

(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
2023 年 1 月 5 日 (05.01.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/274239 A1

(51) 国际专利分类号:

G06F 30/20 (2020.01) *G06F 119/06* (2020.01)
F28D 20/00 (2006.01) *G06F 119/08* (2020.01)
F22B 1/06 (2006.01) *G06F 119/14* (2020.01)
G06F 111/04 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/101968

(22) 国际申请日: 2022 年 6 月 28 日 (28.06.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202110730478.X 2021年6月29日 (29.06.2021) CN

(71) 申请人: 西安热工研究院有限公司
(XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。西安西热节能技术有限公司 (XI'AN TPRI ENERGY CONSERVATION TECHNO-

LOGY CO.,LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市雁翔路 99 号博源科技广场 A 座 20 层, Shaanxi 710054 (CN)。

(72) 发明人: 马汀山(MA, Tingshan); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。吕凯(LV, Kai); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。程东涛(CHENG, Dongtao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。居文平(JU, Wenping); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。王妍(WANG, Yan); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。杨荣祖(YANG, Rongzu); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。石慧(SHI, Hui); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。许朋江(XU, Pengjiang); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路 136 号, Shaanxi 710032 (CN)。张建

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR OPTIMIZING OPERATION OF INDUSTRIAL STEAM POWER PLANT COUPLED WITH MOLTEN SALT HEAT STORAGE

(54) 发明名称: 耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法及系统

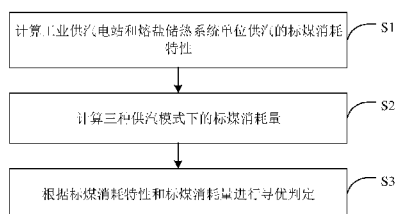


图 1

S1 Calculate standard coal consumption characteristics of steam supply by unit of an industrial steam power plant and a molten salt heat storage system
S2 Calculate a standard coal consumption amount in three steam supply modes
S3 Make an optimal determination according to the standard coal consumption characteristics and the standard coal consumption amount

(57) Abstract: The present disclosure discloses a method and system for optimizing the operation of an industrial steam power plant coupled with molten salt heat storage. Taking the lowest standard coal consumption as an objective function, the steam supply load distribution between the industrial steam power plant and a molten salt heat storage system is changed, and a comparison with the standard coal consumption under a benchmark condition is made. If not less than the standard coal consumption, the original benchmark condition is still the benchmark. If less than the standard coal consumption, a new condition is used as a benchmark comparison condition, and a next iteration is performed. The method for optimizing the operation of the industrial steam power plant coupled with molten salt heat storage proposed in the present disclosure conforms to actual engineering sites, is suitable for an industrial steam power plant to optimize the distribution of steam supply load under the conditions of satisfying dual-variable scheduling constraints of electricity and heat, improves the overall operating energy efficiency, and has broad application prospects.

(57) 摘要: 本公开公开了一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法及系统, 以标煤消耗量最低为目标函数, 改变工业供汽电站和熔盐储热系统之间的供汽负荷分配, 并与基准工况标煤消耗量进行对比, 若不小于, 原基准工况仍为基准; 若小于, 新的工况作为基准对比工况, 继续下一步迭代。本公开提出的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法, 符合工程现场实际, 适用于工业供汽电站在满足电、热双变量调度约束条件下进行供汽负荷优化分配, 提高整体运行能效, 具有广阔的应用前景。

元 (ZHANG, Jianyuan); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。 常东锋 (CHANG, Dongfeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区北洼路45号1号楼2层201, Beijing 100142 (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法及系统

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 202110730478.X、申请日为 2021 年 6 月 29 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本公开属于工业供汽系统技术领域，涉及一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法及系统。

背景技术

随着双碳战略的逐步推进，电力能源结构转型升级速度加快，以风、光等具备时变特性的可再生能源将快速发展，称为电能的主要来源。传统火电优化自身定位，从电量主体向承担电网稳压、调峰、调频、托底保供等综合性服务主体转变，促进新能源电力的高比例消纳；与此同时，随着工业化和城市化进程的不断推进，工业蒸汽、居民采暖等集中用热需求快速增长。部分地区以地级市为单元，建设工业园区，集中市区相关工业单位，并以燃煤电站作为电、汽等综合用能中心，以产业链互补、避免重复投资、大幅降低能量传输损失等优势，得到了快速发展。不同于以热水形式的居民采暖，工业供汽受用生产工艺、生产特性、管线长度等影响，工业供汽电站的厂界参数（压力、温度、流量）差异较大，且基本不受地域条件的影响。然而，工业供汽电站同样要参与电网深度调峰，但热电联产机组现有热电解耦技术诸如低压缸零出力、高低压旁路、热水储热、电极蓄热锅炉等均适用于居民采暖机组，工业供汽电站的保热调电需求几无成熟方案可供参考。

熔盐是性能优越的传热蓄热介质，尤其适用于高温条件，在太阳能光热发电和高温工业加热领域已获得普遍应用。熔盐蓄热应用于煤电机组宽负荷工业供汽，已有相关研究。

文献 1“罗海华，张后雷，等。基于熔盐蓄热的亚临界火电机组工业供热调峰技术[J]，暖通空调，2020”，提出了一套基于亚临界火电机组工业供热调峰的熔盐蓄热系统，利用再热蒸汽加热熔盐蓄热，在供热不足时通过熔盐加热除氧水产生工业蒸汽。热力分析表明，熔盐蓄放热系统可与火电机组热力系统的参数匹配，实现火电机组热电解耦。

文献 2“范庆伟，居文平，等。基于储热过程的工业供汽机组热电解耦研究[J]，汽轮机技术，2019”，针对工业供汽火电机组的热电解耦问题，提出了“多罐-多换热器”的新型储热系

统,以 600MW 亚临界机组为例,根据储、放热过程中的热力学特性,分阶段设计不同阶段的蒸汽、熔盐的流量配比。计算结果表明,在储热过程中机组的能耗损失约为 $0.30 \text{ (g/(kW}\cdot\text{h)) /MW}$,在放热过程中,机组的能耗损失约为 $0.02 \text{ (g/(kW}\cdot\text{h)) /MW}$ 。在储热过程中机组的能耗损失约为 $0.30 \text{ (g/(kW}\cdot\text{h)) /MW}$,在放热过程中,机组的能耗损失约为 $0.02 \text{ (g/(kW}\cdot\text{h)) /MW}$ 。

文献 3“王惠杰,邢满江,等。基于 Aspen Plus 的供热机组与熔盐蓄热装置耦合系统分析[J],节能,2019”,根据熔盐蓄热装置和供热机组的耦合原理,提出 2 个系统的耦合方案,搭建了耦合系统的仿真模型,分析了该耦合系统的经济性和升负荷响应能力。计算结果发现,与原供热机组相比,耦合系统的热耗率在不同工况下分别升高了 $49.52 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{h)}$ 、 $77.26 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{h)}$ 、 $75.22 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{h)}$ 和 $56.04 \text{ kJ/(kW}\cdot\text{h)}$,供热机组负荷响应能力得到明显提升。

