

# 黔西南晴隆页岩气勘探潜力研究 ——以石炭系旧司组为例

吴闻静,雷 扬,蒋华忠,李 颖,周德帅

(中石化石油工程地球物理有限公司南方分公司,四川 成都 610041)

**摘要:**黔西南晴隆地区页岩气勘探具有一定潜力,利用新一轮地震资料及已钻井、野外露头等地质资料,开展地震反射层的地质属性定义、区域断裂系统研究、构造特征研究、圈闭描述及有利目标预测等工作,明确了晴隆地区石炭系旧司组页岩层纵横向展布情况,建立了区域断裂格架,发现2个有利背斜构造,指出页岩气勘探有利目标。综合分析认为:黔西南晴隆地区石炭系旧司组页岩层具有良好的深水盆地沉积环境;地震资料上页岩层呈明显的2~3个强相位、连续性较好的波峰反射特征,在横向上延展范围较广、可连续追踪;页岩层受区域断裂影响较小;发育多个背斜构造可形成有利圈闭,如碧痕营背斜、安谷背斜等大型圈闭;晴隆地区页岩气勘探具有较大潜力。

**关键词:**层位标定 构造特征 页岩气 旧司组 黔西南

**中图分类号:**T122 **文献标志码:**A

## Study on shale gas exploration potential of Qinglong area in Southwest Guizhou: taking Carboniferous Chiussu Formation as an example

WU Wenjing, LEI Yang, JIANG Huazhong, LI Ying, ZHOU Deshuai

(South Branch of SINOPEC Geophysical Corporation, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Qinglong area of southwest Guizhou has great potential in shale – gas exploration. According to a new round of seismic data and geological data of drilled wells and outcrops, it was carried out studies on the geological attribute definition of seismic reflection layers, the regional fracture system, the tectonic characteristics, the trap description, the prediction of favorable targeted layers, and so on. It was clearly identified the vertical and horizontal distribution of Carboniferous Chiussu Formation in Qinglong area and the grid of regional fracture was built. And then it was found two favorable anticline structures. Thus, it was pointed out the targeted area for shale gas exploration. The results of comprehensive analysis indicated that there is favorable depositional environment of deep – water basin in Chiussu shale layers of Qinglong area. The seismic data showed that the shale layers have obvious reflection characteristics of 2 or 3 peak – waves with strong phase and better continuity, which has a wide range of extension and can be tracked continuously. The effect of regional fracture on shale is relatively small. Multiple anticline structures developed can form favorable traps, such as large – scale traps of Bihenyong and Angu anticlines. Therefore, there is great potential in shale – gas exploration of Qinglong area.

**Key words:** horizon calibration; structural features; shale gas; Chiussu Formation; southwest Guizhou

黔西南地区从泥盆系早期开始,海水由广西侵入,至早二叠世末期,逐渐退出本区,隆升为陆地。这个时期内,整个黔西南地区沉积环境基本为深水陆棚,泥盆系至二叠系发育多套优质页岩层<sup>[1]</sup>,初步认为发育七套含页岩地层,自下而上分别为中泥盆统罐子窑组、火烘组,下石炭统旧司组,下二叠统梁山组,上二叠统龙潭组、长兴组,上三叠统火把冲组<sup>[2]</sup>。对以上多套页岩层的页岩气地质条件综合

分析认为:旧司组页岩层有机碳含量在0.45%~2.74%,平均1.41%,晴隆工作区有机碳含量超过

收稿日期:2018-04-24;改回日期:2018-05-16。

第一作者简介:吴闻静(1983—),女,工程师,硕士,主要从事地震解释研究工作。E-mail:48098995@qq.com。

基金项目:中国地质调查局地质调查项目,项目编号:[2015]01-04-03-002-05。

1.5%,具有有机质丰度高、生烃能力强的特征<sup>[3]</sup>;有机质成熟度处于过成熟早期,为典型生干气阶段;脆性矿物含量分析,石英含量40%~50%,粘土矿物含量30%~40%,脆性矿物含量适中<sup>[4]</sup>;地层总体埋深较浅,普遍浅于3 000 m;有利页岩层大面积连续分布等特点。因此,旧司组页岩层为本区勘探潜力较大页岩层系<sup>[5]</sup>。

