

# 莱阳凹陷页岩气资源潜力前景分析

彭文泉, 蒋波, 王云燕, 梁云汉, 肖广玲

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**山东省白垩世地层以胶莱拗陷最具代表性,白垩系中页岩气赋存地层为莱阳群。一直认为莱阳凹陷是胶莱拗陷寻找石油和页岩气的有利区域,胜利油田从20世纪五六十年代开始做了大量工作,均未取得突破性成果。莱阳凹陷内较好的暗色泥页岩(烃源岩),大部出露或被剥蚀,通过近几年的调查研究认为莱阳凹陷具有页岩气形成的条件,在研究莱阳凹陷的地质特征、有机地化特征、恢复原型盆地等基础上,圈定了页岩气成藏远景区。

**关键词:**页岩气资源;页岩气勘查;潜力前景;莱阳凹陷

中图分类号:P618.12

文献标识码:A

胶莱拗陷中发育的中生代白垩纪地层在山东省最具代表性,近几年山东省页岩气勘查工作纷纷展开,在白垩纪地层中寻找页岩气资源的工作不断向前推进。白垩系中暗色泥页岩主要发育在莱阳群,莱阳凹陷为莱阳群暗色泥页岩最为发育的地区之一,亦是大家一直认为油气、页岩气形成的有利区域。在研究莱阳凹陷地质特征、有机地化特征、恢复原型盆地等基础上,圈定页岩气远景区,为页岩气进一步勘查指明方向<sup>[1]</sup>。

## 1 区域地质背景

胶莱拗陷位于胶东隆起区中部,为一受中生代中、晚期断裂活动控制和改造的中生代陆相残留盆地<sup>[2]</sup>。胶莱拗陷内地层主要发育有莱阳群、青山群、王氏群。胶莱拗陷南以五莲-荣成断裂为界与胶南隆起相邻;西与郯庐断裂带相接;东北部延伸入黄海,以千里岩断裂为界与千里岩隆起相连。据区域构造特征,将胶莱拗陷划分为7个次级构造单元,分别为诸城凹陷、柴沟地垒、高密凹陷、大野头凸起、莱阳凹陷、牟平-即墨断裂带和海阳凹陷(图1)<sup>[3-4]</sup>。莱阳群在胶莱拗陷内普遍沉积,含大量暗色泥页岩的地层主要分布在拗陷的中北部的次级凹陷内,特别是莱阳凹陷。

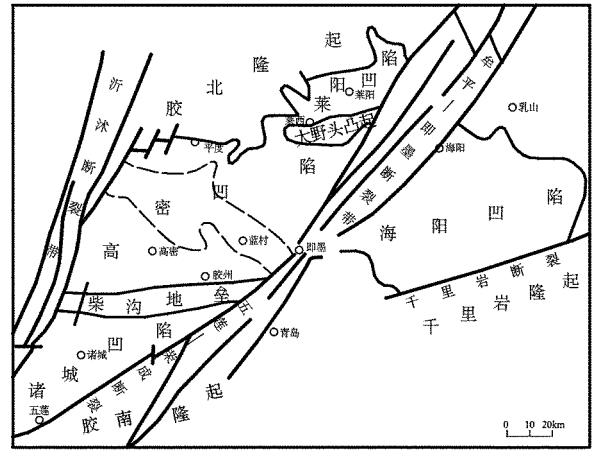


图1 区域构造示意图

## 2 莱阳凹陷地质概况

莱阳凹陷发育有莱阳群、青山群、王氏群;莱阳群地层,为两个完整沉积旋回<sup>[5]</sup>,青山群为火山岩地层,王氏群为河流相沉积。莱阳凹陷内页岩气赋存地层为莱阳群,发育有瓦屋乔组、林寺山组、止凤庄组、水南组、龙旺庄组、曲格庄组。莱阳凹陷整体为一南断北超的不规则盆地,东以桃村-东陡山断层为界与牟平-即墨断裂带相邻,南以五龙村断层为界与大野头凸起相邻,西部边界为莱西断层,北为胶北隆起,面积约850 km<sup>2</sup>。

