

文章编号: 1000-0550(2010)06-1066-10

中国近海新生代盆地沉积环境演变分析^①

李运振^{1,2} 邓运华³ 徐强¹ 于兴河⁴

(1. 中国海洋石油研究中心 北京 100027; 2. 中国地质大学(北京) 博士后流动站 北京 100083;
3. 中国海洋石油总公司 北京 100010; 4. 中国地质大学(北京) 能源学院 北京 100083)

摘 要 ①中国近海新生代具有不同类型的沉积盆地, 它们是由不同板块之间的相互作用而形成的, 包括板内裂谷型、板缘聚敛型和板缘离散型沉积盆地, 其中板缘聚敛型可细分为裂谷型和拗陷型, 板缘离散型可细分为裂谷型、拗陷型和扭张型。②不同类型的沉积盆地能够反映不同沉积环境的演变特征。在盆地的断陷—拗陷发育期, 板内裂谷型沉积盆地沉积环境以陆相为主; 板缘聚敛型沉积盆地的沉积环境总体上具有海相到陆相的演变特征; 板缘离散型沉积盆地沉积环境总体上具有陆相到海相的演变特征。③在不同盆地结构和沉积环境下, 发育不同类型的沉积体系。裂谷型沉积盆地以近源堆积的沉积体系为主, 拗陷型沉积盆地以远源堆积的沉积体系为主; 板缘聚敛型沉积盆地坡折及三角洲发育规模小, 板缘离散型沉积盆地坡折及三角洲发育规模大。

关键词 中国近海 盆地类型 沉积环境 沉积体系

第一作者简介 李运振 男 1977 年出生 博士后 石油地质学 E-mail: liyzh4@cnoc.com.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

地球表面的自然地理环境按照沉积作用特征可以分为两大类: 一类以剥蚀作用为主, 属剥蚀环境, 另一类以沉积作用为主, 属沉积环境。沉积环境是一个发生沉积作用的地貌单元, 它们可以根据物理的、化学的、生物学的或地貌的参数定义, 例如河流环境、湖泊环境、三角洲环境等等。人们通常把沉积环境分为大陆环境、过渡环境和海洋环境三大类, 其中过渡环境是兼受大陆和海洋两种营力作用的地带。同中国内陆相比, 中国近海沉积盆地在新生界的沉积环境具有多样性, 即在不同沉积盆地内同时具备了三种沉积环境, 基本上每个盆地都经历了不同沉积环境的变迁。因此, 中国近海沉积环境的演变具有复杂性, 既包括从陆相到海相沉积环境的演变, 也包括从海相到陆相沉积环境的演变。在这三大类沉积环境中, 按水体的深浅又可分为深水环境和浅水环境, 大陆环境和海洋环境都可存在深水环境和浅水的环境, 而过渡环境则由于处在大陆和海洋的相交带, 一般为浅水环境。沉积环境同盆地类型紧密相关, 例如断陷型盆地由于盆地一侧的快速沉降而容易形成深水环境, 而拗陷型盆地由于盆地整体相对较慢的沉降速度使得水体深度较浅。在每种沉积环境中, 由于盆地的大小、结构、所处的位置、形成机制及海平面升降等因素的不同都会形成不同类型的沉积体系, 因此搞清盆地的沉积环境

及演化对研究中国近海盆地的沉积地质特征具有重要意义。本文通过研究板块构造运动对中国近海沉积盆地的控制作用, 分析盆地结构在板块运动中的演变特征, 并结合相关沉积环境的证据, 验证中国近海不同沉积环境与沉积体系间的因果关系。

1 板块运动造就中国近海不同类型的沉积盆地

板块学说是 1968 年法国的勒皮雄与麦肯齐等人提出的一种“新大陆漂移说”。板块学说认为地球的刚性岩石圈被分裂成若干巨大的块体—板块, 它们被驮在软流圈之上作大规模的水平运动, 并在各个板块之间发生相互作用。根据板块间相互作用方式可以分为离散型(洋中脊、大陆裂谷)、聚敛型(消减带、碰撞带)和平错型(转换断层)等三种基本类型。从力学性质来说, 它们分别代表着拉张、挤压和剪切三种基本方式。离散型板块边界是岩石圈发生分裂和拉张的地方, 它们是海底扩张的策源地, 随着地幔物质喷出不断制造出新的洋壳来, 因此这里火山、地震活动频繁。聚敛型板块边界又称为削减作用带, 沿此边界两个相邻板块作相向挤压运动, 以致老洋壳在这里俯冲和消减。这种边界又可以进一步划分为俯冲、消减边界和碰撞边界两类。俯冲边界发生在大洋壳与

①中国海石油总公司大型油气田及煤层气开发科技重大专项项目(编号 2008ZX05023) 资助。
收稿日期: 2009-09-28; 收修改稿日期: 2009-11-22

大陆壳相互汇聚的地区;碰撞边界则是大陆壳与大陆壳相互碰撞的地方,例如欧亚板块与印度板块相互碰撞,形成了高耸的喜马拉雅造山带。因此,正是由于板块间的相互作用,从根本上控制了沉积盆地的发生和发展,从而造就了不同类型的沉积盆地。

1.1 中国近海板块运动

中国近海夹峙于欧亚板块、太平洋板块和印度洋板块之间,它的形成演化受到这三大板块的发展运动和相互作用的制约。对于中国渤海和黄海海域的沉积盆地,由于全部处于欧亚板块内部,远离板块之间的相互作用,它们的形成只是受到了三大板块的间接影响。

对于东海陆架盆地,它地处西太平洋板的大陆边缘,是西太平洋一系列串珠状沟—弧盆体系的组成部分,是一个年轻的弧后盆地—边缘海^[1~3]。东海具有明显的欧亚板块与太平洋板块不同时期相互碰撞的消亡带构造和消亡带后侧产生的裂张挤压构造。晚白垩世,在太平洋板块俯冲下引起地幔上拱,使地壳上部发生张性拉裂。古新世晚期,太平洋板块北侧洋脊西端俯冲到欧亚板块东南缘之下,高温效应使上部地壳进一步拉伸变薄,板块最终受张力而破裂引起玄武岩喷发,产生日本海新洋壳,而东海陆架盆地因缺少这种热效应而未能像日本海那样发展到产生新洋壳的阶段^[4]。古新世至早中新世,太平洋板块朝北北西方向俯冲到欧亚大陆边缘之下,俯冲速率随时间逐渐降低,洋壳俯冲带后退及倾角变陡。在43 Ma左右,太平洋板块朝欧亚大陆的俯冲方向由北北西向转变为北西西向,同时俯冲速率逐渐升高,应力场由张性转为压性。中中新世,菲律宾海板块俯冲方向由北北西转为北西向,菲律宾沟—弧—盆体系开始发育演化。随后,伊豆—小笠原弧及九州—帛琉海岭北端抵达西南日本南缘俯冲带,它们与日本南缘碰撞导致东海西湖凹陷发生构造反转。