借鉴新一轮地震资料,进行关键地震反射层的地质属性定义、断裂系统分析、构造圈闭描述及有利目标预测等工作,进一步落实旧司组页岩层在本区的地震反射特征、埋藏深度、断裂影响程度、构造圈闭特征、有利目标,为本区页岩气下步勘探部署提供依据。

## 1 标志反射层的地质属性定义

结合区域地质、地球物理资料,进行层位标定和反射特征识别,赋予了标志性反射层的地质属性<sup>[6]</sup>。

### 1.1 地质露头下延法

工区总体表现为背斜区年代老、向斜区年代新的地层出露特征,西南部碧痕营背斜主要出露二叠系茅口组、龙潭组地层,东北部晴隆向斜主要出露三叠系飞仙关组、关岭组地层,地层尖灭点可以作为三叠系底层位标定的重要依据<sup>[7]</sup>。通过地质露头下延,可以较好对三叠系底至二叠系龙潭组地震反射进行约束和标定,并根据地质露头对地震地质解释剖面基本构造格局起到控制作用<sup>[8]</sup>(图1)。

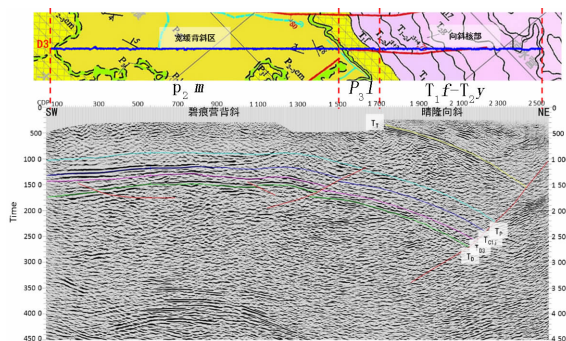


图1 地质露头下延法标定三叠系底反射层

### 1.2 波组特征对比法

结合本区与邻区标志层地震反射特征对比识别,发现主要层系地震反射特征整体相似度极高,为反射波地质属性归属提供了重要证据<sup>[9]</sup>。三叠系底表现为多个中强相位连续波峰反射;二叠系底表现为弱振幅不连续波谷特征;石炭系旧司组底表现为2~3个强相位连续波峰反射;泥盆系地层地震反

射特征基本为2~3个中强相位波峰反射特征<sup>[10]</sup>。这些层位地质属性在归属上再根据岩性变化差异、地层厚度变化,重新定义了泥盆系内两套地震反射的地质属性,分别为上泥盆统底(TD3)、泥盆统底(TD)<sup>[11]</sup>(图2)。