收稿日期:2014-02-11;修订日期:2014-05-30;编辑:曹丽丽

作者简介:彭文泉(1979—),男,山东齐河人,工程师,主要从事水工环地质及页岩气勘查工作;E-mail:heshang7474@sina.com。

### 2.1 地层

莱阳群水南组暗色泥页岩最发育,水南组下伏地层有瓦屋乔组、林寺山组、止凤庄组,上覆地层发育有龙旺庄组、曲格庄组。

水南组下伏地层:瓦屋乔组为盆地早期局部洼陷沉积,岩性为灰黄、黄绿色砂岩、页岩,底部少量砾岩;林寺山组为盆地边部山麓洪积相沉积,岩性主要为灰紫、灰黄色巨砾岩、粗砾岩;止凤庄组为盆地边缘的洪积相-河流相沉积,沉积岩性以灰、灰棕色、黄绿色砂岩为主,上部为紫红色砂砾岩、含砾砂岩、粉砂岩、页岩等。

水南组:岩性为灰黑色页岩、粉砂岩夹灰褐色、灰黄色细砂岩、粉砂岩、粉砂质微晶灰岩。页岩及薄层粉砂岩中含丰富的动植物化石,为典型的深湖、半深湖相沉积(图 2)<sup>[6-7]</sup>。

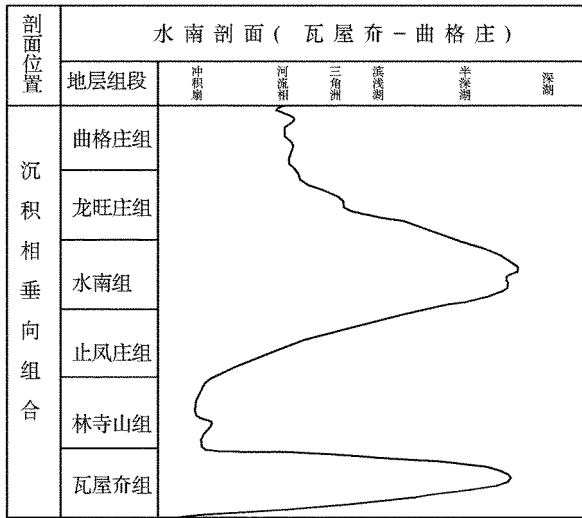


图 2 莱阳群沉积旋回示意图  
(据李凌 2006;已做修改)

水南组上覆地层:龙旺庄组为浅湖-三角洲相沉积,岩性为灰紫色、灰绿色中细粒砂岩、粉砂岩夹砾岩组合;曲格庄组为一套含火山物质的河流相沉积,岩性主要为灰紫色、灰白色砾岩、凝灰质砾质岩屑砂岩、中粒长石砂岩与紫色粉砂质砂岩。

### 2.2 构造

莱阳凹陷发育了 3 条较大的边界断裂,其中五龙村断裂对莱阳群沉积具有一定影响,对青山群、王氏群地层均具有一定控制作用。盆地内部次一级断裂亦较发育,断裂走向多呈 NE 向,其次为 NW 向。

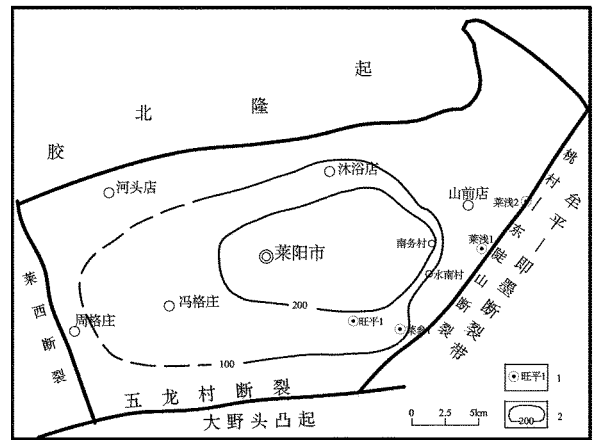
### 2.3 岩浆岩

莱阳群、王氏群沉积期岩浆岩不发育。青山群形成期,由于断裂活动,导致大规模火山喷发和岩浆岩侵入。

## 3 水南组暗色岩系一般特征

### 3.1 厚度

水南村以东水南组地层已出露或被剥蚀或仅残存于局部小块段内,据实测剖面和钻孔揭露资料显示,水南组发育厚度在 145.09~515 m 不等,其中莱参 1 揭露厚度 436 m,其中黑灰色 161 m。旺平 1 揭露水南组真厚度 515 m,泥岩累计厚度 204 m,其中黑灰色 193 m。综合圈定暗色泥岩厚度大于 200 m 等厚线的面积 106.71 km<sup>2</sup>,100~200 m 等厚线之间面积约 187.43 km<sup>2</sup>(图 3)。



