



## M3.2 典型飞机结构

## 修订批准页:

| 版次 | 修订时间       | 编写/改版 | 修订说明 | 审核/日期              | 审批/日期             |
|----|------------|-------|------|--------------------|-------------------|
| R0 | 2020.06.16 | 刘海斌   | 新编课件 | 谈海军<br>/2020.08.03 | 张玉<br>/2020.08.08 |
| R1 | 2021.02.01 | 单展    | 修订课件 | 谈海军<br>/2021.02.26 | 张玉<br>/2021.02.26 |
| R2 | 2021.07.28 | 单展    | 修订课件 | 谈海军<br>/2021.07.29 | 张玉<br>/2021.07.29 |
| R3 | 2021.08.31 | 刘海斌   | 修订课件 | 谈海军<br>/2021.09.28 | 张玉<br>/2021.11.12 |
| R4 | 2022.05.22 | 刘海斌   | 修订课件 | 谈海军<br>/2022.05.23 | 张玉<br>/2022.05.23 |

## 目的与要求:

|           |  |
|-----------|--|
| <b>目的</b> | 通过本次课程的学习，掌握掌握飞机在结构上的发展过程，掌握现代飞机的结构。   |
| <b>要求</b> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 掌握现代飞机的基本结构和材料运用。</li><li>2. 掌握飞机产生腐蚀的原因和处理方法。</li><li>3. 掌握飞机结构上的特殊检查方法和原理。</li><li>4. 掌握飞机结构部件的识别和维护安全注意事项。</li></ol> |

# 课程安排:

A faint, light-colored image of a commercial airplane is visible in the background, centered behind the table.

| 序号 | 内容         | 课时 | 试题数量 |
|----|------------|----|------|
| 1  | 飞机结构概述     | 2H | 2    |
| 2  | 飞机结构       | 1H | 1    |
| 3  | 材料概述       | 4H | 4    |
| 4  | 腐蚀和防腐      | 4H | 4    |
| 5  | 飞机称重与平衡    | 2H | 2    |
| 6  | 无损检测       | 2H | 2    |
| 7  | 典型飞机结构维护介绍 | 1H | 1    |

# 目录

- 3.2.1 飞机结构概述
- 3.2.2 飞机结构
- 3.2.3 材料概述
- 3.2.4 腐蚀和防腐
- 3.2.5 飞机称重与平衡
- 3.2.6 无损检测
- 3.2.7 典型飞机结构维护介绍





## 3.2.1 飞机结构概述

# 目录

1

飞机的机体结构组成

2

飞机结构载荷

3

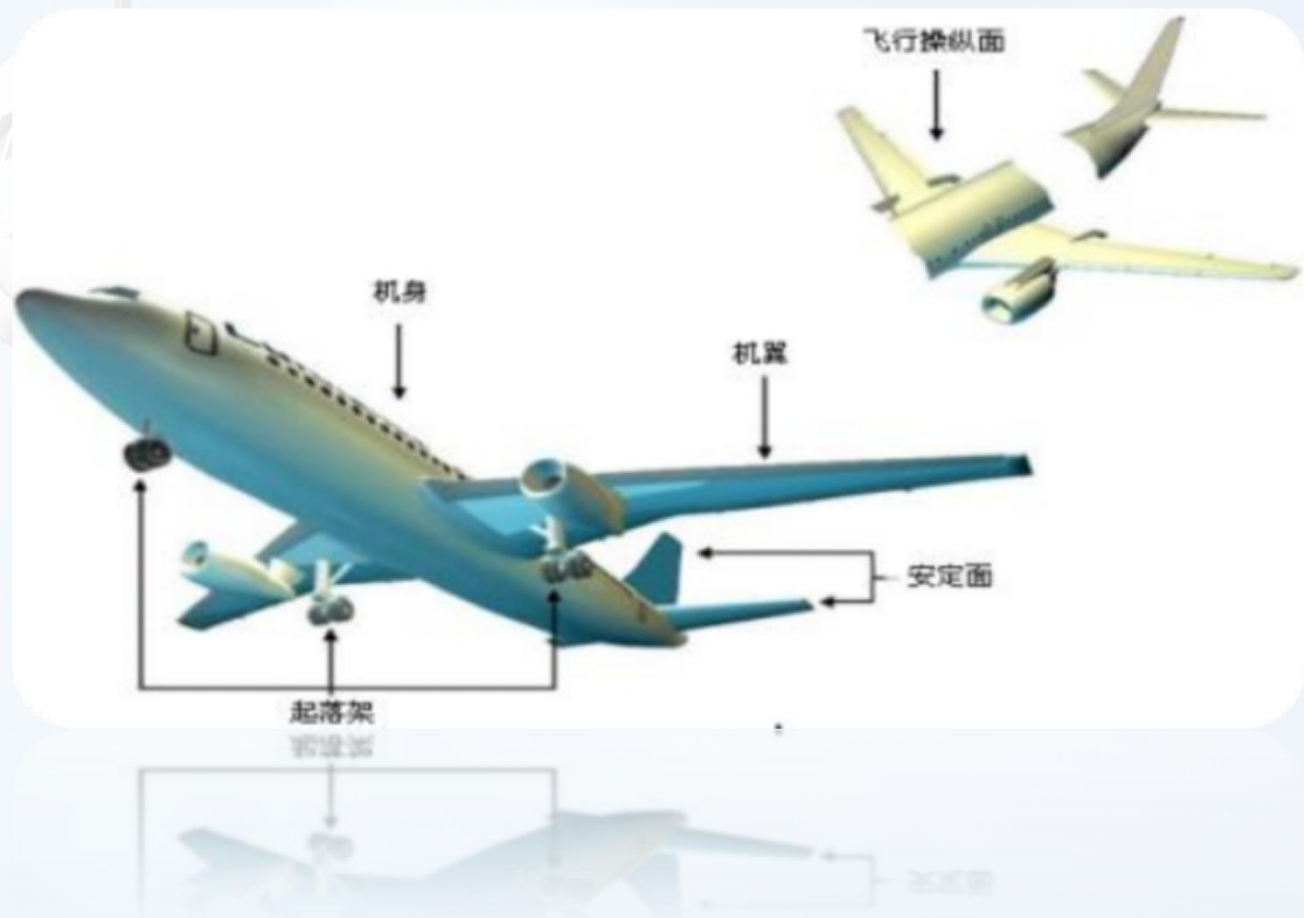
飞机结构分类、站位编号和区域划分



# 1 飞机的机体结构组成

飞机五个主要的结构部件:

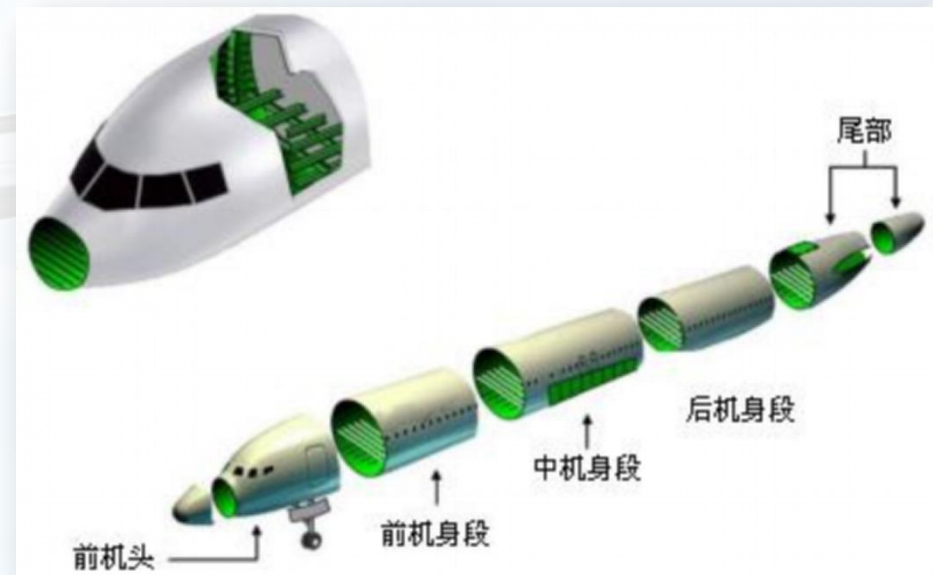
- 1) 机身
- 2) 机翼
- 3) 安定面
- 4) 飞行操纵面
- 5) 起落架



# 1 飞机的机体结构组成

飞机机身结构由以下部分组成：

- 前机头
- 前机身段
- 中机身段
- 后机身段
- 尾部



## 2 飞机结构载荷

### 1) 飞机的内力

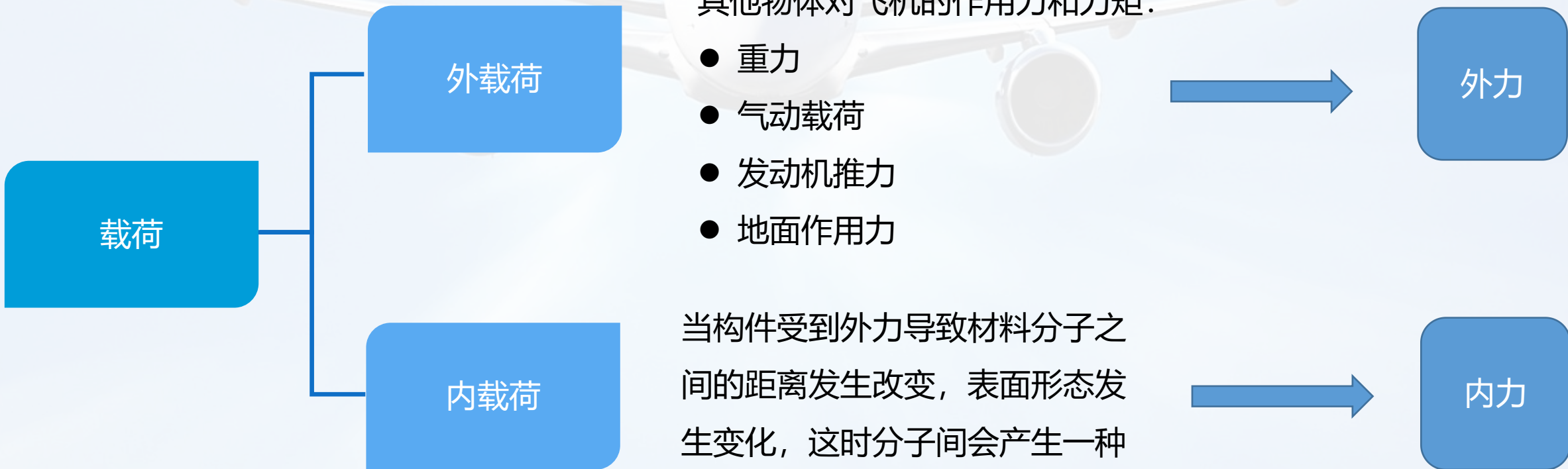
构件的主要作用就是**承受载荷或抵抗应力**。

**载荷**：结构或构件在工作过程中受到物体对它的作用力。

其他物体对飞机的作用力和力矩：

- 重力
- 气动载荷
- 发动机推力
- 地面作用力

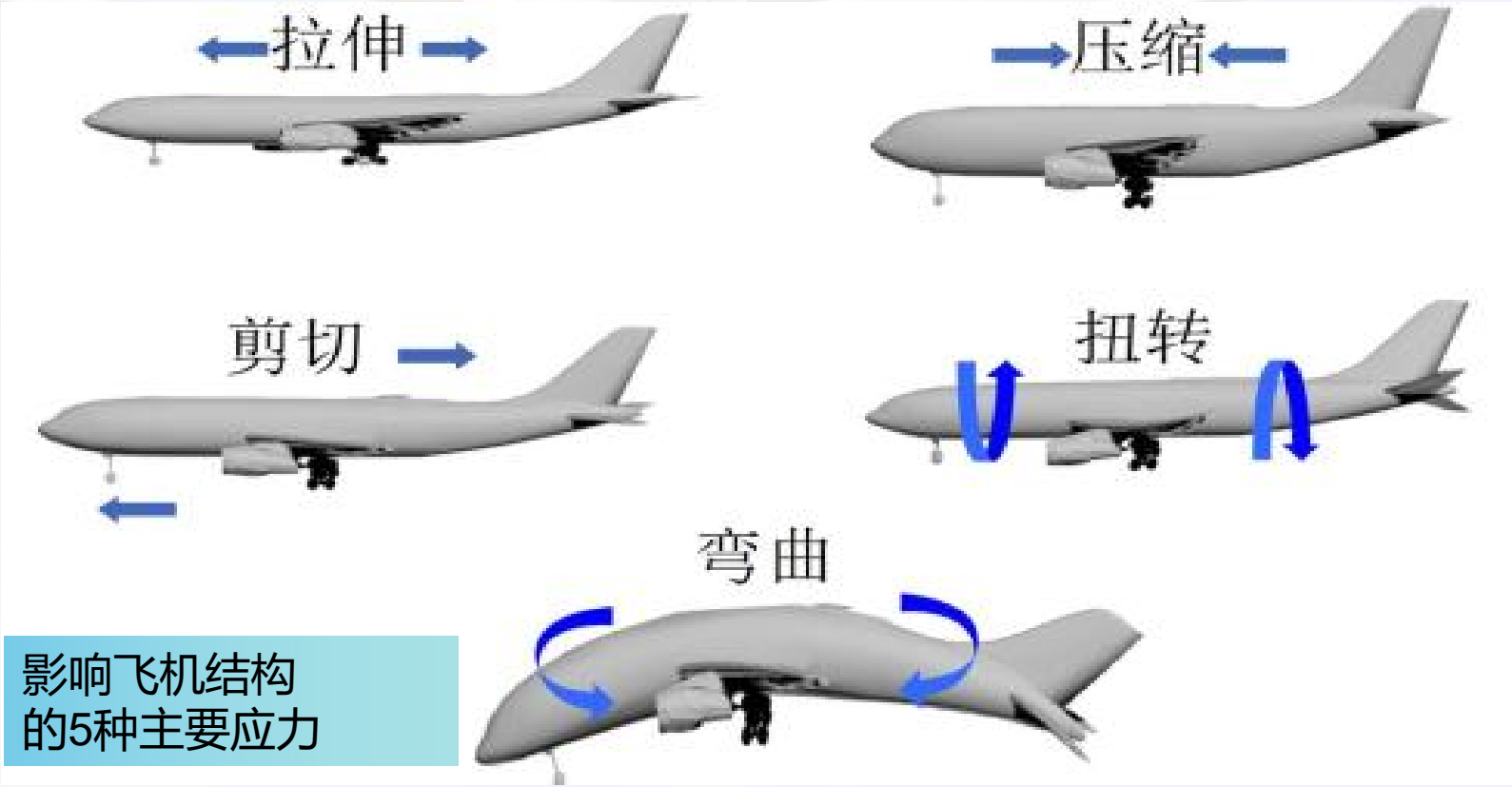
当构件受到外力导致材料分子之间的距离发生改变，表面形态发生变化，这时分子间会产生一种抵抗变形，恢复原状的内载荷



## 2 飞机结构载荷

### 1) 飞机的内力

应力：单位横截面面积上的内力



## 2 飞机结构载荷

### 2) 飞机的外载荷

飞机的外载荷：飞机在起飞、飞行、着陆及地面停放等过程中，作用在飞机上的外力

- 空气动力
- 惯性力
- 飞机在着陆、地面滑行和停机时地面的反作用力

## 2 飞机结构载荷

### 2) 飞机的外载荷

外载荷:

重力  $G$

升力  $Y_0$

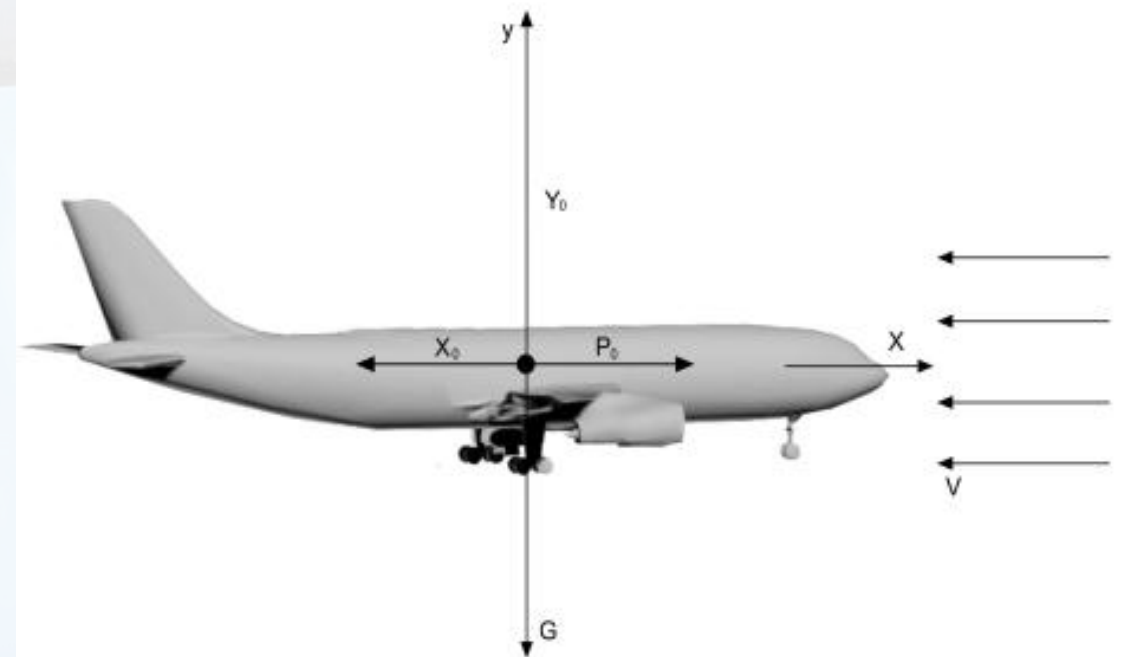
阻力  $X_0$

发动机推（拉）力  $P_0$

等速直线运动

$$Y_0 = G$$

$$X_0 = P_0$$



## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (1) 飞机重心的过载

过载的意义：飞机做机动飞行或平飞中遇到突风时，作用在飞机上的外载荷除重力外是随时间发生变化的。过载表征作用在机体上外载荷的大小和方向。

## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (1) 飞机重心的过载

过载  $n =$

某方向上除重力以外的外载荷

飞机重量

## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

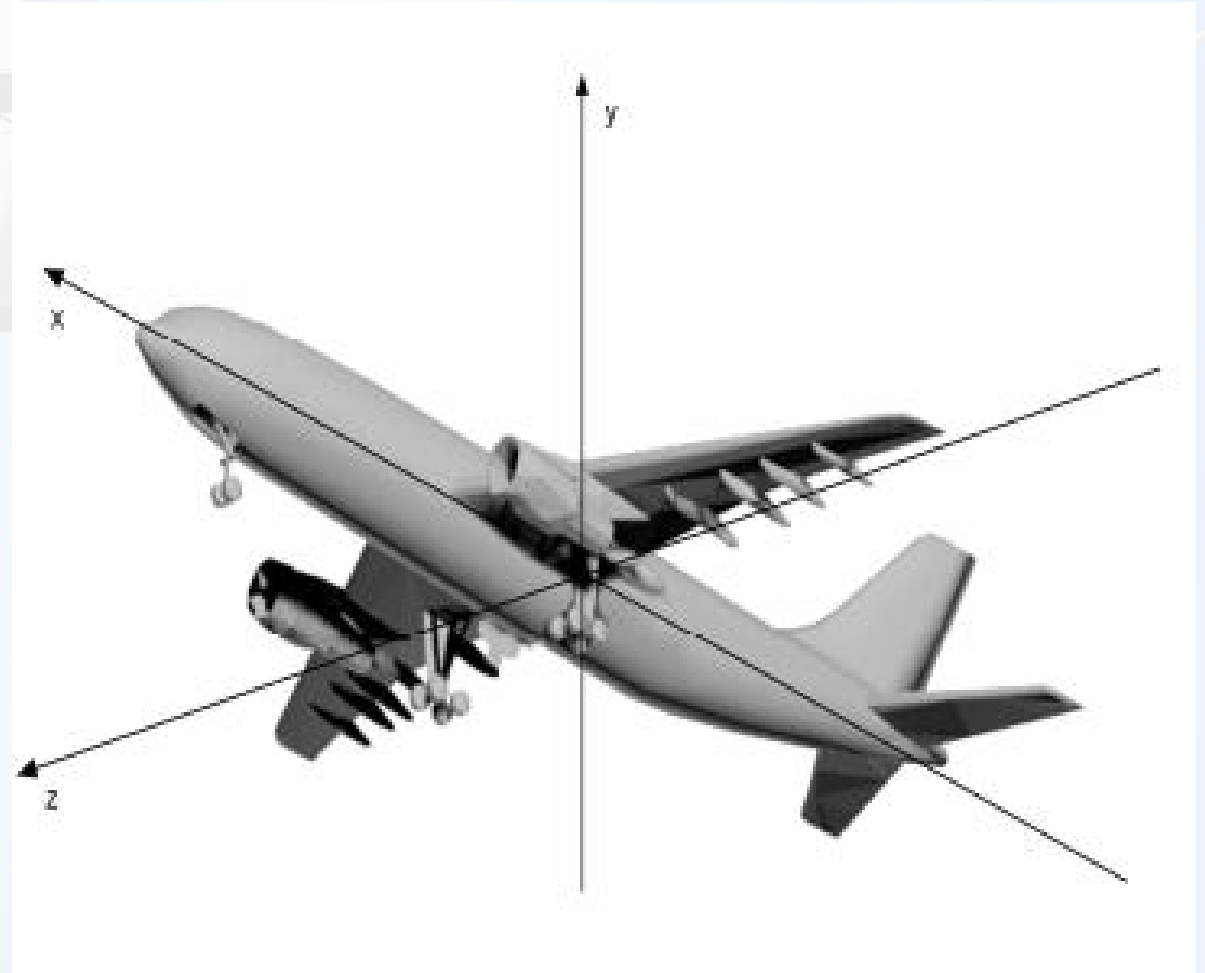
#### (1) 飞机重心的过载

$$n_y = \frac{Y}{G}$$

← 结构设计的主要  
指标之一

$$n_z = \frac{Z}{G}$$

$$n_x = \frac{(P - X)}{G}$$



## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (1) 飞机重心的过载

##### 过载的大小

- 升力与Y轴正向一致时，过载为正
- 升力与Y轴正向相反时，过载为负

## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (1) 飞机重心的过载

##### 过载的意义

便于设计飞机结构，检验其强度、刚度是否满足要求。

**强度**：构件在外力的作用下，抵抗破坏（或断裂）的能力；

**刚度**：构件在外力的作用下，抵抗变形的能力。

## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

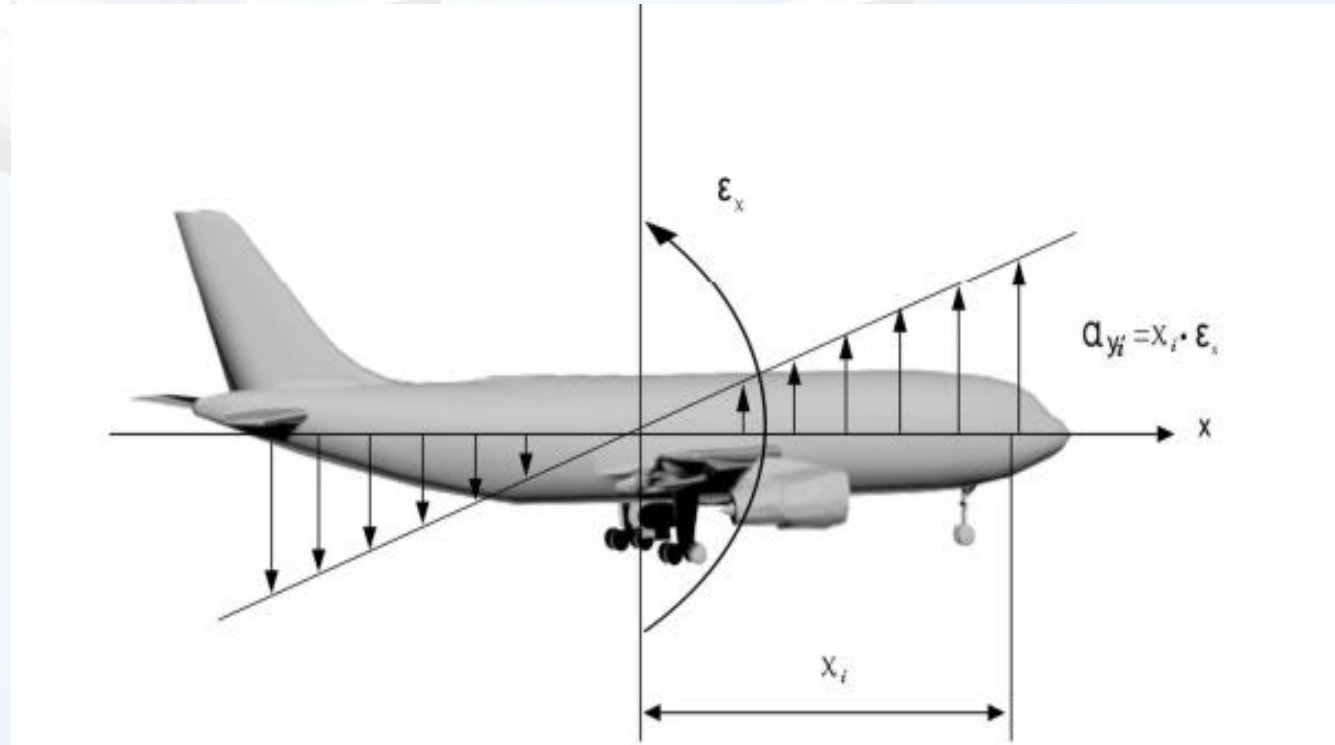
#### (2) 飞机各部位的局部过载

附加过载:

