

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2019.02.010

## 鄂西建始 - 长阳地区上二叠统大隆组储层特征及沉积环境

周向辉, 许露露, 温雅茹, 刘早学, 陈程, 罗凡

ZHOU Xiang-Hui, XU Lu-Lu, WEN Ya-Ru, LIU Zao-Xue, CHEN Cheng, LUO Fan

(湖北省地质调查院, 武汉 430034)

(Hubei Institute of Geological Survey, Wuhan 430034, Hubei, China)

**摘要:**前人对鄂西地区大隆组页岩气资源潜力调查评价较少。本文通过研究区地层剖面测量及钻探等方法,对大隆组储层特征及沉积环境进行了分析。结果表明,大隆组纵向上可分为三段,横向上有由西向东厚度减薄的趋势。大隆组有机质类型主要为腐泥型,热演化处于过成熟阶段,TOC 值含量较高且非均质性分布特征明显。大隆组矿物成分以长英质矿物为主,属于低孔-特低孔特低渗透层。微量元素分析显示大隆组下段处于厌氧环境,上段处于富氧环境。TOC 变化曲线与  $V/(V+Ni)$  和  $Ni/Co$  所指示的氧化还原条件具明显相关性,厌氧环境 TOC 含量高。综合研究表明,西部建始一带为页岩气成藏有利区,大隆组下段为有利的勘探层位。

**关键词:**鄂西;大隆组;页岩气;储层特征;沉积环境;微量元素;地化指标

中图分类号:P534.46;TE122

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2019)02-0244-10

**Zhou X H, Xu L L, Wen Y R, Liu Z X, Chen C and Luo F. Reservoir Characteristics and Sedimentary Environment of Permian Dalong Formation in Jianshi-Changyang Area of Western Hubei Province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2019, 35(2): 244-253.**

**Abstract:** Previous studies on the potential of shale gas resources in Dalong Formation in Western Hubei Province have been few. In this paper, the reservoir characteristics and sedimentary environment of Dalong Formation are analyzed by means of stratum profile survey and drilling in the study area. The results show that the Dalong Formation can be divided into three sections vertically and the thickness tends to decrease from west to east horizontally. The organic matter type of Dalong Formation is mainly sapropelic, and the thermal evolution is in the over-mature stage. The TOC value is high and the heterogeneous distribution characteristics are obvious. The mineral composition of Dalong Formation is mainly felsic mineral, which belongs to low-porosity and ultra-low-porosity and ultra-low permeability reservoir. Trace element analysis shows that the lower part of Dalong Formation is in anaerobic environment and the upper part is in oxygen-rich environment. The variation curve of TOC was significantly correlated with the redox conditions indicated by  $V/(V+Ni)$  and  $Ni/Co$ , and the TOC content in anaerobic environment was high. Comprehensive study shows that the western Jianshi area is a favorable area for shale gas reservoir formation and the lower part of Dalong Formation is a favorable position for exploration.

**Key words:** Western Hubei Province; Dalong Formation; shale gas; reservoir characteristics; sedimentary environment; trace elements; geochemistry index

收稿日期:2018-10-14;修回日期:2019-1-14;责任编辑:董好刚

基金项目:湖北省页岩气勘探区块评价优选项目(HBCZ-17060223-170397)资助

第一作者:周向辉(1974—),男,高级工程师,从事页岩气地质调查研究工作,Email: 376822092@qq.com

中国在上扬子地区的四川盆地及周缘地区已经获得页岩气勘探突破<sup>[1-4]</sup>,特别是四川盆地涪陵气田的发现,极大的推动了页岩气勘探的发展<sup>[5-6]</sup>。鄂西地区与四川盆地毗邻,含碳黑色岩系发育,页岩气勘探开发潜力较大。鄂西地区由老到新共发育五套黑色岩系,分别是下震旦统陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组、上奥陶-下志留统龙马溪组、二叠系大隆组及下侏罗统桐竹园组<sup>[7]</sup>。目前鄂西地区钻井目的层主要以牛蹄塘组、龙马溪组为主<sup>[8-13]</sup>,如秭地 1 井、秭地 2 井、宜参 1 井、秭地 3 井。对二叠系富有机质页岩大隆组研究较少<sup>[14-15]</sup>,对大隆组页岩气赋存层位缺乏定性描述。

因此,本文通过研究鄂西大隆组钻井资料、实测地层剖面资料、样品测试分析资料,定性描述了大隆组岩性组合及横向纵向岩性非均质性,统计分析了大隆组富有机质页岩地化及储层特征,并通过微量元素地化指标对大隆组沉积环境进行了定量分析。为鄂西二叠系大隆组页岩气勘探开发提供依据。

## 1 区域地质背景

研究区及邻区在大地构造上属扬子(华南)板块中北部,西与四川盆地毗邻,北接秦岭-大别造山

带,东靠江南-雪峰滑脱推覆隆起带。调查区位于湘鄂西褶皱断裂带内。湘鄂西褶皱断裂带自南东向北西向由桑植石门复向斜、宜都鹤峰复向斜、花果坪复向斜、中央复背斜和秭归复向斜 5 个构造单元组成,调查区主要跨及宜都鹤峰复向斜、花果坪复向斜和中央复背斜 3 个构造单元(图 1)。大隆组沉积期海平面上升,以调查区西部为沉积中心,发育一套厚度达 15~40 m 的黑色富有机质泥页岩系,东部则渐变为台地边缘相、台地相,黑色页岩减薄,灰岩比例增大。

