(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101906996 A
(43)申请公布日 2010.12.08

(21)申请号 201010230439.5
(22)申请日 2010.07.20
(71)申请人 华北电力大学(保定)
地址 071003 河北省保定市永华北大街 619 号
(72)发明人 李春曦 叶学民 祁成 王欢 马少栋
(74)专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所有限公司 13108
代理人 李羡民 高锡明
(51)Int.Cl.
F01K 11/02(2006.01)
F01D 15/10(2006.01)
C10J 3/56(2006.01)
F24J 2/12(2006.01)

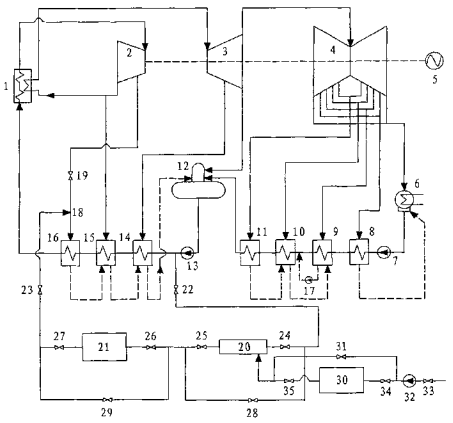
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54)发明名称

一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统

(57)摘要

一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统,它包括燃煤锅炉发电系统和串联辅助系统,其中,燃煤锅炉发电系统包括发电机和依次串联的凝汽器、凝结水泵、多级低压加热器、除氧器、给水泵、多级高压加热器、燃煤锅炉和汽轮机,其中,凝汽器的入汽口接汽轮机排汽,多级低压加热器、除氧器、多级高压加热器均与汽轮机抽汽连接,汽轮机驱动发电机;所述串联辅助系统由生物质气化装置和抛物面槽式太阳能集热器场组成,二者串联后接于给水泵出口与多级高压加热器之一的抽汽入口之间。本发明降低了煤耗,优化了能源利用结构,在很大程度上解决了传统燃煤发电系统高污染的问题,有利于生态环保。



CN 101906996 A

1. 一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，它包括燃煤锅炉发电系统和串联辅助系统，其中，燃煤锅炉发电系统包括发电机 (5) 和依次串联的凝汽器 (6)、凝结水泵 (7)、多级低压加热器、除氧器 (12)、给水泵 (13)、多级高压加热器、燃煤锅炉 (1) 和汽轮机，其中，凝汽器 (6) 的入汽口连接汽轮机排汽，多级低压加热器、除氧器 (12)、多级高压加热器均与汽轮机抽汽连接，汽轮机驱动发电机 (5)；所述串联辅助系统由生物质气化装置 (20) 和抛物面槽式太阳能集热器场 (21) 组成，二者串联后接于给水泵 (13) 出口与多级高压加热器之一的抽汽入口之间。

2. 根据权利要求 1 所述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，构成中还包括塔式太阳能空气预热系统，所述塔式太阳能空气预热系统由压气机 (32) 和塔式太阳能集热装置 (30) 组成，所述压气机 (32) 输出的压缩空气经塔式太阳能集热装置 (30) 预热后，输送至生物质气化装置 (20)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，所述生物质气化装置 (20) 由生物质气化炉和燃烧换热器构成，生物质气化装置 (20) 并联有生物质气化装置旁路阀 (28)，且其入口设置有生物质气化装置入口阀 (24)，出口设置有生物质气化装置出口阀 (25)；所述抛物面槽式太阳能集热器场 (21) 由多个抛物面槽式太阳能集热器 (39) 串、并联连接而成，抛物面槽式太阳能集热器场 (21) 并联有抛物面槽式太阳能集热器场旁路阀 (29)，且其入口设置有抛物面槽式太阳能集热器场入口阀 (26)，出口设置有抛物面槽式太阳能集热器场出口阀 (27)。

