

惯性粒子分离器流道型线分析与改进

高彬彬, 王 彤, 傅 耀, 谷传纲

(上海交通大学 动力机械与工程教育部重点实验室, 上海 200240)

摘 要: 为了便于分析和改进直升机进口惯性粒子分离器性能, 在自行开发出的分离器参数化造型软件的基础上, 选取了控制分离器主流道出口截面积和清除流道出口截面积等 7 个重要参数, 以现有分离器原型作为参照样本, 对不同几何参数下的分离器性能进行细致的分析和比较。对比计算模型的颗粒分离效率和总压损失, 提出了两个改进模型。与原模型相比, 改进模型对于大尺度颗粒的分离效率有很大改善, 即从原来的不到 20% 增加到了 95%, 而总压损失仅增加约 1%。

关 键 词: 惯性粒子分离器; 造型软件; 型线; 气固两相流
中图分类号: O369 文献标识码: A

引 言

惯性粒子分离器因为流动损失小、结构简单, 常用于直升机发动机入口装置中。含尘气体由惯性粒子分离器的进口流道流入, 通过一段带曲率的渐缩通道加速, 并在空气曳力作用下带动固体颗粒加速运动。通过喉部后, 大部分固体颗粒在惯性作用下保持原有运动状态, 进入清除流道, 而仅带有少量颗粒的清洁气体可进入压气机通道。不同型线的分离器会对不同粒径颗粒的分离效果产生很大的影响。国外在 20 世纪 70 年代开始了对粒子分离器的设计和研制工作^[1-7], 国内的侯凌云等人也曾做过一些相关计算^[8-13], 主要集中在建模计算和网格划分方面。目前, 关于如何选择较优的分离器形状的研究还比较少。

本研究利用自行开发的惯性粒子分离器的造型软件, 使用 22 个参数将分离器型线参数化, 并选择其中的七个重要参数进行了详细的讨论和研究, 并据此给出了改进的分离器模型。

1 惯性粒子分离器几何造型

惯性粒子分离器的流道可以通过 3 条曲线来造

型, 分别为轮毂 hub 线、外缘 shroud 线和舌部 tongue 线。其中 hub 线和 shroud 线均各由 9 个参数控制, tongue 线由 4 个参数控制。赋给这 22 个参数不同的值, 即可输出不同的流道型线。

选取主流道内径 $h - rout$ 、主流道外径 $t - rdown$ 、清除流道内径 $t - rup$ 、清除流道外径 $s - rout$ 、舌部长度与总长度的比值 $t - pt$ 、舌尖长度与舌部长度的比值 $t - pt1$ 和 shroud 线 $s22$ 区长度与总长度的比值 $s - ps22$ 共 7 个参数分别进行造型, 如图 1 所示。

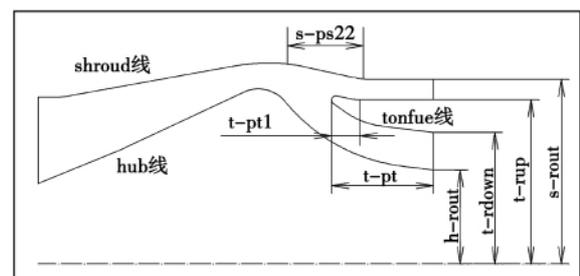


图 1 分离器型线及选定的参数示意图
Fig. 1 Schematic diagram of the separator profile and parameters chosen

选取如图 1 所示的分离器原型为参照样本, 每次只改变一个参数的值, 使该参数值分别减小和增大一次。针对 7 个参数中每个参数的变化重新制作模型, 包括分离器原型在内, 共生成 15 个模型: 其中原型用 P 表示, 其它模型根据每次所变动的参数值依次表示为 $h - rout - 1$, $h - rout - 2$, $t - rdown - 1$, $t - rdown - 2$, $s - rout - 1$, $s - rout - 2$, $t - rup - 1$, $t - rup - 2$, $s - ps22 - 1$, $s - ps22 - 2$, $t - pt - 1$, $t - pt - 2$, $t - pt1 - 1$, $t - pt1 - 2$, 各参数中的后缀 1 代表和原型相比, 减小该参数值后输出的分离器模型, 后缀 2 代表增加该参数值后输出的分离器模型。

