

于永海 张盼 王鹏 林霞 著

莱州湾

现代沉积特征

及中全新世以来沉积环境演变研究


河海大学出版社

于永海 张盼 王鹏 林霞 著

莱州湾

现代沉积特征

及中全新世以来沉积环境演变研究



河海大学出版社

内 容 提 要

本书通过对莱州湾表层及柱状沉积物的系统分析,阐述了莱州湾独特的现代沉积特征及中全新世以来的沉积环境演变。本书共分为8章,第1章为绪论,介绍黄河流路演变及莱州湾沉积环境研究现状的相关内容;第2章介绍莱州湾概况;第3章介绍研究材料与研究方法;第4章和第5章介绍莱州湾现代沉积环境特征;第6章介绍莱州湾中全新世以来的沉积环境演变;第7章介绍莱州湾沉积环境控制因素;第8章为主要结论。本书可供大学本科及以上学历的海洋地质专业人员阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

莱州湾现代沉积特征及中全新世以来沉积环境演变研究 / 于永海等著. —南京: 河海大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5630-5110-6

I. ①莱… II. ①于… III. ①渤海-海洋沉积-沉积特征-研究②渤海-海洋沉积-沉积环境-研究 IV.

①P736.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 272028 号

书 名	莱州湾现代沉积特征及中全新世以来沉积环境演变研究
书 号	ISBN 978-7-5630-5110-6
责任编辑	张心怡
封面设计	张世立
出版发行	河海大学出版社
地 址	南京市西康路 1 号(邮编:210098)
电 话	(025)83737852(总编室) (025)83722833(营销部)
经 销	江苏省新华发行集团有限公司
排 版	南京布克文化发展有限公司
印 刷	虎彩印艺股份有限公司
开 本	787 毫米×960 毫米 1/16
字 数	190 千字
印 张	11.25
版 次	2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
定 价	49.00 元



前言

Preface

陆海相互作用下的沉积过程及其沉积环境演变一直是海洋地质热点研究问题之一。莱州湾是中国渤海三大海湾之一,位于渤海南部,以黄河三角洲与渤海湾相隔,是山东省内重要自然资源地。黄河物质输入与扩散对莱州湾沉积格局的形成和塑造具有重要影响;同时,莱州湾南部中小河流如小清河、潍河等河流密集,莱州湾东部砂质海岸泥沙运动活跃,河流与沿岸物质侵蚀是莱州湾沉积物的重要来源,陆海相互作用奠定了莱州湾独特的沉积特征。

本书根据“中国近海海洋综合调查与评价专项”中莱州湾表层以及柱状沉积物的粒度、矿物和地球化学数据,揭示陆海相互作用下的莱州湾现代沉积作用规律及控制因素,恢复中全新世以来莱州湾中部沉积环境记录,为研究莱州湾区域气候环境变化和陆海相互作用下的沉积过程提供有益补充和科学参考,同时对莱州湾资源开发与环境保护也具有较强的现实意义。全书共8章,第1章为绪论,介绍了研究意义、黄河流路演变及莱州湾沉积环境研究现状的相关内容;第2章介绍莱州湾概况;第3章介绍研究材料与研究方法;第4章和第5章介绍莱州湾现代沉积环境特征;第6章介绍莱州湾中全新世以来的沉积环境演变;第7章介绍莱州湾沉积环境控制因素;第8章为本书主要结论。本书由于永海、张盼、王鹏、林霞根据张盼博士论文的整体内容进行改写而成,中国海洋大学赵广涛教授、吴建政教授对博士论文进行了指导和修改。同时,非常感谢国家海洋局第一海洋研究所提供的技术与数据资料支持,感谢国家海洋环境监测中心赵博、闫吉顺和中国海洋大学朱龙海、胡日军、姜圣辉、张连杰等在书稿形成过程中进行的相关资料整理、制图、校对等工作。

本书可作为高等院校海洋科学和海洋资源与环境等专业本科生及研究生参考书籍,同时也可供从事海洋地质研究、海洋科学调查和海洋环境保护研究的科研工作者参考。由于编者能力与水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,敬请同行和读者不吝指正!



