

[引著格式] 胡云亭, 冯毅, 王文升, 等. L区块煤层气井生产特征及中低产井影响因素分析 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (7+8): 54~58.

# L 区块煤层气井生产特征及中低产井影响因素分析

胡云亭, 冯毅, 王文升

段宝江, 葛岩

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300457)

吴欢 (中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 102249)

**[摘要]** 针对L区块煤层气井产量的影响因素复杂,对研究区内的气井进行了产能分级,并分析了区内72口井的生产特征,探讨了气井产能的影响因素。结果表明:区内以中低产井为主,气井的月产气峰值在15000~35000m<sup>3</sup>左右,峰值跨度较大,并且没有较强的规律性。初期排水期较短,稳产时间在不同产能级别的气井之间存在差异,后期产量下降很快。另外,讨论了煤层埋藏深度、煤层含气量、煤层渗透率和施工工艺等对区内煤层气井产气量的影响。通过对L区块煤层气井生产特征及影响因素分析,指导L区块煤层气井的生产和排采措施的改善。

**[关键词]** 煤层气井; 生产特征; 低产井; 煤层埋深; 煤层含气量; 渗透率

**[中图分类号]** TE375

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1000-9752 (2015) 07+08-0054-05

L 区块是我国优先建设的 2 大煤层气生产基地之一,煤层气资源潜力巨大,但煤层气平均单井产量不高,限制了生产规模<sup>[1]</sup>。近年来,在煤层气的基础研究及钻井、完井工艺等方面取得了大量的研究成果<sup>[2]</sup>,但是对于煤层气井的生产特征及气井产能影响因素的研究相对较少。通过调研发现,影响煤层气井产能的因素有很多,主要包括煤储层特征(包括煤层原始压力、临界解吸压力、构造部位、煤层渗透率、煤层气饱和度以及煤层与围岩的组合方式等)、煤层气保存条件(包括封盖条件、构造条件和水文地质条件)、固井质量等<sup>[3~7]</sup>,同时也有施工工艺和采气技术对气井产能的制约。施工工艺包括压裂液体系、加砂量、变排量施工工艺以及压裂液反排效率。采气技术是指排采制度调整不当,导致产气时间晚或者产气效率不高<sup>[8,9]</sup>。笔者对L地区煤层气井的产能进行了分类,对气井生产特征进行了分析和总结,并对中低产井影响因素进行了分析,主要讨论了煤层埋藏深度、煤层含气量、煤层渗透率和施工工艺等对气井产能的影响,加深了对L区块煤层气井的认识,为区内后期进行措施改善及提高产量提供方向,同时对国内类似的中煤阶煤层气井的开发具有指导意义。

## 1 地质特征

L 区块位于山西省西部,河东煤田中部,南邻石楼北区块,东邻杨家坪区块。行政区划隶属于山西省吕梁市L县的穆村镇、薛村镇、庄上镇、高家沟乡、贾家垣乡。地区构造位置为鄂尔多斯地区的东缘,吕梁山块与鄂尔多斯块接壤南北向构造带西侧,属河东凹陷的中段。地势东高西低,地层出露齐全,区内构造简单,其构造基本形态总体上表现为由北向南西渐倾的单斜构造。地层总特点是东部地层时代老,向西逐渐变新。总体面积约194.42km<sup>2</sup>。含煤地层为上石炭统太原组和下二叠统山西组<sup>[10]</sup>。区块发育煤层14层,山西组5层,自上而下编号为1、2、3、4(3+4)、5号煤层;太原组9层,自上

**[收稿日期]** 2014-12-20

**[基金项目]** 中海油能源发展重大专项(HFXMLZ-CJFZ1307)。

**[作者简介]** 胡云亭(1967-),男,高级工程师,主要从事油田开发研究工作, huyunting@126.com。

而下编号为 6 上、6、7、7 下、8+9、9 下、10、10 下、11 号煤层。其中，山西组的 2、3、4 (3+4)、5 号煤层和太原组的 8+9、10 号煤层为主要可采煤层<sup>[11]</sup>。山西组煤层局部上覆砂岩裂隙含水层组，太原组为灰岩岩溶裂隙含水层组<sup>[12]</sup>。

## 2 产能分级

L 区块的气井生产时间不一样，有的投产时间较长，出现了稳产期，并有产量递减的趋势，有少部分井甚至出现二次产量上升-稳产-递减的趋势；有的投产时间较短，还未进入稳产期，仅处于前期的排水期。对这些井分类时应该有不同的分类标准。划分原则如下<sup>[13]</sup>：①根据煤层气井产量是否进入稳产期，将区块的煤层气井划分为稳产期井和处于排水期的非稳产期井；②划分标准应该简单、明确，可对比性强，可操作性强；③稳产期井按照稳产阶段的平均月产量进行分类。

