

煤层气排采阶段划分及排采制度制定

柳迎红,房茂军,廖夏

(中海油研究总院 新能源研究中心,北京 100027)

摘要:为了合理开采煤层气,需要对煤层气的不同阶段进行合理划分,并针对不同排采阶段相应制定不同的排采生产制度。综合对比评价了不同排采阶段划分方法的划分依据、阶段特征、划分方法的优缺点,提出了与生产控制相结合的煤层气排采生产六段划分法,将煤层气生产阶段划分为未见气阶段、初见气阶段、产气量上升阶段、产气量稳定阶段、产气量下降阶段和废弃阶段,给出了六段划分法在不同排采阶段生产控制方法与技术对策,指明了六段排采阶段定量化研究的重要性。

关键词:煤层气;排采阶段;排采制度;生产动态;技术对策

中图分类号:TE357.1;TD849 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2015)03-0121-04

Production stages division and drainage production system development of coalbed methane

LIU Yinghong, FANG Maojun, LIAO Xia

(New Energy Research Center, China National Offshore Oil Corporation Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: In order to mine coalbed methane reasonably, a division of different production stages of coalbed methane was needed, different drainage and production system also should be developed. In this paper, the authors comprehensively compared and evaluated the classification criterion, each stages characteristics, the merits and demerits of different division methods which were focused on different production stages. A six-stage division method of coalbed methane drainage and production system which was combined with production control were put forward. The method divided the drainage and production process into six stages, which were no gas period, initial gas period, gas production rising period, gas production stable period, gas production decline period and abandoned period. The production control methods and technical measures of six-stage division method were investigated. The importance of quantitative study about six-stage division method was also researched.

Key words: coalbed methane; drainage and production stage; drainage and production system; production performance; technical measures

0 引言

煤层气开发过程中孔隙率与渗透率对有效应力的敏感性极强^[1-2],同时煤储层中也存在极强的速度敏感性^[3]。如果排采制度不合理,将会造成煤储层的出煤粉出砂和渗透率急剧降低。因此,煤层气排采技术是煤层气开发的一个核心环节。对于不同的煤层在不同的排采阶段需要制定不同的排采制度^[4-7],尤其是排采初期阶段,更应该做到排采制度

的不断优化,这是因为孔隙率与渗透率随有效应力增大呈指数递减,在此阶段煤储层物性随有效应力增加而下降的速度最快^[8-9],因此合理的划分煤层气的排采阶段并制定有针对性的排采制度是至关重要的,是煤层气能够高产的重要保障条件。国内外学者也对煤层气排采阶段的划分进行了研究^[10-15],包括国外的三段划分法和国内的四段、八段划分法。三段划分法主要是针对国外的高渗透煤储层;四段或八段划分法划分控制复杂,对指导煤层气排采生

收稿日期:2014-10-09;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.03.031

作者简介:柳迎红(1968—),女,辽宁阜新,高级工程师,博士,现任中海油研究总院新能源研究中心煤层气研究室主任兼煤层气首席工程师,从事清洁煤产业及科研开发工作。E-mail:liuyh11@cnoc.com.cn

引用格式:柳迎红,房茂军,廖夏.煤层气排采阶段划分及排采制度制定[J].洁净煤技术,2015,21(3):121-124,128.

LIU Yinghong, FANG Maojun, LIAO Xia. Production stages division and drainage production system development of coalbed methane[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(3): 121-124, 128.

产存在一定的不适应性。笔者根据国内外的资料,结合现场排采的经验,提出了新的煤层气排采阶段的划分方法和分阶段排采的技术对策。

1 煤层气排采阶段的六段划分法

通过对沁水盆地大量煤层气井排采资料的分析并结合对煤层气排采生产的认识,根据煤层气井的生产特征(主要是产气和产水特征),将煤层气的排采过程划分为6个阶段(图1)。6个阶段包括:未见气阶段、初见气阶段、产气量上升阶段、产气量稳定阶段、产气量下降阶段和废弃阶段。

