

成果与方法

惠民凹陷南坡天然气藏形成条件及勘探方向

李惠玲, 李红梅

(胜利油田分公司物探研究院, 山东 东营 257022)

摘要:从气源岩、储层、圈闭等方面分析了惠民南坡的天然气成藏条件,认为该区烃源岩条件良好,有古近纪的暗色泥岩和石炭-二叠纪煤系地层作为气源岩,同时该区深大断裂发育,岩浆活动强烈,还具有充足的非烃气源;地层发育全,沉积体系多,发育多种类型的储集层,形成6套储盖组合,具备天然气聚集成藏的良好地质条件。研究表明,曲堤地垒和济阳地堑东部的古生界圈闭是深层气勘探的有利方向,非烃气的主要勘探方向是王判镇潜山带的新近纪地层构造圈闭和浅层“亮点”岩性圈闭。

关键词:天然气藏;成藏条件;勘探方向;惠民凹陷南坡

中图分类号:TE122.2⁺1;TE132.1

文献标识码:A

1 区域构造特征

惠民凹陷南坡位于济阳拗陷惠民凹陷南部,北以夏口断层为界,南临鲁西隆起,西接禹城洼陷,东邻里则镇洼陷。该区北部的临南洼陷及其周围地区已经发现了大量以新生代古近纪始新世沙河街组为源岩的油气藏。山东省石炭-二叠纪煤系地层广泛分布^[1],该区已有6口井钻遇石炭-二叠纪地层,发现了曲古1井沙二段煤成气藏^[2],济古1井在石炭-二叠纪煤系地层中获低产煤成气;同时在勘探过程中判参1井、判古2井见到了非烃气显示,说明该区具有多种成因的天然气存在。惠民凹陷南坡具有新生代箕状断陷盆地斜坡的特点,地层北断南超,各层系的地层发育齐全,地层由北向南抬升,向南剥蚀尖灭。根据该带基底的构造和断裂特征,惠民凹陷南部斜坡带可划分为3个亚二级构造单元:西段为夏口缓坡带,为近SN走向的宽缓的钱官屯鼻状构造组成;中段为垒堑型结构,由曲堤断层和齐河-广饶断裂分割为曲堤地垒和济阳地堑;东段以白桥断层为界,属王判镇潜山构造带,由NE走向的断裂和SN走向的断层将潜山带分为3个次级潜山带(图1)。

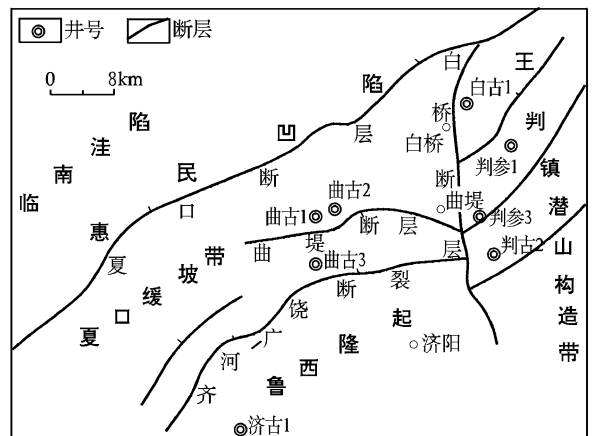


图1 惠民凹陷南坡区域构造示意图

2 基本成藏条件

2.1 烃源岩

惠民凹陷南坡位于惠民凹陷夏口断层以南,其北部的临南洼陷是惠民凹陷的主力生油气洼陷,具有得天独厚的烃源条件。在古近纪沙三段中,下部发育2套暗色泥岩、油页岩,沙三段中部的暗色泥岩在洼陷中分布面积达220 km²,为中央隆起带、南部缓坡带提供充足的油气源。沙四段上部的暗色泥岩和油页岩发育,地化分析认为生烃指标达到中等到好。此外,位于东营凹陷的王46井已证实孔二段暗

* 收稿日期:2008-01-28;修订日期:2008-04-24;编辑:曹丽丽

作者简介:李惠玲(1962-),女,甘肃酒泉人,助理工程师,主要从事天然气综合研究工作。

色泥岩的生烃能力,根据地震资料,临南洼陷同样发育孔二段地层,也是一套潜在的烃源岩。深洼区成熟度高的沙四段、孔二段烃源岩生成的天然气可沿夏口断层侧向或垂向运移,在惠民凹陷南坡有利圈闭中聚集成藏。

