

珠江河口水环境时空变异对河口生态系统的影响

崔伟中^{1,2}

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 水利部珠江水利委员会, 广东 广州 510611)

摘要: 分析近 20 年来珠江河口水环境变异的特征, 探讨珠江河口水环境与水生物相互联系和相互作用的关系。结果表明, 珠江河口形态、地貌、水文情势和入河污染物等变异改变了珠江河口水生物的栖息条件, 削弱了河口生态系统的自动调节修复能力和稳定性, 对河口生态系统的物质循环、能量流动和发育演化平衡构成了重大影响。

关键词: 珠江河口; 水环境; 生态系统; 变异; 影响

中图分类号: X143; Q178.1; X522 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2004)04-0472-07

珠江河口是我国七大江河流域河口之一, 它自然条件优越, 资源丰富, 人口密集, 经济发达, 地位十分重要。珠江河口对广东省和香港、澳门两个特别行政区的经济社会可持续发展关系重大, 而且直接关系到流域防洪安全、水资源综合利用和生态环境等全局性的问题。研究珠江河口水环境的时空变异对河口生态系统的影响, 对合理利用河口资源和保护河口生态环境, 协调经济发展与水生态环境的关系尤为迫切。

1 自然特征及生态特点

1.1 自然特征

珠江河口三江汇流, 八口入海, 河网交错, 地形地貌和水动力条件十分复杂, 堪称为世界上最为复杂的河口之一。

珠江河口径流丰富, 承泄珠江流域 453 690 km² 的来水来沙, 多年平均入海径流量为 3 260 亿 m³, 多年平均输沙量为 8 872 万 t, 其中有机质和胶体微粒达 3 060 万 t^[1]。珠江河口属弱潮强径河口, 潮汐为不规则半日潮, 年平均潮差为 0.86 ~ 1.69 m, 最大潮差为 2.29 ~ 3.64 m。

珠江河口地处南亚热带, 北回归线以南, 气候温暖, 年平均温度为 22℃, 年积温达 6 000 以上, 基本无霜。年日照时数平均为 15 554.2 h^[2], 年平均降水量 1 826 mm, 降水基本集中在 4 ~ 9 月。

1.2 生态特点

(1) 生态系统脆弱 珠江河口处于海洋、淡水、陆地间的过渡区域, 区域内自然资源、自然环境和人类开发活动的相互作用最活跃, 是典型的生态环境脆弱区域。在自然因素和人为因素的干扰影响下, 生态系统的不稳定性和脆弱性表现极为突出。

(2) 初级生产力较高 据调查, 珠江河口滩涂湿地水域的叶绿素 a 的含量范围为 0.90 ~ 5.80 mg/m³, 初级生产力范围为 150 ~ 580 mgC/m²·d。水域的叶绿素 a 和初级生产力的分布随河流向海洋方向逐渐减弱。

(3) 生物多样性及生物量季节变化大 珠江河口生物平均生物量为 300 ~ 400 g/m², 平均栖息密度为 85 ~ 270 ind/m²。全年浮游植物生物量、浮游动物生物量和游泳生物量以夏季最高, 底栖生物秋季最高, 鱼卵仔鱼出现量春季最多。同时, 河口饵料生物资源丰富, 是多种鱼类种群繁育区域和多种珍稀保护水生野生动物的重

收稿日期: 2003-06-23; 修订日期: 2003-10-20

作者简介: 崔伟中(1955-), 男, 广东新会人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事水环境保护方面的研究。

E-mail: cuiwzh@pearlwater.gov.cn

要栖息地,如中华白海豚、中华鲟等。

(4) 河口红树林湿地生态作用巨大 珠江河口现存红树林主要有香港后海湾拉姆萨尔湿地、深圳湾福田国家级红树林湿地、珠海大围湾和淇澳岛红树林湿地等。珠江河口红树林湿地不仅具有除去水中的磷和吸收环境中的重金属,起到净化水体的特殊作用和价值,而且是河口生物物种聚集地,咸淡水交迭环境的鱼、虾、蟹、贝类资源十分丰富,成为鸟类栖息和迁徙往返的重要休息活动场所。据统计,珠江河口红树林常年栖息的鸟类达100多种,从大洋州到北亚迁徙落脚的候鸟最多年份达20万只以上。

