



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116411893 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 11

(21) 申请号 202111648922.X

(22) 申请日 2021.12.29

(71) 申请人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72) 发明人 李旭日 田伟 刘毅 解永刚
贾友亮 李耀德 宋洁 王亦璇
李丽 沈志昊

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
专利代理师 王艾华

(51) Int. Cl.
E21B 43/12 (2006.01)

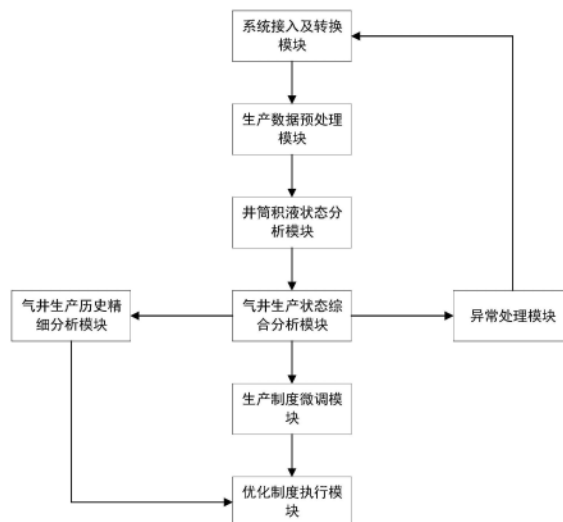
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

一种气井柱塞气举控制系统

(57) 摘要

本发明公开了一种气井柱塞气举控制系统,属于油气田开发及气井排水采气领域,包括系统接入及转换、生产数据预处理、井筒积液状态分析、气井生产状态综合分析、生产制度微调、气井生产历史精细分析、异常处理和优化制度执行8个模块,气井生产历史精细分析模块包含生产历史拟合、生产预测和最优生产制度分析3个子模块;开发一种基于气井油套压、累计产气量、油套管尺寸等参数拟合分析柱塞举液周期运行时井筒实时积液量变化、储层两相渗流和产气、产液能量供给状况,结合气井油套压差、柱塞运行载荷系数、安全关井套压,以气井稳定生产、最佳产气量、最佳产液量为目标的柱塞气举控制系统,实现柱塞气举排水采气技术智能优化调参和高效精细化运行。



1. 一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,包括:系统接入及转换模块、生产数据处理模块、井筒积液状态分析模块、气井生产状态综合分析模块、生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块、异常处理模块和优化制度执行模块;

系统接入及转换模块将外部数据库导入的数据传输给生产数据处理模块,生产数据处理模块将提取整理完的数据传给井筒积液状态分析模块,井筒积液状态分析模块将分析井筒积液数据和柱塞状态情况传给气井生产状态综合分析模块,气井生产状态综合分析模块根据气井生产状态分别输送至生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块和异常处理模块,生产制度微调模块将确定运行制度传送给优化制度执行模块执行,气井生产历史精细分析模块将筛选出的最优运行方案输送至优化制度执行模块执行,异常处理模块经人工方案调整后重新进入系统。

2. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述气井生产历史精细分析模块包括:生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块;生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块顺次连接对气井进行精细分析,最优生产制度子模块将筛选出的最优运行方案输送至优化制度执行模块执行。

3. 根据权利要求2所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述生产历史拟合子模块用于拟合柱塞气举井筒积液及柱塞运行状况;生产预测子模块用于分析地层的供气能力、供液能力,评估地层能量,分析井筒当前的两相流态、排液能力;最优生产制度子模块用于根据生产历史拟合子模块和生产预测子模块分析结果生成不同的柱塞气举方案,采用关井油套压差、载荷系数和安全关井套压等三个指标分析不同方案对应的井筒积液量、油套压变化关系、产气量和产水量,最终筛选出最优运行方案。

4. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述系统接入及转换模块接入数据包括原始地层压力、地层温度、套管内径、油管内径、累计产气量、产气指数、生产油套压和流体PTV参数。

5. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述生产数据处理模块用于将生产数据转换成柱塞气举分析格式。

6. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述井筒积液状态分析模块用于分析井筒积液状态、井筒积液量、井筒周期排液量、环空积液高度和油管积液高度并传给气井生产状态综合分析模块。

7. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述气井生产状态综合分析模块根据气井井筒周期积液量、压力恢复能力和有效周期数评估出气井生产状态,分为良好、不佳和异常三类。

8. 根据权利要求7所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,对于运行良好状态保持运行状态或进行微调,进入生产制度微调模块中,对于运行不佳状态进行精细优化分析,进入气井生产历史精细分析模块中,对于异常状况进入异常处理模块中。

9. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述生产制度微调模块用于维持当前柱塞气举生产制度,或根据气井积液对开关井时间进行微调,将确定运行制度推送给优化制度执行模块执行。

10. 根据权利要求1所述一种气井柱塞气举控制系统,其特征在于,所述优化制度执行模块用于执行优化制度,完成柱塞气举智能优化循环,之后每间隔2-10天时间,定期对气井

进行智能优化循环分析。

一种气井柱塞气举控制系统

技术领域

[0001] 本发明属于油气田开发及气井排水采气领域,具体涉及一种气井柱塞气举控制系统。

背景技术

[0002] 柱塞气举是一种高效排水采气方法,在气井上安装柱塞装置,柱塞在井筒举升气液之间形成机械封隔界面,在气井能量推动下实现排液,能够有效减小和防止举升气液间的滑脱损失,实现高效排液的目的,柱塞气举技术具有排液效率高、适用范围广、成本低、绿色环保等特点,在低压、低产小水量气井上应用广泛,是致密气藏排水采气最经济有效的排水采气技术。

[0003] 柱塞举液是一个间歇开关井过程,分为3个阶段,第一阶段关井过程,气井关井后柱塞在重力作用下落入井底限位器上,继续关井,气井能量恢复,直到能够举升井筒积液条件;第二阶段开井柱塞举液上升阶段,当气井能量达到举液条件后开井,在气井能量推动下柱塞排出井筒积液;第三阶段为开井续流阶段,柱塞排出井筒积液后,为了追求更多生产气量,不会直接进入关井阶段,会让气井继续保持生产直到开始出现积液后执行关井。柱塞举液过程由柱塞控制器来控制管理,控制器执行写入的控制方法,运行时人工设定参数后,按照设定结果执行开关井。常用的控制方法有定时开关井和压力控制模式,定时开关井设定一个关井时间和一个开井时间,关井时间包括了柱塞下落和气井能量恢复过程,开井时间包含柱塞举液上升和续流产气过程,该方法原理简单易于操作,是气田柱塞气举技术应用的主要控制方法;压力控制模式设定气井开井压力,当关井压力恢复到设定值时气井执行开井,当生产至气井出现积液,油套压差增大或套压升高,设定压差或套压升高值执行关井,由压力的变化来执行开关井,该方法是目前柱塞气举技术控制重要方法之一。

[0004] 现用定时开关井、压力控制方法简单,但运行过程中需要人工根据气井生产能量变化进行分析优化调参,当优化不及时或分析不准确时,井筒积液将难以被排出,柱塞气举技术失效。目前柱塞气举运行中,依靠人工分析控制优化调参,当井数较少且人工经验丰富时,能够保证气井稳定生产,根据现场应用分析,在人工经验丰富,具备远程控制功能条件下,平均每人能够保证大约30口柱塞气举井调参正常运行,随着井数增多调参将会变得困难。

