

# 河口研究新进展——第 16 届河口研究联合会会议综述

## Progress in estuarine studies — review of the 16<sup>th</sup> biennial conference of the estuarine research federation

时 钟, 翟 强, 李艳红

(上海交通大学 港口与海岸工程系, 上海 200030)

中图分类号: Q95 文献标识码: D 文章编号: 1000-3096(2004)12-0070-05

河口研究联合会 (Estuarine Research Federation, 简称 ERF), 每两年召开一次国际学术会议。第 16 届河口研究联合会会议 (ERF2001) 于 2001 年 11 月在美国南佛罗里达大学举行<sup>[1]</sup>, 会议主要包括了以下几个专题: (1) 河口海岸生态环境; (2) 河口模拟; (3) 河口预报; (4) 河口气候变化; (5) 河口地貌和沉积; (6) 河口富营养作用; (7) 飓风; (8) 盐水入侵; (9) 海平面上升。会议共有 1 045 篇论文<sup>[1]</sup>, 包括口头和墙报。限于篇幅, 作者选择部分摘要进行综述, 并指出河口研究发展的主要方向。

### 1 河口海岸生态环境

#### 1.1 河口生态环境变化

南非 Zululand 大学的 Cynus 博士研究了 Richards 海湾扩建的问题, 认为该海湾因扩建需要疏浚大量的泥沙, 这对 Mhlathuze 河口的生态环境造成破坏, 主要是对底栖动物的影响较大, 而对浮游动植物的影响很小。监测表明, 底栖动物的全面恢复在短期内不会实现, 至少需要 3 a 的时间。

德国 Alfred Wegener 研究所 Van Beusekom 博士对 Dutch Wadden 海的生态环境问题进行了研究。例如: (1) 怎样来确定目前 Wadden 海的营养状况? (2) 过去 40 年来 Wadden 海的营养状况有什么变化? (3) 导致这些变化的原因是什么? 研究表明, 亚硝酸氮和亚硝酸盐的浓度可以反应营养状况的水平, 40 年来 Wadden 海的营养水平一直在增长, 大气的沉淀作用可能是造成这种变化的主要原因。

#### 1.2 海岸生态系统尺度、生物评估和标准

加拿大海洋科学中心 Schneider 博士认为海岸生态研究中海岸生态系统尺度是一个亟待解决的问题, 图形的应用包括了时空图在测量和模型验证的应用。经验尺度函数自从 1980 年来得到越来越多的应用, 包括对不规则生态环境的处理和生态试验的计算。证据表明, 基于理论的尺度函数在研究中的应用效果更加科学、有效<sup>[3]</sup>。

美国 Massachusetts 海岸管理中心 Smith 博士利用水文和化学的方法对 Massachusetts 海岸的生物进行调查, 其中包括植被、大型无脊椎动物、鸟类和鱼类。这些生物的调查综合了多种测量方法, 这些方法选择的依据是生物对栖息地的破坏能力和对生存环境质量的预知能力。

美国环保署 Gabanski 博士指出生物标准是评价表层水相对生物完整性的标准。美国环保署最近发表了河口海岸生态评估和生态标准的技术性指导, 搜集实施生态评估的方法和草案。生态标准包括 4 个核心部分的指示器集合体: 地层生存种类、鱼类、大型植

收稿日期: 2003-01-08; 修回日期: 2003-07-07

基金项目: 国家杰出青年科学基金河口海岸学 (40225014); 2001 年上海交通大学蒙民伟海外发展基金; 上海市青年科技启明星计划(跟踪) (03QMH1408)

作者简介: 时 钟(1965-), 男, 江苏泗阳人, 教授, 博士, 目前在研课题项目: 河口海岸学, E-mail: zshi@sjtu.edu.cn

物、浮游植物。其他 3 种指示器集合体正在发展中; 浅海底栖生物、浮游动物、古环境的重建。

### 1.3 生物物种入侵

美国地质调查局的 Peterson 博士研究了 San Francisco 河口的底栖生物和浮游生物的组成, 指出该河口自双壳类 (*Potamocorbula amurensis*) 1986 年入侵以后有了显著的变化, 并利用一种长期的水底观测和环境数据资料 (1977~2000 年) 可以检测和解释这些变化。分析表明这些变化跟一些物种的侵入以及环境的变化有关, 这是因为一些物种的入侵使得底栖生物群落的内部结构和功能发生了变化, 环境的变化则跟持久的大规模的气候变化、盐度、叶绿素和风致沉积物再悬浮变化有关。