## 2 储层特征

### 2.1 岩石地层特征

通过高地 1 井钻探,对研究区内大隆组垂向上岩性特征有了更加清晰的认识。高地 1 井位于花果坪复向斜-中央复背斜过渡带北东段,地层厚度 44.07 m。以黑色薄-中层状硅质岩的首次出现作为底界划分标志,与下伏下窑组呈整合接触。

根据岩石组合特征将大隆组细分为三段(图 2)。大隆组下段为第 1-2 层,底部为黑色含碳硅质岩,与下窑组含燧石结核灰岩呈岩性突变界面,往上为含碳硅质岩夹硅质页岩,下段颜色为黑色,含

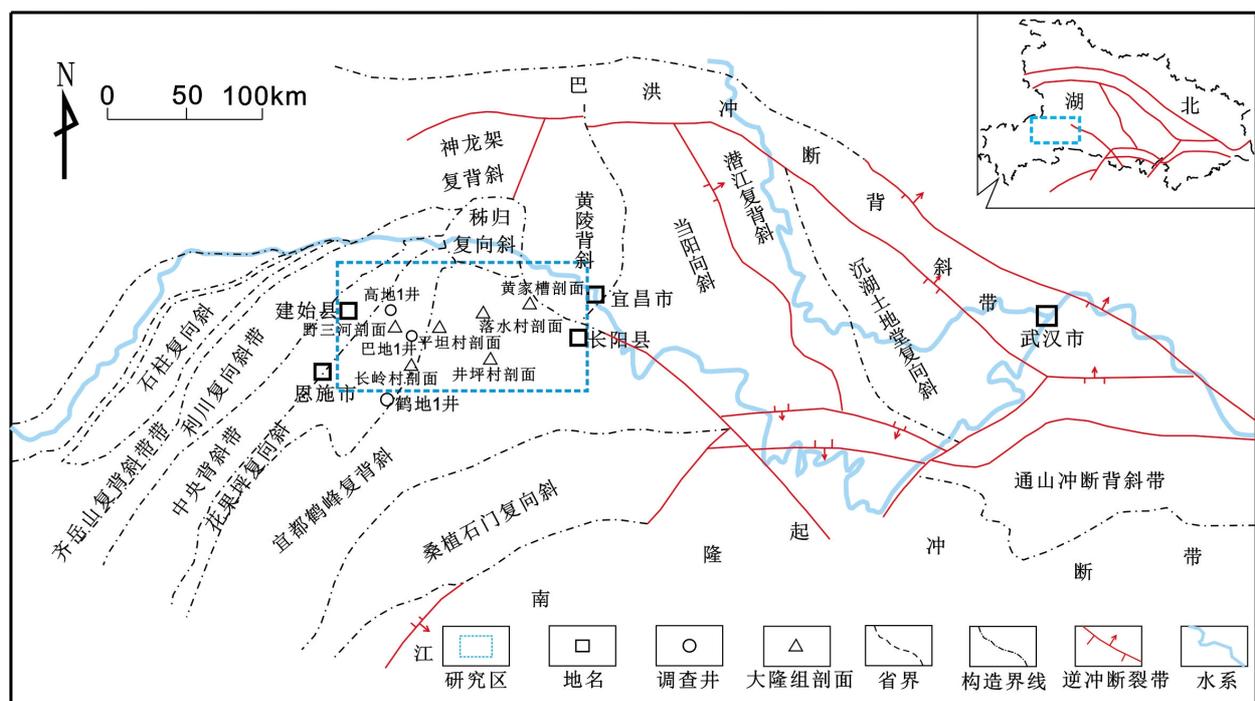


图1 鄂西及邻区大地构造背景及研究区位置图

Fig. 1 Fectonic map of Western Hubei Province and adjacent areas

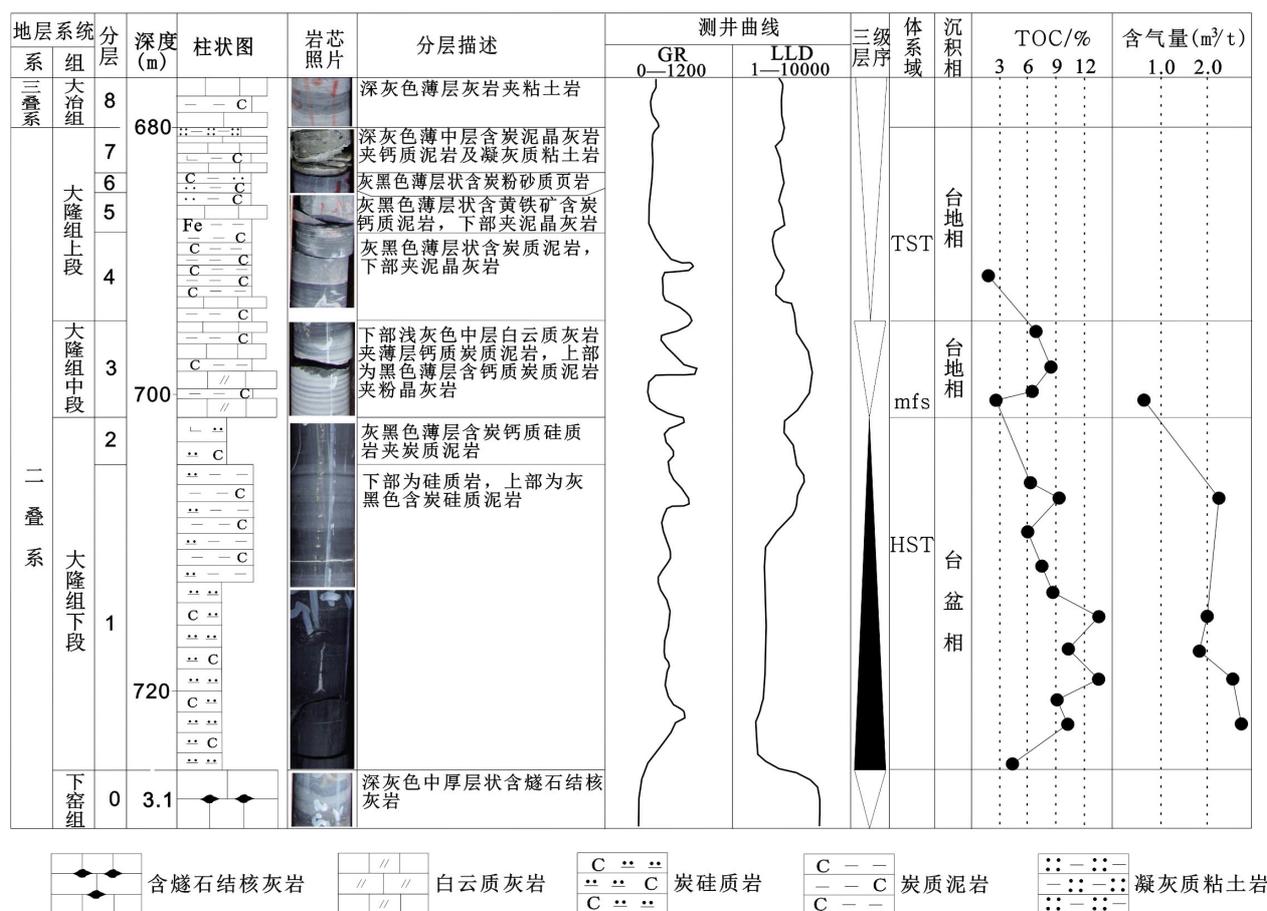


图2 高地1井综合柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of GD1 well

碳含量高,往上颜色稍微变浅。测井曲线显示,下段地层自然伽玛有明显高值异常,深侧向电阻率值呈明显低值特征,呈箱状。综合前人地质资料和高地1井岩石地层特征,大隆组下段沉积水体较深,为台盆相沉积环境。大隆组中段为第3层,岩性为灰色中厚层状白云质灰岩夹薄层灰黑色钙质炭质泥岩。