

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03G 4/02 (2006.01)

E21B 7/18 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580028605.0

[43] 公开日 2007年8月29日

[11] 公开号 CN 101027480A

[22] 申请日 2005.6.23

[21] 申请号 200580028605.0

[30] 优先权

[32] 2004.6.23 [33] US [31] 60/582,626

[32] 2005.2.7 [33] US [31] 60/650,667

[86] 国际申请 PCT/US2005/022305 2005.6.23

[87] 国际公布 WO2006/002325 英 2006.1.5

[85] 进入国家阶段日期 2007.2.25

[71] 申请人 特拉瓦特控股公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 哈里·B·柯莱特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 曹若

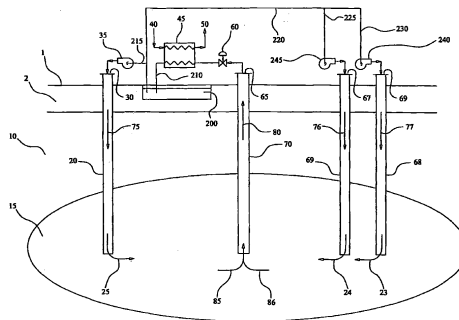
权利要求书9页 说明书24页 附图7页

## [54] 发明名称

开发和生产深部地热储集层的方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种用于从岩层中抽取和/或使用热能的方法和装置。提供本摘要是为了遵守有关规则，该规则要求摘要应能使检索人员或其他阅读者迅速地确定该技术公开文件的主题。本摘要的提交以它不被用来解释或限制权利要求书的范围或内容为条件。依据 37 CFR1.72(b)。



1. 一种从岩层中抽取热能的方法，该方法包括以下步骤：  
将多个井钻探到一深度，该深度足以能开发至少一个断裂接缝群储集层；  
用液压方式使该多个井中的至少一个断裂；  
使该至少一个断裂接缝群储集层扩张；  
迫使冷却水在高压和大流量条件下进入该多个井中的至少一个井内，以便对该储集层进行注入；  
交替地打开和关闭多个排出控制阀和多个注入控制阀，以便从所述多个井中提供连续的流量并且可从该储集层中排出；  
从所述井中取出加热的水；以及  
将该加热的水送到热交换器。
2. 权利要求1所述的方法，其中，该钻孔步骤包括液压钻孔的步骤。
3. 权利要求2所述的方法，其中，该液压钻孔步骤包括粒子喷射钻孔。
4. 权利要求1所述的方法，其中，至少一个断裂接缝群储集层的容积是通过同步的机械和热循环增加的。
5. 权利要求1所述的方法，其中，该至少一个断裂接缝群储集层中的热值是通过储集层岩石的机械和热循环保持的。
6. 权利要求5所述的方法，其中，在该至少一个断裂接缝群储集层中可以被冲刷的热容量是通过储集层岩石的热力和机械循环增加的。
7. 权利要求1所述的方法，其中，该系统的注入和排出步骤还包括设定注入和排出时间的步骤，以便在诱发同时发生的导致储集层角砾岩化和剥落的热和机械循环时，产生在生产循环之后形成的具有稳态负载的循环顺序。
8. 权利要求7所述的方法，其中，该热量生产方法可以通过利用至少两个井而变得更加方便，其中，注入井周期性地以不同注入流量注入，使得该注入流量大于从生产井提供的连续生产流量，从而使该储集层交替地先扩张然后收缩，以便当该储集层以连续的流量进行生产时，产生必需的组合的热和机械应力，从而在原位置产生储集层的

角砾岩化。

9. 权利要求 7 所述的方法，其中，该方法可以通过利用至少三个井而变得更加方便。

10. 一种完成地热生产井的方法，包括以下步骤：

从至少一个井口穿过多个土质岩层钻探出多个井；

使用第一种钻头穿过上部第一土质岩层来产生井孔；

使用粒子喷射钻头来产生井孔，该井孔在配置于该第一土质岩层的下方的干热岩体区域内产生；

将在第一前寒武纪岩层内的多个井孔中的第一井孔终止于某个深度上，该深度上具有足够高的温度，从而可以开发一个或更多垂直地或水平地取向的分散的岩层断裂接缝群，这要根据岩层来确定；

将多个井孔中的第二井孔终止于下部区域内，以便产生下部断裂接缝群，该接缝群大体上水平地配置在该第一接缝群的下方；以及

借助在超过接缝扩张压力和岩层断裂压力的压力下泵入液体，用液压方式使每个接缝群断裂，从而在该岩层内产生扩张接缝的储集层容积。

11. 权利要求 10 所述的方法还包括将第三井孔终止在第一和第二井孔的末端区域的下方。

12. 权利要求 10 所述的方法，其中，该使接缝群断裂的步骤包括施加一个增压循环以便加注该储集层，接着再加上对该储集层的减压循环，以便从扩张的接缝冲去加热水，该接缝在增压和减压循环期间产生由该水吸收的热量。

13. 权利要求 12 所述的方法还包括重复对每个接缝群的增压和减压的过程，以便开发多个分散储集层的聚集体，当接缝扩张时，这些接缝将会接受增压水对储集层的注入，使该水流入储集层中被加热，然后，当加热水压力在来自井口的井孔内被降低时，将该水从储集层中排出。

14. 权利要求 13 所述的方法还包括通过设定井孔的压力循环时间来连续生产加热水的步骤，以便向某个井提供的液体注入流量是该井液体反向流动流量的两倍。

15. 权利要求 14 所述的方法还包括按规定路线把冷却的井孔液体通过一个控制阀退出该井孔发送到注入阀中。

16. 权利要求 14 所述的方法还包括把冷却的井孔液体从热交换器排出到地面蓄水槽中。

17. 权利要求 1 所述的方法, 其中, 该使接缝群断裂的步骤包括使在岩层中的多个材料接缝扩张的步骤。

18. 权利要求 1 所述的方法, 其中, 该钻探步骤包括使用旋转机械钻头来钻出井的上部。

19. 权利要求 18 所述的方法, 其中, 旋转机械钻头包括 PJARMD 操作法。

20. 一种从井口钻入前寒武纪岩层和冥古代结晶岩层以便获取其中的热能的钻探深井孔的方法, 该方法包括以下步骤:

使用钻孔操作法中的至少第一种和第二种钻孔操作法来从井口建立一个井孔钻探系统, 该第一种操作法包括旋转机械钻孔, 该第二种操作法包括液压钻孔;

使用旋转机械钻孔的第一操作法将从井口进入到第一岩层中的第一井孔部分钻出;

使用液压钻孔的第二操作法将在第一井孔部分下方进入到结晶岩层中的第二井孔部分钻出; 以及

使在结晶岩石中的热能暴露出来, 以便于该热量的利用。

21. 权利要求 20 所述的方法, 其中, 该液压钻孔包括粒子喷射钻孔。

22. 权利要求 21 所述的方法, 其中, 该粒子喷射钻孔操作法包括在切割岩层用的钻孔液体中挟带分散的高密度固体粒子的方法。

23. 权利要求 22 所述的方法, 其中, 该岩层切割使用通过喷射液体传递给挟带粒子的冲量传给岩层的冲击能, 以便使岩层擦破和裂缝。

24. 权利要求 23 所述的方法还包括把擦破的岩层以很快的速度通过其周围的流动液体除去。

25. 权利要求 21 所述的方法还包括在岩层中完成用来进出热能储集层的井孔后, 通过扩张一组接缝的步骤以形成该热能储集层; 交替地用液体注入和排出该组接缝, 以便使该储集层扩张, 并且使该液体先流入该储集层随后再从其中流出。

26. 权利要求 25 所述的方法还包括在储集层岩石上同时发生的机

械和热应力变向的循环诱发使得该岩石连续地角砾化，并且在其中露出新的储集层岩石表面（剪切带）。

27. 权利要求 26 所述的方法还包括给出多种应力变向的步骤，以便产生连续的和逐渐增加的高温差表面储集层和容积，因此，连续地从岩层冲刷热量的能力就能以效率很高的方式除去大量的热密度，其由单位容积提供。

28. 权利要求 27 所述的方法，其中，该储集层系统包括一个独立的储集层，该储集层独立地循环，以便产生循环的或周期的生产。

29. 权利要求 28 所述的方法，其中，该储集层系统包括一组多个独立的储集层，这些储集层可以按顺序循环，以便产生连续的生产液流，该生产液流可以是稳态和脉动的。

30. 一种开发高温的干热岩体地热储集层以便从其中获取地热能量和进行生产的方法，该方法包括以下步骤：

使用钻孔操作法中的至少第一种和第二种钻孔操作法来建立一个井孔钻探系统，该第一种操作法包括旋转机械钻孔，该第二种操作法包括液压钻孔；

使用旋转机械钻孔操作法将第一井孔部分钻出；

使用液压钻孔操作法将在第一井孔部分下方进入到结晶岩层中的第二井孔部分钻出；

使在结晶岩石中的热能露出，以便该热量的利用；

将结晶岩石断裂成裂缝群，并使这些裂缝中的至少某些裂缝处于与第二井孔部分流动连通的状态；

把井孔液体向下泵入第一和第二井孔，以使用液压方式使裂缝扩张；以及

使裂缝群交替地液压扩张和收缩，以便在热干岩层中同时产生热干岩层的热和机械循环以及周期的角砾岩化，由此，该角砾岩化可以用来达到建立在递增基础上的使新暴露的高温差表面逐渐增加的目的，该高温差表面可以用来保持在热干岩层中的高温生产。

31. 权利要求 30 所述的方法，其中，该液压扩张是以各向流动的方式在注入循环和生产循环期间进行的，以便显著地增加由工作液体所冲刷的表面积。

32. 权利要求 30 所述的方法，其中，该液压钻孔包括粒子喷射钻

孔。

33. 权利要求 32 所述的方法，其中，该液压钻孔操作法包括在切割岩层用的钻孔液体中挟带分散的高密度固体粒子的方法。

34. 权利要求 33 所述的方法，其中，该岩层切割使用通过喷射液体传递给挟带粒子的冲量传给岩层的冲击能，以便使岩层擦破和裂缝。

35. 权利要求 34 所述的方法还包括把擦破的岩层以很快的速度通过其周围的流动液体除去。

36. 权利要求 30 所述的方法，其中，该储集层系统包括一个独立的储集层，该储集层独立地循环，以便产生循环的或周期的生产。

37. 权利要求 30 所述的方法，其中，该储集层系统包括一组多个独立的储集层，这些储集层可以按顺序循环，以便用来产生连续的生产液流，该生产液流可以是稳态和脉动的。

38. 权利要求 30 所述的方法还包括一个具有可用来同时进行注入和生产的多个井的储集层，该储集层以下列方式工作：注入井周期地以超过建立在循环基础上的生产流量的某个流量注入，以便当生产井以稳定的或脉动的流量连续地生产时，循环地扩张储集层并且以弹性带的形式储存能量。

39. 权利要求 38 所述的方法，其中，该储集层垂直地层叠，但是互相之间保持独立。

40. 权利要求 38 所述的方法，其中，该储集层大体上水平地配置，但是互相之间保持独立地隔离。

41. 一种在热干岩层中开发地热储集层的方法，该方法包括以下步骤：

使用钻孔操作法中的至少第一种和第二种钻孔操作法来建立一个井孔钻探系统，该第一种操作法包括旋转机械钻孔，该第二种操作法包括液压钻孔；

使用旋转机械钻孔操作法将第一井孔部分钻出；

使用液压钻孔操作法将在第一钻孔部分下方进入到结晶岩层中的第二井孔部分钻出；

使在结晶岩石中的热能露出，以便进入其中的接缝；

使一组接缝扩张，以便形成一个储集层；以及

用液体交替地注入和排出该组接缝，以便使该储集层扩张，以及使该液体先流入该储集层随后再从其中流出。

42. 权利要求 41 所述的方法还包括在储集层岩石上同时发生的机械和热应力变向的循环诱发使得该岩石连续地角砾岩化，并且在其中露出新的储集层岩石表面。

43. 权利要求 41 所述的方法还包括给出多种应力变向的步骤，以便产生连续的和逐渐增加的高温差表面和储集层容积，因此，连续地从岩层冲刷热量的能力就能以效率很高的方式除去大量的热密度，其由单位容积提供。

44. 权利要求 41 所述的方法，其中，该储集层系统包括一个独立的储集层，该储集层独立地循环，以便用来产生循环的或周期的生产。

45. 权利要求 41 所述的方法，其中，该储集层系统包括一组多个独立的储集层，这些储集层可以按顺序循环，以便用来产生连续的生产液流，该生产液流可以是稳态和/或脉动的。

46. 权利要求 41 所述的方法还包括一个具有可用来同时进行注入和生产的多个井的储集层，该储集层以下列方式工作：注入井周期地以超过建立在循环基础上的生产流量的某个流量注入，以便当生产井以稳定的或脉动的流量连续地生产时，循环地扩张储集层并且以弹性带的形式储存能量。