[0005] 致密气藏及页岩气气井普遍具有低压、低产、小水量致密气藏特点,生产特征适合于柱塞气举排水采气技术应用,2013年技术研发应用取得显著效果,截止目前气田技术已累计应用4000余口井,随着应用井数增多,柱塞气举运行制度优化调参困难显现,控制井数量超过人工分析调参管理工作量,不能够及时准确优化运行制度,另外技术人员岗位流动,致使技术管理经验无法固化,影响调参分析准确性和速度。

发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种气井柱塞气举控制系

统,已解决现有技术中气井柱塞气举排水采气技术应用中人工控制调参工作量大、有效率低等问题。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0008] 本发明公开的一种气井柱塞气举控制系统,包括:系统接入及转换模块、生产数据处理模块、井筒积液状态分析模块、气井生产状态综合分析模块、生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块、异常处理模块和优化制度执行模块;

[0009] 系统接入及转换模块将外部数据库导入的数据传输给生产数据处理模块,生产数据处理模块将提取整理完的数据传给井筒积液状态分析模块,井筒积液状态分析模块将分析井筒积液数据和柱塞状态情况传给气井生产状态综合分析模块,气井生产状态综合分析模块根据气井生产状态分别输送至生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块和异常处理模块,生产制度微调模块将确定运行制度传送给优化制度执行模块执行,气井生产历史精细分析模块将筛选出的最优运行方案输送至优化制度执行模块执行,异常处理模块经人工方案调整后重新进入系统。

[0010] 优选地,所述气井生产历史精细分析模块包括:生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块;生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块顺次连接对气井进行精细分析,最优生产制度子模块将筛选出的最优运行方案输送至优化制度执行模块执行。

[0011] 优选地,所述生产历史拟合子模块用于拟合柱塞气举井筒积液及柱塞运行状况;生产预测子模块用于分析地层的供气能力、供液能力,评估地层能量,分析井筒当前的两相流态、排液能力;最优生产制度子模块用于根据生产历史拟合子模块和生产预测子模块分析结果生成不同的柱塞气举方案,采用关井油套压差、载荷系数和安全关井套压等三个指标分析不同方案对应的井筒积液量、油套压变化关系、产气量和产水量,最终筛选出最优运行方案。

[0012] 优选地,所述系统接入及转换模块接入数据包括原始地层压力、地层温度、套管内径、油管内径、累计产气量、产气指数、生产油套压、流体PTV等参数。

[0013] 优选地,所述生产数据处理模块用于将生产数据转换成柱塞气举分析格式。

[0014] 优选地,所述井筒积液状态分析模块用于分析井筒积液状态、井筒积液量、井筒周期排液量、环空积液高度和油管积液高度并传给气井生产状态综合分析模块。

[0015] 优选地,所述气井生产状态综合分析模块根据气井井筒周期积液量、压力恢复能力和有效周期数评估出气井生产状态,分为良好、不佳和异常三类。

[0016] 优选地,对于运行良好状态保持运行状态或进行微调,进入生产制度微调模块中,对于运行不佳状态进行精细优化分析,进入气井生产历史精细分析模块中,对于异常状况进入异常处理模块中。

[0017] 优选地,所述生产制度微调模块用于维持当前柱塞气举生产制度,或根据气井积液对开关井时间进行微调,将确定运行制度推送给优化制度执行模块执行。

[0018] 优选地,所述优化制度执行模块用于执行优化制度,完成柱塞气举智能优化循环,之后每间隔2-10天时间,定期对气井进行智能优化循环分析。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0020] 本发明公开的一种气井柱塞气举控制系统,采用系统接入及转换模块、生产数据

预处理模块、井筒积液状态分析模块、气井生产状态综合分析模块、生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块、异常处理模块和优化制度执行模块建立了储层地质模型和井筒积液判识模型,结合柱塞气举周期生产数据,计算气井产气、产液和积液等状况,能够准确制定柱塞气举运行制度并定期根据气井产能和积液状况变化对运行制度进行自动优化,保证运行制度实时有效。该系统采用计算机代替人工对气井和柱塞运行状况分析,有效减少柱塞气举井控制管理工作量,节省人力和物力,同时可排除因技术人员工作岗位调动引起的技术管理问题;此外,本智能控制系统分析气井储层能量和井筒积液状况,制定的柱塞运行制度更科学准确,可保证气井稳定生产,对致密气藏及页岩气等柱塞气举技术应用具有重要意义。有利于稳定气井生产,实现最佳产气量、最佳产液量,最终实现柱塞气举排水采气技术智能优化调参和高效精细化运行。

附图说明

- [0021] 图1为本发明的柱塞气举智能控制系统功能流程示意图;
- [0022] 图2为本发明的柱塞气举精细分析模块功能示意图;
- [0023] 图3为本发明的柱塞气举多周期机理测试井口生产数据图;
- [0024] 图4为本发明的模拟结果中提取的单周期数据特征图;
- [0025] 图5为本发明的柱塞上行过程的位置变化曲线;
- [0026] 图6为本发明的柱塞上行过程的速度变化曲线;
- [0027] 图7为本发明的柱塞上行过程的加速度变化曲线;
- [0028] 图8为本发明的柱塞下行过程的位置变化曲线;
- [0029] 图9为本发明的柱塞下行过程的速度变化曲线;
- [0030] 图10为本发明的柱塞下行过程的加速度变化曲线;
- [0031] 图11为本发明的柱塞上方液柱高度变化图;
- [0032] 图12为本发明的柱塞下方液柱高度变化图;
- [0033] 图13为本发明的环空液柱高度变化图;
- [0034] 图14为本发明的井口两相产量变化图;
- [0035] 图15为本发明的地层两相流入变化图。

具体实施方式

[0036] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0037] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于

清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0038] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0039] 参照图1、图2对本发明进一步说明:

[0040] 为了解决柱塞气举人工优化调参工作强度大、调参准确性差、调参速度慢的问题,本发明提供了如图1和图2所示的一种柱塞气举控制系统,包括系统接入及转换模块、生产数据预处理模块、井筒积液状态分析模块、气井生产状态综合分析模块、生产制度微调模块、气井生产历史精细分析模块、异常处理模块、优化制度执行模块等8个主模块,其中气井生产历史精细分析气井生产历史精细分析模块包含有生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块等3个子模块。

[0041] 本发明运行时,系统接入及转换模块先将智能优化需要的数据导入,接入数据包括原始地层压力、地层温度、套管内径、油管内径、累计产气量、产气指数、生产油套压、流体PTV等参数,确认数据准确性,单位量级关系,之后将数据传输给生产数据预处理模块。

[0042] 生产数据处理模块再将生产数据转换成柱塞气举分析所需的格式,如将柱塞气举过程连续分钟生产数据转换为柱塞气举周期运行的数据,同时处理缺失和异常数据,提取出各周期开关井时间、开井油套压、关井油套压等生产特征,将提取整理完数据传给井筒周期积液状态分析模块。

[0043] 井筒周期积液状态分析模块根据生产数据处理模块整理数据,结合柱塞气举周期运行状况,采用Pareto最优解集以及贝叶斯结构对模型进行生产历史拟合,算法分析井筒积液状态、井筒积液量、井筒周期排液量、环空积液高度和油管积液高度,将分析井筒积液数据和柱塞状态情况传给气井生产状态综合分析模块。

