

文章编号: 1000-0550(2002)04-0608-06

潜江盐湖盆地盐间沉积的石油地质特征

方志雄^{1,2}

1(中国地质大学 武汉 430074); 2(中国石化股份公司江汉油田分公司 湖北潜江 433122)

摘要 盐间沉积是潜江凹陷中的一种特殊盐湖盆地沉积物,它并非某种单一的岩性,而是随发育地区的不同而变化的特殊混合岩石。根据其岩石学特征难以命名。本文讨论了这种盐间沉积的岩石组分、沉积特征和油气地质意义。这类盐间沉积在化学成分和碎屑组成方面的韵律性变化具有明显的湖面升降变化含义,因而可将其韵律特性与层序地层单元进行对比分析。更重要的是,这类盐间沉积还是一种独特的集生油岩和储集岩于一体的含油气岩层,各种次生孔隙的发育使它成为一种潜在的有利储集层,近期的油气勘探已在其中获高产油气流。

关键词 盐间沉积 沉积岩石学 储集层 潜江凹陷 盐湖盆地

作者简介 方志雄 男 1962年出生 博士 教授级高级工程师 油气勘探

中图分类号 P588.2 **文献标识码** A

1 前言

江汉盆地是一个中—新生代含油气、含盐陆相沉积盆地,盆地面积 36 360 km²。北西与北东向两组大断裂作用将盆地切割成许多大小不同的块体,形成 11 个凹陷、2 个凸起、2 个低凸起;即枝江、江陵、潜江、陈沱口、小板、沔阳、云梦、河溶、荆门、汉水、永安 11 个凹陷,龙赛湖、通海口凸起,岳口、丫角—新沟低凸起(图

1)^[1,2]。

据研究,中—新生代含盐地层主要分布于江陵、潜江、小板、云梦四个凹陷中的下第三系始新统潜江组和古新统沙市组。其中尤以潜江凹陷的潜江组盐系地层最为发育。早第三纪晚始新世—早渐新世是江汉盐湖发育的极盛时期,湖盆的沉降中心、汇水中心、浓缩中心均位于盆地中部潜江凹陷,在封闭性、高盐度、强蒸发环境下沉积了巨厚的潜江组盐系地层。

