

济阳拗陷内王判镇潜山带奥陶系成藏条件分析*

姚金志, 邢尧忠, 邓美寅, 马光强

(胜利石油管理局地质录井公司, 山东 东营 257064)

摘要:王判镇潜山带发育白桥、任凤、王判镇 3 条深大断裂, 自北向南分为 , , 排山, 奥陶系圈闭形成时间早于石炭—二叠纪二次生气运聚期。该区火山活动频繁, 火成岩广布。奥陶系储集条件好。济阳地堇和曲堤地垒二次生气中心的煤成气对本区贡献不大。 , 排山中—东北部也为煤成气二次生气中心, 具备煤成气气源条件, 石炭—二叠系泥岩和铝土质泥岩、灰岩为优质的盖层, 是寻找煤成气及其与幔源气混源气的有利场所。 排山不具备煤成气气源条件, 而具备幔源气气源条件, 是寻找幔源气的有利场所。

关键词:王判镇潜山带; 济阳拗陷; 奥陶系; 成藏条件; 煤成气; 勘探前景; 山东; 胜利油田

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标识码: A

1 概况

位于惠民凹陷南坡东部的王判镇潜山构造带, 为胜利油区潜在的勘探目标之一。该带存在的 SN 向的白桥大断层、NE 向的任凤、王判镇大断层, 将南坡东部切割为三排潜山, 宏观上西高东低、南高北低, 地层倾向 SE。王判镇潜山带西以白桥断层与济阳地堇、曲堤地垒为邻, 东北部因任凤、王判镇断层的切割而使潜山低部位石炭—二叠系埋深近 3 900 m 以上, 具有紧邻煤成气的气源条件。该区深大断裂发育, 控制潜山的深大断层——白桥和任凤、王判镇断层都为断至基底的深大断层, 垂向断距一般在 1 000 m 以上, 为幔源气提供了良好的运移通道。

就储盖条件而言, 该区奥陶系风化壳储集层发育, 盖层为石炭—二叠系暗色泥岩和古近纪馆陶组上部近 100 m 泥岩地层, 盖层条件好。

区内古生界的各类断块、断鼻构造发育, 是聚集煤成气、非烃气等各类气体的有利地带。区内有探井 5 口, 即庙 1 (未钻至潜山)、白古 1、判参 1、判古 2、判古 3。白古 1 井钻至奥陶系因井漏事故提前完钻; 判参 1 井钻至奥陶系, 钻井液槽面见大量气泡, 取样分析 C_1H_4 4%, CO_2 95%, H_2 1%, 先发生井漏, 后发生井涌, 1992 年老井重新解释 1 层 (22. 22

m) 气水同层; 判古 2 井、判古 3 井中途测试见到 CO_2 、 N_2 气泡。王判镇地区勘探多年来一直没有获得突破。

2 构造

本区所在的区域构造为济阳拗陷惠民凹陷南坡东部王判镇潜山构造带, 该构造带西起白桥大断层与济阳地堇、曲堤地垒相接, 东至青城凸起, 北为临南洼陷, 南为鲁西隆起区。平面上呈近 SN 向分布, 面积约 800 km² (图 1)。



图 1 惠民凹陷南坡区域构造位置图

该区西以西掉近 SN 走向的白桥大断层自北向

*收稿日期: 2003 - 04 - 19; 修订日期: 2003 - 07 - 10; 编辑: 张天祯

作者简介: 姚金志 (1969 -), 男, 浙江湖州人, 工程师, 从事油田录井技术及管理工作。

南与曲堤地垒和济阳地堑相接。以夏口断层为界,自北向南西北掉NE走向的仁凤大断层、王判镇大断层平面上以东北撒开西南收敛呈“帚状”与白桥大断层相交。这3条大断层垂向断距均在千米以上。自北向南形成“三排山”即排山、排山、排山,呈阶梯状依次升高。由于古生代地层往东南方向倾没,与NE向夏口断层、仁凤、王判镇西北掉大断层形成“反向屋脊断崖构造”。三排山内发育NE向、NW向及近EW向断层,断层断距为50~350m,形成多个断块、断鼻构造。

