

文章编号: 1009-3850(2008)03-0021-04

南海的形成演化与新特提斯在南海的重新活化

蔡周荣, 张毅, 刘维亮, 万志峰, 刘平

(中国科学院 广州地球化学研究所与南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要: 南海位于印度板块、欧亚板块和太平洋板块之间, 是世界上最大的边缘海, 其构造位置处于太平洋构造域和特提斯构造域, 地质构造复杂。关于南海形成演化的动力学机制存在有多种不同观点, 其中最重要的一个观点是印度板块与欧亚板块的碰撞致使华南地块和印支地块地幔物质沿东南方向蠕动, 从而导致南海的海底扩张。从特提斯的演化规律, 以及新特提斯的闭合过程来看, 南海并不是特提斯洋的残留海, 而是新特提斯在闭合过程中配合印度板块与欧亚板块碰撞导致华南地块和印支地块地幔物质东南方向蠕动的动力学机制下, 在南海重新活化的结果。

关键词: 南海; 形成演化; 新特提斯; 重新活化

中图分类号: P541 文献标识码: A

南海是西太平洋边缘海中最大海盆之一, 面积约 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中的中央海盆是中国四大海域中惟一发育有洋壳的边缘海盆, 也是认识西太平洋边缘海沟、弧盆体系的重要窗口^[1]。南海处于欧亚板块、太平洋板块和印度-澳大利亚板块的交汇处, 并且在地质历史上又受到特提斯构造域演化的制约, 经历了复杂的地质演化过程, 形成了裂谷、海盆、推覆、走滑拉分盆地等多种地质构造现象^[2] (图 1)。南海的形成演化, 引起了众多学者的关注, 其观点也不一致, 但总体上认为南海是在晚渐新世至中中新世打开, 至于其动力学机制, 则有印度-欧亚板块碰撞挤出说、地幔柱说、弧后扩张说、海底扩张说, 以及陆缘扩张说等不同观点^[3]; 另一方面, 从特提斯构造域角度看南海的形成演化, 大多认为南海是特提斯洋在新生代自西向东闭合后的残留海^[4~7], 笔者认为这种观点与南海在新生代扩张的事实不符。本文试图通过对南海形成演化的动力学机制, 以及新特提斯洋闭合过程的特征分析, 结合特提斯的演化规律与南海形成演化的时空关系, 进一步探讨南海的形成演化与新特提斯的关系。



图 1 南海区域构造位置图

1. 南海位置; 2 消亡消减带 (已停止); 3 俯冲带

Fig 1 Tectonic setting of the South China Sea

1= South China Sea; 2= consumption zone; 3= subduction zone

1 南海形成演化的机制探讨

一直以来, 许多学者把南海的成因模式归为弧

后扩张、地幔上涌、印度 欧亚板块碰撞挤出、海底扩张和陆缘扩张等模式。其中印度 欧亚板块碰撞挤出模式和海底扩张模式影响较大, 并且两者存在密切的联系, 即南海是在印度 欧亚板块的碰撞作用下, 导致华南地块和印支地块的地幔物质向东南方向蠕动, 引起南海的海底扩张, 从而形成南海今日的地质景观。但对这两种模式在具体的机制和演化阶段划分上仍存在较大争议。

在以往的研究中影响较大的是 Tappanier 等的解释^[8~11], 他们根据区域大地构造和物理模拟认为: 由于印度地块向欧亚大陆的碰撞和碰撞后的楔入, 导致印支地块向南东方向的长距离滑移 (700 km 或更大), 红河断裂为左旋走滑。印支地块向南东滑移的同时, 促使加里曼丹地块南移、南海扩张。根据这一机制, 南海是被动成因, 深部地幔隆起是由地壳拉张、岩石圈减薄引起的。该机制存在的主要问题是物理模拟未考虑垂向变形, 与碰撞后青藏高原大规模隆升的实际情况不符。另外, 据龚再生等 (1977)^[12] 研究, 沿红河裂谷的莺歌海盆地及印支地块东侧的归仁 万安北盆地等古近纪均以伸展性裂隙和右旋走滑为主, 也与该模式不符。

姚伯初等 (1996 1997)^[13 14] 认为印度板块和欧亚大陆碰撞后, 改变了亚洲大陆下的上地幔流场, 而俯冲的太平洋岩石圈则阻挡了上地幔流场的向东流动。这样, 在南海地区, 西部的上地幔流场是向东南方向流动的, 而东部的流场是向南流动的。这可能是南海海盆的多扩张中心及多次海底扩张的原因。

