

文章编号: 1001-1986(2010)02-0018-05

采动区远程卸压煤层气抽采地面井产能影响因素

黄华州¹, 桑树勋², 方良才³, 李国君², 韩家章², 程志忠¹, 徐宏杰¹

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;

2. 淮南矿业(集团)有限责任公司, 安徽 淮南 232000;

3. 铁法煤业(集团)有限责任公司, 辽宁 铁法 112700)

摘要: 以淮南矿区远程卸压煤层气地面井抽采工程实践为依托, 通过工程试验和系统分析, 探讨了远程卸压煤层气地面井的产能特点及其影响因素。研究结果表明, 远程卸压煤层气地面井的产能曲线可分为两个阶段, 在较短时间内顺利完成第 I 阶段的井才能有较高产能。研究还显示, 煤层气地面井产能受地层结构和采动影响较大。在研究区, 当地层结构为松散层厚度<406 m, 基岩与松散层厚度比值>0.74, 下保护层与被保护层间距为 66~70 m, 且平均采高≤2.2 m, 平均产煤低于 3 898 t/d 时, 利于远程卸压煤层气地面井抽采; 当松散层厚度>430 m, 11-2 煤和 13-1 煤层间距>74 m, 基岩与松散层厚度比值<0.7 时, 卸压煤层气地面直井成功率较低, 此时, 可通过改变井位和优化井身结构来适应地层结构的变化, 提高地面井抽采成功率。

关键词: 采动; 远程卸压煤层气; 地面井; 产能; 影响因素; 淮南矿区

中图分类号: P618.11 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2010.02.005

Analysis of productivity impact factors for coalbed methane drainage by remote pressure relief of surface well in mining area

HUANG Huazhou¹, SANG Shuxun², FANG Liangcai³, LI Guojun², HAN Jiazhang²,
CHENG Zhizhong¹, XU Hongjie¹

(1. School of Resource and Geoscience, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. Huainan Mining Group, Huainan 232000, China; 3. Tiefa Mining Group, Tiefa 112700, China)

Abstract: The objectives of this paper were to analyze impact factors and the characteristics of gas productivity for remote pressure relief of coalbed methane by surface wells in mining area. Production trends and their impact factors have been studied for 9 wells on 3 longwall panels in Huainan coal mining area. The results indicated that the gas productivity of remote pressure relief of CBM drainage could be divided into two obvious stages. Well which can accomplish the first stage in short time would get better gas production. Strata structures and mining activities greatly influenced the gas production of surface well. It was favourable to gas drainage by surface wells while the average coal extraction volume was less than 3 898 tons per day and the average mining height was less than 2.2 m if the strata structure around the well was that thickness of loose bed was less than 406 m, the ratio of the bedrock thickness to loose bed thickness was over 0.74, the interval between protective seam and protected seam was on the range of 66~70 m. Whereas it was unfavourable to remote pressure relief of CBM drainage while the strata around the well was that loose bed thickness was larger than 430 m, the space between protective seam and protected seam was more than 74 m, the ratio of the thickness between loose bed and bedrock was less than 0.7. But the gas production can be improved by changing well location and optimizing wellbore structure.

Key words: mining; remote pressure relief coalbed methane; surface well; productivity; impact factors; Huainan coal mining area

淮南矿区是我国煤与煤层气富集的能源基地, 矿区煤层气资源量达 $3\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[1]。区内煤储层具有高含气量、低渗、松软的特点。1991 年以来, 淮南、淮北矿区先后施工原位煤层气地面井 14 口。测得这

两矿区煤储层渗透率为 $0.001 \sim 0.104 \text{ m}^2/\text{MPa}^2 \cdot \text{d}$, 储层压力为 3.3~12.68 MPa, 煤层含气量为 $2.0 \sim 18.16 \text{ m}^3/\text{t}$; 14 口各种煤层气原位开采井中, 采气量最大的达到 $1\ 000 \text{ m}^3/\text{d}$, 绝大多数只有几百 m^3 , 且迅速衰减, 有

收稿日期: 2009-06-05

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2007AA06Z220); 教育部重大科学技术项目(307014)

