

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 9 月 17 日 (17.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/181677 A1

- (51) 国际专利分类号:
F03G 6/06 (2006.01) *F01K 13/00* (2006.01)
F01K 13/02 (2006.01) *F01K 11/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/092429
- (22) 国际申请日: 2019 年 6 月 22 日 (22.06.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910181982.1 2019年3月11日 (11.03.2019) CN
- (71) 申请人: 西安交通大学 (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号, 刘明, Shaanxi 710049 (CN)。
- (72) 发明人: 严卉 (YAN, Hui); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号严卉, Shaanxi 710049 (CN)。刘明 (LIU, Ming); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号刘明, Shaanxi 710049 (CN)。种道彤 (CHONG, Daotong); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号种道彤, Shaanxi 710049 (CN)。王进

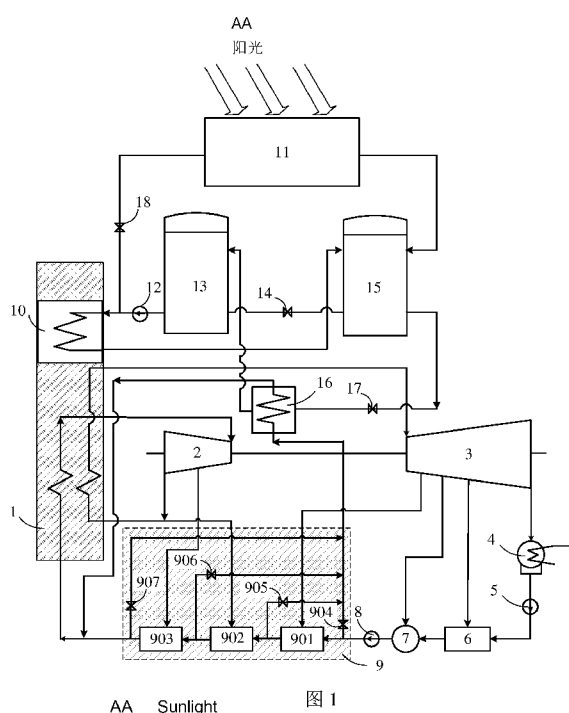
仕 (WANG, Jinshi); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号王进仕, Shaanxi 710049 (CN)。陈伟雄 (CHEN, Weixiong); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号陈伟雄, Shaanxi 710049 (CN)。严俊杰 (YAN, Junjie); 中国陕西省西安市碑林区咸宁西路28号严俊杰, Shaanxi 710049 (CN)。

(74) 代理人: 西安智大知识产权代理有限公司 (XI'AN CYDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国陕西省西安市曲江新区雁翔路3269号旺座曲江L座1801何会侠, Shaanxi 710075 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: FLEXIBLE HYBRID SOLAR/COAL-FIRED POWER GENERATION SYSTEM AND OPERATION METHOD

(54) 发明名称: 一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统及运行方法



(57) Abstract: A flexible hybrid solar/coal-fired power generation system comprises a coal-fired power generator thermodynamic system and a high-temperature heat storage system coupled to a solar heat power generator comprising a solar heat collection apparatus (11), low-temperature/high-temperature heat storage medium containers (13, 15), a heat storage medium pump (12), and a heat storage medium and feed water heat exchanger (16). A heat storage medium heater (10) is provided in a flue of a boiler (1). A solar heat storage medium regulation valve (18) and the heat storage medium pump (12) cooperate to regulate a flow rate of a heat storage medium entering the solar heat collection apparatus (11) and the heat storage medium heater (10), so as to eliminate the effects of changes in solar radiation and to maintain output power stability. In addition, the heat storage medium containers (13, 15) are for peak load regulation, such that when burning is stably performed in the boiler, output of a steam turbine is reduced. Further, a high-pressure heater regulation valve bank is used to regulate, by means of opening and closing, a flow rate and a temperature of feed water entering the heat storage medium and feed water heat exchanger, such that the system meets a faster load change rate requirement of the generator. The present invention achieves hybrid solar/coal-fired power generation, reduces

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则
4.17(ii))
- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则
4.17(iii))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

coal consumption, and greatly improves the flexibility and economy of the generator. In addition, an operation method for the system is also disclosed.