收稿日期: 2011 - 11 - 22; 修订日期: 2012 - 02 - 07

作者简介: 高彬彬(1987 -), 男, 安徽界首人, 上海交通大学硕士研究生。

2 数值计算

选用不可压缩流体、 $k-\epsilon$ 紊流模型计算连续相气流场。考虑到模拟的气固两相流场中的颗粒浓度较低,可忽略颗粒对流场的反作用,采用单相耦合的计算方法。首先,通过 CFD 模拟获得稳态的气流场结果,然后利用 Fluent 软件中的 DPM 模块计算不同粒径颗粒的运动轨迹^[11],进一步计算出分离效率。

2.1 网格划分

考虑到分离器的流道结构,对分离器喉部和流道分叉处的网格进行局部加密,保证流动到达出口截面时达到均匀状态,将出口通道延长一倍的分离器长度。本研究中构建了分离器的三维结构化网格,并分别对网格数为 150 万、210 万、260 万和 305 万的模型进行对比,进行了网格无关性验证,最后确定网格数约为 305 万,其三维网格如图 2 所示。

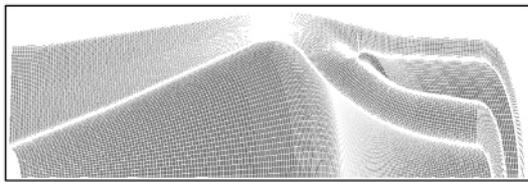


图 2 分离器流道网格示意图

Fig. 2 Schematic drawing of the mesh in the flow passage of the separator

2.2 边界条件

设定流道入口边界条件为速度入口,速度设定为 30 m/s。出口边界设为自由流出。定义清除流量比 r 为从清除流道流出的质量流量与进口总质量流量之比,设定其值为 0.12。固体壁面采用无滑移边界条件。固相颗粒在通道入口以气流速度相同的初始速度进入通道。颗粒与壁面之间的碰撞模型设置为完全弹性碰撞。空气密度为 1.225 kg/m^3 ,颗粒进口流量为 0.05 kg/s ,颗粒密度为 2650 kg/m^3 。

3 计算结果分析

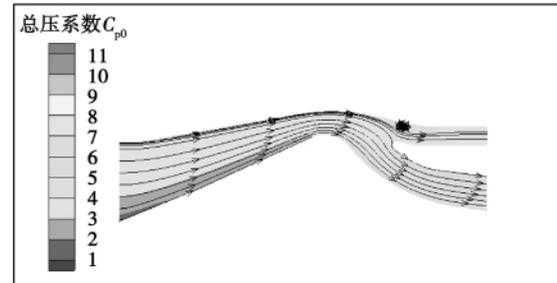
3.1 流场结果分析

定义总压系数 C_{p0} :

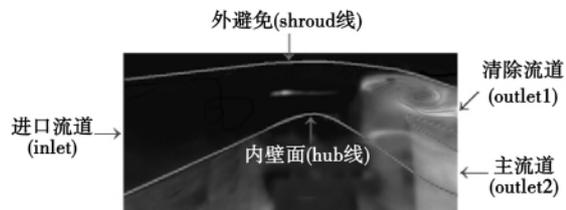
$$C_{p0} = (p_{0in} - p_0) / \frac{1}{2} \rho V_{in}^2 \quad (1)$$

式中: p_{0in} —入口总压; p_0 —分离器内各点的总压; ρ —空气的密度; V_{in} —入口进气速度。

给出参照样本即分离器原型的流线及总压系数云图如图 3(a) 所示。为了验证计算的可靠性,给出了文献[11~12]对该模型的流动可视化实验结果,如图 3(b) 所示。



(a) 分离器原型的流线及总压系数云图



(b) 内部流道可视化实验图

图 3 计算结果与实验结果的比较

Fig. 3 Comparison of the calculated results and test ones

从实验结果中可以看到,示踪粒子在气体的带动下,在清除流道入口近外壁面处形成了沿周向分布的明显回流涡,这可能是引起清除流道流动损失的主要原因。该流动结构也可从数值计算中发现,但是需要注意的是,计算模型进口速度设定为 30 m/s,而实验中分离器的进气速度小于此值,所以实验中模型的清除流道入口处形成更为明显的涡结构。在流动趋势上,计算结果和实验结果相同,证明了计算方法是可靠的。

