

田家怡 夏江宝 孙景宽 等著

# 黄河三角洲

HUANGHE  
SANJIAOZHOU  
BEIKE DIDAO SHENGTAI BAOHU YU HUIFU

## 贝壳堤岛生态保护与恢复



化学工业出版社

田家怡 夏江宝 孙景宽 等著

# 黄河三角洲

HUANGHE  
SANJIAOZHOU  
BEIKE DIDAO SHENGTAI BAOHU YU HUIFU

## 贝壳堤岛生态保护与恢复



化学工业出版社

本书共分七章。第一章综述了国内外关于贝壳堤研究的进展,以及本项目的研究意义、内容、方法;第二章探讨了黄河三角洲贝壳堤岛的形成、发育和演化;第三章研究了黄河三角洲贝壳堤岛与湿地气候水文环境、地质地貌环境、浅海底质和贝壳堤岛沉积环境以及生态环境质量;第四章系统调查研究了黄河三角洲贝壳堤岛与湿地生物多样性;第五章确定了黄河三角洲贝壳堤岛与湿地重要经济生物和濒危物种;第六章研究了黄河三角洲贝壳堤岛脆弱生态系统破坏现状,探究了生态系统退化机理,并提出了生态保护对策和建议;第七章展示了贝壳堤岛植被恢复三种关键植物的筛选室内实验结果,开展了三种野生灌木光合生理特征野外测试,为植被恢复提供了科学理论依据,进而提出了贝壳堤岛植被恢复的实用技术。

本书可供从事海洋、水产、林业、水利、环保、生态保护、生态环境管理及区域可持续发展研究的政府决策部门、科研单位、大中专院校的有关人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

黄河三角洲贝壳堤岛生态保护与恢复/田家怡,夏江宝,孙景宽等著. —北京:化学工业出版社,2011.3  
ISBN 978-7-122-10562-2

I. 黄… II. ①田…②夏…③孙… III. 黄河-三角洲-生态环境-环境保护-研究 IV. X321.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第024559号

---

责任编辑:郎红旗 李姿娇

装帧设计:周 遥

责任校对:宋 玮

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 彩插4 字数361千字 2011年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:55.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

贝壳堤是淤泥质或粉砂质海岸所特有的一种特殊类型的滩脊，主要由砂和贝壳所构成。贝壳堤是由生活在潮间带的贝类死亡之后的壳体及其碎屑，经波浪搬运，在高潮线附近堆积而成的。黄河三角洲贝壳堤无论是从其沉积规模、动态类型，还是从所含环境信息等方面来讲，都属于西太平洋各边缘海之罕见，与美国路易斯安那州和南美苏里南的贝壳堤并称为世界三大古贝壳堤，而且是世界上规模最大、唯一新老并存的贝壳堤，它在世界第四纪地质和海岸地貌研究中占有极其重要的地位。贝壳堤岛及其周围的潮间湿地，有着大量的野生动植物资源，生物多样性丰富，既是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的中转站和越冬、栖息、繁殖地，也是研究黄河变迁、海岸线变化、贝壳堤岛形成等环境演变以及湿地类型的重要基地，在我国海洋地质、生物多样性和湿地类型研究中有着举足轻重的地位和保护价值。

然而，近 20 多年来，由于修建防潮堤坝、平堤水产养殖、挖砂烧瓷、掘砂作化工原料和饲料添加剂等原因，几十个小的贝壳堤岛已消失，大的堤岛也屡遭破坏，本来就十分脆弱的贝壳堤岛生态系统严重退化，面临大批珍稀、特有物种灭绝的危险。同时，贝壳堤岛的受损和消失，造成海水入侵和侵蚀，又严重威胁沿海滩涂湿地的生态安全。因此，如何在开发利用贝壳堤资源的同时，又保护自然生态环境，实现可持续发展，是一项具有战略意义和现实意义的研究课题。随着环渤海经济圈的建设和 2009 年 12 月国务院批复的《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》的实施，深刻认识具有重要意义的这类贝壳堤生态系统的退化机制，研究恢复的关键技术，是目前亟待解决的重大理论和实践问题。开展本项目研究，在目前国内外脆弱生态系统退化机理和恢复技术领域具有典型性、特殊性，在贝壳堤生态系统研究方面又具有唯一性，有着重要的理论意义和科学价值。这类贝壳堤是抵御海水侵袭、保护内陆滩涂湿地不受侵蚀的重要防护线，开展该项研究，使退化的贝壳堤生态系统得以恢复，无疑在防止海水入侵、保护内陆湿地等方面具有重要地位，其生态、经济效益不言而喻。同时，治理日趋恶化的贝壳堤生态系统，防止自然生态系统退化，恢复和重建已受损的生态系统，对改善生态环境，实施“渤海碧海行动计划”，提高环渤海区域生产力，实现可持续发展具有重要意义。

为此，山东省自然科学基金委员会于 2005 年 10 月正式下达了该研究项目，项目编号为 Y2006D01。该项目也是国家“十一五”科技支撑计划项目《黄河三角洲生态系统综合整治技术与模式》（项目编号：2006BAC011A13）、国家“十一五”林业科技支撑计划课题《盐碱地改良沿海防护林体系研究与示范》（编号：2009BADB2B05）、山东省环境保护厅 2010 年环境保护重大科技项目《黄河三角洲高效生态经济区“三区”划分及生态环境承载力研究》（项目编号：2010HB02）的内容之一。

该研究历时五年，以黄河三角洲的滨州市无棣、沾化贝壳堤岛与湿地脆弱生态系统为研究对象，利用景观生态、退化生态、恢复生态等现代生态学理论，系统研究了黄河三角洲贝壳堤岛气候与水文环境、地质地貌环境、空气环境质量、声环境质量、河口与浅海湿地水环境质量、贝壳堤岛土壤和地下水环境质量，深入研究了贝壳堤岛脆弱生态系统的类型、分布、结构、功能以及贝壳堤岛与湿地生物多样性状况，查明了贝壳堤岛生态系统退化现状，从本质上揭示了其生态系统退化过程和机理，提出了贝壳堤岛脆弱生态系统恢复

的关键技术，为保护黄河三角洲贝壳堤岛这类在世界上具有典型性、特殊性、唯一性的生态系统提供了科学依据。

该研究得到了山东省自然科学基金委员会、山东省环境保护厅、无棣县人民政府、滨州市环境保护局、滨州市环境保护监测站、滨州市环境保护科学技术研究所、滨州贝壳堤岛与湿地国家级自然保护区管理局等单位的大力支持，尤其是无棣县人民政府李峰副县长和山东省环境保护科学研究设计院慕金波副院长对本项目研究给予了很大帮助，滨州学院石东里教授、闫永利副教授、刘京涛副教授、李建庆博士、于祥硕士等参与了部分现场调查与采样工作，在此一并表示感谢！

2011年1月4日，国务院正式批复了《山东半岛蓝色经济区发展规划》，黄河三角洲贝壳堤岛已处于两大经济区开发建设的重叠地带，保护和恢复世界三大古贝壳堤之一的黄河三角洲贝壳堤生态系统有了更加重要的意义和深刻内涵。为此，根据2010年11月21日山东省科技厅对该研究成果的专家鉴定建议，我们在对原研究技术报告认真推敲、斟酌和加工修改的基础上，终于形成了本书书稿，以期推动国内外对贝壳堤生态系统保护与恢复理论、技术的深入研究。

