

(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
2017 年 3 月 30 日 (30.03.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/050207 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/099426
- (22) 国际申请日: 2016 年 9 月 20 日 (20.09.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510603343.1 2015 年 9 月 21 日 (21.09.2015) CN
- (71) 申请人: 华北电力科学研究院有限责任公司 (NORTH CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO. LTD.) [CN/CN]; 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。
- (72) 发明人: 赵振宁 (ZHAO, Zhenning); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。靖长财 (JING, Changcai); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。张清峰 (ZHANG, Qingfeng); 中国北京市西城区复

兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。龚家猷 (GONG, Jiayou); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。李金晶 (LI, Jinjing); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。董琨 (DONG, Kun); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。李铮 (LI, Zheng); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。白翎 (BAI, Ling); 中国北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号, Beijing 100045 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, SM,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR ANALYZING ENERGY EFFICIENCY OF GENERATOR SET

(54) 发明名称: 发电机组能效分析方法

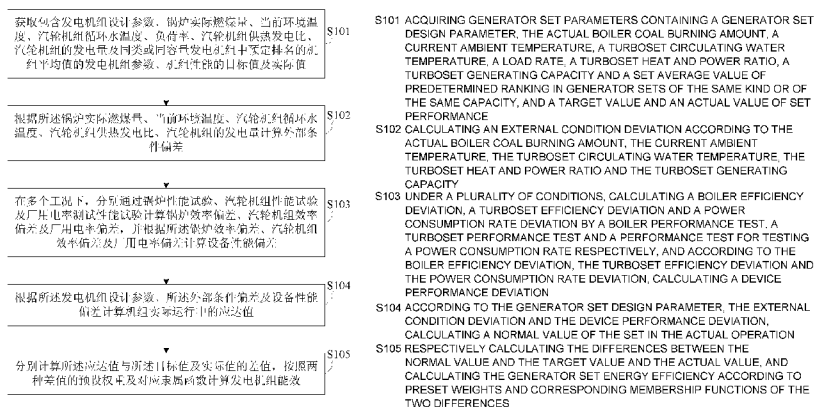


图1

(57) Abstract: A method for analyzing the energy efficiency of a generator set, comprising: acquiring generator set parameters, and a target value and an actual value of the set performance; calculating an external condition deviation according to the actual boiler coal burning amount of the generator set parameters, a current ambient temperature, a turboset circulating water temperature, a turboset heat and power ratio and a turboset generating capacity (S102); under a plurality of conditions, calculating a boiler efficiency deviation, a turboset efficiency deviation and a power consumption rate deviation by a boiler performance test, a turboset performance test and a performance test for testing a power consumption rate, respectively, and according to the boiler efficiency deviation, the turboset efficiency deviation and the power consumption rate deviation, calculating a device performance deviation (S103); according to a generator set design parameter, the external condition deviation and the device performance deviation, calculating a normal value of the set in the actual operation (S104); and respectively calculating the differences between the normal value and the target value and the actual value, and calculating the generator set energy efficiency according to preset weights and corresponding membership functions of the two differences (S105).

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/050207 A1



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

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)。

- (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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种发电机组能效分析方法, 包括: 获取发电机组参数、机组性能的目标值及实际值; 根据发电机组参数中的锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差(S102); 在多个工况下, 分别通过锅炉性能试验、汽轮机组性能试验及厂用电率测试性能试验计算锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差, 并根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差(S103); 根据所述发电机组设计参数、所述外部条件偏差及设备性能偏差计算机组实际运行中的应达值(S104); 分别计算所述应达值与所述目标值及实际值的差值, 按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效(S105)。

发电机组能效分析方法

技术领域

本发明涉及燃煤发电机组能效分析技术，尤其涉及一种发电机组能效分析方法。

背景技术

5 随着人们对电力的需求越来越高，如何提高发电机组的能效成为了当前人们关注的问题。

从能源转化的角度而言，发电机组的能源转化效率 η_E 为锅炉、汽机等各个流程之积，如下式表示：

$$\eta_E = \eta_B \cdot \eta_P \cdot \eta_T \cdot (1 - W_S / W_G)$$

10 其中， η_B 为锅炉热效率， η_P 为管道效率， η_T 为汽机效率， W_S 为自耗电量， W_G 为发电量。

通常习惯用供电煤耗 b 来表示燃煤电站的能源转化效率 η_E ，两者关系为：

$$b = \frac{122.83}{\eta_E}$$

15 机组能效水平若采用能源转化效率 η_E 表示，数值越大越好；用采用供电煤耗 b 来表示，则数值越小越好。

为了分析能耗变化，现有技术中，通常在统计某一时期内，燃煤电站的标煤消耗量 B_b 和外供电量 W_g ，据此计算供电煤耗：

$$b = \frac{B_b}{W_g}$$

20 上述方法中，由于能源转化效率 η_E 或供电煤耗 b 本身的信息量太小，无法分析什么原因产生的能效偏差问题，无法解决不同生产条件下的能效评价公平性问题。

发明内容

本发明提供一种发电机组能效分析方法，以准确分析发电机组能效。

为了实现上述目的，本发明实施例提供了一种发电机组能效分析方法，该发电机组能效分析方法包括：

获取包含发电机组设计参数、锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、负荷率、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量、机组性能的目标值及实际值；

根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差，所述外部条件偏差为煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差三者之和；

在多个工况下，分别通过锅炉性能试验、汽轮机组性能试验及厂用电率测试性能试验计算锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差，并根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差；

根据所述发电机组设计参数、所述外部条件偏差及设备性能偏差计算机组实际运行中的应达值；

分别计算所述应达值与所述目标值及实际值的差值，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效。

一实施例中，根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差，包括：

测量锅炉实际燃煤量，判断设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差是否大于预设偏差值；

如果设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差大于预设偏差值，根据公式 $\Delta q_4 = 337.23 \frac{C_{fh} \cdot A_{ar}}{Q_{ar,net}} - q_4$ 计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 ；

根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ ；

判断入炉煤水分是否超过预设水分值；

如果入炉煤水分超过预设水分值，根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 ；

根据所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、排烟热损失变化量 Δq_2 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb ；

其中， C_{fh} 为实际入炉煤的飞灰可燃物含量，%； A_{ar} 为实际入炉煤的灰分，%； $Q_{ar,net}$ 为实际入炉煤收到基低位发热量，kJ/kg； q_4 为锅炉固体不完全燃烧损失设计值，%。

一实施例中, 根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差, 包括:

在设定环境温度 T 下, 获取空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度, 并根据所述空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度计算锅炉排烟温度 θ_{lv}^T ;

5 根据所述锅炉排烟温度 θ_{lv}^T 计算锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 ;

基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压;

根据所述汽轮机背压查找汽轮机背压修正曲线, 获得所述汽轮机背压下的实际热耗 H_R 与设计热耗 H_{RTHA} 的差值 ΔH_R ;

根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 计算环境温度对机组煤耗的影响

10 总量 Δb 。

一实施例中, 根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差, 包括:

获取汽轮机组的 n 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量; 其中, n 大于等于 3;

15 确定各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ; 其中, q_j 为 1 千克加热蒸汽在第 j 级加热器中的放热量; τ_j 为 1 千克水在第 j 级加热器中的焓升; γ_j 为 1 千克疏水在第 j 级加热器中的放热量;

根据所述各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j , 计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降和抽汽效率;

20 根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率与汽轮机组负荷之间的关系信息;

获取汽轮机组的实际负荷, 并根据所述实际负荷和关系信息对应的三次多项式, 计算该实际负荷下的第 j 级加热器的实际抽汽效率;

获取汽轮机组的发电量, 并根据第 j 级加热器的抽汽供热量、第 j 级加热器的实际抽汽效率和所述汽轮机组的发电量计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j ;

25 将各级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 叠加, 确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH 。

一实施例中, 如果设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差不大于预设偏差值, 令所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 为零。

一实施例中, 如果入炉煤水分不超过预设水分值, 令所述排烟热损失变化量 Δq_2 为零。

一实施例中, 根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$, 包括:

- 5 将发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值带入公式 $\Delta \lambda_{AB} = \frac{1700 \Delta B}{W_f}$, 计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$, 其中, ΔB 为锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值; W_f 为发电量。

一实施例中, 根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 , 包括: 将排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 带入 $\Delta q_2 = 0.0035 \Delta \theta_{Lv}$, 计算排烟热损失变化量 Δq_2 , 其中 $\Delta \theta_{Lv} = 0.7 \Delta M_{ar}$,

- 10 ΔM_{ar} 为实际入炉煤种水分相对于设计煤种水分的增量。

一实施例中, 根据所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、排烟热损失变化量 Δq_2 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb , 包括: 将所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量、厂用电率增加量带入公式 $\Delta b = b_{st} \frac{\Delta q_4 + \Delta q_2}{\eta_B} + b_{st} \frac{\Delta \lambda_{AB}}{\lambda}$ 中, 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb , 其中, b_{st} 为机组设

- 15 计煤耗, η_B 为锅炉效率设计值, λ 为辅机电耗设计值。

一实施例中, 根据所述空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度计算锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T , 包括:

将所述空气预热器入口空气温度和空气预热器入口烟气温度带入下述公式, 计算所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T :

20
$$\theta_{Lv}^T = \frac{T(\theta_{En} - \theta_{Lv}) + \theta_{En}(\theta_{Lv} - t_{En})}{(\theta_{En} - t_{En})}$$

其中, θ_{En} 为空气预热器入口烟气温度, θ_{Lv} 为空气预热器出口烟气温度, t_{En} 空气预热器入口空气温度。

一实施例中, 根据所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 计算锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 , 包括:

将所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 带入下述公式, 计算所述锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 :

25
$$\Delta q_2 = q_2 \frac{(\theta_{Lv} - t_{En}) - (\theta_{Lv}^T - T)}{\theta_{Lv}^T - T}$$

其中, q_2 为所述设定环境温度 T 下的锅炉排烟热损失设计值。

一实施例中, 当所述汽轮机为空冷机组时, 基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压, 包括: 根据环境温度对背压的影响曲线, 获得当前环境温度下的汽轮机背压。

一实施例中，当所述汽轮机为湿冷机组时，基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压，包括：

根据负荷工况下的设计数据计算凝汽器出口温差；

根据循环水入口温度及所述温差计算实际排气温度；

- 5 根据所述实际排气温度查找水蒸汽压力特性表，得到所述实际排气温度对应的汽轮机背压。

一实施例中，根据负荷工况下的设计数据计算凝汽器出口温差，包括：

根据设定背压值查找水蒸汽压力特性表，获得所述设定背压值下的排汽温度及凝汽器进水温度；

- 10 根据所述排汽温度及凝汽器进水温度计算所述凝汽器出口温差。

一实施例中，根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb ，包括：

将所述根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 带入下述公式，计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb ：

$$15 \quad \Delta b = \frac{\Delta q_2}{\eta_B} b_{st} + \frac{\Delta H_R}{H_{RD}} b_{st};$$

其中， b_{st} 为机组设计煤耗，g/kWh； η_B 为设计环境温度下的锅炉效率，%； H_{RD} 为设计环境温度下的汽轮机热耗，kJ/kWh。

一实施例中，所述确定各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ，包括：

判断所述第 j 级加热器的类型；

- 20 若所述第 j 级加热器的类型为表面式加热器，根据公式一确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ；

所述公式一为：

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_{sj} \\ \gamma_j = t_j - t_{j-1} \end{cases}$$

- 25 其中， t_j 为第 j 级加热器的出口水焓； t_{j-1} 为第 $j-1$ 级加热器的出口水焓； h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓； t_{sj} 为第 j 级加热器的出口疏水焓；

若所述第 j 级加热器的类型为汇集式加热器，根据公式二确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ；

所述公式二为：

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_j \\ \gamma_j = t_{s(j+1)} - t_j \end{cases}$$

