

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101968043 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 201010526161. 6

(22) 申请日 2010. 10. 25

(73) 专利权人 北京世纪源博科技股份有限公司
地址 100036 北京市丰台区金家村 288 号华
信大厦综合楼一层

(72) 发明人 陈恩鉴 涂爱民 程珩

(74) 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理
有限责任公司 11003

代理人 尹振启

(51) Int. Cl.

F03G 6/06 (2006. 01)

F24J 2/46 (2006. 01)

F01K 11/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1687566 A, 2005. 10. 26, 说明书第 2 页第
2 段至第 3 页倒数第 2 段、图 1.

DE 10329623 B3, 2005. 01. 13, 全文.

EP 0784157 A1, 1997. 07. 16, 全文.

CN 101798996 A, 2010. 08. 11, 说明书第 32
段至第 46 段、图 1-2.

CN 101798996 A, 2010. 08. 11, 说明书第 32
段至第 46 段、图 1-2.

审查员 郭玉兵

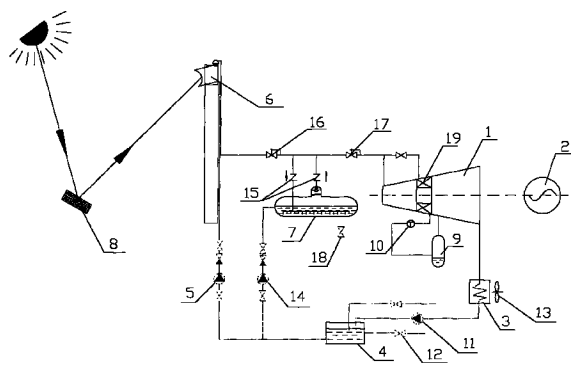
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种太阳能热发电系统

(57) 摘要

本发明公开了一种太阳能热发电系统,包括太阳光聚焦装置、太阳能锅炉,太阳能锅炉工作产生的蒸汽输送到饱和蒸汽汽轮机,以驱动其运转,并带动发电机工作来产生电能;其中,在太阳能锅炉和饱和蒸汽汽轮机之间的管路上设置有单台或若干台蓄热器,该蓄热器的进汽端通过管道与太阳能锅炉的输出端相连通,蓄热器的上部设置有蒸汽出口,该蒸汽出口与饱和蒸汽汽轮机的进汽端相连通,以使得蓄热器产生的二次蒸汽进入饱和蒸汽汽轮机进行膨胀做功。本发明能适应 24 小时运转,通过先进的级间除湿再热式饱和蒸汽轮机发电系统、黑体腔室热吸收系统、饱和水/饱和水蒸汽的蓄热/蒸发系统、相对廉价的聚光系统,具有运行更平稳、投资更低和效率更高的优点。



1. 一种太阳能热发电系统,其特征在于,该系统包括太阳光聚焦装置、太阳能锅炉,太阳能锅炉工作产生的蒸汽输送到饱和蒸汽汽轮机,以驱动其运转,并带动发电机工作来产生电能;其中,在太阳能锅炉和饱和蒸汽汽轮机之间的管路上设置有单台或若干台蓄热器,该蓄热器的进汽端通过管道与太阳能锅炉的输出端相连通,蓄热器的上部设置有蒸汽出口,该蒸汽出口与饱和蒸汽汽轮机的进汽端相连通,以使得蓄热器产生的二次蒸汽进入饱和蒸汽汽轮机进行膨胀做功;所述太阳能锅炉为自然对流式蒸汽锅炉,其设置为单室或多室结构,用于接收 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的太阳镜场反射光,其受热面位于黑体腔室之中,受热面主体为膜式换热壁,该膜式换热壁由受热管和扁钢焊接而成,其所有受热面均进行表面发黑处理,所述太阳能锅炉产生 $1 \sim 6.5\text{MPa}$ 的饱和蒸汽。

2. 如权利要求 1 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述太阳光聚焦装置为采用三维阵列聚焦结构或二维面聚焦结构。

3. 如权利要求 1 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,若干台所述蓄热器为并联设置,其工作压力为 $0.8 \sim 6.5\text{MPa}$,其总容量满足所述饱和蒸汽汽轮机 $12 \sim 16\text{h}$ 运行的饱和蒸汽供应量。

