

湘鄂西地区下寒武统牛蹄塘组页岩气聚集条件及含气性影响因素

姜生玲^{1,2}, 毛曼², 洪克岩², 胡晓兰², 朱亮亮², 王珊珊², 王茜²

(1 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院; 2 中国华电集团清洁能源有限公司勘探开发事业部)

摘要 以钻井、野外露头测量、实验测试数据为资料依据,通过对湘鄂西地区下寒武统牛蹄塘组页岩有机碳含量、热演化程度、矿物含量、储集特征等的分析,认为牛蹄塘组页岩全区分布,富有机质页岩发育于牛蹄塘组中下部,分布稳定,厚度介于40~150m之间;有机碳含量高,介于2.0%~14.64%之间;热演化程度高,主体大于2.0%以上,综合评价页岩品质好。等温吸附实验表明,牛蹄塘组页岩具有较强的天然气吸附能力。现场解吸实验表明,牛蹄塘组含气量整体偏低且氮气含量高。多期构造运动的改造和大型通天断层的发育是影响牛蹄塘组页岩含气性的主要因素,过高的热演化程度对含气性亦有一定影响。

关键词 湘西地区;鄂西地区;寒武纪;牛蹄塘组;页岩气;影响因素

中图分类号: TE132.2 **文献标识码**: A

我国南方地区下寒武统泥页岩分布范围广,厚度大,现今残留面积约 $90 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1]。该套地层是在浅水—深水陆棚环境下沉积形成的富有机质海相地层,广泛分布于扬子区。湘鄂西地区是中上扬子区页岩气勘探的重点区域,包括了国土资源部第二轮页岩气招标中60%的区块(如鹤峰、来凤、咸丰、永顺、花垣、保靖、龙山等)。湘鄂西地区属于盆缘(四川盆地周缘)改造区^[2],地质条件复杂,前人对该区域牛蹄塘组页岩气的研究集中体现在聚集条件^[3-6]、资源潜力^[7-9]及勘探前景(方向)^[10-12]等方面,前期研究结果表明,湘鄂西地区牛蹄塘组受沉积相带的控制(深水陆棚—半深海—深海盆地)^[13],黑色页岩发育良好,具备页岩气形成的物质基础,同时,牛蹄塘组经历了复杂的热演化历史和深埋过程,具有成熟度高、改造强烈的地质背景^[2,14]。目前关于牛蹄塘组保存条件及页岩含气性特征方面的研究^[15-16]较少且尚欠深入。随着勘探的不断推进和大量钻井的实施,发现研究区牛蹄塘组页岩虽静态品质较好,但却表现出含气量偏低且氮气含量高的特征。本文将钻井、野外露头测量、样品测试数据为资料依据,探讨湘鄂西地区牛蹄塘组页岩含气性特征及其主要影响因素。

1 地质概况

湘鄂西地区在大地构造位置上位于中上扬子板块东南部,西与四川盆地毗邻,东接江南—雪峰推覆隆起,为一由北东—北东东向的齐岳山断裂和慈利—保靖断裂联合控制的向西北凸出的弧形构造带^[17](图1),由西北向东南依次划分为北东向延展的利川复向斜、中央复背斜、花果坪复向斜、宜都—鹤峰复背斜、桑植—石门复向斜等构造单元(图1)。

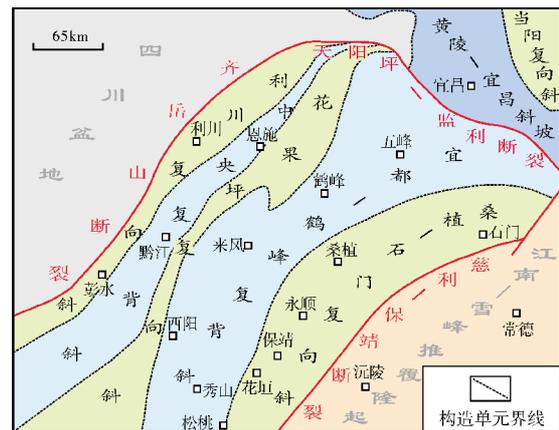


图1 湘鄂西地区区域构造单元划分

收稿日期: 2017-02-14; 改回日期: 2017-08-25

本文受国家重大专项课题“来凤咸丰及鹤峰区块复杂构造区海相页岩气勘查评价应用试验”(编号:2016ZX05034004-004)资助

姜生玲:女,1984年生,2015年毕业于中国地质大学(北京)并获博士学位,工程师。主要从事非常规油气勘探及评价方面的研究。

通讯地址:100160 北京市丰台区汽车博物馆东路6号华电产业园; E-mail: jiangsl@cg.com.cn

湘鄂西地区元古界至中生界均有不同程度发育,以古生代和中生代地层为主,呈北东—南西向分布。下寒武统牛蹄塘组几乎全区分布,岩性特征为:底部常见薄层状硅质岩,发育波状层理;下部以黑色碳质页岩、碳质粉砂岩夹碳质泥晶灰岩为主;中部以泥晶—细晶灰岩为主;上部为深灰色薄层灰质泥岩、黑色碳质页岩、中厚层灰质泥岩。该特征指示早寒武世区域上发生快速海侵,主要以深水陆棚沉积为主,之后水体逐渐变浅。

