

云南断陷湖泊三角洲沉积及其在 石油勘探中的意义

朱海虹 姚秉衡

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

本文论述了以滇池、洱海为代表的云南断陷湖泊沉积作用的特点,认为:(1)断陷湖盆的形态和水系受构造格局所控制;(2)同一湖盆中并存着不同形态类型的三角洲,其分布和发育程度取决于河口喷流与沿岸流相互作用的强弱;(3)断陷湖泊发育早期以碎屑流沉积为主,演化晚期以三角洲沉积为主;(4)断陷湖泊三角洲往往兼有牵引流与重力流的过渡特点。上述特点均可作为勘探湖泊三角洲油气藏的借鉴,

湖泊三角洲研究开始于吉尔伯特(1855, 1890),他根据河道切割的剖面表现出三重构造(threefold structure),提出三角洲推进时不同层理类型的垂向层序。在此基础上,巴雷尔(1912, 1914)提出了底积层(bottomset)、前积层(foreset)和顶积层(topset)组成的吉尔伯特三角洲模式,从而长期支配了人们对三角洲沉积的认识(Reading, 1978)^[1]。本世纪20年代以来,随着对古代三角洲煤田和油田勘探与开发,开展了对密西西比河三角洲研究后,建立了鸟足状三角洲(bird-foot delta)模式。由于现代三角洲类型的多样性,后来的研究又提出了几种类型的三角洲模式(Fisher等, 1969^[2]; Coleman和Wright, 1975^[3]; Galloway, 1975^[4])。

由于湖泊三角洲具有较好的储集条件和有利的生油环境,因此,在古代含油盆地中,三角洲油气藏往往成为岩相古地理研究和油气勘探的重要目标。

在我国含油盆地中,特别是东部新生代盆地多为断陷湖盆。因此,本文是在对云南滇池和洱海为代表的断陷湖泊沉积研究基础上,着重论述断陷湖泊沉积作用的特点,三角洲沉积体系、沉积特征和分布模式及其在石油勘探中的意义。

一、断陷湖盆沉积作用的特点和三角洲分布

在断陷盆地中,断裂活动是沉积作用的主导因素。断裂活动主要表现为水平方向上的拉张所引起的垂向运动。垂向运动对沉积作用的控制,主要表现为盆地最大的沉积厚度往往不在盆地中心而偏于主断层一侧。这一特点已为我国许多含油盆地的勘探所证实(陈昌明, 1982)^[5]。而云南断陷湖盆也明显地反映出上述特点。据钻孔和物探资料,洱海盆地西侧和滇池盆地西北侧沉积厚度均在1000 m以上,为全盆地沉积厚度最大的区

域。其主要原因是盆地陡坡侧的沉积物,在堆积后立即被埋藏,特别是主断裂一侧的构造深凹往往是沉积物连续堆积的最终场所,保存最好。而缓坡一侧的沉积物在堆积后,容易受到各种动力的破坏、改造和再搬运。这一特点通过现代沉积物的年龄测定和沉积速率的推测也能明显地反映出来。如滇池盆地西北部的草海和盘龙江三角洲前缘,现代沉积速率分别达到 $30\text{--}50\text{ cm}/10^3\text{a}$ 和 $75.6\text{ cm}/10^3\text{a}$,而滇池湖心区沉积速率一般在 $20\text{ cm}/10^3\text{a}$ 以下,最慢仅 $14\text{ cm}/10^3\text{a}$,前者沉积速率较后者快 $1.5\text{--}3.5$ 倍。更新世晚期以来,滇池盆地沉积速率最快的部位,也首推北部三角洲地区。据盘龙江三角洲参一井 24 m 和 29 m 处碳质沉积物和螺化石 ^{14}C 测定,两者平均沉积速率为 $126.7\text{ cm}/10^3\text{a}$,是现代滇池湖心沉积速率的 6.3 倍,约为现代全湖平均沉积速率的 3.5 倍。

此外,物探和钻孔资料表明,滇池盆地的基底构造,是由六个次级凹陷组成的复式构造盆地,其中紧靠盆地西侧主控断层——西山大断层东侧的草海和盘龙江三角洲前缘,疏松沉积物厚度达 1005 m ,为全盆地最深沉降中心外,而受到次级构造控制的其它小凹陷,疏松沉积物厚度一般也厚达 $200\text{--}800\text{ m}$ 不等,成为局部的沉积中心。

上述主凹陷及其它次级凹陷,自晚新生代以来表现了强烈的充填作用,据钻孔岩性、岩相分析,晚更新世至全新世早期,这些凹陷主要接受扇三角洲粗碎屑物沉积。全新世晚期以来,上述各个次级凹陷则充填了不同规模的三角洲,其中仍以北部盘龙江三角洲规模最大(图1)。这种沉降中心对盆地沉积作用的控制,在洱海盆地也有明显反映。据钻孔和物探资料,晚新生代以来随着盆地西侧点苍山断块山的强烈隆起,盆地凹陷中心偏于湖盆西侧,大规模山麓洪积扇和扇三角洲在该区十分活跃,成为该盆地最富有特色的沉积特点(冯敏等,1984) [6]。

从断裂湖盆充填过程来看,存在着纵向搬运和横向搬运两类沉积体系。前者物质搬运方向与盆地长轴方向一致,而后者与盆地长轴方向垂直。它们均受到盆地主断裂的制约。

在断裂盆地内,河流仍然是物质侵蚀和搬运的主要营力。沿断裂及其破碎带有利于河流发育。因此,盆地的构造格局,既控制了湖盆的形态和长轴方向,也制约了水系格局、河流规模、搬运方式和沉积模式。一般顺盆地主要构造方向形成的水系,其流域面积、水量和输沙量较大,因此,在盆地长轴方向的两端往往

