

# 亚洲地区的流域—海岸相互作用： APN 近期研究动态

高 抒

(南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210093)

**摘 要** 在亚洲地区, 不同流域的海岸带所接受的淡水、沉积物、营养物质和污染物质入海通量有着很大的差异。入海通量的特征受到流域人类活动的强烈影响, 如水坝建设和化肥的大量施用。气候和海平面的变化也起了一定的作用。流域—海岸相互作用的特点是, 入海物质通量的变化将导致流域、河口以及邻近水域的地貌、环境和生态系统的改变。在流域—海岸系统不断变化的情况下, 为了改进流域—海岸系统开发的管理策略, 应进行以下调查和研究工作: 在现场监测和观察的基础上, 定量地描述上述变化; 了解引起上述变化的过程和机制; 发展预测未来变化的趋势和幅度的新方法、新技术; 将所获结果应用于流域—海岸系统的开发和管理实践。为了确定本研究领域今后 10 年的资助方向, APN (Asian Pacific Network for Global Change Research) 召集了相关的学术研讨会。按照 APN 的部署, 笔者负责完成了“流域—海岸相互作用”领域的研究课题建议, 本文是这份文件的简要总结。

**关 键 词** 流域—海岸相互作用; 入海物质通量; 环境演化; 海岸带管理; 亚洲地区

**中图分类号** P736.21<sup>13</sup> **文献标识码** A

## 1 引 言

流域—海岸相互作用是国际地圈生物圈计划的核心子计划“海岸带陆海相互作用”第二个 10 年期间的中心研究议题之一<sup>[1, 2]</sup>。在此之前, 欧洲已经执行了 EUROCAT 项目<sup>[3]</sup>, 23 个研究机构的 70 位科研人员参与了该项目, 其研究的目标是:

- (1) 确定流域变化在本区域海岸带的影响效应。
- (2) 发展综合生态自然和社会经济的整体模型。
- (3) 建立未来区域性环境变化的预案。
- (4) 利用这些预案和模型评价未来海岸带的变化。

(5) 探索政策制定者能够应用上述研究成果的潜力。

最近, 美国国家科学基金会也更新了流域—海岸带系统(源—汇过程与产物)研究的科学计划<sup>[4]</sup>, 探讨气候变化和人类活动响应下的从河流到深海的物质输送和交换过程。

与欧洲和北美的流域系统相比, 亚洲地区的情况更为复杂。这里是世界上人口最为密集的地区, 并且有着发源于世界最高的青藏高原的巨大河流—流域系统, 其中许多河流具有全球影响, 如印度河、雅鲁藏布江—恒河、伊洛瓦底江、湄公河、珠江、长江和黄河等。本区的另一个特点是岛屿众多, 岛上的河流虽小, 但沉积物入海通量却很大, 其原因是流域高程大, 并受到季风气候、强烈的侵蚀风化作用和流

\* 收稿日期: 2006-02-07, 修回日期: 2006-06-15.

\* 基金项目: 国家自然科学基金重点项目“强潮海湾粉砂物质与海岸系统行为”(编号: 40231010)的资助.

作者简介: 高抒(1956-) 男, 浙江杭州人, 教授, 博士, 从事海洋沉积动力学、海岸地貌、流域—海岸相互作用和海岸环境动力过程研究. E-mail: shugao@nju.edu.cn

域人类活动的影响。世界河流泥沙量的 $2/3$ 以上是来这一地区<sup>[5]</sup>。在全球气候、地貌、生态系统变化的背景下,流域自然过程和人类活动在控制邻近海岸的环境特征上起着重要的作用,而海岸带环境的改变又会反过来影响流域。

APN (Asian Pacific Network for Global Change Research) 为了确定今后 10 年的资助方向,邀请有关专家举行了学术研讨会。按照 APN 的部署,笔者负责完成了“东南亚地区流域—海岸相互作用”领域的研究课题的文件<sup>[6]</sup>,其要点总结如下,以供国内同行申请 APN 项目资助时参考。

