(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115751736 A
(43)申请公布日 2023.03.07

(21)申请号 202310026854.6

(22)申请日 2023.01.09

(71)申请人 南通源动太阳能科技有限公司
地址 226100 江苏省南通市海门市海门区正余镇正创路308号

(72)发明人 吴建中 薛有为 阎善武 薛元良

(74)专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463
专利代理师 梁晓婷

(51)Int.Cl.
F24S 23/00(2018.01)
F24S 60/00(2018.01)
F03G 6/06(2006.01)

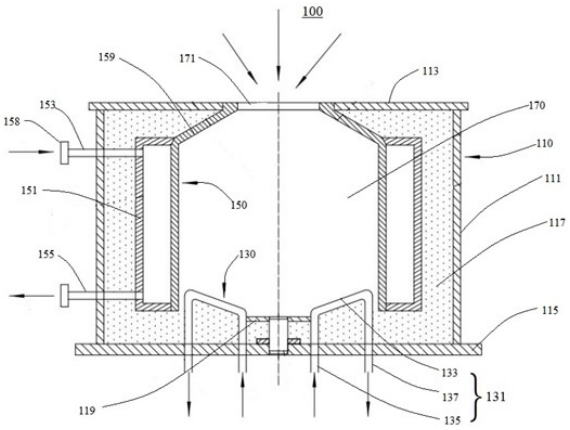
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54)发明名称

双通道碟式太阳能系统及其控制方法

(57)摘要

本发明提供了一种双通道碟式太阳能系统及其控制方法，涉及太阳能发电技术领域，该双通道碟式太阳能系统包括集热加热器，集热加热器包括壳体组件、一次流组件和二次流组件，壳体组件内设置有集热腔，一次流组件设置在集热腔底壁处，并具有一次流通道。二次流组件设置在集热腔的周壁处，并具有二次流通道，一次流通道用于导通至发电设备，二次流通道用于导通至供储热设备。相较于现有技术，本发明通过增设二次流通道，能够降低集热腔周壁的温度，减少热能损失，提升集热器的集热效率，并能够将太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。



CN 115751736 A

1.一种双通道碟式太阳能系统,包括集热加热器,其特征在于,所述集热加热器为双通道碟式太阳能系统,并包括:

壳体组件(110),所述壳体组件(110)内设置有集热腔(170),所述集热腔(170)的顶壁设置有聚光口(171);

一次流组件(130),所述一次流组件(130)设置在所述集热腔(170)底壁处,并具有供发电介质流通的一次流通道,所述一次流组件(130)用于加热所述发电介质;

二次流组件(150),所述二次流组件(150)设置在所述集热腔(170)的周壁处,并具有供导热介质流通的二次流通道,所述二次流组件(150)用于加热所述导热介质;

其中,所述聚光口(171)的尺寸小于所述集热腔(170)的尺寸,并用于将光线汇聚送入所述集热腔(170),所述一次流组件(130)和所述二次流组件(150)均至少部分暴露在所述集热腔(170)中,以将所述集热腔(170)内的热量传递至所述发电介质和所述导热介质,且所述一次流通道用于导通至发电设备,并用于外接发电,所述二次流通道用于导通至供储热设备,并用于外接供热或储能。

2.根据权利要求1所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述一次流组件(130)包括加热管(131),所述加热管(131)嵌设在所述壳体组件(110)中,并部分暴露在所述集热腔(170)的底壁处,所述加热管(131)具有所述一次流通道,并用于连接所述发电设备。

3.根据权利要求2所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述加热管(131)包括受热管段(133)、发电进管段(135)和发电出管段(137),所述受热管段(133)暴露在所述集热腔(170)底壁处,并形成第一受热面(139),所述第一受热面(139)倾斜向上延伸至所述集热腔(170)的周壁,所述发电进管段(135)和所述发电出管段(137)分别与所述受热管段(133)的两端连接,并用于构成所述一次流通道,且所述发电进管段(135)和所述发电出管段(137)均穿出所述壳体组件(110),并用于连接所述发电设备。

4.根据权利要求3所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述第一受热面(139)与所述聚光口(171)的距离为300-400mm,所述聚光口(171)的直径为220-280mm,所述集热腔(170)的内径为350-450mm。

5.根据权利要求3所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述二次流组件(150)包括环形导流件(151)、导热进管(153)和导热出管(155),所述环形导流件(151)设置在所述壳体组件(110)内,并具有环形内腔,所述环形导流件(151)的内侧表面用于构成所述集热腔(170)的周壁,并形成第二受热面(157),所述导热进管(153)和所述导热出管(155)均与所述环形导流件(151)连接,并与所述环形内腔导通,以构成所述二次流通道,且所述导热进管(153)和所述导热出管(155)均穿出所述壳体组件(110),并用于连接供储热设备。

6.根据权利要求5所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述环形导流件(151)的顶端还设置有连接板(159),所述连接板(159)与所述壳体组件(110)连接,并倾斜向上延伸至所述聚光口(171)。

7.根据权利要求5所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述导热进管(153)和/或所述导热出管(155)上设置有比例调节阀(158),所述一次流通道的流量用于通过所述发电设备的循环压力进行调节,所述二次流通道的流量用于通过所述比例调节阀(158)进行调节,以相对独立地调节所述一次流通道对应的所述第一受热面(139)和所述二次流通道对应的所述第二受热面(157)的加热温度,使所述第一受热面(139)或所述第二受热面

(157)的温度相同或不同。

8.根据权利要求1所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述壳体组件(110)包括外围壳(111)、盖板(113)和底板(115),所述盖板(113)盖设在所述外围壳(111)的顶部,并设置有所述聚光口(171),所述底板(115)设置在所述外围壳(111)的底部,且所述底板(115)的中心设置有中心安装座(119),所述中心安装座(119)与所述聚光口(171)对应设置,所述一次流组件(130)设置在所述底板(115)上,所述二次流组件(150)设置在所述外围壳(111)内侧。

9.根据权利要求8所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述壳体组件(110)还包括隔热层(117),所述隔热层(117)设置在所述外围壳(111)、所述盖板(113)和所述底板(115)的内侧,并同时填充设置在所述一次流组件(130)和所述底板(115)之间的空隙以及所述二次流组件(150)与所述外围壳(111)之间的空隙,且所述隔热层(117)围设在所述集热腔(170)的周围。

10.一种双通道碟式太阳能系统的控制方法,适用于如权利要求1-9任一项所述的双通道碟式太阳能系统,其特征在于,所述控制方法包括:

向一次流通道充入发电介质至初始压力,并关闭二次流通道;

