

太阳能辅助330 MW燃煤机组互补发电系统 动态特性及年性能分析

侯宏娟¹, 王学伟¹, 宋 红², 崔 浩¹, 岳仁兵¹, 赵 锦³

(1. 华北电力大学国家火力发电工程技术研究中心, 北京 102206; 2. 中机华信诚电力工程有限公司, 北京 100029;

3. 国网节能服务有限公司, 北京 100052)

摘 要: 基于TRNSYS仿真平台,对槽式太阳能辅助某330 MW燃煤互补发电系统典型日动态特性进行定量分析。结果表明,随着太阳能的引入,机组主蒸汽的温度、流量小幅波动,再热蒸汽温度下降、流量增加。在此基础上对互补发电系统的年性能展开分析。结果表明在一年中,互补发电系统所增加的功率在4~8月份明显高于其他月份。太阳能利用小时数在夏至日最高,冬至日最低,春分和秋分时二者接近并居于夏至和冬至日之间。

关键词: 太阳能; 系统集成; 燃煤电站; 动态特性; 年性能

中图分类号: TK512

文献标识码: A

0 引 言

将太阳能与燃煤发电机组集成,既可进一步降低燃煤发电煤耗,减少污染物排放;同时又能增加发电功率,缓解用电高峰时期的电力短缺,在我国具有广泛的市场。

太阳能与燃煤火电热力系统集成在国际上最早由 Zoschak 等^[1]提出,他们对比分析太阳能与800 MW 燃煤机组不同互补集成方案在初投资、设计及运行方面的前景。文献[2,3]针对太阳能集热系统以及太阳能集热场与燃煤机组的耦合机理与集成方案进行优化研究。文献[4~6]采用焓分析法对太阳能作为辅助热源预热给水的互补发电系统进行分析。文献[7~12]对槽式太阳能集热系统辅助燃煤机组回热系统加热给水的方案进行了变工况及年性能分析。文献[13]运用单耗理论分析太阳能辅助300 MW 燃煤发电机组热力系统各设备的附加单耗在系统集成前后的变化情况。文献[14]运用技术经济的基本原理对太阳能辅助燃煤机组互补发电系统的经济性能及其主要影响因素进行

了定量分析评价。文献[15~17]基于太阳能辅助燃煤发电系统的年性能以及非设计工况性能,从热力学和经济学的角度对太阳能辅助燃煤发电系统的主要参数进行了最优化分析。上述研究结果表明,用太阳能取代抽汽去加热给水是最为经济可行的太阳能利用模式。

然而,上述研究大多集中在方案的优化上,少有涉及互补发电系统的动态特性。本文以功率增大型槽式太阳能辅助某330 MW 亚临界燃煤机组为研究对象,基于TRNSYS仿真平台,对该集成互补方案的典型日动态特性展开研究,并定量分析互补发电系统的年性能。该成果可为太阳能辅助燃煤机组互补发电系统集成优化及运行调节提供参考。

1 互补发电系统流程描述

太阳能辅助燃煤发电系统如图1所示。在此系统中,太阳能作为辅助热源与高压加热器并联,通过油水换热器,全部或部分取代原有燃煤机组中高压加热器抽汽,而被取代的抽汽继续在汽轮机中膨胀做功。

收稿日期: 2017-11-16

基金项目: 国家重点基础研究发展(973)计划(2015CB251505); 国家电网公司科技项目(SGJN0000ASJS1700136); 中央高校基本科研业务费专项资金(2016XS26)

通信作者: 侯宏娟(1972—),女,博士、教授,主要从事太阳能热利用方面的研究。hongjuanh@ncepu.edu.cn

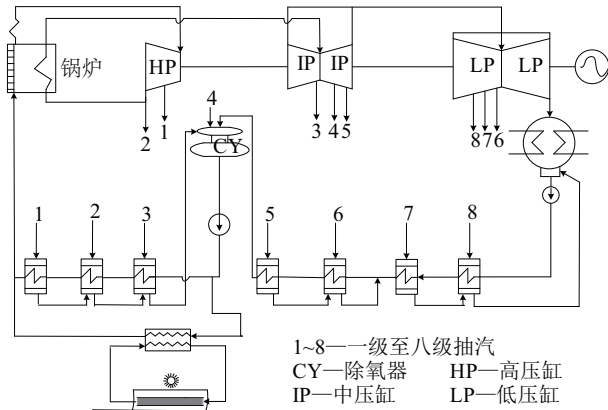


图1 太阳能辅助燃煤发电系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of solar aided coal-fired power generation (SAPG) system

