

淤泥质海岸工程建设 对近岸地形和环境影响

虞志英 劳治声 金庆祥 张 勇 等 著



海洋出版社

淤泥质海岸工程建设 对近岸地形和环境影响

虞志英 劳治声 金庆祥 张 勇 等 著

海洋出版社

2003 年·北京

内 容 简 介

本书以连云港地区开敞型淤泥质海岸和杭州湾北岸金山地区强潮海湾型淤泥质海岸为主要研究对象,通过长期现场观测研究和工程实践,采用水动力学、泥沙动力学、沉积学、地貌学和工程学科相结合,以及宏观与微观相结合,定性与定量相结合的研究手段和方法,首次在国内对海岸工程条件下的近岸地貌演变和环境影响进行了综合分析。在对工程前后淤泥质海岸的水沙运动、地貌过程进行比较和预测基础上,对海岸港口、航道、围海和护岸等海岸工程实际提出了对策和决策建议,对淤泥质海岸工程实际具有较高的指导意义,在发展淤泥质海岸理论和研究方法上亦具有重要价值。

本书可供从事海洋、水利、环境、地理等专业工程技术人员及科研院所、大专院校相关专业科研人员、师生应用时参考。

图书在版编目(CIP)数据

淤泥质海岸工程建设对近岸地形和环境影响/虞志英等著. —北京:海洋出版社, 2003. 10

ISBN 7-5027-5973-5

I. 淤... II. 虞... III. ①淤泥质海岸—影响—近海—地形②淤泥质海岸—影响—环境 IV. P737. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 089015 号

责任编辑:陈茂廷

责任印制:刘志恒

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

2003年10月第1版 2003年10月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:10.75

字数:258.5千字 印数:1~1000册

定价:38.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

序

我国大陆海岸线长达 18 000 余千米，其中淤泥质海岸占 4 000 余千米，它主要分布在河口三角洲和一些港湾地区，历来为人类活动频繁的地带，在沿海经济发展中具有十分重要的地位，尤其在当前沿海经济迅速发展的形势下，对淤泥质海岸开发利用和保护进行研究显得尤为重要。

在海岸资源开发利用的过程中，海岸工程的实施是一个重要方面，而工程实施对港口航道、海岸防护、水质保护和水产、海滩生态环境等都将产生深刻的影响。因此，从沉积、地貌、水文、泥沙、化学、生物等要素对工程前后产生的影响进行综合研究，作出定性乃至定量的分析，进行预测，制定对策，具有极为重要的意义。一些发达国家在这方面已积累了丰富的经验，取得了一系列行之有效的成果，但是这些成果大多只适用于砂质海岸，而淤泥质海岸无论从海滩形态、沉积物特性、岸滩水文、泥沙条件、泥沙运动性状、冲淤演变以及沿岸生物群落等方面，都与砂质海岸迥然不同，具有其鲜明的特点和更为复杂的演变规律。因此，研究淤泥海岸特点，掌握其演变规律，分析在工程条件下海岸演变趋势，定量地预测其对海岸工程的响应，这不仅具有重大的理论意义，而且在发展沿海经济建设中更是具有明显的实际应用价值。

鉴于上述目的，“淤泥海岸工程建设对近岸地形和环境影响”课题组在这方面做了大量卓有成效的工作，他们选择了在工程实际和理论研究上均具有典型代表性的江苏北部连云港地区岸段和位于杭州湾北岸的上海石油化工总厂所在的金山海岸段作为研究基地，前者属于开敞型的淤泥质海岸，是我国重点发展的港口，多年来已兴建了 3.5 万~5 万吨级的码头和长达 10 余千米的深水航道。现在正向 10 万吨级深水港规模发展，这里水下滩坡十分平坦，目前外来泥沙供应甚少，泥沙运动主要为风浪作用下废黄河三角洲遗留沉

