

王 凡 许炯心等 著

长江、黄河口及邻近海域 陆海相互作用若干重要问题

*Key Issues on Land-Ocean Interactions
in the Changjiang and Huanghe Estuaries
and their Adjacent Waters*



海洋出版社

中国科学院知识创新工程重要方向项目：No. KZCX2-207

长江、黄河口及邻近海域 陆海相互作用若干重要问题

王 凡 许炯心等 著

海洋出版社

2004 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

长江、黄河口及邻近海域陆海相互作用若干重要问题 / 王凡, 许炯心, 等著. —北京: 海洋出版社, 2003. 12

ISBN 7-5027-6001-6

I. 长… II. 王… III. ①长江-河口-海洋化学-研究②黄河-河口-海洋化学-研究 IV. P343.5②P734.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 114990 号

责任编辑: 王小惠

责任印制: 严国晋

Changjiang Huanghekou ji Linjin Haiyu
Lu-hai Xianghu Zuoyong Ruogan Zhongyao Wenti

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京海洋印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.5

字数: 246 千字 印数: 1~600 册

定价: 50.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

“海岸带陆海相互作用”(LOICZ——Land - Ocean Interactions in the Coastal Zone:1993 - 2012)研究计划是国际地圈—生物圈计划(IGBP)11个核心计划之一。LOICZ重点研究从流域到陆架边界物质通量中的生物地球化学过程及其变化,人类活动对近海环境生态的影响,以及通量变化对社会经济发展的影响。其总体目标是在区域和全球尺度上确定相互作用的动力学机理、地球系统各分量的变化如何影响海岸带并改变其在全球循环中的角色,评估海岸带的未来变化如何影响人类对它的利用,以及为海岸带可持续利用和综合管理提供坚实的科学基础。

中国有40%以上的人口和60%以上的国内生产总值在江河下游的东部沿海地区;中国有长江、黄河、珠江三条大河,大多数人口和主要工农业区都在这三大江河流域。强烈的人类活动影响通过三大江河向下游三角洲和近海传递,引起诸如富营养化、赤潮、生物多样性减少、海岸侵蚀、海水入侵、江河入海物质变化规律失调等一系列严重的环境和生态问题,当属典型而突出的陆海相互作用问题。三峡工程、西部大开发和南水北调等将对海岸带造成什么影响尚不得而知。因此,中国近海陆海相互作用研究,不仅对全球变化国际前沿研究有重大贡献,具有重要科学意义,而且可为提高我国近海环境生态变化预测能力和海岸带开发与综合管理水平提供理论基础和科学依据,保障我国近海生物资源和沿海社会经济的持续发展。

中国是最早介入LOICZ活动的国家之一,从第一届LOICZ科学指导委员会开始,中国科学家至今一直是其成员;同时也是LOICZ/JGOFS(IGBP核心计划——全球联合海洋通量研究)陆架

边缘工作组成员。中国的第一项陆海相互作用研究项目是 1997 年启动的中国科学院重大项目“中国海陆海相互作用及其环境效应”(1997-2000)。其后,中国科学院又以知识创新重要方向项目支持其后续研究,即“中国主要河口及邻近陆架海域陆海相互作用研究”(2000-2003)。近期(2002 年),科技部启动了国家重大基础研究规划项目“中国典型河口—近海陆海相互作用及其环境效应”。

自 2000 年起,在中国科学院重大项目研究基础上,中国科学院知识创新重要方向项目“中国主要河口及邻近陆架海域陆海相互作用研究”以长江口及邻近海域为中心,适当兼顾黄河口,突出中国大陆强烈人类活动(施肥、建坝等)所造成的入海物质(营养盐和沉积物)的急剧变化及其对近海环境产生的影响,组织开展了有中国特色的陆海相互作用研究。

