

## 太阳能与外源蒸汽互补发电设备

### 技术领域

本发明涉及清洁能源发电设备，具体地指一种太阳能与外源蒸汽互补发电设备。

### 背景技术

目前，随着煤、石油、天然气等传统化石能源储量的日益减少，寻找可再生的清洁能源已成为社会普遍关注的焦点。另一方面，由于使用化石能源带来的环境污染直接威胁人类的生存和发展，因此重视和发展可再生的清洁能源、减少SO<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>排放已成为各国政府的共识。太阳能具有分布广泛、储量无限、收集利用清洁、SO<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>零排放等优点，但由于其能量较为分散、受天气影响较大、能量汇集不稳定不连续等问题，长期以来太阳能聚热发电的大规模开发利用受到了很大的限制。现代大工业生产中，会有相当多的副产物废热蒸汽，这些废热蒸汽的利用率极低。如何将这些废热蒸汽与太阳能聚热发电结合起来，一直是本领域科研人员亟待解决的难题。

### 发明内容

本发明的目的就是要充分利用大工业产生的废热蒸汽资源，克服已知太阳能热电站受天气影响较大、能量汇集不稳定、不连续的缺陷，提供一种太阳能与外源蒸汽互补发电设备。

为实现上述目的，本发明所设计的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，包括太阳能蒸汽发生装置、外源蒸汽调节器、汽轮机组、以及与汽轮机组联动的发电机。所述太阳能蒸汽发生装置的蒸汽输出端通过第一调节阀与汽轮机组的高压蒸汽入口相连，所述外源蒸汽调节器的蒸汽输出端通过第二调节阀和第二开关阀也与汽轮机组的高压蒸汽入口相连。所述外源蒸汽调节器的设置是为了改变外源蒸汽的工况，使其压力、温度等参数值满足汽轮机组的运行要求。根据不同的蒸汽工况，外源蒸汽调节器可以是减温减压器，也可以是升温升压器。所述汽轮机组的低压蒸汽出口与冷凝器的输入端相连，所述冷凝器的输出端与除氧器的输入端相连，所述除氧器的输出端与给水泵的输入端相连，用以脱除循环水中的氧气，防止设备及管路氧化腐蚀。所述给水泵的输出端通过第一开关阀

与太阳能蒸汽发生装置的循环水输入端相连,由此构成太阳能蒸汽发生装置的循环回路。所述给水泵的输出端还通过第四开关阀与外源蒸汽回水旁路相连,由此构成外源蒸汽做功的循环回路。

进一步地,上述太阳能与外源蒸汽互补发电设备还包括软水储罐,所述软水储罐的出水口通过补水泵与除氧器的补水口相连,所述软水储罐的出水口与除氧器的补水口之间的管路上设置有第三调节阀和第三开关阀,由此构成太阳能蒸汽发生装置的循环水储备与补充系统。所述软水储罐用于储备来自化学水处理装置制备好的软水,这种软水脱除了其中的钙、镁离子,可有效防止设备内部结垢;所述第三调节阀和第三开关阀用于控制软水的供给及流量大小,以根据实际情况补充循环水的损失。

更进一步地,所述汽轮机组的高压蒸汽入口处管路上设置有压力计和温度计。设置压力计和温度计的目的是为了直观控制输入汽轮机组的蒸汽压力及温度,满足汽轮机组的运行要求。

作为优选方案之一,所述太阳能蒸汽发生装置包括一个塔顶太阳能锅炉和若干个与其匹配的定日反射镜,所述塔顶太阳能锅炉的聚热管输出端通过第一调节阀与汽轮机组的高压蒸汽入口相连,所述塔顶太阳能锅炉的聚热管输入端通过第一开关阀与给水泵的输出端相连。此时,塔顶太阳能锅炉内的导热介质为水,无需其他换热设备,水直接汽化成高温高压蒸汽后对汽轮机组做功,其结构简单、成本低廉。

作为优选方案之二,所述太阳能蒸汽发生装置包括一个塔顶太阳能锅炉和若干个与其匹配的定日反射镜,所述塔顶太阳能锅炉的聚热管输出端通过第五开关阀与蓄热换热器的热介质进口相连,所述蓄热换热器的热介质出口通过热液泵与塔顶太阳能锅炉的聚热管输入端相连;所述蓄热换热器的蒸汽输出端通过第一调节阀与汽轮机组的高压蒸汽入口相连,所述蓄热换热器的循环水输入端通过第一开关阀与给水泵的输出端相连。此时,塔顶太阳能锅炉内的导热介质采用高温导热油等,可以是重油、石蜡、熔融盐、或其它已知的液态导热混合物,如用联苯和联苯醚混合液的加热温度可达 400℃。吸收了太阳能的高温导热介质再通过蓄热换热器将热量传递给水,水被汽化成高温高压蒸汽后对汽轮机组做功,其运行稳定,安全可靠。

