

引用格式: 卢树藩,何犇,杜胜江. 黔南代页1井下石炭统打屋坝组页岩气地质条件及勘探前景[J]. 中国地质调查,2016,3(4): 6-11.

黔南代页1井下石炭统打屋坝组页岩气地质条件及勘探前景

卢树藩,何犇,杜胜江
(贵州省地质调查院,贵阳 550018)

摘要: 近年来发现黔南地区下石炭统打屋坝组发育厚度较大的黑色页岩层,该地层已经成为黔南地区重要的页岩气目标地层。为进一步了解该地层的页岩气参数,评价其页岩气勘探潜力,对代页1井打屋坝组黑色页岩进行观察和取样分析,显示该井打屋坝组黑色页岩钻厚为80 m,总体为一套深水陆棚相沉积;干酪根显微组分以腐泥组、壳质组和镜质组为主,I型—Ⅲ型干酪根均有发育,有机碳(TOC)含量主要分布在1.5%~3.3%之间,镜质体反射率(R_o)为2.15%~2.66%;矿物组成以石英、黏土矿物为主,脆性矿物(不含方解石)含量在35%~64%之间;含气量在0.49~4.97 m³/t之间,平均为2.20 m³/t。通过露头剖面观察,显示黔南下石炭统打屋坝组黑色页岩厚度均较大,代页1井含气量较高,有机地化、储集物性参数较好,反映打屋坝组具有良好的勘探前景,可进一步加强该地层的基础地质、页岩储层改造和页岩气富集规律研究工作。

关键词: 黔南;打屋坝组;黑色页岩;有机地化;含气性

中图分类号: P618.13; TE132.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2016)04-0006-06

0 引言

2012—2013年,贵州省开展了全省页岩气资源评价工作,确定了全省的页岩气目标地层。该工作在黔南地区首次调查发现下石炭统打屋坝组发育厚度较大的黑色页岩,是黔南地区重要的页岩气目标地层之一。2014年“中上扬子海相含油气盆地油气地质综合调查”的子项目——“罗甸—水城地区页岩气资源远景调查”,在黔南针对下石炭统打屋坝组实施了一口页岩气调查井,该井位于黔南凹陷贵定SN向褶皱带,地理位置属于贵州省长顺县代化镇,因此命名为代页1井。该井开孔地层为晚石炭统南丹组,目标地层为下石炭统打屋坝组黑色页岩,终孔井深712.8 m。该井是黔南地区针对下石炭统打屋坝组实施的为数不多的调查井之一,通过该井为黔南地区该地层的页岩气地质条件和勘探潜力提供了重要参考资料,因此,本文通过对该

井岩心进行观察,对有机碳(TOC)含量、镜质体反射率(R_o)、有机质类型、矿物组成、含气性等取样分析,对资料进行系统整理,立足于本调查井,初步评价该井下石炭统打屋坝组页岩气地质条件及勘探前景。

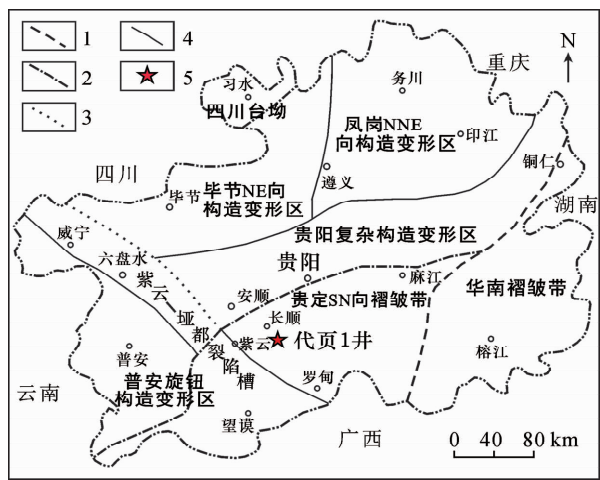
1 地层特征

代页1井(图1)下石炭统打屋坝组埋深在448~643 m,钻厚为195 m,上覆地层为上石炭统南丹组薄—中厚层含燧石泥晶灰岩,岩石较为完整、致密,厚度大于300 m。下伏地层陆化组为一套深灰色、灰色泥质灰岩,厚度约为38 m,岩石相对致密而完整(图2)。

