

文章编号:1009-2722(2012)10-0010-09

# 北斐济海盆的构造特征与演化

尚鲁宁<sup>1,2</sup>, 张训华<sup>2</sup>, 韩波<sup>2</sup>

(1 中国海洋大学, 青岛 266100; 2 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

**摘要:**北斐济海盆位于西南太平洋边缘,近半个世纪以来,针对该海盆地质和地球物理特征的调查研究取得了丰硕的成果。现今海盆内活动的构造带主要包括北斐济断裂带以及北部、中部、斐济西侧 3 组扩张中心,北斐济断裂带以左行走滑作用为主,扩张中心具有不稳定性。北斐济海盆形成于约 10 Ma,早期主要受控于瓦努阿图岛弧的顺时针旋转,后期在以近 NS 和 EW 向的扩张作用控制下逐渐张开。扩张中心的迁移和多期构造运动的叠加是造成现今海盆内复杂构造和磁异常特征的主要原因。北斐济海盆扩张活动的深部动力学机制仍需进一步研究。

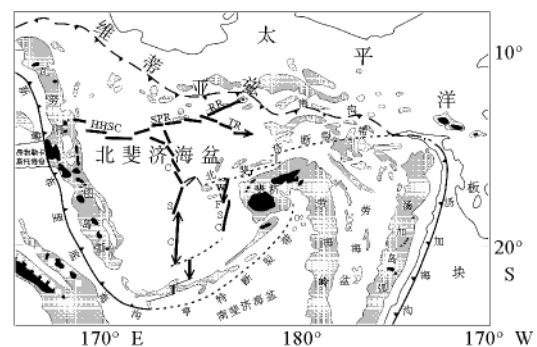
**关键词:**断裂带;扩张中心;构造演化;北斐济海盆

中图分类号:P736.1 文献标识码:A

边缘海盆地是发育于岛弧与大陆或岛弧与岛弧之间的半深海—深海盆地,目前普遍认为其形成与板块边缘的汇聚作用有关。全球约 70%~80% 的边缘海盆地分布于西太平洋边缘<sup>[1]</sup>。其中西南太平洋边缘处于太平洋板块与印度—澳大利亚板块聚敛作用的背景之中,自晚白垩世以来发生了多期次的洋—洋俯冲、岛弧裂解过程,形成了较之于西北太平洋边缘更为复杂的沟—弧—盆体系。

北斐济海盆是西南太平洋边缘最大的边缘海盆之一,面积达  $1 \times 10^6 \text{ km}^2$ <sup>[2]</sup>,呈三角形,北界为维蒂亚兹海沟,是一条消亡的古俯冲带;西为瓦努阿图岛弧和新赫布里底海沟;南以亨特断裂带为界,与较老的南斐济海盆相邻;向东绕过斐济群岛北侧与劳海盆相连。海盆水深较浅,平均约 3 km,热流值较高,其内部有现今仍在活动的扩张中心(图 1)。大多数成熟边缘海盆(如日本海、西菲律宾海、南海、珊瑚海、南斐济海、塔斯曼海等)

已经停止了扩张活动,北斐济海盆为现今仅存的高成熟度活动边缘海盆,因而是研究复杂板块边界及弧后海槽(如冲绳海槽、马里亚纳海槽、劳—哈弗海槽等)向宽阔边缘海盆演化的理想场所<sup>[2]</sup>。在前人研究成果的基础之上,对北斐济海盆以扩



— 断裂    海沟    消亡海沟    扩张中心  
— 前展性扩张轴    岛屿    水深 < 2 km 的区域

HHC: 哈塞尔—霍尔姆扩张中心; SPR: 南潘多拉海脊;

RR: Rotuma 海脊; TR: 提巴特海脊;

WFSC: 斐济西侧扩张中心; CSC: 中部扩张中心

图 1 北斐济海盆水深及构造简图(据文献[23-25]修改)

Fig. 1 Bathymetric and tectonic sketch map of the North Fiji Basin (modified from references [23-25])

收稿日期:2012-04-24

基金项目:国家地质调查专项“中国海陆地质地球物理系列图”项目(GZH200900504)

