

东海丽水-椒江新生代凹陷基底的岩性及分布

王长势¹, 朱伟林^{1,2}, 陈春峰^{1,3}, 付晓伟¹

(1. 同济大学 海洋地质国家重点实验室, 上海 200092; 2. 中国海洋石油总公司, 北京 100010;
3. 中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200030)

摘要: 根据区域二维地震剖面和钻孔资料, 研究东海丽水-椒江新生代凹陷基底的岩性及其分布, 发现基底岩性有变质岩、花岗岩、火山岩、沉积岩及火山岩-沉积岩互层。其中, 变质岩基底的地震反射多为连续性差、视频率低、中等—弱振幅, 主要分布在丽水西次凹和椒江凹陷周围; 花岗岩基底多为丘状外形、内部杂乱的弱反射, 火山岩基底为连续性中等—较好、视频率低的层状强反射, 两者主要分布在丽水-椒江凹陷的东北部; 沉积岩基底为连续性中等—较好的中—高频反射, 主要分散在丽水凹陷; 火山岩-沉积岩互层基底主要分布在丽水-椒江凹陷的中心区域, 其对应地震反射的连续性、振幅及视频率等在空间上变化较大。

关键词: 丽水-椒江凹陷; 新生代; 基底; 地震相; 岩性

中图分类号: P315.63

文献标志码: A

Basement Lithology and Distribution of Lishui-Jiaojiang Cenozoic Sag in East China Sea

WANG Zhangshi¹, ZHU Weilin^{1,2}, CHEN Chunfeng^{1,3}, FU Xiaowei¹

(1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100010, China; 3. Shanghai Branch of CNOOC Ltd., Shanghai 200030, China)

Abstract: The lithology and distribution characteristics of the basement in Lishui-Jiaojiang Cenozoic Sag were studied according to 2D seismic profiles and borehole data. As a result, metamorphic, granite, volcanic, sedimentary and volcanic-sedimentary interbedded rocks basement units were qualitatively differentiated. The metamorphic rocks basement generally surrounds the central parts of the West Lishui Sub-sag and Jiaojiang Sag with discontinuous, low frequency and moderate to weak amplitude seismic reflectors. However, in the northeast regions of the Lishui and Jiaojiang sags dominantly site the granite and volcanic rocks basement, in which the former appears to be mounded geometries with

chaotic and weak amplitude internal reflections, whereas the latter represents a good stratification with moderate to continuous, low frequency and strong amplitude reflectors. Besides, the sedimentary rocks basement scatters mainly in the Lishui Sag with moderate to continuous and strong amplitude reflectors, whereas the volcanic-sedimentary interbedded rocks basement largely covers the central area of the Lishui-Jiaojiang Sag with the continuity, frequency and amplitude varying violently in spatial.

Key words: Lishui-Jiaojiang Sag; Cenozoic; basement; seismic facies; lithology

丽水-椒江凹陷是自晚白垩世发育起来的东海陆架盆地西部裂陷带的一部分^[1], 该凹陷及其邻区广布的中生代火成岩和元古代变质岩等构成了新生代沉积的重要物源^[2-4]。迄今为止, 在丽水-椒江凹陷已经发现了多个含油气构造^[5-7], 并有多口钻井见到油气或显示工业油气流^[8-9], 有着良好的勘探潜力^[5, 10-14]。

基底是沉积盆地重要的组成部分, 基底的形态、结构及岩石类型等性质对上覆沉积盖层的发育和盆地的油气地质条件具有重要的影响^[15-17]。因此, 对该区新生代盆地下伏基底的岩性及其分布进行研究显得十分必要。钻孔资料表明, 丽水-椒江及其邻区新生代凹陷基底的岩性有变质岩、花岗岩、火山岩、沉积岩及火山岩-沉积岩互层五种类型(见表1), 它们与上覆新生界地层一般呈角度不整合或假整合接触。鉴于丽水-椒江凹陷内以新生代沉积为主, 本文将丽水-椒江凹陷及其邻区新生代之前的地层均称为基底。

已有学者对东海陆架盆地及其邻区的基底进行了一定的研究, 取得了一系列的成果^[15, 18-29]。在灵峰

表1 丽水-椒江新生代凹陷及其邻区钻孔基底岩性统计

Tab.1 Statistics of the lithology of the basement in Lishui-Jiaojiang Cenozoic Sag and its adjacent areas

井名	图1中代号	岩性	层位或年龄	井名	图1中代号	岩性	层位或年龄
LF-1	1	片麻岩	1 806 Ma ^[30]	TB8-1-1	12	英安岩	石门潭组(K ₂ s)
LS36-2-1	2	片麻岩	元古界	WZ27-1-1	13	酸性火山岩	渔山组(K ₁ y)
WZ6-1-1	3	片麻岩	121 Ma ^[31]	WZ4-1-1	14	泥岩、砂岩、安山岩	石门潭组(K ₂ s)
NP11-4-1	4	片麻岩	渔山组(K ₁ y)	FZ2-1-1	15	火山岩夹泥岩	石门潭组(K ₂ s)
WZ20-1-1	5	花岗岩	渔山组(K ₁ y)	WZ10-2-1	16	泥岩、砂岩、英安岩	石门潭组(K ₂ s)
MYF-1	6	花岗岩	113 Ma ^[32]	WZ23-1-1	17	火山岩夹泥岩	石门潭组(K ₂ s)
WZ15-1-1	7	花岗岩	渔山组(K ₁ y)	FZ13-2-1	18	玄武岩夹泥岩	石门潭组(K ₂ s)
JH36-3-1	8	花岗岩	渔山组(K ₁ y)	WZ26-1-1	19	砂岩、泥岩和砾岩	石门潭组(K ₂ s)
ZJ25-1-1	9	花岗岩	渔山组(K ₁ y)	SMT-1	20	粉砂岩、砂岩夹泥岩	石门潭组(K ₂ s)
WZ33-1-1	10	花岗岩	渔山组(K ₁ y)	FZ10-1-1	21	大套砂岩,局部夹砾岩	闽江组(K ₂ m)
TB13-1-1	11	火山岩	石门潭组(K ₂ s)				

