

Sedimentation and Geochemistry Features of the Organic-Riched Shale in Wufeng-Longmaxi Formation, West of Hunan-Hubei Province*

Meiling Dai, Qing Hu, Xiaoqing Zhang, Yueling Wang, Zhonggui Hu

School of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou
Email: xgz1978127@tom.com

Received: Oct. 19th, 2012; revised: Oct. 29th, 2012; accepted: Nov. 13th, 2012

Abstract: Hunan-Hubei region Wufeng-Longmaxi Formation is a thick layer of mud shale, according to its sedimentary characteristics determine the sedimentary types of clastic shelf, shallow surface canopy and deep surface shed further subdivided into Asia. Combined deposition and Earth chemical features analysis, indicates that: Wufeng-Longmaxi Formation Xia paragraph to ash black, and deep grey silicon mass page rock, and carbon mass page rock and pen stone page rock mainly, has continuity deposition, average thickness up 50 m around, regional distribution stability, buried depth more shallow, TOC average up 1.33%, hot evolution degree higher, organic matter type to most to II type mainly, is page rock gas development of enabling layer paragraph. River page 1 drilling confirms that the Wufeng-Longmaxi Formation has a certain set of gas-bearing. Geochemical characteristics of shale gas deposits, such as basic research, for shale gas exploration work in the area are of great geological significance.

Keywords: Hunan-Hubei; Wufeng-Longmaxi Formation; Shale Gas; Sedimentation and Geochemistry Features

湘鄂西地区五峰 - 龙马溪组富有机质页岩段沉积 - 地化特征*

代美林, 胡青, 张小青, 王玥霖, 胡忠贵

长江大学地球科学学院, 荆州
Email: xgz1978127@tom.com

收稿日期: 2012年10月19日; 修回日期: 2012年10月29日; 录用日期: 2012年11月13日

摘要: 湘鄂西地区五峰 - 龙马溪组为一套厚层的泥页岩层, 根据其沉积特征确定该区沉积相类型为碎屑岩陆棚相, 进一步细分为浅水陆棚和深水陆棚亚相。结合沉积和地球化学特征分析, 表明: 五峰组 - 龙马溪组下段以灰黑色、深灰色硅质页岩、炭质页岩和笔石页岩为主, 具有连续性沉积, 平均厚度达 50 m 左右, 区域分布稳定, 埋藏深度较浅, TOC 平均值达 1.33%, 热演化程度较高, 有机质类型以大多以 II 型为主, 是页岩气发育的有利层段。经河页 1 井钻井证实, 该区五峰 - 龙马溪组具有一定的含气性。因而开展页岩气沉积、地化特征等基础研究, 对于该区页岩气勘探工作具有重要地质意义。

关键词: 湘鄂西; 五峰组 - 龙马溪组; 页岩气; 沉积 - 地化特征

1. 引言

页岩气的开发已经在国内外掀起了一股热潮, 它

*基金项目: 长江大学“国家大学生创新性实验计划项目”(项目编号: 1105)和湖北省自然科学基金项目(项目编号: 2011CDB005)资助。

以一种非常规能源的身份成为全球关注的焦点, 在中国湘鄂西地区的五峰组 - 龙马溪组拥有较好的页岩气资源潜力。因此, 研究湘鄂西五峰组 - 龙马溪组的沉积 - 地化特征对于指导页岩气的勘探开发具有重要意义。

对于该区的沉积特征, 前人已做过大量的工作,

并提出了不同的观点,如肖传桃、李建明等认为中扬子地区五峰组页岩段属典型的深海远洋沉积^[1];赵金成、李永昌解释晚奥陶世为浅海前陆盆地的陆棚相沉积^[2];蔡俊、何幼斌等解释五峰组是深水沉积。众多前辈对于中扬子地区沉积相的研究多局限在渝东南地区、渝东鄂西地区以及其北缘一些地区,对湘鄂西地区的研究较少,而对于有机地化方面的研究也主要基于常规的烃源岩方面的研究。本次研究以区域地质背景、钻井资料、野外实测及钻井等综合研究为基础,较深入研究了湘鄂西地区五峰-龙马溪组富有机质页岩段沉积、地化特征,对该区页岩气资源评价提供参考。

