

黄河口生态环境与 综合承载力评估研究

HUANGHEKOU
SHENGTAI HUANJING YU
ZONGHE CHENGZAILI
PINGGU YANJIU



杨建强 张继民 宋文鹏 等 著



海洋出版社

海洋公益性行业科研专项经费资助 (编号: 200805080)

黄河口生态环境与综合承载力 评估研究

杨建强 张继民 宋文鹏 等 著

海洋出版社

2014 年 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

黄河口生态环境与综合承载力评估研究/杨建强等著. —北京: 海洋出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-5027-8768-4

I. ①黄… II. ①杨… III. ①黄河-河口-生态环境-研究②黄河-河口-生态环境-环境承载力-评估-研究 IV. ①X321. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 307475 号

责任编辑: 张 荣

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

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

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店发行所经销

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 10.5

字数: 220 千字 定价: 55.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前言

黄河是中华民族的母亲河，黄河三角洲湿地生态系统是国际重点保护的湿地之一。黄河每年向海洋输入大量的淡水、泥沙和各种营养盐类，并在河口和近海区形成了适宜于海洋生物生长、发育的良好生态环境。20世纪80年代至21世纪初，由于黄河入海径流减少和人类活动等因素影响，黄河口河口生态系统的基础环境发生重要变化，三角洲湿地面积减少，河口生态受到严重威胁。自2005年起，国家开始正式实施第一次黄河调水调沙工程，通过连续多年实施调水调沙工程，黄河入海水量有了可靠保证，有效解决了湿地缺水问题，湿地生态得到初步恢复，河口生态环境得到明显改善。然而，对于黄河流域相对紧缺的淡水资源和重要的河口生态系统而言，如何协调两者之间的平衡，维持滨海湿地及河口生态最低流量和水量、区域综合承载力与海洋经济发展的关系，已成为困扰该区实施有效监控与管理的关键问题之一。

20世纪90年代以来，承载力研究成为国内外学者关注的热点问题之一，其研究对象范围涉及区域土地资源、水资源及环境等众多要素综合体。此外，国内有些学者从生态系统的角度出发，较为系统地开展了生态承载力的理论、方法研究，并探索性地提出了生态承载力的判定模式与综合评估方法。从国内外最新研究进展来看，生态承载力的理论方法及量化研究虽然更加深入，但重点主要集中于陆域区域。在海洋领域，海洋承载力概念与陆域发展大体相似，取得了一定的研究成果，但其在海洋领域的相关研究与应用明显不足。《国家“十一五”海洋科学与技术发展规划纲要》中首次出现了“综合承载力”这一概念，这是对生态承载力概念的一次重大发展。综合承载力这一概念有多个层次的理解。从承载力角度来看，它是指特定研究区域中两种或两种以上承载力的加和，如资源承载力（土地、旅游、水、能源、森林、矿产等）、环境承载力等；从内涵来看，它可以说是广义上的生态承载力，包括资源、环境、生态、经济和社会承载力5个方面内容，是一个有机的结合体。总体来看，综合承载力之综合指的应是空间上的综合、要素上的综合、影响上的综合、政策上的综合、系统上的综合，而关于综合承载力方面的研究才刚刚起步，其评估理论和方法尚处于探索和发展阶段。2009年12月1日国务院通过了《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》，使黄河口区域成为我国实施国家战略开发建设的区域之一。这是继珠江三角洲、长江三角洲开发建设之后，成为新世纪开发建设的又一个重点区域。而如何科学合理地评估黄河口区域的综合承载力状况，对于该区域的科学开发更具有重要的指导意义。

