

滇东下古生界页岩气成藏层位及远景

杨勤生

(云南省地质科学研究所, 昆明 650011)

摘要: 经上世纪系统区域地质调查证实: 滇东下寒武统、下志留统、上志留统存在厚大黑色岩系, 是页岩气系统中的主力烃源岩。开展这一地区以页岩气为主攻目标的地质勘查, 可望取得页岩气藏突破, 还可在油气、石盐及磷、镍、钼、钒等矿产方面获得重要进展。

关键词: 非常规天然气; 吸附游离相态; 深色泥页岩, 下古生界新能源; 云南东部

中图分类号: TE122.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2010)01-001-06

页岩气是指主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中, 以吸附或游离状态为主要存在方式的天然气聚集。

页岩气资源开发在美国和加拿大早已起步。美国已圈定页岩气潜力盆地 50 余个, 其中 20 余个已完成页岩气钻井勘探, 形成 4 万多口气井, 探明可采资源量 $(15 \sim 30) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。2004 年开采页岩气 $227 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2008 年超 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 基本接近我国目前天然气 $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的年度开采量。加拿大在阿尔伯塔、BC 省及东部部分地区开展勘探工作, 已有一定产量。

1 云南页岩气成藏层位

下寒武统筇竹寺组/牛蹄塘组、下志留统龙马溪组、上志留统玉龙寺群是滇东页岩气藏主要层位。滇东寒武系, 可分为三大沉积区: 滇东型、黔北型及滇东南型 (图 1)。

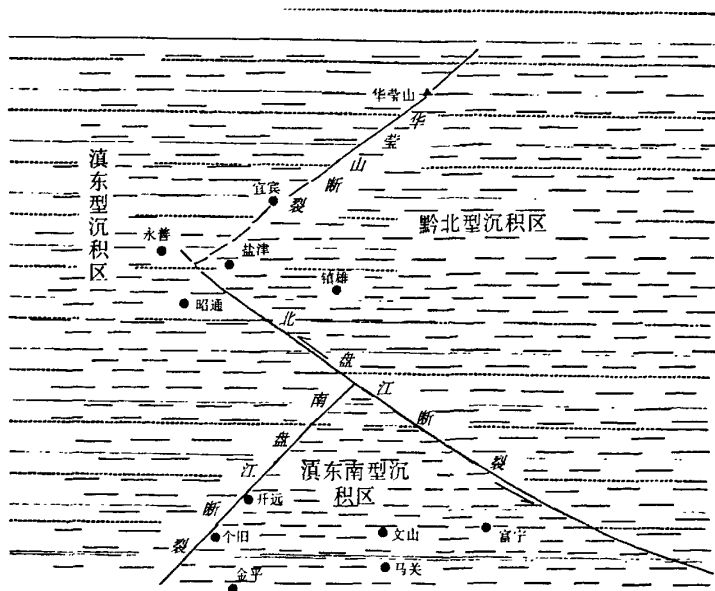


图 1 云南东北部、东部、东南部寒武系沉积分区示意

Fig. 1 Cambrian Sedimentary Regions in NE, E and SE Yunnan

收稿日期: 2009-09-03

作者简介: 杨勤生 (1935~), 男, 江苏常州市人, 教授级高级工程师, 长期从事区域地质调查、矿产资源勘查研究。

三大沉积区内下寒武统底部均有一套厚度不等的黑色岩系，分别称为筇竹寺组、牛蹄塘组和猫猫头组。其中牛蹄塘组/筇竹寺组下部黑色岩系分布广，厚度也大，是滇东页岩气勘查开发最佳层位；猫猫头组虽有厚度>250m的黑色岩层，但沉积区内岩浆活动及构造运动较为强烈，对页岩气保存不利。本文选择牛蹄塘组作为建议开展云南页岩气地勘工作的首个目标层。

1.1 镇雄羊场牛蹄塘组剖面

滇东北唯一出露最全剖面。1973 年上半年由云南省地质局第八地质队首测。同年，云南省地质局第二区测队七分队进行 1:20 万镇雄幅区域地质调查时进行多次观察、补采化石，地层自上而下：