2. 区域地质概况

湘鄂西地区大地构造背景处于扬子板块中部,其边界为:东起湖北宜昌-湖南临澧一线,西至湖北建始茶山-重庆彭水一线,北抵鄂西兴山-巴东一线,南达湘西张家界-重庆酉阳一线,总面积 58,825 km²。湘鄂西地区在大地构造背景上处于扬子地块中部湘鄂西褶皱带,东以天阳坪断裂为界与江汉平原区分隔,西以彭水-建始断裂为界与利川复向斜相望,北以青峰-襄樊-广济断裂为界与东秦岭-大别造山带相接,南以保靖-慈利断裂为界与江南隆起隔开^[3,4]。次级构造单元属湘鄂西褶皱带,该褶皱带是在印支-早燕山期压性构造环境和晚燕山期区域性拉张构造环境下所形成的呈北北东-北东-东-东-东向的“隔档式”褶皱带,自东而西依次为桑植石门复向斜、宜都鹤峰复背斜、花果坪复向斜、建始恩施复背斜(中央背斜带)、利川复向斜和齐岳山背斜带等(图 1)^[5]。

研究区的目的层为五峰组-龙马溪组,五峰组与下伏临湘组呈整合接触,龙马溪组与上覆罗惹坪组也呈整合接触。根据野外露头 and 岩芯观察,本区五峰组主要为黑色炭质页岩,黑色硅质页岩、泥岩,灰黑色泥岩夹薄层粉砂岩,灰绿色页岩,全区分布稳定;龙马溪组主要是黑色炭质页岩、深灰色炭质泥岩和硅质泥岩、灰绿色、灰黑色泥岩夹薄层粉砂岩、深灰色泥岩。它们是烃源岩发育的主要层系。

研究区的目的层为五峰组-龙马溪组,五峰组与下伏临湘组呈整合接触,龙马溪组与上覆罗惹坪组也呈整合接触。根据野外露头 and 岩芯观察,本区五峰组主要为黑色炭质页岩,黑色硅质页岩、泥岩,灰黑色泥岩夹薄层粉砂岩,灰绿色页岩,全区分布稳定;龙马溪组主要是黑色炭质页岩、深灰色炭质泥岩和硅质泥岩、灰绿色、灰黑色泥岩夹薄层粉砂岩、深灰色泥岩。它们是烃源岩发育的主要层系。

3. 岩石学特征

3.1. 岩石类型

研究区五峰组-龙马溪组主要以深灰色、灰黑色硅质页岩、炭质页岩和笔石页岩为主,偶夹少量薄层粉砂质泥岩、粉砂岩等。主要岩石特征如下:

