

台西盆地地层沉积特征与成烃-成藏地质条件

张莉¹,雷振宇¹,许红²,帅庆伟¹,骆帅兵¹,钱星¹

(1. 国土资源部海底矿产资源重点实验室,中国地质调查局广州海洋地质调查局,广东 广州 510760;

2. 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室,青岛海洋地质研究所,山东 青岛 266071)

摘要:台西盆地是主体跨台湾岛与福建陆域之间的台湾海峡地区的中、新生代叠合盆地,在盆地东部及台湾岛已有相当的油气发现。在前人研究基础上,通过地震资料精细解释及海陆对比分析,开展了盆地地层分布、沉积特征及油气成烃成藏潜力研究。结果表明:盆地中-新生代地层发育,经历了白垩纪—始新世裂陷湖相、渐新世抬升剥蚀及中新世至今沉积、沉降3个阶段;发育下白垩统、古新统及始新统烃源岩,主要发育湖相、三角洲、水下扇和河道砂体等多种类型储集体;具有形成中型油气田的物质基础与较好的油气资源勘探发现潜力。

关键词:沉积特征;成烃成藏;油气勘探潜力;台西盆地

中图分类号:TE121

文献标识码:A

Sedimentary features and geological conditions for hydrocarbon generation and accumulation in Taixi Basin

Zhang Li¹, Lei Zhenyu¹, Xu Hong², Shuai Qingwei¹, Luo Shuaibing¹, Qian Xing¹

(1. Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Guangzhou Marine Geological Survey of the China Geological Survey, Guangzhou, Guangdong 510760; 2. Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao Research Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract: The Taixi Basin is a superimposed Mesozoic-Cenozoic basin located in the Taiwan Strait, with its main body lying between Taiwan Island and onshore Fujian. Large volume of hydrocarbon has been discovered in the eastern basin and Taiwan Island. Based on the previous studies, the study focused on stratigraphic distribution, sedimentary features and hydrocarbon generation potentials of the basin through fine interpretation of seismic data and marine-continental comparative analysis. The results show that evolution of the Mesozoic-Cenozoic basin could be subdivided into three stages, namely the Cretaceous-Eocene rift depression lacustrine stage, the Oligocene uplift denudation stage and the Miocene-present sedimentation and subsidence stage. Correspondingly, three sets of source rocks are developed in this basin including the Lower Cretaceous, Paleocene and Eocene source rocks. The reservoir types are mainly clastic rocks, such as lacustrine facies, delta, subaqueous fan and channel sands. Medium-sized oil-gas fields may develop in the study area due to its favorable geological conditions for hydrocarbon generation and accumulation, thus its hydrocarbon exploration potential is believed to be relatively high.

Key words: sedimentary characteristics, hydrocarbon generation and accumulation, potential for hydrocarbon exploration, Taixi Basin

台湾岛是中国油气勘探最早地区之一,清朝初期,已在苗栗地区发现油苗。1951—1970年共完成166口探井和开发井,深约4 000~5 000 m,先后发现了铁

砧山、宝山、青草湖和白沙屯等气田。随后在台湾海域钻探,在台西、鹿港、澎湖和新竹等钻探均获得成功。对台西盆地油气资源勘探始于20世纪50年代^{①②},国

收稿日期:2018-09-15;修订日期:2018-10-10。

第一作者简介:张莉(1965—),女,博士、教授级高级工程师,海洋地质、海洋石油地质。E-mail:zhangligms@qq.com。

基金项目:中国地质调查局研究项目(GZH2012005511);中国地质调查局地质调查二级项目(DD20160155)。

① 蒋炳铨.台湾海峡石油地质和工作情况调研报告[R].福建省地质矿产局,1988。

② 周昌范.台湾海峡西部石油地球物理普查及详查报告[R].广州海洋地质调查局,1991。

内许多学者对该盆地及其围区的基础地质条件及油气地质条件进行了探讨^[1-6],认为台西盆地地层以新生界为主,在盆地东部坳陷局部存在中生界^[7],新生界厚度最大接近 1×10^4 m^[8]。古近纪继承了白垩纪裂陷的基础并进一步张裂形成了陆缘裂陷,新近纪后期受前陆作用影响而最终形成现今叠合盆地的构造形态^[9-10]。古近纪裂陷期沉积环境主要以湖相沉积为主,随后逐渐转化为海陆过渡相及滨浅海相环境。截止目前,中国在台西盆地海峡中线西侧尚未钻井,台湾中油公司在东侧钻井5口^[11],其中C井于始新统钻获少量黑色重油,表明古近系具有一定的油气潜力。但对该区地质条件认识较薄弱,制约了油气勘探进程。因此,在前人研究的基础之上,本文重点针对已有地震资料进行综合解释,通过与福建陆域海陆对比研究,分析探讨研究区地层、沉积特征及成烃成藏潜力。

1 区域地质概况

台西盆地是欧亚被动大陆边缘的一部分,主体位于台湾海峡,并东延至台湾岛西部陆域平原区(图1),是一个中、新生代叠合沉积盆地,面积约 4×10^4 km²。台西盆地的形成既受东海和南海盆地的影响,也与中央山脉碰撞造山带密切相关^[12-14];历经新生代断陷-坳陷-前陆复杂演化过程,最终到达现今位置。盆地区域平均水深80 m,具有东西分带的特征,构造区划为东部坳陷、西部坳陷两个一级构造单元,后者又分为晋江凹陷和九龙江凹陷(图1)。

2 露头、井-震地层沉积特征

2.1 综合地层-沉积特征

综合露头、井-震资料进行福建东南沿海-台西盆地-台湾岛综合地层对比(图2),可见中生界主要分布于福建陆域与台西盆地东部坳陷,新生界分布广泛且沉积厚度较大,可分为西部与东部两大坳陷区;西部坳陷位于大陆一侧,发育两个沉积中心:分别是晋江凹陷和九龙江凹陷,二者由澎湖凸起相隔,最大沉积厚度8 400 m;东部坳陷沉积中心位于新竹凹陷,最大沉积厚度也超过8 000 m。

