

# 中国大陆边缘构造和盆地演化

朱 夏 陈焕疆

(地质矿产部石油地质研究所盆地研究室)

在泛大陆解体之际,古中国大陆位于泛太平“洋”与特提斯“湾”的连结部位。特提斯与太平洋是由一条中生代扩张脊带联结起来的,它主要走向东西,并已俯冲 to 亚洲大陆边缘之下。由于有一系列南北向转换断层,这一条带已被切截为若干不连续的段落,从印度支那经过中国到西南日本还可局部地辨认出来。中国南部及邻区的中生代历史很大程度上受这些俯冲和转换断层构造所控制。重要的变格运动主要地发生在印支—早燕山、晚燕山—早喜山以及晚喜山—现代等三个阶段。大陆边缘盆地及其组成部分的油气远景可以通过板块构造的分析进行评价与预测。

## 一、中国的大陆边缘

泛大陆(Pangea)的形成和分裂是显生宙地质历史中的划时代事件。最近,根据古地磁资料的重新拟合,莫里尔与欧文(P. Morel and E. Irving, 1981)作出了一个2.8亿年前的泛大陆,称之为“泛大陆 B”(Pangea B),并将公认的约2亿年前的泛大陆命名为“泛大陆 A”(Pangea A),从而给我们提供了一个运动的泛大陆模式。(图1)

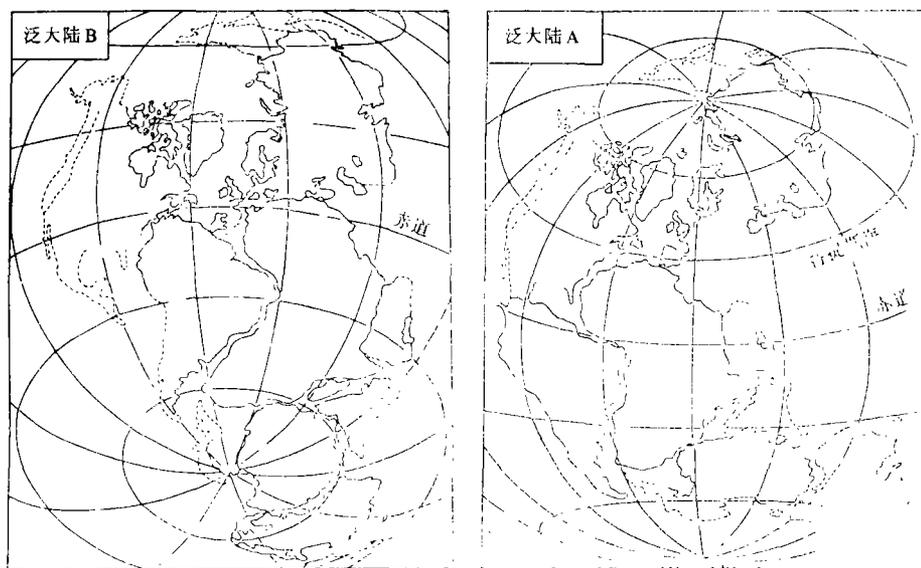


图1 泛大陆B与泛大陆A对比图 (据莫里尔与欧文, 1981年)

由此可以区分出“泛大陆 B”以前和“泛大陆 A”以后两个明显的地质历史阶段，分别相当于我们以前（1965，1980）所称的“两个世代”和“两种构造运动体制”。而在两者之间的大约一亿年期间（自石炭纪最晚期至三叠纪晚期）也正是我们（1978）所指出的“过渡阶段”。因此在考察油气田的形成分布规律时，不能不重视这种地史阶段的划分对中生代、晚古生代与早古生代油气盆地形成、发展和改造的重要性。

