

文章编号: 1009-3850(2013)01-0025-09

## 珠江口盆地白云凹陷沉积演化模式 与油气成藏关系探讨

吴伟中<sup>1,2</sup>, 夏 斌<sup>1,3</sup>, 姜正龙<sup>4,5</sup>, 罗张屏<sup>4</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 中山大学海洋学院, 广东 广州 510275; 4. 中国地质大学(北京)海洋学院, 北京 100083; 5. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司研究院, 广东 广州 510240)

**摘要:** 在现有的钻井、测井、地球物理及古生物等资料的基础上, 应用储层沉积学、层序地层学等方法, 深入研究了白云凹陷沉积充填演化模式及其展布规律。由于受重大构造事件、气候、物源供给、古地理和海平面变化等多种因素的影响, 白云凹陷形成了独特的三层结构及多类型盆地叠置的沉积体系, 其对深水油气形成及其分布富集特征等均具有深刻的影响和制约。同时, 笔者在上述研究的基础上, 还综合分析了白云深水区烃源岩生烃潜力、储盖组合及深水扇沉积体系与油气运聚成藏之间的成因耦合关系。白云凹陷深水扇圈闭成藏的烃源应以恩平组烃源岩的贡献为主, 凹陷主体应以深水扇储层及其形成的各种圈闭为目标, 周边以 23.8Ma 以前的浅水砂岩储层及其大型披覆构造为勘探重点, 以期获得深水油气勘探的新突破。

**关键词:** 珠江口盆地; 白云凹陷; 沉积演化; 储盖组合; 深水油气成藏

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

### 1 地质背景

珠江口盆地是中国南海北部最大的中、新生代被动大陆边缘沉积盆地, 以晚渐新世“南海运动”所形成区域的“破裂不整合面”为界(T7 反射层), 对应于“下断上拗”的两大发展阶段, 在纵向上形成了“下陆上海”的两大沉积体系<sup>[1]</sup>。白云凹陷位于珠江口盆地东南部陆架到深海过渡的陆坡区, 总体上呈 NEE 走向, 东、西分别与潮汕凹陷、开平凹陷相邻, 西侧受到大断垒控制, 北邻中央隆起带, 南接南部隆起带(图 1)<sup>[2]</sup>。在中生代处于弧前盆地的位置, 为古特提斯的一部分<sup>[3]</sup>, 属于海相沉积岩夹岩浆岩构成的基底<sup>[4]</sup>。在新生代处于一个强烈构造变形区, 经历了断陷、断拗、拗陷热沉降及断块升降等构造演化阶段, 总体上呈“下粗上细、由陆向海、

由浅水向深水、由过补偿向欠补偿”的沉积充填特征<sup>[5]</sup>。

白云凹陷由于处于减薄的南海古地台过渡地壳上, 凹陷结构和沉积充填演化有其特殊性<sup>[6,7]</sup>。根据白云凹陷结构和沉积充填史分析, 白云凹陷是一个受多种重大构造事件控制下的多种类型沉积充填的巨型凹陷, 沉积体面积达  $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 厚达 11km。自下而上主要沉积充填了始新统半地堑河湖相沉积的文昌组、下渐新统河湖相煤系沉积的恩平组、上渐新统浅海陆架—三角洲沉积的珠海组、下中新统深水陆坡—深水扇沉积的珠江组—韩江组和上中新统深水陆坡欠补偿沉积的粤海组、上新统万山组以及第四系(图 2)<sup>[8,9]</sup>。白云凹陷沉积充填具有

收稿日期: 2012-04-09; 改回日期: 2012-12-02

作者简介: 吴伟中(1984-)男, 博士研究生, 主要从事海洋地质和石油地质方面的研究。E-mail: 1604222@163.com

资助项目: 受国家重点发展研究计划(973)(2009CB219401)、国家自然科学基金(40534019)和广东省高校海洋石油勘探开发重点实验室基金(42000-3211101)联合资助

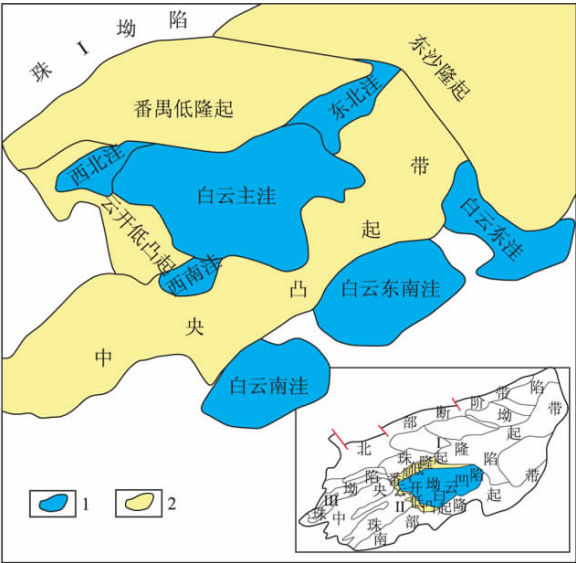


图1 珠江口盆地白云凹陷区域位置及构造分区图<sup>[2]</sup> (有修改)  
1. 洼陷区; 2. 隆起区

Fig. 1 Tectonic setting of the Baiyun depression in the Zhujiangkou Basin( modified from Mi Lijun et al. 2006)  
1 = depression; 2 = uplift

沉积物单边侧向输送的特点,不同时期主要沉积物都来自北侧。根据何家雄等<sup>[10]</sup>研究,白云凹陷始新统文昌组为中深湖相砂泥岩,下渐新统恩平组为河湖相含煤层系,上渐新统珠海组为滨浅海相砂泥岩,下中新统珠江组滨浅相砂泥岩,中中新统韩江组浅海相泥岩,上中新统粤海组海相泥岩,上新统万山组为岩性差的浅海相砂泥岩,第四系为为固结的砂层及粘土。白云凹陷特殊的沉积充填组合特征,使得白云凹陷具有优越的成盆-成烃-成藏沉积条件,文昌组-恩平组的河湖相沉积提供了巨大的烃源潜力,珠海组的浅海三角洲和珠江组-韩江组的深水扇沉积体系在一定程度上控制着生储盖组合的时空配置叠置关系及形成。在此,基于现有的钻井、测井、地球物理及古生物等资料,运用储层沉积学、层序地层学等方法,深入研究其沉积演化特征、分布规律、控制因素和油气成藏条件关系,对该区深水油气勘探和开发提供理论依据。

