

引用格式: 吴壮坤, 张宏录, 池宇璇, 等. 新型排采泵在延川南深层煤层气井的改进及应用[J]. 油气藏评价与开发, 2023, 13(4): 416-423.

WU Zhuangkun, ZHANG Honglu, CHI Yuxuan, et al. Improvement and application of a novel drainage pump of deep coalbed methane wells in south Yanchuan[J]. Petroleum Reservoir Evaluation and Development, 2023, 13(4): 416-423.

DOI: 10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2023.04.002

新型排采泵在延川南深层煤层气井的改进及应用

吴壮坤, 张宏录, 池宇璇, 印中华, 张 壮

(中国石化华东油气分公司石油工程技术研究院, 江苏 南京 210019)

摘要: 针对延川南煤层气田因地层出煤粉导致机抽井频繁躺井作业的问题, 开展了延川南煤层气井新型排采泵的改进及应用研究。新型排采泵游动凡尔设计为强制拉杆半球式密封, 柱塞总成采用中空设计, 泵径 $\phi 38$ mm, 冲程3.0 m, 冲次1~3次/min, 排量4.8~14.6 m³/d。新型排采泵与空心杆、油管配合使用, 从而形成了生产和洗井双通道一体化管柱。既能满足正常的排水采气生产, 又能实现洗井排煤粉的需求, 而且洗井时洗井液不进入地层, 避免了洗井液对地层的污染, 实现了不起管柱作业并将煤粉从井中排出, 解决了煤层气田排采井煤粉或砂粒沉积导致的固定阀失效和卡泵的问题。2022年, 新型排采泵在延川南煤层气田开展了2口井现场应用, 实施后没有发生固定阀失效和煤粉卡泵, 措施井平均检泵周期延长285 d。现场试验表明: 新型排采泵具有正常排水采气和通过洗井将煤粉从泵中排出双重功能, 为延川南煤层气田防煤粉工艺提供了一种新的技术支持。

关键词: 煤层气; 排水采气; 煤粉卡泵; 新型排采泵; 检泵周期

中图分类号: TE37

文献标识码: A

Improvement and application of a novel drainage pump of deep coalbed methane wells in south Yanchuan

WU Zhuangkun, ZHANG Honglu, CHI Yuxuan, YIN Zhonghua, ZHANG Zhuang

(Engineering Design & Research Institute, Sinopec East China Oil and Gas Company, Nanjing, Jiangsu 210019, China)

Abstract: In order to solve the problem of frequent well laying in the coalbed methane field in south Yanchuan due to sand production (pulverized coal), a novel drainage pump in south Yanchuan coalbed methane well has been developed. The novel drainage pump is designed as a forced pull rod hemisphere-type seal, and the plunger assembly adopts a hollow design. The pump diameter is $\phi 38$ mm, the stroke is three meters, the stroke time ranges from one to three times per minute, and the displacement is 4.8~14.6 m³/d. The novel drainage pump is used together with hollow rod and tubing, forming a dual-channel integrated pipe string for production and cleaning. It can not only meet the normal drainage gas production, but also facilitates well flushing and discharging pulverized coal. In addition, the flushing fluid does not enter the stratum during well flushing, avoiding the pollution of the flushing fluid to the stratum and preventing the failure of the fixed valve and the pump from being stuck caused by the deposition of pulverized coal or sand in the coalbed methane field drainage well. In 2022, the novel drainage pump was applied in two wells in the south Yanchuan coalbed methane field, and since then, no fixed valve failure or pulverized coal card pump has occurred. As a result the average pump inspection period of measure wells has been extended by 285 days. Field tests demonstrate that the novel drainage pump has the dual functions of normal gas drainage and coal powder discharge through well flushing, providing a new technical support for improving the overall development level of coalbed methane field in south Yanchuan.

Keywords: coalbed methane; drainage gas production; pulverized coal stuck pump; novel drainage pump; pump inspection cycle

收稿日期: 2023-01-30。

第一作者简介: 吴壮坤(1972—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事非常规油气资源勘探开发与科研生产工作。地址: 江苏省南京市建邺区江东中路375号金融城9号楼, 邮政编码: 210019。E-mail: uzk.hdsj@sinopec.com

通信作者简介: 张宏录(1966—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事采油气工艺的研究及推广工作。地址: 江苏省南京市建邺区江东中路375号金融城9号楼, 邮政编码: 210019。E-mail: 2534032617@163.com

