



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104265249 A

(43) 申请公布日 2015.01.07

(21) 申请号 201410445808.0

(22) 申请日 2014.09.03

(71) 申请人 北京普新石油技术开发有限公司

地址 100083 北京市海淀区中关村东路 18
号 1 号楼 16 层 C-1907-053 号

(72) 发明人 苗利军 郭利军

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限
公司 11127

代理人 韩蕾

(51) Int. Cl.

E21B 43/16(2006.01)

E21B 43/243(2006.01)

E21B 43/24(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种火烧油层吞吐采油方法

(57) 摘要

本发明提供了一种火烧油层吞吐采油方法，该方法包括步骤：应用点火技术，将油井油层点燃；向油井中注入空气，维持地层处于高温氧化燃烧状态；注空气结束后，向油井中注入氮气段塞或蒸汽段塞，注入氮气或蒸汽的量按照以下方式确定：注入氮气段塞的量为 $X \cdot P \cdot \Phi / 300 \sim X \cdot P \cdot \Phi / 200$ 标方；注入蒸汽的量为 $X \cdot \Phi / 900 \sim X \cdot \Phi / 500$ 吨；其中，X 为注入空气量，单位为标方；P 为注空气结束时压力，单位为大气压；Φ 为油层孔隙度，以小数计；焖井；开井回采。采用本发明的方法可控制火烧吞吐开采稠油回采过程中氧气浓度，防止由于原油、火烧裂解的轻质油、甲烷和未被消耗氧气一起返流到井筒或地面而造成爆炸等安全事故。

1. 一种火烧油层吞吐采油方法,该方法包括步骤:

(1) 应用点火技术,将油井油层点燃;

(2) 向油井中注入空气,维持地层处于高温氧化燃烧状态;

(3) 注空气结束后,向油井中注入氮气段塞或蒸汽段塞,注入氮气或蒸汽的量按照以下方式确定:

注入氮气段塞的量为注入氮气段塞的量为 $X \cdot P \cdot \Phi / 300 \sim X \cdot P \cdot \Phi / 200$ 标方;注入蒸汽的量为 $X \cdot \Phi / 900 \sim X \cdot \Phi / 500$ 吨;其中, X 为注入空气量,单位为标方; P 为注空气结束时压力,单位为大气压; Φ 为油层孔隙度,以小数计;

(4) 焖井;

(5) 开井回采。

2. 根据权利要求 1 所述的火烧油层吞吐采油方法,其中,所述点火技术选自电热点火、化学点火或自燃点火。

3. 根据权利要求 1 所述的火烧油层吞吐采油方法,该方法还包括:

于点火步骤前,在套管射孔井上实施水力压裂以在地层中造成人工裂缝,并加入支撑剂充填裂缝及筛管与套管环空。

4. 根据权利要求 3 所述的火烧油层吞吐采油方法,其中,所述水力压裂改造形成的裂缝的扩展高度为油层厚度,裂缝半长度为 30 ~ 50m。

5. 根据权利要求 1 或 3 所述的火烧油层吞吐采油方法,其中,步骤(2)注入空气的速度 $6000 \sim 35000 \text{m}^3/\text{d}$ 。

6. 根据权利要求 1 或 3 所述的火烧油层吞吐采油方法,其中,步骤(3)注入氮气段塞速度 $10000 \sim 30000 \text{m}^3/\text{d}$ 或注入蒸汽段塞的速度 $80 \sim 150 \text{t}/\text{d}$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的火烧油层吞吐采油方法,其中,步骤(4)中焖井时间为 2 ~ 5 天。

一种火烧油层吞吐采油方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油开采领域,特别涉及一种在火烧油层吞吐采油过程中、注空气结束后继续注氮气或者蒸汽段塞以控制回采过程中氧气浓度防治爆炸的安全采油方法。

背景技术

[0002] 目前中国稠油开发方式主要包括蒸汽吞吐(约占78%),蒸汽驱(约占10%)和常规水驱(约占10%)。这些方法工艺简单,采收率较高,适合埋藏深度较浅(小于1000m)的稠油油藏。然而,对于埋藏深(大于1500m)的油藏、水敏性油藏、薄互层油藏等,由于注蒸汽热损失率大,注蒸汽压大等问题,给该类稠油的开采带来了困难。对于以上注蒸汽难以有效开发的油藏,一般可考虑采用火烧油层技术(含火烧油层吞吐和火烧油层驱替)开发,其中火烧油层吞吐技术具有独特的优势和潜力。