4. 如权利要求 3 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述蓄热器的蒸汽出口处设置有浮球式阻水装置,该浮球式阻水装置包括浮球阀、浮球阀支撑件和出汽喇叭口,其中,浮球阀支撑件固定设置在所述蒸汽出口的内壁上,浮球阀放置在浮球阀支撑件上的凹槽内,出汽喇叭口为所述蒸汽出口向其口径内延伸的喇叭式结构,出汽喇叭口对应于浮球阀的位置,其口径与浮球阀的直径相适配;所述蓄热器内水位出现异常上升时,随水面升起的浮球阀将顶住并密封出汽喇叭口,从而防止大量的水通过所述蒸汽出口进入二次蒸汽通道。

5. 如权利要求 3 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述蓄热器的蒸汽出口处设置有丝网式除雾装置,其上网丝的直径为 $0.25\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$,丝网的堆积密度为 $180 \sim 220$ 公斤/立方米,丝网层厚度为 $100\text{mm} \sim 200\text{mm}$ 。

6. 如权利要求 3 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述蓄热器底部两端分别设置有支座,其中一端为固定式支座,一端为滚动式支座,以消除横向热应力。

7. 如权利要求 3 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述蓄热器与所述太阳能锅炉之间的管道上设置有第一自动调节阀,所述蓄热器与所述蒸汽汽轮机之间的管道上设置有第二自动调节阀,所述太阳能锅炉的饱和蒸汽压力大于所述蒸汽汽轮机工作压力时,控制第二自动调节阀的开度关小,多余部分的蒸汽进入蓄热器蓄存;所述太阳能锅炉的饱和蒸汽压力小于所述蒸汽汽轮机工作压力时或无蒸汽产生时,控制第一自动调节阀的开度关小甚至完全关闭,所述蓄热器释放蒸汽供汽轮机使用,此时通过所述蓄热器内降压来产生饱和蒸汽,供所述蒸汽汽轮机使用。

8. 如权利要求 1 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,所述饱和蒸汽汽轮机具有级间除湿再热功能,所述饱和蒸汽汽轮机内设置有蒸汽再热器,饱和蒸汽进入所述饱和蒸汽汽轮机后,其中大部分进入汽轮机主汽门,少部分进入蒸汽再热器,该蒸汽再热器用于加热汽轮机中膨胀到一定程度的饱和湿蒸汽,以降低其湿度,以保证汽轮机不受水蚀损害;蒸汽再热器上通过管道连通设置有疏水膨胀箱,蒸汽再热器出来的汽液两相流进入疏水膨胀箱进行汽液分离,其中凝结水进入凝结水箱,蒸汽重新导入所述饱和蒸汽汽轮机内。

9. 如权利要求 8 所述的太阳能热发电系统,其特征在于,蒸汽在所述饱和蒸汽汽轮机中经过透平后成为低压饱和蒸汽,该低压饱和蒸汽进入冷凝器中冷凝,该冷凝器采用冷却风机或冷却塔进行冷却。

一种太阳能热发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能热发电领域,尤其是一种太阳能热发电系统。

背景技术

[0002] 和太阳能光伏发电技术相比较,太阳能热发电技术的显著优点之一是系统易于和蓄热装置相结合,从而实现太阳能发电装置白天黑夜均能连续稳定发电,大大提高发电品质的要求。只有白天黑夜都能连续稳定发电的太阳能电站才是真正意义上的电站,才有可能取代常规能源电站。

[0003] 采用直接蒸汽发电(DSG)与采用双回路的太阳能热发电系统相比,减少了一次换热,因而减少了初投资和运行费用,是近年来研究较多的一种太阳能热发电系统。DSG系统既可以采用过热蒸汽发电系统,也可以采用饱和蒸汽发电系统,两种方式各有其优缺点。已有分析表明,对于10兆瓦级及以下规模的中小型太阳能热发电系统,采用饱和蒸汽年发电量和发电效率均要高一些;此外,饱和蒸汽发电系统由于温度较低,集热效率更高,可以使用造价相对较低廉的集热器和接收器,便于采用饱和水/饱和蒸汽的蓄热方式,从而蓄热系统更平稳、安全、可靠。饱和蒸汽发电技术成为太阳能热发电系统的一个新的发展方向。