基金项目: 中国石化科技项目“低压煤系气藏地质工程一体化高效开发技术”(P20074)。

延川南煤层气田开发主力煤层为下二叠统山西组2号煤层,东部谭坪构造带2号煤层埋深介于600~1 000 m,平均为880 m,西部万宝山构造带2号煤层埋深介于1 000~1 500 m,平均为1 300 m。2号煤层平均厚度约为5 m,含气量平均为11.3 m³/t,煤层渗透率介于(0.2~0.5)×10⁻³ μm²,平均为0.344×10⁻³ μm²,孔隙度介于3.0%~6.7%,属特低孔低渗储层^[1]。煤储层压力在东部谭坪构造带介于2.77~4.79 MPa,平均为3.91 MPa,在西部万宝山构造带介于4.47~10.57 MPa,平均为7.98 MPa。谭坪构造带及万宝山构造带东北部为弱径流区,地层水矿化度介于3 000~5 000 mg/L,水型为NaHCO₃,万宝山构造带中西部以高压封闭滞留区为主,地层水矿化度介于10 000~160 000 mg/L,以CaCl₂水型为主^[2-3]。截至2022年12月,延川南煤层气田共有排采井1 037口,平均单井日产液量为0.56 m³,日产液量低于2.19 m³的排采井978口,占总排采井数的94%。延川南煤层气田主要排采工艺为管式泵机抽排采工艺,2021—2022年,延川南煤层气田排采井因煤粉沉积导致泵堵、卡泵的躺井井数为126口,占总躺井井数的62%^[4-6]。

国内煤层气排水采气防煤粉工艺主要有长柱塞短泵筒防煤粉排采泵、射流泵排水采气工艺^[7-9]。长柱塞短泵筒防煤粉工艺主要是在泵筒外部设计了沉煤粉结构,煤粉通过外管与泵筒之间环形空间,经双通芯通道落入泵下尾管,但由于井内液体通过侧向进液孔进入泵筒内,泵筒内部的煤粉无法排出。射流泵排水采气工艺是地面高压动力液通过井下射流泵喷嘴后产生负压,地层产出液被吸入到射流泵,形成的混合液经射流泵增压后沿φ48 mm油管和φ73 mm油管之间的环空到达地面。射流泵排水采气工艺无杆管偏磨,排煤粉能力强,但耗电高,日耗电量达1 000 kW·h,且单井投产成本达30万元。

延川南煤层气田主要排采工艺为管式泵机抽排采工艺,这种排采工艺的优点是经济可靠,成本费用低。但当排采井日产液量低于2.19 m³时,泵筒内部煤粉不能排出地面。为了解决这个问题,研究应用了“空心杆+常规泵”洗井工艺、隔膜泵自动循环洗井工艺、泵下洗井工艺^[10-11]。但“空心杆+常规泵”洗井工艺只能清洗泵上油管内的煤粉,泵筒内煤粉无法洗出;隔膜泵自动循环洗井工艺是通过套管补液,增加油管的排液速度,提高临界携煤粉流量,从而将油管内煤粉排出地面,但对于高产气井而言,该洗井

工艺并不适用,主要原因是当气井瞬时气量大于250 m³时,会发生“气顶”现象^[12-14],导致水流无法到达井下,进而无法进行洗井;泵下洗井工艺是通过铝塑管和泵下洗井接头将地面清水注入油管,增加油管的排液速度,但注入清水液量只有2.19 m³/d,无法排出泵筒内沉积的砂子^[15-16]。

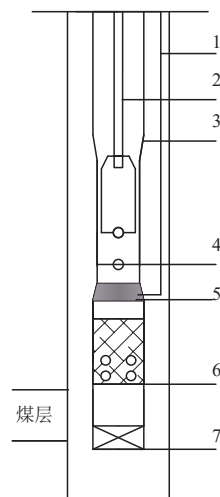
针对延川南煤层气井因地层出煤粉导致机抽排采井频繁躺井的问题,开展延川南煤层气井新型排采泵的改进与应用。2022年,多功能可洗井排采泵现场应用2口井,措施井平均检泵周期延长285 d。该技术为延川南煤层气田的防煤粉工艺提供新的技术支持。

1 新型排采泵优化设计

1.1 总体技术方案

常规排采泵由柱塞、游动阀总成、固定阀总成组成,常规排采泵只有地层产出液排出通道,没有洗井液排出通道。为了解决常规排采泵无法洗井排出泵筒内部煤粉的问题,将常规排采泵重新进行改进,并与现有的三级防砂气锚、泵下洗井工艺、空心抽油杆共同组成生产洗井一体化工艺管柱(图1)。其技术方案如下:

- 1) 通过三级防砂气锚将粒径大于0.12 mm的煤



注:1.铝塑管;2.空心杆;3.油管;4.新型排采泵;5.泵下洗井接头;
6.三级防砂气锚;7.丝堵。

图1 煤层气生产洗井一体化管柱结构示意图
Fig. 1 Schematic diagram of integrated wellbore structure for coalbed methane production and well flushing

粉及砂子挡在油管外,防止粒径大于0.12 mm的煤粉及砂子进入泵筒。

2) 应用Stokes定律通过计算煤粉颗粒沉降速度,获得最小携煤粉流量为 $2.19 \text{ m}^3/\text{d}$ 。当排采井液量低于 $2.19 \text{ m}^3/\text{d}$ 时,应用泵下洗井工艺将地面清水通过铝塑管和泵下洗井接头注入油管,使排采井日产液量大于 2.19 m^3 ,增加油管的排液速度,将粒径小于0.12 mm的进入泵筒内的煤粉排出地面。