2 页岩气富集条件

2.1 有机质地化特征

湘鄂西地区牛蹄塘组有机碳含量整体较高,介于0.4%~14.64%之间,平均5.23%,其中,82%以上的样品有机碳含量大于2.0%(图2a),主体分布在2.0%~8.0%之间(占总样品数的60.94%),小于2.0%的样品数占总样品数的17.97%,大于8.0%的样品占21.09%。牛蹄塘组泥页岩总体上评价为优质烃源岩。

平面上,有机碳含量的变化趋势与沉积环境密切相关(图3),在浅水陆棚沉积区域,道真—武隆—

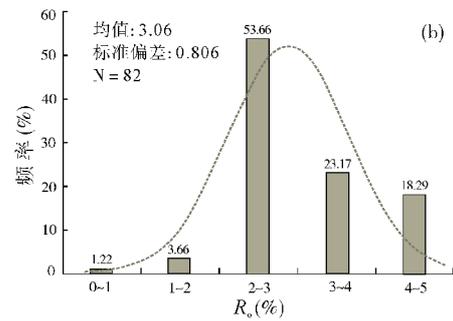
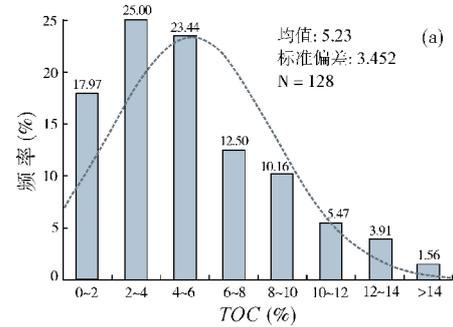


图2 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩有机碳含量及镜质体反射率

石柱一带有机碳含量1.0%左右;深水陆棚沉积区,酉阳—桑植—五峰—一带有机碳含量在2.0%~4.0%

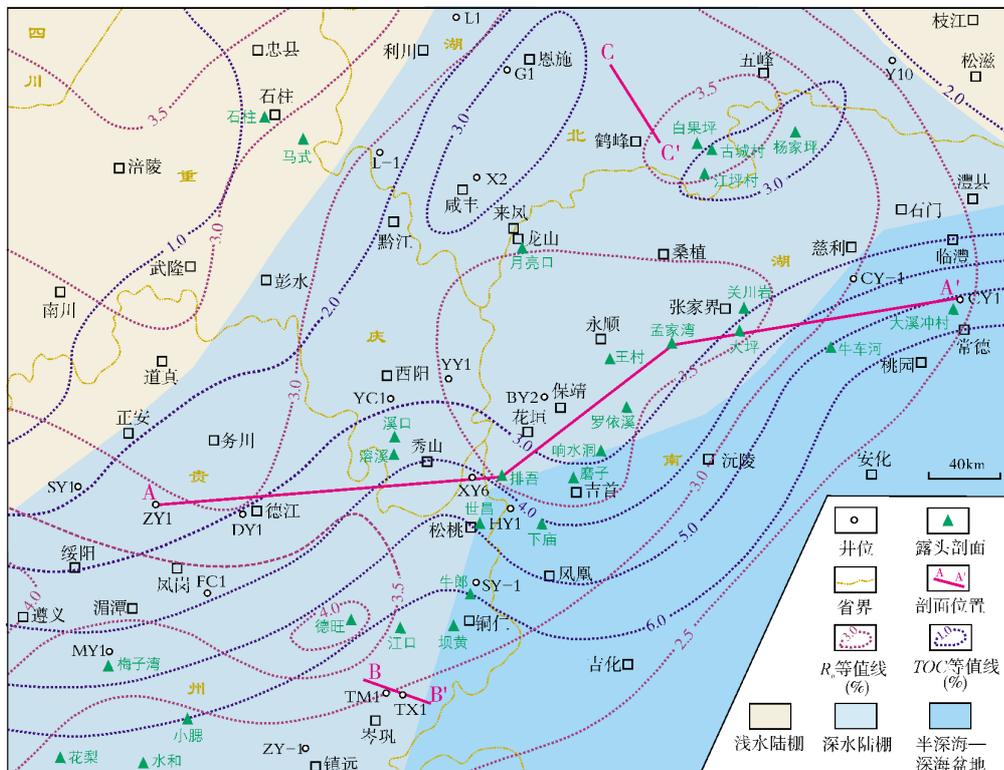


图3 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩TOC及R_o平面分布图

之间;在半深海—深海沉积区,吉首—常德一带达到最大,主体分布在4.0%~6.0%之间,总体上,有机碳含量呈现出由西北向东南方向逐渐增大的趋势(图3)。

垂向上,牛蹄塘组下部的有机碳含量高于上部,有机碳含量大于2.0%的泥页岩段主要集中在下部

的深水陆棚、半深海—深海沉积环境中(图4),厚度介于40~150m之间。以CY1井为例,钻遇牛蹄塘组厚601.4m,有机碳含量分布在0.03%~17.6%之间,平均3.91%;TOC>2.0%的页岩段厚约244.13m,分布于牛蹄塘组下部,有机碳含量分布在2.0%~12.0%之间,平均6.54%。