[0004] 现有的太阳能光热电站的蓄热方式和发电方式往往不相匹配,一般仅能满足白天系统的正常运行,系统设备没能得到充分利用,也增加了系统启动期的预热损失。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种太阳能热发电系统,该系统能适应24小时运转,具有运行更平稳、投资更低和效率更高的优点。

[0006] 为实现上述目的,本发明一种太阳能热发电系统,包括太阳光聚焦装置、太阳能锅炉,太阳能锅炉工作产生的蒸汽输送到饱和蒸汽汽轮机,以驱动其运转,并带动发电机工作来产生电能;其中,在太阳能锅炉和饱和蒸汽汽轮机之间的管路上设置有单台或若干台蓄热器,该蓄热器的进汽端通过管道与太阳能锅炉的输出端相连通,蓄热器的上部设置有蒸汽出口,该蒸汽出口与饱和蒸汽汽轮机的进汽端相连通,以使得蓄热器产生的二次蒸汽进入饱和蒸汽汽轮机进行膨胀做功。

[0007] 进一步,所述太阳能聚焦装置为采用三维阵列聚焦结构或二维面聚焦结构。

[0008] 进一步,所述太阳能锅炉为自然对流式蒸汽锅炉,其设置为单室或多室结构,用于接收 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的太阳镜场反射光,其受热面位于黑体腔室之中,受热面主体为膜式换热壁,该膜式换热壁由受热管和扁钢焊接而成,其所有受热面均进行表面发黑处理,所述太阳能锅炉产生 $1 \sim 6.5\text{MPa}$ 的饱和蒸汽;

[0009] 进一步,若干台所述蓄热器为并联设置,其工作压力为 $0.8 \sim 6.5\text{MPa}$,其总容量满足所述饱和蒸汽汽轮机 $12 \sim 16\text{h}$ 运行的饱和蒸汽供应量。

[0010] 进一步,所述蓄热器的蒸汽出口处设置有浮球式阻水装置,该浮球式阻水装置包括浮球阀、浮球阀支撑件和出汽喇叭口,其中,浮球阀支撑件固定设置在所述蒸汽出口的内

壁上,浮球阀放置在浮球阀支撑件上的凹槽内,出汽喇叭口为所述蒸汽出口向其口径内延伸的喇叭式结构,出汽喇叭口对应于浮球阀的位置,其口径与浮球阀的直径相适配;所述蓄热器内水位出现异常上升时,随水面升起的浮球阀将顶住并密封出汽喇叭口,从而防止大量的水通过所述蒸汽出口进入二次蒸汽通道。

[0011] 进一步,所述蒸汽出口处设置有丝网式除雾装置,其上网丝的直径为 0.25mm ~ 0.3mm,丝网的堆积密度为 180 ~ 220 公斤 / 立方米,丝网层厚度为 100mm ~ 200mm。

[0012] 进一步,所述蓄热器底部两端分别设置有支座,其中一端为固定式支座,一端为滚动式支座,以消除横向热应力。

[0013] 进一步,所述蓄热器与所述太阳能锅炉之间的管道上设置有第一自动调节阀,所述蓄热器与所述蒸汽汽轮机之间的管道上设置有第二自动调节阀,所述太阳能锅炉的饱和蒸汽压力大于所述蒸汽汽轮机工作压力时,控制第二自动调节阀的开度关小,多余部分的蒸汽进入蓄热器蓄存;所述太阳能锅炉的饱和蒸汽压力小于所述蒸汽汽轮机工作压力时或无蒸汽产生时,控制第一自动调节阀的开度关小甚至完全关闭,所述蓄热器释放蒸汽供汽轮机使用,此时通过所述蓄热器内降压来产生饱和蒸汽,供所述蒸汽汽轮机使用。

[0014] 进一步,所述饱和蒸汽汽轮机具有级间除湿再热功能,所述饱和蒸汽汽轮机内设置有蒸汽再热器,饱和蒸汽进入所述饱和蒸汽汽轮机后,其中大部分进入汽轮机主汽门,少部分进入蒸汽再热器,该蒸汽再热器用于加热汽轮机中膨胀到一定程度的饱和湿蒸汽,以降低其湿度,以保证汽轮机不受水蚀损害;蒸汽再热器上通过管道连通设置有疏水膨胀箱,蒸汽再热器出来的汽液两相流进入疏水膨胀箱进行汽液分离,其中凝结水进入凝结水箱,蒸汽重新导入所述饱和蒸汽汽轮机内。

