

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.03.03

引用格式: 贺永忠, 向坤鹏, 安亚运, 等. 黔北正安地区五峰组—龙马溪组页岩气地质特征及有利区预测[J]. 中国地质调查, 2020, 7(3): 21–29.

黔北正安地区五峰组—龙马溪组 页岩气地质特征及有利区预测

贺永忠¹, 向坤鹏¹, 安亚运¹, 易成兴¹, 杨忠琴¹, 于宁²

(1. 贵州省地质调查院, 贵阳 550081; 2. 贵州理工学院, 贵阳 550003)

摘要: 为明确黔北正安地区上奥陶统五峰组至下志留统龙马溪组的页岩气地质特征, 充分应用页岩气地质调查、重磁电、二维地震、地质调查井及测试分析等工作方法, 开展黔北正安地区 1:5 万页岩气基础地质调查, 对五峰组至龙马溪组富有机质页岩的分布、沉积环境、有机地球化学、岩石矿物、储集性能及含气性等特征进行分析研究, 结果表明: 研究区五峰组—龙马溪组富有机质页岩为深水陆棚相沉积, 主要分布有安场向斜、斑竹向斜和泥高向斜, 厚度 14.5 ~ 55 m, 埋深 0 ~ 3 200 m; 有机碳 (TOC) 含量 1.0% ~ 4.0%, 有机质镜质体反射率 (R_o) 为 1.82% ~ 2.23%, 有机质类型以 I 型干酪根为主; 岩石主要由石英、长石和黏土矿物组成, 脆性矿物含量高, 一般大于 50%; 孔隙度为 2.03% ~ 3.89%, 渗透率为 $0.35 \times 10^{-5} \sim 1.86 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$, 表现为低孔、特低渗的特征; 最高含气量为 $2.88 \text{ m}^3/\text{t}$, 显示出较好的含气性特征。综合分析和评价圈出 3 个页岩气聚集有利区, 分别为安场区块、斑竹区块和泥高区块, 这为研究区页岩气进一步勘探开发指明了方向。

关键词: 正安地区; 五峰组—龙马溪组; 有机地球化学特征; 含气性; 有利区预测

中图分类号: TE132.2; P618.13

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2020)03–0021–09

0 引言

黔北地区上奥陶统五峰组 (O_3w) 至下志留统龙马溪组 (S_1l) 整体为一套富有机质页岩沉积, 分布较为广泛。这套地层是否具有页岩气勘探前景, 关乎中国南方油气资源潜力大小和勘查方向。2009 年, 原国土资源部油气资源战略研究中心启动“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区优选”项目, 以川渝黔鄂地区为主, 明确了黔北地区上奥陶统五峰组至下志留统龙马溪组为页岩气勘探目的层; 2012 年, 贵州省国地资源厅开展的“贵州省页岩气资源调查评价”项目^[1], 于道真向斜东翼实施了 1 口调查井, 在五峰组和龙马溪组下部获较好的页岩气显示。通过上述工作, 进一步确定了黔北地区五峰组和龙马溪组为含页岩气目标层位, 初步研

究其分布范围、页岩层的特征参数和构造保存关系。随着页岩气调查工作的快速推进, 在黔北及周缘地区该层位中相继发现了页岩气显示, 但未进行重点区块的页岩气地质调查工作^[2–3], 严重制约了对该区页岩气成藏规律的进一步认识。本文以黔北正安地区五峰组—龙马溪组为研究对象, 按照 1:5 万区域地质调查总则、页岩气地质调查等相关技术要求, 应用页岩气填图的新方法和新理论, 结合二维地震、重磁电、页岩气调查井及测试分析等工作手段进行了对比和研究。详细查明了黔北正安地区的构造特征, 对研究区内五峰组—龙马溪组富有机质页岩的沉积环境、分布、有机地球化学、岩石矿物学、储集性能及含气性等做了系统研究, 为深入研究页岩气富集成藏规律提供基础资料, 有望对黔北地区页岩气的进一步勘探提供理论依据。

收稿日期: 2019–05–24; 修订日期: 2020–03–16。

基金项目: 中国地质调查局“黔北道真向斜 1:5 万页岩气地质调查 (编号: 12120115101601)”、贵州省科学技术基金“黔北地区寒武系牛蹄塘组页岩气成藏条件及关键控制因素研究 (编号: 黔科合 JZ 字[2015]2005 号)”、贵州省科学技术厅“贵州省地质调查院院士工作站 (编号: 黔科合平台人才[2018]5626”和“黔北地区石牛栏组岩相古地理与页岩气有利储集相带研究 (编号: 黔地矿科合[2019]24)”项目联合资助。

第一作者简况: 贺永忠 (1971—), 男, 高级工程师, 主要从事区域地质矿产调查及研究工作。Email: 253109134@qq.com。

1 研究区地质概况

黔北正安地区在大地构造上位于上扬子台地区,根据《贵州省区域地质志》^[4]的划分方案,属上扬子陆块的黔北隆起区,震旦纪—早奥陶世时期演变为被动陆缘,晚奥陶世的都匀运动控制了研究区南部黔中隆起的形成,受加里东运动的影响,晚奥陶世五峰期至早志留世龙马溪期,黔北地区处于局限滞流环境^[4]。受燕山期构造旋回叠加改造,形成了以 NE—NNE 向为主的褶皱,并发育 NE 向、近 SN 向和近 EW 向 3 组断裂,从构造线的相互切割和限制关系来看,NE 向断层形成最早,多为加里东期发育的压性断层,并在燕山期复合,之后发生左行走滑,对喜马拉雅期构造变形进行了限制。

