

廊固盆地早第三纪浊流沉积的 流体性质演化与持续时间

钟大康

(西南石油学院, 四川南充 637001)

廊固盆地下第三系粒级递变砂岩, 系浊流在流动体制下的沉积结果, 在其沉积过程中逐渐向牵引流转化。大多数浊流在刚一出现牵引流或出现牵引流之后不久就结束了其沉积史。浊流具有流动速度快、搬运距离短、沉积速度快、持续时间不长的特点。

关键词 廊固盆地 早第三纪 浊流沉积 流体性质 持续时间

作者简介 钟大康 男 31岁 讲师(硕士) 沉积学

本文旨在通过对沉积构造、粒度分布、萨胡判别值和沉积相的纵向变化规律的研究, 探讨廊固盆地早第三纪浊流沉积的流体性质演化、沉积速度和一次浊流的持续时间等问题。

一、浊流沉积特征

廊固盆地位于华北油田的北部, 在早第三纪沙河街期, 广泛发育浊流沉积。作者观察了沙河街组3—4段8口井180 m岩芯, 共发现31层浊流沉积的粒级递变砂岩。这些递变砂岩主要为单一正向粒级递变——即鲍马序列的A段。递变层由下至上一般由中砂岩向细砂岩逐渐过渡到粉砂岩, 递变层内部除了粒度递变外一般不显示任何沉积构造; 但有时在其上部或顶部可见到一些不规则的弥散的平行纹层、前积纹层(图1), 这些纹层出现的频率约占25%, 我们暂把它们定为似B段。递变层底部常可见到沟模、槽模、重荷模, 层序顶部被深灰-灰黑色泥岩覆盖, 递变层厚度变化很大, 从几厘米到50 cm不等, 但一般为5—20 cm(表1), 其厚度越薄, 粒度越细。

递变层的下伏地层常常有如下三种类型: (1) 深灰-灰黑色厚层块状泥岩, 含鞍状玻璃介、湖花介、后陡玻璃介等深水指相化石, 代表深湖相沉积。(2) 颗粒流沉积的薄层砂岩(有时具逆粒序构造), 在颗粒流砂岩之下有时还可见碎屑沉积的砂质砾岩、含砾泥岩, 构成完整的重力流体系(层序)^[1]。这些层序又夹于大段深湖相泥岩中。(3) 另一次浊流沉积的递变砂岩。上覆地层也有三种类型: (1) 深湖相块状泥岩。(2) 具有波纹层



图1 单一递变段砂岩沉积构造

理、平行纹理的粉砂岩，它们与递变层之间有明显的层面。(3) 另一次浊流沉积的递变砂岩。

表1 华北油田下第三系浊流砂岩统计表(据岩芯观察)

井号	岩芯归位井深 (m)	鲍马段厚度 (cm)				总厚 (cm)	沉积时间 (min)
		A	B	C	D		
固6井	2788.5	19.5				19.5	5.95
		35				35	8.71*
	2790.6		3	1.3	2.5	6.8	1.11
	2807.9	3.5	4	2		9.5	1.68
	2818.0	9				9	1.57
	2818.8	8				8	1.35
		9.5				9.5	1.68
	2819.0	13.5				13.5	2.79
	2822.0	21				21	7.72
		16				16	4.14
	2826	34				34	11.19*
		20				20	6.46
州4井	2828	5.5	4	1	0.5	11	2.06
	2513.9	9	3.5	0.7		13.2	2.73
	2517	20				20	6.44
	2518	50				50	12.44*
泉73井	2441.1	5	4			9	1.57
	2441.3	3	2.8	2.2		8	1.35
	2442	3.5	3	1.5	2.3	10.3	1.88
	2490.1	3	2			5	0.77
	2490.2	3.5	2			5.5	0.86
	2727.2	5	4			9	1.57
泉29井	2303.3	17.5				17.5	4.25
	2304.8	13				13	2.63
	2306	7.7	11			18.7	5.37
	2308.4	8.5				8.5	1.46
	2310.1	5.2				5.2	0.83
	2312.2	6	5.7			11.7	2.27
	2324.5	10				10	1.86
		40				40	9.95*
	2328.3	15				15	3.34

