

中扬子鄂西地区陡山沱组页岩气成藏地质条件与综合评价

许露露^{1,2}, 文剑航¹, 张焱林¹, 徐海³, 段轶¹, 陈威¹, 徐培杰¹

1 湖北省地质调查院; 2 构造与油气资源教育部重点实验室; 3 河南理工大学能源学院

摘要 利用钻井、露头剖面及测试资料,对鄂西地区震旦系陡山沱组页岩性发育、沉积相展布、页岩气成藏地质条件进行了综合分析,并对页岩气富集规律进行了总结。研究区陡山沱组可划分为4段,其中陡二段黑色碳质白云岩为主要页岩气储层。陡二段由西至东主要发育浅水陆棚、台盆及台地相,厚度中心主要位于秭归—五峰一带,富有机质的地层厚度超过100 m。陡二段富有机质地层的 TOC 主要介于0.5%~2.0%,为低—中等含量, TOC 大于1.0%的区域分布在神农架林区—秭归—五峰一带; R_o 以2.0%~3.5%为主,有机质处于过成熟阶段。陡二段岩石矿物组分以白云石为主,岩相类型主要为灰质页岩相,为特低—低孔隙度、特低渗透率页岩储层,微观孔隙主要为白云石粒间孔和黏土矿物层间孔,黄铁矿晶间孔和有机质孔在 TOC 高的样品中较发育。含气性较好的区域仅局限于黄陵背斜南翼及天阳坪断裂以北地区,现场解吸气含量平均可达1.0 m³/t。认为陡山沱组页岩气成藏主要受到沉积相和构造类型的叠加影响,台盆相内、单斜稳定构造带、逆断层下盘、远离区域性正断层且埋深超过2 000 m的区域有利于页岩气成藏,有利区主要分布于黄陵背斜东南缘的阳页1井区以及宜页1—宜地3井区的周缘。

关键词 页岩气; 成藏条件; 含气性; 保存条件; 陡山沱组; 鄂西地区

中图分类号: TE132.2 **文献标识码**: A

0 前言

中国南方地区广泛发育下古生界及前寒武系海相富有机质地层。震旦系陡山沱组、寒武系筇竹寺组(牛蹄塘组)及奥陶系五峰组—志留系龙马溪组已经被证实是中国南方地区3套重要的海相页岩气目的层,具有分布广、厚度大、有机质丰度高的特点^[1-6]。在中扬子鄂西地区针对陡山沱组部署实施的钻井如秭地1井、秭地2井、鄂阳页1井及鄂宜页1井均获得了页岩气重要发现,含气层主要为陡山沱组二段(简称陡二段)碳质页岩与泥晶白云岩^[2,7-9],富有机质地层为深水台盆相沉积^[10-11]。

中国南方地区页岩气富集规律研究已经取得了丰富成果。普遍认为,页岩气富集成藏受到沉积

环境、储层物性及构造等诸多因素的影响^[12-13],深水陆棚相富有机质优质页岩是物质基础,构造抬升时间和构造样式是页岩气富集保存的关键因素,地层超压是页岩气高产的必要条件^[14],特别是构造样式、断层发育程度以及区域不整合面的分布是影响页岩含气性的最重要因素^[15]。前人对中扬子鄂西地区陡山沱组页岩储层特征及页岩气成藏富集条件进行过较多的研究,研究表明:黄陵背斜南缘陡二段富有机质地层总有机碳含量(TOC)多低于2.0%, R_o 多低于3.0%;储层多为低孔低渗储层^[16-18],发育有机质孔、粒间孔、粒内孔、溶蚀孔及微裂缝等5种孔隙类型,有机质孔隙发育程度较低,无机孔提供了主要储集空间^[19-20]。翟刚毅等^[3,21]在对威远古隆起、雪峰古隆起、汉南古隆起和黄陵古隆起等构

收稿日期:2022-03-28; 改回日期:2023-03-10

本文受构造与油气资源教育部重点实验室课题“鄂西黄陵背斜南缘陡山沱组页岩岩相类型及其与古环境相关性研究”(编号:TPR-2021-06)、湖北省自然科学基金计划面上项目“鄂西地区陡山沱组烃源岩差异沉积演化特征研究”(编号:2022CFB420)联合资助
第一作者: 许露露,高级工程师,2015年毕业于中国地质大学(北京)矿产普查与勘探专业,现从事页岩气调查研究工作。通信地址:430034 湖北省武汉市硚口区古田五路9号;E-mail:276758147@qq.com

通信作者: 文剑航,助理工程师,2019年毕业于中国石油大学(北京)地质工程专业,现从事页岩气调查研究工作。通信地址:430034 湖北省武汉市硚口区古田五路9号;E-mail:18772616302@163.com

造研究的基础上,提出了古隆起边缘控藏的页岩气成藏模式,认为古隆起周缘具有埋藏深度适中、抬升较早、构造变形较弱的特点,有利于页岩气的富集和保存,较好地解释了黄陵基底东南缘陡山沱组页岩气富集成藏的原因,但对研究区其他构造单元钻井失利的原因尚未进行深入分析。总的来看,前人对研究区陡山沱组页岩储层开展了广泛的研究^[22-24],但重点研究区局限于神农架背斜南缘和黄陵背斜南缘,对鄂西其他地区的研究相对较为薄弱。

本文收集 18 口钻井资料、22 条露头剖面资料,并采集稀地 2 井陡二段 19 块样品进行了 TOC、 R_o 、孔隙结构、含气性等项目的测试。通过对这些资料的综合分析研究,对鄂西地区陡山沱组页岩气成藏地质条件、含气性特征及保存条件等方面进行深入分析,指出了研究区陡山沱组的勘探方向,圈定了远景区及有利区,以期对鄂西地区陡山沱组页岩气下一步的勘探开发提供依据。

1 区域地质概况

鄂西地区位于秦岭—大别造山带以南的扬子地块,主体处于扬子地块中北部,西部与四川盆地为邻(图 1a),东部靠近荆门—当阳复向斜,北部以襄阳—广济断裂为界,南部与江南—雪峰推覆隆起带毗邻^[4,10]。研究区由西至东发育齐岳山断裂、新华断裂、仙女山断裂、天阳坪断裂等 13 条主要断裂带。陡山沱组在地表零星出露,主要分布在神农架林区、宜昌及恩施—鹤峰地区。目前研究区钻遇陡山沱组的钻井仅有 10 余口,多数分布在宜昌地区,少数分布在恩施—利川地区(图 1a)。

勘探实践表明,陡山沱组页岩气主要富集于宜昌黄陵基底东南缘地区^[2-3,7-8]。陡山沱组按照岩性特征由下至上可以分为一段、二段、三段及四段,主要页岩气储层为陡二段黑色碳质白云岩。陡四段尽管 TOC 高,但是厚度较小(小于 10 m,图 1b),不作为本次研究的目标层系。

