

沾化凹陷东部长堤地区沙河街组沙三段储层研究

国景星, 戴启德, 王纪祥

(石油大学地球资源与信息学院, 山东 东营 257062)

摘要: 综合运用地质、测井、地震及分析化验等资料, 对沾化凹陷东部长堤地区沙河街组沙三段沉积体系及亚相微相类型进行了较为全面的研究, 认为沙三段主要发育近岸水下扇沉积。其中, 中扇亚相最为发育, 并可细分为辫状水道、水道间和前缘过渡带 3 个微相; 其次, 根据粒度分析、物性特征、压汞分析、镜下观察、扫描电镜分析及测井资料数字处理成果等资料, 对该区沙三段储集层的岩石类型、微观孔隙结构、成岩阶段、层内及平面非均质性进行了综合研究, 指出了该地区沙三段有利储集体及有利储集层位。

关键词: 沾化凹陷; 沙三段; 储集层; 微观孔隙结构; 非均质性; 变异系数

中图分类号: P618.130.2⁺1 **文献标识码:** A

1 地质概况

沾化凹陷位于济阳拗陷的东北部, 北以义南、义东、埕东断层为界, 东至垦东凸起, 向南地层区域性抬升, 超覆过渡到陈家庄凸起, 总体上呈北东走向、北断南超的构造格局, 面积约 2 800 km²。位于该凹陷东北部的长堤地区在构造上属于桩西-孤东潜山披覆构造带中偏南部地区, 西以 5 号桩断层为界, 向东倾入桩东凹陷, 面积约 160 km² (图 1)。该地区的沙三段可分为沙三段下、沙三中下、沙三中上和沙三上 4 个亚段。

2 沉积相类型

长堤地区处于沾化凹陷的东部边缘, 其沉积体系明显受到构造运动的控制。其中, 主要受五号桩断层和长堤断层分期差异性活动的控制, 以及一系列北东向小断层的影响。根据岩心观察、粒度

分析、地震及测井资料综合分析认为, 长堤地区沙三段属于滨浅湖-水下扇沉积体系^[1]。于沙三段下、沙三中下、沙三中上和沙三上 4 个亚段沉积期, 在长堤低凸起的西部及南部形成了厚度、分布面积各不相同的水下扇群, 如图 2 所示。

根据对沙三段取心井(桩 17 井、桩 125、桩 130、桩 132、桩 202、桩 206)的观察、三维地震剖面特征分析及平面上砂砾岩体分布等特征, 可将水下扇分为扇根、扇中和扇缘 3 个亚相。其中, 扇中亚相分布面积最大。

2.1 扇根亚相

扇根位于扇体顶端, 正对凸起的沟口, 向下呈喇叭形展开, 岩性较粗, 以砾岩、含砾砂岩为主, 泥岩夹层少且薄, 层理不明显, 底面常为冲刷面或岩性突变, 向上略显正粒序或厚层块状, 层理不明显, 颗粒分选差, 反映强水流和快速堆积的特点, 自然电位曲线^[2]呈低幅齿状。

2.2 中扇亚相

收稿日期: 2002-01-18; 修回日期: 2003-03-04

作者简介: 国景星(1963-), 男, 汉族, 河北隆尧人, 副教授。1993 年于石油大学获石油地质与勘探专业硕士学位。2002 年于中国矿业大学获矿产普查与勘探专业博士学位。现在石油大学地球资源与信息学院从事油气储层地质学、石油地质学的研究与教学工作。