张训华等 (1996 1997)^[15 16] 也认为南海海盆是在欧亚、太平洋和印 澳三大板块共同作用过程中, 由于岩石圈的碰撞、挤压和下部软流圈地幔物质在南海地区运动方向改变所致。并认为南海海盆范围内不具备地幔对流形成海底扩张的条件, 提出南海海盆是在区域内地幔单向流动所形成的统一应力场下形成的, 其被动大陆边缘南、北两边的不对称是必然的。

夏斌等 (2005)^[17] 认为印度 欧亚板块的碰撞可以产生向东、南东方向的物质流动, 而太平洋板块向欧亚板块俯冲方向的转变对向东、南东方向的物质逃逸起了阻挡作用, 而使得这些物质向南运动, 从而在南海地区产生了广泛的南北向拉张, 这有利于南海扩张, 但对南海扩张的贡献大小仍需要讨论。

2 特提斯的演化规律

特提斯构造域是世界性横穿东西半球的构造

域。按空间序列, 一般学者将其分为 加勒比特提斯、大西洋特提斯、西地中海特提斯、中东特提斯、喜马拉雅特提斯和东南亚岛弧特提斯 6 段, 南海属于东南亚岛弧特提斯; 按时间序列, 特提斯的演化可以分为原始特提斯、古特提斯和新特提斯 3 个阶段, 这 3 个阶段的演化具有全球性, 有着如下主要规律性:

(1) 特提斯洋的开启与闭合有一定的时间间隔, 从原始特提斯 古特提斯 新特提斯的开启和闭合差不多都是间隔 200Ma 左右, 旧一轮特提斯的关闭往往预示着新一轮特提斯的开启, 这可能与地球有规律的脉动式的构造运动有关, 例如泛非运动为原始特提斯的开启奠定了基础, 加里东运动则造成了原始特提斯的逐渐关闭及古特提斯的开启等等。

(2) 特提斯洋的开启与闭合皆与全球性的构造运动在时空上相吻合, 特提斯的每一次开启都伴随着大规模的海侵, 而闭合则伴随着大规模的造山运动, 这也进一步说明了特提斯演化的动力学机制主要是全球性的构造运动。

表 1 特提斯的演化过程
Table 1 Evolution of the Tethys in geological periods

地质年代	时间 /Ma	构造运动	特提斯演化
古近纪	60~10	喜马拉雅运动	新特提斯洋关闭
三叠纪	250	海西运动	新特提斯洋开启 古特提斯洋关闭
志留纪	400	加里东运动	古特提斯洋开启 原始特提斯洋关闭
前寒武纪	600~550	泛非运动	原始特提斯洋开启

与南海的形成演化有着密切关系的是新特提斯的演化。新特提斯是在三叠纪海西运动末期 (印支运动) 随着古特提斯的逐渐关闭而打开的, 进入新生代后, 受阿尔卑斯造山运动 (在亚洲称为喜马拉雅运动) 影响, 非洲板块逐渐向北移动, 与欧亚板块汇聚, 新特提斯洋自西向东逐渐关闭, 而在特提斯的东段, 印度板块向欧亚板块碰撞挤压也使得特提斯洋沿着喜马拉雅造山带的缝合线闭合 (图 2)。现在多数学者根据特提斯演化的这一特征, 认为现今的地中海和南海是特提斯洋闭合后的残留海。但南海与地中海明显不同, 地中海在新生代特提斯洋的关闭过程中一直是处于缩小状态, 而南海却在新特提斯关闭过程中, 也就是渐新世发生扩张, 这与南海是特提斯洋残留海的观点不符。

