

## 第一讲

- 飞行的**核心**：足够强的力量
- **拉进式**的飞机更容易操控

## 第二~五讲主要讲工具——matalab和simulink

## 第六讲

- 认识飞行的**目的**：为了控制飞行（ai对抗...）

### 认识飞行

#### 飞机的主要组成部分

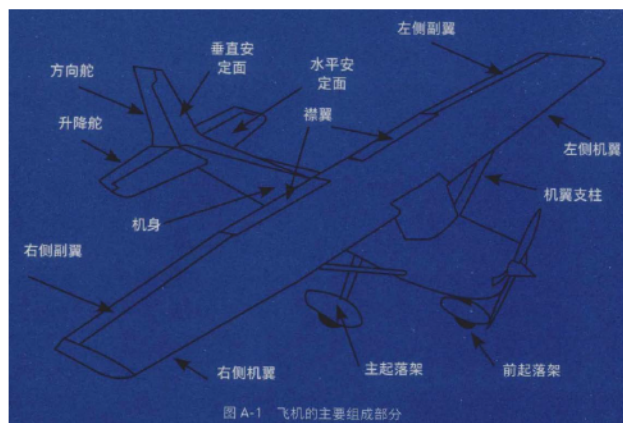


图 A-1 飞机的主要组成部分

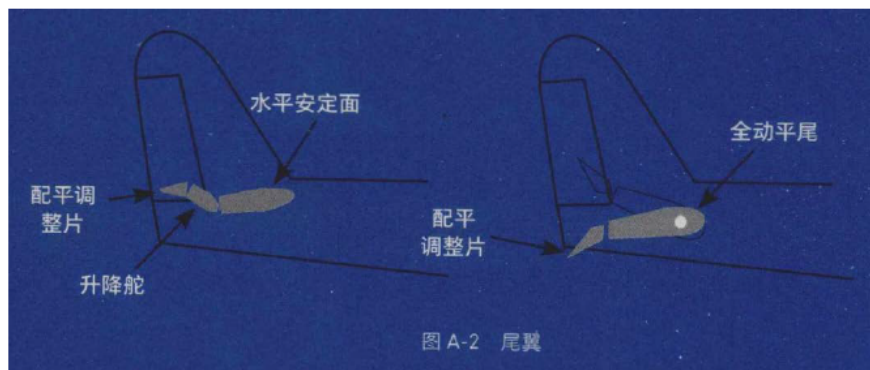
- 机翼
- 副翼
- 襟翼
- 安定面
- 升降舵
- 方向舵
- 机身
- 起落架

#### 飞机的主要组成部分

图 A-1 显示了一架上单翼飞机的主要组成部分。飞机机体 (airframe) 由机身 (fuselage)、机翼 (wings) 和尾翼 (empennage 或 tail feathers) 组成, 其中机身是飞机的主要组成部分。尾翼由水平安定面 (horizontal stabilizer)、升降舵 (elevator)、垂直安定面 (vertical stabilizer) 和方向舵 (rudder) 构成。升降舵用于调整、控制飞机的俯仰 (pitch, 指飞机抬头或低头的姿态)。升降舵与飞机的驾驶盘或驾驶杆相连, 驾驶员通过前后移动驾驶盘或驾驶杆来调节升降舵。在有些飞机上, 整个水平安定面就是一个升降舵, 如图 A-2 所示, 这就是所谓的全动平尾 (stabilator)。方向舵用于修正飞机航向和小角度转向。驾驶舱地面上的两个脚踏板操纵方向舵, 用于方向辅助控制。

- 机翼
- 副翼
- 襟翼
- 安定面
- 升降舵
- 方向舵
- 机身
- 起落架

## 尾翼



■ 尾翼      ■ 升降舵      ■ 配平调整片

## 尾翼

大部分飞机升降舵的后缘处有一个铰接小翼面，有时方向舵后缘处也有，这就是配平调整片（trim tab），如图 A-2 所示。调整片的运动方向与操纵面的运动方向相反，其目的是减小飞行员操纵驾驶盘的力，以使飞行员保持飞机理想的飞行姿态。