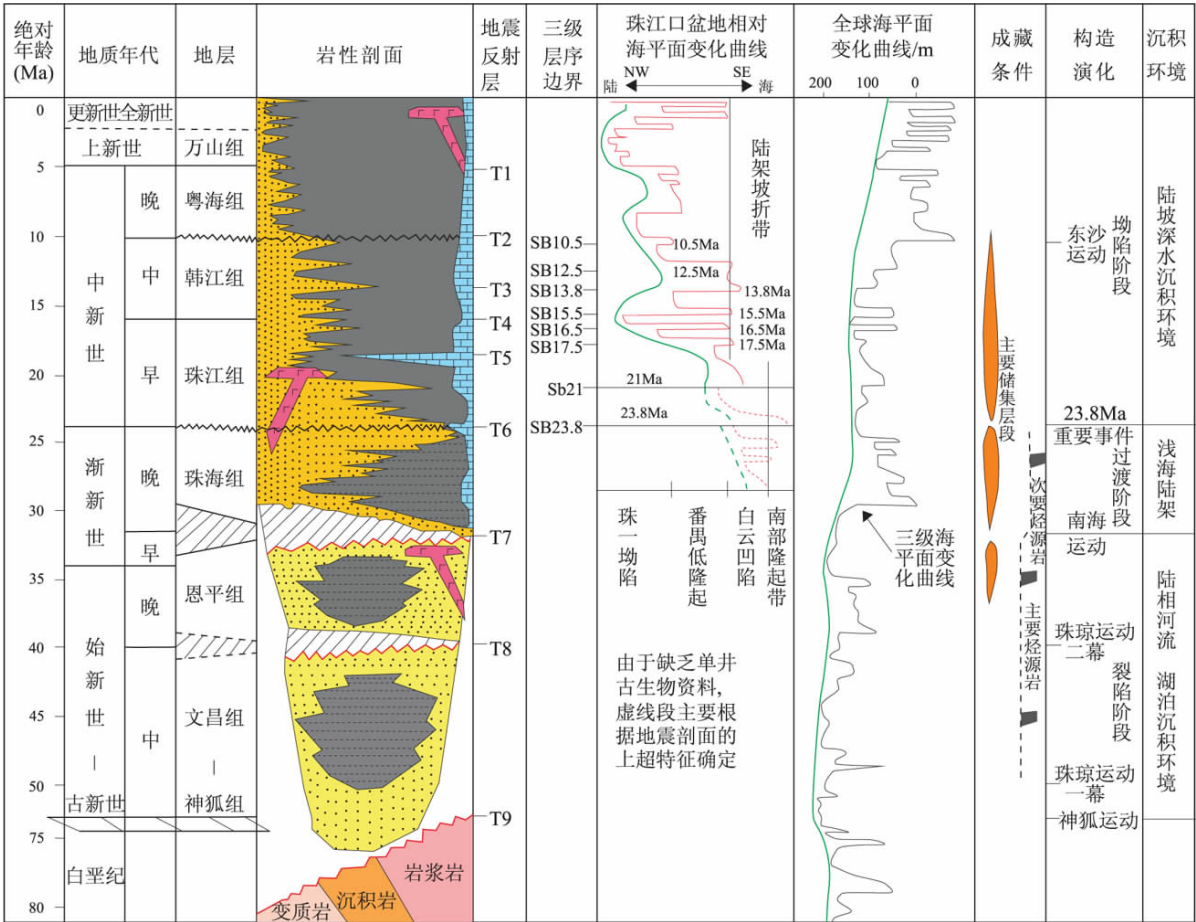


图2 白云凹陷地层及构造演化综合柱状图<sup>[8]</sup> (有修改)

Fig. 2 Column showing stratigraphic division and tectonic evolution in the Baiyun depression ( modified from Pang Xiong et al. , 2008)

## 2 沉积演化模式及其展布特征

受多种重大构造事件、气候、物源供给、古地理和海平面变化等多种因素的控制,白云凹陷形成了独特的三层结构及多类型盆地叠置的沉积体系,不同结构层之间在构造演化、沉积充填和地震相解释等方面都有显著的变化。

### 2.1 断陷期文昌组河湖相沉积

目前在白云凹陷周边除了 PY27-2-1 钻遇了少量文昌组外,其它钻探并未钻遇文昌组地层。近年来结合白云凹陷的地震相解释以及北坡天然气区的有机地球化学、流体包裹体、古油藏等综合分析,并与珠一坳陷进行全面对比,发现白云深水区也发育与珠一坳陷 T7-T<sub>g</sub> 之间的大规模区域不整合界面 T8<sup>[11]</sup>,在始新世时期是由一系列南断北超、走向近 NW-EW 向及 NE 向断层控制的半地堑组成<sup>[12]</sup>,每个半地堑或宽地堑构成一个洼陷。这种半地堑的形成演化受拉张强度的控制,成为白云深水区的主要的沉积单元,这些地堑的总面积超过 13700km<sup>2</sup>,最大沉积厚度大于 5000m。

