

文章编号: 1001-6112(1999)03-0246-05

松辽盆地十屋-德惠地区天然气资源评价

龙胜祥

(中国新星石油公司规划研究院, 北京 100083)

摘要: 松辽盆地十屋-德惠地区具有良好的天然气成藏地质条件, 是我国天然气勘探开发重点区块之一。笔者在该区划分出泉头组构造型勘探层和登娄库组构造型勘探层, 并应用 FASPUM 对该二勘探层进行了天然气资源评价, 结果证实该区泉头组-登娄库组油气资源十分丰富, 勘探前景极为广阔。

关键词: 勘探层; 勘探目标; 天然气; 可采资源量; 十屋-德惠地区; 松辽盆地

中图分类号: TE155:P618.13

文献标识码: A

松辽盆地十屋-德惠地区源岩演化程度高, 现今油气资源量中天然气占绝大多数, 勘探亦发现主要为气田, 如小五家子油气田就以产气为主, 有关部门将其作为我国天然气勘探开发重点区块之一。本文在天然气成藏地质条件分析基础上, 运用勘探层法对该区天然气资源进行了评价。

1 天然气成藏地质条件

本区经历了前裂谷阶段(火石岭期)、裂谷阶段(沙河子期-登娄库期)、坳陷阶段(泉头期-嫩江期)、构造反转阶段(嫩江期末-明水期)和新生代发展阶段, 形成深部断陷层序、浅部坳陷层序的二元结构。在此演化史控制下, 形成了独特的油气地质条件。

1.1 源岩发育, 演化程度高, 生气量大

该区业已成熟的源岩主要发育于深部沙河子组和营城组, 局部发育于火石岭组上部及登娄库组, 源岩为暗色泥页岩及煤层, 展布于断陷较深水部位, 厚度一般小于 100m, 但在断陷深凹区大于 100m, 其中十屋断陷区最厚, 逾 2400m。根据 9 口井样品数据统计, 各井有机碳平均含量在 0.30% ~ 3.89% 之间, 沥青“A”平均含量为 $(56 \sim 2266) \times 10^{-6}$, 总烃 $(47 \sim$

$1925) \times 10^{-6}$, 有机质类型以 A 型和 B 型为主, 断陷深凹区存在 A 型乃至 B 型。源岩有机质现今分别进入过熟及干气阶段, 生气强度(图 1)一般大于 $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 其中十屋断陷深凹区最大达 $350 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上, 德惠断陷中部生气强度达 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 证实该区生气量大, 成藏物质基础雄厚。

1.2 储盖组合良好

本区主要勘探目的层为泉头组和登娄库组, 其储层岩性为砂岩。其中泉头组砂岩全区分布。横向稳定, 最薄区位于二断陷间隆起区, 一般厚度 < 200m, 向二断陷区缓慢加厚, 十屋断陷一般厚 300 ~ 700m, 最厚区在断陷南部犁树附近, 厚度 > 700m; 德惠断陷一般 200 ~ 500m, 最厚区在九台以西, 厚度 > 500m(图 2)。砂岩分选中等, 胶结类型为孔隙式-基底式, 孔隙度一般 > 10%, 渗透率一般 $(0.01 \sim 400) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属常规储层。登娄库组是断陷期沉积, 仅存于十层断陷, 在断块差异升降形成的高断块物源区控制下, 断坡带及其附近砂岩厚度一般在 400 ~ 1000m, 而缓坡区为 0 ~ 400m(图 3), 主要为岩屑长石砂岩、长石砂岩。砂岩为泥质胶结, 胶结类型为基底-孔隙式, 孔隙度 7% ~ 12%, 渗透率 $(0.08 \sim 1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属常规-致密储层。

