

吴勘 杨树旺

# 长江经济带页岩气资源开发投资分析

## ——兼论页岩气资源价值开发区块优选

**内容提要** :长江经济带是我国新时期经济发展的三大战略区域之一,对全国经济建设意义重大。长江经济带的页岩气资源潜力巨大,页岩气开发对国家能源安全、能源结构优化意义重大,页岩气价格是影响页岩气开发投资的重要因素。作者通过收集长江经济带油气钻井岩心原始资料,对部分地区野外页岩地质剖面进行实测,根据页岩气成藏和开采的主控因素及研究区特点优选长江经济带优质资源区,结果显示建始-利川-石柱一带为最优选区。计算资源量得到重庆石柱地区孤峰组地层页岩气预计资源量,运用静态评价法和动态评价法,得出石柱地区页岩气开发利用的投资利润率、年投资利润率、财务净现值、内部收益率、静态投资回收期、动态投资回收期,最后根据区块优选和投资分析结果对页岩气资源开发和投资提出建议。

**关键词** :长江经济带 清洁能源 页岩气资源开发

长江经济带是由我国经济发展三大战略区域之一。长江经济带涵盖七省二市,地理位置重要、自然资源丰富,其发展的速度和质量,对全国经济建设,特别是区域一体化发展意义重大。从产业经济的角度看,长江经济带中上游地区主要是传统产业多,以有色、石油、钢铁和煤炭为主,战略新兴产业相对较少,也迫切需要优化产业结构,升级转型传统产业,提高经济发展质量。

### 一、长江经济带页岩气资源开发战略意义

页岩气是一种埋藏在地下页岩中的天然气,由于其具有清洁低碳的特点,是全球不可或缺和无法取代的绿色能源。长江经济带页岩气资源开发具有如下战略意义:

1. 加速推行国家战略性新兴产业试点工作。战略性新兴产业对国家经济发展和国家安全具有重大影响,是新兴科技、新兴产业和战略性的高度融合。页岩气开发于2013年10月列入国家战略性新兴产业,相比其他战略性新兴产业来说,页岩气列入较晚,试点工作开展时间也不长。开发页岩气资源需要从战略定位、统筹部署,扎实做好试点工作,积累开发经验。从长江经济带所处的地理位置和资源禀赋来看,比较合适开展试点工作。

2. 促进石油天然气行业健康发展。由于页岩气开采难度大、成本高,曾一度被认为是不具开采价值的地下能源。页岩气的成功开发,打破了传统观念,创造了一项能源奇迹。加快页岩气资源开发可以为石油天然气行业提供新的发展机遇,提高优质能源比例和能源效率,促进石油天然气设备制造业发展,从而促进国民经济健康安全稳定发展。

3. 优化我国能源结构,缓解环境污染。中国长期以来

以煤炭为主的能源结构也使我国在应对气候变化,减少污染物排放方面面临巨大的国内外压力,迫切需要大力开发页岩气和太阳能、核能等低排放先进能源。开采页岩气比开采石油更清洁、更安全,页岩气应用范围也更广,无论是工业生产、城市交通工具,电厂发电,还是家庭做饭、洗澡、取暖都可以使用页岩气。

4. 增加国家能源安全系数,为长江经济带发展提供清洁天然气。近年来,伴随着我国经济和社会建设的快速稳定发展,国家和人民对于能源消费的需求持续增加,能源供应不足导致的能源安全问题已逐步显现。增加页岩气产能、寻求能源供应多元化,减少能源对外的依赖已成为中国能源产业迫切需要解决的问题之一。长江经济带页岩气可采资源量大,主要分布在上游重庆涪陵、四川长宁-威远、云南昭通等地。目前,重庆涪陵开采的页岩气通过川气东送管道,源源不断地向长江经济带沿线地区输送,为长江流域6省2市70多个大中型城市提供优质清洁天然气,近千家企业、2亿多居民从中受益。

### 二、长江经济带页岩气资源开发投资区块分析

#### (一)资源评估标准及方法

国内外相关研究表明,寻找页岩气优质资源主要要素有:页岩地层厚度较大、裂缝较多、埋深较浅,有机质丰度大、有机质热演化程度和岩石脆性适中等。本文在借鉴国内外选区参数标准的基础上,结合本区的特点,选取最易定量的生烃能力指标中的有机碳含量 TOC 和有机质热演化程度  $R_o$ ,加上页岩地层的厚度和岩石的脆性条件(包括脆性矿物石英、方解石等和脆性成分  $SiO_2$ 、 $CaO$  等)4项指标(表1)作为本次资源评估的标准。