自然伽玛曲线呈锯齿状波动,而深侧向电阻率呈高值异常。中段与下段相比,沉积时水深明显变浅,为台地相沉积环境。上段为第4-7层,为深灰色薄层状含炭灰岩与灰质泥岩不等厚互层,夹少量粉砂质泥岩,上段顶部发育一层厚约4~5cm凝灰岩。大隆组上段下部自然伽玛呈现高值异常,往上伽玛值变低,表明往上泥岩变少,而灰岩变多。与大隆组中段相比,上段岩性变化不大,但泥岩中炭质含量明显变少,颜色由灰黑色变为深灰色。沉积时水深较中段稍微变浅,为台地相沉积环境。根据地层特征和测井曲线形态,将大隆组划分为1个三级层序,

层序底界面为大隆组灰岩与下窑组硅质岩的岩性突界面,大隆组下段为海侵体系域,往上水体逐渐变深,最大海泛面为第2层顶部硅质岩与第3层白云质灰岩的岩性分界面。大隆组中上段为高位体系域,水深逐渐变浅。

地层对比分析表明(图3),鄂西建始地区-长阳地区大隆组总体厚度变化较大,西边建始高坪镇高地1井大隆组厚度达到44.07m,东边长阳县榔坪镇井坪村剖面厚度仅5.8m,由西向东厚度有减薄的趋势。垂向上各区大隆组仍可分为下、中、上三段,大隆组底部多数地区以黑色含炭硅质岩的出现为与下伏地层的分界标志,少数地方如长阳井坪村以黑色炭质页岩的出现为分界标志。下段由三种岩性组成,含炭硅质岩、炭质页岩及灰岩。不同地区剖面含其中两种或者三种岩性。高地1井、巴东长岭村剖面、巴东平坦村剖面及长阳黄家槽剖面由含炭硅质岩及炭质泥页岩组成;建始野三河剖面与长阳



