



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510006712.5

[43] 公开日 2005年10月5日

[11] 公开号 CN 1677809A

[22] 申请日 2005.1.28

[21] 申请号 200510006712.5

[30] 优先权

[32] 2004.3.30 [33] US [31] 10/813366

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·W·布雷 A·E·施泰恩巴赫

R·N·道森 E·T·拉斯卡里斯

黄先锐

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

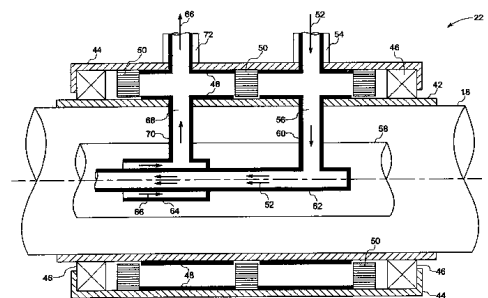
代理人 杨松龄

权利要求书2页 说明书7页 附图5页

[54] 发明名称 用于冷却超导装置的系统和方法

[57] 摘要

一种用于冷却超导转子线圈(74)的系统和方法。该系统包括与超导转子线圈(74)相连的转轴(18)。转轴(18)包括延伸穿过转轴(18)的轴向通道(58)，以及穿过转轴(18)的壁而延伸到轴向通道(58)中的第一通道(56)。轴向通道(58)和第一通道(56)用于通过转轴(18)的壁而将低温流体(24)传递到超导转子线圈(74)中。可设置低温传递联轴器(22)来将低温流体(24)提供到第一通道(56)中。



1. 一种旋转电机, 包括:
超导转子线圈(74); 和
5 转轴(18), 其包括:
延伸穿过所述转轴(18)的轴向通道(58); 以及
穿过所述转轴(18)的壁而延伸到所述轴向通道(58)中的第一通道(56), 其中所述轴向通道(58)和第一通道(56)可用于将低温流体(24)传送给所述超导转子线圈(74)。
- 10 2. 根据权利要求1所述的旋转电机, 其特征在于, 所述旋转电机还包括第二通道(68), 其穿过所述转轴(18)的壁而延伸到所述轴向通道(58)中。
3. 根据权利要求2所述的旋转电机, 其特征在于, 所述旋转电机还包括以套叠方式设置在所述轴向通道(58)中的第一轴向管道(62)和
15 第二轴向管道(64)。
4. 根据权利要求2所述的旋转电机, 其特征在于, 所述旋转电机还包括并排地设置在所述轴向通道(58)中的第一轴向管道(62)和第二轴向管道(64)。
5. 根据权利要求3所述的旋转电机, 其特征在于, 所述第一通道
20 (56)与所述第一轴向管道(62)相连, 而所述第二通道(68)与所述第二轴向管道(64)相连。
6. 根据权利要求3所述的旋转电机, 其特征在于, 所述第一轴向管道(62)和所述第二轴向管道(64)具有双层壁。
7. 根据权利要求3所述的旋转电机, 其特征在于, 所述第一轴向
25 管道(62)和所述第二轴向管道(64)都包括有涂层, 其用来减少所述第一轴向管道(62)和所述第二轴向管道(64)的辐射系数, 从而降低到所述低温流体(24)中的热辐射传递。
8. 根据权利要求2所述的旋转电机, 其特征在于, 所述旋转电机

还包括围绕着所述转轴(18)径向地设置的低温传递联轴器(22),其中所述低温传递联轴器(22)可用来将低温流体(24)引导至所述第一通道(56)中,并从所述第二通道(68)中接收所述低温流体(24)。

9. 根据权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,所述旋转电机
5 是包括有定子(80)的发电机(20)。

10. 一种用于低温式冷却超导转子线圈(74)的系统,包括:

传递联轴器(22),其设置地径向地围绕着转轴(18),用于连通低温流体(24)的供应源和延伸穿过所述转轴的通道之间的低温流体(24),其中,所述低温流体从所述转轴(18)连通到所述超导转子线圈(74)中。

