

# 珠江口盆地番禺地区珠江组沉积前古地貌 及其对沉积体系的控制

戴宗<sup>1</sup>, 衡立群<sup>1</sup>, 孙润平<sup>1</sup>, 王亚会<sup>1</sup>, 罗东红<sup>1</sup>, 刘太勋<sup>2</sup>, 刘可禹<sup>2</sup>, 张青青<sup>2</sup>

1 中海石油(中国)有限公司深圳分公司研究院; 2 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

**摘要** 利用地震、测录井、分析化验资料,在后期构造影响去除的基础上,综合考虑去压实校正、古水深校正等因素,对珠江口盆地番禺地区珠江组沉积古地貌进行了恢复,并通过沉积正演模拟,分析了古地貌对珠江组沉积的影响。研究表明:采用钻井并深校正后的目标层顶底构造面求取地层真厚度的方法在实际应用中操作更简便,井震结合后恢复的结果更准确;分不同岩性恢复压实能够更准确地恢复目标层的原始地层厚度。研究区珠江组沉积古地貌表现为东北及东部高,西南及南部低,整体上起伏平缓,古地貌的微型起伏特征控制着珠江组浪控辫状河三角洲的微相分布。当古地貌参数与实际恢复结果一致时,沉积过程模拟的岩性类型平面展布能够较好地与沉积地层相匹配。

**关键词** 古地貌;残余地层厚度;去压实校正;沉积体系;珠江组;番禺地区;珠江口盆地

**中图分类号**:TE121.3 **文献标识码**:A

## 0 前言

古地貌是指某一地质历史时期的沉积地形起伏形态,是构造变形、沉积充填、差异压实、风化剥蚀等因素的综合结果<sup>[1-3]</sup>。它不仅是沉积过程定量模拟的基础,而且也影响着沉积相带发育和砂体展布。因此,开展古地貌与砂体配置关系的研究,对有利储层区带预测及油气勘探开发具有重要指导意义<sup>[3-4]</sup>。近年来,随着沉积学不断发展,国内外众多学者对古地貌恢复方法及其对沉积体系和微相的控制作用进行了研究<sup>[5-13]</sup>,但他们所采用的不同的方法具有不同的适用条件。笔者针对珠江口盆地番禺地区珠江组埋藏较浅、储层物性好、古地形起伏小等特征,结合研究区钻井资料少但三维地震资料品质较好的实际条件,采用井震结合的方法,综合应用地震、测录井、岩心、分析测试等资料,恢复了番禺地区珠江组古地貌结构,分析了沉积体系发育特征,结合沉积模拟结果,探讨了珠江组古地貌对沉积体系发育和分布的控制作用。

## 1 区域地质概况

珠江口盆地是在古生代变质岩、中生代岩浆岩和沉积岩基底之上发展起来的一个新生代大陆边缘伸展盆地,其中珠一坳陷位于珠江口盆地北部,自西向东包括恩平凹陷等构造单元(图1)<sup>[14-15]</sup>,番禺地区位于西江凹陷东南部和恩平凹陷东部以及番禺低隆起北部。盆地新生代地层从老到新依次为始新统文昌组、始新统一渐新统恩平组、渐新统珠海组、下中新统珠江组、中中新统韩江组、上中新统粤海组和上新统万山组(图1),其中储层主要为珠海组、珠江组和韩江组的优质砂岩<sup>[14-15]</sup>。珠江口盆地珠江组埋深在1 600~2 900 m之间,可以划分为6个三级层序<sup>[16]</sup>。番禺地区珠江组原始沉积地貌在地质历史时期经历了后期构造变形、沉积充填、压实作用等的影响而演变为现今地下构造特征,笔者通过恢复珠江组NSQ1层序底部的古地貌,探讨古地貌特征及其对沉积过程定量模拟及砂体展布的影响。

收稿日期:2019-09-09;改回日期:2020-01-14

本文受中国海洋石油集团有限公司“十三五”科技重大项目“双特高海相砂岩油藏精细描述及剩余油定量预测技术(编号:CNOOC-KJ135ZDXM22 LTD02 SZ2016)及国家自然科学基金面上项目“基于重建三角洲储层构型的剩余油分布模拟实验研究”(编号:41772138)共同资助

