



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103061731 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 24

(21) 申请号 201210484350. 0

(22) 申请日 2007. 02. 19

(30) 优先权数据

11/358, 390 2006. 02. 21 US

(62) 分案原申请数据

200780014387. 4 2007. 02. 19

(71) 申请人 世界能源系统有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 查尔斯·H·威尔 麦伦·I·库尔曼

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 李剑

(51) Int. Cl.

E21B 43/24 (2006. 01)

E21B 36/02 (2006. 01)

E21B 43/16 (2006. 01)

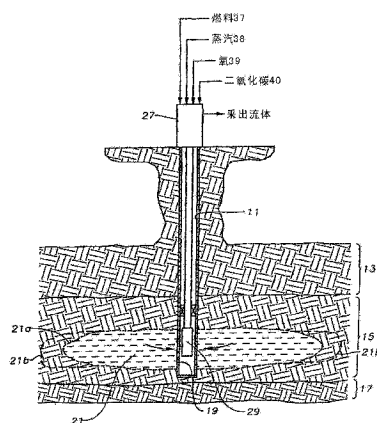
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

用蒸汽和二氧化碳采出粘性烃的方法

(57) 摘要

本发明涉及用蒸汽和二氧化碳采出粘性烃的方法。使用井下燃烧器来开采重油地层。通过独立的管道将氢、氧和蒸汽泵至燃烧器，在其中燃烧至少部分氢并使燃烧产物进入地层。蒸汽将燃烧器冷却并成为过热蒸汽，与燃烧产物一起被注入地层。二氧化碳也被泵到井下并注入地层。



1. 一种用于从储矿采出粘性烃的方法,包括:
将燃烧器置于第一矿井中,其中所述燃烧器包括燃烧室;
将燃料、氧化剂,以及水或蒸汽中的一种从表面供应到所述第一矿井中的所述燃烧器;
将降低粘度用气体在独立于所述燃料的管道中从所述表面供应到所述储矿;
在所述燃烧室中点燃所述燃料和所述氧化剂,以在所述燃烧器中生成热量和蒸汽;
将所述降低粘度用气体和蒸汽注入所述储矿,以降低所述储矿内的烃的粘度并加热所述储矿内的所述烃;以及
从所述储矿回收所述烃。
2. 如权利要求 1 的方法,其中通过所述第一矿井,或通过与所述第一矿井间隔开的或交叉的第二矿井从所述储矿回收所述烃。
3. 如权利要求 1 的方法,其中用于供应所述降低粘度用气体的所述管道包括所述第一矿井的环隙。
4. 如权利要求 1 的方法,其中所述降低粘度用气体和蒸汽被同时或交替地注入所述储矿。
5. 如权利要求 1 的方法,其中所述降低粘度用气体和蒸汽形成包含二氧化碳的气态产物。
6. 如权利要求 5 的方法,其中所述气态产物包含至少 5%的二氧化碳。
7. 如权利要求 5 的方法,其中所述气态产物包含 10%或更多的二氧化碳。
8. 如权利要求 5 的方法,其中所述气态产物包含 25%或更多的二氧化碳。
9. 如权利要求 5 的方法,还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比,降低回收的所述烃的蒸汽/油比率。
10. 如权利要求 5 的方法,还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比,将回收的所述烃的蒸汽/油比率降低到低于 14.3。
11. 如权利要求 5 的方法,还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比,将回收的所述烃的蒸汽/油比率降低到低于 5.65。
12. 如权利要求 5 的方法,还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比,提高回收的所述烃的累积油产量。
13. 如权利要求 1 的方法,其中所述降低粘度用气体与所述氧化剂或所述水或蒸汽一起流到所述燃烧器。
14. 如权利要求 1 的方法,还包括如下中的至少一种:利用由所述燃烧器生成的热量提高所述降低粘度用气体的温度,以将热量传送到所述储矿;以及利用所述降低粘度用气体来升高所述储矿中的地层压力。
15. 如权利要求 1 的方法,其中所述降低粘度用气体包括二氧化碳。
16. 如权利要求 2 的方法,其中所述第一矿井和所述第二矿井中的至少一个包括至少一个垂直、水平和斜井部分。
17. 一种用于从储矿采出粘性烃的方法,包括:
将燃烧器置于第一矿井中,其中所述燃烧器包括燃烧室;
将燃料、氧化剂,以及水或蒸汽中的一种从表面供应到所述第一矿井中的所述燃烧