作为优选方案之三,所述太阳能蒸汽发生装置包括若干组聚光集热效果更好的太阳能真空聚热管和与其匹配的槽型抛物面反射镜,所述太阳能真空聚热管的输出端通过第

一调节阀与汽轮机组的高压蒸汽入口相连，所述太阳能真空聚热管的输入端通过第一开关阀与给水泵的输出端相连。此时，太阳能真空聚热管内的导热介质为水，无需其他换热设备，水直接汽化成高温高压蒸汽后对汽轮机组做功，其结构简单、成本低廉。

作为优选方案之四，所述太阳能蒸汽发生装置包括若干组聚光集热效果更好的太阳能真空聚热管和与其匹配的槽型抛物面反射镜，所述太阳能真空聚热管的输出端通过第五开关阀与蓄热换热器的热介质进口相连，所述蓄热换热器的热介质出口通过热液泵与太阳能真空聚热管的输入端相连；所述蓄热换热器的蒸汽输出端通过第一调节阀与汽轮机组的高压蒸汽入口相连，所述蓄热换热器的循环水输入端通过第一开关阀与给水泵的输出端相连。此时，太阳能真空聚热管内的导热介质采用高温导热油等，可以是重油、石蜡、熔融盐、或其它已知的液态导热混合物，如用联苯和联苯醚混合液的加热温度可达 400℃。吸收了太阳能的高温导热介质再通过蓄热换热器将热量传递给水，水被汽化成高温高压蒸汽后对汽轮机组做功，其运行稳定，安全可靠。

本发明的工作原理简述如下：在白天日照充分时，关闭第二开关阀和第四开关阀，开启第一开关阀门，此时太阳能蒸汽发生装置处于运行状态，太阳能蒸汽发生装置所产生的高温高压蒸汽经过第一调节阀调整达到汽轮机组额定的压力和温度后，进入汽轮机组做功，驱动发电机发电；做功后的蒸汽经过冷凝器冷却成常压低温水，然后经过除氧器脱除其中的氧份，再经过给水泵、第一开关阀输送到太阳能蒸汽发生装置中继续循环。当需要补充循环水时，开启第三开关阀，通过补水泵将软水储罐中的软水抽吸到除氧器中，而第三调节阀用于控制循环水的补入量。

当夜晚来临或阴雨天气时，关闭第一开关阀门，并使第一调节阀处于零位，开启第二开关阀和第四开关阀，此时外源蒸汽处于导通状态，从现代大工业产生区输送而来的废热蒸汽通过外源蒸汽调节器和第二调节阀的共同作用，达到汽轮机组额定的压力和温度后，由第二开关阀进入汽轮机组做功，驱动发电机发电；做功后的蒸汽经过冷凝器冷却成常压低温水，然后经过除氧器脱除其中的氧份，再经过给水泵、第四开关阀输送到外源蒸汽回水旁路，完成外源蒸汽做功的循环。

本发明的优点在于：所设计发电设备的蒸汽热动力既来自于干净、清洁、可再生的太阳能，又来自于现代大工业的副产物废热蒸汽。与传统的化石能源发电相比，既不排放SO<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>污染大气，又充分收集利用了废热资源，还平抑了天气对太阳能的波动影响，

使汽轮发电机组无论白天黑夜、无论晴天阴天均可二十四小时全天候稳定运转发电。

## 附图说明

图 1 为实施例 1 所述太阳能与外源蒸汽互补发电设备的结构示意图。其中：与定日反射镜相匹配的塔顶太阳能锅炉直接提供用于汽轮机组的蒸汽。

图 2 为实施例 2 所述太阳能与外源蒸汽互补发电设备的结构示意图。其中：与定日反射镜相匹配的塔顶太阳能锅炉通过换热间接为汽轮机组提供蒸汽。

图 3 为实施例 3 所述太阳能与外源蒸汽互补发电设备的结构示意图。其中：与槽型抛物面反射镜相匹配的太阳能真空聚热管直接提供用于汽轮机组的蒸汽。

图 4 为实施例 4 所述太阳能与外源蒸汽互补发电设备的结构示意图。其中：与槽型抛物面反射镜相匹配的太阳能真空聚热管通过换热间接为汽轮机组提供蒸汽。

## 具体实施方式

以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细描述。

### 实施例 1：

如图 1 所示的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，主要由太阳能蒸汽发生装置、外源蒸汽调节器 15、汽轮机组 2、与汽轮机组 2 联动的发电机 1、冷凝器 5、除氧器 6、给水泵 7、软水储罐 9 和补水泵 8 等装置通过管路和阀门组合而成。阀门包括第一至第五开关阀 16、19、21、23、17，用以控制管路的通断；第一至第三调节阀 18、20、22，用以调节管路的流量。

