

文章编号:1001-1986(2003)06-0028-04

海拉尔盆地煤层气资源评价及潜力分析

卢双舫¹,申家年¹,王振平²,李椿¹

(1. 大庆石油学院,黑龙江 大庆 163318;2. 河北工业大学,天津 300130)

摘要:利用钻井和地震资料,评价和预测了海拉尔盆地煤层的发育和分布,结合煤层含气量参数,预测了盆地内的煤层气资源前景。结果表明,海拉尔盆地的煤层气资源量约为 $10.79 \times 10^{11} \text{ m}^3$,其中呼伦湖凹陷约为 $7.43 \times 10^{11} \text{ m}^3$,这远远超过了前人对整个东北区煤层气资源的评价。这表明,如果考虑煤层有一定埋深的含油气盆地,东北区的煤层气资源潜力还有相当大的增长空间。与美国已进行过成功煤层气勘探开发的含煤盆地对比表明,海拉尔盆地,尤其是呼伦湖凹陷的煤层气潜力值得重视。

关键词:煤层气;资源评价;海拉尔盆地

中图分类号:P618.11 文献标识码:A

1 引言

近十多年来,随着石油、煤炭、地矿系统在煤层气方面实物工作量的大规模投入及国际合作的开展,我国的煤层气评价及勘探、开发开始取得实质性的进展和突破。已有的研究成果显示,我国的煤层气资源总量在 $14.4 \times 10^{12} \sim 50 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 之间^[1~4]。其中,东北区的煤层气资源约为 $4.100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2] ~ $4.223 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[1],仅占全国的 1.6% ~ 1.8%。东北区的煤层气资源总量及所占比重均较低,可能与以下 3 方面的原因有关:一是其煤炭总量不如其他大区;二是东北区煤的煤阶较低,以褐煤为主,而过去一般认为低煤阶的煤层含气量低,不具开发价值;三是过去计算煤层气资源量时,煤炭总量主要依据煤炭部门的资料,没有考虑在许多含油气盆地中比较广泛发育的煤层。

不过,美国近期在粉河盆地低煤阶煤区的成功勘探实践表明,即使煤层含气量低,但只要煤层厚,渗透率高,仍可从中采出商业性气量^[5]。另外,东北地区还有许多正在进行油气勘探的盆地,勘探过程中揭示了相当规模的煤层发育,从而为进行更深入的煤层气资源评价提供了基础资料。同时,由于这些煤层一般比由煤炭系统的钻孔所揭示的煤层埋深大,因而煤阶高,含气量也要高一些。这表明,东北地区煤层气资源还有较大的增长空间。

海拉尔盆地是大庆外围探区目前最重要的勘探目标,钻井揭示盆地内许多断陷都有煤层发育,结合地震资料预测的煤层分布,本文对该区的煤层气资

源进行了初步评价。

2 盆地地质概况

海拉尔盆地位于我国内蒙古自治区呼伦贝尔盟西南部和蒙古国境内,我国境内面积为 44.210 km^2 。盆地中生代的构造特征,具有东西分带南北分块的面貌(图 1)。从西向东相间排列着 3 个坳陷 2 个隆起。它们又可被进一步分为 16 个次级凹陷。

盆地的沉积盖层从下往上依次为:下侏罗统的布达特群、东宫组;上侏罗统的兴安岭群;下白垩统的铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组和伊敏组;上白垩统的青元岗组及上新统的呼查山组。沉积主体是下白垩统。其中,煤层主要发育在南上段、大上段和伊敏组中。

3 煤层的发育 分布及储量

稳定发育并具有一定厚度和规模的煤层是煤层气富集的基础。就目前钻井揭示的情况来看,伊敏组煤层在盆地内发育比较普遍(至少有 26 井揭示),但在中部凹陷厚度一般不超过 14 m,西部的呼伦湖、东部的乌固诺尔和呼伦湖更为发育,厚度分别可达 58.5 m、34.5 m 和 19 m;而大上段和南上段煤层则主要发育在东部的呼伦湖、西部的呼伦湖和查干诺尔等凹陷中。其中,呼伦湖和呼伦湖凹陷不仅煤层的累积厚度大(和 1、海参 7、秃 1、海参 3 累积厚度达 100 m 左右),而且单层厚度大(海参 7、辉 1、和 1、和 2、和 3、海参 3、秃 1 井的单层最大厚度在 5 ~ 9 m 之间,而和 4 井的单层最大厚度更是高达 11.8 m(大