从惠民凹陷南坡已有钻井看,石炭-二叠纪煤层累计厚度10~29 m,碳质泥岩5~85 m,烃源岩比较发育。据白古1井、判参1井资料,石炭纪暗色泥岩与煤层占地层厚度的44%~59%,泥岩有机碳丰度2.31%~3.72%,氯仿沥青“A”含量0.0417%,族组分中烷烃23.23%,芳烃33.46%,非烃22.44%,沥青10.24%;煤屑有机碳丰度50.20%~65.40%,氯仿沥青“A”含量1.757%,族组分中烷烃3.63%,芳烃24.60%,非烃16.94%,沥青43.95%。白古1井2672.5 m,镜煤反射率为0.85%,判参1井2689~2694 m,石炭纪镜质体反射率为0.86%。分析结果表明,惠民凹陷南坡煤系烃源岩有机质类型以腐殖型为主,并有部分腐泥腐殖型,富含镜质组和惰质组,演化程度很高,以生气为主,为良好的生气层。

该区还具有形成非烃类气藏的良好地质条件。新生代以来太平洋板块以NWW向向中国大陸俯冲,在中国东部,特别是渤海湾盆地的深部形成了富含C-H-O的冷洋壳(水平片和直立片),并与地幔发生相互作用的特殊地球动力学系统,从而导致局部熔融体上升至下地壳,形成了富含以二氧化碳气为主的非烃类气体“壳内低速体”,构成中国东部新生代火山、深大断裂活动、裂谷系形成的大地构造动力学背景和蕴藏丰富幔源非烃气资源的基础^[3]。济阳拗陷内的惠民凹陷和东营凹陷西部正是处于“壳内低速体”的上方,区内存在多条长期活动的大型断层,火成岩发育普遍,为非烃类气藏的形成提供了有利条件^①。在惠民凹陷南坡的北部及东部已发现并探明了阳信、花沟西二氧化碳气田^[4],发现的非烃类气以二氧化碳气为主,还有部分氦气、氮气等,主要来自幔源岩浆脱气,部分有碳酸盐岩热分解混合成因。

惠民凹陷南坡具有与阳信、花沟地区相似的构造背景,区内存在的齐河-广饶断层、曲堤断层、仁凤断层和白桥断层等深大断裂(如深部地震表明,白桥断层深部断至地壳以下近120 km)及2个区域不整合面为幔源非烃气的运聚提供了通道条件。该区判参1井已见高浓度的二氧化碳气显示,判古2井

在钻遇地层中见烃气、二氧化碳气、氦气和硫化氢气显示,其中氦气、硫化氢气是典型的与岩浆活动有关的幔源气,说明该区具备非烃气气源条件。

2.2 储层

惠民凹陷南坡地层发育全,沉积体系丰富,在各层系发育了不同类型的储集层,从现有勘探情况看,有5套主要储层。早古生代中奥陶世地层以隐晶白云岩为主的裂缝-孔隙型储层,厚100~200 m,靠近断裂部位是裂缝-溶蚀型孔隙发育的有利场所。区内多口井(判参1、白古1)在钻遇奥陶纪地层时发生井漏现象,说明缝、洞发育,可作为气藏的良好储集空间。

晚古生代石炭-二叠纪和中生代侏罗纪陆相沉积的各类砂层是该区的储层之一,如曲古2井钻遇侏罗纪上部单层砂砾岩层厚46 m,该套砂砾岩层在钱官屯及曲堤地区普遍分布,面积约400 km²。

新生代主要物源来自西南,各层系储层条件较好,主要储层有3套:古近纪始新世沙四段冲积扇形成的砂砾岩和沙三段-东营组河湖相沉积的各类砂层,由于古近纪各时期地层向南的超剥,地层向南存在由新至老的沉积减薄和剥蚀尖灭,因而各层系储层在惠民凹陷南坡各区带上横向变化较大,总体上由北向南逐渐变薄。新近纪中新世馆陶组的河流相砂岩储层相当发育,其分布受河流控制。

2.3 区域盖层

区域盖层条件是气藏聚集和富集成藏的关键条件之一,惠民凹陷南坡主要发育3套区域盖层(构造层):下构造层主要为石炭-二叠纪暗色泥岩和煤系地层(单层厚度5~10 m),以及中生代侏罗纪下部灰色地层;中构造层为沙四段泥岩层,单层厚度20~80 m;上构造层为馆陶组泥岩段,单层厚度在20~40 m。这3套区域盖层为惠民凹陷南坡各类气藏的形成提供了良好的保存条件。

2.4 储盖组合及主要气藏类型

惠民凹陷南坡存在6套储盖组合,可形成多种气藏类型。①寒武-奥陶纪碳酸盐岩储层,石炭-二叠纪泥岩盖层,主要形成自生自储的原生气藏和上生下储的潜山构造气藏;②石炭-二叠纪地层自生、