作者简介: 黄华州(1979—), 男, 湖北荆州人, 博士研究生, 主要从事煤与煤层气开发地质的科研工作。

的基本采不出气。在原位煤层气井抽采技术难以利用的背景下,淮南矿区通过开发利用卸压煤层气地面井技术来抽采治理瓦斯,即充分利用下部煤层的采煤活动导致的“卸压增透增流”效应,将井(孔)的终孔位置确定在开采导气裂隙带内,来抽采上覆卸压煤层中的煤层气。下部开采煤层通常被称为保护层,上覆被卸压煤层通常被称为被保护层或卸压层。卸压煤层气地面直井抽采技术在澳大利亚、加拿大、印度、日本、波兰和美国等都有应用^[2]。利用卸压煤层气地面井抽采技术治理瓦斯或抽采煤层气,在我国阳泉、铁法、包头、淮北和平顶山等矿区已有成功的应用先例。但远程卸压煤层气地面直井抽采技术的成功应用实例则少见报导。

淮南矿区卸压煤层气地面直井抽采,主要是利用下部 11-2 煤层的采动作用,抽采上覆 13-1 煤层的卸压煤层气。由于保护层与卸压层煤层间距(70 m 左右)较远,其层内卸压煤层气只能在层内流动。因此淮南矿区卸压煤层气地面直井抽采被称为远程卸压煤层气地面井抽采,其与铁法、阳泉等地的邻近层的卸压煤层气地面直井抽采技术有一定区别。邻近层卸压煤层气会因其与开采层较近,煤层气易经裂隙流入采空区,而远距离卸压煤层气处于采动的弯曲下沉带内,卸压层未与煤炭开采层贯通,煤层气只能在层内流动。

为了开发远程卸压煤层气地面直井抽采技术,截止 2009 年 3 月,淮南矿区已施工卸压煤层气地面抽采井 30 余口。在潘一矿、潘三矿和谢一矿施工的煤层气井均取得初步的成功,单井累计最大煤层气抽采量已达 335 万 m^3 左右,持续产气时间 300 d;但在谢桥、张北、顾桥和丁集等多个矿区施工的煤层气地面抽采井,均在工作面推过井孔 50~150 m 后,井孔停止产气^[3-4]。远程卸压煤层气地面直井产能极不稳定,为了系统分析卸压煤层气地面直井产能的影响因素,选取了淮南矿区试验的 9 口井为研究目标,它们是顾桥矿 1117(1)工作面的 3 口卸压井(即 1117-1S、1117-2、1117-3 井)、潘一矿 2361(1)工作面的 3 口卸压井(即 2361-1、2361-2、2361-3 井)、潘三矿 1792(1)工作面的 2 口井(即 1792-1、1792-2 井)、潘三矿 14102(1)工作面的 1 口井(即 14102-1)。

1 远程卸压地面井试验背景

淮南矿区顾桥矿、潘一矿和潘三矿的主采煤层都是 11-2 煤和 13-1 煤,均采用走向长壁式采煤方法。

顾桥矿 1117(1)工作面走向南北,全长 2 619 m,倾向东西,全长 250 m;11-2 煤煤层均厚 2.47 m,

煤层倾角平均 5° ;回采面范围内上覆新生界松散层厚度为 396.53~456.30 m。

潘一矿 2361(1)工作面走向长 962.5 m,倾向长 167 m;11-2 煤煤层平均厚度约 1.8 m,煤层倾角平均为 10° 。

潘三矿 1792(1)工作面走向长 802.6 m,倾斜长 202 m;11-2 煤煤层均厚 1.9 m 左右,煤层倾角平均为 7° 。该矿 14102(1)工作面走向长 1 481.0 m,倾斜长 216.0 m;11-2 煤煤层均厚 1.9 m,煤层倾角平均为 5° 。

9 口井都是工作面回采之前完井。其中 1117-1 井身是 S 型结构,井位布置在工作面开切眼之外,而终孔层位在工作面之内,井身的剖面形状类似字母“S”;其余的 8 口井都是地面直井,井位布置相似,井身结构相似,即井位大都布置在工作面内的走向中心线上。9 口井都是先采下伏的 11-2 煤,利用下保护层 11-2 煤的采动影响作用,抽采上覆被保护层 13-1 煤中卸压出的煤层气。直井的井身结构如图 1 所示。

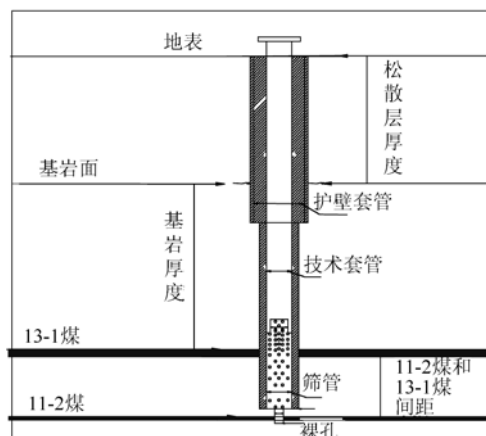


图1 远程卸压煤层气地面直井结构

Fig.1 Typical surface vertical well for remote pressure relief CBM drainage in studied mining area

