

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2012.03125

东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征

杨传胜^{1,2}, 李刚^{1,2}, 杨长清^{1,2}, 龚建明^{1,2}, 廖晶^{1,2}

(1 国土资源部海洋油气与环境地质重点实验室, 青岛 266071; 2 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:基于二维地震资料和重磁资料的处理、解释,研究了东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征,并收集整理浙闽地区相关地质资料,将海陆连为一体进行综合解释。浙闽陆区岩浆岩非常发育,并且大致沿28°N为界,北侧岩浆岩大体呈NE向带状分布,南侧则呈NNE向带状分布,且埋深较浅,甚至在有些地区出露地表,其分布特征受区内大断裂的控制。综合地震、重磁资料研究认为,海域岩浆岩多分布在隆起部位或凹陷的边缘位置,发育情况与断裂的展布密切相关。收集整理了海域钻遇岩浆岩的15口钻井资料,沿自SW至NE一线,对岩浆岩的同位素年龄进行了统计分析,并结合其侵入关系对岩浆活动进行了期次和展布特征的划分,初步划分为4期:燕山期、四川期、华北期和喜马拉雅期;4带:浙闽隆起区、中部隆起区、钓鱼岛隆褶带和琉球岛弧带。

关键词:地震资料;重磁资料;岩浆岩;时空分布;东海陆架盆地

中图分类号:P736.22 文献标识码:A 文章编号:0256-1492(2012)03-0125-09

东海陆架盆地位于东海大陆架之上,盆地西侧为浙闽隆起区,毗邻浙江、福建、上海,东侧为钓鱼岛隆褶带(图1)。东西宽约250~300 km,南北长约

1 500 km,整体呈北北东向展布,是我国东部海域中、新生代叠合含油气盆地,面积约 $26.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1-3]。由于地处欧亚板块与太平洋板块连接部

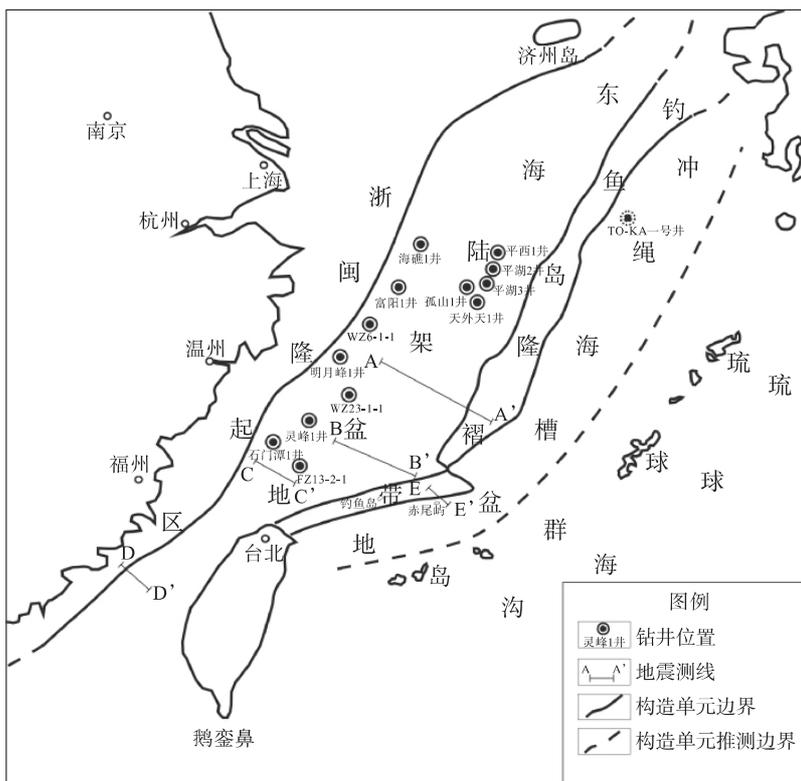


图1 东海新生代构造区划简图

Fig. 1 A simplified Cenozoic geotectonic map of the East China Sea

基金项目:全国油气资源战略选区调查与评价国家专项(第二批)(2009GYXQ05-01)

作者简介:杨传胜(1984—),男,研究实习员,主要从事地震资料解释与构造研究,E-mail:ychuansheng@cgs.cn

收稿日期:2012-01-31;改回日期:2012-04-23. 周立君编辑

位,自中生代以来经历了多期构造运动,随之形成了强烈的岩浆活动。前人研究认为,自浙闽陆区至东海陆架盆地,岩浆活动时代具有自西向东逐渐变新的趋势;岩浆岩呈现 NE、NNE 向带状分布特征;岩浆活动多期性明显^[4]。钓鱼岛隆褶带遭受了后期岩浆岩的强烈改造,地层分布被破坏。琉球群岛西侧为冲绳海槽、东侧为琉球海沟,菲律宾海板块向欧亚板块俯冲消减于此。

中国东南大陆与东海相毗邻,包括浙江省、福建省、广东省以及江西省的一部分,区内广泛分布的中生代火山岩,构成中国大陆东部乃至西太平洋大陆边缘极为醒目的中生代火山岩带。

