(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101796296 A
(43)申请公布日 2010.08.04

(21)申请号 200880101616.0

(22)申请日 2008.07.03

(30)优先权数据
0713178.2 2007.07.06 GB

(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.02.02

(86)PCT申请的申请数据
PCT/GB2008/002269 2008.07.03

(87)PCT申请的公布数据
WO2009/007683 EN 2009.01.15

(71)申请人 绿地能源有限公司
地址 英国伦敦

(72)发明人 詹姆斯·J·斯图尔特
德米特里·I·扎耶努林
安东尼·C·斯科特
格雷厄姆·牛顿

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限责任公司 11290
代理人 梁兴龙 武玉琴

(51)Int.Cl.
F03G 7/04(2006.01)
F24D 11/02(2006.01)
F24J 3/08(2006.01)

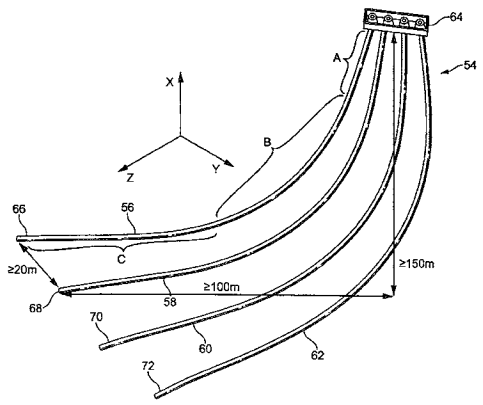
权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 11 页

(54)发明名称

地热能系统和操作方法

(57)摘要

本发明提供一种地热能系统，其包括至少一个埋管换热器，该至少一个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、在该底端相互连接的相邻的第一和第二细长同轴管道的细长管子，该第一管道呈管状并被呈环形的该第二管道包围，该至少一个埋管换热器具有沿与垂直方向成3～95度角的基本上倾斜方向延伸的主要部分。



CN 101796296 A

1. 一种地热能系统，其包括至少一个埋管换热器和泵，所述至少一个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长同轴管道的细长管子，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，所述至少一个埋管换热器具有沿与垂直方向成3～95度角的基本上倾斜方向延伸的主要部分；所述泵用于根据增加或减少的热量需求沿着所述各埋管换热器的各自第一和第二管道的各自选定方向从所述至少一个埋管换热器选择性地抽取所述工作流体。

2. 根据权利要求1所述的地热能系统，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜10至小于90度的主要部分。

3. 根据权利要求2所述的地热能系统，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜30～60度的主要部分。

4. 根据权利要求3所述的地热能系统，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜约45度的主要部分。

5. 根据权利要求1～4中任一项所述的地热能系统，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都至少具有相对于垂直方向倾斜3～45度的倾斜最高部，并且其中这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

6. 根据权利要求1～5中任一项所述的地热能系统，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，所述倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。

7. 一种操作包括至少一个埋管换热器的地热能系统的方法，所述至少一个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长同轴管道的细长管子，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，所述至少一个埋管换热器具有沿与垂直方向成3～95度角的基本上倾斜方向延伸的主要部分；所述方法包括以下步骤：

根据增加或减少的热量需求沿着所述各埋管换热器的各自第一和第二管道的各自选定方向从所述至少一个埋管换热器选择性地抽取所述工作流体。

8. 根据权利要求7所述的方法，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜10至小于90度的主要部分。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜30～60度的主要部分。

10. 根据权利要求9所述的方法，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜约45度的主要部分。

11. 根据权利要求7～10中任一项所述的方法，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都至少具有相对于垂直方向倾斜3～45度的倾斜最高部，并且其中这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

12. 根据权利要求7～11中任一项所述的方法，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，所述倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。

13. 一种操作包括多个埋管换热器的地热能系统的方法，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端的细长管子，所述方法包括以下步骤：

选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述至少一个第一埋管换热器具有沿基本上垂直方向延伸的主要部分，并且所述至少一个第二埋管换热器具有沿基本上水平方向延伸的主要部分。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其中所述至少一个第一埋管换热器和所述至少一个第二埋管换热器中每一个具有沿基本上倾斜方向延伸的主要部分。

16. 根据权利要求 13 ～ 15 中任一项所述的方法，其中所述第一和第二埋管换热器中至少一个相对于垂直方向平均倾斜 3 ～ 95 度。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中所述第一和第二埋管换热器中至少一个具有相对于垂直方向平均倾斜 30 ～ 60 度的主要部分。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜约 45 度的主要部分。

19. 根据权利要求 13 ～ 18 中任一项所述的方法，其中至少一些所述埋管换热器中每一个都至少具有相对于垂直方向倾斜 3 ～ 45 度的倾斜最高部，并且其中这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

20. 根据权利要求 13 ～ 19 中任一项所述的方法，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，所述倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。

21. 根据权利要求 13 ～ 20 中任一项所述的方法，其中每个细长管子具有在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长管道，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，并且所述埋管换热器与所述工作流体的歧管连接。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其中所述多个埋管换热器中每一个通过与所述歧管连接的阀与所述多个埋管换热器的其它任何一个选择性地连接。

23. 根据权利要求 21 或 22 所述的方法，其中所述歧管被设置成允许所述工作流体沿着所述各埋管换热器的各自选定方向选择性流经选定的一个以上的所述埋管换热器。

24. 根据权利要求 13 ～ 23 中任一项所述的方法，其中所述多个埋管换热器从所述细长管子的中枢地面组件向下且横向延伸进入地下，从而限定包围所述多个埋管换热器的所述地热能系统的占地空间，并且其中所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 10％。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其中所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 5％。

26. 根据权利要求 24 或 25 所述的方法，其中所述中枢地面组件包括与所述埋管换热器的上端连接的刚性结构。

27. 一种地热能系统，其包括多个埋管换热器，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、具有沿基本上垂直方向延伸的主要部分的至少一个第一埋管换热器、具有沿基本上水平方向延伸的主要部分的至少一个第二埋管换热器和具有沿基本上倾斜的方向延伸的主要部分的至少一个第三埋管换热器的细长管子，所述至少一个第一埋管换热器、至少一个第二埋管换热器和至少一个第三埋管换热器中每一个或它们各自的组可单独

与所述工作流体的泵选择性连接，所述泵用于从所述各埋管换热器或组选择性地抽取所述工作流体。

28. 根据权利要求 27 所述的地热能系统，其中每个细长管子具有在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长管道，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围；还包括与所述多个埋管换热器连接的所述工作流体的歧管。

29. 根据权利要求 28 所述的地热能系统，其中所述多个埋管换热器中每一个与所述多个埋管换热器的其它任何一个可选择性地连接。

30. 根据权利要求 29 所述的地热能系统，其中所述歧管被设置成允许所述工作流体沿所述各自埋管换热器的各自选定的方向选择性流经选定的一个以上的所述埋管换热器。

31. 根据权利要求 27 ～ 30 中任一项所述的地热能系统，其中所述多个埋管换热器从所述细长管子的中枢地面组件向下且横向延伸进入地下，从而限定包围所述多个埋管换热器的所述地热能系统的占地空间，并且其中所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 10％。

32. 根据权利要求 31 所述的地热能系统，其中所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 5％。

33. 根据权利要求 31 或 32 所述的地热能系统，其中所述中枢地面组件包括与所述埋管换热器的上端连接的刚性衬套。

34. 根据权利要求 27 ～ 33 中任一项所述的地热能系统，其中所述埋管换热器中至少一个相对于垂直方向平均倾斜 3 ～ 95 度。

35. 根据权利要求 34 所述的地热能系统，其中所述埋管换热器中至少一个具有相对于垂直方向平均倾斜 30 ～ 60 度的主要部分。

36. 根据权利要求 35 所述的地热能系统，其中所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜约 45 度的主要部分。

37. 根据权利要求 27 ～ 36 中任一项所述的地热能系统，其中至少一些所述埋管换热器中每一个都至少具有相对于垂直方向倾斜 3 ～ 45 度的倾斜最高部，并且其中这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

38. 根据权利要求 27 ～ 37 中任一项所述的地热能系统，其中至少一些所述埋管换热器中的每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，所述倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。

39. 一种操作地热能系统的方法，所述地热能系统包括多个埋管换热器，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端的细长管子；与所述多个埋管换热器连接的所述工作流体的歧管；和在所述多个埋管换热器和所述歧管之间连接的多个阀，所述方法包括以下步骤：

利用热虹吸流从至少一个第一埋管换热器到至少一个第二埋管换热器选择性地分配工作流体，从而在所述多个埋管换热器内重新分配热能。

地热能系统和操作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种地热能系统，还涉及一种操作地热能系统的方法。

背景技术

[0002] 一个多世纪以来，地热能在全球以发电和直接供暖的多种形式已被使用了。通常，这些设备位于高焓源岩相对靠近或在地球表面处的火山活动区，例如美国西部、冰岛或菲律宾。很少为人所知但越来越重要的是，近几十年来，低焓地热资源在例如低温涡轮式发电机中的应用和用于供暖、制冷和蓄热的地源热泵 (GSHP) 的使用方面取得了发展。

[0003] 所涉及的基本原理是利用了在地面下约 10 米以下的地层中存在的稳定的热条件。这种稳定性来自于地球质量和源自地球的熔融地核的地热通量。这种热通量实际上是可再生的、取之不尽的，这是因为地球的熔融地核因核衰变而维持着。在受控条件下，通过插入地下且与地面上的热泵连接的管式换热器（单动式或可逆配置）并利用工作流体作为热传递介质，地层可以供应、吸收或贮存大量热能。

[0004] 已知的是，通过安装一个或多个埋管换热器 (BHE) 来吸取低温地热能对建筑物进行供暖，其中每一个埋管换热器均被安装在地下并与热泵 (HP) 连接。该系统应用于在地下与建筑物的内部空间之间操作的可逆制冷循环。在闭路或开路中使用工作流体的各种专门布置已为人们所知。在本领域中这样的系统和方法是已知的，被称作“地源热泵 (GSHP)”技术。

[0005] 地热能系统已投入使用很多年。到 2006 年为止，全世界有近 200 万台设备，主要用于服务小型住户的住房。

[0006] 除了对热泵和有关的供暖 / 制冷能源供给和管理系统进行基本改进之外，在最近 25 年里，更多的研究投入在服务这些系统所必需的埋管换热器 (BHE) 的设计和操作上。BHE 是 GSHP 设备的重要组件，因为 BHE 的建造成本和热效率对设备的经济性能具有重大影响。这段时间已开发出几种基本类型的 BHE，包括在开环或闭环模式下工作的水平和垂直设计。

[0007] 开环系统通常要从地下蓄水层或湖泊或河流的水源处抽取地下水，然后使水通过热泵。接下来，水在地面上被处理或者通过与抽水埋管相距一段距离的专用副埋管再被注入到蓄水层。尽管这些系统本身在热能传递方面具有高效率，然而不得不采取大量措施使侵蚀和维护成本降至最低。此外，因为它们要抽取地下水，然后在当地环境中处理水，所以通常它们要经受非常严格的环境规划控制。

[0008] 由于这个原因，使闭环系统成为优选的。

[0009] 典型的水平 BHE 设计采用了由埋在地面下约 1 米深的长沟渠内的小直径塑料管（所谓的“Slinkies（螺旋管）”）制成的闭环。这里低成本成为推动力，并且如果所需的土地面积是可获得的，则可获得根据沟渠每延米的峰值功率传输能力的比率测得的合理热效率。Slinkies 通常达到的范围为 20-70W/m。

[0010] 然而，存在一些局限性，最突出的是当得不到所需的土地面积时，这是经常发生的情况，特别是开发大容量系统的情况。

[0011] 另外，由于仅在地面下约 1 米左右，所以水平 BHE 对地面气候条件非常敏感，可能会导致性能下降，特别是在夏天用于建筑物制冷系统散热时。然而，Slinky 系统的确具有在热源是诸如湖泊或河流等水体情况下的特别应用。

[0012] 有利地，垂直 BHE 对于进行建造和最终安装均需要非常小的地面面积。在北美和欧洲的大部分地区，包括安装和通常灌浆在深度范围为 10 米～ 100 米的埋管内的 U 形管的垂直 BHE 已突显为最优选择，主要原因是建造简单和相对较低的成本。这些 BHE 的热性能与设计良好的 Slinky 系统的热性能相当，功率传输值的范围也为 20-70W/m。

[0013] 尽管受益于埋管的较大的热稳定性，然而这种设计的限制因素是由于在外套管的外部和内部使用的灌浆、U 形管的小表面积以及埋管壁和 U 形管之间的间隔使得热传导性差而引起的相对较高的热阻。

[0014] 各种 U 形管的设计包括双 U 形管和“立柱”布置，其中 U 形管悬在埋管中，这样允许填充地下水而不是灌浆。立柱设计的建造成本较低，并且往往获得比灌浆的 U 形管更高的效率，但由于埋管稳定性和环境管理的原因，主要受限于不易贯穿的硬岩石地层所存在的区域，例如斯堪的纳维亚 (Scandinavia)。

[0015] 由于它们突出的简单性，多年来 U 形管的设计已被广泛接受作为 GSHP 行业的标准。结果，利用系统设计者和规划者目前可广泛并廉价获得的很多的专用软件和硬件进行的大量研究和开发都集中在 U 形管的设计上。

