

# 川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组烃源岩评价及资源量预测

张志鹏 湛辰 胥伟

成都理工大学能源学院, 四川 成都

DOI:10.32629/gmsm.v2i1.94

**[摘要]** 对川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组典型井和典型剖面进行调查和样品采集,并进行试验分析。研究认为:川南-黔北地区拉张槽内下寒武统牛蹄塘组烃源岩发育,厚度为100-400m,有机碳含量高,野外剖面TOC平均在1.07%-2.14%, $R_o$ 值都在2.0%以上,属于过成熟,热演化程度高,具备形成良好页岩气藏的潜力;通过成因体积法对研究区烃源岩进行资源量的计算,得出拉张槽内长宁-泸州-宜宾和高石17井周缘地区为两个牛蹄塘组烃源岩生烃中心,有机质丰富,保存条件好,泥质烃源岩规模大,生烃中心可达 $146 \times 108 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ;其次认为绵阳-长宁拉张槽可能延长至四川盆地外以南,所以也具有勘探潜力。

**[关键词]** 页岩气; 下寒武统牛蹄塘组; 烃源岩; 拉张槽

## 引言

四川盆地震旦系-下古生界称为下组合,勘探已经历了多年的历史,累计钻探井五十余口井。由于高石梯-安平店构造的勘探突破,以及近来普光、罗家寨、龙岗等气田储层为上二叠统和下三叠统的发现,四川盆地地下组合特别是震旦系灯影组的油气勘探前景如何已成为油气勘探工作者十分关注的问题。业内初步研究表明,早寒武世的拉张槽由川中地区往南延可能伸至川南-黔北地区,研究区紧邻拉张槽南段,可能发育有利储层,其中牛蹄塘组为早寒武世主要烃源岩,本文将对其潜力进行探讨<sup>[1-3]</sup>。

## 1 研究区地质概况

四川盆地位于四川省龙门山断裂以东及重庆市境内,在构造位置上,属于“扬子准地台”上的一个次级构造单元,位于地台的西北侧,是中新生代以后发展起来的大型构造和沉积盆地。前人根据盆地内部现今构造展布特征将其分为六个构造带。其中乐山-龙女寺古隆起西起龙门山南段,东至川中岳池,约占整个四川盆地的三分之一,跨越川西低陡构造带、川西南低陡构造带、川北低陡构造带和川中平缓构造带<sup>[10]</sup>。盆地内发育总体上呈近南北走向的拉张槽(刘树根等,2013)。研究区位于四川盆地南部(简称川南地区)至黔北地区,包括中石化所属綦江、綦江南和赤水区块及相邻地区(图1)。

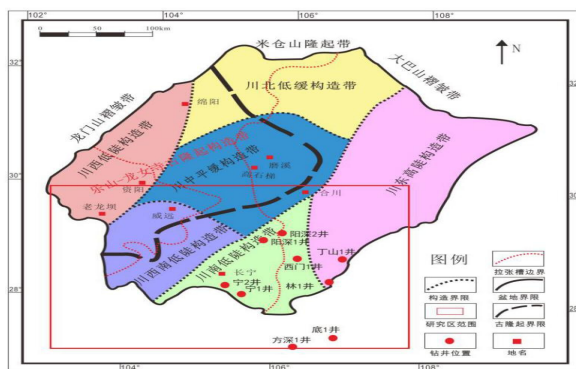


图1 四川盆地构造位置图

## 2 地层展布及沉积特征

根据区内钻井统计,建立如图川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组烃源岩厚度及古岩相分布图(图2),从西-东向观察发现,位于拉张槽内部的自深1井筇竹寺组地层厚度大约295m,位于拉张槽周缘的林1井、丁山1井筇竹寺组地层厚度分别为182m、196m,位于拉张槽外的焦石1井、汉深1井筇竹寺组地层厚度仅20m、74m。其厚度表现出拉张槽内>拉张槽缘>拉张槽外的趋势,体现了寒武系拉张槽对牛蹄塘组地层厚度的控制影响。