上覆地层：下寒武统 明心寺组 (\in, m) (32 - 15 层)：灰色、灰绿、黄绿色粉砂岩、粉砂质页岩、细砂岩。其间夹 6 层古杯灰岩 (26 - 24 层)，蒋志文 (1982)、蒋志文 & Debrenne (1989) 详细研究本剖面该组古杯化石，发现大量可全球对比的 Botomian 阶化石 *Tumuliolynthus*、*Ajcyathus*、*Conannulofungia*、*Rasetticyathus*、*Inessocyathus* 等。应属滇东北—川西南早寒武世扬子地台西缘宽阔温暖浅海台地环境，十分适宜生物繁衍生长。并含三叶虫 *Drepanuroides latilimbata* Chang。 162.4m

整合

下寒武统 牛蹄塘组 (\in, nd) >179.2m

14. 深灰、黄褐色条带状细砂岩，中上部各夹 1 层厚 1.6m 黑色钙质页岩。含三叶虫 *Hupeidiscus* sp.。14m
13. 灰黑、褐黄色条带状细砂岩夹灰黑色粉砂岩，底部夹黑色页岩，中部夹 0.1m 左右灰岩透镜体。上部富含三叶虫：*Hupeidiscus* sp.，*Tsunyidiscus* sp.，*Eoredlichia* (*Pararedlichia*) sp.。11.7m
12. 灰黑、灰黄色条带状粉砂岩夹黑色页岩及褐黄色细砂岩条带。含丰富三叶虫 *Hupeidiscus* sp.，*Tsunyidiscus* sp.，*Zhenbaspis* sp.。13.9m
11. 褐黄、深灰色薄层细砂岩夹深灰色粉砂岩条带，含三叶虫化石。10.7m
10. 深灰、灰黑色与褐黄色条带状细砂岩。底部为黑色页岩夹粉砂岩条带，含三叶虫化石碎片。13.2m
9. 顶部为深灰色薄层粉砂质页岩夹褐黄色砂岩。中部浮土掩盖。底部为深灰、黑色粉砂质页岩、页岩。18.9m
- 8~7. 黑色页岩，上部夹深灰、褐黄色粉砂质页岩。22.1m
6. 灰、深灰色薄层粉砂岩夹薄层细砂岩，含较多铁质结核，直径 20cm~4cm。18.5m
5. 褐灰、灰黑色薄层钙质粉砂岩夹灰色、灰黑色薄层细砂岩。上部含铁质结核，直径 4cm~14cm。26.7m
4. 灰黑、深灰色薄层钙质粉砂岩夹深灰、灰黄色细砂岩条带。13.6m
3. 灰黑、黑色粉砂岩夹黄色、深灰色薄—中层状细砂岩，含少量铁质结核，直径 2cm~3cm。7.6m
2. 灰—黑色粉砂质页岩夹灰黑色粉砂岩。6.7m
1. 灰黑—黑色薄层泥质粉砂岩，顶部为灰黑色粉砂质页岩。>2.5m

未 见 底

剖面牛蹄塘组有顶无底，出露厚度>179.2m，主要由深灰、灰黑、黑色薄层粉砂岩、细砂岩、页岩组成，无疑是页岩气的良好烃源岩。

1.2 四川长宁背斜宁 1 井深孔牛蹄塘组剖面

滇东北牛蹄塘组仅在镇雄羊场背斜轴部深切沟谷中出露，面积狭小，大面积隐伏，对其岩性特征、厚度变化等无从了解。四川长宁背斜距我省威信玉京山背斜的直线距仅 55km，背斜高点出露地层为中—上寒武统娄山关群，与滇东北除羊场背斜外的其他背斜高点出露的地层完全相同，该深钻对隐伏于深部的牛蹄塘组的岩性特征、地层厚度及隐伏深度等均有重要参考价值。笔者在上世纪 70 年代实地查看过该孔岩盐岩心，云南二区测队七分队蔡忠柏又从四川地质局编图组收集到全孔录井资料，牛蹄塘组层序如下：

