

蒸汽疏水阀门内漏量定量诊断方法研究

刘洋, 李录平, 刘功春, 黄章俊

(长沙理工大学 能源与动力工程学院 湖南 长沙 410014)

摘要: 通过模拟计算阀门泄漏量, 得出了阀前疏水管道管壁温度特征参数随泄漏工质参数、泄漏量、管内径、管厚度、保温层厚度、环境温度的变化规律。通过线性回归模型, 得出了该点管壁温度与泄漏量的定量关系式。结合定量关系式, 得出了阀门内漏量定量诊断标准, 并采用文献刊登的实验测试数据进行检验, 检验结果表明, 该定量关系式具有足够的准确性, 可用于蒸汽疏水阀门内漏故障诊断。

关键词: 泄漏量; 管壁温度; 最小二乘法; 定量关系式
中图分类号: TQ055.8⁺1 文献标识码: A

引言

阀门发生泄漏会使汽轮机的热耗增加, 影响汽轮机热耗测量的准确性^[1-2]。因此若能提前发现阀门泄漏, 不仅使阀门得到及时维修或更换, 降低能耗, 而且对于机组热经济性定量分析提供依据。目前, 国内外阀门检漏方法主要有超声波检漏、声发射检漏、温度测定(红外)等物探方法和示踪检漏、压力检漏、内窥等非物探方法。但对于系统庞大的大型火力发电厂, 以上各种检漏方法均存在各种的缺陷, 达不到预期效果。比如超声波检漏只擅于定性分析, 无法定量; 声发射检漏简单方便, 但是比较适合于供水管网的检漏, 而对于环境噪音很大的电厂, 干扰严重, 结果很不准确^[3]。

本研究从测量温度场着手, 提取疏水阀阀前管道某点管壁温度作为特征参数, 得出管壁温度与泄漏量的定量关系式, 为高温高压阀门内漏定量诊断提供参考依据^[4]。

1 阀前管壁温度计算原理和方法

1.1 阀前管壁温度计算原理

当疏水阀发生泄漏时, 阀前管道就有泄漏的工质流动。泄漏工质以图1的方式向外散发热量。

若泄漏量不变时, 一段时间后, 阀前管壁温度和

散热量也会相应的维持在一定值。圆筒管壁平面有限元传热机理图, 如图2所示 t_{in} 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_a —工质、管道内壁、管道外壁、保温层外壁以及环境温度($^{\circ}\text{C}$)。 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 —工质的散热量、保温层的导热量、保温层外壁与周围环境的换热量(kJ/kg)。针对该传热模型特点并结合文献[5]上的说明, 在此作出如下判断与假定:

(1) Q_4 与 Q_5 分别表示管壁纵向导热量、保温层纵向导热量, 由于纵向导热量非常小, 故在计算的时候忽略, 得出 $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$ 。

(2) 由于钢材的导热系数比较大, 即使壁厚为 11 mm 时, 钢管内外壁温差仅为 0.1°C , 故取 $t_1 = t_2$ 。

(3) 管壁与保温层的散热近似看作单层圆筒壁导热问题。在电厂中为了减少散热损失, 电厂的窗户通常是关闭的, 故室内风速较低, 因此保温层外壁向周围环境传热是以自然对流的方式进行。

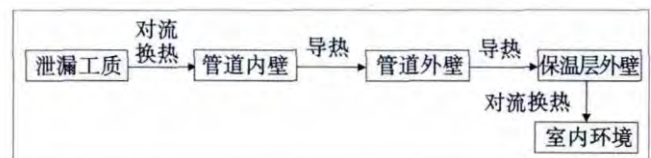


图1 泄漏工质传热方式模型

Fig. 1 Model for controlling heat transfer modes of the working medium leaked

1.2 阀前管壁温度计算方法

1.2.1 散热量计算方法

首先把阀前管道划分为 N 个单元体, 只要划分的单元体足够短, 在计算时, 壁面温度取其平均值。保温层的热量计算公式^[6]:

$$Q_2 = \frac{2\pi L \lambda \Delta t}{\ln(d_2/d_1)} \quad (1)$$

式中: λ —保温层的导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; L 、 d_1 、 d_2 —分别为所划分的单元体的长度, 管道外径, 保