从泛大陆的形成到分裂期间，全世界只有一个大陆（Pangea）和一个大洋（Panthalassa），值得重视的是：（1）在这一大陆和这一大洋之间的边缘上，在大陆的晚期破裂以前，并不需要有俯冲作用（Dickinson, 1978）；所以布瓦（Boio, 1980）等称之为“初级”的活动带，松本更明确地指出：“环太平洋活动带随着地质年代的推移，其造山运动构造格局的模式也发生演变，即从古生代优地槽和冒地槽的格局经过中生代的过渡性格局向晚新生代的岛弧格局演变”。（2）从泛大陆B的后期到泛大陆A，泛大陆的分裂以晚二叠世到早中三叠世的古特提斯洋壳的发展为先声。这一洋壳呈漏斗状从太平洋西岸向现代的地中海东部收缩，成为泛太平洋的一个“海湾”，中国大陆以及东南亚的一些微陆块当时的位置正处在这一海湾与大洋之间。（3）由于中国大陆所处的这种大地构造位置，它的边缘的构造演化必然同“特提斯湾”及其与泛太平洋的交接部位有密切的关联。

就中国西部来说，泛大陆B期间在古生代地槽褶皱的基础上，扬子地台曾和青、藏及邻区的一些微陆块联接成为一个整体；二叠—三叠纪时金沙江以东的古特提斯洋壳扩张是在这一统一基底上发生的。两个世代、两种构造体制的转变和过渡关系主要表现为北面的中亚—蒙古地槽的急剧关闭固结和南面泛大陆B到泛大陆A构造演化过程中因大规模平移拉张而打开了古特提斯洋壳。由于陆壳的解体和洋壳的扩张超过了古生代时期的“手风琴式”活动规模而达到了足以产生洋壳俯冲的程度，从而标志了板块构造阶段的开始。这个二叠—三叠纪的古特提斯洋壳在五十年代已引起了中国地质家的注意，而在欧洲，直到1977年，许靖华才根据从罗马尼亚获得的资料，提出：“可能我们终于找到了已经消失掉了的三叠纪特提斯”。

当上述金沙江带的古特提斯洋壳在三叠纪末期封闭并造成规模壮伟的印支褶皱带以后，在它的南面相继出现新的洋壳扩张。班公湖—怒江带大致在晚侏罗世封闭，雅鲁藏布江带则在晚白垩世—早第三纪尚有洋壳开张和闭合的过程。至晚第三纪洋壳扩张脊移到印度洋时，印度板块对青藏板块的碰撞导致了喜山运动的高峰。金沙江缝合带南延可达红河的蛇绿岩带，班公湖—怒江带大致与存在于泰马半岛的缝合带相连，雅鲁藏布江带则折入缅甸境内。它们先后相继地构成了中国西部的中生代大陆边缘。

这一边缘的向东延展及其与太平洋板块发展的关系，对于南海和东海盆地的形成与演化具有重要意义。亚洲东部与太平洋之间，在泛大陆B期间曾经有一条地槽“镶边”（晚华力西到印支），从日本经琉球、台湾、菲律宾以迄加里曼丹，在这一时期，太平洋并没有向亚洲俯冲的迹象，这是中国和亚洲的原始东部边缘，在泛大陆A以后才改变了这种情况。Hilde等曾提出：“在这一地区的关键性特色是曾经有过一个从中生代到中第三纪的联络特提斯—印度洋与太平洋的洋脊体系。它们大体上是沿东西方向延展的”，“并为一系列南北向的转换断层所错开”。我们认为，这一概念值得重视，并可

据新近的资料来加以进一步申述。

## 二、太平洋与特提斯的联系

据Hilde等的意见，太平洋板块是在约185百万年前从库拉、法拉隆和菲尼克斯板块间的扩张脊三联点中心开始发育的，由日本向南延伸的断裂带是库拉板块和特提斯板块的边界，此外它又是太平洋板块的西界。在约40—45百万年前太平洋板块的运动方向变为北西西，特别是约25百万年以前洋脊系发生变化以前，对亚洲的东缘和南缘发生构造影响的是这种近南北向的转换断层，并主要表现为左旋平移（图2）。

