

干扰对河口湿地生态系统的影响分析^{*}

王树功^{1,2}, 周永章², 黎 夏³, 陈桂珠¹

- (1. 中山大学环境科学研究所, 广东 广州 510275;
2. 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275;
3. 中山大学遥感与地理信息工程系, 广东 广州 510275)

摘 要: 对河口湿地生态系统所受到的自然干扰和人为干扰进行了系统辨识。重点分析了海平面上升、台风暴潮等自然干扰, 围垦、大型海岸工程(填海、码头建设等)、环境污染和保护区建设等人为干扰对河口湿地生态系统结构和功能的影响。通过分析认为: 人为干扰已成为河口湿地景观演变的主要驱动力, 河口湿地生态系统健康发展需要加强对各种干扰的合理调控。

关键词: 河口; 湿地生态系统; 自然干扰; 人为干扰

中图分类号: X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2005)01-0107-05

河口处于河流系统和海洋系统相互联系、相互作用和相互影响的交接过渡地带, 具有卫护河流系统和海洋系统并接受、传递或阻滞其物质、能量和信息的功能^[1]。河口湿地是河口复杂系统的一个子系统, 是检验边缘效应理论和中度干扰理论的最佳场所, 但在海洋作用、大气作用、生物作用、地质过程和人类活动相互作用下, 其生存状态在自然干扰和人为干扰下受到严重的威胁, 已经超过其中度干扰的阈值。

我国的河口湿地大多分布在东部沿海。这些河口湿地已经不同程度地受到人为干扰。河口湿地生态系统作为流域生态系统中极为重要的子系统, 该子系统受到干扰和破坏超过阈值, 必将危及整个流域的生态平衡和生态安全。为此, 系统、全面地识别河口湿地所受到的各种干扰, 掌握河口湿地上环境干扰体系的时空尺度, 辩证分析各种干扰对河口湿地生态系统结构和功能的影响, 在此基础上提出颇具操作性的调控方案, 从而为河口湿地生态系统的保护与管理提供科学依据。

1 干扰的定义及分类

1.1 干扰的定义

由于研究背景和侧重点不同, 研究人员对于干扰的理解也不尽一致。Pickett^[2]认为: 干扰是一个偶然发生的不可预知的事件, 是在不同空间和时间尺度上发生的自然现象。Turner^[3]认为: 干扰是破

坏生态系统、群落或种群的结构, 并改变资源、基质的适宜性或者物理环境的任何时间上发生的相对不连续事件。刘志民等^[4]认为: 干扰是偶然发生的自然和人为事件, 它明显改变了生境中的资源环境, 扭转了原有的生态过程, 重建了生态格局。邬建国^[5]给出了生态学干扰的概念: 生态学干扰是指发生在一定地理位置上, 对生态系统结构造成直接损伤的、非连续性的物理作用或事件。通过对这些定义的理解, 可以看出, 干扰是能够改变景观组分或生态系统结构、功能的重要因素, 并且是促进种群、群落、生态系统乃至整个景观动态变化的驱动力。在人为或自然干扰影响下, 原来完整的生境被分割成大大小小的许多小生境(斑块)。

干扰的判断依赖于尺度、事件强度及系统的本质。首先研究系统的结构和边界, 其次确定干扰所在的尺度, 因为小尺度上的干扰往往是大尺度上正常现象的结构成分。干扰在生态系统水平上, 干扰可改变物质循环和能量流动; 在景观尺度上, 干扰可导致景观异质性结构的变化, 以及缀块形成过程或缀块空间分布方面的变化, 而景观结构的变化会进一步造成对群落和生态系统结构和功能的影响。

1.2 干扰的分类

干扰的分类有不同的标准, 但最常见的是按照干扰的来源分为自然干扰和人为干扰两大类^[6]。自然干扰指无人活动介入的在自然环境条件下发生的干扰, 比如地壳上升、火山爆发、海啸等。人为

^{*} 收稿日期: 2004-03-23

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(031647); 联合国环境规划署(UNEP)/全球环境基金资助项目(GEF); 水利部“珠江河口综合治理规划”研究专题资助项目