对于南海海盆的形成,金性春等认为现今的南海海盆在形式上是一个位居菲律宾弧后的边缘海盆,但从成因上看,南海海盆并不是真正的弧后盆地,目前的南海北缘古近纪地层中发育一系列张性断层,台湾西部前上新世沉积层中也发育拉张生长断层,显示出被动大陆边缘的特点^[5]。朱伟林等认为目前存在三种认识:其一是走滑说,认为印度板块下插到欧亚板块之下,引起东亚板块向东走滑,印支地块沿红河断裂带大位移走滑,形成南海海盆;其二认为与板块俯冲事件有关,菲律宾海板块向古南海地台俯冲,在

菲律宾火山岛以西形成弧后裂谷,进一步演化形成边缘海,或与印度—澳洲板块的俯冲作用有关;第三种观点认为与南海地幔柱有关,是一个主动裂谷。尽管形成南海的板块作用机理和深部成因存在诸多不同的认识,但各个地块之间的关系、地质构造特征表明南海北部沉积盆地是在南海盆地洋壳向马尼拉海沟的俯冲下形成的被动伸展^[6]。

综上所述,环太平洋构造沟弧理论体系基本上代表了大多数学者的观点。孙肇才从环西太平洋盆地形成的地球动力学背景看,认为西太平洋是一个自北而南的沟—弧—盆系统;大体以台湾海峡为界,东海盆地由于受到太平洋板块或菲律宾板块持续向西俯冲的作用,是一个由转换或被动边缘演化而来的聚敛边缘,而南海由于受到南海洋壳持续向东俯冲的作用,属于由活动或聚敛边缘转化而来的被动边缘^[7](图1),因此这两种板块边缘由于演化机制的不同而在中国近海展现出了不同类型的沉积盆地。

1.2 中国近海沉积盆地分类

由于中国近海的形成机制存在诸多争议,因此存在较多的划分方案。根据盆地地质构造特色与形成的力源机制,将中国近海盆地划分为被动热事件盆地和主动热事件盆地,被动热事件盆地具有双层结构,下部断陷,上部拗陷,主动热事件盆地呈碟形^[8]。龚再升等认为中国东部中、新生代主要发育主动大陆边缘盆地群,仅在南海北部自晚渐新世以来发育类被动大陆边缘盆地^[9]。杨甲明认为中国近海沉积盆地可划分为“内带”和“外带”两部分,内带发育裂谷型盆地,外带裂后期具有快速沉降特征的盆地组成^[10]。张功成根据板块构造和盆地所处应力特征,认为中国近海盆地除了台西盆地在中新世以后演化成前陆盆地之外,主要为第三纪伸展盆地。盆地类型可划分为克拉通内裂谷盆地、类被动大陆边缘伸展盆地、被动大陆边缘张扭性盆地和活动大陆边缘盆地^[11]。邓运华根据盆地类型及油气地质条件等因素将中国近海划分出两个拗陷带,靠近大陆一侧的中国边缘海第一拗陷带包括渤海湾盆地、南黄海盆地、台北拗陷、珠一拗陷、珠三拗陷和北部湾盆地,是位于陆壳上的湖相断陷盆地,以生油为主;远离大陆一侧的中国边缘海第二拗陷带包括浙东拗陷、珠二拗陷、琼东南盆地和莺歌海盆地,是陆—洋过渡壳上的海相拗陷盆地,以生气为主^[12]。

