



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108952666 B

(45) 授权公告日 2020.12.11

(21) 申请号 201810549281.4

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2018.05.31

E21B 43/263 (2006.01)

E21B 47/06 (2012.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108952666 A

审查员 罗玮玮

(43) 申请公布日 2018.12.07

(73) 专利权人 中国海洋石油集团有限公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街  
25号

专利权人 中海油能源发展股份有限公司

(72) 发明人 孙林 黄波 杨万有 易飞

罗东红 邹信波 李旭光 周际永  
杨军伟 熊培祺

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 刘子文

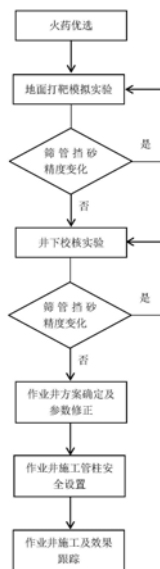
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种筛管井爆燃压裂安全控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,包括以下步骤:选择火药;进行地面打靶模拟实验;进行井下校核实验;作业井方案确定及参数修正;作业井施工管柱安全设置和作业井施工及效果跟踪。该方法为筛管井实施爆燃压裂提供有效安全保障,贯穿整个作业过程,从火药选择、模型模拟、地面实验、井下校核、参数修正、施工管柱等方面进一步控制作业安全性,并将实验与现场紧密结合,克服了实验误差的影响,提升了常规爆燃压裂作业的精细程度,进一步拓展了爆燃压裂的应用范畴。



1. 一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 选择火药:包括火药选型、火药参数初选和通过模拟模型进行火药参数终选;

(2) 进行地面打靶模拟实验:

制作带有泄压孔眼的套管、外部采用水泥固结的地面模拟靶,将不同用量的爆燃压裂火药、筛管和P-T测压装置放置于不同模拟靶中,在爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度;

如果地面打靶模拟实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为地面打靶模拟实验满足要求,此时火药用量即为初选火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量,此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管地面安全限制压力;如果地面打靶模拟实验的筛管挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

(3) 进行井下校核实验:

在筛管井或模拟筛管井中,采用不同用量的爆燃压裂火药、P-T测压装置置于井下,采用电缆或管柱作业方式进行爆燃压裂,爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度,其中每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均小于地面打靶模拟实验值,同时采用模拟模型计算的峰值压力不超过筛管地面安全限制压力与地层压力之和;实验后读取不同用量下P-T测压装置的峰值压力,并校核模拟模型的峰值压力和P-T测压装置实测峰值压力之间的精度;

如果井下校核实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为井下校核实验满足要求,此时火药用量即为复选合适火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量,此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管井下安全限制压力;如果井下校核实验的筛管挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

(4) 作业井方案确定及参数修正:采用选定的火药和模拟模型进行作业井用量、峰值压力、裂缝情况及增产效果方案的确定,同时根据地面打靶模拟实验、井下校核实验结果进行方案参数修正;

(5) 作业井施工管柱安全设置:采用由现有钻杆及变扣、震击器、单流阀、减震器、丢枪装置、增压装置和启动单元组成的各项器件组合进行安全设置;

(6) 作业井施工及效果跟踪:跟踪作业井施工状态、管柱起出情况、作业后出砂情况、作业后产量变化情况和有效期、筛管起出后外观及挡砂精度情况。

2. 根据权利要求1所述一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,其特征在于,步骤(1)中的火药选型是指单基药、双基药、三基药的军工火药或航天推进剂火药的选择,当作业井地层温度低于120℃时,选择军工火药,当作业井地层温度大于120℃且小于200℃时,选择航天推进剂;火药参数初选是指火药外径尺寸、火药力、燃烧速度的选择;模拟模型是指包含且不限于能量守恒、火药燃烧、压档液运动、热传导、液体流动、气体流动、裂缝、增产效果的系列方程组,用于模拟不同火药用量下的爆燃压裂峰值压力、裂缝情况、增产效果,将上述方程组进行联合求解,可得到具有有限精度的数值解,其中峰值压力模拟值大于等于P-T测压装置实测峰值压力的90%。

3. 根据权利要求1所述一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,其特征在于,步骤(2)和步骤(3)中所述的筛管挡砂精度不发生变化是指爆燃后筛管挡砂精度变化率小于等于5%,且爆燃后出砂量小于等于爆燃前出砂量,挡砂精度变化率的计算式为(爆燃后筛管挡砂精度/爆燃前挡砂精度-1)×100%。