凸起中部,LF-1井钻遇了黑云母角闪斜长片麻岩基底,Rb-Sr法测定其绝对年龄约为1 806 Ma(Ma:百万年)^[30].在丽水凹陷和福州凹陷,SMT-1,TB13-1-1,FZ13-2-1和FZ10-1-1井中发现了白垩系碎屑岩^[30].在椒江凹陷东部,WZ6-1-1井钻遇的基底为一套燕山中晚期的动力变质岩,其下为一套区域变质岩,K-Ar法测得其中片麻岩的绝对年龄约为121 Ma^[31].在丽水西次凹的东北部,MYF-1井钻遇了花岗岩基底,K-Ar法测得其同位素年龄为113 Ma^[32].结合LF-1,WZ6-1-1,ZJ25-1-1,JH36-3-1,WZ4-1-1,WZ10-2-1,WZ15-1-1,WZ20-1-1,WZ26-1-1,WZ33-1-1,FZ2-1-1,SMT-1和MYF-1共13口钻井所钻遇的基底信息,杨香华等^[33]认为丽水-椒江新生代凹陷的基底除中元古界片麻岩外,还有燕山期花岗岩(108~112 Ma)、花岗闪长岩及燕山期中性喷出岩.此外,通过地震反射特征,陆健雄^[34]将东海盆地西南部声波基底划定在变质岩顶面上,认为基底岩性整体为片麻岩,局部为花岗岩;王国纯^[15]将东海陆架盆地第三系底界面地震反射特征划分为四种类型,认为该区大体上存在火山岩、变质岩和沉积岩基底.综合地球物理及地质资料,姜涌泉^[35]认为东海陆架盆地西带的基底在北部以前泥盆系浅变质岩为主,南部以前泥盆系深变质岩为主,且基底面整体为北高南低.刘建华等^[36]认为东海陆架新生代盆地基底主要由中生代的沉积岩、火山岩和前震旦纪的变质岩组成,并可能存在晚古生代的浅变质岩.

不难看出,已有研究多是基于钻孔所钻揭的基底岩性信息以及重、磁等地球物理方法对大区域的基底特征进行推测.然而,仅通过零星的钻孔资料对其间大面积未知区域的基底岩性进行推测必然存在较大的不确定性,而应用重、磁等地球物理方法得到的结果虽对较大区域的基底特征反映较好,但对局部区域基底特征的反映精度则偏低.随着丽水-椒江

凹陷及其邻区油气勘探程度的不断提高,可利用的钻井和地震等资料越来越丰富,这为研究该区域新生代盆地基底的岩性及其分布特征提供了可能.本文在现有钻孔资料的约束下,应用较高密度的二维地震测线,对丽水-椒江凹陷及其邻区新生代凹陷基底的岩性及其分布特征展开研究,以为该区油气资源潜力评价提供基础资料.

1 区域地质背景

丽水-椒江凹陷位于浙江沿海以东和台湾岛以北的东海海域之中,大地构造上属于东海陆架盆地西南部的台北拗陷,整体上位于台北拗陷的西部并呈北东-南西走向,在北部与钱塘凹陷相邻,南部与彭佳屿拗陷相接,东部以雁荡凸起为界与福州凹陷相隔,西部为浙闽隆起带(见图1),总面积约20 000 km².其中丽水凹陷位于椒江凹陷的西南侧,且被位于其中央呈北东-南西走向的灵峰凸起划分为东、西两个次级凹陷(见图1).

研究区及其邻区在早元古代至古生代早期可能由多个独立的陆核组成,陆核之间被海水所覆盖^[30].在加里东运动晚期,这些陆核通过碰撞增生形成一个整体的陆核,至海西-印支期由于北西走向的舟山-平湖-国头断裂活动导致陆内沉积分异,在中生代早期由于库拉板块和欧亚板块之间滑动而形成北东-北北东向的挤压-剪切应力场,随后在晚侏罗世-早白垩世为强烈的左旋走滑,到晚白垩世又由早期的左旋压扭转为右旋张扭应力场^[30].在第三纪早期(古新世-始新世),东海陆架盆地开始裂陷:在盆地西部,裂陷发生在早-中古新世,而在盆地东部则发生在早-中始新世^[6,30,37-38].到始新世末期,东海陆架盆地(尤其是南部)遭受了强烈的挤压而停止张裂,盆地南部区域性隆起而遭受剥蚀,西部斜坡上

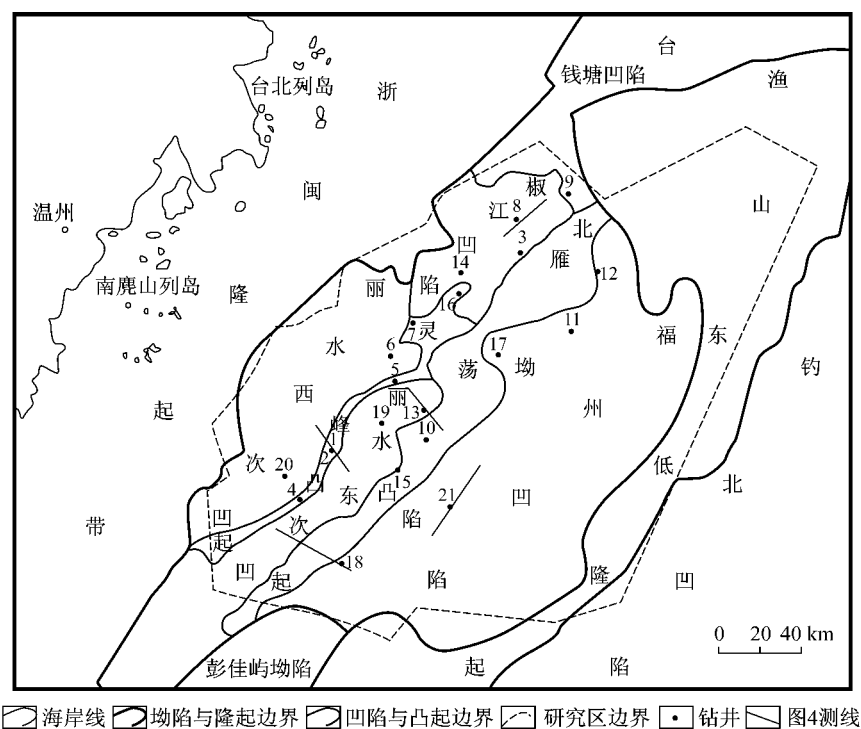


图 1 研究区构造单元及研究资料分布图

Fig.1 Sketch map for location of the studied area and the data set used

的下一中始新统地层被剥蚀,此后整个盆地表现为沉积间断,缺失渐新统和下一中始新统地层^[30,37-38],但在盆地东北部没有沉积间断^[30]。中新世时期,东海陆架盆地经受东西向的强烈挤压,整个盆地大规模褶皱、隆起、遭受剥蚀^[30,37],标志着东海陆架盆地陆壳张裂的结束^[30]。上新世及以后,东海陆架盆地进入整体沉降期,发育浅海相沉积^[30,37]。