收稿日期: 1998-07-2; 修订日期: 1999-05-25

基金项目: “八五”国家重点科技攻关项目(85-102-01-05-04)。

作者简介: 龙胜祥(1959-), 男(汉族), 四川富顺人, 博士、高级工程师, 从事盆地分析与资源评价、油藏描述等研究。

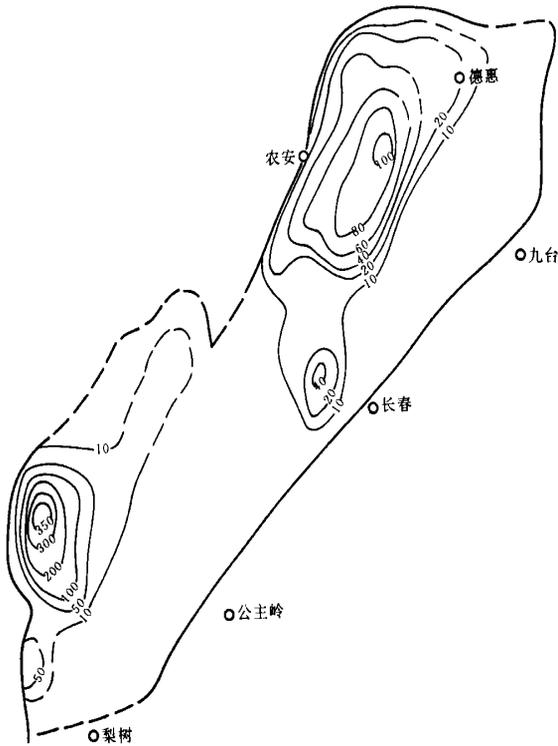


图1 深度源岩排气强度图

(据刘伯士¹, 1994; 赵庆吉^④, 1995, 修改)

Fig.1 The intensity of gas expulsion from source rocks in the deep of basin

本区盖层极为发育, 主要盖层为青山口组一段泥岩、泉头组二段上部泥岩、泉头组四段上部泥岩、泉头组三段上部泥岩、泉头组一段上部泥岩、登娄库组顶部和沙河子组上部-营城组下部泥岩。研究认为: 青山口组一段泥岩是该区最重要盖层, 与下伏泉头组-登娄库组储层和沙河子组-营城组源岩构成一个巨大的生储盖一级组合。本区二级组合有多个, 均由各地区性盖层与下伏储层构成, 其中泉头组内各二级组合与源岩形成跨越式关系。

1.3 圈闭众多, 类型复杂

在构造样式和沉积、成岩作用控制下, 本区形成了众多圈闭。笔者从其特征和成因出发, 将本区圈闭归纳为3类9小类(表1), 其中构造圈闭特别是反转构造圈闭是最有利圈闭。

1.4 油气运移及其有利指向区

通过已知油气田和含气构造解剖可知, 本区油气成藏过程中, 断层是最为重要的油气运移通道, 深

部油气主要是通过断层向上运移至中浅处储层中形成油气藏的。

在泉头组和登娄库组储层中油气横向运移的方向受到两个层系不同流体势控制而复杂化, 但总的来看, 有利的油气运移指向区主要为断陷盆地缓坡区, 是勘探之重点靶区。另外, 断陷之断坡带、断陷间传递带亦是不可忽视的较有利区。

2 勘探层划分及参数整理

2.1 勘探层划分

勘探层(Play) 又称区带, 系指一组具有相同或相似构造发育史、沉积环境、油气源、圈闭类型等地质特征的勘探目标(包括已发现油气藏)^[1-3]。本区存在多个不同类型(如构造型、岩性型、地层型)的勘探层。其中占主导地位的是泉头组构造型勘探层和登娄库组构造型勘探层。所谓构造型勘探层系指在登娄库期末、嫩江期末构造运动中, 在挤压应力作用下构造反转或直接挤压形成的构造, 其圈闭可以是背斜、断背斜、断块、断鼻型圈闭及构造与岩性复合型圈闭, 但不包括岩性圈闭和地层圈闭。通过分析, 可确定二勘探层的展布范围: 垂向上为整个组的厚度, 横向上为各组在本区内的分布区(登娄库组构造型勘探层即局限于十屋断陷内, 见图2、3)。

2.2 参数整理

本文使用美国地质调查所研制的FASPUM(石油快速评价系统)公用版进行勘探层评价, 其所需参数及取值方法简述如下^[2]:

2.2.1 勘探层特征

勘探层特征是指将勘探层作为一整体所具备的宏观区域性特征。包括: ① 烃源岩(S), 即有效烃源岩存在概率; ② 时间配置(T), 指圈闭形成时间与油气运移时间相互配置合适的概率; ③ 运移(M), 表征油气作大规模有效运移的概率; ④ 潜在储集相(R), 表示有一定孔渗条件、能够储存油气并可开采油气的岩层的存在概率。此4因素基本上是独立的, 它们的联合概率即表征勘探层中油气藏存在的可能性, 或称勘探层边缘概率(MP)。二勘探层均为已找到油气藏, 故边缘概率(MP)及4个特征的概率均为1。

¹ 刘伯士. 松辽盆地南部天然气资源评价及大中型气田勘探方向研究. 地质矿产部石油地质综合大队. 内部资料, 1994.

^④ 赵庆吉. 松辽盆地东南部浅层天然气成藏规律及勘探评价. 地质矿产部吉林石油普查勘探指挥部. 内部资料, 1995.