打屋坝组可分为3段,具体分层特征如下:

第一段为井深448~520 m,钻厚32 m,岩性为一套黑色页岩夹深灰色薄层硅质岩,为浅—深水陆棚相沉积,黑色页岩页理极为发育,岩石非常破碎。

收稿日期: 2015-12-03; 修订日期: 2016-04-20。
基金项目: 中国地质调查局“罗甸—水城地区页岩气资源远景调查(编号:12120114071501)”和“贵州晴隆地区1:5万页岩气地质调查(编号:12120115102001)”项目共同资助。
第一作者简介: 卢树藩(1984—),男,工程师,主要从事页岩气成藏调查研究工作。Email: 394707498@qq.com。



1. 一级单元界线; 2. 二级单元界线; 3. 三级单元界线;
4. 四级单元界线; 5. 井位位置

图 1 代页 1 井位置图^[1]

Fig.1 Locations of Daiye -1 well in Guizhou Province^[1]

本段硅质岩含量在 5% ~ 50% 之间,局部可大于 50%,从上向下逐渐减少。本段钻取新鲜泥岩岩心见少量气泡。

第二段为井深 520 ~ 600 m,钻厚为 80 m,为打屋坝组最集中的泥岩段,见黑色页岩夹少量灰黑色薄层钙质泥岩、泥灰岩及硅质岩,夹层含量一般小于 10%,为一套深水陆棚相沉积。本段钻取新鲜泥岩岩心普遍冒泡,浸水试验见强烈冒泡,岩心风干外表见发育大量气孔(图 3)。

第三段井深为 600 ~ 643 m,钻厚为 43 m,本段岩性较为复杂,上部夹深灰色、灰黑色泥灰岩,并向下夹层逐渐增多,逐渐变为一套深灰色、灰黑色泥灰岩,为浅水陆棚相沉积。本段上部钻取新鲜泥岩岩心也强烈冒泡,向下逐渐变弱。

