

陕北三叠系延长统湖盆三角洲 沉积模式的建立

曾少华

(长庆石油勘探局勘探开发研究院, 陕西庆阳 745101)

根据陕北三叠系延长统湖盆三角洲沉积韵律性的特征, 选择若干岩石成因单元, 通过数理统计求出岩石成因单元之间的共生关系, 归纳成纵向序列相关图, 参照岩石成因单元厚度统计, 建立了湖盆三角洲垂向模式。模式表明该区湖盆三角洲沉积以分流河道砂体发育为特征, 属河流作用为主的高建设性的三角洲。

关键词 延长统 湖盆三角洲 沉积模式 分流河道砂体

作者简介 曾少华 男 31岁 工程师 石油地质与沉积学

本文从延河剖面沉积相和沉积演化史分析入手, 采用数理统计学方法, 建立了陕北三叠系延长统湖盆三角洲垂向沉积模式, 并由此认为该区三角洲是以河流作用为主的高建设性三角洲。

一、概 况

陕北安塞油田西起延安, 东抵黄河, 正处在该区发育的四个三角洲沉积体系之一——延安三角洲的主要沉积部位, 是全区范围内出露最广泛、最具特色, 又最易观察和对比的自然河谷露头。

陕甘宁盆地是晚三叠世初期华北地台解体后独立发展起来的大型内陆湖盆, 是一个面积大、水域广、深度浅、基底平和分割性弱的淡水-微咸水湖盆。延长统是盆地形成后发育的一套河流-湖盆三角洲沉积, 以灰绿色、黄绿色砂页岩为主, 底部为黑色油页岩, 中上部为三角洲块状砂体, 向上逐渐变为砂、泥岩互层, 顶部含煤, 总厚一千余米, 地层中富含拟丹尼蕨-贝尔珙蕨植物群和介形虫、瓣鳃类、叶肢

