维普资讯 http://www.cqvip.com

STUDY OF SEA ICE FLEXURAL STRENGTH

Zhang Mingyuan, Yan Decheng and Meng Guanglin
(*Institute of Marine Environmetal Protection, SOA, Dalian* 116023)

Received: Dec. 21, 1990
Key Words: Sea ice, Flexural strength, Stress rate

Abstract

States of study for flexural strength of sea ice both at home and abroad are introduced in the paper. Flexural strength studying methods have two kind (labortory, out side). It's given test results in the Western Liaodong Gulf in the winter of 1990. Researches have been carried out into the relationship between flexural strength of sea ice and stress rate.

62-66

珠江口盆地的形成与南海的构造演化

周祖翼
(同济大学海洋地质系、上海 200092)

P544.4

收稿日期 1993年2月20日
关键词 珠江口盆地，基底，构造演化，南海

提要 南海地块在中生代早期与华南大陆边缘发生了一次陆陆碰撞，这一碰撞形成了研究地区中生代近EW向为主的构造格局，珠江口盆地及整个南海的演化都是在南海地块各块体裂离华南陆缘后发生的。盆地自晚白垩世以来，先后经历了不同构造方向的两期张裂阶段及张裂后沉降阶段。

珠江口盆地位于中国南海北部，界于18°30′和23°30′N与110°30′～118°00′E之间，即广东陆架以南、海南、台湾两岛之间的陆架和陆坡区，盆地东西长约800km，南北宽100～300km，是一个大型的以新生界为主体的沉积区。自1975年地震勘探发现该盆地以来，国内外有关机构在此进行了大量的地质-地球物理勘探，为深入探讨盆地的形成、净化建立了良好的基础。

维普资讯 http://www.cqvip.com

本文旨在合理利用前人结果的基础上，结合盆地周缘区域构造特征，对盆地的基底特征及其净化进行讨论。

1 珠江口盆地基底构造格局

近十几年来，华南和东南亚的区域地质研究，揭示了在古生代末至中生代期间增生拼贴至古亚洲大陆的一些陆块[3]，通过对泰马半岛古生代～早中生代地层的研究指出，东南亚和华南之间在晚三叠世曾发生过一次碰撞。对发生在红河、黑河缝合带的中、晚三叠世印支地块与华南地块的碰撞，国内外学者已有较多论述。由此往东，朱夏(1987)曾设想过一条从红河经海南岛西端向南海陆坡、陆架延伸的早中生代"主动陆缘"。王鸿祯(1986)则推断在海西晚期至印支期，沿雷琼海峡曾发生过南北陆块的对接碰撞。在东南沿海[4]，通过对永梅盆地的古地磁、沉积岩、岩浆岩及构造的研究，论证了沿南海北部陆架及陆缘，中生代早期发生的陆陆碰撞作用的存在。

在南海北部及邻区，还可发现一系列与这一碰撞事件有关的证据。

1.1 海南崖县寒武系的地层序列、沉积类型、含矿性和三叶虫特征均与澳大利亚的酷似。虞子冶(1988)还在岛上发现了晚古生代类似于冈瓦纳、东南亚等地出露的海相冰水沉积物，表明包括海南在内的陆块与华南之间有一分离与拼贴的过程。

1.2 婆罗洲与华南基底岩性的对比表明，两者之间有较大的相似性[5]。南沙礼乐滩拖网取得的晚三叠世粉砂岩含有亲中国大陆的植物化石，地球物理资料和拖网取样还反映在危险区和礼乐滩之间存在一大陆碎块(Kudrass 等，1986)。钻井、地震反射剖面和拖网取样表明，礼乐滩及其周围深水区是中国大陆的断裂碎块(Kudrass 等，1986)。北巴拉望、民都洛岛的二叠系主要为含蜓灰岩、页岩及砂岩，与台湾大南澳群上部相似，而且 J_3-K_1的岩相更显示了由北而南的梯度趋势，即华南沿海的火山-河湖相，台湾浅滩及礼乐滩为三角洲、滨海相，而北巴拉望则为浅海相。此外，研究[6]表明，北巴拉望与华南陆缘中生代晚期以前的构造事件具同时性，巴拉望与南沙块体曾南移了约 700km，始新世前后与婆罗洲碰撞，形成巨厚的俯冲杂岩体，由此可推断婆罗洲、北巴拉望、礼乐滩等曾是华南大陆边缘的一部分。

