

学校编码：10384
学号：22420081151513

密级_____

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

閩江口表层沉积物特征及其环境指示意义

Characteristics of Surface Sediment And Their
Hydrodynamic Implications in Minjiang Estuary

罗时龙

指导教师姓名：李超 副教授

专业名称：海洋地质

论文提交日期：2011年5月

论文答辩时间：2011年6月

学位授予日期：2011年 月

閩江口表层沉积物特征及其环境指示意义

罗时龙

指导教师：
李超 副教授

廈門大學

2011年6月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月

摘要

本论文将流域—河口(湿地)—邻近海域作为一个整体系统考虑,对闽江口表层沉积特征及其环境指示意义进行了初步探讨。在广泛收集前人资料和野外调查采样及室内分析的基础上,利用研究区的沉积物粒度特征、碎屑矿物特征和沉积物中有孔虫的分布特征,阐述了沉积物特征和沉积环境之间的关系,取得了一定的研究成果。

1. 采用优势粒级法,结合福克法(含砾)对闽江口表层沉积物进行分类研究。结果表明,闽江口底质主要有5种类型:第1种类型,砾含量较高,为砾质中粗砂(gMCS)和砾质粗砂(gCS);第2种类型,以中粗砂(MCS)为主;第3种类型,以粗中砂(CMS)为主;第4种类型,以中砂(MS)和细中砂(FMS)为主;第5种类型,为细砂(FS)。

根据沉积物类型的差异,把研究区划分成4段。I段,包括大樟溪、北支解放大桥以上河段和南支螺洲以上河段,沉积物类型为第1、2种类型。该段属于近口段上段,以径流作用为主,枯水期受潮流影响显著,水动力相对较强。II段,包括北支解放大桥以下至马尾河段和南支螺洲以下至马尾河段,沉积物类型为第4种类型。该段处于近口段下段,由径流、潮流相互作用逐渐演变成以潮流为主,由于闽安峡谷的颈缩效应,所以该段水动力相对较弱。III段,包括马尾以下河段至内沙浅滩,沉积物类型为过渡类型。该段处于河口段,径流、潮流和波浪三项水动力因素叠加,但径流最弱,落潮流和波浪占优势,沉积环境复杂。IV段,内沙浅滩以东部分,沉积物类型为第5种类型。

2. 研究区共鉴定表层沉积物碎屑矿物37种,其中轻矿物7种,重矿物30种,以及一定数量的岩屑和生物碎屑(包括有孔虫和硅藻壳体等)。碎屑矿物中轻矿物平均含量90.75%,重矿物平均含量9.25%。轻矿物中以石英、斜长石、正长石、白云母和绿泥石为主。重矿物中以磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、钛铁矿、普通角闪石、绿帘石、普通辉石、磷灰石、黑云母、白云母和锆石为主。

闽江口物源具有单一性和继承性,其母岩是岩浆岩及其变质岩。由碎屑矿物指数分析得出,闽江口水动力环境复杂,特别是重矿物的含量及分布特征与沉积环境密切相关。

3. 从闽江口 25 个表层沉积物样品中共鉴定出有孔虫 18 属 40 种, 包括不定种及相似种。其中浮游种 10 种, 底栖种 30 种, 绝大部为钙质透明壳, 瓷质壳只见两种, 未见胶结壳。闽江口有孔虫丰度值与水体盐度分布不相关, 且个体较小; 有孔虫多样性指数和优势度均较低, 低于一般河口和浅海陆架, 而且有孔虫组合分带不明, 广盐种和窄盐种混生; 有孔虫分布特性和某些碎屑矿物的分布特性有一定的相关性。结合水动力因素分析, 闽江口内有孔虫为潮流搬运而来的异地理藏群, 且由此推知闽江口潮流界位置已上延至竹岐以上。

关键词: 闽江口; 粒度分析; 碎屑矿物; 有孔虫; 沉积环境

Abstract

Based on the principle of the River-Estuary-Offshore area is a dynamic system, the characteristics and their hydrodynamic implications of surface sediment from Minjiang Estuary are studied in the paper. According to the extensive collection of former data and the scientific and strict analysis of samples from field study, the relationship between the characteristics of the surface sediment and the sedimentary environment was discussed by the analysis of grain size, detrital mineral and the distribution of foraminifer. Some conclusions as follows:

1. Associated with Folk's classification of clastic sediments, the classification of clastic sediment in the specifications for oceanographic survey issued by State Oceanic Administration of China in 1975 was adopted in the paper. The surface sediment of Minjiang Estuary were classified into 5 types, Type1 are gMCS and gCS with high percentage of G(gravel); Type2 are CS, MCS and CMS(the percentage of MS is higher than CS slightly); Type3 are CMS and MCS(the percentage of CS is higher than MS slightly); Type4 are MS and FMS; Type5 is FS.

