(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208578679 U
(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201820157853.X

(22)申请日 2018.01.30

(66)本国优先权数据
201710530395.X 2017.06.29 CN

(73)专利权人 深圳市爱能森科技有限公司
地址 518052 广东省深圳市南山区高新南一道009号中国科技开发院孵化大楼811室

(72)发明人 曾智勇 崔小敏 李珂

(74)专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理有限公司 11129
代理人 向群

(51)Int.Cl.
*F03G 6/06*(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

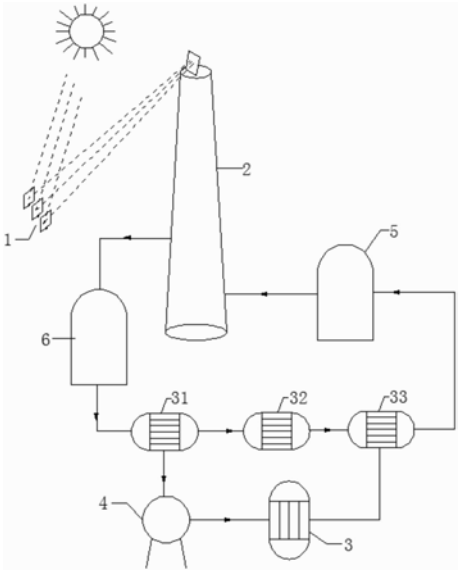
权利要求书1页 说明书12页 附图3页

(54)实用新型名称

一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统

(57)摘要

本实用新型涉及一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，包括可将太阳能聚集至集热装置的塔式定日镜、可将储热介质集热转变成高温储热介质的集热装置、可储存低温储热介质的低温罐、可储存高温储热介质的高温热池、可将所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质的换热器、以及涡轮发电机组；所述集热装置、高温热池、换热器和低温罐通过输盐管道依次串联，形成介质流动的循环回路，使所述集热装置内的高温储热介质从管道进入高温热池；高温热池内的介质再进入换热器实现高温介质与工质之间的能量转换；换热器与涡轮发电机组连接，使高温动力工质进入所述涡轮发电机组提供动力发电。




CN 208578679 U

1.一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，包括可将太阳能聚集至集热装置的塔式定日镜、可将储热介质集热转变成高温储热介质的集热装置、可储存低温储热介质的低温罐、可储存高温储热介质的高温热池、可将所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质的换热器、以及涡轮发电机组；

所述集热装置、高温热池、换热器和低温罐通过管道依次串联，形成介质流动的循环回路，使所述集热装置内的高温储热介质从所述管道进入高温热池；高温热池内的介质再进入换热器实现高温介质与工质之间的能量转换；

所述换热器与所述涡轮发电机组连接，使所述高温动力工质进入所述涡轮发电机组提供动力发电；

所述塔式定日镜包括可反射日光的反光镜和可接收来自反光镜的太阳光的接收器；所述接收器设置在所述集热装置上。

2.根据权利要求1所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述换热器为三级换热器；所述三级换热器包括过热蒸汽交换器、饱和蒸汽交换器以及预热蒸汽交换器，三者依次串联而成；

所述过热蒸汽交换器的工质输出端与涡轮发电机组连接，介质输出端与饱和蒸汽交换器连接；

所述预热蒸汽交换器的介质输出端与低温罐连接，使换热后的低温介质重回低温罐；

或者，所述换热器选自浮头式换热器、固定管板式换热器、U形管板换热器、板式换热器。

3.根据权利要求1或2所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述储热介质选自，熔盐、石英砂、陶瓷、混凝土、金属、或导热油。

4.根据权利要求3所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述熔盐指，solar salt、Hitec salt、或低熔点熔盐。

5.根据权利要求1所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述动力工质选自空气、氦气、氮气、二氧化碳、或烷烃类有机工质。

6.根据权利要求1所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述接收器为聚光器；所述聚光器设置在所述集热装置的顶部。

7.根据权利要求1或6任一所述的改良布雷顿光热发电系统，其特征在于，所述塔式定日镜还包括可跟踪太阳照射角度的跟踪器；所述反光镜安装在跟踪器上，以时刻保持接收反射太阳能的最佳角度。

8.根据权利要求1或6任一所述的改良布雷顿光热发电系统，所述集热装置为集热塔。

# 一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统

## 技术领域

[0001] 本实用新型涉及太阳能光热发电技术领域，特别是涉及一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统。

## 背景技术

[0002] 目前现有的发电技术有多种，传统的火力发电是通过燃烧，把化石中储存的能量，转化为热能，再转化为电能。我国火电发电量占全国发电总量的80％以上，火电行业的高能耗、高污染现状使得我国节能减排任务的完成，火电行业成为一个重要突破方向。

[0003] 而太阳能、风能等可再生能源作为应对能源安全和气候变化双重挑战的重要手段，越来越受到人们的重视，各国大力发展以太阳能、风能为基础的新能源。其中利用太阳能发电就是清洁新能源发展的一个重要方向。

[0004] 太阳能发电是利用清洁能源太阳作为能量来源完成电力的提供，二氧化碳等污染排放大大减少，对环境相对清洁友好。常见的太阳能的利用方式有很多种，包括利用太阳能光伏发电、太阳能光热发电、中低温太阳能热利用和太阳能热动力利用等。

[0005] 利用太阳能光伏发电可靠性高，其系统的安装和维护也比较方便，它具有很多优点。其中光伏发电输出为直流电，经逆变器转换为交流电后再实现上网，储电成本高，电池一致性差，能源输出形式单一。受自然资源条件影响较大，具有波动性和间歇性，随机性大，其调节控制困难，比较适合做分布式能源发电供应，大规模并网运行会给电网的安全稳定运行带来显著影响。

[0006] 与光伏发电相比，太阳能光热发电是利用太阳辐射能做热源，再驱动热机循环系统实现发电。太阳能光热发电可配置大规模储热系统，克服了太阳能具有波动性和间歇性的缺点，可储能、可调峰，实现连续发电。更适合建大型电站项目，可通过规模效应实现成本迅速下降，因而可以作为基础电力实现对火电的替代。最早的槽式电站至今已有30多年运营史。

[0007] 根据收集太阳能聚光方式的不同，太阳能热发电技术分为槽式、塔式、碟式、线性菲涅尔四种形式。根据动力工质以及所采用的动力模式可以区分为朗肯循环(蒸汽朗肯循环动力、有机郎肯循环动力)、布雷顿循环和斯特林循环3种形式。三种循环中斯特林循环热机热能转换效率较高，但技术上不如朗肯循环和布雷顿循环成熟，且斯特林发动机昂贵。

[0008] 太阳能蒸汽朗肯循环热发电是通过数量众多的反射镜，将太阳的直射光聚焦采集，通过加热熔融盐或者其他工作介质，将太阳能转化为热能，然后利用与传统的热力循环一样的过程，即形成高压高温的水蒸气来推动汽轮机发电机组工作，最终将热能转化成为电能。

[0009] 液态熔盐由于热容量大；低粘度、流动性好；低蒸汽压；较宽的工作温度范围；成为太阳能传蓄热应用中良好的热工介质。高温熔融盐储能以它独特的性能优势，成为太阳能蒸汽朗肯循环热发电储能的首选，是太阳能光热发电的核心技术，是实现全天候24小时连续发电的根本基础。