* 者是通过 R_{AB} 算出的可能的最长时间

对重点取芯的3口井38个浊流砂岩样品作粒度分析(筛析法资料按Folk公式计算)表明,粒度 $C-M$ 图具有平行于 $C=M$ 直线的递变悬浮特征(图2),粒度概率曲线平缓,尤其是在递变段的下部,而且具有斜率由陡变缓的弧形特征(图3)。将各项粒度参数代入萨胡判别式得到判别值 Y 的平均值为7.9884,小于浊流与牵引流的临界值9.8433(表2)。

表2 浊流砂岩粒度参数

井号	C	M	Mz	σ		SK		Kg		Y	样品数
固6	0.97	2.43	2.44	0.74	中等	0.12	正偏	1.03	中等	8.1334	14
州4	1.92	3.25	3.25	0.85	较好	0.04	对称	1.14	窄	8.4900	7
泉29	0.97	2.54	2.56	0.75	中等	0.05	对称	1.02	中等	7.3421	17
平均	1.29	2.74	2.75	0.69	较好	0.07	对称	1.06	中等	7.9884	

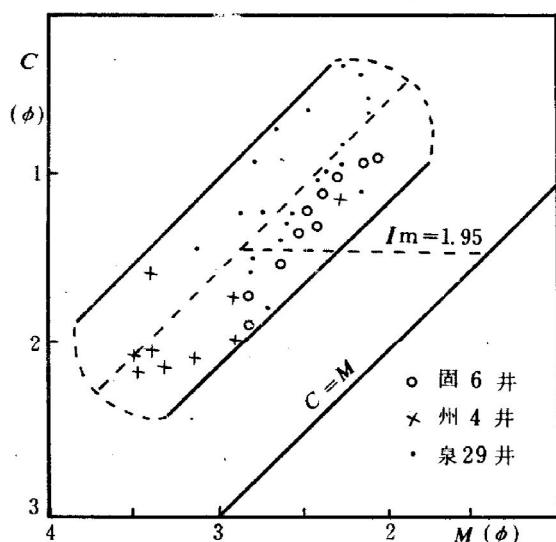


图2 浊流砂岩 C-M 图

二、浊流沉积的流体性质演化

一次完整的鲍马层序代表了浊流由急流流动体制向缓流流动体制的逐渐过渡。根据鲍马的水力学解释, A、B 段为 $Fr > 1$ 的急流流动体制的水力学环境沉积, C、D 段为 $Fr < 1$ 的缓流或静流流动体制沉积, 由此我们可以定性地认为, 廊固盆地这种大量的单一粒级递变砂岩为急流流动体制下的浊流沉积。浊流的流速快, 沉积速度也快, 来不及向缓流流动体制过渡就完成了—次浊流沉积过程, 因而只出现了鲍马层序的 A 段。

在 A 段之上出现的弥散平行纹层、前积纹层, 究竟说明了什么? 为此, 作者对一段厚 34 cm 的内

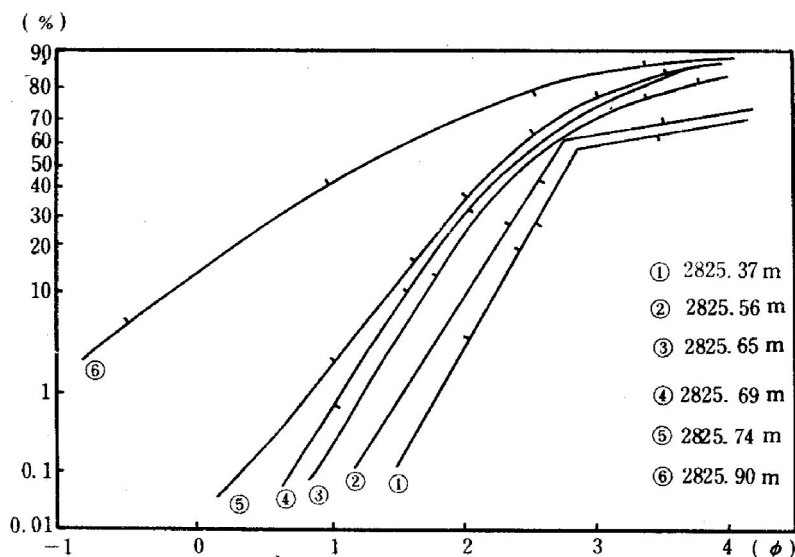


图3 一次单一递变段砂岩粒度概率图(固6井)