作为东海陆架盆地西部凹陷带的一部分,丽水-椒江凹陷在晚白垩世—古新世裂陷,主要发育了古新统的湖相和海相沉积,古新世后裂陷结束,主要发育了始新统的海相沉积^[6,38-39],渐新世—中新世由于褶皱作用以剥蚀作用为主,从上新世开始则进入区域沉降阶段,发育滨海—海陆过渡相为主的沉积^[5,30,37,40-41]。

2 资料与方法

本文所用的资料有过丽水-椒江凹陷及其邻区的二维地震测线、已钻遇到基底的钻孔及其对应的部分测井资料。其中,二维地震测线共 78 条,总计约 4 000 km 长,绝大部分分布在研究区西部的丽水-椒江凹陷(共 72 条,约 3 000 km 长),大部分测线间距为 1~8 km;这些地震资料均为正极性(波峰对应正反射系数),绝大部分测线采样间隔为 2 ms。钻遇到基底的钻井共 21 口(见表 1),主要分布在椒江凹陷

东部、灵峰凸起及其两侧斜坡带上(见图 1)。

本文以地震资料为主,结合钻井地质、测井资料及区域地质研究成果,采用合成记录和井-震连接、地震层位解释及地震相分析等方法开展研究。首先,根据钻井地质分层资料,利用声波和密度测井资料制作合成地震记录^[42],采用钻井获得的基底埋深及基底岩性资料对过井地震剖面进行标定,确定基底层位。然后,从井出发,对基底地震反射层位(T_{100})进行追踪、对比及闭合解释。第三步,编制基底反射界面 T_{100} 的双程旅行时间(TWT,单位为 ms)埋深图,研究基底的埋深及其分布特征。第四步,采用地震相分析方法^[43],综合振幅、连续性、视频率等反射参数,研究基底的地震相类型及特征,并根据已知钻孔所钻遇到的新生代盆地基底的岩性信息,在对应的过井地震剖面上定性识别出该种岩性所对应的地震相类型,从而将基底的岩性与地震相类型对应起来。最后,在已知钻孔基底岩性信息的约束下,通过勾勒不同地震相单元各自在平面上的分布,最终得到每一种对应岩性的基底在平面上的分布特征。

LS36-2-1 井位于灵峰凸起中部,与 LF-1 井距离较近(见图 1),其所钻遇新生代盆地基底的岩性为片麻岩(见表 1)。根据该井的声波、密度测井资料和过该井的地震剖面,选取主频为 25 Hz 的零相位 Ricker 子波制作合成地震记录,对主要地震反射界面 T_{50} , T_{80} , T_{83} 及 T_{100} 进行了标定。已有研究表明,

新生界底界面的反射波基本在东海陆架盆地全区分布,仅在局部构造高部位缺失,振幅时强时弱,连续性中—差^[26].在LS36-2-1井附近,新生界底界面(对应 T_{100})表现为振幅较强的波峰,其上覆地层(明月

峰组沉积岩,成层性好,视频率较高,振幅较弱)和下伏基底(片麻岩,成层性较好,视频率较低,振幅较强)表现为不同的地震反射特征,合成地震记录在大套地层上与实际地震道较一致(见图2).