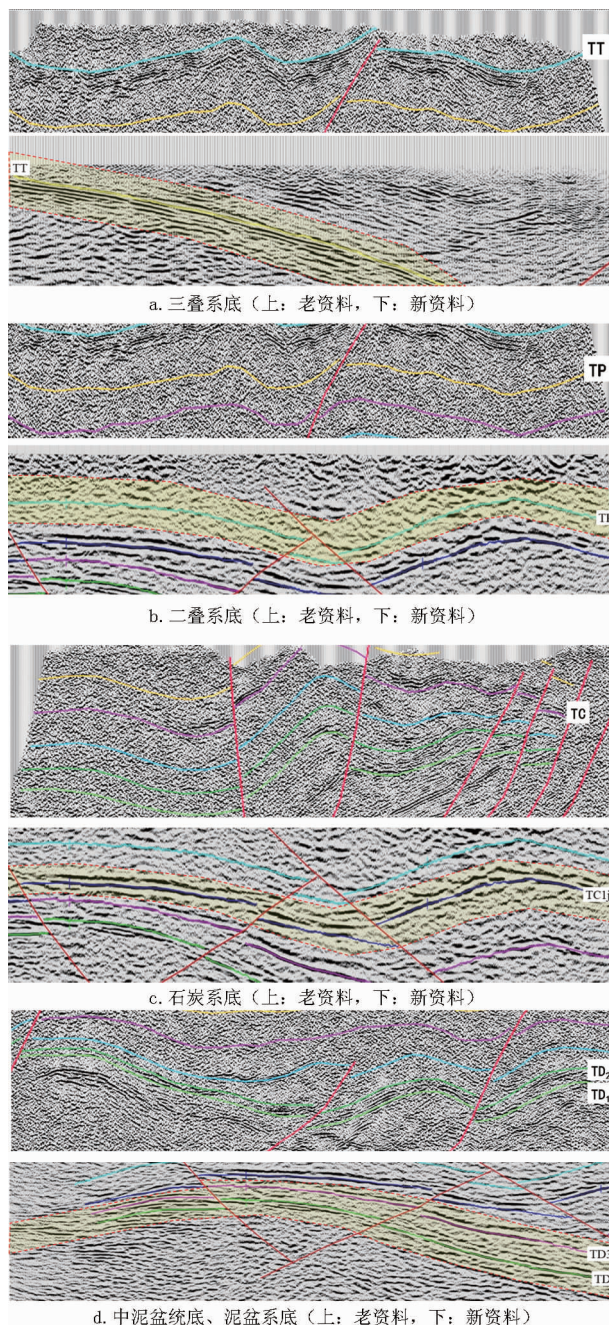


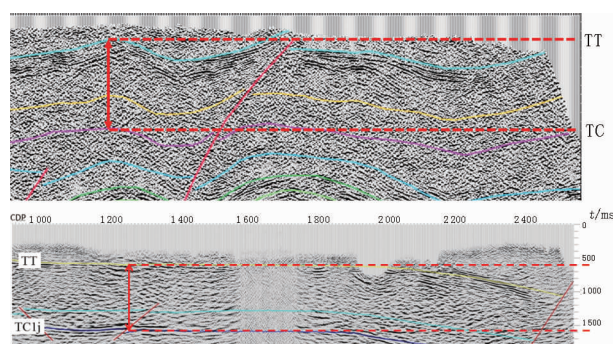
图2 新老资料主要目的层地震反射特征对比

### 1.3 地层厚度参考法

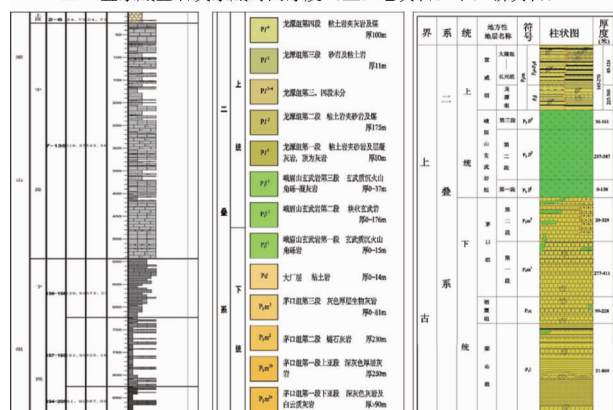
根据地震层位间时间差、地层层速度计算地层厚度,同时与钻井揭示地层厚度进行纵向对比分析,能间接确定部分层位地质属性<sup>[12]</sup>。为此,通过地层厚度法对三叠底、石炭底反射层开展各标准反射层的



地质属性归属。新、老地震资料从三叠系底多个中强相位反射,至石炭系底2~3个中强相位反射,时间差基本在1 000 ms左右,之间基本为弱反射特征(图2)。考虑到本区为灰岩裸露区,整体速度相对较高,基本在6 000~6 500 m/s范围,时间差1 000 ms换算为3 200~3 500 m左右的地层厚度,与区域地层厚度、部分地层钻井厚度基本吻合<sup>[13]</sup>(图3)。

