

黄骅拗陷南区侏罗系砂体的 沉积特征与环境

李文厚 柳益群 曲志浩

(西北大学地质系, 西安)

胡敬月

(大港油田地质研究院)

根据矿物成分、岩石类型、粒度分布及沉积构造等特征的研究, 结合剖面上的韵律层序和测井曲线分析, 认为黄骅拗陷南区侏罗系含油砂体主要是辫状河河道沉积。河道砂体的物源主要为北部燕山褶皱带, 河流由北向南而流, 形成水流汇集的主河道带。查明促进油气运移与聚集的构造环境, 寻找控制油气分布的河道砂体, 是今后本区中生界侏罗系的找油气方向。

关键词 黄骅拗陷 侏罗系 辫状河 砂体 沉积环境

第一作者简介 李文厚 男 41岁 讲师 石油地质

黄骅拗陷南区自1986年在孔南风化店构造的中生界安山岩潜山首次获得高产油气流后, 1987年以来又先后在孔东、舍女寺及风化店等地区发现了中生界砂岩油气藏, 进一步开拓了中生界的找油领域。因此, 黄骅拗陷南区侏罗系含油砂体的沉积环境、几何形态、展布范围、储集性能及其与构造的关系, 就成为人们注意的焦点。

本文通过中生界侏罗系河道砂体的岩石学特征和沉积构造特征的研究, 结合剖面上的韵律层序和测井曲线的分析, 探讨含油砂体的成因特征及其勘探方向。

一、区域地质概况

黄骅拗陷位于华北平原东部, 为现今渤海湾盆地内的一个次一级拗陷, 北邻燕山褶皱带, 西为沧县隆起, 东南有埕宁隆起, 东北是海中隆起, 面积17000 km²。

黄骅拗陷南区系指羊三木断层以南, 至吴桥凹陷的广大地区。包括孔店、小集-段大拔、灯明寺、沧州市、徐杨桥-黑龙村五个正向构造带和沧东、南皮、常庄、盐山及吴桥等五个凹陷, 面积4645 km²。

黄骅拗陷的构造和沉积发展大致可分为三个阶段: 黄骅拗陷的基岩是在印支期形成的, 中生代晚期是以断裂为主的发展阶段, 形成断陷盆地, 新生代继承了中生代的特点, 在区域性构造运动下, 形成了不同类型的含油气盆地, 而黄骅拗陷现今的基本构造格架主要是在中生

代与第三纪两个地史阶段形成的*。

中生代地层在黄骀坳陷分布广泛,北区主要分布有早、中侏罗统,中区主要分布有白垩系,中南区则主要分布有下、中侏罗统和中、上侏罗统。靠坳陷南缘中生界减薄尖灭,出露石炭二叠系。总体上看,中生代地层为南薄、中北区厚,西薄东厚。

根据钻孔剖面中的岩性特征和化石组合,结合区域地质特征,中生界可大体划为三大岩性段,自下而上分述如下:

(1) 中、下侏罗统,岩性为灰色、灰绿色砂质泥岩与灰色砂岩、砾岩互层,局部夹薄煤层或煤线。厚度100—150m不等。

(2) 中、上侏罗统,岩性为杂色中基性火山岩、火山碎屑岩夹紫红色砂质泥岩、岩屑砂岩,局部夹煤线。厚约650m。

(3) 下白垩统,岩性为棕红色砂质泥岩、砾质泥岩夹中基性火山岩及砂岩。厚约350m**。

二、砂体的沉积特征

(一) 矿物成分

薄片鉴定表明,本区中、下侏罗统砂岩的矿物成熟度很低,长石和岩屑的含量较高,填隙物主要为高岭石和方解石。

1. 石英 含量变化不大,大多在15—35%之间,平均含量28%。基本上属于低成熟度砂岩,只有个别可达到中成熟度砂岩。石英多源于火山岩,表面干净透明,大都呈棱角-次棱角状,还有的熔蚀成港湾状(图版I-1)。花岗岩来源的石英表面常含汽液包裹体,含量较少。还有少量变质岩来源的石英具波状消光。少数颗粒具次生加大边。