落水河剖面三种岩性均包含,而长阳井坪村剖面仅由炭质页岩组成。中段以炭硅质岩或炭质页岩的消失,灰质白云岩或者含碳硅质灰岩的出现为分界标志。中段岩性较为复杂,主要以含碳硅质灰岩夹炭质页岩为主要岩性组合,局部地区中段还发育钙质粉砂岩。长阳黄家槽剖面最为特殊,中段仅发育含碳硅质泥岩。上段以含碳页岩的大量出现为分界标志。西部建始地区以炭质页岩夹灰岩为主要岩石类型,中东部巴东-长阳地区以炭质页岩夹炭硅质岩为主要岩石类型。仅长阳落水河剖面以含碳硅质粉砂岩为主。上段顶部一般发育凝灰质粘土岩或者含锰含钙质粘土岩,以浅灰色灰岩的出现为上段与大冶组一段的分界标志。地层对比分析认为,建始-长阳地区大隆组下段均为台盆相沉积环境,中上段总体处于台地相沉积环境。但不同地区沉积水深有所差别。西部建始一带,属于水体较深区域,接受沉积时间长,因此沉积厚度较大;鄂西东部长阳一带,属于水体相对较浅区域,接受沉积时间短,因此沉积厚度较薄。

## 2.2 地化特征

建始县高地1井大隆组干酪根镜检测试样品9件(表1)。大隆组泥页岩干酪根显微组分中以腐泥组为主,其次为镜质组、惰质组。腐泥组含量介于5%~85%,平均值62.3%,镜质组含量介于12%~80%,平均值30.7%,惰质组含量介于2%~20%,平均值7.7%。按照三类四分法,大隆组主要为腐泥型和腐殖-腐泥型有机质类型。大隆组黑色页岩 $R_o$

值介于1.77%~3.16%,平均为2.64%,成熟度小于2%的高成熟样品占总数的9.1%,2%~3%的过成熟早期样品占样品总数的72.7%,分布在3%~4%的过成熟中后期样品占总数的18.2%,表明大隆组成熟度主体上处于过成熟早期阶段。按照国土资源部《页岩气资源/储量计算评价技术规范》,将总有机碳质量分数分为5级:TOC<0.5%为特低;0.5%~1%为低;1%~2%为中;2%~4%为高;TOC≥4%为特高。对研究区大隆组37块样品有机碳含量数据进行了统计分析,TOC含量介于0.63%~13.60%,平均6.15%,其中TOC大于2.0%的高和特高型样品占比76%,表明大隆组有机质丰度较好。

大隆组TOC值纵向上非均质性比较明显。高地1井16块样品(下段11块,中段4块,上段1块)测试结果显示(图2),下段地层TOC值介于5.61%~13.60%,平均9.88%;中段地层TOC值介于4.13%~9.27%,平均7.27%;上段地层TOC值1.66%。由此可见从下至上,大隆组TOC值有逐渐降低的趋势。大隆组横向上TOC值也存在较强的非均质性(图3),以下段地层TOC含量为例,建始地区下段采集样品18块,TOC平均值8.33%。巴东地区下段采集样品6块,TOC平均值4.25%。长阳地区下段采集样品7块,TOC平均值2.69%。统计表明鄂西建始-长阳地区由西向东,TOC值有逐渐变小的趋势。TOC与现场解析含气量之间有良好的对应关系(图2),大隆组下段TOC含量高,现场解

表1 鄂西地区大隆组显微组分含量及干酪根类型

Table 1 Maceral contents and kerogen types of Dalong Formation in Western Hubei Province

序号	井号/剖面编号	岩性	腐泥组(%)	壳质组(%)	镜质组(%)	惰质组(%)	干酪根类型
1		含碳泥岩	10	/	70	20	腐殖型
2	高地1井	含碳泥岩	60	/	32	8	腐殖-腐泥型
3		含碳泥岩	5	/	80	15	腐殖型
5	巴东平坦村	含碳硅质岩	70	/	25	5	腐殖-腐泥型
6	建始野三河	含碳硅质岩	78	/	15	7	腐殖-腐泥型
7		含碳硅质岩	82	/	13	5	腐泥型
8	长阳落水河	含碳硅质岩	80	/	16	4	腐泥型
9	巴东长岭村	含碳硅质岩	85	/	12	3	腐泥型
10	长阳黄家槽	炭质页岩	85	/	13	2	腐泥型

析含气量也较好,大隆组中段 TOC 含量较低,现场解析含气量也较差。

### 2.3 储层物性特征

高地 1 井 X 衍射分析表明(表 2),大隆组下段矿物成分长英质平均含量 60%(石英 46.6%、长石 13.4%),碳酸盐岩矿物平均含量 13.6%(方解石 11%、白云石 2.6%),粘土矿物平均含量 20.0%,黄铁矿含量 6.3%。中段矿物成分中长英质平均含量 44.0%(石英 33.4%、长石 10.6%),碳酸盐岩矿物平均含量 41.3%(方解石 40.9%、白云石 0.4%),粘土矿物平均含量 10.3%,黄铁矿含量 4.4%。相对于下段,中段碳酸盐矿物显著增加,粘土矿物和黄铁矿含量相对变少。

高地 1 井 10 件样品(下段 6 件,中段 4 件)孔隙度和渗透率测试结果显示,大隆组下段孔隙度介于 0.79%~2.79%,平均 1.28%。渗透率介于  $0.0008 \times 10^{-3} \sim 0.0044 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均  $0.0027 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;中段孔隙度介