Minjiang Estuary is divided into 4 parts according to the grain size of the sediment. Part I , Type1 and Type2 included, MCS dominant, Dazhang Stream, above the Liberation Bridge on the northern branch and Luozhou at the southern branch covered. This reach(Part I) can be influenced by tidal current, but runoff current is dominant. Part II , Type4 included, MS dominant, reach between Liberation Bridge, Luozhou and Mawei Port covered. This reach(Part II) can be influenced by tidal current and runoff current, but tidal current is more and more important. PartIII, Type2 and Type3 included, CMS dominant, below Mawei Port to inside shoal covered. This area(PartIII) can be influenced by tidal current, runoff current and waves, but tidal current and waves are dominant. PartIV, Type5 included, FS dominant, the east of inside shoal covered.

2. 37 kinds of detrital minerals(detrital rock and organic segments included) can be identified from surface sediment samples from Mijiang Estuary. The average

percentage of 7 kinds of light minerals can reach 90.75%, but that of the other 30 kinds of heavy minerals just reach 9.25%. The light minerals are mainly Quartz, Plagioclase, Orthoclase, Muscovite and Chlorite. The heavy minerals are mainly Magnetite, Hematite, Limonite, Ilmenite, Hornblende, Apatite, Epidote, Augite, Biotite, Muscovite and Zircon.

The sources of the detrital minerals in the surface sediment from Minjiang Estuary are single and can be traced back to the bedrock(magmatic rock and metamorphic rock) of Mijiang River drainage area according to the research results. The composition, concentration, and distribution characteristics of the detrital minerals are not only related to the sources, but also controlled by hydrodynamic condition and sedimentary environment in Minjiang Estuary.

3. More than 40 species 18 genera of foraminifer are identified from the 25 surface sediment samples of Minjiang Estuary, among which 10 species are planktonic foraminifer and 30 are benthic species. They are mainly hyaline group with percentage of 95.12%, only two species were found belong to porcellaneous group, and arenaceous group weren't found.

The abundance of foraminifer in surface sediments doesn't relate to the distribution of salinity, the S and H(S) and dominance index are all smaller than the ordinary estuaries and offshore area, euryhaline species and stenohaline species were mixed and didn't have positive assemblages, and there is a correlation between distribution of foraminifer and some certain minerals. Taking hydrodynamic factors into account, we concluded that the foraminifer faunas in Minjiang Estuary had been transported from the offshore area by tidal current; it infers that the tidal current can be at least reached Zhuqi Station during dry seasons.

Key words: Minjiang Estuary; Grain size analysis; Detrital mineral analysis; Foraminifer; Sedimentary environment

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	III
CONTENTS	VII
第 1 章 绪论	1
1.1 选题依据与研究意义	1
1.2 闽江口研究现状	1
1.2.1 区域地质及古地理研究	1
1.2.2 沉积动力学研究	5
1.2.3 河道演变研究	6
1.2.4 其它方面的研究	8
1.3 本论文研究内容	8
1.3.1 存在的问题	8
1.3.2 研究内容	8
参考文献	10
第 2 章 研究区域概况	13
2.1 研究区域自然地理状况	13
2.1.1 研究区域地理位置	13
2.1.2 研究区气候	13
2.2 研究区域地质概况	15
2.3 河口发育与演变	15
参考文献	17
第 3 章 材料与方 法	18
3.1 样品采集	18
3.2 样品分析	18
3.2.1 粒度分析	18
3.2.2 碎屑矿物分析	21