2 水环境的时空变异

珠江河口地区是我国经济发达和人口稠密的地区之一。据统计,2001年底珠江河口地区人口已超过3600万人,GDP为7363亿元人民币。珠江河口的区位和丰富的水资源、滩涂、航运、水产等多种自然资源一直是珠江河口地区经济发展的主要动力,日益加剧的人类活动和资源开发引发了珠江河口水环境的巨大变化。

2.1 形态和地貌的变异

(1) 河床形态变异 过去的20年间,珠江河口地区基础设施建设发展迅速,大规模的建设用沙需求引发了对河道的大量采沙活动,采沙成为河床形态变异的重要因素。据估计,珠江河口地区每年的河道采沙量高达3000万 m^3 ,每年的采沙量是自然推移质年输沙量的10倍以上^[3]。大量的河道采沙直接造成河网区河床大幅度下切、河道容积增加和河宽减少等变异。珠江河口主要河道河床下切平均深度约0.75~2.8m,中低水单位河长容积增加1.4~11.4万 m^3 ,中低水河宽缩窄3.0%~13.0%。另外,河口大量的航道与河道整治工程也会引起河床形态的变化。河道河床形态的变异,改变了河口的自然演变规律。

(2) 河口滩涂面积变异 近20年来,珠江河口地区经济发展迅速,城市化进程发展加快,大规模的农业垦殖、工业开发区和港口码头等基本设施建设如火如荼,滩涂资源的开发利用速度加快,加上一些无序的滩涂围垦的影响,河口治理和管理工作相对滞后,引发了滩涂资源过度开发利用和滩涂湿地保护极不协调的矛盾,导致大量滩涂湿地消失减少。据不完全统计^[4~7],50年来珠江河口开发利用滩涂资源共6.0万 hm^2 ,其中1950-1980年开发利用1.9万 hm^2 ,1981-1989年为1.5万 hm^2 ,1990-1999年为2.6万 hm^2 。

(3) 河网系统变异 河网系统变异的主要成因:

一是联围筑闸。建国后,为解决河口河网防洪防潮问题,开展了大规模的联围筑闸工程。从20世纪50年代末至70年代初,通过控支强干,联围并流,简化河系的工程措施,将河网区2万多个小堤围合并为100多个规模较大的堤围^[3],其中万亩以上的堤围30多个;将数百条行洪河道,简化为数十条行洪干道。近20年来,堤围不断加固,砌石及混凝土堤防已达1500km。

二是大型基本建设工程。近50年来,珠江河口以港口航运交通建设为主的基本设施建设发展迅猛,形成了有60多个港口组成的河口港口群,利用岸线达100km,拥有2200多个泊位,其中万吨级以上的泊位近70个。同时,近20年来在河口区建设的桥梁有250座。另外,还有数个大型港口枢纽、工业开发区和桥梁计划将要付与实现。

这些以开发利用岸线和河道的建设工程,改变了自然河网系统和河网水流的状态。

2.2 河口水文情势的变异

(1) 河网分流量的变异 20年间,珠江河口八大口门分别承接珠江流域上游来水来沙的分配比发生了较大的变化,经东四门(包括虎门、蕉门、洪奇门和横门)入海的径流量从20世纪80年代初的53.4%增加至63.5%,输沙量从47.7%增加至56.8%;经西四门(包括磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门)入海的径流量从80年代初的46.6%降低为36.5%,输沙量从52.3%降低为43.2%。珠江流域西江和北江占全流域面积的88.1%,占全流域径流量的82.2%,西江和北江进入河口径流量的分流比对珠江河口水文情势影响甚大,图1和图2分别示出西江和北江控制水文站马口站和三水站分流比多年的变化情况,图3示出三水站年均径流量变化情况。

