# 黔西多煤层气井递进排采与分隔排采工艺探讨

李 鑫,傅雪海,李 刚
(中国矿业大学 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室,江苏 徐州 221116)

**摘 要:** 为了研究黔西多煤层地区递进排采的条件和工艺,提高煤层气井单井产量,基于上二叠统多层叠置含气系统典型煤层气井试井和实测参数,通过设置储层物性变参数序列、定参数序列和基本参数序列,利用 COMET3 软件数值模拟计算了各方案的产气量、产水量,通过定义递进排采 10 年累计产气量与主采层单采累计产气量的比值,得出各含气系统适合递进排采的储层压力、渗透率、含气量、孔隙度的临界差值分别为 1.14 MPa、$1.31\times10^{-3}$ μm$^2$、11.33 m$^3$/t、0.042;递进排采工艺先从下至上套管压裂首排系统和次排系统,系统之间放置封隔器,后排系统采用高能气体处理或其他非压裂改造工艺;设计了多煤层分隔合排工艺,通过增加悬挂套管、连通管实现“气走气路、水走水路”,从而避免层间干扰;数值模拟结果表明,6、16、23 号煤层 10 年内分隔合采累计产气量较递进排采有大幅增加。

**关键词:** 煤层气;排采工艺;递进排采;分隔排采;多煤层地区
**中图分类号:** TE377 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2016)02-0022-05

## Discussion of progressive drainage and separated reservoirs drainage of multiple CBM well in West Guizhou

Li Xin,Fu Xuehai,Li Gang
(*MOE Key Laboratory of Coalbed Methane Resources and Reservoir Formation Process,China University of Mining & Technology,Xuzhou* 221116,*China*)

**Abstract:** In order to research the conditions and technologies during the process of progressive drainage of CBM well,on the basises of well-testing and measured parameters of typical CBM well that contained multiple superposed CBM system of upper Permian series located in West Guizhou,by means of the setting of variable parameter sequences,determined parameter sequences and basic parameter sequences,gas and water production of each scheme were calculated by COMET3.The critical differences' values,including reservoir pressure,permeability,gas content and porosity were 1.14 MPa、$1.31\times10^{-3}$ μm$^2$ 11.33 m$^3$/t、0.042 respectively,by means of defining the ratio between calculated gas production of progressive drainage and main layer drainage only in 10 years.Firstly,drainage gas system and secondly drainage system,between which packer was placed,were fractured in case from lower to upper.However,the final drainage system was treated with high energy gas or other technologies of reservoir reconstruction rather than fracturing.Technology of separated reservoirs drainage,hanging case and communicating tubes were added to separate gas and water in the wellbore,was designed to decline the interlayer interference and improve gas production in multiple coal seams area.Numerical simulation results showed that calculative gas production of separated reservoirs drainage increased obviously compared with progressive drainage.

**Key words:** CBM; drainage technology; progressive drainage; separated reservoirs drainage; multiple coal seams area

## 0 引 言

多煤层合排是提高煤层气单井产量和延长煤层气井服务年限的主要手段之一[1-4],合层排采普遍存在层间干扰问题[5-11],针对黔西上二叠统多层叠置含煤层气系统,有学者曾提出了递进排采的设想[12]。递进排采的条件是什么?递进排采工艺怎样实现?黔西上二叠统煤层薄,无论是单煤层排采、

**收稿日期:** 2015-10-18;**责任编辑:** 曾康生 **DOI:** 10.13199/j.cnki.cst.2016.02.004
**基金项目:** 国家科技重大专项资助项目(2011ZX05034-004)
**作者简介:** 李 鑫(1990—),男,山西晋城人,博士研究生。E-mail:lixinwakd@163.com
**引用格式:** 李 鑫,傅雪海,李 刚.黔西多煤层气井递进排采与分隔排采工艺探讨[J].煤炭科学技术,2016,44(2):22-26.
Li Xin,Fu Xuehai,Li Gang.Discussion of progressive drainage and separated reservoirs drainage of multiple CBM well in West Guizhou[J].Coal Science and Technology,2016,44(2):22-26.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