[0015] 进一步,蒸汽在所述饱和蒸汽汽轮机中经过透平后成为低压饱和蒸汽,该低压饱和蒸汽进入冷凝器中冷凝,该冷凝器采用冷却风机或冷却塔进行冷却。

[0016] 本发明采用了直接饱和水 / 饱和蒸汽的蓄热方式,蓄热器同时也是蒸汽发生器,与传统的高低温两个蓄热系统相比,蓄热系统更为简化;同时系统采用全天候的运行模式,以满足持续供电要求,也减少了动力设备的启停次数,延长了设备使用寿命;蓄热器既起到蓄热作用,还起着稳定用汽负荷、改善供汽品质的作用;采用丝网式蒸汽除雾装置和浮球式阻水装置,避免水进入蒸汽管,可使得蒸汽干度达到 99% 以上,蓄热量能满足发电系统 12-16 小时的用电要求;汽轮机采用具有级间除湿再热功能的饱和蒸汽汽轮机,与传统的级间再热除湿式汽轮机发电系统相比,提高了发电效率。本发明太阳能热发电系统的发电效率比传统太阳能发电系统可提高 15 ~ 30%,而投资相差不大。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明实施例 1 结构示意图;

[0018] 图 2 为本发明实施例 2 结构示意图;

[0019] 图 3 为蓄热器结构示意图;

[0020] 图 4 为太阳能锅炉截面结构示意图。

具体实施方式

[0021] 如图 1 至图 4 所示,本发明一种太阳能热发电系统,目的是开发一种能适应 24 小

时运转的太阳能热发电系统,通过先进的级间除湿再热式饱和蒸汽轮机发电系统、黑体腔室热吸收系统、饱和水 / 饱和水蒸汽的蓄热 / 蒸发系统、以及相对廉价的聚光系统,获得运行更平稳、投资更低和效率更高的中小型规模太阳能热发电系统,以取代常规能源发电电站。

[0022] 本发明一种太阳能热发电系统,包括太阳光聚焦装置、太阳能锅炉 6、饱和蒸汽汽轮机 1 和发电机 2,太阳能锅炉 6 工作产生的蒸汽输送到饱和蒸汽汽轮机 1,以驱动其运转,并带动发电机 2 工作来产生电能。其中,在太阳能锅炉 6 和饱和蒸汽汽轮机 1 之间的管路上设置有单台或若干台蓄热器 7,蓄热器 7 的进汽端通过管道与太阳能锅炉 6 的输出端相连通,蓄热器 7 的上部设置有蒸汽出口,该蒸汽出口与饱和蒸汽汽轮机 1 的进汽端相连通,以使得蓄热器 6 产生的二次蒸汽进入饱和蒸汽汽轮机 1 进行膨胀做功。

[0023] 太阳能聚焦装置可以是三维阵列聚焦结构,如图 1 中所示的中心塔式的定日镜阵列 8;其还可以为二维面聚焦结构,如图 2 中所示的槽型抛物面反射镜或非涅尔反射镜 20。当采用中心塔式聚热系统时,太阳能锅炉 6 是自然循环的饱和蒸汽锅炉,其受热面位于一个黑体腔室之中,受热面主体可以为膜式换热壁或其它可作为辐射式锅炉的换热壁面,太阳能锅炉 6 可设计成单面接收镜场反射的太阳光的腔室结构,也可以设计成双面或多面接收式腔室结构,以便接收 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的太阳镜场反射光;其所有受热面均进行表面发黑处理,以增加其吸收率。当采用二维槽式抛物面反射镜或非涅尔反射镜时,接收器可以是金属管式或热管式真空管吸热器,产生的饱和蒸汽先进入聚汽包 21,再进入蓄热器 7 或饱和蒸汽汽轮机 1。

