

史玉玲, 刘杰, 温华华, 等. 珠江口盆地惠州 26-6 烃源岩热压模拟实验及生气潜力[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(11): 53-59.

珠江口盆地惠州 26-6 烃源岩热压模拟实验及生气潜力

史玉玲^{1,2}, 刘杰^{1,2}, 温华华^{1,2}, 龙祖烈^{1,2}, 牛胜利^{1,2}

(1 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 深圳 518054; 2 中海石油深海开发有限公司, 深圳 518054)

摘要:数十年勘探实践表明, 珠江口盆地浅水区和深水区商业油气发现呈现“北油南气”的分布格局; 随着浅水区中深层勘探不断深入, 珠江口盆地珠一坳陷惠州凹陷惠州 26-6 构造在中生界潜山和古近系获得首个凝析气规模商业发现, 引起了大家对珠江口盆地浅水区天然气资源潜力的关注。为客观有效评价珠江口盆地浅水区油型烃源岩生气潜力, 选取了惠州 26-6 文昌组半深湖相暗色泥岩样品(Ⅱ₁型)进行了半开放体系下热压模拟实验, 研究了珠一坳陷惠州凹陷惠州 26 洼油型烃源岩在生油气高峰阶段和在不同演化阶段的产油气率, 综合分析了惠州 26 洼油型烃源岩的生排烃模式及生烃潜力; 并从烃源岩热演化程度、烃源岩生气潜力及优势汇聚方向等方面分析了惠州 26-6 油气田的成藏条件。

关键词:热压模拟实验; 生排烃模式; 半开放体系; 惠州 26-6; 珠江口盆地

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.224

0 引言

珠江口盆地处于南海北部边缘盆地东北部, 主要由北部隆起带、北部坳陷带、中央隆起带、南部坳陷带和南部隆起带等 5 个构造单元所构成, 北部坳陷带和中央隆起带之间的负向构造单元即珠一坳陷^[1-4]。多年勘探实践表明, 南海北部大陆边缘油气田分布呈“北油南气”格局, 即处于南海内部大陆边缘北带的北部湾盆地和珠江口盆地北部坳陷带分布的主要是石油, 处于南带的珠二坳陷和琼东南盆地主要形成天然气。前人研究认为^[5-7], 珠江口盆地油气资源分布受源热耦合作用共同控制, 烃源岩类型制约了凹陷的生烃潜力, 烃源岩的热演化程度和过程控制着油气的分布。惠州凹陷位于珠江口盆地北部坳陷带珠一坳陷中部, 是珠江口盆地最富油气分布区之一, 三级地质储量油气比例悬殊, 原油三级地质储量占比 97% 以上, 且规模原油发现以

文昌组半深湖相油型烃源岩贡献为主^[8-9]。

2019 年底, 在惠州凹陷南部惠州 26-6 构造中生界潜山和古近系获得高气油比的油气田, 气油比为 1 381~1 425 m³/m³, 凝析油含量 659~682 cm³/m³, 干燥系数普遍较低, 介于 0.67~0.88, 属于湿气, 且钻遇能代表惠州 26 洼典型半深湖相油型烃源岩, 这使我们意识到利用惠州 26-6 典型半深湖相油型烃源岩进一步评价惠州凹陷烃源岩生烃潜力的重要性, 尤其生气潜力。

评价烃源岩生烃潜力是含油气盆地区带地质评价中的重要内容之一, 实验室热压模拟实验是评价烃源岩生烃潜力的重要手段之一。热压模拟实验按体系封闭程度可以开放、封闭和半开放 3 种方式^[10-12], 第 1 种开放体系采用原样分温阶连续加热法, 每个温阶生成的油气全部离开反应体系, 再对气体的地化特征进行分析, 可以完全反映烃源岩的生烃情况, 但无法考虑压力对生烃过程的影响; 第 2 种封闭体系采用原样单温阶加热法, 样品和生成的油气未脱离反应体系, 可以模拟源岩的最大生气量, 但不适用于原油模拟实验研究; 第 3 种半开放体系是一种通过设定排驱压力, 原样单温阶加热法, 不仅考虑了有机源岩在地质条件下受到的静水压力和上覆岩石压力的共同作用, 还可模拟烃源岩全

收稿日期: 2020-12-31

资助项目: 中海石油有限公司重大生产科研项目“珠江口盆地(东部)浅水区古近系油气成藏条件及勘探突破方向”(SCKY-2020-SZ-21)

作者简介: 史玉玲(1987—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事石油地质、盆地模拟与油气成藏方面的研究工作. E-mail: shiy15@cnooc.com.cn