作者简介:尚鲁宁(1986—),男,博士,主要从事海洋区域地质研究工作。E-mail:shang1924@163.com

张中心和断裂带为主的构造体系特征进行了总结,并探讨了盆地的构造演化历程。

## 1 调查研究现状

针对北斐济海盆的专项调查最早可以追溯到 20 世纪 60 年代<sup>[3]</sup>。20 世纪 80 年代中后期至 90 年代中期,调查活动达到了高潮,多个国家实施并完成了多项调查计划,如 ORSTOM(法国海外科技研究办公室)与 IFREMER(法国海洋开发研究所)合作完成的 SEAPSO 计划、ORSTOM 完成的 MULTIPSO 计划、日—法—SOPAC(南太平洋应用地球科学委员会)合作完成的 STARMER 计划以及 NEWSTARMER 计划等。内容涵盖了水深、重磁场、单道地震、水化学、生物、热液活动等,为北斐济海盆地质、地球物理特征的研究积累了丰富的资料。在此基础上,许多学者从不同角度对北斐济海盆进行了研究。如 Takao Eguchi<sup>[1]</sup>、Hanburger<sup>[4,5]</sup>、Louat<sup>[6]</sup> 等对北斐济海盆及周边地区的地震构造学特征进行了研究,确定了现今构造活动带的分布和运动学特征; Auzende<sup>[7-9]</sup>、Sedwick<sup>[10]</sup>、Tanahashi<sup>[11]</sup>、Jarvis<sup>[12]</sup>、Manabu Tanahashi<sup>[2]</sup>、Price<sup>[13]</sup>、Huchon<sup>[3]</sup>、Masato Joshima<sup>[14]</sup>、Gracia<sup>[15]</sup>、Ruellan<sup>[16]</sup>、Lagabeyrie<sup>[17]</sup>、Matsumoto<sup>[18]</sup>、Garel<sup>[19]</sup> 等对北斐济海盆扩张中心的地貌、构造、磁异常条带、热液活动、岩性特征等进行了详细描述,并提出了扩张中心的活动和演化模式; Musgrave<sup>[20]</sup>、Taylor<sup>[21]</sup> 等分别对瓦努阿图岛弧和

斐济台地的旋转进行了研究; Schellat 等<sup>[22]</sup> 对北斐济海盆的张开和活动进行了实验模拟。

## 2 构造特征

对边缘海盆静态构造特征的详细描述是研究其动态演化的基础。经过多年的调查和研究,目前对北斐济海盆构造特征有了较为深刻的认识。北斐济断裂带和北部、中部、斐济西侧 3 组扩张中心组成了现今北斐济海盆主体构造格架(图 1)。

### 2.1 北斐济断裂带(NFFZ)

位于斐济群岛以北,走向近 EW 向,东起汤加海沟北端,向西延伸至中部扩张中心三联点附近,与斐济西侧扩张中心相交于  $16^{\circ}40'S$ 、 $176^{\circ}10'E$ 。断裂带分段性明显,各段具有不同的地形、构造和运动学特征(图 2、表 1)。

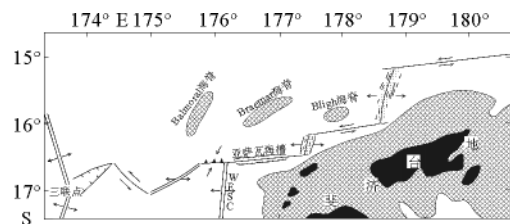


图 2 北斐济断裂带构造简图(据文献[3,26]修改)

Fig. 2 Tectonic sketch map of the North Fiji Fracture Zone (modified from reference [3,26])

表 1 北斐济断裂带分段特征(据文献[3,26]修改)

Table 1 Segments of the North Fiji Fracture Zone (modified from references [3,26])

编号	延伸	走向	地形	运动学特征
NFFZ-1	$175^{\circ}\sim 175^{\circ}45'E$	$N60^{\circ}E$	海脊,轴部水深 $<2\ 000\ m$	存在近 EW 向的扩张作用
NFFZ-2	$175^{\circ}45'\sim 176^{\circ}10'E$	近 EW	海脊,高出周围海底 $1\ 000\ m$	左旋走滑挤压作用
NFFZ-3	$176^{\circ}10'\sim 177^{\circ}25'E$	近 EW	亚萨瓦海槽,水深超过 $4\ 000\ m$	
NFFZ-4	$177^{\circ}25'E$	近 NS	走滑拉分盆地 <sup>[6,27]</sup>	伸展传递区,具有 EW 向拉张的特征
NFFZ-5	$177^{\circ}30'\sim 178^{\circ}40'E$	近 EW		左旋走滑活动
NFFZ-6	$178^{\circ}40'E$	近 NS	走滑拉分盆地	伸展传递区,具有 EW 向拉张的特征
NFFZ-7	$178^{\circ}40'E$ 以东	近 EW		

北斐济断裂带是一条极为复杂的断裂带,以走滑运动为主,局部存在拉张分量,这与沿该断裂带的地震震源机制解相符合<sup>[1,4,6,13,28]</sup>。断裂带北侧分布有一系列海脊,水深<1 000 m,岩石组合和沉积层具有岛弧性质。这些海脊或水下高地是断裂带不断向南跃迁的过程中,由于局部扩张作用的存在,依次从斐济台地上裂离出来的<sup>[26]</sup>。

北斐济断裂带西端以一条近 SE 向的海槽与海盆中部三联点东北分支裂谷相连。海槽形成时代较新,可能具有走滑拉分的性质,两侧沉积物厚度较大,且未遭受构造变形<sup>[26]</sup>。北斐济断裂带自东向西沟通了汤加海沟、劳海盆扩张中心、斐济西侧扩张中心以及北斐济海盆中部扩张中心,属于现今印—澳板块与太平洋板块边界的一部分<sup>[6,13]</sup>。断裂带形成于约 1 Ma 以前,对 1 Ma 以来盆地内重大构造事件及盆地的演化产生了重要影响<sup>[13]</sup>。