[0010] 和燃煤热发电相比除了热源获取方式和热能存储不同外，其余几乎完全相同，正因为如此，我国基于燃煤电站在系统设计、装备制造等方面具有的较强的市场竞争力，为太阳能热发电的发展奠定了基础。太阳能蒸汽朗肯循环热发电的优点是技术成熟，工况温度高，压力大，能获得较高的热电转换效率。但因采用汽轮机组发电模式，水消耗量大，因此对地理环境、气候条件提出较高要求。目前创新技术改水冷为空气冷却，尽可能减少对水的消耗。但是带来的问题是增大了系统自耗电，同时热电效率也有所降低。

[0011] 布雷顿循环结构比朗肯循环简单，只需要一个转动部件(压气机/发电机/透平)，在循环过程中工质不发生相变，具有更高的可靠性，太阳能丰富的地方通常水资源是缺乏的，而开式布雷顿热机的循环工质是空气，不需要水作为循环工质，具有很好的应用前景。

[0012] 空气布雷顿塔式太阳能发电技术是一种可提供高效清洁电力的太阳能发电技术。其工作原理是经反射镜聚光后的太阳能照射到集热塔上的接收器上，接收器里布置有空气压缩机和空气涡轮机。新进入的空气经过空气压缩机进行压缩，然后被传输至接收器上接受太阳能辐照，压缩后的空气被加热后温度上升至900摄氏度左右，高温热空气通过空气涡轮机膨胀做功，驱动发电机发电。

[0013] 除发电外，可做热冷电联供，余热可用于提供热水、污水净化、农作物干燥、制冷。能够24小时全天候运行，可承担基础负荷，适用于大规模电网供电；又可适用于分布式(如村庄、山矿、工业园等)小规模应用。

[0014] 空气布雷顿塔式太阳能发电技术的系统简单，可调度性好，满足基础负荷或高峰负荷，无需水/汽、熔盐、导热油、只需空气；尤其适合无水或者缺水地区的太阳能热发电发展。

[0015] 布雷顿循环塔式光热发电技术具有效率高、流程短、设备少、用水少的优点，被认为是塔式热发电技术的重要发展方向。

[0016] 传统的塔式布雷顿技术采用空气或二氧化碳作为工质，为达到更高的系统效率，需要将空气在一定压力下至少加热到800℃以上，这对热量接收器提出了极高的技术要求。德国航天局DLR和以色列威茨曼研究院(WIS)针对此研发的腔式接收器采用石英玻璃罩，使腔式接收器保持较好的透光率，又能保持罩内空气的压力。

[0017] 但这种接收器技术也面临一些缺陷，为了保证石英玻璃罩与腔式接收器体在高温下的可靠密封，需对密封面进行水冷。为了防止石英玻璃在1000℃以上易发生的再结晶而变成不透明的问题，还必须采用高纯的石英玻璃。由于耐压的高纯石英玻璃罩的制造技术要求很高，难于大型化，且制造成本高，限制了接收器的规模，也就限制了单个太阳能塔式布雷顿热发电装置的规模。使用WIS技术的以色列AORA公司开发的太阳能塔式布雷顿热发电装置的单机规模因此只有100千瓦。

[0018] 另外，这种腔式接收器在较长期的运转中会发生石英玻璃罩损坏或密封破坏的现象；且难以大规模储热，要实现长期稳定发电，必须采用与化石能源混合发电的方案。这都成为塔式布雷顿技术发展的瓶颈。

## 实用新型内容

[0019] 基于本领域存在的上述问题，本实用新型的目的在于提供一种无需大量使用水、可在常压条件下运行、降低成本、易于储热、实现长期稳定发电的改良的布雷顿光热发电方

法和装置。

[0020] 为了实现上述目的，本实用新型提供了如下的技术方案：

[0021] 本实用新型首先披露了一种改良的布雷顿光热发电方法，它的特点是，在常压或微正压环境下进行如下步骤：(1)储热介质从低温罐进入集热装置内；(2)聚集太阳光至所述集热装置内使所述储热介质转变为高温储热介质；(3)所述高温储热介质进入换热器与动力工质换热；(4)换热后的高温动力工质进入涡轮发电机组提供动力发电。采用本实用新型所提供的方法采集太阳能进行光热发电，与常规的布雷顿方法相比较，集热、储热环节在非高压状态下工作，因此所需的设备也不需要特殊耐高压性能，在常压或微正压条件下进行能量收集及储存即可，降低了对集热、储热装置的材质要求，同时，相应的设计、制造成本与维护运行成本降低；同时，与传统的火力发电和蒸汽朗肯热循环相比，不需要大量的水产生高温高压水蒸汽为发电机产生动力，因此本实用新型的方法也可以在缺水地区推广。

[0022] 本文中的“微正压”具有本领域技术人员通常理解的常规技术含义，通常表示：高于大气压强200-400帕的压强环境。

[0023] 如无特殊说明，本文记载的各项术语、专有词汇，例如，“布雷顿光热发电”、“定日镜”、“槽式定日镜”、“线性涅菲尔式定日镜”、“塔式定日镜”、“熔盐”、“动力工质”、“介质”、“换热器”、“吸收管”、“集热管”、“反射镜”、“曲面镜”、“聚光器”、“集热器”等，都具有本领域技术人员通常理解的技术含义。

[0024] 在一些优选的实施例中，上述步骤还包括，(5)所述高温储热介质换热后成为低温储热介质再重新进入所述集热装置内。这一步使降温后的储热介质重新进入集热装置，并重新聚集太阳光获得热点转变成高温介质，实现热循环，从而为下一轮发电提供热量。

[0025] 在另一些优选的实施例中，所述步骤(2)中，所述高温储热介质在进入换热器之前储存于高温热池内，一部分高温储热介质进入换热器与动力工质换热，另一部分则留存在所述高温热池内，用于太阳光不足时持续提供热量。上述热循环及该储热步骤，是实现采用本实用新型方法长期稳定发电的保证，同时达到储热节能的目的。

[0026] 在进一步优选的实施例中，以上述步骤(1)至(4)为一轮热循环，进行多轮热循环为发电机组持续提供动力发电。

[0027] 在一些具体的实施例中，所述动力工质可以是空气、氦气、氮气、二氧化碳等超临界状态的气体，也可以采用烷烃类等有机工质。这些工质均能有效地进行热传递，并且无毒、无臭、无害。

[0028] 一些具体实施例中，所述步骤(1)中聚集太阳光的方式为塔式聚光。搭载塔式聚光的热发电系统，其规模效应明显、系统相对槽式简单、传热路径短热损小和温度高。

[0029] 具体地，所述储热介质优选熔盐。所述熔盐包括：solar salt、Hitec salt、低熔点熔盐(由硝酸钾、硝酸钠、硝酸锂、硝酸钙等组分构成)；除上述熔盐之外，也可以采用其他低廉、易得的储热材料作为储热的工质，例如，石英砂、陶瓷、混凝土、金属、导热油等。

[0030] 本实用新型还请求保护所述布雷顿光热发电方法在发电和/或供热方面的应用。

[0031] 基于上述系列实施例所提供的发电方法，本实用新型还提供一种改良的布雷顿光热发电系统，包括定日镜、集热装置、低温罐、高温罐、换热器、涡轮发电机组；所述低温罐，用于储存低温储热介质；所述低温罐按储热介质流动方向依次位于所述换热器与所述集热装置之间；所述集热装置通过热介质吸收太阳能，然后存放在高温热池中；所述定日镜用于