硅质页岩:主要分布于五峰组和龙马溪组底部,呈黑灰色、灰黑色,硅质含量约 35%,页理较发育,单层厚度薄,性硬,不易风化,风化后常呈尖角状。

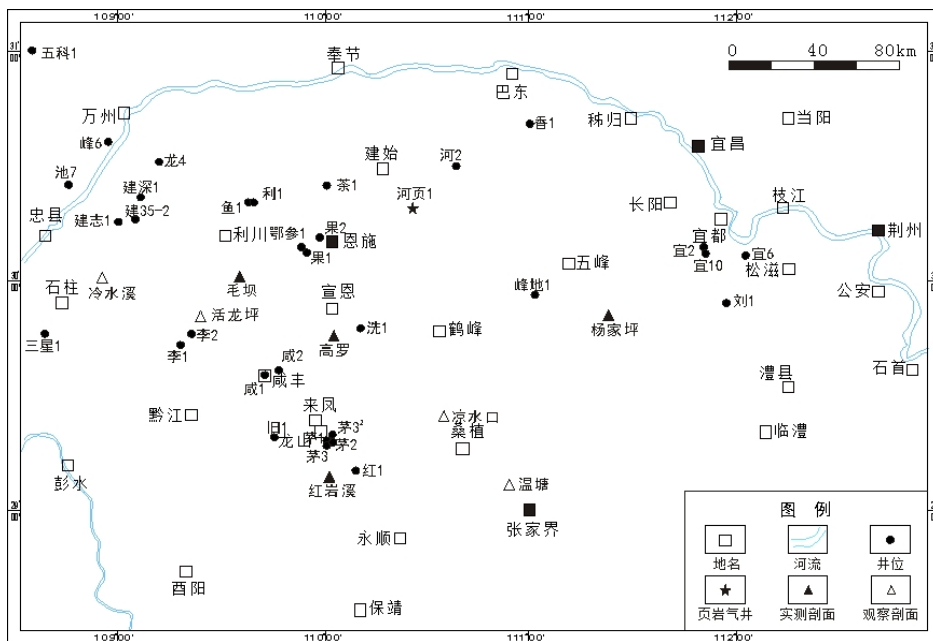


Figure 1. Constructed zone map in Yangtze area and location map of the study area
图 1. 中扬子地区构造区划图和研究区位置图

炭质页岩：在五峰组和龙马溪组普遍，主要呈黑色、灰黑色，页理较发育，单层厚度较薄，性软，易风化，用手摸污手(图2)。

笔石页岩：该类岩石分布于在五峰组和龙马溪组均发育，主要为黑灰色、灰黑色薄板状页岩，生物种类单调，仅见浮游类笔石，保存较好，含量约20%。但五峰组以叉笔石为主，龙马溪组以直笔石为主(图3)。

3.2. 脆性矿物组成

五峰-龙马溪组矿物含量以石英矿物为主，其次为粘土矿物。如河页1井志留系龙马溪组2001 m~2145 m 泥岩粘土矿物含量8.83%~40.12%、石英含量44.63%~77.86%、钾长石含量1.28%~2.55%、斜长石含量5.52%~25.45%、方解石含量1.29%~3.59%、黄铁矿含量0.84%~2.95%(图4、图5)。据北美页岩气开发经验，合适的脆性矿物含量有利于页岩气的压裂和开采。



Figure 2. Longmaxi set of grey and black carbonaceous mudstones (lichuan in maoba Syncline section)
图2. 龙马溪组灰黑色碳质泥岩(利川毛坝剖面)



Figure 3. Longmaxi set of dark graptolite Shales (lichuan in maoba Syncline section)
图3. 龙马溪组黑色笔石页岩(利川毛坝剖面)

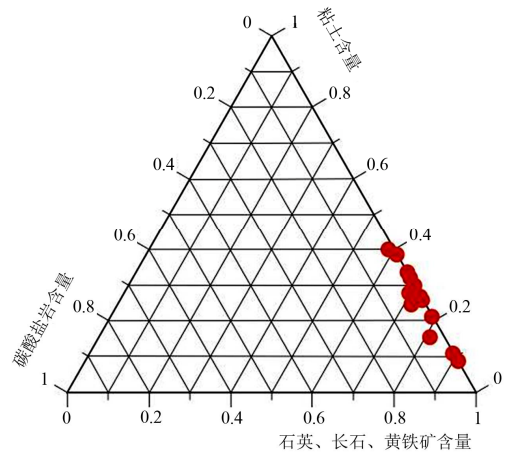


Figure 4. River page 1 Longmaxi group composed of dark shale mineral triangle figure
图4. 河页1井龙马溪组暗色泥页岩矿物组成三角图