2.2.2 勘探目标特征

勘探目标特征是指在统计意义下任一勘探目标的地质特征,概括为圈闭机理(TM)、有效孔隙度(P)、油气聚集(A)3个。

(1) 圈闭机理(TM):指任一勘探目标是有效圈闭的概率。从勘探和评价角度看,只有具有一定规模的圈闭才是有效圈闭。美国地调所把所有圈闭面积下限定在 2.4km^2 ,赵庆吉等(1995)不评价面积在

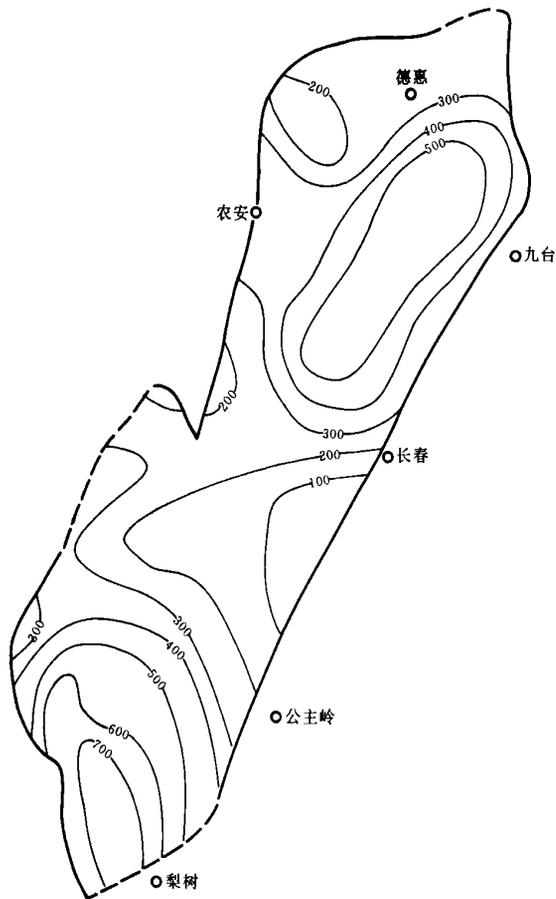


图 2 泉头组砂岩厚度图

Fig.1 The distribution of sandstone in Quantuo Formation

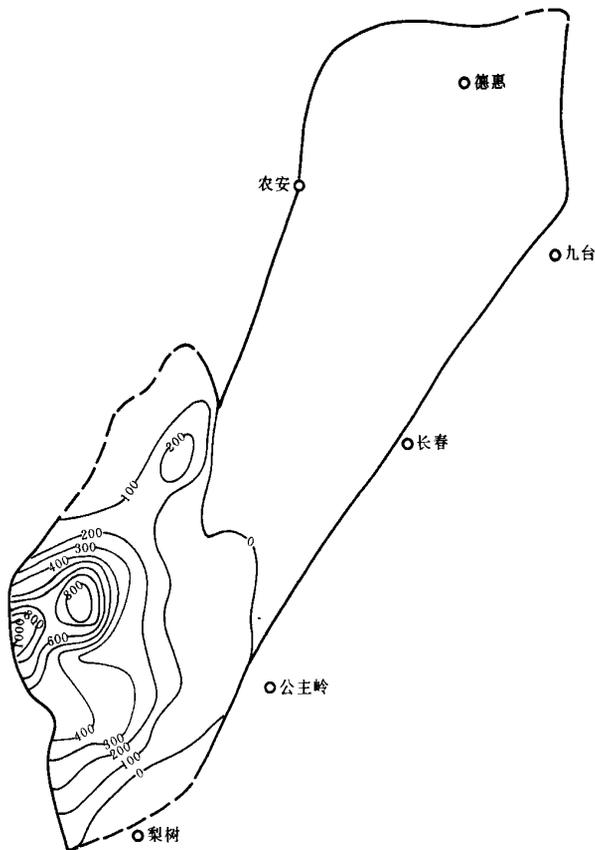


图 3 登娄库组砂岩厚度图

Fig.3 The distribution of sandstone in Dengluku Formation

表 1 圈闭类型表

Table 1 Division of trap types

类 型	成 因	形 态 特 征	
构造圈闭	反转构造圈闭	反转作用	背斜、断背斜、断鼻
	挤压构造圈闭	挤压作用	背斜、断背斜、断鼻
	同生构造圈闭	披覆、逆牵引、差异压实	短轴背斜、断块、鼻状构造
	横向构造圈闭	断层断距横向变化	断鼻为主、断背斜次之
	断块圈闭	拉张断块作用	断块
非构造圈闭	地层圈闭	风化剥蚀与沉积作用	潜山、地层超覆
	岩性圈闭	沉积作用	砂岩透镜体、上倾尖灭
	成岩圈闭	差异成岩后生作用	储集体
复合型圈闭	构造、沉积联合作用	构造+岩性复合体	