$$\Delta n_i = \frac{a_{y,i}}{g} = \frac{\varepsilon_z \cdot x_i}{g}$$

$x_i$  : 沿机体纵轴部件到重心的距离

$g$  : 重力加速度



## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

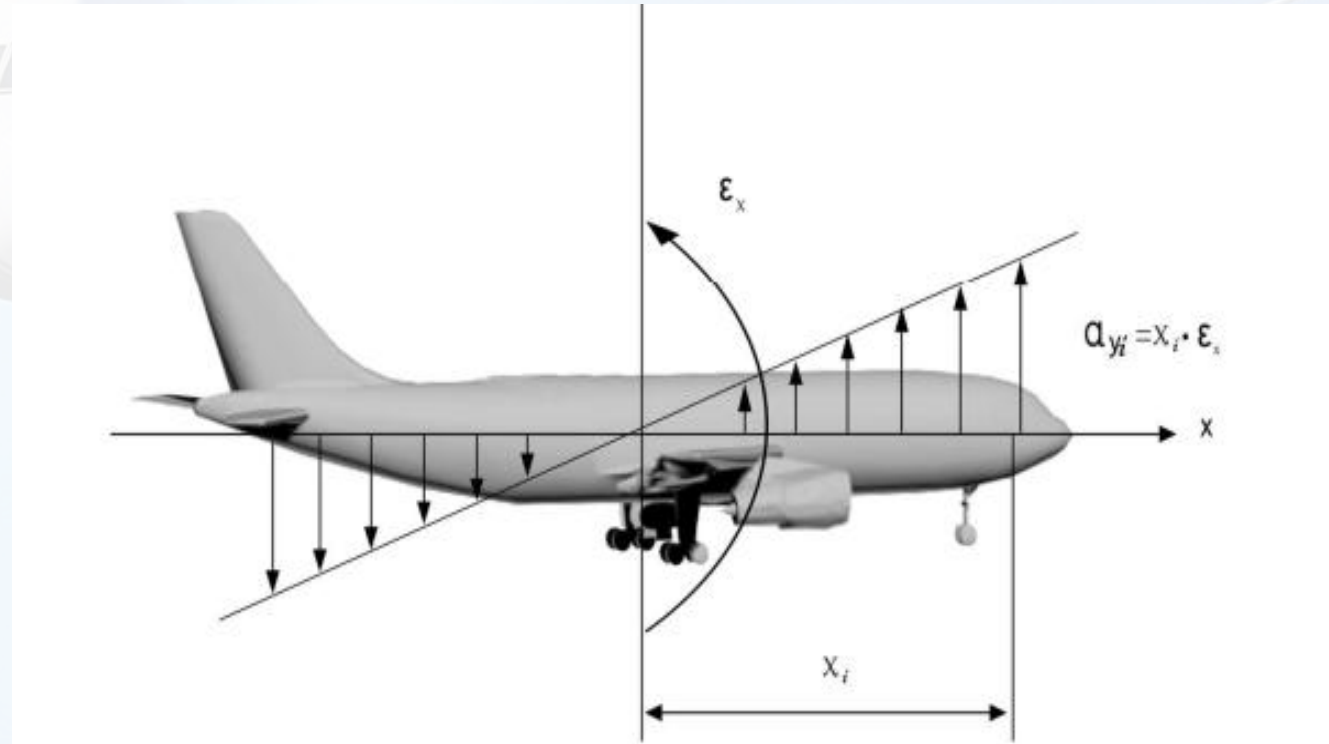
#### (2) 飞机各部位的局部过载

局部过载：

$$n_i = n + \Delta n_i = n + \frac{x_i \varepsilon_x}{g}$$

$x_i$  : 沿机体纵轴部件到重心的距离

$g$  : 重力加速度



## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (2) 飞机各部位的局部过载

飞机各部位的局部过载沿飞机长度是按直线规律变化的

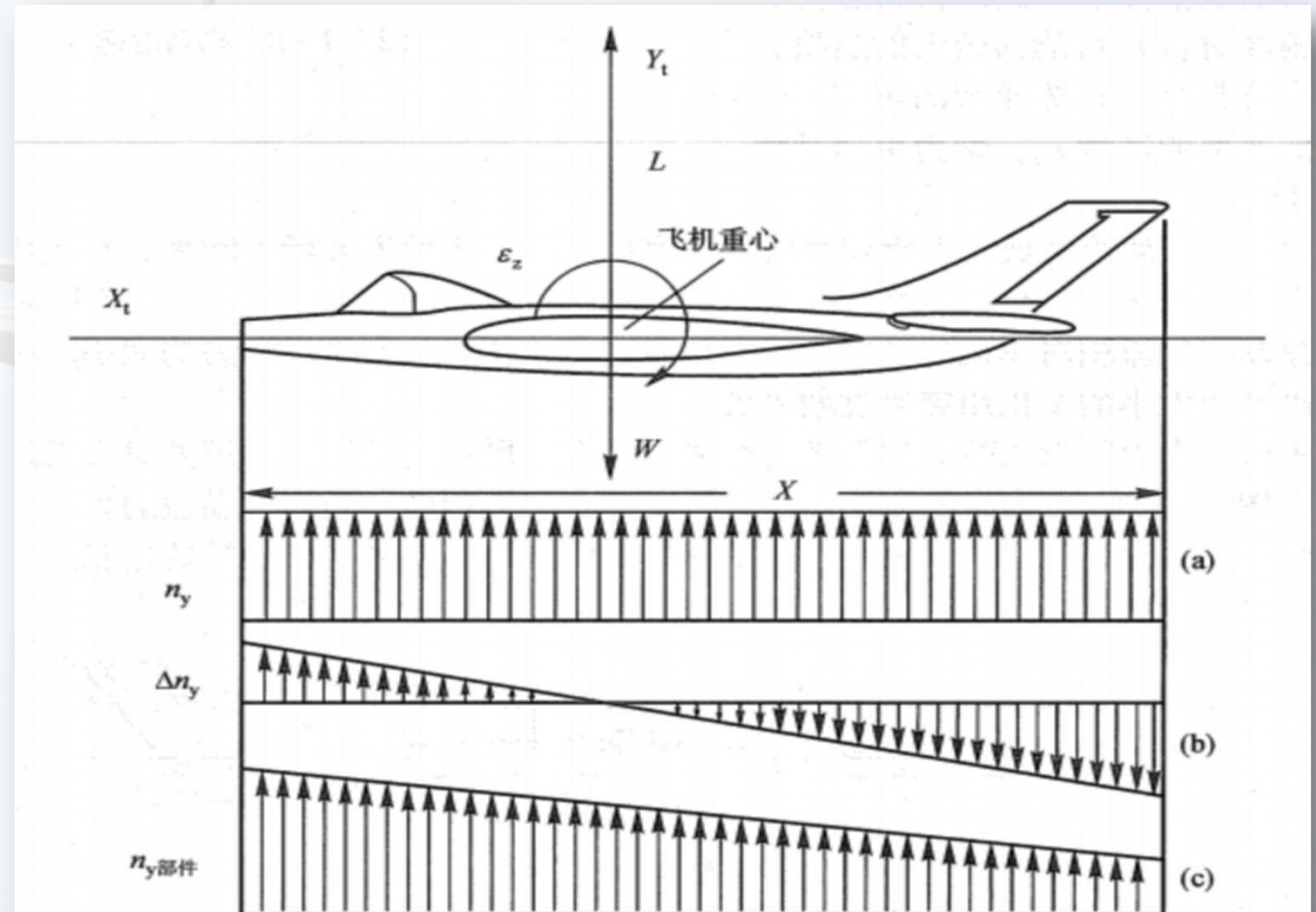


图 1.1-4 部件过载沿飞机纵轴的变化规律

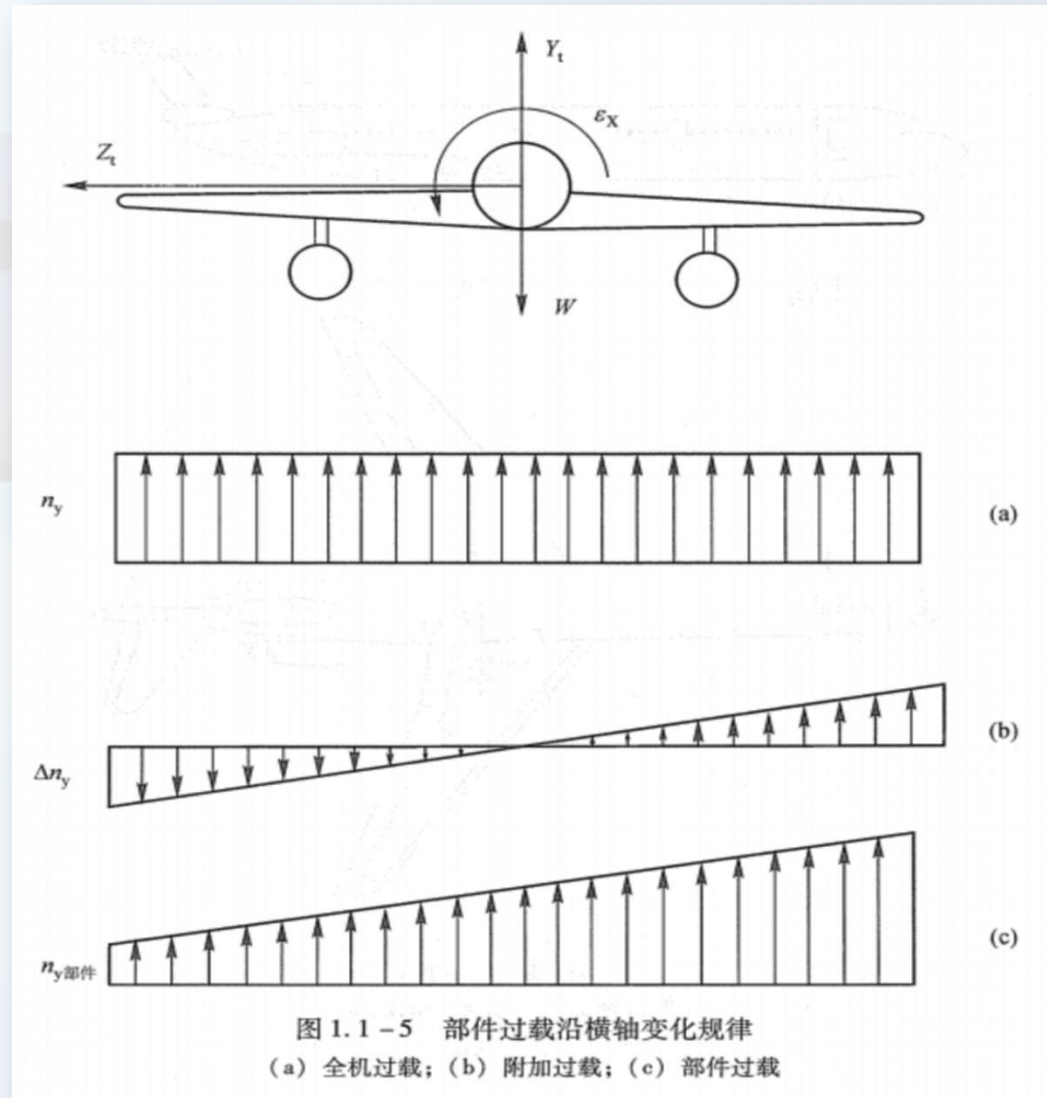
(a) 全机过载; (b) 附加过载; (c) 部件过载

## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (2) 飞机各部位的局部过载

当飞机绕纵轴有滚转加速度时，离开飞机纵轴上的某一点处，也会产生相应的线加速度，形成一个附加过载，计算方法同上。

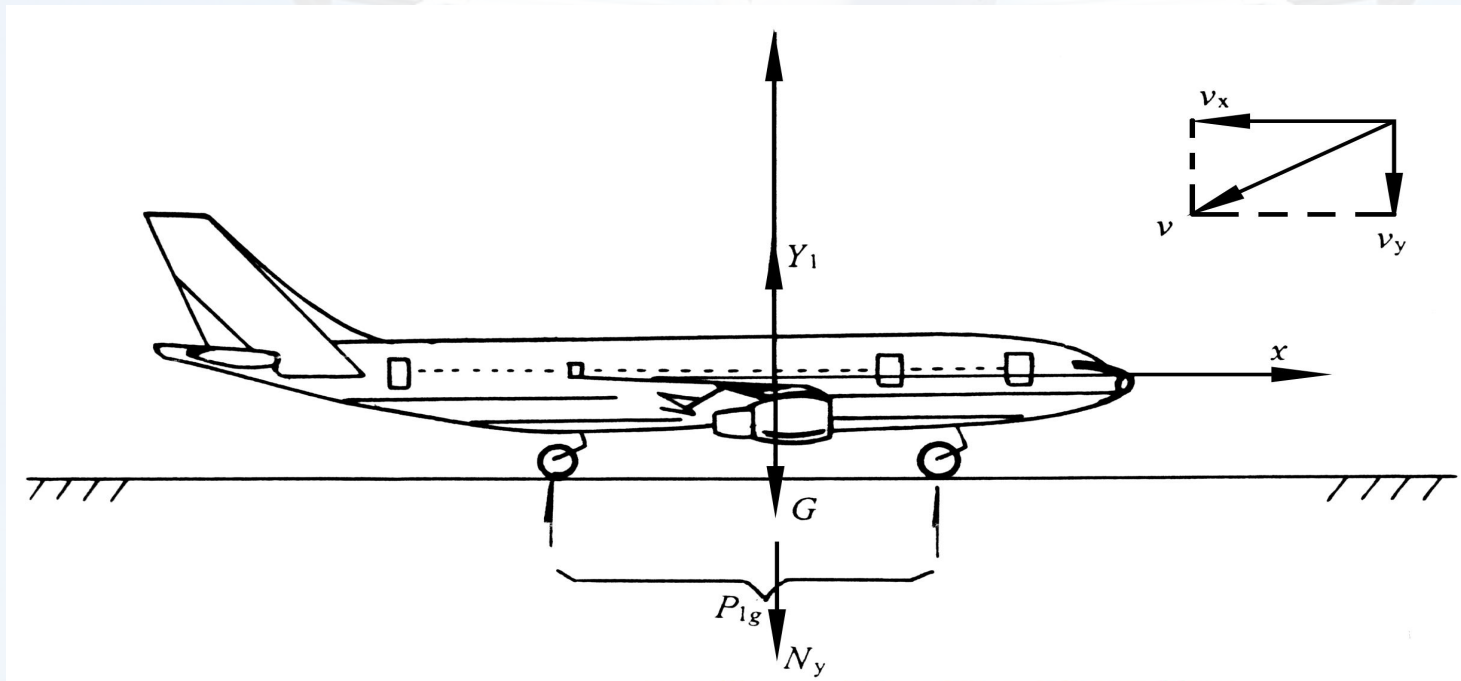


## 2 飞机结构载荷

### 3) 飞机的过载

#### (3) 飞机着陆时的过载

飞机着陆过载的定义是起落架的实际着陆外载荷与飞机停放在地面时起落架的停机载荷之比。



$$n_y = \frac{P_{1g}}{P_{0ig}} = \frac{G + N_y + Y_1}{G}$$

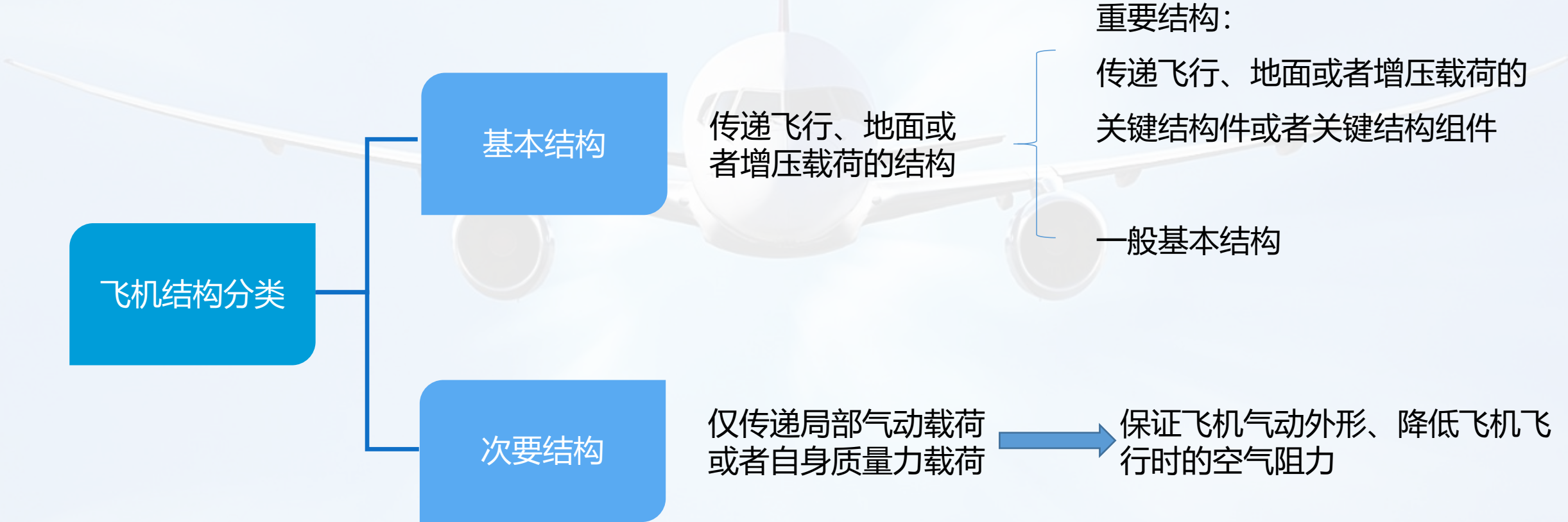
式中  $N_y$  —— 着陆时飞机的 y 轴方向惯性力；  
 $Y_1$  —— 着陆时飞机的升力。

# 小结:

1. 飞机五个结构部件
2. 应力概念
3. 过载概念

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 1) 飞机结构分类



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

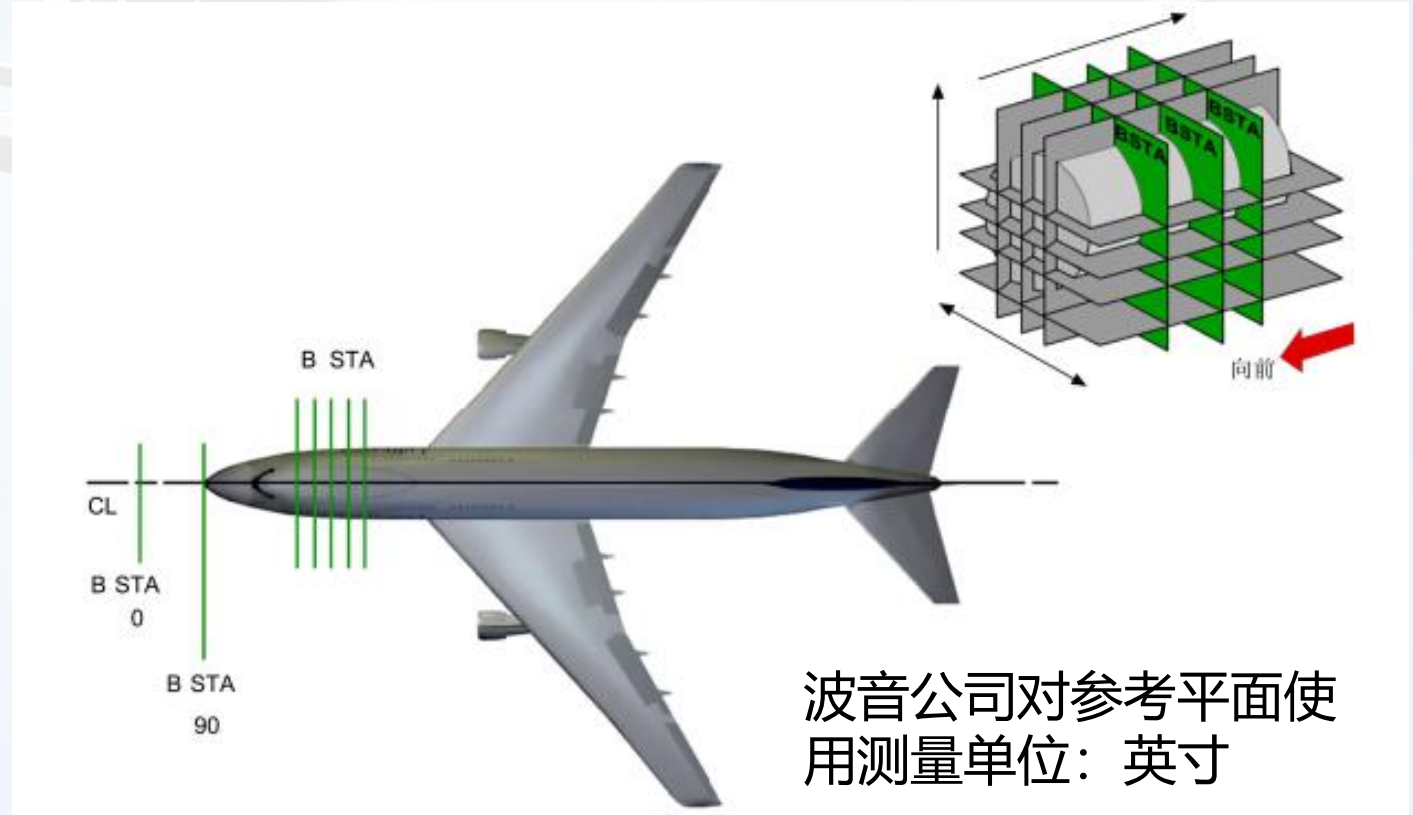
##### (1) 机身区域

机身的坐标系依据三个轴线建立：

垂直轴线、

横向或水平轴线、

纵向轴线。



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

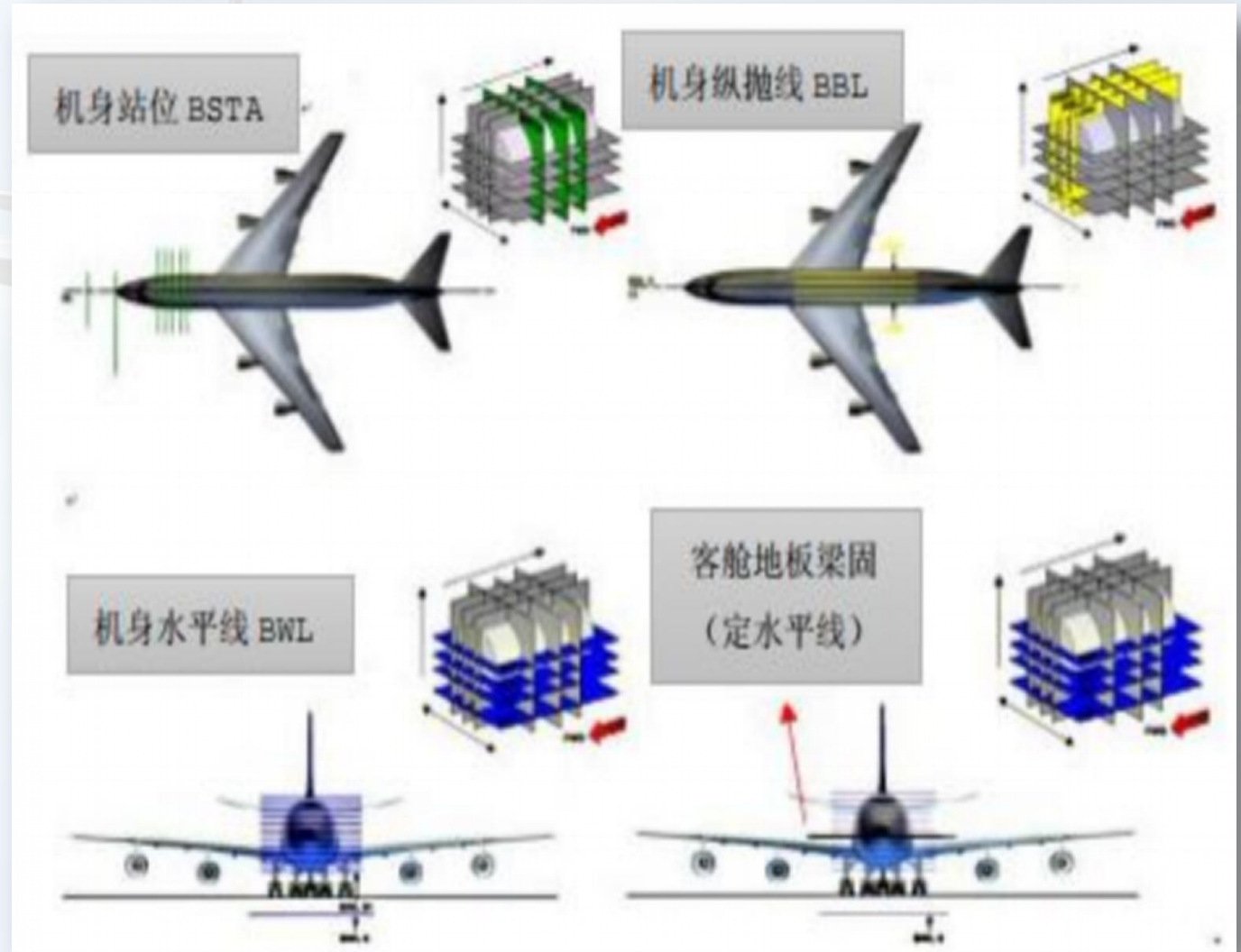
##### (1) 机身区域

波音飞机机身坐标分为：

机身站位

机身纵剖面

机身水平线

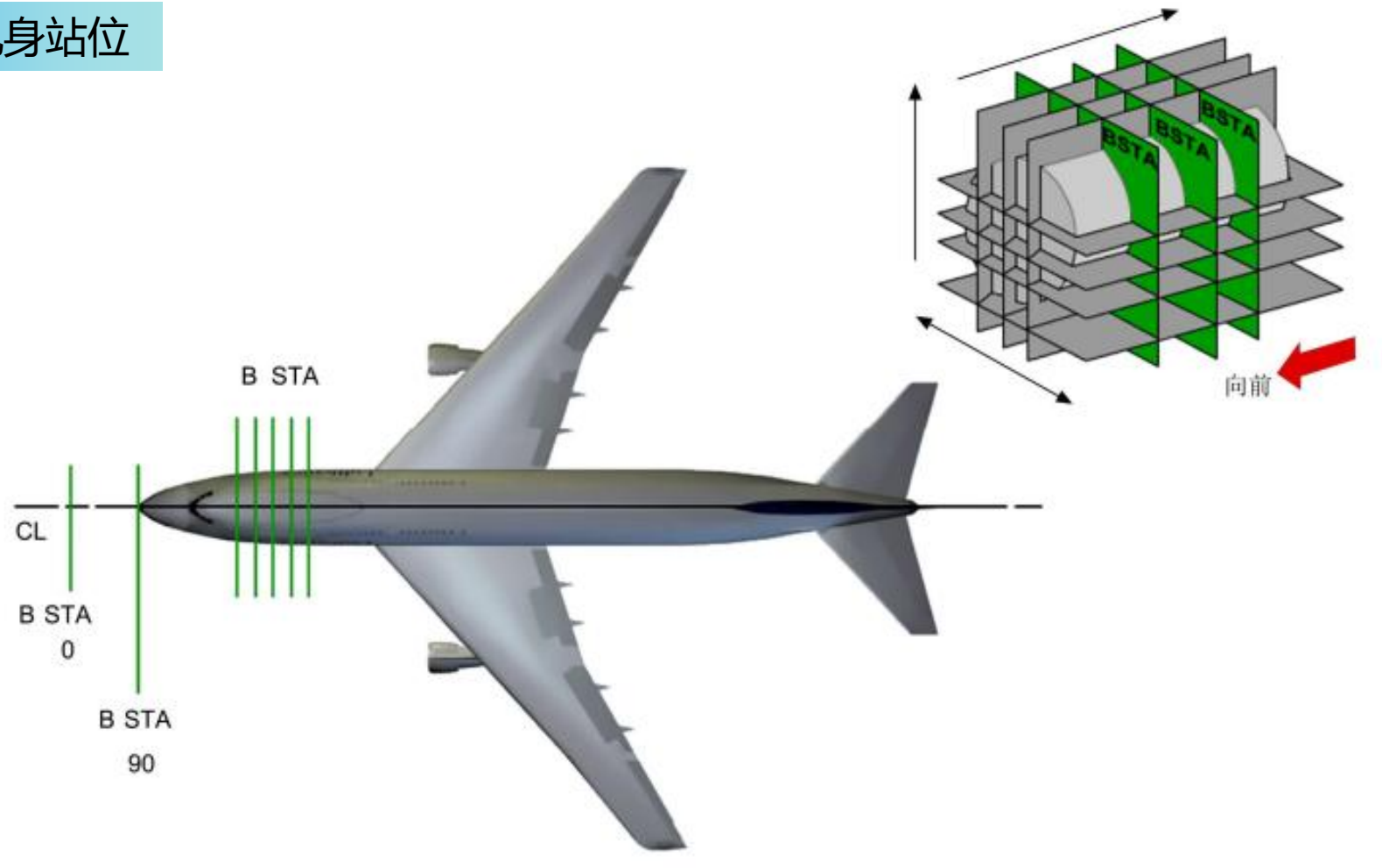


### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (1) 机身区域

机身站位

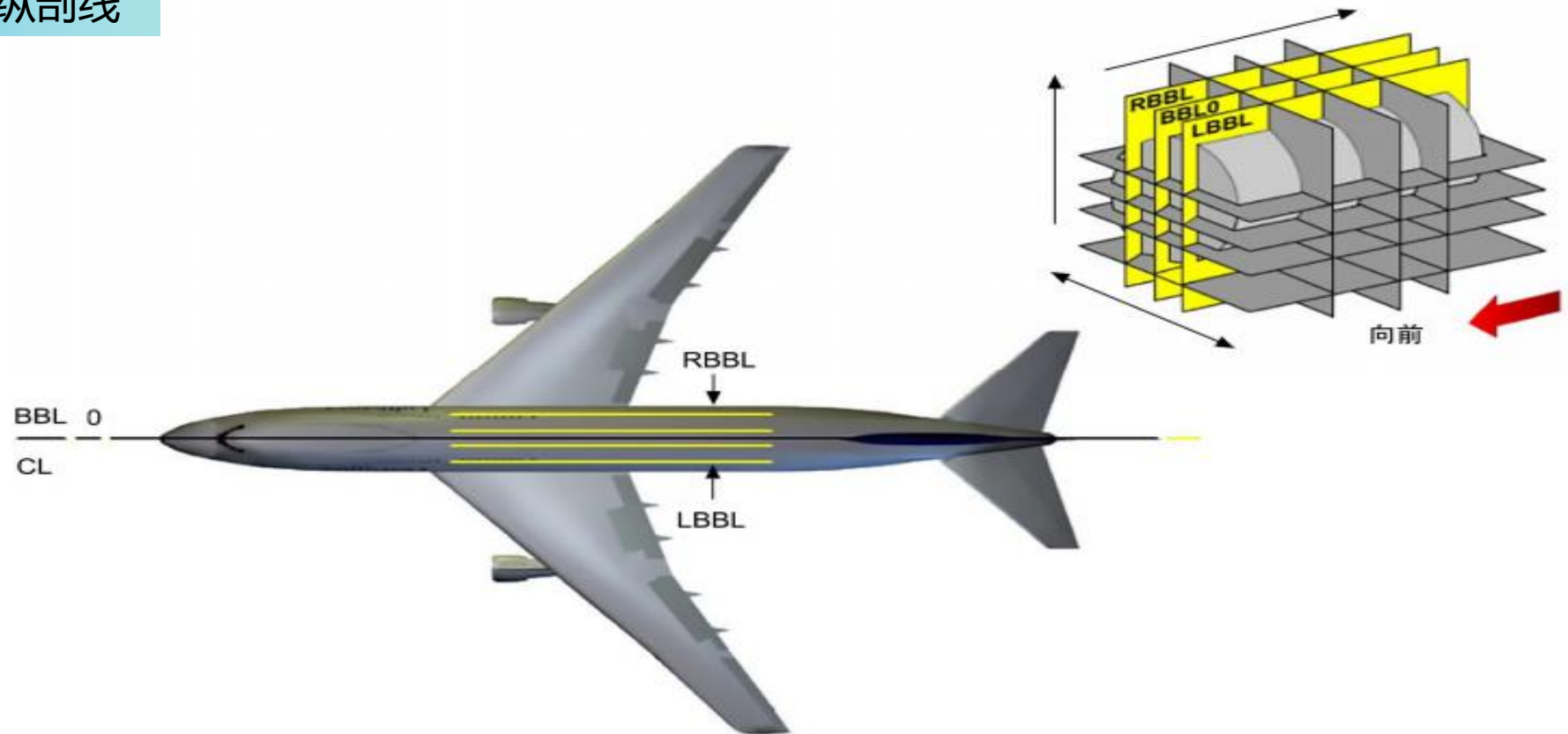


### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (1) 机身区域

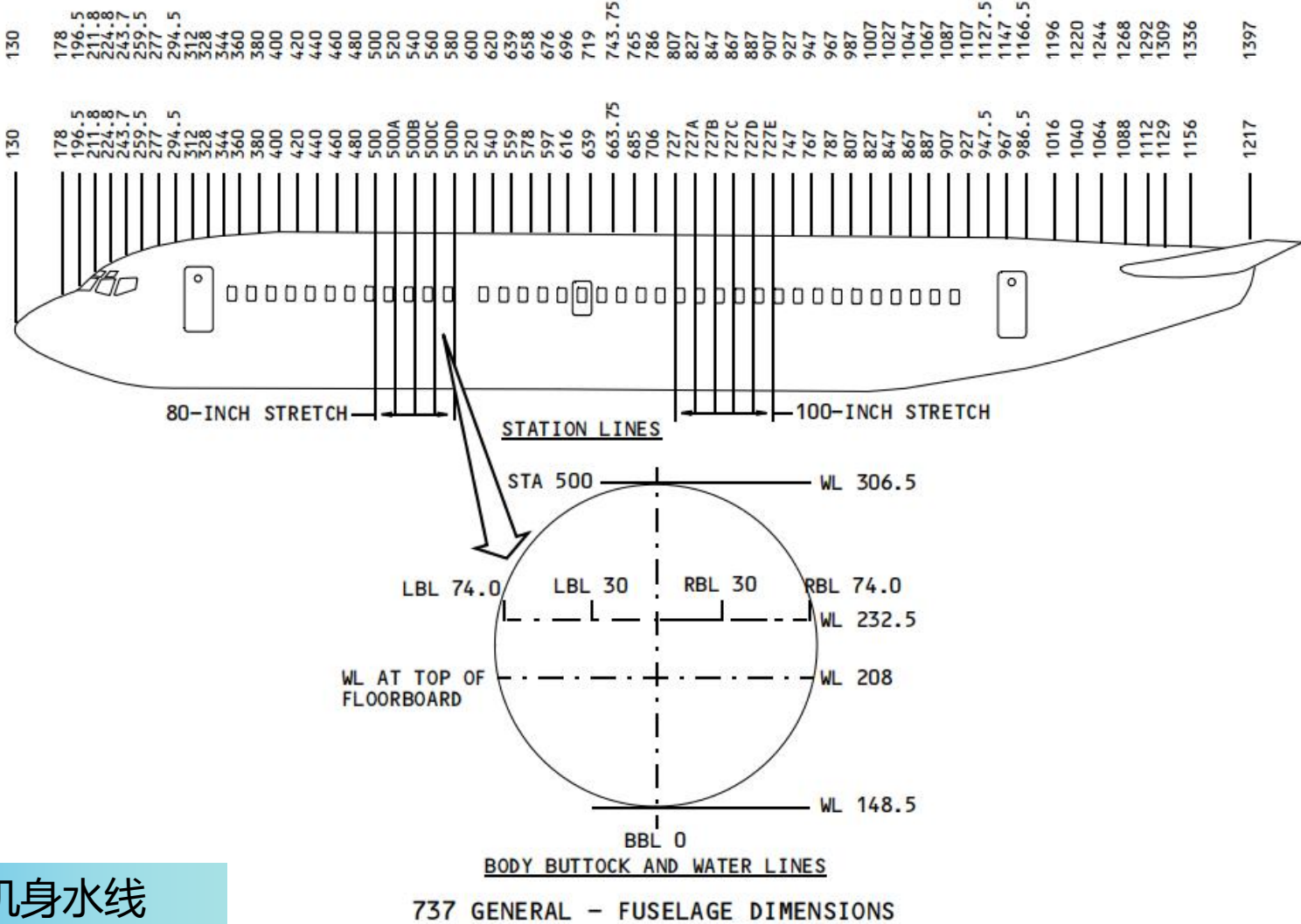
机身纵剖面



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (1) 机身区域



机身水线

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (2) 机翼区域

飞机的机翼坐标系构成:

