

等离子体发生器内高温空气化学反应流场分析

李振宇¹, 李智明¹, 陈晓红²

(1. 哈尔滨工程大学 动力与核能工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨·第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要: 空气在高温环境下会发生离解、电离等化学反应使组分发生变化, 从而引起流场状态的改变。以一个低温等离子体发生器模型为例, 应用数值模拟的方法对七种组分, 七个化学反应的流场求解, 并与纯空气流场的求解结果进行比较, 分析化学反应流场流动和传热的特点。在数值模拟过程中采用了局部热力学平衡流体模型, 数值格式用 SIMPLEC 算法, 采用贴体坐标的网格模型。计算结果给出了温度场、速度场及组分变化分布图。

关 键 词: 等离子体; 数值模拟; 化学反应; 局部热力学平衡

中图分类号: O53.064 文献标识码: A

1 前 言

高温空气的化学反应流动是一个比较复杂物理化学变化过程, 它涉及流动、传热、传质和化学反应等一系列复杂问题, 有相当复杂的能量转换机制。同时高温空气在化学反应流动过程中组分的热力学性质也要发生变化, 还伴随着光、电等现象。目前为止还没有一个模型可以完整地描述高温空气化学反应流动的诸多特征, 但是人们对其局部的探索以揭示某一方面的过程机制一刻也没有停歇。

低温等离子体发生器由阴极、阳极和空气流道组

成。由于阴极温度很高, 电极烧蚀严重, 它将直接影响等离子发生器的寿命。为降低电极烧蚀速度, 必须采用合理组织流场的方法对阴极进行冷却。另外, 由于发生器尺寸空间小, 靠实验的方法寻求流场内的工作参数是极其困难的。要想知道等离子体发生器内部的热负荷情况, 合理设计发生器的结构只能采用数值计算的方法模拟等离子体发生器内的化学非平衡流动。

本文借鉴了燃烧学、流体力学和传热学的研究方法, 对等离子体发生器内的物理化学过程和能量添加机制做了简化处理, 得到了能够反映空气化学非平衡流动特征的计算结果。

2 数学模型

本文所模拟的低温等离子体发生器工作温度在 1 000~3 000 K 范围内。根据等离子体发生器的工作特点和气体在此工作温度范围的特性, 在模型的建立过程做了如下基本假设:

(1) 局部热力学平衡 (LTE), 认为电子、离子和中性粒子的温度在所考虑的温度、压力范围内是相等的。

收稿日期: 2003-02-18

作者简介: 李振宇(1968-), 男, 黑龙江双城人, 现任中国人民解放军海军装备部工程师。

3.4 燃烧动态特性

保持汽机调门开度不变, 送引风机自动调节, 阶跃增加燃料量。试验结果如图 9 所示, 开始时汽包水位逐渐上升, 之后逐渐回落, 最后直线降低, 延迟 40 s 后汽温、汽压缓慢上升, 最后达到新的稳态。

4 结 语

通过上述试验及分析可见, 所建立的自然循环锅炉动态模型是严格地按照实际机组的机理开发的, 能正确反映锅炉的动态特性和静态特性, 和文献

[2] 的论述基本是一致的。该仿真模型已应用于湛江发电厂 300 MW 火电机组仿真机, 用于对运行人员的操作培训, 并可以用于优化锅炉的设计和预测变工况时锅炉的主要性能参数。

参考文献:

- [1] 韩 璞, 刘长良, 李长青. 火电站仿真机原理及应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1998.
- [2] 章臣樾. 锅炉动态特性及数学模型[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

(渠 源 编辑)

- (2) 流动是定常、轴对称、层流流动。
- (3) 忽略电场、磁场的作用。
- (4) 在所讨论的温度范围内, 忽略辐射能量交换。
- (5) 质量力可以忽略不计。
- (6) 将电功率加热(欧姆热)项等效为流场内部热源项。

依据上述假设, 等离子体发生器内部化学非平衡流动的控制方程可以用如下柱坐标系非线性偏微分守恒型通用方程表示:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u \phi) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \rho v \phi) = \frac{\partial}{\partial x}(\Gamma_{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial x}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \Gamma_{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial r}) + S_{\phi} \quad (1)$$