2. 长石 包括斜长石和钾长石两大类。其中斜长石主要为中酸性的,钾长石则由正长石、微斜长石及条纹长石组成。通常占碎屑总量的30—45%,平均含量37%。大都为自形-半自形,以次棱角状为主,表面新鲜,仅有少量斜长石具微弱的绢云母化,少量钾长石具微弱高岭土化。斜长石双晶清晰,可见环带结构(图版I-2)。部分长石发生钠长石化,次生加大不发育。交代及淋滤作用较强,溶蚀孔隙普遍发育,尤以钾长石更甚。一般说来,斜长石占长石总量的1/2—3/4,钾长石占1/4—1/2。上述特征表明,长石类颗粒也是主要来源于火山岩,仅有少量来自花岗片麻岩。

3. 岩屑 含量通常在30—45%,平均含量35%。岩屑类型较多,主要由喷出岩和燧石组成,二者的含量往往占岩屑总量的%以上。其中喷出岩岩屑主要为安山岩、英安岩、粗面岩、玄武岩及流纹岩,玻基交织结构(图版I-3)、粗面结构(图版I-4)及间隐结构普遍见及。燧石由玉髓和自生石英组成,以前者最为常见。其它岩屑尚有细砂岩、粉砂岩、泥质岩、碳酸盐岩、凝灰岩、石英岩、片岩及侵入岩。岩屑大多呈次棱角-次圆状,部分粉砂岩及泥质岩乃至喷出岩碎屑被挤压成假杂基,围绕碎屑颗粒分布。从岩屑的成分可以推断,岩屑的来源主要是北部和东北方向的火山喷出岩和沉积岩,并含有少量变质岩岩屑和侵入岩岩屑。

此外,我们将云母类也归入岩屑类进行统计,黑、白云母占碎屑总量的1—5%。绝大多

* 李志文,黄骀块断盆地演化特征与油气分布,1984。

** 张服民,孔南地区侏罗系砂岩储层特征与勘探方向浅析,1988。

数黑云母都已风化蚀变，常发生绿泥石化，并且由于挤压变形堵塞在碎屑颗粒之间。

薄片分析和统计发现，南区的风化店、王官屯和舍女寺三地区由北而南结构成熟度逐渐提高（表1，2），其中尤以风化店北部的枣26井与王官屯、舍女寺各井的矿物成分差别最为明显（表3）。

表1 黄骅坳陷南区侏罗系砂岩分选程度统计表

地 区	分 选 性	好	较好	中等	较差	差	总计
风化店	样品数	6	14	14	7	6	47
	含量%	12.8	29.8	29.8	14.8	12.8	100
王官屯	样品数		14	11		2	27
	含量%		51.9	40.7		7.4	100
舍女寺	样品数	9	33	25			67
	含量%	13.4	49.3	37.3			100

表2 黄骅坳陷南区侏罗系砂岩圆度级别统计表

地 区	圆 度	棱角状	棱角— 次棱角状	次棱角状	次棱角— 次圆状	次圆状	总计
风化店	样品数		2	43	2		47
	含量%		4.3	91.4	4.3		100
王官屯	样品数		4	20	3		27
	含量%		15.0	74.0	11.0		100
舍女寺	样品数	6	8	35	17	1	67
	含量%	8.9	12.0	52.2	25.4	1.5	100

表3 黄骅坳陷南区侏罗系砂岩矿物成分统计表

地 区	碎 屑 成 分 (%)		
	石 英	长 石	岩 屑
枣26井	10.0	36.7	53.3
王官屯	24.8	38.3	36.9
舍女寺	28.6	34.2	34.3

（二）岩石学及组构特征

本区侏罗系砂岩主要由岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩组成（图版1-5，6），长石石英砂岩偶见，应归属于低成熟度砂岩。碎屑含量大于80%，且以大于90%的为主，主要为颗粒支撑。填隙物包括胶结物和杂基，含量小于20%，大多小于10%。点接触到线接触，少数呈凹凸接触。胶结物主要为高岭石和方解石，还有白云石、硅质及铁质等，此外尚有少量绿泥石杂基。

薄片及岩芯观察表明，本区砂岩主要为细粒砂岩、中粒砂岩、粗粒砂岩及含砾粗砂岩；分选较好，颗粒大小比较均匀（表1）；磨圆度较差，以次棱角状为主（表2）；胶结类型主要为孔隙式，占总数的90%以上，少数为薄膜式、连晶式、接触式及基底式。