[0016] 另一种垂直 BHE 以不同名称被称为“同轴”或“同心”配置。在其基本形式中，是一种管中管布置，包括用于排列并支撑埋管壁的外圆柱形套管，在外套管内悬浮安装有较小直径的匹配管子，使其开放端部位于埋管底部上方的短距离处。

[0017] 理想情况下，尽管并非总是如此，然而内管位于外套管的孔的中央，有利于 BHE 内的热量和液压流的最优化。然后，根据设计考虑，通过沿内管向下流动且在内管和外套管之间的环状区域内向上回流或者相反的水循环形成了闭环。热传递通过传导到达环状区域内的水流，效率受益于由外套管提供的水与地层之间的较大的有效接触面积，使液压条件最优化。

[0018] 到目前为止，同轴配置还没有被 GSHP 行业广泛接受。其原因包括较高的投资成本和相对于 U 形管设计复杂的构思。历史上，有限数量的同轴设备完全由不了解 GSHP 市场、不合适的价格结构并缺乏革新的石油、天然气和水井钻探的承包商来完成。

[0019] 因此，以往在 GSHP 行业对同轴系统进行研究与开发相对较少。然而，这种情况目前正在改变，推动力在于与大容量 GSHP 设备的要求相匹配的更高的 BHE 效率。因此，同轴设计的固有优点正逐渐地获得更多的注意。出于同样的原因，相当多的研究机构关注到同轴设计有利于大规模的地热贮存应用。到目前为止，一般来说，垂直 BHE 应用于大型设备是以包括几十或几百个埋管的大型阵列的形式，其中通常采用常规的水井钻探设备钻至 50-200 米的深度，并利用 U 形管来完成。

[0020] 由于需要保持埋管之间的最小间隔，以避免热干扰，所以地面面积要求是值得考虑的。由于上述原因，这种设计方法的整体钻井和操作效率低。

[0021] 在过去的 25 年，已有很多 BHE 的设计。大多数闭路 GSHP 设备利用垂直 BHE 的两种主要的实用设计，第一种是所谓的 U 形管（通常是柔软的塑料管的环路），第二种是同轴（管中管）设计。同轴设计已知的是具有更高热效率的几何形状，但由于安装过程中需要

重型设备而对于大多数安装者而言不实用。然而，工业规模的项目能够支持同轴设计。BHE的这两种类型均填充工作流体，通常是含有防冻剂的水。

[0022] 目前的标准做法包括在几百平方米的地面上钻出几十或几百个浅（例如100米）的钻孔（“U型管”），或将几千米的塑料管安装在浅（1～2米）的沟渠（“Slinkies”）内。现行做法所带来的成本、不便和可用土地面积的减少已成为特别是在英国地热能应用普及的障碍。

[0023] 近来，已建成具有较大供暖/制冷要求的BHE设备，需要多个U形管设备，例如达到6000个BHE。U形管类型的BHE立柱为了限制彼此之间的热干扰需要与相邻的BHE间隔至少4米的距离。同轴几何形状的BHE增加的热效率要求BHE之间的彼此间隔更大。因此，工业规模或商业建筑物用的任何类型的BHE设备可能需要用于安装所需的所有BHE和必要的相互间隔的几英亩或甚至几公顷的相邻土地。

[0024] 已知的是，所有类型的多个垂直BHE彼此平行地安装在地下的预定深度。BHE垂直长度的邻近引入了所谓的“干预损失”，从而减少每个BHE的有效热能传递，因此降低了整个设备的热效率。

[0025] BHE设备设有地面收集系统，用于从大量建筑物收集热能或向其分配热能。这样的地面收集系统除了总垂直管的长度之外会增加高达100％的管子长度，用于地面热传递过程。这种额外的地面管子造成持续的操作损失，如热能和压力损失。这反过来需要弥补操作损失的额外电能，以及为了额外的地面收集系统的建设和维护而增加的成本。长期以来，这成为大型GSHP设备的限制因素。

发明内容

[0026] 本发明提供一种地热能系统，其包括至少一个埋管换热器和泵，所述至少一个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长同轴管道的细长管子，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，所述至少一个埋管换热器具有沿与垂直方向成3～95度角的基本上倾斜方向延伸的主要部分；所述泵用于根据增加或减少的热量需求沿着所述各埋管换热器的各自第一和第二管道的各自选定方向从所述至少一个埋管换热器选择性地抽取所述工作流体。

[0027] 优选地，所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜10至小于90度的主要部分。

[0028] 更优选地，所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜30～60度的主要部分。

[0029] 再更优选地，所述至少一个埋管换热器具有相对于垂直方向平均倾斜约45度的主要部分。

[0030] 可选地，至少一些所述埋管换热器中的每一个都至少具有相对于垂直方向倾斜3～45度（更通常5～20度）的倾斜最高部，并且其中这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

[0031] 可选地，至少一些所述埋管换热器中的每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，所述倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。这使埋管倾斜度在初始的地下环形区之下沿着埋管换热器

的主要长度变化。

[0032] 优选地，每个埋管换热器的大部分长度与其它埋管换热器相互间隔，从而相互间不受热影响。

[0033] 优选地，每个埋管换热器的大部分长度与其它埋管换热器相互间隔距离至少 4 米。

[0034] 优选地，至少一个所述多个埋管换热器的垂直深度为至少 5 米，更优选至少 10 米。

[0035] 优选地，至少一个所述多个埋管换热器的垂直深度为至少 100 米。

[0036] 本发明还提供一种地热能系统，其包括多个埋管换热器，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、具有沿基本上垂直方向延伸的主要部分的至少一个第一埋管换热器、具有沿基本上水平方向延伸的主要部分的至少一个第二埋管换热器和具有沿基本上倾斜的方向延伸的主要部分的至少一个第三埋管换热器的细长管子，所述至少一个第一埋管换热器、至少一个第二埋管换热器和至少一个第三埋管换热器中每一个或它们各自的组可单独与所述工作流体的泵选择性连接，所述泵用于从所述各埋管换热器或组选择性地抽取所述工作流体。

[0037] 优选地，每个细长管子具有在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长管道，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围；还包括与所述多个埋管换热器连接的所述工作流体的歧管。

[0038] 优选地，所述多个埋管换热器中每一个与所述多个埋管换热器的其它任何一个选择性地连接。

[0039] 优选地，所述歧管被设置成允许所述工作流体沿所述各自埋管换热器的各自选定的方向选择性流经选定的一个以上的所述埋管换热器。

[0040] 优选地，所述多个埋管换热器从所述细长管子的中枢地面组件向下且横向延伸进入地下，从而限定包围所述多个埋管换热器的所述地热能系统的占地空间，并且其中所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 10％。

[0041] 优选地，所述中枢地面组件的覆盖区小于所述地热能系统的占地空间的覆盖区的 5％。

[0042] 优选地，所述中枢地面组件包括与所述埋管换热器的上端连接的刚性衬套。

[0043] 本发明还提供一种操作包括多个埋管换热器的地热能系统的方法，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端的细长管子，所述方法包括以下步骤：

[0044] 选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0045] 优选地，所述至少一个第一埋管换热器具有沿基本上垂直方向延伸的主要部分，并且所述至少一个第二埋管换热器具有沿基本上水平方向延伸的主要部分。

[0046] 优选地，所述至少一个第一埋管换热器和所述至少一个第二埋管换热器中每一个具有沿基本上倾斜方向延伸的主要部分。

[0047] 优选地，每个细长管子具有在所述底端相互连接的相邻的第一和第二伸长管道，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，并且所述埋管换热器与所述工作流体的歧管连接。

[0048] 优选地，所述多个埋管换热器中每一个通过与所述歧管连接的阀与所述多个埋管

换热器的其它任何一个选择性地连接。

[0049] 优选地，所述歧管被设置成允许所述工作流体沿所述各自埋管换热器的各自选定的方向选择性流经选定的一个以上的所述埋管换热器。

[0050] 本发明还提供一种操作地热能系统的方法，所述地热能系统包括多个埋管换热器，每个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端；与所述多个埋管换热器连接的工作流体的歧管；和在所述多个埋管换热器和所述歧管之间连接的多个阀，所述方法包括以下步骤：

[0051] 利用热虹吸流从至少一个第一埋管换热器到至少一个第二埋管换热器选择性地分配工作流体，从而在所述多个埋管换热器内重新分配热能。

[0052] 本发明还提供一种操作包括至少一个埋管换热器的地热能系统的方法，所述至少一个埋管换热器含有工作流体，并包括具有封闭底端、在所述底端相互连接的相邻的第一和第二细长同轴管道的细长管子，所述第一管道呈管状并被呈环形的所述第二管道包围，所述至少一个埋管换热器具有沿与垂直方向成 3 ～ 95 度角的基本上倾斜方向延伸的主要部分；所述方法包括以下步骤：

[0053] 根据增加或减少的热量需求沿着所述各埋管换热器的各自第一和第二管道的各自选定方向从所述至少一个埋管换热器选择性地抽取所述工作流体。

[0054] 特别地，本发明的优选实施例涉及一种方法和设备，将一个以上的埋管换热器从有限的地面空间扩展进入地层中，然后能够大规模获取低焓地热能，并且还能够选择性地将工业上的多余能源释放到地层中作为热能贮存。

[0055] 本发明的优选实施例可以提供与现有和新建造的建筑服务系统精确匹配的低焓、地热能贮存和恢复设备，向工业或社区规模的宽泛范围建筑物提供采暖、制冷、通风和热水服务，具有非常高的效率、低碳排放和紧凑型地面覆盖区。此外，该设备根据相关建筑物随时间变化的供暖和制冷需求可以主要地和选择性地作为热能源、冷源或储热源操作。

[0056] 通过在系统内设置多个闭环埋管换热器，可选择性地 (a) 使流体在任何埋管换热器内沿选定方向流动；和 / 或 (b) 究竟选择多个埋管换热器中哪一个将要操作或沿选定流体流向操作；和 / 或 (c) 在多个闭环的埋管换热器内，在给定的埋管换热器内和 / 或在多个埋管换热器内设置不同倾斜度，提供了可选择性地构成具有可控热性能的热能源、冷源或储热源的多用途的节能系统。

[0057] 该设备还可以在相邻建筑物和设施之间进行热能的有效交换以节约可用能源。此外，该设备还可以包括诸如地下蓄水层、邻近的水库或抽水系统等额外的热能源或冷源，并容易与其它可再生能源和其它供暖或制冷负载结合起来，从而进一步减少总的碳排放量。

[0058] 很多现有技术文献已披露了地热能系统的各个方面，但是所公开的系统和操作它们的方法存在很多技术限制。

[0059] 例如，GB 1496075(Erda Energy) 包括图 1 ～图 4，披露了将热流体引入水库的地热井。这些井可以通过阀单独被打开。然而，没有换热器。没有包括埋管换热器的闭环系统。图 5 和图 6 公开了埋管换热器。然而，该系统的应用非常有限，因为仅能沿一个方向驱动流体。另外，换热器具有相同的倾斜度，并且地面组件具有相对较大的覆盖区。该文献没有公开根据增加或减少的热量需求选择换热器。所披露的设备是热源，然而没有公开选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。该文献

没有公开在多个埋管换热器内重新分配热能。

[0060] JP 9-60985(Susawa) 披露了一种使用换热器释放热量的系统，例如用于使雪融化，而不是重新获得地热的热量，用于对建筑物供暖或用于排出建筑物的热量。用于重新获得地热能的地下安装的换热器是垂直的。它们向水平的辐射状管子释放能量。尽管换热器通过阀连接，然而没有公开管道通过阀与歧管可选择性地连接以便通过转换流体通过各换热器的流向可选择性地单独驱动每个埋管换热器在供暖或制冷模式，达到所需程度。另外，换热器具有相同的倾斜度，并且地面组件具有相对较大的覆盖区。

[0061] GB 2045909(Schmidt) 披露了沿单一流向驱动同轴埋管换热器的热泵设备。多个同轴换热器具有不同的恒定倾斜度，呈半球星形阵列。管子是一样直而短的。没有公开根据增加或减少的热量需求沿不同方向选择性抽取，以便选择性地连接朝向不同方向的换热器。所披露的设备是热源，而没有公开选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0062] WO 82/02935(Jovy)、DE 3048870(Neumann)、DE 3114262(Welte) 和 JP 57-58024(Misawa) 类似地披露了作为热源的地热热泵设备，其中沿单一流向驱动呈辐射状或星形阵列的一样直而短的埋管换热器。

[0063] FR 2456919(Svenska Flaktfabriken) 披露了一种带有辐射状倾斜管子阵列的地热系统。另外，换热器具有相同的倾斜度，并且地面组件具有相对较大的覆盖区。尽管该吸热设备可操作从地下重新获得热量或向地下传输热量，但因为工作流体存在单一回路，而没有公开一个换热器可用作热源而另一个可同时用作冷源（由此从一个向另一个传输热）。因此，没有公开选择性使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0064] EP 1048820(Flowtex) 披露了一种地热系统，具有与单一垂直管子和单一地面站连接的随机相互连接的管子系统，或者具有在两个地面站之间延伸的单一管子。地面组件具有相对较大的覆盖区。没有公开多个换热器的多种方向。