其中, t_j 为第 j 级加热器的出口水焓; t_{j-1} 为第 $j-1$ 级加热器的出口水焓; h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓; $t_{s(j+1)}$ 为第 $j+1$ 级加热器的出口疏水焓。

一实施例中, 所述根据所述各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j , 计算各负荷
5 工况下第 j 级加热器的等效焓降和抽汽效率, 包括:

根据公式三计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降 H_j 和抽汽效率 η_j ;

所述公式三为:

$$\begin{cases} H_j = (h_j - h_c) - \sum_{i=1}^{j-1} \frac{A_i}{q_i} H_i \\ \eta_j = \frac{H_j}{q_j} \end{cases}$$

其中, h_c 为凝气焓; A_i 为第 i 级加热器的 τ_i 或 γ_i ; q_i 为 1 千克加热蒸汽在第 i 级加
10 热器中的放热量; H_i 为第 i 级加热器的等效焓降; 其中, $i=j-m$, $m \geq 1$, 且 $i \geq 1$; τ_i 为 1 千克水在第 i 级加热器中的焓升; γ_i 为 1 千克疏水在第 i 级加热器中的放热量。

一实施例中, 若第 j 级加热器为汇集式加热器, 则 A_i 为 τ_i ; 若第 j 级加热器为表面式
加热器, 则第 $j-1$ 级加热器至第 $j-m$ 级加热器的 A_i 为 γ_i , 所述第 $j-m$ 级加热器为汇集式加
热器; 第 $j-m-1$ 级加热器至第 1 级加热器的 A_i 为 τ_i 。

一实施例中, 所述根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率与汽轮机组负荷之
15 间的关系信息, 包括:

根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率 η_j 与汽轮机组负荷 x 之间的关系曲
线; 所述关系曲线为:

$$\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$$

20 其中, a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为常数。

一实施例中, 所述获取汽轮机组的实际负荷, 并根据所述实际负荷和关系信息对应
的三次多项式, 计算该实际负荷下的第 j 级加热器的实际抽气效率, 包括:

获取汽轮机组的实际负荷 x , 并根据汽轮机组的实际负荷 x 和公式
 $\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$, 计算汽轮机组的实际负荷 x 下的第 j 级加热器的实际抽气效率

25 η_j 。

一实施例中, 所述获取汽轮机组的发电量, 并根据第 j 级加热器的抽汽供热量、第 j 级加热器的实际抽气效率和所述汽轮机组的发电量计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j , 包括:

获取汽轮机组的发电量为 W_f ;

- 5 根据公式: $\Delta H_j = \frac{Q_j(\eta_j - 1)}{W_f}$ 计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j ;

其中, Q_j 为第 j 级加热器的抽汽供热量; η_j 为第 j 级加热器的实际抽气效率。

一实施例中, 根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差, 包括:

- 10 根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb ;

根据所述多个工况下的负荷点及供电煤耗偏差生成设备性能曲线, 在当前负荷下, 根据所述设备性能曲线得到设备性能偏差。

- 一实施例中, 根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算
15 所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb , 包括:

将所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb 分别带入下述公式计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb :

$$\Delta b = -b \frac{1}{\eta_b} \Delta(\eta_b) - b \frac{1}{\eta_{tb}} \Delta(\eta_{tb}) - \frac{b \times \Delta \text{厂用电率}}{100 - \text{厂用电率}}$$

- 其中, b 为煤耗设计值, η_b 为锅炉效率设计值, $\Delta(\eta_b)$ 为锅炉效率偏差, η_{tb} 为汽轮
20 机组效率设计值, $\Delta(\eta_{tb})$ 为汽轮机组效率偏差。

一实施例中, 按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效, 包括:
根据下述公式计算发电机组能效 R :

$$R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta b_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

- 其中, A 为两种偏差的预设权重向量; $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 分
25 别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗目标值 b_{obj} 的偏差 Δb_{obj} 隶属于第一级至第五级的隶属
度; $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗实
际值 b_{act} 的偏差 Δb_{act} 隶属于第一级至第五级的隶属度。

一实施例中，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效，包括：
根据下述公式计算发电机组能效 R ：

$$R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

其中， A 为两种偏差的预设权重向量； $r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta\eta_{obj} \rightarrow D}$

- 5 分别为机组效率应达值 η_{std} 与机组效率目标值 η_{obj} 的偏差 $\Delta\eta_{obj}$ 隶属于第一级至第五级的隶属度； $r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta\eta_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组效率应达值 η_{std} 与机组效率实际值 η_{act} 的偏差 $\Delta\eta_{act}$ 隶属于第一级至第五级的隶属度。

- 利用本发明，可以确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH ，从而便于对发电机组最终能达到的能效水平的研究。解决了当前还没有抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的问题。

利用本发明，可以定量计算环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响，准确计算外部条件偏差，进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

利用本发明，可以定量计算煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响，准确计算外部条件偏差，进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

- 15 通过定量计算抽汽供热对汽轮机组热耗的影响、环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响、煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响、设备性能偏差及设计值，可以定量计算应达值，基于应达值与目标值及设计值的偏差，根据预设的权重及对应的隶属函数，可以准确分析发电机组能效。为确定机组能效应达值提供科学合理的计算依据，以指导机组运行管理水平的提高。

20 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

- 25 图 1 为本发明实施例的影响发电机组能效的发电机组能效分析方法流程图；
图 2 为本发明实施例的煤质偏差对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法示意图；
图 3 为本发明另一实施例的煤质偏差对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法流程示意图；

图 4 为本发明实施例环境温度变化对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法流程图；

图 5 为本发明实施例环境温度对背压的影响曲线示意图；

图 6 为本发明实施例基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压的方法流程图；

图 7 为典型的机组背压修正曲线示意图；

5 图 8 为本发明实施例提供一种抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的流程图一；

图 9 为本发明实施例提供一种抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的流程图二；

图 10 为本发明实施例中的具有多级加热器的汽轮机组的结构示意图；

10 图 11 为本发明实施例中 Δb_{obj} 的三角形和半梯形评价模型；

图 12 为本发明实施例中 Δb_{act} 的三角形和半梯形评价模型。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

对于一台确定的发电机组而言，其最终能达到的能效水平取决于三方面的因素，即：该台发电机组的设计和制造水平；该台发电机组的应用条件；管理者对发电机组的管理应用水平。管理者对发电机组的管理应用水平是机组运行的主观因素，可以通过运行管理的改进获得改善。发电机组的设计和制造水平，以及发电机组的应用条件是机组运行的客观因素。

基于上述三个方面的因素，现有技术中定义了如下与经济性相关的值：

25 (a) 目标值或最优值：基于相同的蒸汽设计参数设计的最高性能值能为理想值或最优值，最优值代表了同类型机组设计最佳，且管理水平高把其性能发挥到最好；

(b) 设计值：某台待评价机组设计的能效水平；

(c) 实际值：某台待评价机组实际达到的能效水平；

30 (d) 应达值：指机组在实际运行中，在某一客观条件（如气温、循环水温度等不能人为改变的客观条件下）下和某一工况（如负荷率）、某一供热发电比条件下在最佳运行控制方式下运行理论上应该达到的最佳值。

应达值以能效设计值为基准，通过排除设备性能偏差和客观条件偏差的影响来确定。设备性能偏差是指机组性能在设计条件下与设计值的差值，综合体现了设备的设计、制造及安装水平，如果不实施设备改造，就不能改变设备性能偏差。客观条件偏差指机组运行所处的客观条件与设计条件不一致引起的偏差，所谓客观条件即机组所处的地理位置、气象条件、电网负荷限制等不受人为因素影响的运行条件。设计值扣除设备性能偏差和客观条件偏差造成的能效偏差值即为该机组应达值，即：

应达值=设计值±设备性能偏差±外部条件偏差

外部条件偏差影响主要考虑三方面的因素：实际常用煤质偏离设计煤质引起的机组能效偏差，实际环境温度偏离设计环境温度引起的机组能效偏差，以及机组实际出力偏离额定出力引起的能效偏差，外部条件偏差即这三部分能效偏差的加和。

本发明基于应达值与目标值及设计值的偏差，根据预设的权重及对应的隶属函数，可以准确分析发电机组能效。

本发明实施例提供了一种发电机组能效分析方法，如图 1 所示，该发电机组能效分析方法包括：

S101：获取包含发电机组设计参数、锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、负荷率、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量的发电机组参数、机组性能的目标值及实际值；

S102：根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差，所述外部条件偏差为煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差三者之和；

S103：在多个工况下，分别通过锅炉性能试验、汽轮机组性能试验及厂用电率测试性能试验计算锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差，并根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差；

S104：根据所述发电机组设计参数、所述外部条件偏差及设备性能偏差计算机组实际运行中的应达值；

S105：分别计算所述应达值与所述目标值及实际值的差值，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效。

由图 1 所示的流程可知，本发明分别计算煤质偏差、环境温度偏差、抽气供热偏差及设备性能偏差，可以计算出任意负荷下的应达值，根据应达值、机组性能的目标值及实际值，可以定量分析发电机组能效。

S101 中的锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、负荷率、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量的发电机组参数，为计算外部条件偏差需要用到的参数，外部条件偏差由煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差三者组成，在计算煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差其中一者时，需要用到上述发电机组参数的一个或多个，下面分别说明如下计算煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差，实际值为同类或同容量发电机组中预定排名的机组性能平均值。预定排名例如可以取同类或同容量发电机组中机组性能排名前 10% 的。

图 2 为本发明实施例中煤质偏差计算方法的流程图，如图 2 所示，煤质偏差的计算方法包括：

S201：测量锅炉实际燃煤量，判断设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差是否大于预设偏差值；

S202：如果设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差大于预设偏差值，根据如下公式计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 ：

$$\Delta q_4 = 337.23 \frac{C_{fh} \cdot A_{ar}}{Q_{ar,net}} - q_4 \quad (1)$$

S203：根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ ；

S204：判断入炉煤水分是否超过预设水分值；

S205：如果入炉煤水分超过预设水分值，根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 ；

S206：根据所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量、厂用电率增加量计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb 。

公式 1 中， C_{fh} 为实际入炉煤的飞灰可燃物含量，%； A_{ar} 为实际入炉煤的灰分，%； $Q_{ar,net}$ 为实际入炉煤收到基低位发热量，kJ/kg； q_4 为锅炉固体不完全燃烧损失设计值，%。

由图 2 所示的流程可知，本发明分别计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量及厂用电率增加量，然后利用锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量及厂用电率增加量计算煤质变化引起的煤耗变化量，定量计算出煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响，为准确计算外部条件偏差提供数据。

图 3 为本发明另一实施例的煤质偏差对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法流程图，下面结合图 2 及图 3 详细说明本发明。

计算煤质的影响应基于锅炉实际燃煤量与热值最低的校核煤种时设计煤种燃煤量间的偏差。实际入炉煤质偏离设计煤质，主要影响锅炉的经济性，表现在对锅炉固体不完全燃烧损失设计值 (q_4) 的影响和对排烟热损失的影响。

如果通过 S201 判断设计煤种燃煤量与锅炉实际燃煤量的偏差大于预设偏差值，需要通过上述公式计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 。还需要通过根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 。具体地，通过如下公式计算厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ ：

$$\Delta \lambda_{AB} = \frac{1700 \Delta B}{W_f} \quad (2)$$

公式 2 中， ΔB 为锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值，t/h； W_f 为发电量，kW。

将发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值带入公式 2，就可以计算出入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 。