聚集太阳能至集热装置内的吸热介质;所述集热装置通过管道与所述高温储热热池连接,用于使所述高温储热介质从所述集热装置内沿着所述管道进入所述换热器;所述换热器,用于将进入所述换热器内的所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质;所述换热器与所述涡轮发电机组连接,用于使所述高温动力工质进入所述发电机组提供动力发电。换热后的低温储热介质储存在所述低温罐中,并由低温罐再次进入所述集热装置内,这一步使降温后的储热介质重新进入集热装置,并重新聚集太阳光获得热点转变成高温介质,实现热循环,从而为下一轮发电提供热量。

[0032] 所述换热器可以是三级换热器;所述三级换热器包括过热蒸汽交换器、饱和蒸汽交换器以及预热蒸汽交换器,三者依次串联而成;所述过热蒸汽交换器的工质输出端与涡轮发电机组连接,介质输出端与饱和蒸汽交换器连接;所述预热蒸汽交换器的介质输出端与低温罐连接,使换热后的低温介质重回低温罐。

[0033] 所述换热器还可以是除三级换热器、蒸汽换热器之外的,本领域常用的其它类型换热器,例如,浮头式换热器、固定管板式换热器、U形管板换热器、板式换热器等,本领域技术人员可根据实践工作中的具体需要对各类换热器进行常规选择和合理调整。

[0034] 本实用新型上述系统的发电原理如下:通过定日镜将太阳光反射聚焦到塔顶的集热装置内,集热装置内的介质吸收热能后转变为高温介质,通过管道进入高温热池,一部分高温介质储存在罐体中,用于太阳能不足时的能量提供,一部分高温介质进入换热器与超临界状态的空气、氦气、氮气、二氧化碳等气体或烷烃类有机工质进行换热。换热后的高温气体进入透平涡轮发电机组提供动力发电。换热后的低温介质进入低温罐,再循环进入集热装置进入下一个热循环。

[0035] 与火力发电及蒸汽朗肯热循环相比,本实用新型的上述装置不需要大量的水产生高温高压水蒸气推动汽轮机发电,解决太阳能光热发电在西北等缺水或者无水地区的建设运营;与采用空气或二氧化碳作为集热传热工质的塔式布雷顿技术相比,熔盐集热及传热是在常压或者微正压条件下运行,不需要耐高压设备特殊设计,降低集热装置管道等的设计建造成本。

[0036] 在本实用新型优选的实施例中,所述布雷顿光热发电系统还包括,高温热池,用于储存高温储热介质;所述高温热池按储热介质流动方向依次位于所述集热装置与所述换热器之间。所述高温储热介质在进入换热器之前储存于所述高温热池内,一部分高温储热介质进入换热器与动力工质换热,另一部分则留存在所述高温热池内,用于太阳光不足时持续提供热量。上述热循环及该储热步骤,是实现采用本实用新型方法长期稳定发电的保证,同时增加熔盐储能,解决太阳能不能稳定供能的温度,达到储热节能、长期持续稳定发电的目的。

[0037] 在本实用新型一些优选的用于供热的实施例中,所述布雷顿光热发电系统还包括,在所述发电机组的后面再连接一个换热器,用于将发电机组出来的气体换热做余热利用,提供热水或做其它热能使用。

[0038] 在本实用新型具体的实施例中,所述储热介质优选采用熔盐;除熔融盐之外,也可以采用其他低廉、易得的储热材料作为储热的介质,例如,石英砂、陶瓷、金属、导热油、混凝土等。

[0039] 在另一些实施例中,所述定日镜选自下述中的一种或几种:槽式定日镜、塔式定日

镜、线性菲涅尔式定日镜。上述这些形式的定日镜在聚光方面具有各自不同的特点，例如，槽式真空管的集热效率高，散热损失小，工作寿命长；国外大量的太阳能热发电站都采用槽式系统，与真空集热管产品的成熟有关。线性菲涅尔式热发电系统较简单，反射镜可采用平板式镜面，成本较低，但效率也低。塔式热发电系统以其规模大、热耗小和温度高。

[0040] 在具体的实施例中，所述定日镜为“槽式定日镜”；所述槽式定日镜又称“槽式集热器”，具有本领域技术人员通常理解的技术含义，其外部结构如图2中的部件1所示，它是一种利用的是光热转化方式，通过聚焦、反射和吸收等过程实现光能到热能的转化，使换热介质达到一定温度，以满足不同负载的需求的集热装置。槽式集热器属于中高温集热器的范畴，可以使换热工质得到比较高的温度，可被用到热发电、海水淡化处理、供暖工程、吸收式制冷等生活和生产领域。由于太阳能广阔的应用前景，太阳能是目前槽式集热器的主要能量来源。太阳能槽式集热器在太阳能利用系统中占据主导地位，它为系统提供热源，其效率和投资成本会影响到整个集热系统的效率和经济性。槽式太阳能集热装置采用真空玻璃管结构，即内管采用镀有高吸收率选择性吸收图层的金属管，管内走加热介质，在外面为玻璃管，玻璃管与金属管间抽真空以抑制对流和传导热损失。如图2所示，本实用新型的槽式定日镜1可将太阳光直接聚焦至集热装置2上；在“槽式定日镜”的具体实施例中，所述集热装置2具体指集热管。

[0041] 在另一些实施例中，所述定日镜为“塔式定日镜”；塔式定日镜具有本领域技术人员常规理解的技术含义，它通常被应用于太阳能塔式发电系统。塔式发电系统又称集中式系统，是在很大面积的场地上装有许多台大型太阳能反射镜(即“塔式定日镜”)，每台都各自配有跟踪机构准确的将太阳光反射集中到一个高塔顶部的接受器上。接受器上的聚光倍率可超过1000倍。在这里把吸收的太阳光能转化成热能，再将热能传给工质，经过蓄热环节，再输入热动力机，膨胀做工，带动发电机，最后以电能的形式输出。主要由聚光子系统、集热子系统、蓄热子系统、发电子系统等部分组成。本文的塔式定日镜的示意结构如图1的部件1 所示，并且，如图1所示，本实用新型中的塔式定日镜1可直接将太阳能聚焦至集热装置2 上；在“塔式定日镜”的具体实施例中，所述集热装置2指集热塔。

[0042] 在其它一些实施例中，所述定日镜为“线性菲涅尔式定日镜”；所述线性菲涅尔式定日镜具有本领域技术人员常规理解的技术含义，线性菲涅尔式定日镜又称线性菲涅尔式系统，它由反射镜，聚光器和跟踪机构组成。把平坦的或略有弯曲的反射镜安装配置在跟踪器上，在反射镜上方的空间安装吸热管，反射镜把阳光反射到吸热管上。有时在聚光器的顶部加装小型抛物面反射镜，以加强阳光的聚焦。如图3所示，本实用新型中的“线性菲涅尔式定日镜”1的曲面镜将太阳能吸收反射至集热装置2上，在“线性菲涅尔式”的具体实施例中，所述集热装置2为吸收管和集热器。