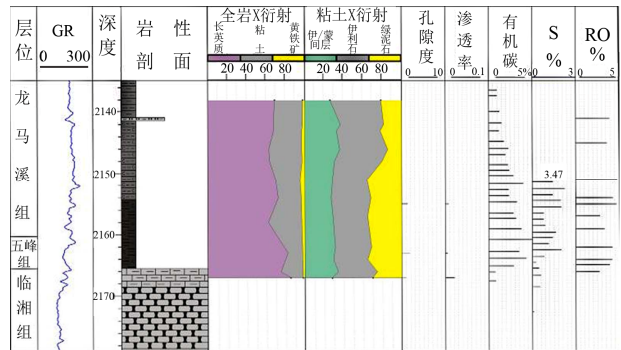


Figure 5. River page 1 group of five peaks-the Longmaxi shale of Petrology and distribution profile histogram
图5. 河页1井五峰-龙马溪组页岩段岩石学及物性分布剖面柱状图

3.3. 粘土矿物含量

研究区内剖面和钻井岩芯页岩段粘土矿物X衍射分析表明，五峰-龙马溪组页岩段粘土矿物含量平均分布在20.63%~29.86%，平均27%，均高于陡山沱组和水井沱组，粘土矿物主要有伊/蒙间层(I/S)、伊利石(I)和绿泥石(C)，其中尤以伊利石含量最高。

4. 沉积相特征

关于五峰组-龙马溪组的沉积相，前人已经做过了相关的分析，如赵金成、李永昌解释晚奥陶世为浅海前陆盆地的陆棚相沉积^[2]，笔者在此基础上作了进一步的分析。在野外踏勘的过程中可见到风暴潮产生的风暴岩沉积，形成似鲍马序列(图6)，而这种沉积现象是陆棚相的有利的指相标志。结合岩性组合特征，进一步分为浅水陆棚和深水陆棚亚相，其中浅水陆棚环

境下沉积的泥页岩颜色较浅且夹有一定比例的粉砂岩，而深水陆棚环境下沉积的泥页岩颜色较深以黑色、灰黑色为主，粉砂岩含量少，为富有机质层段。

4.1. 深水陆棚亚相

研究区主要发育泥质陆棚微相，岩性以黑色、深灰色硅质页岩、炭质页岩为主，富含笔石化石(图 7)，裂缝不发育，水动力条件较弱，发育水平层理，利川毛坝地区砂岩总厚与地层总厚比值为 86.40%，反映了深水环境和低沉积速率特征。该亚相有机碳含量和有机质成熟度较高，为有利的页岩气发育层段。

4.2. 浅水陆棚亚相

该相带可进一步划分为砂质陆棚、砂泥质陆棚、

风暴流 3 个微相，水体较浅，利川毛坝地区砂地比为 13.60%，常夹有粉砂岩薄层。该亚相有机碳含量和有机质成熟度偏低，为不利页岩气发育层段。

1) 砂质陆棚微相

该相带岩性以灰-灰绿色薄-中层状粉砂岩为主，厚约 4 米，主要发育于龙马溪组中部。

2) 砂泥质陆棚微相

该相带的岩性下部以黑色炭质页岩间夹灰色粉砂岩为主，向上页岩变薄，粉-细砂岩增多，水平层理发育。

3) 风暴流微相

该相带发育于龙马溪组顶部，岩性为灰色页岩夹石英砂岩，底冲刷-充填构造发育，见粒序层和平行层段，为典型风暴岩沉积(图 6)。



Figure 6. Storm deposits (lichuan in maoba Syncline Wufeng-Longmaxi cross sections) left: particle sequence + parallel layers; right: scour-filling structure