由于作者水平有限，加之目前尚无贝壳堤岛生态系统专门研究的他例，无前辙可鉴，故书中难免有不妥之处和瑕疵，敬请读者批评指正。

作者

2011年2月

# 目 录

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>第一章 概述</b>                    | <b>1</b>  |
| 第一节 贝壳堤国内外研究现状                   | 1         |
| 一、国外研究概况                         | 1         |
| 二、国内研究概述                         | 2         |
| 第二节 黄河三角洲贝壳堤岛脆弱生态系统退化机理与恢复技术项目概述 | 11        |
| 一、贝壳堤研究意义                        | 11        |
| 二、本项目的研究意义                       | 12        |
| 三、本项目的来源                         | 13        |
| 四、本项目的研究区域                       | 13        |
| 五、本项目的研究内容                       | 13        |
| 六、本项目的研究方法                       | 14        |
| <b>第二章 黄河三角洲贝壳堤岛的形成分布与发育</b>     | <b>15</b> |
| 第一节 黄河三角洲贝壳堤岛的形成与发育              | 15        |
| 一、渤海的形成与演化                       | 15        |
| 二、黄河三角洲的形成与变迁                    | 15        |
| 三、黄河河口演变与海岸线的形成                  | 18        |
| 四、黄河改道与贝壳堤岛的发育                   | 19        |
| 第二节 黄河三角洲贝壳堤岛的分布与形成发育机制          | 21        |
| 一、渤海西、南岸贝壳堤的分布特征                 | 21        |
| 二、黄河三角洲贝壳堤岛的分布特征与演化              | 24        |
| 三、黄河三角洲贝壳堤岛的形成机制和发育条件            | 29        |
| <b>第三章 黄河三角洲贝壳堤岛与湿地生态环境</b>      | <b>32</b> |
| 第一节 气候与水文环境                      | 32        |
| 一、气候环境                           | 32        |
| 二、水文环境                           | 33        |
| 第二节 地质地貌环境                       | 35        |
| 一、地质                             | 35        |
| 二、地貌                             | 36        |
| 第三节 浅海底质和贝壳堤岛沉积环境                | 37        |
| 一、浅海底质沉积环境                       | 37        |
| 二、陆域和贝壳堤岛土壤                      | 37        |
| 三、贝壳堤岛沉积环境                       | 38        |
| 第四节 贝壳堤岛与湿地生态环境质量                | 39        |
| 一、空气环境质量                         | 39        |
| 二、声环境质量                          | 40        |
| 三、河口湿地水环境质量                      | 41        |
| 四、浅海湿地水环境质量                      | 44        |
| 五、贝壳堤岛土壤环境质量                     | 48        |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 六、贝壳堤岛地下水环境质量 .....                | 58        |
| <b>第四章 黄河三角洲贝壳堤岛与湿地生物多样性 .....</b> | <b>62</b> |
| 第一节 浅海湿地浮游植物多样性 .....              | 62        |
| 一、研究方法 .....                       | 62        |
| 二、结果与分析 .....                      | 62        |
| 三、小结 .....                         | 65        |
| 第二节 浅海湿地浮游动物多样性 .....              | 65        |
| 一、研究方法 .....                       | 65        |
| 二、结果与分析 .....                      | 65        |
| 三、小结 .....                         | 67        |
| 第三节 浅海湿地底栖动物多样性 .....              | 67        |
| 一、研究方法 .....                       | 67        |
| 二、结果与分析 .....                      | 68        |
| 三、小结 .....                         | 71        |
| 第四节 潮间带生物多样性 .....                 | 72        |
| 一、研究方法 .....                       | 72        |
| 二、结果与分析 .....                      | 72        |
| 三、小结 .....                         | 77        |
| 第五节 浅海游泳动物多样性 .....                | 77        |
| 一、研究方法 .....                       | 77        |
| 二、结果与分析 .....                      | 77        |
| 三、小结 .....                         | 80        |
| 第六节 贝壳堤岛土壤微生物多样性 .....             | 81        |
| 一、研究方法 .....                       | 81        |
| 二、结果与分析 .....                      | 81        |
| 三、小结 .....                         | 87        |
| 第七节 贝壳堤岛高等植物多样性 .....              | 87        |
| 一、研究方法 .....                       | 88        |
| 二、结果与分析 .....                      | 88        |
| 三、小结 .....                         | 95        |
| 第八节 贝壳堤岛植被群落多样性 .....              | 96        |
| 一、研究方法 .....                       | 96        |
| 二、结果与分析 .....                      | 97        |
| 三、小结 .....                         | 107       |
| 第九节 贝壳堤岛土壤动物多样性 .....              | 109       |
| 一、研究方法 .....                       | 109       |
| 二、结果与分析 .....                      | 110       |
| 三、小结 .....                         | 137       |
| 第十节 贝壳堤岛与湿地高等动物多样性 .....           | 137       |
| 一、研究方法 .....                       | 137       |
| 二、结果与分析 .....                      | 137       |
| 三、小结 .....                         | 141       |