在所述一次流通道温度升至启动值的状态下启动发电设备,并打开所述二次流通道,以向所述二次流通道内通入导热介质;

随着所述一次流通道升温,逐步调节所述一次流通道内所述发电介质的压力至工作压力,以使所述一次流通道内的所述发电介质的流量至第一工作流量m_1;

随着所述二次流通道升温,逐步调节所述二次流通道内所述导热介质的流量至第二工作流量m_2。

11.根据权利要求10所述的双通道碟式太阳能系统的控制方法,其特征在于,随着所述二次流通道升温,逐步调节所述二次流通道内所述导热介质的流量至第二工作流量m_2的步骤之后,所述控制方法还包括:

调节所述二次流通道的流量m_2,以调整所述一次流通道所接受的一次流热量Q_1和所述二次流通道所接受的二次流热量Q_2的热量分配比例。

12.根据权利要求10所述的双通道碟式太阳能系统的控制方法,其特征在于,所述初始压力为3-5Mpa,所述启动值为400-500℃。

双通道碟式太阳能系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能发电技术领域，具体而言，涉及一种双通道碟式太阳能系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 目前主流的太阳能热发电为塔式和槽式太阳能热发电技术，但其聚光集热效率仅能达到约70%，发电效率仅能达到15%左右。碟式斯特林太阳能热发电是一种高温太阳能热发电技术，其优势是聚光集热效率高、发电效率高。聚光集热效率可以达到90%，发电效率可以达到30%。是目前效率最高的太阳能热发电技术。

[0003] 但目前的碟式太阳能热发电技术为单一发电模式，即热量收集后通过单一通道进行发电，不能满足多能源互补及储能需求，不能实现全天连续高效率发电与储能。

发明内容

[0004] 本发明的目的包括，例如，提供了一种双通道碟式太阳能系统及其控制方法，其能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电，进一步提高发电效率和集热效率目的。

[0005] 本发明的实施例可以这样实现：

第一方面，本发明提供一种双通道碟式太阳能系统，包括集热加热器，所述集热加热器为双通道碟式太阳能系统，包括：

壳体组件，所述壳体组件内设置有集热腔，所述集热腔的顶壁设置有聚光口；

一次流组件，所述一次流组件设置在所述集热腔底壁处，并具有供发电介质流通的一次流通道，所述一次流组件用于加热所述发电介质；

二次流组件，所述二次流组件设置在所述集热腔的周壁处，并具有供导热介质流通的二次流通道，所述二次流组件用于加热所述导热介质；

其中，所述聚光口的尺寸小于所述集热腔的尺寸，并用于将光线汇聚送入所述集热腔，所述一次流组件和所述二次流组件均至少部分暴露在所述集热腔中，以将所述集热腔内的热量传递至所述发电介质和所述导热介质，且所述一次流通道用于导通至发电设备，并用于外接发电，所述二次流通道用于导通至供储热设备，并用于外接供热。

[0006] 在可选的实施方式中，所述一次流组件包括加热管，所述加热管嵌设在所述壳体组件中，并部分暴露在所述集热腔的底壁处，所述加热管具有所述一次流通道，并用于连接所述发电设备。

[0007] 在可选的实施方式中，所述加热管包括受热管段、发电进管段和发电出管段，所述受热管段暴露在所述集热腔底壁处，并形成第一受热面，所述第一受热面倾斜向上延伸至所述集热腔的周壁，所述发电进管段和所述发电出管段分别与所述受热管段的两端连接，并用于构成所述一次流通道，且所述发电进管段和所述发电出管段均穿出所述壳体组件，

并用于连接所述发电设备。

[0008] 在可选的实施方式中，所述第一受热面与所述聚光口的距离为300-400mm，所述聚光口的直径为220-280mm，所述集热腔的内径为350-450mm。

[0009] 在可选的实施方式中，所述二次流组件包括环形导流件、导热进管和导热出管，所述环形导流件设置在所述壳体组件内，并具有环形内腔，所述环形导流件的内侧表面用于构成所述集热腔的周壁，并形成第二受热面，所述导热进管和所述导热出管均与所述环形导流件连接，并与所述环形内腔导通，以构成所述二次流通道，且所述导热进管和所述导热出管均穿出所述壳体组件，并用于连接供储热设备。

[0010] 在可选的实施方式中，所述环形导流件的顶端还设置有连接板，所述连接板与所述壳体组件连接，并倾斜向上延伸至所述聚光口。

[0011] 在可选的实施方式中，所述导热进管和/或所述导热出管上设置有比例调节阀，所述一次流通道的流量用于通过所述发电设备的循环压力进行调节，所述二次流通道的流量用于通过所述比例调节阀进行调节，以相对独立地调节所述一次流通道对应的所述第一受热面和所述二次流通道对应的所述第二受热面的加热温度，使所述第一受热面或所述第二受热面的温度相同或不同。

[0012] 在可选的实施方式中，所述壳体组件包括外围壳、盖板和底板，所述盖板盖设在所述外围壳的顶部，并设置有所述聚光口，所述底板设置在所述外围壳的底部，且所述底板的中心设置有中心安装座，所述中心安装座与所述聚光口对应设置，所述一次流组件设置在所述底板上，所述二次流组件设置在所述外围壳内侧。

[0013] 在可选的实施方式中，所述壳体组件还包括隔热层，所述隔热层设置在所述外围壳、所述盖板和所述底板的内侧，并同时填充设置在所述一次流组件和所述底板之间的空隙以及所述二次流组件与所述外围壳之间的空隙，且所述隔热层围设在所述集热腔的周围。

