

大洋钻探与南海的形成

张训华 朱银奎

(地质矿产部海洋地质研究所 青岛 266071)

提要 南海是太平洋西部边缘海之一。由于其特殊的大地构造位置和复杂的地质结构,多年来其形成演化一直是地学界研究和争论的焦点。在南海开展大洋钻探,不仅可以回答南海形成演化方面的一系列问题,而且对于研究边缘海的形成演化过程和欧亚板块、印-澳板块、太平洋板块的相互作用与影响,以及全球构造运动都有重要意义。

关键词 大洋钻探,单向拉张,形成演化,南海海盆

南海的北缘是华南大陆,西边为印支半岛和马来半岛,东邻巴拉望、吕宋岛和台湾岛,南靠加里曼丹,属于半封闭海。南海呈不规则的菱形,长轴方向为NE30°,长约2380km,短轴为NW向,宽约1380km,总面积 $3.537 \times 10^6 \text{ km}^2$,占中国海区总面积的52%。南海不但有广阔的陆架、陆坡,而且还展布有许多的岛、礁、海台、海盆、海山、海槽和海沟。南海及其周围地区蕴藏有丰富的油气等矿产资源,我国在这一海区经过30多年的油气勘探、开发和基础研究工作,积累了大量的地质地球物理和地球化学等方面的实测资料与研究成果。

南海位于欧亚板块、印-澳板块和太平洋板块的交汇处,地壳厚度在5~30km,岩石圈厚度为47~70km。南海的地质构造与地球物理场非常复杂。目前人们对南海海盆周围各区块的深部构造、地壳结构及断裂活动、岩浆活动和沉积层序比较了解,资料丰富、研究深入,看法虽存在一定差异,但出入不大。关于南海的形成演化之主要问题集中在南海中央海盆。由于南海地质构造的复杂性和目前尚无海盆的钻井资料,对于海盆的地壳性质、地壳结构和形成机制、演化模式则众说纷云,看法很不一致,有些观点甚至截然相反。

1 南海的形成演化

南海地质调查始于本世纪20年代初,当时主要开展了测深和底质取样工作。在南海进行大规模系统的地质地球物理调查则始于60年代。而关于南海的形成演化,直到70年代初才由Karig^[12]首先提出了弧后扩张说。自此之后,中外地学工作者和专家从不同的角度,根据所掌握的地质地球物理资料,对南海的形成演化进行了不断的探索。李四光^[1]用地质力学的观点认识南海,将南海归属于新华夏构造体系中的第一沉降带;Ben-Avraham和Uyeda^[11]以及Hilde等(1976)持弧后扩张观点;郭令智等(1975)则认为是微扩张;黄汲清^[2]将南海划定为“南海地台”。自1980年由Taylor和Hayes研究了南海东海盆磁异常,首先识别出了磁异常条带及其编号,提出海底扩张说之后,尤其

收稿日期:1996年3月10日

是 Taylor 和 Hayes 于 1983 年对磁条带重新进行了认识之后,南海是经海底扩张形成的观点被多数地质工作者所接受。随着资料不断丰富和研究的深入,唐鑫^[3]提出了三叉点观点;张文佑^[4]提出了南海属过渡型地壳构造域边缘海断块区,为南海断块的观点;李卢玲等^[5]提出了多中心观点;黄福林^[6]提出了南海地台大洋化观点。1987 年之后,吕文正^[7]、姚伯初^[8]等先后提出了海底扩张在南海的多种表现形式及南海的形成模式。在这一阶段,邹和平^[9]测定了南海海盆中海山玄武岩中主元素、微量元素和同位素,分析了它们的组成特征,在与雷琼、礼乐滩等地的玄武岩进行了比较之后得出结论,对南海海盆为洋壳的观点提出了怀疑。