积物的再悬浮和在潮流作用下的扩散运移。后者则属于强潮海湾内发育的淤泥质海岸，浪大流急，含沙量高，泥沙主要来自长江口，随着上海石油化工总厂规模的不断扩大，至今已完成了六次围海工程以及5千~3.5万吨级码头的建设，并正在考虑深水围堤工程的可能性。他们在研究工作中，紧密结合上述两个地区的海岸工程，通过周密连续近20年的野外观测调查，在取得大量第一手资料的基础上，进行了多学科的综合分析和计算，并建立了工程前后波场、潮流场、泥沙场和污染物扩散的数学模型，从定性到定量、由宏观到微观地对工程前后海岸演变自然规律和工程影响，进行了预测和对策的研究，取得了十分可喜的成果，这些成果在理论上的正确性，有的已被工程实践所证实，有些已为工程建设单位所采纳，已成为海岸工程规划设计的重要科学依据，并取得了明显的经济效益和社会效益。更重要的是，这项研究在研究方法、学科理论和技术路线方面均有一定创新，在当前国内外同类研究中达到了一个新的水平。课题组成员在进行淤泥质海岸过程的研究中，紧密结合海岸工程实践的科研思想，野外调查、室内分析实验与多角度综合性的理论探讨相结合的技术路线，特别是根据不同类型的淤泥质海岸的具体情况，采用了与之相结合的理论分析方法是值得国内外同行在进行海岸工程研究时参考和借鉴的。

通过课题组同志与国内同行共同努力，深入系统地开展对淤泥质海岸过程的研究，我相信将为我国淤泥质海岸发育研究作出重大贡献。

陈瑜

2003年5月

前 言

在我国 18 000 余千米的大陆海岸线中，属于淤泥质海岸类型的海岸就占有 4 000 余千米，它主要分布在长江、黄河、珠江、钱塘江、海河等河流入海口的三角洲冲积平原地区，以及在浙、闽、粤沿海局部的港湾，素为我国沿海经济发达地区。这里除分布着上海、天津、广州等我国最大的港口城市外，中小城镇密布，水陆交通便捷。分布宽广的淤泥质海潮滩，不仅带来了渔盐之利，更是为工农业发展提供了丰富的土地资源。在我国当前深入经济发展的改革开放形势下，愈来愈显示出其具有重要的发展潜力。近年来，随着以沿海开放城市为中心的港口建设的兴起，和以增加生产建设用地为中心的海涂围垦业的迅猛发展，大大地促进了对淤泥质海岸自然演变规律的研究和各种开发事业的规划、设计所需的工程学、地貌学和环境科学等研究。

众所周知，淤泥质海岸，从物质构成上，主要是含水量较高的平均粒径小于 0.063 mm 的粉砂和黏土物质为主的淤泥。同时大部分的淤泥岸滩均十分平缓，近岸浅水区范围宽广，从而决定了淤泥质海岸在近岸带水动力的结构分布特性、在此动力条件下所引起的泥沙运动性状和由此产生的沉积地貌过程和演变等方面，均具有其独特的个性和变化规律，它与组成物质较粗的 ($d > 0.063$) 砂质海岸海滩之间存在着很大的差异。因此倘若在研究淤泥质海岸过程中，不恰当地沿用砂质海岸的理论与手段来指导淤泥质海岸的研究实际，要求解决淤泥质海岸工程中所产生的问题，将难以产生满意的结果，甚至会得出错误的结论而贻误工程建设。如以沿岸泥沙运动为例，在砂质海岸，作为泥沙搬运的主要动力是波浪，而淤泥质海岸地区，波浪是掀沙的主要动力，而泥沙的搬运则主要由潮流来

完成，波浪沿岸流退居十分次要的地位，因此砂质海岸的演变模式难以应用于淤泥质海岸。淤泥质海岸在潮流挟运下的沿岸泥沙流在近岸数十千米的范围内作长距离的运移，它不但导致了淤泥质海滩出现宽阔平浅的几何形态，而且浅滩演变的动力和泥沙运移在三维非封闭系统内进行，其结果，淤泥质海岸对于海岸工程的响应，也就不同于砂质海岸。显然，这些基本特点，对淤泥质海岸地区的工程规划和设计，以及预测工程条件下的海岸演变趋势，都是十分重要的。