收稿日期: 2013-10-10; 修订日期: 2013-12-30

作者简介: 刘洋(1987-), 男, 湖南邵阳人, 长沙理工大学硕士研究生。

温层的外径 μ ; Δt — 传热温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

工质与管道内壁以及空气与保温层外壁都是以对流换热的形式进行换热, 对流换热量公式为^[7-9]:

$$Q = hS\Delta t \quad (2)$$

式中: h — 表面传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; S — 换热面积, m^2 ; Δt — 传热温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

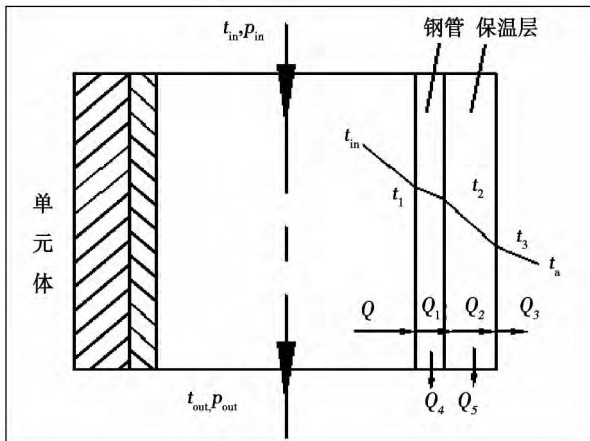


图 2 圆筒管壁平面导热模型

Fig. 2 Model for controlling heat conduction through cylindrical tube wall surfaces

1.2.2 管壁温度计算方法

通过假设阀门泄漏量, 沿着泄漏工质流动的方向逐段计算管壁温度, 直至计算出所需单元体的管壁温度。在计算的过程中, 以 0.5 m 作为每个单元体长度, 由于所划分的单元体较短, 泄漏工质进出口温差下降不大, 故采用该单元体进口工质参数作为该单元体工质定性参数。首先假设管道外壁温度 t_2 和保温层外壁温度 t_3 , 然后分别计算 Q_1 为泄漏工质跟管内壁的对流换热量 (kJ/kg)、 Q_2 为保温层的导热热量 (kJ/kg)、 Q_3 为保温层外壁与周围环境的对流换热量 (kJ/kg)。对 t_2 、 t_3 进行迭代, 直至 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 之间的相对偏差小于 0.1%, 最后得出控制体的管壁温度 t_2 ($^{\circ}\text{C}$)。然后再计算该单元体出口工质参数, 把它作为下段单元体进口参数, 直至算到所需单元体管壁温度^[10]。

2 管壁温度理论计算与结果分析

2.1 阀前管壁温度变化的影响因素

蒸汽疏水阀发生泄漏时, 当泄漏量为 $1 \text{ kg}/\text{h}$, 由于其泄漏量非常小, 因此可视为未发生泄漏, 此时阀

前管壁温度可作为蒸汽疏水阀门是否正常运行的判断指标。对于火电厂设备检修人员而言, 可以通过这个特征参数作为判断蒸汽疏水阀门运行状况。本研究的重点在于蒸汽疏水阀门内漏量为 $1 - 100 \text{ kg}/\text{h}$, 为火电厂检修蒸汽疏水阀的运行工况提供参考依据。如图 3 所示, 在蒸汽疏水系统中, 一次阀往往处于开启状态, 二次阀为目标阀, 当二次阀发生泄漏时, 就有引起阀前管壁温度相应的发生变化, 其泄漏量越大, 阀前管壁温度变化也就越大。与此同时, 阀前管壁温度变化幅度也受其他因素影响。如环境温度、管壁厚度、管道内径、保温层厚度、保温层材质、泄漏工质参数 (压强 P 、温度 T)。由于在大部分电厂中, 保温层材质都是使用同一种材料, 因此本文在计算的过程中, 选择电厂通常使用的材质作为计算对象。综上所述, 阀前管壁温度受环境温度、管壁厚度、管道内径、保温层厚度、保温层材质、泄漏工质参数 (压强 P 、温度 T) 以及泄漏量这些因素的影响。