1 中国东南地区岩浆岩时空分布特征

1.1 中生代岩浆岩分布特征

区内中生代岩浆活动持续时间长且规模大,形成了长约1 200 km、宽约 450 km 的中生代火山岩带,“火山岩界线”为其西界(图 2)。

浙闽地区中生代火山活动自晚三叠世开始,晚白垩世末结束,不同时期火山活动形成的火山岩及火山构造格局截然不同,表现出明显的阶段性与旋

回性。大致经历了 3 个发展阶段:(1)初始阶段:晚三叠世—中侏罗世;(2)鼎盛时期:晚侏罗世—早白垩世早期;(3)衰减阶段:早白垩世中期—晚白垩世。

区内政和—大埔大断裂带、江山—绍兴深断裂带、上杭—云霄深断裂带等控制了火山岩的分布情况,浙闽两省及周边地区中生代火山岩的分布均显示出明显的分带性(图 3),晚侏罗世火山岩区域上总体呈 NE 向带状分布,而白垩纪火山岩区域上呈 NW 向或 NEE 向带状分布^[6]。根据岩浆弧的位置变化计算了 180~85 Ma 时间段内伊佐奈岐板块向欧亚板块俯冲角度的变化,认为俯冲角度由 10°左右增加至 80°^[7]。这就造成了岩浆岩带自晚侏罗世至早白垩世逐渐向海迁移。中国东南部中生代岩浆岩年龄由西向东(由陆向海)逐渐变新,呈带状迁移。湘东和赣西(赣江以西)侵入岩早于中侏罗世(180~160 Ma);赣东和闽西火山岩和侵入岩多在中侏罗世(160~140 Ma);浙闽沿海地区岩浆岩和侵入岩年龄为 140~85 Ma,以早白垩世为主;台湾岛火山岩和侵入岩年龄为 90~70 Ma;东海陆架岩浆岩为 120~70 Ma,西部火山岩主要产于早白垩世,与浙闽沿海相近,东部岩浆岩产于晚白垩世或早白垩世晚期(图 2)^[8]。

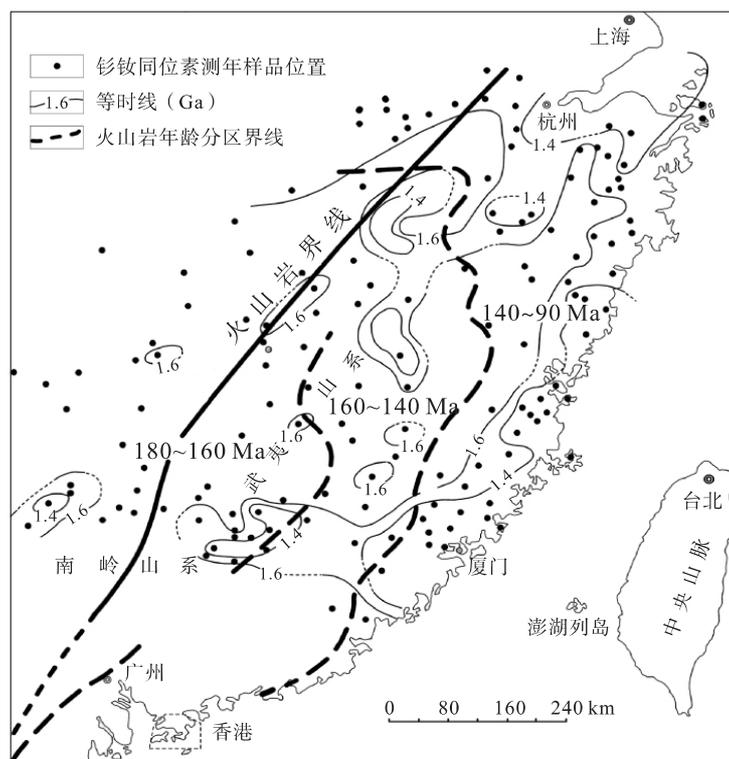


图 2 中国东南沿海晚中生代岩浆岩时空分布特征与钐-钕年龄等时图^[8]