黄河口及滨海湿地一直是我国海洋生物资源与环境综合调查和研究的重点区域之一,包括20世纪80年代的海岸带调查、90年代的生态资源调查以及以黄河口及邻近海域为研究对象的国家重大基础发展规划、自然基金项目等。尤其是自2004年起,国家海洋局建立了黄河口生态监控区,通过对黄河口及邻近海域生态实施连续多年的监测,基本上掌握了监控区内生态环境变化趋势、黄河水入海量、海洋资源开发对黄河口湿地和海洋生态系统的影响程度等情况。此外,国家海洋局北海环境监测中心承担了海洋公益性行业科研专项经费项目“海岸带区域综合承载力评估与决策技术研究”中的“基于生态需水的黄河口滨海湿地与近岸海域综合承载力研究”、“基于生态系统的环渤海区域开发集约用海研究”、“黄河口及邻近海域生态系统管理关键技术研究及应用”等课题研究。基于国内外最新研究成果,结合黄河口生态特点,本书进一步阐明了黄河口生态现状、生态系统健康、生态需水及区域综合承载力状况,以期为更好地开展海洋环境保护管理提供科学依据和技术支持。

全书共分4章。第1章阐述了黄河口及邻近海域环境现状与变化趋势,包括滨海湿地环境、海洋环境、岸线与湿地现状及变化,并对影响黄河口生态的因素进行探讨;第2章开展了黄河口及邻近海域生态系统健康评价研究,探讨了滨海湿地健康和海洋生态系统健康状况;第3章开展了黄河口及邻近海域生态需水量研究,探讨了滨海湿地和海域生态需水状况并做出相应的水资源承载力分析;第4章开展了黄河口区域综合承载力研究,阐述了区域承载力状况并探讨了相应的调控措施。

本书各章节的协作分工如下:

第1章 罗先香、张龙军、刘霜、王娟、廖巍、肖纯超、刘汝海、齐衍萍

第2章 杨建强、刘霜、张继民、杨琨、姜旭、刘娜娜

第3章 杨建强、邢子强、张继民、尹维翰、齐衍萍

第4章 张继民、罗先香、宋文鹏、尹维翰、赵蓓、张馨星

杨建强、张继民负责全书统稿工作,刘霜、张馨星进行校核。

本书在写作过程中得到了丁德文院士的悉心指导,国家海洋局东海环境监测中心叶属峰研究员和国家海洋局第一海洋研究所石洪华博士也给予了大量协助,在此表示感谢!此外,还要特别感谢国家海洋局北海环境监测中心崔文林主任、孙培艳副主任和同事们对此项工作的大力支持。感谢所有参与、关心此项工作的同仁们!

由于时间关系以及笔者对此专业前沿领域研究认识水平有限,书中可能存在一些不足和错误之处,敬请各界人士批评指正!同时期待相关研究领域的人们加入到我们的行列中,共同探讨黄河口生态与承载力研究相关课题。

作者

2013年4月

目 录

第 1 章 黄河口及邻近海域环境现状与变化	(1)
1.1 黄河口滨海湿地调查	(1)
1.1.1 调查区域基本概况	(1)
1.1.2 调查路线与取样方法的设定	(1)
1.1.3 采样点布设	(1)
1.1.4 调查方法	(4)
1.2 黄河口滨海湿地环境现状	(4)
1.2.1 湿地植物群落	(4)
1.2.2 湿地水环境质量	(7)
1.2.3 湿地土壤环境质量	(15)
1.2.4 湿地重金属含量	(21)
1.2.5 土壤可溶性盐及养分与群落分布的耦合关系	(25)
1.3 黄河口及邻近海域环境现状及变化趋势	(28)
1.3.1 黄河入海通量变化分析	(28)
1.3.2 低盐区面积变化趋势分析	(37)
1.3.3 海洋生态现状及变化	(47)
1.4 黄河口岸线与湿地变化趋势	(68)
1.4.1 数据来源	(68)
1.4.2 岸线变化	(69)
1.4.3 湿地变化	(73)
1.5 黄河口及邻近海域生态影响因素分析	(75)
1.5.1 黄河水入海量影响分析	(75)
1.5.2 海洋捕捞强度影响分析	(76)
1.5.3 海水养殖影响分析	(77)
1.5.4 油田开发建设影响分析	(78)
第 2 章 黄河口及邻近海域生态系统健康评价	(80)
2.1 黄河口滨海湿地生态健康评价	(81)
2.1.1 生态系统健康评价模型	(81)
2.1.2 黄河口湿地生态系统健康评价	(84)
2.1.3 黄河口湿地生态系统健康预警分析	(88)
2.2 黄河口及邻近海域海洋生态健康评价	(90)

