

洞庭盆地沅江凹陷油气成藏条件分析*

姚秋昌^{1,2} 楼基胜²

(1.西南石油大学 2.中国石油浙江油田公司)

姚秋昌等.洞庭盆地沅江凹陷油气成藏条件分析.天然气工业,2008,28(9):37-40.

摘要 洞庭盆地沅江凹陷古近系总体表现为一个北东向展布的东南断裂、西北超覆的断陷—断拗型准箕状凹陷。中、新生界主要为陆相洪积扇、洪泛平原、滨湖—浅湖—半深湖沉积的碎屑岩及少量蒸发岩。凹陷内有利烃源层为层序I的湖侵体系域古近系沅江组暗色泥岩;白垩系—古近系陆相碎屑岩和沅江组碳酸盐岩是主要的储集岩;沅江组—新河口组大套泥质岩系是良好的区域盖层;在有利的油气聚集成藏区内发现了一批近油源的、构造较落实的圈闭。凹陷内具备一定的输导条件,发生过一定规模的油气生成、运移和聚集成藏过程,其中沅江组自生自储型裂缝型油气藏和上白垩统分水岭组—始新统汉寿组侧储型油气藏具有较好的油气勘探前景。

关键词 洞庭湖盆地 沅江凹陷 古近纪 油气藏形成 生储盖组合 勘探区

沅江凹陷位于湖南省中部偏北,处于洞庭盆地中部偏东。近年来,中国石油浙江油田公司在沅江凹陷开展了油气勘探,分析油气成藏条件,进行了勘探目标综合评价工作。

临华容隆起、南望雪峰隆起^[1-2](图1),是新华夏系第二沉降带^[3]洞庭盆地中沉陷最深、地层发育最完整凹陷之一,也是油气显示最丰富的一个凹陷。

沅江凹陷古近系总体表现为一个北东向展布的东南断、西北超的断陷—断拗型准箕状凹陷。凹陷内可细分出东次凹、中部次凸和西次凹等3个构造单元,并形成各具特色的9个次一级构造带。主要