[0044] 气井生产状态综合分析模块将根据气井井筒周期积液量、压力恢复能力和有效周期数评估出气井生产状态,分为良好、不佳和异常三类,再根据生产状态分类选择生产制度优化方法,对于良好状态保持运行状态或进行微调,进入生产制度微调模块中,对于运行不佳状态进行精细优化分析,进入气井生产历史精细分析模块中,对于异常状况进入异常处理模块中。

[0045] 对于进入生产制度微调模块的气井,由于气井生产状态良好,维持当前柱塞气举生产制度,或根据气井积液对开关井时间进行微调,将确定运行制度推送给优化制度执行模块,优化制度执行模块执行优化制度,完成柱塞气举智能优化循环,之后每间隔2-10天时间,定期对气井进行智能优化循环分析。

[0046] 对于进入气井生产历史精细分析模块的气井,气井制度运行不合适,根据生产数据处理模块整理数据,对气井分别进行生产历史拟合子模块、生产预测子模块和最优生产制度子模块精细分析。

[0047] 生产历史拟合子模块拟合柱塞气举井筒积液及柱塞运行状况。

[0048] 生产预测子模块分析地层的供气能力、供液能力,评估地层能量,分析井筒当前的两相流态、排液能力。

[0049] 最优生产制度子模块根据生产历史拟合子模块和生产预测子模块分析结果生成不同的柱塞气举方案,采用关井油套压差、载荷系数和安全关井套压等三个指标分析不同方案对应的井筒积液量、油套压变化关系、产气量和产水量,最终筛选出最优运行方案,将

该制度推送给优化制度执行模块执行,完成气井柱塞气举制度智能优化分析循环,之后每隔2-10天时间,定期对气井再次进行智能优化。

[0050] 对于进入异常处理模块的气井,由于气井油套压数据异常、装置故障或分析重要数据缺失,系统算法无法完成对气产井生产历史拟合和柱塞气举优化方案的工作,将分析生产井的异常特征,将分析故障原因交由人工进行方案调整和故障排查,问题确认解决后,再进入智能优化循环系统。

[0051] 运行过程为:

[0052] 步骤1:收集目标气井近期的油压、套压和开关井状态数据;

[0053] 步骤2:导入目标气井原始地层参数、流体PTV参数、井身结构等参数;

[0054] 步骤3:采用多目标优化算法(NSGA III算法),以油压、套压为评价对象,自动搜索生产历史拟合设计参数的最优值;

[0055] 步骤4:在获得生产历史拟合最优参数组后,根据自动生成的n组不同的预测柱塞气举方案,计算各方案在未来一段时间的气井油压、套压、井筒积液状态。

[0056] 步骤5:分析统计各预测方案的安全性和产气、产液表现,结合最优生产制度的筛选标准,自动筛选出适应于目标井的预测方案,包括长期安全稳定生产、最佳排液、最佳产气等三种不同生产目标的最优间开方案;

[0057] 步骤6:采用默认生产模式即长期安全稳定生产或用户自行选择生产模式来确定唯一生产方案,通过网络传递给控制模块进行井口生产制度调整;

[0058] 步骤7:等待2-15天,重复步骤1~6。

[0059] 实施例1:

[0060] 参照图3至图15对本发明的实施例进一步说明:

[0061] 基于气井生产资料以及井身结构资料,柱塞气举控制系统参数见表1。

[0062] 表1柱塞气举多周期模拟参数

| 参数名 | 单位 | 值 | 参数名 | 单位 | 值 |
|--------|-------------------------|-------|--------|-------------------------|-------|
| 原始地层压力 | MPa | 25 | 地层温度 | °C | 110 |
| 井口平均温度 | °C | 20 | 油管鞋垂深 | m | 3155 |
| 座落器垂深 | m | 3060 | 柱塞长度 | m | 0.458 |
| 油管内径 | m | 0.062 | 油管外径 | m | 0.073 |
| 套管内径 | m | 0.121 | 柱塞质量 | kg | 4.5 |
| 井口回压 | MPa | 1.2 | 当前累产气量 | 104m ³ | 1388 |
| 采气指数 | m ³ /(d*MPa) | 6000 | 采液指数 | m ³ /(d*MPa) | 0.5 |
| 技术可采储量 | 104m ³ | 1800 | 时间步长 | s | 1 |

[0065] 根据系统接入及转换模块、生产数据处理模块、井筒积液状态分析模块、生产历史精细分析模块对例井柱塞气举运行周期进行模拟,模拟结果见图3至图15所示。

[0066] 图3表明构建的柱塞气举多周期模拟程序能够良好表征柱塞井的生产特征,柱塞气举油套压曲线规律与开管井制度关系与实际柱塞气举运行曲线规律相符合。

[0067] 图4至图15分别从柱塞运动周期、柱塞运动数据、井筒液柱高度、井口及地层两相产量等多个维度展示模拟的准确性。

[0068] (一)、柱塞运动周期

[0069] 图4从油套压数据能够分辨单周期柱塞运动过程以及转换节点,包括:

[0070] 1) 开井阶段—气柱上行:①至②;

[0071] 2) 开井阶段—液柱上行:②至③;

[0072] 3) 开井阶段—续流:③至④;

[0073] 4) 关井阶段—气柱下行、液柱下行、卡定器停留:④至⑤。

[0074] (二)、柱塞运动数据

[0075] 在开井阶段,柱塞分为气柱上行和液柱上行两个子过程,柱塞运动曲线分析了过程中柱塞位置如图5、速度如图6和加速度如图7,这三个方面具体变化情况。

[0076] 在关井阶段,柱塞分为气柱下行和液柱下行两个子过程,同样分析了柱塞下行运动中柱塞位置如图8、速度如图9和加速度如图10三个方面变化情况。

[0077] (三)、图11、图12、图13为柱塞举液周期运行中,井筒液柱高度变化特征,具体分为柱塞上方液柱高度变化、柱塞下方液柱高度变化和油套环空液柱变化规律。

[0078] (四)、图14、图15为柱塞举液周期运行中,井口两相产量变化及地层两相流入变化规律。

[0079] 图4至图15从柱塞运动周期、柱塞运动数据、井筒液柱高度、井口及地层两相产量等四个维度展示的模拟程序追踪参数能够准确表征柱塞气举井的生产特征,反映了井筒和地层能量的变化规律,明晰了不同阶段的柱塞运动状态,定量化描述了柱塞气举井地层和井筒所有维度的详细信息,验证建立的多周期柱塞气举模型准确性和有效性。

[0080] 实施例2:

[0081] 选取50口不同生产状况的柱塞气举井,包括运行正常、运行积液和数据较差即数据不连续、有异常数据点等不同气井类型,应用柱塞气举控制系统,分析结果见表2所示,表中内容取自2021年4月24日分析数据,可以看到智能控制测试仅有1口井失败,成功率高,能够根据气井生产状况,基于稳定生产和最佳产气量推荐柱塞气举运行制度,满足气田柱塞气举智能控制要求。