于 0.65%~3.61%,平均 1.54%。渗透率介于  $0.001 \times 10^{-3} \sim 0.4621 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均  $0.1164 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。根据《页岩气资源/储量计算评价技术规范》,大隆组地层属于低孔-特低孔特低渗储层,下段孔渗性较中段稍差。

### 3 沉积环境

地球化学示踪是反映沉积地层氧化还原条件的有效手段,通过微量元素比值 Th/U、V/(V+Ni)、V/Cr 和 Ni/Co 可以作为古氧环境的判识标志<sup>[1, 16-18]</sup>(表 3)。

高地 1 井大隆组地层微量元素分析结果显示(表 4),大隆组下段 U/Th 介于 0.76~3.79,平均 2.22;V/(V+Ni) 介于 0.65~0.91,平均 0.79;V/Cr 介于 2.32~11.99,平均 6.13;Ni/Co 介于 7.92~23.09,平均 16.20。

大隆组中段 U/Th 介于 1.32~8.76,平均 5.49;

表2 高地1井大隆组矿物成分及储层物性测试结果

Table 2 Test result of Mineral composition and reservoir physical property in GD1 well

地层	样品编号	深度/m	石英/%	钠长石/%	方解石/%	白云石/%	伊利石/%	黄铁矿/%	孔隙度/%	渗透率/ $10^3 \mu\text{m}^2$
大隆组中段	GD1-Ty7	694.41	32.97	8.79	42.86	0.00	10.99	4.40	3.61	0.0011
	GD1-Ty8	697.06	44.94	11.24	21.35	0.00	15.73	6.74	1.07	0.001
	GD1-Ty10	700.29	22.34	11.70	58.51	1.06	4.26	2.13	0.65	0.4621
大隆组下段	GD1-Ty11	704.23	37.63	20.43	31.18	1.08	5.38	4.30	0.84	0.0013
	GD1-Ty13	708.69	72.83	9.78	4.35	1.09	6.52	5.43	1.07	0.0045
	GD1-Ty14	711.09	12.50	13.64	1.14	0.00	71.59	1.14	2.79	0.0044
	GD1-Ty16	714.76	50.00	17.86	9.52	3.57	11.90	7.14	0.95	0.001
	GD1-Ty17	716.95	37.93	13.79	17.24	11.49	11.49	8.05	0.78	0.0012
	GD1-Ty19	720.42	61.36	9.09	10.23	1.14	11.36	6.82	1.29	0.0008
	GD1-Ty20	722.06	54.02	9.20	3.45	0.00	21.84	11.49	0.79	0.0041

表3 鄂西大隆组沉积环境微量元素判识指标<sup>[18]</sup>

Table 3 Sedimentary environment identifying index of trace elements in Dalong Formation, Western Hubei Province

判别指标	沉积环境	缺氧环境		富氧环境
		厌氧	贫氧	
U/Th		>1.25	0.75~1.25	<0.75
V/(V+Ni)		>0.6	0.45~0.6	<0.45
V/Cr		>4.25	2~4.25	<2
Ni/Co		>7	5~7	<5

表4 高地1井大隆组及顶底板微量元素测试结果  
Table 4 Test results of trace element of Dalong Formation and its Roof and floor of GD1 well

地层	样品号	深度/m	微量元素/10 <sup>-6</sup>												
			U	Th	V	Ni	Cr	Co	Sr	Ba	U/Th	V/V+Ni	V/Cr	Ni/Co	Sr/Ba
大冶组一段	GD-XT1	671.02	2.27	11.90	100.9	29.06	64.29	11.34	358.3	406.8	0.19	0.78	1.57	2.56	0.88
	GD-XT2	674.02	2.85	12.31	103.5	24.36	65.56	6.34	278.7	367.4	0.23	0.81	1.58	3.84	0.76
	GD-XT3	677.02	2.47	11.71	105.3	38.19	62.13	21.70	371.8	339.8	0.21	0.73	1.69	1.76	1.09
大隆组中段	GD-XT4	680.02	2.39	12.61	104.3	22.68	73.97	9.31	218.6	462.0	0.19	0.82	1.41	2.44	0.47
	GD-XT5	683.02	3.14	12.10	143.1	77.49	60.60	48.94	176.1	453.1	0.26	0.65	2.36	1.58	0.39
	GD-XT6	686.02	3.14	12.38	149.3	36.72	61.97	14.26	200.1	603.0	0.25	0.80	2.41	2.57	0.33
	GD-XT7	689.02	11.67	42.70	89.07	112.2	24.37	33.18	341.6	450.9	0.27	0.44	3.66	3.38	0.76
	GD-XT8	692.02	3.58	13.55	130.3	65.90	87.38	16.00	327.5	410.1	0.26	0.66	1.49	4.12	0.80
大隆组下段	GD-XT9	695.02	9.28	7.04	405.4	87.66	89.73	10.80	868.6	449.0	1.32	0.82	4.52	8.12	1.93
	GD-XT10	698.02	27.06	4.24	849.2	155.0	100.5	11.26	866.3	199.7	6.38	0.85	8.45	13.77	4.34
	GD-XT11	701.02	20.09	2.29	918.5	189.9	76.63	15.13	1661	150.5	8.76	0.83	11.99	12.55	11.04
下窑组	GD-XT12	704.02	8.85	10.40	167.6	90.85	72.30	11.48	862.6	216.4	0.85	0.65	2.32	7.92	3.99
	GD-XT13	707.02	18.66	24.42	1068	105.6	93.58	8.29	392.3	240.6	0.76	0.91	11.41	12.73	1.63
	GD-XT14	710.02	8.58	1.90	307.5	91.30	88.22	4.73	345.8	117.7	4.51	0.77	3.49	19.30	2.94
	GD-XT15	713.02	18.86	4.98	1022	392.6	381.2	17.00	655.0	222.0	3.79	0.72	2.68	23.09	2.95
	GD-XT16	716.02	8.24	3.26	1060	185.2	146.6	9.24	1188	162.1	2.53	0.85	7.23	20.04	7.33
	GD-XT17	719.02	8.97	6.03	1019	142.4	144.5	9.23	830.0	356.4	1.49	0.88	7.05	15.42	2.33
	GD-XT18	722.02	9.42	5.96	914.8	310.6	321.4	16.77	670.5	356.4	1.58	0.75	2.85	18.52	1.88
	GD-XT19	725.02	20.97	27.00	187.5	170.2	124.7	24.57	289.0	530.6	0.78	0.52	1.50	6.93	0.54