目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	2
1.2 研究现状与存在问题	3
1.2.1 黄河流路变迁与泥沙运动的研究	3
1.2.2 莱州湾现代沉积环境研究现状	5
1.2.3 莱州湾沉积环境演变研究现状	6
1.2.4 存在的主要科学问题	8
1.3 研究内容与研究路线	8
第 2 章 莱州湾概况	11
2.1 地理位置	12
2.2 气候概况	12
2.3 水文概况	13
2.4 周边河流	16
2.5 地形地貌	16
第 3 章 研究材料与研究方法	19
3.1 研究样品	20
3.1.1 表层沉积物数据	20
3.1.2 柱状沉积物数据	21
3.2 研究方法	21
3.2.1 粒度分析	21
3.2.2 碎屑矿物分析	23

3.2.3	常、微量元素分析	23
3.2.4	AMS ¹⁴ C 年代分析	23
第4章	莱州湾表层沉积物特征分析	25
4.1	表层沉积物粒度特征分析	26
4.1.1	表层沉积物粒度组分特征	26
4.1.2	表层沉积物类型及其特征	28
4.1.3	表层沉积物粒度参数特征	35
4.2	表层沉积物碎屑矿物特征分析	40
4.2.1	表层沉积物轻矿物组成特征与分布	40
4.2.2	表层沉积物重矿物组成与分布	42
4.3	表层沉积物元素地球化学特征分析	48
4.3.1	表层沉积物常量元素分布特征	48
4.3.2	表层沉积物微量元素分布特征	53
4.3.3	元素的相关性	56
4.4	小结	60
第5章	莱州湾表层沉积物特征的沉积环境意义	61
5.1	表层沉积物粒度特征的沉积环境意义	62
5.1.1	表层沉积物粒度特征对沉积环境的指示	62
5.1.2	表层沉积物粒度的沉积环境分区	73
5.2	表层沉积物碎屑矿物特征的沉积环境意义	78
5.2.1	表层沉积物碎屑矿物指数对沉积环境的指示	78
5.2.2	表层沉积物碎屑矿物组合分区	83
5.3	表层沉积物地球化学特征的沉积环境意义	87
5.3.1	表层沉积物常、微量元素指数特征	87
5.3.2	元素因子分析对沉积环境的指示	92
5.3.3	表层沉积物元素的地球化学分区	95
5.4	小结	99

第 6 章 莱州湾中全新世以来沉积环境演变	103
6.1 柱状沉积物特征分析	104
6.1.1 柱状沉积物的粒度特征	104
6.1.2 柱状沉积物的矿物特征	110
6.1.3 柱状沉积物的地球化学特征	114
6.2 柱状沉积物特征与沉积环境	117
6.2.1 粒度对沉积环境的指示	117
6.2.2 碎屑矿物对沉积环境的指示	123
6.2.3 地球化学特征对沉积环境的指示	124
6.3 中全新世以来莱州湾沉积环境演变	135
6.4 小结	140
第 7 章 莱州湾沉积环境控制因素探讨	143
7.1 莱州湾现代沉积环境控制因素探讨	144
7.1.1 物源对沉积环境的影响	144
7.1.2 水动力对现代沉积环境的影响	146
7.2 莱州湾沉积环境演变控制因素探讨	147
7.2.1 海平面变化对沉积环境演变的影响	147
7.2.2 古气候变化对沉积环境演变的影响	147
7.2.3 历史上的黄河改道对沉积环境演变的影响	148
7.3 小结	148
第 8 章 主要结论和创新点	151
8.1 结论	152
8.2 主要研究成果	153
参考文献	155

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景与研究意义

莱州湾是中国渤海三大海湾之一,位于渤海南部,以黄河三角洲与渤海湾相隔,是山东省内重要自然资源地。莱州湾西北侧以黄河三角洲相隔而成,同时也是我国入海河流最多的海湾,因此莱州湾内陆海相互作用强烈^[1-5]。黄河是我国第二大河流,于莱州湾西北部入海,含沙量高,其携带的泥沙占渤海周边河流总输入的90%左右^[6],黄河物质输入与扩散对莱州湾沉积格局的形成和塑造具有重要影响;同时,莱州湾南部中小河流如小清河、潍河等河流密集,莱州湾东部砂质海岸泥沙运动活跃,河流与沿岸物质侵蚀是莱州湾沉积物的重要来源^[7-12],陆海相互作用奠定了莱州湾独特的沉积特征。