[0003] 火烧油层吞吐开采原油包括注入、焖井、回采三个阶段。在注入阶段,采用电热点火、化学点火或自然点火等点火技术,将油层加热到原油燃点以上,同时用空气压缩机向油层内连续注入空气,近井地带的原油燃烧产生热量并生成烟道气,向周围地层径向推进和扩散;在焖井阶段,停止空气注入并关井,使非凝结气体继续扩散和溶解,热量向纵深传递;在回采阶段,重新开井,在加热降粘、溶解气驱等多重作用机理下油层中的原油、注入气及烟道气从油井中采出。其中,火烧油层注空气结束时,从注气井到油层远端可以划分为已燃区、燃烧带、结焦带、蒸汽带、油墙和原始油区6个区带(图1A)。在已燃区内,原油全部被驱替到油层远端,油层孔隙内充满了空气。停止注气并焖井后,已燃区内的空气无法继续被完全消耗掉,同时由于供气不足油层燃烧带会发生低温氧化,导致原油粘度增大和油层渗透率降低。开井生产后,原油、裂解后的轻质油和甲烷会同已燃区内的空气一同产出,在开始的1-3天内产出气液混合物中的氧气浓度会在5%以上,该浓度值在爆炸极限范围内,很容易造成爆炸等安全事故。

[0004] 现有技术报道的火烧吞吐开采稠油的工艺技术,例如CN101161987B等,多没有明确考虑到油层中会发生的低温氧化和回采时氧气浓度的超标的问题。目前,尽管火烧油层吞吐技术受到广泛关注,但却迟迟未见矿场实施报道,其中主要的原因就是氧气浓度导致的地层低温氧化和地面安全问题。

发明内容

[0005] 本发明主要为解决火烧吞吐开采技术中氧气浓度导致的地层低温氧化和地面安全问题,提供一种安全的能够控氧防爆的火烧油层吞吐采油方法,防止由于原油、火烧裂解的轻质油、甲烷和未被消耗氧气一起返流到井筒或地面而造成爆炸。

[0006] 为解决上述问题,本发明提供了一种火烧油层吞吐采油方法,该方法包括:

[0007] (1) 应用点火技术,将油井油层点燃;

[0008] (2) 向油井中注入空气,维持地层处于高温氧化燃烧状态;

[0009] (3) 注空气结束后,向油井中注入氮气段塞或蒸汽段塞,注入氮气或蒸汽的量按照

以下方式确定：

[0010] 注入氮气段塞的量为 $X \cdot P \cdot \Phi / 300 \sim X \cdot P \cdot \Phi / 200$ 标方；注入蒸汽的量为 $X \cdot \Phi / 900 \sim X \cdot \Phi / 500$ 吨；其中，X 为注入空气量，单位为标方；P 为注空气结束时压力，单位为大气压； Φ 为油层孔隙度，以小数计；

[0011] (4) 焖井；

[0012] (5) 开井回采。

[0013] 本发明的火烧油层吞吐采油方法中，主要是注空气结束后继续注氮气或者蒸汽段塞可以将油层中已燃区内的空气顶替到燃烧带，从而完全消耗已燃区内的氧气，回采过程中氧气浓度可将低到 1% 以下，实现安全回采，解决了火烧油层吞吐井回采时的安全风险，保障火烧油层吞吐开采安全顺利实施。并且，保证了原有的供气能力，从而避免了油层燃烧带发生低温氧化而引起的油层渗透率下降的风险。特别是由于氮气是良好的灭火剂，当氮气前缘推进到燃烧带时，油层立刻停止燃烧，从而使整个过程安全可控。

[0014] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法中，所述点火技术选自电热点火、化学点火或自然点火。

[0015] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法还包括：

[0016] 于点火步骤前，在套管射孔井上实施水力压裂以在地层中造成人工裂缝，并加入支撑剂充填裂缝及筛管与套管环空。利用水力压裂在井筒两翼形成人工裂缝，通过人工裂缝改变井筒周围原来的径向渗流流向和渗流界面面积，大幅度提高火烧油层吞吐过程中点火阶段的注空气能力。

[0017] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法中，所述水力压裂改造形成的裂缝的扩展高度为油层厚度，裂缝半长度为 30 ~ 50m。

[0018] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法中，其中，步骤 (2) 注入空气的速度 $6000 \sim 35000 \text{m}^3/\text{d}$ 。

[0019] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法中，其中，步骤 (3) 注入氮气段塞速度 $10000 \sim 30000 \text{m}^3/\text{d}$ 或蒸汽段塞的速度 $80 \sim 150 \text{t}/\text{d}$ 。