4. 根据权利要求 3 所述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，所述压气机 (32) 入口设置有塔式太阳能空气预热系统空气入口阀 (33)；所述塔式太阳能集热装置 (30) 并联有塔式太阳能集热器旁路阀 (31)，且其入口设置有塔式太阳能集热器入口阀 (34)，出口设置有塔式太阳能集热器出口阀 (35)。

5. 根据权利要求 4 所述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，所述汽轮机由高压缸 (2)、中压缸 (3) 和低压缸 (4) 串联构成，所述高压加热器设置三级，所述低压加热器设置四级，高压缸 (2) 为第二级高压加热器 (15) 和第三级高压加热器 (16) 提供抽汽，中压缸 (3) 为除氧器 (12) 和第一级高压加热器 (14) 提供抽汽，低压缸 (4) 为四级低压加热器提供抽汽。

6. 根据权利要求 5 所述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，其特征是，第三级高压加热器 (16)、第二级高压加热器 (15)、第一级高压加热器 (14) 和除氧器 (12) 之间设有疏水管路，第四级低压加热器 (11)、第三级低压加热器 (10)、第二级低压加热器 (9) 之间设有疏水管路，第三级低压加热器 (10) 和第二级低压加热器 (9) 之间连接疏水泵 (17)，第一级低压加热器 (8) 和凝汽器 (6) 之间设有疏水管路。

一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能有效利用可再生能源来降低煤耗并实现低碳排放的新型联合发电系统，属发电技术领域。

背景技术

[0002] 火力发电在现有供电系统中占据着相当的份额，火力发电所用燃料主要是煤炭，这种发电方式煤耗高、能量利用率低、二氧化碳等有害气体排放量大，而且随机组容量的不断提高，煤炭燃烧对环境造成的污染日趋严重。随着世界能源政策的调整，发展低碳经济和强化环境保护已成大势所趋。以中国为例，到 2020 年全国国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40-45％，而火力发电厂二氧化碳的排放量占到总排放量的近 60％之多，因此，火力发电厂如何节能减排、降低碳排放量是有关技术人员面临的一个迫在眉睫而又富有挑战性的重大课题。

[0003] 目前，世界可利用的生物质能源十分丰富，每年可使用的生物质能总量相当于 5 亿吨标准煤，而实际年利用率不足 2％，因此开发潜力巨大。另外，太阳能是一种资源非常丰富的能源，具有运行费用低、维护简单、无噪声、无污染等优点。因此，若通过整合太阳能、生物质能的低碳排放优势和传统火力发电的技术优势，进行多种能源形式的混合发电，势必能有效改善并提高系统发电的环保性和经济性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提高并改善传统燃煤发电模式的经济性和环保性，提供一种能够有效降低煤耗的生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统。

[0005] 本发明所述问题是以下述技术方案实现的 ：

[0006] 一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，它包括燃煤锅炉发电系统和串联辅助系统，其中，燃煤锅炉发电系统包括发电机和依次串联的凝汽器、凝结水泵、多级低压加热器、除氧器、给水泵、多级高压加热器、燃煤锅炉和汽轮机，其中，凝汽器的入汽口接汽轮机排汽，多级低压加热器、除氧器、多级高压加热器均与汽轮机抽汽连接，汽轮机驱动发电机 ；所述串联辅助系统由生物质气化装置和抛物面槽式太阳能集热器场组成，二者串联后接于给水泵出口与多级高压加热器之一的抽汽入口之间。

[0007] 上述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，构成中还包括塔式太阳能空气预热系统，所述塔式太阳能空气预热系统由压气机和塔式太阳能集热装置组成，所述压气机输出的压缩空气经塔式太阳能集热装置预热后，输送至生物质气化装置使用。

[0008] 上述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，所述生物质气化装置由生物质气化炉和燃烧换热器构成，生物质气化装置并联有生物质气化装置旁路阀，且其入口设置有生物质气化装置入口阀，出口设置有生物质气化装置出口阀 ；所述抛物面槽式太阳能集热器场由多个抛物面槽式太阳能集热器串、并联连接而成，抛物面槽式太阳能集热器场并联有抛物面槽式太阳能集热器场旁路阀，且其入口设置有抛物面槽式太阳能集热器场入口