目前,国内许多学者对莱州湾海域现代沉积特征及其沉积环境演变进行了大量研究并取得了一系列研究成果,研究成果主要集中于黄河物质扩散及河口变迁、莱州湾现代沉积环境及沉积记录等方面。但是,目前针对莱州湾现代沉积环境及其环境演变的研究仍存在几个科学问题:一是莱州湾现代沉积特征受水动力环境、物源输入等的影响,针对莱州湾陆海相互作用下沉积物物源、沉积动力环境对表层沉积物的影响还没有进行全面细致的探讨;二是针对中全新世以来莱州湾中部沉积环境演变以及对古环境(古气候、历史黄河改道)的响应尚未进行深入研究;三是开展上述科学问题的研究,需要借助有效的替代指标来加以说明,需要对如何从包括粒度、元素、碎屑矿物等众多沉积学指标中提取最有效的信息说明上述问题进行探索。

因此,本文根据“中国近海海洋综合调查与评价专项”中莱州湾表层以及柱状沉积物的粒度、矿物和地球化学数据,综合分析中全新世以来莱州湾沉积物的粒度、矿物和元素地球化学特征,揭示陆海相互作用下的莱州湾现代沉积作用规律及控制因素,恢复中全新世以来莱州湾中部沉积环境记录,探讨莱州湾沉积环境演变与古环境的响应关系,为研究莱州湾区域气候环境变化和陆海相互作用下的沉积过程提供有益补充,同时对莱州湾资源开发与环境保护也具有较强的现实意义。

1.2 研究现状与存在问题

1.2.1 黄河流路变迁与泥沙运动的研究

黄河改道的历史较为复杂,黄河尾间的频繁摆动在不同时期塑造了多个三角洲叶瓣,这些叶瓣叠覆起来形成了复杂的黄河三角洲沉积体。8500 a B. P. 左右黄河向北流注入渤海,随后直至 7000 a B. P. 左右在海面上升的过程中并没有形成黄河水下三角洲^[13, 14]。黄河在 6000 a B. P. 以后的时间里基本上保持稳定状态,河口处有足够数量的沉积物堆积,形成连续的黄河三角洲。由于下游河道的摆动,故形成了分布于渤海和黄海西岸的 10 个超级叶瓣。晚更新世末以来黄河的流向、黄河三角洲见图 1.2-1、表 1.2-1。

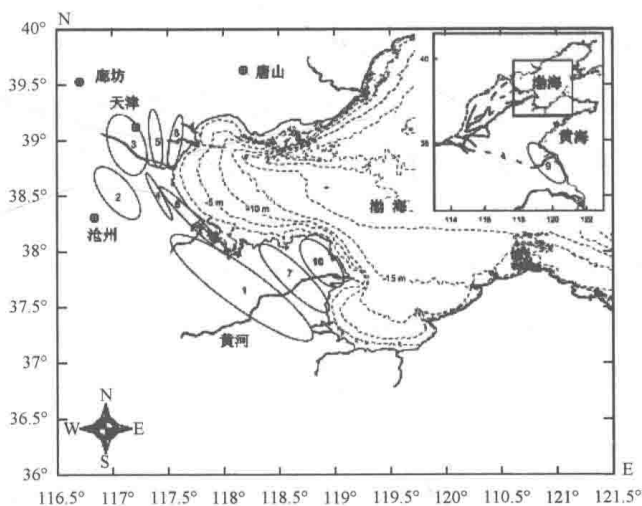


图 1.2-1 晚更新世末以来黄河河道变迁^[15]

各超级叶瓣的形成年龄:1—利津(6000 a B. P. —5000 a B. P.)、2—黄骅(5000 a B. P. —4500 a B. P.)、3—苟各庄(4500 a B. P. —3400 a B. P.)、4—沙井子(3400 a B. P. —3000 a B. P.)、5—泥沽(3000 a B. P. —602 B. C.)、6—歧口(602 B. C. —A. D. 11)、7—垦利(A. D. 11—1048 年)、8—塘沽(1048—1128 年)、9—苏北(1128—1855 年)、10—现代(1855 年至今)

表 1.2-1 晚更新世末以来黄河的流向、黄河三角洲及形成环境^[16]

