

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

论山东东营、惠民盆地油田水与 油气聚集关系

李春光

(胜利石油管理局地质科学研究所, 山东东营)



山东东营、惠民盆地的油源断裂, 即沟通生油岩与非生油岩的同生断裂发育区, 出现了油田水的高含盐度分布带。它不仅与已知油气藏的分布相一致, 而且水的含盐度异常值与石油储量之间呈正相关。笔者以东辛、现河庄和临商油田为例, 分析了油田水与油气藏形成的成因和伴生关系, 还用相关曲线定量预测了盆地新区石油地质储量, 并经钻证实其可靠性。

关键词 东营、惠民盆地 油源断裂 水的含盐度 油气藏 储量预测

1 引言

东营、惠民盆地位于山东省北部地区。它们东邻渤海, 西靠京沪铁路, 黄河流经其北部, 南靠胶济铁路。两盆地相邻并成东西走向, 前者在东部, 后者在西部, 面积分别为5700km²和7000km²。下第三系渐新统沙河街组是两个盆地主要成油岩系和勘探开发目的层系。此组之上是东营组、上第三系中新统的馆陶组 and 上新统的明化镇组。沙河街组时期, 盆地以下沉为主, 由于水进使湖盆不断向外扩张, 发育了沙四段咸水湖或盐湖相, 沙三段半咸水湖相、沙二段河流滨浅湖相、沙一段淡水湖相的巨厚沉积(>3500m)。沙四、沙三段为生油岩、沙二段为储油岩、沙一段为盖层, 使沙河街组构成完整的生、储、盖组合。由于沙三、沙四段咸水和半咸水湖相生油岩被油源断裂切割, 才使深层高含盐度地层水侵入浅层并沿断裂走向分布。以水为载体的油气也随之被运移至油源断裂伴生圈闭中, 形成油气藏。这种水与油气共存的地质现象, 分别在东营盆地中央隆起构造断裂带的东辛、现河庄油田, 惠民盆地中央隆起构造断裂带的临商油田发现。

2 水的含盐度分布与油源断裂关系

2.1 生油岩的沉积水

东营、惠民盆地沙三、沙四段生油岩为深灰、灰黑色厚层泥岩, 厚度1200—1800m^[1]。

沙四段沉积水的含盐度用Nelson的磷酸盐法的计算值为 32703×10^{-6} (表1)。此段是咸水湖沉积。东营盆地因东部的羊角沟与古海相通, 湖盆内曾经受5次海进的影响, 使湖水的含盐度剧增(图1)。惠民盆地位于东营盆地西部, 离海较远, 故含盐度低些。沉积水经埋藏封存、浓

表 1 沉积水含盐度计算表
Table 1 The calculated table of syngenetic water paleosalinity

内 容		Ca 百分含量 (%)	Fe 百分含量 (%)	Nelson 的磷酸盐法 ($\times 10^{-6}$)
层	沙三段	5.46	4.59	17 433
位	沙四段	24.09	1.53	32 370
计 算 公 式		$S_{\text{含盐度}} = \frac{\text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Fe}) - 0.09}{0.000\ 026}$		