一、地质背景

沅江凹陷西接目平湖凸起、东靠麻河口凸起、北

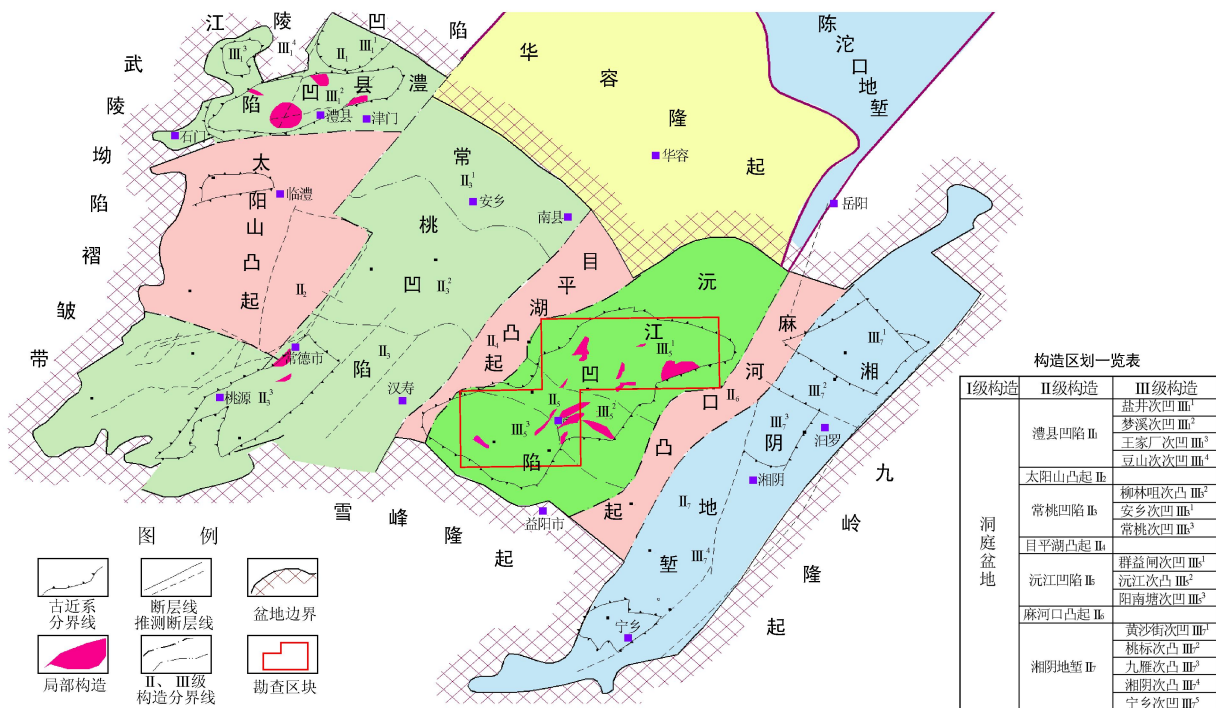


图1 构造区划图

* 本文受到四川省重点学科建设项目基金(编号:SDZ0414)的资助。


作者简介:姚秋昌,1965年生,高级工程师;主要从事构造地质和石油地质研究工作。地址:(310013)浙江省杭州市天目山路374号中国石油浙江油田公司。电话:(0571)56318876。E-mail:yaoqc85@petrochina.com.cn

形成与基底隆起、扭裂平移有关的圈闭,挤压构造弱。

古近纪,洞庭盆地为一个干旱—半干旱气候条件下的盐湖盆地^[4]。运用层序地层学理论和方法^[5-6],结合区域上沉积层序的时空演化特征,沅江

凹陷古近系可划分为2个准二级层序[桃源组($E_1 t$)—沅江组($E_2 y$)、汉寿组($E_2 h$)—新河口组($E_2 x$)],5个体系域(表1),第一个准二级层序($E_1 t$ — $E_2 y$)的最大湖泛面处在 $E_2 y_1$ I油组近底部。

表1 沅江凹陷上白垩统—古近系层序地层格架表

系	层位		层序	体系域	准层序组	厚度(m)	岩性描述	沉积相	湖平面变化 湖泊—河流
	组	段							
古近系	始新统	新河口组	II	湖侵域 TST		0 ~ 362	棕红、灰绿铝泥岩、含膏泥岩、泥膏岩、中下部夹泥质粉砂岩、粉砂质泥岩,电阻曲线呈梳状高阻	浅湖	
							0 ~ 386	上部棕红色泥岩夹灰绿色泥岩、泥膏岩、中部以棕色泥岩为主夹灰绿色泥岩,局部夹含砾砂岩,下部棕色泥岩,含膏泥岩、泥膏岩	
		汉寿组		低位域 LST	PSS ₃	121.5 ~ 519	浅棕、深棕色泥岩与粉砂岩互层,夹灰绿色泥岩,下部含膏泥岩较多,局部以泥岩夹粉砂岩	洪泛平原	
					PSS ₂	63 ~ 620.5	棕、浅棕色泥岩为主,夹粉砂、细砂岩及含膏泥岩、泥膏岩,底部常有数层厚度为3~5m的粉细砂岩	洪泛平原	
	沅江组	I	高位域 HST		18.1 ~ 240.5	棕铝泥岩为主,中部夹浅灰色含膏含灰质粉砂岩与细砂岩互层,下部夹含膏泥岩,底部夹灰色泥岩,顶部是低阻泥岩	滨湖 三角洲 浅湖		
				湖侵域 TST		29.3 ~ 109.5	灰、深灰、灰黑色泥岩与泥灰质白云岩、泥灰岩、灰质泥岩互层,上部夹棕色泥岩、薄层油页岩,下部灰棕色泥岩和灰质粉砂岩	浅湖 半深湖 深湖	
	古新统	桃源组	低位域 LST		38.5 ~ 407.7	棕、深棕色泥岩、粉砂质泥岩夹含膏泥岩及浅灰色粉砂、细砂岩,中下部砂岩增多,局部为含砾砂岩或砾砂岩	浅湖 滨湖 洪泛平原 冲洪积扇		
				上白垩统	分水坳组		>1 000	棕红色粉砂质泥岩与粉砂岩、含砾砂岩互层,普遍含泵质及灰质团块	