还是多煤层合层排采,煤层气产量均不高,有没有其它排采方法? 基于此,作者通过数值模拟的方法,对适合递进排采的储层物性参数范围进行了模拟,对递进排采工艺进行了初步设想,并提出了多煤层分隔合排、增加煤层气单井产量的新思路,以期为多煤层地区煤层气开发提供技术支持。

## 1　多层叠置含煤层气系统

黔西上二叠统龙潭组,整体上为一套海陆交替相沉积地层,X2 井位于黔西比德-三塘盆地珠藏向斜地区,该区煤系总厚 276～344 m,共含煤 26～36 层,煤层总厚 21.68 m,可采厚度 14.4 m,煤层平均含气量 15.6 $m^3/t$,煤层气资源丰度 $2.11\times10^8$ $m^3/km^2$,存在多套叠置含煤层气系统[13-18]。可采及局部可采煤层为 6、6-1、7、16、17、20、21、23、27 及 34 号煤层等 10 层(6、16 号煤层是区内主要可采煤层),按储层压力、含气量特征将其分为 3 个含气系统,分别为上部含气系统(Ⅰ号)的 2—6 号煤层、中部含气系统(Ⅱ号)的 7—16 号煤层和下部含气系统(Ⅲ号)的 17—30 号煤层[12]。

## 2　递进排采储层物性参数范围

递进排采产能敏感性分析数值模拟采用的储层物性参数以 X2 井实际排采及试井参数为依据[12]。选取对煤层气井产能影响较大的储层压力、含气量、渗透率、孔隙度、兰氏压力、兰氏体积 6 个储层物性参数[19-20],将参数分为 3 种类型: 变参数、定参数和基本参数。基本参数为所有方案均采用的基本数据(X2 井试井及室内实测资料),其值分别为: 温度 26 ℃,吸附时间 6 d,表皮系数-3.0,甲烷黏滞系数 $1.82\times10^{-5}$ Pa·s,水黏滞系数 $7.3\times10^{-5}$ Pa·s,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号含气系统埋深分别为 255、386、422 m。变参数为各方案要调整的储层物性参数,定参数为除要调整的变参数之外,其他 5 个储层物性参数。采用单因素变量法设置模拟方案,变参数大小调整时,除变参数外其他 5 个储层物性参数取值不变,采用定参数值,同时相应变参数按 5 个方案取值(表 1)。如储层压力为变参数时,其他参数为定参数,Ⅱ号含气系统方案一、二、三的储层压力依次为 2.45、2.95、3.45 MPa,Ⅰ、Ⅲ号含气系统 3 个方案储层压力为定值 1.95 MPa,含气量、渗透率、孔隙度、兰氏体积、兰氏压力参数取值为定参数中的值,分别为 16 $m^3/t$、$3\times10^{-3}$ $\mu m^2$、0.04、35 $m^3/t$、2.5 MPa,以此分析Ⅱ号含气系统储层压力变化时对递进排采产气量的影响; 又如含气量为变参数时,其他参数为定参数,Ⅱ号含气系统方案一、二、三中含气量依次为 20、24、28 $m^3/t$,Ⅰ、Ⅲ号含气系统 3 个方案含气量取值为定值 16 $m^3/t$,渗透率、孔隙度、兰氏体积、兰氏压力参数设置为定参数中的值,分别为 $3\times10^{-3}$ $\mu m^2$、0.04、35 $m^3/t$、2.5 MPa,三个方案的储层压力均采用为试井值,即Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号含气系统储层压力分别为 1.95、2.95、3.04 MPa,以此来分析Ⅱ号含气系统含气量变化时对递进排采产气量的影响。渗透率、孔隙度、兰氏体积、兰氏压力等为变参数时,各方案参数设置依次类推。

