

埕岛地区中、古生界裂缝与油气的关系

李 理, 戴俊生, 谢传礼

(石油大学石油资源科学系, 山东东营 257062)

摘要: 埕岛地区中、古生界发育两组裂缝: 一组走向为 NE30°, 另一组为近 EW 走向。裂缝宽度为 0.3~ 2.0 mm, 以中-高角度缝居多。裂缝大部分形成于喜山期, 燕山期亦有部分裂缝形成。喜山期的裂缝主要分布于埕岛地区南部和北部, 因与油气主排烃期相匹配, 是良好的油气储集空间及运移通道。燕山期形成的裂缝尽管早期被方解石充填, 但由于受后期地下水溶解作用的影响, 同样可形成有利的油气储集空间及运移通道。

关键词: 裂缝; 中、古生界; 油气; 埕岛地区

第一作者简介: 李理, 女, 33 岁, 讲师(硕士), 构造地质学

中图分类号: TE122 文献标识码: A

在裂缝性潜山油气藏中, 生产井的产能与裂缝的主要走向有关^[1]。位于埕宁隆起带与埕北低凸起东南部的埕岛油田, 中、古生界潜山裂缝较为发育。从露头、岩芯、测井及构造应力场几方面对裂缝进行综合研究, 直接获得裂缝的基础数据, 识别裂缝发育段, 推断裂缝分布, 可了解裂缝与油气的关系。

1 裂缝特征

1.1 相似露头区

莱芜、博山两地区的古生界标准剖面, 地层出露完整, 构造裂缝具有如下特征。

(1) 白云质灰岩、鲕状灰岩和灰质白云岩中, 裂缝都比较发育。白云岩中裂缝的平均线密度为 23 条/m, 灰岩中为 5 条/m。白云岩中裂缝间距平均为 4~ 6 cm, 灰岩中裂缝间距平均为 16~ 30 cm。

(2) 从发育方位和倾角看, 裂缝走向主要有两组, 一组 NE30°, 另一组 NW320°, 倾角在 70°~ 80°左右, 为高角度缝。

(3) 从裂缝性质和充填特征看, 剪裂缝居多, 占 90% 以上, 缝宽 1~ 5 mm, 缝内充填有方解石、沥青等, 呈全充填状态; 张裂缝较少, 缝宽 1~ 3 mm, 充填物多为方解石, 呈半充填-全充填状态, 裂缝开度为 0.1~ 0.3 mm。

(4) 从延伸性看, 剪裂缝的延伸性较好, 长达几米至几十米, 甚至贯穿全层; 张裂缝延伸性不好, 一

般终止在层内。

除构造裂缝外, 在寒武系和太古界不整合面上, 还可见大量次生孔、洞, 规模大的为 4×12 cm 至 9×16 cm, 奥陶系顶面裂缝宽度为 6 cm。这些都是由于风化淋滤等次生作用造成的。尽管在地下这类次生孔隙的级别要小些, 但它们却能提高裂缝的储集性能。

1.2 岩芯

1.2.1 宏观特征

埕岛地区中、古生界取芯井 18 口, 其中中生界 10 口, 古生界 8 口。观察中注意了人工缝的剔除。观察结果表明:

(1) 中、古生界裂缝较为发育, 裂缝线密度大于 1 条/m 的占 40%。古生界碳酸盐岩中裂缝比中生界碎屑岩中裂缝发育, 前者裂缝线密度为 1.58 条/m, 后者裂缝线密度为 0.69 条/m。