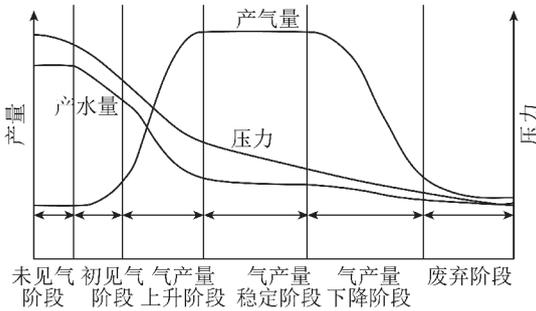


图1 六段划分法示意

1) 未见气阶段。本阶段井底流压缓慢下降,产水量基本保持稳定,煤层气还未开始解吸(图2)。该阶段排采的主要目的是降低煤层压力,扩大煤层气井的压力波及范围。不同地质条件下未气阶段的长短不同,通过对柿庄南区块506口产气井的统计,89%的井未见气阶段小于200 d。

2) 初见气阶段。随着井底流压的下降,当井底流压下降到临界解吸压力以下时,开始有部分气解吸出来。由于解吸区域传播的范围不大,近井地带压力下降得快,近井地带的压力先达到解吸压力,该区域煤层气先解吸出来。这个阶段的主要表现为煤层气井的套压增加,但套压值较低(图2)。在这一过程中,随着井底压力的降低和煤层气的解吸,产水量略微下降。

3) 产气量上升阶段。随着井底流压的不断降低,煤岩解吸的范围不断向外传播,解吸区域逐步增大。随着解吸区域煤层气解吸的进行,解吸气量不断增加并通过割理运移到井筒中,导致产气量开始升高(图2)。同时,随着煤层气的解吸,气相渗透率增大,水相渗透率减小,导致产水量降低。

4) 产气量稳定阶段。随着煤层气井排采生产的进行,煤层气井的产量会达到一个最大值并相对稳定一段时间。这一阶段称为“产气量稳定阶段”