1.3 在珠江口盆地珠 2、珠 3 拗陷的北侧，发现有与陆区古生代变质岩类似的变质石英砂岩、片岩。珠江口盆地阳江 35-1-1 井井深 4 341m，阳江 36-1-1 井深 3 490m 以下见变质石英砂岩，开平 1-1-1 井深 1 884m 以下见变质粉砂岩，岩性对比结果显示为下古生界变质岩。西永一井揭露的中、西沙基底为套深变质岩床，同位素年龄测定为 627Ma，1 465Ma。从珠江口盆地西南部至西沙群岛，有一 EW 走向的宽缓负磁异常带，可能反映了类似西永一井所见的花岗片麻岩的存在。

1.4 闽粤沿海重力梯级带在安溪附近由 NE 转为 ENE，粤东地区上延 30km 后的布格重力异常呈 EW 走向。珠江口盆地东部，有 3 条 EW 走向的低负磁异常带，其异常值分别为－227，－150 和－200 伽[1]，它们似可归因于深部基性岩的正磁化。地矿部航磁 909 队"南海北部海域航磁报告"中指出的"南澳-香港深大断裂带"附近的埋深 12～8km 的中、浅源磁性体可能为超基-基性岩，它们应是两碰撞陆壳之间的残余洋壳。

1.5 华南沿海 J-K 沉积盆地，珠江口盆地的中生代-古新世沉积盆地以及礼乐滩、南沙等地的中生代沉积盆地，均呈近 EW-ENE 向展布，反映近 EW 向为主的构造格局对盆地及沉积作用的控制作用。珠江口内广泛分布的中生代花岗岩的矿物、岩化特征亦反映为陆壳重熔型，系与碰撞有关。

综上所述，有关珠江口盆地基底的构造可得出以下几点认识：(1)包括海南、西沙、中沙、礼乐滩、南沙、北巴拉望、婆罗洲等地在内的"南海地块"在中生代早期与华南大陆边缘发生碰撞，这一碰撞形成了本区中生代近 EW 向为主的构造格局。珠江口盆地及整个南海的演化都

维普资讯 http://www.cqvip.com

是在婆罗洲、礼乐滩、西沙、中沙等陆块裂离华南陆缘后发生的。与碰撞有关的近 EW 向构造线，还控制了华南及南海北部中生代沉积盆地的展布。(2)与上述碰撞陆块之间现已消失的近 EW 向洋中脊相联的近 SN 向转换断层，在碰撞结束后对华南陆地及南海北部的地质演化起了主导作用，主要表现为一系列 NNE 向平移断裂在侏罗纪的强烈活动，这种活动既为此后(120Ma 前)库拉板块运动方向由北转向西并发生俯冲而引起的 J_3-K_1 大规模泄漏型火山活动提供了主要通道，也为自晚白垩世开始的南海北部第一次拉张活动提供了一个构造基础。(3)因此，珠江口盆地基底的构造格局在中生代早期以近 EW 向为主，至侏罗纪逐渐转为以近 NNE 向为主，两者均为晚白垩世开始的与盆地演化有关的构造形迹所迭加、改造。同时，我们也不难发现，下面将要论述的盆地拉张的两个主要阶段也是在这样的古构造格局上发生的。

2 珠江口盆地构造演化

珠江口盆地的形成、演化自晚白垩世以来，先后经历了张裂阶段和张裂后沉降阶段，它们分别相当于前人文献所述之断陷和拗陷阶段，其中张裂阶段可细分出两期活动，现分述如下(图 1)。