3) 应用新型排采泵举升工艺将产液量达到 $2.19 \text{ m}^3/\text{d}$,粒径小于0.12 mm进入泵筒内砂子,通过洗井方式排出地面。改进的新型排采泵采用了生产和洗井双通道设计,柱塞总成采用中空设计,在泵筒、油管、空心杆及空心杆与油管环空形成生产和洗井双液体通道,洗井排煤粉作业时通过空心杆从地面注入高压洗井液实现对泵筒、固定阀、游动阀的清洗作业,而不会对煤层造成影响。该泵结构简单可靠,操作简便,作业成本低,能有效解决煤层气田机抽排采井煤粉或砂粒沉积导致的固定阀堵塞失效和卡泵等问题。

1.2 新型排采泵结构组成

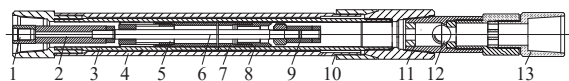
新型排采泵由空心杆接头、泵上接头、泵筒、过桥管、柱塞上接头、空心拉杆、柱塞、柱塞下接头、游动凡尔、过桥管下接头、固定凡尔罩、固定凡尔、下接头组成。新型排采泵结构见图2。

1.3 技术原理

1) 排水采气生产

新型排采泵和常规排采泵的主要区别有2个方面:一是常规排采泵游动凡尔总成由游动凡尔球和游动凡尔球座组成,游动阀只有产出液通道,没有洗井液通道;二是常规排采泵的泵筒内如有气体,易发生“气锁”现象。

新型排采泵游动凡尔总成由空心拉杆、柱塞下



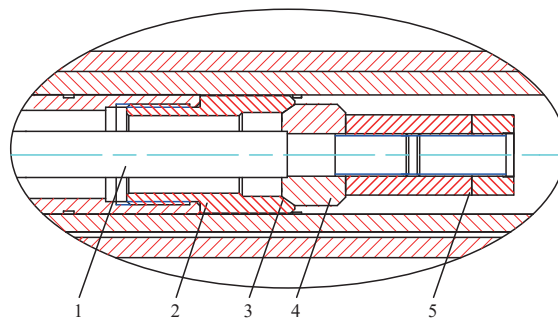
注:1.空心杆接头;2.泵上接头;3.泵筒;4.过桥管;5.柱塞上接头;
6.空心拉杆;7.柱塞;8.柱塞下接头;9.游动凡尔;10.过桥管下接头;
11.固定凡尔罩;12.固定凡尔;13.下接头。

图2 新型排采泵结构示意图

Fig. 2 Structure diagram of novel drainage pump

接头、游动凡尔球、连接套组成(图3)。柱塞下接头的密封面与游动凡尔球密封面形成有效密封。新型排采泵游动凡尔总成中间的空心拉杆设计有洗井液通道,拉杆带动游动凡尔实现强制性地打开和关闭,避免了“气锁”现象。

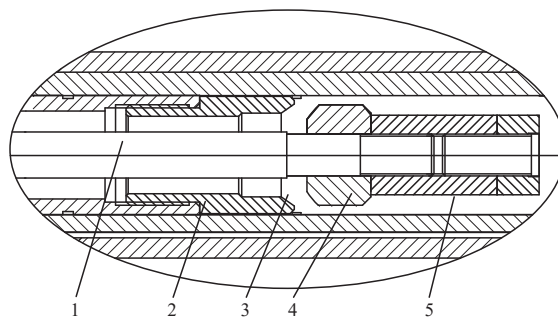
正常排采生产时,柱塞总成随空心抽油杆一起往复运动。上行程时,柱塞总成向上运动,游动阀总成的环形阀关闭,柱塞下接头与游动凡尔球的密封面形成有效密封(图3),泵腔容积增大,压力下降,进油阀在油套环空沉没压力作用下打开,从煤层中产出的水、煤粉或砂粒等物质进入泵腔内,同时柱塞上部液体被举升到地面;下行程时,柱塞总成向下运动,游动阀总成的柱塞下接头和游动凡尔球被强制性打开(图4)。泵腔和油管腔连通,进油阀在油管腔压力作用下关闭,泵腔容积减小,泵腔内的液体通过柱塞上接头出液孔进入空心杆与油管环空排出。至



注:1.空心拉杆;2.柱塞下接头;3.密封面;4.游动凡尔;5.连接套。

图3 游动凡尔总成结构示意图(生产时)

Fig. 3 Structure diagram of traveling valve assembly (during production)



注:1.空心拉杆;2.柱塞下接头;3.密封面;4.游动凡尔;5.连接套。

图4 游动凡尔总成结构示意图(洗井时)

Fig. 4 Structure diagram of traveling valve assembly (during well flushing)