[0043] 优选的实施例中，所述动力工质指超临界流体；所述超临界流体具体选自超临界状态的空气、氦气、氮气、二氧化碳；或者，动力工质还可以采用烷烃类有机工质；上述这些可进行热量传递，属于本领域常用的动力工质，无臭、无害。

[0044] 本实用新型的另一些实施例还提供所述布雷顿光热发电系统在发电和/或供热方面的应用。

[0045] 经实践对比，采用本实用新型的方法和装置进行发电，与传统的布雷顿光热发电相比较，同样当量条件下，传统的布雷顿发电方法其装机规模仅达到千瓦级别，多为模块化

单元，而采用本实用新型方法进行发电，装机规模可达千兆瓦以上级别，成本下降的规模效应明显。由此可见，本实用新型所提供的改良的布雷顿光热发电方法和装置，不仅能降低设计建造和运行维护成本、实现长期稳定持续地提供发电，而且在发电效率和规模方面，也显著优于传统发电方法，有利于在各类地区(包括干旱、缺少地区)推广，从而实现低成本高效率的太阳能大规模发电。

## 附图说明

[0046] 图1为本实用新型的一个实施例所提供的发电方法所用的设备结构示意图；

[0047] 图2为本实用新型的另一个实施例所提供的基于槽式定日镜的改良的布雷顿光热发电系统设备结构示意图；

[0048] 图3为本实用新型的另一个实施例所提供的基于线性涅菲尔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统设备结构示意图；

[0049] 图中标号分别代表：1-定日镜；2-集热装置；3-换热器；31-过热蒸汽交换器；32-饱和蒸汽交换器；33-预热蒸汽交换器；4-发电机组；5-低温罐；6-高温热池。

## 具体实施方式

[0050] 下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步的详细说明，但并不限制本实用新型的范围。如无特殊说明，下述实施例中使用的操作均为常规方法，所采用的材料均可以商购获得。

[0051] 第1组实施例、本实用新型所述改良的布雷顿光热发电方法

[0052] 本组实施例提供一种改良的布雷顿光热发电方法。本组所有的实施例都具备如下共同特征：所述布雷顿光热发电方法包括：在常压或微正压环境下进行如下步骤：(1)储热介质从低温罐进入集热装置内；(2)聚集太阳光至所述集热装置内使所述储热介质转变为高温储热介质；(3)所述高温储热介质进入换热器与动力工质换热；(4)换热后的高温动力工质进入涡轮发电机组提供动力发电。采用本实用新型所提供的方法采集太阳能进行光热发电，与常规的布雷顿方法相比较，不需要对动力工质施加高压，因此所需的设备也不需要特殊耐高压性能，在常压或微正压条件下进行发电即可，降低了发电系统的设计建造成本与维护运行成本；并且，由于本实用新型的方法，采用的动力工质为气体工质，因此相应地，采用的发电机组是涡轮机，与传统的火力发电和蒸汽朗肯热循环相比，不需要大量的水产生高温高压水蒸汽为发电机产生动力，因此本实用新型的方法也可以在缺水地区推广；同时，采用涡轮机发电，使整个发电系统的整体效率从现有传统光热发电20％左右、传统布雷顿40％左右提高至90％，不仅如此，装机规模可达千兆瓦以上级别，是传统光热发电方法和布雷顿方法的10 倍-100倍以上。

[0053] 进一步的实施例中，优选地，上述步骤还包括，(5)所述高温储热介质换热后成为低温储热介质再重新进入所述集热装置内。这一步使降温后的储热介质重新进入集热装置，并重新聚集太阳光获得热点转变成高温介质，实现热循环，从而为下一轮发电提供热量。

[0054] 具体的实施例中，所述步骤(3)中，所述高温储热介质优选在进入换热器之前储存于高温热池内，一部分高温储热介质进入换热器与动力工质换热，另一部分则留存在所述

高温热池内，用于太阳光不足时持续提供热量。上述热循环及该储热步骤，是实现采用本实用新型方法长期稳定发电的保证，同时达到储热节能的目的。

[0055] 在进一步的实施例中，以上述步骤(1)至(5)为一轮热循环，进行多轮热循环为发电机组持续提供动力发电。

[0056] 本组实施例中，所述动力工质指超临界流体；所述超临界流体具体选自超临界状态的空气、氦气、氮气、二氧化碳；或者，动力工质还可以采用烷烃类有机工质；上述这些均为无臭无害，本领域常用的动力工质，可用来进行热量传递。

[0057] 在具体的实施例中，所述储热介质优选采用熔盐；所述熔盐包括：solar salt、Hitec salt、低熔点熔盐(由硝酸钾、硝酸钠、硝酸锂、硝酸钙、添加剂等组分构成)；除上述熔盐之外，也可以采用其他低廉、易得的储热材料作为储热的工质，例如，石英砂、陶瓷、混凝土、金属、导热油等。

[0058] 第2组实施例、本实用新型所述改良的布雷顿光热发电系统

[0059] 本组实施例提供一种改良的布雷顿光热发电系统。在本组所有的实施例中，所述布雷顿光热发电系统都具备如下共同特征：如图1-图3所示，所述布雷顿光热发电系统包括低温罐 5、定日镜1、集热装置2、换热器3、发电机组4；低温罐5、高温热池6，用于储存换热后的低温储热介质；所述低温罐5按储热介质流动方向依次位于所述换热器3与所述集热装置2之间。换热后的低温储热介质储存在所述低温罐5中，并由低温罐5再次进入所述集热装置2内，这一步使降温后的储热介质重新进入集热装置2，并重新聚集太阳光获得热点转变成高温介质，实现热循环，从而为下一轮发电提供热量。所述集热装置2用于存放储热介质；所述定日镜1与集热装置2连接，用于将太阳光聚集至集热装置2内使所述集热装置2内的储热介质转变为高温储热介质；所述集热装置2通过管道与所述换热器3连接，用于使所述高温储热介质从所述集热装置2内沿着所述管道进入所述换热器3；所述换热器3，用于将进入所述换热器3内的所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质；所述换热器 3与所述发电机组4连接，用于使所述高温动力工质进入所述发电机组4提供动力发电。

[0060] 在本组优选的实施例中，所述布雷顿光热发电系统还包括，高温热池6，用于储存高温储热介质；所述高温热池6按储热介质流动方向依次位于所述集热装置2与所述换热器3之间。所述高温储热介质在进入换热器3之前储存于所述高温热池内，一部分高温储热介质进入换热器3与动力工质换热，另一部分则留存在所述高温热池6内，用于太阳光不足时持续提供热量。上述热循环及该储热步骤，是实现采用本实用新型方法长期稳定发电的保证，同时增加熔盐储能，解决太阳能不能稳定供能的温度，达到储热节能、长期持续稳定发电的目的。

[0061] 在具体的实施例中，所述定日镜为“槽式定日镜”；所述槽式定日镜又称“槽式集热器”，具有本领域技术人员通常理解的技术含义，其外部结构如图2中的部件1所示，它是一种利用的是光热转化方式，通过聚焦、反射和吸收等过程实现光能到热能的转化，使换热介质达到一定温度，以满足不同负载的需求的集热装置。槽式集热器属于中高温集热器的范畴，可以使换热工质得到比较高的温度，可被用到热发电、海水淡化处理、供暖工程、吸收式制冷等生活和生产领域。由于太阳能广阔的应用前景，太阳能是目前槽式集热器的主要能量来源。太阳能槽式集热器在太阳能利用系统中占据主导地位，它为系统提供热源，其效率和投资成本会影响到整个集热系统的效率和经济性。槽式太阳能集热装置采用真空玻璃管

