

CSTAM2012-B03-0272

大气边缘超高速飞行的质量矩控制方法研究

李文皓¹⁾, 李帅辉, 刘洪伟, 张珩

(中国科学院力学研究所, 北京 100190)

摘要: 20 世纪 60 年代 Nelson 等提出了航天器质量矩控制方法, 90 年代以来再入体质量矩控制取得了显著进展。近年来, 我国研究者对高速飞行器的质量矩控制日趋重视, 在质量矩方法的动力学、控制律和弹体控制机构设计等方面开展了大量研究。质量矩控制方法通过主动调整质心与气动压心的相对位移, 产生气动力矩并用于飞行姿态的控制。与传统的气动舵控制相比, 质量矩控制方法具有气动外形简单、无舵面烧蚀等优点; 与直接力控制相比无需工质消耗, 因此在大气层内高超声速飞行控制领域具有广阔的应用前景。

但一般认为, 质量矩控制稳定的一个基本条件是滑块加 / 减速时的惯性力矩必须小于气动力矩, 因此, 现有工作中质量矩控制的使用一般限制在 70km 高度以下区域的高速飞行体, 对于 70~120km 的大气边缘环境, 由于大气密度较低, 会使得惯性力矩超过甚至远大于气动力矩, 需建立适用大气边缘环境弱气动力时的质量矩控制方法。

本文将针对大气边缘环境下亚轨道超高速再入飞行器, 研究和分析质量矩控制的能力和条件, 着重讨论以下问题: (1) 质量矩控制动力学方程建模以及配平能力分析; (2) 大气边缘环境下超高速飞行质量矩控制中惯性力矩大、空气阻尼力矩小带来的理论问题; (3) 大气边缘超高速飞行质量矩控制的使用条件和工程应用中的困难; (4) 基于内模原理的大气边缘高速飞行质量矩控制方法。

研究中, 通过深入剖析质量矩控制的姿态动力学模型, 提出质量矩控制对配平攻角的能达性条件; 讨论大气边缘环境下的飞行器气动特性, 以及烧蚀偏差等影响对质量矩控制的影响; 分析大气边缘环境下质量矩控制的使用条件, 设计基于内模原理的控制方法, 并进行仿真验算。

¹⁾ Email: lee@imech.ac.cn