

航概B

期末总复习

第一章 航空航天发展概况

1. 航空航天的基本概念（掌握）
2. 飞行器的分类、组成与功用（掌握）
3. 航空航天发展概况（了解）
4. 我国的航空航天工业（了解）
5. 航空航天技术现状及未来发展趋势（了解）

1.2 飞行器的分类

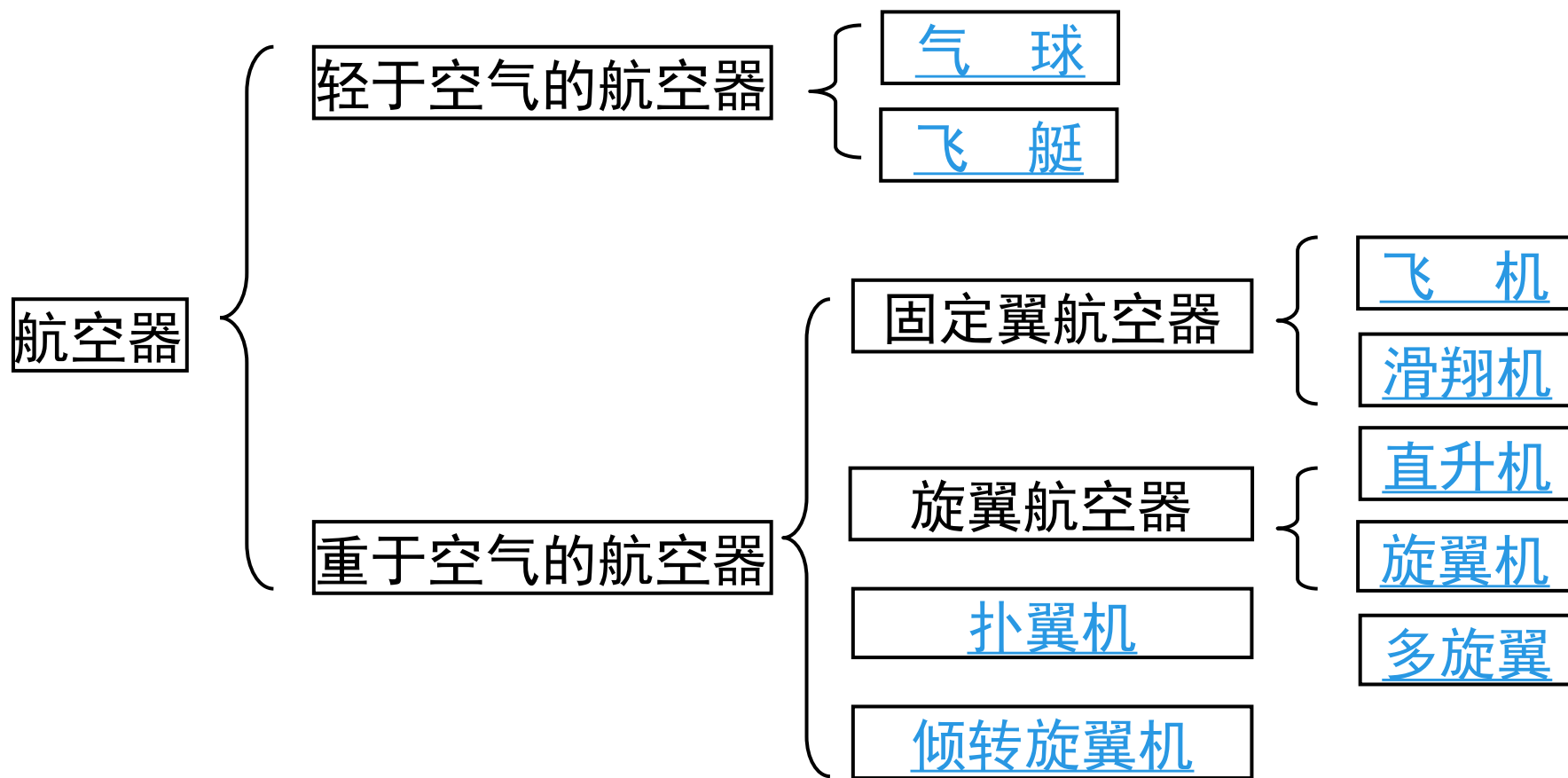
飞行器分类

航空器：在大气层内飞行的飞行器。
主要受**空气动力学原理**支配。

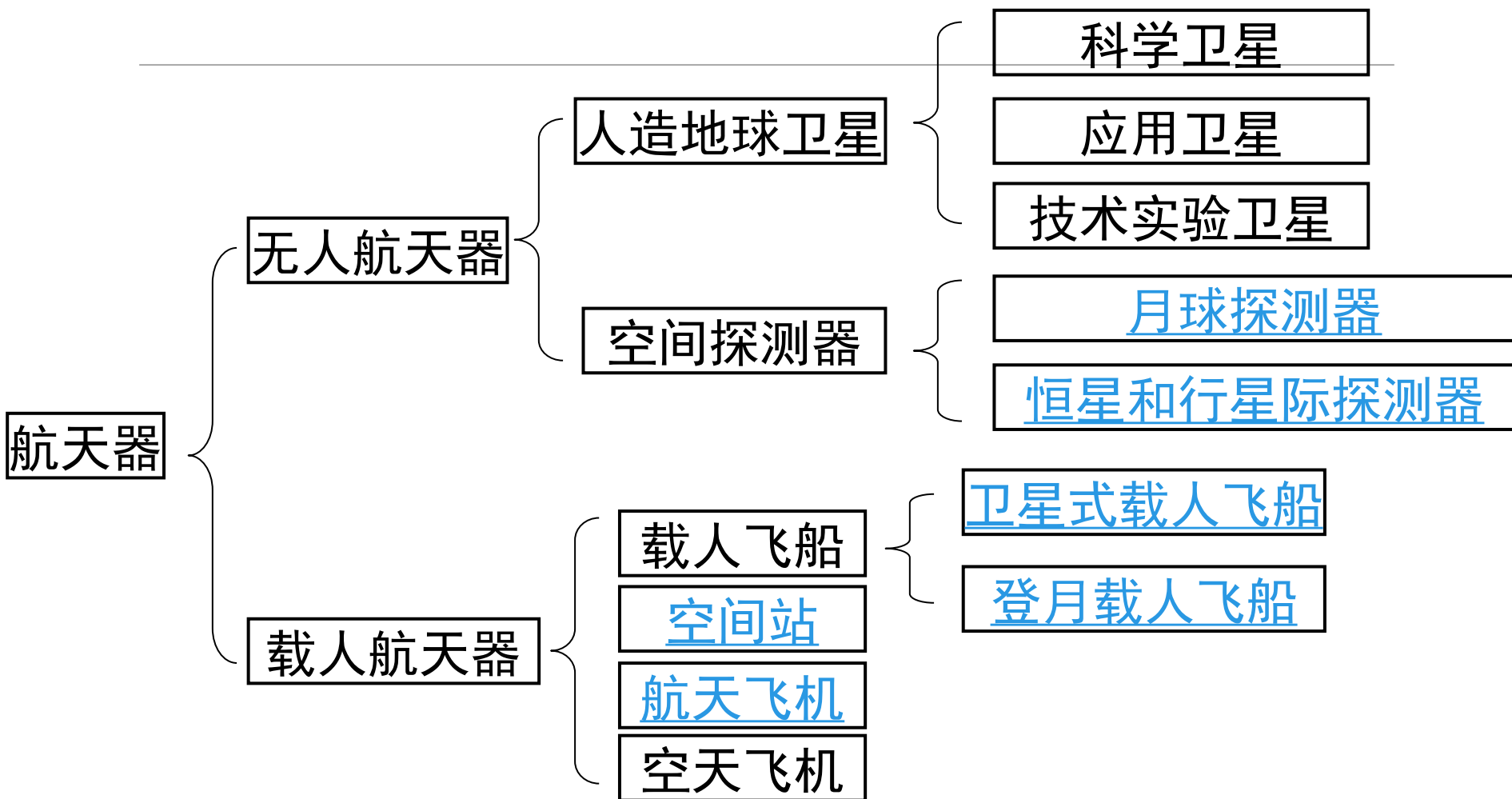
航天器：主要在大气层外空间飞行的飞行器。主要受**轨道动力学原理**支配。

火箭和导弹：以火箭发动机为动力升空，可在**大气层内外**飞行。

1.2.1 航空器的分类



1.2.2 航天器的分类



最早的航空器

- 中国的**风筝**是航空器的始祖，**孔明灯**是热气球的雏形。

莱特兄弟与飞行者一号

- 美国人莱特兄弟潜心钻研李林达尔的著作和他的实验经验。通过风洞试验，纠正了前人的一些错误。
- 1903年12月17日，奥维尔·莱特(弟弟)驾驶飞行者一号进行了试飞，接近1分钟的时间里飞行了260m的距离，这是**人类历史上第一次持续而有控制的动力飞行**。

早期的飞行探索

➤ 1909年9月21日，26岁的美国华侨冯如驾驶自己设计的飞机在美国旧金山奥克兰试飞成功。两年后他返华报效祖国，不幸于1912年8月25日在广州燕塘进行的一次飞行表演中壮烈牺牲。

现代战斗机的发展

- ◆ 第一代超声速战斗机：[F-100](#)和[米格-19](#)等；（歼6）
- ◆ 第二代超声速战斗机：[米格-21](#)、[F-104](#)、[F-4](#)、[F-5](#)等；（歼7、歼8）
- ◆ 第三代战斗机：[F-15](#)、[F-16](#)、[F/A-18](#)，[米格-29](#)、[苏-27](#)战斗机等；（歼10、歼11 、歼15）
- ◆ 第四代战斗机：[F-22](#) 、 F35 、[歼20](#)。