表 1　各方案参数

Table 1　Parameters of each scheme

| 分数类型 | 系统 | 储层压力/MPa | 含气量/($m^3\cdot t^{-1}$) | 渗透率/($10^{-3}$ $\mu m^2$) | 孔隙度 | 兰氏体积/($m^3\cdot t^{-1}$) | 兰氏压力/MPa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 变参数 | Ⅰ/Ⅲ(各方案) | 1.95 | 16 | 3 | 0.04 | 30 | 2.5 |
| | Ⅱ(方案一) | 2.45 | 20 | 3.5 | 0.05 | 35 | 3.0 |
| | Ⅱ(方案二) | 2.95 | 24 | 4 | 0.06 | 40 | 3.5 |
| | Ⅱ(方案三) | 3.45 | 28 | 5 | 0.08 | 50 | 4.0 |
| 定参数 | Ⅰ | 1.95 | 16 | 3 | 0.04 | 35 | 2.5 |
| | Ⅱ | 2.95 | 16 | 3 | 0.04 | 35 | 2.5 |
| | Ⅲ | 3.04 | 16 | 3 | 0.04 | 35 | 2.5 |

利用 COMET3 数值模拟软件分析 X2 井Ⅱ号系统与Ⅰ、Ⅲ号系统储层物性差异变大后对递进排采产能的影响。因Ⅱ号系统煤层厚度大、临界解吸压力高[12],设定Ⅱ号系统表 1 参数值大于Ⅰ、Ⅲ号系统。先排采Ⅱ号系统,当储层压力降至 2.02 MPa(Ⅲ号系统产气压力)时,Ⅱ、Ⅲ号系统联合开采,当储层压力降至 1.72 MPa(Ⅰ号系统产气压力)时,同时排采Ⅱ、Ⅲ、Ⅰ三个系统,累计排采 10 年。

为求得参数变化列多大的原因,递进排采方式是适合的和解释产能表现还不如单采的原因,设递

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

进排采累计产气量与主采层(Ⅱ系统)单采 10 年的累计产气量的比值为 $K$,即 $K=Q_{alllj}/Q_{2s}$,其中 $Q_{alllj}$ 为 3 个系统递进排采 10 年的累计产气量,$Q_{2s}$ 为单采Ⅱ号系统 10 年累计产气量,此参数反映了递进排采与主煤层单采的产能状态。$K$ 越大,则说明递进排采产气效果越好于单采Ⅱ号系统,$K$ 越小则说明递进排采层间干扰越严重,递进排采效果越差。考虑到递进排采控制难度大,成本消耗高,递进排采累计产气量要大于主采层单采累计产气量时递进排采煤层气井相对单采才有经济效益,由于目前尚未有实际递进排采井,本次研究做部分工作基础,认为 $K>1.2$ 时,采用递进排采方案;$K<1.2$ 时,采用单采方案。递进排采工程实施后,宜根据递进排采相对于单层排采产生的额外技术费用、劳务费用、材料费用等核算,可用以下公式:$K=1+\Delta E_{alllj}/E_{2s}$ 表示,其中:$\Delta E_{alllj}$ 为递进排采相对于单层排采产生的额外技术费用、劳务费用、材料费用;$E_{2s}$ 为单层排采产生的技术费用、劳务费用、材料费用等。

为了量化计算各因素对 $K$ 的影响,对各参数变化对 $K$ 的影响进行了线性回归分析,得出了各参数变化率(A 组参数:储层压力、渗透率、兰氏体积;B 组:含气量、孔隙度、兰氏压力)与 $K$ 的线性回归方程(图 1),$K>1.2$ 时,采用递进排采方案,得出Ⅱ与Ⅰ、Ⅲ号系统各物性参数的临界差值:储层压力为 1.14 MPa,渗透率为 $1.31\times10^{-3}$ μm$^2$,含气量为 11.33 m$^3$/t,孔隙度为 0.042。当实际参数差值小于此临界差值时,采用递进排采,反之单采Ⅱ号系统。计算得出兰氏体积、兰氏压力的临界差值过大,在实际储层条件下不可能达到,进一步证明这 2 个参数对递进排采气、水产能影响较弱。而储层压力、渗透率、含气量、孔隙度分别相差 1.14 MPa、$1.31\times10^{-3}$ μm$^2$、11.33 m$^3$/t、0.042就不宜采用递进排采方案。