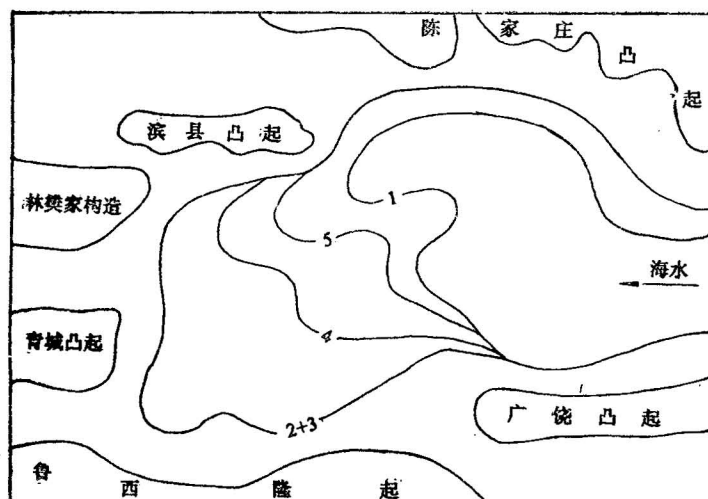


图 1 东营盆地沙四段海侵次数与分布范围图

Fig. 1 The transgressive members and distribution of Es₄ in Dongying basin

缩, 在盆地内部的封闭地带, 其储层水的含盐度, 东营盆地为 $75\ 000 \times 10^{-6}$ — $350\ 000 \times 10^{-6}$, 惠民盆地为 $50\ 000 \times 10^{-6}$ — $180\ 000 \times 10^{-6}$ 。

沙三段沉积水的含盐度为 $17\ 433 \times 10^{-6}$ (表 1) 属半咸水湖沉积^[2]。在盆地内部渗入水未达到地带, 同生沉积水仍经埋藏封存、浓缩, 其储层水的含盐度东营盆地为 $25\ 000 \times 10^{-6}$ — $75\ 000 \times 10^{-6}$, 惠民盆地为 $20\ 000 \times 10^{-6}$ — $50\ 000 \times 10^{-6}$ 。

沙二段、沙一段和东营组为淡水湖或河流三角洲、滨浅湖沉积。沉积水的含盐度均小于 $3\ 000 \times 10^{-6}$, 其储层水的含盐度都有较低的背景值。总之, 层位由老到新, 从盆地内部到边部, 其值逐渐减小。

2.2 油气水运移通道

东营、惠民盆地的油源断裂是盆地内断至沙三、沙四段生油岩的同生大断层。如东营盆地中央隆起构造断裂带上的东辛、现河庄地堇的边界断层, 惠民盆地中央隆起构造断裂带上的盘河、商河断阶区的边界断层。由于这些断层断至生油岩, 便把生油岩与非生油岩的储层通道联系起来, 成为油气水的运移通道。断切的层位越多, 联系的范围也越广。

在油源断裂发育的断陷盆地中, 当生油层埋深不断增加, 地层进一步被压实, 沉积水可伴同有机质转化的烃类 (指达到成熟生油门限温度、深度时) 一起被挤出, 并通过断层通道运移至其

它储层中。为此,这种断层必须具有同生断裂性质才可能导致压实流沿断层通道往外运移。如果在压实后期断层才产生或延伸至生油岩,则此时很难有压实流排出。前文提到两个中央隆起带的边界正断层均是同生断层,它们下降盘地层厚度大于上升盘同层位地层厚度,两者的比值称生长指数(表2)。由表中看出,这些同生断层不仅发生时间早,活动时间长,而且活动强度也大。

表 2 同生断层生长指数表

Table 2 The growth index of the contemporaneous faults

断层位置		层位 断层名称	沙三段上部	沙二段	沙一段	东营组	馆陶组
东营	东辛地堑	北界断层	1.62	1.88	1.90	2.50	1.25
		南界断层	1.20	1.57	1.11	1.50	1.13
盆地	现河庄地堑	北界断层		1.03	1.08	1.30	1.10
		南界断层	1.63	1.95	1.26	1.50	1.08
惠民盆地	临商断阶区	临邑断层		1.20	1.06	1.68	1.17
		商河断层	1.31	1.60	1.45	4.00	1.08

