文章编号:1000-0550(2020)02-0331-09

DOI: 10.14027/j.issn.1000-0550.2019.095

闽 北 近 岸 海 域 晚 更 新 世 以 来 沉 积 地 层 特 征 及 其 演化

徐承芬1,张勇2,孔祥淮2,胡刚2,毕世普2,年秀娟1,宁泽2,张晓波2

1.青岛海洋地质工程勘察院,山东青岛 266071

2.中国地质调查局青岛海洋地质研究所,山东青岛 266071

摘 要 根据2015年青岛海洋地质研究所地质调查船在闽北近岸海域采集的3 500 km高分辨率的浅层地震剖面资料,结合所 处海域水深35~40 m、长度90.2 m、穿过测线Z3 和测线L9 地震剖面的交叉处的一口地质岩芯ECS1601的分析,对闽北近岸海域 晚更新世以来的沉积地层进行了精细的划分。研究结果表明:闽北近岸海域浅层地震剖面,可以识别出5个地震层序,自上而下 分别为SU1(QT0-QT1)、SU2(QT1-QT2)、SU3(QT2-QT3)、SU4(QT3-QT4)、SU5(QT4-QT5);根据沉积特征和测年数据,地质岩芯 ECS1601可以划为4个沉积地层单元,从上往下依次命名为DU1、DU3、DU4、DU5(DU5a、DU5b、DU5c)。将两者进行对比发现, SU1对应于DU1,SU3对应于DU3,SU4对应于DU4,SU5对应于DU5。综合分析地震剖面和地质浅钻,建立了闽北近岸海域的年 代地层框架和沉积地层演化模式,探讨了研究区的沉积演化过程。

关键词 闽北近岸海域;晚更新世;沉积地层;沉积演化

第一作者简介 徐承芬,女,1991年出生,硕士,沉积学,E-mail: xuchengfen@sina.com

通信作者 张晓波,男,高级工程师,E-mail: qimgzy@163.com

中图分类号 P539.1 P736.2 文献标志码 A

0 引言

研究区位于福建省霞浦县以东,北纬26°~27°的 近海海域,蕴藏着丰富海陆相互作用的信息,是"源一 汇"效应的活跃区域四。前人对东海沉积特征的研究 已有很多[2-3], Liu et al.[4]从长江口外地区 22 m的水深 中回收了一个长35.60 m的岩芯(ECS-0702),分析了 其沉积特征,将岩芯分为4个沉积单元(降序排列为 DU1~DU4),代表了过去约13000年的冰川后沉积序 列。牛作民5认为,东海除冲绳海槽水下地形比较复 杂外,陆架区都较平缓,呈阶梯状由西北向东南缓慢下 降,长江等河流携带丰富的陆源物质入海是形成东海 陆架现代沉积的重要陆源。DeMaster et al.¹⁶研究表 明,在长江河口附近的内架沉积中,在100天的时间尺 度上,沉积速率高达每月4.4 cm。肖尚斌等⁷⁷通过对闽 北近岸海域表层沉积物底质类型、矿物及地球化学特 征的初步研究和分析,确定闽浙沿岸泥质沉积物的主 要物源区可能为长江流域。唐保根等®利用浅层地震

剖面对长江水下三角洲进行了研究,认为其存在两套 性质完全不同的岩层,上部为具有层理性、质地松软 的全新统前三角洲相沉积;下部为不具层理性、质地 致密的晚更新世湖相沉积。唐保根19-10对东海第四纪 地质岩芯进行了统一的划分和对比分析,构建了东海 陆架第四纪地层层序,从老到新依次为下更新统西湖 组、中更新统金鸡山组、上更新统西伶组、全新统海礁 组或下全新统鸡骨礁组、中全新统大斡山组、上全新统 嵘洒组。刘振夏等^[11-13]对钻孔 DZQ4 进行了深入的研 究和分析,并将其与氧同位素6期以来的6个地震地层 进行结合和对比,认为钻孔地层与氧同位素6期以来 的期次之间呈现很好的对应关系,发现氧同位素6期 以来共有四次海退一海进的沉积旋回。秦蕴珊等[1415] 对地质岩芯Ch1进行了详细的分析和研究,认为地质 岩芯Ch1记录了中更新世晚期以来的沉积演化过程, 并对晚更新世以来的环境演化和变迁做了深入的探 讨。吴自银等[16-17]利用1996年中法合作采集的长江 口至冲绳海槽区域的地震资料,结合地质岩芯DZQ4