第五章 黄河三角洲贝壳堤岛与湿地重要经济生物和濒危物种 ..... 142

第一节 贝壳堤岛与湿地重要经济生物..... 142

一、重要经济植物..... 142

二、重要经济动物..... 144

第二节 贝壳堤岛与湿地珍稀濒危物种..... 148

一、国家重点保护物种..... 148

二、濒危物种..... 149

第六章 黄河三角洲贝壳堤岛脆弱生态系统破坏现状与退化机理 ..... 152

第一节 贝壳堤岛脆弱生态系统破坏现状..... 152

一、贝壳堤岛面积锐减..... 152

二、植物多样性和植被生产力降低..... 153

三、陆栖野生脊椎动物种类和数量减少..... 153

第二节 贝壳堤岛脆弱生态系统退化机理..... 153

一、结构型脆弱性..... 153

二、胁迫型脆弱性..... 154

第三节 贝壳堤岛生态系统保护对策和建议..... 158

一、保护对策..... 158

二、保护建议..... 159

第七章 黄河三角洲贝壳堤岛脆弱生态系统恢复技术 ..... 168

第一节 贝壳堤岛植被恢复关键物种筛选实验..... 168

一、孩儿拳头种子萌发特性和抗氧化系统对盐胁迫的响应..... 168

二、二色补血草生长和保护酶特性对盐胁迫的响应..... 171

三、干旱胁迫对沙枣幼苗根茎叶生长和生理特性的影响..... 174

四、杠柳幼苗光合特性及抗氧化系统对干旱胁迫的响应..... 179

第二节 贝壳堤岛三种野生灌木光合生理特征研究..... 183

一、研究方法..... 183

二、结果与分析..... 184

三、小结..... 187

第三节 贝壳堤岛植被恢复技术..... 187

一、贝壳堤岛植被恢复限制因子..... 187

二、贝壳堤岛植被恢复目标..... 188

三、贝壳堤岛植被恢复原则..... 188

四、贝壳堤岛生态保护与恢复技术..... 188

五、贝壳堤岛野生植物快速恢复技术..... 190

六、贝壳堤岛植被恢复保障措施..... 198

参考文献 ..... 200

# 第一章

## 概述

### 第一节 贝壳堤国内外研究现状

贝壳堤是淤泥质或粉砂质海岸所特有的一种特殊类型的滩脊，主要由砂和贝壳所构成。贝壳堤是由生活在潮间带的贝类死亡之后的壳体及其碎屑，经波浪搬运，在高潮线附近堆积形成的。贝壳堤在世界各地滨海平原上分布比较广泛，如北美、墨西哥湾沿岸、苏里南海岸平原、新西兰泰晤士河、澳大利亚布洛特海湾、越南湄公河三角洲等地。在我国华北与华东沿海粉砂和淤泥质平原海岸，贝壳堤也相当发育，如渤海湾西岸、南岸，莱州湾西岸，苏北与长江三角洲滨海地带，以及粤、闽、浙、辽等省的港湾与中小河流的河口三角洲平原，均可见到一些贝壳堤（赵希涛，1986）。黄河三角洲位于渤海西南岸，境内分布有两道贝壳堤，向北与天津、河北的贝壳堤相连，形成国内独有的贝壳滩脊海岸，在此基础上发育了该区特殊的堆积型链状岛群（杜延芹等，2009）。黄河三角洲贝壳堤与美国路易斯安那州古贝壳堤和南美苏里南贝壳堤并称为世界三大古贝壳堤，在海岸地貌、海平面变化及气候变化的规律研究等方面占有极其重要的地位（徐家声，1994；夏东兴等，1991；蔡明理，1993）。

#### 一、国外研究概况

早在 90 多年前的 1919 年，Johnson 就引入了“滩脊（beach ridge）”一词，并在有关海岸的文献中经常使用。1923 年，Van Herum 描述了印度尼西亚海岸平原的地貌特征，可以看出，该海岸具有贝壳滩脊的特征（Augustinus，1989）。1953 年，Russell 等描述了美国路易斯安那州西南岸的滩脊，最早提出“chenier”一词，并将这一术语引入科学文献。chenier 是生长橡树的意思。Russell 等之所以将其称为“chenier”，是因为它是大致与 Louisiana 西南岸平行的长而窄的沙脊，略高于周围的沼泽、湖泊，具有明显的区域地形特征，排水良好，土壤肥沃，有利于橡树生长，故当地居民称之为“chenier”（Augustinus，1989）。稍后，该地区的沙脊和相间盐沼的平原，被定名为 chenier plain（Price，1955）。

20 世纪 50 年代后，Russell 等（1953）以及 Price（1955）先后分别对美国路易斯安那州西南岸的贝壳滩脊的形成和环境特征作了进一步研究，对 chenier 的概念有了新的认识。之后，对 chenier 的研究范围也逐渐扩大，如 Gould 等（1959）、Mcfarlan（1961）、Hoyt（1969）对美国路易斯安那州与得克萨斯沿岸，Augustinus（1978、1989）对苏里南与圭亚那海岸平原，Cook 等（1973）、Chappell 等（1984）、Woodroffe 等（1999）对澳大利亚布洛特海湾、夏洛特公主湾、卡滨塔利亚湾和达尔文市浅海湾，Greensmith 等（1969、1975）对英国埃塞克斯平原，Shinn（1973）对波斯湾卡塔尔地区，Kolb 等（1975）对越南湄公河三角洲，Aliotta 等（1990）对阿根廷布兰卡等地 chenier 的研究。

随着研究手段和研究方法的逐步发展，国外对贝壳滩脊的研究也进一步深化。对贝壳滩脊的研究不仅仅停留在定性描述阶段，而是与水动力因素相结合，开始从机理上来分析贝壳滩脊的沉积特征和发育环境，贝壳滩脊个例研究和综合研究也随之广泛展开。1989 年，贝壳滩脊的研究在地质学界掀起了一个热潮，发表此类论文百余篇，相关作者如 Augustinus（1989）、Prost（1989）、Penland 等（1989）、Anthony（1989）等。

Otvos 等 (1979) 认为 chenier 平原的形成需要三个条件: ①必须要有大量的河流沉积物供应, 为沿岸物质输送和海岸泥坪的进积提供前提; ②沿岸砂的输送、沉积和波浪的簸选达到平衡, 才能使滩脊形成; ③前两个条件需交替出现。然而, Woodroffe 等 (1999) 在研究了新泽兰米兰达海岸之后发现, chenier 是由前滨砂坝不断向陆地迁移形成的。Chappell 等 (1984) 则认为澳大利亚昆士兰州海岸 chenier 的形成机制与海湾的几何形态有关, 由此导致滩脊和泥坪沉积的交替。Tanner (1995) 在 Guilcher (1958) 研究的基础上, 提出了风暴潮成因假说, 认为风暴潮对贝壳滩脊的建造作用远远大于侵蚀作用。而 Komar (1976) 则认为贝壳滩脊是由沿岸坝发展而来的, 与潮周期有关, 称为沿岸坝假说 (刘志杰, 2004)。Penland 等 (1989) 认为美国路易斯安那州贝壳滩脊的形成与密西西比河的物质输送和改道有关。Augustinus (1980、1989) 认为南美法属圭亚那海岸的 chenier 与泥坪大规模西移有关。可见, 由于研究受区域性的限制, 不同地区贝壳滩脊发育环境存在很大差异, 对 chenier 成因的解释也各异。除了风暴潮假说、沿岸坝假说之外, 海面变化假说似乎得到更多学者的认同 (Tanner, 1992)。

20 世纪 90 年代以后, 新的调查手段开始应用, Neal (2002) 使用高分辨率地层穿透雷达 (GPR), 获得莫格兰东南岸埃塞克斯 chenier 沉积地层结构, 并结合传统探槽方法, 对 chenier 的形成作了解释。

综上国外研究成果可以看出, 贝壳滩脊与沼泽湿地共同组成的 chenier 平原所处的纬度不同, 发育的背景条件不同, 受到的动力作用不同, 它的形成机理也不同。国外学者对 chenier 平原的成因机制研究得较多, 但对其沉积结构和构造研究得较少, 尚未开展对贝壳滩脊生态系统的研究。

## 二、国内研究概述

### (一) 起始阶段

早在 1957 年, 历史学家李世瑜发现了渤海湾西岸由贝壳组成的长垄状地质体, 称之为蛤蜊堤 (李世瑜, 1962)。20 世纪 50 年代末 60 年代初, 我国渤海湾西岸、苏北平原与长江三角洲地区的贝壳堤相继被历史考古与地貌工作者发现并加以初步研究 (李世瑜, 1962; 王颖, 1964; 天津市文化局考古发掘队, 1965、1966)。1962 年李世瑜发表了《天津一带古代海岸线遗迹的调查》和《古代渤海湾西部遗迹及地下文物的初步调查研究》, 文中根据古代文物分布与村落分布的关系, 以及贝壳堤与村落分布的关系, 提出了在近几千年内天津以东的岸线在不断退却, 岸线每一次停顿都留下一条贝壳堤的推断。1964 年, 王颖在《渤海湾西部贝壳堤与古海岸线问题》一文中, 从地质、地貌角度对渤海湾西岸的贝壳堤进行了论述, 取得了阶段性成果。同时, 王颖首先在国内将 chenier 命名为“贝壳堤”, 是沿岸堤, 而非障壁岛, 因此对应的英文术语是“shell beach ridge”, 这是长期以来为国内学者所接受的中、英文术语。50 年代至 60 年代我国学者虽然开创了贝壳堤研究的先河, 但是研究成果不多, 主要侧重于贝壳堤的概念解释和形态的定性描述, 缺乏定量分析, 尚未对贝壳堤的成因机理等进行详细研究。