## 2.2 北部扩张中心(NNFBC)

早期认为北斐济海盆北部存在一条统一的海

脊,即南潘多拉海脊,可能是一个活动的慢速扩张脊,或一条局部包含拉张分量的走滑断裂带<sup>[9]</sup>。NEWSTARMER 计划 NOFI 航次(1994)的调查结果,171°~178°E、13°~15°S 之间的区域存在 3 条海脊,包括南潘多拉海脊(SPR)、提巴特海脊(TR)及 Rotuma 海脊(RR)<sup>[17,18]</sup>(图 1),而调查区西侧先前被认为具有走滑性质的哈塞尔—霍尔姆断裂带也被证明是一条活动的扩张中心(HH-SC)<sup>[17,18,22]</sup>,这样,在北斐济海盆北部 13°~15°S 之间的区域存在总长度超过 1 000 km 的庞大扩张体系(图 1、3、表 2)。

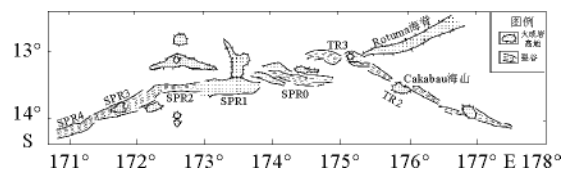


图 3 北部扩张中心构造简图(据文献[17])

Fig. 3 Tectonic sketch map of the northern North Fiji Basin spreading centres (from reference [17])

表 2 北斐济海盆北部扩张中心特征(据文献[17-19]修改)

Table 2 Characteristics of the northern North Fiji Basin spreading centres(modified from references [17-19])

扩张中心	延伸(长度)	走向	轴部地形特征	磁异常特征
RR	175°30'E—Rotuma 岛	N80°E	平均水深约 1 000 m, 两侧被深 3 000 m 的海槽所限	轴部磁异常为弱且窄的正异常, 被两侧负异常所限
SPR	170°50'~175°E 500 km	具有分段性 (SPR0-4)	具有分段性	轴部磁异常宽约 15 km, 两侧局部识别出了 3A(7 Ma)号磁异常
SPR0	100 km	N92°~100°E	水深达 4 100 m 的裂谷	
SPR1	110 km	N90°E	25 km 宽、1 500 m 高的海脊	
SPR2	100 km	N90°E	10 km 宽的裂谷, 裂谷内有 200~300 m 高的海脊	
SPR3	120 km	N75°E	宽约 20 km 的裂谷, 中部为一火山岩高地	
SPR4		N65°~75°E	宽约 20 km, 较浅的裂谷	
TR	174°30'~177°30'E 340 km	具有分段性 (TR1-3)	具有分段性	两侧有向东尖灭的楔形磁异常条带, 说明有向东的前展性
TR1	120 km	N105°E	两端为裂谷, 中部为火山岩高地, 水深浅于 1 400 m	
TR2	70 km	N110°E	Cakabau 海山	
TR3	150 km	N110°E	两端为裂谷, 中部为火山岩高地, 最浅处水深小于 450 m	
HHSC	168°10'~170°50'E	N80°~100°E	具有明显的张性地形特征, 由一系列地堑和地垒组成, 水深普遍>3 500 m, 最深处达 4 500 m	两侧识别出了磁异常条带, 可能具有向西的前展性

实测重力异常特征及相关的计算结果表明<sup>[18]</sup>,北斐济海盆北部地区地壳平均厚度约为 5~6 km,沿 SPR 莫霍面起伏变化不大,而沿 TR 向东逐渐变浅。SPR 西部的布格重力异常低值区规模明显小于东部地区以及 TR 地区,因此,在 SPR 东部和 TR 地区可能存在更为强烈的岩浆和热液活动。地壳均衡特征研究表明,SPR 岩石圈形成时代较早,强度较大,而 TR 的岩石圈相对较弱,因而较之于 SPR 更具有活动扩张中心的特征。北斐济海盆北部扩张的动力学机制尚存在争议,可能是受走滑拉张应力场的影响<sup>[6]</sup>,或由地幔柱活动引起<sup>[29]</sup>。

### 2.3 斐济西侧扩张中心(WFSC)

位于斐济群岛西侧、176°E 附近,总体走向近 N15°E,表现为一条清晰的浅源地震带<sup>[6]</sup>。北端与 NFFZ 相交并终止于 16°40'S、176°10'E 附近,南端位于 19°S 附近。扩张轴分为南、北 2 段,在 17°10'~18°S 之间形成叠接扩展中心。北段识别出了轴部磁异常和 J 号磁异常<sup>[3,7]</sup>,具有向南的前展性,顶点位于 17°40'~17°50'S 之间<sup>[3,9]</sup>(图 1)。

WFSC 形成于约 0.98 Ma 以前,与 NFFZ 同时形成。北段扩张轴的扩张速率约为 4~5 cm/a,属中—慢速扩张中心。扩张脊上缺乏沉积物覆盖,中央出露新鲜玄武岩,地球化学成分与大洋中脊玄武岩类似,深部海水中有较微弱的溶解甲烷异常,可能存在热液活动<sup>[13]</sup>。

### 2.4 中部扩张中心(CNFBCS)

位于北斐济海盆中部,173°~174°E、14°30'~21°55'S 之间的区域。自北向南分别被三联点、前展式扩张轴、断裂带分为 4 个部分:N160°E 扩张中心、N15°E 扩张中心、NS 扩张中心、南部扩张中心(图 4),具有不同的走向、地貌、构造、磁异常等特征。

