

一种煤气自动放散减压稳压设备试验装置及特性分析

余晓明¹, 冯 熙¹, 孔彪龙²

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093; 2. 上海市通用机械技术研究所有限公司, 上海 200431)

摘 要: 为配合宝钢二炼钢煤气放散减压稳压设备国产化研发与改进提供试验研究平台, 满足不同规格系列产品多工况运行与各类试验要求, 研发煤气自动放散减压稳压设备试验装置, 该装置设计合理、构思新颖、自动化程度高、功能全、测试范围广, 可测 DN15 ~ 300 近 60 种规格的产品, 通过各类产品性能与寿命试验证明, 测试精度满足 GB/12246 - 2006 全性能型式试验要求, 填补了国内目前仅提出测试要求而无实测条件的技术空白。

关 键 词: 减压稳压; 动态测试; 型式试验; 误差

中图分类号: TH134; TF066.7 文献标识码: A

符号说明

- P_0 —压气机出口压力/MPa;
- P_1 —被测设备上游给定进口压力/MPa;
- P_2 —给定流量条件下被测设备下游给定出口压力/MPa;
- ΔP —被测设备进、出口压差/MPa;
- Q_v —流经被测设备的流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$;
- n —测试工况数;
- V_i —流经被测设备的流量偏差值;
- σ —流经被测设备的流量测量值均方根误差;
- Δ_{lim} —流经被测设备的流量测量值极限误差;
- S —算术平均值的均方根误差;
- λ_{lim} —极限误差;
- δ_{lim} —相对极限误差;
- δ_s —由流量测试仪表精度等级确定的系统误差;
- Δt —温度变化引起密度变化使流量测量产生的误差;
- Δq —试验系统不稳定性所产生的流量测试误差;
- δ —总的流量测量误差。

引 言

高炉炉顶排出的高压煤气经洗涤和除尘后, 还需减压才能成为常压煤气, 供其它生产流程用于加热或发电。因此, 要求减压稳压设备能够在将高压煤气减压至合适状态送至用户的同时更好的稳定高炉顶压, 使高炉更易于控制, 这对提高产量具有积极作用。

由于国内缺乏此类减压稳压设备自主开发与试

验的研究手段, 企业工程配套主要依靠进口。为逐步提高国产化配套的技术水平, 并从经济性考虑, 急需立足国内进行自主研发。

为配合宝钢二炼钢煤气放散减压稳压设备的国产化研发和改进提供试验研究平台, 在对新型减压稳压设备的国产化配套设备研制过程中, 应用计算机测控技术, 设计和试制了具有国际先进水平的性能与寿命试验的多功能高性能试验装置, 与国内同类试验装置的比较如表 1 所示。

表 1 国内同类试验装置水平比较

	联合研制 试验装置	合肥通用 机械研究院	沈阳盛世 高压阀门厂
检测范围	DN15 ~ 300	DN150	DN100
测试功能	寿命、性能型 式试验	性能试验	调压试验
测控方式	自控调节 同步采集	电动调节 同步采集	手工调节 人工读数
技术水平	国内首创	国内先进	未鉴定并已拆除

注: 试验装置由上海市质量监督检验技术研究院检测, 其它资料来自合肥通用机械研究院与沈阳盛世高压阀门厂最新技术调研。

1 煤气放散减压稳压设备及试验装置

1.1 减压稳压原理

煤气放散减压稳压设备在给定流量时的减压稳压特性与其开度及结构形式相关, 图 1 为减压稳压原理图。给定进口压力 P_1 时, 通过调整开度大小改变其环形通道过流截面, 气流进入压力为 P_2 的低压腔。

当进口压力 P_1 骤然增减时, 在开度未变化之前, 压力的增减传递到出口, 其压力 P_2 变化通过出口与弹簧室之间的连接通道传递到弹簧室, 使弹簧

收稿日期: 2010 - 06 - 07; 修订日期: 2010 - 06 - 24

基金项目: 上海市重点学科建设计划基金资助项目(S30503)

作者简介: 余晓明(1959 -), 男, 江苏无锡人, 上海理工大学副教授。

伸缩 推动轴芯上、下移动 ,开度变小或增大 ,直至出口压力恢复并稳定至原始压力 P_2 。将上游高压减至下游所需某一压力 ,上游压力变化时经闭环压力反馈调节将下游压力维持在允许偏差范围内 ,保证系统压力稳定 ,而稳压过程即作用在轴芯上的力的动态调整与平衡过程^[1]。