器；

将降低粘度用气体在独立于所述燃料的管道中从所述表面供应到所述储矿；

在所述燃烧室中点燃所述燃料和所述氧化剂，以在所述燃烧器中生成热量和蒸汽；

将所述降低粘度用气体和蒸汽注入所述储矿，以降低所述储矿内的烃的粘度并加热所述储矿内的所述烃；以及

通过第二矿井从所述储矿回收烃，所述第二矿井与所述第一矿井是间隔开的或交叉的。

18. 如权利要求 17 的方法，其中用于供应所述降低粘度用气体的所述管道包括所述第一矿井的环隙。

19. 如权利要求 17 的方法，其中所述降低粘度用气体和蒸汽被同时或交替地注入所述储矿。

20. 如权利要求 17 的方法，其中所述降低粘度用气体和蒸汽形成包含二氧化碳的气态产物。

21. 如权利要求 20 的方法，其中所述气态产物包含至少 5% 的二氧化碳。

22. 如权利要求 20 的方法，其中所述气态产物包含 10% 或更多的二氧化碳。

23. 如权利要求 20 的方法，其中所述气态产物包含 25% 或更多的二氧化碳。

24. 如权利要求 20 的方法，还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比，降低回收的所述烃的蒸汽 / 油比率。

25. 如权利要求 20 的方法，还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比，将回收的所述烃的蒸汽 / 油比率降低到低于 14.3。

26. 如权利要求 20 的方法，还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比，将回收的所述烃的蒸汽 / 油比率降低到低于 5.65。

27. 如权利要求 20 的方法，还包括提高所述气态产物中的二氧化碳的百分比，提高回收的所述烃的累积油产量。

28. 如权利要求 17 的方法，还包括如下中的至少一种：利用由所述燃烧器产生的热提高所述降低粘度用气体的温度，以将热量传送到所述储矿；以及利用所述降低粘度用气体来升高所述储矿中的地层压力。

29. 如权利要求 17 的方法，其中所述降低粘度用气体包括二氧化碳。

30. 如权利要求 17 的方法，其中所述降低粘度用气体与所述氧化剂或所述水或蒸汽一起流到所述燃烧器。

31. 如权利要求 17 的方法，其中所述第一矿井和所述第二矿井中的至少一个包括至少一个垂直、水平和斜井部分。

用蒸汽和二氧化碳采出粘性烃的方法

[0001] 本申请是申请日为 2007 年 2 月 19 日、发明名称为“用蒸汽和二氧化碳采出粘性烃的方法”的发明专利申请第 200780014387.4 号的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明一般性地涉及采出高粘性烃的方法，具体涉及将部分饱和的蒸汽泵送到井底燃烧器以使所述蒸汽过热并将蒸汽和二氧化碳注入水平或垂直的破裂带 (fractured zone)。

背景技术

[0003] 全世界存在大量的粘性烃储矿 (reservoir)。这些储矿包含极粘的烃，通常称为“焦油”、“重油”或“超重油”，其在 100° F 下测量的粘度通常为 3000-1000000 厘泊。高粘度使得烃的回收困难且昂贵。对于浅层焦油沙采用露天开采。对于更深的储矿，已经采用原位加热重油来降低粘度。

[0004] 在一种技术中，部分饱和的蒸汽从表面处的蒸汽发生器注入矿井。通过在蒸汽注入后使储矿浸透选定的时间然后对其进行开采，可以从注入蒸汽的该矿井采出重油。当产量降低时，操作者重复上述过程。可能需要井下泵将被加热的重油泵送到表面。在此情况下，需要每次在注入蒸汽之前将泵从矿井中取出，然后在注入之后再置入使其重新工作。也可以通过与注入器矿井隔开的第二矿井来采出重油。

[0005] 另一种技术使用两个水平的矿井，其中一个矿井位于另一个矿井上方数英尺的位置并与其平行。每个矿井都具有割缝衬管。蒸汽被连续注入上方井孔以加热重油并使其流入下方井孔。其它建议包括将蒸汽连续注入被垂直采出井包围的垂直注入井。