所述太阳能蒸汽发生装置具有一个塔顶太阳能锅炉 13 和若干个与其匹配的定日反射镜 14，定日反射镜 14 可在白天跟踪太阳，使阳光始终聚射到太阳能锅炉 13 的聚热管上。塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管输出端通过第五开关阀 17 和第一调节阀 18 与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，外源蒸汽调节器 15 的蒸汽输出端通过第二调节阀 20 和第二开关阀 19 也与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，且在汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 处管路上安装有压力计 P 和温度计 T，用以直观显示蒸汽的压力和温度参数。

汽轮机组 2 的低压蒸汽出口 4 与冷凝器 5 的输入端相连，冷凝器 5 的输出端与除氧器 6 的输入端相连。软水储罐 9 的出水口通过补水泵 8 与除氧器 6 的补水口相连，第三

调节阀 22 和第三开关阀 21 设置在软水储罐 9 的出水口与除氧器 6 的补水口之间的管路上,用以控制补水管路的开闭和补水量的多少。除氧器 6 的输出端与给水泵 7 的输入端相连,给水泵 7 的输出端通过第一开关阀 16 与塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管输入端相连,构成太阳能蒸汽发生装置的循环回路。给水泵 7 的输出端还通过第四开关阀 23 与外源蒸汽回水旁路 11 相连,构成外源蒸汽做功的循环回路。

实施例 1 的工作过程是这样的:白天阳光充足时,关闭第二开关阀 19 和第四开关阀 23,开启第一开关阀 16、第三开关阀 21 和第五开关阀 17,系统处于太阳能聚热发电运行状态。此时,定日反射镜 14 跟踪阳光,并将阳光热能聚集到塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管上,使其中的循环水受热形成高温高压蒸汽。高温高压蒸汽从塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管中输出,通过第一调节阀 18 调整到额定的压力和温度后,输送到汽轮机组 2 中做功发电。做功后的蒸汽经冷凝器 5 冷却成 40℃左右的常压低温水,输往除氧器 6 中脱除水中溶解的氧气,再由给水泵 7 送回到塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管中,开始新一轮循环。与此同时,另行采集的地表水或井水初步净化后,再经过化学水处理车间脱除其中的钙、镁离子,输送至软水储罐 9 备用。需要补水时,软水由补水泵 8 抽吸,并通过第三调节阀 22 控制流量,送入除氧器 6 中补充水损失量。

晚上或阴雨天气时,关闭第一开关阀 16、第三开关阀 21 和第五开关阀 17,并使第一调节阀 18 和第三调节阀 22 处于零位,开启第二开关阀 19 和第四开关阀 23,系统处于外源蒸汽发电运行状态。此时,从外界输送而来的废热蒸汽进入外源蒸汽调节器 15,根据废热蒸汽的实际工况对其减温减压或升温升压,再由第二调节阀 20 细化调整到额定的压力和温度后,输送到汽轮机组 2 中做功发电。做功后的蒸汽经冷凝器 5 冷却成 40℃左右的常压低温水,输往除氧器 6 中脱除水中溶解的氧气,再由给水泵 7 经外源蒸汽回水旁路 11 返回废热蒸汽源头,或输往软化水罐储存回用。

## 实施例 2:

如图 2 所示的太阳能与外源蒸汽互补发电设备,主要由太阳能蒸汽发生装置、外源蒸汽调节器 15、汽轮机组 2、与汽轮机组 2 联动的发电机 1、冷凝器 5、除氧器 6、给水泵 7、软水储罐 9 和补水泵 8 等装置通过管路和阀门组合而成。阀门包括第一至第五开关阀 16、19、21、23、17,用以控制管路的通断;第一至第三调节阀 18、20、22,用以调节管路的流量。