其中: ϕ 代表任意独立变量; Γ_{ϕ} 称为交换系数, S_{ϕ} 代表方程的源项。

通用方程中的 ϕ 、 Γ_{ϕ} 、 S_{ϕ} 在不同的方程中有不同表达形式。下面分别给出 ϕ 、 Γ_{ϕ} 、 S_{ϕ} 在连续方程、轴向动量方程、径向动量方程、能量方程以及组分方程中的具体表达形式。

连续方程:

$$\phi = 1; \Gamma_{\phi} = 0; S_{\phi} = 0$$

轴向动量方程:

$$\phi = u; \Gamma_{\phi} = \mu; S_{\phi} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(DD^{\mu} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^{\mu} \frac{\partial v}{\partial r} \right)$$

径向动量方程:

$$\phi = v; \Gamma_{\phi} = \mu; S_{\phi} = -\frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^{\mu} \frac{\partial v}{\partial r} \right) - 2\mu \frac{v}{r^2}$$

能量方程:

$$\phi = h; \Gamma_{\phi} = \frac{\mu}{\sigma_h}$$

$$S_{\phi} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_{i=1}^{N_s} h_i j_i \right) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \sum_{i=1}^{N_s} h_i j_i \right) + S_h + \hat{q}$$

组分方程:

$$\phi = m_i; \Gamma_{\phi} = \rho D_{im}; S_{\phi} = R_i$$

上述各表达式中, u, v : 气体在 x 和 r 方向的速度; μ : 气体的有效粘性系数; σ_h : Prandtl 数; h : 气体比焓; P : 气体压力; m_i : 组元 i 的质量分数; D_{im} : 组元 i 的质量扩散系数; J_i : 组元 i 的质量扩散通量, 根据斐克定律, 它与组元质量扩散系数和组元质量分数有如下关系:

$$J_i = -\rho D_{im} \nabla m_i$$

能量方程的源项表达式中右端第一项和第二项

反映了质量扩散引起的能量输运; S_h 表示化学反应生成热, 反映了化学能与热能的转换关系; \hat{q} 是内部热源项, 反映了等离子体发生器内的能量添加机制。组分方程中的源项表达式 R_i 表示化学反应中组元 i 的质量生成率, 反映了化学反应引起的组分变化, 它的确定将在后面的化学反应模型中具体说明。

再补充一个气体状态方程:

$$p = \sum_{j=1}^{N_s} \rho_j m_j R T / M_j \quad (2)$$

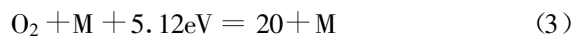
式中: R —通用气体常数; M_i —组元 i 的摩尔质量。

通过上面对等离子体发生器流场数学模型的介绍可以看出, 空气化学非平衡流动的数学模型与其它流动的数学模型形式类似, 因此可以仿照其它流体力学问题的求解方法求解空气化学非平衡流动流场。

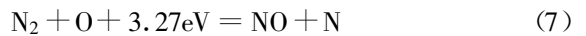
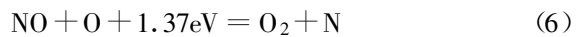
3 化学反应模型

纯空气在不计微量元素的情况下可看作摩尔百分含量为 21% 的 O_2 和 79% 的 N_2 组成, 在 1000 ~ 3000 K 的温度范围内化学反应的生成物包括 O, N, NO, NO^+, e^- 共五种产物, 因此本文建立的化学反应模型就是这七种组元之间最主要的七个化学反应。包括碰撞离解、置换反应和缔合电离三种反应形式。

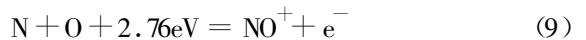
碰撞离解反应:



置换反应:



缔合电离反应:



由于上述的化学反应会引起组元量的变化, 因此在求解数学模型的组分方程时要确定组元的质量生成率 R_i 。化学反应生成率 R_i 的表达式为:

$$R_i = M_i \sum_{k=1}^{N_k} \left(V''_{i,k} - V'_{i,k} \right) \left[k_{f,k} \prod_{j=1}^{N_s} [C_j]^{v'_{j,k}} - k_{b,k} \prod_{j=1}^{N_s} [C_j]^{v''_{j,k}} \right] \quad (10)$$

式中: M_i 为组元 i 的摩尔质量; $v''_{i,k}, v'_{i,k}$ 分别为生成物和反应物中组元 i 的计量系数; C_j 是组元 j 的摩尔数密度; $k_{f,k}, k_{b,k}$ 分别为正逆向反应的反应速率