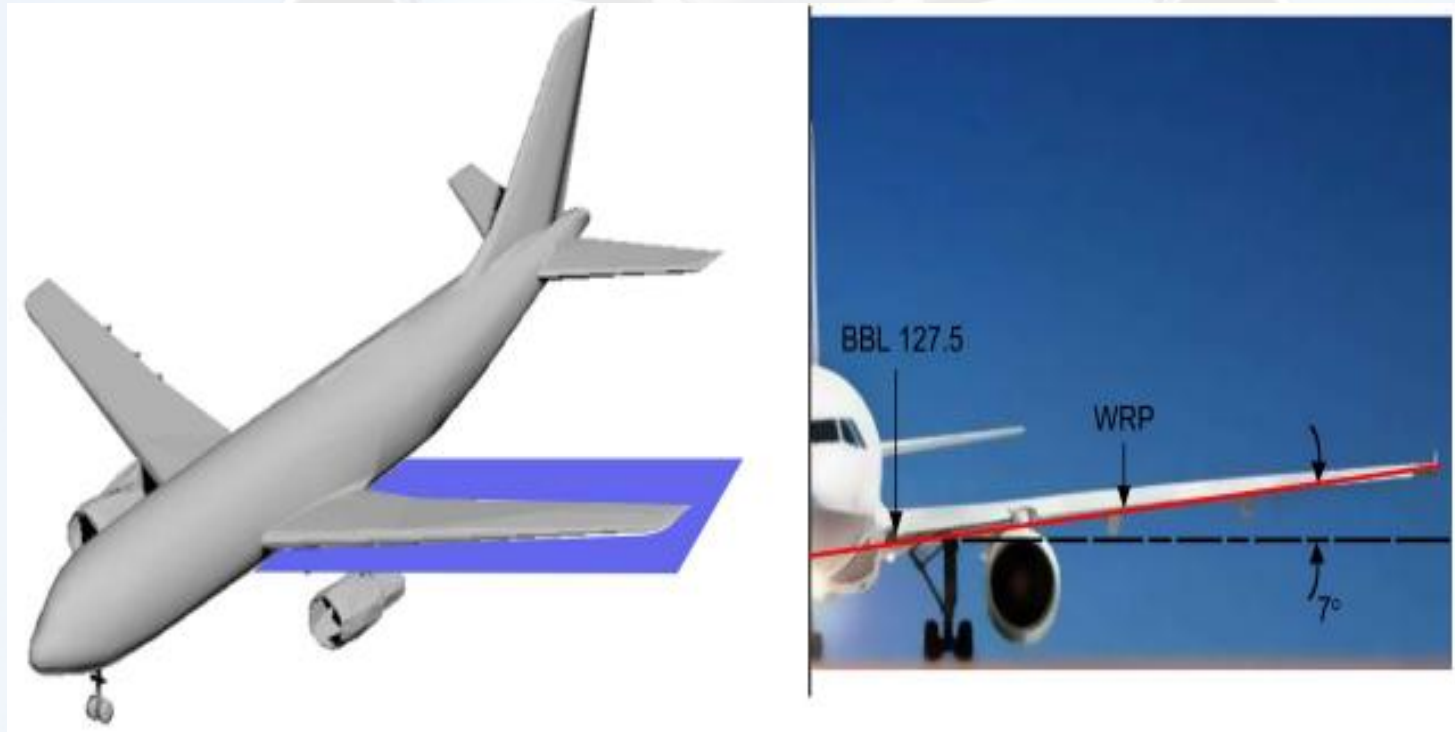
- 机翼参考平面
- 机翼纵剖线
- 机翼站位

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (2) 机翼区域

机翼参考平面是倾斜的。下图机翼参考平面与水平面呈 7 度倾斜，从机身纵剖线 127.5 站位开始计算。

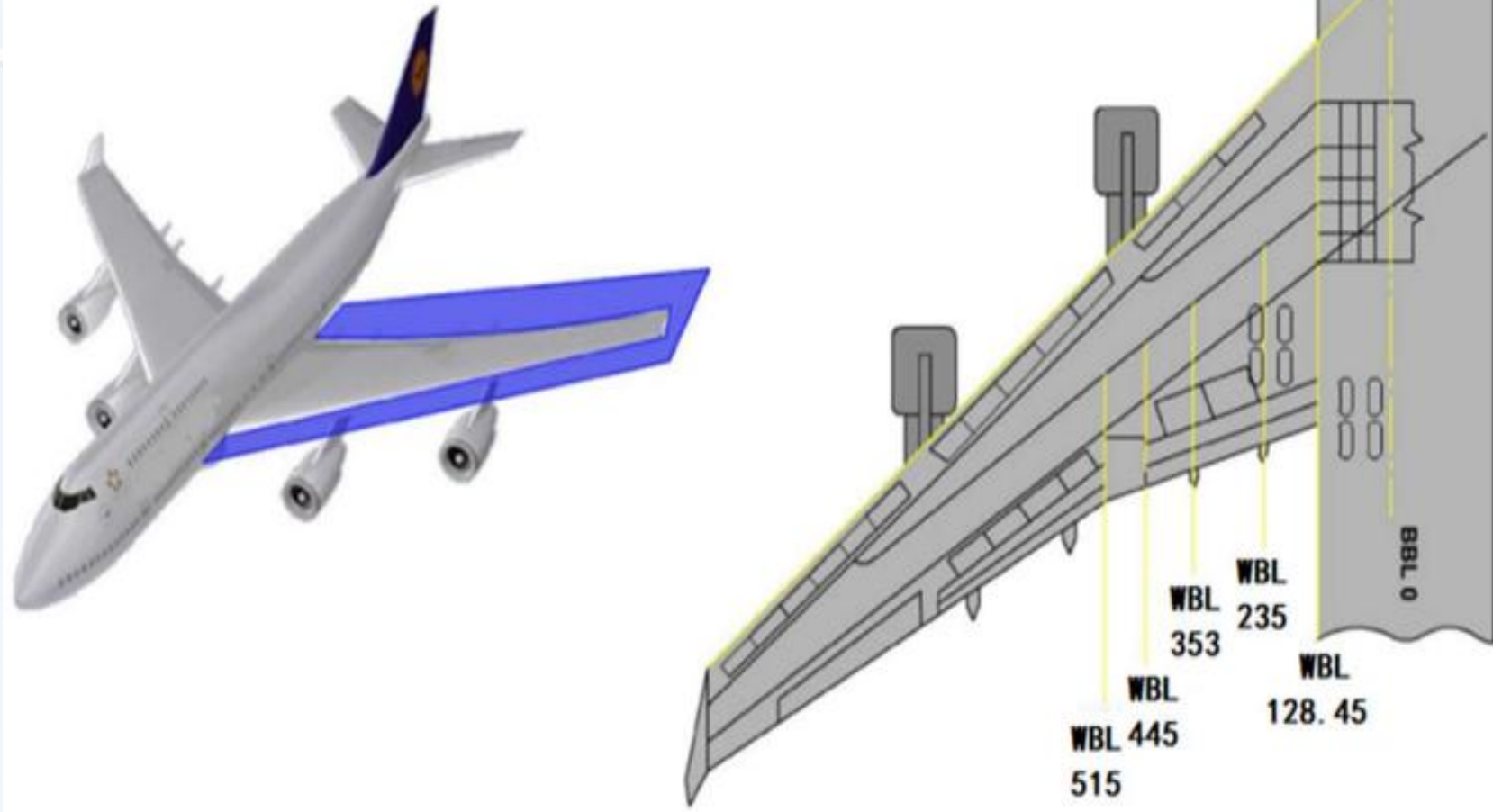


### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (2) 机翼区域

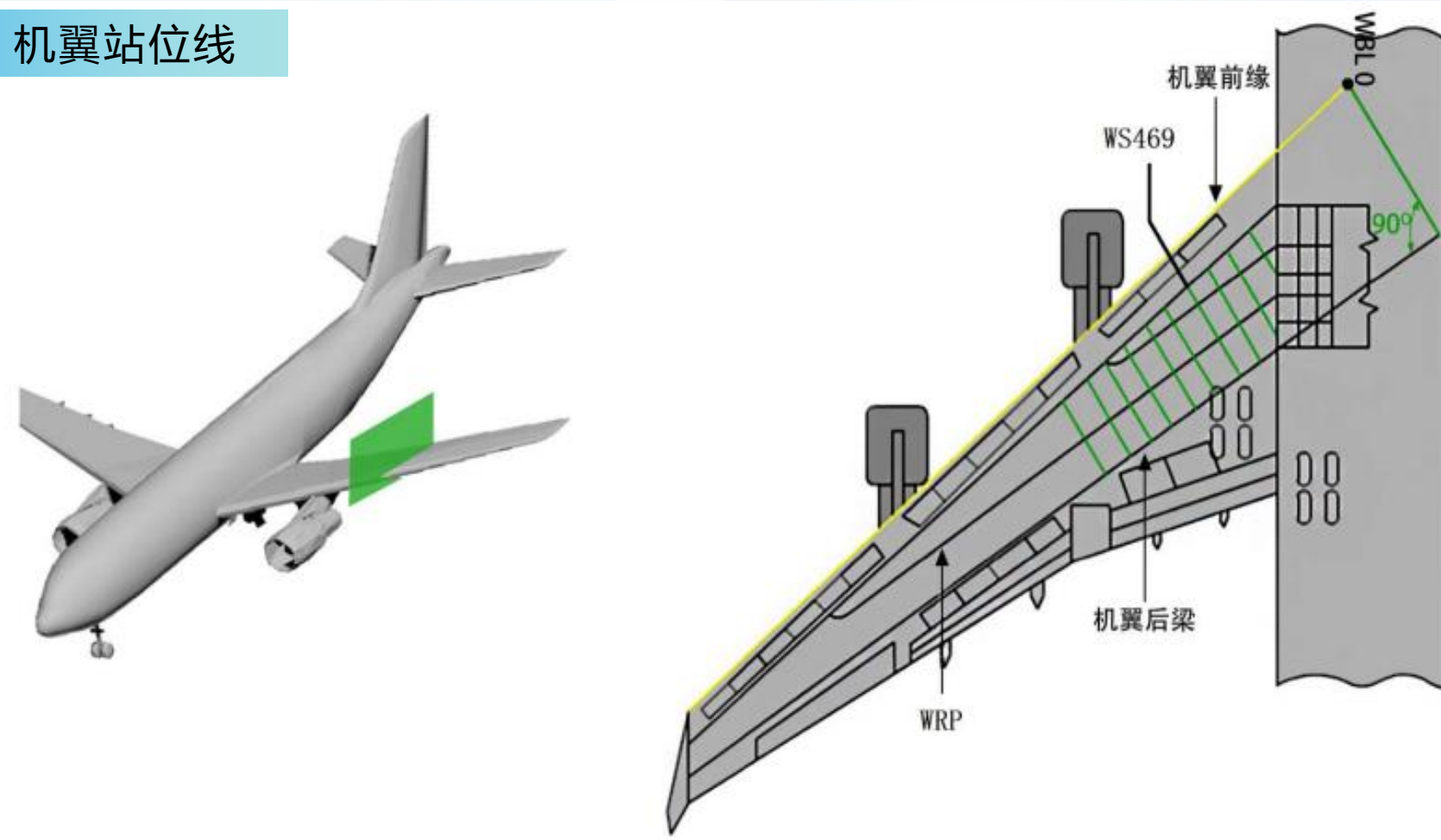
机翼纵剖面



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (2) 机翼区域

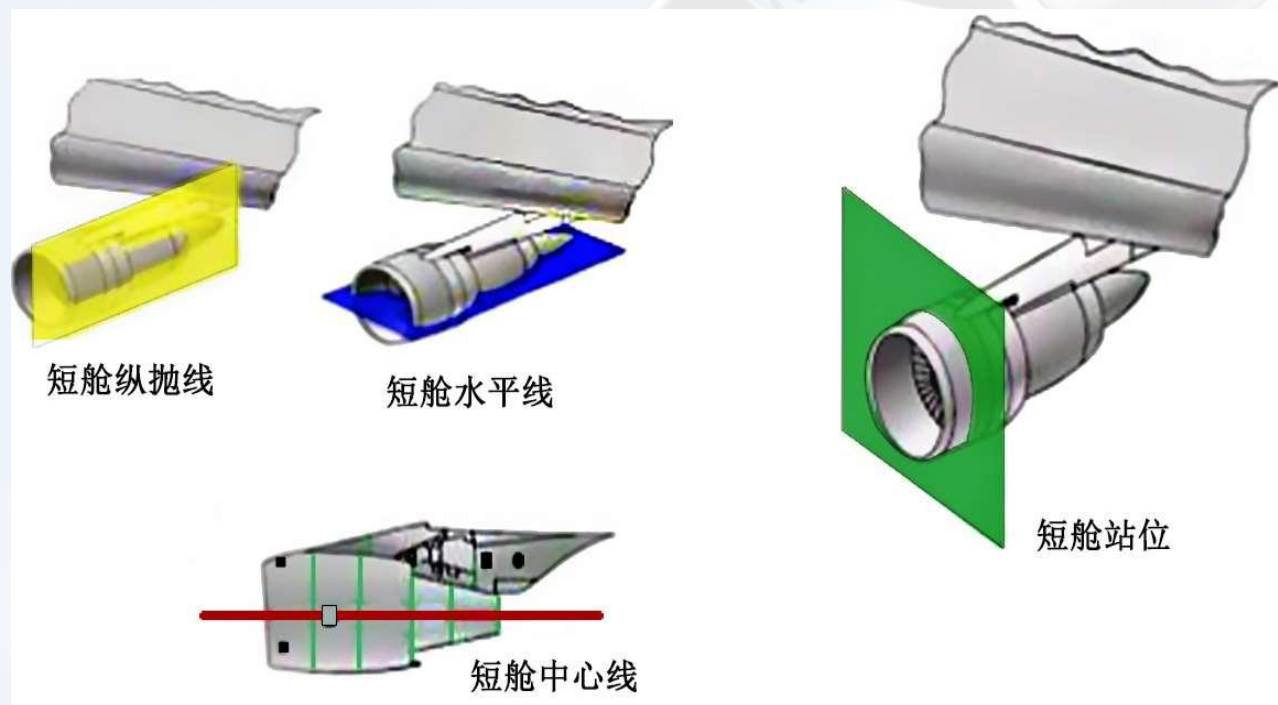


### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

#### (3) 短舱、吊架区域

短舱坐标分为：短舱站位、短舱纵剖、短舱水线。

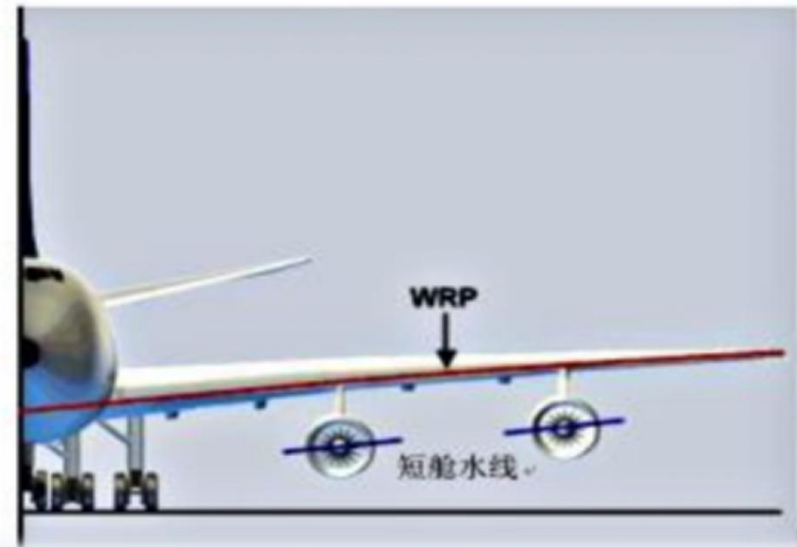
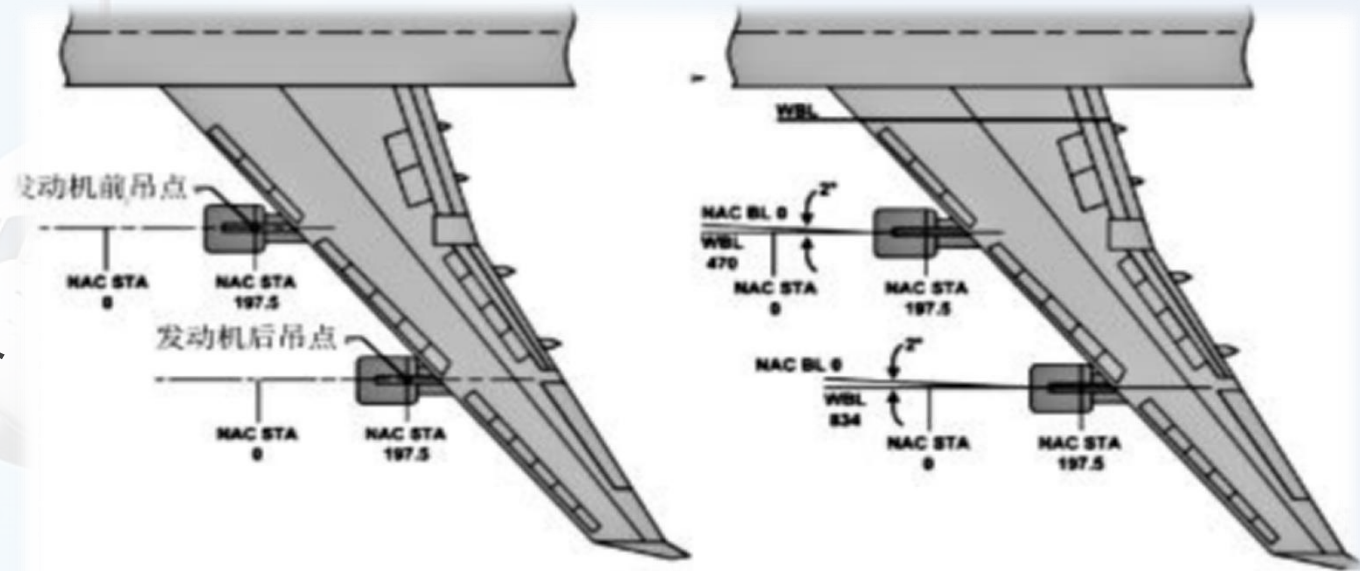


### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (3) 短舱、吊架区域

- 短舱站位是一个与短舱中心线成直角的垂直平面，短舱 0 站位在每个发动机前安装底座的前面，具体位置距离取决于发动机型号。
- 短舱纵剖面根据机翼纵剖面来定义。
- 短舱水线与机翼参考平面平行。



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (4) 尾翼区域

波音飞机水平安定面坐标参考主要有：

- 水平安定弦面
- 纵剖线
- 站位
- 前缘站位
- 升降舵站位



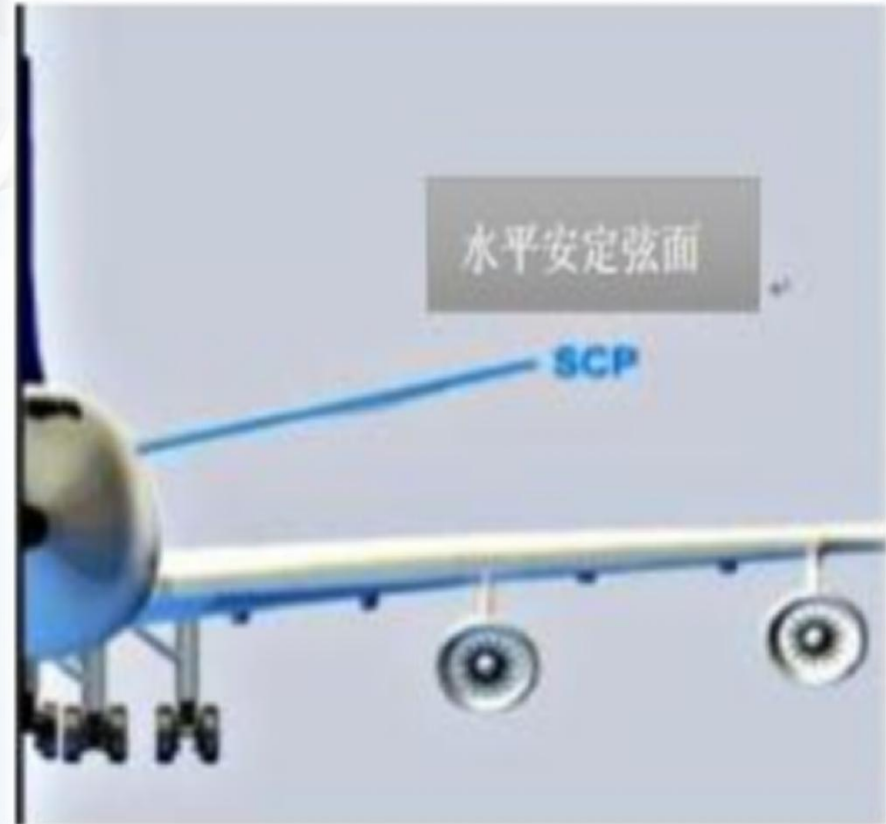
### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (4) 尾翼区域

水平安定弦面SCP:

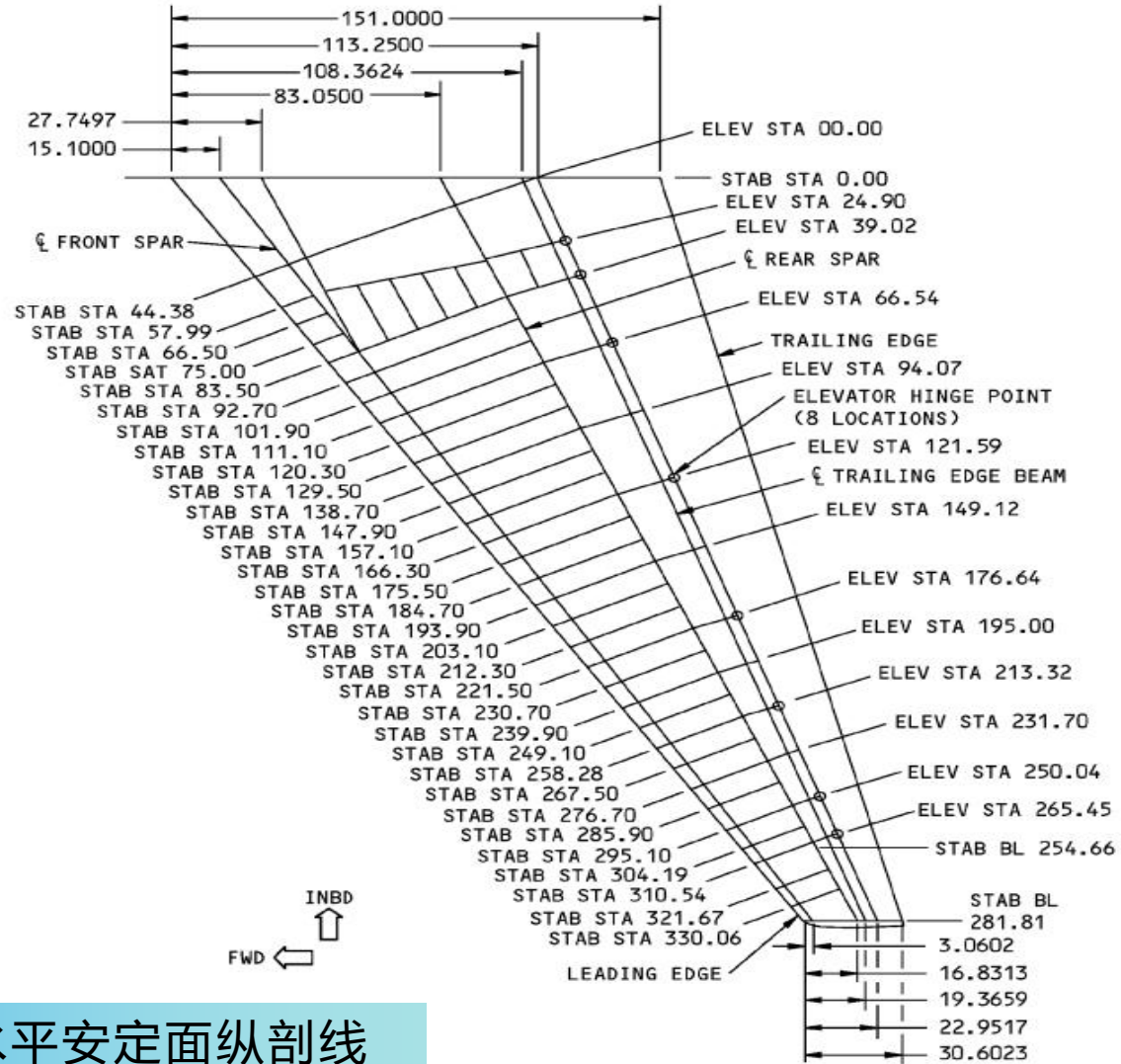
- 横穿整个安定面翼面的前缘和后缘
- 称为水平安定面参考平面



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (4) 尾翼区域

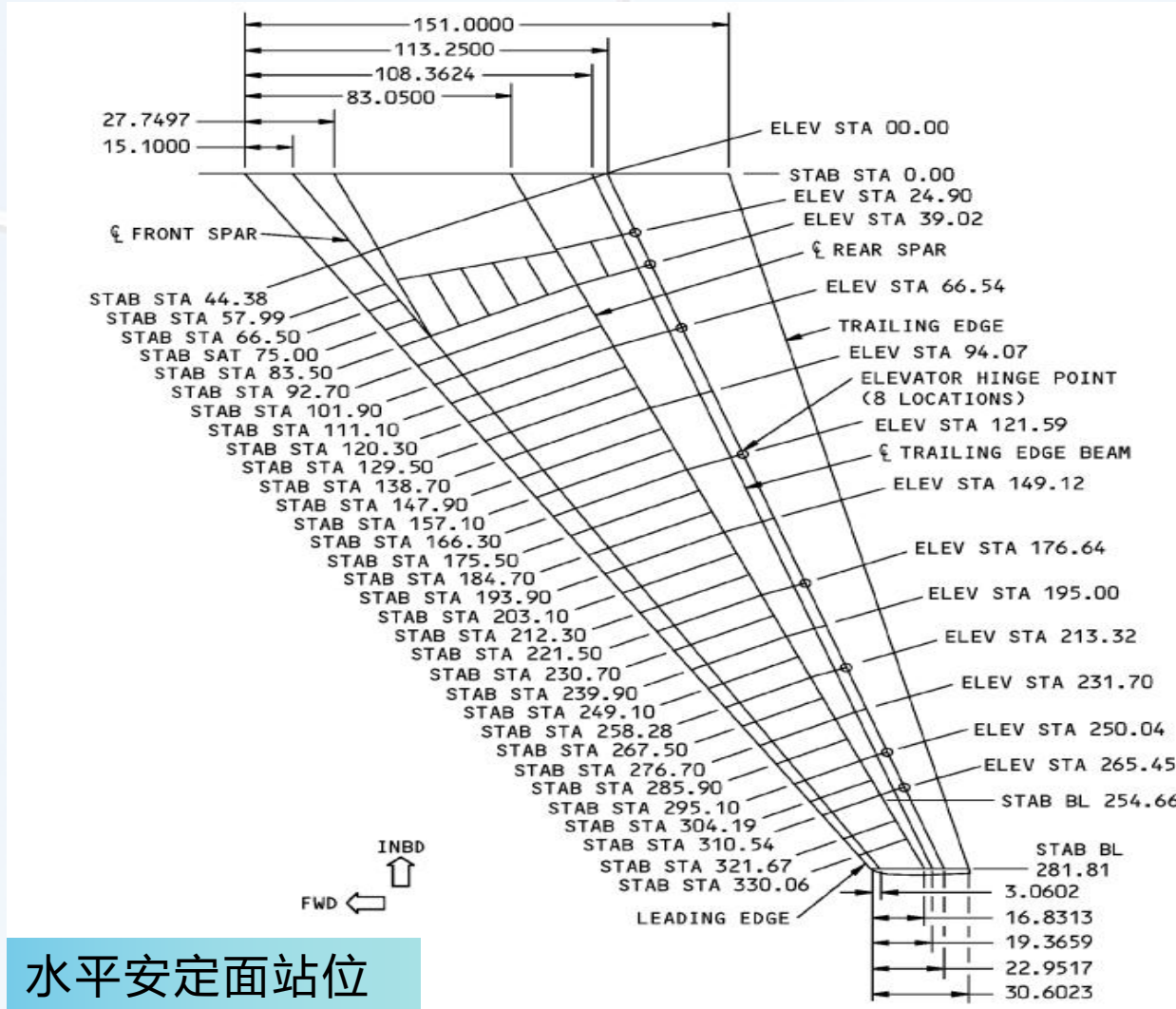


水平安定面纵剖面

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

##### (4) 尾翼区域

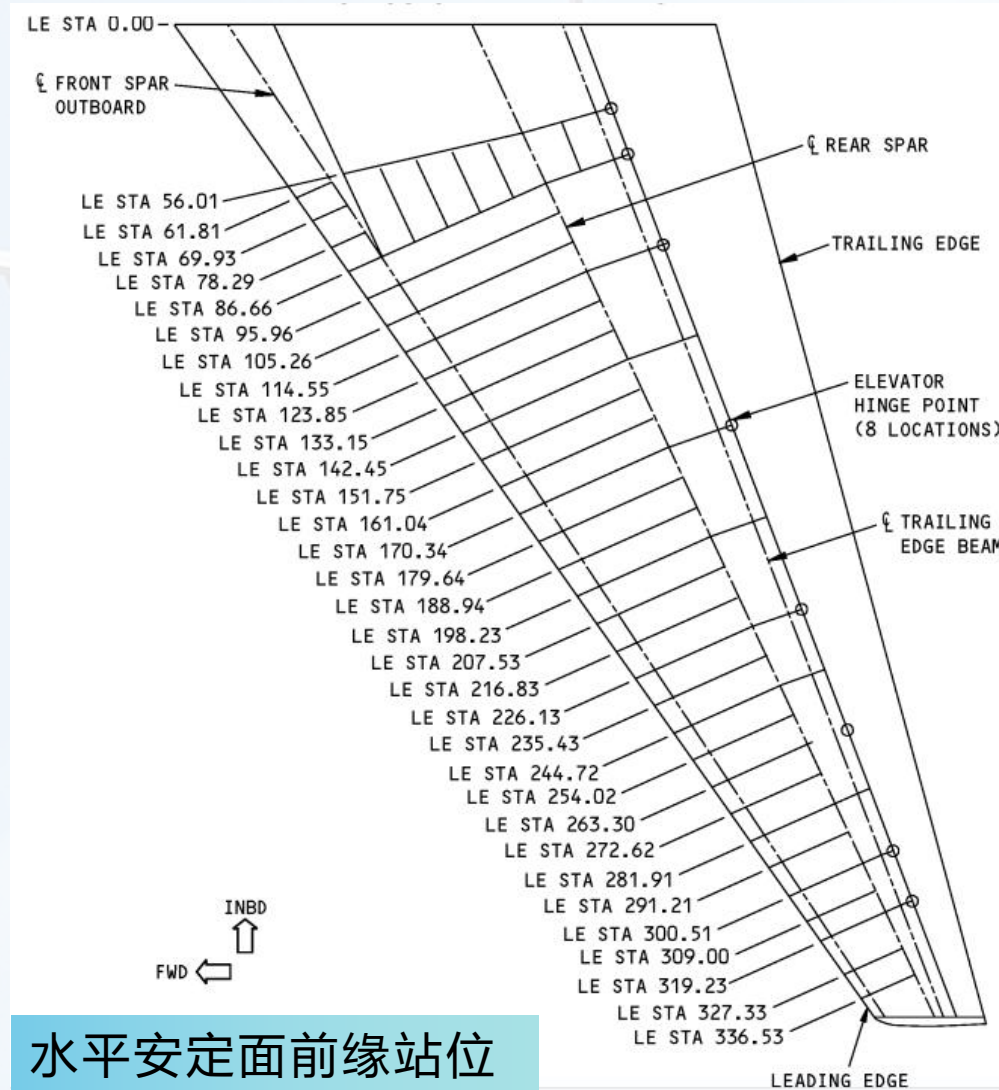


水平安定面站位

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 2) 波音飞机的分区和站位识别系统

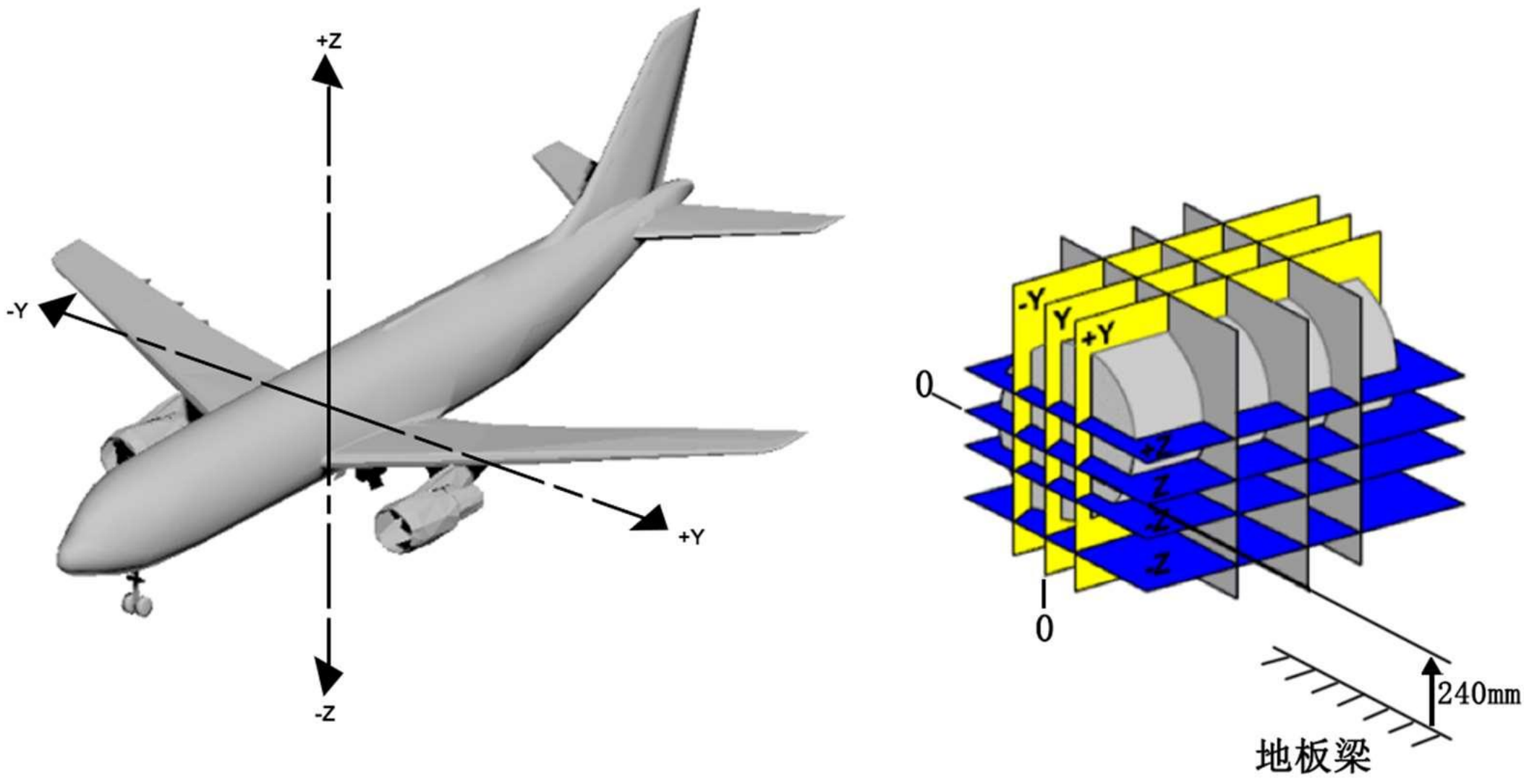
##### (4) 尾翼区域



水平安定面前缘站位

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

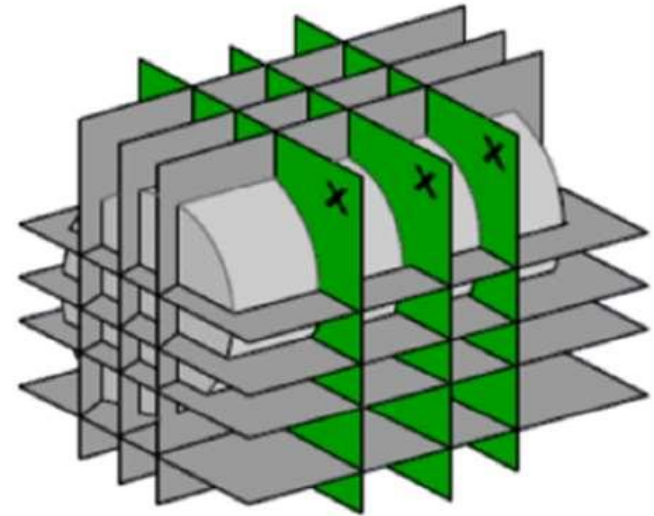
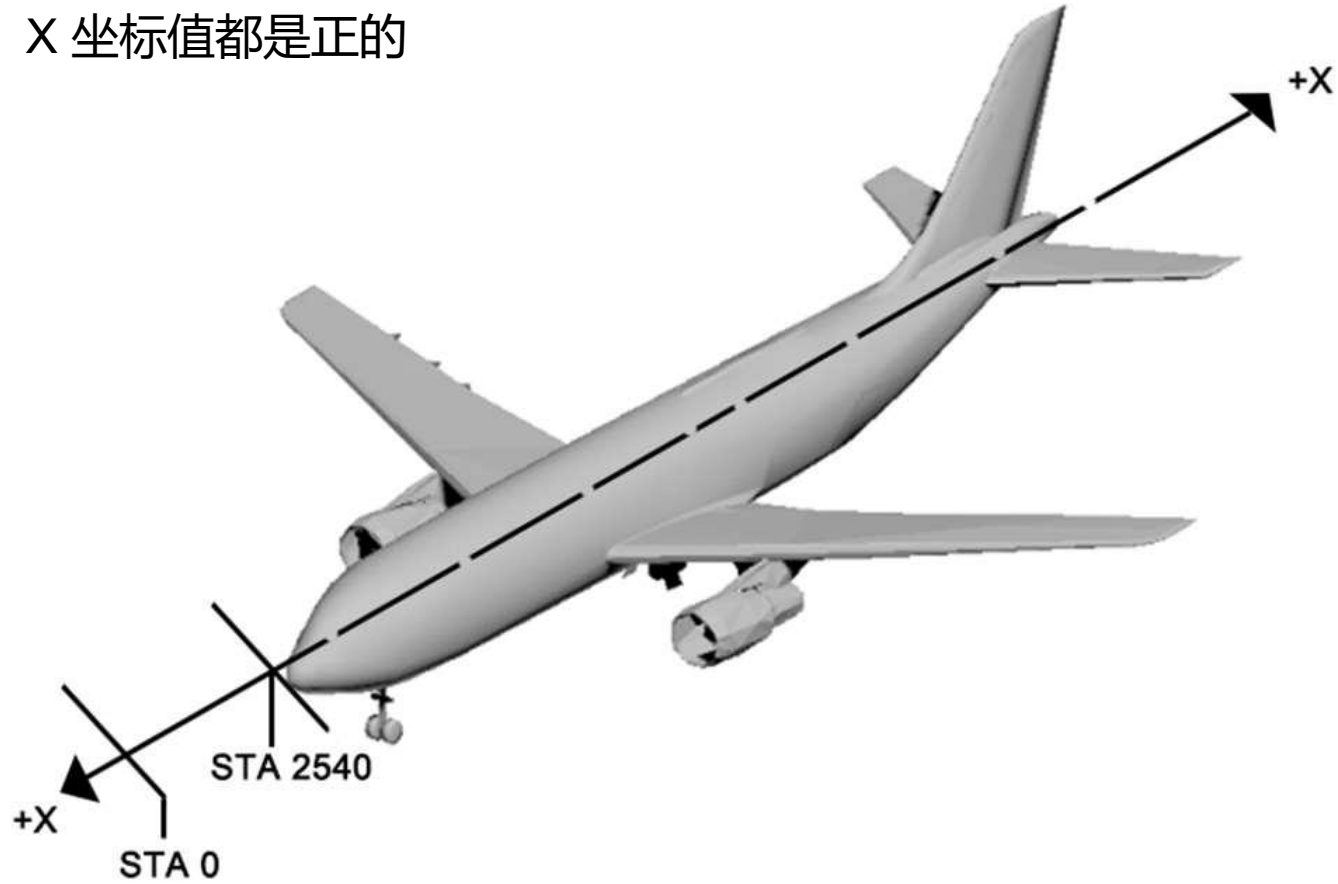
#### 3) 空客飞机的站位识别系统