用于冷却超导装置的系统和方法

5 技术领域

本发明是在美国能源部授予的合同 No.DE-FC36-02GO11100 下由政府资助完成的。美国政府享有本发明的一些权利。

10 本发明大体上涉及使用超导线圈的旋转电机。更具体地说，本发明涉及将低温流体从固定的低温流体源传送到旋转的超导线圈中的系统和方法。

背景技术

15 旋转电机如电动机和发电机具有磁耦合在一起的转子和定子。通常转子具有用来产生磁场的线圈。流过转子线圈的电流产生了磁场。在发电机中，转子与使其旋转的原动机相连，产生旋转的磁场，该磁场在定子中产生电压。在定子中产生的电压可用于为电网供电。在电动机中，定子产生旋转磁场，该磁场与转子线圈所产生的磁场相互作用，从而引起转子旋转。

20 通常采用传统的铜导体来形成转子线圈。然而，铜的电阻足以在转子线圈中产生相当大量的阻抗热损耗，这降低了旋转电机的效率。针对传统铜导体所导致的损耗，已经研制出超导体用作转子线圈。超导体是一种在特征转变温度之下会失去其电阻的材料，这就使其可理想地用作转子线圈。

25 在使用超导转子线圈的旋转电机中，转子线圈由低温流体来冷却，从而将超导线圈的温度降低到转变温度之下。在转变温度之下，超导转子线圈进入超导状态，并失去其电阻。通常由外部的低温流体源来为超导线圈提供低温流体。低温流体收吸超导转子线圈中的热量，其将转子线圈保持在转变温度之下并处于超导状态。用于冷

却超导转子线圈的低温流体通过位于转子轴的一端处的传递联轴器而在低温流体源和转子之间传送。

然而，通过转子轴的端部来传送低温流体存在有许多问题。例如，发电机可能设置在两个涡轮之间。在这种布置中，转子轴的任
5 一端都不容易为转子线圈提供低温流体。

因此，需要一种改进的用于将低温流体传送到超导旋转电机的转子中的技术。特别是需要一种可用于将低温流体传送到设于两个原动机如燃气轮机或蒸汽轮机之间的发电机转子上的技术。

10 发明内容

根据本发明的一个方面，提供了一种包括有超导转子线圈和转轴的旋转电机系统。转轴具有延伸穿过该转轴的轴向通道。转轴还包括从转轴的外表面穿过转轴而延伸到轴向通道中的通道。该轴向通道和第一通道可用于将低温流体传送到超导转子线圈上。

15 根据本发明的另一方面，提供了一种用于低温式冷却超导转子线圈的系统。该系统包括围绕着转轴径向地设置的传递联轴器。该传递联轴器可用来连接位于低温流体源和延伸穿过转轴的通道之间的低温流体。低温流体可从转轴连通到超导转子线圈中。

20 附图说明

在参照附图来阅读下述详细描述时，可以更好地理解本发明的这些和其它的特征、方面和优点，在所有附图中采用相同的标号来表示相同的部分，其中：

图 1 是根据本技术的一个示例性实施例的发电系统的示意图；

25 图 2 是大致沿着图 1 中的线 2-2 剖开的低温流体传递联轴器的截面图；

图 3 是根据本技术的一个示例性实施例的发电机和低温流体传递联轴器的透视图；

图 4 是显示了根据本技术的一个示例性实施例的用于冷却超导装置的方法的框图；和

图 5 是大致沿着图 1 中的线 2-2 剖开的低温流体传递联轴器的备选实施例的截面图。

5 图中各标号的含义如下：10 发电系统的简图；12 燃气轮机系统；14 压缩机；16 燃气轮机；18 转轴；20 发电机；22 传递联轴器；23 传递联轴器；24 低温流体；26 蒸汽轮机；28 高压模块；30 中压模块；32 低压模块；34 轴；36 冷凝器；38 蒸汽发生器；40 柔性联轴器；42 旋转轴环；44 固定轴环；46 轴承；48 隔热的环形壁；50 密封件；52 入口低温流体；54 入口管道；56 入口通道；58 中央通道；60 隔热管；62 第一轴向管道；64 第二轴向管道；66 被加热的低温流体；68 出口通道；70 隔热管；72 出口管道；74 超导转子线圈；76 铁芯；78 转子；80 定子；82 真空夹套；84 用于冷却旋转电机的超导线圈的方法；86 低温装置提供低温流体；88 通过传递联轴器将低温流体提供到转子中；90 将热量从发电机传递至低温流体中；92 低温流体返回到低温装置中；94 低温流体传递联轴器的备选实施例大致沿着图 1 中的线 2-2 剖开的横截面图；96 备选第一轴向管道；98 备选第二轴向管道；100 备选入口管道；102 备选出口管道。