V/(V+Ni) 介于 0.82 ~ 0.85, 平均 0.83; V/Cr 介于 4.52 ~ 8.45, 平均 6.49; Ni/Co 介于 8.12 ~ 13.77, 平均 10.94。大隆组上段 U/Th 介于 0.19 ~ 0.27, 平均 0.25; V/(V+Ni) 介于 0.44 ~ 0.82, 平均 0.68; V/Cr 介于 1.41 ~ 3.46, 平均 2.27; Ni/Co 介于 1.58 ~ 4.12, 平均 2.82。按照上述标准, 大隆组下段处于厌氧环境, 且下段中部各项指标值最大含氧量最少。大隆组中段总体处于贫氧-厌氧环境, 由下至上各项指标数值显著变小, 沉积环境由厌氧向缺氧转化。而大隆组上段各项地化指标都急剧变小, 处于富氧环境之中。

## 4 讨论

### 4.1 TOC 与沉积环境相关性分析

TOC 变化曲线与各项指标总体上表现出一致性(图 4)。相对而言, 与 V/(V+Ni) 和 Ni/Co 比值相关性较好, 随着 V/(V+Ni) 和 Ni/Co 比值的增大, TOC 值也呈现增大的趋势。其中 TOC 与 V/V+Ni 线性相关性为 0.2597, 与 Ni/Co 线性相关性为 0.4206(图 5)。分析表明, V/(V+Ni) 和 Ni/Co 比值越大, 水体越贫氧, 有机质保存条件较好, 因此 TOC 含量高。

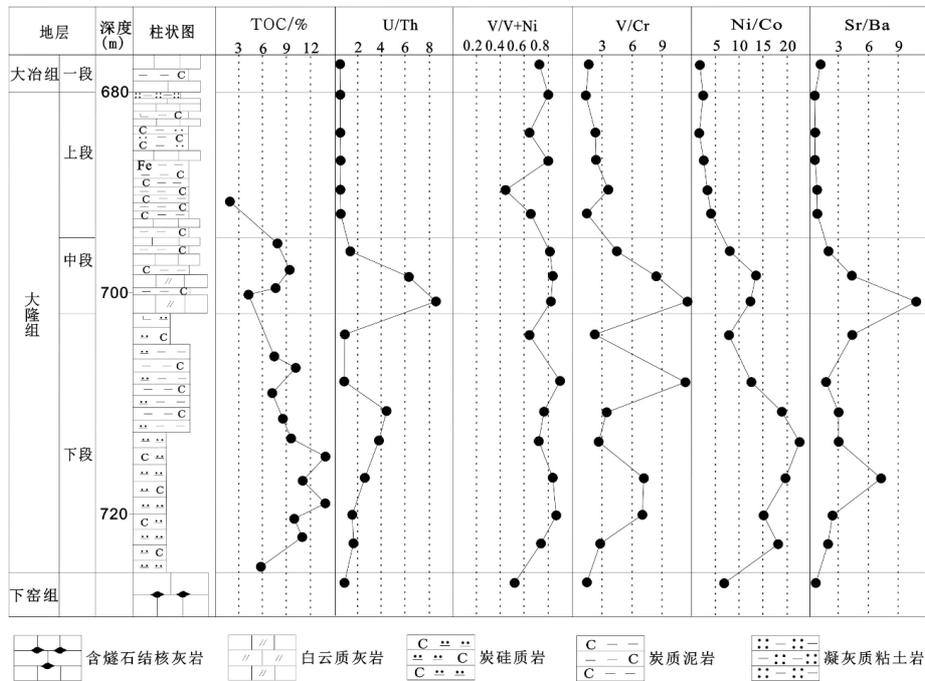


图4 鄂西建始-长阳地区高地1井大隆组微量元素分布特征

Fig. 4 Trace element distribution characteristics of Dalong Formation in GD1 well of Jianshi-Changyang area, Western Hubei Province