作者简介: 王树功(1971年生), 男, 讲师; E-mail: esswsg@zsu.edu.cn

干扰是在人类有目的的行为指导下,对自然生态系统进行的改造或建设,比如围垦、放牧、工程建设等。

河口湿地所受干扰或威胁同样包括自然干扰和人为干扰两大类。自然干扰系指自然变化对河口湿地产生的扰动,自然变化包括气候变化、海平面上升、水灾、旱灾、火灾、病虫害等。人为干扰主要指由于农业、工业、旅游、港口码头、填海工程等这些以人类活动为主的生态动力源^[1],深远地影响着湿地生态系统。气候变暖导致海平面上升,资源开发,污染和水的利用,飓风和热带风暴在频率、强度、时间和分布上的长期变化可能影响生物结构,诸如种群结构、自然选择、灭绝速率以及生物多样性。同时也影响着构建生物结构的基础过程,像养分循环、初级和次级生产力等。

2 干扰对河口湿地的影响

依据上述理解,干扰与河口湿地的关系可分为两方面:其一是干扰对河口湿地生态系统的作用;其二是河口湿地对干扰的自动适应和自动调控。河口湿地对干扰的适应涉及试验验证,如杨桂山等^[7]曾对江苏滨海潮滩湿地对潮位变化的生态响应进行研究,李秀珍等^[8]曾对辽河三角洲湿地对营养物质的截留功能和潜力进行研究。杨干然等^[1]曾指出,深圳西部众多沿岸海湾包括大铲湾、深圳湾等水域及大片淤泥质潮滩的存在,与暗士顿深槽的形成有着不可分割的关系。因为这些沿岸海湾及其潮滩,都是暗士顿水道上溯流带入泥沙的最后淤积场所。围垦这些海湾及潮滩,将使深槽的上溯流动力减弱和淤积作用增强。故深圳西部的沿岸海湾与潮滩有其特殊功能,不能随意加以围垦、破坏和消灭。本文主要探讨干扰对河口湿地生态系统的影响。

2.1 自然干扰对河口湿地的作用

全球变化将可能提高暴风潮、飓风、盐水入侵、洪水等自然灾害的频率和强度,进而间接的对河口湿地的生物结构产生巨大的影响,同时还会干扰湿地生态系统的营养物质循环、初级生产、次级生产等生态过程,破坏湿地生态系统的平衡。

2.1.1 海平面上升对河口湿地的作用 海平面上升主要是指由气候变暖导致的全球性海平面上升叠加以由地方因素使当地地面下降而造成的海平面相对上升所构成的地区性相对的海平面上升^[9]。海平面上升作为自然干扰的重要因素,对河口湿地的潜在影响较大。河口湿地是河口区土地中与人类经济活动较密切的部分,海平面稳定时,无论是海岸湿地生态系统还是河口湿地生态系统,由于潮滩的自

然加积,各种湿地类型之间会发生自下而上、由低级向高级的演替;在海平面上升引起的河口湿地损失中,湿地面积减小和质量退化将是最严重的损失。海平面上升对湿地影响程度取决于同期湿地的加积作用,增高能力受沉积物来源和植被控制。下面主要以黄河和辽河三角洲、长江三角洲、珠江三角洲为例,简述海平面上升对河口湿地的作用。

季子修等^[10]于 1988—1991 年对长江三角洲附近沿海潮滩和湿地进行较全面的调查,对 14 个典型潮滩断面进行海平面上升影响的估算。研究发现,海平面上升使潮滩的潮浸频率增加,当海平面上升 0.5 m 和 1.0 m 时,全区潮滩面积分别比 1990 年的减少 9.2% 和 16.7%;同时导致潮滩的淹没和侵蚀,使一部分潮间带转化成潮下带,湿地面积减少 20% 和 28%。并导致潮滩生态系统类型发生高级类型向低级类型的逆向演替,如中低潮区粉砂质光滩的消失,可以使高潮区盐篙滩退化为光滩、禾草滩退化为盐篙滩,河口的莎草沼泽退化为光滩,芦苇沼泽退化为莎草沼泽。此外,由于本区海岸全线有人工海堤防护,海平面上升后基本上无形成新湿地的空间,使湿地损失不可能得到补偿。

黄镇国等^[11]在对珠江口滩涂湿地受海平面上升影响的程度作了定量研究。研究发现:海平面上升 30 cm,珠江口滩涂 2030 年本来可增长 $1\,003 \times 10^6 \text{ m}^2$,反而可能减少 $65 \times 10^6 \text{ m}^2$ 。

肖笃宁等^[9]对环渤海三角洲中以淤泥质滩地最发育的黄河和辽河三角洲作为研究重点,探讨了它们在海平面上升情况下的演化与保护问题。研究发现:海平面上升 0.5 m,将淹没高程 3.5 m 以下地区,面积为 $3\,530.11 \text{ km}^2$,相当于整个营口市区和半个盘锦市区;海平面上升 1 m,将淹没 4 m 以下地区,即两市将全部淹没。淹没的土地类型中,主要为水田、芦苇、养殖场、滩涂等湿地类型,对盘锦市的重点产业如农田、油田将有巨大的打击。