**第一作者**:戴宗,高级工程师,从事油气田开发和油田地质研究工作。通信地址:518067 广东省深圳市南山区后海滨路(深圳湾段)3168号中海油大厦A座;E-mail:daizong@cnooc.com.cn

**通信作者**:刘太勋,副教授,主要从事油藏描述与油气田开发地质教学与研究工作。通信地址:266580 山东省青岛市黄岛区长江西路66号中国石油大学(华东)地学院;E-mail:liutaixun@126.com

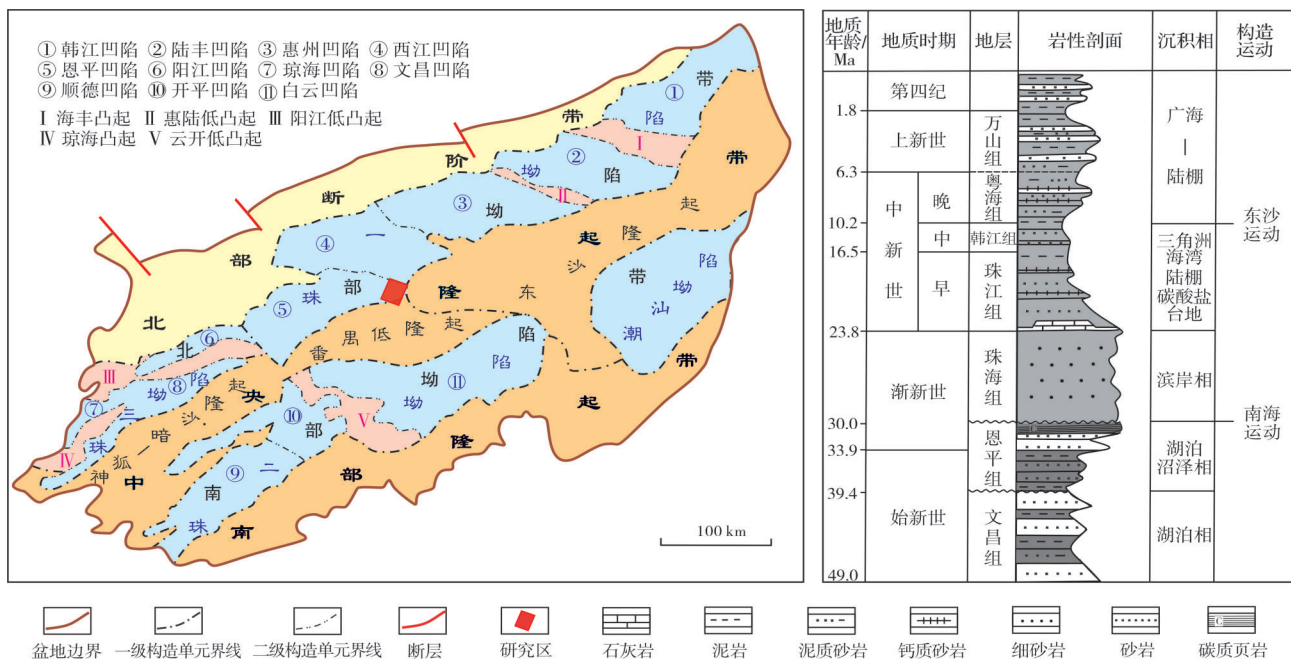


图1 珠江口盆地构造分区图及地层综合柱状图(据文献[14]修改)

Fig. 1 Geotectonic map and stratigraphic column of Pearl River Mouth Basin(cited from literature [14], modified)

## 2 古地貌恢复

### 2.1 方法及流程

古地貌恢复由构造恢复和地层厚度恢复两部分构成,地层厚度恢复一般包括剥蚀量恢复、残余地层厚度求取、去压实校正和古水深校正等步骤<sup>[17]</sup>。传统的古地貌恢复方法主要有残留厚度和补偿厚度印模法、回剥和填平补齐法,但在近些年的应用中,已发现这些方法虽然简单便捷但考虑地质因素不够全面,导致古地貌恢复有较大误差。近年来发展了沉积学分析法和层序地层学古地貌恢复法等<sup>[17-18]</sup>,其中,沉积学方法是目前最常用的方法之一<sup>[19-20]</sup>。总体上,目前古地貌恢复大都停留在定性一半定量阶段,而量化手段诸如利用地震解释结果,并通过井震结合求取地层残余厚度、不同岩性压实率求取、古水深的校正等,能进一步提高古地貌恢复结果的精度。

研究区可利用的钻井资料井仅12口,但三维地震资料品质较好,因此采用井震结合的方法,利用钻井地质资料标定地质层位,在三维地震数据体中进行层位追踪及断层解释,利用地震精细解释的断层及层位,建立准确的构造格架模型,然后对其进

行构造影响去除;结合合成地震记录及时深标定建立三维速度场模型,进而进行时深转换,以求取现今残留地层真厚度;结合研究区物性资料及岩性资料,对具有岩性资料的井分泥岩、粉砂岩、砂岩3种岩石类型求取其初始孔隙度和压实系数,利用盆地模拟软件,对其进行去压实校正;结合研究区的古生物化石、岩性资料及沉积微相研究成果分析古水深的分布,最后结合古水深校正恢复古地貌。

### 2.2 层序地层格架及参考面的选择

番禺地区在区域上发育陆架与大陆坡折,其结构与被动大陆边缘结构非常相似,物源主要来自北部与西部。研究区位于陆架之上,相对靠近陆架坡折线,这一区域的地层终止样式相对简单,以削截或顶超为主。在综合利用三维地震、岩心、测井、录井等资料的基础上,对研究区珠江组及上覆地层进行了层序地层划分,划分出NSQ1—NSQ7共7个三级层序(23.8~15.5 Ma)(图2),各层序界面在地震反射结构、测井和录井资料上均具有明显的标志性特征。三级层序界面SB16.5是韩江组与珠江组的分界面,对应地震反射层T40,绝对年龄为16.5 Ma,界面之下削截(顶超)特征明显,珠江组终止于此界面,可作为在全区内进行追踪对比的标志性界面。

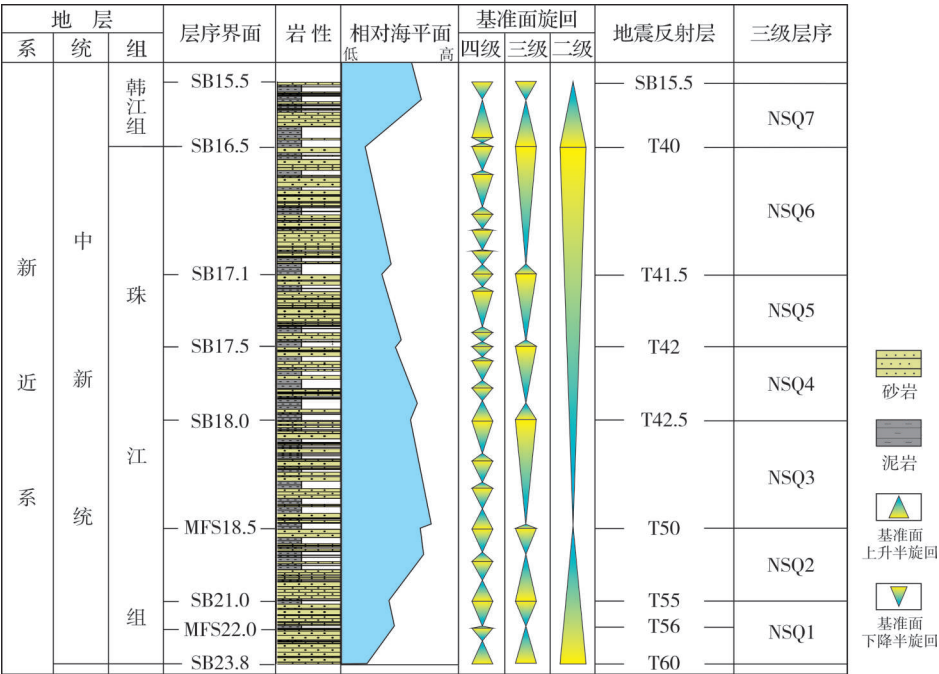


图2 珠江口盆地番禺地区珠江组层序地层格架

Fig. 2 Sequence stratigraphic framework of Zhujiang Formation in Panyu area of Pearl River Mouth Basin