本书作为《长江、珠江口及邻近海域陆海相互作用》(胡敦欣、韩舞鹰、章申等著,海洋出版社,2001 年)的姊妹篇,收录了该项目的部分阶段性成果。全书共分五章。第一章由王凡、胡敦欣执笔,回顾和总结了国际和我国 LOICZ 的主要问题、科学目标、发展动态和研究进展。第二章由晏维金、庞重光、白学志、王芳、李军等执笔,着重研究了 1968-2000 年长江水体酸化趋势,阐明长江水体酸化与河流输送营养盐的关系;结合对长江冲淡水扩散转向机制的数值实验研究,分析了长江入海物质的分布、输运及扩散机制;综合分析研究了历史及现场观测资料,论述了长江口和东海悬浮物分布特征及演变规律。第三章由王凡、唐晓晖、陈永利、张启龙等执笔,利用多年历史资料和多航次现场观测资料,着重对长江口外海域夏季和冬季水文特征进行了对比分析;从气候学角度,详细分析了研究海域主要水团配置及其季节变化特征;利用多种统计学分析方法,进行了舟山渔场邻近海域水文环境季节变化及其与渔场形成、演化关系的气候学分析。第四章由赵卫红、吴玉霖、李金涛、杨登峰等执笔,着重研究夏季长江口邻近海域浮游植物营养限制问题,探讨了浮游植物分布及同长江径流量的关系、长江口混

合水及磷酸盐和硝酸盐对中肋骨条藻生长的影响。第五章由许炯心、李国胜、王凯等执笔,论及黄河口泥沙通量机理与变化特征,研究了黄河流域降水、人类活动和下游泥沙输移特征对入海泥沙通量的影响,以及黄河三角洲造陆过程对流域环境因子的响应。

陆海相互作用研究属多学科交叉研究领域,所涉及的问题、过程非常复杂。本书虽对中国主要河口及邻近海域陆海相互作用的某些关键问题有所触及,但离充分认识和解决这些问题还有很长的距离。出版本书的主要目的是与国内各相关研究领域学者进行交流,共同推动我国陆海相互作用研究的发展。受学识和时间条件所限,书中不当之处,欢迎读者指正。

王 凡 许炯心

2003年12月

目 次

前言	(1)
插图目次	(5)
表格目次	(11)
第 1 章 概述	(1)
1.1 科学社会背景和意义	(3)
1.2 中国海岸带所面临的 LOICZ 主要问题	(5)
1.3 国内外 LOICZ 研究发展概况	(6)
1.4 中国 LOICZ 研究主要进展	(7)
1.5 展望	(11)
参考文献	(13)
第 2 章 长江口入海物质输送及其在邻近海域的扩散机制	(15)
2.1 1998 年长江大洪水期间颗粒态磷的输送通量和生物可利用性	(17)
2.2 运用藻类培养方法测定长江输送颗粒态磷的生物可利用性	(23)
2.3 夏季长江冲淡水转向机制的数值试验	(30)
2.4 东海悬浮体的分布特征及其演变	(42)
2.5 长江河口悬浮体粒度特征的空间分布	(52)
2.6 海流和潮汐共同作用下的悬浮物输运、沉积及其季节变化	(63)
参考文献	(73)
第 3 章 长江口、舟山渔场及邻近海域海洋水文环境的季节变化	(81)
3.1 长江口邻近海域夏季水文特征分析	(83)
3.2 长江口邻近海域冬季水文特征分析	(98)

3.3 舟山渔场及其邻近海域水团的气候学分析	(111)
3.4 舟山渔场与邻近海域海洋环境变化关系研究	(122)
参考文献	(137)
第4章 夏季长江口邻近海域浮游植物营养限制	(141)
4.1 长江口海域浮游植物分布及其与长江径流的关系	(143)
4.2 夏季长江口海域浮游植物营养限制的现场研究	(151)
4.3 长江口混合水对中肋骨条藻生长的影响	(158)
4.4 不同的磷限制条件对中肋骨条藻生长的影响 ——磷酸盐对中肋骨条藻生长的影响	(165)
4.5 室内培养研究硝酸盐对中肋骨条藻生长的影响	(172)
参考文献	(178)
第5章 黄河口泥沙通量机理与变化	(183)
5.1 黄河下游泥沙输移特征对入海泥沙通量的影响	(185)
5.2 流域人类活动与降水变化对黄河三角洲造陆过程的影响	(195)
5.3 大河三角洲河口海岸演化机理模型研究: I. 模式 理论与进展	(204)
5.4 大河三角洲河口海岸演化机理模型研究: II. 模型 构建与实证	(213)
参考文献	(226)