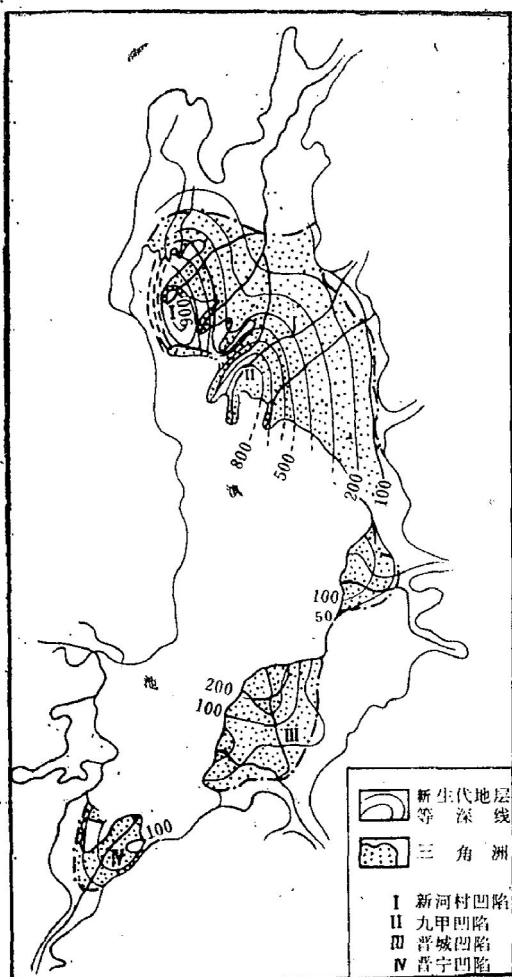


图1 滇池盆地新生代基底构造与现代三角洲分布

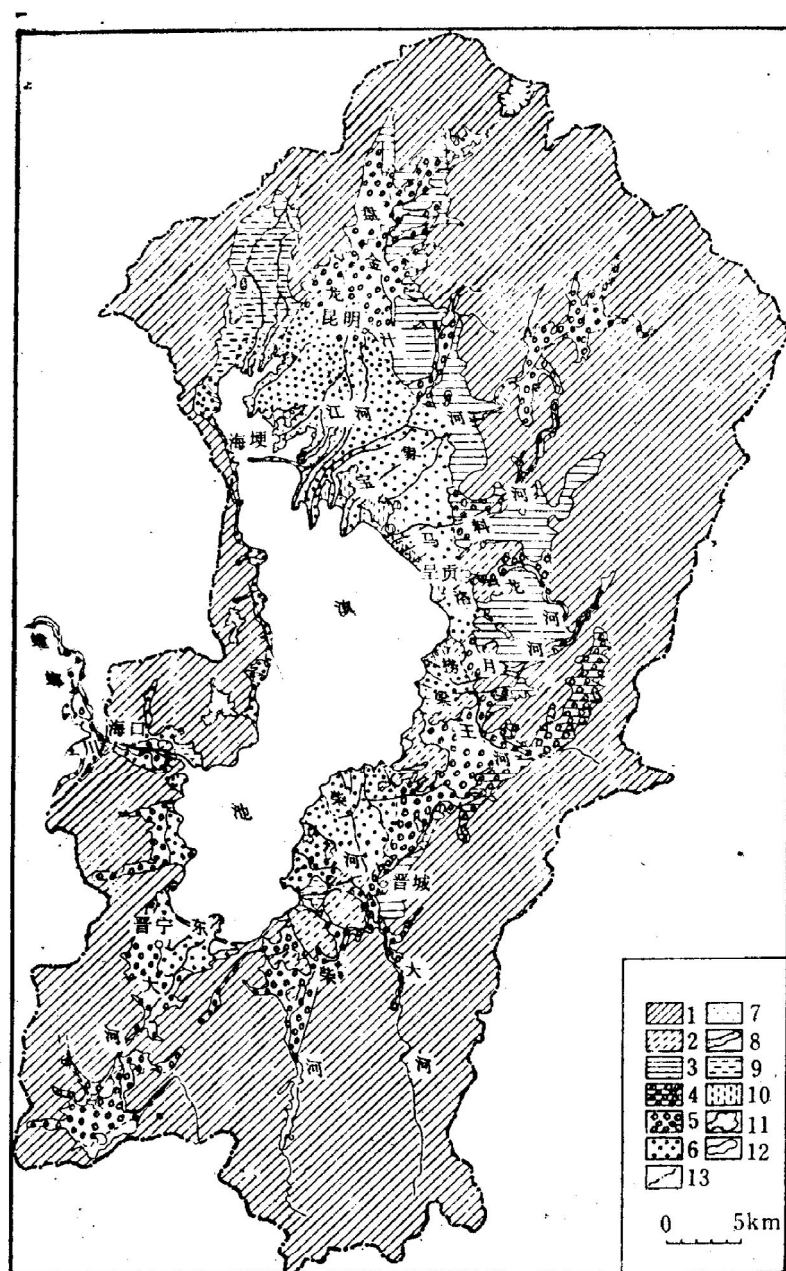


图2 滇池盆地沉积与地貌图

- 1—山地, 2—残丘, 3—晚新生代湖泊沉积, 4—晚新生代扇三角洲沉积, 5—河流沉积,
6—扇三角洲沉积, 7—三角洲沉积, 8—滨岸沙坝沉积, 9—全新世湖泊沉积,
10—湖湾与潟湖, 11—溶蚀洼地, 12—现代湖泊界线, 13—盆地分水岭界线