压实流通过油源断层通道运移至其它储层^[3],使浅层水的含盐度增高,可为背景值的2—3倍,在上述两个盆地中都很突出(表3)。

表 3 油田水的含盐度对比表

Table 3 The total degree of sale content of oil field water

层位	东 营 盆 地				惠 民 盆 地				
	断 裂 发 育 区			非断裂区	断 裂 发 育 区			非断裂区	
	井号	深 度 (m)	水的含盐度 ($\times 10^{-6}$)	水的含盐度 ($\times 10^{-6}$)	井号	深 度 (m)	水的含盐度 ($\times 10^{-6}$)	水的含盐度 ($\times 10^{-6}$)	
馆陶组	坨10	1 333.3	11 900	5 000	临15	1 617.2	8 500	5 000	
东营组	华8	1 419.6	24 800	15 000	临1	2 032.9	22 800	10 000	
沙河街组	沙一段	营8—4	1 722.5	37 700	20 000	商51	2 020.8	81 300	15 000
	沙二段	辛34	2 590.5	107 400	25 000	临12	2 446.4	72 200	20 000
	沙三段	营13—1	2 765.8	214 000	75 000	临12	2 561.5	87 400	50 000
	沙四段	河1	2 620.9	335 400	200 000	盘12	1 615.3	178 200	150 000

2.3 水的高含盐度带的分布

东营、惠民盆地已知油田水的高含盐度带,均沿油源断层的走向分布。

在东营盆地中央隆起构造断裂带上的东辛、现河庄地堑,沙二段油田水的高含盐度带的长度分别为20.0km、12.5km,与地堑走向一致,前者为近东西向,后者为北东-南西向(图2)。惠民盆地也是如此,沙二段油田水的高含盐度带沿临南洼陷北部多条大断层两盘分布,其走向与断层走向一致,为北东-南西向,延伸长度约60km。上述两个盆地沙二段油田水的高含盐度带均沿断层走向分布的原因,主要是深层高含盐度地层水沿断层运移并侵入浅层,在断层伴生圈闭中聚集的结果。由于断层圈闭多呈长条形并沿断层走向分布,所以才导致油田水的高含盐度带出现上

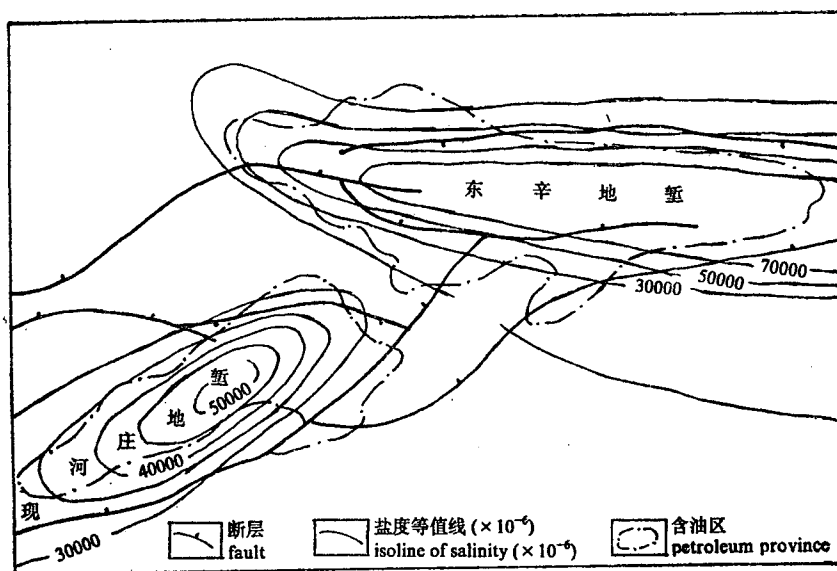


图 2 东辛-现河庄地堑沙二段油田水含盐度与油藏范围分布图

Fig. 2 The salt content of oil-field waters of Es_2 and the distribution of oil pools in Dongxin-Xianhezhuang graben