2.2 地震地层解释

以地震地层学理论为依据,参考邻区钻井及露头资料,解释分析九龙江凹陷各地震反射层特征,区分为

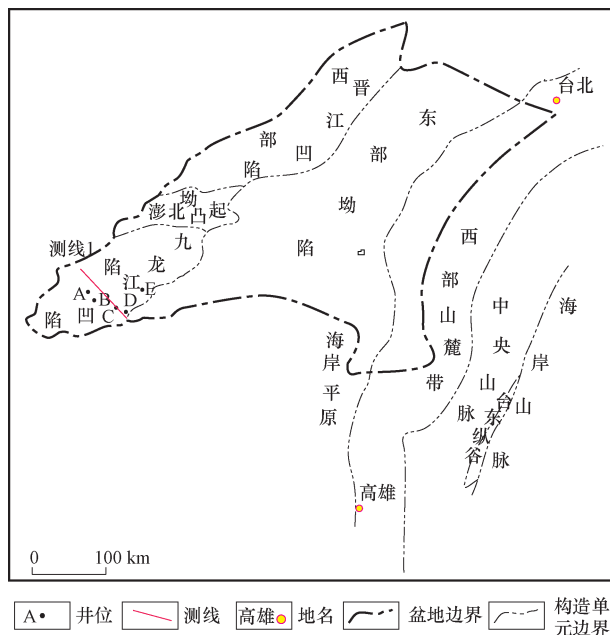


图1 台西盆地位置

Fig. 1 Location of the Taixi Basin

7个不整合反射界面,自上而下分别为: $T_0, T_3, T_6, T_8^1, T_8^2, T_8^3, T_9$ 和 T_g (图3);从下往上依次为前新生代(?— T_g)、古新统(T_g — T_9)、始新统(T_9 — T_6),下始新统(T_9 — T_8^3)、中始新统(T_8^3 — T_6)、中新统(T_6 — T_3)、上新统一第四系(T_3 — T_0),井-震对比综合柱状图(图4)。

2.3 地层特征

前白垩系:北港四口井揭示深灰-灰绿色砂岩和页岩,致密坚硬,部分含钙,无化石,厚258 m。

白垩系:在澎湖-北港隆起边缘钻遇,称云林组。岩性灰白-灰色长石砂岩、细砂岩、粉砂岩、暗灰色页岩及褐色灰岩等,夹少量火山碎屑岩;含早白垩世纽康姆期至阿普第期瓣鳃类、菊石以及钙质超微化石。钻厚63~1 000 m,上覆古新世-上新世的不同时代地层。位于北港西侧的WH-1井钻厚约1 000 m下白垩统,以深灰-黑色页岩(厚约500 m)和砂岩为主,夹厚约87 m鲕状灰岩,见油迹。

福建陆域白垩系发育完整,下白垩统与下覆呈角度不整合接触,受晚白垩世-古近纪早期的燕山Ⅲ幕运动及之后喜马拉雅运动影响裸露地表,上部为巨厚紫红色陆相火山岩系,自下而上为黄坑组、寨下组。上白垩统以丽水-政和-大浦断裂为界分带,西部发育赤石群(K_2c),新城著名的丹霞地貌,自下而上为均口组、沙县组、崇安组;东部火山为喷发沉积,发育石牛山组(K_2sh)^①。