一较佳实施例中，预设偏差值可以为 10%，本发明不以此为限。

如果 S204 判断入炉煤水分超过预设水分值，需要根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 ，具体地，需要将排烟温度偏差带入下述公式，计算排烟热损失变化量 Δq_2 ：

$$\Delta q_2 = 0.0035 \Delta \theta_{Lv} \quad (3)$$

公式 3 中， $\Delta \theta_{Lv}$ 为排烟温度偏差。

$\Delta \theta_{Lv}$ 为估算的排烟温度变化量，例如按照水分每增加 1 个百分点， $\Delta \theta_{Lv}$ 增加 0.7°C 计算，即， $\Delta \theta_{Lv} = 0.7 \Delta M_{ar}$ ， ΔM_{ar} 为实际入炉煤种水分相对于设计煤种水分的增量，单位 %。

一较佳实施例中，预设水分值可以为 20%，本发明不以此为限。

根据公式 1 中计算的锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、公式 3 中计算的排烟热损失变化量及公式 2 中计算的厂用电率增加量，可以计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb ，具体地，需要将所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量、厂用电率增加量带入下述公式中计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb 。

$$\Delta b = b_{st} \frac{\Delta q_4 + \Delta q_2}{\eta_B} + b_{st} \frac{\Delta \lambda_{AB}}{\lambda} \quad (4)$$

公式 4 中, b_{st} 为机组设计煤耗, g/kWh; η_B 为锅炉效率设计值, %; λ 为辅机电耗设计值, %。

公式 4 中, $\Delta q_4 + \Delta q_2$ 可以用下述公式表示:

$$\Delta \eta_B = \Delta q_4 + \Delta q_2 \quad (5)$$

$\Delta \eta_B$ 为煤质变化引起锅炉效率变化量。

一实施例中, 如图 2 所示, 当通过 S201 判断设计煤种燃煤量与锅炉实际燃煤量的偏差小于或等于预设偏差值, 无需经过图 1 的 S202 及 S203, 即无需通过公式 2 及公式 3 计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$, 直接令锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 为零, 然后进行 S204。

一实施例中, 如图 2 所示, 当 S204 判断入炉煤水分不超过预设水分值时, 无需经过 S205, 即无需通过公式 3 计算排烟热损失变化量 Δq_2 , 仅需要令排烟热损失变化量 Δq_2 为零。

通过上述描述可知, 公式 4 中计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb 时, 可以是仅锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 为零, 排烟热损失变化量 Δq_2 通过公式 3 计算; 也可以是仅排烟热损失变化量 Δq_2 为零, 锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 分别通过公式 1 及公式 2 计算; 还可以是锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 及排烟热损失变化量 Δq_2 均为零, 或者锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 及排烟热损失变化量 Δq_2 均为不为零, 通过公式 1、公式 2 及公式 3 分别计算。

利用本发明的煤质偏差计算方法, 可以定量计算煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响, 准确计算外部条件偏差, 进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

图 4 为本发明实施例的环境温度变化对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法流程图, 如图 4 所示, 该计算方法包括如下步骤:

S401: 在设定环境温度 T 下, 获取空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度, 并根据所述空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度计算锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T ;

S403: 根据所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 计算锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 ;

S403: 基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压;

S404: 根据所述汽轮机背压查找汽轮机背压修正曲线, 获得所述汽轮机背压下的实际热耗 H_R 与设计热耗 H_{RTHA} 的差值 ΔH_R ;

S405: 根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb 。

- 5 由图 4 所示的流程可知, 环境温度变化时需要同时考虑环境温度变化对锅炉效率和汽轮机效率的影响。本发明首先计算锅炉排烟热损失的变化量及汽轮机热耗差值, 然后根据锅炉排烟热损失的变化量及汽轮机热耗差值计算环境温度对机组煤耗的影响总量, 通过该方法, 可以定量的计算环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响。

- 环境温度变化对锅炉效率的影响主要体现为其对锅炉排烟热损失的影响。要计算环境温度变化对排烟热损失的影响, 首先需要根据空气预热器入口空气温度和空气预热器入口烟气温度的, 来计算环境温度 T 时的锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T , 具体计算公式如下:

$$\theta_{Lv}^T = \frac{T(\theta_{En} - \theta_{Lv}) + \theta_{En}(\theta_{Lv} - t_{En})}{(\theta_{En} - t_{En})} \quad (6)$$

将空气预热器入口空气温度和空气预热器入口烟气温度的等参数带入上述公式 (6), 就可以计算出锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 。

- 15 公式 (6) 中, θ_{En} 为空气预热器入口烟气温度的, θ_{Lv} 为空气预热器出口烟气温度的, t_{En} 空气预热器入口空气温度的。

本发明实施了中, 假设环境温度 T 为 25°C , 公式 (6) 将转化为如下公式:

$$\theta_{Lv}^{25} = \frac{25(\theta_{En} - \theta_{Lv}) + \theta_{En}(\theta_{Lv} - t_{En})}{(\theta_{En} - t_{En})} \quad (7)$$

- 20 利用 T 时的锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T , 可以计算出锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 , 具体地, 将锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 带入下述公式, 计算所述锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 :

$$\Delta q_2 = q_2 \frac{(\theta_{Lv} - t_{En}) - (\theta_{Lv}^T - T)}{\theta_{Lv}^T - T} \quad (8)$$

公式 (8) 中, q_2 为设定环境温度 T 下的锅炉排烟热损失设计值。

汽轮机分为湿冷机组和空冷机组, 步骤 S403 中, 基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压的方法, 湿冷机组和空冷机组有所不同, 需要分别计算。

- 25 对于空冷机组, 步骤 S403 可以直接根据环境温度对背压的影响曲线, 获得当前环境温度下的汽轮机背压, 环境温度对背压的影响曲线如图 5 所示。

对于湿冷机组，也应基于环境温度对背压的影响曲线。该曲线需要根据厂家设计参数为基础，进行相关数据处理得到。如图 6 所示，步骤 S403 具体实施时，包括如下步骤：

S601：根据负荷工况下的设计数据计算凝汽器出口温差。

- 5 具体地，需要根据设定背压值查找水蒸汽压力特性表，获得所述设定背压值下的排汽温度及凝汽器进水温度；然后根据所述排汽温度及凝汽器进水温度计算所述凝汽器出口温差。

举例说明，如某机组设计背压为 5.88kPa，查询水蒸汽压力特性表可知该背压下的排汽温度为 31.8℃，设计条件下凝汽器进水温度为 24℃，那么凝汽器出口温差为 7.8℃。

- 10 该温差是保证凝汽器传热效果的必需温差，可以随循环水流量的大小发生改变，但是在凝汽器受热面不变的条件下，大幅度减少该温差会付出更高代价，因此计算中认为凝汽器出口温差为设计值，保持不变。

S602：根据循环水入口温度及所述温差计算实际排气温度。实际排气温度为实际循环水温与凝汽器出口温差之和。

- 15 S603：根据所述实际排气温度查找水蒸汽压力特性表，得到所述实际排气温度对应的汽轮机背压。

对于 S404，每台机组都需要自己的背压修正曲线，典型的机组背压修正曲线如下图 7 所示。

S405 中，需要根据下述公式计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb 。

$$20 \quad \Delta b = \frac{\Delta q_2}{\eta_B} b_{st} + \frac{\Delta H_R}{H_{RD}} b_{st} \quad (9)$$

具体地，需要将锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及差值 ΔH_R 带入公式 (9)，计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb 。

公式 (9) 中， b_{st} 为机组设计煤耗，g/kWh； η_B 为设计环境温度下的锅炉效率，%； H_{RD} 为设计环境温度下的汽轮机热耗，kJ/kWh。

- 25 利用本发明的环境温度变化对燃煤发电机组煤耗影响的计算方法，可以定量计算环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响，准确计算外部条件偏差，进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

图 8 为发明实施例的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法流程图，如图 1 所示，该计算方法包括：

步骤 801、获取汽轮机组的 n 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量。

其中, n 大于等于 3, 即在本发明实施例中需要获取至少 3 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量。

5 步骤 802、确定各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j 。

其中, q_j 为 1 千克加热蒸汽在第 j 级加热器中的放热量; τ_j 为 1 千克水在第 j 级加热器中的焓升; γ_j 为 1 千克疏水在第 j 级加热器中的放热量。

步骤 803、根据各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j , 计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降和抽汽效率。

10 步骤 804、根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率与汽轮机组负荷之间的关系信息。

步骤 805、获取汽轮机组的实际负荷, 并根据实际负荷和关系信息对应的三次多项式, 计算该实际负荷下的第 j 级加热器的实际抽气效率。

15 步骤 806、获取汽轮机组的发电量, 并根据第 j 级加热器的抽汽供热量、第 j 级加热器的实际抽气效率和汽轮机组的发电量计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 。

步骤 807、将各级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 叠加, 确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH 。

20 本发明实施例提供一种抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法, 能够确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH , 从而便于对发电机组最终能达到的能效水平的研究。解决了当前还没有抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的问题。

为了使本领域的技术人员更好的了解本发明, 下面列举一个更为详细的实施例, 如图 9 所示, 本发明实施例提供一种抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法, 应用于如图 10 所示的具有多级加热器的汽轮机组, 该具有多级加热器的汽轮机组包括汽轮机 21、锅炉 22、第 1 级加热器 23、第 2 级加热器 24、第 3 级加热器 25 等。该抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法, 包括:

步骤 901、获取汽轮机组的 n 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量。

其中, n 大于等于 3, 即在本发明实施例中需要获取至少 3 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量。该汽轮机组的 n 个
5 负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓可以从汽轮机设计资料中获知。该各级加热器的抽汽供热量可以通过抽汽供热端口表获取。

步骤 902、判断第 j 级加热器的类型。

若第 j 级加热器的类型为表面式加热器, 执行步骤 903; 若第 j 级加热器的类型为汇集式加热器, 执行步骤 904。

10 步骤 903、根据公式 10 确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j 。

公式 10 为:

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_{sj} \\ \gamma_j = t_j - t_{j-1} \end{cases} \quad (10)$$

其中, t_j 为第 j 级加热器的出口水焓, 单位为 kJ/kg ; t_{j-1} 为第 $j-1$ 级加热器的出口水焓, 单位为 kJ/kg ; h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓, 单位为 kJ/kg ; t_{sj} 为第 j 级加热器的出口
15 疏水焓, 单位为 kJ/kg 。

步骤 904、根据公式 11 确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j 。

公式 11 为:

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_j \\ \gamma_j = t_{s(j+1)} - t_j \end{cases} \quad (11)$$

其中, t_j 为第 j 级加热器的出口水焓, 单位为 kJ/kg ; t_{j-1} 为第 $j-1$ 级加热器的出口水焓, 单位为 kJ/kg ; h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓, 单位为 kJ/kg ; $t_{s(j+1)}$ 为第 $j+1$ 级加热器的
20 出口疏水焓, 单位为 kJ/kg 。

值得说明的是, 上述的 q_j 为 1 千克加热蒸汽在第 j 级加热器中的放热量, 单位为 kJ/kg ; τ_j 为 1 千克水在第 j 级加热器中的焓升, 单位为 kJ/kg ; γ_j 为 1 千克疏水在第 j 级加热器中的放热量, 单位为 kJ/kg 。

在步骤 903 和步骤 304 之后，继续执行步骤 905。

步骤 905、根据公式 12 计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降 H_j 和抽汽效率 η_j 。

该公式 12 为：

$$\begin{cases} H_j = (h_j - h_c) - \sum_{i=1}^{j-1} \frac{A_i}{q_i} H_i \\ \eta_j = \frac{H_j}{q_j} \end{cases} \quad (12)$$

其中， h_c 为凝气焓； A_i 为第 i 级加热器的 τ_i 或 γ_i ； q_i 为 1 千克加热蒸汽在第 i 级加热器中的放热量； H_i 为第 i 级加热器的等效焓降；其中， $i=j-m$ ， $m \geq 1$ ，且 $i \geq 1$ ； τ_i 为 1 千克水在第 i 级加热器中的焓升； γ_i 为 1 千克疏水在第 i 级加热器中的放热量。