三级层序界面SB17.1、SB17.5、SB18.0、MFS18.5、SB21.0、SB23.8分别对应地震反射层T41.5、T42、T42.5、T50、T55、T60(图2)。其中,T41.5、T42、T42.5、T55反射层在地震剖面上表现为高连续强反射特征,其界面之下削截现象明显;T60反射层(SB23.8)界面之上上超特征明显,界面上下岩性与测井曲线特征表现为从加积式—进积式转变为退积式。

为了恢复珠江组的沉积古地貌,为珠江组沉积过程模拟提供底面古地貌数据,笔者选取NSQ1的底界面(SB23.8,T60)至该层序最大海泛面(MFS22.0,T56)之间不存在大规模剥蚀的地层(图2)为对象开展古地貌的恢复,这样不仅能够避免剥蚀恢复过程中出现的误差,而且使古地貌恢复过程更加简便,结果更加准确。

2.3 目标层顶底地震构造解释

利用钻井地质资料标定地质层位,在三维地震数据体中进行相关层位追踪及断层解释,对珠江组底界面(SB23.8)对应的T60地震反射层和最大海泛面(MFS22.0)对应的T56地震反射层进行了解释(图3),利用地震精细解释的断层及层位结果,建立时间域的三维地层模型,并经过时深转换后得到深度域的三维地层格架模型(图4),在此基础上,对其进

行构造影响去除。基于三维构造模型能够更为准确地获得目标层的顶底构造面(图5)及残余地层的真厚度。

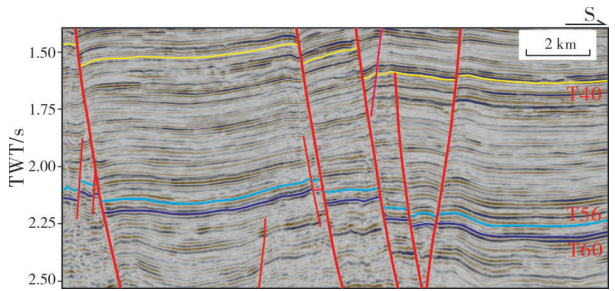


图3 番禺地区珠江组及NSQ1地震解释剖面

Fig. 3 Seismic interpretation section of Zhujiang Formation and NSQ1 in Panyu area

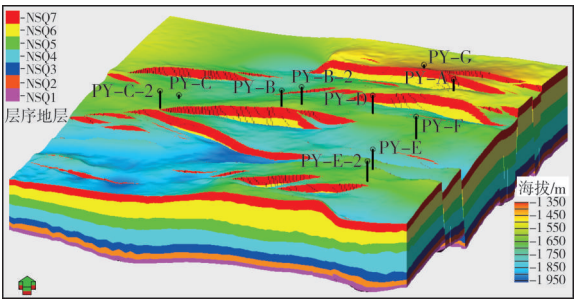


图4 番禺地区深度域构造-地层三维模型

Fig. 4 Three-dimensional structural-stratigraphic model in depth domain in Panyu area



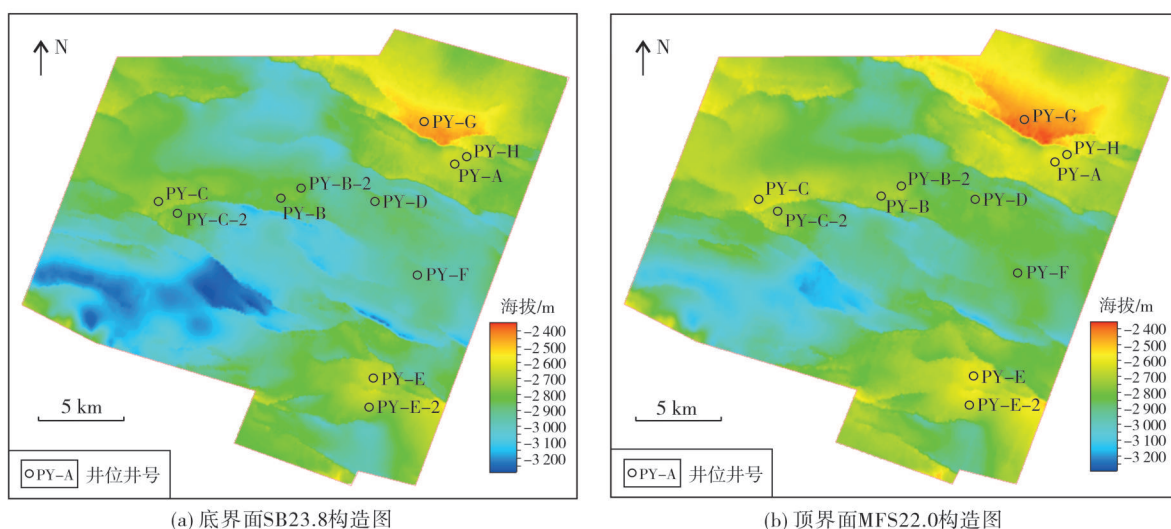


图5 番禺地区目标层顶底界面构造图

Fig. 5 Structural map of SB23.8 and MFS22.0 in Panyu area

## 2.4 地层厚度恢复

### 2.4.1 现今残余地层厚度

现今残余地层厚度通过钻井及地震资料井震间的互校等方法来得到<sup>[19]</sup>。在构造影响去除基础上,以钻井得到的真实厚度为校验依据,结合合成地震记录及时深标定建立合理的三维速度场模型,进行时深转换,将三维时间域模型转换为三维深度域模型,求得主要反射层间的厚度,即为现今地层视厚度(图6)。