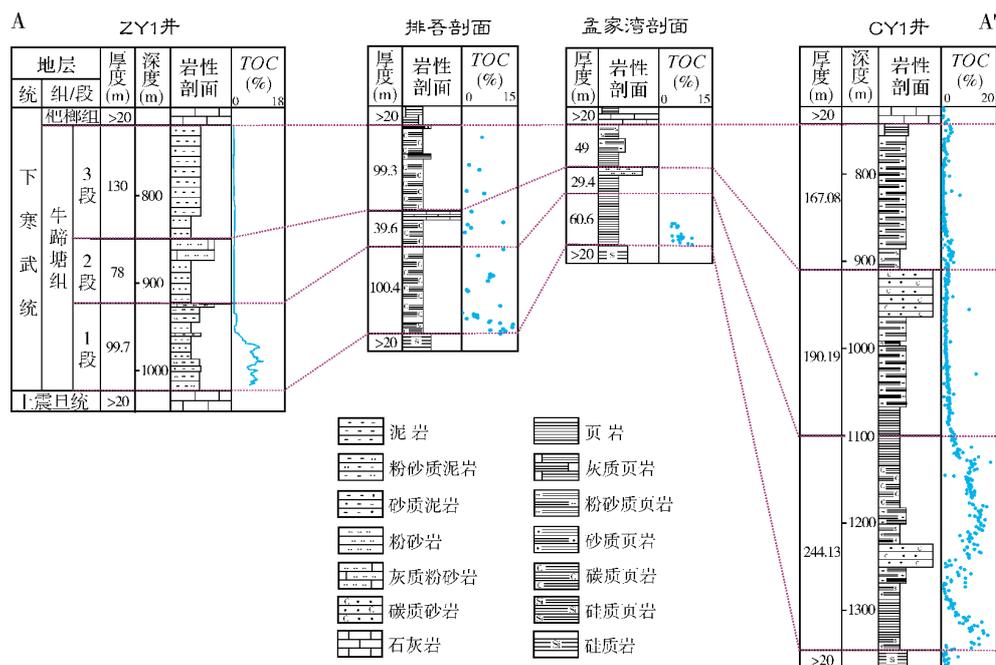


图4 湘鄂西地区牛蹄塘组优质泥页岩段 (TOC>2.0%) 对比图

A—A'剖面位置见图3

湘鄂西地区牛蹄塘组热演化程度高,通过对82块样品分析,结果表明: R_o 普遍大于2.0%,主体分布在2.0%~5.0%之间,占总样品数的95.12%(图2b),牛蹄塘组有机质演化处于高成熟—过成熟阶段,属于生干气阶段,该高演化特征与牛蹄塘组泥页岩时代老、埋藏深度大、经历多期热事件密切相关。平面上,高值区主要出现在吉首—保靖—张家界和鹤峰—五峰一带(图3), R_o 均在3.5%以上,最大值可达4.13%。

2.2 矿物含量

X射线衍射全岩分析表明,湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩矿物含量主要以碎屑脆性矿物为主(图5),石英+长石的含量介于35%~92%之间,平均68.6%,在53块野外露头样品中,大于40%的样品占到96%以上;其次为黏土矿物,含量介于7.0%

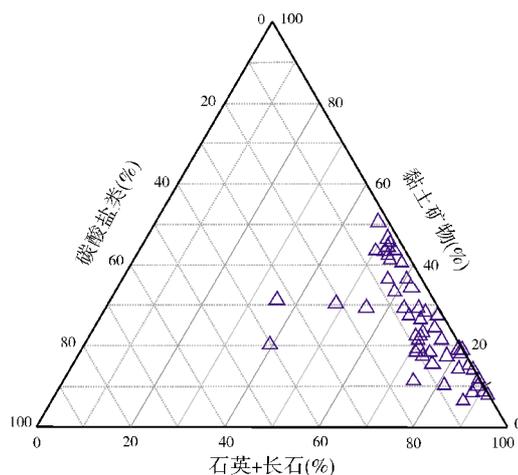
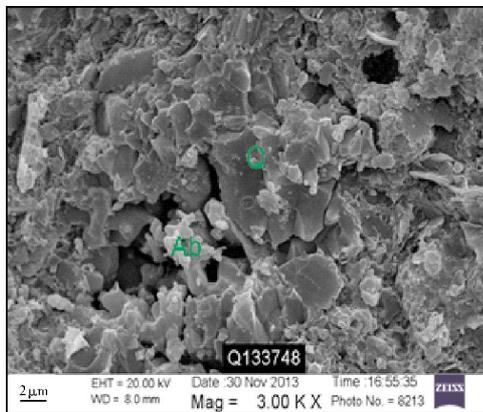