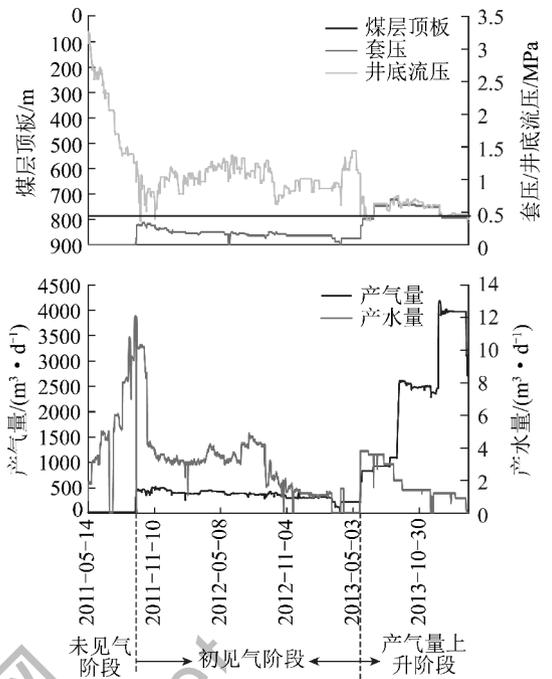


图2 煤层气井实际排采曲线中未见气、初见气和产气上升阶段划分

(图3)。在这个阶段,压降传播的范围继续扩大,但解吸区域的大小相对稳定,在解吸区域中不断有煤层气从煤层中解吸出来,从而保持产气量的稳定,同时,产水量也趋于稳定。

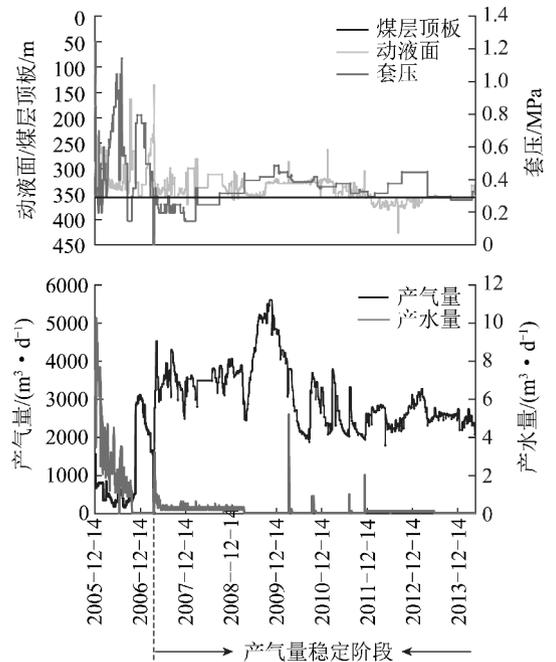


图3 煤层气井实际排采曲线中产气量稳定阶段划分

5) 产气量下降阶段。随着煤层压力的下降,煤层气不断从煤层中解吸出来,近井地带已解吸完毕

的煤层区域逐渐扩大,而有效解吸范围逐渐减小,因此致使煤层中的煤层解吸量逐步减少,从而导致煤层气井的产气量开始下降(图4)。随着煤层气排采过程中煤层水的大量采出,煤层气井的产水量也逐渐下降。

行,煤层中的压力越来越低。稳产期过后,煤层中大部分煤层气已经解吸完毕,煤层中的水也基本排完,致使煤层气井的产量大幅度减小,此阶段煤层气井只有少量气和少量水产出。当煤层气井产量不能达到经济下限时,煤层气井的排采进入废弃阶段,进而停止生产。

2 不同煤层气排采阶段划分方法对比评价

根据煤层气排采阶段划分方法的划分依据、特征阶段、适用范围以及划分方法的优缺点,对已有的划分方法进行评价,见表1。

3 不同排采阶段的排采制度制定原则

我国煤层气井无法长期稳定以较高产量生产,主要是由于排采生产制度的不合理造成的,因此,建立不同排采阶段的合理工作制度是解决问题的关键。鉴于我国煤层的地质特点,认为六段划分法较合理。这里给出六段划分法在不同排采阶段的技术对策。

1) 未见气阶段。本阶段必须保持井底流压缓慢下降,产水量基本保持恒定,以期获得较大的煤层气井的压力波及范围。对于压裂煤层气井,需要尽快排出压裂液,但必须控制煤层气井底压力,防止煤层应力释放导致煤粉产出,造成煤层损伤。

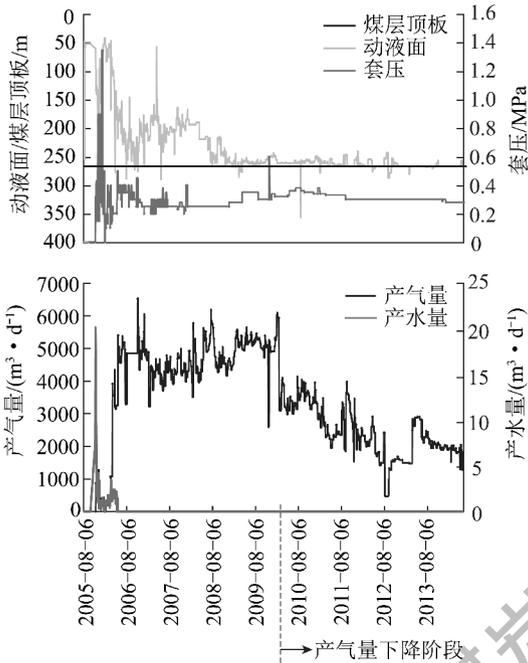


图4 煤层气井实际排采曲线中产气量下降阶段划分

6) 废弃阶段。随着煤层气开发的深入进

表1 不同排采阶段划分方法的对比

阶段划分名称	阶段划分依据		特征阶段	适用范围	优点	缺点
	主要依据	辅助依据				
三段划分法	产气量	产水量 井底压力	定量产水段 负递减段 产气递减段	中高渗煤层	简单明了,表明了中高渗煤层的主要排采特征	因素较少,指导性较差
四段划分法	产水量 井口套压 井底流压 产气量	解吸压力 废弃压力	排水段 憋压控压段 高产稳产段 衰竭段	中低渗煤层	生产特征明显,同时具有压力和产量特征	划分标准不统一,压力和产量同时作为划分依据,命名不统一
六段划分法	产气量	产水量 井底压力	未见气段 见气段 产气上升段 气量稳定段 产气递减段 废弃段	低渗透煤层	划分标准简单,能直接反映生产过程中的产气产水状况	划分阶段稍复杂

