(热力循环)

文章编号:1001-2060(2013)06-0573-07

天然气热电联供系统改造及州经济分析

胡嘉灏1,罗向龙1,陈 颖1,华 贲2

(1. 广东工业大学 材料与能源学院 广东 广州 510006; 2. 华南理工大学 天然气利用研究中心, 广东 广州 510640)

摘 要在传统的天然气热电联供系统基础上,提出了改进的 电、蒸汽、热水联供系统。该改进系统的特点之一是以凝汽 器冷却水作为供热水源实现部分或全部利用冷却水余热;特 点之二是增加烟气 - 热水换热器以充分利用烟气余热。应 用 Cycle - Tempo 软件对改进前后的热电联供系统进行了模 拟。基于符号/// 经济学,构建了电、蒸汽、热水联供系统的 产品成本分配模型,计算出主要产品电、蒸汽、热水单位/// 经济成本。通过经济分析,比较了改进方案与传统方案出售 电、蒸汽、热水的经济收益,并计算改造投资回收期。通过敏 感性分析,讨论了天然气、电、蒸汽和热水的市场价格变化对 各产品单位/// 经济成本、系统的经济收益及对改造投资回 收期的影响,验证了/// 经济分析和经济性分析的结论。

关 键 词: 热电联供; /州经济分析; 符号//州经济学; Cycle– Tempo

中图分类号: TK11; TM611 文献标识码: A

引 言

开发新能源,提高常规能源的利用效率是节能 减排的两个主要途径。天然气是提高能效、减排二 氧化碳的关键一次能源。天然气热电联供系统从能 源的梯级利用观念出发,根据能量的品位梯级利用, 提高能源利用率^[1],与传统供能方式相比具有能效 高、清洁环保、削峰填谷、安全性和经济性好等优 点^[2]。由于目前天然气价格还比较高,为了提高天 然气热电联供系统的经济性,其流程设计优化和方 案选择有着重要的研究意义。但是,该以什么标准 来评价天然气热电联供方案的优劣?在目前倡导的 "节能,环保"的前提下,往往用系统能量转换高效 率(高烟效率)作为评价天然气热电联供方案优劣 的标准。而在实际热力系统中,烟效率高通常是建 立在高投资的基础上,对一个用户来说,需同时考虑 系统能量转换的效率和初投资,所以将烟分析方法 与经济学相结合形成了一门交叉学科—烟经济 学^[3]。烟经济学能够更全面而客观地评价天然气 热电联供方案的选择。

广东某热电联产项目基于燃气一蒸汽联合循环 机组,向附近用户提供工业用蒸汽,以及向开发区提 供商住用生活热水。以该项目为研究对象,设计了 一种新的供热水方案。通过建立热力学模型并进行 烟经济分析、经济性分析,将新方案与传统的汽轮 机抽汽加热方案进行了对比。

1 电、蒸汽、热水联供系统模型

1.1 改进前后的电、蒸汽、热水联供系统

图1和图2分别是改进前后的电、蒸汽、热水联 供系统流程图。传统方案的基本流程是: 天然气进 入燃烧室 与压缩空气混合 燃烧 产生高温烟气推 动燃气轮机做功发电。从燃气轮机出来的烟气进入 双压余热锅炉 回收烟气余热产生两股压力的蒸汽, 高压蒸汽用于蒸汽轮机发电;低压蒸汽分成两股,一 股用于加热生活热水,一股补入汽轮机做功。当余 热锅炉低压蒸汽不能满足生活热水负荷需求时 汽 轮机抽汽起补给作用。在传统方案中,余热锅炉的 排烟温度还比较高,凝汽器冷却水带走的大量低品 位热能没有被系统利用 损失到环境中。改进方案 能够进一步利用系统废热:首先,以凝汽器冷却水作 为供热水水源 实现部分或全部利用凝汽器冷凝潜 热;然后,增加烟气-热水换热器以充分利用余热锅 炉排放烟气的余热加热生活热水;最后 ,当余热加热 不能满足热水用户需求时再通过余热锅炉蒸汽加热 (如图2虚线框)。

收稿日期: 2013-04-01; 修订日期: 2013-04-12

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(51006025);广州经济技术开发区科技计划项目(2011Q – P046) 作者简介:胡嘉灏(1988 –),男,广东清远人,广东工业大学硕士研究生.