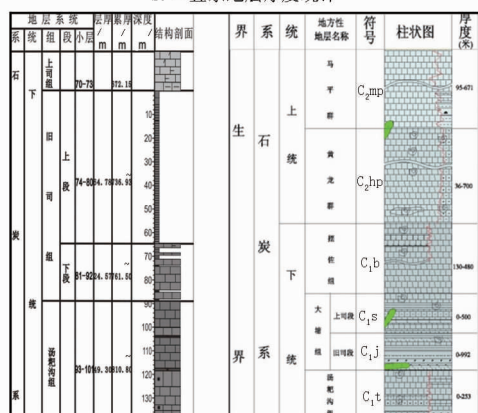


a. 三叠系底至石炭系底时间厚度(上:老资料,下:新资料)



结合区域厚度推断,二叠系地层厚度约2500m左右

b. 二叠系地层厚度统计



c. 石炭系地层厚度统计

图3 厚度参考法定义地震反射地质属性

#### 1.4 主要标志层反射特征

根据层位标定成果,结合地层的沉积特征、岩性变化与反射波属性进行类比分析,确定各地震反射界面的地质属性<sup>[14]</sup>(图1)。

TT:标定为三叠系底,地震剖面上表现为一套中强相位、连续性较好的反射波组顶反射,对应三叠系飞一段、飞二段的粉砂质泥岩、粉砂岩与灰岩互层反射,呈正极性反射。

TP:标定为二叠系底,下二叠统龙吟组泥灰岩与页岩分界面。由于页岩与泥灰岩波阻抗差异相对较小,地震剖面上主要表现为弱振幅、断续反射的波谷特征。

TC<sub>1j</sub>:标定为石炭系旧司组底,石炭系旧司组二段底部、一段页岩与灰岩互层反射界面,呈正极性反射,地震剖面上表现为2~3个强相位、连续性较好的反射波组顶反射。

TD<sub>3</sub>:标定为上泥盆统底,上泥盆统泥岩与硅质岩互层反射界面,呈正极性反射。地震剖面上表现为2~3个强相位、连续性较好的反射波组顶反射。

TD:标定为泥盆统底(本区下泥盆统地层缺失),中泥盆统火烘组泥岩与灰岩互层反射界面,呈正极性反射,地震剖面上表现为2~3个强相位、连续性较好的反射波组顶反射。

## 2 断裂及构造特征

### 2.1 区域断裂特征

研究区位于黔西南涡轮构造区东北部,区域褶皱及断裂非常发育<sup>[15]</sup>。从断裂平面来看,形似逆时针旋转的涡轮状构造,以兴义附近为涡轮中心,靠近涡轮中心,断裂密集,远离涡轮中心,断裂分散<sup>[16]</sup>(图4)。