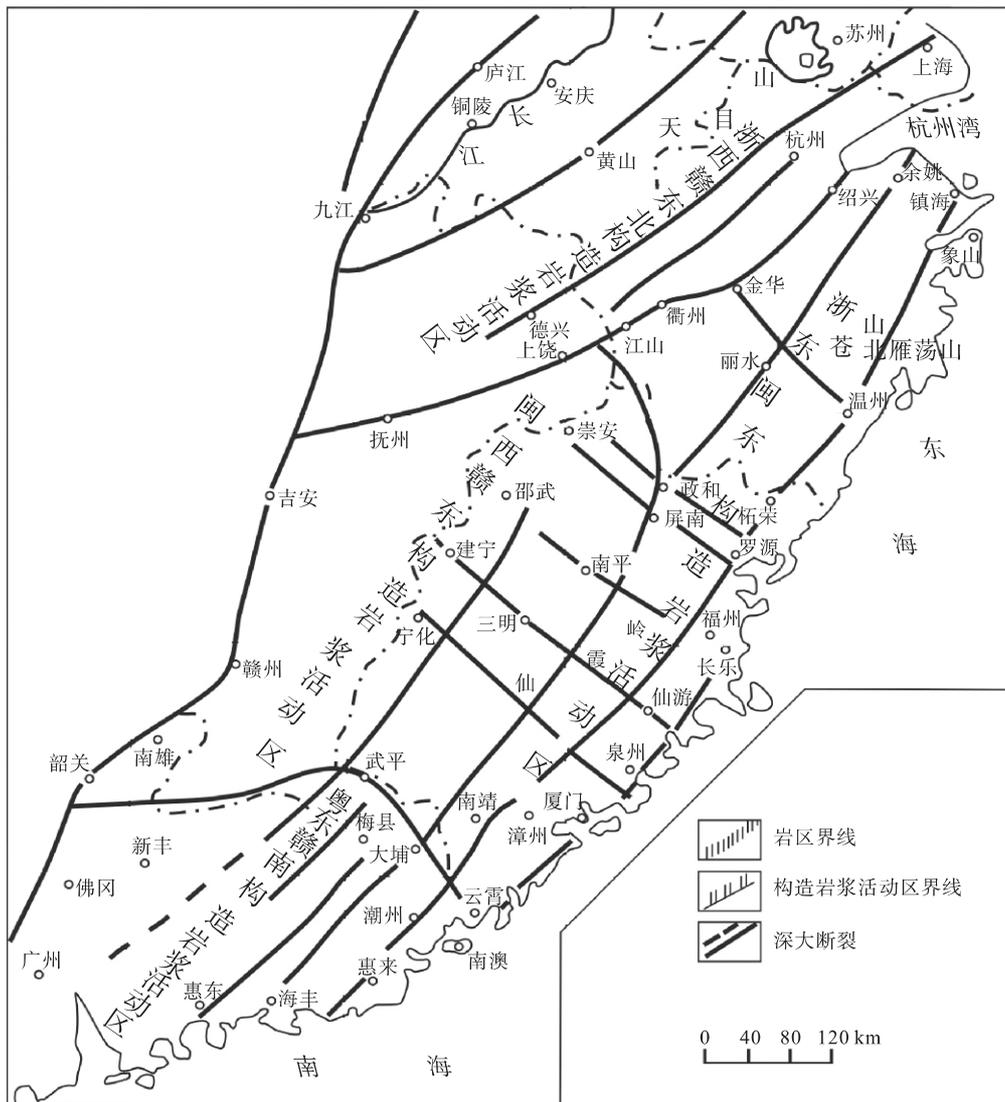


图 3 中国东南地区中生代构造-岩浆活动区^[5]

Fig. 3 Mesozoic tectono-magmatic active regions in SE China

毛建仁^[9]认为按年龄可将本期火山岩分为早晚两期, 早期主要分布在政和—大浦断裂带两侧及其以东地区, 晚期主要分布在浙东和闽东, 火山岩带呈现由内陆到沿海时代逐渐变新的特征。

1.2 新生代岩浆岩分布特征

新生代近 NNE 向岩浆岩带主要形成于中新世至更新世(约 20~2 Ma), 是中国东南部中—新生代火山岩浆作用的尾声。

随着太平洋板块向中国东南大陆俯冲角度的进一步增大, 至新生代时期, 中国东南部已由火山弧构造环境转变为板内裂谷环境, 仍受控于太平洋构造域动力学体系^[10]。

2 东海盆地岩浆岩时空分布特征

前人研究^[11]认为, 东海盆地岩浆活动主要分为燕山期和喜马拉雅期两个期次。燕山期在我国东南沿海地区非常活跃, 广泛分布着晚中生代以来大量的侵入岩与喷出岩。岩浆岩的分布与断裂发育密切相关, 燕山期岩浆岩主要发育在浙闽隆起带、雁荡凸起、台北低凸起和钓鱼岛隆褶带。喜马拉雅期岩浆岩发育弱于燕山期, 浙闽一带出露为玄武岩, 部分为安山岩, 主要分布于隆起部位及断裂发育地区。

2.1 岩石同位素地质年龄特征

东海陆架盆地现有钻井 80 余口, 其中多口钻井

分别在瓯江凹陷、西湖凹陷以及冲绳海槽钻遇中至中酸性为主的火山岩、侵入岩和变质岩(表1)。其中,灵峰一井钻遇的黑云角闪斜长片麻岩同位素质年龄值为1 680 Ma,为东海陆架盆地测得的最老

表1 东海陆架盆地钻井岩浆岩与变质岩一览^[11-13]

Table 1 List of volcanic and metamorphic rocks encountered in drilling holes in the continental shelf basins, East China Sea