#### 2.4.1 N160°E 扩张中心

走向 N160°E,自 17°S 附近的三联点向北延伸至 14°30'S 附近。地形较为复杂,轴部由多条雁列状的裂谷组成,自南向北可划分为 3 部分<sup>[2,8]</sup>:

(1)15°30'~16°50'S 之间存在 2 条裂谷,二者于 16°10'S 附近形成叠接扩展中心,北侧裂谷

向东偏移了约 4 km,重叠长度达 20 km。裂谷平均宽度约为 8 km,深 4 000~4 500 m,切割了两侧的楔形火成岩高地,高地水深仅有 1 700 m,南部靠近三联点处宽度达 100 km,向北逐渐变窄,至 15°30'S 处尖灭。

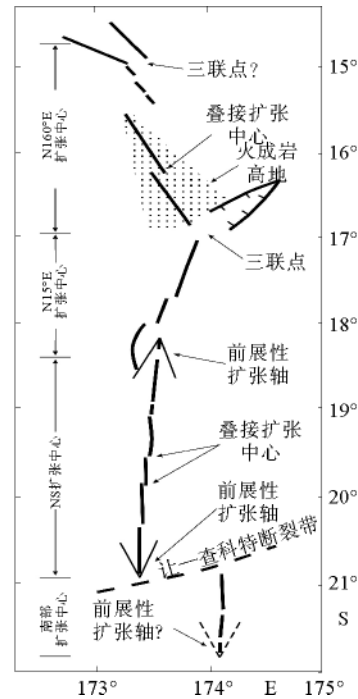


图 4 中部扩张中心分段特征(据文献[3,8,15]修改)

Fig. 4 Segments of the central spreading centre (modified from references [3,8,15])

(2)14°50'~15°30'S 之间,扩张轴向东偏移了约 40 km,由数条较短的雁列状裂谷组成,水深 >4 000 m。

(3)14°50'S 以北分为 2 支,南侧分支呈 N120°E 方向,为一宽 4 km、深 4 km 的裂谷,北侧分支呈 N140°E 方向,为一水深 2 400 m 的海脊,14°50'S 处可能存在 1 个三联点。

该扩张中心的扩张速率约为 3~5 cm/a<sup>[3,8]</sup>,属于慢速扩张中心,与地形特征相一致<sup>[2,8]</sup>。磁异常条带特征显示,裂谷形成于 1 Ma 以来,晚于大火成岩高地的形成。扩张中心之外的地形和构造线走向 NS,形成于 3.5~1 Ma 之间<sup>[3,7]</sup>。深潜器调查在扩张轴南部并没有发现活动的热液喷口,但诸多迹象表明该区存在或曾经存在热液活动,如广泛分布的热液沉积物、底层海水化学成分

异常以及零星分布的海底温度异常等<sup>[15]</sup>,说明该扩张轴的活动性可能正在逐渐减弱。

#### 2.4.2 N15°E 扩张中心

走向 N15°~20°E,自 17°S 延伸至 18°30'S。该扩张中心具有快速扩张的特征:轴部为宽阔平坦的隆起地形,北端靠近三联点处水深约 1 900 m,向南逐渐加深,南部水深约 2 600 m;隆起之上的中央裂谷较浅、窄,裂谷内发育枕状玄武岩、熔岩流、熔岩湖等;沉积物较薄,局部缺失;发现了许多活动的热液喷口和停止活动的古热液烟囱。

该段扩张形成于约 1 Ma 前,与三联点的形成同期<sup>[8]</sup>,平均扩张速率大于 5 cm/a<sup>[3,15]</sup>,属中速扩张中心。扩张轴区地形及磁异常走向以 N15°~20°E 向为主,而轴区以外地形及磁异常走向变为 NS 向<sup>[2,7]</sup>。

靠近扩张中心南端 18°~18°30'S 之间为一长 60 km,高约 300 m 的向西突出的弧形海脊,与东侧 NS 向海脊的北端重叠<sup>[17]</sup>,NS 向海脊的北端具有向北的前展性(图 4)。

#### 2.4.3 NS 向扩张中心

位于 18°10'~21°S 之间,呈近 NS 向沿 173°30'E 延伸。地形相对简单,具有快速扩张中心的特征,轴部隆起宽约 8 km,平均水深 2 800 m,裂谷几乎不发育。扩张中心具有不连续性,存在多处叠接和跃迁。由中心向两侧依次识别出了 1、J、2 号磁异常条带,局部发育 2A 号(3.5 Ma)磁异常<sup>[7]</sup>。不同地段的全扩张速率不同,具有向北减缓的趋势<sup>[3,16]</sup>;不同时代的全扩张速率也存在差异,如 J 号磁异常形成时发生了明显的加速<sup>[3,23]</sup>。