白云凹陷文昌层序沉积时期属于珠江运动一幕和珠江运动二幕之间,在周边发育一些小型的半地堑,如顺德凹陷、开平凹陷。受这些小凹陷的阻隔,白云凹陷以湖相沉积为主,没有受到大的物源影响。湖水封闭性强,形成了有利于有机质良好保存的缺氧底水环境。此时又正是全球气候变暖期,白云深水区正好处于热带潮湿气候带。湖盆表层水浮游藻类异常繁盛,为白云凹陷文昌组作为良好烃源岩提供了物源基础。在白云凹陷西南地区文昌组地层等厚图可以看出,白云凹陷的中部是一个受多个断层控制的宽地堑<sup>[13]</sup>,这些断层的存在可能控制沉积盆地的物质来源和方向,东北部是由 3 组正、反向断裂控制的 3 个半地堑,地层总体向东沙隆起变浅、变薄,东部的东沙隆起和北部的番禺低隆起可能是其主要物源供给区<sup>[2]</sup>。

从全区地震剖面解释可以看出,文昌组的地震相可分为 3 段:下部地震相表现为较杂乱、断续、中等振幅的扇状反射特征,可能是在始新世张裂初期形成的一系列分选差的粗碎屑河流相、洪积相沉积,为高能环境下的快速堆积产物;中部地震相表现为近连续、平行、中等-强振幅的低频反射特征,可以和珠一坳陷 LF-43 洼中的中深湖相泥岩地震反射对比<sup>[3]</sup>,在沉积上反映为靠近边界断层部位冲积扇或扇三角洲向中央迅速过渡的低能半深湖、深湖相

沉积特征(图 3);上部地震相表现为连续、平行、弱振幅反射特征,可能反映了文昌组晚期,由于断裂作用减弱,半地堑中水体变浅,反映稳定的浅湖相泥岩沉积,该期属于盆地沉积演化第一旋回发育期。

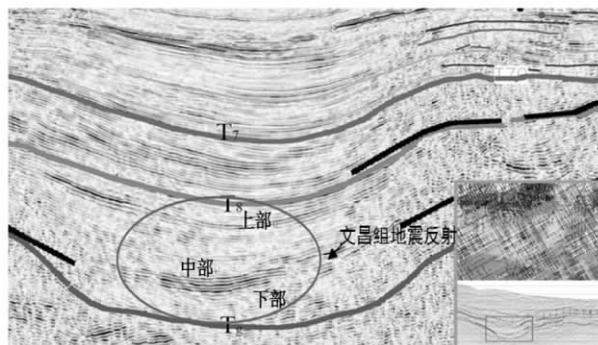


图3 白云凹陷近南北向测线地震剖面文昌组反射特征

Fig. 3 NS-trending seismic reflection profile through the Wenchang Formation in the Baiyun depression

### 2.2 断坳期恩平组陆相湖泊沉积

白云凹陷目前钻遇到恩平组的井位有 PY27-2-1、PY28-2-1、PY33-1-1、KP6-1-1 和 BY7-1-1 等,井岩性数据显示其沉积环境普遍为河流平原相、泛滥平原相和滨浅湖相。晚始新世,珠江口盆地发生珠江二幕运动,白云凹陷在强烈的拉张断陷和深部热沉降共同作用下形成了统一的大断坳湖盆<sup>[14]</sup>。白云主洼为整个凹陷的沉积和沉降中心,沉积面积为 2000km<sup>2</sup>,沉积速率达 270m/Ma,最大沉积厚度为 3500m。在沉积晚期,由于整个湖盆中湖水影响的范围进一步扩大,发生广泛的泛滥平原化,湖水开始侵入到低隆起上,沉积环境由低位时期的高能冲积平原上的低曲度辫状河流河道沉积转变为富含炭质、泥岩层间夹薄煤层的滨浅湖-沼泽相沉积。但是在晚期因受南中国海的广泛海侵的影响,地层中存在具海相特征的沉积夹层。这种不同程度的海侵事件在整个珠二坳陷恩平组地层的 NP24/NP23 超微化石<sup>[15-19]</sup>中都有明确的发现,而且海侵的规模和范围都达到了相当的程度。但从沉积时的环境分析,靠近白云主洼的南部隆起带依然是一个大的屏障(图 1),“白云湖”不存在与外海长期连通的条件,它仍然是一个相对封闭但受海洋影响的陆相湖泊体系。

地震相解释表明,在白云主凹的整个中部分布大范围的前积斜层或三角洲“S”型反射层(图 4),自西北向东南方向基本上覆盖了白云主凹的大部分区域,表现为中强振幅、亚平行、较连续的反射特

征 综合分析其沉积物源是从凹陷西北斜坡的番禺低隆起不断向凹陷方向推进到中心位置入湖,在湖区的中心位置形成了恩平组的湖相沉积体系。

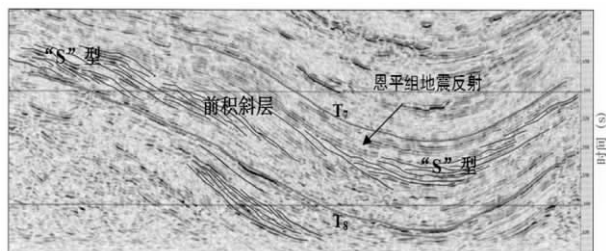


图4 白云凹陷近南北向测线地震剖面恩平组反射特征

Fig. 4 NS-trending seismic reflection profiles through the Enping Formation in the Baiyun depression

### 2.3 过渡期珠海组浅海陆架沉积

晚渐新世,白云凹陷经历着断拗转换的演化阶段,在南海扩张运动的影响下,发育了一套海陆过渡相沉积组合,即珠海组三角洲-滨浅岸沉积体系。珠海组沉积初期,全盆地范围的海侵形成珠海组下段向上变细的正旋回组合;随着最大海泛期(对应的时代为28.5Ma左右)<sup>[20]</sup>的出现,在白云凹陷周边各井的珠海组中段普遍发育一套稳定的泥质沉积。随后强烈的海退,导致珠海组浅水陆架三角洲向海方向的进积,形成向上变粗的反旋回组合<sup>[21]</sup>,