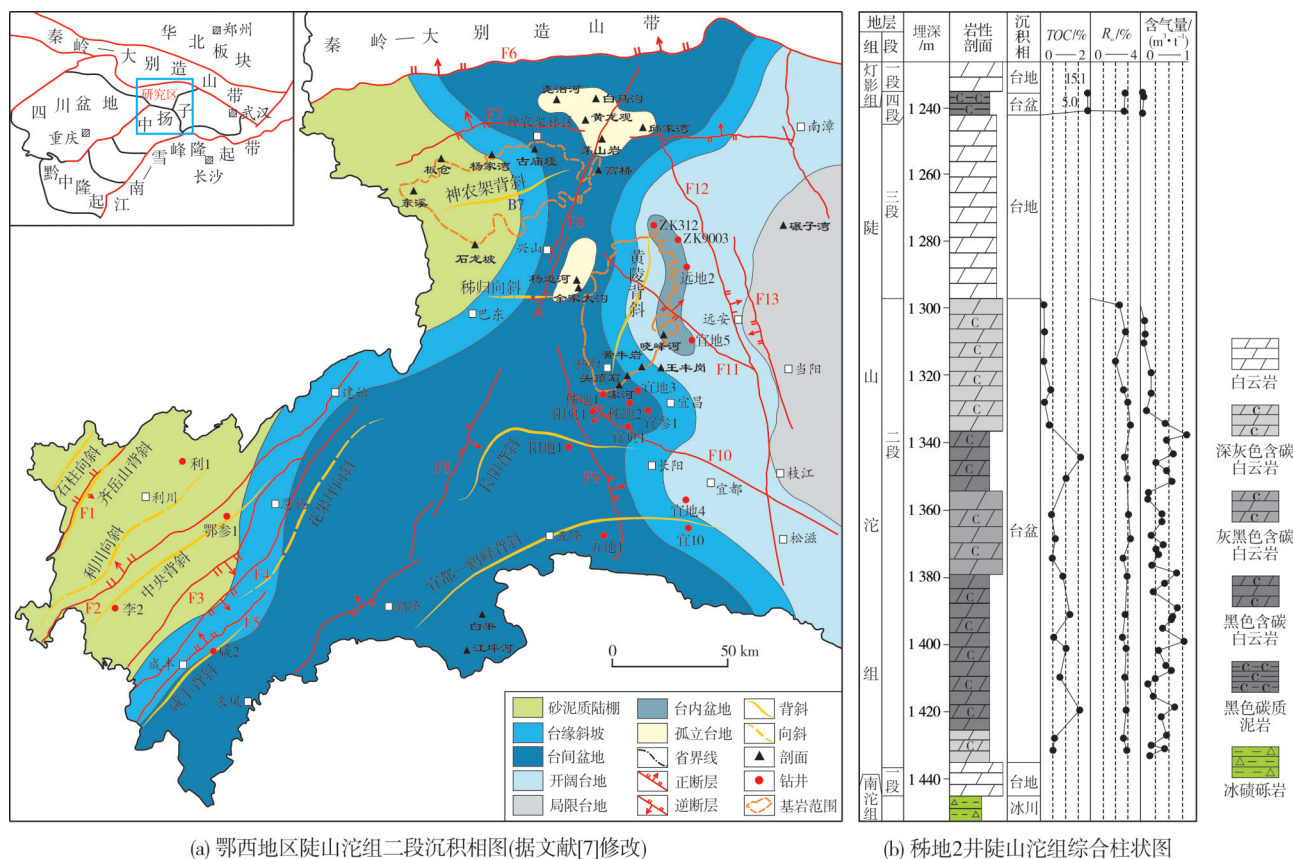


图 1 鄂西地区陡山沱组二段沉积相图及稀地 2 井综合柱状图

Fig. 1 Sedimentary facies map of the Member 2 of Doushantuo Formation and comprehensive column of Doushantuo Formation of Well Zidi-2 in western Hubei Province

2 页岩沉积特征

2.1 岩性特征

以黄陵背斜南翼典型地质调查井秭地2井为例(图1b),陡山沱组厚度为209.3 m,其岩性可划分为四段。陡一段厚度为8.4 m,主要为一套灰白色纹层状泥—微晶白云岩;陡二段厚度为154.7 m,中下部为灰黑色中薄层含碳白云岩夹少量深灰色含碳白云岩,上部为深灰色中层状含碳白云岩;陡三段厚度为39.2 m,主要为浅灰色微晶白云岩;陡四段厚度为7.1 m,为黑色碳质泥岩。研究表明,黄陵基底东南缘陡二段发育的灰黑色和黑色中薄层含碳白云岩的TOC较高、厚度大、横向分布稳定^[2],是陡山沱组主要的烃源岩和页岩气储集层。

2.2 沉积相特征

研究区陡二段呈现东、西两侧水浅,中部水深的特征(图1a)^[7]。利川、巴东以及神农架林区西部为浅水陆棚相,以粉砂岩—泥岩组合沉积为主,至咸丰—巴东一带过渡为较为狭长的台缘斜坡相,以

泥质白云岩沉积为主。恩施—宜昌地区为广阔的台盆相,台盆相贯通南北,两端开口大,中部兴山—秭归一带较为狭长,以灰黑色白云岩和黑色碳质页岩沉积为主。在神农架林区以东及兴山以东发育两个孤立台地,岩性为浅灰色白云岩,夹少量深灰色—灰黑色磷质条带。长阳—宜昌一带又过渡为台缘斜坡相,以泥质白云岩沉积为主。往东至宜昌—远安一带过渡为开阔台地相,以灰色白云岩沉积为主。在晓峰河剖面、宜地5井及远地2井周缘发育台内盆地相,岩性为深灰色—灰黑色泥质白云岩夹灰黑色碳质泥页岩。至当阳—枝江一带,过渡为局限台地相沉积,岩性为浅灰色白云岩。

3 烃源岩特征

3.1 烃源岩厚度特征

岩相古地理分布影响有机质的沉积与保存,控制着富有机质地层的厚度分布^[15]。中扬子湘鄂西地区发育的台缘斜坡及台盆相,对富有机质烃源岩发育最为有利^[2,10]。研究区陡二段沉积相分布图及厚度等值线图显示(图1a和图2):中部台

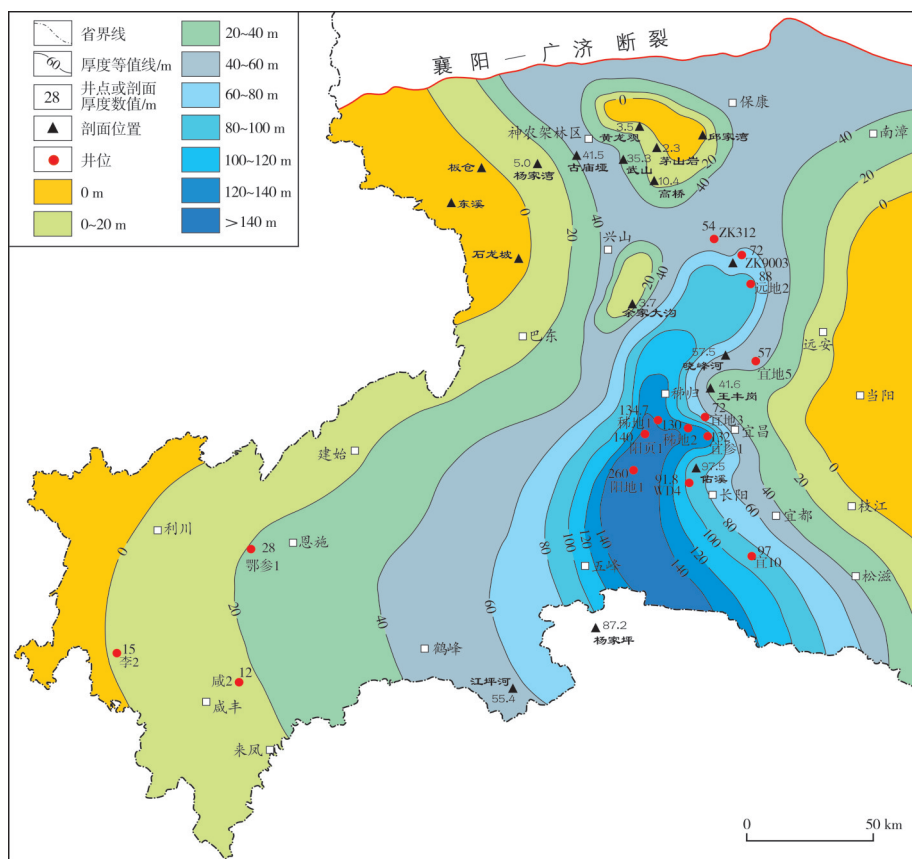


图2 鄂西地区陡山沱组二段富有机质地层厚度分布

Fig. 2 Thickness contour map of organic-rich stratum of the Member 2 of Doushantuo Formation in western Hubei Province

间盆地相区富有机质的地层厚度最大,一般大于40 m,特别是在秭归—长阳一带,厚度超过100 m;其次在远安以西一带的台内盆地相,厚度也相对较大,如远地2井的陡二段厚度为88 m。而在研究区西侧的浅水陆棚及台缘斜坡,东侧的台缘斜坡,陡二段厚度相对较薄。如西部利川地区的李2井位于浅水陆棚区,陡二段富有机质地层厚度仅为15 m。北部神农架林区古庙垭剖面位于台缘斜坡区,富有机质地层厚度为41.5 m。东部宜昌王丰岗剖面位于台缘斜坡区,富有机质地层厚度为41.6 m。

3.2 烃源岩地球化学特征

页岩有机碳含量和成熟度是评价页岩气潜力的重要指标。一般 $TOC \geq 2.0\%$ 为高含量, $1.0\% \leq TOC < 2.0\%$ 为中等含量, $TOC < 1.0\%$ 为低含量^[25]。秭地2井陡二段 TOC 值分布在 $0.07\% \sim 1.78\%$ 之间,平均值为 0.73% 。纵向上 TOC 值可明显分为2个区间:在1340 m以浅, TOC 平均值仅为 0.25% ,生

烃潜力较差;在1340 m以深, TOC 平均值为 0.95% ,特别是在1340~1355 m和1380~1420 m两个层段, TOC 平均值分别达到 1.46% 和 1.10% ,为富有机质层段。 R_o 分布范围为 $2.01\% \sim 3.19\%$,平均值为 2.75% ,指示烃源岩处于过成熟早期阶段,仍具有一定的生烃潜力(图1b)。

陡二段 TOC 等值线分布图(图3a)显示:在神农架林区—兴山—秭归—五峰一带的台间盆地相区, TOC 值多大于 1.5% ;在宜昌北东方向的台内盆地相区, TOC 值多大于 1.0% 。在西部利川地区的浅水陆棚区,东部枝江—当阳—远安—南漳一带的台地相区,以及神农架林区北东方向和兴山东南方向的2个孤立台地相区域, TOC 值多小于 0.5% 。统计了黄陵背斜周缘秭地1和秭地2井以及野外露头剖面共62个数据点的 TOC 分布和49个数据点的 R_o 分布:研究区 TOC 以小于 1% 的低含量为主,其次为 $1\% \sim 2\%$ 的中等含量, $2\% \sim 4\%$ 的高含量占比较少(图3b); R_o 多介于 $2.0\% \sim 3.5\%$,烃源岩以过成熟为主(图3c)。