阀，出口设置有抛物面槽式太阳能集热器场出口阀。

[0009] 上述塔式太阳能空气预热系统中，所述压气机入口设置有塔式太阳能空气预热系统空气入口阀；所述塔式太阳能集热装置并联有塔式太阳能集热器旁路阀，且其入口设置有塔式太阳能集热器入口阀，出口设置有塔式太阳能集热器出口阀。

[0010] 上述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，所述汽轮机由高压缸、中压缸和低压缸串联构成，所述高压加热器设置三级，所述低压加热器设置四级，高压缸为第二级高压加热器和第三级高压加热器提供抽汽，中压缸为除氧器和第一级高压加热器提供抽汽，低压缸为四级低压加热器提供抽汽。

[0011] 上述生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统，第三级高压加热器、第二级高压加热器、第一级高压加热器和除氧器之间设有疏水管路，第四级低压加热器、第三级低压加热器、第二级低压加热器之间设有疏水管路，第三级低压加热器和第二级低压加热器之间连接疏水泵，第一级低压加热器和凝汽器之间设有疏水管路。

[0012] 本发明基于电池组串联后可以提供更高电压的思想，在传统燃煤发电系统的基础上增加了由生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场串联构成的辅助系统，充分利用太阳能和生物质能两种可再生能源辅助燃煤发电。这种串联结构的好处在于生物质气化装置和抛物面槽式太阳能集热器场对于工质的加热效果会有叠加，即在使用相同能量的条情况下，工质通过串联结构后温度、压力等参数可以提升更多，故在要求工质参数提高幅度不变的条件下可以使用更少的能量和原料以达到效果。生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场分别设有旁路阀，可保证在设备故障时不影响系统的正常运行；

[0013] 本发明在生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场构成的串联辅助系统辅助传统燃煤电厂的基础上，基于 CONSOLAR、SOLGATE 项目提出的太阳能预热空气系统的思想，引入塔式太阳能集热装置，利用其加热冷空气使空气温度升高，以高温热空气代替冷空气通入流化床气化炉使床料流化，提高气化炉气化效率，降低生物质原料的使用量。塔式太阳能集热器入口阀、出口阀两端并联塔式太阳能集热器旁路阀，在设备出现故障时可以起到旁路该装置的作用，以防影响系统的正常运行。

[0014] 本发明降低了传统燃煤电厂的煤耗，优化了能源利用结构，在很大程度上解决了传统燃煤发电系统高污染的问题，有利于国民经济的可持续性发展。

附图说明

[0015] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0016] 图 1 是本发明的系统连接图；

[0017] 图 2 是抛物面槽式太阳能集热器场的结构示意图；

[0018] 图 3 是抛物面槽式太阳能集热器的结构示意图；

[0019] 图 4 是塔式太阳能集热装置的工作原理图；

[0020] 图 5 是塔式太阳能集热装置的结构示意图；

[0021] 图 6 是流化床生物质气化炉结构示意图。

[0022] 图中各标号为：1、燃煤锅炉；2、高压缸；3、中压缸；4、低压缸；5、发电机；6、凝汽器；7、凝结水泵；8、第一级低压加热器；9、第二级低压加热器；10、第三级低压加热器；11、第四级低压加热器；12、除氧器；13、给水泵；14、第一级高压加热器；15、第二级高压加热

器；16、第三级高压加热器；17、疏水泵；18、第三级高压加热器抽汽管路；19、第三级高压加热器抽汽蒸汽阀；20、生物质气化装置；21、抛物面槽式太阳能集热器场；22、串联辅助系统给水入口阀；23、串联辅助系统蒸汽出口阀；24、生物质气化装置入口阀；25、生物质气化装置出口阀；26、抛物面槽式太阳能集热器场入口阀；27、抛物面槽式太阳能集热器场出口阀；28、生物质气化装置旁路阀；29、太阳能集热器场旁路阀；30、塔式太阳能集热装置；31、塔式太阳能集热器旁路阀；32、压气机；33、塔式太阳能空气预热系统空气进口阀；34、塔式太阳能集热器入口阀；35 塔式太阳能集热器出口阀；36、塔式太阳能空气预热系统聚光器；37、换热管；38、抛物面槽式聚光器；39、抛物面槽式太阳能集热器；40、塔式太阳能集热器；41、料箱；42、燃气；43、风机；44、流化床床料。