图5 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩矿物组成三角图

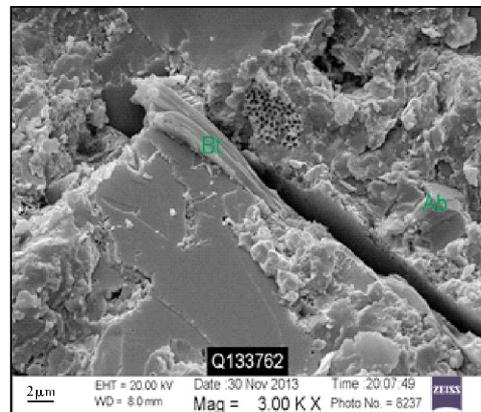
~51%,平均25.6%;碳酸盐类的含量较低,方解石+白云石的含量介于0~39%之间,平均2.92%;

黄铁矿0~9.0%,平均1.54%。碎屑脆性矿物含量越高,岩石骨架对孔隙的支撑作用就越强,也越容易在外力的作用下形成裂缝^[18]。从矿物含量构成分析,脆性矿物含量均在40%以上,达到了后期压裂造缝的标准。

黏土矿物含量主要以伊利石为主,伊利石含量为51%~77%,平均为62.21%,28块测试样品中,伊利石含量均在50%以上;伊蒙混层含量为10%~41%,平均23.07%;绿泥石含量为0~28%,平均8.36%;高岭石含量为0~16%,平均6.36%。



(a) 溶蚀孔,孔径约3 μm ,孔隙内充填石英(Q),钠长石(Ab)。孟家湾剖面



(b) 微裂缝,宽约1 μm ,云母(Bt)充填缝隙,表面成分主要为钠长石(Ab)。孟家湾剖面

图6 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩扫描电镜照片(样品所在剖面位置见图3)

根据牛蹄塘组泥页岩66块样品储集物性的测试分析,孔隙度分布在1.57%~13.9%之间,平均4.56%,高值主要出现在花垣地区(位置参见图1,图3),局部出现的高值可能与露头样品风化作用有关;孔隙度主体分布在2.0%~6.0%之间(图7a),占总样品数的75.76%,呈现较好的正态分布特征。渗透率分布在 $(0.00008\sim0.021)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,平均 $0.0047\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,主体分布在 $(0\sim0.005)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间(图7b),占总样品数的72.31%,其次为 $(0.005\sim0.01)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,占样品总数的13.85%,总体上呈现出对数正态分布的特征。从储集物性分析,牛蹄塘组泥页岩储层总体表现为低孔、超低渗的特征。

3 页岩含气性

3.1 等温吸附

泥页岩的等温吸附特征一般采用 Langmuir 等温吸附曲线来描述,Langmuir 体积是指理论上的饱

2.3 储集特征

牛蹄塘组泥页岩发育微米—纳米级孔隙,从扫描电镜结果分析,储集空间类型主要为残余原生孔隙、有机质生烃形成的微孔隙、不稳定矿物溶蚀形成的微孔隙,以及微裂缝等(图6),其中孔隙的孔径主要分布在4.5 nm~25 μm 之间,且分布均匀,微裂缝宽约1~3 μm 。多种孔隙、裂缝的发育为页岩气的储集提供了空间,同时也为后期压裂、提高气体渗流能力提供了良好的基础。

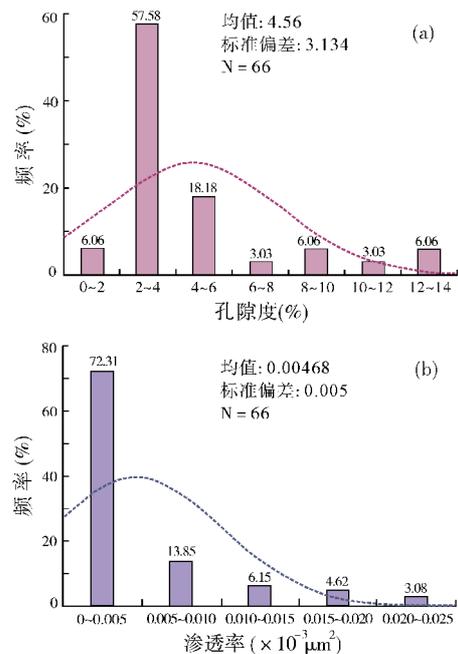


图7 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩孔隙度和渗透率统计

和吸附量,表征最大吸附能力,Langmuir体积一半时所对应的的压力为Langmuir压力^[19]。在湿度1.65%、温度30℃的实验室条件下,对25块样品进行了等温吸附实验,结果表明,Langmuir体积分布在1.19~7.82 m³/t之间,平均3.34 m³/t,主体分布在1.50~3.80 m³/t之间,占总样品数的68%,这表明湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩具有较强的吸附能力。如图8所示,野外露头样品(均取自牛蹄塘组下部优质页岩段)Langmuir体积介于3.2~6.60 m³/t之间;CY1井牛蹄塘组1166 m样品的Langmuir体积(图8中的V_L)为6.87 m³/t,明显优于牛蹄塘组上部752 m样品的3.42 m³/t,这表明牛蹄塘组下部页岩对甲烷具有更强的吸附能力。