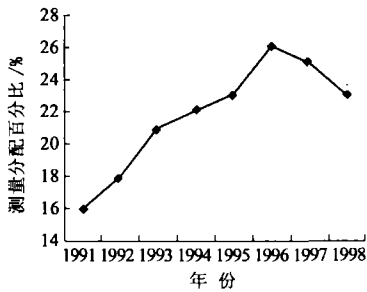


图1 珠江河口控制水文站三水站分流比多年变化情况

Fig.1 Variation of specific flow for years at Sanshui controlled hydrometric station of the Pearl River estuary

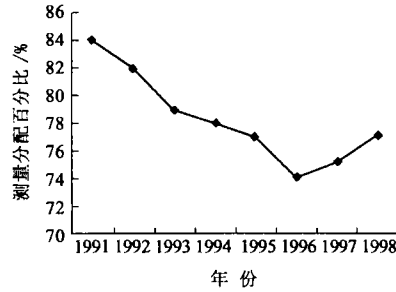


图2 珠江河口控制水文站马口站分流比多年变化情况

Fig.2 Variation of specific flow for years at Makou controlled hydrometric station of the Pearl River estuary

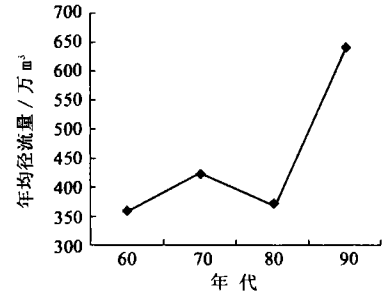


图3 三水站年均径流量变化情况

Fig.3 Variation of mean annual runoff of the Sanshui station

(2) 来水来沙的变化 50年来,珠江流域已建水库近9000座,总库容超过570亿 m^3 ,其中大型水库39个,中型水库339个。水库改变了天然输沙量和径流量的情势,特别是刚刚建成的天生桥一级电站水库(库容为102亿 m^3),以及将要建成的龙滩电站水库(库容为273亿 m^3)和百色水利枢纽(库容为56亿 m^3)对上游来水来沙调节作用加大。

(3) 海平面上升的变异 据有关研究结果表明,过去10年珠江口海平面加速上升,年平均上升率为1.8 mm,上升幅度为18.0 cm^[8]。海平面上升导致了珠江河口河网区水位的变化。

2.3 入河污染物的变异

随着珠江流域经济社会的迅猛发展,工农业废水和生活污水排放日益增多。珠江流域废污水年排放量从1985年的39亿t到2001年的165亿t,增长近4倍;珠江河口地区废污水年排放量从1985年的16亿t到2001年的95亿t^[9],增长近6倍。2002年通过珠江河口入海的化学需氧量为1154271t、磷酸盐为14614t、无机氮为437835t、重金属为3095t、砷为448t、石油类为13674t^[10]。大量未经处理的废污水、油类、营养盐和有机污染物汇流河口,超过了水环境的承载能力,许多支流甚至失去自净能力,直接导致河口水体严重的富营养化和赤潮频繁发生。

20年来,珠江河口新增滩涂养殖面积约3.0万 hm^2 ,其排泄物、残饵和病害等源源不断输进附近滩涂水域,污染水环境,诱发水域的富营养化,成为新的污染源。

另外,由船舶排污和水域溢油事件引起的油类污染也频繁出现,仅1995年和1998年珠江河口两起油轮事故所引起泄漏的原油和柴油有1500多t,严重污染了河口水域。专家估计,油轮事故油污染所造成的水环境损害将会持续20年。

3 影响研究

生态系统是指一定时间和范围内,生物群落与非生物环境通过能量流动和物质循环所形成的一个相互联系、相互作用并具有自动调节机制的自然整体。因此,分析珠江河口水环境与水生物相互联系和相互作用的关系是研究珠江河口水环境的时空变异对河口生态系统影响的主要内容。20年来珠江河口水环境的变异,改变了河口水生物的栖息条件,削弱了河口生态系统的自动调节修复能力和稳定性,对河口生态系统的物质循环、能量流动和发育演化平衡构成了重大影响。