[0024] 饱和蒸汽汽轮机 1 具有级间除湿再热功能,其可采用专利号 CN1687566A 中所公开的汽轮机。本发明中的饱和蒸汽汽轮机 1 内设置有蒸汽再热器 19,由饱和蒸汽汽轮机 1 的主汽门后的主蒸汽管上引出一股新蒸汽进入蒸汽再热器 19 中,其用于加热汽轮机中膨胀到一定程度的饱和湿蒸汽,降低其湿度,以保证汽轮机不受水蚀损害;蒸汽再热器 19 出来的汽液两相流通过疏水阀 10 后进入疏水膨胀箱 9 进行汽液分离,其中凝结水进入凝结水箱 4,而蒸汽将重新导入所述饱和蒸汽汽轮机 1 内。蒸汽在饱和蒸汽汽轮机 1 经过透平后成为低压饱和蒸汽,该低压饱和蒸汽进入冷凝器 3 中冷凝。冷凝器 3 的冷量可以来自冷却风机 13,也可以来自如图 2 中所示喷雾冷却塔 23 中通过冷却循环泵 22 排出的冷却水,由于我国太阳能丰富的地区普遍缺水,因此可优先选择风冷式冷凝器。冷凝器 3 冷凝后的凝结水通过凝结水泵 11 排入到冷凝水箱 4 中。冷凝水箱 4 同时还接收来自蓄热器 7 的多余饱和水、来自饱和蒸汽汽轮机 1 内再热后产生的饱和水(由疏水膨胀器分 9 离出),冷凝水箱 4 还可通过软水补水阀 12 来向其内补充水量。

[0025] 蓄热器 7 是变压式蓄热器,蓄热器可以是一台,也可以是多台并联,其总容量应该满足汽轮机发电系统 12 ~ 16h 运行的饱和蒸汽供应量。蓄热器 7 与太阳能锅炉 6 之间的蒸汽通道上设置有单向止回阀 15,该蒸汽通道直接与设置在蓄热器 7 腔体内的横向管道相连通,该横向管道上设置有若干个蒸汽喷嘴 24。蓄热器 7 的运行靠第一自动调节阀 16、第二自动调节阀 17 来控制,其中第二自动调节阀 17 的开度取决于汽轮机的工作压力或用汽量。蓄热器 7 既是蓄热器,也是蒸发器。当太阳能锅炉 6 来的饱和蒸汽压力大于蒸汽汽轮机 1 工作压力时,第二自动调节阀 17 开度关小,多余的蒸汽进入蓄热器 7 蓄存;当太阳能锅炉 6 来的饱和蒸汽压力小于蒸汽汽轮机 1 工作压力时,此时第一自动调节阀 16 开度关小甚

至完全关闭,同时第二自动调节阀 17 开度增大,蓄热器 7 内通过降压产生饱和蒸汽,供蒸汽汽轮机 1 使用。蓄热器 7 设置自动排水阀 18,以使得在饱和水过多时自动将水排放到凝结水箱 4,避免水进入蒸汽管。当晚上或白天长期阴天使得太阳能锅炉无蒸汽产生时,第一自动调节阀 16 和循环泵 5 关闭,同时启动循环泵 14 来通过上水孔 33 向蓄热器 7 内供水,此时蓄热器 7 相当于蒸汽发生器,其汽液循环与普通饱和蒸汽锅炉发电热力循环相同。

[0026] 为了防止过多水进入蒸汽管,蓄热器 7 设置浮球式阻水装置,其包括浮球阀 28、浮球阀支撑件 29 和出汽喇叭口 30,浮球阀支撑件 29 固定设置在蒸汽出口的内壁上,浮球阀 28 放置在浮球阀支撑件 29 上的凹槽内,出汽喇叭口 30 为蒸汽出口向其口径内延伸的喇叭式结构,出汽喇叭口 30 对应于浮球阀 28 的位置,其口径与浮球阀 28 的直径相适配。当系统出现异常等因素导致蓄热器 7 内饱和水位突然急剧上升时,浮球阀 28 随之上升并顶住和密封出汽喇叭口 30,以阻止大量水进入二次蒸汽通道。为了进一步提高其安全性,二次蒸汽通道上还设置有单向止回阀 15。