1—钻孔位置及编号;2—暗色泥岩等厚线(m)  
图 3 暗色泥岩等厚线图

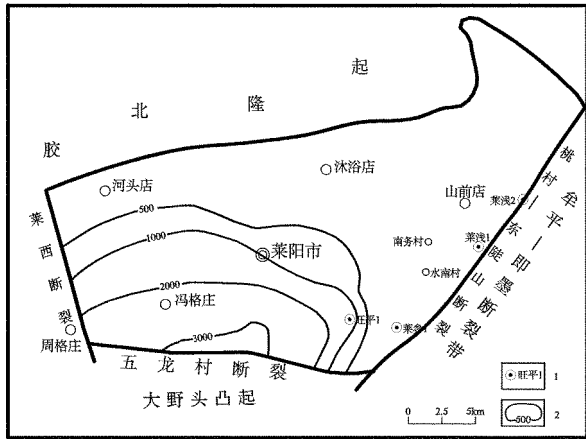
### 3.2 埋藏深度

莱阳凹陷暗色泥页岩埋深总体上呈北浅南深的一单斜构造,盆地东部、北部已出露或剥蚀,向西、向南埋藏深度逐渐增加,靠近五龙村断裂附近,暗色泥岩顶界埋深大于 3 000 m(图 4)。

### 3.3 泥页岩发育情况

地表出露水南组多为褐色泥页岩与灰绿色粉砂质页岩呈互层状,单层厚度发育较小。黑色泥岩单层厚度从几毫米到几十米不等。风化后多呈黄绿、灰黄色,钻孔揭露新鲜泥岩多以黑色、灰黑色为主。

水南组在北泊子、吴家疃、山前店、青山后一带,以薄层状泥质页岩夹粉砂岩为特征,下部以粉砂岩、



1—钻孔位置及编号; 2—水南组顶板等深线(m)

图 4 水南组顶板等深线图

泥质粉砂岩、细砂岩为主,夹灰岩、泥岩薄层,厚度大,岩性相对均一;上部以粉砂岩、细砂岩、页岩及灰岩为主,厚度薄、页理发育,与下部对比沉积水介质更稳定<sup>[8]</sup>。该剖面水南组发育厚度 337.08 m。

莱阳水木头-瓦屋乔剖面水南组岩性为薄层-页状粉砂岩、钙质粉砂岩互层,夹页状白云岩、泥岩、泥灰岩,该剖面水南组发育厚度为 484 m。

莱参 1 井揭露水南组厚度 436 m,揭露岩性主要由深灰、灰、褐灰色、灰黑色等泥岩、白云岩、泥灰岩和灰、浅灰砂岩为主,灰色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩次之。泥岩单层厚度最大 24.5 m,累计厚度占总厚度的 91.8%。

旺页 1 井揭露水南组真厚度 515 m,岩性为粉砂岩和砂质泥岩,其中粉砂岩占 60%以上。灰色、灰黑色粉砂质泥岩。泥岩单层厚度最大为 8.0 m,累计厚度占揭露厚度的 39.6%。说明该钻孔未位于沉积中心。

从莱阳凹陷水南组地层发育厚度来看,龙旺庄-西陡山一带发育厚度明显大于北部北泊子、吴家疃一带,水南组存在向南变厚的趋势。从沉积泥岩所占的比例来看,水南村-南务村一带沉积颗粒细,泥页岩发育厚度最大。

## 4 地化指标分析

### 4.1 有机碳

据胜利油田地质院在暗色泥页岩采样,地表有机碳含量水南村附近 3 件样品 TOC 平均 0.85%,

最高达 1.45%,北泊子 1 件样品 TOC 为 1.32%。莱参 1 孔样品 TOC 含量 0.26%~1.18%,平均 0.67%;莱孔 2 件样品 TOC 含量相对较高为 0.90%~2.68%,平均 1.69%。钻孔水南组取样 TOC 含量相对高于地表数值,在暗色泥岩沉积有利地段有机碳含量相对高,有利于形成页岩气资源。

### 4.2 成熟度

莱阳凹陷水南组 41 块井和 17 块露头样品中<sup>[6]</sup>,地表暗色泥页岩  $R_o$  均高于 0.65%,平均达 0.77%;莱参 1 孔样品  $R_o$  为 0.54%~1.34%,平均 1.01%;莱孔 2 孔样品  $R_o$  为 0.5%~0.54%,平均 0.525%。热演化成熟阶段样品数最大,约占样品数的 82.4%,说明水南组处于热演化的成熟阶段,利于页岩气的生成。