收稿日期:2018-11-06;收修改稿日期:2019-11-19

基金项目:国家自然科学基金项目(41376079);海洋地质调查项目(DD20160137,DD20190205)[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41376079; Marine Geological Survey Project, No. DD20160137, DD20190205]

的岩性资料等特征,与氧同位素期次和全球冰期进 行了对比和分析。杨建明四对大量地质岩芯的微体 古生物硅藻和有孔虫化石组合以及¹⁴C测年结果进 行研究和分析,认为闽江河口近岸海域共发育两期 海侵沉积地层,说明晚第四纪期间,此区域至少经历 了两次海侵事件。李达¹⁰⁹对东海区域获得的浅层地 震剖面资料进行分析和解释,将东海西部海区分为4 个层序,9个地层单元,表明了此区域发生了四次海 侵和三次海退活动。陈聪等[20]通过对位于福建平潭 岛北部芦洋埔海积平原的地质岩芯PT01的分析,采 用加速器碳同位素(AMS¹⁴C)和光释光(OSL)测年建 立了该地区的地层年代框架,认为晚更新世富含有 孔虫等海相生物化石的地层应归属于 MIS5 高海面 期。虽然很多地质工作者对东海区域做了大量的探 讨和研究,但是,以往的研究工作大多集中分布在长 江水下三角洲地区或者外陆架附近,对闽北近岸海 域的研究相对较少,且缺少高分辨率的地震剖面资 料和更为精细的分析和研究。

本文基于一口地质岩芯(ECS1601)的粒度、微体 古生物和测年等实测资料和3500km过井浅层地震 剖面的解译和对比,对晚更新世以来闽北近岸海域 的沉积地层进行了精细的划分和对比,对其沉积和 环境演化特征进行了深入的探讨,以此为基础,重建 了闽北近岸海域晚更新世以来的沉积演化历史,推 测了其对海平面变化的响应,恢复了晚更新世以来 的沉积演化历史,丰富了东海近岸海域层序地层学 理论,对东海临近地区地层结构和演化特征的研究 起到了对比和借鉴作用;同时,该研究区发现了大量 古河道、浅层气等特殊地质体,对该区地质灾害防 治、地质演化历史研究等都具有重要的实际意义和 科学价值。

1 材料与方法

2015年,青岛海洋地质研究所在东海西部近岸 海域采集的3500km浅层地震剖面(图1)。声学记 录良好的范围为50~90m,垂向分辨率较好,高于 0.5m。剖面打印分辨率较高,地质信息记录良好。 采用的声波平均速率约为1550m/s。浅层地震剖面 的解释根据地震相反射特征和界面识别标志来进行 地层划分。主要步骤:首先在诸多地震剖面中,选取 了一条反射结构清晰、分辨率较高的剖面,然后对其 进行识别和解译,最后将其与剩余剖面进行对比分



析,最终在全区范围内形成界面的闭合。

钻孔 ECS1601 位于地震测线 L9 与 Z3 交点处,地 理坐标为 120°39′30″ E,26°50′36″ N,所处海域水深 35~40 m,长度 90.2 m,平均采取率为 92.20%。首先, 对地质岩芯的沉积特征进行了详细的描述,然后按 照 2 cm间隔对粒度进行了取样,按照 10 cm间隔对微 体古生物进行取样,选取了若干光释光测年样品试 分析,并据此绘制出地质岩芯的沉积柱状图。

2 材料分析与讨论

2.1 浅地层地震剖面特征

2.1.1 QT0反射界面特征

浅层地震反射界面QTO,振幅较强、连续性较好。 通过分析认为此地震反射界面表示海底,该地震反 射界面的起伏特征反映了研究区海底地形的起伏 变化。

2.1.2 SU1地震反射特征及其地质属性

在浅层地震剖面中,界面QT1在浅层剖面中非 常明显,可以在全区追踪和对比,可以作为反射标志 层。界面之上表现为近似平行、亚平行的反射特征, 界面之下呈现为混杂一波状、叠瓦状反射特征的古 河道沉积。在地震剖面的某些区域,可以发现一些 上超反射特征,认为该特征是海侵过程中海洋向陆 地方向的上超现象。与此同时还发现一些对下伏地 层表现为削截的现象,这种界面往往表现为在全区 内相对比较平直的特征(图2),这往往代表了古河道 地层对下伏地层的截切作用。