形成较大的沉积体系。例如滇池盆地北部盘龙江和洱海盆地北部弥苴河, 其流域面积和入湖水量均分别占这两个湖盆流域面积和入湖水量的30%和33%, 是这两个盆地的最大河流, 相应形成了湖盆最大的三角洲沉积体系(图2、图3)。但是不同发育阶段的断陷湖泊, 其三角洲发育规模和沉积物组成及成熟度存在着很大差异。滇池是一个超补偿充填的湖盆, 即湖盆的沉积作用大于构造沉降作用, 三角洲的发育规模大, 生长快, 沉积物成熟度高。如盘龙江三角洲分流河道沉积物中, 砂和粉砂含量达87—90%, δ_p 值在1.0

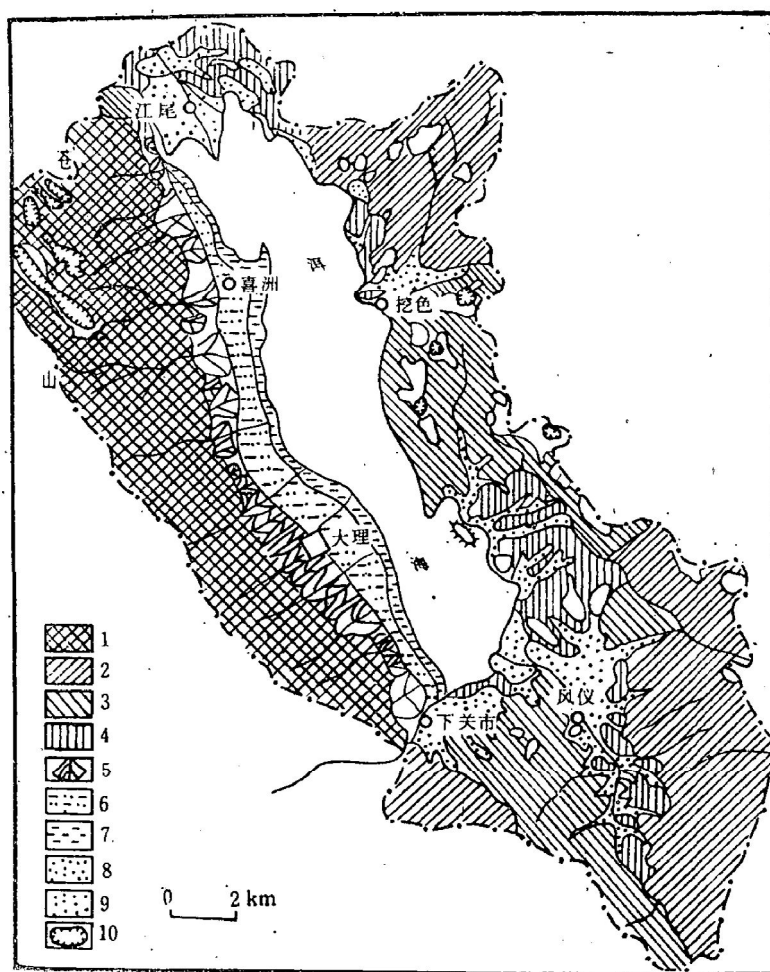


图3 洱海盆地沉积与地貌图

1—高山, 2—中山, 3—低山, 4—丘陵, 5—洪积扇, 6—全新世扇三角洲,
7—现代扇三角洲, 8—河流沉积, 9—三角洲沉积, 10—溶蚀洼地

—2.0之间,分选较好,具牵引流沉积特征;而洱海湖盆周边山地新构造运动强烈抬升,湖盆沉积作用不足以补偿盆地的沉降作用,三角洲发育规模较小,沉积物粗、细混杂,分流河道沉积物中砾石含量高达4—33%,粘土含量高达10—40%, δ_p 值在2.5以上,分选差,成熟度低,具牵引流与碎屑流过渡的特点。

此外,云南断陷湖泊发育于自北向南倾斜的高原面上,湖盆的北端往往承纳了湖盆主要水系的水量和来沙量,故北部的沉积作用也往往大于南部。如前所述,滇池、洱海是如此,云南高原上其它许多湖泊也具类似特点,这也反映了区域构造活动差异对湖盆沉积作用的控制。

发育于断陷湖泊短轴方向的横向搬运体系,可分为陡坡与缓坡型两类。它们的分布主要取决于构造型式。如双断型地堑盆地,两侧均受到主断层控制,湖岸濒临山麓,水系以近源、坡陡、流急的间隙性溪流为主,一般发育洪积扇、扇三角洲和其它重力流沉积。沉积相带狭窄,变化突然,沉积作用具有突发性和事件性。如洱海西岸形成不同规模的洪积扇和扇三角洲群;东岸仅形成湖蚀崖和局部重力堆积。而滇池为半地堑型箕状盆地,

受到西山大断层控制的湖盆西侧陡坡岸, 仅发育倒石堆和小型扇三角洲; 而发育于断阶斜坡带的缓坡岸一侧, 山体上升速度小于西侧, 水系具一定规模, 汇水面积大大超过陡坡一侧, 有利于形成中、小规模三角洲, 其沉积格局与陡坡岸碎屑流沉积为主的沉积面貌形成鲜明对比(图2, 图3)。上述特征也为中、外古代盆地的研究所证实。如河南的泌阳盆地、东濮盆地、美国加利福尼亚的死谷盆地(Hooke, 1972)^[7]和挪威泥盆纪的一些盆地(Gloppen, 1981)。

二、三角洲形成的水动力因素和分类

三角洲沉积及其环境变化是由各种动力过程相互作用的结果。Coleman 和 Wright (1975)^[3], 对现代海洋三角洲400多个参数对比研究后, 认为影响和形成三角洲的各种因素可归结于地质、地貌基础、气候背景和盆地水文动力条件, 后者主要取决于河流与盆地水体相互作用的关系。为此, Fisher等(1969)^[2]以及Coleman等(1975)^[3]根据河流与海洋作用的强度, 划分出河流作用为主的高建设型三角洲和以海洋作用为主的高破坏型三角洲。

