

项目 1 飞行器建模的若干问题研究

一、任务描述

1. 在英美坐标体系下，以弹体坐标系为动坐标系，建立导弹 6 自由度运动方程组。

2. 在苏联坐标体系下，不使用弹道坐标系，而以弹体坐标系为动坐标系，建立导弹 6 自由度运动方程组，并由此推导出不用几何关系方程计算弹道倾角和弹道偏角的方法。

3. 对 2 中建立的导弹 6 自由度运动方程组，提出合理假设，将导弹运动分解为纵向运动和侧向运动。

4. 对 2 中建立的导弹 6 自由度运动方程组，提出合理假设，将导弹当成一个可控质点，建立导弹的质心运动方程组，列出过载在各坐标系（包括弹道坐标系）中的投影。提出合理假设，建立将导弹在铅垂直面内和水平面内的运动方程组。

5. 用四元数法，建立导弹姿态动力学方程与运动学方程。探讨该方法解决基于弹道坐标系建立的导弹 6 自由度运动方程组奇异问题的可能性。

6. 在苏联坐标体系下，利用各坐标系之间的关系，推导攻角与侧滑角的导数方程。

7. 将 1 和 2 中所建立的导弹 6 自由度运动方程组，对照教材中的 6 自由度运动方程组，分析各自的优缺点。

8. 自行设计数字实验，将攻角与侧滑角的导数方程求解结果与几何关系方程求解结果进行对比验证。

9. 自行设计数字实验，将基于四元数法建立的导弹姿态动力学方程与运动学方程的求解结果与常规方法建模的求解结果进行对比验证。

10. 在苏联坐标体系和英美坐标体系下，编写六自由度导弹运动数字仿真程序，自行设计数字实验进行对比验证。

其中，1、2 项必作，3-7 项中至少选作其二，8-11 为挑战项，学有余力者不妨放手一试。按正式学术期刊论文的规范和要求，自拟题目整理一篇研究报告(不超过 5000 字)。

二、注意事项

1. 本项目为个人项目，每个学生应独立完成。
2. 遇到没有学过的知识和方法，应自行查阅相关文献资料。
3. 可以学习借鉴，不可抄袭剽窃。凡有借鉴引用，必须规范标注出处。
4. 对建模与推导过程应有简要说明，不能仅罗列公式。

三、关联的知识、能力与基础

1. 覆盖课程内容

作用在导弹上的力和力矩、常用坐标系的定义、刚体动力学建模的基本方法、坐标系之间的关系与矢量的投影变换、方向余弦与转移矩阵、飞行器姿态角及其它主要角度的定义、几何关系方程的建立、控制关系方程、飞行器运动的纵侧向分解、瞬时平衡假设与质心运动方程组的建立、过载与运动的关系。

2. 能力与素质

1) 理解刚体 6 自由度运动建模的基本方法，掌握坐标系旋转变换方法及其在刚体动力学建模中的应用，深入理解建立合适的坐标系对飞行器运动建模的重要性，理解建立飞行器运动数学模型所采用的两种主要的坐标体系，了解四元数法在刚体 6 自由度运动建模中的作用，理解掌握飞行器建模与分析过程中常用的假设与简化处理方法。

2) 学术写作与批判思维训练。

3) 感悟和体会自主学习与终生学习。

3. 先修课程与知识基础

空气动力学与飞行器概论；线性代数与矩阵变换；理论力学。