根据以上原则，把煤层气井划分为 4 个级别：①高产气井——气井的平均月产气量大于  $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，稳产期一般相对较长，在 4 个月以上；②中产气井——气井的平均月产气量在  $(1 \sim 2) \times 10^4 \text{ m}^3$  之间，稳产期较短或基本没有稳产期，排水期较短；③低产气井——气井的平均月产气量小于  $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，稳产时间很短，基本在产气量达到产气峰值之后就迅速下降；④不产气井——由于投产时间较短，气井还处于排水阶段，未开始产气，产气量为零或投产时间较长，气井只产水不产气。

统计分析了矿区 72 口井的资料，高产气井 13 口，占 18.1%；中产气井 29 口，占 40.1%；低产气井 17 口，占 23.7%；不产气井 13 口，占 18.1%。

对煤层气井的产能进行分级，有助于对煤层气开发进行管理，对产能进行调整，对科学地规划煤层气开发方案、调整气井作业动态，以及对煤层气开发的各项作业顺利实施具有重要的指导作用<sup>[14]</sup>。

## 3 生产特征

### 3.1 高产气井

高产气井通常稳产时间相对较长（一般大于 4 个月），且峰值产量高（一般大于  $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{月}$ ，基本在  $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{月}$  左右）。同样，高产气井排水期也较短，一般在产水量达到最高值时才开始产气，之后产气量逐渐上升，产水量逐渐下降。如图 1 所示。

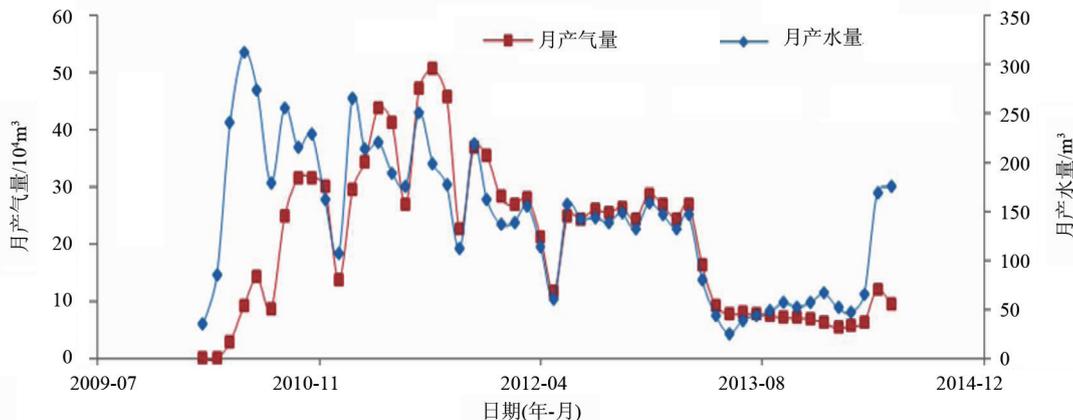


图 1 L 区块 X1 井的排采曲线图

X1 井是一口典型的高产气井，前期排水时间短，很快开始产气，前期产气量不稳定；在 2012 年 6 月到 2013 年 3 月保持稳产，平均产气量为  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{月}$ ；之后产气量逐渐递减；在 2014 年 5 月产水、产气量再次升高，原因是气井工作制度改变，增大了发电机的转速和频率，开大了可调节流阀，导致气井产气量和产水量均增大。

### 3.2 中产气井

中产气井的特征为稳产时间较短或基本没有稳产期，并且排水期较短，气井的月产气峰值 (1.5~3.5) × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>，峰值跨度较大，并且没有较强的规律性。煤层气井的峰值产量具有重要的地质意义，在一定程度上反映了煤层的产气潜能，因此，可以通过煤层气井排采制度的优化 (包括确定合理的压差、合理的排采速度等)、不同地质条件优选合理的排采组合方式等一些措施来提高气井产量。如图 2 所示。