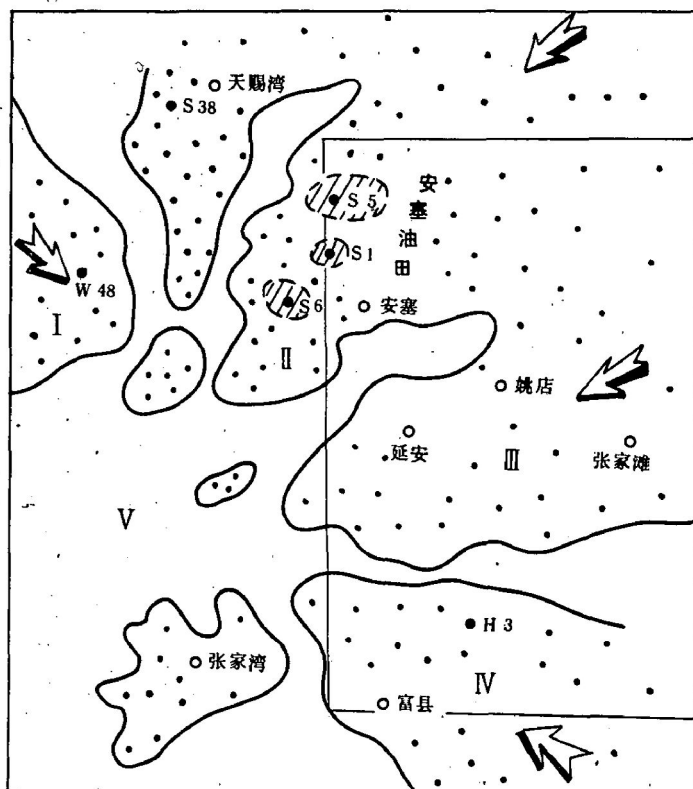


图1 研究区延长统沉积概貌图

I—吴旗三角洲, II—安塞-志丹三角洲, III—延安三角洲,
IV—富县三角洲, V—半深水-深水湖盆

介、方鳞鱼等动物化石(图1)。

二、沉积史分析

从延安市姚店至延长县张家滩村,沿延河两岸出露的延长统为一个湖盆发育、全盛、退化解体,直至大面积平原沼泽化的全过程(图2)。

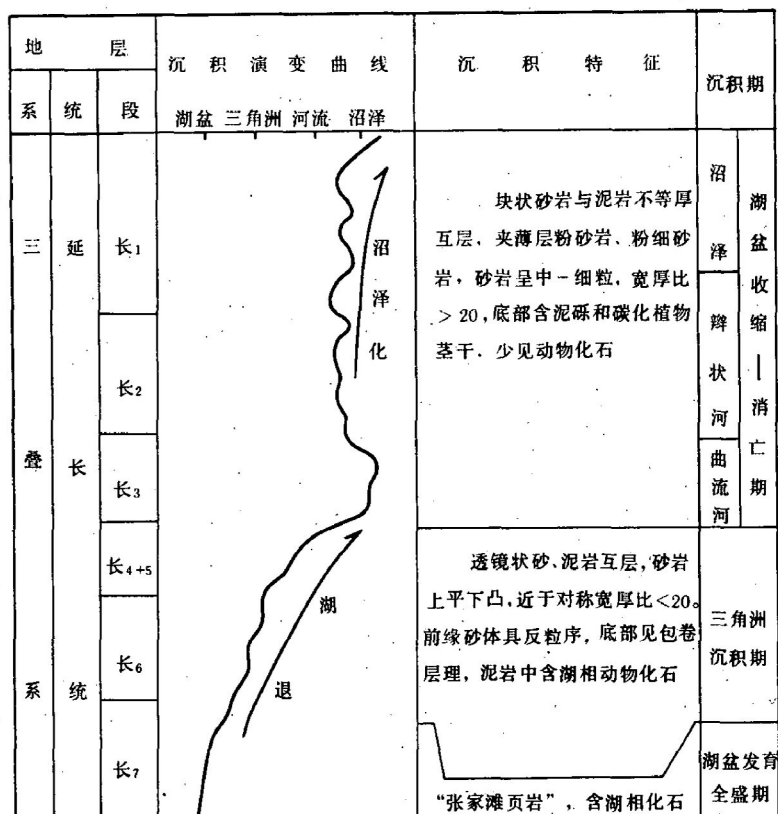


图2 延河三叠系延长统沉积演化示意图

(一) 湖盆发育全盛期(长₇)

湖盆下沉速度 $\geq$ 充填速度。岩性主要为灰黑色泥页岩、黑色油页岩,俗称“张家滩页岩”。其中富含叶肢介、介形虫等湖相动物化石。

(二) 三角洲沉积期(长₆, 长₄₊₅)

长₆沉积期末,由于水体不断变浅,三角洲开始形成。此时充填速度 $>$ 下沉速度。长₄₊₅沉积时,湖盆进一步退化,三角洲广泛发育。

剖面中很难见到典型的三角洲前缘河口坝沉积,但可见前缘远砂坝沉积。厚度不大一般厚1—3 m,主要为粉砂岩、粉细砂岩。与下伏前三角洲泥质沉积物构成明显的反韵律。砂岩中具沙纹层理和前积型交错层理,底部包卷层理发育。其上为一套互层状砂、泥岩沉积。砂岩层面见流水波痕和分支的浪成波痕;泥岩中含大量叶肢介、介形虫和瓣鳃类化石,为三角洲前缘分流间湾沉积。再上为三角洲平原亚相,其中分流河道砂体尤为发育。砂岩呈透镜状、顶平底凸、近于对称,底部冲刷面见大量泥砾和碳化植物茎干,具正粒序。砂体厚5—12 m,宽仅150—250 m,宽厚比小于20。由于三角洲前缘河口坝不发育,分流河道砂体常延伸至水下,切入前缘分流间湾或浅湖相泥岩。此外,在三角洲平原分流河道间沉积了一套粉砂岩、粉细砂岩和粉砂质泥岩,夹多层碳质泥岩和煤线,偶见凝灰岩薄层。泥岩中直立虫孔发育,见大量植物化石和根迹。

(三) 湖盆收缩-消亡期(长₁₋₃)

由于三角洲不断向湖盆中心推进, 湖盆迅速收缩。原来以三角洲平原亚相为主的厚层块状砂岩逐渐被冲积平原河流相所代替, 并在长₁沉积时出现了一套厚逾 200 m 的含煤沉积, 即“瓦窑堡煤系”, 表明全区沉积环境已大面积平原沼泽化。

三、湖盆三角洲沉积模式的建立

(一) 基本原理

湖盆三角洲沉积有其韵律性特征, 那么, 怎样建立这种韵律性沉积地层的相模式呢? 首先, 在野外根据岩石成因标志的反复观察、比较和分析, 将剖面上众多的岩石类型归纳为有限几种岩石成因单元。然后统计其共生几率, 进而归纳出该区完整的纵向序列, 即地方性模式。最后把地方性模式与一般模式进行比较并进行水动力解释, 就可以确定其沉积类型, 以指导邻区的油气勘探。