70 年代, 随着我国对海平面变化研究的开展和  $^{14}\text{C}$  测年新技术的应用, 国内地貌、地质、考古 (谭其骧, 1973; 黄宣佩, 1976) 等工作对我国贝壳堤的发育年代、形成条件、所反映的海岸线变迁及海平面变化等作了初步的探讨。如赵松龄等 (1976、1978) 根据渤海湾西岸 71 个水文钻孔的野外与室内分析资料, 结合对渤海湾西岸三列贝壳堤的形成年代, 研究了渤海湾西岸中更新世末期以来的海侵和海相地层与海岸线问题; 中国科学院地球化学研究所第四纪孢粉组、 $^{14}\text{C}$  组 (1977) 对辽宁省南部贝壳堤做了大量研究工作, 探讨了该区一万年来自然环境的演变; 朱永其等 (1979) 探讨了东海大陆架晚更新世最低海面; 赵希涛等 (1979) 研究

了我国东部 20000 年来海平面变化；彭贵等（1978）开展了渤海湾西岸晚第四纪地层  $^{14}\text{C}$  年代学研究；张景文等（1979）对上海马桥与柘林贝壳堤进行了  $^{14}\text{C}$  年代测定，认为上海西部的古岸线在距今 7000~3500 年间。

## （二）发展阶段

20 世纪 80 年代，我国海平面变化研究进入了新的阶段，更多的科学工作者对我国贝壳堤的分布、地貌与沉积特征、软体与微体古生物成分及  $^{14}\text{C}$  年代等进行了较细致的调查研究，并对我国贝壳堤的发育、成因、分布沉积特征与海平面变化和海岸线变迁的关系等作了较多的讨论，发表了众多学术论文。

渤海湾西、南岸贝壳堤发育典型，国内学者对其研究较早，也较为详细。如赵希涛等（1980a、1980b、1981、1986、1989）重点研究了渤海湾西岸贝壳堤的分布与特征、形成年代和成因，以及对海岸线变迁和海平面变化的反映；中国科学院地球化学研究所第四纪地质组、 $^{14}\text{C}$  组（1980）对渤海湾西岸古海岸线形成的研究取得了一定成果，探讨了我国第四纪末期渤海湾西岸海岸的变迁，根据 47 个  $^{14}\text{C}$  年代数据，对渤海湾沿岸晚第四纪地层进行了年代划分，得出早全新世地层、中全新世地层和晚全新世地层的年代分别为距今 10300~8000 年、8000~2500 年、2500 年~现代的论断；蔡爱智等（1981、1985）探讨了渤海湾贝壳堤的成因，并以海成地貌和滨海沉积研究了全新世的海平面与海岸；夏东兴（1981）通过渤海湾西岸的贝壳堤探讨了我国全新世高海面问题；王一曼（1982）则探讨了渤海湾西岸全新世海侵问题；李从先等（1982）根据对我国淤泥质海岸的沉淀和渤海湾西部之贝壳堤的研究，认为海岸堤代表古海岸线，滨外堤往往不能作为稳定的古海岸线的标志；徐家声等（1984、1986）对渤海湾西岸贝壳堤的微体古生物学作了研究，并探讨了唐宋以来渤海湾西岸歧口-狼坨子贝壳堤的发育与岸线的变化；翟乾祥等（1986）根据历史文献及考古资料，论证了 5000 年来的渤海湾西北部海岸线的变化。

80 年代后期，随着黄河三角洲贝壳堤的发现（李绍全等，1987a、1987b），国内学者开始了黄河三角洲贝壳堤的研究。李广雪等（1987）结合贝壳堤的分布分析了现代黄河三角洲海岸带的动态变化规律；高善明等（1989）研究了黄河三角洲的形成和沉积环境。

80 年代我国贝壳堤研究的范围又进一步向苏北沿岸和华南沿岸推进，取得了不少的研究成果。如章申民等（1982）分析了上海滨海平原 12 条贝壳堤的分布和特征、贝壳堤的物质组成和沉积结构，研究了贝壳堤形成的地貌部位和与海岸动态、坡度的关系，探讨了贝壳堤的形成年代与上海滨海平原的成陆过程，以及贝壳堤的形成过程和原因；虞志英等（1982）根据对苏北平原的多次考察，结合贝壳堤年代的  $^{14}\text{C}$  测定，研究了苏北平原现存的四道古贝壳堤的分布特征、形成过程及年代，加深了对贝壳堤的形成和年代的认识；张景文等（1983a、1983b）对江苏启东向阳钻孔底部的贝壳碎屑层测得  $^{14}\text{C}$  年代为距今 3000 年前，并进一步研究了苏北地区全新世海陆变迁的年代学；顾家裕等（1983）通过对苏北中部贝壳堤的野外调查和室内分析，探讨了该区贝壳堤的沉积特征和沉积环境，并追溯了苏北中部海岸的历史变迁；刘苍宇等（1985）从沉积结构、构造，贝壳组分与停积方式，沙体的几何形态以及垂向地层层序等方面，研究了长江三角洲南部古贝壳沙堤的沉积特征，并据此确认古贝壳堤属盐沼滩脊型，这种滩脊与盐沼相间排列的格局系历史时期三角洲海岸前展与后退嬗替的结果，同时，还以 18 个贝壳样品的  $^{14}\text{C}$  测年为据，探讨了古贝壳堤形成的年代分别距今 6800~6000 年、5800~5500 年、4200~4000 年和 3200 年前。

在对华南沿海贝壳堤的研究方面，张景文等（1981）对海南岛莺歌海相贝壳层进行了  $^{14}\text{C}$  年代测定，并研究了海滩岩的形成年代，探讨了海岸变迁、海面变化和地壳运动等问题；1982 年，张景文等根据闽南粤东沿海的野外调查与室内研究，记述了若干地层剖面（包括 5

个贝壳堤), 公布了 22 个  $^{14}\text{C}$  样品的年代测定结果, 对晚第四纪地层进行了划分和对比, 并对全新世海平面变化与构造运动的特征等问题作了探讨; 陈永惠等 (1982) 在国家海洋局第三海洋研究所 1978~1979 年进行的厦门港附近地区地质调查的基础上, 着重研究了龙海河口平原和漳浦沿海平原的若干沉积物和贝壳堤剖面, 测定了 10 多块样品的  $^{14}\text{C}$  年龄, 探讨了闽南沿海全新世环境演化的历史; 结合贝壳堤研究, 赵松龄 (1986) 综述了近百年来我国东部沿海地区海平面变化研究的状况; 李平日等 (1987) 探讨了广东东部晚新世以来海平面的变化; 刘苍宇等 (1988) 研究分析了我国滨海平原的湿地滩脊与 7000 年来海平面变化的关系。国内学者在国外期刊上也发表了不少对贝壳堤研究的成果 (Zhao X, 1989; Wang Y, 1989; Yan Q S et al, 1989)。