二、油气成藏地质条件

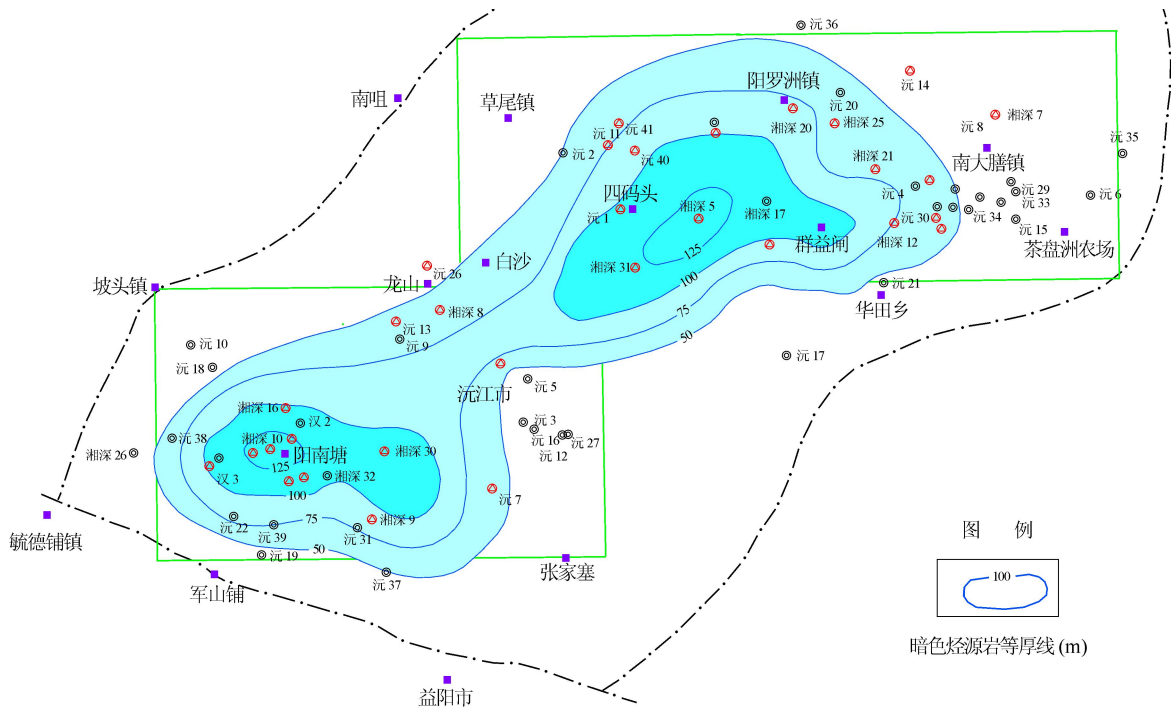
1. 发育沅江组烃源层

沅江凹陷中、新生界主要为陆相洪积扇、洪泛平原、滨湖—浅湖—半深湖碎屑岩及少量蒸发岩。白垩系—古近系累计厚度逾5 000 m。有利烃源层为层序I的湖侵体系域 $E_2 y_1$ 暗色泥岩。生油岩母质类型属陆相腐泥—腐殖型,即混合型。有机碳含量大于0.4%的烃源岩,累计厚度为50~125 m,多集中于75~100 m(均值80 m),凹陷具有中间厚、周围变薄的趋势,分布面积达1 383 km²(图2)。总体上,

以凹陷深洼区和 $E_2 y_1$ 的烃源岩有机质丰度指标较好,达到中等或中偏差的烃源岩标准。古近系暗色泥质岩 R_o 为0.88%~1.59%、 T_{max} 为437~489 ℃、孢粉以棕色、棕黄色为主、“颜色指数”多数大于3.0(范围值2.6~3.9),均表明已处于成熟—生油高峰期阶段。根据盆地模拟结果,认为湘深10、5、12井 $E_2 y_1$ 烃源岩在始新世晚期(新河口期)距今34~33 Ma、深度2 060~2 160 m、温度90~93 ℃时进入生烃门限,距今25~27 Ma时生烃结束。

