

潜江凹陷地震层序划分、湖平面升降问题初探

胡炳煌 刘义正

(五七油田)

潜江凹陷位于江汉盆地中部,其构造位置如图1所示。1958年以来,地质部、石油部和有关院校作了大量的物探、钻探和地质研究工作,初步查明凹陷在中、古生代灰岩的基底上沉积了上万米的白垩—第三系陆相地层,并在下第三系中发现了潜江组和新沟组两个主要石油勘探目的层,找到了若干油田,本文的目的在于用地震地层学的方法,重新认识原有的某些结论,提出一些新的看法,供交流、讨论。

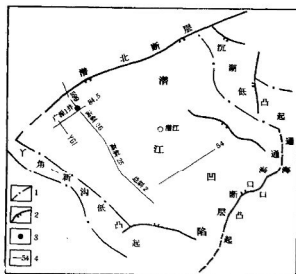


图1 潜江凹陷及地震测线位置图

1. 二级构造单元划分线 2. 正断层 3. 井位 4. 地震测线

白垩—第三系各层组之间的接触关系

由于江汉盆地的勘探程度以潜江凹陷为最高,历年在建立盆地的地层层序时均基本上以它的资料为基础(表1)。

表1 潜江凹陷地层简表

地 层				代 号	岩 性 简 述
系	统	组	段		
第四系	全新统	平原组		Q	上部粘土, 下部砂砾层。与下伏层整合接触。厚50—167米
上三叠系	上三统	华寺组		N	杂色泥岩、砂岩、砂砾岩。局部夹泥灰岩。上、下岩性相, 中厚相。与下伏层不整合接触。厚300—900米
下三叠系	新统	荆河镇组	一—四段	E _{1a}	绿灰、灰色泥岩与粉砂岩互层, 夹页状泥岩、泥灰岩, 泥岩含膏。厚0—1080米
	上始新统	潜江组	一—四段	E _{1q}	深灰色油浸状砂岩、油页岩、泥灰岩与盐岩、砂岩, 有24个盐丘。凹陷东南部无砂岩分布, 盐构尤为发育。厚800—3550米
	中始新统	荆沙组		E _{1j}	棕红、紫红色泥岩与粉砂岩, 凹陷中部夹有盐岩, 砂岩多集中于凹陷中部, 东部减少。厚600—1870米
	下始新统	新沟组	一段		上部棕红及灰色泥岩, 夹泥岩和粉砂岩;
	古新统	组	二段		下部深灰、红色泥岩夹泥膏岩, 有三个盐丘。厚500—700米
白垩系	上白垩统	组	三段	E ₂	下部。厚160—700米
					*棕紫夹灰色泥岩, 与盐岩互层。厚500—1600米
白垩系	上白垩统	组		K _{2y}	棕紫、暗紫夹灰色泥岩与砂岩互层, 泥岩含膏, 砂岩为灰质及石膏质胶结。与下伏层不整合接触。厚411—577米
三叠系					灰色灰岩及绿灰岩

图例一子、李玲明, 1979, 江汉金地下第三系地层划分及对比。有*为江汉凹陷资料。

地震地层学研究的基础是划分地层, 即划分地震层序。它是利用地震剖面上各反射波组间的相互关系, 识别上超、下超、顶超、削蚀等特征作为划分依据。然后利用大量的地震信息, 结合钻井、岩性、古生物、绝对年龄等资料, 进一步作地震相、沉积体系、沉积环境、海平面升降周期、盆地发育史以及其它重要地质现象的定性和定量解释^[1]。作者选择了贯穿潜江凹陷中心的近南北向的599、高斜28、高斜25、总斜2、YG—1、近东西向的84.5、54等质量好的地震测线, 划分了地震层序(表2, 图1、2)。

表2中地震层序的划分主要依据图2中各层序之间的剥蚀面、地震反射波组有削蚀、上超特征。亚地震层序的划分则是根据潜江组和荆河镇组内部反射层相互之间的上超关系。

将表2、图2与表1进行比较, 可以看出原地质研究上所划的分层界线基本上是合理的, 表现在地震层序的分界线与原地层分界线基本一致; 有的虽然有点误差, 但仅差1—2个相位左右。然而, 原地层划分中确实也存在一些问题, 其中至少在三个问题上地震地层学有新的发现和补充。