（三）粒度分布特征

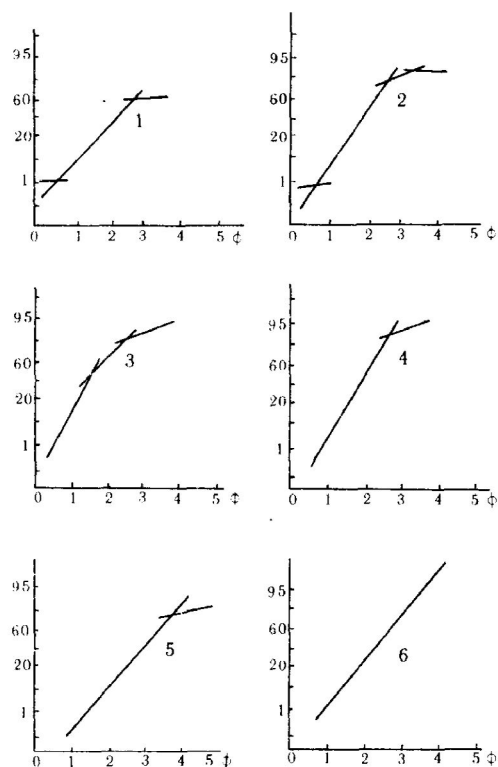


图1 不同环境砂岩的六种概率
累积曲线形态类型

砂体的粒度分布受沉积时水动力条件的控制,是反映原始沉积状况的直接标志。目前用于环境研究的粒度方法中,概率标度累积曲线和CM图解应用最为广泛,效果较好^[1]。

1. 砂体的概率累积曲线特征

黄骅坳陷南区侏罗系的粒度分布概率累积曲线有六种类型(图1),基本上反映了辫状河流不同亚环境的水动力条件^[2]。当然,某些湖相滩砂、三角洲、扇三角洲、水上或水下分流河道的概率累积曲线也可具备这种特征。但是,结合各种沉积特征,尤其是沉积构造特征,它们与辫状河还是可以区别的。

(1) 类型 I: 曲线由三部分组成,滚动总体含量为2%,跳跃总体含量为92%,斜率为43°,悬浮总体含量为6%;粗截点为0.5 ϕ ,细截点为2.7 ϕ ;百分之一粒度值为1.0mm,百分之五十粒度值为0.2316mm;粗截点为突变,细截点为过渡性变化;粒度间距较宽,分选中等至差,偏度为-0.2564。反映沉积时水动力条件较强,水介质密度较大,代表了辫状河道下部沉积(表4,图1)。

(2) 类型 II: 曲线由四部分组成,即由一个滚动总体、两个跳跃总体和一个悬浮总体构成。滚动总体含量3%,第一段跳跃总体含量

表4 不同沉积亚相中六种正态概率曲线的成因分类及水动力条件

亚相类型	曲线类型	滚动组分	跳跃组分 (%)			悬浮组分 (%)	粗截点 (ϕ)	细截点 (ϕ)	1%粒度 (mm)	50%粒度 (mm)	粒度间距	分选性	水动力条件	标准偏差
			1	2	斜率									
河道坝下部	1	2	92		43°	6	0.5	2.7	1.0000	0.2316	较宽	中等—差	较强	0.7172
	2	3	85	10	1—55° 2—28°	2	0.6	3.2	0.6597	0.2852	较宽	中等	较强	0.6441
河道坝	3		47	43	1—63° 2—47°	10		2.4	0.7015	0.3534	较窄	较好	中等	0.5880
	4		91		65°	9		3.2	0.7017	0.2318	较窄	中等	中等	0.6373
河漫滩	5		96		51°	4		4.8	0.2012	0.0721	较窄	中等—较好	较弱	
	6					99			0.5348	0.2201	较窄	较好	弱	0.4668

85%,斜率55°,第二段跳跃总体含量10%,斜率28°,悬浮总体含量2%;粗截点0.6 ϕ ,细截点3.2 ϕ ;百分之一粒度值为0.6597mm,百分之五十粒度值为0.2852mm;粗截点和细截点