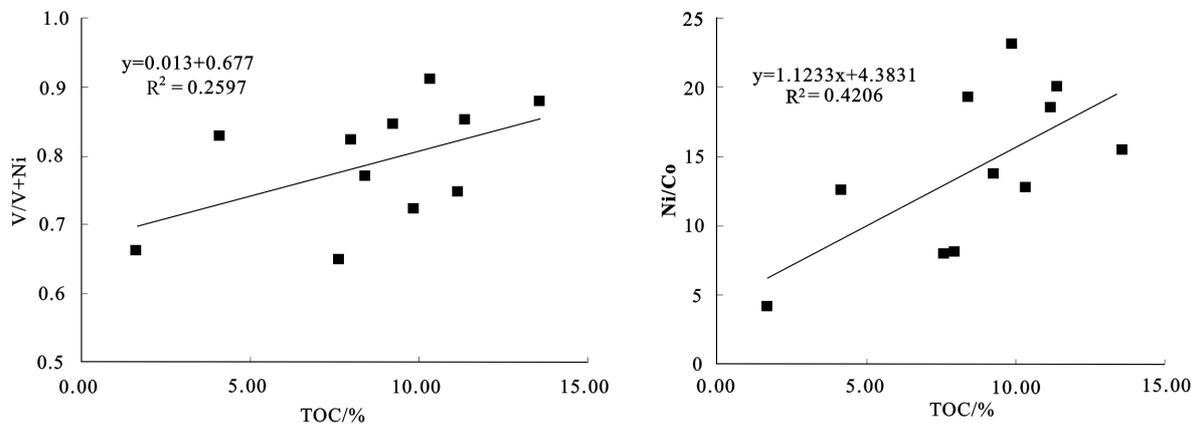


图5 鄂西大隆组TOC与V/V+Ni、Ni/Co相关性分析

Fig. 5 Correlation analysis between TOC and V/V+Ni, Ni/Co of Dalong Formation, Western Hubei Province

## 4.2 大隆组页岩气前景

综上所述,研究区建始-长阳一带,大隆组厚度分布较为稳定,特别是研究区西部建始一带,大隆组厚度在40 m左右,沉积厚度大。高地1井TOC值为1.66%~13.60%,平均8.71%; $R_o$ 值多分布在2%~3%之间,表明大隆组地化指标较好;现场解析含气量1.0~3.0 m<sup>3</sup>/t,平均2.3 m<sup>3</sup>/t,含气量值较大。因此,研究区大隆组具备较好的成藏物质条件。横向上,在研究区西部建始地区,大隆组沉积厚度较大,是较好的成藏有利区。纵向上,大隆组下段主要沉积硅质岩和含碳页岩,属于台盆相沉积,水体为厌氧环境,有机质保存好,TOC含量相对更高,为有利的勘探目标层段。

## 5 结论

(1)大隆组可以划分为一个三级层序,由下至上分为三段。下段主要为含碳硅质岩夹炭质页岩,组成海侵体系域,属于台盆相沉积环境;中段为含碳灰岩夹炭质页岩,上段为灰岩与深灰色含炭页岩互层,中上段组成高位体系域,属于台地相沉积环境。研究区大隆组总体上有由西向东厚度减薄的趋势;

(2)大隆组富有机质页岩主要为腐泥型有机质类型,处于过成熟早期阶段,TOC值较高且非均质性明显,纵向上符合由下至上TOC含量逐渐变小,横向上符合由西向东逐渐变小的趋势。大隆组矿物成分以长英质矿物为主,地层往上,碳酸盐矿物含量明显增加,大隆组属于低孔-特低孔特低渗储层类型;

(3)微量元素V/(V+Ni)和Ni/Co指示大隆组下段处于厌氧环境,中段处于贫氧-厌氧环境,上段处于富氧环境。TOC变化曲线与V/(V+Ni)和Ni/Co所指示的氧化还原条件具明显正相关性,厌氧环境TOC含量高;

(4)研究区大隆组厚度较大,TOC含量高, $R_o$ 值适中,现场解析含气量较大。具备较好的页岩气成藏物质条件。横向上,西部建始一带是研究区最有利的成藏区;纵向上,大隆组下段属于台盆相,水体缺氧,有机质保存好,TOC含量更高,是有利的勘探层位。