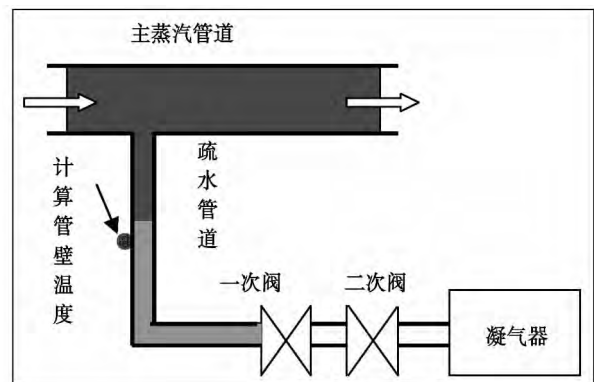


图 3 阀门系统泄漏模型简图

Fig. 3 Sketch showing the model for leakage from a valve system

2.2 阀前管壁温度的选取

根据电厂疏水管道实际长度以及理论分析得出, 取距主蒸汽管道 10 m 处疏水管道单元体的管壁温度作为寻求的管壁温度特征参数。为了方便表述, 定义寻求的该单元体管壁温度为管壁温度 t 。选择该单元体的管壁温度有如下理由:

(1) 电厂中疏水管道长度往往大于 10 m。同时由于所选的距离距主蒸汽管道较远, 可以避免主蒸汽管道蒸汽对疏水管道管壁温度的影响。

(2) 采用进口工质参数作为单元体蒸汽的定性参数, 分别选取不同泄漏量下 9.5、10 m 处出口温度作为比较。比较得出 9.5 - 10 m 该单元体中, 进出

口蒸汽温度差小于 4 °C ,如此小的进出口温差 ,故能真实的反映出在 10 m 处单元体工质的物性参数。另一方面 ,由于只需要计算到疏水管道 10 m 处单元体的管壁温度 ,针对上述计算的工况下 ,即使在低泄漏量下(10 kg/h) ,泄漏蒸汽也没有发生相变。因此计算出的管壁温度能较真实地反映该单元体管壁温度。

(3) 选取疏水管道上 10 m 处单元体管壁温度作为寻求的管壁温度。不仅可以避免管壁温度受疏水管长的影响 ,而且该单元体的管壁温度可以作为区分阀门不同泄漏状态的分界点。

2.3 管壁温度与单变量之间的关系

2.3.1 管壁温度与室温的关系

由于电厂实际环境温度变化较大 ,故以环境温度 t_a (20 - 54 °C) 作为计算 ,管壁温度与环境温度之间的关系 ,如图 4 所示。

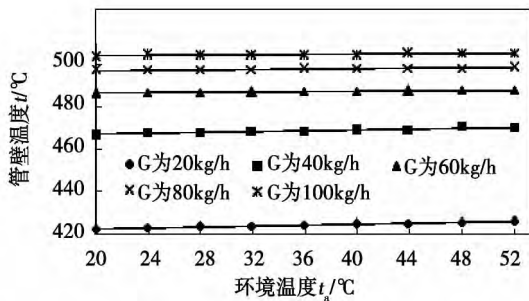


图 4 管壁温度随环境温度变化关系图
Fig. 4 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the ambient temperature

由图 4 知环境温度与管壁温度成线性正比例关系。且在不同的环境温度 ,相同泄漏量下管壁温差小于 4.5 °C 。同时随着泄漏量的增大 ,该线形趋于水平 ,说明环境温度的变化对于泄漏量较大的情况影响很小。为了减少拟合项 ,综合分析 ,可取环境温度为 32 °C 进行计算。