孔内自上而下 0~1158m 地层：娄山关群、高台组、清虚洞组、金顶山组、明心寺组。

牛蹄塘组钻孔编录详细分层：

下寒武统 牛蹄塘组 (\in, nd)

1. 黑色页岩。3m
2. 浅灰色泥质钙质白云岩。2m
3. 黑色碳质页岩。34m
4. 灰黑—黑色页岩。44m
5. 黑色碳质页岩。6m
6. 灰绿色砂岩。4m
7. 黑色碳质页岩。35m

8. 黑色碳质页岩及含磷层。

27m

不整合

下伏地层: 灯影组 下段 ($Zbdn^1$), 包括上贫藻层、中富藻层 (夹多层岩盐及硬石膏) 及下贫藻层三部分, 共厚 998m。

深孔剖面牛蹄塘组真厚度为 155m。钻孔到达该组孔深约 1 650m。

川南、滇东北地区牛蹄塘组黑色岩系厚度大, 总有机碳含量高, 部分地区曾将其作为低能热源, 发热量达 1 076 kcal/kg, 无疑是探寻页岩气的最佳层位。

1.3 滇东北牛蹄塘组页岩气资源量初估

滇东北页岩气的首选勘查工作区一旦在羊场背斜取得突破, 寻找与评价页岩气的工作则可在芒部背斜、瓦石背斜、玉京山背斜 (一部分延至贵州)、以勒背斜、落木柔背斜 (背斜主体在四川境内)、米滩子背斜 (四川、云南各占 1/2) 等多个背斜构造深部, 开展牛蹄塘组页岩气钻井勘探工作。据初步概略预测估算, 滇东北地区页岩气资源量为 $1\ 140.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1.4 滇东下寒武统筇竹寺组

滇东型筇竹寺组广泛出露在东经 $102^\circ \sim 104^\circ$ 之间的云南省境内, 北起永善肖滩, 南至华宁火特, 面积约 50 000 km^2 , 是地球历史中生物大爆的层位之一。上部为黄绿、灰绿色页岩夹细砂岩, 下部或底部为黑色页岩、粉砂岩, 在一些地方局部夹有油页岩及石煤, 可见该层位不仅是页岩气的富集层段, 而且还是生油层。

据 28 条实测剖面统计, 云南筇竹寺组的厚度从 67m ~ 405m 不等, 平均厚度 202m, 最大厚度出现在小江断裂拗陷带附近, 说明小江断裂带可能是寒武纪时期的沉积中心 (图 2)。

2 滇东志留系黑色岩系

滇东志留系存在两套黑色岩系, 并有一定的沉积厚度, 但分布范围局限。下志留统龙马溪组下部与上奥陶统五峰组为连续沉积, 均为黑色笔石页岩, 可合并称其为“下黑色层”。两者间夹有 1 层厚度不大的壳相层, 富含 *Hirnantia* (赫南特贝) — *Dalmanitina* (小达尔曼虫) 动物群, 命名为“观音桥层”。此层在川南—滇东北地区分布广泛, 是划分奥陶系与志留系的分界标志层, 也是钻井勘探不可多得的岩性标志层。

上志留统玉龙寺群为黑色易剥页岩 (上黑色层), 分布局限, 整个西南地区只在曲靖、宜良、弥勒一带小面积出露, 也可列为勘查页岩气的有利层位。

2.1 滇东北龙马溪组黑色岩系

云南下志留统龙马溪组只有在“横向隆起”以北才有出露, 均可分出下部黑色笔石页岩 (下黑色层) 及上部灰、灰绿、褐黄色混合相粉砂—泥质岩类两部分。以大关黄葛溪剖面为例, 1~4 层为笔石页岩, 厚 82m; 5~9 层为混合相粉砂—泥质岩, 厚 76m。在川滇交界四川一侧的落木柔剖面 (笔者等实测), 也可分出下部黑色笔石页岩, 厚 255m; 上部为混合相泥页岩、粉砂岩夹细砂岩, 厚 200m。该剖面龙马溪组厚达 455m, 是川南、滇东北地区该组厚度最大的剖面之一 (图 3), 黑色笔石页岩与混合相沉积的厚度比约为 1:1。龙马溪组厚度的变化特点是, 在“横向隆起”区附近变薄或缺失, 往北厚度增大, 到达川南落木柔一带最厚, 但岩性及岩相无多大变化。