(57) 摘要: 一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统, 该系统包括燃煤发电机组热力系统以及包含太阳能集热装置(11)、冷热储热介质罐(13、15)、储热介质泵(12)、储热介质与给水换热器(16)等耦合太阳能热发电的高温储热系统; 锅炉(1)烟道中布置储热介质加热器(10); 通过太阳能储热介质调节阀(18)和储热介质泵(12)配合调节进入太阳能集热装置(11)和储热介质加热器(10)的储热介质流量, 消除阳光辐照变化的影响, 维持输出功率稳定; 其次, 用储热介质罐(13、15)进行调峰, 在锅炉稳定燃烧的条件下降低汽轮机出力; 还通过高压加热器调节阀组开断调节进入储热介质与给水换热器的给水流量和温度, 使系统满足机组快速变负荷速率的要求; 本发明能实现太阳能燃煤发电耦合, 降低煤耗量, 大幅提高机组灵活性和经济性。另外, 还涉及上述系统的运行方法。

一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统及运行方法

技术领域

本发明涉及多能源互补发电技术领域，具体涉及一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统及运行方法。

背景技术

近年来，我国政府加快了多能互补示范工程建设。太阳能是清洁的可再生能源，但由于太阳能是间歇性能源，大规模发电并网加剧电网波动，也降低了电网系统调峰容量比，造成我国部分地区可再生能源发电消纳困难；同时我国电力系统中调峰任务将主要由燃煤火电机组承担。这对太阳能热发电和燃煤火力机组的灵活性经济性都提出了新要求，要求其能稳定输出功率同时也能大幅度快速变负荷且经济地运行。

现有太阳能热发电系统与燃煤热力系统的耦合不足以快速抵消太阳辐照强度变化引起的输出功率扰动，且锅炉与汽轮机间的强耦合限制了发电机组的最低出力，目前尚未有合理的解决方案使得太阳能热发电和燃煤发电机组能够满足电网对机组变负荷运行性能的要求和经济性的要求，需要解决的问题包括：

1) 太阳辐照等环境条件变化，需要解决太阳能与燃煤互补电站的运行控制问题。

2) 当电网要求快速大幅度变负荷时，太阳能热发电受天气限制，而燃煤发电受锅炉最低稳定燃烧负荷和系统内部蓄热能力限制，均无法满足变负荷速率要求，需要寻求更有潜力的太阳能与燃煤耦合方案，增设更高效的蓄热系统相互配合。

发明内容

为了解决上述现有技术存在的问题，本发明的目的在于提供一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统及运行方法，该系统实现太阳能热发电与燃煤发电耦合，增加机组外部主动储热，利用储热介质高温储热，快速抵消太阳辐照强度变化引起的输出功率扰动并实现机炉解耦，使得太阳能燃煤耦合发电机组能满足电网对机组变负荷性能的要求，同时降低煤耗量，提高经济性。

为了达到上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，包括燃煤发电机组热力系统和耦合太阳能热发电的高温储热系统：其中，

所述燃煤发电机组热力系统包括依次连接的锅炉 1、汽轮机高压缸 2、汽轮机中低压缸 3、凝汽器 4、凝结水泵 5、低压加热器 6、除氧器 7、给水泵 8、高压加热器与调节阀组 9；所述锅炉 1 的烟道中还布置有储热介质加热器 10；锅炉 1 的过热蒸汽出口与汽轮机高压缸 2 的入口相连通；锅炉 1 的给水入口和高压加热器与调节阀组 9 的给水出口相连通；汽轮机高压缸 2 的蒸汽出口通过锅炉 1 与汽轮机中低压缸 3 进汽口相连通；汽轮机中低压缸 3 的第一级抽汽出口与高压加热器与调节阀组 9 的蒸汽入口通过管道相连通，第二级抽汽出口与除氧器 7 的蒸汽入口通过管道相连通，第三级抽汽出口与低压加热器 6 的蒸汽入口通过管道相连通；汽轮机中低压缸 3 的蒸汽出口与凝汽器 4 的进气口相连通；凝汽器 4 的水工质出口通过凝结水泵 5 与低压加热器 6 的水工质入口相连通；低压加热器 6 的水工质出口与除氧器 7 的水工质入口相连通；

所述耦合太阳能热发电的高温储热系统包括依次相连的太阳能集热装置 11、储热介质泵 12、冷储热介质罐 13、冷热储热介质罐连接阀 14、热储热介质罐 15、热储热介质罐出口调节阀 17 和储热介质与给水换热器 16，还包括太阳能储热介质调节阀 18；太阳能集热装置 11 的入口通过太阳能储热介

质调节阀 18 和储热介质泵 12 与冷储热介质罐 13 的冷储热介质出口相连通；所述冷储热介质罐 13 的冷储热介质出口还通过储热介质泵 12 储热介质加热器 10 入口相连通；太阳能集热装置 11 的出口与热储热介质罐 15 的热储热介质右入口通过管道相连通；储热介质加热器 10 出口通过管道与热储热介质罐 15 的热储热介质左入口相连通；所述储热介质与给水换热器 16 的储热介质出口与冷储热介质罐 13 的冷储热介质入口通过管道相连通，储热介质与给水换热器 16 的储热介质入口和热储热介质罐 15 的出口通过热储热介质罐出口调节阀 17 相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水出口与锅炉 1 给水入口通过管道相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水入口与给水泵 8 的水工质出口相连通；所述高温储热系统的冷储热介质罐 13 与热储热介质罐 15 通过冷热储热介质罐连接阀 14 相连通。