(2) 总体看来, 裂缝的宽度为 0.3~ 2.0 mm, 间距为 0.9~ 5.0 cm。

(3) 张、剪性裂缝都有, 剪裂缝多。充填物主要为方解石, 其次为沥青、泥质和黄铁矿等。

(4) 部分岩芯见溶洞, 洞内充填有沥青。

裂缝产状主要有两组, 一组走向 NE30°, 另一组近 EW 向(图 1)。从裂缝的倾角看, 中-高角度缝占 90%。岩芯裂缝与露头裂缝有着一致的成因。

1.2.2 显微裂缝

微裂缝(< 0.1 mm) 的发育程度、相互间沟通情况及其与大裂缝的配置关系可能与油气的运移和储集密切相关。受各种条件限制, 样品采自 3 个潜山带(图 2)。

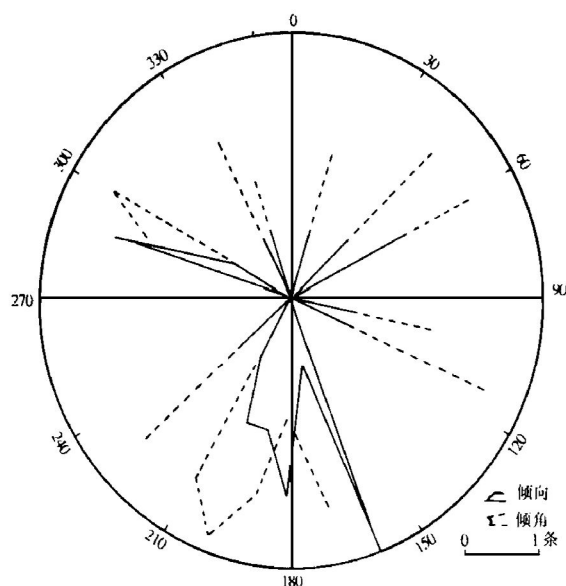


图1 埕岛地区中、古生界裂缝倾斜玫瑰图

Fig. 1 Rose Pattern diagram of the Mesozoic and Paleozoic fracture dips in Chengdao

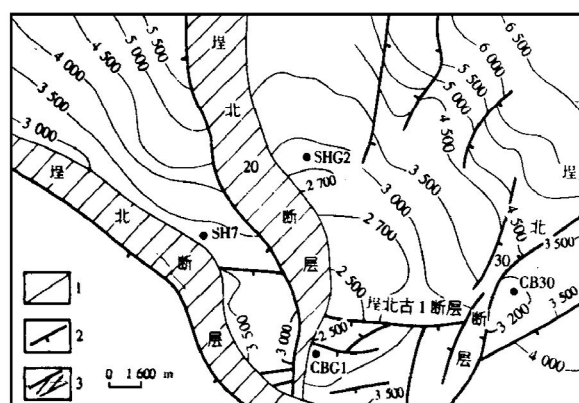


图2 埕岛地区古生界顶构造图

Fig. 2 Paleozoic top structures in Chengdao Region

1—等深线; 2—断层线; 3—断层面

(1) 西排山 SH7 井岩性为粉晶白云岩, 裂缝的形态不规则, 有些切割了白云石, 且大多被方解石充填; 有些发育在白云石粒间孔隙之间, 被褐黑色石油充填。微裂缝发育在大裂缝($> 0.1 \text{ mm}$)之间, 与大裂缝的接触关系并不十分规则。裂缝的面密度约为 $1/16$ 。

(2) 中排山 SHG2 井岩性为泥粉晶灰岩, CBG1 井为粉晶白云岩, 前者微裂缝形态为较规则-锯齿状, 后者为锯齿状。微裂缝分别切割了方解石、白云石, 或在方解石晶间孔和白云石粒间孔之间, 其充填物为方解石及褐黑色石油。微裂缝均发育在大裂缝之间, 呈不规则的网状接触, 裂缝的面密度分别约为 $1/3$ 及 $1/8$ 。

(3) 东排山 CB30 井岩性为泥粉晶白云岩, 微裂缝形态较为平直规则, 发育在白云石之间, 有些发

育在大裂缝中间。充填物为方解石、少量石英及沥青, 其中方解石的晶形较好, 为半自形晶。微裂缝主要有两组, 一组与大裂缝平行, 另一组与大裂缝近垂直, 二者构成方格状裂缝系统, 裂缝的面密度为 $1/8$ 。

上述 4 口井中, CB30 井大裂缝较为平直, 充填的方解石晶形最好, 为自形晶。SH7 井大裂缝形态较为规则, 其余两口井的大裂缝形态不甚规则, 方解石的晶形为半自形-它形。

岩芯裂缝研究表明, 埕岛油田古生界碳酸盐岩裂缝性储层发育, 微裂缝及与其连通的大裂缝、溶蚀孔洞共同构成了很好的缝-洞网络系统, 为油气的储集、运移提供了有效的空间和通道。

1.3 裂缝发育段

用测井方法识别裂缝可初步判断出裂缝发育段。采用常规测井方法, 包括裂缝识别测井 (FIL)、声波时差测井 (Δt)、中子测井响应 (CNL)、密度测井响应 (ρ_b)、深、浅双侧向测井响应 (DLL)、自然电位 (SP) 和井径测井, 对 SH2 井、SH7 井、CB11B-2 井、CB11D-2 井、CB11 井、SHG2 井、CB251 井、CB20-1 井、CBG1 井和 SH8 井, 进行了裂缝识别分析。