年代	入海口位置	三角洲	环 境
11000 a B. P. — 9600 a B. P.	渤海海峡	北部黄河三角洲 (山东泥楔)	海面上升缓慢,夏季季风增强,入海泥沙增多,辽河、滦河、海河等河汇入黄河,入海泥沙比现在的粗
9600 a B. P. — 8500 a B. P.	苏北北部	南黄海黄河三角洲,黄河-长江复合三角洲之一部分	海面上升过程中,长江口在黄河口南 100 多千米,长江口沙体减弱黄河入海泥沙向南搬运
8500 a B. P. — 7000 a B. P.	渤海西岸	没有形成黄河水下三角洲	海面上升过程中,辽河、滦河、海河等河不再汇入黄河,入海细粒沉积物易被悬浮搬运
7000 a B. P. — 602 B. C.	渤海西岸	多期黄河三角洲	7000 a B. P. —6000 a B. P. 海面上升缓慢,6000 a B. P. 以来海面基本稳定。由于特别高的含沙量和输沙量,黄河河道双重摆动(分流河道和下游河道)导致了(超级)叶瓣的双重迁移

黄河输送入海的泥沙量巨大,针对黄河入海泥沙扩散和沉积方面的研究成果非常丰富。杨作升等人根据黄河口海域表层沉积物的分析结果确定了黄河口海区细粒沉积物某些成分的特征及其分布特点,并对黄河沉积物入海后的运移扩散进行了分析^[17]。胡春宏首先对黄河口潮流场等海洋动力环境进行了分析,研究得出黄河口泥沙在洪枯季节综合运输结果是向东北方向扩散,并且在目前河口的海洋动力环境条件下约有 40% 的泥沙输往深海^[18]。李国胜等基于以利津站为代表的黄河入海径流和泥沙数据驱动 ECOMSED 模型,对黄河入海泥沙悬移输运过程逐月时空变化、输送通量以及海底沉积效应进行了数值模拟实验^[5]。

在黄河物质识别方面,孙白云对黄河、长江和珠江沉积物中碎屑矿物的组合特征进行了细致的分析,认为方解石是黄河沉积物的特征矿物^[19]。李国刚和秦蕴珊分析了中国近海表层样品中的方解石含量,并探讨了其在指示黄河物质运移扩散中的优势和不足^[20]。赵一阳等在北黄海、海阳以东、老黄河口及南黄海中部的泥质区取样并测定了元素含量,受黄河影响的泥质区中 Mn/Fe, Ca/Ti, Sr/Rb 和 Ca/K 值比较高^[21, 22]。范德江针对东海陆架物源组成的特点以 Na₂O, K₂O, CaO, Sr, MgO, TiO₂, Al₂O₃ 为指标运用非线性规划数学模型计算了东海陆架北部表层沉积物细粒级部分中长江、黄河来源的各自贡献^[23]。

1.2.2 莱州湾现代沉积环境研究现状

莱州湾现代沉积环境研究主要集中于沉积速率、水动力环境、悬沙输运以及表层沉积物的粒度特征、元素地球化学特征、物源等方面。

沉积速率方面,杨松林、程义吉等人对莱州湾海域现代沉积速率和沉积通量、黄河口处冲淤速率进行了研究^[24, 25],对了解黄河物质对莱州湾沉积作用的影响提供了依据^[25],孙连成对莱州湾南部近岸泥沙输运及淤积规律进行了综合研究^[26]。

水动力环境方面,赵保仁等人最先对渤海潮流场与沉积物输运进行了研究^[27, 28],探讨了渤海环流、潮余流对沉积物分布的影响,但对莱州湾沉积物与水动力环境响应关系的研究并不细致;房宪英、汤毓祥及徐洪达等人对莱州湾潮流场进行了数值模拟研究,分析了莱州湾潮流场变化特征^[29-31],但是针对潮流场并无详细介绍。