由此可见,未来海平面上升将会导致河口湿地的面积减少、生态系统进一步退化,这可能是因为海岸侵蚀的加剧和海岸工程的加强使得潮滩不断变窄,植被生长空间缩小;潮侵频度提高,造成湿地类型退化;入海径流减小,使河口生态条件改变,潮滩含盐量增加,影响甚至破坏芦苇和各种湿生植被。以佛罗里达南部盐碱滩为例^[12],若以 $0.2 \sim 0.3 \text{ cm/a}$ 的海平面上升速率计算,该湿地需要补充 $600 \sim 1\,300 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 的沉积物才能保证湿地与海平面上升速率相同。

2.1.2 台风、暴潮对河口湿地的影响 中国三大三角洲都是受台风影响较大,风暴潮危害严重的地

区，从而对河口湿地生态系统造成一定破坏。肖笃宁等^[9]分析统计，在过去的 100 年中，黄河三角洲春季河口海域高于 3.5 m（黄海高程）的风浪发生过 6 次；根据实测资料该区 100 年、50 年和 10 年一遇的风暴潮位分别为 3.95 m、3.70 m 和 3.10 m。也就是说，不到 10 年一遇的风暴潮位即可将 3 m 以下地区淹没，受淹面积达 3 000 多 km²。

但由于人类较为关注的是台风、暴雨对河口区城镇的影响，通常以经济损失来进行量化，而对河口湿地的影响关注较少，只是关注河口湿地范围内的作物、堤围、鱼塘、虾塘的损坏。今后应在台风、暴雨预报前后对河口湿地生态系统进行对比研究，特别是台风暴雨带来的大量盐水沉积物和部分有机物进入河口湿地将给湿地植被群落带来影响，进而会影响到鸟类食物的获取，还有淡水的影响。

2.2 人为干扰对河口湿地的影响

在纯自然力的作用下，河口湿地一般能达到近似的动态平衡。但由于河口区人口密度过大，使得河口湿地受到不同程度的人为干扰，进而加剧了河口湿地的消亡速度。

2.2.1 围垦对河口湿地的作用 滩涂（海涂）指的是沿海的淤泥质海滩/潮滩，是浅水淹没或可周期性干出的土地，是湿地的一种类型。大河河口地区由于大河携带的泥沙不断在河口区淤积，使得河口和淤泥质海岸的潮滩，有着规模很大的潜在的土地资源。我国四个大的河口三角洲地区有着悠久的围垦历史，不断的围垦为河口三角洲地区提供了生存空间。例如，珠江口仅珠海市就围出了 270 km² 土地，1987—1998 年的 11 年间中山市横门口外围垦滩涂面积 44.7 km²。上海市建国后共圈围滩涂 840 km²。陈吉余^[13]指出，过去 50 年滩涂围垦了近 12 000 km²，未来 50 年，中国仍然有可能再造 10 000 ~ 15 000 km² 土地的生存空间。

诚然，河口滩涂资源作为可再生资源，是可利用开发的。并且围垦滩涂对航空港、深水港、航运中心建设，产业结构调整，现代农业生态园区建设，营造人与自然和谐相处的生态环境，治理大江大河河口等方面发挥了重要的作用。但是由于土地利用逐渐实行市场经济原则，而围垦获得土地几乎是无偿的状况下，围垦滩涂出现了无序和无度状态，围垦滩涂出现失控。1988—1997 年间，珠江口围垦滩涂 350 km²，年均达 35 km²，为滩涂成长速度的 3 倍半^[14]。而且为了降低成本而大规模连片围垦，滩涂面积显著减少，围垦滩涂的高程越来越低，由可以在低潮干出到许多深于 -2 m 高程亦围垦。其它如长江口、黄河口、辽河口在一定时期也

