

关于间歇性涨缩湖盆沉积 作用的几点认识 (主要以柴达木盆地早第三纪沉积为例)

邓宏文

(武汉地质学院北京研究生部)

钱凯

(胜利油田地质研究院)

内容提要: 以柴达木盆地第三系为例,介绍了形成间歇性涨缩湖盆的构造、地形和气候条件。论述了盆地的沉积作用和沉积体系,着重指出陡坡以交互进积作用和洪积-潮积体系为特征,次陡坡以过速加积作用和非常规三角洲为特征,也简述了缓坡正常侧向加积作用及常规三角洲体系。笔者认为,陡坡洪积-湖积体系中的砂砾岩和次陡坡非常规三角洲相砂岩体是油气勘探的主要目标。

关键词: 涨缩湖盆 沉积作用 沉积体系 油气勘探

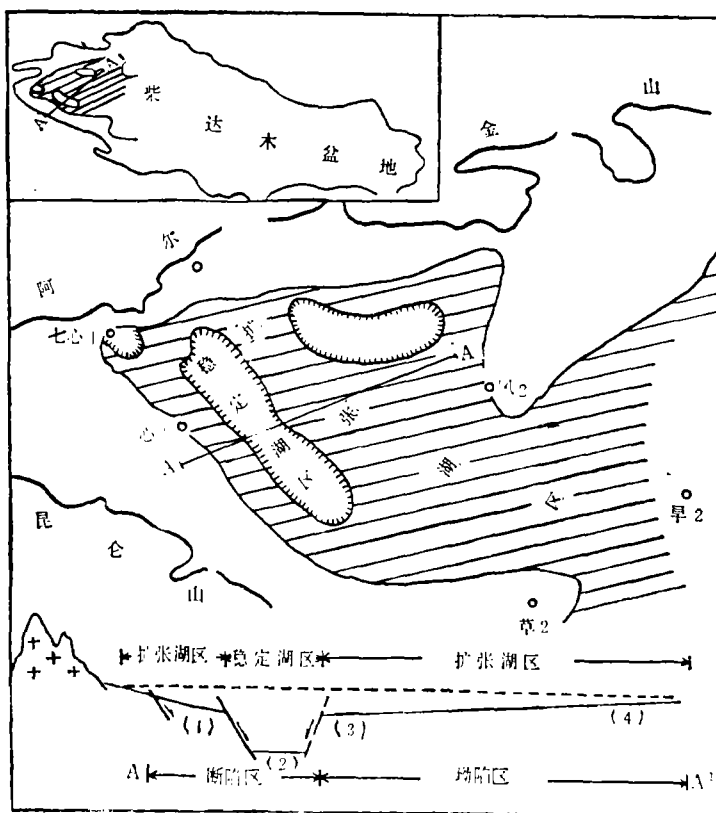
第一作者简介: 邓宏文 女 39岁 硕士 沉积学专业

半干旱气候带的构造地貌湖盆,水体边界涨缩频繁。地层中红色沉积发育。储油岩的形成,与该类湖盆的一些特征性沉积作用和特征性沉积体有关,如交互进积作用、过速加积作用及非常规三角洲等密切相关。而生油岩的分布,则与少至中盐水时期,稳定湖区的较深水域相一致。我国中、新生代这类盆地为数不少,其中,柴达木盆地第三纪沉积中,已经发现了规模可观的重要高产油气藏。因此,以其为例研究这类盆地的沉积作用特点,生、储油层的成因分布,在理论及实践上,都将是有益的。

一、环境特征

构造地貌背景 第三纪的柴达木盆地,是个构造-地貌盆地。四周为阿尔金、祁连、昆仑诸山所环绕。盆地西、北两坡较陡,东坡平缓,南坡介于陡-缓坡之间,称之为次陡坡,盆地基底为古生代及前古生代地层^[1]。盆地盖层主要为中、新生代,特别是新生代的砂、泥岩建造。本文研究层段(主要是渐新统下干柴沟组下部。边缘地区偶尔涉及较高层段)发育于该盆地由断陷转入断拗阶段的过渡时期。此时,盆地基底在平缓拗陷的背景上,发育有深浅不同的次级断陷(图1)。这种构造地貌背景和结构特征是形成涨缩性湖盆的基本条件之一。因为拗陷及浅断陷区坡度平缓,水位稍有升降,湖水便可大面积扩大或收缩。而深断陷区,因边坡较陡,通常影响不大,收缩时,一般也总有水体存在。

