

# 深港交界带经济开发过程中 泥沙对生态环境的影响\*

倪晋仁 杨小毛

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

王光谦

(清华大学水利工程系, 北京 100084)

**提 要** 香港回归祖国后, 我国将在相当长的时间内实行“一国两制”。作为连结内地与香港的纽带, 深圳经济特区与香港交界的区域将成为最受关注的、最活跃的经济开发区之一。根据近年来深港交界地区的开发实践和作者在该地区进行的系统研究, 伴随着该区域特定的经济快速增长过程, 以泥沙为载体而造成的生态环境问题日益突出。本文将经济开发过程与泥沙侵蚀、搬运和沉积过程结合, 对沿深港两地交界带区域经济开发过程中泥沙对生态环境的影响进行了初步分析, 并对今后研究的重要问题进行了探讨。

**关键词** 深港交界带 经济开发 泥沙 生态环境 水土保持

## 1 引言

1997 年 7 月 1 日香港回归祖国, 但是在其后的 50 年内将实行“一国两制”。为保证我国华南沿海地区经济的快速持续发展和香港回归后的经济繁荣, 必然要在深圳和香港交界带持续进行有计划的经济开发。在经济开发过程中, 深港两地共同关注的问题是如何使经济建设与资源、环境相协调, 实现良性循环, 以实施可持续发展的重大战略。

近年来, 沿深圳、香港交界带的经济开发活动非常活跃, 这些活动对深港实现经济稳步增长起到了十分重要的作用。在香港北侧, 作为我国对外开放“窗口”的深圳经济特区自创办以来, 社会经济迅速发展并取得了举世瞩目的成就。进入 90 年代以来, 深圳市政府根据自身的资源优势、区位优势和发展特点, 适时确定了 20 年内达到中等发达水平、建设国际化大都市的发展战略。另一方面, 临交界带的香港一侧虽然目前基本处于未开发状态, 但是最近也已制订了一系列沿交界带进行开发的规划。这标志着在这只有一河之隔的深港两地, 沿交界带进行的开发和治理将会继续下去。

作为深圳和香港之间的一条界河, 深圳河和毗连深港两地的深圳湾和大鹏湾是特区水体的主要组成部分。近年来沿深港交界带周围除开展了城市建设外, 还进行了水产资源、海水养殖及旅游资源开发。随之而来的城市防洪、通航及环境问题愈加突出。为此, 根据深港深圳河联合防洪工作小组商讨, 已决定由深圳市政府和香港政府合作进行深圳河治理工程, 分 3 期进行。

\* 本研究得到国家杰出青年基金资助, 编号 49625101 (the National Natural Science Fund for Distinguished Scholars of China)。

对经济社会发展实行环境污染与生态破坏全过程控制, 是促进可持续发展的环境保护的重大战略。近年来, 越来越多的人已意识到泥沙问题不仅在像三峡等一些大型水利工程中非常突出, 在其它建设地区也伴随着经济开发过程对生态环境产生影响。流域的水土流失、河道中泥沙的输移及底泥再悬浮以及河口、海湾区域泥沙的沉积, 伴随着泥沙侵蚀、搬运和沉积的全过程。在这个过程中, 因泥沙运动造成的面源污染、泥沙吸持污染物和污泥的二次污染, 直至泥沙冲淤对河口及海湾生态敏感区影响的机理亟待系统地进行研究。