所述高压加热器与调节阀组 9 布置有一级高压加热器 901、二级高压加热器 902 和三级高压加热器 903，还包括一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907；三级高压加热器 903 的给水出口为高压加热器与调节阀组 9 的给水出口；一级高压加热器 901 的给水入口为高压加热器与调节阀组 9 的给水入口，一级高压加热器 901 的给水出口与二级高压加热器 902 的给水入口通过管道相连通；二级高压加热器 902 的给水出口通过管道与三级高压加热器 903 的给水入口相连通；汽轮机高压缸 2 的蒸汽出口通过管道与二级高压加热器 902 的过热蒸汽入口相连通；汽轮机高压缸 2 的第一级抽汽出口与三级高压加热器 903 的蒸汽入口通过管道相连通；汽轮机中低压缸 3 的第一级抽汽出口与一级高压加热器 901 的蒸汽入口通过管道相连通。

所述储热介质与给水换热器 16 的给水入口与一级高压加热器 901 的给水入口通过一级高压加热器入口调节阀 904 相连通，还与二级高压加热器 902

的给水入口通过二级高压加热器入口调节阀 905 相连通，还与三级高压加热器 903 的给水入口通过三级高压加热器入口调节阀 906 相连通，还与三级高压加热器 903 的给水出口通过三级高压加热器出口调节阀 907 相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水出口与三级高压加热器 903 的给水出口也相连通。

所述耦合太阳能热发电的高温储热系统使用的储热介质为熔盐、导热油类单相流动的介质。

所述储热介质加热器 10 所处锅炉 1 烟道处的烟气温度在 $550^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间。

上述一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统的运行方法，在太阳辐照条件变化时维持汽轮机输出功率的稳定，需要维持储热介质与给水换热器 16 工况的稳定，即维持进入储热介质与给水换热器 16 的储热介质流量、给水流量和给水温度都不变，当热储热介质罐 15 中容量不足时，增加进入储热介质加热器 10 的储热介质量；当光照条件良好且发电机组需要升负荷时，通过调节太阳能储热介质调节阀 18 和储热介质泵 12 增加进入太阳能集热装置 11 的储热介质流量，停止储热介质进入储热介质加热器 10，同时打开热储热介质罐出口调节阀 17，通过热储热介质罐出口调节阀 17 对进入储热介质与给水换热器 16 的热储热介质流量进行调节，通过一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907 中一个或多个的开断对进入储热介质与给水换热器 16 的给水流量和温度进行调节，调节目标为：使给水温度提高且使从锅炉 1 进入汽轮机高压缸 2 的主蒸汽流量与进入汽轮机中低压缸 3 的再热蒸汽流量的变化率能够满足汽轮机电负荷变化率，使系统满足快速变负荷速率的要求；当发电机组需要降负荷时，关闭一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加

热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907，打开冷热储热介质罐连接阀 14 和太阳能储热介质调节阀 18，启动储热介质泵 12，通过储热介质泵 12 和太阳能储热介质调节阀 18 配合对进入储热介质加热器 10 与高温烟气热交换的冷储热介质的流量以及进入太阳能集热装置 11 进行加热的储热介质流量进行调节，加热后的储热介质分别通过热储热介质罐 15 的左入口和右入口进入热熔罐 15，通过冷热储热介质罐连接阀 14 调节冷储热介质罐 13 和热储热介质罐 15 所存储热介质质量平衡，调节目标为：在锅炉 1 稳定燃烧的条件下降低汽轮机出力，同时有效存储太阳能热量。

和现有技术相比，本发明具有以下优点：

(1) 本发明通过增加机组外部高温储热，实现太阳能与燃煤发电耦合，既快速抵消太阳辐照强度变化引起的输出功率扰动，维持汽轮机出力稳定，又实现机炉解耦，大幅度提高发电系统运行灵活性。

(2) 本发明可以控制进入太阳能热集热装置和储热介质加热器的储热介质流量，利用太阳能，降低煤耗量，提升经济性；同时储热介质在燃煤机组外部存储低负荷运行时满足汽轮机负荷后剩余的高品位能量，提升系统低负荷运行能力，提高能量利用效率。

(3) 本发明可以通过高压加热器调节阀组开断调节进入储热介质与给水换热器的给水流量和温度，使系统满足机组快速变负荷速率的要求，通过在燃煤机组外与储热介质换热，提高给水温度，从而提高机组快速变负荷能力。