出现不同程度的无序无度围垦情况。

过度的围垦滩涂使得河口生态环境出现了不良的影响，尤其对河口湿地造成了破坏^[14]：

（1）由于过去对湿地重视不够，许多重要天然湿地被围垦，湿地面积大量减少，例如红树林、珊瑚礁系统遭到严重破坏；

（2）人类的围垦活动大大干扰了湿地的演化过程^[3]，即由于围垦利用、堤围保护和其它人为措施而使原有湿地脱离水长久的或周期性的淹没状态；

（3）过度围垦改变了湿地景观格局，使得湿地生物多样性下降，湿地景观破碎化程度加深，同时使得湿地的生境质量变差，生态功能发生退化；

（4）围垦湿地对河口环境物理过程产生影响^[3]，主要表现在影响水位变化、泥沙沉积过程和地貌过程的变化，其中以影响水位变化造成加重洪涝灾害的后果最为严重；

（5）河口湿地围垦除直接破坏了湿地植被赖以生存的基底，造成植被的直接消亡。同时，垦区外围原有或新生湿地处于水动力环境和生境自我恢复和调整期，植被生长滞后，湿地常因无充足固着泥沙的植被而变得易遭受海水冲刷侵蚀；

（6）围垦湿地还对水产、交通产生影响，特别是对航道产生影响。

2.2.2 大型建设型工程对河口湿地的影响 河口大型工程建设这类高强度的人类活动改变了河口地貌、沉积相分布与水动力条件，也必对河口湿地景观格局具有显著影响。大型建设型工程对河口湿地产生直接或间接影响，填海工程、水利工程等对河口湿地产生直接影响，而河道采沙、航道疏浚等对河口湿地产生间接影响。

（1）大型水利工程对河口湿地的影响：以三峡工程和南水北调工程为例^[15]，工程建成后，将使长江口的径流、输沙量和泥沙结构发生变化，盐水入侵提前，影响长江口和邻近海域的环境、水资源、生态系统和泥沙冲淤。由于泥沙来源减少，将会使长江口的湿地大大减少。湿地的减少降低了海岸和河流堤岸抗风浪的能力，影响当地的小气候。

（2）大规模的填海工程对河口湿地的影响：大规模的填海工程不可避免地会侵占潮间带沙滩和盐沼泥滩，破坏鸟类、鱼类和底栖动物的繁殖场所，并可能导致潮间带生物种类多样性的下降^[16]。这是因为，填海会改变区域的潮流运动特性，引起泥沙冲淤和污染物迁移规律的变化，从而间接地影响生物栖息地的质量，使生境间接受损。填海后潮位的改变会造成潮间带面积和位置的变化，影响岩岸、沙滩、盐沼泥滩和红树林的暴露程度和暴露时

间, 进而影响潮间带动植物群落的分布。

(3) 采沙对河口湿地的影响: 大量挖沙, 使得河口三角洲都已普遍发生了海岸泥沙匮乏, 导致海岸和湿地被侵蚀后退的现象。辽东湾北部和西部除大辽河河口附近岸段外, 其余岸段都不同程度出现侵蚀后退^[9]。在 1987—1996 年的 9 年间, 辽河三角洲被侵蚀掉的面积为 220 km²; 在 1976—1986 年的 10 年间, 黄河三角洲平均后退速率已达每年 100~300 m, 1986—1996 年的 10 年间, 三角洲面积减少为 259.2 km², 被侵蚀减少的都是湿地发育带。同时大型工程建设使得泥沙大量沉积截留使冲向下游的泥沙量减少会产生一些影响, 例如三峡水库建设使长江口湿地减少从而使得流水流经湿地时, 其中所含的营养成分被湿地植被吸收量减少以及积累在湿地泥层中的量减少; 泥沙量减少较多将改善河口海区海水的透明度, 有利于浮游植物进行光合作用, 浮游植物密集区可能向河口方向移动, 而河口正是各种营养盐的高浓度区, 可能引起浮游植物的异常繁殖, 增加赤潮发生的可能性; 泥沙作为营养物的携带者, 其变化可能对河口的有机营养物来源、河口的生态环境产生较大的影响。在河口口门附近^[17], 采沙疏浚加深河床, 加大泄洪和进潮能力, 对防洪有利, 但可能使咸潮上溯加强, 影响城市供水。

2.2.3 环境污染对河口湿地的影响 由于河口湿地所处的区域基本上是河口三角洲地区, 而河口三角洲地区又是经济较为发达的地区, 所以陆源污染成为河口湿地面临的严重威胁之一。河口三角洲地区由于经济较为发达, 人口密集, 生活污水、工业废水排放量大, 而环境处理设施相对滞后, 因此河口湿地一定程度上成为了工业污水、生活污水和农用废水的接纳区。据统计^[21], 每年从陆地输送到海洋的物质约为 250 亿 t, 其中约有 210 亿 t 经河口进入海洋。对于一些重金属, 如 Ag、Co、Cr 等, 90% 以上是通过河口进入海洋的; Cd、Cu、Hg, 分别约 50% 由河口输入海洋。