[0020] 根据本发明的具体实施方案，本发明的火烧油层吞吐采油方法中，其中，步骤 (4) 中焖井时间为 2 ~ 5 天，优选为 2 ~ 3 天。

[0021] 综上所述，本发明提供了一种可以控氧防爆的火烧油层吞吐采油方法，其具有以下优点：

[0022] 1) 回采过程中氧气浓度可将低到 1% 以下，解决了火烧油层吞吐井回采时的安全风险，保障火烧油层吞吐开采安全顺利实施；

[0023] 2) 避免了油层发生低温氧化引起油层渗透率降低的风险，提高了单井产能。

附图说明

[0024] 图 1A ~ 图 1C：本发明的火烧油层吞吐开采稠油回采过程中控氧防爆方法流程中不同阶段各区带示意图。

具体实施方式

[0025] 为了对本发明的技术特征、目的和有益效果有更加清楚的理解，现结合具体实例

及附图对本发明的技术方案进行以下详细说明，应理解这些实例仅用于说明本发明而不同于限制本发明的范围。各实施例中未详细提及的步骤均可按照所属领域的常规操作进行。

[0026] 请参见图 1A ~ 图 1C 所示，本发明的火烧油层吞吐开采稠油回采过程中控氧防爆方法主要包括：

[0027] 1) 应用点火技术将油层点燃，持续注入空气至设计量 X 标方，由注气井至油层远端形成如图 1A 所示的各个区带。

[0028] 2) 停止空气注入并转注氮气或蒸汽，注入氮气段塞的量为 $X \cdot P \cdot \Phi / 300 \sim X \cdot P \cdot \Phi / 200$ 标方，或注入蒸汽的量为 $X \cdot \Phi / 900 \sim X \cdot \Phi / 500$ 吨（其中 P 为注空气结束时压力，单位为大气压；Φ 为油层孔隙度，单位为小数）将图 1A 区域 1 中的空气顶替过燃烧带消耗，油层内形成如图 1B 和图 1C 所示的各个区带。

[0029] 3) 停止氮气或蒸汽注入并焖井，使燃烧生成的热量向油层远端有效传递，油层中个区带展布无变化。

[0030] 4) 开井生产，图 1B 和图 1C 中 1 区域中的氮气或蒸汽（含冷凝水）首先由井口产出，之后裂解气、烟道气、原油和水由油层远端不断流入井底并产出。

[0031] 实施例 1

[0032] 在长度 2m、内径 5cm 的高压燃烧管中进行火烧油层吞吐回采过程中控制氧气浓度并防止爆炸事故的室内实验。燃烧管内为人造岩心，岩心渗透率大约为 $3 \times 10^{-3} \mu \text{m}^2$ ，孔隙度为 37%，含油饱和度为 78%，原油粘度为 5100mPa·s。实验过程中注气压力维持在 4MPa 左右。

[0033] 1) 利用电点火器将燃烧管一端油砂点燃，持续注入空气将燃烧前缘沿燃烧管推进至 0.5m 处，累计注入空气 62 标升；

[0034] 2) 停止空气注入，转注氮气 $62 \times 40 \times 0.37 \div 300 = 3.05$ 标升；

[0035] 3) 焖井 5 分钟后回采，产出气体组分中氧气含量小于 0.5%，剖开模型未发现低温氧化结焦区域。

[0036] 实施例 2

[0037] 在长度 2m、内径 5cm 的高压燃烧管中进行火烧油层吞吐回采过程中控制氧气浓度并防止爆炸事故的室内实验。燃烧管内为人造岩心，岩心渗透率大约为 $3 \times 10^{-3} \mu \text{m}^2$ ，孔隙度为 37%，含油饱和度为 78%，原油粘度为 5100mPa·s。实验过程中注气压力维持在 4MPa 左右。

[0038] 1) 利用电点火器将燃烧管一端油砂点燃，持续注入空气将燃烧前缘沿燃烧管推进至 0.5m 处，累计注入空气 62 标升；

[0039] 2) 停止空气注入，转注蒸汽 $62 \times 0.37 \div 900 = 0.0254$ 千克；

[0040] 3) 焖井 5 分钟后回采，产出气体组分中氧气含量小于 0.5%，剖开模型未发现低温氧化结焦区域。

[0041] 实施例 3

[0042] 油藏 1 油藏深度 800m；油层厚度 19.6m；油层渗透率 $610 \times 10^{-3} \mu \text{m}^2$ ；油层温度 32°C；原油粘度 5100mPa·s；原油密度 0.9240g/cm³；含油饱和度 58.9%；地层破裂压力为 18MPa。

[0043] 1) 对油井套管进行射孔，并采用利用水力压裂技术压出 40m 长人工裂缝，在裂缝

内充填压裂支撑剂。主要施工参数包括—累计加入粒径为 0.425mm~0.850mm 的陶粒 40m³；前置液 40m³；携砂液 105m³；排量 3.5m³/min；砂比阶梯递增，从 10%~80%，达到最高砂比后加入顶替液 5m³；