由于太阳能的引入,高压加热器抽汽量减少,汽轮机通流部分流量增加,从而增加了汽轮机的发电量;主蒸汽流量不变,不影响锅炉沸腾与过热段吸热量,但由于高压缸排汽量增加,再热吸热量会相应增加。

在本研究中,太阳能集热系统采用定出口温度的运行方式。流经集热场的导热油流量需随集热场温度的波动而调整,为使锅炉给水温度控制在规定范围内,流经油水换热器的给水流量也需随之调整。本文基于互补系统“功率增大型”的运行模式(即有太阳能输入时互补系统输出功率增大)开展研究。

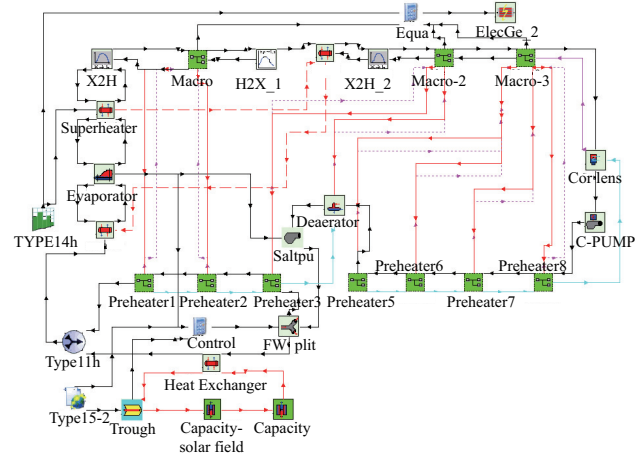
2 系统建模及性能评价

2.1 系统建模

基于图1,在TRNSYS(transient system simulation program)平台搭建槽式太阳能辅助燃煤发电系统,如图2所示。其中太阳能集热场模型由天气部件type15-2、集热场部件type396以及热惯性部件type306组成;汽轮机模型由多个汽轮机级组成,汽轮机级组模型由汽轮机级组部件type318和蒸汽分流部件type389组成;给水换热器模型由凝结段部件type317和过冷段部件type320组成。

2.1.1 集热场模型

集热场导热油净得热量和热损失如式(1)、式(2)所示:



Evaporator—蒸发器 Superheater—过热器

Preheater1~3—1~3#高压加热器 Preheater5~8—5~8#低压加热器

Deaerator—除氧器 Saltpu—给水泵 C-PUMP—凝结水泵

Condens—凝汽器 ElecGe—发电机 Macro—高压缸

Macro-2—中压缸 Macro-3—低压缸 Heat Exchanger—油水换热器

Trough—集热场 Capacity—热容量部件 FWsplit—给水分流器

Type11h—给水汇流器 Control—控制部件 Type15-2—天气部件部件

X2H—温度与焓转换部件 H2X—焓与温度转换部件

Equa—数据计算部件 TYPE14h—时间控制部件

图2 太阳能辅助燃煤发电系统流程图

Fig. 2 Diagram of SAPG system in TRNSYS software

$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{abs}} - Q_{\text{loss}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{loss}} = \left(q_{\text{pipe}} \cdot A \cdot \frac{T_{\text{avg}}}{343} + Q_{\text{tank}} \cdot \frac{T_{\text{avg}}}{275} \right) \cdot 3.6 \quad (2)$$

式中, Q_{net} ——导热油流经集热场的净得热量, kJ/h;
 Q_{abs} ——导热油流经集热场的得热量, kJ/h;
 Q_{loss} ——集热场热损失, kJ/h; q_{pipe} ——单位面积集热单元在油温 343 °C、环境温度 23 °C 时的散热损失, W/m²; A ——集热场的有效集热面积, m²;
 Q_{tank} ——集热场储油罐在油温 275 °C、环境温度 23 °C 时的散热损失, W; T_{avg} ——集热场进出口油温平均温度, °C。

2.1.2 省煤器/过热器/再热器模型

在TRNSYS中,省煤器/过热器/再热器模型由以式(3)、式(4)确定:

$$e = \frac{1 - \exp\left\{-\frac{U_a}{(c_p \cdot F)_{\min}} \cdot \left[1 - \frac{(c_p \cdot F)_{\min}}{(c_p \cdot F)_{\max}}\right]\right\}}{1 - \frac{(c_p \cdot F)_{\min}}{(c_p \cdot F)_{\max}} \cdot \exp\left\{-\frac{U_a}{(c_p \cdot F)_{\min}} \cdot \left[1 - \frac{(c_p \cdot F)_{\min}}{(c_p \cdot F)_{\max}}\right]\right\}} \quad (3)$$

$$Q_t = \frac{e \cdot (c_p \cdot F)_{\min} \cdot (T_{hi} - T_{ci})}{(c_{pc} \cdot F_c)} \quad (4)$$

