

页岩气综合评价分析

——以四川盆地川南地区为例

原梅香 杜文全

(中石化经纬有限公司 西南测控公司, 四川 绵阳 621000)

摘要 社会经济的发展推动了对能源需求的增长,页岩气作为非常规油气藏的重要组成部分,已经成为了当前的重点研究内容。我国在页岩气研究上起步较晚,还有着巨大的成长空间。历经10余年的探索和发展,中国南方地区已全面进入海相页岩气规模效益开发阶段,本文通过对五峰组-龙马溪组页岩进行研究,结合相关标准建立沉积特征、生烃潜力、储集性、含气性和可压裂性综合评价标准,为页岩气的开发提供依据。

关键词 页岩气 页岩沉积 页岩生烃潜力

中图分类号:TE1

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2021)12-0030-02

1 中国页岩气发展

中国页岩气起步较晚,受北美页岩气成功勘探开发影响,从2002年开始关注页岩气,仅用6年时间就实现了年产100亿方,到2020年已经实现3500m以浅地层年产200亿方的历史性跨越。^[1]四川盆地海相页岩气勘探开发取得重大突破,建设了四川长宁-威远、昭通、重庆涪陵等国家级页岩气示范区,推动页岩气规模化开发。

川南页岩气开发区块主要有威荣、荣昌-永川以及丁山区块。主要的开发层系为海相深水陆棚相上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组龙一段页岩层段,优质页岩厚度大,横向分布稳定。龙马溪组细分为龙一、龙二、龙三段,龙一段又分为三个亚段,进一步将五峰组-龙马溪组一段细分出①-⑨号小层,油气显示主要集中在底部五峰组和龙一亚段,特别是底部①-⑤小层中。

2 综合评价

根据相关研究成果及地质标准,结合目前实钻情况,从沉积特征、生烃潜力、储集性、含气性、可压裂性等几个方面对页岩气进行评价。

2.1 页岩沉积特征评价

页岩岩石相分类是根据硅质(长石+石英)、碳酸盐岩矿物(方解石+白云石)和黏土矿物作为三端元,划分为硅质类、钙质类、黏土类和混合页岩4类。川南五峰组-龙马溪组页岩主要分为6个基本类型(其中硅质页岩、笔石页岩和页岩合称为页岩岩石相)。然后根据碳质、脆性矿物及古生物(笔石)标志进一步定名(表1)。川南地区页岩气高产层主要富集于五峰组-龙马溪组一段底部富碳(高碳)高脆页岩相中,主要是①-⑤小层,⑥-⑨主要为中碳到含碳、高脆到中脆,总体上从上到下碳质含量、脆性矿物、笔石含量逐渐增加,黏土质减少。

2.2 页岩生烃潜力评价

研究认为,较高的有机质丰度、较好的有机质类型和适当的热演化程度是形成具有商业价值页岩气藏的必备条件。

2.2.1 有机质丰度

对高一过成熟页岩应使用总有机碳含量(TOC)作为有效评价指标,同时结合富有机质页岩厚度来评价,TOC>1%有效厚度以30m、15-30m、<15m,对应有机碳含量 $\geq 4\%$ 、2-4%、<2%评价为I、II、III类。川南地区五峰组-龙马溪组一段含气页岩厚度大约80-100m,其中优质页岩段主要分布在下部30-40m范围内,黑色页岩有机碳含量值多在1.5-3%之间,在荣昌-永川探区为1-8%,威远-荣县探区为3.5-6.5%,总体含量较高。具备形成商业油气聚集的有效气源岩的有机碳含量和储层厚度条件。

2.2.2 有机质类型

采用干酪根类型指数TI计算公式进行划分,I、II₁、II₂、III干酪根值域、生油气类型、有机质分类分别对应TI>80(生油,腐泥型)、40-80(生油、气,混合型)、0-40(生油、气,混合型)、<0(煤、气,腐植型)。其中I、II型是页岩生气的主要类型。川南地区志留系为海相沉积,生物组合主要为低等水生动物和菌藻植物,有机质类型主要由动物、低等水生浮游生物和藻类等,干酪根主要为腐泥型,威远地区、永川地区主要为I型干酪根,少量II₁型。

2.2.3 有机质成熟度

判别页岩有机质成熟度的技术最为基础、能够成为共识的是镜质体反射率(R_o),R_o(%)以0.6、1.0、1.3、3划分为未成熟、成熟、高成熟和过成熟,0.6-1.3%为成油阶段,过成熟又分为早、中、晚期,早期(1.3-2.0)成凝析油-湿气,中(2.0-3.0)、晚期(>3.0)主要为干气。区域上,大川南地区龙马溪组页岩有机质R_o一般在1.5-3.3%之间,均达到了成熟-过成熟阶段。荣昌-永川探区为2.5-3%,威远-