第一, 发现了荆沙组顶部和潜江组顶部两个区域性的剥蚀面。如在图2和84.5、YG—1地震测线上可以见到潜江组下部地震反射层逐层上超于荆沙组顶部剥蚀面之上。该剥蚀面的削蚀特征和界面上、下地震反射波组的高角度相交情况也十分清楚; 又见图2中荆沙组顶部存在着一系列的绕射波现象等

表2 潜江凹陷白垩—第三系地层序列划分表

层 组	代 号	地 层 标准层	地 层 序	地 层 序	划 分 依 据
广华寺组	N	T_1		I	地层区域大剖面上有削蚀
荆河组一至三段	E_{1-3}^{A-a}	T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_6	1	I	地层区域大剖面上有上超
荆河组 四段	E_4^A				
潜江组 一段	E_1^A		2		“ “ “ “ “ “
潜江组 二段	E_2^A		3		“ “ “ “ “ “
潜江组 三段	E_3^A		4		“ “ “ “ “ “
潜江组 四段上	E_4^A		5		“ “ “ “ “ “
潜江组 四段下	E_4^F		6		地层区域大剖面上有上超, 而84.5及YG—1两井上穿上超和削蚀
荆沙组	E_1	T_7		II	
新沟组	E_x	T_8			地层区域大剖面上有削蚀, 上超
渔洋组	K_{27}	T_{10}		III	地层区域大剖面上有削蚀, 上超
三 叠 系	T	T_{11}			

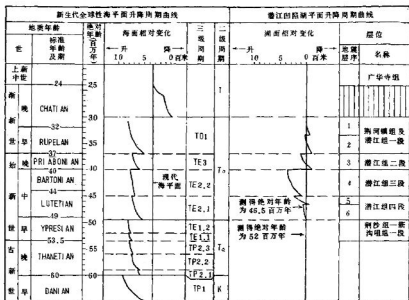
等, 都是不整合面的典型特征, 因此荆沙组与潜江组之间存在的剥蚀面是可靠的。又如白垩系渔洋组顶部与下第三系新沟组之间的剥蚀面, 在图2和54测线上的削蚀和上超接触关系, 也是很清楚的。

第二, 确定了潜四下、潜四上、潜三段、潜二段、潜一段和荆河组四段、荆河组一至三段等相互的层序接触关系为上超关系。从而划分了六个亚地层序, 又根据图2中各上超点有分别向凹陷中心或向边缘转移的情况, 说明湖平面曾发生过周期性的升降变化。各亚地层序沉积时也发生过沉积间断现象。这就改变了以往许多人认为潜江组至荆河组为整合接触、凹陷以连续稳定下沉为主的观点。

第三, 对荆河组底界划分应作适当调整, 即把荆河组四段划入潜江组一段。理由是: 荆河组三段与四段分界面上出现了上超; 荆河组四段被组特征与潜一段相似——同为强反射连续相, 而荆一至三段为断续弱反射相; 从岩性特征看, 荆一至三段为一套河流相、浅湖相的砂泥岩沉积, 而荆四段则以较细的泥岩为主, 夹有砂岩、油页岩和石膏层, 与潜一段盐滩相沉积接近, 荆四段暗色泥岩的有机质具有一定丰度, 钻井中见到过油气显示, 它和潜江组一样, 也是一个有意义的勘探目的层。

湖平面升降周期分析

维尔(P. R. Vail)等人曾根据世界各地的第三系地层剖面编制出一张新生代全球性海平面升降周期曲线(图3左半部)。它与陆相湖盆的升降周期是否有所联系呢? 这次我们根据贯穿潜江凹陷南北的区域地震大剖面资料(图2), 用类似维尔的方法也试作了一张湖平面升降周期曲线图, 即在未确切取得湖岸相、滨湖相数据之前, 暂以上超点的升降变化近似地视为湖平面升降变化, 取前一层序的最高上超点与后一层序的最低下超点的差值作为下降幅度, 取上超点的垂直分量作为上升幅度, 这样近似地求得湖平面升降幅度值。由于此法未作盆地的差异沉降幅度校正, 其数值略为偏大。但在地层区域产状平缓的情况下, 其误差较小, 况且使用相对近似的幅度值并不失掉其应用价值和意义。由于下第三系新沟组组和荆沙组的反射资料较差, 故只作了潜江组—荆河组中各亚地层序列的曲线。又因盆地内仅在新沟组组和潜江组底部的玄武岩测得绝对年龄分别为52和40.5百万年(钾氩法), 故在作图时采用了间隔相等的纵轴(图4), 为了进一步与全球性海平面升降周期对比, 作者