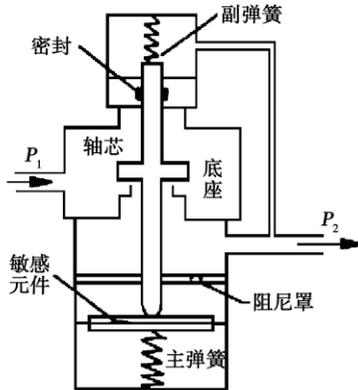


图 1 减压稳压原理

1.2 性能试验装置

常规减压稳压设备的压力、流量等常规检测是产品合格与否的重要依据 ,为了对膜片、弹簧等部件进行考核还需进行寿命试验 ,才能作为全面提高和改善产品性能的可靠依据^[2-3]。首先需要解决试验装置的恒流压力控制问题 ,一方面进口压力要调节至试验工况所需压力;另一方面要在恒流量下使出口压力也能调节到试验工况所需压力。为保证试验过程稳定必须要连续恒压供给 ,同时 ,也为满足不同产品试验要求 ,试验装置还需实现对流量及设备前后压力自动控制与调节 ,以满足多工况运行与各类试验要求。

由于用户需检测包括 PN1.6 ~ 4.0、DN25 ~ 300 近 60 种规格的产品 ,试验装置采用了图 2 所示的模块化设计。

模块一与模块二组合适用于 DN25 ~ 150 近 38 种规格的产品 ,模块三与模块四组合适用于 DN150 ~ 300 近 22 种规格的产品 ,分别通过各组合模块进口处各自的旁路调节阀实现模块进口处的压力调节。

由于使用电磁阀模拟实际系统调节频率进行寿命试验时 ,电磁阀局部阻力较大 ,影响其它试验项目的流量调节范围 ,故各组合模块又各自分别设置了流量测试回路 ,从而满足了流量特性、压力特性、流阻特性、流量系数和寿命试验等各项试验要求。

为保证系统安全运行 ,在压气机出口设置了集流量感知、止回、旁通控制、多级降压多功能于一体的 LYHT 型自动回流阀^[4] ,与常规回流系统相比 ,省略了单独孔板、流量计、电磁控制旁通控制阀 ,简化了旁通回流系统 ,维持最小回流。当系统出现故障或调整试验项目时 ,自动回流阀主阀关闭 ,旁通开启 ,以小流量回流避免泵的频繁启动 ,更经济有效地保证系统安全运行。

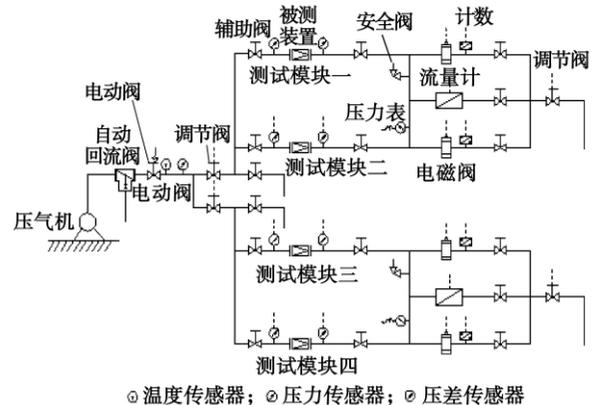
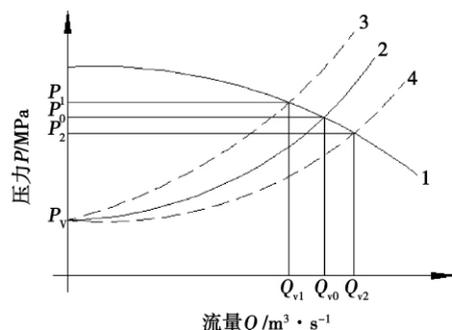


图 2 试验装置简图

被测设备前、后与组合模块进口处的旁路均采用高精度调节阀 ,实现被测设备前、后压力和流量调节与稳定控制。流量变送器测得的流经被测设备的流量 Q ,输出信号给调节器;调节器发出控制信号通过定位器作用于调节阀。当流量升降时 ,调节器将调节阀关小或开大 ,直至恢复到设定值。