[0006] 美国专利 6016867 公开了使用一个或更多个注入和采出井孔。还原气体、氧化气体和蒸汽的混合物被供给到位于注入井孔中的井下燃烧装置。还原气体、氧化气体混合物进行燃烧生成过热蒸汽和热气体，用于注入地层以使重质原油或沥青转化和升级为轻质烃。过热蒸汽的温度足以引起热解和 / 或加氢减粘 (如果存在氢)，这在原位增大了烃的 API 重力并且降低了粘度。’ 867 专利声称，替代性的还原气体可以主要由氢以及少量的一氧化碳、二氧化碳和烃气组成。

[0007] ’ 867 专利还公开了在注入蒸汽之前使地层破裂。’ 867 专利同时公开了注入和采出发生在同一矿井中的循环工艺和包括通过井下燃烧器将蒸汽泵送到包围采出井的矿井中的连续驱动工艺。在连续驱动工艺中，’ 867 专利教导了将破裂带延伸至相邻的矿井。

发明内容

[0008] 井下燃烧器被固定在矿井中。操作者将燃料 (例如氢) 泵送到燃烧器中，并通过独立于燃料的管道将氧泵送到燃烧器中。操作者使燃料在燃烧器中燃烧并在燃烧器中生成过热蒸汽，这优选通过将部分饱和的蒸汽泵送至燃烧器来实现。部分饱和的蒸汽将燃烧器冷却而变得过热。操作者还将二氧化碳泵送到燃烧器的燃烧室中或其周围，并将二氧化碳

和过热蒸汽注入地层以加热其中的烃。

[0009] 优选地,操作者首先使矿井破裂以形成水平或垂直的直径有限的破裂带。破裂带优选不与相邻矿井的任何排水区或破裂带交叉。破裂带周围的未破裂地层防止了气态产品在浸泡期间从破裂带渗漏。在浸泡期间,操作者可以将燃料和蒸汽间歇地泵送至燃烧器,从而在破裂带中保持期望的压力值。

[0010] 在浸泡期间过后,操作者开启井头处的阀门以使烃流入井孔并沿矿井向上流动。在此过程中经受了热解和 / 或加氢减粘的粘性烃流至表面用于进一步处理。优选地,破裂带中由蒸汽、二氧化碳和残余氢气生成的溶解气体导致了流动发生。也可以使用井下泵。二氧化碳提高了产量,这是因为二氧化碳比蒸汽或氢或其混合物更易溶于重质烃。这种溶解使烃的粘度下降,并且二氧化碳增加了更多溶解气体以驱动采出。优选地,将返回到表面的二氧化碳、氢气和热水部分与回收的烃分离并循环。在某些储矿中,蒸汽与碳酸盐在岩层中反应并释放二氧化碳,但是释放量仅为进入重油储矿的二氧化碳的所需量的一小部分。

[0011] 当产量降至足够低时,操作者可以重复将来自燃烧器的蒸汽、二氧化碳和燃烧产物注入破裂带的过程。操作者也可以再次破裂地层从而扩大破裂带。

附图说明

[0012] 图 1 为根据本发明采出重油的矿井和工艺的示意图;

[0013] 图 2 示出了与相邻矿井紧邻的图 1 的矿井,该相邻矿井也可以根据本发明进行采出;

[0014] 图 3 为本发明的工艺中采用的燃烧装置的示意图。

具体实施方式

[0015] 参见图 1,矿井 11 基本上垂直延伸穿过数个地层,其中至少一个包括重油或焦油地层 15。覆盖地层 13 位于油地层 15 上方。重油地层 15 位于下伏地层 17 上方。重油地层 15 通常为包含极粘烃的焦油沙,极粘烃的粘度例如为 3000-1000000cp。覆盖地层 13 可以是各种地质层,例如密封重油地层 15 并使其具有相对高的破裂压力的厚且致密的石灰石。下伏地层 17 也可以是厚且致密的石灰石或者某些其它类型的地层。