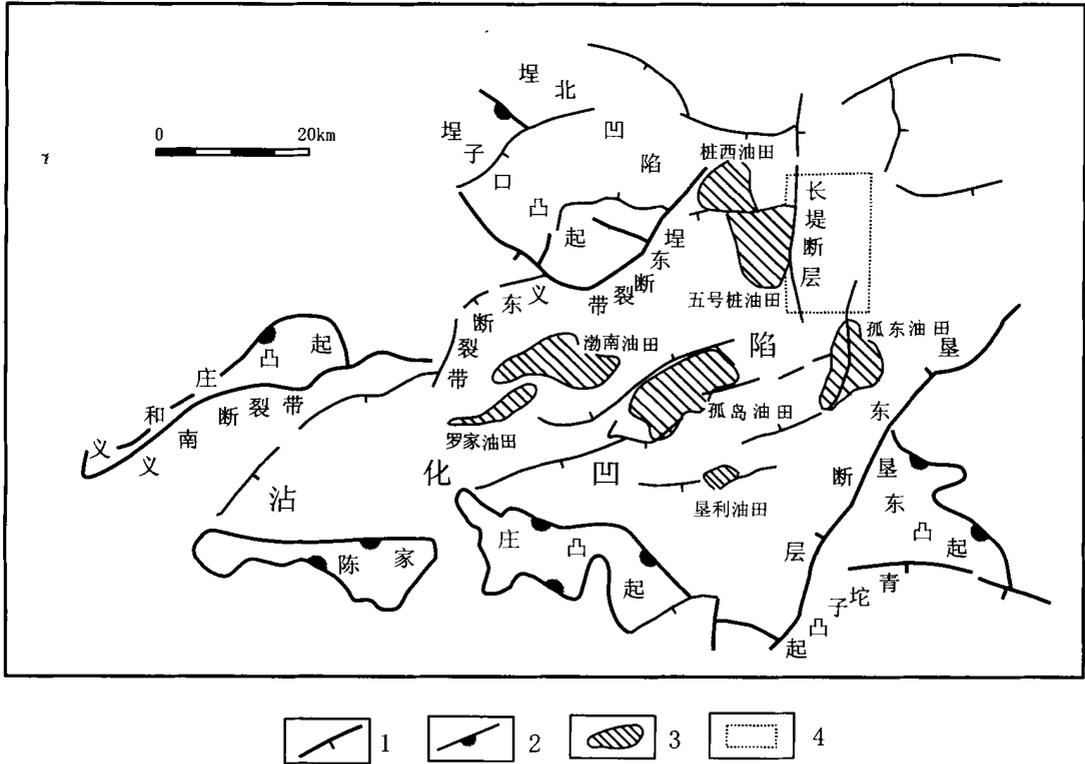


图 1 沾化凹陷及研究区位置略图

Fig. 1 The simplified map of the study area in Zhanhua sag

位于扇根前方, 呈扇形, 面积占整个扇体的 60% ~ 70%, 是砂层厚度最大、辫状水道最发育的部位, 可细分为辫状水道、水道间和前缘过渡带 3 个微相。

2.2.1 辫状水道微相

岩性以含砾砂岩至中细砂岩为主, 泥岩较扇根增多, 以正韵律为主, 底部冲刷面发育, 常见平行层理、中小型交错层理, 少量大型交错层理及块状层理, 构成多层叠加的砂岩层, 砂岩中偶见少量螺蚌个体或碎片, 泥岩中含介形虫。砂层累计厚度一般大于 25 m, 最大单砂层厚度一般大于 15 m, 砂层厚度系数一般大于 30%, 自然电位曲线呈微齿化箱状或漏斗箱状组合。

2.2.2 水道间微相

岩性以泥岩夹砂岩为主, 泥岩层数多, 颜色上呈浅灰、灰绿色, 有时出现波浪改造形成的砂质浅滩。垂向上韵律性不甚明显, 有时略成正韵律, 岩

心中见螺、蚌、介形虫、藻屑和少量脊椎动物骨片化石。砂层厚度和单砂层厚度向扇体推进方向上减薄, 砂层累计厚度一般在 10 ~ 20 m, 单砂层最大厚度小于 15 m, 砂层厚度系数介于 15% ~ 30%, 自然电位曲线呈对称齿状、指状或小型齿化钟形。

2.2.3 前缘过渡带微相

水道减少或基本消失, 扇面坡度变缓, 水体加深。岩性以粉砂岩和泥岩为主, 夹薄层细砂岩, 泥岩以浅灰、灰色为主, 介形虫化石较丰富。砂岩中见小型交错层理、平行层理, 泥岩中见水平层理, 垂向上呈正韵律或复合韵律(下部反韵律、上部正韵律)。砂层累计厚度在 5 ~ 15 m, 最大单砂层厚度一般小于 5 m, 砂层厚度系数 5% ~ 15%, 自然电位曲线呈中—低幅钟形、齿化漏斗形—钟形组合或不对称齿形。

