



陆士嘉实验室
LU SHI JIA LABORATORY

..... 国家级精品课

空气动力学基础

(Fundamentals of Aerodynamics)



北京航空航天大学陆士嘉实验室



第8讲



低速机身绕流与气动力特性



1

低速机身
绕流现象



2

细长旋成体理
论与应用

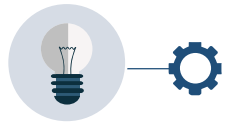


低速机身绕流现象

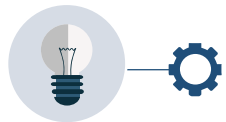




低速机身绕流现象



飞机机身是用来装载人员、货物、武器和机载设备的部件，同时也是机翼、尾翼、起落架等部件的连接件。在轻型飞机和歼击机上，常将发动机装在机身内。飞行中机身的阻力约占全机阻力的30%~40%。因此，细长流线型机身对减小飞机阻力、改善飞行性能具有重要的作用。



由于驾驶员、旅客、货物和机载设备等都集中在机身上，与之有关的飞机使用方面的大部分要求（如驾驶员的视界，座舱的环境要求，货物和武器装备的装卸，系统设备的检查维修等）都对机身的外形和结构有直接的影响。



陆士嘉实验室
LU SHI JIA LABORATORY



低速机身绕流现象





低速机身绕流现象

- 同样，对于鸟在翱翔时候，也是追求低阻体形的，此时鸟把腿收起，到肚子底下，而且收完以后，还用羽毛把它给遮盖起来，形成一个细长的锥体，以便减小空气阻力。
- 观察海鸥翱翔时身体的外形，是一个细长比大的锥形体。长细比是指身体长度与最大直径的比值，这个比值一般在6~10时，空气阻力很小。模仿鸟的身体外形，人类造的飞机机身也是一个长细比大的锥形体，这样可获得最小的阻力。





低速机身绕流现象



为了减小阻力，鸟类
会将捕捉到的鱼用两爪一
前一后提起，使鱼的流线
型身形顺着气流方向，
来减小阻力。



低速机身绕流现象



陆士嘉实验室
LU SHI JIA LABORATORY

- 在给定动压下，阻力主要取决于飞机形状与浸润面积。满足同样载客和装货要求下，使机身截面积减少至最小从而使迎面阻力最小，是机身剖面设计的准则。
- 实际机身所采用的长细比，可根据总体布置的需要而定，对巡航马赫数低于0.85的亚声速飞机，只要不影响商载，设计应尽可能接近细长型的流线外形。



低速机身绕流现象

前机身外形主要根据机头雷达罩、驾驶舱、天窗玻璃外形光滑过渡要求，充分考虑视界和驾舱、电子设备舱等总体布置的要求确定，气动上避免产生分离而增加阻力。前机身的长度/直径比的常用值为2.0--2.5。





低速机身绕流现象

- 后机身的长度/直径比通常为3.0-3.5，收缩太快易于发生边界层分离。为了在起飞或者着陆时获取所需要的抬前轮角度（机身尾部不致擦地），机身后部常常稍微上翘。从阻力的角度，上翘角不易超过 6° -- 7° 。

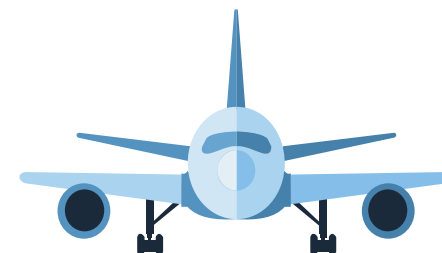


- ⚙ 如果上翘角相当大，特别是货机后机身，在机翼下洗和起落架整流鼓包和后机身产生的流场中，可能产生不利的干扰。货机后部形成的不稳定的涡系，会引起横向振荡，特别是在低速、大襟翼偏角时更严重。大机身上翘在巡航飞行中也要付出大的阻力。