图 2 改进的电、蒸汽、热水联供系统流程图 Fig. 2 Chart showing the flow path of an improved power, steam and hot water cogeneration system

1.2 系统流程模拟

采用荷兰代尔夫特理工大学参与开发的热力学 建模和系统优化软件 Cycle – Tempo^[4],对改进前后 的联供系统进行热力学平衡模拟。改进前后的联供 系统流程模型分别如附图 1 和附图 2 所示。

1.3 蒸汽轮机等熵效率模型

Cycle – Tempo 程序中已包含各种设备模型的 质量平衡方程和能量平衡方程,无需用户自己建立。 对于蒸汽轮机,其等熵效率可以通过用户自定义,本 研究采用如下公式计算汽轮机的等熵效率^[5]:

$$\eta^{is} = \frac{6}{5\beta} \left(1 - \frac{\alpha}{\Delta h^{is} m^{dn}} \right) \left(1 - \frac{m^{dn}}{6m^{in}} \right)$$
(1)

2 / 佣经济分析模型

烟经济学自 20 世纪 50 年代末期产生之后,先后 出现了多种学派。其中西班牙学者 Valero 提出的 符号烟经济学^[6]理论成熟并简单实用,基本上包含

2.1 事件矩阵

假设所研究能量系统有 n 个子系统 ,m 股烟 流 ,那么可以用一个 $m \times n$ 的矩阵 A 来描述各股烟 流与各子系统的关系: 以 a_{ij} 代表各项元素 ,其下标 i代表第 i 个子系统 j 代表第 j 股烟流。第 j 股烟流 输入第 i 个子系统则记作 $a_{ij} = 1$; 第 j 股烟流流出第 i 个子系统时则记作 $a_{ij} = -1$; 若第 j 股烟流既不输 入也不输出第 i 个子系统 ,则记为 $a_{ij} = 0$ 。A 即为该 系统的事件矩阵。

2.2 烟成本与烟经济成本方程

烟成本的定义是在单位时间内为生产一物理流 所需要的烟量,以 E^* 表示,用单位烟流表示则为单 位烟成本 $K^* = E^*/E$ 。烟经济成本的定义是单位 时间内产生每股流所消耗的现金值,它考虑了设备 折旧、维修及劳务工资等非能量费用,以 Π 表示,其 单位为元/秒。单位烟经济成本表示生产单位烟流 需要的现金值,以C表示,单位为元/焦。 E^* , Π ,C之间的关系是:

$$\Pi = CK^* E^* \tag{2}$$

2.3 烟成本计算的补充方程

对于大部分系统来说,其中的/// 其中的/// 其中的/// 太于子 系统数 n / 要对每一股物理流求得唯一解,就需增加 m - n 个补充方程。根据"燃料 - 产品 - 剩余"定 义,成本分配补充方程有下面几个规定:

规定1燃料单位////成本等于造成这股///流的 单位///成本。

规定 2 在没有外部定价的情况下,生成子系统 输出的所有产品的单位畑成本都一样。

规定 3 所有的残留和副产品,可能是由外部定 价,但必须如正常产品一样地清晰地出现。

有了补充方程,就能确定补充方程的系数矩阵 α [(*m* – *n*) ×*m*]和其向量ω[(*m* – *n*) ×1],于是计 算畑经济成本的方程组应具有下列结构:

$$A \times \Pi + Z = 0 \tag{3}$$

式中: $\overline{A} = \begin{bmatrix} A \\ \alpha \end{bmatrix}$, $\overline{Z} = \begin{bmatrix} Z \\ -C_{\omega}^{*} \omega \end{bmatrix}$