根据滇池、洱海水文物理观测, 湖泊三角洲的形成是河水与湖水两种动力过程相互作用的结果, 主要取决于流域面积、流量和输沙率; 而海洋三角洲主要受盛行风向、波浪和沿岸流的影响。从而在很大程度上控制和影响了三角洲发育规模、生长方式与形态类型(表1)。

对于建设型三角洲来说, 河口喷射流起着重要作用。沉积物平面分布具有与河流中心线对称的伸长型或扇形分布。泥沙含量及其平均粒径则由河口向外湖区减小。如果湖面风成流和波浪作用能波及湖底, 则落淤的沉积物又可能被挟起, 成为跃移和悬浮状态, 使沉积物再分配。由于风浪经常以斜交方向作用于湖岸水, 体在重力影响下仍以垂直方向返回, 向岸流与离岸流合成方向形成了平行岸线的沿岸流, 其方向取决于岸线和风的方向。观测资料表明, 滇池和洱海地区盛行西南风和偏南风, 主体水域的东侧经常形成自南向北的风成流, 西侧因补偿形成自北向南梯度流(重力流), 这样在湖区形成反时针流动的气旋式表层环流, 从而加强了风成沿岸流。若沿岸流对三角洲河口尖端达到破坏和“削平”作用, 则形成尖头状和平直滨岸型的破坏型三角洲。

湖水动力对河口泥沙搬运作用可用湖流流速 V 与喷射流流速 u 之比表示

$$\beta = \frac{V}{u} \quad (1)$$

设河流流量为 Q , 对直线形湖岸, 湖流以均匀速度向四周辐射, 在距河口以 L 为半径的剖面上, 平均水深为 H , 按连接方程得到

$$Q = \pi L H u \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式可得

$$\beta = \frac{\pi L u V}{Q} \quad (3)$$

由于河流入湖泥沙主要集中在汛期洪水时, 故应将洪水期的 β 值作为判据。当 $\beta < 1$

表1 滇池盆地主要参数与三角洲类型的关系

河 流	流域面积 (km ²)	古盆地流 域 面 积 (%)	流量 (m ³ /s)	占滇池总 来 水 量 (%)	$\bar{P}$ (湖岸平 均波力) (kW/m)	P_{max} (湖岸最 大波力) (kW/m)	三 角 洲 面 积 (km ²)	三角洲 类 型
盘 龙 江	847	29.55	24100	33.68	4.59	20.7	复合三角 洲面积共 108.9	伸长型
宝 象 河	295	10.29	8996	12.64				
西白沙河	122	4.26	4304	6.05				
东白沙河	74	2.58	2368	3.33				
柴 河	419	14.62	9302	13.07	9.13	41.7	45.48	扇 型
大 河	169	5.90	3752	5.27	10.86	51.0	15.67	舌 型
梁王河	109	3.80	2725	3.83			复合三角 洲面积共 11.44	尖头型
捞鱼河	129	4.50	3225	4.53				
马料河	105	3.62	2625	3.69	21.02	92.5	复合三角 洲面积共	平 直 滨岸型
落龙河	414	4.92	3525	4.95				

时,河口喷流起主要作用, $\beta > 1$ 时,湖水动力起主导作用。

滇池各大河因受到人工控制,难以判别,现以洱海弥苴河为例,据该河砾减水文站流量资料,在1955—1981年中,日平均最大流量达77.8m³/s,月平均最大流量为49.4m³/s,河口区水深4m。这里沿岸流微弱 $< 5\text{cm/s}$,在 $L=50\text{m}$ 处, $\beta=0.40-0.60$ 。故弥苴河鸟足状三角洲得到很好发育。

此外,根据波浪对海岸作用的研究,当滨岸底床坡度为1/20时,波陡 $h/l > 0.0115$,或坡度达1/5, $h/l > 0.034$ 时,可形成水下沙坝(King, 1959)^[8]。根据滇池、洱海波浪实测资料,最大波高 h 为1.3m,最大波长 l 为18m, h/l 为0.0722,在多数情况下 h/l 也在0.05以上。加上三角洲前缘湖床坡度平缓,如滇池仅 $0^\circ 5' - 0^\circ 7'$ 。在受到波浪和沿岸强烈作用的三角洲前缘,物质的再搬运可形成水下沙坝。水下沙坝出露水面后成为外湖水体与近岸水体的障壁,从而形成与三角洲主体伴生的障壁沙坝-潟湖沉积体系。如滇池盘龙江三角洲前缘和马料河与落龙河三角洲前缘发育的障壁沙坝-潟湖体系就是很好的实例。

