加深泵挂工艺对煤层气井产气量影响研究

冯汝勇,柳迎红,廖 夏,房茂军,李 娜
(中海油研究总院 新能源研究中心,北京 100028)

摘 要:加深泵挂工艺是提高煤层气井产量的有效措施,为研究加深泵挂工艺在排采过程中实施时机,以及加深泵挂工艺对煤层气井产气量的影响规律,针对柿庄南区块加深泵挂井,通过排采连续性、产水量特征、见气时间、稳定产气量、动液面高度等因素分析实施加深泵挂工艺前的开采特征。结合工艺前后的产量和井底流压的变化,提出加深泵挂工艺增加煤层气井产量的适用条件。结果表明,在适当条件下,加深泵挂工艺可以大幅提高煤层气井产气量,柿庄南区块有30口井作业后产量达到1 007~5 504 m^3/d,是作业前的2~38倍,其中21口井增产达5倍以上。加深泵挂工艺可作为增加煤层产气量的有效措施,提高煤层气井开发效益。

关键词:煤层气;加深泵挂;增产措施;生产动态;柿庄南

中图分类号:TE37 **文献标志码**:A **文章编号**:1006-6772(2016)05-0075-04

Influence of deepening setting depth of pump process on coalbed methane

FENG Ruyong,LIU Yinghong,LIAO Xia,FANG Maojun,LI Na
(*New Energy Research Center,CNOOC Institute Research,Beijing* 100028,*China*)

Abstract:Deepening setting depth of pump process was an effective measure to increase production of coalbed methane wells. In order to study the applicable conditions of operation and influence law of deepening setting depth of pump process on coalbed methane production, characteristics of deepened coalbed methane wells on Shizhuangnan block were studied by analyzing factors such as drainage continuity, water rate characteristics, show gas time, stable production rate, dynamic liquid level height before the implementation of deepening setting depth of pump process, and applicable conditions are put forward. Results show that, under applicable conditions, deepening setting depth of pump process could substantially increase coalbed methane production. 30 Shizhuangnan block well´s production were increased to 1 007~5 504 m^3/d after operation which were 2 to 38 times of previous production, and more than 21 well´s production was increased up to 5 times. So deepening setting depth of pump process was one of the stimulation measures which could increase coalbed methane production and exploitation effect.

Key words:coalbed methane;deepening setting depth of pump;stimulation measures;production performance;Shizhuangnan

0 引 言

在煤层气开发过程中,基于不同煤层地质单元[1],国内外学者对煤层气排采阶段的划分进行了研究,不论三段式[2-5]、四段式[6]、五段式[7]还是六段式[8]划分法,都是为了更好地对煤层气井进行精细化排采,制定不同排采阶段下的合理排采制度。通过渗流力学理论建立的煤层气井排水采气数学模型[9-11]以及数值模拟工具对排采制度的研究[12],表明在初见气阶段和产量上升阶段,都需密切关注井底流压和套压。当解吸范围达到要求后,就可以采取措施使煤层气产量上升到稳产阶段。本文对沁水盆地柿庄南区块达到临界解吸压力的井,在产量上升阶段,研究如何通过加深泵挂工艺有效提高煤层气井产气量。

收稿日期:2016-05-17;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2016.05.014
基金项目:中国海洋石油总公司资助项目(CNOOC-KY 125 ZDXM 00 ZY 01 15)
作者简介:冯汝勇(1980—),男,山东聊城人,高级工程师,硕士,从事非常规油气开发方面的研究工作。E-mail:fengry@cnooc.com.cn
引用格式:冯汝勇,柳迎红,廖 夏,等.加深泵挂工艺对煤层气井产气量影响研究[J].洁净煤技术,2016,22(5):75-78.
FENG Ruyong,LIU Yinghong,LIAO Xia,*et al*.Influence of deepening setting depth of pump process on coalbed methane[J].Clean Coal Technology,2016,22(5):75-78.

1　煤储层地质特征

柿庄南区块位于沁水盆地东南部,主力开采煤层为山西组的 3 号煤层[13],镜质组反射率 3.157% ~3.381%,为无烟煤[14],属于发育于陆表海浅水沉积背景之上的三角洲沉积[15]。3 号煤以原生煤和碎裂煤为主。东部埋深基本在 1 000 m 以内,厚度 4.0 ~8.0 m,含气量 2.34 ~19.16 m^3/t,临界解吸压力 0.20 ~3.32 MPa,临储比 0.27 ~0.59。

柿庄南区块 SZN-X 井所在井区的等温吸附曲线如图 1 所示,图中 *A* 点对应的吸附量为井区的含气量 9.17 m^3/t,对应的压力为临界解吸压力 0.87 MPa。从图 1 可见,随着储层压力的降低,在临界解吸压力附近小的压力波动就会造成大的含气量变化,因此需要研究在该排采阶段的加深泵挂工艺对产气量的影响。