表1 川南五峰组-龙马溪组岩石相分类

岩性基本分类 (组分含量%)	10≤X<25	25≤X<50	X>75	25≤X、Y<50	25≤X、Y、Z<50
	含X质页岩	X质页岩	X页岩	X质Y质页岩	混合页岩
岩石相类型	页岩、灰质页岩、含粉砂质、粉砂质、泥质粉砂岩、泥质灰质页岩岩石相				
碳质(%)	≥3 富碳	2-3 高碳	1-2 中碳	<1 含碳	
脆(硅)质(%)	≥50 高脆	40-50 中脆		<40 低脆	
注: 岩石相类型以岩性分类为基础加碳质、脆性矿物定名, 例如高碳高脆页岩相。					

表2 龙马溪组页岩气储层综合评价参数表

评价分类	评价单因素						
	TOC (%)	含气量 (m ³ /t)	孔隙度 (%)	硅质含量 (%)	粘土含量 (%)	最小水平应力 Mpa	层理缝
I类	>4	>4	>6	>50	<30	<70	发育-极发育
II类	2~4	2~4	4~6	40~50	30~50	70~100	较发育
III类	<2	<2	2~4	<40	>50	≥100	欠-较发育

荣县探区为2-3%, 有机质演化程度适中。

2.3 页岩储集性评价

页岩储层主要为微纳米孔隙结构特征, 有机质孔隙和黏土矿物层间微孔隙为页岩基质孔隙的主要贡献者。威远、永川地区龙马溪组页岩储集空间类型丰富, 基质孔隙发育, 见有机质孔、粘土矿物晶间孔、黄铁矿晶间孔、粒间孔等, 亦见较多微裂缝。纵向自上而下, 有机质孔逐渐增加, 粘土矿物孔逐渐降低。(孔隙度评价标准见表2)川南地区五峰组-龙马溪组龙一段孔隙度为2.31-5.44%, 平均3.9%, 威远地区为2.73-8.75%, 总体分布于2-5%的范围, 自上而下孔隙度变高。页岩渗透率相差甚大, 可达几个数量级的差异, 据北美地区页岩气开发经验, 认为基质渗透率大于10⁻⁹um²时页岩气藏具有经济可采价值。

2.4 含气性评价

针对海相页岩气, 含气量>2m³/t, 含水饱和度<40%, 地层压力常压-超压为页岩储层有利区段。威远、永川龙马溪组一段-五峰组总共可以划分为3类, ①-③号小层含气量两探区评价为I类, ④号小层以上为II类, 自上而下含气量逐渐增加。

2.5 页岩可压裂性评价

影响页岩可压裂性因素主要有矿物组分、天然裂缝、地应力、构造形态、埋深、温度及压力等。^[2]综合认为页岩中脆性矿物如石英、长石、碳酸盐等矿物的含量越高, 页岩的脆性越强, 在压裂过程中更易形成裂缝; 各种构造弱面发育, 页岩储层的可压裂性较好; 地应力大小和方向也是压裂方案设计的重要参考依据, 根据以上分析建立综合评价参数(表2)。

以四川盆地五峰组-龙马溪组页岩层系为代表的涪陵、长宁、威远、昭通等页岩储层普遍具埋深适中(4500m以浅)、岩石脆性大、构造变形弱、层理缝发育、应力环境适中等特点。优质页岩矿物组成整体上表现出中-高脆性矿物、中-低粘土矿物特征。威远为中硅较高碳酸盐低粘土, 永川为高硅中粘土。

3 结论

页岩有别于常规储层, 其既是烃源岩, 也是储集层, 是集生、储、盖、运、聚于一体的地质体。川南地区页岩气有如下特征: 页岩气高产富集于底部页岩中、沉积亚相为深水陆棚亚相, 干酪根类型为I型、少量II₁型, 有机质达到成熟-过成熟阶段, 总体为高碳-富碳特征, 生烃潜力大。从上到下具有明显特征, 颜色变深, 有机质含量、硅质含量逐渐增加、孔隙度变高、古生物化石逐渐增加, 粘土矿物逐渐减少, 含气性变好。研究建立川南页岩沉积特征、生烃潜力、储集性、含气性以及可压裂性综合评价指标, 为实际生产提供划分依据。目前川南海相页岩气3500m以浅地层已经形成规模开发, 以深地层也已经取得了重大突破, 已逐步在川南地区建成万亿立方米储量、千亿立方米产量的页岩气大气区。

参考文献:

- [1] 郭洪金. 页岩气地质评价技术与实践[M]. 北京: 中国石化出版社, 2020.
- [2] 王湘君. 页岩气开发技术研究[J]. 中国化工贸易, 2017, 09(04): 91.