

黔南下石炭统打屋坝组页岩气储层物性特征及控制因素

——以长页1井储层为例

安亚运,符宏斌,陈厚国,贺永忠,卢树藩,盘应娟

(贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550005)

[摘要]黔南下石炭统打屋坝组页岩气储层孔隙主要包括残余原生粒间孔、晶间孔、有机质孔、粘土矿物间微孔、溶蚀孔和裂缝等类型。以细孔喉、分选差,细歪度的微孔微喉型孔隙结构为特征,具有比表面积大、孔容中等,孔隙度低而渗透率低的特点。打屋坝组泥(页)岩总有机碳含量为0.82%~3.16%,有机质镜质体反射率为2.13%~3.27%,粘土矿物含量平均43.4%。有机质丰度、粘土矿物含量、成岩演化和构造作用是控制打屋坝组页岩气储层的主要因素。

[关键词]长页1井;打屋坝组;页岩气;储层;物性特征;控制因素

[中图分类号]P618.1 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2015)03-0181-09

页岩气具有吸附气和游离气并存、特低孔渗、严重非均质性等特点,其储集条件的好坏是页岩气富集主控因素之一。因此,研究页岩储层的孔隙类型、结构及孔隙、裂隙发育的控制因素对于页岩气的勘探开发具有重要意义。本文通过对长页1井打屋坝组的岩芯特征观察,采用岩矿鉴定、扫描电镜、氩离子抛光、物性测试、全岩X射线衍射矿物分析、压汞分析、比表面、有机碳测试等实验方法(除压汞实验由中国石油大学(北京)完成外,其余分析测试均由四川科源工程技术测试中心完成),对黔南下石炭统打屋坝组页岩气储层进行研究,为后期页岩气储层改造提供参考。

1 地质特征

打屋坝组主要分布于黔南罗甸—紫云—水城一带,其分布面积相对较小,出露厚度在各地不一,该组与下伏石炭系睦化组为整合接触,与上覆地层南丹组整合接触。岩性为黑色钙质炭质泥岩、黑色钙质炭质泥岩夹深灰色炭质泥质灰岩;水平纹层发育;富黄铁矿,呈结核状、星点状及脉状分布,化石丰富,主要为腕足类、头足类、有孔虫类、珊瑚、海百合等窄盐度古生物,以上特征表明

石炭系打屋坝组代表了海洋半封闭沉积环境,为局限台棚相沉积。

长页1井位于贵州省长顺县南西墩操乡(图1),地理坐标为N:25°41.710',E:106°28.120',H:1120 m,该井完井深度953.7 m,钻遇地层为石炭系南丹组、打屋坝组、睦化组,其中目标层打屋坝组井段708.38~926.94 m,钻厚218.56 m,真厚208 m,富有机质页岩段累计厚165 m。

2 有机质地球化学特征

长页1井打屋坝组炭质泥岩段取样106件,TOC含量为0.82%~3.16%,平均值为1.98%,TOC>1.0%的样品有98件,占总样品的92.45%。自下而上TOC含量先升高后降低特征,TOC含量最高值主要分布在中部760~838 m之间(图1)。

富有机质页岩的干酪根显微组分以壳质组、镜质组为组,腐泥组、惰质组次之,其中壳质组以腐殖无定型体为主,少量壳质碎屑体,镜质组主要为无结构镜质体,腐泥组主要为腐泥无定型体和腐泥碎屑体,惰质组显示丝状体,基本不发荧光,类型指数为-21~29。统计结果表明,打屋坝组黑色页岩有机质类型主要为II2型和III型。

[收稿日期]2015-04-12

[基金项目]贵州省黔南地区页岩气资源调查评价(编号:GZSYYQZYDC2012-003)。

[作者简介]安亚运(1982—),男,贵州省凤冈县人,工程师,长期从事区域地质和矿产地质调查研究工作。

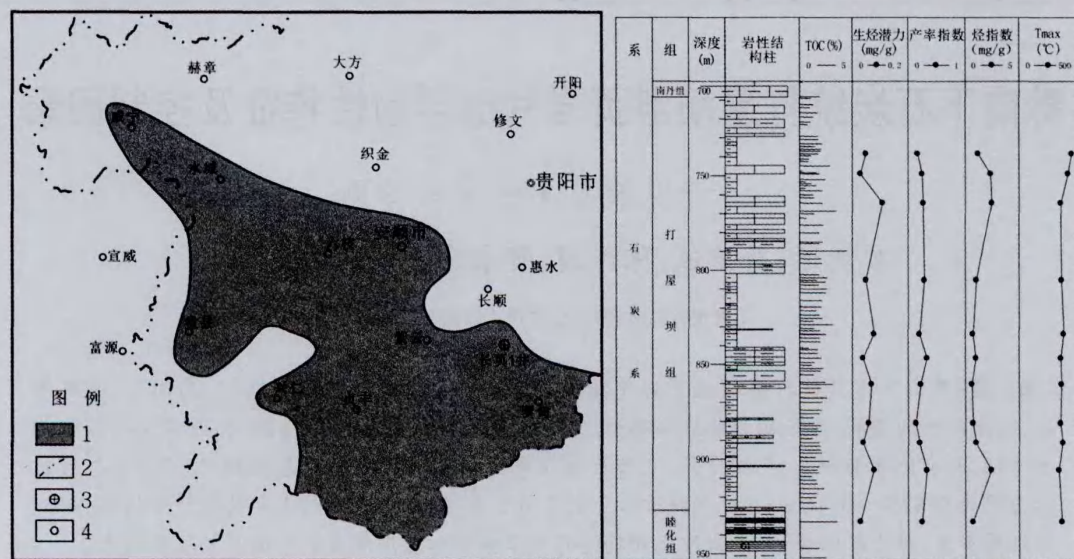


图1 打屋坝组区域分布及长页1井综合柱状图

Fig.1 Regional distribution of Dawuba formation and comprehensive profile of Changye No.1