1—压气机特性曲线; 2-4—管网的特性曲线

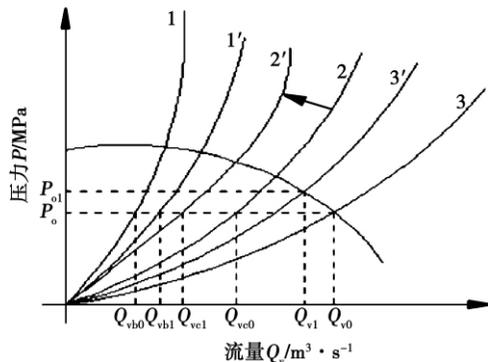
图 3 管网系统运行特性曲线

系统运行特性曲线如图 3 所示 ,设电机转速恒定 ,交点 (Q_0, P_0) 为工作点 ,当管路损失增加时 ,管路特性由曲线 2 变为曲线 3 ,流量降为 Q_{v1} 。

为使流量恢复 Q_{v0} ,需增大调节阀开度 ,使管路特性曲线恢复至曲线 2 ,流量 Q_{v1} 重新恢复到给定值

Q_{v0} 反之亦然。

主、旁管路及整个管网特性曲线如图4所示,若给定某稳定工况点(P_0, Q_{v0}),此时被测设备前和旁路调节阀前压力 P_1 近似于压气机出口压力 P_0 ,总流量为主管流量 Q_{vc} 和旁路流量 Q_{vb} 之和。



1—旁路特性曲线; 2—主管特性曲线; 3—管网特性曲线

图4 主、旁管路及整个管网系统特性曲线

试验时,被测设备前后压力都需调节为试验规定值。首先通过被测设备前旁路调节上游压力,然后通过被测设备及其下游调节阀调节被测设备后的压力 P_2 ,如上游压力波动,再重复上述过程,直至上、下游压力均趋于试验规定值。

例如,为了增大被测设备前后的压差,需要操作人员关小其开度,此时主管阻力特性曲线将从2变为 $2'$,而管网阻力特性曲线由3变到 $3'$,压气机出口压力由 P_0 增加到 P_{01} ,上游压力随之增大,则压力变送器所测得上游压力与给定值产生偏差,调节器控制旁管路调节阀开大,阻力特性曲线由1变成 $1'$,流量变为 Q_{vb1} ,直至整个管阻特性曲线由 $3'$ 返回3,压气机出口压力又趋于 P_0 ,直至被测设备前后压差增至试验规定值,反之亦然。

2 试验分析

以Y43H-40型减压稳压设备的流阻试验为例进行试验分析。试验时根据GB/T12245-2006规定,首先将被测减压稳压设备前的进口压力调节为 $P_1 = 4.0$ MPa,然后调节减压稳压设备的前后压差至 $\Delta P = 2.0$ MPa,测得10组数据如表2所示。

以流量为例计算其偏差值的平方和、各测量值均方根误差和测量值极限误差,即:

$$\sum_{i=1}^n V_i^2 = \sum_{i=1}^n (Q_i - Q)^2 = 8.796 \times 10^{-10} \quad (1)$$

$$\hat{\sigma} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{8.796 \times 10^{-10}}{9}} = 9.886 \times 10^{-6} \quad (2)$$

$$\Delta_{lim} = \pm 3\hat{\sigma} = 2.966 \times 10^{-5} \quad (3)$$

表2 Y43H-40 减压稳压设备某工况流阻试验测试数据

序号	减压稳压设备前压力 P_1 /MPa	减压稳压设备前后压差 ΔP /MPa	流量 Q_v / $m^3 \cdot s^{-1}$	测试时间 t /h
1	4.06	1.98	0.006 05	10:05
2	4.03	1.96	0.006 06	10:06
3	3.95	1.97	0.006 07	10:07
4	3.98	2.01	0.006 09	10:08
5	4.00	2.02	0.006 04	10:09
6	4.02	2.00	0.006 04	10:10
7	4.04	1.99	0.006 05	10:11
8	3.99	1.99	0.006 06	10:12
9	4.06	1.97	0.006 04	10:13
10	4.04	2.03	0.006 05	10:14
均值	4.02	1.99	0.006 06	—