[0082] 表2柱塞气举智能控制算法执行结果

[0083]

| 序号 | 井号 | 分析时间 | 分析结果 | 推荐开井 时间 (min) | 推荐关井时间 (min) |
|----|-----|----------------|------|------------------|--------------|
| 1 | 井 1 | 2021/4/24 0:10 | 成功 | 60 | 900 |
| 2 | 井 2 | 2021/4/24 0:14 | 成功 | 60 | 160 |
| 3 | 井 3 | 2021/4/24 0:10 | 成功 | 60 | 380 |
| 4 | 井 4 | 2021/4/24 0:19 | 成功 | 60 | 200 |

[0084]

| 序号 | 井号 | 分析时间 | 分析结果 | 推荐开井 时间 (min) | 推荐关井时间 (min) |
|----|------|----------------|------|------------------|--------------|
| 5 | 井 5 | 2021/4/24 0:20 | 成功 | 60 | 280 |
| 6 | 井 6 | 2021/4/24 0:20 | 成功 | 60 | 200 |
| 7 | 井 7 | 2021/4/24 0:25 | 成功 | 60 | 220 |
| 8 | 井 8 | 2021/4/24 0:30 | 成功 | 70 | 230 |
| 9 | 井 9 | 2021/4/24 0:31 | 成功 | 60 | 280 |
| 10 | 井 10 | 2021/4/24 0:36 | 成功 | 337 | 322 |
| 11 | 井 11 | 2021/4/24 0:37 | 成功 | 60 | 1156 |
| 12 | 井 12 | 2021/4/24 0:37 | 成功 | 63 | 236 |
| 13 | 井 13 | 2021/4/24 0:38 | 成功 | 60 | 1048 |
| 14 | 井 14 | 2021/4/24 0:39 | 成功 | 60 | 429 |
| 15 | 井 15 | 2021/4/24 0:40 | 成功 | 60 | 500 |
| 16 | 井 16 | 2021/4/24 0:43 | 成功 | 60 | 522 |
| 17 | 井 17 | 2021/4/24 0:44 | 成功 | 60 | 380 |
| 18 | 井 18 | 2021/4/24 0:50 | 成功 | 60 | 200 |
| 19 | 井 19 | 2021/4/24 0:52 | 成功 | 68 | 313 |
| 20 | 井 20 | 2021/4/24 0:53 | 成功 | 60 | 420 |
| 21 | 井 21 | 2021/4/24 0:57 | 成功 | 200 | 426 |
| 22 | 井 22 | 2021/4/24 0:58 | 成功 | 235 | 226 |
| 23 | 井 23 | 2021/4/24 0:59 | 成功 | 62 | 702 |
| 24 | 井 24 | 2021/4/24 0:59 | 成功 | 74 | 674 |

[0085]

| 序号 | 井号 | 分析时间 | 分析结果 | 推荐开井 时间 (min) | 推荐关井时间 (min) |
|----|------|----------------|------|------------------|--------------|
| 25 | 井 25 | 2021/4/24 1:00 | 成功 | 243 | 300 |
| 26 | 井 26 | 2021/4/24 1:01 | 成功 | 273 | 396 |
| 27 | 井 27 | 2021/4/24 1:02 | 成功 | 65 | 1039 |
| 28 | 井 28 | 2021/4/24 1:02 | 成功 | 60 | 660 |
| 29 | 井 29 | 2021/4/24 1:04 | 成功 | 76 | 395 |
| 30 | 井 30 | 2021/4/24 1:05 | 成功 | 351 | 296 |
| 31 | 井 31 | 2021/4/24 1:05 | 成功 | 159 | 367 |
| 32 | 井 32 | 2021/4/24 1:06 | 成功 | 103 | 750 |
| 33 | 井 33 | 2021/4/24 1:07 | 成功 | 96 | 231 |
| 34 | 井 34 | 2021/4/24 1:08 | 成功 | 60 | 220 |
| 35 | 井 35 | 2021/4/24 1:12 | 成功 | 647 | 180 |
| 36 | 井 36 | 2021/4/24 1:13 | 成功 | 60 | 390 |
| 37 | 井 37 | 2021/4/24 3:01 | 成功 | 60 | 245 |
| 38 | 井 38 | 2021/4/24 3:04 | 成功 | 72 | 763 |
| 39 | 井 39 | 2021/4/24 2:06 | 成功 | 60 | 821 |
| 40 | 井 40 | 2021/4/24 2:27 | 成功 | 60 | 183 |
| 41 | 井 41 | 2021/4/24 2:48 | 成功 | 84 | 296 |
| 42 | 井 42 | 2021/4/24 2:53 | 成功 | 179 | 452 |
| 43 | 井 43 | 2021/4/24 1:18 | 失败 | | |
| 44 | 井 44 | 2021/4/24 1:19 | 成功 | 60 | 1660 |

| 序号 | 井号 | 分析时间 | 分析结果 | 推荐开井 时间 (min) | 推荐关井时间 (min) |
|----|------|----------------|------|------------------|--------------|
| 45 | 井 45 | 2021/4/24 1:34 | 成功 | 60 | 920 |
| 46 | 井 46 | 2021/4/24 1:40 | 成功 | 60 | 700 |
| 47 | 井 47 | 2021/4/24 1:44 | 成功 | 61 | 364 |
| 48 | 井 48 | 2021/4/24 1:50 | 成功 | 125 | 570 |
| 49 | 井 49 | 2021/4/24 2:54 | 成功 | 60 | 360 |
| 50 | 井 50 | 2021/4/24 2:58 | 成功 | 60 | 2280 |

[0087] 50口井试验测试从各井的生产表现可以看出本系统能够适应绝大部分柱塞气井的生产分析和排采工艺优化,客观证明了柱塞气举控制系统的准确性、稳定性、普适性和鲁棒性,该系统适应于柱塞气举井的大规模应用标准。

[0088] 该系统已在柱塞气举井上推广应用1100口井,应用效果明显,下步将进一步扩大技术应用,同时随着国内致密气藏、页岩气开发,后期柱塞气举技术井数会快速增加,该控制系统可进行推广应用,应用前景广阔。

[0089] 综上所述,本发明的目的是解决气井柱塞气举排水采气技术应用中人工控制调参工作量大、有效率低等问题,设计开发的一种基于气井油套压、累计产气量、油套管尺寸等参数拟合分析柱塞举液周期运行时井筒实时积液量变化、储层两相渗流和产气、产液能量供给状况,结合气井油套压差、柱塞运行载荷系数、安全关井套压,以气井稳定生产、最佳产气量、最佳产液量为目标的柱塞气举控制系统,实现柱塞气举排水采气技术智能优化调参和高效精细化运行,该系统包括系统接入及转换、生产数据预处理、井筒积液状态分析、气井生产状态综合分析、生产制度微调、气井生产历史精细分析、异常处理、优化制度执行等8个模块,其中气井生产历史精细分析模块包含有生产历史拟合、生产预测、最优生产制度分析3个子模块。