4. 根据权利要求1所述一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,其特征在于,步骤(4)中的参数修正包括作业井火药用量和峰值压力两方面,火药用量需满足每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均不超过地面打靶模拟实验和井下校核实验的实验值;峰值压力需满足根据井下校核实验精度调整后的模拟数值小于等于筛管井下安全限制压力值。

5. 根据权利要求1所述一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,其特征在于,步骤(5)中的启动单元是采用低比容的复合火药作为启动单元替换导爆索,以避免导爆索炸药造成瞬时高压破坏筛管。

## 一种筛管井爆燃压裂安全控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于油气田储层改造技术及完井领域,特别涉及一种筛管井爆燃压裂安全控制方法。

### 背景技术

[0002] 爆燃压裂技术适合于低渗近水油藏的改造增产,是一项国内外重点研究攻关的低成本气体压裂技术。目前该项技术主要多应用于套管射孔井中,包含裸眼井用爆燃压裂弹(裸眼弹)、有壳弹压裂技术、无壳弹压裂技术、液体药压裂技术、射孔-HEGF复合技术。而筛管井中鲜有应用,海上油田筛管井井数多、比例高,据不完全统计,海上油田筛管井总井数达1300-1400井次,由于完井方式特殊,常规措施受限或效果有限,例如渤海油田筛管井重复酸化效果差,加砂压裂改造难以实现。2015-2016年,筛管井地面打靶实验和南海东部油田HZ26-1-20Sb过筛管爆燃压裂井成功实施,验证了筛管井实施爆燃压裂的可行性,并提供了一个新的措施研究及应用方向。

[0003] 在筛管井方面,目前现在已形成了CN105971580B“一种筛管爆燃压裂实验装置及方法”、CN206035464U“一种适用于筛管井的爆燃压裂装置”等专利技术,为筛管井爆燃压裂提供了一些安全控制方法和手段,但依然存在缺乏整体安全性综合考虑,不能贯穿整个作业过程,仅局限在施工管柱和地面实验方法,同时实验与现场结合度不够,仅凭借地面实验无法模拟实际现场作业情况,因此仍然存在安全隐患,同时目前国内外也无筛管井爆燃压裂作业系统安全控制方法,限制了技术在筛管井中的发展应用。

[0004] 综上所述,目前国内缺少一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,该方法为筛管井实施爆燃压裂技术提供一种整体安全控制方法。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,该方法为筛管井实施爆燃压裂提供有效安全保障,贯穿整个作业过程,从火药选择、模型模拟、地面实验、井下校核、参数修正、施工管柱等方面进一步控制作业安全性,并将实验与现场紧密结合,克服了实验误差的影响,提升了常规爆燃压裂作业的精细程度,进一步拓展了爆燃压裂的应用范畴。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 选择火药:包括火药选型、火药参数初选和通过模拟模型进行火药筛选;

[0009] (2) 进行地面打靶模拟实验:

[0010] 制作带有泄压孔眼的套管、外部采用水泥固结的地面模拟靶,将不同用量的爆燃压裂火药、筛管和P-T测压装置放置于不同模拟靶中,在爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度;

[0011] 如果地面打靶实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为地面打靶实验满足要

求,此时火药用量即为初选火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量,此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管地面安全限制压力;如果地面打靶实验的筛管挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

[0012] (3) 进行井下校核实验:

[0013] 在筛管井或模拟筛管井中,采用不同用量的爆燃压裂火药、P-T测压装置置于井下,采用电缆或管柱作业方式进行爆燃压裂,爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度,其中每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均小于地面打靶模拟实验值,同时采用模拟模型计算的峰值压力不超过筛管地面安全限制压力与地层压力之和;实验后读取不同用量下P-T测压装置的峰值压力,并校核模拟模型的峰值压力和P-T测压装置实测峰值压力之间的精度;

[0014] 如果井下校核实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为井下校核实验满足要求,此时火药用量即为复选合适火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量,此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管井下安全限制压力;如果井下校核实验的筛管挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

[0015] (4) 作业井方案确定及参数修正:采用选定的火药和模拟模型进行作业井用量、峰值压力、裂缝情况及增产效果方案的确定,同时根据地面打靶模拟实验、井下校核实验结果进行方案参数修正;

[0016] (5) 作业井施工管柱安全设置:采用现有钻杆及变扣、震击器、单流阀、减震器、丢枪装置、增压装置、启动单元的各项器件组合进行安全设置;

