

南堡凹陷北堡地区火成岩储层特征

周海民, 马 乾

(中国地质大学, 湖北武汉 430074)

摘要: 北堡地区构造上位于黄骅拗陷南堡凹陷西部, 发育4套火成岩储层组合, 火成岩类型主要包括火山溢流相的玄武岩和火山爆发相的火山碎屑岩, 储集空间为裂缝和粒间孔隙。钻井和测井结果表明: 沙河街组二段的凝灰岩及沙河街组三段的厚层玄武岩顶底面的裂缝及孔隙发育, 具有较好的勘探前景。另外, 火成岩上下的砂岩, 因岩浆作用, 孔渗性得以改善, 应引起勘探者的重视。

关键词: 火成岩; 储层; 裂缝; 孔隙; 组合; 北堡

第一作者简介: 周海民, 男, 40岁, 教授级高级工程师(博士生), 石油地质

中图分类号: TE112.222 文献标识码: A

北堡地区位于黄骅拗陷南堡凹陷西部, 下第三系沙河街组火成岩广泛发育, 并已发现火成岩高产油气藏, 成为南堡凹陷深层勘探重要的领域。因此, 进行多学科火成岩储层描述, 研究火成岩储层分布规律, 是火成岩油气藏勘探面临的主要问题^[1]。

1 分布

1.1 岩性

北堡地区下第三系火成岩储层主要由火山喷溢和火山喷发两大岩相组成, 其岩性可分为玄武岩、辉绿岩和火山碎屑岩3类。玄武岩岩性致密, 可见气孔和杏仁体, 有些井段裂缝发育, 可见方解石充填。辉绿岩具斑晶, 垂直裂缝发育, 亦有方解石充填。火山碎屑岩分为两类: 一类玻屑多已去玻化及泥化, 晶屑以斜长石为主, 呈板条状, 少见岩屑; 另一类为火山碎屑沉积岩类, 为火山碎屑岩向正常沉积岩的过渡类型。

1.2 组合

根据岩性及储集组合空间特性, 北堡地区下第三系火成岩储层可分为4套组合。

(1) 第1套组合。该套组合发育于沙河街组一段, 顶面埋深3 876 m, 以底部薄层的火山溢流相玄武岩和顶部厚层火山爆发相玄武质角砾岩夹玄武质凝灰岩为特征, 火山碎屑岩最大厚度约96 m。

(2) 第2套组合。该套组合也发育于沙河街组一段, 顶面埋深4 256 m, 厚度为7.1~65 m, 主要由中性凝灰岩和火山溢流相玄武岩组合组成。这

套组合为北堡深层火成岩的主力含油段, 北2×1井已试获低产油流, 北深28井已见油气显示。

(3) 第3套组合。该组合发育于沙河街组二段, 顶面埋深4 409 m, 由火山爆发相中性凝灰岩和火山溢流相玄武岩组成。其中, 玄武岩厚度27.5~110 m, 裂缝发育, 具有较大的勘探潜力。

(4) 第4套组合。该组合发育于沙河街组三段, 由两层火成岩组成。第1层顶面埋深4 703 m, 第2层顶面埋深4 831 m, 均以顶部发育中性凝灰岩, 中、下部发育厚层玄武岩为特征, 其火成岩厚度分别为46~56.5 m和62~66 m。