文献 4“董学会。配置蓄热装置的供热机组灵活性分析[D],华北电力大学,2018”,利用 Aspen 仿真软件搭建某 300MW 供热机组稳态流程模型及蓄热装置模型,通过比较不同耦合方式机组的热耗率,深入分析配置蓄热装置后抽凝式供热机组的热经济性。结果表明:在蓄热时采用混合抽汽而在释热时采用排挤高加抽汽耦合方式对机组经济性影响最小。构建抽凝式供热机组与储热装置整体的动态仿真系统模型,分析蓄热装置在协调控制基础上对供热机组的变负荷效果。结果表明:在增加供热机组利用蓄热罐蓄能快速变负荷功能后,可使负荷响应速率显著提高至 $2.2\sim 3.03 \text{ Pe/min}$,有效缓解可再生能源电力大规模并网发电时带来的压力。

综合分析相关文献,现有研究多侧重于熔盐储热系统耦合煤电机组的热力系统性能建模、储热过程热源和放热过程冷源优化设计、能耗变化、热-电运行域的变化等内容,鲜有涉及针对工业供汽电站增设熔盐储热工业供汽系统后,在复杂多变的电、热双变量约束下的优化运行。

发明内容

本公开的目的在于解决现有技术中的问题,提供一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法、装置、熔盐储热工业供汽系统、终端设备和计算机可读存储介质。

本公开在第一方面提供了一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法,包括以下步骤:

步骤 1,计算工业供汽电站和熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性;

步骤 2,计算三种供汽模式下的标煤消耗量;

步骤 3,根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

其中所述三种供汽模式包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给。

在一些实施例中,所述工业供汽电站供汽标煤消耗特性如下:

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_1(N_{ge})\} \quad (1)$$

其中, Q_{max} 为电出力 N_{ge} 的最大供汽负荷, $Q_{max}=f_1(N_{ge})$; 对于给定的电出力, 工业供汽电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调;

通过现场性能测试得到工业供汽电站采用机组自身供汽方式, 电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_1 , 如下:

$$B = F_1(Q, N_{ge}) \quad (2)。$$

在一些实施例中,所述熔盐储热供汽的标煤消耗特性如下:

$$m = \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \quad (3)$$

$$b_{sa} = \frac{F_1(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_1(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q}$$

其中, m 为储热用热再蒸汽质量流量, ΔQ 为储热系统供汽负荷; h_g 为工业供汽焓值, h_{gs} 为前置泵出口给水焓值, h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器的蒸汽放热后疏水焓值, η_{em} 为散热系数, b_{sa} 为标煤消耗特性, Q_0 为高电负荷区间段对外供汽负荷, $N_{ge,0}$ 为工业供汽电站高电负荷, F_1 表示电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性。

在一些实施例中,所述三种供汽模式包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给;

工业供汽电站单独供给, 标煤消耗量 B_{po} 如下:

$$B_{po} = F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

熔盐储热系统单独供给, 标煤消耗量 B_{sa} 如下:

$$B_{sa} = Q \times b_{sa} \quad (5)$$

工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给, 标煤消耗量 B 如下:

$$B = F_1(Q_{po}, N_{ge}) + (Q - Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

其中, Q 为耦合熔盐储热的工业供汽电站对外总供汽负荷, N_{ge} 为工业供汽电站电出力, Q_{po} 为工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给模式下的工业供汽电站供汽负荷。

在一些实施例中,所述寻优判定的具体方法如下:

步骤 3-1, 输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q ;

步骤 3-2, 进行判定: $Q_{max}=f_1(N_{ge}) < Q$? 是, 进入步骤 3-3; 否, 进入步骤 3-9;

步骤 3-3, 进行判定: $Q_{max}+\Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-4; 否, 判定不具备寻优条件;

5 步骤 3-4, 进行判定: $\Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-9; 否, 进入步骤 3-5;

步骤 3-5, 制定寻优基准; 所述寻优基准如下:

基准 1: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q_{max}$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=Q-Q_{po0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0_0 ;

10 基准 2: 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=\Delta Q$, 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q-Q_{sa0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^1_0 ;

步骤 3-6, 针对基准 1, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-6-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, 则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

15 步骤 3-6-2, 进行判定: $Q_{sa1} \geq \Delta Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-6-3, 进行判定: $B_1 \geq B^0_0$? 是, B^0_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-6-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-6-2 进入迭代;

步骤 3-6-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 ;

20 步骤 3-7, 针对基准 2, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-7-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$, 则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$;

步骤 3-7-2, 进行判定: $Q_{po1} \geq Q_{max}$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

25 步骤 3-7-3, 进行判定: $B_1 \geq B^1_0$? 是, B^1_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-7-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{sa2}=Q_{sa1}-1$, $Q_{po2}=Q_{po1}+1$; 转入步骤步骤 3-7-2 进入迭代;

步骤 3-7-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 ;

30 步骤 3-8, 进行 B^0_0 和 B^1_0 的比较, 输出最优结果 $B_{best}=\min(B^0_0, B^1_0)$, 并得出对应的供汽负荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po} ;

步骤 3-9, 根据三种供汽模式制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=0$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 ;

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$$5 \quad Q_{po1}=Q_{po0}-1, \quad Q_{sa1}=Q_{sa0}+1;$$

步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1}=0$? 或 $Q_{sa1}=Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$$10 \quad Q_{po2}=Q_{po1}-1, \quad Q_{sa2}=Q_{sa1}+1; \text{ 转入步骤步骤 3-10-2 进入迭代};$$

步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

本公开在第二方面提供了一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置, 包括:

标煤消耗特性计算模块, 所述标煤消耗特性计算模块用于计算工业供汽电站和熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性;

15 标煤消耗量计算模块, 所述标煤消耗量计算模块用于计算三种供汽模式下的标煤消耗量; 寻优判定模块, 所述寻优判定模块根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

在一些实施例中, 所述标煤消耗特性计算模块具体用于:

获得所述工业供汽电站供汽标煤消耗特性如下:

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_1(N_{ge})\} \quad (1)$$

其中, Q_{max} 为电出力 N_{ge} 的最大供汽负荷, $Q_{max}=f_1(N_{ge})$; 对于给定的电出力, 工业供汽 20 电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调;

通过现场性能测试得到工业供汽电站采用机组自身供汽方式, 电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_1 , 如下:

$$B = F_1(Q, N_{ge}) \quad (2)$$

计算所述熔盐储热供汽的标煤消耗特性如下:

$$\begin{aligned} m &= \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \\ b_{sa} &= \frac{F_1(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_1(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q} \end{aligned} \quad (3)$$

其中, m 为储热用热再蒸汽质量流量, ΔQ 为储热系统供汽负荷; h_g 为工业供汽焓值,

h_{gs} 为前置泵出口给水焓值, h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器的蒸汽放热后疏水焓值, η_{em} 为散热系数, b_{sa} 为标煤消耗特性, Q_0 为高电负荷区间段对外供汽负荷, $N_{ge,0}$ 为工业供汽电站高电负荷。

5 在一些实施例中, 所述标煤消耗量计算模块具体用于提供包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给的所述三种供汽模式的标煤消耗量:

工业供汽电站单独供给, 标煤消耗量 B_{po} 如下:

$$B_{po}=F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

熔盐储热系统单独供给, 标煤消耗量 B_{sa} 如下:

$$B_{sa}=Q \times b_{sa} \quad (5)$$

工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给, 标煤消耗量 B 如下:

$$B=F_1(Q_{po}, N_{ge})+(Q-Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

10 其中, Q 为耦合熔盐储热的工业供汽电站对外总供汽负荷, N_{ge} 为工业供汽电站电出力, Q_{po} 为工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给模式下的工业供汽电站供汽负荷。

在一些实施例中, 所述寻优判定模块具体用于:

步骤 3-1, 输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q ;

步骤 3-2, 进行判定: $Q_{max}=f_1(N_{ge}) < Q$? 是, 进入步骤 3-3; 否, 进入步骤 3-9;

15 步骤 3-3, 进行判定: $Q_{max}+\Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-4; 否, 判定不具备寻优条件;

步骤 3-4, 进行判定: $\Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-9; 否, 进入步骤 3-5;

步骤 3-5, 制定寻优基准; 所述寻优基准如下:

基准 3: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q_{max}$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=Q-Q_{po0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0_0 ;

20 基准 3: 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=\Delta Q$, 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q-Q_{sa0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^1_0 ;

步骤 3-6, 针对基准 1, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-6-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, 则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

25 步骤 3-6-2, 进行判定: $Q_{sa1} \geq \Delta Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-6-3, 进行判定: $B_1 \geq B^0_0$? 是, B^0_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-6-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-6-2 进入迭代;

步骤 3-6-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 ;

5 步骤 3-7, 针对基准 2, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-7-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令

$Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$, 则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$;

步骤 3-7-2, 进行判定: $Q_{po1} \geq Q_{max}$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

10 步骤 3-7-3, 进行判定: $B_1 \geq B^1_0$? 是, B^1_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-7-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{sa2}=Q_{sa1}-1$, $Q_{po2}=Q_{po1}+1$; 转入步骤步骤 3-7-2 进入迭代;

步骤 3-7-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 ;

步骤 3-8, 进行 B^0_0 和 B^1_0 的比较, 输出最优结果 $B_{best}=\min(B^0_0, B^1_0)$, 并得出对应的供汽

15 负荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po} ;

步骤 3-9, 根据三种供汽模式制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=0$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 ;

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

20 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1}=0$? 或 $Q_{sa1}=Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

25 $Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-10-2 进入迭代;

步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

本公开在第三方面提供了一种熔盐储热工业供汽系统, 包括如上所述的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置。

本公开在第四方面提供了一种终端设备, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中
30 并可在所述处理器上运行的计算机程序, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如上述方法

的步骤。

本公开在第五方面提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如上述方法的步骤。

与现有技术相比，本公开具有以下有益效果：

- 5 本公开以标煤消耗量最低为目标函数，改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷分配，并与基准工况标煤消耗量进行对比，若不小于，原基准工况仍为基准；若小于，新的工作作为基准对比工况，继续下一步迭代。本公开提出的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行的优化方法，符合工程现场实际，适用于耦合熔盐储热的工业供汽电站在满足电、热双变量调度约束条件下进行热负荷优化分配，提高整体运行能效，具有广阔的应用前景。

10

附图说明

为了更清楚的说明本公开实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本公开的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图
15 获得其他相关的附图。

图 1 为根据本公开实施例的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法的流程图。

图 2 为根据本公开实施例的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法中寻优判定的流程图。

图 3 为根据本公开实施例的熔盐储热工业供汽系统的结构图。

- 20 其中：1-锅炉，2-高压缸，3-中压缸，4-低压缸，5-凝汽器，6-凝结水泵，7-低压加热器组，8-除氧器，9-前置泵，10-给水泵，11-高压加热器组，12-高温熔盐储罐，13-高温熔盐升压泵，14-高温熔盐放热器，15-低温熔盐储罐，16-低温熔盐升压泵，17-低温熔盐吸热器，18-供汽用升压泵，19-工业供汽联箱，20-进汽调节阀，21~23-阀门组。

25 具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本公开实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

- 30 因此，以下对在附图中提供的本公开的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本公

开的范围，而是仅仅表示本公开的选定实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

5 在本公开实施例的描述中，需要说明的是，若出现术语“上”、“下”、“水平”、“内”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，仅是为了便于描述本公开和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本公开的限制。此外，术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

10 此外，若出现术语“水平”，并不表示要求部件绝对水平，而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平，并不是表示该结构一定要完全水平，而是可以稍微倾斜。

在本公开实施例的描述中，还需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，若出现术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸
15 连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本公开中的具体含义。

下面结合附图对本公开做进一步详细描述：

参见图 1，本公开实施例公开了一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法，包括
20 以下步骤。

步骤 1，计算工业供汽电站和熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性。

耦合熔盐储热的工业供汽电站电出力 N_{ge} 和对外供汽负荷 Q 给定，以机组总标煤消耗量最低为目标，在原供汽方式和熔盐储热系统之间进行供汽负荷优化分配。

步骤 1-1，得出工业供汽电站采用机组自身供汽方式的电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效
25 特性 B 的关联特性。

工业供汽电站在电出力 N_{ge} 和对外供汽负荷 Q 的电热双供应条件下，机组所消耗的燃料总量，可反映热力循环的整体能效，以标煤消耗量 B 指征。

通过现场性能测试的技术手段，得出工业供汽电站采用机组自身供汽方式，对外供汽负荷 Q 随电出力 N_{ge} 的关联特性，见式 (1)。

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_1(N_{ge})\} \quad (1)$$

式中, $Q_{max}=f_1(N_{ge})$, 为电出力下的最大供汽负荷, t/h。

对于给定的电出力, 工业供汽电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调。

通过现场性能测试的技术手段, 得出工业供汽电站采用机组自身供汽方式, 电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_1 , 见式 (2)。

$$B = F_1(Q, N_{ge}) \quad (2)$$

5 步骤 1-2, 计算熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性 b_{sa} 如下:

$$m = \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \quad (3)$$

$$b_{sa} = \frac{F_1(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_1(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q}$$

其中, m 为熔盐储热系统的热源质量流量, t/h; b_{sa} 为标煤消耗特性, t(标煤消耗)/t(工业供汽); ΔQ 为储热系统设计供汽负荷, t/h。

h_g 、 h_{gs} 分别为工业供汽焓值、前置泵出口给水焓值, kJ/kg; h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器 17 (如图 3 所示) 的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器 17 的蒸汽放热后疏水焓值, kJ/kg。

$N_{ge,0}$ 、 Q_0 分别为工业供汽高电负荷区间段的电出力 MW、对外供汽负荷 t/h。

工业供汽机组在高电负荷 $N_{ge,0}$ 区间段时, 热再抽汽除满足对外供汽负荷 Q_0 外尚有富裕, 再抽取热再蒸汽 m 作为熔盐储热系统的热源, 此时多抽取的热再蒸汽 m 引起标煤消耗量增加, 即为熔盐储热系统的供汽标煤消耗。

15 步骤 2, 计算三种供汽模式下的标煤消耗量。

工业供汽电站设置熔盐储热工业供汽系统后, 共有三种供汽模式:

1) 工业供汽电站单独供给, 标煤消耗量 B_{po} 如下:

$$B_{po} = F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

2) 熔盐储热系统单独供给, 标煤消耗量 B_{sa} 如下:

$$B_{sa} = Q \times b_{sa} \quad (5)$$

3) 工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给, 标煤消耗量 B 如下:

$$B = F_1(Q_{po}, N_{ge}) + (Q - Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

20 步骤 3, 根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

在本公开的实施例中，寻优判定可以通过以下具体的步骤进行，图 2 示意性表示了本公开的方法中寻优判定的流程图。

步骤 3-1，输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q 。

步骤 3-2，进行判定： $Q_{max}=f_1(N_{ge})<Q$ ？是，进入步骤 3-3；否，进入步骤 3-9。

5 步骤 3-3，进行判定： $Q_{max}+\Delta Q>Q$ ？是，进入步骤 3-4；否，判定不具备寻优条件。

步骤 3-4，进行判定： $\Delta Q>Q$ ？是，进入步骤 3-9；否，进入步骤 3-5。

步骤 3-5，制定寻优基准。所述寻优基准如下：

基准 1：机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q_{max}$ ，熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=Q-Q_{po0}$ ，根据式 (4)~式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0_0 。

10 基准 2：熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=\Delta Q$ ，机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q-Q_{sa0}$ ，根据式 (4)~式 (6) 计算总标煤消耗量 B^1_0 。

步骤 3-6，针对基准 1，进行迭代寻优，过程如下：

步骤 3-6-1，以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷，令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$ ，则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$ 。

15 步骤 3-6-2，进行判定： $Q_{sa1}\geq\Delta Q$ ？是，迭代寻优过程终止；否，根据式 (4)~式 (6) 计算 B_1 。

步骤 3-6-3，进行判定： $B_1\geq B^0_0$ ？是， B^0_0 仍作为基准工况；否， B_1 作为新的基准工况。

步骤 3-6-4，继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷， $Q_{po2}=Q_{po1}-1$ ， $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$ 。转入步骤 3-6-2 进入迭代。

20 步骤 3-6-5，迭代寻优过程结束，输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 。

步骤 3-7，针对基准 2，进行迭代寻优，过程如下：

步骤 3-7-1，以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷，令 $Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$ ，则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$ 。

25 步骤 3-7-2，进行判定： $Q_{po1}\geq Q_{max}$ ？是，迭代寻优过程终止；否，根据式 (4)~式 (6) 计算 B_1 。

步骤 3-7-3，进行判定： $B_1\geq B^1_0$ ？是， B^1_0 仍作为基准工况；否， B_1 作为新的基准工况。

步骤 3-7-4，继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷， $Q_{sa2}=Q_{sa1}-1$ ， $Q_{po2}=Q_{po1}+1$ 。转入步骤 3-7-2 进入迭代。

步骤 3-7-5，迭代寻优过程结束，输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 。

30 步骤 3-8，进行 B^0_0 和 B^1_0 比较，输出最优结果 $B_{best}=\min(B^0_0, B^1_0)$ ，并得出对应的供汽负

荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po}

步骤 3-9, 列出三种供汽模式, 工业供汽电站单独供给, 熔盐储热系统单独供给, 工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给。

制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=0$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 。

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$$Q_{po1}=Q_{po0}-1, Q_{sa1}=Q_{sa0}+1,$$

步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1}=0$? 或 $Q_{sa1}=Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 。

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况。

步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$$Q_{po2}=Q_{po1}-1, Q_{sa2}=Q_{sa1}+1。转入步骤 3-10-2 进入迭代。$$

步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

15 综上, 步骤 3-5 和步骤 3-10 的寻优结果及工业供汽负荷分配, 即为工业供汽电站耦合熔盐储热的工业供汽系统最优运行方式。

本公开还公开了一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置, 包括以下步骤:

标煤消耗特性计算模块, 所述标煤消耗特性计算模块用于计算工业供汽电站以及熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性;

20 标煤消耗量计算模块, 所述标煤消耗量计算模块用于计算三种供汽模式下的标煤消耗量;

寻优判定模块, 所述寻优判定模块根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

所述标煤消耗特性计算模块具体用于:

获得所述工业供汽电站供汽标煤消耗特性如下:

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_1(N_{ge})\} \quad (1)$$

25 其中, Q_{max} 为电出力 N_{ge} 的最大供汽负荷, $Q_{max}=f_1(N_{ge})$; 对于给定的电出力, 工业供汽电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调;

通过现场性能测试得到工业供汽电站采用机组自身供汽方式, 电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_1 , 如下:

$$B = F_1(Q, N_{ge}) \quad (2)。$$

进一步地, 所述标煤消耗特性计算模块具体用于:

计算所述熔盐储热供汽的标煤消耗特性如下:

$$m = \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \quad (3)$$

$$b_{sa} = \frac{F_1(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_1(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q}$$

其中, m 为储热用热再蒸汽质量流量, ΔQ 为储热系统供汽负荷; h_g 为工业供汽焓值, h_{gs} 为前置泵出口给水焓值, h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器的蒸汽放热后疏水焓值, η_{em} 为散热系数, b_{sa} 为标煤消耗特性, Q_0 为高电负荷区间段对外供汽负荷, $N_{ge,0}$ 为工业供汽电站高电负荷。

所述三种供汽模式包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给。所述标煤消耗量计算模块具体用于提供不同模式下的标煤消耗量:

1) 工业供汽电站单独供给, 标煤消耗量 B_{po} 如下:

$$B_{po} = F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

2) 熔盐储热系统单独供给, 标煤消耗量 B_{sa} 如下:

$$B_{sa} = Q \times b_{sa} \quad (5)$$

3) 工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给, 标煤消耗量 B 如下:

$$B = F_1(Q_{po}, N_{ge}) + (Q - Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

其中, Q 为耦合熔盐储热的工业供汽电站对外总供汽负荷, N_{ge} 为工业供汽电站电出力, Q_{po} 为工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给模式下的工业供汽电站供汽负荷。

所述寻优判定模块具体用于:

步骤 3-1, 输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q ;

步骤 3-2, 进行判定: $Q_{max} = f_1(N_{ge}) < Q$? 是, 进入步骤 3-3; 否, 进入步骤 3-9;

步骤 3-3, 进行判定: $Q_{max} + \Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-4; 否, 判定不具备寻优条件;

步骤 3-4, 进行判定: $\Delta Q > Q$? 是, 进入步骤 3-9; 否, 进入步骤 3-5;

步骤 3-5, 制定寻优基准; 所述寻优基准如下:

基准 3: 机组供汽负荷 $Q_{po0} = Q_{max}$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0} = Q - Q_{po0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0 ;

基准 3: 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0} = \Delta Q$, 机组供汽负荷 $Q_{po0} = Q - Q_{sa0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算

总标煤消耗量 B^1_0 ;

步骤 3-6, 针对基准 1, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-6-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, 则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

5 步骤 3-6-2, 进行判定: $Q_{sa1} \geq \Delta Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-6-3, 进行判定: $B_1 \geq B^0_0$? 是, B^0_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-6-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-6-2 进入迭代;

10 步骤 3-6-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 ;