目前,人们虽然根据同一磁测资料,却由于观点不同或者分析手段和方式不同而得出了与海底扩张时代相差很大的不同结论。如,根据同样的重力资料,由于反演方法和对物性参数的统计及异常场源的认识不同,而得到的地壳厚度相差很大;根据同样的 3 个海山拖网所获得的玄武岩样品,有人认为这些玄武岩为大洋玄武岩,也有人通过多种化学分析和与南海北部陆坡,华南、海南及礼乐滩等地的玄武岩对比,结合太平洋和菲律宾海的大洋玄武岩情况而得出了这些玄武岩与其说是大洋玄武岩不如说是大陆玄武岩的结论(邹和平等,1993)。由此看来,是否可以这样认为,在南海地区可根据现有分散的少量地热资料计算海盆地壳的年龄,海盆的水深大小来计算地壳的厚度变化、年龄以及确定海盆的年龄、水深和热流三者之间的关系。因此,在综合研究各种方法的应用条件或者前提的情况下,利用已获得的各种地质地球物理资料的结合,找到一种研究南海海盆地壳性质和结构的比较合理的方法,进一步建立南海海盆的构造模式,探讨其形成演化是非常必要的。从研究南海及其邻区各种断裂入手,分析南海尤其是海盆内断裂的大小、切割深度、延伸范围和所起作用,找出各种方向、各种类型、不同等级断裂间的相互关系,并结合各种地质地球物理资料的综合分析解释,在前人研究工作的基础上更加深入地了解南海海盆的地壳性质及其结构,探讨海盆的形成演化,为在海盆周围陆架、陆坡上的各种盆地内寻找油气等矿产资源,维护我国的海洋权益提供背景资料。

从前人的研究成果来看,南海中央海盆可分为东部海盆、西南海盆和西北海盆 3 个次海盆。3 个次海盆的形状、走向、深浅和地球物理场特征均存在差异。若是陆壳洋化形成海盆,则其中的某些海山可能为残留的陆块,其年龄要比海盆老。若是经海底扩张形成南海海盆,则东部海盆为 SN 向扩张,两边均为被动大陆边缘,扩张中心位于 15°N 左右的黄岩海山链附近;西南海盆为 NW-SE 向扩张,两边同为被动大陆边缘,扩张中心为 SW 向,在 116°E 附近与 EW 向的东部海盆扩张轴相接;西北海盆为 SW 向扩张,两边也都是被动大陆边缘,扩张轴 EW 向或 NEE 向延展,位于 18°N 附近。最近,姚伯初、曾维军等认为南海为 3 个海盆、3 个扩张轴经两次扩张形成。第一次扩张,即西南海盆与西北海盆,扩张发生在晚始新世-早渐新世,扩张方向为 NW-SE;第二次扩张是在晚渐新世~早中新世进行的,这次扩张形成了东部海盆。

总之,对南海形成演化的认识可归纳为“陆壳洋化”、“海底扩张”和“单向拉张”3 种基本观点。

一是“陆壳洋化”观点。持这种观点的人(如黄汲清、黄福林等)认为南海海盆是在原南海地台的基础上经地壳拉张、减薄、洋化而成。其中,一部分人认为南海海盆已完全洋化,不存在残余陆块而成为完全的洋壳;另外还有一部分人认为南海海盆虽然具有洋壳的某些性质和地球物理场上的反映,但并未完全洋化。海盆中可能尚存在残留的陆块,而海盆中某些海山就可能为古老的残余陆块,它们的年龄比新生的洋盆老。

二是“海底扩张”观点。持这种观点的人认为南海海盆是经过海底扩张而形成的,海盆基底为完全的洋壳,海盆中的海山为新生的火山堆,其年龄要比新生的洋壳年轻。但持有这种观点的人对于南海中央海盆的地壳结构、形成演化又存在多种看法。他们根据南海海盆已获得的各种地质地球物