其中 Z 是按时间单位分配的设备折旧、维修及 劳务工资等折合成本。

联立式(2)、式(3) 可得单位烟经济成本的计算 公式^[9]: $C = -K^{*T} (E_{D}^{*})^{-1} \times \bar{A}^{-1} \times \bar{Z}$ (4) 式中: K^{*T} 单位烟成本行向量; E_{D}^{*} 一个对角矩 阵, 对角线上元素为各股烟流的烟值。

3 方案分析

3.1 初始参数与投资成本

根据广东某热电联产项目的数据,电、蒸汽、热 水联供系统的初始参数如表1所示。各设备的年度 化投资成本计算结果如表2所示。

表1 电、蒸汽、热水联供项目初始参数

Tab. 1 Initial parameters of the power steam and hot water cogeneration system

初始参数	
燃气轮机机组出力/MW	70.14
燃气轮机天然气耗量 $/m^3 \cdot a^{-1}$	1.54×10^8
天然气成本/元・m ⁻³	2.6
高压蒸汽压力/温度(MPa/℃)	5.5/520
低压蒸汽压力/温度(MPa/℃)	0.55/200
工艺蒸汽热负荷/kW	3012
生活热水温度/℃	70
生活热水需求量/t・a ⁻¹	2.19×10^{6}

長2	各设备的年投资成本

Tab. 2 Annual investment costs of various equipment items

いタ	年度化投资/万元・a ⁻¹				
以留	传统方案	改进方案			
燃气轮机 ^[10]	3497.62	3497.62			
余热锅炉[11]	431.82	431			
蒸汽轮机 ^[10]	256.18	300.44			
凝汽器 ^[10]	5.94	7.93			
除氧器 ^[10]	11.11	11.11			
发电机 ^[10]	12.16	13.67			
水泵[10]	3.96	5.13			
换热器 ^[12]	19.59	26.25			
总额	4237.66	4293.15			

3.2 烟经济分析补充方程

传统方案: $K_{\rm f}^* = K_{\rm a}^* = K_{37}^* = K_{40}^* = K_{44}^* = 1$, $K_7^* = K_{39}^* = 0$, $K_1^* = K_2^* = K_3^* = K_4^* = K_5^* = K_6^* =$ $K_{\rm gt}^* = 1$, $K_{12}^* = K_{20}^*$, $K_{17}^* = K_{18}^* = K_{19}^* = K_{45}^*$, $K_{30}^* = K_{47}^*$ $= K_{\rm st}^*$, $K_{45}^* = K_{46}^*$, $K_{47}^* = K_{48}^*$, $K_{33}^* = E_{19}$ /($E_{19} + E_{27}$) • $K_{19}^* + E_{27} / (E_{19} + E_{27}) \cdot K_{27}^* K_{\Sigma E}^* = (E_{gt} / E_{\Sigma E}) \cdot K_{gt}^* + (E_{sg} / E_{\Sigma E}) \cdot K_{sg}^* K_{p18}^* = K_{p19}^* = K_{p20}^* = K_{p21}^* = K_{p23}^* = K_{\Sigma E}^*$

改进方案: $K_{f}^{*} = K_{a}^{*} = K_{36}^{*} = K_{37}^{*} = 1$ $K_{46}^{*} = K_{47}^{*}$ = 0 $K_{1}^{*} = K_{2}^{*} = K_{3}^{*} = K_{4}^{*} = K_{5}^{*} = K_{6}^{*} = K_{7}^{*} =$ K_{gt}^{*} $K_{12}^{*} = K_{20}^{*}$ $K_{17}^{*} = K_{18}^{*} = K_{19}^{*} = K_{44}^{*}$ $K_{30}^{*} = K_{st}^{*}$ K_{44}^{*} = K_{45}^{*} $K_{33}^{*} = E_{19} / (E_{19} + E_{27}) \cdot K_{19}^{*} + E_{27} / (E_{19} + E_{27}) \cdot K_{27}^{*}$ $K_{\Sigma E}^{*} = (E_{gt} / E \sum E) \cdot K_{gt}^{*} + (E_{sg} / E_{\Sigma E})$ $\cdot K_{sg}^{*}$ $K_{p18}^{*} = K_{p19}^{*} = K_{p20}^{*} = K_{p21}^{*} = K_{p23}^{*} = K_{\Sigma E}^{*}$

