# 第一章 飞机运动方程推导

## 1.1 飞机运动的质心动力学方程

### 1.1.1 风轴系下飞机运动的质心动力学方程

在平面大地假设下（），以气流轴系为动坐标系，取质心为动点，则动点始终位于动坐标系的原点，因此，动点相对动坐标系原点的矢量。

由动点相对惯性系的加速度在动系的投影计算公式为：



因此质心相对地轴系加速度在风轴系的投影满足：



地轴系速度在风轴系中的坐标满足公式：



其中，表示由地轴系到风轴系的旋转矩阵。又由于在地轴系中加速度与速度存在关系：



由(1.3)和(1.4)可以得到：



地轴系中加速度与风轴系中加速度存在关系：



将(1.5)式代入(1.6)式可得：



又由于存在关系：



因此由(1.7)式得出：



以矩阵形式表示为：



飞机的外力由可控力和重力构成



可控力为气动力和推力的和：



重力在风轴系下的表示为：



将(1.11), (1.12), (1.13)联立，应用牛顿第二方程得到风轴系中的力方程：



### 1.1.2 体轴系下飞机运动的力方程与力矩方程

#### 1.2.1 体轴系下飞机运动的质心力方程

与风轴系下飞机运动的力方程类似，在体轴系下，飞机的质心加速度为：



因此有：



体轴系中的力方程为：



应用牛顿第二定律可知飞机在体轴系下运动的力方程为：



#### 1.2.2 飞机在体轴系中运动的力矩方程

由 中的力矩方程：



可以推得中的力矩方程为：



设发动机转子 为常量，且在体轴系中为x方向，且飞机存在对称平面，有：



因此：



体轴系下力矩可以表示为：



因此由体轴系下力矩方程：



## 1.2 飞机运动学方程

### 1.2.1 风轴系下运动学方程

#### a) 风轴系下质心运动学方程

由于地速 、空速 以及风速 存在关系：



因此有：



因此在无风条件下飞机风轴系质心运动学方程为：





#### b) 风轴系下飞机转动运动学方程