表 1 长江经济带页岩气资源优选评价标准

级别指标	I类	II类	III类
厚度	>20	20-10	<10
TOC (%)	>3	3-2	<1
Ro (%)	1.2-2.0	(0.5-1.2) 或 (2.0-3.0)	(<0.5) 或 (>3.0)
脆性	30%-50%	(10%-30%) 或 (50%-80%)	(<10%) 或 (>80%)

在研究方式上采取单因素作图、多因素综合叠加分析法来做出优质资源区的选择,即首先分别做出该区域4项指标的等值线图等图件,然后叠加在一起进行综合分析。

(二)优质资源区块

经过资料收集、现场实测,作者作出了长江经济带孤峰组地层页岩等厚图、相关分析图和评价图,从烃源条件来看,评价结果显示长江经济带孤峰组地层三个页岩发育中心区带中建始—利川—石柱一带烃源条件为 I类,繁昌—泾县—宿松一带和宜昌—潜江—黄石一带烃源条件总体处于 II类;从页岩的保存及易开采条件来看,三个区带均较好。

综合认为,长江经济带建始—利川—石柱一带孤峰组地层发育于深水盆地中,广泛发育着颜色深浅不等、厚薄各异、含硅或含钙或含煤的各种页岩,有机质丰度很高,黑色页岩沉积厚度达到选区标准,属于 I类选区。因此其碳质页岩层段为今后勘探开发的最优质资源区(图1)。

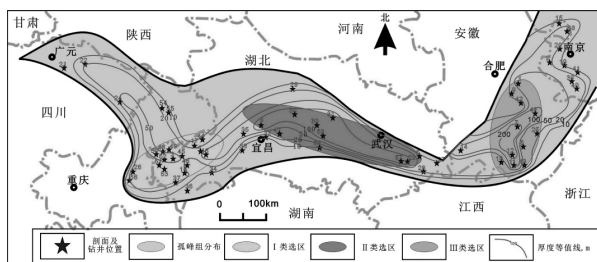


图 2 长江经济带孤峰组地层页岩等厚图及优质资源区带评价图

(三)选区资源量评估

本次研究采用类比、实测和等值线图选择数据,体积法计算资源量。

总体而言,重庆石柱与重庆涪陵焦石坝地区地理位置很近,其孤峰组地层页岩与五峰组—龙马溪组地层页岩性质相似。在沉积环境方面,两者均为深水陆棚相沉积,古生产力都较高,同样具有厚度大、分布范围广、有机质丰度高、成熟度适中的特点,在页岩的矿物成分方面,两者都以脆性矿物占优势,石英所占的比例都比较高,粘土比例较低。因此,可以进行类比分析,计算研究区页岩气资源量。

在参数上,参考孤峰组地层页岩空间分布特征,依据长江经济带孤峰组地层页岩等厚图中石柱地区所占位置,选取有效面积 2400km<sup>2</sup>,平均厚度 40m,页岩密度采用实测的平均值(2.56t/m<sup>3</sup>),含气量采用重庆涪陵焦石坝类似地层页岩的总含气量平均值(1.01m<sup>3</sup>/t),鉴于较好的埋深与保存条件,含气饱和度可考虑为 1(100%)。

由上述参数,根据体积计算公式计算,重庆石柱地区孤峰组地层页岩气大致资源量是 0.25 × 10<sup>12</sup> 立方米,基本具备了大规模开发条件。

三、长江经济带页岩气资源开发投资的影响因素分析

(一)页岩气价格

通常来说,页岩气资源开发的生产成本比常规天然气要高,国际油气价格的高低直接影响页岩气资源开发的经济性。油气价格过高会导致全球需求疲软,而价格过低会造成流动资金紧张,成本无法完全回收,甚至可能会引起资金链断裂,导致项目停产。经济参数敏感性分析的结果显示页岩气价格对 NPV 的影响程度最高,达到 38%。最近两年,由于国际原油价格持续走低,国家下调了天然气销售价格,也直接压缩了页岩气商用的利润空间。如果国际原油价格继续下行,页岩气开发的经济效益就会继续下降。