[0065] WO2007/097701(SEEC) 披露了一种供暖 / 制冷设备，其具有控制阀以便在多个埋管换热器内引导工作流体内循环和外循环的控制设备，但不是根据建筑物的热量状况。控制设备以补充模式（冷源）或获取模式（热源）在多个埋管换热器内分配工作流体，然而没有公开一个换热器可以用作热源，而另一个换热器同时可用作冷源（由此从一个向另一个传输热量）。因此，没有公开选择性使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0066] GB 2434200(Roxbury) 披露了一种地热能系统的换热器，但是该换热器不带有用于根据建筑物的热量状况在多个埋管换热器内分配工作流体的控制模块。由于换热器不带有用于在多个埋管换热器内分配工作流体的控制模块，因此不能选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0067] FR 2817024(Solterm) 披露了一种地热系统，其具有倾斜度不变呈一定角度的扇形阵列的多个同轴换热器。相邻换热器可具有不同的倾斜度。管子是一样直而短的。没有公开埋管深度、一个埋管中的倾斜度不同或单独可控以便控制热量恢复的不同埋管的倾斜度不同。另外，没有公开根据增加或减少热量需求沿不同方向选择性抽取流体。仅显示了一个流向。尽管说明了热泵可选择性地操作在供暖模式或相反地操作在空调模式下，然而

没有公开通过换热器正向和逆向抽取流体。

[0068] EP 1808570(Soilmec) 披露了一种具有倾斜度不变、刚刚超出地平线、从初始的垂直线远离初始的辐射状部分的同轴埋管换热器的地热系统。没有公开埋管深度、一个埋管中的倾斜度不同或单独可控以便控制热量恢复的不同埋管的倾斜度不同。另外，没有公开根据增加或减少热量需求沿不同方向选择性抽取流体的方法。图 1 ～图 2 的封闭系统仅显示了一个流向。然而，图 3 和图 4 说明了流向可以相反，然而这仅仅是在开放系统中，从而使流体从外环形管道流入岩层中。

[0069] WO 03/069240(Bobbasmill) 披露了一种包括单一地热源的组合的供暖和制冷单元，其可选择性地用作冷源或热源。然而，没有公开设置多个埋管换热器以及一个这样的埋管换热器可用作热源而另一个这样的埋管换热器同时可用作冷源（由此从一个向另一个传输热量）。因此，没有公开选择性地使用至少一个第一埋管换热器作为热源和至少一个第二埋管换热器作为冷源。

[0070] US 4134462(Clay) 披露了一种用作热源的地热能回收系统。该文献没有公开在多个埋管换热器内重新分配热能。

附图说明

[0071] 下面仅通过例子并参照附图对本发明的实施例进行说明，在附图中：

[0072] 图 1 是根据本发明第一实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性立体图；

[0073] 图 2 是根据本发明第二实施例的地热能系统的埋管换热器的示意性立体图；

[0074] 图 3 是根据本发明第三实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性立体图；

[0075] 图 4 是根据本发明第四实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性立体图；

[0076] 图 5 是根据本发明第五实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性立体图；

[0077] 图 6 是根据本发明第六实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性平面图；

[0078] 图 7 是根据本发明第七实施例的地热能系统的埋管换热器阵列的示意性平面图；

[0079] 图 8 是示出根据本发明第八实施例的地热能系统在地面组件的覆盖区与占地空间的覆盖区之间的关系的示意性平面图；

[0080] 图 9 是示出根据本发明第九实施例的地热能系统的埋管换热器真实垂直深度与沿着埋管测得的深度之间的示意性正视图；

[0081] 图 10 是示出根据本发明第十实施例的地热能系统的埋管换热器的各个井段的示意性正视图；

[0082] 图 11 是示出根据本发明第十一实施例的地热能系统的埋管换热器的其它各个井段的的示意性正视图；

[0083] 图 12(a)、(b) 和 (c) 是分别示出根据本发明其它实施例的地热能系统的多个埋管换热器的一组衬套的示意性平面图；

[0084] 图 13(a)、(b)、(c)、(d)、(e) 和 (f) 是分别示出根据本发明其它实施例的地热能系统的多个埋管换热器的阵列配置的示意性平面图；

[0085] 图 14(a) 和 (b) 是示出根据本发明其它实施例的地热能系统的中枢歧管单元的示意图；

[0086] 图 15 详细地示意性示出在本发明的各实施例中使用的埋管换热器的实施例的结

构；以及

[0087] 图 16 示意性示出根据本发明另一实施例的地热能系统。

具体实施方式

[0088] 本发明优选实施例的系统的核心是埋管换热器 (BHE)（最优选是同轴埋管换热器）的紧凑型阵列或多个阵列，埋管换热器安装在从靠近所服务的建筑物的包括一个或多个小的衬套的刚性结构（优选为混凝土）定向钻出的埋管中。根据主要目的是提供供暖和 / 或制冷，可以将埋管换热器垂直地、倾斜地或水平地安装在地层中。

[0089] 通过浅的水平埋管换热器来提供最佳制冷，通过深的垂直埋管换热器来输送最佳供暖，通过以与垂直方向成一定角度（最通常为 45 度）倾斜的埋管换热器来供应最佳的供暖和制冷组合。此外，根据设计要求，可以将一个埋管换热器从地面下的一些点分成两个或更多的分支（多腿完备化）。

[0090] 在优选实施例的埋管换热器阵列的设计方面还需要考虑的是基床位面的空间方向、孔隙度和渗透率，尤其是大断裂，它们是那个区域的地层特征。通过利用地下水积聚和地下流动沿着最有利方向以物理方式截断地层的方式来钻孔，该方法提供了增加埋管换热器的热效率的机会。

[0091] 虽然通常埋管换热器的垂直深度范围为地面以下 10 ～ 750 米，然而可以有更深的深度。在埋管换热器阵列中，通常至少一个埋管换热器延伸到垂直深度为至少 100 米，可达到 750 米。

[0092] 参照图 1，图中示意性示出根据本发明第一实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 2 是二维的，包括七个埋管换热器 4、6、8、10、12、14、16，每个埋管换热器在其上端与中枢公共歧管单元 18 连接。优选地，正如在现有技术中是已知的并在此讨论的，每个埋管换热器 4、6、8、10、12、14、16 具有同轴构造。埋管换热器 4、6、8、10、12、14、16 中每一个具有从歧管单元 18 向下延伸的基本上垂直的第一顶部 A；向下且横向远离歧管单元 18 延伸的基本上略微倾斜的、通常偏离垂直方向 30 ～ 60 度角（更优选成 45 度角）的第二中部 B；和进一步向下且横向远离歧管单元 18 延伸的、通常以偏离垂直方向大于 60 度的角度的大坡度倾斜的第三下部 C。对于任何一个给定的埋管换热器以及在埋管换热器之间，各部分的长度和倾斜度可以不同。阵列 2 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。通常，下部 C 的底端 20、22、24、26、28、30、32 彼此间隔至少 20 米，并且整个阵列 2 的横向宽度为至少 120 米。利用油气钻探技术中已知的与钻孔方位有关的定向钻井的技术术语，将顶部 A 称作造斜井段，将中部 B 称作稳斜井段，将下部 C 称作降斜井段。

[0093] 参照图 2，图中示意性示出根据本发明第二实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 34 是三维的，包括五个同轴 36、38、40、42、44，每个埋管换热器在其上端与衬套 46 形式的刚性结构（优选混凝土）连接，该刚性结构与中枢公共歧管单元（图未示）连接。中央埋管换热器 40 在其整个长度（通常为至少 150 米）上从衬套 46 向下基本上垂直地延伸。其余四个埋管换热器 36、38、42、44 以方形配置基本对称地排列着，并且每个埋管换热器具有从衬套 46 向下延伸的基本上垂直的第一顶部 A；向下且横向远离衬套 46 延伸的基本上略微倾斜的第二中部 B；和进一步向下且横向远离衬套 46 延伸的大坡度倾斜的第三下

部 C。埋管换热器的各部分的长度和倾斜度可以不同。阵列 34 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。通常，埋管换热器 36、38、42、44 的下部 C 的底端 46、48、50、52 沿方形配置的侧边彼此间隔至少 100 米，且沿方形配置的对角线至少 200 米。

[0094] 参照图 3，图中示意性示出根据本发明第三实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 54 是三维的，包括四个同轴埋管换热器 56、58、60、62，每个埋管换热器在其上端与衬套 64 形式的刚性结构（优选混凝土）连接，该刚性结构与中枢公共歧管单元（图未示）连接。朝向基本相同方向的四个埋管换热器 56、58、60、62 以扇状配置排列着，并且每个埋管换热器具有从衬套 64 向下延伸的基本上垂直的第一顶部 A；向下且横向远离衬套 64 延伸的基本上倾斜的第二中部 B；和进一步横向远离衬套 64 延伸的基本上水平的第三下部 C。埋管换热器的各部分的长度和倾斜度可以不同。阵列 64 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。通常，埋管换热器 56、58、60、62 的下部 C 的底端 66、68、70、72 彼此间隔至少 20 米，埋管换热器 56、58、60、62 的深度为至少 150 米，且埋管换热器 56、58、60、62 远离衬套 64 的横向延伸量为至少 100 米。

[0095] 参照图 4，图中示意性示出根据本发明第四实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 74 是三维的，包括六个同轴埋管换热器 76、78、80、82、84、86，每个埋管换热器在其上端与衬套 88 形式的刚性结构（优选混凝土）连接，该刚性结构与中枢公共歧管单元（图未示）连接。基本上沿径向远离衬套 88 且彼此等距地延伸的六个埋管换热器 76、78、80、82、84、86 以星形配置排列着。每个埋管换热器 76、78、80、82、84、86 具有从衬套 88 向下延伸的基本上垂直的第一顶部 A，和向下且横向远离衬套 88 延伸的基本上倾斜的第二下部 B。埋管换热器 76、78、80、82、84、86 基本呈 L 形，并且下部 B 基本上呈水平以满足制冷需求。埋管换热器的各部分的长度和倾斜度可以不同。阵列 74 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。通常，埋管换热器 76、78、80、82、84、86 的下部 B 的底端 90、92、94、96、98、100 彼此间隔，这样埋管换热器 76、78、80、82、84、86 的深度为至少 50 米，且阵列 74 的总的横向延伸量为至少 200 米。

[0096] 参照图 5，图中示意性示出根据本发明第五实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 102 是三维的，包括四个同轴埋管换热器 104、106、108、110，每个埋管换热器在其上端与衬套 112 形式的刚性结构（优选混凝土）连接，该刚性结构与中枢公共歧管单元（图未示）连接。沿其长度基本上对齐的四个埋管换热器 104、106、108、110 以基本上直线配置排列着。每个埋管换热器除了与衬套 112 连接的初始大角度弯曲的连接部 114 之外，还具有向下且横向远离衬套 112 延伸的一个基本倾斜部。埋管换热器的长度和倾斜度可以不同。阵列 102 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。

[0097] 参照图 6，图中示意性示出根据本发明第六实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 116 是三维的，包括六个同轴埋管换热器 118、120、122、124、126、128（还可以设置另一个垂直埋管换热器，图未示），每个埋管换热器在其上端与衬套 138（优选混凝土）连接，衬套 138 与中枢公共歧管单元（图未示）连接。基本上沿径向远离衬套 138 延伸的六个埋管换热器 118、120、122、124、126、128 以星形配置排列着。每个埋管换热器 118、120、122、124、126、128 可以具有例如上文的图 4 实施例的垂直和倾斜配置。在该实施例中，六

个埋管换热器 118、120、122、124、126、128 沿横向、特别是沿径向的延伸量不同。径向延伸量被划分成半径逐渐增大的多个环形区。例如，环形区 1 的半径小于 30 米，环形区 2 的半径为至少 30 米，环形区 3 的半径为至少 55 米，环形区 4 的半径为至少 65 米，环形区 5 的半径为至少 85 米。六个埋管换热器 118、120、122、124、126、128 延伸至不同的环形区内，优选地，每个埋管换热器 118、120、122、124、126、128 分别延伸至不同的环形区内。这样，阵列 116 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。

[0098] 参照图 7，图中示意性示出根据本发明第七实施例的地热能系统的埋管换热器阵列。阵列 132 是三维的，包括四个同轴埋管换热器 134、136、138、140，每个埋管换热器在其上端与衬套 142（优选混凝土）连接，衬套 142 与中枢公共歧管单元（图未示）连接。四个埋管换热器 134、136、138、140 以使其沿横向被包围在地产边界线 144 内的配置排列着，其中地产边界线 144 包含了地热能系统将要服务的建筑物 146。因此，地热能系统的占地空间的覆盖区在地产边界线以内。衬套 142 位于靠近建筑物 146 的位置，这样的目的是便于维护等。衬套 142 的覆盖区比地热能系统的占地空间的覆盖区小很多，通常小于 10%（更优选小于 5%，再更优选小于 1%）的地热能系统的占地空间的覆盖区。另外，阵列 132 被构造并确定尺寸，以在埋管换热器之间彼此间隔，使它们中的每一个基本上不会受到热影响。

[0099] 在上述任一实施例中的埋管换热器阵列中，以及在本发明中使用的任何其它阵列中，可以使用“斜向”钻探设备开始钻孔，借助该设备以偏离垂直方向 5° ～ 20° 的倾斜度进行初始钻孔。在钻孔开始之后，钻孔角度可以保持不变，可以连续增加，或者可以减小，逐渐深入部分的角度根据建筑面积的大小和埋管换热器的数量而定。利用该技术提供了可以在较浅深度处增加相邻埋管之间的地下间距的技术效果。反过来，这样提供了在埋管的预定长度上增加有效可用的孔的技术优势。