常数由 Arrhenius 公式确定:

$$k_{f,k} = A_k T^{\beta_k} \exp(-E_k/RT) \quad (11)$$

式中: A_k 为 Arrhenius 公式前因子; β_k 为无因次温度指数; E_k 为反应 k 的活化能。这三个常数通过查阅相关化学动力学资料获得。

4 物性参数变化

化学反应引起的组分变化会使工质的物性参数即数学模型中一些相关项系数发生变化, 为了使求解的计算结果准确必须模拟物性参数变化情况。本文用质量混合平均的方法模拟组分变化引起的物性参数变化情况。

$$A = \sum_{i=1}^N m_i A_i \quad (12)$$

式中: m_i 为组元 i 的质量分数; 在本文研究的模型中 A 分别代表比热值 C_p 、粘性系数 μ 和热传导系数 λ 。

对于每一种组元物性参数随温度变化的模拟, 可根据相应的实验数据将其拟合成温度多项式形式:

$$A_i = \xi_1 + \xi_2 T + \xi_3 T^2 + \xi_4 T^3 + \xi_5 T^4 \quad (13)$$

5 几何模型与边界条件

等离子发生器流场可简化为图 1 所示的轴对称几何模型。进口处内径 5 mm, 外径 10 mm; 喷口处直径 3 mm; 等效加热区厚度 0.1 mm。

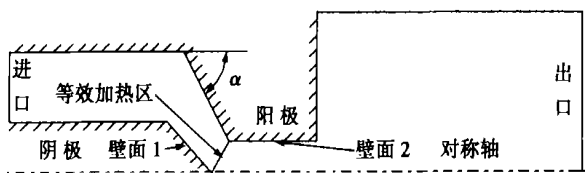


图 1 流场计算几何模型

边界条件:

(1) 进口处: 进口边界给定了速度方向(进口气流预旋角)、总温 $T_{in}^* = 300\text{ K}$ 、总压($P_{out} + P_{in}^*$), 隐含 $\partial P / \partial n = 0$, 混合气体的组分为 79% 的 N_2 和 21% 的 O_2 , 其它组分含量为零。

(2) 电弧的等效加热区: 取等离子发生器的有效电功率为 $Ne = 100\text{ W}$, 则等效加热区的流场内部单位体积的欧姆热功率为 $\dot{q} = Ne / \Omega\text{ (W/m}^3\text{)}$, 其中 Ω 为轴对称等效加热区的体积。

(3) 壁面边界: 由于等离子发生器几何尺寸较

小, 流体在发生器内部的停留时间较短, 因此可以认为壁面是绝热的, 即 $\partial T / \partial n = 0$, 同时在壁面上各组元的扩散通量为零。对于速度边界条件, 由于流体是粘性的, 应满足壁面无滑移条件, 即 $\vec{V} = 0$ 。在采用 SIMPLEC 算法时, 壁面压力边界条件是隐含的, 不需显式地给出, 隐含的壁面压力边界条件是 $\partial P / \partial n = \text{const}$ 。

(4) 对称轴: 取与其垂直的速度分量为零, 其它变量在对称轴处与其垂直方向梯度为零。

(5) 出口处: 在出口边界显式给定出口的静压 P_{out} 、外界总温 T_{bf}^* 和外界混合气体组分, 在本文中取 $P_{out} = 15 \times 10^5\text{ Pa}$, $T_{bf}^* = 300\text{ K}$, 外界混合气组分与进口相同。出口边界速度和温度由域内节点的计算值内插得到, 即给定了 $\partial \vec{V} / \partial n = \text{const}$ 和 $\partial T / \partial n = \text{const}$ 。

6 计算结果分析

用 SIMPLEC 算法对图 1 所示流场的纯空气流动和化学反应流动两种情况进行了数值模拟, 对比了两种流动情况的温度场和速度场的计算结果, 并给出了化学反应流动中各组元在流场中的分布情况。

6.1 温度场和速度场计算结果

图 2 和图 3 给出了在 230 Pa 进口总压, 0° 进口气流角情况下纯空气流场和化学反应流场温度、速度变化的对比结果。计算区域共划分了 24883 个非结构化网格结点, 收敛精度为各变量相对残差均小于 10^{-6} 。

