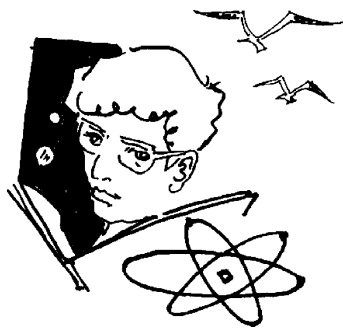




机翼升力的物理原理分析

陈永丽

鸟类扑动着翅膀在空中飞翔。它们通过扑动翅膀的各种动作，既产生了升力，又产生了前进的动力，人类研制飞机就是从仿效飞鸟开始的。

一、基本物理原理

连续性原理

理想流体作稳定流动时，流体通过同一流管中任何截面的体积流量皆相等。这就是理想流体的连续性原理。它表示流体在流动时，应遵守质量守恒定律。其数学表示为

$$vS = \text{恒量}$$

方程中， v 为流速， S 为流管的截面面积。由此方程我们可以得到这样一个结论：对于同一流管，截面积越小，流速越大；截面积越大，流速越小。当空气低速流动时，可看成理想流体。

伯努利原理

流体在流动时，除应遵守质量守恒定律外，还应遵守能量守恒定律。这条定律在空气动力学中称为伯努利原理，其数学表示为

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

方程中， $\frac{1}{2}\rho v^2$ 为动压， P 为静压， $P + \frac{1}{2}\rho v^2$ 为全压，它是动压与静压之和。伯努利原理可以表述为：稳定气流中，在同一流管的任意截面上，空气的动压与静压之和保持不变。即流速变大，则压强变小；反之，流速变小，则压强变大。

二、升力的产生原理

图 1 表示机翼的横截面与气流关系，飞机的机翼横截面一般前端圆钝、后端尖锐，上表面拱起、下表面较平。前端点叫做前缘，后端点叫做后缘，两点之间的连线叫做翼弦。机翼所产

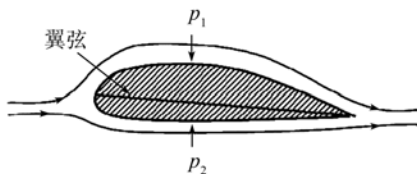


图 1 飞机机翼横截面与气流的关系

生的升力源于机翼相对于空气的运动。我们假设以机翼为参考系，空气相对于机翼运动，翼弦与气流方向的夹角叫做迎角。空气流过机翼前缘，分成上下两股，分别沿机翼上下表面流过。由于机翼有一定的正迎角，上表面又比较凸出，所以上表面流线弯曲大，流管变细，流速加快，压力减小；下表面流管变粗，流速减慢，压力增大。于是机翼上下表面出现压力差，上下表面压力差在垂直于相对气流方向的总和就是机翼的升力。

三、升力与迎角的关系

当气流相对于机翼从前下方以一定角度吹来时，机翼产生向上的升力，使飞机得以在空中飞行。当升力与飞机重力平衡时，飞机作水平飞行。若以飞机平飞时的迎角为基准，迎角加大，机翼升力加大，飞机从平飞转入上升；随着迎角的加大，先是升力增大较快，而阻力增加较小，总的表现为升力增大。当升力达到最大时的迎角称为临界迎角。当迎角超过临界迎角，气流就不再平滑地流过机翼的上表面，而产生强烈的气流分离，升力增加较慢，而阻力增加较快，飞机将不能保持正常的飞行，出现失速现象。失速的主要特征为：机身强烈的振动或摇摆、机翼抖动、机头自动上仰或下俯、机翼下坠（俗称掉翼尖）等，飞机将会失控。当飞机由平飞转为下降时，迎角减小，升力减小。升力为零时的迎角称为零升迎角。

一般来说，飞机都在大于零升迎角和小于临界迎角的范围内飞行。在这范围内飞行时，用比较大的迎角起飞、着陆、作机动飞行动作和低速飞行；利用数值不很大的迎角进行上升、长途航行和空滑迫降，这时阻力小，耗油量也小；一般用小迎角可作快速飞行。

四、升力与飞机速度的关系

升力与飞机的速度有关，飞机必须达到一定的飞行速度，才能产生足够的升力与飞机重量相平衡。对飞机的起飞来说，无风、顺风与逆风，哪一种条件较为有利呢？答案是逆风。因为飞机要从跑道上飞起来，只有在它的机翼所受的升力达到并超过机重时才有可能，而机翼所受的升力跟飞机对空气的相对速度有关，相对速度越大，升力越大。可见，要达到同样的相对速度，逆风时飞机对地速度较小，顺风时飞机