以上分类分别从深部力源机制、板块构造、盆地结构及油气地质条件等特征概括近海沉积盆地,本文

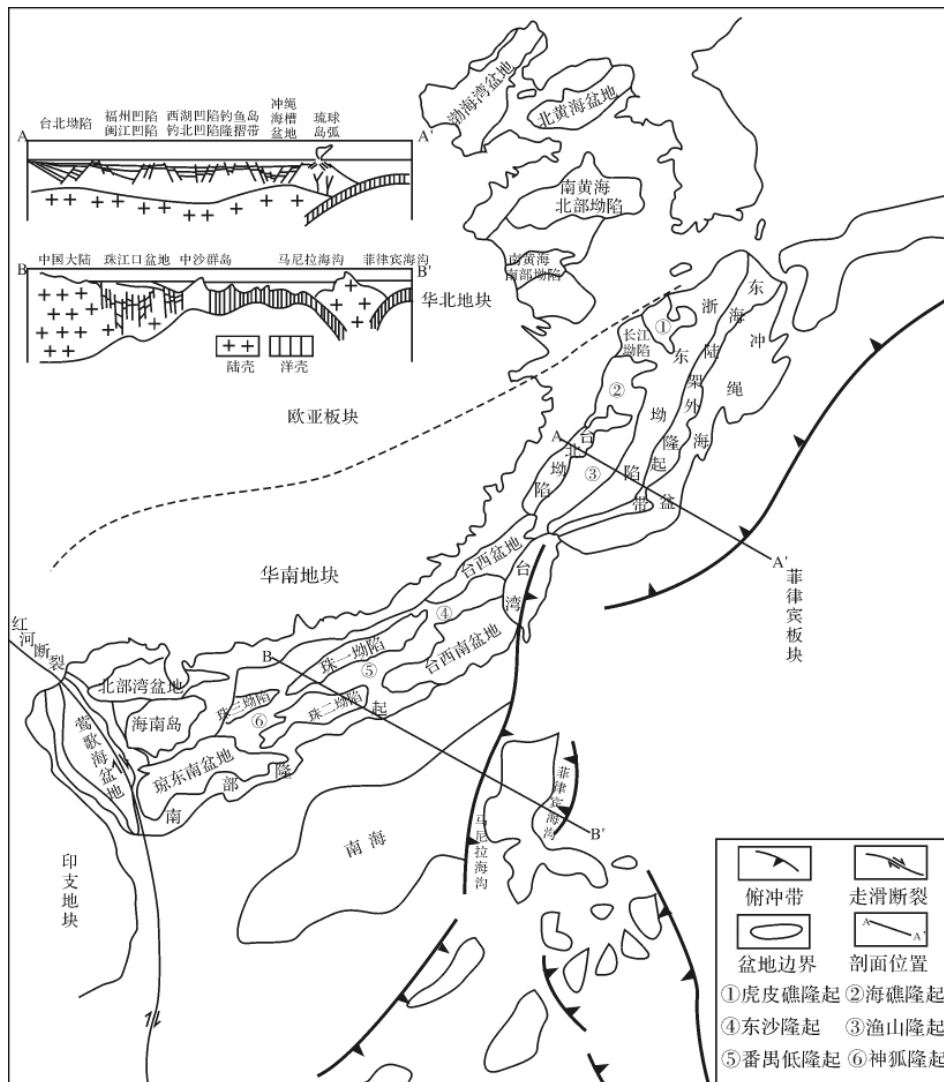


图1 中国近海区域板块位置及盆地分布图

Fig. 1 Location of regional plate and distribution of basin in China offshore

综合以上特征并着重板块运动的机制将近海新生代主要盆地分为三类,包括板内裂谷型沉积盆地、板缘聚敛型沉积盆地和板缘离散型沉积盆地,其中板缘聚敛型可细分为裂谷型和坳陷型,板缘离散型可细分为裂谷型、坳陷型和扭张型(表1)。

板内裂谷型沉积盆地均位于大陆板块内部,古近纪为断陷,新近纪转为坳陷沉降,形成双层结构,这种类型盆地包括渤海湾、北黄海、南黄海及北部湾盆地。

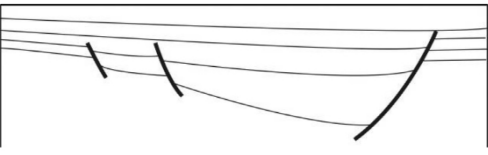
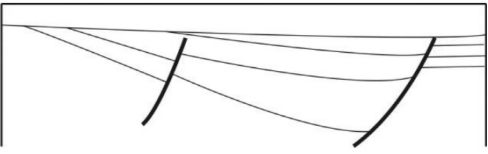
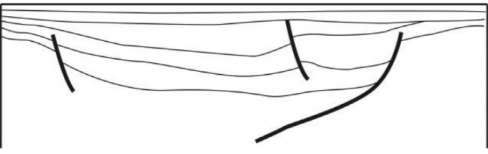
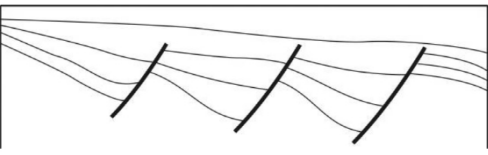
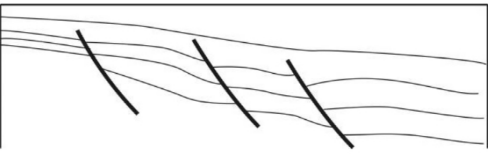
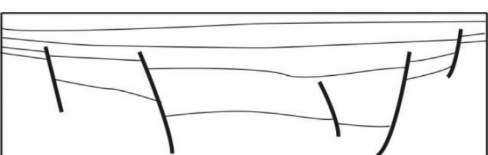
板缘聚敛型沉积盆地位于中国大陆板块东缘,可分为聚敛裂谷型和聚敛坳陷型2种沉积盆地。聚敛裂谷型沉积盆地结构类似于板内裂谷型沉积盆地,差异在于盆地后期受到挤压,缓坡带抬升遭受剥蚀剧烈,这种类型盆地包括东海长江坳陷、东海台北坳陷、台西盆地乌丘屿凹陷、台西盆地夏澎凹陷;聚敛坳陷型沉积盆地具有上厚下薄的双层结构,整体呈现碟

形,早期的箕状断陷是拉张的反映,后期以坳陷沉积为主,并受后期挤压出现反转构造,这种类型盆地包括东海浙东坳陷和台西盆地新竹凹陷。

板缘离散型沉积盆地位于中国大陆板块南缘,可分为离散裂谷型、离散坳陷型和离散扭张型3种沉积盆地。离散裂谷型沉积盆地靠近大陆一侧,结构类似于板内裂谷型沉积盆地,差异在于盆地后期受到南海的两次扩张,盆地持续向南海一侧沉降,这种类型盆地包括珠一坳陷、珠三坳陷;离散坳陷型沉积盆地远离大陆一侧,也具有上厚下薄的双层结构,后期地层不断向海方向沉降,这种类型盆地包括珠二坳陷、琼东南盆地、台西南盆地;离散扭张型沉积盆地呈长条形,沉积巨厚,是在印支期地缝合线上断裂重新活动形成的盆地,与右旋平移断裂活动有关,这种类型盆地包括莺歌海盆地。

表 1 中国近海新生代沉积盆地分类

Table 1 Classification of the Cenozoic in China offshore basins

盆地分类		盆地结构	盆地名称
板内裂谷型沉积盆地			渤海湾盆地、北黄海盆地、南黄海盆地、北部湾盆地
板缘聚敛型沉积盆地	聚敛裂谷型		东海长江拗陷、东海台北拗陷、台西盆地乌丘岛凹陷、台西盆地夏澎凹陷
	聚敛拗陷型		台西盆地新竹凹陷、东海浙东拗陷
板缘离散型沉积盆地	离散裂谷型		珠一拗陷、珠三拗陷
	离散拗陷型		珠二拗陷、琼东南盆地、台西南盆地
	离散扭张型		莺歌海盆地

2 不同类型盆地能够反映不同沉积环境的演变特征

板块之间的相互运动控制着沉积盆地的形成与演化,具有相似形成机制和结构的盆地在板块中的位置也具有规律性,例如中国近海断陷型盆地位于板内—板缘,主要分布在靠近大陆一侧,而断坳—坳陷型盆地位于板缘,主要分布在远离大陆一侧。同样,沉积环境也和盆地结构及分布紧密相关,例如靠近大陆一侧的沉积盆地主要受大陆沉积环境的影响,而远离大陆一侧的沉积盆地受海侵影响较大。沉积环境一般可分为大陆环境、海陆过渡环境和海洋环境,其中大陆环境包括冰川、沙漠、冲积扇、河流、三角洲和湖泊,具备陆地、浅水和深水环境;海洋环境包括浅海