(二) 方法与步骤

延河剖面的沉积史分析表明, 本区延长统长₇至长₁经历了一次大的湖退。三角洲不断向湖盆推进, 直到最后大面积平原沼泽化, 发育了一系列内陆河流、湖泊相和湖盆三角洲的碎屑沉积。本文仅将湖盆三角洲沉积的岩石成因单元划分如下:

SS: 冲刷面, 见大量泥砾和碳化植物茎干。

A: 具大型槽状交错层的砂岩层。

B: 具平行层理的砂岩层。

C: 具中型(槽状或板状)交错层的砂岩层。

F: 具沙纹层理的砂岩层。

G: 湖岸线之上沉积的砂、泥岩层。

I: 灰黑色泥页岩、油页岩层。

J: 具变形沙纹或包卷层理的砂岩层。

K: 含湖相动物化石的砂泥岩、油页岩层。

图 3 是延河三叠系延长统沉积相分析剖面图中较典型的湖盆三角洲沉积层序。由此可见, 它们所属成因单元在纵向上的交替顺序, 由下至上依次是:

I-J-K, SS-A-B, A-C-F-G, SS-A-G, SS-A-G, SS-A-F-G, C-B-F-G, SS-A-G, SS-A-G。

其中, “,” 表示急变接触, “-” 表示渐变接触。这种原始的相序关系图用图解表示极为复杂, 如图 4 所示, 无法得出单一解。

为了求出清晰的相序关系, 下面用数理统计法进行处理:

(1) 按上述实际的岩序关系列出原始数字矩阵(表 1), 表示岩石成因单元之间的共生关系。表中横行为上覆成因单元, 纵行为下伏成因单元。两者交汇处数字表示共生次数。

表 1 原始数字矩阵

下伏单元 \ 上覆单元	SS	A	B	C	F	G	· 总计
SS		6					6
A			1	1	1	4	7
B		1			1		2
C			1		1		2
F						3	3
G	5			1			6
总计	5	7	2	2	3	7	26

(+) 或低于 (-) 期望值的情况。“+”号表示实际上的共生关系，“-”号表示非共生关系。根据差数矩阵，即可画出反映该纵向序列共生情况的清晰的相关关系图（图 5）。

表 2 数学期望矩阵

下伏单元 \ 上覆单元	SS	A	B	C	F	G
SS	1.15	1.62	0.46	0.46	0.69	1.62
A	1.35	1.88	0.54	0.54	0.81	1.88
B	0.38	0.54	0.15	0.15	0.23	0.54
C	0.38	0.54	0.15	0.15	0.23	0.54
F	0.58	0.81	0.23	0.23	0.35	0.81
G	1.15	1.62	0.46	0.46	0.69	1.62

表 3 差数矩阵

下伏单元 \ 上覆单元	SS	A	B	C	F	G
SS	-1.15	+4.38	-0.46	-0.46	-0.69	-1.62
A	-1.35	-1.88	+0.46	+0.46	+0.19	+2.12
B	-0.38	+0.46	-0.15	-0.15	+0.77	-0.54
C	-0.38	-0.54	+0.85	-0.15	+0.77	-0.54
F	-0.58	-0.81	-0.23	-0.23	-0.35	+2.19
G	+3.85	-1.62	-0.46	+0.54	-0.69	-1.62

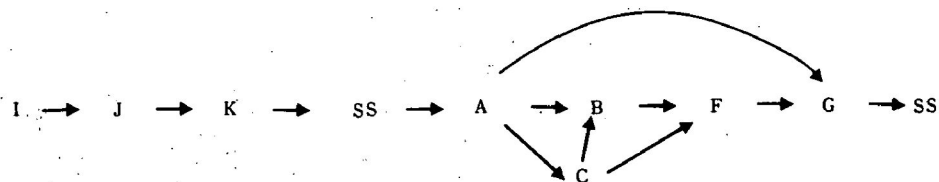


图 5 延河延长统湖盆三角洲沉积标准相关关系图

(4) 求各成因单元的平均厚度值。A、C、F 三种砂岩成因单元是序列中常见层，可直接采用厚度平均值。B 成因单元是序列中的偶遇层，其平均厚度只可用来作参考，模式中用尖灭来表示，特殊情况例外。考虑到剖面上露头多为砂岩、泥岩层被植被所覆盖。所以，在求 G 单元厚度 (H_0) 时，应作相应的恢复：

$$H_0 = H_{ss} \times 0.85$$

这里， H_{ss} 为序列中常见的几种砂岩成因单元的平均厚度之和；0.85 是按实测剖面求得的泥砂之比。各成因单元的厚度值见表 4。

表 4 延河湖盆三角洲岩石成因单元厚度统计表

岩石成因单元	A	B	C	F	G	I	J	K
厚度 (m)	4.46	1.30	1.00	0.60	5.15*	6.8	2.4	7.2
备 注	* $H_0 = H_{ss} \times 0.85 = 6.06 \times 0.85 = 5.15$ (不计 B)							