### 2.4.2 地层真厚度的校正

由于地下构造层面存在地层倾角,因此,利用

钻井资料直接获取的井点地层厚度通常为斜厚度和垂厚度,都不是地层的真厚度(图6)。为了获取准确的地层厚度,可利用如下几何方法进行校正<sup>[4]</sup>。

通过构造解释能够得到目标层的顶面及底面构造图(图5),当地层厚度变化不大时,两个构造面海拔相减计算得到的是垂厚度,再乘以构造面地层倾角的余弦值即可得到地层的真厚度(图6a):

$$TST = TVT \cdot \cos \theta \quad (1)$$

式中:TST为倾斜地层的真厚度;TVT为地层垂直观厚度,可通过顶底构造面海拔相减求取; $\theta$ 为顶面构造的地层倾角。

当地层厚度变化大时,顶底面倾角差别较大,

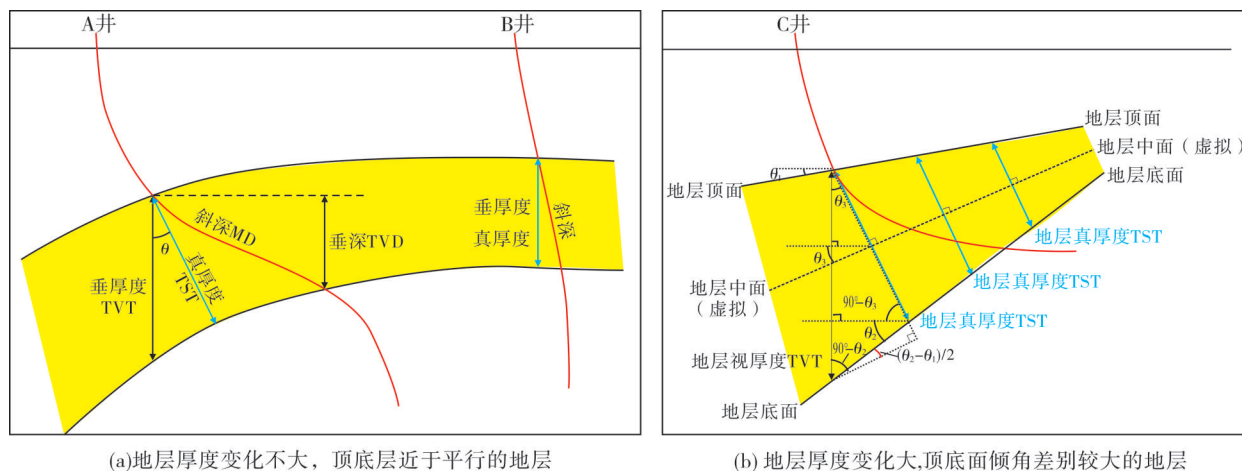


图6 地层视厚度和真厚度校正示意图

Fig. 6 Sketch and calculation of true vertical thickness (TVT) and true stratigraphic thickness (TST)

地层真厚度可通式(2)进行校正,求取近似的地层真厚度(图6b):

$$\text{TST} = \text{TVT} \cdot \cos\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) - \text{TVT} \cdot \sin\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \cdot \tan\left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2}\right) \quad (2)$$

式中:TST为倾斜地层的真厚度;TVT为地层垂直厚度,也可通过顶底构造面海拔相减求取; $\theta_1$ 为顶面构造的地层倾角; $\theta_2$ 为底面构造的地层倾角。

利用该方法,笔者借助地震解释及钻井校正后的顶底构造面(图5a,图5b),准确地计算出构造面的地层倾角以及校正后的地层真厚度(图7a)。

#### 2.4.3 去除断层的影响

计算的现今残余地层真厚度往往受断层的影响,在断层附近会出现地层厚度缺失或地层厚度减薄的异常带。番禺地区珠江组发育的断层均为后

期断层,没有同生断层,因此,为了准确地体现原始地层的真厚度,需要去除断层带异常厚度值后重新生成地层真厚度。断层带异常值的去除有2种方法:其一是在构造顶面和底面中断层附近的区域绘制出一系列断层多边形,即包括断层带的封闭区域,然后,采用区域删除的方法将断层区域的构造面去除,通过上述方法计算地层真厚度后对去除的范围采用插值填补地层厚度值;其二是直接在地层残余厚度图上,根据断层的分布圈定断层带的范围,然后采用区域扣除的方法在地层残余厚度图上去除断层带的异常值,再利用断层两盘的地层厚度数据内插,填补去除范围的地层厚度值。对比分析表明:采用第2种方法操作简单,而且去除断层带异常值后的地层真厚度与去除前的整体趋势完全一致(图7b)。