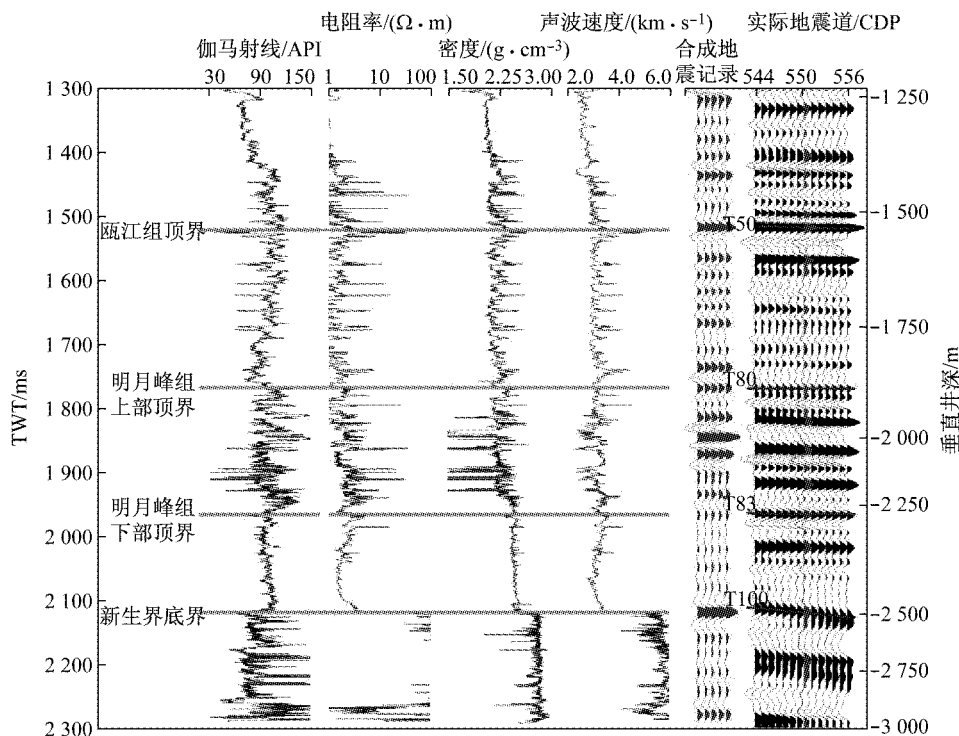


图2 LS36-2-1井合成地震记录与地震层位标定

Fig.2 Well-to-seismic tie by the synthetic seismogram of Well LS36-2-1

3 基底分布特征

在层位标定和层位追踪的基础上,根据地震资料编制了研究区新生代盆地基底反射界面 T_{100} 的TWT埋深图(见图3).根据该图可以看出,研究区基底整体以北东—南西走向的雁荡凸起带为界被划分为东、西两部分:西部基底整体埋藏较深,其中以丽水西次凹的东北部最深(TWT约为4750 ms,该区新生界地层的平均层速度为 $2.1 \sim 2.8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[44],换算成深度约为5000~6650 m),椒江凹陷东北部和丽水东次凹的东北部次之,灵峰凸起带基底埋藏较浅,在丽水-椒江凹陷西部靠近浙闽隆起带的边缘地带基底埋藏则最浅(TWT约为480 ms,该区新生界地层的平均层速度为 $2.1 \sim 2.8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[44],换算成深度约为500~670 m);研究区东部基底的埋藏整体较西部浅,且埋藏深度整体在区域上变化不大(见图3),这可能与该区地震测线较为稀疏有关(共6条测线,约1000 km长,测线间距约40 km),故下文将主要对雁荡凸起以西地震测线较为

密集的丽水-椒江新生代凹陷的基底进行分析.

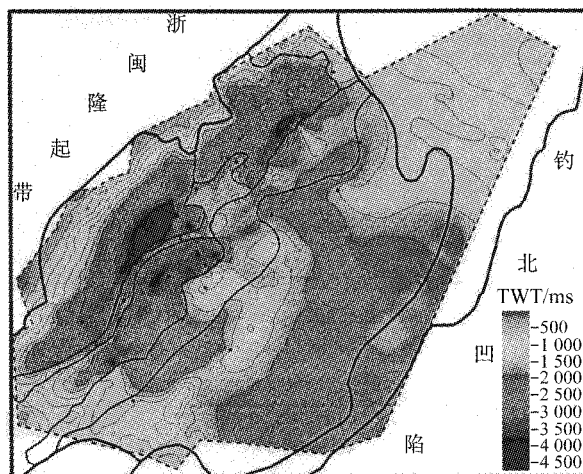


图3 丽水-椒江新生代凹陷及其邻区基底TWT埋深图

Fig.3 TWT map of the basement in Lishui-Jiajiang Cenozoic Sag and its adjacent area

4 基底地震相及其岩性解释

已有研究表明,东海陆架盆地的新生代盆地基

底包括多种岩性^[22,30-36]. 本文通过基底的地震相分析^[43], 结合钻井地质及测井资料的标定, 在研究区识别出了五种具有不同地震相特征的基底, 对应于五种不同的岩性, 分别是变质岩、花岗岩、火山岩、沉积岩及火山岩-沉积岩互层.

研究区中 LF-1, LS36-2-1, WZ6-1-1 和 NP11-4-1 井钻遇了变质岩基底(见表 1), 这些井主要分布在灵峰凸起和椒江凹陷东部(见图 1). 在经过或与这些钻孔相邻的地震剖面上, 新生界的下伏基底大多表现为成层性和连续性均较差的低频反射, 振幅中等偏弱(见图 4e), 这可能与该种变质岩强烈的非均质性等因素有关. 与此同时, 在 LF-1 和 LS36-2-1 井附近, 基底表现为连续性相对较好、视频率较高的强振幅反射(见图 4a), 这可能与该处的片麻岩基底成层性较好等因素有关. 此外, 在丽水-椒江凹陷西部等没有钻孔证实的区域, 新生界的下伏基底也具有以上地震相特征, 本文将它们都解释为变质岩基底.

研究区中 WZ15-1-1, WZ20-1-1, WZ33-1-1, MYF-1, JH36-3-1 和 ZJ25-1-1 井钻遇了花岗岩基底(见表 1), 这些井主要集中在丽水凹陷和椒江凹陷的东北部(见图 1). 在经过或与这些钻孔相邻的地震剖面上, 新生界的下伏基底整体外形多呈丘状, 以连续性好、视频率较低的强振幅反射与上覆地层分开, 其内部多为杂乱的弱振幅反射(见图 4b, c), 这可能与花岗岩具有一定的非均质性且较为致密有关.

研究区中 TB8-1-1, TB13-1-1 和 WZ27-1-1 井钻遇了火山基底(见表 1), 这些井主要分布在丽水东次凹的东北部和福州凹陷的北部(见图 1). 在过井地震剖面上, 新生界的下伏基底表现为连续性中等—较好的层状反射, 其显著特点是视频率较低、振幅较强(见图 4b, c). 此外, 火山岩基底与花岗岩基底在多个剖面上都是相互伴生的, 且火山岩多位于花岗岩体之间或岩体附近的小凹陷中(见图 4b, c), 可能表明两者在成因上具有一定的联系.

研究区中 WZ26-1-1, SMT-1 和 FZ10-1-1 井钻遇了沉积岩基底(见表 1), 这些井主要分布在丽水西次凹的中南部和福州凹陷的南部(见图 1). 在经过或与这些钻孔相邻的地震剖面上, 新生界的下伏基底整体表现为层状反射, 连续性中等—较好, 视频率较高, 振幅强弱变化较大(见图 4d), 这可能与该区当时的沉积环境和沉积相变化频繁等因素有关. 以 FZ10-1-1 井为例, 其新生界下伏基底为闽江组的大套砂岩局部夹砾岩(见表 1), 表明当时的沉积环境发生过剧烈的变化.