2 储集条件

2.1 储集空间

南堡凹陷火成岩储集空间由裂缝和孔隙两种类型组成。

2.1.1 裂缝

(1) 网状裂缝: 网状裂缝发育广泛, 一般宽0.02~0.03 mm, 长度不均一, 充填严重, 属于无效裂缝。

(2) 高角度裂缝: 高角度裂缝缝宽1~2 mm, 长度多为20~30 cm, 方解石半充填或全充填, 少数为张开缝。

(3) 低角度裂缝: 低角度裂缝充填程度低, 规模小, 属于有效储集空间。

2.1.2 孔隙

(1) 杏仁体内孔: 分布局限, 基本不连通, 属于无效孔隙。

(2) 溶蚀粒间孔: 主要发育在火山碎屑岩中, 连通程度高, 属于有效孔隙。

2.2 孔渗条件

不同类型火成岩储集空间不同,玄武岩以裂缝为主要储集空间,火山碎屑岩以粒间溶蚀孔隙和微裂缝为主要储集空间;不同岩性,不同层位火成岩物性不同。

玄武岩孔隙度低, 渗透率变化大, 以低孔、低-高渗透率为特点, 孔隙度 3.47%~7.68%, 渗透率 $0.01 \times 10^{-3} \sim 2824 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 玄武岩垂直裂缝的发育程度决定渗透率的高低; 沙河街组二段中性凝灰岩粒间孔隙和微裂缝发育, 以高孔高渗为特点, 孔隙度 19.5%~20.4%, 渗透率 $32 \times 10^{-3} \sim 55.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 而沙河街组三段火山碎屑岩孔隙度低, 孔隙度仅为 4.6%。

3 储层识别

3.1 岩性

北堡地区深层玄武岩测井曲线特征以低自然伽马、高-低电阻率、声波时差呈低值为特点;火山碎屑岩以自然伽马中-低值、低电阻率、声波时差呈低-高值为特征,与一般砂岩类似。

火成岩测井岩性识别的核心是中性火山碎屑岩的识别。运用 $M-N$ 交会图技术, 对有争议的, 获得高产油气流的北 12X1 井火成岩岩性进行了分析。

研究认为,该产层段存在 3 种岩性,其中 4 384~ 4 386.5 m 段为以石英成分为主的火山碎屑

岩; 4 486.5~ 4 489 m 和 4 392~ 4 396 m 井段为石英和玄武岩成分混杂的火山碎屑岩; 4 389~ 4 392 m 井段为泥岩; 4 396~ 4 403 m 井段为玄武岩(或玄武质凝灰岩), 上述岩性识别成果与薄片鉴定成果一致。因此利用交会图技术, 可以将中性凝灰岩与正常砂岩区分开来(图 1)。

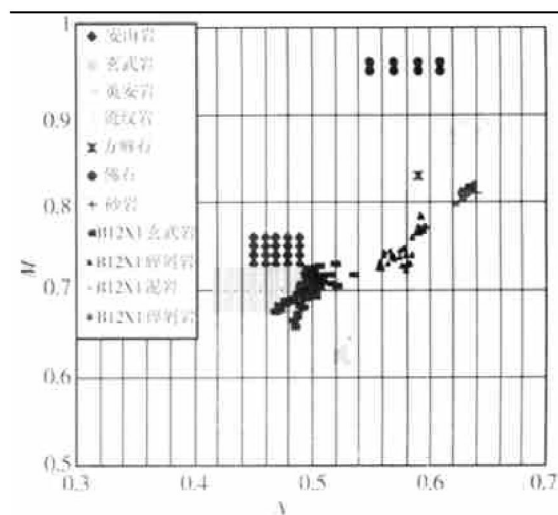


图 1 北 12X1 井 $M-N$ 交会图

Fig. 1 $M-N$ crossplot in north 12×1 well

3.3 火成岩裂缝

利用地层倾角测井裂缝识别技术、三孔隙度测井资料、双侧向电阻率资料,进行定性和半定量裂缝识别研究工作,认为玄武岩发育高角度裂缝,火山碎屑岩具备孔隙-裂缝双重孔隙特征。图2为