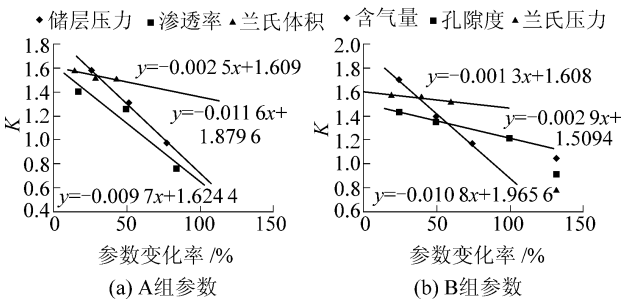



图 1　$K$ 值与参数变化率的关系

Fig. 1　Relationships between values of $K$ and parameter changing rate

## 3　递进排采工艺

针对黔西多层叠置独立含气系统,设计递进开采的次序是:先单独压裂排采Ⅱ号系统(7—16 号煤层),然后Ⅰ号系统(2—6 号煤层)、Ⅲ号系统合排(17—30 号煤),最后Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号系统合排[13]。

仍然以 X2 井为例,设计其递进排采工艺制度[12]。单独排采Ⅱ号系统时,Ⅰ系统、Ⅲ号系统封闭,排采 1 132 d(约 3 年零 5 个月)后,储层压力降低至 2.02 MPa[13](Ⅲ号系统产气压力),进行Ⅱ与Ⅲ号系统联合排采,Ⅰ号系统封闭,其递进排采工艺步骤如下。

1)先作业打开Ⅱ、Ⅲ系统,实行从下至上的套管压裂,工程上按Ⅲ、Ⅱ系统顺序压裂后,填砂封堵,放置封隔器于Ⅱ、Ⅲ系统之间,打开Ⅱ号系统,排采时长为 3 年零 5 个月。

2)打开Ⅲ系统,即作业射孔,油管压裂(或Ⅲ系统不压裂,在需要Ⅱ、Ⅲ合排时打开Ⅲ号系统,射孔后仅用高能气体处理及其他非压裂改造工艺),作业时要使用封隔器封Ⅱ号系统,作业后取出封隔器进行Ⅱ、Ⅲ系统合排;

3)Ⅱ、Ⅲ系统合排 650 d(约 2 年),储层压力降低至 1.72 MPa[13](Ⅰ号系统储层的产气压力)时,此时打开Ⅰ号系统,放置封隔器于Ⅰ号系统下 50 m,加砂压裂Ⅰ号系统后取出封隔器进行Ⅱ+Ⅲ+Ⅰ三个系统合排。

与现有单层压裂排采和盲目地合成开发相比,递进排采工艺有助于减弱合层开发时的层间干扰作用,释放多煤层地区煤层气井的产能。

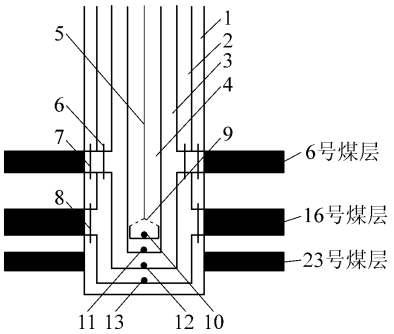
## 4　分隔排采工艺

递进排采能减弱层间干扰作用,但并不能完全消除。怎样减弱煤层气井多层合采的层间干扰问题一直是煤层气井多层联合开发技术的核心问题。为此,以上述煤层气井为例,提出了 6、16、23 号 3 层煤煤层气分隔合采技术(图 2)。

3 层煤煤层气分隔合采时,上冲程抽油杆向上运动,带动游动阀和柱塞向上运动,23 号煤层产出的水沿生产套管与悬挂套管 2 的环空流到生产套管底部(图 2),再先后流经固定阀 3、固定阀 2 和固定阀 1 进入油管;16 号煤层产出的水沿悬挂套管 2 与悬挂套管 1 的环空流到悬挂套管 2 底部,经由固定阀 2 和固定阀 1 进入油管;6 号煤层产出的水沿悬