部不显任何纹理构造的单一粒级递变砂岩, 从下至上连续采样, 发现从递变层底部向顶部, 粒度概率曲线的斜率由陡变缓, 粒度分布由宽变窄, 最后变为具有牵引流特征的两段式(图3)。更值得注意的是, 从下至上萨胡判别值 Y 也由小变大, 由 6.4164 逐渐增大到 10.1873 (表3)。这一特征说明, 单一递变段内部虽不显示任何牵引构造, 但是到了浊流沉积单一递变段上部, 已开始向牵引流转化, 具有牵引流性质。因此, 递变段上部出现的弥散平行纹层, 前积纹层属牵引流沉积, 是浊流向牵引流转化的结果, 同时也是存在牵引流的佐证。据国外的有关研究^[2], 这些弥散平行纹层出现在规则的平行纹层 B 段之前, 与 B 段同属于急流流动态沉积, 因此我们称之为似 B 段。为此, 我们提出了廊固盆地浊流沉积时的流体性质演化和与之对应出现的沉积构造示意图(图4)。在比较理想的情况下, 随着浊流流速下降、浓度减小, 强度降低, 流体开始由真正的浊流向牵引流转化, 载荷由悬浮体向牵引体过渡, 对应出的沉积构造为: 单一正向粒级递变 A 段→弥散平等纹层、前积纹层似 B 段→规则平行纹层 B 段→

波纹层理 C 段。廊固盆地的大多数浊流一般都是在刚一出现牵引流或出现牵引流之后不久就结束了其沉积史，很少演化至 C 段，持续时间较短。

表 3 一次单一递变段砂岩粒度参数和流体性质变化 (固 6 井)

井深 (m)	岩 性	C	M	Mz	σ		SK		Kg		Y	流体性质
2825.56	细-粉砂岩	1.5	2.65	2.75	0.69	较好	0.28	正偏	1.23	窄	10.1873	牵引流
2825.65	细砂岩	1.2	2.50	2.57	0.66	较好	0.22	正偏	1.20	窄	9.5110	浊流
2825.68	细砂岩	1.1	2.40	2.42	0.63	较好	0.09	对称	1.08	中等	7.9081	浊流
2825.74	中-细砂岩	0.9	2.30	2.33	0.67	较好	0.12	正偏	1.03	中等	7.7595	浊流
2825.90	粗-中砂岩	-1	1.35	1.35	1.07	差	0.02	对称	1.09	中等	6.4164	浊流