插图目次

图 1.1.1	2001 年 7 月航次(a)、2002 年 1 月航次(b)站位图	(10)
图 2.1.1	长江大通站 30 a(1968~1997 年)各月平均流量和 悬浮物量的变化	(19)
图 2.1.2	颗粒态磷输送通量及占总磷输送量的百分比	(21)
图 2.1.3	生物可利用磷输送通量及占总磷输送量的百分比	(22)
图 2.2.1	不同温度下两种藻的生长状况比较	(26)
图 2.2.2	藻类个数与叶绿素 a 的关系	(28)
图 2.2.3	两种方法所测的生物可利用磷含量	(28)
图 2.3.1	长江口外海区冬季(a)和夏季 (b) 表层盐度分布	(32)
图 2.3.2	数值试验 E1 积分 60 d 时的表层盐度(a)和表层流场 (b) 的分布	(35)
图 2.3.3	数值试验 E2 积分 60 d 时的表层盐度(a)和表层流场 (b) 的分布	(35)
图 2.3.4	数值试验 E3 积分 10 d(a)和 60 d(b)时的表层盐度和 流场分布	(36)
图 2.3.5	数值试验 E4 积分 10 d(a)和 60 d (b)时的表层盐度和 流场分布	(36)
图 2.3.6	数值试验 E5 积分 60 d 时的表层盐度(a)和表层流场(b) 的分布	(37)
图 2.3.7	试验 E5 中在 $y = 450$ km 处沿河口方向的盐度(等值线)、 纬向流—垂直流速(矢量)的剖面图	(37)
图 2.3.8	试验 E5 中在 $x = 15$ km 处表层盐度的经向—时间剖面图	(38)
图 2.3.9	数值试验 E6 中 10 d(a), 30 d (b)和 60 d (c) 时的表层 盐度分布	(39)
图 2.3.10	数值试验 E7 中 10 d(a)和 30 d(b)时的表层盐度分布	(40)

图 2.3.11	数值试验 E8 中 10 d(a), 30 d (b)和 60 d(c)时的表层 盐度分布	(40)
图 2.3.12	数值试验 E9 中 10 d(a), 30 d(b)和 60 d(c)时的表层 盐度分布	(40)
图 2.3.13	数值试验 E10 中 10 d(a), 30 d(b)和 60 d(c)时的表层 盐度分布	(41)
图 2.4.1	长江大通站年平均含沙量随时间的变化	(46)
图 2.4.2	长江大通站年平均径流量随时间的变化	(47)
图 2.4.3	长江大通站多年平均含沙量的年内变化	(47)
图 2.4.4	春季悬浮物浓度($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)平面分布图	(48)
图 2.4.5	夏季悬浮物浓度($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)平面分布图	(49)
图 2.4.6	冬季悬浮物浓度($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)平面分布图	(50)
图 2.5.1	研究区取样站位图	(53)
图 2.5.2	1998 年 11 月长江口悬浮体平均粒径(ϕ)的平面分布	(57)
图 2.5.3	1998 年 11 月长江口悬浮体粒度分布曲线的空间分布	(58)
图 2.5.4	泥沙运动方式判别(据 Sternberg <i>et al.</i> , 1985)	(60)
图 2.6.1	渤、黄、东海模拟流场(10 m 层)	(67)
图 2.6.2	渤、黄、东海模拟的 M_2 分潮同潮图	(68)
图 2.6.3	不同粒径悬浮物($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)在渤、黄、东海的扩散	(69)
图 2.6.4	总悬浮物在渤、黄、东海扩散的季节变化	(71)
图 2.6.5	渤、黄、东海表层底质分布图	(72)
图 3.1.1	夏季调查站位分布图	(84)
图 3.1.2	2001 年 7 月温盐水平分布(10 m 层、底层叠绘流速)	(85)
图 3.1.3	2001 年 7 月温盐断面分布($28^\circ\text{N} \sim 32^\circ\text{N}$)	(87)
图 3.1.4	2001 年 7 月 106, 204, 304 三站流速随时间变化	(89)
图 3.1.5	2000 年 8 月温盐水平分布	(90)
图 3.1.6	2000 年 8 月温盐断面分布	(91)
图 3.1.7	1998 年 7 月温盐水平分布	(93)
图 3.1.8	1998 年 7 月温盐断面分布	(94)
图 3.1.9	1987 年 6 月温盐断面分布	(95)