2. 具有碎屑岩和碳酸盐岩两大类储集层

研究认为,凹陷内可作为储集层的有碎屑岩和

图2 沅江凹陷 $E_2 y_1$ 烃源岩等厚图

碳酸盐岩两大类。碳酸盐岩储层主要分布于 $E_2 y_1$ ，以白云岩、泥质白云岩和白云质灰岩为主，厚度数十米至数百米，埋藏深度多为 1 100~1 800 m，储集类型主要为裂缝型，孔隙度为 5.16%~18.33%，个别为 26.13%，大多数达到低孔—中孔储层；但是，渗透率介于 $0.1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，属于特低渗透—低渗透储层。碎屑岩储集层主要分布在上白垩统和古近系 LST 及 HST 中，TST 中欠发育。上白垩统以冲(洪)积扇—洪泛平原—洪泛盆地—河湖相沉积发育为特征，主要发育河道砂、滩坝砂、洪泛平原砂等砂体；古近系 LST 和 HST 中则主要发育有冲(洪)积相、河道砂、滩坝砂、水下扇等砂体；TST 则以浅湖相沉积的滩坝砂、水下河道砂为主。碎屑岩储层物性变化大，孔隙度为 1.5%~20.6%，渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 33.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，属于低孔低渗型储层。

3. 区域盖层构筑了良好的封存条件

$E_2 y_1$ 泥质岩系与白云岩储集层呈薄互层(韵律层)产出，砂质岩储层则多呈夹层产于泥质岩系中，这些泥质岩既是烃源岩又是油气的直接盖层。 $E_2 y_2$ — $E_2 x$ 大套泥质岩系，累计厚度为 600~1 200 m，为上覆型区域盖层。湘深 13、21 井地层水为 CaCl_2 型，表明 $E_2 y_2$ — $E_2 x$ 是良好的区域盖层。利用地震资料、借用公式计算断裂带中泥质所占的百分含量 R_m 来判断断层是否可形成封闭性的方法^[7-8]，对沅江凹陷东部次凹圈闭周缘的断层带封闭

性进行了计算，结果 $R_m > 90\%$ ，说明这些断层具备很好的封闭性。

4. 具备多套生储盖组合

分析认为，沅江凹陷存在 $E_2 y_1$ 生油、 $K_3 f$ — $E_2 h$ 储油、 $E_2 y_2$ — $E_2 x$ 充当盖层的生储盖组合，其中可分为 $E_2 y_1$ 自生自储型与 $K_3 f$ — $E_2 h$ 侧向式生储型 2 个小的生储盖组合。

5. 断裂发育控制了圈闭形成

地震剖面显示凹陷内古近系构造层断裂发育且较清晰、相位错断明显、断裂解释较可靠，绝大部分断裂在新近系、古近系之间的不整合面之下发育。沅江凹陷发现 33 个构造圈闭、122 个层圈闭，总面积 417.32 km^2 ； $E_2 y_1$ 底界最大单个圈闭面积 17.48 km^2 。主要圈闭类型为断块和断鼻，断背斜极少。断背斜和断鼻型构造一般分布于深洼带中部突起上和东南部大断层的下降盘；断块型构造主要分布于凹陷斜坡带及深洼与斜坡带之间。从主要断层的形成和发育期分析，这些构造的形成时间应在古近纪汉寿中晚期至新河口期末。 $E_2 y_1$ 的烃源岩生油高峰期为新河口期末。因此，除后期断裂活动改造而成的断块构造外，早于成油期的圈闭是有利于油气聚集的。

除构造圈闭外，沅江凹陷还存在岩性圈闭。以断坡带下部和断裂构造带上的冲(洪)积扇、河道砂体岩性圈闭最为常见，其可能与局部断块构造有效配置而构筑成面积较大的构造—岩性复合圈闭。

6. 多种输导体系促使油气运移、聚集成藏

输导体是油气运移、聚集成藏的最重要控制条件^[9]。沅江凹陷主要烃源岩是 $E_2 y_1$ ，其主要输导体应为 $E_2 y_1$ 的边缘相带(砂体)、上覆 $E_2 y_2$ 、 $E_2 h$ 及下伏 $E_1 t$ 的碎屑岩储层，根据沅江凹陷主输导层和烃源层、盖层的相互关系，断裂性质和断裂性质的转化 3 个条件综合分析，认为存在断裂输导条件。

断裂输导体系和不整合面输导体系也有重要作用。研究认为，可能形成输导系统的不整合面有 $K_3 f$ 与 $E_1 t$ 间的早喜马拉雅面、 $E_2 y$ 与 $E_2 h$ 之间的早喜马拉雅 II 幕面、古近系与新近系之间的晚喜马拉雅面。早喜马拉雅 II 幕不整合面对流体的输导能力，取决于不整合面上下的砂体发育。早喜马拉雅 II 幕不整合面之上为第 II 个准二级层序的低水位体系域，底部常广泛分布洪泛平原砂体。其与下部第 I 个准二级层序水进体系域、高水位体系域边缘相