注: 烟流编号与附录模型对应,模型没有表示的烟流另外标识如下: a一空气,ng—天然气,pi—水 泵 i 耗电,gt—燃气轮机发电,st—蒸汽轮机轴端发 电 sg—发电机输出电量, ΣE —系统总发电量。另 外 m 表示某股物流质量流量。

3.3 烟经济计算结果及分析

表 3 电、蒸汽、热水单位/ 州经济成本(元/GJ)

Tab. 3 Unit exergoeconomic costs of power,

steam and hot water (yuan/GJ)

方案	发电	蒸汽	热水
传统方案	141.9	208.07	901.38
改进方案	137.7	177.41	1209.76

改进方案与传统方案相比,发电和供蒸汽的单 位/// 位/// 位/// (但是 生活热水的单位/// 经济成本增大了34.22%。这是 由于改进方案回收了汽轮机凝汽潜热和余热锅炉排 烟废热,减少了汽轮机抽汽量,从而增大其做功发电 量,在汽轮机成本分摊方程中蒸汽和发电的单位/// 经济成本相等,所以在供蒸汽量不变时改进方案的 发电和蒸汽单位/// 经济成本减小。但是由于改进 供热水流程投资费用比传统方案的高,因此,在相等 的供热水流量下,热水的单位/// 经济成本高于传统 方案。

3.4 经济性分析

下面比较改进方案与传统方案出售电、蒸汽、热

水的经济性。为了与市场价格统一标准,将发电单 位成本以"元/(kWh)"计算,蒸汽和热水的单位成 本以"元/t"计算,其结果如图3所示。







联产系统的经济收益按如下公式计算:

经济收益 = (电价 - 发电成本) × 发电量 + (蒸汽价格 - 蒸汽成本) × 供蒸汽量 + (5)

(热水价格 – 热水成本) × 供热水量

根据一般市场价格,取电价为 0.6 元/(kWh), 蒸汽价格为 200 元/t,热水价格为 15 元/t,根据式 (5) 联供方案的经济收益计算结果如表 4 所示。 计算结果可知,改进方案出售电、蒸汽、热水的经济 收益比传统方案高 1431.58 万元/a,可见技术改造 是具有经济潜力的。

若系统折旧年限按 10a 计算,则根据表 2 的年 度化设备总投资成本,传统方案和改进方案的设备 初始投资成本分别为 42376.6 万元和 42931.5 万 元。采用静态投资回收期,则传统方案改造成新方 案的投资回收期计算,即:

简单改造投资回收期

- = <u>改进方案初始总投资 传统方案初始总投资</u> 改进方案年收益 - 传统方案年收益 (6)
- = <u>42931.5 万元 42376.6 万元</u> 6993.78 万元/a - 5562.20 万元/a = 0.39a

表4	电、蒸汽、热水联供方案经济收益	益
23		ш

Tab. 4 Economic gains of the power steam and hot water cogeneration version

方案	发电		供蒸汽		供热水					
	价格	成本	发电量	价格	成本	蒸汽量	价格	成本	热水量	- 忌收益
传统	0.6	0.51	595557636	200	205.83	404107	15	12.77	2188800	5562.20
改造	0.6	0.496	620639644	200	175.5	404107	15	17.14	2188800	6993.78

注: 电价,发电成本单位: 元/(kWh);发电量单位: GJ/a;蒸汽价格,蒸汽成本单位: 元/t;供蒸汽量单位: t;热水价格,热水成本单位: 元/t;热水量单位: t;总收益单位: 万元/a。