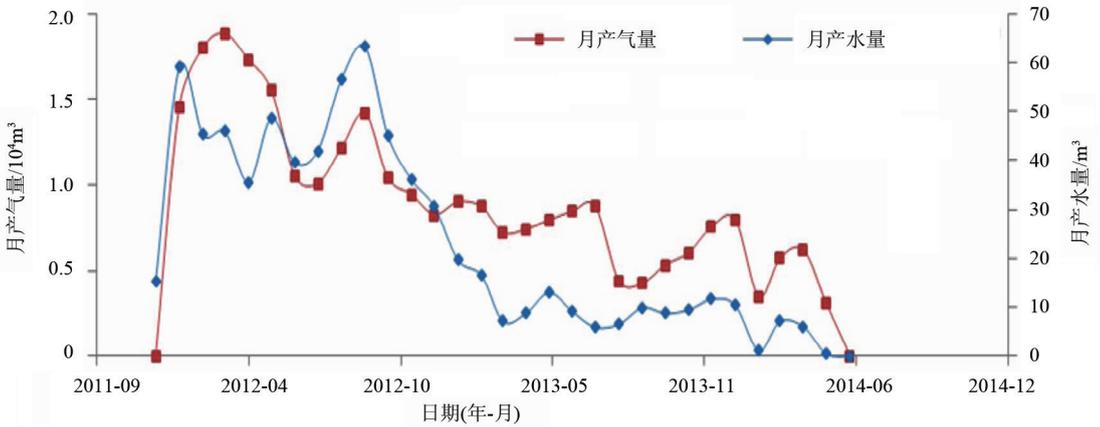


图 2 L 区块 X2 井的排采曲线图

X2 井是一口典型的中产气井，产气峰值为 1.9 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/月，基本没有稳产期，排水期很短，由于投产时间较长，可看到产气量的递减趋势，最后产气量、产水量均为 0，可能是关井停产的缘故。

### 3.3 低产气井

稳产时间特别短是低产气井的一个显著的生产特征，其产气量达到产气峰值之后就迅速下降，只有一两口井在达到产气量峰值后能持续生产一段时间。另外这些低产气井的排水期都较短，可能是开始投产时地层压力等于临界解吸压力，煤层中本来存在游离气，只是气相不连续，随着水量的产出，地层压力下降，有越来越多的气体解吸出来，气体形成连续相，并伴随着产水一起产出，并且这些井的产气量低且波动较严重，生产不连续。如图 3 所示。

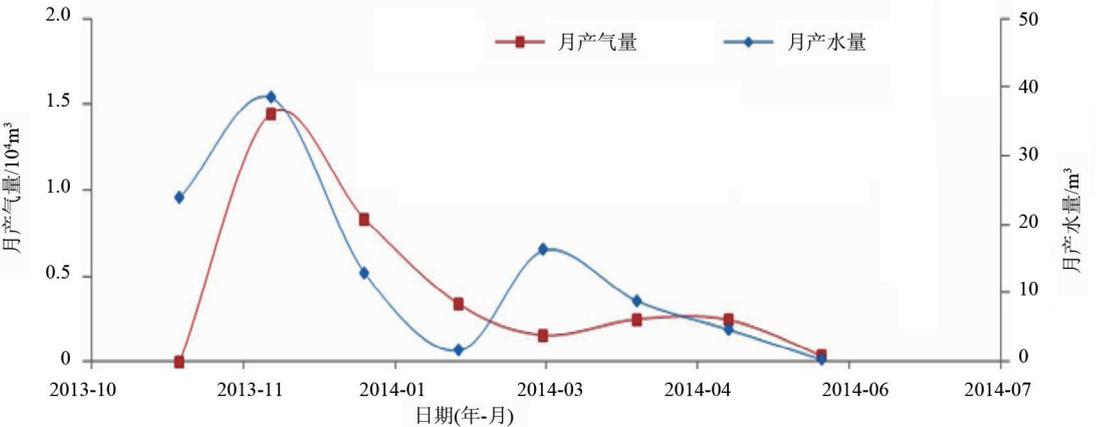


图 3 L 区块 X3 井的排采曲线图

X3 井由于投产时间不长，所以按月产量进行统计的数据相对较少。从排采曲线可以看出，X3 井没有稳产期，当产气量达到产气峰值 14456 m<sup>3</sup> 后产气量迅速下降。

### 3.4 不产气井

不产气井的产水量在每口井之间存在差异。有些不产气井产水量较大，平均月产水量达到 400 m<sup>3</sup>，

这些井在整个井组中被认为是主力排水井，有利于整个研究区块的整体压力下降，使地层压力更容易达到临界解吸压力，便于煤层气的解吸；有些不产气井的产水量很小，每个月只有几个立方米到几十立方米，这类不产气井可能是本身所处地质构造部位引起的，可能是本身煤层中的含水量较少，周围供水量较少，这类气井的地层压力降低较慢，煤层达到临界解吸压力时间较长，因此排水期较长，对于这种井一般是开采一段时间后仍未有气体产出，就进行关井处理或者采取其他措施。