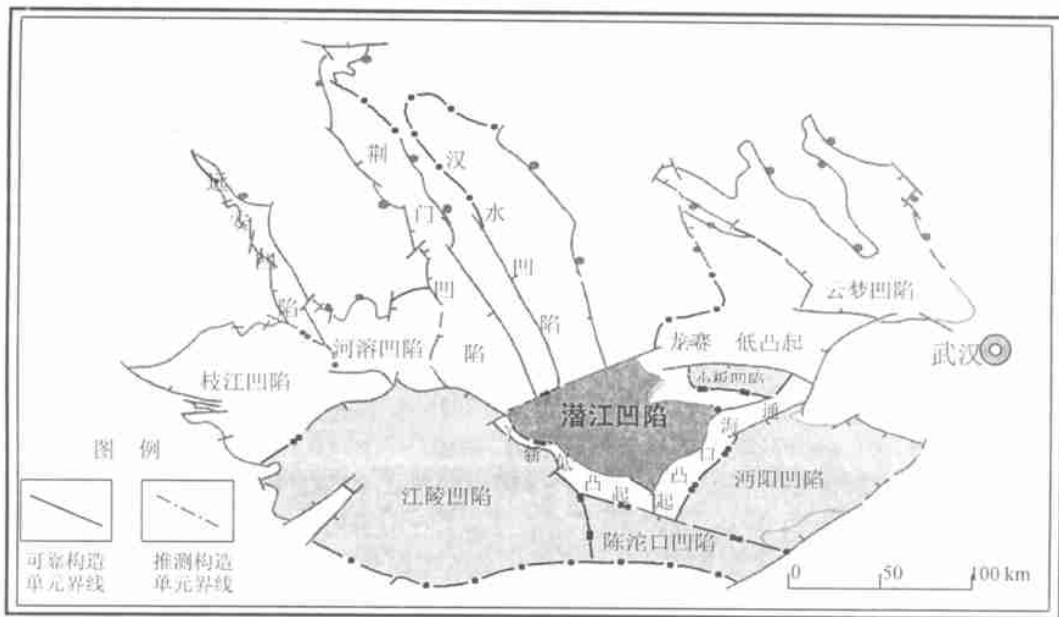


图1 江汉盆地构造区划略图

Fig. 1 Sketch map of tectonic divisions of Jianghan Basin

2 潜江凹陷盐湖沉积特征

潜江凹陷位于江汉盆地中部,是全盆地中基底最深、沉降速度最快的凹陷,是潜江组沉积时期的成盐中心。其西北受北东东向的潜北断层控制,东侧受北东—北北东向的通海口断层控制,东北边缘为岳口低凸起,西南侧以丫角新沟低凸起为界;面积为 $2\,530\text{ km}^2$ 。潜江凹陷下第三系潜江组是一套由四个含盐段组成的含盐系地层,不仅盐岩巨厚,还发育大量的盐间地层,它由深灰色油浸泥岩、钙芒硝泥岩、白云岩、泥质白云岩及油页岩等岩性组成。这些岩石类型混杂在一起,形成一种潜江盐湖的独特沉积类型。对于这种成分极为特殊的岩石,国内外的盐湖沉积研究中很少报道^{①[1~5]}。

潜江凹陷历经三十年的石油勘探,近2 000口油田钻井的资料统计表明,潜江凹陷盐系地层厚度大,分布广,盐间层段油气显示丰富,说明盐间地层是一种十分重要的油气勘探目标层段^[1,2]。潜江凹陷也是江汉盆地盐间层段油气勘探最有利的凹陷。

2.1 地层特征

白垩系至第三系沉积最大厚度近万米,自下而上分别为白垩系渔洋组、下第三系沙市组、新沟咀组、荆沙组、潜江组、荆河镇组,上第三系广华寺组及第四系平原组。其中潜江组分为四个亚段(表1)。

下第三系上始新统潜江组(E_q)自下而上分为潜一段(E_q^1)至潜四段(E_q^4),为灰色、深灰色泥岩、钙芒硝泥岩、褐灰色泥质钙芒硝岩、褐灰、白色粉砂岩与灰白色盐岩互层。潜江凹陷南部为一套含盐系地层,有193个含盐韵律,每个含盐韵律为盐岩与盐间沉积间互组成。潜江凹陷北部由砂泥岩层与含盐韵律层间互组成;地层厚173~2 218 m。与下伏地层呈整合或局部不整合接触(表1)^[1,2]。

2.2 盆地充填(超)层序与构造层序

据前人对构造旋回和地层沉积的研究,江汉盆地形成于中燕山运动,自渔洋组开始发育第一构造旋回;并依据荆沙组的红层沉积等特征,将它作为第二构造旋回的底部(表1);而上下第三系间的角度不整合,作为第三构造旋回的底界(表1)。

目前,潜江凹陷潜江组尚未进行系统的层序地层研究。根据层序地层划分的基本原则^[6],使用地震剖面反射终端形态的层序地层解释^[7,8]方法,对潜江凹陷主要地震剖面进行地震层序地层研究。结果表明,可以初步地将潜江凹陷的白垩—第三纪地层划分为三个超层序(二级层序);即 SS_I 、 SS_{II} 和 SS_{III} (表1)。

潜江组底部发育有一套复合盆底扇或低位扇的

射波组,而以往作为第二构造旋回底部而强调的潜北断裂附近的“荆沙红墙”,实际是紧贴潜北断裂带,与潜江组中上部对应的一套杂乱反射,它应属于潜江组中上部各地层的盆地边缘相带。因此,潜江凹陷的盆地充填过程也经历了与江汉盆地构造演化相同的三个阶段,只是第二和第三阶段的具体界线不同。第一充填旋回(超层序)的地质时代大致对应于早白垩世晚期至中始新世(渔洋组—荆沙组),对应的地震反射界面为 T_{11} 至 T_7 ;第二充填旋回(超层序)的地质时代大致对应于中始新世至渐新世(潜江组—荆河镇组),对应的地震反射界面为 T_7 到 T_1 ;第三充填旋回(超层序)的地质时代大致对应于中上新世至第四纪(广华寺组—平原组),对应的地震反射界面为 T_1 以上。