(1) 中、古生界裂缝均较发育, 裂缝类型以斜交-高角度缝为主, 有少数水平缝。

(2) 中生界顶部裂缝较发育, 几乎每口井都识别出了裂缝发育段。

(3) 古生界测井曲线不多, 仅有 SHG2 井, 有 10 个裂缝发育段, 分布在浅、中、深不同部位, 这和古生界岩性以碳酸盐岩为主有关。

(4) 裂缝发育段的多少与靠近断层的远近有关, 越靠近断层, 裂缝发育段越多, 如 SH7 井、CBG1 井和 SHG2 井。反之, 发育段越少, 如 CB11 井、CB11B-1 井和 CB11D-1 井。

2 应力场数值模拟

构造应力场数值模拟可以预测裂缝的发育和分布。我们采用的是平面有限元计算方法。构造应力场的数值模拟包括地质模型的建立、计算模型的确定、计算方程和模拟结果分析几个步骤。本次模拟采用改进的 ADINA 计算程序, 对埕岛地区埕北断层以东、埕北 30 断层以西, 东西长约 27 km、南北宽约 18 km 的多边形区块分燕山和喜山两期进行了构造应力场计算。

2.1 燕山期

燕山期中国东部地区受郯庐断裂左旋走滑影响,构造应力场总体以 NWW-SEE 向挤压和 NEE-SWW 向拉张为主^[3]。在上述应力作用下,产生了埕北 20 断层、埕北断层和埕北 30 断层,3 条断层呈帚状排列。在断层的翘起高部位和断层附近,裂缝较发育。因应力值变化较大,产生的裂缝级别差异也较大。从裂缝的性质看,埕北断层和埕北 20 断层附近,裂缝大多为张裂缝,如前述 SHG1 井和 CBG1 井岩芯的大裂缝,形态均不甚规则。埕北 30 断层附近易产生剪裂缝,如 CB30 井岩芯显示为平直剪裂缝。这是由于应力值变化造成的。

2.2 喜山期

喜山期中国东部构造应力场以近 SN 向挤压和近 EW 向拉张为主^[3]。在此应力作用下,产生了一些断裂,尽管规模较小,但在断层的上、下盘仍产生了大量小规模裂缝。

工区最小主应力等值线内大部分为低值区(图 3),岩石容易破裂产生裂缝。同燕山期构造应力场相比,喜山期构造应力场最大的特点是应力差变化小,尤其是在北部和南部,为 10~20 MPa 左右,略大于岩石的抗张强度,这种环境容易形成大量微裂缝。埕岛地区的微裂缝大部分是此期产生的。有学者通过声发射实验也证明了这一点^[4]。

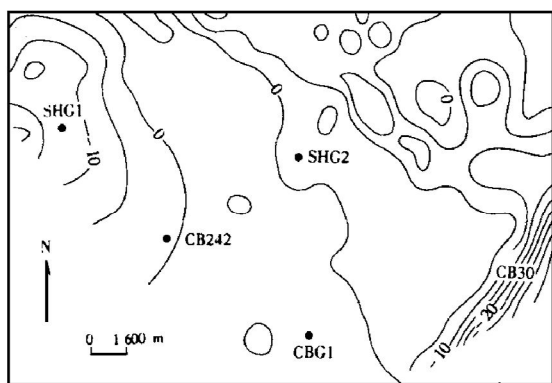


图3 喜山期最小主应力等值线图

Fig. 3 Minimum principal tectonic stress contour of Himalayan stage
负值表示压应力,单位 MPa

3 裂缝与油气的关系

燕山期形成的构造缝大部分被充填成脉,喜山期形成的微裂缝成为有效裂缝。不仅如此,微裂缝还沟通了白云石的粒间孔和方解石的晶间孔,在地下水活跃的时候,为溶蚀孔隙的形成创造了条件,使裂缝系统更加发育。

本区的主力烃源岩为沙河街组三段。馆陶组沉积后期,沙河街组三段烃源岩开始进入大量生烃阶段。一般说来,油气二次运移的主要时期应该是主生油期后所发生的第一次大规模构造运动时期,明化镇末期的喜山运动 III 幕成为主要排烃时期。此期形成的微裂缝及被其连通的溶蚀孔隙,由于与油气形成时期相匹配,为油气良好的储集空间。