中生代中、晚期至古近纪始新世(沙一期前)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,因此油气运移与圈闭形成时间配套条件有利。

3 成藏条件分析

3.1 油气源条件

3.1.1 油及其油成气

本区在古近纪时主要沉积了孔店组和沙河街组四段(简称“沙四段”)红层,其埋藏浅,不具备生油能力。从实钻资料看,中部的判古3井的1169.0~1710.5m井段,孔店组—沙四段厚541.5m,为一套红色砂泥岩沉积。西北部的白古1井的1357~1978m井段,沙四段—沙一段仅见单层厚度30~50m、累计厚200m左右的浅灰色泥岩。东北部的庙1井所见沙四段—沙一段(未穿)埋深1200~2600m,也为一套红色地层。由此可见,原油只能来自其北部的临南洼陷。但由于白桥大断层的影响,其以西的古生代地层总体上向西翘起。该带又处在白桥大断层的上升盘,所以,该带不是临南洼陷生成油及其油成气的有利指向。勘探实践证明,油源断层——夏口断层东北段往南运移油气的能力变差,原油主要聚集在曲堤地垒中部的曲斜8—曲斜9—曲斜10井一带。所以,该带基本不具备油及其油成气源条件。

3.1.2 煤成气

石炭—二叠系和中生代侏罗系坊子组为2套

含煤地层。钻探表明,这2套地层亦为2套生气层系。中生界往东越过白桥大断层在本区全部剥蚀。石炭纪煤系地层该区厚度200~300m,分布较稳定,仅在判古2和判古3井周围由于部位较高被剥蚀。

从南坡已钻井烃源岩看,石炭—二叠纪煤层累计厚度8~29m,碳质泥岩3~85m(表1)。据白古1井、判参1井资料,石炭系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%,表明本地层为良好的生气层系。白古1井2672.5m镜煤反射率为0.85%,判参1井2689~2694m,石炭系镜质体反射率为0.86%,说明有机质演化程度很高,确实为良好的生气层。据资源评价研究结果,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,以生气为主^[1,2],生烃潜力巨大。

表1 惠民凹陷南坡煤成气烃源岩厚度统计

井名	层位	煤层地层厚度(m)	碳质泥岩厚度(m)
白古1	C—P	17.5	3
判参1	C—P	29	5.5
曲古1	J	4.5	9
曲古2	C—P	8	27
	J	2	7
济古1	C—P	12	85

侏罗—白垩纪沉积以后,南坡大部分地区进入一次生烃门限,一次生成的煤成气已基本散失。新生代沉积后,南坡仅部分地区沙一前后达到二次生烃门限,地温约135℃,埋深约4000m,主要分布在济阳地堑和曲堤地垒东段。另外,本区北部,排山中—东北部(基本以白古1、判参1井以东为界)石炭—二叠纪地层埋深一般为3900~5000m,若按地温梯度3.3℃/100m计算,其地温可达145~185℃,Ro可达0.8%~1.2%以上,对应于煤成烃

林玉祥、张卫海、俞家声,惠民凹陷南坡煤成气分布目标选择及评价,2000年。

热解的中期阶段,以生成大量重烃和甲烷气为特点,相当于煤岩显微组分的主要热降解阶段。生气范围集中在 , 排山东东北地区,且往东北生气强度增大,由2增大到 $18 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,排气范围也主要集中在 , 排山东东北地区,且往东北排气强度增大,由15增大到 $35 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上。二次生气量大,聚集系数高,为0.015。本区常规煤成气新生代二次生气资源量达 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。总之, , 排山煤成气气源不成问题。

3.1.3 CO₂ 气

本区断裂活动剧烈,深大断层发育,岩浆活动频繁,火成岩分布广泛。判古3井、判参1井均钻遇火成岩。判参1井、判古2井奥陶系灰岩风化壳见CO₂气显示,本区CO₂气可能存在于地幔气、岩化作用气、煤化作用气及酸化作用气几种不同的来源。