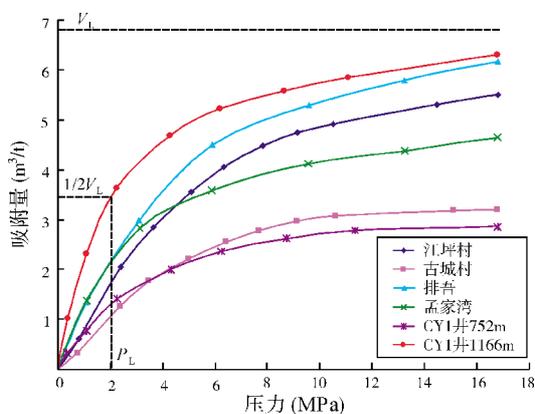


图8 湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩等温吸附曲线

样品点位置参见图3

V_L Langmuir体积; P_L Langmuir压力

3.2 现场解吸

湘鄂西地区牛蹄塘组泥页岩现场解吸总含气量总体较低。据统计,在研究区中部(有机碳含量、热演化程度均较高),YY1井总含气量0.03~1.12 m³/t,XY6井0.02~2.2 m³/t,CY-1井0.32~0.94 m³/t,BY2井0.11~0.71 m³/t,HY1井<0.029 m³/t(表1,钻井位置见图3)。以CY1井现场解吸为例(图9),51个总含气量数据,总体分布在0~0.5 m³/t之间(频率高达80%),总含气量大于2.0%的样品数仅占4%。

纵向上,含气量相对较高的页岩段发育在牛蹄塘组底部,具体位置因不同地质条件略有差异。以CY1井为例,从742.73 m开始钻遇牛蹄塘组黑色页岩,至1344.13 m处钻穿牛蹄塘组,完钻井深为1377 m^[16],埋深较浅时含气量普遍较低,随着埋深的增加含气量呈增高的趋势(图10):956~989 m井段是CY1井黑

表1 四川盆地周缘牛蹄塘组已钻井气体组分统计表^[14,20]

地区	井名*	含气量 (m ³ /t)	N ₂ 平均含量 (%)	CH ₄ 平均含量 (%)
重庆	西阳 YY1	0.03-1.12	97.40	1.20
	YC1	—	84.10	15.81
	秀山 XY6	0.02-2.2	85.60	3.86
	凤岗 FC1	0.4-3.5	84.00	5.00
贵州	绥阳 SY1	0.02-0.6	85.36	13.04
	湄潭 MY1	0.06-0.64	94.62	4.63
	岑巩 TX1	1.10-2.88	16.20	79.57
	TM1	0.1-0.4	>95	—
	正安 ZY1	0.9-2.05	61.37	6.68
	松桃 SY-1	0.02-0.85	12.23	82.20
湖南	慈利 CY-1	0.32-0.94	20.00	80.00
	常德 CY1	0.5-2.1	72.09	8.65
	保靖 BY2	0.11-0.71	91.45	8.55
	花垣 HY1	<0.029	83.87	12.5

* 钻井位置参见图3

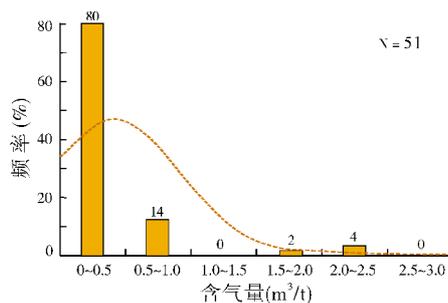


图9 CY1井牛蹄塘组泥页岩含气量统计

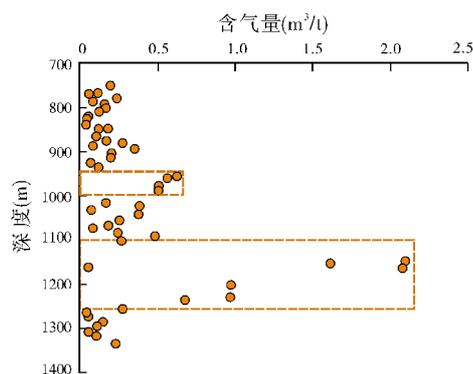


图10 CY1井牛蹄塘组泥页岩含气量纵向分布

色页岩含气量相对较高的层段,厚度达到了30 m左右,含气量介于0.5~0.63 m³/t之间;1100~1250 m井段是CY1井黑色页岩含气量最高的层段,厚度达到了150 m左右,含气量介于0.5~2.1 m³/t之间;受牛蹄塘组底部硅质页岩及底板硅质岩在强烈逆冲推覆作

用下产生较大裂缝的影响^[21], 1 250~1 344.13 m 井段含气量降低, 介于 0.05~0.23 m³/t 之间。

3.3 气体组分

对 CY1 井高含气量井段的 6 个样品进行天然气组分分析(表 2), 可见: 以氮气(扣除空气含氮量)为主, 介于 64.48%~78.55% 之间, 平均 72.09%; 同时含有甲烷和乙烷, 其中甲烷含量 7.29%~10.58%, 平均 8.65%, 乙烷 0.07%~0.83%, 平均 0.28%; 在 1 056.3 m 和 1 230.6 m 井段发现少量的丙烷。总体上, 该井的天然气主要组分依次为 N₂、CO₂ 和 CH₄, 烃含量较低。