[0100] 在这些实施例中，至少一些埋管换热器中每一个都至少具有与垂直方向成 3 ～ 45 度（常常 5 ～ 20 度）倾斜度的倾斜最高部，并且这些倾斜最高部在所述阵列的地下环形区内从相邻的倾斜最高部发散。

[0101] 在一些实施例中，至少一些埋管换热器中每一个都具有相对于垂直方向不同的倾斜度，倾斜度不同的埋管换热器在线性最高部的下方具有倾斜度逐渐变化的至少一个部分或相互倾斜的至少两个部分。这使埋管倾斜度在初始的地下环形区之下沿着埋管换热器的主要长度变化。

[0102] 参照图 8，图中示意性示出根据本发明第八实施例的地热能系统的平面图。地热能系统由点 A、B、C 和 D 限定的区域 A1 表示的衬套的覆盖区小于由点 S、T、U、V、W、X、Y 和 Z 限定的区域 A2 表示的占地空间的覆盖区，优选小得多，通常小于 10%，更优选小于 5%，最优选小于 1%。换句话说，A2/A1 之比大于 1。点 A-D 表示外套管的轴的最上部坐标。点 S-Z 表示外套管的轴的底孔的坐标。

[0103] 参照图 9，图中示出根据本发明第九实施例的地热能系统的埋管换热器的真实垂直深度 (TVD) 与沿着埋管测得的深度 (MD) 之间的示意性正视图。由于换热器具有水平方向延伸的水平组件，因此换热器具有横向延伸量。因此，从地面测得的深度与真实垂直深度之比大于 1。每个埋管换热器的垂直深度可以为 5 米～ 750 米，更优选 10 米～ 750 米，但通常至少一个埋管换热器的垂直深度为至少 100 米。如图 9 所示，埋管换热器具有相对于垂

直方向的平均角度的倾斜度，埋管换热器的主要部分偏离垂直方向 3 ～ 95 度，更优选偏离垂直方向 5 ～ 95 度，再更优选偏离垂直方向 10 ～ 90 度，还更优选偏离垂直方向 30 ～ 60 度，最通常偏离垂直方向约 45 度。然而，埋管换热器的任何部分可以偏离垂直方向 3 ～ 95 度，换句话说，可以是从刚刚偏离垂直方向至刚刚超过水平方向的范围。这样的埋管换热器配置可用于本发明的其它实施例中。

[0104] 图 10 和图 11 示出可用于本发明其它实施例中的其它埋管换热器配置。这样的埋管换热器配置可以利用油井和气井钻探业中公知的钻探技术形成。另外，埋管换热器的任何部分可以偏离垂直方向 3 ～ 95 度，换句话说，可以是从刚刚偏离垂直方向至刚刚超过水平方向的范围。

[0105] 首先，参照图 10，显示为 (a) 的第一种类型 152 包括从地面 GL 向下延伸的上垂直部 154，即造斜井段，和较低的稳定倾斜部 156，即稳斜井段，偏离垂直方向的倾斜角优选为 30 ～ 60 度，最典型地偏离垂直方向约 45 度。显示为 (b) 的第二种类型 158 包括上垂直部 160，即造斜井段，和中间的稳定倾斜部 162，即稳斜井段，偏离垂直方向的倾斜角优选为 30 ～ 60 度，最典型地偏离垂直方向约 45 度，和下垂直部 164，即降斜井段。显示为 (c) 的第三种类型 166 包括上稳定倾斜部 168，即稳斜井段，偏离垂直方向的倾斜角优选为 30 ～ 60 度，最典型地偏离垂直方向约 45 度，和下水平部 170。显示为 (d) 的第四种类型 172 包括上垂直部 174，即造斜井段，和下水平部 176。

[0106] 其次，参照图 11，显示为 (e) 的第五种类型 178 包括从地面 GL 向下延伸的单一的稳定倾斜部 180，偏离垂直方向的倾斜角优选为 30 ～ 60 度，最典型地偏离垂直方向约 45 度。显示为 (f) 的第六种类型 182 包括单一的垂直部 184。

[0107] 例如，地热能系统可以包括多个埋管换热器和与所述多个埋管换热器连接的工作流体用的歧管（图未示），其中至少一个第一埋管换热器是主要部分沿基本上垂直方向延伸的第二种类型 158 和 / 或第六种类型 182，至少一个第二埋管换热器是主要部分沿基本上水平方向延伸的第三种类型 166 和 / 或第四种类型 172，至少一个第三埋管换热器是主要部分沿基本上倾斜的方向延伸的第一种类型 152 和 / 或第五种类型 178。对于这样的阵列而言，通过根据建筑物的增加或减少的热需求来控制阀，使至少一个第一、第二和第三埋管换热器可选择性地与歧管连接。

[0108] 参照图 12 和图 13，示出了与多个埋管换热器连接的各种衬套配置。图 12 的衬套配置是弧形 (a)、梯形 (b) 和方形 (c)。图 13 的衬套配置是方形 (a)、十字形 (b)、直线形 (c)、弧形 (d)、矩形 (e) 和圆形 (f)。

[0109] 参照图 14，示出了中枢歧管单元 186，其可以组合到根据本发明的地热能系统的埋管换热器阵列的各实施例中。中枢歧管单元 186 包括在使用时与建筑物的供暖 / 制冷系统（图未示）连接的工作流体的进口 188 和出口 190。进口 188 与在第一进口管线 194 上的一组第一进口阀 192a-i 和在平行于第一进口管线 194 的第二进口管线 198 上的一组第二进口阀 196a-h 连接。第一进口阀 192a-i 和第二进口阀 196a-h 中每一个的出口侧与各埋管换热器（在该实施例中有与中枢歧管单元 186 连接的九个埋管换热器）的各供应管线 197a-i 连接。出口 190 与出口管线 200 上的一组出口阀 198a-i 连接。出口阀 198a-i 中每一个的进口侧与各埋管换热器的各回流管线 202a-i 连接。供应管线 197a-i 和回流管线 202a-i 选择性地供应工作流体至各埋管换热器和从各埋管换热器回流工作流体。然而，可

选择性地使每个埋管换热器以反向流动配置操作，其中各供应和回流管线的功能相反。

[0110] 每个阀 192、196、198 包括致动器（图未示）并可独立地致动。因此，通过歧管单元 186 的阀可选择性地控制阵列的每个埋管换热器，以向前或相反流动配置驱动各埋管换热器。此外，每个埋管换热器可以与任何其它埋管换热器或多个埋管换热器连接，从而将埋管换热器相互连接成所需的相互连接配置。任何埋管换热器可选择性地被关闭，由此使工作流体绕过被选定的埋管换热器。

[0111] 图 15 详细地示出在本发明的各实施例中使用的优选埋管换热器的结构。埋管换热器 300 被构造成安装在钻至所需深度和轨迹的埋管 306 中的外套管 302 和内管 304 的同轴布置。在外套管 302 被放下至埋管 306 中后，将热优化的接合剂 308 泵入外套管 302 和埋管壁 312 之间的环状区域 310，以确保结构完整性并使埋管换热器 300 与地质构造液压隔离，特别是与任何可能横越埋管的地下水域隔离。外套管 302 的底端 314 密封有底塞 316，并用接合剂粘接以完成隔离。

[0112] 通过沿内管 304 以一定间隔定位的定心翅片 318 使内管 304 位于外套管 302 的中央，并且内管 304 在底塞 314 的上方留有短间距的“开口端”，从而建立用于用作热能传递介质的工作流体（基于水的）循环的有效、闭环通路。这些翅片 318 还用作诱发在外套管 302 和内管 304 之间的埋管换热器环状区域 320 内的流动特性的机械式“湍流器”，从而适当地增强将地热能传递至地层或从地层传递地热能，同时使压力损失减到最小。通常，尽管基于精确应用在地面控制模块的控制下使工作流体向下泵入环状区域 320（箭头 A）并使其向上回流至内管 304（箭头 B）到达地面，然而在一些情况下循环方向可以相反以提供最佳性能。

[0113] 例如，温度传感器 322 可以在沿着埋管换热器 300 长度上的各间隔处与埋管换热器 300 连接。

[0114] 值得注意的是，埋管换热器的效率直接与在埋管换热器中任意点处地质层温度和环状区域 320 中的工作流体之间的温差有关。因此，为了有效地捕集热量，进入埋管换热器的工作流体应为尽可能低的温度，并将埋管换热器安装在尽可能实现的深度（例如 450 米），以便利用地热梯度。反过来，在制冷模式中为了有效地散热，工作流体应为可达到的最高温度，并将埋管换热器水平安装在较浅的深度（例如 50-100 米）。

[0115] 埋管换热器设计的特征在于，使用从最初为在油气生产业中应用而开发出的商用计算机模型获得的准确选定的材料、尺寸和操作参数。这些模型能够在考虑了所有地质的、物质的、液压的和热的参数的情况下模拟同轴、闭环循环系统（特别是埋管换热器）的热响应。模型输出包括任何特定的能源需求的流量、压力损失和热响应曲线（例如温度 - 时间），从而使埋管换热器的设计和操作能精确地匹配每个特定建筑物的要求。

[0116] 目前，指定的外套管 302 的材料是具有高导热性和机械强度的碳钢。内管 304 被指定为厚壁的热塑性塑料，其具有隔热的低传导率并使将地热能传递至地面的工作流体的热“短路”现象降至最低，由此增加了埋管换热器 300 的整体热效率。

[0117] 利用先进的计算机模型对众多 BHE 配置的大量模拟已经证实，埋管换热器 300 的热功率传递能力远远高于到目前为止常规 U 形管埋管换热器所能达到的传递能力。例如，根据建筑服务性设计的需求状况可得到范围为 80 ～ 180W/m 的平均线性功率输出。正如在此所述的，将其与通常输出为 20-70W/m 的典型的 U 形管或“Slinky”设备进行比较。

[0118] 虽然为了使阵列中的单个埋管换热器的效率高，重要的是不仅监测和调节到达和

来自建筑服务连接处的流量和温度，而且在某些情况下为了使整体性能最佳还要监测和调节各埋管换热器之间的流量和温度，由此不受约束地满足建筑物多样化的能源需求。这通过地面控制模块 (SCM) 来实现，该地面控制模块包括安装于衬套上或位于地面处靠近阵列的井口中的中枢公共歧管单元。在安装了多于一个阵列的情况下，根据整体设计要求可以存在多于一个的 SCM。

[0119] 参照图 16，在地面控制模块 400 内安装有作为中枢歧管单元 401 的一部分或与中枢歧管单元 401 连接并由微处理器 410 控制的阀 402、压力表 404、温度传感器 406 和流量传感器 408，微处理器 410 上写有程序，使与衬套 413 连接的埋管换热器的阵列 412 维持最佳能源平衡并将所需温度的工作流体输送至建筑物服务设备 418。泵 419 设置用于通过埋管换热器的阵列 412 抽取工作流体，泵 419 通常位于建筑物服务设备 418 中。此外，传输到建筑物服务设备的热能在地面控制模块 400 的输出处由仪表 420 测出。软件安装在微处理器 410 内，其绘制阵列 412 针对不同的建筑物能源需求的响应，并且与建筑物管理系统 422 相兼容。根据需求状况的变化或为了进行升级，可以修改并重新安装该软件。

[0120] 在设备的操作期间，在地面控制模块 400 的输出处可获得任何给定时刻所需温度的工作流体。然后将该工作流体输送至机房 424，主热泵单元 426 安装在该机房内，机房通常位于建筑物的地下室。同时，到达机房 424 的输出端并已被用过的工作流体将回流至地面控制模块 400，再注入到阵列 412 内。该任务通过通常被埋在地面下 1-2 米并确保在传递过程中热量和液压能源损失最小的预隔热的热塑性塑料管网执行。

[0121] 建筑物服务设备 418 在设计方面理论上考虑了很多因素，目的在于将现有能源有效的构建技术和可再生能源组合，以符合或者如果需要以成本有效方式超过地方和国家当局规定的日益严格的二氧化碳减排目标。同时，维持建筑物内全年舒适环境和提供所需的热水供应的目标当然是主要的设计目的。

[0122] 对于任何给定的单一埋管换热器安装设备而言，假设诸如埋管换热器热阻、地层岩性和地层热特性等所有其它相关变量是常数，那么其热响应曲线（输出温度 - 时间）是工作流体流量、工作流体输入温度和工作流体操作周期（在给定时间段的“on”时间段 -“off”时间段的持续时间和频率）的函数。因此，通过改变形成埋管换热器的热响应曲线的一个以上的参数（即，工作流体流量和流向、输入温度和操作周期）可以修正热响应曲线。此外，多个埋管换热器的热响应曲线可通过在所述多个埋管换热器内选择性分配工作流体来组合并修正。

[0123] 每个埋管换热器或多个埋管换热器的热响应曲线可以在工作流体流量 (0-10 升 / 秒）、流向（向前或逆向）和输入温度 (-10 ～ +40℃）的设想的操作范围内绘制出来。这是最初通过计算机辅助分析和预测、后来通过操作期间获得的实验数据进行修正完成的。

[0124] 歧管的地面控制模块 (SCM) 包括可编程计算机模块、传感器和控制阀，用于监测和控制每个埋管换热器以及整个完整系统的工作流体流量、流向、温度和压力，包括用于监测和控制从地面控制模块流向所服务的建筑物的主工作流体的进口和出口。