具体实施方式

[0023] 本发明提供了一种生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统。该系统由燃煤锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、凝结水泵、除氧器、疏水泵、给水泵、加热器、串联辅助系统和塔式太阳能空气预热系统组成，其中串联辅助系统由生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场串联而成；塔式太阳能空气预热系统有压气机和塔式太阳能集热装置串联组成。

[0024] 参看图 2、图 3，抛物面槽式太阳能集热器场由抛物面槽式太阳能集热器 39 经过串、并联方式连接组合而成。抛物面槽式太阳能集热器 39 的主要结构为抛物面槽式聚光器 38 和换热管 37，换热管 37 中流动的是被加热的工质，抛物面槽式聚光器 38 将太阳能辐射热量反射汇集到换热管 37 上加热其中流动的工质，其最高集热温度可达 400℃。可采用的抛物面槽式太阳能集热器如美国 Solargenix 公司的 SGX-1 或 DS-1，Luz 公司的 LS-1、LS-2 或 LS-3。

[0025] 生物质气化装置由生物质气化炉和燃烧换热器构成，生物质气化炉采用流化床生物质气化炉，其结构参看图 6。生物质气化过程中首先将流化床加热到运行温度，床料吸收并储存热量，这部分热量可以由部分生物质燃料燃烧获得，鼓入空气将床料流化，将生物质原料处理后加入到流化床中，与高温床料迅速混合，完成干燥、热解、燃烧及气化过程，将产生的燃气通入燃烧换热器中进行燃烧放出大量热量，被加热的工质在燃烧换热器中吸收这部分热量以提高其参数。流化床生物质气化炉可以采用 Foster Wheeler 公司生产的增压流化床气化炉，操作温度为 950-1000℃，或者 TPS 常压流化床气化炉，操作温度为 850-900℃。生物质原料来源于农业废物、林业废物、废纸张等。

[0026] 参看图 4、图 5，塔式太阳能集热装置由聚光器阵与集热器 40 构成，大量的聚光器 36 构成聚光器阵，将太阳能辐射反射到同一个集热器 40 上。通过这种塔式集热器利用太阳能，可以把工质加热到更高的温度，可以把空气加热到 800℃。

[0027] 参看图 1，系统流程为：凝结水由凝汽器 6 流出，通过凝结水泵 7 输入到串联的第一级低压加热器 8、第二级低压加热器 9、第三级低压加热器 10 和第四级低压加热器 11，在其中吸热升温升压，然后进入除氧器 12 除氧，而后通过给水泵 13 进行升压，升压后，一部分给水从给水泵抽头进入生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场构成的串联辅助系统吸热，当给水参数达到第三级高压加热器 16 抽汽参数时（以此为例进行说明，具体实施时也可以是第一级高压加热器 14、或第二级高压加热器 15），此部分给水输入至第三级高压加热器抽汽管路 18，进入第三级高压加热器 16 放出热量加热给水，而后通过疏水管路进

入热力系统；其余给水依次经过第一级高压加热器 14、第二级高压加热器 15、第三级高压加热器 16、燃煤锅炉 1 进行升温升压，当给水被加热成具有一定参数的高温高压蒸汽后，蒸汽进入汽轮机高压缸 2、中压缸 3、低压缸 4 做功，汽轮机驱动发电机 5 发电。