表 2 CY1 井牛蹄塘组泥页岩解吸气成分含量 %

深度(m)	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	O ₂	N ₂
1056.3	7.75	0.10	0.01	16.30	3.69	72.15
1150.9	8.70	0.07	0	13.24	1.42	76.57
1158.0	7.74	0.21	0	22.29	2.18	67.58
1166.5	7.29	0.83	0	8.95	4.38	78.55
1230.6	10.58	0.31	0.01	22.26	2.36	64.48
1237.0	9.83	0.14	0	12.40	4.41	73.22

根据湘鄂西及其相邻地区 14 口钻井牛蹄塘组泥页岩气体组分的统计分析^[14](表 1), 其中: 11 口钻井(占比 78% 以上)氮气含量高(超过 60%), 分布在 61.37%~97.40% 之间; 3 口钻井(TX1、SY-1、CY-1)甲烷含量较高, 分布在 79.57%~82.20% 之间。

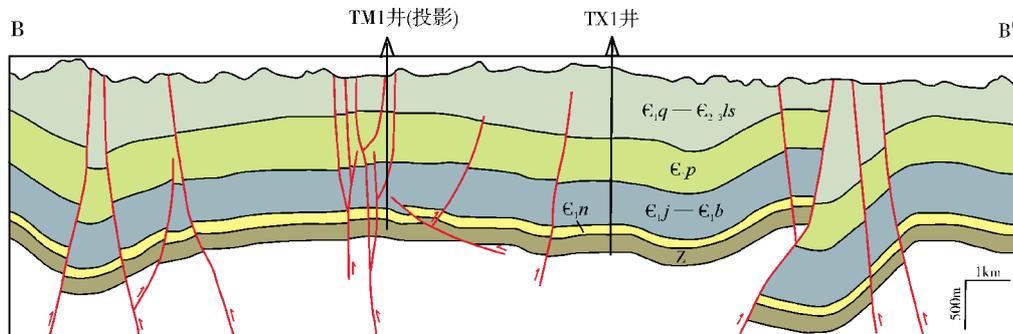
4 页岩含气性影响因素

等温吸附实验表明, 湘鄂西地区牛蹄塘组页岩具有较强的天然气吸附能力; 但现场解吸结果显示, 牛蹄塘组总体上具有含气量偏低且氮气含量高、甲

烷含量低的特点, 仅个别样品甲烷含量较高。从地质条件分析, 构造保存条件是牛蹄塘组页岩气富集的关键因素, 牛蹄塘组过高的热演化程度对含气性也有一定影响。

构造运动 自寒武纪页岩沉积后, 经历了志留纪—泥盆纪、三叠纪两个生烃高峰, 其后又经历了印支、燕山、喜马拉雅三期构造运动, 形成了逆冲推覆、走滑与拉张等复杂的构造样式^[22-23]。总体上, 湘鄂西地区抬升剥蚀改造的持续时间长, 并以褶皱抬升为主, 隆升幅度大, 牛蹄塘组局部有出露^[24-25], 复向斜区地层分布连续性较好。印支运动及其以后的一系列构造运动对页岩气的富集、保存、成藏产生了再分配、再调整作用, 尤其是大规模隆升和剥蚀作用对牛蹄塘组页岩气的富集产生重要影响。

断裂发育 断裂发育的程度和规模对页岩气富集具有重要影响, 尤其是与外界沟通的大型断裂为页岩排烃提供了良好的通道, 同时也为空气(或以地层水为载体)进入到页岩气藏提供了通道, 导致含气量降低且氮气含量增加, 因此, 大型断裂发育不利于页岩气富集。如: 位于渝东南、黔北、湘鄂西等地区的 XY6、FC1、BY2、HY1 等井因距离断裂较近^[14], 故受断裂影响严重, 牛蹄塘组页岩含气量较低, 且氮气含量平均达 84% 以上, 尤其是位于湖南花垣地区的 HY1 井, 钻遇了断层, 最大含气量仅 0.029 m³/t(表 1), 氮气含量却高达 83.87%。在贵州岑巩, 位于走滑断裂带的 TM1 井(图 11), 牛蹄塘组含气量仅 0.1~0.4 m³/t, 但氮气含量超过 95%(表 1)^[20], 而位于构造稳定区的 TX1 井(图 11), 距离断裂较远, 含气量达 1.10~2.88 m³/t, 甲烷含量达 79.57%(表 1)^[20]。又如, 位于湖南慈利的 CY-1 井, 因周缘仅发育小型断裂^[14], 故虽含气量较低, 但甲烷含量却相对较高, 可达 80%。



ε_{1,n} 牛蹄塘组; ε_{1,j} 九门冲组; ε_{1,b} 变马冲组; ε_{1,p} 杷榔组; ε_{1,g} 清虚洞组; ε_{1,js} 娄山关群

图 11 贵州岑巩地区过 TX1 井地质剖面图(据文献[20]修改)