2) 初见气阶段。随着井底流压的下降,当井底流压下降到解吸压力以下时,开始有部分气解吸出来,表现为套压增大,但煤层气产量很低。该阶段应进行憋压,控制煤层气解吸范围的扩大,因为煤层中气水两相流动的阻力增大,会降低压力波的传播速度,导致压降区域减小,影响整个后期排采的效果。

3) 产气量上升阶段。随着井底流压的不断降低,煤岩解吸的范围不断向外传播,解吸区域已形成一定范围。在此阶段应密切关注井底流压的变化,煤层气解吸导致煤层孔渗增加,因此,必须控制井底流压,防止该时期煤粉产量的突然增大,防止煤层损伤。

4) 产气量稳定阶段。随着煤层气井排采生产的进行,煤层气井的排采进入“产气量稳定阶段”。在这个阶段,尽量避免修井和关井,维持稳定连续的生产状态,从而保持产气量的稳定。

5) 产气量下降阶段。随着煤层压力的下降,煤层气不断从煤层中解吸出来,近井地带已解吸完毕的煤层区域逐渐扩大,而有效解吸范围逐渐减小,因此,在此阶段应避免排水量的增加或为了提高产量而使井底压力大幅度下降。

6) 废弃阶段。当煤层压力越来越低时,煤层气井的产气量大幅度降低。当煤层气井产气量未达到经济下限时,应尽量维持煤层井的生产状态,直至煤层气井停止生产。

由此看来,煤层气排采阶段的划分,不仅仅是一个时间段的问题,而是包含了煤层气排采过程中煤层气的产出机理和对应生产技术对策的根本联系。在煤层气的不同排采阶段必须采取相应的技术对策,否则将会严重影响煤层气井的正常生产,甚至造成煤层气井“躺井”。

4 不同排采阶段的排采制度

由于地质条件和工艺技术的不同,不同的煤层气井表现出的排采阶段特征并不完全相同,典型的煤层气井存在明显的分阶段的排采特征。图5为柿庄南区块一口井的分阶段排采控制井的生产曲线,未见气阶段井底流压压降速率控制在 40 kPa/d,未见气阶段为 70 d;初见气阶段控制压降速率为 13 kPa/d,初见气阶段为 53 d;产气量上升阶段控制控制压降速率为 1.2 kPa/d,产气量上升阶段为 140 d;产气量稳定阶段保持井底流压 0.6 MPa 左右恒定排采,稳产阶段的产气量平均值为 1700 m³/d。根

据煤层气排采阶段的六段划分法,严格按照不同阶段的排采制度原则进对生产现场的煤层气排采井进行生产控制,有效减少了煤粉卡泵、应力敏感造成的低产等问题,取得了较好的开发效果。