研究区正安一带地层分区属扬子地层区的黔北地层分区,区内地层发育齐全,整体以海相沉积为主。除缺失泥盆系、石炭系沉积记录外,寒武系至三叠系均有不同程度的分布,岩性主要为碳酸盐

岩,夹黏土岩、砂岩等。自晚奥陶世开始,黔北地区发生大规模海侵,形成缺氧环境,以悬浮沉积为主,形成上奥陶统五峰组至下志留统龙马溪组连续沉积,是区内页岩气勘探的主要目标层系,现残存分布于各次级向斜的周缘(图 1)。20 世纪 60 年代末在黔北、川南地区开展 1:20 万正安幅、南川幅区域地质调查及矿产地质调查^[5-8],基本查明了区域地层分布及构造变形特征。之后,黔北地区陆续开展了多幅 1:5 万区域地质调查^[9-10]项目,对研究区基础地质做了详细的研究,进一步细化了区域地层、古生物、矿产和构造变形等特征及规律研究。随着非常规油气勘探的兴起,贵州省于 2012—2013 年完成了全省页岩气资源调查评价,进一步明确了五峰组—龙马溪组为黔北地区页岩气的主要目标层系,并对页岩气地质特征作了初步研究^[1]。但限于研究精度的制约,并未对正安一带五峰组—龙马溪组页岩气地质特征做系统总结,也未进行页岩气富集有利区块的预测和划分。

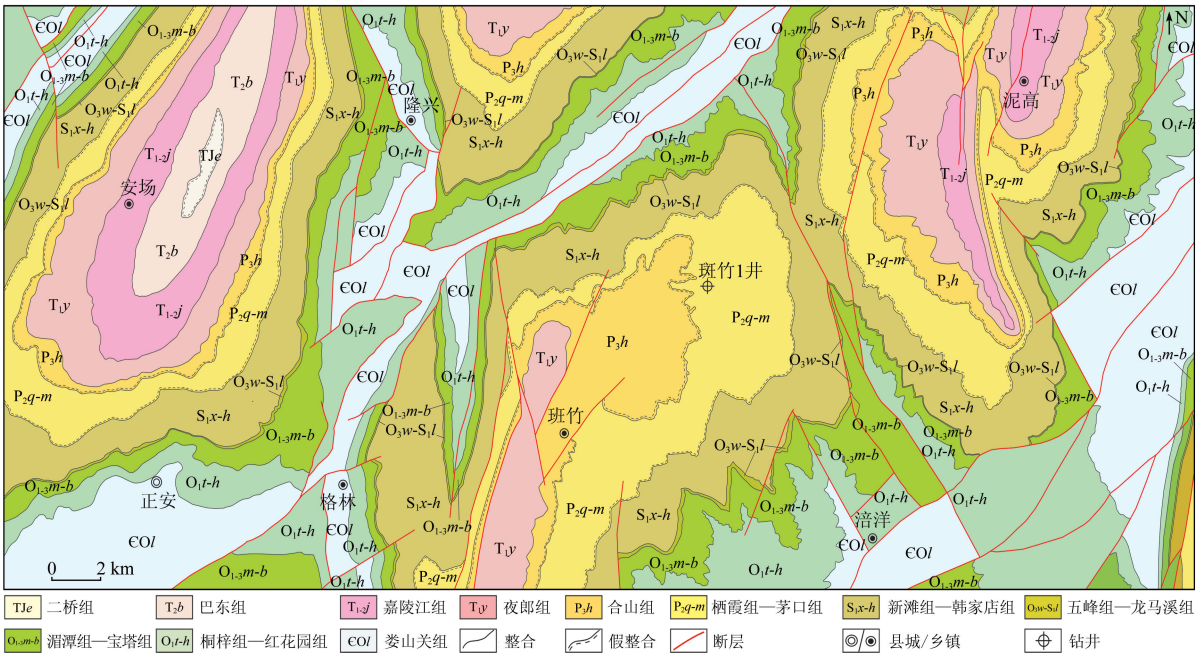


图 1 黔北正安一带区域地质图

Fig. 1 Regional geological map in Zheng'an area of Northern Guizhou

2 五峰组—龙马溪组地质特征

晚奥陶世五峰组至早志留世龙马溪组富有机质页岩是中国南方主要页岩气勘探的最主要层位之一。在研究区五峰组厚度为 5~12 m,主要岩性

为黑色薄层粉砂质碳质页岩(图 2(a))、含粉砂质碳质页岩(图 2(b)),含大量笔石化石及黄铁矿颗粒,发育水平层理,夹薄层黑色硅质页岩和 3~8 层黄绿色薄层凝灰岩(图 2(c))。顶部发育一套分布不稳定、产大量赫南特贝的生物碎屑灰岩(图 2(d))^[11],厚 0~8 m。其上龙马溪组主要为一套黑色薄层碳质

页岩、含粉砂质碳质页岩、含钙质粉砂质碳质页岩,产大量笔石化石(图2(e)和(f)),发育水平层理,下部间夹2~5层黄绿色薄层凝灰岩,整体厚10~35 m。由

下至上,岩石颜色由深逐渐变浅,碳质成分及黄铁矿含量逐渐减少,钙质、砂质明显增加,未见底栖生物化石,整体属深水陆棚相沉积^[12-14]。



(a) 剖面露头五峰组碳质页岩

(b) 斑竹1井岩心中五峰组碳质页岩

(c) 斑竹1井岩心中凝灰岩夹层

(d) 观音桥层生物屑灰岩

(e) 龙马溪组笔石页岩特征

(f) 龙马溪组笔石页岩特征

图2 黔北正安地区五峰组—龙马溪组典型岩性特征

Fig.2 Lithological characteristics of carbonaceous shales in Wufeng - Longmaxi Formation