与地震剖面的前积、加积等地震反射结构相对应(图5)。白云凹陷北坡各井(PY33-1-1井、KP6-1-1井和BY7-1-1井)的砂岩百分含量和岩性组合的分析显示,珠海组砂岩百分含量在50%~80%,具有砂岩单层厚度大、砂泥岩互层的特点,PY33-1-1井附近为珠海组沉积的主要物源通道区。其中白云主凹的珠海组主要表现为高位大型三角洲平原-河流相储层,与珠一坳陷珠江组三角洲前缘相一样<sup>[22]</sup>,为大套泥岩夹薄砂层三角洲体系中特有的砂泥岩组合。

### 2.4 拗陷期珠江-韩江组陆坡深水沉积

综合大洋钻探和地球物理资料,发现23.8Ma时代界面是珠江口盆地乃至南海北部地域的重大地质事件界面,从根本上影响南海扩张作用、海平面变化、南海北部沉积作用<sup>[23-27]</sup>。23.8Ma以后,白云凹陷产生强烈沉降,南海大规模的海侵,相对海平面开始上升,由渐新世晚期的浅海陆架环境演变成陆坡深水环境,形成了持续的陆坡内盆地拗陷区。

中新世早期,白云凹陷由于深部地幔热沉降作用,三角洲沉积体系后撤到了中央隆起带一线,三角洲相在白云凹陷陆坡区北缘前积,造成快速充填的三角洲前缘相、前三角洲相的软泥和粉砂物质坍塌沉积,沉积厚度最大约1200m。中新世中期以后,

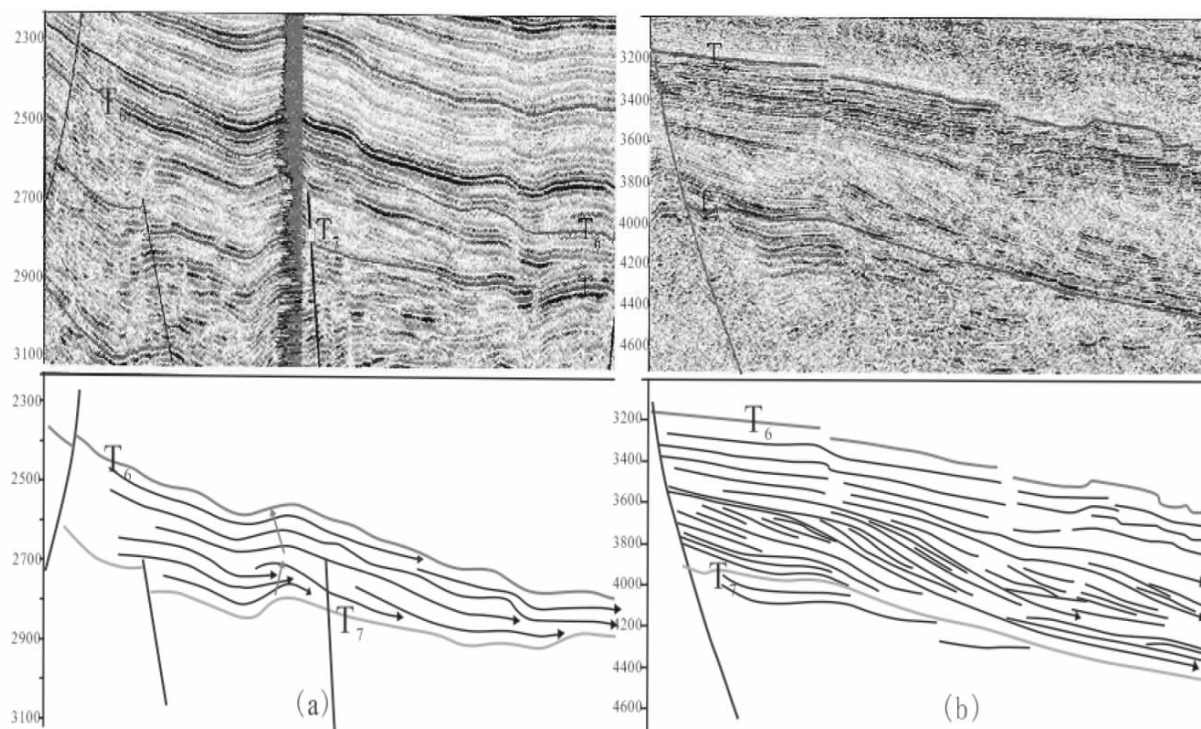


图5 白云凹陷珠海组典型三角洲大型前积反射特征

Fig. 5 Seismic reflection profiles through the representative delta foresets in the Zhuhai Formation, Baiyun depression

受东沙强烈的构造运动和南海整体持续热沉降作用,深水沉积物基本上被限制在白云凹陷,产生相对的欠补偿沉积环境,沉积了巨厚的中中新统韩江组地层,并伴有明显的前积沉积,发育了具有7个三级层序的大型盆底扇和斜坡扇等沉积体系(图2)<sup>[28]</sup>。这种多层序的深水扇沉积垂向叠置,与大西洋两岸稳定被动边缘前积型的层序叠置型式明显不同<sup>[29]</sup>。可以划分为4个阶段(图6)<sup>[30]</sup>: 23.8~17.5 Ma,为沉降的初期,深水扇沉积充填在凹陷中心深陷的有限低地貌区内; 17.5~16.5 Ma,陆坡深水环境形成,西北侧来的沉积物被转向夹持于北东东向的沉降槽内,并在白云凹陷发育大规模深水扇沉积; 16.5~10.5 Ma,沉降作用最强烈,沉积速率也最大,围堰作用明显,陆坡内盆地限制了沉积物的充填,使沉积中心发生东移; 10.5 Ma至今,随着海侵程度增强,沉积作用向北迁移,白云凹陷的沉积速率大大降低。陆架坡折向北迁移到番禺低隆起的北侧,只有少量的细粒或泥质沉积物通过白云凹陷西北缓坡进入到深水区,沉积了万山组和第四系。