2 地面井产能特征分析

9 口井产能情况如表 1 所示。这些井的产气持续时间最短 9 d,最长 628 d;产气量最小 0.08 万 m^3 ,最大 365.55 万 m^3 。从产气时间和产气量来看,潘一矿、潘三矿及顾桥矿 1117-1S 井是成功试验井,而顾桥矿的 1117-2 和 1117-3 井为失败试验井。

淮南矿区卸压煤层气地面井日产一般经历“小—最大—缓慢减小—停抽”这几个阶段。这里将地面井“开始产气—日产气最大值”称为 I 阶段;将“最大—缓慢减小—停抽”称为 II 阶段(图 2)。在卸压煤层气抽采过程中,I 阶段最为关键,很多井都在

表 1 远程卸压煤层气井产能统计表

Table 1 Gas production statistic of surface vertical well for remote press relief CBM drainage in studied mine area

井号	I 阶段初始 产气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	I 阶段最大 产气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	I 阶段产气 时间/d	I 阶段平均 产气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	I 阶段 总产气量/ m^3	产气持续 时间/d	总产气量 /万 m^3
2361-1	5 842	50 096	10	20 587	185 986	48	70.57
2361-2	18 478	43 529	8	30 121	240 968	197	227.86
2361-3	1 487	26 056	45	10 280	452 328	145	116.78
1792-1	9 523	60 364	19	31 083	590 571	213	365.55
1792-2	3 272	25 068	32	14 297	457 513	197	110.80
14102-1	3 227	29 103	30	21 260	637 793	135	117.49
1117-1S	1 285	12 096	118	5 301	418 752	628	233.34
1117-2						18	0.08
1117-3						9	3.1

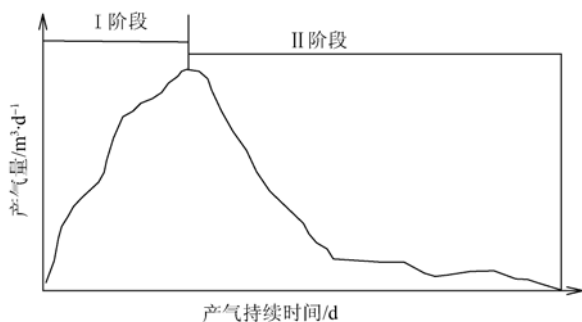


图 2 远程卸压煤层气地面井典型产气曲线示意图

Fig. 2 Typical gas productions curve of remote pressure relief CBM drainage by surface wells in studied mining area

该阶段停止产气。9 口目标井中,试验失败井 1117-2 和 1117-3 是在 I 阶段停止产气,其余 7 口井均经历了产气高峰日。潘一、潘三矿的 6 口井在 I 阶段的产气时间都在 45 d 以内,在工作面接近钻孔及推过钻孔较短的距离内,主要抽采的是 11-2 上覆煤层钻孔周围受采动影响而解吸出来的煤层气,平均产气量为 14 297~31 083 m^3/d ,这说明潘一、潘三矿的煤层卸压效果极为明显。但是顾桥矿 1117-1S 井,在 I 阶段的产气持续时间达 118 d,平均产量 5 301 m^3/d ,在初始产气期,产量几乎在 2 000 m^3/d 左右;1117-2 井初始产气量 413 m^3/d 也是最大产气量,最小仅 6 m^3/d ,持续产气时间 18 d,属于试验失败井;1117-3 井初始产气时,产气量只有 1 436 m^3 ,最大仅 7 286 m^3 ,产气持续时间总共 9 d,属于试验失败井。从产气情况来看,潘一、潘三矿区属于卸压煤层气试验成功矿区,而顾桥矿则属于产气失败矿区(在 1117(1)工作面上试验的 6 口井只有 1 口井成功产气)。

3 地面井产能影响因素分析

前人在分析了卸压煤层气地面井诸多影响因素后,认为钻井的稳定性难以保持是淮南矿区卸压煤层气地面井所面临的关键问题^[5-6]。卸压煤层气地面

井都是在工作面回采之前完工,在工作面接近钻孔或工作面回采过钻孔后,地面井才开始产气,因此,远程卸压煤层气地面井要经历因下伏煤层采动导致的岩层移动变形这一阶段。这对井身结构是一个严峻的考验,目前淮南矿区许多井都是在岩层移动变形阶段井身结构被破坏而终止产气的^[7-8]。