2.3 扇缘亚相

位于扇中前方, 已进入浅湖甚至半深湖区。岩

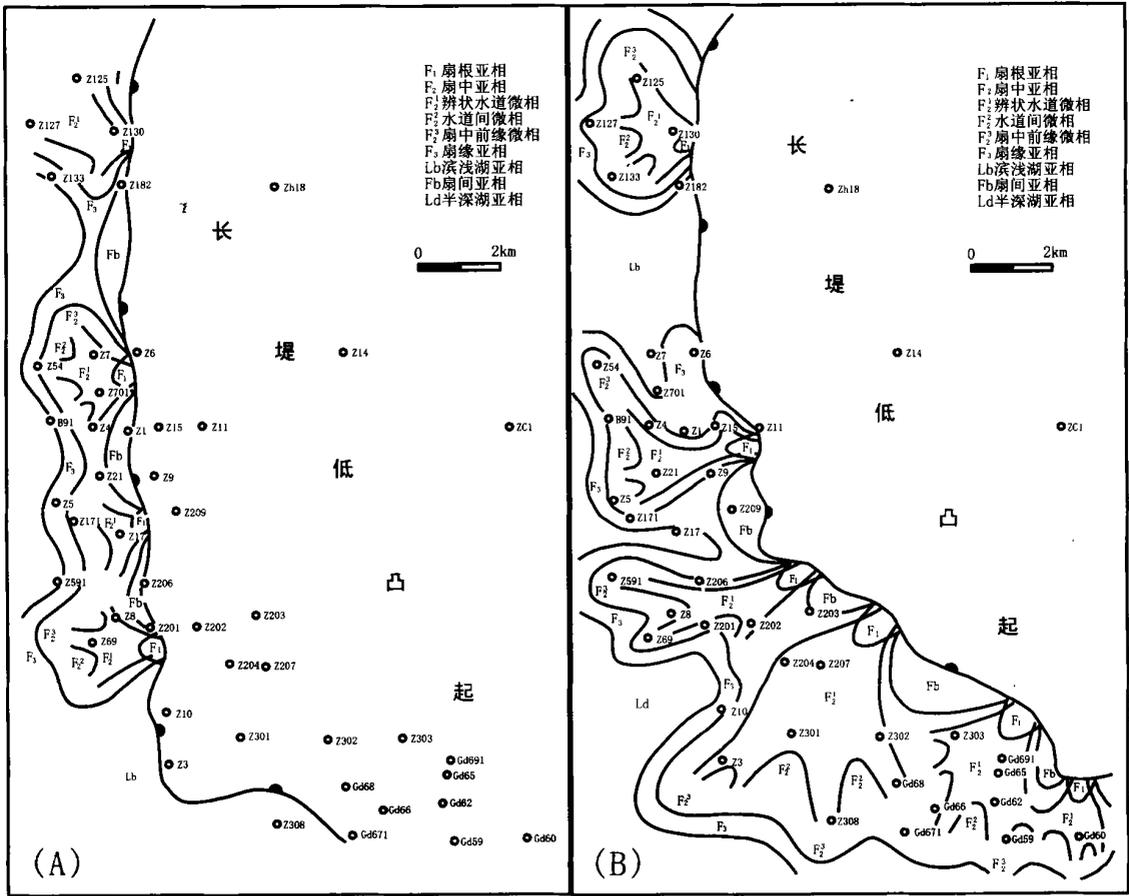


图 2 长堤地区沙三段中、下部砂层组沉积相平面图

(A. 沙三段下部砂层组; B. 沙三段中部第一砂层组)

Fig.2 Distribution map showing the sedimentary facieses of Es₃

(A. the sand group of the lower section of Es₃; B. the first sand group of the middle section of Es₃)

性以泥岩为主，砂岩多以夹层出现，且以粉砂岩为主，泥岩以灰色、褐灰色和深灰色为主，质纯，偶见白云岩和油页岩薄层；介形虫化石时常富集成层。砂层累计厚度一般小于 10 m，单砂层最大厚度小于 5 m，砂层厚度系数一般小于 10%，自然电位曲线多呈低幅指状或齿状，偶见小段反韵律曲线。

地震相^[3]特征：近岸水下扇在地震剖面上与冲积扇、扇三角洲的地震相类似，但对于近岸水下扇说来，其扇根部位相对较薄，而在扇中部位向湖盆方向加厚。由于它整体处于水下，其内部反射结构的成层性和连续性较好。

3 储层研究

3.1 岩性及物性特征

从岩心及薄片的镜下观察发现，长堤地区沙河街组沙三段储集层的岩石类型有砾岩、含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩和泥质粉砂岩等。其中，砾岩主要分布于水下扇的扇根亚相，分选极差，颗粒一般呈棱角状，基底式胶结为主，偶见点接触式胶结，孔隙不发育，储集物性差。含砾砂岩、细砂岩一般分布于扇中亚相的辫状水道微相，分选差到中等，成分成熟度及结构成熟度^[4]均较低。颗粒当中石英为 30%~45%；长石为 25%~35%，高者可达 50%；岩屑含量一般为 25%~35%，最高可达 50%。颗粒多呈棱角状、次棱角状，基底式、接触式胶结，孔隙度一般为 12%~22%，最高可达 25.4%；渗透率