从总压系数云图上可以看出,与清除流道相比,气流总压的主流道内损失更多。这主要是由于大部分气体在流道分叉处改变了运动方向进入了主流道,主流道在径向收缩,气体发生明显的加速和转向过程,导致流动损失的增加;另外,由于少量气体进入位于径向外侧和截面积较大的清除流道,在该清除流道内,气体速度显著降低,在清除流道的入口靠近外壁面处形成了回流涡结构。该涡结构占据流动通道,减小了实际流通面积,造成明显的流动损失。其它分离器模型和原型相比,内部气流场差别不大,具有相似性,但清除流道截面积增加时,其入口处回

流涡的范围增大。

3.2 颗粒轨迹及分离效率比较

3.2.1 颗粒运动轨迹的分析

为了分析分离器的流道结构对颗粒在其内部运动情况的影响,分别对直径分别为 1、15、30 和 180 μm 的颗粒在分离器内的运动轨迹进行了研究,如图 4 所示 d 为颗粒直径。

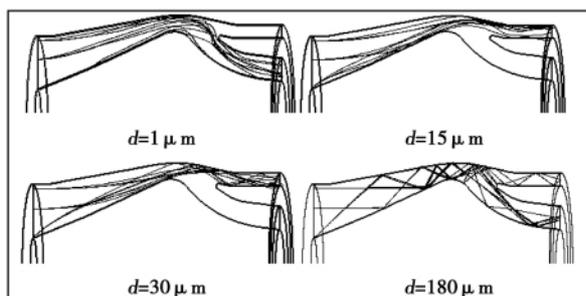


图 4 不同直径颗粒的运动轨迹图
Fig. 4 Chart showing the movement trajectory of the particles in various diameters

从图 4 中可以看到,粒径为 1 μm 的颗粒流动跟随性很好,基本都随着大部分气流进入主流道;粒径为 15 μm 的颗粒具有一定的流动跟随性,几乎不会出现和壁面发生碰撞的情况,同时由于颗粒惯性增大,在离心力的作用下,被甩入清除流道,能够顺利分离;当粒径大于 30 μm 后,颗粒的惯性明显增大,流动跟随性变差,颗粒和壁面之间出现明显的碰撞情况,观察粒径为 180 μm 的颗粒运动轨迹可以发现,粒径越大,惯性就越大,和壁面的碰撞现象就更加明显。此时颗粒的运动轨迹就主要由其惯性及其与壁面的碰撞来决定,在这种情况下,分离器的结构型线对颗粒的分离效率就有很大的影响。

因此,分离器型线对不同尺度粒径的颗粒的影响机理是不同的。对于小尺度颗粒,改变分离器型线能够影响流道内的流场,通过气流与颗粒之间的曳力作用,间接影响颗粒的运动与分布;而对于大尺度颗粒,型线的变化将显著影响颗粒与固体壁面发生碰撞的位置和颗粒反弹后的运动方向,相对而言,气流的曳力作用对大尺度颗粒的作用较小。

3.2.2 颗粒分离效率分析

通过计算,可以得到不同分离器模型时不同粒径的颗粒的分离效率,如图 5 所示 η 为分离效率。

分析图 5 可知,从粒径的情况来看,对于小于 10 μm 的颗粒,其流动跟随性很好,尤其是粒径在 1 μm 及以下量级的极小尺度固体颗粒,其分离效率

趋近于清除流量比,此时相比于进气速度和清除流量比,流道结构对颗粒的分离效率影响不大。随着粒径增加,分离效率逐步提高。对粒径在 15 ~ 75 μm 之间的颗粒,其分离效率基本可以达到 90%。当粒径大于 75 μm 后,继续增大粒径,颗粒的分离效率则明显下降,直到粒径大于 140 μm 以后,分离效率略微增加。大尺度颗粒的运动轨迹更多的由自身的惯性力以及颗粒和壁面之间的碰撞作用来决定,而其对发动机的破坏效果最为明显,因此,选择较优的分离器型线,改善粒径在 75 ~ 200 μm 之间的固体颗粒的分离效率是研究重点。