对地速度较大，无风时飞机对地速度居于两者之间，所以飞机在逆风的条件下起飞较为有利。飞机在直线飞行中，要保持升力不变，当速度增大时应相应地减小迎角；反之当速度减小时就应相应地增大迎角。

五、测量机翼压力分布的方法（实验法）

为了更形象直观地知道机翼表面的压力变化，通常采用实验的方法来测定。

如图 2，选用一段双凸型机翼试件，以一定迎角置于风洞气流中，在机翼上下表面各钻一排小孔，用软管分别连到多管气压计上，气压计上的 0 管管口液面感受的是大气压力。其他各管与机翼表面各测量点相通，感受各点的压力。实验时可测量各管液柱面与 0 管管液柱面的高度差 Δh 。根据空气流过机翼时气压计各液柱的高度变化，可以算出机翼表面各点处的气流静压与大气压力之差 Δp 。

$\Delta p < 0$ ，液柱在 0—0 线以上，说明该点压力小于大气压力，此时的 Δp 称为吸力和负压力。

$\Delta p > 0$ ，液柱在 0—0 线以下，说明该点压力大于大气压力，此时的 Δp 称为正压力，简称压力。

由实验可以看出，空气流过具有一定正迎角的机翼时，与上表面各测量点相连的气压计液柱均被吸至 0—0 线以上，说明机翼上表面各点压力普遍小

于大气压力，与下表面各点相连的气压计里液柱均被压至 0—0 线以下，说明机翼下表面各点压力普遍大于大气压力。由此可说明机翼升力是由机翼上下表面压力差产生的。

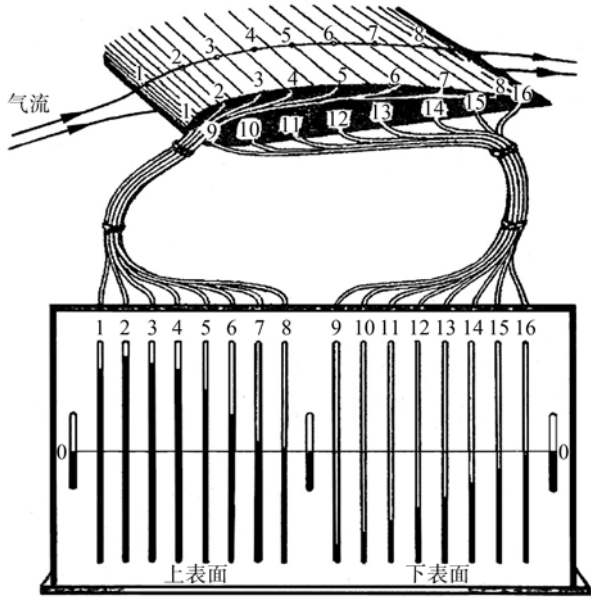


图 2 测量机翼压力分布实验示意图

（北京陆军航空兵学院基础部 101123）



科苑快讯

化肥正在使中国土壤酸化

中国用占世界 7% 的农田供养了占世界 1/5 的人口，城市化带来环境污染，但现在又面临着新的难题——30 年来过多使用化肥造成的土壤酸化，已开始让专家们忧心忡忡了。

中国农业大学的土壤学家张福锁和同事对比了历次的中国土壤调查结果，收集了过去 25 年间政府密切监控的农业园区数据，发现从 20 世纪 80 年代早期开始，各地土壤的 pH 值下降了 0.13~0.8。张福锁在发表的论文中说，这个变化本该是在几千年间发生的。

土壤酸化一般是酸雨所致，但过度使用某些氮肥却被张福锁等研究者定为中国土壤酸化的罪魁祸首。土壤的 pH 值对植物非常重要，正常值是 7（中性）或稍低于 7（微酸性）。如果 pH 值太低（过度酸化）将引起病虫害，阻碍植物生长。重度酸化

会溶解土壤中的铝、锰等重金属，污染水体，引起中毒。

不过张的两位国内外同行却对其调查是否全面、精确表示质疑。张反驳道，其调查样本涵盖中国所有省份及其各种土壤系统。张还指出，使用石灰可以中和酸性土壤，但这对中国农民来说太贵了，最好的办法还是停止过度使用化肥。



正在施氮肥的中国农妇

（高凌云编译自 2010 年 2 月 11 日 sciencenow. sciencemag.org 新闻）