步骤 3-7, 针对基准 2, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-7-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$, 则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$;

步骤 3-7-2, 进行判定: $Q_{po1} \geq Q_{max}$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6)

15 计算 B_1 ;

步骤 3-7-3, 进行判定: $B_1 \geq B^1_0$? 是, B^1_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-7-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{sa2}=Q_{sa1}-1$, $Q_{po2}=Q_{po1}+1$; 转入步骤步骤 3-7-2 进入迭代;

步骤 3-7-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 ;

20 步骤 3-8, 进行 B^0_0 和 B^1_0 的比较, 输出最优结果 $B_{best}=\min(B^0_0, B^1_0)$, 并得出对应的供汽负荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po} ;

步骤 3-9, 根据三种供汽模式制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=0$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 ;

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

25 步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1}=0$? 或 $Q_{sa1}=Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

30 步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-10-2 进入迭代;

步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

本公开还提供了一种熔盐储热工业供汽系统, 如图 3 所示, 包括锅炉 1、高压缸 2、中压缸 3、低压缸 4、凝汽器 5、凝结水泵 6、低压加热器组 7、除氧器 8、前置泵 9、给水泵 10、高压加热器组 11、高温熔盐储罐 12、高温熔盐升压泵 13、高温熔盐放热器 14、低温熔盐储罐 15、低温熔盐升压泵 16、低温熔盐吸热器 17、供汽用升压泵 18、工业供汽联箱 19、进汽调节阀 20 和阀门组 21、22、23, 它们之间的连接关系如图所示。

该熔盐储热工业供汽系统还包括如上所述的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置, 用于获得本公开的方法中涉及的系统参数, 并以该方法中限定的方法对耦合熔盐储热的工业供汽电站的运行进行优化。

本公开实施例公开了一种终端设备, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如上述方法的步骤。

本公开实施例提供的终端设备。该实施例的终端设备包括: 处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序。所述处理器执行所述计算机程序时实现上述各个方法实施例中的步骤。或者, 所述处理器执行所述计算机程序时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能。

所述计算机程序可以被分割成一个或多个模块/单元, 所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器中, 并由所述处理器执行, 以完成本公开。

所述终端设备可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述终端设备可包括, 但不仅限于, 处理器、存储器。

所述处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit, 简称 CPU), 还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor, 简称 DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, 简称 ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, 简称 FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。

所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块, 所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块, 以及调用存储在存储器内的数据, 实现所述终端设备的各种功能。

本公开实施例公开了一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如上述方法的步骤。

所述终端设备集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本公开实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。非临时性计算机可读介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（Read-Only Memory，简称 ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，简称 RAM）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法管辖区，根据立法和专利实践，计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

以上仅为本公开的优选实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化方法, 包括以下步骤:

步骤 1, 计算工业供汽电站和熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性;

5 步骤 2, 计算三种供汽模式下的标煤消耗量;

步骤 3, 根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述三种供汽模式包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法, 其中所述工业供汽电站供汽标煤消耗特性如下:

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_l(N_{ge})\} \quad (1)$$

10 其中, Q_{max} 为电出力 N_{ge} 的最大供汽负荷, $Q_{max}=f_l(N_{ge})$; 对于给定的电出力, 工业供汽电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调;

通过现场性能测试得到工业供汽电站采用机组自身供汽方式, 电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_l , 如下:

$$B = F_l(Q, N_{ge}) \quad (2)。$$

15 4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其中所述熔盐储热供汽的标煤消耗特性如下:

$$m = \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \quad (3)$$

$$b_{sa} = \frac{F_l(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_l(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q}$$

20 其中, m 为储热用热再蒸汽质量流量, ΔQ 为储热系统供汽负荷; h_g 为工业供汽焓值, h_{gs} 为前置泵出口给水焓值, h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器的蒸汽放热后疏水焓值, η_{em} 为散热系数, b_{sa} 为标煤消耗特性, Q_0 为高电负荷区间段对外供汽负荷, $N_{ge,0}$ 为工业供汽电站高电负荷, F_l 表示电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性。

5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法, 其中所述三种供汽模式包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给;

工业供汽电站单独供给, 标煤消耗量 B_{po} 如下:

$$B_{po}=F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

熔盐储热系统单独供给，标煤消耗量 B_{sa} 如下：

$$B_{sa} = Q \times b_{sa} \quad (5)$$

工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给，标煤消耗量 B 如下：

$$B=F_1(Q_{po}, N_{ge})+(Q-Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

其中， Q 为耦合熔盐储热的工业供汽电站对外总供汽负荷， N_{ge} 为工业供汽电站电出力， Q_{po} 为工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给模式下的工业供汽电站供汽负荷。

5 6. 根据权利要求 5 所述的方法，其中所述寻优判定的具体方法如下：

步骤 3-1，输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q ；

步骤 3-2，进行判定： $Q_{max}=f_1(N_{ge}) < Q$ ？是，进入步骤 3-3；否，进入步骤 3-9；

步骤 3-3，进行判定： $Q_{max}+\Delta Q > Q$ ？是，进入步骤 3-4；否，判定不具备寻优条件；

步骤 3-4，进行判定： $\Delta Q > Q$ ？是，进入步骤 3-9；否，进入步骤 3-5；

10 步骤 3-5，制定寻优基准；所述寻优基准如下：

基准 3：机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q_{max}$ ，熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=Q-Q_{po0}$ ，根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0_0 ；

基准 3：熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=\Delta Q$ ，机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q-Q_{sa0}$ ，根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^1_0 ；

15 步骤 3-6，针对基准 1，进行迭代寻优，过程如下：

步骤 3-6-1，以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷，令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$ ，则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$ ；

步骤 3-6-2，进行判定： $Q_{sa1} \geq \Delta Q$ ？是，迭代寻优过程终止；否，根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ；

20 步骤 3-6-3，进行判定： $B_1 \geq B^0_0$ ？是， B^0_0 仍作为基准工况；否， B_1 作为新的基准工况；

步骤 3-6-4，继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷， $Q_{po2}=Q_{po1}-1$ ， $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$ ；转入步骤步骤 3-6-2 进入迭代；

步骤 3-6-5，迭代寻优过程结束，输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 ；

步骤 3-7，针对基准 2，进行迭代寻优，过程如下：

25 步骤 3-7-1，以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷，令 $Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$ ，则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$ ；

步骤 3-7-2, 进行判定: $Q_{po1} \geq Q_{max}$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-7-3, 进行判定: $B_1 \geq B^1_0$? 是, B^1_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-7-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

5 $Q_{sa2} = Q_{sa1} - 1$, $Q_{po2} = Q_{po1} + 1$; 转入步骤步骤 3-7-2 进入迭代;

步骤 3-7-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 ;

步骤 3-8, 进行 B^0_0 和 B^1_0 的比较, 输出最优结果 $B_{best} = \min(B^0_0, B^1_0)$, 并得出对应的供汽负荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po} ;

步骤 3-9, 根据三种供汽模式制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0} = Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0} = 0$,

10 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 ;

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{po1} = Q_{po0} - 1$, $Q_{sa1} = Q_{sa0} + 1$;

步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1} = 0$? 或 $Q_{sa1} = Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4)