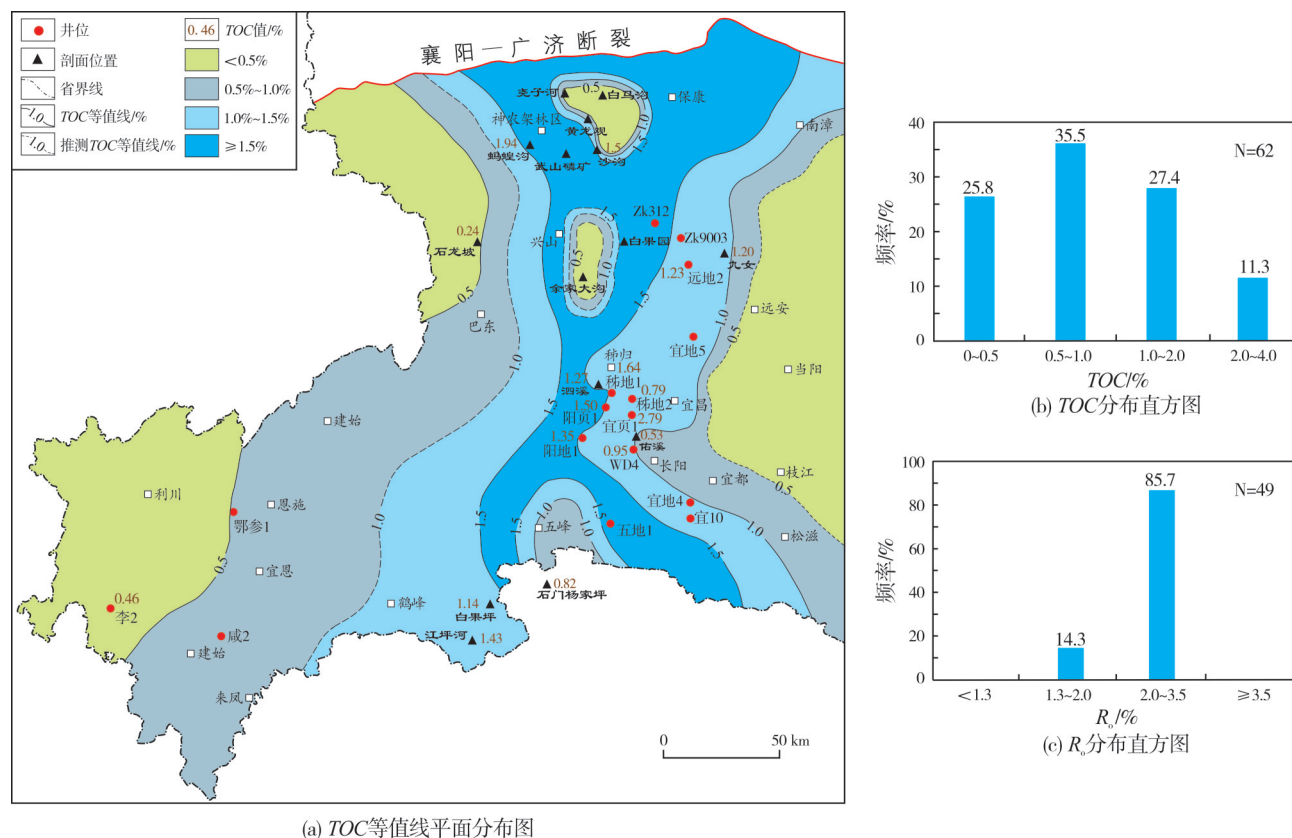


图3 鄂西地区陡山沱组二段富有机质地层 TOC 和 R_o 分布特征

Fig. 3 TOC and R_o distribution of organic-rich stratum of the Member 2 of Doushantuo Formation in western Hubei Province

4 储层特征

4.1 矿物组分及岩相特征

钻井和剖面的26个样品测试显示(表1):陡二

段岩石的矿物组分以白云石为主(含量为20%~77%,平均值为59%),其次为石英(含量为3%~35%,平均值为19%)和黏土矿物(含量为1%~18%,平均值为10.2%),其他矿物含量均较低。

表1 鄂西地区黄陵背斜南缘陡山沱组二段矿物组分、储层物性及含气性统计

Table 1 Mineral composition, reservoir physical properties and gas-bearing property of the Member 2 of Doushantuo Formation in the southern margin of Huangling anticline, western Hubei Province

井号/剖面	编号	埋深/m	TOC/%	储层特征			矿物组分/%							岩相类型	解吸含气量/(m ³ ·t ⁻¹)
				孔隙度/%	渗透率/10 ⁻³ μm ²	等温吸附气量/(m ³ ·t ⁻¹)	黏土	石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	黄铁矿		
稀地1井	ZD1-Ty26	727.7	1.40	1.62	0.000 42		14	11	1	1	0	68	5	C-2	0.35
	ZD1-Ty29	745.4	1.42	2.23	0.000 72	1.16	13	19	2	1	0	61	4	C-2	0.47
	ZD1-Ty33	767.3	1.62	1.40	0.000 84		5	22	2	2	0	60	9	C-1	0.19
	ZD1-Ty35	783.3	2.05	1.19	0.000 39	1.49	16	16	2	2	0	60	4	C-2	0.37
	ZD1-Ty37	800.6	2.04	3.08	0.001 38(裂缝)		8	25	1	2	0	61	3	C-1	0.72
	ZD1-Ty40	822.5	1.29	3.41	0.003 76(裂缝)	1.19	18	25	2	5	5	38	7	M-1	0.37
稀地2井	ZD2-Ty26	1 298.7	0.07	1.42	0.000 39	0.61	5	18	0	0	0	77	0	C	
	ZD2-Ty28	1 315.5	0.17	1.81	0.000 52		17	15	1	0	0	65	2	C-2	
	ZD2-Ty30	1 327.7	0.19	1.73	0.000 21	0.64	8	22	0	0	0	69	1	C-2	
	ZD2-Ty32	1 344.1	1.78	2.85	0.001 52(裂缝)		15	22	1	0	0	59	3	C-2	0.66
	ZD2-Ty34	1 361.2	0.49	2.11	0.002 21(裂缝)	0.68	8	22	0	0	0	69	1	C-2	0.42
	ZD2-Ty36	1 374.2	0.53	1.98	0.000 33		18	19	3	0	0	57	3	C-2	0.36
	ZD2-Ty38	1 391.0	1.29	2.75	0.002 33(裂缝)	1.27	17	9	4	0	0	66	4	C-2	0.64
	ZD2-Ty40	1 401.1	1.12	3.93	0.001 59(裂缝)		17	11	4	0	0	64	4	C-2	0.36
	ZD2-Ty42	1 419.5	1.74	2.37	0.001 85(裂缝)	1.51	16	13	2	0	0	66	3	C-2	0.68
	ZD2-Ty44	1 431.5	0.55	2.33	0.002 11(裂缝)		16	18	0	0	1	64	1	C-2	0.48
三斗坪镇 头顶石剖面	Ty6-1		0.43	2.38	0.000 68	1.17	7	35	0	0	2	54	2	C-1	
	Ty11-1		0.69	1.16	0.000 95(裂缝)		1	28	0	0	4	67	0	C-1	
	Ty16-1		0.35	2.73	0.000 76		3	28	0	0	0	69	0	C-1	
三斗坪镇 黄牛岩剖面	Ty0-1		1.67	1.56	0.000 33	1.36	11	22	2	0	1	59	5	C-1	
夷陵区 雾河剖面	Ty10-1		0.46	1.81	0.000 36		14	13	1	1	0	70	1	C-2	
	Ty13-1		0.63	2.83	0.000 54	0.98	13	20	1	1	0	64	1	C-2	
高家堰镇 佑溪剖面	Ty7-1		0.63	3.87	0.001 16		3	32	1	0	9	54	1	C-1	
	Ty8-1		0.32	2.90	0.000 53	0.79	1	3	0	0	76	20	0	C	
	Ty14-1		0.29	1.96	0.000 28		1	3	1	0	74	21	0	C	
	Ty15-1		0.88	2.99	0.001 32(裂缝)	0.94	2	24	0	0	1	73	0	C-2	

注:岩相类型C-1为富硅灰质页岩,C-2为灰质页岩,C为灰岩,M-1为富灰/硅混合质页岩。

页岩岩相可以分为硅质页岩相、灰质页岩相、黏土质页岩相和混合质页岩相4大类。以硅质、灰质、黏土质含量的25%、50%、75%为界线,可将上述4大类页岩相进一步细分,共划分出16种岩相亚类^[21]。统计表明研究区陡二段大多数样品属于灰质页岩相,仅一个样品属于混合质页岩相。在灰质

页岩相中,样品多属于灰质页岩(C-2),其次为富硅灰质页岩(C-1),灰岩最少(C)(图4)。

陡二段岩相与现场解吸气含量相关性研究表明(表1):灰质页岩(C-2)为主要的页岩气储集岩相,解吸气含量平均值最高,为0.48 m³/t;其次为富硅灰质页岩(C-1),解吸气含量平均值为0.46 m³/t;