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

挂套管 1 与油管的环空流到悬挂套管 1 底部，经由固定阀 1 进入油管。下冲程抽油杆向下运动，在油管内的水经由游动阀进入柱塞上部，并随着抽油杆的上升被不断排出井口。抽油杆不断往复运动，产出的水便不断从煤层中排出井口。




1—生产套管; 2—悬挂套管 2; 3—悬挂套管 1; 4—油管; 5—抽油杆; 6—连通管 1; 7—连通管 2; 8—连通管 3; 9—柱塞; 10—游动阀; 11—固定阀 1; 12—固定阀 2; 13—固定阀 3

**图 2　煤层气直井三层分隔合采采气管柱**

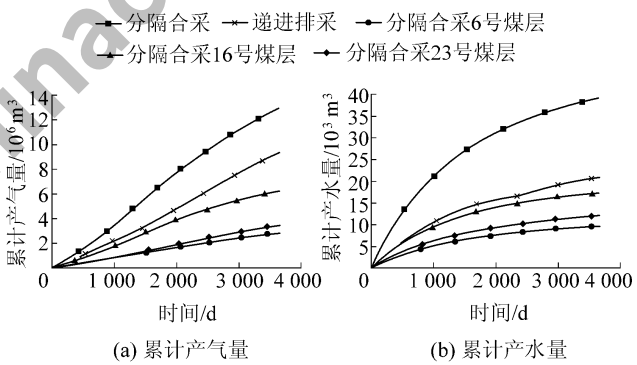
Fig. 2　Three separated reservoirs' combined drainage tube of vertical well of CBM

23 号煤层产出的煤层气沿生产套管与悬挂套管 2 的环空向上流动，流至 16 号煤层时，经由连通管 3 穿过 16 号煤层，流至 6 号煤层时，经由连通管 2 穿过 6 号煤层，继续沿生产套管与悬挂套管 2 的环空向上流至井口; 16 号煤层产出的煤层气沿悬挂套管 2 与悬挂套管 1 的环空向上流动，流至 6 号煤层时，经由连通管 1 穿过 6 号煤层，继续沿悬挂套管 2 与悬挂套管 1 的环空向上流至井口; 6 号煤层产出的煤层气沿悬挂套管 1 与油管的环空直接向上流动至井口。至此，6、16 和 23 号煤层产出的煤层气，分别从悬挂套管 1 与油管的环空、悬挂套管 1 与悬挂套管 2 的环空以及生产套管与悬挂套管 2 的环空排至井口。

该管柱设计配合使用涡轮式井下流量计还可实现产水量分层计量。23 号煤层的产水量可通过安装在固定阀 3 上的涡轮式井下流量计测得，安装在固定阀 2 上的涡轮式井下流量计测得的是 16 号和 23 号煤层的产水量之和，据此可计算 16 号煤层的产水量。同理可测得 6 号煤层的产水量。

分隔合采使 6、16 和 23 号煤层的地层水从产出到流至井口的全过程中，相互间未对其他煤层造成影响，有效分隔了 3 套煤层的压力系统。3 层煤排采的地层水经由油管及时排至井口，避免了在井筒中积液，促进了煤层的排水降压。该方法同普通合层排采工艺相比，实现了“气走气路、水走水路”，在井底即进行了气液分离，可有效避免合层排采时由于各储层因处于不同流体压力系统而产生的复杂的层间干扰作用，提高多煤层地区煤层气井产能。此外，3 层煤排采产出的气体经由不同的通道到达井口，井口装置中使用多级套管头分别接出 3 条出气管线，可以实现对各煤层的产气量进行分层计量。

利用 COMET3 数值模拟软件分析，分别对 6、16、23 号煤层递进排采和分隔合采 10 年累计气、水产量进行数值模拟，模拟所用参数结果见文献[12]。模拟结果显示，6、16、23 号煤层分隔合采气、水产能均高于递进排采(图 3)，10 年分隔合采累计产气量较递进排采将增加 33.8%，10 年期分隔合采累计产水量较递进排采将增加 86.7%，可见分隔合采可有效进行各煤层排水降压作用，有利于各煤层甲烷解吸，避免了多煤层地区煤层气井递进排采和合层排采中的气、水“蹿层”现象，实现“气走气路，水走水路”这一目标。