15 ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{po2} = Q_{po1} - 1$, $Q_{sa2} = Q_{sa1} + 1$; 转入步骤步骤 3-10-2 进入迭代;

步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

20 7. 一种耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置, 包括:

标煤消耗特性计算模块, 所述标煤消耗特性计算模块用于计算工业供汽电站和熔盐储热系统单位供汽的标煤消耗特性;

标煤消耗量计算模块, 所述标煤消耗量计算模块用于计算三种供汽模式下的标煤消耗量;

寻优判定模块, 所述寻优判定模块根据标煤消耗特性和标煤消耗量进行寻优判定。

25 8. 根据权利要求 7 所述的装置, 其中所述标煤消耗特性计算模块具体用于:

获得所述工业供汽电站供汽标煤消耗特性如下:

$$Q = \{0, Q_{max}\} = \{0, f_1(N_{ge})\} \quad (1)$$

其中, Q_{max} 为电出力 N_{ge} 的最大供汽负荷, $Q_{max} = f_1(N_{ge})$; 对于给定的电出力, 工业供汽电站对外供汽负荷 Q 在 0 和 Q_{max} 之间可调;

通过现场性能测试得到工业供汽电站采用机组自身供汽方式，电出力 N_{ge} -供汽负荷 Q -机组能效特性 B 的关联特性 F_1 ，如下：

$$B = F_1(Q, N_{ge}) \quad (2)$$

计算所述熔盐储热供汽的标煤消耗特性如下：

$$m = \frac{\Delta Q \times (h_g - h_{gs}) \times (1 + \eta_{em})}{(h_{rh} - h_{ss})} \quad (3)$$

$$b_{sa} = \frac{F_1(Q_0 + m, N_{ge,0}) - F_1(Q_0, N_{ge,0})}{\Delta Q}$$

其中， m 为储热用热再蒸汽质量流量， ΔQ 为储热系统供汽负荷； h_g 为工业供汽焓值，
5 h_{gs} 为前置泵出口给水焓值， h_{rh} 、 h_{ss} 分别为进入低温熔盐吸热器的热再蒸汽焓值以及出低温熔盐吸热器的蒸汽放热后疏水焓值， η_{em} 为散热系数， b_{sa} 为标煤消耗特性， Q_0 为高电负荷区间段对外供汽负荷， $N_{ge,0}$ 为工业供汽电站高电负荷。

9. 根据权利要求 8 所述的装置，其中所述标煤消耗量计算模块具体用于提供包括工业供汽电站单独供给、熔盐储热系统单独供给、工业供汽电站及熔盐储热系统共同供给的所述
10 三种供汽模式的标煤消耗量：

工业供汽电站单独供给，标煤消耗量 B_{po} 如下：

$$B_{po} = F_1(Q, N_{ge}) \quad (4)$$

熔盐储热系统单独供给，标煤消耗量 B_{sa} 如下：

$$B_{sa} = Q \times b_{sa} \quad (5)$$

工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给，标煤消耗量 B 如下：

$$B = F_1(Q_{po}, N_{ge}) + (Q - Q_{po}) \times b_{sa} \quad (6)$$

其中， Q 为耦合熔盐储热的工业供汽电站对外总供汽负荷， N_{ge} 为工业供汽电站电出力，
15 Q_{po} 为工业供汽电站和熔盐储热系统共同供给模式下的工业供汽电站供汽负荷。

10. 根据权利要求 9 所述的装置，其中所述寻优判定模块具体用于：

步骤 3-1，输入边界参数电出力 N_{ge} 和供汽负荷 Q ；

步骤 3-2，进行判定： $Q_{max} = f_1(N_{ge}) < Q$ ？是，进入步骤 3-3；否，进入步骤 3-9；

步骤 3-3，进行判定： $Q_{max} + \Delta Q > Q$ ？是，进入步骤 3-4；否，判定不具备寻优条件；

20 步骤 3-4，进行判定： $\Delta Q > Q$ ？是，进入步骤 3-9；否，进入步骤 3-5；

步骤 3-5，制定寻优基准；所述寻优基准如下：

基准 3: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q_{max}$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=Q-Q_{po0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^0_0 ;

基准 3: 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=\Delta Q$, 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q-Q_{sa0}$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^1_0 ;

5 步骤 3-6, 针对基准 1, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-6-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, 则 $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

步骤 3-6-2, 进行判定: $Q_{sa1}\geq\Delta Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

10 步骤 3-6-3, 进行判定: $B_1\geq B^0_0$? 是, B^0_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-6-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-6-2 进入迭代;

步骤 3-6-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-6 寻优的最优结果 B^0_0 ;

步骤 3-7, 针对基准 2, 进行迭代寻优, 过程如下:

15 步骤 3-7-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, 令 $Q_{sa1}=Q_{sa0}-1$, 则 $Q_{po1}=Q_{po0}+1$;

步骤 3-7-2, 进行判定: $Q_{po1}\geq Q_{max}$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-7-3, 进行判定: $B_1\geq B^1_0$? 是, B^1_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

20 步骤 3-7-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{sa2}=Q_{sa1}-1$, $Q_{po2}=Q_{po1}+1$; 转入步骤步骤 3-7-2 进入迭代;

步骤 3-7-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-7 寻优的最优结果 B^1_0 ;

步骤 3-8, 进行 B^0_0 和 B^1_0 的比较, 输出最优结果 $B_{best}=\min(B^0_0, B^1_0)$, 并得出对应的供汽负荷分配 Q_{sa} 、 Q_{po} ;

25 步骤 3-9, 根据三种供汽模式制定寻优基准: 机组供汽负荷 $Q_{po0}=Q$, 熔盐供汽负荷 $Q_{sa0}=0$, 根据式 (4) ~ 式 (6) 计算总标煤消耗量 B^2_0 ;

步骤 3-10, 进行迭代寻优, 过程如下:

步骤 3-10-1, 以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷, $Q_{po1}=Q_{po0}-1$, $Q_{sa1}=Q_{sa0}+1$;

30 步骤 3-10-2, 进行判定, $Q_{po1}=0$? 或 $Q_{sa1}=Q$? 是, 迭代寻优过程终止; 否, 根据式 (4)

~式 (6) 计算 B_1 ;

步骤 3-10-3, 进行判定: $B_1 \geq B^2_0$? 是, B^2_0 仍作为基准工况; 否, B_1 作为新的基准工况;

步骤 3-10-4, 继续以 1t/h 的变化幅度改变工业供汽电站和熔盐储热系统的供汽负荷,

$Q_{po2}=Q_{po1}-1$, $Q_{sa2}=Q_{sa1}+1$; 转入步骤步骤 3-10-2 进入迭代;