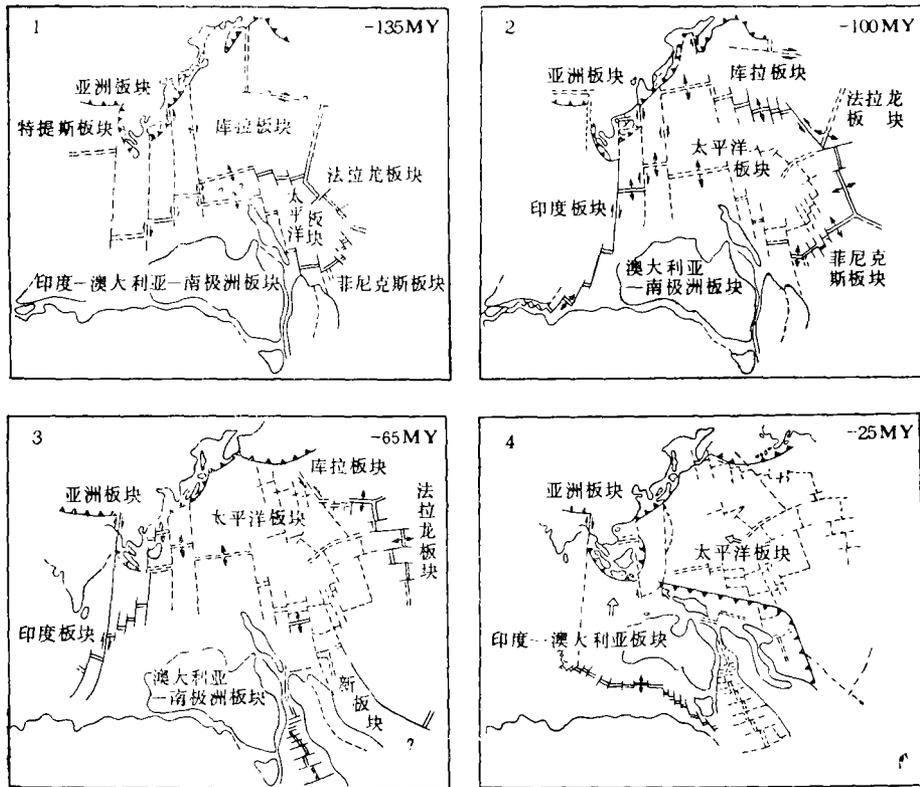


图2 太平洋板块与特提斯—亚洲板块演化关系示意图

(据Hilde等, 1977)

Otsuki和Ehiro (1978) 研究日本的主要平移断层得出的结论是：作为库拉—太平洋板块西界的转换断层位置应在近南北向的系鱼川左旋剪切带及其南延的伊豆—小笠原弧一带。后来由于太平洋运动方向的改变，才从转换剪切带转化为弧沟体系。他们认为：东北本州的白垩纪岩浆作用是由于库拉—太平洋脊的下降，而西南日本、朝鲜和锡霍特—阿林地区的晚白垩世至早第三纪的酸性岩浆活动是由特提斯脊的俯冲引起的。从Scott与Kroenke(1981)提供的材料，可以认为帛硫—九州洋脊曾经代表了Hilde等所指

的太平洋板块的西界,也就是太平洋与欧亚—特提斯之间最东面的第一条近南北向的转换断层。它在40多百万年前才转变为向北西西的俯冲,从而依次向东拉开了东菲律宾海的Parece Vela盆地(断陷),形成西马里亚纳脊和今天的马里亚纳弧沟。Klein与Kobayashi(1981)则认为在40—50百万年以前,当帛琉脊还是一个转换断层时期,西菲律宾海是一个被圈闭的特提斯洋壳,其中存在着近东西向的特提斯扩张脊和南北俯冲带,后者的影响及于西南日本。上田和都城(1974)指出:四万十地槽形成的确切时间还不清楚,但可能是在侏罗纪末期,即大约1.5亿年前。这很可能同早已存在的特提斯的向北俯冲带有一定联系。四万十地槽的北东东走向在九州西岸以60度的“北萨弯曲”转折向南,这一转折正好同Klein与Kobayashi(1981)标示的第二条南北转换断层相接近,我们认为该断层大体上以北北东方向通过东海的“钓鱼台隆起”(旧称台湾一肉道脊),北与对马岛与五岛列岛相连,向南则通过冲绳与先岛(八重山)列岛之间。在这里,它们的构造环境与菲律宾海的帛琉脊颇相近似,当它由转换断层改变为俯冲带时,与Parece Vela断陷相对应的是冲绳海槽的拉张,而琉球弧沟则相当于马利亚纳弧沟,不过琉球弧沟发生的时代较晚(20多百万年前),而且被拉张的部分涉及到原来属于欧亚克拉通边缘的陆壳(华力西—印支褶皱带)。