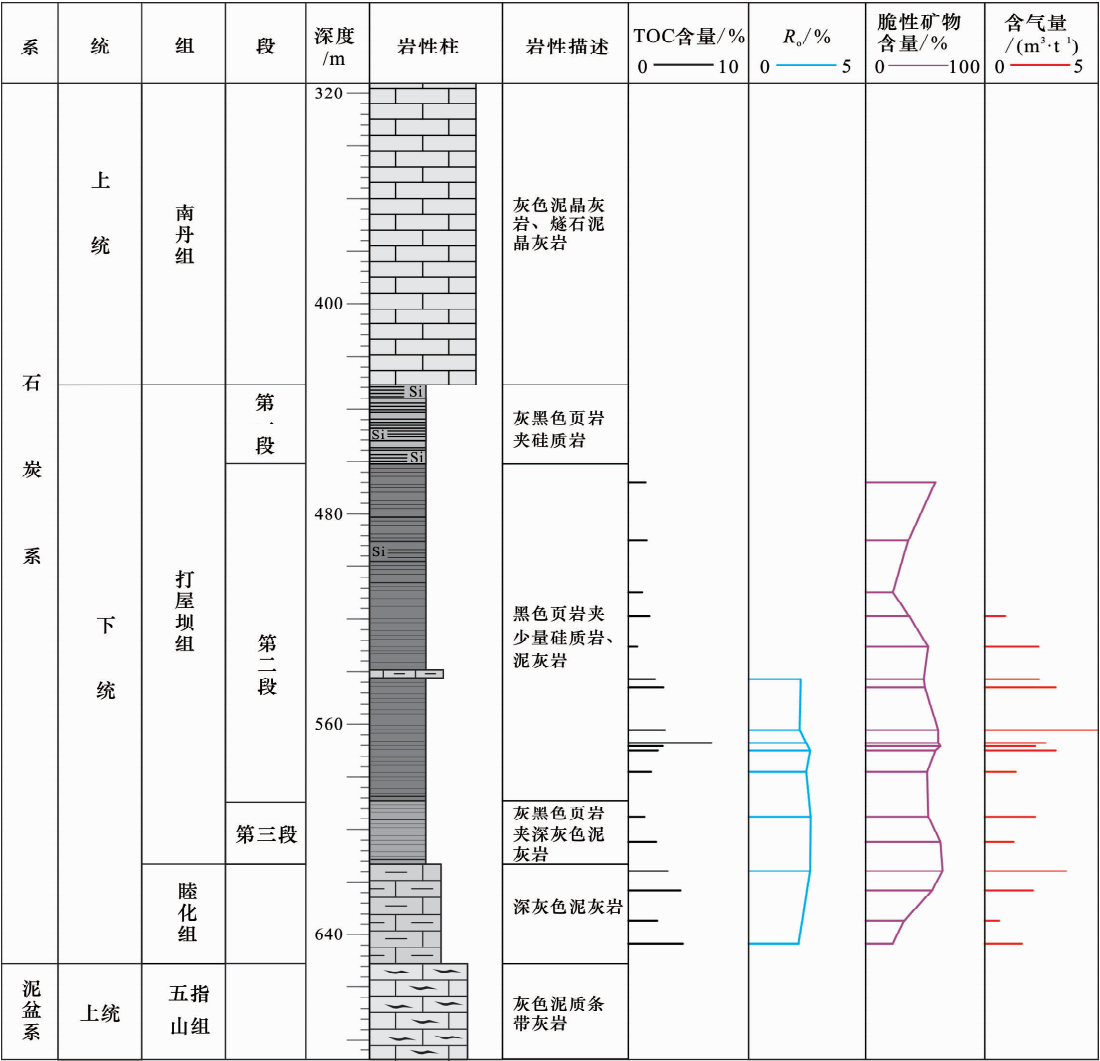


图 2 代页 1 井综合柱状图

Fig.2 Comprehensive column of Daiye -1 well

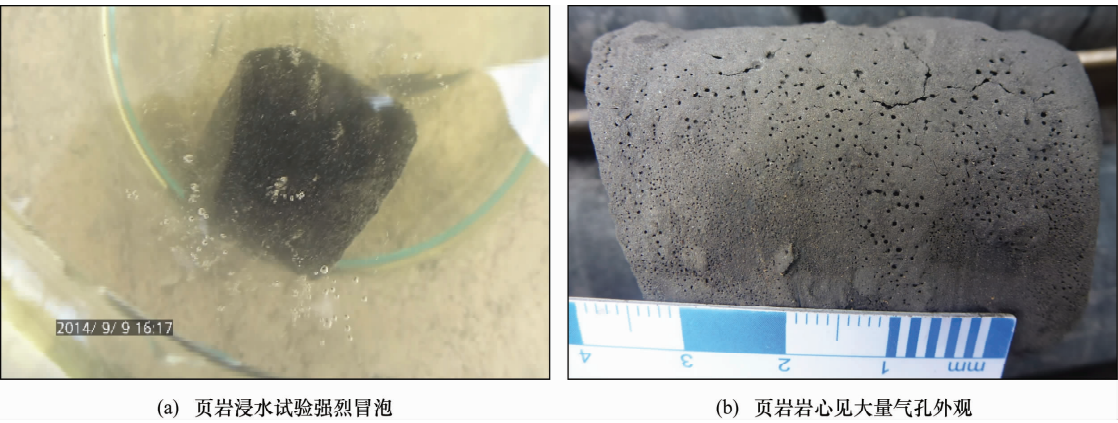


图3 打屋坝组二段页岩气显示照片
Fig.3 Photos of shale gas display about section 2 of Dawuba Formation