附图说明

图 1 为本发明太阳能燃煤耦合灵活发电系统示意图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

如图 1 所示, 本发明一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统, 燃煤发电机组热力系统和耦合太阳能热发电的高温储热系统: 其中,

所述燃煤发电机组热力系统包括依次连接的锅炉 1、汽轮机高压缸 2、汽轮机中低压缸 3、凝汽器 4、凝结水泵 5、低压加热器 6、除氧器 7、给水泵 8、高压加热器与调节阀组 9; 所述锅炉 1 的烟道中还布置有储热介质加热器 10; 锅炉 1 的过热蒸汽出口与汽轮机高压缸 2 的入口相连通; 锅炉 1 的给水入口和高压加热器与调节阀组 9 的给水出口相连通; 汽轮机高压缸 2 的蒸汽出口通过锅炉 1 与汽轮机中低压缸 3 进汽口相连通; 汽轮机中低压缸 3 的第一级抽汽出口与高压加热器与调节阀组 9 的蒸汽入口通过管道相连通, 第二级抽汽出口与除氧器 7 的蒸汽入口通过管道相连通, 第三级抽汽出口与低压加热器 6 的蒸汽入口通过管道相连通; 汽轮机中低压缸 3 的蒸汽出口与凝汽器 4 的进气口相连通; 凝汽器 4 的水工质出口通过凝结水泵 5 与低压加热器 6 的水工质入口相连通; 低压加热器 6 的水工质出口与除氧器 7 的水工质入口相连通;

所述耦合太阳能热发电的高温储热系统包括依次相连的太阳能集热装置 11、储热介质泵 12、冷储热介质罐 13、冷热储热介质罐连接阀 14、热储热介质罐 15、热储热介质罐出口调节阀 17 和储热介质与给水换热器 16, 还包括太阳能储热介质调节阀 18; 太阳能集热装置 11 的入口通过太阳能储热介质调节阀 18 和储热介质泵 12 与冷储热介质罐 13 的冷储热介质出口相连通; 所述冷储热介质罐 13 的冷储热介质出口还通过储热介质泵 12 储热介质加热器 10 入口相连通; 太阳能集热装置 11 的出口与热储热介质罐 15 的热储热介质右入口通过管道相连通; 储热介质加热器 10 出口通过管道与热储热介质罐 15 的热储热介质左入口相连通; 所述储热介质与给水换热器 16 的储热介质出口与冷储热介质罐 13 的冷储热介质入口通过管道相连通, 储热介质与给水

换热器 16 的储热介质入口和热储热介质罐 15 的出口通过热储热介质罐出口调节阀 17 相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水出口与锅炉 1 给水入口通过管道相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水入口与给水泵 8 的水工质出口相连通；所述高温储热系统的冷储热介质罐 13 与热储热介质罐 15 通过冷热储热介质罐连接阀 14 相连通。

作为本发明的优选实施方式，高压加热器与调节阀组 9 布置有一级高压加热器 901、二级高压加热器 902 和三级高压加热器 903，还包括一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907；三级高压加热器 903 的给水出口为高压加热器与调节阀组 9 的给水出口；一级高压加热器 901 的给水入口为高压加热器与调节阀组 9 的给水入口，一级高压加热器 901 的给水出口与二级高压加热器 902 的给水入口通过管道相连通；二级高压加热器 902 的给水出口通过管道与三级高压加热器 903 的给水入口相连通；汽轮机高压缸 2 的蒸汽出口通过管道与二级高压加热器 902 的过热蒸汽入口相连通；汽轮机高压缸 2 的第一级抽汽出口与三级高压加热器 903 的蒸汽入口通过管道相连通；汽轮机中低压缸 3 的第一级抽汽出口与一级高压加热器 901 的蒸汽入口通过管道相连通。

作为本发明的优选实施方式，所述储热介质与给水换热器 16 的给水入口与一级高压加热器 901 的给水入口通过一级高压加热器入口调节阀 904 相连通，还与二级高压加热器 902 的给水入口通过二级高压加热器入口调节阀 905 相连通，还与三级高压加热器 903 的给水入口通过三级高压加热器入口调节阀 906 相连通，还与三级高压加热器 903 的给水出口通过三级高压加热器出口调节阀 907 相连通；储热介质与给水换热器 16 的给水出口与三级高压加热器 903 的给水出口也相连通，优点为：使得进入储热介质与给水换热器 16 的

给水流量和给水温度可以进行灵活调节，从而根据增快机组变负荷速率，提高机组灵活性。

作为本发明的优选实施方式，耦合太阳能热发电的高温储热系统使用的储热介质为熔盐、导热油等单相流动的介质，确保在换热器中单相流动，提高系统安全性和稳定性。

作为本发明的优选实施方式，储热介质加热器 10 所处锅炉 1 烟道处的烟气温度在 $550^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间，保证储热介质存储能量为高品位能量。