① 张莉,林珍,易海,等. 台湾海峡西部与福建陆域油气资源调查与评价成果报告[R]. 广州海洋地质调查局,2013。

古新统:在澎湖-北港隆起边缘被揭示,称为王功组。主要由浅海相的火山碎屑岩、页岩、砂岩和少量灰

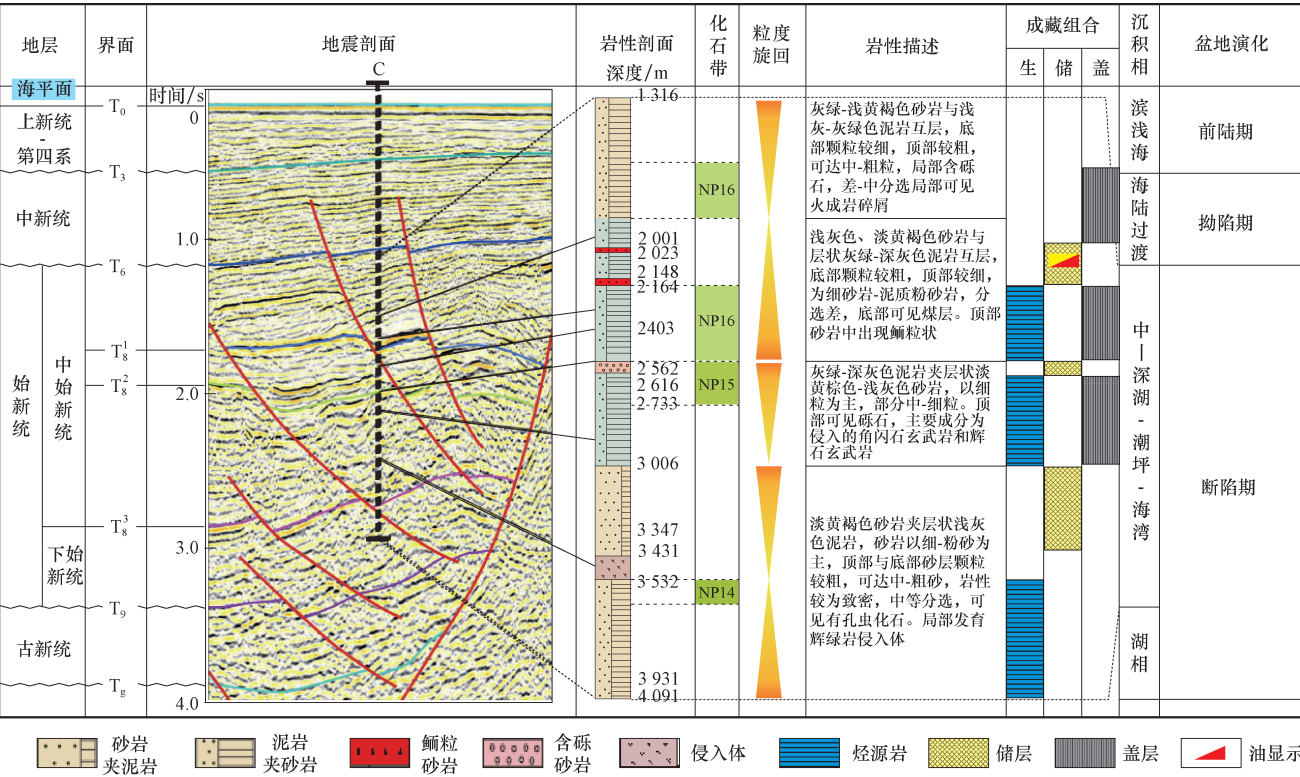


图 4 台西盆地 C 井及相邻地震剖面对比综合柱状图

Fig. 4 Composite column comparing the seismic profile of Well C in the Taixi Basin with those of adjacent areas

岩组成,局部夹熔岩。含有孔虫化石(相当 P4 化石带)和钙质超微化石(相当 NP5 - NP8 化石带)^[13],钻遇厚度为 200 ~ 2 900 m。

始新统:在北港隆起及海峡东部拗陷的钻井中见到,为一套伴有较多火山物质的滨、浅海相沉积,由火山碎屑岩、页岩、砂岩、夹基性熔岩和灰岩组成,局部夹砾岩层,具有分选较好的砂岩层。在澎湖台地周围,可能由于火山物质的大量增加,结果造成该区的始新统基本上变为非海相成因的巨厚红色页岩和凝灰岩沉积(双吉组)。其中海相层含有 NP10 - 17 带的钙质超微化石^[13]。钻遇厚度为 100 ~ 518 m。目前已在 C 井始新统砂岩中,钻获工业油气流。

渐新统:在区内东部拗陷缺失渐新统下部,渐新统上部称五指山组,其岩性为灰、灰白色厚层粗粒石英砂岩,夹薄层深灰色页岩和煤层,部分胶结疏松的砂岩为较好的油气储集层,已有油气显示。该组含 NP23 - 25 钙质超微化石,厚度为 143 ~ 1 200 m,与下伏始新统或其它老地层呈不整合接触,其上为中新统整合覆盖。

中新统:于全区广泛分布,钻井揭示其为一套厚度较大的滨海-浅海相含煤碎屑岩建造,全部厚度约在 2 850 ~ 7 850 m。具有明显的 3 个沉积旋回,每一个沉积旋回都由下部滨海相含煤地层和上部海相碎屑岩地层组成。每一个含煤地层厚度在 300 ~ 700 m,其岩性

由灰白色砂岩、砂岩-粉砂岩-页岩薄互层、炭质页岩组成,含有厚度在 0.3 ~ 0.6 m 的可采煤层 1 ~ 6 层;每一个海相地层一般厚度为 500 ~ 700 m,主要由深灰色页岩、粉砂岩和浅青灰色细-中粒砂岩等组成,富含海相化石。三个沉积旋回,由下而上,分别划分为野柳群、瑞芳群、三峡群 3 个地层单元,是目前台湾地区重要的 3 个含煤地层和油气储层。

上新统:为一套海相砂、泥岩互层沉积,按岩性组合和古生物特征,可划分为下部锦水组和上部卓兰组,上部地层时代已延至更新世早期。

第四系:为一套海相-海陆交互相碎屑沉积,可分为中-下更新统、中-上更新统和全新统。

3 成烃-成藏地质条件

台西盆地东部拗陷带、西部凹陷带和福建陆域沉积盆地具有相似的地层-沉积演化特征,它们的油气地质与成藏地质条件具有一定的横向可比性,具体分析如下。

3.1 烃源岩特征

台西盆地存在 3 套烃源岩,从老到新分别为白垩系-古新统、始新统、中新统-上新统,这 3 套地层

都是具有一定潜能的生油岩;它们的烃源岩地球化学特征见表1。

3.1.1 中生界烃源岩特征

据台西盆地新竹坳陷北港西万兴1井资料,下白垩统深灰色-黑色页岩 R_o (镜质体反射率)为0.626%~1.69%,表明该井揭示早白垩世页岩处于成熟-过成熟阶段;该井下白垩统顶界深度1420 m^[15],推测生油门限深度1400 m。

从福建陆域中生代盆地来看,暗色泥岩分布广泛。其中早白垩世暗色泥页岩主要发育于闽西的坂头组(K_1b)和闽东的小溪组(K_1x)。岩性以灰、灰黑色(炭质)泥岩、泥页岩夹砂岩为主(图5)。坂头组为断陷盆地湖泊相沉积,小溪组主要为山间盆地河流-湖泊相沉积。早白垩世继承了晚侏罗世的沉积格局,但局部也有较大变化。从有机地化指标来看, TOC (有机碳含量)含量变化较大,其中煤系地层 TOC 介于14.06%~45.49%,平均为31.25%;暗色(炭质)泥(页)岩 TOC

介于0.01%~1.22%,平均0.68%;干酪根类型多数为Ⅲ型,少部分为Ⅱ型。 R_o 总体分布在2.25%~3.42%,平均为2.61%,处于过成熟演化阶段。生烃潜量(S_1+S_2)普遍较低,介于0.02~0.23 mg/g,平均为0.09 mg/g。总体来看,下白垩统烃源岩大部分属中等-好烃源岩类型。

3.1.2 新生界烃源岩特征

1) 古新统烃源岩特征

钻井资料表明,晋江凹陷东南边界外缘CCT-1井古新统王功组烃源岩产气为主,厚约500 m, R_o 为1.0%,已处于成熟阶段,有机质类型为Ⅲ型^[11,16]。类比推测研究区古新统可能烃源岩有机质也为Ⅲ型,总体评价烃源岩中等-较好。

