

蒙南盆地群石油地质条件评价

鄂俊杰¹, 卓胜广², 刘蕴华¹, 刘建¹

(1. 中国石油冀东油田, 河北唐山 063004; 2. 大庆石油学院秦皇岛分院, 河北秦皇岛 066000)

摘要: 蒙南盆地群位于内蒙古中西部, 由大小不等的 10 多个盆地组成。与油气有关的沉积地层主要是侏罗系和白垩系。经野外露头剖面和钻井岩性分析, 下、中侏罗统五当沟组、厂汉沟组和下白垩统固阳组发育深湖-半深湖相泥(页)岩、碳质泥岩和泥灰岩, 是区内主要的烃源岩。烃源岩已进入成熟阶段, 处于生油高峰期。侏罗系白垩系发育多套扇三角洲、分流河道以及三角洲前缘砂体, 是较好的储集砂体。其中, 侏罗系储集砂体的孔渗条件较差, 白垩系砂体的孔渗条件较好。从整体上看, 侏罗-白垩系不仅具有下生、中储、上盖的组合型式, 而且各层序亦具有自生、自储、自盖的组合型式。综合分析后, 认为武川、桑根达来盆地勘探最有利地区, 三道沟、旗下营、乌兰花、固阳等盆地居次。

关键词: 蒙南盆地群; 地质条件; 生储盖条件; 综合评价

第一作者简介: 鄂俊杰, 男, 34 岁, 工程师, 石油地质

中图分类号: P618.130.2⁺ 1 **文献标识码:** A

蒙南盆地群位于内蒙古中西部地区, 由一系列大小不等的新生代盆地组成, 从西到东分别为桑根达来、海流图、百灵庙、坤兑滩、固阳、石拐、武川、三道沟及旗下营等盆地。蒙南盆地群为油气勘探新区, 勘探程度很低。本文主要依据地面地质调查, 盆缘剖面的测量测试资料, 对蒙南盆地群的油气地质条件进行初步分析和评价。

1 沉积特征

蒙南盆地群中, 与油气有关的沉积地层主要为侏罗系和白垩系^[1]。早中侏罗世发育湖相、扇三角洲相、河流相沉积, 局部为冲积扇沉积, 晚侏罗世以冲洪积相建造为特点; 早白垩世早期继承了晚侏罗世的沉积, 仍以冲洪积相沉积为主, 到中晚期开始发育湖泊相和河流相, 末期局部地区接受火山岩和次火山岩相沉积, 晚白垩世为盆地的填充补齐沉积, 主要为湖泛和河泛沉积。

1.1 侏罗系

侏罗系分为下统五当沟组(J_{1w})、中统厂汉沟组(J_{2c})、上统大青山组(J_{3d})。下统五当沟组和中统厂汉沟组统称石拐群(J_{1-2sh}), 主要分布于石拐盆地、武川盆地南缘、三道沟盆地北缘、固阳盆地营

盘弯-小余太、海流图盆地温根一带; 上侏罗统大青山组主要出露在包头市石拐矿区以东的土默特右旗、土默特左旗、武川县以南, 呼和浩特以北及卓资县等地的大青山地区。

五当沟组总体为扇三角洲-湖泊相, 以富深湖相-半深湖相泥岩沉积和含煤沉积为特点。下部为厚层泥岩和厚层砂砾岩互层, 中部为厚层砂岩、砂砾岩、薄层粉砂岩、碳质粉砂岩、碳质页岩夹煤层, 上部为中厚层砂岩、暗色泥岩夹煤层。该组沉积横向相变较大, 厚约 1 700 m。

厂汉沟组主要出露于石拐盆地, 为深湖-半深湖相沉积, 主要发育深湖相泥页岩、泥灰岩、泥晶灰岩和半深湖-深湖环境下的远源浊积扇砂体沉积, 累积厚度大于 700 m; 在固阳盆地营盘弯一带厂汉沟组为冲积扇扇根和扇中粗碎屑沉积, 沉积厚度逾千米。