[0016] 如图 1 所示,矿井具有套管,套管在重油地层 15 的至少部分中具有穿孔或槽缝 19。而且,矿井优选被破裂以形成破裂带 21。在破裂过程中,操作者通过穿孔 19 泵送流体并对重油地层 15 施加大于其裂层压力的压力。该压力使地层 15 内部产生通常从矿井 11 径向延伸的裂缝,从而使流体可以流入破裂带 21。用于造成破裂的注入流体可以是常规流体,通常包含水、各种添加剂以及支撑剂材料(例如沙粒或陶瓷小球),或者在某些情况下可以使用蒸汽本身。

[0017] 在本发明的一种实施方式中,操作者控制破裂流体的注入速率和破裂过程的持续时间,从而限制包围矿井 11 的破裂带 21 的扩展范围或尺寸。破裂带 21 具有相对小的初始直径或周界 21a。限制破裂带 21 的周界 21a,以使其不会与延伸到同一重油地层 15 中的相邻矿井 23 的任何现有的或计划的破裂带或排水区 25(图 2) 相交叉。此外,在优选方法中,操作者会在随后增大矿井 11 周围的破裂带 21,因此在不与相邻矿井 23 的排水区 25 交叉的条件下,初始周界 21a 应为后来的破裂带 21 扩大而留有余地。相邻的矿井 23 先前可以任

选地进行一个或更多个与矿井 11 相同的破裂过程,或者操作者可以计划今后以与矿井 11 相同的方式进行破裂。因此,破裂带周界 21a 不与破裂带 25 交叉。优选地,破裂带周界 21a 延伸至小于矿井 11 与 23 之间的距离的一半。破裂带 21 被重油地层 15 在周界 21a 外侧以及破裂带 21 上方和下方的未破裂部分包围。形成破裂带 21 的破裂过程可以在安装下面讨论的井下燃烧器 29 之前或之后进行。如果在安装井下燃烧器 29 之后进行,则破裂流体将通过燃烧器 29 被泵送。

[0018] 在图 1 中,采出树 (production tree) 或井头 (wellhead) 27 位于矿井 11 的表面。采出树 27 与一条或多条管道相连,用于将燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 向下经矿井 11 引至燃烧器 29。燃料 37 可以是氢、甲烷、合成气或某些其它燃料。燃料 37 可以是气体或液体。优选地,蒸汽 38 是部分饱和的蒸汽,其水蒸气含量高达约 50%。水蒸气含量可以更高,甚至可将水而非蒸汽泵下矿井 11(尽管这样做会使效率较低)。井头 27 还与用于将氧向下输送到矿井 11 的管道(如标号 39 表示)连接。燃料 37 和蒸汽 38 可以混合并沿同一管道相下输送,但输送燃料 37 的管道应当独立于输送氧 39 的管道。

[0019] 由于二氧化碳 40 在与蒸汽混合时具有腐蚀性,因此其优选通过独立于蒸汽 38 的管道的管道向下流动。如果燃料通过独立于蒸汽 38 的管道输送,则二氧化碳 40 可以与燃料 37 混合。与燃料 37 混合的二氧化碳 40 的百分比不应过高从而阻碍燃料燃烧。如果燃料是合成气、甲烷或另一种烃,则燃烧器 29 中的燃烧过程产生二氧化碳。在某些情况下,燃烧过程所产生的二氧化碳的量可能足够,从而不需要将二氧化碳泵至井下。

[0020] 燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 的管道可以包括盘管或采出管件的螺纹接头。二氧化碳 40 的管道可包括矿井 11 的套管中的环隙。

[0021] 燃烧装置或燃烧器 29 被固定在矿井 11 中,用于接收燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 的流。选择燃烧器 29 的直径,以使其可被安装在常规矿井套管内,该直径通常为约 7-9 英寸,但可以更大。如图 3 所示,封隔器和锚定装置 31 位于燃烧器 29 上方,以使矿井 11 在封隔器 31 上方的套管与封隔器 31 下方的套管间形成密封。燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 的管道密封性地延伸穿过封隔器 31。因此,封隔器 31 使燃烧器 29 周围的压力与矿井 11 中封隔器 31 上方的任何压力隔离。燃烧器 29 具有由夹套 35 包围的燃烧室 33,夹套 35 可被认为是燃烧器 29 的一部分。燃料 37 和氧 39 进入燃烧室 33 以使燃料燃烧。蒸汽 38 也可流入燃烧室 33 以冷却燃烧器 29。优选地,二氧化碳 40 流过夹套 35,这有助于冷却燃烧室 33,或者,由于二氧化碳不燃烧,可使其流过燃烧室 33,这也会冷却室 33。如果燃料 37 是氢,一部分氢可以转向流过夹套 35。蒸汽 38 可流过夹套 35,但因为腐蚀效应而优选不用二氧化碳 40 混合。