从调查区地震剖面看,古新统地震反射总体呈中高频、平行-亚平行、中-高连续、弱-中强反射地震相特征。在九龙江和晋江凹陷中央局部出现的中低频、亚平行、中连续、中-弱反射(图3),推测其可能为

表1 台湾岛及台西盆地烃源岩地化特征统计

Table 1 Statistics of source rock geochemical features for Taiwan Island and Taixi Basin

地层		沉积相	岩性	$TOC/\%$	$(S_1+S_2)/$ ($mg \cdot g^{-1}$)	$R_o/\%$	干酪根 类型	代表井
中新统	南庄组		煤系	0.88~0.91(0.89)		0.5~1.5		观音-1、 杨梅-2
	南港组	观音山组					Ⅲ	白沙屯-3、 锦水-76
		打鹿组	海相页岩	0.21~2.02(0.77)				
		北寮组	海相页岩	0.57~0.83(0.70)				
	石底组		煤系	0.41~1.45(0.76)			Ⅲ	观音-1、 河口-4、 CB-x、 CB-y
	大寮组		页岩	0.62~0.76(0.69)			Ⅲ	CB-x
	木山组		煤系	0.50~1.42(0.88)			Ⅲ	观音-1、 河口-4、 平镇-2、 锦水-76、 CB-x
渐新统	五指山组		泥岩夹煤层	0.23~1.81(0.85)				CB-x、 CB-y、 山子脚-2
始新统	双吉组		泥页岩	0.87~2.65(1.43)		0.6~1.0 (九龙江)	Ⅱ-Ⅲ	台湾中央 山脉西坡
古新统	王功组		泥页岩	1.26~1.52(1.37)		0.6~2.4	Ⅲ	东海陆架 南部温州 6-1-1
白垩系		海相和海陆交互相	泥岩和煤系	0.36~1.13(0.71)	0.128~0.64	0.62~1.69	Ⅲ	北港-2、 万兴-1

注: TOC 数据为最大值-最小值(平均值)

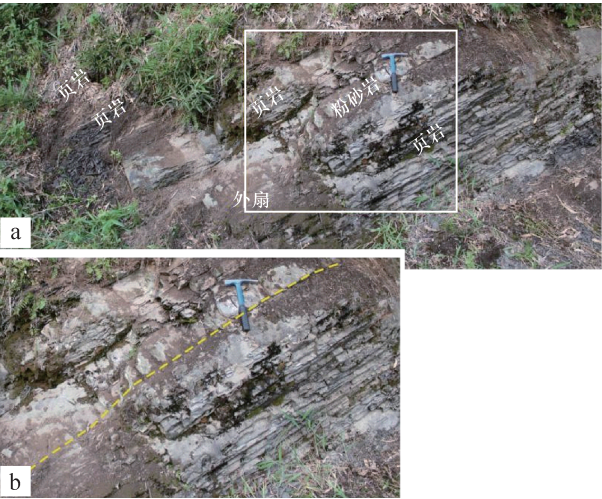


图 5 福建永安吉图山下白垩统暗色泥页岩
Fig. 5 Dark shale of the Lower Cretaceous in Yong'anjiu, Fujian province
a. 野外露头全景照片; b. 局部放大照片

湖相泥岩或粉砂质泥岩,这类泥岩较纯,应被视为较好烃源岩。

2) 始新统烃源岩特征

九龙江凹陷南部的 C 和 D 井烃源岩有机地化评估指标表明(图 6),始新统泥岩 TOC 为 $0.07\% \sim 7.9\%$,变化范围较大;其中 $2\,100 \sim 2\,500\text{ m}$ 深度 TOC 为 $2.11\% \sim 7.90\%$, S_2 为 $8.13 \sim 24.92\text{ mg/g}$, R_o 为 $0.46\% \sim 0.59\%$,生产指数(PI)为 $0.02 \sim 0.08$ 。根据 HI (氢指数)与 T_{max} (热解峰温)图版投点可以看出,该烃源岩以产油为主(图 7)。在地震剖面上,始新统最大厚度超过古新统,底部为中振幅较连续地震反射,可能是本区重要的生油岩之一。

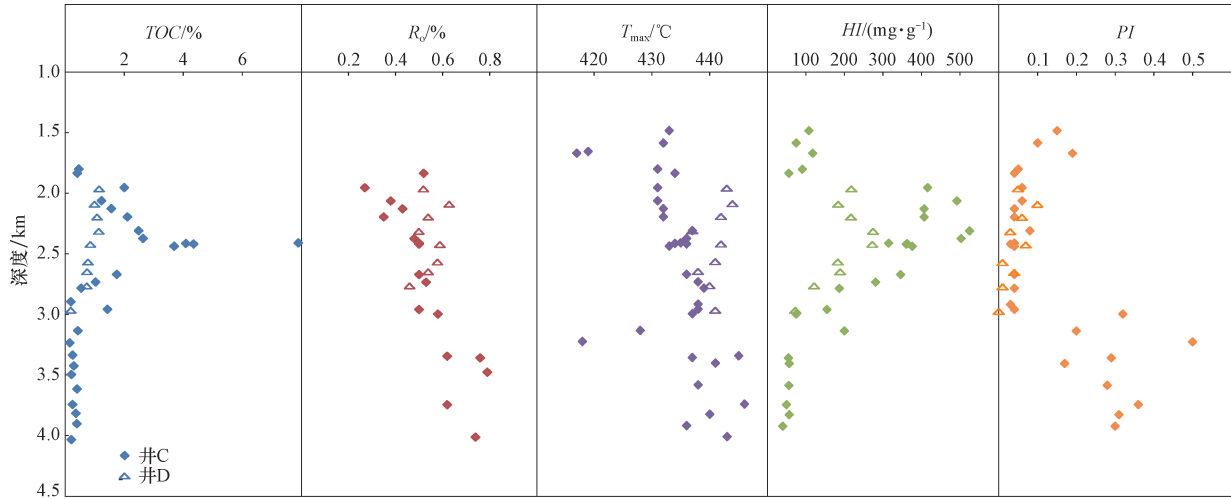


图 6 台西盆地 C 井与 D 井烃源岩地化指标对比(据文献[14]修改)