图 2 给出了纯空气流场和化学反应流场的温度分布图, 从图中可以看出高温区都集中在轴线附近, 特别是轴线附近阴极头部区域温度达到最高。从 (a) 和 (b) 两图对比来看纯空气流场高温区温度明显高于化学反应流场且温度的径向梯度也大于化学反应流场的温度径向梯度。这说明由于反应吸热及组元浓度分布不均匀造成的扩散效应, 使化学反应流场与纯空气流场的温度场有较大的差异。

图 3 给出了等离子发生器内速度场的分布图, 从图中可以看到 (a) 和 (b) 的计算结果没有明显的差异。由于流体被剧烈加热而急剧膨胀以及冷流体对热流体产生的热压缩作用使流场的高速区也都位于轴线附近。

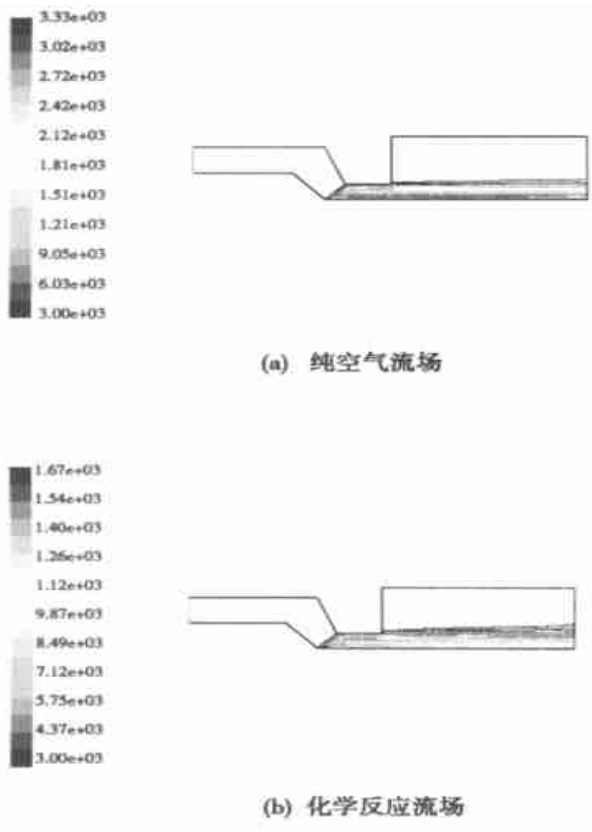


图 2 温度分布等值云图

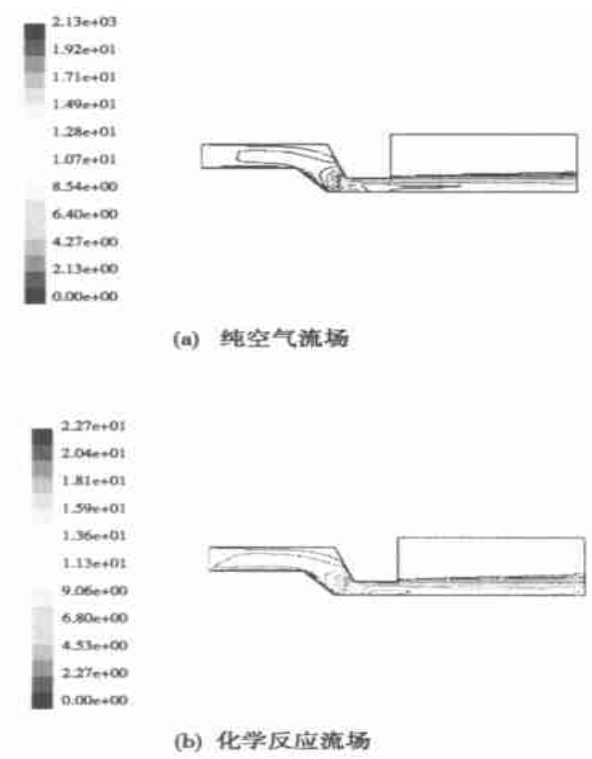


图 3 速度分布等值云图

6.2 组元分布计算结果

在本文所考虑的工作温度工作压力条件下, 化学反应的生成物主要是 O、N、NO、 NO^+ 、 e^- 的生成量微乎其微。因此在计算结果中只给出 O、N、NO 的分布情况。