同时检查 V_i 的值,如其中有大于 Δ_{lim} 的值即应剔除,再按上述步骤重新计算。经检查, V_i 中无大于 Δ_{lim} 的值。然后计算算术平均值的均方根误差、极限误差与相对极限误差,即:

$$S = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \frac{9.886 \times 10^{-6}}{\sqrt{10}} = 3.126 \times 10^{-6} \quad (4)$$

$$\lambda_{lim} = \pm 3S = \pm 9.379 \times 10^{-6} \quad (5)$$

$$\delta_{lim} = \frac{\lambda_{lim}}{Q} \times 100\% = \pm 1.6\% \quad (6)$$

根据所用流量测试仪表精度等级得到系统误差: $\delta_y = \pm 0.5\%$

在试验过程中,随着温度的上升,气体的密度随之变化,从而给流量的测量带来误差。现场所测得最大温升为 $5^\circ C$,查空气物性表得出密度的变化率^[5-6],并计算温度升高给流量测量带来的测量误差为:

$$\Delta t = \pm 0.1\%$$

由于电网的不稳定性,压气机出口流量和压力也会产生一定波动,带来流量测试误差:

$$\Delta q = \pm 0.1\%$$

求得总的流量测量误差:

$$\delta = \pm (1.6 + 0.5 + 0.1 + 0.1)\% = \pm 2.3\% \quad (7)$$

同理,计算得出被测设备前压力、被测设备前后

压差的测量误差分别为 $\pm 2.1\%$ 和 $\pm 2.3\%$, 可见其各项误差 $\leq \pm 2.5\%$ 。

限于篇幅不再复述所有型号减压稳压设备性能试验分析计算过程, 表 3 所示为各种型号减压稳压设备试验分析结果比较, 试验证明国内首次自主研发的多功能性能与寿命试验系统完全满足 GB/12246-2006 与用户试验精度要求。

表 3 各种型号减压稳压设备试验分析

被测设备 型号	流量测量 误差 / %	被测设备前压力 测量误差 / %	被测设备前后压 差测量误差 / %
Y43H-40	± 2.3	± 2.1	± 2.3
STY43H-40	± 2.4	± 2.2	± 2.5
Y43F-16P	± 2.1	± 2.1	± 2.2

3 结 论

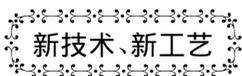
(1) 所研制煤气自动放散减压稳压设备性能与寿命试验装置经专家技术鉴定和使用效果证明, 试验装置设计合理、构思新颖、自动化程度高、功能全、测试范围广, 可测从 DN15 ~ 300 近 60 种规格的产品, 完全满足宝钢二炼钢煤气放散减压稳压设备国产化配套的各项性能与技术要求。

(2) 试验装置测试范围宽、功能全、运行稳定、试验精度高, 达到 GB/12246-2006 各项试验要求, 填补了国内仅提出测试要求而无实测条件的技术空白 (获得国家实用新型专利: ZL 200720067969.6 和国家版权局软件著作权: 2006SR16594)。

(3) 中科院上海科技查新咨询中心查询结论为: 本项目在作业原理、装置设计和配套测控系统等多方面均取得了重大突破, 具有新颖性和重要的科研价值和应用价值。

参考文献:

- [1] 李著信. 输油管线自动开关阀研究 // 第三届全国工业流体力学学术会议论文集 [C]. 上海: 上海交通大学, 1993. 143 - 146.
- [2] ZUNG P S, PERNG M H. Nonlinear dynamic model of atwo - stage pressure relief valve for designers [J]. Trans ASME J Dyn Syst Meas Control 2002, 124(1): 114 - 118.
- [3] SHIN Y C. Static and dynamic characteristics of a two stage pilot relief valve [J]. Trans ASME J Dynamic Systems, Measmt, Control, 1991, 113: 280 - 288.
- [4] 余晓明, 孔彪龙. 自动回流阀组的运行与节能特性分析 [J]. 流体机械, 2008, 36(6): 6 - 9.
- [5] 程曙霞. 工程试验理论 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992.
- [6] PRASUHN ALAN L. Fundamentals of fluid mechanics [M]. Inc New Jersey: Prentice - Hall, 1980.