进入 90 年代后, 全球关注的环境问题对泥沙研究提出了新的要求, 流域土壤的侵蚀、河道泥沙冲淤伴随的污染物的吸附与解吸、附着于泥沙的重金属在运动过程中的相变、被污染的泥沙沉积后造成的二次污染、与泥沙运动过程伴随的污染物的迁移转化及其对生态环境的影响都成为亟待解决的问题。与此同时, 固液两相流理论、污染物在水体中的扩散模型、颗粒流理论的引入极大地促进了泥沙科学的发展。泥沙研究虽然在各个方面都取得了进展, 但是要对泥沙所带来的环境问题进行研究, 须注意泥沙科学与环境学及地学结合的学科交叉。纵观国内外泥沙研究现状, 存在的问题主要包括: ① 地学与水利学者以往多平行地展开研究, 前者侧重泥沙在运动过程中的宏观分布规律, 后者侧重具体的工程问题和泥沙运动力学机理, 将二者结合展开的研究很少; ② 在泥沙运动的微观研究方面, 关于泥沙在运动过程中侵蚀、搬运、沉积各个阶段的运动特性之研究较多, 而将各个阶段的微观运动与泥沙运动全过程相联系的研究较少; ③ 在泥沙运动的宏观研究方面, 关于泥沙在运动过程中侵蚀、搬运、沉积各个阶段对应的宏观地貌特征之研究较多, 而对各个阶段中伴随泥沙运动的地貌过程机理研究较少; ④ 关于泥沙自身运动的研究较多, 而涉及泥沙运动过程中相应因泥沙吸持与解吸等造成的保守或非保守性污染物迁移转化过程的研究很少; ⑤ 关于泥沙冲淤规律本身的研究较多, 而涉及泥沙冲淤过程中造成的生境损失与污染物在生态系统中的释放及泥滩淤积速率造成的生态环境影响方面的研究很少; ⑥ 自然状况下泥沙运动机理的研究较多, 而与经济开发过程相联系的研究较少。鉴于以上原因, 以深圳与香港交界区域为例进行经济开发过程中泥沙对生态环境的影响研究具有重要的意义。

## 2 深港交界带经济开发过程的特点

迄今为止, 沿深港交界带的建设性开发主要是在深圳一侧进行, 香港一侧还未开展大规模的建设性开发活动。

深圳市位于我国广东省南部沿海, 北靠广东省惠州市和东莞市, 南与香港九龙的“新界”地区由深圳河相隔, 东临南海的大亚湾, 西连珠江口。全市面积  $2\,020.5\text{ km}^2$ , 其中深圳经济特区面积为  $327.5\text{ km}^2$ 。沿深圳经济特区南部边界, 由西边南头区的安乐村海边至东边沙头角区的背仔角, 连同毗邻的大鹏湾、深圳河、深圳湾和珠江口的部分水域以及南侧香港毗邻区域, 构成了深圳交界带区域<sup>[1]</sup>。

深圳一侧的经济开发过程大致经历了以下几个阶段。

1980 年深圳特区成立前后 (1978 年 ~ 1984 年), 最初的发展方向是“建设以工业为主, 工农相结合的边境城市”。随后, 根据开发建设的实际情况对上述发展方向进行了多次修改, 明确了深圳特区要建成“以工业为主, 兼营商业、农牧、住宅、旅游等多功能的综合性经济特区”, 确定到 2000 年特区人口规模为  $80 \times 10^4$  人, 城区范围为  $80\text{ km}^2$ 。在此期间, 由

于建设用地大量征用，耕地面积迅速缩小，农村多余劳力进行转向，农业内部结构受市场经济的驱动进行了较大幅度的调整。从表 1 提供的统计结果来看，深圳特区农业用地在该阶段的总量锐减，只有蔬菜、水果、鱼塘等经济效益较高的用地在原有基础上略有增加。此外，海水养殖用地在不断向近海水域扩展。

表 1 深圳特区在开发初期农用土地面积 (10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>) 变化状况<sup>[\* 1]</sup>

Tab. 1 Variation of farmland area at the initiation stage of the development in Shenzhen Special Economic Zone

年份	耕地	蔬菜	水果	鱼塘	海水养殖
1978	0.488	0.023	0.073	0.011	0.014
1983	0.261	0.041	0.079	0.054	0.015
1984	0.200	0.065	0.077	0.049	0.210