## 2 流域—海岸相互作用的区域性特征研究

流域—海岸相互作用是通过能量和物质交换而发生的,其中河流物质(包括水、沉积物、营养盐、污染物等)入海通量变化是至关重要的。亚洲地区流域人类活动正在快速地改变河流入海通量。除大型河流外,这一地区的众多小河对沉积物的贡献也不可忽视<sup>[7]</sup>。自 20 世纪上半叶开始,为了灌溉、发电、航运、工业和生活目的而蓄水,已经建造了大量的水坝<sup>[8]</sup>。这在相当程度上改变了入海通量,也改变了入海通量在全年各月的分配变化。在长江流域,在过去的 55 年里,由于 48 000 多座水库的建设,尽管没有引起平均流量的显著变化,但是输水的季节性已被改变了。对沉积物而言,由于水库的建设,自 1995 年以来平均输沙量已经减少到每年  $3 \times 10^8 \text{ t/a}$  以下,这就意味着平均悬沙浓度也有所减少。未来的南水北调工程还将导致输水量减少。水沙通量的变化将产生一系列后果,如长江三角洲的淤积速度将会减慢甚至转化为侵蚀,水量减少将使盐水入侵更为剧烈,河道形态很可能会变为非均衡状态而引发水系结构的重新调整,流域—海岸带的生态系统也会受到影响。

人类活动引起的营养盐和污染排放是这一地区的另一重大问题。化肥和农药的广泛使用导致严重的氮磷富营养化和污染。此外,这一地区承担着很大的发展压力,建设了许多化工和其它引发污染的企业。再以长江为例,由于快速的社会经济发展,与水沙通量减少趋势形成鲜明对比的是,河流的营养物和污染物在不断地增加。因此,需要对流域—海岸相互作用的区域性特征进行研究。

### 2.1 流域的水文循环特征

流域系统的水平衡是由降水、蒸发、径流和渗流

组成。这些要素都不是常量,它们是随着全球气候、地表形态和流域生态的变化而变化的。降雨的时空分布会被长期气候变化、森林采伐和土地利用变化所改变,蒸发强度会由于水表的蒸发面积不同而有改变,径流和渗流类型也会由于植被覆盖变化和土壤侵蚀而不同。为了了解水量平衡的变化,应分析流域系统水文循环的控制因素,监测气候变化下的径流流量。

### 2.2 沉积物入海通量的观测

沉积物进入河床后,一部分会被水库、湖泊、河漫滩平原所截留。因此,就整个地区来说,尽管土壤侵蚀有增强的趋势<sup>[9, 20]</sup>,但入海的沉积物量不一定会增加。水坝建设的一个主要影响是入海沉积物数量减少。应该对沉积物入海通量进行连续的观测从而确定其变化趋势。在观测的基础上,对沉积物入海通量的时相、季节分布及其变幅进行分析。

### 2.3 河床地貌形态演变

在自然状况下,亚洲地区的河流地貌形态大多已达到平衡态。然而气候变化和人类活动会产生较大的扰动,如海平面上升会改变侵蚀基准面,水坝建设会改变水沙通量,水文条件的改变使河流系统进入非平衡状态。因此,河床形态、泥沙输送能力和河流堆积类型都会发生变化。因此,有必要监测河流系统演化对流域变化的响应,对过水断面面积、推移质和悬移质的粒度特征、河流的流速、河床纵剖面进行观测,以便能够定量刻画河流系统的形态改变。

### 2.4 河口—海岸地区的淤积和侵蚀状况

淤积主要发生在河口和邻近的海岸地带。河流三角洲形成于全新世时期,为人类社会的发展提供了土地资源。在亚洲地区,一些河流三角洲的演化和特征已经被国际科学界广泛地研究。经过长期的演化后,一些河流三角洲的淤积可能已经达到其增长的极限,这主要是由水文条件、沉积条件和气候条件决定的<sup>[11]</sup>。由于人类活动引起的流域沉积物供给变化,一些河流系统可能已经从淤积环境转变到了侵蚀环境。河口海岸侵蚀已经日益成为一个严重的问题<sup>[12]</sup>。对于一些典型河口系统,应进行沉积动力的长期观测、不同时间尺度(如潮周期、季节和年际)的悬沙浓度变化的分析、河口堆积的冲淤速率的观测,利用遥感和 GIS 技术监测三角洲地区的动态变化。

### 2.5 河口区盐水入侵

河口重力环流和潮汐作用使海水得以侵入河口<sup>[13, 24]</sup>,海水入侵的范围与淡水流量和河口地形条

件有关。在流域水坝建设的影响下,径流量的逐月分布会不同于原来的状态,沉积物输入减少则引起河口地貌的改变,因此海水入侵的形式和河口区及邻近陆架水域的盐度分布都会随之改变。因此,有必要对流域自然演化和社会发展引起径流和沉积物输入变化后的海水入侵状况进行观测。