3.2.3 有孔虫分析	22
3.3 数据分析	23
3.3.1 主成分分析原理	23
参考文献	26
第 4 章 沉积物特征及其环境指示意义	27
4.1 粒度分析	27
4.1.1 沉积物分类命名	27
4.1.2 沉积物粒度图解	33
4.1.3 沉积物粒度参数分析	44
4.1.4 小结	50
4.2 碎屑矿物分析	50
4.2.1 碎屑矿物组成	50
4.2.2 碎屑矿物分布特征	52
4.2.3 碎屑矿物指数讨论	62
4.2.4 小结	67
4.3 有孔虫分析	68
4.3.1 有孔虫属种组成	68
4.3.2 有孔虫数量分布特征	68
4.3.3 有孔虫分布与底质矿物特征	73
4.3.4 小结	73
参考文献	75
第 5 章 结论与展望	78
5.1 结论	78
5.2 创新点	79
5.3 展望	80
附表	81
图版	99
致谢	104

Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter1 Introduction	1
1.1 Basis and significance	1
1.2 Research status at Minjiang Estuary	1
1.2.1 Regional geology and paleogeography	1
1.2.2 Sedimentary dynamics.....	5
1.2.3 Change of channel	6
1.2.4 Other respects	8
1.3 Research contents	8
1.3.1 Issues.....	8
1.3.2 Contents.....	8
References	10
Chapter 2 General introduction of Minjiang Estuary	13
2.1 Natural geographical conditions	13
2.1.1 Geographical position.....	13
2.1.2 Climate	13
2.2 Geological conditions	15
2.3 Development and evolution	15
References	17
Chapter 3 Samples and Analyzing method	18
3.1 Sampling	18
3.2 Sample analysis	18
3.2.1 Grain size analysis.....	18
3.2.2 Detrital mineral analysis.....	21
3.2.3 Foraminifer analysis	22
3.3 Data analysis	23

References	26
Chapter 4 Sedimentary characteristics and their environmental implications	27
4.1 Grain size analysis	27
4.1.1 Classification of sediments	27
4.1.2 Grain size diagram	33
4.1.3 Grain size parameter	44
4.1.4 Brief summary	50
4.2 Detrital minerals analysis	50
4.2.1 Composition	50
4.2.2 Distribution	52
4.2.3 Discussion of index	62
4.2.4 Brief summary	67
4.3 Foraminifer analysis	68
4.3.1 Species	68
4.3.2 Distribution	68
4.3.3 Correlation with detrital minerals	73
4.3.4 Brief summary	73
References	75
Chapter 5 Conclusions and outlooks	78
5.1 Conclusions	78
5.2 Innovative points	79
5.3 Outlooks	80
Appendix	81
Plates	99
Acknowledgements	104

第1章 绪论

1.1 选题依据与研究意义

本论文以福建省重点科技项目—闽江物质输送对闽江口及其邻近海域的影响为依托，开展了论文的研究工作。

闽江是福建省的母亲河，占全省面积的一半，她是福建省淡水渔业的摇篮、水电资源的宝库、重要的水运通道、沿岸人民的水源地、也是工农业生产发展与人民赖以生存的保障。来自闽江的泥沙与营养盐、有机质等还是形成福州平原、闽江口湿地以及闽东、闽外渔场的主要物质来源。闽江流域环境及其生态保护、资源开发对福建省乃至海西的经济建设具有重要意义。

随着闽江流域各种自然资源开发强度与广度的增大：水利工程及挖砂、畜禽及淡水鱼类的养殖、工农业及生活污水排放的增加，已改变了流域内径流量、泥沙量、营养盐及污染物的数量与分布，进而影响了地表水质量、水体自净能力、淡水鱼类的质量与数量、河口湿地环境、乃至近海渔场的水质和生态系统，并造成了水体污染(部分河段已达地表水V级，河口及邻近海域赤潮频发)、渔业资源萎缩、河口湿地退化等等环境与生态问题，制约经济社会的可持续发展。

本论文将流域—河口(湿地)—邻近海域作为一个整体系统考虑，从闽江口表层沉积物粒度分布特征、碎屑矿物沉积特征以及表层沉积物中有孔虫的分布特征入手，初步探讨了闽江口表层沉积物特征和沉积环境之间的关系，为闽江及其邻近海域的环境保护与生态修复提供相应的参考资料。