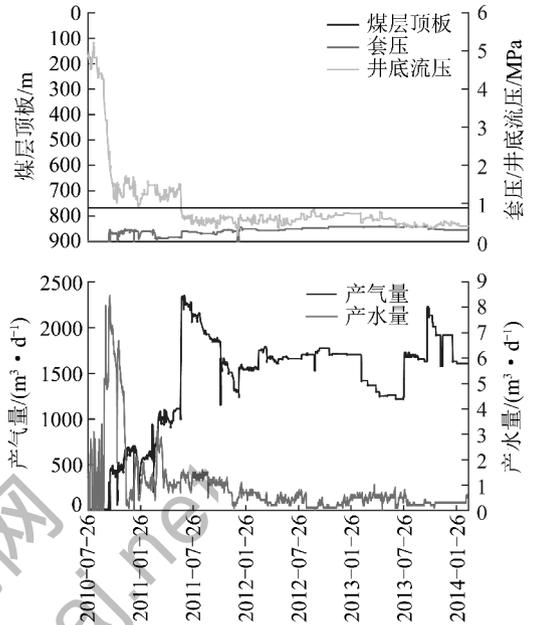


图5 煤层气井分阶段排采制度控制示例

5 结 论

1) 根据国内外的资料分析,结合现场排采的经验,对已有的煤层气排采阶段的划分方法进行了分析评价,提出了新的煤层气排采阶段的划分的六段划分法。由于地质条件和工艺技术的不同,不同的煤层气井表现出的排采阶段特征并不完全相同,但典型的煤层气井存在明显的分阶段的排采特征。

2) 鉴于我国煤层的地质特点,给出了六段划分法在不同排采阶段技术对策,并指明了不同排采阶段量化研究的重要性。现场严格按照分阶段的排采制度控制煤层气井的排采,取得了较好的开发效果。

参考文献:

- [1] 康永尚,邓泽,刘洪林.我国煤层气井排采工作制度探讨[J].天然气地球科学,2008,19(3):423-426.
- [2] 杨胜来,杨思松,高旺来.应力敏感及液锁对煤层气储层伤害程度实验研究[J].天然气工业,2006,26(3):90-92.
- [3] 陈振宏,王一兵,孙平.煤粉产出对高煤阶煤层气井产能的影响及其控制[J].煤炭学报,2009,34(2):229-232.
- [4] 於俊杰,朱玲,周波,等.中国煤层气开发利用现状及发展建议[J].洁净煤技术,2009,15(3):5-8.

(下转第128页)

2.3 膜处理新技术在矿业环境教学中的应用

鉴于膜科学新技术在矿业环境保护中的重要作用,笔者根据近年来膜科学新技术的迅速发展及其在矿业环境保护具体实践中的广泛应用,在“环境工程原理”课程中“膜科学与技术”一章中加入了纳米陶瓷膜、烧结塑料膜和烧结金属膜等膜科学新技术相关内容。同时,为做到书本知识与实践的结合,笔者还带领同学们到烧结金属过滤小试装置实验室进行参观和实际操作练习,取得了良好效果。笔者认为目前教材中的膜科学与技术部分内容稍显老旧,需要对教材及时修订、更新,使同学们能够紧跟时代的步伐,学到更多更好的膜科学技术并应用到工程实践中去。

3 结 语

微滤、超滤、纳滤、反渗透、膜生物反应器等是目前常用的膜科学技术。山西汾西矿业集团某矿井水经常规处理和纳滤膜深度处理后,可达到饮用水标准。不但使矿井水得到净化,还实现了废水的资源化,解决了当地居民的饮水困难。纳米陶瓷膜、烧结塑料膜和烧结金属膜是近年来快速发展起来的膜科学新技术。烧结金属过滤器应用于实际矿井地下水处理,效果良好。

参考文献:

- [1] 何绪文,贾建丽. 矿井水处理及资源化的理论与实践[M]. 北京:煤炭工业出版社,2009:1-68.
- [2] 张春晖,何绪文,李开和. 过滤技术在环境工程中的应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2011:28-87.
- [3] 任建新. 膜分离技术及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2003:186-189.