[0014] 第二方面，本发明提供一种双通道碟式太阳能系统的控制方法，适用于如前述实施方式任一项所述的双通道碟式太阳能系统，所述控制方法包括：

向一次流通道充入发电介质至初始压力，并关闭二次流通道；

在所述一次流通道温度升至启动值的状态下启动发电设备，并打开所述二次流通道，以向所述二次流通道内通入导热介质；

随着所述一次流通道升温，逐步调节所述一次流通道内所述发电介质的压力至工作压力，以使所述一次流通道内的所述发电介质的流量至第一工作流量m_1；

随着所述二次流通道升温，逐步调节所述二次流通道内所述导热介质的流量至第二工作流量m_2。

[0015] 在可选的实施方式中，随着所述二次流通道升温，逐步调节所述二次流通道内所述导热介质的流量至第二工作流量m_2的步骤之后，所述控制方法还包括：

调节所述二次流通道的流量m_2，以调整所述一次流通道和所述二次流通道的热量分配比例。

[0016] 在可选的实施方式中，所述初始压力为3-5Mpa，所述启动值为400-500℃。

[0017] 本发明实施例的有益效果包括，例如：

本发明实施例提供的双通道碟式太阳能系统及其控制方法，在集热腔的顶部设置

有聚光口，聚光口尺寸较小，用于将光线汇聚送入集热腔，在集热腔的底壁处设置一次流组件，一次流组件具有供发电介质流通的一次流通道，且一次流组件用于加热发电介质，同时在集热腔的周壁处设置二次流组件，二次流组件具有供导热介质流通的二次流通道，且二次流组件用于加热导热介质，一次流组件和二次流组件均至少部分暴露在集热腔中，从而将集热腔内的热量传递至发电介质和导热介质，且一次流通道用于导通至发电设备，并用于外接发电，二次流通道用于导通至供储热设备，并用于外接供热或储能，实现了能量分流技术，进而实现碟式太阳能热储存、热能互补并连续发电。相较于现有技术，本发明通过增设二次流通道，一方面能够降低集热腔周壁的温度，减少热能损失，提升集热器的集热效率，另一方面能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本发明的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0019] 图1为本发明第一实施例提供的双通道碟式太阳能系统的结构示意图；

图2为本发明第二实施例提供的双通道碟式太阳能系统的控制方法的步骤框图；

图3为本发明第二实施例提供的双通道碟式太阳能系统的控制方法中集热腔的热量流向示意图。

[0020] 图标：100-集热加热器；110-壳体组件；111-外围壳；113-盖板；115-底板；117-隔热层；119-中心安装座；130-一次流组件；131-加热管；133-受热管段；135-发电进管段；137-发电出管段；139-第一受热面；150-二次流组件；151-环形导流件；153-导热进管；155-导热出管；157-第二受热面；158-比例调节阀；159-连接板；170-集热腔；171-聚光口。

具体实施方式

[0021] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0022] 因此，以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0023] 应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0024] 在本发明的描述中，需要说明的是，若出现术语“上”、“下”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是该发明产品使用时惯常摆放的方

位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0025] 此外，若出现术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0026] 正如背景技术中所公开的，现有的碟式太阳能发电设备均为单一发电模式，即热量收集后通过单一通道进行发电，无法满足多能源互补及储能需求。并且单一通道进行发电还会造成集热腔170内非热量收集面温度高，进而导致热量损失大，影响整体的集热效率。

[0027] 为了解决上述问题，本发明提供了一种新型的双通道碟式太阳能系统，能够实现能量的双通道利用，降低热量损失，提升集热效率，并且实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明的实施例中的特征可以相互结合。

[0028] 第一实施例

参见图1，本实施例提供了一种双通道碟式太阳能系统，其能够控制集热腔170周壁的温度，减少热能损失，提升集热器的集热效率。同时本实施例能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。

[0029] 本实施例提供的双通道碟式太阳能系统，包括集热加热器100，集热加热器100包括壳体组件110、一次流组件130和二次流组件150，壳体组件110内设置有集热腔170，集热腔170的顶壁设置有聚光口171，聚光口171的尺寸小于集热腔170的尺寸，并用于将光线汇聚送入集热腔170。一次流组件130设置在集热腔170底壁处，并具有供发电介质流通的一次流通道，一次流组件130用于加热发电介质。二次流组件150设置在集热腔170的周壁处，并具有供导热介质流通的二次流通道，二次流组件150用于加热导热介质。其中，一次流组件130和二次流组件150均至少部分暴露在集热腔170中，以将集热腔170内的热量传递至发电介质和导热介质，且一次流通道用于导通至发电设备，并用于外接发电，二次流通道用于导通至供储热设备，并用于外接供热或储热。

[0030] 在本实施例中，通过一次流通道和二次流通道的设置，且一次流通道和二次流通道分别用于发电和储热/供热，实现了能量分流，进而实现碟式太阳能热储存、热能互补并连续发电。并且，此处通过增设二次流通道，一方面能够控制集热腔170周壁温度，例如独立控制实现降低集热腔170周壁的温度，减少热能损失，提升集热器的集热效率，另一方面能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。

[0031] 需要说明的是，本实施例中发电设备可以包括斯特林发动机，利用斯特林发动机进行发电，其发电原理与常规的斯特林发电系统一致，在此不做赘述。供储热设备可以是外部的供热设备，例如热水管路或热水器，可以直接实现供热；也可以是外部的储热设备，例如蓄热机组等，可以将二次流通道的热量存储起来，方便后续进行供热或二次发电。

[0032] 还需要说明的是，本实施例中的一次流通道内的发电介质，可以是斯特林发动机的工作介质，例如氢气或氦气。二次流通道内的导热介质，可以是液体工质(如导热油)或气体工质(如空气、二氧化碳)等。对于发电介质和导热介质的具体类型，在此不作具体限定。

[0033] 在本实施例中，一次流组件130包括加热管131，加热管131嵌设在壳体组件110中，并部分暴露在集热腔170的底壁处，加热管131具有一次流通道，并用于连接发电设备。具体地，加热管131可以是多个，多个加热管131环绕分布在壳体组件110的底部，并通过集流管等管路与斯特林发动机的对应接口连接，实现发电管路的介质循环。

[0034] 在本实施例中，加热管131包括受热管段133、发电进管段135和发电出管段137，受热管段133暴露在集热腔170底壁处，并形成第一受热面139，第一受热面139倾斜向上延伸至集热腔170的周壁，发电进管段135和发电出管段137分别与受热管段133的两端连接，并用于构成一次流通道，且发电进管段135和发电出管段137均穿出壳体组件110，并用于连接发电设备。具体地，每个加热管131均包括一体设置的受热管段133、发电进管段135和发电出管段137，多个受热管段133可以位于同一个受热面上，并形成第一受热面139，第一受热面139倾斜设置，从而能够增大第一受热面139的接收面积，以及对未吸收光的折返使其在腔室内进行反复折返以充分利用能量，避免平面直接反射光造成部分能量溢出腔室，进一步提升能量利用率。

[0035] 二次流组件150包括环形导流件151、导热进管153和导热出管155，环形导流件151设置在壳体组件110内，并具有环形内腔，环形导流件151的内侧表面用于构成集热腔170的周壁，并形成第二受热面157，导热进管153和导热出管155均与环形导流件151连接，并与环形内腔导通，以构成二次流通道，且导热进管153和导热出管155均穿出壳体组件110，并用于连接供储热设备。具体地，环形导流件151呈环形筒状结构，并采用导热性能良好的材料制成，例如导热金属，其中环形导流件151的内侧表面能够构成集热腔170的周壁，并且环形导流件151的内侧表面能够形成第二受热面157，第二受热面157能够将集热腔170内的热量传递至环形内腔中的流通的导热介质，从而实现热量的传递。