[0027] 蒸汽出口处还设置有丝网式除雾装置 31,其上网丝的直径为 0.25mm ~ 0.3mm,丝网的堆积密度为 180 ~ 220 公斤 / 立方米,丝网层厚度为 100mm ~ 200mm,丝网式除雾装置 31 保证了排放到蒸汽管中的蒸汽干度大于 99%。蓄热器 7 底部的两端分别设置支座,其中一端为固定式支座 25,一端为滚动式支座 26,以消除横向热应力。蓄热器 7 的端部还设置有用于检修人员进入的人孔 27,其另一端还设置有用于观测其内水位的水位计 32,。

[0028] 太阳能锅炉 6 为自然对流式蒸汽锅炉,锅炉可以做成单室或多室结构,可以接收 $180^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 的太阳镜场反射光,锅炉换热管内采用自然循环对流换热或强制循环换热的方式(依系统设计需要而定),图 4 中所示的太阳能锅炉 6 包括受热面主体:膜式换热壁 34、太阳能接收器开口腔 35,其腔室外壁 36 设置有保温层。需要说明的是,该腔室结构的太阳能锅炉的受热面并不局限于该种结构形式,也可以采用管板式受热面或其它有利于接受辐射和管内对流换热的受热结构;在太阳能锅炉顶部设有长筒型上锅筒,而下锅筒与多个长筒型下集箱相连,上下锅筒之间设置对流管束以与受热管和联箱形成循环对流换热回路;所有受热件(包括对流管束、膜式壁等)均进行表面发黑处理,以增加表面吸收率,并减少表面散热损失。由于模式壁表面发黑采用了对可见光辐射率很低而吸收率较高的黑色选择性涂层,加上壁和管表面温度最高仅为管内饱和水 / 饱和水蒸气的温度,即使腔室窗口不设置透光隔热玻璃,散热损失也很小,从而避免了通常接收器的玻璃耐温和与金属壁密封等难题。

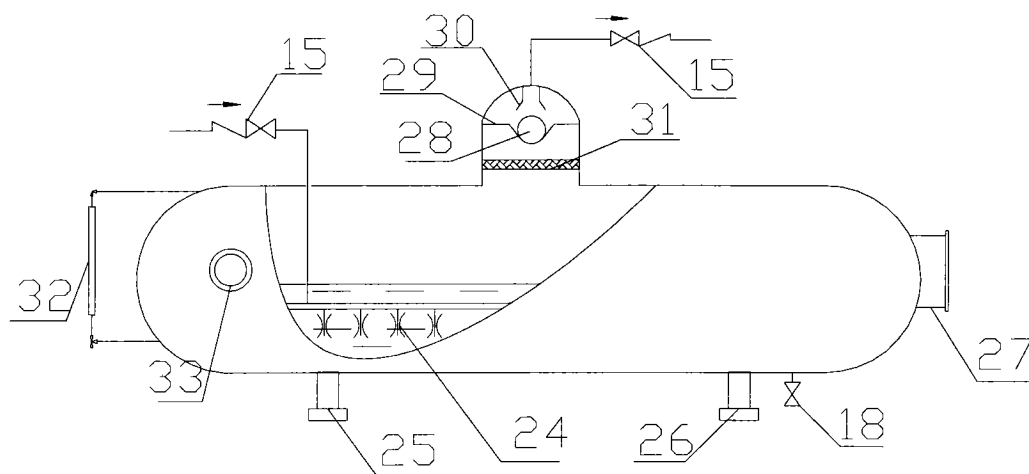


图 3

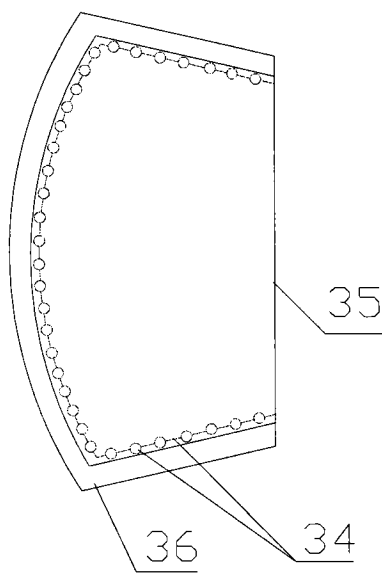


图 4