影响远程卸压煤层气地面井产能的因素很多,包括地质条件、储层条件、采煤方法、采动影响因素、井位布置、井身结构、完井方式、井头的抽采方式和下保护层开采卸压的效果等^[9-10]。9 口目标井中除了 1117-1S 井,其余 8 口井的井身结构、完井方式及井头的抽采方式相似,采煤方法都是走向长壁开采。根据《防治煤与瓦斯突出细则》第 47 条和第 48 条的规定及矿上实测数据,计算出 9 口目标井所在的工作面的卸压层都处于弯曲下沉带内,卸压层与保护层间距为 66~84 m,均小于下保护层各自工作面的最大有效卸压距离。因此,卸压层均可以有效卸压。9 口目标井所在工作面上部卸压层的平均瓦斯含量为 8~10 m^3/t 。因此,在影响远程卸压煤层气地面井产能的主要因素中,储层条件、采煤方法、井位布置、井身结构、完井方式、井头的抽采方式以及下保护层开采的卸压效果对 9 口目标井都是相似的,所不同的主要是地层结构和采动影响因素。地层结构包括地层组合和岩性组合;采动影响因素包括采煤高度、采煤速度和煤炭日产量等。下面主要从地层结构和采动影响两个角度对卸压煤层气地面井的产能进行系统分析。

3.1 地层结构影响

从卸压煤层气地面井的结构来看,对地面井产生影响的地层因素可以分为井深、松散层(第四系)厚度、基岩厚度、11-2 煤与 13-1 煤间距(图 1)。

从表 2 的统计分析得出,井深对卸压煤层气地面井的影响并不明显。14102-2 井深 864.10 m,产气持续时间 145 d,共产气 117.49 万 m^3 ;1792-1 井深

778.19 m, 也达到了最好的产气量。

松散层厚度对卸压煤层气地面井产气的影响主要在于破坏井身结构。松散层厚度越厚, 在松散层和基岩面交接的地方, 井身越容易被挤压破坏。实验失败井的松散层厚度都在 430.00 m 以上, 而在潘一、潘三等试验成功矿区松散层厚度在 406.55 m 以下。

11-2 煤和 13-1 煤的间距主要影响卸压的效果。下保护层对卸压层的卸压作用是在一定距离内才有较好的效果, 不同的地层和岩性组合, 卸压作用高度不同。在产气成功的井中, 1117-1S 井中所见的 11-2 煤与 13-1 煤的间距最大, 达 84.00 m, 但在阶段, 平均日产量和产气持续时间明显小于其他井, 这说明 I 阶段煤层间距对卸压煤层气的产气量有明显影响。当煤层间距 >74 m 后, 在产气效果最好的

阶段, 卸压煤层气地面直井平均产量仅有 5 301 m³/d, 明显小于其他产气成功的井。试验失败的井中, 11-2 煤与 13-1 煤的间距为 74.52~83.18 m, 明显大于其他直井的间距。说明当下保护层和上覆

被保护层间距 >74 m 后, 不利于远程卸压煤层气地面井抽采。

产气成功矿区松散层厚度为 247.80~406.55 m; 基岩厚度为 299.00~368.40 m; 11-2 与 13-1 煤间距为 66.11~71.90 m。产气失败矿区松散层厚度为 430.60~443.00 m, 基岩厚度为 191.00~274.70 m; 11-2 与 13-1 煤间距为 74.52~84.00 m。因此, 基岩厚度、松散层厚度、11-2 煤与 13-1 煤层间距和远程卸压煤层气地面井产能明显相关。

表 2 是各卸压煤层气地层厚度统计表。通过比较各井产能后可知, 当松散层厚度 <410 m, 11-2 煤与 13-1 煤层间距 <72 m, 松散层与井深比值 <0.52, 基岩与松散层厚度比值 >0.94 时, 远程卸压煤层气地面直井抽采成功率高; 当松散层厚度 >430 m, 11-2 煤与 13-1 煤层间距 >74 m, 松散层与井深比值 >0.55, 基岩与松散层厚度比值 <0.7 时, 远程卸压煤层气地面直井成功率较低(但从顾桥矿 1117-1 井的高产能可看出, 通过改变井位和井身设计, 远程卸压煤层气地面井也可在这种地层结构下获得高产)。