在这第二条南北向转换断层之西,沿克拉通边缘之南,同样有一条近东西向的向北俯冲带。Kizaki(1978)指出:南琉球(八重山)冈北、中琉球(奄美与冲绳)是属于不同体系的。八重山变质岩的原始走向应为东西向,它的变质作用完成于侏罗纪末,此后该区即处于稳定状态。这一东西向俯冲带的往西延展,由于晚第三纪时台湾与菲律宾的复杂构造变动,虽已难以追溯,但是从台湾北部变质岩(包括侏罗纪)核部构造走向为北东东以及孟昭彝(1970)提出的上新世以前琉球弧一度曾向西延伸穿过台湾岛现今的位置而达到西海岸澎湖列岛等意见,都或多或少地说明在第二条和第三条南北向转换断层之间在中生代时有过近东西向的特提斯俯冲带,在这条俯冲带以北,是中国大陆克拉通。

第三条近南北向转换断层可能存在于浙闽沿海,它同陆上的一些北北东向“深大断裂”关系密切,并可同朝鲜南部平移断层相联系。连接福建沿海与朝鲜南部的“福建岭南构造带”,很难被认为是中生代俯冲带的岛弧,可以设想在这里侏罗—白垩纪时,曾有过近南北向的与特提斯东西扩张脊联系的并曾切穿陆壳的一种“易漏的转换断层”(上田),它已为许多北西向断层所错断。

在这条转换断层以西,南海北部大陆架边缘构造脊的存在和海底发育的大陆坡,标志着这里是大陆地壳终止和开始导向洋壳发育的过渡地区。地球物理资料表明南海海盆北缘不仅有明显的北东东向构造带,而且有一段相当宽的近等轴状正异常为特征的北东东走向的高磁异常带,可能是基性、超基性岩的反映。这类近东西向磁异常带,本·阿弗拉罕和上田(Z·Ben-Avraham and S.Uyeda 1973)曾认为它反映了晚侏罗—早白垩世南中国海盆的海底扩张。联系湘粤一带印支—燕山期花岗岩体的东西向展布和其它一些与“南岭纬向体系”有关的构造现象,似可表示中国大陆南部曾受到过东西向特提斯扩张脊的向北俯冲和南北向左旋平移断层的联合影响,并曾有过向北和向北西的推挤。南海的近东西向和北东东向扩张轴(32—17百万年)可被看作是特提斯在“新特提

斯”(Neotethys)期的重现。可能的古俯冲带(包括蛇绿岩套)已因南海海盆新的扩张,一部分被推移到菲律宾群岛西侧、南巴拉望和加里曼丹一带,而留在南海北缘的部份则表现为大陆边缘的残留弧(构造脊),在海底则以大陆坡形式出现。再往西,海南岛以西,越南东侧狭窄的大陆架边缘的一条南北向大断裂(M.Mainguy, 1968),明显地截切了印支大陆上的北西向构造线,在晚白垩世和早第三纪初期有安山岩、英安岩和流纹岩类的岩脉沿此方向展布,第三纪晚期又有广泛的玄武岩喷溢(K. T. Tran等, 1973),它可能就是第四条转换断层的位置。经过这第四条转换断层,近东西向扩张轴就可以直接或间接地与西部特提斯俯冲带联成一体。

据此分析,中国大陆东西两侧,由特提斯到太平洋,在中生代的大部分时期,基本上以U字形方式通过为南北转换断层所错开的近东西向的俯冲带而互相连结。在此作用下,不仅在中国西部发生了世界上规模最大的印支褶皱,中国东南部在自南向北的推挤下发生强烈的印支以及早燕山运动,而且对南海、东海乃至黄海盆地的形成和演化有着重要影响。