[0036] 在本实施例中，导热进管153和导热出管155可以设置在壳体组件110的同一侧，方便外接管路进行供热或蓄热。

[0037] 在本实施例中，环形导流件151的顶端还设置有连接板159，连接板159与壳体组件110连接，并倾斜向上延伸至聚光口171。具体地，连接板159用于固定环形导流件151，并且连接板159也倾斜设置，从而使得聚光口171呈内缩状态，增大对光的折返，进一步避免热量由聚光口171逃逸。并且，聚光口171外可以设置有聚光系统，该聚光系统与常规的聚光碟系统一致，能够将光线汇聚至聚光口171处。

[0038] 在本实施例中，导热进管153和/或导热出管155上设置有比例调节阀158，一次流通道的流量用于通过发电设备的循环压力进行调节，二次流通道的流量用于通过比例调节阀158进行调节，以相对独立地调节一次流通道对应的第一受热面139和二次流通道对应的第二受热面157的加热温度，使第一受热面139或第二受热面157的温度相同或不同。具体地，比例调节阀158可以设置在导热进管153上，该比例调节阀158能够直接调节二次流通道的流量，进而实现调整二次流通道对应的第二受热面157的加热温度。而一次流通道的流量则可以通过斯特林发动机的循环压力进行调节，其中斯特林发动机为闭式循环，其控制参数为介质工作压力，通过控制进、排气单向阀的开启改变系统压力，以此达到间接调节一次流通道流量的目的。其中一次流通道和二次流通道的流量调节相对独立。通过调节比例阀调节二次流通道内导热介质的流量，可以改变二次流通道所导出的热能，同时改变一次流通道和二次流通道的温度场分布，从而改变一次流通道所分配的热能，达到两次流能量的

整体平衡。

[0039] 需要说明的是，本实施例中一次流通道的流量通过调节斯特林发动机循环压力间接调节，二次流通道的流量可以通过比例调节阀158直接调节，从而实现一次流通道、二次流通道的受热面温度独立可调整，更有利地控制一次流通道、二次流通道的受热面温度不同实现发电效率最大化，从而更有利于快速改变一次流通道所分配的热能，达到两次流能量的实现快速整体平衡。而现有技术一般会将腔室内温度控制为相同，未考虑腔室内不同区域对热辐射、热反射以及热量回收效率的影响，难以更有效提高发电效率，此处通过一次流通道、二次流通道的受热面温度独立，实现集热腔170内壁温度分区域控制，可有效控制一次流通道、二次流通道的热量分配，同时二次流通道的受热面的温度控制，可通过独立降低了集热腔170周壁的温度，减少了热能损失，提高了集热器的集热效率，且能显著影响白天和晚上发电的热能平衡过程，实现白天和晚上的连续稳定发电，提高供应电网的电量稳定性，以及提高设备整体发电效率。

[0040] 壳体组件110包括外围壳111、盖板113、底板115和隔热层117，盖板113盖设在外围壳111的顶部，并设置有聚光口171，底板115设置在外围壳111的底部，且底板115的中心设置有中心安装座119，中心安装座119与聚光口171对应设置，一次流组件130设置在底板115上，二次流组件150设置在外围壳111内侧。隔热层117设置在外围壳111、盖板113和底板115的内侧，并同时填充设置在一次流组件130和底板115之间的空隙以及二次流组件150与外围壳111之间的空隙，且隔热层117围设在集热腔170的周围。具体地，此处聚光口171的中心线经过中心安装座119，能够获得较高的集热效率。并且，隔热层117采用了隔热材料进行填充，能够将加热管131部分包覆在内，且隔热层117完全包覆在集热腔170周围，能够降低热量的损失。

[0041] 需要说明的是，本实施例中第一受热面139设置在集热腔170距离聚光口171最远的位置，具体地，一次流通道的位置设置不能离聚光口171太近，如果太近将有更多的热能从聚光口171逃逸，造成集热器效率大幅降低。而碟式系统的聚焦光斑为一近似的圆锥型光斑，为了获得较高的集热效率，应当使圆锥轴线与集热器轴线(也就是聚光中心轴线)重合。发明人发现：圆锥小端面位于聚光口171处，圆锥大端面位于集热器空腔内，系统整体能量利用效率更佳。光斑中心的光能密度最大，随着半径的增加，光能密度则相应降低。通过第一受热面139应布置在大端面处(即底壁处)，并带一定的锥形倾角，可大大提升核心能量源的圆锥型光斑的能量利用效率。而实际上进入聚光口171的光能还有一部分落在了聚光口171与第一受热面139之间的柱形面上，即通过第二受热面157有效利用柱形面上的能量。同时由于反射作用，照射到第一受热面139上的太阳光能还有一部分反射到第二受热面157上。进入聚光口171的光能通过这两个受热面加热工质为有效热能。同时，由于第一受热面139温度很高：如某型太阳能碟式斯特林机受热面(上述第一受热面139)实测温度高达900℃，而集热腔170周壁实测温度高达800℃，集热腔170周壁处的热量难以有效可控的利用，必然使得能量利用效率低下。而周壁处的热量，一部分经过聚光口171辐射到空气中，另一部分经外壳散入空气中，这两部分均为无效热能。而本申请中通过设置独立可控的二次流通道，使得第二吸热面平均温度可降低约150℃，可提高集热效率1%以上，将集热腔170周壁处的热能得以利用，增大了有效热能，减小无效热能。

[0042] 在本实施例中，第一受热面139与聚光口171的距离为300-400mm，聚光口171的直

径为220-280mm，集热腔170的内径为350-450mm，集热腔170的长度为400-500mm。具体地，此处聚光口171直径，集热腔170内径，集热腔170长度以及第一受热面139与聚光口171的距离等均对集热腔170内的温度场分布以及集热效率有影响，这些结构参数的设计需要对聚光系统、集热器、斯特林发动机等进行热力分析和性能匹配分析。通过上述第一受热面139与聚光口171的距离、聚光口171的直径、集热腔170的内径、集热腔170的长度的合理设置，实现了圆锥型光斑更优的进入腔室内部，减少进入损耗，在第一受热面139上更优的利用圆锥型光斑、第二受热面157更为有效利用柱形面上的能量，进而实现第一受热面139、第二受热面157对腔室内的能量的更大化更有效的利用，可进一步提高能量利用效率。