表 2 地层厚度统计表

Table 2 Strata thickness statistics around the surface vertical well for remote relief CBM drainage in studied mine area

井号	孔深 /m	松散层厚度 /m	基岩厚度 /m	13-1 埋深 /m	11-2 与 13-1 煤层间距/m	松散层厚度与 井深比值	基岩厚度与 煤层间距比值	基岩厚度与 松散层厚度比值
2361-1	680.89	247.80	361.45	609.25	69.64	0.36	5.19	1.46
2361-2	687.50	251.45	368.40	619.85	66.53	0.37	5.54	1.47
2361-3	687.41	256.35	363.90	620.25	66.11	0.37	5.50	1.42
1792-1	778.19	356.35	354.70	711.05	69.04	0.46	5.14	1.00
1792-2	774.00	405.00	299.00	704.00	71.90	0.52	4.16	0.74
14102-1	864.10	406.55	380.80	787.35	66.20	0.47	5.75	0.94
1117-1S	719.40	443.00	191.00	634.00	84.00	0.62	2.27	0.43
1117-2	758.37	437.15	245.70	682.85	74.52	0.58	3.30	0.56
1117-3	789.48	430.60	274.70	705.30	83.18	0.55	3.30	0.64

3.2 采动影响

通过对远程卸压煤层气地面井的透孔资料分析, 产气失败井的井身结构都被不同程度破坏。因此, 采动影响因素对卸压煤层气地面井产能的影响主要是通过破坏井身结构来实现的。研究区内试验失败井, 均在工作面推过井孔 50~150 m 后, 井孔开始停止产气。为了研究其原因, 在下保护层工作面离井孔 50 m 到工作面推过井孔 150 m 的范围内, 对下保护层的采高、工作面日推进长度及煤炭日产量与远程卸压煤层气地面井产能进行了对比分析。工作面推进速度和日产量通常是正相关的关系。因此, 将日产量和采高作为采动影响的主要量化指标。各个工作面的地层结构不一样, 地层和采动的综合影响效果也不同, 因此, 这里以工作面为单元来分析

采动对远程卸压煤层气地面井抽采的影响。

3.2.1 采煤高度

顾桥矿 1117(1)工作面采高基本维持在 3.1 m 左右; 潘三矿 1792(1)工作面和 14102(1)工作面 11-2 煤采高平均为 1.8~2.1 m; 2361 工作面 11-2 煤采高为 1.80~2.24 m。工作面内采高变化并不大, 因此, 采高对工作面内的目标井产能影响较小。但从这些矿的各工作面采高的比较可以看出, 采高与远程卸压煤层气地面井的产能明显相关。顾桥矿采高 3.1 m, 是潘三矿和潘一矿的各工作面采动高度的 1.5 倍左右, 顾桥矿工作面井的总体产能小于潘一、潘三矿, 成功抽采率也远小于这两矿。在相同的推进速度下, 采煤高度越大, 上覆岩层的变形越大, 变形位移速度相对也变大, 因此对井身结构的破坏越剧

烈。从产能的情况分析,目前的远程卸压煤层气地面井井身结构可以持续产气的采动高度为 1.8~2.24 m;目前,远程卸压煤层气地面试验井身结构尚难以承受在 3.1 m 及其以上的采煤高度,但以顾桥矿 1117(1)面地面井试验结果来看,将远程卸压煤层气地面井布于开切眼附近,可相对减少采动对远程卸压煤层气地面井井身的破坏,从而提高产能。

3.2.2 煤炭日产量

a. 顾桥矿 1117(1)工作面

1117-1 井是顾桥矿 1117 工作面唯一 1 口产气成功井。该井是 S 型井,其地表井位位于工作面切眼之外。由于其主要抽采 13-1 煤煤层气,因此以其井孔进入 13-1 煤层中的坐标为井位进行分析。1117-1 钻孔在井开切眼附近,工作面回采初期工作面推进速度及日产量都较小。从工作面开始回采至工作面推过钻孔 74 m,总共 32 d,平均产量 4 122 t/d,在离钻孔 28.1 m 处达到最大产量 8 990 t/d。

1117-2 井是典型的产气失败井,对其采动的相关数据数据分析极具代表意义。该井在工作面离钻孔 52.20 m 到推过钻孔 70.3 m,共用 31 d,平均产量 8 196 t/d,在距离钻孔 27.4 m 处达到最大产量 15 413 t/d。