### 三、变格运动与大陆边缘盆地的构造演化

如上所述,随着泛大陆A的解体,中国西南部份的大陆边缘构造的演化经历了以下几个重要阶段:(1)二叠—三叠纪金沙江古特提斯洋壳的开张和封闭;(2)晚期侏罗纪和早期白垩纪班公湖—怒江和雅鲁藏布江特提斯洋壳的扩张和关闭;(3)晚期白垩纪到早期第三纪雅鲁藏布江缝合线的形成;(4)晚期第三纪以来印度板块的碰撞。同样,中国东南部分的大陆边缘构造的演化也可分为以下几个时期:(1)二叠—三叠纪作为古太平洋大陆边缘的华力西—印支褶皱,看来不需要有俯冲作用;(2)晚期侏罗纪开始和白垩纪太平洋强烈扩张并向北或北东移动,同特提斯与中国板块之间产生相对错动;(3)早期第三纪太平洋板块转向北西俯冲;(4)晚期第三纪以来西太平洋沟、弧、盆体系的发育和差异沉降。东西两面的活动虽无严格的的同时性,但基本上彼此呼应,出现了三次构造格局的变化,并控制了陆上和海区盆地的形成和演化。

第一次变格运动发生在印支—早燕山时期,以特提斯洋壳俯冲和太平洋洋壳形成、平移为标志,提供了大陆边缘盆地发育的基础。

在陆上,古特提斯二叠—三叠纪洋壳的俯冲,造成了中国西部印支褶皱带前沿的推掩。例如四川盆地的西北和西缘发生过基底对于盖层的俯冲即A式俯冲(A Subduction),在上冲带造成了盖层的强烈推覆,在推覆体前缘产生了前渊(Foredeep)与成排的山麓褶皱构造。秦岭西段也于此时间封闭,并发生向南推掩,使印支期大陆边缘(即甘孜、阿坝地区)有过盖层滑移。在中国东南部印支—早燕山运动同样表现得十分强烈,它是在已褶皱的基底上发生的;由于当时太平洋与中国板块之间主要是南北相对扭动,所以这一作用是南中国海域的东西向特提斯洋脊的俯冲与南北向转换断层平移活动相结合而产生的影响。例如中国南部大陆整体向北推移,封闭了残余的印支地槽(秦岭—淮阳和右江褶皱带),发生了基底滑移(Basement Ramp)或折离(Decoupling),盖层中发育了向北(如江苏—南黄海)或向西(如湘中)的逆掩,使得晚三叠

一早侏罗世的盆地在此基础上形成和改造。同时由于特提斯热板块低倾角俯冲和基底折离的作用,还造成华南大陆边缘和内部异常广泛的幔源型(I型)和壳源型(S型)岩浆活动,沿着转换断层有大量中酸性岩浆流溢。

在海区,此时形成了古南海北缘和东海南缘(八重山、台湾)的活动大陆边缘;但距活动边缘稍远的地方,例如东海的克拉通基底上和南海活动大陆边缘的弧后盆地内,由于海侵作用,可能保存有未经变质的中生代海陆过渡相盖层沉积。

第二次变格运动以晚燕山和早喜山时期特提斯洋壳的封闭和太平洋洋壳运动方向的转变为特色,现今大陆边缘盆地开始形成。

这一时间的重要特点是:地壳缩短的机制是通过大规模断层走向滑动(Fault-Strike Slip)来实现的。当晚侏罗世一早白垩世特提斯洋壳封闭之际,作用于西太平洋大陆边缘的仍然是南北向的转换断层;因此,特提斯构造域的构造活动主要是通过古亚洲域台槽镶嵌体中业已存在的东西至北西西向断裂进行的,其结果使中国东部大陆边缘向太平洋蠕散扩张形成盆地,例如在东海海区内向东增厚的沉积楔状体有较大的分布范围。这种北西西向的平移活动,在浙闽沿海十分普遍,它们可能在东海的基底上有所反映,造成东海盆地“南北分块”的格局。此外,南海北缘地区的俯冲作用此时趋于停止,并且由于中国东南部的总的上隆拉张(包括海区范围在内),广泛出现了断陷盆地。值得注意的是:在断陷—坳陷转化过程中,陆上盆地例如古松辽湖,古渤海湖曾遭受多期海侵,这种淡化海水内侵型陆相沉积,反映了一种特殊的“滨海岛湖”(多凸多凹)环境,勘探证实它们具有良好的含油气性。位于它们以东的海区,从古长江(湖北到江苏)、古珠江(广东三水盆地)等已发现的海相夹层来看,表明在这一时期的大陆边缘盆地(东海盆地和南海北缘盆地)内,由于更接近陆棚海,理应有更为发育的海相沉积存在,作为一种“陆棚岛湖”盆地,可以预测它对找油将更为有利。