[0043] 需要说明的是，此处第一受热面139与聚光口171的距离不宜过近，如果太近将有更多的热能从聚光口171逃逸，造成集热器效率大幅降低。同时第一受热面139与聚光口171的距离不宜过远，如果太远将导致热能难以传递至第一受热面，造成发电能力受到影响。

[0044] 经过发明人试验发现，上述结构参数能够有效地平衡集热效率和集热能力。例如，当第一受热面139与聚光口171的距离为600-800mm时，集热效率会下降3%-5%。同时，当第一受热面139与聚光口171的距离为200-250mm时，集热效率同样会下降4%-5%。

[0045] 综上所述，本实施例提供的双通道碟式太阳能系统，在集热腔170的顶部设置有聚光口171，聚光口171尺寸较小，用于将光线汇聚送入集热腔170，在集热腔170的底壁处设置一次流组件130，一次流组件130具有供发电介质流通的一次流通道，且一次流组件130用于加热发电介质，同时在集热腔170的周壁处设置二次流组件150，二次流组件150具有供导热介质流通的二次流通道，且二次流组件150用于加热导热介质，一次流组件130和二次流组件150均至少部分暴露在集热腔170中，从而将集热腔170内的热量传递至发电介质和导热介质，且一次流通道用于导通至发电设备，并用于外接发电，二次流通道用于导通至供储热设备，并用于外接供热或储能，实现了能量分流技术，进而实现碟式太阳能热储存、热能互补并连续发电。相较于现有技术，本发明通过增设二次流通道，尤其是独立可控的二次流通道，一方面能够实现集热腔170周壁的温度可控调节，尤其是降低集热腔170周壁的温度，可减少热能损失，提升集热器的集热效率，另一方面能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。

[0046] 第二实施例

本实施例提供了一种双通道碟式太阳能系统的控制方法，其适用于如第一实施例提供的双通道碟式太阳能系统，并实现太阳能发电。

[0047] 本实施例中双通道碟式太阳能系统还连接有发电设备，发电设备可以是斯特林发电系统，即一次流通道与斯特林发动机的接口连接，同时二次流通道与供储热设备连接，实现储热，并且供储热设备还与布雷顿发电系统连接，从而能够将存储的热量进行二次发电，其具体发电过程和发电原理在后文中有详细记载。

[0048] 参见图2，本实施例提供一种双通道碟式太阳能系统的控制方法，适用于如前述的双通道碟式太阳能系统，该控制方法包括以下步骤：

S1：向一次流通道充入发电介质至初始压力，并关闭二次流通道。

[0049] 具体地，可以由斯特林发动机的注入口充入发电介质，直至一次流通道的压力达到初始压力，该初始压力可以是3-5Mpa，此时需要关闭比例调节阀158，控制初始压力一方

面可以便于斯特林发动机启动，另一方面可以防止斯特林发动机的机头过热。

[0050] 需要说明的是，此处斯特林发动机与一次流通道直联，先充入导热介质能够防止斯特林发动机热头过热，有利于保护斯特林发动机，关闭二次流通道则有利于斯特林发动机快速提升工况，减少启动过程消耗。

[0051] 值得注意的是，在向一次流通道充入发电介质的过程中，聚光口171外的聚光碟系统投入跟踪太阳的运动，从而通过聚光口171将光线持续送入集热腔170，使得集热腔170内的温度升高，并加热一次流通道和二次流通道。

[0052] S2：在一次流通道温度升至启动值的状态下启动发电设备，并打开二次流通道，以向二次流通道内通入导热介质。

[0053] 具体地，一次流通道的壁面温度持续升高，在一次流通道的壁面温度升高至启动值时，可以启动斯特林发动机，并在斯特林发动机启动后打开调节比例阀。其中，启动值为400-500℃，此温度范围为斯特林发动机向外输出电能提供了更优的启动条件，需要的启动力矩小，便于启动，同时可防止系统过热。

[0054] 需要说明的是，此处斯特林发动机启动时可以先通过仅控制一次流通道壁面的温度，关闭二次流通道，控制导热介质的热量分流，能更快速的实现一次流通道的温度上升，同时一次流通道的壁面反射能量留存在集热腔170内，能快速提升集热腔170内温度以及二次流通道的壁面温度，有利于系统快速启动。

[0055] S3：随着一次流通道升温，逐步调节一次流通道内发电介质的压力至工作压力，以使所述一次流通道内的所述发电介质的流量至第一工作流量m_1。

[0056] 具体地，斯特林发动机为闭式循环，其控制参数为介质工作压力，通过控制进、排气单向阀的开启改变系统压力，以此达到间接调节流量的目的。

[0057] S4：随着二次流通道升温，逐步调节二次流通道内导热介质的流量至第二工作流量m_2。

[0058] 具体地，此处二次流通道可以利用比例调节阀158直接调节流量，调节更为快速有效，响应时间短，利于系统整体运行效率的提升，以及工况的快速调整。

[0059] 当然，在完成初始状态的设定后，该控制方法还包括以下步骤：调节二次流通道的流量m_2，以调整一次流通道所接受的一次流热量Q_1和二次流通道所接受的二次流热量Q_2的热量分配比。

[0060] 结合参见图3，下面对本实施例提供的双通道碟式太阳能系统的控制方法中的控制过程实现进行详细描述：

首先需要说明的是，以下描述针对的是整个太阳能发电系统的发电原理进行说明，该太阳能发电系统通过双通道碟式太阳能系统进行集热，一部分热量通过一次流通道直接作用在斯特林发电系统上，实现一次发电，该发电过程主要在半天，即半天利用斯特林发电系统(即斯特林机组)进行发电。同时另一部分热量通过二次流通道传递至供储热设备，然后在晚上时存储的热量再作用在布雷顿发电系统(即地面机组)上，实现二次发电。