在深圳一侧经济建设开发的第 2 个阶段中，明确了深圳为“以工业为重点的综合性经济特区”和“深圳城市建设的标准为国际先进水平”。相应将 2000 年城市规模调整为  $1.5 \times 10^6$  人，城市范围按人均建设用地 100 m<sup>2</sup> 的指标扩大至 150 km<sup>2</sup>。与此同时，宝安县进入初步工业化发展的方向也已明确并开始实施。在这一阶段前后，深圳一侧特区土地进一步被开发建设占用，香港一侧则仍维持未开发或仅作为农业用地，这也可从 1994 年罗湖以西深港两侧土地利用和生境分布图中看出 (见图 1)。相应地，宝安区在此前后土地利用结构的变化 (见表 2) 也开始呈现类似的趋势。

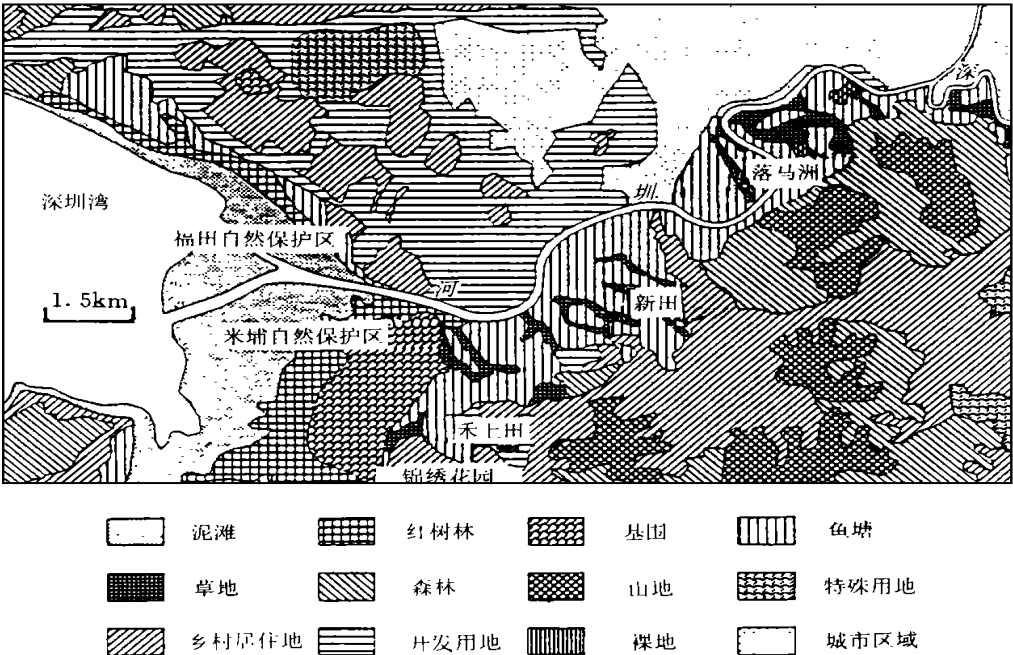


图 1 罗湖以西深港交界区域土地利用现状 (1994 年)

Fig. 1 Land use within the transborder region to the west of Lo Wu (1994)

表 2 宝安区土地利用结构 (%) 变化

Tab. 2 Variation of land use structure in Baoan district of Shenzhen (in %)

年份	水体	鱼塘	林地	灌草坡	农田	果园	裸地	建成区	新开发区
1987	2.46	7.65	31.74	3.72	40.83	6.09	0.73	5.86	0.92
1992	3.02	6.72	21.14	2.38	27.97	12.98	1.48	14.75	9.56
1994	3.67	5.85	17.48	4.02	22.26	11.18	2.88	15.97	16.66

1993 年以后, 深圳特区自身的开发建设已到了实现区域协调发展 (尤其是与香港衔接及与珠江三角洲经济区衔接) 的阶段。相应地, 城市范围从特区扩展到全市, 土地开发也有了新的原则和目标, 城市增长方式由粗放型转向集约型<sup>[2]</sup>。

