喷水推进方法研究

李岐，姜俊成

（中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室（筹），北京海淀区 100190）

摘要 本文探讨、研究一种以水为工作介质的喷射推进方法。该方法与传统的喷气推进（火箭发动机）方法比较具有：推进能力大、对环境没有污染、可多次重复使用等优点，尤其适合于实验室内设备；缺点是比冲小。

关键词 推进、加速、实验设备

引　言

固定动力源推动物体加速运动时的功率为：$P = F \times V$。即若动力源的最高输出功率确定后，被加速物体随着其运动速度的增加其加速度下降。例如，航空母舰的飞机弹射器，若能维持匀加速度弹射飞机，弹射甲板只需要 70 米长；而现在无论是成熟的蒸汽弹射器，还是在研的电磁弹射器，弹射甲板都需要 110 米长。

由于运动物体自身携带能量，喷射推进很好地解决了上述问题。例如，火箭发动机。

但是，火箭发动机不能应用到人群密集区域，例如：航空母舰的弹射器、实验室内。而喷水推进方法，很好地解决了上述两个问题。

1 数值模拟

推进气体初始容积 V_2 为：

$$V_2 = V_0 - \frac{m_{h_2o0}}{\rho_{h_2o}}$$

各瞬态推进气体容积 V_t 为：

$$V_t = V_0 - \frac{m_{h_2o}}{\rho_{h_2o}}$$

各瞬态推进气体压力 p 为：

$$p = p_0 \times \left(\frac{V_2}{V_t}\right)^{\gamma}$$

喷水速度为：

$$u = \sqrt{2 \times \frac{(p - p_\infty)}{\rho_{h_2o}}}$$

气动阻力为：

$$F_{are} = C_{are} \times S_{are} \times \frac{1}{2}\rho_{are} u_{are}^2$$

由此得到方程：

$$\frac{dm}{dt} = -S_{pk} \times u \times \rho_{h_2o} \qquad (1)$$

$$\frac{du_{are}}{dt} = \frac{-u \times \frac{dm}{dt} - F_{are}}{m_{Tot}} - C_m \times g \qquad (2)$$

$$\frac{dS}{dt} = u_{are} \qquad (3)$$

2 原理性实验

2.1 实验目的：

本原理性实验不涉及任何特定应用背景，只是验证“采用喷水推进”方案的可行性以及我们建立的数学模型仿真程度。

2.2 实验时间及地点：

实验时间：2009 年 7 月 14 日。

地点：北京市昌平区沙河。

2.3 实验条件简介：

2.3.1 实验设备原理：

根据动量守恒原理，通过把运载器内部的水从其尾部喷管喷出，推动运载器及其携带的载荷向前加速。

2.3.2 测试设备：

高速摄影机。使用 1000 帧/秒速度拍摄。

2.3.3 实验条件：

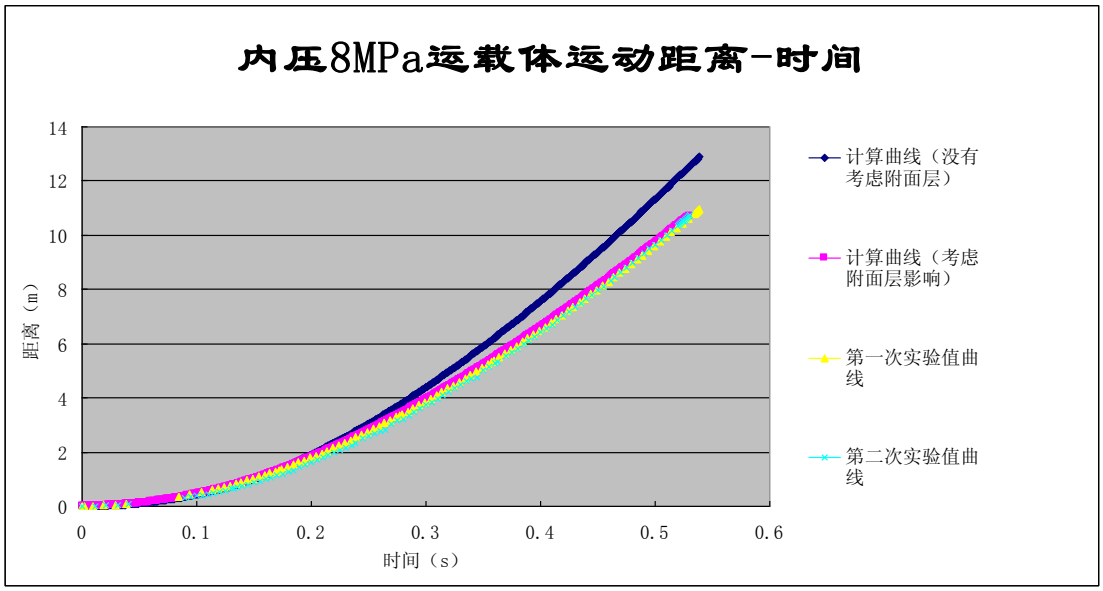
12m 长运行轨道，每隔 1m 贴一个标示；运载器长 0.6m，外径 0.139m，内部容积 8.4L，运载器总质量 11.2kg。

