

二连盆地马尼特坳陷伊和勘查区二叠系油气信息及其意义

卢进才¹, 林进², 魏建设¹, 姜亭¹, 杨高印³, 韩冬²

LU Jincal¹, LIN Jin², WEI Jianshe¹, JIANG Ting¹, YANG Gaoyin³, HAN Dong²

1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

2. 陕西延长石油集团油气勘探公司, 陕西 延安 716000;

3. 陕西地之光石油科技有限公司, 陕西 西安 710000

1. Xi'an Geological Survey Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Yanchang Petroleum Group Exploration Company, Yan'an 716000, Shaanxi, China;

3. Xi'an Xiling Geophysical Technology Development Co., Ltd., Xi'an 710000, Shaanxi, China

摘要:在总结二连盆地马尼特坳陷伊和勘查区钻遇地层与烃源岩发育特征的基础上,通过对揭示二叠系的钻井油气显示与油气层测试情况,以及对不同井区原油物性与地球化学特征的分析,认为YH3井天然气、YH8井区轻质原油与中生界烃源岩无关,探讨了与石炭系—二叠系烃源岩有关的油气赋存信息,为二连盆地石炭系—二叠系油气地质调查与勘探提供重要信息。

关键词:二连盆地;马尼特坳陷;石炭系—二叠系;油气赋存

中图分类号:P534.46;P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2018)01-0144-09

Lu J C, Lin J, Wei J S, Jiang T, Yang G Y, Han D. Permian hydrocarbon information in Yihe exploration area, Manit depression of Erlian basin, and its geological implications. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(1):144-152

Abstract: Based on comprehensive understanding upon the drilling strata and the characteristics of hydrocarbon source rocks of Yihe exploration area in Manit depression of Erlian basin, hydrocarbon exploration potential of this basin has received large attention in recent years. This paper provides Permian hydrocarbon information from well-drilling data and hydrocarbon reservoir test, combined with comparative analysis of crude oil physical properties and geochemical characteristics between different well areas. It indicates that the natural gas obtained from the Well YH3 and the light crude from the Well YH8 has nothing to do with Mesozoic hydrocarbon source rocks. Besides, this paper discusses the information of hydrocarbon occurrence which is related to Carboniferous-Permian source rocks, thus providing an important clue in response to geological survey and exploration for Carboniferous-Permian hydrocarbon resources in Erlian basin.

Key words: Erlian basin; Manit depression; Carboniferous-Permian; hydrocarbon accumulation

二连盆地位于中蒙边境地区,东西长约1000km,南北宽20~220km,面积 $10.1\times 10^4\text{km}^2$,是一个在古生界基底上发育的,由多个具有类似构造发育史、彼此相对独立的中生代小型湖盆组成的盆地

群^[1-2]。由于中生代盆地(或坳陷)范围小,烃源岩分布局限,油气资源潜力有限,自1955年开展油气勘探以来仅探明石油地质储量 $3.19\times 10^8\text{t}$ 。

近十年来,天山-兴蒙构造带中西段的准噶尔、

收稿日期:2017-08-29;修订日期:2017-10-20

资助项目:中国地质调查局项目《银额盆地及邻区石炭—二叠系油气远景调查》(编号:121201112096)和《银额盆地及周缘油气基础地质调查》(编号:121201152201)

作者简介:卢进才(1961-),男,本科,教授级高级工程师,从事石油天然气勘探与开发研究。E-mail:shiyu2002@163.com

三塘湖、银额等盆地石炭系一二叠系不断取得油气的发现与突破,二连盆地石炭纪一二叠纪与上述盆地具有类似的构造背景、沉积演化与沉积建造特征及相似的构造改造历程,其石炭系一二叠系油气地质条件与资源前景备受关注^[3]。2008年以来,二连盆地发现了多个石炭系一二叠系古潜山油藏^[4-6],并发现了多套以浅海相沉积为主、未变质的暗色泥岩,为潜在的烃源岩^[7-8]。由于未进行针对性的地质工作,一直未获得与石炭系一二叠系烃源岩有关的油气赋存信息,影响了对石炭系一二叠系油气资源潜力的认识与勘探部署。

2013年以来,陕西地之光石油科技有限公司在马尼特坳陷伊和勘查区实施的一批石油钻井于二叠系钻遇良好的油气显示,YH3井于二叠系获得低产气流,YH8-1等井于白垩系底部获得轻质原油,原油物性及地球化学特征与勘查区内其他钻井的原油及二连盆地其他地区的原油具有显著差异,指示区内存在多油源。本文通过对马尼特坳陷伊和勘查区钻遇地层与烃源岩、二叠系油气显示与试油气情况、不同钻井原油地球化学与地球物理特征等综合分析,以及油气源对比,探讨与石炭系一二叠系有关的油气赋存信息,为评价二连盆地石炭系一二叠系地质条件与资源前景,以及区内油气勘探部署提供依据。

1 概况

1.1 地质概况

马尼特坳陷位于二连盆地中部,夹持于苏尼特隆起和巴音宝力格隆起之间,是二连盆地最大的坳陷,面积约 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$,由7个凹陷、5个凸起构成^[9](图1)。

坳陷周缘出露地层包括中下二叠统及其以上不同时代的地层。

1.1.1 二叠系

二叠系在马尼特坳陷北部基岩出露区广泛分布(图2)。

下一中二叠统大石寨组(P_{1-2d}):下段为火山岩组合,上段为碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩组合。

