

相关技术

斯特林发动机小空间燃气引射特性仿真研究

郑自腾, 金永星, 马宁, 吕田, 梁鹏飞

(七一一研究所, 上海 201203)

摘要: 采用 FLUENT 软件对应用于斯特林发动机小空间燃烧室的不同类型的引射器的引射特性进行了计算研究。研究表明: 在一次流体总质量流量和喷嘴总流通面积相同的条件下, 多孔式喷嘴引射器的速度、温度及浓度分布均匀性明显优于中心、环形式喷嘴引射器, 喷孔数量越多均匀性越好; 多孔式喷嘴引射器的引射系数明显大于中心、环形式喷嘴引射器, 喷孔数量越多引射系数越大。

关键词: 引射器; 特性; 仿真; 斯特林发动机

中图分类号: U664.124 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)04-0047-03

Simulative Study on Performance of Ejector of Stirling Engine in Small Space

Zheng Ziteng, JinYongxing, Ma Ning, Lv Tian, Liang Pengfei

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201203)

Abstract: The entrainment performance of four types of ejectors used on Stirling engine was investigated by simulative calculation software FLUENT. The results indicated that the distribution uniformity of velocity, temperature and density of multi-hole nozzle ejector was superior to central and circle nozzle ejector with the same primary mass flow and nozzles area and the uniformity increased with the number of nozzle holes. The entrainment performance of multi-hole nozzle ejector was superior to central and circle nozzle ejector and also increased with the number of nozzle holes.

Keywords: ejector; characteristic; simulation; Stirling engine

0 引言

斯特林发动机是一种外部供热(或燃烧)的闭式循环活塞式发动机,其通过采用燃气再循环技术获得了较高的燃烧效率。引射器是实现燃气再循环技术的重要设备。为了进一步提高斯特林发动机的燃烧效率,研究人员正在积极开展应用于小燃烧空间的引射器引射特性研究。本文通过数值模拟的方法对不同喷嘴类型、不同喷孔布置形式的引射器内部一、二次流的混合特性、引射系数等变化规律进行了研究,为应用于小燃烧空间的单喷嘴引射器设

计提供参考依据。

1 引射器概述

引射器主要由喷嘴、接受室、混合室及扩压室组成,其工作原理如图 1 所示。压力较高的工作流体(又称为一次流体)以很高的速度从喷嘴流出进入接受室,在射流的紊动扩散作用下,卷吸周围压力较低的流体;被吸入的压力较低的流体为引射流体(又称为二次流体);工作流体与引射流体在混合室内混合,在流动过程中速度场渐渐分布均匀;随后,混合流体进入扩压室,流速降低压力升高。

收稿日期: 2013-04-15

作者简介: 郑自腾(1987-),男,硕士,主要研究方向为内燃机性能开发, E-mail: 56113911@qq.com。

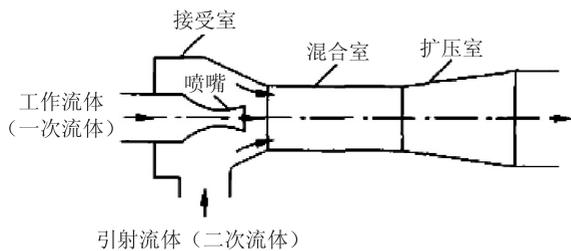


图 1 引射器工作原理示意图

引射器按喷嘴类型可以分为：中心引射式引射器、环形引射式引射器和多孔引射式引射器，如图 2 所示。中心引射式引射器工作时引射气流沿管道中心、被引射气流沿管道四周进入混合室，具有尺寸大、效率低等缺点；环形引射式引射器则与之相反，两者都是被广泛应用的基本引射型式。多孔引射式引射器通过多个喷孔将一次流分为若干股气流进入混合室，是中心引射式引射器的进一步改进和强化，在实际中应用最为广泛。