收稿日期:2003-05-30

基金项目:黑龙江省杰出青年基金(200003)资助

作者简介:卢双舫(1962—),男,湖北天门人,大庆石油学院教授,博士生导师,从事油气地质和油气地球化学教学和研究工作。

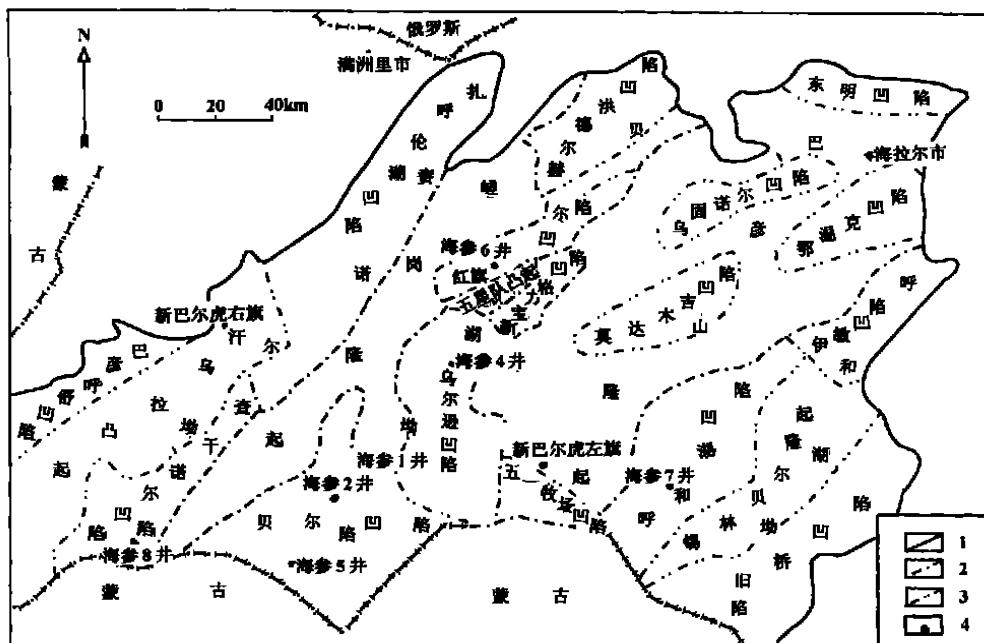


图1 海拉尔盆地构造单元划分图(据大庆油田研究院)

1——盆地边界;2——一级单元;3——二级单元;4——井位

资料的断陷)确定的煤的含气量参数见表 1。

4.2 煤层气资源量计算

上段)和 11.4 m(南上段),具备了形成规模性煤层气资源的基本条件。

伊敏组煤层的埋深大多不超过1 000 m, 镜质体反射率<0.5%, 位于褐煤阶段(表1); 大上段煤层埋深大多在1 500 m以浅, 镜质体反射率为0.35%~0.7%, 为褐煤~气煤; 南上段煤层埋深1 000~2 400 m, 镜质体反射率介于0.8%~1.5%之间, 为气煤~焦煤。可以看出, 伊敏组和绝大部分大上段煤层及部分南上段煤层在可商业性开发的深度范围内。

由于钻井揭示的煤厚不能反映其面上的分布,从层序地层学的原理出发,利用煤层的反射频率、振幅、连续性等特征,在上述井资料的约束下,预测了呼伦湖、呼伦湖、乌尔逊、贝尔等凹陷煤层的发育和分布,并进一步计算了储量(表1)。无地震资料的断陷由类比法作初步估算。需要说明的是,呼伦湖凹陷的主体部分被水面覆盖,缺少钻井和地震资料,本文仅评价了北部有钻井和地震资料的地区。

4 煤层气资源评价

4.1 煤层的含气量

除了煤的储量之外,煤的含气量是评价煤层气资源量必不可少的参数。计算煤层气的储量时,一般用直接测定的评价目标的含气量。但早期进行煤层气资源评价时,更多的是用考虑煤阶、煤的灰分、水分及煤层所处的温度、压力的计算和类比法^[1~3,6]。综合考虑影响含气量的各方面因素,本文计算(对有钻井和地震资料的断陷)和类比(对无井