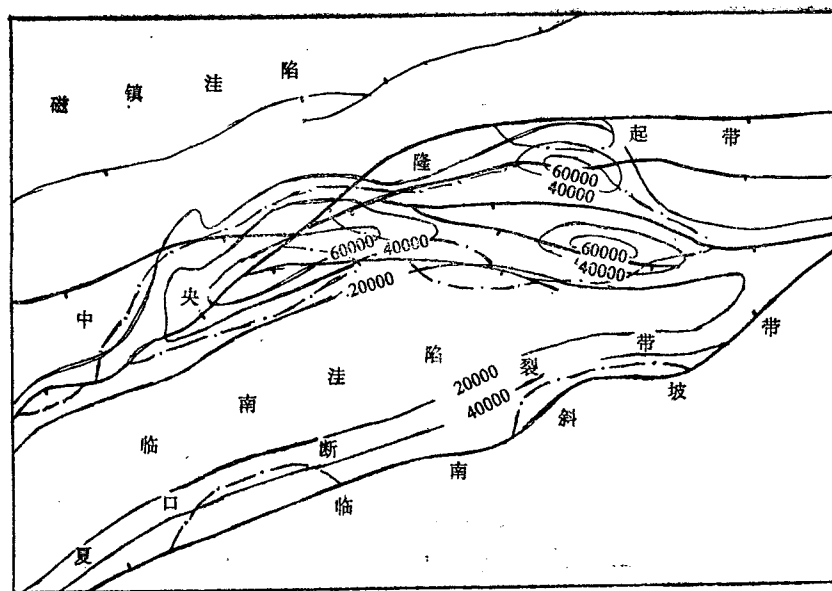


图 3 惠民盆地沙二段油田水含盐度与油藏范围分布图 (图例同图 2)

Fig. 3 The salt content of oil-field waters of Es_2 and the distribution of oil pools in Huimin basin (for legends see fig. 2)

述分布特点。这种断层圈闭为断层遮挡的断块圈闭，它之所以易成为长条形，是因该区的断层走向与地层走向两者基本一致，其断块圈闭的形成仅靠断层或地层在走向上的弯曲、相交才能构成遮挡，因弯曲幅度小才出现长条形圈闭。

3 水的高含盐度带与油气藏分布关系

3.1 水的高含盐度带与油气藏分布相一致

油源断裂带内非生油岩储层的高含盐度地层水和油气,均是非原生流体,它们是由深层生油岩排出并经断层通道垂向运移的结果。当这种流体进入断层伴生圈闭聚集起来,油气便从水中逐渐析出而形成油气藏,载体水与储层水(淡水)相混合,成为含盐度较高的油藏水,但其含盐度低于生油岩储层水。为此,沿断层垂向运移的高含盐度地层水侵入到哪个层位,被它携带的油气也可在那里的圈闭聚集^[4]。当水侵入的层位越多,范围越大,则断裂带上形成的油藏含油层系也多,油气聚集规模也大。如东辛地堑,深层高含盐度地层水从沙四段一直侵入到馆陶组,则东辛油田的含油层系也从沙四段到馆陶组,共有6套。

由于上述的成因联系,即高含盐度水的运移、聚集与油气是同时进行的,所以已形成油气藏的分布范围应与水的高含盐度带的分布范围相一致或吻合。这种分布上的特点已被探明程度较高的东辛、现河庄和临商油田所证实(图2,图3)。从图中看出,各油田的含油范围与油田水的高含盐度带的分布范围基本一致。

3.2 浅层油气源于深层生油岩的证据

上述浅层油气藏如果是这种成因,则必然会出现沙二段及以上层位油层所采出的原油,应源于深层的沙三段生油岩,即它们之间应有紧密的族源关系。这种推断,已分别被两个盆地的油源对比资料所证实。

如东辛、现河庄油田沙河街组的沙三段、沙二段、沙一段和东营组原油的族组分百分含量,其总烃(烷烃+芳烃)为61.2%—65.2%,与对应层位泥岩的氯仿沥青“A”族组分百分含量相比,只与沙三段相近,与其它层位相差甚远。若用原油和泥岩的族组分碳同位素值相比,也是如此。由此证明了上述所有层位的原油,均源于沙三段生油岩(表4)。

表 4 东辛、现河庄油田原油与泥岩的族组分对比表
Table 4 Comparison of the family composition between crude oil and shale of Dongxin and Xianhezhuang oil fields