2.1.3 SU2地震反射特征及其地质属性

浅层地震反射界面QT2,在剖面中的特征为振幅 较高、能量较强。但是该界面不能连续追踪,局部区 域会有间断。该界面在地震剖面中表现为向下削截 下伏地层的反射特征,将其解释为一个侵蚀界面;同 时,该界面表现为高低起伏的特征,这代表了侵蚀深 度的变化,往往呈V或U形削截下伏地层。将其与 地质岩芯对比分析,认为QT2界面为上更新统上组 上段陆相(河流相)沉积地层(氧同位素2期)和上更 新统上组中段海相沉积地层(氧同位素3期)的分界 面。反射界面QT1与QT2之间的SU2代表了末次盛 冰期形成的陆相沉积或河流沉积。此外,在测线剖 面的古河道上部位置发现了大片的浅层气反射特征 (图3),因此,进一步佐证了此处古河道沉积地层的 存在。

浅层地震层序SU2上部往往表现为近似平行或 亚平行的反射特征,中部表现为相对明显的叠瓦状 反射特征(前积反射结构),层序最底部则表现为一 些填充型的乱岗型反射特征(图2)。其中,河道内部 前积反射结构,与上下反射层之间表现为斜交的层 理,与上部SU1和SU3层序中的平行或亚平行反射结 构形成鲜明的对比。

2.1.4 SU3地震反射特征及其地质属性

QT3地震反射界面在全区范围内普遍分布,可以

全区进行追踪和对比,而且分布范围相对较大。但 是在某些区域不能连续追踪,因为其被上覆的古河 道界面侵蚀切割,表现为断开缺失的反射特征,但是 沿着古河道一端区域继续追踪,直至古河道的另一 端,又可以连续进行追踪。

将其与钻孔进行分析和对比,反射界面QT3与QT2之间的层序表示为SU3,当反射界面QT2缺失时,QT3与QT1之间的层序表示为SU3,认为其对应于氧同位素3期。由于此期间,海平面波动性上升,沉积物对先期被冲刷侵蚀形成的古河道底部填充,因此,该层序下部反射结构相对杂乱(图2);随着海平面上升,古河道被充填变平,相应的地震层序内部反射特征也表现为近似平行的反射结构。

2.1.5 SU4地震反射特征及其地质属性

QT4地震反射界面一般表现为向下削截下伏地 层的反射特征,该界面底界面高低不同,说明了侵蚀 下切的深度和强度不同。与QT2有些相似,该界面 起伏变化较大,在地震剖面中往往表现为"U"字型 或"V"字型。界面之下反射特征呈现为平行或者亚 平行结构,界面之上则变现为古河道的杂乱反射特 征(图2)。该界面对下伏海相地层表现为截切作用。



图 2 典型地震司曲胜祥含 Fig.2 Interpretation diagram of typical seismic profile



Fig.3 Shallow gas on the profile

局部地区,QT3和QT5之间的地层为平行或亚平 行反射结构。将QT3与QT4之间的地震层序定义为 SU4,通过将其与地质岩芯分析和对比,认为其形成 于氧同位素四期以来。

2.1.6 SU5地震反射特征及其地质属性

QT5反射界面在浅层地震剖面中,是一个中弱振幅的反射界面,由于该地层埋深较深,下部能量变小,所以该浅层地震反射界面隐约模糊,识别较为困难。该界面整体上表现为相对平行或亚平行的同相轴反射,虽然界面模糊不清,但是局部区域大体可以连续追踪和识别。与QT3类似,该界面某些区域也

常被上覆的古河道QT4界面切断。

通过与钻孔分析对比,QT5与QT4之间的地震单 元为SU5对应于地质岩芯中的DU5,发育于氧同位 素5期以来。在浅层地震剖面中地表现为亚平行或 者平行的反射结构特征(图2)。