以上表明,由河流作用为主到以湖泊作用为主所形成的三角洲类型是伸长型或鸟足状三角洲、舌形或扇形三角洲、尖头型三角洲和平直滨岸型三角洲(表1,图4)。

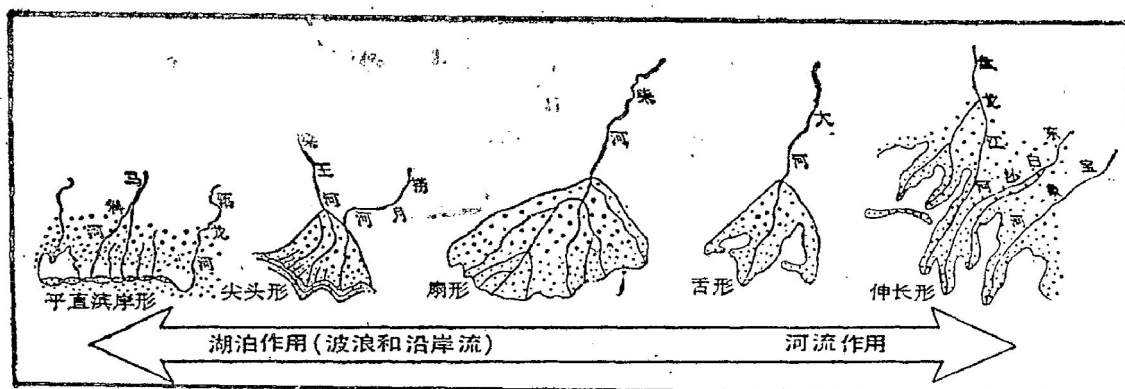


图4 滇池三角洲类型与河流和湖泊作用的关系

三、各类三角洲实例和沉积相

(一) 滇池三角洲

1. 盘龙江、宝象河伸长型三角洲

盘龙江是滇池盆地最大的河流，其下游与东白沙河和宝象河彼此连接，形成复式伸长型三角洲。三角洲前缘部分泥沙，在波浪和沿岸流共同作用下形成障壁沙坝（图5），

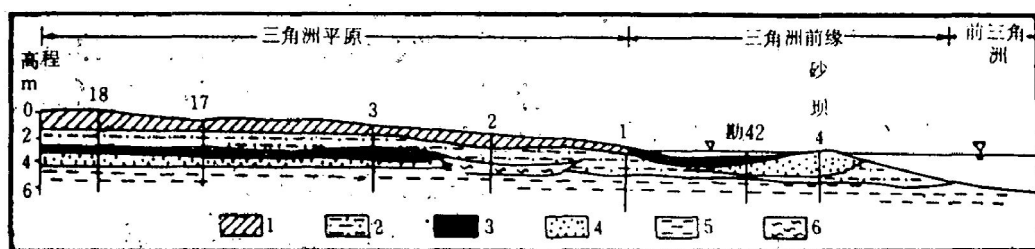


图5 盘龙江三角洲沉积剖面

1—粉砂质粘土，2—粘土质粉砂，3—碳质粘土或泥炭，4—粉细砂，
5—含粉砂粘土，6—淤泥质粘土

盘龙江三角洲综合地层柱状图表明（图6），由前三三角洲（单元1）与河口沙坝组成的水下三角洲垂向剖面，呈明显的反旋回序列。陆上三角洲则由分流间沼泽，分流间洼地与泛滥平原组成（单元3—6）。

据深钻孔取样¹⁴C年龄测定，自晚更新世以来，盘龙江—宝象河三角洲平均沉积速率为1.11 mm/a，为现代滇池全湖平均沉积速率的5倍。据史载，现盘龙江河口距明崇祯年间（1628年）河口2.5 km，推算每年向湖区推进7.8 m¹⁾。

2. 柴河扇形三角洲

自南向北注入滇池的柴河，其流域面积和入湖水量仅次于盘龙江。三角洲水系呈放射状入湖，流量分散，河口喷流减弱。但波浪和沿岸流作用明显小于北

沉积单元	厚度(m)	柱状剖面	岩性和沉积特征	沉积环境
6	1.0 2.4		上部棕黄棕红色粉砂质粘土，有铁锈斑纹，含植物残体、根系，下部黄褐色灰褐色粉砂质粘土，含植物炭屑。	泛滥平原
5	0.60 1.25		黄灰、灰褐色粘土—粉砂薄层，含植物残体和贝壳碎片。	分流洼地
4	1.05 1.50		黑色泥炭含大量腐烂植物残体根系少量贝壳碎片。	或牛蹄湖 分流间沼泽
3	0 0.35		浅灰色含有机质淤泥质粉砂	废弃河道
2	0.50 1.15		上部灰色黄灰色粉细砂，中、下部青灰色粉砂分选好。	河口分流河道或沙坝
1	1.45 (未见底)		上部浅灰绿色粘土质粉砂，下部灰绿色淤泥	前三三角洲沉积

图6 盘龙江三角洲综合地层柱状图

1) 云南府志《重修雄川阁碑记》，

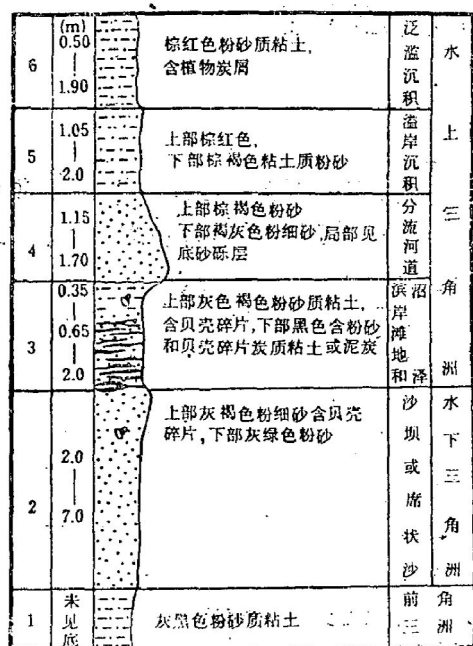


图7 柴河三角洲综合地层柱状图

部和东北部, 故河流携带的粉、细沙较均匀地分布在三角洲前缘, 形成席状沙。

三角洲柱状剖面显示, 下部由前三三角洲和三角洲前缘组成向上变粗序列(单元1、2); 上部由滨岸滩地和沼泽(单元3)、河道沉积(单元4)、溢岸沉积(天然堤, 单元5)和河流泛滥沉积(单元6)组成向上变细序列(图7)。按海宝山北300年间三角洲已伸展1.5 km计, 三角洲平均每年向北伸展5 m(陈述彭, 1948)^[9]。