3 盐间沉积的沉积特征

3.1 潜江组韵律结构特征

潜江凹陷潜江组盐类沉积在纵向上呈现出多韵律和复韵律的沉积规律;根据古气候的干旱与潮湿、水介质的咸化与淡化的多级次周期性变化,可将潜江组划分为I、II、III、IV等不同级别的含盐韵律。

① I级韵律:整个潜江组为一个I级韵律^[1,2]。从潜四段到潜一段,盐湖水体盐度由低—高—低变化,溴氯系数由低→高→低,硼含量由低→高→低。它可分为七个II级韵律^②。

② II级韵律:由于古气候较大周期性变化,引起蒸发强度与淡水补给的变化;在相对潮湿的古气候条件下,水体的蒸发量小于陆源水系的补给量,碎屑物供给较多,机械沉积作用占主导地位,往往沉积砂泥质碎屑岩段。在干旱气候条件下,水体的蒸发量大于陆源水系的补给量,湖盆水体浓缩,以化学沉积为主,沉积了盐韵律层段。一次大的机械沉积与化学沉积作用的交替,构成了一个由以碎屑岩沉积为主到以化学沉积为主的II级含盐韵律^②。

③ III级韵律:III级韵律是含盐系地层中最具韵律性特征的地层单元,通常称为盐韵律。各II级韵律随浓缩程度的差异存在一定的变化;在相对浓缩的II级韵律沉积期,II级韵律盐间地层中灰岩较少,以泥质钙芒硝岩为主;而在相对淡化的II级韵律沉积期,II级韵律盐间层中泥质钙芒硝较少,以泥质灰岩或泥质白云岩为主^②(图2)。

④ IV级韵律:IV级韵律是盐沉积剖面中最基础的

① 张永生,杨玉卿,王场王平1等井沉积微相及储层精细评价,2000

② 方志雄,漆智先,徐玉珍等.盐间沉积岩油气藏综合石油地质研究,2000

表1 江汉盆地潜江凹陷地层简表^①

Table 1 Strata table of Qianjiang depression in Jiangnan Basin

地层系统				岩性描述	厚度/m	含油、 卤岩系	含盐 岩系	构造 旋回	二级 层序	
系	统	组	段							
第四系	全、更新统	平原组		灰色粘土、粉砂岩、细砂岩和砾石	50~150			第三构造旋回	第三超层序	
上第三系	上、中新统	广华寺组		杂色泥岩、夹砂岩、砾岩	300~900					
下第三系	中上渐新统	荆河镇组		绿灰色泥岩、粉砂岩夹油页岩、含钙芒硝泥岩。	0~1000			第二构造旋回	第二超层序	
			下渐新统	潜一段	上部为灰、深灰色泥岩、泥膏岩、油页岩夹盐岩，中部灰色泥岩与粉砂岩互层，下部为膏、盐和砂泥互层夹鲕状泥灰岩。	120~450	第二含油含卤岩系			第二含盐层系
	潜二段	由24个盐韵律组成，每个韵律由盐岩、泥膏岩和盐间沉积组成。钙芒硝泥岩、油浸泥岩、泥灰岩，有时在韵律底部发育有粉—细砂岩。		110~700						
	潜三段	潜3上为灰至深灰色泥岩、粉砂岩及鲕状泥灰岩、夹三个韵律层及两个砂组。潜3下为深灰色泥岩、泥膏岩、盐岩和盐间沉积等组成14个韵律层，并夹有粉砂细岩		150~640						
	潜四上	灰、深灰色泥岩、钙芒硝泥岩、盐岩、粉细砂岩、盐间沉积或油浸泥岩。		100~700						
	上始新统	潜江组	潜四下	灰、深灰色泥岩、钙芒硝泥岩、盐岩、盐间沉积或油浸泥岩。	173~2218					
			中始新统	荆沙组	棕红色泥岩、含膏泥岩与粉砂岩。	600~1900				
			下始新统	新沟咀组	紫红色、灰绿色泥岩、泥膏岩、石膏质粉砂岩。	600~2000	第一含油含卤岩系			第一含盐层系
			古新统	沙市组	深灰色及棕红色泥岩、石膏、含膏泥岩、粉砂岩。	200~1900				
	白垩系	上统	渔洋组		棕紫红色泥岩、泥膏岩、盐岩、粉砂岩、石膏、红色砂质泥岩夹砾岩	120~2800				
下统										