2.2.1	海洋生态系统健康评价模型	(90)
2.2.2	海洋生态系统健康评价	(93)
2.2.3	海洋生态系统健康预警分析	(95)
第3章	黄河口及邻近海域生态需水量研究	(98)
3.1	黄河口滨海湿地生态需水量研究	(99)
3.1.1	河口湿地生态需水研究框架及关键问题	(99)
3.1.2	黄河口湿地生态需水确定	(100)
3.1.3	黄河口湿地生态水文模拟	(111)
3.1.4	黄河口湿地水资源承载力分析	(126)
3.2	黄河口及邻近海域生态需水量研究	(130)
3.2.1	生态需水量研究方法	(130)
3.2.2	生态需水量计算	(132)
3.2.3	黄河口及邻近海域水资源承载力分析	(133)
第4章	黄河口区域综合承载力研究	(135)
4.1	黄河口区域综合承载力评估	(137)
4.1.1	综合承载力评估模型构建	(137)
4.1.2	综合承载力评估	(143)
4.2	黄河口区域承载力调控措施	(144)
4.2.1	保障黄河口生态系统健康发展的调控对策与建议	(144)
4.2.2	提高黄河口水资源承载能力的调控措施及建议	(146)
4.2.3	提高黄河口区域综合承载能力的调控措施与建议	(150)
参考文献		(152)

第1章 黄河口及邻近海域环境 现状与变化

1.1 黄河口滨海湿地调查

1.1.1 调查区域基本概况

黄河口湿地是我国北方最典型的河口湿地，位于渤海湾与莱州湾之间，山东省东营市境内，是我国面积最大、增长最快的新生河口湿地生态系统，现代河口新生湿地演变在空间上总体表现为陆进海退的纵向演进过程。调查区域位于山东省东营市的黄河河口湿地内，该区域属暖温带半湿润大陆性季风气候，年均降雨量 530 ~ 630 mm，年蒸发量 1 900 ~ 2 400 mm，降水年内分配不均且蒸发量大，常有旱、涝、风、霜、雹以及风暴潮等自然灾害。黄河口湿地土壤主要为盐化沼泽土和潮滩盐土，土壤盐碱化严重，盐碱地的空间分布在宏观上表现为随距海远近和海拔高低呈明显的带状分布，从沿海向内地，依次分布着滩涂、光板地、重盐碱地、盐田和虾池、芦苇地、轻盐碱地、一般耕地。黄河口自然保护区地处东营市黄河入海口，以保护新生湿地生态系统，珍稀、濒危鸟类为主体的自然资源保护区。主要植被类型为沼生芦苇群落、沼生芦苇-荻群落、穗状狐尾藻群落、柽柳群落、翅碱蓬群落及二色补血草群落等，其中沼生芦苇群落、柽柳群落及翅碱蓬群落分布较广。该保护区地理位置优越，生态类型独特，有中国暖温带最完整、最年轻的湿地生态系统，是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要“中转站、越冬栖息和繁殖地”。图 1-1 为黄河口湿地土壤和植被分布图。

1.1.2 调查路线与取样方法的设定

黄河三角洲湿地包括了纯柽柳地、柽柳-芦苇混生地、芦苇地、混杂地、农田-柽柳混合地等。采用断面法进行了科学调查。根据断面经过的植被群落的类型设置样地和样方。在每块样地中，根据群落特征设置样方。灌木类样方面积为 10 m × 10 m；草本样方面积为 4 m × 4 m。

1.1.3 采样点布设

在黄河三角洲近海河口湿地，设置了 7 个采样断面 HHK-1 ~ HHK-7（见图 1-2，表 1-1）。其中，HHK-1 断面位于黄河故道老河口，HHK-2 断面位于孤东油田以北桩西油田采油区，HHK-3 断面位于黄河口管理站内的自然保护区，HHK-4 断面位于大汶