3.1 河口水环境变异对水生物栖息条件的影响

(1) 对生存空间的影响 历史上珠江河口地区素有圈围滩涂扩大垦殖用地的习惯,由于生产力低下,人类对自然的干预力度较小,滩涂开发利用对河口生态环境变化影响不大,源源不断的上游来水来沙塑造而成的滩涂湿

地,为河口水生物提供了良好的栖息生存条件。珠江河口水环境的变异加速了河口演变,减少了河口水域面积和水生物的洄游空间(表1)。特别是滩涂湿地和红树林的锐减,对河口水生物栖息繁育的生存空间破坏最大。

(2)对生存环境的影响 随着河口容纳的废污水不断增加和河口水动力条件的变化,河口水生物浮游、游泳和栖底的生态环境不断恶化,已明显超出生态系统的承载力。主要影响:

一是珠江河口水域水质污染对水生物栖息条件的影响。近20年来,珠江河口水体的无机氮、磷酸盐含量增多,其中无机氮含量居全国各江河河口水域之首,达 1.17 mg/L ;河口水域出现季节性缺氧现象的程度日益加剧、范围扩大。从表2看出,珠江口伶仃洋水域溶解氧一直处于极低水平,特别是底层溶解氧的含量直接威胁河口底栖生物的生存,进而破坏以底栖生物为饵料的食物链。大量的废污水使珠江河口水体富营养化日益明显,成为赤潮多发的敏感区。从1981年至1998年的18年间,珠江河口和珠江口附近水域有记载的赤潮已近80次,不少赤潮延续的时间长,毒性大,成为珠江河口的生态灾害。二是河口水动力条件的变化对潮间带和浅水滩涂水生物栖息地的影响。潮间带和浅水滩涂是河口水生物聚集密度较大的区域。由于受河口形态和地貌变异影响,底泥缺氧层变化加速,一些河网河道已丧失水生物生存的条件,严重影响了以潮间带水动力生存的生物群落。同时,河口水环境变异减少了河口输沙量,以生物多样性为特征的河口滩涂湿地将面临萎缩退化的危险。三是河口沉积物质污染严重。进入河口氨氮、重金属和有害有机物等污染物在河口不断沉淀积累,河口底泥重金属和有害有机物的种类及数量不断递增。据调查,珠江河口底泥含半挥发有机化合物已达300多种,其中毒害性有机物有36种;一些有毒害的有机污染物明显增加,如有毒害的多环芳烃20年间增长6倍多,有机氯农药等的含量远高于全球近岸表层沉积物水平^[11]。河口底泥受到严重污染,加剧对底栖生物影响。更严重的是河口范围内不少水域的底泥已形成较厚的缺氧层,底栖生物总量急剧下降,物种大量减少,底栖生物群落已逐渐演变为以多毛类为主、其它生物稀少的格局,成为河口生态系统衰退的重要标志之一。

表1 珠江河口内伶仃洋和黄茅海水域面积的变化

Table 1 Variation of inner Lingdingyang and Huangmaohai

水域	1977年	1988年	1999年
伶仃洋	10.91	10.01	8.91
黄茅海	6.05	5.49	5.01

表2 珠江河口伶仃洋溶解氧实测值年际变化比较

Table 2 Tested values of DO in the Lingdingyang of

水体	1985年	1988年	1990年	1992年	1994年	1996年
表层		7.25		6.94	6.41	6.41
底层	1.76		0.93	0.80		1.19

3.2 河口水环境变异对生态系统自动调节和控制功能的影响

珠江河口生态系统的水环境与水生物之间的相互协调关系是在长期的进化、适应和调节中逐渐形成的,实际上它是反映人与自然环境的相互作用和协调关系。

在生产力水平较低,人类对自然干扰较少情况下,人类活动对珠江河口的影响基本没有超出河口生态系统可以自动调节的范围。早期珠江河口滩涂开发围垦,基本顺应河口生态系统的自动调节功能,“鱼游、橹迫、鹤立、草蒲、拍围”的围垦过程,不仅形象地表示了河口水环境演变进程与水生物自适应的良性关系,更是体现了人类与自然生态系统协调的关系。