■ 尾翼      ■ 升降舵      ■ 配平调整片（助力）

- 俯仰/pitch，滚转/roll，偏航/Yaw
- 转弯时，**方向舵**只用来做小角度的修正，**协调**飞机转弯
- 马赫数：飞机的速度与声速的比值，声速不是一个常数

## 第七讲

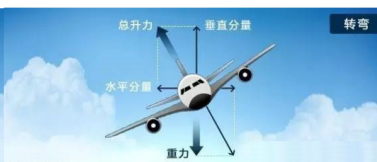
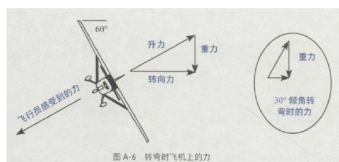
- 动力学：作用于物体的力与物体运动的关系
- 动力学的研究对象是运动速度远小于光速的宏观物体。  
动力学是物理学和天文学的基础，也是许多工程学科的基础。  
许多数学上的进展也常与解决动力学问题有关，所以数学家对动力学有着浓厚的兴趣。
- 飞行器六个自由度（3个位置坐标，3个空间姿态）
- 欧拉运动学方程
- 升力：一种反作用力，机翼通过把气流推向下而产生升力——下洗流【书p7】
  - 飞机的升力从哪里来 - 知乎(zhihu.com)
  - 从图中可以直观地看到，飞机飞行的过程就是不断把机翼上方的空气垂直地拉向地面，从而获得反冲力（即升力）的过程。固定翼飞机是如此，直升机也是如此。在这个过程中，因为机翼对气流的力是垂直向下的，所以下洗气流（在扩散之前）的直接作用范围几乎严格等于机翼的投影面积。如果不是这样，则空气动力的效率就会大大降低，人类的航空工业就难以取得今天的繁荣。

- 。大部分的升力来源于机翼上表面气流的作用而产生的——机翼上方形成的低压使气流加速流向下方

## (二)

### 飞机上主要的作用力

- 升力：由机翼产生的向上作用力
  - 重力：机体等重量产生的与升力方向相反的作用力
  - 推力：由发动机产生的向前作用力
  - 阻力：由空气阻力产生的向后作用力
- 包括：摩擦阻力、压差阻力、诱导阻力/升致阻力、干扰阻力



## 第八讲

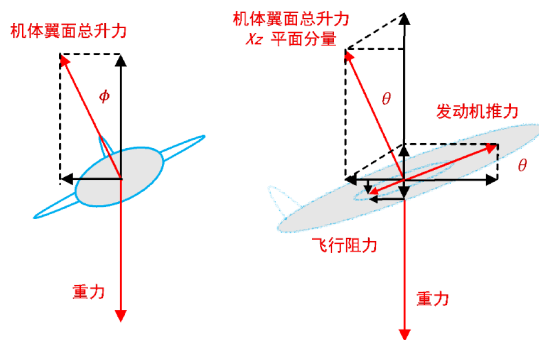
- 。机器学习的两种类型：**预测与决策**
- 。预测——监督（给定数据，预测想要的结果）和无监督（生成数据实例）；
- 。决策——在动态环境中行动（action），从交互中学习【强化学习】

## 第九讲

- 。先讲了升力、阻力原理一些东西，然后是欧拉角

### 无人系统设计

当有 $\phi, \theta, \psi$ 三个滚转角、俯仰角、偏航角时，固定翼飞机上的简化简要受力分析



- 注：左侧为垂直于机体坐标系X轴的平面视角；右侧为机体X轴与地面z轴所构成的平面视角。

- 注：对风阻做了简化，仅表示为与机体纵轴方向一致，亦即简化认为飞行方向即为纵轴方向。
- 机体翼面总升力，简化认为与机体翼面垂直，即机背正上方。（机翼迎角控制，作为升力系数的一部分，此处暂不考虑）
- 机体主要受到4个主要作用力：
  1. 机体翼面总升力（垂直于机背方向）；
  2. 发动机推力（机体纵轴方向）；
  3. 机体风阻（包括寄生阻力和诱导阻力），方向为机体运动方向反方向，简化为机体纵轴后方；
  4. 重力。
- 机体翼面总升力、发动机推力、飞行阻力，作为空间向量，依欧拉角，分解到xyz三个地面坐标系方向，形成机体质心平动动力学方程。