根据处理过的相序关系图（图 5）和各成因单元厚度统计表（表 4），即可建立该区延长统湖盆三角洲的垂向沉积模式，即地方性模式（图 6）。该模式自下而上大致由五段组成：



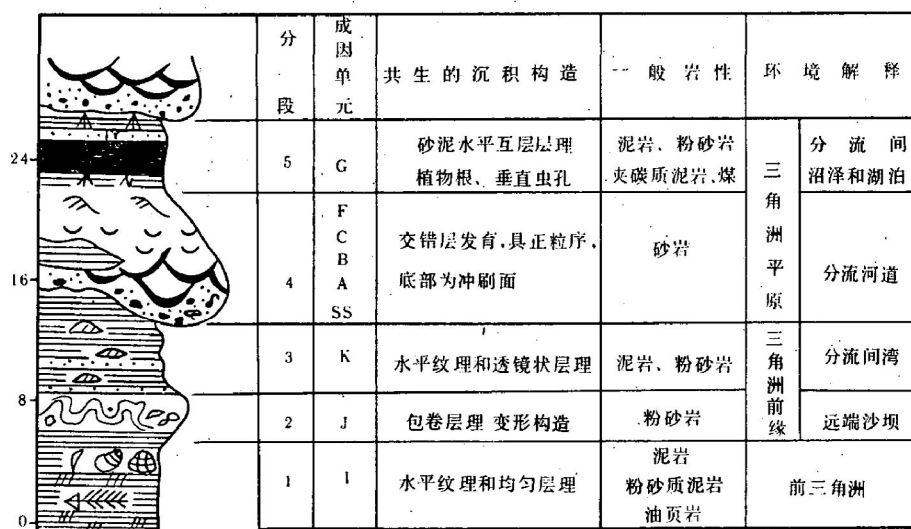


图6 湖盆三角洲沉积模式及其环境解释

1. 前三角洲沉积

主要由富含有机质的泥岩、粉砂质泥岩和油页岩组成,以发育水平纹理和均匀层理为特征。生物扰动相当强烈,并含大量的湖相动物化石。

2. 三角洲前缘远砂坝沉积

主要为粉砂岩、粉细砂岩,分布较稳定,具反粒序,并与第一段构成反韵律。包卷层理和变形沙纹层理发育。

3. 三角洲前缘分流间湾沉积

主要为泥岩、泥质粉砂岩。水平纹理和透镜状层理较发育,见分支的浪成波痕、生物扰动构造发育。

4. 三角洲平原或前缘水下分流河道沉积

砂岩具正粒序,交错层极为发育,常见大、中型槽状交错层和沙纹层理,以及不常见的平行层理,其规模从下到上由大变小,底部冲刷面发育。

5. 分流间沼泽和湖泊沉积

以泥质岩类为主,见大量生物化石,诸如介形虫、叶肢介等等。

由此可见,该区湖盆三角洲沉积的原生构造序列是一个复合序列。它基本上由下部1—2段反旋回序列和上部4—5段正序列组合而成。与入海河控性三角洲沉积的标准模式相比,其三角洲前缘沉积不发育。湖盆三角洲沉积的骨架砂体,主要为三角洲平原或三角洲前缘水下分流河道砂体。而这些砂体正是目前该区油气勘探的重要目标。

结 论

陕北地区三叠系延长统湖盆三角洲以分流河道砂体发育为特征,前缘尤其是河口砂坝不发育,推测与当时沉积基底稳定、地形平坦、水体很浅,导致三角洲平原分流河道向湖盆快速推进,沉积物快速堆积以及湖流和波浪改造作用微弱的古沉积背景有关。因此该区及邻近地区的油气勘探,应着眼于三角洲平原或前缘水下分流河道砂体,其砂岩主体带是油气富集的有利指向。

Zeng Shaohua

(Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Bureau of Petroleum Exploration)

Abstract

On the basis of sedimentary rhythmic characteristics from lake delta of the Triassic Yanchang Series in North Shaanxi, some petrogenetic units were selected, the paragenetic relationship of the units were found out through mathematical statistics, and the relationship was induced to be a vertical sequential correlatograph. According to the thickness statistics of the petrogenetic units, the vertical model of the lake delta was established. The model shows that the lake deltaic sediments are characterized by the development of distributary channel sandbodies belonging to constructive delta resulted mainly by river.