地区	井名	岩浆岩 层段深度/m	钻井视厚 /m	岩石类型	同位素 样品岩性	样品深度 /m	同位素 年龄/Ma	测定 方法
瓯江 凹陷	石门潭1井	3 306~3 329	23	安山岩	安山岩	3 312~3 326	75	K-Ar
		3 329~3 353.21	24.21	花岗闪长岩	花岗闪长岩	3 348~3 353	115	体积法
	灵峰1井	2 373.5~2 693.18	319.6	黑云角闪斜长片麻岩	片麻岩	2 429.45	1 680	Rb-Sr
						2 639 2 693		等时线
明月峰 1井	2 927~2 983.07	56.07	花岗岩	花岗岩	2 982.61~2 983.07	113	K-Ar 体积法	
温州 6-1-1井	1 323.5~1 348 3 529~3 570	42.5 41	玄武岩 黑云母斜长片麻岩					
钱塘 凹陷	富阳1井	4 498~4 501	—	流纹质 凝灰岩	凝灰岩	4 498~4 501	107.5±3.9	SHRIMP 锆石 U-Pb, n=10
闽江 凹陷	FZ13-2-1	—	—	凝灰岩	凝灰岩	—	70.42	K-Ar 体积法
	WZ23-1-1	2 247~2 281	—	玄武岩	玄武岩	2 247~2 281	—	—
海礁 凸起	海礁1井	1 403.5~1 519.27	115.77	英安质角砾岩 凝灰岩	凝灰岩	1 516~1 519.27	69.9±0.81	Rb-Sr 法
西湖 凹陷	天外天1井	4 895~4 983	22	蚀变英安岩	安山岩	4 946~4 949.5	98.8±2	K-Ar 稀释法
	平湖2井	3 697.5~4 097	265	凝灰角砾岩	安山岩	3 888~3 920.5	56.5±1.4	K-Ar 稀释法
	平湖3井	3 566~3 685.5	1.07	安山岩、英安质凝 灰岩、玻屑熔结 凝灰岩、凝灰岩	安山岩	3 639.45	54.1±1.9	K-Ar
					凝灰岩	3 640.44~3 641.7	53.1±1.6	稀释法
	平西1井	2 809~2 840.5 2 840.5~3 104 3 104~3 204.7	31.5 263.5 100.0	安山英安岩 玄武安山岩 安山质火山角砾岩	安山岩	2 866.3~2 866.5	42.5	K-Ar
凝灰岩					3 109.39~3 113.73	45.9	体积法	
孤山1井	1 995~2 012.5	17.5	英安质岩屑晶凝灰岩、 英安质沉凝灰角砾闪 长岩、安山岩、凝灰岩、 玄武岩	凝灰岩	1 996.96~1 998.68	14.7、31.7	K-Ar 体积法	
冲绳 海槽	TO-KA 一号井	651~2 553		火山熔岩、碎屑沉积岩	火山熔岩	—	6	K-Ar 法

变质年龄值,推算其地质时代为元古代。石门潭一井与明月峰一井分别于 3 306~3 353.21 和 2 927~2 983.07 m 井段钻遇了一套中酸性至酸性侵入岩,同位素地质年龄分别为 75、115、113 Ma,推断为白垩纪侵入。西湖凹陷的平湖三井、平湖二井和平西一井分别于 3 566~3 685.5、3 697.5~4 097 和 2 809~3 204.7 m 井段钻遇一套以火山岩为主夹碎屑岩的地层,同位素地质年龄分别为 54.1、56.5、45.9 Ma,推断为早、中始新世。孤山一井钻遇岩浆岩同位素地质年龄为 14.7 Ma,与孢粉资料的时代相吻合,时代为中新世^[12]。

据钻井资料分析可见,东海陆架盆地岩浆岩自 SW(瓯江凹陷)至 NE(西湖凹陷,直到冲绳海槽)大致呈现出时代愈来愈新的趋势(图 1,表 1)。综合毗邻的浙闽地区整体来看,由陆至海,由西往东,岩浆岩年龄趋于年轻。

东海盆地岩浆岩同位素年龄多为 120~30 Ma,西部凹陷带多产出早白垩世晚期岩浆岩,盆地东部多为晚白垩世以及新生代岩浆岩。

2.2 岩浆活动期次划分

侏罗纪,伊佐奈岐板块开始向大陆加剧俯冲,东海陆架盆地及毗邻地区以挤压为主,总体表现为拗陷型沉积;晚白垩世,燕山期构造运动基本结束,欧亚大陆受到由南向北的挤压,研究区转换为拉张、聚敛^[14-15]。据此将该区划分为 4 期岩浆活动:燕山期(205~135 Ma)、四川期(135~52 Ma)、华北期(52~23.5 Ma)和喜马拉雅期(23.5~0.78 Ma)。

燕山期:岩浆活动在我国东南沿海较发育,东海陆架盆地分布较少,主要为晚侏罗世与早白垩世,侵入岩和喷发岩均有^[16]。其中,东南沿海地区由于燕山期强烈的断裂活动,岩浆侵入和喷发均较发育,主要分布于福建西北部及浙江西南部,以中酸性、酸性火山岩为主。花鸟山岛岩石年代为 169 Ma,为侏罗纪晚期,多以岩基状产出^[17]。

四川期:岩浆活动于浙闽沿海一带非常活跃,具有频繁多期的特点。该时期的地应力由挤压转变为了拉张,NE、NNE 向断裂发育,岩浆活动随之进入鼎盛期。东海陆架盆地四川期岩浆岩主要发育在浙闽隆起区、中部低隆起和钓鱼岛隆褶带。与断裂的分布关系密切,大多沿断裂展布侵入发育。马祖岛岩石年代测定为 95 Ma,金门岛岩石年代测定为(95±2) Ma,为白垩纪晚期,多成珠状产出,为燕山期岩浆岩活动。明月峰 1 井,2 982.61~2 983.07 m 处花岗岩样品的同位素年龄为 113 Ma(K-Ar 体积

法)。石门潭 1 井,3 312~3 326 m(安山岩)与 3 348~3 353 m(花岗闪长岩)两处样品的同位素年龄分别为 75 和 115 Ma(K-Ar 体积法)。天外天井,4 946~4 949.5 m 处安山岩样品的同位素年龄为(98.8±2)Ma(K-Ar 体积法)。另外,平湖 2 井、平湖 3 井等也钻遇了该期岩浆岩。