岩样的生烃过程, 中国石油化工股份有限公司无锡石油地质研究所研制了一套半开放体系的模拟实验设备。

为了客观评价惠州 26-6 供烃源岩的生气潜力, 本文在对惠州 26 地区钻遇主力烃源岩地化特征分析的基础上, 通过对烃源岩半开放体系热压模拟实验对烃源岩生烃过程进行了分析, 建立惠州 26-6 供烃源岩在不同演化阶段产烃率、产气率、产油率、残余油产率、排出油产率。

1 地质概况

根据烃源岩厚度、沉积充填结构等, 文昌期珠江口盆地珠一坳陷划分为 22 个洼陷, 其中惠州凹

陷发育惠州 26 洼、西江 30 洼、西江 24 洼等 11 洼陷(图 1), 从下而上发育古近系文昌组、恩平组、珠海组、新近系珠江组、韩江组、粤海组、万山组及第四系地层^[13], 其中文昌组和恩平组为 2 套有效烃源岩, 文昌组发育典型的湖相、扇三角洲相、辫状河三角洲相和近岸水下扇相, 其中文昌组湖相烃源岩为主力烃源岩。下文昌组沉积期, 沉积沉降中心处于凹陷西南部惠州 26 洼, 发育半深-深湖相烃源岩, 文四段沉积期湖盆达到最大, 半深-深湖相发育规模最大以暗色泥岩为主; 上文昌组沉积期, 沉积沉降中心由 SW 向 NW 迁移, 湖盆收缩, 浅湖-半深湖相烃源岩发育。恩平组发育浅湖-沼泽相烃源岩, 属于煤系地层, 为凹陷重要烃源岩。

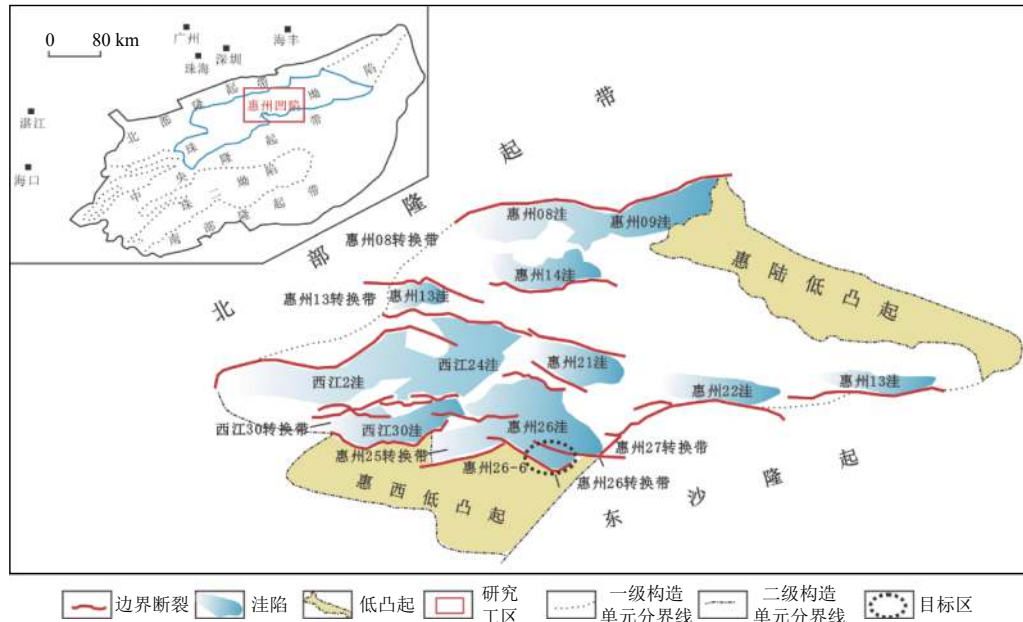


图 1 珠一坳陷惠州凹陷基底纲要图

Fig.1 Basement outline of Huizhou Depression, Zhu I Depression

2 烃源岩特征

惠州 26 洼周边钻井揭示下文昌组文四段半深湖-深湖相烃源岩, 有机质丰度高, TOC 主体 2.5%~6.3%, 有机质类型以 I-II₂ 型为主(图 2), 具备较高的生油气潜力。H6-6 井钻遇文昌组烃源岩生物标志化合物特征表现为低 C₂₄ 四环萜烷、低奥利烷 OL、低双杜松烷 T、C₃₀ 4-甲基甾烷含量丰富的特点, 属于典型半深-深湖相烃源岩, 高等植物贡献较弱, 以低等水生生物贡献为主, 与恩平组浅湖-沼泽相烃源岩生物标志化合物特征有较大差异(图 3);