3.5 敏感性分析

敏感性分析是指从众多不确定性因素中找出对 投资项目经济效益指标有重要影响的敏感性因素, 并分析、测算其对项目经济效益指标的影响程度和 敏感性程度。天然气、电力、蒸汽和热水的市场价格 有较大的不确定性和不稳定性,并直接影响烟经济 分析及经济性分析的结果,因此作为敏感性因素进 行讨论。天然气价格对电、蒸汽、热水的单位成本的 影响如图4所示,可以看出:电、蒸汽、热水的单位成本的 影响如图4所示,可以看出:电、蒸汽、热水的单位成本的 影响如图4所示,可以看出:电、蒸汽、热水的单位成 本均随着天然气价格的上升而呈线性上升,在两个 方案中变化规律相同;改造方案与传统方案相比,电 和蒸汽单位成本减小了,热水的单位成本增大,这与 前面烟经济分析的结论一致。图5至图8分别是天 然气、电、蒸汽、热水的市场价格对两个方案的经济 收益和简单改造投资回收期的影响,可以看出:经济 天然气市场价格直接决定了电、蒸汽、热水成本的高低; 经济收益随着电、蒸汽、热水的市场价格增大而增大,其中电价的影响最大,热水价格影响最小; 各市场价格对简单改造投资回收期影响很小; 随着市场价格在一定范围内变化,改造方案的经济收益始终高于传统方案。

4 结 论

本研究设计了一种改进的电、蒸汽、热水联供系统,并运用 Cycle – Tempo 建立了热力学模型。对传统方案和改进方案进行了///组经济分析,经济分析和 敏感性分析,具体结果如下。

 分别降低了 2.75% 和 14.74%,但是供热水流程设备投资增大,所以热水成本增大了 34.22%。





Fig. 4 Influence of the natural gas price on the unit costs of the power, steam and hot water







经济性分析计算结果表明,在天然气价格2.6 元/m³,电价0.6元/(kWh),蒸汽价格为200元/t, 热水价格为15元/t的市场价格下,改进方案出售 电、蒸汽、热水的经济收益比传统方案高1431.58万 元/a,简单改造投资回收期为0.39a。



图 6 电价对经济收益和投资回收期的影响 Fig. 6 Influence of the electricity price on the economic gains and investment payback period



图 7 蒸汽价格对经济收益和投资回收期的影响 Fig. 7 Influence of the steam price on the economic gains and investment payback period





敏感性分析结果表明,天然气、电、蒸汽和热水 市场价格在一定范围内变动情况下,简单改造投资 回收期变化不大,改造方案的经济收益始终高于传 统方案,可见技术改造是具有经济潜力的。

参考文献:

- [1] 方 筝 杨昭 陈轶光. 冷热电三联供燃气机热泵系统的/// 动率分析[J]. 热能动力工程 2009 24(1):53-59.
 FANG Zheng , YANG Zhao , CHEN Yi-guang. An analysis of exergy loss power for a cooling-heating-power cogeneration system [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power ,2009 ,24 (1):53-59.
- [2] 徐明仿 晏刚 杜维明 等. 天然气冷热电三联产系统的应用分析[J]. 天然气工业 2004 24(8):92-95.
 XU Ming-fang, YAN Gang, DU Wei-ming et al. Analysis of the applications of a natural gas cooling heating and power cogeneration system [J]. Natural Gas Industry 2004 24(8):92-95.
- [3] 方 筝 杨 昭 陈轶光. 燃气机热泵冷热电三联供系统热经 济学分析[J]. 热能动力工程 2009 24(5):597-603.
 FANG Zheng, YANG Zhao, CHEN Yi-guang. Thermo-economics analysis of a cooling-heating-power cogeneration system for a gas engine-driven heat pump [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2009 24(5):597-603.
- [4] Delft University of Technology. Cycle-Tempo Release 5 [OL]. http: //www.cycle-tempo.nl/ 2012.
- [5] Medina-Flores JM ,Picón-Nú? ez M. Modelling the power production of single and multiple extraction steam turbines [J]. Chemical Engineering Science 2010 65(9):2811-2820.
- [6] Lozano MA ,Valero A. Theory of the exergetic cost. Energy [J]. 1993 ,18(9):939-960.
- [7] 李庚生 李永华,闫顺林,等. 烟经济学的发展及应用 [J]. 华 北电力技术 2006, 10:5-8.