华北期:平西 1 井,2 866.3~2 866.6 m(安山岩)与 3 109.39~3 113.73 m(凝灰岩)两处样品的同位素年龄分别为 42.5 和 45.9 Ma(K-Ar 体积法)。

喜马拉雅期:孤山 1 井,1 996.96~1 998.68 m 处凝灰岩样品的同位素年龄为 14.7 Ma(K-Ar 体积法),与孢粉资料的时代相吻合,时代为中新世。钓鱼岛岩浆岩带南段发现玄武岩中夹有红土风化壳,得知至少有 9 次玄武岩喷溢,其 K-Ar 体积法测得年龄为 13~8Ma^[12]。冲绳海槽的 TO-KA 一号井,钻遇了火山熔岩,K-Ar 法测得同位素年龄为 6 Ma。

同时,综合研究区地震剖面可见(图 4),岩浆岩发育具有由南往北、时代越来越新的规律且规模越来越大。

2.3 岩浆岩区域分布特征

据该区岩石物性资料分析,磁异常主要是由岩浆岩造成的。本文主要利用化极磁力异常垂向一阶导数对研究区的岩浆岩进行了初步划分,划分过程中利用钻井、地震资料对其进行了约束,归纳为以下四个 NE、NNE 向岩浆岩区带(图 5):①浙闽隆起区;②中部隆起区;③钓鱼岛隆褶带;④琉球岛弧带。

(1) 浙闽隆起区

该区分布较广,位于宁波—丽水断裂、政和—大浦断裂与海礁—东引大断裂之间。此外,瓯江凹陷岩浆岩,多为上新世喷发产出,与浙闽地区岩浆岩特征较为一致,推断浙闽隆起区岩浆岩带的东部边界应向海域进一步延伸。

(2) 中部隆起区

东海陆架盆地中部低隆起包括虎皮礁凸起、海礁凸起、鱼山凸起、武夷山凸起、观音凸起以及澎北凸起。

该区域岩浆岩分布广泛,以中酸性至基性火山岩为主。其中,虎皮礁凸起与海礁凸起的基底为燕山期岩浆岩。南部的武夷山凸起岩浆岩多沿 NE、NNE 向的断层侵入(图 5),多分布于凸起与凹陷的接触部位。

(3) 钓鱼岛隆褶带

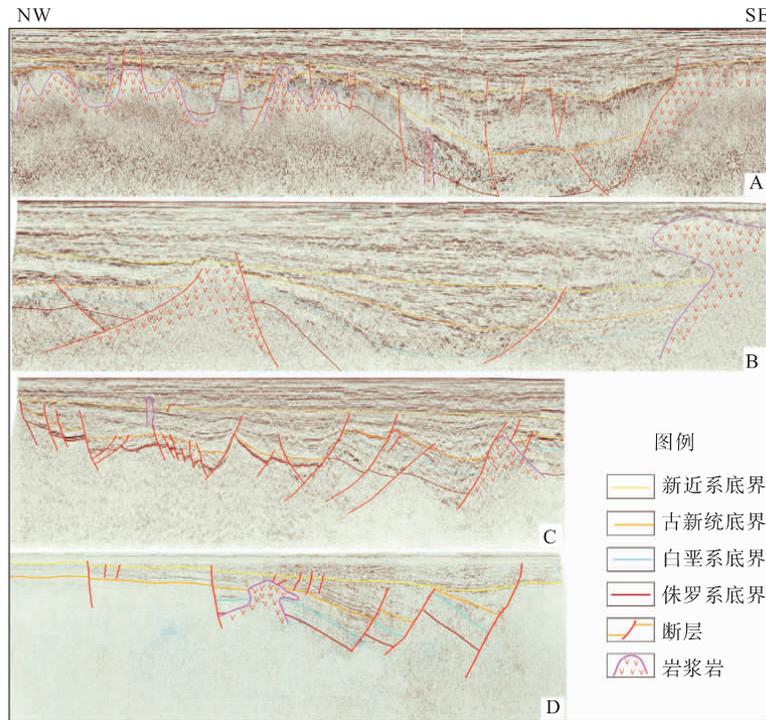


图4 东海陆架盆地地震解释剖面

Fig. 4 Seismic sections from the East China Sea Shelf Basin and their interpretation

钓鱼岛隆褶带北起日本的五岛列岛,南端与我国台湾的中央山脉构造带遥相对应。它是我国大陆边缘的一个隆起带,隆起带断裂构造非常发育,以NNE和NW向为主,控制了其构造发育,为岩浆岩的发育创造了条件。

由于钻井和地震资料的缺乏,对于该区的岩浆岩研究主要是应用重磁资料。在钓鱼岛的北段和南端都存在重力负值剩余异常,在北段有一10 mGal的异常,南端有一可达20 mGal的圈闭异常,对应这些位置都有100~200 nT的磁力异常,这些磁异常及隆起上有很多100 nT圈闭线的磁异常。整体来看,钓鱼岛隆褶带表现为高磁异常,特别是在其中南部,高磁异常更为发育,这说明此隆褶带上岩浆岩非常发育,因此亦有专家学者将其称为岩浆岩带。