气候条件 该时期的柴达木盆地,处于中亚干燥气候带的东延部分,属半干旱气候。孢粉组合中,藜菊、麻黄等耐旱,耐盐植物约占20%,是这个特征的直接反应。红



(1) 浅断陷区(杂斯地区) (2) 深断陷区(油砂山北地区)
(3)至(4) 平缓拗陷区(茫崖至大风山地区)

图1 盆地结构与湖盆分区

Fig. 1 Basinal framework and its subdivisinal units.
The horizontal scale of cross section is twice
as much as that of plane figure

层也是旁证^[2]。

水体性质 在化学方面的表现是盐度较高的广湖区，最高可达21.5%，局部封闭水域，可见石膏沉积。B/Ga平均为12.97%，也在浅咸水分界线附近，而在物理方面，则以水体大小变化剧烈，湖流不发育及波浪较小为特征。

二、涨缩作用与扩张湖区

上述因素的影响，使湖面升降频繁，湖盆边界大幅度往复变迁，以致湖泊最大时期的范围几乎为湖泊最小时期面积的4倍（图1）。最大边界以外一般是无水的。沉积以红色砂砾岩为特征。最小边界以内一般总是有水的。因此，为稳定湖区，其范围与深断陷区大体一致。沉积以暗色泥岩为主，可夹泥灰岩及少量薄层粉砂岩。生油层主要就沉积在少至中盐水时期的这种稳定水域^[3]。而在最大与最小边界之间，水体则是时有时

无。水体收缩时为陆地，水体扩张时则为水域。因此，称之为扩张湖区，其范围与浅断陷及拗陷区范围大体一致。湖盆的涨缩性特征在该区表现最为强烈。除砂体性质不同外，扩张期以湖泊相红色泥岩为特征，收缩期以河流相红色泥岩为特征。湖泊扩张（湖泛）与河流泛滥（河泛）作用形成的两种红色泥岩的主要区别在于：1）颜色。湖泛泥岩多呈暗红、紫红、紫色色调，而河泛泥岩则多呈浅红色调（包括鲜艳的棕红、浅棕红和黄棕色等）。表1所示两类泥岩分析结果表明，后者三价铁含量很高，在沉积成岩过程中受到了较强的氧化作用，而前者则经历了湖泊扩张期，氧化较浅。这种泥岩常与灰绿色泥岩互层，也是一个旁证。2）化石。湖泛泥岩常含大量轮藻，特别是矮小克氏轮藻，潜红扁球轮藻组合，常常集中出现。另外，常见潜穴，爬痕等遗迹化石。有时还可见到静水生活的介形类，如光滑南星介等。而河泛泥岩中，只能偶见零星轮藻，生物遗迹化石也较少。大多数情况下，见不到水生物化石。3）沉积构造。湖泊泥岩中，除水平层理、块状层理外，并常见波状层理、透镜状层理及脉状层理。隐晶灰质砂屑及长条矿物的定向排列等。而河泛泥岩中，见上攀波痕发育的砂岩透镜体。泥岩本身则多为中一厚层块状层理。

表1 湖相及河流相泥岩化学成分的对比

Table 1 Comparison of mud chemical composition with lacustrine and fluvial facies

成份 含量 (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂
湖泛泥岩	43.03	13.26	3.83	2.32	2.73	13.57	1.64	2.99	0.5	0.13	7.15
河泛泥岩	51.93	17.54	5.48	2.23	2.60	4.78	1.88	3.97	0.68	0.12	2.49

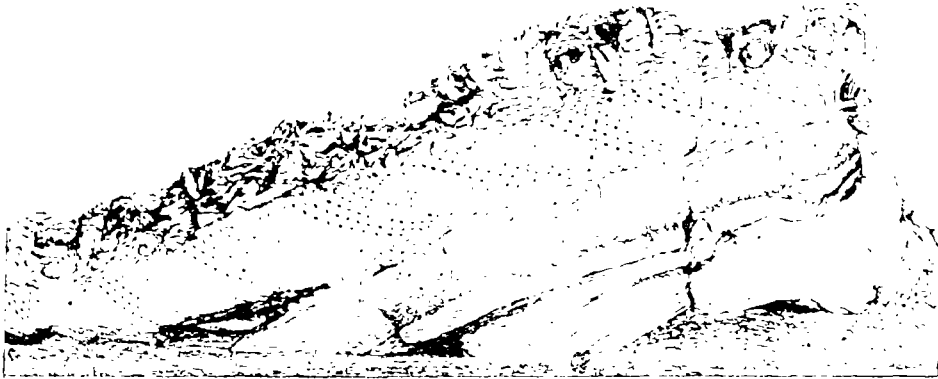
涨缩湖盆的特征性沉积作用，与这个背景条件密切相关。因此，扩张湖区的存在是涨缩性湖盆的主要特征之一。