中二叠统哲斯组(P_{2z}):下段为黑色泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩夹砂质凝灰岩及生物碎屑灰岩透镜体,为潜在的烃源岩发育层段,相变为英安质、安山质凝灰岩、晶屑凝灰岩及火山角砾晶屑凝灰岩,夹

安山岩;中段以粗碎屑岩为主,夹薄层粉砂岩及生物碎屑灰岩透镜体,相变为流纹质熔岩、凝灰岩;上段为灰色泥岩、粉砂质泥岩夹细-中砂岩及薄层砾岩,相变为凝灰质砂(砾)岩。

上二叠统(P_3):以粗碎屑岩为主,主要为岩屑长石砂岩、砂砾岩、砾岩,夹凝灰质砂岩。

1.1.2 侏罗系

侏罗系仅在马尼特坳陷东北部局部零星出露。

下侏罗统红旗组(J_1h):灰白色、紫灰色、黄褐色长石砂岩,夹砾岩、泥岩、炭质页岩及煤层。

中侏罗统万宝组(J_2w):灰色-深灰色、黄绿色泥岩,泥质粉砂岩夹长石砂岩、砾岩、煤及煤线。

上侏罗统土城子组(J_3t):灰色-灰绿色、紫红色砂岩、砾岩,夹凝灰质粉细砂岩、流纹质晶屑凝灰岩;或相变为流纹质晶屑凝灰岩、流纹岩、英安质泥灰岩、玄武岩。

1.1.3 白垩系

白垩系出露广泛,包括下白垩统阿尔善组(K_1a)、腾格尔组(K_1t)、都红木组(K_1d)和赛汉塔拉组(K_1s),主要为河流-湖泊相碎屑岩组合,不乏深湖-半深湖相泥页岩,为主要的烃源岩,但横相变化快,分布范围有限;上白垩统二连组(K_2e)下段主要为玄武安山岩,相变为安山玄武岩、角砾安山岩夹安山质角砾岩。

此外,地表广泛分布华里西中-晚期、印支期、燕山期等多期次侵入岩,岩性主要为花岗岩、黑云母花岗岩、花岗闪长岩。

1.2 勘探历程

伊和勘查区主要包括沙那凹陷,20世纪80年代,华北油田在马尼特坳陷东部的额南凹陷白垩系发现了阿尔善油田后,在伊和高勒地区通过地球物理勘探,发现了沙那凹陷,并于1984年11月钻探了宝6井,发现了下白垩统多套暗色泥岩,但有机质丰度和成熟度均偏低,地震资料解释白垩系厚度小,对其油气资源前景不看好,暂停了油气勘探工作。

2009年陕西地之光石油科技有限公司与延长油矿管理局合作开展马尼特坳陷伊和勘查区油气勘探,在开展高精度重磁测量的基础上,以伊和勘查区为重点开展三维地震勘探,重新对油气地质条件与资源潜力进行评价,开展滚动勘探,实施的11口探井不同程度钻遇油气显示。对其中的7口