研究区中 WZ4-1-1, WZ10-2-1, WZ23-1-1, FZ2-1-1 和 FZ13-2-1 井钻遇了火山岩-沉积岩互层的基底(见表 1), 这些井主要位于椒江凹陷东南部及雁荡凸起带中部和南部区域(见图 1), 在经过或与这些钻孔相邻的地震剖面上, 新生界的下伏基底具有多种地震反射类型, 其表现为连续性、振幅及视频率

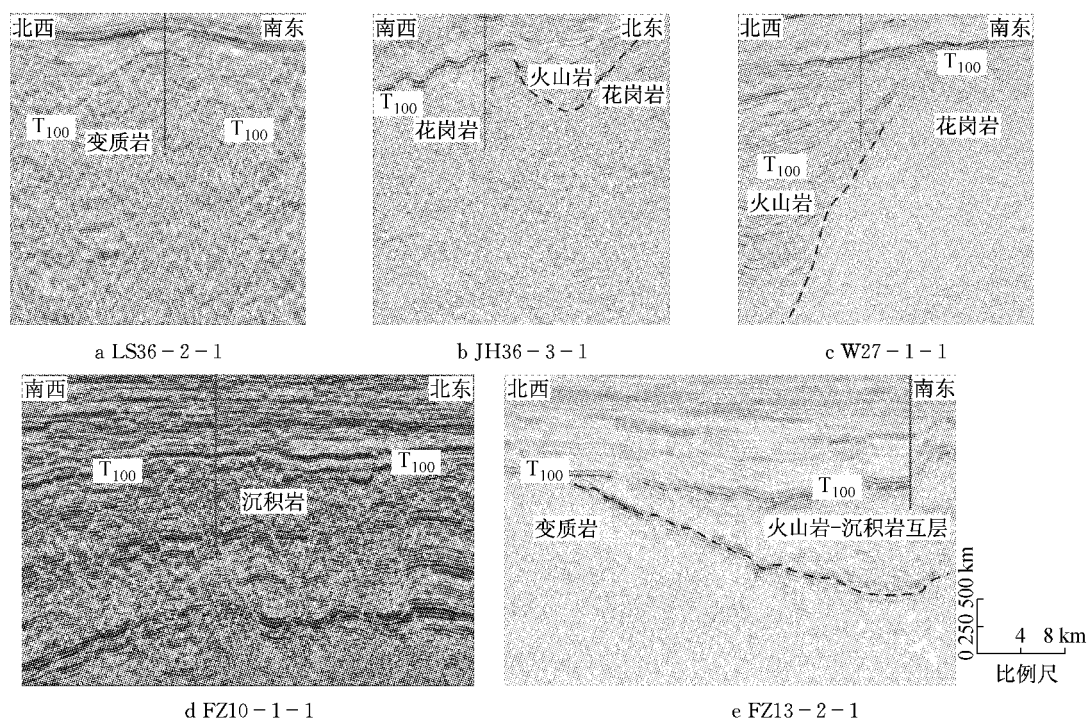
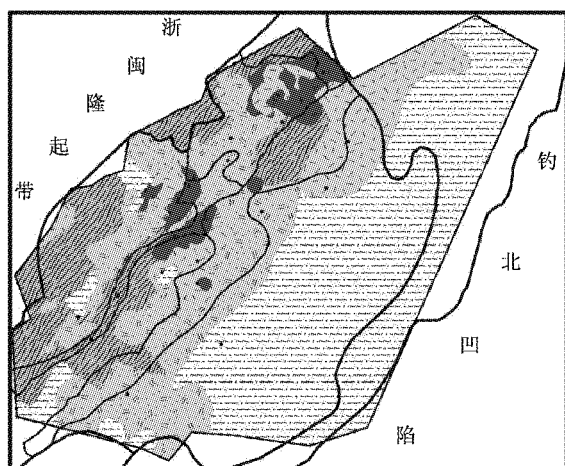


图 4 不同岩性基底的地震反射特征

Fig.4 Seismic reflection characteristics of different lithology of the basement

等参数在空间上变化较大,成层性整体上较火山岩和沉积岩差,但较变质岩和花岗岩好(见图4e)。

根据以上五种岩性基底所对应的不同地震相特征,在已有钻孔信息的约束下,可勾勒出每一种地震相所对应的岩性在平面上的分布(见图5)。整体来看,丽水-椒江新生代凹陷的基底以变质岩最多,火山岩-沉积岩互层次之,火山岩、沉积岩和花岗岩则相对较少;福州凹陷的新生代凹陷基底主要以沉积岩为主,火山岩及火山岩-沉积岩互层为辅(见图5)。具体来看,变质岩基底主要分布在丽水西次凹的西部、灵峰凸起带中部和南部以及丽水东次凹的西部和中部、椒江凹陷东部、西部和北部,整体呈环状围绕在椒江凹陷和丽水西次凹的周缘;花岗岩基底主要分布于椒江凹陷和丽水凹陷的东北部,在雁荡凸起中部也有小面积分布,整体展布面积较小;火山岩基底主要分布在雁荡凸起北部、福州凹陷北部和渔山东低隆起北部,在雁荡凸起中部、丽水东次凹东北部、丽水西次凹北部和西部、椒江凹陷北部也有分布;沉积岩基底主要分布在福州凹陷及渔山东低隆起带上,在丽水西次凹的西北和中部、丽水东次凹的中部和北部呈分散的斑状展布;火山岩-沉积岩互层的基底主要分布在丽水-椒江凹陷中心基底埋藏较深的部位,在灵峰凸起北部、雁荡凸起及福州凹陷西南部的大片区域内也有大面积展布(见图5)。



■ 花岗岩 ■ 火山岩 ■ 沉积岩 ■ 火山岩-沉积岩互层 ■ 变质岩

图5 丽水-椒江新生代凹陷及其邻区基底岩性分布

Fig.5 Lithology distribution of the basement in Lishui-Jiajiang Cenozoic Sag and its adjacent area

5 讨论

LF-1井钻遇了绝对年龄1806 Ma的片麻岩基底^[30],从而可以推断丽水凹陷中央的灵峰凸起带存

在中元古界变质岩基底;WZ6-1-1井位于椒江凹陷东部边缘,其所钻遇的基底中片麻岩的年龄约为121 Ma^[31]。由于该区变质岩基底整体呈环状围绕在丽水西次凹与椒江凹陷周缘,在丽水凹陷与椒江凹陷之间被花岗岩、火山岩、沉积岩、火山岩-沉积岩互层基底隔开(见图5),再加上LF-1井与WZ6-1-1井所钻遇片麻岩年龄的巨大差异,说明丽水凹陷和椒江凹陷的变质岩基底可能经历过不同的构造演化期次。

