

南海北部湾

全新世环境演变及人类活动 影响研究

*Holocene environmental evolution and anthropogenic
impact of Beibu Gulf, South China Sea*

崔振昂 夏 真 林进清 石要红 等 编著



南海北部湾全新世环境演变及 人类活动影响研究

崔振昂 夏真 林进清 石要红 等 编著

海洋出版社

2017年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

南海北部湾全新世环境演变及人类活动影响研究/崔振昂等编著.

—北京: 海洋出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-5027-9744-7

I. ①南… II. ①崔… III. ①北部湾-全新世-海洋环境-古环境-环境演化-研究②北部湾-全新世-人类活动影响-海洋环境-古环境-研究 IV. ①P534. 63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 229093 号

责任编辑: 白 燕 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

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 15.25

字数: 400 千字 定价: 110.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《南海北部湾全新世环境演变及 人类活动影响研究》

编写人员名单

崔振昂	夏 真	林进清	石要红
甘华阳	倪玉根	袁晓婕	路剑飞
梁 开	黄向青	陈太浩	梁前勇
刘文涛	杨江平	何海军	滕德强
何 健	张 亮	潘 毅	龚文平

前 言

1999年,中央经济工作会议敲定西部大开发的战略决策。2000年,国务院西部地区开发领导小组办公室正式成立并开始工作。2006年,北部湾经济区成立。

实施西部大开发战略以来,北部湾经济区发展迅速。基础设施建设取得重大进展,建成了南宁—钦州(防城港)—北海高速铁路和崇左—钦州等高速公路,经济区“1小时经济圈”基本成型;沿海港口吞吐能力超过5 000万吨,拥有集装箱班轮航线30多条,与世界100多个国家和地区200多个港口通航,海运物流网络已伸向全球,西南出海大通道作用得到发挥。一批国家重大项目已建成,规划建设了钦州港工业区、企沙工业区、铁山港工业区和东兴边境经济合作区等29个重点产业园区,先后引进了钦州1 000万吨炼油、钦州金桂林浆纸、北海斯道拉恩索林浆纸、北海石化异地改造、北海电子产业园、防城港精品钢铁基地、防城港红沙核电、富士康电子、亚马逊电子商务、百威啤酒等重大产业项目,逐步形成了石化、电子信息、冶金、新材料、轻纺、机械装备制造、保税物流等独具特色的现代产业体系。在面向东盟开放合作中的地位日益凸显,与东盟等周边国家的睦邻友好和务实合作得到进一步加强,为北部湾经济区发挥面向东盟合作前沿和桥头堡作用奠定了基础。

为服务大开发战略需求,避免人为作用引发不必要的环境地质问题,中国地质调查局广州海洋地质调查局认为急需在北部湾海域开展海洋环境地质综合调查研究,且应改变传统的调查思路,进行全新世以来的环境演变及其与人类活动影响关系的综合研究。因为全新世是全球气候变暖和塑造地球表面现代各种不同类型自然环境的重要时期,又是人类文明迅速发展时期。全新世时期一些短期、突发的气候事件与当前环境关系密切,其环境变化和现代以及未来的环境有相似性和可模拟性;同时,人类活动对全球环境的影响日益突显,已改变了环境自然演化的规律和历程。因此,研究全新世以来的环境演变及其与人类活动影响的关系,可为预测未来全球变化提供重要参照和科学基础,并为社会可持续发展提供科学依据,不仅有重要的科学意义,而且极具现实意义。

近年来,广州海洋地质调查局在开展近岸海洋地质环境与地质灾害调查过程中,虽然开创了国内的最新调查技术路线、技术方法和工作思路,对推动我国沿海经济发达地区的近岸海洋环境地质与灾害地质调查研究具有积极的示范效应。但与国际同行相比,还存在如下方面的问题与不足:

(1) 调查手段及设备传统,缺乏多学科综合调查。已完成的环境地质调查项目以传统的海洋地质、地球物理手段为主,一般采用综合地球物理勘探、地质取样及钻探等技术方法,虽然逐步增加了海水取样分析、海流观测等,但缺乏较深入的调查研究,也缺少对环境的长期监测、示踪研究等;新购设备使用较少,如自动采水器、悬浮物采样器、大管径无扰动地质取样器和各种传感器等。

(2) 实验手段相对单一,测试分析不够深入。实验室样品测试以传统项目为主,缺乏较先进的样品分析方法,如地质柱状样开启前的综合参数测定、原位工程力学性质测试、土样和水

样多指标分析、精细测年等；受设备或手段所限，许多参数无法测试；采样密度较低，缺少高分辨率样品测试。

(3) 资料分析相对简单，综合研究程度较低。各种数据的归纳整理，尤其是物探资料解译等，以断层及浅层气识别、沉积相及层位划分为主，缺少精细工作；资料及样品虽然丰富，但由于没有高分辨率测试分析及深入研究，难以取得较好成果；各学科分析工作相互融合较少，缺乏综合研究；同时，成果表现形式较单一传统，影响到成果质量。