国内学者在对贝壳堤和有关海岸变迁、海平面变化详细研究的基础上, 出版了多部著作, 如中国科学院地质研究所等 (1980) 的《华北断块区的形成与发展》、赵希涛主编 (1984) 的《中国海岸演变研究》、大港油田地质研究所等 (1985) 的《滦河冲积扇-三角洲沉积体系》、国际地质对比计划第 200 号项目中国工作组主编 (1986) 的《中国海平面变化》、陈望和等 (1987) 的《河北省第四纪地质》和杨子赓等 (1989) 的《中国近海及沿海地区第四纪进程与事件》。

90 年代, 由于 80 年代后期开展的全国海岸带和海涂资源调查、全国海岛资源综合调查等工作取得的丰硕成果, 对贝壳堤的相关研究进入了新的阶段。在对渤海湾西、南岸贝壳堤研究方面, 庄振业等 (1991) 按照海相地层的分布, 讨论了渤海南岸当时的海侵界线, 又根据粉砂淤泥质海岸平均高潮线上发育的贝壳堤的位置, 确定了尔后的几条古岸线, 从而表明在该区 6000 年来的海岸淤长过程中, 曾出现过海岸线的数次停顿, 这与黄河三角洲河口的交替摆动有密切关系, 为研究渤海湾南岸的全新世地质历史和黄河三角洲的发育提供了重要依据。耿秀山等 (1991) 对河北-天津沿海四道贝壳堤进行了进一步的研究, 详细观察了许多贝壳堤的典型剖面, 采集和分析、测定了大量贝壳堤样品, 获得了其生物地质学与年代学的认识, 如贝壳堤的性质、贝壳堤的形成时代等。王强等 (1991) 根据天津地区牡蛎滩的研究, 认为天津宁河地区所见牡蛎滩最为发育, 据  $^{14}\text{C}$  测年, 它们自中全新世初即已形成, 一直延续到 2000a B. P.<sup>①</sup> 余, 其顶板有程度不同的起伏, 顶板分布范围也仅是在现代天津地区平均低潮线下, 故而它仍不能表明海平面波动, 由于带状牡蛎滩近 EW 向分布, 表明当时潮汐方向与现代相近。

1992 年, 陈莹等结合前人的研究, 又在黄骅县的旧城、羊二庄和孟村县的城关连续钻探了 3 个深 30m 以下的钻孔, 并取样进行  $^{14}\text{C}$  年代、孢粉、微体古生物和矿物分析, 认为晚更新世后期 (约四万年前) 以来, 在河北平原东部海岸线的变化主要由全新世的两次海侵 (黄骅、献县) 以及以后的海退所造成; 数道贝壳堤均为滨海相沉积, 相当于古代高潮线; 从它们剖面的上下沉积关系发现, 都受到古黄河的很大影响, 而从  $^{14}\text{C}$  年代测定数据分析, 它们是在海退过程中, 由于海平面曾有相对稳定期而产生的几次停顿所造成的, 基本上均和现代海岸线保持平行; 古海岸线的形状受到地质构造的“改造”。

李春初 (1993) 研究了渤海湾西南岸大口河潮汐通道体系的地貌、动力和泥沙搬运特点后指出, 潮汐通道体系中的贝沙堡岛弧是波浪侵蚀废弃三角洲物质纵向搬运泥沙并横向向陆运动的产物; 现今贝沙堡岛弧已近于消亡阶段, 海岸障壁作用已经很小, 故海水大举入侵通道, 潮汐通道体系内的大部分地区以涨潮动力和涨潮输沙占优势。

1994 年, 徐家声根据渤海湾黄骅沿海新发现的东孙村、脊岭泊及歧口-赵家堡低潮滩贝壳

<sup>①</sup> a 表示年。B. P. 指 before the present, 意为“距今年代”, 代替传统的 BC (公元前) 和 AD (公元后), 其好处是使所有文化和宗教的年代变得更加直观。为了将日期标准化, 1950 年被定为考古学上的“现在”。下文中的 cal B. P. 代表 (树轮) 校正年代 (距今)。后同。

堤的研究,认为该区贝壳堤下伏层顶板代表着贝壳堤形成时相应的高潮线位置,是进行该区海平面变化研究及对比的标志面,通过贝壳堤下伏层的顶板高程对比,可以较准确地反映该区的海平面变化。

1995年,武羨慧等在对分析渤海湾海岸贝壳堤分布、规模及形成年代和与之有关的我国东部沿海构造格架的基础上,认为该区贝壳堤的发育是以稳定和缓慢下沉交替发生的新构造活动为背景的,并探讨了新构造运动对贝壳堤发育的影响。

1996年,贾艳杰收集整理了天津滨海平原数道贝壳堤26个在分布上具有同一地貌环境和构造背景且做过 $^{14}\text{C}$ 年代测定的古海岸样点资料,对26个古海岸样点的现代标高(黄海基准)进行了构造沉降量和沉积物压实量的校正,求出这些“古海平面”相对于现代海平面的波动量,绘出了天津滨海平原全新世相对海平面变化曲线和海面波动速度过程线,得出一万年来的海平面变化趋势是一个海侵-海退的过程,以2.6m左右的高海面 and 四个1m左右的“小高海面”波动为特征,并探讨了海平面变化、黄河改道与贝壳堤发育的对应关系,认为天津滨海平原上贝壳堤的成因用黄河改道解释没有说服力,贝壳堤的年龄与海平面变化两者之间却具有显著的相关性。王宏(1996)运用沉积学、年代学( $\text{AMS } ^{14}\text{C}$ 测年和古地磁)和生物碳酸钙氧、碳同位素测定等方法,研究了渤海湾全新世贝壳堤和牡蛎礁及相关泥质沉积物的形成和地层序列,考订了各类海面标志的地质意义和 $^{14}\text{C}$ 数据的可靠程度,校正了文献中的 $^{14}\text{C}$ 数据,测定了区内全新世晚期软体动物壳体的 $\delta(^{13}\text{C})$ 平均值,以及 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}})$ /盐度和 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{贝壳}})/T$ 等基础数据,绘出了地区性相对海面变化的时间-深度图,研究了新构造活动对相对海面变化的影响;基于上述研究,进一步探讨了研究区约4000cal B. P.以来的环境变化及其原因,认为4000cal B. P.以来,以海洋影响为主的环境逐渐让位给陆相影响不断增强的环境,起因于东亚夏季季风带及降水带的南移,开始于5000~4000cal B. P.的环境巨变,导致了该地区贝壳堤平原和牡蛎礁平原的形成。

1997年,武羨慧等研究了渤海湾西岸贝壳堤的形成环境,贝壳堤规模、结构及贝壳层沉积序列等特征,结合区域构造活动分析,提出了该区贝壳堤的发育是以缓慢下沉的新构造活动为背景的新认识,并认为该区全新世以来一直处于下沉过程,各贝壳堤现测底板高程不能代表其形成时的实际高潮线位置。

1998年,马振兴分析了渤海湾风暴潮的形成机制及其向滨岸的沉积作用,在对大量研究资料分析的基础上,探讨了渤海湾沿岸潮上带低洼平原、贝壳堤及海河口风暴潮沉积的特征,认为受风暴潮作用形成的海岸风暴沉积在渤海湾潮上带低洼平原、贝壳堤及海河口沉积层中都有较为广泛的分布。