B—B'剖面位置见图 3

受造山带的影响,湘鄂西地区牛蹄塘组历经多期构造变动,大型逆冲断层、大型褶皱十分发育,形成了向斜、背斜相间的构造格局(图12),其中,复向

斜区中远离大型断裂的、形态清楚完整且稳定分布的向斜和背斜,有利于牛蹄塘组页岩气的富集和保存。

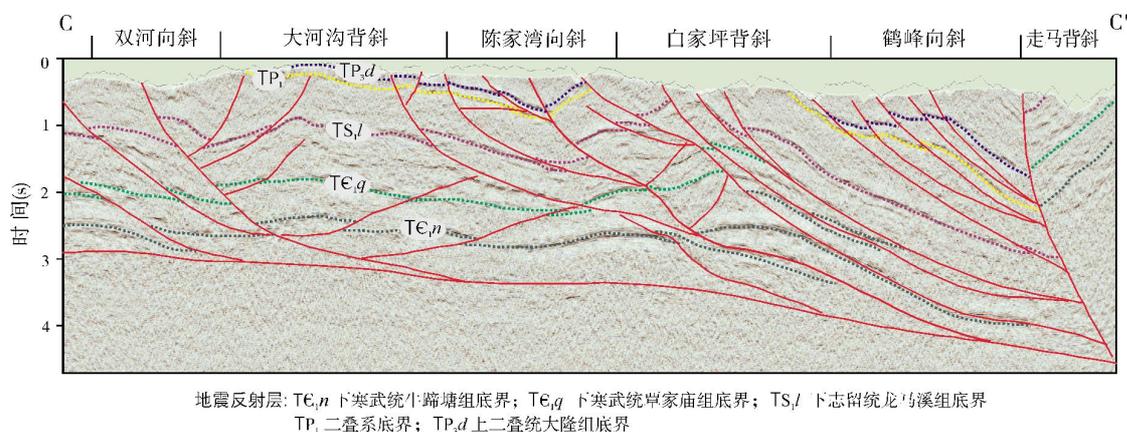


图12 鄂西鹤峰地区地震地质解释剖面

C—C'剖面位置见图3

热演化程度 有研究表明,有机质类型以 I、II 型为主的海相页岩,当有机质 R_o 超过 3.0% 时,页岩开始逐渐石墨化而产生焦沥青基质^[26-27],逐步降低或失去生烃能力。此外,有机质孔隙度随着 R_o 的增加,存在先增大至峰值再减小的趋势,当 R_o 超过 3.0% 之后,有机质孔隙开始减小^[28],而随着有机质微孔体积的减小,影响页岩吸附能力的比表面积也随之进一步减小,进而影响页岩含气量。湘鄂西地区牛蹄塘组页岩热演化程度高,近 50% 的样品 R_o 超过 3.0%。牛蹄塘组黏土矿物成分以伊利石为主,这表明随着成熟度的增高和成岩作用的增强,蒙脱石、伊蒙混层等比表面积较大的矿物已经转化为比表面积较小的伊利石。因此,牛蹄塘组页岩处于过成熟、成岩晚期—变质阶段,成熟度对含气量具有一定影响。

5 结论

(1) 湘鄂西地区牛蹄塘组富有机质页岩段发育于牛蹄塘组中下部,厚度介于 40~150 m 之间,从有机碳含量、热演化程度及矿物含量综合评价,页岩的品质好。

(2) 等温吸附实验表明,牛蹄塘组页岩具有较强的天然气吸附能力。现场解吸显示牛蹄塘组总体上具有含气量偏低且氮气含量高的特点。

(3) 湘鄂西地区地质历史上多期构造运动的改造和大型通天断层的发育,是影响牛蹄塘组页岩含

气性的主要因素,过高的热演化程度对含气性亦有一定影响。

参考文献

- [1] 李建忠,董大忠,陈更生,等. 中国页岩气资源前景与战略地位[J]. 天然气工业,2009,29(5): 11-16.
- [2] 刘洪林,王红岩. 中国南方海相页岩超低含水饱和度特征及超压核心区选择指标[J]. 天然气工业,2013,33(7): 140-144.
- [3] 程克明,王世谦,董大忠,等. 上扬子区下寒武统筇竹寺组页岩气成藏条件[J]. 天然气工业,2009,29(5): 40-44.
- [4] 聂海宽,张金川,李玉喜. 四川盆地及其周缘下寒武统页岩气聚集条件[J]. 石油学报,2011,32(6): 959-967.
- [5] 胡明毅,邓庆杰,胡忠贵. 上扬子地区下寒武统牛蹄塘组页岩气成藏条件[J]. 石油与天然气地质,2014,35(2): 272-279.
- [6] 李凯,李礼. 湘鄂西地区下寒武统页岩气成藏地质条件[J]. 江汉石油科技,2015,25(2): 7-10.
- [7] 龙幼康. 中扬子地区下古生界页岩气的勘探潜力[J]. 地质通报,2011,30(2/3): 344-348.
- [8] 陈波,兰正凯. 上扬子地区下寒武统页岩气资源潜力[J]. 中国石油勘探,2009,14(3): 9-14.
- [9] 岳来群,康永尚,陈清礼,等. 贵州地区下寒武统牛蹄塘组页岩气潜力分析[J]. 新疆石油地质,2013,34(2): 123-128.
- [10] 王鹏万,邹辰,刘月早,等. 湘鄂西地区鹤峰区块页岩气勘探前景评价[J]. 地质科技情报,2014,33(6): 104-109.
- [11] 王佳,李小刚,黄文明. 湘鄂西—渝东地区牛蹄塘组页岩气勘探前景评价[J]. 地质科技情报,2014,23(4): 98-102.
- [12] 燕继红,李启桂,朱祥. 四川盆地及周缘下寒武统页岩气成藏主控因素与勘探方向[J]. 石油实验地质,2016,38(4): 445-452.