内 容	层 位		原 油						泥岩氯仿沥青“A”							
			井号	深度 (m)	烷烃	芳烃	非烃	沥青质	总烃	井号	深度 (m)	烷烃	芳烃	非烃	沥青质	总烃
族 组 分 (%)	东营组		营13—31	1 535.5	41.0	24.2	23.4	3.9	65.2	宁17	1 450.0	7.7	8.1	58.1	4.1	15.8
	沙河街组	沙一段	营17—13	1 969.9	49.6	11.6	22.4	6.5	61.2	河7	1 955.5	11.9	10.5	50.8		22.4
		沙二段	营91	2 457.6	43.2	20.0	19.5	4.6	63.2	营12—48	2 165.5	27.4	10.9	30.7	11.3	38.3
		沙三段	营77	3 102.1	51.6	13.0	14.6	5.3	64.6	营8	3 126.6	50.3	10.2	26.9	12.7	60.5
碳同位素(‰)	沙河街组	沙一段	河104—2	2 023.8	-29.1	-27.3	-26.8	-26.4		河7	1 955.5	-28.6	-26.6	-24.1		
		沙二段	河90	2 297.3	-29.2	-28.1	-27.3	-27.4		滨25	2 039.5	-28.5	-26.7	-24.5		
		沙三段	河139	3 229.8	-29.5	-28.2	-27.4	-27.2		河125—1	2 936.1	-30.0	-28.1	-27.3	-26.7	

4 水的含盐度异常与石油储量关系

4.1 水的含盐度异常值与石油地质储量成正相关

根据探明程度较高的东辛、现河庄和临商油田已知石油地质储量与对应油田水的含盐度异常值, 绘成关系曲线。横座标为水的含盐度异常值, 计算方法是用浅层水的含盐度最大值减去同层位地层水的含盐度背景值, 求出的差值, 即为该层位水的含盐度异常值。如东辛油田沙二段油田水的含盐度背景值为 $25\ 000 \times 10^{-6}$, 在东辛地堑内水的含盐度最大值为 $87\ 300 \times 10^{-6}$ (辛84井), 则异常值为 $62\ 300 \times 10^{-6}$ 。以同法计算现河庄、临商油田的异常值分别为 $28\ 900 \times 10^{-6}$ 、 $56\ 400 \times 10^{-6}$ 。纵座标为上述 3 个油田沙二段及其以上含油层位的已知石油地质储量, 均换算成储量百分含量 (图 4)。由图中得知, 水的含盐度异常值与石油地质储量两者呈正相关不是偶然的, 恰好说明浅层水的含盐度异常值越大, 运移、聚集的油气也越多, 因此储量也大。相反时, 储量则小。为此, 可用这种相关特点定量预测新区石油储量。

4.2 夏口断裂带石油储量的预测

夏口断裂带是惠民盆地油气勘探的一个新区。它位于临南洼陷南部的缓坡上, 被北东-南西走向的临南大断层切割, 在下降盘形成构造断裂带。临南断层是洼陷南部的边界断层, 与洼陷北部的临邑、商河等断层一起把洼陷切割成地堑型洼陷。夏口断裂带长 60km, 宽 6—8km, 勘探面积约 400 km^2 。

80 年代末, 在断裂带内完钻 10 口探井, 只有夏 32 井钻遇沙三段油层 5 层 20m (2 814.8—3 354.5m), 试油获得 17.6 t/d 工业油流。90 年代初, 笔者用上述水的含盐度异常值方法, 定量预测该带石油地质储量。已知断裂带沙二段油田水的含盐度异常值为 $25\ 500 \times 10^{-6}$, 在图 4 关系曲线上求出其对应的石油地质储量为临商油田储量的 29.8%。

经 91、92 年钻探, 先后有 8 口探井钻遇油层, 平均油层厚度为 51.1m, 并发现沙二段是主要含油层系。其中有 5 口井试油, 获得平均单井为 96.4 t/d 工业油流, 从而探明一个新油田。