47. 权利要求 46 所述的方法，其中，该储集层垂直地层叠，但是互相之间保持独立。

48. 权利要求 46 所述的方法，其中，该储集层大体上水平地配置，但是互相之间保持独立地隔离。

49. 权利要求 41 所述的方法，其中，该系统的注入和排出步骤还包括设定注入和排出时间的步骤，以便在诱发同时发生的导致储集层角砾岩化和剥落的热和机械循环时，产生在生产循环之后形成的具有稳态负载的循环顺序。

50. 权利要求 41 所述的方法还包括至少钻出两个井，其中，一个注入井周期性地以不同注入流量注入，使得该注入流量大于从生产井提供的连续生产流量，从而使该储集层交替地先扩张然后收缩，以便当该储集层以连续的流量进行生产时，产生必需的组合的热和机械应力，从而在原位置产生储集层的角砾岩化。

51. 一种完成地热生产井的方法，包括以下步骤：

穿过多个土质岩层钻出多个井；

使用第一种钻头穿过上部第一土质岩层，以便产生井孔；

使用粒子喷射钻头在配置在该第一土质岩层区域下方的干热岩石区域中产生井孔；

将在第一前寒武纪岩层内的第一井孔终止于某个深度上，该深度上具有足够高的温度，从而可以开发一个或更多垂直地或水平地取向的分散的岩层断裂接缝群，这要根据岩层来确定；

将多个井孔中的第二井孔终止于下部区域内，以便产生下部断裂接缝群，该接缝群大体上水平地配置在该第一接缝群的下方；以及

借助在超过接缝扩张压力和岩层破裂压力的压力下泵入液体，用液压方式使每个接缝群裂缝，以便在该岩层内产生扩张接缝的储集层容积。

52. 一种从岩层抽取热能的方法，该方法包括：

将一个或更多井钻到某个深度，该深度足以开发至少一个由岩层内的裂缝或接缝组成的储集层；

用液压方式通过该井中的至少一个井使在岩层内的天然接缝破裂或扩张；

使岩层内的至少一个裂缝或接缝扩张，由此形成储集层；

迫使冷却水在高压和大流量条件下进入该多个井中的至少一个井内，以便对该储集层注入并且在周围的岩石内产生弹性带；

交替地打开和关闭至少一组排出控制阀和至少一组注入控制阀，以便从该井中的至少一个井供给流量并且可以交替地向该储集层注入和从该储集层中排出；

从该井中取出加热水；以及

从该生产水中取出至少一部分热量，并且把从该加热水产生的热量用于热用途。

53. 一种产生地热生产井的方法，该方法包括：

从地面穿过多个土质岩层钻出多个井；

使用第一种钻探系统和方法钻通上部第一沉积型土质岩层，以便产生井孔；

使用第二种钻探系统和方法在配置于该第一沉积型土质岩层区域

下方的非沉积型土质岩层区域中产生井孔；

将在第一前寒武纪岩层内的多个井孔中的第一井孔终止于某个深度上，该深度上具有足够高的温度，从而可以开发一个或更多分散的岩层断裂接缝群，该接缝群的取向根据岩层原地的应力场而定；

将多个井孔中的第二井孔终止于下部区域内，以便产生下部断裂接缝群，该接缝群大体上水平地配置在该第一接缝群的下方；以及

通过在超过接缝扩张压力和岩层破裂压力的压力下泵入液体，用液压方式使每个接缝群裂缝，以便在该岩层内产生扩张接缝的储集层容积。

54. 一种从井口钻入前寒武纪岩层和冥古代结晶岩层以便获取其中的热能的钻探深井孔的方法，该方法包括以下步骤：

建立井孔钻探系统，以便使用钻孔操作法中的至少第一种和第二种钻孔来从地面钻孔，该第一种操作法包括旋转机械钻孔或 PJARMD，该第二种操作法包括液压钻孔或 HPJD；

使用 PJARMD 的第一操作法将从地面进入到第一岩层中的第一井孔部分钻出；

使用液压钻孔的第二钻孔操作法将在第一井孔部分下方进入到结晶岩层中的第二井孔部分钻出；以及

使在结晶岩石中的热能露出，以便于该热量的利用。

55. 权利要求 54 所述的方法，其中，该岩层切割使用通过喷射液体传递给挟带粒子的冲量传给岩层的冲击能，以便使岩层擦破或破裂或基本上被切割。

56. 一种开发高温的干热岩体地热储集层以便从其中获取地热能量和进行生产的方法，该方法包括以下步骤：

使用钻孔操作法中的至少第一种和第二种操作法来建立一个井孔钻探系统，该第一种操作法包括旋转机械钻孔或 PJAMRD，该第二种操作法包括液压钻孔；

使用旋转机械钻孔或 PJAMRD 将第一井孔部分钻出；

使用液压钻孔操作法将在第一井孔部分下方进入到结晶岩层中的第二井孔部分钻出；

使在结晶岩石中的热能露出，以便该热量的利用；

将结晶岩石破裂成裂缝群，并使这些裂缝中的至少某些裂缝处于

与第二井孔部分流动连通的状态；

把井孔液体向下泵入第一和第二井孔部分，以使用液压方式使裂缝扩张；以及

使裂缝群交替地液压扩张和收缩，以便在热干岩层中同时产生热干岩层的热和机械循环以及周期的角砾岩化，由此，该角砾岩化可以用来达到建立在递增基础上的使新的高温差表面逐渐增加的目的，该高温差表面可以用来保持在热干岩层中的高温生产。

57. 权利要求 56 所述的方法，其中，该液压扩张是以各向流动的方式在注入循环和生产循环期间进行的，以便显著地增加由工作液体所冲刷的表面积。

58. 一种使用浸入在地热生产井内的反应器容器来处理化学反应的方法，该方法使地热能量可以启动，保持和/或保障该反应器容器内的条件和/或反应，以便进行化学反应。

## 开发和生产深部地热储集层的方法

### 技术领域

本发明涉及井孔的钻探，钻井的完成方法和来自地球表面下岩层的热能抽取和/或利用。

### 背景技术

人们在全球的许多特定位置中发现了具有高温的可渗透的地质层。当雨水透过地面下渗到这些岩层中时，这些雨水就会被加热并且可以作为泉和温泉流到表面。高温的不可渗透的地质岩层（典型的是前寒武纪岩层）几乎在全球到处可以发现，并且它们通常位于比高温可渗透的地质层（在自然界中它通常为沉积岩）更深的深度处。通常认为这些不可渗透的前寒武纪岩层是很干燥的，并且可以通过干热岩体（HDR）地热生产方法来从这些岩层回收热量，在该方法中，水被泵入到井（该井钻到这些不可渗透的深部热岩层内）中并且通过与岩石的接触而被加热。如果岩石在其自然状态没有足够的网状裂纹和裂缝供水流过以便带走热量的话，如同通常情况那样，就要用液压方式通过液压使岩石破裂而产生这样的裂纹网状结构。用来使HDR岩层的热量连续循环的各种方法目前已经产生。

目前，能量主要是由矿物燃料如煤，石油和天然气来提供。这些资源是有限的，并且在不难预见的未来将会出现供应不足的情况。而且，矿物燃料的使用也会引起严重的环境问题。此外，目前美国所使用的石油很大比例需要进口。由于本国储备减少，对国外石油的依赖就不断增加。因此，发展替代能源是必需的。当煤燃烧时，大量的硫和氧化氮将排入大气中。这些气体与大气中的水相结合将产生酸性物，这些酸性物通过排放源的下降气流落在地上。这种“酸雨”对水栖动物和植物的寿命具有有害的影响。仅就长期作用的规模上来说，由于矿物作为燃料燃烧的结果，大量的二氧化碳被排放到大气中所产生的“温室效应”将使得大气变暖。温室效应的长期影响是目前争论的问题，其中包括由于南北极冰盖溶化而使海平面提高和沿海城市淹没问题，以及地球的沙漠化增加问题。表明温室效应使气候变暖的数

据资料包括大气中二氧化碳含量在过去一百年来的增加，以及表明大气温度呈上升趋势的气象记录。这些事实都指出需要我们在突然受到自己的排放物的袭击之前，现在就考虑减轻排放行动。

水力发电是世界上主要的非矿物能源，它既便宜又清洁。水力发电在世界上的许多地方都已得到广泛的发展，但是它只能满足不超过世界总能源需求的小部分的需要。其它可供选择的能源是核裂变，太阳能，风能，核聚变和地热能等。核裂变已经得到广泛的使用，但是由于出现三英里岛和切尔诺贝利事故的众所周知的消息，目前缺乏公众（特别是美国公众）的信任。目前只有少量的核电站处在设计和建造阶段。太阳能已经在小规模发电中得到了证明，如同风力发电的情况那样。虽然两种能源都是可再次使用的能源，但是它们都会受到局部气候条件的突发情况的限制，并且仅能依靠断续地传输能量。依靠氢的同位素（它可在海水中大量地发现）作为燃料，核聚变是一种潜在的几乎是无限的能源。但是核聚变仅在很难控制的热核爆炸形式方面有明确的证明。在可控核聚变反应的点火和密闭度检查合格以前的数十年，非核点火源（例如激光）已发展到可使核聚变作为能源找到实际的应用的程度。

目前，以天然的热液系统形式存在的地热资源正在世界许多地方进行开发，以便提供有用的能量，例如电能和热能。现在，虽然适合开发的潜在的资源底数与矿物燃料资源相比具有相同的数量级，但是目前热液资源提供的能量仅仅是世界能量需求的很少的一部分。由于热液资源对于温室气体排放来说比矿物燃料更清洁，通常它排放的二氧化碳量仅仅是一个能当量的矿物燃料燃烧时所产生的二氧化碳量的10%或更少。但是热液资源是受地理范围限制的，它主要存在于地壳构造活动或火山活动的地区。因此，世界上许多人口稠密的地方大都是位于热液资源开发的贫乏地区。

干热岩体（HDR）通常是前寒武纪岩，它埋藏在地球的许多地方。与热液资源不同，HDR广泛分布在地球的许多地方，通常是在沉积基热液岩层的下面。潜在的HDR资源是一种数量巨大的资源，并且像核聚变一样，HDR可以为地球提供几乎无限的能源。现在运行中的热液电站令人信服地说明，可以利用地球的热量作为热能和电能的实用能源。HDR操作法是用于打孔接通巨大而又普遍分布的能源的热液技术

的合理的延伸。

从 HDR (干热岩体) 抽取能量的传统学说包括建立一个闭合的液体循环系统, 该系统由 HDR 储集层和地面设备组成。首先, 将注入井钻探到热干岩层, 然后使用液力破碎技术通过增注现有的天然接缝或者产生新的裂缝来诱发渗透能力。液力增注和液力破碎广泛用于石油回收。这样就建造了 HDR 储集层, 它的尺寸由下列因素所控制: 施加在岩石上的液力破碎液体的压力, 速度和体积, 岩石结构的类别以及原地压力, 如在地球动力学有限公司 (Geodynamics Limited) 的季度报告 (其结束时间为 2004 年 3 月 31 日) 中所引用的现代的 HDR 完井所清楚地论证的那样。其次, 还要钻一口附加的井, 以便提供建立闭合环路循环系统所必需的液压系统的其他部分。为了生产加热产品, 将液体泵入注入井内, 该液体由 HDR 储集层的热岩石加热并且从第二井回收, 该第二井是一个生产井, 它钻到储集层中离开注入井一定距离的某个位置。在基本的闭合环路循环系统内可以使用多个注入井和回收井。在地面上的热交换器用来回收水的热量, 以便用于发电或直接的热用途。然后, 将水通过注入井重新注入到 HDR 储集层内。这样, 就可以连续不断地从用其他方法不能获得的地热资源抽取热量。该系统基本上不会向环境排放气体或者盐水。因此, HDR 操作法不会排出二氧化碳或者酸雨的前身 (例如二氧化硫), 因此, 它是与太阳能, 风能, 水力发电等为同一等级的环境良好型的能源。在 HDR 储集层内加热的水的主要用途是产生水蒸汽或使其他的工作液体 (例如氨水或异丁烷) 汽化, 以便供生产电力使用。

1974 年 1 月 22 日颁布的美国专利 3,786,858 描述了 HDR 操作法。洛斯阿拉莫斯 (Los Alamos) 国家实验室于 1989 年 7 月出版的代号为 LA-1154-MS 的刊物, 该刊物的名称为 “干热岩体地热能-二十一世纪的新能源议程”, 其中描述了 HDR 能源使用的一些基本概念。在欧洲, 日本, 美国都有 HDR 实验站, 在欧洲和澳大利亚, HDR 商业化的尝试正在发展的过程中。地热资源委员会定期发表涉及地热能情况的公报。Los Alamos 国家实验室地球和环境科学分部的 D. V. Duchane 1995 年 10 月提交的题为 “干热岩体: 一种可供选择的多种用途的能量技术” 的 SEP 论文 No.30738 中描述了 HDR 发展的目前状态。