深潜器调查在扩张中心轴部发现了极为新鲜的玄武岩,热液活动以众多分散的低温热液喷口为主,支撑了庞大的热液生物群落<sup>[2]</sup>,此外还发现了许多古热液烟囱,但没有发现活动的高温热泉。折射地震资料显示<sup>[11]</sup>,在 18°50'S、173°30'E 附近,沿 N—S 向扩张轴地壳极薄,海底与莫霍面之间的地壳总厚度为 2.9~3.4 km,莫霍面附近纵波波速为 7.7~7.9 km,表明沿该扩张中心可能存在异常上地幔<sup>[15]</sup>。

扩张中心南端 20°25'~21°05'S 之间存在 V 形的地形和磁异常区,具有向南的前展性,前展速率约为 3.7 cm/a<sup>[14]</sup>;北端也存在 V 形构造和磁

异常区,具有向北的前展性<sup>[3,15]</sup>,顶点位于 18°10'S 附近。

#### 2.4.4 南部扩张中心

位于 20°30'~21°45'之间,呈近 NS 向沿 174°E 延伸,长约 150~200 km。相对于西侧的 NS 向扩张中心,被 N45°E 向的让—查科特断裂带向东错移了 80 km。扩张中心轴部裂谷宽 4 km,深约 500 m,轴部磁异常条带清晰可辨,宽约 43 km<sup>[23]</sup>,而两侧磁异常呈向北开口的扇形,顶点位于 21°55'S、174°05'E 处,表明该扩张中心可能具有向南的前展性<sup>[2]</sup>。相对于北部扩张中心,南部扩张中心的扩张速率较慢<sup>[3]</sup>。Maillet 等<sup>[23]</sup>认为南部扩张中心的南端通过一系列转换断层和小型扩张系统与新赫布里底海沟相连,二者之间存在地球动力学联系(图 4)。

北斐济海盆是一个较年轻的边缘海盆,具有非刚性的特征<sup>[2]</sup>,热流值较高,存在异常上地幔。在约  $1 \times 10^6$  km<sup>2</sup> 的面积内,活动扩张中心的长度达 2 500 km,是全球活动扩张中心面密度最大的海域,相当于太平洋的 20 倍<sup>[25]</sup>。扩张中心不稳定,存在强烈的分段性,段与段之间多以扩张轴的叠接、转换、错位、前展等相联系,衔接性较弱,存在一系列三联点,轴部地形变化剧烈,高差大。这些复杂的结构和构造特征是扩张体系随着外部环境的变化不断调整的结果,也是海盆形成和演化过程中复杂地球动力学过程的表现<sup>[8]</sup>。

### 3 构造演化

对磁异常和构造特征进行综合解释是反演盆地形成和演化过程的有效手段。航磁异常资料(NOAA)显示,海盆西北部存在扇形磁异常,中南部磁异常以 NS 向为主,东北部磁异常呈近 EW 向。Auzende 等<sup>[30]</sup>结合 Seapso III 航次调查成果,对航磁资料进行了重新解释,将北斐济海盆的形成和演化划分为 4 个阶段。之后的调查成果提供了更加精确的磁异常条带展布和海底年代学特征(图 5)。迄今对北斐济海盆构造演化取得了以下共识:①北斐济海盆的张开是瓦努阿图弧后扩张作用的结果,新赫布里底海沟的形成与俯冲极性的反转有关;②海盆早期的扩张伴随着瓦努阿图岛弧的顺时针旋转和斐济台地的逆时针旋

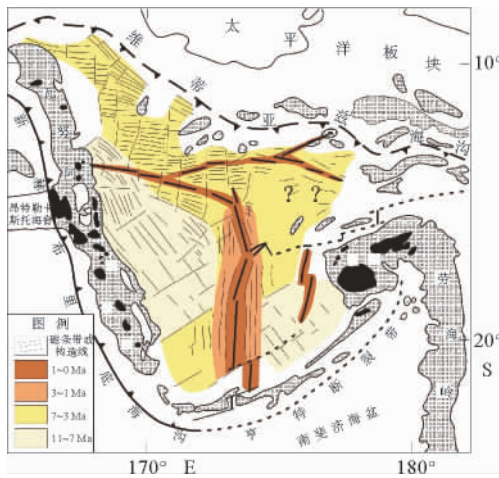


图 5 北斐济海盆海底年龄分区(据文献[20,22]修改)

Fig. 5 Seafloor age of the North Fiji Basin (modified from references [20,22])

转;③海盆内扩张中心不稳定,不断发生迁移和重组,从而形成了现今盆地内复杂的磁异常特征;④海盆内一系列重大构造事件的发生是太平洋板块与印—澳板块相互作用的结果。

在约 12~10 Ma 之前,北斐济海盆尚未开始扩张,印—澳与太平洋板块之间的边界沿现今维蒂亚兹—汤加海沟一带分布,呈 NE 向凸出的弧形单一沟—弧系统(图 6a)。太平洋板块向西俯冲,北部为近 NW 向的维蒂亚兹海沟和瓦努阿

图—维蒂亚兹弧,南部为近 NS 向的汤加海沟及汤加—劳弧,斐济位于该弧的最北端。需要指出的是,由于后期岛弧增生作用的存在,当时的瓦努阿图弧的规模可能比现今小的多,地层资料表明其与斐济之间并无直接的联系<sup>[21]</sup>。由于维蒂亚兹海沟与太平洋板块运动方向交角较大,因此,可能存在斜向俯冲,东部甚至有可能具有转换断层的性质<sup>[21]</sup>。