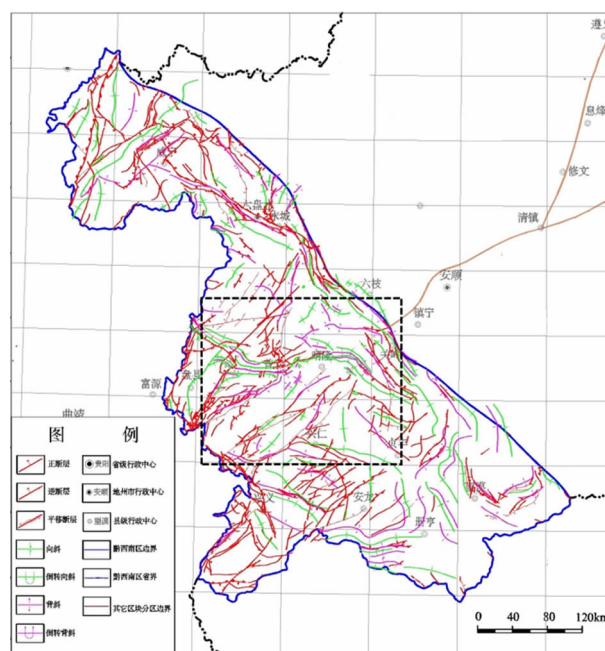


图4 黔西南断裂平面分布

地震剖面上可见本区断裂为逆断层为主,基本属Ⅲ级断层,控制了区内一些典型构造,整体表现为“Y”字型与“人”字型。早期受泥盆世都匀运动和广西运动影响,晚期受晚二叠世东吴运动影响,断层断穿了泥盆系至地表埋深较浅地层,断距从深至浅逐渐变小,具有较强的继承发展性,断层基本控制了碧痕营背斜、安谷背斜、大宝向斜等主要构造(图 5)。断层平面展布特征为:平面上大型断裂走向以 NE 向为主,主要集中在西南部;少量 NW 向断裂在东北部,与地表断层发育方向保持一致。断层发育方向与涡旋构造区受力及断层总体展布情况具有极大相关性,但断层距离背斜核部至少 3 km,对旧司组页岩气藏的保存无明显影响<sup>[17]</sup>(图 6)。

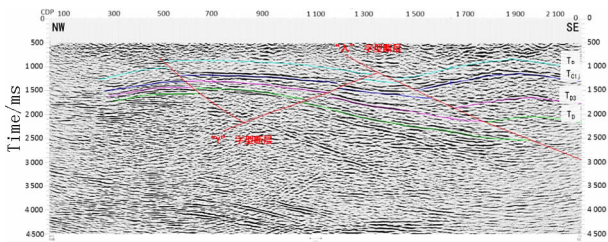
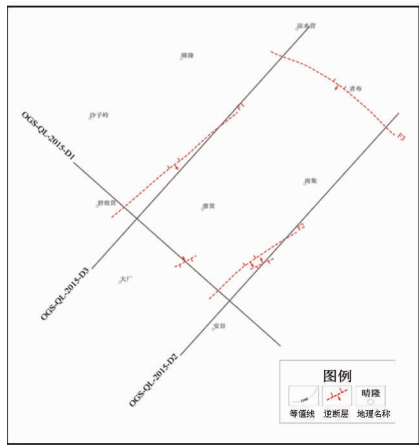
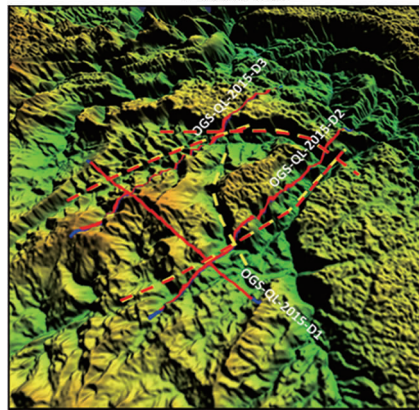


图 5 典型断裂在地震剖面上特征



a. 二叠系底断裂



b. 地表断裂

图 6 晴隆地区断裂平面展布特征

2.2 构造特征

研究区总体表现为“两凹两隆”构造特征,西北部发育碧痕营背斜构造,西南部发育安谷背斜构造,中部夹持大宝向斜,东北部为晴隆向斜区,区内褶曲形态复杂多样,褶皱轴向总体以 NE 向为主,发育部分弧形构造<sup>[18]</sup>,均以隔槽式褶皱为主体,部分褶曲行迹受断层切割而不连续<sup>[19]</sup>(图 7)。