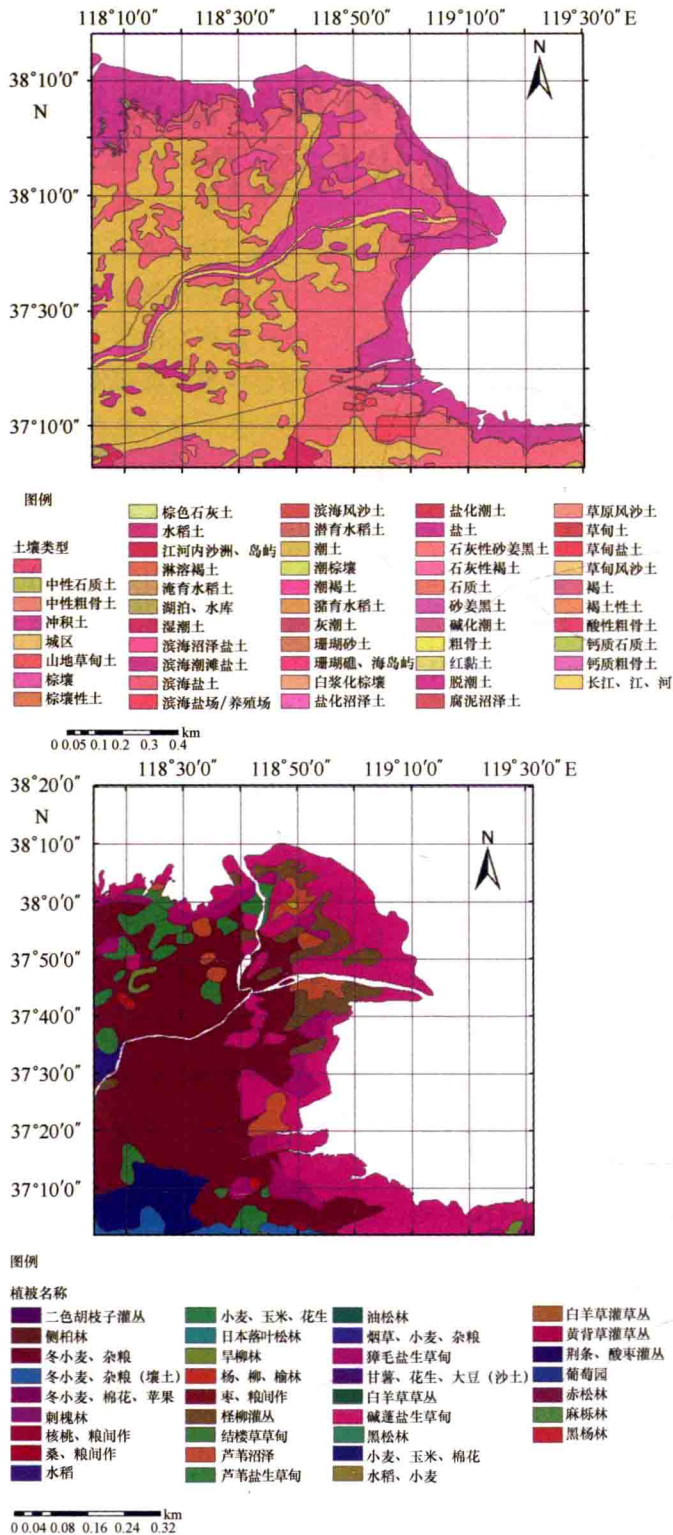


图 1-1 黄河口滨海湿地土壤类型和植被类型

流管理站附近的鸟类自然保护区内，HHK-5 断面位于小岛河南侧废弃的虾池地，HHK-6 断面位于黄河口管理站外的自然保护区，HHK-7 断面位于黄河两岸的农田及林地里。每个断面采集 3~4 个样点，每个样点间距 2 km 左右，各样点采用梅花状布点进行采样。