[0090] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

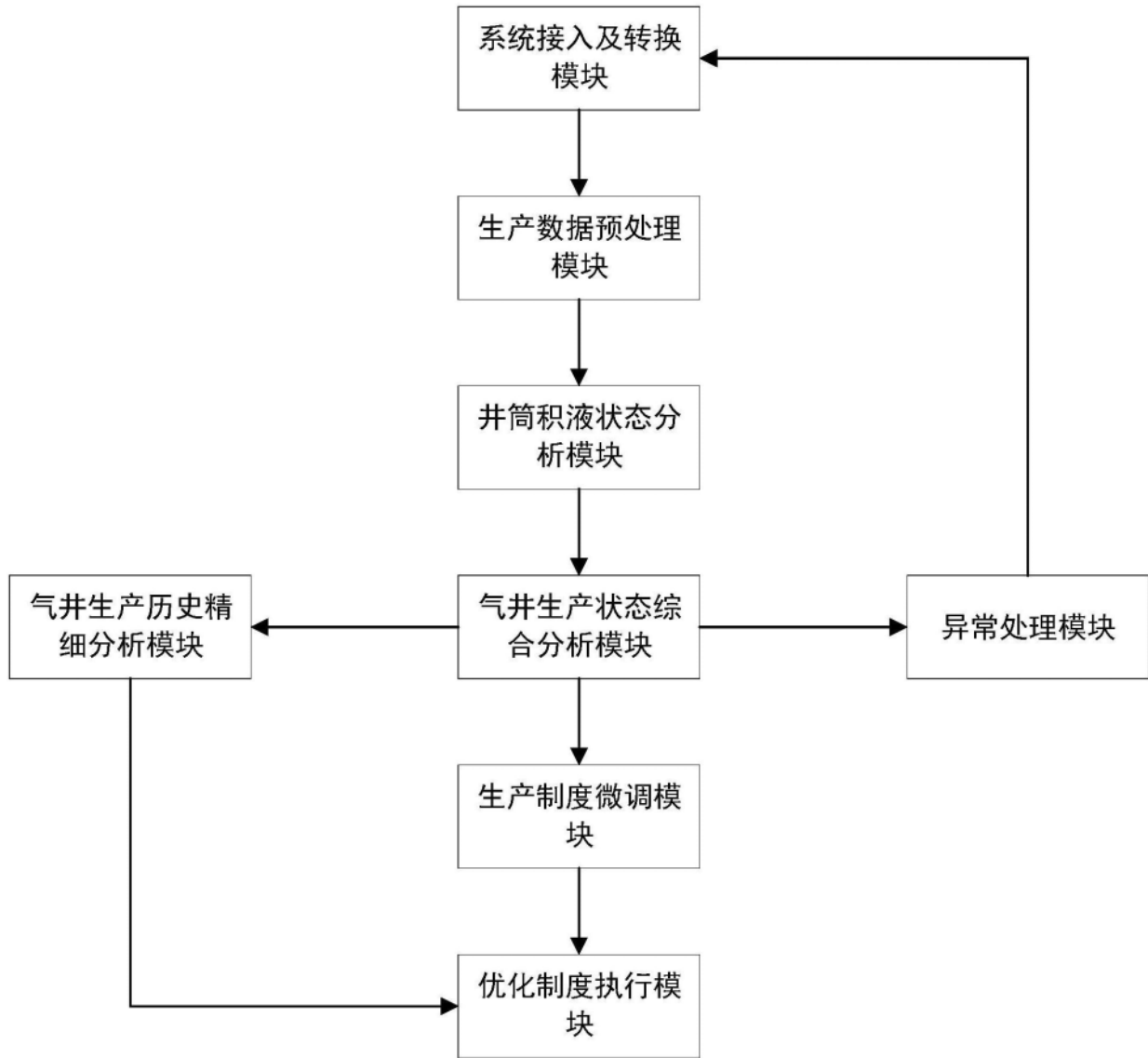


图1

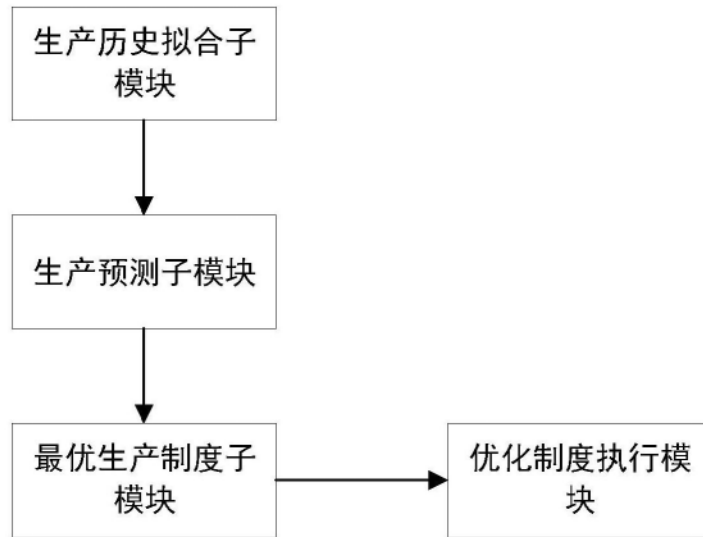


图2

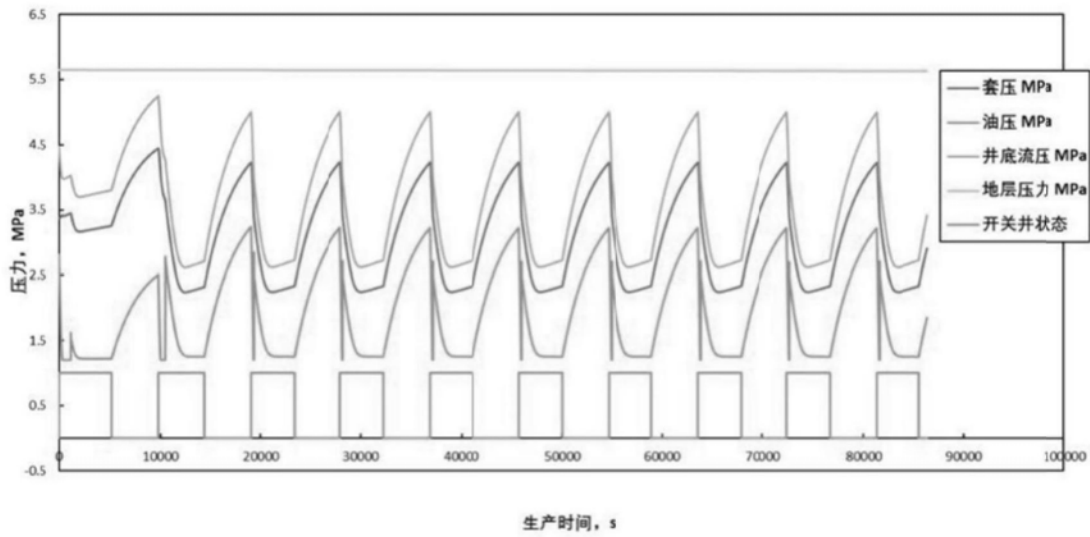