关于淤泥质海岸及海岸工程有关的研究工作，在其他的一些海洋大国，由于缺少大片典型的淤泥质海岸，加之工程实践的对象不同，因此无论在研究的广度和深度上，远远不能与对砂质和基岩港湾式海岸研究相比拟，至今尚未形成完整的系统理论。但是在某些方面的研究亦不乏具有重要应用价值的成果。如 Postma, Van, Straaten 等对北海潮滩的研究，提出了沉积物在潮流动力作用下形成的沉降滞后和冲刷滞后效应的沉积模式，这个模式，在我国一些粉砂质淤泥海岸的潮滩沉积过程研究中亦发现有相似之处。Carling 在对南威尔士强潮滩的波浪观测中，发现波浪对底部沉积物扰动具有季节性变化，和在风浪作用下悬沙浓度具有明显增加的现象。Wells 则在路易斯安那州西部泥质潮滩及 Surinan 泥质海岸进行了对潮滩水沙运动特性的研究，认为潮滩上部在浮泥存在情况下，波能明显耗散，从而有利于潮滩沉积作用。而海岸工程学家，为淤泥质河口湾及海岸地区的港口或防护工程建设所进行的有关海岸演变等的工作，也产生了许多有价值的成果，例如围绕着黏性细颗粒泥沙在流动海水中的运动进行了现场和室内的观测和试验工作，对不同黏性土在海水中的聚凝，沉降过程，抗冲强度以及冲刷、悬浮、沉积固结特性等方面进行深入的研究等。这些在 Migniot, Owen, Cole, Mehta 等人的论文中都有系统的反映，这无疑对我国近年来大规模开展的淤泥质海滩资源的开发调查和海岸工程的规划设计，

具有重要的参考价值。

楠田基也等人基于对日本有明海和熊本港地区淤泥海岸海滩和对东南亚一些淤泥港口研究的需要,近年来,积极开展了对淤泥浮泥在海水中运动的观测和试验研究,认为波浪与浮泥的相互作用导致了波高的减衰和浮泥的运动。通过对暴风作用下浮泥沙量的观测,对海滩冲刷量与底切力之间的关系作出了定量表达。

我国大规模开展对淤泥质海岸的研究,起自 20 世纪 50 年代中后期对渤海湾和长江口、杭州湾海岸海滩的研究,由于研究工作一开始就结合海港建设和河口航道治理工程进行,目的比较明确。通过野外调查和室内试验等研究,在淤泥海岸和河口的发育过程、泥沙来源、淤泥物质的运动特性方面取得了不少成果,为当时天津新港工程,以及长江入海航道选槽等提供了依据。进入 70 年代以来,位处在淤泥质海岸地区的港口工程,围垦、围海工程和海岸防护工程等建设项目日益增多,同时因工程建设而产生的海岸环境问题也日见突出,已愈来愈引起沿海各建设部门的重视。由于淤泥质海岸特殊的自然条件,造成了在工程的前期可行性研究方面缺乏像砂质海岸地区那样有较多的类比资料。对此我们根据多年来在淤泥质海岸地区从事工程建设研究工作的经历,在国家有关部门的支持下,开展立题研究,根据原有研究工作基础,选择了江苏北部连云港地区以及杭州湾的上海石油化工总厂地区海岸段作为研究基地,上述两个地区均是国家重点建设发展地区,新的港口及海岸工程项目不断建设。连云港地区是属于典型的开敞式淤泥海岸地区;而杭州湾北岸则是我国典型的强潮海湾内粉砂淤泥质海岸,这样能较好地满足研究课题的要求,无论在解决工程实际问题或理论研究上,均具有代表性。由于研究过程中各项工作的安排,尤其是现场观测,必须考虑自然条件的年内及年际变化并要和工程进度相配合。因此,在研究周期上较长,在对 20 余年的野外调查工作(其中主要包括

了潮汐、潮流、波浪、泥沙、沉积物的定量连续观测，以及固定断面测量和水质、底栖生物取样等项）所取得的资料进行分析整理的基础上，还进行了数值模拟研究，最终综合编写了《淤泥质海岸工程建设对海岸地形和环境影响》一书，全书分连云港地区海岸和杭州湾北岸金山海岸两大部分，在书中力图从淤泥质海岸演变自然规律出发，论述工程后随着海岸动力过程的改变而带来对沉积地貌、环境和生物方面的影响过程，在研究手段上充分地利用地学研究中综合性较强的特点，吸收相关学科的研究方法，进行由宏观到微观、由定性到定量的研究探索，以求做到从理论和方法上有所创新，为今后我国更多的淤泥海岸工程建设提供参考。

由于此项研究在国内尚属开创阶段，加上研究水平有限，因此许多方面还有待在今后的研究工作中不断深入。

本书编写人员：第一篇连云港地区海岸，由虞志英负责，陈德昌、张勇、包四林、唐寅德参加，连云港建港指挥部金镠参加了第三、四章的讨论和部分编写，李道季、马宏广参加了生物、环境部分的调查研究；第二篇杭州湾北岸金山海岸由劳治声和金庆祥负责，陈全、陈卫跃参加。本书的编写，得到了老师陈吉余院士的关怀和指导，并赐予序文，以示鼓励，在此我们表示深切的敬意和谢意。