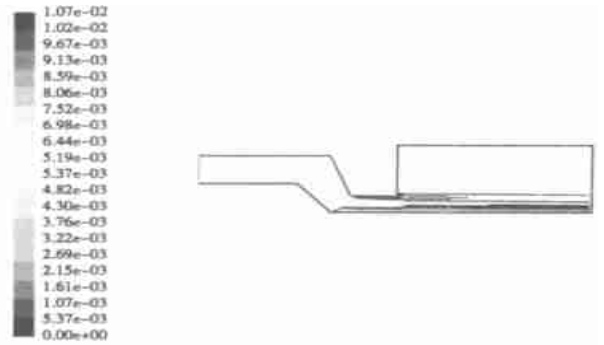


图 4 氧原子分布图

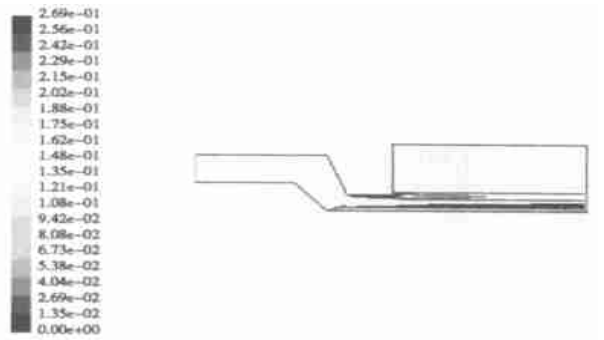


图 5 一氧化氮分布图

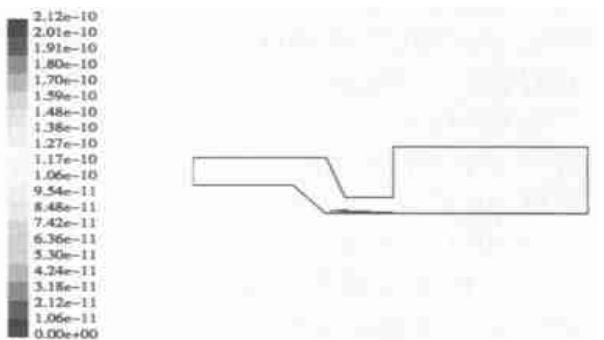


图 6 氮原子分布图

图 4~图 6 给出了 O、N、NO 的分布云图。从图中可以看出生成物主要集中在轴线附近的高温区, 而对于反应速率较低的氮原子的生成反应则几乎只在阴极头部附近的高温区进行。

轴线以外的区域是没有发生化学反应的空气, 组元仍是 O_2 和 N_2 的混合物。在化学反应最剧烈的

阴极头部区域混合物成分发生了较大变化, 各组元的摩尔分数如下: 氧气约为0.07; 氮气约为0.65; 氧原子约为0.01; 一氧化氮约0.27。其中氧气和氮气的摩尔分数减少除化学反应消耗的因素外反应后总摩尔数增加也是其摩尔分数减少的原因之一。

6.3 电极壁面温度数值计算结果

等离子发生器电极壁面温度决定了发生器电极的烧蚀速度。对于本文研究的这类小尺寸空间空气等离子发生器, 通过合理组织流场, 利用工质的流动和传热特性冷却电极壁面是最简单、有效的措施。本文对不同进口气流角, 不同相对进口总压两种流场组织方案进行了数值模拟, 通过电极壁面温度的计算结果对比, 分析这两种方案对等离子发生器电极冷却的作用。

表 1 不同进口气流角电极壁面温度计算结果

	阴极壁面温度/K	阳极壁面温度/K
0°	361.05	1673.71
30°	316.12	1677.5
45°	303.6946	1678.134

表 2 不同进口总压电极壁面温度计算结果

	阴极壁面温度/K	阳极壁面温度/K
100 Pa	361.3783	1794.204
170 Pa	326.4285	1695.321
300 Pa	310.4171	1660.034

表 1 给出了相对进口总压为 230 Pa 情况下, 0°、30°、45°三种不同进口气流角流场的电极壁面温度计算结果。从数据结果来看, 增大进口气流角可以使阴极壁面温度得到有效降低, 阳极壁面温度却随进口气流角的增加而略有上升, 这对于发生器阳极壁面的冷却是不利的。但采用一定的进口气流角仍然是冷却阴极的一个合理流场组织方案。

表 2 给出了 30°进口气流角情况下, 三种不同进口总压的数值计算结果。进口总压的改变标志进口流量变化, 从数据结果可以看出增大发生器进口流量可以使阴、阳极壁面温度都得到有效下降, 阳极壁面温度下降更明显。但是增大进气流量会造成发生