注：图左为维尔等人所作曲线

图3 海、湖平面升降周期曲线对比图

将有关资料填入图3中。

将图3、4与潜江凹陷已知的石油地质成果相联系可有下列几点认识：

(1) 潜江凹陷湖平面升降周期与全球性海平面升降周期较为类似

由于荆沙组顶部和荆河镇组顶部剥蚀面代表了两次较大的水平面下降，加上两件绝对年龄样品资料，这就很自然地可将凹陷的潜江组至荆河镇组的湖平面升降周期与维尔等人所划分的全球性二级周期 T_2 相比。并且两者的三级周期也可一一对应，即潜四段相当 $TE_{2,1}$ ，潜三段相当 $TE_{2,2}$ ，潜二段相当 TE_3 ，潜一段和荆河镇组相当于 T_{01} 。此外，就世界上典型的海平面相对升降周期是由逐步相对上升→相对静止→迅速下降三部分组成而言^[12]，潜江凹陷湖平面升降周期也有类似特征（图4），只不过海平面相对静止时期多以沉积上的顶部形式出现，而湖平面相对静止时期则以无上超沉积形式表现罢了，这是由于湖平面下降速度与原始沉积表面下沉速度一致，或者沉积表面下沉

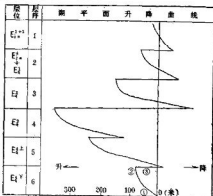


图4 599、高斜25、高斜25测线地质层序及湖平面升降曲线图

①湖平面逐渐上升期
②湖平面相对静止期
③湖平面迅速下降期

速度与沉积补偿速度相当原因所致。有趣的是,作者最近看到了黄骅坳陷沧东凹陷中的地震76—41测线,76—43测线的时间剖面及层序划分解释剖面^[12],从其上起点的变化规律观察,其湖平面升降周期也明显地由上述三部分组成。这种湖、海平面升降周期的相似性,是否补充了地壳运动和湖平面升降周期具有全球性或大区性的论点,是值得进一步研究的。

(2) 海、湖平面升降周期对比可划分潜江凹陷下第三系的时代。

通过图3的对比关系,可将潜江凹陷下第三系的时代作如下划分,即荆河镇组潜江组一段为新新世,潜二段为晚始新世,潜三段为中始新世Bartonian期,潜四段为中始新世Lutetian期,荆沙组和新沟组一段为早始新世,新二段至三段为古新世。又从新新世荆河镇组与其上广华寺组之间存在一对蚀面,而后者已被油田化验室古生物组根据蒙古生物资料划为晚第三纪中—上新世。再结合图3分析,则可以认为潜江凹陷缺新新世晚期沉积。图2上荆河镇组顶部剥蚀面已被削蚀近于水平状态,也说明该组沉积后,确实经历了较长时期的剥蚀阶段,使其基本上准平原化后再沉积广华寺组。

(3) 湖平面升降周期对沉积有控制作用

潜江组—荆河镇组可以分为6个湖平面升降周期。由于在潜三段沉积后出现了较大的湖平面下

表3 江汉盆地第三系地层划分对比表

油田地质处 (1973)		中南地质研究所 (1974)		贾英炎等 (1979)		康一子、李玲明等 (1979)		本文 (1980)	
中新统	广华寺组	上第三系	拾园桥组	中新统	广华寺组	中新统	广华寺组	中新统	广华寺组
新 新 世	荆河镇组	新新统	周矶组	新新统	荆河镇组	新新统	荆河镇组	新新统	荆河镇组一至三段
	潜一段	始	潜	始	潜一段	始	潜一段	始	潜一段
	潜二、三段	新	潜	新	潜二、三段	新	潜二、三段	新	潜二、三段
	潜四段	新	潜	新	潜四段	新	潜四段	新	潜四段
渐新—始新统	荆沙组	新	荆沙组	新	荆沙组	新	荆沙组	新	荆沙组
始 新 统	新沟组	古新统	新沟组	古新统	新沟组	古新统	新沟组	古新统	新沟组一段、二段、三段
	潜一段上	潜	潜	潜	潜一段上	潜	潜一段上	潜	潜一段上
	潜二段、三段	潜	潜	潜	潜二段、三段	潜	潜二段、三段	潜	潜二段、三段