德国海洋科技水平在国际上处于领先地位，海洋环境保护及海岸带综合管理经验丰富。为借鉴其研究思路和先进技术，提高我国在此领域的研究能力，在中国地质调查局支持下，广州海洋地质调查局与德国波罗的海海洋研究所（IOW）多次交流研讨，签署了“南海北部湾全新世环境演变及人类活动影响研究”合作协议，于2009年启动合作项目。项目旨在开展与德国波罗的海海洋研究所全方位的合作研究，克服目前我们在该领域的不足，提高我国近海海域海洋环境地质与灾害地质调查与研究能力，使地质成果更适应当地发展的需要，提升为社会经济可持续发展服务的能力；使我们的科技水平逐渐与国际先进水平接近，在国际海洋地学领域进一步提高中国的声誉和影响力度。同时，吸取发达国家或地区以破坏环境谋求发展的经验教训，加强科学规划及环境保护，避免重蹈大肆破坏环境的覆辙。

根据项目的技术路线，中德双方共同完成了工作部署。项目海上调查航次由双方共同承担，分别采用了中方的“奋斗五号”（2009年）和德方的“太阳号”科考船（2011年）完成了两次联合航次调查；在北部湾近岸水域及琼州海峡东口海域，中方2012年采用了“奋斗五号”和“海洋四号”船完成了独立航次调查。双方共同参与室内样品测试和资料解释工作，并开展合作研究，成果共享。

通过对航次采集资料的分析研究，初步查明了北部湾东部海域水深分布和地形地貌分布特征；依据高分辨率浅地层剖面，首次勾绘出北部湾东部海域全新世地层厚度分布图，圈定了两个沉积中心和六个物源区，揭示了动力沉积作用；初步查明了北部湾海域存在的潜在地质灾害类型及分布特征，开展了工程地质评价，并对北部湾广西近岸的海洋环境质量进行了分析评价，分析了人类活动对区域环境的影响。项目开展了热点地学问题的研究，建立了北部湾长周期地形演变模型，进行了6000年以来的古地形变化反演，进而研究了北部湾海域沉积环境变迁历史。另外，对比分析了北部湾、珠江口与波罗的海的环境演变历史，寻找出各地区在全新世以来环境演变的相似性及差异性，以及不同类型的海平面变化模式。

通过研究，中德双方分别向各自的主管部门提交了研究报告（中方提交了2009年度报告、2012年度报告及2013年总报告）。项目期间，双方轮流召开了3次成果研讨会（2010年及2012年广州，2011年德国）；双方均参加了2012年澳大利亚第34届国际地质大会，作了5个会场报告。双方共同撰写了多篇研究论文，并出版了国际SCI引录论文专辑1期——Journal of Coastal Research（海岸研究期刊）；中方发表其他国际SCI引录论文3篇，多篇国内中文核心期刊论文。

中德合作项目“南海北部湾全新世环境演变及人类活动影响研究”是与德国波罗的海海洋研究所全方位的合作，是中德政府间的海洋科技合作。通过合作，双方获益良多。更为重要的是，由中国地质调查局申报、国土资源部推荐，德国科学家Jan Harff教授荣获了2013年度“中华人民共和国国际科学技术合作奖”。这是自该奖设立以来，第一次颁发给海洋科学及地质科学，也是国土资源部首次推荐获奖，充分显示了建设海洋强国的重要意义。

项目圆满完成了工作任务，实现了预期目标。经补充资料，归纳分析，完成了本专著，希

望继续为北部湾地区的经济发展规划、环境保护以及减灾防灾提供系统的基础地质资料和科学依据；并藉此以对今后学者的深入研究有所帮助。

项目自 2009 年开始，至 2013 年结束，参加人员众多。项目研究工作主要由广州海洋地质调查局和德国波罗的海海洋研究所完成，中文报告及本专著的编写均由中方完成。主要参加人员如下表所示：