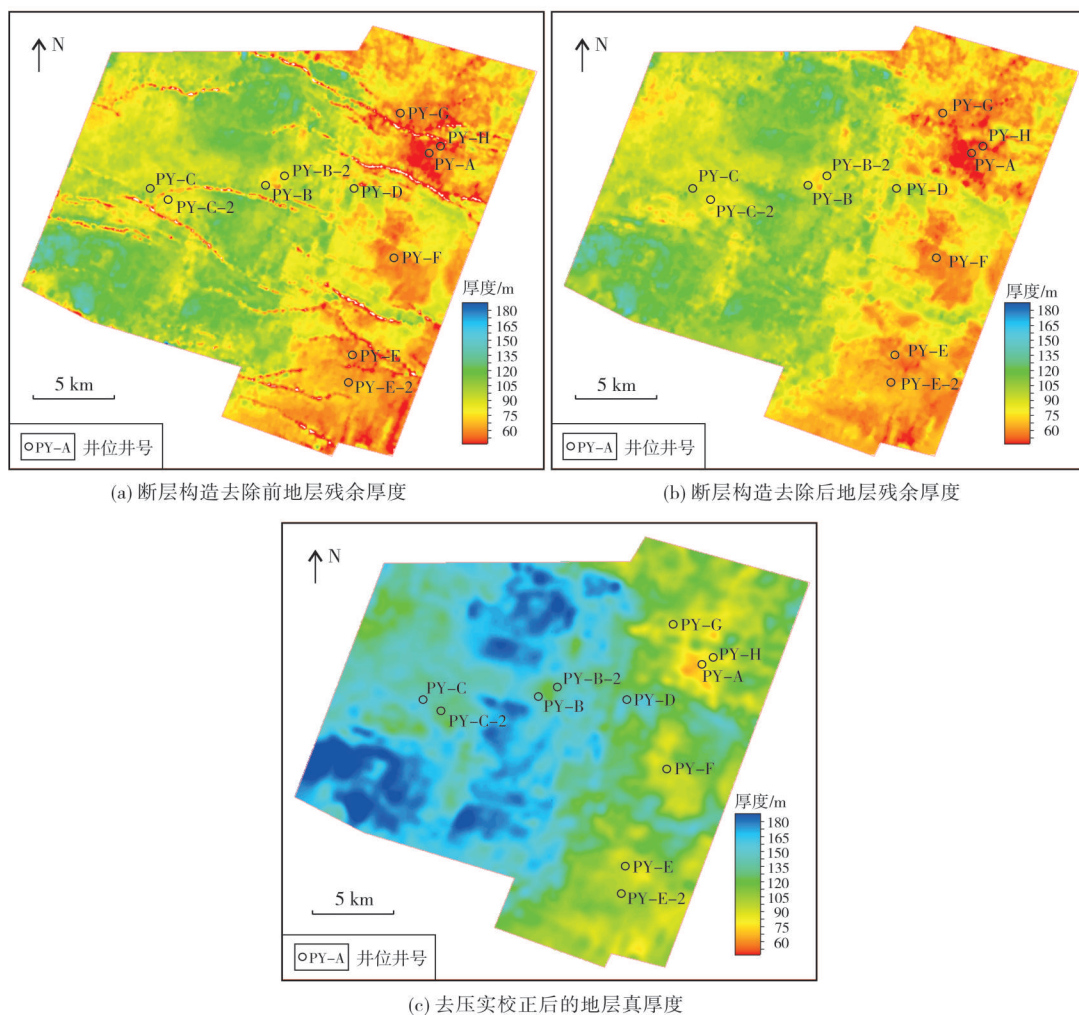


图7 珠江口盆地番禺地区珠江组目标层地层厚度恢复

Fig. 7 Thickness recovery of the studied stratum of Zhujiang Formation in Panyu area of Pearl River Mouth Basin

### 2.4.4 去压实校正

沉积地层在上覆地层重力作用下产生机械压实。随着埋深的增加,沉积物孔隙度和地层厚度也相应减小,因此去压实恢复对古地貌研究十分必要<sup>[20]</sup>。不同岩性压实作用有较大的差异,假定压实作用过程中骨架体积不变,减小的只是岩石孔隙体积,则孔隙度与深度之间存在指数关系<sup>[21]</sup>:

$$\varphi = \varphi_0 \cdot e^{-CZ} \quad (3)$$

式中: $\varphi$ 为深度 $Z$ 处的孔隙度,%; $\varphi_0$ 为地表孔隙度,%; $C$ 为压实系数; $Z$ 为深度,m。

利用番禺地区钻井中不同深度的孔隙度及岩性实测数据,借助盆地模拟软件,求取目标层的原始沉积厚度和压实率(表1,图8)。

基于研究区7口井97个岩心样品的物性分析数据,分别对泥岩、粉砂岩以及砂岩3种岩石类型统计孔隙度与埋深的关系,根据数据趋势拟合得到研究区3种主要岩性的深度-孔隙度关系曲线(图8),由此可得出砂岩的初始孔隙度 $\varphi_0$ 和压实系数 $C$ 。

由于压实作用是不可逆的,且压实前后岩石骨架体积保持不变<sup>[1,5]</sup>,因此岩石骨架的积分方程为:

$$\int_Z^{Z+T} (1 - \phi(x)) dx = \int_{Z'}^{Z'+T'} (1 - \phi(x)) dx \quad (4)$$

式中: $Z$ 为现今地层顶面埋深,m; $T$ 为现今地层厚度,m; $Z'$ 为压实恢复后的地层顶面埋深,m; $T'$ 为压实恢复后的地层厚度,m; $x$ 为深度变量,m; $\phi(x)$ 为孔隙度随深度的变化曲线。

表1 番禺地区珠江组目标层压实数据表

Table 1 Compaction data of studied stratum of Zhujiang Formation in Panyu area

井号	顶深/m	残留地层厚度/m	原始沉积厚度/m	压实率/%	原始厚度/残留厚度
PY-E	2 869	62	94	34.4	1.52
PY-B	2 813	86	131	34.5	1.53
PY-F	2 916	68	104	34.8	1.53
PY-A	2 665	56	85	33.7	1.51
PY-H	2 820	46	67	34.2	1.52