图 2 不同喷嘴类型引射器

2 引射器仿真模型与计算条件

2.1 物理模型与网格划分

本文研究对象为应用于小空间燃气引射斯特林发动机上的某型号引射器，其主要结构参数如图 3 所示。其中喷嘴采用四种设计方案^[1]，即中心引射式、环形引射式、四喷孔引射式和六喷孔引射式，其结构参数如图 4 所示。

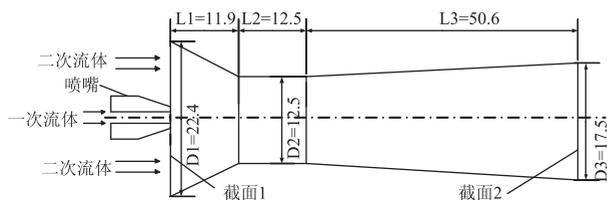


图 3 某型号引射器主要结构参数 (单位: mm)

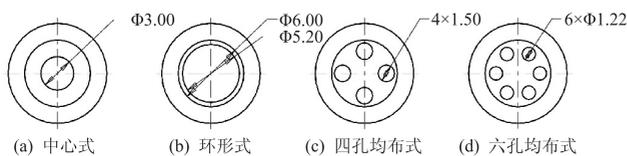


图 4 喷嘴方案及主要结构参数

物理模型具有周向周期性对称特性，为降低计算资源需求和计算时间，取周向一定角度的扇形控

制体作为计算区域，并采用全六面体进行网格划分。图 5 给出了中心引射式引射器计算区域网格划分结果，共生成 6 万多个网格，同时对一次流入口附近的区域及壁面进行加密处理。

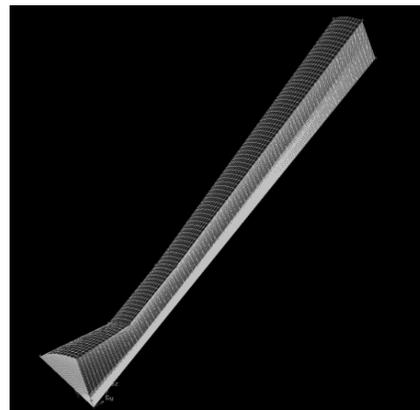


图 5 中心引射式引射器计算网格划分

2.2 数学模型与边界条件

设定一次流体为氧气，二次流体为二氧化碳，两股气流状态均视为理想气体状态，忽略流动过程中的能量损失和转换。给定计算初始边界条件为：一次流体流量 $q_1 = 0.00325 \text{ (kg} \cdot \text{s}^{-1})$ ，一次流体温度 $T_1 = 353 \text{ K}$ ，二次流体温度 $T_2 = 1073 \text{ K}$ ，二次流体压力 $P_2 = 6.5 \text{ MPa}$ ，引射器出口截面气体压力 $P_3 = 6.5 \text{ MPa}$ 。

基于湍流模型对引射器内部流场进行数值模拟，在近壁面低 Re 数区域内应用壁面函数法，湍流模型选用 $k-\epsilon$ 模型^[2] 求解动量守恒和连续性方程。

3 计算结果与分析

3.1 不同喷嘴方案引射器出口截面 2 处的速度和温度分布

不同喷嘴方案引射器出口截面 2 处的速度和温度计算结果如图 6 所示。图中 R 代表出口截面 2 上距中心线的距离。从图 6 中可以看出，在四种喷嘴方案引射器中六孔均布式引射器速度和温度分布均匀性最好，中心式最差；多孔均布式引射器的速度和温度分布均匀性明显优于中心式和环形式引射器。

3.2 不同喷嘴方案引射器出口截面 2 处的 CO_2 浓度分布

不同喷嘴方案引射器出口截面 2 处的 CO_2 浓度计算结果如表 1 所示。从表 1 可以看出，在四种喷嘴方案引射器中六孔均布式引射器 CO_2 浓度分布均匀性最好，中心式最差。