### 2.6 营养 / 污染物质扩散和水质变化

在亚洲地区,高密度的人口和快速的经济已经导致营养物和污染物的大范围扩散,引发了严重的区域性环境问题。为了保护环境,确保未来可持续发展,扩散的控制是非常重要的。在近期,调查营养 / 污染物质的来源以及扩散数量并确定其对水质变化的影响是必要的,对于一些典型的流域—海岸带系统,应建立监测体系。

### 2.7 河口物质输入和大型工程项目对邻近大陆架生态系统的影响

由于流域的变化,输入河口和海岸水域的物质的数量、时相、收支状况将会有很大改变,从而产生很多后果,如盐度分布变化、悬沙浓度减小、河口水体透明度增加、河口和海岸带营养物和污染物增加。这些变化的共同作用导致河口和陆架生态系统的改变,如河口光合作用强度、初级生产力及组成、咸水的分布范围、生物物种的分布和河口附近的渔场分布状况的改变。对此应组织系统的观测。

为了适应大规模经济发展,本区在河口和海岸带已建了或正在建设许多大型港口,如新上海港、海港大桥以及杭州湾跨海大桥。这些建设活动主要是由长江流域的经济和社会发展决定的。然而,大型的河口海岸工程必定会对邻近的生态系统和环境产生广泛而深远的影响。对此应从水循环条件、海岸水动力环境、沉积物运动、初级生产力、海洋底栖生物、鱼类资源等方面进行观测研究。

## 3 流域—海岸系统演化的过程和机制的研究

观测数据对于分析流域—海岸带系统的变化是非常有用的,但是,对于预测未来趋势而言,仅仅使用时间序列数据是不够的。为了增强对流域—海岸带系统行为未来变化的预测能力,加强对过程和机制的了解是非常必要的。例如,仅仅利用观测的流量时间序列来预测长江未来淡水流量是很难的,而如果能够流量的控制因子及因子发生作用的方式为已知,就有可能建立一个较好的预测模型。

过程和机制这两个术语有着明确的含义。按照

系统论的观点,“过程”意味着系统对外界驱动力的响应,而“机制”是指不同“过程”之间的各种组合关系。或者说,过程是一个控制因子和整个系统的关系,而机制意味着不同因子联合作用对系统的影响。如果能够确定控制流域—海岸带系统变化的所有因子和它们之间的相互关系,那么就可以利用模型方法来模拟现在和未来的变化。按照这种观点,应对本地区流域—海岸带相互作用的过程和机制进行如下研究。

### 3.1 流域水文循环过程的变异

气候、海平面变化和对流域的人为改变都会使水文循环发生变化。在水文循环观测的基础上,对不同时空尺度下各个子系统(如大气、河床、土壤、地下水)之间的水文过程应该成为未来研究的核心问题。过去已经大量进行的水文循环研究主要是基于常态的条件,即不存在长周期的驱动力和边界条件的变化,且在平均值和波动幅度上水平衡关系是基本稳定的。然而,流域的变化导致水平衡因素(如降雨、蒸发、径流、渗流)也发生变化,平均值和波动幅度也变得不稳定,这就表明主要的循环过程和机制也已经不同。因此,必须深入研究控制流域—海岸带系统未来水文循环格局的过程和机制。

### 3.2 流域—海岸带系统沉积物的滞留过程

沉积物在流域—海岸带系统的演化中起着重要作用,主要是通过对地形/水深、物质循环和生态系统行为方面的影响。尽管进出系统的沉积物总量可能很大,但流域—海岸带系统滞留的沉积物主要是指最终在系统内堆积的那部分物质。沉积物的滞留效率可以用滞留指数(G. M. E. Perillo, 个人通信)来表达。影响滞留指数的因素包括淡水流量、水深、陆架水动力(波浪、潮汐、沿岸流)等。显然,为了定量地表达滞留指数,需要研究这些因素的变化过程。此外,滞留指数可能是一个具有尺度效应的参数,在不同的时间尺度下其数值是不同的。

### 3.3 源—汇条件变化下河口海岸沉积物的活动性

沉积物的活动性对河口海岸水域的生态系统是重要的,它影响光合作用和营养物质循环过程。活动性的测量是根据对水流流速高于沉积物临界起动条件的时间长度的观测和计算。沉积物活动性随着未来流域的水沙输入量的变化而改变。因此,有必要针对新的条件建立活动性的计算方法。