再次为富灰/硅混合质页岩(M-1),解吸气含量平均值为 $0.37 \text{ m}^3/\text{t}$;最低为灰岩(C),解吸气含量平均值仅为 $0.09 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

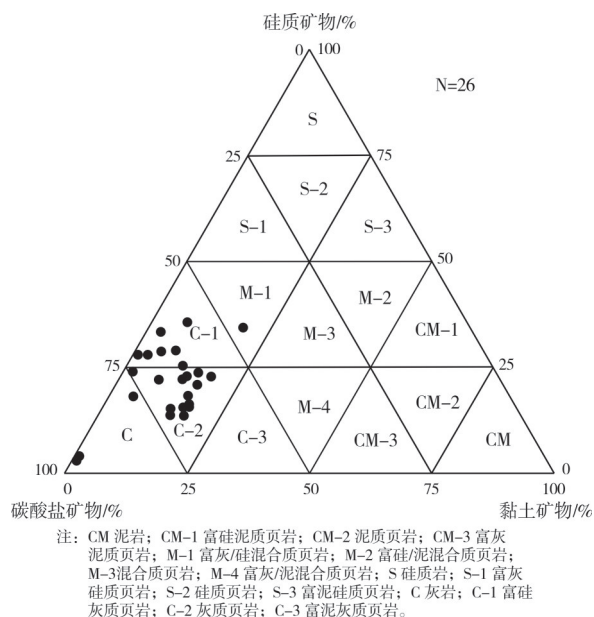


图4 鄂西地区陡山沱组二段岩相类型
Fig. 4 Lithofacies classification of the Member 2 of Doushantuo Formation in western Hubei Province

4.2 吸附性能

页岩吸附气含量是估算页岩气地质储量的基础,明确页岩中气体的吸附特征对于深入认识和评价页岩气储层具有重要意义。页岩中吸附气量占总含气量的比例一般为20%~60%。前人的研究表明有机质含量、干酪根类型、热演化程度、矿物组分、孔隙结构、温度、压力对吸附能力均具有影响^[26-27]。其中,TOC是控制页岩气吸附量的关键物质因素,石英和黏土矿物是否对页岩的吸附能力有影响仍具有争议。而页岩孔隙的比表面积是决定甲烷吸附能力的内在因素。研究表明,2口钻井和4条剖面的陡二段13个样品测得的页岩吸附气含量兰氏体积为 $0.61\sim 1.51 \text{ m}^3/\text{t}$,平均值为 $1.06 \text{ m}^3/\text{t}$,页岩气吸附能力与前人对鄂西宜昌地区陡山沱组页岩的研究结论基本相同^[28]。数据显示(表1),吸附气含量与TOC和黏土矿物含量呈明显的正相关性,而与石英含量的相关性不明显。

4.3 储层孔渗性

页岩气储层普遍具有较强的非均质性,多具有低孔隙度低渗透率的特征^[15]。本次统计表明(表1),

所有样品孔隙度均小于5%,渗透率均小于 $1\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于特低孔—低孔、特低渗储层。孔隙度大小和渗透率高低与样品是否发育裂隙密切相关:含有裂隙的样品孔隙度均属于低孔隙度(为2%~5%),不含裂隙的样品以特低孔为主(小于2%)(图5a);含有裂隙的样品渗透率均大于 $0.001\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,不含裂隙的样品以小于 $0.001\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 为主(图5b)。

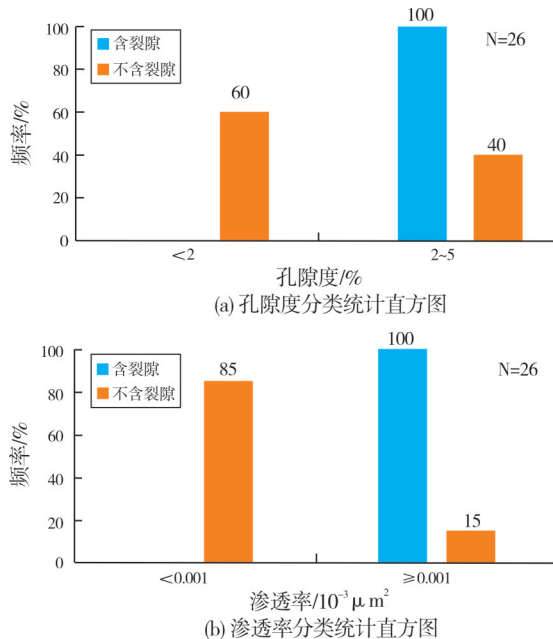


图5 鄂西地区陡山沱组二段孔隙度、渗透率分类统计
Fig. 5 Statistics of porosity and permeability of the Member 2 of Doushantuo Formation in western Hubei Province

4.4 储集空间类型

对稀地2井陡二段上部、中部及下部3个样品进行氩离子抛光扫描电镜观测(图6),明确了其储集空间类型。

上部样品(编号:ZD2-Ty28)井深1315.5 m,为深灰色含碳白云岩,白云石矿物含量为65%,TOC为0.17%。主要发育白云石粒间孔隙,孔隙呈不规则状,孔径介于 $2\sim 6 \mu\text{m}$,被黏土矿物充填;粒内孔隙发育较少,呈椭球状、不规则状,孔径介于 $0.2\sim 0.5 \mu\text{m}$ (图6a)。黏土矿物层间孔隙发育较多,黏土矿物分布于白云石颗粒之间,层状孔隙宽度为 $0.1\sim 0.5 \mu\text{m}$ (图6b)。有机质条带局部发育,粒内孔隙发育较少(图6c)。

中部样品(编号:ZD2-Ty36)井深1374.2 m,为深灰色—灰黑色含碳白云岩,白云石含量为57%,TOC为0.53%。孔隙类型基本与Ty28号样品相同(图

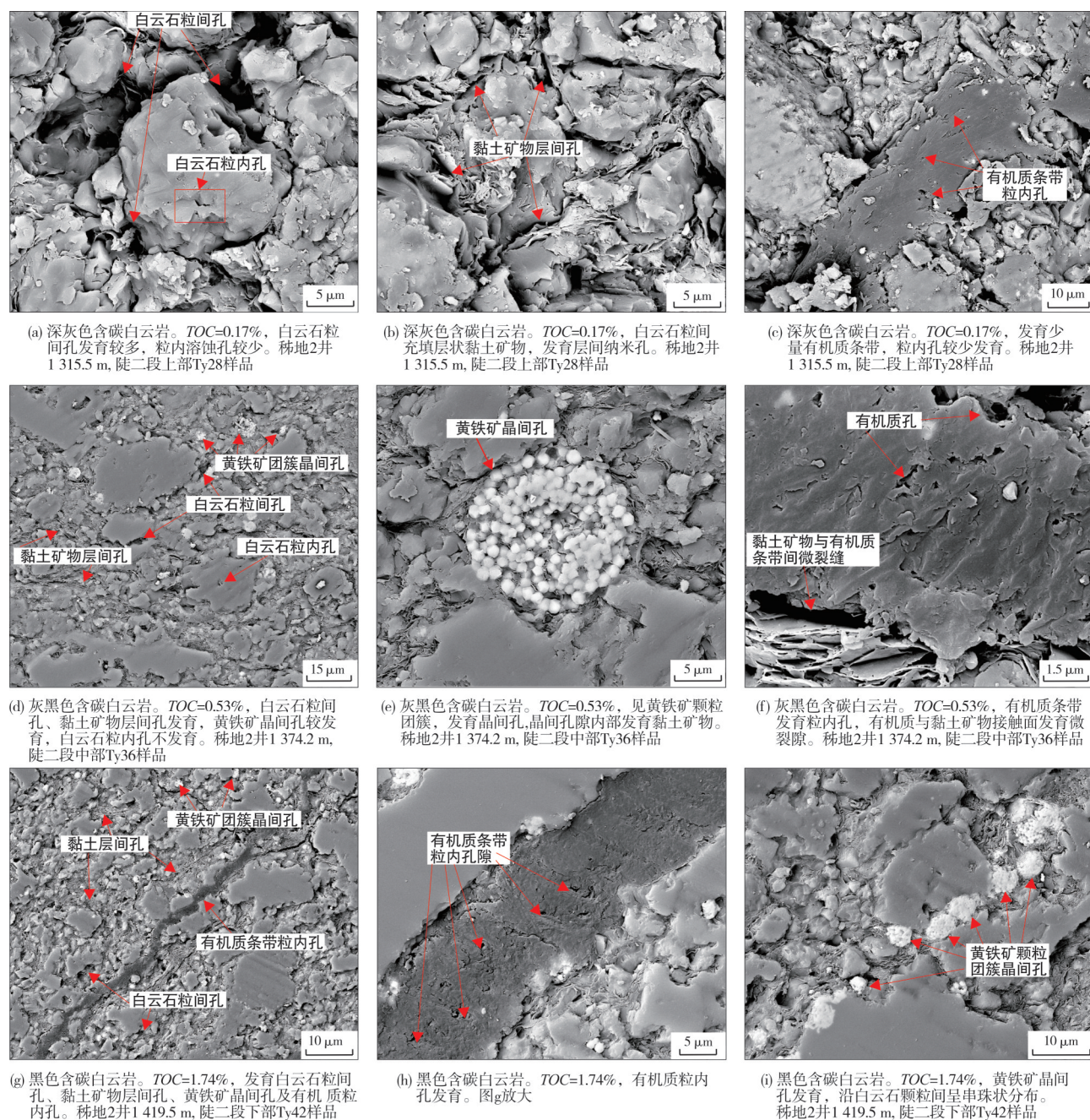


图6 鄂西地区黄陵背斜南缘稀地2井陡山沱组二段微观孔隙类型(扫描电镜照片)