中方首席科学家：教授级高工夏真博士；第二负责人：高级工程师崔振昂博士。

德方首席科学家：Detlef Schulz-Bull 教授；第二负责人：Joanna Waniek 博士。

项目参加人员表

内容	参加人员			
	职责	2009 年	2011 年	2012 年
航次调查	首席科学家	夏真、Joanna Waniek	夏真、Detlef Schulz-Bull	崔振昂、霍振海
	首席助理	温明明、崔振昂	甘华阳	张锦炜、牟泽林
	航次调查	刘雄、闫章存、梁开、傅晓洲、马胜中、王运强、牟泽霖、彭朝旭、叶志强、朱振华、林贵柱、严峻嵩、许锦民、吴诚强、钟弦、唐诚、Jan Harff、Andrea Bauer、Andreas Frahm、Alexander Stark、Gerald Nickel、Michal Tomczak	陈太浩、牟泽林、崔振昂、梁开、曾宁峰、张亮、雷知生、Joanna Waniek、Sascha Plewe、Thomas Leipe、Nicole Kowalski、Olaf Dellwig、Ines Hand、Ralf Prien、Birgit Sadkowiak、Iris Stottmeister、Siegfried Krueger、Herbert Siege、Andreas Frahm、Daniel Unverricht	张亮、何健、林贵柱、许锦民、严峻嵩、吴诚强、钟弦、彭朝旭、叶志强、朱振华、曾凡祥、万芃
样品测试及数据处理	样品测试	黄雪华、蒋慧英、陈炽新、陈芳、周洋、陆红锋、廖志良、王汝英、何树平	黄雪华、蒋慧英、陈炽新、陈芳、陆红锋、廖志良、王汝英、何树平	黄雪华、蒋慧英、陈炽新、陈芳、陆红锋、廖志良、王汝英、何树平
	数据处理	闫章存、林进清、马胜中、陈太浩、刘鑫、刘雄、张顺枝、霍振海、黄向青、梁开、崔振昂、倪玉根、刘文涛、时翠	倪玉根、何健、马胜中、陈太浩、路剑飞、张亮、黄向青、张顺枝、甘华阳、梁开、李涛、梁前勇、滕德强、刘文涛	倪玉根、何健、马胜中、陈太浩、路剑飞、张亮、黄向青、张顺枝、甘华阳、梁开、李涛、梁前勇、滕德强、刘文涛
分析研究	报告编写	夏真、崔振昂、刘雄、陈太浩、潘毅、石要红、甘华阳、陈太浩、张顺枝、梁开、闫章存、林进清、郑志昌		甘华阳、崔振昂、潘毅、路剑飞、刘文涛、龚文平、张亮、黄向青、梁前勇、陈太浩、倪玉根、何健、李涛、梁开、滕德强、夏真、林进清

总报告的编写人员安排主要基于原有章节的编写人员，并适当调整，具体安排为：

第一章由夏真编写，第二章由黄向青、崔振昂编写，第三章由崔振昂、潘毅编写，第四章由路剑飞、陈太浩、刘文涛、梁前勇、甘华阳、张亮、崔振昂、龚文平编写，第五章由倪玉根、刘文涛、崔振昂、路剑飞、龚文平编写，第六章由甘华阳、梁开、梁前勇、何海军编写，第七

章由石要红、杨江平编写，第八章由袁晓婕、黄向青、滕德强编写，第九章由崔振昂、袁晓婕编写，结论与建议由崔振昂编写，最后由崔振昂、夏真统阅定稿。黄向青参与了校对工作。

本专著即在总报告的基础上完成。其中，序言邀请了“国际科学技术合作奖”获得者 Jan Harff 教授编写；总报告第一、二章经夏真梳理，重新编写为前言和第一章；其他各章节内容均由原参加人员修编。

项目隶属于中国地质调查局国家专项海洋地质保障工程项目（编号：1212010914027），得到中国地质调查局科技外事部、基础调查部海洋处的大力支持；中德联合航次调查得到国家海洋局及其他相关部门的批准；中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所唐诚博士参加了“奋斗五号”船的航次调查；广西红树林研究中心、同济大学、中山大学、中科院广州地球化学研究所等单位参加了本项目工作；另，外方牵头单位为德国波罗的海海洋研究所（IOW），参加者有德国不莱梅大学和波兰什切青大学，以及德国“SONNE”科考船。广州海洋地质调查局“奋斗五号”和“海洋四号”科考船、技术方法所和实验测试所等相关部门和专家参加了本项目，并为本项目提供了帮助及指导。在此均表示衷心感谢！