据声纳浮标、地震折射资料分析,隆褶带下部有一5.6~6.8 km/s的层组,对比台湾西部钻井解释的中新统以下的白垩系(5.2~5.8 km/s)^[18],推测为中生代地层。综上所述,钓鱼岛隆褶带分布有中生代地层,但后期受岩浆活动强烈破坏(图6)。

(4) 琉球岛弧带

琉球岛弧位于欧亚板块、太平洋板块以及菲律宾板块三者聚敛的活动边缘,菲律宾板块沿西北向向欧亚板块俯冲,消减于琉球岛弧之下,岩浆活动强烈,岩浆岩非常发育,但无现代火山活动。

3 讨论

晚中生代俯冲带位置位于日本中央构造线—台湾纵谷带—菲律宾民都洛—巴拉望一带^[19]。古近纪末,西太平洋板块俯冲潜没带向东、向洋迁移,大洋岩石圈沿着日本和九州—帛琉脊(海岭)东侧的海沟重新开始俯冲^[19]。琉球海沟在上新世时,俯冲潜没作用复活,开始产生弧后拉张,形成初始阶段的边缘海盆地—冲绳海槽^[20]。现今,俯冲带位置北起千岛群岛,中经日本及伊豆—小笠原地区,南至马里亚纳群岛^[21-22]。

板块俯冲导致东亚岩石圈下次生热对流,先是造成闽浙地区张裂,东海陆架断陷盆地(K-E)和陆缘岛弧—隆褶带雏形或古琉球弧(E-N)形成,此时俯冲带东迁至今隆褶带东侧;菲律宾板块的持续俯冲,次生热对流进而使古琉球弧张裂,冲绳海槽开始出现(N1-N2),西侧形成残留弧——东海陆架外缘隆褶带,东侧则形成今日的琉球弧(Q),俯冲带随之迁移至现今琉球海沟的位置^[23]。

晚中生代至新生代,俯冲带位置向东、向海发生了跳跃式的带状迁移,俯冲角度呈现逐渐变大的趋势。整个东海陆架盆地及毗邻中国东南部演变为弧后盆地,断裂发育,控制了该区的岩浆活动,造成了

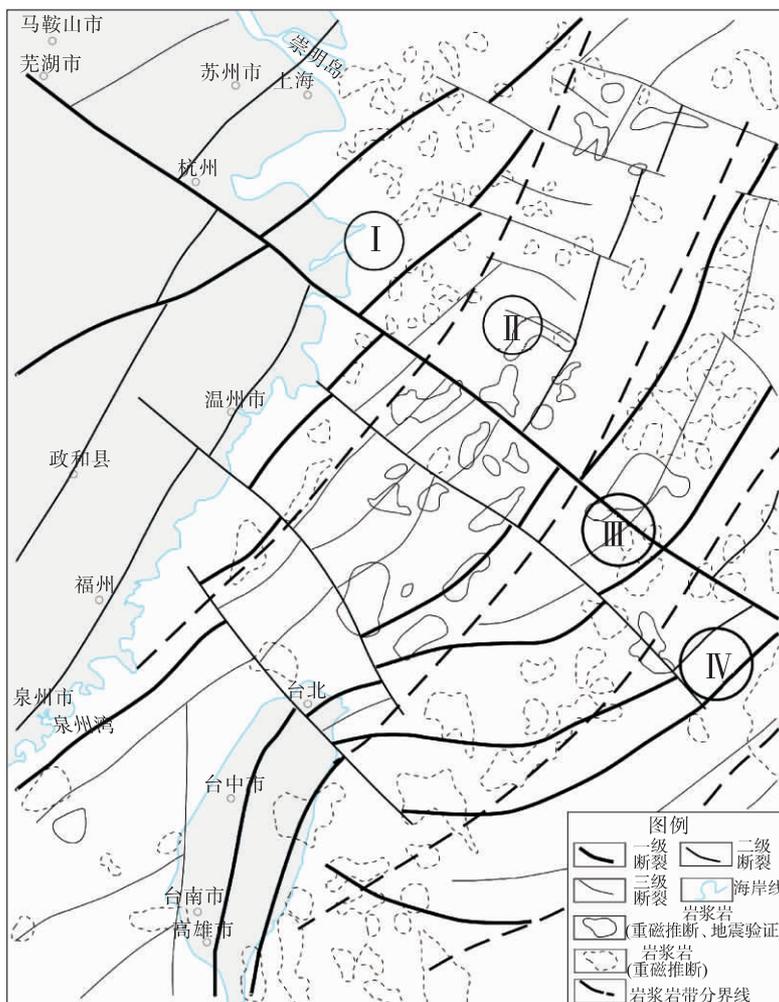


图 5 东海陆架盆地及其邻区断裂岩浆岩分布

(① 浙闽隆起区; ② 中部隆起区; ③ 钓鱼岛隆褶带; ④ 琉球岛弧带)

Fig. 5 Distribution of faults and igneous rocks in the East China Sea Shelf Basin and its adjacent area
(① Zhe-Min uplifted area; ② the Center uplifted area; ③ Diaoyu Island folded doming-up region; ④ Ryukyu arc region)