直升机的发

- 中国古代发明的“竹蜻蜓”玩具，体现了现代直升机的基本原理。
- 共轴双旋翼/横列直升机/纵列直升机/单旋翼带尾桨

第二章 飞行环境和飞行原理

1. 飞行环境（了解）
2. 流动气体的基本规律（掌握）
3. 飞机上的空气动力作用及原理（掌握）
4. 高速飞行的特点（了解）
5. 飞机的飞行性能，操纵性和稳定性（掌握）
6. 直升机的飞行原理（了解）
7. 航天器的飞行原理（了解）

质量守恒与连续方程

气体低速流动时，可认为不可压，即密度不变。

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 = v_3 A_3 = \text{常数}$$

不可压缩流体沿管道流动的连续性方程

流管截面积大，流速小；

流管截面积小，流速大。

适用范围：低速及亚音速

能量守恒(不可压) → 伯努利方程

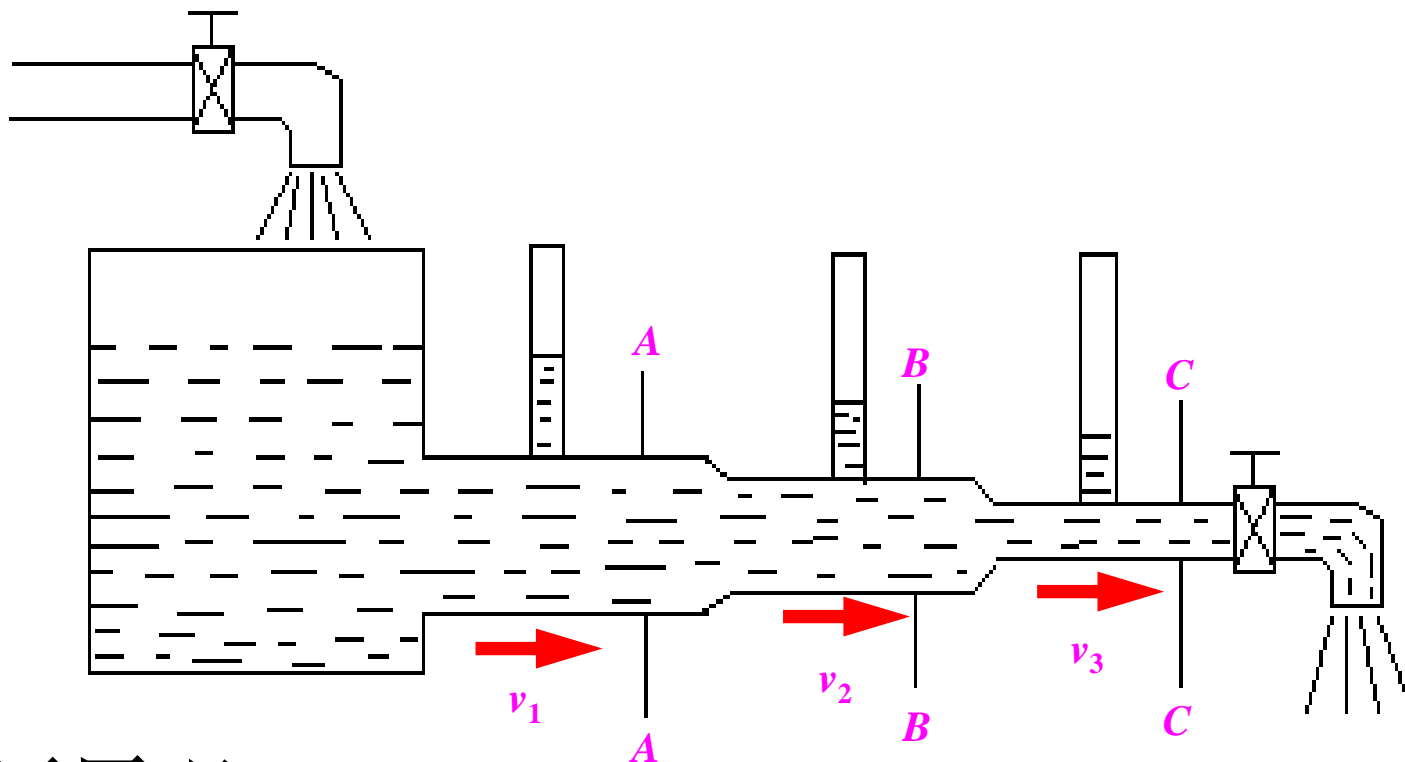
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

静压 (P) + 动压 ($\frac{1}{2} \rho v^2$) = 总压 = 常数

流速越大，动压也大，静压越小

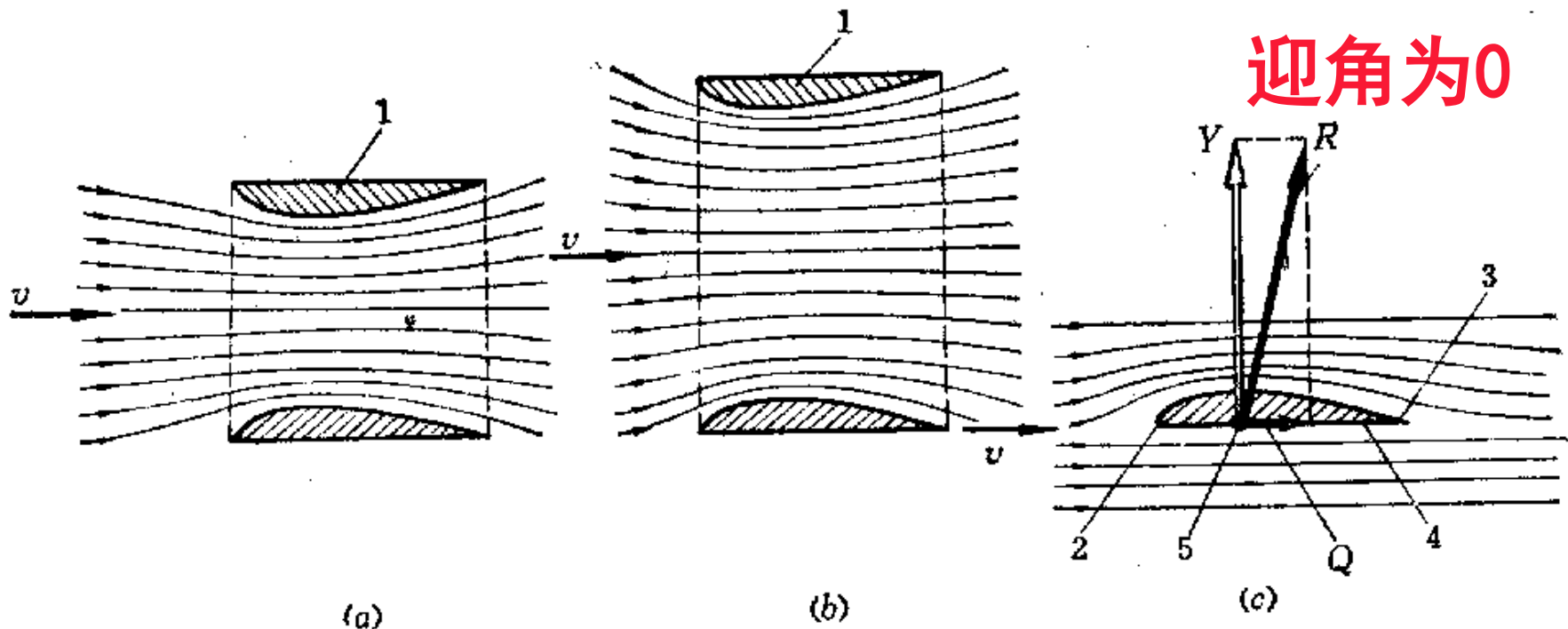
流速越小，动压也小，静压越大

连续方程和伯努利方程联合
截面积小，流速大，动压大，静压小
截面积大，流速小，动压小，静压大



测压原理

(A、B、C三个截面哪个截面测的压强最小？ C)