大青山组主要分布在石拐盆地盆缘及其以东地区, 沿大青山隆起呈 EW 向带状分布, 直至武川盆地东南缘以及卓资县等地。岩性为巨厚层紫红、紫灰、灰绿色相间的陆相碎屑岩, 在不同的地区出露厚度差异较大, 土默特左旗万家沟一带沉积厚度 3 000 余米, 武川盆地南缘大海流剖面出露厚度为 1 384 m。

1.2 白垩系

白垩系分为 4 个组, 其中下白垩统分为 3 个

组,从下到上分别为李三沟组(K_1l)、固阳组(K_1g)、白女羊盘组(K_1b),上白垩统为二连组(K_2e),区内以发育下白垩统为主,在盆地边缘露头及水文钻孔中均见较厚沉积。

李三沟组出露于固阳盆地、武川盆地南缘及大青山隆起的南北两侧,为盆缘山前冲积-河流相沉积,下部以紫红、紫灰、红色、灰白等杂色中细砾岩为主,偶夹粗砾岩;中部为灰绿、灰紫色砂质泥岩夹砂砾岩;上部以灰绿、灰白色砾岩、砂岩、砂质泥岩为主夹泥岩,局部夹煤线或薄煤层,含丰富的动植物化石,厚度270~1500 m,多不整合于侏罗系或前寒武系变质岩之上。

固阳组为一套深湖环境下的沉积组合,大套的厚层黑色泥岩、油页岩夹水下扇砂体是本组合的典型特征。该组在固阳、武川、白云-百灵庙、三道沟及旗下营等盆地均有较厚的出露,厚度变化于450~2600 m之间。固阳昔连脑包剖面深湖相沉积段的厚度大于400 m,其中黑色泥页岩超过200 m,最大单层厚度近30 m,剖面中发育丰富的动植物化石^[2]。

白女羊盘组曾被划为上侏罗统,位于大青山组之上^[3,4],后被划为下白垩统,位于固阳组之上^[5];白女羊盘组的分布受基底断裂控制,东起四子王旗的腔向腾旦,西至乌拉特中旗的白女羊盘、书记沟等地,各地岩性、厚度变化较大。岩性从下至上为玄武岩夹砂砾岩、安山岩、流纹岩夹泥灰岩等。

二连组分布面积较广,但厚度不大,主要为一套干旱环境下的湖泛、河泛沉积。

2 生储盖条件

2.1 烃源岩

蒙南盆地群烃源岩主要发育在中下侏罗统五当沟组、厂汉沟组和下白垩统固阳组,岩石类型为黑色、黑灰色泥(页)岩、含粉砂质泥(页)岩、碳质页岩、高碳泥岩及泥灰岩等。

五当沟组在石拐盆地河滩沟剖面出露较全,沉积厚度约1700 m,其中,暗色泥页岩累计厚度大于400 m,占该组总厚度的24%。从石拐盆地石地1井统计结果看,井中生油岩累计厚度500余米,明显大于剖面露头的累计厚度。五当沟组烃源岩有机碳含量为2.95%~5.79%,氯仿沥青“A”含量0.13%~0.503%,总烃含量为 581×10^{-6} ~ 2611×10^{-6} ,按中国陆相生油岩有机质丰度评价标

准^[6,7],参考吐哈盆地油气生成的有关标准^[8],五当沟组生油岩为好-较好生油岩类;干酪根元素分析表明有机质类型主要显示为III型,其次为II型。镜质体反射率在0.68%~0.85%,最高热解峰温(T_{max})达454℃,表明该组烃源岩热演化进入成熟阶段。

厂汉沟组沉积时,是整个蒙南地区湖侵范围最大的时期,区内发育丰厚的湖相泥岩、泥灰岩、泥晶灰岩等。依据沉积相带特征和生油岩岩性特点把厂汉沟组分为两段,厂汉沟组一段生油岩主要发育湖相泥页岩夹泥灰岩,累计厚度40~80 m,厂汉沟组二段主要发育厚层泥灰岩、微晶灰岩,累计厚度477.8 m。由于烃源岩类型不同,两段烃源岩的地球化学特征差别较大,厂汉沟组一段有机质丰度较高,有机碳含量为0.91%~8.62%,平均为4.6%,氯仿沥青“A”平均含量为0.496%,总烃含量为 708×10^{-6} ,评价为好生油岩。干酪根元素分析显示有机质类型为III型和II型。镜质体反射率为0.7%,最高热解峰温443℃,表明热演化进入成熟阶段,并处于生油高峰期。厂汉沟组二段生油岩主要为泥灰岩、微晶灰岩。有机碳平均值为0.38%,生油潜量平均值为0.07 mg/g,氯仿沥青“A”平均值为0.03%。依据我国已具有一定生油能力的碳酸盐岩分析结果^[9],指示为非生油岩或差生油岩。