从煤层的储量及相应的含气量出发,不难计算得到不同断陷、不同层位的煤层气资源量(表1)。不过,考虑到薄煤层、稳定性差的煤层及埋深大于2 000 m 的煤层目前并不具有经济价值,还计算了扣除上述无效部分后的有效资源量。其中,薄煤层及稳定性差的煤层按下述原则折算:将煤层的厚度及煤层的稳定性与成煤环境相联系,即:**a**. 扇前、扇间浅水湖盆环境下的煤层最稳定,煤层也厚,为有效煤层;**b**. 扇前、扇间洪泛洼地环境下形成的煤也很厚,但稳定性差些,局部空间内可以使巨厚的单层煤渐变成众多的薄层煤,所以有 $2/3$ 的煤储量是有效的;**c**. 第三种较有利的环境是常发育在湖端的洪泛平原环境,煤层的厚度和稳定性较前2种差些,但比后面的湖缘环境为佳,故取 $1/2$ 储量为有效煤储量;**d**. 同样想法,把相对较差的浅湖、湖缘环境和最差的深湖、湖缘环境的煤分别定为 $1/3$ 和 $1/4$ 的有效煤储量。这样,通过有效煤层储量的修正,并扣除埋深>2 000 m 的部分,就可得到有效资源量。

由表1中可知,在海拉尔 $10.79 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 的煤层气有效资源量中,绝大多数分布在东部的呼伦湖坳陷(68.83%),其次是西部的呼伦湖凹陷(14.47%),其余14个凹陷仅占16.7%,表现出煤层气分布极为不均的特点。从层位上看 最重要的是南屯组(仅呼伦湖和呼伦湖南屯组就占46.51%),其次是大上段,主要分布在呼伦湖凹陷内,占有效资源的32.11%以上。