图3

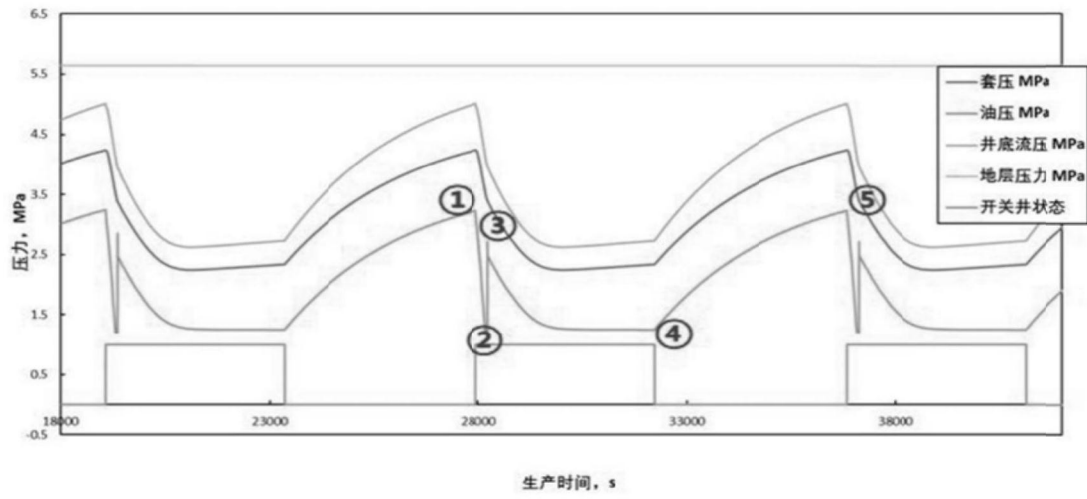


图4

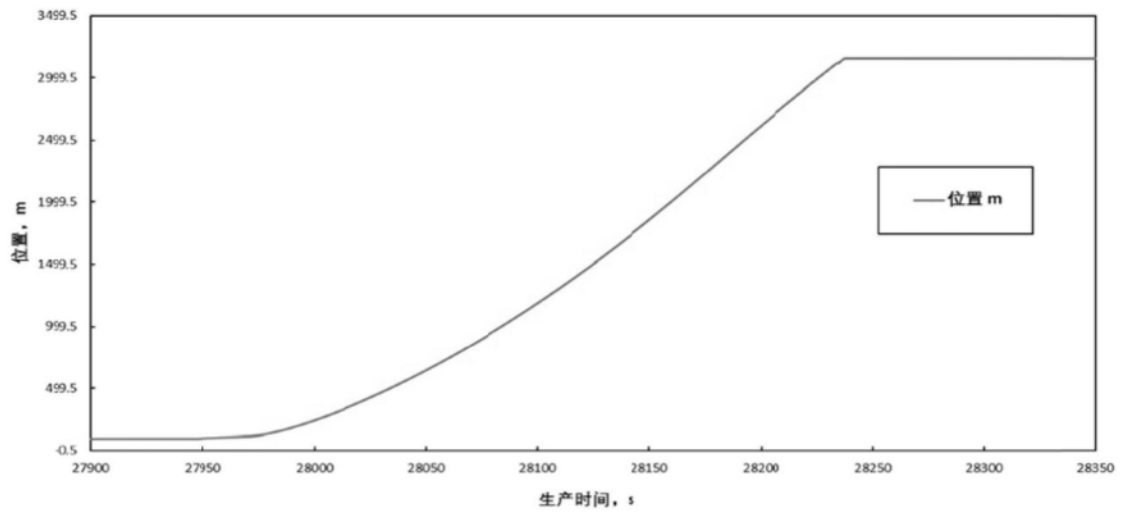


图5

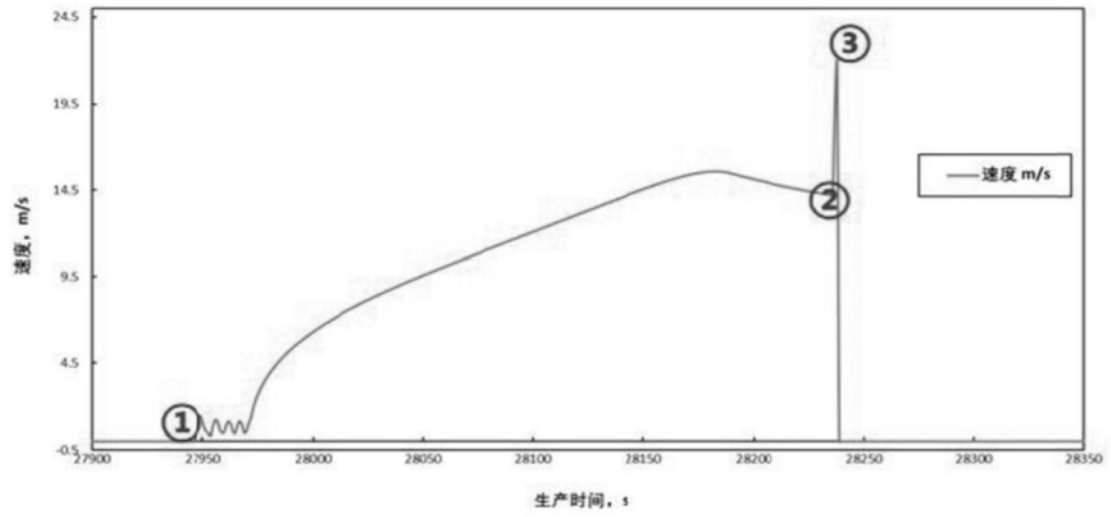


图6

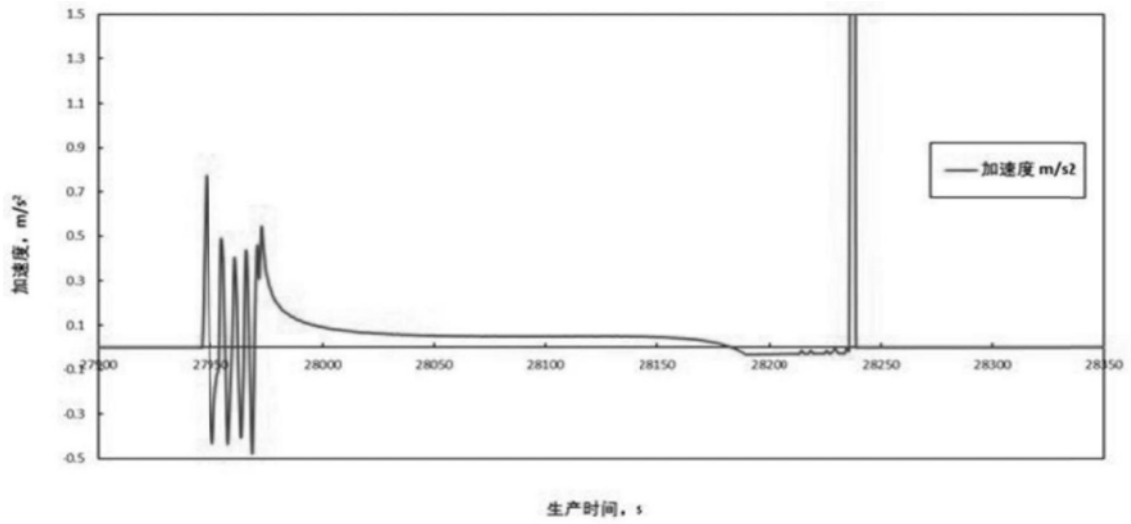