固阳组在固阳盆地昔连脑包剖面上发育14层生油岩,最大单层厚度为24 m,累计厚度大于173 m,占整个剖面厚度的50%以上。固阳组除在固阳盆地分布外,旗下营、三道沟、集宁等盆地也有较厚的沉积。以固阳盆地昔连脑包剖面地表样为例,有机碳含量平均为1.99%,氯仿沥青“A”含量为0.027%~0.329%,平均0.101%,总烃含量 470×10^{-6} ,生油岩评价为好生油岩。干酪根元素分析有机质类型为III型。镜质体反射率0.75%,热解最高峰温为435℃,表明有机质热演化进入成熟阶段。

2.2 储集层

受沉积环境的影响,蒙南盆地群侏罗、白垩系储集砂体比较发育。其中,五当沟组一段发育厚层、巨厚层扇三角洲水下河道砂体和水下扇砂体,一般单层厚度2~10 m,累计厚度>300 m;二段发育多旋回厚层扇三角洲水上分流河道砂体,单层厚度0.5~5 m,累积厚度大于600 m;三段发育三角洲前缘砂体、滨岸砂体,单层厚度0.5~2 m,累积

厚度大于 200 m。下白垩统固阳组发育三角洲砂体、水下扇砂体, 累计厚度大于 200 m。此外, 上侏罗统大青山组、下白垩统李三沟组冲积扇砂体虽远距生油层, 但也有一定的储集意义。

成岩作用阶段的有关划分^[10], 侏罗系各层段沉积处于晚成岩 A 亚期和 B 亚期, 下白垩统各段沉积体处于早成岩 B 亚期和晚成岩 A 亚期。地表采集的样品由于受到表生风化作用, 其储集物性受到极大的影响。五当沟组一段沉积砂岩孔隙度一般在 2.6%~14%, 渗透率在 $0.3 \times 10^{-3} \sim 8.12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 五当沟组二段沉积砂岩孔隙度一般在 6.3%~14.7%, 渗透率在 $0.1 \times 10^{-3} \sim 10.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。五当沟组三段沉积砂岩孔隙度一般在 6.5%~10%, 渗透率在 $0.03 \times 10^{-3} \sim 29.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 白垩系固阳组砂岩孔隙度一般在 12%~20%, 渗透率在 $1.0 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 由此表明侏罗系的储集砂体为低孔低渗, 而白垩系的储集砂体则较好。

2.3 生储盖组合

从剖面沉积组合分析, 蒙南盆地群侏罗-白垩系的生储盖组合配置上具有下生、中储、上盖组合

型式, 各层序还分别具备自生、自储、自盖的组合特点。

五当沟组下部发育的深湖-半深湖相厚层泥岩是盆地下部重要的生油层系, 中部发育扇三角洲河道厚层砂体是下部生油层系的理想储层, 上部既发育深湖-半深湖相泥岩又发育滨浅湖砂体, 有生有储。

厂汉沟组广泛发育的深湖泥岩及泥灰岩, 除了是理想生油层系外, 也是下部生储层系的理想盖层。

固阳组深湖相泥岩是上部层位的生油层又是下部层位的盖层, 对于保存完整的盆地或生油凹陷, 下部侏罗系做生油层和储油层, 上部白垩系做盖层, 这将是理想、最有可能的生储盖组合。总之, 蒙南盆地群具有多套生储盖的叠置特点。

3 综合评价

基于目前的勘探程度(表 1), 利用沥青“A”和有机碳法计算资源量, 蒙南盆地群累计资源量大于 $2 \times 10^8 \text{ t}$, 表明蒙南盆地群具备较好油气勘探前景。