3 形成演化与新特提斯的重新活化

从以上南海演化的动力学机制分析可以看出, 普遍的一种观点是南海是在晚渐新世至中中新世通过海底扩张形成的, 其动力学机制中, 印度板块与欧

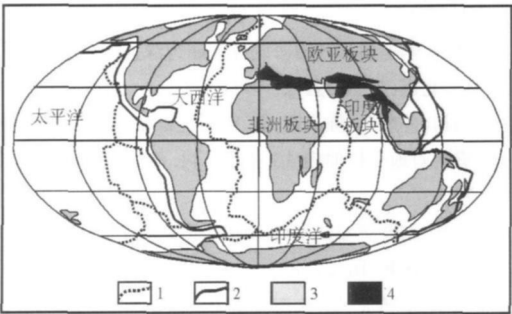


图 2 新特提斯洋的闭合

1 扩张脊; 2 俯冲带; 3 大陆板块; 4 特提斯洋

Fig 2 Closure of the Neo-Tethys

1 = spreading ridge; 2 = subduction zone; 3 = continental Plate; 4 = Tethys

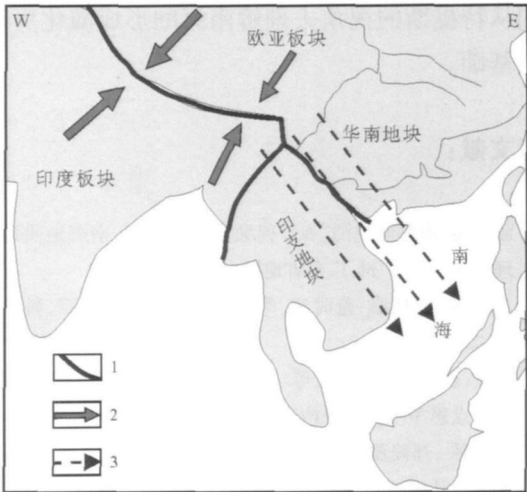


图 3 南海形成演化的碰撞挤出模式

1 缝合线; 2 碰撞方向; 3 地幔流动方向

Fig 3 Collision extrusion model for the formation and evolution of the South China Sea

1 = suture zone; 2 = collision direction; 3 = mantle flow direction

亚板块的碰撞导致印支地块和华南地块地幔物质的东南方向蠕动起着重要的作用。结合南海在特提斯构造域的位置来分析, 新生代印度板块与欧亚板块的碰撞是特提斯东段(西藏和滇西地区)闭合的主要构造运动。所以, 印度板块与欧亚板块的碰撞是南海形成演化与新特提斯的形成演化关系的纽带, 是这两者的主要动力学机制。南海作为新特提斯洋的一部分, 在新特提斯洋的闭合过程中没有关闭, 反而逐渐扩张, 这是印度板块与欧亚板块的碰撞造成的两种响应, 一种是新特提斯东段(西藏和滇西地区)闭合, 另外一种效应是引起印支地块和华南地块地幔物质的东南方向蠕动, 使得同样处于特提斯构造域中的南海开始扩张(图 3)。所以, 南海不是新特提斯洋的残留海, 相反, 南海是在新特提斯东段闭合过程中新特提斯在南海重新活化打开的结果。当然这种活化具有局部性和特殊性, 是由于南海所处的特殊构造位置所决定的。

很多学者致力于在南海寻找特提斯的缝合线。有的学者认为特提斯构造域进入南海之后消失了, 也有的学者认为特提斯经红河缝合带进入南海, 再通过南海北部陆坡海槽及东沙和珠江口盆地东部, 东延受阻于台湾隆起后分成南、北两支: 南支由珠江口盆地东部向东经台西南盆地进入菲律宾海, 北支经台湾海峡向北进入东海南部台北坳陷, 萎缩成古新世—早始新世残留海。但至今对于特提斯从哪个位置和方向进入南海, 进入南海后向哪里延伸的问题一直没有确切的说法^[18~24]。究其原因, 一方面与南海所处的复杂构造背景有关, 南海经过多期构造运动叠加与改造, 即使先期形成了特提斯洋闭合的缝合线也难以辨认; 另一方面与南海的扩张有关, 因为印度板块与欧亚板块的碰撞除了造成特提斯在西

藏和滇西一带缝合之外, 还为南海的扩张提供了重要的动力(地幔物质的东南方向蠕动), 所以新特提斯在南海是否闭合过也是值得怀疑的。

把南海的形成演化看成是新特提斯在南海的重新活化具有重大的指导意义。由于特提斯构造域属于全球性的, 其形成演化的推动力必然是全球性的地球内部地质动力作用, 从而把南海的研究放在全球性的地质动力学背景上, 这就跳出了弧后扩张、地幔上涌、海底扩张和陆缘扩张等模式的框框, 从另一个更广阔的视角去研究和理解其形成演化的动力学机制。

4 结 论

(1)南海形成演化的动力学观点中, 印度板块与欧亚板块的碰撞导致印支地块和华南地块地幔物质的东南方向蠕动影响较大, 从而引起南海的海底扩张。

(2)特提斯的演化规律, 以及新特提斯的演化过程表明, 南海不是新特提斯的残留海, 而是新特提斯自西向东的闭合过程中, 印度板块与欧亚板块的碰撞导致印支地块和华南地块地幔物质的东南方向蠕动, 引起新特提斯在南海的重新活化, 重新扩张。

(3)新特提斯在南海的重新活化与南海的形成演化在时空上存在着耦合关系, 其深部动力学机制相同(皆为印度板块与欧亚板块的碰撞引起印支地块和华南地块地幔物质的东南方向蠕动), 这就为

我们从特提斯的视角去理解南海的形成演化奠定了理论基础。

参考文献:

[1] 薛万俊.南海地貌图[A].何廉声,等,主编.南海地质地球物理图集[C].广州:广东省地图出版社,1987

[2] 刘昭蜀,赵焕庭,范时清,等.南海地质[M].北京,科学出版社,2002

[3] 夏斌,崔学军,谢建华,等.关于南海构造演化动力学机制研究的一点思考[J].大地构造与成矿学,2004 28(3): 221—227

[4] 肖国林,郑浚茂.对南海北部陆坡至东海南部“残留特提斯”的几点认识[J].现代地质,2004 18(1): 103—109.