### 3.4 河口海岸地貌动力过程

在这一研究领域,已经发展了大时间尺度的几何模型来预测模拟沉积层序的形成<sup>[15]</sup>。然而,地形

演变的时间尺度相对较小,为了预测模拟河口—三角洲系统的形态演变,将沉积动力过程和几何模型结合起来是必要的。

### 3.5 营养和污染物质的混合与扩散过程的变异

混合与扩散是河口海岸水体物质运动的基本过程<sup>[14]</sup>。由于营养/污染物质是以溶解态或悬浮颗粒态的形态存在,它们的运移和扩散是受这些过程控制的。淡水径流量的变化以及营养/污染物质输入量的改变使河口—海岸系统的水动力条件和悬浮物质的分布发生变化,从而改变混合与扩散过程。应考虑新的条件下营养/污染物质通量与浓度的动力过程及其对水质和初级生产力的影响。

### 3.6 河口海岸系统的生态系统演化过程

甚至在流域变化被觉察到之前,亚洲地区的河口海岸带生态系统已经发生严重的问题,包括过渡捕捞、海水养殖疾病、有害藻类爆发。海洋水域的不适当使用已经引起环境和资源的破坏。在陆源物质通量变化(径流流量的改变、沉积物供给减少、营养/污染物质输入增加)的情况下,新老问题已经交织在一起。因此,为了了解生态系统的响应,应重点研究物质输入和生态响应的过程和机制、初级生产力的空间和时间分布、河口海岸水域中高营养级优势种的生物数量以及生态系统的演化趋势。

### 3.7 大型和小型流域—海岸带系统的比较

由于大型流域产出较多的水、沉积物、营养/污染物,因此以往的研究有集中于大型流域—海岸带系统的趋势。然而,小型系统的作用很可能被低估了。就沉积物通量来说,已经证明全球小河流运输的沉积物量比大河流要多<sup>[7]</sup>,因为小河流的数量远远多于大河流。另一个原因是小流域盆地水坝建设较少,沉积物被水坝阻挡的效率也较低。关于碳沉积及其对生态系统特征的影响,新近的研究表明小的流域—海岸带系统有着不亚于大型系统的影响<sup>[16]</sup>。在亚洲地区,有大量的小型流域—海岸带系统,应充分认识这些小型系统对沉积物、营养和污染物质通量的影响。

## 4 调查方法和技术的研究

在区域特征以及相关的过程和机制的研究中,利用先进的方法和高新技术进行监测和调查研究是很重要的,如现代测量技术、模型模拟方法以及地球化学示踪方法。在建立模型方面,根据目的和研究水平的差别,应有不同的模型方法,如包括:概念模型,用于确定需要考虑的主要因子和提炼科学问

题;过程模型,用于明确各种过程的作用和地位;模拟模型,用于预测系统的时空变化。对于亚洲地区来说,为了理解流域—海岸系统的未来演化趋势,这三种模型的研究都是必要的。地球化学示踪术对于物质来源、运移、扩散以及环境演变历史的研究都是很有益的。此外,为了提高研究的成效,确定合适的研究区域是很重要的,在选择关键研究区域时应考虑气候、人口密集水平、城市化程度、流域开发特征、河流类型和大小、物质通量、海岸带生态类型等因素。

### 4.1 物质通量的过程模型方法

流域的沉积物来量主要是受气温、高程和流域面积控制的(J. P. M. Syvitski, 个人通讯)。然而,由于沉积物来量和流域条件之间的关系受到很多复杂过程的影响,仅仅考虑这三种因素可能是不够的。例如,包括温度和降雨在内的气候条件以及地质条件会影响风化作用和剥蚀量,地层特征可以决定河流水系类型,进而影响沉积物运移和堆积。尽管利用三个变量的预报在数量级上是正确的,但不能被用来预测人类活动对通量的影响。对于其他物质如水、营养物和污染物,其情况也是如此。因此,需要综合考虑自然和人为因素,以确定各种过程的相对重要性;可以采用过程模型的方法确定像岩石类型和基底地层、植被覆盖、水坝建设、化肥施用、工业/生活废弃物等因素在物质通量变化中所起的作用。