依据中国石油天然气集团公司有关盆地的评

表 1 蒙南盆地群综合评价基础数据表

Table 1 Basic data of synthetic assessment in Mengnan basin group

盆地名称	盆地面积 / km ²	凹陷面积 / km ²	基底埋深 / m	烃源岩有效厚度 / m	区域盖层厚度 / m	资源量 / 10 ⁸ t	储层时代	油气显示	勘探程度	地面条件
桑根达来	> 3 000	3 000	3 600	600	1 500	0.920	K ₁	无显示	地震	好
海流图	1 580	790	2 000	100	500	0.093 2~0.096 6	K ₁ +J	无显示	重磁电	好
固阳	3 155	1 740	3 000	200	1 000	0.110 3~0.114 3	K ₁ +J	无显示	重磁电	较好
石拐	660	660	3 000	250	500	0.135 9~0.140 9	J	油藏	钻井	较差
武川	2 920	1 880	3 500	> 500	1 500	0.427 8~0.504 0	K ₁ +J	无显示	地震	好
百灵庙	2 160	710	2 000	< 100	300	0.08	J	无显示	重磁电	较好
坤兑滩	1 320	580	3 000	< 100	300	0.09	J	无显示	重磁电	较好
乌兰花	1 950	1 350	2 500	100	1 000	0.104 8~0.108 7	K ₁ +J	无显示	重磁电	较好
三道沟	3 000	1 432	3 000	> 200	1 000	0.111 2~0.115 3	K ₁ +J	无显示	地震	较好
旗下营	3 000	1 620	2 600	> 200	1 000	0.102	K ₁ +J	无显示	重磁电	较好

价方法与标准^[11], 针对我国陆相盆地(凹陷)的石油地质特点, 从地质、地面和经济技术条件等众多

因素中, 选择有效指标(共 11 项), 对盆地(凹陷)进行定量计分, 并将各项指标的得分值相乘, 从而得

表 2 蒙南盆地群综合评价分级标准

Table 2 Classification criteria of synthetic assessment in Mengnan basin group

分级	分值	盆地面积 / km ²	凹陷面积 / km ²	基底最大埋深 / m	烃源岩有效厚度 / m	区域盖层厚度 / m	资源量 / 10 ⁸ t	目的层时代	油气显示	勘探程度	地面条件
一级	1.00~0.75	> 1 000	> 1 000	> 3 000	> 500	> 500	> 0.5	K ₁ +J	获工业油气流	地震钻井	好
二级	0.75~0.5	1 000~500	1 000~500	3 000~2 000	500~300	> 500	0.25~0.5	K ₁	获低产油气流	地震	较好
三级	0.50~0.25	500~200	500~200	2 000~1 000	300~100	300~100	0.1~0.25	J	油藏油砂	非地震	差
四级	0.25 以下	< 200	< 200	< 1 000	< 100	< 100	< 0.1	J ₁	无显示	未勘探	差

到盆地(凹陷)的评价排队系数值。这 11 项指标是: 凹陷面积、沉积岩厚度、烃源岩有效厚度、储层厚度/地层厚度、区域盖层厚度、圈闭面积/盆地面积、资源量、勘探深度、勘探程度、含油气情况、地面条件, 其中, 前 7 项为独立指标。指标取值均在 0~1 之间, 并划分为 4 个级别计分, 一级为 1~0.75

积、资源量、勘探深度、勘探程度、含油气情况、地面条件, 其中, 前 7 项为独立指标。指标取值均在 0~1 之间, 并划分为 4 个级别计分, 一级为 1~0.75

分, 二级为 0.75~0.5 分, 三级为 0.5~0.25 分, 四级为 0.25~0 分, 赋值标准见表 2。盆地(凹陷)评价优选的排队次序取决于它的评价系数大小, 根据排队系数的大小, 将盆地(凹陷)分成 I, II, III, IV