Fig. 6 Geochemistry comparison diagram between sources rock samples from Well C and Well D in Taixi Basin
(modified from reference[14])

3.2 储层

3.2.1 中生界储集条件

福建中生代主要为碎屑岩沉积(包括火山岩碎屑),因此,储层性能判别主要依据油气储层评价方法(SY/T 6285—2011)中碎屑岩孔渗类型划分标准(表 2)。

福建中生代各类岩石(主要为碎屑岩)的孔隙度都很低,多为超低孔($<5\%$),个别为特低孔或低孔。从渗透率看,多数为超低渗,少数为特低渗,个别达到中渗。

下白垩统坂头组中段砂岩为湖相薄 – 中层细砂岩,厚度稳定,磨圆度、分选性良好,以铁、泥质胶结为主,平均有效孔隙度 4.082% ,平均渗透率 $1.333 \times 10^{-3} \mu m^2$,油气显示普遍良好,可作为良好孔隙型储油层。下段砂岩层、砂砾岩层与泥岩成互层出现,系河流相砂砾岩,磨圆度中等,分选差,有效孔隙度 5.626% ,渗透率 $0.189 \times 10^{-3} \mu m^2$,油气显示良好,可作为良好储油层。

3.2.2 新生界储集条件

1) 古新统储层特征

调查区古新统主要为湖相沉积,储集层以斜坡扇、冲积扇和滑塌体为主。

斜坡扇类型储集体主要发育在九龙江凹陷和晋江凹陷边缘斜坡,具有较明显双向下超特征(图 8),局部被断层切穿。该类储集体通常距烃源岩较近,在断层沟通的情况下,油气容易向砂体内输送和聚集;而在

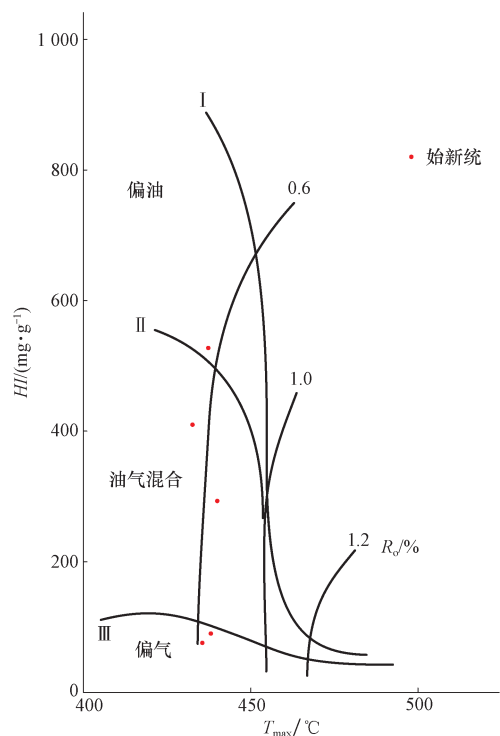


图7 台西盆地C井有机质类型及成熟度 HI 与 T_{max} 关系(据文献[11]修改)

Fig. 7 Relationship of organic matter types and maturity HI with T_{max} of Well C in Taixi Basin (modified from reference[11])

隆起边缘,由于断层作用,在断层上下两盘活动过程中,地层发生滑塌变形,下降盘常见滑塌体发育,剖面为断续、杂乱反射、前积终止特征。该类储集体紧邻断层,有着良好的油气运移条件,油气易向此储集体内输送。

在断陷盆地陡坡带,当物缘供给充足时,在凹陷

表2 碎屑岩储层孔隙度、渗透率类型划分

Table 2 Category classification of porosity and permeability for clastic reservoirs in Taixi Basin

储层孔隙度类型	孔隙度(Φ)/%	储层渗透率类型	渗透率(K) ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)
特高孔	$\Phi \geq 30$	特高渗	$K \geq 2000$
高孔	$25 \leq \Phi < 30$	高渗	$500 \leq K < 2000$
中孔	$15 \leq \Phi < 25$	中渗	$50 \leq K < 500$
低孔	$10 \leq \Phi < 15$	低渗	$10 \leq K < 50$
特低孔	$5 \leq \Phi < 10$	特低渗	$1 \leq K < 10$
超低孔	$\Phi < 5$	超低渗	$K < 1$

底部容易形成冲积扇,剖面上看,扇根和扇端反射特征类似,主要为空白、杂乱反射,扇中呈亚平行或发散状反射,该类储集体靠近经缓坡带搬运而来的前三三角洲泥岩,在断层的沟通下,油气可向储集体内部输送。在渤海湾盆地东营凹陷中常发育此种类型的储集层。

2) 始新统储层特征

钻井揭示,调查区始新统储层为中孔低渗储层。主要为三角洲砂体、滨岸砂坝以及隆起区周缘的斜坡扇等储集体。此外,三角洲朵体内的水道砂岩亦可作为储集层(图9)。这类储集体受断层及构造活动的改造,在剖面上常呈现被断层切断的透镜状形态。

3.3 生储盖组合特征

台西盆地古新统泥岩 TOC 为 1.26% ~ 1.52%, R_o 为 0.6% ~ 1.0%, 已处于成熟阶段^[16]; 始新统泥岩 TOC 为 0.07% ~ 7.9%, 变化范围较大, 其中 2 100 ~ 2 500 m 深度 TOC 为 2.11% ~ 7.90%, S_2 为 8.13 ~