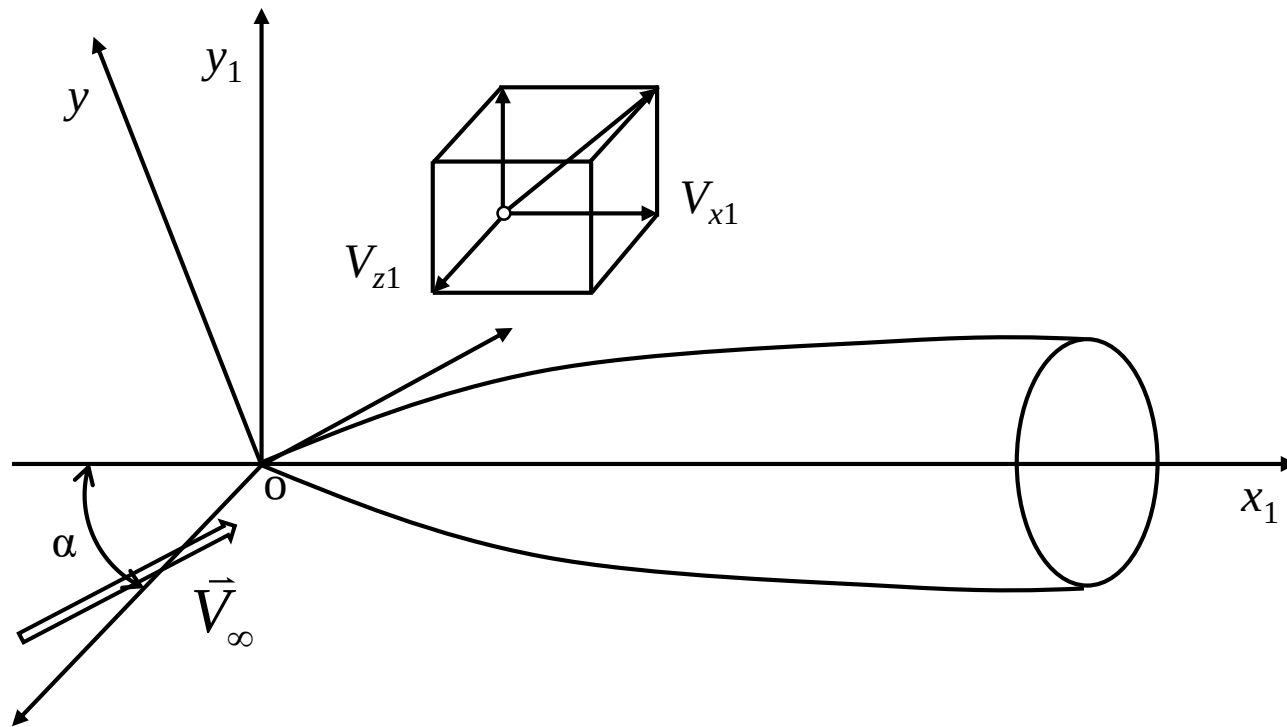
细长旋成体理论与应用

旋成体是指三维空间中，由旋转曲面与底截面围成的物体（圆柱体、圆锥体、球体均属于旋成体）。由一条母线（直线段或曲线段）绕对称轴旋转，闭合旋转曲面后而成的物体，如圆锥、圆柱、球体等。包含对称轴的任一平面称为旋成体的子午面，任一子午面上旋成体的边界形状均相同。