韵律单位，代表一次古气候、水体补给及水动力强度的较小周期性变化或波动。在Ⅱ级韵律的相对淡化段，Ⅳ级韵律代表水介质由淡到咸变化；在相对咸化段，Ⅳ级韵律则反映咸化成盐期有短暂洪水或淡水注入湖盆。Ⅳ级韵律的沉积特征与Ⅱ级韵律相似，一个完整的Ⅳ级韵律厚度从十余厘米到数米。

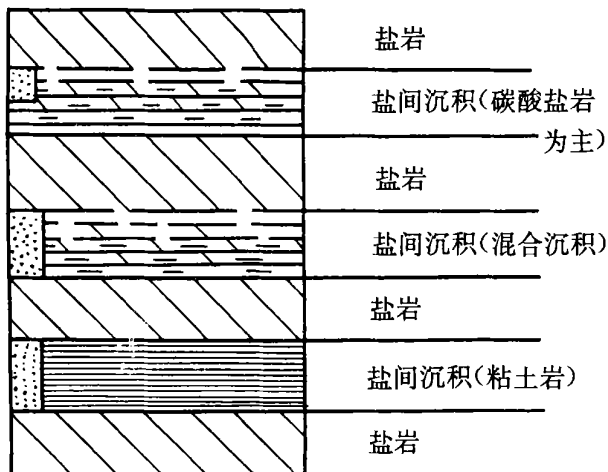
在Ⅳ级韵律之下还可细分出Ⅴ级韵律，它们主要

受古气候的短期变化所控制。

3.2 韵律结构中的盐间沉积

精细岩心描述和薄片鉴定、阴极发光、X衍射能谱分析、化学分析、扫描电镜、电子探针等分析手段，已在盐间沉积中发现蒸发盐、陆源碎屑及自生矿物3大类，其中已定名的矿物有28种。从肉眼观察，盐间沉积则多以泥质沉积、方解石、白云石、钙芒硝为主。

^① 陈开远, 杨香华, 朱培民等. 潜江凹陷潜江组层序地层与沉积相研究. 2000



盐岩厚约 5~20 m; 非砂岩厚约 5~20 m

图 2 盐韵律岩石组成示意图

Fig. 2 Sketch map of rock composition of salt rhythm

根据王云 10-6、王平 1 等 3 口井 108 块样品分析结果统计(表 2), 盐间层的主要矿物组成为: 钙芒硝含量 17.15%, 石盐含量 5.05%; 白云石含量 27.67%, 方解石含量 10.49%; 泥质含量 33.54%。按水溶盐类、泥

质和碳酸盐三大类矿物统计, 水溶盐类矿物占 26.19%, 泥质矿物占 33.54%, 碳酸盐矿物占 38.24%; 与王 80-2 井砂泥岩段中泥岩比, 碳酸盐、水溶盐类含量增加, 泥质含量减少。上述分析数据说明盐间沉积是某种中间类型的岩石。

在盐湖水体浓缩的不同阶段, 各级韵律中的盐间沉积具有不同的岩性特征(图 2):

①在盐湖早期阶段, 水体浓缩度较低, 盐间沉积层以泥岩、灰岩、白云岩为主, 泥质钙芒硝岩不发育, 镁钙当量比 0.2~0.55, 平均 0.38。

②当盐湖相对较浓缩时期, 盐间沉积层以泥质白云岩为主, 泥质钙芒硝岩其次, 镁钙当量比为 0.17~0.83, 平均 0.42。

③盐湖高浓缩时期盐岩段中出现了杂卤石、钾芒硝和无水钾镁矾等高浓缩矿物, 溴氯系数达 0.14~0.35, 硼含量为 0.021%~0.035%; 盐间沉积层以泥质钙芒硝岩为主, 其次为泥质白云岩, 灰岩不发育; 镁钙当量比为 0.27~0.83, 平均 0.53。