[0125] 可选地，沿着埋管换热器的长度上的各间隔处与埋管换热器连接的温度传感器可用于补充对埋管换热器热响应曲线的监测和控制。

[0126] 任何给定的建筑物随时间变化的热能需求状况是包括物理位置、尺寸、建筑方法和材料、入住率和模式、内部设施和外部气候条件的多变量的函数。根据安装在建筑物内的

采暖和制冷以及热水系统的设计，由从简单的温度调节设备的控制到多个阀和传感器的计算机辅助控制的复杂程度不同的建筑服务管理 (BSM) 系统对内部气候控制进行管理。

[0127] 任何给定的建筑物在选定间隔处随时间变化的热能需求状况可根据计划的操作条件绘制出。这是最初通过计算机辅助分析和预测、后来通过操作期间获得的实验数据进行修正完成的。

[0128] 建筑服务管理系统在任何时间点处变化的热能需求是通过将所绘制的建筑物的热能需求状况与所绘制的埋管换热器热能响应曲线组合以随时间变化尽可能精密地匹配来总体上实现的。通过地面控制模块内的计算机模块（即微处理器）实现这种功能。此外，计算机模块还可以监测建筑物的任何无规律的实时变动的热能需求，并调节 BHE 热能响应以最佳地满足这些无规律的变动。

[0129] 当考虑将本发明的地热能系统应用到新建筑物上时，如上所述，重要的是选择建筑服务技术，以使地热能系统的基本操作能力以及建筑物服务设备的性能达到最佳。例如，一些直接供暖或制冷设计不适于与地热能系统连接，因为它们操作时在进口和出口的连接处之间的温差小。地热能系统中的任何埋管换热器的效率是在沿着埋管换热器的任何点处的地温与工作流体的温度之间的差的函数。然而，热泵基设备通过在建筑物建筑区和埋管换热器之间建立连接，能够使埋管换热器在最佳温度范围操作，由此使其在供暖和制冷模式中的效率最大。

[0130] 目前市场上可获得许多 HVAC 建筑服务设计，不仅用于提供主要的直接供暖和制冷，而且能够在同一建筑物的不同部分之间进行热分布管理，由此大大提高了效率并减小了地热能系统的埋管换热器的需求波动的幅度和持续时间。这样既具有降低规范的好处，又因此具有降低地热能系统安装成本的好处以及低运作成本的额外好处。此外，如果与现有节能建筑方法进行结合，那么可以进一步显著降低碳排放量。

[0131] 建筑服务设计是利用最新计算机辅助设计工具进行的，包括考虑到对外部环境的结构响应以及内部产生的能源需求状况使整个方法能够满足供暖和制冷需求的软件。

[0132] 如上述实施例所示，每个刚性混凝土衬套包括与埋管换热器连接的多个“井口”，每个衬套通常有 5 ～ 10 个“井口”，且通常间隔 3 米或更小距离。衬套用作与地面控制模块“SCM”连接的每个埋管换热器的地面终端接头，地面控制模块监测并通过在计算机控制下从埋管换热器和 / 或在埋管换热器之间抽取流体来调节水基工作流体的温度、压力和流量，以使阵列的热能输入 / 输出最优化，从而可在任何时间点达到建筑物的能源需求状况。用于检测任何时刻的埋管换热器的性能和完整性的设置在沿着每个埋管换热器长度的间隔处的积分温度和流量传感器有助于该方法的实施。

[0133] SCM 还与对所服务的建筑物内的采暖、通风和空调 (HVAC) 的气候控制和热水供暖设施进行控制的建筑服务管理 (BSM) 系统电连接。在 SCM 的控制下，流经阵列中的埋管换热器和在各埋管换热器之间流动的工作流体可以时间和温度依赖性方式操作（循环），而不是以持续的或简单的开 / 关方式操作。由于埋管换热器的精确设计，这使建筑物能源需求与埋管换热器阵列的获得热能容量在时间上精确匹配，并排除了热耗损或地层饱和以及由此使系统效率必然降低的可能性。

[0134] 另一操作变量是将 SCM 切换到备用模式，这样一个以上的埋管换热器操作在热虹吸驱动模式下，以使地层温度最优化，而无需外部的抽吸动力。

[0135] 地面控制模块和建筑服务管理系统的集成电子系统，即 (SCM+BSM)，提供了使系统的日常操作在本地监管下自动进行或通过有线或无线电通讯进行远程系统操作和监管的选择。井口衬套和地面控制模块可建造成地面安装模块或在地面下的地下室内。

[0136] 使用具有斜钻能力的定制的、自动移动钻探设备进行钻孔。这是利用油气业已有的设备和技术进行的，如随钻探测仪 (MWD)、可操纵的液压马达和 / 或可操纵的旋转导向钻井系统、井下液压马达、定向空气锤、陀螺惯性制导系统以及相关控制软件，从面积为几平方米的混凝土衬套开始钻出埋管阵列，其中井口在地面处间隔 3 米或更小，但经过定向钻孔可以获得在最终深度处高达几百米的宽间隔。取决于应用，使用包括水基流体、泡沫或空气的非毒性“钻井流体”有助于钻井方法的实施。

[0137] 每个埋管换热器包括同轴“管中管”布置，并与被包容埋管横穿的地层机械和液压隔离。外套管根据应用可以由钢、铝、聚氯乙烯 (PVC)、玻璃增强塑料 (GRP) 或碳增强塑料 (CRP) 构成。根据被横穿的地层的性质，外套管可局部、整体或根本不与包容埋管粘合。根据应用，接合剂的配方设计可以包括常规的水泥基灌浆或可选的膨胀密封剂。

[0138] 在外套管内安装有由 PVC、GRP 或 CRP 复合材料或可选择地由装入隔热套管内的钢或铝制成的厚壁或预隔热管。根据类型和应用，该管可以交付并安装成连续的螺旋管或长度不连续、然后机械连接在一起。该管被有角度的定心“导流板”定位在外套管的孔的中央，“导流板”在外套管和内管之间提供具有必要的横截面面积的空隙，并且通过合成的“涡流”作用来增加从外套管到工作流体的热传递。

[0139] 工作流体路径被永久安装在外套管底部的机械塞限定在埋管换热器内，从而形成沿外套管和内管之间的环状区域向下且沿内管向上（反向循环）或反之亦然（向前循环）的闭路流程。该闭路方法确保工作流体在操作的任何时候都不会与地层或有关的液体积聚层（通常是蓄水层）接触，从而使系统变得环保。

[0140] 本发明人基于计算机模型对深度热虹吸作用作了进一步研究，得出在英国环境中商业规模的建筑物制冷动力需求远远大于供暖动力需求。从而得出的结论是，在满足建筑物供暖和制冷需求方面（特别是商业规模的建筑物的供暖和制冷应用），向地下散热至少与吸热一样重要。全球变暖，尤其是关于温室气体（例如因人类活动而产生的二氧化碳）的排放量越来越多地受到国际关注。或者用于采暖和 / 或制冷、或者用于发电的地热能源提供了可再生的低碳能源，作为化石燃料能源系统的另一选择。

[0141] 在本发明的一个方面中，为了使制冷模式中的冷却效率最大化，一些埋管换热器 (BHE) 的深度比在仅供暖的模式中使用的更浅。在制冷模式中需要在系统周围抽取工作流体，因为热虹吸作用的实际作用方向与所需的流动方向相反。需要较浅的深度是因为在地球上（除了某些异常区域，例如火山活动区）地层温度随深度呈近线性增加。为了使制冷模式中的散热效率最大化，沿着埋管换热器任何点处的热工作流体和地层之间的温差应最大化，因此要求深度浅。还发现埋管换热器中工作流体的循环方向会影响热效率，特别是在制冷模式中，沿 BHE 的环状区域向下且沿同心内管向上的“反向”循环会产生积极效益。

[0142] 因此，在一些实施例中，对在其内安装同轴埋管换热器的钻孔进行定向钻孔，从而在保持总深度最小化的同时使埋管换热器有足够的长度。这可以通过根据应用选择从垂直、经倾斜、至水平的适合的钻孔轨迹来实现。

[0143] 在本发明的优选实施例中，埋管换热器的定向钻孔的概念是利用油气钻井作业通

过从地面处的小的混凝土“衬套”钻出不同轨迹的埋管“阵列”，其中埋管的地面终端（“井口”）间隔密集，通常仅有 3 米或更小的距离。钻孔可通过常规、轻型可移动的钻探设备进行。这直接与钻出几十或几百米的浅（例如 100 米）的埋管（“U 形管”）或者将几千米长的塑料管道系统安装在覆盖几百平方米的浅 (2 米）的沟渠（“Slinkies”）内的目前标准钻井做法进行比较。当前做法产生的成本、不便以及可用土地面积的减少阻碍了地热能应用的发展，特别是在英国。相比之下，衬套钻井方法具有很多优点，包括 10-20 平方米的小的地面覆盖区以及安装长度长的埋管的能力，而无需侵犯相邻场地的地面。

[0144] 对普通的办公建筑物（在英国）作了一项研究，使建筑物供暖和制冷能源状况与既能提供供暖又能提供制冷能源的埋管换热器阵列匹配。这些研究证明制冷能源需求比供暖能源需求占优势。

[0145] 在本发明的优选实施例中，每个埋管换热器的地面连接通过包括能够对每个埋管换热器、埋管换热器之间以及在埋管换热器阵列和所服务的建筑物之间的流动条件进行计算机控制的必要的阀和传感器的地面控制模块与小覆盖区的阵列组装在一起。这不仅使整个阵列的能源平衡最优，而且可以在不耗尽或使地下热环境不饱和的情况下维持建筑物的各种负荷。此外，地面控制单元能够同时向所服务的建筑物供应供暖和制冷能源。

[0146] 计算机模型论证了不同流量和操作温度范围的不同埋管换热器的响应范围。结果证实了深度、轨迹、埋管换热器的直径、流量、流向、地下温度、外套管和管材料和操作模式的预期影响如所期望的那样。此外，重要的是揭示了通过改变开 - 关交替循环周期，可以获得较高的效率和峰值功率输出，这样提高了埋管换热器对于建筑物能源需求状况的适应性。此外，值得注意的是，在一定条件下，通过将其与其它可再生能源技术如热电联产 (CHP) 结合起来，可以提高埋管换热器阵列的低碳排放性能并增加阵列的多功能性，以更有效地满足峰值功率需求并进一步减少设备的碳覆盖区。

[0147] 通过设计，使埋管换热器阵列热功率输出曲线与供暖、制冷和热水供应的建筑物的热功率需求曲线相匹配。

[0148] 根据本发明的优选方面，单个建筑物的热能管理可以扩展到多个建筑物和设施的热能管理，并扩展到各种热源和贮存资源的组合。地面控制模块是这样的多组件系统的中枢组件。

[0149] 能源效率是减少全球二氧化碳排放量的贡献因素。本发明基于现有的和已被证实的地源热泵实践可以提供大规模、高效率的供暖和制冷设备。可以通过应用已在陆地上和海上使用多年的先进的技术上和商业上成熟的油田钻井和完井技术来安装埋管换热器。主要优点是有成本效益地从靠近相关建筑物的小的场所或衬套建造了埋管阵列，这是利用与建筑服务设计匹配的高效同轴、闭环式换热器设计实现的。

[0150] 本发明优选实施例的地热能系统是主要向大规模建筑结构或在供暖和 / 或制冷方面需求高的任何建筑物提供供暖和 / 或制冷能源的集成的、定制的、节能和低碳排放量的系统。地热能系统提供的能源主要来自于可持续、可再生并使所服务的建筑物的碳覆盖区显著减少的总量丰富、低温的地热源。

[0151] 在本发明的优选实施例中，还提供了与地面控制模块连接的高效实用的地热埋管换热器阵列，以及将建筑服务业最先进的地源热泵技术与最实用的设计方法和材料结合能够传输或储存大量热能的能源传输网。

[0152] 本发明的优选实施例可以提供由多个、定向钻孔并专门配备的地热埋管组成、专门设计成在设想的热负荷下效率最大并与建筑服务设计精确匹配的埋管换热器的紧凑型阵列。本发明的优选实施例可以提供微处理器地面控制模块“SCM”接口单元，管理将地热能传递到建筑物服务设备或从其传递以及在阵列中的各埋管换热器之间传递。

[0153] 本发明的优选实施例可以提供连接 SCM 与建筑物服务设备的低压、隔热的能源分配网。

[0154] 本发明的优选实施例可以提供特定设计并建造的建筑物服务设备，采用了用于所服务区域的供暖和 / 或制冷以及建筑物内的热水供应的先进的热泵技术。

[0155] 可以根据开发规模和能源需求状况在给定的场所处安装一个以上的单独阵列。

[0156] 在地热能系统设备的设计方面重点考虑的是建筑物服务设备在供暖和制冷之间的需求平衡，这对于在地产开发的允许区域下是呈垂直、倾斜或水平建造埋管换热器有直接影响。如果供暖是主要的考虑事项，那么会建议垂直埋管换热器。相反，如果制冷是主要的考虑事项，那么水平埋管换热器会提供最佳性能。实际上，本发明的地热能系统设备通常会包括从一个以上的衬套钻出的多个垂直、倾斜和水平的埋管换热器，以类似于树的根系的模式从衬套建造埋管换热器，在这种情况下，埋管换热器被设计成接收热能或将热能贮存在被穿透的地层中。