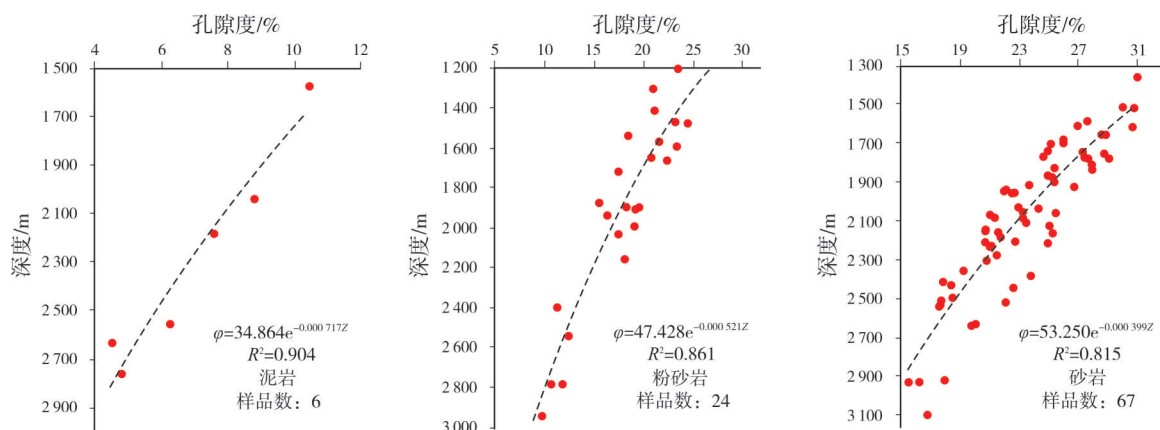


图8 番禺地区不同岩性孔隙度-深度关系

Fig. 8 Relation of porosity with depth of different lithology in Panyu area

## 2.5 古地貌特征

在求取现今残余厚度、压实校正后,还需进行古水深校正<sup>[21-24]</sup>。根据珠江口盆地珠江组底部沉积相分布特征判断,珠江组沉积初期番禺地区处于三角洲平原、三角洲内前缘和三角洲外前缘,三角洲

平原沉积水深0~9.5m,三角洲前缘沉积水深9.5~20.5m。结合各井的位置及其岩性、沉积亚相特征,分析研究区的古水深为0~25m。最终,应用压实校正后的沉积真厚度(图7c)和古水深研究成果,对古地貌进行了恢复(图9)。

从古地貌图可以看出,研究区存在凸起、次级



凸起、斜坡、沟谷、洼陷等古地貌特征。研究区珠江组古地貌整体呈现东北及东部地区高, PY-A井附近为最高点、东部整体上呈北高南低的特征, PY-G井、PY-F井以及PY-E井附近为凸起高点, PY-E井与PY-F井之间为沟槽地貌, PY-A井与PY-F井之间也为近东西向分布的沟槽地貌, PY-G井北部也分布多条较浅的沟槽地貌。西北地区为次高部位, 西北部分布数条北西—南东向展布的较浅沟槽。

西南及南部地区地势较低, 为洼陷地貌。研究区整体地形十分平缓, 古地貌高处与低洼处的相对高差为120~140m, 地形坡度范围为 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}$ , 主要倾角为 $1^{\circ}\sim 1.5^{\circ}$ , 整体坡度为 $0.28^{\circ}\sim 0.5^{\circ}$ (图9)。在整体起伏形态的背景上, 番禺地区还存在部分低洼沟槽与小型凸起相间发育的古地貌特征, 这些洼凸相间的特征为形成三角洲平原分支河道及三角洲前缘水下分流河道提供了古地形基础。

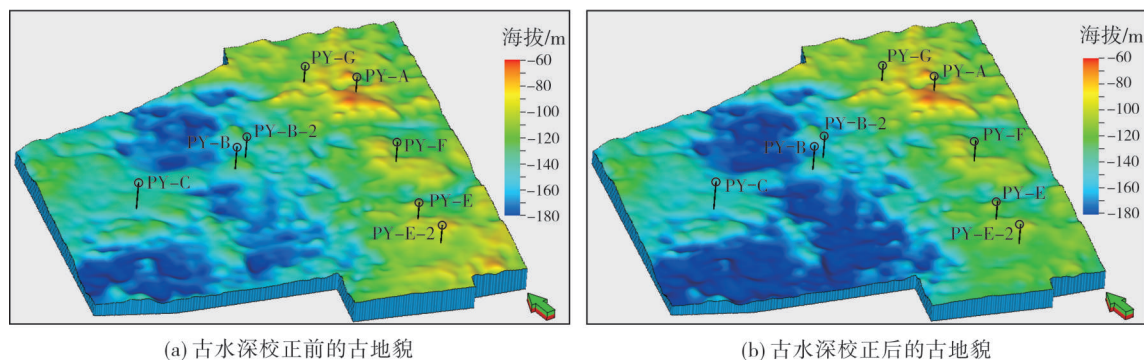


图9 珠江口盆地番禺地区珠江组目标层沉积时期古地貌

Fig. 9 Palaeogeomorphology of the studied stratum of Zhujiang Formation in Panyu area of Pearl River Mouth Basin

### 3 古地貌对沉积特征的控制

#### 3.1 古地貌对沉积体系展布的影响

研究区古地貌起伏较小, 地形较为平缓, 结合沉积背景认为番禺地区珠江组沉积早期处于陆架背景的滨海环境, 发育浪控三角洲, 主要发育三角洲平原及三角洲前缘亚相。通过古地貌对沉积体系展布的影响分析认为, 古地貌对区内砂体沉积及岩性展布具有重要控制作用。

为了进一步探讨古地貌特征对沉积的影响, 基

于研究区的地质特征和概念模型, 设置以古地貌参数为单一变量的两组对照模拟文件, 利用SedSim软件对其进行模拟。模拟结果表明: 初始古地形更加平缓时, 在某一时刻三角洲沉积延伸范围更广、面积更大(图10); 当古地貌参数取值与实际恢复结果一致时, 沉积过程模拟的砂体及岩性类型平面展布能够较好地与沉积地层相匹配(图10a); 而当古地貌参数改变, 其他模拟条件不变, 模拟的沉积砂体及岩性展布范围变化较大, 与实际沉积地层相差较大(图10b)。

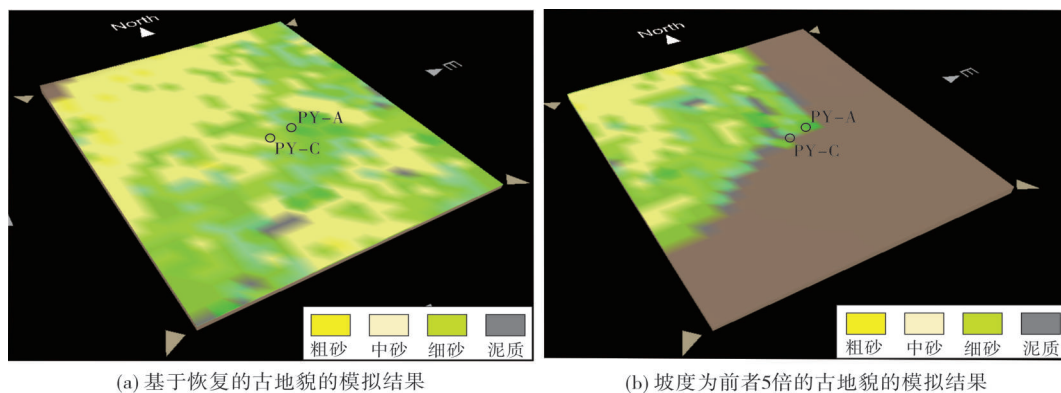


图10 不同古地貌条件下模拟砂体对比

Fig. 10 Comparison of simulated sedimentary sand bodies under different palaeogeomorphology