图 1-2 黄河口湿地采样断面分布

表 1-1 采样点位置与环境条件

采样断面	位置	地理坐标	采样点
HHK-1	黄河故道 老河口附近	38°04'22.6"—38°08'29.64"N 118°48'2.0"—118°48'18.7"E	HHK-11、HHK-12、HHK-13、HHK-14
HHK-2	孤东油田 桩西采油区	37°59'30.2"—38°01'01.4"N 118°55'13.7"—118°57'40.7"E	HHK-21、HHK-22、HHK-23
HHK-3	近海潮滩	37°45'59.2"—37°47'33.9"N 119°07'8.34"—119°07'35.0"E	HHK-31、HHK-32、HHK-33
HHK-4	大汶流 自然保护区	37°43'21.5"—37°43'56.6"N 118°59'11.8"—119°01'5.90"E	HHK-41、HHK-42、HHK-43
HHK-5	小岛河南侧 废弃的虾池	37°34'44.2"—37°35'09.0"N 118°52'21.6"—118°56'58.2"E	HHK-51、HHK-52、HHK-53
HHK-6	黄河口自然 保护区附近	37°50'34.4"—37°51'37.6"N 119°02'16.4"—119°05'04.7"E	HHK-61、HHK-62、HHK-63
HHK-7	黄河两岸 农田及林地	37°40'56.5"—37°46'35.3"N 118°44'6.2"—118°46'31.9"E	HHK-71、HHK-72、HHK-73、HHK-74

1.1.4 调查方法

1.1.4.1 植物种类的调查

生物多样性的调查主要采用设置样地及样方法，同时结合线路调查法，即调查样地和样方之外区域。对调查区域出现的植物种类进行记录；经过将所有标本与记录进行鉴别，整理和统计之后，编制成植物名录。

1.1.4.2 怪柳林场植物群落的调查

群落的调查采用选择样地及设置样方法。

1.1.4.3 群落名称的确定

依据样方中群落的优势物种来命名。若群落中有成层现象，如乔木层、灌木层、草本层等，则各层中取其主要者命名；同层中种名与种名之间用“+”连接，异层中种名与种名之间用“-”连接。如果样方的中层优势物种为怪柳，底层优势物种为盐地碱蓬，则群落名称为“怪柳-盐地碱蓬群落”；而如果样方的中层优势物种为怪柳和罗布麻，则群落名称为“怪柳+罗布麻群落”。

1.1.4.4 植物群落的数量特征计算

(1) 多度：多度是指群落中每种植物个体数量的多少。多度的测定有两种方法，一是个体的直接计数法；二是目测估计法，一般采用相对概念来表示，即非常多（背景化）、多（随处可遇见）、中等（经常可见）、少（少见）、很少（个别，偶遇）等5级。

(2) 密度：密度是指单位面积上的植物株数，即：密度 = 样地内某种植物的个体数/样地面积。

(3) 盖度：盖度是指样方群落中某种植物（草本或灌木）遮盖地面的百分率。它反映了植物在地面上的生存空间，以及植物利用环境及影响环境的程度。

投影盖度是指植物枝叶垂直投影覆盖的地表面积，野外调查通常采用目测法（百分率），这虽然简便，但有误差。本次调查即采用此种方法。

(4) 频度：频度是指某种植物在群落中分布的均匀度，即含有该种植物的样地数量占已设样地总数的百分数。其统计样地数量不少于10个。

(5) 高度：植株的高度可以指示植物的生长情况、生长势以及竞争和适应的能力。高度单位以米计，精确到0.1 m。

1.2 黄河口滨海湿地环境现状

1.2.1 湿地植物群落

1.2.1.1 主要群落类型

(1) 怪柳-盐地碱蓬群落，样方中有26个。

优势植物中层为怪柳（图 1-3），低层为盐地碱蓬（图 1-4），伴生植物有芦苇、补血草、碱蓬、蒙古鸭葱、鹅绒藤等，有时可以见到中亚滨藜、阿尔泰狗娃花、獐毛、紫花山莴苣等植物。