1.2 闽江口研究现状

通过文献研读，近30年来闽江口的研究主要集中在以下几个方面，涉及到地质、古地理、沉积动力、水文、河道演变等。

1.2.1 区域地质及古地理研究

1.2.1.1 区域地质

根据福建省地矿局区调队的调查研究^[1]，福建省区域地质构造经历了复杂的地质发展历史。研究从地层及沉积作用、火山岩及火山作用、侵入岩及侵入

作用、变质岩及变质作用和区域地质构造演化等五个方面入手,利用地层发育、沉积建造、古生物面貌和构造形态等基本信息,说明福建省区域地质构造经历了扬子—加里东、华力西—印支、燕山和喜马拉雅四个构造旋回。

福建省区域内以岩浆岩和变质岩为主,沉积岩零星分布,岩石类型多种多样。其中,火山岩岩类由超基性、基性、中性、酸性均有分布,火山喷发时期主要集中在晚元古代、石炭纪、侏罗—白垩纪和新近纪,尤以晚侏罗—早白垩纪最为强烈;侵入岩岩类亦由超基性、基性、中性、中酸性和酸性岩等构成,按侵入时代可划分为加里东期、海西—印支期、燕山早期、燕山晚期和喜马拉雅期等;变质岩分布亦较广泛,可划分为加里东、印支和燕山等三个时期。

韦德光等^[2]以前人的资料为基础,将福建省内划分成四个构造带和三个地块(地体或块体),如图 1-1 所示。四个构造带,南平—宁化—岩浆带、政和—大埔断裂带、平潭—东山构造—杂岩带和一个韧性剪切及推覆构造;三个地块,闽西北地块、闽西南地块和闽东地块。

研究表明,自晚太古代以来,福建始终是个构造活跃区。在各地史时期所发生的构造运动,在福建都有明显或强烈的反映,因而福建各地块没有长期稳定期。如闽西北地块,加里东运动奠定其基本构造轮廓之后,相对稳定,但中生代又有燕山期构造—岩浆活动加入。福建在古近纪曾一度处于造陆、整体隆升状态,但新近纪,尤其第四纪以来地壳运动又重新活跃,诸如地震频繁、热泉众多,还形成了如福州这样规模相当大的断陷盆地。因而福建可能已进入新的造山活动史。

1.2.1.2 古地理研究

二十世纪八九十年代,分别由中国科学院海洋研究所、华东师范大学河口海岸研究所、同济大学海洋地质系、南京大学海岸与海岛开发国家重点实验室及国家海洋局第三海洋研究所等科研单位相继对台湾海峡西岸、福建沿岸、闽江口、九龙江口等区域进行了第四纪或晚第四纪的古地理和古环境研究。

王绍鸿^[3]根据台湾海峡西岸的五个钻孔岩心中的有孔虫、硅藻、软体动物、苔藓虫、棘皮动物和轮藻等化石群,就台湾海峡西岸的福州盆地、闽江口和厦门筲箕湖地区的第四纪地层、第四纪沉积环境等进行了研究。五个钻孔分别是:琅岐孔,位于闽江口琅岐岛的琅岐镇,第四系岩心 65m;瑄头孔,位于闽江口