本项研究和本书的编写出版，先后得到教育部科技中心、上海市教委、华东师范大学的校、所两级领导以及连云港港务局、连云港建港指挥部、交通部上海航道局一处、上海石油化工总厂海堤工程指挥部等单位给予财力和人力上的大力支持。此外沈雪娟、王佩琴、楼飞同志协助打字和清绘图件，在此一并表示衷心的感谢。

本文的出版得到上海市“重中之重”学科建设项目的资助。

作 者

2003年5月

目 次

第一篇 连云港地区海岸	1
第一章 连云港地区淤泥海岸自然背景	3
第一节 历史时期的海岸线变迁	3
第二节 海岸沉积地貌特征	6
一、扒山头南部的废黄河三角洲侵蚀型岸滩类型	7
二、西墅以北的海州湾顶淤积型岸滩类型	7
三、扒山头—西墅之间的平衡岸滩类型	8
第三节 海岸水动力和泥沙运动	8
一、波浪	9
二、潮流	12
三、泥沙运动	15
第二章 连云港地区的海岸工程建设概况	19
第一节 港口工程	19
一、海港防波堤工程	19
二、疏浚抛、排泥工程	20
第二节 护岸工程	20
一、大堤	20
二、丁坝	21
三、离岸顺潜堤	21
第三章 平原开敞淤泥质海岸侵蚀过程及防护	22
第一节 海岸侵蚀和护岸工程简况	23
一、海堤	23
二、丁坝	25
三、离岸顺潜堤	25
第二节 平原开敞型淤泥质海岸演变特征	26

一、砂质海岸的沿岸输沙和演变特征	26
二、淤泥质海岸的沿岸输沙和演变特征	26
三、北部废黄河口—连云港扒山头之间淤泥质海岸的自然侵蚀过程	27
第三节 波浪冲蚀作用下淤泥质海岸剖面侵蚀演变模式	27
一、破碎波浪冲蚀的横向分布	28
二、淤泥海岸侵蚀剖面的演变模式	31
三、研究实例	34
第四节 海岸防护工程形式的讨论和建议	36
第四章 疏浚工程对周围海域环境和水下地形的影响	38
第一节 疏浚弃土对周围海域环境影响的评价	39
一、疏浚弃土的物理和化学性质	39
二、对海域环境的影响	40
三、结论	45
第二节 疏浚工程影响下的水下地形演变	45
一、羊窝头抛泥区内泥土倾倒对地形产生的影响	45
二、大路口吹泥区吹泥对海域地形的影响	51
三、讨论	55
第五章 港口工程对海域环境影响的数值模拟	57
第一节 潮流场	57
一、概述	57
二、数学模型	58
三、计算结果	60
第二节 泥沙场	62
一、概述	62
二、数学模型	63
三、计算结果讨论	64
第三节 污染物扩散	67
一、概述	67
二、数学模型	74
三、计算结果	75

第二篇 杭州湾北岸金山海岸	81
第一章 金山海域自然条件概况	83
第一节 金山海岸形成过程	83
第二节 海岸形态及水下岸坡概况	84
第三节 金山深槽的形成和演变	85
第四节 金山岸段前沿海域水文泥沙特征	89
一、潮位	89
二、潮流	89
三、波浪	91
四、海区水体泥沙	92
第五节 金山岸段前沿海域地质条件及沉积物分布	93
一、工程地质条件	93
二、表层沉积物分布	94
第六节 金山岸段前沿海域水质环境概况	96
第二章 金山海岸的沿岸工程概况	97
第三章 围堤工程对海岸环境的影响	99
第一节 经验特征函数简介	99
第二节 沿岸围堤工程对海域水下岸坡变化的影响	101
第三节 沿岸围堤工程对近岸海滩的影响	110
一、东段 2 m 等深线的变化	110
二、东段 4 m 等深线的变化	111
三、中段 2 m 等深线的变化	112
四、中段 4 m 等深线的变化	113
五、西段 2 m 等深线的变化	114
六、西段 4 m 等深线的变化	115
七、顺潜堤工程建设后坝内的淤积观测和分析	116
第四节 沿岸围堤工程对金山深槽的影响	118
一、东深槽区形成的动力机理	119
二、西深槽区形成的动力机理	120