上翼面管道变窄，流速提高，压强较前方来流大气压减小。

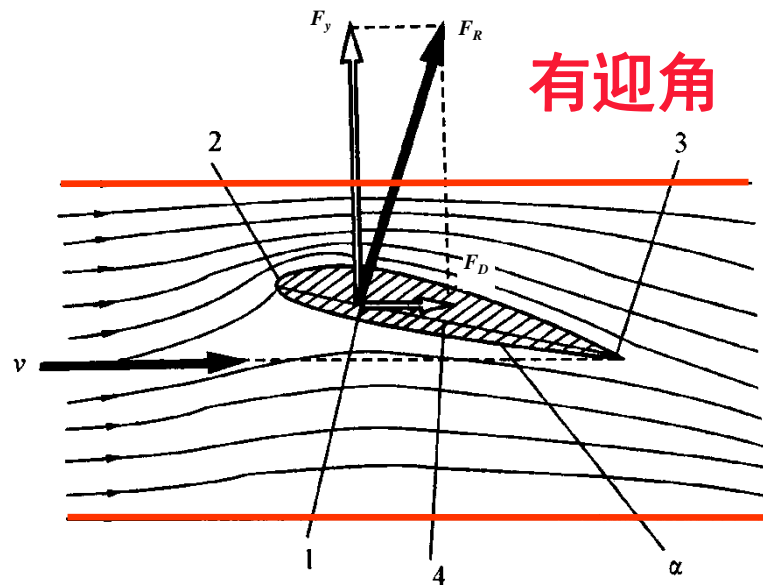
下翼面管道面积未变化，压强未变。

上下翼面形成压强差，产生升力。

上翼面管道变窄，流速提高，压强减小。

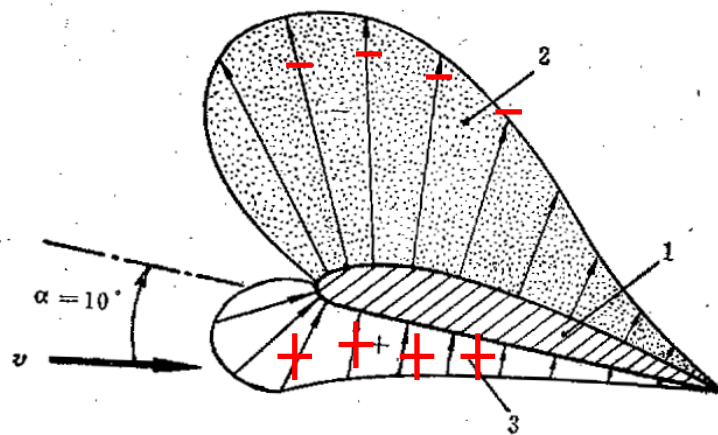
下翼面管道变宽，流速降低，压强增加。

上下翼面形成压强差，产生升力。



迎角越大，压差越大，升力越大。

流速越大，压差越大，升力越大。



机翼上的压强分布图

1——翼剖面；2——吸力；3——压力

4、影响飞机升力的因素有哪些？

$$Y = \frac{1}{2} \rho V^2 C_y S$$

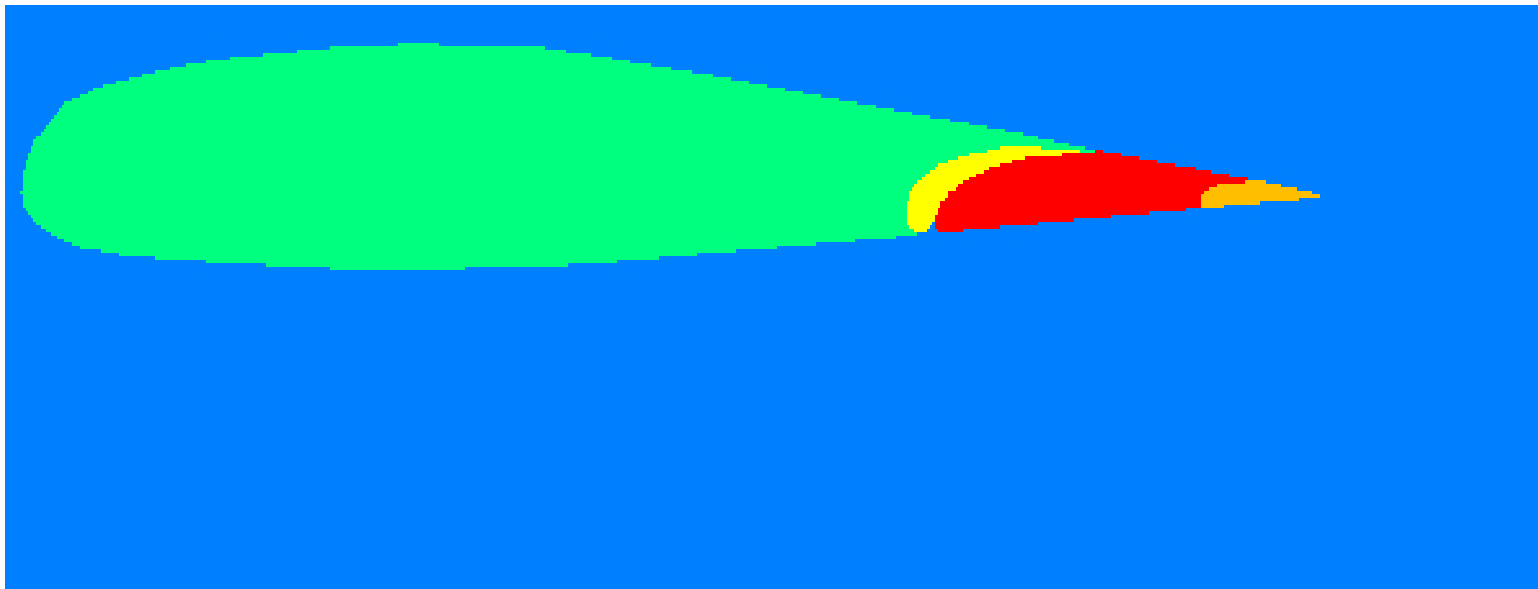
- (1) 机翼面积 S
- (2) 气流相对速度 V
- (3) 空气密度 ρ
- (4) 升力系数 C_y

与翼型/机翼外形/整体外形和迎角 α 有关

襟翼增升原理：

$$Y = \frac{1}{2} \rho V^2 C_y S$$

- 1) 适当增大迎角
- 2) 改变翼型
- 3) 增大机翼面积
- 4) 改变流动状态



问题：襟翼为什么能够增升？

飞机阻力与升力同时产生

1、影响飞机阻力的因素

$$Y = \frac{1}{2} \rho V^2 C_y S$$

$$X = \frac{1}{2} \rho V^2 C_x S$$

(1) 机翼面积 S

(2) 气流相对速度 V

(3) 空气密度 ρ

(4) 阻力系数 C_x

与翼型/机翼外形/整体外形和迎角 α 有关。

2、飞机阻力的分类

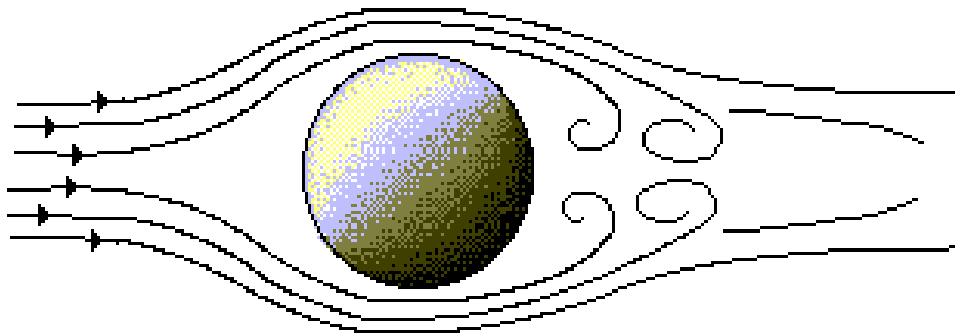
各部位均产生阻力

分为摩擦阻力、压差阻力、诱导阻力、干扰阻力、激波阻力五种

减小摩擦阻力的措施

- 表面光滑，飞机表面的粗糙程度和飞机的表面积大小等因素。
- 减小表面积
- 选择升阻比大的翼型
- 减小气流相对速度

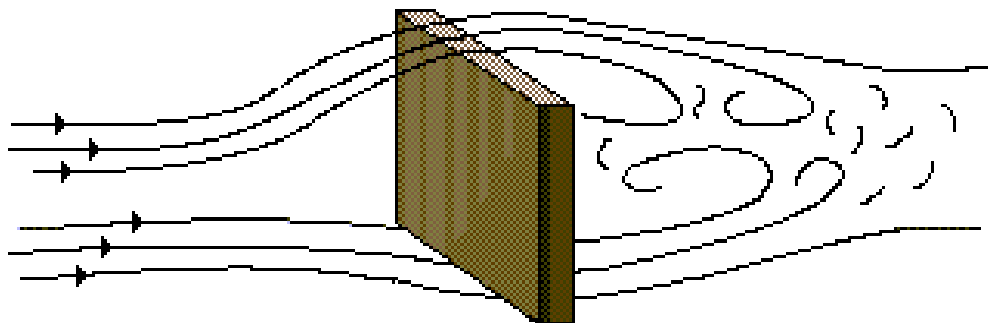
2) 物体形状



压阻较大

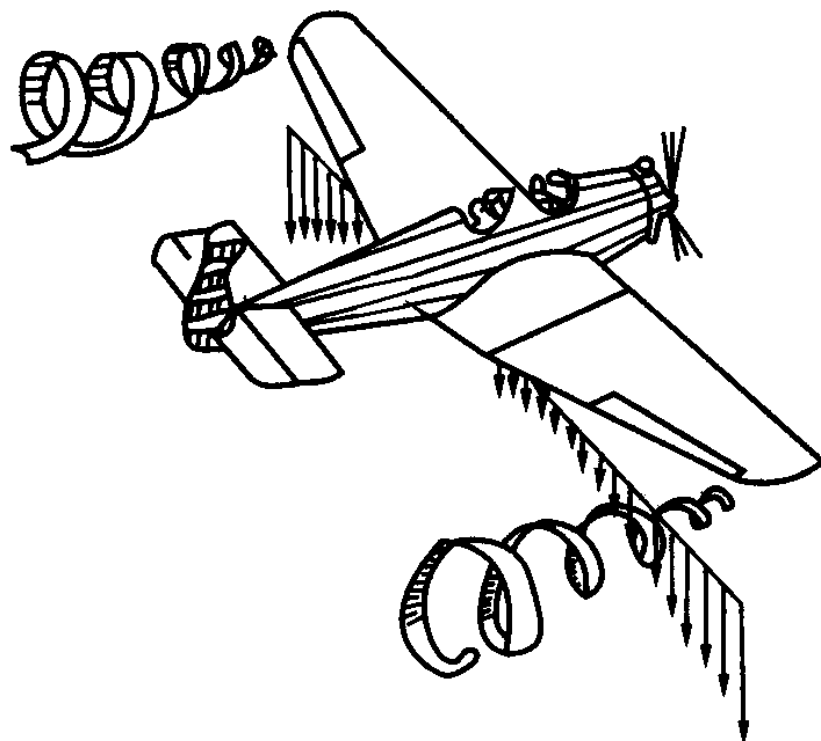
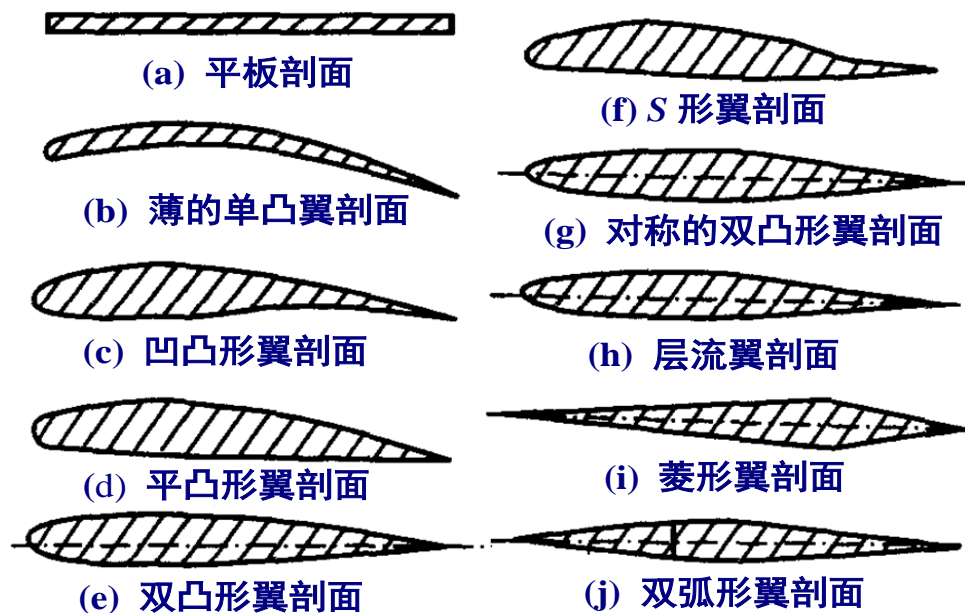