这类不产气井的原因可能是井位选取不当，导致单井控制的煤层气储量相当小，所以气井大量产水不产气；另一个原因可能是对这些气井进行了一些工艺处理，例如在压裂时将煤层顶板含水层压裂导致气井大量产水不产气。如图 4、图 5 所示。

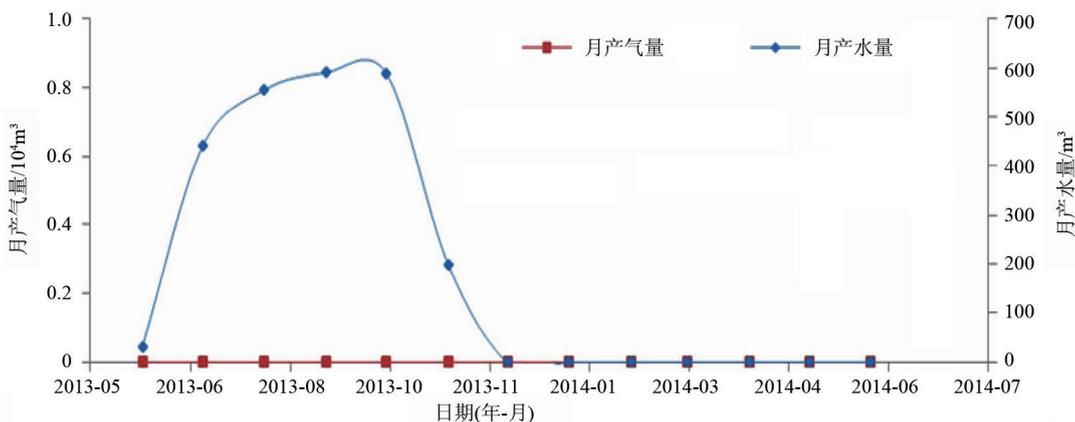


图 4 L 区块 X4 井的排采曲线图

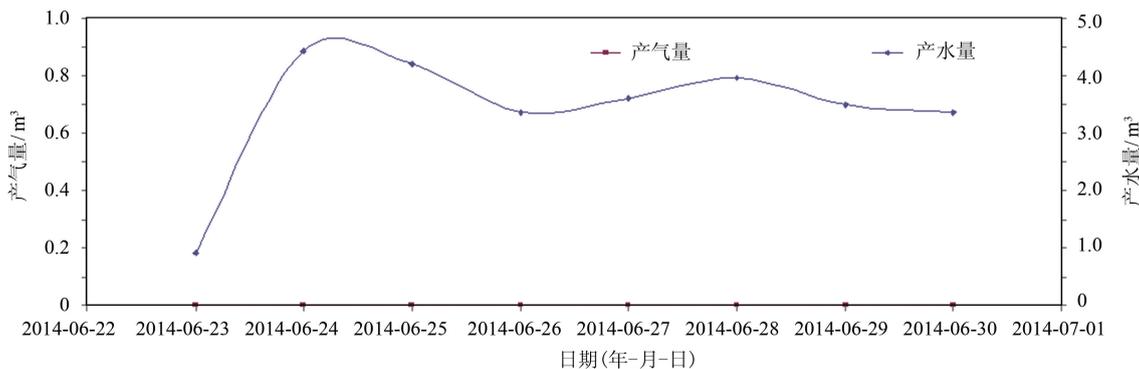


图 5 L 区块 X5 井的排采曲线图

X4 井和 X5 井都是不产气井，2 口井的产水量不一样，X4 井产水量很大，峰值接近  $600\text{m}^3/\text{月}$ ；X5 井产水量很小，最高只有不到  $5\text{m}^3/\text{月}$ 。X4 井投产时间长，排水时间也长，但始终没有气体产出，可能与煤层本身的储层条件有关；X5 井投产时间很短，可能在之后的生产过程中产水量不断增加，也可能会有气体产出。

## 4 影响因素

### 4.1 煤层埋深对产量的影响

煤层埋深对气井产量有一定的影响。L 区块总体煤层埋藏深度由东向西逐渐增大。其中，8+9 号煤层埋深为  $250\sim 1200\text{m}$ 。煤层埋藏越深，储层压力越大，达到煤层解吸压力需要的时间就越长，排水期越长，在相同的开采时间下，其他条件相同时，埋藏越深，产气量越少；对于埋藏较浅的煤层，煤层气产量也不高，原因是由于埋藏较浅，气体容易扩散、转移，导致目的煤层本身所含的气量较少，最终