新技术、新工艺

高效大功率的 RT-flex 82T 低速二冲程船用柴油机

据《Diesel & Gas Turbine Worldwide》2010 年 2 月号报道, Waertsilae 公司最近的订货合同里包括了用于巨型油船 (VLCC) 和矿砂船 (VLOC) 的 30 台 RT-flex 82T 7 缸发动机。

新的 82 cm 内径的 Waertsilae RT-flex 82T 低速二冲程船用柴油机最近在韩国 Hyundai 重工 (HHI) 成功地完成了型号的批准试验。试验的 7 缸 RT flex 82T 在 76 r/min 转速下的最大连续功率可达到 31 640 kW。第一台 7 缸 RT-flex 82T 发动机已安装在由 HHI 建造的一艘 VLCC 上。

被订购的 30 台发动机已被持有 Waertsilae 公司的许可证者承包建造。用于 VLCC 的 14 台该型发动机, 其中 6 台要由大连造船工业公司建造, 6 台由上海外高桥造船工业公司建造, 两台将由 HHI 建造。另外 16 台用于 VLOC 的该型发动机要由江苏荣成重工建成。

在过去的两年里, Waertsilae 的 82 cm 内径船用发动机已接受了 140 台的订单。其中, 120 台是针对 RT-flex 共轨型发动机。

RT-flex 82T 发动机对于大型集装箱船也具有很大的吸引力。

RT-flex 共轨系统包括针对所有负荷被优化的燃料喷射压力和定时。该型发动机在 40% ~ 100% 负荷范围内的耗油率为 160.5 ~ 171 g/kWh, 允许节省燃料的消耗并减少 CO₂ 的排放。

(吉桂明 摘译)

water levels were 63 , 163 and 263 mm respectively , the pressure characteristics of the air chamber when a water leakage came from the air buttons were studied. When a water leakage from the air buttons occurs , the air chamber with a water leakage will drastically fluctuate. A critical relationship exists between the normal pressure in the air chamber and its minimum pressure during the water leakage. The critical pressure difference will increase with an increase of the drag in the air buttons. At a same fluidized air quantity , the critical pressure difference will decrease with an increase of the bed pressure. Through the tests , the mechanism controlling the slag leakage from the air buttons on the air distributor of the circulating fluidized bed boiler was analyzed , thus providing reference for improving the leakage prevention performance of air buttons. **Key words:** circulating fluidized bed boiler , built-in counterflow cylindrically-shaped air button , drag characteristics , leakage prevention characteristics

中心提升管内循环流化床颗粒循环流率预测研究 = **Investigation on the Prediction of the Particle Circulating Flow Rate of a Circulating Fluidized Bed Inside a Central Elevating Tube** [刊, 汉] CHEN Hong-wei , SHI Yang , LIU Huan-zhi et al (Education Ministry Key Laboratory on Power Plant Equipment Condition Monitoring and Control , College of Power and Mechanical Engineering , North China University of Electric Power , Baoding , China , Post Code: 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011 , 26(2) . - 216 ~ 219

To rationally control the circulating flow rate of the bed material is the key to a biomass gasification device with a circulating fluidized bed inside a central elevating tube. A cold-state circulating fluidized bed test stand inside a central elevating tube was independently designed and set up. On this small-sized test stand , tested was the influence of the operating parameters on the particle circulating flow rate. The test results show that the particle circulating flow rate increases with an increase of the air speed in the elevating tube or the bubbling air speed on the bubbling bed. Furthermore , when the air speed in the elevating tube and that on the bubbling bed increase respectively to a certain degree , the increase of the particle circulating flow rate will tend to slow down. On the basis of the tests , a model for predicting the particle circulating flow rate was established. The prediction values obtained by using the model in question are in good agreement with the test ones. The relative error of the prediction is less than $\pm 10\%$, proving that the correctness of the model in question is verified under certain operating conditions. **Key words:** inner circulating fluidized bed , elevating tube , particle circulating flow rate , prediction

一种煤气自动放散减压稳压设备试验装置及特性分析 = **A Test Device for a Coal-gas Automatic Bleeding Pressure Reducing and Stabilizing Equipment Item and Its Characteristic Analysis** [刊, 汉] YU Xiao-ming , FENG Xi (College of Energy Source and Power Engineering , Shanghai University of Science and Technology , Shanghai , China , Post Code: 200093) , KONG Biao-long (Shanghai General-purpose Machine Technology Research Institute Co. Ltd. , Shanghai , China , Post Code: 200431) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011 , 26(2) . - 220 ~ 223