90年代关于东、南沿海贝壳堤研究方面的文献较少。1990年,郑晓云通过对九龙江口北岸充龙贝壳堤进行岩性、有孔虫、孢粉和年代学等方面的综合研究,认为充龙贝壳堤是由三道次一级贝壳堤在同一位置上叠置而成的,形成年代分别为4300~3800a B. P.、2350~1870a B. P.,始于1300a B. P.,反映出九龙江口北岸地区过去4300年的海平面呈三进三退的振荡波动形式而逐渐回降到现今位置,九龙江口北岸地区晚全新世处于沉降之中。蔡明理(1993)在分析了江苏海岸现代贝壳堤后,认为贝壳堤形成的主要条件有:充足的贝壳物质补给,岸线后退或稳定,泥沙补给量减少,适当的海滩坡度与泥沙粒度;贝壳堤底板高程在平均高潮位之上,大致等于平均高潮位与进流涌水高度之和。陈中原(1995)野外地质调查发现,苏北滨海平原的四条贝壳砂堤(西岗、中岗、东岗及新岗)除了滨外砂堤型和滩脊型成因外,还发现风成砂堤型和风暴型;中岗属风成砂沉积,距今约4000年时古黄河北迁,导致该区原河口岸线废弃,在风力作用下发育成古砂岗;新岗发现风暴沉积,在潮上带黏土层顶部,出现具高流态平行层理的细砂层、杂乱堆积的贝壳砂层,细砂中重矿物含量可达10%以上,明显系风暴增

水沉积;经对上述新发现的沉积剖面作系统分层、采样和沉积物颗粒、沉积构造、重矿物和有孔虫等项目的分析,进一步论证了该区的沉积特征,反映了全新世晚期人类活动对自然环境的改造。

在对黄河三角洲贝壳堤的研究方面,施建堂等(1990)通过实地勘查和大量资料的分析与研究,认为惠民地区海岸自1976年5月黄河由刁口改道南移清水沟入海后,沿岸泥沙来源大量减少,潮流和波浪作用相对增强,该区海岸普遍遭受侵蚀后退,沿岸岸边侵蚀陡坎、众多的贝壳岛侵蚀缩小和滩面片蚀等,侵蚀地貌普遍发育。夏东兴(1991)通过对鲁北的无棣、沾化县沿岸现代贝壳堤岛的分析认为,贝壳堤发育在冲淤变化不大的粉砂淤泥质岸段,暴风浪是其形成的主要动力;完整的贝壳堤体系应包括海岸贝类生长带(潮滩下部和潮下带)-潮滩侵蚀带-贝壳堤-堤后泻湖;贝壳堤贝壳 $^{14}\text{C}$ 测年资料应当慎用,也不宜把古贝壳堤看成全新世海平面变化的确切标志。1993年,黄世光将1855年、1934年、1959年、1984年的海图的深度基准面换算成套儿河湾海域黄海平均海水面,把它们的深度变化转换成泥沙的冲淤变化,研究了套儿河湾海域及黄河改道后三角洲的冲淤变化规律,行水是快速淤进;改道后,初期是强烈的侵蚀和冲刷,随着时间的推移,其速率均逐渐减慢,达到岸滩平衡面塑造后,发育为轻微淤进或此冲彼淤的稳定海岸;并提出:冲淤速率 $\leq 0.056\text{km}\cdot\text{a}^{-1}$ ,贝壳堤迅速发育是海岸稳定的标志;冲淤速率 $\leq \pm 0.084\text{km}\cdot\text{a}^{-1}$ ,贝壳滩开始发育,是海岸向稳定演化的标志。张忍顺(1995)以渤海湾的黄河三角洲沿岸为例,论述了淤泥质海岸上潮汐汉道的发育过程,认为淤泥质海岸潮汐汉道与废弃河口演化有密切关系。它的外侧海岸是在高海面时形成并被现代动力过程所切割的贝壳砂堤或砂堤,废弃河口演化成潮汐系统的主干;海平面上升以及三角洲地面沉降是诱发汉道纳潮盆地形成的重要因素,海岸迅速后退引起的潮沟溯源侵蚀过程扩大了纳潮面积;一旦贝壳砂岛或砂岛被侵蚀低于海面,则潮汐汉道开始消亡;刁口和神仙沟、大口河和套儿河以及曹妃甸的当前状态,可以代表淤泥质海岸潮汐汉道的形成、成熟以及消亡过程的三个阶段。丁东等(1995)对黄河三角洲及邻区的风暴沉积作了研究,认为风暴潮作用在河口淤积区、蚀退型海岸和相对稳定型海岸会形成不同的地貌现象,其沉积物也会因不同的岸段而有差别;在黄河口门及其周围的淤积区,风暴潮往往改变河口流路及潮汐通道的形态和口门的方向;在蚀退型海岸,风暴潮使高潮线处的陡坎后退,在海滩上形成劣滩、贝壳滩及贝壳堤;黄河三角洲及邻区的稳定型海岸处于莱州湾和渤海湾的湾顶,风暴潮有很大的破坏力,使原有地貌形态改变迅速,且引起海水入侵和大片土地盐碱化;河口口门区段难以保存有较厚的风暴沉积层,蚀退型岸段在潮汐层之上可见由粉砂组成的风暴沉积层,相对稳定型岸段的莱州湾沿岸主要有细砂、粉砂和贝壳碎片形成的风暴沉积层,而渤海湾沿岸为在泥沼上形成数层贝壳和贝壳滩,以此说明了风暴潮与贝壳堤形成的关系。

90年代,有关贝壳堤资源的调查、分布、地貌、沉积形态、发育年代、形成原因以及与海岸线、海平面变化等的研究著作也纷纷问世。如1991年山东省科学技术委员会主编的《山东省海岸带和滩涂资源综合调查报告》、1991年的《山东省海岸带和滩涂资源综合调查报告集黄河口调查区综合调查报告》、1995年的《山东海岛志》和《山东海岛研究》,1995年河北省海岛资源编纂委员会主编的《河北省海岛资源(上卷)》,徐家声等(1991)的《黄骅海岸带开发环境概论》,成国栋(1991)的《黄河三角洲现代沉积作用及模式》,王颖等(1992)的《海岸地貌学》,吴祥定等(1994)的《历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化》,臧启运(1996)的《黄河三角洲近岸泥沙》,许世远(1997)的《长江三角洲地区风暴潮沉积研究》等。