20

具体实施方式

25 现在来看附图，图 1 显示了发电系统 10。在所示实施例中，发电系统 10 包括燃气轮机系统 12，其利用气体的燃烧来产生能量。所示燃气轮机系统 12 包括压缩机 14，其通过转轴 18 与燃气轮机 16 相连。燃气轮机 16 将燃烧所产生的能量转变成轴 18 的旋转。压缩机 14 提高了流入燃气轮机 16 中进行燃烧的空气的压力，从而提高了燃烧过程的效率。

燃气轮机系统 12 的轴 18 与发电机 20 相连，其将轴 18 的旋转

能量转变成电流。如下面更详细地讨论的那样，发电机 20 具有超导转子线圈，其可接收低温流体，以将超导转子线圈冷却到超导状态。低温流体通过轴 18 而供应给超导转子线圈。还设置了低温传递联轴器 22，以便在轴 18 和低温流体源 24 之间传送低温流体。

5 所示发电系统 10 还包括蒸汽轮机 26。在该实施例中，蒸汽轮机 26 包括高压模块 28、中压模块 30 和低压模块 32。高压模块 28、中压模块 30 和低压模块 32 均与轴 34 相连。流经高压模块 28、中压模块 30 和低压模块 32 的蒸汽导致轴 34 旋转。蒸汽在其流经蒸汽轮机 26 时存在压力损耗。高压模块 28、中压模块 30 和低压模块 32 可在不同的蒸汽压力下工作，从而提高蒸汽轮机 26 的效率。在穿过低压模块之后，蒸汽通过冷凝器 36 而冷凝成液体。

10 通过利用燃气轮机系统 12 所产生的燃烧产物所生成的蒸汽，蒸汽轮机 26 便可提高发电系统 10 的效率。燃气轮机系统 12 具有多个热回收蒸汽发生管 38，其可从燃气轮机 16 所产生的燃烧产物中吸取热量。来自蒸汽轮机 26 的冷凝器 36 中的液体冷凝物被泵送到热回收蒸汽发生管 38 中。燃烧产物的热量被传递到液体中，从而产生蒸汽。然后将蒸汽供应给蒸汽轮机 26，以便驱动轴 34。蒸汽轮机 26 的轴 34 通过柔性联轴器 40 而与燃气轮机 12 的轴 18 相连。柔性联轴器 40 将两个轴 18 和 34 连接起来，同时可使轴 18 和 34 具有一定程度的相对运动。

20 来看图 2，图中显示了低温传递联轴器 22 的截面图。低温传递联轴器 22 设置在轴 18 的周围，并使低温流体可在轴 18 和图 1 所示的低温流体源 24 之间传送。低温传递联轴器 24 可使低温流体从轴 18 上的任意点处而不仅仅是从轴 18 的任一端处传送到轴 18 上。低温流体通常是惰性流体，例如氦、氖、氢或氮。低温流体的温度通常低于 30°K，最好为 27°K 左右。

25 低温传递联轴器 22 包括固定在轴 18 上的旋转轴环 42，以及设于该旋转轴环 42 周围的固定轴环 44。设置了轴承 46 来将低温传递

联轴器 22 支撑在轴 18 上。固定轴环 44 具有隔热的环形壁 48。通常来说，处于低温流体和周围环境之间的所有壁都必须是隔热的。隔热结构通常由双层壁构成，它们之间存在真空且辐射系数较低。设置了密封件 50 来形成传递联轴器 22 的旋转件和固定件之间的密封。