① 胜利油田管理局,胜利油气区非烃类气(二氧化碳和氦)成因、成藏规律勘探开发技术及综合利用,1996年。

自储和自盖,形成自生自储的气藏,如济古1井;③中生代地层自储自盖,主要形成原生气藏和次生气藏;④沙四段自储自盖,形成断块、岩性、地层及复合性气藏;⑤沙三一沙二段砂岩储层,沙一段或馆陶组泥岩盖层,形成断块、地层、岩性及复合性气藏;⑥馆陶组河流相砂岩储层,自生泥岩盖层。形成断块、构造岩性和岩性气藏。

2.5 圈闭类型

由于区带内的夏口、齐河、白桥、曲堤等二级或亚二级断层的继承性持续活动,及受沉积间断、地层剥蚀和各类砂体和火成岩展布的相互作用,形成了南斜坡多种类型圈闭,主要有构造、岩性、地层及复合圈闭。

构造圈闭主要有背斜、断鼻、断块3种圈闭,背斜和断鼻为基底的主要构造圈闭类型,多分布于二级、亚二级断层的两盘,由西向东为钱官屯南大型宽缓潜山、钱2断鼻、曲古3背斜、曲堤断鼻、王判镇三排山等。

中生代中、晚期至古近纪始新世(沙一段沉积前)是剧烈的构造活动期,将古生代沉积岩系分割成多块断山,古近纪渐新世(东营期末)以后,虽然仍有构造活动,但比以前的规模和强度要小得多,断裂大部分陆续停止活动,此时的古生界圈闭已基本定型,而古生界烃源岩二次成烃大规模运移时间主要发生在渐新世以后,古生界断鼻圈闭是有利的圈闭类型。

3 勘探前景及方向

3.1 曲堤垒堑带

曲堤垒堑带是曲堤、齐河和白桥3大断层相互作用形成的亚二级构造单元,由曲堤断层和齐河断层分割为曲堤地垒和济阳地堑。该带基底为被断层复杂化了的断鼻构造,发育2组断裂,一组为SN走向断裂,形成时代早,结束于古近纪;另一组为EW走向的断裂,是主断裂的伴生断层,一直活动到新近纪馆陶-明化镇期。古近纪地层发育齐全,其构造继承了基底的构造特征,断层以EW向或NE向为主,圈闭有构造和岩性2种,构造圈闭以断块圈闭为主,岩性圈闭是沿齐河-广饶断裂下盘发育的砂砾岩体。

位于曲堤地垒上的曲古1井在1482~1544 m井段的沙二段中,气测解释气层2层,厚6 m,气水

同层1层,厚10 m,水层含气2层,厚5 m;在3464~4395 m井段的奥陶纪地层中,录井见油斑2层,厚2.73 m,荧光3层,厚1.56 m。1992年对1482~1544 m试气,获4万余立方天然气。曲古1井钻遇气层并获工业气流,表明曲堤垒堑带有过天然气生成运聚的过程,并已在沙二段砂岩中聚集形成构造岩性气藏,展示了该带的天然气勘探潜力。

曲堤垒堑带石炭-二叠纪地层残留厚度较大,煤系地层是一套较好的气源岩,从国内外大量气田分布规律来看,生气中心控制了气藏的形成与分布^[5],根据现有资料研究认为,惠民凹陷南坡的有效生气中心位于济阳地堑东部^[6],由于新生代及其以前生成的天然气基本上散失殆尽,该区天然气藏勘探应该围绕二次生气中心展开。天然气藏的运移聚集成藏与断层活动时期及性质密切相关,曲堤断层属高角度正断层,东营运动时期持续活动,可以作为天然气运聚的重要通道,从而形成了曲古1井气藏。因此邻近东部石炭-二叠纪煤系地层二次生气中心的曲堤地垒中段是天然气的主要运聚方向。白桥断层断距大、断面缓,在新近纪时期活动减弱至停滞,不利于深部地层生成的天然气向上运移,难以在王判镇潜山成藏。新近纪以来,深部地层生成的天然气主要聚集在深部层系中,结合深层储层物性分析,在二叠纪砂岩和奥陶纪地层顶部风化壳中成藏的可能性最大,曲堤地垒和济阳地堑的东部为反向断层遮挡的古生代地层圈闭最为有利(图2)。

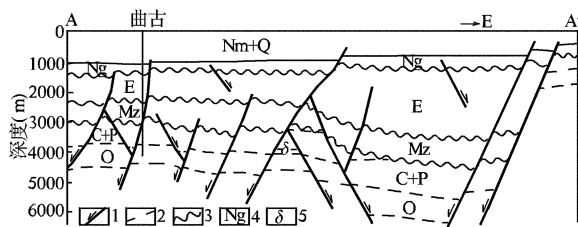


图2 惠民南坡60.4测线地质剖面

1—断层;2—平行不整合界线;3—不整合界线;4—地质层位;
5—气层符号

3.2 王判镇潜山带

王判镇潜山带是惠民南坡3个亚二级构造带中油气勘探唯一没有突破的构造带,面积约650 km²,区内有探井判参1、白古1、判古2等4口探井。判参1井发现有非烃气显示,1978年11月,该井钻至2755.5 m奥陶纪灰岩风化壳时,气测出现高异常,循环泥浆测后校正,全烃高达1800 A,重烃1600