一般为 $5.0 \times 10^{-3} \sim 50.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最高可达 $198 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。粉砂岩、泥质粉砂岩一般分布于水道间微相、前缘过渡带微相和扇缘亚相, 较含砾砂岩而言, 成分成熟度、结构成熟度均较高。其中, 石英含量为 45% ~ 55%, 长石为 25% ~ 35%, 岩屑一般为 15% ~ 25%。分选中等到好, 颗粒一般呈次圆状, 孔隙度一般为 6.0% ~ 20.0%, 渗透率一般为 $0.3 \times 10^{-3} \sim 15.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3.2 微观孔隙结构

由扫描电镜观察发现, 长堤地区沙三段储层当中发育的孔隙类型有原生粒间孔、溶蚀扩大后的粒间孔、贴粒缝、粒内溶孔、晶间孔隙、微裂缝等, 其中以原生粒间孔、溶蚀扩大后的粒间孔为主; 孔隙

半径一般为 $25 \sim 50 \mu\text{m}$, 最大可达 $100 \mu\text{m}$ 以上。喉道半径一般为 $3 \sim 10 \mu\text{m}$, 形态上呈片状、弯片状等, 孔喉配位数一般为 2 ~ 3, 孔吼比一般为 15 ~ 1 ~ 8。此外, 结合 X-衍射分析发现, 分布于孔隙空间和颗粒表面的粘土矿物有高岭石、蒙脱石及伊蒙混层等, 这些矿物分散状分布于粒间孔隙当中或长石等颗粒表面, 使储集性能降低。

3.3 层内非均质性

根据岩心分析及测井资料数字解释资料综合分析发现, 该区沙三段单砂层内部颗粒大小在垂向上多呈正韵律, 少数呈反韵律或复合韵律。高渗透段一般位于单砂层的中部或中上部, 如图 3 所示。根据渗透率资料统计分析认为, 不同亚相、微相成因

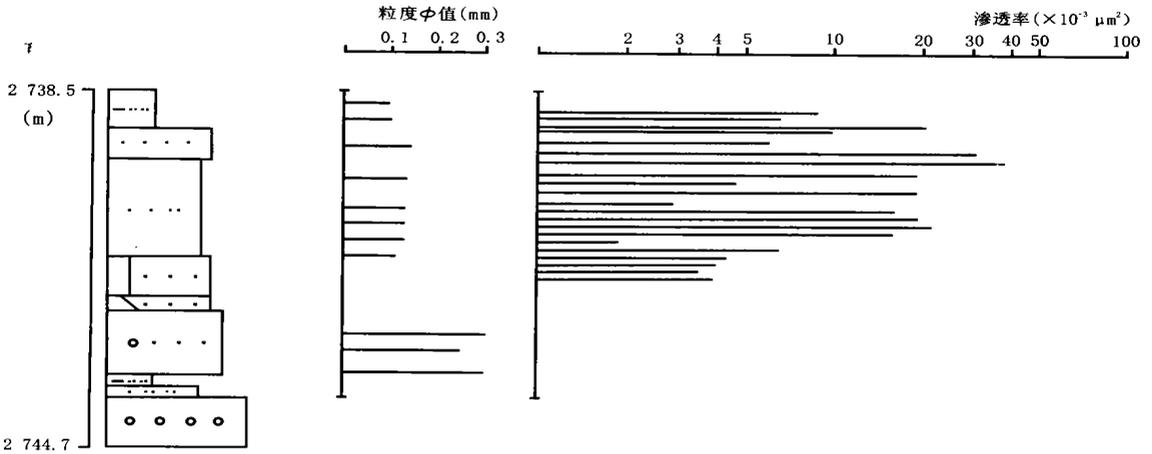


图 3 砂层内部的岩性、粒度及渗透率垂向变化(桩 17#)

Fig. 3 Vertical changing of lithology, grain size and permeability in a sand body (Zhuang 17#)

的砂体, 其渗透率最大值、最小值、平均值、级差、非均质系数(或称突进系数)及变异系数^[5]等各不相同(表 1)。其中, 辫状水道砂体渗透率较高, 级差较大, 非均质系数和变异系数均较高; 同时, 根据所处位置的不同, 将辫状水道分为近扇根部位、水道中部、水道末端 3 类区域, 统计发现, 这 3 个不同部位的渗透率最大值、最小值、平均值、级差、非均质系数(或称突进系数)及变异系数也各不相同(表 1)。其中, 靠近扇根部位非均质性最强, 水道末端非均质性最弱, 水道中部的非均质性中等。