5 密封件 50 可以是接触式或非接触式的间隙密封，例如铁磁流体密封、电刷密封或迷宫式密封。然而也可使用其它类型的密封件 50。低温流体 52 通过入口管线 54 流入到传递联轴器 22 中。

10 转轴 18 具有入口通道 56，其通到轴向地延伸穿过轴 18 的中央通道 58 中。在所示实施例中，入口通道 56 从中央通道 58 径向地穿过轴 18 的壁而延伸到传递联轴器 22 中。然而，入口通道 56 可以是弯曲的，或者具有一些其它的形状。如上所述，在周围环境和制冷剂（如 56,58）之间有接触的所有通道都必须具有隔热壁（如 60,70,62,64），以便减少从轴 18 至低温流体 52 的热传递。

15 在中央通道 58 中设有第一管道 62 和第二管道 64，以便使低温流体 52,66 在两个方向上流过中央通道 58。第一管道 62 以套叠布置的方式设置在第二管道 64 中。第一管道 62 具有与入口通道 56 对齐的开口，以使低温流体 52 能从入口通道 56 流到第一管道 62 中。第一管道 62 将低温流体 52 引向图 1 所示的发电机 20。被加热的低温流体 66 从发电机 20 流到形成于第一管道 62 和第二管道 64 之间的

20 环形体中。

轴 18 具有出口通道 68，其从中央通道 58 中穿过轴 18 的壁而径向向外地延伸到传递联轴器 22 中。出口通道 68 使低温流体 66 径向地流到轴 18 之外，进入到低温传递联轴器 22 中。出口通道 68 还具有隔热管 70，其设置在出口通道 68 中，以防止从轴 18 到低温流体

25 66 的热传递。第二管道 64 具有与出口通道 68 对齐的开口，使得低温流体 66 可从第二管道 64 流到出口通道 68 中。传递联轴器 22 具有出口管线 72，其将低温流体 66 从传递联轴器 22 引导至图 1 所示的低温流体源 24 中。

在所示实施例中，位于低温环境和周围环境之间的所有管道（例如管 72,54、入口管道 60、第一轴向管道 62、第二轴向管道 64 和出口管道 70）都具有双层壁，并且被真空密封。还可在这些管道的外表面上设置其它的隔热结构。可在所述管道的内真空壁上涂覆反射金属如银或 MLI，以减小所述管道的辐射系数，从而减少从管道至低温流体的热辐射传递。应当注意的是，一些边界如管道 62 和 64 之间的边界具有很小的温度梯度，这是因为低温流体位于壁的两侧，在这种情况下可采用弱一些的隔热结构。

来看图 3，低温流体 52 用于冷却设置在发电机 20 中的超导转子线圈 74。超导转子线圈 74 缠绕在转子 78 的铁芯 76 上。发电机 20 还包括围绕转子 78 周向地设置的定子 80。当转子 78 在定子 80 中旋转时，超导转子线圈 74 中的电流产生磁场，该磁场在定子 80 中产生电压。

低温流体 52 冷却超导转子线圈 74，以将线圈 74 保持在超导状态下。低温流体源 24 提供使低温流体 52 流经发电机 20 的压力。另外，低温流体源 24 会除去从超导线圈 74 传递到低温流体 66 中的热量以及热泄漏。如上所述，传递联轴器 22 通过轴 18 的侧面而非轴向通过轴 18 的端部来提供低温流体 52。类似地，传递联轴器 22 从轴 18 中径向地接收低温流体 66，而非从轴 18 的端部中接收低温流体 66。

低温流体 52 通过轴 18 中的第一轴向管道 62 而流到转子 78 中。转子 78 具有真空夹套 82，其使转子 78 隔热。转子 78 使低温流体 53 连通到超导线圈 74 中。低温流体 52 除去超导线圈 74 中的热量，并使线圈 74 保持为低于工作温度，以将线圈 74 保持在超导状态，即无电阻。然后，转子 78 将被加热的低温流体 66 连通到第一轴向管道 62 和第二轴向管道 64 之间的环形体中。被加热的低温流体 66 通过传递联轴器 22 而连通至低温流体源 24 中。