### 1.4 海草和沼泽的再恢复

海草生活在陆地海洋的分解面, 面对着退化的威胁和来自陆地与海洋的双重污染, 全球范围内的海草退化现象值得注意。美国 Jackson 河口实验室 Short 博士提出了海草网络的概念, 作为一种全球海草的模拟网络, 海草网络运用标准的方法和统一的标准数据库来对全球的海草进行存档和描述, 汇集了全球海草的资料和标准的模拟方案。

新西兰国家水与大气研究所的 Inglis 博士通过对印度-太平洋海草研究, 发现海草同陆地植物一样, 在整个生长过程中都具有对严重风暴(飓风)的适应能力。

海草的生存环境根据不同的区域和地形以及物理特性有明显的结构差异性。美国 California 大学 Hovel 博士对美国 North Carolina Core and Back Sounds 在春季和秋季进行了考察, 考察对象包括跟不同的海草地形环境有关的大规模动物区系, 认为独立的差异性包括海草的覆盖率、区域范围内的生态特征、物理特性。动物的密度和环境差异性之间有密切联系, 但是区域范围内的海草结构是最具影响力的因素。

美国 Maryland 大学 Stevenson 博士研究了 Chesapeake Bay 的潮汐性沼泽的近期陆地卫星资料, 资料表明该沼泽有明显退化的趋势, 并且存在被淹没的可能。潮汐性沼泽对周边浅水区域环境会造成影响, 从而对水草鱼类和蟹类的生长环境造成破坏, 这可能是近年来该海域蓝色蟹类明显减少的原因。

美国 Maryland 大学 Hood 博士采用数学模型来研究 Chesapeake Bay 波致沉积物再悬浮、双壳类动物的

过滤作用以及海草生长的相互作用。研究表明, 处于高波高条件下双壳类动物的存在可以减少悬沙浓度。所以, 牡蛎的恢复将有助于改善 Chesapeake Bay 水域的水质并且有助于海草的恢复。

美国 California 大学 Ambrose 博士检验了利用污泥来代替土壤进行盐沼再恢复实验的功效, 评估了 5 种盐沼植物在两种不同成分(高地土壤、黏土)污泥中的生长性能。实验表明: 尽管在黏土中的生长情况不如在高地土壤中的好, 但是生长并不受污泥含量的影响, 植物在充满污泥和黏土的混合环境中可以很好地生长。

### 1.5 河口生态系统的适应性管理

美国 Maryland 大学环境科学中心 Boesch 博士研究了适应性管理在管理河口生态系统中的重要作用, 指出科学为管理的实施提供了正确的方向并且对实施适应性管理提供指导。这些管理方法正在河口生态环境的保护和恢复中得到越来越多的应用, 但是还没有得到充分的推广, 这主要是因为没有持续的监控。如果科学团体可以更加有效地进行适应性管理, 一定能够提高环境监控的灵敏度、合理性和适时性, 使观察和假设性的研究预测更加完整, 形成科学研究的一种新局面。

美国 Maryland 大学 Paul 博士提出利用流域的有潮、无潮耦合模型来确定河口管理方案: 河口监测和管理越来越需要流域特性和河口的综合容量的知识。1999 年在圣玛丽河分别对有潮的河流和无潮的流域设立 24 个站位, 对物理和化学参数进行取样分析研究, 并且使用了生物指示器。该年份流域有不寻常的良好水质, 但是数据表明在高流量的年份水质有恶化的可能, 这对流域和河口有机体存在很大的压力。

### 1.6 沼泽地的水位管理

水位管理已经在 Louisiana 海湾得到应用, 目的是来解决由于盐水入侵和海平面变化引起的沼泽的退化。美国 Louisiana 大学 Mendelsohn 博士自 1980 年以后对此技术, 特别是对土壤条件和植物反应的管理进行了全面的深入研究。研究表明: 在沉降速率低和水位下降能力强的地方, 水位管理可以通过调节盐度和硫化物浓度来刺激沼泽的生长, 反之, 在沉降速率高和水位下降能力低的沼泽区效果不好, 因为水位的管理约束了沉积物流入沼泽。

### 1.7 河口健康状况监测

澳大利亚工业水环境局 Murphy 博士利用一定范围内的参数变化来描述 Tasmania 河口生态系统健康状况的变化。在 1999~2000 年期间,对 22 个在地球物理类型上具有代表性的河口进行了化学、物理、生物参数测量,对这些河口生态健康状况作了初步的评估,揭示了这些河口生态健康状况潜在的时间和空间上的变化,并且运用能量分析法确定了详细的模拟方案。