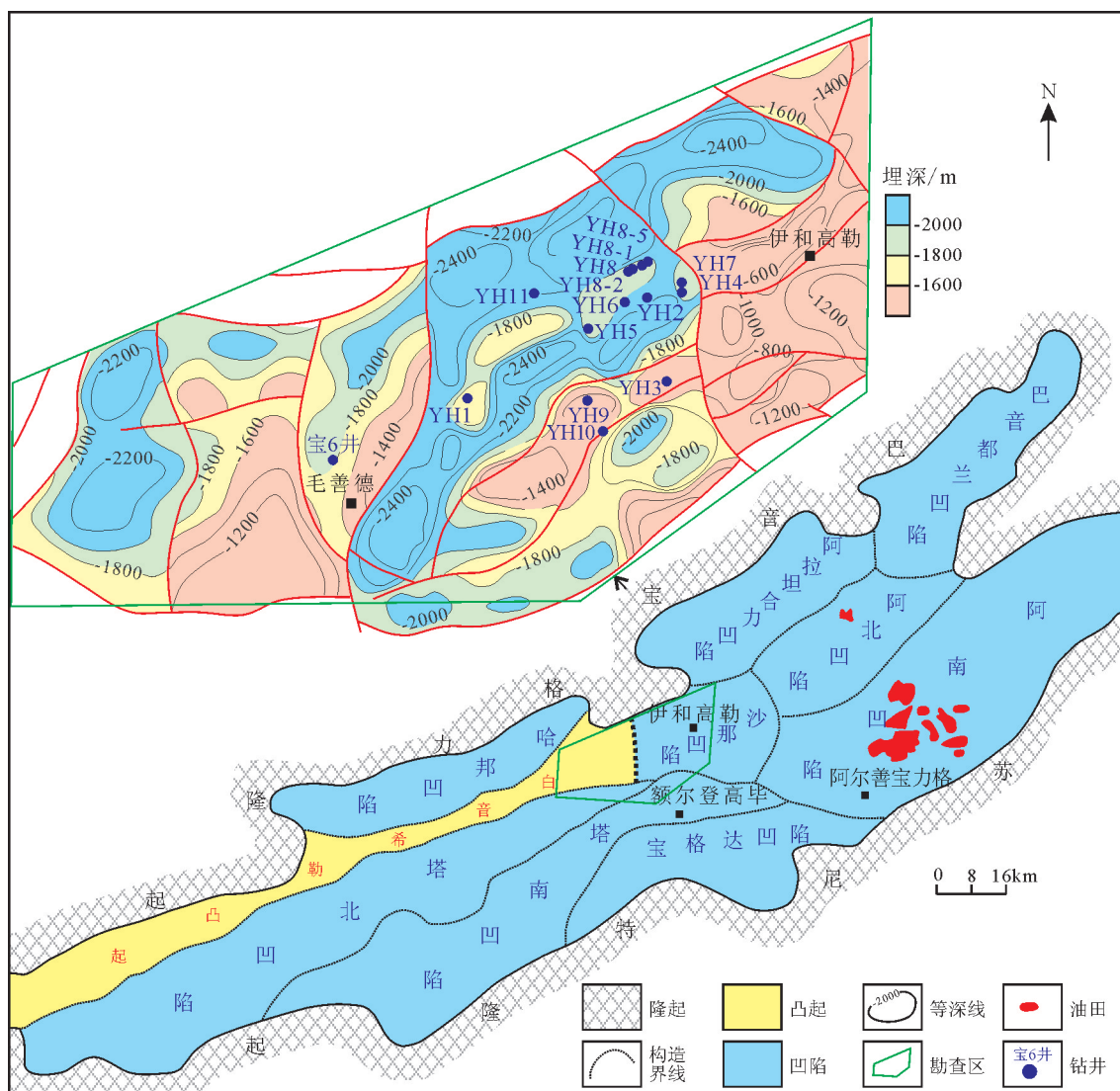


图1 研究区构造位置与钻井井位略图

Fig. 1 Schematic tectonic map showing the location of study area and well-drilling positions

井进行试油,6口井于白垩系获得工业油流,其中YH3井于二叠系获得低产气流,指示了良好的油气勘探前景。

2 钻遇地层及烃源岩

2.1 钻遇地层

钻井揭示的地层自上而下岩性特征描述如下。

第四系全新统(Q_4):一般厚20m,为洪积砂砾层与风成沙土。

钻井未见上白垩统二连组。

下白垩统赛汉塔拉组(K_1s):厚440~686m(表1),

灰色泥岩与浅灰色含砾砂岩、砾岩不等厚互层,顶部为棕红色泥岩,为河流-沼泽相碎屑岩沉积。

下白垩统都红木组(K_1d):厚250~705m,底部为深灰色泥岩,向上逐步变为浅灰色、灰绿色泥岩,偶见棕红色泥岩夹浅灰色砂岩、砂砾岩,自东向西在该组上部逐渐发育煤层。为浅湖-河流沼泽相沉积。

下白垩统腾格尔组(K_1t):厚249~680m,分为上、下2段,下段以深灰色-灰黑色泥岩为主,是区内主要烃源岩发育层段,为深湖-半深湖相沉积;上段为浅灰色,灰绿色泥岩与浅灰色细砂岩,含砾

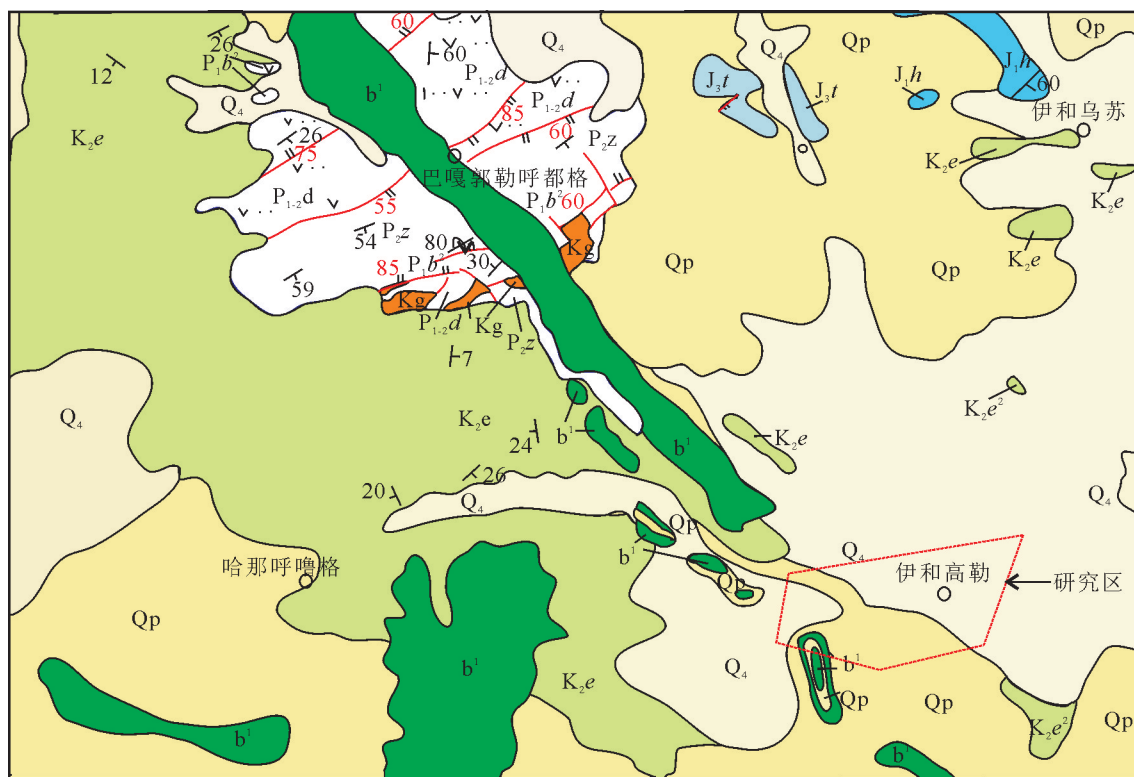


图2 研究区及周缘地质图

Fig. 2 Simplified geological map of study area and its peripheral settings

Q₄—第四系全新统; Qp—第四系更新统; K_{2e}—上白垩统二连组; J_{3t}—上侏罗统土城组;