澳大利亚的地球动力学有限公司于 2002 年 8 月 13 日提出的题为

“地球动力学有限公司-ABN 55 095 090-来自地球的能量-说明书”的公共提议说明书中提供了最现代的思考方法以及对开发 HDR 发电系统和使其商业化的研究计划。地球动力学有限公司的 HDR 模式提供了多个通过公用的注入井孔和生产井孔垂直地相互连接的开口的天然岩石的接缝群的“扁平矿体”，由此提供了从“三个一组”的井群中抽取热量的基础。热量是通过从一个注入井到多个生产井的连续循环从储集层岩石中抽取的，该生产井提供了一个用来诱发直接循环的压力差。这种普遍了解的结构提供了一种逐点定向比压力差型的闭合环路循环系统。

提供电力的电力公司必须有足够的发电能力，不仅要满足基本的负载需求，还必须满足通常发生在炎热的夏天后半下午的高峰用电的需求，或者最大用电需求。留作备用的电力生产设备必须能很快与主机联机，以防止“灯光暗淡”或者甩负荷。甩负荷指的是切断一些用户的电源以避免灾害性的整个系统断电。这种设备通常被称为“运转备用”设备。运转备用电力或峰值电力是很昂贵的，因为用来产生运转备用电力的设备仅仅是在产生收入的一部分时间内（而不是一天 24 小时）使用。此外，该设备的购买和运行通常都比基本负载电力生产设备更昂贵。

1997 年 11 月 11 日颁布的美国专利 5,685,362 描述了一种使用 HDR 热量开采系统和发电设备来满足高峰电力需求的方法。因此，发明 5,685,362 实现了将 HDR 发电系统用于后续电力负载。发明 5,685,362 也可以称为按需即给的高峰电力。由 HDR 系统产生的高峰电力比由其他能源产生的高峰电力便宜，但可以以与由其他方法如燃汽轮机产生的高峰电力相同的价格销售。以后续负载的形式使用 HDR 系统而不是用它提供基本电力负载可以减少 HDR 系统的总的运行成本。可以预期，以高峰形式运行的设备的递增成本将是适度的。新墨西哥州 87545，洛斯阿拉莫斯（Los Alamos）市，Los Alamos 国家实验室地球和科学分部的 Donald W. Brow 在题为“用于后续电力需求负载的抽水蓄能的地热模拟装置”的未注明日期的论文中描述了这种方法。发明 5,685,362 讲授了利用连续液体循环进行热开采的实际作法，该作法通过一个注入井和多个生产井与周期地减少生产井的背压以便使产生的短期液体流量大于稳定状态下的流量并由此提供周期性的“功率容

量”的方法相结合，从而提供了后续特征的发电负载。

在1978年9月12日颁布的题为“气化方法”的美国专利4,113,446中由Modell等人所公开的超临界水条件下有机物质的气化在本技术领域内是众所周知的。此外，在1986年6月10日颁布的题为“在超临界条件下进行化学反应的方法和装置”的美国专利4,594,164中由Titmas公开的使用地下井孔提供重力基的反应器容器来进行连续的超临界水化学反应是目前技术水平的众所周知的典型例子。这些论文提供了通过超临界水厌氧气化来使有机物质转化的方法。石油天然气资源是有限的资源，它们的生产能力正在快速地下降，因此，必需把可在世界广大地区大量找到的煤中发现的有机碳，通过该技术把煤转化成清洁燃烧的燃气和液体，同时捕获其他各种适合市场销售的或有害的组分进行有效销售或清除（这要根据具体情况而定）。

产生地热的HDR概念在数十年前就已经了解，但是由于要把多个井钻探到深埋的结晶型前寒武纪热干岩层中需要的成本非常高，因而通常把它归属于到非商业化的技术。使产生地热能的HDR方法商业化的一些现代尝试必须首先确定在地质方面具有十分独特的地质结构条件的位置，该位置应呈现特别高的地热梯度，以便对于相对浅的钻探深度提供可控制的钻探项目成本。通常，这些开发方案必须寻找这样的场地，在钻探到前寒武纪型岩层接近HDR前要具有相当数量的沉积覆盖层，这样就可以通过在前寒武纪岩层中钻一个很小截面的孔来使钻探成本达到最小。此外，这些使HDR地热生产商业化的现代尝试在经济上受到钻探注入井和多个生产井的高成本的限制。高成本的井孔严重地制约了该方案设计被设计成能开发出母岩中的最大热能的最佳生产系统。

本发明提供一种钻探，完成和生产地热储集层的方法，以便：a) 在世界绝大部分地区，甚至在那些目前进行生产并不经济的具有较小的温度梯度的地区，经济地确定所述的地热储集层的位置，b) 经济地确定所述地热储集层可提供超临界水条件的深度，c) 使有效回收的每单位体积HDR岩层形成的地热热量达到最大值，d) 提供一种生产和使用所述地热能的方法，该方法可用于单独或同时的，直接和/或间接的应用，例如高温地热生产用蒸汽的产生和使用，电力生产用的地热能的产生和使用和/或在有机碳，或其他化学反应的处理过程中的地热

能的产生和使用方面的单独或组合应用。

### 发明内容

本发明涉及一种钻探，完成和生产一个深部地热储集层的方法，该方法能经济地从称为干热岩体（HDR）的地质层抽取热能。

在一个实施例中，本发明涉及一种经济地在前寒武纪岩或冥古代结晶岩（例如花岗岩和玄武岩等典型的 HDR 岩层）中钻探深井孔的方法。使用旋转机械钻探方法的现行操作法伸入到 HDR 岩层内钻探井孔的成本实际上已经排除了用它来打孔接通巨大的 HDR 资源的可能。使用流行的以液力为基础的新型钻探方法可以克服旋转机械系统的例如穿透速度底，使孔倾斜等固有的缺点，该方法将提供一种打孔接通巨大的 HDR 资源的经济的装置。具体考虑是使用液压钻孔的粒子喷射钻孔（PJD）方法来克服旋转机械钻探的缺点。本发明一些实施例的主要优点包括联合使用 PJD 来钻探终止在 HDR 岩层内的深井孔。这样将充分降低达到高温 HDR 深度的成本，该深度将为巨大的 HDR 资源的经济开发提供可能的最高能量密度生产。

在另一个实施例中，本发明涉及一种开发高温地热储集层，以便为各种用途提供热能的方法，这些用途包括例如基本负载和后续负载容量的发电和各种有机材料的加工，以便生产销路好的产品如清洁的燃气和液体，净化液体，处理有机废料和其它化学反应等。

另一方面，本发明的一个实施例涉及这样一种系统，该系统向垂直地或水平地分离的扩张的岩石接缝群或储集层中的一组或多组提供顺序的注入和排出。当与从断裂的 HDR 储集层系统产生热能的常规方法比较时，本发明的这个特征提供了能显著提高从每个断裂的 HDR 储集层系统产生的热能容量的能力。此外，当与生产 HDR 储集层的常规方法相比较时，由于该储集层系统同时存在的热和机械压力循环对储集层的扩大作用，该产生 HDR 储集层系统的方法将使该 HDR 储集层的生产率随时间而增加。

另一方面，本发明的一个实施例涉及一种从岩层中抽取热能的方法，该方法包括以下步骤：将多个井钻孔到某个深度，该深度足以能开发至少一个包括一群断裂接缝（a cloud of fracture joints）的储集层；用液压方式使该多个井中的至少一个破裂；使该至少一个断裂接缝群

储集层扩张；迫使冷却液体在高压和大流量条件下进入该多个井中的至少一个井内；交替地打开和关闭多个排出控制阀和多个注入控制阀，以便从该多个井中提供周期的或连续的流量；从该井中取出加热液体；以及将该加热液体送到热交换器或者将它们直接用于某些用途。

另一方面，本发明的实施例提供了一种减少钻探在前寒武纪岩层和/或冥古代结晶岩层（它们在油气工业及地热工业中是众所周知的）中终止的深井孔的昂贵成本的方法。把这些井钻入前寒武纪或冥古代岩层中的成本是成本的主要部分，它限制了可以用来经济地开发 HDR 地热资源的井的深度，直径和数量。为了开发 HDR 工程储集层，用来普遍地开发地热资源的本发明的第一部分显著降低了与钻探终止于前寒武纪岩层和/或冥古代岩层的深井有关的钻探成本。通过使用粒子喷射钻孔（PJD）方法来钻探出入，形成和产生 HDR 储集层必需的井孔可以达到显著地降低钻探成本的目的。

喷射粒子用于钻探油气井的实验性使用，已经有油气工业的许多文件所证实。主要有两种形式的钻井方法使用了夹带在钻探液体中的高密度粒子。夹带在钻井液体中的高密度粒子的用途已经由海湾石油公司（Gulf Oil Company）根据 1968 年 5 月 21 日颁布的美国专利 3,348,189 在 1969 年早期所证实，并且夹带在钻探液体中的较大直径的高密度粒子的最近用途已经由发明人取得专利，专利号为 6,386,300，于 2004 年 5 月 14 日颁布。这些参考文献特别把焦点集中在粒子喷射辅助的旋转机械钻探（PJARM D）的使用方面。用 PJARM D 钻探深井的基准方法包括在夹带于钻探液体中的分散的高密度固体粒子的方法中，以便使用通过喷射液体传递给挟带粒子的冲量传给岩层的冲击能量切割岩层，从而使该岩层擦破，破碎，断裂，裂缝，移动或基本上破坏该岩层并且以高速将该岩层除去。PJARM D 方法可以提高各种土制岩层的钻探速度已经在实验室试验中成功地得到证明。PJARM D 的某些实验性野外试验也已经连同在沉积岩层中钻探油气井一起进行。喷射钻探结晶岩的全液压粒子喷射钻孔（HPJD）方法也已经进行了实验室和野外实验。PJARM D 和 HPJD 在减少终止于前寒武纪岩层或冥古代岩层内的井孔的成本方面的应用对于 HDR 资源的广泛开发是十分重要的。准确地说，PJD 提供了一种经济地钻探用于 HDR 生产的大

直径的，很深部的注入井孔和生产井孔的方法。

两种 PJD 方法和本文进一步描述的专业化的完井和生产方法的一起使用将可使 HDR 地热能得到广泛的开发和使用。成本低廉的地热井孔钻探提供了确定靠近目前终端用户的经济的 HDR 地热能生产位置的能力，以便取代矿物燃料的使用，特别是当终端用户的应用处于低热梯度场地时。

用液压方式使埋藏于深处的结晶岩内的现有的天然接缝扩张，以便形成液体可以在其内循环的扩大接缝渗透性的压力网络的能力，已经在 HDR 文献的许多文件中得到证明。

通过在多个井之间的连续循环来开采 HDR 热量的方法也在一般的 HDR 文献的许多文件中得到证明，在该方法中，将多个井这样安排，以便通过一群扩张的接缝或裂缝（这些裂缝是人工地通过用液压方式使通常不可渗透的 HDR 岩层断裂而产生的）在各井之间建立逐点定向比压力差型流动通道。本发明涉及一种从 HDR 裂缝群系统生产热能的方法，该方法以这样的方式使裂缝群系统交替地液压扩张和收缩，使得同时或顺序产生 HDR 岩层的热和机械循环，以便在 HDR 内部产生周期的或连续的靠近裂缝表面的角砾岩化。该角砾岩化可以用来达到建立在递增基础上的使新暴露的高温差表面逐渐增加的目的，该高温差表面可以用来提供具有以下功能的装置：保持高温生产，更有效地通过增加的暴露表面开采 HDR 岩层的热量以及产生通过岩层角砾岩化（它将增加正在随时被冲刷的表面积）随着时间而增加的储集层容量。

本发明的实施例还涉及生成一种储集层生产方法，该方法取消了通常所了解的常规 HDR 生产系统的逐点定向比压力差型流动通道。本发明利用储集层的液力增压，在每个循环的基础上将液体注入到该储集层的所有表面上。这种增压作用将在 HDR 岩层内储存弹性应变能。然后，该储集层可以通过由于储存在储集层内的弹性应变能松弛产生的储集层体积收缩而允许注入液体流到该储集层内的多个生产井的一个井中。通过由这种形式的生产方法产生的接缝系统的分配流动通道和回收流动通道在注入循环和生产循环过程中都是各向流动的。与目前通常所了解的 HDR 生产方法的逐点定向压力差型的比流量通道不同，该方法具有显著地增加由工作液体所冲刷的表面积的作用。