[0061] 说明1、白天和晚上发电的热能平衡原理：

斯特林机组白天发电功率$W_1=\eta_{31}Q_1$；

地面机组晚上发电功率$W_2=(t_1/t_2)\eta_{32}Q_2$；

其中，η_{31}：斯特林机组发电效率；t_1：白天工作时间；Q_1：一次流热量(即一次流通道

实质获取的热量)；η_{32}:地面机组发电效率；t_2:晚上工作时间；Q_2:二次流热量(即二次流通道实质获取的热量)。

[0062] 按两个机组发电功率相等W1=W2,则有如下公式：

$$Q_2=(\eta_{31}/\eta 3_2)(t_2/t_1)Q_1; \quad (1)$$

说明2、一次流、二次流热能平衡与分流调节原理：

(a)第一受热面139接收的辐射热量为Q_{01},第二受热面157接收的辐射热量为Q_{02},Q_{01}、Q_{02}与太阳光强、聚光碟、集热腔170、第一受热面139和第二受热面157结构有关,可以按光线追踪法计算获得。其与聚光口171接受到的总辐射能Q_0关系如下：

$$Q_0=(Q_{01}+Q_{02})/\ \eta_1;\ \eta_1\text{:聚光口171的聚光效率} \quad (2)$$

(b)对第一受热面139、第二受热面157应用能量平衡原理,吸收的热能等于流出的热能,则可以得出以下公式：

$$Q_{01}=Q_1+Q_{21}+Q_{10}+Q_{1c}\text{;变形为:}Q_1=Q_{01}-Q_{21}-Q_{10}-Q_{1c}; \quad (3)$$

$$Q_{02}+Q_{21}=Q_2+Q_{10}+Q_{1c}\text{;变形为:}Q_2=Q_{02}+Q_{21}-Q_{20}-Q_{2c}; \quad (4)$$

其中：

Q_{1c}:一次流通道对外壁面的导热损失；

Q_{10}:一次流从聚光口171逃逸的辐射热损失；

Q_{2c}:二次流通道对外壁面的导热损失；

Q_{20}:二次流从聚光口171逃逸的辐射热损失；

Q_{21}:第一受热面139、第二受热面157交换的热能。Q_{21}大于零,热能从第一受热面139流向第二受热面157。Q_{21}小于零,热能从第二受热面157流向第一受热面139。

[0063] 由公式(1)(3)(4)可以导出以下公式：

$$Q_2/Q_1=(\eta_{31}/\eta_{32})(t_2/t_1)=(Q_{02}+Q_{21}-Q_{20}-Q_{2c})/(Q_{01}-Q_{21}-Q_{10}-Q_{1c}) \ ; \quad (5)$$

(c)一次流、二次流换热面流出的热能以及工质的加热量计算：

$$Q_1=A_1*\alpha_1(T_1-(T_{01}+T_{g1})/2)=m_1\ CP_1(T_{01}-T_{g1}) \ ; \quad (6)$$

$$Q_2=A_2*\alpha_2(T_2-(T_{02}+T_{g2})/2)=m_2\ CP_2(T_{02}-T_{g2}); \quad (7)$$

$$Q_{1c}=A_1*\lambda_1 L_1(T_1-T_{c1}); \quad (8)$$

$$Q_{2c}=A_2*\lambda_2 L_2(T_2-T_{c2}); \quad (9)$$

$$Q_{10}=\varepsilon_1\sigma\ A_1*\Psi_{10}(T_1^4-T_{c1}^4); \quad (10)$$

$$Q_{20}=\varepsilon_2\sigma\ A_2*\Psi_{20}(T_2^4-T_{c1}^4); \quad (11)$$

$$Q_{12}=\varepsilon_1\sigma\ A_1*\Psi_{12}(T_1^4-T^4_2); \quad (12)$$

A_1、A_2:第一受热面139、第二受热面157的换热面积；

T_1、T_2:一次流通道、二次流通道壁面平均温度；

α_1、α_2:一次流通道、二次流通道平均对流换热系数；

m_1、m_2:一次流通道、二次流通道的工作流量；

CP_1、CP_2:一次流通道、二次流通道的平均比热；

T_{01}、T_{02}:一次流通道、二次流通道的工质的出口温度；

T_{g1}、T_{g1}:一次流通道、二次流通道的工质的入口温度；

λ_1、λ_2:一次流通道、二次流通道隔热材料热导率；

L_1、L_2:一次流通道、二次流通道隔热材料厚度；

Ψ_{10}、Ψ_{20}:第一受热面139、第二受热面157对聚光口171的角系数;

Ψ_{12}:第一受热面139对第二受热面157的角系数;

ε_1、ε_2:表面黑度;

σ:辐射常数;

将(8)～(12)代入(3)～(7)可以得到5个独立方程。在结构参数、工质进口参数、工质特性参数、光能条件确定后、这5个方程共有6个待定参数,它们分别是:T_1、T_2、T_{01}、T_{02}、m_1、m_2。给定其中任意一个参数,通过方程可以确定其他参数。

[0064] (d)调节机理

本发明的热流调节机理如下:当二次流通道的比例调节阀158的调节流量m_2增大时,二次流通道的导热能力增强,导致二次流通道壁面温度T_2下降。按照(4)式,由于进入第二受热面157的辐射光能量Q_{02}保持不变,按照(9)、(11)、(12)式Q_{2c}、Q_{20}下降,Q_{12}增加,其结果是Q_2增加。按照(3)式。由于Q_{01}保持不变,在T_1不变时,Q_{12}增加必然导致Q_1减小,从而达到改变一次流能量Q_1、二次流能量Q_2分配比例的目的。能量平衡图见图3。

[0065] 在实际设计该发电系统和双通道碟式太阳能系统时,以按照以下方法施行:

(a)依据用户目标要求确定白天及晚上工作时间、斯特林机发电功率、发电效率;地面动力机(透平机或其它)发电功率、发电效率、一次流热量Q_1。按(1)式确定二次流热量Q_2。

[0066] (b)初选双通道碟式太阳能系统集热效率及聚光效率。一般设计良好的碟式系统聚光效率η_1可达0.89～0.93,集热效率η_2可达0.94～0.98。按下式确定聚光器接受的太阳能总热量Q_0。

[0067] $Q_0=(Q_1+Q_2)/(\eta_1\eta_2)$; (13)

按下式确定聚光器面积A_0

$A_0=Q_0/I_0$; (14)

其中,I_0:当地平均光强(平均DNI值)。

[0068] (c)初步设计聚光器、双通道碟式太阳能系统。

[0069] (d)使用光线追踪法计算光斑及其集热腔170受热面上的热能分布,确定Q_{01}、Q_{02}。计算斯特林发动机特性、地面动力机特性,确定发动机需要的Q_1、T_{01},Q_2、T_{02}。

[0070] (e)按(3)～(12)计算得出集热器供给的Q_1、T_{01},Q_2、T_{02}。

[0071] (f)比较上述按发动机特性与集热器特性计算的两组热流、温度、Q_1、T_{01},Q_2、T_{02}是否相符,如差别较大则调整聚光器及集热器结构参数后重新计算,直到结果符合要求为止。