1—打屋坝组分布区;2—省界;3—页岩气调查井;4—县、市

镜质体反射率分析结果显示, R_o 最小值 2.13%, 最大值 3.27%, 平均 2.66%, 总体处于过成熟阶段。

3 矿物学特征

针对长页1井打屋坝组有机质页岩进行了粘土矿物及全岩 X 射线衍射连续采样分析, 结果表明, 长页1井打屋坝组岩石的粘土矿物含量 13%~69%, 平均为 43%; 石英、长石和黄铁矿平均含量分别为 26% (5%~45%)、2.5% (0%~36%); 碳酸盐含量平均为 22% (1%~70%)。打屋坝组

以黑色纹层状(含)灰质泥(页)岩和黑色纹层状泥(页)岩为主, 该富有机质泥(页)岩的粘土矿物含量平均为 22%, 石英、长石和黄铁矿平均总含量为 31.7% (石英为 27.3%), 碳酸盐平均含量为 22%。粘土矿物伊利石相对含量 9%~22%, 平均为 12%, 绿泥石相对含量 1%~14%, 平均为 5.3%, 伊蒙混层相对含量平均为 80.4% (64%~89%), 粘土矿物以伊蒙混层为主(表1)。

纵向上, 矿物含量的变化受岩性岩相控制较明显, 统计结果表明长英质矿物自下而上先减少后总体变化幅度不大, 碳酸盐矿物自下而上先减少后增大再减少, 粘土矿物总体先增大后减少。

表1 长页1井打屋坝组 X 衍射矿物含量表

Table 1 X diffraction content of Changye No.1 in Dawuba formation

深度(m)	粘土矿物含量(%)					全岩定量分析(%)							
	K	C	I	I/S	S	粘土	石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	黄铁矿	赤铁矿
712.48		14	22	64	20	20	5	0	5	33	37	0	1
733.28		4	14	82	25	65	22	0	0	7	1	0	5
738.38		6	12	82	25	63	29	2	0	6	0	0	0
741.28	4	6	13	77	25	76	23	0	0	1	0	0	0
744.88		10	15	75	20	13	24	0	7	0	7	47	1
753.28		8	14	78	25	63	18	0	10	6	0	0	3
756.58	3	9	11	77	25	50	32	0	5	8	3	0	2
764.48		8	12	80	25	60	11	0	16	10	0	0	3
780.18	1	6	14	79	25	49	19	0	3	20	9	0	0
805.3		6	16	78	20	54	21	0	0	9	11	0	6

续表

深度(m)	粘土矿物含量(%)					全岩定量分析(%)							
	K	C	I	I/S	S	粘土	石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	黄铁矿	赤铁矿
807.78	3	2	12	83	25	55	42	0	0	1	0	0	2
819.5	7	3	12	78	30	56	21	0	0	8	10	0	5
825.65	1	1	10	88	25	66	25	1	0	2	3	0	3
833.85	4	2	8	86	25	44	23	0	0	15	15	0	3
841.3	2	1	10	87	25	22	13	0	36	27	0	0	2
846.7	2	1	10	87	25	3	17	0	0	74	5	0	1
852.3	4		10	86	25	54	21	0	0	19	3	0	3
860.5	2		9	89	25	48	15	0	0	5	5	0	28
872.01	2	1	9	88	25	69	23	0	0	3	3	0	2
882.21	7	5	9	79	25	61	38	0	0	0	0	0	1
891.21	9	7	12	72	25	18	44	0	0	34	1	2	0
896.63	7	7	11	75	25	20	45	0	0	28	5	1	0
905.64	7	6	10	77	25	19	40	0	0	39	1	1	0
911	5	5	12	78	25	22	40	0	0	35	1	2	0
933	4	4	14	78	25	16	41	0	0	37	3	2	0

4 储层物性特征

4.1 孔隙类型

泥(页)岩中的孔隙分为有机孔隙和无机孔隙。无机孔隙指基质孔隙(包括裂缝)、矿物间隙和无机矿物粒内孔隙。有机孔隙为有机质内部的孔隙,是由固体干酪根转化为烃类流体而在干酪根内部形成的孔隙^[1-2],页岩孔隙分布主要是微孔到宏孔范围。根据国际纯化学和应用化学联合会(IUAPC)孔隙分类,微孔直径<2 nm,中孔直径2~50 nm,大孔直径>50 nm。微孔可进一步分为原生粒间孔和次生粒内孔两类,大部分的化石原生粒间孔通常被碳酸盐类、硅质和/或黄铁矿充填。但在埋藏成岩过程中,碳酸盐类、石英、长石等部分或全部遭受溶蚀,特别高镁方解石或文石壳体溶蚀形成次生微孔隙^[3]。