[0017] (6) 作业井施工及效果跟踪:跟踪作业井施工状态、管柱起出情况、作业后出砂情况、作业后产量变化情况和有效期、筛管起出后外观及挡砂精度情况。

[0018] 进一步的,步骤(1)中的火药选型是指单基药、双基药、三基药的军工火药或航天推进剂火药的选择,当作业井地层温度低于120℃时,优选军工火药,当作业井地层温度大于120℃且小于200℃时,优选航天推进剂;火药参数初选是指火药外径尺寸、火药力、燃烧速度的选择;模拟模型是指包含且不限于能量守恒、火药燃烧、压档液运动、热传导、液体流动、气体流动、裂缝、增产效果的系列方程组,用于模拟不同火药用量下的爆燃压裂峰值压力、裂缝情况、增产效果,将上述方程组进行联合求解,可得到具有有限精度的数值解,其中峰值压力模拟值精度大于等于P-T测压装置实测峰值压力的90%。

[0019] 进一步的,步骤(2)和步骤(3)中所述的筛管挡砂精度不发生变化是指爆燃后筛管挡砂精度变化率小于等于5%,且爆燃后出砂量小于等于爆燃前出砂量,挡砂精度变化率的计算式为(爆燃后筛管挡砂精度/爆燃前挡砂精度-1)×100%。

[0020] 进一步的,步骤(4)中的参数修正包括作业井火药用量和峰值压力两方面,火药用量需满足每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均不超过地面打靶模拟实验和井下校核实验的实验值;峰值压力需满足根据井下校核实验精度调整后的模拟数值小于等于筛管井下安全限制压力值。

[0021] 进一步的,步骤(5)中的启动单元是采用低比容的复合火药作为启动单元替换导爆索,以避免导爆索炸药造成瞬时高压破坏筛管。

[0022] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:

[0023] 1、为筛管井实施爆燃压裂提供有效安全保障:贯穿整个作业过程,从火药选择、模

型模拟、地面实验、井下校核、参数修正、施工管柱等方面进一步控制作业安全性,并对以往专利技术的安全性进行有效补充。

[0024] 2、将实验与现场紧密结合:采用地面打靶模拟实验和井下校核实验相结合,然后再进一步进行作业井设计及参数修正,克服了实验误差的影响,提升了常规爆燃压裂作业的精细程度。

[0025] 3、进一步拓展了爆燃压裂的应用范畴:提高筛管井爆燃压裂整体安全,从而逐步扩大技术在筛管井中应用。

## 附图说明

[0026] 图1为本发明的工作流程示意图。

## 具体实施方式

[0027] 为使本发明更容易被清楚理解,下面结合附图对本发明作进一步的描述。

[0028] 本发明保护一种筛管井爆燃压裂安全控制方法,包括以下步骤:

[0029] (1) 火药优选;火药优选包括火药选型、火药参数初选、采用模拟模型进行火药筛选;

[0030] (2) 地面打靶模拟实验:

[0031] 制作带有泄压孔眼的套管、外部采用水泥固结的多个地面模拟靶,并将不同用量的爆燃压裂火药、筛管和P-T测压装置放置于不同模拟靶中,爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度;本实施例中P-T测试装置为可记录单位时间内井筒中爆燃压裂瞬时压力的存储式测试装置,耐压150MPa,测量密度为50 $\mu$ m,并具有较好抗震性,可重复进行测试。)

[0032] 如果地面打靶实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为地面打靶实验满足要求,此时火药用量即为初选合适火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量。此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管地面安全限制压力;如果地面打靶实验的挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

[0033] (3) 井下校核实验:

[0034] 井下校核实验是指在筛管井或模拟筛管井中(筛管可回收),采用不同用量的爆燃压裂火药、P-T测压装置置于井下,并采用电缆或管柱作业方式进行爆燃压裂,爆燃压裂前、后分别检测筛管挡砂精度,其中每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均不超过地面打靶模拟实验值,同时采用高精度模拟模型计算的峰值压力不超过筛管地面安全限制压力与地层压力之和。实验后读取不同用量下P-T测压装置的峰值压力,并校核模拟模型的峰值压力和P-T测压装置实测峰值压力之间的精度;

[0035] 如果井下校核实验的筛管挡砂精度不发生变化,即判定为井下校核实验满足要求,此时火药用量即为复选合适火药用量,记录该用量下的每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量。此时P-T测压装置实测峰值压力称为筛管井下安全限制压力;如果井下校核实验的筛管挡砂精度发生变化,则逐渐降低火药用量重复实验直至满足要求为止;

[0036] (4) 作业井方案确定及参数修正:采用选定的火药和模拟模型进行作业井用量、峰值压力、裂缝情况、增产效果等方案方案的确定,同时根据地面打靶模拟实验、井下校核实验结果进行方案参数修正;

[0037] (5) 作业井施工管柱安全设置:采用现有钻杆及变扣、震击器、单流阀、减震器、丢枪装置、增压装置、启动单元等各项工具组合进行安全设置;