由于大量污染物排入近海, 致使近岸海域环境污染严重, 进而使得湿地环境污染突出。湿地污染可引起湿地生物死亡, 破坏湿地的原有生物群落结构, 并通过食物链逐级富集进而影响其他物种的生存, 严重干预了湿地生态平衡^[19]。除了水污染外, 由酸雨造成的天然水体酸化现象, 对湿地生态系统也产生了不同程度的危害。

肖笃宁等^[9]研究了开发黄河三角洲和辽河三角洲所带来的环境影响。随着在这两大三角洲进行石油开采和农业开发, 当地湿地面积不断缩小, 其生

态功能也在减退, 调蓄洪水的能力削弱, 生物种类减少。贾文泽等人^[20]对黄河三角洲地区污染对鸟类的影响作了研究, 研究认为: 油田开采遍布浅海滩涂, 使滩涂大气 SO₂ 的污染最为突出, 对鸟类的种群组成和数量造成一定影响; 黄河三角洲河口区是鸟类多样性分布中心, 但 9 条入海河流的河口水质均受到严重污染, 浅海滩涂生物多样性减低, 使鸟类失去了良好的生存环境和食物条件。

红树林湿地可对海湾河口生态系统重金属污染起净化作用, 从而为海湾河口海湾生态系统的各级消费者提供大量的洁净的食物。深圳福田污水排灌试验及若干室内试验发现^[21], 红树林生态系统林下土壤可沉积较多重金属, 此外, 还可利用红树林对沿海城市污水进行物理生物高级降解处理

对湿地生态系统及河口近岸环境构成直接或潜在的危害。马德毅等^[18]所研究河口的综合污染程度, 由轻到重的排列顺序为长江口<鸭绿江口<珠江口<辽河口, 其中长江口和鸭绿江口沉积物质量良好, 污染参数浓度均小于背景值, 而辽河口 Cd 污染程度较高, 在珠江口 As 属中等污染。潜在生态风险由低至高排列顺序为鸭绿江口<长江口<珠江口<辽河口, 辽河口 Cd 具有较高潜在生态风险, 而 Hg 在珠江口的局部海域具中等潜在生态风险。康勤书等^[22]对长江口滩涂湿地重金属的分布格局进行了研究, 认为长江口湿地污染程度顺序为: 长江口南岸>崇明东滩>杭州湾北岸、九段中沙>奉新边滩。并认为, 在全球河口湿地中, 长江口湿地污染程度居中。

2.2.4 保护区建设对河口湿地的影响 河口湿地同样需要进行保护区的建设, 目前黄河三角洲、辽河三角洲、长江三角洲、珠江三角洲河口湿地保护区建设都取得了一定进展, 有些还在探索湿地生态综合示范区的建设。湿地保护区的建设对河口湿地的保护、科学研究、合理利用、生态旅游等都起到积极作用, 特别是研究如何使河口湿地得以动态保护将是河口湿地示范区建设的重点。通过设立河口湿地保护区, 一方面可以为人类认识河口湿地的生态服务功能提供场所, 另一方面可以为河口湿地保护提供研究场所, 此外, 还可以通过发展生态旅游, 使公众真正意识到保护河口湿地的重要性。

我国在河口红树林湿地保护区建设取得了显著成绩^[21], 我国已建以红树林湿地为主要保护对象的自然保护区 18 个, 其中国家级 5 个, 省级 5 个, 县市级 8 个。

2.3 干扰对河口湿地的影响

通过干扰对河口湿地的作用阐述, 可以看出人

为干扰是河口湿地减少、功能退化的最主要、最直接的原因，而自然干扰对河口湿地的作用往往因人为干扰的参与或诱发而加剧。人为干扰中，以围垦、城市和港口开发、污染对河口湿地的影响最显著。这与谷东起等^[23]采用专家打分法对诸多环境压力因素下海岸湿地的退化程度的评判结果一致。

综上所述，河口湿地生态系统在各种干扰，特别是人类干扰作用下湿地面积大量减少、结构和功能发生退化。干扰对河口湿地作用影响的内在实质是系统结构的紊乱和功能的减弱与破坏，外在表现则是生物多样性的下降或丧失以及自然景观异质性结构的变化。今后随着湿地长期监测获取的基础数据，应在遵循自然规律和人与自然和谐前提下，从分析湿地人为干扰破坏的因素及湿地开发面临的主要环境问题入手，筛选出主要因子，进行总损失和总效益比较，定量分析人为干扰湿地的得失，为河口湿地生态系统的保护与管理提供定量依据。

参考文献：

[1] 李春初. 中国南方河口过程与演变规律[J]. 北京: 科学出版社, 2004: 1—20.