三、交互进积作用与陡坡沉积体系

1. 交互进积作用

涨缩性湖盆供水和输入碎屑物质的高峰期具有明显的同时性。湖泊扩张泛滥期，也正是大量碎屑物质的沉积期。而干燥时期，沉积物的输入量则很少。对于潮湿气候带水量收支基本平衡、湖面升降不大的湖泊而言，通常是沉积物的堆积（如三角洲的进积）导致岸线的向湖退缩，而水体的侵进，导致沉积物的淹没。而半干旱气候带的涨缩性湖泊却可呈现不同的景象：陆地水流带来的沉积物向湖内推进，可是，湖泊沉积层却随水体的扩大而向岸推进。陡坡区，由于地形比降较大，外源沉积物向湖区推进与湖泊沉积物向岸推进的垂向幅度较大的现象很明显。图2反映了盆地西北部陡坡西岔沟地区下干柴沟组一个交互进积层序的情况。上起第三、四层为该层序之底，是湖滩砂层，中部是

大型前积斜层理。粗碎屑为砂和砾石。在纵横两个方向上,粒度的机械分异都很明显。胶结物为暗色灰质、泥质沉积。来自陆地的沉积物显然越过湖滩向湖推进了,而湖泊沉积物显然也向岸推进了。顶部平层为泥灰岩,更是湖进的代表产物。类似的情况在七心一井也很清楚。反旋回砾岩中及砾岩顶部均见有暗色泥岩,甚至部分砂岩中都可见到标志浅湖沉积的鲕粒。



顶部为疙瘩状灰岩,厚约0.7米。其下为粒状砂岩,组成前积型斜层理的砂、砾在上下、前后两个方向上剧变。厚0.75米。第三、四层为湖滩砂岩,厚0.8米。

图2 盆地西部西岔沟交互进积层序写意素描图(李开勤据照片绘制)

Fig. 2 Sketch showing interprogradation sequence at Xicagou in the western part of the basin (drawn by Li Kaimon, according to photo)

中外学者见到西岔沟的上述剖面时,都曾称其为吉尔伯特型三角洲。这种以湖相层为“三角洲”三层结构之“顶积层”的类似情况,在死海裂谷地区被称为扇三角洲。但是,仔细分析这些情况可以看出,它们与吉尔伯特型三角洲或扇三角洲有很大的区别:吉尔伯特型或扇三角洲是以三角洲平原或网状河道沉积为顶积层的,反映了沉积物的向湖推进,岸线向湖方向退却的过程。而这里的情况却不然,流水带来的碎屑物质向湖推进了。但是,湖水及湖相沉积层却向岸侵进了。这种交互进积作用与传统三角洲的单向进积作用明显不同。对此,有必要加以讨论,同时,必须考虑前述流水沉积和湖泊层向相反方向推进的过程。在无公认名称的情况下,笔者建议暂称之为水下洪积扇,以区别于水下浊积扇(通常所说的水下扇)和具正常三层结构的扇三角洲或吉尔伯特型和其它类型的三角洲。

2. 陡坡沉积体系

柴达木盆地西、北部阿尔金山陡坡,地层主要由厚层砾岩、砂砾岩夹砂层和泥岩组成,偶见薄层灰岩。总的看来,砂砾岩体呈楔形向盆地方向尖灭。且由下而上,每一层最厚部位都有向湖推进的趋势。

近源区,为砾岩或砂砾岩互层夹泥岩,岩石多呈红色(少数继承色砾岩除外)。常

1) 吴崇筠教授1981年译文手稿“死海裂谷晚更新世的扇三角洲”原文载J.sed.Petro., V.49, No.2

见冲刷充填构造、断续平行层理、不连续斜层理，局部见杂基砾岩。此为水上洪积扇沉积（部分夹层为碎屑流沉积）是人们所公认的。

远源区，岩石常带灰绿至暗灰色调，砾石直径变小，透镜状层理发育。常见钙质、泥质及薄层状泥灰岩。暗色泥岩及灰岩夹层中，可见湖相化石（介形类及水螺化石）。总的看来具有前述交互进积作用的特征。为水下洪积扇。因此，陡坡区沉积体系可概括为洪积—湖积体系。以碎屑岩体而论，可分为两种亚相组合，即：