感谢 Jan Harff 教授为本书作序！

受作者水平所限，本书难免不足，恳请读者批评指正！

作 者

2016 年 12 月于广州

Preface

The wide shelf of the northern continental margin of the South China Sea hosting sediments that display the variation in natural and anthropogenic environmental processes since the Neogene is closely related to the rifting process of the South China Sea basin. In particular in the Beibu Gulf, the subsidence of the NW-striking Yinggehai Basin and the NE-striking Qiongdongnan Basin and Beibuwan Basin did provide the accommodation space for sediments as records of changes in climate, sea level, river born sediment supply, and oceanographic conditions during the late Quaternary. It is the wide shelf with a gentle slope that mirrors with its sediments the shoreline shift—the marine transgression—because of post-glacial sea-level rise exemplarily. The biofacies of these sediments stands for the changes of the depositional environment, whereas the geochemical and biogeochemical facies signature of the younger deposits display the anthropogenic impact on the marine environment. These outstanding sedimentological conditions can be compared with the Sunda Shelf in the West of the South China Sea. But different from the Sunda Shelf where sediments have been intensely investigated during the last years, the great potential of Beibu Gulf sediments as indicators for late Pleistocene to Holocene paleo-environment has been deployed relatively scarcely in the past. This gap is started to become closed by the actions of a Chinese-European (in particular German) research team. Scientists from the Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) in China and the Leibniz Institute for Baltic Sea Research (IOW) Warnemünde, Germany had started comprehensive studies of Holocene sediments in the Pearl River Delta already more than 10 years ago (Harff et al. 2010). This team together with Leibniz Center for Tropical Marine Ecology (ZMT) Bremen, Germany, continued its studies from 2009 to 2011 in the Beibu Gulf by launching a new research project BEIBU (“Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea”) financed on the Chinese side by the China Geological Survey (CGS) and on the German side by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The research program of BEIBU was focused on the one hand on basic sciences in terms of budgeting energy and material fluxes in the Beibu Gulf on time scales from millennia to decades, but included also applied aspects such as risks of hazards linked to the utilization of the natural environment for the society. Despite the fact that the GMGS did provide historical data from earlier research campaigns the first main task of the international team was concentrated on the acquisition of new research data (oceanographic data, bathymetric measurements, and high resolution seismic profiling describing the structure of Quaternary sediments) and the sampling of the water column and sediments. For this task two expeditions have been sent to the Beibu Gulf deploying the Chinese R/V FENDOU 5 (Sept 23 to Oct 16, 2009) and the German R/V SONNE (Dec 1 to 24, 2011). For data interpretation and synthesis as well the scientists from China and Germany shared their forces exemplarily. The joint use of research equipments and a well designed work plan initiated a research network releasing remarkable synergetic effects. Even to enhance to capability further international scientists

have been invited for co-operation. Research results have been presented at scientific congresses, such as the 34th and 35th International Geological Congresses 2012 at Brisbane, Australia, and 2016 at Cape Town, South Africa. Scientific manuscripts are published internationally as individual papers in highly acknowledged scientific journals such as *Marine Geology* or comprised by anthologies (Harff et al. 2013, Clift et al. 2016). With this book Chinese authors of the BEIBU team report about selected scientific results.

After the introduction to this book (Chapter 1) by Zhen Xia, in Chapter 2, Zhenang Cui and Yi Pan give an overview about the regional setting of the Beibu Gulf. In three sections the authors explain natural geographic, marine hydrometeorological, and regional geographic conditions of the research area. Additionally also anthropogenic effects of human activities are highlighted which play an important role in the area under investigation. It can be regarded a hot spot in economic utilization of the coastal zone, but also the drainage area of rivers merging the South China Sea. In Chapter 3 Jianfei Lu et al. specify these general remarks in terms of recent hydrodynamic conditions and sediment dynamics in the Beibu Gulf. In five sections the authors consider the sea floor morphology, the hydrodynamic environment, sedimentological regionalization and transport direction and conclude with a sediment transport model that express comprehensively the sediment dynamics of the Beibu Gulf basin. Obviously wind driven waves and currents—changing the direction seasonally according to summer and winter monsoon are superimposed by a diurnal tidal system—determine the sediment dynamics within the gulf and the location of depositional centers. Mineralogical and geochemical “provinces” of the sea-floor sediments reflect source areas at the northern and western (Vietnam) mainland, river born sediments east of the Qiongzhou Strait (Pearl River), Hainan Island, but also from re-mobilized marine sediments. The hydrodynamic simulation confirms the key role of the highly (erosive) dynamic Qiongzhou Strait for the formation of the “Butterfly Delta” on both sides of the strait (see Chapter 4) and the granulometric separation of coastal areas from the depositional basins in the center of the Gulf. Results of Chapter 3 serve as a base for Chapter 4 in which Nygen Ni et al. describe the evolution of the Holocene depositional environment. The authors have investigated seismic profiles and sediment cores and did identify two main depocenters within the Gulf: The aforementioned “Butterfly Delta” at the East—and West—Mouths of the Qiongzhou Strait and the mud depocenter in the Southern Beibu Gulf. The “Butterfly Delta” can be regarded a regional phenomenon comparable to tidal deltas. But, in difference to the latter ones, the Qiongzhou Strait is formed by a combined effect of tidal currents and seasonally changing monsoon driven longshore sediment transport. According to radiocarbon dating, because of the postglacial rising sea-level, the Qiongzhou Strait had opened around 9 k BP as a permanent connection for east-west water exchange between the Beibu Gulf and the northeastern shelf of the South China Sea. The authors discovered the permanent marine environment on the shelf basin has led to the formation of the “Southern Beibu Gulf Mud Depocentre” (SBGMD) as one component of a Holocene mud belt of the Chinese marginal seas. The history of the marine transgression can be read relatively detailed from dated sediment cores taken from this depocenter. According to proxy-data interpretation this history has to be subdivided into 4 stages starting with terrestrial conditions around 17.0 cal BP, followed by fresh/brackish environment, the marine transgression (between 11.6 and 8.4 cal BP), followed up by permanent marine environment. The reconstruction of postglacial sea-level his-