通过对黔南下石炭统打屋坝组露头剖面观察，黔南下石炭统打屋坝组主要分布在黔南兴义—盘县—水城—安顺—紫云—长顺—罗甸所围限的范

围内。对打屋坝组观察页岩露头点 5 个，其中①～④观察点为从浅水→深水沉积方向，而④～⑥为平行于沉积方向(图 4)。

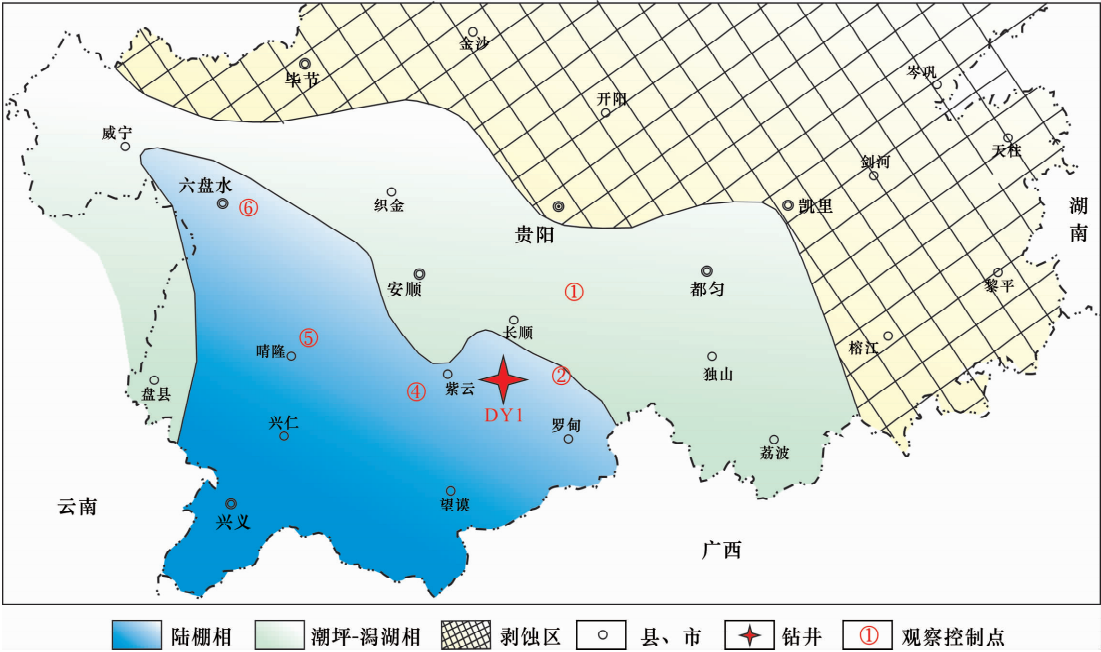


图4 黔南下石炭统打屋坝组沉积相图

Fig.4 Sedimentary facies of Dawuba Formation in Lower Carboniferous of southern Guizhou Province

在①观察点见该地层已经发生相变，地层厚度迅速变薄，下部为厚约 40 m 的灰色石英砂岩夹少量灰黑色页岩，上部为厚度 > 200 m 的泥晶灰岩、燧石泥晶灰岩、白云质灰岩；在②位置见该地层厚度迅速变厚，厚度达到 250 m，其中中上部为一套细砂岩，而顶部为一套深灰色—灰色薄层粉砂岩、泥质粉砂岩，其余均为黑色页岩，页岩厚度约为

200 m；在④位置该地层厚约 245 m，顶部为一套泥灰岩和少量页岩，中部见大量的灰岩，其余地方主要是一套页岩和少量泥灰岩，页岩厚度大于 180 m；在⑤观察点见该地层厚度有所变薄，厚度约为 200 m，中部、顶部均为灰岩，而下部见有部分砂质页岩，其余均为一套黑色页岩，页岩厚度在 150 m 左右；在⑥观察点见该地层厚度也很大，厚度约