砂体(滨湖、河流、滩坝)叠合连通，可能成为良好的油气输导系统。

三、油气成藏模式预测

勘探实践与综合评价表明^[10]，沅江凹陷古近系烃源可能主要形成两种类型的油气藏，既有 $E_2 y_1$ 自生自储型油气藏，也有 $K_3 f$ — $E_2 h$ 侧储型油气藏。

1. $E_2 y_1$ 裂缝发育的油气藏具有勘探前景

$E_2 y_1$ 烃源岩生成的烃源，在与烃源岩互层的白云岩储集层或砂质岩储层中聚集，形成自生自储型油气藏。从沅探 1 井实钻后分析认为，这类油气藏的勘探需要有裂缝发育来增强聚集的条件。

2. 生储配套形成有利的旁生侧储型油气藏

$E_2 y_1$ 烃源岩生成的烃，通过断裂侧向运移至断块圈闭或其他构造圈闭内的 $K_3 f$ — $E_2 h$ 砂质岩储层中聚集，形成旁生侧储型油气藏(图 3)。

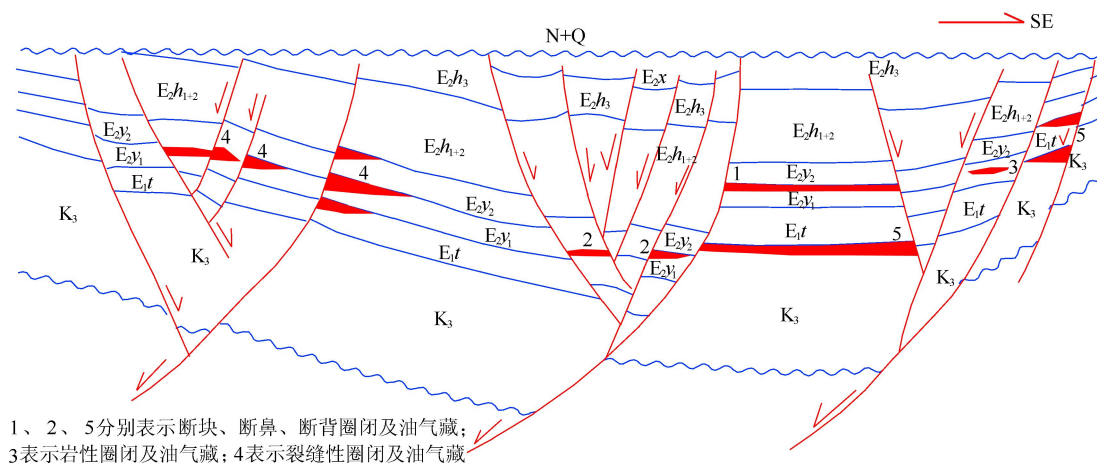


图 3 沅江凹陷油气藏预测模式图

四、结 论

目前，已钻的沅探 1 井在 $E_2 y_1$ 发现了油迹显示。实钻后认为沅探 1 井处于凹陷中心，沉积物细、生油条件具备，断块圈闭落实，构造活动不强，裂缝不发育，储集条件差，与综合研究认识一致。沅江凹陷发生过规模性油气生成、运移和聚集成藏过程， $E_2 y_1$ 自生自储型中的裂缝型和 $K_3 f$ — $E_2 h$ 旁生侧储型油气藏是今后沅江凹陷油气勘探的主要目标。

参 考 文 献

[1] 湖南地质矿产局. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
[2] 金朝熙, 张平, 谢忠鉴, 等. 中国石油地质志: 卷九[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.

[3] 李四光. 地质力学概论[M]. 北京: 科学出版社, 1974.
[4] 戴世昭. 江汉盐湖盆地石油地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
[5] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
[6] 邹才能, 迟英柳, 李明, 等. 陆相层序地层学分析技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
[7] 付广, 薛永超, 杨勉. 利用地震资料判断断层封闭性的方法探讨[J]. 石油物探, 2000, 39(1): 70-76.
[8] 周文, 黄辉, 王世泽, 等. 盖层及断裂带的封堵作用评价[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1999.
[9] 费琪. 成油体系分析与模拟[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
[10] 杨凤丽, 周祖翼. 陆相盆地复式含油气系统研究——埕岛例析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.

(修改回稿日期 2008-07-22 编辑 居维清)