(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 111636933 A
(43)申请公布日 2020.09.08

(21)申请号 202010502100.X

(22)申请日 2020.06.04

(71)申请人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 贾国斌 邹杨 戴叶 袁晓凤 曹云

(74)专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283
代理人 薛琦 邹玲

(51)Int.Cl.
F01K 7/32(2006.01)
F01K 11/00(2006.01)
F01K 25/00(2006.01)
G21C 1/02(2006.01)
H02J 3/28(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)

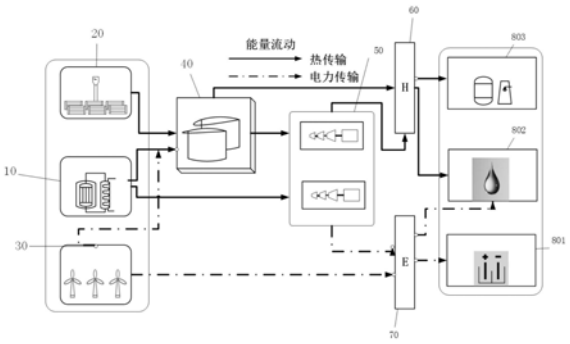
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

核能系统和基于其的复合能源系统

(57)摘要

本发明公开了一种核能系统和基于其的复合能源系统。该核能系统包括反应堆模块、储热模块、发电模块、控制模块和能源消费模块，该核能系统可以实现电网的快速调峰。基于该核能系统的复合能源系统包括所述核能系统和太阳能光热模块，或包括所述核能系统和风电模块，或包括所述核能系统、太阳能光热模块和风电模块。基于该核能系统的复合能源系统通过多能互补、统一调度的方式，提高了清洁能源的能量利用率。



CN 111636933 A

1.一种核能系统,其包括反应堆模块、储热模块、发电模块、控制模块和能源消费模块,其中:

所述反应堆模块用于将核能转化为热能;

所述储热模块用于存储所述反应堆模块产生的热能;

所述发电模块用于将所述储热模块存储的热能转化为电能;

所述控制模块用于调控进入能源消费模块的热能和/或电能。

2.根据权利要求1所述的核能系统,其特征在于,所述反应堆模块的反应堆为第四代核能反应堆,较佳地为熔盐堆、超高温气冷快堆或铅冷堆,更佳地为熔盐堆;其中,所述熔盐堆较佳地包括一回路,二回路,一回路与二回路之间的第一换热器,以及二回路与储热模块之间的第二换热器;所述一回路中填充有裂变燃料盐,所述二回路中填充有冷却剂熔盐;

和/或,所述反应堆模块建在所述储热模块的地下;

和/或,所述储热模块的储热介质为熔盐、沙子或填充床,较佳地为熔盐;

和/或,所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐、沙子或空气;

和/或,所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质为空气,所述储热模块的储热介质为填充床;

和/或,所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同,较佳地均为沙子或熔盐;

和/或,所述储热模块为双罐式储热系统或单罐式储热系统,较佳地为双罐式显热储热系统或填充床式单罐储热系统;

较佳地,所述储热模块为双罐式显热储热系统,所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同,且均为熔盐;

较佳地,所述储热模块为单罐式储热系统,所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐,所述储热模块的储热介质为填充床。

3.根据权利要求1或2所述的核能系统,其特征在于,所述发电模块包括混流分流装置和热电转换机组;其中,

所述混流分流装置较佳地包括分流器和合流器;

所述热电转换机组较佳地为基于布雷顿循环的热电转化机组或者基于朗肯循环的热电转换机组;所述基于布雷顿循环的热电转换机组较佳地为基于氦气布雷顿循环的热电转换机组或基于超临界二氧化碳循环的热电转换机组;所述基于朗肯循环的热电转换机组较佳地为基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组;所述基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组较佳地包括超临界水蒸汽发生器、发电机组、冷凝器和空冷塔;所述发电机组较佳地包括高压缸、中压缸、低压缸和发电机;所述发电机组较佳地采用二次再热机组形式;