2.0km²以下的圈闭,本文亦将圈闭面积下限定在2.0km²。根据统计,19个泉头组圈闭中有17个的圈闭面积 > 2.0km²。12个登娄库组圈闭中有8个的圈闭面积 > 2.0km²。本区构造圈闭类型为背斜、断背斜、断鼻和断块,从已有钻探证实,本区普遍具遮挡作用,但可能有个别断裂因两盘砂岩非屋脊状对置而起不到遮挡作用,故将泉头组勘探层和登娄库组勘探层圈闭机理概率分别定为0.85和0.60。

(2) 有效孔隙度(P):指储层具有有效孔隙度的概率。若有效孔隙度下限定在3.0%,则二勘探层有效孔隙度存在概率均为1.0。

(3) 油气聚集(A):表示烃源岩、匹配时间和运移之间的组合关系有利于油气聚集形成的概率。从目前钻探情况看,已钻探8个泉头组有效圈闭中,5个为油气藏,2个油气显示,1个干井;已钻探5个登娄库组有效圈闭中,2个为油藏,2个为油气显示,1个干井,考虑到钻探测试工艺本身有一定风险,故将泉头组勘探层和登娄库组勘探层的油气聚集率分别定为0.8和0.7。

将以上3项概率相乘,即得泉头组勘探层和登娄库组勘探层油气条件概率为0.68和0.42。

2.2.3 储层参数

(1) 储层岩性:均为砂岩

(2) 烃类型:指油藏(包括溶解气)和气藏各占的比例。由于断陷斜坡区源岩有机质以 A 型和 B 型为主,深凹区可能以 B 型为主甚至有 C 型,但演化达高-过熟阶段,故气源占主导地位,油气藏类型以气藏为主。勘探证实,除小五家子、农安二构造泉头组中有油藏外,其余均为气藏。因此,估计泉头组勘探层和登娄库组勘探层的烃类型分别为:油藏 0.2、0.05,气藏 0.8、0.95。

2.2.4 油气体积参数

油气体积参数共包括圈闭面积、储层厚度或圈闭高度、有效孔隙度、圈闭埋深度、含油气饱和度6项,本次以大量实测数据、图件资料为基础统计各参数概率分布,个别参数(即圈闭充填率)加以类比推导而得。

2.2.5 可钻勘探目标数

可钻勘探目标是规模不小于2km²的局部构造。在现今勘探程度下,只能用概率分布来估计勘探目标数可能变化范围。100%概率下勘探目标数为现

今勘探落实的构造数:泉头组勘探层19个、登娄库组勘探层13个。0%概率下勘探目标数系据勘探目标最发育区(即后五家子-葛家屯一带)的密度推断的:泉头组勘探层50个,登娄库组勘探层25个。其余值按正态分布内插。

2.2.6 附加数据

(1) 储层压力(P_e) 根据肖海燕等(1994)统计数据 and 划分意见¹,用三带线性函数拟合储层压力(P_e)与深度(D)关系:0~125m为正常压力带,拟合公式 $P_e = 0.10058D + 1.013$;1250~1500m为压力过渡带,公式为 $P_e = 0.0947D + 126.738$;1500m以下为低压力带,公式为 $P_e = 0.07567D + 150.4055$ 。

(2) 储层温度(T) 根据钻井资料,用线性函数拟合储层温度(T)与深度(D)的关系: $T = 0.033D + 285$ 。

(3) 气油比(R_e) 本区主要为气藏,缺乏气油比数据,故将此地质变量设为常量,并根据小五家子油气田数据大致推断为 $36\text{m}^3/\text{m}^3$ 。

(4) 石油体积系数(B_o) 取常量,为1.0314。

(5) 天然气压缩系数(Z) 据后五家子气田数据推出天然气压缩系数与深度关系: $Z = 0.000052D + 0.94664$

3 FASPUM 评价结果

根据上述数据,运用FASPUM进行评价,得到以下评价结果:

(1) 对于泉头组勘探层,勘探目标含油气概率为0.68,其中是油藏的概率为0.136,是气藏的概率为0.544。整个勘探层可望找到1~8个油藏和9~26个气藏,估计单个油藏的可采资源量为 $(2.39 \sim 70.61) \times 10^6\text{t}$,溶解气可采资源量 $(0.9 \sim 25.4) \times 10^8\text{m}^3$,均值 $7.9 \times 10^8\text{m}^3$;单个气藏天然气可采资源量为 $(4.6 \sim 201.0) \times 10^8\text{m}^3$,均值为 $58.7 \times 10^8\text{m}^3$ 。勘探层总的可采资源量:石油 $(10.41 \sim 241.30) \times 10^6\text{t}$,均值为 $94.16 \times 10^6\text{t}$;溶解气 $(7.0 \sim 86.9) \times 10^8\text{m}^3$,均值为 $33.9 \times 10^8\text{m}^3$;非伴生气 $(403.8 \sim 1972.1) \times 10^8\text{m}^3$,均值为 $1001.7 \times 10^8\text{m}^3$;总气 $(427.6 \sim 2021.2) \times 10^8\text{m}^3$,均值 $1035.6 \times 10^8\text{m}^3$ 。每 m^3 孔隙空间中平均可采资源密度:石油 0.091t,溶解气 3.275m^3 ,非伴生气 12.097m^3 。

¹ 肖海燕,等.松辽盆地东南部主要含气带天然气聚集规律研究.内部报告,1994.

(2) 对于登娄库组勘探层, 勘探目标含油气藏概率为 0.42, 其中是油藏的概率为 0.021, 是气藏的概率为 0.399。整个勘探层可望找到 0~2 个油藏和 3~11 个气藏。估计单个油藏的石油可采资源量为 $(0.21 \sim 11.83) \times 10^6 \text{t}$, 均值为 $3.34 \times 10^6 \text{t}$, 溶解气可采资源量 $(0.1 \sim 4.3) \times 10^8 \text{m}^3$, 均值为 $1.2 \times 10^8 \text{m}^3$; 单个气藏天然气可采资源量 $(0.9 \sim 60.7) \times 10^8 \text{m}^3$, 均值为 $16.7 \times 10^8 \text{m}^3$ 。勘探层总的可采资源量: 石油 $0 \sim 6.40 \times 10^6 \text{t}$, 均值为 $1.24 \times 10^6 \text{t}$; 溶解气 $0 \sim 2.3 \times 10^8 \text{m}^3$, 均值为 $0.4 \times 10^8 \text{m}^3$; 非伴生气 $(26.6 \sim 302.1) \times 10^8 \text{m}^3$, 均值 $117.7 \times 10^8 \text{m}^3$; 总气 $(26.9 \sim 302.6) \times 10^8 \text{m}^3$, 均值 $118.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。每 m^3 孔隙空间平均可采资源密度: 石油 0.060t、溶解气 2.157m^3 , 非伴生气 14.972m^3 。

(3) 二勘探层叠加所得合计可采资源量为: 石油 $(18.50 \sim 249.60) \times 10^6 \text{t}$, 均值 $95.40 \times 10^6 \text{t}$; 天然气

$(447.0 \sim 2318.0) \times 10^8 \text{m}^3$, 均值 $1153.7 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

根据以上计算结果, 可以得出结论: 十屋-德惠地区内泉头组-登娄库组油气资源十分丰富, 迄今只找到 6 个油气藏和含气构造, 勘探前景十分广阔, 还可望找到大量的中小型油气田。

参考文献:

- [1] Geological Survey of Canada. User Guide for the Petroleum Resources Appraisal System Software (version 1.2) [CP]. 1989
- [2] Grovelli R A and Balay R H. FASPUM Metric Version: Analytic Petroleum Resource Appraisal Microcomputer Programs for Play Analysis Using a Reservoir-engineering Model [CP]. 1988
- [3] Coustau H, Lee P J and Dupuy J. The Jurassic oil resources of the East Shetland basin, North Sea [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1998, 16(2): 177~185.

ASSESSMENT OF GAS RESOURCES IN SHIWU-DEHUI AREA OF SONGLIAO BASIN

LONG Sheng-xiang

(Institute of Petroleum Geology, CNSPC, Beijing 100083, China)

Abstract: Shiwu-Dehui area of Songliao Basin has favorable geological condition of forming gas pools, so it is one of most important areas for exploring and exploiting gas in China. Author identified the structure play of Quandou Formation and the structure play of Dengluku Formation and used FASPUM, a play assessment software, to assess gas resources of these plays. The result suggested that Quandou Formation and Dengluku Formation of the area were very rich in gas resource and had a very brilliant exploration prospect.

Key words: play; prospect; gas recovery resource; Shiwu-Dehui area; Songliao Basin