J_{3h}—下侏罗统红旗组; P_{2z}—中二叠统哲斯组; P_{1-2d}—下-中二叠统

大石寨组; Kr—白垩纪钾长花岗岩; b'—更新世橄榄玄武岩

砂岩呈不等厚互层,厚度横向变化大,为滨湖-浅湖相沉积。

下白垩统阿尔善组(K_{1a}):厚度横向变化大,分布在184~800m之间,按岩性组合分为3段,上段为灰绿色泥岩、浅灰色细砂岩、含砾砂岩,砂砾岩互层,为河流-滨浅湖相的沉积;中段为厚层灰黑色泥岩、深灰色泥岩、灰绿色灰质粉砂岩和泥灰岩,夹薄层灰色泥质细砂岩,为半深湖相为主的沉积,是主要烃源岩发育层段之一;下段为棕红色泥质细砂岩、含砾砂岩,代表盆地初始裂陷时期的河流-湖泊相的沉积。

二叠系:揭示厚度在148~297m之间,不同钻井揭示的岩性组合差别较大,主要为碎屑岩+火山岩+碳酸盐岩组合,火山岩主要为晶屑凝灰岩、酸性火山角砾岩、泥质凝灰岩、角砾凝灰岩和英安岩,微裂缝发育,大致相当于中二叠统哲斯组中段。

2.2 钻遇烃源岩及地球化学特征

2.2.1 烃源岩发育特征

钻井揭示的潜在烃源岩主要为腾格尔组下段和阿尔善组中段的暗色泥岩,其分布横向变化大,主要受沉积相的控制。腾格尔组下段暗色泥岩厚度变化范围为0~298m,为大套深灰色泥岩。阿尔善组中段暗色层厚度为0~258m,主要为灰色、深灰色泥岩夹浅灰色砂岩。

2.2.2 有机质丰度及类型

由于勘查区未进行烃源岩层段的钻井取心,因此未进行系统的烃源岩分析。现场对不同烃源岩层段岩屑进行了大量热解分析,获得的生烃潜量(S₁+S₂)在一定程度上反映了勘查区烃源岩有机质丰度。

腾格尔组下段3口井现场热解分析结果显示,生烃潜量横向变化较大,YH1井和YH5井生烃潜量平均值分别为1.17mg/g和1.02mg/g(表2),综合评价

表 1 钻井地层分层数据
Table 1 Individual-layer data of each well-drilling stratum

地层系统				YH1		YH2		YH3		YH4		YH5		YH6	
界	系	统	组	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m
新生界	第四系														
中生界	白垩系	下统	赛汉塔拉组	686.0	686.0	464.0	464.0	458.0	458.0	497.0	497.0	610.0	610.0	463.0	463.0
			都红木组	1095.0	409.0	1086.0	622.0	700.0	242.0	808.0	311.0	1350.0	740.0	1168.0	705.0
			腾格尔组	1442.0	347.0	1521.0	435.0	942.0	242.0	1350.0	542.0	1652.0	302.0	1417.0	249.0
			阿尔善组	1641.0	199.0	2050.0	529.0	1197.0	255.0			1836.0	184.0	2077.0	660.0
上古生界	二叠系			1851.0	210.0			1360.0	163.0						
完钻层位				二叠系(未穿)		阿尔善组(未穿)		二叠系(未穿)		腾格尔组(未穿)		阿尔善组(未穿)		阿尔善组(未穿)	
地层系统				YH7		YH8		YH8-2		YH9		YH10		YH11	
界	系	统	组	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m	深度/m	厚度/m
新生界	第四系														
中生界	白垩系	下统	赛汉塔拉组	440.0	440.0	450.0	450.0	630.0	630.0	460.0	460.0	488.0	488.0	592.0	592.0
			都红木组	685.0	245.0	890.0	440.0	880.0	250.0	1080.0	620.0	1140.0	652.0	1082.0	490.0
			腾格尔组	1285.0	600.0	1238.0	348.0	1180.0	300.0	1275.0	195.0	1305.0	165.0	1762.0	680.0
			阿尔善组	1750.0	465.0	1620.0	382.0	1980.0	800.0	1345.0	70.0	1530.0	225.0	2193.0	431.0
上古生界	二叠系							2525.0	545.0	1582.0	237.0	1678.0	148.0	2355.0	162.0
完钻层位				阿尔善组(未穿)		阿尔善组(未穿)		二叠系(未穿)		二叠系(未穿)		二叠系(未穿)		二叠系(未穿)	