器内电弧的飘动, 影响电弧工作的功率和稳定性。因此, 只有在保证电弧工作特性的情况下, 适当增大空气进口流量才是冷却电极的合理流场组织方案。

7 结 论

用等效加热区模拟欧姆热电弧对低温空气等离子发生器化学反应流场进行了数值模拟, 通过数值计算结果分析可得到以下结论:

(1) 化学反应流场与纯空气流场的速度场基本相同, 但温度场有较大的差异, 因此在考察流场热负荷问题时一定要考虑化学反应。

(2) 计算结果基本上获得了化学非平衡流动的特征, 因此所建立的数学模型和等效加热区模拟电弧能量添加机制的方法对研究空气化学非平衡流动是切实可行的。

(3) 从组元分布的计算结果看, 在此温度范围内氧原子和氮原子是最主要的反应生成物, 因此在考虑化学反应时应全面考虑涉及这两种组元的所有反应。

(4) 通过对不同流场组织方案的模拟可以看出, 采用预旋方式进气和在保证电弧稳定工作的条件下适当增大进气量是冷却发生器电极, 延长发生器使用寿命的有效方法。

参考文献:

[1] 曲继发, 郑国梁. 等离子体反应器中流动传热的数学模型[J]. 化工冶金. 1990, 11(4): 283-287.

[2] 李国彦. 等离子体反应器流场的数值模拟[J]. 应用数学和力学. 1990, 11(12): 1093-1097.

[3] AITHALS M, SUBRAMANIAM V V, BABU V. Comparison between numerical model and experiments for a direct current plasma flow[J]. **Plasma Chemistry and Plasma Processing** 1999, 19(4): 487-504.

[4] OLEJNICZAK J. An experimental and computational study of the freestream conditions in an arc-jet facility[J]. **AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference Denver CO**, 2000, 6: 19-22.

[5] 卞荫贵, 徐立功. 气动热力学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997.

(渠 源 编辑)

欢 迎 刊 登 广 告

high-temperature corrosion reaction speed. Meanwhile, the protective structure of this dual porcelain tube can also lessen the “aberration” of temperature distribution at the tube inlet zone, resulting in a decrease in thermal stress-related failures of the tube material at the above-mentioned zone. **Key words:** heat recovery boiler, heat transfer numerical analysis, dual porcelain protective tube

蒸汽喷射式热泵变工况性能分析 = **Analysis of the Off-design Performance of Steam-jet Heat Pumps** [刊, 汉] / XU Hai-Tao, SANG Zhi-fu (School of Mechanical & Power Engineering under the Nanjing Polytechnic University, Nanjing, China, Post Code: 210009) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 395 ~ 398

By using a numerical simulation method the off-design operating performance of steam-jet pumps in a low-pressure steam utilization system was studied and calculated. In addition, an analysis was conducted of the impact of such parameters as the operating steam pressure and temperature, the pressure of jet flows and mixed fluids on the operating performance of the heat pumps. The results of the analysis indicate that when the pressure of the mixed fluids is lower than a certain value the ejection factor can be maintained at a definite value. The heat pumps are very sensitive to the change of ejection fluid pressure. A minor change in the ejection pressure can lead to a drastic reduction in the heat pump operating performance. An increase in the operating steam pressure will not necessarily improve the performance of the steam-jet pumps. This is because an increase in the operating steam pressure will lead to a greater steam flow. The ejection factor will slightly increase with a rise in steam temperature and this variation assumes an approximately linear character. **Key words:** steam-jet heat pump, numerical simulation, ejector, off-design performance, thermodynamic parameters

300 MW 火电机组自然循环锅炉模型的建立及动态特性分析 = **The Building of a Natural-circulation Boiler Model for a 300MW Thermal Power Plant and Analysis of the Boiler Dynamic Characteristics** [刊, 汉] / HE Rong, QUAN Zhao-yu, YANG Hui-chao (Zhanjiang Power Plant, Zhanjiang, Guangdong Province, China, Post Code: 524099) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 399 ~ 401

With the help of a STAR-90 modularized model-building simulation support system a natural-circulation boiler model was set up for a 300MW thermal power plant. The model was employed for a comprehensive simulation unit of 300MW thermal power plant installed at Zhanjiang Power Station. The results of the simulation indicate that the model under discussion can with a relatively high precision reflect the dynamic and static characteristics of a natural circulation boiler. The model can be used for the training of operating personnel, for the optimized design of boilers and the prediction of main performance parameters of a boiler during its operation under off-design conditions. **Key words:** natural circulation boiler, simulation machine, dynamic characteristics, static characteristics