从上述该区域经济开发过程中的 3 个发展阶段, 特区的建设是从探索走向成熟, 由低级走向高级, 由模糊走向清晰的过程。由于经济改革伊始尚无成功经验借鉴, 必然会有规划上的偏差, 土地开发规模和方式的不当必然会带来生态环境影响, 在这个过程中泥沙作为污染物的载体在其侵蚀、搬运和沉积过程中起着重要的作用。

3 泥沙对生态环境的影响

在自然状态下, 深港地区纯粹由自然因素引起的土壤侵蚀过程速度非常缓慢, 表现很不明显, 常与土壤形成过程处于相对平衡状态。在这种情况下, 可在地面保存完整的土壤剖面, 侵蚀属于自然侵蚀。在人类活动影响下, 特别是当人类严重地破坏地面的植被后, 地表土壤的破坏过程、土地物质的移动、流动过程就会加速, 从而产生破坏生态环境的土壤侵蚀。泥沙被侵蚀脱离土壤后又带入河流, 在搬运过程中伴随着与河床物质交换, 在冲淤变化中与各类污染物缔合并在一定条件下造成泥沙污染。泥沙经河流搬运至河口沉积环境中时, 不断的淤积不仅因泥沙沉积速率的变化对河口生态敏感区产生影响, 而且还可能因持续地积累泥沙中的污染物造成长期潜在的危害。

由于深圳特区开发初期没有对流域变化进行系统观测和记录, 所以可以利用的资料和信息仅有香港一侧自然状态下 (因未开发) 的产沙资料以及连结深港的界河——深圳河中的悬浮物含量 (SS) 测量资料。考虑到深圳河集水面积为 311.8 km<sup>2</sup>, 其中港九“新界”地区占整个流域中的 124.3 km<sup>2</sup>, 深圳一侧占 187.5 km<sup>2</sup>, 又注意到香港一侧流域一直没有多少变化, 所以可根据南侧产流产沙现状资料和深圳河中 SS 资料大致推算出不同开发阶段北侧 (深圳一侧) 的产沙量 (或产沙模数)。

根据南岸小流域产沙量实测资料的统计结果 (将南岸集水面积划分为 3 个小流域 (见表 3), 又假设深圳一侧未大规模进行开发前 (如粗略假设以 1986 年为界) 南北两岸流域产沙无大差异, 则可获得特区开发前的产沙模数为 149.64 m<sup>3</sup>/a · km<sup>2</sup>。

对经济开发达到一定规模后, 深圳河的 SS 值明显从上游向下游逐年增大 (见表 4)。比较 1985 年 ~ 1986 年和 1987 年 ~ 1992 年深圳河支流布吉河年均入河 SS 含量, 可以发现后者是前者的 3.96 倍。根据布吉河 SS 变化关系可确定出北岸产沙模数在 1986 年前后相差 3.7 倍, 即 1986 年后为 547.8 m<sup>3</sup>/a · km<sup>2</sup>。若取泥沙输移比为 0.5, 则深圳河流域 1986 年前后入河沙量分别为 23 329 m<sup>3</sup> 和 60 655 m<sup>3</sup>。

表 3 深圳河南岸小流域产沙量 (m<sup>3</sup>/a)

Tab. 3 Sediment yields in the small catchments of Shenzhen River (in m<sup>3</sup>/a)

流域编号	1	2	3	总计
产沙量	4 000	11 300	3 300	18 600
入深圳河沙量	400	5 650	2 310	8 360
入河沙量百分数 (%)	10	50	70	44. 9

表 4 深圳河沿河各测站悬浮物含量 (SS 值) 实测资料统计结果 (mg/l)

Tab. 4 Statistical results of the monitored SS from different stations along Shanzhen River (in mg/l)

测站名	径肚	布吉河口	砖码头	河口
1985 ~ 1986 年平均	9. 9	26. 8	87. 9	85. 9
1987 ~ 1992 年平均	4. 6	106. 1	215. 3	269. 3
1985 ~ 1992 年	5. 9	78. 6	183. 9	225. 9