- ①水上洪积扇—湖盆边滩组合，可简称为扇滩组合，发育于洪水较少时期。
- ②水上洪积扇—水下洪积扇组合，可简称为扇—扇组合，发育于洪水较大时期。

四、过速加积与次陡坡沉积体系

1. 过速加积与隐层理砂岩的形成

盆地南坡，下柴组下部，厚100—300米。目前钻遇的最大厚度将近500米。总体上为向上变细的旋回。底部40余米，为棕褐色砂岩、砾状砂岩及含砾砂岩，化石少见。中部厚100—150米以棕红色泥岩为主，夹有砂岩，见轮藻化石。上部厚约100米，由砂泥岩互层，向上变为厚约30—40米的红、灰色泥岩互层。化石既有流动水中生活的属种，也有静水生活的属种，如光滑南星介等，大量轮藻化石也集中分布。再向上则渐变为灰色钙质泥岩夹泥灰岩，并以湖相化石为主（真星虫种101）。

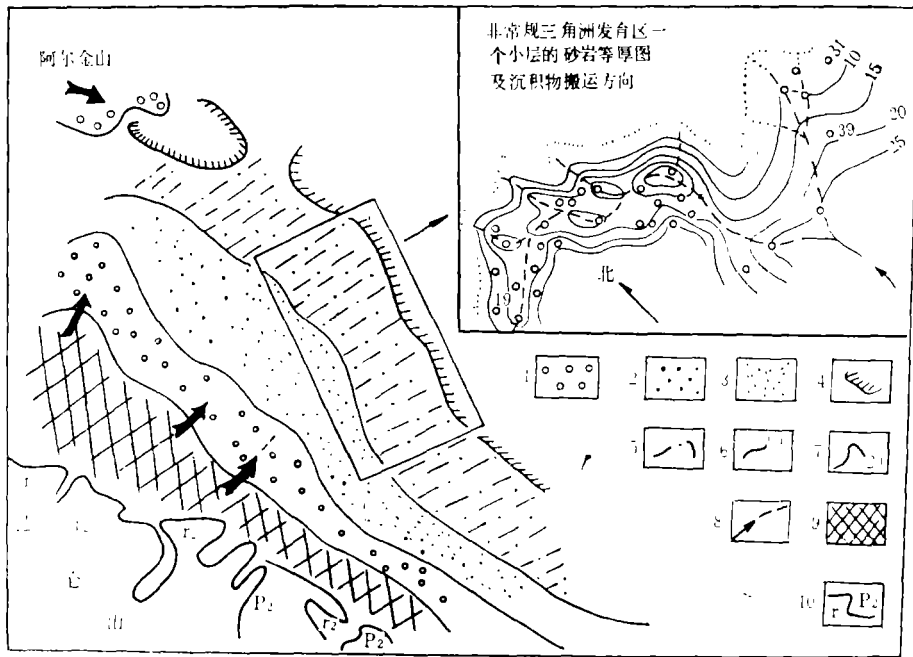
砂岩普遍呈现所谓“块状构造”是该区沉积的显著特色，也是认识该区沉积体系的关键。通常认为块状砂岩是快速沉积的结果，在密度流、重力流沉积中较为常见。但是，具体分析表明，本区的所谓“块状砂岩”，基本上是河流环境中过速沉积的产物。所谓过速，就是沉积速度快到沉积物来不及进行正常机械分异的程度。确认这些砂岩属河流相的主要根据是：平面上，可以看到，骨架要素的分布很有规律。砂岩百分含量等值线呈明显的指向盆地中心的舌形（图3a）。控制点较多时，可以看出舌形体的轴线弯曲明显（图3），显示了砂体分布受流水控制的迹象。在垂直砂体走向的东西向横剖面上，砂体呈现明显的透镜状，顶平底凸或顶部微有上凸。

砂岩粒度概率曲线，以三段式为主，部分为两段式。通常跃移组分约占65—70%。CM图上反映河流牵引流作用的PQRS弯曲图像的轮廓清晰、完整。“块状砂岩”经X光射线透视及光片检查，绝大部分都不是构造均匀的块状层理，而是沉积构造比较发育的隐层理砂岩（图版I，1、2）。把宏观与微观结合起来，可以见到显示河流沉积特征的沉积构造序列：自下而上为冲刷—充填构造（或平整突变接触面），板块交错层，波状交错层到顶部的块状层理泥岩。有时砂岩中尚见平行层理。