较佳地,所述发电模块包含至少两套热电转换机组。

4.根据权利要求3所述的核能系统,其特征在于,所述储热模块为双罐式储热系统,所述储热模块的储热介质为熔盐,所述热电转换机组为基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组;所述发电模块的工作过程包括如下步骤:

(1)所述储热模块的热罐中的高温熔盐通过分流器进入超临界水蒸汽发生器,将热能传给冷侧的水产生超临界水蒸汽,熔盐进入合流器,最终回到所述储热模块的冷罐;所述高温熔盐的温度较佳地为650℃以上,例如660℃;

(2)步骤(1)产生的超临界水蒸汽进入高压缸做功后,回到超临界水蒸汽发生器再次加热,产生超临界水蒸汽;

(3)步骤(2)产生的超临界水蒸汽依次进入中压缸、低压缸做功,带动发电机发电;较佳地,当处于供暖季时,从中压缸末端抽一部分水蒸汽进行集中供暖,剩余水蒸汽进入低压缸进行做功;

(4)从低压缸出来的水蒸汽进入冷凝器相变为冷凝水,冷凝水进入超临界水蒸汽发生器;其中,冷凝器中的热量通过空冷塔带出。

5.根据权利要求1所述的核能系统,其特征在于,所述控制模块包括电网调控中心和热网调控中心;

和/或,所述能源消费模块包括电网、工业高温热应用和集中供暖;所述工业高温热应用较佳地为高温电解水制氢工业。

6.一种复合能源系统,其包括权利要求1～5中任一项所述的核能系统和太阳能光热模块,所述太阳能光热模块用于将太阳能转化为热能,所述太阳能光热模块与所述反应堆模块共用所述储热模块。

7.根据权利要求6所述的复合能源系统,其特征在于,所述太阳能光热模块包括聚光装置和集热装置;

和/或,所述太阳能光热系统为塔式光热系统;

和/或,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐、沙子或空气;较佳地,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质为空气,所述储热模块的储热介质为填充床;较佳地,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同,较佳地均为沙子或熔盐;

和/或,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质和所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质相同;较佳地,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质、所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质,以及所述储热模块的储热介质相同,较佳地均为熔盐。

8.根据权利要求7所述的复合能源系统,其特征在于,所述储热模块为双罐式显热储热系统,所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质、所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质,以及所述储热模块的储热介质相同,且均为熔盐;

或者,所述储热模块为单罐式储热系统,并且所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐,所述储热模块的储热介质为填充床。

9.一种复合能源系统,其包括权利要求1～5中任一项的所述核能系统和风电模块,所述风电模块用于将风能转化为电能。

10.一种复合能源系统,其包括权利要求1～5中任一项所述的核能系统、权利要求6～8中任一项所述的太阳能光热模块和权利要求9所述的风电模块;所述太阳能光热模块与所述反应堆模块共用所述储热模块。

核能系统和基于其的复合能源系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种核能系统和基于其的复合能源系统。

背景技术

[0002] 大量化石燃料的消耗造成严重的环境污染问题，此外煤炭、石油等化石燃料的消耗所排放出的二氧化碳等温室气体导致全球变暖等气候变化。在我国，燃烧大量煤炭还会导致排放出的二氧化硫气体造成的酸雨现象，从而影响居民生活环境，危害居民的身体健康。因此，以清洁能源逐步替换化石能源，构建更加清洁、低碳、高效的能源体系，建立可再生能源渗透率更大的新一代能源系统，有较大的必要性。

[0003] 核能系统具有稳定输出的优点，而小型模块化反应堆具有施工周期短，初始投资少，清洁环保等优点。在第四代核能系统的六种堆型中(高温气冷堆、气冷快堆、熔盐堆、铅冷堆、钠冷快堆、超临界水冷堆系统)，都具有高温热输出的特性，不仅可以高效发电，而且可以满足工业高温热需求。但是出于安全性角度，核能系统不能满足电网的快速调峰。

[0004] 太阳能光热系统也属于清洁能源的一种，其将太阳能转化为热能，最终将热能转化为电能。但是太阳能光热系统电力的输出依赖天气，具有间歇性的特征。如果想要实现全天发电，必须有较大蓄热容量的蓄热系统，从而增加初始建设的成本。