- [13] 王阳,陈洁,胡琳,等. 沉积环境对页岩气储层的控制作用——以中下扬子区下寒武统筲竹寺组为例[J]. 煤炭学报,2013,38(5): 845-850.
- [14] 王玉芳,冷济高,李鹏,等. 黔东北地区下寒武统牛蹄塘组页岩气特征及主控因素分析[J]. 古地理学报,2016,18(4): 605-614.
- [15] 李海,白云山,王保忠,等. 湘鄂西地区下古生界页岩气保存条件[J]. 油气地质与采收率,2014,21(6): 22-25.
- [16] 周庆华,宋宁,王成章,等. 湖南常德地区牛蹄塘组页岩特征及含气性[J]. 天然气地球科学,2015,26(2): 302-311.
- [17] 杨飞,叶建中. 川东南—湘鄂西地区构造特征与页岩气勘探潜力[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,2011: 1-124.
- [18] Bowker K A. Barnett Shale gas production, Fort Worth Basin: Issues and discussion[J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 523-533.
- [19] Ross D J K, Bustin R M. Impact of mass balance calculations on adsorption capacities in microporous shale gas reservoirs[J]. Fuel, 2007, 86(17): 2696-2706.
- [20] 王濡岳,丁文龙,龚大建,等. 黔北地区海相页岩气保存条件——以贵州岑巩区块下寒武统牛蹄塘组为例[J]. 石油与天然气地质,2016,37(1): 45-55.
- [21] 林拓,张金川,包书景,等. 湘西北下寒武统牛蹄塘组页岩气井位优选及含气性特征——以常页 1 井为例[J]. 天然气地球科学,2015,26(2): 312-319.
- [22] 马永生,楼章华,郭彤楼,等. 中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨[J]. 地质学报,2006,80(3): 406-416.
- [23] 陈玉明,高星星,盛贤才. 湘鄂西地区构造演化特征及成因机理分析[J]. 石油地球物理勘探,2013,48(增刊 1): 157-162.
- [24] 沃玉进,周雁,肖开华. 中国南方海相层系埋藏史类型与生烃演化模式[J]. 沉积与特提斯地质,2007,27(3): 94-100.
- [25] 聂海宽,包书景,高波,等. 四川盆地及其周缘下古生界页岩气保存条件研究[J]. 地学前缘,2012,19(3): 280-294.
- [26] Pollastro R M, Daniel M J, Ronald J H, et al. Geologic framework of the Mississippian Barnett Shale, Barnett-Paleozoic total petroleum system, Bend Arch-Fort Worth Basin, Texas[J]. AAPG Bulletin, 2007, 91 (4): 405-436.
- [27] 李登华,李建忠,王社教,等. 页岩气藏形成条件分析[J]. 天然气工业,2009,29(5): 22-26.
- [28] 范文斐,侯读杰,梁钰. 中国南方页岩气牛蹄塘组与龙马溪组成藏条件对比研究——以渝东南地区为例[J]. 科学技术与工程,2015,15(27): 13-22.

编辑: 董庸

Conditions of Shale Gas Accumulation and Gas-bearing Factors of Lower Cambrian Niutitang Formation in Western Hu'nan and Hubei

Jiang Shengling, Mao Man, Hong Keyan, Hu Xiaolan,
Zhu Liangliang, Wang Shanshan, Wang Qian

Abstract: Based on the comprehensive evaluation of drilling, field outcrops and experimental test data, the shale in Lower Cambrian Niutitang Formation in western Hu'nan and Hubei is of good quality. The organic-rich shale in the middle and lower parts of Niutitang Formation has a large thickness(40-150m), high organic carbon content (2.0%-14.64%), and high degree of thermal evolution(R_o mainly more than 2.0%). Isothermal adsorption experiments show that Niutitang shale has a strong natural gas adsorption capacity. Field desorption experiments show that the overall gas content in Niutitang Formation is low but the nitrogen content is high. According to the comprehensive analysis, the multiple phases of tectonic movement and large-scale faults are the main factors affecting the gas-bearing capacity of Niutitang shale, while the excessive thermal evolution is a secondary factor.

Key words: Western Hu'nan; Western Hubei; Cambrian; Niutitang Formation; Shale gas; Influencing factor

Jiang Shengling: PhD, Petroleum Geology Engineer. Add: Oil and Gas Exploration and Production Branch, China Huadian Green Energy Co. Ltd., 6 East Rd. of Auto Museum, Beijing 100160, China