所述太阳能蒸汽发生装置具有一个塔顶太阳能锅炉 13 和若干个与其匹配的定日反射镜 14，定日反射镜 14 可在白天跟踪太阳，使阳光始终聚射到太阳能锅炉 13 的聚热管上。塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管输出端通过第五开关阀 17 与蓄热换热器 12 的热介质进口相连，蓄热换热器 12 的热介质出口通过热液泵 10 与塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管输入端相连，热介质采用联苯和联苯醚混合液，充满在设有保温层的蓄热换热器 12 中，其吸热升温可达到 400℃左右，足以用来热交换产生高温高压蒸汽。蓄热换热器 12 的蒸汽输出端通过第一调节阀 18 与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，外源蒸汽调节器 15 的蒸汽输出端通过第二调节阀 20 和第二开关阀 19 也与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，且在汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 处管路上安装有压力计 P 和温度计 T，用以直观显示蒸汽的压力和温度参数。

汽轮机组 2 的低压蒸汽出口 4 与冷凝器 5 的输入端相连，冷凝器 5 的输出端与除氧器 6 的输入端相连。软水储罐 9 的出水口通过补水泵 8 与除氧器 6 的补水口相连，第三调节阀 22 和第三开关阀 21 设置在软水储罐 9 的出水口与除氧器 6 的补水口之间的管路上，用以控制补水管路的开闭和补水量的多少。除氧器 6 的输出端与给水泵 7 的输入端相连，给水泵 7 的输出端通过第一开关阀 16 与蓄热换热器 12 的循环水输入端相连，构成太阳能蒸汽发生装置的循环回路。给水泵 7 的输出端还通过第四开关阀 23 与外源蒸汽回水旁路 11 相连，构成外源蒸汽做功的循环回路。

实施例 2 的工作过程是这样的：白天阳光充足时，关闭第二开关阀 19 和第四开关阀 23，开启第一开关阀 16、第三开关阀 21 和第五开关阀 17，系统处于太阳能聚热发电运行状态。此时，定日反射镜 14 跟踪阳光，并将阳光热能聚集到塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管上，使其中的热介质联苯和联苯醚混合液吸热升温，400℃左右的高温联苯和联苯醚混合液通过第五开关阀 17 进入蓄热换热器 12 中，与蓄热换热器 12 中另一管路内的循环水发生热交换，联苯和联苯醚混合液的温度逐步降低，从蓄热换热器 12 出来时已降低到 245℃左右，再在热液泵 10 的驱动下重新送回到塔顶太阳能锅炉 13 的聚热管中，开始下一轮吸收太阳能的循环。而蓄热换热器 12 中的循环水与高温联苯和联苯醚混合液换热后，形成高温高压蒸汽。高温高压蒸汽从蓄热换热器 12 中输出，通过第一调节阀 18 调整到额定的压力和温度后，输送到汽轮机组 2 中做功发电。做功后的蒸汽经冷凝器 5 冷却成 40℃左右的常压低温水，输往除氧器 6 中脱除水中溶解的氧气，再由给水泵 7 送回

到蓄热换热器 12 中进行换热，重新形成高温高压蒸汽。与此同时，另行采集的地表水或井水初步净化后，再经过化学水处理车间脱除其中的钙、镁离子，输送至软水储罐 9 备用。需要补水时，软水由补水泵 8 抽吸，并通过第三调节阀 22 控制流量，送入除氧器 6 中补充水损失量。

晚上或阴雨天气时，关闭第一开关阀 16、第三开关阀 21 和第五开关阀 17，并使第一调节阀 18 和第三调节阀 22 处于零位，开启第二开关阀 19 和第四开关阀 23，系统处于外源蒸汽发电运行状态。此时，从外界输送而来的废热蒸汽进入外源蒸汽外源蒸汽调节器 15，根据废热蒸汽的实际工况对其减温减压或升温升压，再由第二调节阀 20 细化调整到额定的压力和温度后，输送到汽轮机组 2 中做功发电。做功后的蒸汽经冷凝器 5 冷却成 40℃左右的常压低温水，输往除氧器 6 中脱除水中溶解的氧气，再由给水泵 7 经外源蒸汽回水旁路 11 返回废热蒸汽源头，或输往软化水罐储存回用。

### 实施例 3:

如图 3 所示的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其结构与图 1 所示太阳能与外源蒸汽互补发电设备基本相同，只是其太阳能蒸汽发生装置稍有改变，它由若干组太阳能真空聚热管 13' 和与其匹配的槽型抛物面反射镜 14' 组成，太阳能真空聚热管 13' 的输出端通过第五开关阀 17 和第一调节阀 18 与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，太阳能真空聚热管 13' 的输入端通过第一开关阀 16 与给水泵 7 的输出端相连。这两种太阳能与外源蒸汽互补发电设备的工作过程基本一致，于此不再赘述。