(二)开采成本

中国页岩气开采成本之所以相对较高,一方面是由于中国页岩气埋藏普遍较深,钻完井工程成本普遍高于国外;另一方面,中国海相页岩气富集区域大多位于长江经济带人口密集的山区,钻井工程开支较大,征地、修路、建平台、取水及废物处理、农作物赔偿等投资较高。此外,由于项目复杂,国内尚处于摸索阶段,缺乏经验,劳动生产率低,人工成本和环保成本等方面均可能会超出预算。据中石化方面透露,我国页岩气每口井的勘探开采成本在 8300 万元左右,比美国高 5000 万元以上。

(三)产量预测

页岩气资源除了具有开采成本高、钻探工艺复杂等特点外,页岩气单井初始产量的资源等级对其能否收回投资有着直接的影响,也就是说页岩气井的产量在一定程度上取决于其初始产量。此外页岩气井在生产过程中存在产量递减现象,最终产量也很难准确预测。对于页岩气的初始产量及产量的递减问题要引起特别关注,页岩气井的寿命一般比其他气井长,递减规律也比较复杂,传统的 Arps 产量递减方法不能直接用于页岩气井的预测,必须加以修正才能使用。

(四)政策变动

页岩气开发投入较大,特别是前期开采成本较高,需要一定的财政补贴,因此受国家政策影响较大。补贴政策依据中央财政部的文件,2012-2015 年对页岩气开采企业的补贴标准为人民币 0.4 元/立方米,2016-2018 年为 0.3 元/立方米,2019-2020 年为 0.2 元/立方米。财政补贴政策的继续实施对页岩气开发企业有较大的积极影响,但补贴的减少对页岩气开发企业也有较大的挑战。

四、重庆石柱地区页岩气开发投资价值分析

类选区中的石柱地区地处长江经济带上游,重庆

东部,地表孤峰组地层中普遍发育着不同产状和夹层的页岩。页岩气成藏地质条件与邻近的、同属重庆的涪陵焦石坝页岩气田(已建成)类似,资源禀赋优越,都显示出页岩气资源分布广、开发潜力大。本文选取石柱地区为例,进行投资分析。主要是对页岩气开发能够带来的经济价值进行预估,从而为长江经济带所处地区页岩气开发投资决策提供科学依据。下文所指项目均为重庆石柱地区页岩气开发项目。

### (一)投资分析方法及参数的确定

矿床的投资分析通常有两种方法:静态评价法与动态评价法。中国石油大学(北京)郑波等提出了一种基于模糊层次法的页岩气开发经济评价模型,该模型的矩阵参数采用的是净年值、净现值、内部收益率、效益费用比、投资回收期5个指标。中国矿业大学(北京)吴艳婷等利用净现值法建立了页岩气勘探开发的经济评价模型,量化页岩气投资开发的经济效益,可为页岩气投资决策提供重要的参考依据。对比其他经济评价方法,净现值法在可操作性方面更为可靠,仍然是当前页岩气经济评价最合适的方法,内部收益率以及投资回收期可作为辅助性指标。

结合页岩气生产特点,将其有效生产年限定为15年,页岩气售价按照现行价格1.5元/立方米,补贴政策依据中央财政部的文件,2016-2018年的补贴标准为0.3元/立方米,2019-2020年补贴标准为0.2元/立方米,各种税费按国家和中国石油的规定执行,其中增值税率为13%,城建税和教育税分别为产品税的7%和3%,所得税按国家重点扶持和鼓励发展的特定项目税法条例定为15%,资源税根据国家规定,税率定为5%,固定资产投资包括钻井设备、压裂设备、采气设备和油气输送管道等基础设施,预计投资80亿元,单井平均成本采用7000万元,参考美国宾夕法尼亚州页岩气井生产的统计资料和EIA总结的页岩气产量递减总体规律,以及相邻区块页岩气井初始产量与最终可采储量的关系,采用产量法计提折耗,计算得到页岩气的单位成本约为0.73元/立方米,则年开发成本是240900万元,开发成本资金率取页岩气正常生产的年开发成本的20%,流动资金按扩大指标法估算,即为上述两项的乘积,计算可得流动资金为48180(万元);年销售收入=304000(万方) $\times$ 1.5(元/立方米)=456000(万元)。