* 包括荆河镇组四段

降。故也可将6个周期合并为两个大一级的周期，即潜四下一潜三段周期和潜二区一荆河组周期（图4），两大周期对沉积的控制作用表现在形成了相应的两套下细上粗、下咸上淡的沉积旋回。如第一旋回潜四下时湖平面开始上升，汇水量小，水动力条件弱，物质供应不充分，故沉积以细的盐、膏、泥为主；随着潜四上时湖水面继续上升，汇水量加大，水动力和物质供应条件变好，故沉积物相对变粗，以砂岩、泥岩夹有盐、膏为特征；至潜三时湖平面升得最高，汇水量更大，水质变淡，水动力条件和物质供应条件最好，故沉积物最粗，以砂泥岩互层为主，仅夹少量盐、膏层。第二旋回与第一旋回相仿。

由于凹陷在潜江组沉积时期经历了多次湖平面升降变迁与下沉作用，又是处于干燥气候条件下，这就必然相应地形成湖水的咸淡交替和生物繁殖—死亡堆积—埋藏的周期，这对有机质的保存和向石油转化是很有利的。

岩样的有机质丰度与含盐量的数值，也有随着湖平面上升幅度增高而增大，反之则变小的特点（表4）。

表4 广源1井各段生油条件对比表

层位	亚地震层序	湖面上升幅度(米)	生油岩厚度(米)	有机质%	氢仿测值“人”%	总盐量度(ppm)
荆河组	1	70		0.24 (11)	0.0619 (9)	71.86 (5)
潜一段	2	130	326	0.30 (17)	0.1225 (17)	136.48 (9)
潜二段	3	240	293	0.96 (19)	0.3692 (14)	1296.77 (8)
潜三段	4	250	386	0.55 (16)	0.2849 (16)	1478.28 (7)
潜四段上	5	270	384	0.51 (18)	0.3305 (18)	2230.57 (13)
潜四段下	6	80	605	0.42 (14)	0.1292 (48)	971.37 (24)

注：括号内为分析样品数

湖平面升降对储油层的控制，表现在：湖平面上升幅度大则砂组发育，砂岩分布面积广，砂岩以每一周期的中上部为最发育（表5）。

结 束 语

以上初步研究成果表明，地震地层学对于确定潜江凹陷白垩—第三系各层组之间的接触关系，对于研究湖平面升降周期，和进行地层划分与对比，都是很有作用的。荆沙组顶部和渔洋组顶部两个不整合面的发现，以及潜江组—荆河组各亚地震层序之间的上超和沉积间断的发现，对于今后寻找与不整合有关的油气藏和地层超覆油气藏，都有重要现实意义；而潜江凹陷湖平面升降周期与海平面升降周期的同步性，对于研究地壳运动的规律，也提供了一些新的线索。