沉积物的粒度特征是海洋表层沉积物基本性质之一,与沉积环境息息相关。因此,粒度分析在沉积环境的研究中被广泛应用,通过沉积物粒度特征的研究可有效判定沉积物的运移方式以及反映水动力环境^[32-36]。张盼、陈明波、陈文良等人对莱州湾东、西部沉积物粒度特征进行了探讨,并在此基础上研究了沉积物运移趋势以及粒度与沉积动力环境之间的响应关系^[37-41],但从整个莱州湾角度出发,沉积物粒度与水动力之间的响应关系有待完善。关于沉积物粒度与沉积环境之间关系的研究较多,如史经昊等从海湾沉积物来源、特征、沉积速率和地貌体系4个方面初步探讨了人类活动对海湾沉积环境的影响^[42];王中波、徐东浩、王伟等人根据粒度特征探讨了辽东湾、南黄海、东海的粒度分布特征、沉积物类型以及所指示的沉积动力环境^[43-45];王蒙光、张晋、肖晓等人根据沉积物粒度数据,并依据沉积动力环境分区的方法对现代沉积环境进行了分区研究^[46-49]。前人关于粒度与沉积环境之间响应关系的探索研究对于进一步研究莱州湾表层及柱状样沉积物中粒度及其反映的沉积动力环境提供了科学方法和技术路线。

关于黄河物质悬浮泥沙输运方面,刘艳霞、陈斌等人选用卫星影像以及实测悬沙资料对莱州湾西南近岸以及整个莱州湾海域表层悬浮泥沙运动规律进行了分析^[50-52],江文胜等对莱州湾的底质类型和悬浮物的分布形态进行了研究^[53]。毕乃双、于帅、乔淑卿等人研究了黄河三角洲毗邻海域悬浮泥沙扩散以及季节变化效

应^[54-56],对于研究黄河物质作为莱州湾沉积物主要来源具有重要意义。

沉积物物源方面,王昆山、乔淑卿等研究了黄河口和莱州湾内表层沉积物中的碎屑矿物以及黏土矿物,阐明了莱州湾矿物分布特征及黄河入海泥沙主要输运方向^[3, 57],但是对于莱州湾碎屑矿物分区与物源、沉积动力环境之间的关系需要进一步探讨。沉积物物源研究方法较多,如王昆山(2003—2013年)利用表层沉积物重矿物的组合、分布特征,对南黄海潮流沙脊区、南黄海和东海北部陆架、长江水下三角洲、黄河口及莱州湾的沉积物来源进行了研究^[57-59]。方建勇基于厦门湾表层沉积物数据探讨了沉积物的运移趋势及物质来源等,并结合柱状样进一步揭示了沉积物特征与沉积环境的关系^[60]。刘忠诚分析了辽东湾海岸带沉积物的碎屑矿物特征,并结合河流矿物、柱状样矿物,推断了各区物质来源,探讨了粒度、矿物对沉积环境的响应^[61]。

莱州湾元素地球化学方面的研究主要集中于重金属环境地球化学方面,刘金虎、胡宁静、罗先香等人对莱州湾重金属分布规律、来源及污染程度进行了研究,揭示了莱州湾内元素分布特征及来源^[62-64],但是目前并没有文献系统地研究莱州湾常微量元素分布、组合特征以及从地球化学角度反映莱州湾的海洋沉积学信息。元素地球化学能够反映沉积环境的某些指标,沉积物常量及微量元素分析、放射性元素及稀土元素分析等在识别沉积环境方面具有重要意义^[65]。金秉福、熊小辉等认为海洋沉积环境和物源示踪研究中的元素地球化学方法起着非常重要的作用,研究元素的组成、相对含量和元素分布等对沉积物来源、沉积环境和古海洋学事件具有指示作用^[66, 67]。马玉、崔振昂、高志友等人利用地球化学元素特征研究了表层沉积物中地球化学元素的物源指示意义^[68-70]。石学法利用中国东部近海沉积物地球化学数据系统阐明了常、微量元素的分布规律及其控制因素,恢复了全新世以来古气候演化历史^[71]。前人关于元素地球化学与沉积环境之间关系的探索研究对于研究莱州湾沉积物的元素地球化学和沉积环境之间的关系提供了化学指标和物源识别等方面的基础理论和方法。

1.2.3 莱州湾沉积环境演变研究现状

(1) 沉积环境演变

针对莱州湾沉积环境演变,前人也做过相关研究,彭子成利用热释光测年和地

球化学标志法对莱州湾地区的钻孔岩芯样品进行了测定,研究了十万年以来莱州湾地区的沉积环境变化^[72]。李琰通过莱州湾南岸岩心资料解释了莱州湾南岸平原28 ka 以来的沉积学记录,并讨论了其环境意义^[73]。刘恩峰等人利用孢粉组合探讨了120 ka B. P. 以来莱州湾南岸被咸水入侵区的植被发展以及气候的冷暖、干湿交替变化^[74]。