10 Ma 左右,斐济微板块开始发生逆时针旋转,这一旋转运动一直持续到约 3 Ma,累积旋转角度达 135°<sup>[21]</sup>。斐济微板块旋转最初可能由随太平洋板块一同向西运动的海山的撞击作用引起<sup>[21]</sup>,同时可能产生了局部俯冲极性的反转,在斐济西侧和南侧形成俯冲方向与旋转运动方向相反的海沟,在斐济东北侧形成微型扩张中心,推动了斐济微板块的持续旋转(图 6b)。Viti Levu 岛上岩石的古地磁学特征表明,斐济微板块的旋转并没有在其内部形成强烈的构造变形,其旋转运动几乎完全依靠周边的消减带和转换断层调节<sup>[21]</sup>。

10~8 Ma,翁通—爪哇海台以及众多海山与印—澳板块边缘的碰撞阻碍了太平洋板块沿维蒂亚兹海沟的俯冲,发生了俯冲极性的反转和海沟的跃迁,新赫布里底海沟在瓦努阿图—维蒂亚兹岛弧的西侧形成,弧后扩张作用引起了北斐济海

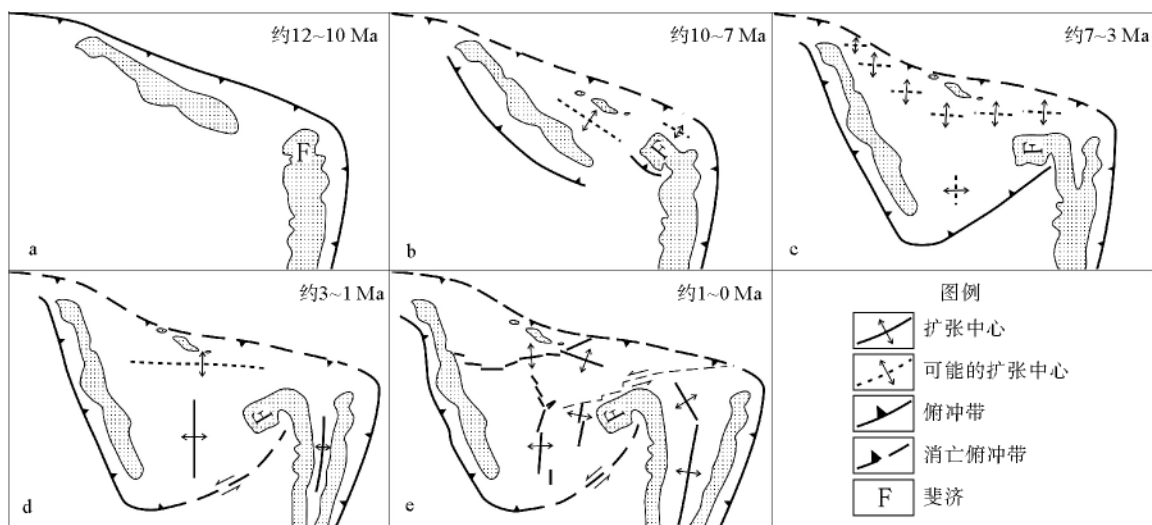


图 6 北斐济海盆的构造演化简图(据文献[21,30]修改)

Fig. 6 Tectonic evolution of the North Fiji Basin (modified from references [21,30])

盆的打开和瓦努阿图岛弧的顺时针旋转(图6b)。另外,斐济微板块的旋转对其北侧的洋壳产生冲击,也促进了新扩张中心的形成,进而推动了瓦努阿图—维蒂亚兹岛弧自南向北的开裂和瓦努阿图岛弧的旋转<sup>[31]</sup>。

瓦努阿图岛弧不同部分开始旋转的时代不同,中段约开始于10~8 Ma之间<sup>[32]</sup>,形成了现今盆地内NW向的磁异常,该时期海盆扩张作用有限。7~2.5 Ma,海盆内发生了以近NS向为主的扩张作用,形成了近EW向的磁异常条带(图6c)。扩张活动逐渐向北蔓延,于4.3 Ma引起岛弧北端恩德岛的旋转<sup>[20]</sup>。

在3 Ma左右(3.5~2.5 Ma),受周边板块和俯冲带一系列构造活动的影响<sup>[30]</sup>,北斐济海盆中部开始出现近NS向的扩张中心(图6d)。在3~1 Ma,该扩张中心的活动形成了两侧近NS向的地形和磁异常条带。

在1 Ma左右,伴随着北斐济断裂带的形成,北斐济海盆内发生了一系列重大构造事件,斐济西侧扩张中心形成,中部近NS向扩张中心局部发生跃迁,174°E、17°S三联点形成。自1 Ma至今,上述扩张中心和断裂带的活动叠加在早期形成的构造之上,形成了北斐济海盆现今的地形和构造格局(图6e)。