Fig. 6 Microscopic pore types of the Member 2 of Doushantuo Formation of Well Zidi-2 in south margin of Huangling anticline, western Hubei Province

6d),差异性在于黄铁矿颗粒团簇晶间孔相对更为发育,呈不规则状,孔径介于 $0.03\sim 0.15\ \mu\text{m}$ (图6e)。有机质条带粒内孔隙发育相对较多,粒内孔隙呈椭球状、不规则状,孔径为 $0.05\sim 0.3\ \mu\text{m}$ (图6f)。

下部样品(编号:ZD2-Ty42)井深1419.5 m,为黑色含碳白云岩,白云石含量为66%,TOC为1.74%。孔隙类型与上部、中部2个样品相似(图6g),与中部样品相比,有机质条带发育更多(图6g,6h),有机质

条带粒内孔隙多呈不规则状及椭圆状,孔径分布为 $0.2\sim 1.5\ \mu\text{m}$ 。黄铁矿晶间孔也发育更多,呈不规则状,孔径介于 $0.03\sim 0.1\ \mu\text{m}$ (图6i)。

综合研究表明,白云石粒间孔隙和黏土矿物层间孔隙在陡二段上部、中部和下部均较为发育,为主要的孔隙类型。TOC越高,黄铁矿颗粒晶间孔隙和有机质条带粒内孔隙越发育。此外,在有机质条带和白云石及黏土矿物交界处容易形成微裂缝,有

利于页岩气储集和渗流。因此,认为陡二段中下部页岩气储集性能更好。

5 含气性与页岩气保存条件

5.1 含气性特征

秭地2井纵向上的含气性显示(图1b):现场解吸气含量分布在 $0.05\sim 0.92\text{ m}^3/\text{t}$ 之间,平均值为 $0.39\text{ m}^3/\text{t}$ 。随着埋深增大,含气量呈现低→高→低→高的趋势,有两个峰值。第1个峰值出现在陡二段中部 $1\,333.9\sim 1\,351.5\text{ m}$ 井段,现场解吸气含量分布在 $0.31\sim 0.92\text{ m}^3/\text{t}$ 之间,平均值为 $0.59\text{ m}^3/\text{t}$;第2个

峰值出现在陡二段中下部 $1\,378.5\sim 1\,407.9\text{ m}$ 井段,现场解吸气含量分布在 $0.25\sim 0.87\text{ m}^3/\text{t}$ 之间,平均值为 $0.57\text{ m}^3/\text{t}$ 。

平面上的含气性显示(表2):含气量较高的井均分布在宜昌地区黄陵背斜南翼,天阳坪断裂以北及雾渡河断裂以南地区^[7],包括秭地1井、秭地2井、宜页1井、宜参1井、宜地5井及阳页1井。而雾渡河断裂以北的远地2井,天阳坪断裂以南的宜地4井和阳地1井,仙女山断裂周缘的五地1井,以及恩施咸丰—利川一带的咸2井、李2井及鄂参1井含气性均较差或者不含气。

表2 鄂西地区陡山沱组二段钻井含气性特征

Table 2 Statistics of Gas-bearing properties of the Member 2 of Doushantuo Formation in western Hubei Province

钻井	底界埋深/m	厚度/m	TOC/%	R_o /%	孔隙度/%	解吸气含量/($\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$)	总含气量/($\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$)
秭地1	843.56	150.38	0.72~2.91/1.63	1.49~1.86/1.74	1.19~3.41/2.16	0.08~0.99/0.45	0.473~1.496/0.95
秭地2	1 436.50	141.04	0.07~1.78/0.66	2.01~3.19/2.74	1.42~3.93/2.27	0.05~0.92/0.39	0.140~1.670/0.80
宜页1	2 367.00	123.00	0.60~8.42/2.79	2.06~2.66/2.29		0.39~2.00/1.08	
宜参1	2 474.00	212.00	0.13~4.00/0.92			0.01~0.72/0.29	
远地2	634.00	91.00	0.36~2.32/1.23	1.97~4.48/3.50	0.20~2.90/1.83	0.02~0.32/0.09	
宜地5	1 502.00	85.00				0.19~0.51/0.34	
阳页1	3 450.00	140.00	0.18~3.42/1.50	2.92~3.11/3.01	1.07~2.73/1.61	0.02~2.21/0.91	0.120~4.800/2.01
阳地1	1 692.00	287.50	0~6.34/1.35			0.07	
宜地3	1 669.00	72.00				0.74~2.07/1.44	
宜地4	1 845.00	38.00				0.000 1~0.28/0.05	

注:0.72~2.91/1.63 依次为最小值、最大值和平均值。

页岩含气性受沉积相、烃源岩及储层特征、沉积埋藏史、构造特征、热演化程度、埋深、水动力条件等因素的综合影响^[2,13-14]。深水陆棚相和台盆相富含有机质层厚度大且TOC高,具备形成页岩气的良好物质基础^[15,29]。研究区陡山沱组钻井含气性受沉积相的控制:位于西部恩施地区浅水陆棚及台缘斜坡相区的鄂参1井、李2井及咸2井,以及位于宜昌以东台内盆地的宜地5井及远地2井含气量较低;而宜昌地区深水台盆相区的秭地1井、秭地2井、宜页1井、宜参1井及阳页1井含气性相对较好(表2)。

5.2 保存条件

位于深水陆棚相区的钻井由于所处构造单元的不同,含气量也具有较大的差异性。如黄陵背斜南缘的钻井含气性普遍较好,而仙女山断裂附近的阳地1井和宜都鹤峰复背斜附近的宜地4井含气性

则较差,表明后期的构造改造和演化对页岩含气性具有关键影响。下文从构造改造、热演化及埋深3个方面开展页岩气保存条件研究。

5.2.1 构造改造的影响

黄陵基底核部花岗岩基底的刚性大,在强烈的挤压构造变形过程中可保护其上部地层不被破坏^[2]。而且,黄陵基底周缘的断层具有应力释放作用。例如黄陵基底东南部发育的雾渡河断裂(F11)(图1a),该断裂位于黄陵基底核部并与天阳坪断裂(F10)一起作为宜昌斜坡稳定地块的边界,在多期构造改造中起到释放应力的作用,从而保护了基底上覆震旦系陡山沱组页岩未受强烈破坏^[2],因此地层裂隙较少发育,有利于页岩气的保存。同时,黄陵背斜东南缘大部分钻井处于黄陵单斜构造中,且多数钻井位于天阳坪逆冲断裂(F10)的下盘(图7a),有利于页岩气的保存,因此阳

页1井、宜参1井、宜页1井、秭地1井和秭地2井均具有较高的含气量。而阳地1井距离大型断裂带仙

女山断裂(F9)较近,二维地震显示其为高角度正断层,页岩气极易散失,因此含气性较差(图7b)。

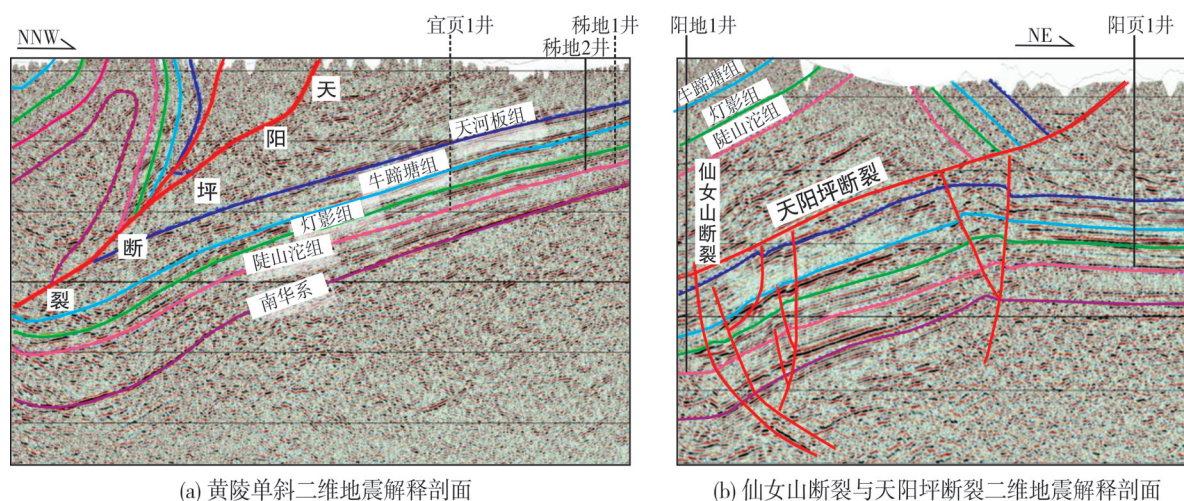


图7 鄂西地区黄陵背斜南缘地震构造解释剖面

Fig. 7 Seismic structure interpretation profile in the southern margin of Huangling anticline, western Hubei Province