2.2 ECS1601 孔沉积地层特征

本文根据微体古生物特征(图4)、粒度特征 (图5)、光释光测年,岩芯ECS1601可以划为4个沉积 地层单元(图6),从上往下依次命名为DU1、DU3、 DU4、DU5(DU5a、DU5b、DU5c)。各沉积单元沉积特 征见表1。



图4 底栖有孔虫比例、丰度和分异度变化图(a);底栖有孔虫类型和三大壳体类型的变化(b);浮游有孔虫比例、丰度和分异度变化(c);介形虫主要类型(d)

Fig.4 (a) Benthic foraminifera ratio, abundance and differentiation; (b) benthic foraminifera type and three major shell types; (c) planktonic foraminifera ratio abundance and differentiation; (d) main types of ostracod



图 5 ECS1601 孔沉积物组分和粒度参数垂向分布 Fig.5 Vertical distribution of composition and grain size parameters of ECS1601 pore sediments

2.3 井震对比分析

将地质岩芯与浅层地震进行对比和分析, DU1 沉积单元对应于浅层地震剖面中反射界面 QTO 和反 射界面 QT1 之间的地震相 SU1(图7),推测其形成于 氧同位素一期(MIS1)以来的一段时期一全新世时 期,主要为泥质沉积体沉积。通过分析认为 QT1 界 面为全新世以来的海进面, QT1 和反射界面 QT0 之间 的地震相为全新统, 表示氧同位素一期以来形成的 沉积地层, 为海侵体系域上部和高位体系域的沉 积物。

由于地质岩芯中的DU2沉积缺失,因此,将沉积 单位DU3对应于浅层地震剖面中QT3和海底QT1之 间的地震相SU3(图7)。根据测年数据和沉积特征, 该沉积单元开始于氧同位素三期(MIS3),直至氧同 位素二期(MIS2),根据测年数据和沉积特征,推测其 属于上更新统上组中段沉积,主要为海侵作用时期 发育而成的海相沉积地层。

通过浅层地震剖面与地质岩芯分析对比,地质 岩芯DU4沉积单元对应于浅层地震剖面中反射界面 QT3和反射界面QT4之间的地震相SU4(图7),属于 上更新统上组下段沉积地层。沉积相反射特征变现 为"U"或"V"型的古河道相沉积层序,沉积物沉积特 征表现为粒度较粗的古河道沉积。

与上述分析和对比方法一样,将沉积地层DU5 单元对应于浅层地震界面QT5和海底QT4之间的地 震相SU5(图7),属于上更新统下组沉积地层。沉积 相反射特征变现为平行或亚平行的沉积反射层序, 沉积物沉积特征表现为粒度较细的淤泥质沉积。

3 晚更新世以来的沉积演化模式 探讨

通过将上述地震反射特征和地质岩芯沉积地层 特征进行对比和综合分析,再结合收集的相关文献 和资料,反演推断出闽北近岸海域晚更新世以来的 沉演化积模式(图8)。

氧同位素5期(MIS5),即晚更新世早期阶段,全 球气温上升,海水由浅变深,发生海进,闽北近岸海 域逐渐被海水淹没,水动力条件也随之减弱,随之携 带的悬浮沉积物也逐渐下沉沉积,由此发育了一套



Fig.6 Lithology histogram of drilling of ECS1601 海侵—海相沉积地层。

进入氧同位素4期(MIS4),海水又开始呈现波动性下降趋势,闽北近岸海域陆架失去海水的掩盖 而裸露地表,受到入海河流的冲刷和侵蚀作用,并 发育了河流相沉积。不久之后,海平面又出现波动 性上升,海水逐渐淹没前期发育的古河道等陆相沉 积,发育了一系列海陆交互相沉积地层。最后,研 究区被海水再次淹没,海水携带的沉积物逐渐下 沉,开始发育海相沉积地层。

进入氧同位素3期(MIS3)时,海平面波动性上 升,闽北近岸绝大部分区域被逐渐淹没,前期裸露 地表时形成的洼地和河谷被逐渐填平、掩埋,由此 发育了海相沉积层。

进入氧同位素2期(MIS2),全球气候急剧变冷, 海平面出现波动性下降。此段时期,海平面下降, 海水变浅,海底裸露,受河流冲刷和侵蚀,同时此区 域接受了陆源碎屑沉积,发育了河流相沉积。