250 m,其中中部见泥灰岩夹层,其余均为一套黑色页岩,页岩厚度在 200 m 左右。

总体来看,黔南打屋坝组黑色页岩非均质性比

较明显,纵向上岩性变化也较快,岩性、矿物组成有明显的变化,横向上岩性组合特征差异也较大(图 5)。

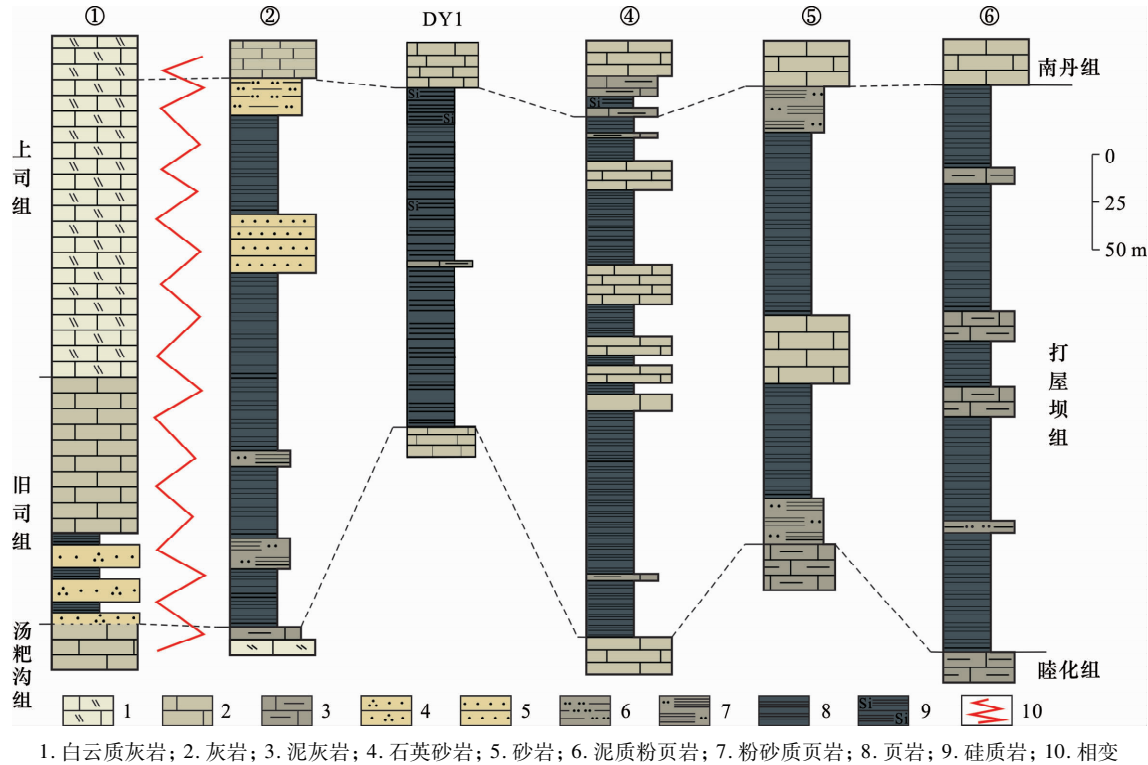


图 5 黔南打屋坝组观察点地层对比图

Fig.5 Stratigraphic correlation diagram of observation points in Dawuba Formation of southern Guizhou Province

2 有机地球化学特征

2.1 TOC 含量

有机质丰度是页岩气的形成源,也是页岩气的重要赋存空间^[2]。因此,有机质丰度是页岩气地质评价的最基本参数。取样分析 TOC 含量显示(表 1),代页 1 井打屋坝组黑色页岩 TOC 在 0.75% ~6.93% 之间,一般在 1.50% ~3.30% 之间,平均为 2.63%,总体有机碳(TOC)含量较高。其中小于 2% 的样品主要集中在 530 m 以上的样品,从岩性段上对比,总体属于打屋坝组第三段。542 m 至 643 m 之间 TOC 含量均较高,总体属于第一段和第二段,也反映了打屋坝组黑色页岩从上向下 TOC 含量有逐渐增高并稳定的特征。

2.2 成熟度

成熟度主要采用镜质体反射率的方法来分析,

该方法应用广泛,具有较好的可对比性^[3]。镜质体反射率分析显示(表 1),该井打屋坝组黑色页岩 R_o 在 2.15% ~2.66% 之间,平均为 2.43%,总体偏差不大,纵向上没有明显的变化趋势,处于过成熟演化阶段。

2.3 有机显微组分

前人在有机质类型分析上,常用有干酪根的显微组分、H/C 和 O/C 原子比交会图对干酪根类型进行划分^[4]。鉴于代页 1 井页岩演化程度较高,采用干酪根显微组分分析方法效果更好。

对代页 1 井打屋坝组岩心碳质页岩干酪根显微组分分析显示,打屋坝组干酪根显微组分复杂,以腐泥组、壳质组和镜质组为主(表 1),含少量的惰质组,其中不同样品不同组分含量偏差较大,腐泥组含量在 0% ~95% 之间,从上向下含量有逐渐降低的趋势,壳质组含量在 5% ~61% 之间,纵向上无明显的变化趋势,镜质组含量在 0% ~43% 之间,