## 4 讨论

与一般弧后盆地扩张中心平行于俯冲带不同,北斐济海盆北部发育有近EW向的扩张系统,与新赫布里底俯冲带近乎垂直。基于上述磁异常条带特征以及盆地构造演化的研究可见,近NS向的扩张作用在盆地演化过程中(7~3 Ma)一度占主要地位,其时,海盆南部近EW向的扩张作用较微弱。据此,笔者认为,在翁通—爪哇海台与印—澳板块边界碰撞、新赫布里底俯冲带形成之后,沿维蒂亚兹海沟的俯冲作用显著减慢但并未完全终止。约7~3 Ma,部分海山或海台与瓦努阿图岛弧西侧发生碰撞,使得沿新赫布里底俯冲带的消减活动显著减慢甚至发生短暂的间歇。此时发生俯冲极性的反转,维蒂亚兹俯冲带活化,在海盆北部诱发局部上地幔对流,产生了近NS向的扩张作用。3 Ma左右,太平洋板块部分

海山与北斐济海盆北缘的碰撞阻碍了沿维蒂亚兹海沟的俯冲作用,俯冲极性再次反转,印—澳板块沿新赫布里底海沟向东快速俯冲,导致北斐济海盆中部扩张中心形成。上述假设仍需进一步验证。

## 5 结论

(1)现今北斐济海盆内部主要的构造活动带包括北斐济断裂带和北部、中部、斐济西侧3组扩张中心。北斐济断裂带是一条以左旋走滑运动为主的复杂断裂带,自西向东沟通了汤加海沟、劳海盆扩张中心北端以及北斐济海盆内部的斐济西侧扩张中心和中部扩张中心。该断裂带是现今印—澳与太平洋板块边界的一部分,1 Ma以来对北斐济海盆的构造活动和构造演化起到了重要的控制和调节作用。北斐济海盆扩张中心最大的特征是具有不连续性,沿扩张轴走向方向,地形、热液活动、扩张速率、成熟度等都存在较大差异,是扩张系统不稳定性的表现。

(2)北斐济海盆的扩张开始于约10 Ma前,由板块边缘俯冲极性的反转以及斐济微板块的旋转引发。早期以瓦努阿图岛弧的顺时针旋转为主,形成了盆地西部的近NW向磁异常条带。后期以近NS和EW向的扩张作用为主,受周边板块相对运动的影响,扩张中心不断发生重组和跃迁,因此,现今盆地复杂的构造和磁异常特征是长期构造运动叠加的结果。

(3)现今板块俯冲的弧后扩张作用已转移至瓦努阿图岛弧西侧弧后海槽附近,对北斐济海盆大部分扩张活动的影响已经十分微弱。结合扩张中心的构造、岩浆和热液活动特征来看,北斐济海盆处于演化的末期,活动性正逐渐减弱,现今的扩张活动主要由残存的上地幔对流引起,但也有学者认为北斐济海盆现今的扩张活动是受控于地幔柱活动<sup>[29]</sup>或北斐济断裂带走滑活动引起的软流圈被动上涌<sup>[6]</sup>,因此,对于海盆扩张活动的深部动力学机制仍需进一步探讨。

参考文献:

- [1] Eguchi T. Seismotectonics of the Fiji Plateau and Lau Basin [J]. *Tectonophysics*, 1984, 102: 17-32.