图 6. 风暴岩沉积(利川毛坝五峰-龙马溪组剖面)左图: 粒序层 + 平行层段; 右图: 冲刷-充填构造

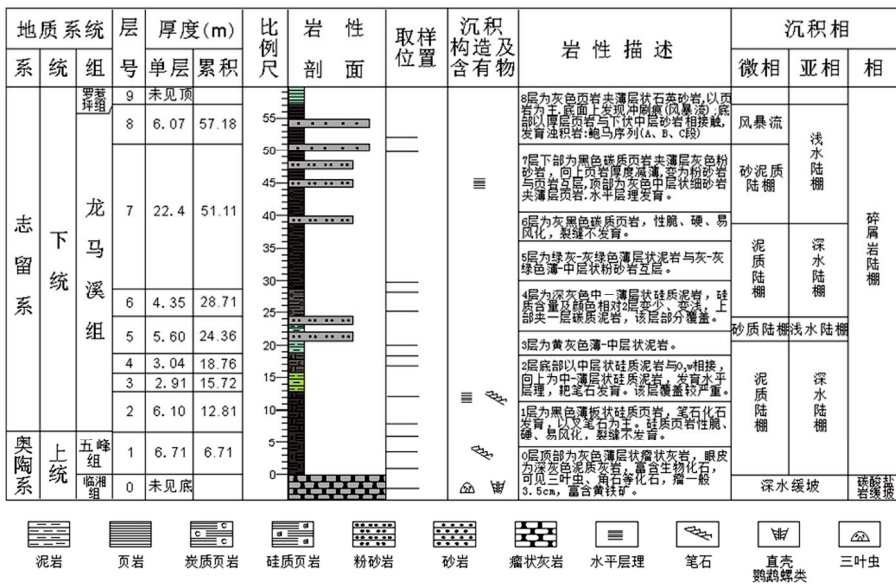


Figure 7. Lichuan in maoba Syncline section five groups-Longmaxi sedimentary facies integrated histogram
图 7. 利川毛坝剖面五峰组-龙马溪组沉积相综合柱状图

5. 地球化学特征

5.1. 有机质类型

气源岩有机质类型是油气形成的重要因素之一，它决定了气源岩生烃能力的大小。根据显微组分类型指数法统计结果，五峰组-龙马溪组干酪根类型以II1型为主^[6]，少量II2型(表1)。

5.2. TOC 特征

有机碳含量是目前评价有机质丰度并进而划分气源岩级别的主要依据。根据大量的样品统计分析，结合前人研究成果，湘鄂西地区不同层位有机碳含量差别明显，其中上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组富含有机质页岩段 TOC 分布范围为 0.11%~5.01%，平均值为 1.33%(图 8、图 9)，单项指标评价为好气源岩。在湘西鹤峰-桑植一带为有机碳含量的峰值区。

5.3. 有机质成熟度

根据镜质体反射率测定，湘鄂西地区下奥陶统五峰组-上志留统龙马溪组气源岩有机质成熟度 R_o 分布范围为 2.20%~4.81%，总体达到高-过成熟阶段(图 10)。

Table 1. Hunan area in Western Hubei Province five peaks-Longmaxi distribution of organic matter in organic-rich shale type index results

表 1. 湘鄂西地区五峰-龙马溪组富含有机质页岩有机质类型指数分布结果

层位	TI < 0(III) 样品数	0 ≤ TI < 40 (II2)样品数	40 ≤ TI < 80 (II1)样品数	TI ≥ 80(I) 样品数	样品总数
五峰-龙马溪	0	5	38	0	43

河页1井五峰-龙马溪组TOC分布图 (样品数: 27)

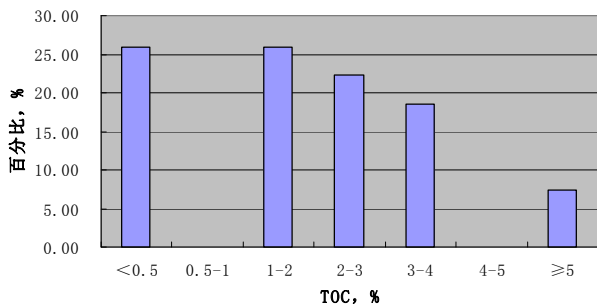


Figure 8. River page one group of five peaks-Longmaxi TOC map
图 8. 河页一井五峰组-龙马溪 TOC 分布图