区域地质调查研究显示,受南部黔中隆起的影响,五峰组—龙马溪组富有机质页岩由南向北整体表现出增厚趋势。在研究区范围内,正安珍珠、正安城北、格林窝和正安隆兴等21个露头剖面厚度数据显示,五峰组—龙马溪组富有机质页岩厚度为14.5~55 m,整体也显示出向北沉积厚度增加的变化规律。其中斑竹1井钻探揭示五峰组—龙马溪组富有机质页岩厚度为31 m,这与地表剖面测量数

据相当。

地表地质调查显示,五峰组—龙马溪组富有机质页岩在研究区主要残存于安场向斜、斑竹向斜、泥高向斜等次级向斜中。根据地表调查获得的各地层产状、厚度参数和钻井数据,结合二维地震测量资料推断,研究区五峰组—龙马溪组富有机质页岩的埋深为0~3 200 m(图3),其中以安场向斜一带埋深和厚度为最大。

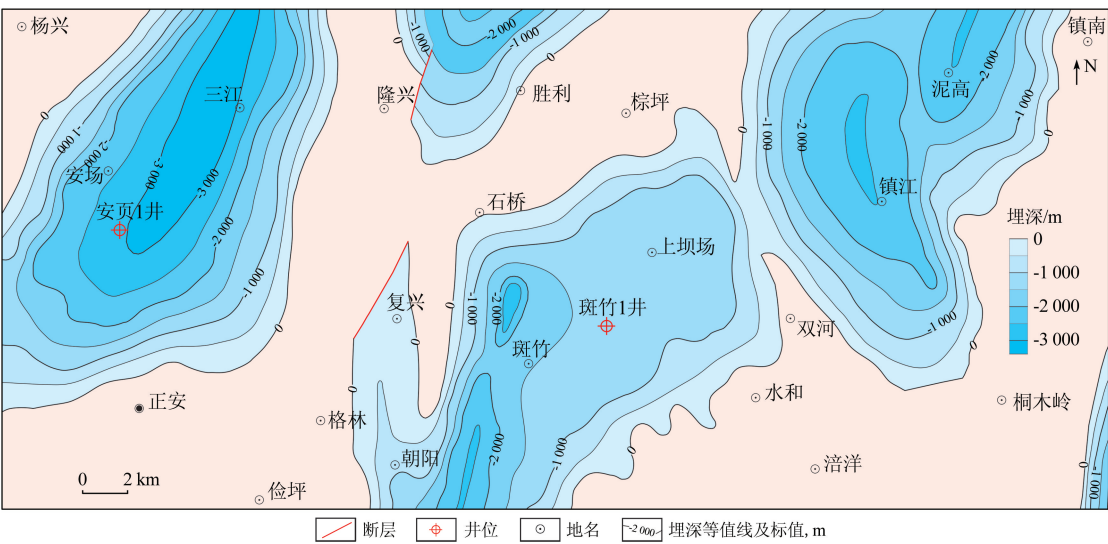


图3 研究区五峰组—龙马溪组底界埋藏深度预测

Fig.3 Prediction map of burial depths of the bottom boundary of Wufeng - Longmaxi Formation in the study area

3 五峰组—龙马溪组有机地球化学特征

3.1 有机质类型

岩石的有机质类型决定页岩的生气能力^[15]。研究表明,黔北及黔西北地区五峰组—龙马溪组以Ⅰ型有机质为主,并开始出现Ⅱ₁型有机质^[14]。本次对34件斑竹1井钻井岩心样和地表岩石样进行

分析,结果显示:腐泥组以无定形体为主,壳质组不含树脂体和菌孢体,镜质组主要为无结构镜质体,惰性组见少量丝质体,类型指数为71.8~93.0,以Ⅰ型干酪根为主,仅2件样品为Ⅱ₁型(表1)。整体与前人研究一致。参考北美页岩气开发主力产气层干酪根类型研究结果^[16],黔北正安地区五峰组—龙马溪组富有机质页岩具有较好的生烃潜力。