tory can be correlated well with the sea-level curve published by Tanabe (2004) and is completed by the reconstruction of the climate condition. Huayang Gan et al. in a multi-proxy approach (Chapter 5) have deciphered facial data of sediment cores from the (SBGMD). The authors describe the post-glacial environmental evolution of the Beibu Gulf. In particular microfossils have proven to be valuable paleoclimate indicators. Based on foraminifera analyses 5 stages of Holocene temperature changes have been identified which can be correlated with the sea-level history: The rapid postglacial rise by ca. 6.0 ka BP coincides with warm climate. The sea-level drop after 6.0 ka BP correlates with a cooling phase from 5.7 ka to 0.5 ka BP, whereas the modern sea-level rise coincides with warm phase after 0.2 ka BP. These results about regional climate change have to be specified and quantified during forthcoming research in particular as the time span covers the transition between natural environmental change and anthropogenic effects on climate evolution. Zhenang Cui gives an overview about the phase of the onset of man-made driving forces on the environment and corresponding scientific research achievements in this field so far (Chapter 6). He concluded that we are still at the beginning of a phase of studies of the marine environment at the northern margin of the South China Sea whereby the coasts as extremely fragile areas have to be focused on in the near future.

Xiaojie Yuan et al. confirm this assumption and deal in Chapter 7 with sea-water quality, heavy metal (Cu, Pb, Zn, As, Cd, Hg) and organic pollution (PAHs, PCBs, OCPs), TOC, TN, TP) as well as nutrients ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{SiO}_4\text{-Si}$) in Beibu Gulf water column and sediments. Whereas in the open gulf and its sediments the pollution is relative low, the ecological risk in coastal areas, especially close to ports and docks and their polluted water and sediments is relative serious and needs permanent control and management. In Chapter 8 Yaohong Shi and Jiangping Yang continue the concept of environmental risk evaluation in the view of engineering geology and geo-hazards assessment based on the comprehensive analysis of geophysical data. The authors identified two groups of potential geological hazards with 14 types. They distinguished between active destructive geological hazards and non-active ones. The first group includes tectonic faults, shallow gas, mud diapirs, sand ridges, slumps and earthquakes, whereas buried ancient channels, buried ancient lakes, buried ancient deltas, troughs, shoals, convex land forms, submarine bars, and submarine sandy spits belong to the group of non-active geological hazards. Based on this classification together with information about sea-floor morphology and surface sediments the research area was subdivided (mapped) into 6 major engineering geological divisions. This map can be used for marine spatial planning for coastal zone management.

Chapter 9 is devoted to comparative studies of the Beibu Gulf with the Earl River Estuary and the semi-enclosed Baltic Sea. Zhenang Cui and Xiaojie Yuan show that the study areas were influenced in general by similar climatic changes and events which do show however different time pacing. Main differences are recorded between sea-level curves of the northern South China Sea and the Baltic Sea because of the Glacio-Isostatic Adjustment that did influence the Baltic Sea remarkably.

The volume published here can be regarded a valuable document for the progress in marine research in Chinese marginal seas. The results are a well balanced report of scientific achievements in basic and applied sciences. I personally had the honor to work with the research team for decades, and I would like

to express my thanks for fruitful and faithful co-operation.



Dr. Prof. Jan Harff

References

- Clift, P., Harff, J., Wu, J., Qiu, Y. (eds.), 2016. River dominated shelf sediments of East Asian seas. Geological Society, London, Special Publication 429. 259 p.
- Harff, J., Leipe, T., Waniek, J., Zhou, Di. (eds.), 2013. Depositional Environments and Multiple Forcing Factors at the South China Sea's Northern Shelf, *Journal of Coastal Research*; SI 66, 90 p.
- Harff, J., Leipe, T., Zhou, D. (eds.), 2010. Pearl River Estuary related sediments as response to Holocene climate change and anthropogenic impact (PECAI). –*Journal of Marine Systems*, vol. 82, suppl. 1, S1–S89.
- Tanabe, S., Saito Y., Quang L V, et al., 2006. Holocene evolution of the Song Hong (Red River) delta system, northern Vietnam. *Sediment Geol.*, 187: 29–61.