To provide a test and research platform in coordination with the localization , development and improvement of Baogang No. 2 steel-making coal-gas bleeding pressure reducing and stabilizing equipment items and meet the requirements of a series of products in various specifications for multiple operating conditions and various tests , a test device for coal-gas automatic bleeding pressure reducing and stabilizing equipment items was developed and properly designed. With such specific features as a novel design , a high automation level , a full spectrum of functions and a wide testing range , it can perform an inspection and testing of products in nearly 60 specifications at a diameter from DN15 to 300. A variety of product performance and life tests proven that the testing precision invariably meets

the requirements for overall performance type tests stipulated in GB/12246-2006. The research findings have filled the technical gap in domestic that only the testing requirements are presented but no real testing conditions are currently available in China. **Key words:** pressure reducing and stabilizing , dynamic testing , type test , error

N₂ 稀释对合成气扩散火焰流场的影响 = Influence of N₂ Dilution on a Synthetic Gas Diffusion Flame Flow Field [刊 汉] GUO Pei-qing , ZANG Shu-sheng , GE Bing (Education Ministry Key Laboratory on Power and Mechanical Engineering , Shanghai Jiaotong University , Shanghai , China , Post Code: 200240) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011 , 26(2) . - 224 ~ 228

A PIV (Particle Image Velocimetry) measurement was performed of a combustion flame hot state cyclone flow field of a medium heating value synthetic gas diluted with nitrogen. Moreover , the law governing the influence of different nitrogen dilution amounts on the combustion flow field was analyzed. The test results show that the presence of nitrogen can mainly change the size of the jet flow zone and the width of the flame is basically not affected. The maximum return flow speed will increase with an increase of the nitrogen dilution amount while the fluctuation in the return flow zone , however , will decrease accordingly. In the meantime , to increase the nitrogen dilution amount may reduce the kinetic energy of the turbulence in the return flow zone , thereby resulting in a drop in the flame temperature. **Key words:** diffusion combustion , synthetic gas , PIV (Particle Image Velocimetry) , nitrogen dilution

利用吸收光谱技术对 SO₂ 和 NO 浓度评估的研究 = Study of the Evaluation of SO₂ and NO Concentration by Employing the Absorption Spectrum Technology [刊 汉] WANG Hua-shan , WU Shao-hua , QIN Yu-kun (College of Energy Science and Engineering , Harbin Institute of Technology , Harbin , China , Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011 , 26(2) . - 229 ~ 232

Based on the absorption characteristics of SO₂ and NO in the ultraviolet zone , a new method was presented for simultaneously measuring the concentrations of two gases. During the test , a concentration measurement was completed in the presence of sole SO₂ and both SO₂ and NO₂ simultaneously. By processing both transmission spectrums , the SO₂ concentration was obtained and a formula for measuring the concentration of SO₂ gas was established. On this basis , the influence of the presence of SO₂ on NO concentration was also acquired. In addition , the influence of the presence of NO₂ on the measurement of SO₂ concentration was also analyzed and obtained. Finally , the on-site SO₂ on NO emissions from a utility boiler were monitored , the result of which objectively reflected the variation law of gas emission concentrations. Compared with some traditional commercial detection devices , the system under discussion enjoys a relatively big edge in response time and performance etc. , further satisfying the requirements for monitoring exhaust gas emissions from current power plants. **Key words:** absorption spectrum , SO₂ , NO , concentration , measurement

用于支撑 HTR-10GT 氦气轮机的磁力轴承设计研究 = Study on Design of the Magnetic Bearings for Supporting a HTR-10GT Helium Turbine [刊 汉] MA Yun-xiang , ZHANG Zhi-jian (College of Nuclear Science and Technology , Harbin Engineering University , Harbin , China , Post Code: 150001) , YU Xiao-li , YU Su-yuan (Nuclear Energy and New Energy Source Research Institute , Tsinghua University , Beijing , China , Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011 , 26(2) . - 233 ~ 237

The design principle and technical features of the magnetic bearings for use in a 10 MW high temperature reactor-