经前人油源对比发现, 惠州 26-6 构造现已发现油气以文昌组半深-深湖相油型烃源岩贡献为主^[13]。

3 烃源岩样品和实验方法

3.1 烃源岩样品

半开放体系下热压模拟实验的样品应选择成熟度低、有机质丰度和有机质类型具有代表性, 由此选取惠州 26 洼文昌组典型半深-深湖相(II₁型)暗色泥岩样品 2 000 g, 混合均匀后取 10 g 进行岩石热解分析(表 1), 经与泥岩井壁心数据对比, 有机

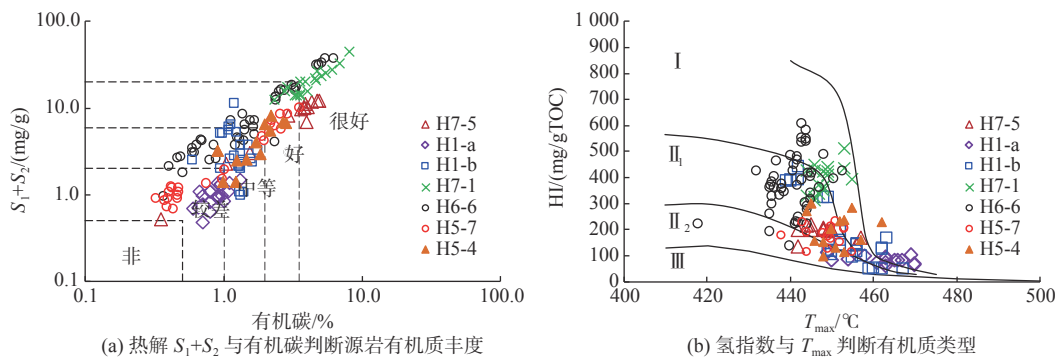


图 2 惠州 26 洼周周边钻遇文昌组烃源岩地化特征

Fig.2 Geochemical characteristics of source rocks drilled in Wenchang Formation around Huizhou 26 depression

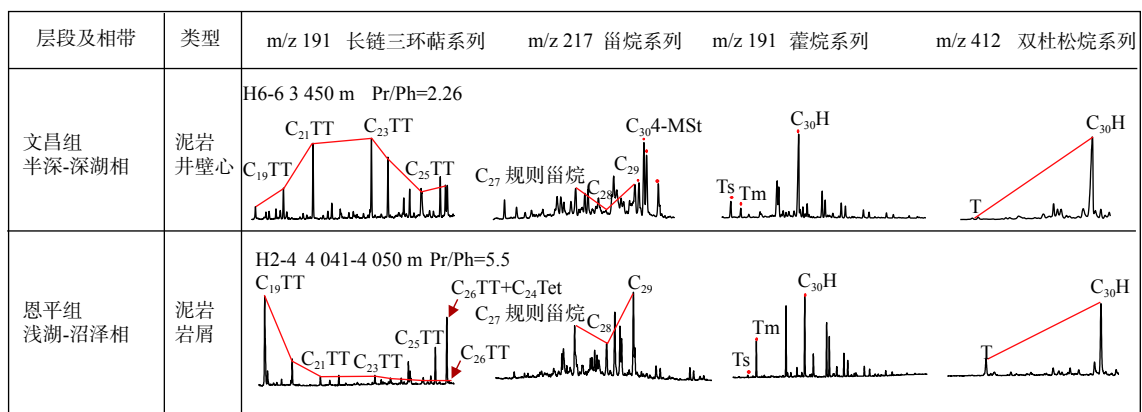


图 3 文昌组典型半深-深湖相烃源岩与恩平组浅湖-沼泽相烃源岩生标特征对比

Fig.3 Comparison of biometric characteristics between typical semi-deep-lacustrine source rocks of Wenchang Formation and shallow lacustrine source rocks of Enping Formation

表 1 样品基本参数

Table 1 Basic sample parameters

样品	层段	深度/m	沉积相	岩性	样品量/g	TOC/%	$T_{max}/^{\circ}C$	$S_1/(mg/g)$	$S_2/(mg/g)$	$S_1+S_2/(mg/g)$	HI/(mg/gTOC)	$R_o/\%$
H6-6原样	文四段	3450	半深-深湖相	深褐色泥岩井壁心	10	5.51	443	3.53	33.17	36.70	601	0.62
H6-6混合样	文四段	3456~3468	半深-深湖相	深褐色泥岩岩屑	10	4.78	443	5.01	26.20	31.21	548	0.59