如图 1 所示，本发明太阳能燃煤耦合灵活发电系统的运行方法，在太阳辐照条件变化时维持汽轮机输出功率的稳定，需要维持储热介质与给水换热器 16 工况的稳定，即维持进入储热介质与给水换热器 16 的储热介质流量、给水流量和给水温度都不变，当热储热介质罐 15 中容量不足时，增加进入储热介质加热器 10 的储热介质质量；当光照条件良好且发电机组需要升负荷时，通过调节太阳能储热介质调节阀 18 和储热介质泵 12 增加进入太阳能集热装置 11 的储热介质流量，停止储热介质进入储热介质加热器 10，同时打开热储热介质罐出口调节阀 17，通过热储热介质罐出口调节阀 17 对进入储热介质与给水换热器 16 的热储热介质流量进行调节，通过一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907 中一个或多个的开断对进入储热介质与给水换热器 16 的给水流量和温度进行调节，调节目标为：使给水温度提高且使从锅炉 1 进入汽轮机高压缸 2 的主蒸汽流量与进入汽轮机中低压缸 3 的再热蒸汽流量的变化率能够满足汽轮机电负荷变化率，使系统满足快速变负荷速率的要求；当发电机组需要降负荷时，关闭一级高压加热器入口调节阀 904、二级高压加热器入口调节阀 905、三级高压加热器入口调节阀 906 和三级高压加热器出口调节阀 907，打开冷热储热介质罐连接阀 14 和太阳能储热介质

调节阀 18，启动储热介质泵 12，通过储热介质泵 12 和太阳能储热介质调节阀 18 配合对进入储热介质加热器 10 与高温烟气热交换的冷储热介质的流量以及进入太阳能集热装置 11 进行加热的储热介质流量进行调节，加热后的储热介质分别通过热储热介质罐 15 的左入口和右入口进入热熔罐 15，通过冷热储热介质罐连接阀 14 调节冷储热介质罐 13 和热储热介质罐 15 所存储热介质质量平衡，调节目标为：在锅炉 1 稳定燃烧的条件下降低汽轮机出力，同时有效存储太阳能热量。

本发明采用高温储热系统耦合太阳热发电和燃煤发电热力系统，快速抵消太阳辐照强度变化引起的输出功率扰动，当太阳光照等环境条件变化，通过维持储热介质与给水换热器 16 工况的稳定来维持汽轮机出力稳定不变；高温储热系统并联运行于燃煤发电热力系统外，打破热力系统机组锅炉和汽轮机间的强耦合，当光照条件良好且发电机组需要快速升负荷时，调节太阳能储热介质调节阀 18 控制进入太阳能集热装置的储热介质流量，调节一级高压加热器入口调节阀 12、二级高压加热器入口调节阀 13、三级高压加热器入口调节阀 14 和三级高压加热器出口调节阀 15 中一个或多个控制进入储热介质与给水换热器 16 的给水温度和流量，在燃煤机组外与储热介质换热，提高给水温度，提高机组快速变负荷运行能力，同时利用太阳能，降低煤耗量；汽轮机要求低负荷运行时，调节进入储热介质加热器 16 的储热介质流量，锅炉燃烧量可以尽量不变化，利用储热介质在燃煤机组外部存储满足汽轮机负荷后剩余的高品位能量，提升燃煤发电系统最低负荷运行能力。本发明可以解决太阳能与燃煤机组参与调峰时灵活性和经济性不足的问题。

权 利 要 求 书

1、一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，其特征在于：包括燃煤发电机组热力系统和耦合太阳能热发电的高温储热系统：其中，

所述燃煤发电机组热力系统包括依次连接的锅炉(1)、汽轮机高压缸(2)、汽轮机中低压缸(3)、凝汽器(4)、凝结水泵(5)、低压加热器(6)、除氧器(7)、给水泵(8)、高压加热器与调节阀组(9)；所述锅炉(1)的烟道中还布置有储热介质加热器(10)；锅炉(1)的过热蒸汽出口与汽轮机高压缸(2)的入口相连通；锅炉(1)的给水入口和高压加热器与调节阀组(9)的给水出口相连通；汽轮机高压缸(2)的蒸汽出口通过锅炉(1)与汽轮机中低压缸(3)进汽口相连通；汽轮机中低压缸(3)的第一级抽汽出口与高压加热器与调节阀组(9)的蒸汽入口通过管道相连通，第二级抽汽出口与除氧器(7)的蒸汽入口通过管道相连通，第三级抽汽出口与低压加热器(6)的蒸汽入口通过管道相连通；汽轮机中低压缸(3)的蒸汽出口与凝汽器(4)的进气口相连通；凝汽器(4)的水工质出口通过凝结水泵(5)与低压加热器(6)的水工质入口相连通；低压加热器(6)的水工质出口与除氧器(7)的水工质入口相连通；