2.3.2 管壁温度与管道参数的关系

在电厂中 ,疏水管内径与管壁厚度是不同规格的 ,故以管内径 D (50 - 110 mm) 和管壁厚度 H (4 - 14 mm) 进行计算。

管壁温度随管壁厚度的变化关系 ,如图 5 所示。由图 5 知 ,随着管壁厚度的增大 ,管壁温度降低 ,且管壁温度与管壁厚度成线性关系。在泄漏量较大

时 ,管壁厚度对管壁温度影响较小。

2.3.3 管壁温度与保温层参数的关系

不同流量的疏水管道 ,保温层的厚度也不一样 ,选取电厂疏水管道保温层厚度 D_1 (80 - 130 mm) 进行计算 ,图 6 是管壁温度随保温层厚度的变化关系图。

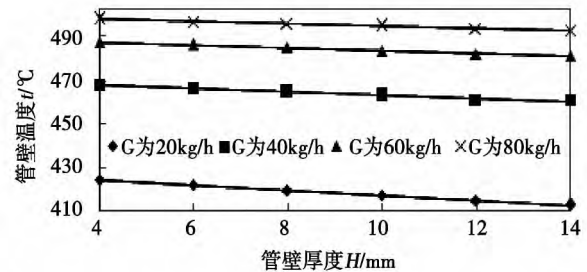


图 5 管壁温度随管壁厚度变化关系图
Fig. 5 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the inner diameter of the tube

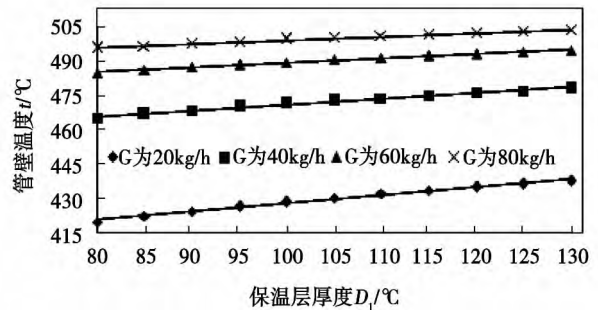


图 6 管壁温度随保温层厚度变化关系图
Fig. 6 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the tube wall thickness

由图 6 知 ,保温层厚度与管壁温度成线性关系。随着保温层的厚度增加 ,保温效果越好 ,故管壁温度相应的高一些。

2.3.4 管壁温度与泄漏工质参数的关系

由于泄漏工质参数的不确定性 ,针对泄漏蒸气温度 T (540 - 500 °C) ,压强 P (0.7 - 16.7 MPa) 进行计算 ,图 7 为不同压强下的管壁温度。由图 7 知 ,随着压强的增大 ,管壁温度相应的增大 ,且呈线性关系。泄漏工质在不同温度下的管壁温度变化关系如图 8 所示。由图 8 知 ,随着泄漏工质温度的增大 ,管壁温度相应的增加 ,且成线性关系。

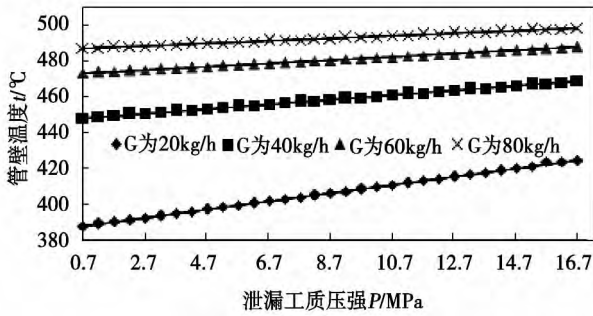


图 7 管壁温度随泄漏工质压强变化关系图
Fig. 7 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the thickness of the insulation layer

