了新的思路 and 方向。从最初对数螺线模型的提出到现在已经近半个世纪,平面平衡形态模型也发展日趋成熟。它不仅在理论上为海岸形态与演变的研究提供了新的方法和思路,在实际应用中也卓有成效。利用模型可以预报静态平衡岸线,把人类的生、生活设施布置在可能侵蚀区域之外。同时海湾平面平衡形态经验模型为海岸建筑工程人员设计经济、合理、有效的海岸防护工程,如岬角控制工程、离岸堤工程、填海造地工程等提供了重要的理论依据。但是,所有当前的平衡岸线模型及岸线形态模型,对所拟合的静态平衡岸线缺乏机理上的分析,都是用特定的数学函数(如对数

螺线函数,双曲线函数,抛物线函数)去拟合岸线,而对岸线形态为什么满足这样的函数关系却没有解释。除此之外,对模型中主波向与下岬角的定义也存在不合理的地方。有关岬间海湾平衡形态规律的研究,有待进一步深入。

### 三、研究方法

#### 1. 野外考察观测

野外考察观测是整个地理学研究的重要手段和方法,对于海滩侵蚀过程和机理的研究尤为重要。野外观测的内容有:地形与近岸动力测量、地质地貌考察、沉积物收集识别、近岸现象的记录、寻访当地百姓了解海岸的历史演变和人类活动等环境等。

#### 2. 多尺度结合

海岸系统是一个包含多过程、多尺度(时间尺度和空间尺度)变化的复杂体系,海岸侵蚀演变过程体现为不同的时间尺度和空间尺度。这些不同尺度的海滩过程交织在一起,互相影响作用。它们通过非线性相互作用,而不是简单的线性相加。所以仅用一个尺度进行研究是不全面的,也是不科学的。采用多尺度结合的方法,从小尺度冲流带波流与滩面地形之间的相互作用(时间尺度为秒到小时,空间尺度为数米)到大尺度整个海湾平面形态的演变(时间尺度为多年,空间尺度为数千米到数十千米),从不同层面研究海滩侵蚀机制,既分析各尺度的特点和规律,也研究各尺度间的相互作用。

#### 3. 以点概面,点面兼顾

本书所研究的内容涉及整个华南海岸,涉及面广,难以面面俱到。通过对华南几个典型海湾为例来作具体详细的研究,对某一过程和规律的探讨,以点概面;但同时对整个华南岬间沙质海岸的这一过程和规律进行综合分析和概括,点面兼顾。

#### 4. 数值模拟

数值模拟的方法由于其简单易行的特点,现在水动力与岸线变形预报上有着广泛的应用。采用数值模拟的方法,对华南典型海湾的波浪场分布和岸线变形进行了模拟计算。

#### 5. 统计方法

统计的、经验的方法是海岸、海滩研究的一个重要手段。流体动力—泥沙输运—地形变化之间的相互耦合存在许多复杂的非线性过程,人们对其相互之间作用机制的认识仍然存在一定的困难。动力与形态之间的统计相