此完成一个抽汲过程。随着柱塞不断地上下往复运动,地层产出液也不断地被举升到地面。

2) 洗井排煤粉作业

洗井排煤粉排污泥作业时,将柱塞下放至碰泵状态,游动阀总成的柱塞下接头密封面和游动凡尔密封面被强制性打开,柱塞下接头和游动凡尔间隙变为洗井液过流通道。从空心杆注入洗井液,洗井液经过新型排采泵洗井液通道、空心杆与油管环空排出(图4)。通过高压洗井液的循环,将泵腔和油管腔内沉积的煤粉或砂粒携带出井筒,从而达到清洗井筒的目的。

1.4 技术特点

1) 实现不起管柱作业将煤粉从井中排出,避免煤粉卡泵,延长检泵周期。

2) 排采泵设计新颖,设计有生产和洗井双通道,从而实现了生产与洗井一体化。

3) 洗井时洗井液走排采泵泵体洗井通道,洗井液不会进入套管,从而避免了洗井液进入地层而对地层造成的污染。

4) 进行冲砂洗井时,不需要起管柱作业,减少了作业成本。

1.5 最小携煤粉流量计算分析

1) 煤粉(砂子)粒径分析

对延川南煤层气井含煤粉的产出液取样,将煤粉液样静止沉淀、过滤、风干,得到煤粉样品,采用激光粒度分析仪进行煤粉粒度测试^[17-18]。煤粉含量占57%,砂含量占39%,污泥含量占4%。进一步对煤

粉进行粒径分析得知:粒径大于2 mm的煤粉占18%,粒径1~2 mm的煤粉占8%,粒径0.3~1.0 mm的煤粉占3%,粒径0.2~0.3 mm的煤粉占5%,粒径0.12~0.20 mm的煤粉占5%,粒径小于0.12 mm的煤粉占61%。粒径小于0.117 mm的砂子占35%,粒径0.23 mm的砂子占36%,粒径0.41 mm的砂子占16%,粒径0.82 mm的砂子占13%。

2) 最小携煤粉(砂子)流量计算分析

新型排采泵要想正常实现防止煤粉卡泵问题,最小携煤粉流量计算分析显得非常重要,前期就是因为排采井的日产液量低于临界携煤粉流量,导致煤粉颗粒下沉卡泵。通过计算煤粉颗粒沉降速度,获得最小携煤粉流量。当排采井的日产液量大于最小携煤粉流量时,煤粉能够顺利排出地面。应用Stokes定律计算煤粉颗粒沉降速度^[19-20]:

$$v = \frac{g(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu} \quad (1)$$

$$Q = \pi(D_1^2 - d_1^2)v \quad (2)$$

式中: v 为颗粒沉降速度,单位m/s; g 为重力加速度,取值980 cm/s²; ρ_s 为煤粉颗粒密度,单位kg/m³; ρ 为水的密度,单位kg/m³; $\rho_s - \rho$ 为煤粉颗粒与水密度的差值,取值550 kg/m³; d 为煤粉颗粒直径,0.05~0.19 mm; μ 为分散介质的黏度,单位Pa·s; Q 为最小携煤粉流量,单位m³/d; D_1 为柱塞内径,取值28 mm; d_1 为空心杆外径,取值18 mm。

石英砂的密度为2 850 kg/m³,煤粉颗粒的密度为1 550 kg/m³,将设计的各种参数代入公式计算出煤粉颗粒沉降速度及最小携煤粉流量。不同粒径

表1 不同粒径下最小携煤粉(砂子)流量

Table 1 Minimum carrying flowrate of pulverized coal dust(or sand) with different particle sizes

序号	砂子			煤粉		
	砂子颗粒直径/ mm	砂子沉降速度/ (m/s)	最小携砂流量/ (m ³ /d)	煤粉颗粒直径/ mm	煤粒沉降速度/ (m/s)	最小携煤粉流量/ (m ³ /d)
1	0.05	0.052 25	7.926 420	0.05	0.000 68	0.099 232
2	0.07	0.064 41	8.639 787	0.07	0.001 34	0.594 401
3	0.10	0.078 99	9.304 220	0.09	0.002 74	0.897 507
4	0.11	0.082 95	10.878 720	0.11	0.003 94	1.571 598
5	0.12	0.090 30	11.945 030	0.12	0.006 16	2.193 665
6	0.23	0.196 00	11.222 720	0.13	0.010 90	2.581 323
7	0.33	0.201 00	12.751 120	0.14	0.024 60	3.568 858
8	0.41	0.310 20	13.987 320	0.19	0.033 50	4.860 030

下最小携煤粉流量见表1。

3) 排煤粉措施及洗井制度

经过室内分析,煤粉颗粒直径小于0.12 mm对应的最小携煤粉流量为2.19 m³/d,砂子颗粒直径小于0.12 mm对应的最小携砂流量为11.94 m³/d。

①当排采井的日产液量大于2.19 m³时,61%煤粉颗粒能够顺利排出地面。如果排采井的日产液量小于2.19 m³最小携煤粉流量时,现场可以通过应用泵下洗井工艺将地面清水通过铝塑管和泵下洗井接头注入油管,使排采井的日产液量大于2.19 m³,增加油管的排液速度,将粒径小于0.12 mm的进入泵筒内煤粉排出地面。