## 飞机质心平移动力学方程

- 根据牛顿第二定律，并忽略掉相对弱小的作用力（如侧向风阻等），地轴系 $F_I$ 下飞机质心在 $x, y, z$ 方向上具有如下平移动力学方程：

$$\left. \begin{aligned} (F_T - F_D) \cos(\theta) \cos(\psi) - F_L \cos(\phi) \sin(\theta) \cos(\psi) &= \dot{v}_x M \\ (F_T - F_D) \cos(\theta) \sin(\psi) + F_L \sin(-\phi) \cos(\psi) &= \dot{v}_y M \\ F_L \cos(\phi) \cos(\theta) + (F_T - F_D) \sin(\theta) - Mg &= \dot{v}_z M \end{aligned} \right\} \quad (\text{飞机质点平移动力学方程})$$

- 发动机推力公式：  $F_T \approx C_T S_T$       简化认为：发动机推力与油门（节流阀）开度 $S_T$ 成正比
- 升力公式：  $F_L \approx C_L v^2$       简化认为：升力公式中的系数为常数 $C_L$
- 风阻公式：  $F_D \approx C_D v^2 + C_{IR} v^{-2}$       简化认为：风阻为寄生阻力+诱导阻力，式中系数为常数
- 其中： $F_L$ 为垂直于机背（飞机运动方向）的总升力（Lift）； $F_T$ 为发动机推力（Thrust）； $F_D$ 为飞机风阻（同飞机飞行方向，简化为机体X轴方向）（Drag）； $M$ 为飞机总质量， $g$ 为重力加速度。

- 根据牛顿第二定律，并忽略掉相对弱小的作用力（如侧向风阻等），地轴系 $F_I$ 下飞机质心在 $x, y, z$ 方向上具有如下平移动力学方程：

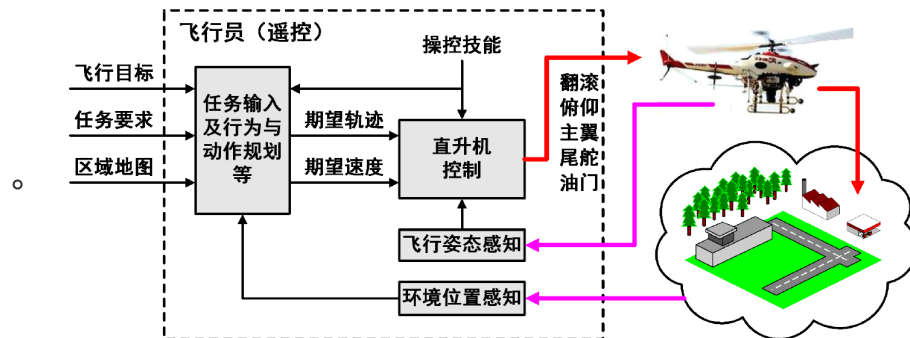
$$\left. \begin{aligned} (F_T - F_D) \cos(\theta) \cos(\psi) - F_L \cos(\phi) \sin(\theta) \cos(\psi) &= \dot{v}_x M \\ (F_T - F_D) \cos(\theta) \sin(\psi) + F_L \sin(-\phi) \cos(\psi) &= \dot{v}_y M \\ F_L \cos(\phi) \cos(\theta) + (F_T - F_D) \sin(\theta) - Mg &= \dot{v}_z M \end{aligned} \right\} \quad (\text{飞机质点平移动力学方程})$$

## 飞机姿态角运动动力学方程

$$\left. \begin{aligned} \dot{\omega}_x &= \frac{T_x}{I_x} \\ \dot{\omega}_y &= \frac{T_y}{I_y} \\ \dot{\omega}_z &= \frac{T_z}{I_z} \end{aligned} \right\} \quad (\text{飞机刚体姿态角运动动力学方程})$$

注： $I_x$ 、 $I_y$ 、 $I_z$ 为机体对应轴向的转动惯量

## • 无人机系统一般构成



■ 无人直升机、飞行员及飞行环境闭环系统示意图