表 1 海拉尔盆地煤层气资源及其分布

| 凹陷 | 地层 | 聚煤环境 | 煤储量 /10 ⁸ t | 煤厚/m | 最小埋深 /m | 最大埋深 /m | R _{min} /% | R _{max} /% | 含气量 /m ³ ·t ⁻¹ | 资源量 /10 ⁸ m ³ | 资源分 布/% | 有效资源 /10 ⁸ m ³ | 有效资源 分布/% |
|------|-----|------|---------------------------|-------|------------|------------|------------------------|------------------------|---|--|------------|---|--------------|
| 呼伦湖 | 伊敏组 | 浅水湖盆 | 99 | 58.80 | 20 | 984 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 148.5 | 0.75 | 148.5 | 1.37 |
| | 大上段 | 浅水湖缘 | 30 | 22.25 | 555 | 1 225 | 0.5 | 0.7 | 4.0 | 120.0 | 0.60 | 40.0 | 0.37 |
| | 大下段 | 深水湖缘 | 22 | 27.00 | 748 | 1 481 | 0.7 | 0.8 | 8.0 | 176.0 | 0.89 | 44.0 | 0.41 |
| | 南屯组 | 洪泛平原 | 156 | 37.90 | 960 | 2 061 | 0.8 | 1.5 | 17.0 | 2 652.0 | 13.35 | 1 326.0 | 12.29 |
| 查干诺尔 | 伊敏组 | 深水湖缘 | 2 | 0.50 | 5 | 1 272 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 3.0 | 0.02 | 0.8 | 0.01 |
| | 大上段 | 深水湖缘 | 3 | 0.50 | 1 146 | 1 670 | 0.5 | 0.7 | 4.5 | 13.5 | 0.07 | 3.4 | 0.03 |
| | 大下段 | 深水湖缘 | 6 | 1.75 | 1 465 | 1 931 | 0.7 | 0.8 | 11.0 | 66.0 | 0.33 | 16.5 | 0.15 |
| | 南屯组 | 洪泛洼地 | 71 | 23.90 | 1 710 | 2 645 | 0.8 | 1.2 | 14.0 | 994.0 | 5.01 | 457.0 | 4.23 |
| 巴彦呼舒 | 伊敏组 | 深水湖缘 | 11 | 0.50 | 5 | 1 200 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 16.5 | 0.08 | 4.1 | 0.04 |
| 伊以下 | | 浅水湖缘 | 65 | 20.00 | 1 000 | 2 600 | 0.5 | 1.2 | 10.0 | 650.0 | 3.27 | 135.4 | 1.25 |
| 赫尔洪德 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 12 | 3.50 | 14 | 314 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 12.0 | 0.06 | 4.0 | 0.04 |
| 伊以下 | | 深水湖缘 | 1 | 0.50 | 314 | 1 325 | 0.35 | 0.55 | 2.0 | 2.0 | 0.01 | 0.5 | 0.00 |
| 红旗 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 60 | 14.00 | 163 | 824 | 0.25 | 0.35 | 1.0 | 60.0 | 0.3 | 20.0 | 0.19 |
| | 伊以下 | 深水湖缘 | 5 | 0.50 | 466 | 1775 | 0.35 | 0.5 | 2.0 | 10.0 | 0.05 | 2.5 | 0.02 |
| 新宝力格 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 14 | 10.00 | 150 | 800 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 14.0 | 0.07 | 4.7 | 0.04 |
| | 伊以下 | 深水湖缘 | 5 | 0.50 | 700 | 1 700 | 0.4 | 0.5 | 2.0 | 10.0 | 0.05 | 2.5 | 0.02 |
| 乌尔逊北 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 23 | 11.00 | 210 | 1 156 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 34.5 | 0.17 | 11.5 | 0.11 |
| | 大上段 | 深水湖缘 | 3 | 0.50 | 639 | 1 422 | 0.4 | 0.55 | 2.5 | 7.5 | 0.04 | 1.9 | 0.02 |
| | 大下段 | 深水湖缘 | 1 | 0.50 | 894 | 1 761 | 0.55 | 0.75 | 4.0 | 4.0 | 0.02 | 1.0 | 0.01 |
| 乌尔逊南 | 伊敏组 | 深水湖缘 | 2 | 1.30 | 270 | 1 498 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 0.01 | 0.5 | 0.00 |
| | 大上段 | 浅水湖缘 | 30 | 26.00 | 622 | 1 924 | 0.4 | 0.7 | 5.0 | 150.0 | 0.76 | 50.0 | 0.46 |
| | 大下段 | 深水湖缘 | 6 | 2.00 | 1 030 | 2 365 | 0.5 | 0.8 | 6.0 | 36.0 | 0.18 | 5.8 | 0.05 |
| 五一牧场 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 30 | 25.00 | 150 | 1 200 | 0.4 | 0.5 | 1.5 | 45.0 | 0.23 | 15.0 | 0.14 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 38 | 5.00 | 800 | 2 000 | 0.5 | 0.8 | 6.0 | 228.0 | 1.15 | 76.0 | 0.70 |
| 贝尔 | 伊敏组 | 深水湖缘 | 5 | 1.00 | 116 | 1 058 | 0.4 | 0.54 | 2.0 | 10.0 | 0.05 | 2.5 | 0.02 |
| | 伊以下 | 深水湖缘 | 3 | 2.50 | 427 | 2 850 | 0.45 | 0.8 | 6.0 | 18.0 | 0.09 | 2.9 | 0.03 |
| 东明 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 12 | 15.00 | 250 | 450 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 12.0 | 0.06 | 4.0 | 0.04 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 36 | 15.00 | 420 | 1 500 | 0.4 | 0.8 | 5.0 | 180.0 | 0.91 | 60.0 | 0.56 |
| 鄂温克 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 25 | 15.00 | 250 | 450 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 25.0 | 0.13 | 8.3 | 0.08 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 41 | 15.00 | 420 | 1 500 | 0.4 | 0.8 | 5.0 | 205.0 | 1.03 | 68.3 | 0.63 |
| 乌固诺尔 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 49 | 34.50 | 276 | 461 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 49.0 | 0.25 | 16.3 | 0.15 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 19 | 8.50 | 461 | 1 508 | 0.4 | 0.85 | 7.0 | 133.0 | 0.67 | 44.3 | 0.41 |
| 莫达木吉 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 41 | 15.00 | 250 | 450 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 41.0 | 0.21 | 13.7 | 0.13 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 18 | 15.00 | 420 | 1 500 | 0.4 | 0.8 | 5.0 | 90.0 | 0.45 | 30.0 | 0.28 |
| 伊敏 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 217 | 15.00 | 50 | 500 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 217.0 | 1.09 | 217.0 | 2.01 |
| | 伊以下 | 浅水湖缘 | 67 | 5.00 | 450 | 2 000 | 0.4 | 0.8 | 6.0 | 402.0 | 2.02 | 134.0 | 1.24 |
| 呼和湖 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 308 | 19.00 | 115 | 842 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 308.0 | 1.55 | 102.7 | 0.95 |
| | 大上段 | 浅水湖盆 | 770 | 45.70 | 526 | 1 204 | 0.5 | 0.65 | 4.5 | 3 465.0 | 17.45 | 3 465.0 | 32.11 |
| | 大下段 | 深水湖缘 | 84 | 0.60 | 701 | 1 775 | 0.65 | 0.8 | 8.0 | 672.0 | 3.38 | 167.5 | 1.55 |
| | 南屯组 | 洪泛洼地 | 569 | 67.50 | 1 415 | 2 400 | 0.8 | 1.1 | 14.0 | 7 966.0 | 40.11 | 3 693.2 | 34.22 |
| 旧桥 | 伊敏组 | 浅水湖缘 | 52 | 5.00 | 50 | 500 | 0.3 | 0.4 | 1.0 | 52.0 | 0.26 | 17.3 | 0.16 |
| | 伊以下 | 洪泛洼地 | 112 | 15.00 | 450 | 2 000 | 0.4 | 0.8 | 5.0 | 560.0 | 2.82 | 373.4 | 3.46 |
| 合计 | | | 3 123 | | | | | | | 19 859.5 | | 10 792 | |