（图一）

2.4 实验结果：

2.4.1 内压为 8MPa 实验与数值模拟结果

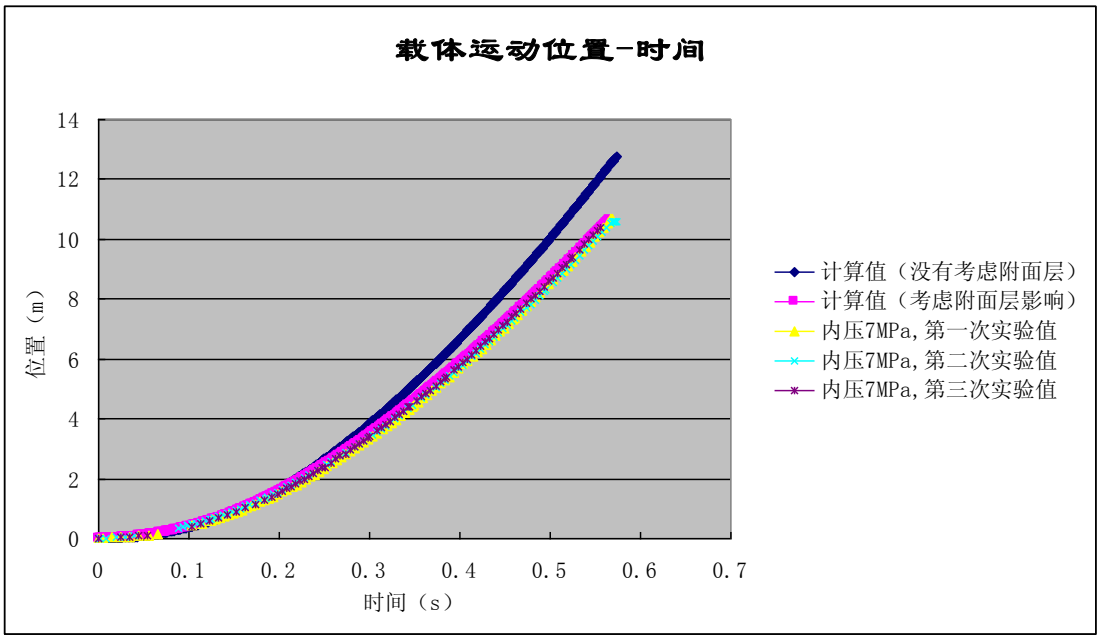
运载器内压为 8MPa 的实验共进行了 2 次，每次实验记录照片 800 余张，每张照片时间间隔 1ms。经过对每一张照片中运载器标志与轨道上标识之间关系判读，可以得到运载器运动位置与时间的关系。附录 1 中是运载内压为 8MPa，装水 5.6kg 条件下，运载体运动距离与时间关系。如下图所示：



（图二）

2.4.2 内压为 7MPa 实验与数值模拟结果：

运载器内压为 7MPa 的实验共进行了 3 次，每次实验记录照片 900 余张，每张照片时间间隔 1ms。经过对每一张照片中运载器标志与轨道上标识之间关系判读，可以得到运载器运动位置与时间的关系。附录 2 中是运载内压为 7MPa，载水 5.6L 条件下，运载体运动距离与时间关系。如下图所示：



（图三）

3 初步结论

3.1 通过实验数据与数值模拟比较结果可知，采用喷水推进原理可以把实验发射体加速到预期的速度。

3.2 通过调整气体压力和充水比例，可以控制实验发射体加速过及末端速度。

参考文献

1 关英姿. 火箭发动机教程 哈尔滨工业大学出版社 2006.3

PROPULSION WITH JETTING WATER

Li Qi Jiang Juncheng

(Key Laboratory of High Temperature Gas Dynamics, Institute of Mechanics, C A S, No.15 Beisihuanxi Road, Beijing 100190, China)

Abstract One of the propulsion method with jetting water has been introduced by this paper. This method can provides large propulsive power and do not pollute environment.

Key words propulsion, experimental equipment