陆棚、大陆边缘深海环境和深大洋,具备浅水和深水环境,处在两者之间的环境是海陆过渡相,为海岸沉积,包括海滩与障壁岛、泻湖、潮坪、三角洲,一般为浅水环境(表 2)。

中国近海盆地新生代地层总厚可达 5 ~ 12 km,这套地层沉积过程经历了从大陆到海洋环境的剧变。中国近海除热沉降阶段整体遭受海侵外,在盆地的断陷—坳陷发育期,板内裂谷型沉积盆地沉积环境主要以陆相为主;板缘聚敛型沉积盆地的沉积环境总体上具有从海相到陆相的演变特征;板缘离散型沉积盆地沉积环境总体上具有从陆相到海相的演变特征。

2.1 板内裂谷型盆地沉积环境

除北部湾盆地自渐新世沉积环境就转为海相外,南、北黄海及渤海的板内裂谷型沉积盆地直到第四纪

表2 沉积环境分类

Table 2 Classification of sedimentary environment

	陆地环境	冰川	大陆冰盖、山岳冰川
	陆地环境	沙漠	沙漠、干草原
	陆地—浅水环境	冲积扇	干旱扇、湿地扇
大陆环境	陆地—浅水环境	河流	曲流河、辫状河、网状河
	浅水或深水环境	三角洲	扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲
	浅水或深水环境	湖泊	化学型湖泊、碎屑型湖泊
海陆过渡环境	浅水环境	海岸	海滩与障壁岛、泻湖、潮坪、三角洲
	浅水—深水环境	浅海陆棚	陆缘碎屑型、碳酸盐型
海洋环境	深水环境	大陆边缘深海环境	被动大陆边缘(大陆坡、陆隆和海底扇、盆地和平原)、活动大陆边缘(深海沟、弧前盆地、弧后盆地)
	深水环境	深大洋	大洋脊、深大洋盆地、无震火山构造

才变为海域,形成现代的岸线(图2)。

古新世,北部湾盆地长流组在迈参2井、徐4井含有丰富的介形类、轮藻类和孢粉化石^[13]。南黄海盆地阜宁组为杂色、红色砂砾岩,泥质岩夹油页岩及石膏层、褐煤线,以介形虫和轮藻为主要定年化石。始新世,渤海湾盆地为孔店组和沙河街组三、四段,孔店组下部为紫红色泥岩夹含砾砂岩,沙三段以深水湖相为主,以渤海藻属—副渤海藻属亚组合和中国华北介组合为特征。南黄海盆地戴南组为湖沼环境,三垛组则为平原河流的杂色、红色砂砾岩夹膏岩沉积。早渐新世,渤海湾盆地沙河街组一、二段主要为湖相,发育碳酸盐岩,沙一段为深灰、褐色泥岩夹灰褐油页岩、白云岩,为藻类高含量段。晚渐新世,渤海湾盆地东营组分布较广,富含孢粉和介壳类化石;南黄海盆地为上隆剥蚀。中新世,南黄海盆地盐城组和渤海湾盆地馆陶组,均以河流平原为主,仅在渤中、黄河口地区保留湖相。南黄海盆地、渤海湾的海上部分于更新世全部被海水淹没。北黄海盆地始新世—渐新世盆地内充填了3000 m以上的湖相、河流三角洲相的沉积物,包括泛滥平原沼泽相煤系,显示这个时期高降雨量和湿润气候。至中新世—上新世湖盆转为浅湖三角洲相沉积,进入更新世海侵遍及北黄海盆地^[14]。

2.2 板缘聚敛型盆地沉积环境

板缘聚敛型盆地的沉积环境由古近纪早期的海相,至晚始新世末,太平洋板块向欧亚大陆的俯冲造成东部近海区整体抬升,沉积环境演变为海陆过渡相直至陆相,直到上新世,出现海侵(图2)。

古新世,海相及海陆过渡相主要分布在东海盆地西南部、台西盆地。台北坳陷灵峰组下部主要为滨海相砂砾岩,中部为海湾或半封闭浅海相深灰色泥岩,上部为含煤岩系,本组含有丰富的海相化石,包括有

孔虫($P_3 \sim P_7$ 带化石带)、钙质超微化石($NP_5 \sim NP_9$ 带化石带)、沟鞭藻、介形虫及孢粉。台西的彭家屿坳陷和澎湖北港隆起区见丰富有孔虫(P_4 带)和钙质超微化石($NP_4 \sim NP_9$ 带化石带)及沟鞭藻化石,为夹灰岩和火山碎屑岩的滨、浅海相碎屑岩。始新世,海相及海陆过渡相主要分布在东海盆地南部、台西南盆地经台湾岛南端可能与古南海相连。东海盆地的瓯江组和温州组为受局限的滨、浅海环境,其中有生物礁—碳酸盐台地发育,平湖组则为三角洲相和海湾相。渐新世,东海西部隆起缺失沉积,经由台西南向北的海水,仅波及到东海东部的浙东坳陷,其余近海盆地接受陆相沉积。中新世,东海盆地北部为滨、浅湖相和河流平原相沉积,为灰绿色、深灰色泥岩,砂质泥岩与灰白色砂岩不等厚互层,夹炭质页岩和煤层。上新世,东海盆地北部以河流平原相为主,有滨浅湖相分布。

2.3 板缘离散型盆地沉积环境

板缘离散型盆地的沉积环境在古新世主要为陆相,至晚渐新世(距今32 Ma)南海洋壳向马尼拉海沟的俯冲形成第二次扩张,海侵范围扩大到南海北部莺琼和珠江口盆地,这些盆地南与南海海盆相接,晚期沉降幅度大并发生南倾运动,外侧处于陆架坡折转折带,海水向洋迅速加深,沉积环境由陆相逐渐演变为海相(图2)。