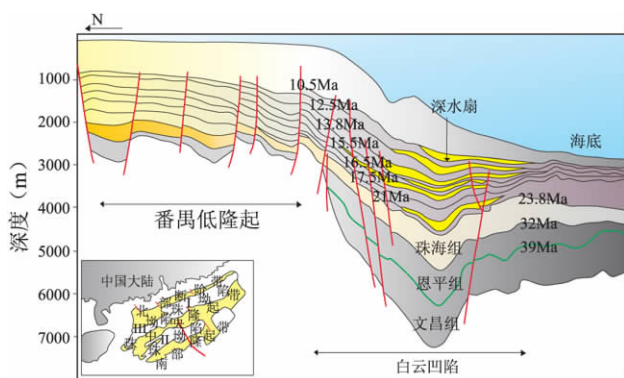


图6 白云凹陷沉积剖面分布图<sup>[30]</sup>

Fig. 6 Sedimentary patterns in the Baiyun depression (Pang Xiong et al., 2005)

### 3 沉积充填与深水油气成藏关系

白云凹陷盆地结构和沉积充填组合特征,使得白云凹陷具有优越的成盆-成烃-成藏条件。综合分析白云深水区烃源岩生烃潜力、储盖组合及油气成藏与深水扇沉积体系之间的组合分布特征,为在白云凹陷寻找有利的油气勘探区块提供强有力的理论依据。

#### 3.1 烃源岩生烃潜力分析

白云凹陷经历了两期强烈的深陷热沉降,文昌组和恩平组沉积都具有大湖深凹的特点,具备大规模中深湖相烃源岩沉积条件。近年来的勘探证实,

白云凹陷北侧已经获得了  $800 \times 10^8 \text{ m}^3$  的天然地质储量<sup>[13]</sup>,以及荔湾3-1的重大发现<sup>[31]</sup>,证实了白云凹陷文昌-恩平组湖相泥岩是主要烃源岩,珠海组海相泥岩是潜在烃源岩(图2),具有良好的生烃潜力和长的油气运移期及油气共生等特点。

白云凹陷巨厚烃源岩的生烃是一个长期的过程,断裂同沉积活动控制了文昌组和恩平组烃源岩的发育。白云凹陷文昌组、恩平组和珠海组三套烃源岩在白云凹陷主洼、东洼群和西洼群有不同的演化特征。受北东向、北西西向断层控制,白云主洼文昌组地层南厚北薄,西厚东薄,洼陷西南方向是文昌组烃源岩最发育的区域,生烃期以早期生油为主,主要集中在40~12.5 Ma之间,其间生烃量约占总生烃量的75%。恩平组烃源岩具有早期生油、晚期生气的特点,它是番禺低隆起油气的主要供烃者。另外,综合考虑油气有利成藏的岩性特征及复合圈闭的形成时间,白云凹陷的深水扇圈闭主要是以恩平组烃源岩的油气为主。根据白云凹陷烃源岩热演化程度和埋深程度,推断出文昌组的主排烃期为T7-T2(32~10 Ma);恩平组的主生排烃期为23.8 Ma至今;珠海组的主生排烃期为现今。在这个过程中无论是生油气量,还是生油气的位置都有明显的变化,总体上呈现出“油气兼备、早油晚气,以气为主”的特征(图7)<sup>[2]</sup>。

白云凹陷在发育过程中继承性沉降,其生烃作用也存在连续性特征。文昌组和恩平组热演化程度较高,在地震剖面上,两套烃源岩均具有低频、连续强反射特征<sup>[1]</sup>。白云凹陷文昌组较中深湖相发育了巨厚烃源岩,其含量很高,有机质类型为I-II型(图8),TOC的含量在0.75%~24.84%之间,平均值为2.94%,Ro值在2.0%以上<sup>[32]</sup>,以早期生油(20 Ma以前)的富含C<sub>30</sub>-4-甲基甾烷中深湖相泥岩为主,处于过成熟生干气阶段。恩平组烃源岩为成熟阶段,TOC平均值为2.19%,Ro值也都在1.0%以上,有机质类型主要为II<sub>2</sub>型干酪根(图8)<sup>[33]</sup>,煤系泥岩为主要烃源岩,极少含C<sub>30</sub>-4-甲基甾烷,具有晚期生烃、油气晚期成藏的特点。上渐新统珠海组海相烃源岩在白云凹陷东南部深水区已钻遇,烃源岩有机质热演化程度Ro=0.43%~0.53%<sup>[32]</sup>,已进入低成熟生烃门限,具有一定的生烃潜力。考虑到烃源岩的成熟演化,深水扇圈闭成藏应主要以恩平组烃源岩的油气为主。

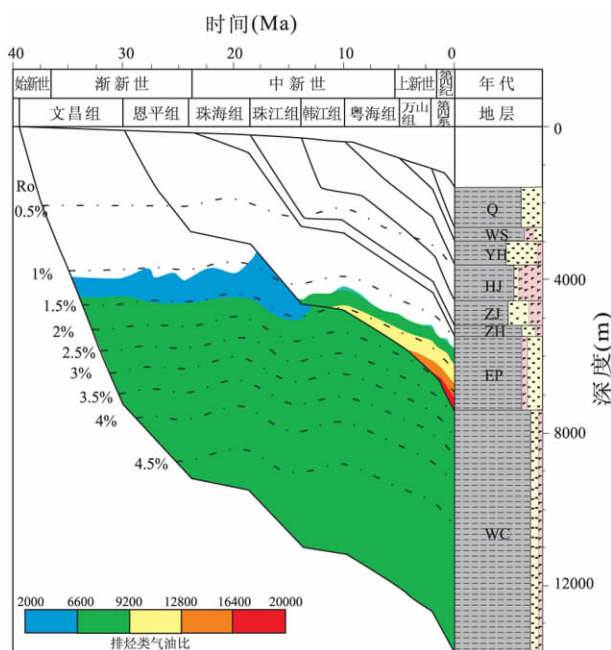


图7 白云凹陷烃源岩埋藏史演化特征<sup>[2]</sup>

Fig. 7 Burial history of the source rocks in the Baiyun depression (after Mi Lijun et al., 2006)