LI Geng-sheng ,LI Yong-hua ,YAN Shun-lin ,et al. Development and application of exergoeconomics [J]. North China Electric Power 2006 ,10:5 – 8.

- [8] 孙 锦 涨俊礼,葛 斌.基于符号烟经济学的冷热电联供产品成本分摊 [J]. 热能动力工程 2010 25(5) 501 504. SUN Jin ,ZHANG Jun-li ,GE Bin. Cost amortization of combined cooling ,heating and power supply products based on symbolic exergoeconomics [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2010 25(5): 501 - 504.
- [9] 王加璇 涨恒良.动力工程热经济学[M].北京:水利水电出版 社,1994.

WANG Jia-xuan ZHANG Heng-Jiang. Thermoeconomics for power engineering [M]. Beijing: China WaterPower Press ,1994.

- [10] Bruno J C , Fernandez F , Castells F , et al. A rigorous MINLP model for the optimal synthesis and operation of utility plants [J]. Institution of Chemical Engineers ,1998, 76(3): 246 – 258.
- [11] Ghaebi H ,Saidi M H ,Ahmadi P. Exergoeconomic optimization of a trigeneration system for heating ,cooling and power production purpose based on TRR method and using evolutionary algorithm [J]. Applied Thermal Engineering 2012 36: 113 – 125.
- [12] Isafiade A J ,Fraser D M. Interval-based MINLP superstructure synthesis of heat exchange networks [J]. Chemical Engineering Research and Design 2008 86(3): 245 – 257.
- [13] 黄日红.用 Excel 解方程组 [J]. 计算机光盘软件与应用, 2010,14:40-41.
 - HUANG Ri-hong. Equations Solved by Using the Software Excel [J]. Computer CD Software and Applications 2010 ,14:40 -41.



附图1 传统方案的电、蒸汽、热水联供系统模型 Fig. A1 Thermodynamic model of the original cogeneration system



附图 2 改进方案的电、蒸汽、热水联供系统模型 Fig. A2 Thermodynamic model of the novel cogeneration system

图中:1. 燃气轮机;2 高压过热器;3 高压蒸发器;4、8 汽包;5 高压省煤器;6 低压过热器;7 低压蒸发器;9 低压省煤器;10 除氧器;11、12、13 汽轮 机;14 发电机;15 凝汽器;16、17 换热器;18—24 水泵;25、26 阀;37 烟囱

(丛 敏 编辑)

(2) (3)

《热能动力工程》2013年第5期勘误

451页-452页的图6-图9的中英对照的译文有误,更正为:

- 图6 气流转折角对比图
- Fig. 6 Chart showing a contrast of the turning angles of the gas flow
- 图7 损失系数对比图
- Fig. 7 Chart showing a contrast of the loss coefficients

图8 静压比对比图

Fig. 8 Chart showing a contrast of the static pressure ratios

图9 串列叶栅与后排叶栅表面马赫数分布

Fig. 9 Mach number distribution on the surface of the tandem cascade and the cascade in the following row

462页-463页的公式(2)、公式(3)有误,更正为:

$$q_{\rm m} = 0.4535(\pi d_0^2/4) \sqrt{2\Delta p \rho_0}$$

$$q_{\rm m} = \mu (\pi d_0^2 / 4) \sqrt{2\Delta p \rho_0}$$

由于校对的疏忽,造成上述错误,在此向作者和读者表示歉意。

der discussion can be used to conveniently and accurately identify the load and center distribution of bearings ,thus offering guidance for installation and maintenance of the unit. **Key words**: steam turbine ,bearing ,load ,bending strain method ,vibration ,test