3.4 层间非均质性

根据钻井资料统计分析, 不同层位、不同成因

类型的砂体在分层系数、砂岩密度(或称砂层厚度系数)等参数上表现出不同特点(表 2)。就不同层位而言, 沙三上亚段和沙三中上亚段砂层分布面积较大, 砂层厚度系数较大, 厚度变异系数小, 层数少, 分层系数小, 非均质程度相对较弱; 而沙三下亚段砂层分布面积最小, 砂层厚度系数最小, 且厚度变异系数大, 层数多, 分层系数大, 非均质程度高, 说明由下向上砂层在地层中所占比例增高, 层间非均质性逐渐减弱。

从储集物性上看, 孔隙度的层间差异相对较小, 平均在 15% 左右, 而且均质程度较高, 变异系数均小于或等于 0.25; 而渗透率变化较大, 最高可

表1 水下扇不同部位渗透率非均质性统计分析表

Tab. 1 Statistical analysis of permeability heterogeneity in different position of subsurface fan

参数	砂体类型	辫状水道砂体			扇中前缘砂体 (桩 206 井)
		近扇根部位 (桩 17 井)	水道中部 (桩 202 井*)	水道末端(桩 206 井)	
渗透率最大值($10^{-3}\mu\text{m}^2$)		198.0	2 943.0	0.57	8.20
渗透率最小值($10^{-3}\mu\text{m}^2$)		0.27	1.0	0.10	0.06
渗透率平均值($10^{-3}\mu\text{m}^2$)		22.2	541.07	0.26	3.23
渗透率级差		733.3	2 943.0	136.7	5.70
非均质系数(突进系数)		8.91	5.44	2.23	2.54
渗透率变异系数		1.61	1.09	0.48	0.68

* 桩 202 井渗透率为平行气体渗透率, 其他井为气体渗透率。

表2 不同亚段的分层系数及砂岩密度统计表

Tab. 2 Statistics of delamination coefficient and sandstone density in different subsection

		沙三上亚段	沙三中上亚段	沙三中下亚段	沙三下亚段
砂层厚度	累计厚度	一般在 5 ~ 25 m	一般在 5 ~ 35 m	一般在 5 ~ 40 m	一般在 10 ~ 70 m
	平均厚度	13.7 m	17.8 m	19.4 m	31.7m
	变异系数	0.57	0.78	0.95	0.99
单砂层最大厚度		一般在 5 ~ 20 m, 最大 27.5 m	一般在 5 ~ 25 m, 最大 41.2 m	一般在 2 ~ 30 m, 最大 96.3 m	一般在 5 ~ 30 m, 最大 39 m
砂层数目		1 ~ 5	1 ~ 4	1 ~ 8	1 ~ 21
分层系数		2.00	2.25	2.61	4.92
砂岩密度		0.46	0.48	0.39	0.36

达 $262.57 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最低不到 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 各层位变异系数均在 0.8 以上。其中, 沙三上亚段渗透率最高、变异系数也最大(表 3)。

表3 储集物性的层间非均质性对比

Tab. 3 Interlamination heterogeneity contrast of reservoir physical properties

		沙三上亚段	沙三中上亚段	沙三中下亚段
孔隙度	最大值(%)	22.67	20.93	18.68
	最小值(%)	9.50	9.85	11.80
	平均值(%)	15.52	15.54	14.74
	变异系数	0.25	0.19	0.12
渗透率	最大值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	262.57	81.09	62.30
	最小值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	0.37	0.32	1.40
	平均值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	51.68	19.0	19.09
	变异系数	1.55	1.51	0.85

注: 资料主要来自扇体较为发育的东南部地区各井的测井资料处理结果。

3.5 砂体连续性与平面非均质性

砂体连续性与平面非均质性是指一个储层砂岩体的几何形态、大小、连续性和砂体内孔隙度、渗透率等参数的空间分布, 以及孔隙度、渗透率的空间分布所引起的非均质性^[6]。

由沉积相研究表明, 该区沙三段属于滨浅湖-水下扇沉积体系, 砂体在平面上主要呈扇形。在平行岸线方向上, 砂体呈透镜状, 延伸距离一般在 1 200 ~ 4 000 m; 垂直于岸线方向上呈楔状, 延伸距离在 1 800 ~ 5 000 m。由图 4 可以看出, 砂体多呈孤立式或多层式, 砂体配位数一般为 1 ~ 2, 少数为 3。