在河口生态系统中,水环境与水生物之间的相互关系往往是由水环境作为主导。靠水生物的自适应性所建立起来的水环境与水生物之间的平衡状态是非常脆弱的。以河口滩涂湿地为例,珠江河口滩涂湿地拥有良好的水环境、水生物、植物和鸟类等生态条件,其初级生产力高,能量积累快,对河口生态系统的稳定性起重要作用。从图4可看出珠江口伶仃洋水域面积的变化对栖底生物量的影响^[12,13]。

大幅度的水环境变异不仅改变河口自然演变的规律,而且还影响了河口生态系统自动调节和控制的功能。从表3可看出河流水环境的变化对生态系

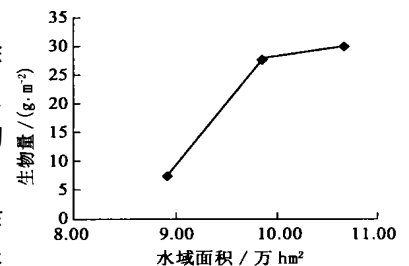


图4 珠江口伶仃洋栖底生物(秋季)与水域面积的变化关系

Fig. 4 Variations of benthos biology (Autumn) and water arear in the Lingdingyang

统自动调节和控制的影响^[14,15]。对水环境而言,用数年或数十年,甚至用上百年的时间,还可以调节恢复到平衡状态;对水生物来说,现在还无法估计和预料需要多少时间才能调节恢复回原来的平衡状态。

表 3 河流水环境的变化对生态系统自动调节和控制的影响

Table 3 Impact of variation of water environment on self-regulation of ecosystem

河 流	水环境变化原因	水生态系统恢复的特征比照	时 间
泰晤士河	水污染	洄游鱼类消失至重现	1800 - 1974 年
莱茵河	水污染	洄游鱼类消失至重现	1958 - 1990 年
珠江河口	联围筑闸和简化河道	河网水位明显变化	20 世纪 50 - 70 年代
珠江河口	河道采沙	河网水位明显变化	20 世纪 80 年代

3.3 河口水环境变异对生态系统物质循环和能量流动的影响

珠江河口水环境和水生物的相互作用还表现在生态系统物质循环和能量流动方面。

(1) 对物质循环和能量流动的阻断影响 珠江河口水环境的变异对河口生态系统物质循环和能量流动的阻断影响主要表现:一是大规模的联围筑闸阻断了河网水域之间水生生物的正常交换和流动,影响了河口生态系统物质循环和能量流动;二是大量的滩涂围垦开发导致河口生态系统中滩涂湿地的物质循环和能量流动中断或不畅,影响了生态物种的多样性,降低了生态系统的有序性;三是大型水电站和枢纽工程限制了洄游水生物的活动范围,阻断了洄游鱼类到内河产卵水域的路径,对鱼类资源的影响深远。如洄游性鱼类鲮鱼,20世纪50年代在磨刀门口门的每网捕获量为2.0~2.5 kg,90年代后只有0.5~1.0 kg;四是江河堤防迎水坡面和港口码头工程等大量的混凝土工程使水生植物难以生长,水生生物难以栖息,影响了河口近岸牧食食物链和碎屑食物链的能量流。

(2) 对水生生物食物链的影响 底栖生物是水生植物和有机营养碎屑的利用和分解者,又是水生动物的优质饵料,在河口生物食物链中所处位置十分重要,在河口生态系统的物质循环和能量流动中作用非常重大。在珠江河口水环境发生急剧变化的状况下,特别是大量的采沙和填埋工程,不仅影响水动力条件,而且破坏了底栖生物的种群和数量,严重影响河口生态系统的物质循环和能量流动