该带处在白桥、任凤、王判镇深大断层的交汇处,至少是幔源气气源条件优越。根据氦同位素³He/⁴He(2.58×10^{-6})和CO₂含量及³He/⁴He与¹³C₁关系分析,曲古1井天然气中的非烃类气体,可能有部分来自上地幔。

综上所述,本区除了油及其油成气源条件不具备外,煤成气、CO₂气源条件均较好。

3.2 储集条件

3.2.1 储层物性

奥陶系碳酸盐岩储层是一个大的储集单元,碳酸盐岩储集层储集空间类型以裂缝为主,孔洞次之。例判古3井岩心和岩屑的统计表明,裂缝性储集层以中缝最为发育,其次是大缝和小缝,裂缝具一定开启性,并以高角度裂缝占优势。据统计,奥陶纪八陡组顶部1712.50~1714.80m和八陡组中部1810.00~1818.40m的岩心见裂缝42条,其中大缝7条,缝长100~550mm,缝宽3~30mm,与岩心轴平行或呈10°~80°夹角,被泥质及自形晶一半自形晶方解石全充填或不完全充填;中缝30条,缝长3~75mm,缝宽1~2mm,与岩心轴呈12°~45°夹角,裂缝呈交织网状,被泥质半充填;小缝5条,缝长80~105mm,缝宽0.5~0.8mm,与岩心轴平行,被方解石全充填。裂缝密度5~14条/m,开启程度30%。八陡组岩屑描述表明,岩屑见裂缝面,裂缝岩屑占定名岩屑的7%~50%,次生方解石占定名

岩屑的5%~30%。据上马家沟组底部2260.70~2267.50m岩心描述,岩石仍有裂缝发育。测井孔隙度平均7%,最大12%,渗透率($0.10 \sim 2.93$) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大渗透率可达($14.19 \sim 23.16$) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属较好储层。此外,还见有溶洞等储集空间类型,对油气的储集、运移十分有利。钻进过程中发生过井漏,井深1710~1712.5m漏失相对密度1.13,漏斗粘度50s的钻井液15m³;井深2626~2644m漏失相对密度1.03~1.04,漏斗粘度26~41s的钻井液625m³;也证明其良好的储集性能。电测解释不同级别的储集层67.6m/41层,占地层厚度的6.93%。其中类层10.3m/9层,类层27.5m/15层,类层29.8m/17层。纵向上看,八陡组和三山子山组最为发育,上马家沟组和下马家沟组都是集中于顶部。另外,处于不同构造部位的白古1、判参1、判古2井钻遇奥陶系均发生过较大的井漏,说明整个潜山带储层有较好的储集性能。

3.2.2 生、储空间配置条件

白桥大断层以西的曲古1井在沙河街组已获得工业性煤成气,肯定了南坡的煤成气源条件。石炭系底部的本溪组致密层,为一套砂岩、泥岩、铝土质泥岩和碳酸盐岩互层剖面,厚近100m,对其下的奥陶系潜山,是个好盖层;对其上的太原组、山西组煤系源岩它又是隔层,阻隔了煤系烃源向下进入奥陶系潜山。对该带来说,虽然紧邻济阳地堑、曲堤地垒二次生气中心,但由于白桥大断层的影响其古生界总体向西翘起,气主要往西方向运移,对该带来说不是气的有利指向,即济阳地堑、曲堤地垒的气对本区贡献不大。如前所述,排山中—东北部也是二次生气中心,断距100~350m的次级(正)断层可以错开地层使石炭—二叠系生烃层与奥陶系碳酸盐岩接触,即奥陶系碳酸盐岩四周处于生烃层的包围之中,气可直接运移至奥陶系储层(实际上,只有断层下降盘的顺向断块中的煤系地层,不仅能和奥陶系对接,而且产状向圈闭抬高,位能相对高,具备向潜山供气条件)。排山石炭—二叠系剥蚀线在判古3井东北约2.5km处,石炭—二叠系在排山大量分布。与排山类似,排山东北部生成的气通过断层也可以运移到奥陶系储层。