(1) 原生粒间孔

是指在成岩作用过程中各类沉积物通过压实、胶结作用后残余的骨架矿物(石英、方解石等)本身或其与粘土矿物之间的微孔隙。该类孔隙主要存在于脆性矿物晶粒(颗粒)之间和脆性矿物与粘土矿物接触面,打屋坝组该类孔隙直径多<1 μm(图2a, b, c),在(泥)页岩中,由于骨架矿物(脆性矿物)含量较少,因此,脆性矿物以镶

嵌状分布于粘土矿物和有机质中。该类孔隙通常随埋藏深度的增加而缩小。

(2) 晶间孔

通过氩离子抛光技术观察发现,打屋坝组储层晶间孔主要以草莓状黄铁矿微球团颗粒为主(图2d, e),黄铁矿结晶粒度一般8~15 μm,微一隐晶级,含量3%~8%,半自形—它形,粒状晶体,沿水平层理偏集分布,代表静水、贫氧环境下陆棚沉积特征;其中的黄铁矿晶体为亚微米级,晶间微孔隙的孔径约50~600 nm,晶体之间大多排列紧密,孔隙连通性较差,大多孤立分布;部分较松散的晶体之间被粘土矿物或有机质充填。因此,黄铁矿晶间微孔可能不会对页岩气储层产生重大意义。

(3) 有机质孔

有机质在热降解排烃过程中会产生纳米级微孔隙和裂隙,通过氩离子抛光及高倍电镜观察,打屋坝组高成熟页岩有机质中微孔隙呈圆状、椭圆状、条带状,总体来看呈蜂窝状(图2f)。直径一般在10~500 nm,面孔率在5%~15%,陈尚斌等^[4]研究发现TOC是控制页岩气储层中纳米孔隙体积及其比表面积的主要内在因素,也是提供页岩气主要储存空间的重要物质,认为有机质纳米孔隙对页岩气成藏的意义。

(4) 粘土矿物间微孔

粘土矿物(尤其是伊利石)在页岩沉积形成

过程中可形成带静电的片粒状集合体,颗粒之间通过边缘或表面连接富集^[5],并产生孔隙。打屋坝组页岩粘土矿物主要为伊蒙混层、伊利石和蒙脱石,少量绿泥石及高岭石,粘土矿物含量3%~76%,平均43.4%,伊蒙混层占64%~89%,平均值为80%。通过扫描电镜观察,打屋坝组主要为

丝片状、卷曲片状伊/蒙混层和伊利石层间微孔,其结构通常为—端或几端开口的平行板状孔,宽度约20~150 nm,长0.3~2.5 μm(图2g)。这种微孔隙空间连通性好,伊蒙互层是形成粘土矿物层间微孔的主要贡献者,这是因为蒙脱石具有较大的孔比表面积^[6]。