[0157] 此外，重要的是，将埋管换热器阵列的设计与建筑服务设计和其能源状况结合起来，以避免过去当已设计好地源热泵设备时因设备不匹配而常常导致效率低。目的是支持为确保用于建筑物服务设备的技术尽可能地与埋管换热器阵列的性能相匹配以及使建筑服务设计在供暖和制冷方面提供最有效的性能而采用的各种技术。

[0158] 因此，根据本发明的优选实施例，设有紧凑型的地面衬套，以使同轴埋管换热器延伸并超出衬套的地面边界。通常用于油气田开发实践的定向钻孔技术被用作安装同轴埋管换热器并将每个同轴埋管换热器安装到所需深度、角度和方位的实际解决方案。已安装的同轴埋管换热器一般除了同轴埋管换热器最上面的 20-30 米之外可以免受热干扰因素的影响，其中同轴埋管换热器最上面的 20-30 米通常小于每个 BHE 总长度的 5％且小于每一组同轴埋管换热器的总长度。通过设置三维阵列，可以从地面处的一个点、衬套获得多种大容量的热传递方法。这可以与已知的垂直埋管换热器的一维热传递方法形成对比。通过设置衬套，在地面处无需大规模收集系统，这样每个地表衬套获得超高密度的热能输出 / 输入。针对新建造的建筑物，衬套可位于靠近建筑物的地方或直接在建筑物的杂物室或任何其它部分的下方。由于埋管换热器和建筑物之间的距离而存在有限的或基本上无操作损失。通过设置多个深度的埋管换热器，可以从单个衬套和地面控制模块提供供暖、热水服务中任一项或所有项和 / 或同时制冷，或者可以选择一个操作模式。可以共同或单独地对阵列的同轴埋管换热器进行管理。可以使工作流体在阵列的埋管换热器之间再循环，以便再吸收或释放过多热能，从而为每种类型的供暖或制冷操作提供理想的温度梯度。

[0159] 定向钻孔提供一种选择，从而选择选定的轨迹和深度将每个同轴埋管换热器定位在具有提供有效获取或散出热能的最佳热传导的性能的岩层内。定向钻孔可以利用岩石断裂方向，以减小钻井成本或提高热能传递。使用封闭的埋管换热器可以使蓄水层的流动效应最大化，而不会对自然资源造成影响。此外，可以以安全距离绕过或真正地通过相邻建筑物的埋管换热器阵列，而不会引起热干扰。

[0160] 延伸的同轴埋管换热器阵列可以呈几何排列，允许在一个或多个埋管换热器之间的一个以上的闭路内有效利用内部热虹吸流，以便沿着位于一个衬套上的一个或几个或所有的埋管换热器的长度重新分配热能。这样通过降低泵的需求可以节省与循环的能量损失有关的运营成本，并且可以降低对热泵工厂的热能需求。

[0161] 将热虹吸循环流用于埋管换热器是已知的，热虹吸循环流是因工作流体密度受到热能温度梯度的影响发生改变而被驱动的浮力流。然而，由于多种原因，其中包括大规模地面收集系统的限制，在位于轨迹约束下的不同深度和温度梯度的分离且已连接的地下换热器之间存在使用复杂的相互作用流的障碍。然而，本发明优选实施例的系统能够作为一个系统或在单独的垂直、定向或水平（例如 L 形）的埋管换热器内有效利用这些流。

[0162] 本发明的优选实施例提供一种从单个紧凑型衬套或多个紧凑型衬套吸取或释放大量热能的设备，优选为同轴的埋管换热器阵列在衬套中延伸并超出地面点，用于服务工业规模和生产力的热泵工厂。本发明提供一种作为一个单元或作为在不同模式下的不同单元通过主要控制单元用于管理埋管换热器阵列或整个阵列的任何一部分或一个单独埋管换热器的设备，其中主要控制单元包括在紧凑型歧管单元内的一组阀和测量计。用户接口可以与阵列的主要控制单元连接，或拆下而与操作相邻建筑物的阵列的主要控制单元连接。通过利用在被地面边界限定的预定区域下的地层的三维体积，可以大量设置热能吸收设备或热能源或贮存设备，并具有与任何给出的建筑物的客户要求相匹配的能力。阵列可以包括多个定向钻出的埋管换热器，每一个都具有规定的深度、角度和方位。该系统可以具有一个或以成组的不同形式（例如圆形、矩形、弧形、方形和直线）或这些形式的任意组合的相邻组的多个衬套。阵列可以是多个或单个定向、水平和垂直同轴埋管换热器在单一或多个阵列内的组合。衬套构成紧凑型收集系统，允许每单位地面空间的高密度热能的传输，由此减小了工作流体的压力和热损失。衬套的地面位置是靠近或远离建筑物或设施，或位于建筑物或设施的任何部分的下方，埋管换热器阵列向任一侧或深度延伸并超出该地面位置。根据季节、气候和建筑物的能源状况使多个埋管换热器用于不同模式下。该系统能够在不同深度供应、吸收或贮存热能或在多个深度和 / 或外部热梯度之间迫使再循环。另外，该系统可以借助热虹吸流在阵列的各部分之间对热能进行再分配，以提高热泵工厂的吸收效率。定向钻孔能够通过跟进给定模式的岩层充分利用由优质岩石层组成的选定层位，通过跟进给定模式的蓄水层充分利用蓄水层流，使闭路埋管换热器的水平部分沉下去以最佳速度获得或释放热能，并且还可以通过跟进或横穿给定模式的断裂充分利用岩石断裂方向以获得热传导的最佳速度。对于给定的占地空间，可以根据独特的地层环境来布置埋管换热器阵列，以获得最佳热效率。通过在当前热梯度的基础上操作选定数量的埋管换热器，这允许关闭阵列的其余部分，而不再强制循环，选择在选定的备用埋管换热器之间对热能进行被动再分配。

[0163] 埋管换热器阵列的成本效益安装的关键是结合先进的油气钻井和完井技术使之适应较浅环境的典型地热开采的设想。该技术和精确选择与相对良好地质环境相匹配的材料的相关技术的结合允许以完全独立的方式从紧凑型地面位置沿任何所需的轨迹建造多个埋管并到达规定深度。当考虑到在城市环境或地面面积有限的地方投入项目时，这是关键优势。

