无人机飞行动力学

BI3AO-CAUC-23202

绪论

- 飞行动力学
  - 研究飞行器运动规律的科学
- 运动规律
  - 飞行性能
    - 轨迹特性
      - 视为可控质点，研究质心运动
        - 力和平衡约束
  - 飞行品质
    - 稳定性和操纵性
      - 视为刚体/弹性体，研究作为下保持或改变飞行状态的能力
- F=m*a
  - 外合力=质量*加速度
- G=h
  - 外合力和=角加速度
- 研究方法
  - 理论研究
    - 建模型、定性分析、定量计算
  - 实验方法
    - 风洞、模型自由飞、地面飞行模拟、飞行试验

作用在飞机上的外力

- 合外力F=W（不可控）+A（可控）+T（可控）
  - 空气动力A
    - A=L升力+D阻力+C侧力
  - 发动机推力T
    - T 与V空速、H海拔、n转速有关
  - 重力W
    - W=mg
- 操作面偏转所产生的最大平衡能力—飞行性能的约束
- 各类升力系数
  - C Lmax
    - 最大升力系数
  - C Ls
    - 失速升力系数
  - C la
    - 允许升力系数
  - C Lsh
    - 抖振升力系数
  - C L&max
    - 操纵面制升力系数
- C l=C lα*(a-a0)
  - C l=min(C l= la ▲ 、C l &max)
    - 大展现比 入 、小后缘角 X—有利于提升C lα
      - 风筝滑机
- 阻力
  - 诱导阻力
    - 形状阻力（压差阻力）
    - 摩擦阻力
  - 寄生阻力
    - 型阻
    - 干扰阻力
  - 波阻
- 无因次阻力系数表示
  - C d=C d0【零升阻力系数】+C di【诱导阻力系数】=C d0+A【诱导阻力因子】*(C l)^2
    - 极曲线
- 极曲线与M马赫数理大时
  - 极曲线右移
    - 当M<M0时
      - 基本不动
    - 当M>M0时
      - 波阻增大，极曲线右移
  - 极曲线变弯
    - A随着M<M0增大而增大，X<M0，大升力系数C l 时，阻力系数C d也增大，用变宽大。
- 升阻比
  - K=C L/C d
    - 最大升阻比与有利迎角，有利升力系数有关（opt）
- 涡轮喷气发动机
  - 台架推力 T l =ṁV1H
  - 推重比 γ T/W=T1/Wa 取值5~10
  - 可用推力 T a=nTl
  - 耗油率 Cf =ṁ1/VH 单位(kg/(N?h)

常用坐标系及其转换

- 惯性坐标系—地面轴系
- 动坐标系—机体轴系、气流轴系、航迹轴系
- 空间坐标系单位转换矩阵
  - L x
    - 1 0 0
      0 cosα sinα
      0 -sinα cosα
  - L y
    - cosα 0 -sinα
      0 1 0
      sinα 0 cosα
  - L z
    - cosα sinα 0
      -sinα cosα 0
      0 0 1
- 地面轴系与机体轴系
  - 俯航角θ，俯仰角ν，滚转角κ
- 地面轴系与航迹轴系
  - 航迹偏角θ，航迹俯角γ
- 航迹轴系与气流轴系
  - 速度滚转角κ
- 气流轴系与机体轴系
  - 迎角α，侧滑角β

飞机质心运动方程

- 一般动坐标系
  - 太多了自个看吧
- 铅垂面内
  - 无航向、无侧滑
    - 速度滚转角=0，侧滑角=0
- 水平面内
  - 无侧滑
    - 俯滑角=0

飞机的飞行性能

- 简单推力法
  - 利用推力曲线图来确定飞机飞行性能
- 定直平飞
  - 平飞需用推力T r=T a发动机可用推力
- 最大平飞速度
  - T a-H曲线与T r-H曲线右交点
    - 发动机推力限制
- 最小平飞速度
  - T a-H曲线与T r-H曲线左交点
    - 升力系数限制
- 平飞范围划分
  - 左倒勺为第平飞范围
    - 不稳定平衡
      - 反操纵区
  - 右倒勺为第平飞范围
    - 稳定平衡
      - 正操纵区
- 理论飞行包线
  - 在右角为顶点的三可定直平飞、等速爬升、加减速飞行
  - 在红线上仅可定直平飞
- 上升角
  - 取决于发动机剩余推力T▲
    - T▲=T a-T r
  - 最大上升角
    - 超对Va数
- 上升率
  - 取决于发动机剩余推力T▲
    - T▲=T a-T r
  - 最大上升率
    - 对Va数
- 下滑距离
- 下滑速度
- 下滑率
- 小时耗油量
- 公里耗油量
- 久航速度
- 远航速度
- 冲锋速度V1
  - 在滑跑起飞过程中，某一发动机失效时的速度，此时无论是中断还是继续都要一样长的距离
- 平衡场长
  - 在V时刻，无论是中断还是继续都要要一样长的距离
- 起飞性能改善
  - 增加升力、减少阻力、加大推进力
    - 起飞使用高级门
    - 使用增升装置
    - 改善跑道表面
    - 有利条件
      - 下坡
      - 逆风
    - 不利条件
      - 机场海拔高
      - 温度高
- 着陆性能改善
  - 增加升力、增加阻力、多方制动
    - 减速板、刹车、减速伞、反推
    - 有利条件
      - 上坡
      - 逆风
    - 不利条件
      - 机场海拔高
- 爬升最高
  - 等高风切变
    - 水平风切变