为差烃源岩,干酪根类型为Ⅱ₂。YH8-5井3件样品生烃潜量平均值为14.91mg/g,最大值为40.63mg/g,综合评价为好的烃源岩,干酪根类型为Ⅱ₁。

阿尔善组中段8口井现场热解分析结果显示,生烃潜量横向变化不大,平均值分布在2.23~7.06mg/g之间,综合评价为中等烃源岩,干酪根类型为Ⅱ₁~Ⅱ₂。

综合而言,阿尔善组中段烃源岩分布相对稳定,有机质丰度相对较高,是勘查区主力烃源岩

层。腾格尔组下段烃源岩横向变化大,但沉积凹陷中心有机质丰度高,也是重要的烃源岩层。

2.2.3 演化程度分析

区内未获得指示烃源岩成熟度(*R_o*)的资料,现场热解*T*_{max}主要分布在435~450℃之间,为低成熟-成熟阶段。与马尼特坳陷早期研究确定的生油门限深度(约1700m)一致。区内阿尔善组底面最大埋深小于2600m,烃源岩以低成熟-成熟为主,腾格尔组底面埋深一般小于1700m,以未成熟-低成熟为主。

表 2 现场岩屑热解综合成果表
Table 2 Integrative result of field-based detritus pyrolysis

序号	井号	腾格尔组下段			阿尔善组中段		
		样品数/件	S1+S2平均值/最大值/(mg·g ⁻¹)	干酪根类型	样品数/件	S1+S2平均值/最大值/(mg·g ⁻¹)	干酪根类型
1	YH1	3	1.17/1.56	Ⅱ ₂	2	2.38/3.70	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
2	YH2				18	2.60/11.44	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
3	YH3				4	7.06/23.29	Ⅱ ₁
4	YH5	5	1.02/2.24	Ⅱ ₂	5	3.31/6.13	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
5	YH6				7	3.24/15.19	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
6	YH8				4	3.02/4.87	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
7	YH8-2				9	5.13/14.53	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
8	YH8-5	3	14.91/40.63	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂	2	2.23/3.29	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂
9	平均	11	4.84	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂	73	3.42	Ⅱ ₁ ~Ⅱ ₂

注:S1—含游离烃量,指在300℃下检测的单位质量生油岩中的液态烃含量,mg/g(岩石);S2—含干酪根烃量,表示在300℃~600℃下检测的单位质量生油岩中被加热而裂解的干酪根产量,mg/g

3 石炭系—二叠系油气信息

3.1 油气显示信息

据陕西地之光石油科技有限公司 2015 年度勘探总结报告及相关钻井现场录井资料^①,白垩系除 YH8 井具有较强的气测异常外,其他井均以含油显示为主,现场岩屑以荧光显示为主,井壁取心见油迹—油斑级含油显示,而气测值总体较低,一般无气测异常。二叠系气测异常普遍,且部分井异常强度大,结合白垩系烃源岩以低成熟—成熟为主,地层含气应源于石炭系—二叠系烃源岩。因此,本文重点对石炭系—二叠系油气显示及 YH8 井区气测异常进行讨论。

3.1.1 YH8—2 井天然气显示信息

YH8 井区以 YH8—2 井为代表,白垩系具有多层气测异常:①井深 801~824m,厚 23m,全烃平均值 1.50%,最大值 2.33%,基值 0.31%,平均值为基值的 4.8 倍,最大值为基值的 7.5 倍;②井深 881~891m,厚 10m,全烃平均值 1.21%,最大值 1.37%,基值 0.39%,平均值为基值的 3.1 倍,最大值为基值的 3.5 倍;③井深 920~923m,厚 3m,全烃平均值 1.51%,最大值 1.84%,基值 0.50%,平均值为基值的 3.0 倍,最大值为基值的 3.7 倍;④井深 1292~1230m,厚 8m,全烃平均值 5.26%,最大值 9.81%,基值 0.20%,平均值为基

值的 26.3 倍,最大值为基值的 49.1 倍,而且该气测异常段对应浅黄色荧光显示,系列对比 7 级。

3.1.2 二叠系油气显示信息

揭示二叠系的 6 口井中,YH1 井、YH3 井、YH9 井、YH10 井 4 口井于二叠系钻遇不同程度的油气显示与气测异常。

对 YH1 井二叠系 1641~1851m 井段采集薄片样品进行分析,其中 1650~1834m 井段岩石组合为白云岩、凝灰岩及部分砂砾岩、泥岩互层,采集的 9 块样品全部见到原油充填或浸染,显示厚度 184m。现场气测录井发现 4 层气测异常,累计厚度 75m。①井深 1695~1703m,厚 8m,全烃平均值 0.18%,最大值为 0.24%,基值 0.06%,平均值为基值的 3.0 倍,最大值为基值的 4.0 倍;②井深 1743~1768m,厚 25m,全烃平均 0.12%,最大值 0.15%,基值 0.04%,平均值为基值的 3.1 倍,最大值为基值的 3.8 倍;③井深 1783~1801m,厚 18m,全烃平均值 0.15%,最大值 0.18%,基值 0.05%,平均值为基值的 2.7 倍,最大值为基值的 3.5 倍;④井深 1826~1850m,厚 24m,全烃平均值 0.16%,最大值 0.27%,基值 0.03%,平均值为基值的 5.5 倍,最大值为基值的 9.1 倍。