质丰度、类型和成熟度具有相似性,且属于低成熟烃源岩,基本满足实验需求。

3.2 实验方法

生烃模拟实验为揭示烃源岩的生烃过程、生烃机理及资源评价提供了重要手段。前人选取珠江口盆地珠一坳陷有代表性的陆丰凹陷泥岩(I-II₁)样品进行了在封闭体系下热压模拟实验,研究了I-II₁型烃源岩在生油气高峰期和不同演化阶段的产油气率^[12]。事实上,实际地质条件下烃源岩的生排烃过程既不是完全封闭,也不是完全开放的,而是边生边排的半开放体系,因此,本次热压模拟实验采用无锡石油地质研究所研制半开放体系DK-III地层孔隙热压生排烃模拟实验系统,能模拟地质条件下烃源岩的生烃及全自动幕式排烃过程^[14]。

该实验系统通过液压支柱给模拟岩心加压和高压泵向反应釜腔体注水,来模拟源岩在地质条件下受到的上覆岩石压力和静水压力;实验设备处于一个封闭状态,当实验开始前设置对应排驱压力,随着温度增加,体内压力增加,当压力达到排驱压力时排烃,体系内压力释放,阀门关闭继续增温增加,依次循环。为了研究惠州 26 洼油型烃源岩从成熟→成熟→过成熟干酪根演化阶段的生排烃模式,热压模拟温度设置 250、300、350、375、400、450、500、550 °C 等 8 个温度点,样品粒度和重量: 1~10 mm 的样品颗粒,每个温度点岩样重量 100~150 g,快速升温至 200 °C 后,采用 60 °C/h 升温速率升温至各温度点对应的流体压力,恒温 48 h;为尽可能符合地下条件,地层水介质根据珠一坳陷文昌组水分析资料进行配比(表 2)。结合惠州 26 洼

表2 珠一坳陷文昌组水分析数据

Table 2 Water analysis data of Wenchang Formation in Zhu I Depression

层位	文昌组	层位	文昌组
PH	6.97	Sulfate, SO ₄ ²⁻	221.748 4
Specific Gravity @ 60 °F	1.023 7	Bicarbonate, HCO ₃ ⁻	844.479 4
Conductivity@25 °C	54.2	Carbonate, CO ₃ ²⁻	0
Calcium, Ca ²⁺	1 120.2	Hydroxide, OH ⁻	0
Magnesium, Mg ²⁺	190.8	Salinity	31.544 35
Iron, Fe	4.856	Total Solids(calculated)	33 899.93
Barium, Ba ²⁺	0	Ionic Strength	0.593 952
Sodium, Na ⁺	10 756.46	Total Alkalinity	692.196 3
Potassium, K ⁺	1 149.8	Viscosity at 20 °C	0.984 721
Chloride, Cl ⁻	19 611.58		

虚拟井点埋藏史及埋深,地层流体压力设置为 25、30、33、35、38、40、43、45 MPa 共 8 个压力点,上覆静岩压力设置为 60、72、79、84、91、96、103、108 MPa 共 8 个压力点,同时阀门排烃压力设置为从室温常压均匀增加至各温度点对应的地层流体压力。实验结果:总油产率、残留油产率、烃气体积产率、烃气质量产率和残余岩样品。

4 实验结果及讨论

4.1 实验结果

根据上述实验方法,对所选泥岩样品进行了 8 个温度点热压模拟实验,通过抽提、称重和仪器分析,得到每个温度点的总油产率、残留油产率、烃气体积产率、烃气质量产率,实验结果如表 3 所示。

4.2 惠州 26 洼文昌组泥岩 (II₁ 型) 油气产率演化特征

II 型干酪根为混合型生烃母质,脂碳类化合物

为 60%~71%,芳碳为 29%~40%,脂碳中的油潜力碳高于气潜力碳,这基本反映混合型母质既生成部分的原油,又生成部分天然气,且以生油为主的特点^[15]。II₁ 型泥岩在生烃窗范围以生油为主,生油门限和主生油期对应的 R₀ 相对较高。将不同温度点对应的烃源岩 R₀ 值与总油产率、残留油产率、烃气体积产率、烃气质量产率绘成二维图,得到惠州 26 洼文昌组泥岩 (II₁ 型) 生排烃模式图,由表 3 和图 4a 可得:

(1) 在 R₀ 为 0.70%~1.0% 左右时,总烃产率急剧增加,为主要产油阶段,文昌组烃源岩样品的总油产率及残余油产率均在 R₀ 为 1.0% 时达到顶峰,总产油率最高可达到 477.86 kg 烃/tc,此后总油与烃源岩中滞留油产率的演化态势整体较为一致,随着 R₀ 的增加呈现先升后降变化规律,原油产率降低主要发生于 R₀ 在 1.0%~3.5% 之间,并以 1.0%~2.5% 内降低幅度最大。这种原油产率迅速降低的现象主要与滞留油在高温阶段的大量裂解有关。

(2) R₀ 约为 1.0%~1.3% 时,产气率急剧增加,产油量急剧减少; R₀>1.0% 时,产气率缓慢增加,

表3 惠州 26-6 典型半深湖-深湖相烃源岩半开放体系下热压模拟实验产烃率数据

Table 3 Hydrocarbon production rate data from thermocompression simulation experiment of typical semi-deep lacustrine and deep lacustrine source rocks for Huizhou 26-6 in semi-open system

井号	深度/m	岩性	编号	重量/g	温度/°C	总油产率 kg/tc	残留油产率/ (kg/tc)	排出油产率/ (kg/tc)	烃气体积产率/ (m ³ /tc)	烃气质量产 率/(kg/tc)	总产烃率/ (kg/tc)
H6-6井	3456 ~ 3468	文昌组 II ₁ 型 深褐色泥岩 岩屑	1	125	250	262.04	233.01	29.04	0.97	1.63	263.67
			2	125	300	271.97	245.69	26.29	10.28	17.02	289.00
			3	125	350	477.86	416.27	61.59	47.69	68.02	545.88
			4	125	375	332.74	164.68	168.06	105.43	147.65	480.40
			5	125	400	228.12	64.84	163.28	172.82	238.57	466.69
			6	125	450	161.86	15.66	146.20	261.83	272.93	434.78
			7	125	500	151.52	1.59	149.93	345.20	286.31	437.83
			8	125	550	146.76	0.88	145.88	425.33	327.32	474.08

注: kg/tc 表示 kg/t 有机碳

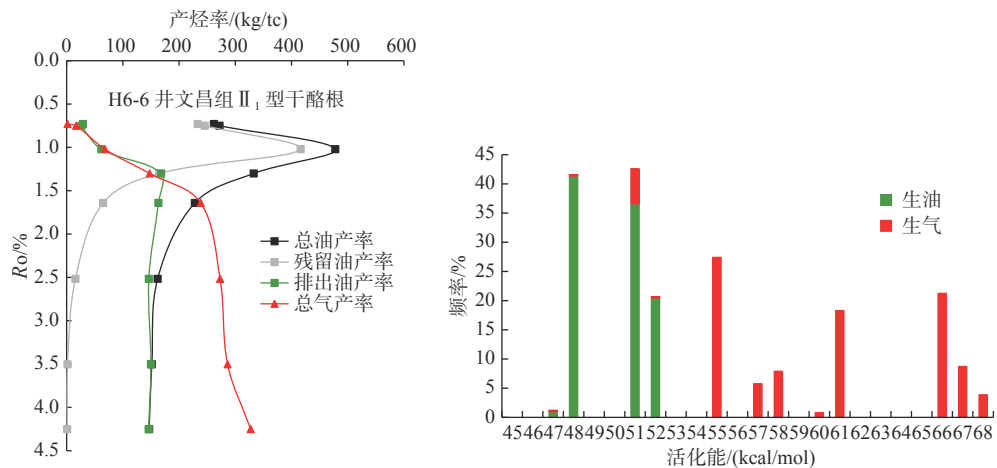


图 4 惠州 26 洼文昌组泥岩 (II₁) 半开放体系热压模拟下生烃动力学模式

Fig.4 Hydrocarbon generation kinetics model of thermal pressure simulation for mudstone Wenchang Formation in semi-open system

为主要产气阶段; R_o 为 4.25% 左右时, 产气率最高可达到 327.32 kg 烃/tc, 总烃产率可达到 474.08 kg 烃/tc。

(3) 烃源岩初次排烃常以幕式排烃方式实现, 本次实验可模拟全自动排烃过程。实验结果表明 (图 4a), 文昌组烃源岩排油时间整体早, 自烃源岩至成熟门限 ($R_o=0.5\%$) 便开始陆续排烃, 烃源岩排油期几乎与生油期一致, 主力排油期对应的 R_o 范围为 0.5%~1.3%, 即烃源岩低—中等成熟阶段。相比较低熟阶段, 烃源岩在中等成熟阶段 (R_o 介于 0.7%~1.3%) 的排油效率增长速率明显增加, 但在 R_o 达到 1.3%, 即烃源岩进入高熟阶段以后, 其排油效率逐渐稳定, 几乎未有原油继续排出。本次实验获得的烃源岩排出油产率最大可达 168 kg/tc, 仍有相当规模生成的原油因无法克服毛细管阻力而滞留于烃源岩中。