所述耦合太阳能热发电的高温储热系统包括依次相连的太阳能集热装置(11)、储热介质泵(12)、冷储热介质罐(13)、冷热储热介质罐连接阀(14)、热储热介质罐(15)、热储热介质罐出口调节阀(17)和储热介质与给水换热器(16)，还包括太阳能储热介质调节阀(18)；太阳能集热装置(11)的入口通过太阳能储热介质调节阀(18)和储热介质泵(12)与冷储热介质罐(13)的冷储热介质出口相连通；所述冷储热介质罐(13)的冷储热介质出口还通过储热介质泵(12)储热介质加热器(10)入口相连通；太阳能集热装置(11)的出口与热储热介质罐(15)的热储热介质右入口通过管道相连通；储热介

质加热器（10）出口通过管道与热储热介质罐（15）的热储热介质左入口相连通；所述储热介质与给水换热器（16）的储热介质出口与冷储热介质罐（13）的冷储热介质入口通过管道相连通，储热介质与给水换热器（16）的储热介质入口和热储热介质罐（15）的出口通过热储热介质罐出口调节阀（17）相连通；储热介质与给水换热器（16）的给水出口与锅炉（1）给水入口通过管道相连通；储热介质与给水换热器（16）的给水入口与给水泵（8）的水工质出口相连通；所述高温储热系统的冷储热介质罐（13）与热储热介质罐（15）通过冷热储热介质罐连接阀（14）相连通。

2、根据权利要求1所述的一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，其特征在于：所述高压加热器与调节阀组（9）布置有一级高压加热器（901）、二级高压加热器（902）和三级高压加热器（903），还包括一级高压加热器入口调节阀（904）、二级高压加热器入口调节阀（905）、三级高压加热器入口调节阀（906）和三级高压加热器出口调节阀（907）；三级高压加热器（903）的给水出口为高压加热器与调节阀组（9）的给水出口；一级高压加热器（901）的给水入口为高压加热器与调节阀组（9）的给水入口，一级高压加热器（901）的给水出口与二级高压加热器（902）的给水入口通过管道相连通；二级高压加热器（902）的给水出口通过管道与三级高压加热器（903）的给水入口相连通；汽轮机高压缸（2）的蒸汽出口通过管道与二级高压加热器（902）的过热蒸汽入口相连通；汽轮机高压缸（2）的第一级抽汽出口与三级高压加热器（903）的蒸汽入口通过管道相连通；汽轮机中低压缸（3）的第一级抽汽出口与一级高压加热器（901）的蒸汽入口通过管道相连通。

3、根据权利要求1所述的一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，其特征在于：所述储热介质与给水换热器（16）的给水入口与一级高压加热器（901）的给水入口通过一级高压加热器入口调节阀（904）相连通，还与二级高压加

热器（902）的给水入口通过二级高压加热器入口调节阀（905）相连通，还与三级高压加热器（903）的给水入口通过三级高压加热器入口调节阀（906）相连通，还与三级高压加热器（903）的给水出口通过三级高压加热器出口调节阀（907）相连通；储热介质与给水换热器（16）的给水出口与三级高压加热器（903）的给水出口也相连通。

4、根据权利要求1所述的一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，其特征在于：所述耦合太阳能热发电的高温储热系统使用的储热介质为熔盐、导热油类单相流动的介质。

5、根据权利要求1所述的一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统，其特征在于：所述储热介质加热器（10）所处锅炉（1）烟道处的烟气温度在 $550^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间。

6、权利要求1至5任一项所述的一种太阳能燃煤耦合灵活发电系统的运行方法，其特征在于：在太阳辐照条件变化时维持汽轮机输出功率的稳定，需要维持储热介质与给水换热器（16）工况的稳定，即维持进入储热介质与给水换热器（16）的储热介质流量、给水流量和给水温度都不变，当热储热介质罐（15）中容量不足时，增加进入储热介质加热器（10）的储热介质量；当光照条件良好且发电机组需要升负荷时，通过调节太阳能储热介质调节阀（18）和储热介质泵（12）增加进入太阳能集热装置（11）的储热介质流量，停止储热介质进入储热介质加热器（10），同时打开热储热介质罐出口调节阀（17），通过热储热介质罐出口调节阀（17）对进入储热介质与给水换热器（16）的热储热介质流量进行调节，通过一级高压加热器入口调节阀（904）、二级高压加热器入口调节阀（905）、三级高压加热器入口调节阀（906）和三级高压加热器出口调节阀（907）中一个或多个的开断对进入储热介质与给水换热器（16）的给水流量和温度进行调节，调节目标为：使给水温度提高且使从