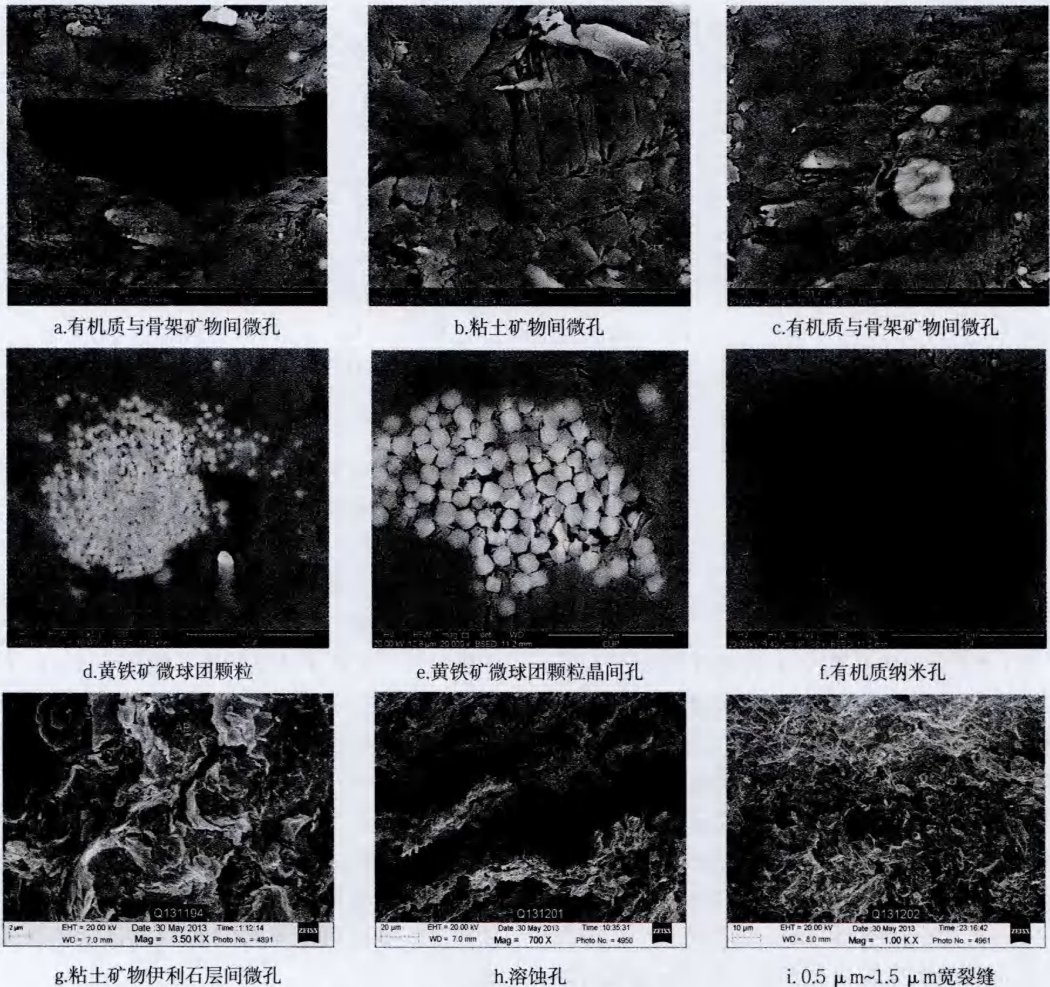


图2 长页1井打屋坝组储层孔隙类型

Fig. 2 Reservoir pore types of Changye No.1 in Dawuba formation

(5) 溶蚀孔

泥页岩中常含有长石及碳酸盐等易溶矿物,在地下水或有机质脱羧后产生的酸性水作用下溶蚀而产生的次生孔隙^[7],长页1井溶蚀孔主要表现为粒间溶蚀孔和晶内溶蚀孔,粒间溶蚀孔主要分布于粘土矿物伊蒙混层、伊利石、蒙脱石等层间,溶蚀孔隙内常被伊利石、钠长石、石英和高岭石等矿物充填,孔径较大,一般为2~60 μm;晶内溶蚀孔见于钠长石表面,孔径较小,主要分布在0.02~1 μm(图2h),发育在颗粒内部的溶蚀孔

隙较少且连通性差,对页岩气的储集意义不大。

(6) 裂缝

主要是指成岩过程中形成的同沉积收缩裂缝和后期构造运动过程中形成的裂缝。构造裂缝是页岩储层中最主要的类型,根据力学性质可分为张性裂缝和剪性裂缝,张裂缝宽度和长度变化大,裂缝面粗糙,常被方解石等矿物充填;剪裂缝面平直光滑,较紧闭(图2i)。构造裂缝规模较大,可达厘米级。同沉积收缩缝与成岩作用有关,主要是在成岩过程中压实、脱水、重结晶等过程中形

成的,此类裂缝规模较小,一般为微米级,裂缝面弯曲,延伸较小^[8]。

扫描电镜及薄片镜下观察表明,长页 1 井打屋坝组裂缝以同沉积收缩缝为主,构造缝不发育。裂缝宽 0.1~2.0 μm,长 10~60 μm,常平行于层面分布,裂缝面具溶蚀现象,见长石、伊利石、石英等矿物充填。

裂缝的发育可以有效改善页岩气的渗流能力,裂缝发育程度是评价储层好坏的重要指标。但裂缝的大规模发育对页岩气的成藏不一定是有利因素,因大规模及连通性好的裂缝容易破坏盖层的封闭性,从而导致气体的流失^[9]。目前对于裂缝及其连通性对于页岩气成藏的影响机制方面的报道较少,有待于进一步研究。

4.2 孔隙结构

储集岩的孔隙结构实质上是岩石的微观物理性质,是指岩石所具有的孔隙和喉道的几何形状、大小、分布及相互连通关系。泥(页)岩的孔喉半径范围一般在 0.005~0.1 μm 之间,最小的孔喉半径与沥青质分子大小相当,是水和甲烷分子的

10 倍以上。根据镜下孔隙结构的形态及吸附等温线的吸附和脱附曲线,可以将孔隙分为圆柱形孔、裂缝型孔、平行板状孔、楔形/V 型孔、一端或两端开口的楔 V 型孔、细颈瓶状(或墨水瓶状)孔等几种孔隙结构模型^[4,7]。根据氩离子抛光特征,打屋坝组储层孔隙结构以圆柱形孔、裂缝型孔、楔形/V 型孔及平行板状孔为主。

根据对长页 1 井打屋坝组有机质页岩 3 件压汞测试,打屋坝组排驱压力介于 5.08~10.14 MPa 之间、岩石最大连通孔喉半径介于 0.015~0.035 μm 之间、分选系数介于 0.18~0.24 之间、均质系数介于 0.37~0.4 之间、孔隙结构系数介于 0.12~0.82 之间。

根据打屋坝组毛细管压力曲线特征(图 3),其曲线综合形态表明打屋坝组孔喉比小,退汞效率较高,均大于 50%,孔隙联通性较好。主要孔喉半径在 0~0.1 μm 之间,孔喉分选性差。实验表明,小的纳米级孔喉的增加,提高了页岩气储层的排驱压力,降低了总孔隙度。打屋坝组页岩总体表现细孔喉、分选差,细歪度的微孔微喉型孔隙结构。