## 2 河口模拟

美国 Pennsylvania 大学 Najjar 博士利用 Susquehanna 河的盐度和水流资料建立模型以研究将来的气候变化对这些参数的影响。1900~1987 年温度、降雨和水流的观测数据分析建立模型来描述 88a 来的年平均流速和 75% 的月平均流速。根据 1984~1994 年的 Chesapeake Bay 的盐度和流速数据建立模型,利用统计数据来进行盐度变化的模拟。4 种模型中,其中的 3 个表明了流速的变化大约是 30%,另外一种则表明是 -4%,盐度变化范围分别在 3.5~27.5 之间(Susquehanna 河口),0.1~0.7(海边)。

美国 Stanford 大学 Monsen 博士认为在以下两种区域中潮流扩散具有重要性:(1)受潮汐影响的海湾和浅湾交汇处;(2)连接两个海峡且与这两个海峡不同的浅海峡。文章陈述了潮流扩散在 Sacramento-San Joaquin 三角洲几个关键地点对数据输送的调节。

河口会经常受到一些自然作用的影响,比如冷空气、风暴、厄尔尼诺、河流改道等。美国 Louisiana 大学 Day 博士对 New Orleans 南部的 Breton Sound 流域的水流进行测量,并运用流体力学等物理手段以及沼泽和浮游生物等的分析,包括对沼泽中的含氮物的脱氮和同位素的研究,通过化验可以认识河流脉冲对该河口的作用和影响。

美国 Stanford 大学 May 博士利用数学模型来研究风对沉积物输移和浊度的影响,从而来确定对浮游生物的生长影响。数学模型中采用垂向和水平坐标系,垂向坐标用来确定浊度,水平的输出可以为浅滩提供浊度确认,因而可以为浮游生物的生长研究提供适宜的条件。

脉冲对泥炭沼泽的影响还不为人所熟悉,在美国 Louisiana 海岸中淡水沼泽构成了 80% 有机物资源,为了估量它们对脉冲的反应。美国国家湿地研究

中心 Swarzenski 博士进行了泥炭沼泽地的流体力学、水质等参数的采集以及表层和深层有机培养基的采集,来进行研究。结果表明,对水流开放的沼泽正在慢慢地破坏并向开敞水域转变,而其他沼泽区域则不同。数据表明暴露在河流的沼泽地的有机培养基会慢慢加速分解,这可能是由于过量的养分、硫化物等因素的影响造成的。

1999 年秋到 2000 年末密西西比河下游的大尺度盐度脉冲是过去 40 年来规模最大的脉冲活动,美国 Louisiana 大学 Swenson 博士为这一脉冲建立一种自动回归模型,对海岸、河口中部、上部建立压力函数。模型证明密西西比河下游的水流和几种极端气候活动的联合作用造成了高盐度脉冲。

美国 Louisiana 州立大学 Sneden 博士利用一系列的压力函数来描述密西西比河口三角洲的水流特性,特别是风、淡水、突发的天文潮汐等。这些压力是周期性的离散现象,但是对河口水质和盐度的影响是显著的。为了恢复河水的完整性,密西西比河利用河水转移方案来代替河水的流入。根据转移的水的水质和盐度可以评估河水转移对水流的影响。

## 3 河口预报

美国海岸监测和评估中心 Stumpf 博士研究了墨西哥湾的海藻,认为对有毒海藻开花的预报可分为 4 种情况:(1)前期监测;(2)对海藻开花地的预报;(3)区分海藻开花的有毒无毒;(4)预报海藻开花发生的有利条件。从 1999 年开始对这些监控开始进行公报,这些公报是用以下资料数据为依据:(1)SeaWiFS/OrbView II 人造卫星的彩色图象,(2)NOAA/NOS 的观测结果,(3)风数据,(4)政府提供的开花地点和开花程度实地观察结果,(5)以及国家气象局提供的预报。

1999 年 9 月 4 日到 10 月 17 日之间发生在美国 North Carolina 的一系列的的风暴就像是一场空前的自然实验,北卡罗来那东部除了一条河流其他的河流都达到了 500 年来历史最高水位。美国 North Carolina 大学 Litaker 博士通过对相关资料的研究指出河口系统遭受了严重的破坏,河口中受到洪水冲刷的叶绿素的丰富区域不再是河口系统的一部分,系统遭受严重破坏后自我组织和恢复的时间框架对于生态反应的预报很有帮助。

美国 Florida 大学 Sheng 博士指出为了测定人为活

动和自然变化对河口生态系统的影响、污染物质负荷减低的日最大总负荷量, 必须建立整体模型。该模型包括不同过程的完整模型, 其中有水动力学、沉积物输移、水质动力学、光衰减和海草动力学。