(4) R_o 约为 0.50%~0.73% 时, 生成的低成熟油含有较多非烃和沥青质, 难于排出源岩, 为残余油高含量时期, R_o 约为 0.73% 时, 产残余油率可达到 233.01 kg 油/tc。

在半开放体系下, 文昌组烃源岩样品天然气产率整体较高且生气期较为持久。实验结果显示 (图 4a), 文昌组烃源岩自生烃门限 ($R_o=0.5\%$) 至生烃潜力枯竭阶段 ($R_o=4.0\%$), 天然气累计产率始终不断增加, 最大产气率可达 452 kg/tc。当烃源岩 R_o 介于 0.7%~2.0%, 即中等—高熟阶段时, 其天然气产率增加幅度最大。而 R_o 介于 2.0%~4.0% 时, 天然气产率相对稳定, 仅呈现缓慢增加的态势。由于半开放体系难以避免地存在原油裂解现象, 因此,

本次研究获得的天然气产率一定程度上受中等—过成熟阶段滞留油的裂解影响。

4.3 生烃动力学模型

烃源岩生烃是非常复杂的过程, 由于技术及认识的局限, 对一些化学反应目前仍然缺乏透彻的理解, 任何动力学模型都只能在假定条件下计算生烃动力学参数的 (近似) 值。生烃动力学参数涵盖指前因子 (A) 与活化能 (Ea) 分布, 本次研究应用 Kinetic 2000 软件完成生烃动力学参数计算, 选择应用最为广泛的、活化能离散分布且指前因子单一的“平行一级反应模型”进行计算, 基于前人研究^[16], 将 Ea 的分布间隔设置为 1 kcal/mol, 从而建立了研究区半封闭体系下生烃动力学模型 (图 4b), 文昌组 II₁ 型半深湖相泥岩样品的生油活化能分布较局限, 介于 47~52 kcal/mol, 主峰位于 48 kcal/mol, 平均 49.9 kcal/mol。相比之下, 文昌组烃源岩生气活化能的分布范围较广, Ea 在 51~68 kcal/mol 内均有分布, 并呈现双峰型, 主峰分别为 55、66 kcal/mol, 生气活化能远高于生油活化能, Ea 平均值达 60.1 kcal/mol。

5 天然气潜力及有利勘探区预测

资源评价方法主要分为地质类比法、成因法和统计法 3 大类。本文基于盆地模拟成因法评价, 惠州凹陷文昌组烃源岩在约 16 Ma 已经部分达到成熟阶段, 10 Ma 左右惠州 26 洼、惠州 21 洼、西江 24 洼、惠州 14 洼、西江 23 洼烃源岩已经达到成

熟—高成熟阶段, R_o 约 1.25%。生烃模拟实验研究表明, 油型烃源岩(II₁型) R_o 处于 1.0%~1.3% 时生气率急剧增加, $R_o > 1.25%$ 后进入主生气阶段。由此推测, 惠州凹陷油型烃源岩具有一定生气潜力, 惠州 26 洼为惠州凹陷最具有生气潜力洼陷, 超千亿方。

由于构造活动, 烃源岩沉积环境具有较大差异性, 不同层系不同洼陷烃源岩生烃能力亦有非均质性。本文应用“源-汇-聚”评价体系^[17-20] 在惠州凹陷油型烃源岩区开展源-汇-聚综合评价分析油型气

成藏条件及资源潜力, 即在“源控论”基础上确定油型凹陷气源分布, 根据油气汇聚流体势能, 确定油型气汇聚强度和方向, 最终确定有利区带及圈闭。根据惠州凹陷文昌组烃源岩顶面划分为 13 个运汇单元(图 5), 对其汇聚天然气资源量对排序, 天然气资源富集程度: 1 号 > 11 号 > 2 号 > 5 号 > 13 号 > 7 号 > 4 号 > 6 号 > 10 号 > 9 号 > 12 号 > 8 号 > 3 号, 其中惠西南惠州 26 潜山构造带 H6-6 所处的 1 号运汇单元为最有利汇聚单元, 汇聚天然气地质资源量超千亿方, 成藏条件优越。