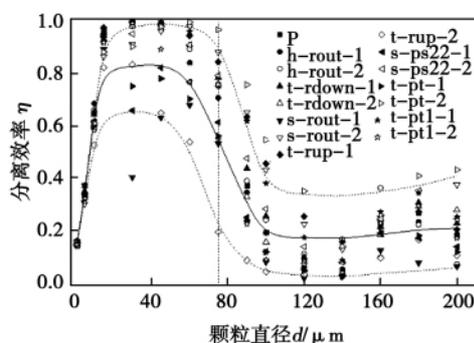


图 5 各分离器的分离效率
Fig. 5 Separation efficiencies of various separators

从各参数的变化情况来看,对于该分离器原型,当选取的参数变化时,大颗粒分离效率有近 40% 的提高空间,这说明分离器的型线对大颗粒的分离效率有非常大的影响。各参数的变化对 15 μm 以下小尺度颗粒的分离效率影响不大,进一步说明了小尺度颗粒流动跟随性相对较好,流道结构对其分离效率影响不大。而直径大于 15 μm 的颗粒,由于质量增大,惯性增大,与壁面会有一定的碰撞作用,清除流道截面积和 shroud 线 s22 区的长度增大时,使得颗粒和 shroud 线后半段上壁面的碰撞作用降低,颗粒进入清除流道的几率就会增加,从而提高了分离器对颗粒的分离效率,而主流道截面积的变化对颗粒的分离效率影响不大。舌部长度增加会导致管道分叉处气体进入主流道的入口截面积减小,颗粒进入主流道的几率也随之减小,使得颗粒分离效率增加。舌尖对颗粒进入清除流道有一定的阻碍作用,舌尖尺寸增大时,这种阻碍作用也随之增大,颗粒分离效率会随之减小。

3.3 流动损失分析

进气总压损失是衡量分离器性能的另一个重要指标,主流道的总压损失增大意味着压气机负荷增

大, 清除流道总压损失增大意味着在设计中需要为清除流道配置更大功率的风机, 因此在分离器型线的优化过程中, 除了保证颗粒清除效率, 同时也需要降低分离器内的流动损失。

定义总压损失系数 ζ 为进口截面总压与主流道或者清除流道出口截面总压两者之差与进口截面总压的比值, 即:

$$\zeta = \frac{P_{0, in} - P_{0, outlet}}{P_{0, in}} \quad (2)$$

图 6 为各参数对分离器进气总压损失的影响, 图中下标 outlet1 表示清除流道出口; outlet2 表示主流道出口。空心符号表示清除流道的总压损失; 实心符号表示主流道的总压损失。

从图 6 (a) 可见, 主流道截面积的增大会导致主流道内的压力损失减小, 这是由于主流道内截面积增大, 通道内气体的速度减小, 因而气体的局部阻力损失(包括气流转向、加速)和主通道内的沿程损失均随之减小。从图 6 (b) 可见, 清除流道截面积的增大会使主流道内的压力损失增加。这主要是由于随着清除流道截面积的增加, 清除流道中的流速减小, 回流涡结构进一步增大, 流动的损失随之增大。除了增大清除流道内的流动损失外, 也会进而影响分离器内上游的流动, 导致主通道内的流体流动损失也随之增加。从图 6 (c) 可见, Shroud 线 s22 段长度的增大会使主流道内压力损失略有增加, 这应该是受到回流涡结构的影响所致。舌部长度增大意味着主通道入口截面积渐小, 导致气体在流道分叉处因流动转向引起的局部流动损失增大, 同时使得气体在主流道的速度增加, 进而导致主流道内的压力损失明显增加。舌尖尺寸的增大, 引起清除流道的截面积减小, 导致回流涡结构减小, 通道内的流动损失随之减小。