[0022] 燃烧器 29 点火并燃烧至少部分燃料 37,这在燃烧器 29 中产生高温。在不存在冷却剂的条件下,该温度对于燃烧器 29 来说很可能过高,从而无法长时间耐受。流入燃烧室 33 的蒸汽 38 降低了该温度。而且优选地,有少量过量的燃料 37 流入燃烧室 33。过量的燃料不燃烧,而燃料 37 只在燃烧时释放热量,因此燃烧室 33 中的温度降低。过量的燃料在不燃烧的状态下通过燃烧室 33 而变得较热,这从燃烧室 33 中转移了一部分热量。此外,流过夹套 35 的二氧化碳 40 以及可能流过夹套 35 的所有氢气使燃烧室 33 冷却。美国专利 5163511 中示出了一种用于燃烧燃料并将蒸汽和燃烧产物注入地层的井下燃烧器。

[0023] 蒸汽 38、燃料 37 的过量部分以及二氧化碳 40 使燃烧室 33 内的温度降至例如约

1600° F, 而将流过燃烧器 29 的部分饱和的蒸汽的温度升至过热水平。过热蒸汽的温度高于其露点, 因此不含水蒸气。包含过热蒸汽、过量燃料、二氧化碳和其它燃烧产物的气态产物 43 优选以约 550-700° F 内温度离开燃烧器 29。

[0024] 由于在表面处施加至燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 的压力, 热的气态产物 43 被注入破裂带 21。破裂带 21 中的裂缝增大了这些流体的接触表面积, 从而加热地层并溶解到重油中以使油的粘度降低并生成溶解气, 以有利于驱动油在采出循环过程中返回矿井。地层 15 的未破裂周围部分基本上是不能被气态产物 43 渗透的, 这是因为未加热的重油或焦油不具有足以被置换的流动性。因此, 未加热的重油地层 15 的周围部分可以在破裂带 21 周围形成一个容器, 从而长时间地阻止热气体产物 43 渗漏, 足以使破裂带 21 内的重油发生重要的改质反应。

[0025] 如果燃料 37 包含氢, 则被注入的未燃烧部分会有利地抑制在破裂带 21 中形成焦炭。被注入的氢可全部来自供给至燃烧室 33 的未燃烧的过量氢, 或者其可以是转向流过夹套 35 的氢。然而, 氢不像二氧化碳那样溶解在油中。另一方面, 二氧化碳极易溶于油, 因而溶解在重油中, 从而降低烃的粘度并增加溶解气。在二氧化碳 40 通过燃烧器 29 时升高其温度, 将热量输送至地层, 这降低了与热量接触的烃的粘度。而且, 注入的二氧化碳 40 使储矿内的溶解气增多。保持热气态产物 43 的高注入温度 (优选约 700° F), 可强化热解和加氢减粘 (如果存在氢), 这导致重油的 API 重力在原位增大。

[0026] 模拟表明, 将二氧化碳和氢注入已破裂的重油储矿是有益的。在三个模拟中, 对比了二氧化碳相对于被注入的蒸汽和氢为 1%、10% 和 25% (摩尔比) 的情况。对比采用两年的循环操作, 每个循环浸泡 21 天。结果如下:

[0027]

模拟	%CO ₂	累积采出的油	蒸汽/油比率
1, 未破裂	0	3030	14.3
2, 破裂	1	9561	13.2
3, 破裂	10	20893	8.99
4, 破裂	25	22011	5.65

[0028] 上述结果表明, 对于产量和蒸汽/油比, 25% 的二氧化碳优于 10% 的二氧化碳。优选地, 注入储矿的二氧化碳百分比为 10% -25% 或更大但至少为 5%, 所述百分比为相对于被注入的蒸汽和氢的摩尔比。