总之, 潜江凹陷潜江组与国内外盐湖沉积矿产不同, 是一个以化学沉积为主的特殊内陆盐湖沉积。潜江组中的原生钾芒硝矿层属国内外内陆盐湖首次发现, 国内外的钾矿层大多为钾石盐(KCl), 钾芒硝多为次生成^[4,9]。

表 2 盐间沉积矿物成分统计表

Table 2 Mineral components of intersalt sedimentary rock

剖面类型	井号	盐类矿物					碳酸盐				泥质矿物 / %	样品数 / 块
		石盐 / %	钙芒硝 / %	无水芒硝 / %	硬石膏 / %	合计 / %	白云石 / %	方解石 / %	菱镁矿 / %	合计 / %		
盐间沉积岩段	王平 1	5.98	22.69	0.72	5.59	35.48	24.90	8.32	0.36	33.58	31.06	47
	王云 10-6	7.40	15.76	0.80	1.58	25.62	32.38	4.58	0.39	37.35	36.68	52
	广云 8	1.76	13.00	1.90	0.69	17.35	30.14	4.85	14.94	49.66	32.75	9
	总平均	6.312	18.546	0.857	3.251	29.222	28.938	6.230P	1.589	36.735	33.907	108
砂泥岩段	王 80-2	7.12	0.00	0.00	0.78	7.90	8.66	6.22	0.00	14.88	68.32 + 8.9 砂	10

3.3 盐间沉积的命名依据

经过多年研究, 张连元^①、李春梅^② 和黄克难^③ 等人认为盐间沉积段不是单一的岩类, 而是粘土—碳酸盐—钙芒硝三大系列矿物的混积物, 在不同地区和层位并有较大变化。在此基础上, 有些人又把盐间段沉积的岩石类型归纳为三类五种, 即盐岩类(钙芒硝岩)、碳酸盐岩类(白云岩、灰岩)、碎屑岩类(泥质岩、混合岩)(图 2)。总之, 由于潜江组盐间沉积所具有的上述种种复杂性, 使其命名十分混乱, 其至今难以准确定名。

这种盐间沉积几乎混入了所有的沉积矿物类型(表 2), 而且任何矿物的绝对数量不高, 变化范围又较大。但认真分析表 2 可看出, 其中的砂屑矿物种类很少。有人根据其成分混杂而称其为“混合岩”; 有人根据其普遍含油而称其为“油浸泥岩”; 还有人根据其碳酸盐岩含量较高而称其为“盐间白云岩”。根据我们对

① 张连元等. 潜江凹陷王场地区盐间白云岩储层初步认识, 1992
 ② 李春梅等. 江汉盐湖盆地王场地区碳酸盐岩、泥岩裂缝油藏研究, 1993
 ③ 黄克难等. 江汉盆地矿物流体包裹体特征及其在油气勘探中的应用, 1995

其进行的沉积岩石学研究,这种岩石中除了极少含砂岩组分、砂屑矿物贫乏外,其它沉积岩组分一应俱全,可以暂且称其为“盐间沉积(intersalt sedimentary rock)”(图3)。

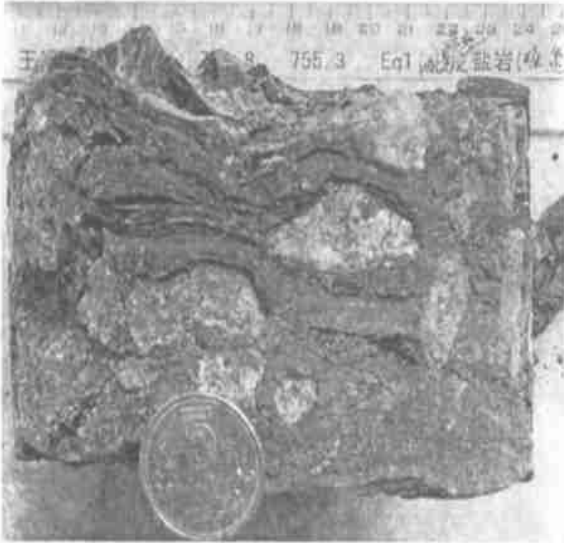


图3 潜江凹陷盐间沉积
(含钙芒硝白云质油页岩)岩心照片

Fig. 3 Core photograph of intersalt nonsandstone
(dolomitic oil shale with glauberite)