图 3.1.10	夏季多年平均的温盐平面分布图	(96)
图 3.1.11	夏季多年平均的温盐断面分布及统计图	(97)
图 3.2.1	冬季调查站位分布图	(100)
图 3.2.2	2002 年 1 月温盐水平分布(30 m 层和底层叠绘流速)	(101)
图 3.2.3	2002 年 1 月温盐断面分布	(102)
图 3.2.4	2002 年 1 月 106, 204, 304 三站平均流速图	(103)
图 3.2.5	2001 年 2 月温盐水平分布	(104)
图 3.2.6	2001 年 2 月温盐断面分布	(105)
图 3.2.7	2002 年 1 月, 2001 年 2 月温盐沿 123°E 断面分布对比 ..	(106)
图 3.2.8	1997 年 2 月温盐断面分布	(107)
图 3.2.9	冬季(12~翌年 2 月)多年平均温盐平面分布	(108)
图 3.2.10	冬季(12~翌年 2 月)多年平均温盐断面分布及资料统计	(109)
图 3.3.1	冬季型(2 月)水团配置	(112)
图 3.3.2	夏季型(8 月)水团配置	(115)
图 3.3.3	江浙沿岸水湿、盐特性季节性变化	(119)
图 3.3.4	台湾暖流表层水温(a)、盐(b)特性的季节变化	(120)
图 3.4.1	东海区 10 a(1987~1997)渔业资源的分布	(123)
图 3.4.2	东海区带鱼年渔获量的时间序列(a)及最大熵谱分布(b)	(124)
图 3.4.3	长江口邻近海域底层中心渔场位置与长江径流的关系 ..	(126)
图 3.4.4	东海区带鱼年渔获量与夏季(7~8 月平均)长江径流量 变化的时间序列	(127)
图 3.4.5	高盐锋区概位与带鱼冬汛渔场和夏季鲐、鲹渔场的分布	(128)
图 3.4.6a	东海区带鱼年渔获量与海表温度(SSTA)的相关分布 ..	(131)
图 3.4.6b	1979 年黄、东海区各变性水团(底层)分布及中心渔场图	(131)
图 3.4.7	东海区渔获量与沿 31°N 断面夏、秋季盐度的相关分布 ..	(132)
图 3.4.8	渔获量分别与夏季长江口区(a)、秋季黑潮区(b)盐度 变化的关系	(132)

图 3.4.9	东海邻近海区营养盐夏季表层(a)和冬季表、底层(b)的 平面分布	(134)
图 3.4.10	1999 年 5 月长江口海域表层营养盐和叶绿素 a 分布	(135)
图 4.1.1	2000 年 11 月、2001 年 5 月航次调查站位图	(144)
图 4.1.2	2001 年 7 月、2002 年 1 月航次调查站位图	(144)
图 4.1.3	2000 年 11 月浮游植物平面分布($\times 10^4$ 个 $\cdot m^{-3}$)	(146)
图 4.1.4	2001 年 5 月浮游植物平面分布($\times 10^4$ 个 $\cdot m^{-3}$)	(146)
图 4.1.5	2001 年 7 月浮游植物平面分布($\times 10^4$ 个 $\cdot m^{-3}$)	(147)
图 4.1.6	2002 年 1 月浮游植物平面分布($\times 10^4$ 个 $\cdot m^{-3}$)	(147)
图 4.2.1	现场培养实验站位图	(152)
图 4.2.2	浮游植物在各站培养实验中的叶绿素 a 浓度变化曲线	(154)
图 4.2.3	浮游植物在各站培养实验中营养盐变化曲线	(155)
图 4.3.1	中肋骨条藻在长江口浑浊水中的生长曲线	(161)
图 4.3.2	中肋骨条藻在光强实验中的生长曲线	(161)
图 4.3.3	长江口水与人工海水混合震荡前后硝酸盐与磷酸盐 浓度的变化	(161)
图 4.3.4	长江口水与胶州湾海水混合震荡前后硝酸盐与磷酸盐 浓度的变化	(162)
图 4.3.5	光强培养实验中肋骨条藻的指数生长拟合曲线	(164)
图 4.3.6	培养环境光强与藻的相对生长速率常数的关系	(165)
图 4.4.1	不同磷浓度下中肋骨条藻生长曲线	(167)
图 4.4.2	不同磷浓度下培养液中 pH 变化曲线	(169)
图 4.4.3	不同磷浓度下藻液中 DOC 的变化曲线	(169)
图 4.4.4	各培养液中氮浓度的变化曲线	(170)
图 4.4.5	各培养液中磷浓度的变化曲线	(170)
图 4.5.1	硝酸盐浓度不同情况下中肋骨条藻的生长曲线	(174)
图 4.5.2	硝酸盐浓度不同情况下中肋骨条藻的指数生长曲线	(175)
图 4.5.3	NO_3^- 浓度不同情况下培养液 pH 变化曲线	(177)
图 4.5.4	DOC 随时间的变化曲线	(177)
图 5.1.1	入海泥沙通量比率 R 与场次洪水最大流量 Q_{max} 的关系	(188)