[0029] 在优选方法中, 燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 到燃烧器的输送以及热气态产物 43 到破裂带 21 的注入同时发生, 持续一段选定的时间, 例如七天。当气态产物 43 被注入破裂带 21 时, 破裂带 21 的温度和压力升高。在注入期结束时, 容许破裂带 21 被浸泡一段选定的时间, 例如 21 天。在浸泡期间, 操作者可将燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 泵至燃烧器 29, 在其中燃烧, 然后将热燃烧气体 43 注入地层 15, 以在破裂带 21 中保持期望的压力水平并且将热量损失转移给周围的地层。在浸泡期间不再注入热气态流体 43。

[0030] 然后, 操作者开始采出油, 这由储矿压力以及优选额外的溶解气压力驱动。油优选沿采出管线向上采出出来, 采出管线也可以是泵送燃料 37、蒸汽 38 或二氧化碳 40 的管道之一。优选地, 燃烧器 29 保持在适当位置, 而油流过燃烧器 29 的部件。或者, 矿井 11 可在数

英尺外（优选不超过约 50 英尺）包括第二个井孔，油沿此独立的井孔而非包含燃烧器 29 的井孔向上流动。第二井孔可以完全独立于第一井孔并与其平行，或者第二井孔可以是与主井孔相交并从主井孔延伸的侧钻井孔。

[0031] 只要操作者认为可行，即可继续油采出，可达 35 天或更久。当产量降至足够低时，操作者可以任选地重复注入和采出循环而无论是否另外破裂。在随后的注入和采出循环中扩展破裂以增大破裂带 21 的周界 21a，然后重复上述注入和采出循环，这可能是可行的。优选地，这种额外的破裂操作可以在不移除燃烧器 29 的条件下进行，但是可以根据需要移除燃烧器 29。只要破裂带 21 不与相邻矿井 23 的破裂带或排水区 25（图 2）相交叉，即可重复上述工艺。

[0032] 通过将破裂带 21 的直径从相对小的周界逐渐增至与相邻矿井 23（图 2）间距的一半，操作者可以有效地开采粘性烃地层 15。对于每次新的破裂操作，先前破裂的部分会为热气态产物 43 到矿井的注入以及烃到矿井的流动提供流道。而且，先前破裂的部分保留来自热燃烧气体 43 先前注入的热量。图 1 和 2 中的标号 21b 表示破裂带 21 在第二破裂过程之后的周界。如果需要，在对矿井 11 进行的同时，操作者可以对矿井 23 进行类似的破裂、注入、浸泡和采出循环。只要是可行的，可以在进行或不进行额外破裂的条件下重复注入和采出的循环。

[0033] 在破裂带 21 达到最大限制（将比周界 21b 更大）之前或之后，操作者可能希望将矿井 11 转化为连续驱动系统。这种转化可在矿井 11 已被破裂数次之后发生，每次破裂均增大周界的尺寸。在连续驱动系统中，矿井 11 或者是连续采出器或者是连续注入器。如果矿井 11 是连续注入器，则井下燃烧器 29 会被连续地供给燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40，这使燃料燃烧并将热气态产物 43 注入破裂带 21。热气态产物 43 例如以反五点或反七点井网模式迫使油流至周围的采出井。每个周围的采出井具有与注射井的破裂带 21 交叉的破裂带。如果矿井 11 是连续采出器，则燃料 37、蒸汽 38、氧 39 和二氧化碳 40 会例如以正五点或正七点模式被泵至周围注入井中的井下燃烧器 29。周围注入井中的井下燃烧器 29 会燃烧燃料并将热气态产物 43 注入破裂带，其中每个破裂带与采出井的破裂带连接，从而迫使油流至采出井。

[0034] 本发明具有显著的优点。二氧化碳以及蒸汽和未燃烧的燃料到地层中的注入增加了得到的重油产量。在二氧化碳通过燃烧器时将其加热提高了破裂的重油地层的温度。二氧化碳还增加了地层中的溶解气。破裂带周围的未破裂的重油地层长时间地阻止了过量的燃料、蒸汽和其它燃烧产物渗漏到相邻地层中或者渗漏至表面，足以使地层中的重油发生重要的改质反应。该容器使过量燃料和流入破裂带的其它热气体的作用最大化。通过减少从破裂带的渗漏，降低了燃料、氧和蒸汽的费用。而且，包含过量的燃料提高了矿井处理的安全性。至少部分燃料、二氧化碳以及采出流体中包含的热量可以被循环，