4 盐间沉积的油气勘探远景

4.1 盐间沉积的储集物性

①盐间沉积储集空间类型:盐间沉积储集层的储集空间非常复杂,依储集空间成因类型及空间形态、岩性、孔隙大小、控制因素可分为原生、次生孔隙两大类。

原生孔隙可分为白云岩晶间孔和钙芒硝岩晶间孔,这是沉积时形成的孔隙,受岩石结构、组分所控制,在成岩后期溶蚀作用微弱,孔隙仍基本保持其原始状态。

原生钙芒硝呈细晶条带状,分布于盐间层顶底,含量可达60%~80%,晶间大都充满泥云质及原油,面孔率一般1%~5%,含油均匀,是盐间层重要储油空间。

盐间沉积的次生孔隙按其空间形态可分孔、洞、缝三种基本类型。它主要包括:次生晶间孔(钙芒硝、晶粒白云石)、次生晶间溶孔(白云石溶蚀孔、钙芒硝溶蚀孔)、顺层或沿裂缝的溶蚀洞、层理缝、构造裂缝和溶蚀缝。

总之,盐间沉积层主要储集空间为碳酸盐岩溶蚀孔,其次为钙芒硝岩晶间孔、溶蚀孔和层理缝,裂缝提

供主要的渗流通道。盐间层顶底以泥质钙芒硝岩或钙芒硝泥岩为主,钙芒硝岩晶间孔和溶蚀孔发育;中上部以页理状云质泥岩为主,储集空间主要为层理缝和溶蚀孔;中部、中上部以泥晶云岩为主,泥晶白云岩晶间孔、溶蚀孔发育。

②盐间沉积储层孔隙结构特征:由于盐间沉积的粒度细、孔喉直径小,铸体薄片无法测量出孔喉大小、连通性及孔喉配置等参数。因此,主要用压汞资料来研究盐间储层的孔隙结构特征。

盐间沉积的孔隙结构主要具有以下特征:A)排驱压力差异较大,部分样品由于存在微裂缝,排驱压力较低;部分样品微裂隙不发育,排驱压力较高。B)孔喉分布呈双峰性。C)盐间沉积储层不同韵律之间孔隙结构特征差异较大,孔隙结构非均质性极其严重。

4.2 盐间沉积烃源岩的生烃母质类型

生烃母质类型是成油气量以及烃类组成的重要控制因素之一。潜江凹陷潜江组盐湖相区盐间段烃源岩干酪根镜鉴结果表明,有机质类型主要以腐泥型(I型)为主,其次为腐植腐泥型(II₁型),二者共占样品总数的95%以上,居绝对优势,腐泥-腐植型(II₂型)含量很低,腐植型(II型)有机质几乎不存在。说明在盐湖相区,几乎不存在陆生高等植物等生物,这种以偏腐泥型为主的干酪根是生成液态烃类的良好母质。

总体来看,潜江组盐间沉积烃源岩主要集中于蚌湖、周矶及吊堤口等次级生烃洼陷中,累计厚度达600m以上。一般说来,盐间段的有机碳等指标高于共生的砂泥岩段,其氯仿沥青“A”或产烃率通常也较高(表3)。

4.3 盐间沉积的勘探成效

如上所述,盐间沉积是一种岩性混杂的岩石,决非可以简单地划归某种岩石,目前对其研究尚很肤浅。但是,江汉盆地三十年的油气勘探成果表明,江汉盆地蕴藏有非常丰富的油气资源,而且其中近半数发育于这种盐间沉积中。在江汉油田经历了三十年的勘探开发之后,那些简单的砂岩储集层油田已所剩无几,盐间沉积的油气勘探与开发已成为石油地质学家的重要任务。

WC油田是一个典型的盐间沉积油田,由于储层特征等方面的原因,多年未加以开发。近期完成的WP1井是钻在潜34油组第10盐韵律的定向井,在其水平段原油放喷获高产。当然,这种原油在组分和产量上具有较常规砂岩储层大得多的变化,其饱和烃、芳烃等生物标志物成份均有较大变化。这些只能说明盐间沉积的石油地质研究仅仅是开始,尚有大量的问题有待解决。