### (三) 鼎兴阶段

21世纪以来,我国对贝壳堤的研究进入了一个鼎兴时期,研究层次有了新的提升,出现了学术观点百家争鸣的新局面。渤海湾西、南岸贝壳堤的研究仍然是热点。

2000年,王宏等(2000a)对渤海湾西岸的第一道贝壳堤的年代学及一千年来岸线变化进行了更加深入的研究,其取自堤下部的 $^{14}\text{C}$ 平均校正年龄表明,渤海湾西岸沿现代海岸线展布的第一道贝壳堤(I堤)的初始年龄在900~700cal B. P.,即AD1050~1250,比文献中驴驹河段I堤始于公元14世纪要早100~300年,堤的发育延续到18、19世纪;以往 $^{14}\text{C}$ 数据因取样位置不当(一般取自堤的中部),不能用于支持文献中关于该堤起始时间的判断,但其取得的数据连同文献中获自岸外残存贝壳碎屑堆积层的数据,暗示隋、唐贝壳堤存在的可能性,并认为近一千年来该地区贝壳堤的发育反映了海岸线的变化。同年,王宏等(2000b)对渤海湾西岸第二道贝壳堤,以系统的 $^{14}\text{C}$ 年代学研究为基础,在II贝壳堤的下部或底部、下伏地层顶部及相邻的泥质沉积物的合适层位获得一批经过校正的 $^{14}\text{C}$ 年龄,II堤在空间和时间上可进一步分为II-1堤和II-2堤,II-1堤的起止时间为公元前10~公元前5世纪(为1000B. C~400B. C),II-2堤的起止时间约为公元前3世纪至公元3世纪(约300B. C~AD300),分别历时600年左右。王宏等(2000c)在渤海湾西岸年轻贝壳堤(即II、I道贝壳堤)的形态、结构研究基础上得出,年轻贝壳堤分为底部-下部(前缘基足)、中部和上部三部分:底部-下部为形成于水下的(潮间带至潮下带上部)贝屑质砂坝,中部为障壁岛,岛后为泻湖环境,当岛后泥质充填迅速时,障壁岛可转化为沿岸堤,上部为风成沙丘;年轻贝壳堤的形成经历了三个主要阶段:水下砂坝阶段、障壁岛→沿岸堤阶段、风成沙丘阶段,水下砂坝→障壁岛→沿岸堤→风成沙丘反映了贝壳堤多成因的、复杂的形成过程;障壁岛→泻湖体系是渤海湾西岸沿海平原形成的重要因素。王宏等(2000d)进一步论证了渤海湾贝壳堤的另一种成因——贝壳堤初期阶段的沙坝成因假说,认为非三角洲泥沙海岸可分为发育有沿岸堤的沿海平原和障壁岛-泻湖两个基本类型,长期以来将渤海湾西岸全新世贝壳堤归入前一范畴,实际上其初始阶段可能是介于二者之间的、在较小动能条件下形成于潮间带的线性沙坝。Saito(2000)在现代黄河三角洲贝壳堤的两个站位打钻,测得30个 $^{14}\text{C}$ 年龄数据,显示出贝壳堤形成与三角洲进积的密切联系,贝壳堤受控于黄河下游河道的变迁。段永候(2000)在研究了渤海的形成与演化后认为,渤海海岸带变迁频繁;自第四纪以来,由于新构造活动与气候变迁,有7~8次大规模海侵;渤海海岸带变迁对海岸带岩相古地理、海岸带地貌的形成演化、海岸带卤水矿床与贝壳堤分布、地质灾害的类型和强度、地下水流系统划分,起着重要的控制作用。丁东等(2000)在进行野外地质调查和历史资料分析基础上,研究了渤海沿岸风暴潮动力环境,并探讨了风暴沉积体相关问题,得出渤海沿岸的风暴沉积体表现为滨岸沙堤、贝壳堤、风暴沉积砂层等的结论。

2001年,王宏还研究了渤海湾牡蛎礁与新构造活动的关系。以近年来的基础研究和区域地质调查为基础,探讨了牡蛎赋存类型、礁体持续时间、礁体与海平面的关系、潮差和新构造下沉对礁体上覆海相泥质沉积的控制作用、沉积物二元结构、水动力海面变化的理论模式、曲折岸线与平直岸线的交替,以及牡蛎礁平原与贝壳堤平原的对比。其主要结论包括:①牡蛎先锋个体、礁体和小丘三种形式的划分;②最老礁体始于7800a B. P.,最年轻者终止于1050a B. P.,礁体持续时间40~500年不等,自北西向南东,初步划分出10个礁群;③大致以2000a B. P.(西汉时)为界,在此之前的(与礁体上覆泥质海相层)同沉积新构造下沉量一般为1m,之后的新构造下沉为2.5m;④牡蛎礁与渤海湾西岸贝壳堤平原的贝壳“席状体”同时发育,而贝壳堤形成则与西北岸牡蛎平原的“岭地”同期。

2002年,王宏综述了前人对渤海湾西岸贝壳堤的主要研究成果,根据对渤海湾年轻贝壳堤(II、I堤)的新近研究,进一步讨论了:①chenier定义内涵不断扩大对渤海湾贝壳堤分类、定名的影响;②II、I堤经历了线性沙坝→沿岸堤的转化过程,堤后发育泻湖,I堤在“小冰期”时间上发育成独特的风成沙丘;③作为II、I堤正地形的伴生物,筛选贝壳时可能

形成堤前的负地形-洼地或泻湖；④岸线停顿的贝壳堤-堤前泻湖发育期，导致原海岸带地质环境发生重大变化，始自 20 世纪气温上升的持续，将可能使渤海湾西岸泥质潮间带转入新的沙滩-泻湖发育期。阎玉忠等（2002）以渤海湾西北岸沿海平原俚口和岭头两牡蛎礁的采掘剖面为重点，对渤海湾西北岸沿海平原的牡蛎礁群本身及其上覆沉积物的粒度特征进行了系统的分析，并与黄河三角洲沉积物进行对比，讨论了该区沉积物在物质来源方面与黄河输入物的渊源关系，并进一步探讨了牡蛎礁的灭亡与泥质物快速堆积和岭地分布与牡蛎礁分布存在的内在关系。康慧等（2002）应用不同期的历史资料、地形图、航空照片及多时相的 MSS、TM 遥感数据，经计算机处理，进行信息增强及信息复合，提取了百年内海岸线变化、潮间带变化及生态环境变化信息，表明渤海湾西岸泥质海岸带近百年来已经发生了“缓变型地质环境变化”中的“相对快速的变化”；自然营力与人类活动的作用，使渤海湾西岸海岸线侵蚀后退，潮间带宽度北蚀南淤以及湿地萎缩、水源短缺、盐沼-泻湖退化和贝壳堤被破坏、河口和港口淤积等；这些变化，势必对社会发展、生态平衡产生潜在的威胁。钟新宝等（2002）通过时间跨度达 80 年的多期地形图、航空照片和遥感影像的数字化处理与对比研究，揭示了渤海湾淤泥质海岸带正面临着地质环境恶化的严重挑战；淤泥质海岸带地区 10~100 年级别的相对快速的“缓变型地质环境变化”，主要包括水体、湿地和盐沼-泻湖退化或消失、贝壳堤和牡蛎礁被破坏、村镇和城市面积剧增、海岸线（平均大潮高潮线）被侵蚀后退、潮间带和近海河道被淤积、潮间带变宽变缓等。最引人注目的是薛春汀（2002）在《海洋学报》第 24 卷第 4 期发表了“对我国沿海全新世海面变化研究的讨论”一文，归纳了我国全新世海面变化特别是距今 6000 年以来的海面变化的 4 种观点，认为距今 6000 年的高海面及其后海面波动论点的主要依据是对渤海西岸贝壳堤、华南海岸海滩岩和珊瑚礁、天津市宁河县俚口牡蛎礁剖面和江苏北部建湖县庆丰剖面的研究，然而这些资料无法证明高海面和海面波动，因为珊瑚礁、牡蛎礁、贝壳堤、海滩岩和潮滩沉积物都不能提供古海平面的精确信息；建立较为精确的全新世海面变化曲线至少需要 4 个条件，即准确的测年数据，准确的高程，正确的沉积环境分析，合理的、令人信服的沉降数据。根据至今已经获得的有关我国海岸全新世海面变化的大量资料，可以粗轮廓地勾画出全新世的海面变化，然而想精确地确定距今 6000 年的 2~3m 的高海面及其后的数次海面波动是困难的。