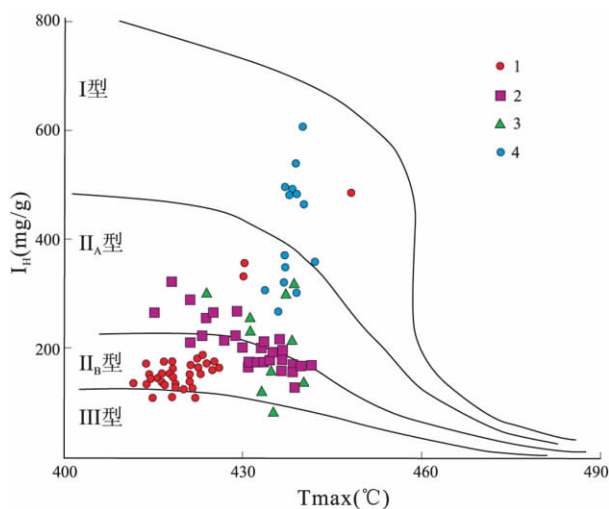


图8 白云凹陷烃源岩类型划分<sup>[33]</sup>

●珠江组; ■珠海组; ▲恩平组; ○文昌组

Fig. 8 Types of the source rocks in the Baiyun depression (after Zhu Junzhang et al., 2008)

● Zhujiang Formation; ■ Zhuhai Formation; ▲ Enping Formation; ○ Wenchang Formation

### 3.2 储盖组合及油气成藏

地震地层解释、临近域测井资料分析以及深水扇沉积体系的研究显示,白云凹陷发育3套区域性储盖组合(图2)<sup>[8,30]</sup>:一是23.8~10.5Ma的珠江-韩江组海相陆坡内深水扇储盖组合。这套组合主要分布在白云凹陷沉降形成的陆坡内盆地内,周边相变为巨厚的区域深水海相泥岩。深水扇系统储

层具有有限分布的特点,容易形成岩性圈闭和复合圈闭;二是23.8Ma之前的珠海组浅水陆架三角洲-滨岸砂泥岩储盖组合,发育的浅水砂岩具有连片分布的特点,与盆地北部探区一样,这类储层一般需要具备构造圈闭特征;三是早渐新世断坳期恩平组河湖相三角洲体系的砂泥岩储盖组合。其中珠海组三角洲砂岩和珠江组深海相泥岩组合分布面积大,输导层(储层)埋藏浅、物性好,盖层泥岩厚度最大达1km,是主力油气储盖区。

珠江组沉积时期,沉积物持续堆积在上陆坡区形成浊积岩,下部(T6-T5)的深水扇海侵砂储层主要分布在白云凹陷南侧的斜坡内盆地中。后期的多次海平面升降旋回加剧了海侵规模,上覆的珠江组上部(T5-T4)发育一套沉积稳定、分布广泛的浅海-中深海相泥岩,沉积物主要卸载在白云凹陷主体,垂向上呈叠置的深水扇砂泥岩沉积组合、透镜状分布,且被周围深海泥岩所包围,形成分布广泛的深水扇复合体良好储盖组合。珠海组(T7-T6)沉积时期,浅海陆架三角洲沉积速度大大超过凹陷沉降速度,向海前积过程发育一定厚度快速的前三角洲泥、砂泥岩互层沉积,形成同生断层、泥丘及底辟作为良好的储盖组合。同时在珠海组中期,由于发生过一次较大规模的海侵事件<sup>[18,19]</sup>,在珠海组中部形成一套分布广泛、稳定的局部泥质沉积盖层,与其区域性发育的浅海陆架三角洲砂岩组成白云凹陷深水区勘探的重要储盖组合。在白云凹陷南部地区的恩平组(T8-T7)沉积地层,由于埋藏相对较浅,特别是湖相三角洲与中深湖相砂泥岩呈指状交互沉积,可形成优良的生储盖组合。

根据白云凹陷储盖组合特征和输导层分隔槽构造展布对油气分布的控制作用,可将白云凹陷分成北部、西南和东南3个成藏单元<sup>[34]</sup>。总体来看,白云凹陷在35Ma至今的成藏期内,3个成藏单元在空间上的变化都比较小,沉降沉积特征有较强的继承性。白云凹陷北部以天然气藏为主,主力气源岩为恩平组湖侵+高位体系域和文昌组,其次为恩平组低位体系域,储气层是珠江组下段、韩江组和粤海组,属于典型的下生上储气藏(古近系生,新近系储)。该区气藏具有浅层岩性气藏与中深层构造气藏相叠合、上下多套层系含气的特点,主要存在两种类型,其一是发育在反向断层控制的翘倾半背斜圈闭中,属典型的构造气藏,含气层系为珠江组下段和韩江组;另一种主要受岩性控制,属岩性气藏,天然气自白云凹陷沿深部输导层向北上倾方向运

移,到达晚期活动的北西西向断层后向上运移到达浅部储层成藏,含气层系位于浅部的粤海组和万山组。西南成藏单元的生排烃条件最好,具有生排烃量大、时期长、油气比高的特点,白云主凹西南边界主控断块构造圈闭和云开凸起披覆背斜构造带圈闭为该区主要的油气成藏带。东南成藏单元主力油源岩为文昌组,其次为珠海组,主力气源岩为文昌组和恩平组湖侵+高位体系域,以反向正断层圈闭为主,排烃量与北部成藏单元相近,但排气量是排油量的1.5倍,整体上以气藏为主、兼有油藏的特征。

综合考虑白云凹陷烃源岩、储盖组合、圈闭类型和油气成藏的组合分布特征<sup>[8]</sup>(图9),白云凹陷不同地区有不同的勘探组合,凹陷主体以深水扇储层及其形成的各种圈闭为主,周边以23.8Ma以前的浅水砂岩储层及其大型披覆构造为勘探重点;凹陷南部的恩平组河湖相砂岩储层也是有利的油气勘探层系;主洼北部斜坡带发育两大古水系,有利于形成岩性圈闭带,也是寻找大型岩性圈闭体的有利部位。