[0044] 2) 利用电加热器将注入空气加热到 400℃以上，持续注入 4 天实现点火，注入空气速度为 6000m³/d；

[0045] 3) 关闭点火器继续注入空气，注入空气速度为 6000~30000m³/d，注气压力达到 16MPa 时停止注气，累计注气 300000m³；

[0046] 4) 转注氮气 $300000 \times 160 \times 0.37 \div 300 = 59200\text{m}^3$ ，注入氮气速度为 30000m³/d；

[0047] 5) 焖井 3 天后回采，井口产出气体中氧气含量小于 0.3%，生产过程安全。周期累积产油量 870t。

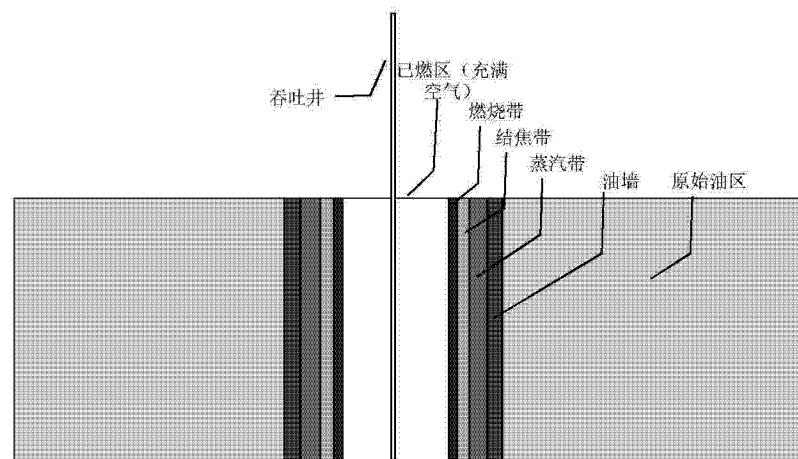


图 1A

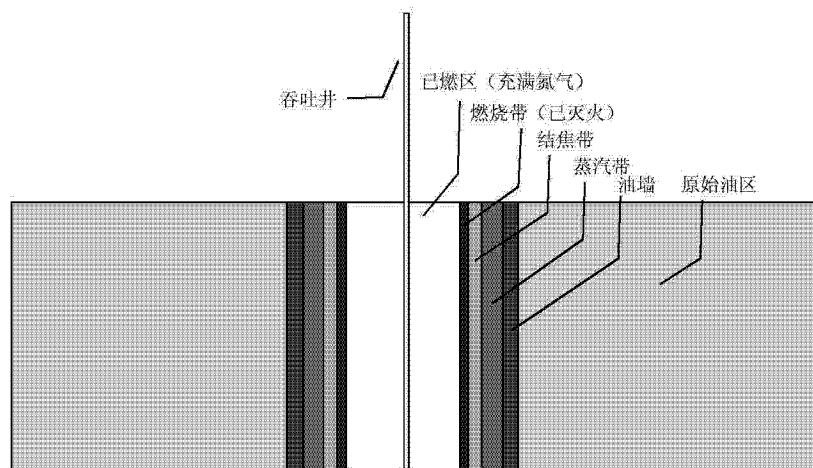


图 1B

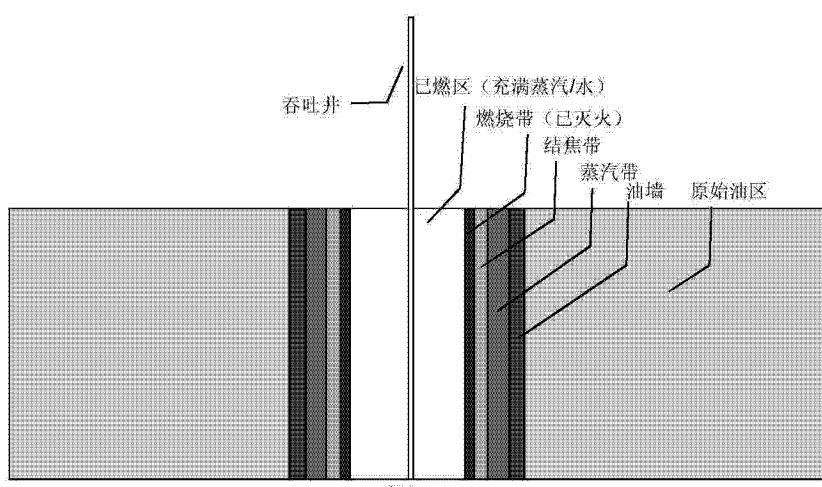


图 1C