五峰-龙马溪组有机碳含量分布直方图

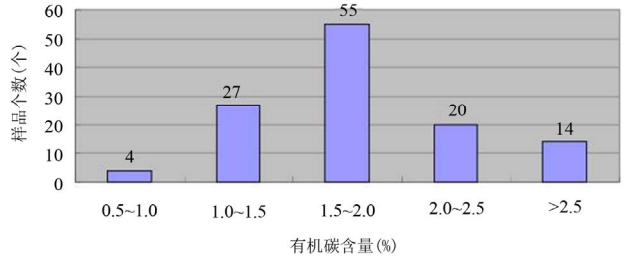


Figure 9. Hunan area in Western Hubei Province five peaks-Longmaxi content of organic carbon in organic-rich shale (TOC) distribution histogram

图 9. 湘鄂西地区五峰-龙马溪组富含有机质页岩有机碳含量(TOC)分布直方图

五峰-龙马溪组

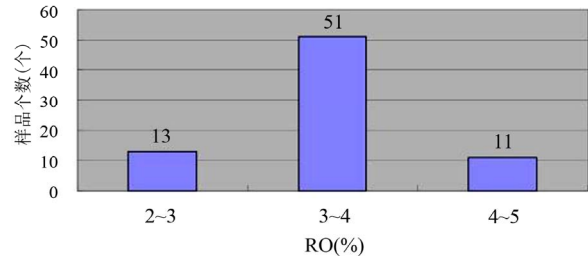


Figure 10. Hunan area in Western Hubei Province five peaks-Longmaxi set of organic-rich shale R_o distribution histogram

图 10. 湘鄂西地区五峰-龙马溪组富含有机质页岩 R_o 分布直方图

6. 结论

1) 湘鄂西地区五峰-龙马溪组出露广泛，为一套厚层的泥页岩层，其下部地层主要为深灰色、灰黑色硅质页岩、炭质页岩和笔石页岩，连续沉积，区域分布稳定，脆性矿物含量较高，粘土矿物以伊利石为主。根据其沉积特征确定该区沉积相类型为碎屑岩陆棚相，进一步细分为浅水陆棚和深水陆棚亚相，其中深水陆棚亚相为有利页岩气发育相带；

2) 通过湘鄂西地区五峰-龙马溪组富含有机质页岩段有机地化特征分析表明：TOC 平均值达 1.33%，热演化程度较高，有机质类型以大多以II型为主，是页岩气发育的有利层段。河页1井钻井证实，该区五峰-龙马溪组具有一定的含气性。

参考文献 (References)

- [1] 肖传桃, 李建明, 郭成贤. 中上扬子地区五峰组沉积环境的再认识[J]. 四川地质学报, 1996, 16(4): 293-298.
- [2] 赵金成, 李永昌. 中扬子区震旦——三叠纪沉积体系划分及影响因素[J]. 辽汉石油职工大学学报, 2004, 17(6): 4-6.

湘鄂西地区五峰 - 龙马溪组富有机质页岩段沉积 - 地化特征

- [3] 胡晓凤. 湘鄂西地区油气藏类型及勘探方向[J]. 石油与天然气, 2002, 23(3): 300-306
- [4] 刘丽真, 李建明, 陈学辉. 湘鄂西区页岩气勘探前景[J]. 石油化工应用, 2010, 29(12): 1-3.
- [5] 罗顺社, 高振中, 李建明等. 湘鄂西地区震旦系至奥陶系有利储集层段的储层特征及分布规律研究[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24(4): 4-7.
- [6] 李双建, 肖开华, 沃玉进等. 中上扬子地区上奥陶统一一下志留统烃源岩发育的古环境恢复[J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28(5): 450-458.