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

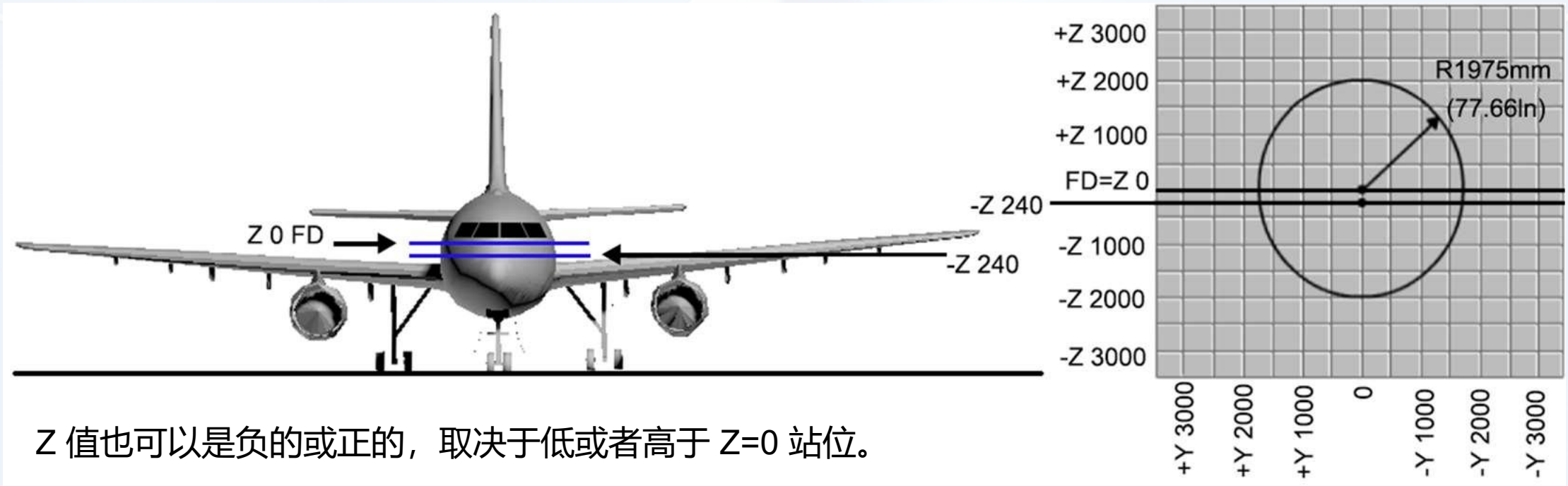
#### 3) 空客飞机的站位识别系统

X 坐标值都是正的



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

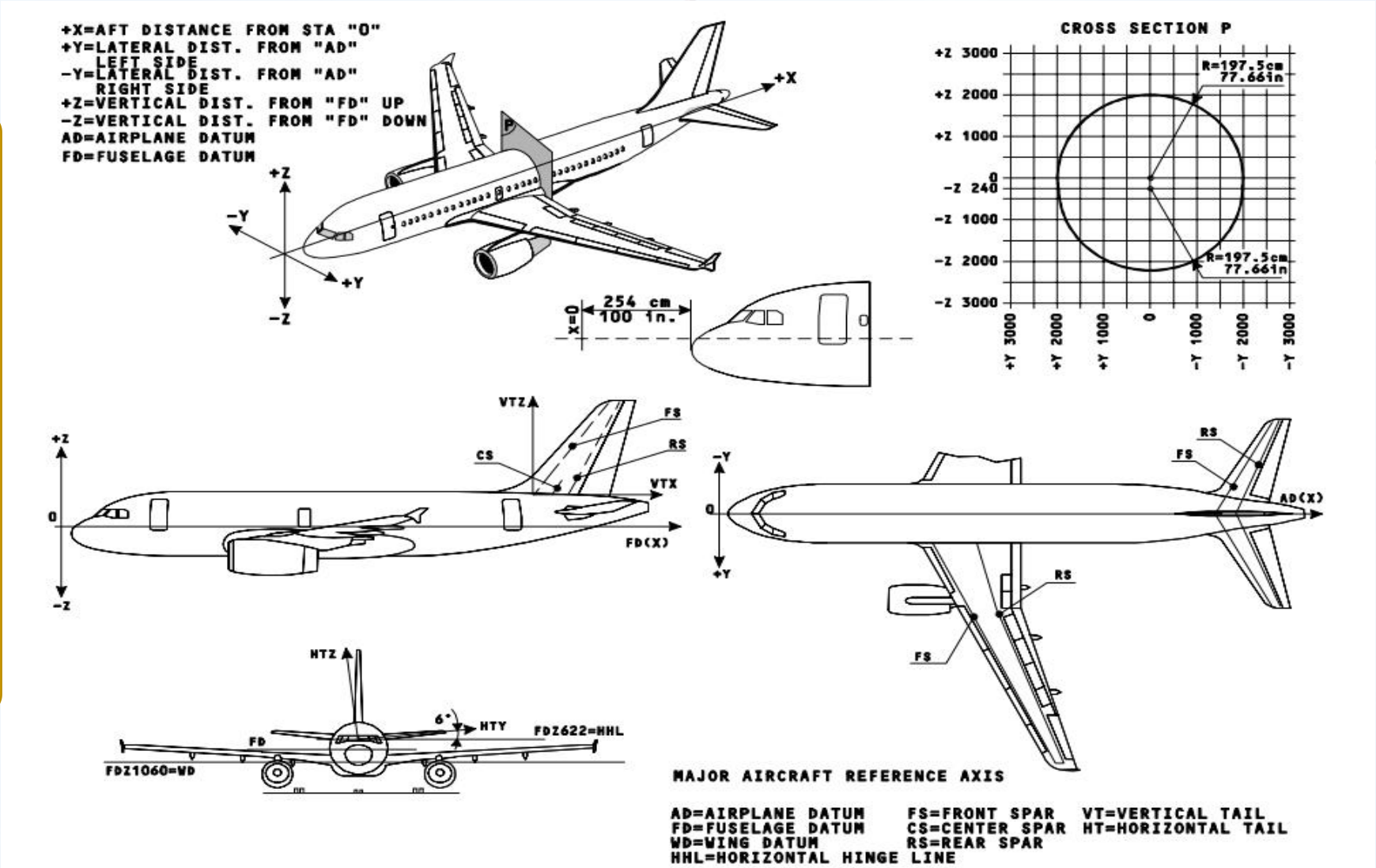
#### 3) 空客飞机的站位识别系统



# 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

## 3) 空客飞机的站位识别系统

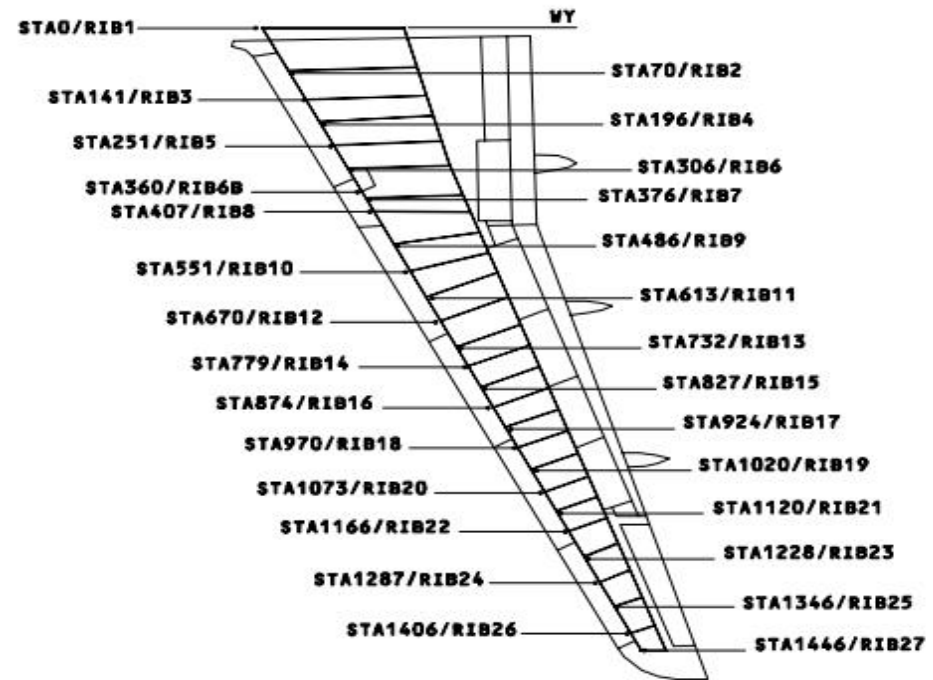
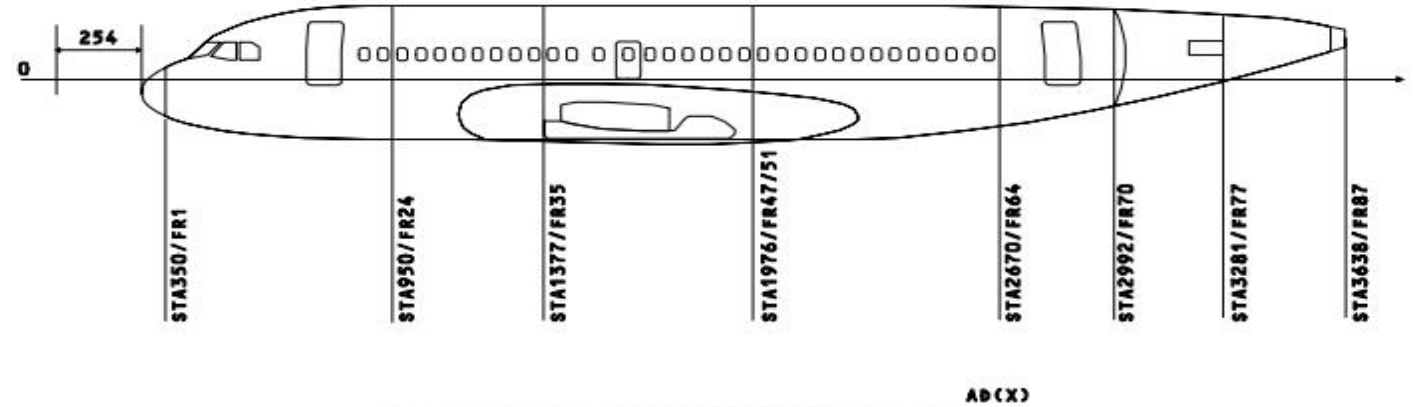
空客手册中实际的案例



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 3) 空客飞机的站位识别系统

- 在 A320 飞机上，机翼参考平面被称为机翼基准，是根据水平机翼基准来定义的
- 机翼站位的测量是从 1 号翼肋到前翼梁的长度，以毫米为单位。测量路径是与 1 号翼肋成直角，而不是沿着前梁。

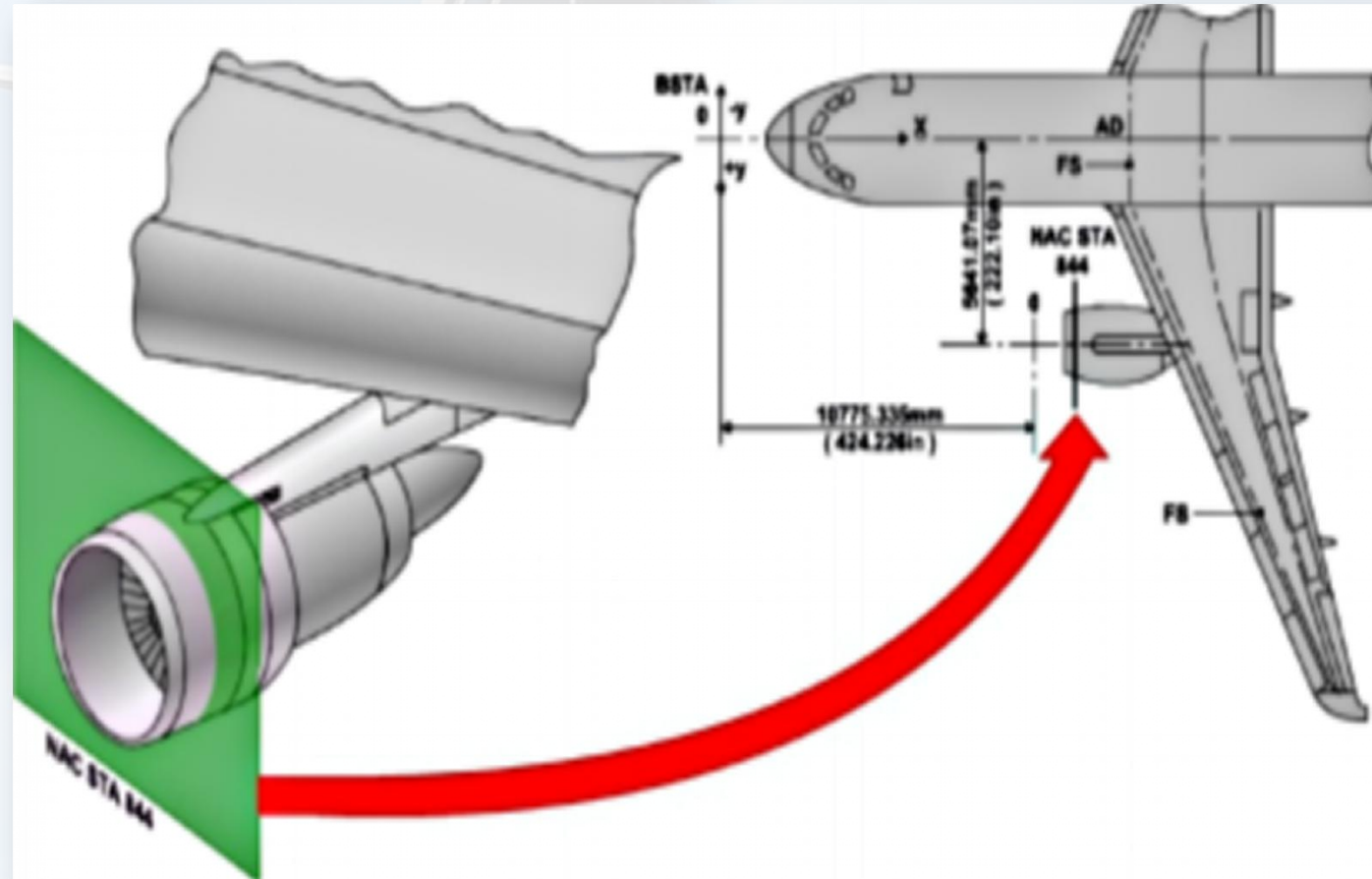


机翼站位

### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 3) 空客飞机的站位识别系统

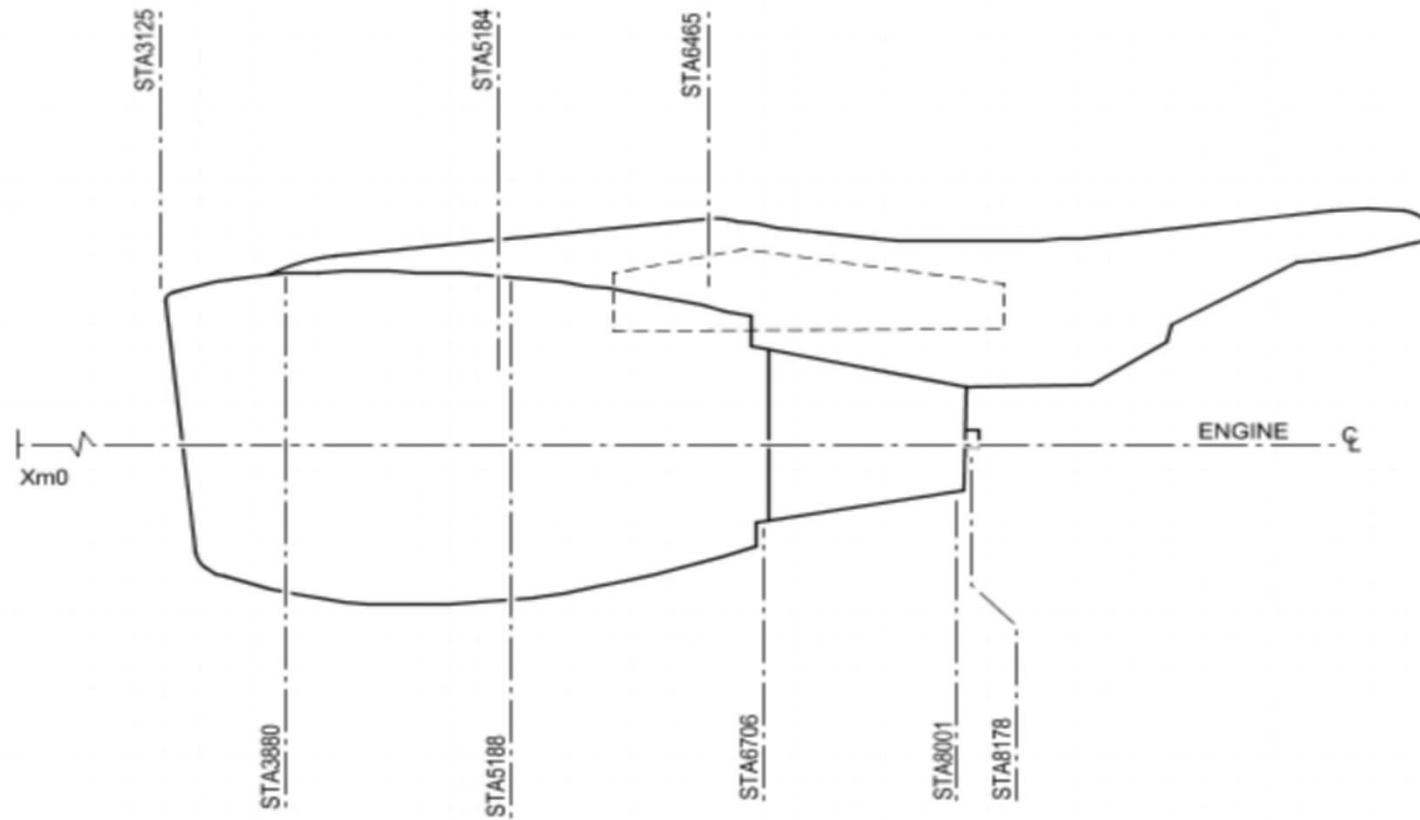
短舱站位沿着X轴测量：0 站位就位于机身站位的 0 站位后面。



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 3) 空客飞机的站位识别系统

##### 320飞机CFM56-5发动机短舱站位



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 4) 区域划分

8 个主区域是用 3 位数来表示。

100 : 机身的下半部

200 : 机身的上半部

300 : 尾部, 覆盖了后机身, 水平和垂直安定面

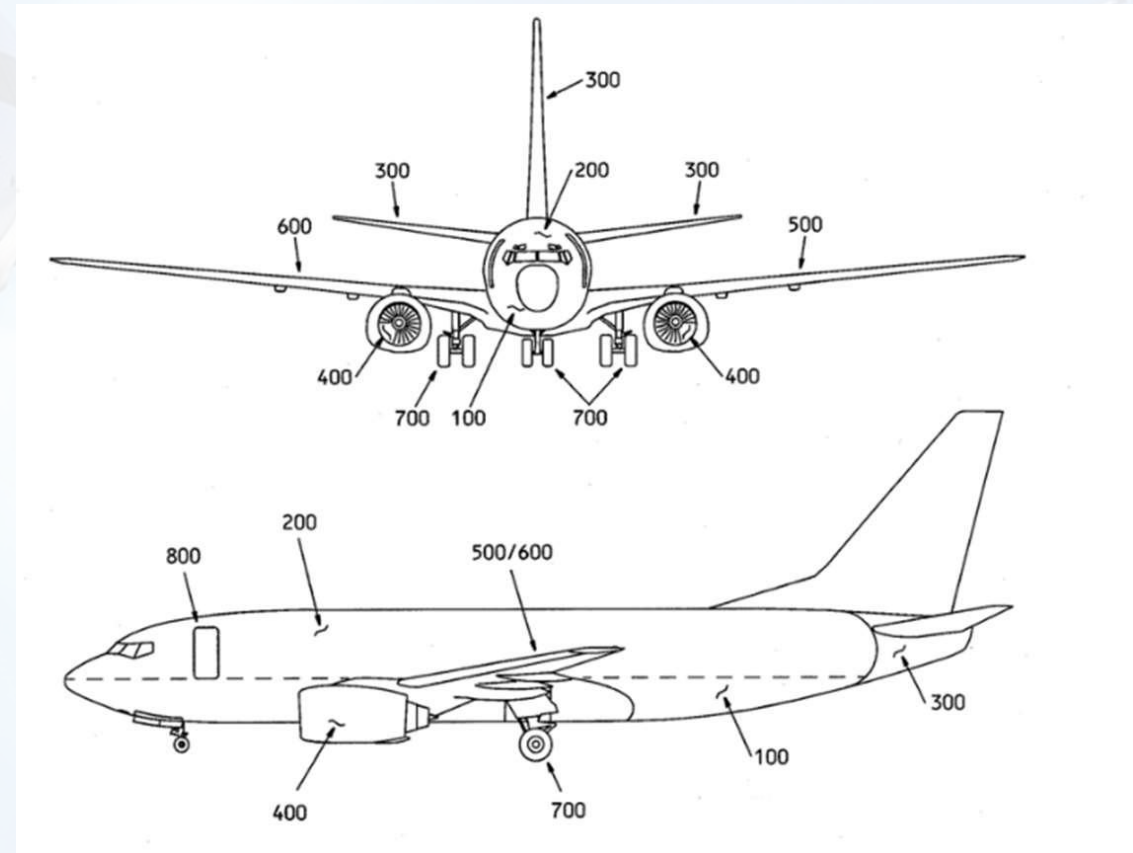
400 : 动力装置和短舱

500 : 左机翼

600 : 右机翼

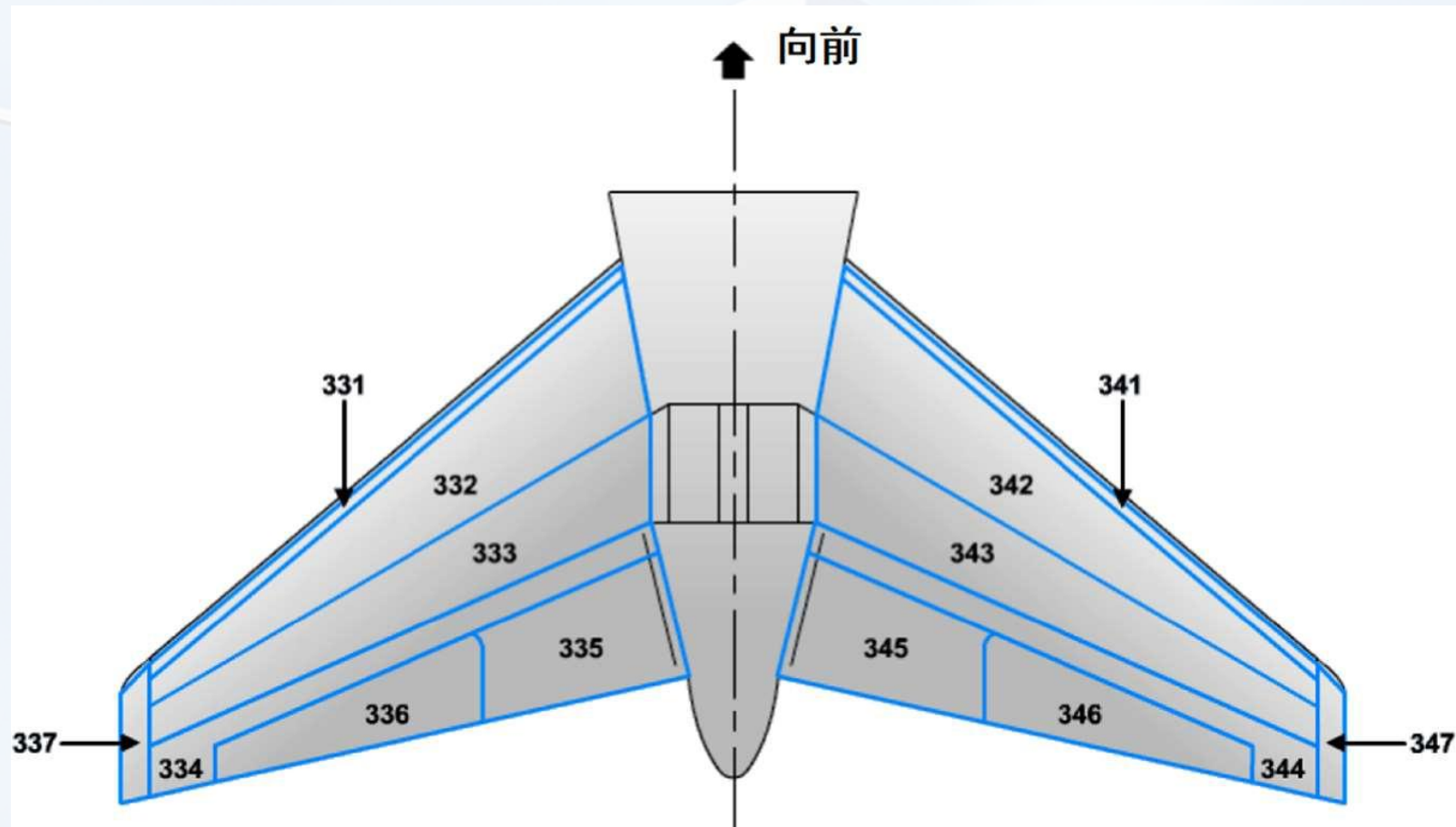
700 : 起落架和起落架舱门

800 : 舱门



### 3 飞机结构分类、站位编号和区域划分

#### 4) 区域划分



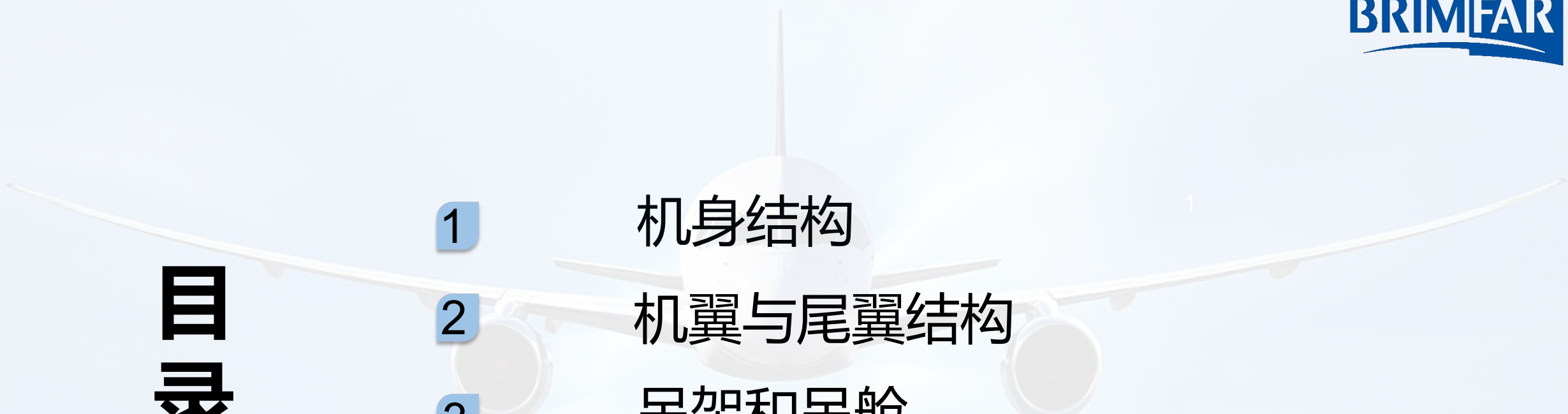
# 小结:

1. 飞机机构的分类
2. 波音飞机机身坐标、机翼坐标
3. 空客飞机站位识别
4. 飞机区域划分



## 3.2.2 飞机结构

# 目录

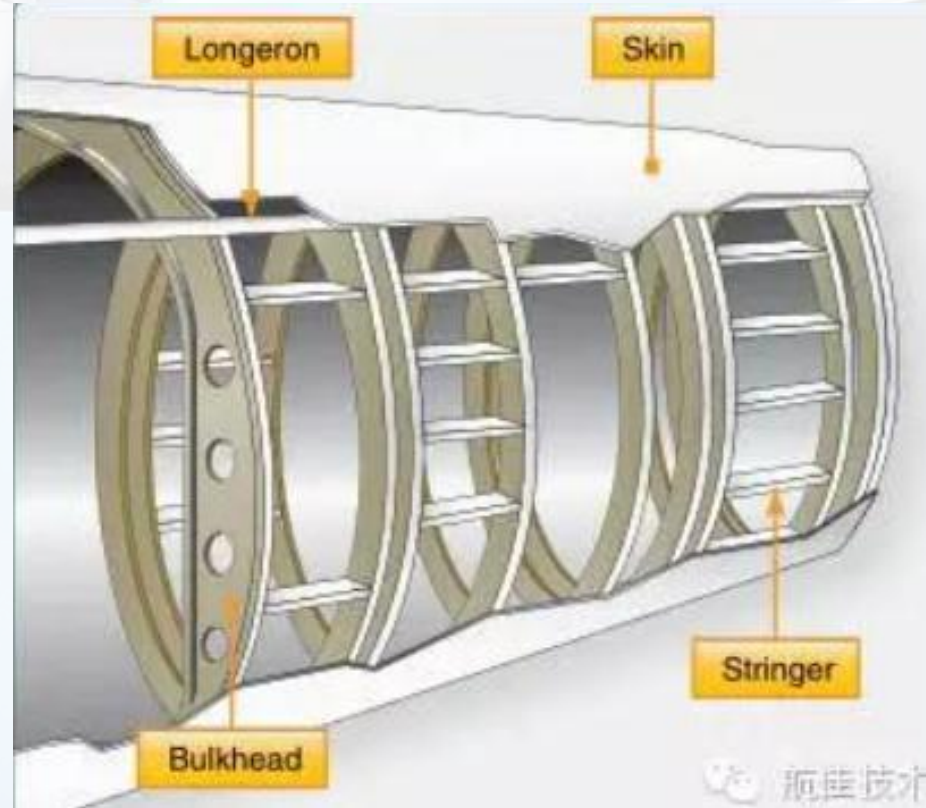
- 
- A large, faint, light-colored image of a commercial airplane is centered in the background of the slide, showing the fuselage, wings, and engines.
- 1 机身结构
  - 2 机翼与尾翼结构
  - 3 吊架和吊舱
  - 4 开口：窗户、门