黑色页岩中常含有粉砂岩“石球”, 局部因碳质富集而成“石煤”层, 说明岩石中有机质含量高, 无疑是页岩气富集层的重要岩性标志。

2.2 滇东玉龙寺群黑色岩系

滇东上志留统也是一套厚度较大的黑色岩系, 以往地质工作者称其“上黑色层”——玉龙寺群。但该黑色岩系只有在志留—泥盆系连续沉积区才有出露, 以曲靖地区厚度最大达 339m。玉龙寺群的主要岩性为灰、灰黑色易剥页岩、钙质页岩夹薄层瘤状泥质灰岩, 有机质较丰富。从岩性特征判断, 玉龙寺群黑色岩系亦是存在页岩气的理想层位。

3 结论与建议

随着经济建设的日益发展, 能源需求不断增长, 作为能源家族中的新成员——页岩气的勘查研究工作

寺组页岩气普查还有可能发现油页岩等其他能源矿产。上世纪在宜良下寒武统沧浪铺组钻井中,意外发现油砂,其源层很可能就是该组之下的筇竹寺组。

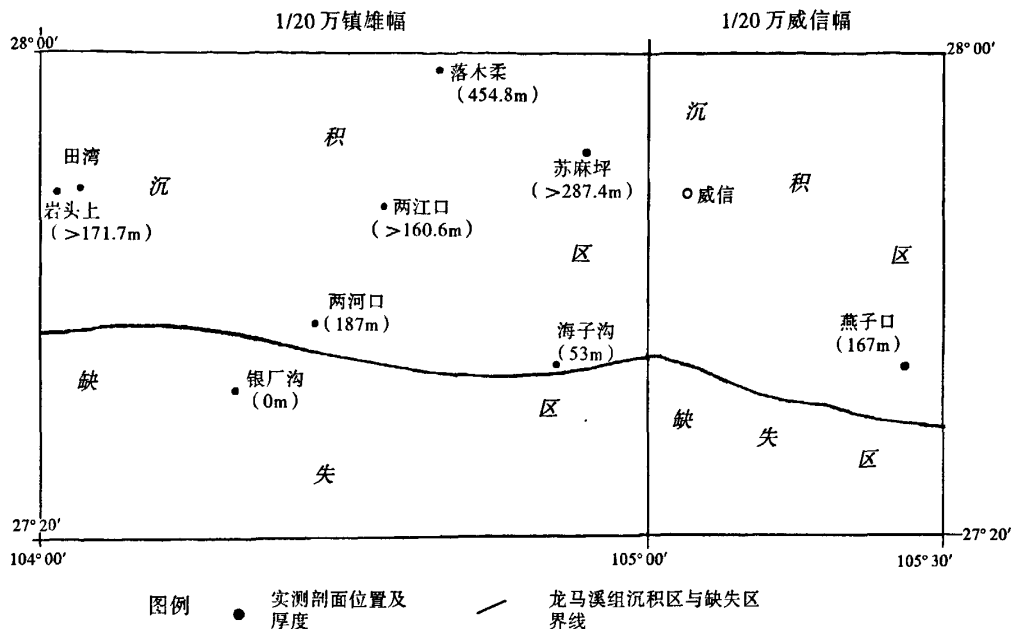


图3 滇东北龙马溪组地层厚度变化图

Fig.3 Thickness Change of Longmaxi Formation in NE Yunnan

(3) 滇东北龙马溪组黑色岩系岩相稳定,有机质含量高,分布范围较大,但沉积厚度变化大,从0~454.8m不等,据7条实测剖面的平均厚度为210m,可选择该组厚度较大的地区开展页岩气普查工作,从中优选出富集区块。