②当排采井的日产液量大于2.19 m³时,进入泵筒内砂子仍然不能排出地面,现场只有应用新型排采泵举升工艺通过洗井的方式将进入泵筒的砂子排出地面。

③为了将进入泵筒的砂子排出地面,现场应制订合理的洗井制度。洗井制度主要依据排采井的免修期采取“一井一策”制,排采井洗井周期应比排采井免修期提前5~10 d。

1.6 主要技术参数

新型排采泵泵径 $\phi 38$ mm,冲程3.0 m,冲次1~3次/分,柱塞长度1.2 m,排采泵总长6.0 m,理论排量4.8~14.6 m³/d。延川南区块后期产液量0~10 m³/d,改进后新型排采泵各项参数能够满足排采井产液量的需求。

2 新型排采泵室内模拟试验

2.1 试验目的

新型排采泵设计正常生产和洗井作业液体流通双通道,从而实现了既能正常排水采气生产,又能洗井排煤粉作业,同时洗井液不进入煤层,减少洗井液对煤层的污染。室内试验的目的是为了验证新型排采泵是否同时具备上述工作性能。

2.2 试验内容

1) 测试新型排采泵正常排水性能,同时验证排水时携带煤粉性能。

2) 测试新型排采泵在不起管柱作业情况下的洗井性能。

3) 测试新型排采泵在不起管柱作业情况下洗井时,洗井液是否会进入套管,从而造成对煤层污染。

4) 测试常规泵排煤粉及洗井情况。

2.3 试验装置及流程

室内试验采用煤层气废弃井作为中间试验井。试验装置包括地面试验装置和井下管柱。地面试验装置由计量池、柱塞泵、阀门、压力表及地面管线组成,井下管柱由空心杆、油管、新型排采泵、三级防煤粉气锚、丝堵组成。试验流程见图5。

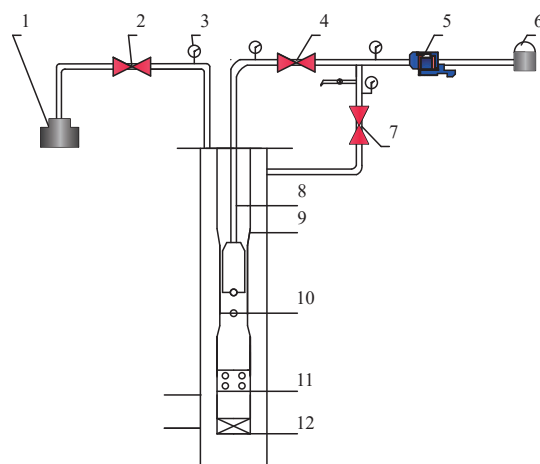
2.4 试验过程

1) 试验新型排采泵排液及携煤粉性能

先将20 kg煤粉(粒径小于0.12 mm)加入套管。拆除井口流程,将空心杆、光杆与抽油机连接,打开阀门2及阀门7,由计量池6向油套环空补水。启动抽油机,通过计量池6记录新型排采泵在泵径 $\phi 38$ mm、冲程3.0 m、冲次1~5次/min参数下的排液性能和携带煤粉性能。

2) 试验新型排采泵在不起管柱作业情况下的洗井性能

连接空心杆与井口流程。将计量池6注入清水后,打开阀门2、阀门4,启动柱塞泵5,计量池6中的清水通过柱塞泵加压后对井下管柱及新型排采泵进



注:1. 计量池;2. 阀门;3. 压力表;4. 阀门;5. 柱塞泵;6. 计量池;
7. 阀门;8. 空心杆;9. 油管;10. 新型排采泵;11. 三级防煤粉气锚;
12. 丝堵。

图5 室内试验管柱结构及流程

Fig. 5 Laboratory test string structure and flow chart

行洗井,通过计量池1记录洗井液排出量,观察煤粉返出情况。

3) 试验洗井液是否进入煤层

洗井时,打开阀门7,观察取样口是否有洗井液排出,从而确定洗井液是否进入煤层。

4) 试验常规泵洗井排煤粉情况

起出井下管柱,将新型排采泵换成常规泵,按图5组配井下管柱串并下入井内。将20 kg煤粉加入套管。连接空心杆与井口流程。将计量池6注入清水后,打开阀门2、阀门4,启动柱塞泵5,计量池6中的清水通过柱塞泵加压后对井下管柱及常规泵进行洗井,通过计量池1记录洗井液排出量,观察煤粉返出情况。

2.5 试验结果分析

2.5.1 新型排采泵排液及排煤粉性能分析

室内试验选择新型排采泵径 $\phi 38$ mm,冲程为1.8~3.0 m,冲次为0.5~5次/min,日产液量为1.18~14.60 m³。当冲程为1.8 m,冲次为0.5次/min,日产液量为1.18 m³时,没有煤粉排出;当冲程为3 m,冲次为1~5次/min,日产液量4.14~14.60 m³时,开抽后排出的水为黑色,有煤粉排出,40 min后水变清。室内试验表明:新型排采泵表现出良好的排液和携带煤粉性能。室内试验记录新型排采泵排液情况见表2。