综合分析图 6 可知, 相比清除流道压力损失, 主流道内的压力损失对型线的变化更为敏感。因此改变分离器型线时应更关注于主流道内气体压力损失的变化。

3.4 压力损失和分离效率的比较

清除流道截面积的增大、shroud 线 s22 区的长度的增加、舌部长度的增加以及舌尖尺寸的减小都有利于大颗粒分离效率的提高, 但是, 同时这些参数的变化恰恰会带来主流道内压力损失的增加。因此在优化过程中应同时考虑上述因素, 以期获得最佳的优化结果。

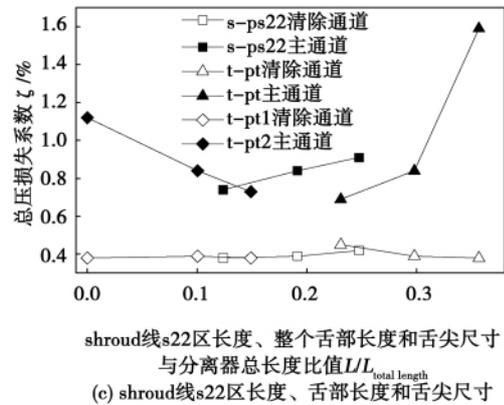
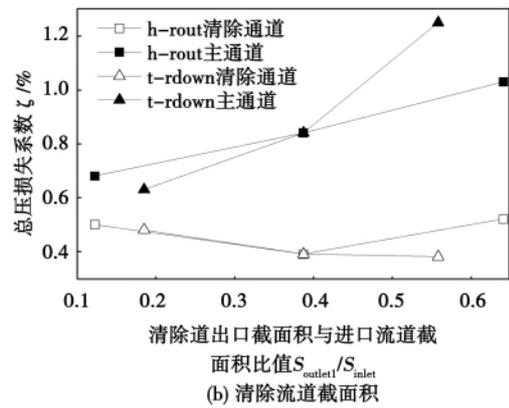
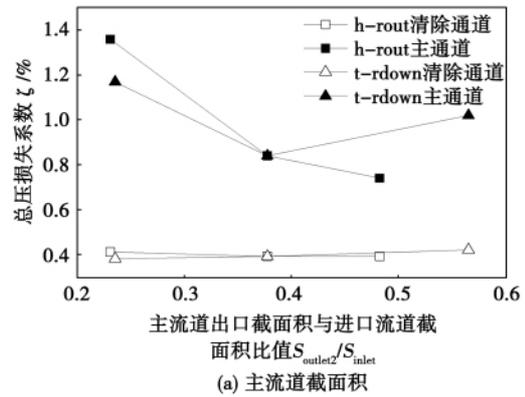


图 6 各参数的变化对分离器总压损失的影响
Fig. 6 Influence of the change of various parameters on the total pressure loss of the separator

4 流道结构的改进

通过前面的数值计算结果, 确定了需要改进的参数及其调整方向, 进而构造出两个新改进的流道结构形式。如图 7 所示, 图 7 (a) 和图 7 (b) 中虚线所示的均是原分离器模型的型线。

进一步计算, 可以得到改型 M1 和 M2 的分离效率, 将它们与分离器原型(用 P 表示)的分离效率进

行比较,如图 8 所示。改型后的分离器对大颗粒的分离效率得到了明显的提高,尤其是 M2 模型,对不同粒径的大颗粒的分离效率几乎保持一致,且达到 95%。在进气速度为 30 m/s、清除流量比为 0.12 时,改型 M1 和 M2 主流道内的进气总压损失也仅比原型 P 增加了 1% 左右,清除流道内的压力损失几乎不变。