林玉祥、张卫海、俞家声,惠民凹陷南坡煤成气分布目标选择及评价,2000年。

3.3 储盖组合

要形成有商业规模的天然气聚集并保存至今供开发利用,除了必要的气源条件外,还需要优质且连续稳定分布的区域性盖层与之共生发育,这是天然气藏形成和保存的关键^[3]。该区绝大部分奥陶系储层之上都覆盖有厚度不等的石炭—二叠系,石炭系底部的致密层为区域性盖层。

石炭—二叠系的盖层岩类主要有泥岩、煤层和灰岩。

本溪组—下石盒子组为一区域性盖层,盖层主要为泥质岩、铝土岩、碳质泥岩、煤和灰岩,其中泥岩累计厚度较大,为50~300 m,一般多为150~200 m,占地层厚度的30%~60%,分布稳定,全区可对比。

上石盒子组上部(上细段)为地区性盖层,该套盖层是由其上部泥岩为主的上细段,泥岩累计厚50~150 m,变化较大,其原因主要是由于剥蚀作用,不同地段保存有别所致。直接盖层中较重要的是本溪组铝土岩。

据本区储盖条件的分析评价结合区域地质情况的分析,本区的生储盖组合可分为3大套,自下而上分别是:石炭—二叠系生,奥陶系储,石炭系的泥岩、页岩作盖层;石炭—二叠系生,奥陶系储,古近系泥岩为盖层的组合;石炭系生,奥陶系储,新近纪馆陶组上部100 m厚稳定泥岩及明化镇组区域性厚层泥岩为盖层的组合。此外,奥陶系内部的石膏质富集层也可做为局部盖层,形成奥陶系自储、自盖的储盖组合。

3.4 圈闭条件

3.4.1 排山

该构造为一鼻状构造,鼻根在白桥断层的上升盘上,向SE倾没,被近EW向和NE向2组断层切割成众多断块,T_{g1}高点埋深2600 m,闭合幅度1000 m,有25个断块,圈闭面积35 km²。

3.4.2 排山

该构造也为一鼻状构造,鼻根在任凤断层的上升盘上,向SE倾没,被近EW向和NE向、NW向的3组断层切割成众多断块,T_{g1}高点埋深1700 m,闭合幅度900 m,有8个断块,圈闭面积45 km²。

3.4.3 排山

是三排山中最高的一排潜山,新近纪地层直接

覆盖在古生界之上。该构造也为一鼻状构造,鼻根在白桥断层与王判镇断层的交汇处,向SE倾没,T_{g1}高点埋深475 m,闭合幅度350 m,有36个断块,圈闭面积50 km²。

4 气藏类型

按生储组合分类应为古生古储型,即石炭—二叠系煤层中生成的煤成气运移到奥陶系中储集,包括从地幔来的CO₂气储存在奥陶系中。按圈闭类型应为古潜山地层气藏,即块断山气藏。

5 结论与建议

5.1 结论

本区虽然紧靠济阳地堑、曲堤地垒煤成气二次生气中心,但由于生气层总体向西翘起,故济阳地堑、曲堤地垒的气对本区贡献不大;排山、排山中—东北部二次生气中心才是其供气区。

排山由于石炭—二叠系生烃层埋深较浅而不具备二次生气能力,故其不是聚集煤成气的有利场所。

本区深大断裂发育,处在白桥、任凤、王判镇3条大断层的交汇处,火山活动频繁,幔源CO₂气气源充足,是聚集幔源CO₂气等非烃气的有利场所。

本区奥陶系古潜山构造形成时间早于二次生气运聚期,储集条件好,盖层和圈闭条件具备。

5.2 建议

排山以寻找煤成气为主。根据“源控论”,渤海湾盆地煤成气聚集带形成的首要因素是优越的气源条件^[4]。本区王判镇断层以北也为一煤成气二次生气中心,具备形成中型煤成气田的成藏条件。故今后的勘探重点应在王判镇断层以北