细长旋成体理论与应用





细长旋成体理论与应用

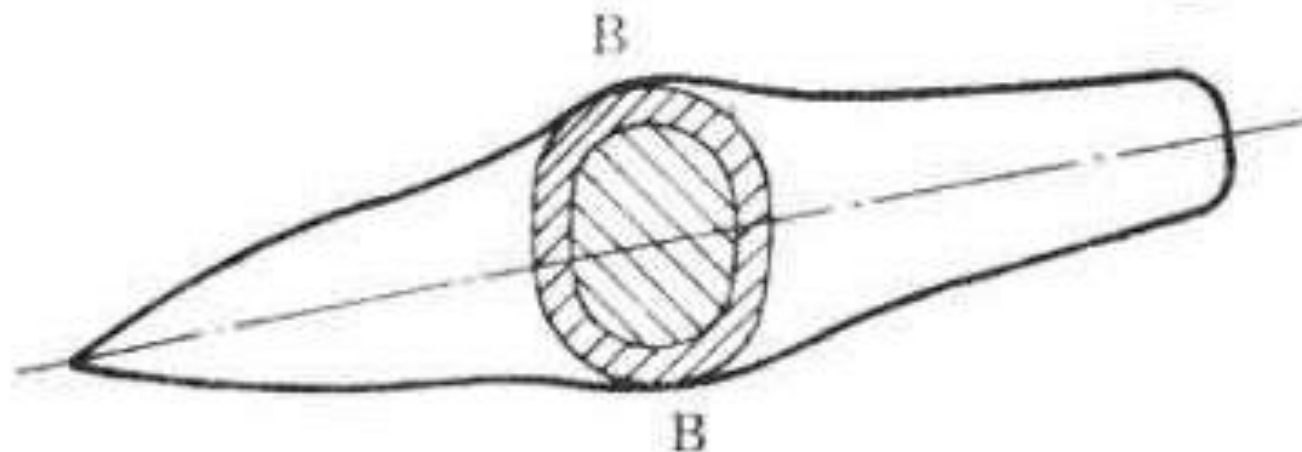
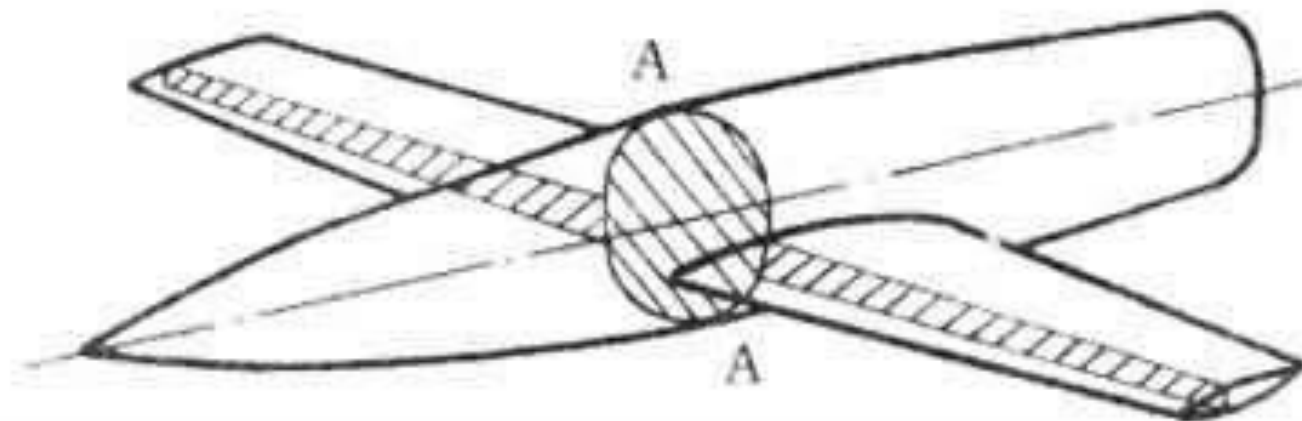
- ✎ 旋成体与垂直于子午面的交线，是母线上某个点绕轴旋转的轨迹，一定是圆，称为旋成体的纬圆。
- ✎ 旋成体的外表面由母线端点旋成的纬圆与母线绕轴的旋转曲面组成。
- ✎ 旋成体的母线必为其旋转曲面的经线。
- ✎ 外表面的两个纬圆称为旋成体的上下底截面。
- ✎ 当气流顺着旋成体对称轴流动时，其绕流流动在旋成体的任一子午面均相同，称为轴对称流动。