YH3 井二叠系顶部 1197.0~1204.0m,厚 7.0m,岩性为砂质白云岩层,岩屑录井具黄白色荧光显示,系列对比 7 级,并具有显著的气测异常,全烃平

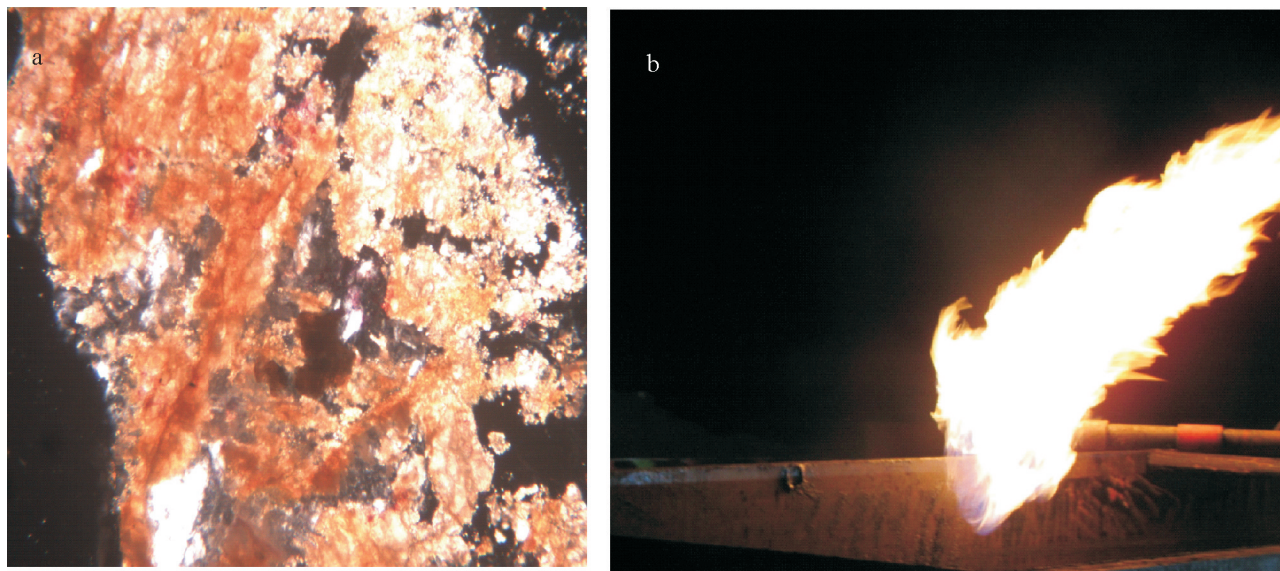


图 3 YH1 井二叠系凝灰岩孔缝见原油充填(a)和 YH3 二叠系产气点火现场(b)

Fig. 1 Crude oil filled in fractures of Permian tuff in YH1 well(a) and fire scene originated from Permian gas burning in YH3 well (b)

均0.15%,最大值0.265%,基值0.04%,平均值为基值的3.8倍,最大值为基值的6.6倍。井壁取心获得油迹级岩心1颗,荧光岩心。1258.0~1261.0m井段厚3.0m,全烃平均值0.08%,最大值0.13%,基值0.04%,平均值为基值的2.0倍,最大值为基值的3.3倍。

YH9井1350~1410m井段薄片鉴定为凝灰岩,微裂缝发育较好,见少许浅褐色原油充填微孔;1368m处凝灰岩微裂缝中见油质浸染。该井自都红木组底部开始气测背景值显著增大。1517~1525m井段厚8m,气测录井全烃平均值0.64%,最大值0.98%,基值0.20%,平均值为基值的3.2倍,最大值为基值的4.9倍;1532~1545m井段厚13m,气测录井全烃平均值0.65%,最大值0.78%,基值0.34%,平均值为基值的1.9倍,最大值为基值的2.3倍。

YH10井1541~1605m井段,厚64m,气测录井全烃平均值1.79%,最大值2.13%,基值0.04%,平均值为基值的44.8倍,最大值为基值的53.3倍。

总之,与石炭系一二叠系烃源岩有关的油气显示活跃,以天然气显示为主,这与石炭系一二叠系烃源岩演化程度有关。

3.2 油气层测试信息

3.2.1 二叠系产气信息

研究区仅对YH3井二叠系顶部砂质白云岩层段和上部的凝灰岩层段分别进行了测试。

2012年5月19日—5月21日对1198~1204m井段进行射孔,采取抽吸排液,产少量气及微量油。在未采取储层改造措施的前提下,仍产出少量油气,说明存在油气的赋存。

2013年对二叠系上部凝灰岩层段进行射孔,射孔井段为1204.0~1212.0m,射孔后采取抽吸排液,2013年6月7日—6月20日抽吸排液,累计排水约75m³,日产水5.8m³,并有天然气产出,现场点火火焰高约2m,亦说明天然气的赋存。

现场水分析结果显示,氯离子(Cl⁻)含量为950~815mg/L,其氯离子含量如此低,显然不是二叠系产出的水,应是近地表浅层水。而水的产出量远大于井筒容积,可能浅层未封固段套管漏水,这种浅层套管漏水对地层产气量存在一定的影响。

需要说明的是,由于陕西地之光石油科技有限公司以找油为目的,对天然气并没引起足够的重视,YH3井产气井段气测值平均0.08%,最大值0.10%。而YH10井二叠系气测异常段厚度大、异常

强度大,如果进行测试,应该能取得更好的效果,有可能获得工业气流。

此外,YH8-2井天然气显示活跃,试油时同时射孔的井段较多,未见油产出,但井口见有天然气产出,且随着关井产气量逐渐增大,对采集的气样进行初步分析,烃类气体含量为99.8%。