### 实施例 4:

如图 4 所示的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其结构与图 2 所示太阳能与外源蒸汽互补发电设备基本相同，只是其太阳能蒸汽发生装置稍有改变，它由若干组太阳能真空聚热管 13' 和与其匹配的槽型抛物面反射镜 14' 组成，太阳能真空聚热管 13' 的输出端通过第五开关阀 17 与蓄热换热器 12 的热介质进口相连，蓄热换热器 12 的热介质出口通过热液泵 10 与太阳能真空聚热管 13' 的输入端相连。蓄热换热器 12 的蒸汽输出端通过第一调节阀 18 与汽轮机组 2 的高压蒸汽入口 3 相连，蓄热换热器 12 的循环水输入端通过第一开关阀 16 与给水泵 7 的输出端相连。这两种太阳能与外源蒸汽互补发电设备的工作过程也基本一致，于此不再复述。

## 权利要求书

1、一种太阳能与外源蒸汽互补发电设备，包括太阳能蒸汽发生装置、外源蒸汽调节器（15）、汽轮机组（2）、以及与汽轮机组（2）联动的发电机（1），其特征在于：所述太阳能蒸汽发生装置的蒸汽输出端通过第一调节阀（18）与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连，所述外源蒸汽调节器（15）的蒸汽输出端通过第二调节阀（20）和第二开关阀（19）也与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连；所述汽轮机组（2）的低压蒸汽出口（4）与冷凝器（5）的输入端相连，所述冷凝器（5）的输出端与除氧器（6）的输入端相连，所述除氧器（6）的输出端与给水泵（7）的输入端相连，所述给水泵（7）的输出端通过第一开关阀（16）与太阳能蒸汽发生装置的循环水输入端相连，所述给水泵（7）的输出端还通过第四开关阀（23）与外源蒸汽回水旁路（11）相连。

2、根据权利要求1所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：它还包括软水储罐（9），所述软水储罐（9）的出水口通过补水泵（8）与除氧器（6）的补水口相连，所述软水储罐（9）的出水口与除氧器（6）的补水口之间的管路上设置有第三调节阀（22）和第三开关阀（21）。

3、根据权利要求2所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：所述汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）处管路上设置有压力计（P）和温度计（T）。

4、根据权利要求1或2或3所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：所述太阳能蒸汽发生装置包括一个塔顶太阳能锅炉（13）和若干个与其匹配的定日反射镜（14），所述塔顶太阳能锅炉（13）的聚热管输出端通过第一调节阀（18）与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连，所述塔顶太阳能锅炉（13）的聚热管输入端通过第一开关阀（16）与给水泵（7）的输出端相连。

5、根据权利要求1或2或3所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：所述太阳能蒸汽发生装置包括一个塔顶太阳能锅炉（13）和若干个与其匹配的定日反射

镜（14），所述塔顶太阳能锅炉（13）的聚热管输出端通过第五开关阀（17）与蓄热换热器（12）的热介质进口相连，所述蓄热换热器（12）的热介质出口通过热液泵（10）与塔顶太阳能锅炉（13）的聚热管输入端相连；所述蓄热换热器（12）的蒸汽输出端通过第一调节阀（18）与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连，所述蓄热换热器（12）的循环水输入端通过第一开关阀（16）与给水泵（7）的输出端相连。

6、根据权利要求1或2或3所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：所述太阳能蒸汽发生装置包括若干组太阳能真空聚热管（13'）和与其匹配的槽型抛物面反射镜（14'），所述太阳能真空聚热管（13'）的输出端通过第一调节阀（18）与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连，所述太阳能真空聚热管（13'）的输入端通过第一开关阀（16）与给水泵（7）的输出端相连。

7、根据权利要求1或2或3所述的太阳能与外源蒸汽互补发电设备，其特征在于：所述太阳能蒸汽发生装置包括若干组太阳能真空聚热管（13'）和与其匹配的槽型抛物面反射镜（14'），所述太阳能真空聚热管（13'）的输出端通过第五开关阀（17）与蓄热换热器（12）的热介质进口相连，所述蓄热换热器（12）的热介质出口通过热液泵（10）与太阳能真空聚热管（13'）的输入端相连；所述蓄热换热器（12）的蒸汽输出端通过第一调节阀（18）与汽轮机组（2）的高压蒸汽入口（3）相连，所述蓄热换热器（12）的循环水输入端通过第一开关阀（16）与给水泵（7）的输出端相连。