结构，即内管采用镀有高吸收率选择性吸收图层的金属管，管内走加热介质，在外面为玻璃管，玻璃管与金属管间抽真空以抑制对流和传导热损失。如图2所示，本实用新型的槽式定日镜1可将太阳光直接聚焦至集热装置2上；在“槽式定日镜”的具体实施例中，所述集热装置2具体指集热管。

[0062] 在另一些实施例中，所述定日镜为“塔式定日镜”；塔式定日镜具有本领域技术人员常规理解的技术含义，它通常被应用于太阳能塔式发电系统。塔式发电系统又称集中式系统，是在很大面积的场地上装有许多台大型太阳能反射镜(即“塔式定日镜”)，每台都各自配有跟踪机构准确的将太阳光反射集中到一个高塔顶部的接受器上。接受器上的聚光倍率可超过1000倍。在这里把吸收的太阳光能转化成热能，再将热能传给工质，经过蓄热环节，再输入热动力机，膨胀做工，带动发电机，最后以电能的形式输出。主要由聚光子系统、集热子系统、蓄热子系统、发电子系统等部分组成。本文的塔式定日镜的示意结构如图1的部件1 所示，并且，如图1所示，本实用新型中的塔式定日镜1可直接将太阳能聚焦至集热装置2 上；在“塔式定日镜”的具体实施例中，所述集热装置2指集热塔。

[0063] 在其它一些实施例中，所述定日镜为“线性菲涅尔式定日镜”；所述线性菲涅尔式定日镜具有本领域技术人员常规理解的技术含义，线性菲涅尔式定日镜又称线性菲涅尔式系统，它由反射镜，聚光器和跟踪机构组成。把平坦的或略有弯曲的反射镜安装配置在跟踪器上，在反射镜上方的空间安装吸热管，反射镜把阳光反射到吸热管上。有时在聚光器的顶部加装小型抛物面反射镜，以加强阳光的聚焦。如图3所示，本实用新型中的“线性菲涅尔式定日镜”1的曲面镜将太阳能吸收反射至集热装置2上，在“线性菲涅尔式”的具体实施例中，所述集热装置2为吸收管和集热器。

[0064] 本组上述装置的发电原理如下：通过定日镜1将太阳光反射聚焦到集热装置2内，集热装置2内的储热介质吸收热能后转变为高温熔盐，通过管道进入高温热池6，一部分高温熔盐储存在罐体中，用于太阳能不足时的能量提供，一部分高温熔盐进入换热器3与超临界状态的空气、氮气、氦气、二氧化碳等超临界流体或烷烃类动力工质进行换热。换热后的高温气体进入透平涡轮发电机组4提供动力发电。换热后的低温熔盐进入低温罐5，再循环进入集热装置2进入下一个热循环。

[0065] 与火力发电及蒸汽朗肯热循环相比，本实用新型的上述装置不需要大量的水产生高温高压水蒸气推动汽轮机发电，解决太阳能光热发电在西北等缺水或者无水地区的建设运营；与采用空气或二氧化碳作为集热传热工质的塔式布雷顿技术相比，熔盐集热及传热是在常压或者微正压条件下运行，不需要耐高压设备特殊设计，降低集热装置管道等的设计建造成本。

[0066] 在本组一些优选的用于供热的实施例中，所述布雷顿光热发电系统还包括，在所述发电机组4的后面再连接一个换热器3，用于将发电机组4出来的气体换热做余热利用，提供热水或做其它热能使用。

[0067] 在本组具体的实施例中，所述储热介质优选熔盐。所述熔盐包括：solar salt、Hitec salt、低熔点熔盐(由硝酸钾、硝酸钠、硝酸锂、硝酸钙等组分构成)；除上述熔盐之外，也可以采用其他低廉、易得的储热材料作为储热的工质，例如，石英砂、陶瓷、混凝土、金属、导热油等。

[0068] 优选的实施例中，本实施例中，所述动力工质指超临界流体；所述超临界流体具体

选自超临界状态的空气、氦气、氮气、二氧化碳;或者,动力工质还可以采用烷烃类有机工质;上述这些均为无臭无害,本领域常用的动力工质,可用来进行热量传递。

[0069] 第3组实施例、基于槽式定日镜的改良布雷顿光热发电系统

[0070] 本组实施例提供了一种基于槽式定日镜的改良布雷顿光热发电系统。本组实施例具备如下共同特征:如图2所示,所述改良布雷顿光热发电系统包括可将太阳能聚集至集热装置的槽式定日镜1、可将储热介质集热转变成高温储热介质的集热装置2、可储存低温储热介质的低温罐5、可储存高温储热介质的高温热池6、可将所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质的换热器3、以及涡轮发电机组4;所述集热装置2、高温热池6、换热器3 和低温罐5通过管道依次串联,形成介质流动的循环回路,使所述集热装置2内的高温储热介质从所述管道进入高温热池6;高温热池6内的介质再进入换热器3实现高温介质与工质之间的能量转换;所述换热器3与所述涡轮发电机组4连接,使所述高温动力工质进入所述涡轮发电机组4提供动力发电。

[0071] 在进一步的实施例中,所述换热器3为三级换热器;所述三级换热器包括过热蒸汽交换器31、饱和蒸汽交换器32以及预热蒸汽交换器33,三者依次串联而成;所述过热蒸汽交换器的工质输出端与涡轮发电机组连接,介质输出端与饱和蒸汽交换器连接;所述预热蒸汽交换器的介质输出端与低温罐连接,使换热后的低温介质重回低温罐;或者,所述换热器也可采用出蒸汽换热器之外的其它类型换热器。

[0072] 在具体的实施例中,所述储热介质选自,熔盐、石英砂、陶瓷、混凝土、金属、或导热油。

[0073] 在另一些具体实施例中,所述熔盐指,solar salt、Hitec salt、或低熔点熔盐。

[0074] 在一些实施例中,所述动力工质选自空气、氦气、氮气、二氧化碳、或烷烃类有机工质。

[0075] 在更具体的实施例中,所述槽式定日镜包括反光镜和聚光器;所述聚光器设置在所述集热装置上;所述反光镜具有抛物面的长槽形结构。

[0076] 在优选的实施例中,在所述反光镜的抛物面朝向太阳光照射方向设置。

[0077] 在进一步的实施例中,所述槽式定日镜还包括可跟踪太阳照射角度的跟踪器;所述反光镜安装在跟踪器上,以时刻保持接收反射太阳能的最佳角度。

[0078] 在具体的实施例中,所述集热装置为集热管。

[0079] 第4组实施例、基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统

[0080] 本组实施例提供一种基于塔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统。在本组所有的实施例中,所述改良布雷顿光热发电系统都具有如下共同特征:如图1所示,所述改良布雷顿光热发电系统包括可将太阳能聚集至集热装置的塔式定日镜1、可将储热介质集热转变成高温储热介质的集热装置2、可储存低温储热介质的低温罐5、可储存高温储热介质的高温热池6、可将所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质的换热器3、以及涡轮发电机组4;所述集热装置2、高温热池6、换热器3和低温罐5通过管道依次串联,形成介质流动的循环回路,使所述集热装置2内的高温储热介质从所述管道进入高温热池6;高温热池6 内的介质再进入换热器3实现高温介质与工质之间的能量转换;所述换热器3与所述涡轮发电机组4连接,使所述高温动力工质进入所述涡轮发电机组4提供动力发电。