锅炉（1）进入汽轮机高压缸（2）的主蒸汽流量与进入汽轮机中低压缸（3）的再热蒸汽流量的变化率能够满足汽轮机电负荷变化率，使系统满足快速变负荷速率的要求；当发电机组需要降负荷时，关闭一级高压加热器入口调节阀（904）、二级高压加热器入口调节阀（905）、三级高压加热器入口调节阀（906）和三级高压加热器出口调节阀（907），打开冷热储热介质罐连接阀（14）和太阳能储热介质调节阀（18），启动储热介质泵（12），通过储热介质泵（12）和太阳能储热介质调节阀（18）配合对进入储热介质加热器（10）与高温烟气热交换的冷储热介质的流量以及进入太阳能集热装置（11）进行加热的储热介质流量进行调节，加热后的储热介质分别通过热储热介质罐（15）的左入口和右入口进入热储热介质罐（15），通过冷热储热介质罐连接阀（14）调节冷储热介质罐（13）和热储热介质罐（15）所存储热介质质量平衡，调节目标为：在锅炉（1）稳定燃烧的条件下降低汽轮机出力，同时有效存储太阳能热量。

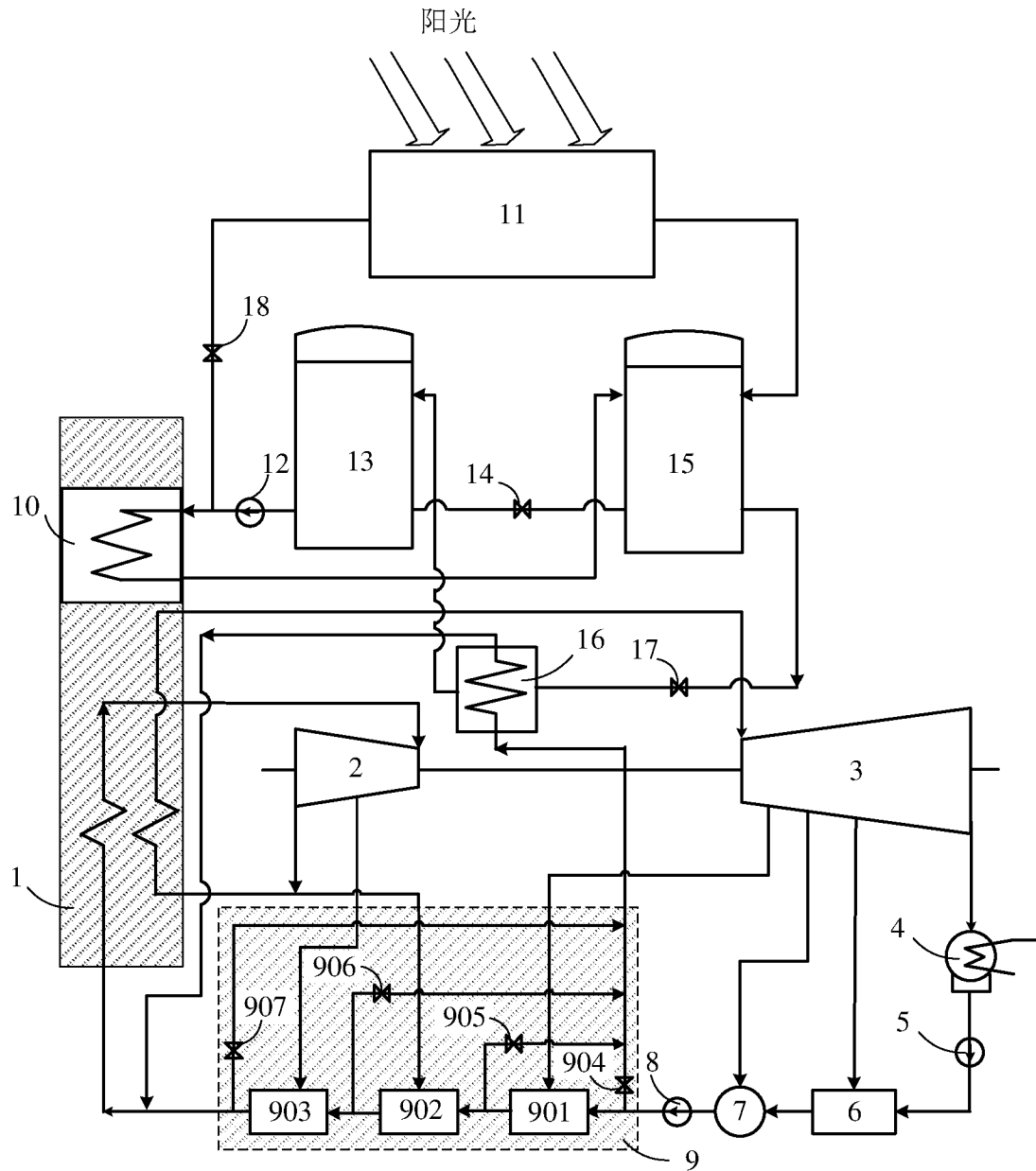


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/092429

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03G 6/06(2006.01)i; F01K 13/02(2006.01)i; F01K 13/00(2006.01)i; F01K 11/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03G;F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; DWPI; SIPOABS; USTXT; CNKI: 太阳能, 燃煤, 燃料, 耦合, 储热, 发电, 调峰, solar, coal w fired, fuel, coupling, accumulation, storage, generat+, pitch w peak

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108180125 A (CHINA CITY ENVIRONMENT PROTECTION ENGINEERING LIMITED COMPANY) 19 June 2018 (2018-06-19) description, paragraphs 39-47, and figures 3-4	1-6
A	US 2017284378 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD.) 05 October 2017 (2017-10-05) entire document	1-6
A	WO 2015135720 A1 (ALFA LAVAL CORP. AB) 17 September 2015 (2015-09-17) entire document	1-6
A	EP 3289216 A4 (INTE-N INTEX HOLDINGS PTY LTD. et al.) 07 November 2018 (2018-11-07) entire document	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 2019

Date of mailing of the international search report

07 November 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/092429

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108180125	A	19 June 2018	None			
US	2017284378	A1	05 October 2017	US	9995285	B2	12 June 2018
				EP	2910781	A1	26 August 2015
				MA	37852	B1	30 November 2016
				US	2015240792	A1	27 August 2015
				MA	20150336	A1	30 October 2015
				ZA	201500994	B	27 January 2016
WO	2015135720	A1	17 September 2015	EP	2918961	B1	19 June 2019
				EP	2918961	A1	16 September 2015