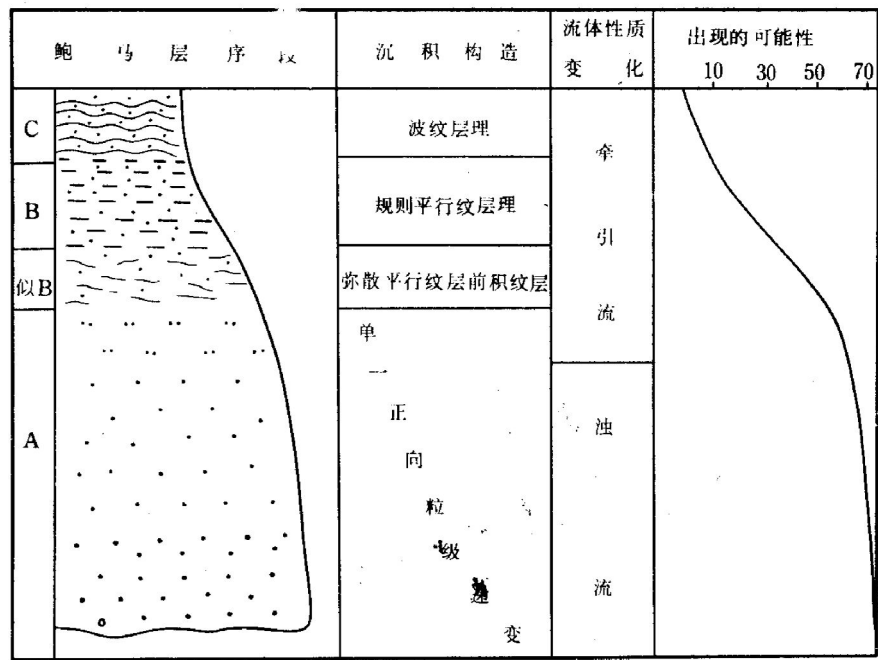


图 4 浊流沉积的流体性质演化和沉积构造

三、浊流可能的持续时间

浊流持续时间系指从其沉积 A 段开始至结束其沉积史所需的时间。根据 Allen^[3]的研究，浊流由 A 段向 B、C、D 段沉积时，其沉积速度 R (单位时间内沉积物的堆积厚度) 与沉积物的堆积厚度 y 呈线性函数关系 (图 5)，作者根据廊固盆地现有的实际资料，结合 Arnott and Hand^[4]的实验数据，建立了如下方程组：

$$R_{BC}=9.3860\times\frac{\operatorname{tg}\alpha\cdot D_{BC}^{3/2}}{H_{BC}} \tag{1}$$

$$K=\frac{R_{AB}-R_{BC}}{y_{AB}-y_{BC}} \tag{2}$$

$$R_0=\frac{R_{AB}y_{BC}-R_{BC}y_{AB}}{y_{BC}-y_{AB}} \tag{3}$$

$$R=R_0+Ky \tag{4}$$

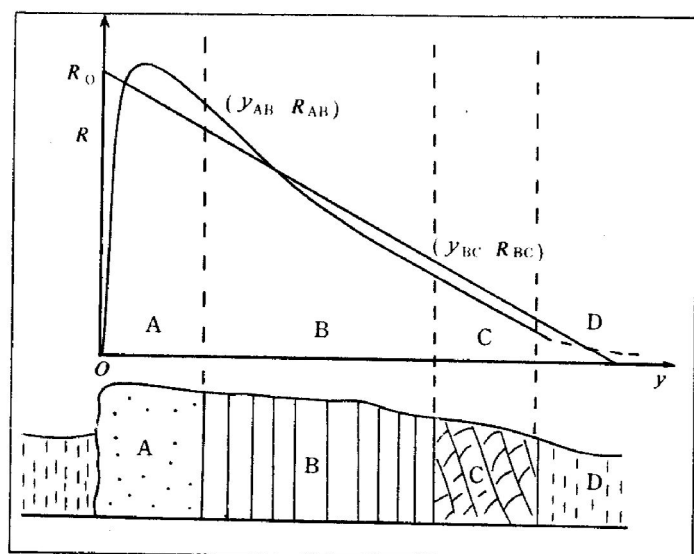


图5 鲍马段沉积速度-床沙高度图

(据 Allen, 1991)

$$T = \int_0^y \frac{1}{R} dy \quad (5)$$

(1) 式来自 Allen 的水力学推导, R_{BC} 为由 B 段向 C 段过渡时的沉积速度, α 为爬升波纹层理相对于底面的倾角, D_{BC} 为由 B 段向 C 段过渡时的平均粒径, H_{BC} 为爬升波纹层理高度; (2)、(3) 式为两个数学推导式, K 为沉积速度曲线 (近似为直线) 斜率, R_0 为直线在 R 轴上的截距, R_{AB} 为由 A 段向 B 段过渡 (即开始出现肉眼可见的平行纹层) 时的沉积速度, $R_{AB} = 6.7 \times 10^{-4} \text{ms}^{-1}$, 该数据来自 Arnott and Hand 的水槽实验结果 (他是用粒径为 0.23 mm (2.13 ϕ)、标准偏差为 0.63 ϕ 的石英砂, 在常温下, 在长 9

m、宽 0.58 m、深 0.4 m 的水槽中做的实验), 本文砂岩的粒度特征与之接近, 故借用了该数据, R_{BC} 的含义与 R_{AB} 类似, 但由式 (1) 求得, y_{AB} 为 A、B 段分界处相对于递变层底面的高度, 即 A 段厚度, y_{BC} 类推, 它等于 A、B 段厚度之和; (4) 式为沉积速度函数表达式, y 为沉积物堆积厚度; (5) 式为计算浊流持续时间的积分表达式。

将岩芯实测的有关数据代入上述相应公式, 便得到了廊固盆地浊流的沉积速度函数:

$$R = 12 \times 10^{-4} - 5.28 \times 10^{-3}y$$

由此计算出了该盆地每次浊流可能持续的时间 (表 1), 结果表明, 该区一次浊流沉积持续的最长时间为 12.44 min (沉积厚 50 cm), 最短时间为 0.83 min (沉积 5.2 cm)。