在珠江组沉积时期,古珠江携带大量的陆源碎屑物质沿初始平缓的地形延伸较远并发生沉积,且由于多期水下分流河道叠加的影响,平面上沉积砂体呈大面积片状展布的特征,番禺地区珠江组目标层段的沉积微相展布特征(图11)验证了这一结论:在区内东北及西北部各发育一个三角洲,在古地形较高部位发育三角洲平原的分流间湾及三角洲前缘的分流间湾,在地势较为低洼的沟槽部位发育分流河道及水下分流河道,在水下分流河道前端的相对较高部位形成河口坝沉积,受波浪作用改造影响,在河口坝前端沉积形成浪控砂坝及席状砂。

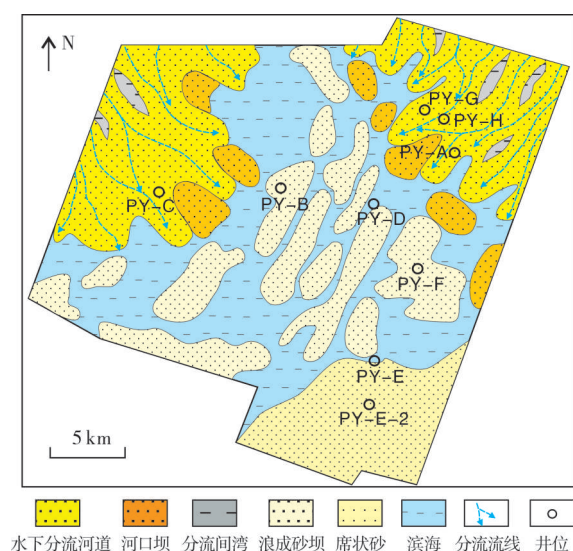


图11 番禺地区珠江组目标层段沉积微相展布

Fig. 11 Sedimentary microfacies of studied stratum of Zhujiang Formation in Panyu area

### 3.2 沉积体系发育特征

番禺地区的沉积物源主要来自于北部的盆地边缘凸起,由古珠江经过较长距离的搬运,进入盆地主要表现为东北和西北方向物源,在番禺地区形成2个大的浪控型辫状河三角洲。区内东南部及中南部地势较低,在凸起及低部位之间形成河口坝,部分砂体被波浪进一步改造,在河口坝前端形成浪成砂坝及席状砂沉积(图11)。

岩心观察表明:番禺地区珠江组岩性以细砂岩为主,部分井段可见含砾砂岩、粗砂岩和中砂岩。样品碎屑成分分析表明:主要岩石类型为次长石砂岩和次岩屑砂岩,砂岩成分中石英体积分数占78.6%,长石体积分数占10.3%,岩屑体积分数占11.1%,整体成分成熟度较高。砂岩分选差—中等,磨圆为次棱—次半圆状。砂岩中块状层理、平行层

理、正粒序层理、板状交错层理等沉积构造较为常见,自然伽马曲线常表现为箱形,部分井段呈漏斗形。综合岩心相标志、分析测试、测井相和地震相等相标志分析表明:番禺地区珠江组发育浪控的辫状河三角洲沉积体系,主要发育的沉积微相为水下分流河道、河口坝以及浪控砂坝;水下分流河道多呈复合体形式出现,表现为多期水下分流河道垂向叠置,不同期次水下分流河道间可通过泥岩沉积或微弱的曲线回返识别;水下分流河道砂体厚度较大,单层厚度通常介于3~15 m,油层内砂体横向延伸范围广且稳定,平面上呈连片状分布(图11)。

## 4 结 论

(1)在进行构造影响去除、地层残余厚度求取、去压实校正、古水深校正的基础上,准确地恢复了番禺地区珠江组的沉积古地貌。采用钻井井深校正后的目标层顶底构造面求取地层真厚度的方法在实际应用中较其他方法操作更简便,井震结合后恢复的结果更准确。

(2)番禺地区珠江组不同岩性的初始孔隙度和压实系数差异较大,砂岩的压实系数为0.000 399,粉砂岩的压实系数为0.000 521,泥岩的压实系数为0.000 717,砂岩的压实率最低,泥岩的压实率最高。分不同岩性恢复压实能够更准确地恢复目标层的原始地层厚度。

(3)番禺地区古地貌表现为东北及东部高、西南及南部低,整体地形平缓的特征。番禺地区珠江组发育浪控辫状河三角洲沉积体系,其中分流河道及水下分流河道主要发育于古地形的沟槽部位,分流间湾主要分布于沟槽附近,古地貌的微型起伏特征控制着三角洲的微相分布。

### 参考文献

- [1] 厚刚福,瞿建华,朱峰,等.古地貌对沉积体系和沉积微相的控制作用分析:以准噶尔盆地腹部白垩系清水河组为例[J].中国矿业大学学报,2018,47(5): 1038-1045.
- [2] 高盾,杨少春,赵永福.准噶尔盆地车排子地区白垩纪古地貌及其对沉积的控制[J].大庆石油地质与开发,2019,38(3): 32-39.
- [3] 刘军钊,简晓玲,康波,等.东营凹陷东营三角洲沙三段中亚段古地貌特征及其对沉积的控制[J].油气地质与采收率,2014,21(1): 20-23.
- [4] 吕振宇,张新涛,边立恩,等.精细古地貌恢复指导隐蔽油藏勘探发现[J].西南石油大学学报(自然科学版),2018,40(6): 12-22.
- [5] 王晨杰,黄晓波,郭涛,等.高精度古地貌恢复技术及应用:以辽西凸起南段东营组二段下段为例[J].现代地质,2017,31(6): 1214-1221.