表 3 潜江凹陷潜江组盐间段与砂泥岩段有机质丰度对比

Table 3 Comparison of organic material abundance of intersalt strata with sand/ mud strata in Qiangjiang Formation of Qianjiang depression

层位	岩性段	有机碳/%				沥青“A”/%				烃含量/ $\times 10^{-6}$			
		最小值	最大值	平均值	样品数	最小值	最大值	平均值	样品数	最小值	最大值	平均值	样品数
潜一段	盐间段	0.13	1.45	0.60	45	0.033 0	0.417 0	0.188 4	34	16	811	293	16
	砂泥岩段	0.02	4.97	0.66	265	0.000 2	1.430 4	0.190 7	176	1	3125	266	70
潜二段	盐间段	0.15	3.27	0.79	245	0.025 2	0.874 4	0.236 4	130	65	2 621	621	58
	砂泥岩段	0.09	3.18	0.64	143	0.003 2	1.104 8	0.178 4	78	5	3 270	338	25
潜三段	盐间段	0.21	1.85	0.84	64	0.015 6	0.788 0	0.246 7	43	20	1 420	568	23
	砂泥岩段	0.03	5.32	0.62	305	0.0 018	1.4 683	0.1 503	225	5	405 0	338	144
潜四上	盐间段	0.12	3.44	0.88	83	0.0 195	0.7 571	0.2 837	64	53	368 7	125 3	43
	砂泥岩段	0.05	3.89	0.66	318	0.0 018	1.2 440	0.1 533	243	7	392 6	470	172
潜四下	盐间段	0.06	2.60	0.69	164	0.0 168	1.5 600	0.2 618	117	80	435 6	104 6	39
	砂泥岩段	0.05	3.27	0.95	140	0.0 058	1.8 750	0.2 831	68	9	234 1	419	31
平均	盐间段	0.77			613	0.2 622			395	881			185

注: 上述砂泥岩段不含页岩、油页岩, 盐间段总平均含页岩、油页岩

5 结论

①盐间沉积是江汉盐湖盆地内广泛发育的一种特殊沉积岩石, 由于它兼储集层和烃源岩于一身, 因此它是一种非常重要的石油地质勘探目的层。

②盐间沉积的韵律性具有较明确的层序地层意义, 它的研究对潜江盐湖盆地的成因与充填历史研究有重要的推进作用。

③盐间沉积决非简单的沉积岩, 以目前的研究手段, 难以用某种常规的岩石命名来涵盖它, 本文暂且称其为盐间沉积。

④盐间沉积多富含有机质, 其干酪根镜鉴结果表明, 有机质类型主要以腐泥型(I型)为主, 其次为腐植腐泥型(II₁型), 因此它具有优良的生烃能力。

⑤盐间沉积中蕴藏有非常丰富的油气资源, WP1等井的钻探结果表明, 它的开发利用将给江汉老油区带来新的活力。

参考文献(References)

- 戴世昭. 江汉盐湖盆地石油地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 57~93[Dai Shizhao. Petroleum Geology of Jianghan Saline Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 57~93]
- 王典敷, 汪仕忠等. 盐湖油田地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 15~54[Wang Dianfu, Wang Shizhong, et al. Reservoir Geology of Saline Lake[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1998. 15~54]
- 孙镇城, 杨藩等. 中国新生代咸化湖泊沉积环境与油气生成[M].