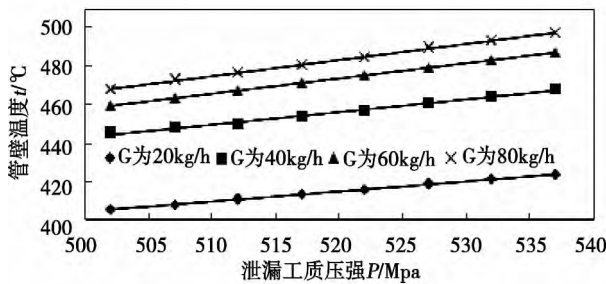


图 8 管壁温度随泄漏工质温度变化关系图
Fig. 8 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the pressure of the working medium leaked

2.3.5 管壁温度与泄漏量的关系

本研究的目的在于建立疏水阀门泄漏量与管壁温度之间的关系式,管壁温度随泄漏量变化关系如图 9 所示。管壁温度与泄漏量成 3 次关系,随着泄漏量的增大,泄漏工质流速增大,由于工质对管壁的放热系数与工质流速成正比,故初期阶段管壁温度

上升的较快。随着泄漏量继续增大,管壁温度上升速度就变的平缓,这可能是泄漏工质流量对工质的放热系数影响降低造成的。

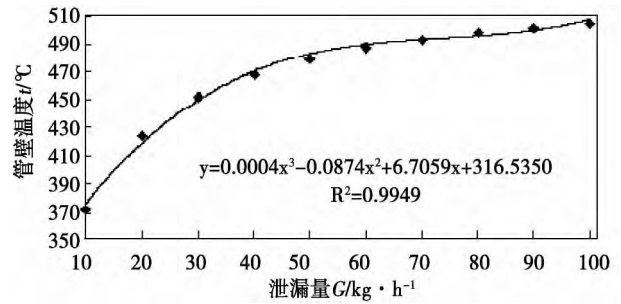


图 9 管壁温度随泄漏量变化关系图
Fig. 9 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the temperature of the working medium leaked

2.4 管壁温度多变量的模型建立与分析

由上述分析知,可建立管壁温度函数模型^[11]:

$$t = f(P, T, D, H, D_1, G) \tag{3}$$

结合管壁温度与单变量之间关系,建立回归模型:

$$t_h = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 T + \beta_3 D + \beta_4 H + \beta_5 D_1 + \beta_6 G + \beta_7 G^2 + \beta_8 G^3 + \varepsilon \tag{4}$$

式中: P 、 T 、 D 、 H 、 D_1 、 G 为自变量, ε 为随机误差, $\beta_0 \cdots \beta_8$ 为所求的系数。

根据式(4),可直接利用 MATLAB 求解,代入本文计算的 1000 多组数据,得出所求系数。

最后采用有限元计算管壁温度值与拟合公式计算管壁温度值进行验证,随机产生 5 个样本的多参数拟合值和有限元计算结果如表(1)所示。由表(1)知数据拟合结果与校验结果差值很小,说明拟合效果显著。

表 1 有限元计算值和拟合公式值比较

Tab. 1 Comparison of the finite element calculation value with that obtained by using the fitting formula

序号	P /MPa	T /°C	D /mm	H /mm	D_1 /mm	G /kg·h ⁻¹	有限元计算值/°C	拟合公式值/°C	误差/%
1	15.2	537	60	4	90	10	365.45	355.6869	2.745
2	16.7	507	60	4	90	40	448.7	455.5105	-1.495
3	16.7	537	80	8	90	50	476.4	475.7892	0.128
4	14.7	537	60	4	90	5	320.25	319.5702	0.213
5	16.7	537	60	4	100	70	495.3	498.3183	-0.606