- [6] 李占东, 鲍楚楚, 王殿举, 等. 海拉尔盆地乌尔逊—贝尔凹陷构造—古地貌对沉积砂体的控制[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2016, 47(7): 2357–2365.
- [7] 邓猛, 金宝强, 周军良, 等. 精细古地貌恢复在海上油田中—深层储层预测中的应用: 以渤海X油田沙二段为例[J]. 地质找矿论丛, 2018, 33(3): 399–408.
- [8] 冯伟明, 谢渊, 李嵘, 等. 川东南—黔西北桐湾Ⅲ幕岩溶古地貌恢复[J]. 地质论评, 2017, 63(5): 1270–1280.
- [9] 强昆生, 张光学, 张莉, 等. 南海北部潮汕坳陷侏罗系古地貌特征及沉积相模式[J]. 中国地质, 2018, 45(6): 1251–1258.
- [10] 王建国, 蒋传杰, 常森, 等. 克拉通盆地微古地貌恢复的构造趋势面转换法[J]. 石油学报, 2017, 38(1): 77–83.
- [11] 金民东, 谭秀成, 童明胜, 等. 四川盆地高石梯—磨溪地区灯四段岩溶古地貌恢复及地质意义[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(1): 58–68.
- [12] 吴颖, 张金功, 尹锦涛, 等. 鄂尔多斯盆地富黄探区三叠系延长组高分辨率层序地层格架与古地貌恢复[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2019, 49(1): 132–143.
- [13] 乔博, 刘海峰, 何鏊, 等. 鄂尔多斯盆地靖边气田的古地貌定量恢复新方法[J]. 天然气勘探与开发, 2018, 41(4): 32–37.
- [14] 王福国, 梅廉夫, 施和生, 等. 珠江口盆地珠一坳陷古近系构造样式分析[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(4): 448–454.
- [15] 侯国伟, 于兴河, 客伟利, 等. 番禺低隆起东区中新世早—中期沉积演化特征[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(1): 26–28.
- [16] 祝彦贺, 朱伟林, 徐强, 等. 珠江口盆地中部珠海组—珠江组层序结构及沉积特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009(4): 77–83.
- [17] 王辉, 夏非, 张永战, 等. 江苏中部海岸西洋潮流通道区域晚更新世古地貌与沉积体系研究[J]. 海洋学报, 2019, 41(3): 134–142.
- [18] 程奇, 刘宗宾, 杨志成, 等. 基于古地貌和断裂控制的辽西低凸起锦州S油田沙河街组沉积体系[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(1): 67–74.
- [19] 赵帅, 解习农, 刘中戎, 等. 古地貌对断陷盆地沉积体系的控制作用: 以青藏高原伦坡拉盆地始新统牛堡组为例[J]. 地质科技情报, 2019(2): 53–64.
- [20] 徐彬. 古地貌恢复方法及研究进展[J]. 中国锰业, 2018, 36(1): 65–68.
- [21] SCLATER J G, RISTIE P. Continental stretching: an explanation of the post-mid-Cretaceous subsidence of the central North Sea Basin [J]. Journal of geophysical research, 1980, 85(B7): 3711–3739.
- [22] 王建, 杨怀仁. 转换函数与南黄海13万年来海水深度的变化[J]. 地理科学, 1995, 15(4): 321–326.
- [23] 李学杰, 陈芳, 陈超云, 等. 南海西部浮游有孔虫含量与水深关系定量研究[J]. 古地理学报, 2004, 6(4): 442–447.
- [24] 杜庆祥, 郭少斌, 沈晓丽, 等. 渤海湾盆地南堡凹陷南部古近系沙河街组一段古水体特征[J]. 古地理学报, 2016, 18(2): 173–183.

编辑: 张润合 刘江丽

## Paleogeomorphology of the Lower Miocene Zhujiang Formation and its control on the depositional system in Panyu area, Pearl River Mouth Basin

DAI Zong, HENG Liqun, SUN Runping, WANG Yahui, LUO Donghong, LIU Taixun, LIU Keyu, ZHANG Qingqing

**Abstract:** Based on the data of seismic, logging and analysis, and the removal of the later structural influence, the sedimentary paleogeomorphology of Zhujiang Formation in Panyu Area is restored by considering the factors of decompression correction and paleobathymetry correction, and the influence of paleogeomorphology on the deposition of Zhujiang Formation is analyzed through sedimentary forward simulation. The results show that: (1) The method of using the top and bottom structural surface of the target layer after drilling depth correction to obtain the true thickness of the formation is more convenient and practical, and the restored result after well-seismic combination is more accurate; (2) The original formation thickness of the target layer can be restored more accurately by decompression correction according to different lithology; (3) The sedimentary palaeogeomorphology of Zhujiang Formation in Panyu area is characterized by high in the northeast and east, low in the southwest and south, and gentle in the whole. The micro fluctuation feature of the paleogeomorphology controls the microfacies distribution in the wave-dominated braided river delta; (4) When the paleogeomorphic parameters are consistent with the actual restoration results, the plane distribution of lithologic types of sedimentary process simulation can be well matched with the sedimentary strata.

**Key words:** palaeogeomorphology; residual stratum thickness; decompaction correction; sedimentary system; Zhujiang Formation; Panyu area; Pearl River Mouth Basin

**DAI Zong,** First author: Senior Geology Engineer, engaged in oil and gas field development and geological research. Add: Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Shenzhen Branch of CNOOC Ltd., No. 3168 Houhaibin Rd., Nanshan District, Shenzhen, Guangdong 518067, China

**LIU Taixun,** Corresponding author: Associate Professor, major in the teaching and research of oil and gas development geology. Add: School of Geosciences, China University of Petroleum, No. 66 West Changjiang Rd., Huangdao District, Qingdao, Shandong 266580, China