[0081] 在本组具体的实施例中,所述换热器为三级换热器;所述三级换热器包括过热蒸

汽交换器31、饱和蒸汽交换器32以及预热蒸汽交换器33，三者依次串联而成；所述过热蒸汽交换器的工质输出端与涡轮发电机组连接，介质输出端与饱和蒸汽交换器连接；所述预热蒸汽交换器的介质输出端与低温罐连接，使换热后的低温介质重回低温罐；或者，所述换热器也可采用出蒸汽换热器之外的其它类型换热器。

[0082] 在具体的实施例中，所述储热介质选自，熔盐、石英砂、陶瓷、混凝土、金属、或导热油。

[0083] 在一些实施例中，所述熔盐指，solar salt、Hitec salt、或低熔点熔盐。

[0084] 在另一些实施例中，所述动力工质选自空气、氦气、氮气、二氧化碳、或烷烃类有机工质。

[0085] 在具体的实施例中，所述塔式定日镜包括可反射日光的反光镜和可接收来自反光镜的太阳光的接收器；所述接收器设置在所述集热装置上。

[0086] 在优选的实施例中，所述接收器为聚光器；所述聚光器设置在所述集热装置的顶部。

[0087] 在进一步的实施例中，所述塔式定日镜还包括可跟踪太阳照射角度的跟踪器；所述反光镜安装在跟踪器上，以时刻保持接收反射太阳能的最佳角度。

[0088] 在具体的实施例中，所述集热装置为集热塔。

[0089] 第5组实施例、基于线性涅菲尔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统

[0090] 本组实施例提供一种基于线性涅菲尔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统。本组所有的实施例都具备如下共同特征：如图3所示，所述基于线性涅菲尔式定日镜的改良布雷顿光热发电系统包括：可将太阳能聚集至集热装置的线性涅菲尔式定日镜1、可将储热介质集热转变成高温储热介质的集热装置2、可储存低温储热介质的低温罐5、可储存高温储热介质的高温热池6、可将所述高温储热介质与动力工质进行换热得到高温动力工质的换热器3、以及涡轮发电机组4；

[0091] 所述集热装置2、高温热池6、换热器3和低温罐5通过管道依次串联，形成介质流动的循环回路，使所述集热装置2内的高温储热介质从所述管道进入高温热池6；高温热池6内的介质再进入换热器3实现高温介质与工质之间的能量转换；所述换热器3与所述涡轮发电机组4连接，使所述高温动力工质进入所述涡轮发电机组4提供动力发电。

[0092] 在本组具体的实施例中，所述换热器为三级换热器；所述三级换热器包括过热蒸汽交换器、饱和蒸汽交换器以及预热蒸汽交换器，三者依次串联而成；所述过热蒸汽交换器的工质输出端与涡轮发电机组连接，介质输出端与饱和蒸汽交换器连接；所述预热蒸汽交换器的介质输出端与低温罐连接，使换热后的低温介质重回低温罐；或者，所述换热器也可采用出蒸汽换热器之外的其它类型换热器。

[0093] 在另一些实施例中，所述储热介质选自，熔盐、石英砂、陶瓷、混凝土、金属、或导热油。

[0094] 在一些实施例中，所述熔盐指，solar salt、Hitec salt、或低熔点熔盐。

[0095] 在具体的实施例中，所述动力工质选自空气、氦气、氮气、二氧化碳、或烷烃类有机工质。

[0096] 在优选的实施例中，所述线性涅菲尔式定日镜包括可将太阳光反射聚集至集热装置上的曲面镜。

[0097] 在进一步的实施例中，所述线性涅菲尔式定日镜还包括可跟踪太阳照射角度的跟踪器；所述曲面镜安装在跟踪器上，以时刻保持接收反射太阳能的最佳角度。

[0098] 在另一些实施例中，所述集热装置为吸收管和集热器。

[0099] 在本实用新型所有的包含“熔盐”的具体实施例中，所述熔盐选自单体熔盐、二元复合熔盐、三元复合熔盐、或多元复合熔盐。

[0100] 在一些优选的实施例中，所述二氧化硅选自纳米二氧化硅，和/或水合二氧化硅。

[0101] 在更具体的一些实施例中，所述单体熔盐包括单体硝酸盐、单体碳酸盐、单体硫酸盐、单体硅酸盐、或单体氯化盐；或它们各自的含水结晶盐；

[0102] 所述单体硝酸盐包括：硝酸钾、硝酸钠、亚硝酸钠、硝酸锂、或硝酸钙等；或它们各自的含水结晶盐；例如，所述硝酸钙的含水结晶盐可以是四水硝酸钙(熔点40℃)等；

[0103] 所述单体碳酸盐包括：碳酸钾、碳酸钠、或碳酸锂等；或它们各自的含水结晶盐；例如，碳酸钠的含水结晶盐可以是一水碳酸钠、七水碳酸钠、或十水碳酸钠；

[0104] 所述单体硫酸盐包括：硫酸镁、硫酸钠等；或它们各自的含水结晶盐；例如，硫酸镁的含水结晶盐可以是七水硫酸镁；所述硫酸钠可以是十水合硫酸钠；

[0105] 所述单体硅酸盐包括：硅酸钠、硅酸锂、偏硅酸钠或二硅五氧酸钠等；或它们各自的含水结晶盐；例如，所述偏硅酸钠的含水结晶盐可以是五水偏硅酸钠、或九水偏硅酸钠；

[0106] 所述单体氯化盐包括：氯化钙、氯化钠、氯化镁等。或它们各自的含水结晶盐；例如，氯化镁的含水结晶盐可以是六水氯化镁；

[0107] 所述二元复合熔盐包括：$KNO_3$-$NaNO_3$体系、K2CO3-Na2CO3体系、$KNO_3$-$NaNO_2$体系；

[0108] 所述三元复合熔盐包括：$KNO_3$-$NaNO_3$-$NaNO_2$体系、$NaNO_3$-$KNO_3$-$LiNO_3$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$Ca(NO_3)_2$体系；

[0109] 所述多元复合熔盐包括：$KNO_3$-$NaNO_3$-$NaNO_2$-$CsNO_3$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$NaNO_2$-$Ca(NO_3)_2$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$NaNO_2$-$LiNO_3$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$CsNO_3$-$Ca(NO_3)_2$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$LiNO_3$-$CsNO_3$体系、$Ca(NO_3)_24H_2O$ -$KNO_3$-$NaNO_3$-$LiNO_3$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$LiNO_3$-$Ca(NO_3)_2$体系、

[0110] $KNO_3$-$NaNO_3$-$NaNO_2$-$CsNO_3$-$Ca(NO_3)_2$体系、$KNO_3$-$NaNO_3$-$KNO_2$-$CsNO_3$体系、$K_2CO_3$-$Na_2CO_3$-NaCl-$Li_2CO_3$体系、$K_2CO_3$-$Na_2CO_3$-$Li_2CO_3$-NaCl-MgO-CaO体系；