目次

第一章 绪论 (1)

第二章 研究区区域概况 (15)

 第一节 北部湾地理条件 (15)

 第二节 北部湾海洋水文气象环境 (17)

 第三节 北部湾构造特征 (20)

 第四节 区域地层 (25)

第三章 北部湾现代水动力条件及动力沉积作用 (30)

 第一节 北部湾现代海底地形地貌特征 (30)

 第二节 北部湾现代水动力环境 (39)

 第三节 北部湾表层沉积物分布特征及运移趋势分析 (46)

 第四节 表层沉积物元素地球化学特征及其对物源的指示 (52)

 第五节 表层沉积物碎屑矿物特征及其对物源的指示 (61)

 第六节 现代沉积物运移特征及动力沉积模式 (68)

第四章 北部湾全新世以来沉积环境演变 (77)

 第一节 全新世地层分布特征 (77)

 第二节 柱状沉积物地球化学特征及其对物源指示 (87)

 第三节 北部湾（典型区）冰后期沉积模式和沉积环境演变 (97)

 第四节 北部湾长周期地形演变模拟 (109)

第五章 北部湾全新世以来古气候演变 (121)

 第一节 微体古生物分布特征及其对环境变迁的指示 (121)

 第二节 黏土矿物对古气候反映 (129)

 第三节 有机分子地球化学特征及其对气候变化的反映 (137)

 第四节 不同替代指标对比研究及综合分析 (146)

第六章 北部湾灾害地质因素及区域工程地质条件 (149)

 第一节 北部湾区域灾害地质因素及工程地质分区 (149)

 第二节 北部湾北部近岸海底工程地质条件评价 (160)

第七章 北部湾环境现状及人类活动影响评价 (166)

 第一节 海水质量评价 (166)

 第二节 海底沉积物重金属空间分布、来源及污染研究 (172)

 第三节 海底沉积物有机污染物空间分布、来源及污染研究 (177)

 第四节 海底沉积物营养组分空间分布及潜在富营养化研究 (184)

 第五节 人类活动影响对区域环境质量影响综合评估 (187)

第八章 北部湾、珠江口及波罗的海全新世环境变迁对比 (194)

 第一节 珠江口与波罗的海自然地理和区域地质概况 (194)

 第二节 全新世气候变化对比 (198)

 第三节 全新世海平面变化对比 (205)

 第四节 人类活动对区域环境影响对比 (210)

第九章 结论与建议 (218)

参考文献 (222)

第一章 绪 论

一、研究背景

北部湾经济区地理位置优越,生态环境优良,开发程度较低,岸线、港口、土地、农林、旅游、固体矿产、油气和海洋生物等资源丰富,发展潜力巨大。北部湾经济区处于华南经济圈、西南经济圈和东盟经济圈的接合部,是中国大陆东、中、西三大地带交会点,东临粤港澳,背靠大西南,面向东南亚,是中国西部唯一沿海的地区,是最便捷的西南出海大通道,是沿海地区规划布局新的现代化港口群、产业群和建设高质量宜居城市的重要区域,是中国对外开放、走向东盟、走向世界的重要门户和前沿,在中国与东盟、泛北部湾、泛珠三角、西南6省区协作等国内外区域合作中具有不可替代的战略地位和作用。

随着西部大开发战略的推进,北部湾经济区发展增速,对沿海环境的改变及破坏加大,人为地质作用加强,环境地质问题越来越复杂。

据有关统计资料,广西沿海地区每年排放入海的废水总量超过亿吨以上。海洋环境质量公报显示:2004年,广西近岸海域海水受到石油类和铅的污染,轻度污染海域面积超过900 km²;2005年,广西钦州6条入海排污口均超标排放污染物,造成邻近部分海域水质属四类标准,主要超标污染物为营养盐、粪大肠菌群及化学需氧量等,海底沉积物质量劣于三类海洋沉积物标准,主要超标污染物为无机氮、石油类等;2006年,广西近岸海域未达到清洁水质标准的面积约2380 km²,比2005年增加1150 km²,主要污染物为石油类;2007年,广西近岸海域未达到清洁水质标准的面积为880 km²,主要污染物为无机氮和石油类,部分海域无机氮超标严重,沉积物质量较往年有一定下降趋势,主要污染因子为镉和石油类;2008年,广西海域海水主要污染物为无机氮和石油类,沉积物质量较往年有一定下降趋势,主要污染因子为镉和石油类;2009年,广西海域水质主要污染物为磷酸盐和无机氮,沉积物中石油类含量呈上升趋势;2010年,广西海域水质轻度污染海域面积2601 km²,中度污染海域面积81 km²,严重污染海域面积320 km²,主要污染物为无机氮、石油类和活性磷酸盐,沉积物受铜和石油类污染;2011年,广西海域经由南流江、大风江、钦江、茅岭江、防城江5条主要河流入海污染物总量为363706 t,水质严重污染海域面积约167 km²,主要超标污染物为无机氮、活性磷酸盐、石油类和需氧物质。污染对海域环境影响严重,并制约了生产发展。2005年6月17日,28件海域污染损害系列案在北海海事法庭审理。其中,北海合浦县45个文蛤养殖场的经营者集体向法院起诉,当地一家糖厂排污导致共240 hm²养殖场几乎绝收,索赔930多万元;2012年,停泊在广西北海附近外沙锚地的“北油3”输油船因台风“启德”影响,造成跑锚,飘离后碰撞海堤搁浅在岸滩,柴油泄漏造成污染。