式中, e ——省煤器/过热器/再热器效能; c_{ph} 、 c_{pc} ——烟气、给水(或蒸汽)的比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; F_h 、 F_c ——烟气、给水(或蒸汽)的流量, kg/h ; U_a ——省煤器(过热器)的换热系数, $\text{kJ}/(\text{h} \cdot \text{K})$; T_{ci} 、 T_{hi} ——给水(或蒸汽)和烟气的进口温度, $^\circ\text{C}$; Q_t ——省煤器(过热器、再热器)的有效传递热量, kJ/h 。

2.1.3 汽轮机级组模型 type318

太阳辐射强度变化时会导致回热抽汽量发生变化,从而引起汽轮机工况的改变。

$$p_i = \sqrt{\left(\frac{F_i}{F_{\text{ref}}}\right) \cdot (p_{\text{iref}}^2 - p_{\text{oref}}^2) + p_o} \quad (5)$$

式中, F_i 、 F_{ref} ——汽轮机的进口蒸汽流量与参考流量, kg/h ; p_{iref} 、 p_{oref} ——汽轮机的进、出口参考压力, MPa ; p_i 、 p_o ——汽轮机的进、出口实际压力, MPa 。

2.2 性能评价模型

太阳能辅助燃煤发电系统是一种多能源输入的复杂能量系统,本文拟通过太阳能发电功率、太阳能光电转换效率和节煤率 3 个指标对太阳能辅助燃煤发电系统进行分析评价。

1) 太阳能发电功率

$$P_s = P_e - Q_b \cdot \eta_{\text{ref}} \quad (6)$$

式中, P_s ——某一时刻的太阳能发电功率, MW ; P_e ——太阳能辅助燃煤发电系统的发电功率, MW ; Q_b ——单位时间内燃料带入锅炉的热量, MW ; η_{ref} ——参考燃煤机组的发电效率。

2) 太阳能光电转换效率

$$\eta_{\text{se}} = \frac{P_s}{Q_{\text{ld}}} = \frac{P_e - P_y}{Q_{\text{ld}}} \quad (7)$$

式中, η_{se} ——互补系统光电转换效率; P_y ——原燃煤机组的发电功率, MW ; Q_{ld} ——落在集热器上总太阳直射辐射能, kJ/h 。

3) 节煤率

$$\Delta b = b^* - b_h^* \quad (8)$$

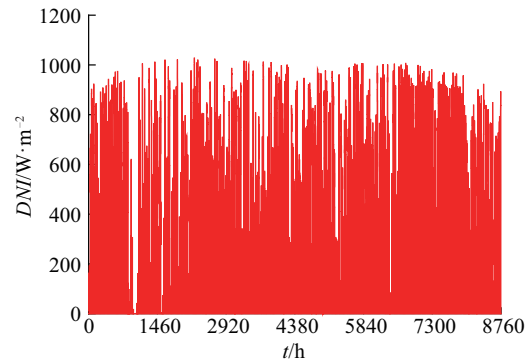
式中, Δb ——互补系统节煤率, g/kWh ; b^* ——参考燃煤机组发电标准煤耗率, g/kWh ; b_h^* ——互补系统