[5] 付孝悦.青藏特提斯板块构造与含油盆地[J].石油实验地质,2004 26(6): 507—517.

[6] 刘增乾,徐宪,潘桂棠,等.青藏高原大地构造与形成演化[M].北京:地质出版社,1990. 8—50

[7] 黄汲清,陈炳蔚.中国及邻区特提斯海的演化[M].北京:地质出版社,1987 1—76.

[8] TAPONNIER P, MOLNAR P. Slip-line field theory and large-scale continental tectonics[J]. Nature, 1976 264: 319—324

[9] TAPONNIER P, PELTZER G, ARMIJO P. On the mechanics of the collision between India and Asia[J]. Geol Soc Lond Spec Pub, 1986 19: 115—157.

[10] TAPONNIER P, PELTZER G, ARMIJO P, COBBOID P. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with Plasticine[J]. Geology, 1982 10: 611—616

[11] TAPONNIER P, LACASSIN R, LELOUP P H et al. The Alakshian-Red River metamorphic belt: Tertiary left lateral shear between Indochina and South China[J]. Nature, 1990 243:

431—437.

[12] 龚再升,李思田,等.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M].北京:科学出版社,1997.

[13] 姚伯初,曾维军,陈永清,等.南海北部陆缘的重力、热流和地震资料对地壳拉伸模式之检验[J].海洋地质,1997 (1): 34—79.

[14] 姚伯初.南海海盆新生代的构造演化史[J].海洋地质与第四纪地质,1996 16(2): 1—13

[15] 张训华,李廷成,等.南海海盆形成演化模式初探[J].海洋地质与第四纪地质,1997 17(2): 1—7.

[16] 张训华.南海及邻区重力场特征与地壳构造区划[J].海洋地质与第四纪地质,1998 18(3): 55—61.

[17] 夏斌,崔学军,张宴华,等.南海扩张的动力学因素及其数值模拟讨论[J].大地构造与成矿学,2005 29(3): 328—333.

[18] 颜佳新,周蒂.南海及周边部分地区特提斯构造遗迹:问题与思考[J].热带海洋学报,2002 21(2): 43—49

[19] 周蒂,颜佳新,丘元禧,等.南海西部围区中特提斯东延通道问题[J].地学前缘,2003 10(4): 469—477

[20] 周蒂,孙珍,陈汉宗,等.南海及其围区中生代岩相古地理和构造演化[J].地学前缘,2005 12(3): 204—218

[21] 余光明,王成善.西藏特提斯沉积地质[M].北京:地质出版社,1990 70—93.

[22] 孙珍,陈汉宗,周蒂.南海北部陆缘及围区中生代海相地层的时空分布及与特提斯的关系[A].李家彪,高抒主编.中国边缘海形成演化系列研究(2)[C].北京:海洋出版社,2003 42—52

[23] 潘桂棠.全球洋陆转换中的特提斯演化[J].特提斯地质,1994 18(18): 23—40

[24] 殷鸿福,吴顺宝,杜远生,等.华南是特提斯多岛洋体系的一部分[J].地球科学,1999 24(1): 1—12

Relationship between the formation and evolution of the South China Sea and reactivation of the Neo-Tethys

CAI Zhou rong ZHANG Yi LIU Wei liang WAN Zhi feng LIU Ping
(Key Laboratory of Marginal Sea Geology Guangzhou Institute of Geochemistry & South China Sea Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences Guangzhou 510640 Guangdong China)

Abstract: The South China Sea is one of the largest marginal seas in the world. Tectonically, it lies both in the Pacific tectonic domain and Tethyan tectonic domain sandwiched between the Indian plate, Eurasian plate and Pacific Plate. The collision between the Indian Plate and Eurasian Plate resulted in the creeping of the mantle material from the Indosinian block and South China block towards the southeast and thus gave rise to the seafloor spreading in the South China Sea. The evolution of the Tethys and Neo-Tethys shows that the South China Sea is not a residual sea of the Tethys. Instead, it represents the reactivation of the Neo-Tethys in the South China Sea caused by the collision between the Indian plate and Eurasian plate during the closure of the Neo-Tethys.

Key words: South China Sea; formation and evolution; Neo-Tethys; reactivation