低温流体的热传递损耗被降低到最小，从而保存了制冷能量，

并且保持了使超导线圈 74 维持超导状态所需的工作低温。通过减少冷却流体的泄漏并减少到低温冷却流体中的热传递，就可以减小热损耗。

来看图 4，图中提供了一种用于冷却超导转子线圈 74 的方法 84。该方法包括将低温流体从低温流体源提供给围绕转轴径向设置的低温传递联轴器中，如方框 86 所示。该方法还包括通过径向地延伸穿过转轴的入口通道来将低温流体从传递联轴器提供给超导转子线圈，如方框 88 所示。热量从超导转子线圈传递到低温流体中，如方框 90 所示。该方法还包括通过径向地延伸穿过转轴的出口通道来使低温流体返回到传递联轴器中，如方框 92 所示。低温流体从此处返回到低温流体源中。

来看图 5，图中显示了低温传递系统 94 的一个备选实施例。在该实施例中，备选第一轴向管道 96 和备选第二轴向管道 98 以并排式定向而非套叠式定向的方式设置在转轴 18 中。所示转轴 18 具有一个中央通道 58。然而，转轴 18 可具有分别用于备选第一轴向管道 96 和备选第二轴向管道 98 的单独的通道。另外，采用备选入口管道 100 来将该备选第一轴向管道 96 连接至传递联轴器 22 上，并采用备选出口管道 102 来将该备选第二轴向管道 98 连接至传递联轴器 22 上。

上述技术提供了一种从转轴长度上的任一位置处为超导转子线圈提供低温流体的系统和方法。这样，不必从端部位置处将低温流体传递到转轴上。即使在不容易进入到转子轴的任一端、例如在图 1 所示的发电系统 10 中，这也可以使发电机能够使用超导转子线圈。

虽然这里只是已经显示并介绍了本发明的某些特征，然而本领域的技术人员可构思出多种修改和变化。因此，应当理解，所附权利要求意图覆盖属于本发明精神实质的范围内的所有这些修改和变化。