发电标准煤耗率, g/kWh 。

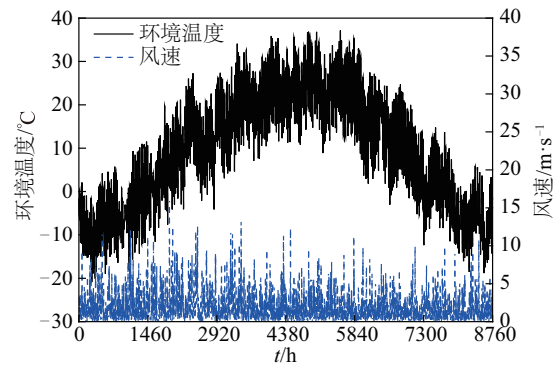
3 案例分析

3.1 集热场选取/设计

以槽式太阳能辅助敦煌(东经 94.41° , 北纬 40.08°) 某电厂 330 MW 亚临界燃煤发电机组为例展开分析研究,敦煌典型年天气数据如图 3 所示。选取太阳集热系统全部取代 3 级高加抽汽为设计工况。敦煌太阳直射辐射 DNI (direct normal irradiance) 值全年高于 $300 \text{ W}/\text{m}^2$ 的时段平均值为 $688.92 \text{ W}/\text{m}^2$, 近似选取设计点 DNI 值为 $700 \text{ W}/\text{m}^2$, 入射角为 0° , 环境温度为 23°C 。集热器采用 LS-2 典型槽式集热器,集热场中每个回路包含 4 个集热组件,每个集热组件长约 150 m ,每条回路的开口集热面积为 3270 m^2 。集热器采用南北水平轴单轴跟踪布置,传热工质为 VP-1 导热油,列间距取 12.5 m ^[18]。



a. 全年辐照情况



b. 全年环境温度与风速情况

图3 敦煌地区全年天气数据

Fig. 3 Annual meteorological data in Dunhuang

由于太阳能与燃煤互补发电系统运行稳定性

与气象条件密切相关。在实际运行时, DNI 会不断发生变化,当太阳辐照不同时,一定面积下的集热场所获得的太阳能热量会有所不同,而不同的太阳能热量会对燃煤机组侧的运行带来不同影响。实时变化的 DNI 首先会影响集热场的导热油出口温度和流量,导热油油温和流量的变化又会影响锅炉给水温度进而影响影响锅炉各换热面的换热,从而对机组的性能产生影响。因此,选取典型日对其动态性能展开研究。

3.2 典型日动态特性

互补系统设计点参数如表 1 所示。

表 1 互补系统设计点参数

Table 1 Design point parameters of SAPG system

参数	数值
取代高加级数	全部 3 级
集热场标准回路数	74
集热场采光面积/ m^2	241980
互补系统输出功率/ MW	378.5
太阳能发电功率/ MW	48.5
光电转换效率/ $\%$	25
发电标准煤耗率/ $\text{g}\cdot(\text{kWh})^{-1}$	253
节煤率/ $\text{g}\cdot(\text{kWh})^{-1}$	33.3

3.2.1 典型日动态特性分析

选取春分、夏至、秋分、冬至 4 个典型日(3 月 20 日、6 月 21 日、9 月 22 日、12 月 21 日)对互补系统的动态特性进行分析,结果如图 4 所示。由图 4 可看出,在春分和秋分时太阳能的利用小时数接近(约 7 h),夏至最高(约 10 h),冬至最低(约 4 h)。在春分和秋分时,集热场集热效率峰值约 50%,太阳能光电效率约 20%。在冬至时,由于太阳光入射角较大,余弦损失大,环境温度低,散热损失大,且日照时间短,一天中集热场只有较短时间在运行,集热场集热效率峰值仅约 20%,太阳能光电效率约为 6%。而在夏至日时,光照充足,集热场运行时间长,集热场集热效率峰值约 58%,太阳能光电效率接近 25%。在春分、秋分、夏至 3 个典型日中,集热场集热效率曲线波峰处出现了局部的波谷,这是由于入射角损失在正午时增大所致。在夏至日时正