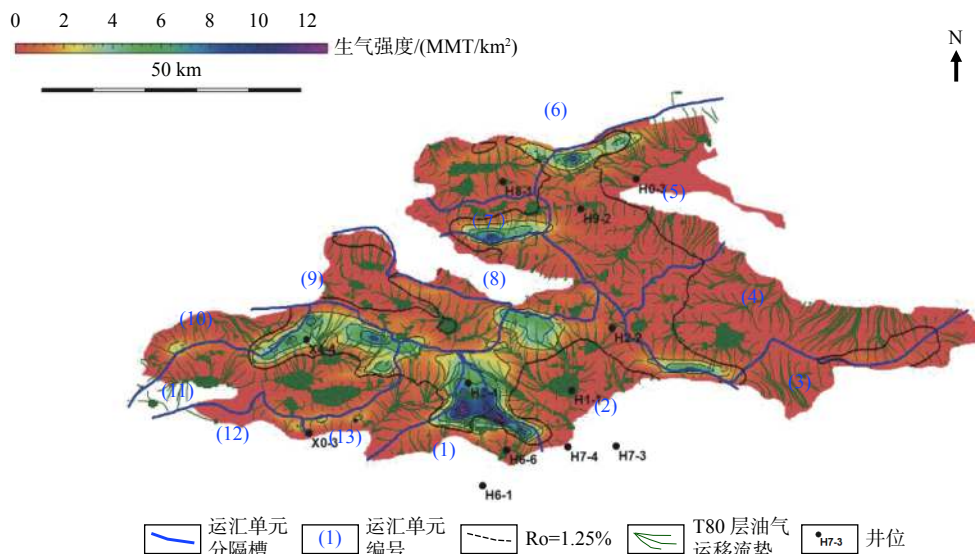


图 5 惠州凹陷文昌组现今生气强度与文昌组顶面 T80 运汇单元叠合图

Fig.5 Superposition diagram of current gas generation intensity and transport sink units for the top of Wenchang Formation T80 in Huizhou depression

6 结论

(1) 半开放体系下热压模拟实验表明, 惠州 26-6 半深-深湖相暗色泥岩具有较强的生烃潜力, 产烃量最高可达 545.88 kg/tc, 主生油期(0.7%~1.0%)相对集中; 在成熟—高成熟阶段(1.0%~1.3%)产气率急剧增加, 产油量急剧减少; 在 R_o 达到约 1.25% 时, 惠州 26 洼油型源岩具有一定产气潜力, 其产气率约 130 kg/tc; 根据半开放体系下生烃动力学模型计算, 惠州 26 洼为惠州凹陷最具有生气潜力洼陷, 超千亿方。

(2) 本文利用源-汇-聚评价思想, 对惠州凹陷文昌组烃源岩生气潜力进行了分带评价, 分析认为文昌组烃源岩多处于成熟—高成熟阶段, 其中惠州 26、惠州 21、西江 24、惠州 14、西江 23 等洼陷的中心热演化程度相对较高, 开始进入大规模生气阶段, 为惠州 26-6 构造中生界潜山和古近系油气田提供

了天然气来源动力; 同时亦说明珠江口盆地文昌组油型(II₁)烃源岩在达到成熟—高成熟阶段时具有生气潜力。

参考文献:

- [1] 陈长民, 施和生, 许仕策, 等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 施和生, 朱俊章, 姜正龙, 等. 珠江口盆地珠一坳陷油气资源再评价[J]. 中国海上油气, 2009, 21(1): 9-14.
- [3] 施和生, 代一丁, 刘丽华, 等. 珠江口盆地珠一坳陷油气藏地质特征与分布发育基本模式[J]. 石油学报, 2015, 36(2): 120-133.
- [4] 何家雄, 吴文海, 祝有海, 等. 南海北部边缘盆地油气成因及运聚规律与勘探方向[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(1): 7-17.
- [5] 张贺, 李雅君, 徐康宁, 等. 珠江口盆地恩平组烃源岩热压模拟实验及生烃条件[J]. 大庆石油地质与开发, 2018, 37(5): 36-42.
- [6] 张功成, 陈国俊, 张厚和, 等. “源热联控”中国近海盆地油气田“内油外气”有序分布[J]. 沉积学报, 2012, 30(1): 1-19.
- [7] 张功成, 李友川, 刘世翔, 等. “源热联控”中国海油气田“近岸