图 1-3 黄河口滨海湿地分布的怪柳



图 1-4 黄河口滨海湿地分布的盐地碱蓬

(2) 盐地碱蓬群落，样方中有 8 个。

优势植物为盐地碱蓬，有时为盐地碱蓬的纯群落，有时可见伴生植物：怪柳、补血草（见图 1-5）、芦苇（见图 1-6）、茵陈蒿、獐毛等。

(3) 怪柳群落，样方中有 5 个。

纯怪柳群落，主要优势植物为怪柳。

(4) 怪柳-芦苇群落，样方中有 5 个。

优势植物为怪柳和芦苇，伴生为植物碱蓬、白茅、补血草、茵陈蒿、鹅绒藤、海州蒿等。



图 1-5 黄河口滨海湿地分布的补血草



图 1-6 黄河口滨海湿地分布的芦苇

(5) 芦苇-盐地碱蓬群落, 样方中有 4 个。

优势植物中层为芦苇, 底层为盐地碱蓬, 伴生植物为柽柳、补血草、碱蓬、紫花山莴苣等。

(6) 罗布麻+芦苇群落, 样方中有 3 个。

优势植物中层为罗布麻和芦苇, 伴生植物有白茅、野大豆、翅果菊、狗娃花、茵

陈蒿、鹅绒藤、海州蒿、大刺儿菜、白羊草等。

(7) 柽柳-补血草群落, 样方中有3个。

优势植物中层为柽柳, 底层为补血草, 伴生植物有盐地碱蓬、碱蓬、鹅绒藤、芦苇、茵陈蒿、山莴苣、中亚滨藜、狗尾草、阿尔泰狗哇花、蒙古鸦葱等。

(8) 芦苇群落, 样方中有2个。

优势植物为芦苇, 伴生植物有盐地碱蓬, 偶见海州蒿、柽柳、鹅绒藤。

(9) 其他群落。

调查区域还分布有柽柳-茵陈蒿群落、柽柳-海州蒿群落、柽柳-白茅群落、罗布麻-茵陈蒿群落、芦苇-獐毛群落、芦苇-海州蒿群落、柽柳-狗哇花群落、罗布麻-狗哇花群落、罗布麻-白茅群落等其他群落各1个。

1.2.1.2 主要植物资源

主要优势种植物如下面列出。

碱蓬 [*Suaeda glauca* (Bge.) Bge.]: 常见, 生于海滨、荒地。

盐地碱蓬 [*S. salsa* (L.) Pall.]: 常见, 生盐碱荒地。

柽柳 (*Tamarix chinensis* Lour.): 常见, 生于盐碱地及沿海滩涂。

多枝柽柳 (*T. ramossissima* Ledeb.): 常见, 盐碱地。

罗布麻 (*Apocynum venetum* L.): 常见, 盐碱地。

芦苇 (*Phragmites communis* Trin.): 常见, 半海水积水湿地。

獐毛 [*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl. var. *sinensis* Deb.]: 常见, 盐碱荒地。

补血草 [*Limonium sinense* (Girard.) O. Kuthze]: 常见, 盐碱地。

茵陈蒿 (*Artemisia capillaries* Thunb.): 较常见。

海州蒿 (*A. Fauriei* Nakai): 常见。

蒙古鸦葱 (*Scorzonera mongolica* Maxim.): 常见, 盐碱地。

中亚滨藜 (*Atriplex centralasiatica* Iljin): 较常见, 生于盐碱地草丛。

鹅绒藤 (*Cynanchum chinensis* R. Br.): 常见, 盐碱荒地, 路边。

1.2.2 湿地水环境质量

1.2.2.1 pH 值

2008年10月、2009年5月和8月黄河口滨海湿地水体pH值变化范围分别为7.36~7.72、7.55~8.93和8.07~8.77, 湿地水体pH值均大于7, 呈现碱性和弱碱性环境(见图1-7)。

1.2.2.2 盐度

2008年10月、2009年5月和8月黄河口滨海湿地水体盐度变化范围分别为3.62~61.90、3.3~73.1和0.43~46.50, 同一时间各采样点湿地水体盐度变异系数很大, 分别为122.16%、74.41%和177.09%(见图1-8)。在靠海越近的采样点水体含盐量越