[0005] 风能通常在夜间电力需求处于低谷，以及在冬季供暖时风力较大。在目前国内“以热定电”(以供热负荷的大小来确定发电量的运行方式)的政策模式下，满足热需求的前提下火电调峰深度下降，从而造成大量的清洁能源发电机组丢弃能量。在2017年清洁能源合计丢弃1400多亿度电，其中“弃风”(419亿度电)、“弃光”(73亿度电)、“弃水”(515亿度电)、“弃核”(393亿度电)。

发明内容

[0006] 本发明为解决现有的核能系统不能满足电网的快速调峰、清洁能源的能量利用率低的技术问题，从而提供一种核能系统和基于其的复合能源系统。该核能系统可以实现电网的快速调峰；基于该核能系统的复合能源系统通过多能互补、统一调度的方式，提高了清洁能源的能量利用率。

[0007] 为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

[0008] 本发明提供了一种核能系统，其包括反应堆模块、储热模块、发电模块、控制模块和能源消费模块，其中：

[0009] 所述反应堆模块用于将核能转化为热能；

[0010] 所述储热模块用于存储所述反应堆模块产生的热能；

[0011] 所述发电模块用于将所述储热模块存储的热能转化为电能；

[0012] 所述控制模块用于调控进入能源消费模块的热能和/或电能。

[0013] 本发明中，所述反应堆模块仅包括反应堆的将核能转化为热能的核岛部分。所述反应堆模块的反应堆较佳地为第四代核能反应堆，例如熔盐堆、超高温气冷快堆或铅冷堆，

更佳地为熔盐堆。

[0014] 其中，所述熔盐堆较佳地包括一回路，二回路，一回路与二回路之间的第一换热器，以及二回路与储热模块之间的第二换热器；所述一回路中填充有裂变燃料盐，所述二回路中填充有冷却剂熔盐。

[0015] 所述熔盐堆通过核裂变将核能转化为热能，热能进入一回路的裂变燃料盐中，通过一回路与二回路之间的第一换热器进入二回路的冷却剂熔盐中，通过二回路与储热模块之间的第二换热器进入所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质中，最终进入所述储热模块的储热介质中。

[0016] 本发明中，所述储热模块可为双罐式储热系统或单罐式储热系统。所述双罐式储热系统即为包括冷罐与热罐的储热系统，较佳地为双罐式显热储热系统。所述单罐式储热系统一般为填充床式单罐储热系统。

[0017] 本发明中，所述储热模块的储热介质可为熔盐、沙子或填充床，较佳地为熔盐。所述填充床的填充材料可为本领域常规，例如镁、混凝土、玄武岩或辉绿岩。

[0018] 本发明中，所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质可为熔盐、沙子或空气。所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质应与所述储热模块的储热介质配合使用。

[0019] 较佳地，所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同，较佳地均为沙子或熔盐。

[0020] 较佳地，所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质为空气，所述储热模块的储热介质为填充床。

[0021] 在本发明一较佳的实施方案中，所述储热模块为双罐式显热储热系统，所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同，且均为熔盐。这种情况下，所述反应堆模块产生的热能传递到所述反应堆模块与所述储热模块之间的熔盐中得到高温熔盐，高温熔盐进入所述储热模块的热罐中；热罐中的高温熔盐进入发电模块放出热量后，进入所述储热模块的冷罐，完成热力学循环。

[0022] 在本发明另一较佳的实施方案中，所述储热模块为单罐式储热系统，所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐，所述储热模块的储热介质为填充床。

[0023] 本发明中，所述反应堆模块较佳地建在所述储热模块的地下。这样可在保证安全的前提下，使得所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质的热损最小；同时也可以节省地面空间，提高土地利用率。

[0024] 本发明中，所述发电模块较佳地包括混流分流装置和热电转换机组。

[0025] 其中，所述混流分流装置可包括分流器和合流器。

[0026] 所述热电转换机组可为基于布雷顿循环的热电转换机组或者基于朗肯循环的热电转化机组。所述基于布雷顿循环的热电转换机组较佳地为基于氦气布雷顿循环的热电转换机组或基于超临界二氧化碳循环的热电转换机组。所述基于朗肯循环的热电转换机组较佳地为基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组。所述基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组较佳地包括超临界水蒸汽发生器、发电机组、冷凝器和空冷塔。所述发电机组较佳地包括高压缸、中压缸、低压缸和发电机；所述发电机组较佳地采用二次再热机组形式。