# 1 机身结构

飞机主要有两种机身结构形式：

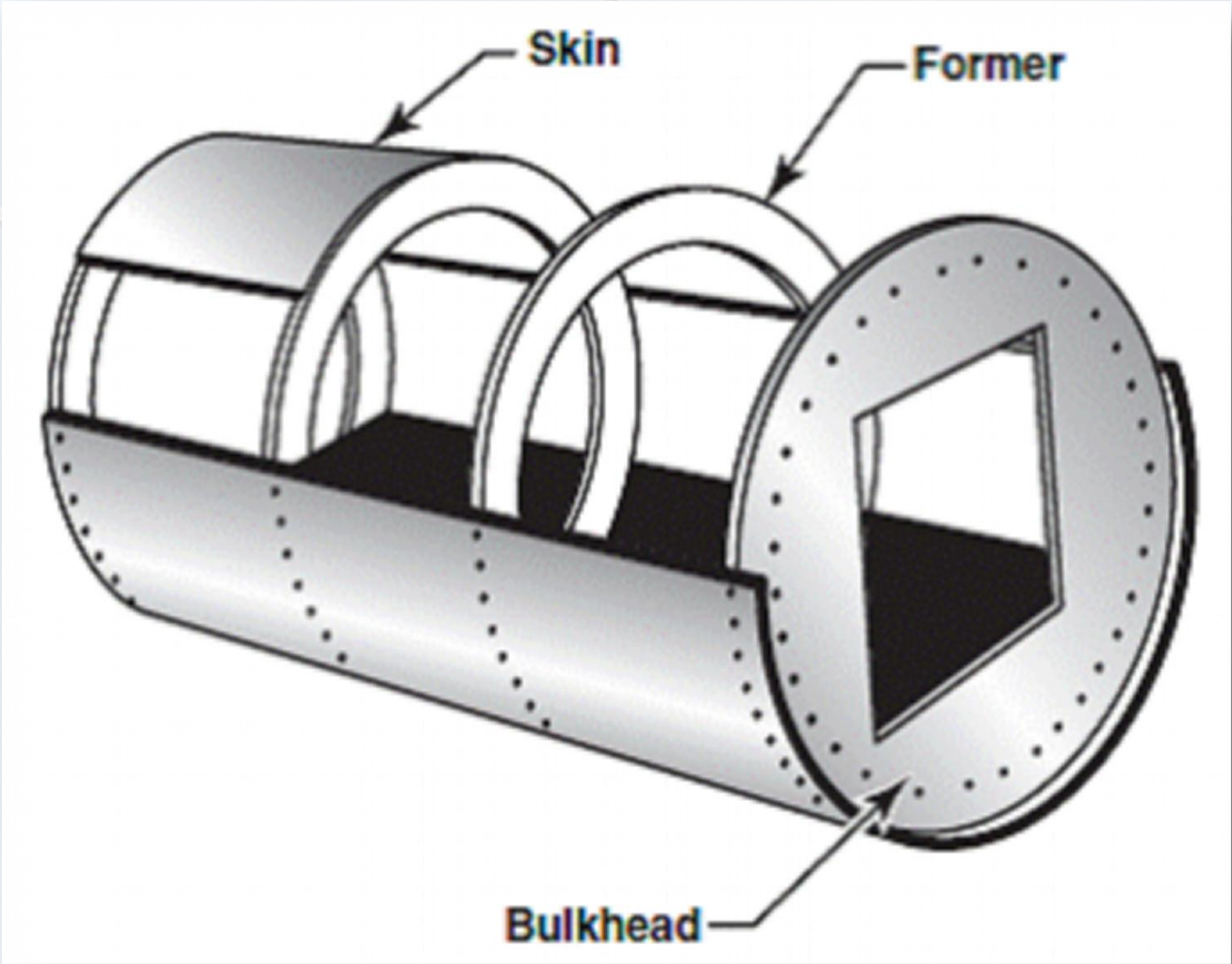
- 硬壳式机身结构
- 半硬壳式机身结构



半硬壳式

# 1 机身结构

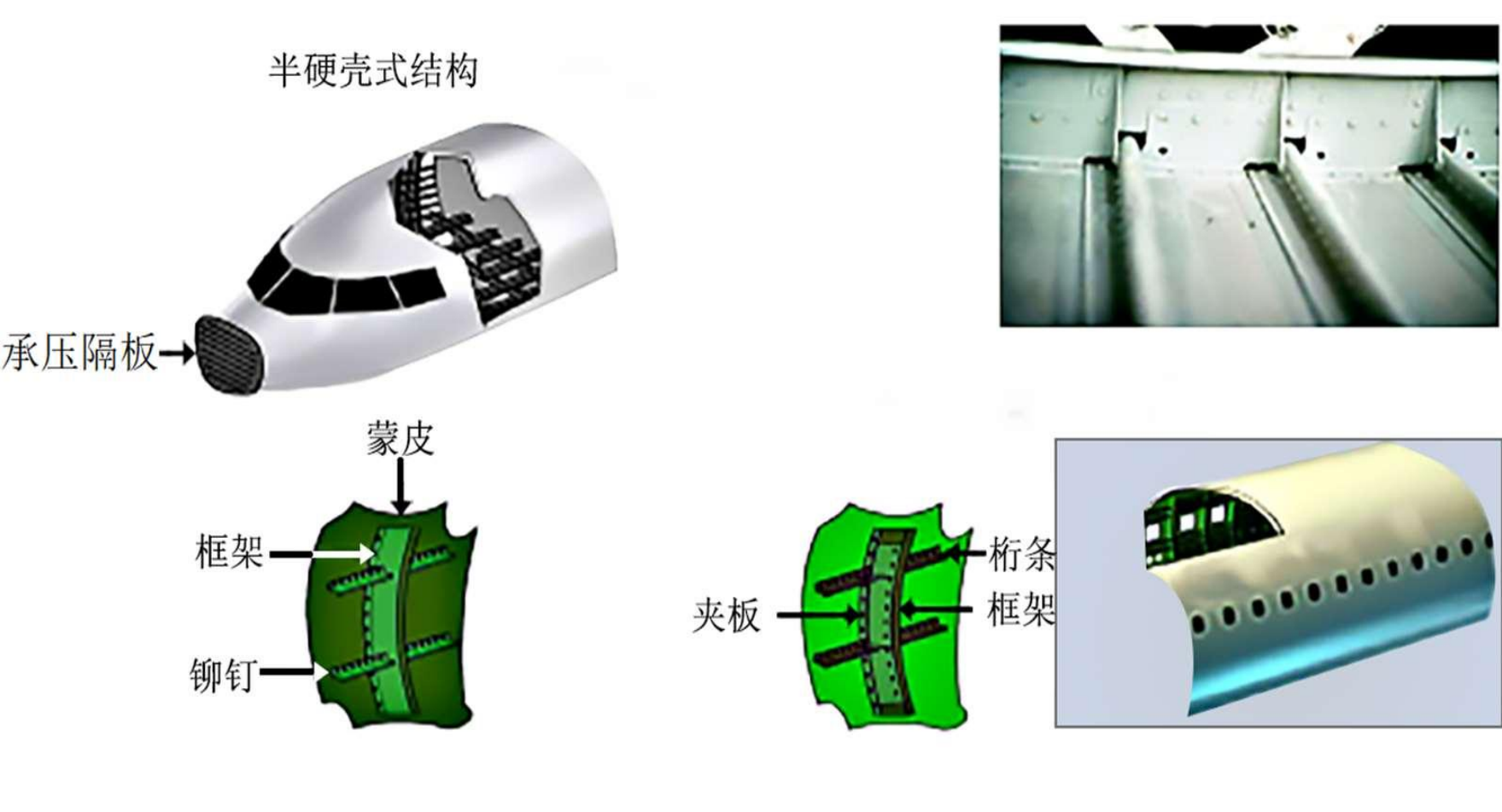
## 1) 硬壳式机身结构



# 1 机身结构

## 2) 半硬壳式机身结构

蒙皮由纵梁、隔框和桁条来承受荷载。

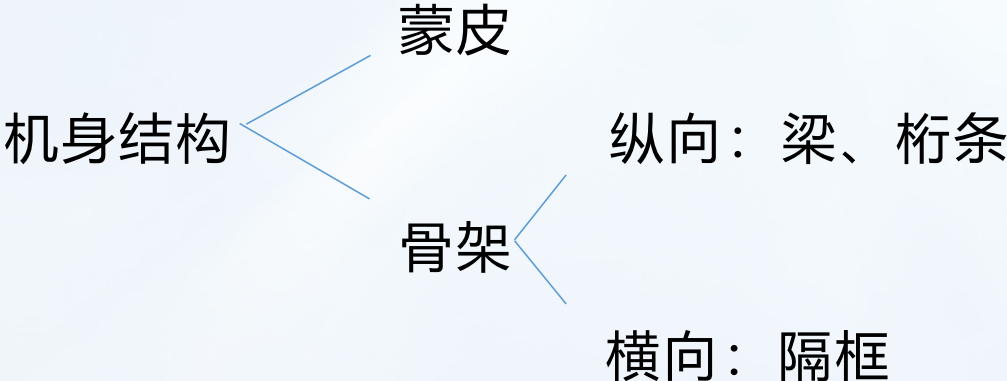


# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件

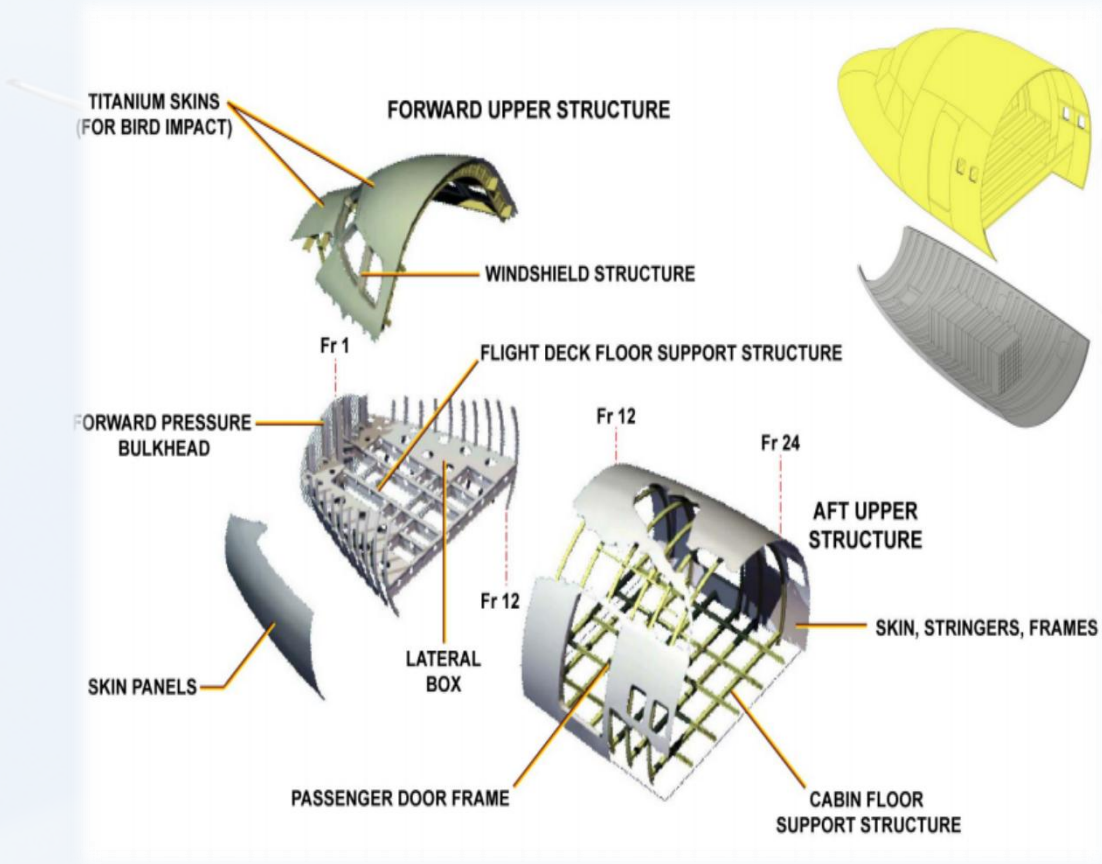
机身主要框架由各部件组成：

- 隔框 frame
- 承压隔板
- 桁条 stringer
- 地板梁
- 地板与蒙皮之间的剪切带
- 龙骨梁 keel beam

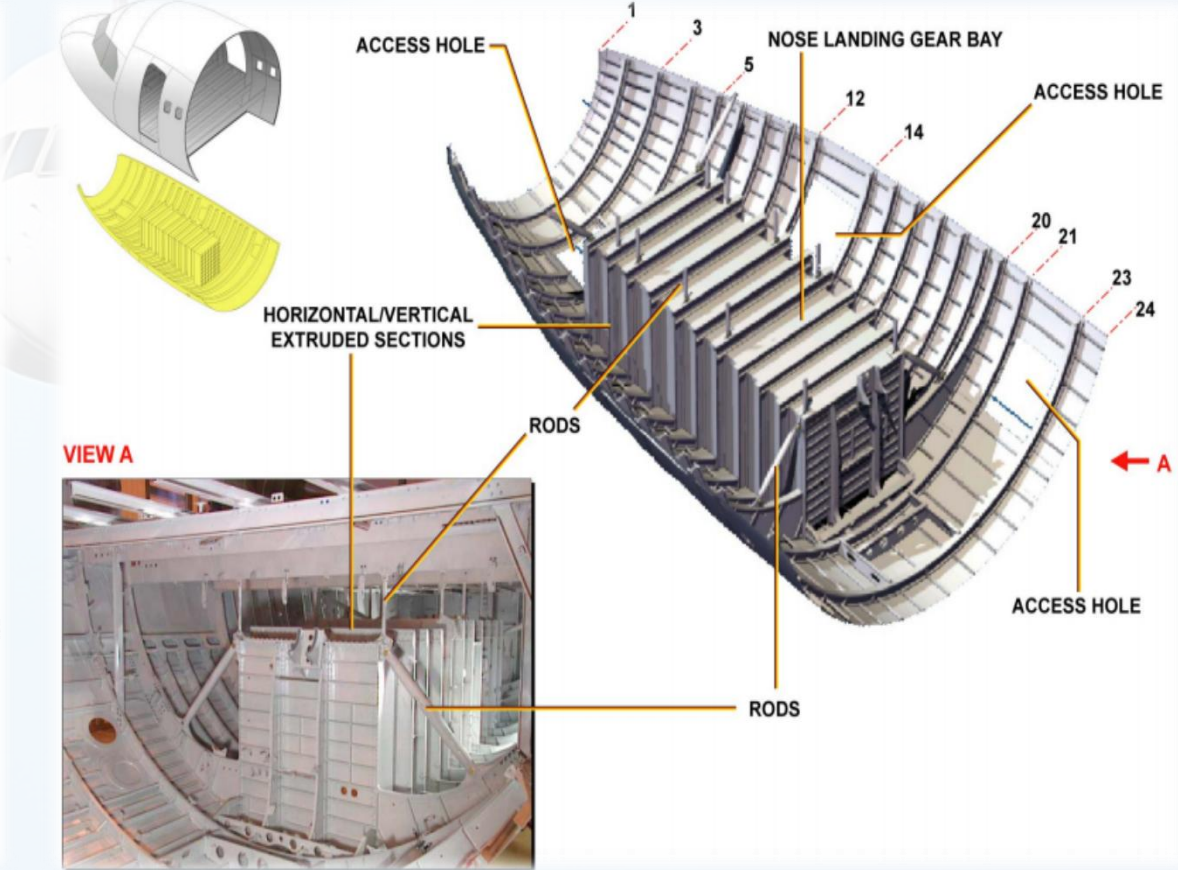


# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件



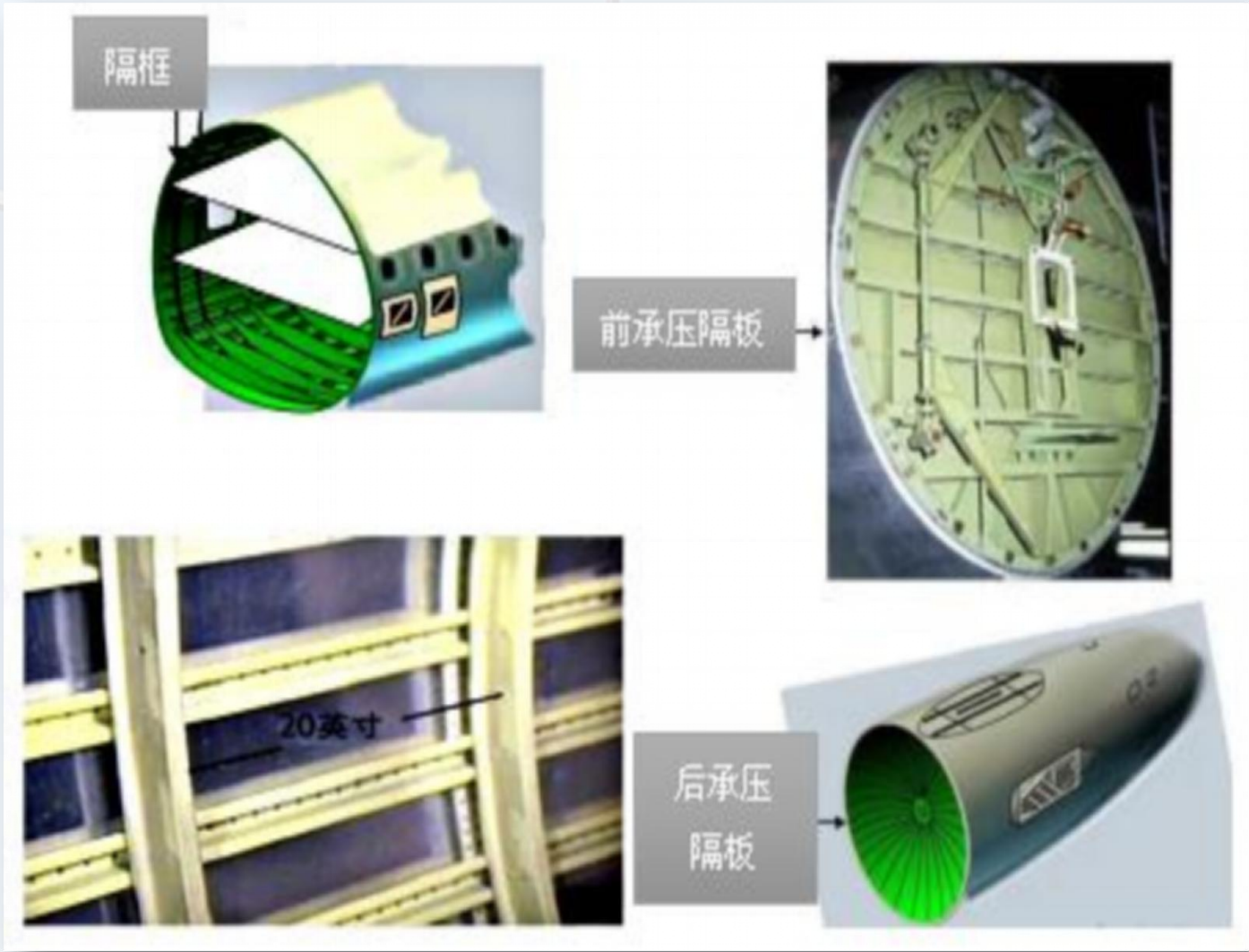
320前机头上部结构



320前机头下部结构

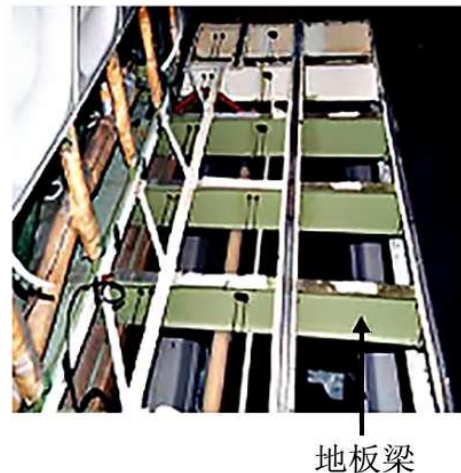
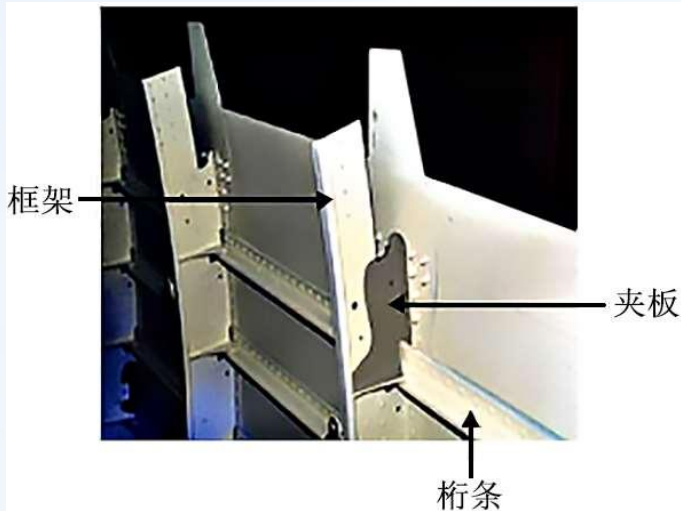
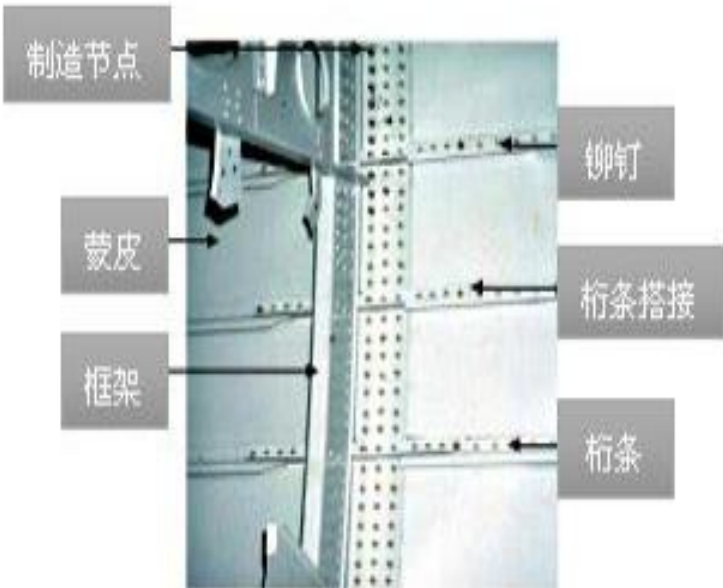
# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件



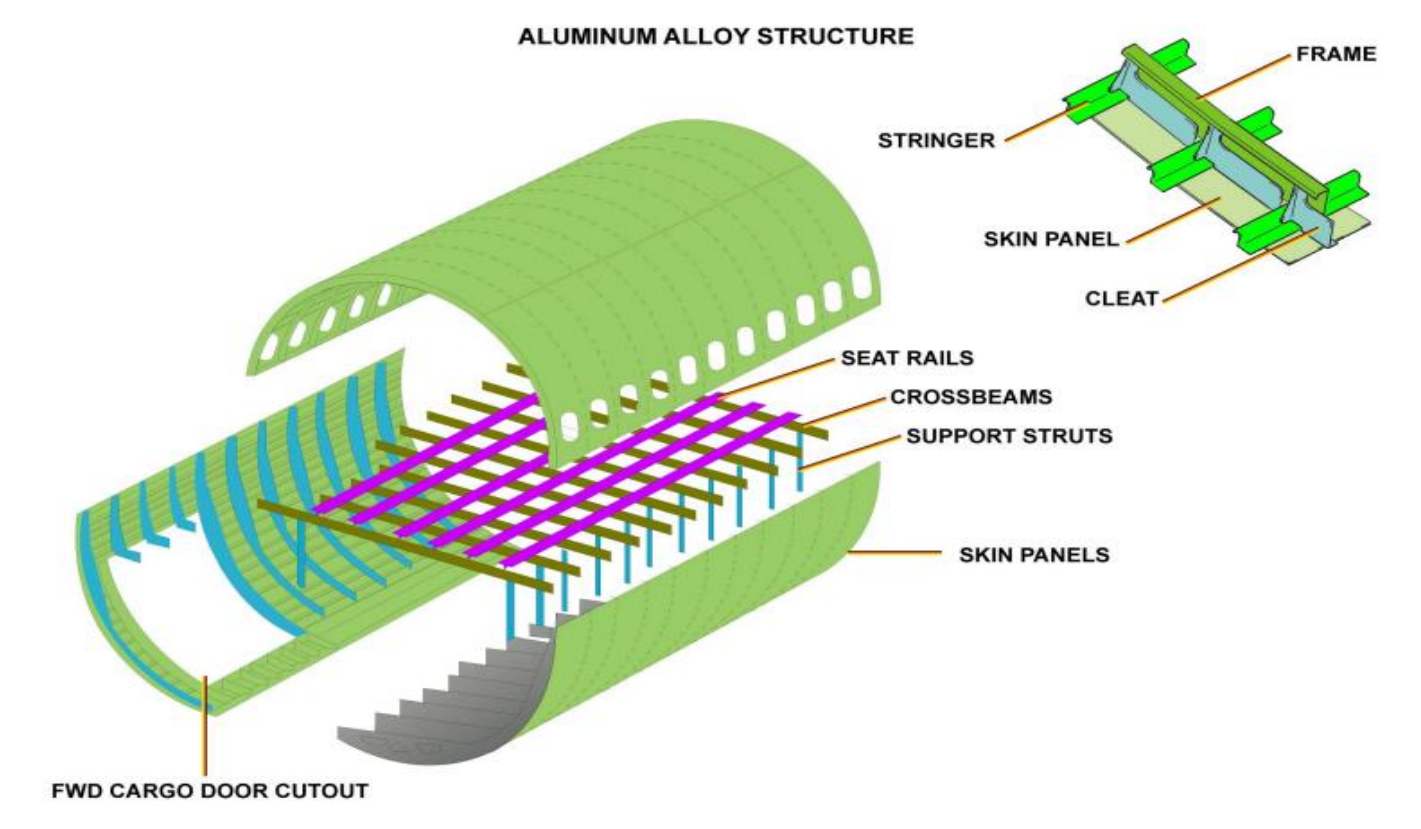
# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件



# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件

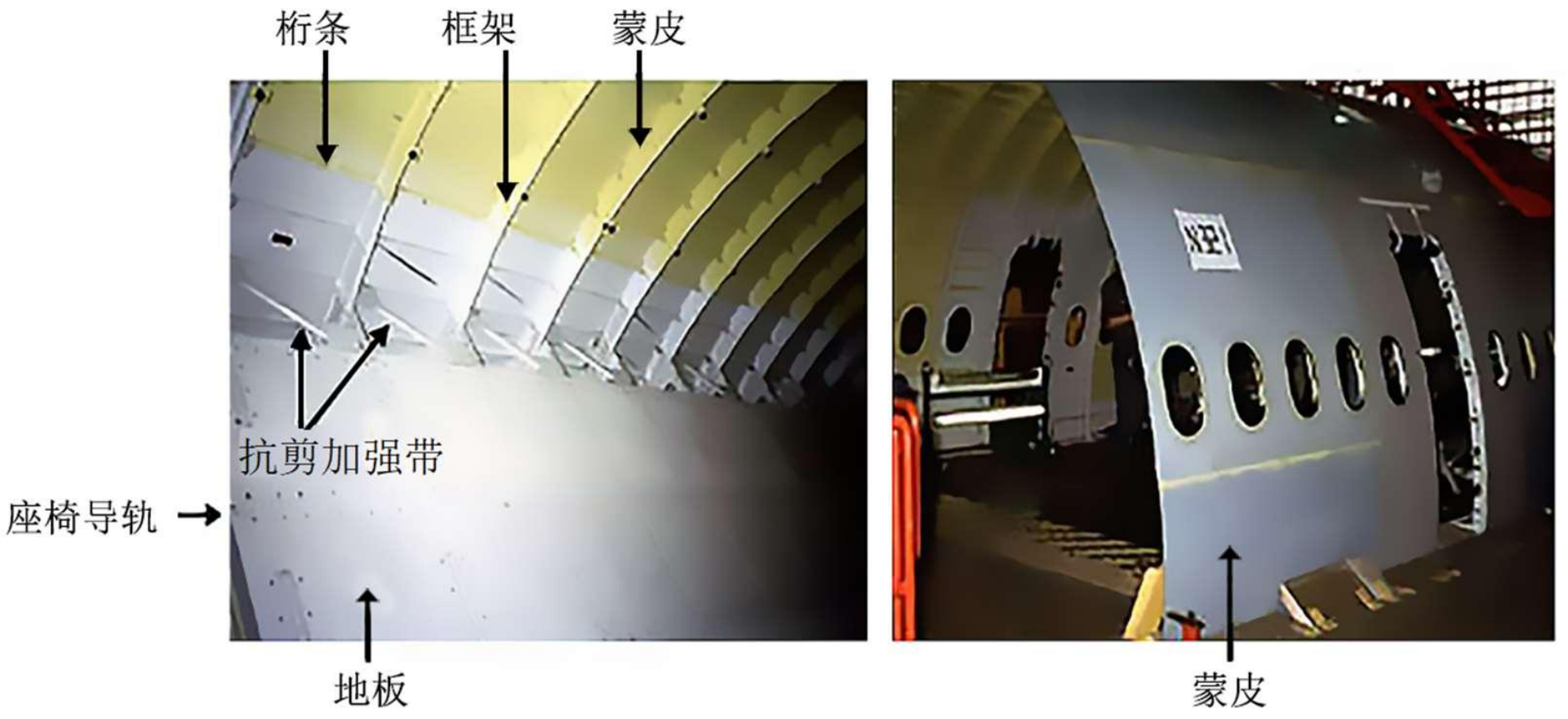


- FRAME 隔框
- STRINGER 桁条
- SKIN PANEL 蒙皮
- CLEAT 夹板/角片
- SEAT RAILS 座椅导轨
- CROSSBEAM 横梁

320前机身结构

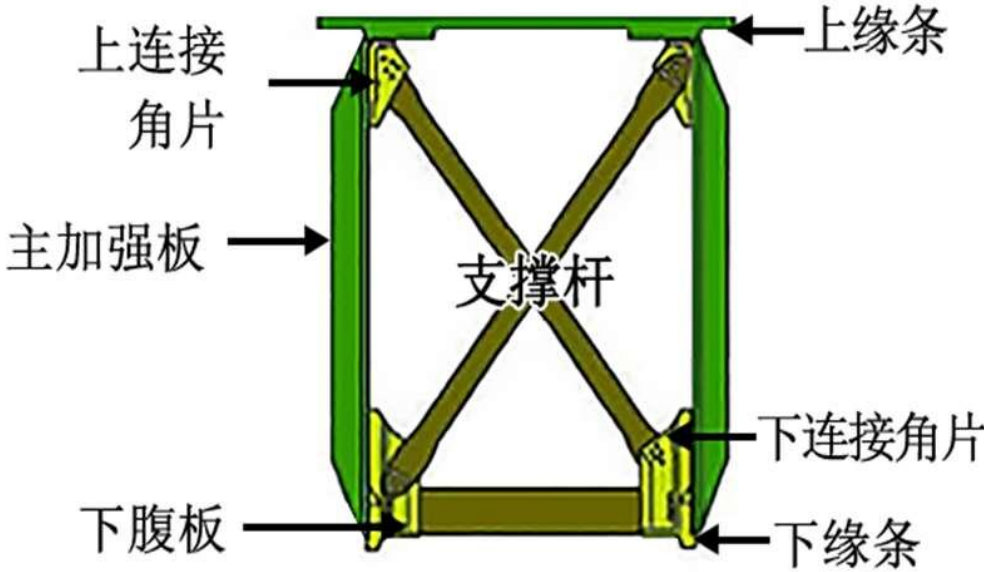
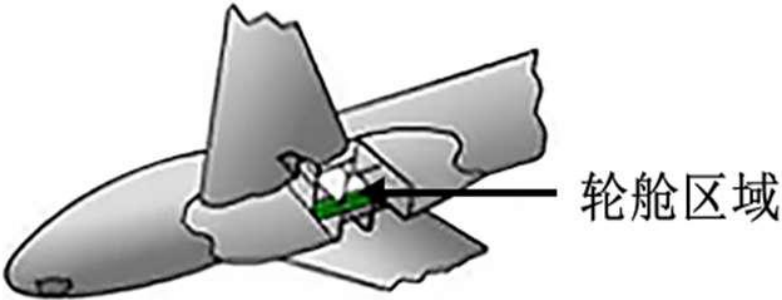
# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件