- [2] Tanahashi M, Kisimoto K, Joshima M, et al. 800-km-long N-S spreading system of the North Fiji Basin[J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 5-24.
- [3] Huchon P, Gracia E, Ruellan E, et al. Kinematics of active spreading in the central North Fiji Basin(Southwest Pacific) [J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 69-87.
- [4] Hanburger M W, Isacks B L. Diffuse back-arc deformation in the Southwestern Pacific[J]. *Nature*, 1988, 332: 599-604.
- [5] Hanburger M W, Everingham I B, Isacks B L, et al. Active tectonism within the Fiji Platform, Southwest Pacific [J]. *Geology*, 1988, 16:237-241.
- [6] Louat R, Pelletier B. Seismotectonics and present-day relative plate motions in the New Hebrides-North Fiji Basin region[J]. *Tectonophysics*, 1989, 167: 41-55.
- [7] Auzende J M, Eissen J P, Lafoy Y, et al. Seafloor spreading in the North Fiji Basin (Southwest Pacific)[J]. *Tectonophysics*, 1988, 146: 317-351.
- [8] Auzende J M, Mont E G, Bendel V, et al. A possible Triple Junction at 14° 50' S on the North Fiji Basin Ridge (Southwest Pacific) ? [J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 25-35.
- [9] Auzende J M, Hey R N, Pelletier B, et al. Propagating rift west of the Fiji Archipelago(North Fiji Basin, SW Pacific) [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1995, 100 (B9): 17823-17835.
- [10] Sedwick P N, Gamo T, McMurtry G M. Manganese and methane anomalies in the North Fiji Basin[J]. *Deep-Sea Research*, 1990, 37(5): 891-896.
- [11] Tanahashi M, Kisimoto K, Joshima M, et al. Geological structure of the Central Spreading System, North Fiji Basin[J]. *Marine Geology*, 1991, 98: 187-200.
- [12] Jarvis P, Kroenke L, Price R, et al. Gloria imagery of sea floor structure in the northern north Fiji Basin[J]. *Geo-Marine Letters*, 1993, 13:90-97.
- [13] Price R C, Kroenke L W. Tectonics and magma genesis in the Northern North Fiji Basin[J]. *Marine Geology*, 1991, 98: 241-258.
- [14] Joshima M, Iwabuchi Y, Ookuma S. Magnetic anomaly patterns around the Central Rift Area in the North Fiji Basin: inversion approach for detailed structure[J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 89-100.
- [15] Gracia E, Ondreas H, Bendel V, et al. Multi-scale morphologic variability of the North Fiji Basin Ridge(Southwest Pacific)[J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 133-151.
- [16] Ruellan E, Huchon P, Auzende J M, et al. Propagating rift and overlapping spreading center in the North Fiji Basin[J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 37-56.
- [17] Lagabrielle Y, Ruellan E, Tanahashi M, et al. Active oceanic spreading in the northern North Fiji Basin: results of the NOFI cruise of R/V L'Atalante (NEWSTARMER Project)[J]. *Marine Geology Research*, 1996, 18: 225-247.
- [18] Matsumoto T, Goslin J, Lagabrielle Y, et al. Gravity anomaly and tectonics in the northern part of the North Fiji Basin: preliminary result of the 1994 NOFI cruise under the NEWSTARMER Programme [J]. *Marine Geology Research*, 1997, 19: 37-53.
- [19] Garel E, Lagabrielle Y, Pelletier B. Abrupt axial variations along the slow to ultra-slow spreading centers of the northern North Fiji Basin(SW Pacific): evidence for short wave heterogenities in a Back-arc Mantle[J]. *Marine Geophysical Research*, 2003, 24(3-4):245-263.
- [20] Musgrave R J, Firth J V. Magnitude and timing of new Hebrides Arc rotation: paleomagnetic evidence from Nendo, Solomon Islands [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1999, 104(B2):2 841-2 853.
- [21] Taylor G K, Gascoyne J, Colley H. Rapid rotation of Fiji: paleomagnetic evidence and tectonic implications[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2000, 105(B3): 5 771-5 781.
- [22] Schellart W P, Lister G S, Jessell M W. Analogue modeling of arc and back-arc deformation in the New Hebrides Arc and North Fiji Basin[J]. *Geology*, 2002, 30(4):311-314.
- [23] Maillet P, Monzier M, Eissen J, et al. Geodynamics of an arc-ridge junction: the case of the New Hebrides Arc/North Fiji Basin [J]. *Tectonophysics*, 1989, 165: 251-268.
- [24] Charvis P, Pelletier B. The northern New Hebrides back-arc troughs: history and relation with the North Fiji Basin [J]. *Tectonophysics*, 1990, 170: 259-277.
- [25] Lagabrielle Y, Goslin J, Martin H, et al. Multiple active spreading center in the Hot North Fiji Basin (Southwest Pacific): a possible model for archaean seafloor dynamics ? [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1997, 149:1-13.
- [26] Jarvis P, Clarke J H, Tiffin D, et al. The western Fiji Transform Fault and its role in the dismemberment of the Fiji Platform[J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 57-68.
- [27] Stackelberg V, The Shipboard Scientific Party. Hydrothermal sulfide deposits in back-arc spreading centers in the South West Pacific[J]. *Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Circ.*, 1985, 2: 14.
- [28] Sykes L R, Isacks B L, Oliver J. Spatial distribution of deep and shallow earthquakes of small magnitudes in the Fiji-Tonga Region[J]. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 1969, 59:1 093-1 113.
- [29] Matsumoto T. Gravity field derived from the Altimetric Geoid and its implication for the origin, driving force and



- evolution of microplate-type marginal basins in the South-western Pacific[J]. *Marine Geophysics Research*, 18:147-161.
- [30] Auzende J M, Lafoy Y, Marsset B. Recent geodynamic evolution of the North Fiji Basin[J]. *Geology*, 1988, 16: 925-929.
- [31] Taylor B, Zellmer K, Martinez F, et al. Sea-floor spreading in the Lau Back-arc Basin[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1996, 144:35-40.
- [32] Malahoff A, Hammond S R, Naughton J J, et al. Geophysical evidence for post-Miocene rotation of the island of Viti Levu, Fiji, and its relationship to the tectonic development of the North Fiji Basin[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1982, 57: 398-414.

## TECTONIC CHARACTERISTICS AND EVOLUTION OF THE NORTH FIJI BASIN

SHANG Luning<sup>1,2</sup>, ZHANG Xunhua<sup>2</sup>, HAN Bo<sup>2</sup>

(1 Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The North Fiji Basin is a matured marginal basin located at the southwest border of the Pacific. Geological and geophysical characteristics of the basin are well studied through surveys and researches during the past half century. The modern active tectonic belts mainly including the sinistral North Fiji Fracture Zone and the three groups of spreading centres remain instable. The North Fiji Basin formed during the past 10 Ma was mainly controlled by the clockwise rotation of the Vanuatu Arc in early stage, and the NS and EW direction spreading in late stage. The complex structural and magnetic textures observed in the basin are the results of the migration of spreading centres and the superposition of multiphase tectonic movements. Further studies and discussions should be made on the deep geodynamic mechanisms of the spreading activities of the basin.

**Key words:** fracture zone; spreading centre; tectonic evolution; North Fiji Basin