3 阀门内漏量定量计算及诊断策略

泄漏量为 1 kg/h - 100 kg/h 的范围定义为微漏。根据建立的拟合公式(4), 将 P 、 T 、 D 、 D_1 、 H 以及泄漏量 G 的两个端点(1 kg/h, 100 kg/h) 代入式(4), 分别得到 t_{G1} 与 t_{G100} 。当泄漏量为 1 kg/h 时, 此时疏水阀泄漏量很小, 可以视为疏水阀未发生泄漏, 故把 t_{G1} 作为判断阀门是否发生泄漏的临界温度。若测量的管壁温度 t_c 满足 $t_c < t_{G1}$, 则认为疏水阀无泄漏。若测量的管壁温度 t_c 满足 $t_{G1} \leq t_c \leq t_{G100}$, 则根据图 10 得出疏水阀门泄漏量。表 2 为阀门内漏诊断策略, 可根据该诊断策略定量得出阀门微漏状态泄漏量。

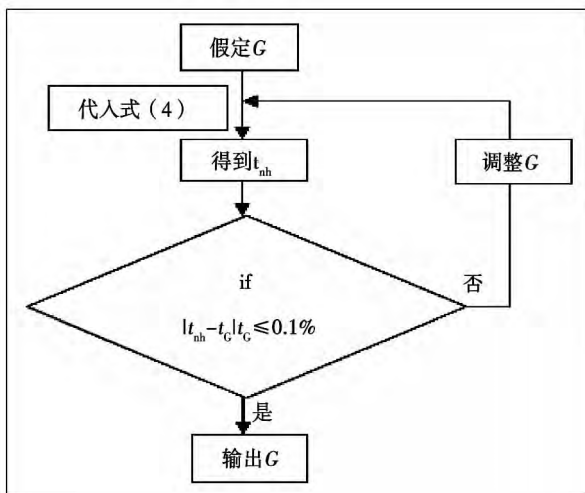


图 10 泄漏量计算程序框图

Fig. 10 Chart showing the variation relationship of the tube wall temperature with the leakage flow rate

根据图 10 的程序, 首先测量泄漏工质参数与疏水管道结构参数, 将假定 G 与测量的参数代入式 4 通过计算得到管壁温度 t_{nh} , t_c 为疏水管道 10 m 处实际测量的管壁温度, 当 t_{nh} 与 t_c 之间的相对偏差小于 0.1%, 停止迭代, 从而得出蒸汽疏水阀内漏量。

将文献[5]上的实验数据(距主蒸汽管道 10 m 处管壁温度) 代入图 10 中的关系式中, 得出 $G = 5.389$ kg/h, 与文献得出的泄漏量 9.257 2 kg/h 相比较, 虽有较大的出入, 但是有限元计算出的管壁温度与文献上试验测试管壁温度误差仅为 1.99%。这是因为在低泄漏量时单元体中的工质可能会发生相变, 导致工质的表面传热系数增大, 使得该单元体

管壁温度高于前段单元体管壁温度, 从而导致拟合公式在低泄漏量下算出的管壁温度与有限元计算的温度有较大的出入。与此同时, 由于针对泄漏量非常小, 即使算出的误差稍微大一点, 还是能满足工程实际需求的。

表 2 阀门内漏定量诊断策略

Tab. 2 Tactics for quantitatively diagnosing the inner leakage flow rate in a valve

泄漏工质参数与疏水管道结构参数	阀门内漏量定量诊断策略
0.7 MPa ≤ P ≤ 16.7 MPa 500 ≤ T ≤ 540 60 mm ≤ D ≤ 110 mm 4 mm ≤ H ≤ 14 mm 80 mm ≤ D ₁ ≤ 130 mm L ≥ 10 m	(1) $t_c < t_{G1}$, 则视为疏水阀未发生泄漏 (2) $t_{G1} \leq t_c \leq t_{G100}$, 则视为疏水阀泄漏状态为微漏

4 结 论

通过对疏水管道与阀门系统的理论研究与计算发现:

(1) 管壁温度随泄漏工质压强、温度增大而增大, 且呈线性变化关系; 室内环境温度对于管壁温度影响很小, 可取室内环境温度为 32 °C; 管壁温度随管道直径增大而减小, 且成线性关系; 管壁温度随保温层厚度增大而增大, 且成线性关系; 管壁温度随管壁厚度增大而降低, 且成线性关系; 管壁温度随着泄漏量增大而增大, 且成三次线性关系。