类。

把每一个盆地的 10 项基础数据所对应的分值列于表中, 并对每项进行乘积, 按评价系数多少进行评价分类(表 3)。从表中可知, 蒙南盆地群中最

表 3 蒙南盆地群综合评价排序分类表

Table 3 Seriating classification of synthetic assessment in Mengnan Basin group

盆地	盆地面积	凹陷面积	基底最大埋深	烃源岩有效厚度	区域盖层厚度	资源量	目的层时代	油气显示	勘探程度	地面条件	评价系数	排队序号	评价类别
武川	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.25	0.75	1.0	187.5×10^{-3}	1	I
桑根达来	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.75	0.25	0.75	1.0	140.625×10^{-3}	2	I
三道沟	1.0	1.0	0.75	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25	0.75	1.0	35.156×10^{-3}	3	II
旗下营	1.0	1.0	0.75	0.5	1.0	0.75	1.0	0.25	0.5	0.75	26.367×10^{-3}	4	II
乌兰花	1.0	1.0	0.75	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25	0.5	0.75	17.58×10^{-3}	5	II
固阳	1.0	1.0	0.75	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25	0.5	0.75	17.58×10^{-3}	6	II
石拐	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5	0.75	0.5	7.42×10^{-3}	7	II
海流图	1.0	0.75	0.75	0.5	0.75	0.25	0.5	0.25	0.5	1.0	3.3×10^{-3}	8	II
百灵庙	1.0	0.75	0.75	0.25	0.75	0.25	0.5	0.25	0.5	0.75	0.82×10^{-3}	9	III
坤兑滩	1.0	0.75	0.75	0.25	0.75	0.25	0.5	0.25	0.5	0.75	0.82×10^{-3}	10	III

有利的油气勘探盆地是武川、桑根达来盆地; 其次是一道沟、旗下营、乌兰花、固阳盆地; 石拐、海流图盆地也有一定的勘探意义; 百灵庙、坤兑滩盆地勘探条件较差。

参 考 文 献

- 王思恩. 中国侏罗系(中国地层 11)[M]. 北京: 地质出版社, 1985
- 内蒙古自治区地质局. 内蒙固阳含煤盆地中生代地层古生物[M]. 北京: 地质出版社, 1982. 4~13
- 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991. 9~209, 577~630
- 内蒙古自治区区域地层表编写组. 华北地区区域地层表(内蒙古自治区分册)[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 35~46

- 李文国. 内蒙岩石地层单位[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995. 25~27
- 黄第藩. 中国陆相油气生成[M]. 北京: 石油工业出版社, 1982. 101~230
- 黄第藩. 陆相油气生成理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 78~120
- 程克明. 吐哈盆地煤成油研究[J]. 中国科学(B辑), 1994, 24(11): 23
- 中国科学院地球化学研究所. 有机地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 244~251
- 裘泽南, 薛叔浩. 油气储层评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 59~64
- 丁贵明, 张一伟, 吕鸣岗, 等. 油气勘探工程[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 77~99

ASSESSMENT ON GEOLOGICAL CONDITION OF PETROLUM IN MENGAN BASIN GROUP

E Junjie¹ Zhuo Shengguang² Liu Yunhua¹ Liu Jian¹

(1. Jidong Oilfield Company of China Petroleum, Tangshan, Hebei;

2. Qinhuangdao Branch of Daqing Petroleum Institute, Qinhuangdao, Hebei)

Abstract: Mengnan basin group is situated in the midwest of Inner Mongolia. The group consists of more than 10 Mesozoic basins. The main source rocks are Wudanggou and Changhangou Formations of Middle-Lower Jurassic, the Lower Cretaceous Guyang Formation. The sediments are mudstone, shale, carbonaceous mudstone and marl of deep and semi-deep lake facies. The source rocks are matured and in the peak stage of oil generation. Multi-set of far delta, distributary channel and delta-front sand bodies of Jurassic and Cretaceous are favorable reservoirs. On the whole, the Jurassic-Cretaceous Systems possess not only the combination of oilsource rocks in the lower part, reservoirs in the middle part and cap rocks in the upper part, but also the combination of self-generation, self-reservoiring and self-coverage. It is considered that Wuchuan and Sanggendalai Basins are most favourable for oil exploration; Sandaogou, Qixiaying, Wulanhua and Guyang Basins are secondary.

Key Words: Mengnan basin group; geological condition; source-reservoir-cap rock condition; synthetic assessment