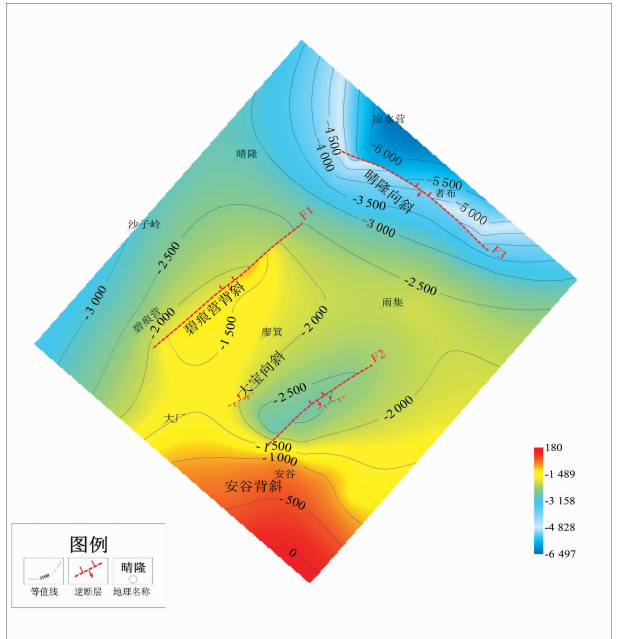


图 7 晴隆地区石炭系旧司组底构造

3 圈闭特征

下石炭统旧司组地震反射为本区信噪比较高、波组特征明显、落实构造可靠性最高的反射之一。对于工作区碧痕营背斜、安谷背斜、大宝向斜、晴隆向斜构造的形态刻画基本可靠。

(1) 碧痕营背斜

碧痕营背斜位于工作区西部,受控于 F1 大型断裂及周缘小断层,地震资料品质相对较高,圈闭可靠。碧痕营背斜构造在二叠系圈闭面积最大,下石炭统旧司组底至泥盆系底波组反射特征明显,碧痕营背斜构造较为落实(图 8)。圈闭范围较大、闭合幅度较高、整体埋深较浅、页岩气地质综合条件有利,可以作为下步勘探重点目标。

(2) 安谷背斜

安谷背斜位于工作区西南部,与碧痕营背斜相对应,受控于 F2 断层,地震资料品质相对较高,圈闭较可靠。通过地震资料能够基本确定安谷背斜构造,但是由于测线未完整穿越整个安谷背斜,圈闭落实较差(图 8)。