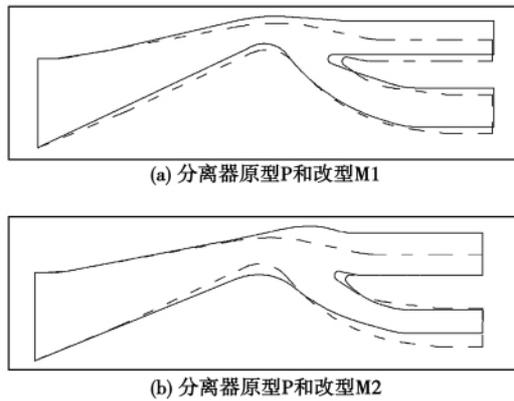


图 7 分离器原型和改型的型线
Fig. 7 Prototype of the separator and its retrofitted profile

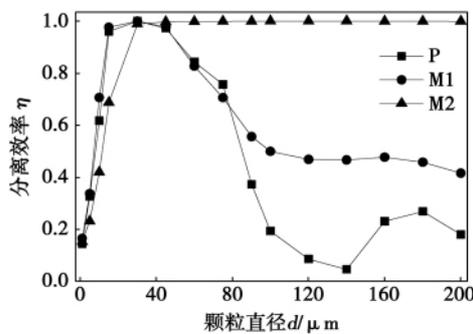


图 8 分离器原型和改型的分离效率的比较
Fig. 8 Comparison of the separation efficiencies of the separator prototype and retrofitted separator

改型 M2 分离器中的颗粒分离效率明显优于 M1,且二者的压力损失差别并不大,可见 M2 的流道结构优于 M1。改型后,分离器模型的大颗粒分离效率得到了显著改善,压力损失的增加也在可接受的范围内。

5 结 论

(1) 在建立了惯性粒子分离器型线参数化造型

的基础上,对不同型线参数下的分离器流道进行了细致地性能分析,提出了两个改进后的分离器模型,相比原分离器模型,在流动损失没有明显增加的基础上,分离效率显著提高,由原来的不到 20% 提高到 95%,改进效果明显。

(2) 不同粒径范围内的颗粒运动分离机理不同,粒径在 15 μm 以下的小颗粒运动跟随性较好,其运动轨迹主要取决于气体的曳力作用;粒径大于 15 μm 的颗粒,颗粒的惯性明显增大,颗粒和壁面之间出现碰撞情况,此时颗粒的运动主要由其惯性及其与壁面的碰撞来决定,而且粒径越大,惯性就越大,与壁面的碰撞现象就越明显。

(3) 分离器型线参数的调整对粒径大于 15 μm 的颗粒分离效率的影响显著,而流动速度和清除流量比变化则对于 10 μm 以下的小颗粒分离作用明显。

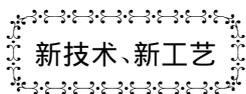
(4) 提高分离器效率是与增加主流道总压损失联系在一起,因此在改进分离器流道结构时应更多关注主流道内压力损失的变化。

参考文献:

- [1] Robert J D, Bernard S. Integral engine inlet particle separator, volume 2-design guide [R]. Usaamrdl - TR - 75 - 31B, 1975.
- [2] Viitt al B V R, Tipton D L, Bennett W A. Development of an advanced vaneless inlet particle separator for helicopter engines [R]. Aiaa - 85 - 1277, 1985.
- [3] Breitman D S, Dueck E G, Habashi W G. Analysis of a split-flow inertial particle separator by finite elements [J]. J Air Craft, 1985, 22(2): 135 - 140.
- [4] Sheih C F, Delaney R A, Tipton D L. Analysis of the flow field in an engine inlet particle separator computation of internal flows: methods and applications [C]//American Society of Mechanical Engineers FED, 1984, 14(2): 23 - 28.
- [5] Zedan M, Hartman P, Mostafa A, et al. Viscous flow analysis for advanced inlet particle separators [R]. AIAA - 90 - 2136, 1990.
- [6] Hamed A, Jun Y D, Yeuan J J. Particle dynamic simulations in inlet separator with an experimentally based bounce model [J]. J Propul Power, 1995, 11(2): 230 - 235.
- [7] Calzada de la P, Vazquez R, Fernandez F, et al. Particle dynamics simulation for aeroengine intake design [R]. ISABE 99 - 7280, 1999.
- [8] 侯凌云. 直升机粒子分离器两相流场的数值模拟 [D]. 西安: 西北工业大学, 1998.
HOU Ling-yun. Numerical simulation of the two-dimensional flow field inside a particle separator of a helicopter [D]. Xi'an: North-western Polytechnical University, 1998.
- [9] 侯凌云, 严传俊. 二维粒子分离器的流场及分离效率的数值模拟 [J]. 航空动力学报, 1997, 12(4): 374 - 376.