[0072] 需要说明的是,在设计时,初次试验时可以参考上述公式的计算结果给出第一工作流量m1和第二工作流量m2,通过试验测试结果可以对上述值进行修正。

[0073] 例如作为一种应用方向示例、发电为10MW的碟式太阳能系统的系统设计目标为:

1、发电功率10MW;

2、白天发电时间(斯特林系统发电时间)t_1=9h;

3、晚上发电时间(地面布雷顿系统发电时间)t_2=15h;

4、斯特林机发电效率η_{31}=34%、单机发电功率25kw、需要斯特林发电-聚光碟系统400台套;

5、布雷顿系统发电效率η_{31}=30%(考虑导储热、及导热损失,地面系统效率设计低一

些)；

6、Q_1=73.5kw/台套；

7、按照(1)式Q_2=138.8kw；

8、集热器效率η_2=0.96；

9、聚光效率η_1=0.91；

10、太阳平均光强DNI=0.8kw/m^2；

11、按(2)式需要的聚光面积S_0=243m^2/台；

12、聚光口171直径Φ260～280mm；

13、第一受热面139到聚光口171距离350～450mm；

14、第二受热面157直径Φ400～450mm；

15、外壳外径Φ600～700。

[0074] 综上所述，本发明实施例提供的双通道碟式太阳能系统的控制方法，在集热腔170的顶部设置有聚光口171，聚光口171尺寸较小，用于将光线汇聚送入集热腔170，在集热腔170的底壁处设置一次流组件130，一次流组件130具有供发电介质流通的一次流通道，且一次流组件130用于加热发电介质，同时在集热腔170的周壁处设置二次流组件150，二次流组件150具有供导热介质流通的二次流通道，且二次流组件150用于加热导热介质，一次流组件130和二次流组件150均至少部分暴露在集热腔170中，从而将集热腔170内的热量传递至发电介质和导热介质，且一次流通道用于导通至发电设备，并用于外接发电，二次流通道用于导通至供储热设备，并用于外接供热或储能，实现了能量分流技术，进而实现碟式太阳能热储存、热能互补并连续发电。相较于现有技术，本发明通过增设二次流通道，一方面能够降低集热腔170周壁的温度，减少热能损失，提升集热器的集热效率，另一方面能够将碟式系统的太阳能分为两路，一路直接供给发电设备进行发电，另一路进行储能或供热，从而实现碟式太阳能热电连供、储能、太阳能与其他能源互补并连续发电目的。