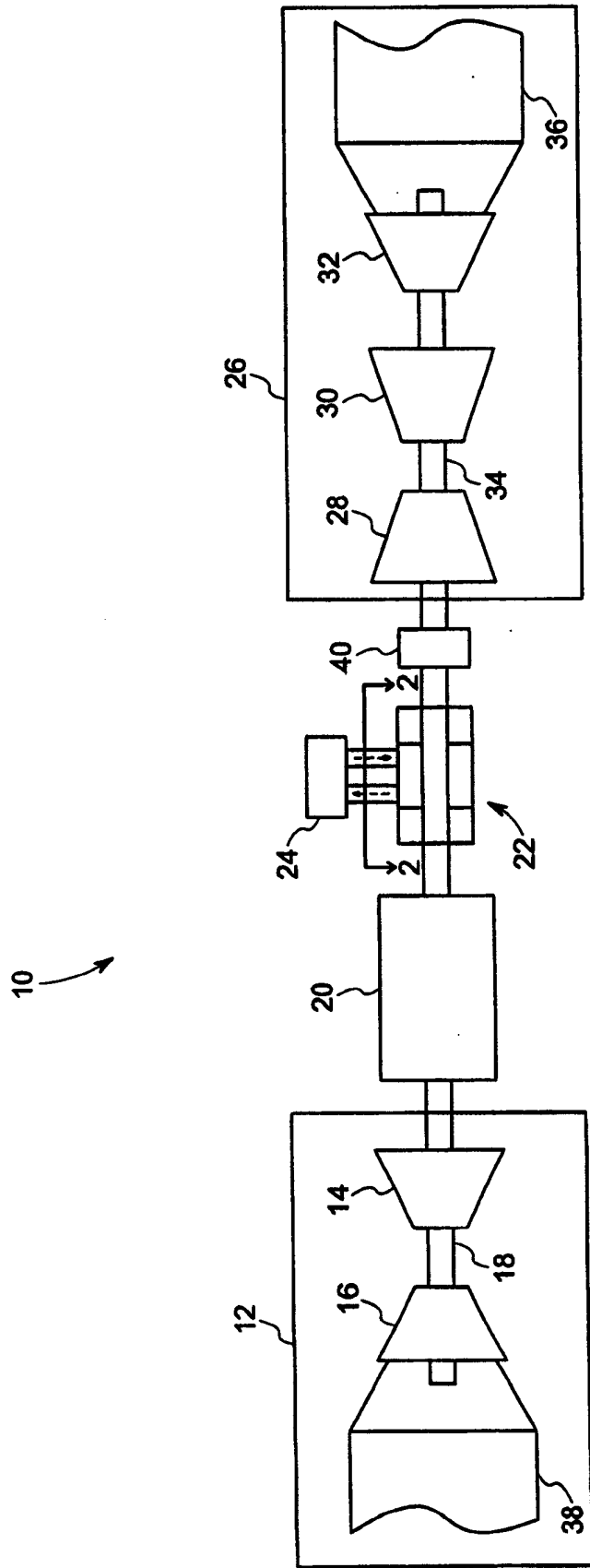


图 1

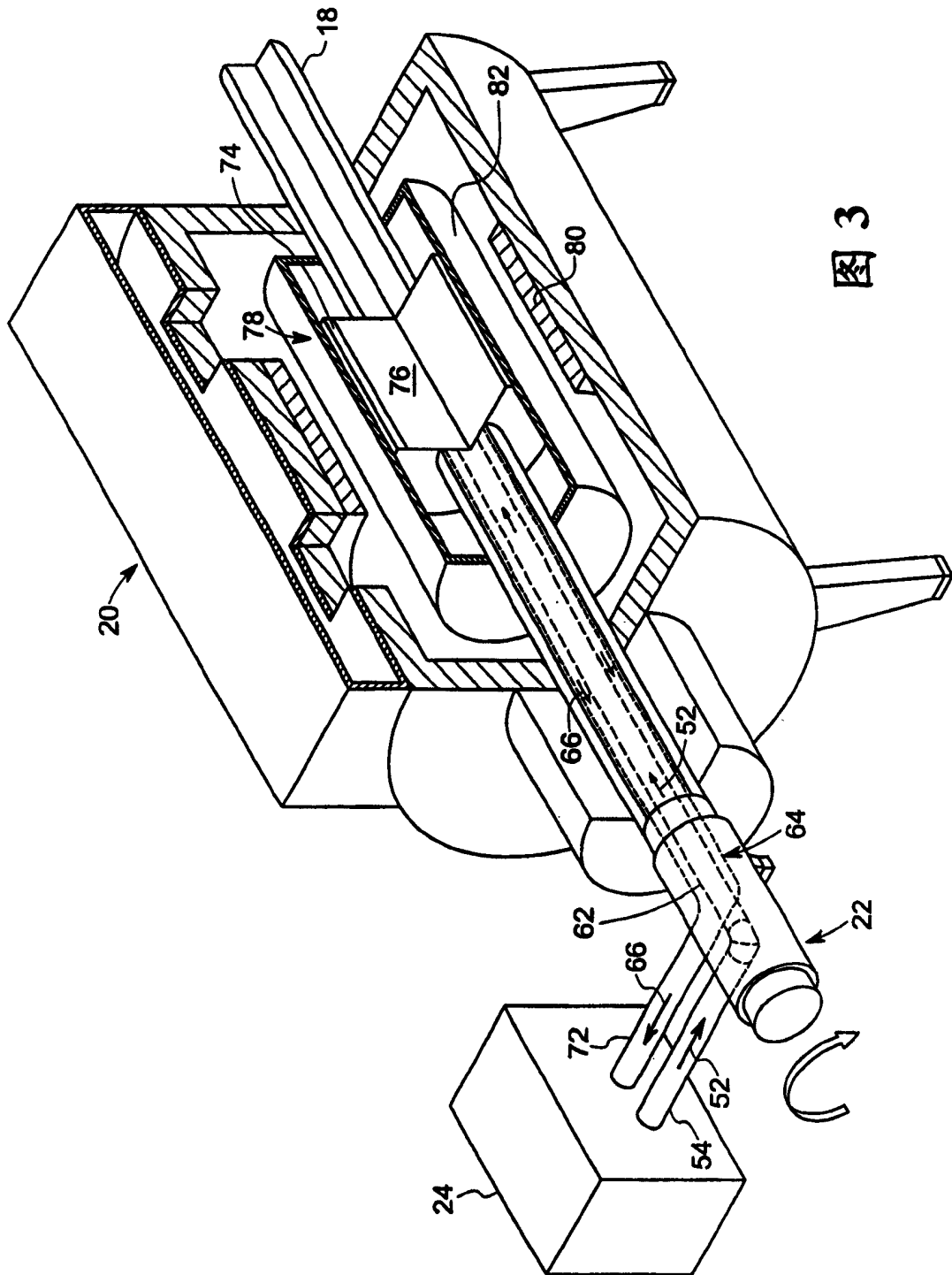