化石方面，除去反映边滩环境的爬痕、虫孔等遗迹化石外，砂岩和伴生泥岩中，还可见流动水体中生活的介形类。

认为这些貌似块状实具隐层理的块状砂岩是河流载荷过速沉积的产物，还有以下事实作根据。

韵律上，砂岩虽然在总体上是向上变细的，但是，与一般河流的正韵律不同，这种“向上变细”主要表现在剖面顶底的岩性变化上。曾见一层厚6米的河道砂岩，中部细



1. 洪积相 2. 河流泛滥平原相 3. 湖泊边缘相 (非常规三角洲及三角洲间沉积, 涨水期, 大部分为扩张湖区) 4. 稳定湖泊 (浅至深湖) 相 5. 相区界线 6. 砂层百分含量线
7. 砂层等厚线 8. 沉积物搬运方向 9. 剥蚀区和可能剥蚀区 10. 现代基岩露头及其时代

图3a 昆仑山前次陡坡区沉积相的分布

Fig.3a Distribution in the sub-steep slope area, front of Kunlun Mountain

砂岩厚度可达5.6米, 约占整个剖面的 90%, 基本上没有什么粒度变化, 只有顶底才有显示。特别是顶部, 只经过0.1米的粉砂岩, 就迅速变成了泥岩。这说明沉积物的主要部分是在大体相同的水流强度下形成的。鉴于半干旱地区次陡坡河水流量的间歇性和经常变化的特点, 这种近于等强度的水流的存在时间应该是不长的, 明确的说, 可能是短暂的。因此, 这种状态下的沉积物应该是速率很高的阵发性沉积。速率高到沉积物来不及充分分异。厚层砂岩中, 泥砾不限于底部, 而是上、中、下部都有, 也说明了这一点。

粒度概率曲线显示, 砂岩中悬浮组分一般约占30—35%, 细截点有一个明显的过渡带, 范围约 1ϕ 左右, 这也说明跃移总体与悬浮总体分异很差的快速沉积作用是明显的。

导致过速加积的直接原因是河水流速的突然降低和沉积物的阵发性堆积。由于沉积速度过快, 以致滚动组分和跃移组分沉积的同时, 悬浮组分也大量沉积下来。三种组分相互掺杂以致岩石外貌呈现块状。这种过速加积不同于浊流的是: 沉积物在沉积前是由牵引流而不是由密度流搬运的。在沉积过程中, 虽有大量物质是由悬浮态直接沉淀的, 但不是主要的。大部分呈滚动、跃移、悬浮三种状态搬运的组分的掺合只发生在沉积前的最后一瞬间。