图7

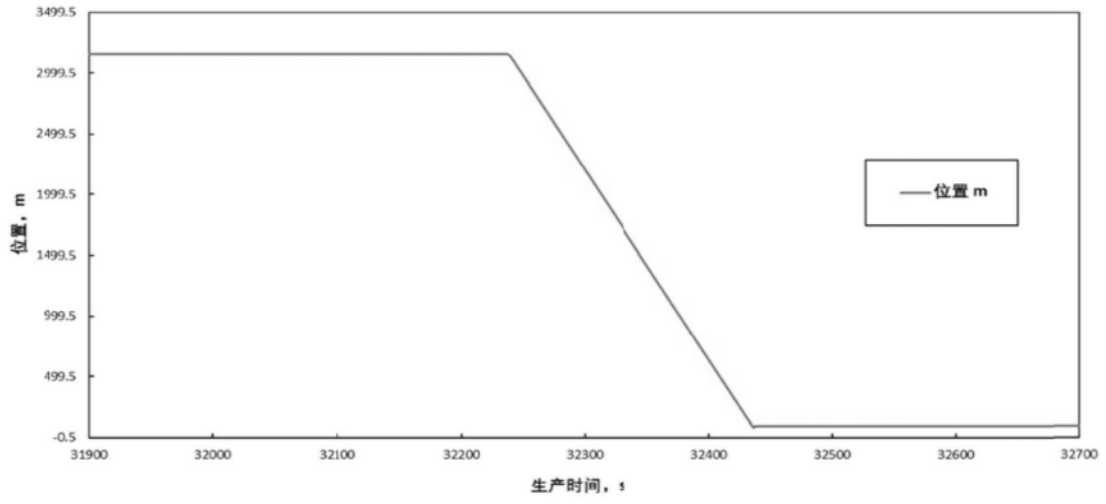


图8

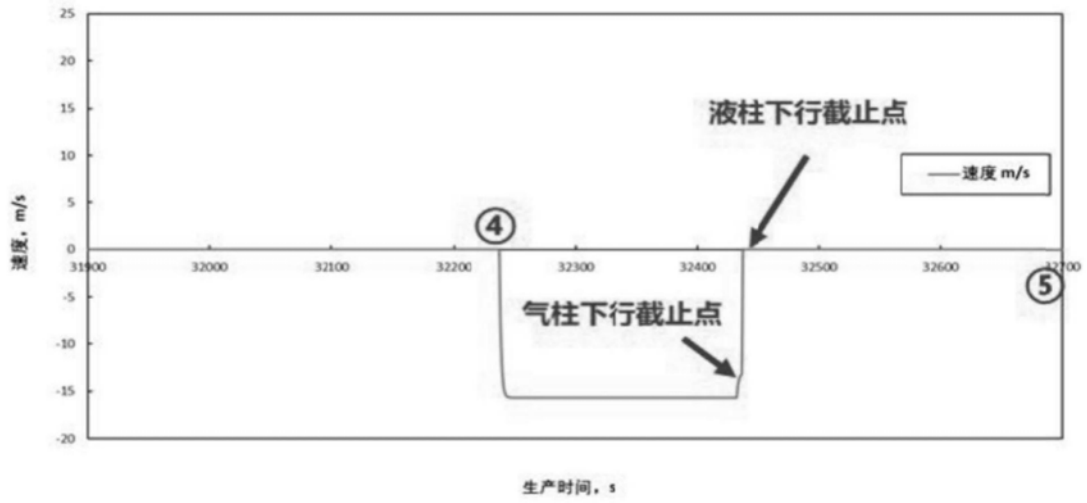


图9

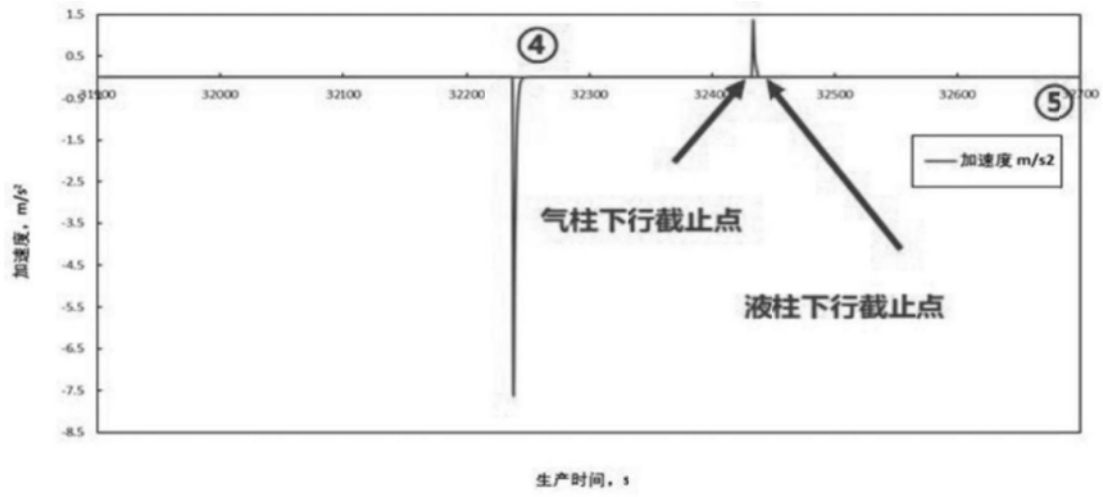


图10

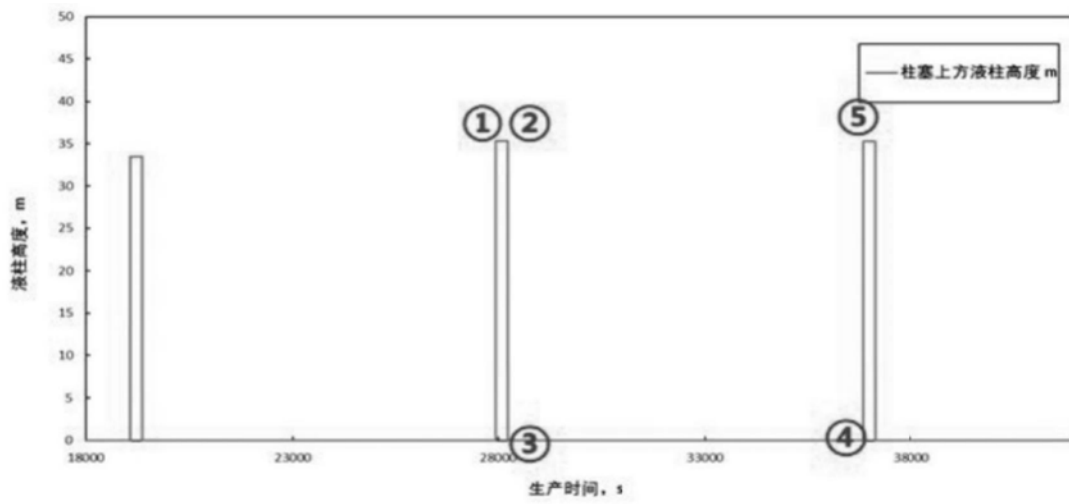