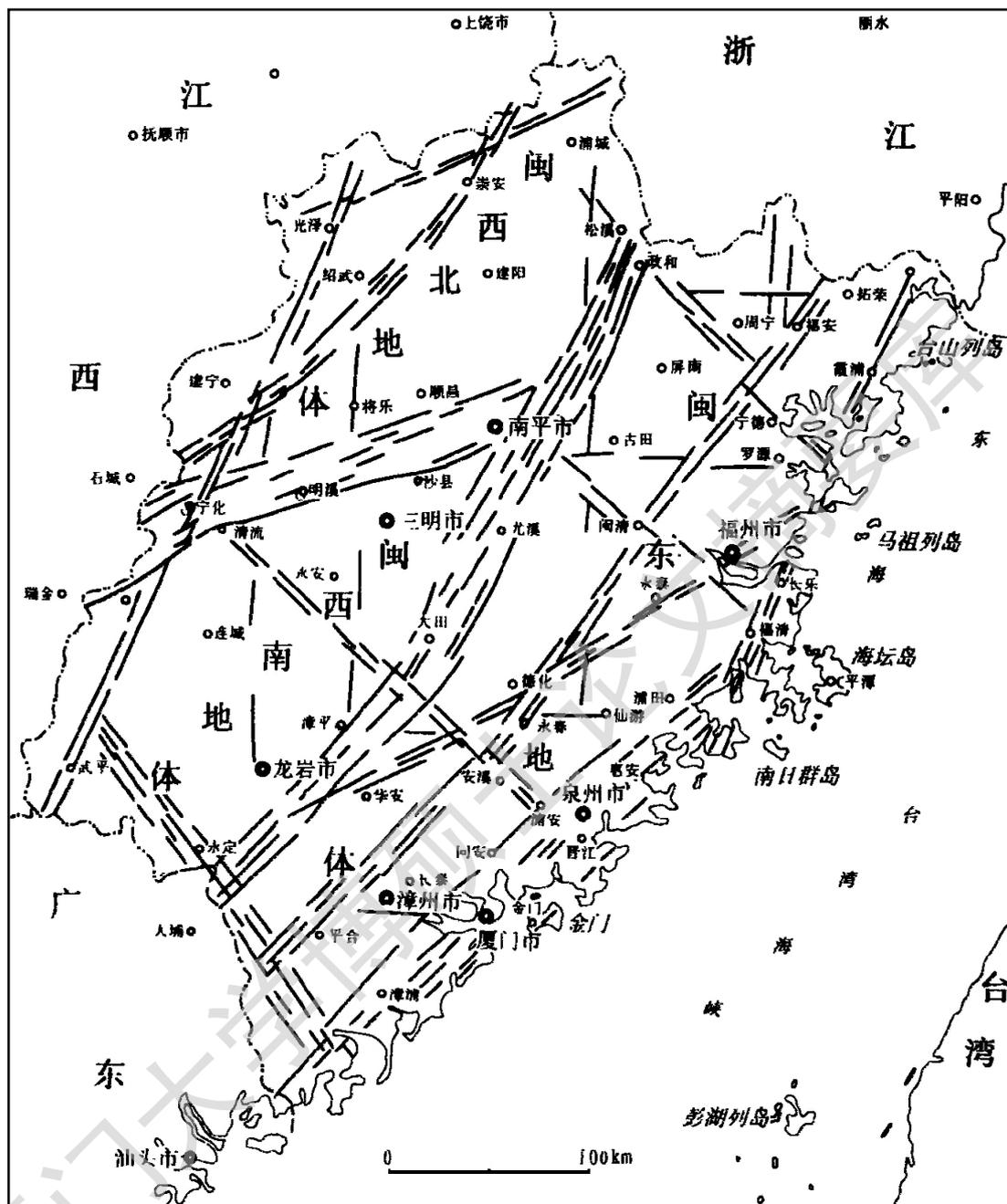


图 1-1 福建省断裂带及构造单元划分

Fig. 1-1 Tectonic zones in Fujian province

(据韦德光等^[2], 1997)

北岸的瑄头公社，第四系岩心 21.3m；祥谦孔，位于乌龙江南岸的祥谦公社，第四系岩心 39.1m；上雁孔，位于福州市南台岛西北部的上雁村，第四系岩心 57.7m；筓筓港孔，位于厦门市筓筓湖第一排污场，第四系岩心 23.4m。

研究表明,古近纪、新近纪以及第四纪的更新世,闽江下游和筲箕湖地区,地壳长期处于剥蚀和侵蚀状态,许多地方形成了较厚的风化壳。早全新世,气候转暖,冰期结束,海平面上升,在海面到达现海平面位置以前,在东部沿海和陆架区的低洼处形成了许多湖泊和沼泽,堆积了许多泥炭和淤泥。中全新世,气候进一步变暖、变湿,海平面继续上升,海水沿着河谷等低洼处向陆地侵入,原来的河、湖等陆相环境逐渐转变为海陆过渡相和浅海相环境,并开始了相应的沉积作用,海侵最大位置时,福州盆地和筲箕湖全为海水淹没。晚全新世,距今约4000年前,海平面逐渐下降,海退开始,经过1000~1500年,海水推到现在的位置,福州盆地的海湾环境消失了,河流的作用又占据主导地位,在海侵层上沉积了冲积物和一些洪积物。台湾海峡西岸第四纪沉积地层,只保存有晚更新世以来的地层和全新世一次海侵层,与中国东部沿海其它岸段不同,浙江温州平原以北海岸的第四纪地层中,可见到3~8次海侵层。这说明福建东部沿海的新构造上升运动十分剧烈^[3]。