本发明的实施例还进一步涉及通过使一组接缝扩张以形成所述储集层来开发一个或多个分散的储集层的步骤。然后，用液体交替地注入和排出该储集层，以便使该储集层扩张以及使液体先进入该储集层然后再从其中流出。预期该方法可以迫使液体沿两个方向冲刷扩张的接缝表面，由此可提供较长的持续时间使液体能从岩石吸收热量。在储集层岩石表面上同时存在的机械和热应力变向的循环地诱发，将使处于或靠近储集层岩石表面的结晶岩处于受力状态，并使储集层岩石表面连续不断地角砾化或剥落，从而露出新的储集层岩石表面。这种类型的角砾岩化被称为剪切带，它将在其热量被冲刷的较大的裂缝表面的表面上产生十字形裂缝网。这种剪切带状的角砾岩化可以形成许多角砾岩化或剥落的岩石块，这些岩石块的尺寸从很小一直到很大，这取决于许多可变因素。这种活性的角砾岩化将持续不断地提供新暴露的储集层表面积，该表面积由于逐渐增加的大量岩石暴露在冲刷其热量的水面前，将会引起更多的热传递。另外，该角砾岩化过程将提供不断增加的供冲刷热量的表面积，因此，产生热量的能力也将随时间而增加。这种多种应力变向的循环方法将引起暴露的高温差表面积的连续和逐渐的增加，以及储集层容积的增加。由于循环应力变向而断裂的岩层预期能够以比常规的 HDR 生产方法效率更高地除去更大量的热密度（由单位容积提供）的方式来提供连续地从该岩层冲刷热量的能力。此外，该储集层生产方法可以为很少或没有水的损失提供保证，就像前面作为干热岩体生产方法实施的通过两个或多个井的定向逐点比压力差型流动通道闭合环路循环系统所具有的特征那样。这些常规的定向逐点比压力差型流动通道的 HDR 生产方法往往用液压方式隔离使用该常规 HDR 生产方法不能生产的大部分储集层。本发明生产方法由于各向流动的注入和流回液体通道在加注储集层容积的每个循环对中央的生产地点提供几乎全部的流量回收。当本发明的储集层完成后，液体十字形的循环预期能在储集层内出现，它将帮助从储集层中回收对流的热量。

该储集层系统可以是：a) 单个独立的储集层，该储集层独立地进行循环，以便生产循环的或周期的产品，b) 一组多个独立的储集层，这些储集层可以循环地或按顺序地生产，以便可以产生稳定状态的生产液流，或者诸如后续负载那样的脉动的生产液流。c) 具有多个井的

单个储集层，这些井用来以下述方式同时进行注入和生产：注入井周期地以超过建立在循环基础上的生产流量的某个流量注入，以便当生产井以稳定的或脉动的流量连续地生产时，循环地扩张储集层并且以弹性带的形式储存能量。

本发明的实施例还涉及这样一些储集层，它们可以：a) 垂直地层叠，但是相邻储集层之间保持独立和隔离，b) 水平地配置，但是相邻储集层之间保持独立和隔离。这些储集层的配置通常是取决于与本地的 HDR 岩层相关的应力场的类型和大小。可以对系统的注入和排出时间进行调节，以便产生一个顺序，使得当引发同时发生的导致储集层岩石角砾岩化和剥落的热和机械循环时，可以产生循环的或稳定状态的或具有后续负载的稳定状态的生产循环。每一个生产循环都具有与该热能的终端用户相匹配的特定的生产特性。

从这类工程储集层生产热能的一种方法是由一个或多个独立的和互相隔离的接缝系统群通过一组隔离的岩石接缝群的协调的循环的开发和生产来完成的，该隔离的岩石接缝群互相垂直地或水平地取向，使得从该储集层组有连续生产的热能可供直接使用，并且还有后续负载的高峰容量可供终端用户作发电用。

从这类工程储集层生产热能的另一种方法是由单个接缝储集层与两个或多个井相结合来完成的，其中，注入井周期地或连续地以不同的注入流量注入，并使该注入流量大于从生产井提供的连续生产流量，从而使该储集层交替地先扩张然后收缩，以便产生必需的组合的热和机械应力，从而当该储集层从生产井孔以连续的流量（或者是稳定状态或者是后续负载状态）进行生产时，可以在原位置产生储集层的角砾岩化。在这种情况下，单个储集层的工作以下述方式进行，交替地以大于生产流量的某个流量将液体注入，以便先扩张储集层，然后再减少或终止注入循环使得储集层收缩，以便从储集层的储存能量中提出储藏能量。这类压力循环还提供了热和机械剥落同时发生的好处，如此前所述。

#### 附图说明

在结合附图阅读了下面的详细描述后，将可对本发明的方法和装置获得更完整的理解，附图中：

图 1 示出了现有技术用来从岩层抽取热量的逐点定向比压力降型闭合环路循环系统的简化的总示意图；

图 2 示出了现有技术的破裂岩石的闭合环路循环系统的一种改进的型式，该系统正在利用各种现代的研究成果来进行试验，例如澳大利亚的地球动力学有限公司正在进行的工业用干热岩体试验；

图 3 示出了本发明的 HDR 生产系统及其初始工作循环的一个实施例的总示意图；

图 4 示出了本发明用来产生地热能量的 HDR 生产系统的第二个实施例的总示意图；

图 5 示出了本发明利用地热能量来在超临界条件下加工有机碳的 HDR 生产系统的第三个实施例的总示意图；

图 6 是利用 PJD 操作法钻探地热井孔所必需的主要零件的示意图；

图 7 是井口和钻探系统的示意图，图中示出了在使干热岩体露出以便开发地热储集层时所利用的不同类型的钻探方法；以及

图 8 是一个流程图，图中示出了本发明原理的一个实施例。

### 具体实施方式

下面将参考示出本发明较佳实施例的附图对本发明进行更充分的描述。但是，本发明可以以许多不同的形式体现，并且其建造将不受本文中所显示的实施例的限制；相反，这些实施例是这样提供的，使得对于在本技术领域内的普通技术人员来说，本公开文件是充分的和完整的，它们充分表达了本发明的范围。

本发明以在热岩层中的可扩张的裂缝的分散系统，以及随后通过注入和回收注入液体（例如水）使该储集层产生“扩张”和“收缩”的弹性循环，进而从热岩层中抽取热量方面的进展为基础。岩层中的接缝将随着把液体（例如水）注入井孔内使储集层压力增加而打开。岩层中的接缝将随着已经由储集层岩石加热的注入水的产生使储集层压力减小而关闭。可以将该水泵入储集层内储存，而当需要水时或者其生产已经到了与其他可扩张裂缝系统一起生产热水的纯连续流动时可以将该注入水抽出。

图 1 示出了一种已经由 Los Alamos(洛斯阿拉莫斯)美国国家实验室

做过试验的用来从热岩层中产生热水的装置，注入液体（此处为水）在该装置中以连续的闭环方式循环。井孔 20 从地球表面 1 穿过叠置的沉积岩层 2 和不透水的前寒武纪结晶岩层 10 钻出。将冷却水泵入套管的井孔 20 内，使得在前寒武纪岩层中的天然接缝扩张，以便在地热储集层 15 内形成互相连接的裂缝（或接缝）的网或群。由于前寒武纪岩层的岩层应力，互相连接的裂缝储集层的形状通常为椭圆形或长椭圆形，并且可以或者是水平地，垂直地取向，或者是其间任何中间角度的取向。将第二井孔 70 在地热储集层 15 中钻出并且加上套管，以便建立一个逐点定向比压力降型的地下闭环环路循环系统，该系统可以提供一条通向用来从该地热储集层生产地热液体 80 的地面的通道。当该地热储集层已经产生并且该井孔已经钻出并被加上套管时，应加上地面基本设备以便形成一个闭环环路循环系统。先将井口 30 和 65 安装在井口套管上，并且再安装上热交换器 45，以便收集开采出的热量。再安装上适当的流动管道，控制阀 60 和泵 35。然后，该井就可以由泵 35 通过井孔 20 将冷却水 75 注入，并从井孔 20 沿着用箭头 25 所示的方向排入地热储集层 15 内而实现循环。该水在由生产井孔 70 的液体压力差所建立的一个逐点定向比流动通道中通过储集层，并且沿着表示地热加热液体的箭头 85 进入生产井孔 70 中并被加热。然后，地热加热的液体 80 通过生产井孔 70 和井口装置 65 返回到地面。该加热水通过控制阀 60 流动，该阀用来在生产井孔上保持适当的背压，以便保持扩张的断裂接缝充分地打开，从而使井孔之间的流动阻抗减至最小。该加热水接着通过热交换器 45，并在该处通过热交换受到冷却而成为通过管道 40 流到管道 50 的二次液体。然后将该冷却水通过泵 35 向下再注入井孔许多次。这种配置提供了一种使水从注入井孔 20 通过地热储集层 15 流到生产井孔 70（该孔通常被认为是由井孔之间的压力差形成的逐点电路）的方法。这种配置不允许使用储存在扩张接缝内的大量加热水，这些加热水由于在两个井孔之间隔离的适合压力而不能流过。当地热储集层 15 对长期的扩张压力起反应时，地热储集层 15 将力图建立压力平衡，并且通过其本身的扩大而增强，直到建立压力和热平衡为止。因而该方法需要连续添加大量的补充水，该补充水可以在位置 55 处注入到冷却水流动管道中，但是由于上述的压力隔离，它通常是与生产循环隔离的。这种水量消耗对于广泛使用这种形式的

**HDR 完井和生产形成一个重大的缺点。**

在水通过地热储集层 15 进行循环期间，上述系统将受到较大的流动阻抗。通过增加注入压力来增加生产的努力将使地热储集层 15 产生更大的压力激励，从而利用上述对压力隔离的补充水的合成消耗造成与扩张有关的进一步的储集层平衡。因此，在该系统中经济的流量只能通过钻出更多的井以便可在地热储集层 15 的末端提供附加流量来实现。全系统的经济因素对井孔的总成本十分敏感。因此，在使钻探成本减至最小的努力过程中，出现了图 2 中示出的多井和多裂缝群储集层的开发方案。

图 2 示出了从地球表面钻到叠置型沉积岩层 2 和前寒武纪岩层 10 的注入井孔 70 和生产井孔 71 和 72。井孔 70 用来作为用液压方式产生分离的裂缝群扁平矿体 16, 17 和 18 的开发井。用来产生这些井的该方法将一个套管柱正好安装在井孔的底部并用水泥粘合。对井孔的无套管的下部用液压方式进行加压，以便引起裂缝/接缝的扩张。然后，该下部通过用液压方式将砂子注入到该下部的某个预定高度或者井下停放装置上而被隔离。然后，在充填砂层/井下停放隔离高度以上将井钻孔，并且将井用液压方式增压，以便在下部裂缝群上方的某个垂直距离上引起二次分离裂缝。通常这些裂缝群沿垂直方向的垂直高度可以超过 3,000 英尺。由于前寒武纪岩的钻进费用随着井的加深而呈非线性增加，因而由于受使用通常钻进方法可以达到的深度的经济限制，大概只有一个或两个扁平矿体可以被经济地开发出来。在开发预定数量的沿垂直方向隔开的裂缝群系统的重复循环完成以后，就可以在大批生产时，将用来以液压方式隔离下面的井孔部分的充填砂层通过直接循环除去，以便把砂栓除净并且把下面的裂缝群暴露在注入井孔压力下流动。注入井孔 70 和生产井孔 71 和 72 以组合方式形成了一个由闭合环路循环系统中的生产井的液体压力差所产生的逐点定向比流量通道，该系统可以产生一个能产生热水或蒸汽的商用体积的累积流量。与在图 1 中所使用的相类似的控制和热回收系统也可以用于图 2 的系统中。

图 3 示出了在直接和间接使用场合（例如用来生产沥青和发电）中用来生产热能的本发明的完整的流程图和生产方法的一个实施例。井 320, 325 和 330 从地球表面穿过叠置在前寒武纪岩层 10 上的任何沉

积岩层 2 钻入前寒武纪岩层 10 中，直到一个温度足够高并且能开发出一个或更多分离的岩层断裂接缝群的深度，该接缝群沿着垂直或水平方向取向，这要根据彼此之间的岩层的主应力场来决定。在岩层断裂群为垂直取向的情况下，最深的井 320 需要钻到 30,000 英尺以上的深度（这取决于该岩层的热梯度和地热最终用户的所需温度），以便获得足够高的井底岩石温度，从而能以在井底储集层上方开发一个或更多储集层。如果断裂由于最小主应力位于垂直位置而垂直地发展，那么每个裂缝群储集层必须在大约 5,000 英尺处分离。在这种情况下，第二深的井 325 就需要钻到 25,000 英尺的深度并且加上套管，第三深的井 330 就需要钻到 20,000 英尺的深度并且加上套管。每个井的最下面部分可以用液压方式通过以大于接缝扩张压力和岩层破裂压力（该压力估计约为 1.0 磅/英寸<sup>2</sup>/英尺深度）的压力泵入液体而被破裂，从而在岩层中产生扩张接缝的储集层容积。然后，井孔就可以用于增压循环，使储集层增压，然后再减压储集层，以便冲洗来自扩张接缝的加热水，并且产生在增压和减压循环期间由该水吸收的热量。同样的井孔完成方法可以在其他两个较浅的井的每个井中重复使用，以便形成三个分离储集层的聚集体，这些储集层可以使增压水通过扩张接缝来使储集层增压，从而使水进入储集层，并被加热，然后当井孔内的水压下降时从储集层中排出。通过调整井孔的压力循环时间，使得一个井的注入流量两倍于该井回流时的流量，就可以使被吸收热量连续地产生。通过补偿这些井的回流循环时间，就可以从储集层的这种结构配置中提供连续的大流量的生产能力。为了开发多个储集层，一个相似的方法将是需要的，即某储集层与另外的沿垂直取向或水平取向的储集层沿水平方向是隔开的。