压阻最小

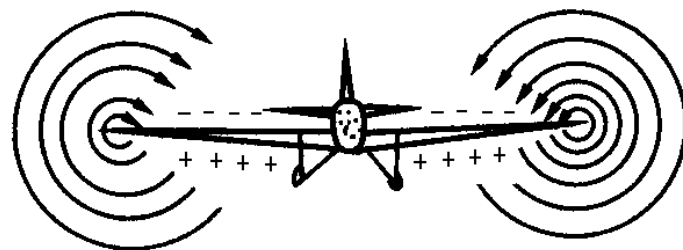


压阻最大

诱导阻力伴随升力



小型飞机飞入大型飞机的尾涡区中会受到很强的扰动，甚至造成飞行事故。



减阻措施:

- 增大展弦比。
- 选择适当的平面形状。
- 翼梢小翼装置。
- 翼梢油箱布局。



4) 干扰阻力

飞机各部件组合后，
气流相互干扰产生的
额外阻力

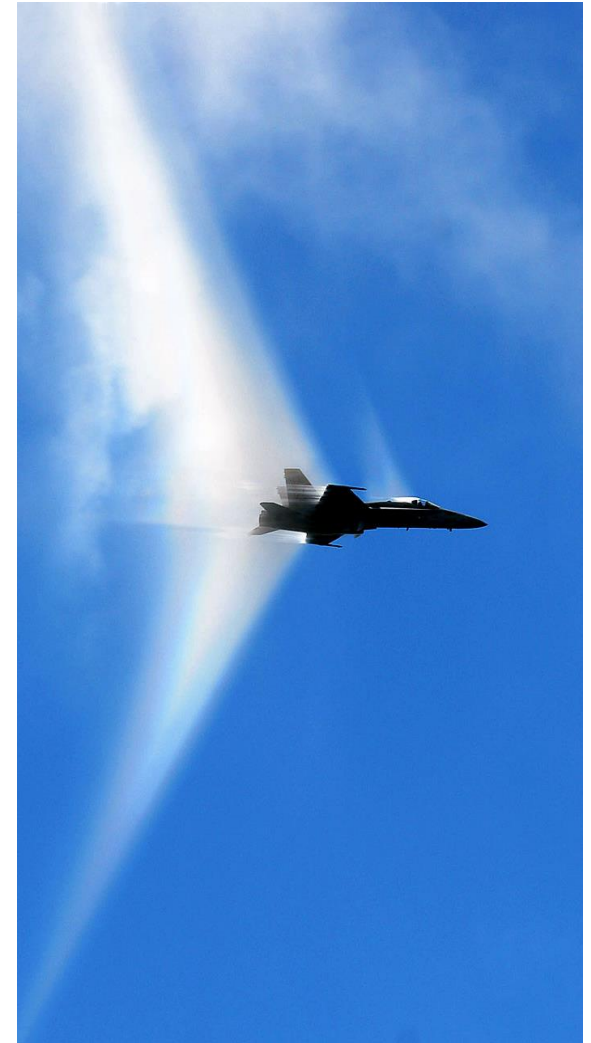


- 安排各部件相对位置，
- 必要时加装整流罩，使连接圆滑过渡，尽量减小涡的产生

5) 激波阻力

超声速飞行的主要阻力

超声速飞行，对大气造成强烈的扰动和压缩，形成**激波**，并伴有极强的激波阻力。



4、超声速和亚声速飞机的外形区别

低/亚声速飞机：

- 机翼展弦比较大
- 梢根比较大
- 无（或小）后掠角
- 螺旋桨发动机或外吊或突出的喷气发动机
- 驾驶舱突出
- 圆机头、圆前缘

超声速飞机 (P)

- 机翼展弦比小
- 梢根比小
- 大后掠或三角翼
- 内部喷气发动机，机身一部分
- 驾驶舱与机头融合
- 尖机头、尖前缘

运十



运八



F-15



歼八2



X-45

[返回](#)