二连盆地之前仅在马尼特坳陷的阿南凹陷发现过浅层生物气^[10],未发现过成熟—高成熟的热演化成因天然气,YH3井为二连盆地获得的第一口天然气流(非浅层生物成因)钻井。由于二叠系成岩程度高,储层物性差,在未采取任何储层改造措施、并存在上部套管漏水干扰的前提下,仍产出低产天然气流。YH8-2、YH10等井气测异常显示活跃,异常强度大,YH8-2井有天然气产出,指示研究区具有良好的天然气勘探前景。

3.2.2 原油物性及地球化学特征指示多源性

原油物性及族组分特征主要受烃源岩母质类型、演化程度等因素的影响。通常生烃母质类型越好的烃源岩所生成的原油饱和烃含量越高,芳烃、非烃及沥青质含量越低,相应的原油密度、粘度及凝固点也低。随着烃源岩成熟度的提高,生成的原油沥青质和非烃减少,原油密度、粘度及凝固点降低。

(1)不同井区原油物性特征

研究区原油物性可分为2类:①以YH8井区为代表的轻质原油,具有低密度、低粘度、低含蜡量、低沥青质+胶质、低含硫量、低初馏点、高总馏分等特点,指示源于高演化程度、生烃母质类型以水生生物(I型干酪根)为主的烃源岩,这类原油二连盆地目前未见报道;②以YH5井区为代表的重质原油,其密度、粘度、含蜡量、沥青质+胶质、含硫量、初馏点等均较YH8井区原油高许多,总馏分较YH8井区原油低许多,指示为低演化程度、母质类型为混合型(Ⅱ₁~Ⅱ₂型干酪根)的烃源岩,区内其他钻井及二连盆地其他坳陷的原油均为这种类型。

(2)不同井区原油地球化学特征

与原油物性样品对应,对比YH8-1井与YH5-1井族组分,YH8-1具有饱和烃含量高、饱/芳值高,芳烃、非烃及沥青质含量低的特征(表4),其全油同位素($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$)显著偏重,为-26.9‰,与烃源岩演化程度有关,代表源于干酪根类型以水生生物(I型干酪根)为主,演化程度高的烃源岩,与轻质原油物性

表 3 不同钻井原油物性对比
Table 3 Comparison of crude oil physical
properties between drilling wells

井号	井深 /m	层位	密度 20°C /(g·cm ³)	粘度 50°C /mpa·s	含蜡量 /%	凝固点 /°C	沥青质+胶质 /%	S/%	初馏点 /°C	馏分 /%
YH8-1	1239.3~1267.5	阿尔善组	0.7749	1.584	15.8	6	5.8	0.06	77	62.5
YH5-1	1699.5~1703.6	腾格尔组	0.9281	380	18.5	34	43.8	0.39	168	15.0

一致。YH5-1 井具有饱和烃含量低, 饱/芳低, 芳烃、非烃及沥青质含量高的特点, 代表源于以混合型干酪根(Ⅱ₁~Ⅱ₂型干酪根)为主, 且演化程度较低, 与物性分析吻合。

(3) 油源分析

烃源岩分布、有机质丰度、干酪根类型等受沉积环境与沉积相的控制, 烃源岩演化程度受埋藏史与热演化控制。马尼特坳陷白垩纪沉积演化及沉积充填特征、埋藏史、热演化史等与二连盆地其他坳陷无显著差异。钻井揭示的烃源岩与二连盆地其他坳陷相同, 烃源岩主要发育层段为下白垩统阿尔善组中段和腾格尔组下段, 以半深湖相泥页岩为主, 母质类型为混合型(Ⅱ₁~Ⅱ₂型干酪根)^[11], 演化程度以低成熟为主, YH5-1 井获得的原油源于下白垩统烃源岩无疑。

从 YH8-1 井原油物性及地球化学特征看, 烃源岩具有干酪根以低等水生生物为主、演化程度高的特点, 显然与白垩系烃源岩无关。从区域地层分布看, 研究区周缘出露的中二叠统哲斯组下段为一套浅海相的深灰色-灰黑色泥岩为主的细碎屑岩沉积, 是区内潜在的烃源岩, 根据其沉积环境应以低等水生生物为主, 依据构造演化成岩作用, 烃源岩应以成熟-高成熟为主。区内部分钻井揭示了中二叠统哲斯组的赋存, YH8-1 井所产原油源于二叠系的可能较大。

表 4 不同钻井原油族组分及全油同位素

Table 4 Comparison of crude oil group components and whole oil isotopes between drilling wells

井号	井深/m	层位	族组分/%				饱/芳	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ /‰
			饱和烃	芳烃	非烃	沥青质		
YH8-1	1239.3~1267.5	阿尔善组	85.96	8.79	5.00	0.26	9.78	-26.9
YH5-1	1699.6~1703.6	腾格尔组	40.19	25.99	22.3	11.52	1.55	

4 讨论

长期以来, 天山-兴蒙构造带受“石炭纪-二叠纪碰撞造山”与“石炭系-二叠系遭受多期次区域变质作用”认识的影响^[12-14], 石炭系-二叠系一直作为中生代沉积盆地的基底, 几乎成为油气勘探的禁区, 二连盆地也不例外。