[0164] 在此说明的本发明的实施例仅是示例性的，而不是限制权利要求的范围。针对一

个实施例所公开的特征可以与任何其它实施例的特征相结合，并且也在本发明要求保护的范围内。

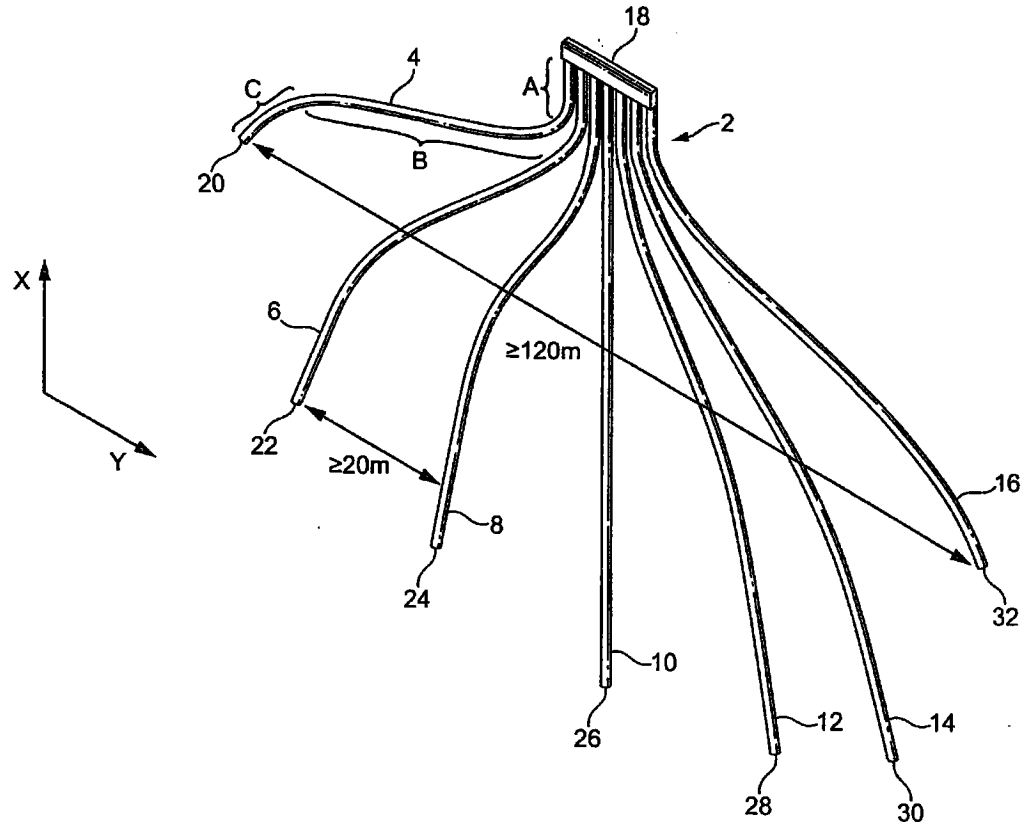


图 1

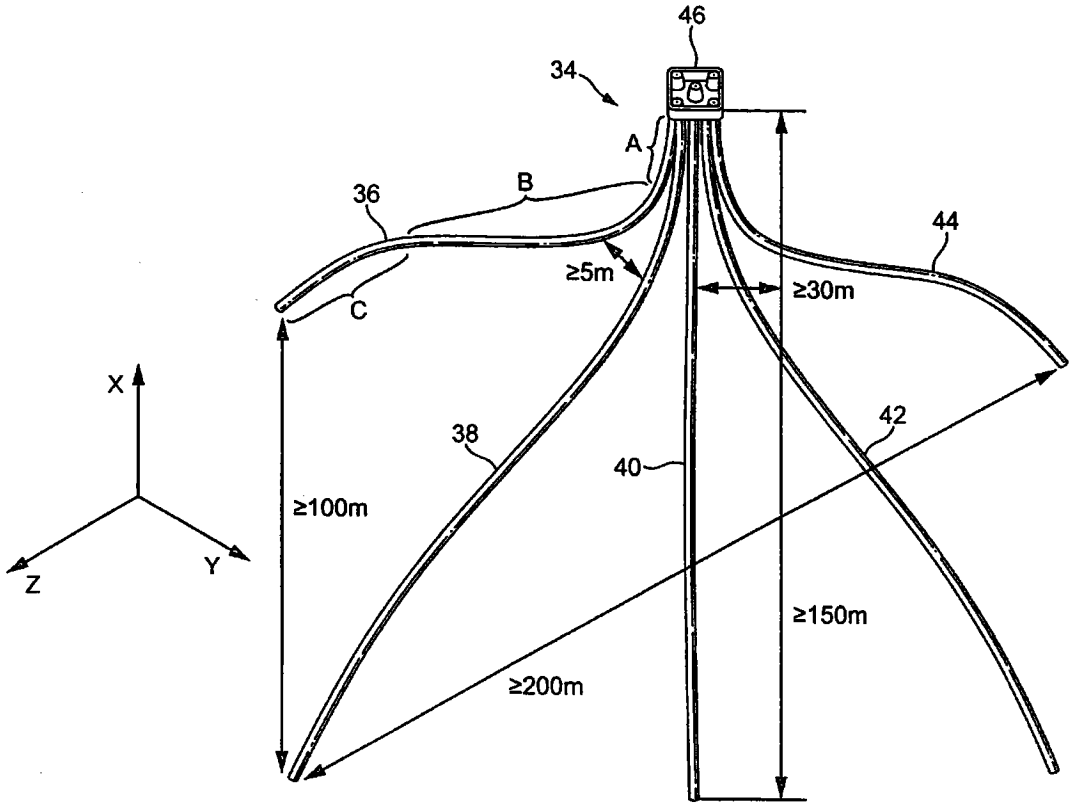


图 2

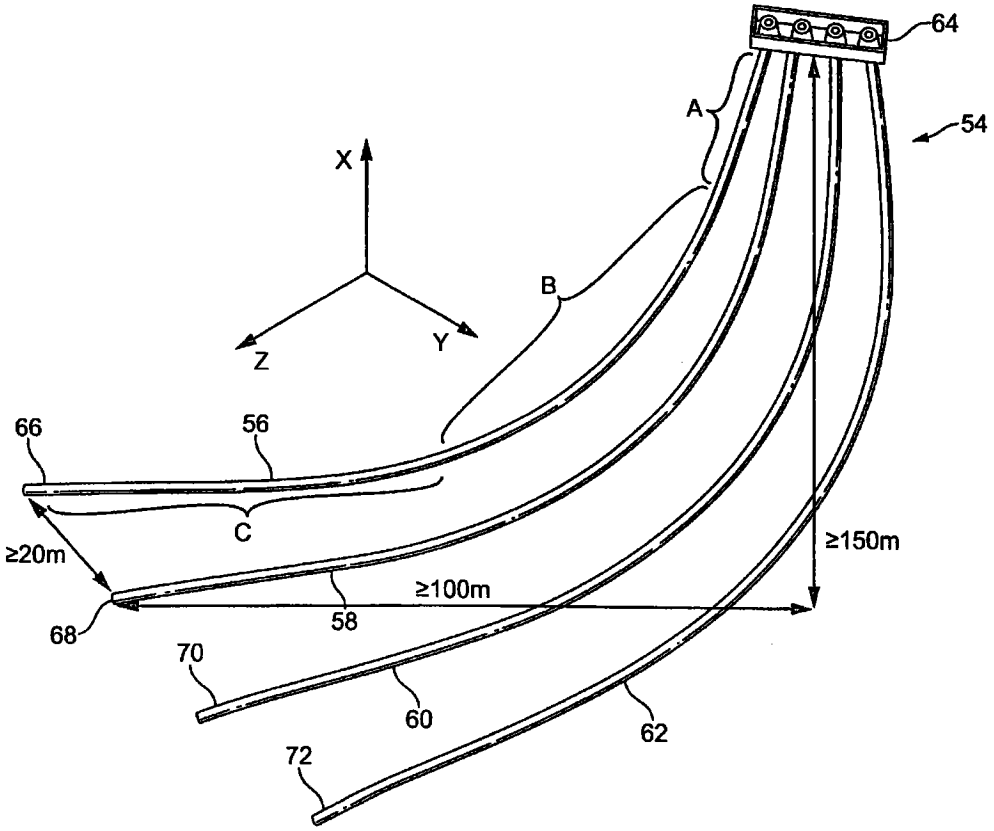


图 3

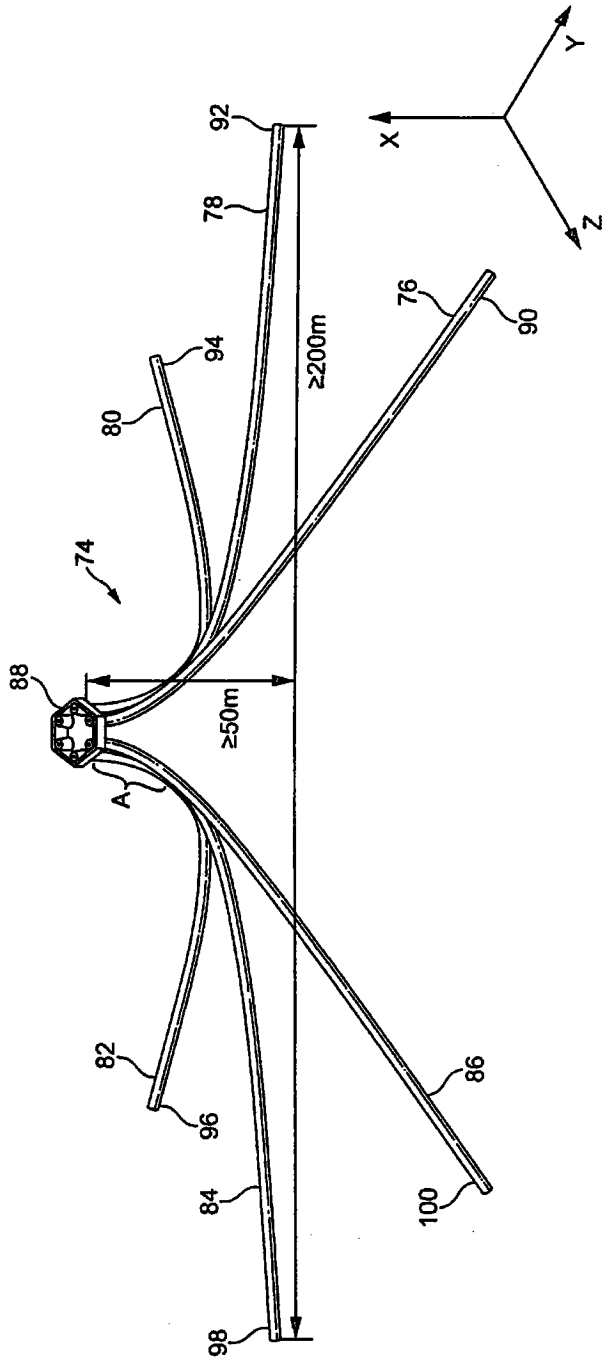

Y
X
Z
92
78
94
80
74
76
90
≥200m
≥50m
88
A
82
96
84
98
86
100

图 4

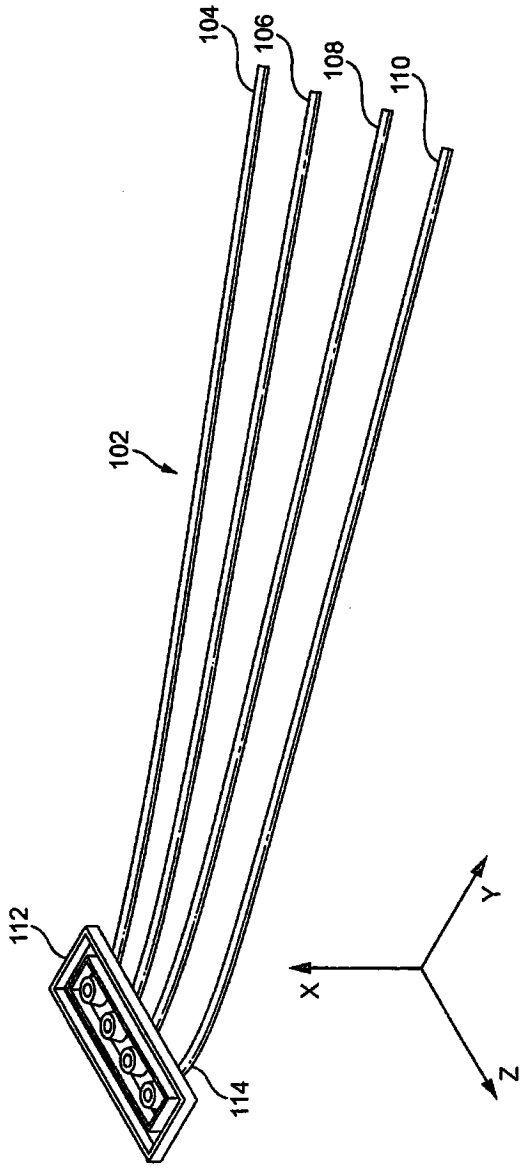

104
106
108
110
102
112
114
Y
X
Z

图 5

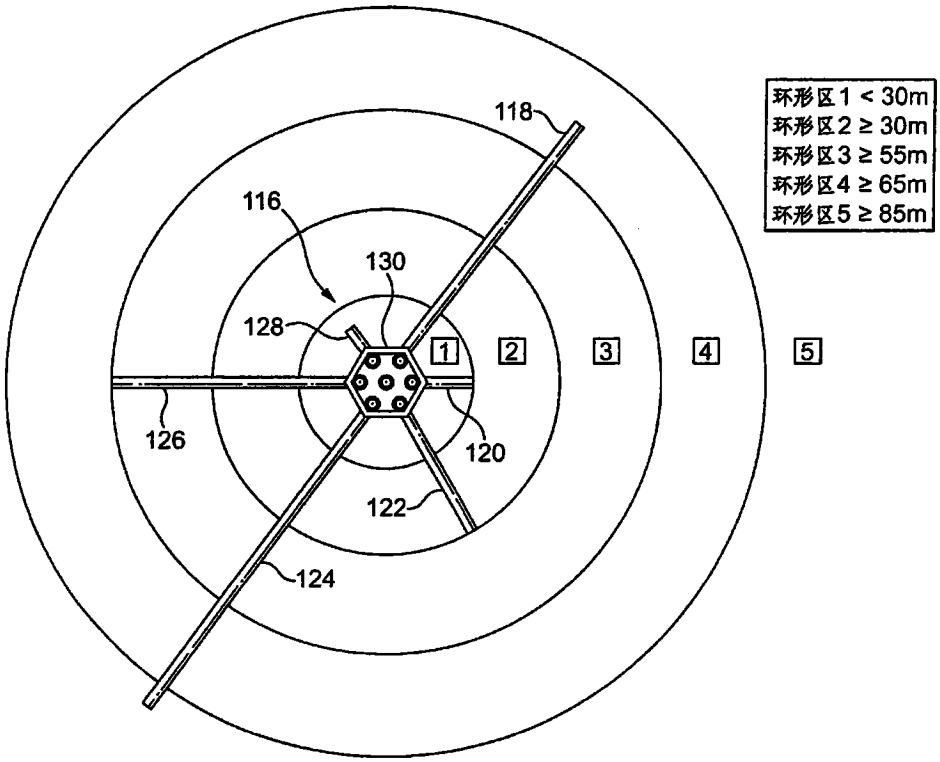

环形区1 < 30m
环形区2 ≥ 30m
环形区3 ≥ 55m
环形区4 ≥ 65m
环形区5 ≥ 85m
118
116
130
128
126
120
122
124
1
2
3
4
5