EP	3289216	A4	07 November 2018	WO	2016172761	A1	03 November 2016
				JP	2018521257	A	02 August 2018
				AU	2016222342	A1	17 November 2016
				EP	3289216	A1	07 March 2018
				US	2018356091	A1	13 December 2018
				AU	2016222342	B2	14 December 2017
				US	10228125	B2	12 March 2019
				CN	107960112	A	24 April 2018
				CA	2984158	A1	03 November 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/092429

A. 主题的分类

F03G 6/06(2006.01)i; F01K 13/02(2006.01)i; F01K 13/00(2006.01)i; F01K 11/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F03G;F01K

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;DWPI;SIPOABS;USTXT;CNKI:太阳能, 燃煤, 燃料, 耦合, 储热, 发电, 调峰, solar, coal w fired, fuel, coupling, accumulation, storage, generat+, pitch w peak

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 108180125 A (武汉都市环保工程技术股份有限公司) 2018年 6月 19日 (2018 - 06 - 19) 说明书第39-47段, 附图3-4	1-6
A	US 2017284378 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD) 2017年 10月 5日 (2017 - 10 - 05) 全文	1-6
A	W0 2015135720 A1 (ALFA LAVAL CORP AB) 2015年 9月 17日 (2015 - 09 - 17) 全文	1-6
A	EP 3289216 A4 (INTE-N INTEX HOLDINGS PTY LTD等) 2018年 11月 7日 (2018 - 11 - 07) 全文	1-6

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 10月 22日

国际检索报告邮寄日期

2019年 11月 7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张人天

电话号码 62089855

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/092429

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	108180125	A	2018年 6月 19日	无	
US	2017284378	A1	2017年 10月 5日	US	9995285 B2 2018年 6月 12日
				EP	2910781 A1 2015年 8月 26日
				MA	37852 B1 2016年 11月 30日
				US	2015240792 A1 2015年 8月 27日
				MA	20150336 A1 2015年 10月 30日
				ZA	201500994 B 2016年 1月 27日
WO	2015135720	A1	2015年 9月 17日	EP	2918961 B1 2019年 6月 19日
				EP	2918961 A1 2015年 9月 16日
EP	3289216	A4	2018年 11月 7日	WO	2016172761 A1 2016年 11月 3日
				JP	2018521257 A 2018年 8月 2日
				AU	2016222342 A1 2016年 11月 17日
				EP	3289216 A1 2018年 3月 7日
				US	2018356091 A1 2018年 12月 13日
				AU	2016222342 B2 2017年 12月 14日
				US	10228125 B2 2019年 3月 12日
				CN	107960112 A 2018年 4月 24日
				CA	2984158 A1 2016年 11月 3日