[0038] (6) 作业井施工及效果跟踪:跟踪作业井施工状态、管柱起出情况、作业后出砂情况、作业后产量变化情况和有效期、筛管起出后外观及挡砂精度情况;

[0039] 步骤(1)中的火药选型是指单基药、双基药、三基药等军工火药或航天推进剂火药的选择,当作业井地层温度低于120℃时,可优选军工火药,当作业井地层温度大于120℃,且小于200℃时,可优选航天推进剂;火药参数初选是指火药外径尺寸、火药力、燃烧速度优选,尽量选择外径尺寸大、火药力小、燃烧速度慢的火药;模拟模型是指包含且不限于能量守恒、火药燃烧、压档液运动、热传导、液体流动、气体流动、裂缝、增产效果的系列方程组,用于模拟不同火药用量下的爆燃压裂峰值压力、裂缝情况、增产效果,将上述方程组进行联合求解,可得到具有有限精度的数值解,其中峰值压力模拟值精度大于等于P-T测压装置实测峰值压力的90%。采用模拟模型进行火药筛选主要通过不同火药用量模拟相关参数,对初选的火药进行最终筛选,满足相对偏低爆燃压裂峰值压力、更长及更多的裂缝、更大的增产效果。

[0040] 步骤(2)、(3)中的筛管挡砂精度不发生变化是指爆燃后筛管挡砂精度变化率[即(爆燃后筛管挡砂精度/爆燃前挡砂精度-1)×100%]小于等于5%,且爆燃后出砂量小于等于爆燃前出砂量。

[0041] 步骤(4)中的参数修正主要包括作业井火药用量、峰值压力两方面。火药用量需要满足每节火药质量和作用于每米筛管段的火药质量均不超过地面和井下的实验值;峰值压力需要满足根据井下校核实验精度调整后的模拟数值小于等于筛管井下安全限制压力值;而裂缝情况、增产效果则根据火药用量、峰值压力变化结合高精度模拟模型进行相应调整。

[0042] 步骤(5)中的启动单元是采用低比容的复合火药作为启动单元替换导爆索,以避免导爆索炸药造成瞬时高压破坏筛管。

[0043] 本发明方法为筛管井实施爆燃压裂提供有效安全保障,贯穿整个作业过程,从火药选择、模型模拟、地面实验、井下校核、参数修正、施工管柱等方面进一步控制作业安全性,并将实验与现场紧密结合,克服了实验误差的影响,提升了常规爆燃压裂作业的精细程度,进一步拓展了爆燃压裂的应用范畴。

[0044] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

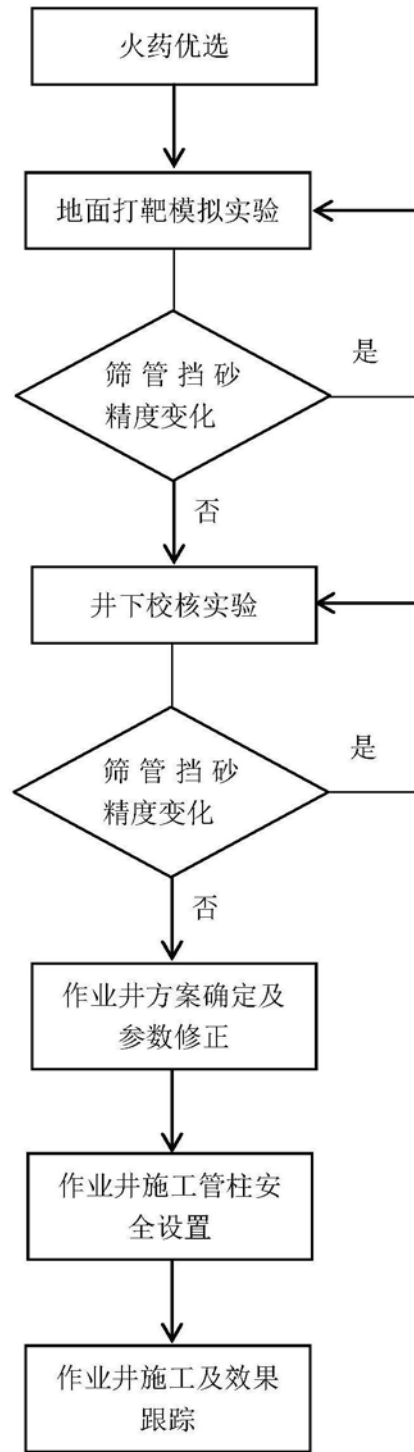


图1