本文经谢太俊、杜亚杆、康一子、罗朝正、王承禄、罗天明等同志审阅和提出宝贵意见，特此表示感谢。

表5 潜江凹陷潜江组各砂组砂岩分布面积

地 层 震 序	湖 面 上 升 幅 度 (米)	油 组	砂 组	分 布 面 积	地 层 震 序	湖 面 上 升 幅 度 (米)	油 组	砂 组	分 布 面 积
2	130	1 ¹		未统计	4	250	3 ³ 下		2.24
		1 ²		11.06			3 ⁴	3 ⁴ ₁	4.82
		1 ³	1 ³ ₁	7.96				3 ⁴ ₂	5.96
			1 ³ ₂	5.49				3 ⁴ ₃	5.23
3	240	2 ¹		4.01	5	270	4 ¹	4 ¹ ₁	7.34
		2 ²		5.36				4 ¹ ₂	5.87
		2 ³ 下		1.00			4 ¹ 下		2.75
		2 ³		2.43			4 ²		5.67
		3 ¹ ₁	3 ¹ ₁	7.57			4 ² 中		3.19
		3 ¹ ₂	3 ¹ ₂	7.06			4 ² 下		5.45
		3 ¹ ₃	3 ¹ ₃	3.71				4 ³ ₁	6.60
		3 ¹ 下		2.98				4 ³ ₂	6.00
		3 ²	3 ² ₁	9.36			4 ³ 下		3.84
			3 ² ₂	6.13			4 ³	4 ³ ₁	6.51
			3 ² ₃	8.72				4 ³ ₂	10.20
			3 ² ₄	7.91				4 ³ ₃	3.76
			3 ² ₅	5.55			4 ⁴ 下	4 ⁴ ₁	2.11
		3 ³	3 ³ ₁	7.00				4 ⁴ ₂	1.26
			3 ³ ₂	6.11				4 ⁴ ₃	未统计
			3 ³ ₃	5.51					
					4	80			

* 数字表示面积相对大小

(收稿日期 1980年10月23日)

参 考 文 献

- [1] 徐怀大, 1979, 根据地震资料进行地层学解释, 石油物探, 第1期。
 [2] C. E. 赖顿, 1977, 牛毓奎、徐怀大等译, 地震地层学, 第57页, 石油工业出版社, 1980年。
 [3] 徐怀大、胡震中, 1979, 地震地层学在黄骅坳陷的初步应用, 石油物探, 第3期。

ON THE SEISMIC STRATIGRAPHIC SEQUENCE, LAKE LEVEL FLUCTUATION AND OIL PROSPECTING IN QIANJIANG DEPRESSION

Hu Bingxuan Liu Yizheng

(*"May 7" Oil Field*)

Abstract

This paper applies the method of seismic stratigraphy to divide the stratigraphic sequence of Qianjiang depression and to map the periodic fluctuating curves of the old lake level. The following results have been obtained,

1. Two erosional surfaces has been discovered recently, one at the top of the Jingsha formation of Lower Tertiary, and the other at the top of the Yuyang formation of Cretaceous. The authors suggest that the exploration of oil and gas pools should be associated with these unconformity planes.

2. Among the horizons of Lower Tertiary—the lower and the upper parts of the 4th Member, the 3rd, 2nd, and 1st Members in the Qianjiang formation; the 4th, 1st–3rd Members in the Jinghezhen formation—we have found the relationship of onlap contacts. A new point has been suggested that some overlap unconformable stratigraphic oil and gas pools should be found in the northern part of the Qianjiang depression.

3. With correlation of periodic fluctuating curves of the lake level and the global Tertiary sea level, the Lower Tertiary in Qianjiang depression has been further divided in age.

中日合作将在鄂尔多斯盆地进行石油普查勘探

中华人民共和国地质部代表团于一九八一年六月上旬访问了日本。同日本国石油公司商定，从促进中日两国友好合作的愿望出发，由日方无偿支付经费，并提供技术，同中方合作在鄂尔多斯盆地进行石油和天然气普查勘探工作。该合作项目以发现油气田为目的。合作内容包括：卫星资料解译，以地震勘探为主的物探工作和钻探工作。合作时间三年至五年。

鄂尔多斯盆地是我国大型沉积盆地之一，面积三十余万平方公里，震旦系至第四系总厚度达5000至9000余米。地层发育全，沉积类型多，具有利的油气生成和聚集条件。该盆地发现石油历史悠久，早在秦汉时代已有记载。宋明沈括在《梦溪笔谈》中，第一次用石油这个名称描述了陕北油苗。近代找油工作始于1907年。最近二十多年来，我国石油普查勘探队伍，在盆地南部发现了一批中小型油气田。展示了该盆地的含油气远景。盆地北部及古生界海相地层勘探程度低。从已知的一些资料来看，含油气远景是好的。

通过中日合作将会加快鄂尔多斯盆地石油和天然气的普查勘探步伐。还将促进中日两国石油普查勘探科学技术的交流和发展，增进中日两国人民之间，特别是两国石油地质科学工作者之间的友谊。

(舒文培)