### 4.3 干酪根

在莱阳凹陷 27 块露头样品中,有 12 块样品为 I 型,占 44%,9 块样品为 II<sub>1</sub> 型,占 33%;莱孔 2 井 22 块样品中,有 13 块样品为 I 型,占 59%,6 块样品为 II<sub>1</sub> 型,占 27%。说明干酪根类型多样, I, II, III 型均有,以 I, II 型为主<sup>[6,8]</sup>(表 1)。

表 1 干酪根类型统计

| 干酪根类型           | 露头(27块) |      | 莱孔2井(22块) |      |
|-----------------|---------|------|-----------|------|
|                 | 样品块数    | 所占比例 | 样品块数      | 所占比例 |
| I               | 12      | 44%  | 13        | 59%  |
| II <sub>1</sub> | 9       | 33%  | 6         | 27%  |
| II <sub>2</sub> | 3       | 11%  | 1         | 4.7% |
| III             | 3       | 11%  | 2         | 9.3% |

### 4.4 生烃潜力

据井下 54 块样品<sup>[6]</sup>,全部来自莱孔 2 井,达到好或较好烃源岩标准的样品有 35 块(表 2),占 65%;较差烃源岩 2 块,占 4%。露头样品 57 块,达到好或较好烃源岩标准的样品有 7 块,仅占 12%;较差烃源岩 8 块,占 14%。说明井下样品生烃潜力大于露头样品。

## 5 原型盆地恢复及远景区圈定

### 5.1 原型盆地恢复

根据地质剖面及钻孔揭露情况,结合地震解译成果,对原型盆地进行了恢复。莱阳古盆地东深西

表 2 生烃潜量统计

| 生烃潜量<br>(mg/g) | 露头(57 块) |      | 莱孔 2 井(54 块) |      |
|----------------|----------|------|--------------|------|
|                | 样品块数     | 所占比例 | 样品块数         | 所占比例 |
| <0.5           | 42       | 74%  | 17           | 31%  |
| 0.5~2.0        | 8        | 14%  | 2            | 4%   |
| 2.0~6.0        | 6        | 10%  | 10           | 19%  |
| >6.0           | 1        | 2%   | 25           | 46%  |

浅,南部大野头凸起和北、西北的胶北隆起为物源地,由中心向西南水南组沉积厚度大,但砂岩所占比例大(旺平 1 井证明了这一点),说明该区域物源供给充足且补充较快。现莱阳市以东为当时的稳定深水沉积区(图 5)。

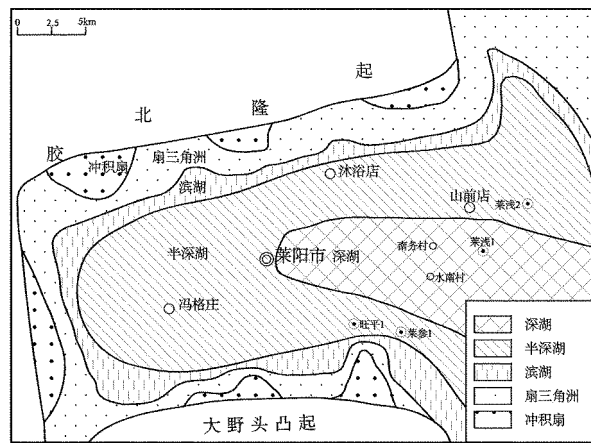


图 5 水南组沉积相位图

### 5.2 远景区圈定

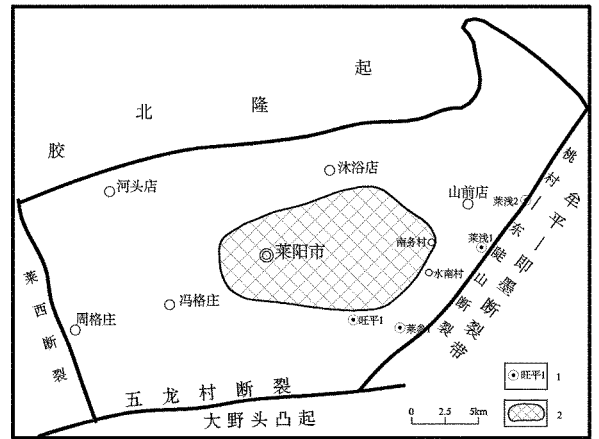
根据远景区的优选条件,结合恢复的原型盆地、钻探资料、地震解释成果和现今地层出露、保存等特征,初步圈定了页岩气远景区。