[0028] 汽轮机的高压缸 2、中压缸 3 和低压缸 4 均有抽汽，抽汽分别被引入高压加热器、除氧器和低压加热器，抽汽在这些设备中放热后，通过疏水管路进入热力系统。第三级高压加热器 16、第二级高压加热器 15、第一级高压加热器 14 和除氧器 12 之间设有疏水管路，第四级低压加热器 11、第三级低压加热器 10、第二级低压加热器 9 之间设有疏水管路，第三级低压加热器 10 和第二级低压加热器 9 之间连接疏水泵，第一级低压加热器 8 和凝汽器 6 之间设有疏水管路，以回收这些加热器的疏水及其热量。

[0029] 疏水管路利用上一级加热器中的压力大于下一级加热器中的压力这一特点，以疏水逐级自流的方式将上一级加热器的疏水引入下一级加热器中，利用温度和压力都较高的上一级疏水放出的热量来加热给水。

[0030] 由于第二级加热器中的压力低于第二级加热器出口给水的压力，故若将疏水水从第二级加热器中输入给第二级加热器给水出口，则必须利用疏水泵对此股疏水进行升压才能使疏水顺利从第二级加热器中流入第二级加热器给水出口。

[0031] 生物质气化装置与抛物面槽式太阳能集热器场构成的串联辅助系统的流程是：从给水泵 13 抽头抽出的一部分给水通过串联辅助系统给水入口阀 22、生物质气化装置入口阀 24 进入生物质气化装置 20 中进行吸热（生物质气化装置中的气化炉产生高温燃气，高温燃气在燃烧换热器中燃烧放出大量热量，给水进入燃烧换热器中，吸收这部分热量，使给水的温度和压力升高），升温升压后的给水通过生物质气化装置出口阀 25、抛物面槽式太阳能集热器场入口阀 26 进入抛物面槽式太阳能集热器场 21 中进一步吸收热量（通过抛物面槽式聚光器 38 将太阳能辐射反射到换热管 37 上，给水在换热管 37 中流动，吸收太阳能的辐射热量使给水温度和压力升高），当给水通过上述过程被加热成具有第三级高压加热器抽汽参数的蒸汽时，蒸汽通过串联辅助系统蒸汽出口阀 23 进入第三级高压加热器抽汽管路 18。

[0032] 生物质气化装置旁路阀 28 和抛物面槽式太阳能集热器场旁路阀 29 分别并联在生物质气化装置进出口阀 24、25 和抛物面槽式太阳能集热器场进出口阀 26、27 两侧，起到旁路生物质气化装置 20 和太阳能集热器场 21 的作用。

[0033] 塔式太阳能空气预热系统的流程是：冷空气经过塔式太阳能空气预热系统空气进口阀 33 进入压气机 32 被压缩，压缩空气通过塔式太阳能集热器入口阀 34 进入塔式太阳能集热装置 30，吸收太阳能辐射热量升高温度（聚光器阵将太阳能辐射反射到塔式太阳能集热器上，压缩空气进入塔式太阳能集热装置中吸收这部分热量来提高自身温度），具有一定参数的高温空气经过塔式太阳能集热器出口阀 35 进入生物质气化装置 20，准确说是生物质气化装置中的流化床生物质气化炉，代替冷空气进入气化炉流化床料，维持气化环境温度，提高气化炉气化效率，减少生物质原料的使用量。塔式太阳能集热器旁路阀 31 并联于塔式太阳能集热器入口阀 34 和塔式太阳能集热器出口阀 35 两端，可以起到旁路塔式太阳能集热装置 30 的作用。

[0034] 当天气晴好太阳能足够充足时，打开塔式太阳能空气预热系统空气进口阀 33、塔式太阳能集热器入口阀 34、塔式太阳能集热器出口阀 35，关闭塔式太阳能集热器旁路阀

31，使冷空气经过压气机 32 成为压缩空气进入塔式太阳能集热装置 30 中吸收热量成为热空气，然后进入生物质气化装置 20 中参与生物质气化过程；关闭第三级高压加热器抽汽蒸汽阀 19，打开串联辅助系统给水入口阀 22、生物质气化装置入口阀 24、生物质气化装置出口阀 25、抛物面槽式太阳能集热器场入口阀 26、抛物面槽式太阳能集热器场出口阀 27 使给水依次通过生物质气化装置 20 和抛物面槽式太阳能集热器场 21 吸收热量进行升温升压。当给水在串联辅助系统中吸热成为具有第三级高压加热器抽汽参数后，打开串联辅助系统蒸汽出口阀 23 使蒸汽通过第三级高压加热器抽汽管路 18 进入第三级高压加热器 16 中进行放热加热给水。