进入氧同位素1期(MIS1),即全新世时期,海平 面升高,海水深度由浅变深,水动力逐渐变弱,海水 中悬浮的沉积物也随之开始下沉,填埋之前下伏地 层中发育的河流沉积,随着时间推移,海平面逐步 波动性上升,研究区发育了一系列海陆交互相沉 积,直到最后,完全被海水淹没,由此演化成为海相 沉积。

4 结论

(1)通过地质岩芯(ECS1601)大量的实测资料, 将闽北近岸海域沉积地层划分为6个沉积单元,从上 往下分别命名为DU1、DU3、DU4、DU5a、DU5b、 DU5c,根据3500km的浅层地震剖面资料,将其划分

表1 地质岩芯ECS1601各沉积单元沉积特征

Table 1	Sedimentary	features o	f each	sedimentary	unit	of the	shallow	geological	drill	core	ECS1601
								88			

地层	沉积特征
DU1	0~15.00 m:此段多为泥质沉积。下部泥质沉积中夹杂砂质一粉砂质透镜体,分布有虫孔,周边也见一些生物扰动;中部可见一条宽度约为 1m 的粉砂质层;上
	部主要为黏土,呈灰色,夹杂少许贝壳碎屑
DU3	15.00~38.91 m: 此段岩性总体上呈现为粉砂和黏土的互层。下部岩性主要为黏土、粉砂, 粒度较细, 证明这段时期内沉积环境相对安静, 水体稳定, 沉积均
	匀;上部岩性主要为粉砂、黏土质粉砂,粒度变粗,夹杂少了透镜体,见局部分布有生物潜穴、波状层理、交错层理。此段岩性的变化具有明显的韵律性特征,
	表明了这段时间内沉积环境为周期性变化特点
DU4	38.91~59.97 m:本段岩性主要为黏土和中细砂,整体为灰褐色。中细砂中含有少量棕色锈斑和植物根碎屑,夹杂少量白云母且分布若干黏土条带,层状交错
	层理;黏土中分布砂质透镜体和生物潜穴,夹少量黑色泥炭屑。整体上,此段岩性变化相对较大,说明了这段时期水动力较大,且夹杂陆源碎屑,推测此段沉
	积主要为河流等陆相沉积
DU5	① DU5a 地层单元
	59.97~74.90m:本段岩性主要为黏土,灰黑色,黏土中夹杂形态各异的粉砂质透镜体,含少量泥质炭夹层,内部可见一些生物孔洞和生物碎屑、且孔洞周围生
	物扰动较强
	② DU5b 地层单元
	74.90~81.92m:本段岩性主要为中细砂,灰褐色,偶见少量豆粒大小的棕色锈斑,有少量植物根屑夹杂其中,砂质层中夹杂一条黏土条带层,夹少量深黑色泥
	炭屑,可见砂质交错层理
	③ DU5c 地层单元
	81.92~90.02 m·本段岩性主要为粉砂。黏土,灰褐色,黏土层可中见生物潜穴,夹少量黑色泥炭屑和植物根屑,粉砂层中夹杂贝壳碎屑







图 8 闽北近岸海域晚更新世以来地沉积模式图 Fig.8 Sedimentary model map since the Late Pleistocene in the coastal waters of northern Fujian

为5个地震层序,从上到下分别为SU1(QT0-QT1)、 SU2(QT1-QT2)、SU3(QT2-QT3)、SU4(QT3-QT4)、 SU5(QT4-QT5)。并将两者进行对比分析和研究推 测,SU1和DU1代表全新统(MIS1),SU2代表晚更新 统上组上段(MIS2),SU3和DU3代表晚更新统上组 中段(MIS3),SU4和DU4代表晚更新统上组下段 (MIS4),SU5和DU5a、DU5b、DU5c代表晚更新统下 组(MIS5)。

(2)通过岩芯沉积特征分析和浅层地震剖面解译,结合以往文献和资料,推测反演出研究区晚更新

世以来的海平面变化对沉积过程的控制和影响的演 化模式。分析认为,研究区晚更新世以来共发生了 三次海进过程、两次海退过程;同时,结合海平面变 化,分析了晚更新世以来的海平面变化对沉积过程 的控制和影响作用,结果表明,海平面周期性波动下 降,发生海退,闽北近岸区域陆架由于失去海水淹没 而暴露地表,遭受入海河流的冲刷和侵蚀,由此发育 了一系列河流相沉积;海平面周期性波动上升,发生 海侵,其携带的沉积物也随之沉积,发育了海相 地层。