图11

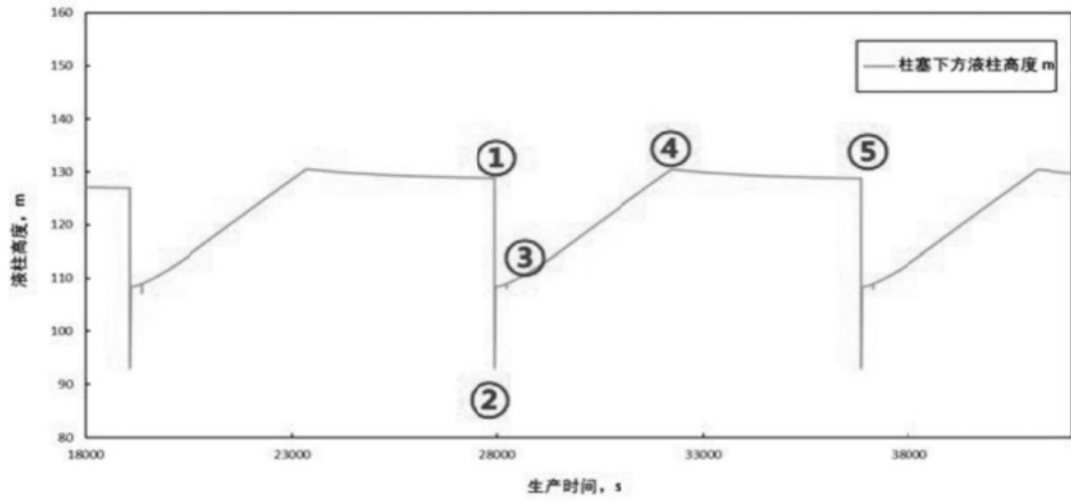


图12

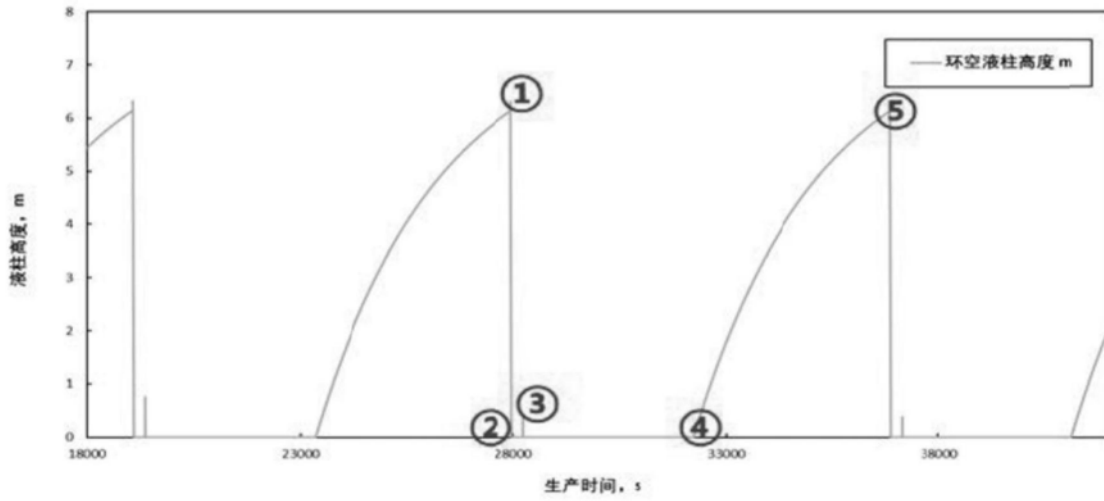


图13

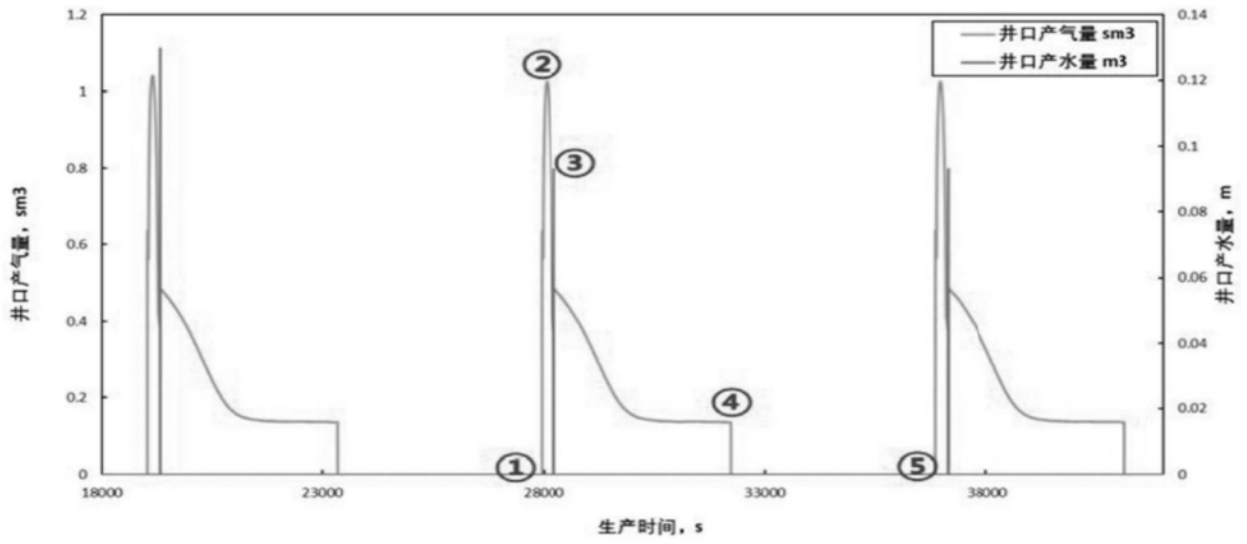


图14

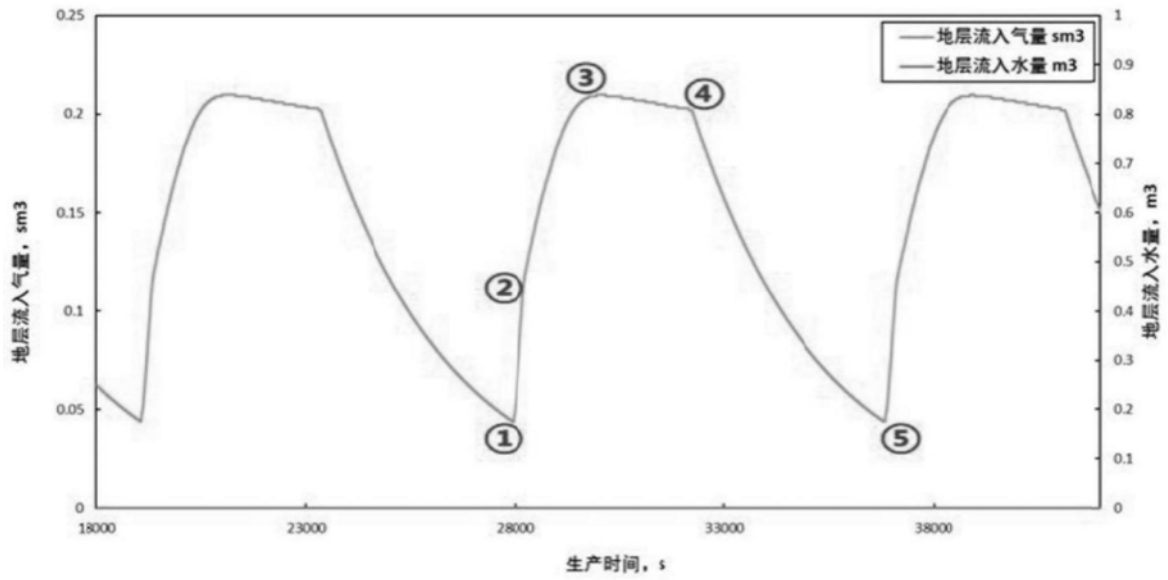


图15