5 海拉尔盆地煤层气勘探潜力分析

5.1 海拉尔盆地煤层气测录井显示

对海拉尔盆地气测录井统计结果表明,埋藏一定深度(大磨拐河组及以下地层),具有一定厚度(单层大于1.5 m,或复层大于3 m)的煤层都有气测异常显示,而且气测异常值的大小与埋深(层位)、层厚和顶底板岩性(泥、粉泥、泥粉、粉砂)有关。这也间接显示了本区煤层气资源具有良好的勘探前景。

5.2 海拉尔盆地与美国一些含煤盆地煤层气资源比较及有利地区预测

总的来看,海拉尔盆地煤层气的资源总量是很大的。与美国的一些重要的含煤盆地相比,也达到了中等水平(表2)。值得注意的是,海拉尔盆地呼和湖凹陷南屯组、呼伦湖凹陷南屯组,不但资源丰富,煤阶为气煤到焦煤,煤层气丰富的南上段深度多小于2 000 m,但大于800 m,具有较为理想的煤层气富集条件,应该是海拉尔盆地煤层气分布最有利的地

区。另外一个资源总量较大的层段是呼伦湖凹陷大上段,但由于其单位煤含气量较低,仅为 $4.5\text{ m}^3/\text{t}$,单独开采的经济价值较低,但与南屯组煤层重叠面积内的资源可与南屯组同时开采,有望获得较好的效益。大上段的这部分资源也超过 $1000\times10^8\text{ m}^3$ 。需要指出的是,呼伦湖凹陷主体部分因湖水覆盖,缺少地震和钻井资料,煤层分布难以预测,本次只评价了其北部有地震和钻井资料的地区,若考虑湖水覆盖区,凹陷内的资源前景应该更为乐观。从目前的资料来看,除上述两凹陷之外,其他凹陷煤层气的勘探潜力非常有限。

表3将海拉尔盆地内资源潜力最大的呼伦湖凹陷与美国煤层气开采较早且效益较好的圣胡安(San Juan)盆地和黑勇士(Black Worrior)盆地的基本地质条件作一比较。可以看出,呼伦湖凹陷的煤层气勘探前景值得重视。

6 结语

无论是从资源量来看,还是从与美国已经成功开采的煤层气盆地的比较来看,海拉尔盆地煤层气的勘探潜力均值得重视。其中,最有利的地区是呼伦湖凹陷,其次为呼伦湖凹陷,其他凹陷的勘探潜力则比较有限;从层位上看,南上段资源量最大,其次为大上段,但大上段埋深较浅,可能比较有利于开采;伊敏组资源量不大,单独开采意义有限,但其煤层厚,埋深浅,可在勘探开发大上段和南上段煤层气时兼顾。同时,本文的初步评价表明,仅海拉尔盆地的煤层气资源就已远远超过了前人对整个东北区评价所得认识。如果考虑含油气盆地中有一定埋深的煤层,东北区的煤层气资源潜力应该还有相当大的增长空间。

参考文献

[1] 张建博,王红岩,赵庆波.中国煤层气地质[M].北京:地质出版社,2000,75-85.