表1 斑竹1井干酪根显微组分及类型统计

Tab.1 Statistics of macerals and types of kerogen in Well Banzhu 1

样品编号	层位	腐泥组/%			壳质组/%		镜质组/%		惰性组/%		类型指数	类型
		无定形体	树脂体	菌孢体	无结构镜质体	丝质体						
BY-6H	O ₃ w	93	0	0	4	3					87.0	I
BY-18H	S ₁ l	85	0	0	7	8					71.8	Ⅱ ₁
BY-26H	S ₁ l	89	0	0	7	4					79.8	Ⅱ ₁
BY-30H	S ₁ l	90	0	0	6	4					81.5	I
BY-34H	S ₁ l	96	0	0	4	0					93.0	I
BY-H38H	S ₁ l	95	0	0	5	0					91.3	I
BY-H42H	S ₁ l	95	0	0	3	2					90.8	I
SP07-4H1	O ₃ w	94	0	0	5	1					89.3	I
SP07-10H1	O ₃ w	96	0	0	3	1					92.8	I
SP07-16H1	S ₁ l	92	0	0	7	1					85.8	I
SP07-22H1	S ₁ l	90	0	0	9	1					82.3	I
SP07-30H1	S ₁ l	91	0	0	7	2					83.8	I
SP07-32H1	S ₁ l	93	0	0	5	2					87.3	I
SP08-6H2	O ₃ w	94	0	0	3	3					88.8	I
SP08-11H3	S ₁ l	95	0	0	3	2					90.8	I
SP09-3H1	O ₃ w	93	0	0	4	3					87.0	I
SP09-8H2	S ₁ l	92	0	0	6	2					85.5	I
SP09-10H2	S ₁ l	91	0	0	6	3					83.5	I
SP11-3H1	O ₃ w	93	0	0	6	1					87.5	I
SP11-6H2	O ₃ w	92	0	0	6	2					85.5	I
SP11-9H1	O ₃ w	94	0	0	4	2					89.0	I
SP12-4H1	O ₃ w	96	0	0	3	1					92.8	I
SP12-7H2	O ₃ w	92	0	0	6	2					85.5	I
SP12-15H1	S ₁ l	93	0	0	4	3					87.0	I
SP12-19H1	S ₁ l	94	0	0	5	1					89.3	I

(续表)

样品编号	层位	腐泥组/%	壳质组/%		镜质组/%	惰质组/%	类型指数	类型
		无定形体	树脂体	菌孢体	无结构镜质体	丝质体		
SP12-23H1	S ₁ l	92	0	0	6	2	85.5	I
SP12-27H2	S ₁ l	90	0	0	6	4	81.5	I
SP12-34H1	S ₁ l	94	0	0	3	3	88.8	I
SP13-3H2	S ₁ l	92	0	0	6	2	85.5	I
SP13-5H2	S ₁ l	93	0	0	6	1	87.5	I
SP13-8H1	S ₁ l	94	0	0	2	4	88.5	I
SP13-12H1	S ₁ l	93	0	0	4	3	87.0	I
SP13-13H3	S ₁ l	94	0	0	4	2	89.0	I
SP13-18H1	S ₁ l	95	0	0	2	3	90.5	I

3.2 有机质丰度

有机质丰度是页岩气形成的最重要的关键参数之一^[15],有机质含量常与页岩的生气率、吸附气量和总含气成正比。通过对地表和斑竹1井岩心共310件样品的测试分析统计(图4),仅少部分样

品TOC含量小于1%,多数为2.0%~3.0%,含量大于2%的样品比例超过50%,TOC含量整体较高;五峰组与龙马溪组TOC含量大于2.0%的样品占比分别为59.5%、39.4%,指示五峰组富有机质页岩优于龙马溪组富有机质页岩。

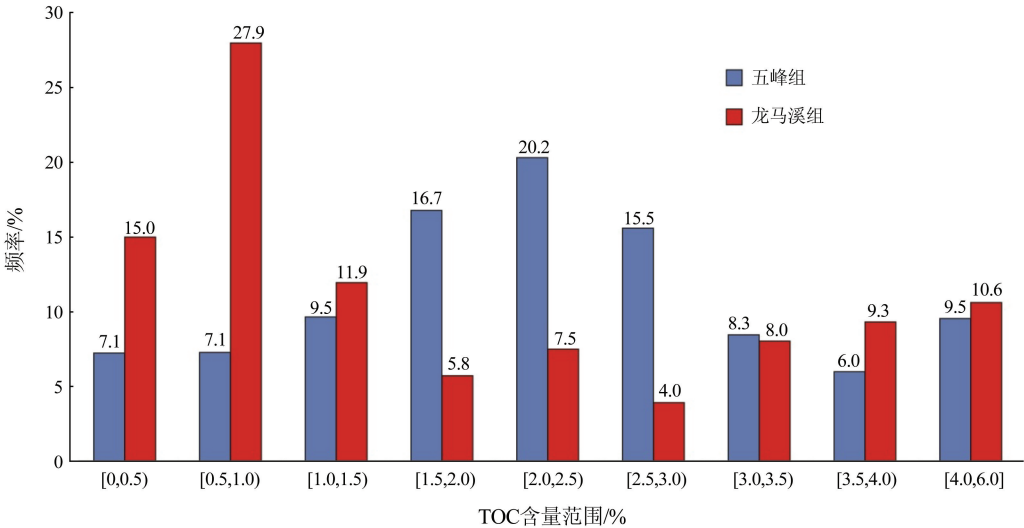


图4 黔北正安地区五峰组—龙马溪组有机碳含量频率分布

Fig.4 Frequency distribution of organic carbon contents of Wufeng –Longmaxi Formation in Zheng’an area of Northern Guizhou

3.3 有机质成熟度

通过对正安地区五峰组—龙马溪组59件页岩样品分析,表明有机质镜质体反射率为1.82%~2.23%,平均为2.08%,达到高一过成熟阶段,但有机质演化程度均低于2.5%,处于湿气—干气阶段,是形成页岩气理想的热演化阶段。整体与安页1井^[17]、黔西北地区^[14]和川东南地区有机质成熟度一致^[18]。

4 储集物性特征

4.1 岩石学特征

五峰组典型样品薄片鉴定结果显示:碎屑矿物含量为51%~77%(长石+石英);自生矿物主要为方解石、少量白云石及黄铁矿,含量为4%~20%;黏土矿物含量为22%~34%,以伊利石为主,其次为绿泥石。龙马溪组碎屑矿物含量为