(2) 通过测量疏水管道 10 m 处管壁温度, 运用表 2 可实现对阀门微漏状态定量诊断。

参考文献:

[1] 高倩霞, 李录平, 饶洪德, 等. 阀门泄漏率的声发射测定技术研究[J]. 动力工程学报, 2012, 32(1): 42-46.
GAO Qian-xia, LING Lu-ping, RAO Hong-de, et al. Acoustic emission technology for determining the leakage flow rate of a valve [J]. Journal of Power Engineering, 2012, 32(1): 42-46.

[2] 杨小琨, 许 星, 李建刚. 汽轮机高压旁路阀门内漏的热经济性分析[J]. 汽轮机技术, 2012, 54(5): 365-367.
YANG Xiao-kun, XU Xing, LI Jian-gang. Analysis of the thermodynamic cost-effectiveness of the inner leakage from a high pressure bypass valve of a steam turbine [J]. Steam Turbine Technology, 2012, 54(5): 365-367.

[3] 王广林, 严心涛, 刘 军. 基于声发射的阀门泄漏检测及标定

方法的研究[J]. 现代制造工程 2012(4): 106 - 109.
WANG Guang-lin ,YAN Xin-tao ,LIU Jun. Study of the methods for detecting and calibrating the leakage from a valve based on the acoustic emission [J]. Modern Manufacturing Engineering ,2012 (4) : 106 - 109.

[4] 王璋奇,丁祝顺,彭震中. 电站阀门面临的问题及对策讨论[J]. 华北电力技术 2005 (5) : 39 - 40.
WANG Zhang-qi ,DING Zhu-shun ,PENG Zhe-hong. Problems faced by valves in power plants and countermeasures [J]. North China Electric Power Technology 2005(5) : 39 - 40.

[5] 袁镇福,吴骅鸣,浦兴国等. 基于传热学原理的电厂阀门泄漏量计算方法[J]. 动力工程 2004 24(5) : 725 - 728.
YUAN Zhen-fu ,WU Hua-ming ,PU Xing-guo ,ZHOU Jie. Method for calculating the inner-leakage from a valve in a power plant based on heat transfer theory [J]. Journal of Power Engineering 2004 24(5) : 725 - 728.

[6] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 北京: 高等教育出版社 2006.
YANG Shi-ming ,TAO Wen-shuan. Heat transfer [M]. Beijing: Higher Education Press 2006.

[7] W. Wagner J. R. Cooper ,A. Dittmann et al. The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam [J]. Journal of Engineering for Gas Turbine and Power , 2000 ,122(1) : 150 - 182.

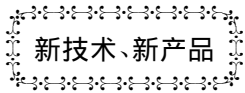
[8] Iapws Sekretariat ,Dooley B ,EPRI ,Palo Altoca. IAPWS sekretariat Revised Relaease on the IAPWS formulation 1985 for the Viscosity of Ordinary Water Substance [R]. Germany Electric Power Research institute ,1997.

[9] Iapws SekretariatDooley ,B ,Epri ,Palo Altoca. IAPWS sekretariat Revised Relaease on the IAPWS formulation1 1985 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance [R]. Germany Electric Power Research institute ,1997.

[10] 张志涌. 精通 MATLAB R2011a [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社 2011.
ZHANG Zhi-yong. Mastery of MATLAB R2011a [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press 2011.

[11] 姜启源,谢金星,叶俊. 数学模型 [M]. 北京: 高等教育出版社 2011.
JIANG Qi-yuan ,XIE Jin-xing ,YE Jun. Mathematical model [M]. Beijing: Higher Education Press 2011.

