

# 黔西六盘水杨梅树发现工业级煤层气

单衍胜<sup>1</sup> 毕彩芹<sup>1</sup> 张家强<sup>1</sup> 李锋<sup>1</sup> 王福国<sup>2</sup> 李惠<sup>2</sup>

(1.中国地质调查局油气资源调查中心,北京100083;2.中煤地质工程总公司,北京100049)

Industrial grade coalbed methane findings in Yangmeishu syncline, Liupanshui area, western Guizhou

SHAN Yansheng<sup>1</sup>, BI Caiqin<sup>1</sup>, ZHANG Jiaqiang<sup>1</sup>, LI Feng<sup>1</sup>, WANG Guofu<sup>2</sup>, LI Hui<sup>2</sup>

(1.Oil and Gas Survey Center, China Geological Survey Bureau, Beijing 100083, China; 2.China Coal Geology Engineering Corporation, Beijing 100049, China)

## 1 研究目的(Objective)

贵州省是中国南方最大的煤层气资源富集区,以六盘水地区最为丰富。前人重点对该区开展了煤层气地质条件研究和少量的排采试验,认为区内煤层气主要赋存在现今残留的22个单式或复式向斜中,资源潜力大但后期改造强烈、控气构造类型多变、煤层多而薄,储层物性变化大,单井产量低、经济效益差,致使地方政府和相关企业对区内煤层气经济开发信心不足。近年来,中国地质调查局开展六盘水公益性煤层气地质调查和工程技术攻关,部署实施煤层气参数井,优选有利煤储层进行压裂改造与排采产气测试,获取中高煤阶煤储层评价和产能评价参数,分析富集成藏条件、探索贵州构造复杂带多薄煤层的压裂排采工艺技术,力争实现单井稳产工业气流,带动贵州地区煤层气产业发展。

## 2 研究方法(Methods)

通过对区内发耳、鸡场等上二叠统龙潭组煤系地质剖面实测及32口煤炭钻孔和2口煤层气地质调查井资料,优选杨梅树向斜东斜坡为煤层气富集目标区,部署实施该构造区内第一口煤层气参数井——杨煤参1井。基于该井实钻认识及煤岩样品测试数据,使用综合筛析法对比煤岩煤体结构、煤层含气量、临界解析压力、渗透率、储层压力等影响煤层气富集及产气效果的关键参数,综合评价并优选优质高产储层进行分段水力压裂改造与合层排采产气测试,探索建立构造复杂区多薄煤层压裂与排采适配性工艺技术,着力提高煤系纵向资源动用规

模和单井产气量。

## 3 研究结果(Results)

杨煤参1井位于黔西、滇东、川南晚二叠世上扬子聚煤沉积盆地残留复式向斜——杨梅树向斜东翼,地层倾角11~22°,全井段钻录上二叠统龙潭组可采煤层16.42m/11层,分别为3#、5<sup>-2</sup>#、5<sup>-3</sup>#、7#、8#、13<sup>-1</sup>#、13<sup>-2</sup>#、14#、15<sup>-2</sup>#、16#、17#煤;单层厚度0.77~2.66 m;煤以原生块状结构为主,局部夹碎裂煤;煤岩宏观组分以半暗煤-暗煤为主,亮煤少量。显微组分镜质组含量61.14%~76.03%,惰质组含量23.97%~38.15%,利于煤层气的生成与储集。煤岩 $R_{o_{max}}$ 介于1.51%~1.93%,为中等变质程度的贫瘦煤;煤层工业测试分析水分0.69%~1.62%,灰分6.91%~31.74%,硫分0.49%~1.02%,挥发分14.91%~21.09%,发热量24.06~32.89 MJ/kg,属于低-特低水、低-中灰、低-中硫、中-低挥发分、中高发热量煤。等温吸附测试空气干燥基解吸气量为20.36~26.36 m<sup>3</sup>/t,兰氏体积16.74~22.53 m<sup>3</sup>/t,兰氏压力0.79~1.60 MPa,临界解析压力4.33~4.79 MPa,临储比0.62~0.84;孔隙度5.42%~6.51%,渗透率0.07~0.35 mD;储层压力5.91~6.95 MPa,压力系数0.93~1.20,为稍超压储层压力条件,煤层破裂压力9.00~24.9 MPa,闭合压力8.35~14.92 MPa,有利于储层压裂改造。

基于煤岩煤体结构、含气量、渗透率、储层压力等影响煤层气富集及产气效果的关键参数,综合评价13<sup>-2</sup>#、7#、5<sup>-2</sup>#为优质产层,15<sup>-2</sup>#、17#为良好产层。优选13<sup>-2</sup>#煤(657.07~659.00 m)、7#煤(635.87~