三、海岸廓线变化对深槽的影响·····	121
第五节 沿岸围堤工程对海底沉积物分布的影响·····	124
第六节 深滩围堤对金山深槽和水下岸坡影响的初步分析·····	125
一、金山深槽·····	126
二、化工码头和煤码头岸段水下岸坡·····	127
三、戚家墩前沿海滩的稳定性·····	127
第四章 栈桥式码头、浅滩航道工程对周围水下地形变化的影响 ·····	128
第一节 栈桥式码头周围水下地形的变化·····	128
一、码头建设后码头前沿水下地形的变化·····	128
二、码头区附近水流结构分析·····	131
三、水下岸坡稳定性分析·····	134
第二节 淤泥质浅滩航道的回淤估算·····	134
一、航槽回淤计算的一般公式·····	135
二、关于水流输沙问题·····	135
三、现场当量平均沉速·····	136
四、计算实例·····	137
第五章 小海湾围堤对海岸水下岸坡的影响·····	140
第一节 近岸海区流场·····	140
第二节 海湾水流、泥沙、底质概况·····	141
一、水流情况·····	141
二、含沙量分布·····	143
三、底质特征·····	143
第三节 海域的水下地形·····	143
第四节 水流挟沙力分析及围堤后挟沙力的预估·····	146
一、海湾潮量、沙量的计算·····	146
二、浅海挟沙力的计算·····	147
三、围堤以后挟沙力的变化·····	147
第五节 围堤以后水下岸坡剖面变化·····	148
第六章 结论与建议 ·····	151
参考文献资料 ·····	155

第一篇 连云港地区海岸

第一章 连云港地区淤泥海岸自然背景

连云港位于江苏省北部海岸（ $34^{\circ}44'32''N$ ， $119^{\circ}27'28''E$ ），是横贯我国中部地区的陇海铁路的终点港。本书所述的连云港地区海岸，系指江苏北部废黄河口向北经临洪河口至兴庄河口之间的淤泥质海岸。由海岸地貌形态及历史过程可知，该海岸段分属废黄河三角洲及海州湾两大地貌单元，而连云港正位于这两大地貌单元的连接处（图 1-1）。