2.5.2 新型排采泵在不起管柱作业情况下的洗井性能分析

1) 洗井性能分析

室内研究新型排采泵在不起管柱作业情况下的洗井性能,对比分析新型排采泵洗井流量与洗井压

力的变化关系发现,洗井压力控制在1~8 MPa,洗井流量变化值为5.4~24.2 m³/h,随着洗井压力的上升,洗井流量不断上升。同时,观察洗井液排出口的出煤粉情况发现,开始洗井20 min以内,洗井返排液呈黑色,有明显的煤粉产出;洗井20 min以后,洗井液逐渐变清,说明了新型排采泵在不起管柱作业情况下有良好的洗井性能。洗井时,打开阀门7,观察取样口没有洗井液排出,说明洗井液没有进入煤层。洗井压力与洗井液排量的关系见图6。

2) 不同注入液量时洗井效果分析

研究新型排采泵在洗井前和洗井后泵筒内煤粉沉积情况,进一步说明新型排采泵洗井后排煤粉效果。新型排采泵在日产液量大于2.19 m³生产时,泵筒内没有沉积煤粉。在日产液量小于2.19 m³生产1个月后,泵筒内沉积煤粉量为10 kg,通过洗井,泵筒内沉积煤粉量不断减少,当洗井液排量为10.2 m³/h时,泵筒内沉积煤粉量被全部洗出。洗井液排量与泵筒内沉积煤粉量变化曲线见图7。

2.5.3 常规排采泵洗井排煤粉性能分析

研究常规泵在不起管柱作业情况下的洗井性能,对比分析常规洗井流量与洗井压力的变化关系

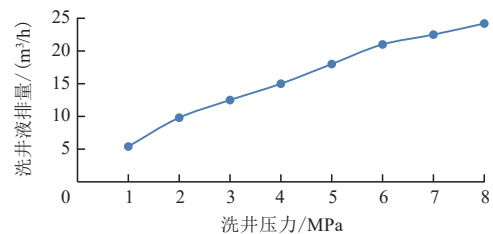


图6 新型排采泵洗井压力与洗井液排量变化曲线
Fig. 6 Pressure and flowrate variation curve of well flushing pressure and well flushing fluid for novel drainage pump

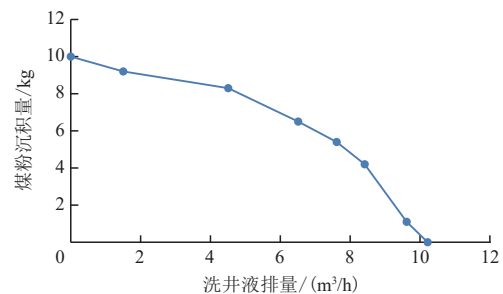


图7 洗井液排量与泵内煤粉沉积量变化关系曲线
Fig. 7 Relationship curve between well cleaning fluid discharge and accumulated coal fine deposits within the pump

表2 新型排采泵排液及排煤粉情况
Table 2 Liquid discharge and pulverized coal discharge of novel drainage pump

序号	泵径/mm	冲程/m	冲次/(次/min)	日产液/(m³/d)	泵效/%	煤粉排出情况
1	38	1.8	0.5	1.18	81.1	没有
1	38	3.0	1.0	4.14	85.2	有
2	38	3.0	2.0	6.70	81.0	有
3	38	3.0	3.0	10.00	81.0	有
4	38	3.0	4.0	13.20	80.0	有
5	38	3.0	5.0	14.60	80.0	有

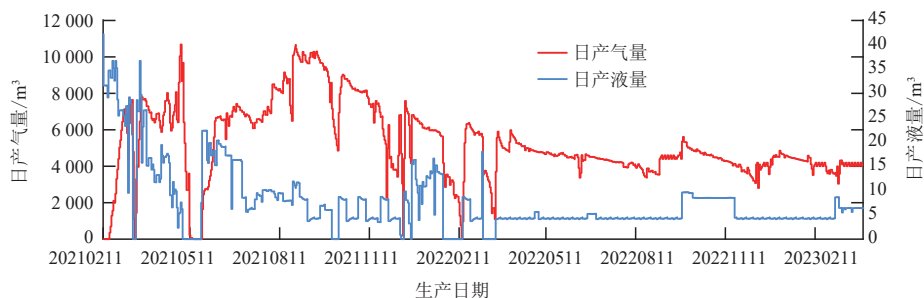


图8 延川南煤层气田 Yan3-14-20井生产曲线

Fig. 8 Production curve of Well-Yan3-14-20 in South Yanchuan Gas Field

发现,洗井压力控制在1~8 MPa,洗井流量变化值为5.9~28.2 m³/h,随着洗井压力的上升,洗井流量不断上升。同时,观察洗井液排出口的出煤粉情况发现:开始洗井10 min以内,有少量的煤粉产出;洗井10 min以后,洗井液逐渐变清。少量的煤粉来源于常规泵上部油管,常规泵内部的煤粉并没有排出,说明常规泵不具备洗井排煤粉性能。