丽水-椒江新生代凹陷的基底有燕山期的花岗岩,其年龄为108~113 Ma^[32-33]。研究区花岗岩的基底整体展布范围较小,主要位于椒江和丽水凹陷东北部(见图5)。鉴于中国东部地区在白垩纪—古新世期间发生过剧烈的岩浆活动,位于椒江和丽水凹陷东北部的花岗岩基底可能为这一时期岩浆活动的产物。

研究区火山岩的基底主要为安山岩、英安岩、流纹岩等中酸性火山岩(见表1),除了在福州凹陷北部大面积发育外,其余基本上都分散在丽水和椒江凹陷东北部的花岗岩体之间或周围,且从北向南其分布面积明显减小(见图5)。研究区的火山岩与花岗岩在区域上可能与浙闽沿海燕山期北东向岩浆岩带相一致。

沉积岩类型的新生代凹陷基底主要分布在研究区东部的福州凹陷(见图5),该凹陷位于东海陆架盆地的中部隆起带上,以中生界残留沉积为主体,其特征与东海陆架盆地西部凹陷带中的丽水-椒江凹陷差别较大^[10]。除福州凹陷外,沉积岩基底在丽水凹陷东、西两个次凹零散分布,这可能与该区域晚白垩世发育的一系列相互独立的断陷盆地互不连通有关。

火山岩-沉积岩互层类型基底主要分布在丽水-椒江凹陷中心埋藏最深的部位,在雁荡凸起上也大面积展布,其分布范围整体较火山岩和沉积岩更广(见图5)。造成这种现象的原因可能有两个:一是通过定性的方法在地震剖面上要将火山岩-沉积岩互层的反射特征与单独的沉积岩和火山岩这两者完全区分开来难度较大,众多介于两者之间的反射类型在本研究中均被划分到了火山岩-沉积岩互层类型中,这其中必然存在着一定的误差;二是该区发育有大面积火山岩-沉积岩互层的基底,这可从位于椒江凹陷中南部的WZ4-1-1井、丽水凹陷北部的WZ10-2-1井、丽水凹陷东侧中部的FZ2-1-1井以及位于福州凹陷西南部FZ13-2-1井均钻遇到了火山岩-沉积岩互层基底这一事实得到证实(见表1,图1)。在研究区南、北相隔如此远距离的不同钻孔中均发现

了火山岩-沉积岩互层的基底,足以说明该种岩性组合的基底展布范围较广。

综上所述,从北往南,丽水-椒江新生代凹陷变质岩基底的同位素年龄由新变老,最老的 LF-1 井片麻岩年龄达 1 806 Ma^[30],最新的 WZ6-1-1 井片麻岩年龄为 121 Ma^[31]。花岗岩、火山岩和火山岩-沉积岩互层岩性的新生代凹陷基底自北往南均有减少的趋势,沉积岩基底则有增多的趋势,这可能反映了燕山中晚期该区北部岩浆活动较为剧烈,其强度向南有所减弱。此外,在研究区西部的浙闽隆起带,有大面积晚侏罗—早白垩世的火山岩-沉积岩系的基底^[35],故发育于研究区西部边缘的火山岩、沉积岩、火山岩-沉积岩互层等类型的基底很可能向西有所延伸,这有待于进一步的研究来证实。

6 结论

(1)丽水-椒江新生代凹陷及邻区基底岩性主要有变质岩、花岗岩、火山岩、沉积岩、火山岩-沉积岩互层五种类型,不同岩性在地震剖面上有不同的表现特征,为根据地震相分析研究基底岩性及其分布提供了可能。其中,变质岩基底大多表现为连续性较差的低频和中等偏弱振幅的地震反射;花岗岩基底整体外形多呈丘状,以连续性好、视频率较低的强振幅反射与上覆地层分开,内部多为杂乱的弱振幅反射;火山岩基底多表现为连续性中等—较好、视频率较低、振幅较强的层状反射;沉积岩基底多表现为连续性中等—较好的层状反射,视频率较火山岩高,且振幅强弱变化较大;火山岩-沉积岩互层基底的连续性、振幅及视频率等参数在空间上变化较大,成层性整体上较火山岩和沉积岩差,但较变质岩和花岗岩好。

(2)丽水-椒江新生代凹陷基底的埋藏整体较其东侧的福州凹陷深,其中以丽水西次凹的东北部最深,椒江凹陷和丽水东次凹的东北部次之,到灵峰凸起带其埋藏较浅,在西部靠近浙闽隆起带的边缘区域基底埋藏则最浅。其中,丽水-椒江新生代凹陷的基底以变质岩和火山岩-沉积岩互层为主,福州凹陷和渔山东低隆起带新生界的下伏基底则以沉积岩为主。

(3)丽水-椒江新生代凹陷的变质岩基底主要分布在丽水西次凹和椒江凹陷周围,其同位素年龄差异表明构造历史不同;花岗岩、火山岩、火山岩-沉积岩互层的基底自北向南展布面积均有所减小,可能

说明燕山期岩浆活动向南有减弱的趋势;沉积岩基底则零散地分布在丽水凹陷中部和南部,自北往南有增多的趋势。

参考文献:

- [1] 赵金海. 东海中、新生代盆地成因机制和演化(上)[J]. 海洋石油, 2004, 24(4): 6.
ZHAO Jinhai. The forming factors and evolvement of the Mesozoic and Cenozoic Basin in the East China Sea [J]. Offshore Oil, 2004, 24(4): 6.
- [2] 杨玉卿, 田洪, 刘大能, 等. 东海陆架盆地丽水凹陷丽水 36-1 构造上古新统物源分析[J]. 古地理学报, 2003, 5(2): 171.
YANG Yuqing, TIAN Hong, LIU Daneng, et al. Provenance analysis of the upper Paleocene in Lishui 36-1 structure of Lishui Sag, East China Sea Shelf Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2003, 5(2): 171.
- [3] 刘俊海, 杨香华, 吴志轩, 等. 东海盆地丽水凹陷古新统锆石示踪作用分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 85.
LIU Junhai, YANG Xianghua, WU Zhixuan, et al. Zircon tracing application of Paleocene-Eocene in Lishui Sag of the East China Sea Basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2004, 24(1): 85.
- [4] 陈国俊, 李超, 梁建设, 等. 东海陆架盆地瓯江凹陷明月峰组沉积相及沉积特征分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(5): 760.
CHEN Guojun, LI Chao, LIANG Jianshe, et al. Sedimentary facies of Mingyuefeng formation in Oujiang Sag, East China Sea Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(5): 760.
- [5] 陈志勇, 吴培廉, 吴志轩. 丽水凹陷石油地质特征及勘探前景[J]. 中国海上油气: 地质, 2000, 14(6): 384.
CHEN Zhiyong, WU Peilian, WU Zhixuan. Petroleum geology and exploration potential of Lishui Sag [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2000, 14(6): 384.
- [6] 陈斯忠. 东海盆地主要地质特点及找气方向[J]. 中国海上油气: 地质, 2003, 17(1): 6.
CHEN Sizhong. Main geological characteristics and gas exploration directions in East China Sea Basin [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 6.
- [7] 郭永华, 于水, 葛玲. 东海盆地丽水凹陷 LS36-1 构造成藏机理研究[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(6): 29.
GUO Yonghua, YU Shui, GE Ling. Formation of the LS36-1 oil and gas structure in the Lishui Sag, East China Sea Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(6): 29.
- [8] 葛和平, 陈志勇, 方来富, 等. 丽水凹陷油气成藏期次探讨[J]. 中国海上油气: 地质, 2003, 17(1): 44.
GE Heping, CHEN Zhiyong, FANG Laifu, et al. A discussion on hydrocarbon accumulation periods in Lishui sag, East China Sea Basin [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 44.
- [9] 孙玉梅, 席小应. 东海盆地丽水凹陷油气源对比与成藏史[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(6): 24.
SUN Yumei, XI Xiaoying. Petroleum reservoir filling history and oil-source correlation in the Lishui Sag, East China Sea Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(6): 24.

- [10] 王国纯. 东海盆地油气勘探焦点问题探讨[J]. 中国海上油气:地质, 2003, 17(1): 29.
WANG Guochun. A discussion on some focal problems of petroleum exploration in East China Sea Basin[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 29.
- [11] 杨玉卿, 田洪, 姜亮, 等. 丽水凹陷晚古新世海平面变化及有利储层分布预测[J]. 中国海上油气:地质, 2003, 17(1): 69.
YANG Yuqing, TIAN Hong, JIANG Liang, et al. Late Paleocene sea-level fluctuations and prediction of favourable reservoirs in Lishui Sag, East China Sea Basin[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 69.
- [12] 贾成业, 夏斌, 王核, 等. 东海陆架盆地丽水凹陷构造演化及油气地质分析[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 397.
JIA Chengye, XIA Bin, WANG He, et al. Characteristic of tectonic evolution and petroleum geology in Lishui Sag, East China Sea Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(3): 397.
- [13] 田兵, 李小燕, 庞国印, 等. 叠合断陷盆地沉积体系分析: 以东海丽水-椒江凹陷为例[J]. 沉积学报, 2012, 30(4): 696.
TIAN Bing, LI Xiaoyan, PANG Guoyin, et al. Sedimentary systems of the superimposed rift-subsidence basin: taking Lishui-Jiaojiang Sag of the East China Sea as an example[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2012, 30(4): 696.
- [14] 郝乐伟, 王琪, 梁建设, 等. 东海陆架盆地瓯江凹陷烃源岩评价及资源量预测[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(6): 1054.
HAO Lewei, WANG Qi, LIANG Jianshe, et al. Evaluation of source rock and petroleum resource estimation in the Oujiang Sag, the East China Sea Shelf Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(6): 1054.
- [15] 王国纯. 东海盆地前第三系与古潜山油气藏[J]. 石油勘探与开发, 1991(2): 11.
WANG Guochun. A discussion on the pre-Tertiary system and ancient buried hill oil pool in East China Sea Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1991(2): 11.
- [16] 陈琳琳. 东海陆架早第三纪裂谷盆地地层成因浅析[J]. 中国海上油气:地质, 1999, 13(2): 79.
CHEN Linlin. Genetic analyses of Eocene rift strata in the shelf basin, East China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 1999, 13(2): 79.
- [17] 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 281.
ZHANG Houfu, FANG Zhaoliang, GAO Xianzhi, et al. Petroleum geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 281.
- [18] 周志武, 殷培龄. 东海地质调查的回顾与含油气远景展望[J]. 石油与天然气地质, 1985, 6(1): 1.
ZHOU Zhiwu, YIN Peiling. A geological review of the East China Sea and its petroleum potential[J]. Oil & Gas Geology, 1985, 6(1): 1.
- [19] 王和明, 尹文荣. 东海重力磁力异常与地质构造[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(4): 295.
WANG Heming, YIN Wenrong. Gravity and magnetic anomaly and the geological tectonics of the East China Sea[J]. Oil & Gas Geology, 1986, 7(4): 295.
- [20] 刘光鼎. 东海的地质与油气勘探[J]. 地球物理学报, 1988, 31(2): 184.
LIU Guangding. Geology and exploration of petroleum in the East Sea[J]. Acta Geophysica Sinica, 1988, 31(2): 184.
- [21] 陈焕疆, 景学立, 张锡南, 等. 东海北部及邻区的基底和构造区划[J]. 中国海上油气:地质, 1990, 4(6): 11.
CHEN Huanjiang, JIANG Xueli, ZHANG Xi'nan, et al. Basement and geotectonic characteristics of the northern East China Sea and the adjacent region[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 1990, 4(6): 11.
- [22] 李培廉, 朱平. 试论东海陆架盆地的基底构造演化和盆地形成机制[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1992, 12(3): 37.
Li Peilian, Zhu Ping. Basement tectonic evolution and basin formation mechanism of the East China Sea Shelf Basin[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1992, 12(3): 37.
- [23] 吴健生, 王家林. 利用区域磁异常研究东海陆架区基底构造[J]. 同济大学学报:自然科学版, 1992, 20(4): 451.
WU Jiansheng, WANG Jialin. The study on the basement structure with the regional magnetic anomalies in the East China Sea[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 1992, 20(4): 451.
- [24] 曾久岭, 沈然清. 东海西湖凹陷的基底性质[J]. 海洋石油, 2000(3): 9.
ZENG Jiuling, SHEN Ranqing. Basement property of Xihu trough in the East China Sea[J]. Offshore Oil, 2000(3): 9.
- [25] 陈冰, 王加林, 吴健生, 等. 东海陆架盆地海礁凸起南块基底性质研究[J]. 石油实验地质, 2002, 24(4): 301.
CHEN Bing, WANG Jialin, WU Jiansheng, et al. Study on the basement properties of the south Haijiao uplift in the East China Sea Shelf Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2002, 24(4): 301.
- [26] 高德章, 唐建, 薄玉玲. 东海地球物理综合探测剖面及其解释[J]. 中国海上油气:地质, 2003, 17(1): 38.
GAO Dezhang, TANG Jian, BO Yuling. An integrated profile of geophysical survey and its interpretation in East China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 38.
- [27] 吴健生, 陈冰, 王家林. 东海陆架区中北部前第三系基底综合地球物理研究[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(2): 8.
WU Jiansheng, CHEN Bing, WANG Jialin. Integrated geophysics researches on basement structure of pre-Cenozoic sediment basin in central and northern East China Sea Shelf Basin[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(2): 8.
- [28] 孟祥君, 张训华, 刘展, 等. 东海西湖凹陷北部基底构造特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(2): 61.
MENG Xiangjun, ZHANG Xunhua, LIU Zhan, et al. The basement structural characteristics of north Xihu Sag in East China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2008, 28(2): 61.
- [29] 韩波, 张训华, 孟祥君. 东海磁场及磁性基底特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2010, 30(1): 71.
HAN Bo, ZHANG Xunhua, MENG Xiangjun. Magnetic field and basement features analysis in the East China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2010, 30(1): 71.
- [30] 李培廉, 侯洪斌, 马辉夫. 东海陆架裂谷盆地的构造和石油潜力[J]. 地质学报, 2000, 74(3): 651.
LI Peilian, HOU Hongbin, MA Huifu. Tectonics and petroleum potential of the East China Sea shelf rift basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(3): 651.
- [31] 张健益. 温州 6-1-1 井前第三系基岩的岩石特征及其地质探讨[J]. 台湾石油通讯, 1989, 2(1): 28.
ZHANG Jianyi. A discussion of the pre-tertiary lithology characteristics and geological significance in Well Wenzhou