吴立成^[4]、杨蕉成等^[5]分别对闽江口琅岐岛的一钻孔岩心进行了古生物(孢粉、有孔虫和硅藻)、粒度和碎屑矿物的分析,阐明了第四纪闽江河口的演变历史及古地理特征。古近纪、新近纪至第四纪早期闽江流域以上升剥蚀为主,基岩表层普遍红土化,至第四纪早期,闽江已切穿了分水岭而袭夺其它河流,形成一条大河流,沙溪、富屯溪、建溪等河流归闽江,其流域面积和水量大大增加,从而增加了它的侵蚀力和搬运力。晚更新世晚期全球气候变冷,海平面下降,台湾海峡海底几乎全部出露,闽江下游沉积了冲积—洪积物,当时的闽江口在台湾海峡。晚更新世末,在琅岐岛周围开阔的河漫滩上,形成了湖沼并发育有湖沼相沉积。早全新世早期,末次冰期结束,全球进入冰后期,海平面不断上升,海水侵入闽江,琅岐岛周围处于湖沼—河口或滨海环境。中全新世,海平面继续上升,使闽江河口退至白沙附近,闽江下游成为溺谷,福州盆地处于河口湾环境。晚全新世,海平面基本稳定或略有下降,闽江沉积大量泥沙,河口逐渐下移至琅岐岛附近,形成现今的闽江口。总之,闽江口第四纪古地理沉积相依次经历河流冲积—洪积相、河流—湖沼相、湖沼—河口相、海湾相和河口相^[4,5]。

王开发^[6]等对福建沿岸的八个钻孔岩心的孢粉和硅藻进行综合分析,进一

步地分析和细化了福建沿岸晚第四纪的地层划分和气候变迁过程。认为晚第四纪共有七次海侵(或海进),且各次海侵(或海进)的影响范围差异较大。陈文瑞^[7]等对九龙江河口晚第四纪海平面变化的研究亦说明了晚玉木冰期九龙江口海平面升降频繁,期间出现三次低海平面,均为河流沉积环境。全新世冰后期发生大规模海侵,鼎盛时期高出现代海平面 5~10m。

总之,闽江口古近纪以后,特别是第四纪以来,海平面变动较频繁,岩相古地理环境变化复杂。

1.2.2 沉积动力学研究

祝永康等^[8]对闽江口外海滨段三角洲的水平沉积特征、垂向沉积特征、表层沉积物的机械分异规律及粒度参数特征做了论述,说明了闽江口三角洲地貌单元的独特性。潘定安等^[9,10]分析了闽江河口川石水道和口外通海航道的水文泥沙特性及内拦门沙和外拦门沙形成机制,认为内沙浅滩的口内段和口外段在形成机理上有明显差异,落潮流扩散、熨斗水道的落潮分流、涨潮会流及顶托是口内段形成的主要原因,水流扩散和分歧、盐淡水混合以及涨落潮流路分歧则是口外段形成的主要原因;洪水和入海水流的扩散是外沙浅滩形成的主要因素,梅花水道的演变对外沙浅滩变化有重要作用,此外波浪对外沙浅滩有一定的修饰作用。刘仓宇等^[11]对闽江河口沉积结构、河口沙坝类型及水动力进行了分析,将研究区(口外海滨段)底质划分为三个沉积区,包含七种沉积物类型,形成于不同的沉积环境;分别对川石水道、乌猪水道、熨斗水道、梅花水道及壶江水道的河口沙坝进行了描述,分成不同的类型。文中指出水动力的差异是造成沉积结构不同和河口沙坝类型不同的主要原因。郑志风^[12]在收集前人资料和实验分析的基础上,对闽江口水下三角洲的形成与演变做了全面系统的论述。首先,描述了水下三角洲的地貌特征,认为水下三角洲的发育深受地质构造与水动力条件的制约,闽江口三角洲属构造—潮控型三角洲,与典型的潮控三角洲差别较大。其次,综合分析了闽江口沉积物粒度特征、浅地层结构、柱状样及钻孔岩心、地震映象资料等,研究了水下三角洲的沉积特征、沉积环境及其演化规律,提出闽江口航道综合整治的对策。李东义^[13]根据闽江口四个站位洪水期大潮的同步观察资料,分析了闽江河口一个潮周期内悬浮泥沙的分布特征、底质再悬浮特征及泥沙的输运过程和机制。文中指出在洪水期悬沙浓度变化的主要

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库