chapter 5. Linear Design Models
线性设计模型

fengxuewei

July 23, 2020

1 离心力

当物体在做非直线运动时（非牛顿环境，例如：圆周运动或转弯运动），因物体一定有本身的质量存在，质量造成的惯性会强迫物体继续朝着运动轨迹的切线方向（原来那一瞬间前进的直线方向）前进，而非顺着接下来转弯过去的方向走。

若这个在做非直线运动的物体（例如：车）上有乘客的话，乘客由于同样随着车子做转弯运动，会受到车子向乘客提供的向心力，但是若以乘客为参照系，由于该参照系为非惯性系，他会受到与他相对静止的车子给他的一个指向圆心的向心力作用，但同时他也会给车子一个反向等大，由圆心指向外的力，就好像没有车子他就要被甩出去一样，这个力就是所谓的离心力。

2 Coordinated Turn 协调转弯

方向角的变化率是和机体的roll以及倾斜角(bank angle)有关系, 我们需要寻找一个简单的关系来帮助我们研究这种线性传递函数的关系 – 协调转弯.

在协调转弯期间, 飞机在体坐标系下没有横向加速度. 从分析的角度来看, 协调转弯的一个假设运行我们得到一个简单的表达式将 heading rate 和 bank angle 联系起来.

协调转弯时, 为了无人机没有侧向力, bank angle ϕ 被设置. 在图1中, 作用在微型飞行器上的离心力与作用在水平方向上的升力的水平分量相等并相反。

作用在水平方向上的合力表示如下:

$$\begin{aligned} F_{lift} sin\phi cos(\chi - \psi) &= m\frac{v^2}{R} \\ &= mv\omega \\ &= m(V_g cos\gamma)\dot{\chi} \end{aligned} \tag{1}$$

其中, F_{lift}代表的是升力, γ 代表的是飞行轨迹的角度, V_g, χ 分别表示的是地速度以及方向角. 向心加速度的表达式: $a_n = \frac{v^2}{R} = v\omega$

离心力(The centrifugal force)计算的时候, 用到了在惯性坐标系k^i上的方向角变化率$\dot{\chi}$ 和速度的水平分量 $V_a cos\gamma$

同样, 升力的垂直分量与重力在 $j^b - k^b$平面上的投影是等大反向的. 垂直方向上的合力为:

$$F_{lift} cos\phi = mgcos\gamma \tag{2}$$

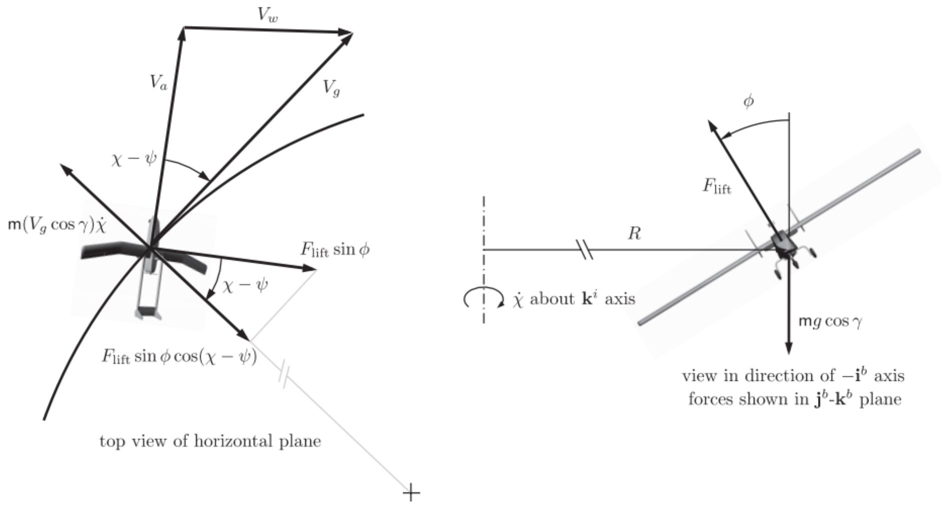

Figure 5.1 Free-body diagrams indicating forces on a MAV in a climbing coordinated turn.

图 1. 爬升协调转弯MAV上的力

将等式1除以2得的 $\dot{\chi}$

$$\dot{\chi} = \frac{g}{V_g} tan\phi cos(\chi - \psi) \tag{3}$$

等式3就是协调转弯的表达式.

考虑到转弯半径等于 $R = V_g \frac{cos\gamma}{\dot{\chi}}$, 将上式代入半径中, 得到式子4. 在没有风或侧滑的情况下, 有$V_a = V_g$和$\psi = \chi$, 从而得到了式子5.

$$R = \frac{V_g^2 cos\gamma}{g tan\phi cos(\chi - \psi)} \tag{4}$$

$$\dot{\chi} = \frac{g}{V_g} tan\phi = \dot{\psi} = \frac{g}{V_a} tan\phi \tag{5}$$

在 9.2 节中, 我们将要介绍在有风的情况下 $\dot{\psi} = \frac{g}{V_a} tan\phi$ 该式子也成立

3 Trim Conditions