(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102155365 B
(45)授权公告日 2012.08.29

(21)申请号 201110127569.0
(22)申请日 2011.05.17
(73)专利权人 浙江大学
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号
(72)发明人 骆仲泱 倪明江 肖刚 岑可法 高翔 方梦祥 周劲松 施正伦 程乐鸣 王勤辉 王树荣 余春江
(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200
代理人 张法高
(51)Int.Cl.
F03G 6/06(2006.01)
F02G 1/043(2006.01)

审查员 应一鸣

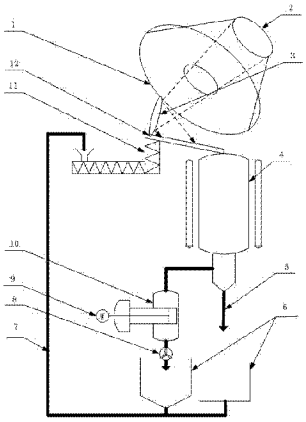
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54)发明名称

一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置及其方法

(57)摘要

本发明公开了一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置及其方法。冷料仓、返料提升机、保温螺旋输送机、平板式吸热腔、热料仓、斯特林发动机、星型阀顺次相连，平板式吸热腔上设有太阳能聚光跟踪系统。太阳能聚光跟踪系统包括一次聚光镜、二次聚光镜、三次反射镜、背部支架、双轴跟踪系统、立柱、旋转底盘、控制器、支撑杆；旋转抛物面的碟式反射镜中间开有透光孔，透光孔的下方布置有三次聚光镜；透光孔的上方，在离旋转抛物面碟式反射镜的顶点距离200～4000mm处布二次聚光镜。本发明克服了太阳光不连续和不稳定导致发电功率波动甚至停机的缺点；同时，使得斯特林发动机的换热腔入口温度较为稳定，增加了发电系统的稳定性。



CN 102155365 B

1. 一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置，其特征在于包括太阳能聚光跟踪系统、热料仓 (4)、紧急旁路出口 (5)、冷料仓 (6)、返料提升机 (7)、星型阀 (8)、发电机 (9)、斯特林发动机 (10)、保温螺旋输送机 (11)、平板式吸热腔 (12) ；冷料仓 (6)、返料提升机 (7)、保温螺旋输送机 (11)、平板式吸热腔 (12)、热料仓 (4)、斯特林发动机 (10)、星型阀 (8) 顺次相连，平板式吸热腔 (12) 上设有太阳能聚光跟踪系统，太阳能聚光跟踪系统包括一次聚光镜 (1)、二次聚光镜 (2)、三次反射镜 (3)、背部支架 (13)、双轴跟踪系统 (14)、立柱 (15)、旋转底盘 (16)、控制器 (17)、支撑杆 (18) ；旋转抛物面的碟式反射镜 (1) 中间开有透光孔，透光孔的下方布置有三次聚光镜 (3) ；透光孔的上方，在离旋转抛物面碟式反射镜 (1) 的顶点距离 200 ～ 4000mm 处布二次聚光镜 (2)，旋转抛物面碟式反射镜 (1) 与二次聚光镜 (2) 之间设有支撑杆 (18)，旋转抛物面碟式反射镜 (1) 的背部支架 (13) 与立柱 (15) 一端通过双轴跟踪系统 (14) 连接，双轴跟踪系统 (14) 的控制器 (17) 置于地面上，立柱 (15) 另一端与旋转底盘 (16) 相连。

2. 一种使用如权利要求 1 所述装置的热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电方法，其特征在于 ：通过双轴跟踪系统 (14)，由控制器 (17) 控制一次聚光镜 (1)、二次聚光镜 (2) 和三次反射镜 (3) 并将太阳光汇聚到一次聚光镜 (1) 下方，平板式吸热腔 (12)、热料仓 (4)、斯特林机 (10) 和发电机 (9) 布置在地面上，汇聚后的光线照射在平板式吸热腔 (12) 内的热砂上，平板式吸热腔 (12) 出口处热砂温度达到 800℃～ 1000℃，热砂进入热料仓 (4)，热料仓 (4) 中的热砂温度稳定在 700℃～ 950℃，经过斯特林机 (10) 的换热腔换热后热砂温度稳定在 300℃～ 500℃，斯特林机 (10) 和发电机 (9) 相连，带动发电机 (9) 发电，热砂经过星型阀 (8) 流入冷料仓 (6)，再经过返料提升机 (7) 和保温螺旋输送机 (11) 回到平板式吸热腔 (12) 再加热，以此形成循环 ；在阳光不足的阴雨天或夜晚，热料仓 (4) 中储存的 700℃～ 950℃的热砂进入斯特林机 (10) 的换热腔进行换热，为斯特林机 (10) 提供热源，保证发电机 (9) 能够持续稳定的发电，换热后热砂温度稳定在 300℃～ 500℃，经过星型阀 (8) 流入冷料仓 (6)，再经过返料提升机 (7) 和保温螺旋输送机 (11) 回到平板式吸热腔 (12)，以此形成循环 ；在特殊情况下，热料仓 (4) 中的热砂可通过紧急旁路出口 (5) 卸料，物料流入冷料仓 (8)，提高系统的安全性能。