5 结论

东营、惠民盆地沙三、沙四段生油岩, 是咸水或半咸水湖相沉积。由于从生油岩排出的油气和水一起运移、聚集, 便可用浅层水的高含盐度的变化和分布来判别其伴生油气的运移、聚集。

东辛、现河庄和临商油田含油范围与沙二段浅层水的高含盐度带的分布范围, 两者相一致,

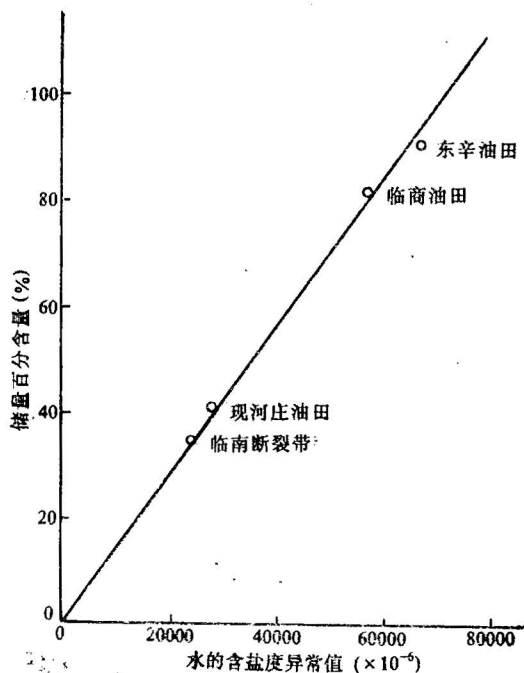


图 4 水的含盐度异常值与石油地质储量关系曲线
Fig. 4 The relationship curves between petroleum reserves and oil-field water's abnormal salinity

表明油气水运移和聚集是经油源断裂通道实现的,并在断裂伴生圈闭中完成。如果没有这种断裂,也没有这种现象。

根据已知油田水的含盐度异常值与石油地质储量之间的正相关曲线,可定量预测新区石油储量。此法预测的结果,被惠民盆地夏口断裂带的油气勘探实践所证实,因此有重要的找油意义。

参 考 文 献

- 1 李春光.试论东营盆地高压油气藏的特征、成因及找油意义.石油学报,1992,13(1):37-43.
- 2 邓宏文,钱凯.深湖相泥岩的成因类型和组合演化.沉积学报,1990,8(3):1-21.
- 3 华保钦,吴石中.东濮凹陷流体势和天然气运移、聚集.沉积学报,1990,8(3):46-57.
- 4 加费里什 B K.深断裂在石油及天然气运移和聚集的作用.金衍泰译.北京:石油工业出版社,1988.21-31页.

THE RELATIONSHIP BETWEEN OIL-FIELD WATER AND HYDROCARBON ACCUMULATION IN THE DONGYING AND HUIMIN BASINS. SHANDONG

Li Chunguang

(*Institute of Geological Sciences, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong*)

Abstract

There occur high-salinity belts of oil-field water in areas of oil-migrating faults, i. e. contemporaneous faults connecting source rocks and nonsource rocks, in the Dongying and Huimin basins. These belts are not only consistent with the distribution of known oil and gas pools but there appears positive correlation between the anomalous salinity of water and petroleum reserves. Take the Dongxin, Xianhezhuang and Linshang oil fields for example, the paper analyses the genetic relation and association between the oil-field water and the formation of oil and gas pools. The geological reserves of petroleum in a new prospect area of the basin has been quantitatively predicted by the correlation curves and, which have been confirmed by drilling.

Key words: Dongying and Huimin basins, oil-migrating fault, salinity of water, oil and gas pool, reserve forecast

作 者 简 介

李春光,生于1937年12月,1964年毕业于北京石油学院石油地质专业。现为胜利石油管理局地质科学研究所东昌惠勘探研究室付主任、高级工程师。长期从事盆地石油地质勘探和成油规律研究。通讯地址:山东东营,邮政编码:257015。