近 10 年来, 天山-兴蒙构造带西段的准噶尔、三塘湖、银额等盆地石炭系-二叠系不断取得油气的发现与突破^[3]。与天山-兴蒙构造带西段具有类似构造背景、沉积演化、构造改造特征的二连盆地的石炭系-二叠系油气地质条件与资源前景备受关注。同时, 二连盆地相继发现了赛罕塔拉等多个石炭系-二叠系古潜山油田^[4-6], 但一直未有与石炭系-二叠系烃源岩有关的油气赋存信息。

虽然马尼特坳陷伊和勘查区揭示二叠系有限, 而且资料不系统, 但二叠系钻井油气显示活跃, YH3 井二叠系获得低产气流, 这是二连盆地获得的第一口天然气流(非浅层生物成因)钻井, 指示了二连盆地二叠系天然气的赋存。YH8-1 井所产原油的物性及地球化学特征指示, 干酪根类型为以低等水生生物为主、具有高演化程度的轻质原油, 与中生界烃源岩无关。虽然目前资料有限, 无法进行系统、可靠的油源对比, 但区内中二叠统哲斯组下段发育浅海相暗色泥岩为潜在的烃源岩, 且 YH8-1 井所产原油物性及地球化学特征与银额盆地二叠系原油具有极大的相似性^[15-16], 在排除中生界油源之后, 有理由认为其油源为二叠系哲斯组。

有学者对二连盆地石炭系-二叠系烃源岩研究认为, 二叠系中、上统发育多套烃源岩, 具有厚度大、有机质丰度中等-高、母质类型以低等水生生物为主(Ⅰ~Ⅱ₁型干酪根)的特征^[7-8]。马尼特坳陷伊和勘查区二叠系广泛的油气显示及 YH3 井获低产天然气流、YH8-1 井原油特征亦指示可能源于二叠

系,指示石炭系—二叠系良好的油气资源前景,对于探索二连盆地深层油气地质条件与资源前景具有重要的意义。

5 结 论

二连盆地马尼特坳陷伊和勘查区揭示二叠系的钻井气测烃类异常活跃,YH3井二叠系获低产天然气流;YH8-1井区白垩系所产原油的物性、地球化学特征指示与中生界烃源岩无关,应源于二叠系。指示了石炭系—二叠系良好的油气资源前景与油气的赋存,是区内油气勘探不应忽视的目标层。

致谢:陕西地之光石油科技有限公司提供了相关的原始资料与分析测试数据,原油物性与地球化学分析由中国石油大学(北京)陈践发教授提供,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]费宝生. 二连盆地构造演化特征及其与油气关系[J]. 大地构造与成矿, 1985, 30(2): 121-131.
- [2]马新华,肖安成. 内蒙古二连盆地的构造气反转历程[J]. 西南石油学院学报, 2000, 22(2): 1-5.
- [3]卢进才,牛亚卓. 中国北方石炭系—二叠系油气地质调查与勘探进展[J]. 地质通报, 2018, 37(1): 7-15.
- [4]赵贤正,金凤鸣,赵志刚,等. 二连盆地基底石炭系碳酸盐岩油藏的发现及地质特征[J]. 海相油气地质, 2008, 13(4): 12-18.
- [5]陈亚青,樊太亮,赵志刚,等. 二连盆地赛51井上古生界碳酸盐岩潜山油藏的发现与启示[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(3): 209-215.
- [6]李浩,高先志,杨德相,等. 内蒙古二连盆地凝灰岩潜山多期风化壳形成及油气成藏油藏的发现与启示效应[J]. 高校地质学报, 2014, 20(1): 114-121.
- [7]李海华,邱岐,张彦霞,等. 二连盆地石炭—二叠系烃源岩有机地球化学特及生烃潜力[J]. 海相油气地质, 2010, 15(4): 23-29.
- [8]韩春元,金凤鸣,王静,等. 二连盆地上古生界油气勘探前景[J]. 地质通报, 2011, 30(2/3): 243-249.
- [9]陈炳华. 二连盆地马尼特坳陷构造特征与油气富集带预测[J]. 石油天然气地质, 1985, 6(3): 335-340.
- [10]孙志华,洪月英,吴奇之,等. 二连盆地阿南凹陷气藏地震特征[J]. 天然气工业, 2001, 21(3): 26-29.
- [12]Xiao W J, Mao Q G, Windley B F, et al. Paleozoic multiple accretionary and collisional processes of the Beishan orogenic collage[J]. American Journal of Science, 2010, 310(10): 1553-1594.
- [13]Xiao W J, Windley B F, Sun S, et al. A tale of amalgamation of three Permo-Triassic collage systems in Central Asia: oroclines, sutures, and terminal accretion[J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2015, 43: 477-507.
- [14]耿元生,沈其韩,杜利林,等. 区域变质作用与中国大陆地壳的形成与演化[J]. 岩石学报, 2016, 32(9): 2579-2608.
- [15]魏仙样,卢进才,魏建设. 内蒙古银额盆地西部路井凹陷油气地球化学特征与油源对比[J]. 地质通报, 2013, 32(10): 1665-1672.
- [16]卢进才,魏仙样,魏建设,等. 银额盆地哈日凹陷Y井油气地球化学特征与油气源对比[J]. 地质通报, 2018, 37(1): 100-106.
- ①梁生正,杨高印,王四成. 二连盆地伊和断陷石油地质综合研究. 西安地质调查中心, 2015.