项目的固定资产经费来源一部分向银行申请贷款,贷款金额占固定资产总投资的70%,另一部分为企业自筹,占30%。按照商业贷款最新利率4.9%,采用等额本息还款方式,每年还款额为52792万元;销售税金=增值税+城市维护建设税+教育附加费+资源税=59280+4149.6+1778.4+22800=88008万元,所得税=(销售收入-经营成本) $\times$ 税率=215100 $\times$ 15%=32265万元;2017-2018年补贴99000万元,2019-2031年补贴按66000万元计算。

### (二)投资财务分析

1.静态指标效益评价。运用现金流量法对上述各项指标进行评价,现金流量(年利润)=年销售收入-年经营成本-各种税金+补贴,则开发期(十五年)的总利润额是2478405万元,投资利润率是310%(总利润2478405万除以投资总额800000万),年投资利润率为20.7%。

根据静态投资回收期计算公式: $T=P/(CI-CO)$

则本项目的静态投资回收期为4.84年。如果后期能进一步降低开采成本,则能更快地收回成本。

2.动态指标效益评价。本次预测运用贴现现金流法,通过净现值表,能够计算并体现项目效益水平。

——净现值。

净现值表达式为: $FNPV=\sum(CI-CO)_t/(1+i_c)^t$ ,

按照目前页岩气行业标准收益率8%进行测算,结果显示页岩气的财务净现值为198007万,即除去偿还贷款后,还能获得近20亿元的收益。

——内部收益率。

根据公式: $\sum(CI-CO)_t \times (1+FIRR)^{-t}=0$ ,该公式的意义是只有财务内部收益率(FIRR)大于标准收益率( $i_c$ )时,项目才有经济效益。

财务内部收益率可运用线性内插法来计算,即:

$(FIRR-i_1)/(i_2-i_1)=NpV_1/|NpV_1|+|NpV_2|$

通过计算: $FIRR=10\%+4\% \times 89835/(89835+76142)=12.16\%$

页岩气开发的投资分析也可以用动态的投资回收期来衡量,通过计算得到: $P_i=(11-1)+16711/46239=10+0.36=10.36$

从FIRR近似值为12.16%可以看出,该项目内部收益率高于行业标准收益率,项目具有经济效益。动态投资回收期约10年,说明由于页岩气开发前期投入高,国家对页岩气开采的补贴也有所下调,成本回收需要时间,但只要能建立有利于页岩气产业发展的多元化金融支持体系,长江经济带石柱地区页岩气开发的经济效益会越来越越好。

## 五、对长江经济带页岩气资源开发投资的结论及建议

### (一)结论

1.在国内,无论出于长江经济带区域经济的平衡发展、产业结构优化、传统产业转型升级,还是出于国家能源安全、能源结构调整升级和能源价格稳定以及保障人民生活、旅游消费、文化娱乐的需要,页岩气资源开发都非常重要和非常必要。

2.页岩气的资源量是投资分析的基础。采用类比、实测和等值线图选择数据、体积法计算资源量基本可行。长江经济带孤峰组地层中建始—利川—石柱一带为类选区,是今后页岩气资源开发的最有利区带。

3.重庆石柱地区页岩气项目投资回报率较高,静态投资回收期约为5年,能较快收回成本,动态投资分析



法结果显示内部收益率为 12.16%，动态投资回收期为 10.36 年，因此重庆石柱地区页岩气开发项目在经济层面上是可行的，能够获得较好的经济收入。

4. 国际市场油气价格的高低直接影响页岩气资源开发的经济性，油气价格过大过快波动，特别是下行会给页岩气开发产业带来一定风险。尽管国际油价持续下滑对页岩气开发有一定的不利影响，但由于页岩气本身具有不可比拟的特性，可以预测全球对页岩气的需求必将进一步旺盛。

### (二) 建议

1. 加大重庆石柱地区页岩气勘查和开发力度。页岩气开发形势逼人又形势喜人，长江经济带页岩气资源丰富，应是页岩气开发的主要实验地和主战场，相关部门应认真研究和积极部署长江经济带的页岩气资源开发。建议加大重庆石柱地区页岩气勘查和开发力度，力争尽快取得突破。