## 参考文献:

- [1] 赵建华,金之钧,金振奎,温馨,耿一凯,颜彩娜,聂海宽. 四川盆地五峰组-龙马溪组页岩岩相类型与沉积环境[J].石油学报,2010,37(6):572-586.
- [2] 邹才能,董大忠,王社教,李建忠,李新景,王玉满,李登华,程克明.中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J].石油勘探与开发,2010,37(6):641-653.
- [3] 黄金亮,邹才能,李建忠,董大忠,王社教,王世谦,程克明.川南下寒武统筇竹寺组页岩气形成条件及资源潜力[J].石油勘探与开发,2012,39(1):69-70.
- [4] 陈尚斌,朱炎铭,王红岩,刘洪林,魏伟,方俊华.川南龙马溪组页岩气储层纳米孔隙结构特征及其成藏意义[J].煤炭学报,2012,37(3):439-440.
- [5] 吴蓝宇,胡东风,陆永潮,刘若冰,刘晓峰.四川盆地涪陵气田五峰组-龙马溪组页岩优势岩相[J].石油勘探与开发,2016,43(2):189-197.
- [6] 王玉满,黄金亮,王淑芳,董大忠,张晨晨,管全中.四川盆地长宁、焦石坝志留系龙马溪组页岩气刻度区精细解剖[J].天然气地球科学,2016,27(3):423-432.
- [7] 熊智勇,何金平,龙幼康,邹威.湖北省主要目的层页岩气基本地质特征[J].资源环境与工程,2014,28(3):266-270.
- [8] 罗超,刘树根,孙玮,冉波,王世玉,杨迪,白志强,叶玥豪,张旋,邓宾.鄂西-渝东地区下寒武统牛蹄塘组黑色页岩孔隙结构特征[J].东北石油大学学报,2014,38(2):8-17.
- [9] 李海,刘安,危凯,李继涛.鄂西地区寒武系黑色页岩地质特征及页岩气远景预测[J].华南地质与矿产,2016,32(2):117-125.
- [10] 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,2014,33(4):98-103.
- [11] 王宏坤,吕修祥,王玉满,慕瑄,张琰,钱文文,陈佩佩.鄂西下志留统龙马溪组页岩储集特征[J].天然气地球科学,2018,29(3):415-423.
- [12] 姚明君,包汉勇,丁青,龙幼康,刘超,王艳春.湘鄂西地区五峰-龙马溪组页岩地层与沉积特征[J].华南地质与矿产,2016,32(2):191-197.
- [13] 陈康,张金川,唐玄,于京都,刘颺,杨超.湘鄂西地区下志留统龙马溪组页岩吸附能力主控因素[J].石油与天然气地质,2016,37(1):23-29.
- [14] 许露露,刘早学,张焱林,邱艳生,段轲.鄂西鹤峰区块大隆组含页岩气地层潜力评价[J].特种油气藏,2018,25(2):13-18.
- [15] 王秀平,牟传龙,肖朝晖,郑斌嵩,陈尧,王启宇,刘惟庆.湖北鹤峰地区二叠系大隆组黑色岩系特征及成因初探

- [J]. 天然气地球科学, 2018, 29(3): 382-395.
- [16] 雷勇, 冯庆来, 桂碧雯. 安徽巢湖平顶山剖面上二叠统大隆组有机质富集的地球生物学模式 [J]. 古地理学报, 2010, 12(2): 203-211.
- [17] 刘会虎, 胡宝林, 薛俊华, 徐宏杰, 张文永, 郑凯歌, 兰天贺, 任波. 淮南地区石炭—二叠系泥页岩有机地球化学特征 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2016, 47(6): 2101-2109.
- [18] Jones B, Manning DAC. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones [J]. Chemical Geology, 1994, 111(1-4): 111-129.

## 《华南地质与矿产》参考文献著录格式

本刊按引用文献在正文中出现的先后顺序连续编码, 以阿拉伯数字排序, 并用方括号标注。引用格式举例: “花岗岩成矿问题研究近年来取得了不少进展<sup>[1, 23-27]</sup>。”“高山和金振民<sup>[1]</sup>最早将“拆沉作用”的概念引入国内。”“原始地幔数据引自文献[26]。”

文后参考文献著录格式如下:

### 1 普通图书

[序号] (顶格, 下同) 作者 (全部列出). 书名 [M]. 版次 (第 1 版不写). 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码. 例如:

- [1] 史明魁, 傅必勤, 靳西祥, 周雪昌. 湘中铍矿 [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1993: 56-67.

### 2 普通图书、会议论文集等中析出的文献

[序号] 作者 (全部列出). 题名 [文献类型标识] // 原文献编者 (全部列出). 原文献题名. 版次 (第 1 版不写). 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码. 例如:

- [1] 陈丕基, 万晓樵, 曹流, 等. 中国陆相白垩系富饶阶研究进展 [M] // 王泽九, 黄枝高. 中国主要断代地层建阶研究报告 (2001-2005). 北京: 地质出版社, 2008: 65-73.

### 3 连续出版物中析出的文献

[序号] 论文作者 (全部列出). 题名 [J]. 连续出版物名, 出版年, 卷号 (期号): 起止页码. 例如:

- [1] 李献华. 扬子地块南苑四堡群 Sm-Nd 同位素体

系及其地壳演化意义 [J]. 地质科学, 1996, 31(3): 218-228.

### 4 学位论文

[序号] 作者. 题名 [D]. 保存地点: 保存单位, 年份.

例如:

- [1] 刘锐. 华夏地块前海西期地壳深熔作用 [D]. 武汉: 中国地质大学 (武汉), 2009: 65-69.

### 5 参考文献类型及其标识

文献类型	类型标识
普通图书	M
会议论文集	C
报纸文章	N
期刊文章	J
学位论文	D
报 告	R
汇 编	G
档 案	B
标 准	S
专 利	P
参考工具	K
其 他	Z