- 油、远岸气”有序分布[J]. *中国石油勘探*, 2014, 19(5): 1-22.
- [8] 史玉玲, 侯读杰, 马宁. 惠州凹陷生烃潜力及油源对比[J]. *石油天然气学报*, 2011, 33(10): 15-19.
- [9] 朱俊章, 施和生, 邓宏文, 等. 珠江口盆地惠州凹陷古近系烃源岩层序地层学和地球化学研究[J]. *天然气地球科学*, 2007, 18(5): 709-714.
- [10] 米敬奎, 张水昌, 王晓梅, 等. 不同类型生烃模拟实验方法对比与关键技术[J]. *石油实验地质*, 2009, 31(4): 409-414.
- [11] 王治朝, 米敬奎, 李贤庆, 等. 生烃模拟实验方法现状与存在问题[J]. *天然气地球科学*, 2009, 20(4): 592-597.
- [12] 朱俊章, 施和生, 舒誉, 等. 珠江口盆地珠一坳陷典型烃源岩热压模拟实验: 生排烃模式及 TOC 恢复系数探讨[J]. *天然气地球科学*, 2006, 17(4): 573-578.
- [13] 田立新, 刘杰, 张向涛, 等. 珠江口盆地惠州 26-6 大中型泛潜山油气田勘探发现与成藏模式[J]. *中国石油勘探*, 2020, 32(4): 1-11.
- [14] 郑伦举, 秦建中, 何生, 等. 地层孔隙热压生排烃模拟实验初步研究[J]. *石油实验地质*, 2009, 31(3): 296-302.
- [15] 程克明, 熊英, 刘新月. 煤系源岩倾油倾气性研究[J]. *沉积学报*, 2004, 22(S1): 56-60.
- [16] BURNHAM A K. *Global chemical kinetics of fossil fuels*[M]. Switzerland: Springer, 2017: 312.
- [17] 施和生, 舒誉, 杜家元, 等. *珠江口盆地古近系石油地质*[M]. 北京: 地质出版社, 2017.
- [18] 施和生. 论油气资源不均匀分布与分带差异富集: 以珠江口盆地珠一坳陷为例[J]. *中国海上油气*, 2013, 25(5): 1-8.
- [19] 胡朝元. “源控论”适用范围量化分析[J]. *天然气工业*, 2005, 25(10): 25-27.
- [20] 施和生. 油气勘探“源—汇—聚”评价体系及其应用: 以珠江口盆地珠一坳陷为例[J]. *中国海上油气*, 2015, 27(5): 1-12.

THERMO-COMPRESSSION SIMULATION EXPERIMENT AND GAS GENERATION POTENTIAL ANALYSIS OF HUIZHOU 26-6 SOURCE ROCKS IN THE PEARL RIVER MOUTH BASIN

SHI Yuling^{1,2}, LIU Jie^{1,2}, WEN Huahua^{1,2}, LONG Zulie^{1,2}, NIU Shengli^{1,2}

(1 Shenzhen Branch of CNOOC (China) Co., Ltd., Shenzhen 518054, China; 2 CNOOC Deepwater Development Limited, Shenzhen 518054, China)

Abstract: Exploration practice in the Pearl River Mouth Basin suggests that the distribution of commercial oil and gas discoveries follow a pattern of “oil in north and gas in south”. With the progress in middle and deep exploration in the shallow water area, the first large-scale condensate gas reservoir was discovered in Mesozoic buried hills and Paleogene system of the Huizhou 26-6 structure in the Zhuyi Depression of the Pearl River Mouth Basin, which has raised people's attention to the natural gas resource potential in the shallow water area of the Pearl River Mouth Basin. In order to objectively and effectively evaluate the hydrocarbon potential of oil-type source rocks in shallow water area of the Pearl River Mouth Basin, the semi-deep lacustrine dark mudstone sample (Type II₁) of the Wenchang Formation in the Huizhou 26-6 was selected to conduct the thermo-compression simulation experiment under a semi-open system. The model of hydrocarbon generation and expulsion are analyzed synthetically with the hydrocarbon potential of the oil-type source rocks, based on the analysis of the peak stages of hydrocarbon generation and the study of oil and gas production rates at different evolutionary stages for the oil type source rocks in the Huizhou 26 sag. In addition, the forming conditions of Huizhou 26-6 oil and gas field are investigated from the aspects of thermal evolution of source rocks, gas potential of source rocks and dominant convergence direction.

Key words: thermo-compression simulation experiment; hydrocarbon generation and expulsion model; semi-open system; Huizhou 26-6; Pearl River Mouth Basin