47.7%~77.6%;自生矿物主要是方解石和黄铁矿,含量为0%~10%;黏土矿物平均含量为22.4%~35.6%,以伊利石为主,其次为绿泥石。总之,五峰组—龙马溪组页岩脆性矿物含量较高,均大于50%,有利于粒间孔和粒内孔的发育,有利于压裂改造。

4.2 孔隙度与渗透率

斑竹1井测试数据显示:五峰组—龙马溪组岩石孔隙度为2.03%~3.89%,平均为2.80%;渗透率一般为 $0.35 \times 10^{-5} \sim 1.86 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.91 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$,总体表现为低孔、低渗的特征。五峰组孔隙度与渗透率总体表现为向上增大,与页岩中脆性矿物含量成正比;而龙马溪组孔隙度与渗透率则向上减小,与页岩中钙质含量增高有关。其孔渗条件与涪陵地区焦页X井的孔渗条件相当^[19-21]。

4.3 孔隙类型

斑竹1井样品测试分析数据显示：五峰组—龙马溪组富有机质页岩主要发育粒内孔、粒间孔、裂

缝和有机质孔4种孔隙类型(图5),而粒间(晶间)微孔、黏土矿物层间微孔缝均较为发育,但微裂缝总体不发育,缺乏较好的渗流通道。

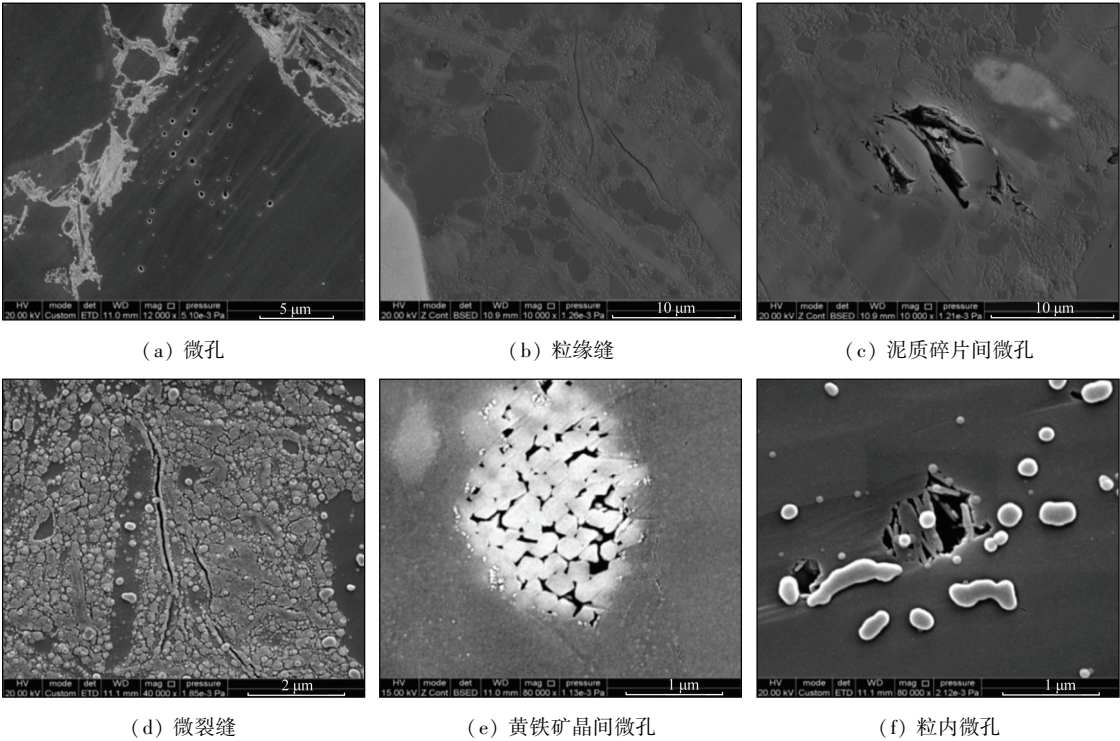


图5 斑竹1井五峰组—龙马溪组孔隙类型典型图片

Fig.5 Pore types of Wufeng-Longmaxi Formation in Well Banzhu 1

5 含气性特征

对斑竹1井五峰组—龙马溪组45件岩心进行现场解析,其中五峰组10件,龙马溪组第一段13件,龙马溪组第二段17件,新滩组5件。结果显示：五峰组含气量为0.6~2.88 m³/t,平均值1.8 m³/t,从下往上含气量逐渐增加,中上部含气量均大于1.5 m³/t,岩心浸泡过程中气泡逸出密度大(图6(a)),解析气点火呈蓝色火焰(图6(b))；龙马溪组第一段含气量为0.2~0.8 m³/t,平均值0.53 m³/t,向上含气量逐渐减少；龙马溪组第二段含气量为0.1~0.3 m³/t,平均值0.12 m³/t,向上含气量减少；新滩组显示微弱含气,均小于0.1 m³/t；在五峰组和龙马溪组一段下部(井深1114.36~1120.13 m)含气量较好,为0.5~2.88 m³/t,平均1.27 m³/t。通过对斑竹1井岩心样品解析气体的测试分析,表明五峰组以CH₄为主,次为N₂,少量为乙烷—己烷,CH₄平均含量为76.38%,N₂平均含量为22.40%；龙马溪组以