[0027] 在本发明一较佳的实施方案中，所述储热模块可为双罐式储热系统，所述储热模

块的储热介质为熔盐，所述热电转换机组为基于超临界水蒸汽循环的热电转换机组。此时，所述发电模块的工作过程包括如下步骤：

[0028] (1)所述储热模块的热罐中的高温熔盐通过分流器进入超临界水蒸汽发生器，将热能传给冷侧的水产生超临界水蒸汽，熔盐进入合流器，最终回到所述储热模块的冷罐；

[0029] (2)步骤(1)产生的超临界水蒸汽进入高压缸做功后，回到超临界水蒸汽发生器再次加热，产生超临界水蒸汽；

[0030] (3)步骤(2)产生的超临界水蒸汽依次进入中压缸、低压缸做功，带动发电机发电；

[0031] (4)从低压缸出来的水蒸汽进入冷凝器相变为冷凝水，冷凝水进入超临界水蒸汽发生器；其中，冷凝器中的热量通过空冷塔带出。

[0032] 在所述步骤(1)中，所述高温熔盐的温度较佳地为650℃以上，例如660℃。

[0033] 当处于供暖季时，较佳地，在上述步骤(3)中，从中压缸末端抽一部分水蒸汽进行集中供暖，剩余水蒸汽进入低压缸进行做功。该操作可实现热电联供。

[0034] 本发明中，所述发电模块较佳地包含至少两套热电转换机组。这样的设计首先可以减少核能系统最终冷阱丢失带来的风险，从而增加安全性；其次可通过至少两套热电转换机组进行调峰，避免单个机组降功率带来的内效率降低的问题。

[0035] 本发明中，所述控制模块较佳地包括电网调控中心和热网调控中心。所述控制模块通过所述电网调控中心调控所述储热模块与所述发电模块将热能转化为电能，以满足电网的电力需求。在满足电网的电力需求的基础上，所述控制模块通过所述热网调控中心将所述储热模块的热能分配给不同的热用户，例如，将高品质的热能分配给工业高温热的用户，在供暖季将低品质的热能分配给集中供暖的用户。

[0036] 本发明中，所述能源消费模块可包括本领域常规的能源消费模式，较佳地包括电网、工业高温热应用和集中供暖。所述工业高温热应用较佳地为高温电解水制氢工业。

[0037] 本发明还提供了一种复合能源系统，其包括所述核能系统和太阳能光热模块，所述太阳能光热模块用于将太阳能转化为热能，所述太阳能光热模块与所述反应堆模块共用所述储热模块。

[0038] 该复合能源系统将所述核能系统和太阳能光热系统耦合设计，功率输出稳定的核能系统作为电力基荷，弥补了太阳能光热系统电力的输出依赖天气的不足；同时，太阳能光热系统与核能系统共用储热系模块，可对核能系统进行热能补充。

[0039] 本发明中，所述太阳能光热模块可采用本领域常规的太阳能光热系统，一般包括聚光装置和集热装置。所述聚光装置将太阳能转化为热能并汇聚在所述集热装置上，通过导热和/或对流换热将热能传递到所述太阳能光热模块和所述储热模块之间的传热介质中，最终存储在所述储热模块中。所述太阳能光热系统较佳地为塔式光热系统，即所述聚光装置和集热装置均使用点聚焦的塔式结构。

[0040] 本发明中，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质可为熔盐、沙子或空气。所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质应与所述储热模块的储热介质配合使用。较佳地，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质为空气，所述储热模块的储热介质为填充床。较佳地，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质和所述储热模块的储热介质相同，较佳地均为沙子或熔盐。

[0041] 本发明中，较佳地，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质和所述

反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质相同。更佳地，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质、所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质，以及所述储热模块的储热介质相同，较佳地均为熔盐。