一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热发电领域，尤其涉及一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置及其方法。

背景技术

[0002] 全球太阳能辐射总量约 1.7×10^{17}W，其中我国约占 1%（1.8×10^{15}W，相当于 1.9 万亿吨标煤 / 年），是我国目前年能耗总量的 680 倍。电力是世界上消耗量最大的二次能源，太阳能发电技术是有效缓解当前能源危机的有效手段，应用前景极广。

[0003] 太阳能发电技术主要分为光伏发电和太阳能热发电两大类。光伏发电主要是利用光伏电池板的光电效应进行发电，在无光或者太阳光强度波动时，光伏发电系统完全停止发电或者发电功率大幅波动，对电网冲击很大。太阳能热发电主要是通过抛物面反射镜将太阳光聚集起来，直接利用外热式发动机（如斯特林机）发电，或通过换热装置产生高温高压的蒸汽驱动汽轮机发电。太阳能热发电效率较高，可以通过热量存储在晚上或者无光时间继续发电，增加太阳能热发电系统的运行稳定性和可靠性。

发明内容

[0004] 本发明针对现有太阳能热发电方法的不足，提供一种热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置及其方法。

[0005] 热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置包括太阳能聚光跟踪系统、热料仓、紧急旁路出口、冷料仓、返料提升机、星型阀、发电机、斯特林发动机、保温螺旋输送机、平板式吸热腔；冷料仓、返料提升机、保温螺旋输送机、平板式吸热腔、热料仓、斯特林发动机、星型阀顺次相连，平板式吸热腔上设有太阳能聚光跟踪系统，太阳能聚光跟踪系统包括一次聚光镜、二次聚光镜、三次反射镜、背部支架、双轴跟踪系统、立柱、旋转底盘、控制器、支撑杆；旋转抛物面的碟式反射镜中间开有透光孔，透光孔的下方布置有三次聚光镜；透光孔的上方，在离旋转抛物面碟式反射镜的顶点距离 200 ～ 4000mm 处布二次聚光镜，旋转抛物面碟式反射镜与二次聚光镜之间设有支撑杆，旋转抛物面碟式反射镜的背部支架与立柱一端通过双轴跟踪系统连接，双轴跟踪系统的控制器置于地面上，立柱另一端与旋转底盘相连。

[0006] 热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电方法是：通过双轴跟踪系统，由控制器控制一次聚光镜、二次聚光镜和三次反射镜并将太阳光汇聚到一次聚光镜下方，因此平板式吸热腔、热料仓、斯特林机和发电机等装置都可以布置在地面上，很大程度提高了系统的稳定性和抗风性能；汇聚后的光线照射在平板式吸热腔内的热砂上，平板式吸热腔出口处热砂温度达到 800℃～ 1000℃，热砂进入热料仓，热料仓中的热砂温度稳定在 700℃～ 950℃，经过斯特林机的换热腔换热后热砂温度稳定在 300℃～ 500℃，斯特林机和发电机相连，带动发电机发电，热砂经过星型阀流入冷料仓，再经过返料提升机和保温螺旋输送机回到平板式吸热腔再加热，以此形成循环；在阳光不足的阴雨天或夜晚，热料仓中储存的 700℃～ 950℃的热砂进入斯特林机的换热腔进行换热，为斯特林机提供热源，保证发电机能够持续

稳定的发电，换热后热砂温度稳定在 300℃～ 500℃，经过星型阀流入冷料仓，再经过返料提升机和保温螺旋输送机回到平板式吸热腔，以此形成循环；在特殊情况下，热料仓中的热砂可通过紧急旁路出口卸料，物料流入冷料仓，提高系统的安全性能。