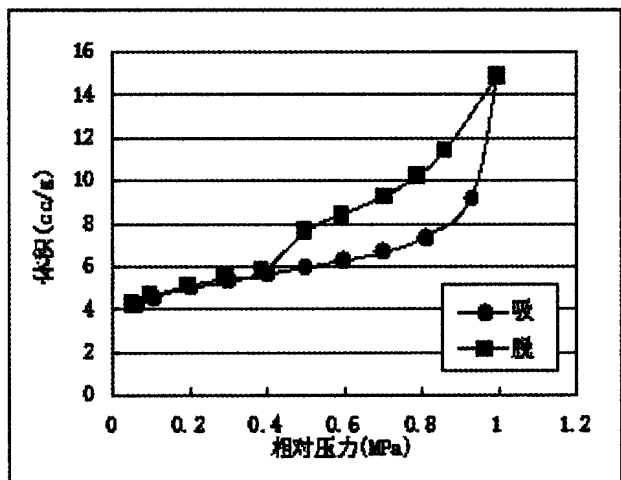
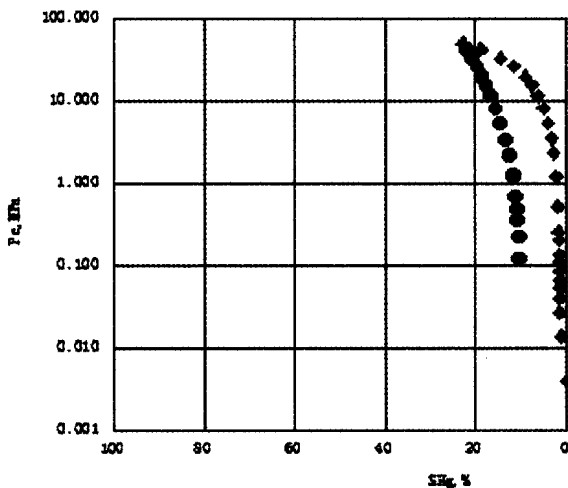


图 3 长页 1 井打屋坝组 833.85 m 处毛细管压力曲线、吸脱附曲线

Fig. 3 Capillary pressure and adsorption curve 833.85m of Changye No.1 in Dawuba formation

4.3 孔隙度与渗透率

通过对长页 1 井打屋坝组有机质页岩进行了物性连续采样分析,打屋坝组平均孔隙度为 1.90%,平均渗透率为 0.003 3 md。在纵向上孔隙度、渗透率随深度增加而后降低,二者为明显的正相关,根据孔隙度与透率频率分布,其孔隙度主要介于 1.5%~2.5% 之间,渗透率主体小于

0.005 md。

4.4 比表面积和孔容

打屋坝组有机质页岩比表面积在 1.660 m²/g~20.887 m²/g,平均为 10.441 m²/g;孔容为 0.011~0.044 ml/g,平均孔容 0.02 ml/g,平均孔径 3.584 nm。实验结果表明,打屋坝组以中孔隙为主(图 5)。

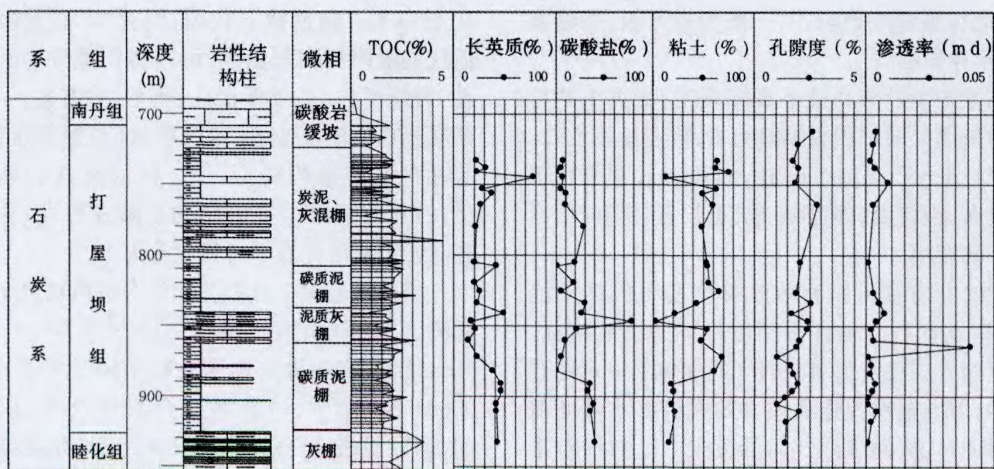


图4 长页1井打屋坝组 TOC 及矿物组分纵向分布图

Fig. 4 Vertical distribution of TOC and mineral components of Changye No.1 in Dawuba formation

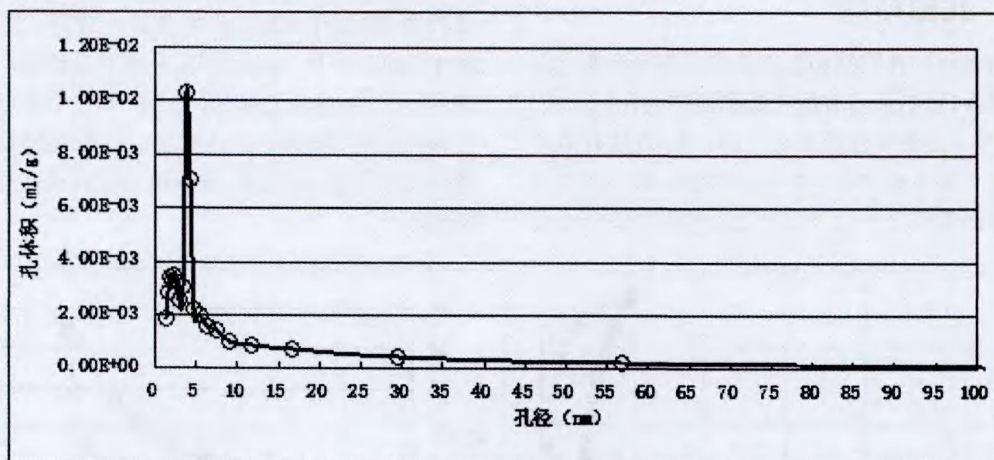


图5 长页1井打屋坝组页岩 BJH 孔径分布特征

Fig. 5 Aperture distribution features of shale of Changye No.1 in Dawuba formation

