

卧式内燃燃油和燃气锅炉的结构和设计

(哈尔滨市劳动局锅检所) 高玉宽

(广东东莞彩色显像管有限公司) 陈炳荣 朱小云

(长春锅炉厂) 杨丽华 张学政

[摘要] 讨论了卧式内燃燃油和燃气锅炉的总体结构和设计。提出燃油和燃气锅炉炉膛、尾部受热面和燃烧器设计的要求。

关键词 燃油和燃气锅炉 总体结构 设计

中图分类号 TK229.6 TK229.7

1 前言

我国燃煤工业和生活锅炉的平均运行热效率仅有 65% 左右, 能源的浪费和环境污染问题相当严重。全国每年燃煤电厂排放的烟尘达 1680 万吨, 排入大气的 SO_2 达 1310 万吨, 对大气环境造成了严重的危害。因此必须从根本上改变我国能源利用消费结构。燃油和燃气不仅热能利用效率高, 环境污染小, 而且使用方便。随着我国经济的迅速发展, 环保意识的增强, 燃油、天然气和城市煤气的燃油和燃气锅炉将得到广泛应用。

2 燃油和燃气锅炉的总体要求

燃油和燃气锅炉总的来说是向减小体积和重量, 提高效率, 提高组装化程度和自动化程度的方向发展, 特别是近几年采用一些新型燃烧技术和强化传热技术, 燃油和燃气锅炉的体积比以前大为缩小, 热效率已高达 87% ~ 91%, 随着工业的发展, 人们

对燃油和燃气锅炉的总体要求将更加严格, 这种要求主要是解决经济性、安全性和可使用性的矛盾, 具体表现在以下几个方面:

2.1 自动化程度高并配有多级保护系统

燃油和燃气锅炉不仅要配有完善的全自动燃烧控制装置, 更要配有多级安全保护系统, 必须具有锅炉缺水、超压、超温、熄火保护、点火程序控制及声、光、电报警。

2.2 高的燃烧效率

一般来说, 中小型燃油和燃气锅炉的燃烧效率和大型锅炉相差不大, 其锅炉热效率的差异主要在排烟温度上。一台额定工作压力为 1.25 MPa 的燃油或燃气锅炉, 其对应的饱和温度为 194°C 。为使受热面积过大和维持一定的传热温压, 烟气的最低温度至少应比饱和温度高 50°C , 亦即如果没有其它尾部受热面的话, 该炉的合理排烟温度应为 250°C 左右, 要继续提高锅炉热效率则必须增加尾部受热面。

2.3 辅机配套

配置与锅炉相匹配的给水泵、鼓风机和其它一些辅机, 对燃油锅炉还需要配置油泵、重油加热器(电气—蒸汽两用)和锅炉本体构成一体, 保证运输的可靠性, 特别是快装锅炉, 应尽可能地避免采用引

收稿日期 1998-10-06 修改定稿 1998-10-26

本文联系人 高玉宽 男 1950 年出生 高级工程师、副所长, 150076 哈尔滨新阳路 463 号

4 结论

本文建立了一种适用于现代舰用汽轮机的多级准三元设计体系, 该体系以求解 S_2 流面平均的原参数 Euler 方程为主, 包含了 S_1 流面计算、全三元 Euler 方程求解、叶片成型。该体系不象流函数方法那样受流动“堵塞”问题的限制, 可计算超、跨音流动, 也适合舰用汽轮机变工况运行的特点。

参考文献

- 1 朱荣国. 使用非正交曲线坐标与速度分量 S_2 流面反问题流场线松弛解. 工程热物理学报, 1980, 1(1).
- 2 吴文权, 刘翠娥. 使用非正交曲线坐标与速度分量 S_1 流面正问题流场矩阵解. 工程热物理学报, 1980, (1).
- 3 顾发华等. 采用弯扭动叶的涡轮流场数值模拟与分析. 工程热物理学报, 1995, 16(4).