水土流失现象是一个地区生态平衡受到破坏，并使人类社会生态环境变劣的表现。经调查<sup>①</sup>，1995 年末深圳市水土流失面积达 184. 99 km<sup>2</sup>，占市总面积的 91%。其中，城市化或工业化开发区的水土流失面积为 148. 68 km<sup>2</sup>，占总流失面积的 80%。尤其是布吉河流域水土流失更加严重，有“深圳黄土高坡”之忧。市政府已十分重视，《深圳市水土流失治理实施方案》及《深圳经济特区水土保持条例（草案）》已于今年相继出台。因此，在考虑近年来因经济快速增长带来的整个深圳河流域自然、社会条件的剧烈变化的同时，必须将水土保持与生态环境结合考虑。

进入深圳河的沙量，在经济开发过程中发生如此巨大的变化，必然会对河流及河口地区泥沙的冲淤特性产生影响。河口区及湾内泥沙冲刷的影响，主要表现为对红树林根茎的侵蚀、对生活在泥滩表层的底栖无脊椎动物的侵蚀及减少鸟类觅食区域。相反，泥沙淤积的影响则主要反映在对海草群落在泥滩上的正常生长、红树林生长或向泥滩扩张速率的增加、泥滩上沉积物粒径变化及对底栖动物群落的窒息、改变岸鸟的觅食分布等方面。在研究区域内，深圳河-深圳河口-深圳湾的湿地生态系统由深圳湾内湾、连同毗邻的潮间带泥滩、基围、海湾水域、米埔和福田的红树林以及香港“新界”西北地区的鱼塘构成，是华南地区具有国际意义的最重要的湿地生态系统之一。其核心部分是米埔沼泽、内伶仃-福田国家级红树林自然保护区以及附近具有特殊科学价值的地点。该区域为许多珍稀和濒危生物种提供了栖息地，尤其是以水鸟和候鸟为主的鸟类，其中包括一些在全球范围内受到威胁的种类。该系统也是诸多其它动植物的重要生境，在此至少发现过 19 种无脊椎动物新种。

根据我们已进行的研究<sup>②</sup>，河口地区 1986 年后各处泥滩上泥沙沉积速率明显大于 1986 年以前，累计沉积速率大约增加了 1 倍。目前的沉积速率在每年 28. 4 mm ~ 36. 8 mm 之间。其中，河口口门以外沉积区边缘泥滩目前年平均沉积厚度约为 17 mm，福田、米埔和河口口门处年内泥沙沉积厚度分别约为 16. 4 mm、27 mm、86. 6 mm。虽然近年来深圳湾靠近

① 深圳市政府，深圳市水土流失治理实施方案，1997。  
② 北京大学，汇亚环保顾问公司，环境科学顾问（亚洲）有限公司，深港治理深圳河工程环境评估研究，1995。

河口的区域,泥沙沉积速率和有机污水污染都有所增加,但在过去的10年里还未观测到对冬季候鸟和迁徙水鸟种群数量的明显影响,也未对红树林产生不利影响<sup>[3]</sup>。另一方面,McChesney<sup>[4]</sup>的研究也表明,总体看来,深圳湾内河口区域的泥沙沉积尚未对现有底栖动物产生明显的不利影响。但是,这一暂时令人欣慰的结论能持续多久,将取决于深圳地区城市化过程中对水污染和水土流失控制的程度。根据我们以往的研究经验,在深港交界带若不开展大规模损坏生境的建设活动,河口附近生态敏感区因水污染及泥沙沉积造成的影响将可能被控制在可接受的范围之内。目前看来,造成河口及深圳湾生态敏感区不可接受的影响的潜在因素,主要是今后可能出现的深圳河流域内水土流失的进一步加剧、深圳湾内大规模的填海和邻近的珠江口水污染加剧以及泥沙含量剧增。因此,生态环境的保护必需优先考虑这些影响。