[0042] 在本发明一较佳的实施方案中，所述储热模块为双罐式显热储热系统，所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质、所述反应堆模块与所述储热模块之间的传热介质，以及所述储热模块的储热介质相同，且均为熔盐。这种情况下，所述太阳光热模块产生的热能传递到所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的熔盐中得到高温熔盐，同时所述反应堆模块产生的热能传递到所述反应堆模块与所述储热模块之间的熔盐中得到高温熔盐，高温熔盐进入所述储热模块的热罐中；热罐中的高温熔盐进入发电模块放出热量后，进入所述储热模块的冷罐，完成热力学循环。

[0043] 在本发明另一较佳的实施方案中，所述储热模块为单罐式储热系统，并且所述太阳能光热模块与所述储热模块之间的传热介质为熔盐，所述储热模块的储热介质为填充床。

[0044] 本发明还提供了另一种复合能源系统，其包括所述核能系统和风电模块，所述风电模块用于将风能转化为电能。

[0045] 该复合能源系统将所述核能系统和风电系统耦合设计，功率输出稳定的核能系统作为电力基荷，弥补了风电系统电力的输出依赖天气的不足；同时风电系统可对核能系统进行热能补充。

[0046] 本发明中，所述风电模块与所述核能系统的配合工作过程如下：所述电网调控中心首先将所述风电模块发出的电力进入电网，当所述风电模块中的电力不能满足电网的电力需求时，剩余的电力缺口通过所述储热模块与所述发电模块将热能转化为电能，以满足电网的电力需求；当所述风电模块中的电力超过电网的电力需求时，多余的电力对所述储热模块中的传热介质进行补热。

[0047] 本发明还提供了另一种复合能源系统，其包括所述核能系统、太阳能光热模块和风电模块；所述太阳能光热模块与所述反应堆模块共用所述储热模块。其中，所述太阳能光热模块、所述风电模块分别与所述核能系统的配合工作过程如前所述。

[0048] 该复合能源系统将所述核能系统和太阳能光热系统、风电系统耦合设计，功率输出稳定的核能系统作为电力基荷，弥补了太阳能光热系统好和风电系统电力的输出依赖天气的不足；同时太阳能光热系统和风电系统可对核能系统进行热能补充。

[0049] 在符合本领域常识的基础上，上述各优选条件，可任意组合，即得本发明各较佳实例。

[0050] 本发明的积极进步效果在于：

[0051] 1、本发明的核能系统采用储热模块，将核能转化为热能进行存储，根据电网负荷的需求，控制系统下达指令将储热模块中的热能传递到发电模块转化为电能，完成电网的快速调峰。

[0052] 2、与现有的独立清洁能源系统相比，基于本发明的核能系统的复合能源系统是一种多能互补系统，通过利用太阳能或风能与核能系统在热能上的互补，以及太阳能与风能在时间上的互补特征，实现多能互补、统一调度，可有效提高每个清洁能源的利用效率，增加了清洁能源系统的经济性。

附图说明

[0053] 图1为本发明实施例1的复合能源系统的示意图；

[0054] 图2为本发明实施例1的复合能源系统的场地规划示意图；

[0055] 图3为本发明实施例1中发电模块示意图。

[0056] 附图标记说明：

[0057] 反应堆模块 10

[0058] 太阳能光热模块 20

[0059] 风电模块 30

[0060] 储热模块 40

[0061] 发电模块 50

[0062] 热网调控中心 60

[0063] 电网调控中心 70

[0064] 一回路 111

[0065] 第一换热器 112

[0066] 二回路 113

[0067] 第二换热器 114

[0068] 聚光装置 201

[0069] 集热装置 202

[0070] 热罐 211

[0071] 冷罐 212

[0072] 分流器 501

[0073] 超临界水蒸汽发生器 502

[0074] 高压缸 503

[0075] 中压缸 504

[0076] 低压缸 505

[0077] 冷凝器 506

[0078] 空冷塔 507

[0079] 发电机 508

[0080] 合流器 509

[0081] 电网 801

[0082] 工业高温热应用 802

[0083] 集中供暖 803

具体实施方式

[0084] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明，但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。下列实施例中未注明具体条件的实验方法，按照常规方法和条件，或按照商品说明书选择。