王宏（2003）根据渤海湾泥质海岸带国土资源调查，并以累计约 2000m 进尺的人工 Eijkelpamp 槽型取样器钻探、约 280m 的全取心机械钻探、大量的沉积学、生物地层学、年代地层学、遥感学研究为基础，获得了一批带有地质调查特点的、关于全新世地层与近现代地质环境变化的阶段性成果。

2007 年，王强等根据近年来的工作，从贝壳堤水平分布状况及其内部结构、下伏地层、测年等方面，分析和探讨了渤海湾西岸贝壳堤堆积与海陆相互作用，结果表明，渤海湾西岸淤泥质海岸已见两类砂体，滨外坝先形成于水下，而后随着海岸进积和在海洋动力作用下，逐渐出露于潮间带和陆地上；另一种普遍出现的是具沿岸堤意义的贝壳堤，而且是在海岸进入弱侵蚀期即形成。研究发现，在海岸进积和海陆相对稳定条件下，海岸线附近中潮坪-高潮坪受向岸风和波浪作用也可形成雏形贝壳堤砂体。目前研究区海岸上的贝壳堆积有三类，即风暴潮堆积的沿岸堤型贝壳堤、潮沟-潮汐河道型“贝壳堤”、沿海低平原在大潮或风暴潮天气背景下出现的无序贝壳堆积。贝壳堤堆积既有风暴潮大浪瞬时、高能幕式堆积，又有大浪、向岸风综合作用下堆积的可能，贝壳测年及贝壳堤层序表明其形成是复杂的再堆积过程，不宜解释为海平面变化。

2009 年，李学宁通过对天津滨海贝壳堤成因的研究，初步确定贝壳堤是全新世晚期形成的，它的形成和演化反映了近岸生源物质迁移、现代沉积过程。贝壳堤的演化模式划分为三个

阶段：第一阶段，条带状贝壳砂堆积体的形成阶段，主要表现为含软体动物壳体的底质掀刨启动，软体动物壳体产生推移性质迁移，进而形成平行海岸的高潮滩条带状贝壳砂堆积体；第二阶段，条带状贝壳砂堆积体受潮流冲蚀切割形成新月形岛链；第三阶段，贝壳砂堆积体组成滨岸贝壳堤，沿海岸线内侧陆地呈沙丘状断续分布。与海岸相隔的潮滩（泻湖）的淤积增高成为陆地（潮上带），使高潮位时四面环水的贝壳堤演变成为海岸沙丘（滨岸堤），形成海岸线形迹，反映了淤泥质平原海岸现代淤进过程的一种重要模式，而贝壳堤的形成时间应先于海岸线。因此，天津滨海陆地断续分布的三道贝壳堤被认为是滨岸堤是有些简单化了。以测定贝壳堤组成物质的绝对年龄，作为古海岸线的形成时间也是有误的。薛春汀（2009）研究了7000年来渤海西岸、南岸的海岸线变迁，突破了古贝壳堤代表着古海岸线、基于海平面变化联系起来的平推式海岸线变迁的思维，提出了基于三角洲演化的另一种分层突进海岸线变迁模式。他认为，渤海西岸、南岸从全新世海侵边界至现在海岸线之间的海岸低地是7000a B. P. 以来多个三角洲进积的结果。由于黄河入海泥沙数量巨大，导致下游河道频繁摆动，黄河三角洲（超级叶瓣）位置多次变迁，滦河三角洲活动叶瓣位置也多次变迁。海岸线变迁受三角洲演化控制：活动期推进、废弃初期后退和之后的长期稳定，表现为分片突进模式。整体来说，研究区各时期海岸线表现出局部突出、局部内凹特点，在这样的三角洲群地区不可能出现近乎匀速的平推式海岸变迁。

该时期，关于我国东、南沿海贝壳堤的研究文献仍然较少。杨顺良等（2002）调查发现，厦门岛东南海岸剖面出露了三段长总计约15m、厚度为0.4m的古贝壳层。该层在高潮线之上1m处，直接覆盖在古海滩沙之上，顶部被厚度达4~5m的三层风成沙所覆盖。根据贝壳种类鉴定及 $^{14}\text{C}$ 年代测定和沉积物粒度分析进行了研究，结果显示，厦门岛1510年前的古海岸线比现在的海岸线高约1m，现代风成沙最早开始形成于隋唐时期，至今仍存在风沙隐患。2003年，王为等根据对广东台山长湾贝壳堤出露的横向与纵向剖面以及横剖面上的3个钻孔的形成年代、沉积特征的分析表明，风暴潮在贝壳堤发育过程中的不同阶段具有不同的侵蚀与堆积作用；贝壳堤风暴沉积也具有丘状层理、切割充填结构等典型的风暴沉积特征，但贝壳堤风暴沉积与浅海陆架上的风暴沉积过程、堆积层位、保存条件等方面具有明显的差异；长湾贝壳堤是由多次风暴加积而成，形成贝壳堤的风暴增水高度接近或高于历史最高记录；形成贝壳堤的风暴沉积堆积于平均海面之上，所以增水退却后不受正常天气下波浪的影响而得以保存。

随着黄河三角洲的开发和建设，关于黄河三角洲贝壳堤的研究仍然比较多。2001年，崔承琦先后于1987年、1992年和2000年对冀鲁交界的大口河口向东至顺江沟120km的粉沙淤泥质海岸进行了多次实地考察，并应用20世纪80年代至90年代末以来的航空和卫星遥感等资料对其进行了综合分析，研究了古代黄河三角洲海岸的现代特征。公元11~1128年，黄河尾闾在此摆动入海，形成河口滩型海岸；1128年以后，黄河自此迁走，在海洋动力作用下，由河口滩型海岸逐渐演变成为典型的潮滩型海岸。该岸段海岸发育了广阔平坦、相带十分明显的潮滩地带，在潮滩上同时发育了岛链状贝壳堤、残留冲积岛和巨大的多级分叉贯通性的潮水沟网络，构成了独具特色的海岸地貌环境体系，即黄河三角洲潮滩时空谱系中的古代黄河三角洲海岸。

孙志国（2003a、2003b）对贝壳堤的锶、铅同位素地球化学开展了研究工作，取得了一些研究成果。依据黄河三角洲汪子岛海滩潮间带活贝壳、汪子岛第1道贝壳堤和邢家山子第2道贝壳堤中贝壳样品的锶同位素记录，初步探讨了渤海湾南部最近6000多年来海水中锶同位素的变化特征及其环境意义。

2005年，刘志杰等通过对鲁北贝壳滩脊的沉积结构、发育环境分析，将贝壳滩脊分为堤梗和堤内充填两个亚相。前者以贝壳和贝壳碎块为主，具有平行层理和高角度斜层理；后者以