古新世,珠江口盆地在神狐组中发现孢粉组合,岩性均以棕红、紫红、褐灰色泥岩与棕红、灰白色砂岩互层。始新世,珠江口盆地的文昌组均以大套黑灰色泥岩为主,夹少量白色砂岩,含有较高含量的藻类孢粉。渐新世,珠江口盆地恩平组主要为河湖沼泽环境,广泛发育煤系地层。琼东南盆地崖城组见 $NP_{23} \sim NP_{24}$ 带钙质超微化石,指示已遭受海侵,位于珠二

盆 地	位置	板 内				板 缘												
	类型	裂谷型				聚敛型					离散型							
						裂谷型			坳陷型		裂谷型		坳陷型		扭张型			
	名称	北部湾	南黄海	北黄海	渤海湾	台北坳陷	长江坳陷	台西盆地	夏西盆地	马丘坳陷	浙东坳陷	新西盆地	珠一坳陷	珠三坳陷	台西南盆地	珠二坳陷	琼东南盆地	莺歌海盆地
时 代	第四纪	广海相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	广海相	广海相	广海相	广海相	广海相	浅海相
	上新世	河流相	河流相	河流相	河流相	河流相	河流相	河流相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相	海陆过渡相
	中新世	浅海相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	河湖相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相	浅海相
	渐新世	海陆过渡相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相	湖相或河流相
	始新世	滨浅湖相	浅湖相	浅湖相	浅湖相	大型海湾	泛濫平原相	泛濫平原相	泛濫平原相	海湾	海湾	海湾	湖沼相	湖沼相	湖沼相	湖沼相	湖沼相	湖沼相
古新世	河流相	滨浅湖相	滨浅湖相	滨浅湖相	海湾	浅湖相	浅湖相	浅湖相	浅湖相	浅湖相	浅湖相	河流相	河流相	河流相	河流相	河流相	河流相	

图 2 中国近海不同类型盆地沉积环境演变图

Fig. 2 Evolution of sedimentary environment in China offshore basins

坳陷的白云 7-1-1 井, 见浮游有孔虫 (P₂₂ 带) 和钙质超微化石 (NP_{24/23} 联合带), 同样表明有海水影响。珠江口盆地珠海组分布很广, 为厚层灰色砂岩夹棕红、杂色砂岩, 含 NP₂₅ ~ NP₂₄ 带钙质超微化石及甲藻、硅藻等海相分子。珠海组晚期开始发育古珠江、韩江三角洲。琼东南盆地陵水组为砂、泥岩、页岩互层, 底部为一套浅紫褐色生物碎屑灰岩, 见 NP₂₅ ~ NN₁ 带钙质超微化石。中新世, 沉积盆地均由裂陷转为坳陷, 南海北部珠江口、琼东南和莺歌海盆地一体化, 中中新世之后在莺—琼盆地开始陆坡建造, 形成陆架。上新世, 南海北部已连成一片, 为开阔广海沉积。珠江口盆地万山组为灰色、灰绿色泥岩夹砂岩, 为浅海沉积。莺—琼盆地莺歌海组由北向南加厚, 以厚层灰绿色泥质粉砂岩为主, 在中央坳陷带有浊积扇发育, 属浅海一半深海沉积。

3 不同盆地结构及沉积环境发育不同类型的沉积体系

不同的沉积盆地结构会对沉积物堆积方式及地

层间的叠置方式产生影响, 例如裂谷型沉积盆地由于断裂发育, 沉降速率快, 地层倾角较大, 沉积物搬运距离短, 以近源堆积的沉积体系为主, 而坳陷型沉积盆地断裂相对不发育, 盆地以整体沉降为特征, 地层倾角较小, 沉积物搬运距离远, 以远源堆积的沉积体系为主。

不同的沉积环境也会对沉积体系的发育产生重要影响, 例如板内裂谷型沉积盆地远离海洋, 受海侵影响较小, 以陆相沉积体系为主; 而板缘型沉积盆地接近海洋, 受海侵影响较大, 以海陆过渡相或海相沉积体系为主。在板缘型沉积盆地中, 裂谷型盆地的沉积体系类似于板内的裂谷沉积盆地, 差异在于近源堆积的沉积体系更加发育。而对于坳陷型沉积盆地来说, 板缘聚敛型沉积盆地坡折及三角洲发育规模小, 水体整体较浅, 海陆过渡相地层较为发育; 而板缘离散型沉积盆地坡折及三角洲发育规模大, 水体整体较深, 海相地层较为发育 (图 3)。