图 3 示出了为从沿垂直方向互相隔开的三个分离的储集层中产生连续的大流量的加热水流所需要的结构配置。预增压泵 360 把冷却水从地面蓄水槽 350 供入注射泵 385 中。注射泵 385 在高压和大流量下迫使冷却水进入三个干热岩体（HDR）储集层中的一个储集层中。注射泵 385 的尺寸大小应能以与冲洗来自其他两个 HDR 储集层的加热水的排出流量相同的流量来充分注入一个储集层。这样，第三井的生产流程就能够保证其他两个井以注入流量的一半进行生产，由此通过匹配在三个井之间的注入和生产流量就能够提供连续的流量。通过交替地

打开和关闭排出控制阀 410, 405, 400 和注入阀 390, 415, 420 来对这些井进行操纵, 就能够每 24 小时提供该固有顺序。在排出循环期间, 大流量的加热水通过储存在岩石内的压力能被排出地面。然后, 加热水由导管通到热交换器 45 中, 并在此处将来自井排出流量的热量传递给通过热交换器管道 40 至 50 的第二液体。冷却后的井孔液体通过控制阀 370 流到注入泵 385 再被向下送回井孔中。另一方面, 冷却的井孔液体可以从热交换器通过管道 380 和节流阀 375 (该阀控制系统的背压) 排出到地面蓄水槽 350 中。当储集层成熟时, 地面蓄水槽 350 可以用来储存提供补充水所必需的任何备用水。

图 4 示出了在直接和间接使用场合 (例如用来生产沥青和发电) 中用来生产热能的本发明的完整的流程图和生产方法的另一个实施例。井 70 从地球表面穿过覆盖在前寒武纪岩层 10 上的任何沉积岩层 2 钻入前寒武纪岩层 10 中, 直到一个温度足够高并且能开发出分离的岩层断裂接缝群的深度, 该接缝群沿着垂直或水平方向取向, 这要根据彼此之间的岩层的主应力场来决定。地热储集层 15 可以用液压方式通过以大于接缝扩张压力和岩层破裂压力 (该压力估计约为  $1.0 \text{ 磅/英寸}^2/\text{英尺深度}$ ) 的压力泵入液体而被破裂, 从而在岩层中产生所需的扩张接缝的储集层容积。附加井 68, 69 和 20 钻入 (并被套管) 到地热储集层 15 中离开生产井 70 某个预定距离处。该较佳实施例使用了两个井 70 和 68。为了说明本发明的工程性质的适应性, 图 4 示出了将附加井 69 作为注入井使用, 以便减少在注入井中的附加压力损失的情况。另外的附加生产井可以合乎需要的用来减少在生产井中的附加压力损失。井 68, 69 和 20 可以用作注入井, 以便对地热储集层 15 增压。在注入井 68, 69 和 20 钻成 (并被套管) 并且与生产井 70 建立了液压连通以后, 地热储集层 15 另外的裂缝可以用来增加地热储集层 15 的生产量。生产井 70 可以被利用来以与最终用途相当的流量生产注入液体。该生产流量可以是: a) 稳定的生产流量, b) 具有为适应后续电力负载而周期的增加和/或减少的稳定的生产流量, c) 周期的停止和启动流量, 以便与最终用途要求相一致。注入井 68, 69 和 20 可以用来以大于生产井 70 中产生的流量的注入流量注入, 直到达到地热储集层 15 的最大弹性能量为止。然后, 将注入流量减少或中止, 以便使在地热储集层 15 中储存的弹性应变通过使储集层收缩和产生包含在地热储

集层 15 内的加热水而减轻。在地热储集层 15 中的压力水平可以通过地热储集层 15 储存的弹性应变的松弛到足以在地热储集层 15 中保持接缝的扩张的预定水平而减少。当松弛后的弹性应变的预定水平减轻到该预定水平后，液体的注入将根据具体情况开始或增加。这种使地热储集层 15 重复扩张和收缩的方法将产生：a) 注入液体的各向流动，该流动确定了允许从各向流动通道流向生产井的注入液体生产的条件，b) 产生同步和/或周期地交替的热和机械循环，以便产生接缝表面区域的角砾岩化和剥落，该表面区域产生了其热量可被冲刷的新近暴露的高温差表面，c) 注入井对生产井的配置用来当液体通过地热储集层 15 循环时提供热量的二次对流冲刷，以及提供热量从扩张接缝表面的初次传导冲刷，以及 d) 注入井对生产井的配置可用来通过远距离地注入工作液体并迫使它通过传导和对流两种类型的流动而使靠近生产井的热消耗减至最少。地热储集层 15 可用于增压循环，先使储集层 15 增压，然后再使储集层 15 减压，以便冲洗来自扩张接缝的加热水，并且产生在增压和减压循环期间由该水吸收的热量。

图 5 示出了用来生产和利用可在超临界液体状态下加工有机碳时使用的地热能量的本发明的完整的流程图和生产方法的另一个实施例。在超临界状态下加工有机碳的基本步骤在无专利权状态下有许多文件可以引证。代表性的文件是由 Modell 提供的下列专利说明书：1978 年 9 月 12 日颁布的题为“气化方法”的美国专利，其专利号为 4,113,446；以及 1982 年 7 月 6 日颁布的题为“在超临界水中氧化有机物的处理方法”的美国专利，其专利号为 4,338,199。Timus 和其他人描述了把套管的深井孔作为压力安全容器的在各种地形中的情况，以便通过使用各种管状结构（它在井孔内作为压力安全容器）并且利用固有的静压头梯度（它在井孔内作为用来方便地注入原料和回收产品的方法）连续地进行化学反应。Timus 在 1974 年 12 月 14 日颁布的题为“液压动力柱的激活方法——使用深井孔作为连续处理各种化学反应的反应容器的方法”的专利（其专利号为 3,853,759）中对该方法进行了描述。Timus 还在 1986 年 6 月 10 日颁布的专利（其专利号为 4,594,164）以及 1988 年 12 月 20 日颁布的专利（其专利号为 4,792,408）中描述了深井孔在超临界水条件下连续地进行化学加工中的使用。Modell 和 Timus 的说明书中都要求一种以化学，电气或燃料为基础的

方法来启动并且随后保持在压力容器反应器部分中的内部高温处于为促进临界水条件所必须的温度范围内。在 Modell 的说明书中，必要的临界水条件压力由一个泵装置产生，而在 Timus 的说明书中，必要的临界水条件压力是通过井孔的固有的静压头的帮助而获得的。本发明综合了 Modell 和 Timus 的学说中的某些条件和特征，并且加上提供一个整体的地热生产系统的特征，以便通过使用安装在地热生产系统（大体上如图 4 中所描述的系统）的生产井内的压力容器反应器系统来启动和保持在超临界液体条件下的化学加工。

图 5 的实施例以图 4 的实施例为基础，但加上通过用来容纳管状的反应器容器 73 的改进的井口 64 把管状的反应器容器 73 插入套管井孔 70 内的附加步骤。地热储集层 15 基本上位于 HDR 岩层内，该岩层提供了生产超临界液体（最好是水）的能力。该地热生产系统按照图 4 的描述设置成连续循环的系统，并且将为其热容量而被开采，以使用来：a) 加热反应器容器，以促进反应器容器内的连续的化学反应，b) 提供用来在地面产生有用功的热量，例如通过将来自所述地热储集层 15 的地热水循环到可以使用的地面上而产生的电能，c) 预热有机原料，如下文中所述。

图 4 中示出的本发明的实施例在图 5 的实施例中只作了如下的改进：地热储集层 15 在这样一个深度进行开发，以致使产生的地热液体的温度超过  $375^{\circ}\text{C}$ ，最好在  $450^{\circ}\text{C}$  以上。地热产生的加热流体 85 和 86 围绕与套管井孔 70 同心地放置的反应器容器 73 的四周流到地面。地热产生的加热流体 85，86，80 和 81 把热量导入反应器容器 73 中，以便把不均匀的有机碳泥浆 761，760，770 和 771 加热到  $375^{\circ}\text{C}$  以上的温度。地热产生的加热流体 80 和 81 通过井口 64，控制阀 750，管道 690 进入热交换器 45 中，地热工作液体在该热交换器中先扩张然后再冷凝，从而除去其热量的大部分。然后，冷凝的地热液体从热交换器 45 通过管道 590 流动，并在该管道中与来自反应器容器的污水相混合，然后该混合液体循环通过热交换器 605，以便提供热能来预热不均匀的有机碳泥浆，如下文中所述。

不均匀的有机碳泥浆在混合处理器 530 内通过将由泵 500 从水槽 200 经过供料管 220 和 550 泵入混合处理器 530 的水以及来自料堆 570 经过管道 560 的有机碳材料和适当的催化剂或阻滞剂相混合而形成。

然后，不均匀的有机碳泥浆由泵 600 泵出，经过管道 580 和热交换器 605，并在该热交换器中由地热产生的加热液体 80 的最后焓传递将该不均匀泥浆预热。不均匀的有机碳泥浆从热交换器 605 通过管道 610，井口 730 流入反应器容器的环状空间内。由此，不均匀的有机碳泥浆被向下泵入反应器容器 73 的同心壁之间的环状空间内，并在此处在由地热储集层 15 产生的地热加热液体 80，81，85 和 86 的作用下，被加热到超临界水温度以上。在不均匀的有机碳泥浆被向下泵和反应容器的环状空间内后，它将承受比超临界水更大的压力，不均匀的有机碳泥浆将在此压力下与某些非有机沉淀物起反应并且形成一种单相液体。反应器容器流动通道的长度应使在超临界水条件下有机材料的停留时间能提供足够的循环时间，以便超过有机材料溶解在其基本组分内所必需的反应时间。围绕在反应器容器 800 末端的该液体经过腔 773 流入或被泵入反应器容器 800 的内部，而该处的生产液体 741 和 740 则通过井口 720 返回到地面。生产液体 741 和 740 在通过反应器容器 800 的管状公用壁时将不均匀的有机碳泥浆加热。生产液体 740 通过井口 720 进入粒子分离器 620 内，并在其中将无机方法生产的粒子从液体蒸汽中分离出来，并且将该固体粒子通过管道 710 进入固体粒子储存器 700。然后，采出的净水通过流动管道 660，控制阀 650 进入气体分离器 640 内，并在其中对采出的净水进行处理，使气体从采出的净水的液体组分中分离出来。然后将该气体抽出通过管道 670 进入气体分类器 680，并在其中进一步分离成气体的各种形式，然后将这些气体取出，以便作进一步处理。从采出的净水中获得的热能在热交换器 45 内回收，以便产生有用的热能。然后，该液体从热交换器 45 流入管道 590 内，并在其中与来自地热产生的加热液体 80 和 81 的热交换过程的液体相混合。来自热交换器 45 的混合污水被导入热交换器 605 中，在该热交换器中，任何余热都可以作为对通过热交换器 605 流动的不均匀的有机碳泥浆的预热方法而被进一步交换。来自热交换器 605 的污水经过管道 540，控制阀 520 和管道 510 排入蓄水槽 200 内。

图 5 中的实施例提供了一种利用包含在地热产生的加热液体（其温度在 375℃ 以上）内的地热能量的方法，该方法可用来在浸入所述地热生产井内的反应器容器中启动或保持一个连续的或周期的超临界反应。

图 6 示出了利用钻探地热井的 PJD 方法来钻探地热井孔时所需要的主要部件。在前寒武纪岩石中钻探一个大直径的深井孔，使用旋转机械对土质岩层进行钻井作业的通常作法的费用是十分昂贵的，这是普通的常识。与旋转机械钻探系统相关的慢速穿入已经成为 HDR 地热能源的巨大蕴藏量遭到冷落的主要原因。PJD 技术和方法的使用提供了一种可在所有岩层中增加穿入速度的装置，特别是在结晶岩中，该装置足以将时间和费用降低到可以为地热能的广泛使用提供可能性的水平。

用来钻探油和气井的 PJARMD 的试验用途已经由油气工业的许多文件证明。在钻探液体中夹带的大量粒子的试验用途已经由海湾石油公司 (Gulf Oil Company) 根据 05/21/1968 颁布的美国专利 3,348,189 在 1969 年早期所证明，夹带在钻探液体中的大量大直径粒子的最新用途已经由发明者取得了美国专利，该专利于 2002 年 5 月 14 日颁布，其专利号为 6,386,300。使用喷射粒子来钻井的基准方法包括在把分散的高密度固体粒子夹带到钻井液体中的方法中，该钻井液体在钻井作业期间不断循环，以便把充满泥浆的粒子喷射冲击在岩层上，由此通过由于大量粒子的作用传递的动量给与岩石的冲击能而将岩层切开。PJARAD 和 HPJD 方法都已经成功地在实验室试验中取得了证明，它们可以在各种土质岩层中增加钻井的穿入速度。某些实验现场的试验已经在沉积岩层中进行。迄今为止，PJARMD 已经在对拥有油气储藏的沉积岩层的工业用途钻井中进行了开发和/或试验。沉积岩层通常都在前寒武纪岩层的上方发现。沉积岩层由层状板岩，砂石，石灰岩和/或它们的变质材料组成。使用 PJARMD 技术来钻探沉积岩层还包括使用旋转机械的钻头，该钻头由于使用了喷射粒子而得到帮助。PJARMD 需要仔细的权衡泥浆液体特性和工作参数。包含有大量粒子的钻孔泥浆液体的有效循环密度 (ECD) 必须小心地保持，以便不至于打碎任何沉积岩层，例如板岩，砂石或石灰岩。由于潜在的长期和可疑的岩层破碎被认为是丧失循环条件，因而需要在沉积岩层中小心地控制 ECD，它预期可以在将 PJD 广泛用来作为沉积岩层中钻探油气井的装置时得到一个重要的限制因素。其次，PJARMD 方法更加适合于在油气生产中较小的井孔直径中使用。