2.5.1 飞机的飞行性能

1、飞行速度

(1) 最小平飞速度

在一定高度上飞机能维持直线水平飞行的最小速度。

(2) 最大平飞速度

发动机推力最大状态，水平直线飞行的最大飞行速度。飞机能飞多快的指标。

(3) 巡航速度

耗油量最小的飞行速度。最经济。

军机： 最大平飞速度；民机： 巡航速度

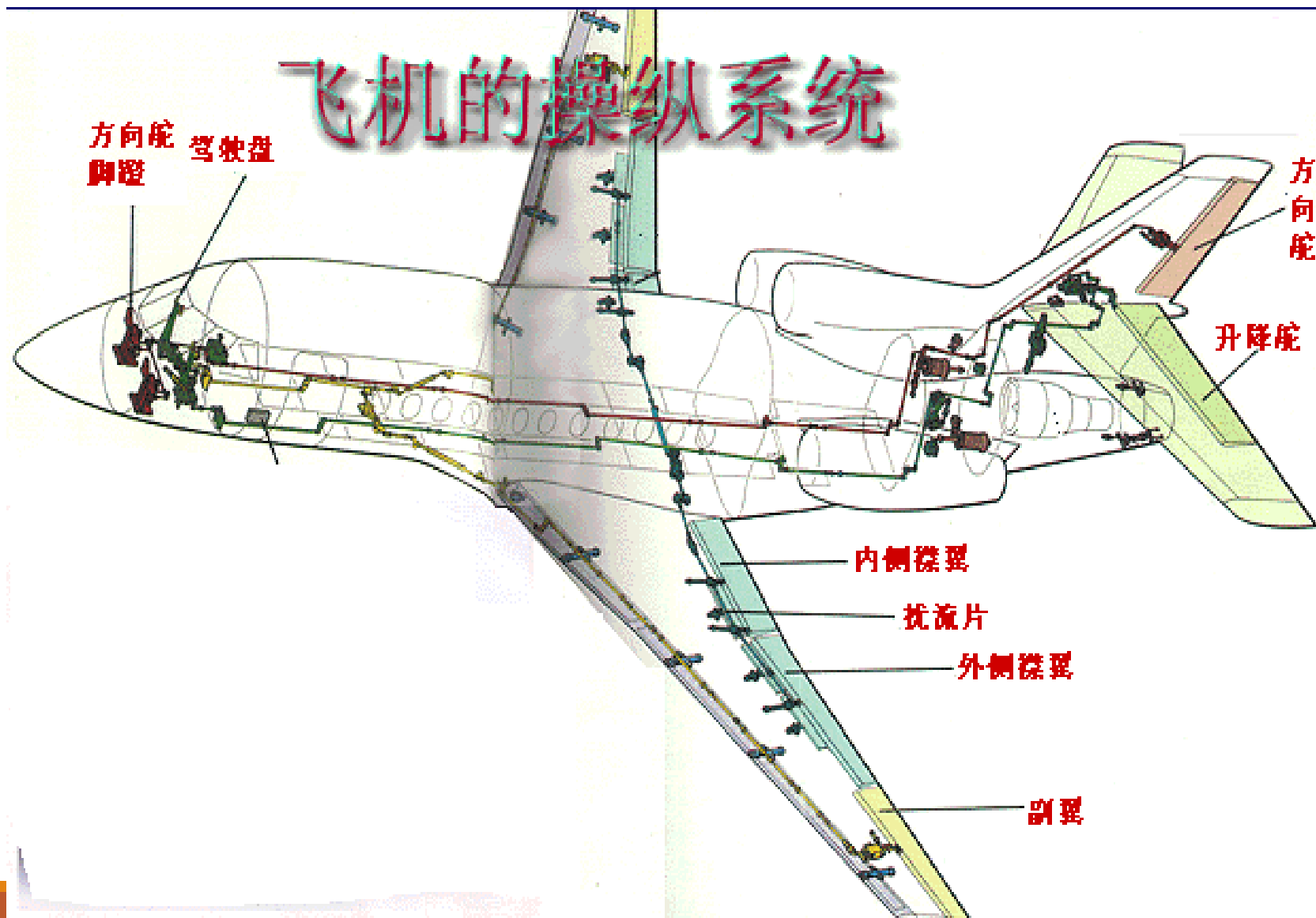
2、航程

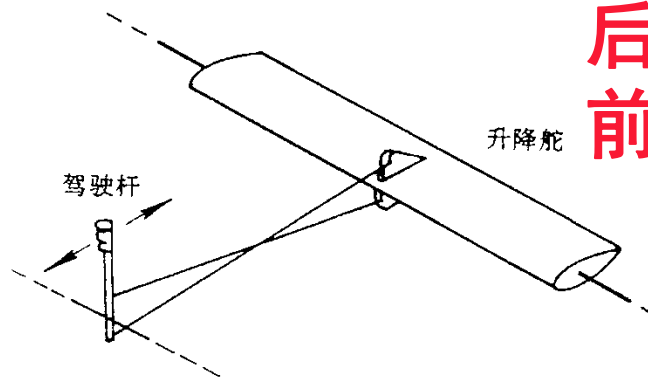
飞多远的指标。 取决于载/耗油量、重量、升阻比。

3、静升限

飞机的静升限是指飞机能做水平直线飞行的最大高度。 **飞多高的指标。**

2.5.2 飞机的操纵性

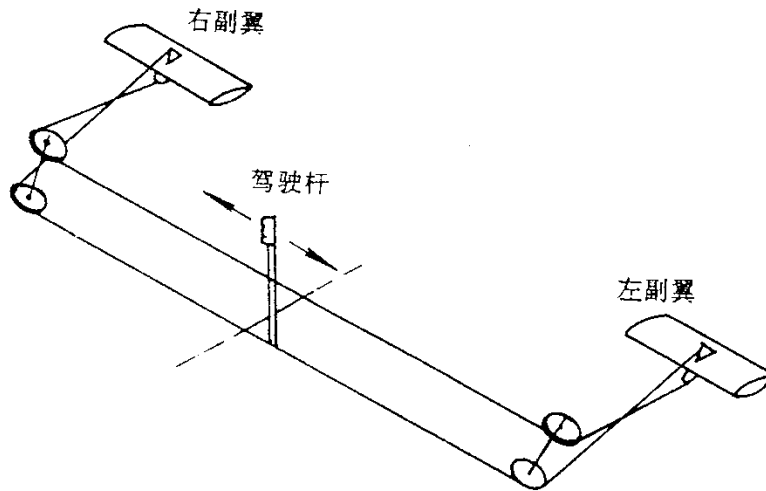




后拉，升降舵上偏，上仰
前推，升降舵下偏，下俯

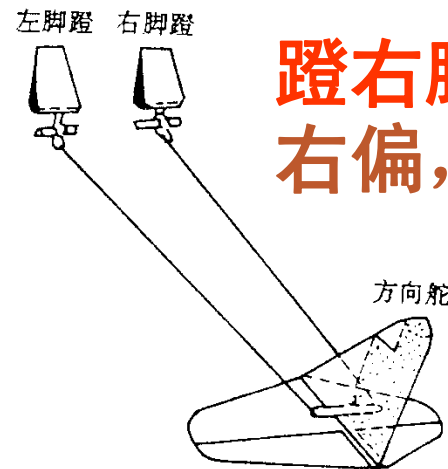
飞机的升降舵（平尾）

左压杆，左副翼上，左滚
右压杆，右副翼上，右滚



飞机的副翼

蹬左脚蹬，方向舵左偏，左偏航



蹬右脚蹬，方向舵右偏，右偏航

飞机的方向舵（立尾）

1、飞机的纵向稳定性

重心与焦点位置，重心越靠前越稳定

焦点：附加升力的合力作用点

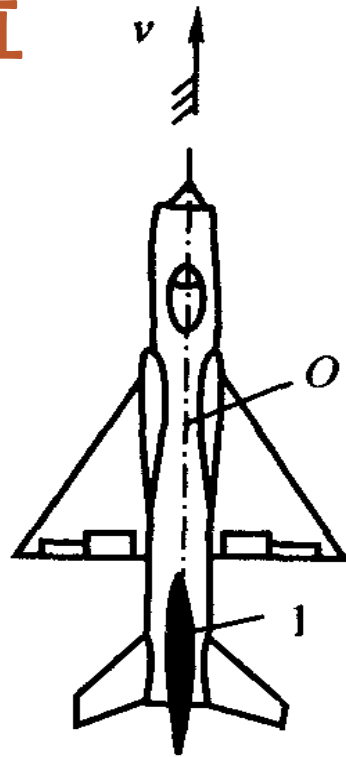
稳定性与操纵性需要协调统一

平尾越靠后越稳定（飞镖、射箭）

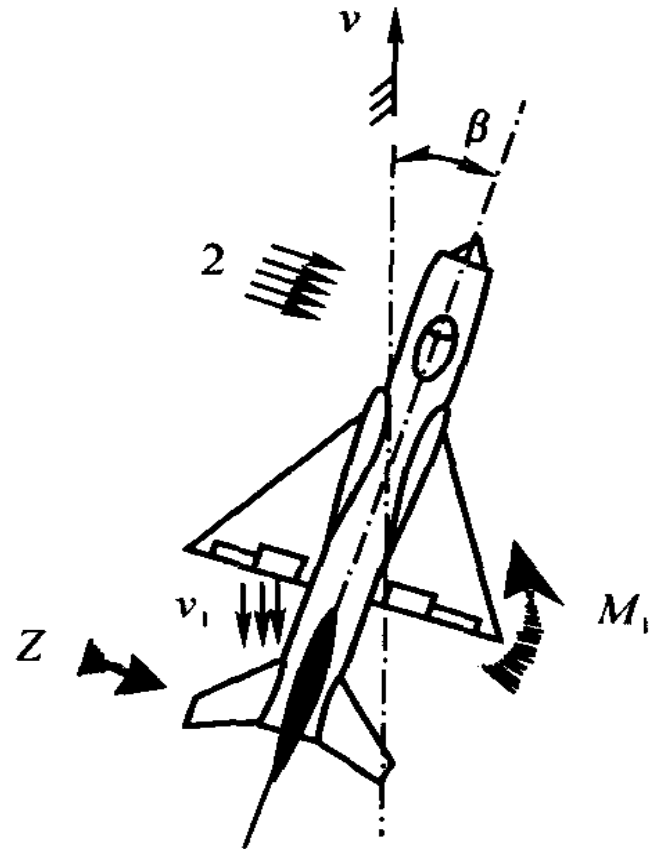
平尾面积越大越稳定

2、方向稳定性（航向/风标稳定性）

- 与纵向稳定性类似，重心
- 立尾或垂尾，面积（腹鳍、双立尾）和位置



(a)



(b)