从北-南向观察则发现高科1井和高石1井筇竹寺组地层厚度分别为121m、198m,而往拉张槽中南部高石17井高达607m,盆外宝1井及昭103井都较拉张槽鞍部东缘要厚得多,判断出其地层厚度表现为由拉张槽鞍部东缘向拉张槽南部逐渐增加,由此推断出拉张槽可能向南延伸。

总体上看牛蹄塘组烃源岩主要发育在拉张槽内部,最高可达400m,高石17井牛蹄塘组烃源岩厚380m,槽内大部分在300m-400m,向拉张槽以西厚度逐渐减小,乐山一带仅50m,拉张槽以东至重庆大部分地区不发育筇竹寺组烃源岩,四川盆地以南到黔北地区烃源岩厚度为250m-100m,表明绵阳-长宁拉张槽向盆地外南边仍然可能发育,只是发育程度不及泸州-长宁一带。

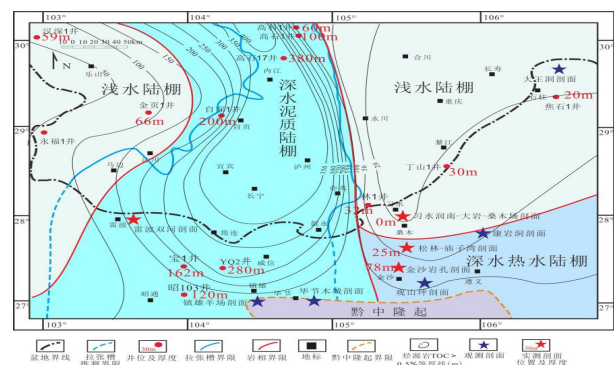


图2 川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组烃源岩厚度及古岩相分布图

3 研究区下寒武统牛蹄塘组烃源岩地化特征

3.1 有机质的丰度

对研究区下寒武系牛蹄塘组野外剖面 57 个样品进行热解实验(表), 从表中可以得出, 研究区牛蹄塘组烃源岩有机碳含量较高, 普遍都大于 1.0%, 其中观山坪剖面 TOC 平均值高达 2.14%, 习水和大王洞剖面烃源岩有机质含量很低, 分别为 0.14%和 0.19%, 再次证明了拉张槽对于烃源岩发育的控制作用。

表 1 川南-黔北下寒武统牛蹄塘组野外剖面 TOC 统计表

取样剖面	层位	岩性	TOC(%)	沉积相
雷波双河	∈1n	深灰色粉砂质泥岩	0.27—2.35 1.32(11)	深水泥质陆棚
镇雄羊场	∈1n	黑色粉砂质泥岩	0.76—1.83 1.50(6)	深水泥质陆棚
松林剖面	∈1n	黑色泥页岩	0.2—3.42 1.07(8)	深水泥质陆棚
毕节木城	∈1n	粉砂质泥岩	0.16—3.03 1.08(8)	深水泥质陆棚
金沙岩孔	∈1n	灰黑色碳质页岩	0.15—2.83 1.21(7)	深水热水陆棚
观山坪	∈1n	黑色碳质页岩	0.13—4.75 2.14(10)	深水热水陆棚
习水剖面	∈1n	灰绿色泥质页岩	0.1—0.24 0.14(4)	浅水陆棚
大王洞	∈1n	泥质粉砂岩	0.16—0.21 0.19(3)	浅水陆棚

通过研究区的野外样品有机碳含量及调研的单井有机碳含量, 绘制了川南-黔北地区下寒武牛蹄塘组烃源岩 TOC 等值线图(图 3), 从图中可以看出, 受绵阳-长宁拉张槽控制, 研究区下寒武系牛蹄塘组有机碳含量最高的区域出现在拉张槽内部及往盆地以南的部分地区, 证明拉张槽内有机质丰富、水体较深、水动力弱, 是牛蹄塘组烃源岩发育的良好场所。