根据样品吸脱附曲线的形态呈现多种曲线的混合形式(图3),说明除了粘土矿物和有机质的单层或多层吸附外,还有其它孔隙介质的存在。吸脱曲线中段出现分离的特征,表明气体在孔隙中发生了毛细凝聚现象,说明可能有中孔及大孔的存在。

5 储层形成机理及控制因素分析

5.1 有机质丰度与孔隙的关系

有机质内部纳米级孔隙的形成与有机质的热演化过程相关,随着有机质的生烃和生气,有机质体积膨胀并产生气泡,从而产生蜂窝状纳米级次

生微孔、微裂隙^[10]。有机质孔在干酪根成熟度较低时($R_o < 0.8\%$)几乎不发育,但随着热降解过程中烃类的生成而不断增大,因此,高热演化程度的有机质,对页岩气储集物性的改善有利。

长页1井泥打屋坝组(页)岩储层的 TOC 与孔隙度、孔容均表现为正相关,但相关性较差(图6)。可能与长页1井总体有机碳含量较低有关,研究表明,当 TOC 含量较低时,其与孔隙度的相关性并不明显^[11]。长页1井 TOC 为 0.41%~3.16%,平均值为 1.65%,有机碳含量较低,可能是由于当有机碳含量较低时,泥(页)岩当中的有机质颗粒相对孤立,容易被周围粘土矿物等包裹,并且微孔隙之间连通性也较差。另外,有机质孔为相对塑性的孔隙,结容易受构造应力的影响而改变其构、孔容等^[1]。

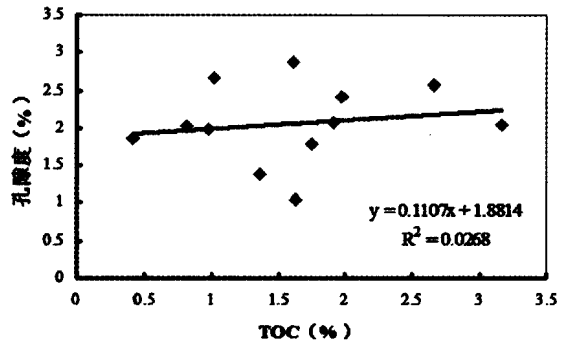
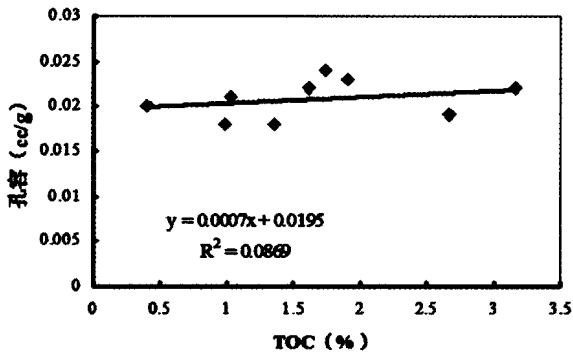


图 6 打屋坝组泥页岩 TOC 与孔隙度、孔容关系

Fig. 6 Relation between TOC and porosity, pore volume in Dawuba formation

5.2 粘土矿物含量与微孔隙的关系

粘土矿物具有较高的微孔隙体积和较大的比表面积,其中发育残余粒间孔和晶间孔,在成岩阶段晚期,随着蒙脱石转化为伊利石,伊利石片状矿物中发育微裂隙,增加了孔隙空间,提高了储层的孔隙度^[12-13]。打屋坝组伊蒙混层占 64%~89%,平均值为 80%,在其转化过程中孔隙度还有增大的趋势。

长页 1 井打屋坝组脆性矿物/粘土矿物与孔隙呈线性负相关,即随着粘土矿物含量升高孔隙有增大的趋势,且二者相关性较好;脆性矿物/粘土矿物与孔隙度呈对数负相关,即随着粘土矿物含量升高孔隙度有增大的趋势,但二者相关性一般(图 7),这可能是由于脆性矿物对于形成微裂隙的贡献相对较大。因此,粘土矿物含量对孔容、孔隙度有不同程度的影响。

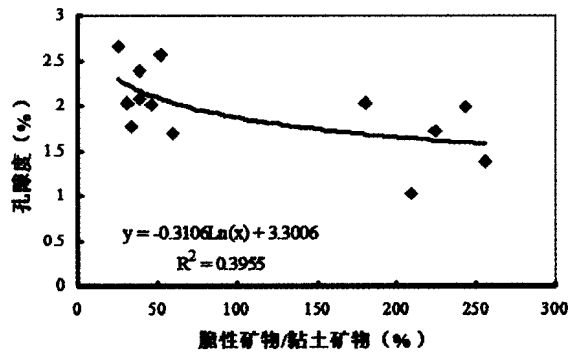
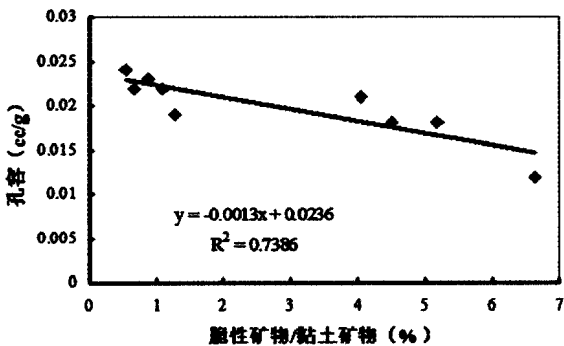