第三次的变格运动以晚喜山期为代表的印度板块的碰撞和西太平洋岛弧体系的完成标志,最终决定了中国大陆边缘构造的面貌和大陆边缘盆地内油气的具体赋存状态。

大约40百万年前,太平洋板块运动方向转变为北西西向俯冲,从而使特提斯域向东滑移不再继续进行,其结果迫使青藏高原急剧抬升,差异升降(Differential Subsidence)运动在这时期占有重要地位,中国大陆边缘盆地总体上表现为新弧沟体系的形成和弧后的强烈沉降、扩张。前已述及的菲律宾海从西向东拉开了帕里西、维拉(Parece Vela)盆地,逐步形成的乌里亚纳弧沟体系,与之相应的琉球弧的俯冲与冲绳海槽的拉张,均属于这一变格运动范畴。南海新洋壳的形成(32—20百万年)和进一步的扩张(20—17百万年),也在这一阶段形成一个崭新的被动型大陆边缘。

对比之下,可以概括地说:东海盆地的演化是从稳定的克拉通边缘和被动大陆边缘转化为主动大陆边缘(或拉张型转化为挤压型),而南海北缘珠江口外盆地则是从主动大陆边缘向被动大陆边缘演化(或挤压型向拉张型的转变)。对中至上新世勘探目的层来说,前者应重视早期同沉积楔状砂岩的调查,后者则应加强同沉积期的各类背斜构造的勘探。与此同时,还不能忽视老第三纪以至中生代的相应目的层,以及时的开拓新领域。

南海的演化同东西向的特提斯洋脊在早中生代的消减与在晚第三纪的新的扩张有密

切关系，而菲律宾海、东海、黄海乃至渤海的形成则恰好可与上述东西向扩张脊相配套的几条南北向转换断层相联系。这几条断层由于所处的位置不同（洋壳、陆壳边缘、陆壳内部），演化的过程和性质也不相同（弧背弧、弧后扩张、漏出、平移），与之相关的边缘海盆自然也各有特色。油气勘探工作理应按这些特色来进行部署。

但是，由于它们是在整体的板块构造背景控制之下形成和发展的，故其演化历程仍可彼此比拟。上述的三次变格，从陆地上许多盆地的资料看，每次都还可以划分出两个阶段（当然不具严格的的同时性），按此推断，我们试以下表来概略说明大陆边缘盆地的演化历史，或可有助于对油气勘探领域的预测（见附表）。

中国大陆边缘盆地演化史简表 (附表)

				南 海	东 海	黄 海 (苏北)	太 平 洋	青 藏 (特提斯)				
新 全 球 构 造 阶 段	第三次 变格	III <sub>b</sub>	Q	现代   晚喜山	被动边缘沉降 (海平面升降)	活动边缘沉降 (海平面升降)	沉 降 (海平面 升降)	印度、青藏 板块碰撞上 升				
			N <sub>2</sub>	III <sub>a</sub>	裂 陷 (drift)	新洋壳	琉球弧俯冲， 冲绳扩张， 钓鱼岛隆起， (沉积中心西迁)		— 台菲俯冲 —			
			N <sub>1</sub>		裂 谷 (rift)				坳 陷   断 陷	— 帛琉俯冲 —		
	第二次 变格	II <sub>b</sub>	E <sub>3</sub>	早喜山   晚燕山	坳 陷   断 陷	俯冲转移到加里曼丹以南	大陆蠕散 (沉积向东成 楔状加厚， 海相?)	— 太平洋向西 俯冲 —	雅鲁藏布江 缝合			
			E <sub>2</sub>		II <sub>a</sub>			坳 陷   断 陷		断 陷	— 库拉板块向地 北北西俯冲 —	
			E <sub>1</sub>								断 陷	— 太平洋扩张、 增大，向日本 俯冲 —
	第一次 变格	I <sub>b</sub>	K <sub>2</sub>	早燕山   印支	活 动 边 缘 (特提斯向北俯 冲；基底滑移)	克拉通边缘 (南部海相沉 积?)	火 坳 陷 山   活 动 断 陷	— 南北向转换断 层和向北 —	岗瓦那解体			
			J <sub>3</sub>					I <sub>a</sub>		断 陷	— 俯冲的洋壳 —	
			J <sub>2</sub>								断 陷	— 太平洋板块形 成 —
			J <sub>1</sub>									断 陷
	T <sub>3</sub>			地 槽 褶 皱	地 台	泛太平洋	金沙江缝合					