[0111] 上述各类型熔盐中，尤其是二元、三元、多元复合熔盐，它们的熔点随各自体系中的各单体组分量的变化而变化，但总体上各种熔盐的熔点范围处于40-1500℃。

[0112] 上述实施例中，所述二元复合熔盐的具体体系配方记载于中国专利ZL201310731924、ZL201310732781、ZL201310733403、ZL201310733405以及中国专利申请CN201310732738 中；

[0113] 所述三元复合熔盐的具体体系配方记载于中国专利ZL201310029569、ZL201310732785 和中国专利申请CN201310040070中；

[0114] 所述多元复合熔盐的具体体系配方记载于中国专利ZL201310053597、ZL201310731924、ZL201310732816、ZL201310731910及中国专利申请CN201310040909中。

[0115] 实验例、本实用新型所述的方法和装置在发电方面的应用

[0116] 采用第1组实施例任一所述的方法，和/或，第2、3、4、5组实施例任一所述的装置进行光热发电，并与传统的布雷顿发电方法进行了比较，在同等条件下(同样的环境、基础设备、相同环节采用的设备和工质都一样)，进行比较，如下表1所示：

[0117] 表1

[0118]

| 方法和/装置 | 装机规模(单位:兆瓦) | 系统工作压强(单位:帕) | 系统发电效率(%) |
|---|---|---|---|
| 本实用新型 | $10^3$以上 | 常压/微正压 | 90 |
| 传统光热发电 | 50-100 | 5-10兆左右 | 16-25 |
| 传统布雷顿 | 10 | 20-30 | 40-45 |

[0119] 由上表可知,本实用新型的方法与传统布雷顿方法、传统热发电方法相比较,具有如下几个方面的显著优势:

[0120] 1、采用本实用新型所述方法和/或装置进行发电,装机规模可达千兆瓦级别;而传统的布雷顿方法,装机规模仅10兆瓦,传统的光热发电方法为50-100兆瓦,相比之下,本实用新型的改良方法使装机规模提升了10-100倍以上,使布雷顿光热发电规模化成为可能,成本下降20-30%;

[0121] 2、传统布雷顿方法在发电时,由于需要将气体工质加热至极高的温度,系统压强通常在 30兆帕;而本实用新型的方法在集热、储热系统中,系统常压或微正压,仅有换热环节涉及高压;这一差别带来的直接好处是:(1)由于压强大大降低,原来由于超高压对设备造成的损耗不复存在,设备维护的成本大大降低;(2)由于无需加压,使得操作难度、技术要求方面大大降低,整个工艺的操作成本也相对地大幅度降低。成本的大幅度降低在太阳能发电领域,尤其对大规模发电来说,是一个十分重要的优势和好处。

[0122] 3、传统太阳能热发电方法,整个发电系统的发电效率为16-25%左右;而本实用新型的方法整体发电效率可达到90%,优势十分显著。

[0123] 4、采用储热介质与气体工质换热,利用过热的气体工质为发电机提供能量进行发电,从而避免了传统热发电需要大量使用水的弊端,使得本实用新型的发电方法和装置可以在缺水、干旱的地区推广,实现大规模发电。