- HOU Ling-yun ,YAN Chuan-jun. Numerical simulation of the two-dimensional flow field and separation efficiency of a 2-dimensional particle separator[J]. Journal of Aerospace Power ,1997 ,12(4) : 374 - 376.
- [10] 吴恒刚,王锁芳. 整体式粒子分离器数值模拟[J]. 航空学报, 2007 28(5) : 1073 - 1079.
- WU Heng-gang ,WANG Suo-fang. Numerical simulation of an integrated particle separator [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica 2007 28(5) : 1073 - 1079.
- [11] 许峰,王彤,傅耀. 弯管内小尺度颗粒运动的数值模拟与分析[J]. 四川兵工学报 2010 31(2) : 74 - 77.
- XU Feng ,WANG Tong ,FU Yao. Numerical simulation and analysis of the small-scale particle movement in an elbow [J]. Journal of Sichuan Ordnance 2010 31(2) : 74 - 77.
- [12] 许峰,王彤,谷传纲,等. 带射流方腔内气固流动实验与模拟[J]. 煤炭技术 2010 29(10) : 8 - 10.
- XU Feng ,WANG Tong ,GU Chuan-gang ,et al. Gas-solid flow test and simulation inside a square chamber with a jet flow [J]. Coal Technology 2010 29(10) : 8 - 10.
- [13] Floria Paoli,傅耀,王彤,等. 发动机入口粒子分离器流场数值模拟及流道改进[J]. 流体机械 2011 39(4) : 10 - 16.
- Floria Paoli ,FU Yao ,WANG Tong ,et al. Numerical simulation of the inlet particle separator of an engine and its flow passage improvement [J]. Fluid Machinery 2011 39(4) : 10 - 16.

(丛敏 编辑)



用 540 MW 联合循环装置代替燃用天然气的蒸汽装置

据《Gas Turbine World》2012 年 3 - 4 月刊报道,得克萨斯州下科罗拉多河管理局正在建造先进的 Fr7FA 联合循环电站,它将生产低成本的电力并满足未来的排放规程。

新联合循环电站将代替位于得克萨斯州霍斯舒湾的 420 MW 燃用天然气的蒸汽电站,该电站建于 1974 年。

Frame7FA 联合循环电站的关键设计和性能特点:

• 输出功率

2 台燃气轮机 + 1 台汽轮机的 7FA 联合循环电站的额定净输出功率为 540 MW(其中,燃气轮机功率为 367.7 MW(毛功率),汽轮机功率为 199 MW(毛功率)),净效率达 57%。

• 电站成本

设备购置和建造费用预计为 5.2 ~ 5.5 亿美元。

• 排放

单位 DLN(干式低 NO_x) 燃烧和 SCR(选择催化还原)后处理将能使 CO_2 现场排放限于每发电 1 MW · h 低于 453.6 kg。

• 运行

提供灵活有效的备用启动,快速等变升速。

(吉桂明 摘译)

gang (Engineering Thermophysics Research Institute ,Chinese Academy of Sciences ,Beijing ,China ,Post Code: 100190) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(5) . - 560 ~ 565

On an externally installed heat exchanger cold-state test stand provided with a new type sliding plate ash control valve in combination with the latest electrical capacitance tomography(ECT) particle concentration measurement technology ,experimentally studied in the cold state were the split-flow regulating characteristics of the ash control valve and the material flow characteristics of the externally installed heat exchanger. The test results show that when the air quantity of the embedded tube bed increases from 320 m³/h to 480 m³/h ,the average pressure drop in the side of the embedded tube bed will decrease by 0.16 kPa and the average particle concentration in a section at the guide tube will increase by 1.03 times ,promoting the transmission of the material in the embedded tube bed to the riser. When the air quantity of the empty bed increase from 70 m³/h to 140 m³/h ,the average pressure drop of the empty bed will lower by 0.83 kPa ,that in the side of the embedded tube bed will increase by 0.13 kPa and the average particle concentration in a section of the material return tube will decrease by 3.8% ,accelerating the transmission of the material in the empty bed to the embedded tube bed. When the opening degree of the sliding plate valve increases from 10% to 40% ,the average pressure drop of the externally installed heat exchanger will be up by 0.32 kPa ,facilitating the the flow division of the material into the externally installed heat exchanger. **Key words:** externally installed heat exchanger ,sliding plate ash control valve ,regulating characteristics ,flow characteristics