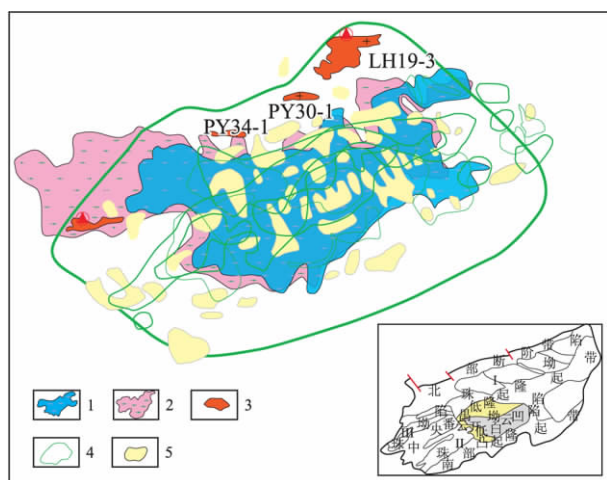


图9 白云凹陷烃源岩和多套储盖组合及天然气藏叠置分布图<sup>[8]</sup>(有修改)

1. 文昌组河湖相; 2. 恩平组湖相; 3. 天然气藏; 4. 深水扇沉积; 5. 油气运移成藏浅层亮点异常

Fig. 9 Distribution of the source rocks and reservoir-seal associations and gas reservoirs in the Baiyun depression (modified from Pang Xiong et al., 2008)

1 = fluvio-lacustrine facies in the Wenchang Formation; 2 = lacustrine facies in the Enping Formation; 3 = gas pool; 4 = deep-water fan deposits; 5 = shallow bright spot anomaly

### 3 结论

综合分析白云凹陷沉积演化体系、构造空间组

合、烃源岩特征、储盖组合和圈闭类型等一系列深水油气藏控制因素及其组合分布特征,指出了白云凹陷有利的勘探组合,为下一步的深水油气勘探提供了科学依据。

(1) 受构造演化、气候、物源供给、古地理和海平面变化等多种因素的控制,白云凹陷相应发育了陆相断陷河湖沉积、大型断拗湖盆沉积、海陆过渡相浅海陆架沉积以及陆坡海相深水沉积等四套沉积组合,形成了白云凹陷独特的弧前盆地、断陷盆地、断拗盆地和陆坡内盆地等多类型盆地叠置的沉积充填模式。

(2) 白云凹陷经历了两期强烈的深陷热沉降,具有丰富的生烃潜力。文昌组恩平组湖相泥岩是主要烃源岩,珠海组海相泥岩是潜在烃源岩,总体上呈现出“油气兼备、早油晚气、以气为主”的特征。考虑到烃源岩的成熟演化,白云凹陷深水扇圈闭成藏应主要以恩平组烃源岩的油气为主。

(3) 白云凹陷整体上发育了珠江组韩江组海相陆坡深水扇、珠海组浅海陆架砂泥岩和恩平组河湖相三角洲体系的砂泥岩等三套垂向上相互叠置的有利储盖组合,其中珠海组浅海相三角洲砂岩和珠江组深海相泥岩组合是主要的油气储盖组合区。凹陷主体以深水扇储层及其形成的各种圈闭为主,周边以23.8Ma以前浅水砂岩储层及其大型披覆构造为勘探目标;凹陷南部的恩平组河湖相砂岩储层是有利的油气勘探层系;主洼北部斜坡带发育的两大古水系也是寻找大型岩性圈闭体的有利部位。

### 参考文献:

- [1] 陈长民. 珠江口盆地东部石油地质及油气藏形成条件初探[J]. 中国海上油气(地质) 2000, 14(2): 73-83.
- [2] 米立军, 张功成, 傅宁, 等. 珠江口盆地白云凹陷北坡-番禺低隆起油气来源及成藏分析[J]. 中国海上油气 2006, 18(3): 161-168.
- [3] 庞雄, 陈长民, 朱明, 等. 南海北部陆坡白云深水区油气成藏条件探讨[J]. 中国海上油气 2006, 18(3): 145-149.
- [4] 龚再升, 李思田, 谢泰俊, 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. 1-126.
- [5] 庞雄, 陈长民, 陈红汉, 等. 白云深水区油气成藏动力条件研究[J]. 中国海上油气 2008, 20(1): 9-14.
- [6] 吴湘杰, 周蒂, 庞雄, 等. 白云凹陷地球物理场及深部结构特征[J]. 热带海洋学报 2005, 24(2): 62-69.
- [7] 周蒂, 王万银, 庞雄, 等. 地球物理资料所揭示的南海东北部中生代俯冲增生带[J]. 中国科学 D 辑 2006, 36(3): 209-218.
- [8] 庞雄, 陈长民, 彭大钧, 等. 南海北部白云深水区之基础地质[J]. 中国海上油气 2008, 20(4): 215-222.