[2] PICKET S T A, WHITE P S. The ecology of natural disturbance and patch dynamics[m]. Orlando: Academic Press INC, 1985: 10.

[3] TURNER M G. Predicting the spread of disturbance in heterogeneous landscape[J]. Oikos 1989(55): 121—129.

[4] 刘志民, 赵晓英, 刘新民. 干扰与植被的关系[J]. 草业学报, 2002, 11(4): 1—9.

[5] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 15—17.

[6] 吕宪国, 刘红玉. 湿地生态系统保护与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 144—189.

[7] 杨桂山, 施雅风, 张琛. 江苏滨海潮滩湿地对潮位变化的生态响应[J]. 地理学报, 2002, 57(3): 325—332.

[8] 李秀珍, 肖笃宁, 胡远满, 等. 湿地养分截留功能的空间模拟 I、II[J]. 生态学报, 2002, 22(3—4): 300—310; 486—495.

[9] 肖笃宁, 韩慕康, 李晓文, 等. 环渤海海平面上升与三角洲湿地保护[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 237—246.

[10] 季子修, 蒋自巽, 朱季文, 等. 海平面上升对长江三角洲附近沿海潮滩和湿地的影响[J]. 海洋与湖沼, 1994, 25(6): 582—590.

[11] 黄镇国, 张伟强, 吴厚水, 等. 珠江三角洲 2030 年海平面上升幅度预测及防御策略[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 30(2): 202—208.

[12] 裴铁璠, 于系民, 金昌杰, 等. 生态动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 431—461.

[13] 陈吉余. 开发浅海滩涂资源, 拓展我国的生存空间[J]. 中国工程科学, 2000, 2(3): 27—31.

[14] 罗章仁, 罗宪林. 珠江口湿地演化与开发利用分析 // 郎惠卿, 林鹏, 陆健健. 中国湿地研究和保护[C]. 上海: 华东师范大学出版社, 1998: 311—315.

[15] 国峰, 韦鹤平. 上海地区湿地生态旅游资源研究[J]. 四川环境, 2003, 22(5): 45—48.

[16] 倪晋仁, 秦华鹏. 填海工程对潮间带湿地生境损失的影响评估[J]. 环境科学学报, 2003, 23(3): 345—349.

[17] 罗章仁, 杨清书, 贾良文, 等. 珠江三角洲网河河床演变[M]. 广州: 中山大学出版社, 2002: 208—213.

[18] 马德毅, 王菊英. 中国主要河口沉积物污染及潜在生态风险评价[J]. 中国环境科学, 2003, 23(5): 521—525.

[19] 白军红, 王庆改. 中国湿地生态威胁及其对策[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 247—249.

[20] 贾文泽, 田家怡, 王秀凤, 等. 黄河三角洲浅海滩涂湿地环境污染对鸟类多样性的影响[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(3): 10—14.

[21] 张乔民, 隋淑珍. 中国红树林湿地资源及其保护[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 28—36.

[22] 康勤书, 周菊珍, 吴莹, 等. 长江口滩涂湿地重金属的分布格局和研究现状[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(3): 44—48.

[23] 谷东起, 赵晓涛, 夏东兴. 中国海岸湿地退化压力因素的综合分析[J]. 海洋学报, 2003, 25(1): 78—85.

Effects of Disturbance on Estuary Wetland Ecosystem

WANG Shu gong^{1,2}, ZHOU Yong zhang², LI Xia³, CHEN Gui zhu¹

(1. Institute of Environmental Science, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Center for Earth Environment & Resources, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;

3. Department of Remote Sensing & GIS, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Natural disturbance and human caused disturbance of estuary wetland ecosystem were identified. The effects of natural disturbance such as sea level rise, typhoon and storm tide, and human caused disturbance such as reclamation, coastal engineering, environmental pollution and natural conservation area construction, on the structure and function of estuary wetland ecosystem were analyzed. The results show that human caused disturbance has become the main driving force for estuary wetland landscape evolution. The healthiness of estuary wetland ecosystem may be realized through regulating and controlling all types of disturbance.

Key words: estuary; wetland ecosystem; natural disturbance; human caused disturbance