参考文献(References)

- [1] Yang Z S, Ji Y J, Bi N S, et al. Sediment transport off the Huanghe (Yellow River) delta and in the adjacent Bohai Sea in winter and seasonal comparison[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2011, 93(3): 173-181.
- [2] 徐方建,李安春,黄敬利.东海陆架浙-闽沿岸泥质沉积研究进展[J].海洋通报,2012,31(1):97-104. [Xu Fangjian, Li Anchun, Huang Jingli. Research progress in the mud deposits along the Zhe-Min coast of the East China Sea continental shelf[J]. Marine Science Bulletin, 2012, 31(1):97-104.]
- [3] Liu J P, Xu K H, Li A C, et al. Flux and fate of Yangtze River sediment delivered to the East China Sea [J]. Geomorphology, 2007, 85(3/4): 208-224.
- [4] Liu J, Saito Y, Kong X H, et al. Sedimentary record of environmental evolution off the Yangtze River Estuary, East China Sea, during the last ~13, 000 years, with special reference to the influence of the Yellow River on the Yangtze River delta during the last 600 years [J]. Quaternary Science Reviews, 2010, 29 (17/ 18): 2424-2438.
- [5] 牛作民.东海沉积环境分区及其基本特征[J].海洋地质与第四纪地质,1985(2):29-38. [Niu Zuomin. Sedimentary environment division and its basic characteristics in the East China Sea [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1985 (2): 29-38.]
- [6] DeMaster D J, McKee B A, Nittrouer C A, et al. Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea[J]. Continental Shelf Research, 1985, 4(1/2): 143-158.
- [7] 肖尚斌,李安春,蒋富清,等.近2ka闽浙沿岸泥质沉积物物源 分析[J].沉积学报,2005(02):268-274. [Xiao Shangbin,Li Anchun,Jiang Fuqing, et al. Analysis of provenance of muddy sediments along the coast of Fujian and Zhejiang provinces[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2005(02):268-274.]
- [8] 唐保根, 咎一平. 长江水下三角洲浅孔岩芯的地层划分[J]. 海 洋地质与第四纪地质, 2015, 6(2): 41-52. [Tang Baogen, Zan Yiping. Stratigraphic division of shallow apertures cores in underwater delta of the Yangtze River[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2015, 6(2): 41-52.]
- [9] 唐保根.东海陆架第四纪地层层序的初步研究[J].上海地质, 1996, 17 (2): 22-30. [Tang Baogen. Preliminary study on the Quaternary stratigraphic sequence in the continental shelf of the East China Sea[J]. Shanghai Geology, 1996, 17(2): 22-30.]
- [10] 唐保根.东海西部海域现代沉积环境分区及沉积特征的初步研究[J].海洋地质与第四纪地质,1992,12(4):29-40. [Tang Baogen. Preliminary study on the modern sedimentary environment and sedimentary characteristics in the western part of the East China Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1992, 12(4): 29-40.]
- [11] 刘振夏, Berne S, L'ATALANTE科学考察组. 东海陆架的古河

道和古三角洲[J]. 海洋地质与第四纪地质,2000,20(1):9-14. [Liu Zhenxia, Berne S, L'ATALANTE Scientific Party. Paleochannels and paleodeltas in the continental shelf of the East China Sea [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2000, 20(1): 9-14.]