沿海围垦造地及养殖日趋严重,对航道、岸滩、滩涂、红树林生态环境造成了严重影响。2004年,由于缺乏规划,北海海域养殖密度过大,造成海水交换能力差,海水自净功能弱,大

量含有农药的清塘水、污水排入浅海,恶化了水质,导致养殖的车螺抗病力差,病害暴发,渔民损失惨重。广西沿海因港口建设和围垦养殖,红树林及滩涂破坏严重。2011年,仅钦州湾已填海约 20 km^2 ,红树林遭到大面积破坏;山口红树林区因互花米草侵占滩涂(面积约 481.5 hm^2),发生广州小斑螟虫害,危害面积约 120 hm^2 ,程度远超2010年。

除人为作用破坏环境造成损失外,沿海地区受自然灾害(如台风、海面上升等)影响,农业生产及海水养殖业损失较大,海堤、港口、码头、堆场及仓储等也遭受破坏。2008年,第9号热带风暴“北冕”中心位于北海涠洲岛附近,平均风力达到八级,阵风九级,北海机场阵风达到十级,接近十一级,是2008年以来第一个影响广西较严重的热带气旋;2009年,第17号强热带风暴“芭玛”在北部湾形成明显的“台风眼”,中心附近最大风力有十级,南宁、北海等地出现较强的降雨天气;2011年,第8号强热带风暴“洛坦”在海南文昌登陆,广东西部至雷州半岛出现 $70\sim 250\text{ cm}$ 的风暴增水,海南岛东北部沿海出现 $30\sim 80\text{ cm}$ 的风暴增水,北部湾海域出现 $3\sim 5\text{ m}$ 的巨浪到狂浪区,海南、广西沿岸海域出现 $2.5\sim 4\text{ m}$ 大浪到巨浪区;第17号强台风“纳沙”造成广西水产养殖损失 $4\,435\text{ hm}^2$ ($25\,680\text{ t}$),堤防损坏157处共 22.75 km ,堤防决口65处 1.13 km ,护岸损坏49处,水闸损坏91处,冲毁塘坝34座,损坏灌溉设施319处,水利直接经济损失1.151亿元;2013年,影响广西防城港的台风有8个,其中第30号台风“海燕”为1951年以来11月影响广西最强的台风,中心附近最大风速为 42 m/s ,防城港市白须公礁为 34.2 m/s (12级),广西出现大范围的大暴雨或特大暴雨,造成全区26.71万人受灾,56个乡镇44.58万户居民受台风影响停电。

沿海受断裂等构造因素影响较大,易发生地震。北部湾海域是地震频发区,但震级一般较小。1994—1995年近3个月时间,在北部湾同一海域发生了6.1级、6.2级和5.2级3次地震,广西沿海有较强震感(韦友道,1999),其中1995年的6.2级地震造成死亡1人、伤600多人;2006年,北部湾海区发生4.2级地震,震中距北海市沙田海岸线最近距离 10 km ,其后在原地再次发生1.6级余震;2011年,北部湾发生3.5级地震,震源深度 10 km ;2012年,北部湾发生3.6级地震,震源深度 5 km 。地震具有突发性和不可预测性,且频度较高,可能引发严重次生灾害,造成房屋、工程结构、物品等物质破坏及人员等伤亡。

可见,北部湾虽然自然地理条件优越,但其是一个半封闭海湾,地质环境复杂多变,较为脆弱;且海域调查研究程度较低,缺少高分辨率古海洋环境研究资料。如何谋求北部湾经济区的社会发展,有必要对其进行较为详尽全面的调查,研究其环境特征,以加强科学规划,加大环境保护力度,寻找适宜当地发展之路。

2006年,广州海洋地质调查局在北部湾广西沿岸开展了近岸海洋环境地质综合调查。其间与德国波罗的海海洋研究所(IOW)多次交流,探讨延伸拓展项目工作区域和学科领域,合作开展“南海北部湾全新世环境演变及人类活动影响研究”。2009年,中德合作项目正式启动,在北部湾海域开始了为期5年(2009—2013年)的调查研究(图1-1)。