排山上寻找有利圈闭,以期获得煤成气突破。

排山以寻找幔源气为主。排山虽其西部、北部紧邻二次生气中心,但地层产状总体向NW翘起,不是煤成气的有利指向,自身又不具备生气能力,故不是寻找煤成气的有利地带,判古2井奥陶系见大量H₂S气体也在一定程度上说明了这一点,勘探实践表明,煤成气藏是贫H₂S的^[5]。故应以寻找幔源气为主。

全区都可寻找幔源气。根据幔源气“深源浅

成、靠近断层”的特点,应顺着白桥大断层东侧,尤其应顺着任凤、王判镇大断层南侧寻找有利圈闭,以期获得 CO₂ 气突破。

巫正礼教授给予了鼎力指导,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 宋岩,赵文智,夏新宇,等.论我国天然气勘探方向的转移[J].天然气工业,2000,20(2):3-7.

- [2] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学(卷一)[M].北京:石油工业出版社,1992,104-111.
- [3] 赵文智,窦立荣,宋岩.我国天然气地质研究与勘探的新进展[J].天然气工业,2000,20(3):1-6.
- [4] 蒋有录.渤海湾盆地天然气聚集带特征及形成条件[J].石油大学学报(自然科学版),1999,23(5):9-13.
- [5] 赵庆波,李五忠,孙斌,等.煤成气地质与勘探技术[M].北京:石油工业出版社,1999,13-66.

Ore - forming Condition Analysis in Ordovician Wangpanzhen Buried Hill Belt in Jiyang Depression

YAO Jin - zhi , BING Yao - zhong , DENG Mei - yin , MA Guang - qiang

(*Geological Logging Company of Shengli Oil Field , Shandong Dongying 257064*)

Abstract: Baiqiao , Renfeng and Wangpanzhen deep fault belts developed in Wangpanzhen buried hill belt , which can be divided into , , hills from north to south part . Encirclement forming time was earlier than Carboniferous —Dias second gas - forming and concentrating period . Magmatic movement is very frequent in this area and igneous rocks distribute widely . Ordovician has a good reserve condition , while gas in second gas - forming center of Jiyang fault trough and Qudi horst has little contribution for gas - forming . In and hills , northeast part is second gas - forming center , has gas - source condition . Carboniferous —Dias muddy rocks and bauxitic muddy rocks , limestone are good cover , which are favorable areas for looking for gas and mantle source gas and mixed source gas . hill has no gas - source condition , while with gas - source condition is favorable area for looking for mantle source gas .

Key words: Wangpanzhen buried hill belt ; Jiyang depression ; Ordovician ; ore - forming condition ; exploration future ; Shandong province

(上接第 84 页)

参考文献:

- [1] 李春光.济阳拗陷的古潜山油气藏[J].古潜山,1997,(4):912.
- [2] 潘元林.油气地质地球物理综合勘探技术[M].北京:地震出版社,1998,144-173.
- [3] 吴永平,王喜双.渤海湾盆地北部奥陶系潜山油气藏组合及勘探技术[J].石油勘探与开发,2000,27(5):1-4.

Oil and Gas Deposit Characteristics of Buried Hill in North Part of Chexi Depression in Jiyang Depression

QU Xiao - wen

(*Geological Logging Company of Shengli Oil Field , Shandong Dongying 257064 , China*)

Abstract: Buried hills oil and gas deposit in north part of Chexi depression distributes in strip along garben deep fault downcast side , which has 3 sets of good reservoir with rich oil source and good reserve covering system . Crust of weathering type oil and gas deposit in top of buried hill and inner part of buried hill oil and gas deposit are formed in this area .

Key words: Chexi depression ; detached buried hill ; oil deposit characteristics