- 北京: 科学出版社, 1997. 1~68[Sun Zhencheng, Yang Fan, et al. Sedimentary Environment and Hydrocarbon Occurrence of Cenozoic Saline Lakin China[M]. Beijing: Science Press, 1997. 1~68]
- Jin J, Bergman K M. Sequence Stratigraphy of the Middle Devonian Winnipegosis Carbonates-Prairie Evaporite Transition, Southern ELK Point Basin[J]. Carbonates and Evaporites, 1999, 14(1): 64~83
- Ibrahim T, Mehmet O. Sedimentology and evaporite genesis of Neogene Continental Sabkha Playa Complex, Karakacili Basin, Central Anatolia Turkey[J]. Carbonates and Evaporites, 1999, 14(1): 21~31
- 陈开远, 沈林克. 塔里木盆地北部地震地层解释与地震油气检测[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 81~120[Chen Kaiyuan, Shen Linke. Seismic Stratigraphy Interpretation and Seismic Hydrocarbon Indication of the Northern of Tarim Basin[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993. 81~120]
- 陈开远, 孙爱霞, 杜宁平. 成油体系中的层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 221~227[Chen Kaiyuan, Sun Aixia, Du Ningping. Sequence Stratigraphy in Petroleum System[J]. Oil and Gas Geology, 1998, 19(3): 221~227]
- 陈开远, 刘学峰, 杜宁平等. 新港地区沙三段三维地震层序地层特征[J]. 地球科学, 2000, 25(3): 267~272[Chen Kaiyuan, Liu Xuefeng, Du Ningping, et al. Sequence Stratigraphy Feature of 3D Seismic Data of Member S3 in Xingang Area[J]. Earth Science, 2000, 25(3): 267~272]
- Mees F. The alteration of glauberite in lacustrine deposits of the Taoudenni-Agorgott basin, northern Mali[J]. Sedimentary Geology, 1998, 117: 193~205
- El Sayed A, Youssef A. Sequence stratigraphy of the Upper Jurassic evaporite-carbonate, Sequence at the western area of Wadi Al-Jawf-Ma'rib Basin, Yemen[J]. Carbonates and Evaporites, 1999, 13(2): 168~173

(Continued on page 620)

stage B. Late diagenetic stage is further divided into late diagenetic stage A, late diagenetic stage B, and late diagenetic stage C, and late diagenetic stage A is further divided into substages A1, A2 and A3. In the study area, deeply buried strata (lower Member III of the Hetaoyuan Formation) are mainly in late diagenetic substage A3 and late diagenetic stage B. Substage A3 ranges in depth from 2 700 to 3 100 m, and characterized by strong cementation. Late diagenetic stage B ranges in depth from 3 100 to 3 900 m, and characterized by development of secondary dissolution pores, especially between 3 200 ~ 3 600 m. In the study area, sandbodies dip down from north to south. When sandbodies extend from late diagenetic substage A3 to late diagenetic stage B, the part in substage A3 becomes compact due to strong cementation and can seal oil and gas, while the part in stage B may become good reservoirs due to secondary dissolution. In this way, diagenetic traps are formed. Thus according to burial depth, characteristics of development and preservation of pores in different diagenetic stages, diagenetic traps can be predicted.

Key words Biyang Sag, diagenetic trap, diagenesis, diagenetic stage

(Continued from page 613)

- 11 徐怀大, 王世风, 陈开远. 地震地层学解释基础[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990 [Xu huaida, Wang Shifeng, Chen Kaiyuan. Interpretation Principle of Seismic Stratigraphy, Wuhan [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990. 5 ~ 145]
- 12 郑绵平等. 第四纪盐湖沉积与古气候[J]. 第四纪研究 1998, (4): [Zheng Mianping, Zhao Yuanyi, Liu Junping. Quaternary Saline Sediment and Paleoclimate[J]. Quaternary Science, 1998, (4): 297 ~ 307]

Hydrocarbon Exploration Signification of Intersalt Sediments in Qianjiang Saline Lake Basin

FANG Zhi-xiong^{1, 2}

1(Faculty of Earth Resource China University of Geosciences, Wuhan 430074)

2(Jianghang Oilfield Company of SINOPEC, Qianjiang, Hubei 433124)

Abstract The sequence stratigraphy feature of intersalt sediments is the special rock in Qianjiang saline lake basin, which isn't simple sediments and has major changes in component and texture with basin area and geologic age. It is very difficult to name it on the basis of their petroleum characteristic. This paper discusses its component, petrology characteristic and petroleum geologic significance. Its rhythmic on petrochemical element and grain component has an important significance in lake-level relative change. So the comparison and study of the intersalt nonsandstone rhythm and sequence stratigraphic units was done. By the way, the intersalt nonsandstone is a very eminent assemblage of hydrocarbon reservoir and source rocks, which is a potential good reservoir because of its more secondary porosity. Recently, a very good commercial well was drilled in the rock sequence.

Key words intersalt sediments, sedimentary petrology, reservoir, Qianjiang Depression, saline lake basin