理资料及围区的地质背景,有的以重力资料为主,反演地壳厚度;有的以磁力资料为主,探讨地壳性质,划分地磁条带;有的以地震资料为主,从沉积层的层序、断裂分布、延伸及其组合特点,结合周围的地质构造情况来分析、研究海盆的成因;还有的从研究南海地壳深部地质结构出发,利用天然地震台网的资料反演计算地壳不同深度上纵波的速度来探讨南海海盆地壳结构。总之,前人根据一种或多种资料,甚至综合各种地质、地球物理资料及钻井、拖网、古地磁、地热等资料,相继提出了一个扩张中心、两个扩张中心和3个扩张中心及一次扩张、两次扩张和3次扩张的不同假说。同时,又因对扩张时代认识不同或者对扩张的先后次序认识不同观点又不一致,有些观点对扩张的次序或者对时代的认识甚至截然相反。

三是“单向拉张”观点。作者认为传统意义上的海底扩张在南海这一特殊的大地构造位置上难以形成,据姚伯初等人的研究结果,南海地幔流具有单向流动的特点。南海作为西太平洋边缘最大的边缘海,它不同于日本海,这已被许多学者所证实。从现有资料看,南海不属于弧后扩张。大西洋型的被动大陆边缘海底扩张也存在许多无法解释的地质地球物理现象,而且依据不足,众说纷云;陆壳洋化模式虽能解释许多海底扩张所不能解释的地质地球物理现象,但其机制确不能令人信服,也无直接证据。特定的地质构造环境必然有其特殊的形成演化模式。基于上述认识,作者在研究了前人提出的各种南海形成演化模式的基础上,提出了“单向拉张”模式。以前提出的许多不同机制的演化模式基本上是以南海为中心建立起来的。而“单向拉张”模式指出,南海是由于欧亚板块、印-澳板块与太平洋板块相互作用,使得地幔流动发生变化,在南海地区形成单向地幔流动,在此背景上经上部地壳被单向拉张发生断裂并减薄,地壳断陷并在深部发生熔融,同时伴随地幔物质侵入上涌形成洋壳。

2 大洋钻探的科学目标

自深海钻探和大洋钻探实施以来,其成果不但验证了海底扩张学说,而且取得了以“全球气候演化”为代表的许多重大科技成果,解决了很多地质学上的重要问题。

目前虽然对南海海盆的地壳结构和形成演化存在许多观点,但大家普遍认为南海海盆为洋壳或者主要为已经洋化了的洋壳,陆壳已基本不存在或者只可能存在少量残余陆块。之所以得到一个这样比较一致的认识,一是南海海盆水深在4000m左右,相当于太平洋的平均水深;二是利用重力资料和声纳浮标资料反演出的地壳厚度在4.93~8.75km,与通常所已知的洋壳厚度基本一致;三是存在比较高的热流值,反映南海海盆比较年轻。另外坚持海底扩张观点的人认为南海海盆的磁场中存在大洋磁条带,并通过对比进行了编号,计算出了海底扩张的时代;而坚持陆壳洋化观点的人认为南海海盆磁异常条带与华南大陆上火山岩引起的磁异常条带相似,它们连续性差,强弱变化不均,并非典型的大洋磁条带。由于南海海盆北边为古老的华南大陆,西面为古老稳定的西沙-中沙前寒武纪褶皱基底,南面为古老稳定的南沙前寒武纪褶皱基底,在此情况下被动大陆边缘的海底扩张难以形成。但是南海海盆中西南海盆NW-SE向扩张与东部海盆SN向扩张之间的关系如何解释以及于马尼拉海沟处南海海盆向菲律宾群岛下俯冲又如何解释?它们的关系怎样?这些问题都没有令人信服的、比较圆满的解释。此外,持海底扩张观点的人,其主要的依据磁异常条带又时常变化,相应的结论也随之变化。最初认为西南海盆扩张的时间大约在晚白垩~早古新世(距今约70~63Ma),而东部海盆的扩张时间大约在中渐新世~早中新世(距今约32~17Ma),因此西南海盆比东部海盆老(Taylor, Hayes等, 1980)。后来又认为东部海盆的扩张应在中渐新世~渐新世末(距今