导致产气量较少。

#### 4.2 煤层含气量对产量的影响

研究区主要煤层含气量分布总体上表现为南高北低的变化趋势。该区块的主要煤层含气量在  $8.73 \sim 14.38 \text{ m}^3/\text{t}$ 。山西组煤层含气量达到  $24 \text{ m}^3/\text{t}$ ，太原组煤层达到  $26 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

煤层的含气量决定煤层吸附饱和程度，含气量越高，临界解吸压力越高，临地差（临界解吸压力与地层压力之差）越小，气体更容易解吸出来，从而单井产量越高。

#### 4.3 渗透率对产量的影响

渗透率是决定煤层气单井产量的关键因素之一，渗透率越大，压降漏斗波及范围就越大，那么有效渗流区域就越大，渗流也就越容易发生，因此产量也就越高。该区块山西组煤层的渗透率  $0.011 \sim 2.80 \text{ mD}$ ，太原组煤层的渗透率  $0.005 \sim 24.80 \text{ mD}$ 。由此可见，该区块煤层的渗透率相对较高，气体越容易流动，且渗透率变化范围较大，各向异性及非均质性显著，在一定程度上影响了气体的产量。

#### 4.4 施工工艺对产量的影响

施工工艺对产量有较大影响，有些井进行压裂后，对气井进行二次开采，此时产气量会再次增加；另外如果改变工作制度，比如增大油嘴，也会使产量增大。

## 5 结论

1) 根据 L 区块的区域地质特征，将所研究的 72 口气井进行产能级别划分，按照月产气量分为高产井、中产井、低产井和不产气井；同时分析这 4 类井不同的生产特征，发现 L 区块主要以中低产气井为主，气井的排水期较短，月产气峰值跨度大，并且没有较强的规律性，气井产气量在后期均下降较快，需采取措施来保持和提高气井产量。

2) 结合矿区的实际情况，分析了气井产气量的影响因素，分别为煤层埋深的影响、煤层含气量的影响、渗透率的影响和施工工艺的影响，对气井后期改善排采制度具有一定的指导意义。

### [参考文献]

- [1] 张兵, 葛岩, 谢英刚, 等. 柳林区块煤层气井生产动态及其影响因素分析 [J]. 煤炭科学技术, 2015, 43 (2): 131~135, 139.
- [2] 康园园, 邵先杰, 王彩凤. 高-中煤阶煤层气井生产特征及影响因素分析—以樊庄、韩城矿区为例 [J]. 石油勘探与开发, 2012, 39 (6): 728~732.
- [3] 万玉金, 曹雯. 煤层气单井产量影响因素分析 [J]. 天然气工业, 2005, 25 (1): 124~127.
- [4] 邓英尔, 黄润秋, 郭大浩, 等. 煤层气产量的影响因素及不稳定渗流产量预测 [J]. 天然气工业, 2005, 25 (1): 117~119.
- [5] 娄剑青. 影响煤层气井产量的因素分析 [J]. 天然气工业, 2004, 24 (4): 62~64.
- [6] 司淑平, 李文峰, 马建民. 煤层气井产能影响因素分析及对策 [J]. 断块油气田, 2001, 8 (5): 50~53.
- [7] 黄勇. 煤层气井产能影响因素之一——固井质量分析 [J]. 科技创新导报, 2011, (35): 63~64.
- [8] 肖翠. 和顺区块煤层气井产能影响因素研究 [J]. 油气藏评价与开发, 2014, 4 (2): 61~64.
- [9] 陈振宏, 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.
- [10] 黄晓明. 山西柳林地区煤系地层对比特征 [J]. 中国煤层气, 2010, 7 (3): 3~7.
- [11] 胡晓兵. 山西省柳林区块煤层气资源潜力评价 [J]. 科学之友, 2012, (01): 149~150.
- [12] 任光军, 王莉, 娄剑青, 等. 柳林地区水文地质特征及其对煤层气生产井的影响 [A]. 2008年煤层气学术研讨会论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 2008.
- [13] 胥昊. 煤层气井产量影响因素及提高产量措施研究 [D]. 河北: 燕山大学, 2014.
- [14] 张培河. 煤层气井产能分级方案研究 [J]. 中国煤层气, 2007, 4 (1): 27~29.