造成河水流速突然降低的原因, 除受上游洪水迅速衰减作用控制以外, 远离源区

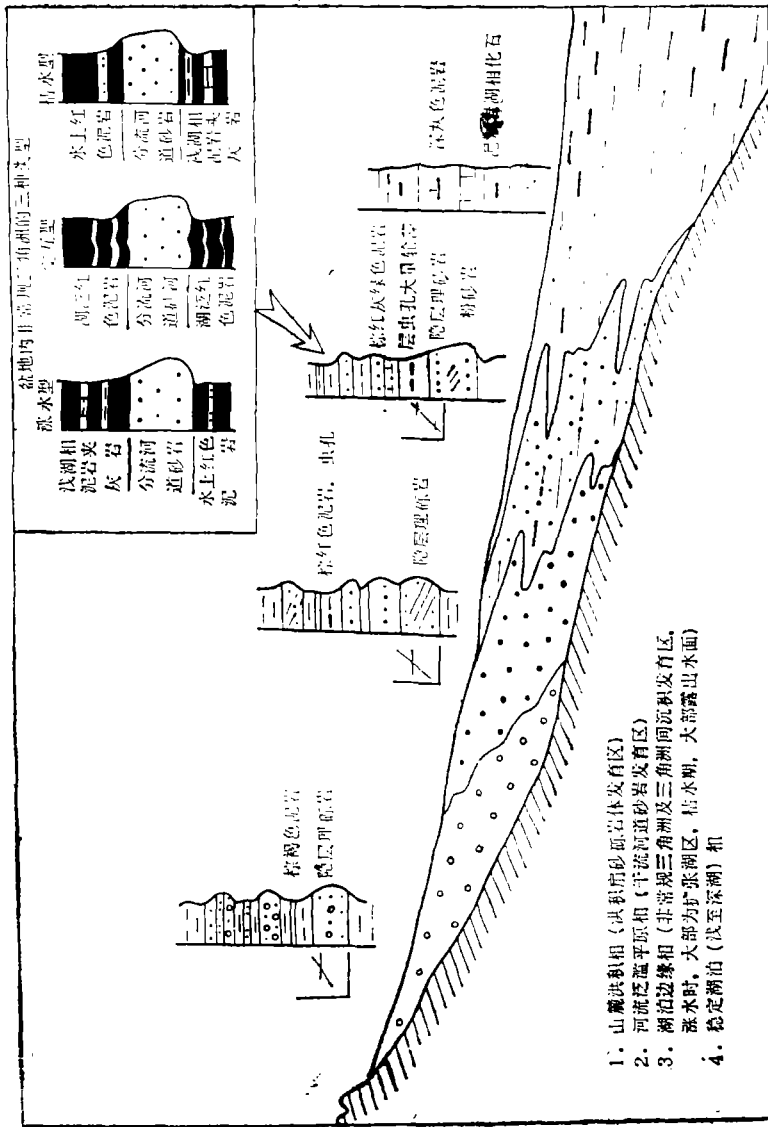


图3b 次陡坡沉积相剖面图

Fig.3b. Cross section of sedimentary facies in sub-steep slopes

后，地形变缓，水流分散引起的能量减弱以及扩张湖水的顶托作用等，也都是引起河水流速减弱的因素。由于坡度适中，后两种因素在次陡坡既可单独起作用，也可同时发生影响，所以，这里隐层理砂岩也就特别发育。

2. 非常规三角洲及次陡坡沉积体系

所谓“块体砂岩”其实为隐层理砂岩，是河流过速沉积作用的产物，为认识南坡沉积体系建立了必要的基础。盆地南坡，下干柴沟组，大体可分为下述三部分。

下部 砾岩、砾状砂岩及含砾砂岩发育段。这套岩石组合，在平面上，分布于昆仑山北麓的近源区，为洪积扇沉积。

中部 厚层隐层理砂岩发育段。砂岩通常厚 5—10 米。如前节所述，为河道过速沉积。砂层向上，速迅变为红色泥岩。化石很少，偶见轮藻，主要为水上沉积。平面上处于洪积扇边缘向湖一侧的较广大地区。因此，总的环境为河流泛滥平原。砂层为干流河道沉积。

上部 中一薄层隐层理砂岩集中发育段。与中部不同的是砂层相对集中，粒度变细，砂岩中可见灰色泥岩条带，盆屑发育，砂岩中甚至可见到颗粒（图 4）。砂层向上可变为灰色、灰绿色泥岩及泥灰岩，也有变为红色泥岩的。泥岩中可见湖相化石。这类砂岩远离物源区，可呈指状分布（图 3a）。侧向上，可变为厚层泥岩夹薄层砂岩，有时还可夹薄层泥灰岩。总的看来，这套地层沉积于盆地内扩张湖区至隐定湖区边缘这个大环境下，这类环境可简称为湖泊边缘环境，主要为非常规三角洲及三角洲间沉积（图 3a）。

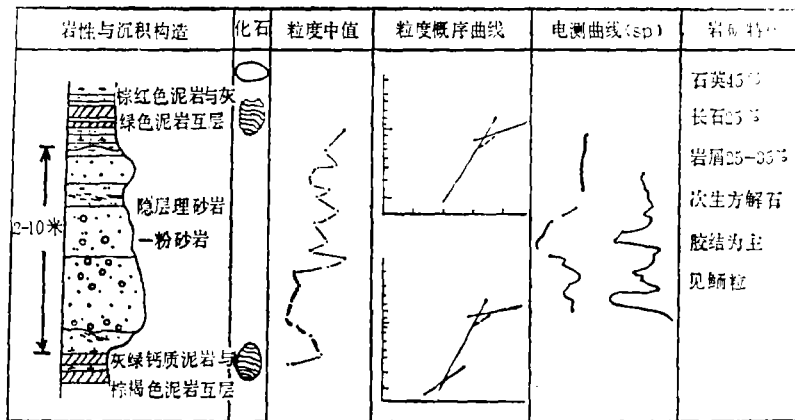


图 4 分流河道沉积序列及其有关特征

Fig. 4 Distriburary channel sequences and their relevant characteristics

但是，若要进一步指出指状砂岩的性质，就得分别对待了。这里有四种情况：①砂岩下伏层为扩张湖区的暗色泥岩，上覆层为红色河流相砂泥岩，这种组合似符合典型三角洲的定义，但在本区所见甚少。②砂岩下伏层为扩张湖区的红色泥岩乃至浅湖相暗色泥岩夹灰岩，（图 3b，右上角，右图）上覆层为水上红色泥岩，貌似三角洲层序，但这种组合形成于干旱期到来、湖水退去、河水亦随之干枯之时，因此，与三角洲砂体逐渐