风机。

3 燃油和燃气锅炉的结构设计要求

3.1 锅炉效率

对燃油和燃气锅炉, 固体未完全燃烧损失 q_4 和固体热物理热损失 q_6 基本上为零。在正常燃烧工况下, 化学未完全燃烧损失 q_3 基本为定值。对特定的锅炉参数排烟热损失 q_2 也基本上是定值。因此要提高锅炉热效率, 应该减小散热损失 q_5 。因而, 这项散热损失的大小对锅炉热效率的影响不能低估, 应重视锅炉的保温隔热, 尽量降低 q_5 。对一般的燃油和燃气锅炉在不增设尾部受热面的情况下, 要使锅炉效率提高到 90% 以上, 降低 q_5 已成为一项关键措施。

3.2 炉胆的设计

炉胆设计必须将燃烧器的选择和布置、受热面的热力计算以及烟风阻力计算结合起来。它们之间相互影响, 互相制约。

炉胆结构尺寸的确定是炉胆热力计算的基础, 炉胆结构尺寸主要是炉胆直径 d_f 和炉胆长度 L_f 。原则上讲炉胆直径 d_f 和长度 L_f 是由锅炉所配用的燃烧器的火焰的形状特性决定的, 即火焰的直径决定了炉胆的直径 d_f 而火焰的长度决定了炉胆的长度 L_f 。因此燃油和燃气锅炉的设计必须首先选择燃烧器, 燃烧器确定以后, 炉胆的直径和长度就基本上是一个定值, 当然实际设计时, 在这一基值上可以稍加变动, 以使我们的设计兼顾热力计算所要达到的目的和火焰的合理流动。

炉胆的热力计算一直很模糊, 但其计算的基础应该是基本的火焰辐射和烟气辐射传热方程式。即

$$Q = 1.163 \times 10^{-3} \times F \times C \times \left[\left(\frac{T_{hy}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_b}{100} \right)^4 \right] \quad (1)$$

式中: Q 是辐射换热量, kW; F 是受热面积, m^2 ; T_{hy} 是火焰温度, K; T_b 是受热面温度, K; C 是系数。

C 值是根据辐射层厚度和火焰的充满程度来确定的, 对小容量的工业燃油锅炉的炉胆, 可取 $C = 2.5 \sim 3.8$ 。

我国很多设计单位也采用前苏联 1973 年出版的《锅炉机组热力计算标准方法》来计算炉胆出口温度, 即:

$$\theta''_1 = \frac{T_1}{M \left[\frac{5.67 \times 10^{-11} \psi F_1 a_1 T_1^3}{\varphi B_j V C_{pj}} \right]^{0.6} + 1} - 273 \quad (2)$$

式中, T_1 是理论燃烧温度, a_1 是黑度, F_1 是面积, B_j 是计算燃料消耗量, ψ 是热有效系数, φ 是保温系数, $V C$ 是比热容量。然而, 式 (2) 中所涉及的一些参数的选择并没有确切的物理意义, 例如 M 值的选取。因此用于燃油和燃气锅炉的炉胆设计还需要进一步研究。

3.3 对流受热面

通常燃油和燃气锅炉对流受热面的布置是采用纵向冲刷的烟管, 其布置的灵活性受到烟速和锅壳长度的严格限制。对流受热面单位面积的蒸发率要比辐射受热面低得多, 亦即一台锅炉的对流受热面的面积要比辐射受热面大几倍。一般单纯考虑辐射受热面的蒸发率大约为 $175 \text{ kg}/(\text{hm}^2)$ 左右, 而单纯考虑烟管对流受热面的蒸发率大约为 $40 \text{ kg}/(\text{hm}^2)$ 。

纵向冲刷烟管的对流换热方程是:

$$Q = \frac{\psi (\alpha_d + \alpha_r) H \cdot \Delta t}{B_j} \quad (3)$$

其中 ψ 为热有效系数, 主要考虑受热面的冲刷、结灰情况对传热的影响。它可以根据燃料的性质来选择。 α_r 为烟气对管壁的辐射放热系数, α_d 为对流换热系数。

燃油和燃气锅炉对流受热面烟气流速的确定与很多因素有关, 按现代的设计思想, 选择合理的流速是一个系统工程的问题, 流速过高时, 虽然可显著提高传热系数, 减少受热面积, 但是也会显著增加流动阻力损失 (阻力损失与速度的平方成正比) 和加速受热面的磨损, 以及电耗的增加。