图 3

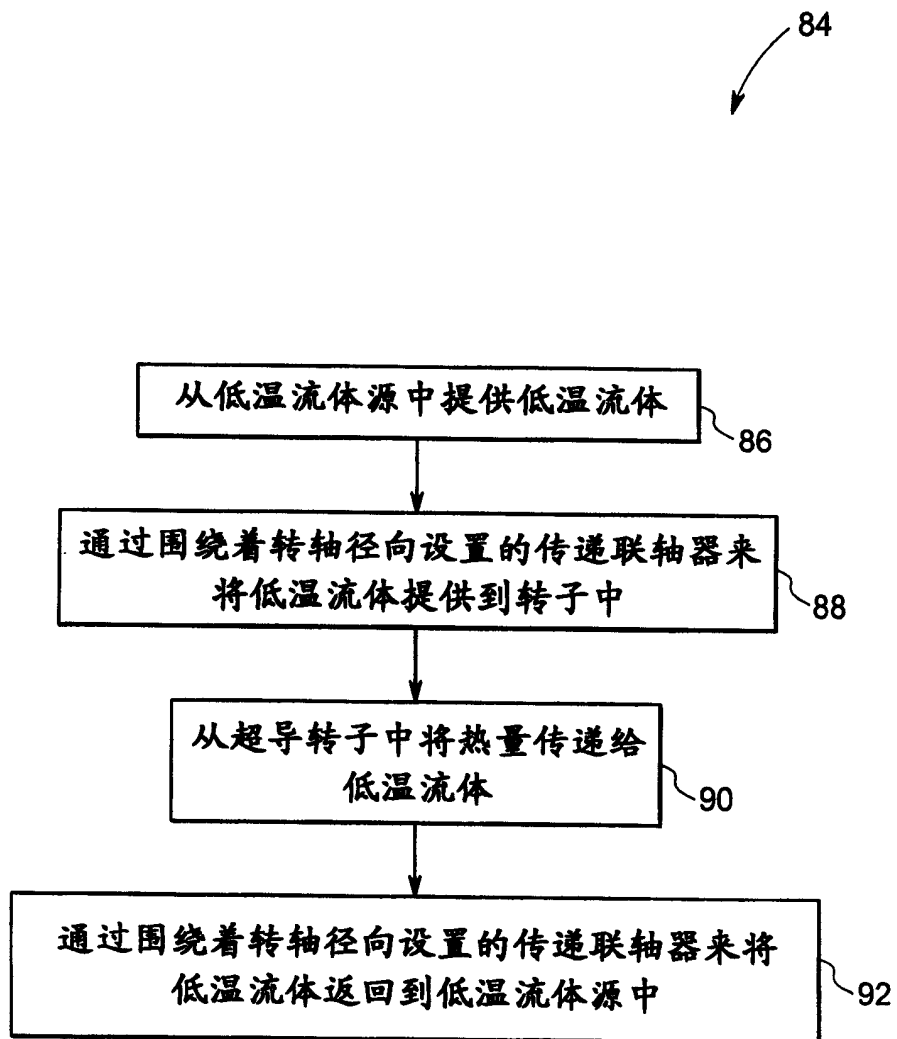


图 4