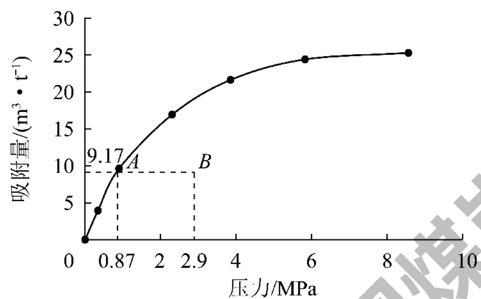

图 1　SZN-X 井等温吸附曲线

Fig. 1　Isothermal adsorption curve of SZN-X well

2　加深泵挂效果分析

2014 年 10 月 30 日,SZN-X 井完成加深泵挂作业,下调泵吸入口至煤层底板以下 10 m,一个月之内产气量由原来的 700 m^3/d 快速上升至6 000 m^3/d 左右。SZN-X 井排采曲线如图 2 所示。

由图 2 可知,在加深泵挂前,煤层气产量平稳维持在相对较低水平,说明储层压力在临界解吸压力附近。

柿庄南区块加深泵挂提高产量的井中,有 30 口井作业后产量增至 1 000 m^3/d 以上,提产后日产气量 1 007 ~5 504 m^3/d,为作业前的 2 ~38 倍,其中 21 口井增产达 5 倍以上,比例高达 70%。加深泵挂后井产量变化如图 3 所示。

除了煤层气吸附特征的影响外,连续稳定的排采、排水的来源等也是加深泵挂工艺能否提产需要考虑的因素。

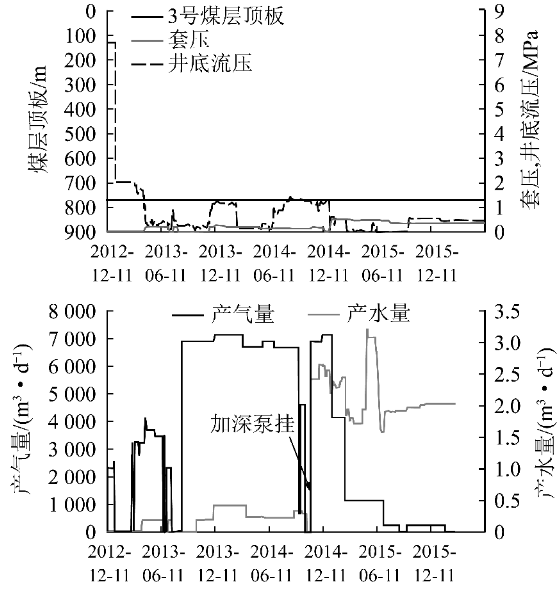

图 2　SZN-X 井排采曲线

Fig. 2　Production curve of SZN-X well

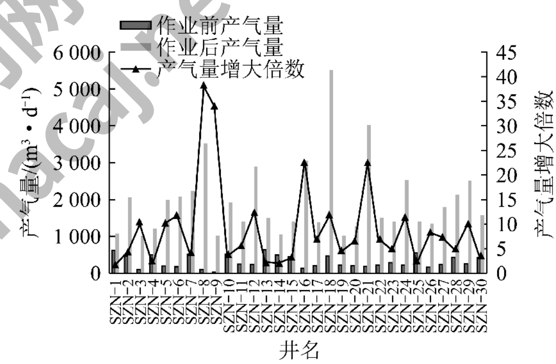

图 3　加深泵挂前后日产气量对比

Fig. 3　Comparison of production changes with deepening setting depth of pump process

3　加深泵挂提产适用条件

3.1　排采连续稳定

生产连续性好,生产时率 76% ~100%,平均 96%;其中 43%(13 口)井生产时率达 99% 以上,73%(22 口)井生产时率高于 95%,83%(25 口)井生产时率高于 90%。作业后各井生产时率如图 4 所示。

3.2　产气量稳定

作业前稳产时间占产气时间比例如图 5 所示,作业前稳产气量变化如图 6 所示。由图 5、图 6 可知,加深泵挂前稳产时间 290 ~944 d,平均 688 d;稳产时间占产气时间比例 55% ~97%,平均 76%。稳定产气 61 ~560 m^3/d,平均 332 m^3/d,多集中在 200 ~400 m^3/d。