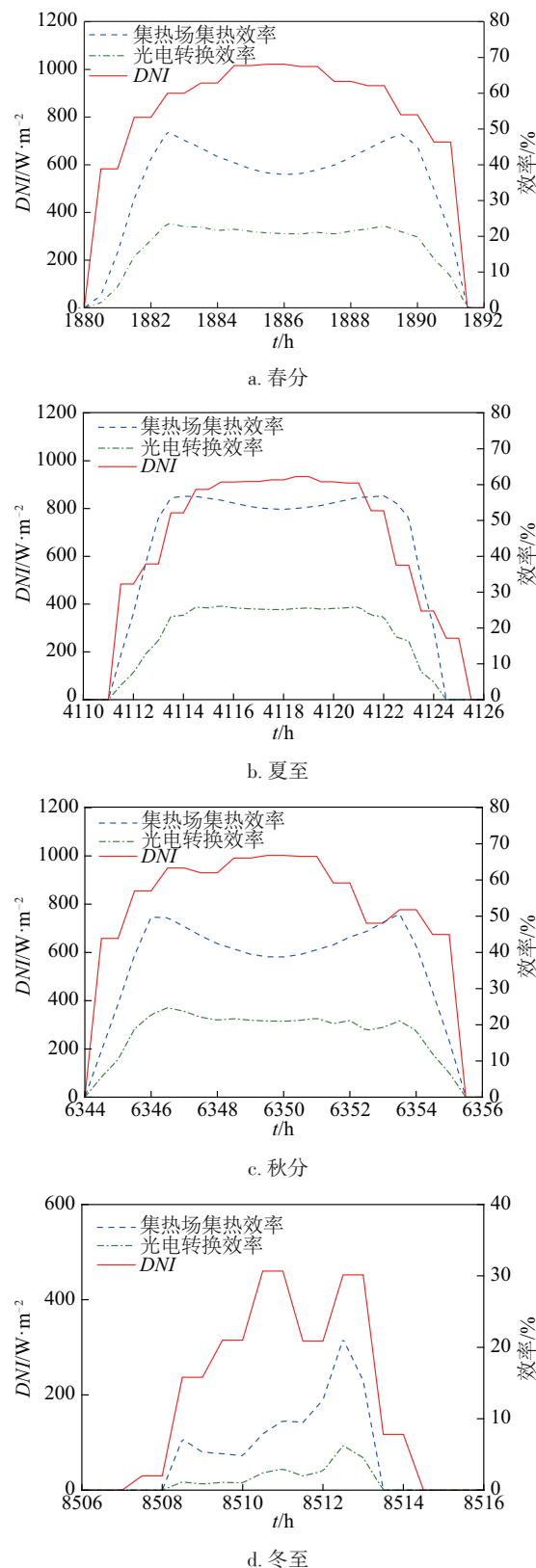
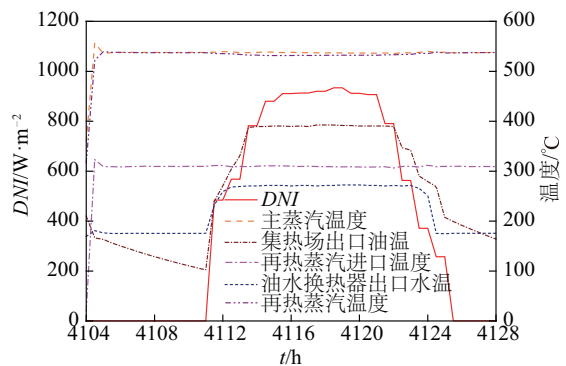


图4 四季典型日互补系统动态特性

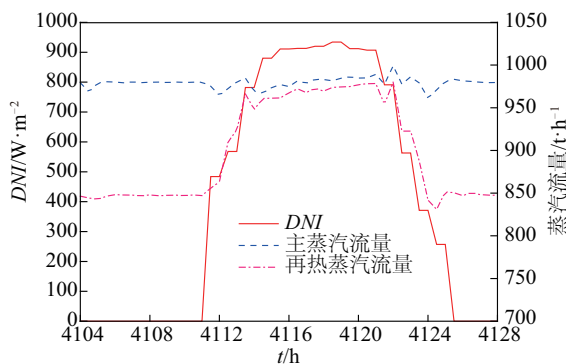
Fig. 4 Dynamic characteristics of SAPG system in typical days of four seasons

午入射角损失相对较小,因而在集热场集热效率曲线波峰处的局部波谷相对平缓。

以夏至日为例,互补系统的主要参数随 DNI 的变化如图 5 所示。由图 5a 可看出,在无 DNI 时,机组按纯燃煤电站的方式运行,此时的给水温度和机组主、再热温度基本维持在设计点;由于热损的存在,集热场的出口导热油温呈下降趋势。当 DNI 值达到 300 W/m^2 后,集热场开始启动,集热场导热油出口温度逐步升高到约 $392 \text{ }^\circ\text{C}$ (稳定状态),油水换热器的出口水温也随之快速升高到稳定状态,达到约 $273 \text{ }^\circ\text{C}$,此后维持在稳定状态(将近 10 h),直到 DNI 值低于 300 W/m^2 时退出运行。相应的,随着太阳能引入,机组主蒸汽的温度和流量小幅波动,再热蒸汽温度下降约 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。这是由于太阳能的引入导致高压给水加热器抽汽量减少,汽轮机通流部分流量增加,再热蒸汽量增加(如图 5b 所示),在机组的燃煤量未改变,造成再热汽温有所下降。