(陈滨 编辑)



2009 - 2013 年升级改进的燃气轮机设计

据《Gas Turbine World》2013 年年度手册报道,通常情况下,多数新开发的新型燃气轮机额定输出功率和效率处于标准范围之内,往往是一种保守的设计。通过实际运行,定期地利用现代新技术改进现有燃气轮机的设计,对现有机组升级和改进,以便增加输出功率、提高效率和延长使用寿命。在 2009 - 2013 年的 5 年期间,原设备制造厂商对 29 个型号的燃气轮机进行了升级和改进,例如:

Alstom1994 年推出的 GT26,经过 2011 和 2013 年两次渐进式的改进。2013 年推出的改进型机组的性能较原型机组有了明显的提高,输出功率从 240 000 kW 增加到 326 000 kW(增加 35.8%),热耗率从 9 527 kJ/kWh 下降到 8 930 kJ/kWh(减少 6.3%)。

通用电力公司 1994 年推出的 MS7001FA 型,经过 2011 年的升级和改进,输出功率从 159 000 kW 增加到 184 910 kW(增加 16.3%),热耗率从 10 023 kJ/kWh 下降到 9 448 kJ/kWh(减少 5.7%)。

东芝公司 1997 年推出的 M701F5 型,经过 2012 年的升级改进,输出功率从 270 300 kW 增加到 359 000 kW(增加 32.8%),热耗率从 9 421 kJ/kWh 下降到 8 999 kJ/kWh(减少 4.5%)。

(吉桂明 摘译)

key to the capacity expansion of the boiler. **Key words:** circulating fluidized bed ,large-sized orientation ,heating surface ,thermal matching

蒸汽疏水阀门内漏量定量诊断方法研究 = **Study of the Methods for Quantitatively Diagnosing the Inner Leakage Flow Rate of a Steam Trap** [刊 汉] LIU Yang ,LI Lu-ping ,LIU Gong-chun ,HUANG Zhang-jun (College of Energy Source and Power Engineering ,Changsha University of Science and Technology ,Changsha ,China , Post Code: 410014) ,KONG Hua-shan ,DENG You-cheng (Hunan Hongyuan High Pressure Valve Co. Ltd. , Zhuzhou ,China ,Post Code: 412100) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 ,29(3) . -309 -314

Through a simulation calculation of the leakage flow rate of a valve ,the authors obtained the variation law governing the changes of the tube wall temperature characteristic parameter of the drainage pipeline before the valve with the parameters of the working medium leaked ,leakage flow rate ,inner diameter of the tubes ,tube wall thickness ,insulation layer thickness and ambient temperature. Calculated by using a linear regression model ,the authors also obtained a quantitative correlation formula between the tube wall temperature and the leakage flow rate at the point under discussion. In combination with the quantitative correlation formula ,the authors also formulated a standard for quantitatively diagnosing the inner leakage flow rate of a valve and checked by using the test data published by the literature. The test results show that the correlation formula has sufficient accuracy and can be used for diagnosing any inner leakage fault of a steam trap. **Key words:** leakage flow rate ,tube wall temperature ,least square method ,quantitative correlation formula

FLUENT 中煤粉燃烧飞灰含碳量数值模型的改进 = **Improvement of the Numerical Model for Determining the Carbon Content of Flying Ash During Combustion of Pulverized Coal Contained in the Software Fluent** [刊 汉] CHEN Shi-he ,ZHU Ya-qing ,LUO Jia (Guangdong Power Grid Corporation ,Academy of Electric Power Sciences ,Guangzhou ,China ,Post Code: 510080) ,JI Jun-jie (Shanghai Kaili Research and Development Center , Shanghai ,China ,Post Code: 201206) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 ,29(3) . -315 -319

To enhance the precision predicting the carbon content of flying ash from a pulverized coal-fired boiler in a power plant by using the software Fluent ,deducted was the core shrinkage model for coke with the dispersion resistance in the ash layer being taken into account and improved was the coke combustion model contained in the software Fluent by itself based on the "multiple surface reaction" framework provided by the software Fluent and in combination with the user defined function technology. On this basis ,the self-contained and improved combustion model for coke