为了经济地开发深部的 HDR 地热资源，使用用于钻探很大深度处

的前寒武纪岩石的 HPJD 技术是重要的。HPJD 可以在坚硬的井孔岩层中使用，该岩层的 ECD 不是一个控制因素。诸如晶体状前寒武纪和冥古代岩层这样的岩层非常适用于使 ECD 的作用减至最小，因此，可以全部使用 HPJD 技术而无需旋转机械的钻井辅助设备。图 6 示出了一种钻探终止于结晶岩石的深井孔（以便产生 HDR 地热储集层）的方法。全部几何图形示出了通常叠置在前寒武纪岩层 840 上面的沉积岩层 870，860 和 850。沉积岩层 870，860 和 850 通常是例如板岩，砂石或石灰岩这样的不同沉积岩材料的层状岩层。在适合沉积部分的结构和厚度的情况下，这些岩层可以由标准的旋转机械或者 PJARMD 装置来钻孔。井孔 880 的沉积部分将通过套管 890 与更深的井孔 920 相隔离，通常，该套管由水泥护层 900 固定就位。由钻探机（未示出）操纵的钻杆 910 构成通向 HPJD 钻头 810 的导管和管状连接部分。HPJD 钻头 810 构成用来把在标准的 PJD 钻头喷嘴射流 820 内加速的大量粒子 830 喷射冲击在前寒武纪岩层上，以便快速地在所述岩层上钻孔。钻通和隔离沉积岩层以便只有晶状的前寒武纪岩层由 HPJD 方法钻孔的新颖性在于提供了使用 HPJD 最佳的工作条件，从而在钻探所述前寒武纪岩层时，可以使穿入速度达到最大，该速度在钻探沉积岩层时是不能获得的。因此，对于 HPJD 粒子的挟带，输送，撞击和返回的循环运行来说，低粘度的液体用于前寒武纪岩层的钻孔是适合的，因为与暴露的沉积岩层井孔缺乏完整性的情况不同，由于前寒武纪岩层的完整性，这里无需非常重视 ECD 特性。当钻探前寒武纪岩层时还可以使用很高的 PJD 液体流量，因为由于前寒武纪岩层的完整性，这里也无需非常重视钻孔液体的岩层侵蚀。

使用用来减少钻探终止于前寒武纪岩层或冥古代岩层的井孔成本的 PJD 方法对于 HDR 资源的开发具有重要的意义。准确地说，PJD 提供了一种装置，该装置可以经济地钻探出用于 HDR 生产用途的很深的大直径的注入井孔和生产井孔。和 PJD 技术一起使用的具体的井孔形状是独特的，以便产生能使 PJD 技术在穿孔生产流量的最佳水平上运行的环境。

现在参看图 7，图中示出了在多个土质岩层内钻探的井孔的示意的简图。在由塔式起重机的简图所表示的井口 400 处，第一土质岩层 404 由井孔 402 穿透。在该特定的岩层中使用的钻头 412 的类型可以是一

般用于浅井和/或本文涉及的 PJARMD 的机械钻头。在更深的土质岩层 406 示意地表示的是一个钻头 414, 该钻头可以与钻头 412 相同和/或相似, 但是也可以根据本发明的原理加以改变, 这取决于在土质岩层部分 406 中查明的土质结构的类型。同样, 土质岩层部分 408 是井孔 402 的延续, 其中示意地示出了一个钻头, 根据本发明的原理, 该钻头可以是不同操作法的钻头, 这取决于结合在土质岩层 408 中的结构类型。最后, 土质岩层 410 示意地表示为前寒武纪岩层和/或冥古代结晶岩层, 其中, 它的横剖面外形是不同的, 图中示出的井孔部分 430 由钻具 418 具有的液压钻孔操作法所穿透, 该钻孔操作法可以包括在根据本发明的原理的用于穿透前寒武纪岩层和/或冥古代结晶岩层的粒子喷射钻孔中, 以便取得岩层中的热能并且在井孔内建立一个位置, 该位置可用于上文根据本发明的原理所描述的随后的液力碎裂, 注入和排出。

现在参看图 8, 图中示出了本发明原理的一个实施例的工艺流程图。在该特定的流程图中, 清楚的规定和示出了上文所描述的操作法, 其中, 步骤 501 包括根据本发明的原理建立井孔钻探系统。步骤 503 说明使用 PJARMD 操作法来钻探第一井孔部分。该操作法可以根据在图 7 中所示出的土质岩层的具体类型而改变。

仍请参看图 8, 步骤 505 说明井孔已经到达前寒武纪岩层或冥古代结晶岩层, 此处可以根据本发明原理改变所使用的钻头类型。步骤 507 说明使用液体钻孔操作法来穿过前寒武纪岩层或冥古代结晶岩层钻出一个更深的第二井孔。在本发明中所设定和描述的 HPJD 操作法的一种形式是粒子喷射钻井。步骤 509 说明干热岩体 (HDR) 的液力碎裂产生了扩张接缝的裂缝群。步骤 511 说明根据本发明原理的一个实施例对裂缝进行注入和排出。步骤 513 说明根据本发明的原理如上所述的从裂缝群生产热能。

总起来说, 上述说明描述和显示了本发明的下列几个发明方面:

1) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用 HPJD 来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

2) 为了用 PJD 技术来钻探下伏结晶体, 非沉积岩层, 前寒武纪岩层或冥古代岩层, 使用或不使用 PJD 方法来作为钻探和隔离沉积岩层的方法。

3) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用非旋转机械装置来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

4) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用非机械钻头来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

5) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用低粘度或牛顿钻井液体来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

6) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用流量等于或大于每分钟 500 加仑的 PJD 液体来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

7) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用非标准钻杆来钻探井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

8) 为了开发干热岩体的地热资源, 使用 PJD 方法来钻探其直径为 9 英寸或更大的井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

为了开发干热岩体的地热资源, 使用 PJD 方法来钻探其深度为 5,000 英尺或更深的井孔, 该井孔终止于 a) 非沉积岩层, 或 b) 前寒武纪岩层或冥古代岩层。

因此, 下列概念应被认为属于本发明的原理和范围内:

1) 在 HDR 储集层生成时, 一般的想法是使液体在两个或更多井孔之间通过在 HDR 储集层内的诱发的岩石裂缝或者扩张的天然存在的岩石接缝中的流动通道连续地循环。这种“液压短路”或逐点流动都在其容量内在以下方面受到限制: 1) 吸收热量, 2) 具有较大的流动阻抗, 3) 用液压方式隔离包含在裂缝群储集层中的大部分液体。本发明方法提供了储集层的注入和排出的弹性循环, 该循环在注入过程中通过各向流动以及在储集层松弛期间的各向流动的反向流动提供了储集层裂缝系统的完整的使用。此外, 当水与储集层表面相接触时, 水的吸收热量的能力是其停留时间的函数。在岩层的加压和松弛期间, 当最初需要将水扫入岩石接缝以及随后又需要将水顺序地扫出岩石接缝时, 本发明方法提供了相当长的停留时间。此外, 当与一般的 HDR 完井系统相比较时, 各向流动提供了大量增加的表面积, 以便水在每个循环期间被加热。这种双倍通过流量的方式将显著改进对生产

水的热传递。

2) 使用机械的和热循环应力变向都可以随着时间的过去由于组合的循环应力变向的作用而提供重大的岩石表面碎裂。由于储集层岩石通过剪切带剥落或分裂而被碎裂成比较小的岩石块或大岩石块或岩石片,从而增加了储集层的表面积和体积,提供了逐渐增加的面积,各向液体通道在冲刷“液压容器”表面积时从该面积吸取热量。当剥落岩石被碎裂而没有裂缝表面时,就将该剥落岩石用液压方式隔离。重力将会把碎裂的岩石拉到储集层的最下部区域,并在该处随着时间的过去通过储集层岩石的机械循环的作用而被粉碎。在该装置中有两种从传导吸收热量的热作用原理,近场和远场热传导。近场热量由于在岩石与冲刷液体之间的巨大温差而非常快速地通过传导而被传递。当近场热量被吸取到一个下极限值时,更多的热量传递就由岩石介质的扩散能力大小来决定。由于与剪切带状角砾岩相关的循环,最大的热冲刷作用可以通过将注入液体连续地暴露在下一个“液压容器”表面而获得。可以预期,在近场区域的高热量水平减少到能启动作用在储集层壁上的远场热扩散能力的某个水平,并由此减少热传递速度以前,剪切带状角砾岩可以连续地生产新的与注入液体互相作用的接触表面。上述作用机理可以随着时间的过去不断提供接近连续的可用于近场导热冲刷的巨大温度差的更新。这种情况与一般的 HDR 系统相反,它们在近场热被导热冲刷(它具有随着时间的过去显著地降低全部热量输出和生产温度的作用)后,必须依靠远场岩石块的远场热扩散能力。因此,在扩张的储集层中产生新的表面积的能力是保持近场型导热数值的关键。当岩石对生产期间重复循环的热或机械应力起反应时,新的表面积就会由于岩石收缩而产生,该岩石收缩是由于热变化及同时发生的作用在储集层“液压容器”的内部岩石表面上的机械位移的作用而产生的。

3) 储集层可以通过在裂缝扩张压力以上的附加压力而扩大,以便延伸或产生更大底部储集层。这样可以用来达到增加底部储集层尺寸,使底部储集层的增长速度比它只通过加压和减压循环的循环作用时的增长速度更快,如果需要的话,可用来在储集层中补充保持温度。

4) 由于冲刷表面积和新的暴露表面随着时间的过去而增加,该地热生产方法可以产生比任何其他正在使用的现有方法大得多的生产流

量和最大的回收潜力。

5) 使用大于 375℃ 的地热生产温度, 以便为支持浸入地热生产井内的反应器容器中的化学反应提供能量可以为把大量有机碳(例如煤, 油页岩, 生命体和矽石)转换为有用的和销路好的产品提供基础。生产的地热能可以提供: a) 用来在反应器容器中启动或保持超临界水化学过程的热能, b) 提供剩余热能, 用来对诸如通过合成型发电厂发电这样的最终用途的地热生产液体进行直接和间接使用, 以及 c) 提供另外的热能产量, 用来预热有机碳原料。该系统在分离和捕获有害副产品(它们采取可以被进一步处理, 有效清除或销售的形式)的同时, 通过产生清洁的电能和生产完全燃烧的氢来获得其经济价值。与用来生产清洁水和销路好的产品(例如氢, 甲烷或 Fischer-Tropsch 液体)的有机碳(例如煤, 油页岩, 生命体和矽石)的分批生产相反, 循环的地热储集层弹性生产方法的使用支持了地热生产用于大规模连续生产的能力, 该方法从单个储集层提供稳定状态的生产, 并且具有循环注入加工的各种优点, 从而可保持很高的热生产温度, 很大的流量和储集层增长。该系统在现有发电厂的煤处理以及给这些工厂提供完全燃烧的可燃气体, 以便提高其经济性并且减少工业生产的温室气体方面是有用的。目前仅在美国就有约 700 家燃煤火力发电厂, 它们将可从本发明中获取巨大的利益。此外, 本发明还为可开采的油页岩的大规模加工提供了可以实现的技术。

因此, 可以相信, 通过上面对较佳实施例的详细说明, 将会对本发明的工作原理和结构十分清楚。虽然所示出的形状和结构是作为较好的实施例来描述的, 但是应当指出, 只要不脱离由下面的权利要求书所限定的本发明的原理和范围, 本技术领域内的普通技术人员可以对此做出各种变化和改进。所以, 权利要求书的原理和范围不受本文所包含的较佳实施例的说明的限制。