图 7 打屋坝组泥页岩脆性矿物/粘土矿物与孔隙度、孔容关系

Fig. 7 Relation between brittle mineral/clay mineral and porosity, pore volume in Dawuba formation

5.3 成岩演化与孔隙的关系

页岩气储层微孔隙的形成与成岩演化过程密切相关,成岩演化对于有机质微孔隙的发育、溶蚀孔、粘土矿物类型转化具有促进作用。随着埋深的增大,松散的沉积物压实、固结、脱水,粘土矿物、有机质等作为填隙物充填进孔隙中,期间颗粒间孔隙结构变化,孔隙度逐渐减小;粘土矿物中具有很大比表面积的蒙脱石将向伊利石、绿泥石转化,粘土矿物间微孔隙比表面积和孔容大大降低^[8,14];同时,有机质生烃过程中产生气体使体积膨胀,形成大量纳米级有机质微孔,同时在生烃的

过程中产生的有机酸、CO₂ 和水,使长石、方解石等易溶矿物发生溶蚀,形成溶蚀孔和微裂缝^[15]。随着埋深的增大,孔隙度和孔容均相应减小(图 8),表明较高级别的成岩演化对微孔隙的发育起到一定的负面作用。

5.4 构造作用与裂缝的关系

构造作用对于储层物性的影响具有双重作用,一方面,构造成因裂缝是沉积盆地低渗透储集层的主要裂缝类型,为低渗透储层的页岩气提供储集空间^[16];另外,构造抬升运动使压实作用减小,原生粒间孔隙得以保存^[17],另一方面,强烈的

侧向挤压、剪切作用导致孔隙结构被压缩变形,粘土矿物、有机质等韧性物质充填进微孔隙。同时,构造作用促使晚成因期的碳酸盐交代作用,使石

英、方解石、白云石等矿物交代析出,充填微孔隙,造成原生孔隙大量减少和孔隙度减小^[18]。

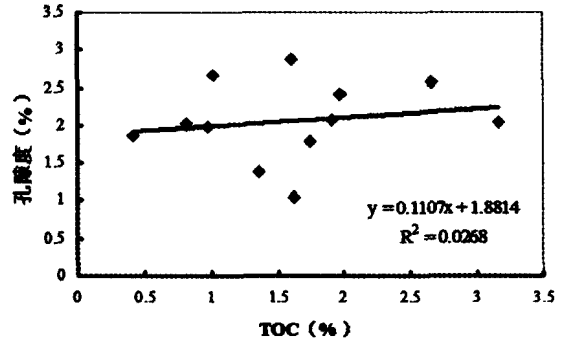
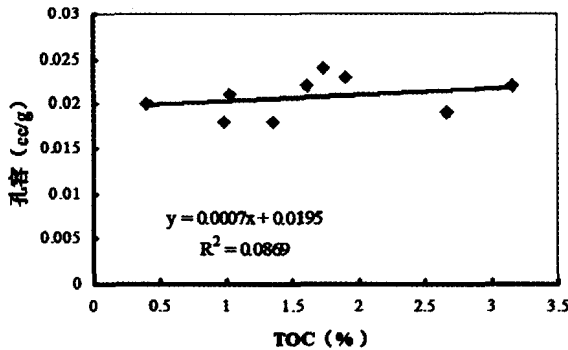


图8 孔隙度及孔容与井深关系图

Fig. 8 Relation between porosity, pore volume and well depth

5.5 沉积微相与孔隙的关系

沉积相带是深层有效储层发育的最主要控制因素,由各沉积微相有效储层物性差异分布特征分析可知有效储层发育规律与沉积相带关系密切^[19];另外,异常高压对储层孔隙的发育有明显的控制作用^[20],成岩作用对有效储层的影响受沉积相带和异常高压的控制。

演化对于有机质微孔隙的发育、溶蚀孔、粘土矿物类型转化具有促进作用;构造作用对于储层物性的影响具有双重作用,构造抬升对于原生粒间孔隙的保存具有重要意义,而挤压、剪切作用导致孔隙结构变形,孔隙被交代作用析出矿物充填,使孔隙度减小。

[参考文献]

6 结论

(1)长页1井打屋坝组为局限台棚相沉积,岩性以黑色钙质、炭质泥(页)岩为主;储层孔隙类型主要可见原生粒间孔、晶间孔、有机质微孔、粘土矿物层间孔、溶蚀孔及裂缝,原生粒间孔在成岩演化过程中容易被压实、充填,导致体积变小、结构变形甚至消失;有机质微孔、粘土矿物层间孔、裂缝对页岩气的成藏具有重要意义。但裂缝对储层的影响机制较复杂,既可作为页岩气的储集空间,也可成为气体的渗透、散失提供通道。

[1] Loucks RG, Reed RM, Ruppel SC and Jarvie DM. 2009. Morphology, genesis, and distribution of manometer-scale pores in siliceous mudstones of the Mississippian Barnett shale[J]. Journal of Sedimentary Research, 2007, 79(12): 848-861.