## 4 河口气候变化

Willapa 湾位于美国华盛顿西南海岸, 受到太平洋环流和太平洋西北部气候变化的影响。河口内的温度和盐度变化范围是大陆架的 4 倍和 10 倍。美国华盛顿生物局 Siegel 博士认为夏季温度变化最大, 原因是夏季受到上升流的注入影响。相反地, 盐度在冬季变化最大, 这是由于降雨增加引起。年度范围大规模水文地理特征的显著变化可能跟厄尔尼诺现象有关, 厄尔尼诺现象导致降雨增加导致温度突变, 然而, 盐度在厄尔尼诺现象中却变得很低。

美国自然健康和环境影响研究所 Walker 博士认为全球、半球和区域性的气候变化有时包括了海洋和大气环流的迅速变化, 全球的气候变化发生在 1350~1880 年向小冰期转换的阶段, 20 世纪继而变暖, 过去 50 a 的变暖伴随着海洋热容量的增加, 太平洋厄尔尼诺现象的发生, 以及影响我们河口环境的北大西洋气候的戏剧性变化。格陵兰和南极洲的海洋盐量数据表明小冰期盐向两极的搬运在 20 世纪仍在继续。为了对河口气候变化进行预见我们必须研究气候变化对温度、盐度、流量等参数进行全新的观察。

美国 NOAA/ NOC Bierbaum 博士指出气候变化可以改变每年温度变化的范围从而影响物种的更替, 降雨的变化影响盐度和水循环, 营养分布的变化可以加速水体的分层。如果海岸沼泽和红树林可以跟潮汐保持一致, 就能够在海平面上升后得以幸存, 但是如果它们的内陆移植受到海岸线的阻碍, 就有可能遭受灭绝的后果。近来珊瑚礁遭遇空前的疾病和大面积的漂白。最终, 在厄尔尼诺现象发生的期间, 海洋气候的变化会彻底改变主要鱼类的分布和繁殖, 就像观察到的其他物种一样。

## 5 河口地貌和沉积

### 5.1 地貌学和沉积过程

加拿大 St Mary 大学 Van Proosdij 博士对 Fundy 海湾 Allen 潮水沟进行研究, 对 1996~1998 年夏季悬沙浓度在时间和空间的变化进行测量, 采集潮位、波浪和植被的特性等数据。利用 GPS 对沼泽的观测数据得

到的数码图象来模拟水流的变化。水流和沉积动力学说明在这个强潮盐沼泽系统中模拟和精确定量沉积物通量的困难性。

美国 Maryland 大学河口环境研究中心的 Sanford 博士提出了 Sanford & Maa 公式, 该公式是通过建立实地淤泥底床侵蚀度数学模型, 模型中根据深度来持续改变侵蚀度参数, 利用实地和实验室数据来分析 Chesapeake Bay 沉积物的侵蚀。

### 5.2 物理和生物综合作用

美国 Virginia 海洋学院的 Kniskern 博士研究了河口物理、生物混合的时、空变化, 具体地说, 他利用 1999 年的测量数据和声纳成像来描述 York 河口的沉积物扰动。根据明显时间不同海底变化可以分为 4 种亚环境: 浅滩、边滩、次级河槽、河槽。浅滩混合层的厚度在接近春季大小潮循环的时候有规律地变化, 如: 春季涨潮的时候, 在浅滩和边滩导致泥沙沉积; 河槽里的沉积在 Floyd 飓风前后并没有什么变化, 而纵向的输运会造成混合层的厚度变化。次级河槽混合层厚度的变化是形成短暂的褶皱, 这是每年河口周期变化引起的。总之, York 河口的沉积是受短期和长期物理综合作用的影响。

### 5.3 生物地球化学作用

美国 Salisbury 大学 Stribling 博士研究了 2 个河口沼泽地的沉积物生物地球化学特性的微小尺度空间变化, 认为沼泽地的生物化学特性在空间上的差异性不仅在潮水沟和内部盐沼系统中等尺度上表现明显, 而且存在更小尺度的差异性, 尤其是在洪水或植物分布的河口沼泽。通过对淡水和盐水沼泽取样的分析, 证明生物地球化学特性相同的地方其植被的分布也很类似, 沉积物生物地球化学特性不同的区域植被的情况也有很明显的区别。

## 6 河口富营养作用

富营养过程和有害的海藻开花的关系是个有争议的问题, 美国 Rhode Island 大学海洋学院 Smayda 博士通过对正常营养水平的生物群的结构、物种分布、开花期的选择和现象的研究, 而且注意到藻类开花过程伴随着超营养现象, 说明了营养过剩对藻类开花和赤潮的形成具有明显的刺激作用。