[0035] 尽管仅仅展示了本发明的一种形式，但对本领域技术人员来说显而易见的是，本发明并非如此局限，而是在不脱离本发明的范围的前提下容易作出各种改变。例如，裂缝可以是垂直的而非水平的。此外，虽然图 1 所示矿井为垂直井，但它也可以是水平井或斜井。在那些情形下，破裂带可以是一个或更多个垂直或水平裂缝。燃烧器可以位于垂直或水平部分内部。系统可以包括水平注入井和独立的水平采出井，该水平采出井具有位于注入井的水平部分下方数英尺并与其平行的割缝衬管。在某些地层中，可能需要破裂。

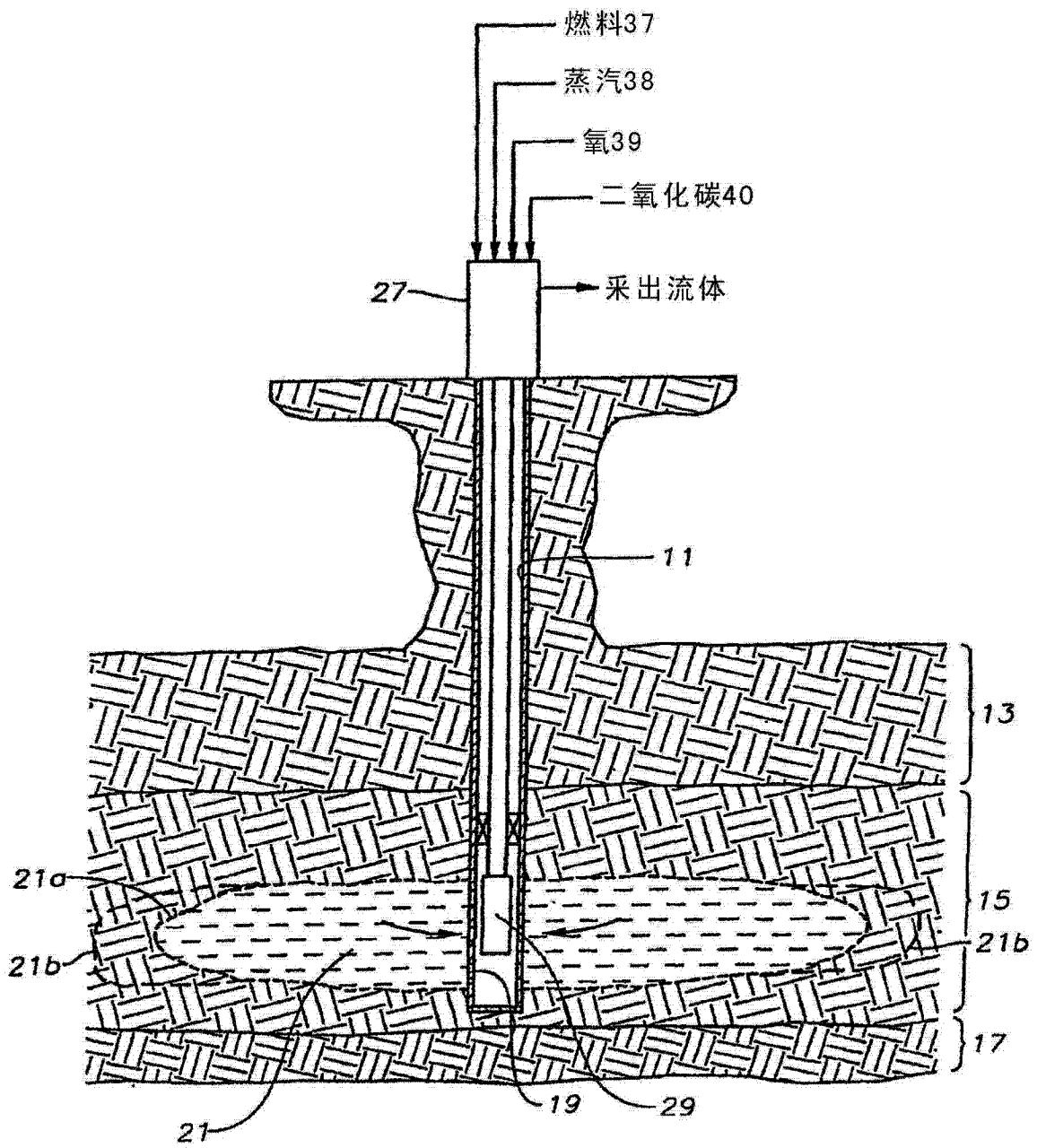


图 1

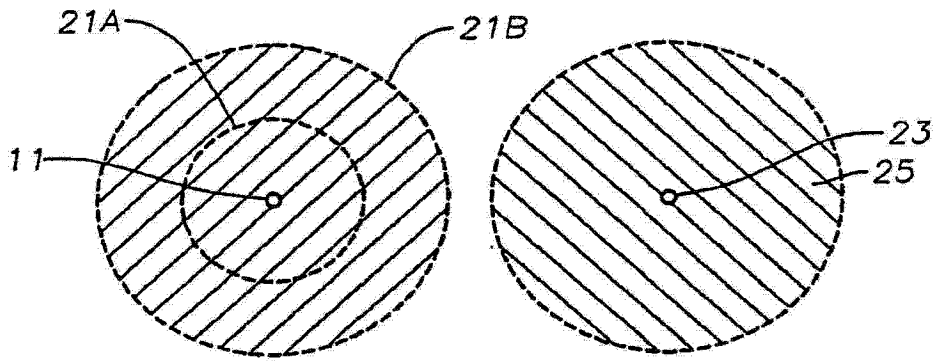


图 2

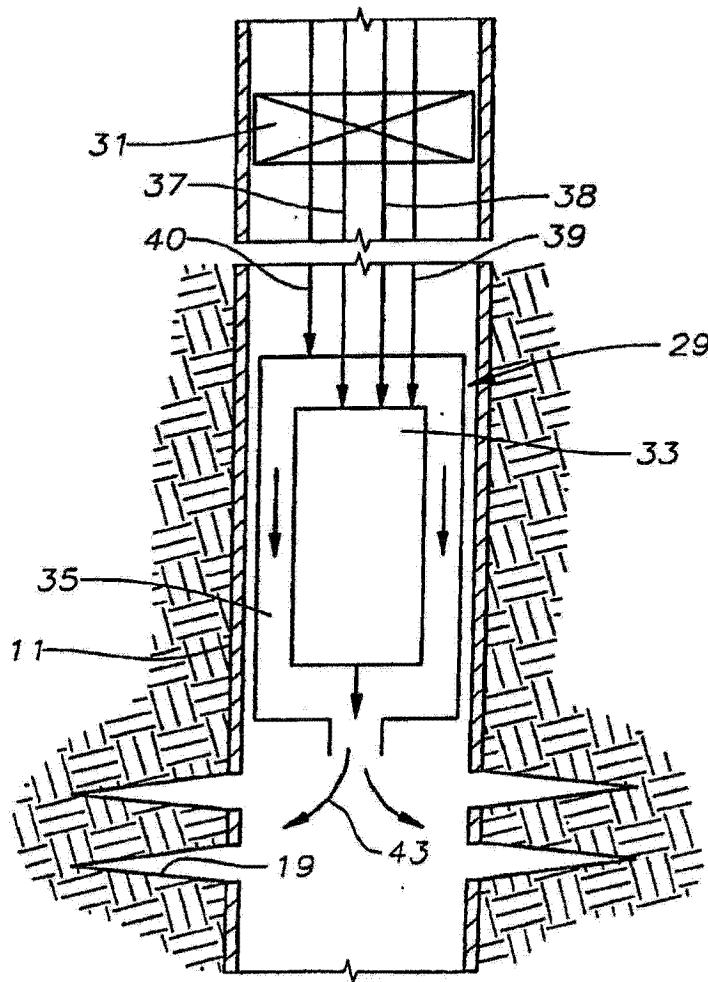


图 3