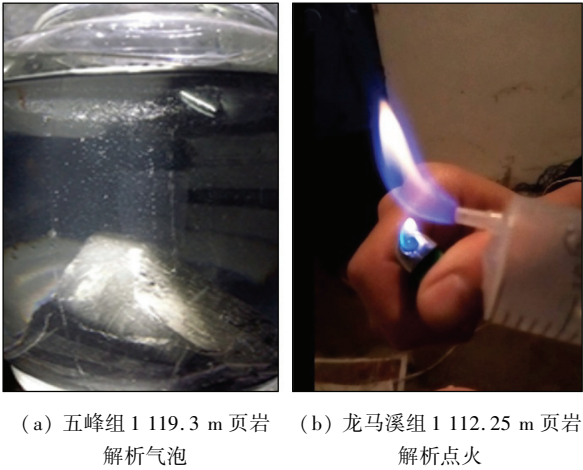


图6 斑竹1井现场解析及点火特征

Fig.6 Field analysis and ignition characteristics of samples from Well Banzhu 1

CH₄和N₂为主,少量为乙烷—己烷,CH₄平均含量52%,N₂平均含量46.3%；五峰组气体组分CH₄含量优于龙马溪组。结合现场解析获取的参数,有效地反映页岩气资源富集程度(图7),对页岩气产能预测具有重要意义^[22-23]。

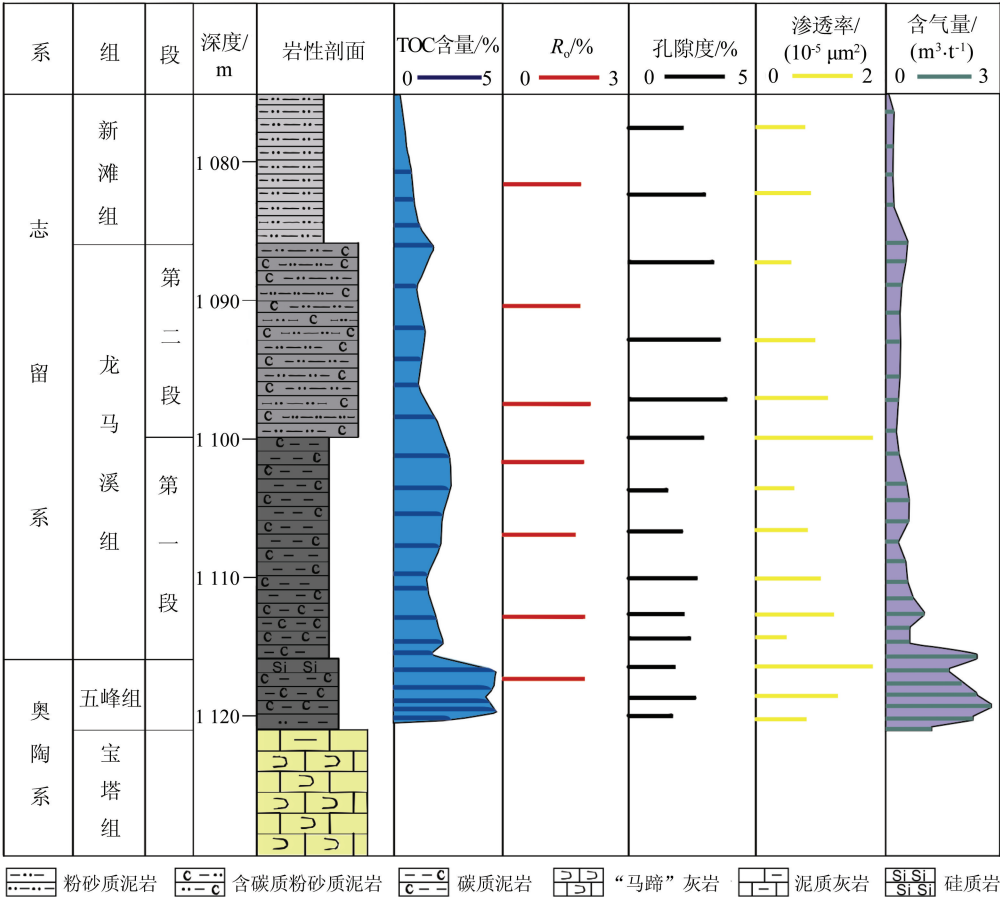


图7 斑竹1井五峰组—龙马溪组页岩气综合柱状图

Fig.7 Comprehensive column of shale gas in Wufeng - Longmaxi Formation of Well Banzhu 1

6 有利区预测

参考海相页岩气有利区优选的主要指标^[24]：
①页岩面积下限 200 ~ 500 km²；②页岩厚度不小于 10 m；③有机碳(TOC)含量平均不小于 2.0%；
④成熟度(*R_o*) I 型干酪根不小于 1.2%，II 型干酪根不小于 0.7%；⑤埋深 300 ~ 500 m；⑥总含气量大于 0.5 m³/t,保存条件中等,地表高差较小,进行研究区有利区优选。

研究区主要发育安场向斜、斑竹向斜和泥高向斜,其中,安场向斜呈近 NNE 向展布,两翼岩层近于对称,产状 25° ~ 35°,向斜内发育下志留统一中三叠统,内部褶皱、断层不发育,向斜保存完整,对页岩气保存有利;斑竹向斜呈近 SN 向展布,两翼岩层东陡西缓,倾角分别为 8° ~ 15°、55° ~ 65°,向斜内

分布下志留统一下三叠统地层,并发育有 NNE 向和 NW 向 2 组断层,向斜保存不完整,对页岩气保存有一定影响;泥高向斜呈近 SN 向展布,两翼岩层东陡西缓,倾角分别为 45° ~ 55°、15° ~ 25°,向斜内分布下志留统一下三叠统地层,并发育有 NNE 向和 NW 向 2 组断层,向斜保存不完整,对页岩气保存有一定影响。

