

2016年 6月15日 - 6月17日

徐康彦 <飞行器>

Lift = Weight $L=W$
Drag = Thrust $D=T$

气动升力
对随机撞击 → 升力

$L = f(\rho, v, S)$
量纲分析法,
定义:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} = \frac{L}{q_\infty S}$$

$$q_\infty = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$C_D = \frac{D}{q_\infty S}$$

$$R = L + D$$

$$C_R = \frac{R}{q_\infty S}$$

$$R = f(\rho, v, S, M, \alpha, \mu)$$

$$C_R = f(C_L, C_D, \alpha)$$

其中, $Re = \frac{\rho v L}{\mu}$ (翼弦长)

雷诺数

$Ma = \frac{v}{a}$ (可压缩性是流体)

马赫数 → 描述运动流体可压缩性

给定形状, 自由流体中的飞行器,
R只与雷诺数、马赫数与攻角有关。

流体动态相似:

1) 内部或边界几何相似

2) 相似参数相同 (几何)

Re, Ma 一致

leading edge 前缘

trailing edge 后缘

chord C 弦长

homogeneous 均质的

kinetic 运动的

低速流体

$Ma < 0.3$ 是果, P视为常量

伯努利方程:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

管:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

皮托管

$P_0 = P + \frac{1}{2} \rho v^2$

$v = \sqrt{\frac{2(P_0 - P)}{\rho}}$

经典薄翼理论: $\alpha_a = \alpha - \alpha_{L=0}$

$$C_L = 2\pi(\alpha - \alpha_{L=0})$$

$\alpha_{L=0}$: 零升攻角, 由 camber 决定。

对 positive-cambered airfoil, 通常是负数。

是 180

tip vortices 梢涡。

downwash 下降气流

减小攻角

来流与下降气流 统称

相对气流。

相对气流与弦线的夹角

effective AOA.

$$\alpha_{eff} = \alpha - \alpha_i$$

下降气流 → 攻角 → 升力方向改变

free stream 自由来流。

induced drag (诱导阻力)

$$D_i = L \sin \alpha_i$$

$$\alpha_{eff} < \alpha$$

2) 诱导阻力在无限流中也要。

高速流体。

当接近声速时, C_D 会大大增加, 仅增加发动机推力也不够。

$$C_{D_{max}} = \sqrt{\frac{\partial C_D}{\partial M}}$$

$$C = \frac{dp}{p} \frac{1}{\gamma}$$

定义: 声速是媒介中小扰动的传播速度 (热力学性质)

$$\frac{p}{\rho} = \text{const} \Rightarrow C = \sqrt{\gamma R T}$$

不可压缩流体, 无旋, 即任何小扰动会快速通过流场。

γ (绝热指数)

绝热指数

$$R = \frac{p}{\rho T}$$

$$R = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

马赫数: $Ma = \frac{v}{C} = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{M}$

MA 达: 1) 在动能与内能之比。

2) 表征运动流体的可压缩性。

压力波导致密度的显著变化。

$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{\gamma} \frac{p}{p_0}$

$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{v}{C} \right)^\gamma$

$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{v}{C} \right)^\gamma$

火箭发动机

激波

激波: P 剧增, V 剧降

超音速流翼型理论。

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

斜激波

升力

$$L = W \sin \theta$$

$$T = D + W \sin \theta$$

定义: rate of climb

$$R/C \equiv V \sin \theta$$

$$R/C = V \frac{T-D}{W} = \frac{(T-D)V}{W}$$

Per: excess power

最大 R/C (巡航高度)

绝对 ceiling.

service ceiling

1000 ft/min = 0.008 m/s

$$t = \int_0^h \frac{1}{R/C} dh$$

1. 爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

爬升率

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力

升力