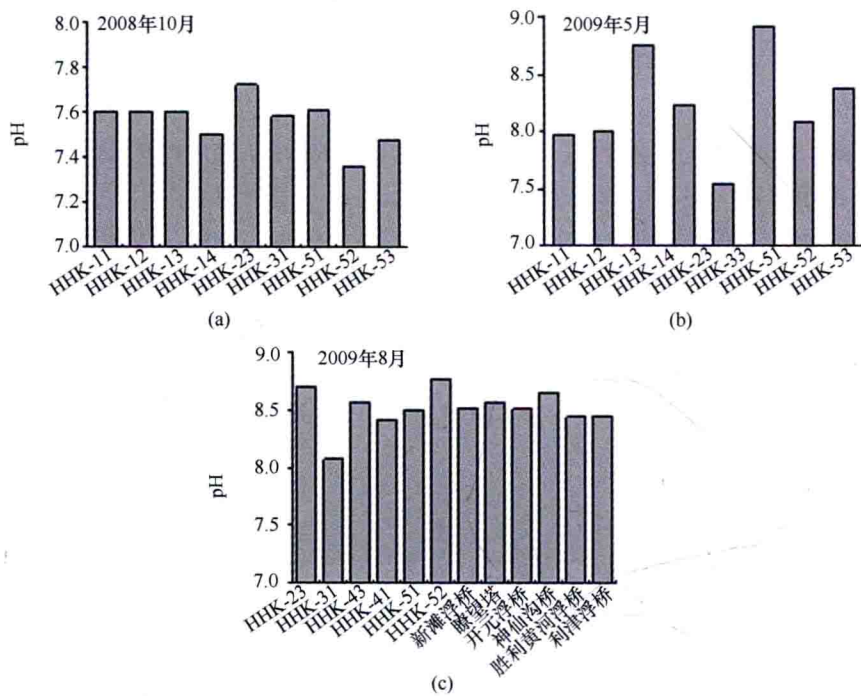


图 1-7 黄河口湿地 2008 年 10 月、2009 年 5 月和 8 月水体 pH

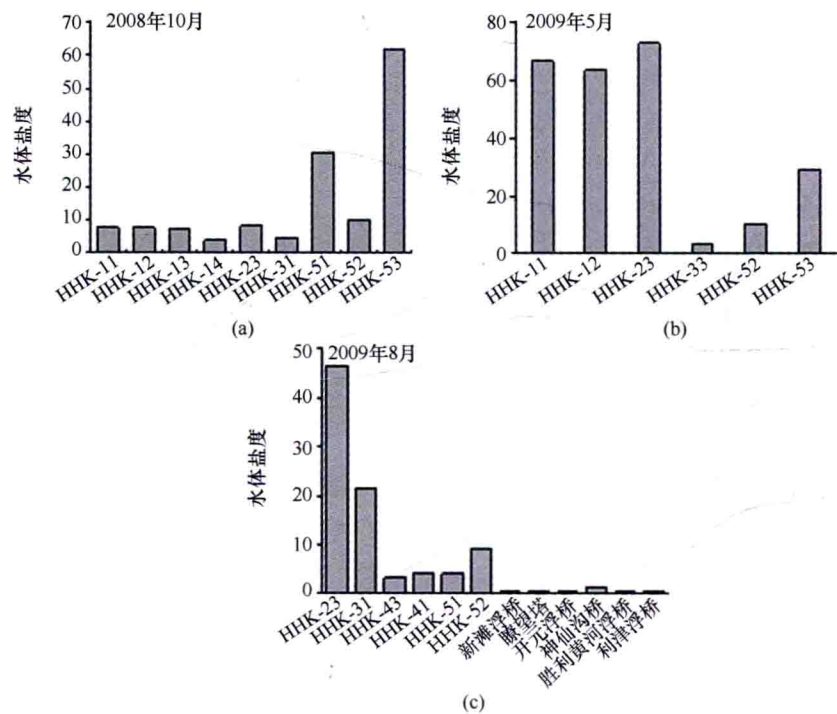


图 1-8 黄河口湿地 2008 年 10 月、2009 年 5 月和 8 月水体盐度