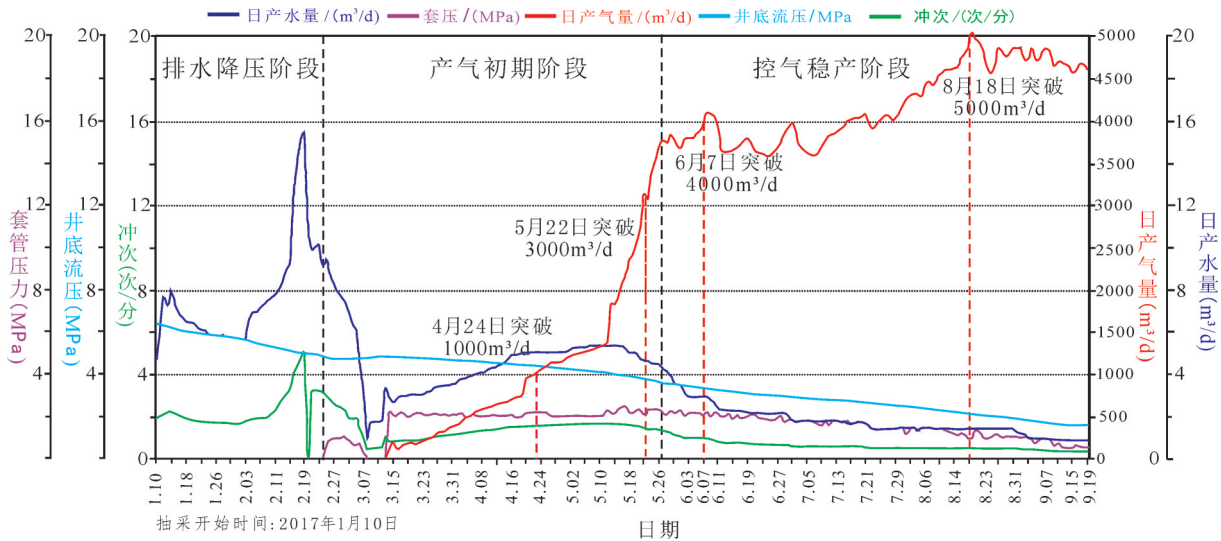


图1 杨煤参1井排采曲线

Fig.1 YMC-1 drainage curves of Yangmeishu syncline

637.70 m)、5<sup>-2</sup>#煤(596.35~599.01 m)开展分段水力压裂改造,探索使用“大排量、大砂量、中砂比、多级段塞、阶梯式加砂”压裂工艺,施工排量8.1~9.2 m<sup>3</sup>/min,砂比15%,层段平均加砂量32.5 m<sup>3</sup>,层段平均用液量893.5 m<sup>3</sup>。微地震裂缝监测显示,煤储层压裂缝高10.8~12.6 m,缝宽31.4~35.6 m,裂缝东西两翼总长度218.4~249.2 m,裂缝影响体积12.6×10<sup>4</sup>~16.2×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,表明储层改造效果良好。

本井2017年1月10日开始合层排采测试,针对煤产层具有含气饱和度高、渗透性好、游离气丰富等特点,以保护储层排采通道、减少储层伤害、获得最佳产量为原则,先后经历初期排水降压、产气上升,控气稳产3个阶段(图1);于2月24日产气见套压,4月24日,日产气突破1000 m<sup>3</sup>,达到工业气流;6月9日,日产气突破4000 m<sup>3</sup>;8月18日产量最高达到5011 m<sup>3</sup>/d;目前该井稳产10个月,稳产量3300~4200 m<sup>3</sup>/d,累计产气134.65 m<sup>3</sup>,获得高产稳产工业气流,创贵州单井直井最高日产量和稳产量,实现了煤层气勘查突破,并探索形成适配性压裂和排采工艺技术。

根据本研究最新结果,核算杨梅树地区煤层平均含气量为15.94 m<sup>3</sup>/t,含煤面积为76.43 km<sup>2</sup>,初步估算可采煤层煤层气地质资源量为365.97亿m<sup>3</sup>,为2012年第一轮评价煤层气资源量的7倍,大幅提升了杨梅树地区的资源规模和经济价值。

## 4 结论(Conclusions)

(1)杨煤参1井钻获上二叠统龙潭组可采煤层16.42 m/11层,煤为中煤阶贫瘦煤,原生块状结构,具有含气量和含气饱和度高、孔渗性较好、储层能量高、临界解吸压力高等特征,煤层气富集条件好,煤储层利于压裂改造。

(2)优选13<sup>-2</sup>#、7#、5<sup>-2</sup>#煤3段优质产层开展分段水力压裂改造与合层排采测试,获最高日产量5011 m<sup>3</sup>/d、稳产量3300~4200 m<sup>3</sup>/d高产稳产工业气流,创贵州单井直井最高日产量和稳产量,实现了煤层气勘查突破,并探索形成适配性压裂和排采工艺技术。

(3)根据本研究的最新成果,估算杨梅树地区煤层气地质资源量为365.97亿m<sup>3</sup>,为2012年第一轮评价煤层气资源量的7倍,大幅提升了杨梅树地区的资源规模和经济价值。

## 5 致谢(Acknowledgement)

本文为中国地质调查局项目“黔西川南及东北三江地区煤层气基础地质调查”(121201021000-150014)资助的成果。感谢李玉魁、汤达祯、桑树勋等教授对本研究的指导和启发。

作者简介:单衍胜,男,1976年生,博士,高级工程师,主要从事煤层气、页岩气等非常规油气地质勘探及选区评价工作;E-mail:shanger2018@sohu.com。