研究区五峰组—龙马溪组富有机质页岩属深水陆棚相沉积,呈近 EW 向展布,富有机质页岩有效厚度 10 ~ 25 m,埋深 500 ~ 3 200 m,总有机碳(TOC)含量 1% ~ 4.5%,成熟度(*R_o*) 1.82% ~ 2.23%,含气性平均为 1.27 m³/t,构造保存为向斜构造圈闭。通过对黔北正安地区五峰组—龙马溪组分布区域进行分析和评价,共圈出了 3 个页岩气聚集有利区,分别为安场区块(Ⅰ)、斑竹区块(Ⅱ)和泥高区块(Ⅲ)(图 8),每个有利区块主要页岩气参数见表 2。

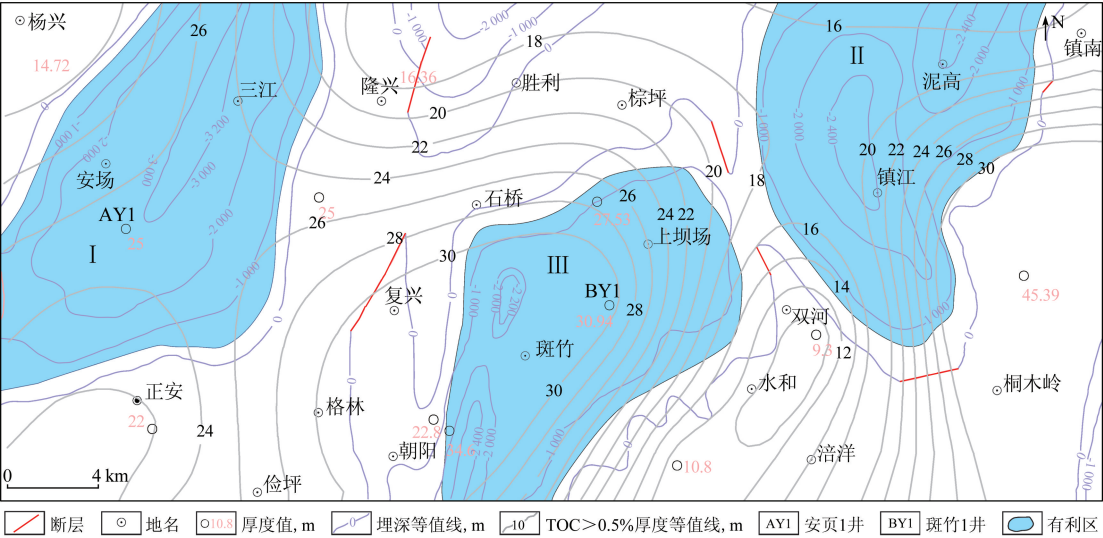


图8 研究区五峰组—龙马溪组有利区分布

Fig.8 Favorable areas distribution of of Wufeng – Longmaxi Formation in study area

表 2 黔北正安地区页岩气聚集有利区优选

Tab.2 Favorable target areas for shale gas accumulation

页岩气富集 有利区名称	TOC 含量/ %	厚度/m	埋深范围/m	面积/ km ²	等次
安场区块(Ⅰ)	[1,4.5]	[18,25]	[500,3 200]	315	好
斑竹区块(Ⅱ)	[1,3.5]	[10,12]	[500,2 000]	283	一般
泥高区块(Ⅲ)	[1,3.5]	[12,18]	[500,3 000]	336	较好

页岩气聚集有利区 3 个,分别为安场区块、斑竹区块和泥高区块,这为下一步页岩气勘探指明了方向。

参考文献:

[1] 贵州省国土资源厅. 贵州页岩气资源调查评价报告[R]. 贵阳:贵州省国土资源厅,2013:14-413.

[2] 栾锡武. 中国页岩气开发的实质性突破[J]. 中国地质调查, 2016,3(1):7-13.

[3] 包书景,李世臻,徐兴友,等. 全国油气资源战略选区调查工程进展与成果[J]. 中国地质调查,2019,6(2):1-17.

[4] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987.

[5] 贵州省地质局区调队. 1:20 万正安幅区域地质调查报告[R]. 贵阳:贵州省革命委员会地质局,1970:25-83.

[6] 贵州省地质局区调队. 1:20 万正安幅区域地质矿产调查报告[R]. 贵阳:贵州省革命委员会地质局,1970:12-46.

[7] 四川省地质局区调队. 1:20 万南川幅区域地质调查报告[R]. 成都:四川省地质局,1977:17-65.

[8] 四川省地质局区调队. 1:20 万南川幅区域地质调查报告(矿产部分)[R]. 成都:四川省地质局,1977:8-48.

[9] 陈厚国,贺永忠,朱勋,等. 贵州 1:5 万水塘坝、新洲、庙塘、正安县幅区域地质调查报告[R]. 2013:14-195.

[10] 姚益祥,于宁,陈仁,等. 贵州 1:5 万旧城、镇南、格林、务川、中观音、丰乐幅区域地质调查报告[R]. 2014:16-175.

[11] 刘伟,许效松,余谦,等. 中上扬子晚奥陶世赫南特期岩相古地理[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2012,39(1):32-39.

[12] 张金川,聂海宽,徐波,等. 四川盆地页岩气成藏地质条件[J]. 天然气工业,2008,28(2):151-156.