燃油和燃气锅炉对流受热面烟气流速的确定一定要和燃烧器选择联系在一起, 亦即热力计算和烟风阻力计算应该互相照应。由于对流受热面的阻力在锅炉本体的阻力中占 85% ~ 90%, 因此笔者建议应该用先进的计算机软件来优化设计燃油和燃气锅炉, 将热力计算, 钢耗量, 燃烧器选择融为一体, 进行多种设计方案的多向比较, 从中选出最佳的设计方案。

3.4 尾部受热面布置

当锅炉未布置尾部受热面时排烟温度受工质饱和温度的限制, 如额定工作压力为 0.7、1.0、1.25 和 1.6 MPa 的饱和蒸汽锅炉其饱和温度分别为

170℃、184℃、193℃和204℃。锅炉相应的排烟温度分别为220℃、234℃、243℃和253℃。因此欲想进一步降低排烟温度必须增加受热面。例如,一台4t/h的燃用轻油锅炉,若排烟温度从250℃降为208℃,则热效率可提高两个百分点,相应每小时可节油6kg,一年按300天计算,则全年可节油43.2吨,其效果是显著的。

一般小容量的燃油和燃气锅炉布置尾部经济器,对较大容量可布置经济器和空气预热器。但是,由于尾部受热面的温度较低,传热的温压较小,要想获得较低的排烟温度需要很大的受热面积,在这种情况下,为了不使整个锅炉的结构复杂,我们不能期望尾部受热面来降低很大的排烟温度。从经济的观点来看,降低30℃~60℃的比较合理的。

3.5 燃烧器的选择

燃烧器是燃油和燃气锅炉最重要的部件,因此燃烧器的选择是锅炉设计成功的关键。设计任务就是要根据燃烧器的特性和锅炉结构对燃烧器提出的要求,将锅炉和燃烧器有机地进行性能匹配,达到完美的结合。选择的燃烧器应该具有:(1)较大的调节比,即在锅炉由最低负荷至最高负荷时,燃烧器都能稳定地工作,不回火,不脱火;(2)火焰对炉膛应有均匀的充满度,即火焰形状与尺寸应与炉胆的结构相适应,(3)调节自动化。除了技术上的要求外,燃烧器应具有较好的性能价格比,安装检修方便,结构紧凑,体积小,经久耐用。

目前,我国生产的燃油和燃气锅炉所配的燃烧器大部分是国外进口的,由于国外进口的燃烧器所具有的热功率的范围一般是按照国外的锅炉容量系列进行匹配的,与我国的锅炉容量系列不匹配,因此,设计时应该注意这一差异,因为当锅炉容量系列和燃烧器的工作范围不匹配时,对特定容量的锅炉,无论选用低热功率燃烧器还是选择高热功率燃烧器,燃烧器工作的最佳工作能力范围都将变窄,调节范围缩小,调节能力降低。因此对我国的锅炉设计者来讲,最重要的还不是燃烧器的性能,而是国外的燃烧器能否和我国的锅炉规格体系相匹配的问题。

对压力喷嘴燃烧器的功率最大输出取决于燃烧室内的压力,因此在选择燃烧器时应正确估计各受热面的阻力,而且应考虑实际运行情况,留有一定的裕度。

4 结论

燃油和燃气锅炉的设计应满足经济性、安全性和可使用性的要求。炉胆和受热面的设计应与燃烧器相匹配。炉胆的热力计算方法有待解决。

参考文献

- 1 陈立勋,曹子栋. 锅炉本体布置及计算. 西安交通大学出版社, 1990.
- 2 哈尔滨工业大学. 燃油锅炉设计和运行. 国防科技出版社, 1985.