裂缝在开启的情况下也是油气运移的重要通道,如前述微裂缝被石油充填现象,证明裂缝有控油作用。在中、古生界潜山砂岩和碳酸盐岩中,微裂缝及被其沟通的孔隙是油气进行垂向运移的重要通道。

4 结论

埕岛地区中、古生界裂缝较为发育,尤以古生界为优。裂缝大部分形成于喜山期,主要分布在埕岛地区的南部和北部。由于与油气主排烃时期相匹配,是油气良好的储集空间和有效的运移通道。燕山期形成的大裂缝尽管早期被方解石充填,但是由于有后期地下水的溶解作用,同样有利于油气的储集和运移。

参考文献

- 1 斯麦霍夫 E M. 裂缝性油气储集层勘探的基本原理与方法[M]. 陈定宝,曾志琼,吴丽芝,译. 北京:石油工业出版社,1985. 10~25
- 2 裘怿楠,陈子琪. 油藏描述[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 36~41
- 3 万天丰. 中国东部中、新生代板内变形构造[M]. 北京:地质出版社,1993. 23~27
- 4 郑荣才. 储层裂缝研究的新方法——声发射实验[J]. 石油与天然气地质,1998,19(3):186~189

MESO-PALEOZOIC FRACTURES IN CHENGDAO REGION AND THEIR RELATION TO OIL AND GAS

Li Li Dai Junsheng Xie Chuanli

(*Department of Petroleum Resource Science, Petroleum University, Dongying, Shandong*)

Abstract: Two groups of Mesozoic and Paleozoic fractures developed in Chengdao Region, one strike is northeast 30° , the other is nearly east-west. The fractures' dip angles are mostly more than 70° and their width is 0.3~2.0 mm. Most of the fractures formed in Himalayan Period, some of them formed in Yenshan Period. The fractures formed in Himalayan Period are distributed in the south and the north parts of Chenodao Region, they are fine reservoiring spaces and migration passages since their formation time matched well with hydrocarbon expelling stage. The fractures formed in Yenshan Period could form favourable reservoiring spaces and migration passages.

Key words: fractures; Mz~Pz; oil and gas; Chengdao Region

(上接第243页)

SPECIAL SEQUENCE STRATIGRAPHIC MODEL IN NORTH SLOPE OF BAIYUN SAG

Yang Fei¹ Wei Fujun² Peng Dajun¹ Pang Xiong³ Wang Lin⁴ Liu Jian⁴

(*1. Petroleum Department, Chengdu Institute of Technology, Chengdu; 2. CNSPC, Beijing; 3. South China Sea East Company, Guangzhou; 4. Research Institute of Petroleum Exploration, CNSPC, Jingzhou, Hubei*)

Abstract: The north slope of Baiyun Depression possesses a special sequence stratigraphic model. Its stratigraphic gradient is lower and has no shelf break. Fault activities make the throw of fault acting as shelf break, and cause its lowstand system trace to have the characteristics of type-1 sequence of steep slope. The slope consists mainly of basin fan, incised valley and fillings. This new sequence stratigraphic style is called fault controlled type-1 gentle slope sequence.

Key words: sequence stratigraphic; type-1 sequence; steep slope; gentle slope; Baiyun Depression.

(上接第263页)

PROSPECTS OF JURASSIC HYDROCARBON EXPLORATION IN SOUTHEAST TARIM BASIN

Wang Jianguo Wang Linfeng Zhou Qi

(*Qinhuangdao Branch of Daqing Petroleum Institute, Qinhuangdao, Hebei*)

Abstract: The structures in the southeast of Tarim Basin could be divided into two structural units such as southeast depression and southeast uplift. The depression was a dust-pan shape faulted depression in Jurassic, including Minfeng, Qiemo and Ruoqiang three depocenters and subsidence centers. The depression faulted in the south part but overlapped in the north, with Altun Mountains as the primary provenance and then the uplift being secondary. The main reservoirs are Jurassic System, coal measures and deep lake mudstone are the main source beds. It is considered that the depression is favourable for the formation of small- and mid-size oil and gas fields, oil and gas exploration should focus on anticline-fault block traps; the weathered crusts of Luobuzhuang and north Minfeng Uplifts. Minfeng and Andir circular structural belts, Pulu-Qigelek piedmont low terraced structural belt are target areas for oil and gas exploration.

Key words: southeast Tarim Depression; Jurassic System; sedimentary environment; oil-generating condition; reservoir property; reservoir origin; oil-gas prospects