[0035] 当天气阴雨太阳能不足时，打开塔式太阳能空气预热系统空气进口阀 33、塔式太阳能集热器入口阀 34、塔式太阳能集热器出口阀 35，关闭塔式太阳能集热器旁路阀 31，使冷空气经过压气机 32 成为压缩空气进入塔式太阳能集热装置 30 中吸收热量成为热空气，然后进入生物质气化装置 20 中参与生物质气化过程；减小第三级高压加热器抽汽蒸汽阀 19 开度，打开串联辅助系统给水入口阀 22、生物质气化装置入口阀 24、生物质气化装置出口阀 25、抛物面槽式太阳能集热器场入口阀 26、抛物面槽式太阳能集热器场出口阀 27 使给水依次通过生物质气化装置 20 和抛物面槽式太阳能集热器场 21 吸收热量进行升温升压，当给水在串联辅助系统中吸热成为具有第三级高压加热器抽汽参数后，打开串联辅助系统蒸汽出口阀 23 使蒸汽通过第三级高压加热器抽汽管路 18 进入第三级高压加热器 16 中进行放热加热给水。

[0036] 当夜晚无太阳能可以利用时，打开塔式太阳能空气预热系统空气进口阀 33、塔式太阳能集热器旁路阀 31，关闭塔式太阳能集热器入口阀 34、塔式太阳能集热器出口阀 35，旁路掉塔式太阳能集热装置 30，使冷空气经过压气机 32 成为压缩空气后直接进入生物质气化装置 20 中参与生物质气化过程，生物质气化装置为常温运行工况；减小第三级高压加热器抽汽蒸汽阀 19 开度，关闭抛物面槽式太阳能集热器场入口阀 26、抛物面槽式太阳能集热器场出口阀 27，打开串联辅助联合系统给水入口阀 22、生物质气化装置入口阀 24、生物质气化装置出口阀 25，打开抛物面槽式太阳能集热器场旁路阀 29，使给水只通过生物质气化装置 20 吸收热量，当给水被加热成具有第三级高压加热器抽汽参数后，打开串联辅助系统蒸汽出口阀 23 使这部分蒸汽进入第三级高压加热器抽汽管路 18 与第三级高压加热器抽汽汇合后在第三级高压加热器中释放能量加热给水。

[0037] 当生物质气化装置或抛物面槽式太阳能集热器场出现故障时，可以分别关闭生物质气化装置进出口阀 24、25，打开生物质气化装置旁路阀 28 或关闭抛物面槽式太阳能集热器场进出口阀 26、27，打开抛物面槽式太阳能集热器场旁路阀 29，旁路掉生物质气化装置 20 或太阳能集热器场 21，不影响联合发电系统其他设备的运行，保证联合发电系统正常工作。

[0038] 当塔式太阳能集热装置发生故障时，可以通过关闭塔式太阳能集热器入口阀 34 和塔式太阳能出口阀 35，打开塔式太阳能集热器旁路阀 31 来实现旁路掉塔式太阳能集热装置 30，而不影响其他设备运行，保证混合发电系统的正常工作。

[0039] 以与某 300MW 燃煤机组进行联合发电为例，引入生物质与太阳能辅助燃煤的联合发电系统进行联合发电，该串联装置的工质入口参数为 173.7℃，经抛物面槽式太阳能集热器和生物质气化装置加热后，替代第三、第二、第一级高压加热器抽汽的出口参数分别为

6.21MPa/388.4℃、3.81MPa/321.5℃、1.74MPa/432.5℃，整体循环效率可提高近 3 ～ 7%，CO_2 减排量可达 50 ～ 70×10^3t/ 年，并显著地降低了发电煤耗量。