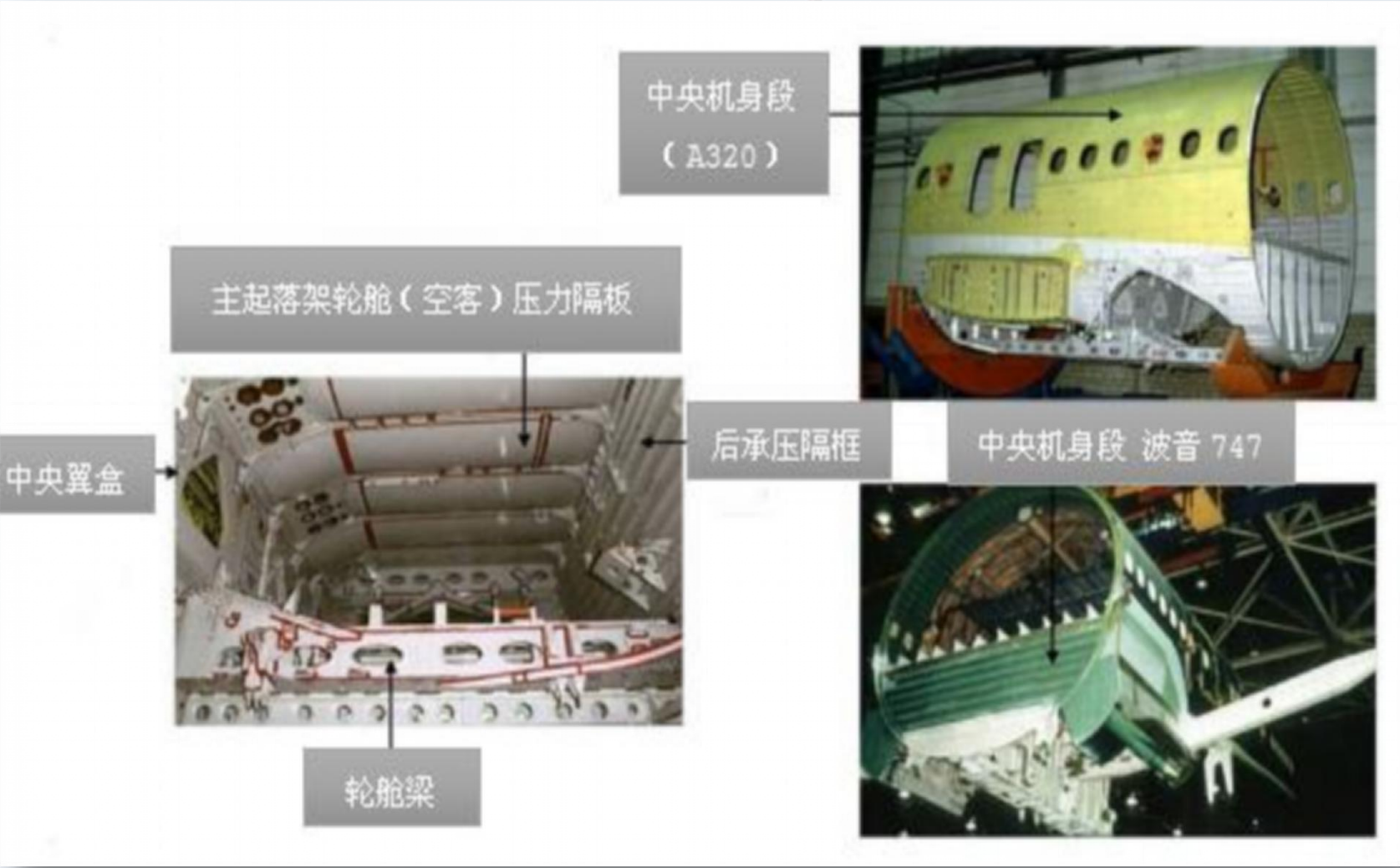
# 1 机身结构

## 3) 机身主要框架部件



# 1 机身结构

## 4) 中央机身段和机身尾段



## 2 机翼与尾翼结构

### 1) 机翼结构

- 机翼作用：

- 产生升力，使飞机保持飞行状态

- 储存飞行所需的燃料，并安装燃油系统部件

- 安装发动机、飞行控制及其他系统

## 2 机翼与尾翼结构

### 1) 机翼结构

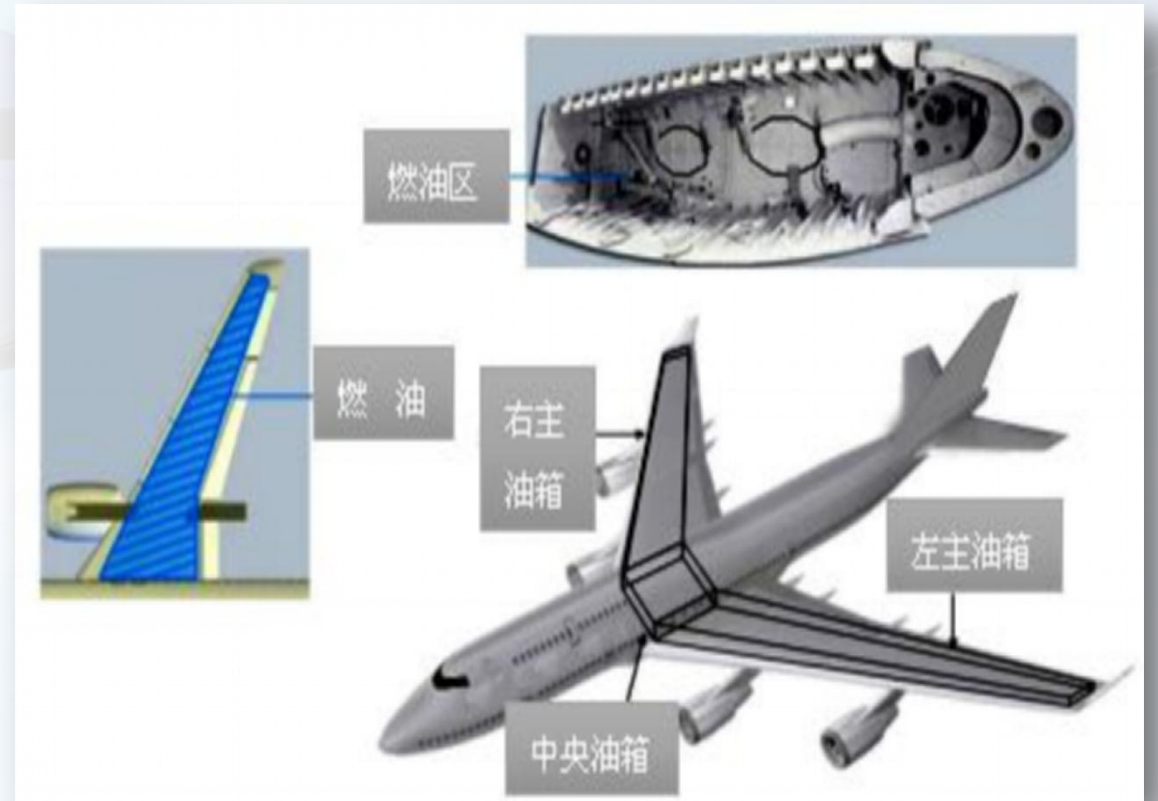
- 机翼结构：

左大翼

中央翼

右大翼

- 它们连接在一起形成机翼的主体，将各种载荷传递给机身结构。

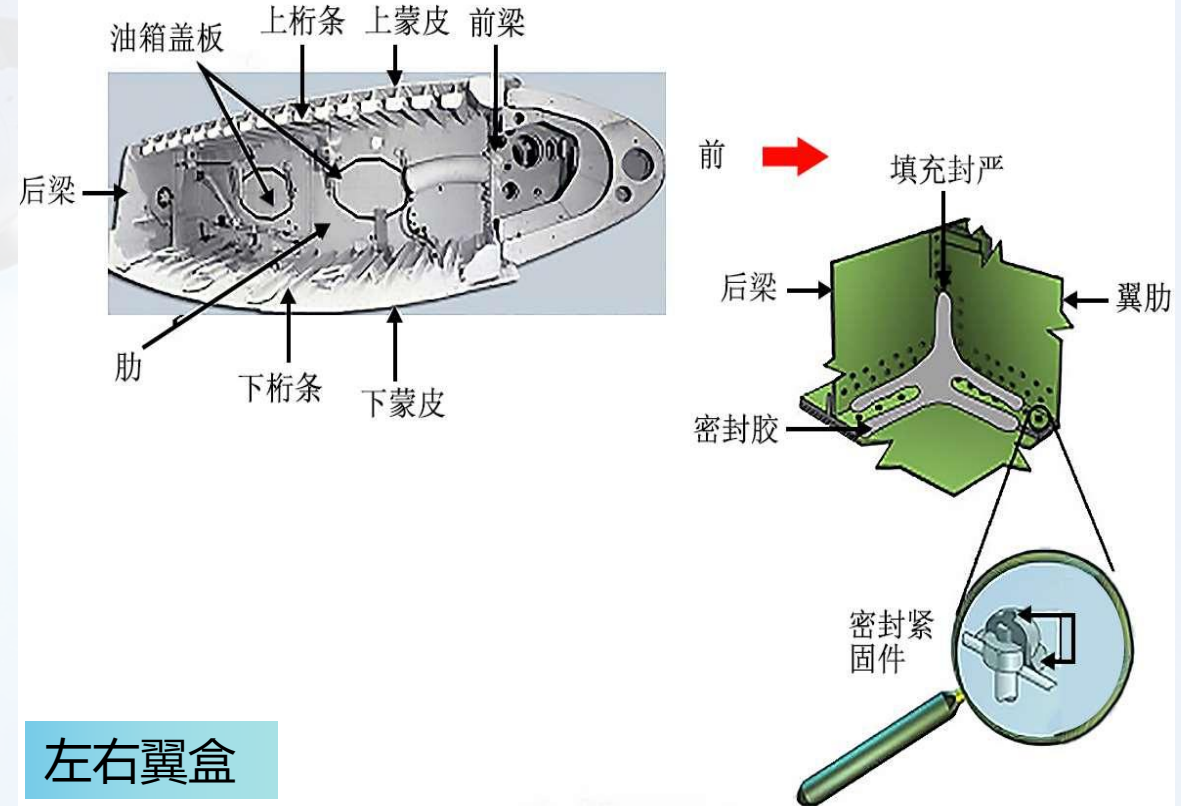


## 2 机翼与尾翼结构

### 1) 机翼结构

左右翼盒的主要组成部分：

- 作为燃油箱侧壁的后翼梁及前翼梁
- 翼肋
- 上下桁条
- 上下蒙皮



## 2 机翼与尾翼结构

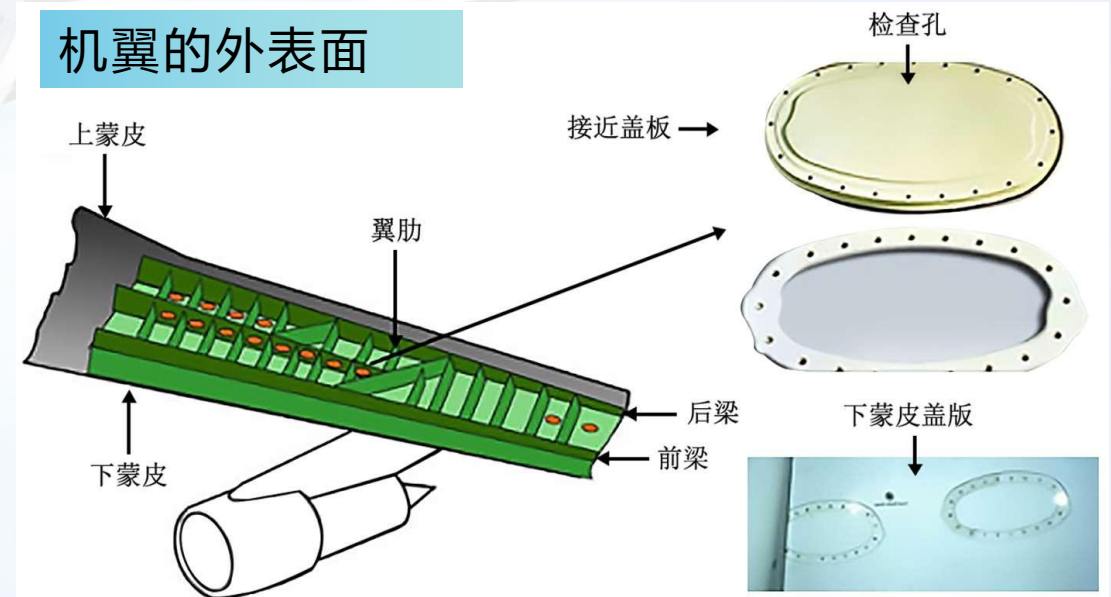
### 1) 机翼结构

#### ❖ 机翼的外表面构成：

由蒙皮面板和蒙皮内表面上的加强桁条

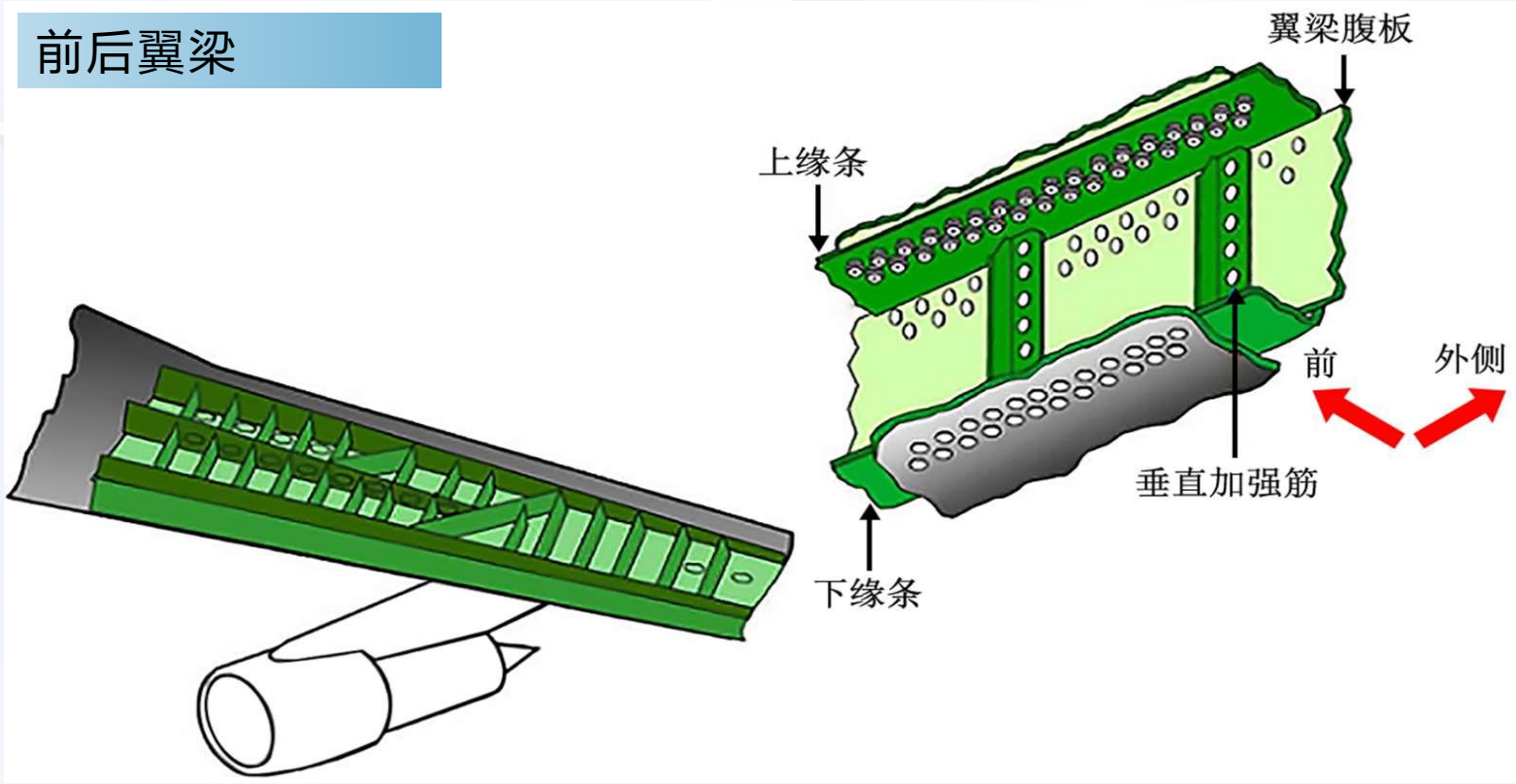
#### ❖ 机翼受力为正过载时，上蒙皮面板主要承载压缩载荷，由铝锌合金制成。

#### ❖ 下蒙皮面板主要承载拉伸载荷，并将载荷传递到机身结构上。机翼下蒙皮面板是由铝铜合金制成的。



# 2 机翼与尾翼结构

## 1) 机翼结构



# 2 机翼与尾翼结构

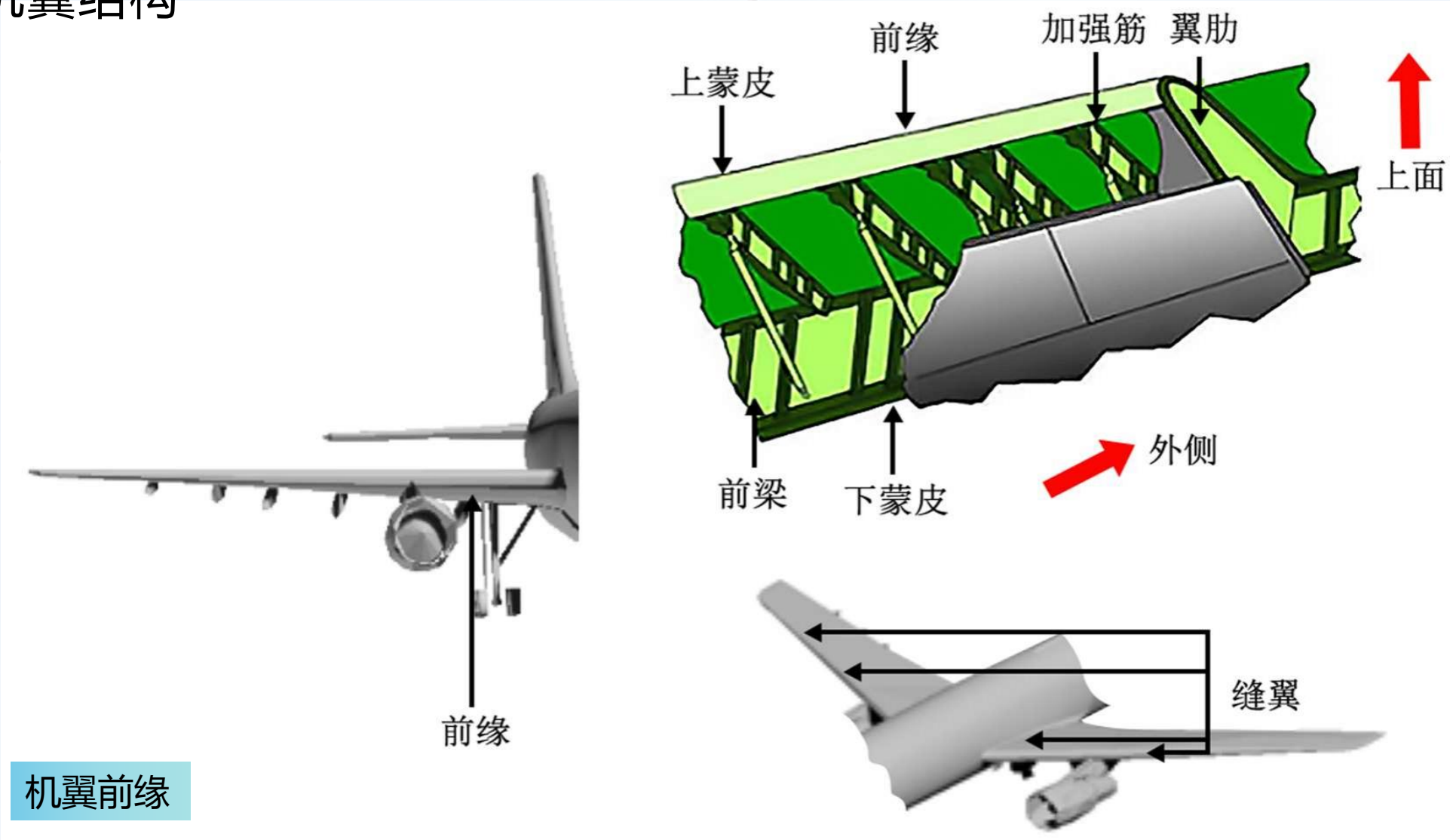
## 1) 机翼结构

起落架支撑臂被称为“假后翼梁”。起落架支撑臂将后主起落架载荷分配给机翼后翼梁和机身结构。



# 2 机翼与尾翼结构

## 1) 机翼结构



# 2 机翼与尾翼结构

## 1) 机翼结构

翼梢小翼作用:

增加升力和减少诱导阻力, 提高机翼的性能。



# 2 机翼与尾翼结构

## 1) 机翼结构

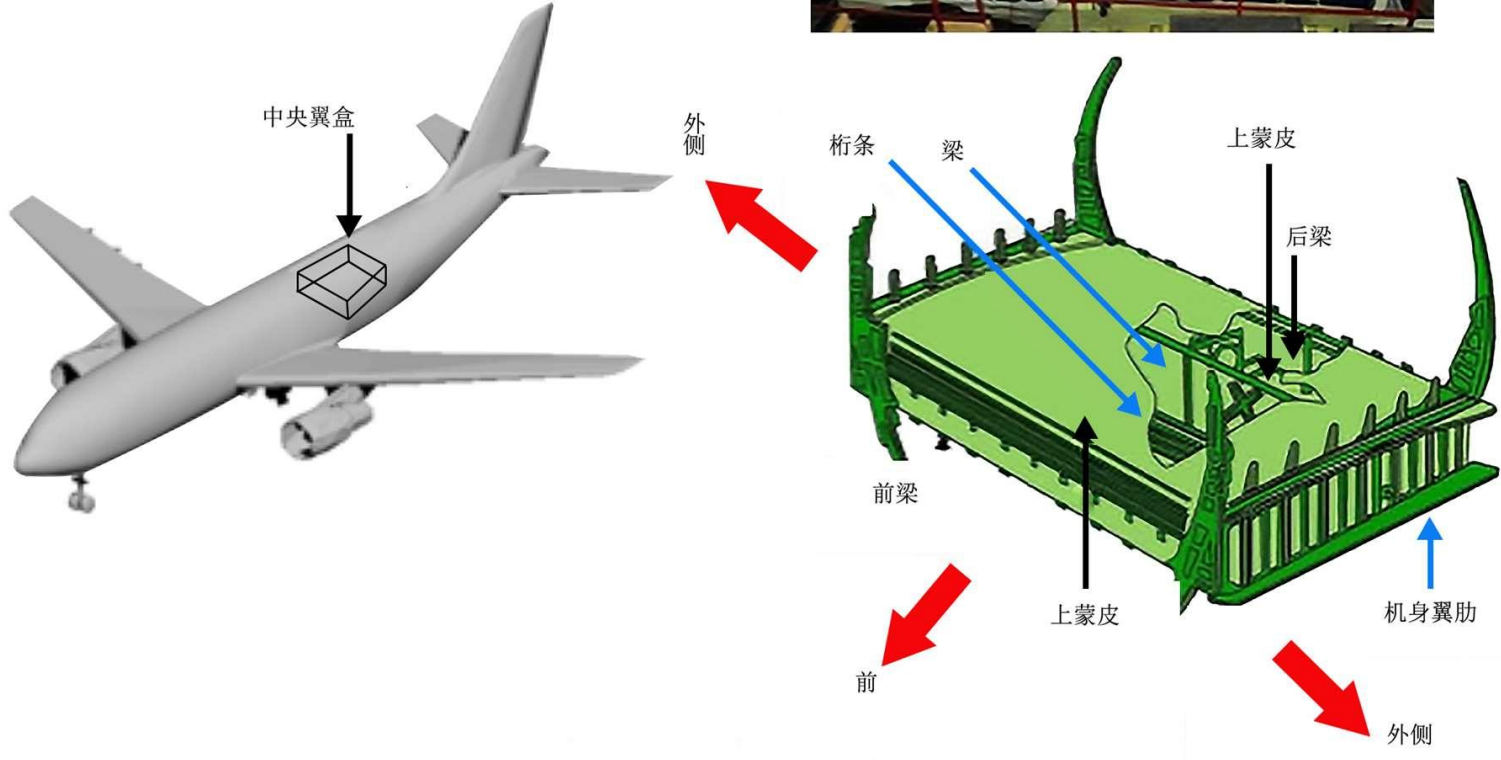
中央翼盒的作用：

将不同的载荷分配给机身

作为油箱存储燃油

为机身左右翼盒提供连接点

中央翼盒

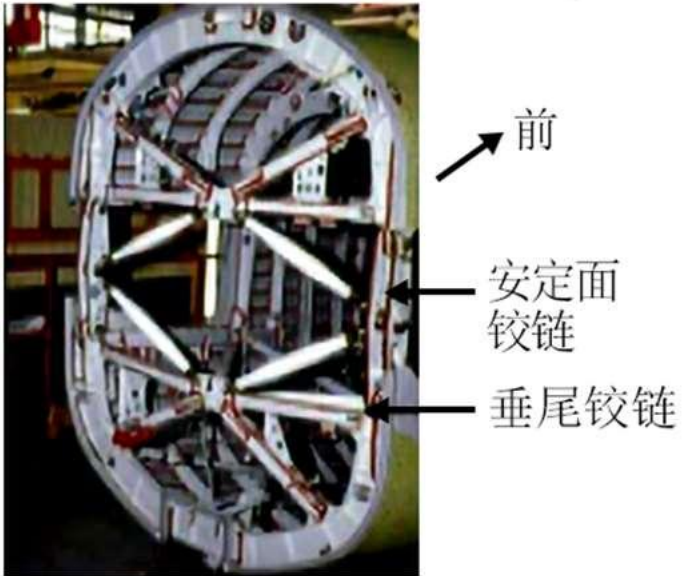
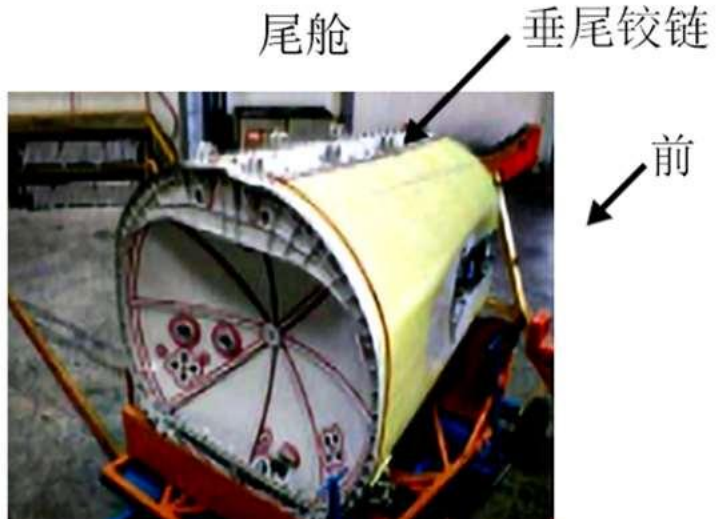
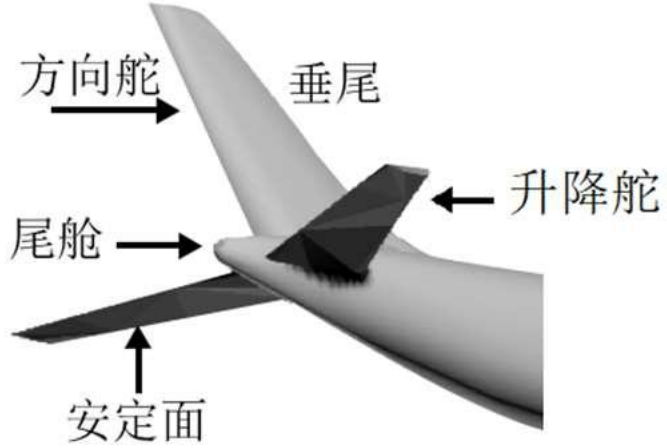


# 2 机翼与尾翼结构

## 2) 飞机尾段

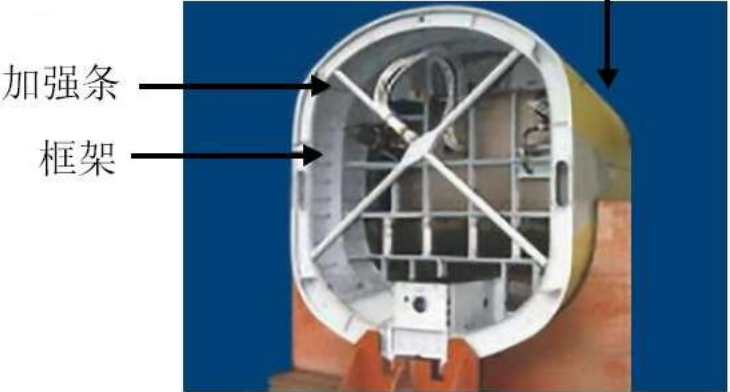
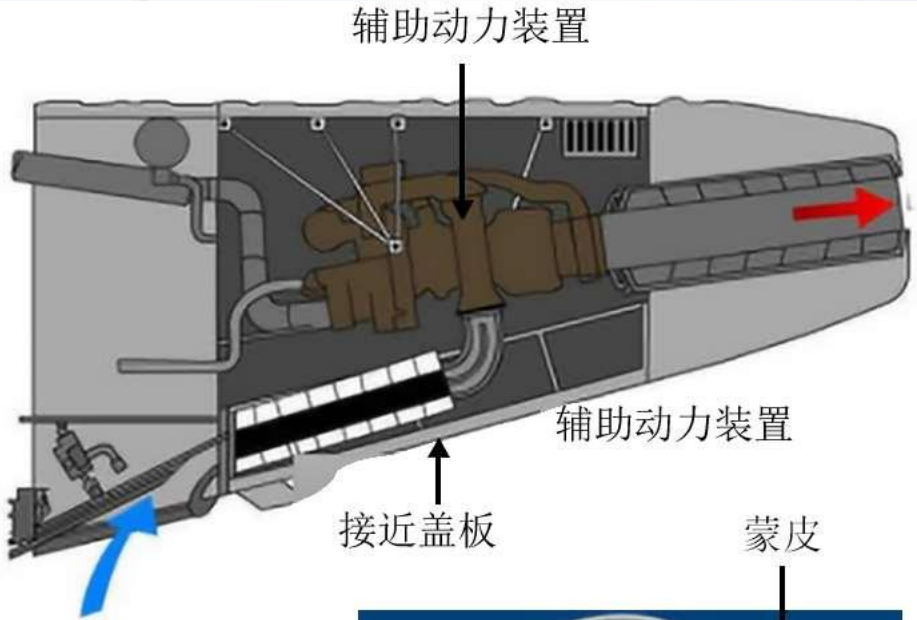
非增压区，包括：

- 垂直安定面
- 方向舵
- 水平安定面
- 升降舵
- 尾舱



# 2 机翼与尾翼结构

## 2) 飞机尾段



## 2 机翼与尾翼结构

### 3) 水平安定面

作用：

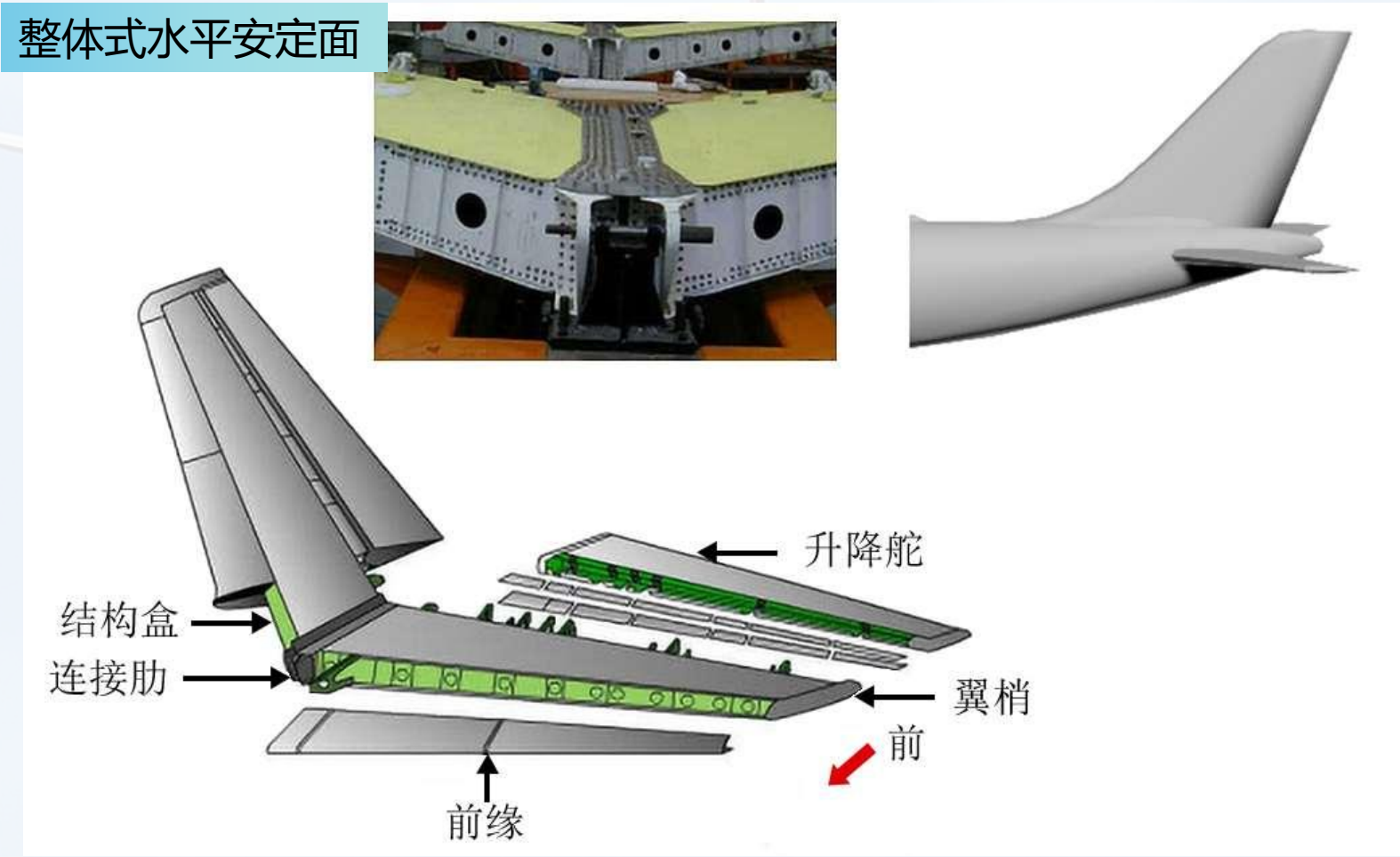
- 保持纵向平衡
- 进行俯仰配平控制
- 用作配平油箱。

结构：

- 一个整体结构
- 由3个独立结构组装而成

## 2 机翼与尾翼结构

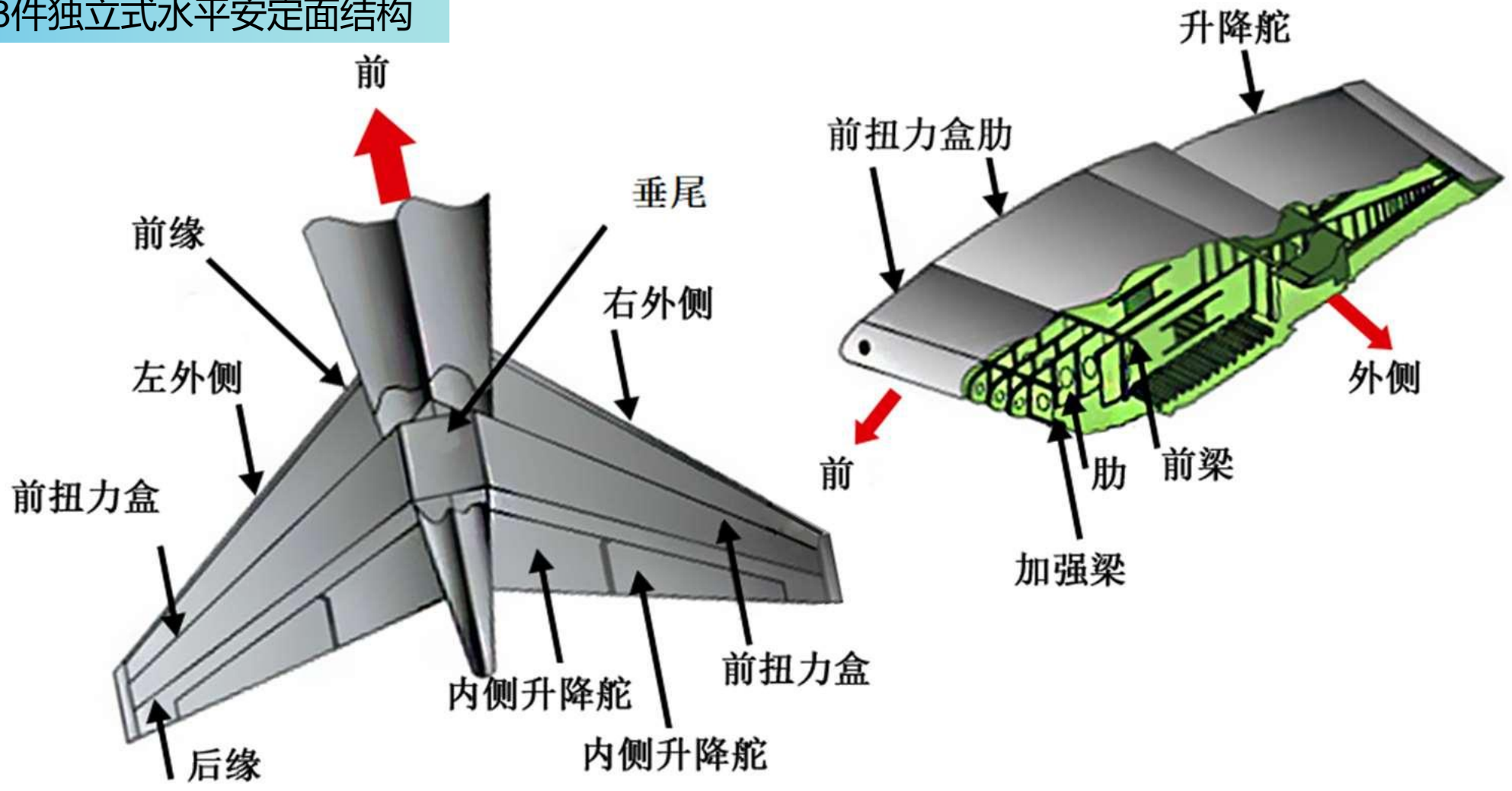
### 3) 水平安定面



## 2 机翼与尾翼结构

### 3) 水平安定面

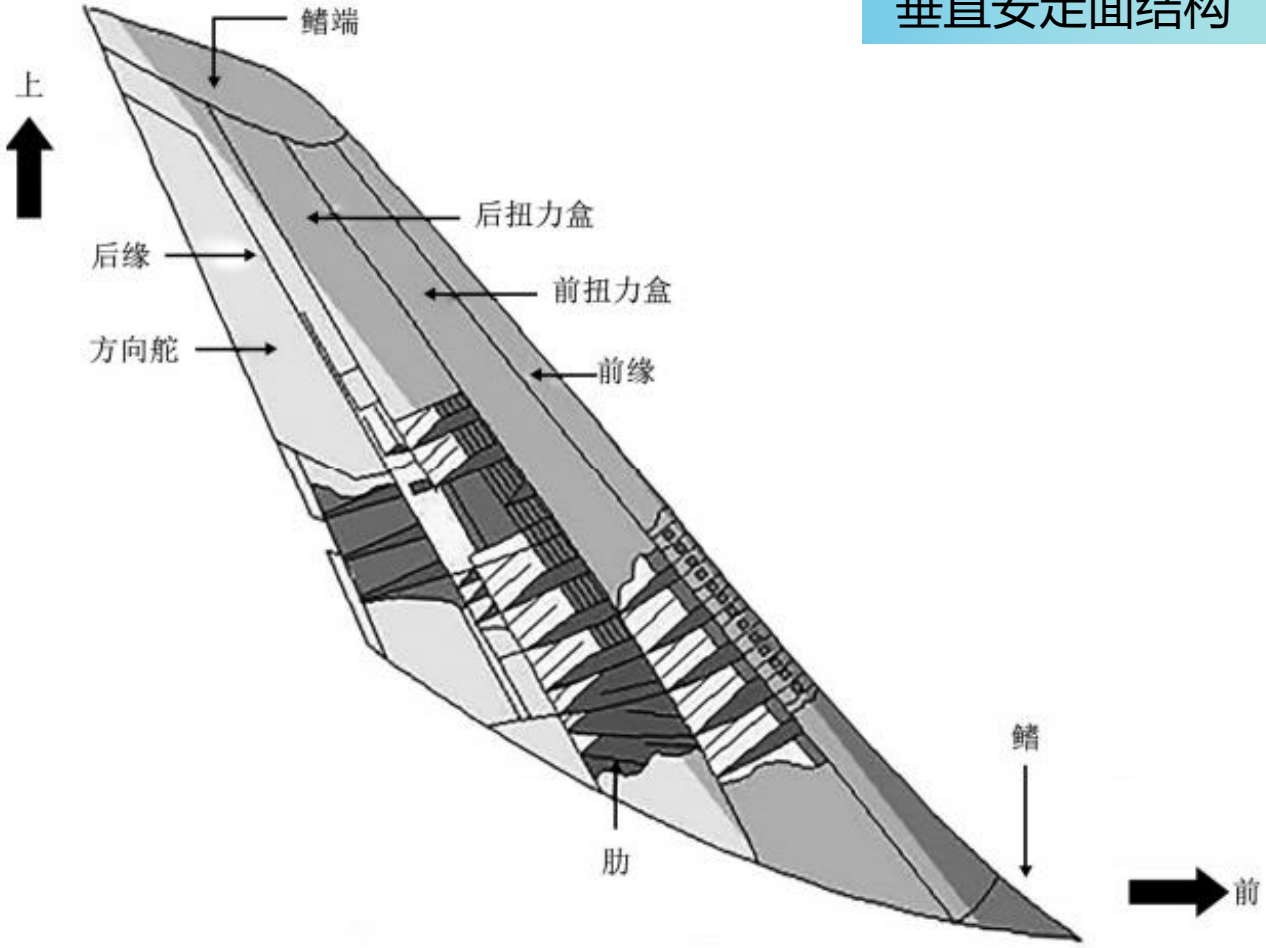
3件独立式水平安定面结构



# 2 机翼与尾翼结构

## 4) 垂直安定面

垂直安定面结构

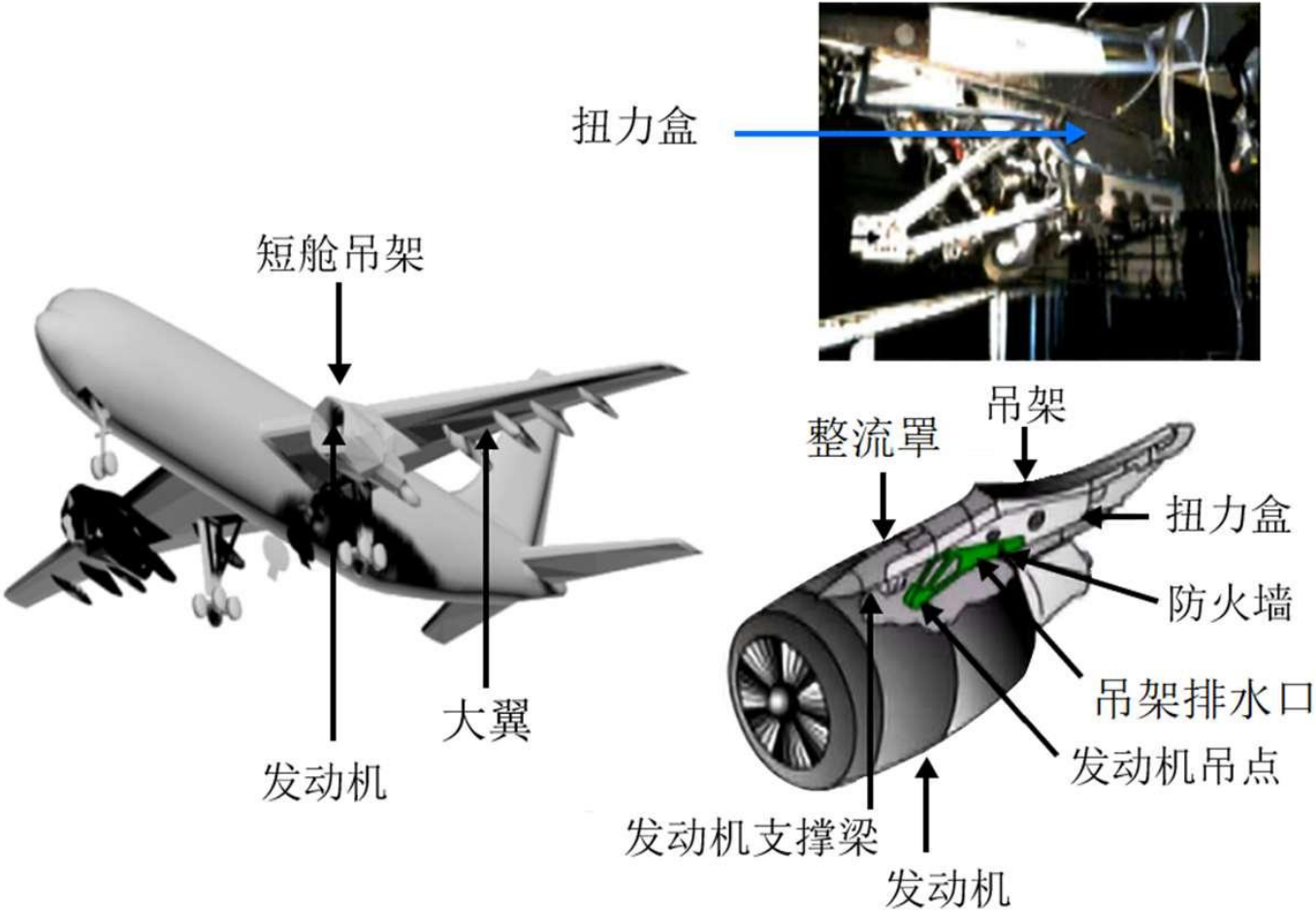


### 3 吊架和吊舱

吊架位置：位于飞机的每一个机翼下面。

吊架组成：由扭矩盒、防火墙和防火密封、整流罩、支柱排水管、风扇整流罩支撑梁和发动机吊点连接件等共同构成。

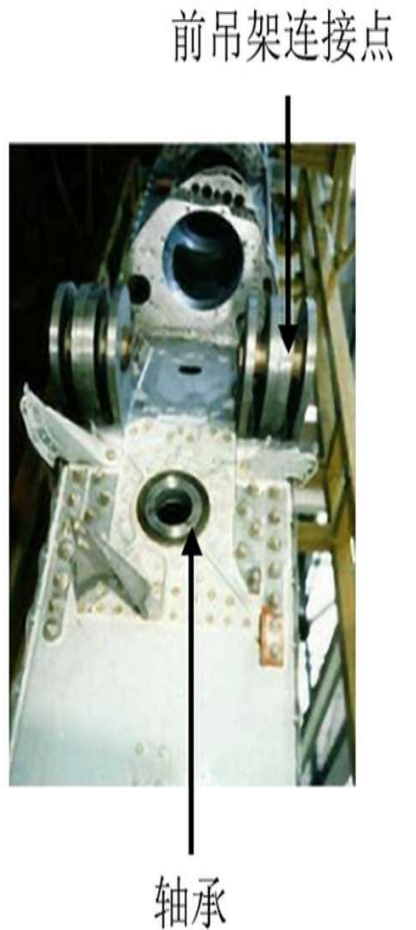
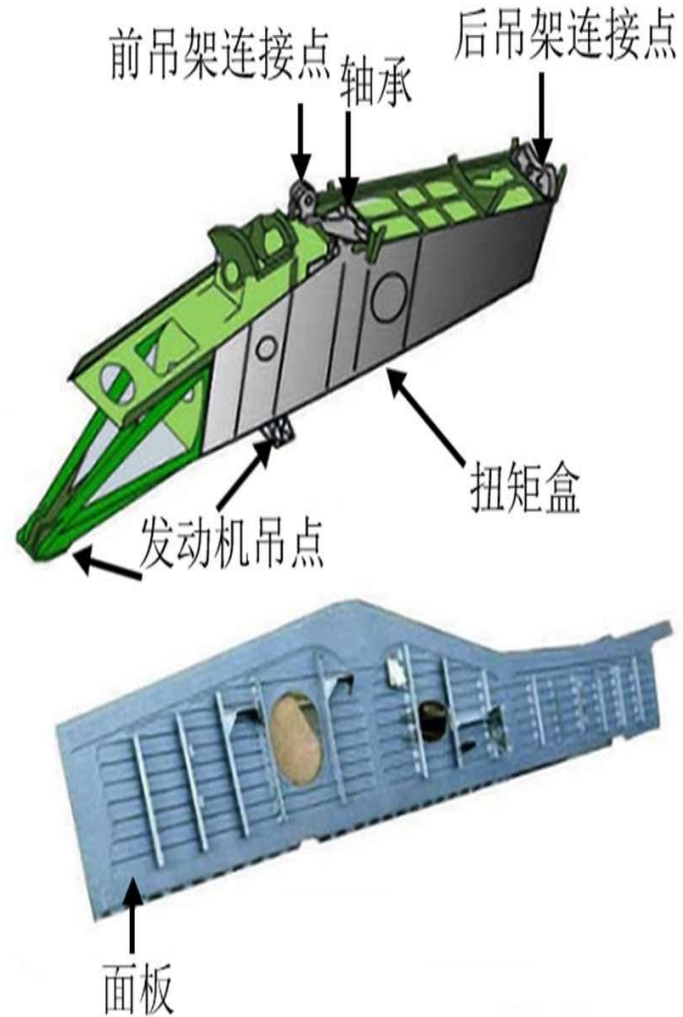
吊架作用：它支撑着每个机翼上的发动机，是在发动机和机翼之间的支撑和配置系统，但其主要功能是将发动机的所有负载传送到扭矩盒。