向湖推进的经典水退型三角洲不同，实际上是缺少顶积层的，故暂称之为枯水型组合。③砂岩下伏层为水上沉积的浅红色泥岩，上覆层为扩张湖区沉积的暗红色泥岩乃至浅湖相暗色泥岩夹灰岩，与所谓水侵三角洲类似，暂称为涨水型组合，以强调其间歇性（图 3b，右上角，左图）。④砂层上下均为扩张湖区沉积的红色泥岩，暂称为交互型组合（图 3b，右上角，中图）。

按照三角洲的通常定义^[4]，这几种都可划为三角洲沉积。然而，按照典型三角洲三层结构（顶积、前积、底积）及后来为实用而划分的三角洲应有三个相带（三角洲平原相、三角洲前缘相及前三三角洲相）的标准，以上②③④三种都不能定为三角洲。因为不是“顶”“底”层上下倒置（涨水型），就是相带不全（枯水型），笔者认为这主要是由于三角洲的定义和判别标准间不能严格统一造成的分歧。是沉积学界面临的一个不可回避的问题，在未取得统一看法之前，笔者把上述三种组合暂称为非常规三角洲。非常规三角洲具备以下特点：

①三层结构（顶积层，前积层，底积层）不全或顶底颠倒，前者为枯水三角洲，后者为涨水型三角洲。交互型则既不全又颠倒。

②涨水型及枯水型非常规三角型都呈向上变细的正旋回。但交互型非常规三角型则呈现粗细相间的特殊型式。

③非常规三角洲主要发育于次陡坡的扩张湖区，骨架相以分流河道砂体为主，河口坝不发育。原因可能是次陡坡河流分岔，主要是靠洪水期的决口。同时，是半干旱条件下沉积物与湖水的间歇性补给期一致，随着分流河道向扩张湖区的延伸，一方面因水流分散而能量减弱，另一方面也因扩张湖水的顶托作用而减弱，所以，大部分粗粒物质便在扩张湖区的分流河道中沉积下来。

根据盆地南部次陡坡沉积序列的这种成因分析，结合岩相的平面分布（图 3），可以看出南坡的沉积体系是很清楚的，正如图中所示，自昆仑山而至稳定湖区，大体可以概括为：洪积—冲积—河湖交互沉积—湖积体系。相应的相带名称为：洪积扇相—河流泛滥平原相—湖泊边缘相—稳定湖泊相。就主要骨架（也是主要储层）而言，则有：洪积砂砾岩体—干流河道砂岩体—非常规三角洲砂岩体。

这种组合的前三种，特别是第二，第三种砂岩体，（干流及分流河道砂体），已经钻探证实，为柴达木盆地西部南区的主要储层。

本区这两种砂体，易于封闭，具有高异常孔隙压力，阻止了压溶及石英次生加大，因此，在深埋条件下也保持有相当量的孔隙空间。

五、稳定河流沉积与缓坡沉积体系

盆地东北部缓坡沉积与一般盆地有较多类似之处，虽然尚未完全查明，但其主要特点是明确的。这里砂岩发育，单层厚度可达数十米，夹泥岩或与红色泥岩互层，偶夹浅灰色及绿色泥岩。砂岩中层理发育，可见典型的曲流沉积构造序列^[5]。

这种河流可能发育于盆地以外，源远流长，长年有水，输砂量较大。因此，一经流入盆地，尚未进入静水区，便能由于坡度的突然减小而形成分选良好的厚层河道砂岩

(这应是本区特点之一)。当向前发展时,在扩张湖区下部及稳定湖区边缘,很可能形成发育良好的三角洲沉积。因此,盆地缓坡沉积体系可能将以河流三角洲体系的充分发育为主要特征。事实已能证明,这种体系中,曲流河道砂岩体占有重要地位。除此以外,与一般盆地有共同之处,不再详述。

本文酝酿与写作过程中,得到吴崇筠教授,王德发、郑浚茂副教授的热情帮助,初稿完成后又承吴崇筠教授惠于审改。特此热忱致谢。

收稿日期 1985年2月24日

参 考 文 献

- [1] 王尚文主编,1983,中国石油地质学,石油工业出版社,310—315页。
- [2] E.F.麦克布赖德著,陈景山,陈昌明译,1981,墨西哥东北部迪丰塔群的红色绿色紫色橄榄色褐色以及灰色层的颜色意义,三角洲沉积与油气勘探,石油工业出版社,249—261页。
- [3] 钱凯、邓宏文,1983,湖相生油岩的质量与古盐度的成因关系,岩石学研究,第二辑,地质出版社,90—95页。
- [4] 刘宝珺主编,1979,沉积岩石学,地质出版社,292页。
- [5] C. Puigdefabregas and A. Van Vliet, 1978, Meandering stream deposits from the Tertiary of the southern Pyrenes, "Fluvial Sedimentology" p.469-485, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5, Edited by Andrew D. Miall.