- 图 5.1.2 入海泥沙通量比率与悬移质中小于 0.05 mm 粗泥沙(a)和
小于 0.025 mm 细泥沙(b)的百分比的关系 (188)
- 图 5.1.3 144 次洪水过程中入海泥沙通量比率 R 与次洪水最大
含沙量 $C_{\max}$ (a)和来沙系数(b)的关系 (189)
- 图 5.1.4 黄河入海泥沙通量比率、下游来水量和来沙量随时间的
变化 (193)
- 图 5.1.5 黄河下游流量变化与河道萎缩 (194)
- 图 5.2.1 黄河三角洲造陆速率、花园口以上流域年降水量、全流域
人类净用水量(a)和流域水土保持措施面积(b)的时间变化
..... (199)
- 图 5.2.2 黄河三角洲造陆速率与年降水量的关系 (199)
- 图 5.2.3 人类活动对三角洲造陆的影响 (200)
- 图 5.2.4 黄河三角洲造陆计算值与实测值的比较 (202)
- 图 5.4.1 计算网格配置图 (217)
- 图 5.4.2 渤海三维潮流模式的水平网格 (220)
- 图 5.4.3 模拟计算所获得的渤海 M_2 (a)和 M_1 (b)同潮图 (221)
- 图 5.4.4 海流过程模拟结果与实测结果的比较 (222)
- 图 5.4.5 模拟获得的渤海海域沉积物输运方向 (225)
- 图 5.4.6 由实测水深计算获得的渤海海底冲变化 (225)

表 格 目 次

表 1.1.1	LOICZ 研究区域的有关参数(Holligan and Boois. 1993)·····	(3)
表 1.1.2	人类活动引起的海岸带生态环境的变化及其后果 ·····	(4)
表 1.1.3	20 世纪 90 年代以来长江口及其邻近陆架海域多学科 综合性调查表 ·····	(8)
表 2.1.1	采样期间长江大通站流量、悬浮物浓度和不同形态磷的 浓度 ·····	(19)
表 2.2.1	两种藻类在不同温度时的生长状况 ·····	(27)
表 2.2.2	不同藻类在磷限制条件下的浓度($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) ·····	(27)
表 2.2.3	长江悬浮物浓度, 流量及磷含量 ·····	(29)
表 2.3.1	数值试验表 ·····	(34)
表 2.4.1	每航次对应时间长江大通站的月平均含沙量 ·····	(47)
表 2.5.1	1998 年 11 月长江口悬浮体粒度特征统计 ·····	(55)
表 2.5.2	长江河口底质沉积物再悬浮通量估计 ·····	(61)
表 2.6.1	通过不同断面悬浮物的季节输送量 ·····	(70)
表 3.2.1	冬季航次观测期间平均风速、风向 ·····	(110)
表 3.3.1	水团温、盐特征值 ·····	(116)
表 3.4.1	东海区带鱼渔获量与前期冬季和当年不同季节黑潮 流量的相关关系 ·····	(129)
表 4.2.1	现场加富实验的各元素加入浓度 ·····	(153)
表 4.2.2	各站的潜在营养限制指数 ·····	(157)
表 4.3.1	不同培养瓶中的光强 ·····	(160)
表 4.4.1	不同磷浓度下中肋骨条藻细胞内氮、磷比的变化 ·····	(171)
表 4.5.1	硝酸盐添加量不同时中肋骨条藻的相对生长速率常数 ···	(176)
表 5.2.1	造陆速率(R_d)与年降水量(P)、梯田与林草面积(A_{ifg})、 淤地坝造地面积(A_c)以及人类净引水量($Q_{w,\text{div}}$)之间的 相关矩阵 ·····	(202)
表 5.2.2	回归方程的各项统计参数 ·····	(202)

表 5.3.1	4 类海岸演化模拟模型特征对比表	(209)
表 5.4.1	渤海模式垂向分层	(220)
表 5.4.2	模拟值和实测值的偏差统计	(221)

第1章 概 述^{*}

* 本章由王凡,胡敦欣执笔。