2. 放开价格管制，提供价格补贴。在油价下行周期，一是对页岩气出厂价格宜实行市场定价。国家可以试行放开价格管制，制定公平交易规则，企业可以根据自身实际成本情况和相关规则，在一定范围内自行定价；二是国家和企业可以购买美国和全球具有页岩气资源开发先进技术的企业以提升我国页岩气开发技术水平，共同开发我国页岩气资源；三是国家应保持对页岩气开发企业和页岩气销售企业一定的价格补贴，以支持页岩气开发产业的发展。

3. 国家提供财政和金融政策支持。随着经济体制的转变和金融体制的改革，页岩气开发项目应引入竞争机制并开通多个融资渠道，降低项目的开发风险。同时，国家也应给予页岩气开发项目一定的财政和金融政策支持。如：设立国家级和地区级页岩气开发引导基金、产业发展基金、环保基金等，引导社会资金投资于创业期页岩气公司，鼓励、支持和帮助更多优秀页岩气开发企业上市融资等。

#### 参考文献：

- [1] Curtis J.B. Fractured Shale-gas Systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11).
  - [2] 张水昌、梁狄刚、张大江. 关于古生界页岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2).
  - [3] 冯增昭. 单因素分析多因素综合作图法 -- 定量岩相古地理重建[J]. 古地理学报, 2004, 6(1).
  - [4] 杨树春、卢庆治、宋传真等. 库车前陆盆地中生界页岩有机质成熟度演化及影响因素[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(6).
  - [5] 陈践发、张水昌、孙省利等. 海相碳酸盐岩优质页岩发育的主要影响因素[J]. 地质学报, 2006, 80(3).
  - [6] 金之钧、蔡立国. 中国海相层系油气地质理论的继承与创新[J]. 地质学报, 2007, 8(8).
  - [7] 高林、周雁. 中下扬子区海相中-古生界页岩评价与潜力分析[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3).
  - [8] 李艳丽. 页岩气储量计算方法探讨[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(3).
  - [9] 刘德华、肖佳林、关富佳等. 页岩气开发技术现状及研究方向[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(1).
  - [10] 聂海宽、张金川、包书景等. 四川盆地及其周缘上奥陶统一下志留统页岩气聚集条件[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(3).
  - [11] 董大忠、邹才能、杨桦等. 中国页岩气勘探开发进展与发展前景[J]. 石油学报, 2012, 33(s1).
  - [12] 吴勤、马强分、冯庆来. 扬子板块北缘孤峰组地层划分及空间分布特征[J]. 地层学杂志, 2015, 39(1).
  - [13] 高世葵、朱文丽、殷诚. 页岩气资源的经济性分析 -- 以 Marcellus 页岩气区为例[J]. 天然气工业, 2014, 34(6).
  - [14] 刘传斌、姜汉桥、李俊键等. 预测页岩气产量递减组合模型的研究[J]. 断块油气田, 2015, 22(4).
- (作者单位：吴勤, 中国科学院武汉文献情报中心; 杨树旺, 中国地质大学资源环境经济研究中心)

## Investment Analysis of Shale Gas Resource Development in the Yangtze River Economic Belt ——On the Optimization of Shale Gas Resource Development Block

**Abstract :** The Yangtze River Economic Belt is one of the three strategic areas of economic development in the new period, it is of great significance for the national economic construction. The shale gas resources of the Yangtze River belt have great potential. Shale gas development is very important for national energy security and energy structure optimization. Shale gas price is an critical factor influencing investment in shale gas development. In this paper, through the measurement of outcrop sections in western Hubei and the collection of boring core original data along with predecessors' studying results, we made the correction of paleogeographic map from the Gufeng formation by Feng Zengzhao et al. On the basis of the main controlling factors of shale gas accumulation and the present status of the data, optimizing the favorable target block, evaluation results show the bed of carbonaceous shale in Jianshi - Lichuan - Shizhu area are the most favorable zones for exploration and development in the future. We using analogy method and volume method to calculate middle Permian shale gas resources from the Gufeng formation in Shizhu area. Based on the research of shale gas enterprises in Fuling demonstration zones, using static and dynamic evaluation method to calculate the investment profit rate of shale gas development and utilization in Shizhu area, we also analyze the static investment payback period and financial net present value, the internal rate of return and dynamic investment recovery period. Finally according to the results of economic evaluation and uncertainty analysis, we put forward some suggestions for the development of shale gas resources.

**Keywords :** Yangtze River Economic Belt; Clean energy; Exploitation of shale gos