等离子体发生器内高温空气化学反应流场分析 = **Flow Field Analysis of the Chemical Reaction of High-temperature Air in a Plasma Generator** [刊, 汉] / LI Zhen-yu, LI Zhi-ming (Institute of Power and Nuclear Engineering under the Harbin Engineering University, Harbin, China, Post Code: 150001), CHEN Xiao-hong (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 402 ~ 405

Under high temperatures air will undergo such chemical reactions as dissociation and ionization, etc, which can lead to changes in constituent elements, resulting in a change in flow field status. With a low-temperature plasma generator model being taken as an example a numerical simulation method was employed to solve for a flow field involving seven kinds of constituent elements and seven chemical reactions. The result was compared with that of a solution for a pure-air flow field. The specific features of the flow and heat transfer of a chemical reaction flow field were analyzed. From the perspective of flow field organization a cooling method of generator electrodes is investigated. During a numerical simulation

process a local thermodynamic-balance fluid model was employed with SIMPLEX algorithm being used for a numerical scheme. A curvilinear coordinate system was put into use for a mesh model. A distribution diagram showing the variation of temperature and speed field and constituent elements was provided by the calculation results. **Key words:** plasma, numerical simulation, chemical reaction, local thermodynamics equilibrium

用资源的观点评价能源利用项目 = **Evaluation of Energy Resource Utilization Projects from the Viewpoint of Resources** [刊, 汉] / YE Han-dong, LI Yu-hong, YE Da-jun (Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 407 ~ 410

During the evaluation of energy resource utilization projects a comprehensive evaluation method should be used with technical, economic, environmental and other related factors being taken into account. The authors have described a comprehensive evaluation method based on a total resource system. Under this method air, water and fuel, etc consumed (including those expended by pollution) in production are converted into material resources. Moreover, from the viewpoint of social-average marginal cost-cut calculated is the external cost to the society due to the utilization of resources. It is noted that during the calculation of resource values the external cost must be included and be listed into the final total cost. Furthermore, the principles of this comprehensive evaluation method are also expounded. A combined cycle cogeneration power plant involving a natural gas-fired gas turbine is compared with a coal-fired cogeneration power plant system. The results of this comparison demonstrate that the evaluation of power projects from the viewpoint of resource utilization is fully justified. **Key words:** total resources, comprehensive evaluation, energy-based power project, environment

火炬气在燃煤锅炉上的回收利用研究 = **An Investigation on the Recycling of Flare Gas for Use in a Coal-fired Boiler** [刊, 汉] / CHAI Qin-hu, DING Yan-jun (Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084), ZHANG De-hua, ZHANG Wen-wu (Thermal Power Plant of Yangtze Petrochemical Co. Ltd., Nanjing, China, Post Code: 210048) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 411 ~ 414

Through a specific retrofit example the problem of flare gas recycling for use in a coal-fired boiler is analyzed with the impact of mixed burning of coal and flare gas on the boiler operating characteristics being tested and probed. It is noted that, depending on the volume flow of flare gas and its specific properties, one must adjust accordingly the air distribution mode and optimum excess air factor, etc with a view to achieving satisfactory results in this recycling effort. **Key words:** coal-fired boiler, flare gas, recycling unit

等离子点火系统在燃气轮机上的应用 = **The Use of Plasma Ignition Systems in Gas Turbines** [刊, 汉] / HAN Li-zhong, CHEN Hong-fa, CHEN Yan-fen (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), ZENG Xi (Chinese Navy Military Representative Office at No. 436 Factory) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 415 ~ 416

The composition, working principles and usage effectiveness of a plasma ignition system are described. As compared with other electric-spark ignition units, the plasma ignition system features high electric-discharge energy, dirt resistance, and particularly a combustion intensification function during ignition. Some requirements regarding the system configuration for different engine units are analyzed, and several issues meriting close attention during operation also presented. **Key words:** gas turbine, combustor, plasma

HS-A 柴油机燃料油技术研究 = **Technical Study of HS-A Diesel Engine Fuel Oil** [刊, 汉] / WANG Zhi-cheng, CAO Zhi-de, ZHANG Hong-qi (Heilongjiang Provincial Energy Source Environment Research Academy, Harbin, China, Post Code: 150090) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(4). — 417 ~ 420