3 现场试验

3.1 总体应用情况分析

2022年,煤层气井新型排采泵排采工艺技术在延川南煤层气田 Yan3-14-20井、Yan3-14-28井开展了2口井现场试验,工艺成功率100%。措施井平均检泵周期延长了285 d。

3.2 单井应用效果分析

Yan3-14-20井是延川南煤层气田万宝山构造带的一口生产井,自2021年2月投产以来,已发生了6次检泵作业。检泵作业的主要原因是煤粉及压裂砂卡泵。该井措施前检泵周期只有75 d,2022年3月24日应用“空心杆+新型排采泵”排采工艺管柱生产,措施后该井采用 $\phi 38$ mm泵径、冲程3 m、冲次1.5次/min生产,目前日产液量6.3 m³,日产气量4 100 m³,措施后该井免修期为360 d,年降低作业5次,措施井检泵周期延长了285 d。Yan3-14-20井措施前后效果图8。

4 结论及建议

1) 新型排采泵既可用于煤层气井正常排水采气

生产,又可进行排煤粉、排污泥洗井作业。实现煤层气排采井的连续性排采,延长了排采井的检泵周期。

2) 新型排采泵可实现不停井洗井作业,保证了生产的正常进行,同时洗井时避免了洗井液进入地层,避免了洗井液对地层的污染。

3) 新型排采泵最小携煤粉流量为2.19 m³/d,当煤粉粒径小于0.12 mm,排采井日产液量大于2.19 m³时,煤粉颗粒能够顺利排出地面。

参考文献

- [1] 徐凤银,王成旺,熊先钺,等.深部(层)煤层气成藏模式与关键技术对策——以鄂尔多斯盆地东缘为例[J].中国海上油气,2022,34(4):30-42.
XU Fengyin, WANG Chengwang, XIONG Xianyue, et al. Deep (layer) coalbed methane reservoir forming modes and key technical countermeasures: Taking the eastern margin of Ordos Basin as an example[J]. China Offshore Oil and Gas, 2022, 34(4): 30-42.
- [2] 刘晓,崔彬,吴展.煤层气井堵塞型递减原因分析及治理——以延川南煤层气田为例[J].油气藏评价与开发,2022,12(4):626-632.
LIU Xiao, CUI Bin, WU Zhan. Cause analysis and treatment of coal-bed gas well plugging decline: A case study of southern Yanchuan CBM Field[J]. Petroleum Reservoir Evaluation & Development, 2022, 12(4): 626-632.
- [3] 姚红生,陈贞龙,何希鹏,等.深部煤层气“有效支撑”理念及创新实践——以鄂尔多斯盆地延川南煤层气田为例[J].天然气工业,2022,42(6):97-106.
YAO Hongsheng, CHEN Zhenlong, HE Xipeng, et al. “Effective support” concept and innovative practice of deep CBM in South Yanchuan Gas Field of the Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(6): 97-106.
- [4] 姚红生,陈贞龙,郭涛,等.延川南深部煤层气地质工程一体化压裂增产实践[J].油气藏评价与开发,2021,11(3):291-296.
YAO Hongsheng, CHEN Zhenlong, GUO Tao, et al. Stimulation practice of geology-engineering integration fracturing for deep