惯性粒子分离器流道型线分析与改进 = **Analysis and Improvement of the Profile of an Inertia Particle Separator** [刊 ,汉]/GAO Bing-bing ,WANG Tong ,FU Yao ,GU Chuan-gang (Education Ministry Key Laboratory on Power Machinery and Engineering ,Shanghai Jiaotong University ,Shanghai ,China ,Post Code: 200240) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(5) . - 566 ~ 571

To facilitate an analysis and improvement of the performance of an inertia particle separator at the inlet of a helicopter ,on the basis of a self-developed parameterization modeling software for separators ,chosen were seven important parameters for controlling the sectional area at the outlet of the main flow passage of a separator and eliminate the sectional area of the passage outlet etc. With the prototype of the currently available separators serving as the reference specimen ,a meticulous numerical analysis and comparison were conducted of the performance of the separator under various geometric parameters. On the basis of a comparison of the particle separation efficiencies and total pressure losses obtained by using the calculation model ,presented were two improved models. Compared with the prototype model ,the improved models can lead to a very big enhancement of the separation efficiency for large-sized particles ,i. e. increasing from the original 20% to over 95% while the total pressure loss increases by only about

1%. The foregoing can provide certain basis for optimization of the profile of an inertia particle separator. **Key words:** inertia particle separator , modeling software , profile , gas-solid two phase flow

垂直浓淡煤粉燃烧器内气固两相流的数值模拟 = **Numerical Simulation of the Gas-solid Two-phase Flow Inside a Vertical Bias Pulverized Coal Burner** [刊 , 汉]/ZHAO Zhen-ning , TONG Jia-lin , WANG Jing-jing (School of Energy , Power and Mechanical Engineering , North China Electric Power Science Research Institute Co. Ltd. , Beijing , China , Post Code: 100045) , YE Xue-min (North China University of Electric Power , Baoding , China , Post Code: 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(5) . - 572 ~ 577

As a high efficiency combustion technology to reduce NO_x , vertical bias pulverized coal burners obtain wide-ranging applications with each passing day , of which the separation performance is regarded as the key factor for reducing NO_x , not only influenced by the angle of the flow guide plate and elbow and the length of the partition plate but also closely related to the particle diameter of the pulverized coal. With a vertical bias burner serving as an object of study , numerically simulated was the law governing the distribution of the air flow after the primary air has passed through the bias burner and analyzed was the influence of the elbow angle , flow guide plate angle , partition plate length and pulverized coal particle diameter on the separation effectiveness. The research results show that the elbow angle plays a decisive role on the separation performance. When the elbow angle is bigger than 60 degrees , the pulverized coal concentration at the rich side has been already close to 1. When the flow guide plate angle increases , the bias separation performance will be optimized. However , in the meantime , it will also increase the speed deviation between the rich and lean side. The maximum speed deviation reaches 30 m/s. An excessively short partition plate will not be favorable to the separation of the pulverized coal while an excessively long partition plate will increase the speed deviation. The particle separation performance of pulverized coal in a big particle diameter will be 1.12 times that in a small particle diameter. The real pulverized coal and air flow will be more difficult to be separated because it is rich in pulverized coal particles in a small diameter. The foregoing can offer reference for design and operation of the burner and its kind. **Key words:** vertical bias pulverized coal burner , flow guide plate , elbow , partition plate , particle diameter , separation effectiveness , numerical simulation

1000 MW 机组干式排渣系统对锅炉效率影响的试验研究 = **Experimental Study of the Influence of the Dry Type Deslagging System of a 1000 MW Unit on the Boiler Efficiency** [刊 , 汉]/GAO Ji-lu , LENG Jie (Academy of Electric Power Sciences , Liaoning Provincial Electric Power Co. Ltd. , Shenyang , China , Post Code: 110006) , XU Hua , WANG Shi-neng (Southwest Electric Power Designing Institute , China Electric Power Engineering Consul-