# 报告正文撰写提纲

## 研究计划和调整情况

## 研究工作主要进展和阶段性成果

## 下一年度工作计划

## 当年经费使用情况与下一年经费预算

## 存在的问题、建议及需其他需要说明的情况

## 附件：

# 报告正文

## 年度计划要点和调整情况

## 研究工作主要进展和阶段性成果

## 研究计划调整情况

## 研究工作主要进展和阶段性成果

## 研究工作进展

## 跨维度多分辨率多物理场耦合建模仿真研究

高速飞行器跨维度、多分辨率、多物理场耦合建模仿真研究的着眼点分为以下几个关键方面：第一，研究对象为高速飞行器，考虑高超声速飞行器的建模仿真特点，考虑典型的飞行状态和物理场进行建模与仿真；第二，从典型飞行器外形布局几何的维度和离散分辨率方面进行详细分析，并在几何数据的基础上赋予物理意义，从而进一步开展物理场间的耦合分析研究；第三，综合考虑上述两条中的关键要素——状态、几何与物理场，在模型仿真虚拟试验环节，力求无缝衔接各个维度、各个分辨率和各个物理场，探索维度、分辨率与物理场共同影响下，高速飞行器飞行状态连续解算并给出有意义仿真结果的可能性。

## 研究现状与进展

有待补充。

## 物理场形式化表达

一般的，物理场被视为在一组空间标架中分布一组任意的物理量。通常的，速度、导热量、应变、电流强度等可以自然构成物理场，推广开来，也可泛化的认为几何法线、高斯曲率、无量纲常数等也可以构成物理场。

设上述物理场变量由表示，给定三维空间的标架*、、*，时间设为，物理场通过微分方程的形式描述为：

简记为：

流体力学问题中，上述方程表示纳维·斯托克斯方程，结构力学中则为结构有限元方程，在电磁学中则为麦克斯韦方程组。假定上述微分方程可以转化为初边值问题并加以求解，设给定初值

划定求解域后，给定边值（又称为边界条件，下式综合诺曼常值条件和柯西导数条件）

物理场微分方程

即可进行求解。

## 模型形式化表达

在控制理论中，任意模型都被描述为状态与状态变化率之间的函数关系

考虑到人因输入量的介入，状态变化率描述为：

结合输出数据，模型的状态方程最终表达为：

根据上述模型，即可施加控制算法，调控状态和输出符合预期控制期望。对于飞行器而言，可能为飞行器常用的12个状态分量，而对应飞行器舵面偏转、作动器操作量或发动机推力油门量等。

## 物理场与模型状态

初边值问题，导出关系，状态直接或间接决定了初值，状态初值影响物理场结果，物理场结果影响状态变化率，对时间积分反馈影响状态

状态本质上是积分量，是在高维度几何上附着的物理场积分求和后得到的数据，是亏损了所有的几何信息后得到的浓缩数据，状态积分结果已不再包含几何具体呈现、维度和分辨率等信息，但状态又会横跨所有的维度和分辨率，是不同维度和分辨率分析过程中最活跃的中心变量，因而成为突破跨维度和多分辨率衔接难点的关键变量。

求解器物理场微分方程后，得到物理场解

在问题域内闭合积分得到状态

反之，在求解物理场微分方程给定初值时，工程上往往会将状态通过一个较为简单的，直接映射到三维空间中：

综上，

## 几何维度与物理场分辨率

几何上附着物理场被称为几何物理场。

## 问题界定——物理场的交界面

## 物理场的分辨率

## 物理场的耦合关系

## 物理场的数据源和求解效率

## 面向高速飞行器跨维度、多分辨率多物理场建模与仿真框架

## 概述

## 柔性且广泛的几何支持；

## 支持广泛的数据源和界面物理场提取；

## 多物理场耦合解算流程可定制化；

## 实现实时甚至超实时解算；

## 支持内容丰富的模型虚拟试验；

## 几何重构与建模方法

## 应用场景建模与效率分析

## 发表论文及申请专利