- [9] 孙杰,詹文欢,丘学林.珠江口盆地白云凹陷构造演化与油气系统的关系[J].海洋地质与第四纪地质,2011,31(1):101-107.
- [10] 何家雄,陈胜红,马文宏,等.南海北部大陆边缘盆地深水油气成藏条件早期预测与评价[J].天然气地球科学,2008,19(6):780-789.
- [11] 孙珍,庞雄,钟志洪,等.珠江口盆地白云凹陷新生代构造演化动力学[J].地质前缘,2005,12(4):489-498.
- [12] 周蒂,吴世敏,陈汉宗.南沙海区及邻区构造演化动力学的若干问题[J].大地构造与成矿学,2005,29(3):339-345.
- [13] 米立军,张功成,傅宁,等.珠江口盆地白云凹陷北坡一番禺低隆起油气来源及成藏分析[J].中国海上油气,2006,18(3):161-168.
- [14] 康永晓,张国军,冯于恬,等.珠江口盆地白云凹陷沉积充填演化研究[J].化学工程与装备,2011,9:48-50.
- [15] 黄虑生.关于《微体古生物在珠江口盆地新生代晚期层序地层学研究中的应用》一文的质疑[J].海洋地质与第四纪地质,1998,18(1):119-121.
- [16] 黄虑生.珠江口盆地第三系生物地层框架[J].中国海上油气(地质),1999,13(6):406-415.
- [17] 雷作淇.关于珠江口盆地 BY7-1-1 井上、下第三系界线的讨论[J].地层学杂志,1999,23(2):146-151.
- [18] 秦国权.珠江口盆地 BY7-1-1 井晚渐新世浮游有孔虫的发现及其地质意义[J].海洋地质与第四纪地质,1992,12(2):21-32.
- [19] 秦国权.微体古生物在珠江口盆地新生代晚期层序地层学研究中的应用[J].海洋地质与第四纪地质,1996,16(4):1-18.
- [20] LI QIANYU, JIAN ZHIMIN, LI BAOHUA. Oligocene-Miocene planktonic foraminifer biostratigraphy, Site 1148, northern South China Sea[G/OL]. // Prell W L, Wang P, Blum P. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results Volume 184 [2004-12-15]. [http://www-odp.tamu.edu/publications/184\\_SR/VOLUME/CHAPTERS/220.PDF](http://www-odp.tamu.edu/publications/184_SR/VOLUME/CHAPTERS/220.PDF).
- [21] 柳保军,申俊,庞雄,等.珠江口盆地白云凹陷珠海组浅海三角洲沉积特征[J].石油学报,2007,28(2):49-61.
- [22] 王振奇,张尚锋,谈卫东,等.珠江口盆地珠一坳陷珠海组三角洲沉积特征[J].沉积与特提斯地质,2005,25(3):62-67.
- [23] 彭大钧,庞雄,陈长民,等.从浅水陆架走向深水陆坡—南海深水扇系统的研究[J].沉积学报,2005,23(1):1-11.
- [24] 邵磊,李献华,汪品先,等.南海渐新世以来构造演化的沉积记录—ODP1148 站深海沉积物中的证据[J].地球科学进展,2004,19(4):539-544.
- [25] 邵磊,雷永昌,庞雄,等.珠江口盆地构造演化及对沉积环境的控制作用[J].同济大学学报:自然科学版,2005,33(9):1177-1181.
- [26] 汪品先.新生代亚洲形变与海陆相互作用[J].地球科学—中国地质大学学报,2005,30(1):1-18.
- [27] 汪品先,赵泉鸿,翦知湔,等.南海三千万年的深海记录[J].科学通报,2003,48(21):2206-2215.
- [28] 杨少坤,黄丽芬,李希宗,等.珠江口盆地特殊层序地层模式及其对勘探的指导意义[J].中国海上油气(地质),1996,10(3):137-152.
- [29] 任纪舜,邓平,肖黎薇,等.中国与世界主要含油气区大地构造比较分析[J].地质学报,2006,80(10):1491-1500.
- [30] 庞雄,陈长民,施和生,等.相对海平面变化与南海珠江深水扇系统的响应[J].地质前缘,2005,12(3):167-177.
- [31] 周耐强,朱国金,张茂林,等.荔湾 3-1 气田开发数值模拟研究[J].西南石油大学学报:自然科学版,2010,32(6):84-88.
- [32] 傅宁,米立军,张功成.珠江口盆地白云凹陷烃源岩及北部油气成因[J].石油学报,2007,28(3):32-38.
- [33] 朱俊章,施和生,庞雄,等.珠江口盆地白云凹陷深水区珠海组烃源岩评价及储层烃来源分析[J].中国海上油气,2008,20(4):223-227.
- [34] 朱伟林.南海北部深水区油气地质特征[J].石油学报,2010,31(4):521-527.

## Sedimentary evolution and hydrocarbon accumulation in the Baiyun depression , Zhujiangkou Basin

WU Wei-zhong<sup>1 2</sup> , XIA Bin<sup>1 3</sup> , JIANG Zheng-long<sup>4 5</sup> , LUO Zhang-ping<sup>4</sup>

( 1. Guangzhou Institute of Geochemistry , Chinese Academy of Sciences , Guangzhou 510640 , Guangdong , China; 2. Graduate University , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100039 , China; 3. School of Marine Sciences , Sun Yat-Sen University , Guangzhou 510275 , Guangdong , China; 4. School of Ocean Sciences , China University of Geosciences , Beijing 100083 , China; 5. Shenzhen Branch , CNOOC , Guangzhou 510240 , Guangdong , China)

**Abstract:** The present paper presented some new approaches to fathom the sedimentary evolution and hydrocarbon accumulation in the Baiyun depression , Zhujiangkou Basin with the aid of sedimentological and sequence stratigraphic methods referenced to the existing cores , well logs , geophysical and palaeontological data. The combination of many factors such as tectonic events , climatic changes , sediment supply , palaeogeographic features and sea-level changes may be responsible for the formation of unique sedimentary and stacking patterns in the Baiyun depression , which may , in turn , have an important effect on the formation and distribution of the deep-water hydrocarbon accumulation. Other aspects focus on the approaches of the genetic affiliation between hydrocarbon potential , reservoir-seal associations , deep-water sedimentary systems and hydrocarbon accumulation and migration in the Baiyun depression. The source rocks in the Enping Formation contribute to the hydrocarbons accumulated in the deep-water fan traps. The key areas for hydrocarbon exploration are delineated dominantly in the deep-water fan reservoir rocks and associated traps , and subordinately in the shallow-water sandstones older than 23.8 Ma and large-scale drape structures in the Basin.

**Key words:** Zhujiangkou Basin; Baiyun depression; sedimentary evolution; reservoir-seal association; deep-water hydrocarbon accumulation