值得说明的是，若第 j 级加热器为汇集式加热器，则 A_i 为 τ_i ；若第 j 级加热器为表面式加热器，则第 $j-1$ 级加热器至第 $j-m$ 级加热器的 A_i 为 γ_i ，该第 $j-m$ 级加热器为汇集式加热器；第 $j-m-1$ 级加热器至第 1 级加热器的 A_i 为 τ_i 。

例如，如图 10 所示，第 1 级加热器的等效焓降为： $H_1 = h_1 - h_c$ ；

第 2 级加热器的等效焓降为： $H_2 = h_2 - h_c - \frac{\tau_1}{q_1} H_1$ ；

第 3 级加热器的等效焓降为： $H_3 = h_3 - h_c - \frac{\gamma_2}{q_2} H_2 - \frac{\tau_1}{q_1} H_1$ ；

步骤 906、根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率 η_j 与汽轮机组负荷 x 之间的关系曲线。

该关系曲线可以表示为： $\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$

其中， a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为常数，可以通过最小二乘法获知。

步骤 907、获取汽轮机组的实际负荷 x ，并根据汽轮机组的实际负荷 x 和公式 $\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$ ，计算汽轮机组的实际负荷 x 下的第 j 级加热器的实际抽气效率 η_j 。

步骤 908、获取汽轮机组的发电量为 W_f ，并根据公式： $\Delta H_j = \frac{Q_j(\eta_j - 1)}{W_f}$ 计算第 j 级

加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 。

其中， Q_j 为第 j 级加热器的抽汽供热量； η_j 为第 j 级加热器的实际抽气效率。

步骤 909、将各级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 叠加，确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH 。

例如，可通过公式表示为： $\Delta H = \sum \Delta H_j$ 。

本发明实施例的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法，能够确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH ，从而便于对发电机组最终能达到的能效水平的研究。解决了当前还没有抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的问题。

图 2 至图 10 的描述详细说明了说明如何计算煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差，可以定量计算外部条件偏差对发电机组能效影响的大小，为计算客观因素对发电机组能效影响的大小奠定基础。

S103 具体实施时，需要将所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb 分别带入下述公式计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb ：

$$\Delta b = -b \frac{1}{\eta_b} \Delta(\eta_b) - b \frac{1}{\eta_{tb}} \Delta(\eta_{tb}) - \frac{b \times \Delta \text{厂用电率}}{100 - \text{厂用电率}} \quad (13)$$

其中， b 为煤耗设计值， η_b 为锅炉效率设计值， $\Delta(\eta_b)$ 为锅炉效率偏差， η_{tb} 为汽轮机组效率设计值， $\Delta(\eta_{tb})$ 为汽轮机组效率偏差。

另外，公式 13 中，右边第一项为煤耗设计值乘以锅炉效率偏差/锅炉效率设计值；第二项为煤耗设计值乘以汽轮机组效率偏差/汽轮机组效率设计值，若采用汽轮机组热耗偏差代替汽轮机组效率时，该项前改为+号；第三项为煤耗设计值乘以厂用电率偏差/(100-设计厂用电率)。

S104 具体实施时，将发电机组设计参数、所述外部条件偏差及设备性能偏差带入上述公式应达值计算公式，就可以计算机组实际运行中的应达值。

需要说明的是，本发明实施例中，多个工况的个数至少为三个，以增加曲线的准确性。

S105 中，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效，可以通过多种方法实现，一实施例中，可以根据下述公式计算发电机组能效 R ：

$$R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta b_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

其中， A 为两种偏差的预设权重向量； $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 分

5 别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗目标值 b_{obj} 的偏差 Δb_{obj} 隶属于第一级至第五级的隶属度； $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗实际值 b_{act} 的偏差 Δb_{act} 隶属于第一级至第五级的隶属度。

两种偏差的预设权重向量（1 行 2 列）可以根据用户对影响客观因素和主观因素的重要性评价结果设定，向量中两个元素之和应等于 1，如一实施例中，两种偏差的权重
10 为 0.3：0.7，即客观因素权重为 0.3，主观因素权重为 0.7，二者之和等于 1，上述公式变换为：

$$R = [0.30, 0.70] \begin{bmatrix} r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta b_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

下面详细说明如何计算 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 。

15 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 。

将 Δb_{obj} 与设定好的煤耗偏差值直接比较，采用三角形和半梯形的评价模型进行计算，如图 11 所示。

由图 11 可知：

Δb_{obj} 为 S 级的隶属度为：

$$20 \quad r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}(\Delta b_{obj}) = \begin{cases} 1 & \Delta \eta_{obj} \leq 2 \\ \frac{2 - \Delta b_{obj}}{2} & 2 < \Delta \eta_{obj} \leq 4 \\ 0 & \Delta \eta_{obj} > 4 \end{cases}$$

Δb_{obj} 为 A 级的隶属度为：

$$r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}(\Delta b_{obj}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{obj} \leq 2 \\ 1 - \frac{|4 - \Delta b_{obj}|}{2} & 2 < \Delta b_{obj} \leq 4 \\ 0 & \Delta b_{obj} > 4 \end{cases}$$

Δb_{obj} 为 B 级的隶属度:

$$r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}(\Delta b_{obj}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{obj} \leq 4 \\ 1 - \frac{|6 - \Delta b_{obj}|}{2} & 4 < \Delta b_{obj} \leq 8 \\ 0 & \Delta b_{obj} > 8 \end{cases}$$

Δb_{obj} 为 C 级的隶属度为:

$$5 \quad r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}(\Delta b_{obj}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{obj} \leq 6 \\ 1 - \frac{|8 - \Delta b_{obj}|}{2} & 6 < \Delta b_{obj} \leq 10 \\ 0 & \Delta b_{obj} > 10 \end{cases}$$

Δb_{obj} 为 D 级的隶属度为:

$$r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}(b_{obj}) = \begin{cases} 0 & b_{obj} \leq 8 \\ \frac{b_{obj} - 10}{2} & 8 < b_{obj} \leq 12 \\ 1 & b_{obj} > 12 \end{cases}$$

上述 S 级、A 级、B 级、C 级、D 级分别对应第 1 级至第 5 级，第 1 级级别最高第 5 级级别最低。

10 将 Δb_{act} 与设定好的煤耗偏差值直接比较，采用三角形和半梯形的评价模型进行计算，如图 12 所示。

由图 12 可知:

Δb_{act} 为 S 的隶属函数为:

$$r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}(\Delta b_{act}) = \begin{cases} 1 & \Delta b_{act} \leq 1.5 \\ \frac{3 - \Delta b_{act}}{1.5} & 1.5 < \Delta b_{act} \leq 3.0 \\ 0 & \Delta b_{act} > 3.0 \end{cases}$$

15 Δb_{act} 为 A 的隶属函数为:

$$r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}(\Delta b_{act}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{act} \leq 1.5 \\ 1 - \frac{|3 - \Delta b_{act}|}{1.5} & 1.5 < \Delta b_{act} \leq 4.5 \\ 0 & \Delta b_{act} > 4.5 \end{cases}$$

Δb_{act} 为 B 的隶属函数:

$$r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}(\Delta b_{act}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{act} \leq 3 \\ 1 - \frac{|4.5 - \Delta b_{act}|}{1.5} & 3 < \Delta b_{act} \leq 6 \\ 0 & \Delta b_{act} > 6 \end{cases}$$

Δb_{act} 为 C 的隶属函数为:

$$r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}(\Delta b_{act}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{act} \leq 4.5 \\ 1 - \frac{|6 - \Delta b_{act}|}{1.5} & 4.5 < \Delta b_{act} \leq 7.5 \\ 0 & \Delta b_{act} > 7.5 \end{cases}$$

Δb_{act} 为 D 的隶属函数为:

$$r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}(\Delta b_{act}) = \begin{cases} 0 & \Delta b_{act} \leq 7.5 \\ \frac{\Delta b_{act} - 7.5}{20} & 7.5 < \Delta b_{act} \leq 9 \\ 1 & \Delta b_{act} > 9 \end{cases}$$

另一实施例中, 可以根据下述公式计算发电机组能效 R :

$$R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

10 其中, A 为两种偏差的预设权重向量; $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{slid} 与机组煤耗目标值 b_{obj} 的偏差 Δb_{obj} 隶属于第一级至第五级的隶属度; $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{slid} 与机组煤耗实际值 b_{act} 的偏差 Δb_{act} 隶属于第一级至第五级的隶属度。

15 计算方法与上述 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 的计算方法类似, 在此不再赘述。

本发明实施例的有效效果在于，

利用本发明，可以确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH ，从而便于对发电机组最终能达到的能效水平的研究。解决了当前还没有抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量的计算方法的问题。

- 5 利用本发明，可以定量计算环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响，准确计算外部条件偏差，进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

利用本发明，可以定量计算煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响，准确计算外部条件偏差，进而研究发电机组最终能达到的能效水平。

- 10 通过定量计算抽汽供热对汽轮机组热耗的影响、环境温度变化对燃煤发电机组煤耗的影响、煤质偏差对燃煤发电机组煤耗的影响、设备性能偏差及设计值，可以定量计算应达值，基于应达值与目标值及实际值的偏差，根据预设的权重及对应的隶属函数，可以定量判定发电机组能效水平，为指导机组设备改进和运行管理水平提高，提供科学的评价依据。

- 15 本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

- 20 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。
- 25 的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

- 5 本发明中应用了具体实施例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权利要求书

1、一种发电机组能效分析方法，其特征在于，包括：

获取包含发电机组设计参数、锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、负荷率、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量、机组性能的目标值及实际值；

5 根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差，所述外部条件偏差为煤质偏差、环境温度偏差及抽气供热偏差三者之和；

在多个工况下，分别通过锅炉性能试验、汽轮机组性能试验及厂用电率测试性能试验计算锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差，并根据所述锅炉效率偏差、

10 汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差；

根据所述发电机组设计参数、所述外部条件偏差及设备性能偏差计算机组实际运行中的应达值；

分别计算所述应达值与所述目标值及实际值的差值，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效。

15 2、根据权利要求 1 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差，包括：

测量锅炉实际燃煤量，判断设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差是否大于预设偏差值；

20 如果设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差大于预设偏差值，根据公式
$$\Delta q_4 = 337.23 \frac{C_m \cdot A_{ar}}{Q_{ar,net}} - q_4$$
 计算锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 ；

根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ ；

判断入炉煤水分是否超过预设水分值；

25 如果入炉煤水分超过预设水分值，根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 ；

根据所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、排烟热损失变化量 Δq_2 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb ；

其中, C_{fh} 为实际入炉煤的飞灰可燃物含量, %; A_{ar} 为实际入炉煤的灰分, %; $Q_{ar,net}$ 为实际入炉煤收到基低位发热量, kJ/kg; q_4 为锅炉固体不完全燃烧损失设计值, %。

3、根据权利要求 2 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差, 包括:

在设定环境温度 T 下, 获取空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度, 并根据所述空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度计算锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T ;

根据所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 计算锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 ;

基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压;

根据所述汽轮机背压查找汽轮机背压修正曲线, 获得所述汽轮机背压下的实际热耗 H_R 与设计热耗 H_{RTHA} 的差值 ΔH_R ;

根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb 。

4、根据权利要求 3 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据所述锅炉实际燃煤量、当前环境温度、汽轮机组循环水温度、汽轮机组供热发电比、汽轮机组的发电量计算外部条件偏差, 包括:

获取汽轮机组的 n 个负荷工况下的各级加热器的抽汽焓、出口水焓、出口疏水焓以及各级加热器的抽汽供热量; 其中, n 大于等于 3;

确定各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ; 其中, q_j 为 1 千克加热蒸汽在第 j 级加热器中的放热量; τ_j 为 1 千克水在第 j 级加热器中的焓升; γ_j 为 1 千克疏水在第 j 级加热器中的放热量;