5 步骤 3-10-5, 迭代寻优过程结束, 输出步骤 3-10 寻优的最优结果 B^2_0 。

11. 一种熔盐储热工业供汽系统, 包括根据权利要求 7 至 10 中任一项所述的耦合熔盐储热的工业供汽电站运行优化装置。

12. 一种终端设备, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 6 中任一项所述

10 方法的步骤。

13. 一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 6 中任一项所述方法的步骤。

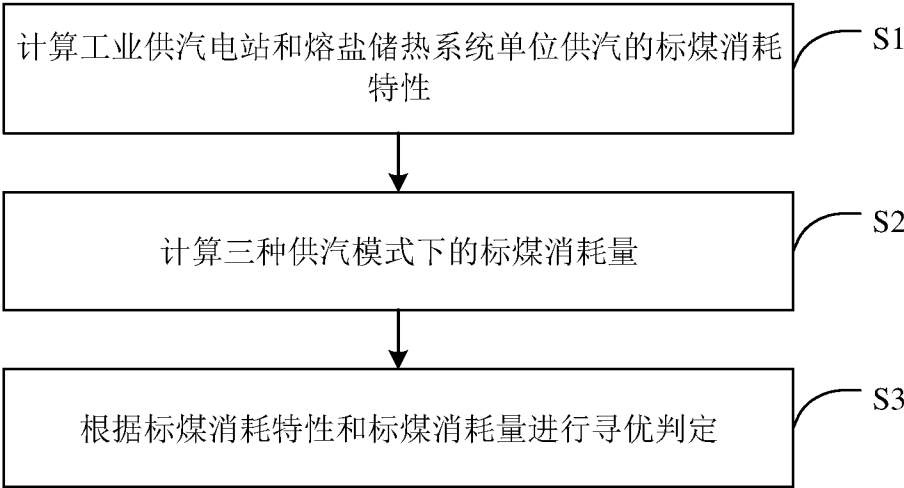


图 1

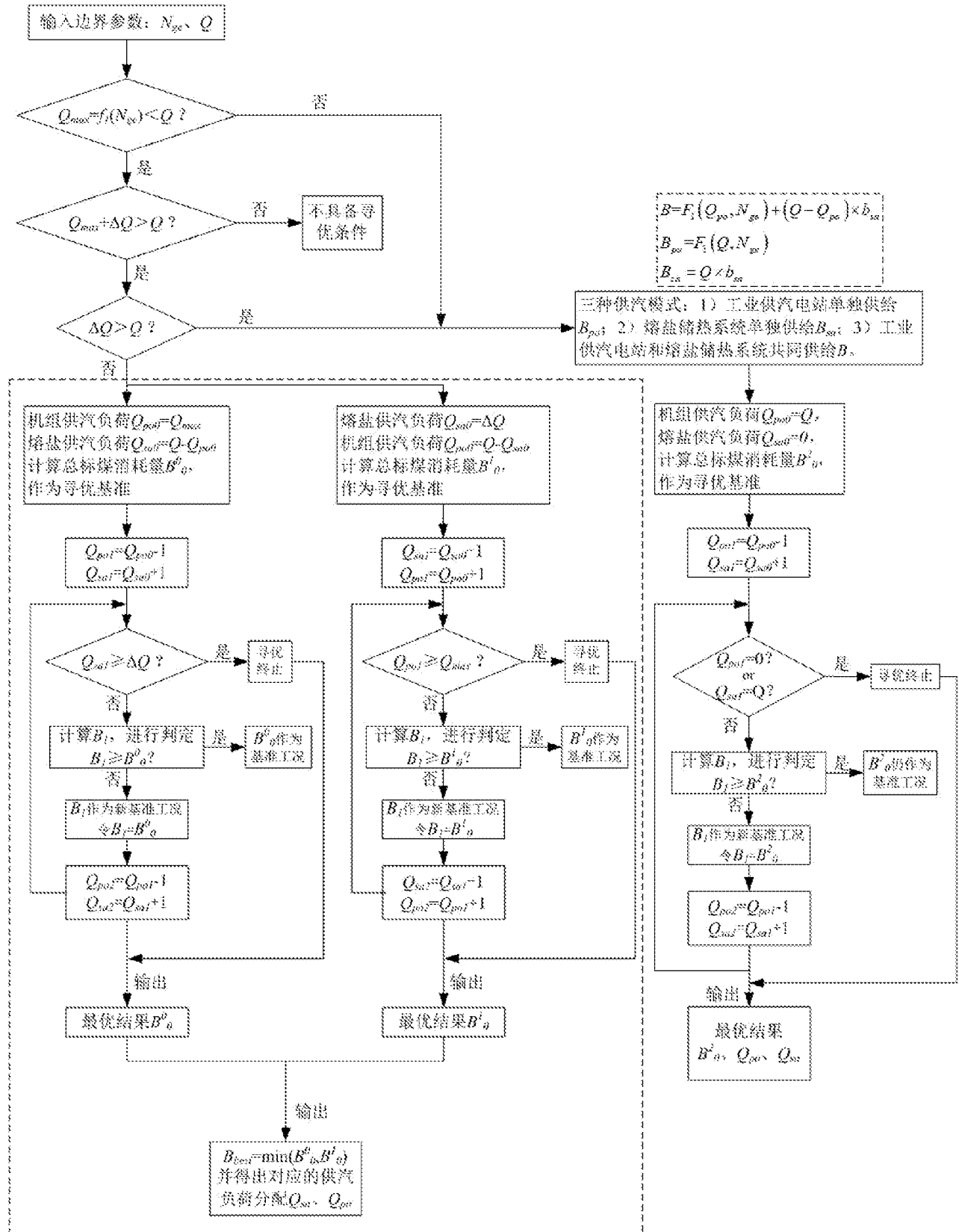


图 2

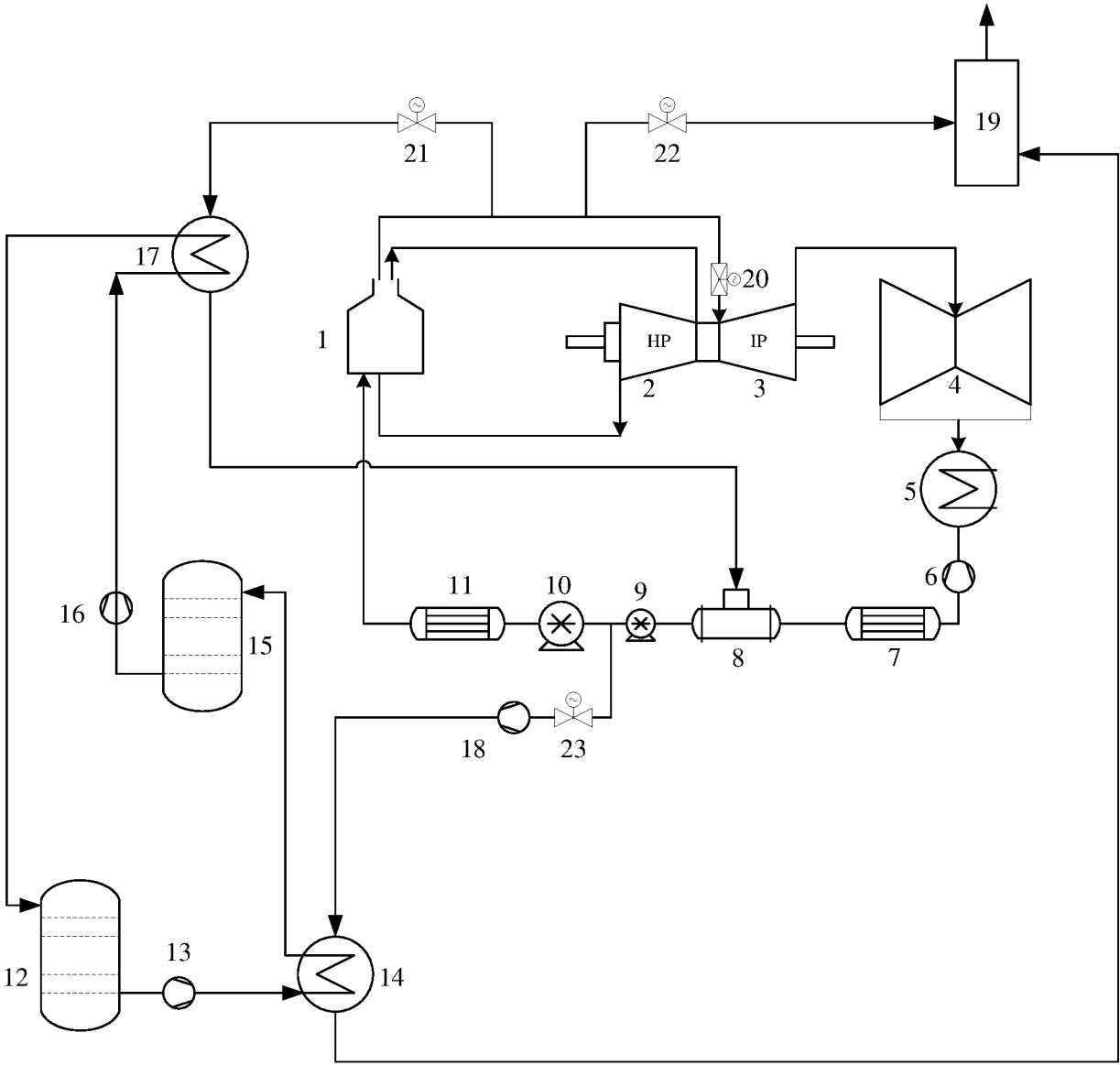


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/101968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06F 30/20(2020.01)i; F28D 20/00(2006.01)n; F22B 1/06(2006.01)n; G06F 111/04(2020.01)n; G06F 119/06(2020.01)n; G06F 119/08(2020.01)n; G06F 119/14(2020.01)n		
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) G06F; F28D; F22B		
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; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEEE: 马汀山, 吕凯, 程东涛, 居文平, 熔盐, 储热, 蓄热, 工业供汽电站, 耦合, 标煤, 消耗, 负荷, molten salt, heat, thermal, storage, industrial steam supply, power station, coupling, standard coal, consumption, load		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113343490 A (XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 03 September 2021 (2021-09-03) claims 1-8, description, paragraphs [0078]-[0143], and figures 1 and 2	1-13
Y	CN 113027543 A (XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 25 June 2021 (2021-06-25) description, paragraphs [0004]-[0048]	1-3, 7, 11-13
A	CN 113027543 A (XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 25 June 2021 (2021-06-25) description, paragraphs [0004]-[0048]	4-6, 8-10
Y	范庆伟 等 (FAN, Qingwei et al.). "基于储热过程的工业供汽机组热电解耦研究 (Research on Decoupling of Heat and Power of Industrial Steam Supply Unit Based on Heat Storage Process)" 汽轮机技术 (Turbine Technology), Vol. 61, No. 3, 30 June 2019 (2019-06-30), ISSN: 1001-5884, pages 188 and 221-223	1-3, 7, 11-13
☒ 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 05 August 2022		Date of mailing of the international search report 25 August 2022
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/101968

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	范庆伟 等 (FAN, Qingwei et al.). "基于储热过程的工业供汽机组热电解耦研究 (Research on Decoupling of Heat and Power of Industrial Steam Supply Unit Based on Heat Storage Process)" <i>汽轮机技术 (Turbine Technology)</i> , Vol. 61, No. 3, 30 June 2019 (2019-06-30), ISSN: 1001-5884, pages 188 and 221-223	4-6, 8-10
A	CN 111287811 A (XI'AN XIRE ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 June 2020 (2020-06-16) entire document	1-13