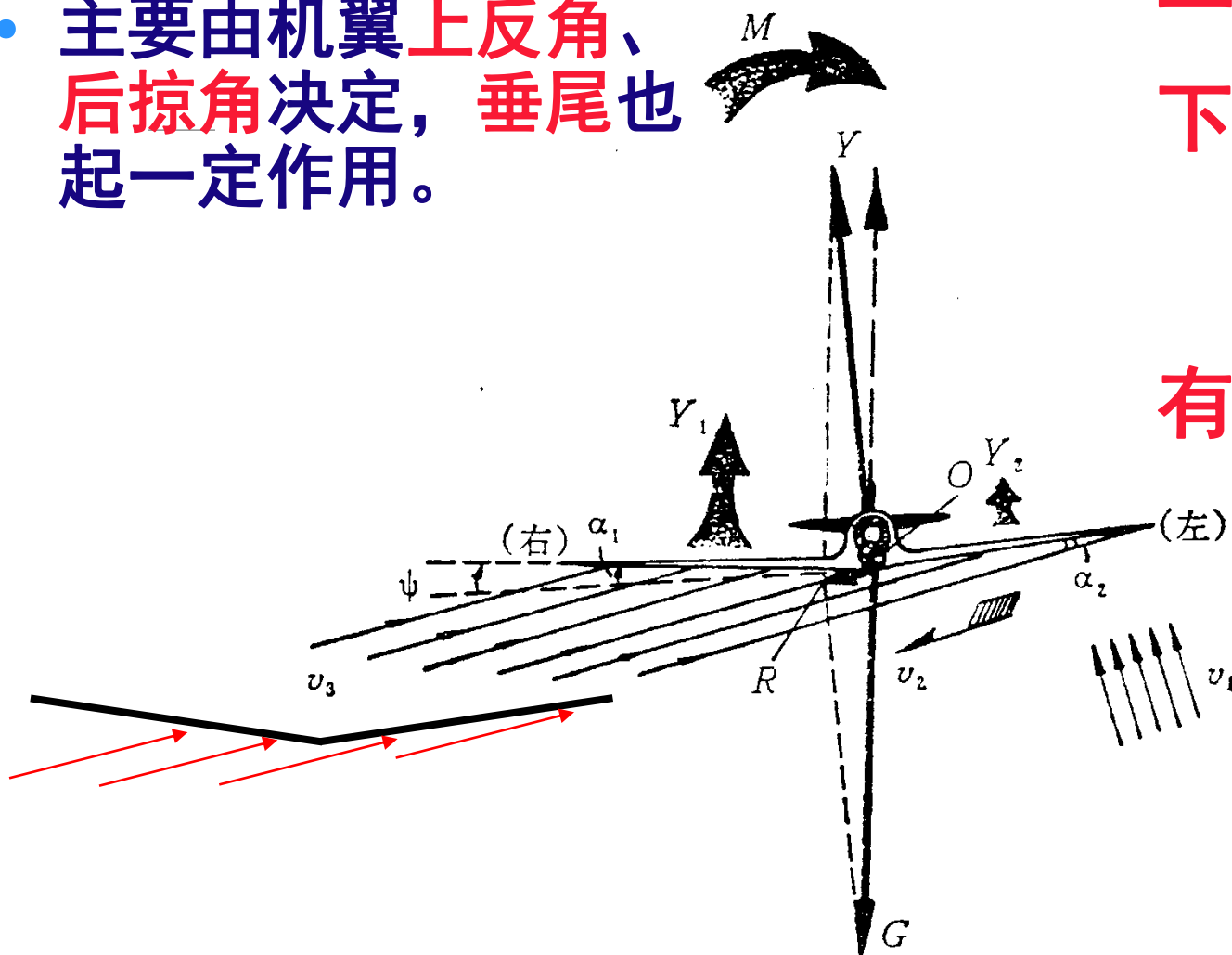
3、横侧向稳定性

- 主要由机翼上反角、后掠角决定，垂尾也起一定作用。

上反角-稳定

下反角-不稳定

有后掠-稳定



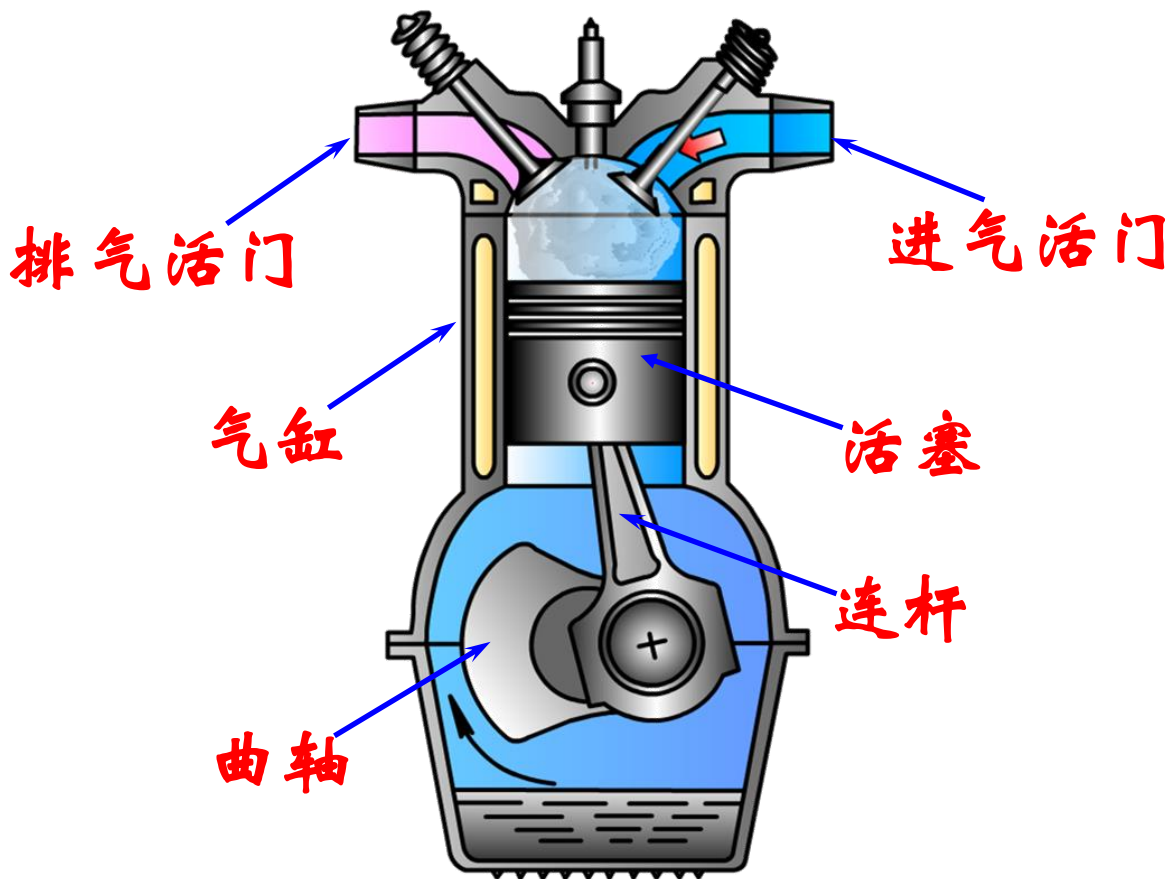
侧向稳定性与机翼上反角

第三章 飞行器动力系统

1. 发动机的分类及特点（了解）
2. 活塞式航空发动机（掌握）
3. 空气喷气发动机（掌握）
4. 火箭发动机（掌握）
5. 组合发动机（了解）
6. 非常规推进系统（了解）