表 1 代页 1 井打屋坝组分析数据
Tab.1 Analysis data of Dawuba Formation of Daiye - 1 well

取样深度/m	有机碳 (TOC) 含量/%	镜质体反射率 R_o /%	干酪根显微组分含量/%				干酪根类型	主要矿物含量/%		脆性矿物含量/%	含气量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)
			腐泥组	壳质组	镜质组	惰质组		石英	黏土矿物		
468.00	1.45							50	34	59	
490.00	1.54	—	—	—	—	—	—	33	10	36	
509.87	1.16	—	—	—	—	—	—	22	21	23	0.49
519.11	1.78	2.40	89	10	1	0	I	33	31	37	0.91
530.45	0.75	—	—	—	—	—	—	40	38	53	2.37
542.76	2.25	2.25	34	61	4	1	II ₁	37	48	49	2.41
545.74	2.92	—	—	—	—	—	—	30	40	50	3.13
562.23	3.05	2.19	95	5	0	0	I	49	33	61	4.97
567.04	6.93	2.47	56	38	4	2	II ₁	49	29	61	2.69
568.14	2.87							49	23	63	2.22
569.80	2.46	2.65	15	48	31	6	II ₂	45	30	59	3.13
578.15	1.93	2.48	20	49	26	5	II ₂	45	38	52	1.39
595.21	1.37	2.66	—	—	—	—	—	47	41	53	2.24
604.59	2.32	—	—	—	—	—	—	50	25	63	1.27
615.65	3.31	2.65	0	35	43	22	III	49	25	65	3.59
623.16	4.36	—	—	—	—	—	—	46	25	56	2.14
634.44	2.41	—	—	—	—	—	—	30	8	33	0.65
643.50	4.53	2.15	56	44	0	0	II ₁	20	9	23	1.65

注：测试分析由四川省科源工程技术测试中心完成。

总体从上向下略有降低的趋势,惰质组含量在 0% ~ 22% 之间,也具有相似的变化特征。采用类型指数 ($T_1 = (\text{类脂组含量} \times 100 + \text{壳质组含量} \times 50 - \text{镜质组含量} \times 75 - \text{惰质组含量} \times 100) / 100$) 来划分干酪根类型^[5],并将干酪根类型划分为 I 型、II₁型、II₂型和 III 型。分析结果揭示该井打屋坝组 I 型—III 型干酪根均有,从上往下,由 I 型向 III 型干酪根变化的趋势。

3 矿物组成

针对代页 1 井打屋坝组有机质页岩进行的采样分析结果(表 1)表明,代页 1 井打屋坝组碳质页岩主要由石英和黏土矿物组成,其中黏土矿物含量 8% ~ 48%,平均为 28%;石英含量在 22% ~ 50%,平均为 40%,两者之和在 37% ~ 88% 之间,平均达 68.5%。除了以上 2 种矿物外,还含有一定量的方解石、铁白云石和黄铁矿以及少量的石膏和菱铁矿。其中部分方解石含量较高,局部可达 60% 左右。总体上页岩样品中石英、长石、黄铁矿等脆性矿物含量在 35% ~ 64% 之间(不含碳酸盐岩),其中脆性矿物含量大于 50% 的样品达 11 件,占碳质页岩样品的 73%。纵向上页岩从上到下,脆性矿物

含量向下逐渐增高然后再下降的特征,方解石在顶部、底部含量较高,这与打屋坝组第一段、第三段灰岩夹层较多的沉积特征相吻合。

4 含气性分析

含气性分析数据主要由钻井岩心现场解析方法获得,其中现场解析方法获得的含气量数据最为直接,也相对较为可靠,这也是本文采用的含气性获取方法。

代页 1 井现场解吸选用毛管法页岩含气量测试仪,该仪器由中国地质大学(北京)研发,主要利用毛细管原理进行页岩含气量测定^[6]。通过对打屋坝组岩心获取的解吸得到打屋坝组总含气量在 0.49 ~ 4.97 m^3/t 之间,平均为 2.20 m^3/t ,一般在 1 ~ 3.6 m^3/t 之间(表 1)。其中打屋坝组总含气量低于 1 m^3/t 的样品有 3 件,占总样品的 19%,主要分布在 520 m 以浅的深度范围内,其余井段仅少量样品出现含气量偏低的情况;总含气量大于 1 m^3/t 的样品占 80% 以上,其中 11 件大于 2 m^3/t ,占总数的 69%。其中在 520 ~ 623 m 都是含气量大于 2 m^3/t 的主要集中井段。在 520 m 以浅,气体含量随着钻井的加深含气量有明显增高的特征,说明含气量受深度的