根据所述各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j , 计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降和抽汽效率;

根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率与汽轮机组负荷之间的关系信息;

获取汽轮机组的实际负荷, 并根据所述实际负荷和关系信息对应的三次多项式, 计算该实际负荷下的第 j 级加热器的实际抽气效率;

获取汽轮机组的发电量, 并根据第 j 级加热器的抽汽供热量、第 j 级加热器的实际抽气效率和所述汽轮机组的发电量计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j ;

将各级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j 叠加, 确定汽轮机抽汽供热对汽轮机组热耗的影响总量 ΔH 。

5、根据权利要求 2 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 如果设计煤种燃煤量与所述锅炉实际燃煤量的偏差不大于预设偏差值, 令所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 及厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 为零。

6、根据权利要求 2 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 如果入炉煤水分不超过预设水分值, 令所述排烟热损失变化量 Δq_2 为零。

7、根据权利要求 2 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$, 包括:

将发电量及所述锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值带入公式 $\Delta \lambda_{AB} = \frac{1700\Delta B}{W_f}$, 计算入炉煤量增加导致的厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$, 其中, ΔB 为锅炉实际燃煤量与设计煤种燃煤量的差值; W_f 为发电量。

8、根据权利要求 2 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 计算排烟热损失变化量 Δq_2 , 包括: 将排烟温度偏差 $\Delta \theta_{Lv}$ 带入 $\Delta q_2 = 0.0035\Delta \theta_{Lv}$, 计算排烟热损失变化量 Δq_2 , 其中 $\Delta \theta_{Lv} = 0.7\Delta M_{ar}$, ΔM_{ar} 为实际入炉煤种水分相对于设计煤种水分的增量。

9、根据权利要求 2 至 6 中任一项所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量 Δq_4 、排烟热损失变化量 Δq_2 、厂用电率增加量 $\Delta \lambda_{AB}$ 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb , 包括: 将所述锅炉固体不完全燃烧损失的变化量、排烟热损失变化量、厂用电率增加量带入公式 $\Delta b = b_{st} \frac{\Delta q_4 + \Delta q_2}{\eta_B} + b_{st} \frac{\Delta \lambda_{AB}}{\lambda}$ 中, 计算煤质变化引起的煤耗变化量 Δb , 其中, b_{st} 为机组设计煤耗, η_B 为锅炉效率设计值, λ 为辅机电耗设计值。

10、根据权利要求 3 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据所述空气预热器入口风温和空气预热器入口烟气温度计算锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T , 包括:

将所述空气预热器入口空气温度和空气预热器入口烟气温度带入下述公式, 计算所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T :

$$\theta_{Lv}^T = \frac{T(\theta_{En} - \theta_{Lv}) + \theta_{En}(\theta_{Lv} - t_{En})}{(\theta_{En} - t_{En})}$$

其中, θ_{En} 为空气预热器入口烟气温度, θ_{Lv} 为空气预热器出口烟气温度, t_{En} 空气预热器入口空气温度。

11、根据权利要求 10 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 计算锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 , 包括:

5 将所述锅炉排烟温度 θ_{Lv}^T 带入下述公式, 计算所述锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 :

$$\Delta q_2 = q_2 \frac{(\theta_{Lv} - t_{En}) - (\theta_{Lv}^T - T)}{\theta_{Lv}^T - T}$$

其中, q_2 为所述设定环境温度 T 下的锅炉排烟热损失设计值。

12、根据权利要求 11 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 当所述汽轮机为空冷机组时, 基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压, 包括: 根据环境温度对背压
10 的影响曲线, 获得当前环境温度下的汽轮机背压。

13、根据权利要求 11 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 当所述汽轮机为湿冷机组时, 基于环境温度对背压的影响得到汽轮机背压, 包括:

根据负荷工况下的设计数据计算凝汽器出口温差;

根据循环水入口温度及所述温差计算实际排气温度;

15 根据所述实际排气温度查找水蒸汽压力特性表, 得到所述实际排气温度对应的汽轮机背压。

14、根据权利要求 13 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据负荷工况下的设计数据计算凝汽器出口温差, 包括:

20 根据设定背压值查找水蒸汽压力特性表, 获得所述设定背压值下的排汽温度及凝汽器进水温度;

根据所述排汽温度及凝汽器进水温度计算所述凝汽器出口温差。

15、根据权利要求 3 所述的发电机组能效分析方法, 其特征在于, 根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb , 包括:

25 将所述根据锅炉排烟热损失的变化量 Δq_2 及所述差值 ΔH_R 带入下述公式, 计算环境温度对机组煤耗的影响总量 Δb :

$$\Delta b = \frac{\Delta q_2}{\eta_B} b_{st} + \frac{\Delta H_R}{H_{RD}} b_{st};$$

其中, b_{st} 为机组设计煤耗, g/kWh; η_B 为设计环境温度下的锅炉效率, %; H_{RD} 为设计环境温度下的汽轮机热耗, kJ/kWh。

16、根据权利要求 4 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，所述确定各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ，包括：

判断所述第 j 级加热器的类型；

5 若所述第 j 级加热器的类型为表面式加热器，根据公式一确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ；

所述公式一为：

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_{sj} \\ \gamma_j = t_j - t_{j-1} \end{cases}$$

其中， t_j 为第 j 级加热器的出口水焓； t_{j-1} 为第 j-1 级加热器的出口水焓； h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓； t_{sj} 为第 j 级加热器的出口疏水焓；

10 若所述第 j 级加热器的类型为汇集式加热器，根据公式二确定第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ；

所述公式二为：

$$\begin{cases} \tau_j = t_j - t_{j-1} \\ q_j = h_j - t_j \\ \gamma_j = t_{s(j+1)} - t_j \end{cases}$$

15 其中， t_j 为第 j 级加热器的出口水焓； t_{j-1} 为第 j-1 级加热器的出口水焓； h_j 为第 j 级加热器的抽汽焓； $t_{s(j+1)}$ 为第 j+1 级加热器的出口疏水焓。

17、根据权利要求 16 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，所述根据所述各负荷工况下第 j 级加热器的 q_j 、 τ_j 和 γ_j ，计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降和抽汽效率，包括：

根据公式三计算各负荷工况下第 j 级加热器的等效焓降 H_j 和抽汽效率 η_j ；

20 所述公式三为：

$$\begin{cases} H_j = (h_j - h_c) - \sum_{i=1}^{j-1} \frac{A_i}{q_i} H_i \\ \eta_j = \frac{H_j}{q_j} \end{cases}$$

其中， h_c 为凝气焓； A_i 为第 i 级加热器的 τ_i 或 γ_i ； q_i 为 1 千克加热蒸汽在第 i 级加热器中的放热量； H_i 为第 i 级加热器的等效焓降；其中， $i=j-m$ ， $m \geq 1$ ，且 $i \geq 1$ ； τ_i 为 1 千克水在第 i 级加热器中的焓升； γ_i 为 1 千克疏水在第 i 级加热器中的放热量。

18、根据权利要求 17 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，若第 j 级加热器为汇集式加热器，则 A_i 为 τ_i ；若第 j 级加热器为表面式加热器，则第 j-1 级加热器至第 j-m 级加热器的 A_i 为 γ_i ，所述第 j-m 级加热器为汇集式加热器；第 j-m-1 级加热器至第 1 级加热器的 A_i 为 τ_i 。

19、根据权利要求 18 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，所述根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率与汽轮机组负荷之间的关系信息，包括：

根据三次多项式拟合第 j 级加热器的抽汽效率 η_j 与汽轮机组负荷 x 之间的关系曲线；所述关系曲线为：

$$\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$$

其中， a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为常数。

20、根据权利要求 19 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，所述获取汽轮机组的实际负荷，并根据所述实际负荷和关系信息对应的三次多项式，计算该实际负荷下的第 j 级加热器的实际抽气效率，包括：

获取汽轮机组的实际负荷 x ，并根据汽轮机组的实际负荷 x 和公式 $\eta_j = a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4$ ，计算汽轮机组的实际负荷 x 下的第 j 级加热器的实际抽气效率 η_j 。

21、根据权利要求 20 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，所述获取汽轮机组的发电量，并根据第 j 级加热器的抽汽供热量、第 j 级加热器的实际抽气效率和所述汽轮机组的发电量计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j ，包括：

获取汽轮机组的发电量为 W_f ；
根据公式： $\Delta H_j = \frac{Q_j(\eta_j - 1)}{W_f}$ 计算第 j 级加热器的抽汽供热对汽轮机组热耗的影响量 ΔH_j ；

其中， Q_j 为第 j 级加热器的抽汽供热量； η_j 为第 j 级加热器的实际抽气效率。

22、根据权利要求 1 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差计算设备性能偏差，包括：

根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb ；

根据所述多个工况下的负荷点及供电煤耗偏差生成设备性能曲线，在当前负荷下，根据所述设备性能曲线得到设备性能偏差。

23、根据权利要求 22 所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，根据所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb ，包括：

5 将所述锅炉效率偏差、汽轮机组效率偏差及厂用电率偏差分别计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb 分别带入下述公式计算所述多个工况下的供电煤耗偏差 Δb ：

$$\Delta b = -b \frac{1}{\eta_b} \Delta(\eta_b) - b \frac{1}{\eta_{tb}} \Delta(\eta_{tb}) - \frac{b \times \Delta \text{厂用电率}}{100 - \text{厂用电率}}$$

其中， b 为煤耗设计值， η_b 为锅炉效率设计值， $\Delta(\eta_b)$ 为锅炉效率偏差， η_{tb} 为汽轮机组效率设计值， $\Delta(\eta_{tb})$ 为汽轮机组效率偏差。

24、根据权利要求 1 至 23 中任一项所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效，包括：根据下述公式计算发电机组能效 R ：

$$R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta b_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta b_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

15 其中， A 为两种偏差的预设权重向量； $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{obj} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗目标值 b_{obj} 的偏差 Δb_{obj} 隶属于第一级至第五级的隶属度； $r_{\Delta b_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta b_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组煤耗应达值 b_{sld} 与机组煤耗实际值 b_{act} 的偏差 Δb_{act} 隶属于第一级至第五级的隶属度。

25、根据权利要求 1 至 23 中任一项所述的发电机组能效分析方法，其特征在于，按照两种差值的预设权重及对应隶属函数计算发电机组能效，包括：根据下述公式计算发电机组能效 R ：

$$20 \quad R = A \begin{bmatrix} r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow S} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow A} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow B} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow C} & r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow D} \\ r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow S} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow A} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow B} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow C} & r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow D} \end{bmatrix}$$

其中， A 为两种偏差的预设权重向量； $r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta \eta_{obj} \rightarrow D}$ 分别为机组效率应达值 η_{sld} 与机组效率目标值 η_{obj} 的偏差 $\Delta \eta_{obj}$ 隶属于第一级至第五级的隶属度； $r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow S}$ 、 $r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow A}$ 、 $r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow B}$ 、 $r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow C}$ 、 $r_{\Delta \eta_{act} \rightarrow D}$ 分别为机组效率应达值 η_{sld} 与机组效率实际值 η_{act} 的偏差 $\Delta \eta_{act}$ 隶属于第一级至第五级的隶属度。