都呈突变性质。代表辫状河道下部沉积(表4,图1)。

(3) 类型Ⅲ: 曲线由三部分组成, 两个跳跃总体和一个悬浮总体。第一段跳跃总体含量为47%, 斜率为63°, 第二段跳跃总体含量为43%, 斜率为47°, 悬浮总体含量为10%; 细截点为 2.4ϕ ; 百分之一粒度值为0.7017mm, 百分之五十粒度值为0.3534mm; 粒度间距较窄, 分选较好, 偏度为0.4285。代表辫状河河道沉积(表4,图1)。随着水动力条件不断减弱, 颗粒比河道底部要细, 并且随着搬运距离的增加, 分选也比底部要好。

(4) 类型Ⅳ: 曲线由跳跃总体和悬浮总体两部分组成。其中跳跃总体含量91%, 斜率为65°, 悬浮总体含量为9%; 细截点为 3.2ϕ ; 百分之一粒度值为0.7017mm, 百分之五十粒度值为0.2318mm; 粒度间距较窄, 分选中等, 偏度为-0.5948。该曲线代表中等水流强度条件下的辫状河河道沉积(表4,图1)。

(5) 类型Ⅴ: 曲线由跳跃总体和悬浮总体两部分组成。其中跳跃总体含量为96%, 斜率为51°, 悬浮总体含量为4%; 细截点 4.8ϕ ; 百分之一粒度值为0.2012mm, 百分之五十粒度值为0.0721mm; 粒度间距较窄, 分选中等一较好, 偏度为0.5639。代表河漫滩沉积(表4,图1)。

(6) 类型Ⅵ: 该曲线仅由一个悬浮总体组成, 粒度偏细, 粒度间距较窄, 分选中等, 偏度为0.1109。同样代表河漫滩沉积(表4,图1)。

2. 砂体的CM图解

黄骅坳陷南区女34井的CM图(图2), C 值最大为0.743mm, 最小为0.225mm。 M 值最大为0.312mm, 最小为0.067mm。由此看出本区侏罗系砂岩以QR段最为发育, 反映有一定的涡流作用。RS段代表均匀悬浮, 是一种水流较弱环境中的沉积。

(四) 沉积构造特征

通过对黄骅坳陷南区11口井的岩芯观察, 发现了与河流沉积有关的各种层面构造、层理构造及变形构造。

1. 冲刷面 岩芯上表现为凹凸不平的面, 与下伏地层呈侵蚀突变接触, 起伏一般不大, 下部为细粒泥质砂岩、粉砂岩或泥岩。冲刷面之上为泥砾(图版Ⅰ-1)或燧石、花岗岩、变质岩, 有时也可见到较大的碳屑。砾径一般在1—5cm之间, 大者达10cm。厚度大多在10—60cm之间。

2. 块状层理 分泥岩中的块状层理和砂岩中的块状层理(图版Ⅰ-4)。本区砂质泥岩中的块状层理可能是在较安静的环境中沉积的产物。砂岩中的块状层理可能是事件性的洪水沉积, 由洪水泛滥时携带的大量沉积物顺流而下, 在河道的低凹处快速沉积下来形成的。其底部往往具侵蚀印痕, 砾、砂、泥混杂, 形成块状层理。下部常常显示微弱的粒序层理, 上部具小型交错层理及波痕, 顶部泥岩层中偶见植物根迹^[3]。

3. 平行层理(图版Ⅰ-2) 由彼此平行的1—2mm厚的砂层组成, 细层通常是水平的, 在细砂岩或中砂岩中发育最好。主要是在水流能力很强的高流态下的平坦底床上形成的。

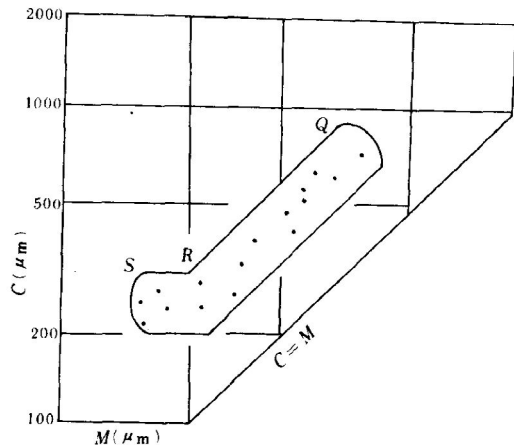


图2 女34井CM图

4. 水平层理 (图版 I-3) 一般分布在细粒沉积物中, 如粉砂岩或粉砂质泥岩。纹层呈水平状, 一般是连续的, 厚度约在 1—2mm 之间。纹理可因粒度变化和有机质含量不同或颜色差别而显示出来。