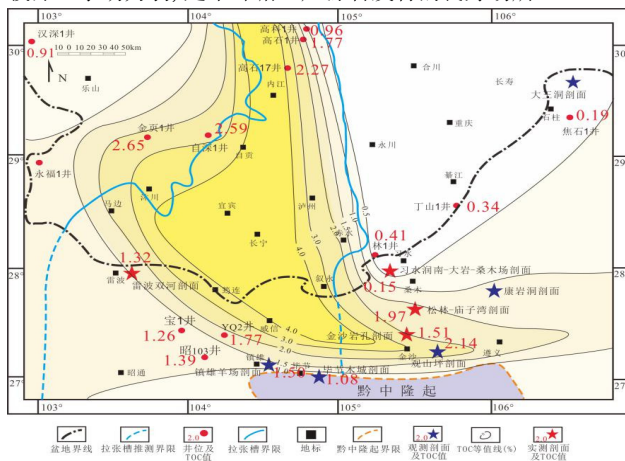


图 3 川南-黔北地区下寒武牛蹄塘组烃源岩 TOC 等值线图

3.2 有机质类型

本次研究以干酪根碳同位素 ( $\delta^{13}C_{PDB}$ ) 特征指示干酪根类型, 它是高-过成熟烃源岩干酪根类型划分的有效指标, 通过调研将川南-黔北地区下寒武系烃源岩干酪根碳同位素  $\delta^{13}C_{PDB}$  值汇总如下表所示(表 2), 据划分标准  $\delta^{13}C_{PDB} <$

-28%为腐泥型(I)判断川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组烃源岩有机质类型为腐泥型(I)。由此表明原始有机质主要为盆地相沉积环境中的低等水生生物, 水体缺氧, 沉积物粒细, 烃源岩有机质类型为 I 型, 生烃能力强, 是优质烃源岩层。

表 2 下寒武统牛蹄塘组黑色页岩干酪根碳同位素 ( $\delta^{13}C_{PDB}$ ) 及类型划分

剖面/井位	$\delta^{13}C_{PDB}(‰)$	类型	数据来源
遵义松林	-31.9~33.3	I	李任伟,1999
遵义松林	-31.75	I	陈兰,2006
遵义松林	-29.4~34.4	I	白振瑞,2012
遵义金顶山	-31.39~31.63	I	杨剑,2005
金沙岩孔	-33.8	I	陶树,2010
清镇	-32.9	I	李任伟,1999
丁山 1 井	-29.5~30.8	I	陈亚光,2007
林 1 井	-29.5~31.34	I	白振瑞,2012
高科 1 井	-32.08	I	汪泽成,2002

3.3 有机质成熟度

本次研究区内下寒武统烃源岩已达到过成熟阶段, 此时的可溶有机质含量很少, 还有一些不含陆源碎屑物质的沉积, 有机质中无高等植物体所形成的镜质体, 因此我们将其他地化参数转化为镜质体反射率, 然后对有机质成熟度进行评价, 本次研究采用刘德汉的模式 ( $VRo=0.688BRo+0.346$ )。通过研究区 113 个钻井和野外剖面取样样品的沥青质反射率 ( $BRo$ ) 转化为等效镜质体反射率 ( $YRo$ ) 来对有机质成熟度进行判断, 结果如下表(表 3)

表 3 川南-黔北地区下寒武统牛蹄塘组样品沥青反射率及等效镜质体反射率测试结果

地区或井位	层位	BRo	Ro	样品数
金沙	∈1n	4.21	2.55	9
遵义	∈1n	4.33	2.63	8
自深 1 井	∈1n	4.59	2.81	6
汉深 1 井	∈1n	3.68	2.19	11
高石 1 井	∈1n	3.28	1.91	5
高科 1 井	∈1n	4.67	2.87	3
峨眉	∈1n	3.86	2.31	4
彭水	∈1n	4.38	2.67	4
威 001-4	∈1n	4.25	2.58	8
威寒 102 井	∈1n	4.68	2.87	2
威 201 井	∈1n	4.04	2.43	20
金沙 1 井	∈1n	4.00	2.41	4
金顶山 1 井	∈1n	3.74	2.23	10
溶溪 1 井	∈1n	4.583	2.81	10
宁 206 井	∈1n	4.57	2.80	9