5.2.2 热演化的影响

热演化程度升高会引起页岩孔隙结构的改变和黏土矿物的转化,从而改变页岩的比表面积和孔隙体积,最终影响页岩气的保存^[30]。在1900~1800 Ma发生的吕梁运动,奠定了黄陵结晶基底的形成^[31],之后南华系呈角度不整合覆盖于黄陵基底之上。由于黄陵基底为穹隆状构造,靠近黄陵基底核部越近,页岩埋深越浅,因此黄陵基底周缘陡山沱组埋深相对于鄂西其他地区较浅^[2,22],较浅的埋深使得黄陵基底南缘陡山沱组页岩热演化程度相对

适中,有利于页岩气保存。而且秭地1井的埋藏史和热演化史显示,陡山沱组页岩在晚三叠世开始大量生烃,并在中侏罗世达到最大埋深后快速抬升,隆升时间相对较晚,有利于页岩气保存^[2]。本文统计分析了5口井的 R_o 与现场解吸气含量相关性:当 R_o 小于3.5%时, R_o 与现场解吸气含量的相关性并不显著;而当 R_o 不低于3.5%时,含气量显著下降,如远地2井 R_o 为3.5%,已达到过演化阶段,页岩生烃潜力枯竭,页岩储层的孔隙度和吸附能力锐减,含气量仅为0.09 m³/t(图8a)。

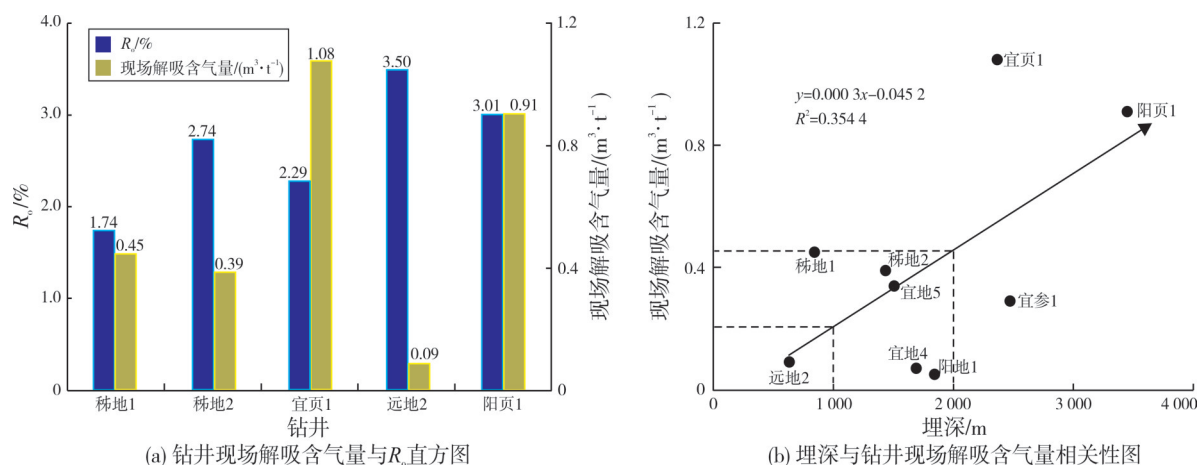


图8 鄂西地区黄陵背斜南缘陡山沱组二段解吸含气量与 R_o 及埋深之间的关系

Fig. 8 Relationship between desorption gas content and R_o , burial depth of the Member 2 of Doushantuo Formation in the southern margin of Huangling anticline, western Hubei Province

5.2.3 埋深的影响

在相同沉积相带内,埋深对含气量也有较大的影响,既会影响页岩含气量,也会影响页岩气气体组分^[4]。本文统计分析了黄陵背斜东南缘9口井陡二段埋深和现场解吸气含量的相关性(图8b),两者呈明显的正相关性。解吸气含量最高的2口井宜页1井和阳页1井埋深均大于2 000 m。图8b中,宜页1井、宜地4井和阳地1井3口井偏离趋势线较多。宜页1井位于趋势线之上,这一方面与宜页1井TOC较高(平均值为2.79%,在所有钻井中最高)密切相关,TOC高意味着富含有机质页岩具有更高的孔隙度和吸附能力^[15];另一方面宜页1井岩心非常完整,未见明显的裂隙发育^[32],说明受到构造改造相对较少,页岩气保存条件良好。宜地4井位于天阳坪断裂以南,前人研究^[32]表明宜地4井陡山沱组岩层裂缝极为发育,发育多个规模较大的破碎带,页岩气保存条件较差,因此含气量极低。阳地1井则是由于距离区域性断裂仙女山断裂较近,

地震剖面显示其为高角度正断层(图7b),页岩气极易逸散,因此阳地1井含气性较差(表2,图8b)。

6 选区评价

依据全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选评价技术方法^[25,33],认为研究区陡山沱组页岩气成藏远景区的沉积与构造指标需要满足以下8个条件:①连续分布面积 $\geq 50 \text{ km}^2$;②富有机质地层厚度大于15 m;③富有机质地层TOC大于0.5%;④构造样式为宽缓的褶皱带;⑤钻井与正断层距离大于5 km,岩心裂隙密度小且高角度裂隙不发育;⑥顶底板封闭性良好,地层连续沉积无缺失;⑦ R_o 分布在1.3%~3.5%之间;⑧页岩埋深分布在500~5 000 m之间。而有利区的条件相比于远景区,有3点差异:有利区富有机质地层厚度大于20 m,富有机质地层TOC大于1.0%,总含气量不小于 $1.0 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

根据以上指标的约束条件,确定了鄂西地区陡二段的页岩气远景区及有利区分布范围(图9)。远

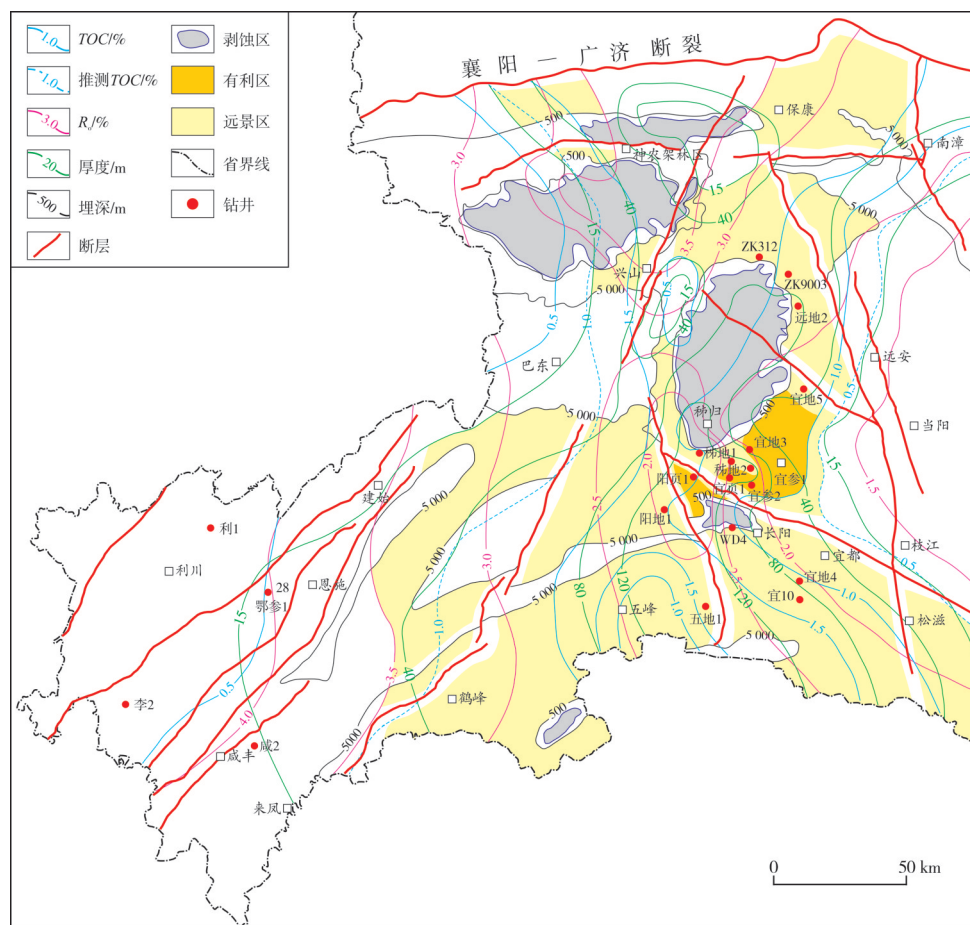


图9 鄂西地区陡山沱组二段页岩气远景区及有利区评价图

Fig. 9 Distribution of shale gas prospect zones and favorable zones of the Member 2 of Doushantuo Formation in the western Hubei Province