改进排气管的性能

据“Теплоэнергетика”1998年1月号报道,凝汽式汽轮机的排气管保证使蒸汽从未级排入冷凝汽,是通流部分必要的部件。涡轮这一部分内的能量损失十分大,包含末级的余速损失以及排气管本身附加的能量损失。

对于冷凝器布置在轴下方的汽轮机装置,排气系统内的总损失可高达40~60kJ/kg,从而明显降低了汽轮机的经济性。末级叶片和冷凝器第一排管子上的动载荷也在很大程度上取决于涡轮机上述部分内蒸汽的流动特性。因此,组织排气系统内的流动并减少其中能量损失的问题始终受到涡轮机设计者的重视。提出并研究了布置在涡轮机最后几级后

面的新型轴径式扩压器,该扩压器的周边以相对于末级叶片具有负超高安装,它在实际进口速度分布下能保证排气管内高的扩压效果。

进行的试验也表明,在排气管下半部水平中分面处安装矩形栅格的整流栅能明显降低排气管出口截面内速度场的不均匀性,并降低噪声和排气管壳体的振动。在所研究速度的整个范围内,安装整流栅能使振动减小60%~80%。沿排气管下面部分更均匀的流动分布将使总压损失系数减少2%~5%。

(思娟供稿)

—design conditions. **Key words:** design system, naval steam turbine, S_2 stream surface, three—dimensional calculation, loss

卧式内燃油和燃气锅炉的结构和设计 = **Construction and Design of Oil—fired and Gas—fired Horizontal Boilers** [刊, 中] /Gao Yukuan, et al (Harbin Municipal Labor Bureau) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2) —122~124

Discussed in this paper are the overall construction and design of oilfired and gas—fired horizontal boilers. Put forth are the requirements for the design of the furnace, tail heating surfaces and burners for such boilers. **Key words:** oil—fired boiler, gas—fired boiler, overall construction, design

汽轮发电机密封油冷却系统模糊建模与仿真研究 = **Fuzzy Model Creation and the Simulation Study of a Turbogenerator Seal Oil Cooling System** [刊, 中] /Wang Hongwei, Zhang Tong, Wang Zicai (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —125~127

The seal oil cooling system of a turbogenerator constitutes a complicated system in the simulation study of thermal power plants. After a study of the fuzzy model creation method the authors constructed a fuzzy model for a turbogenerator seal oil cooling system with satisfactory results being attained. **Key words:** fuzzy identification, fuzzy clustering, linear interpolation, Kalman filter, turbogenerator seal oil cooling system

双线圈电液转换器的可靠性分析 = **Reliability Analysis of a Double—coil Electro—hydraulic Converter** [刊, 中] /Yu DaRen, Xujiyu (Harbin Institute of Technology), Wang Hongbin, Yang Ge, Lin Bingjian (Harbin Turbine Co. Ltd.) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —128~130

A dynamic mathematical model is set up for a double—coil electro—hydraulic converter and a simulation analysis conducted of the coil broken wire fault. It is shown that the double—coil structure used for the electro—hydraulic converter of zero—steady current type can significantly enhance its reliability. **Key words:** electro—hydraulic converter, double—coil, reliability, fault tolerance

考虑变比热的冷却涡轮弯曲叶栅流场的数值模拟 = **Numerical Simulation of a Cooled Turbine Curved Cascade Flow Field with Variable Specific Heat Being Taken into Account** [刊, 中] /Chen Fu, Yang Ke, Wang Zhongqi (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —131~134

A numerical simulation is conducted with respect to an in—cascade flow field of a high—pressure turbine nozzle assembly of curved vanes in the case of the presence and absence of an air cooling spray. A three—dimensional variable specific heat computation method has been employed with the cooling air source reflecting the cooling air mixing/dilution effect. The calculation results show that the cooling air spray in the curved cascades led to a change in Mach number and temperature with the blade surface and end wall obtaining an effective low—temperature protection. Under the same cooling air flow rate the temperature reduction near a pressure side appears to be more marked than at the suction side with the cooling air film playing a more effective role. The in—cascade secondary flow exercises an influence on the cooling air distribution. **Key words:** curved cascade, air cooled turbine, numerical simulation, variable specific heat

旋转机械的功率在线测试技术 = **Rotating Machinery Power Output On—line Testing Techniques** [刊, 中] /Xu Jun, Li Chunlan, Lu Wenfa (Harbin 703 Research Institute) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (1). —135~139

The difficult problem of power output on—line measurement under unfavorable conditions can be solved by utilizing state—of—the—art science and technology. Described in this paper are the basic principles, the structure and composition of a measuring and testing system and calibration techniques with key issues and system features also pinpointed. The recommended measuring and testing system has broad application prospects. **Key words:** power output, remote measurement, on—line measurement