表2 海拉尔与美国一些含煤盆地煤层气资源^[7,8]比较

| 盆地 | 煤储量/ 10^8 t | 煤层气/ 10^{12} m^3 |
|-----------|----------------------|---------------------------|
| 北阿巴拉契亚 | 578 | 1.72 |
| 中阿巴拉契亚 | 800~1 200 | 0.28~1.34 |
| 伊利诺斯 | 340 | 0.075 6 |
| 拉顿梅萨含煤区 | 207.4 | 0.336 |
| 圣胡安 | 2 011.6 | >0.866 |
| 皮森斯 | 382 | 0.784~3.136 |
| 尤因塔 | 139 | 0.127 4 |
| 温德河 | 1 025 | 0.02~2.22 |
| 保德河 | 1 300~7 880 | 0.504~3.202 |
| 海拉尔 | 3 123 | 1.016 |
| 海拉尔呼伦湖南屯组 | 569 | 0.425 |
| 海拉尔呼伦湖大上段 | 770 | 0.277 |
| 海拉尔呼伦湖南屯组 | 156 | 0.106 |

表3 呼伦湖凹陷与著名煤层气开采盆地的比较^[7,8]

| 地层 | 盆地或凹陷 | | | |
|--------------------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|
| | 圣胡安(美) | 黑勇士(美) | 呼伦湖 | 南屯组 |
| 时代 | 弗鲁特兰组 | | 大上段 | |
| K | C | K | K | |
| 煤储量/亿t | 1 824 | >350 | 770 | 569 |
| 煤层总厚度/m | 0~20 | 0~28 | 0~45 | 0~65 |
| 最大单层煤厚/m | 6 | | 11.8 | 11.4 |
| 煤阶 | 褐煤-焦煤 | 气煤-肥煤 | 长焰煤 | 气-肥煤 |
| 煤层埋深/m | 0~1 500 | 0~2 000 | 526~1 024 | 1 415~2 400 |
| 煤含气量/ $\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$ | 0.84~18.3 | 0.5~16.4 | 4.5 | 14 |
| 煤层气资源量/ 10^{11} m^3 | 8.77 | 2.80 | 3.47 | 3.69 |

- [2] 赵庆波,李五忠,孙斌等.煤层气地质与勘探技术[M].北京:石油工业出版社,1999,1-53.
- [3] 关德师,牛嘉玉,郭丽娜,许化政.中国非常规油气地质[M].北京:石油工业出版社,1995,3-103.
- [4] 康竹林,傅诚德,崔淑芬等.中国大中型气田概论[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [5] Timothy J P, Matthew J M, Roland P D. Coal gas resource and production potential of subbituminous coal in the Powder River Basin[A]. International Coalbed Methane Symposium[C]. 1999, 23-24.
- [6] 李建武.吐哈盆地煤层气开发前景分析[J].煤田地质与勘探,2002,30(5):25-27.
- [7] 黄景城,林永洲,张胜利.煤层气译文集[M].郑州:河南科学技术出版社,1990,153-234.
- [8] 王新民,傅长生,石瑛等.国外煤层气勘探开发研究实例[M].北京:石油工业出版社,1998,4-238.

Resource evaluation of coalbed gas and potential analysis in Hailar Basin

LU Shuang-fang¹, SHEN Jia-nian¹, WANG Zhen-ping², LI Chun¹

(1. Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, China; 2. Hebei Industry University, Tianjin 300130, China)

Abstract: Using the well and seismic data, the occurrence and distribution of coal beds in Hailar Basin are evaluated and predicted in this paper. Combined with parameters of gas content, the resource prospect of coalbed gas is evaluated. The results indicated that the amount of coalbed gas resource of Hailar Basin is about $10.79\times10^{11}\text{ m}^3$ and is far more greater than that of the whole northeastern China evaluated by precursor. It is suggested that the resource potential of coalbed gas in northeast China has greater increasing space if considering the oil- and gas-bearing basins where the coal bed has been buried relatively deep. The comparison with American coal-bearing basins where the coalbed gas has been exploited successfully shows that the resource potential of Hailar Basin, especially the Huhehu depression, is worth of recognition.

Key words: coalbed gas; resource evaluation; Hailar Basin