### 4.2 三角洲演化的动力地貌模拟技术

为了模拟海岸系统的地貌演化,海岸动力地貌模拟的新技术已有了较大的发展<sup>[17]</sup>。这些新技术主要是基于对沉积物输运率和堆积/侵蚀率的计算。由于沉积动力学的进步,计算精度有了较大提高,目前已可在水体和沉积物流量变化的条件下建立河床和三角洲地貌演化的模型。为了提高空间分辨率,需要完善地貌演化的平面二维模型。

### 4.3 物质运移动态的地球化学方法

封闭系统的混合模型经常被用来获取物质来源的定量信息<sup>[18]</sup>。然而,对于像河口海岸这样的开放系统来说,这样的模型可能是不充分的,因为从河口输出到陆架的物质成分和数量未在此类模型中加以考虑。对于开放系统的混合模型的建立,利用地球化学示踪的方法来确定物质在河口—海岸系统的运移特征可能是有效的。这种模型还有扩展到颗粒态营养/污染物质的潜力。

### 4.4 沉积记录形成的正演模型

在沉积记录的分析中,经常会用到反演模

型<sup>[19]</sup>。一般的惯例是先对钻孔样品进行分析,得到的数据被用来表示环境变化的特征,进而恢复流域—海岸系统的演化历史。这种方法的局限性是无法对堆积作用的时间连续性作出全面的估计。因此,有必要在沉积动力学和动力地貌学的基础上发展正演模型技术来模拟沉积层序的形成,这种方法的应用可以使沉积层序得到更好的解释。此外,一些无法利用反演方法获得的重要的环境信息,例如短时间尺度的沉积速率、床面活动性、沉积记录的保存潜力等,也能用正演模型方法获得。这种方法或许会成为未来研究流域—海岸带系统演化的重要工具。

#### 4.5 流域—海岸带系统数据库

由于数据采集和监测技术的进步,来自现场观测和实验室分析的数据观测会大量增加,这些数据一般被用来刻画地区特征和进行模型验证。应该利用 GIS 等强大的工具来处理海量数据,建立区域性的数据库(包括多层次数据库)。

#### 4.6 为未来管理设定恰当预案的方法

对于规划和管理而言,必须要有本地区未来的发展、环境变化、社会和经济增长的趋势、气候条件和生态演化等方面的预案资料。由于对未来条件的预测能力不足,今天采取的很多预案仍然有较大的不确定性,这增加了规划和管理成本。因此,应该发展新的方法来制定合适的预案,应该将预案的设定建立在结合历史记录、现在趋势和未来预测,以及过程和机制研究的基础上。

#### 4.7 流域—海岸带系统综合管理的人工智能工具

许多管理工具在管理实践中已经存在,除这些工具之外,在未来还应发展人工智能管理模型,来提高管理的质量和效率。模型应该是智能化的、稳健的。“智能化”意味着可以提供充分的信息,决策将以模型输出的方式被提出,如果已有信息不足以做出决策,那么模型输出将会指出所需信息的类型;“稳健”是指任何的决策都是来自模型的运行,并且即使管理的规则或指导方针有缺点,也可以自动检查错误并会建议补救措施。

### 5 流域—海岸带开发和管理的应用研究

上述研究的目的是支持流域—海岸带系统的综合有效的资源环境管理。在过去,科学数据的收集通常被认为是科学家的兴趣,最多是作为管理的背景信息。因此,在发展中国家管理和研究的分离是一种普遍的现象。为了改变这种状况,需要让科研

人员能够和管理者、政策制定者、公众一起工作。下面是一些将科研成果应用于管理实践的研究议题。

#### 5.1 流域—海岸未来发展的区域性规划

可以预见,管理者将很快会利用强大的管理工具(如多层次数据库、GIS、人工智能管理模型),而科研人员也会越来越明确的阐明未来的环境变化、社会经济发展趋势、气候变化、生态系统演化。为了达到本地区的可持续发展,科学数据和预测未来变化的其它信息应该通过各种规划框架来综合在一起。

#### 5.2 海岸湿地和珊瑚礁生态系统的保护

海岸湿地和珊瑚礁广泛地分布于亚洲地区海岸,它们具有重要的商品价值和生态系统服务功能<sup>[20, 21]</sup>。然而,由于来自流域的营养和污染物质的影响不断增加,湿地和珊瑚礁的未来受到严重威胁,环境和生态系统已经开始退化<sup>[21, 22]</sup>。对于本地区的海岸湿地和珊瑚礁的保护,应加强海洋生态系统动力学的研究。海岸带生态系统不同于陆地或开敞海洋,它们是同时受到陆地因素(如潮间带、河流堆积和降雨)和海洋因素(波浪、潮汐和盐分)影响的。