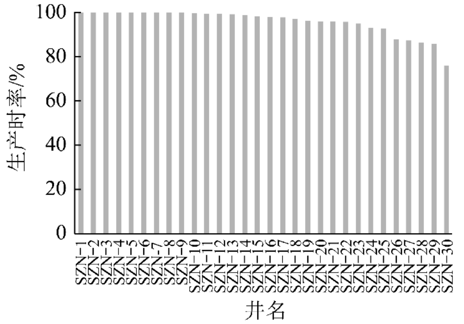

图 4　加深泵挂井生产时率变化

Fig. 4　Production rate of wells with deepen setting depth of pump process

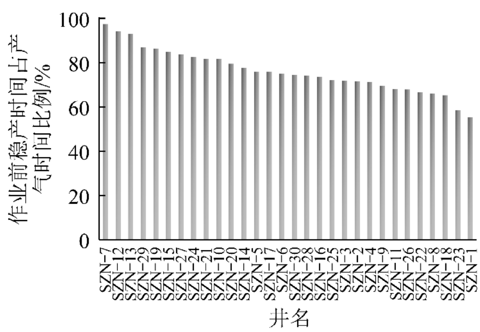

图 5　作业前稳产时间占产气时间比例

Fig. 5　Proportion of stable gas production days accounted for gas production days before the operation

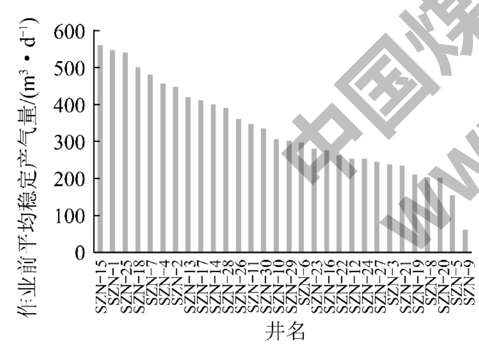

图 6　作业前稳产气量变化

Fig. 6　Stable gas production before the operation

稳产特征和生产时率表明,这些井在前期排采过程中对储层伤害较小,保证了渗流通道的畅通,生产前期得到了有效的排采,保证了压降漏斗的有效扩展。

3.3　见气早、产水量低

加深泵挂井见气前排采时间和累产水量如图 7 所示,加深泵挂井平均日产水量、最大日产水量如图 8 所示。由图 7、图 8 可知,见气时间 2～157 d,平均投产 55 d 即见气,仅 4 口井投产超过 100 d 见气。单井平均产水量 0.60 ～ 7.92 m^3/d,平均 2.08 m^3/d。见气早、产水量低,说明排采的水是煤层水,且临储比高,煤层气容易解吸。

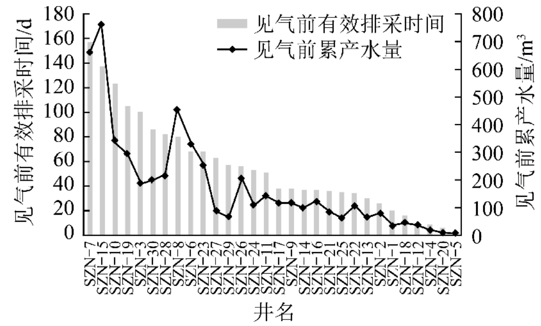

图 7　加深泵挂井见气前排采时间和累产水量

Fig. 7　The number of days and the amount of accumulated water before show gas of wells with deepening setting depth of pump process

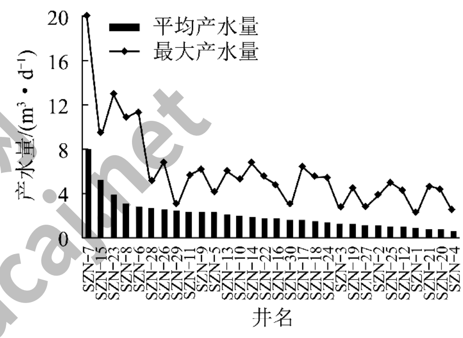

图 8　加深泵挂井平均日产水量、最大日产水量

Fig. 8　Average and maximum daily water output of wells with deepening setting depth of pump process

3.4　储层压力适宜

加深泵挂作业之前动液面与煤层顶板距离 60～217 m,平均 108 m,多集中在 60～150 m。动液面在煤层顶板之上,说明有一定的液柱高度,井底流压有降低的空间;同时动液面高度有限,说明煤层前期已进行有效降压,具有一定的泄压面积。井底流压也反映了这一现象,作业前井底流压 0.68 ～ 2.38 MPa,平均 1.26 MPa,其中 87% 的井井底流压高于 0.8 MPa。

4　结论与建议

在保持排采的连续性及合理的排采制度下,加深泵挂作业后能够大幅提高日产气量的井需要满足以下条件:

1)排采连续稳定,生产时率在 90% 以上;

2)产气量稳定,稳定产气在 300 d 以上,产气量稳定在较低水平;

3)见气早、产水量低,见气时间基本在 100 d 以下,平均日产水小于 4 m^3/d;