3.2.1 活塞式发动机的主要组成



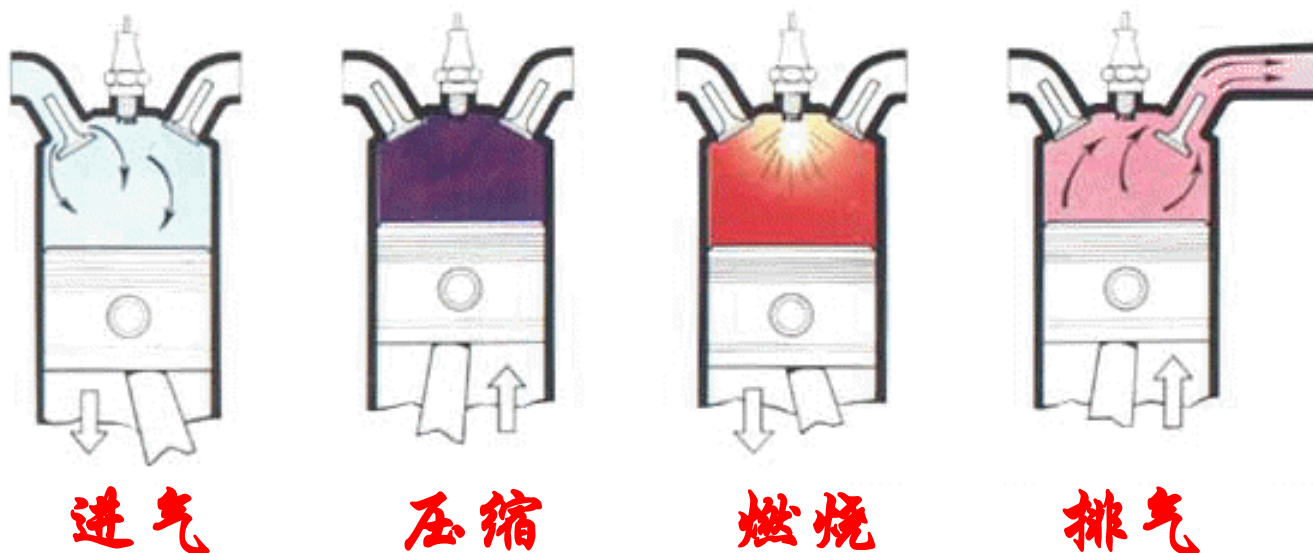
•组成

•活塞在气缸中的往复运动，并将燃料的化学能通过燃烧变为热能，来完成热力循环。

•曲柄旋转带动螺旋桨



3.2.2 活塞式发动机的工作原理



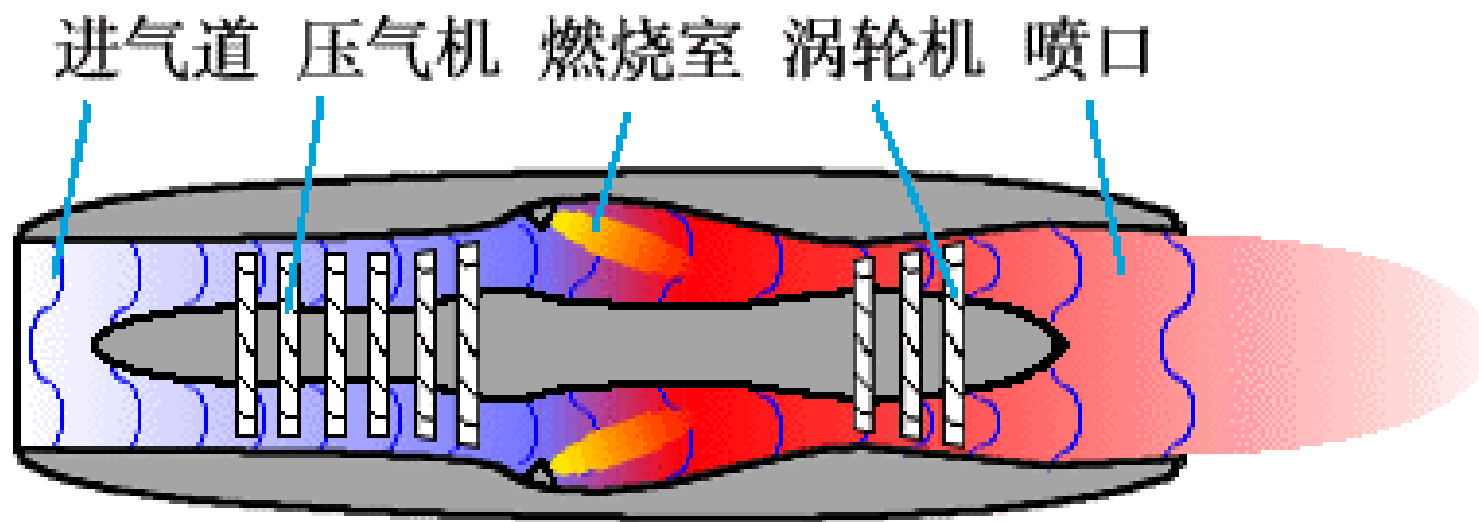
- 四冲程：进气、压缩、膨胀、排气
- 动画



1) 涡轮喷气发动机（简称“涡喷”）

（1）主要部件

进气道、压气机、燃烧室、涡轮、尾喷管



进气道→减速增压→压气机→减速增压→燃烧→
增压升温→涡轮→减压降温加速→尾喷口→加速

3.3.4 涡轮喷气发动机比较及适用性

涡桨、桨扇、涡扇



3.3.4 涡轮喷气发动机比较及适用性

均有压气机

涡桨、桨扇、涡扇

涡桨和桨扇涵道比极大，涡扇有外壳，
涡桨桨叶少，桨扇桨叶多，涡扇层数多
分别适合低亚、高亚和超声速

桨扇与涡桨比，桨叶直径小，数目多

涡扇是军、民机发展趋势

涡喷费油，涡扇略优，涡桨省油

3.3.4 涡轮喷气发动机比较及适用性

涡喷： 亚、超声速战斗机

涡扇： 亚、超声速民机、运输机和战斗机

涡桨： 低亚声速民机、运输机 **500–700km/h**

桨扇： 高亚声速民机、运输机 **>800km/h**

涡轴： 军、民用直升机

垂直起落发动机： 短距与垂直起落战斗机



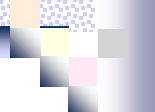
3.4 火箭发动机

与空气喷气发动机的异同

- 空气喷气发动机只能在大气层内工作，空气是氧化剂。

火箭发动机自带推进剂（燃烧剂和氧化剂），大气层内外均可。

- 均采用反作用力原理。



3) 液体火箭发动机的优缺点

优点 —— 比冲高，推力范围大，
能反复起动，
推力较易控制，工作时间长

缺点 —— 推进剂不宜长期贮存，
作战使用性能差



3) 固体火箭发动机的优缺点

优点 —— 结构简单，可靠性高，操作简便
固体推进剂性能稳定，可长期贮存

缺点 —— 比冲较小
工作时间短
推力大小、方向调节困难
重起动困难，一般只能一次性工作

第四章 飞行器机载设备

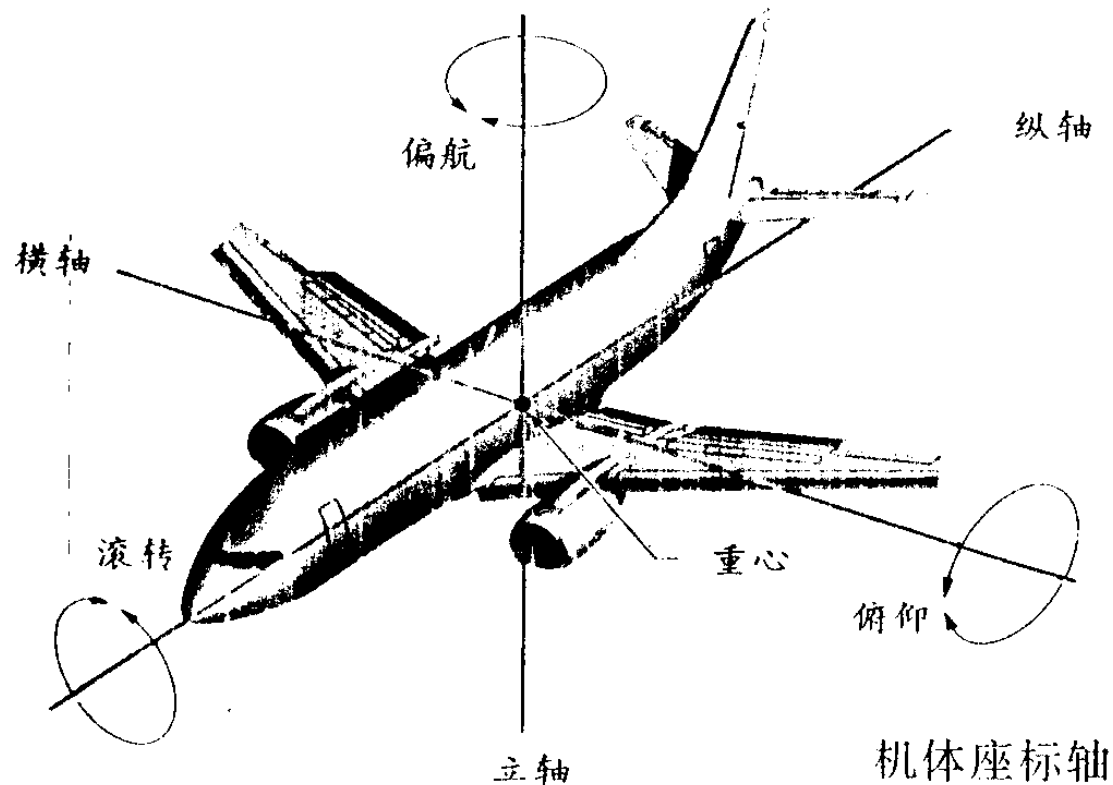
1. 传感器、飞行器仪表与显示系统（掌握）
2. 飞行器导航系统（掌握）
3. 飞行器自动控制系统（掌握）
4. 其他机载设备（了解）

4.1.2 主要飞行状态参数的测量

◆ 飞行状态参数包括:

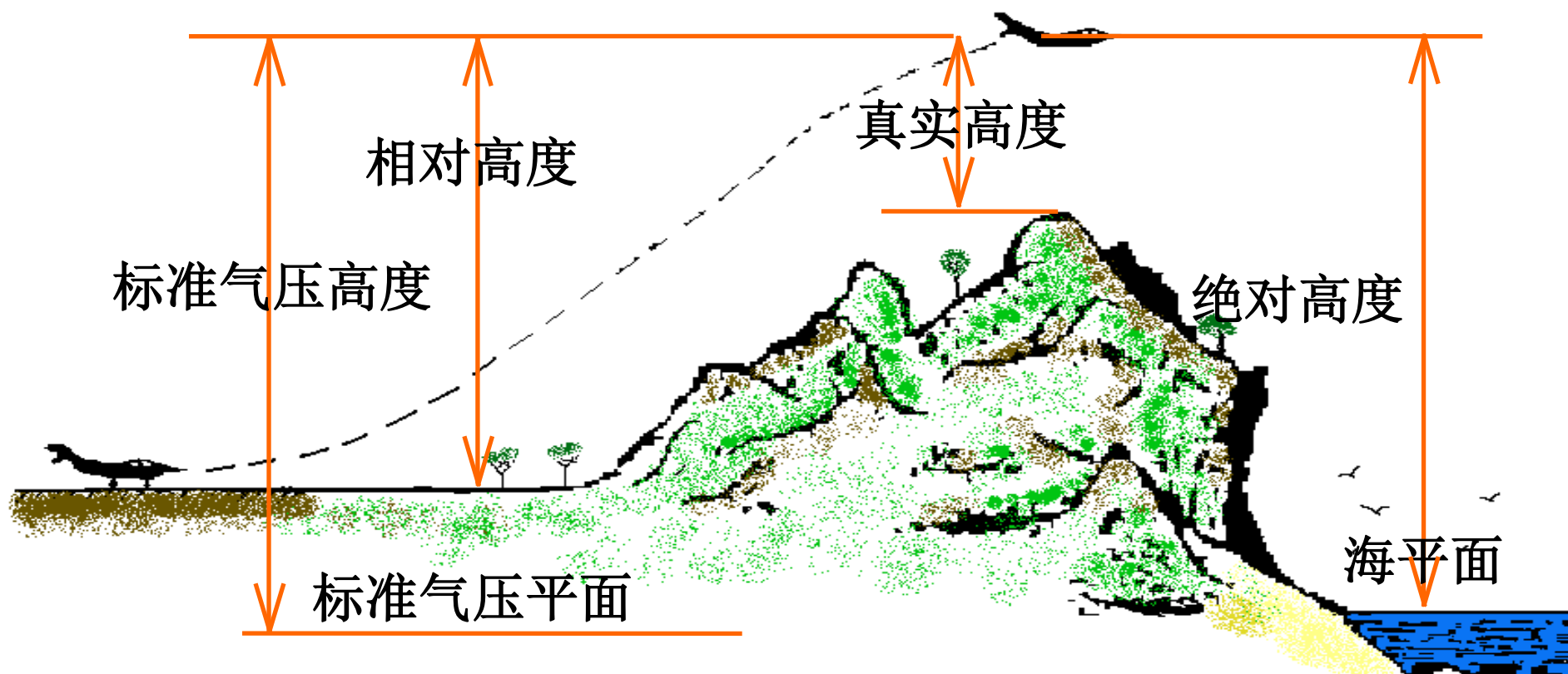
线运动参数: 飞行高度, 速度和加速度

角运动参数: 俯仰角、滚转角和航向角



1) 飞行高度的测量

- 高度分为四种：绝对高度（飞行性能描述）、相对高度（起降）、真实高度（低飞）和标准气压高度（空管）。



2) 飞行速度的测量

- 飞行速度分为**空速和地速**。
- 飞行状态主要关心空速。
- 空速可以通过压力来测量
- 地速：加速度积分和雷达等方法测量。
- **地速是空速和风速的合成**，需要知道大气中风的大小和方向才可与空速根据矢量计算出来。

4.2 飞行器导航系统

- **导航：**把飞行器从出发地引导到目的地的过程
- **导航参数：**位置、方向、速度、高度和航迹等。
- **导航方式：**
 - 无线电导航、卫星导航
 - 惯性导航、图象匹配导航
 - 天文导航、组合导航