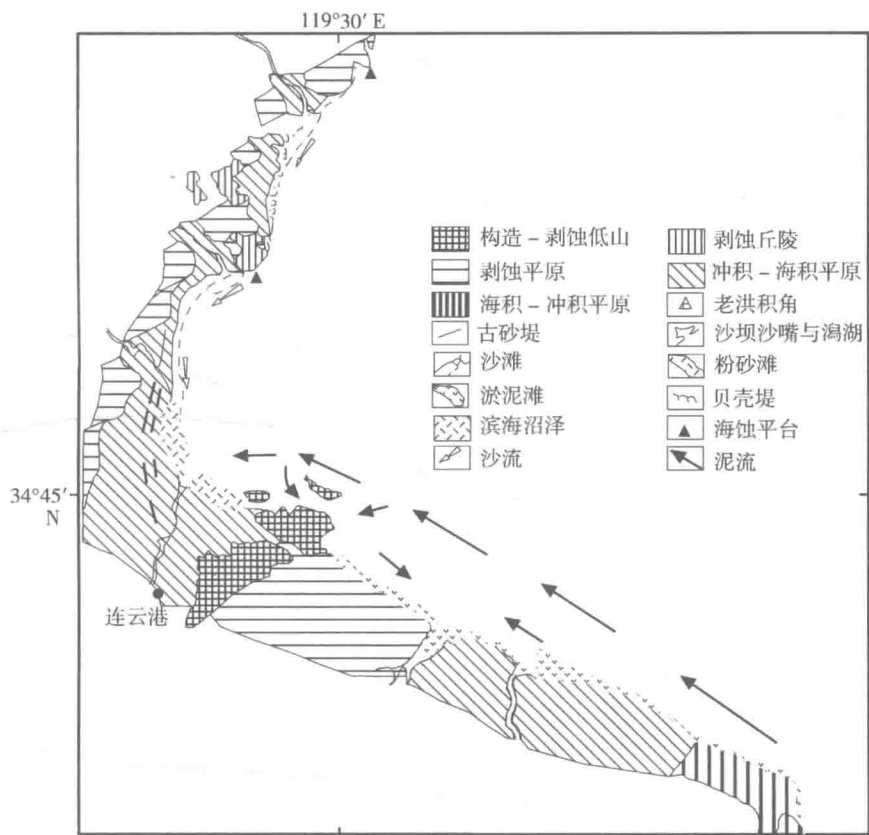


图 1-1 海州湾沿岸地貌单元

第一节 历史时期的海岸线变迁

根据动力地貌学、沉积学及历史地理学研究，可以知道江苏北部海岸过程与黄河尾间在历史时期里的南北摆荡密切相关。12 世纪以前，淮河是江苏北部一条主要的入海河流。由于淮河含沙量很少，因而此河口沙嘴外伸十分缓慢。宋朝时，潮水从淮河口的云梯关（今滨海县甸湖镇）直溯盱眙，现连云港市的海州以东为海水所侵，古称郁州的云台山孤



图 1-2 废黄河口历史岸线

决口频繁，流路分散，大量泥沙沿程泛淤居多，直接入海泥沙尚不足以促使河口造成强烈淤积而迅速外伸。16 世纪以后，黄河下游经人工改道，全黄倾注入淮，明万历六年（1578 年）已基本形成了一条由泗入淮的固定河道，黄河泥沙大多经河口入海，这个时期河口平均外伸率约为 250~300 m/a。与此同时，大量泥沙在口外海滨的扩散消能区内沉积，此外还有相当数量泥沙沿岸输移于三角洲两侧凹形海湾内淤积成陆，海岸线普遍向海推进约 50~60 km，水下三角洲的前端也相应伸展到 122°E 以外的水深 20 m 以深区域。

在河口三角洲淤涨所及之处，留下了一套完整的三角洲相沉积层（见图 1-3）。据灌河口—射阳河口沿海钻孔揭示，底层为青灰色粉砂质黏土；中部以灰黄色粉砂层为主，最大厚度为 10~15 m；上部以黄褐色黏土质粉砂为主，代表了三角洲向海推进的沉积程序。它的分布，在横向上以干流河道为轴线，向两侧逐渐变薄，北部在灌河口附近尖灭于滨海相淤泥层之中，向南达射阳河口附近与苏北中部砂体相连。在纵向分布上，向口门方向逐渐增厚，口门向外侧进入水下三角洲沉积范围。因此无论从历史记载或沉积分布上，无不反映了黄河泥沙对三角洲建造的巨大作用，其沉积范围之广，沉积速度之快，对苏北海岸影响之甚，在我国近代海岸变迁史上实属罕见。

在黄河口三角洲向海伸展的同时，连云港所在云台山地区及海州湾岸线也相应外伸。据《海州直隶志》所载：“康熙十六年（1677 年）漕运总督颜保奏复云台山为内地时，山在海中南距板浦、中正两场仅隔一渡，渡名对口溜，风涛险恶，以西通恬风渡，东通大岛口，每涨潮时，两潮相对而溜也”。说明当时云台山仍在海中，直到康熙四十年（1701 年），云台山才因“海涨沙淤，渡口渐塞”，至康熙五十年（1711 年）“急成陆地，直抵山下矣”。上述这些关于黄河夺淮时期河口三角洲及海州湾沿岸沧海桑田变化的历史记实，同沿岸沉积物的分布规律一样，无不相互印证。在这一历史时期内，黄河的输沙作用

立海中，当时的海岸线大致稳定在海州—云梯关—阜宁—一线（图 1-2），与苏北古砂堤的位置相当。

公元 1128~1855 年，黄河在本地区夺淮入海，前后约有 700 多年时间。黄河素以高含沙量著称于世，根据黄河利津站多年实测资料，多年平均输沙量高达 12 亿 t，为长江年输沙量的 2.4 倍，而全年下泄水量仅为 460 亿 m³，只及长江的 5%，因此河口区黄河水体含沙量高达 25 kg/m³，为长江河口年平均含沙量 50 倍之多。此外，黄河下泄沙量的 80% 集中于每年 7~9 月的汛期，下泄泥沙中的 24% 淤积于三角洲平原，其余 76% 则进入口外海滨区域，参与水下三角洲的发育和向外海扩散。

1128 年后，黄河决口泛滥，黄河水由泗入淮，其时黄河以分流入淮为主，