3.1 板内裂谷型盆地沉积体系

板内裂谷型盆地离海洋相对较远, 沉积环境主要

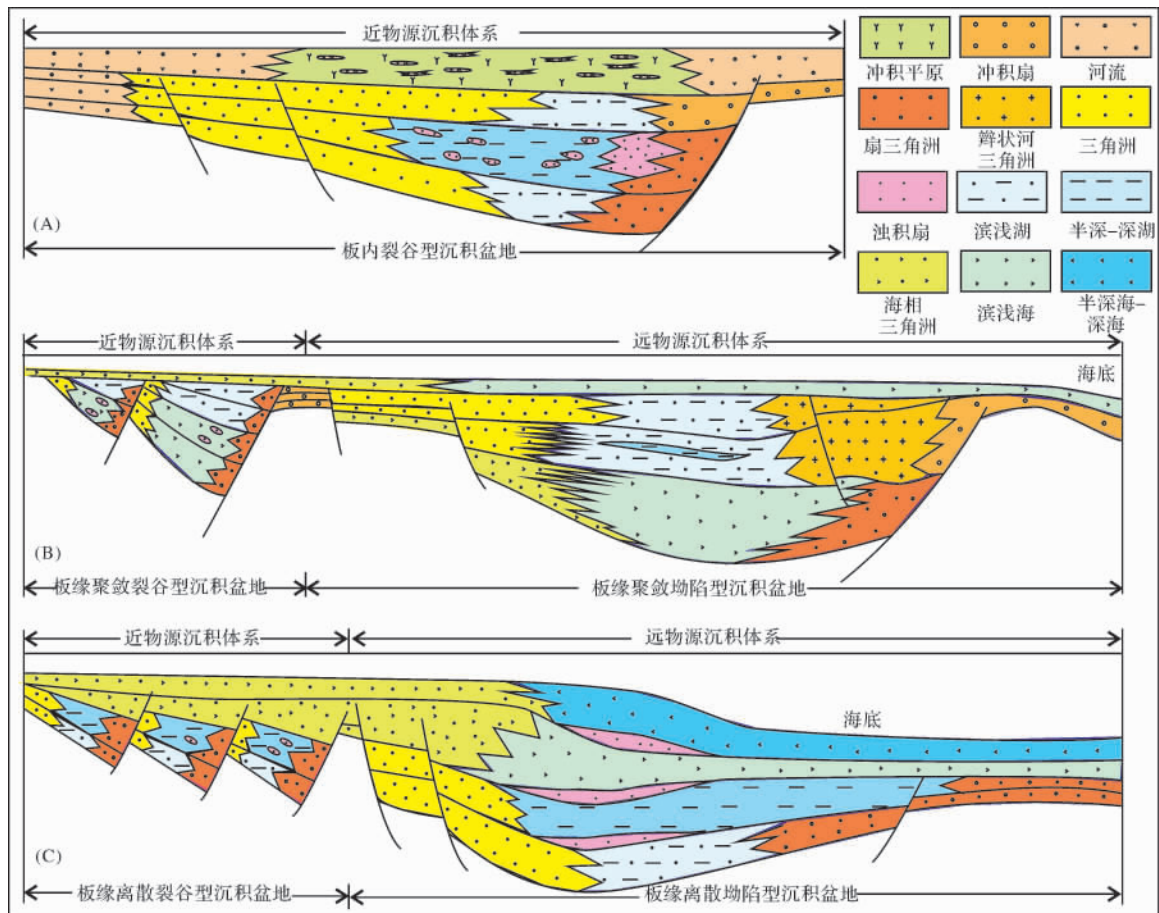


图3 三种盆地沉积体系剖面对比图

Fig. 3 Profile comparison of sedimentary system among three basins

为陆相, 沉积体系类型丰富, 主要包括冲积扇、河流、三角洲及湖相沉积, 沉积速率 $100 \sim 500 \text{ m/Ma}$, 热流值 $(65 \sim 80) / (1.6 \sim 2.0) \text{ HFU} / (\text{mW/m}^2)$ [15]。例如渤海湾盆地新生代就具备较高的沉降速率, 它在经历古新世夷平后, 发育大批并联或串联的半地堑沉降带, 物源供给受到限制。在这种构造古地理背景下, 常常是沉降速率成为控制充填的主要因素。对于渤海湾盆地内的渤中坳陷, 多水系导致多物源又导致多种类型的沉积体系, 诸如冲积扇、水下扇、浊积体、三角洲、扇三角洲、砂坝和碳酸盐台坪等。新生代渤中坳陷演化可分为断陷、坳陷两期, 断陷早期由紫红色粗碎屑岩建造演化为湖相生油岩建造; 断陷中期即强烈深陷期为重力流沉积建造及湖相生油岩建造; 断陷晚期为大型三角洲、重力流沉积建造及湖相生油岩建造; 坳陷期则为河流相沉积(图3A)。

3.2 板缘聚敛型盆地沉积体系

板缘聚敛型盆地早期的箕状断陷是拉张的反映, 晚期的坳陷沉积盆地则是挤压与拉张共同作用的结

果。这是由于菲律宾海板块向中国大陆俯冲的后期, 俯冲板块的倾角增大, 造成地壳上部产生挤压力所致, 在东部应力集中的地区形成较多的逆断层, 同时俯冲板块又具有不断向东后退的特征, 挤压与拉张可达到相对平衡, 主要形成巨厚的坳陷型盆地。板缘聚敛型盆地沉积环境较为复杂, 沉积速率 $10 \sim 50 \text{ m/Ma}$, 热流值 $50/1.2 \text{ HFU} / (\text{mW/m}^2)$ 。

西部的聚敛裂谷型沉积盆地由于是断陷盆地的沉积, 盆地沉降速率快, 横向距离短, 分布范围窄, 水体较深, 沉积体系主要由(扇)三角洲、水下扇等组成。例如台北坳陷丽水凹陷的沉积相类型包括湖泊、(扇)三角洲、滨海—内浅海、外浅海、水下扇, 三角洲前缘主要发育于丽水/椒江凹陷西斜坡, 扇三角洲前缘主要发育于凹陷及东部边缘。

东部的聚敛坳陷型沉积盆地由于是早期断陷、晚期坳陷的沉积, 盆地沉降速率相对慢, 横向距离大, 沉积相带横向变化慢, 分布范围广, 水体较浅, 沉积体系主要由河流、潮坪、三角洲等组成。纵向上, 具有从海

陆过渡相到陆相的演化特征;横向上,从西向东沉积相具有潮坪—浅海或河流—三角洲—滨浅湖的变化特征。钻井也揭示了始新世以来的频繁的砂泥岩互层为特征的沉积岩,少见典型的三角洲沉积的反旋回特征。地震相特征基本为平行—亚平行、较连续、中—弱振幅,少见前积特征。海陆交互相分布范围广,三角洲改造作用强烈,较少出现深湖环境。例如西湖凹陷在地质历史时期经历海陆过渡相的海湾沉积环境,主要存在于始新统平湖组沉积时期,并包括三角洲和潮坪两种主要沉积相类型。通过对西湖凹陷岩心的观察,认为平湖组沉积环境为海陆过渡相,发育有河流—三角洲、潮坪等沉积,推断也可能有海岸平原沼泽及滨浅海环境。例如在平湖组发现较多的具脉状层理和透镜状层理的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩。虽然理论上在其它环境下,如三角洲前缘、河流环境中也可出现这种沉积构造,但它大量仍然可作为潮汐影响的典型特征之一。岩心观察中发现砂岩和泥岩中均含菱铁矿,砂岩中菱铁矿往往顺层排列,可能为陆源水流带来。泥岩中菱铁矿的浸染导致颜色呈杂色。粉砂质泥岩和泥质粉砂岩中见到了较丰富的生物遗迹化石,如虫孔、生物扰动等。丰富的生物遗迹化石反映沉积水体较为稳定,适合生物的生长。西湖凹陷陆相沉积环境主要发育于渐新统花港组及中新统龙井组、玉泉组、柳浪组,包括河流相、湖泊三角洲相及湖相等类型(图3B)。