4)储层压力适宜,动液面与煤层顶板之间有一定的液柱高度,在 60 ~ 150 m 最佳;作业前井底流压高于 0.8 MPa。

在煤层气井见气后,产气量对排采压力更加敏感,因此,在煤层气初见气阶段更要精细控制排采。在加深泵挂后,控制井底流压和套压在合理水平,防止产量剧烈波动,影响煤层气井最终采收率。

参考文献(References):

[1] 郭广山,邢力仁.柿庄南煤层气富集主控因素及开发潜力分析[J].洁净煤技术,2015,21(4):117-121.
Guo Guangshan, Xing Liren. Primary geological controlling factors of coalbed methane enrichment and its exploration potential in Southern Shizhuang Block[J]. Clean Coal Technology,2015,21(4):117-121.

[2] 郭大立,贡玉军,李曙光,等.煤层气排采工艺技术研究和展望[J].西南石油大学学报(自然科学版),2012,34(2):91-98.
Guo Dali, Gong Yujun, Li Shuguang, *et al.* Research and prospect about the CBM drainage technology[J]. Journal of Southwest Petroleum University(Science & Technology Edition),2012,34(2):91-98.

[3] 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.
Wang Xinglong, Zhao Yizhong, Wu Tong. Analysis of typical production mechanism and characteristics of coalbed methane wells for high rank coal in South Qinshui Basin[J]. Coal Geology & Exploration,2009,37(5):19-27.

[4] 任源峰.煤层气排采中的技术管理[J].油气井测试,2003,12(5):66-68.
Ren Yuanfeng. Technological management in coalbed methane production[J]. Well Tesing,2003,12(5):66-68.

[5] 马歆宁.柿庄南区块煤层气井排采阶段管理[J].中国煤层气,2014,11(6):11-15.
Ma Xinning. Drainage management of CBM wells in Southern Shizhuang Block[J]. China Coalbed Methane,2014,11(6):11-15.

[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.
Rao Mengyu, Jiang shuhua. Analysis on drainage techniques of coalbed methane well[J]. China Coalbed Methane,2010,7(1):22-25.

[7] 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.
Li Mengxi, Zhang Cong, Zhang Shaoxiong, *et al.* Characteristics of production of CBM vertical well in Fanzhuang Block, Qinshui Basin[J]. China Coalbed Methane,2012,9(3):3-7.

[8] 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.

[9] 康永尚,赵　群,王红岩,等.煤层气井开发效率及排采制度的研究[J].天然气工业,2007,27(7):79-82.
Kang Yongshang, Zhao Qun, Wang Hongyan, *et al.* Developing efficiency and the working system of wells during the de-watering gas production process in coalbed methane reservoirs[J]. Natural Gas Industry,2007,27(7):79-82.

[10] 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.
Ni Xiaoming, Wang Yanbin, Jie Mingxun, *et al.* Reasonable production intensity of coalbed methane wells in initial production[J]. Journal of Southwest Petroleum University,2007,29(6):101-104.

[11] 冯其红,舒成龙,张先敏,等.煤层气井两相流阶段排采制度实时优化[J].煤炭学报,2015,40(1):142-148.
Feng Qihong, Shu Chenglong, Zhang Xianmin, *et al.* Real-time optimization of drainage schedule for coalbed methane wells at gas-water two-phase flow stage[J]. Journal of China Coal Society,2015,40(1):142-148.

[12] 蔡志翔,韦重韬,邹明俊.潘河地区煤层气井排采制度优化[J].中国煤炭地质,2012,24(10):18-21.
Cai Zhixiang, Wei Chongtao, Zou Mingjun. CBM well production system optimization in Panhe area[J]. Coal Geology of China,2012,24(10):18-21.

[13] 张晓阳,吴财芳,刘　强.基于排采速率的煤层气井排采制度研究[J].煤炭科学技术,2015,43(5):131-135.
Zhang Xiaoyang, Wu Caifang, Liu Qiang. Study on drainage system of coalbed methane well based on drainage rate[J]. Coal Science and Technology,2015,43(6):131-135.

[14] 孙　强,孙建平,张　健,等.沁水盆地南部柿庄南区块煤层气地质特征[J].中国煤炭地质,2010,22(6):9-12.
Sun Qiang, Sun Jianping, Zhang Jian, *et al.* CBM geological characteristics in Shizhuang South Block, Southern Qinshui Basin[J]. Coal Geology of China,2010,22(6):9-12.

[15] 周　彪,郭布民,邢云龙,等.沁水盆地柿庄南 3 号煤压裂地质研究[J].煤炭与化工,2015,38(12):31-35.
Zhou Biao, Guo Bumin, Xing Yunlong, *et al.* Geological study of Shizhuang South No. 3 coal fracturing in Qinshui Basin[J]. Coal and Chemical Industry,2015,38(12):31-35.