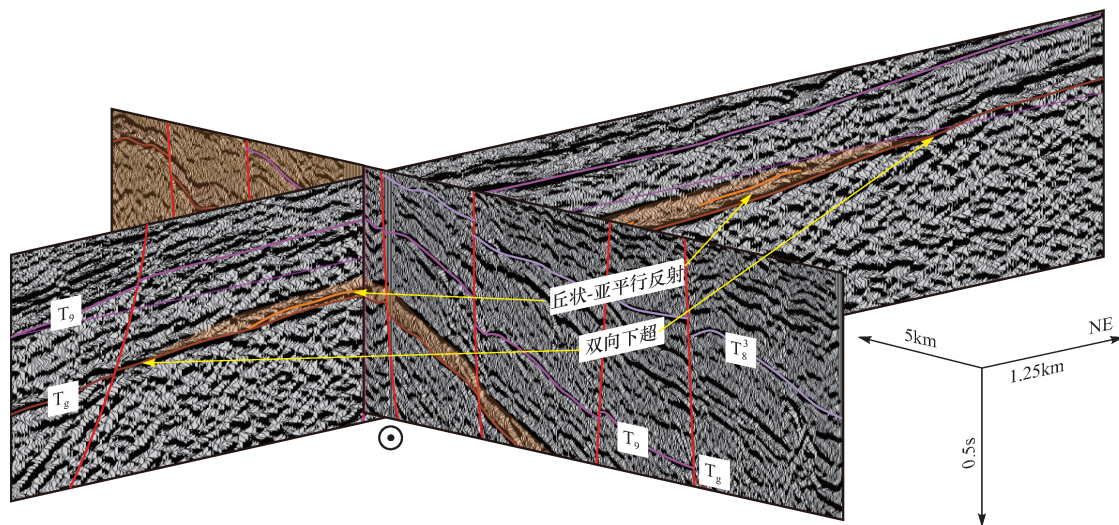


图8 九龙江凹陷斜坡扇储集体地震反射特征

Fig. 8 Seismic reflection signatures of slope fan reservoirs in Jiulongjiang Sag

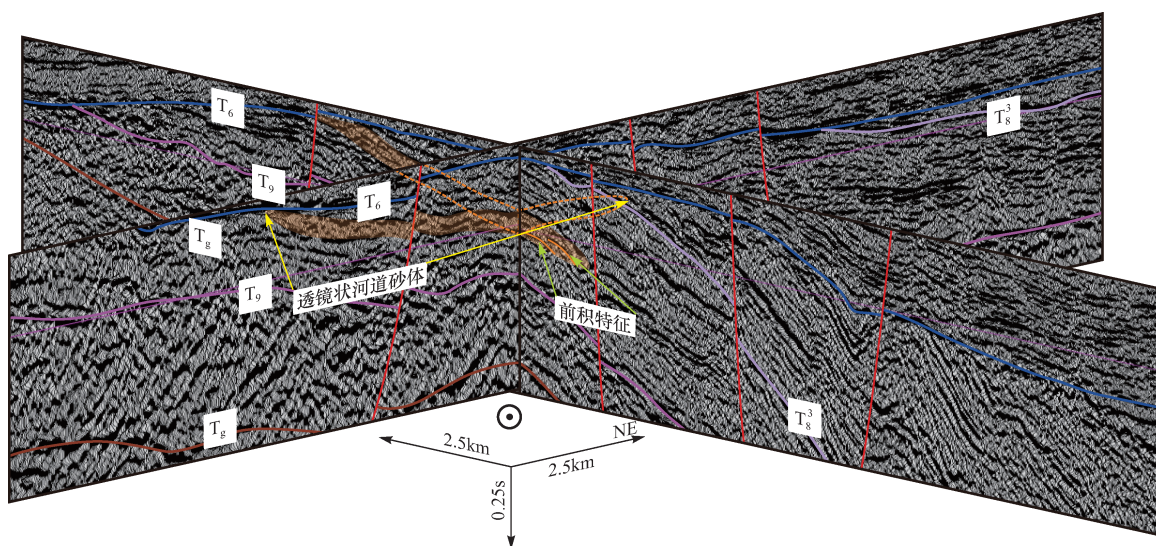


图9 九龙江凹陷水道砂岩储集体地震反射特征

Fig. 9 Seismic reflection signatures of channel sandstone reservoirs in Jiulongjiang Sag

24.92 mg/g, R_o 为 0.46% ~ 0.70%, 生产指数 (PI) 为 0.02 ~ 0.08^[15]。因此,具备了形成良好烃源岩的物质条件。古新统和始新统砂岩孔隙度可达 10% 以上^[11], 岩性主要为岩屑砂岩,与上覆泥岩可形成有效的储盖组合。九龙江凹陷为东断西超、东深西浅的典型箕状断陷结构,其古近系可能存在以古新统、始新统湖相泥岩为烃源岩或盖层,扇三角洲或浊积砂岩为储层的下生上储或自生自储的油气成藏模式,这类成藏组合在北部湾盆地、琼东南盆地和珠江口盆地均有发育^[16]。

4 台西盆地油气勘探远景预测评价

4.1 油气成藏模式预测

台湾海峡盆地晋江凹陷主力烃源岩主要为古新统的湖相烃源岩,其成熟度较高;始新统的海湾相烃源岩由于未达到成熟阶段,可作为次要烃源岩。储层集中在始新统,类型以三角洲及水下扇最优。油气藏以断块油气藏及断背斜油气藏为主,其次为不整合遮挡油气藏,油气分布受构造挤压影响较大。油气藏主要受岩性(砂体)、背斜和断层所控制,其次为地层不整合控制。凹陷断层发育,断层为主要的油气运移通道,生成的油气沿断裂、砂体、不整合面运移至西与断裂相关的断背斜、断块圈闭和不整合圈闭中聚集成藏(图 10)。

九龙江凹陷 C 井始新统地层见油气显示,主要储集层在始新统,类型以三角洲及水下扇为主。主力烃源岩主要为古新统的湖相烃源岩以及下始新统的海湾

相烃源岩,中始新统 R_o 为 0.5% ~ 0.7%, 为低成熟-成熟阶段,可作为次要烃源岩。储层集中油气藏以断块油气藏为主,其次为不整合遮挡油气藏及断背斜油气藏。油气分布受构造挤压影响较大,油气藏受断层和背斜所控制,其次为地层不整合控制。凹陷断层发育,断层为主要的油气运移通道,生成的油气沿断裂、砂体、不整合面运移至凹陷西部斜坡带与断裂相关的断背斜、断块圈闭和不整合圈闭中聚集成藏。