a. 夏至温度变化



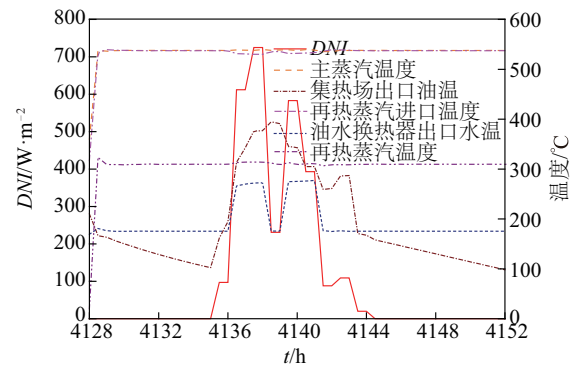
b. 夏至流量变化

图5 夏至日互补系统主要参数变化

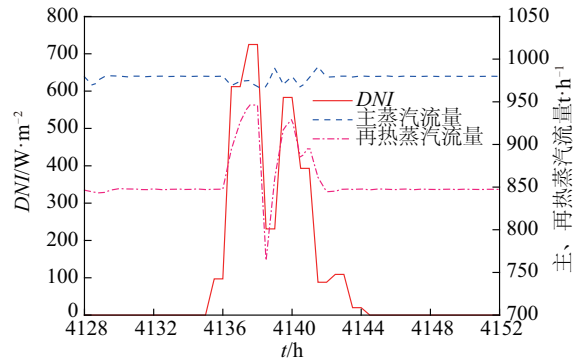
Fig. 5 Main parameters changes of SAPG system at summer solstice

3.2.2 DNI 突变动态特性分析

在互补发电系统实际运行中,有时会出现短暂云遮或阴天等天气状况,此时系统会偏离设计工况。因此研究系统主要参数对 DNI 大幅波动的响应就显得十分必要。选取 DNI 波动剧烈的一天为例,展开分析。图 6 为 DNI 突变时互补系统的主要参数变化。由图 6a 可看出,在这一天的中午时分,由于云遮或阴天 DNI 值从 725 W/m^2 突变到约 230 W/m^2 ,变化幅度将近 500 W/m^2 。当 DNI 突降低于 300 W/m^2 时,油水换热器会从互补系统中切除,此时集热场出口导热油温会先升高后降低。这是由于油水换热器切除后,导热油不再经过油水换热器进行换热,但还继续在集热场中循环流动,开始集热场得热大于热损,导热油温度会有所上升,之后由于热损失大于得热量,使得导热油温度开始下降。由图 6b 可知,此时主蒸汽温度和流量会小幅波动,而再热蒸汽流量出现快速降低、温度略有升高。这是因为此时高加抽汽量增加用以弥补太阳能得热量的不足。若再热蒸汽流量波动较大,会影



a. 温度变化



b. 流量变化

图6 DNI 突变互补系统主要参数变化Fig. 6 Main parameters change of SAPG system when DNI mutation

响机组的稳定运行,因此在机组运行时需时刻关注天气变化,做好预判。

3.3 典型年性能分析

由于太阳辐射随昼夜、季节的不同而变化,因此还对互补系统年运行性能开展了研究,该互补系统典型年主要参数逐时变化如图 7 所示。由图 7a 可看出,4~8 月份期间,因太阳能的引入,系统增加的功率较高。这是由于该段时间内 DNI 值和环境温度相对较高,同时周围环境的风速较低(如图 3b 所示),太阳光线入射角、散热损失和余弦损失都较小,太阳能集热场得热较多,高压加热器所需抽汽减少,汽轮机通流部分流量增加,再热蒸汽量增加(如图 7b 所示),从而使汽轮机的出力增加,发电量增多,发电煤耗下降。由图 7c 可看出,4~8 月份期间系统相应的煤耗从 288 g/kWh 降至 258 g/kWh,降幅高达 30 g/kWh,节煤效果显著;9 月份至次年的 3 月份期间煤耗从 288 g/kWh 降至 275 g/kWh。互补系统的年性能参数如表 2 所示。