飞机的机动性

- 非定常运动
  - 在一定时间内改变飞行速度大小、方向、高度的能力
- 过载
  - 适向过载
  - 切向过载

刚性飞机运动方程

- 角速度在机体轴上的投影
  - P
    - 滚转角速度
  - q
    - 俯仰角速度
  - r
    - 偏航角速度
- 外合力矩在机体轴上的投影
  - L
    - X轴
  - M
    - Y轴
  - N
    - Z轴
- 基准运动
  - 在人为操纵下，按照预定规律进行的运动
    - 配平状态、合力、合力矩=0
- 扰动运动
  - 由于外界扰动、飞机运动参数偏离基准运动参数
- 小扰动假设
  - 如果作用在飞机上的外界扰动较小，引起的运动参数变化量也较小，变化量的二阶及以上更高阶的量可以忽略不计
- 基本假设
  - 飞机具有对称平面，忽略机体内部转动部产生的陀螺力矩
- 线性化
  - 对称平面处于铅垂位置
  - 运动平面与飞机对称平面重合
  - 考计算题

飞机的横、纵向平衡

- 全机简化之后
  - 翼身组合体
  - 尾翼
- 全机操纵力矩
  - 倒滑
  - 操纵面偏转
  - 旋转运动
- 纵向静稳定力矩
  - 迎角不引起的部部分俯仰力矩
    - 机翼部分
    - 机身部分
    - 平尾部分
    - 发动机部分
- 稳定裕度
  - Kn=Xac（焦点）-Xcg（质心）
    - 高的不懂这张图该放哪
- 影响前翼操纵效能的因素
  - 超音速
    - 大迎压下弹性变形、至临界动注出现反效
      - 常采用内倒前翼、差动平尾
  - 大迎角、大偏转
    - 延迟气流分离
      - 涡流发生器
      - 锯齿状前缘
    - 使用机流板产生涡转力矩
      - 翼刀
- Cmδe > 0
  - 使用差动副翼、弗里斯副翼

飞机的静稳定性、静操纵性

- 静稳定
- 静稳定性
  - 静稳定
    - 受到外界扰动后，具有自动恢复到原状态的初始趋势
  - 静不稳定
    - 受到外界扰动后，存在力图扩大偏离原平衡状态的初始趋势
  - 中立静稳定
    - 受到外界扰动后，既无扩大、又无恢复原平衡状态的初始趋势
- 定速静稳定性
  - 定速静稳定
    - 受扰动后，迎角α增加，能产生负的恢复力矩，趋于减小迎角α，具有恢复到原平衡状态的初始趋势
      - 判据
        - 焦点在质心之后
          - Xac>Xcg
  - 定速静不稳定
    - 判据
      - 焦点在质心之前
        - Xac<Xcg
  - 中立静稳定
    - 受扰动后，不产生附加力矩，仍处于平衡状态
      - 判据
        - 焦点与质心重合
          - Xac=Xcg
- 焦点
  - 空气动力中心
    - 迎角变化时，升力增量的作用点
- 压心
  - 气动合力的作用点
    - 该点位置与迎角无关，与M数有关
    - 随迎角而变

旋翼无人机飞行原理

- 叶素理论
  - 将桨叶看成由无限个宽叶微端（叶素）组成，考查每个叶素关系，对一片桨叶进而对整个旋翼进行积分
- 多旋翼操控
  - 静停
    - 拉力抵消重力
    - 滚转、俯仰、偏航力矩=0
    - 四个螺旋桨无扭距效应均被抵消
      - 采用螺桨
      - 采用共轴反桨（反转）
  - 前后运动
    - 倾斜后拉力在重力方向无法抵消重力
      - 4-：【+0.8】
      - 5-：【+1】
      - 2-：【+1.2】

由BI3AO整理制作由BI3AO整理制作由BI3AO整理制作由BI3AO整理制作由BI3AO整理制作由BI3AO整理制作

Presented with xmind