### 3 吊架和吊舱

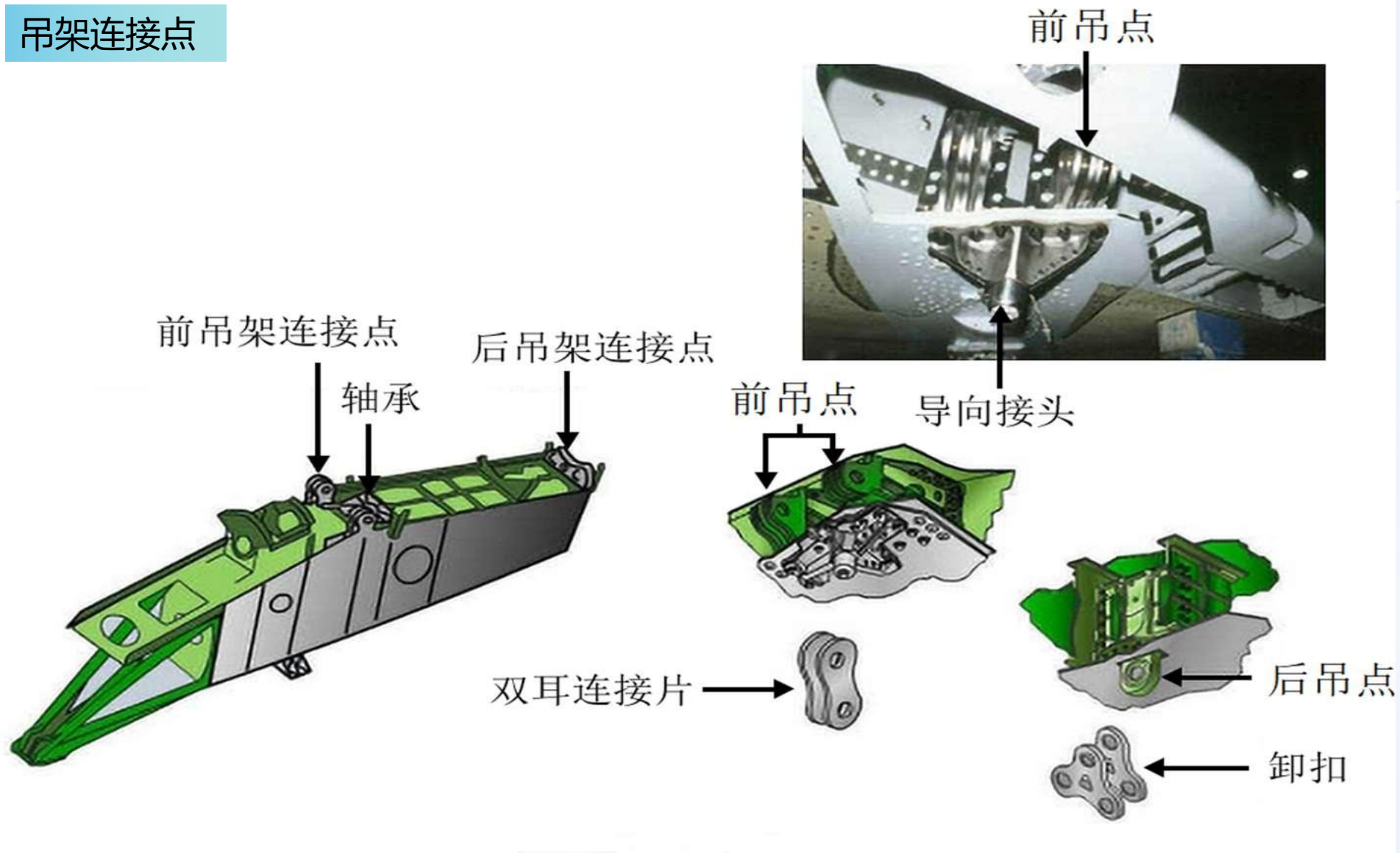
扭矩盒通过 3 个区域连接到机翼上：

- 2 个前吊架连接点：传递重量和横向荷载
- 1 个后吊架连接点：传递重量和纵向荷载



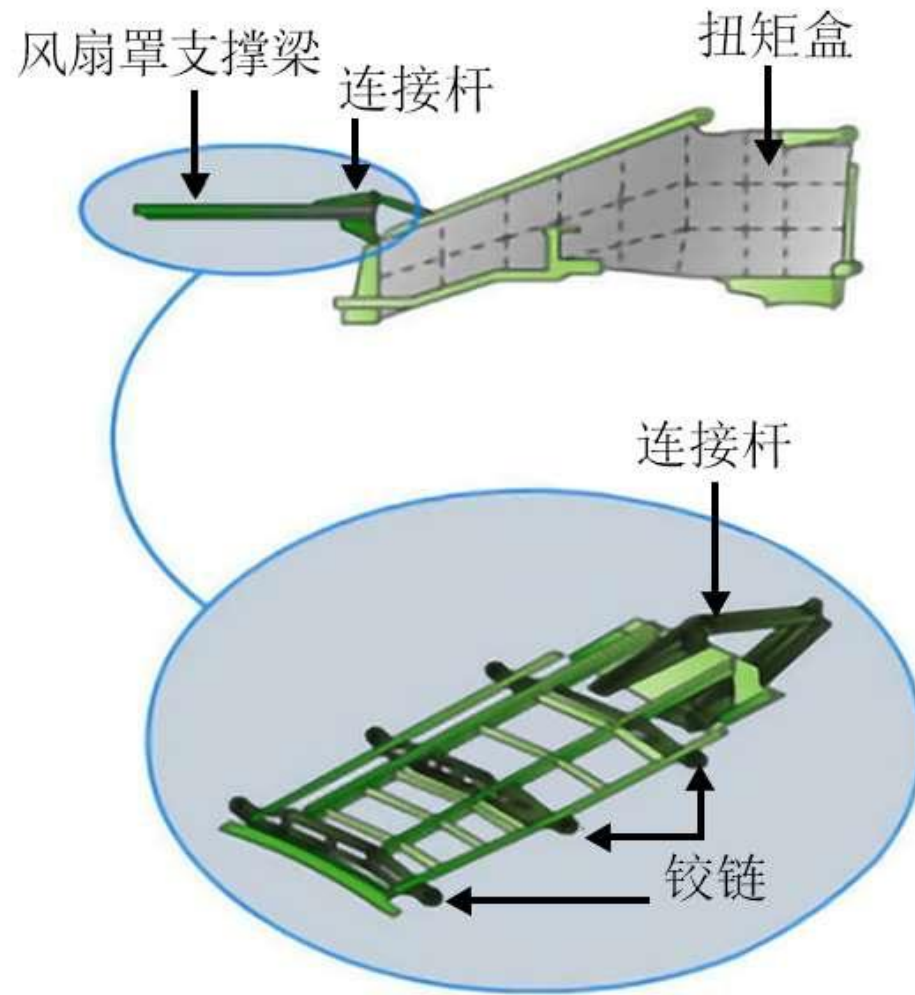
### 3 吊架和吊舱

#### 吊架连接点



### 3 吊架和吊舱

风扇整流罩支撑梁

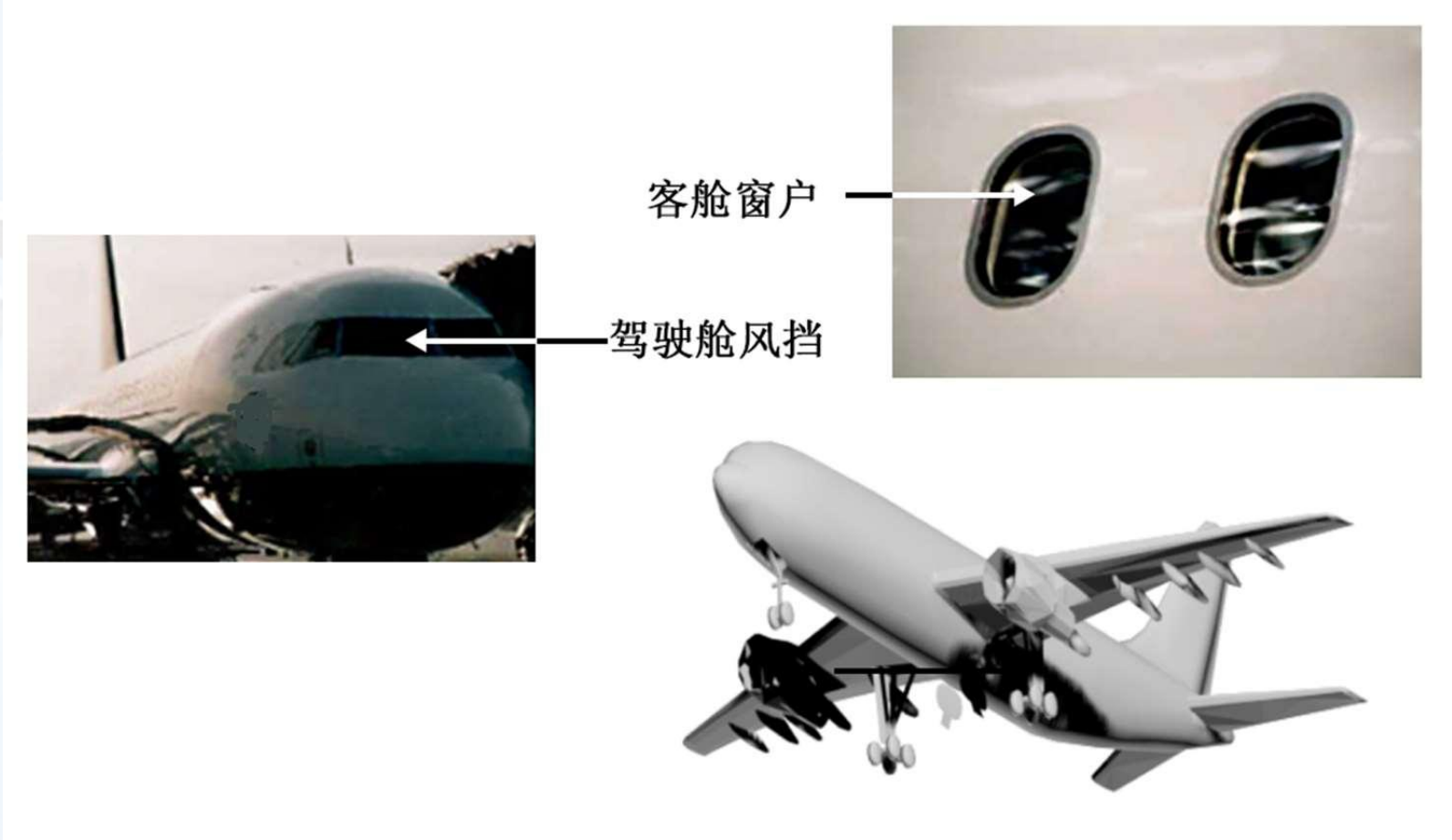


# 4 开口：窗户、门

## 1) 窗户

窗户包括：驾驶舱窗户  
客舱窗户  
观察窗

作用：给予了旅客及机组最大的视野，保证客舱压力的稳定。驾驶舱窗户（风挡）也用于防止鸟击或者冰雹的袭击。



# 4 开口：窗户、门

## 1) 窗户

客舱窗户

驾驶舱风挡

1号风挡

3号风挡

1L 1R

2L 2R

3L 3R

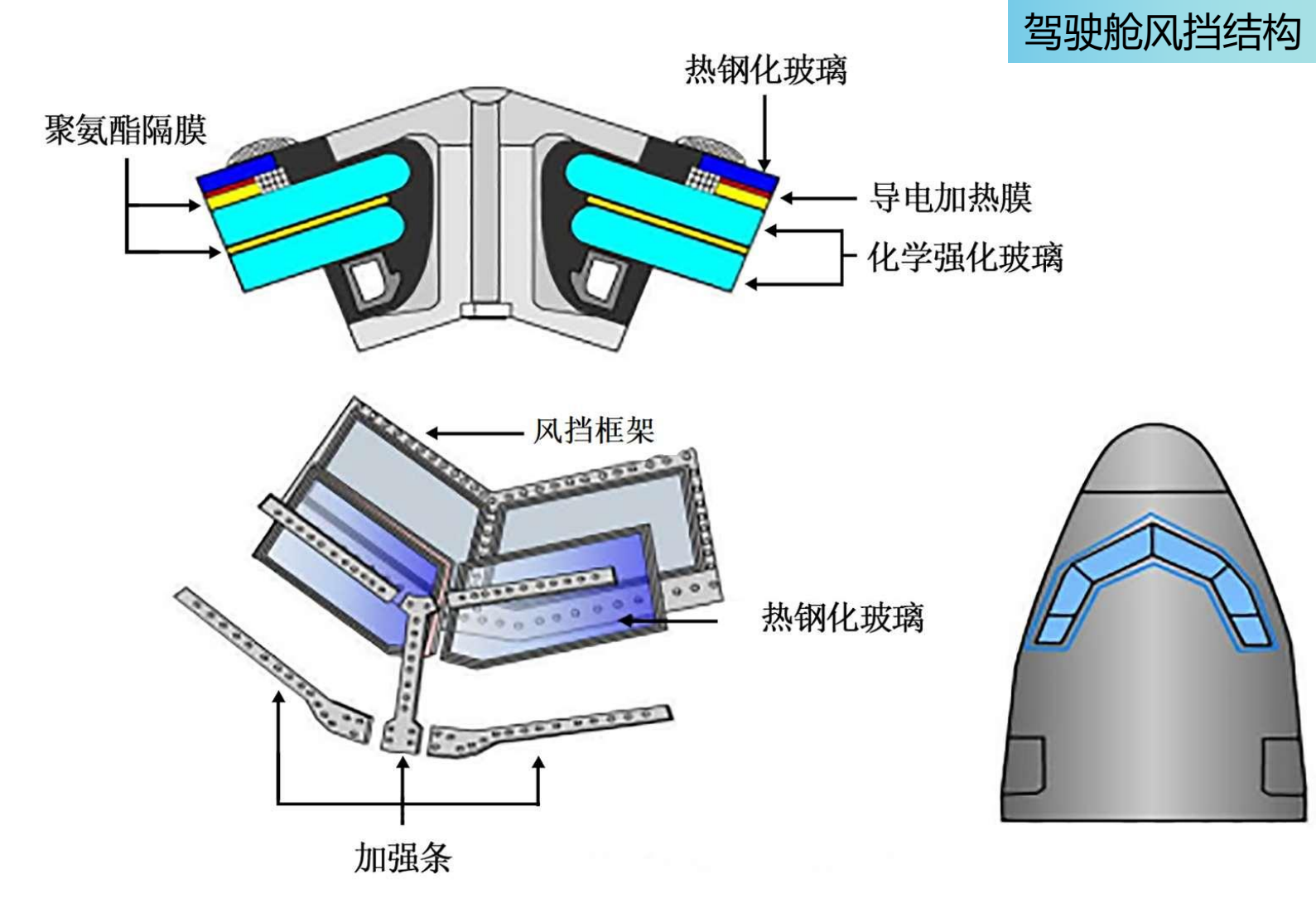
驾驶舱风挡

The image contains several components: a photograph of an aircraft's nose and cockpit area with labels for '客舱窗户' (passenger windows) and '驾驶舱风挡' (cockpit windshield); a diagram of the cockpit windshield assembly with labels for '1号风挡' (windshield 1) and '3号风挡' (windshield 3); a diagram of the fuselage cross-section showing the locations of windows labeled 1L, 1R, 2L, 2R, 3L, and 3R; and a photograph of a pilot sitting in the cockpit.

# 4 开口：窗户、门

## 1) 窗户

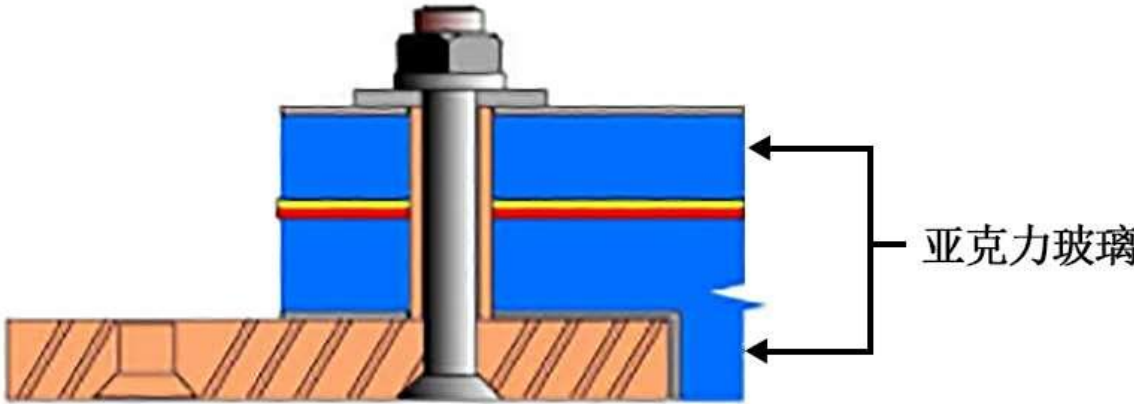
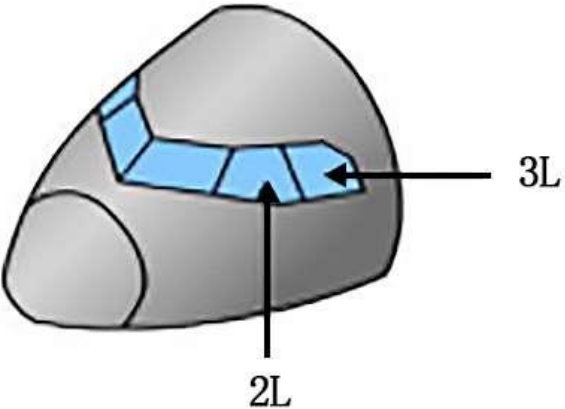
驾驶舱风挡结构