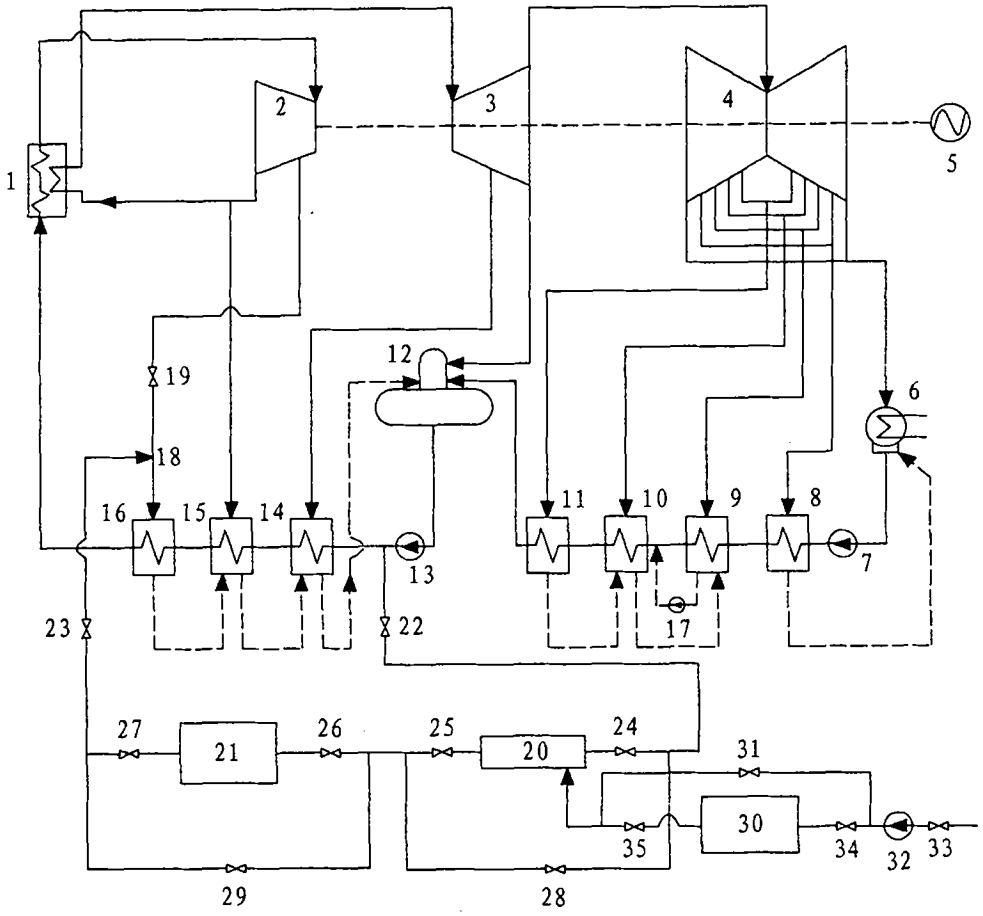

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

图 1

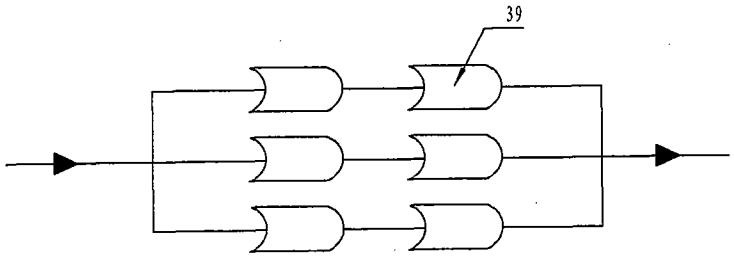

39

图 2