3.3 板缘离散型盆地沉积体系

相对于板缘聚敛拗陷型沉积盆地,板缘离散型盆地的沉积体系类型多,规模大,沉降速率高,沉降速率一般为 $100 \sim 200 \text{ m/Ma}$,热流值 $85/2.0 \text{ HFU}/(\text{mW}/\text{m}^2)$ 。其中,离散拗陷型沉积盆地的沉降中心和沉积中心重合,堆积中心位于盆地一侧,坡折带相对发育,具有大型的三角洲前积结构,能够形成大规模的三角洲,并出现较深水环境(图3C)。

南海北部离散裂谷型沉积盆地主要为断陷盆地的沉积,断陷初期盆地发育一套火山碎屑岩和山麓冲积粗碎屑岩建造。断陷中期发育一套半深湖—深湖生油建造为始新统文昌组及恩平组下段。晚期断陷缓慢发育一套湖沼含煤及页岩建造。拗陷期盆地经由陆相湖盆向海相盆地的演变,发育一套海陆交互相含煤建造及浅海碎屑岩建造。在东沙隆起上发育一套碳酸盐岩和生物礁滩,为渐新统珠海组、中新统珠江组及韩江组。

南海北部离散拗陷型沉积盆地由于新生代的断

陷、断拗、拗陷热沉降及断块升降等几个构造演化阶段,因此具备多套组合的沉积体系,例如白云凹陷发育了陆相断陷期文昌组河湖相沉积、断拗期恩平组大型湖盆沉积、过渡期珠海组海陆过渡相的浅海三角洲—滨岸沉积以及拗陷期珠江组—韩江组陆架斜坡海相深水沉积等四套沉积体系组合^[16,17]。

离散扭张型沉积盆地主要是指南海西北部的莺歌海盆地,盆地内沉积体系的展布主要受走滑断层运动控制^[18]。莺歌海盆地渐新统沉积环境属浅海环境,盆地西北部有巨型的三角洲和大片的滨海相,盆地东北缘有短缘扇三角洲,中央拗陷泥底辟背斜带属半深海相;下中新统三亚组盆地东斜坡发育很好的低水位盆底扇和斜坡扇,中中新统梅山组盆地拗陷中心为大片半深海盆地沉积,上中新统黄流组以滨海相为主,东海岸发育狭长的海岸平原沉积,以海南岛为物源的三角洲、扇三角洲发育,具有浪控三角洲的特点,上新统莺歌海组盆地为大片深海盆地占据,南部发育三角洲明显具有浪控特征^[19,20]。

4 结论

(1) 根据板块运动、盆地结构等特征将近海新生代主要盆地分为三类,包括板内裂谷型沉积盆地、板缘聚敛型沉积盆地和板缘离散型沉积盆地,其中板缘聚敛型可细分为裂谷型和拗陷型,板缘离散型可细分为裂谷型、拗陷型和扭张型。

(2) 不同类型的沉积盆地能够反映出不同沉积环境的演变特征。在新生代盆地的主要发育期,板内裂谷型沉积盆地沉积环境相对简单,以陆相沉积为主;板缘型沉积盆地临近海洋,沉积环境相对复杂,板缘聚敛型沉积盆地由于太平洋板块与菲律宾板块对欧亚板块的持续俯冲挤压作用,盆地整体具有聚敛的特征,沉积环境总体上具有海相—陆相的演变特征;板缘离散型沉积盆地由于南海海盆的不断扩张,盆地整体具有被动离散的特征,沉积环境总体上具有陆相—海相的演变特征。

(3) 不同的沉积盆地结构反映出沉积物堆积方式及地层间的叠置方式的不同。裂谷型沉积盆地以近源堆积的沉积体系为主;拗陷型沉积盆地以远源堆积的沉积体系为主。

(4) 不同的沉积环境也会对沉积体系的发育产生重要影响。板内裂谷型沉积盆地远离海洋,受海侵影响较小,以陆相沉积体系为主;板缘型沉积盆地接近海洋,受海侵影响较大,以海陆过渡相或海相沉积

体系为主。

(5) 板缘聚敛型沉积盆地坡折及三角洲发育规模小,受潮汐影响较大,水体整体较浅,海陆过渡相地层较为发育;板缘离散型沉积盆地坡折及三角洲发育规模大,水体整体较深,海相地层较为发育。

参考文献(References)