- [4] 何绪文,杨静,邵立南,等. 我国矿井水资源化利用存在的问题与解决对策[J]. 煤炭学报,2008,33(1):63-66.
- [5] 肖亚宁,王满明,郭建宏,等. 漳村煤矿矿井水净化试验[J]. 煤,1997,6(5):34-36.
- [6] 聂锦旭,肖贤明. 纳滤膜分离技术在矿井水处理中的研究[J]. 洁净煤技术,2005,11(4):64,65-67.
- [7] 杨慧敏,何绪文,何咏. 反渗透技术用于高矿化度矿井水处理的研究[J]. 水处理技术,2009,35(10):82-85.
- [8] 武强,王志强,叶思源,等. 混凝-微滤膜分离技术在矿井水处理与回用中的试验研究[J]. 煤炭学报,2004,29(5):581-584.
- [9] 岳志新,马东祝,赵丽娜,等. 膜分离技术的应用及发展趋势[J]. 云南地理环境研究,2006,18(5):52-57.
- [10] 朱安娜,祝万鹏,张玉春. 纳滤过程的污染问题及纳滤膜性能的影响因素[J]. 膜科学与技术,2003,23(1):43-49.
- [11] 何绪文,宋志伟,王殿芳,等. 反渗透技术在煤矿苦咸水中的应用研究[J]. 中国矿业大学学报,2002,31(6):618-621.
- [12] 李凤婷,王亮,刘华,等. 膜生物反应器在水处理中的应用与新发展[J]. 工业水处理,2005,25(1):10-13.
- [13] 袁航,石辉. 矿井水资源利用的研究进展与展望[J]. 水资源与水工程学报,2008,19(5):50-57.
- [14] 何绪文,李福勤. 煤矿矿井水处理新技术及发展趋势[J]. 煤炭科学技术,2010,38(11):17-22,55.
- [15] 侯立安,左莉,郭珍珍. 反渗透和纳滤工艺对饮用水中致突变物去除的试验研究[J]. 净水技术,2001,20(4):14-15.
- [16] 秦伟伟,宋永会,肖书虎,等. 陶瓷膜在水处理中的发展与应用[J]. 工业水处理,2011,31(10):15-19.
- [17] 金祥福,王立江,盛浩. TMF在垃圾渗滤液膜滤浓缩液处理上的应用研究[J]. 科技与创新,2014(10):144-145.
- [18] Kenneth Rubow, Billy Huang, Mike Wilson, et al. 应用于高温气体过滤的烧结金属过滤器[J]. 产业用纺织品,2009(7):22-29.
- [19] 顾临,邱世庭,赵扬. 烧结金属多孔滤材技术综述[J]. 流体机械,2002,30(2):30-34.
- [20] 黄万抚,严思明,李新冬. 膜技术在含油乳化废水处理中的应用及发展趋势[J]. 工业安全与环保,2013,39(10):23-25.

(上接第124页)

- [5] 柳迎红,杨凯雷,廖夏,等. 沁水盆地重点区块煤储层吸附特征及影响因素[J]. 洁净煤技术,2014,20(1):49-53.
- [6] 饶孟余,江舒华. 煤层气井排采技术分析[J]. 中国煤层气,2010,7(1):22-25.
- [7] 房茂军,柳迎红,杨凯雷,等. 沁南盆地煤层气U型水平井部署优化研究[J]. 洁净煤技术,2014,20(3):103-105.
- [8] 王红岩,刘洪林,赵庆波,等. 煤层气富集成藏规律[M]. 北京:石油工业出版社,2005:54-67.
- [9] Palm er I D, Met calf e R S, Yee D, et al. 煤层甲烷储层评价及生产技术[M]. 秦勇,曾勇译. 徐州:中国矿业大学出版社,1996:22-25.
- [10] 王兴隆,赵益忠,吴桐. 沁南高煤阶煤层气井排采机理与生

- 产特征[J]. 煤田地质与勘探,2009,37(5):19-27.
- [11] 李梦溪,张聪,张绍雄,等. 沁水盆地樊庄区块煤层气直井排采特点[J]. 中国煤层气,2012,9(3):3-7.
- [12] 郭大立,贡玉军,李曙光,等. 煤层气排采工艺技术研究 and 展望[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2012,34(2):91-98.
- [13] 倪小明,王延斌,接铭训,等. 煤层气井排采初期合理排采强度的确定方法[J]. 西南石油大学学报,2007,29(6):101-104.
- [14] 曹立刚,郭海林,顾谦隆. 煤层气井排采过程中各排采参数间关系的探讨[J]. 中国煤田地质,2000,12(1):31-35.
- [15] 康永尚,赵群,王红岩,等. 煤层气井开发效果及排采制度的研究[J]. 天然气工业,2007,27(7):79-82.