周江探讨了莱州湾东部平原在全新世海侵以来三个主要地质事件:8 ka B. P. —7 ka B. P. 海侵层与陆相层之间的不整合沉积间断地质事件;7 ka B. P. —6 ka B. P. 海侵范围达到最大,即中全新世温暖气候事件;在4.5 ka B. P. 左右出现的明显降温事件^[75]。庄振业等人圈定了莱州湾海域6000 a B. P. 左右最大海侵时的古海岸线,6000年以来黄河在原始海岸上不断交替进积^[82]。

莱州湾沉积环境记录方面的研究为本文探讨研究区内沉积物特征及沉积环境变迁奠定了基础。但是目前关于莱州湾沉积环境演变的研究仍然只集中于莱州湾南部和东部近岸,对莱州湾中部地区自中全新世以来的沉积环境演变研究仍未深入。沉积环境演变研究方法目前已经较为完善,如王珊珊通过对珠江口临近海域3个晚更新世以来沉积岩心的粒度、碎屑矿物、微量元素以及微体古生物和测年数据等进行综合分析和对比,综合研究了该区环境演变的过程^[76]。王亮、张亮、刘潇等人利用沉积物钻孔的地球化学、粒度、黏土矿物数据等对沉积环境演变历史包括古气候、东亚季风等进行了探讨和反演^[16, 77-81]。

(2) 古岸线与海平面变化

庄振业圈定了莱州湾海域6000 a B. P. 左右最大海侵时的古海岸线,6000年以来黄河在原始海岸上不断交替进积(图1.2-2)。四条贝壳堤古岸线的年代是5000 a B. P. 左右、3500 a B. P. 左右、200 a B. P. —100 a B. P. 和50 a B. P. 以来^[82]。

根据前人研究,莱州湾地区在9200 a B. P. 前遭遇海水侵入滨海平原地区,在7000 a B. P. 左右海平面已经上升到接近现今海面,约为-5 m;5600 a B. P. 前,海侵达到高峰。Ⅴ贝壳堤形成之初(4740 a B. P.)时气候温干,海平面有所降低(为0.88 m)。到Ⅳ贝壳堤形成前(3920 a B. P. 左右)平均海平面略有回升。约800 a B. P. 左右,海水退到现今海岸线的位置^[83]。

目前,关于莱州湾海平面和古岸线变化的研究脉络已经较为清晰,但针对莱州湾沉积记录与海平面变化的对应关系的研究较少,本文利用435孔沉积物资料对莱州湾沉积记录和现有的海平面变化进行了对比研究。

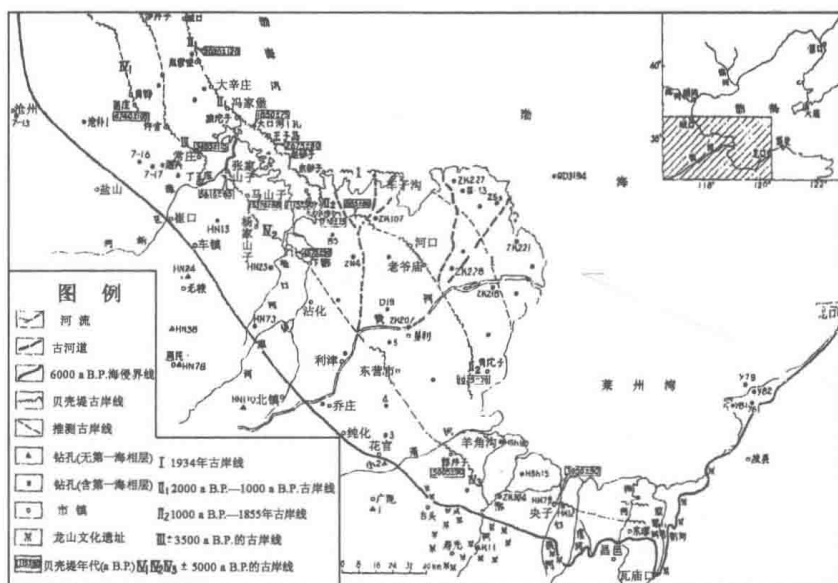


图 1.2-2 渤海南岸 6 000 年以来古岸线^[82]