根据测井资料解释结果统计分析, 孔隙度变化较小, 一般为 10% ~ 20%, 变异系数一般为 0.10 ~ 0.30。而渗透率变化较大, 最小仅为 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最高可达 $324.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 变异系数一般均大于 0.70。由表 4 可以看出, 不同亚相、微相砂体

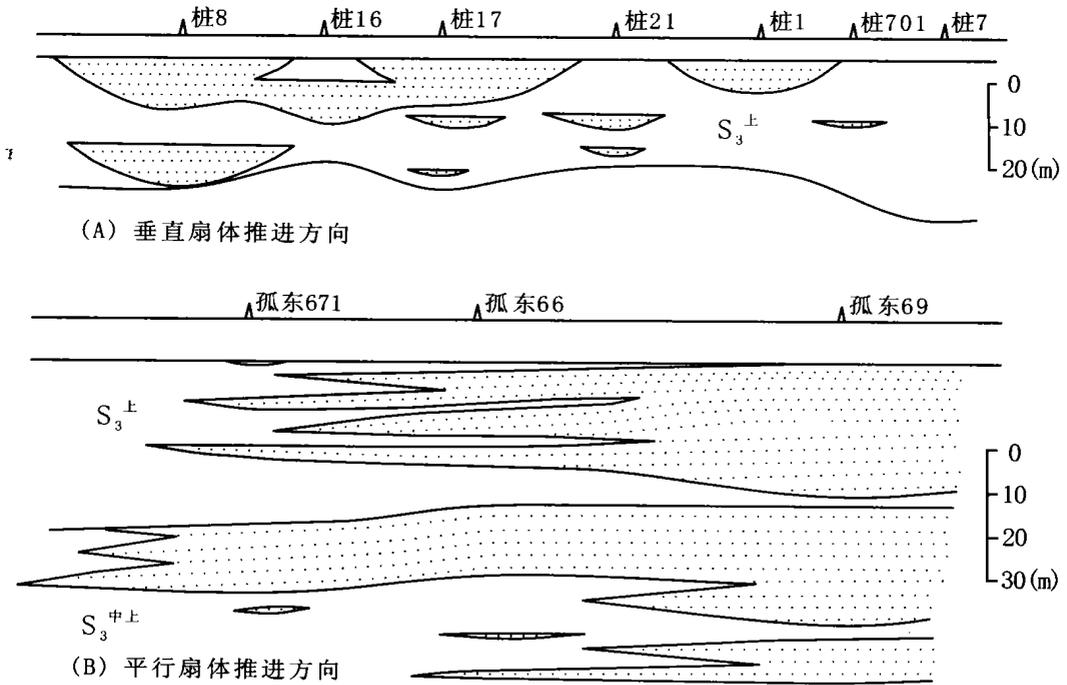


图 4 砂体连通形式图

Fig. 4 Connected mode of sand bodies

的储集物性非均质程度尽管有所不同, 但均较为明显, 说明该区沙三段储层储集性能较差(表 4)。

表 4 不同亚相、微相砂体的储集物性平面非均质性统计
Tab. 4 Plane heterogeneity statistics of reservoir physical properties in different subfacies and microfacies

		中 扇 亚 相			水下扇前缘
		辫状水道砂体	辫状水道间	前缘过渡带	
孔隙度	最大值(%)	20.6	19.3	15.7	18.7
	最小值(%)	10.9	14.3	6.8	4.0
	平均值(%)	16.1	16.8	12.9	13.6
	变异系数	0.13	0.10	0.21	0.30
渗透率	最大值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	324.4	56.3	12.7	22.2
	最小值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	1.91	0.3	0.1	0.4
	平均值($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	50.0	30.8	3.7	3.7
	变异系数	1.51	0.71	1.15	1.88

注: 数据分析来自于岩心的物性分析。

3.6 成岩作用

由薄片观察及扫描电镜观察等发现, 储集空间以原生粒间孔为主, 颗粒之间多呈点接触, 长石及岩屑颗粒内部或边缘常见溶蚀现象, 形成粒内溶孔或略有扩大的粒间孔。而且, 在孔隙空间和颗粒表面分布有书页状高岭石、鹅毛状或绒状蒙脱石以及卷心菜状伊蒙混层等粘土矿物。此外, 石英颗粒见次生加大边, 这些现象说明该地区沙三段处于早成岩阶段的 B 期(晚期)^[7]。