(3) 对红树林湿地生态的影响 珠江河口红树林是最为特殊植物资源,是河口生态系统的第一性生产者之一,是调节河口生态平衡的重要因素。过去,珠江河口滩涂的开发利用使红树林面积锐减了75%,现存只有1900 hm²。如深圳福田红树林已从原来建立国家级保护区时的304 hm²,减少为不足160 hm²;珠海市境内的天然红树林已从1454 hm²锐减到不到110 hm²。红树林的锐减,使以红树植物为主体的红树林湿地系统(包括红树林和近岸林地、鸟类、藻类、水生动物、昆虫、细菌等)所形成相互依存的有机整体和复杂的食物链遭受破坏。特别是红树林栖底生物的减少和消亡,对河口生态系统的物质和能量的转换过程的影响十分关键。现在,人们已逐渐认识河口红树林湿地对水环境和生态系统的重要作用,并开始逐渐保护和恢复红树林湿地。

3.4 河口水环境变异对生态系统演变的影响

从生态系统内部生物过程的角度研究珠江河口水环境变异对生态系统演变的影响,发现水环境变异所形成的外部力量的影响已明显大于河口生态系统生物过程的作用,生态系统的演变存在往退化方向发展的危机。

河口生态系统的演变过程是生态的演变过程。珠江河口水环境的变异引起原有水生生物栖息繁衍场所的锐减,改变和破坏了水生生物的生存环境,导致河口生物多样性的减少和水生态种群的生存危机。20年来,水生生物发生很大的变化,冬季浮游植物种类由158种下降到97种,浮游植物生物量由1711万 ind/m³下降到100万 ind/m³;夏季浮游动物种类有133种下降到16种,浮游动物生物量由233.9 mg/m³下降到69 mg/m³;潮间带生物物种减少十分明显,生物平均生物量由1207 g/m³下降到370 g/m³,平均栖息密度从887.35 ind/m³下降到84.78 ind/m³;底栖生物平均栖息密度从342 ind/m³下降到153.33 ind/m³;浮游动物年平均生物量逐年减少。处于高级营养级类群中的鱼类也受到水环境变异的影响,近年珠江河口的渔获率已从1983年的251 kg/h锐减至不到1/6。另外,多种珍稀濒危野生动植物的生存受到威胁,现国家一级保护动物野生中华白海豚数量已越来越少。

4 建 议

珠江河口生态系统的保护和建设与珠江河口地区经济社会发展密切相关。为了保护珠江河口脆弱的生态系统, 构建良好的生态系统, 建议:

(1) 正确处理经济发展与保护河口生态系统的协调问题。从珠江河口水环境和生态系统的承载力出发, 合理规划和布局涉及河口滩涂利用开发的建设项目, 充分论证对生态环境可能造成的影响, 转变过度开发利用河口滩涂的经济增长方式, 从根本上防止和减少建设项目对水生态环境的破坏和影响。

(2) 解决好生态环境保护问题。坚持水污染防治与生态保护并重的原则, 合理划定生态功能区, 全面保护重要的河口自然资源、水生态功能区和生态敏感区, 构建河口生态环境安全的格局。

(3) 加强依法管理和整治珠江河口水环境的力度, 采取有效的措施遏制珠江流域及其河口水污染的势头, 控制河道采沙总量, 制止盲目围垦, 以良好的水环境条件保障珠江河口生态系统的可持续发展。

(4) 重视珠江河口生态系统恢复工作, 包括将不合理圈围的滩涂恢复为天然湿地; 扩大种植红树林面积, 恢复天然红树林的生态作用; 加大鱼类和底栖生物的放流增值工作, 逐步修复提高河口水生物的饵料基础等, 重建人与自然和谐相处的生态环境, 进一步保护河口自然生态和生物多样性。