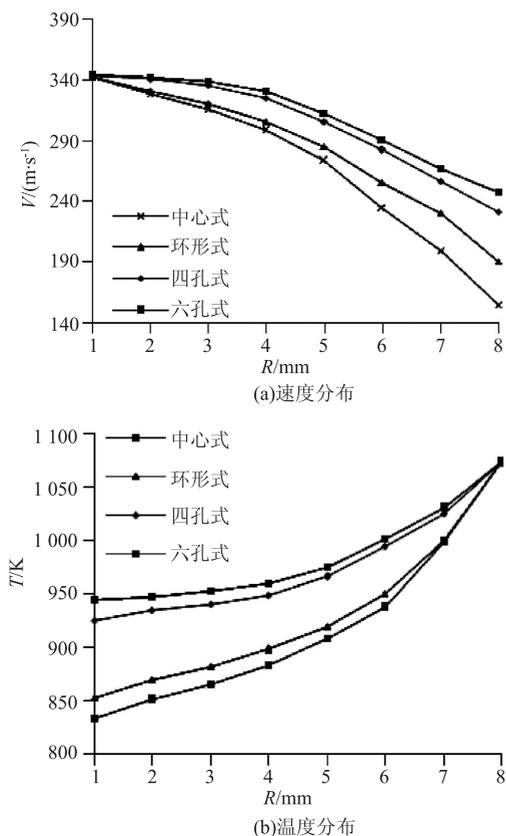


图6 不同喷嘴方案引射器出口截面2处的速度和温度分布

表1 不同喷嘴方案引射器出口截面2处的CO₂浓度分布 单位:%

喷嘴方案	最大值	最小值	平均值
中心式	100	67.6	78.6
环形式	95.3	72.1	80.2
四孔均布式	92.6	80.7	84.3
六孔均布式	92.4	85.7	87.4

(上接第31页)

(3) 定期对润滑油冷却器、滑油滤器进行清洗保养, 确保滑油压力在规定值以上, 避免齿轮啮合时的干摩擦。

(4) 设计排气消音器对排气噪声进行衰减。

4 结束语

通过对8DKM-28柴油机相关部位噪声的测试, 明确了8DKM-28柴油机相关部位的噪声分布; 其结果表明泵传动齿轮箱部位为最大噪声源。对此进行了原因分析, 并提出了相应对策, 为8DKM-28

3.3 不同喷嘴方案引射器引射系数

不同喷嘴方案引射器引射系数计算结果如表2所示。引射系数指二次流体质量流量与一次流体质量流量的比值, 是描述引射器性能的重要参数。从计算结果可以看出, 中心式引射器引射系数最小, 六孔均布式引射器引射系数最大, 说明采用多孔式喷嘴的引射器更能够提升引射器的引射性能。

表2 不同喷嘴方案引射器的引射系数

喷嘴方案	引射系数 <i>n</i>
中心式	4.00
环形式	4.23
四孔均布式	5.60
六孔均布式	6.47

4 结论

(1) 在一次流体总质量流量和喷嘴总流通面积相同的条件下, 多孔式喷嘴引射器的速度、温度及浓度分布均匀性明显优于中心、环形式喷嘴引射器, 喷嘴数量越多均匀性越好; 多孔式喷嘴引射器的引射系数明显大于中心、环形式喷嘴引射器, 喷嘴数量越多引射系数越大。

(2) 多孔式喷嘴引射器引射性能较好, 在应用于小空间的引射器设计中应采用多孔式喷嘴引射器形式。

参考文献

[1] 吴继平. 高增压比多喷管超声速引射器设计理论、方法与实验研究[D]. 合肥: 国防科技大学, 2007.
 [2] 王红霞. 气体喷射器的设计及数值模拟研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.

柴油机降低噪声提供了科学依据

柴油机噪声控制是一项复杂的系统工程, 必须采取综合治理的措施。对于泵传动齿轮箱的噪声来讲, 必须将齿轮制造工艺改进和设计改进结合起来, 才能有效地降低泵传动齿轮箱噪声。单独强调从某一方面来解决是不现实的。值得注意的是在诸多的影响因素中, 应重点控制好齿轮基节偏差等齿形精度、机身中间齿轮轴孔和定位销孔的位置度和同轴度; 做好滑油压力的控制工作及排气消音器的设计、选型工作。