4.2 油气资源评价

根据潜在烃源岩分布状况、有利储层分布范围、油气成藏预测与盆地数值模拟,认为晋江凹陷东南部和九龙江凹陷东南部(图 11),紧邻生烃中心,古新世-始新世,该区为半深湖相带,发育古新统和始新统两套烃源岩,且始新统烃源岩现今埋深超过生油门限(深度 2 150 m);中新世,该区烃源岩已处于生排烃高峰。区内河道砂体、三角洲砂体、深水扇和近岸水下扇等有利储集体较为发育,且局部构造发育,面积较大;广泛存在的断层和区域性不整合界面为油气的垂向和侧向运移提供了良好的通道;新近系广泛发育的滨浅海相泥岩可作为良好区域盖层。总体上,区内生储盖匹配关系良好,该区为台湾海峡盆地西部坳陷进一步勘探的最有利地区。

5 结论

1) 台西盆地主要发育白垩系、古新统、始新统和

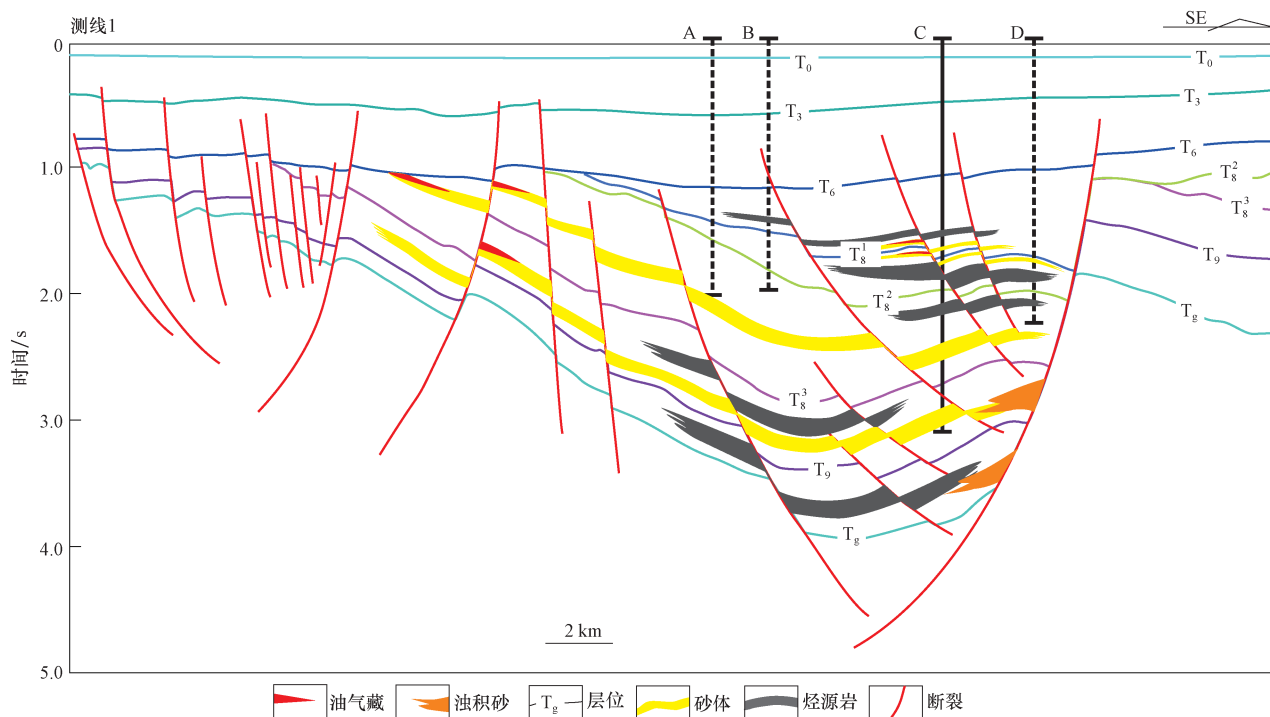


图10 九龙江凹陷油气成藏模式(测线位置见图1)

Fig. 10 Prediction for the hydrocarbon accumulation pattern of Jiulongjiang Sag (see Fig. 1 for profile location)

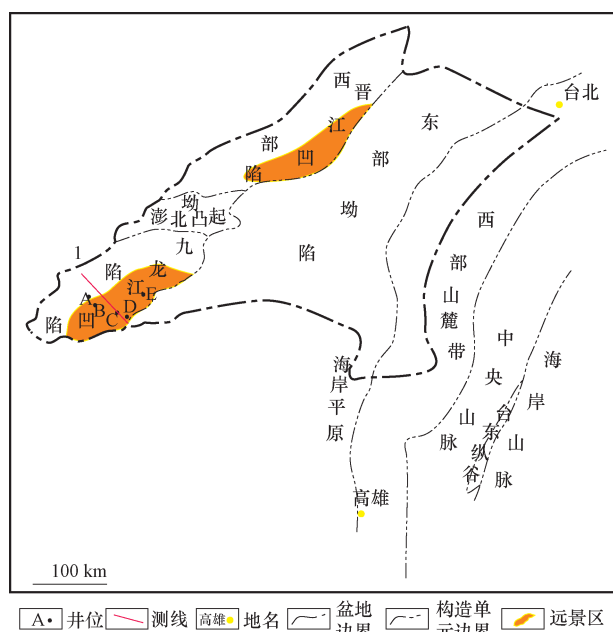


图11 台西盆地西部油气远景区分布

Fig. 11 Distribution of prospects in Taixi Basin

中新统-第四系,中生界主要出现在台西盆地东部坳陷;新生界在盆地均有发育,厚度变化在400~8400 m,具有东厚西薄的特征,最大沉积中心位于九龙江凹陷,厚度超过8400 m。总体上经历了古新世-始新世湖相和中新世-第四纪海相的沉积环境演变过程。