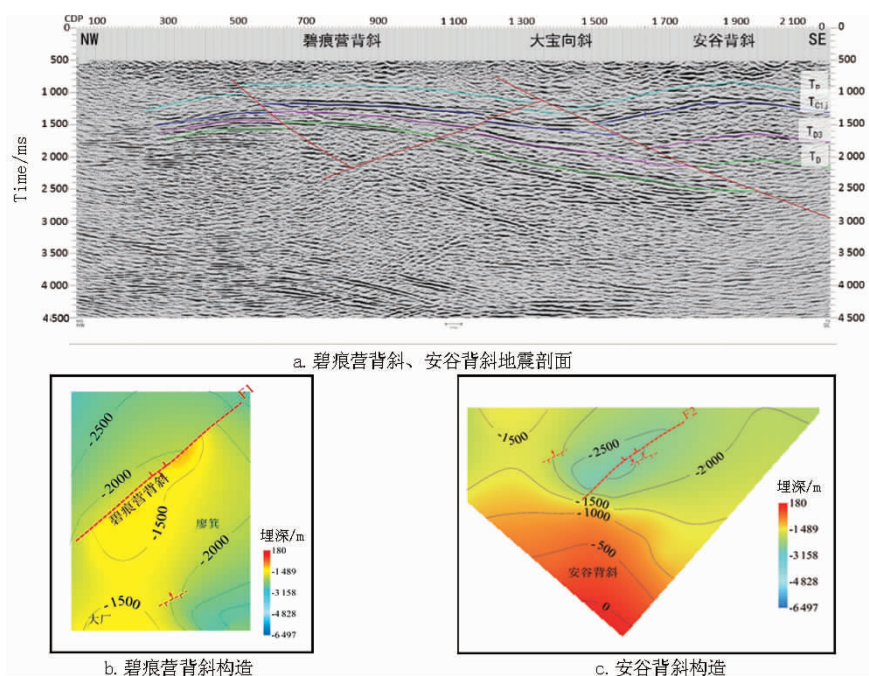


图8 有利背斜构造剖面及平面

## 4 结论

(1) 晴隆地区下石炭统旧司组页岩地质综合特征为有利页岩地层, 具有较大的页岩气勘探潜力。

(2) 通过2种方法较好地识别了地震反射层的地质属性, 明确了整个石炭系旧司组页岩层在晴隆地区纵向埋深、横向展布情况。

(3) 晴隆地区发育大量Ⅲ级逆断层, 断裂走向主要为NE向、少量NW向, 与区域涡旋构造断裂发育情况一致; 大型断层离背斜核部距离3 km以上, 对页岩气保存较少破坏作用。

(4) 晴隆地区石炭系旧司组构造样式为“两凹两隆”特点, 主要发育有碧痕营背斜、安谷背斜、晴隆向斜、大宝向斜, 优选了碧痕营背斜作为下步勘探主要目标。

### 参考文献:

- [1] 陈洪德, 倪新锋, 刘文均, 等. 中国南方盆地覆盖类型及油气成藏[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 317-323.
- [2] 梁狄刚, 郭彤楼, 边立曾, 等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三) 南方四套区域性海相烃源岩的沉积相及发育的控制因素[J]. 海相油气地质, 2009, 2(14): 1-19.
- [3] 聂海宽, 唐玄, 边瑞康. 页岩气成藏控制因素及中国南方页岩气发育有利区预测[J]. 石油学报, 2009, 30(4): 484-491.
- [4] 张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 15-18.
- [5] 陈更生, 董大忠, 王世谦, 等. 页岩气藏形成机理与富集规律初探[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 17-21.
- [6] 李延钧, 刘欢, 刘家霞, 等. 页岩气地质选区及资源潜力评价

方法[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2011, 33(2): 28-34.

- [7] 李新景, 吕宗刚, 董大忠, 等. 北美页岩气资源形成的地质条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 27-32.
- [8] 张大伟. 加速我国页岩气资源调查和勘探开发战略构想[J]. 石油与天然气地质, 2010, 2(31): 135-150.
- [9] 杨一鸣, 毛俊莉, 李晶晶. 页岩气藏地质特征及地质选区评价方法——以辽河坳陷东部凸起为例[J]. 特种油气藏, 2012, 19(2): 46-49.
- [10] 李玉喜, 乔德武, 姜文利, 等. 页岩气含气量和页岩气地质评价综述[J]. 地质通报, 2011, 30(2/3): 308-317.
- [11] 徐彬彬, 何明德. 贵州煤田地质[M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 2003: 1-22.
- [12] 邹才能, 董大忠, 王社教, 等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(6): 641-653.
- [13] 董大忠, 邹才能, 李建忠, 等. 页岩气资源潜力与勘探开发前景[J]. 地质通报, 2011, 30(2/3): 324-336.
- [14] 徐卿. 黔西南地区二叠系梁山组页岩气勘探潜力研究[J]. 中国煤炭地质, 2017(05): 4-8.
- [15] 秦琴, 龙成雄, 唐显贵. 黔西南地区石炭系旧司组页岩沉积环境分析[J]. 中国煤炭地质, 2016, 28(04): 2-3.
- [16] 张本杰, 秦琴, 明方平, 等. 黔西南区旧司组页岩气储存特征及有利区优选[J]. 天然气技术与经济, 2014, 8(03): 3-5.
- [17] 唐显贵, 秦文, 秦琴, 等. 黔西南区上古生界页岩气资源潜力分析[J]. 中国煤炭地质, 2014, 26(06): 2-7.
- [18] 董大忠, 程克明, 王世谦, 等. 页岩气资源评价方法及其在四川盆地的应用[J]. 天然气工业, 2009, 29(05): 1-5.
- [19] 陈更生, 董大忠, 王世谦, 等. 页岩气藏形成机理与富集规律初探[J]. 天然气工业, 2009, 29(05): 4-6.

(编辑 杨芝文)