1117-3 井是产气量较小的井,说明钻孔虽被破坏,但未被完全堵塞。在工作面离钻孔 76.5 m 处到推过钻孔 66.2 m 这一过程中,共用 21 d,平均产量 9 429.86 t/d,在推过钻孔 66.20 m 处达到最大产量 16 978 t/d;在离钻孔 12.7 m 到推过钻孔 46.30 m,工作面以平均 7.45 m 的速度往前推进,这一段平均产量 10 461 t/d,在离钻孔 2 m 处达到最大产量 12 618 t/d。

从顾桥矿的煤炭日产量来看,工作面在推进过程中,经过 1117-2 井和 1117-3 井的煤炭产量明显高于 1117-1 井。煤炭产量的增大和推进速度的加快,11-2 煤的采空区空间形成速度加快,导致上覆岩层变形速度加快。上覆岩层变形速度加快,使套管受到的挤压剪切作用力变大,从而加速了套管的破断,堵塞了产气通道。1117-1 井在接近开切眼处,由于围岩受力时受到了三边煤柱的支撑,使变形缓慢,产气得以维持。

b. 潘三矿 1792(1)和 14102(1)工作面

1792-1 井,在工作面推过井 3.60 m 到工作面推过井位 100.35 m,总共用 27 d,平均产量 2 048.90 t/d,在离钻孔 85.75 m 处达到最大产量 3 329.20 t/d。

1792-2 井,在工作面推过井 3 m 到工作面推过井位 122 m,总共用 43 d,平均产量 2 283 t/d,在离钻孔 111.50 m 处达到最大产量 3 088.80 t/d。

14102-1 井,在工作面离井位 7.4 m 到工作面推

过井位 131.20 m,总共用 29 d,平均产量 3 898.60 t/d,在离钻孔 82 m 处达到最大产量 5 367 t/d。

潘三矿 1792-1 井、1792-2 井及 14102 井产气均以较快的速度经历产气 I 阶段,而且在第 1 阶段产气量高,最终持续产气时间都在 100 d 以上。说明潘三矿这 3 口井的井位及井身设计可以承受的采煤活动范围是:平均产量 3 898.60 t/d,最大产量 5 367 t/d。

c. 潘一矿 2361 工作面

2361-1 井,在工作面离井 4 m 到工作面推过井口 127 m,总共用 42 d,平均产量 1 681.20 t/d,在离钻孔 44.30 m 处达到最大产量 3 272 t/d。

2361-2 井,在工作面推过井 2.4 m 到工作面推过井位 121 m,总共用 22 d,平均产量 2 426 t/d,在离钻孔 54.60 m 处达到最大产量 3 492 t/d。

2361-3 井,在工作面离井位 43 m 到工作面推过井位 89 m,总共用 55 d,平均日产 1 181 t/d,在离钻孔 28.70 m 处达到最大产量 3 319 t/d。

2361 工作面 3 口井中,2361-1 井和 2361-2 井在井口附近的产量和工作面推进速度都明显高于 2361-3 井,这和 2361-1 井、2361-2 井的第 1 阶段产气时间在 10 d 以内有较大关系。说明在井身结构可承受的范围内,通过加大煤炭日产量可提高远程卸压煤层气地面井的产能。从最大煤炭日产和地面井产能分析可以看出,潘一矿 2361 工作面上各卸压煤层气地面井的井位和井身结构设计所能承受的采煤活动范围是:平均产量 2 426 t/d;最大产量 3 492 t/d。

4 结 论

a. 卸压煤层气地面井产气过程中,日产量一般经历“小—最大”的 I 阶段和“最大—缓慢减小—停止产气”的 II 阶段。当卸压煤层气井完整经历 I 阶段后,才会有较高产能。研究区卸压煤层气地面井产能差异主要影响因素是地层结构和采动影响因素。

b. 当保护层厚度<2 m,松散层厚度<410 m,保护层和卸压层间距<74 m,基岩与松散层厚度比值>0.94 时,远程卸压煤层气地面直井抽采成功率高;当保护层厚度>2.5 m,松散层厚度>430 m,保护层和卸压层间距>74 m,松散层与井深比值>0.55,基岩与松散层厚度比值<0.7 时,远程卸压煤层气地面直井成功率较低,此时,可通过改变井位和井身设计来适应地层结构的变化。

c. 当地层结构组合为松散层厚度<256 m,基岩与松散层厚度比>1.42,下保护层与被保护层间距为 66~69 m 时,布设在工作面轴线上的卸压煤层气地面井可承受的采煤活动范围是:平均采高 2.2 m;

(下转第 31 页)