景区分布范围较广,主要分布在神农架基底的东北缘、黄陵基底的北缘和东南缘,恩施断裂以东至天阳坪断裂西南地区。有利区分布较为局限,分为2个区块:仙女山断裂以东至天阳坪断裂西南的阳页1井区周缘,天阳坪断裂东北至雾渡河断裂西南的宜页1—宜地3井区周缘。

7 结 论

(1)鄂西地区台盆相陡山沱组可划分为4段,其中陡二段黑色碳质白云岩为主要的页岩气储层。秭归—五峰一带是陡二段沉积中心,富有机质地层厚度大。陡二段 TOC 主要介于0.5%~2%,为低—中等含量; R_o 以2%~3.5%为主,有机质处于过成熟阶段。

(2)陡二段矿物组分以白云石为主,岩相类型主要为灰质页岩相,为特低孔—低孔、特低渗储层,裂隙发育对孔渗改善明显。孔隙类型以白云石粒间孔和黏土矿物层间孔为主; TOC 越高,黄铁矿晶间孔和有机质粒内孔越发育。

(3)纵向上陡二段在中部和中下部含气性相对较好,灰质页岩和富硅灰质页岩的解吸气含量较高。区域上含气性较好的区域仅局限分布在黄陵背斜南翼天阳坪断裂以北地区。台盆相区、单斜稳定构造带、逆断层下盘远离区域性正断层且热演化程度和埋深适中的区域有利于页岩气成藏。

(4)页岩气远景区主要分布在神农架背斜及黄陵背斜周缘,恩施断裂以东至天阳坪断裂以西地区。页岩气有利区主要分布在仙女山断裂以东至天阳坪断裂西南的阳页1井区周缘以及天阳坪断裂东北至雾渡河断裂西南的宜页1—宜地3井区周缘。

致谢:本文研究过程中,引用了中国地质调查局油气资源调查中心、武汉地质调查中心,中石化江汉分公司等单位部分地质资料,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 邹才能,杜金虎,徐春春,等.四川盆地震旦系—寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现[J].石油勘探与开发,2014,41(3):278-293.
ZOU Caineng, DU Jinhui, XU Chunchun, et al. Formation, distribution, resource potential and discovery of the Sinian-Cambrian giant gas field, Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum exploration and development, 2014, 41(3): 278-293.
- [2] 张君峰,许浩,周志,等.鄂西宜昌地区页岩气成藏地质特征[J].石油学报,2019,40(8):887-899.
ZHANG Junfeng, XU Hao, ZHOU Zhi, et al. Geological characteristics of shale gas reservoir in Yichang area, western Hubei[J]. Acta petrolei sinica, 2019, 40(8): 887-899.
- [3] 翟刚毅,包书景,王玉芳,等.古隆起边缘成藏模式与湖北宜昌页岩气重大发现[J].地球学报,2017,38(4):441-447.
ZHAI Gangyi, BAO Shujing, WANG Yufang, et al. Reservoir accumulation model at the edge of palaeohigh and significant discovery of shale gas in Yichang area, Hubei Province[J]. Acta geoscientica sinica, 2017, 38(4): 441-447.
- [4] 许露露,周向辉,陈威,等.鄂西地区下寒武统牛蹄塘组页岩气保存条件研究[J].海相油气地质,2021,26(2):113-122.
XU Lulu, ZHOU Xianghui, CHEN Wei, et al. A study on shale gas preservational conditions of the Lower Cambrian Niutitang Formation in the western Hubei[J]. Marine origin petroleum geology, 2021, 26(2): 113-122.
- [5] 郭彤楼.涪陵页岩气田发现的启示与思考[J].地学前缘,2016,23(1):29-43.
GUO Tonglou. Discovery and characteristics of the Fuling shale gas field and its enlightenment and thinking[J]. Earth science frontiers, 2016, 23(1): 29-43.
- [6] 陈孝红,危凯,张保民,等.湖北宜昌寒武系水井沱组页岩气藏主控地质因素和富集模式[J].中国地质,2018,45(2):207-226.
CHEN Xiaohong, WEI Kai, ZHANG Baomin, et al. Main geological factors controlling shale gas reservoir in the Cambrian Shuijingtuo Formation in Yichang of Hubei Province as well as its enrichment patterns[J]. Geology in China, 2018, 45(2): 207-226.
- [7] 许露露,文剑航,温雅茹,等.中扬子鄂西地区海相页岩气地质特征及找矿成果综述[J].资源环境与工程,2021,35(5):611-624.
XU Lulu, WEN Jianhang, WEN Yaru, et al. Geological characteristics and prospecting results of marine shale gas of western Hubei, middle Yangtze[J]. Resources environment & engineering, 2021, 35(5): 611-624.
- [8] 李浩涵,宋腾,陈科,等.鄂西地区(秭地2井)震旦纪地层发现页岩气[J].中国地质,2017,44(4):812-813.
LI Haohan, SONG Teng, CHEN Ke, et al. The discovery of shale gas from Sinian Formation at ZD-2 well in western Hubei[J]. Geology in China, 2017, 44(4): 812-813.
- [9] 张道亮,杨帅杰,王伟锋,等.川东北—鄂西地区下震旦统陡山沱组烃源岩特征及形成环境[J].石油实验地质,2019,41(6):821-830.
ZHANG Daoliang, YANG Shuaijie, WANG Weifeng, et al. Source rock characteristics and depositional environment of Lower Sinian Doushantuo Formation in northeastern Sichuan and western Hubei[J]. Petroleum geology & experiment, 2019, 41(6): 821-830.
- [10] 周晓峰,杨凤丽,杨瑞青,等.扬子克拉通埃迪卡拉系陡山沱组构造—岩相古地理恢复及油气意义[J].古地理学报,2020,22(4):647-662.
ZHOU Xiaofeng, YANG Fengli, YANG Ruiqing, et al. Tectonic-lithofacies palaeogeographic reconstruction of the Yangtze Craton of the Ediacaran Doushantuo Formation and its oil and gas significance[J]. Journal of palaeogeography, 2020, 22(4): 647-662.
- [11] 汪泽成,刘静江,姜华,等.中—上扬子地区震旦纪陡山沱