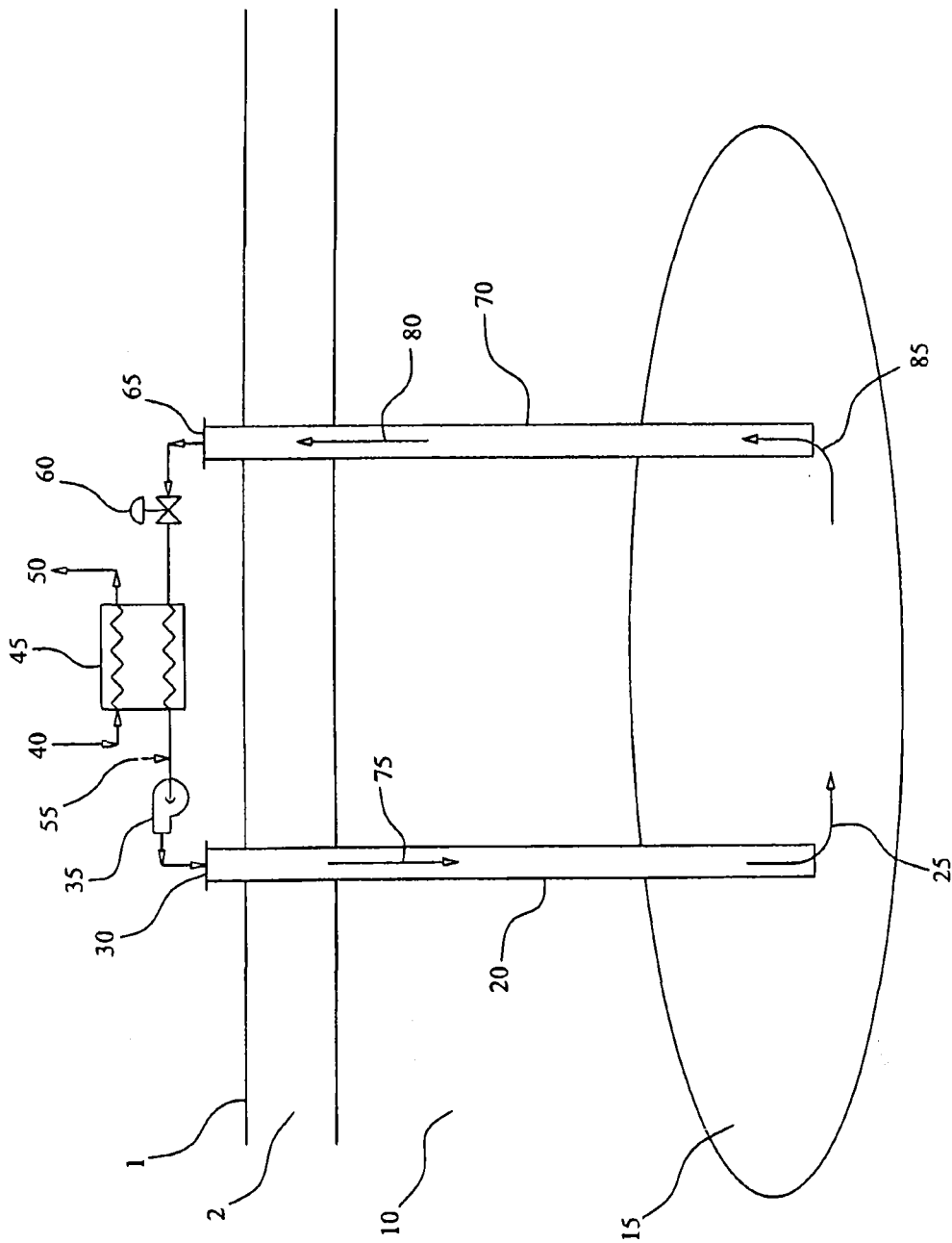


图 1

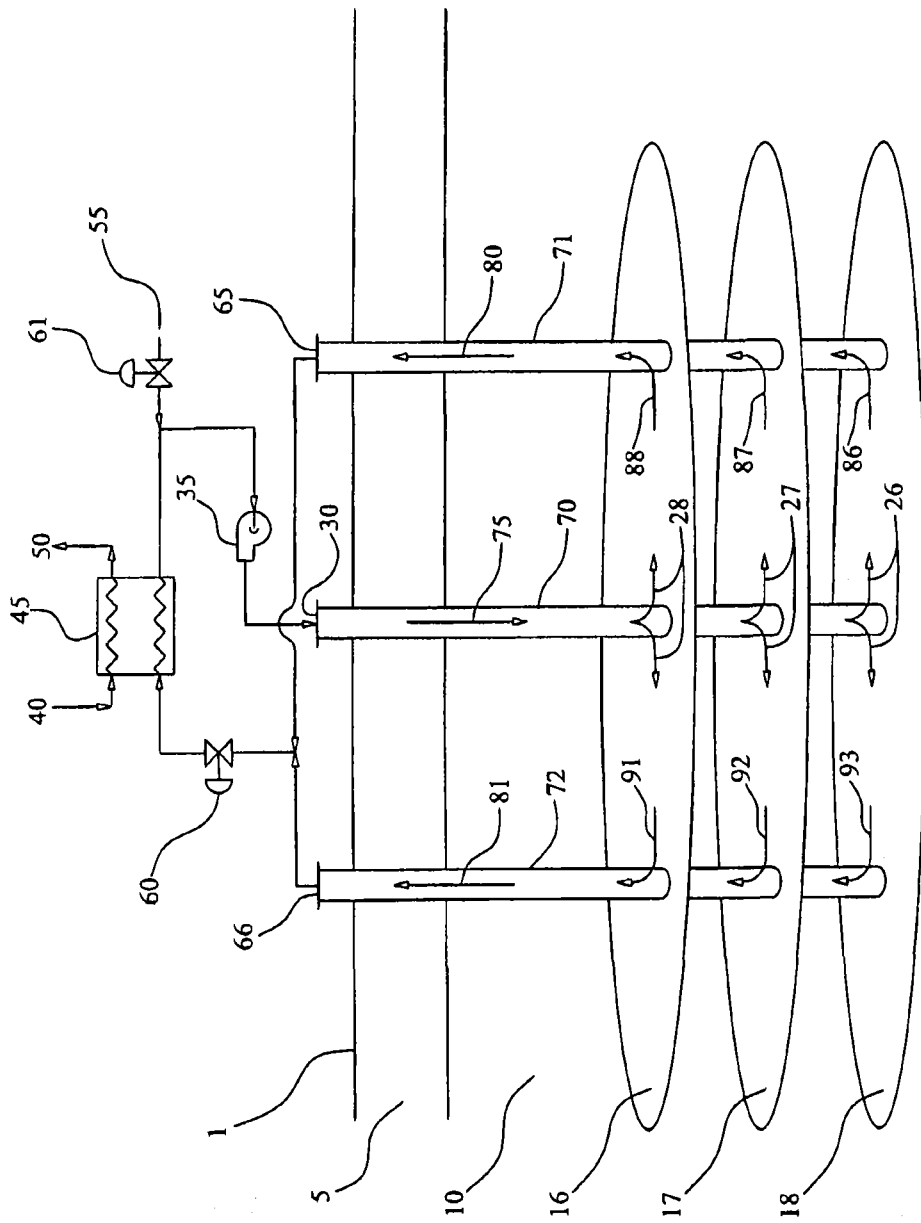


图 2

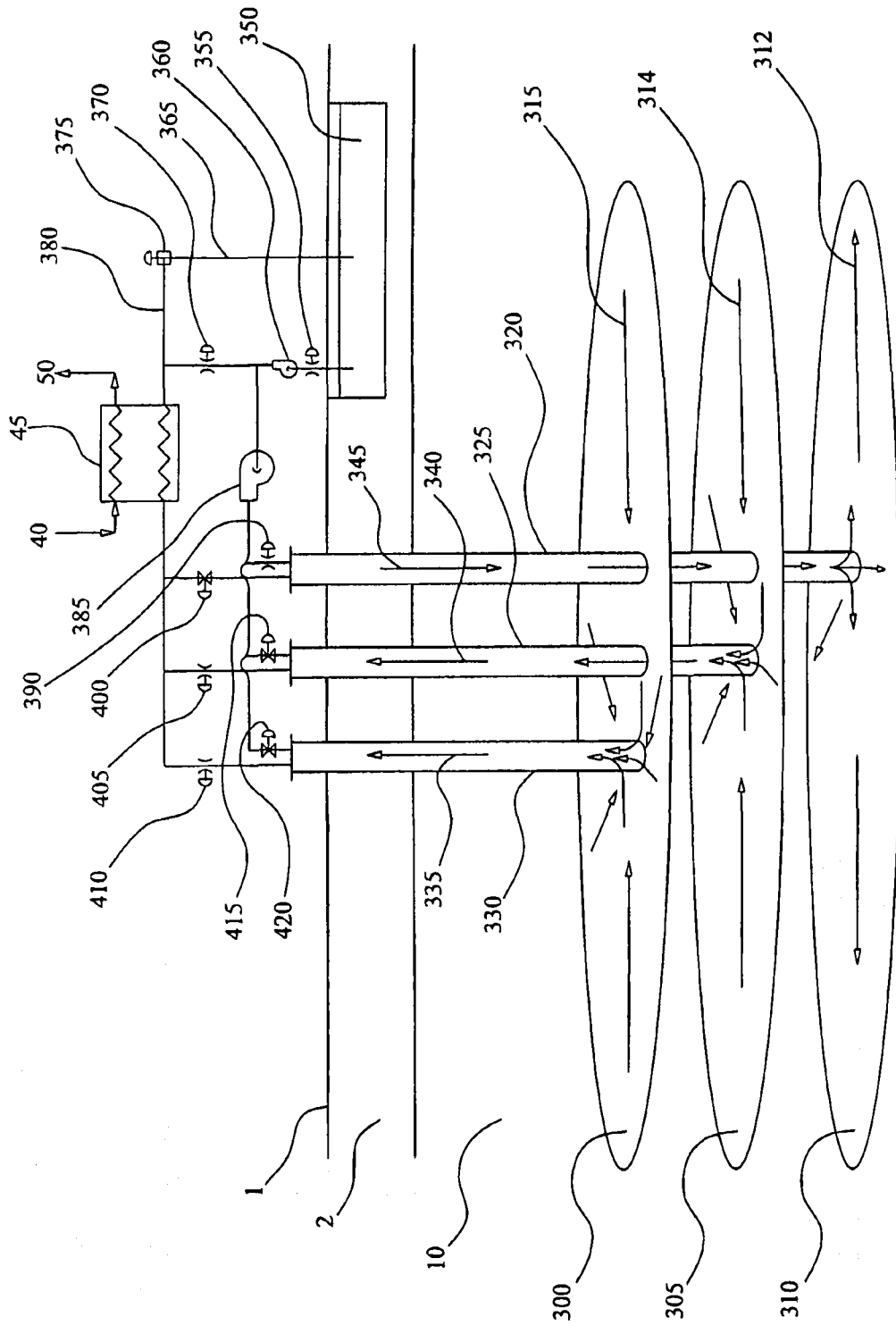


图 3

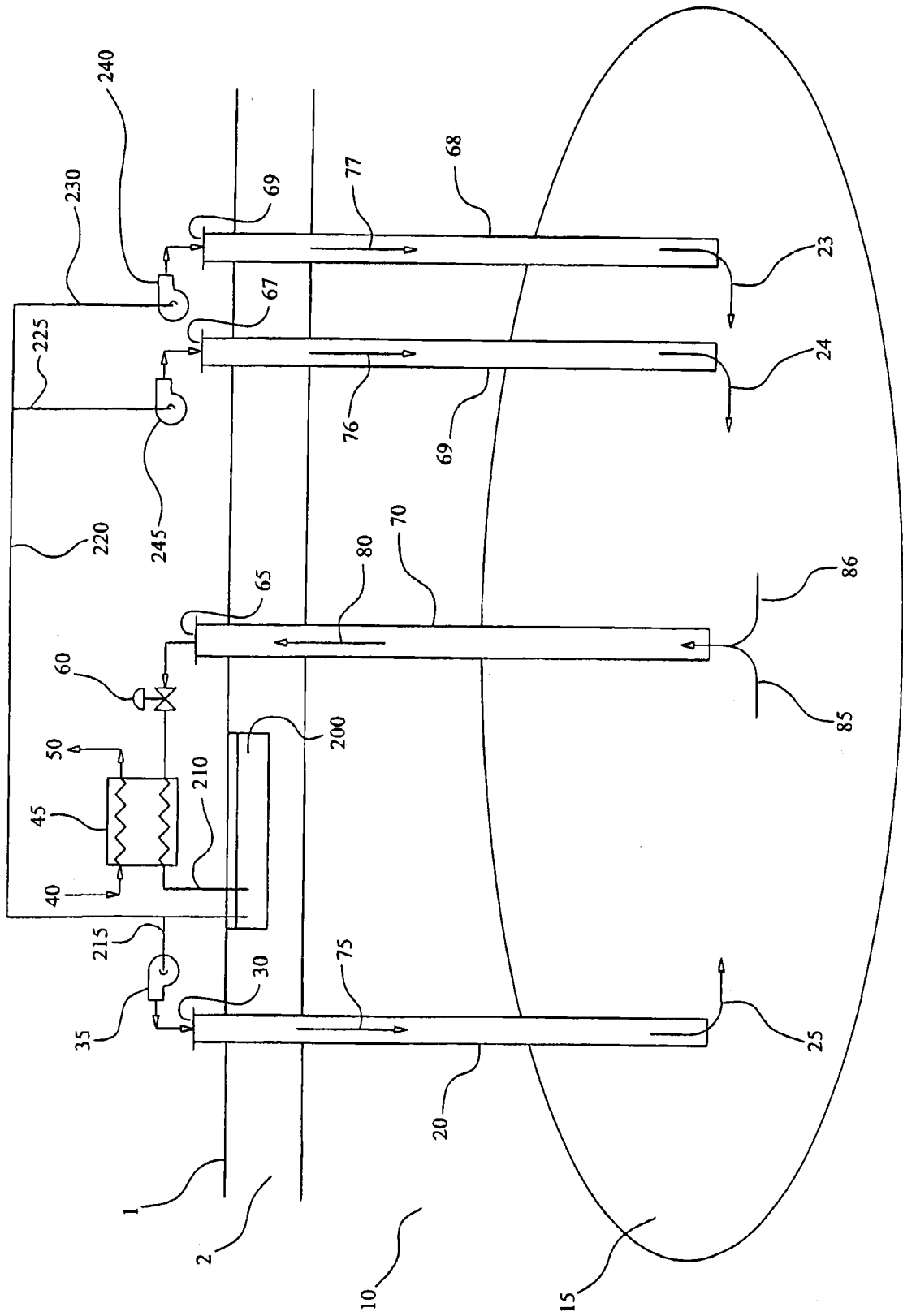


图 4