5. 大型板状交错层理 是本区侏罗系砂岩中最常见的层理构造之一。通常交错层单位的界面形状呈平面, 彼此相互平行, 各单层的纹层倾向是相同的, 大致反映了单向水流的运动方向, 单层厚度一般大于 5 cm。

6. 大型槽状交错层理 纹层大致为一系列平行于底面的对称曲面, 在平行于水流方向上, 纹层呈较缓的弧形, 倾向一致。在垂直于水流方向上, 纹层呈槽状, 槽的长轴倾向与水流方向一致。

7. 小型板状交错层理 形态与大型板状交错层理类似, 只是规模要小的多。往往出现在大型板状或槽状交错层理之上。

8. 小型槽状交错层理 形态与大型槽状交错层理类似, 只是规模要小的多, 往往出现在大型板状或槽状交错层理之上。

9. 同生变形构造 一般局限于某一单层内, 岩性多半是细砂岩或泥质粉砂岩。最特征的是揉皱变形层理。揉皱变形层理往往不甚规则, 形态各异。有些岩芯中见到砂质分布不均匀, 呈云雾状, 隐约看到一些变形痕迹, 应属于砂泥搅混构造。

三、砂体的沉积环境

(一) 类型及特征

根据 11 口井岩芯剖面的观察, 本区侏罗系河流沉积可以划分出以下几种微相:

1. 块状砾岩相 (图版 I-5) 砾石含量 40—70% 之间, 成分为燧石、石英岩、花岗岩及其它沉积岩, 砾径 3—7cm, 圆-次圆状。砾石悬浮于砂质基质中, 无明显排列方向。该相一般小于 1m, 它是洪峰期洪水将上游已磨圆的较大砾石和砂质悬浮搬运和快速堆积而成。

2. 块状含泥砾粗砂岩相 (图版 I-6) 砾石含量 10—30% 之间, 以灰绿色或紫红色泥岩为主, 少量燧石等其它砾石, 常含碳屑。砾径 2—4 cm, 最大 10 cm。砾石漂浮于粗砂中, 杂乱分布。砂岩厚度 10—60 cm, 多为长石岩屑砂岩或岩屑长石砂岩, 分选磨圆较差。该相分布于沉积旋回的底部, 与下伏地层有一冲刷面, 为河道底部的滞留沉积, 在本区岩芯剖面中普遍发育。

3. 平行层理含砾砂岩相 为粗-中粒长石岩屑砂岩或岩屑长石砂岩, 常含细砾。碎屑颗粒成分中石英、长石及岩屑几乎各占 $\frac{1}{3}$, 次棱角状, 分选中等。层厚 0.5—1 m。通常位于沉积旋回的下部, 代表河道砂坝下部沉积。

4. 大型板状交错层理砂岩相 为中-细粒岩屑长石砂岩, 偶含细砾。碎屑颗粒中石英、长石及岩屑几乎各占 $\frac{1}{3}$, 次棱角状为主, 分选较好。粒径向上有变细的趋势, 层厚 1 m 以上, 斜层理倾角 20—25°。一般位于旋回的中下部, 代表河道砂坝沉积, 在本区普遍发育。

5. 大型槽状交错层理砂岩相 以中-细粒岩屑长石砂岩为主, 偶含细砾。碎屑颗粒成分中石英、长石及岩屑几乎各占 $\frac{1}{3}$, 次棱角状为主, 分选较好。粒径向上有变细的趋势。层厚 1 m 以上, 变化较大。纹层向底部收敛。一般位于旋回中部, 代表河道砂坝沉积, 在本区不发育。

6. 小型板状交错层理砂岩相 为细粒岩屑长石砂岩。碎屑颗粒成分以石英、长石和岩屑为主，次棱角状，分选较好。纹层平直，单层 2—5 cm，层间夹角小于 5°。位于旋回的中上部，代表河道砂坝上部沉积。