[0007] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：

[0008] 1、本发明采用的聚光方法，可以实现太阳能碟式聚光后将聚光焦斑都转移到碟式系统下方，可有效降低追日系统的能耗，提高系统的平衡性和抗风性能。同时整个太阳能聚光系统由双轴跟踪系统控制，可实时跟踪太阳，保证聚光效果。

[0009] 2、本发明采用的热砂蓄热系统，可以在太阳光强度不够或者阴雨天气时为斯特林机提供热源，使斯特林机持续发电，克服了太阳光不连续和不稳定导致发电功率波动甚至停机的缺点。

[0010] 3、本发明采用了热砂作为循环工质，比热容量大，黑度高，循环温度高，可有效地将太阳辐射能转变为热能并储存；同时，本发明采用斯特林机作为将热能转换为机械能的装置，可以提高太阳能热发电的效率。

[0011] 4、本发明采用了紧急冷却系统方法，在特殊情况下，热料仓中的热砂可通过紧急旁路出口卸料，再经过水冷套冷却后，通过闸阀流入冷料仓，提高系统的安全性能。

[0012] 附图说明：

[0013] 图 1 是热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置的结构示意图；

[0014] 图 2 是本发明的太阳能聚光装置的结构示意图：

[0015] 图中：一次聚光镜 1、二次聚光镜 2、三次反射镜 3、热料仓 4、紧急旁路出口 5、冷料仓 6、返料提升机 7、星型阀 8、发电机 9、斯特林发动机 10、保温螺旋输送机 11、平板式吸热腔 12、背部支架 13、双轴跟踪系统 14、立柱 15、旋转底盘 16、控制器 17、支撑杆 18。

[0016] 具体实施方式：

[0017] 如图 1、2 所示，热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置包括太阳能聚光跟踪系统、热料仓 4、紧急旁路出口 5、冷料仓 6、返料提升机 7、星型阀 8、发电机 9、斯特林发动机 10、保温螺旋输送机 11、平板式吸热腔 12；冷料仓 6、返料提升机 7、保温螺旋输送机 11、平板式吸热腔 12、热料仓 4、斯特林发动机 10、星型阀 8 顺次相连，平板式吸热腔 12 上设有太阳能聚光跟踪系统，太阳能聚光跟踪系统包括一次聚光镜 1、二次聚光镜 2、三次反射镜 3、背部支架 13、双轴跟踪系统 14、立柱 15、旋转底盘 16、控制器 17、支撑杆 18；旋转抛物面的碟式反射镜 1 中间开有透光孔，透光孔的下方布置有三次聚光镜 3；透光孔的上方，在离旋转抛物面碟式反射镜 1 的顶点距离 200 ～ 4000mm 处布二次聚光镜 2，旋转抛物面碟式反射镜 1 与二次聚光镜 2 之间设有支撑杆 18，旋转抛物面碟式反射镜 1 的背部支架 13 与立柱 15 一端通过双轴跟踪系统 14 连接，双轴跟踪系统 14 的控制器 17 置于地面上，立柱 15 另一端与旋转底盘 16 相连。

[0018] 热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电方法是：通过双轴跟踪系统 14，由控制器 17 控制一次聚光镜 1、二次聚光镜 2 和三次反射镜 3 并将太阳光汇聚到一次聚光镜 1 下方，因此平板式吸热腔 12、热料仓 4、斯特林机 10 和发电机 9 等装置都可以布置在地面上，很大程度提高了系统的稳定性和抗风性能；汇聚后的光线照射在平板式吸热腔 12 内的热砂上，平板式吸热腔 12 出口处热砂温度达到 800℃～ 1000℃，热砂进入热料仓 4，热料仓 4 中的热砂温度稳定在 700℃～ 950℃，经过斯特林机 10 的换热腔换热后热砂温度稳定在 300℃～

500℃，斯特林机 10 和发电机 9 相连，带动发电机 9 发电，热砂经过星型阀 8 流入冷料仓 6，再经过返料提升机 7 和保温螺旋输送机 11 回到平板式吸热腔 12 再加热，以此形成循环；在阳光不足的阴雨天或夜晚，热料仓 4 中储存的 700℃～ 950℃的热砂进入斯特林机 10 的换热腔进行换热，为斯特林机 10 提供热源，保证发电机 9 能够持续稳定的发电，换热后热砂温度稳定在 300℃～ 500℃，经过星型阀 8 流入冷料仓 6，再经过返料提升机 7 和保温螺旋输送机 11 回到平板式吸热腔 12，以此形成循环；在特殊情况下，热料仓 4 中的热砂可通过紧急旁路出口 5 卸料，物料流入冷料仓 8，提高系统的安全性能。