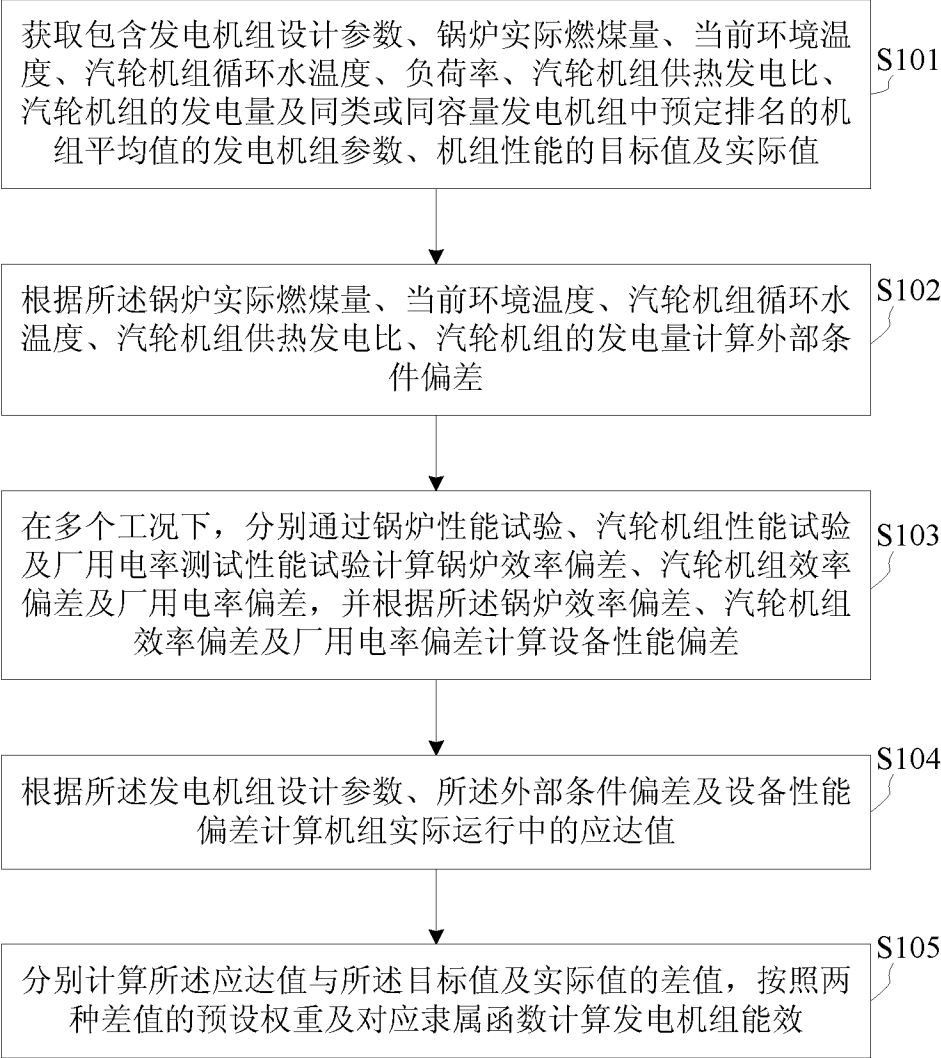


图 1

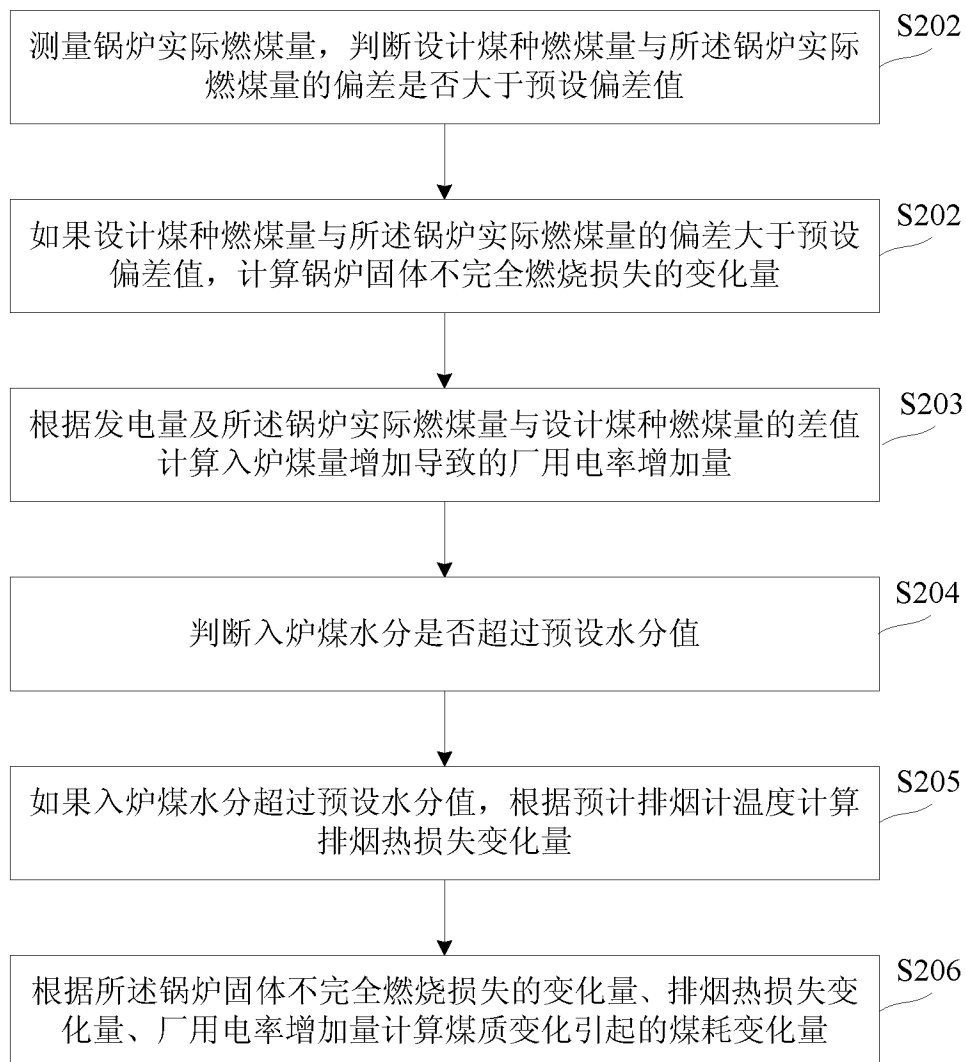


图2

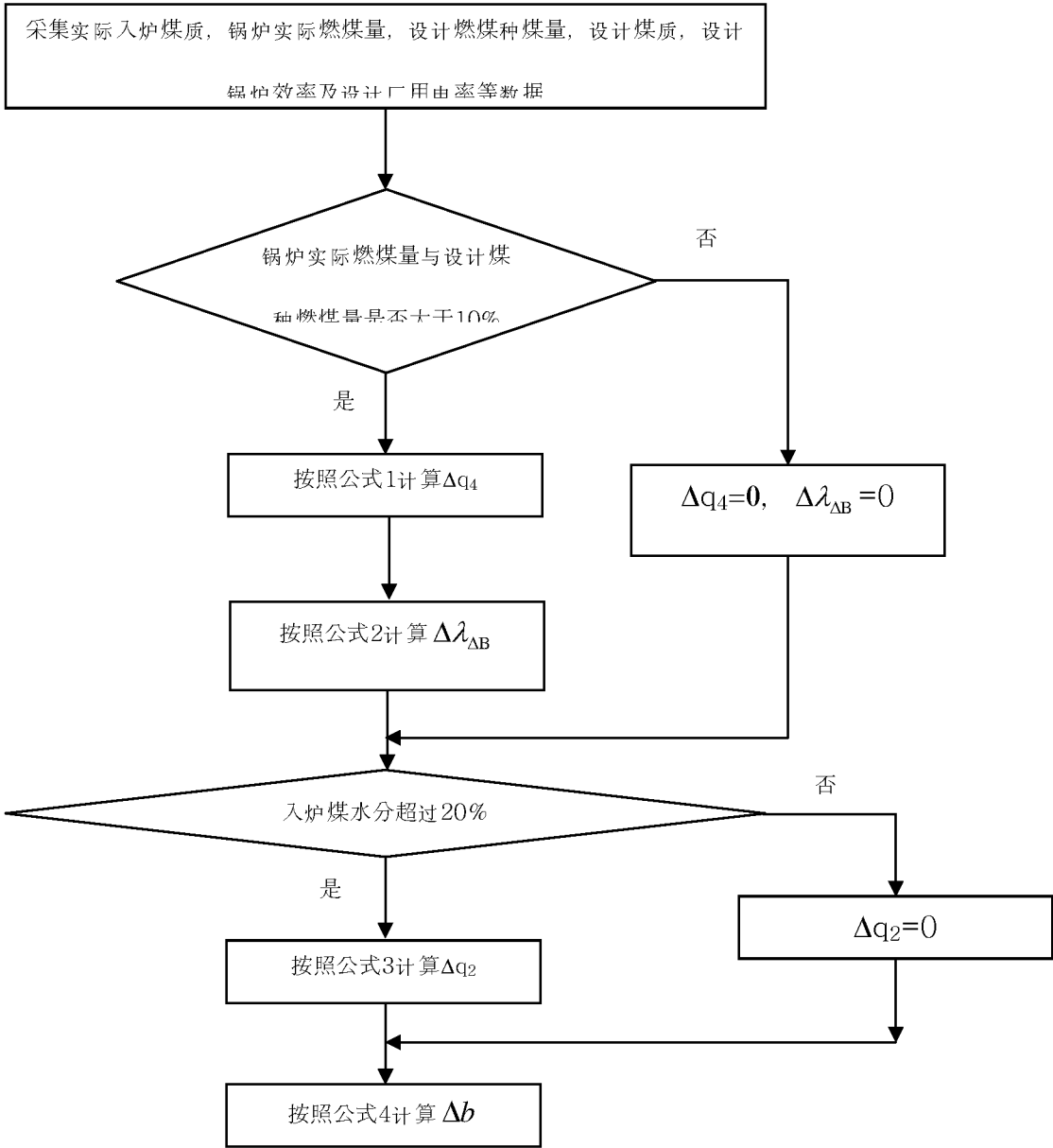


图3

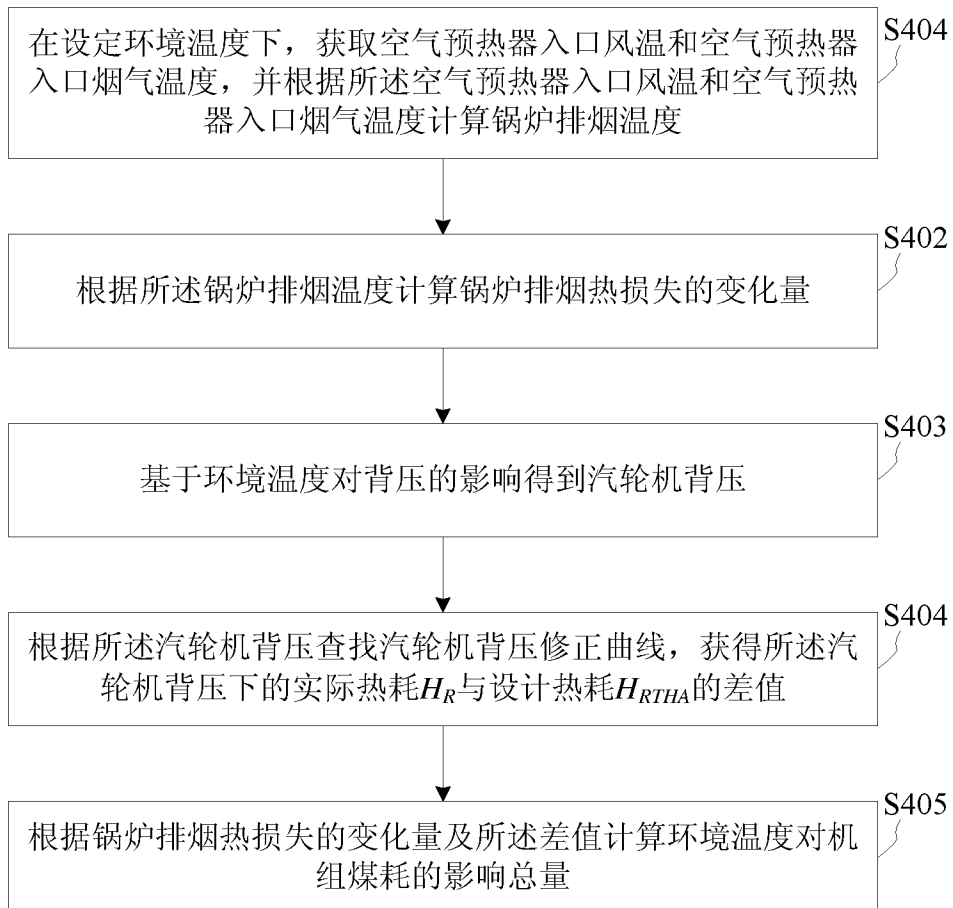


图4

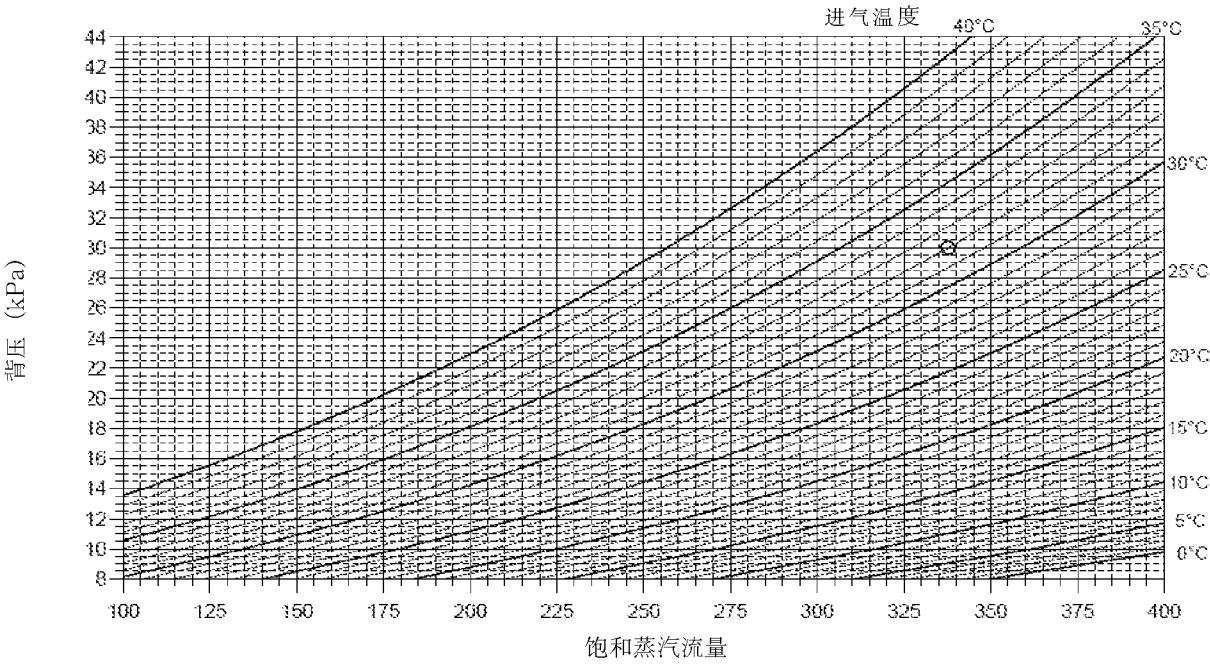


图5

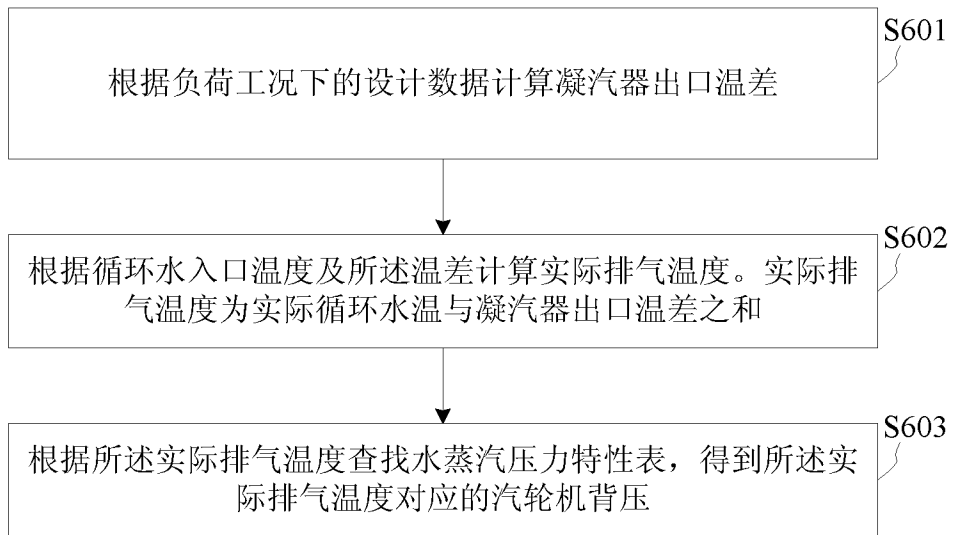


图6

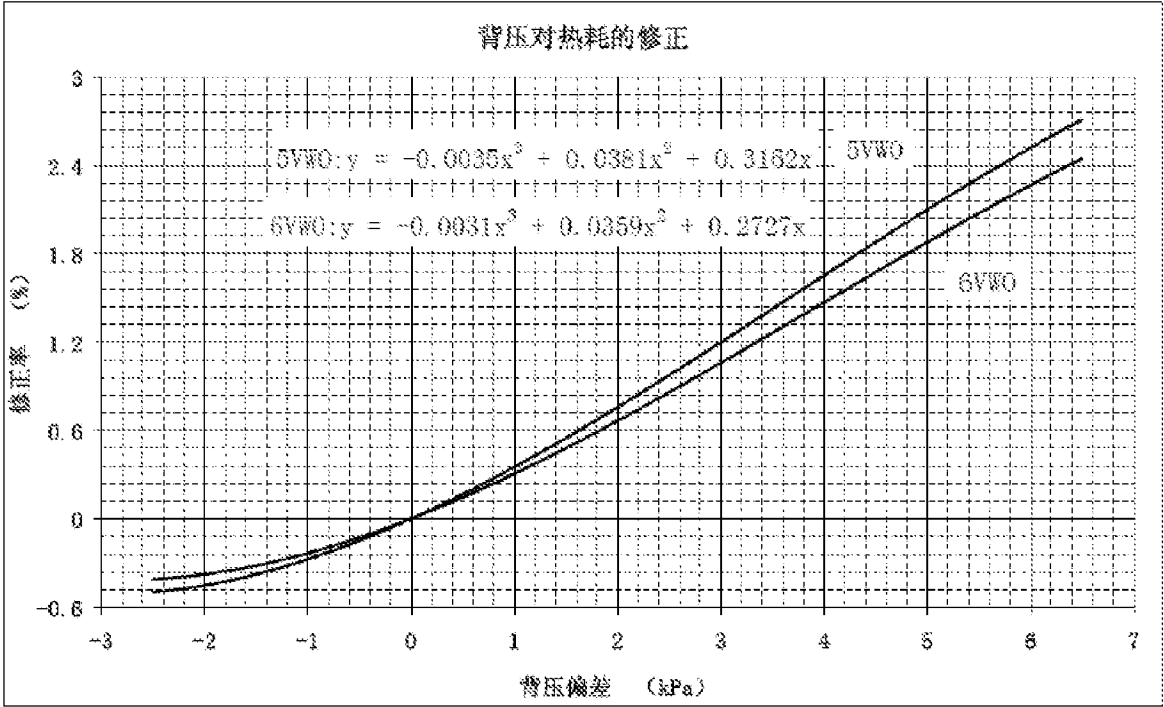


图7

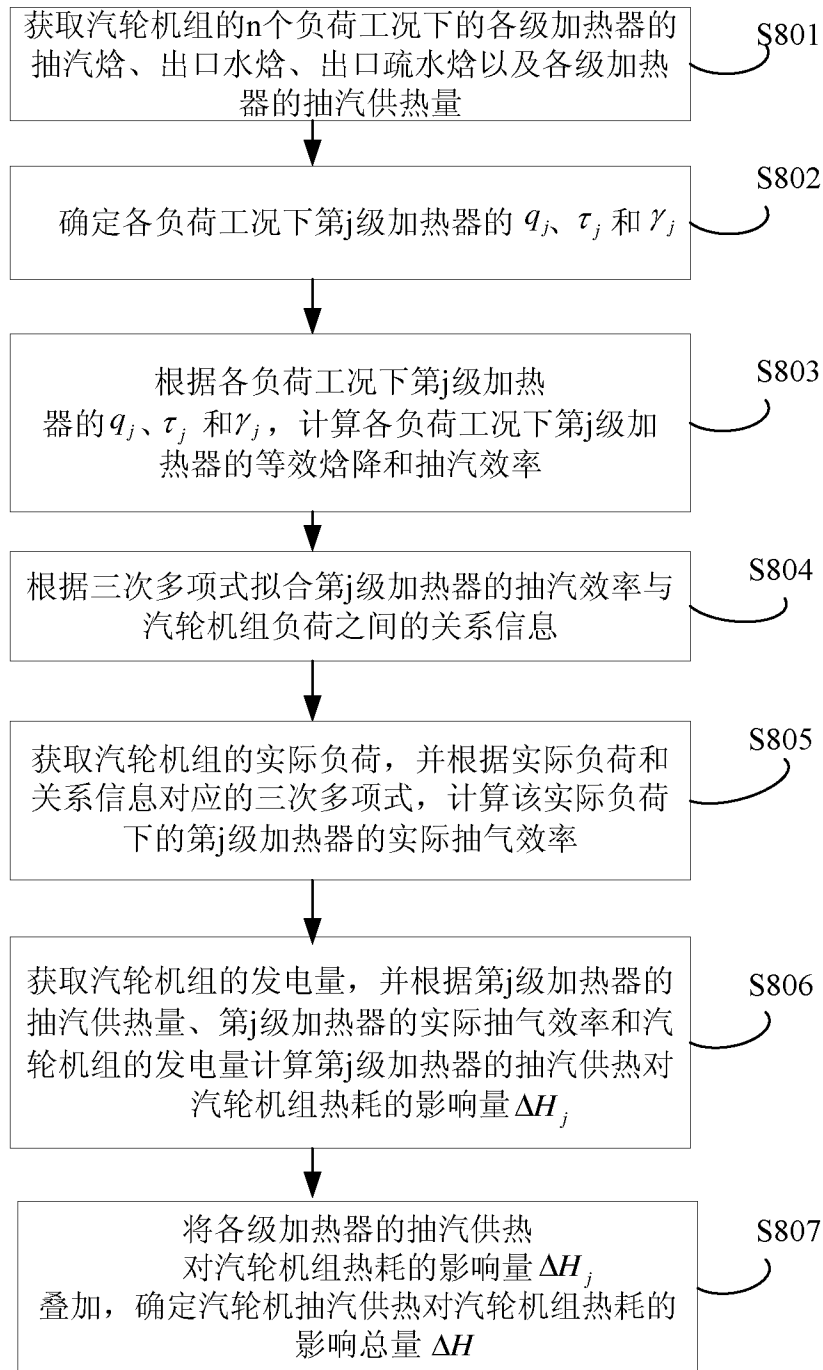


图 8

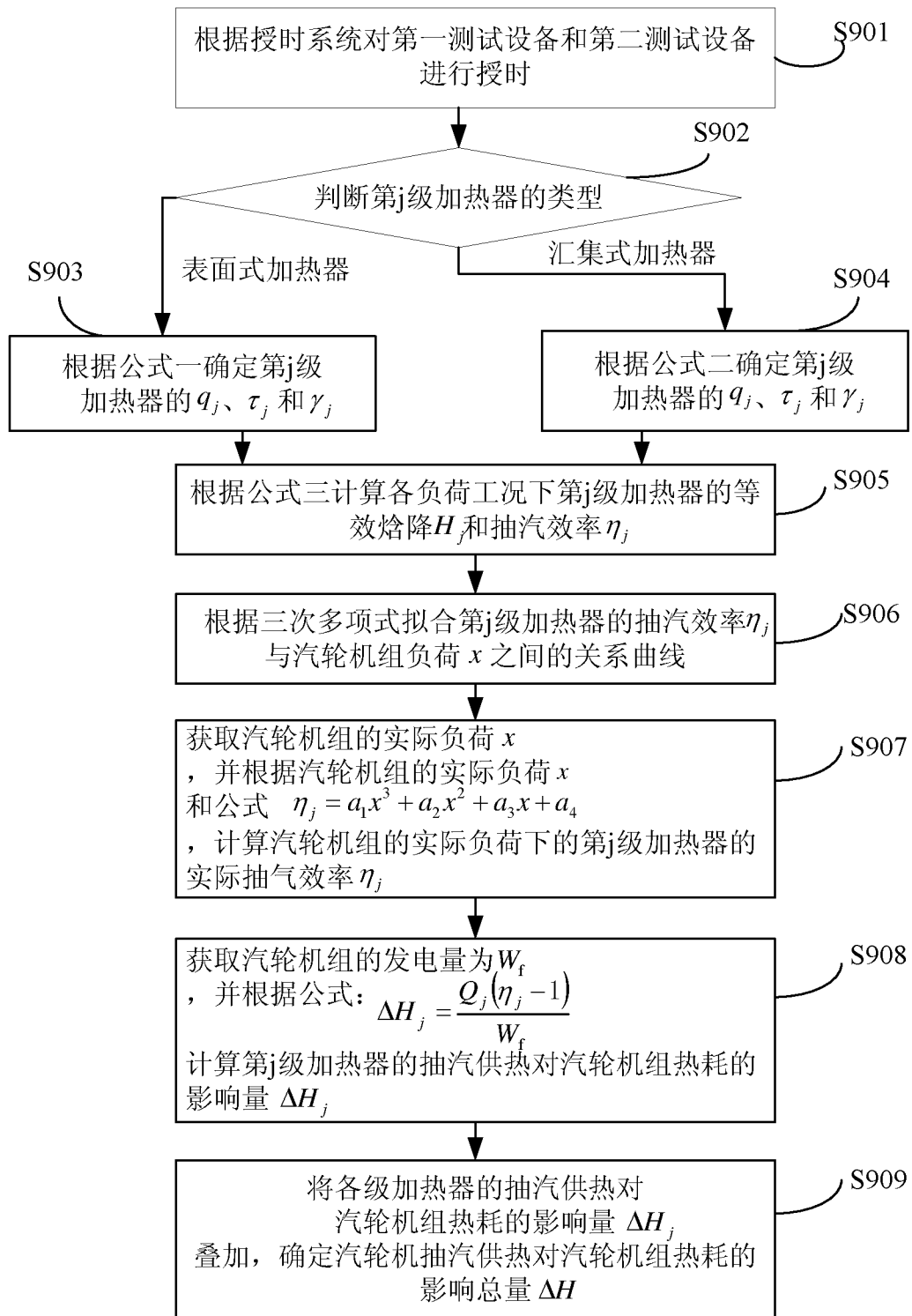


图 9

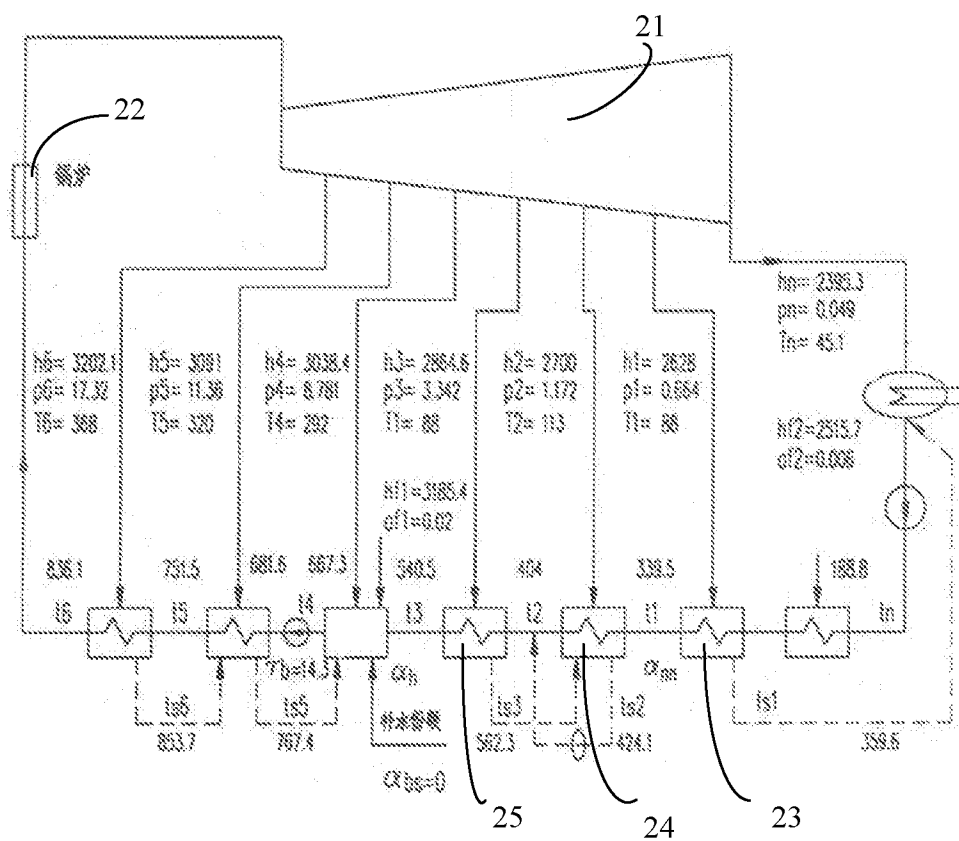


图 10

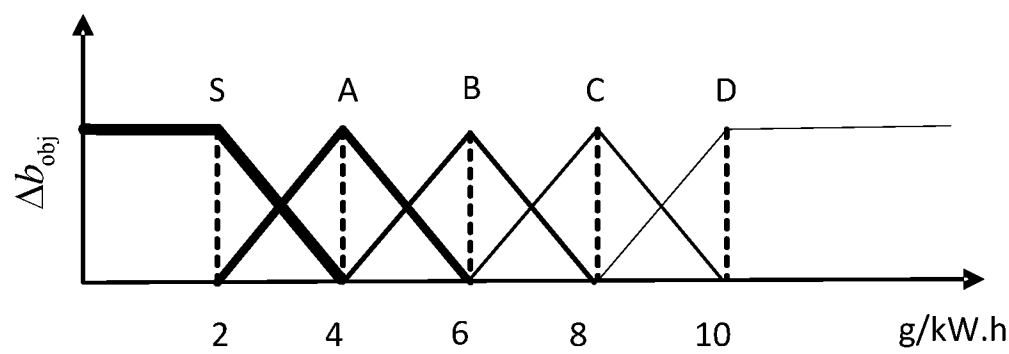


图 11

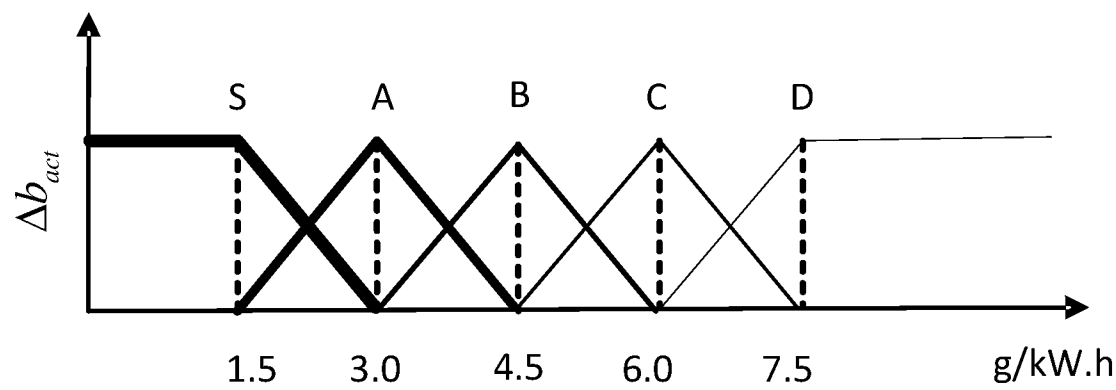


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/099426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/50 (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)

G06F

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: power generation, power plant, turbine, circulating water, energy efficiency, difference, actual value, coal, water, temperature, boiler, furnace, generator, turbine, efficiency, productiv+, weight

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105224735 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.), 06 January 2016 (06.01.2016), claims 1-25	1-25
A	CN 103678915 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF GUANGDONG POWER GRID CORPORATION et al.), 26 March 2014 (26.03.2014), claim 1, and figure 1	1-25
A	CN 1611920 A (XU, Jianzhuang), 04 May 2005 (04.05.2005), the whole document	1-25