[13] 张明春,张维生,郭英海. 川东南—黔北地区龙马溪组沉积环境及对烃源岩的影响[J]. 地学前缘,2012,19(1):136-145.

[14] 赵磊,贺永忠,杨平,等. 黔北下古生界烃源层系特征与页岩

7 结论

(1)黔北正安地区五峰组—龙马溪组富含有机质页岩沉积于深水陆棚沉积环境,富有机质页岩厚度14.5~55 m,为页岩气生成提供了物质基础。主要残存于安场向斜、斑竹向斜和泥高向斜,埋深为0~3 200 m。

(2)五峰组—龙马溪组富含有机质页岩有机质类型以Ⅰ型干酪根为主;有机碳(TOC)含量较高(1.0%~4.0%);成熟度(R_o)较为适中,为1.82%~2.23%;脆性矿物含量高,一般大于50%;孔隙度2.03%~3.89%,微裂隙、孔隙相对不发育;渗透率 $0.35 \times 10^{-5} \sim 1.86 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$,具明显低孔、低渗的特征。斑竹1井揭示了五峰组—龙马溪组下部富含有机质页岩含气量为0.5~2.88 m³/t,平均为1.27 m³/t,气体成分以甲烷为主,页岩气勘探前景较好。

(3)通过对五峰组—龙马溪组富含有机质页岩的分布、有机碳含量、成熟度、厚度、埋深、含气性及构造保存条件等指标进行综合分析和评价,共圈出页岩气勘探有利区3个,分别为安场区块、斑竹区块和泥高区块,这为下一步页岩气勘探指明了方向。

气成藏初探[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1931 – 1943.

[15] 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 83 – 100.

[16] 王玉满, 董大忠, 李建忠, 等. 川南下志留统龙马溪组页岩气储层特征[J]. 石油学报, 2012, 33(4): 551 – 561.

[17] 翟刚毅, 包书景, 庞飞, 等. 贵州遵义地区安场向斜"四层楼"页岩油气成藏模式研究[J]. 中国地质, 2017, 44(1): 1 – 12.

[18] 金之钧, 胡忠全, 高波, 等. 川东南地区五峰组—龙马溪组页岩气富集与高产控制因素[J]. 地学前缘, 2016, 23(1): 1 – 10.

[19] 张士万, 孟志勇, 郭建峰, 等. 涪陵地区龙马溪组页岩储层特征及其发育主控因素[J]. 天然气工业, 2014, 34(12): 16 – 24.

[20] 葛明娜, 庞飞, 包书景. 贵州遵义五峰组—龙马溪组页岩微观孔隙特征及其对含气性控制——以安页1井为例[J]. 石油实验地质, 2019, 41(1): 23 – 30.

[21] 李斌, 郭庆勇, 罗群, 等. 四川盆地东部龙马溪组页岩气成藏地质条件对比分析[J]. 中国地质调查, 2018, 5(4): 25 – 32.

[22] 王进, 包汉勇, 陆亚秋, 等. 涪陵焦石坝地区页岩气赋存特征定量表征及其主控因素[J]. 地球科学, 2019, 44(3): 1001 – 1011.

[23] 张烈辉, 唐洪明, 陈果, 等. 川南下志留统龙马溪组页岩吸附特征及控制因素[J]. 天然气工业, 2014, 34(12): 63 – 69.

[24] 页岩气资源潜力评价方法与有利区优选标准操作手册(讨论稿)[R]. 北京: 国土资源部油气资源战略研究中心, 中国地质大学(北京), 2011.

Geological characteristics and favorable areas prediction of shale gas in Wufeng – Longmaxi Formation in Zheng’ an area of Northern Guizhou

HE Yongzhong¹, XIANG Kunpeng¹, AN Yayun¹, YI Chengxing¹, YANG Zhongqin¹, YU Ning²
(1. Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081 China; 2. Guizhou Institute of Technology, Guiyang 550003, China)

Abstract: In order to determine the shale gas geological characteristics of Wufeng Formation in upper Ordovician and Longmaxi Formation in Lower Silurian of Zheng’an area in Northern Guizhou, the authors used geology survey, gravity, magnetic, two dimensional seismic, geological well and test analysis methods to carry out 1:50000 shale gas basic geology survey. The distribution, depositional environment, organic geochemical, mineral composition, reservoir properties and hydrocarbon content and other characteristics of Wufeng – Longmaxi Formation rich organic shale were obtained. The results show that the rich organic shale belongs to deep water continental shelf facies, mainly distributed in Anchang, Banzhu and Nigao syncline, with a thickness of 14.5 – 55 m and burial depth of 0 – 3 200 m. The TOC content is between 1.0% and 4.0%, and the vitrinite reflectance (R_o) is between 1.82% and 2.23%, with the organic matter type mainly I kerogen. The rocks are mainly composed of quartz, feldspar and clay minerals. The brittle mineral content is high, generally more than 50%. The porosity is generally between 2.03% and 3.89%, and the permeability is generally between $0.35 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$ and $1.86 \times 10^{-5} \mu\text{m}^2$, showing the characteristics of low porosity and low permeability. The highest gas content is $2.88\text{m}^3/\text{t}$, showing good gas content characteristics. Three favorable target areas for the shale gas in Zheng’an area were identified through comprehensive analysis and evaluation optimization, that is Anchang, Banzhu and Nigao block respectively, which provides exploration direction for shale gas exploration and development in the study area.

Keywords: Zheng’an area; Wufeng – Longmaxi Formation; organic geochemical characteristics; gas-bearing property; favorable areas prediction

(责任编辑: 常艳)