3.7 综合评价

根据以上分析, 参照岩石物性分类评价基本标准^[5], 长堤地区沙三段储层整体上属于中孔低渗储层, 非均质性中等到强。同时, 不同层位及同一层位的不同相带非均质程度不同。就不同层位而言, 可依据砂层厚度、分布面积或砂体钻遇率、分层系数、孔隙度、渗透率及层内非均质性等参数, 求取各参数的评价值及权系数, 对不同层位的储层进行综合评价, 评价结果见表 5。其中, 沙三上亚段和沙

三中上亚段砂体钻遇率高,砂层分布面积大,且厚度变化较小,分层系数小,非均质程度相对较弱,对油气聚集最为有利;而沙三下亚段砂层砂体钻遇

率低,砂体分布面积小,且厚度变化大,分层系数大,非均质程度高,不利与油气聚集;沙三中下亚段储层非均质性介于两者之间。

表5 储层综合评价

Tab. 5 Comprehensive evaluation of reservoir

层位	砂层厚度		砂体钻遇率		分层系数		孔隙度		渗透率		综合评价得分	分类
	评价值	权系数	评价值	权系数	评价值	权系数	评价值	权系数	评价值	权系数		
沙三上	0.43	0.24	0.68	0.20	0.59	0.18	1.00	0.18	1.00	0.20	0.725	
沙三中上	0.56		0.86		0.54		0.99		0.37		0.656	
沙三中下	0.61		0.79		0.46		0.95		0.37		0.632	
沙三下	1.0		0.39		0.0		/		/			

就同一层段不同部位而言,中扇亚相砂层厚度、分布面积均较大,非均质程度较弱,储集性能较好,最有利于油气聚集;扇根亚相砂体厚度、分布面积均较小,储集物性最差;扇缘亚相砂体厚度小,分布面积较小,但非均质程度较弱,且靠近凹陷,对油气聚集较为有利。在辫状水道微相砂体当中,近扇根部位非均质性最强,水道末端非均质性最弱,水道中部的非均质性中等,考虑到砂层厚度、分布面积、构造部位等因素,辫状水道微相中部砂体最有利于油气聚集,其次是靠近扇根部位。

参考文献:

- [1] 国景星,戴启德,徐炜. 沾化凹陷东部长堤地区下第三系沉积体系研究[J]. 沉积学报, 2001, 19(3), 368-374.
- [2] 陈立官. 油气田地下地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1983. 76-82.
- [3] 徐怀大. 地震地层学解释基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990. 127-130.
- [4] 冯增昭. 沉积岩石学(上册)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 144-145.
- [5] 戴启德, 纪友亮. 油气储层地质学[M]. 山东省东营: 石油大学出版社, 1996. 110-114.
- [6] 裘亦楠, 陈子琪. 油藏描述[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 192-196, 182-183.
- [7] 裘亦楠, 薛叔浩. 气储层评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 59-64.

Study on reservoir in the third section of the Paleogene Shahejie Formation in Changdi district of Zhanhua Sag

GUO Jing-xing, DAI Qi-de, WANG Ji-xiang

(Institute of Earth Resource and communication,

University of Petroleum, Dongying, Shandong 257062, China)

Abstract: The sedimentary system and facies types in the third section of the Paleogene Shahejie Formation of Changdi district in the Zhanhua Sag have been studied by using the geological, log, seismic and chemical analysis data. The authors consider that the main type of sedimentary facies was subsurface fan, which can be divided 3 types of subfacieses-root-fan, middle-fan and fan edge. The middle-fan can be divided 3 microfacieses-braided channel, space between channel and front-edge zone. Secondly, rock composition, micro-texture of pore, diagenetic stage and heterogeneity of the reservoirs have been systematically studied by comprehensive using granulometric analysis, reservoir capability, mercury

penetration analysis, electronic microscope scanning, the digital processed achievements of log data and etc. At last, the authors point out the favorable sand bodies and reservoir beds—the upsides and middle part of the third member of the Shahejie Formation.