[0085] 实施例1

[0086] 一种复合能源系统，如图1～3所示，该复合能源系统包括反应堆模块10，太阳能光

热模块20，风电模块30，储热模块40，发电模块50，控制模块(热网调控中心60和电网调控中心70)，能源消费模块(电网801、工业高温热应用802和集中供暖803)；其中：反应堆模块10为熔盐堆，其包括一回路111，二回路113，一回路111与二回路113之间的第一换热器112，以及二回路114与储热模块40之间的第二换热器114；一回路111中填充有裂变燃料盐，二回路113中填充有冷却剂熔盐；反应堆模块10建在储热模块40的地下；储热模块40采用双罐式显热储热系统，包括热罐211和冷罐212；太阳能光热模块20采用塔式光热系统，包括使用点聚焦的塔式结构的聚光装置201和集热装置202；太阳能光热模块20与储热模块40之间的传热介质、反应堆模块10与储热模块40之间的传热介质，以及储热模块40的储热介质相同，且均为熔盐；发电模块50包括混流分流装置和两套热电转换机组，混流分流装置包括分流器501和合流器509，热电转换机组包括超临界水蒸汽发生器502、发电机组(高压缸503、中压缸504、低压缸505和发电机508)、冷凝器506和空冷塔507，发电机组采用二次再热机组形式。

[0087] 该复合能源系统的工作过程如下：

[0088] 反应堆模块10通过核裂变将核能转化为热能，热能进入一回路111的裂变燃料盐中，通过一回路111与二回路113之间的第一换热器112进入二回路113的冷却剂熔盐中，通过二回路113与储热模块40之间的第二换热器114进入反应堆模块10与储热模块40之间的熔盐中得到高温熔盐，高温熔盐进入储热模块40的热罐211；太阳能光热模块20通过聚光装置201将太阳能转化为热能并汇聚在集热装置202上，通过导热与对流换热将热能传递到太阳能光热模块20与储热模块40之间的熔盐中得到高温熔盐，高温熔盐进入储热模块40的热罐211中。

[0089] 根据电网调控中心70调控，储热模块40首先将热能传给发电模块50进行发电，产生的电能进入电网801。发电模块50的工作过程包括如下步骤：

[0090] (1)热罐211中的高温熔盐通过分流器501进入超临界水蒸汽发生器502，将热能传给冷侧的水产生超临界水蒸汽，熔盐进入合流器509，最终回到冷罐212；

[0091] (2)步骤(1)产生的超临界水蒸汽进入高压缸503做功后，回到超临界水蒸汽发生器502再次加热，产生超临界水蒸汽；

[0092] (3)步骤(2)产生的超临界水蒸汽依次进入中压缸504、低压缸505做功，带动发电机508发电；

[0093] (4)从低压缸505出来的水蒸汽进入冷凝器506相变为冷凝水，冷凝水进入超临界水蒸汽发生器；其中，冷凝器中的热量通过空冷塔507带出。

[0094] 当处于供暖季时，在上述步骤(3)中，从中压缸504末端抽一部分水蒸汽进行集中供暖802，实现热电联供。

[0095] 在满足电网的电力需求的基础上，当储热模块40有剩余热能时，根据热网调控中心60调控，将热罐211中剩的高品质热量传递给工业高温热应用802中。当工业高温热应用802为高温电解水制氢工业时，也消费部分发电模块50产生的电能。

[0096] 根据电网调控中心70的指令，风电系统30首先将发出的电力的一部分对反应堆模块10与储热模块40之间的熔盐进行补热，保证得到的高温熔盐温度为660℃，剩余的电力全部进入电网801。

[0097] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式，但是本领域的技术人员应当理解，这仅是举例说明，本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离