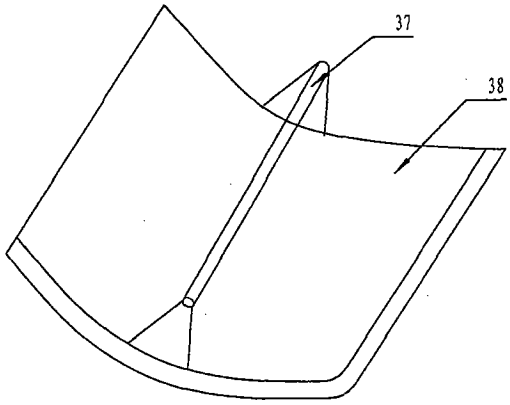


图 3

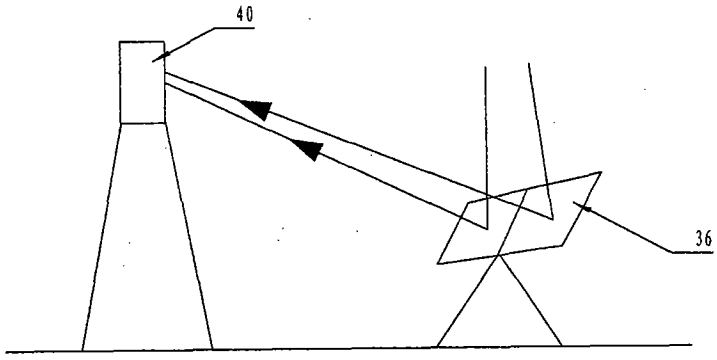


图 4

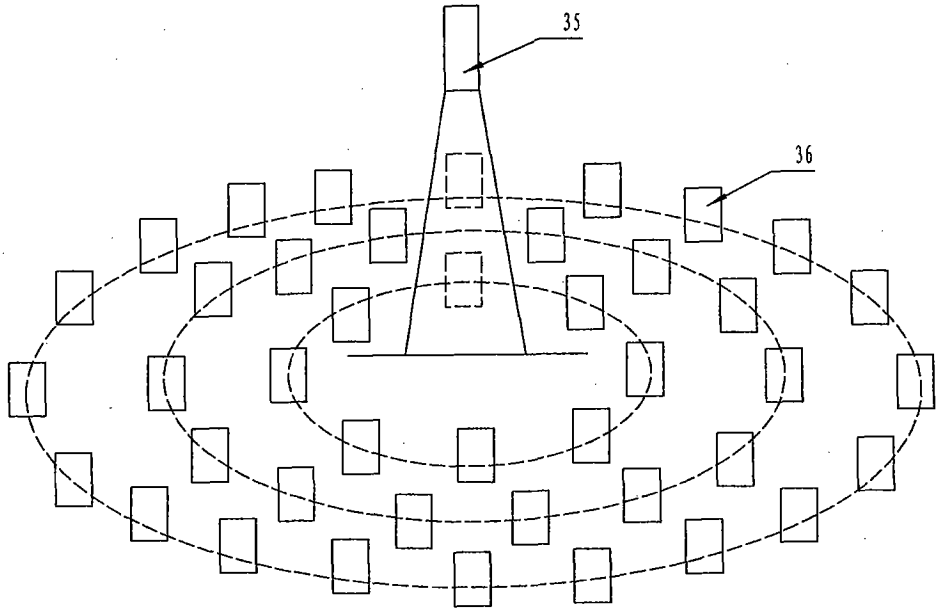


图 5

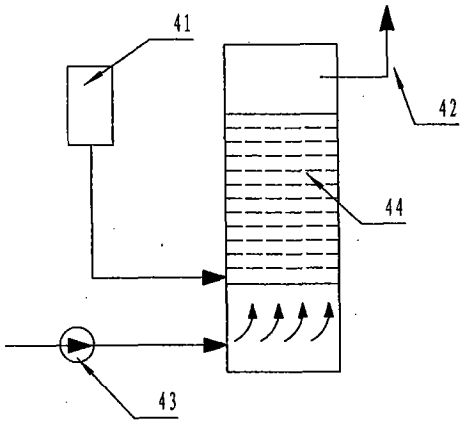


图 6