- 李春昱. 亚洲大地构造图及说明书(1:800万) [M]. 北京: 地图出版社, 1982: 1-10 [Li Chunyu. Tectonic Map of Asia(1:8000000) and Manual [M]. Beijing: Sinomaps Press, 1982: 1-10]
- 郭令智. 西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化[J]. 地质学报, 1983, 57(1): 11-21 [Guo Lingzhi. Formation and evolution of Mesozoic-Cenozoic active continental margin and arc tectonic in west Pacific Ocean [J]. Acta Geologica Sinica, 1983, 57(1): 11-21]
- 谢庆道. 东海地质特征及构造演化[J]. 海洋学报, 1984, 6(5): 632-646 [Xie Qingdao. Geological characteristics tectonic and evolution in the East China Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1984, 6(5): 632-646]
- 郑求根, 周祖翼, 蔡立国, 等. 东海陆架盆地中新世代构造背景及演化[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 197-201 [Zheng Qiugen, Zhou Zuyi, Cai Liguang, et al. Meso-Cenozoic tectonic setting and evolution of East China Sea shelf basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 197-201]
- 金性春, 姚明. 南海和东海板块构造演化的几个问题[J]. 同济大学学报, 1989, 17(3): 401-408 [Jin Xingchun, Yao Ming. Some problems on evolution of plate tectonics in the South and East China Seas [J]. Journal of Tongji University, 1989, 17(3): 401-408]
- 朱伟林. 南海北部大陆边缘盆地天然气地质[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-23 [Zhu Weilin. Gas Geology in the North Continental Margin Basin of South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2007: 1-23]
- 孙肇才. 从东海石油地质重要进展看西太平洋大陆边缘新生代盆地的构造演化——一种海沟向洋后退的残余弧后盆地演化模式[J]. 海相油气地质, 2004, 9(1): 1-17 [Sun Jicai. Progress of petroleum geology research for the East China Sea and on tectonic evolution of Cenozoic basins in the continental margins along the West Pacific Ocean: an evolution model of oceanwards-receding residual rear-arc basins [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2004, 9(1): 1-17]
- 茹克. 裂陷盆地的半地堑分析[J]. 中国海上油气, 1990, 4(6): 1-10 [Ru Ke. Analysis of half-graben in rift basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 1990, 4(6): 1-10]
- 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 7-38 [Gong Zaisheng. The Major Oil and Gas Fields of China Offshore [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 7-38]
- 杨甲明. 中国近海天然气资源[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(5): 300-305 [Yang Jiaming. Natural gas resources offshore China [J]. China Offshore Oil and Gas(Geology), 2000, 14(5): 300-305]
- 张功成. 中国近海天然气地质特征与勘探新领域[J]. 中国海上油气, 2005, 17(5): 289-296 [Zhang Gongcheng. Geological features and new exploration realms of offshore gas in China [J]. China Offshore Oil and Gas, 2005, 17(5): 289-296]
- 邓运华. 试论中国近海两个坳陷带油气地质差异性[J]. 石油学报, 2009, 30(1): 1-8 [Deng Yunhua. Analysis on differences of petroleum type and geological conditions between two depression belts in China off shore [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(1): 1-8]
- 李明兴. 南海北部大陆架油气区古新统一始新统生物地层研究[J]. 石油学报, 1992, 13(2): 165-169 [Li Mingxing. A biostratigraphy study of the palaeocene-early Eocene in the petroliferous area on northern shelf, South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 1992, 13(2): 165-169]
- 蔡乾忠. 横贯黄海的中朝造山带与北、南黄海成盆成烃关系[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 185-196 [Cai Qianzhong. Relationship between Sino-Korean orogenic belt traversing Yellow Sea and basin evolution and hydrocarbon generation in North and South Yellow Sea basins [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 185-196]
- 陆克政. 含油气盆地分析[M]. 山东: 石油大学出版社, 2001: 1-120 [Lu Kezheng. Analysis of Petroliferous Basin [M]. Shandong: Petroleum University Press, 2001: 1-120]
- 彭大钧, 庞雄, 陈长民, 等. 南海珠江深水扇系统的形成特征与控制因素[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 10-17 [Peng Dajun, Pang Xiong, Chen Changmin, et al. The characteristics and controlling factors for the formation of deep-water fan system in South China Sea [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 10-17]
- 张功成, 米立军, 吴时国, 等. 深水区—南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J]. 石油学报, 2007, 28(2): 15-20 [Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Wu Shiguo, et al. Deepwater area—the new prospecting targets of northern continental margin of South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(2): 15-20]
- 何家雄, 夏斌, 张树林, 等. 莺歌海盆地莺东斜坡带隐蔽油气藏类型及成藏主控因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(2): 101-106 [He Jiaxiong, Xia Bin, Zhang Shulin, et al. Hidden reservoir types and main hydrocarbon accumulation factors in Yingdong slope of Yinggehai basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2005, 25(2): 101-106]
- 张启明, 郝芳. 莺-琼盆地演化与含油气系统[J]. 中国科学: D辑, 1997, 27(2): 149-154 [Zhang Qiming, Hao Fang. The revolution and petroleum system of Ying-Qiong Basin [J]. Science in China: Series D, 1997, 27(2): 149-154]
- 钟志洪, 王良书, 夏斌, 等. 莺歌海盆地成因及其大地构造意义[J]. 地质学报, 2004, 78(3): 302-309 [Zhong Zhihong, Wang Liangshu, Xia Bin, et al. The dynamics of Yinggehai Basin formation and its tectonic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(3): 302-309]

Sedimentary Environmental Evolution of the Cenozoic in China Offshore Basins

LI Yun-zhen^{1 2} DENG Yun-hua³ XU Qiang¹ YU Xing-he⁴

(1. Research Center, China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100027;

2. Postdoctoral Center of China University of Geosciences, Beijing, 100083; 3. China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100010;

4. Energy School of China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract Compared with China's inland, sedimentary environments of the Cenozoic in China offshore basins have the diversity. In different sedimentary basins, there are three kinds of sedimentary environments include continental, paralic and marine facies. Each basin has undergone changes in different sedimentary environments generally. Through studying the China offshore basins controlled by plate tectonic movement, analyzing the basin structure in the evolution of plate movement, combined with the evidence related to sedimentary environment, we could verify the relationship between sedimentary environment and sedimentary system in China offshore basins.

As China offshore was caught in the middle of Eurasian Plate, Pacific Plate and Indian Ocean Plate, its formation and evolution were controlled by these three plates. Western Pacific is a north to south of the trench-arc-basin system. Generally bounded by the Taiwan Strait, the East China Sea Basin is a convergent margin with the evolution of convergence or passive continental margin due to the continuing westward subduction by the Pacific Plate or the Philippines Plate. The South China Sea is a passive margin with the evolution of active or convergent margin due to the continuing eastward subduction of South Ocean Shell. So there would have different basins as the evolution of different mechanisms. In this paper, the Cenozoic in China offshore basins were divided into three types including rift basins on internal plate, convergent basins on plate margin and scatter basins on plate margin. Convergent basins on plate margin can be subdivided into rift and depression. Scatter basins on plate margin can be divided into rift, depression and slip.

Different types of sedimentary basins could reflect the evolution of different sedimentary environments. In the main developmental stages of Cenozoic basin, the sedimentary environment of rift on internal plate is relatively simple. It was dominated by continental deposits. The sedimentary environment of plate margin is relatively complex as it near the ocean. Due to the continuing subduction to the Eurasian plate by the Pacific plate and Philippine plate, the convergent basins on plate margin have the characteristics of convergence with the evolution of continental to marine facies. As the continuous expansion of the South China Sea basin, the scatter basins on plate margin have the characteristics of scatter with the evolution of marine to continental facies.

In different basin structure and sedimentary environment, there are different types of sedimentary system. The rift basin has the sedimentary system with accumulation of near-source. The depression basin has the sedimentary system with accumulation of far-source. As far from the sea, these basins on internal plate which mainly have continental sedimentary system were less affected by the transgression. Those basins near from the sea on plate margin which mainly have paralic or marine sedimentary system were more affected by the transgression. In these basins on plate margin, the convergent basins on plate margin have shallow water body, small slope break and small delta. They were more influenced by the tidal water and paralic strata were well developed. The scatter basins on plate margin have deeper water body, large slope break, large delta and marine strata.

Key words China offshore basins; basin type; sedimentary environment; sedimentary system