2) 台西盆地主要发育下白垩统、古新统和始新统3套烃源岩。储层类型以碎屑岩为主,古近系主要发育湖相、三角洲、水下扇和河道砂体等多种类型的储集体。始新统泥岩以及中新世以来的海相泥岩构成了调查区良好的区域性盖层。

3) 预测了台西盆地潜在油气成藏模式,认为晋江凹陷东南部和九龙江凹陷东南部是油气有利分布区域。

致谢:感谢中国地质调查局研究项目海洋保障工程专项 GZH002-25;科技部 2017FY201407 课题,国家自然科学基金委员会 41872114 项目资助;感谢广州海洋地质调查局资料支持,感谢福建省地矿局在野外露头调查时的大力支持。

参考文献

- [1] 黄奇瑜. 台湾岛的年龄[J]. 中国科学:地球科学, 2017, 47(4): 394-405.
Huang Qiyu. A Geological ages of Taiwan stratigraphy and tectonic events[J]. Scientia Sinica Terrae, 2017, 47(4): 394-405.
- [2] 钱星, 张莉, 徐立明, 等. 台湾海峡盆地九龙江凹陷火成岩发育特征及其油气地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2015, 35(5): 111-116.
Qian Xing, Zhang Li, Xu Liming, et al. Igneous rock in Jiulongjiang sag of Taiwan strait basin and implications for petroleum geology [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2015, 35(5): 111-

- 116.
- [3] 赵静,梁前勇,张莉,等. 台湾海峡盆地西部坳陷油气地球化学特征及其勘探远景评价[J]. 物探与化探,2015,39(4):657-664.
- Zhao Jing, Liang Qianrong, Zhang Li, et al. Near-surface oil and gas geochemical characteristics and exploration prospect of the western depression of Taiwan Strait Basin [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(4): 657-664.
- [4] 陈智远,徐志星,徐国盛,等. 东海盆地西湖凹陷中央反转构造带异常高压与油气成藏的耦合关系[J]. 石油与天然气地质,2017,38(3):570-581.
- Chen Zhiyuan, Xu Zhixing, Xu Guosheng, et al. Coupling relationship between abnormal overpressure and hydrocarbon accumulation in a central overturned structural belt, Xihu Sag, East China Sea Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(3): 570-581.
- [5] 陈春峰,钟楷,朱伟林,等. 东海丽水凹陷物源及其对储层物性影响[J]. 石油与天然气地质,2017,38(5):963-972.
- Chen Chunfeng, Zhong Kai, Zhu Weilin, et al. Provenance of sediments and its effects on reservoir physical properties in Lishui Sag, East China Sea Shelf Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(5): 963-972.
- [6] 刘振湖,王英民,王海荣. 台湾海峡盆地的地质构造特征及演化[J]. 海洋地质与第四纪地质,2006,26(5):69-75.
- Liu Zhenhu, Wang Yingmin, Wang Hairong. Characteristics and evolutions of geologic structures in the Taiwan strati basin [J]. Marine-Geology & Quaternary Geology, 2006, 26(5): 39-75.
- [7] Yu H S, Chou Y W. Characteristics and development of the flexural forebulge and basal unconformity of western Taiwan foreland basin [J]. Tectonophysics, 2001, 333(2001): 277-291.
- [8] Lin A T, Watts A B, Hesselbo S P. Cenozoic stratigraphy and subsidence history of the South China Sea margin in the Taiwan region [J]. Basin Research, 2003, (15): 453-478.
- [9] Teng, L S. Geotectonic evolution of late Cenozoic arc-continent collision in Taiwan [J]. Tectonophysics, 1990, 183(1-4): 57-76.
- [10] Yu H X, Chow J. Cenozoic basins in northern Taiwan and tectonic implications for the development of the eastern Asian continental margin [J]. Palaeogeography, 1997, 131(1-2): 133-144.
- [11] 萧宝宗,胡锦涛,林国安,等. 澎湖盆地油气潜能评估[J]. 台湾石油地质,1991,9(2):215-229.
- Xiao Baozong, Hu Jincheng, Lin Guoan, et al. Petroleum potential assessment of Penghu basin [J]. Petroleum geology of Taiwan, 1991, 9(2): 215-229.
- [12] 黄奇瑜,闫义,赵泉鸿,等. 台湾新生代层序:反映南海张裂,层序和古海洋变化机制[J]. 科学通报,2012,57(20):1842-1862.
- Huang Qiyu, Yan Yi, Zhao Quanhong, et al. Cenozoic stratigraphy of Taiwan: Looking into rifting, stratigraphy and paleoceanography of South China Sea [J]. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(20): 1842-1862.
- [13] 支家生. 台湾西部天然气地质研究新进展[J]. 中国海洋油气,1996,10(3):153-158.
- Zhi Jiasheng. Recent progress of natural gas geological study of west Taiwan [J]. China Offshore Oil and Gas, 1996, 10(3): 153-158.
- [14] 翁荣南. 台湾石油中生物标志化合物的地球化学研究[J]. 台湾石油通讯,1991,8(1):1-10.
- Weng Rongnan. Biomarker geochemistry study of Taiwan petroleum [J]. Taiwan Petroleum Newsletter, 1991, 8(1): 1-10.
- [15] 刘振湖,王英民,邓安雄,等. 台湾海峡盆地油气地质条件与含油气系统研究[J]. 石油实验地质,2006,28(6):523-528.
- Liu Zhenhu, Wang Yingmin, Deng Anxiong, et al. Petroleum geological characteristics and petroleum system of Taiwan strait basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(6): 523-528.
- [16] 解习农,张成,任建业,等. 南海南北大陆边缘盆地构造演化差异性对油气成藏条件控制[J]. 地球物理学报,2011,54(12):3280-3291.
- Xie Xinong, Zhang Cheng, Ren Jianye, et al. Effects of distinct tectonic evolutions on hydrocarbon accumulation in northern and southern continental marginal basins of South China Sea [J]. Chinese Journal Geophysics, 2011, 54(12): 3280-3291.

(编辑 张亚雄)