7. 小型槽状交错层理砂岩相 岩性同小型板状交错层理砂岩相。纹层向上弯曲，单层厚 2—5cm。位于旋回中上部，代表河道砂坝上部沉积。

8. 水平层理砂质泥岩相 含细—粗粉砂及少量碳屑，含量在 20—45% 之间。由砂泥含量变化显示出纹层，纹层数毫米。厚度 1—4m，分布于旋回的上部，代表河漫沉积。

上述八种砂体微相类型在剖面上常组成完整与不完整的韵律层序。单韵律层厚 2—10m。各韵律层间均为侵蚀突变接触^[4]。完整的韵律层序从下向上有逐渐变细的趋势，底部冲刷面之上为滞留沉积，其上分别为平行层理砂岩、大型板状交错层理砂岩，偶见大型槽状交错层理砂岩，再上为小型板状或槽状交错层理砂岩，顶部为水平层理砂质泥岩（图 3）。其中平行层理、大型板状交错层理与滞留沉积均很发育，基本上代表了辫状河沉积层序^[5,6]。

测井曲线表明，本区侏罗系存在两种电测曲线，一为箱形曲线（图 4），反映厚层粗粒河道沉积；另一是低幅度齿形曲线，代表薄层细粒河漫沉积。辫状河主河道的自然电位曲线呈微齿化箱形，为河道砂坝多期叠加所致。有时夹有低幅齿形曲线，反映夹有泥质沉积。在非河道区曲线低平微齿，反映以泥质沉积为主。

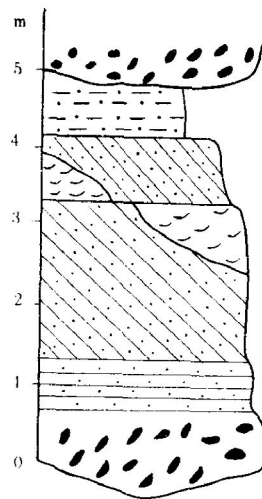


图 3 黄骅坳陷南区辫状河沉积层序

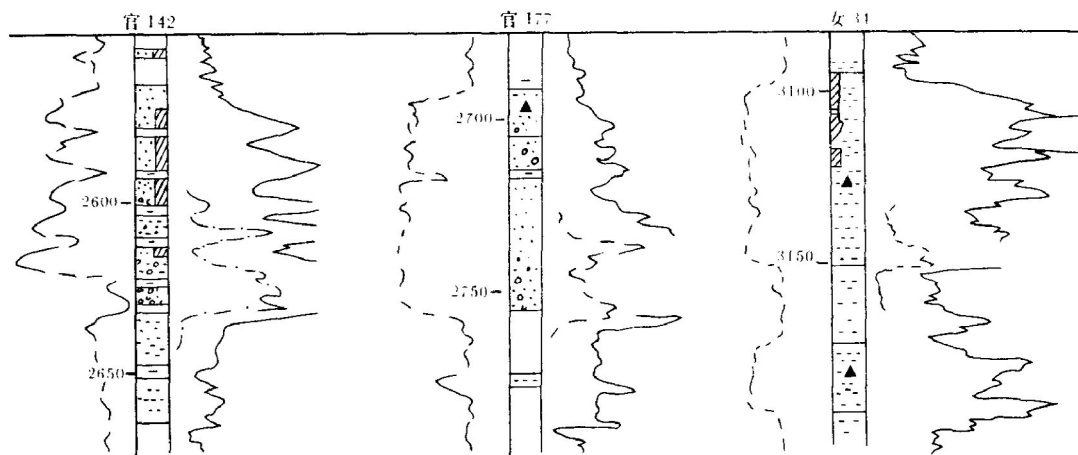


图 4 官 142 井、官 177 井和女 34 井辫状河主河道电测曲线图

根据王官屯地区横切河道各井剖面的电测曲线特征，可以清楚地看到，本区侏罗系辫状河的砂体形态在剖面上呈透镜状（图 5）。砂岩等厚图明显地显示出，砂体形态在平面上呈宽窄不同的带状或长条状（图 6，7），并向一定方向延伸。