[0124] 5、本实用新型的系统发电效率因定日镜类型不同稍有差别,但都能稳定保持在90%以上,其中以塔式定日镜的发电效率最高,可达95%。

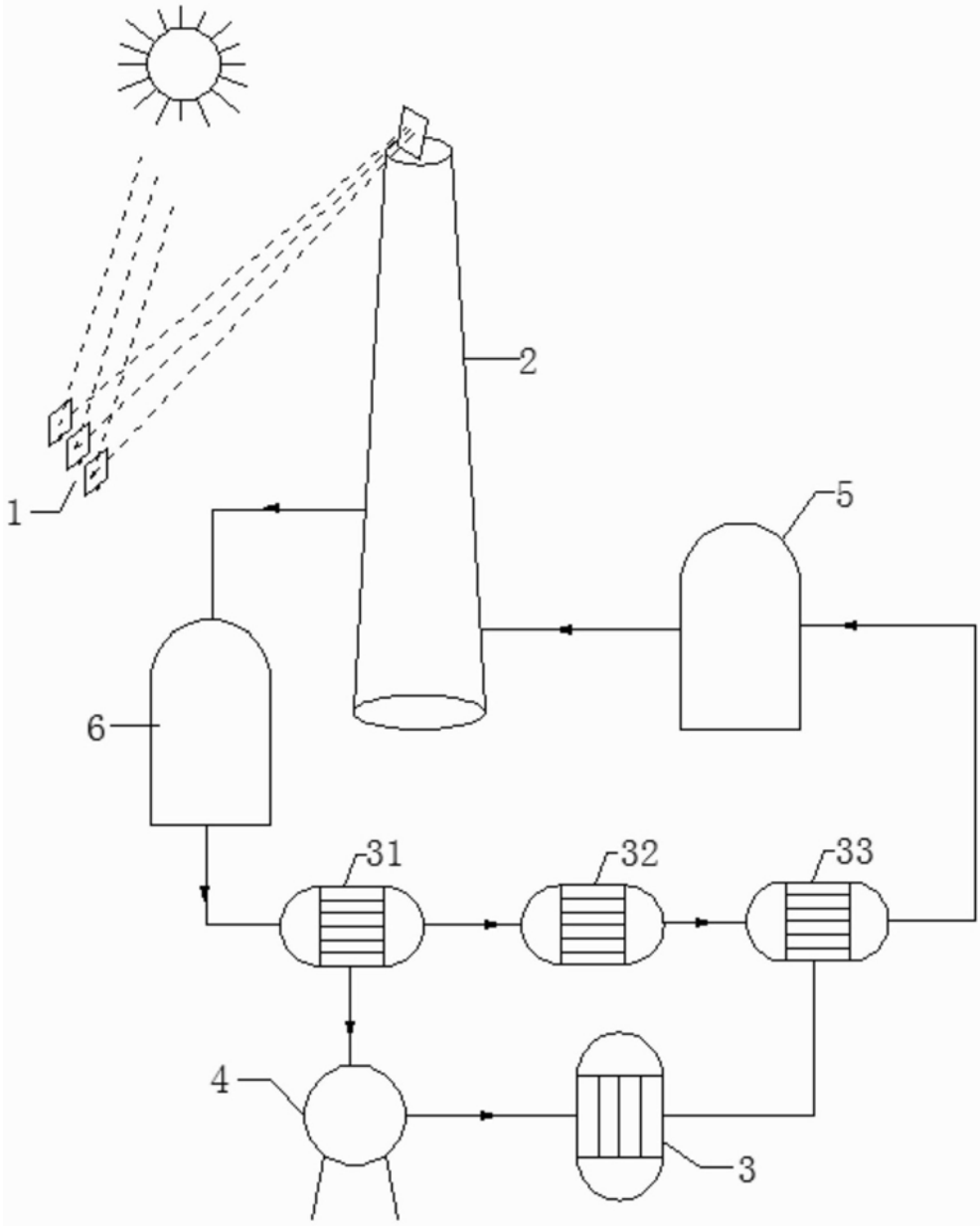



图1

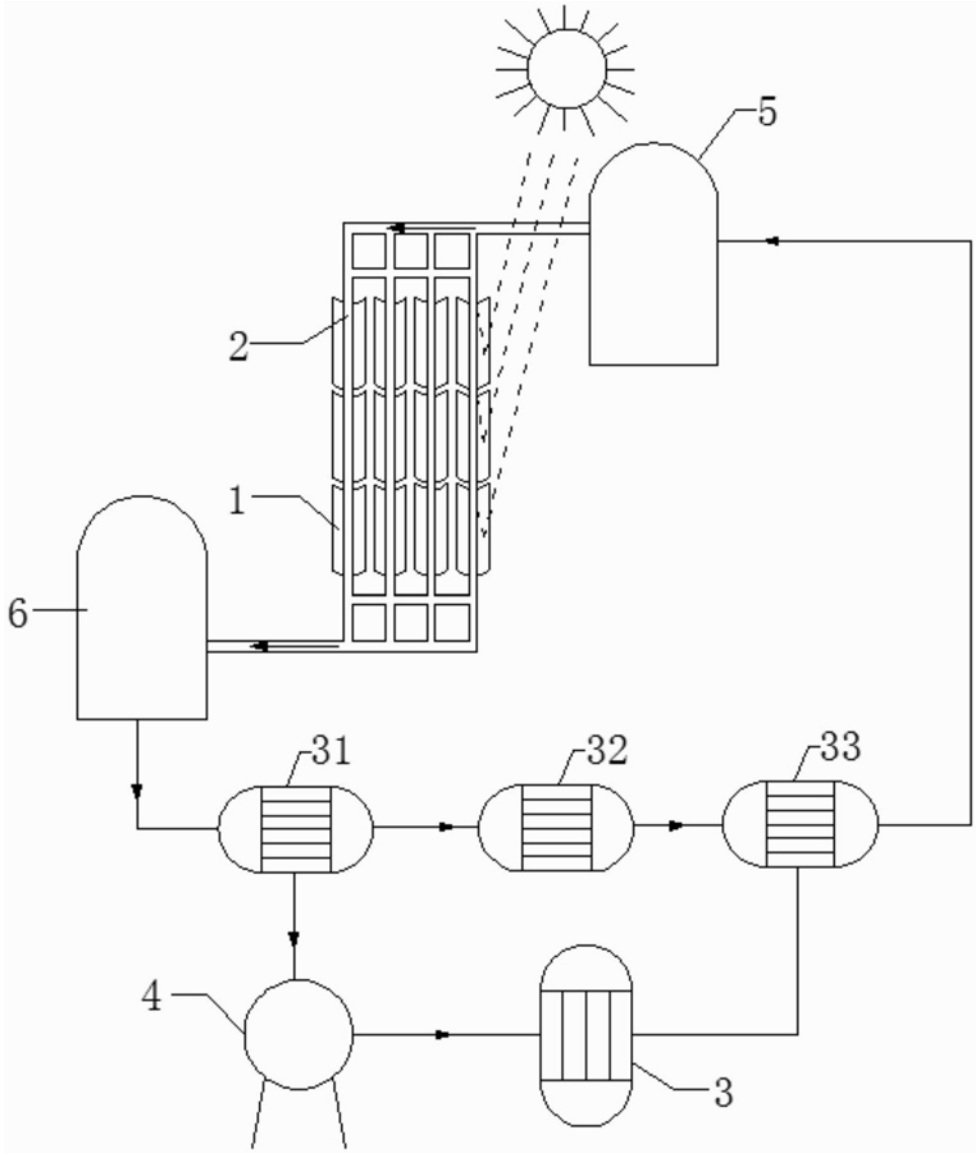



图2

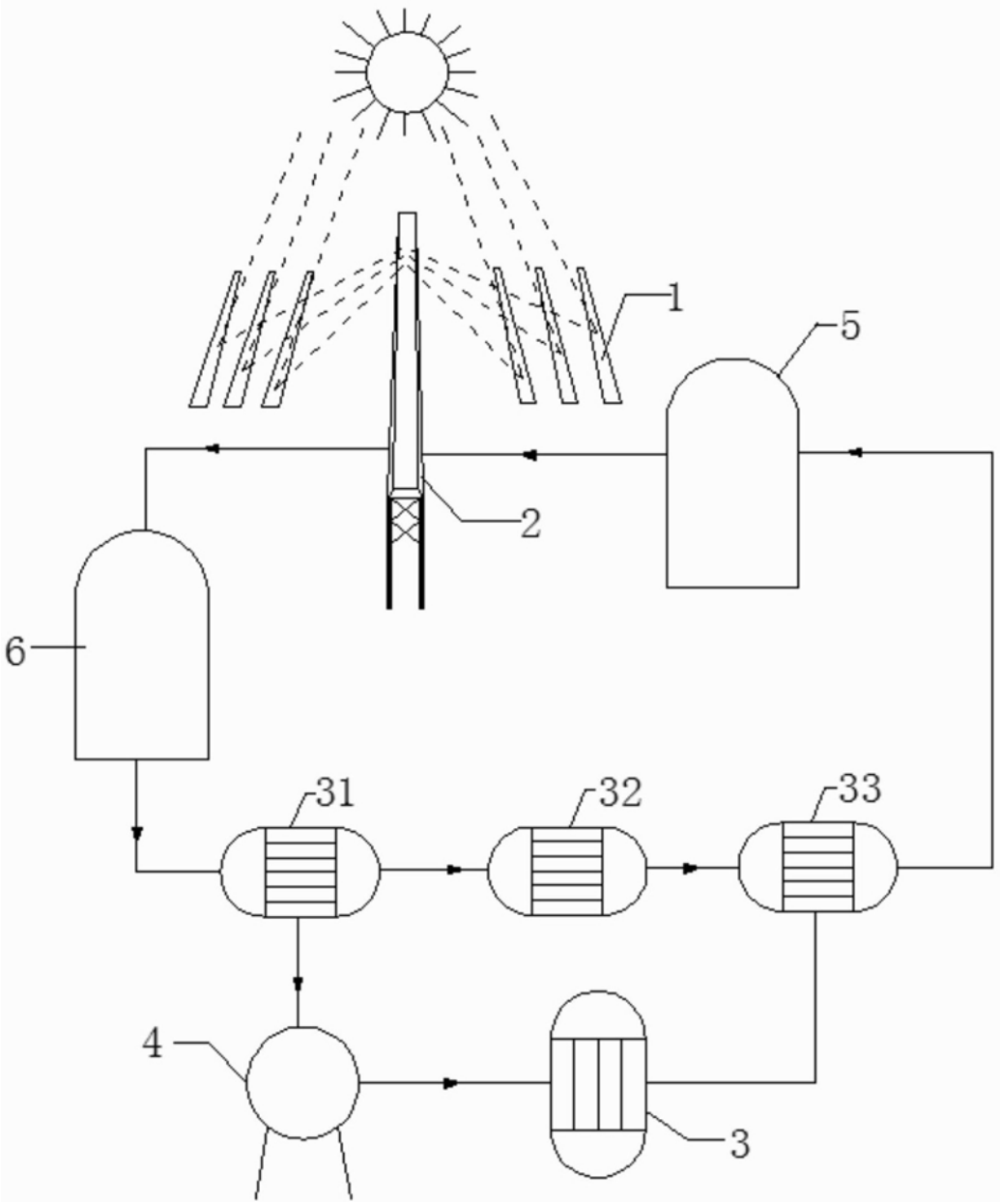



图3