Key words: Zhanhua sag; the third section of the Paleogene Shahejie Formation; reservoir; micro-texture of pore; heterogeneity; variation factor

(上接第 6 页)

和葫芦河岩群变质地层、温泉—关子镇一带原划李子园群变质地层中识别和解体出中深变质、强变形的花岗岩类,很可能代表晋宁期的构造岩浆事件。认为关子镇—流水沟一带原划秦岭岩群中的角闪斜长片麻岩实际上是强变形变质的辉长岩—辉长闪长岩体。

(3) 对新阳—元龙大型韧性剪切带特征和区域意义进行了研究,认为该剪切带是祁连和北秦岭的主要分界线。

四、1 25 万宝鸡市幅区调

(1) 对原北秦岭南缘商丹带组成、结构和演化过程进行了较详细划分和研究。首次将鸚鵡咀地区火山岩系确定为构造蛇绿混杂岩,基性火山岩的 Sm-Nd 等时线同位素年龄为 411 ± 13 Ma。初步分析认为,鸚鵡咀蛇绿混杂岩与丹凤岩群可进行对比,属残留洋壳,可能为加里东运动俯冲碰撞构造拆返就位。首次建立了岩湾构造蛇绿混杂岩,岩石化学、稀土元素特征显示其形成于大洋环境。

(2) 从大区域角度研究了秦祁关系,认为晚元古—早古生代两者为同一造山带,印支期以后南秦岭造山带切割、改造了北秦岭造山带及祁连造山带,从而分为两个平行并列的造山带。

(3) 从秦岭岩群中解体出晋宁期古侵入体及基性岩墙群。晋宁期古侵入体主要为眼球状二长花岗岩,地球化学特征显示与同碰撞期花岗岩相似,且与秦岭岩群具有线性相关关系,锆石 U-Pb 同位素年龄为 863 ± 17 Ma。基性岩墙群呈两种产状:一种呈片麻状,侵入于晋宁期古侵入体中,另一种斜切早期基性脉体及区域片麻理,表明北秦岭造山带在晋宁期后存在裂解事件。

五、1 25 万汉中市幅区调

(1) 将原太古代佛坪岩群变质表壳岩系重新厘定为佛坪深熔片麻岩系,其与龙草坪 TTG 花岗质片麻岩套一起组成南秦岭微板块变质结晶基底。将原中—新元古代长角坝岩群厘定为古元古—中元古代孔兹岩系,包括:黑龙潭石英岩、双溪石英岩、沙坝大理岩、碗牛坝钙硅酸粒岩、低庄沟变粒岩等构造—岩石单位。并新获得一些较为可靠的同位素年龄资料。

(2) 将洋县北原划奥陶系—志留系解体为:震旦系、寒武系鲁家坪岩组、箭竹坝岩组、奥陶系洞河岩组以及志留系等变质地层单位。

(3) 对勉略构造带的组成、结构作了详细划分和研究,认为晚古生代具小洋盆特征,现今地质结构为印支期以来的表现。

六、1 5 万甜水井等 2 幅区调

(1) 将《内蒙古自治区岩石地层》清理后确定的泥盆纪雀儿山群(DQ)划分为:清河沟组(D_{1-2q})、红尖山组(D_{1-2h})及圆锥山组(D_{3-C₁}) 3 个组级单位。认为清河沟组与红尖山组为同时异相,并通过从清河沟组采获得大量化石,建立了一个生物组合带。测得圆锥山组中酸性火山岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄为: 353.3 ± 3.0 Ma 和 354.6 ± 2.5 Ma,其时代为晚泥盆世—早石炭世。

(2) 在原定早二叠世双堡塘组(P_{1s})中发现大量化石,建立了 3 个生物组合带。结合区域资料将其厘定为中—晚二叠世双堡塘组(P_{2-3s}),并将整合在其上的一套海相中基性火山—沉积岩系厘定为晚二叠世金塔组(P_{3j})。

(3) 首次在青山幅孔雀沟一带发现铜(金)矿化带,孔雀石化范围广,地质条件有利,且存在较好的极电异常。在矿化带北部出露浸染状铜矿化的火山角砾岩筒,成矿前景乐观。

七、1 5 万红岭等 3 幅区调

(1) 在原 1:20 万明水幅所划的扫子山组、华力西期花岗岩中,解体出一套变质程度达低角闪岩相—高绿片岩相的火山—沉积地层,经区域地层对比,认为是测区的基底岩系,初步将其划为前长城系敦煌岩群。

(2) 在测区东北原 1:20 万明水幅所划闪长岩体中解体出一套低绿片岩相变质的基性—酸性火山岩地层,在变凝灰岩中采获头足类化石,初步厘定为奥陶纪咸水湖组。

(3) 将前人所划部分华力西中晚期侵入岩,划分为华力西晚期和印支期侵入岩,并获得两组同位素年龄,分别为 263.5 ± 4.7 Ma、 237.8 ± 4.3 Ma。

(西安地质矿产研究所 何世平,王洪亮,张二朋,朱宝清供稿)