[0019] 实施例：

[0020] 本实施例的热砂蓄热太阳能碟式斯特林机发电装置如图 1 所示，装置由一次聚光镜、二次聚光镜、三次反射镜、热料仓、紧急旁路出口、冷料仓、返料提升机、星型阀、水冷套、发电机、斯特林发动机、保温螺旋输送机、平板式吸热腔、双轴跟踪系统、控制器、背部支架、立柱、旋转底盘、支撑杆组成，其中吸热腔出口与热料仓入口相连，热料仓出口与斯特林机的换热腔入口相连，斯特林机的换热腔入口与热砂流率控制星型阀入口相连，热砂流率控制星型阀的出口与冷料仓的入口相连，冷料仓的出口经过返料提升机和保温螺旋输送机与吸热腔的入口相连；斯特林发动机与发电机连接。太阳能三次聚光装置由一次反射镜、二次反射镜、三次反射镜、双轴跟踪系统和控制器组成。所述的一次镜、二次镜和三次镜所述的曲面方程是一个旋转双曲线方程或者多个旋转双曲线方程组成的复合面。紧急冷却系统装置由紧急旁路出口、水冷套、闸阀和冷料桶组成。热料仓中的热砂颗粒放入紧急旁路出口，然后经过水冷套冷却，热砂颗粒的温度冷却到室温，再经过闸阀流入冷料桶。

[0021] 在本实施例中，所述的一次镜、二次镜和三次镜的总聚光效率为 85%，光热转换效率为 80%，散热热损为 20%，聚光比为 300，斯特林发动机发电效率为 25%，所用热砂为 SiC 颗粒，本地太阳辐射强度为 1kW/m^2，日照时间为 8 小时，整个系统运行 14 小时，在有太阳辐射时，平板式吸热腔中的热砂的质量流量为 0.0174kg/s。

[0022] 当斯特林机的发电功率为 1kW 时，所需一次镜的面积为 7.35 ㎡。热砂进出斯特林机换热腔的进出口温度分别为 800℃和 500℃，此时，热端处的热砂颗粒的质量流量为 0.00995kg/s。若保证一天 14 个小时连续发电，则热料仓需储存 214.56kg 的热砂，此时，热料仓的体积为 0.141m^3。

[0023] 当斯特林机的发电功率为 10kW 时，所需一次镜的面积为 73.5 ㎡。热砂进出斯特林机换热腔的进出口温度分别为 800℃和 500℃，此时，热端处的热砂颗粒的质量流量为 0.0995kg/s。若保证一天 14 个小时连续发电，则热料仓需储存 2145.6kg 的热砂，此时，热料仓的体积为 1.41m^3。