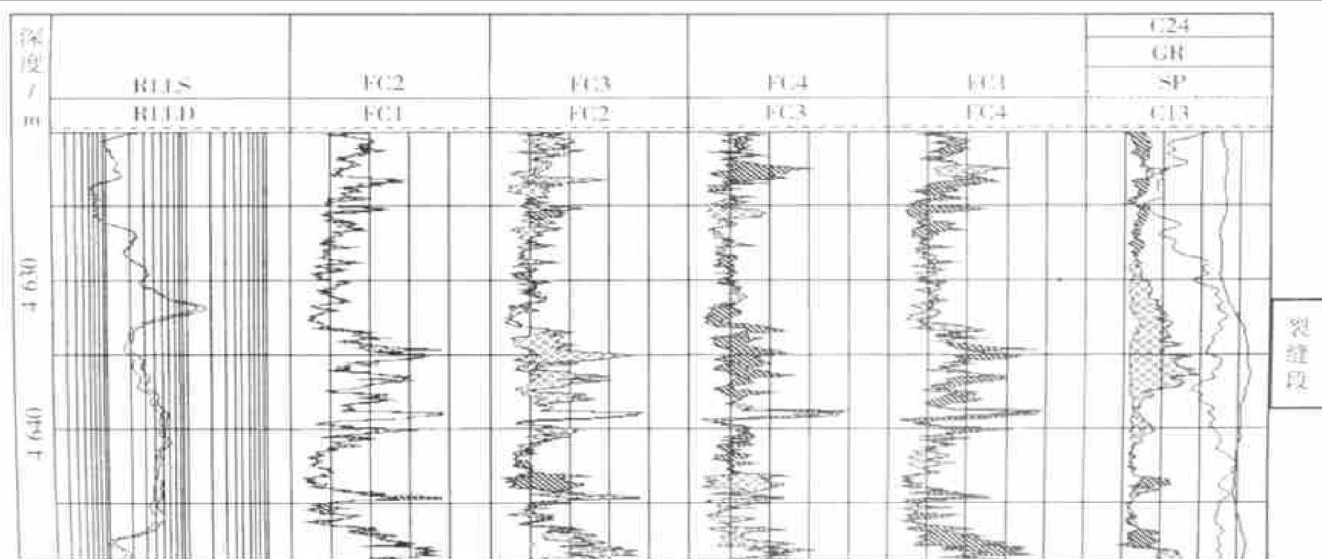


图2 北5井火成岩地层倾角测井的裂缝识别

Fig. 2 Identification of fissures in pyrolith strata by diplog in north 5 well

北5井4 620~4 650 m 玄武岩段的FIL和双井径裂缝识别图,在4 632~4 638 m 井段发育高角度裂缝,该井段试获工业油流。

4 发育规律

(1)沙河街组二段中性凝灰岩粒间孔隙和微裂缝发育。沙河街组二段中性凝灰岩荧光薄片鉴定结果^[2]表明溶蚀粒间孔隙和微裂缝发育,上述凝灰岩是北堡地区深层火成岩储集条件最好的储层,沙河街组二段火山碎屑岩的溶蚀作用与上覆厚层沙河街组一段烃源岩中干酪根热降解形成的有机酸密切相关。

(2)沙河街组三段厚层玄武岩顶底裂缝发育。火成岩裂缝识别和钻井取芯证实厚层玄武岩顶底裂缝发育,其成因与热液蚀变的差异性和玄武岩自身结构密切相关。

(3)沙河街组三段碎裂化熔结型凝灰岩裂缝

发育。火成岩裂缝表现为高角度裂缝特征,岩屑录井见石英自型晶簇,荧光薄片鉴定可见含油张开缝。

(4)火成岩顶底砂岩的储层质量得到改善。北堡深层沙河街组砂岩储层物性差,属于特低孔特低渗储层,平均孔隙度7.4%,平均渗透率 $0.24 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。钻井取芯资料证实分布于火成岩顶底的砂岩微裂缝比较发育,充填程度低,对渗透率的改善非常明显,渗透率增加至 $60 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右,推测其成因与火山岩和邻近砂岩的差异成岩作用有关。

参 考 文 献

- 1 赵澄林,刘蒙慧.特殊油气储层[M].北京:石油工业出版社,1997.5~18
- 2 陈丽华,郭舜铃,王衍琦,等.中国油气储层研究图集(卷五)[M].北京:石油工业出版社,1994.242~263

CHARACTERISTICS OF PYROLITH RESERVOIRS IN BEIPU AREA, NANPU SAG

Zhou Haimin Ma Qian

(China University of Geosciences, Wuhan, Hubei)

Abstract Four sets of pyrolith reservoir assemblages have been identified in Beipu area, western Nanpu sag, Huanghua depression. The main pyrolith types include flood basalt and eruptive pyroclastic rocks, and the reservoir spaces are composed of fissures and intergranular pores. Drilling and logging results indicate that there are abundant fissures and pores in tuff on top and bottom of thick basalt in the 2nd and 3rd members of Shahejie Fm., respectively, which will have relatively good exploration potential. Additionally, the sandstones above and below the pyrolith, being affected by magmatic activity, the poroperm characteristics would have been improved. It is, therefore, suggested that the explorer should pay much attention to the sandstones.

Key words: pyrolith; reservoir; fissure; pore; assemblage; Beipu