(5) 加强珠江河口生态环境重大科学技术问题的研究和开展珠江河口生态环境的公众宣传教育工作。

5 结 语

本文借助珠江河口现有的水环境和水生物的观测成果研究水环境的变异对生态系统的影响, 结果显示, 珠江河口生态系统对水环境变异的响应十分敏感和脆弱, 特别是河口形态、地貌和入河污染物的巨大变化影响了河口生态系统水生物与水环境之间的物质循环、能量流动和发育演化平衡, 对生态系统的可持续发展构成威胁。建议加强珠江河口生态系统的保护和建设, 关键要加大对水环境的治理和管理的力度, 开展相应的生态恢复工作, 重建水环境与生态系统的协调关系, 使人与自然和谐发展。

参考文献:

- [1] 莫理景, 陈树珍. 珠江口底质沉积特性[A]. 广东省海岸带和滩涂资源综合调查领导小组办公室. 珠江口海岸带和滩涂资源综合调查研究文集(四)[C]. 广州: 广东科技出版社, 1984. 89.
- [2] 黄铭洪. 环境污染与生态恢复[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 罗章仁, 郑天祥. 珠江三角洲港口群[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000.
- [4] 水利部珠江水利委员会. 珠江志(第3卷)[M]. 广州: 广东科技出版社, 1993. 160 - 183.
- [5] 刘岳峰, 韩慕康, 邬伦, 等. 珠江三角洲口门区近期演变与围垦远景分析[J]. 地理学报, 1998(6): 492 - 498.
- [6] 陈丽棠, 吕忠华. 珠江河口治理[J]. 水利水电技术, 2000(1): 41.
- [7] 广东省地方史志编纂委员会. 广东省志- 水利志[M]. 广州: 广东人民出版社, 2002. 214 - 217.
- [8] 吴厚水, 等. 广东海平面百年来变化规律及其未来趋势预测[A]. 陆地系统科学与地理综合研究- 黄秉维院士学术思想研讨会文集[C]. 北京: 科学出版社, 1999. 114 - 123.
- [9] 水利部珠江水利委员会. 2001年珠江片水资源公报[Z]. 广州: 水利部珠江水利委员会, 2002.
- [10] 广东省海洋与水产局. 2002年广东省海洋环境质量公报[J]. 海洋与渔业, 2003, 5: 10 - 13.
- [11] 彭平安, 张干, 等. 珠江三角洲地区毒害有机化合物的污染现状及控制对策[A]. 首届广东青年科学家论坛论文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000. 1 - 10.
- [12] 黄洪辉, 林燕棠, 李纯厚, 等. 珠江口底栖生态学研究[J]. 生态学报, 2002(4): 603 - 607.
- [13] 广东省海岸带和滩涂资源综合调查领导小组办公室. 珠江口海岸带和滩涂资源综合调查研究文集(三)[C]. 广州: 广东科技

出版社, 1985.

- [14] 郭培章, 宋 群. 中外流域综合治理开发案例分析[M]. 北京:中国计划出版社, 2001.
- [15] 王洪昌, 李春玲, 等. 国外江河水利开发[M]. 郑州:黄河出版社, 2001.
- [16] 黄良民, 陈清潮, 尹健强, 等. 珠江口及邻近海域环境动态与基础生物结构初探[J]. 海洋环境科学, 1997(3):1 - 7.
- [17] Odum E P. The Fundamentals of Ecology[M]. Philadelphia: Saunders, 1971.
- [18] 张金屯. 应用生态学[M]. 北京:科学出版社, 2003.

Impact of temporal and spatial variation of water environment on ecosystem of the Pearl River estuary

CUI Wei-zhong^{1,2}

(1. College of Environment Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Pearl River Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Guangzhou 510611, China)

Abstract : The paper analyzes the variation features of water environment of the Pearl River estuary in recent 20 years and researches with the interrelation and interaction of water environment and aquatic biology of the estuary. The results indicate that the variations of morphology, geomorphy, hydrological regime and water pollutants have changed the perching conditions of aquatic living things of the estuary, decreased self regulation and restoration capability and homeostasis of ecosystem, influenced greatly on matter cycle, energy transfer, development, evolution and equilibrium in the ecosystem of the Pearl River estuary.

Key words : Pearl River estuary; water environment; ecosystem; variation; impact