近来,米埔和内深圳湾地区又被划为拉姆萨尔公约范围内具有国际重要意义的湿地。目前,深圳湾内湾地区香港一侧已有5处“具特别科学价值的地点(SSSI)”,并在考虑增设两处。这些地点对当地生态系统,如红树林和潮间带具有重要的意义。上述湿地生态系统对泥沙冲淤非常敏感,因此,作为深港交界带区域的主要影响因素之一,珠江流域开发过程中的泥沙问题尤其值得注意。

目前,深港交界区域的经济开发过程已发展到了一个高级阶段。在这一阶段应将泥沙冲淤和泥沙污染防治列入专门的规划(如流域水土保持规划、流域面源污染控制规划、工程治理规划)中,并与区域及周围的总体规划,如珠江三角洲经济发展总体规划、深港衔接规划及新的城市总体规划、土地利用规划等协调实施。

## 参 考 文 献 (References)

- 1 Shenzhen Environmental Protection Office. Regional environmental impact assessment and environmental planning study for Shenzhen Special Economic Zone. Beijing China Environmental Science Press, 1988. (In Chinese) [深圳市环境保护办公室编. 深圳特区区域环境影响评价及环境规划研究. 北京 中国环境科学出版社, 1988.]
- 2 Shenzhen Planning Bureau. Towards the new century. Shenzhen Hai Tian Press, 1997. (In Chinese) [深圳市计划局. 迈向新世纪. 海天出版社, 1997.]
- 3 Chiu K T. An assessment of the water pollution statous in the Mai Po Marshes Nature Reserve. Ph. D. Thesis, University of Hong Kong, 1992.
- 4 McChesney S. Mai Po mudflat invertebrate assemblage-changes through one year. Asia-Pacific Symp. Mangrove Ecosystems, Abstract, 1993.

## 作 者 简 介

倪晋仁,男,1962年9月生,山西山阴人。1989年在清华大学获博士学位,现为北京大学城市与环境学系教授,目前主要从事泥沙运动力学、地貌学结合的交叉科学研究。

# ENVIRONMENTAL IMPACT OF SEDIMENT TRANSPORT ON SHENZHEN- HONG KONG BORDER-REGIONS FROM ECONOMIC DEVELOPMENT

Ni Jinren      Yang Xiaomao

(*Department of Geography, Peking University, Beijing 100871*)

Wang Guangqian

(*Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084*)

**Key words**      Shenzhen-Hong Kong border-regions, economic development, sediment, ecosystem, water and soil conservation

## Abstract

The border-regions between Shenzhen and Hong Kong have been the most noted areas since the Shenzhen Special Economic Zone was developed in 1980. On the north part of the transborder, rapid economic development has been carried out during the recent years with its great achievements. Meanwhile, the rapid urbanization and the improper land use have also resulted in some environmental problems because of the loss of water and soil and the subsequent sediment transport. The apparent increase in sedimentation rate coincides with a rapid development within the Shenzhen river catchment. Relationship between the characteristics of economic development under the special process in the study area and those of sediment transport under the process of erosion, transport and sedimentation are discussed. As results, environmental impact on the sensitive ecosystem within the Shenzhen-H.K. border-regions due to sediments are evaluated.

According to the recent investigations, the serious deterioration of the ecological system resulted from the loss of soil and water appears mostly around the Buji river and in the newly developed areas in Baoan and Longgang District, which requires the urgent countermeasures to control further erosion and conserve the natural system. As the contrast, the influence of the increase of the sediment deposition and water pollution in the ecological sensitive areas near the river mouth in the Deep Bay is still environmentally acceptable. However, in the view of the development plans in both Shenzhen and Hong Kong sides within the transboundary band in the near future, pre-protection measures must be carried out to decrease the potential environmental impact which will possibly place restriction on the equitable economic development in the process of the "second economic revolution" in the area.

To ensure the sustainable development in the area, some measures must be implemented, and the sediment related problems must be taken into consideration in various kinds of regional plannings such as water and soil conservation planning in the fluvial system, non point source pollution control planning, water project construction planning and other plannings.