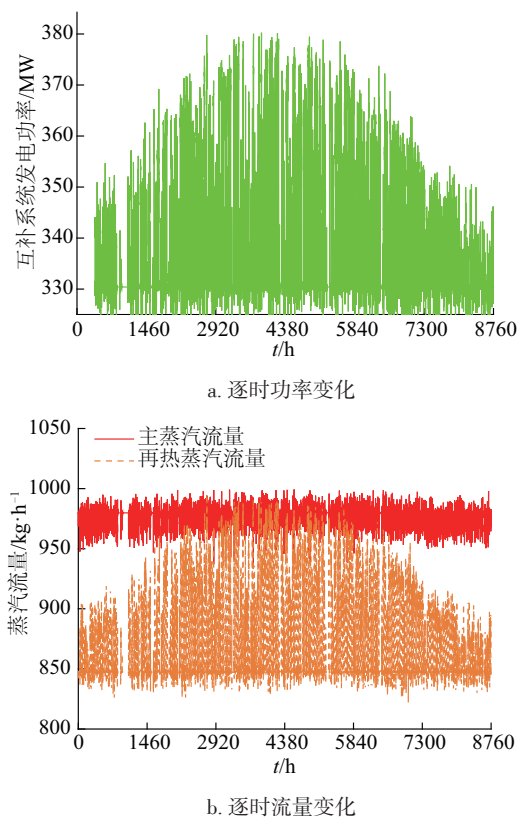


图7 敦煌地区典型年互补系统主要参数逐时变化
Fig. 7 Hourly variation of main parameters of SAPG system in Dunhuang

表2 互补系统年性能参数

Table 2 Annual performance parameters of SAPG system

参数	数值
设计点 $DNI/W \cdot m^{-2}$	700
集热场所需回路数	74
集热场集热面积/ m^2	241980
设计点互补发电系统功率/MW	378.5
设计点太阳能发电功率/MW	48.5
太阳能年发电量/ $\times 10^4 kWh$	6139.97
年均光电转换效率/%	15.02
年均发电煤耗/ $g \cdot (kWh)^{-1}$	282.37
年均节煤率/ $g \cdot (kWh)^{-1}$	5.45

4 结 论

本文搭建立太阳能辅助某 330 MW 燃煤机组互补发电系统模型,对该系统进行典型日动态特性分析,并在此基础上定量分析互补发电系统的年性能,得出以下结论:

- 1)在春分和秋分时太阳能利用小时数接近(约 7 h),夏至最高(约 10 h),冬至最低(约 4 h)。
- 2)随着太阳能的引入,机组主蒸汽的温度和流量小幅波动,再热蒸汽温度有所降低,油水换热器的出口水温可维持在约 273 ℃。
- 3)当 DNI 突降后,主蒸汽温度和流量会小幅波动,再热蒸汽流量快速降低、温度略有升高,再热蒸汽流量波动相对较大。因此,在机组运行时需时刻关注天气变化,做好预判。
- 4)在每年的 4~8 月份期间互补系统增加的功率相对较高,年均光电转换效率为 15.02%,年均节煤率为 5.45 g/kWh,节煤潜力巨大。

[参考文献]

- [1] Zoschak R, Wu S F. Studies of the direct input of solar energy to a fossil-fueled central station steam power plant [J]. Solar Energy, 1975, 17(5): 297—305.
- [2] 阎 秦. 太阳能辅助燃煤发电系统热力特性研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2011.
- [2] Yan Qin. Thermodynamic characteristic research on solaraided coal-fired power generation system [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2011.