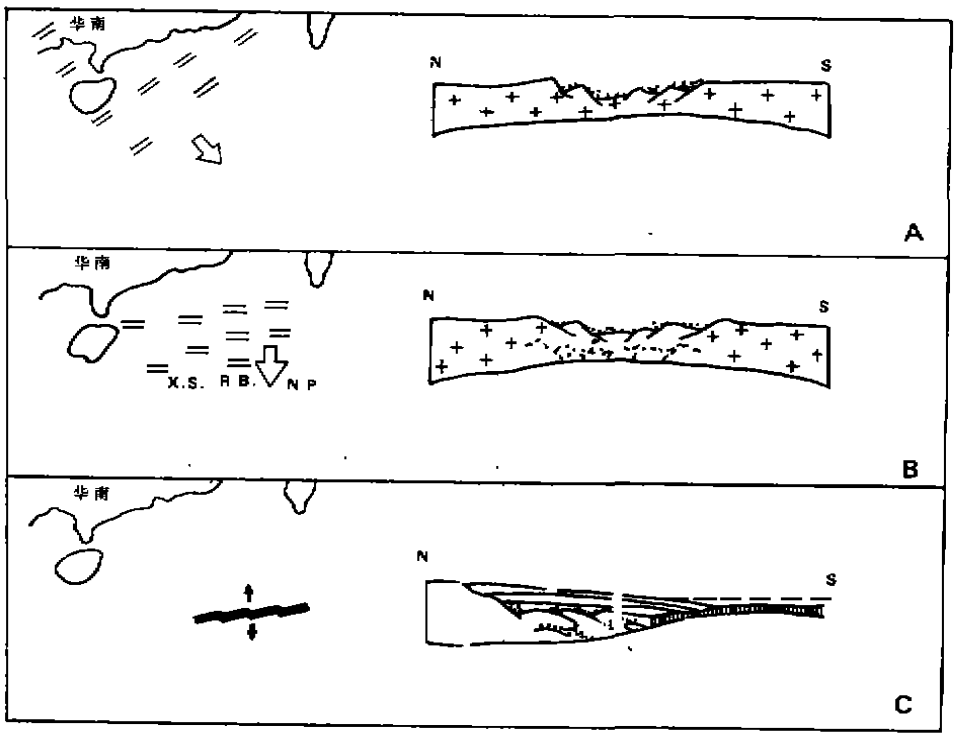

图 1 珠江口盆地构造演化示意

(左：平面图；右：剖面图)

X. S——西沙地块；R. B.——礼乐滩；N. P.——北巴拉望地块；...——洋壳；A：K_2～E_1；B：E_1^3～E_3^2；C：E_3^3～现代

Fig. 1 The schematic cross section to show the evolution of the Pearl River Mouth Basin

2.1 早期张裂阶段(中生代末～早古新世)

构造背景 库拉板块停止向西(即东西)的俯冲，印度与青藏碰撞引起东部大陆沿一系列走滑断层向东蠕散。中国科学院南海海洋研究所据卫星重力资料亦推测当时存在指向 ES 的壳下地幔流动，它使上覆地壳向 ES 方向运动。

维普资讯 http://www.cqvip.com

婆罗洲在这种张性构造背景中开始裂离华南大陆边缘，在两者之间打开了原南中国海。[7]

中生代早期的碰撞活动，J-K_1的火山活动使华南大陆边缘相对抬升，这也为其后的张裂作用提供了条件。华南沿岸及南海北部陆架许多K_2～E_1红层盆地均因此形成，其面积一般小于100m²。北部湾、三水、茂名、珠江口、中沙、台西南以及郯和、曾母等地块上的盆地均是这一张裂事件的产物。

构造特征　发育一系列NE～SW向正断层，珠1、珠2及珠3拗陷及其间的隆起形成，地堑、地垒为其主要面貌，断块发生掀斜及旋转，并伴随火山活动。本期构造活动控制着盆地的发生及其展布方向。

沉积特征　NE向展布的断陷盆地大多彼此隔离，到始新世时分割性仍然强烈。沉积物以非海相为主，有许多深湖相泥岩沉积，也有一些白垩系的再沉积碎屑。同期的台西南及东沙南拗陷，据反射地震资料，多为海相沉积层。

火山特征　与华南陆缘同期火山活动特征相似，以溢流和间隙性喷发为主，严格受断裂控制，中性-酸性岩浆活动占主导地位。

2.2　晚期张裂阶段(晚古新世～中渐新世)

构造背景　随着原南中国海在婆罗洲下的潜没(Ben-Avraham 等，1989；Holloway，1982)，原南中国海逐渐消亡，与此同时，上述由印度-欧亚大陆碰撞引起的向东的挤出构造以及南部Sunda海沟处俯冲板块的拉力作用，使得北巴拉望、南沙、礼乐滩、中沙等地块相继裂离华南陆缘，从而导致珠江口盆地的第二次张裂事件。

构造特征　发育ENE～EW向构造，块断作用和旋转形成一系列地堑、半地堑，它们切割先期的NE向断裂，并控制着后期沉积的分布。本期形成的断陷盆地与早期张裂阶段形成的断陷盆地在空间上不一定重合，在时间上亦无必然的继承关系。