1.2.4 存在的主要科学问题

从莱州湾目前研究现状可以看出,莱州湾海洋沉积地质学方面的研究成果主要集中于黄河物质扩散及河口变迁、莱州湾现代沉积环境及沉积记录等方面。但是,针对莱州湾现代沉积环境及环境变迁,目前的研究文献和资料仍存在几个科学问题:一是莱州湾现代沉积特征受水动力环境、物源输入等的影响,截止目前还没有对莱州湾表层沉积物特征与物源(黄河、短源河流等)、水动力环境的响应关系进行全面细致的探讨;二是尚未对莱州湾中部地区自中全新世以来的环境演变以及对古环境变化(古气候、历史黄河改道)的响应进行深入研究;三是上述科学问题的研究,需要借助有效的替代指标来加以说明,需要对如何从包括粒度、元素、碎屑矿物等众多沉积学指标中提取最有效的信息说明上述问题进行探索。

1.3 研究内容与研究路线

本文依托莱州湾海域区域地质调查数据,开展表层沉积物及柱状样的粒度、碎

屑矿物以及地球化学分析,从沉积物空间分布、影响因素、分区特征等角度研究莱州湾表层沉积物特征,揭示陆海相互作用下莱州湾现代沉积作用规律及控制因素,恢复莱州湾中部地区自中全新世以来的沉积环境演变。

主要研究内容如下。

(1) 莱州湾现代沉积特征研究

利用沉积物粒度、矿物、元素地球化学等指标探讨莱州湾现代沉积作用规律,揭示水动力环境、黄河及短源河流物源对沉积物特征的影响。

(2) 中全新世以来莱州湾沉积环境演变

以柱状样沉积物有孔虫 AMS ^{14}C 测年数据建立年代地层框架,分析粒度、碎屑矿物及常微量元素组成特征,通过元素组合等替代指标恢复莱州湾中部地区沉积环境演变过程。

本书研究工作技术路线示于图 1.3-1。

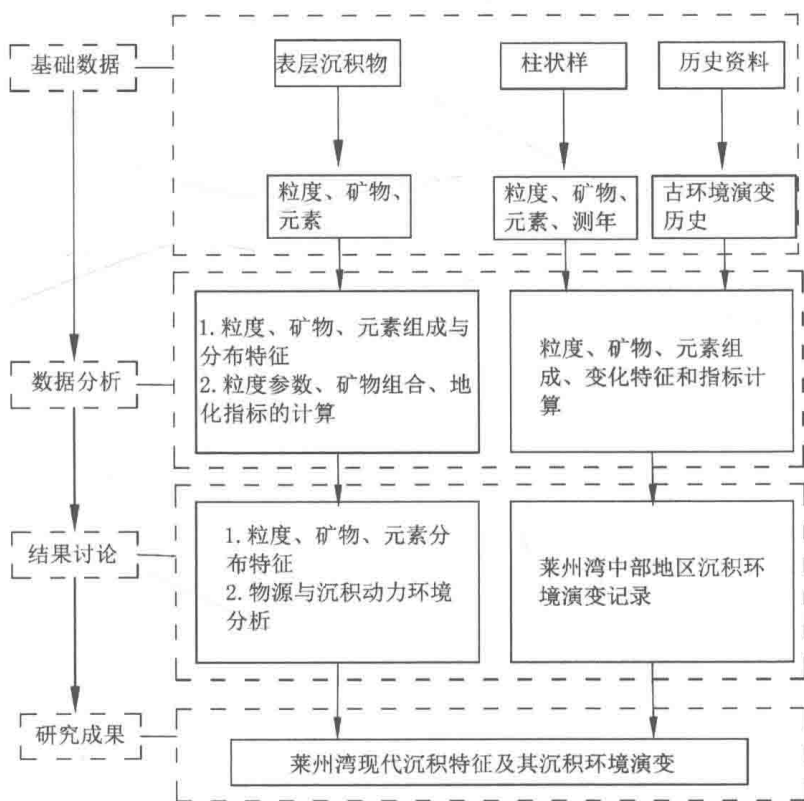


图 1.3-1 研究工作技术路线图