#### 5.3 河口海岸环境变化的管理

物质通量和海岸土地利用强度的变化是对流域开发的响应,由于地形、水质和生态系统的变化,亚洲地区的河口已发生了明显的改变。因此,提高对河口系统的管理能力是必要的。对河口岸线的随意改变应该停止,污染和盐水入侵应该减缓以改善河口水质,生物多样性和良好的生态系统应该得以保持。所有这些任务都依赖于适当的管理框架。

#### 5.4 海岸带土地围垦潜力

陆源沉积物供给使河流三角洲和邻近的海岸线向海推进。这一过程会产生新的陆地,对于围垦来说这是宝贵的资源。在本地区的海岸带,未来的大规模城市化和工业发展依赖于新开垦的土地。然而,土地的增长是受沉积物供给、海岸地面沉陷、海平面变化限制的。因此,有必要估算海岸陆地未来的增长潜力,以便于对围垦计划和保持土地需求与海岸湿地保持/保护之间的平衡而采取适当的措施。

#### 5.5 河床与海岸带沙石资源管理

采砂活动在本区是比较强烈的,目的是为了公路建设和建筑业。这一活动经常超出了规定的强度。例如,在长江河床和邻近内陆的河口地区,非法开采已经持续了很长一段时间,这会引引起河岸和海底的不稳定,并且对底栖生物群落和鱼类产卵场所产生破坏作用。对于任何开采活动,应进行环境影

响评估,包括对河床稳定性和海洋生态系统的影响的估价。

#### 5.6 海岸带防洪

在亚洲地区,海岸带洪水经常是由台风引起的;严重的洪水事件也是与潮汐和来自于流域的淡水径流以及台风活动相关的。对于防洪工程,不同重现期的洪水水位的计算方法通常是针对常态条件的;然而,当气候、海平面、水沙通量、地形条件变化时,这些计算方法就不再适用了。由于气候和海平面变化,海洋可能变得更加不稳定,产生更多的风暴、更大的波浪、更强烈的台风,而海岸工程会引起河口海岸地形的变化,从而引起洪水特征的变化。因此,在环境条件变化下,应该更新防洪标准。

#### 5.7 水质改善和生态系统健康

在河口海岸水域中,水质和生态系统健康是海岸带发展的关键因素。应该以营养物、污染物和颗粒物沉积物通量来作为评价生态系统健康的指标之一。在此基础上,结合其他指标,评价未来生态系统的特征,如富营养化程度、溶解氧含量、光合作用、生态系统群落结构、补充与繁殖机制、生物生活环境条件等。

#### 5.8 生物资源可利用的限度

大河口区域有较高的生物生产量。例如,长江口外的渔场是本地区最大的渔场之一,在这里初级生产力可以达到  $300 \sim 600 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  的数量级,从而使这里产出的鱼、虾、蟹、贝举世闻名。然而,鱼类资源已经受到过度捕捞、富营养化、有害藻类爆发等共同作用的威胁,海洋养殖也在一定程度上造成了海岸环境的恶化。为了实现海洋生物资源的可持续利用,应重新分析本地区渔业和海洋养殖的潜力,制定新的规划和指导方针。

#### 5.9 区域性流域—海岸系统开发前景

亚洲地区的人口将继续呈增长趋势,因此流域—海岸系统在未来的进一步开发是可以预期的。在过去,流域和海岸带的管理互不相通,但对于未来的土地利用、河岸和海岸带城市化、工业、农业、旅游业和其他人类活动都应该以综合的方式来管理,使未来的管理达到最优状态。

#### 参考文献(References):

[1] Ldcz Ipo. Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Science Plan and Implementation Strategy (IGBP Report 51 / IHDP Report 18) [M]. Stockholm: IGBP Secretariat, 2005.

[2] Crossland C J, Kremer H H, Lindboon H J, et al, eds. Coastal Fluxes in the Anthropocene [C]. Berlin: Springer-Verlag, 2005.

[3] Salmons W. European Catchments: Catchment Changes and Their Impact on the Coast [M]. Amsterdam: Institute for Environmental Studies, 2004.

[4] Margins Office. NSF Margins Program Science Plan 2004 [M]. New York: Columbia University, 2003.

[5] Milliman J, Syvitski J P M. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers [J]. Journal of Geology, 1992, 100: 525-544.