影响明显。但总体显示,在超过 520 m 深度,打屋坝组黑色页岩含气量较高,也较为稳定。

5 结论

通过对黔南代页1井下石炭统打屋坝组页岩气地质条件进行梳理,结合区域露头资料,分析黔南地区下石炭统打屋坝组厚度较大,黑色页岩段厚度均大于 80 m,页岩所占比例在 80% 以上;黑色页岩有机地球化学条件优越,脆性矿物含量较高;尽管代页1井井深较浅,但仍然获得了良好的含气显示,打屋坝组含气量在 0.49 ~ 4.97 m³/t 之间,平均达 2.20 m³/t,含气量较高。综合代页1井有机地化、含气性等参数,与美国页岩气产气盆地页岩地质条件相当^[7],初步认为该地层具有较好的页岩气勘探前景。当然,黔南地区下石炭统打屋坝组页岩气地质勘探工作程度还较低,黑色页岩发育的有利

相带、页岩气富集规律不清,仍需进一步加强该地区页岩气调查、勘探工作,圈定有利的页岩气勘探区域,指导下一步页岩气的勘探开发工作。

参考文献:

- [1] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987:556-557.
- [2] 李新景,胡素云,程克明. 北美裂缝性页岩气勘探开发的启示[J]. 石油勘探与开发,2007,34(4):392-400.
- [3] Dow W G. Kerogen studies and geological interpretations[J]. Journal of Geochemical Exploration,1977,7:77-79.
- [4] 涂建琪,王淑芝,费轩冬. 干酪根有机质类型划分的若干问题的探讨[J]. 石油实验地质,1998,20(2):186-191.
- [5] 曹庆英. 透射光下干酪根显微组分鉴定及类型划分[J]. 石油勘探与开发,1985(5):14-23.
- [6] 唐颖,张金川,刘珠江,等. 解吸法测量页岩含气量及其方法的改进[J]. 天然气工业,2011,31(10):108-112.
- [7] Curtis J B. Fractured shale-gas systems[J]. AAPG Bulletin,2002,86(11):1921-1938.

Geological conditions and exploration prospect of shale gas in Dawuba Formation of Lower Carboniferous of Daiye-1 well in southern Guizhou Province

LU Shufan, HE Ben, DU Shengjiang
(Geological Survey of Guizhou Province, Guiyang 550018, China)

Abstract: Recent studies have shown that the black shale in Dawuba Formation of Lower Carboniferous is widely distributed in southern Guizhou Province. The formation with black shale has become an objective layer of shale gas exploration in this area. In this study, the black shale samples in Dawuba Formation of Daiye-1 well are analyzed to obtain some crucial parameters of shale gas and evaluate exploration potential. The results show that, firstly, the sedimentary environment of Dawuba Formation is mainly deep sea shelf and the thickness of black shale is 80 m; secondly, kerogen maceral is mainly sapropelinite, exinite and vitrinite. The kerogen type of Dawuba Formation is dominated by type I to type III. The TOC content of black shale in Dawuba Formation is 1.5% - 3.3% and the R_o ranges from 2.15% to 2.66%; thirdly, quartz and clay minerals are the dominant minerals in the black shale, and the content of brittle minerals (calcites not contained) ranges from 35% to 64%; finally, the shale gas content of field measurement is between 0.49 m³/t and 4.97 m³/t with the average value of 2.20 m³/t. Meanwhile, the Dawuba Formation with great thickness has good gas content, organic geochemical index and reservoir potentiality by field investigation and laboratory tests. Furthermore, the black shale of Dawuba formation has good exploration prospects, so it is significant to further investigate the basic geology, shale reservoir exploitation and shale gas regularity.

Key words: southern Guizhou Province; Dawuba Formation; black shale; organic geochemistry; gas content

(责任编辑: 刘永权)