(a) 累计产气量　　(b) 累计产水量

**图 3　3 层煤分隔合采及递进排采累计气、水产量**

Fig. 3　Gas-water production of separated reservoirs drainage as well as progressive drainage of three coal seams

## 5　结　　论

1) 黔西上二叠统多层叠置含气系统当储层压力相差 1.14 MPa、渗透率相差 $1.31\times10^{-3}$ μm²、含气量相差 11.33 m³/t、孔隙度相差 0.042，煤层气井不适合递进排采。

2) 递进排采工艺先从下至上套管压裂首排系统和次排系统，系统之间放置封隔器，后排系统采用高能气体处理或其他非压裂改造工艺。

3) 增加悬挂套管、连通管，分隔不同压力储层，实现多煤层分压合排，数值模拟结果显示，其产气量较递进排采有大幅增加。

**参考文献( References) :**


[1] 倪小明,苏现波,李广生.樊庄地区 3 号和 15 号煤层合层排采的可行性研究[J].天然气地球科学,2010,21(1):144-149.
Ni Xiaoming,Su Xianbo,Li Guangsheng.Feasibility of multi layer drainage for No.3 and No.15 coal seams in Fanzhuang Area [J].Natural Gas Geoscience,2010,21(1):144-149.

[2] 孟艳军,汤达祯,许　浩,等.煤层气开发中的层间矛盾问题:以柳林地区为例[J].煤田地质与勘探,2013,41(3):29-33,37.
Meng Yanjun,Tang Dazhen,Xu Hao,*et al*.Interlayer contradiction problem in coalbed methane development: A case study in Liulin Area [J].Coal Geology and Exploration,2013,41(3):29-33,37.

[3] 徐宏杰.贵州省薄-中厚煤层群煤层气开发地质理论与技术[D].徐州:中国矿业大学,2012.

[4] 秦　勇,袁　亮,程远平,等.中国煤层气地面井中长期生产规模的情景预测[J].石油学报,2013,34(3):489-495.
Qin Yong,Yuan Liang,Cheng Yuanping,*et al*.Scenaric predication for the mid-term and long-term coalbed methane production scale of surface drilling wells in China [J].Acta Petrolei Sinica,2013,34(3):489-495.

[5] 黄华洲,桑树勋,苗　耀,等.煤层气井合层排采控制方法[J].煤炭学报,2014,39(S2):422-431.
Huang Huazhou,Sang Shuxun,Miao Yao,*et al*.Drainage control of single vertical well with multi-hydraulic fracturing layers for coalbed methane development [J].Journal of China Coal Society,2014,39(S2):422-431.

[6] 吕玉民,汤达祯,许　浩,等.韩城煤层气田气井合采产能特征及其影响因素探析[M].北京:地质出版社,2013.

[7] 谢学恒,李小龙,陈贞龙,等.延川南地区 2 号和 10 号煤层分压合采的可行性研究[J].油气藏评价与开发,2011,1(3):65-69.
Xie Xueheng,Li Xiaolong,Chen Zhenlong,*et al*.Research on the feasibility of layered fracture and commingled water drainage & gas production for No.2 and No.10 coal seams in Yanchuannan Area [J].Reservoir Evaluation and Development,2011,1(3):65-69.

[8] 熊　涛,孙国忠,池　斌,等.鄂尔多斯盆地东缘桑峨区煤层气分压合采可行性分析[J].中国煤炭地质,2013,25(12):52-54.
Xiong Tao,Sun Guozhong,Chi Bin,*et al*.Feasibility study of separate layer fracturing and multi-layer drainage for CBM in Sange Area,eastern margin of Ordos Basin [J].Coal Geology of China,2013,25(12):52-54.

[9] 王振云,唐书恒,孙鹏杰,等.沁水盆地寿阳区块 3 号和 9 号煤层合层排采的可行性研究[J].中国煤炭地质,2013,25(11):21-26.
Wang Zhenyun,Tang Shuheng,Sun Pengjie,*et al*.Feasibility study of multi-layer drainage for No.3 and No.9 coal seams in Shouyang Block,Qinshui Basin [J].Coal Geology of China,2013,25(11):21-26.