32~28Ma),而西南海盆的扩张应在早中新世(距今23~16Ma)开始,这样西南海盆比东部海盆新^[10]。最近,邹和平对南海海盆中海山上3个拖网样品进行了综合分析后认为它们与华南、雷琼等地的玄武岩更相近,而且海山玄武岩的年龄与其位置无关,可能老于海盆的年龄。

对南海地壳结构和形成演化的认识存在多种不同观点,每一种观点都有其合理的一面,能解释许多地质和地球物理结论,但也存在一些无法解释的现象和问题。单向拉张模式是作者对南海形成演化研究的一次尝试,尚待进一步修正和提供更多地质与地球物理方面的证据。因此,南海的大洋钻探应首先针对解决其地壳结构和形成演化方面存在的一系列问题。在研究南海的大洋钻探计划提出井位建议时,应考虑以下几方面问题:①验证磁异常条带所指示的年龄与海盆实际年龄的对应情况,确认海底扩张模式是否适合于南海海盆,了解海盆的形成时代。这就需要选择走向清晰、明显且连续,并代表南海最老和最年轻洋壳的磁条带来设计井位。②验证海山的岩石性质和形成时代以及与海山位置的关系,从而为解决南海的地壳结构和形成机制奠定基础。为达到这一科学目标,要根据已有的地质地球物理资料和海山磁性反演结果、重力反演结果,选择海盆内年龄和结构相差大的海山进行钻探。③验证中特提斯在南海是否存在,可以进一步了解古南海的关闭和南海早期的形成演化。为达到这一科学目标,需要考虑在南海北部陆坡可能存在中特提斯缝合线的磁静区进行钻探。④选择沉积层连续的陆架或者陆坡区进行钻探,以便获得青藏高原隆升和东亚季风形成在南海沉积层中的地质记录,进而研究青藏高原隆升、南海形成演化和全球气候变化之间的相互关系与作用。

总之,南海大洋钻探的主要科学目标应该是解决其地壳结构和形成演化方面存在的问题,确定地壳的性质和形成演化模式。这不仅对于研究南海的地质构造,寻找油气等矿产资源具有重要的实际意义,同时对南海地壳结构和形成演化模式的确定,对于边缘海的研究和全球构造体系的认识都将产生深远的影响。

主要参考文献

- [1] 李四光,1973。地质力学概论。科学出版社。
- [2] 黄汲清,1980。中国大地构造及其演化。科学出版社,80~104。
- [3] 唐鑫,1981。地球物理学报 4:427~438。
- [4] 张文佑,1983;中国及邻区海陆大地构造图。科学出版社。
- [5] 李卢玲,1985。海洋地质与第四纪地质 5(1):71~81。
- [6] 黄福林,1986。海洋地质与第四纪地质 6(1):31~42。
- [7] 吕文正,1987。海洋学报 9(1)。
- [8] 姚伯初、曾维军等,1994。中美合作调研南海地质专报(GMSCS)。中国地质大学出版社,34~196。
- [9] 邹和平,1993。大地构造与成矿学 17(4):293~303。
- [10] 金翔龙等,1989。东海海洋 7(4):6~58。
- [11] Ben-Avraham,Z. S. Uyeda,1973. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 18:365-376.
- [12] Karig,D. E.,1971. *Geophys. R.*, 75(11)。

ODP AND THE FORMATION OF THE SOUTH CHINA SEA

Zhang Xunhua and Zhu Yinkui

(Institute of Marine Geology, MGMR, Qingdao, 266071)

Received: Mar. 10, 1996

Key Words: ODP, Unilateral extension, Formation and evolution, SCS (The South China Sea)

Abstract

The South China Sea is one of the marginal seas in the western Pacific Ocean. As its special tectonic location and complex geological structure, the formation and evolution of the South China Sea become the focus studied and debated by scientists in geology for many years. The results of ODP in the South China Sea may give explanations to the problems about its formation and evolution, and may be helpful and have great significant for the study of the formation and evolution of marginal seas, and for the study of the interaction among Asian Plate, Pacific Plate and Indo-Australia Plate, and for the study of global tectonism.