- 组沉积期岩相古地理及勘探意义[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(1): 39-51.
- WANG Zecheng, LIU Jingjiang, JIANG Hua, et al. Lithofacies paleogeography and exploration significance of Sinian Doushantuo depositional stage in the middle-upper Yangtze region, Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum exploration and development, 2019, 46(1): 39-51.
- [12] 郭彤楼. 中国式页岩气关键地质问题与成藏富集主控因素[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(3): 317-326.
- GUO Tonglou. Key geological issues and main controls on accumulation and enrichment of Chinese shale gas[J]. Petroleum exploration and development, 2016, 43(3): 317-326.
- [13] 赵文智, 李建忠, 杨涛, 等. 中国南方海相页岩气成藏差异性比较与意义[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(4): 499-510.
- ZHAO Wenzhi, LI Jianzhong, YANG Tao, et al. Geological difference and its significance of marine shale gases in South China[J]. Petroleum exploration and development, 2016, 43(4): 499-510.
- [14] 翟刚毅, 王玉芳, 包书景, 等. 我国南方海相页岩气富集高产主控因素及前景预测[J]. 地球科学, 2017, 42(7): 1057-1068.
- ZHAI Gangyi, WANG Yufang, BAO Shujing, et al. Major factors controlling the accumulation and high productivity of marine shale gas and prospect forecast in Southern China[J]. Earth science, 2017, 42(7): 1057-1068.
- [15] XU Lulu, HUANG Saipeng, LIU Zaoxue, et al. Geological controls of shale gas accumulation and enrichment mechanism in Lower Cambrian Niutitang Formation of western Hubei, Middle Yangtze, China[J]. Frontiers of earth science, 2021, 15(2): 310-331.
- [16] 彭波, 刘羽琛, 漆富成, 等. 鄂西地区陡山沱组页岩气成藏地质条件研究[J]. 地质论评, 2017, 63(5): 1293-1306.
- PENG Bo, LIU Yuchen, QI Fucheng, et al. Study on the accumulation conditions of shale gas in Doushantuo Formation in western Hubei[J]. Geological review, 2017, 63(5): 1293-1306.
- [17] 王玉芳, 翟刚毅, 包书景, 等. 鄂阳页1井陡山沱组页岩储层含气性及可压性评价[J]. 中国矿业, 2017, 26(6): 166-172.
- WANG Yufang, ZHAI Gangyi, BAO Shujing, et al. Evaluation of Sinian Doushantuo Formation shale gas content and fracturing property of Eyangye1 well in Hubei Province[J]. China mining magazine, 2017, 26(6): 166-172.
- [18] 李浩涵, 陈科, 包书景, 等. 鄂西黄陵背斜南翼震旦系陡山沱组有利目标区页岩气资源潜力评价[J]. 石油实验地质, 2019, 41(1): 31-37.
- LI Haohan, CHEN Ke, BAO Shujing, et al. Evaluation of shale gas resources of the Sinian Doushantuo Formation in the southern Huangling anticline, western Hubei Province[J]. Petroleum geology & experiment, 2019, 41(1): 31-37.
- [19] 徐祖新, 郭少斌. 中扬子地区震旦系陡山沱组页岩储层孔隙结构特征[J]. 现代地质, 2015, 29(1): 206-212.
- XU Zuxin, GUO Shaobin. Research on pore structures of Sinian Doushantuo Formation shale in Middle Yangtze area[J]. Geoscience, 2015, 29(1): 206-212.
- [20] 青加伟, 徐尚, 彭波, 等. 鄂西地区陡山沱组页岩储层孔隙特征及影响因素[J]. 沉积与特提斯地质, 2019, 39(2): 103-111.
- QING Jiawei, XU Shang, PENG Bo, et al. Shale reservoirs in the Doushantuo Formation in western Hubei: porosity and its controlling factors[J]. Sedimentary geology and Tethyan geology, 2019, 39(2): 103-111.
- [21] 翟刚毅, 王玉芳, 刘国恒, 等. 鄂西地区震旦系一寒武系页岩气成藏模式[J]. 地质力学学报, 2020, 26(5): 696-713.
- ZHAI Gangyi, WANG Yufang, LIU Guoheng, et al. Accumulation model of the Sinian-Cambrian shale gas in western Hubei Province, China[J]. Journal of geomechanics, 2020, 26(5): 696-713.
- [22] 陈科, 翟刚毅, 包书景, 等. 华南黄陵隆起构造演化及其对页岩气保存的控制作用[J]. 中国地质, 2020, 47(1): 161-172.
- CHEN Ke, ZHAI Gangyi, BAO Shujing, et al. Tectonic evolution of the Huangling Uplift and its control effect on shale gas preservation in South China[J]. Geology in China, 2020, 47(1): 161-172.
- [23] 张家政, 朱地, 慈兴华, 等. 湖北宜昌地区鄂阳页2井牛蹄塘组和陡山沱组页岩气随钻碳同位素特征及勘探意义[J]. 石油学报, 2019, 40(11): 1346-1357.
- ZHANG Jiazheng, ZHU De, CI Xinghua, et al. Characteristics of carbon isotope while drilling and exploration significance of shale gas in Niutitang and Doushantuo Formations in Well Eyangye-2, Yichang, Hubei, China[J]. Acta petrolei sinica, 2019, 40(11): 1346-1357.
- [24] 谷昊东, 胡军, 安志辉, 等. 神农架陡山沱组沉积特征及其对“鄂西海槽”的启示[J]. 地球科学, 2021, 46(8): 2958-2972.
- GU Haodong, HU Jun, AN Zhihui, et al. Sedimentary characteristics of Doushantuo Formation in Shennongjia area: implications for "West Hubei Trough"[J]. Earth science, 2021, 46(8): 2958-2972.
- [25] 陈永武, 王少波, 韩征, 等. 页岩气资源/储量计算评价技术规范: DZ/T 0254—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 1-15.
- CHEN Yongwu, WANG Shaobo, HAN Zheng, et al. Regulation of shale gas resources/reserves estimation: DZ/T 0254—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [26] 石学文, 周尚文, 田冲, 等. 川南地区海相深层页岩气吸附特征及控制因素[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(11): 1735-1747.
- SHI Xuewen, ZHOU Shangwen, TIAN Chong, et al. Methane adsorption characteristics and controlling factors of deep shale gas in southern Sichuan Basin, China[J]. Natural gas geoscience, 2021, 32(11): 1735-1747.
- [27] 李阳阳, 罗良, 张民康, 等. 不同沉积相页岩天然气吸附能力及影响因素[J]. 海相油气地质, 2022, 27(4): 415-428.
- LI Yangyang, LUO Liang, ZHANG Minkang, et al. Gas-adsorption capacity of shale of different sedimentary facies and its influencing factors[J]. Marine origin petroleum geology, 2022, 27(4): 415-428.
- [28] 李浩涵, 包书景, 张焱林, 等. 鄂西地区下震旦统陡山沱组二段剖面特征及页岩气地质意义[J]. 油气藏评价与开发, 2022, 12(1): 171-180.
- LI Haohan, BAO Shujing, ZHANG Yanlin, et al. Outcrop

- characteristics and shale gas geological significance of the second member in Doushantuo Formation of Lower Sinian in western Hubei [J]. Reservoir evaluation and development, 2022, 12(1): 171–180.
- [29] 郭旭升, 胡东风, 李宇平, 等. 涪陵页岩气田富集高产主控地质因素[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(4): 481–491.
- GUO Xusheng, HU Dongfeng, LI Yuping, et al. Geological factors controlling shale gas enrichment and high production in Fuling shale gas field [J]. Petroleum exploration and development, 2017, 44(4): 481–491.
- [30] 梁兴, 张廷山, 杨洋, 等. 滇黔北地区筇竹寺组高演化页岩气储层微观孔隙特征及其控制因素[J]. 天然气工业, 2014, 34(2): 18–26.
- LIANG Xing, ZHANG Tingshan, YANG Yang, et al. Microscopic pore structure and its controlling factors of overmature shale in the Lower Cambrian Qiongzhusi Fm, northern Yunnan and Guizhou Provinces of China [J]. Natural gas industry, 2014, 34(2): 18–26.
- [31] 熊成云, 韦昌山, 金光富, 等. 鄂西黄陵背斜地区前南华纪古构造格架及主要地质事件[J]. 地质力学学报, 2004, 10(2): 97–112.
- XIONG Chengyun, WEI Changshan, JIN Guangfu, et al. Pre-sinian paleostructural framework and major geological events in the Huangling anticline, western Hubei [J]. Journal of geomechanics, 2004, 10(2): 97–112.
- [32] 刘安, 陈孝红, 李培军, 等. 宜昌天阳坪断裂两侧页岩气保存条件对比研究[J]. 地质科技通报, 2020, 39(2): 10–19.
- LIU An, CHEN Xiaohong, LI Peijun, et al. A comparative study of shale gas preservation conditions on both sides of Tianyangping fault in Yichang area [J]. Bulletin of geological science and technology, 2020, 39(2): 10–19.
- [33] 刘早学, 许露露, 温雅茹, 等. 湖北寒武系牛蹄塘组页岩气成藏条件与综合评价[J]. 地球科学, 2022, 47(5): 1586–1603.
- LIU Zaoxue, XU Lulu, WEN Yaru, et al. Accumulation characteristics and comprehensive evaluation of shale gas in Cambrian Niutitang Formation, Hubei [J]. Earth science, 2022, 47(5): 1586–1603.

编辑:黄革萍

Accumulation geological conditions and comprehensive evaluation of shale gas of Doushantuo Formation in western Hubei Province, middle Yangtze area

XU Lulu, WEN Jianhang, ZHANG Yanlin, XU Hai, DUAN Ke, CHEN Wei, XU Peijie

Abstract: The geological conditions of shale gas accumulation, gas-bearing characteristics and shale gas preservational conditions of Doushantuo Formation in western Hubei Province was studied based on comprehensive analysis of drilling, outcrops, and testing data. The Doushantuo Formation in the study area can be divided into four members, and the black carbonaceous dolomite developed in the second Member of Doushantuo Formation (Z_1d_2) is the main shale gas reservoir. From west to east, the shallow shelf, basin and platform facies are developed in turn, and two isolated platform are developed among the basin. On the plane, the depocenter is mainly developed in Zigui–Wufeng region, with the thickness of organic-rich strata more than 100 m; the areas with the TOC values greater than 1.0% are distributed in the Shengnongjialinqu–Zigui–Wufeng area. Overall, the TOC values are at the range of 0.5%–2.0% belonging to low to medium level, and R_o is mainly high maturity of 2.0%–3.5%. The Z_1d_2 is characterized by the dominated dolomite mineral, the calcareous shale, the ultralow–low porosity, and ultra–low permeability reservoir. The dolomite intergranular pores and clay mineral stratified pores are the most important pore types, and pyrite intercrystalline pores and organic matter pores are much more developed in the samples with high TOC value. The areas with the high gas content are limited only to the north of the Tianyangping fault and southern of the Huangling anticline with the gas content over 1.0 m³/t. It is believed that the shale gas accumulation in Doushantuo Formation is mainly influenced by the superposition of sedimentary facies and structural types. Basin and platform basin facies, stable structural belt, the footwall of reverse fault, and the area far away from regional normal faults with a buried depth of more than 2,000 m are conducive for shale gas accumulation. This paper also provide a scientific basis for further shale gas exploration and development of the Doushantuo Formation in western Hubei Province. It is proposed that favorable areas are mainly distributed in the Yangye–1 well block and Yiye–1 to Yidi–3 well block in the southeast margin of Huangling anticline.

Key words: shale gas; accumulation conditions; gas-bearing property; preservation condition; Doushantuo Formation; western Hubei Province

XU Lulu, First author: PhD, Senior Geologist, mainly engaged in shale gas survey and evaluation. Add: Hubei Geological Survey, No. 9 Gutian 5th Rd., Wuhan, Hubei 430034, China

WEN Jianhang, Corresponding author: Assistant Engineer, mainly engaged in shale gas survey and evaluation. Add: Hubei Geological Survey, No. 9 Gutian 5th Rd., Wuhan, Hubei 430034, China