美国海洋与海岸保护机构 Heisler 博士指出美国环保署正在跟东海岸各州以及学术界合作, 进行毒性

海藻开花的研究,来探讨营养水质和毒性海藻开花(HAB)的关系,并就这个问题进行“原因和影响”的辩论,目的是确定营养污染的影响。许多州的相关机构和营养工程师认为毒性海藻开花是营养过剩的先兆,美国环保署相信通过这些工程可以更加精确地得到水质和毒性海藻开花的关系。

## 7 飓风

美国环保署 McGinnis 博士研究了洪都拉斯太平洋和加勒比海海岸的红树林在遭受 Mith 飓风后的不同程度反应,其中包括土壤地层结构、物理化学和地下的繁殖,表明了红树林系统在遭受不同类型破坏后的不同反应以及根部再生的复杂性。

## 8 盐水入侵

盐水渗入美国乔治亚湾下面地蓄水层,加上海岸人口数量的增长使得我们必须重视河口退缩的影响。美国乔治亚大学 Alber 博士认为,从科学上来说,淡水流和河口资源的关系有 3 个方面:(1) 建立模型表示淡水流对河口盐度的影响;(2) 河口动植物的观测;(3) 盐度变化对河口资源的影响。管理方面则包括掌握现在和将来的退缩程度,发展评估新退缩应用的标准。为了使科学和政策更好地结合,成立了乔治亚海岸研究协会,使科学家和决策者能共同参与河口的研究和规划。

## 9 海平面上升

美国地质调查局 Holmes 博士研究了东海岸的海平面上升问题,指出东海岸的海平面上升是不均匀的,而是阶段性的。用碳酸盐同位素的方法可以测定碳酸盐的积累情况,可间接了解海平面的变化情况。Bob Allen 海岸碳酸盐含量的变化跟海平面的变化是同步的,佛罗里达海湾的海平面在流入大量的碳酸盐的同时有了戏剧性的变化。

## 10 几点认识

本次会议的内容体现出河口学当前主要动向:(1) 更加侧重于河口生态环境的研究:(a) 河口健康状况监测;(b) 河口富营养化问题,这与人类提高生存环境的意识有关。(2) 就河口模拟而言,更加注重采用耦合模型,如:(a) 有潮、无潮耦合模型;(b) 河口波浪、潮流、盐度耦合模型;(c) 河口与河流脉冲耦合

模型。(3) 就河口预报而言,更加全面考虑宏观多因子(天文、风、气候等)的影响。(4) 就河口气候变化而言,仍注意厄尔尼诺现象对河口温度、盐度等所造成的影响。(5) 就河口地貌学和沉积学而言,更加注重物理、化学和生物过程的综合作用影响。(6) 仍旧注重由气候变化造成的海平面变化对河口的影响。

本次会议中也有很多可供国内借鉴的新方法和技术,有以下几点:(1) 图形、基于经验、理论的尺度在河口不规则生态环境系统的处理和生态试验的计算的应用;(2) 耦合数学模型在河口模拟和预报中的应用;(3) 遥感技术和地理信息系统在河口研究中的综合应用。

中、外(主要是美国)差距的比较:中国在河口生态环境研究上与国外的概念、方法、阶段上都可能存在差距,限于作者水平、认识能力,尚不能列出具体差距。

除了美国以外,其他国家的主要研究方向:(1) 德国海洋科学家侧重于浅海的营养状况确定标准、营养状况变化情况及造成这种变化的原因的深入研究;(2) 加拿大海洋科学家侧重于对海岸生态系统尺度、生物评估和标准的研究;(3) 新西兰海洋科学家研究海底海藻与突发性袭击破坏的适应能力;(4) 澳大利亚科学家利用一定物理、化学和生物参数来描述河口生态系统健康状况。

河口本身具有复杂性、区域性和综合性,从本次会议的内容来看,也体现了这 3 个方面的特点,多种学科、同种学科不同研究方法的综合应用才能提高我们对河口的认识。

河口的物理过程、化学过程和生物过程仍是河口研究的主要方向,从本次河口会议来看,科学家们更加重视河口各个过程耦合的研究。

本次会议上,仅有 3 位中国作者提交论文摘要,并主要集中于长江口、滦河口,但这与中国作为世界大河口国家的地位差距甚远,中国河口科学家应努力积极参与国际河口研究联合会的学术活动。

参考文献:

- [1] Luther M E. An estuaries odyssey [A]. University of south Florida. Conference Program of 16<sup>th</sup> Bienial Conference of the Estuarine Research Federation [C]. florida, USA: St. Pete Beach, 2001. 1- 164.

(本文编辑:刘珊珊)