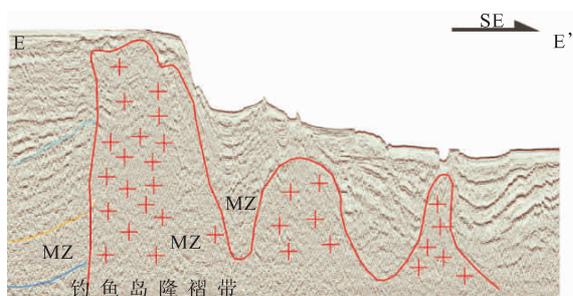


图 6 东海陆架 E-E' 测线地震解释剖面

Fig. 6 E-E' seismic cross-section with interpretation

岩浆岩 NNE、NE 向的分布格局。断裂构造的分布控制了岩浆岩的发育,构成了 NNE 和 NE 向的条带状分布格局。

利用板块俯冲解释中国东部强烈的构造-岩浆作用似乎比较合理,但近些年来随着研究的深入,也遇到了一些困难,410 或 660 km 处的不连续面附近

发现的一些起伏似乎无法解释浅部的构造-岩浆作用^[24],一些地质学家提出了不同的看法。当前,该问题作为地质学界的一个热点,存在着多种不同的观点和意见。对于海域研究的加强,相信会有一定的收获。

4 结论

(1)自中国东南大陆地区,经东海陆架盆地一直到冲绳海槽,岩浆岩分布整体具有自西向东、自南往北(或总体呈现自南西向北东方向)时代越来越新的规律;

(2)陆域的政和—大埔断裂带、江山—绍兴深断裂带、上杭—云霄深断裂带等控制了岩浆岩的分布,浙闽两省及周边地区岩浆岩分布均呈现明显的分带性;海域自西向东可分为 4 个岩浆岩带,分别为浙闽

隆起区、陆架盆地中部低隆起、钓鱼岛隆褶带和琉球岛弧；

(3) 依据研究区晚白垩世构造背景由挤压转为拉张, 将岩浆岩活动期次划分为燕山期、四川期、华北期以及喜马拉雅期；

(4) 综合东海盆地及毗邻地区的岩浆岩时空分布特征, 认为该区岩浆岩的分布受控于俯冲带跳跃式迁移和弧后断陷, 二者相互影响, 关系密切, 对岩浆岩分布都具有重要的作用。随着时间的推移俯冲角度变大, 致使岩浆作用向洋带状迁移, 进而造成了浙闽及周边地区的中生代岩浆岩总体呈 NE、NNE 向带状分布的特点。

参考文献 (References)

- [1] 刘光鼎. 中国海区及邻域地质-地球物理系列图说明书[M]. 北京: 地质出版社, 1994. [LIU Guangding. Geology-Geophysics Series of Figure Instructions of the China Seas and its Adjacent Regions [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994.]
- [2] 许东禹, 刘锡清, 张训华. 中国近海地质[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 12-18. [XU Dongyu, LIU Xiqing, ZHANG Xunhua. The China Offshore Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 12-18.]
- [3] 刘金水, 廖宗延, 贾健谊, 等. 东海陆架盆地地质结构及构造演化[J]. 上海地质, 2003(3): 1-6. [LIU Jinshui, LIAO Zongyan, JIA Jianyi, et al. The geological and tectonic evolution of the east China Sea shelf basin[J]. Shanghai Geology, 2003(3): 1-6.]
- [4] 冯晓杰, 蔡东升, 王春修, 等. 东海陆架盆地中生代构造演化特征[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(1): 33-37. [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): 33-37.]
- [5] 谢家宝, 陶奎元. 中国东南大陆中生代火山岩地质及火山-侵入杂岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996. [XIE Jiabao, TAO Kuiyuan. Mesozoic Volcanics Geology and Volcano-intrusion Complex Rock of the Southern China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.]
- [6] 卢清地. 福建东部、浙江西部地区中生代火山岩岩石地层划分与时代对比研究报告[M]. 福州: 福建省地图出版社, 2008. [LU Qingdi. Mesozoic Volcanic Rocks Stratigraphic Division and Time Correlation of the Eastern Fujian Province and Western Zhejiang Province[M]. Fuzhou: Cartographic Publishing House of Fujian Province, 2008.]
- [7] 李武显, 周新民. 中国东南部晚中生代俯冲带探索[J]. 高校地质学报, 1999, 5(2): 164-169. [LI Wuxian, ZHOU Xinmin. Late Mesozoic subduction zone of southeastern China [J]. Geological Journal of China University, 1999, 5(2): 164-169.]
- [8] Zhou X M, Li W X. Origin of Late Mesozoic igneous rocks in Southeastern China implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magmas [J]. Tectonophysics, 2000 (326): 269-287.
- [9] 毛建仁. 中国东南大陆中、新生代岩浆作用与壳幔演化动力学[J]. 火山地质与矿产, 1994, 15(2): 1-11. [MAO Jianren. Mesozoic-Cenozoic magmatism and crust-mantle evolution dynamic of the Southern China [J]. Volcanic Geology and Mineral, 1994, 15(2): 1-11.]
- [10] 徐夕生, 谢昕. 中国东南部晚中生代-新生代玄武岩与壳幔作用[J]. 高校地质学报, 2005, 11(3): 318-334. [XU Xisheng, XIE Xin. Late Mesozoic-Cenozoic basalt and crust-mantle action of the Southern China [J]. Geological Journal of China University, 2005, 11(3): 318-334.]
- [11] 张训华. 中国海域构造地质学[M]. 北京: 海洋出版社, 2008. [ZHANG Xunhua. The China Seas Tectonic Geology [M]. Beijing: Ocean Press, 2008.]
- [12] 沈然清, 李上卿, 谢仁海. 东海盆地岩浆活动[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 60-69. [SHEN Ranqing, LI Shangqing, XIE Renhai. Magmatic Activity of the East China Sea [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001: 60-69.]
- [13] 杨文达, 崔征科, 张异彪. 东海地质与矿产[M]. 北京: 海洋出版社, 2010. [YANG Wenda, CUI Zhengke, ZHANG Yibiao. Geology and Mineral of the East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 2010.]
- [14] 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1993. [WAN Tianfeng. The Mesozoic-Cenozoic Intraplate Deformation Stress Field and Its Application in the Eastern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.]
- [15] 万天丰. 中国大地构造学纲要[M]. 北京: 地质出版社, 2004. [WAN Tianfeng. China Tectonic Outline [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004.]
- [16] 李家彪. 东海区域地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2008. [LI Jiabiao. Regional Gology of the East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 2008.]
- [17] 许薇玲, 乐俊英. 东海海域块体的划分[J]. 海洋地质信息通报, 1995(2): 4-6. [XU Weiling, LE Junying. Blocks division of the East China Sea [J]. Marine Geology Information Journal, 1995(2): 4-6.]
- [18] 李桂群, 李学伦. 东海陆架外缘隆起带地质构造特征[J]. 青岛海洋大学学报, 1995, 25(2): 199-205. [LI Guiqun, LI Xuelun. Geological tectonic characteristics of the outer margin up warped zone of the East China Sea shelf [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1995, 25(2): 199-205.]
- [19] 舒良树, 周新民. 中国东南部晚中生代构造作用[J]. 地质论评, 2002, 48(3): 249-260. [SHU Liang, ZHOU Xinmin. Late Mesozoic tectonism of southeast China [J]. Geological Review, 2002, 48(3): 249-260.]
- [20] 郭令智, 施央申, 马瑞士. 西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化[J]. 地质学报, 1983(1): 11-21. [GUO Lingzhi, SHI Yangshen, MA Ruishi. On the formation and evolution of the Mesozoic-Cenozoic active continental margin and island arc tectonics of the Western Pacific Ocean [J]. Acta Geologica Sinica, 1983(1): 11-21.]