- 6-1-1[J]. Report of Taiwan Petroleum, 1989, 2(1):28.
- [32] 杨传胜,李刚,杨长清,等. 东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(3):125.
YANG Chuansheng, LI Gang, YANG Changqing, et al. Temporal and spatial distribution of the igneous rocks in the East China Sea shelf basin and its adjacent regions[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2012, 32(3): 125.
- [33] 杨香华,李安春. 东海大陆边缘基底性质与沉积盆地[J]. 中国海上油气:地质, 2003, 17(1):25.
YANG Xianghua, LI Anchun. Basement nature and sedimentary basins along the continental margin in East China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 25.
- [34] 陆健雄. 东海盆地西南部地震“声波基底”性质和火成岩发育情况探讨[J]. 台湾石油通讯, 1989, 2(1):16.
LU Jianxiong. A discussion of the seismic “sonic basement” characteristics and igneous rock in the southwest of East China Sea basin [J]. Report of Taiwan Petroleum, 1989, 2(1):16.
- [35] 姜涌泉. 东海基底性质及其油气地质意义[J]. 中国海上油气:地质, 1990, 4(5):19.
JIANG Yongquan. Properties and geological significances of the basement of the East China Sea [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 1990, 4(5): 19.
- [36] 刘建华,方银霞,吴水根. 东海陆架盆地前新生代基底探讨 [C]//中国地球物理学会第 22 届年会论文集. 成都:四川科学技术出版社, 2006:332.
LIU Jianhua, FANG Yinxia, WU Shuigen. A discussion of the pre-Cenozoic basement of the East China Sea shelf basin[C]//Memoris of the 22th Annual Conference, Chinese Geophysical Society. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science & Technology: 332.
- [37] 许薇龄,乐俊英. 东海的构造运动及演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8(1):9.
XU Weiling, LE Junying. Tectonic movement and evolution of the East China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1988, 8(1):9.
- [38] 冯晓杰,蔡东升,王春修,等. 东海陆架盆地中新世代构造演化特征[J]. 中国海上油气:地质, 2003, 17(1):33.
FENG Xiaojie, CAI Dongsheng, WANG Chunxiu, et al. The Meso-Cenozoic tectonic evolution in East China Sea Shelf Basin [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1):33.
- [39] 张健益. 东海陆架盆地西南部的海相生物碎屑灰岩[J]. 石油学报, 1992, 13(2):191.
ZHANG Jianyi. Marine bioclastic limestone in the south-west part of continental shelf basin, East China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 1992, 13(2): 191.
- [40] 杨兆宇. 东海新生代沉积盆地的类型和成盆期[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1992, 12(2):1.
YANG Zhaoyu. The type and basining period of the Cenozoic sediment basin in East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1992, 12(2): 1.
- [41] 张胜利,夏斌. 丽水-椒江凹陷构造演化特征与油气聚集[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(3):324.
ZHANG Shengli, XIA Bin. Characters of tectonic evolution of the Lishui-Jiajiang sag and oil accumulation[J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(3): 324.
- [42] Sheriff R E. Limitations on resolution of seismic reflections and geological detail derivable from them [C] // Seismic Stratigraphy—Application to Hydrocarbon Exploration. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1977:3-14.
- [43] Mitchum R M, JR., Vail P R, et al. Seismic stratigraphy and global of sea level, part 6: stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences [C] // Seismic Stratigraphy—Application to Hydrocarbon Exploration. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1977: 117-133.
- [44] 高德章,赵金海,薄玉玲,等. 东海重磁地震综合探测剖面研究 [J]. 地球物理学报, 2004, 47(5):853.
GAO Dezhang, ZHAO Jinhai, BO Yuling, et al. A profile study of gravitative-magnetic and seismic comprehensive survey in the East China Sea[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2004, 47(5): 853.