(收稿日期 1982年5月20日)

## 参 考 文 献

- [1] 朱 夏 我国陆相中生界含油气盆地的大地构造特征及有关问题。《大地构造问题》，科学出版社，1965年。
- [2] 朱 夏 中生代油气盆地《构造地质学的进展》科学出版社，1982年。
- [3] 陈焕疆 论中国油气盆地的构造体制和油气分布的关系《石油实验地质》1980年第1期。
- [4] Ben-Avraham, Z. and S. Uyeda (1973), The Evolution of the China Basin and the Mesozoic Paleogeography of Borneo, "Earth Planet, Sci. Lett.", 18.
- [5] Bois, C., P. Bouche et R. Pelet, 1980, Histoire Géologique et Répartition des Réserves d'Hydrocarbures dans le Monde, "Revue de l'Institut Français du Pétrole", Vol. 35, No.2, Paris.
- [6] Dickinson, W. R., 1978, Plate Tectonic Evolution of North Pacific Rim, "Journal of Physics of the Earth", Vol. 26, Supplement.
- [7] Hilde, T. W., C.S. Uyeda and L. Kroenke, 1977, Evolution of the Western Pacific and Its Margin, "Tectonophysics", Vol. 38.
- [8] Hsü, K.J., 1977, Tectonic Evolution of the Mediterranean Basins, in A. E. M. Nairn et al, (ed.), "The Ocean Basins and Margins", Vol. 4 A.
- [9] Kizaki, K., 1978, Tectonics of the Ryukyu Island Arc, "Journal of Physics of the Earth", Vol. 26, Supplement.
- [10] Klein, G. de V., and K. Kobayashi, 1981, Geological Summary of the Shikoku Basin and Nw Philippine Sea, Leg 58, DSDP/IPOD Drilling Results, "Oceanologica Acta".
- [11] Morel, P. and E. Irving, 1981, Paleomagnetism and the Evolution of Pangea, "Journal of Geophysical Research", Vol. 86, No. B 3.
- [12] Otsuki, K. and M. Ehiro, 1978, Major Strike-Slip Fault and Their Bearing on Spreading in the Japan Sea, "Journal of Physics of the Earth", Vol. 26, Supplement.
- [13] Scott, R. B. and L. Kroenke, 1981, Periodicity of Remnant Arcs and Back-arc Basin of the South Philippine Sea, "Oceanologica Acta."
- [14] Tapponier, and P. Molnar, 1976, Slip-Line Fields—Large Scale Continental Tectonics, "Nature", Vol. 264.
- [15] Zhu Xia and Chen Huanjiang, 1980, Tectonic Evolution of Chinese Petroleum Basins, "Revue de l'Institut Français du P'etrole", Vol. 35, No.2, Paris.

(下转219页)

(上接160页)

# TECTONIC EVOLUTION OF THE CONTINENTAL MARGIN AND BASINS OF CHINA

Zhu Xia and Chen Huanjiang

(Basin Research Group, Institute of Petroleum Geology,  
Ministry of Geology and Minerals)

## Abstract

During the break-up of Pangea, China was situated at the junction part of the Panthalassa "ocean" and the Tethys "bay". The Tethys and the Pacific were connected by an east-west belt of Mesozoic spreading ridges which had subducted northward beneath the margin of the Asiatic continent. Owing to the existence of a series of N-S trending transformation faults, this belt was dissected into several discontinuous segments now sporadically recognizable from Indosinian through South China to Southwest Japan. The Mesozoic tectonic history of South China was to a great extent controlled by these subductions and transformations. The deformations occurred mainly from Indosinian to early Yanshan movements, from late Yanshanian to early Himalayan and finally from late Himalayan to neotectonics. The petroleum prospects of continental margin basins and their different parts may be evaluated and predicted in view of the plate tectonic analysis.