- CBM in Yanchuannan Field[J]. *Petroleum Reservoir Evaluation & Development*, 2021, 11(3): 291-296.
- [5] 孙晗森,秦勇,陆小霞,等.滇东黔西煤层气开发技术及先导性试验[J]. *中国海上油气*, 2022, 34(4): 72-84.
SUN Hansen, QIN Yong, LU Xiaoxia, et al. Development technology and pilot test of coalbed methane in eastern Yunnan and western Guizhou regions[J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2022, 34(4): 72-84.
- [6] 高玉巧,郭涛,何希鹏,等.贵州省织金地区煤层气多层合采层位优选[J]. *石油实验地质*, 2021, 43(2): 227-232.
GAO Yuqiao, GUO Tao, HE Xipeng, et al. Optimization of multi-layer commingled coalbed methane production in Zhijin area, Guizhou province[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2021, 43(2): 227-232.
- [7] 刘升贵,贺小黑,李惠芳.煤层气水平井煤粉产生机理及控制措施[J]. *辽宁工程技术大学学报(自然科学版)*, 2011, 30(4): 508-512.
LIU Shenggui, HE Xiaohai, LI Huifang. Coal powder generation mechanism and control measures in horizontal wells of coalbed methane[J]. *Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition)*, 2011, 30(4): 508-512.
- [8] 李袖臣,张文,吕洋,等.煤层气排采井防煤粉技术研究[J]. *湖北大学学报(自然科学版)*, 2021, 43(5): 498-501.
LI Xiuchen, ZHANG Wen, LYU Yang, et al. Coal powder control technology for coalbed methane well[J]. *Journal of Hubei University (Natural Science Edition)*, 2021, 43(5): 498-501.
- [9] 汤继丹,赵文秀,程浩,等.沁水盆地煤层气井排采过程中煤粉防治工艺技术探讨[J]. *中国煤层气*, 2011, 8(6): 22-24.
TANG Jidan, ZHAO Wenxiu, CHENG Hao, et al. Discussion of technique of coal powder prevention and treatment for Qinshui Basin CBM wells during dewatering and extraction process[J]. *China Coalbed Methane*, 2011, 8(6): 22-24.
- [10] 邵小平,崔彬,刘亚茹,等.循环洗井工艺在延川南煤层气田的应用[J]. *油气藏评价与开发*, 2022, 12(4): 651-655.
SHAO Xiaoping, CUI Bin, LIU Yaru, et al. Application of circulating well flushing technology in southern Yanchuan CBM Field[J]. *Petroleum Reservoir Evaluation & Development*, 2022, 12(4): 651-655.
- [11] 姚红生,肖翠,陈贞龙,等.延川南深部煤层气高效开发调整对策研究[J]. *油气藏评价与开发*, 2022, 12(4): 545-554.
YAO Hongsheng, XIAO Cui, CHEN Zhenlong, et al. Adjustment countermeasures for efficient development of deep coalbed methane in southern Yanchuan CBM Field[J]. *Petroleum Reservoir Evaluation & Development*, 2022, 12(4): 545-554.
- [12] 姚荣昌,付玉通.延川南区块煤层气田排采井精细化排采研究[J]. *长江大学学报(自科版)*, 2014, 11(16): 115-118.
YAO Rongchang, FU Yutong. Study on fine drainage of coalbed methane well in Yanchuan South Block[J]. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition)*, 2014, 11(16): 115-118.
- [13] 魏迎春,张劲,曹代勇,等.煤层气开发中煤粉问题的研究现状及研究思路[J]. *煤田地质与勘探*, 2020, 48(6): 116-124.
WEI Yingchun, ZHANG Jin, CAO Daiyong, et al. Research status and research ideas of pulverized coal in coalbed methane development[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2020, 48(6): 116-124.
- [14] 张文洪.延川南煤层气田修井原因分析及对策[J]. *中国煤层气*, 2018, 25(2): 17-19.
ZHANG Wenhong. Cause analysis of well workover in South Yanchuan CBM Field and under measures[J]. *China Coalbed Methane*, 2018, 25(2): 17-19.
- [15] 赵兴龙. QC活动在提高延川南煤层气田气井免修期中的应用[J]. *中国石油和化工标准与质量*, 2019, 39(23): 41-42.
ZHAO Xinglong. Application of QC activities in improving the maintenance free period of coalbed gas wells in South Yanchuan [J]. *China Petroleum and Chemical Standard and Quality*, 2019, 39(23): 41-42.
- [16] 邵小平,金鑫,蒋永平,等.一种煤层气井自动洗井装置: CN 202021794634.6[P]. 2021-04-09.
SHAO Xiaoping, JIN Xin, JIANG Yongping, et al. An automatic well washing device for coalbed gas well: CN 202021794634.6 [P]. 2021-04-09.
- [17] 马文涛,刘印华,吴建军,等.临汾区块煤层气井排采中产出煤粉特征[J]. *煤田地质与勘探*, 2022, 44(3): 30-35.
MA Wentao, LIU Yinhua, WU Jianjun, et al. Characteristics of pulverized coal during coalbed methane drainage in Linfen block. *Coal Geology & Exploration*, 2022, 44(3): 30-35.
- [18] 魏迎春,李超,曹代勇.煤层气洗井中不同粒径煤粉的分散剂优选实验[J]. *煤炭学报*, 2017, 42(11): 2911-2913.
WEI Yingchun, LI Chao, CAO Daiyong. Experiment on screening dispersants of pulverized coal with different sizes in CBM well-washing technology. *Journal of China Coal Society*, 2017, 42(11): 2911-2913.
- [19] 王丽娜,崔金榜,段宝玉,等.煤层气井小排量举升工艺研究与应用[A]. *煤层气勘探开发理论与技术-2010年全国煤层气学术研讨会论文集*[C]. 2010: 390-398.
WANG Lina, CUI Jinbang, DUAN Baoyu, et al. Research and application of small displacement lifting technology of coalbed methane[A]. *Theory and technology of CBM exploration and development-Proceedings of the 2010 National Conference on Coal Bed methane*[C]. 2010: 390-398.
- [20] 朱峰,郭智栋,陈世波,等.煤层气连续管排液采气一体化工艺研究与应用[J]. *石油机械*, 2021, 49(1): 118-123.
ZHU Feng, GUO Zhidong, CHEN Shibo, et al. Research and application of the integrated technology of liquid drainage and CBM production by coiled tubing[J]. *China Petroleum Machinery*, 2021, 49(1): 118-123.