- [21] 臧绍先, 宁杰远. 西太平洋俯冲带的研究及其动力学意义 [J]. 地球物理学报, 1996, 39(2): 188-202. [ZANG Shaoxian, NING Jieyuan. Study on the subduction zone in Western Pacific and its implication for the geodynamics[J]. Acta Geologica Sinica, 1996, 39(2): 188-202.]
- [22] 孙文斌, 和跃时. 西太平洋 Benioff 带的形态及其应力状态 [J]. 地球物理学报, 2004, 47(3): 433-440. [SUN Wenbin, HE Yueshi. Characteristics of the subduction zone in the Western Pacific and its stress state[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2004, 47(3): 433-440.]
- [23] 李学伦, 刘保华, 林振宏. 东海陆架外缘隆褶带的形成与构造演化 [J]. 海洋学报, 1997, 19(5): 76-82. [LI Xuelun, LIU Baohua, LIN Zhenhong. Formation and tectonic evolution of the outer margin up warped zone of the East China Sea shelf [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1997, 19(5): 76-82.]
- [24] 万天丰, 赵庆乐. 中国东部构造-岩浆作用的成因 [J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(2): 155-163. [WAN Tianfeng, ZHAO Qingle. The genesis of tectono-magmatism in eastern China [J]. Sci. China Earth Sci., 2010, 55, doi: 10. 1007/s11430-011-4361-4.]

TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF THE IGNEOUS ROCKS IN THE EAST CHINA SEA SHELF BASIN AND ITS ADJACENT REGIONS

YANG Chuansheng^{1,2}, LI Gang^{1,2}, YANG Changqing^{1,2}, GONG Jianming^{1,2}, LIAO Jing^{1,2}

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071;

2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071)

Abstract: Two-dimensional seismic and gravity-magnetic data were processed and interpreted by the authors in order to study the temporal and spatial distribution of igneous rocks in the East China Sea Shelf Basin and its adjacent regions. Data from the land, mainly from Zhejiang and Fujian provinces were collected for the purpose of correlation. Igneous rocks are widely distributed in Zhejiang and Fujian. They occur in a NE trending to the north and NNE trending to the south of 28 N. They are shallowly buried and controlled mainly by major faults. The igneous rocks offshore are mainly distributed upon uplifts or along the fault boundaries of depressions. Temporally, the igneous rocks in the study area can be subdivided into four stages, i. e the Yanshan stage, Sichuan stage, Huabei stage and Himalayan stage and spatially occur in four zones, say the Zhe-Min uplifted zone, Central uplifted zone, Diaoyu Island folded uplifting zone and Ryukyu arc zone.

Key words: seismic data; gravity and magnetic data; igneous rock; temporal and spatial distribution; East China Sea shelf basin