A	CN 102621945 A (INNER MONGOLIAN AUTONOMOUS RESIGN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 01 August 2012 (01.08.2012), the whole document	1-25

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 08 December 2016 (08.12.2016)	Date of mailing of the international search report 26 December 2016 (26.12.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer GUO, Xing Telephone No.: (86-10) 61648071

International application No.
PCT/CN2016/099426

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/099426

A. 主题的分类 G06F 17/50 (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) G06F 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)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 发电, 电厂, 汽轮机, 温度, 锅炉, 循环水, 能效, 效率, 煤, 差, 实际值, 权重, coal, water, temperature, boiler, furnace, generator, turbine, efficiency, productiv+, weight																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 105224735 A (华北电力科学研究院有限责任公司等) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-25</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103678915 A (广东电网公司电力科学研究院等) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 权利要求1及附图1</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1611920 A (许建壮) 2005年 5月 4日 (2005 - 05 - 04) 全文</td> <td>1-25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102621945 A (内蒙古自治区电力科学研究院) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文</td> <td>1-25</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 105224735 A (华北电力科学研究院有限责任公司等) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-25	1-25	A	CN 103678915 A (广东电网公司电力科学研究院等) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 权利要求1及附图1	1-25	A	CN 1611920 A (许建壮) 2005年 5月 4日 (2005 - 05 - 04) 全文	1-25	A	CN 102621945 A (内蒙古自治区电力科学研究院) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文	1-25
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 105224735 A (华北电力科学研究院有限责任公司等) 2016年 1月 6日 (2016 - 01 - 06) 权利要求1-25	1-25															
A	CN 103678915 A (广东电网公司电力科学研究院等) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 权利要求1及附图1	1-25															
A	CN 1611920 A (许建壮) 2005年 5月 4日 (2005 - 05 - 04) 全文	1-25															
A	CN 102621945 A (内蒙古自治区电力科学研究院) 2012年 8月 1日 (2012 - 08 - 01) 全文	1-25															
☐ 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 2016年 12月 8日		国际检索报告邮寄日期 2016年 12月 26日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (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 郭星 电话号码 (86-10) 61648071															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/099426

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	105224735	A	2016年 1月 6日	无	
CN	103678915	A	2014年 3月 26日	无	
CN	1611920	A	2005年 5月 4日	CN 100442021	C 2008年 12月 10日
CN	102621945	A	2012年 8月 1日	CN 102621945	B 2014年 3月 26日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)