本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围内。

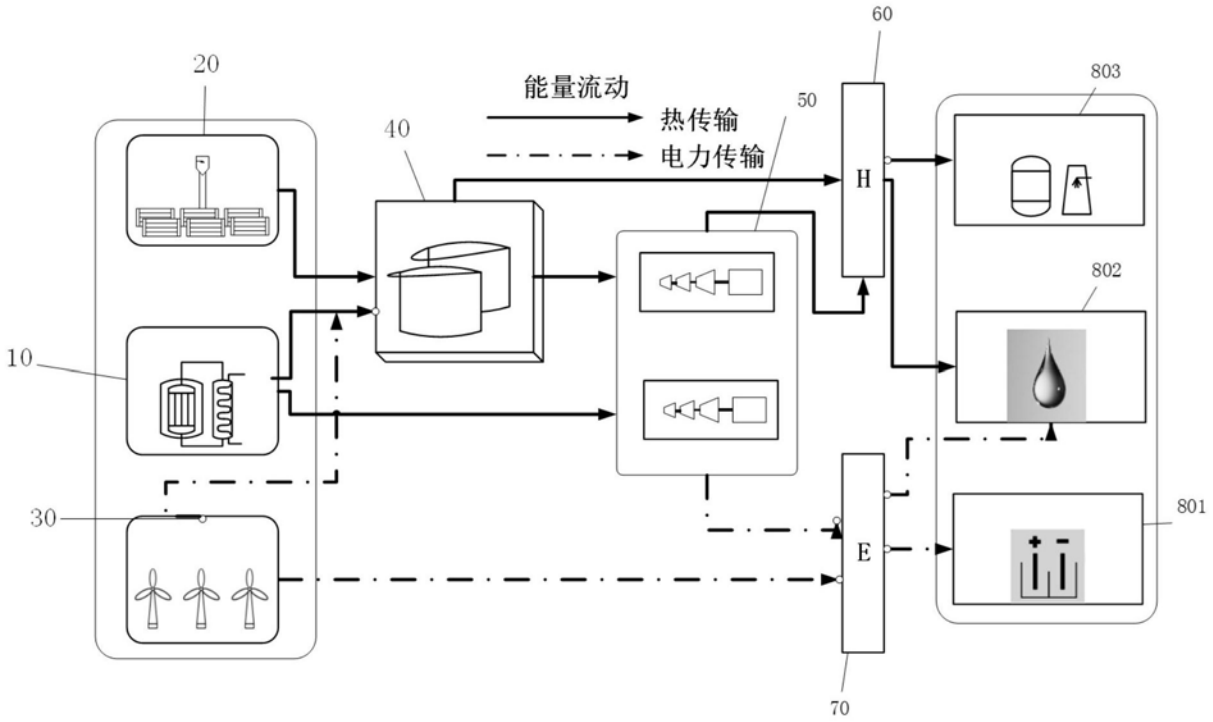