A,槽面见大量气泡,取泥浆分析:甲烷4%,二氧化碳95%,氢1%;1992年老井复查,气测见显示,电测解释含气水层2层,厚7.4m。判古2井原设计井深1800m,该井钻至935.4m,因溢出硫化氢气体事故而完钻,在其钻遇的地层已见到烃气、二氧化碳气、氦气、硫化氢气显示,其中氦气、硫化氢气是典型的与岩浆活动有关的幔源气。判古3井同样见到二氧化碳气、氦气,说明王判镇潜山带具有良好的非烃气勘探前景。

该潜山带大断裂发育,控制潜山形成的白桥断层和王判镇断层都为断至基底的深大断层,垂向断距一般在1000m以上^[7],来源于深部的非烃气沿断层向上运移可在王判镇潜山带富集成藏。

判古2井潜山带高部位抬升较高,奥陶纪地层剥蚀,成为高位潜山,缺失古近纪地层及新近纪中新世馆陶组,由低部位到潜山顶,新近纪地层超覆其上,超覆带与向西延伸的高青断层相接,在该区形成地层构造圈闭,有利于非烃气成藏。该潜山西部的花沟地区已证实是非烃气富集区,已发现的二氧化碳气田主要分布在新近纪的河流相砂岩中,浅层的明化镇组砂岩含气之后密度降低,气层与围岩存在较大的波阻抗差,在 seismic 剖面上形成强振幅反射的“亮点”特征,从王判镇潜山的 seismic 剖面看,在断层附近同样有“亮点”显示,预示着该区可能找到与花沟地区类似的非烃气藏。因此,该区的新近纪地层构造圈闭和浅层“亮点”岩性圈闭是非烃气的主要

勘探方向。

4 结论

通过分析认为惠民凹陷南坡气源丰富多样,储盖组合有利,具备良好的天然气成藏条件,曲堤地垒和济阳地堑东部被反向断层遮挡的古生代地层圈闭是深层天然气的有利勘探方向。

王判镇潜山带南部石炭-二叠纪地层埋藏浅,而白桥断层在古近纪活动减弱,不利于东侧煤成气运移至王判镇潜山成藏,但该带深大断裂发育、火山活动频繁,是非烃气的有利聚集区。

参考文献

- [1] 陈平,姜明丽,孙明明,等.山东煤成气资源现状及开发利用前景[J].山东国土资源,2006,22(8):52-54.
- [2] 杜玉民,陈永红,林玉祥,等.惠民凹陷南坡曲古1井煤成气藏研究[J].天然气工业,2003,23(5):12-15.
- [3] 戴金星,宋岩,戴春森,等.中国东部无机成因气及其气藏形成条件[M].北京:科学出版社,1995.
- [4] 李红梅,李惠玲.花沟地区天然气藏分布规律及地震反射模式[J].勘探地球物理进展,2004,27(1):45-49.
- [5] 戴金星,钟宁宁,刘德汉,等.中国煤成大中型气田地质基础和主控因素[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [6] 刘金,刘玉亮,陈红汉,等.临南地区煤型气成藏主控条件分析[J].油气地质与采收率,2002,9(4):38-41.
- [7] 姚金志,邴尧忠,邓美寅,等.济阳拗陷内王判镇潜山带奥陶系成藏条件分析[J].山东地质,2003,19(增刊):85-89.

Forming Condition and Exploration Direction of Natural Gas Reservoir in South Slope of Huimin Depression

LI Hui-ling, LI Hong-mei

(Geophysical Exploration Institute of Shengli Oil Branch Corporation, Shandong Dongying 257022, China)

Abstract: Based on the gas source rocks, reservoir, trap and so on, the formation condition of natural gas deposit in the south slope of Huimin depression is introduced in this paper. It is regarded that the Tertiary dark mudstone and Carboniferous-Permian coal system are good gas reservoir. On the one hand, the discordogenic faults developed widely with strong magmatic activities and abundant nonhydrocarbon source in this area. On the other hand, the strata developed entirely with rich sedimentary systems. Many kinds of reservoir beds exist in this area. It is favorable for natural gas accumulation. As showed by the study, Palaeozoic traps in Qudi horst and Jiyang graben are good for gas exploration in deep part. The good directions of nonhydrocarbon exploration are the Neocene structural-stratigraphic traps of Neocene in Wangpan town buried hill belt and shallow “bright spot” of depositional traps.

Key words: Natural gas reservoir; gas forming condition; exploration direction; south slope of Huimin depression