细长旋成体理论与应用



陆士嘉实验室
LU SHI JIA LABORATORY

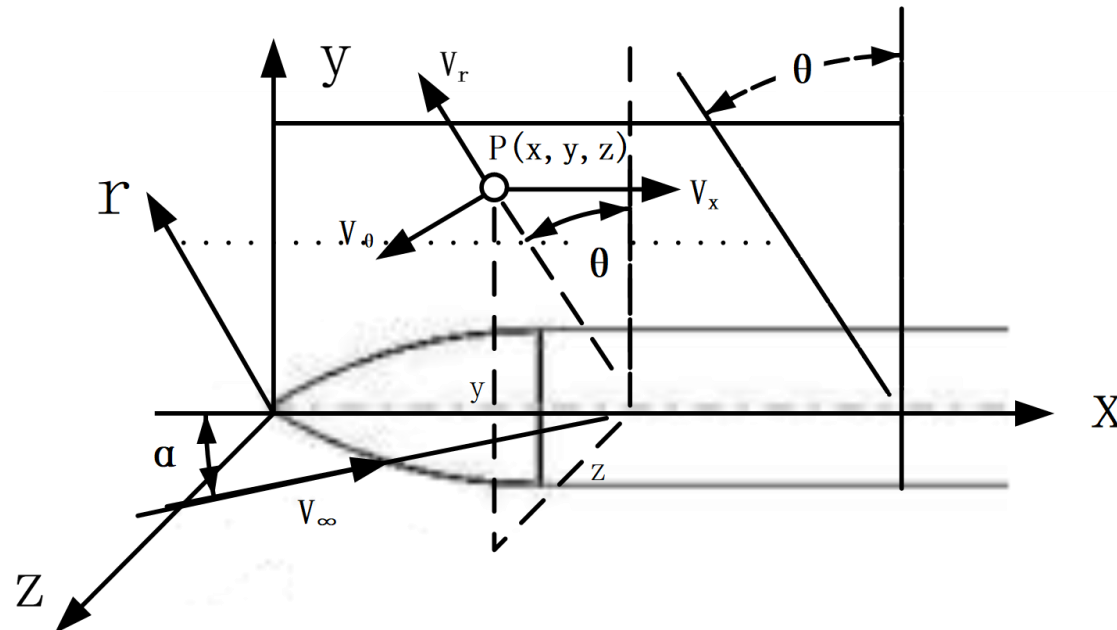




细长旋成体理论与应用



一般飞机采用旋成体机身都是比较细长而且飞机时迎角也不大，因此机身对流场的扰动是小扰动，在超声速飞行时头部冲波和马赫波相差无几，通过头部冲波时熵的变化也可忽略不计，整个流场可认为是无旋的，扰动速位仍然满足线化位流方程。





细长旋成体理论与应用

$$\left(1 - \frac{V_x^2}{a^2}\right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \left(1 - \frac{V_y^2}{a^2}\right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \left(1 - \frac{V_z^2}{a^2}\right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} - 2 \frac{V_x V_y}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y} - 2 \frac{V_y V_z}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y \partial z} - 2 \frac{V_z V_x}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z \partial x} = 0$$



笛卡尔坐标系 x, y, z 和柱坐标的关系为



$$\left. \begin{aligned} x &= x \\ y &= r \cos \theta \\ z &= r \sin \theta \end{aligned} \right\}$$



细长旋成体理论与应用

● 因此，用柱坐标表示的全速位方程为

$$\begin{aligned} & \left(1 - \frac{V_x^2}{a^2}\right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \left(1 - \frac{V_r^2}{a^2}\right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \left(1 - \frac{V_\theta^2}{a^2}\right) \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2} \\ & - 2 \frac{V_x V_r}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial r} - 2 \frac{V_x V_\theta}{a^2} \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial \theta} - 2 \frac{V_r V_\theta}{a^2} \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial \theta} + \frac{V_r}{r} \left(1 + \frac{V_\theta^2}{a^2}\right) = 0 \end{aligned}$$

● 上式中， V_x, V_r, V_θ 分别是气流速度在柱坐标下的分速度，来流分速为

$$V_{x\infty} = V_\infty \cos \alpha$$

$$V_{r\infty} = V_\infty \sin \alpha \cos \theta$$

$$V_{\theta\infty} = -V_\infty \sin \alpha \sin \theta$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/285242330312011133>