- [12] 刘振夏,Berne S,L'ATALANTE科学考察组.中更新世以来东海陆架的古环境[J].海洋地质与第四纪地质,1999,19(2):1-10. [Liu Zhenxia, Berne S, L'ATALANTE Scientific Party. Paleo-environment in the continental shelf of the East China Sea since the Mid-Pleistoceneliu[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1999, 19(2): 1-10.]
- [13] 刘振夏,印萍,Berne S,等. 第四纪东海的海进层序和海退层 序[J]. 科学通报,2001,46(增刊.1):74-79. [Liu Zhenxia, Yin Ping, Berne S, et al. Sea-level sequence and sea-retreat sequence of the Quaternary East China Sea[J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(Suppl. 1): 74-79.]
- [14] 秦蕴珊,赵一阳,陈丽蓉,等. 东海地质[M]. 北京:科学出版 社, 1987. [Qin Yunshan, Zhao Yiyang, Chen Lirong, et al. East China Sea geology[M]. Beijing: Science Press, 1987.]
- [15] 秦蕴珊,赵松龄.晚更新世以来长江水下三角洲的沉积结构 与环境变迁[J].沉积学报,1987,5(3):105-112. [Qin Yunshan, Zhao Songling. Sedimentary structure and environmental evolution of submerged delta of Changjiang River since Late Pleistocne [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1987, 5(3): 105-112.]
- [16] 吴自银,金翔龙,李家彪. 16万年来长江口至冲绳海槽高分辨 率地震层序研究[C]//2001年中国地球物理学会年刊-中国地 球物理学会第十七届年会论文集.北京:中国地球物理学会, 2001. [Wu Ziyin, Jin Xianglong, Li Jiabiao. High-resolution seismic sequence study of the Yangtze River Estuary to the Okinawa Trough in 160, 000 years[C]//China Geophysical Society Annual Conference-Annual Meeting of the Chinese Geophysical Society. Beijing: Chinese Geophysical Society, 2001.]
- [17] 吴自银,金翔龙,李家彪.中更新世以来长江口至冲绳海槽高 分辨率地震地层学研究[J].海洋地质与第四纪地质,2002,22
 (2):9-20. [Wu Ziyin, Jin Xianglong, Li Jiabiao. Seismic stratigraphic interpretation of high-resolution seismic profiles between Yangtze Estuary and Okinawa Trough[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(2): 9-20.]
- [18] 杨建明.福建沿岸晚更新世末次海侵及其海平面的变化[J]. 海洋科学,1988,12(5):5-9. [Yang Jianming. The last marine transgression and sea level changes along the Fujian coast during Late Pleistocene[J]. Marine Sciences, 1988, 12(5): 5-9.]
- [19] 李达.东海陆架区浅部地震地层层序及新构造运动特征研究
 [D].青岛:中国海洋大学,2010.[Li Da. The studying on the shallow seismic stratigraphy and the characteristics of neotecton-ic movement in the continental shelf of the East China Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010.]
- [20] 陈聪,万秋池,郑卓,等.福建平潭岛晚第四纪沉积序列及 MIS 5海侵旋回特征[J]. 热带地理,2016,36(3):406-416.

[Chen Cong, Wan Qiuchi, Zheng Zhuo, et al. Late Quaternary sediment stratigraphy and marine cycles in the Pingtan Island,

Fujian province [J]. Tropical Geography, 2016, 36 (3) : 406-416.]

Sedimentary Stratigraphic Characteristics and Evolution since the Late Pleistocene in the Offshore Area of Northern Fujian

XU ChengFen¹, ZHANG Yong², KONG XiangHuai², HU Gang², BI ShiPu², MOU XiuJuan¹, Ning Ze², ZHANG XiaoBo²

1. Qingdao Geo-Marine Engineering Survey, Qingdao, Shandong 266071, China

2. Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao, Shandong 266071, China

Abstract: A 3 500 km high-resolution shallow stratigraphic seismic profile data was collected by the geological investigation ship of the Qingdao Institute of Marine Geology in 2015 in the coastal waters of northern Fujian. Combining the analysis of a core from geological borehole ECS1601 at depths 35-40 m with a length of 90.2 m at the intersection of survey line Z3 with line L9 of the seismic section, the sedimentary strata since the Late Pleistocene were found to be finely divided. The analysis identified six major seismic reflection interfaces (QT0, QT1, QT2, QT3, QT4, QT5 from top to bottom) in the seismic section. The reflective interfaces were divided into five seismic sequences (SU1, SU2, SU3, SU4, SU5 from top to bottom). Micropaleontological and OSL dating data indicated that the core was divided into six sedimentary stratigraphical units (DU1, DU3, DU4, DU5a, DU5b, and DU5c from top to bottom). Finally, the seismic section and geological shallow drilling were comprehensively analyzed to establish the chronological framework and sedimentary stratigraphic evolutionary patterns of the nearshore waters of northern Fujian. The sedimentary evolution process of the study area is discussed.

Key words: offshore area of northern Fujian; Late Pleistocene; sedimentary stratigraphy; sediment evolution