二、研究思路

全新世是全球气候变暖和塑造地球表面现代各种不同类型自然环境的重要时期,又是人类由蒙昧向文明跃变的主要时期。尤其是近代,人类活动对环境及地球的改造活动日益加强。

全新世环境演变问题一直是国际研究热点。同时,随着人类社会的迅速繁荣,人类活动对

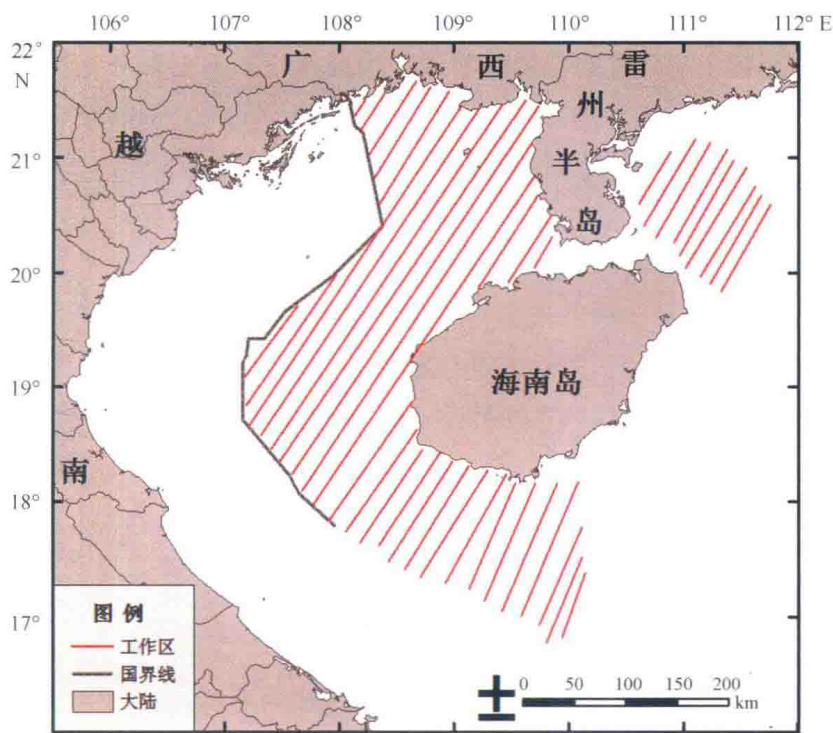


图 1-1 项目工作区示意图

全球气候环境的影响日益突显，形成了以人类活动为中心的新地质时期。

北部湾全新世古气候演变研究始于 20 世纪 90 年代，主要包括北部湾广西沿海全新世以来的气候变化（黎广钊，1996），通过钻孔研究的红河三角洲全新世以来干湿冷暖变化（李珍等，2005），沉积柱探讨的北部湾东部全新世以来气候演变规律（Li et al., 2010），以及用北部钻孔重建了北部湾北部 8.5 ka BP 以来的古环境和古气候（陆岸青，2011）。这些研究基本建立了北部湾全新世以来气候演化的大致框架。由于研究选用的样品沉积速率较低，导致测试分辨率也较低，一些全新世冷事件仍未能找到相对应的沉积记录（陆岸青，2011）。

据考古和史料记载，人类在北部湾近岸区域的活动历史可追溯到一万年甚至更远，贯穿整个全新世，广西近岸的合浦港是我国南海“海上丝绸之路”的最早起点之一。但早期由于生产力水平较为低下，人类活动始终处于从属地位，对北部湾环境的影响微乎其微。

因此，人类活动对北部湾海域环境影响研究主要集中在近千年来的近岸经济区。如夏真（2009）通过广西钦州湾近岸沉积物中元素汞的分布特征分析，认为自 700 年前开始，钦州湾受人类活动影响增加；约 130 年前，人类活动影响加剧。胡霞等（2013）对比分析了开发前后的红树林变化，认为北部湾经济区的发展对红树林环境纳污能力造成了一定影响，人类活动是影响红树林生态承载力的主要因素。付文超等（2013）分析了北部湾潮间带沉积物及双壳类动物中重金属含量，认为人为作用已造成污染。甘华阳（2012）对北部湾北部滨海湿地水体的营养盐和表层沉积物中碳、氮和磷元素含量、分布进行了研究，认为大规模海水养殖及排污是造成水体富营养化的主要原因。

这些调查研究主要在沿岸滩涂及浅水区，采用的技术方法较为单一，缺乏综合的调查研究和评价。因此，本项目拟在全面了解全新世环境演化的背景及南海北部湾的区域地理和地质特征前提下，通过中德合作，以海底沉积物和海水为主要研究对象，内外因结合，当今与古环境