3. 大河舌形三角洲

大河是仅次于柴河的滇池盆地南部的的主要河流。盛行风方向与三角洲伸展方向一致, 波浪和沿岸流微弱, 三角洲主体呈舌形伸展。两侧湖湾在局部湖湾环流与波浪共同作用下, 形成湾口沙坝。东、西沙坝分别长1.5 km, 平均

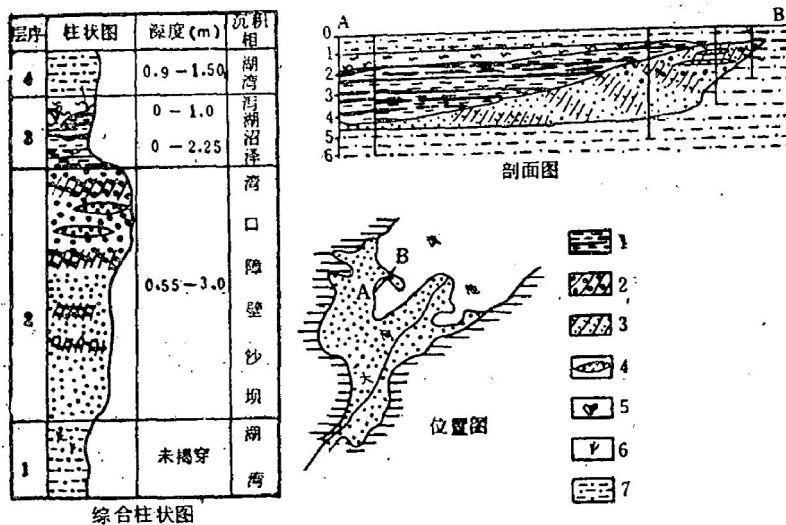


图8 大河三角洲湾口沙坝

1—泥炭, 2—斜层理砾质砂, 3—斜层理砂, 4—透镜状含砾砂, 5—螺壳, 6—植物残体, 7—粘土质粉砂

4. 梁王河、捞鱼河尖头状三角洲

梁王河与捞鱼河是滇池盆地诸水系中最小的河流。三角洲前缘与盛行风向高角度相交, 湖岸受到的波力平均近10.86 kW/m, 最大达51.0 kW/m, 均分别为盘龙江口波力的2.4倍。故在河口两侧形成水下沙坝, 汛期暴雨可在河口前端形成背向迎浪方向月牙型

河口坝。但至次年汛期前多被破坏，三角洲河口难以充分向湖区伸展，仅形成稍向湖区突出的尖头状沙咀。

5. 马料河、落龙河平直滨岸型三角洲

马料河、落龙河发源于盆地内部低山丘陵，属近源水系。三角洲位于滇池东北岸，岸线受到的波力为全湖岸线的最大值，平均波力 21.02 kW/m ，最大波力 92.5 kW/m ，分别是盘龙河口受到波力的5倍和4.4倍。强烈的沿岸流和局部沿岸旋涡流，使三角洲前缘沉积物受到改造、破坏和再堆积，形成与岸线平行的滨岸岛链状障壁沙坝。

(二) 洱海三角洲

1. 弥苴河鸟足状三角洲

弥苴河是洱海盆地规模最大的河流。三角洲地处盆地长轴方向的中轴线上，河流及其分支呈指状快速向湖区推进。三角洲位于盆地西北端，地形隐蔽，盛行风影响小，波浪和沿岸流弱，故发育成鸟足状三角洲。

据钻孔样品分析，弥苴河三角洲沉积平面分布与垂向序列一致，依次可分为三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲三个沉积单元（图9，图10）。据钻孔 ^{14}C 年龄测定推算，三角洲平均沉积速率为 1.6 mm/a ，为现代滨湖沉积速率的2倍，约为开阔湖的7倍。按3000年前古岸线距今岸线 5.1 km 计算，三角洲平均伸长速度为 1.7 m/a 。弥苴河三角洲河口呈指状伸展的同时，常伴生决口汉流，并形成新的分流指状沙咀（图11）。

2. 波罗江尖头型三角洲

波罗江是洱海南部主要河流，全长 22 km ，属近源水系。三角洲面对西洱河峡口，强劲的西南风常在8级以上，使波罗江河口平均波力达 7.5 kW/m ，最大波力达 32.6 kW/m 。波浪和风成沿岸流

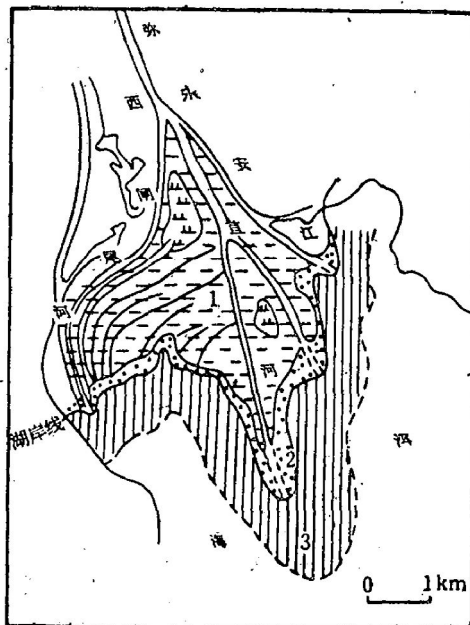


图9 弥苴河三角洲沉积平面分布图

1—三角洲分流平原， 2—三角洲前缘， 3—前三角洲

沉积相	剖面	厚度 (m)	岩性
三角洲平原	1	0—0.30	褐色粉砂质粘土近代耕作层
	2	0.30—1.25	棕色粉砂质粘土含大量植物根系
	3	1.25—2.00	炭屑和锈纹锈斑
	4	2.00—2.50	棕色粉砂层有炭屑
	5	2.50—3.00	深灰色粉细砂层
三角洲前缘	6	3.00—3.25	灰黑色粗砂层夹有个别砾
	7	3.25—4.00	灰黑色砂砾层
	8	4.00—4.50	灰黑色细砂层粒度向上变粗，往下递变为粉细砂、粉砂
	9	4.50—5.00	灰黑色粉砂层
	10		灰黑色粉砂粘土，含螺及碎片。