- [3] 杨勇平, 崔映红, 侯宏娟, 等. 太阳能辅助燃煤一体化热发电系统研究与经济性分析[J]. 中国科学E辑: 技术科学, 2009, 39(4): 673—679.
- [3] Yang Yongping, Cui Yinghong, Hou Hongjuan, et al. Research and economic analysis of solar assisted coal-fired integrated thermal power generation system[J]. SCIENCE CHINA Technological Sciences, 2009, 39(4): 673—679.
- [4] Ying You, Hu Eric. Thermodynamic advantages of using solar energy in the regenerative Rankine power plant [J]. Applied Thermal Engineering, 1999, 19(11): 1173—1180.
- [5] Hu Eric, Yang Yongping, Nishimura A, et al. Solar thermal aided power generation[J]. Applied Energy, 2010, 87(9): 2881—2885.
- [6] Gupta M, Kaushik S. Exergetic utilization of solar energy for feed water preheating in a conventional thermal power plant[J]. International Journal of Energy Research, 2009, 33(6): 593—604.
- [7] Hou Hongjuan, Yang Yongping, Hu Eric, et al. Evaluation of solar aided biomass power generation systems with parabolic trough field [J]. Science China Technological Sciences, 2011, 54(6): 1455—1461.
- [8] Hou Hongjuan, Yu Zhenyue, Yang Yongping, et al. Performance evaluation of solar aided feedwater heating of coal-fired power generation (SAFHCPG) system under different operating conditions[J]. Applied Energy, 2013, 112(16): 710—718.
- [9] 侯宏娟, 王梦娇, 杨勇平. 太阳能辅助燃煤发电系统性能的火用方法分析[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1): 119—125.
- [9] Hou Hongjuan, Wang Mengjiao, Yang Yongping. Method of exergy performance ssceg system analysis[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1): 119—125.
- [10] 张民幸, 侯宏娟, 周传文, 等. 槽式太阳能双工质回路热发电系统能量分析及焓分析[J]. 现代电力, 2012, 29(6): 74—78.
- [10] Zhang Minxing, Hou Hongjuan, Zhou Chuanwen, et al. Energy analysis and exergy analysis of trough solar duplex loop thermal power generation system[J]. Modern Electric Power, 2012, 29(6): 74—78.
- [11] 侯宏娟, 毛 剑, 杨勇平, 等. 太阳能辅助燃煤机组发电系统集热温度优化[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(20): 76—81.
- [11] Hou Hongjuan, Mao Jian, Yang Yongping, et al. Optimization of solar collector working temperature for solar aided coal-fired power generation systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(20): 76—81.
- [12] Hou Hongjuan, Wang Mengjiao, Yang Yongping, et al. Performance analysis of a solar-aided power generation (SAPG) plant using specific consumption theory[J]. Science China Technological Sciences, 2015, 59(2): 1—8.
- [13] 陈海平, 于鑫玮, 鲁光武, 等. 太阳能辅助加热燃煤机组给水系统单耗分析[J]. 电力建设, 2013, 34(4): 58—62.
- [13] Chen Haiping, Yu Xinwei, Lu Guangwu, et al. Fuel specific consumption analysis on water supply system of coal-fired units with solar energy auxiliary heating system[J]. Electric Power Construction, 2013, 34(04): 58—62.
- [14] 毛 剑, 杨勇平, 侯宏娟, 等. 太阳能辅助燃煤发电技术经济分析[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(6): 1406—1412.
- [14] Mao Jian, Yang Yongping, Hou Hongjuan, et al. Techno-economic analysis of solar thermal aided coal-fired power plants[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(6): 1406—1412.
- [15] Wu Junjie, Hou Hongjuan, Yang Yongping. Annual economic performance of a solar-aided 600 MW coal-fired power generation system under different tracking modes, aperture areas, and storage capacities[J]. Applied Thermal Engineering, 2016, 104: 319—332.
- [16] 黄 畅, 侯宏娟, 徐 璋, 等. 太阳能辅助不同容量燃煤机组热性能分析[J]. 工程热物理学报, 2016, 37(4): 695—0701.
- [16] Huang Chang, Hou Hongjuan, Xu Zhang, et. Thermal performance analysis of solar aided various capacity coal-fired power generation (SACPG) system[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2016, 37(4): 695—0701.
- [17] Huang Chang, Hou Hongjuan, Hu Eric, et al. Impact of power station capacities and sizes of solar field on the performance of solar aided power generation[J]. Energy, 2017, 139: 667—679.
- [18] 於震跃. 槽式太阳能集热场辅助燃煤发电系统的性能分析[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [18] Yu Zhenyue. Performance analysis of trough solar collector field aided coal-fired power system[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2012.

DYNAMIC CHARACTERISTIC AND ANNUAL PERFORMANCE ANALYSIS OF SOLAR ASSISTED 330 MW COAL-FIRED UNIT HYBRID POWER GENERATION SYSTEM

Hou Hongjuan¹, Wang Xuewei¹, Song Hong², Cui Hao¹, Yue Renbing, Zhao Jin³

(1. *National Thermal Power Engineering & Technology Research Center, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;*

2. *Sinomec Huaxin Electric Engineering Co., Ltd., Beijing 100029, China;*

3. *State Grid Energy Conservation Services Co., Ltd., Beijing 100052, China)*

Abstract: Based on the TRNSYS simulation platform, the typical daily dynamic characteristics of a parabolic trough solar system aided 330 MW coal-fired power generation (SAPG) system are analyzed. The results show that with the introduction of solar energy, the main steam temperature and flow rate fluctuate slightly, the reheated steam temperature decreases and the flow rate increases. Based on this, the annual performance of the SPAG system are studied. The results show that from April to August, the increase of the SPAG system output are obviously higher than other months'. Solar energy utilization hours are highest in the summer solstice, lowest in the winter solstice, and that of the vernal equinox and autumnal equinox is between above.

Keywords: solar energy; system integration; coal-fired power plant; dynamic characteristics; annual performance