[10] 邵长金,邢立坤,李相方,等.煤层气藏多层合采的影响因素分析[J].中国煤层气,2012,9(3):8-12.
Shao Changjin,Xing Likun,Li Xiangfang,*et al*.Analysis of factors influencing gas production of multi-seam drainage in CBM Reservoir [J].China Coalbed Methane,2012,9(3):8-12.

[11] 李国彪,李国富.煤层气井单层与合层排采异同点及主控因素[J].煤炭学报,2012,37(8):1354-1358.
Li Guobiao,Li Guofu.Study on the differences and main controlling factors of the coalbed methane wells between single layer and multilayer drainage [J].Journal of China Coal Society,2012,37(8):1354-1358.

[12] 傅雪海,葛燕燕,梁文庆,等.多层叠置含煤层气系统递进排采的压力控制及流体效应[J].天然气工业,2013,33(11):35-39.
Fu Xuehai,Ge Yanyan,Liang Wenqing,*et al*.Pressure control and fluid effect of progressive drainage of multiple superposed CBM systems [J].Nature Gas Industry,2013,33(11):35-39.

[13] 秦　勇,高　弟,吴财芳,等.贵州煤层气资源潜力研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2013.

[14] 许　浩,汤达祯,秦　勇,等.黔西地区煤储层压力发育特征及成因[J].中国矿业大学学报,2011,40(4):556-560.
Xu Hao,Tang Dazhen,Qin Yong,*et al*.Characteristics and origin of coal reservoir pressure in the west Guizhou Area [J].Journal of China University of Mining & Technology,2011,40(4):556-560.

[15] 秦　勇,熊孟辉,易同生,等.论多层叠置独立含煤层气系统:以贵州织金—纳雍煤田水公河向斜为例[J].地质论评,2008,54(1):65-70.
Qin Yong,Xiong Menghui,Yi Tongsheng,*et al*.On unattached multiple superposed coalbed methane system: In a case of the Shuigonghe Syncline,Zhijin-Nayong Coalfield,Guizhou [J].Geological Review,2008,54(1):65-70.

[16] 杨兆彪.多煤层叠置条件下的煤层气成藏作用[D].徐州:中国矿业大学,2011.

[17] 沈玉林,秦　勇,郭英海,等.多层叠置独立含煤层气系统形成的沉积控制因素[J].地球科学—中国地质大学学报,2012,37(3):574-579.
Shen Yulin,Qin Yong,Guo Yinghai,*et al*.Sedimentary controlling factor of Unattached Multiple Superiposed Coalbed Methane System formation [J].Earth Science-Journal of China University of Geosciences,2012,37(3): 574-579.

[18] 葛燕燕,傅雪海,李　鑫,等.贵州珠藏向斜煤系含水系统对煤层气赋存的影响[J].煤炭学报,2015,40(2):403-411.
Ge Yanyan,Fu Xuehai,Li Xin,*et al*.Influences of coal measures water-bearing system on the coalbed methane occurrence and development in Zhucang syncline,Guizhou Province [J].Journal of China Coal Society,2015,40(2):403-411.

[19] 陈振洪,王一兵,杨焦生,等.影响煤层气井产量的关键因素分析:以沁水盆地南部樊庄区块为例[J].石油学报,2009,30(3):409-416.
Chen Zhenhong,Wang Yibing,Yang Jiaosheng,*et al*.Influcing factors on coalbed methane production of single well: a case of Fanzhuang block in southern part of Qinshui Basin [J].Acta Petrolei Sinica,2009,30(3):409-416.

[20] 张　政,秦　勇,傅雪海.沁南煤层气合层排采有利开发地质条件[J].中国矿业大学学报,2014,43(6):997-1002.
Zhang Zheng,Qin Yong,Fu Xuehai.The favorable developing geological conditions for CBM multi-layer drainage in southern Qinshui Basin [J].Journal of China University of Mining & Technology,2014,43(6): 997-1002.


中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net