该远景区位于莱阳市至南务村一带,呈似椭圆形,东西长约 16 km,南北宽约 9 km,面积约 106.71 km<sup>2</sup>(图 6)。

## 6 结论

(1)经分析莱阳凹陷水南组地质、有机地化等特征,认为其具有形成页岩气的前提条件和形成环境。从生气母质的丰度、类型、成熟度、生烃潜力等分析,具有生气条件和能力,因而认为水南组具备页岩气形成的前提、条件、能力,并具备找矿前景。

(2)对水南组沉积期原型盆地进行了恢复,深



1—钻孔位置及编号;2—远景区范围  
图 6 莱阳凹陷页岩气远景区分布图

湖—半深湖相沉积部位主要分布在古盆地的中东部。

(3)在莱阳凹陷中东部残存的水南组暗色泥页岩分布范围内,圈定页岩气远景区,远景区内暗色泥页岩保存相对较好,发育厚度较大,埋深适中,可作为页岩气进一步勘查工作的重点。

## 参考文献:

- [1] 张增奇,田京祥,张春池,等. 国内外页岩气研究进展及山东省页岩气资源潜力[J]. 山东国土资源,2012,28(10):1-6.
- [2] 刘华,李凌,吴智平. 胶莱盆地烃源岩分布及有机地球化学特征[J]. 石油实验地质,2006,28(6):574-585.
- [3] 宋明春,王沛成,胡树庭,等. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003.
- [4] 宋明春,徐军祥,王沛成,等. 山东省大地构造格局和地质构造演化[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [5] 李金良. 胶莱盆地沉积分析及构造演化[D]. 北京:中国地质科学院,2006.
- [6] 李凌. 胶莱盆地莱阳期原型盆地格局[D]. 东营:中国石油大学(华东),2006.
- [7] 吴智平,李凌,李伟,等. 胶莱盆地莱阳期原型盆地的沉积格局及有利油气勘探区选择[J]. 大地构造与成矿学,2004,28(3):330-337.
- [8] 山东省区域地质调查队. 山东莱阳凹陷地层古生物[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [9] 任拥军,查明. 胶莱盆地东北部白垩系烃源岩有机地球化学特征[J]. 石油大学学报(自然科学版),2003,27(5):16-22.

## Prospects Analysis on Potentiality of Shale Gas Resource in Laiyang Depression

PENG Wenquan, JIANG Bo, WANG Yunyan, LIANG Yunhan, XIAO Guangling

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Jiaolai depression is the most representative in Cretaceous strata in Shandong province. Shale gas bearing strata in Cretaceous is Laiyang group. Laiyang depression has been considered as the favorable area for searching oil and shale gas. Lots of work has been done by Shengli Oilfield since 50s and 60s in last century, but hasn't obtained breakthrough results. There are preferable dark shales (source rocks) in Laiyang depression, but most of these shales have been exposed and denuded. Through investigation and study in recent years, it is regarded that there has the condition for forming shale gas in Laiyang depression. On the basis of studying geological characteristics, organic geochemical characteristics and restoring the prototype basin, the accumulation prospective areas have been circled in Laiyang depression.

**Key words:** Shale gas resource; shale gas exploration; potentiality prospect; Laiyang depression

(上接第 6 页)

mining area, origin and ore controlling factors of the deposit have been summarized. It is confirmed that the mineralization can be divided into volcano - volcano hydrothermal type, vein rock type and hydrothermal vein type. The formation mechanisms of these 3 kinds of mineralization have close relation, and have close relation with late Silurian volcano activities. Combining with the proportion of various mineralized areas and the sequence of formation time, the origin types can be summarized as: Bayin copper deposit is mainly composed of the late Silurian marine volcano - volcano hydrothermal mineralization, and accompanied by late vein rock mineralization, and regionally composed of early Hercynian granitic magmatic hydrothermal superimposition reformation, middle - low temperature copper deposit. Main controlling factors of different types of mineralization are volcano activities, activity phases and the lithology, and faults also have certain control effect. Vein type mineralization is controlled by lithology and veins itself (exposed position and scale), Good mineralization appears generally in the vein rock with large scale or in the swollen part of vein rock. Hydrothermal vein type mineralization is mainly controlled by hornblende granite and their contact parts, regionally controlled by fracture belts in the late period. Ore bodeis are formed by filling functional along the fracture zones.

**Key words:** Copper deposit; geological characteristics; origin of deposit; metallogenic model; Hejing county; Xinjiang Uygur Autonomous Region