(4) 滇东曲靖、宜良、弥勒一带上志留统玉龙寺组(上黑色层)有一定的分布范围,有机质含量也较高,仅一条实测剖面就厚达339m,也可作为我省页岩气普查地区之一。

综上所述,页岩气勘查工作如在我省推进,则滇东北、滇东地区有可能成为页岩气资源的远景区,发现大型、特大型页岩气田的地质条件具备。为此,建议我省建立专项地勘基金,提请有关部门尽快部署开展页岩气勘查、综合评价及页岩气富集有利区块优选研究,圈定页岩气富集地带及层段,提出页岩气探井首选区论证报告及相应的地质勘探研究目录,引进国外先进科技或与外国合作勘探开发,使这一新能源尽早投入商业运行。

参 考 文 献

- [1] 王奇.我国首个页岩气勘查项目在綦江实施.中国国土资源报,2009年8月25日。
- [2] 王兰生等.天然气工业[M].2009(5)。
- [3] 云南地质局第二区测队七分队.1/20万镇雄幅区域地质调查报告(地质部分)[R],1976。
- [4] 《页岩气地质与勘探开发实践丛书》编委会.序言[C],第1版.北京:石油工业出版社.2009.3。
- [5] 四川地质局编图组.四川长宁1井寒武-震旦系钻孔剖面资料[R].1973。
- [6] 杨勤生.云南南部及邻区黑色岩系内的矿床(矿化)特征与找矿设想[J].云南地质,2001(1)。
- [7] 云南地质局第二区测队八分队.1/20万曲靖幅地质图及区调报告[R],1977。
- [8] 李登华.页岩气藏形成条件分析[J],天然气工业2009(5)。
- [9] 唤醒沉睡的页岩气[R].石油商报.2009.8.6。
- [10] 白宫新闻秘书办公室.美中关系(2009)——关于美中页岩气合作倡议的简报[R].2009.11.17。

- [11] 中国页岩气技术荆州国际讨论会. 中国页岩气资源与未来讨论会资料 [C], 2009. 5.
- [12] 杨勤生. 滇东北油气盐矿产资源成矿条件与找矿前景 [J]. 云南地质, 2009 (1).
- [13] 金淳泰. 云南大关黄葛溪志留系床板珊瑚 [J]. 古生物学报, 1984 (1).
- [14] 地质部成都地质矿产研究所. 西南地区地层总结—志留系 [R]. 1982. 6.
- [15] 贵州省地层古生物工作队. 西南地区区域地层表—贵州省分册 [M], 北京: 地质出版社 1977.
- [16] 云南省地质局、四川省地质局、贵州省地质局. 1/20 万区域地质调查报告或地质图: 威信幅、筠连幅、雷波幅、昭通幅、鲁甸幅、米易幅、东川幅、武定幅、昆明幅、宜良幅、玉溪幅、弥勒幅. 1970 ~ 1980 年.
- [17] Debrenne, F. & Jiang Zhiwen. Archaeocyatha Fauna from the Lower Cambrian of Yunnan [J]. Bulletin de la Societe Geologique de France, n°4, de 1989.

THE HORIZON & POTENTIALITY OF LOWER PALAEOZOIC SHALE GAS DEPOSIT IN EAST YUNNAN

YANG Qin-sheng

(Yunnan Institute of Geological Sciences, Kunming 650011)

Abstract: The black rock series is the main hydrocarbon source rock in shale gas system. According to the systematic regional geological survey in the 20th century, there are the thick black rock series in Lower Cambrian Niutitang Formation/Qiongzhusi Formation, Lower Silurian Longmaxi Formation and Upper Silurian Yulongsi Group in East Yunnan. We believe that the geological exploration of dark color beds for the main target of shale gas will achieve the important breakthrough and make the progress in the prospecting of oil, gas, coal – seam gas, salt (maybe in ultra – large scale), P, Ni, Mo, V mineral resources, etc.

Key Words: Unusual Natural Gas; Absorb Free Phase; Dark Color Mud Shale; Lower Palaeozoic New Energy Source; East Yunnan