[2] Jarvie DM, Hill R J, Ruble T E, et al. Unconventional shale-gas systems; The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment[J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 475-500.

[3] 罗超. 上扬子地区下寒武统牛蹄塘组页岩特征研究[D]. 成都:成都理工大学, 2014, 6.

[4] 陈尚斌,朱炎铭,王红岩,等. 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): 438-444.

[5] Slatt R M, O'Brien N R. Pore types in the Barnett and Woodford gas shales; Contribution to understanding gas storage and migration pathways in fine-grained rocks[J]. AAPG Bulletin, 2012, 95(12): 2017-2030.

[6] Passey Q R, Bohacs K M, Esch W L, et al. From Oil-prone Source Rock to Gas-producing Shale Reservoir; Geologic and Petrophysical Characterization of Unconventional Shale-gas Reservoirs[C]. SPE 131350, 2010.

[7] 魏祥峰,刘若冰,张廷山,等. 页岩气储层微孔孔隙结构特征及发育控制因素——以川南—黔北XX地区龙马溪组为例[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(5): 1048-1059.

[8] 浦泊伶,董大忠,吴松涛,等. 川南地区下古生界海相页岩

(2)长页1井打屋坝组页岩总体表现细孔喉、分选差,细歪度的微孔微喉型孔隙结构;孔隙度主要介于1.5%~2.5%之间,渗透率主体小于0.005 md;比表面积平均为10.441 m²/g,平均孔容0.02 ml/g;吸脱曲线中段出现分离的特征,表明气体在孔隙中发生了毛细凝聚现象,说明可能有中孔及大孔的存在。

(3)有机质丰度、粘土矿物含量、成岩演化及构造作用是控制打屋坝组储层的主要因素,成岩

- 微观储集空间类型[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2014, 38(4): 19-26.
- [9] 杨峰, 宁正福, 胡昌蓬, 等. 页岩储层微观孔隙结构特征[J]. 石油学报, 2013, 34(2): 301-311.
- [10] 阎存章, 董大忠, 程克明, 等. 页岩气地质与勘探开发实践丛书: 北美地区页岩气勘探开发新进展[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009: 41-244.
- [11] 陈文玲, 周文, 罗平, 等. 四川盆地长芯1井下志留统龙马溪组页岩气储层特征研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 1073-1086.
- [12] Ross D J K, Bustin R M. Characterizing the shale gas resource potential of devonian mississippian strata in the Western Canada sedimentary Basin; application of an integrated formation evaluation[J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(1): 87-125.
- [13] 程晓玲. 粘土矿物转化与储层孔隙演化的规律性研究: 以苏北盆地台兴油田阜三段储层为例[J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(1): 43-45.
- [14] LOUCKS R G, REED R M, RUPPEL S C, et al. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive classification for matrix-related mudrock pores[J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(6): 1071-1098.
- [15] 王行信, 周书欣. 泥岩成岩作用对砂岩储层胶结作用的影响[J]. 石油学报, 1992, 13(4): 20-30.
- [16] 曾联波, 漆家福, 王永秀. 低渗透储层构造裂缝的成因类型及其形成地质条件[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 52-56.
- [17] 周勇, 纪友亮, 张善文, 等. 胶莱盆地莱阳凹陷莱阳组低渗透砂岩储层特征及物性控制因素[J]. 石油学报, 2011, 32(4): 611-620.
- [18] 刘成林, 朱筱敏, 朱玉新, 等. 不同构造背景天然气储层成岩作用及孔隙演化特点[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(6): 746-753.
- [19] 王艳忠, 操应长. 车镇凹陷古近系深层碎屑岩有效储层物性下限及控制因素[J]. 沉积学报, 2010, 28(4): 752-760.
- [20] 李忠, 费卫红, 寿建峰, 等. 华北东濮凹陷异常高压与流体活动及其对储集砂岩成岩作用的制约[J]. 地质学报, 2003, 77(1): 126-134.

Reservoir Property and Control Factors of Shale Gas of Dawuba Formation, Lower Carboniferous in South Guizhou

— with Changye No.1 reservoir as an Example

AN Ya-yun, FU Hong-bin, CHEN Hou-guo, HE Yong-zhong, LU Shu-pan, PAN Ying-juan

(Guizhou Academy of Geologic Survey, Guiyang 550005, Guizhou, China)

[Abstract] In Dawuba formation of Lower Carboniferous in south Guizhou, the pores of shale gas reservoir include follows primary intergranular pore, geode, Organic matter pore, clay mineral micropore, corrosion hole and fracture. The micropore structure has the characteristics of thin pore throat, bad separation and thin flexure, its features include big surface, middle pore volume, low porosity and low permeability. The total organic carbon content of mud rock (shale) is 0.82% to 3.16%, the vitrinite reflectivity of organic matter is 2.13% to 3.27%, the average content of clay mineral is 43.4%. The organic abundance, clay mineral content, diagenetic evolution and tectonism are the main factors which control the shale gas reservoir of Dawuba formation.

[Key words] Changye No. 1; Dawuba formation; Shale gas; Reservoir; Property feature; Controlling factors