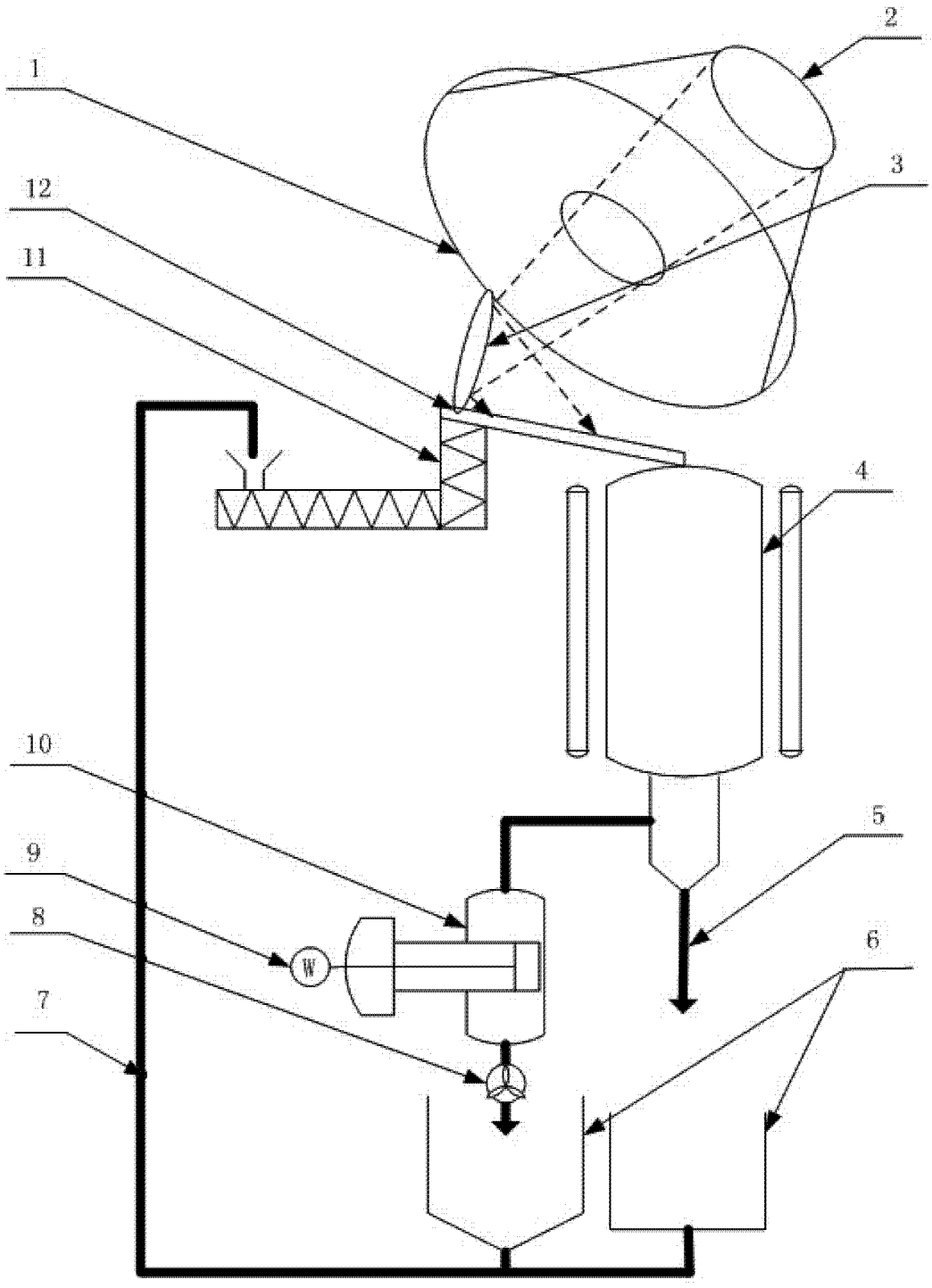


图 1

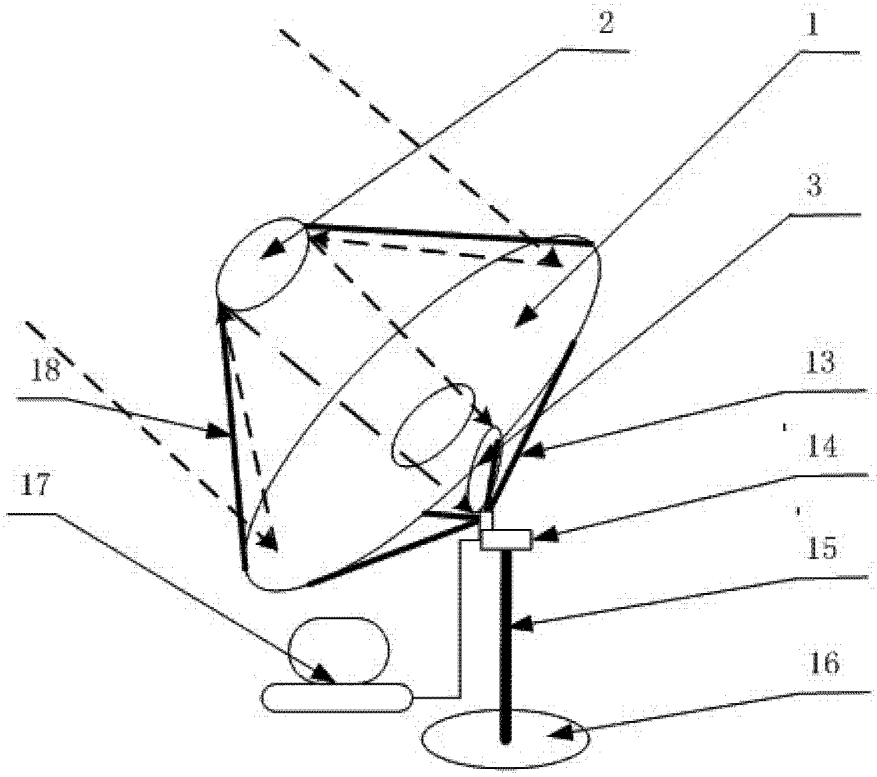


图 2