图10 弥苴河三角洲沉积柱状图

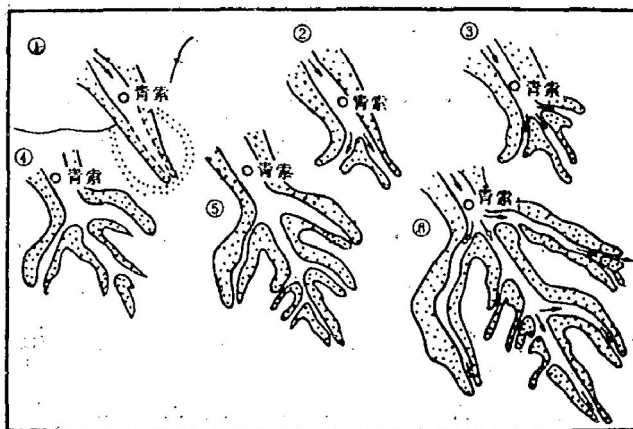


图11 弥苴河三角洲生长模式

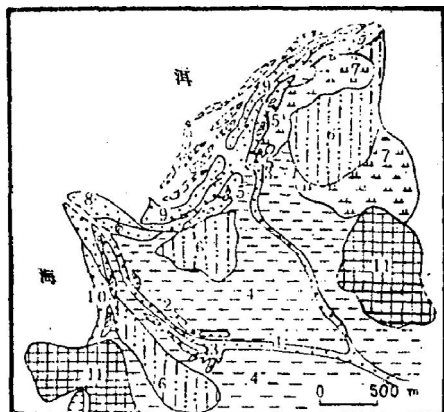


图12 波罗江三角洲沉积平面分布图

1—分支河道, 2—天然堤, 3—决口扇, 4—泛滥平原, 5—沙坝, 6—潟湖, 7—沼泽, 8—沙咀, 9—水下沙坝, 10—湖滩砂, 11—残丘

强烈, 破坏了三角洲正常伸展, 除河口形成尖头状沙咀外, 部分物质被携带至东北侧形成一系列与岸线平行的沙坝(图12)。

四、三角洲沉积特征与油气分布的关系

我国东部含油盆地勘探实践证明, 湖泊三角洲是陆相盆地中油气富集的重要类型之一(祁延年, 1982^[10], 陈昌明, 1982^[5], 王德发, 1983^[11])。

认识云南断陷湖三角洲沉积的特点及其在盆地演化中的作用, 对油气勘探和含油盆地岩相古地理研究, 有着很好的借鉴作用:

1. 断陷湖盆形态和水系受构造格局控制, 河流发育规模小, 三角洲面积一般在10多平方公里至数十平方公里, 其中沿盆地长轴方向发育的三角洲规模较大, 展布方向与构造方向一致。因此, 寻找大型三角洲油气藏, 应顺着盆地主断裂方向的盆地长轴两端, 特别是水系流域面积广, 物源丰富, 河流发育规模较大的盆地一端。在不对称盆地的缓坡侧, 可寻找中小型三角洲油气藏。根据滇池和洱海盆地凹陷中心与沉积中心在分布上的吻合。从沉积机理上验证了, 在一般情况下, 湖盆的沉降中心是盆地沉积持续时间最长, 沉积作用最为活跃的場所。有利于从区域构造活动的背景上寻找三角洲及其它沉积类型的油气藏。

2. 在同一断陷湖泊中, 既可出现以河流作用为主的建造型三角洲, 也同时存在以湖泊为主的破坏型三角洲。它们的分布和发育程度, 主要取决于河口喷射流与波浪及沿岸流相互作用的强度对比。在建造型三角洲体系中, 分支河道、河口沙坝和前缘席状沙是最主要的储集类型。在三角洲发育过程中, 上述砂体往往和前三三角洲、三角洲前缘分流间湖湾与潟湖及泛滥平原细粒沉积相交叠复, 形成较好的生储盖组合。盛行风常年作用的湖岸, 多形成破坏型三角洲。波浪和沿岸的作用破坏或限制了三角洲的发展, 但再搬运沉积的砂体发育, 特别是平行岸线的水下沙坝和障壁沙坝。这类砂体规模小, 横向相变大, 但砂体很快过渡到富含有机成分的生油岩, 有利形成岩性-地层圈闭的油气藏。

3. 根据断陷湖泊不同类型三角洲及其滨岸沉积体系, 可归纳为四种三角洲砂体分布模式。其中以河流作用为主形成的砂体, 如河道、天然堤、河口沙咀及水下天然堤等, 砂体一般沿河流主支及其分支与湖岸成垂直或高角度相交, 呈树枝状、叶脉状和放射状, 作纵向系列分布; 以湖水动力作用为主形成的砂体, 平行岸线, 呈条状或岛链状, 作横向系列分布。掌握这一规律, 有利于对含油盆地砂体展布方向的追索和砂体规模的确定(图13)。

4. 断陷湖泊发育早期或构造活动强烈阶段, 湖盆水深、坡陡, 以扇三角洲和其它重力流形成的沉积为其特色, 但在湖盆充填后期或构造相对稳定时期, 有利于正常河流发育, 三角洲是充填湖盆最重要类型。因此, 在湖泊演化的各个阶段中, 陆进湖退的过