沉积特征　广泛发育湖相沉积，局部地区(如珠2南部)可能发育海相地层，盆地西部中新统中发现古新世～早始新世再沉积的钙质超微化石，同期三水盆地亦见广盐性底栖有孔虫，反映由陆相向海相过渡的沉积环境。从上第三系～第四系沉积等厚度图上看出，在总体走向为NE向的盆地内，上第三系至第四系沉积均沿ENE～EW向展布。

火山特征　沿本期张性断裂产生火山喷发，已有一批钻井钻遇古新世晚期～渐新世早期(52～33Ma)的玄武岩、斑状流纹岩、凝灰岩等，上述火山活动甚至波及台湾西部。

总之，地壳拉张减薄、花岗岩侵入、基性岩喷发、地堑的形成以及断层控制的盆地沉降是上述两期张裂活动的主要特征，珠江口盆地是晚白垩世～中渐新世期间在减薄了的华南陆缘上发育、演化而成的。具体说来，它是由先期的NE～NNE向断陷盆地迭加了后期的ENE向断陷盆地而成的一个中新生代张裂盆地。

2.3　张裂后阶段(晚渐新世～现今)

构造背景　南海中央海盆自晚渐新世开始在18°N发生海底扩张，珠江口盆地随之发生区域沉降，从而接受了大面积的海陆交互相-海相沉积物。

构造特征　受中央海盆近南北向扩张作用的影响，珠江口盆地近东西向断裂继续活动或重新活化，控制沉积发育，并形成一些构造圈闭。与张裂阶段基本对称的垒、堑结构相反，本阶段的沉积体多呈向海倾斜的不对称楔状结构。广泛出现的地堑、正断层、掀斜断块等张性构造，反映了被动边缘的典型构造特征。

沉积特征　由下而上反映了一套由断陷至拗陷、由陆相至海相的沉积序列，珠海组、珠江组仍为粗砂岩、含砾、含煤砂岩的一套厚约730m的陆相沉积。至中新世早期，盆地遭海侵，中新世末海侵规模扩大，沉积一套细粒海相沉积物。B/Ga、海绿石含量由下往上呈递增趋势，亦反映了水体盐度的增加。本期沉积物与下伏张裂阶段的沉积物之间为区域不整合，类似于典型被动陆缘区所见之"裂解不整合"，反映了被动边缘从张裂阶段向漂移阶段的转变。盆地在经历了中中新世末一次短暂的沉积间断后，即与南海连为一体，成为开阔海陆架盆地。

火山特征　主要出现基性喷发岩(玄武岩)

维普资讯 http://www.cqvip.com

(17～35Ma)。这与毗邻的印支、海南、华南沿海及台湾等地区的中新世～更新世玄武岩活动是一致的，它们代表了裂离陆块的漂移阶段出现的一些断续的间断事件，但在总体上并不影响整个南海北部的演化。

参考文献

[1] 龚再升等，1990，珠江口盆地地质构造及演化特征，中国中新生代沉积盆地(朱夏、徐旺主编)。石油工业出版社，263～286。

[2] Sengor, A. M. C., 1984. *Soc. Am. Sp. Paper* 195: 82.

[3] Ridd, M. F., 1980. *J. Geol. Soc., London* 137(5).

[4] Zhou, Zuyi, Jin Xianglong *et al.*, (Editors), 1992. Marine Geology and Geophsics of the South China Sea, China Ocean Press, 119-125.

[5] Ben-Avraham, Z. and S. Uyeda, 1973. *Earth Planet Sci. Lett* 18: 365-376.

[6] Holloway, N. H., 1982. *AAPG Bull.* 66 (9): 1 355-1 383.

[7] Ben-Avraham, Z., 1989. *Tectonics* 8 (2): 351-362.

BASEMENT STRUCTURE AND TECTONIC EVOLUTION OF THE PEARL RIVER MOUTH BASIN

Zhou Zuyi

(*Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai* 200092)

Received: May 20, 1993

Key Words: Pearl River mouth basin, Basement, Tectonic evolution

Abstract

An Early Mesozoic continent—continent collision took place between the South China margin and "South China Sea Block". The evolution of the Pearl River mouth basin and the South China Sea was the result of the rifting away from China of different fragments of the "South China Sea Block". Since Late Cretaceous, the Pearl River mouth basin has undergone in sequence two stages of rifting (K_2-E_2^1, E_2^2-E_3^1) and one stage of post-rifting subsidence (E_3^2-Present).