综上所述，本区侏罗系辫状河沉积具有以下特点：（1）砂、砾等粗粒沉积物含量较高，泥

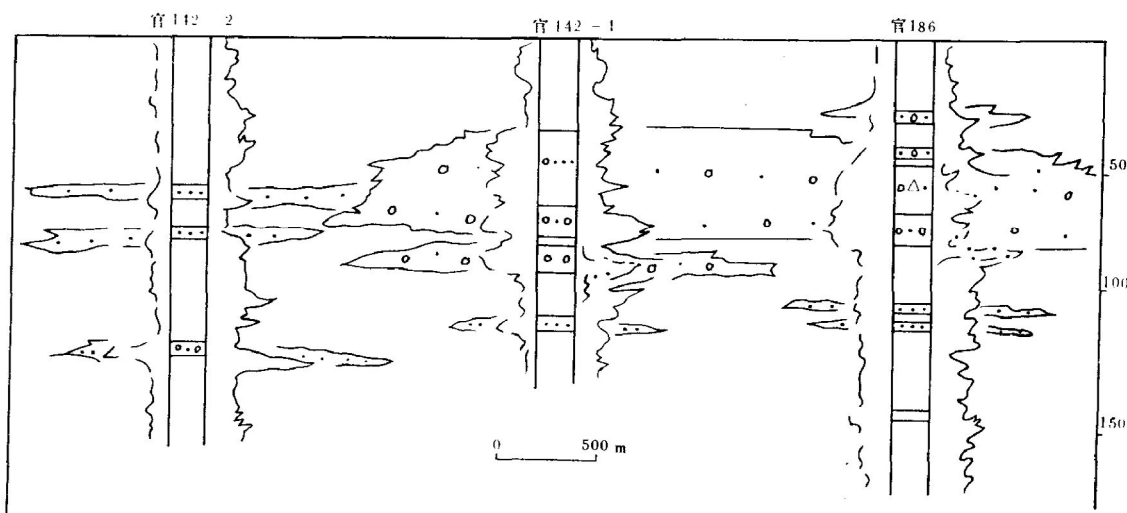


图5 官142-2井—官186井辫状河道砂体横剖面图

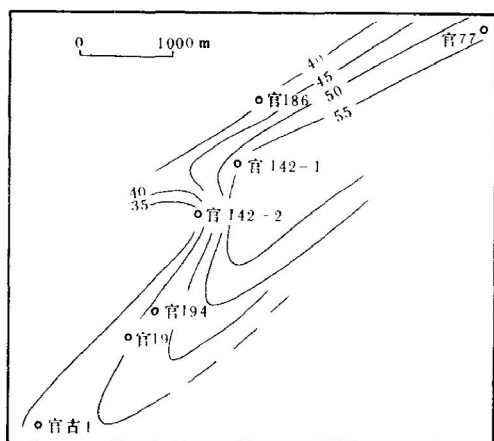


图6 王官屯地区中、下侏罗统砂岩等厚图

质含量少；(2) 平行层理和板状交错层理常见，也有槽状交错层理，很少波纹交错层理；(3) 顶底与其它岩相一般呈突变接触；(4) 砂体在剖面上多因不完整的旋回反复，叠置成巨厚层，区域上厚度变化较小；(5) 粒序性较差，自然电位曲线多为箱状；(6) 沉积砂体既有加积型，如女34井，也有侧积型，如官142井（图4）。

(二) 环境分析与沉积格局

黄骅坳陷南区中生代地层分布受前期构造格架的制约，发育在前期向斜区，形成多中心的小型向斜盆地，在古隆起区变薄乃至缺失，与第三纪地层呈角度不整合接触。由图6和图7可以看出，王官屯地区砂岩厚度高值以官142井为轴心，呈北东向延伸，两翼很快减薄，水流方向应为北东—南西向，同时也可看到河道分叉现象。舍女寺

地区砂岩厚度高值区呈近南北向拉长，中间又被近南北向的砂岩低值区隔开，很可能是一条河流左右摆动的结果。

黄骅坳陷南区侏罗系砂岩，总的来看矿物成熟度较低，推测离物源区不远。砂岩中含丰富的火山岩岩屑，表明物源区有充足的火山岩堆积。黄骅坳陷北部边缘为燕山褶皱带，推断应为物源区。