[0075] 以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

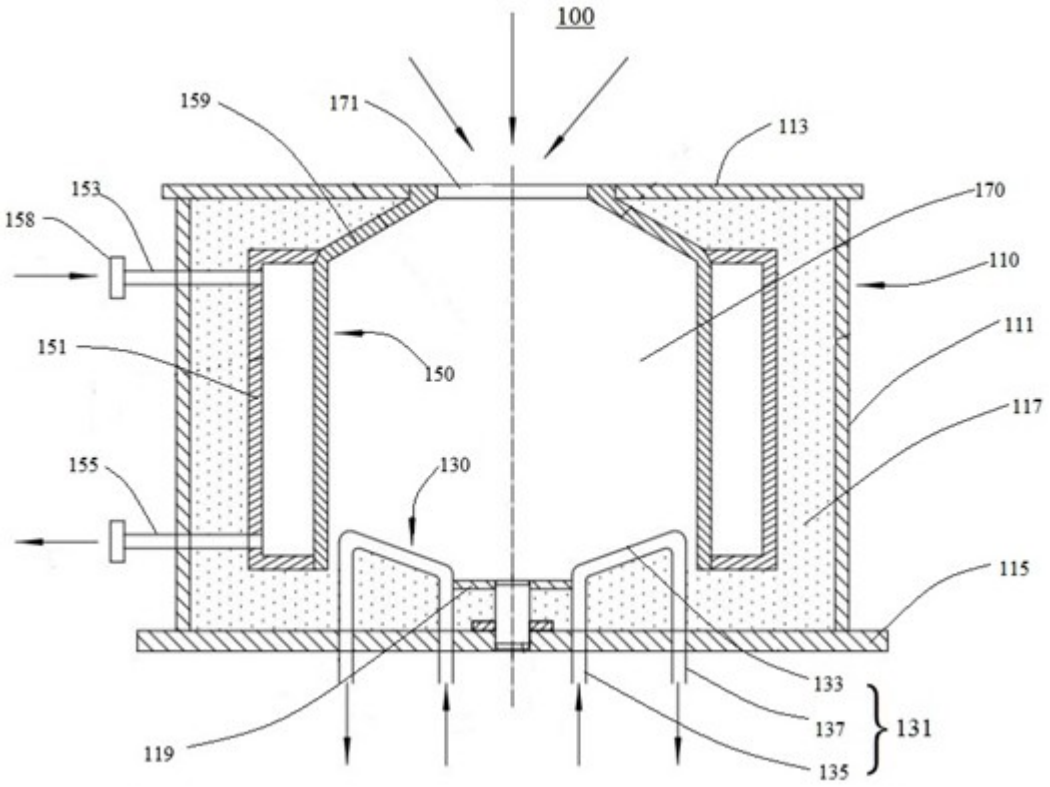

100
159
171
113
153
158
170
110
151
150
111
117
155
130
115
133
137
131
119
135

图1

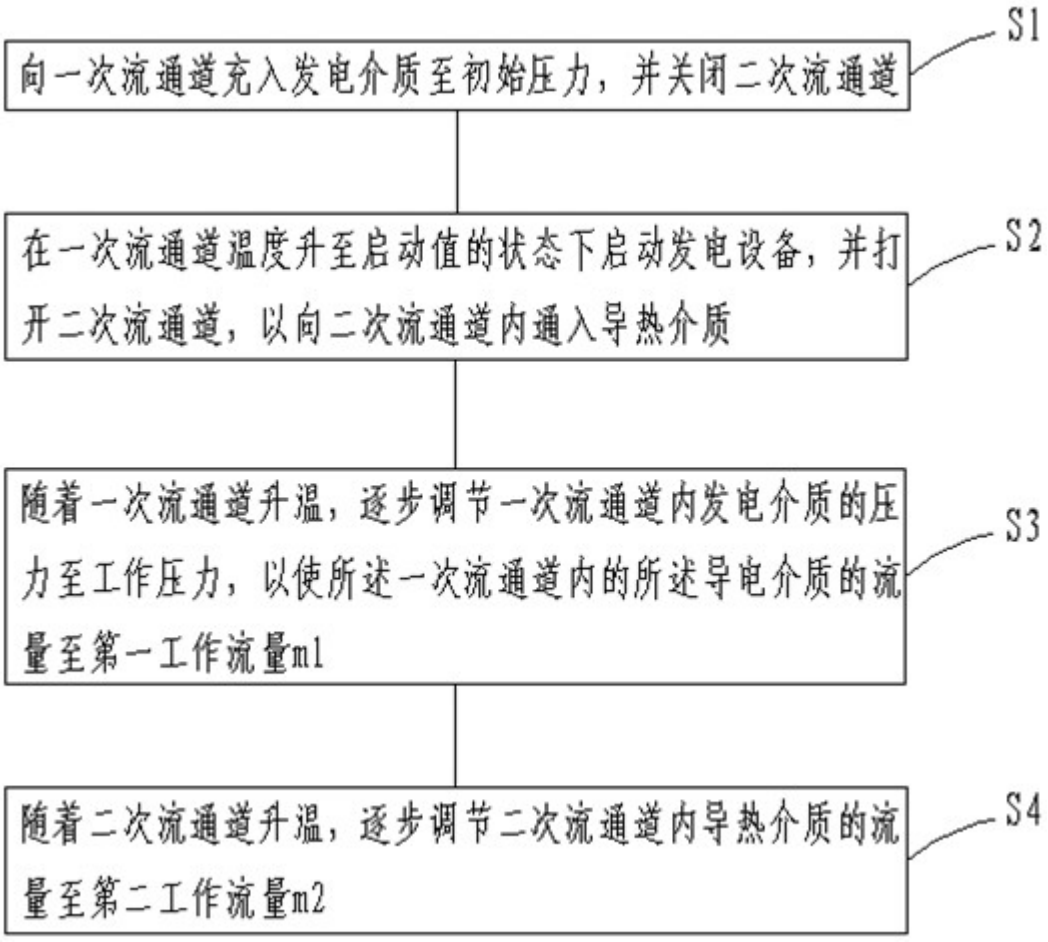

S1
向一次流通道充入发电介质至初始压力，并关闭二次流通道
S2
在一次流通道温度升至启动值的状态下启动发电设备，并打开二次流通道，以向二次流通道内通入导热介质
S3
随着一次流通道升温，逐步调节一次流通道内发电介质的压力至工作压力，以使所述一次流通道内的所述导电介质的流量至第一工作流量m1
S4
随着二次流通道升温，逐步调节二次流通道内导热介质的流量至第二工作流量m2

图2

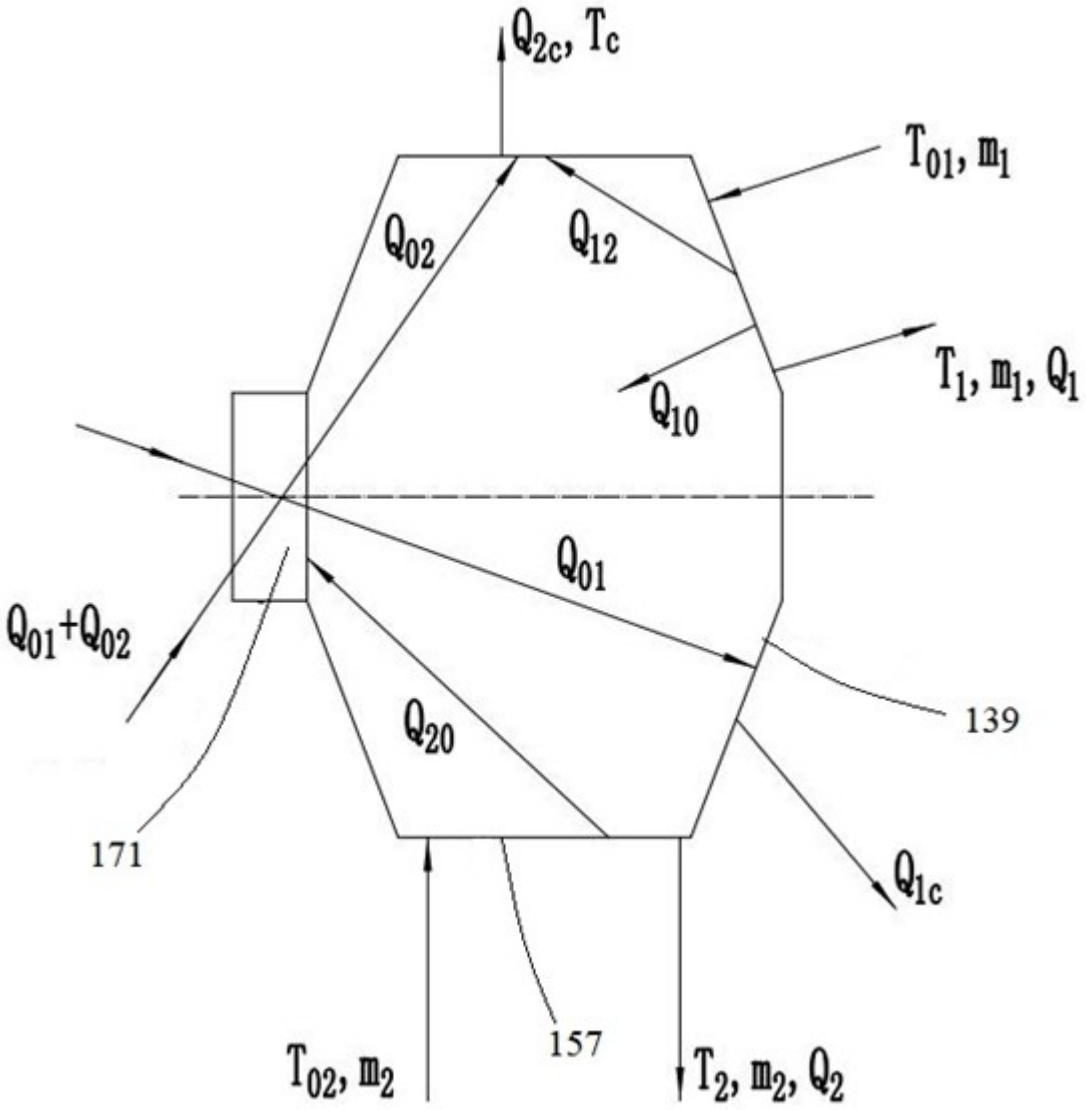

Q_{2c}, T_c
T_{01}, m_1
Q_{02}
Q_{12}
T_1, m_1, Q_1
Q_{10}
Q_{01}
$Q_{01}+Q_{02}$
139
Q_{20}
171
Q_{1c}
157
T_{02}, m_2
T_2, m_2, Q_2

图3