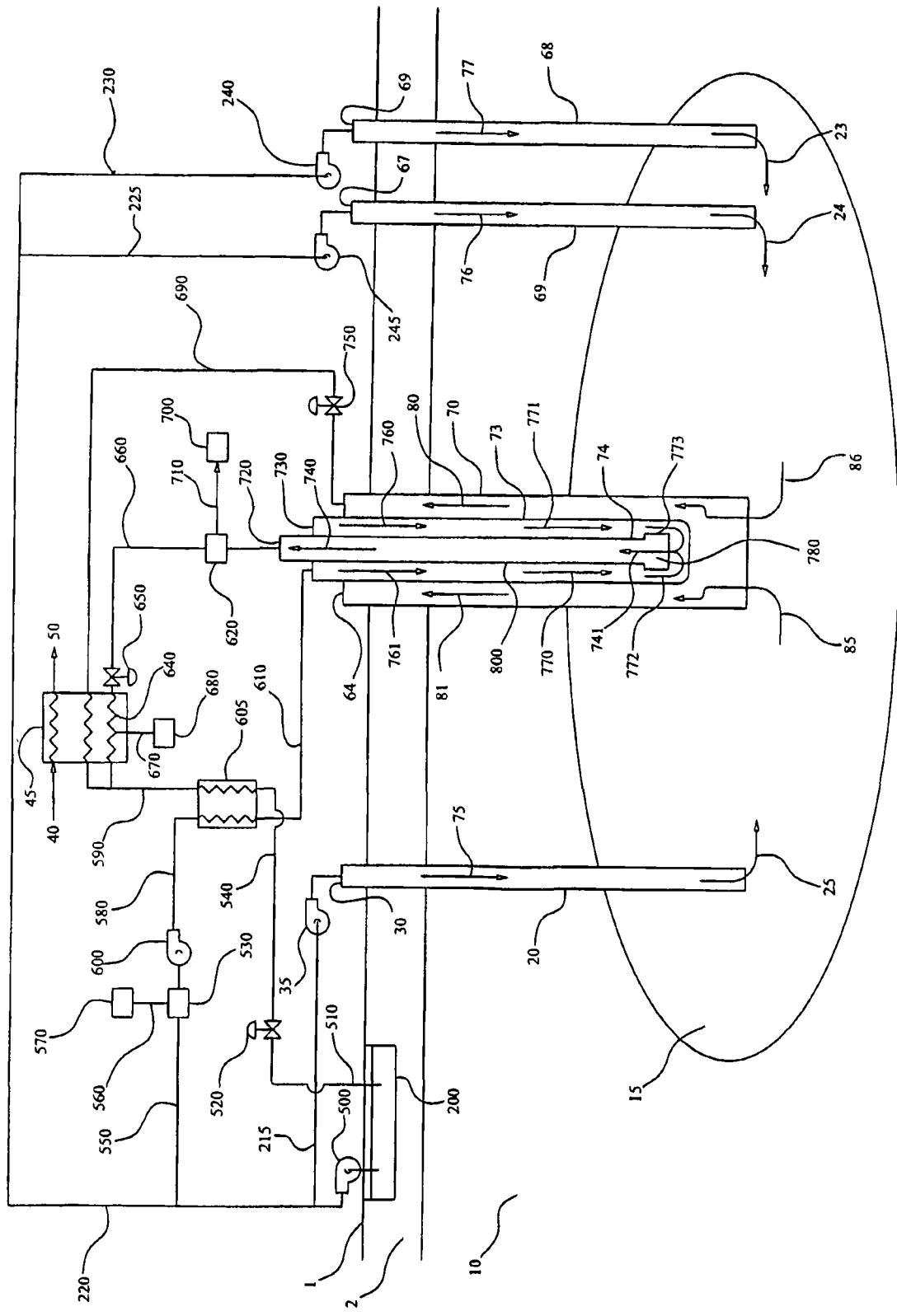


图 5

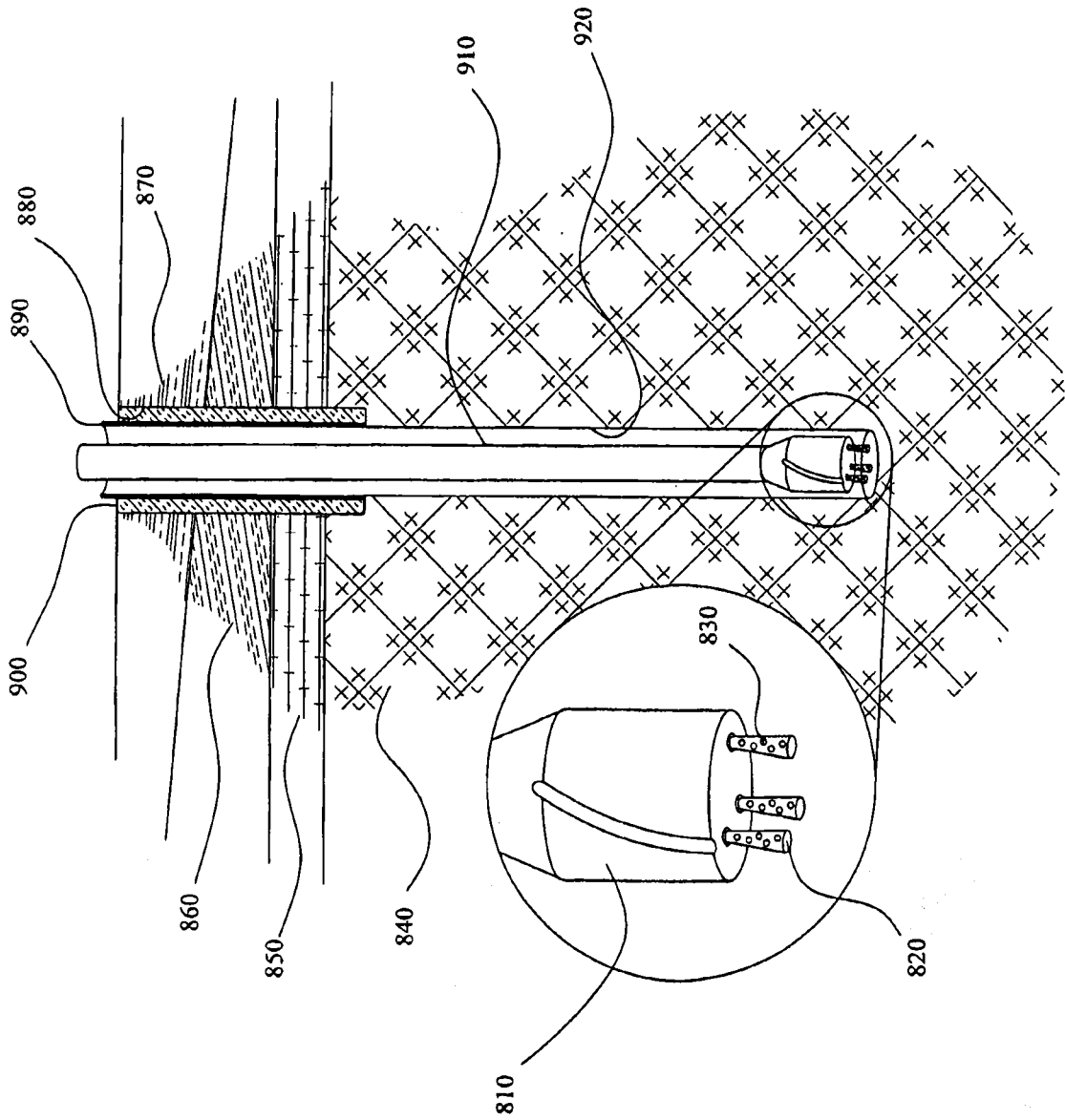


图 6

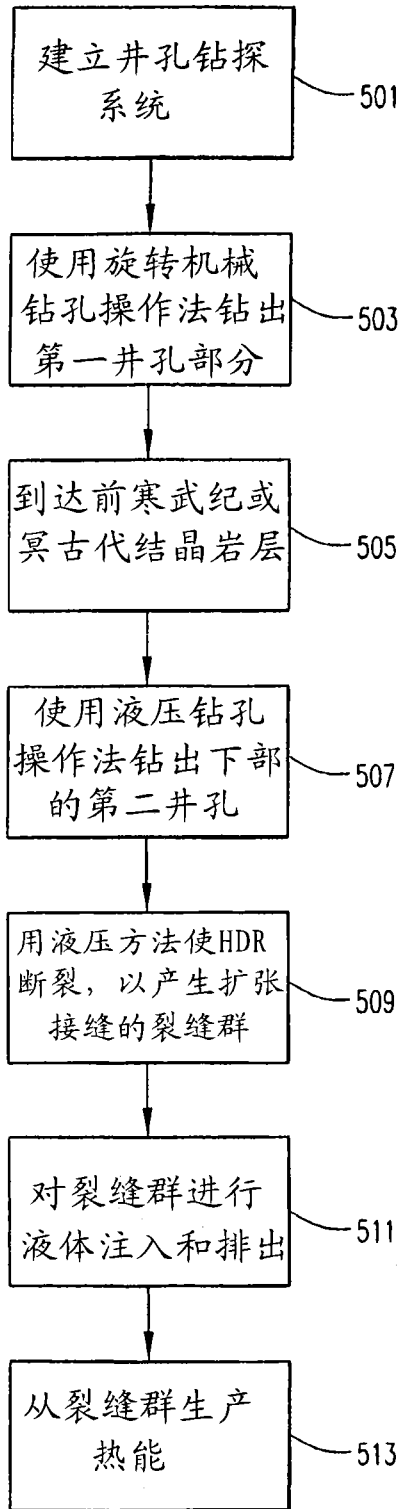


图 8

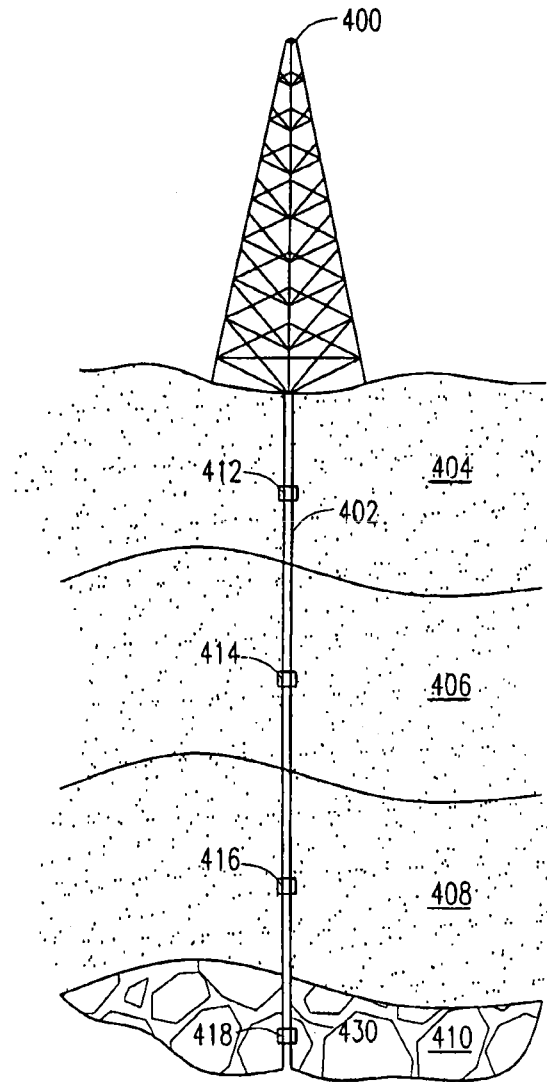


图 7