4.2.6 组合导航

惯性导航：自主、隐蔽、短时精度高，但随时间精度低

无线电：定位误差小、简单、可靠，抗干扰和隐蔽性差，非自主

天文导航：自主，但受气象条件影响。

图像匹配：易受气象、外部干扰。

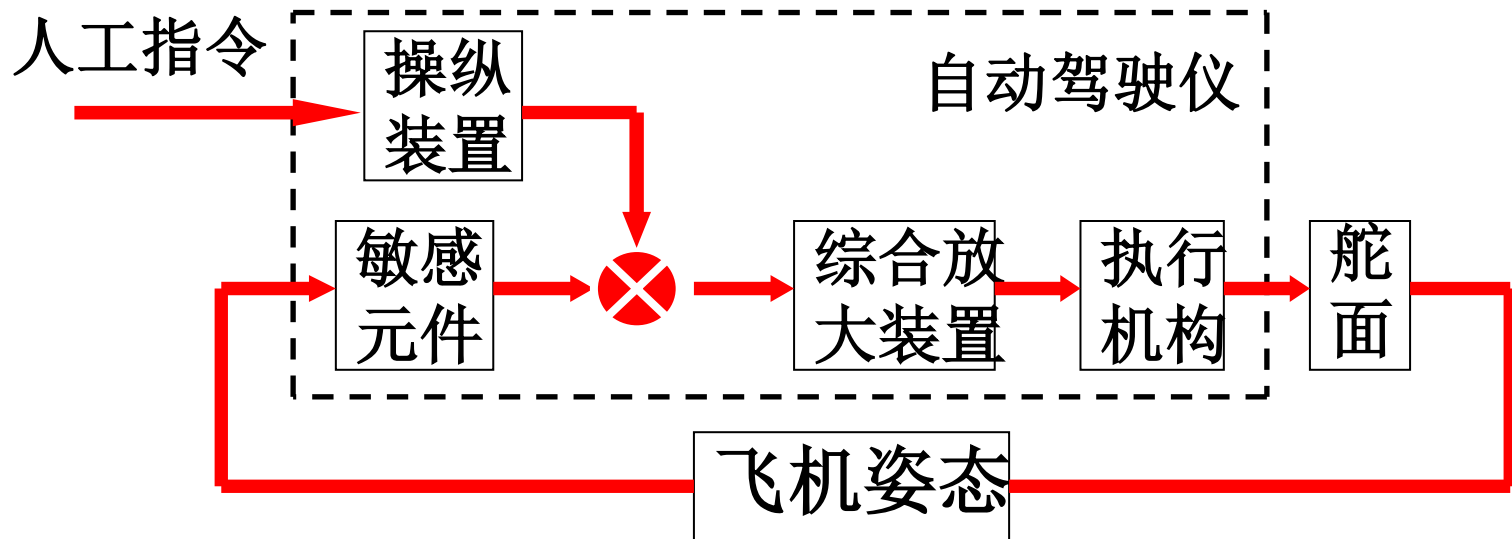
卫星导航：精度高、全天候，设备复杂

两种以上导航组合后取长补短，增加可靠性。多以惯性导航为主。

我国军机、导弹导航问题，台海危机

4.3.2 飞行器自动控制系统

1) 自动驾驶仪

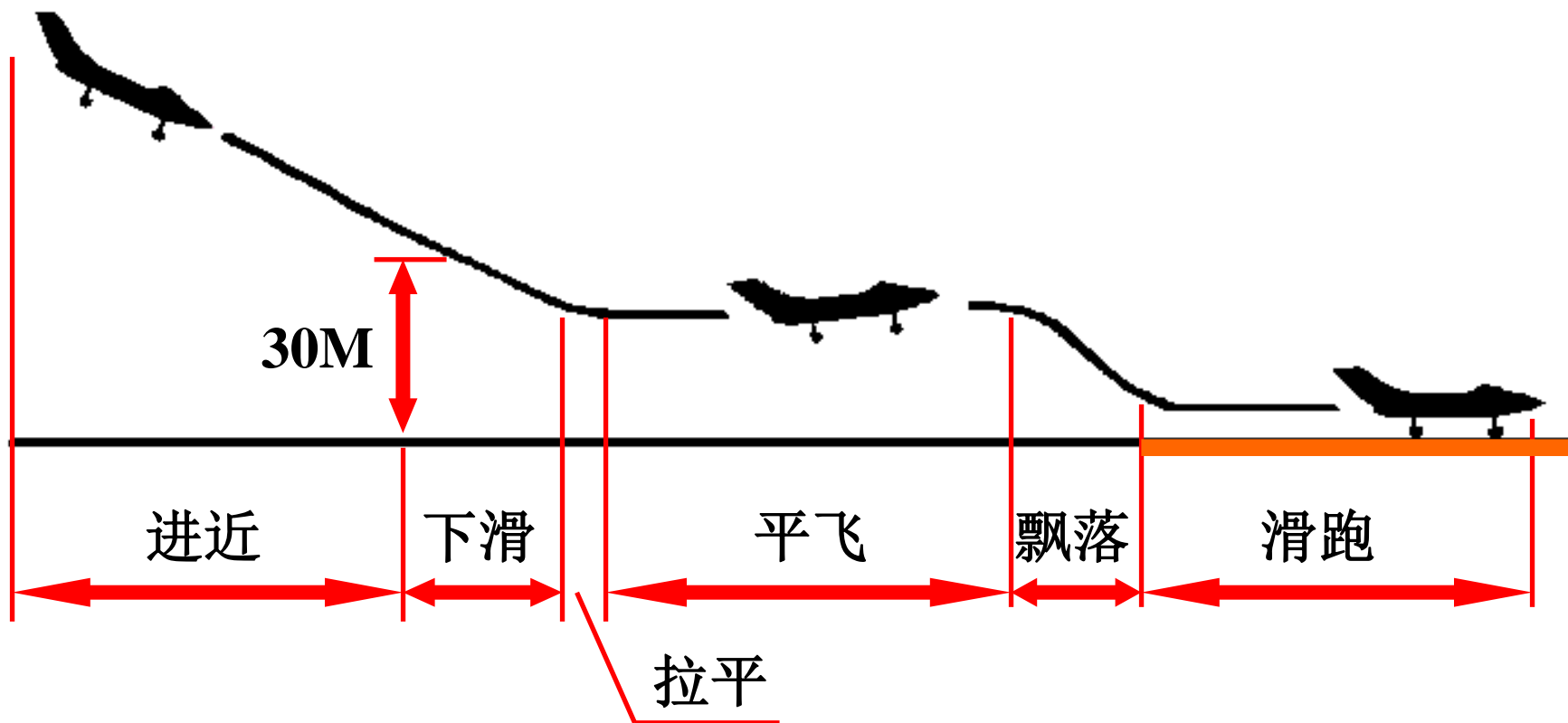


敏感元件：测量飞行的状态参数

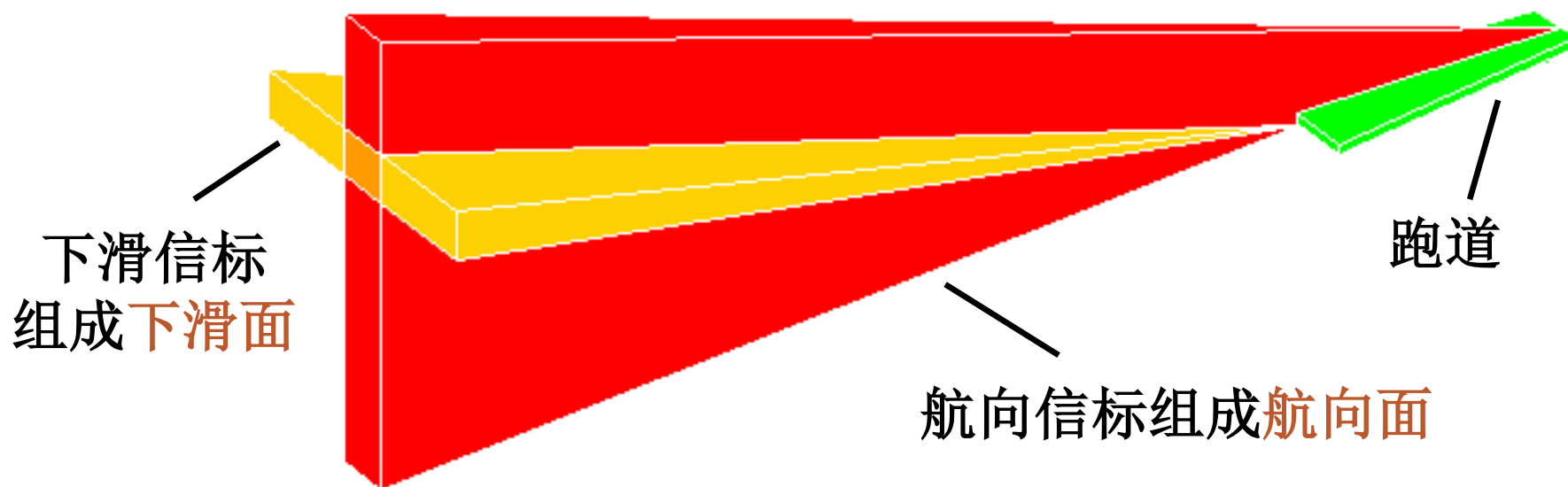
综合放大装置：参数的综合放大和处理

执行机构：发出功率，按要求操纵舵面偏转

2) 着陆控制系统



仪表着陆系统



航向信标：与跑道中心线成一定航向角

下滑信标：与跑道成一定仰角

航向信标与下滑信标构成无线电下滑航道。

第五章 飞行器的构造

1. 对飞行器结构的一般要求和常用的结构材料（了解）
2. 航空器的构造（掌握）
3. 航天器的构造（了解）
4. 火箭和导弹的构造（了解）