表2 滇池、洱海三角洲河道粒度参数*

河流	样品	剖面深 (m)	$<-1\phi$ (%)	$-1-4\phi$ (%)	$4-8\phi$ (%)	$>8\phi$ (%)	$x\phi$	$\delta\phi$	SK _I	K _g
盘龙江	双龙2	2.50	0	67.0	22.0	11.0	4.20	2.26	0.75	1.54
柴河	D90	3.20	11.5	87.5	10.0	0	1.54	1.96	-0.04	0.07
大河	D372	河床底	4.5	93.0	2.5	0	1.93	1.15	-0.44	2.02
落龙河	10-143	2.95	6.0	37.5	26.0	30.5	5.23	3.91	-0.06	1.26
弥苴河	16-16	3.75-4.75	4.0	46.5	31	18.5	4.54	3.24	0.18	-0.70
波罗江	13-65	1.50-3.50	33	34.5	22	10.5	2.19	3.55	0.23	-1.17

* 南京地理与湖泊研究所龚辉分析。

程, 实质上是三角洲迅速进积过程。反映在地层序列中, 由湖进到湖退的每一旋回的后期, 三角洲类型的油气藏应是勘探的主要目的层。

5. 影响油田储层非均质性因素很多, 从沉积物组成看, 若不考虑后生成岩作用和压实作用, 砂体中所含泥质含量是其重要因素。滇池最大的盘龙江三角洲沉积物成熟度较高, 属正常三角洲沉积外, 其它三角洲 (包括洱海) 均表现为砾、砂、泥混杂, 兼具牵引流与碎屑流特点, 介于常态河流三角洲与扇三角洲过渡类型, 物质成熟度低, 泥质含量高, 导致砂体的非均质性 (表2)。因此, 在油田开发中, 针对这一特点, 采取相应措施改善开采效果。

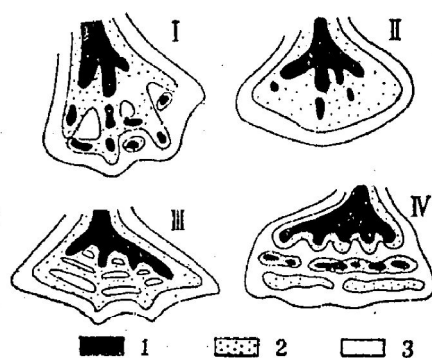


图13 断陷湖泊三角洲砂体分布模式

1—骨架砂体, 2—非骨架砂体,
3—非砂质沉积

参 考 文 献

- [1] Reading H. G., 1978, Sedimentary environments and facies, Blackwell Sci. Publ.
- [2] Fisher W. L. et al., 1969, Bur. Econ. Geol., Univ. Texas, Austin, 78.
- [3] Coleman J. M. & Wright L. D., 1975, In: M. L. Broussard (ed.), Deltas, Models for Exploration P. 99—149, Houston Geol. Soc.
- [4] Galloway W. E., 1975, In: M. L. Broussard (ed.), Deltas, Houston Geol. Soc. P. 87—98.
- [5] 陈昌明等, 1982, 中国科学院石油地球科学学术会议论文集, 科学出版社。
- [6] 冯 敏等, 1984, 中国科学院南京地理研究所集刊, 第二号, 科学出版社。
- [7] Hooke R. Le B., 1972, Bull. Geol. Soc. Am., 83, 2073—2098.
- [8] King C. A. M., 1959, Beaches and Coasts, Edward Arnold Publisher, 403.
- [9] 陈述彭, 1948, 地理学报, 第15卷, 第2—4期。
- [10] 祁延年等, 1982, 中国科学B辑, 第12期。
- [11] 王德发等, 1983, 石油地质文集7—沉积相, 地质出版社。

STUDY ON THE DELTA DEPOSITION IN FAULT LAKES, YUNNAN PROVINCE, AND ITS SIGNIFICANCE FOR PETROLEUM EXPLORATION

Zhu Haihong

Yao Bingheng

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica*)

Abstract

This paper discusses the deposition of fault lakes represented by Dianchi and Erhai Lakes, the system, feature, facies, distribution model of delta deposition, and the significance for petroleum exploration.

The research shows that: 1. The configuration and water system of lake basin are controlled by tectonic framework. The sizes of deltas are usually small with an area of about 10 to decades km^2 . The deltas formed along main fault trend are larger. Therefore, to find deltaic oil-gas pools, we should concentrate our efforts to the ends of elongation direction in the basin. In a asymmetric basin, median and small sized deltaic oil-gas pools can be found in the gentle slope side. 2. Different morphotyped deltas exist in the same basin. The distribution and evolution of the deltas are controlled by interaction between jet flow of river mouth and longshore current. Main reservoirs are channel sands, river mouth bar sands and front sheets in fluvial-dominated deltas. The bars that parallel with shoreline are favourable for the formation of oil-gas pools with litho-stratigraphic trap in lacustrine dominated deltas. 3. In the early stage of the development of fault lake or the stage of strong tectonic movement, the sediment were characterized by debris flow due to the great depth of lake basin water and steep shore slope. In the latter stage or stable stage, the delta sediments were the main type of filling lake basins. In stratigraphic sequences, deltaic oil-gas pools formed in the late stage of every tectonic cycle should be the main objectives for petroleum exploration. 4. The delta sediments often have transitive features between traction current and gravity. The sediments are composed of the mixture of coarse and fine materials in grain size and mud content is very high, causing unhomogeneity of sand bodies. Therefore, correspondent method should be adopted to deal with the features so as to increase oil production.