四、认识与讨论

上述研究表明, 廊固盆地下第三系的单一粒级递变砂岩是浊流急流流动体制下的沉积结果, 在其沉积过程中一般不出现缓流流动态, 而是逐渐向牵引流转化。一次单一递变段沉积的晚期, 浊流已具有牵引流性质, 但很少出现牵引流的沉积构造。大多数浊流在刚一出现牵引流或出现牵引流之后不久就结束了其沉积史。反映了该区浊流具有流动速度快、搬动距离短、沉积速度快、持续时间不长的特点。

本文提出的廊固盆地浊流沉积速度函数式, 及以此计算出的浊流持续时间, 是浊流由定性走向定量研究的一次尝试, 其结果必有一定的误差。因为: (1) 只在沉积速度曲线上找到两点, 用直线代替了实际曲线; (2) R_{AB} 来自实验结果, 实验室条件与自然条件有很大差别; (3) 原则上应该对每一递变段建立一个沉积速度函数, 以此计算其沉积时间, 但由于缺乏大量的 B、C 段资料, 故只能根据现有的 B、C 段资料取平均值来导出一个平均的沉积速度函数, 以此计算没有 B、C 段的单一递变段的沉积时间, 这种算法比单纯用 (R_{AB} 、 y_{AB}) 来计算要精确得多。这是因为它至少考虑沉积速度的变化趋势, 不是用 (R_{AB} 、 y_{AB}) 一个点计算, 而且同一沉积盆地相同沉积条件下 (同物源、同沉积环境、同沉积时期), 浊流的沉积速度变化趋势是一致的, 因此上述算法在有限的条件下也是合理的。但是如果在研究区内根本不存在 B、C 段,

或者单一递变段的厚度与用来导出平均沉积速度函数式的 A 段厚度差别很大,这时就只能用 (R_{AB}, y_{AB}) 一个点来计算浊流沉积可能需要的最长时间,这个值为时间上限(即表 1 中加“*”号注示的值)。如果还能在曲线上找到除 (R_{AB}, y_{AB}) 、 (R_{BC}, y_{AB}) 两点之外的第三点,如 (R_{CD}, y_{CD}) 点,以三点来拟合实际曲线,则计算精度将大大提高。

寻找 (R_{CD}, y_{CD}) 点的设想: y_{CD} 可以通过岩芯实测求得, R_{CD} 可以通过浊流浓度 C 、浊流体厚度 h 和颗粒沉降速度 V 求得, C 和 V 是可以想办法解决得到的,问题的关键是 h ,到目前为止似乎还没有一种方法能推算古浊流体的厚度,如果能得到 h ,则该问题将得到很好的解决。

参 考 文 献

- 1 钟大康. 廊固凹陷固安-旧州地区下第三系沙 3—4² 下段重力沉积特征. 西南石油学院学报, 1988, 10 (1): 85—96
- 2 中国石油学会石油地质委员会编译. 国外浊积岩和扇三角洲研究. 北京: 石油工业出版社, 1986. 20—38
- 3 Allen J R L. The Bouma division A and the possible Duration of turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1991, 61 (2): 291—295
- 4 Arnott R W C, Hand B M. Bedforms, primary structures and grain fabric in the presence of sediment rain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1989, 59 (6): 1062—1069

FLUID PROPERTY EVOLUTION AND DURATION OF PALEOGENE TURBIDITY CURRENT DEPOSITS IN LANGGU BASIN

Zhong Dakang

(Southwest petroleum Institute)

Abstract

On the basis of the vertical variation regularities of sedimentary structures, grain size parameters, Saph discrimination numbers and sedimentary facies, the variation of fluid property of Paleogene turbidity current in the Langgu Basin is quantitatively analyzed; the deposition rate function of the turbidity currents is established combined with bouma hydraulic analysis and laboratory results; the time of single turbidity current deposition is calculated by means of this function. Researches above show that the monograde bedding sandstones in this basin were deposited under torrent regime; turbidity currents gradually became tractive currents during deposition. Most of the turbidity currents ended their deposition as soon as tractive current emerges of not long after that. The turbidity currents had the characteristics of fast flow, short transportation, fast deposition and short duration.