谢启：参加工作的还有白宗正、邵东波和罗俊莲等同志。研究过程中，承蒙大港石油管理局地质研究院领导和许多同志的大力支持和热情帮助，成都地质学院刘岫峰教授协助做了薄片粒度分析，我系陈景维教授审阅了全文并提出宝贵意见，在此一并致谢。

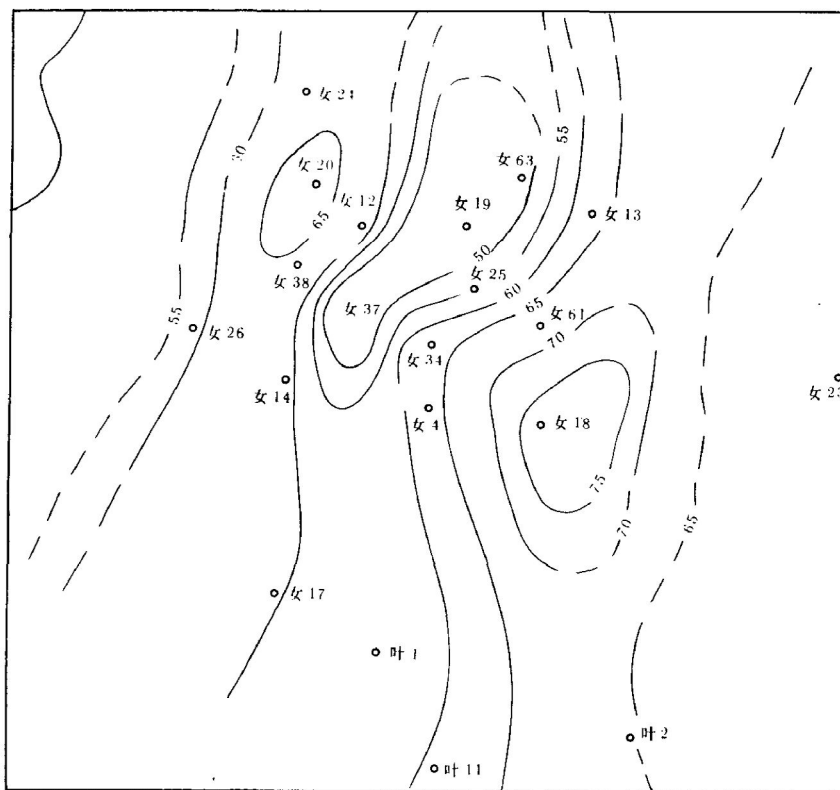


图 7 舍女寺地区侏罗系砂岩等厚图

参 考 文 献

- [1] 郑汝茂、王德发、孙永传, 石油实验地质, 1980; 1 (3)。
- [2] 陈瑞君、车春兰, 岩石学报, 1986; 2 (4)。
- [3] 吴贤涛, 痕迹学入门, 煤炭工业出版社, 1986。
- [4] 武汉地质学院北京研究生部石油地质研究室、大港油田石油勘探开发研究院勘探室岩相组, 黄骅坳陷第三系沉积相及沉积环境, 地质出版社, 1987。
- [5] Frideman G. M., Sanders J. E., *Principles of Sedimentology*, New York: John Wiley and Sons, 1987。
- [6] Reading H. G., *Sedimentary Environments and Facies*, Oxford, London: Blackwell Scientific Publications, 1978。

**SEDIMENTARY CHARACTERISTICS AND ENVIRONMENT
OF JURASSIC SANDBODIES IN SOUTH
HUANGHUA DEPRESSION**

Li Wenhou Liu Yiqun Qu Zhihao

(Geological Department, Northwest University, Xian)

Hu Jinyue

(Geological Research Institute, Dagang Oilfield)

Abstract

Jurassic oil-bearing sandbodies in the south of Huanghua Depression are typical braided channel sediments. They are chiefly composed of lithic arkose and feldspathic litharenite and are good reservoir rocks with great thickness, wide distribution, coarse grains and good physical property.

The Huanghua Depression was a multi-center synclinal basin during the Jurassic, the Yenshan fold belt located in the north of the depression was the main source area. The braided channel sandbodies extended from north to south were an important factor to control the distribution of oil and gas.