燃气轮机进气防冰系统国内外技术对比分析 = Contrast and Analysis of the Worldwide Technologies for Gas Turbine Inlet Air Deicing Systems [刊,汉]CHEN Ren-gui, CHEN Lei (Tarim Oil Field Company, China National Petroleum Corporation, Korla, China, Post Code: 841000), WANG Qing-liang, KANG Cheng-jia (West Pipeline Company, China National Petroleum Corporation, Urumchi, China, Post Code: 830012) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 28(6). - 569~572

At present the air inlet systems for gas turbines introduced from abroad are often provided with heating and deicing devices for silencers and air inlet bell-mouths. However such devices are incapable of preventing the high efficiency cartridges from being iced and clogged even the safe and stable operation of gas turbines in frigid regions in winters are seriously affected and the relevant standards of China are not met. The authors analyzed the major difference in the air inlet deicing technologies for gas turbines in the world and the main causes for protective shutdown of some units often tripped by deicing systems and performed reconstruction of the units by employing the deicing technology developed in domestics. It has been found that the units after the reconstruction can not only enhance the reliability of the operation of the gas turbines in winters but also save a large amount of energy. **Key words**: gas turbine inlet air deicing reliability

天然气热电联供系统改造及烟经济分析 = Modification and Exergoeconomic Analysis of a Natural Gas Heat and Power Cogeneration System [刊,汉]HU Jia-hao, LUO Xiang-long, CHEN Ying (College of Materials and Energy Sources, Guangdong University of Technology, Guangzhou, China, Post Code: 510006), HUA Ben (Research Center for Natural Gas Utilization, South China University of Science and Technology, Guangzhou, China, Post Code: 510640) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 28(6). - 573 ~ 579

On the basis of a traditional natural gas heat and power cogeneration system put forward was an improved electricity steam and hot water cogeneration system. One of the specific features of the system in question is to realize the utilization of a part or the whole of the waste heat of the cooling water in condensers by using the cooling water in the condensers as the heat supply water source and another is to additionally install a flue gas-hot water heat exchanger so as to fully utilize the waste heat from the flue gases. The Cycle-Tempo software was applied to simulate the heat and power cogeneration system before and after the improvement. Based on the symbol exergoeconomics a model for the product cost distribution of the electricity steam and hot water cogeneration system was established with the unit economic cost of the main products such as electricity steam and hot water being calculated. Through a comparison of the economic revenue from the sales of electricity steam and hot water between the improved version and the traditional one their cost-effectiveness was analyzed and the investment payback period was also calculated when a simplified modification was adopted. Through the sensitivity analysis the influence of the changes in the market prices of natural gas electricity steam and hot water on the unit exergoeconomic costs of various products economic revenue of both systems and the simplified modification investment payback period was discussed with the results from both exergoeconomic analysis being verified. **Key words**: heat and power cogeneration exergoe-economic analysis symbol exergoeconomics (Cycle-Tempo

烧结余热回收双压系统蒸汽参数优化 = Steam Parameter Optimization of a Sintering Waste Heat Recovery

Dual Pressure System [刊,汉]WANG Jia-quan (Luoyang Zhongzhong Power Generation Equipment Co. Ltd., Luoyang ,China ,Post Code: 471003), SUN Zhi-xin ,DAI Yi-ping(College of Energy Source and Power Engineering ,Xián Jiaotong University ,Xián ,China ,Post Code: 710049), GAO Lin (Xián Thermodynamics Research Institute ,Xián ,China ,Post Code: 710032) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2013 ,28(6). - 580 ~ 584

In the light of a great amount of heat produced in the sintering process for smelting steel and iron established was a mathematical model for sintering waste heat dual pressure power generation systems and developed was a waste heat recovery and optimization system. In the meantime ,based on the particle swarm optimization algorithm ,with the maximum power output serving as the objective ,the main parameters of a waste heat recovery system was designed and optimized. The optimization results show that when the HP steam at the outlet of the boiler is in its superheating state and the LP steam is in its saturation state ,the power output of the system will attain its maximum value. When the optimum parameters are adopted for the system ,it can realize an annual value of RMB 117785000 yuan. **Key**