图1

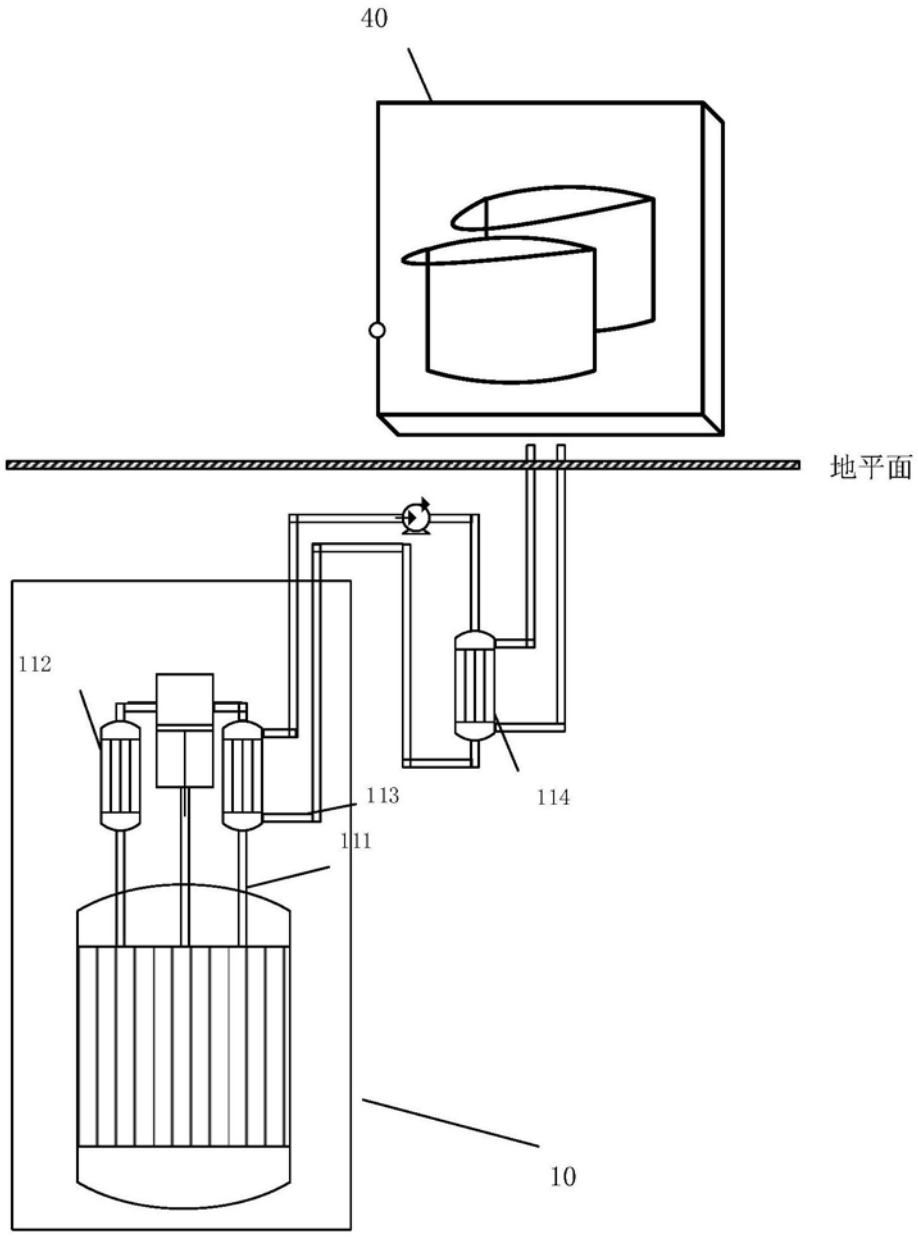


图2

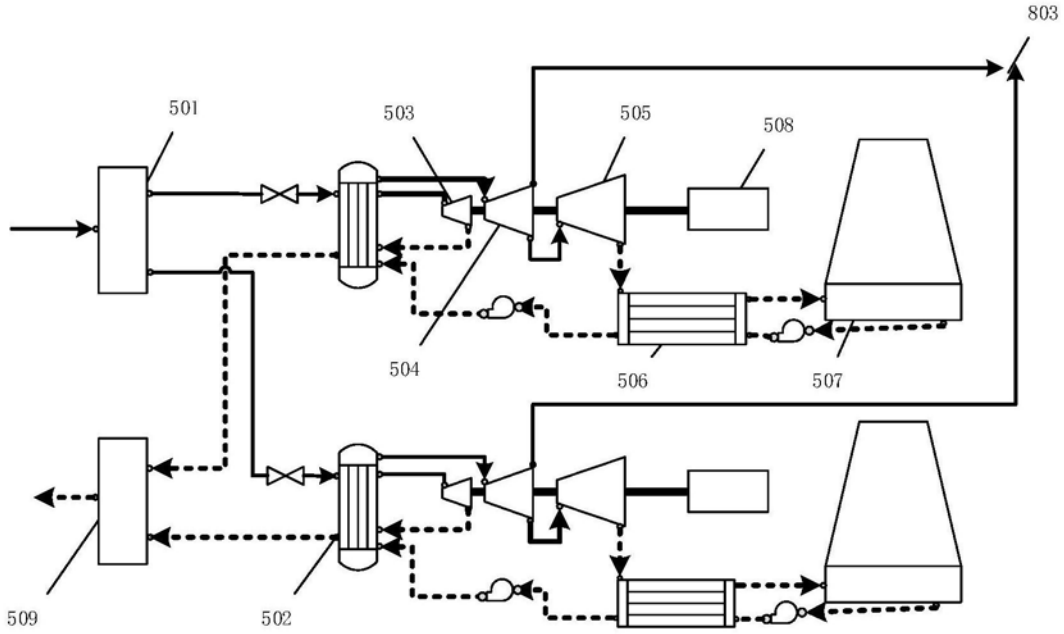


图3