A	CN 111255534 A (XI'AN XIRE ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 June 2020 (2020-06-09) entire document	1-13
A	CN 111255532 A (SINOPEC ENERGY SAVING TECHNOLOGY SERVICE CO., LTD.) 09 June 2020 (2020-06-09) entire document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/101968

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113343490	A	03 September 2021	None			
CN	113027543	A	25 June 2021	None			
CN	111287811	A	16 June 2020	CN	111287811	B	15 June 2021
CN	111255534	A	09 June 2020	CN	211950613	U	17 November 2020
CN	111255532	A	09 June 2020	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/101968

A. 主题的分类

G06F 30/20(2020.01)i; F28D 20/00(2006.01)n; F22B 1/06(2006.01)n; G06F 111/04(2020.01)n; G06F 119/06(2020.01)n; G06F 119/08(2020.01)n; G06F 119/14(2020.01)n

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)

G06F; F28D; F22B

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;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE: 马汀山, 吕凯, 程东涛, 居文平, 熔盐, 储热, 蓄热, 工业供汽, 电站, 耦合, 标煤, 消耗, 负荷, molten salt, heat, thermal, storage, industrial steam supply, power station, coupling, standard coal, consumption, load

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
PX	CN 113343490 A (西安热工研究院有限公司 等) 2021年9月3日 (2021 - 09 - 03) 权利要求第1-8项, 说明书第[0078]-[0143]段, 附图1、2	1-13
Y	CN 113027543 A (西安热工研究院有限公司 等) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 说明书第[0004]-[0048]段	1-3、7、11-13
A	CN 113027543 A (西安热工研究院有限公司 等) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 说明书第[0004]-[0048]段	4-6、8-10
Y	范庆伟 等. “基于储热过程的工业供汽机组热电解耦研究” 汽轮机技术, 第61卷, 第3期, 2019年6月30日 (2019 - 06 - 30), ISSN: 1001-5884, 第188、221-223页	1-3、7、11-13
A	范庆伟 等. “基于储热过程的工业供汽机组热电解耦研究” 汽轮机技术, 第61卷, 第3期, 2019年6月30日 (2019 - 06 - 30), ISSN: 1001-5884, 第188、221-223页	4-6、8-10
A	CN 111287811 A (西安西热节能技术有限公司) 2020年6月16日 (2020 - 06 - 16) 全文	1-13

☒ 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

2022年8月5日

国际检索报告邮寄日期

2022年8月25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

受权官员

赵玉航

电话号码 (86-512) 88995879

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
A	CN 111255534 A (西安西热节能技术有限公司) 2020年6月9日 (2020 - 06 - 09) 全文	1-13
A	CN 111255532 A (中石化节能技术服务有限公司) 2020年6月9日 (2020 - 06 - 09) 全文	1-13

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/101968

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	113343490	A	2021年9月3日	无	
CN	113027543	A	2021年6月25日	无	
CN	111287811	A	2020年6月16日	CN 111287811 B	2021年6月15日
CN	111255534	A	2020年6月9日	CN 211950613 U	2020年11月17日
CN	111255532	A	2020年6月9日	无	