SOME KNOWLEDGE ON THE SEDIMENTATION OF INTERMITTENTLY-EXPANDING-AND-SHRINKING LAKE BASIN-TAKING OLIGOCENE SEDIMENTS OF QIDAM BASIN AS EXAMPLE

Deng Hongwen

(Beijing graduate school of Wuhan Geology Institute)

Qian Kai

(Geological Research Institute of Shengli Oilfield)

Abstract

In early Oligocene, the depositional environment of Qaidam Basin had its own features. The basin was in a semiarid climatic zone and surrounded by mountains. On the northwest it was bounded by the Aejing mountain with a steeper slope; on the northwest by the Qilian mountain with a gentle slope; on the south by The Kunlun mountain, where the basin slope was between the two above. within the basin, Sub-basinal fault and trough with different depth developed on the base-

ment of gentle-slope depression Basically, the basin was a closed drainage basin, in which the lacustrine waterbody had a relatively high salinity and the lake boundary changed greatly, the expanding and shrinking of the water body was obvious.

During the period of the lowest water level, The lake covered an area in accordance with that of the deep part of the subbasinal fault, while during the period of lake water expanding, water could submerge not only the other part of the subbasinal fault but also the gentle slope region, especially in the gentle-slope depression water body would cover a much larger area with slightly rising of water level. So in the area between maximal and minimal extents of the lake water, an expanding lake basin, lacking waterbody at intervals, was finally formed.

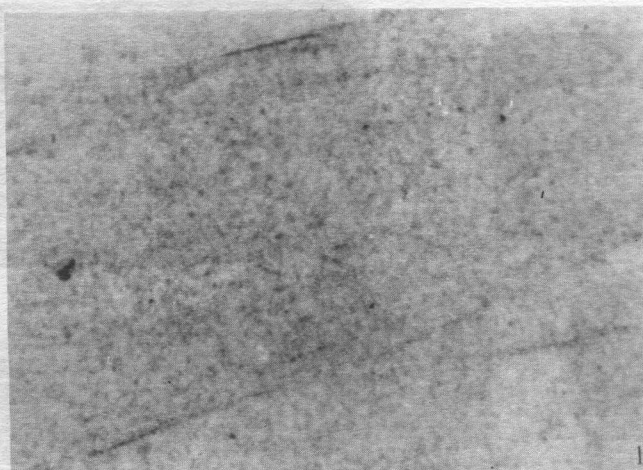
Studying the strata formed in such environments (mainly the lower part of Lower Gan Caigou Formation of Oligocene but its upper part involved occasionally in the marginal area), we find that the sedimentation of this kind of lake basins has the following characteristics:

In steep slope area, the gradient is high, the peak period of water input and expansion is in accordance with that of sediment input, the progradation of both shorewards lacustrine deposits and lakewards terrigenous sediments is vertically great, sediments is thickening more quickly than those in other areas at the same time, so alternate-progradation is very active. Diluvial-lacustrine depositional system is well developed. Clastic rock bodies can be divided into two kinds of assemblages: diluvial fan-lacustrine beach and diluvial fan-sudaquatic diluvial fan. The latter may be easily mistaken for the Gilbert delta, the distinction is that the topset of subaquatic fan is lacustrine deposits and the alternate-progradation structures are well developed.

In sub-steep slopes, affected by overfast velocity and aggradation of flow as well as intermittently expanding and shrinking of the lake area, hidden-bedding sandstones and conglomerates which are mainly deposited in the expanding lake area are well-developed. The framework of sedimentary system mainly consists of conglomerate and sandstone bodies of diluvial fans, mainstream channel of river and unconventional deltaic facies. According to the change of lake water body, unconventional delta can be divided into three types, i. e. drying up, expanding and interactive.

In the extensive gentle slope area, meander stream channels develop very well in the fluvial deltaic system. Since streams are far away from their sources, well-sorted thick sandstone bodies can be formed.

Among the above mentioned sandstone and conglomeratic bodies, those of steep slopes and sub-steep slopes are near the source area of oil and gas generation so they are the preferable targets for oil and gas exploration. Sandstone bodies of unconventional delta are easily sealed and often filled with pore fluids with abnormal high pressure, which is favourable for preserving primary pores and forming secondary pores. Even burried in great depth, they still have enough spaces for preserving oil and gas, So they are more important for petroleum exploration.



1. 块状砂岩在X射线透视下显示出交错层理 2. 块状砂岩在X射线透视下, 显示出单向斜层理(水流向右方)。