

2016年 6月15日 - 6月17日

徐康彦 <飞行器>

Eng: $C_L = C_{L0} + C_{L\alpha}(\alpha - \alpha_{L0}) + C_{L\delta}(\delta - \delta_0)$
 $Lift = Weight \quad L=W$
 $Drag = Thrust \quad D=T$

气动升力
升力随机撞击 → 升力

$L = f(P_{\infty}, V_{\infty}, S)$
量纲分析法

定义: $C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho_{\infty} V_{\infty}^2 S} = \frac{2L}{\rho_{\infty} V_{\infty}^2 S}$

$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho_{\infty} V_{\infty}^2 S}$

$R = \frac{L}{D}$

$C_R = \frac{R}{C_D}$

$R = f(P_{\infty}, V_{\infty}, S, M_{\infty}, \alpha)$

$C_R = f(R, C_D, M_{\infty}, \alpha)$

其中, $Re = \frac{\rho_{\infty} V_{\infty} L}{\mu}$ 翼弦长度

$Ma_{\infty} = \frac{V_{\infty}}{a_{\infty}}$ 马赫数

马赫数 → 流体运动特性

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

Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

几何相似: Re, Ma_{∞} 一致

经典薄机翼理论: $C_L = \alpha - \alpha_{L0}$

$C_L = 2\pi(\alpha - \alpha_{L0})$

α_{L0} : 零升攻角, 由 camber 决定

对 positive-cambered airfoil, 通常是负数

是负值

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

有效 AOA

$\alpha_{eff} = \alpha - \alpha_i$ (α_i 相对气流)

下降气流 → 有效 AOA → 升力前缘位置

free stream 自由来流

induced drag (诱导阻力)

$D_i = L_i \sin \alpha_i$

$\alpha_{eff} < \alpha_{AO}$

诱导阻力在无限流中也显著

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

$C_{D0} = \frac{1}{2} \frac{dC_D}{d\alpha}$

$C = \frac{dP}{d\alpha}$

定义: 声速是媒介中小扰动的传播速度 (热力学性质)

$\frac{P}{\rho c^2} = \text{const} \Rightarrow C = \sqrt{\gamma R T}$

不可压缩流体, 无论何时任何小扰动都会快速传播

γ (绝热指数)

雷诺数

$R = \frac{\rho V L}{\mu}$

$R = 2.7 \times 10^6$

马赫数: $Ma = \frac{V}{a}$

MA 法: 1) 宏观动能与内部能量的比率

2) 表征运动流体的可压缩性

压力波导致密度显著变化

激波

超音速流理论

$C_L = \frac{4\alpha}{\pi \sqrt{M_{\infty}^2 - 1}}$

$C_D = \frac{4}{\pi \sqrt{M_{\infty}^2 - 1}} [\alpha^2 + \frac{6\alpha^2 + 6\alpha^4}{2}]$

$C_L^2 = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

$C_D = \frac{1}{2} C_L^2$

$C_L = \frac{1}{2} C_D^2$

爬升

$T = D + W \sin \theta$

$R/C \equiv V_{\infty} \sin \theta$

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

P_{ex} : excess power

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

$P_{ex} = T V_{\infty} - D V_{\infty}$

L/D 由重量、阻力、升力、推力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力

推力、升力、阻力、升力