[6] Gao S. Catchment-coastal interaction in the Asia-Pacific region [C]. Harvey N, ed. APN Coastal Zone Management Synthesis. Amsterdam: Springer-Verlag, 2006: 65-90.

[7] Milliman J, Farnsworth K L, Albertin C S. Flux and fate of fluvial sediments leaving large islands in the East Indies [J]. Journal of Sea Research, 1999, 41: 97-107.

[8] World Commission on Dams. Dams and Development: A New Framework for Decision-making [M]. London: Earthscan, 2000.

[9] Jian-an Sheng, An-zheng Liao. Erosion control in South China [J]. Catena, 1997, 29(2): 211-221.

[10] Ahmad T, Khanna P P, Chakrapani G J, et al. Geochemical characteristics of water and sediment of the Indus River, Trans-Himalaya, India: Constraints on weathering and erosion [J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 1998, 16: 333-346.

[11] Gao S. Modeling the limit of the Changjiang River delta growth [J]. Geomorphology, 2006, in press.

[12] Yang S L, Belkin I M, Belkina A I, et al. Delta response to decline in sediment supply from the Yangtze River: Evidence of the recent four decades and expectations for the next half-century [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 57: 689-699.

[13] Dyer K R. Estuaries: A Physical Introduction (2nd edition) [M]. Chichester: John Wiley, 1997.

[14] Lewis R. Dispersion in Estuaries and Coastal Waters [M]. Chichester: John Wiley, 1997.

[15] Paola C. Quantitative models of sedimentary basin filling [J]. Sedimentology, 2000, 47 (suppl. 1): 121-178.

[16] Gao S, Jia J J. Accumulation of fine-grained sediment and organic carbon in a small tidal basin: Yuhu, Shandong Peninsula, China [J]. Regional Environmental Change, 2004, 4: 63-69.

[17] De Vriend H J, Capobianco M, Chesher T, et al. Approaches to long-term modeling of coastal morphology: A review [J]. Coastal Engineering, 1993, 21: 225-269.

[18] Owens P N, Walling D E, Leeks G J L. Tracing fluvial suspended sediment sources in the catchment of the River Tweed, Scotland, using composite fingerprints and a numerical mixing model [C]. Foster I D L, ed. Tracers in Geomorphology. Chichester: John Wiley, 2000: 291-308.

[19] Bhandari S, Maurya D M, Chamyal L S. Late Pleistocene alluvial plain sedimentation in Lower Narmada Valley, Western India: Palaeoenvironmental implications [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2005, 24: 433-444.

[20] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands (3rd edition) [M]. New York: John Wiley, 2000.

[21] Kathiresan K, Bingham B L. Biology of mangroves and mangrove

ecosystems[J]. *Advances in Marine Biology* 2001, 40: 93-251.

tion and adaptation[J]. *Advances in Marine Biology* 2003, 46:

[22] Cies S L, Brown B E. Coral bleaching capacity for acclimatiza-

183-223.

## Catchment-Coast Interactions of the Asian Region : APN Recent Research Topics

GAO Shu

(Ministry of Education Key Laboratory for Coast and Island Development,  
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** Across the Asia-Pacific region, coastal areas are highly varied in the status of water, sediment, nutrient, and pollutant discharges from catchments. Such changes are mainly caused by extremely intense human activities in the catchment basins, ranging from construction of numerous dams to the large scale utilization of chemical fertilisers, and, to less extent, by climate and sea level changes. The nature of catchment-coast interactions means that changes of material fluxes will result in morphological, environmental, and ecosystem changes in the catchment areas, estuaries, and adjacent coastal waters. In order to improve management of regional development under the changed conditions of the catchment-coast system, it is proposed that research should: (1) define the various changes quantitatively, on the basis of in situ monitoring and measurements; (2) understand the basic processes and mechanisms that are responsible for the changes; (3) develop new methods and techniques for the prediction of future changes, in terms of both trends and magnitude of fluctuations; and (4) apply the findings obtained from these studies to future catchment-coast development and management practices. Recently, a workshop was organized by APN (Asian Pacific Network for Global Change Research) to discuss about future research topics for the region. Following the workshop, the author completed a document for suggestions of future research directions within the study area of "Catchment-Coast Interactions". The present contribution is a short summary of the document.

**Key words:** Catchment-coast interactions; Material fluxes; Environmental evolution; Coastal zone management; Asian region.