图 6

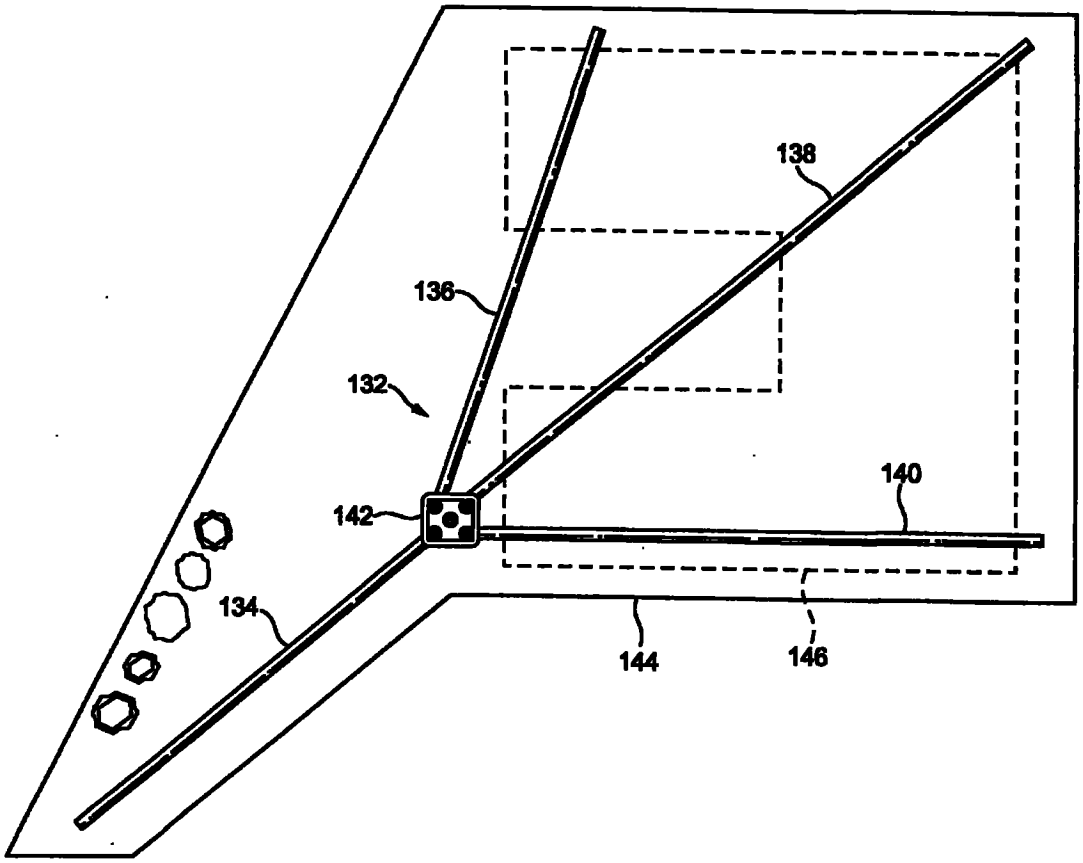


图 7

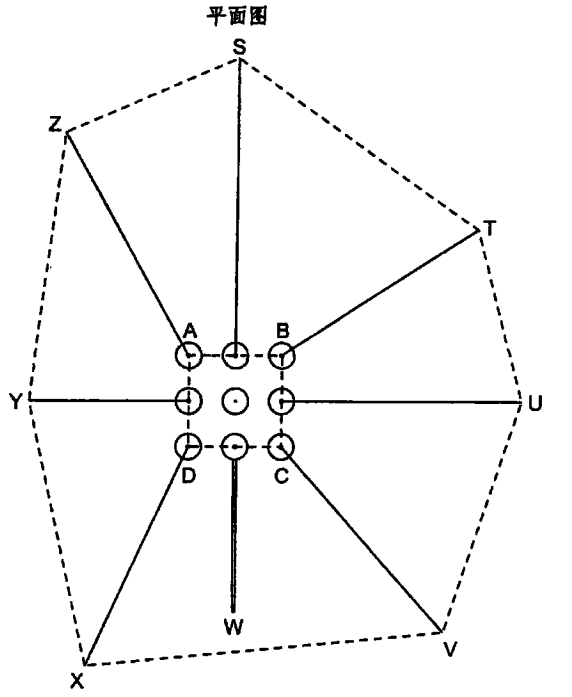

平面图
S
Z
T
A
B
Y
U
D
C
W
X
V
地面区域阵列 A-B-C-D=A1
地下区域阵列 S-T-U-V-W-X-Y-Z=A2
A2/A1 >1

图 8

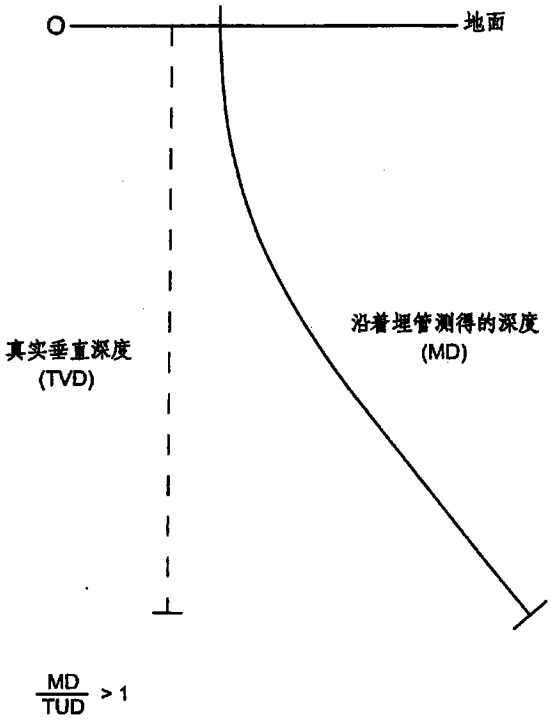

O
地面
真实垂直深度
(TVD)
沿着埋管测得的深度
(MD)
MD/TUD >1
3-95° BHE 角度

图 9

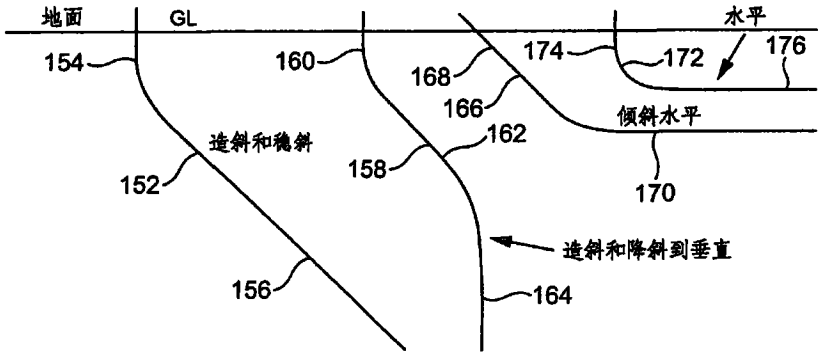

地面
GL
水平
154
160
168
174
172
176
166
造斜和稍斜
倾斜水平
162
152
158
170
造斜和降斜到垂直
156
164

图 10

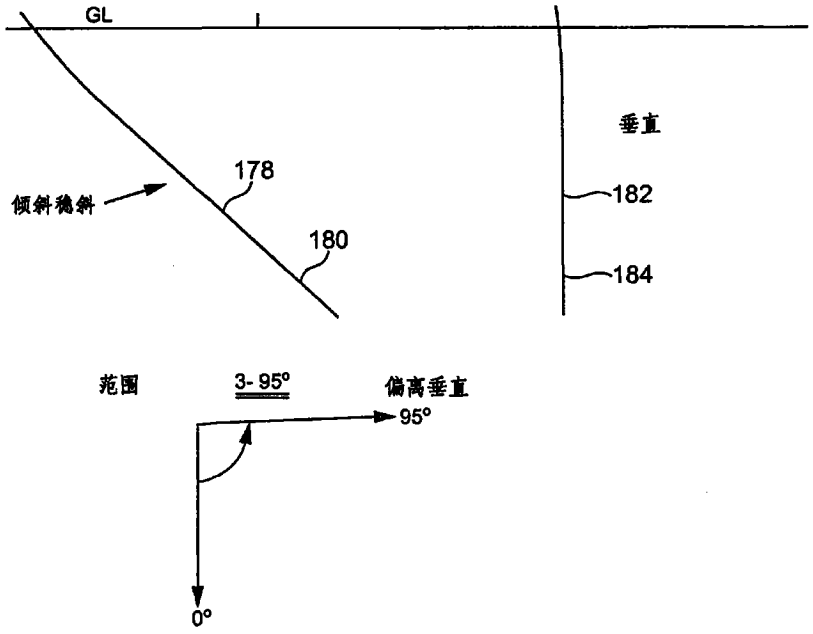


图 11

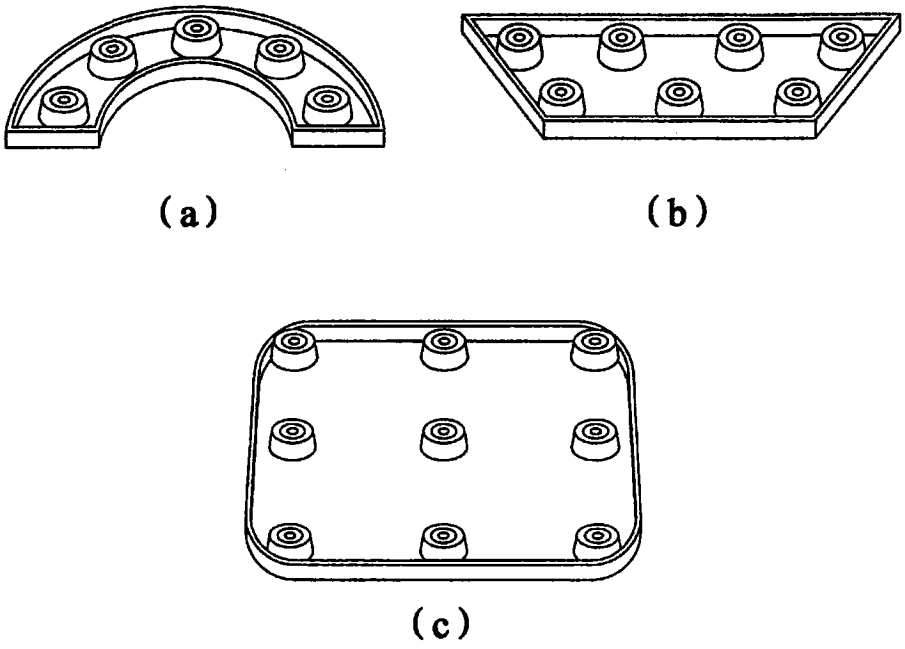


图 12

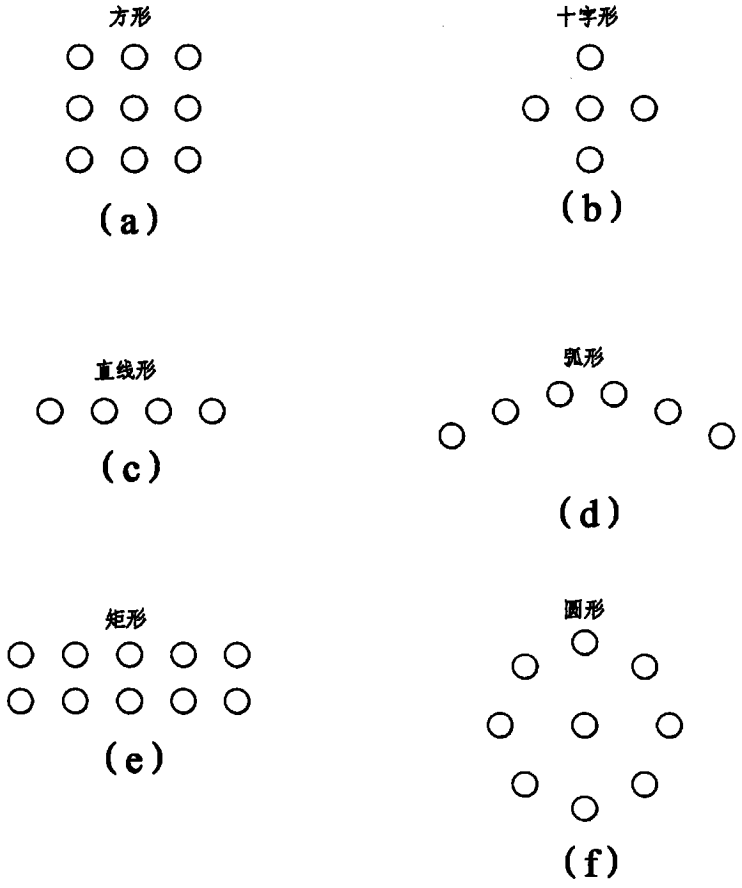
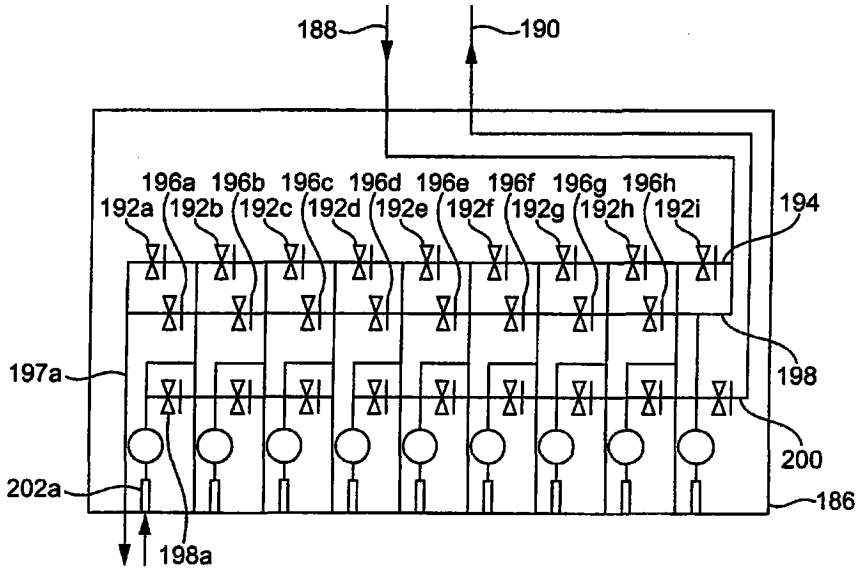
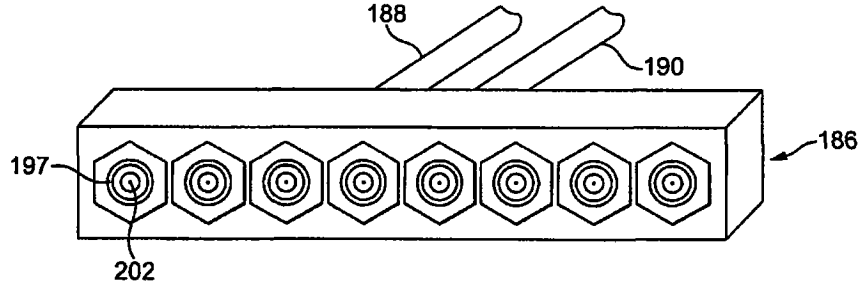


图 13


188
190
196a 196b 196c 196d 196e 196f 196g 196h
192a 192b 192c 192d 192e 192f 192g 192h 192i
194
197a
198
200
202a
186
198a

(a)


188
190
186
197
202

(b)

图 14

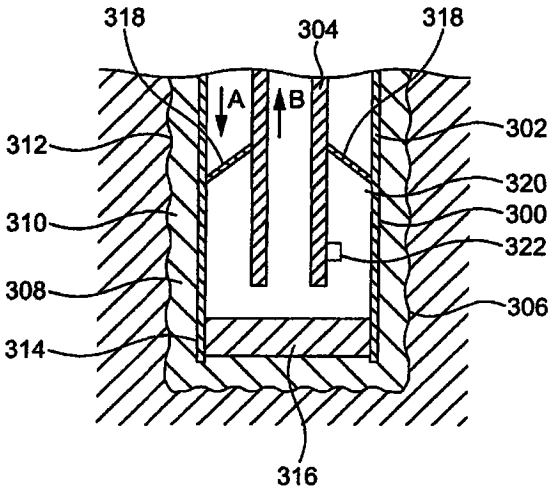

318
304
318
A
B
312
302
320
310
300
322
308
306
314
316

图 15

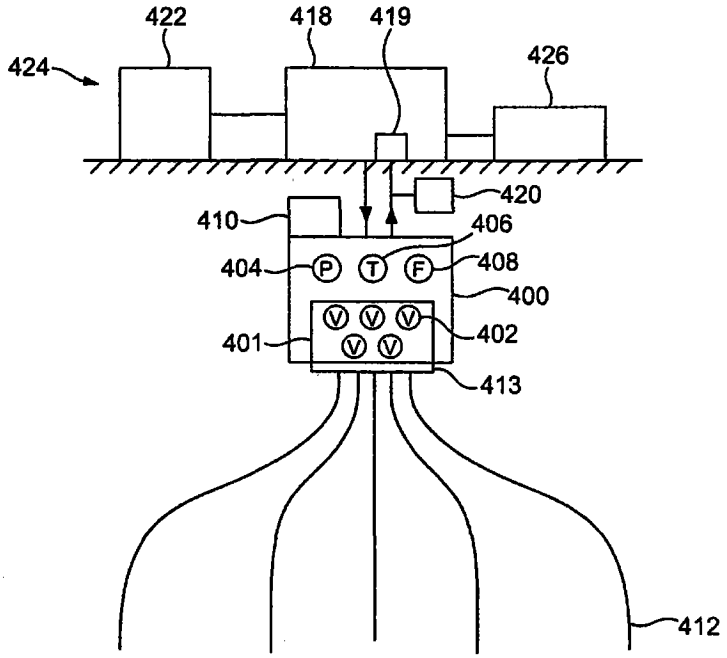


图 16