# 4 开口：窗户、门

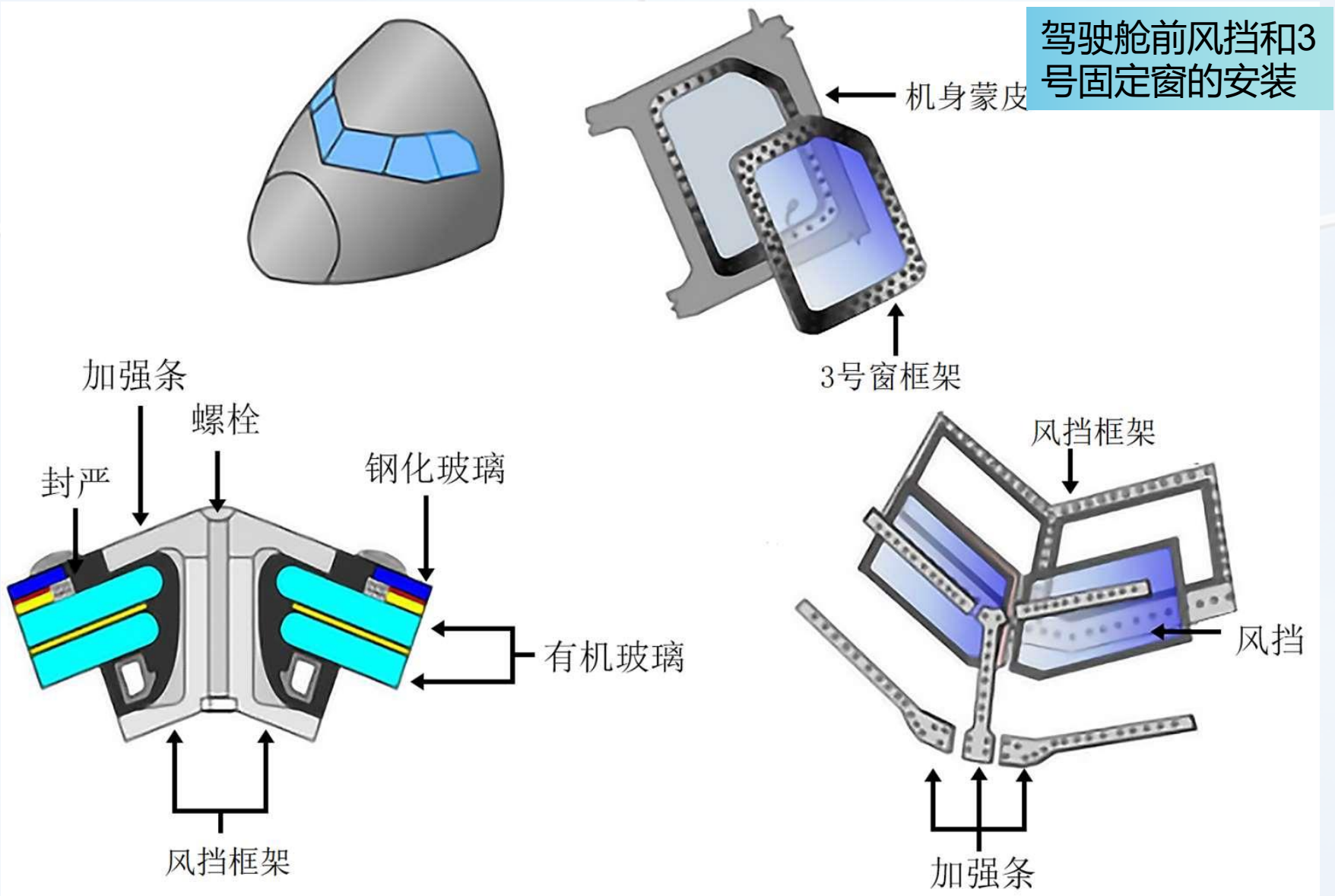
## 1) 窗户

驾驶舱2、3号风挡



# 4 开口：窗户、门

## 1) 窗户



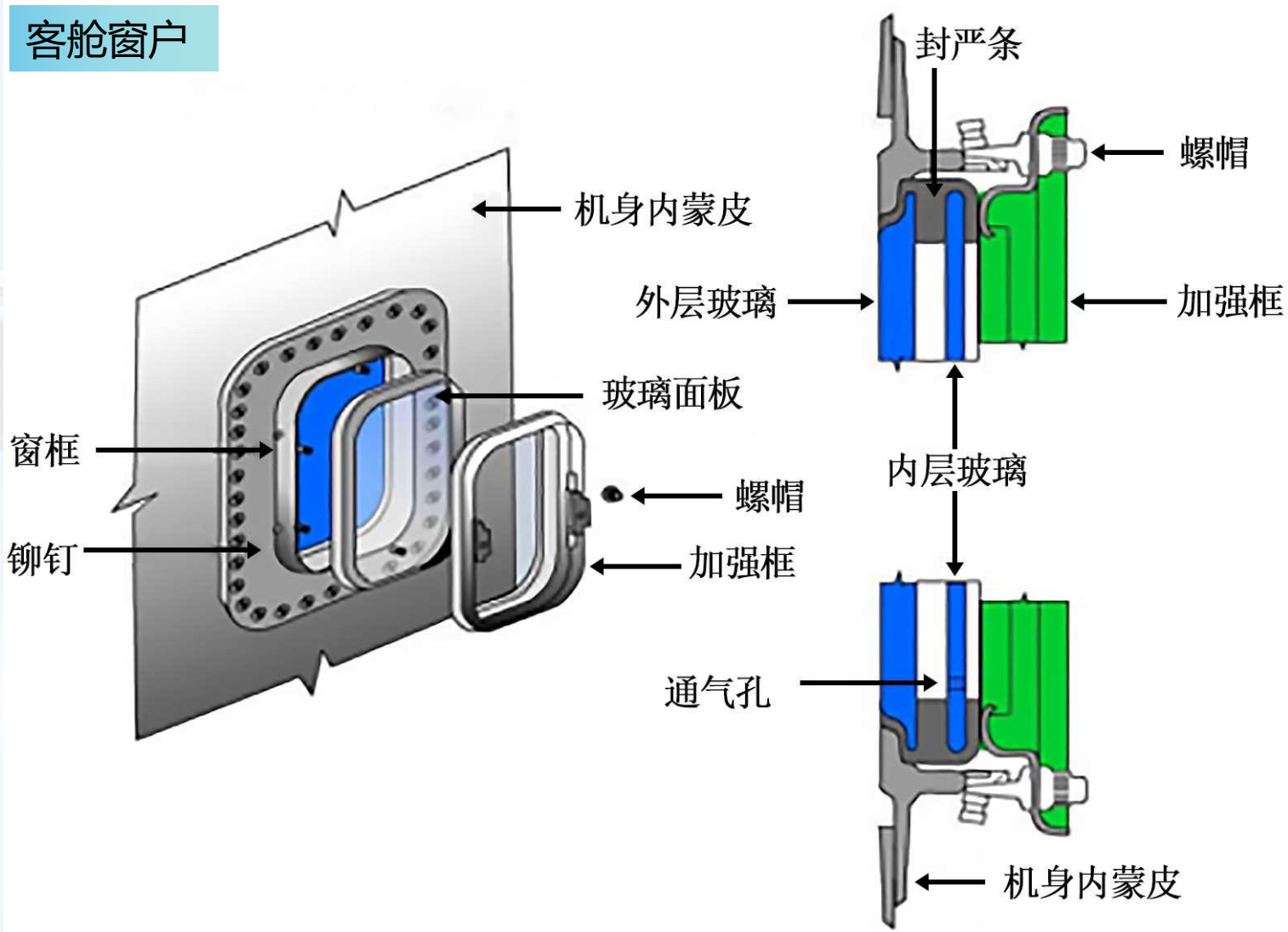
# 4 开口：窗户、门

## 1) 窗户

作用：

- 让乘客观察外部
- 承受舱内外压差
- 保护乘客免受雨雪等恶劣天气的影响

客舱窗户

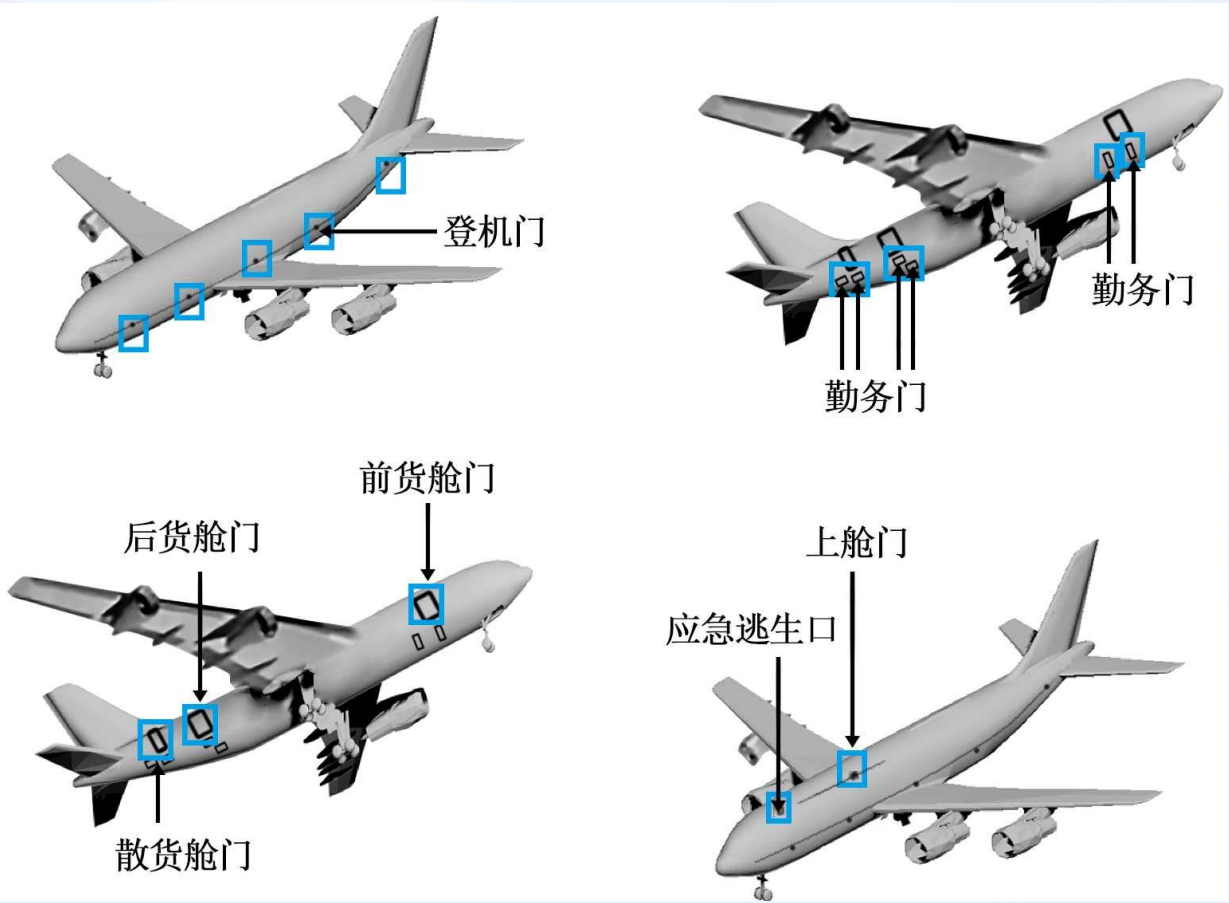


# 4 开口：窗户、门

## 2) 舱门

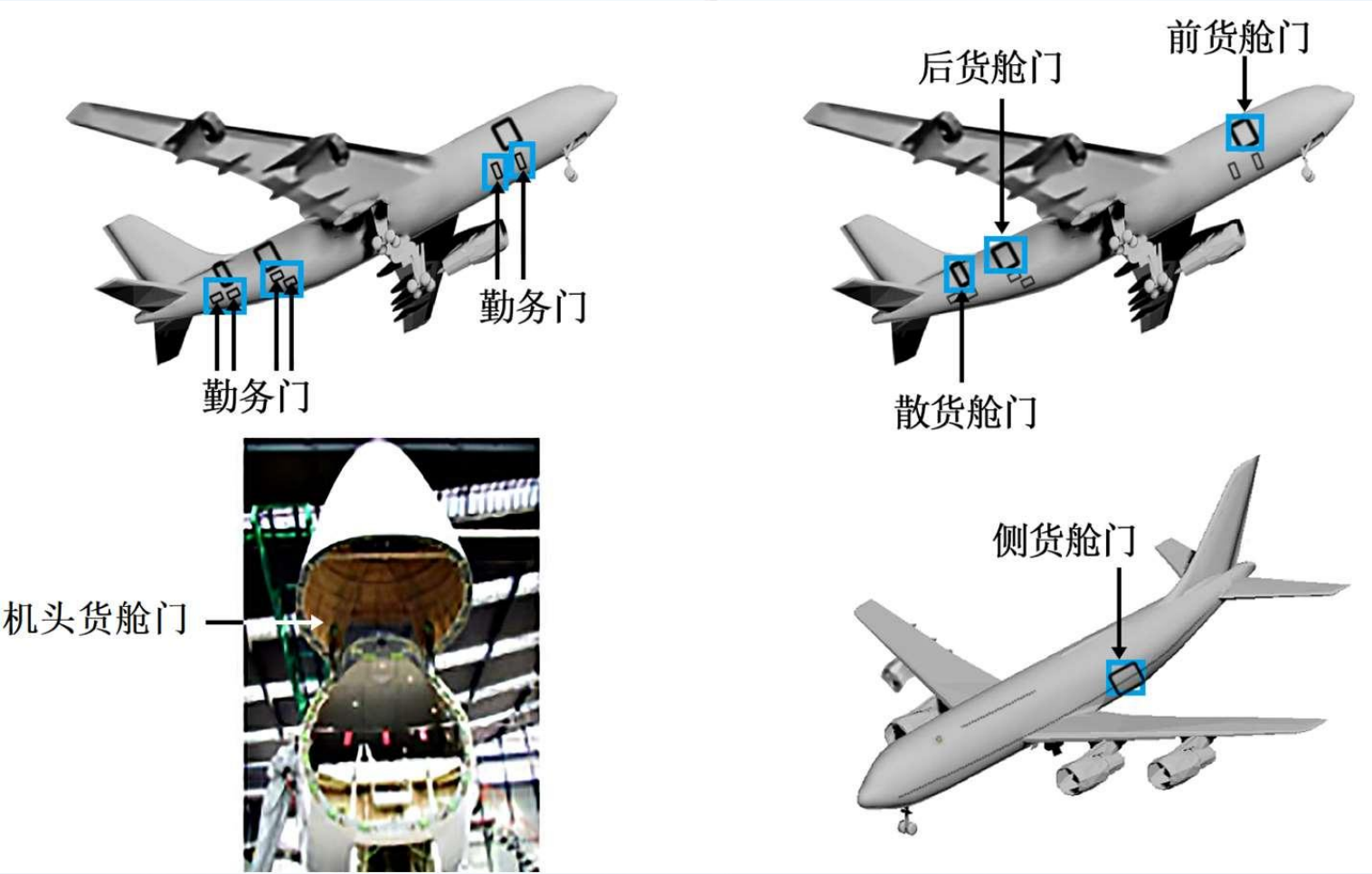
按其功能可分为：

- 主登机门
- 勤务门
- 货舱门
- 应急门



# 4 开口：窗户、门

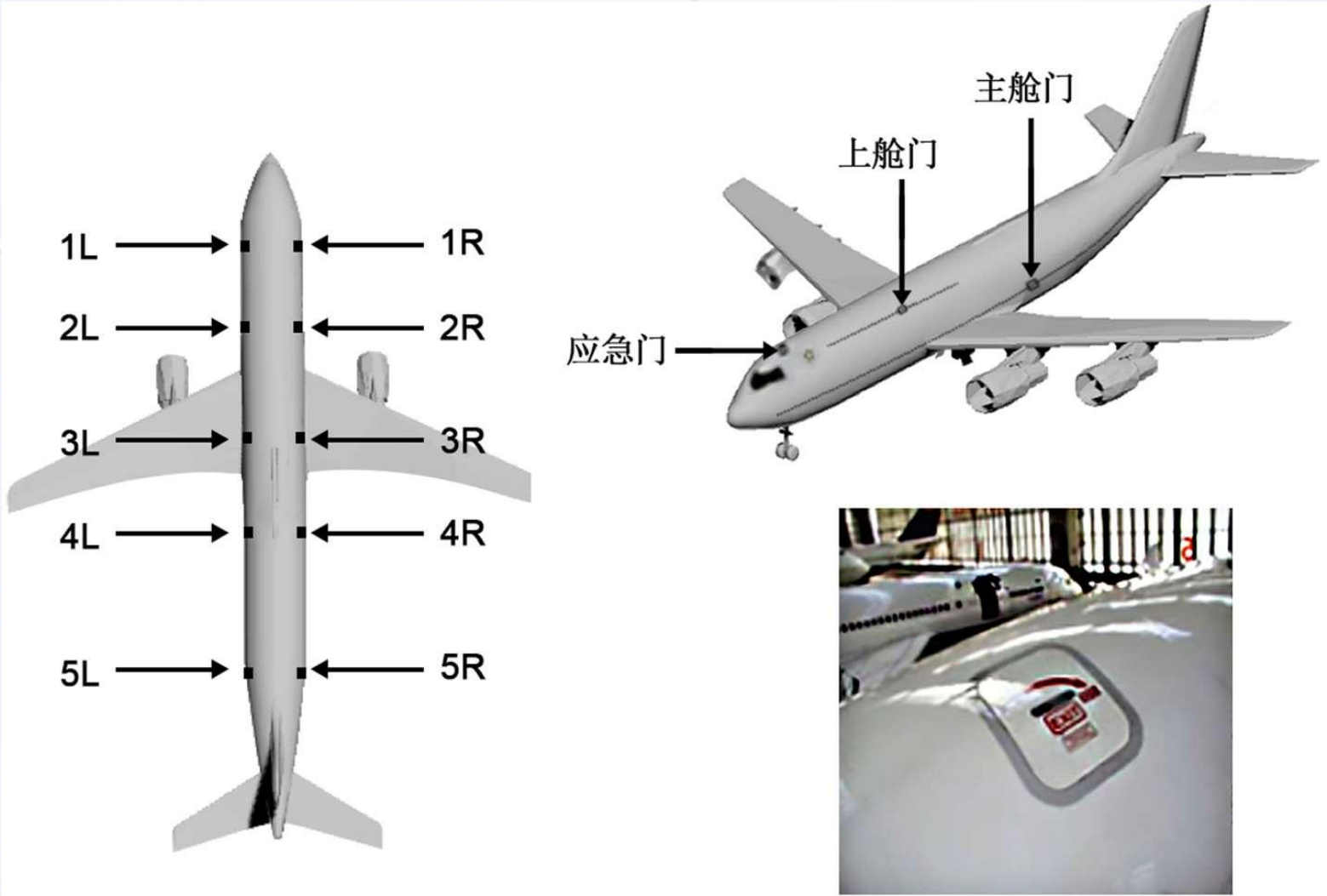
## 2) 舱门



货舱门及勤务门

# 4 开口：窗户、门

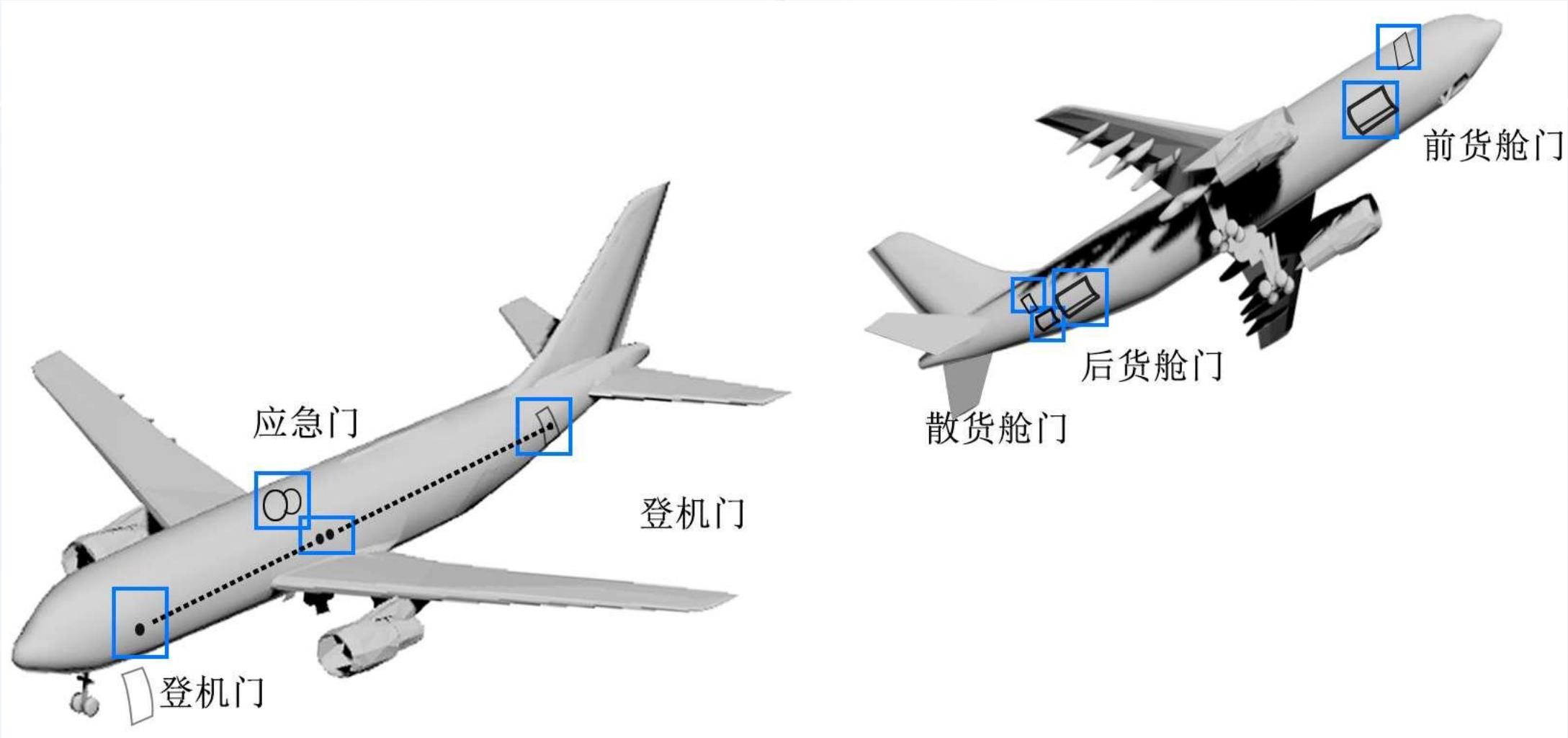
## 2) 舱门



宽体客机舱门

# 4 开口：窗户、门

## 2) 舱门



窄体客机舱门

## 4 开口：窗户、门

### 2) 舱门

应急门可分为：

机翼紧急逃生舱口

头顶应急逃生口



737飞机翼上应急出口



320翼上应急出口

# 小结:

1. 机身结构形式;
2. 机翼作用;
3. 扭力盒如何连接到机翼;
4. 风挡结构



### 3.2.3 材料概述

# 目录

1

航空金属、非金属与复合材料

2

材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能



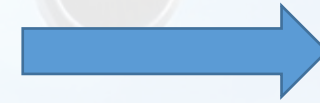
# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (1) 铝合金的种类和牌号

铝合金主要是以铸造或者锻造的形式生产：

- 铸铝的晶粒结构粗糙，很脆，制造飞机轮毂和发动机曲轴箱的材料。
- 锻造的晶粒结构会被压缩和拉伸，被成形为板、棒、挤压件或钣金件，广泛用于制造飞机结构件。

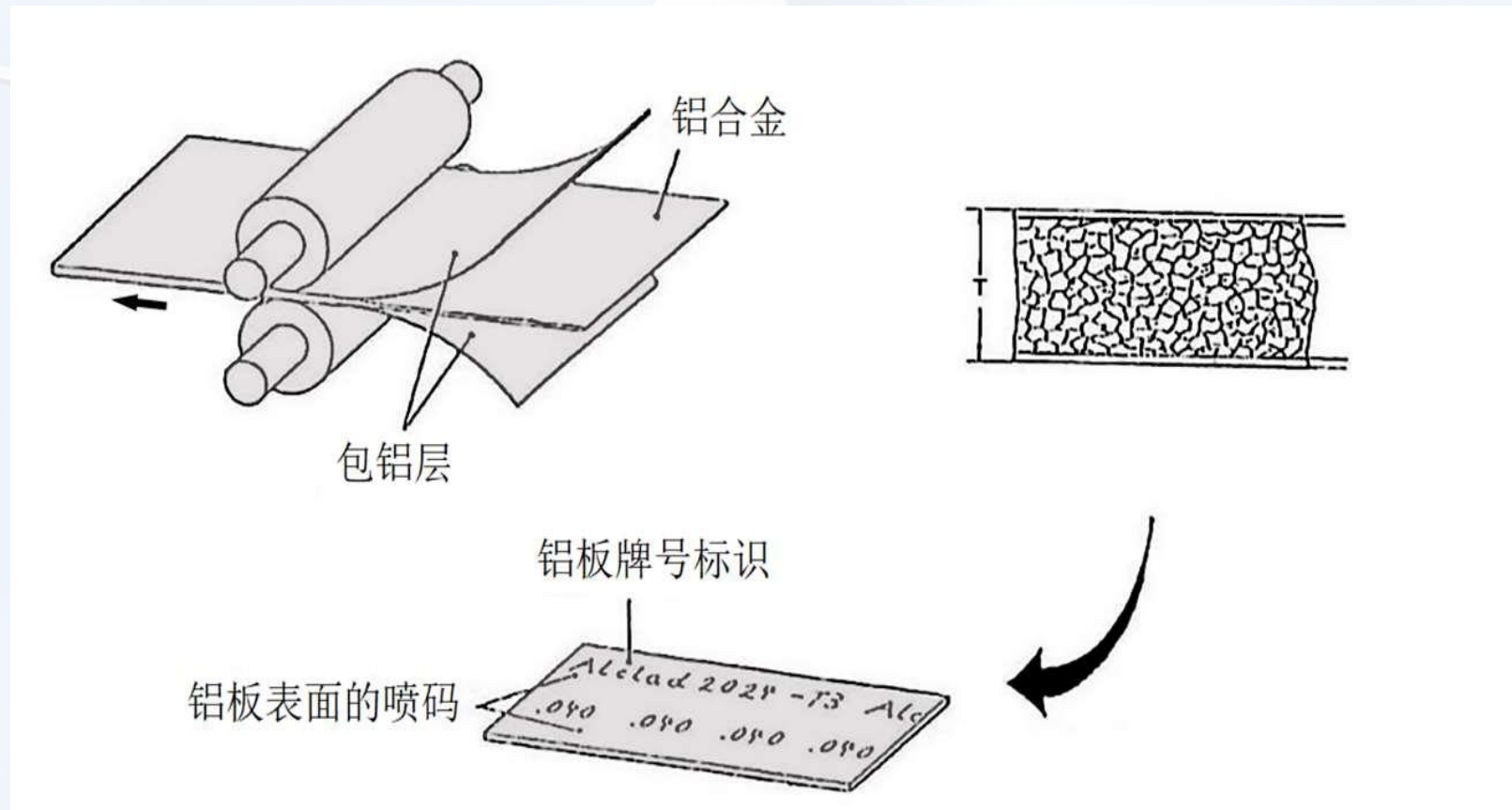


热处理

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (1) 铝合金的种类和牌号



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (1) 铝合金的种类和牌号

铝合金牌号（四位数）：

- 第一个数字表示主要合金元素的合金组分。
- 第二位表示合金的杂质含量：0表示原始合金；数字1到9（连续分配）表示合金进行了改进。
- 最后两位数字没有特殊的意义，仅用于识别不同的合金。
- 对于铸造合金，第四位和前三位数字之间用小数点隔开，即表示是铸造件或者是铸锭。
- 实验合金前缀是字母X

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (1) 铝合金的种类和牌号

表2-1 铝合金的牌号

| 锻造合金 | 合金元素      | 铸件合金 | 合金元素       |
|------|-----------|------|------------|
| 1XXX | 99.00% 纯铝 | 1XXX | 99.00 % 纯铝 |
| 2XXX | 铜         | 2XXX | 铜          |
| 3XXX | 锰         | 3XXX | 硅铜合金/镁合金   |
| 4XXX | 硅         | 4XXX | 硅          |
| 5XXX | 镁         | 5XXX | 镁          |
| 6XXX | 镁和硅       | 6XXX | 未使用系列      |
| 7XXX | 锌         | 7XXX | 锌          |
| 8XXX | 其它        | 8XXX | 钛          |
| 9XXX | 未使用系列     | 9XXX | 其它元素       |

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (2) 铝合金的热处理

铝合金固溶热处理程序分三步进行：

第一步：加热，即将材料加热到规定的温度并保持一定时间。

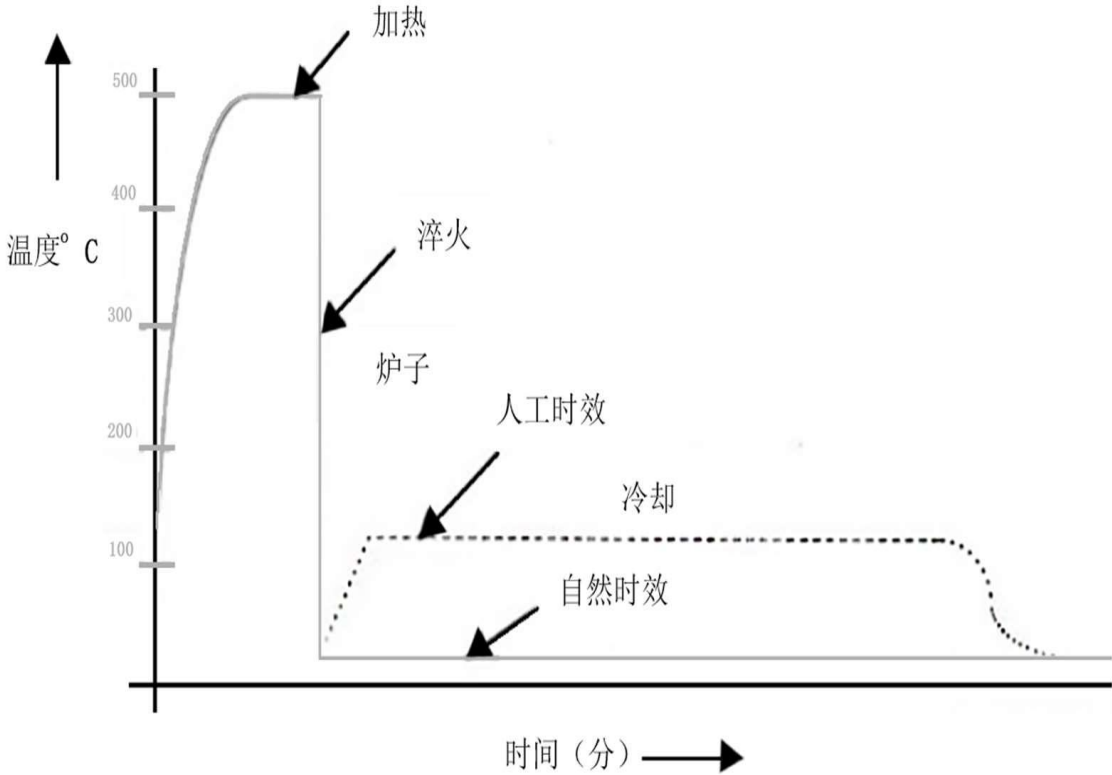
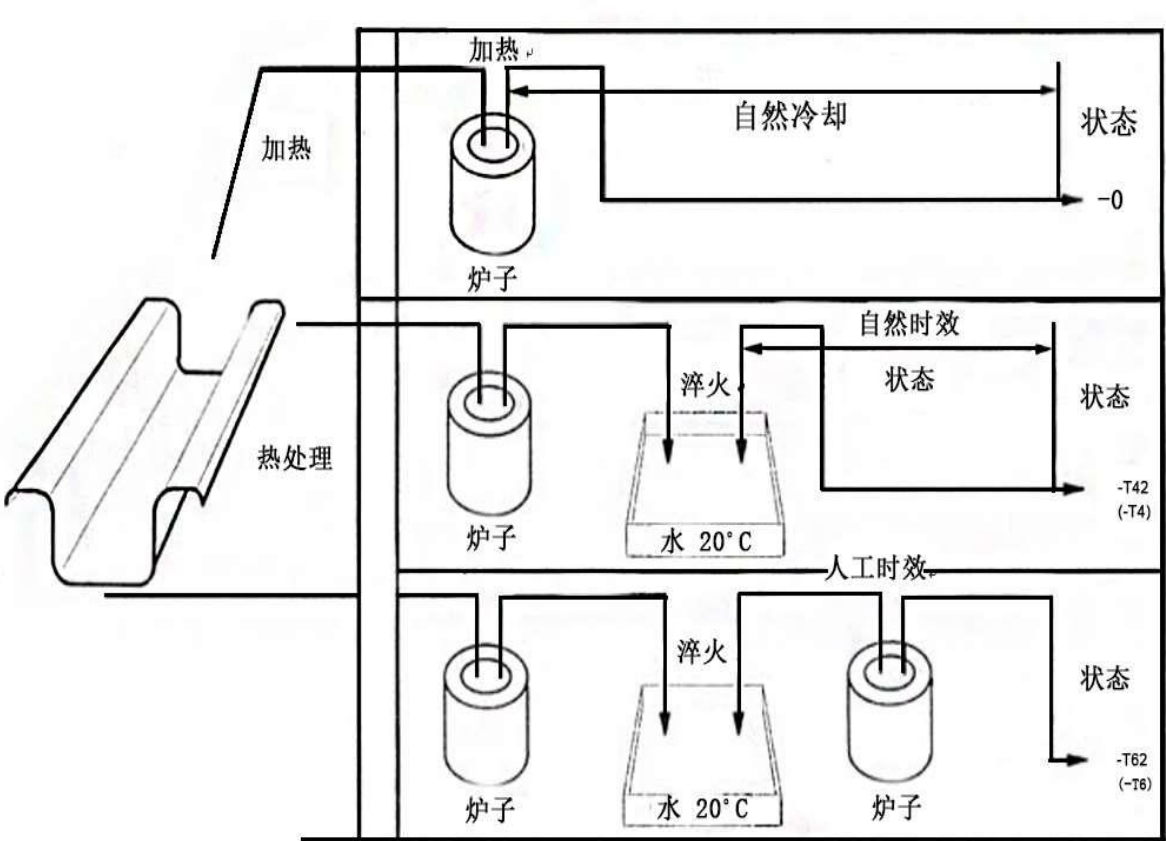
第二步：淬火冷却。

第三步：人工时效或者自然时效。

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (2) 铝合金的热处理



铝合金的热处理过程

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 1) 铝合金

### (2) 铝合金的热处理

基本的热处理状态代码：

- F 材料处于自由加工状态，半成品
- O 退火状态
- H 非热处理，是冷作硬化状态
- W 固溶处理的不稳定状态
- T 热处理后的稳定状态

T热处理的状态代码

T3: 固溶热处理后进行冷作硬化，再经自然时效至基本稳定状态。

T4: 固溶热处理后自然时效至基本稳定状态。

T5: 仅人工时效，应用于进行了高温下迅速冷却的加工工艺之后才进行人工时效的构件。

T6: 固溶热处理后进行人工时效的状态。

T7: 固溶热处理后进行时效的状态。

T8: 固溶热处理后经冷作硬化，然后进行人工时效的状态。

T9: 固溶热处理后人工时效，然后进行冷作硬化的状态。

T10: 进行冷作硬化，再进行人工时效，应用于进行了高温下迅速冷却的加工工艺后的构件。

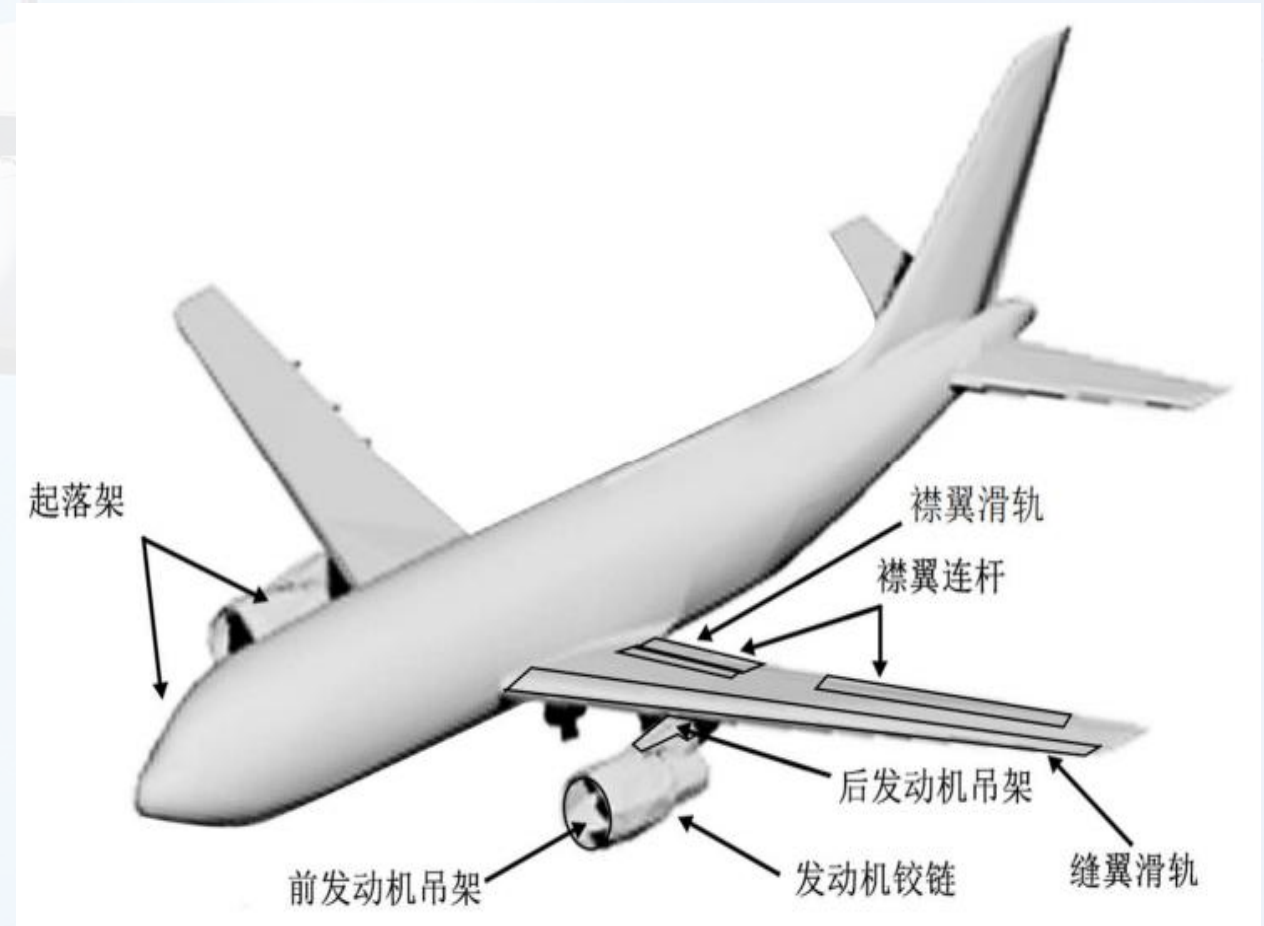
热处理后的状态代码

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (1) 简介

- 钢：在铁中加入一定的碳后就变成钢。通过在钢中添加某些合金元素，可以提高其抗腐蚀性能。



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (1) 简介

钢的主要合金化元素有：

- 硫(增加钢的热脆性)
- 锰(产生干净、坚韧、均匀的金属)
- 硅(作为硬化剂)
- 磷(提高屈服强度和耐腐蚀性)
- 铬(增加强度、耐磨性和耐腐蚀性)
- 钼(增加冲击强度和弹性极限)
- 钒(增加拉伸强度和韧性)
- 钛(降低钢材的脆性)
- 碳(增加钢的硬度)

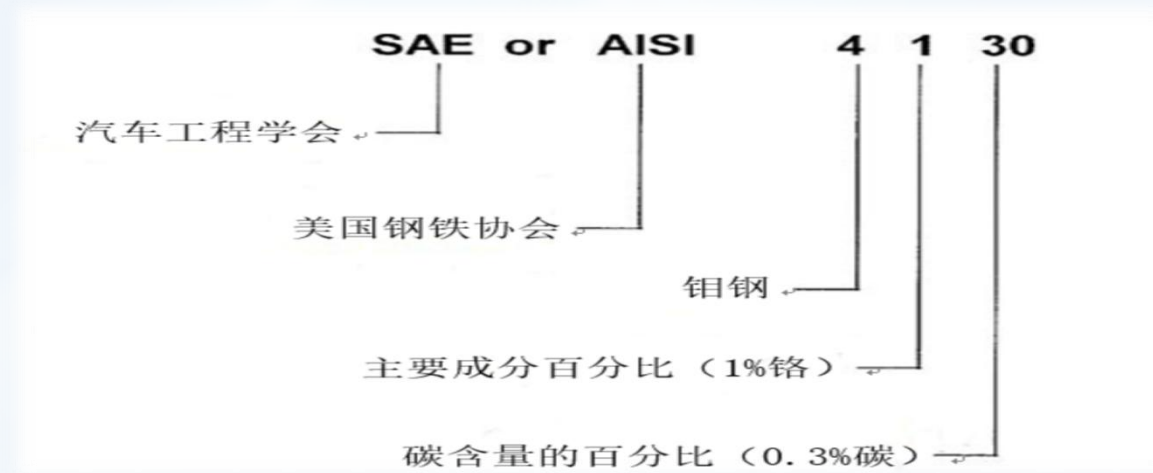
# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (2) 钢及其合金的种类和牌号

合金钢牌号命名主要是依据合金的成分进行命名：

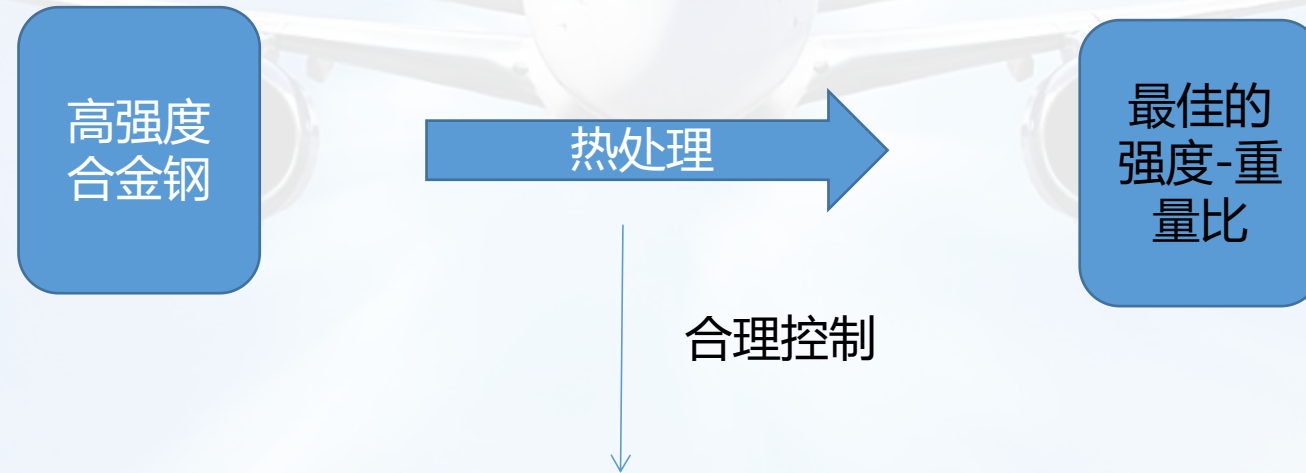
- 两个数字指的是特定的主要合金元素
- 最后两位数是指数碳元素在合金中所占的百分比



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (3) 钢及其合金的强度



- 热处理接近上限的钢在没有明显变形的情况下容易发生断裂
- 钢被回火处理后拉伸强度虽然降低了，但是提高了其冲击韧性

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (3) 钢及其合金的强度

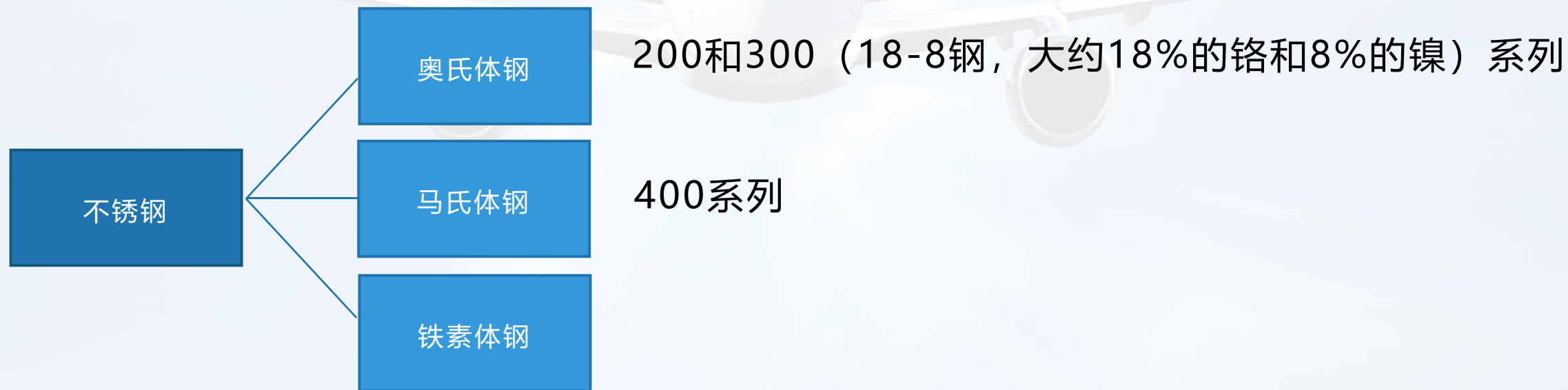
不锈钢特性：

- 耐腐蚀
- 强度高
- 韧性好
- 耐高温

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 2) 钢及其合金

### (3) 钢及其合金的强度

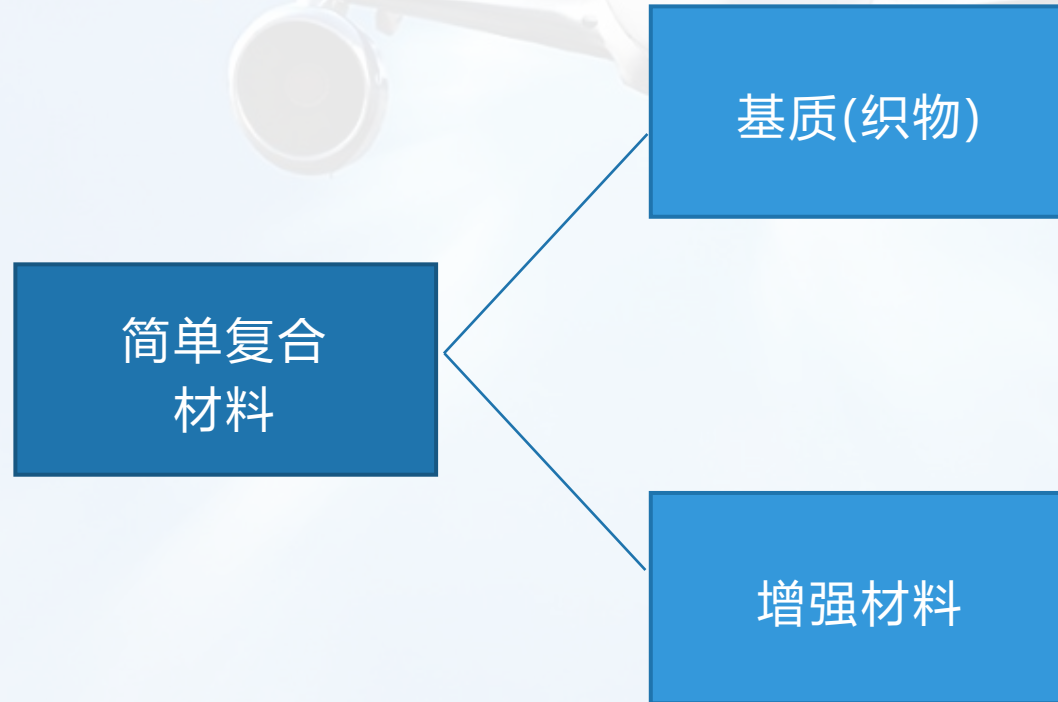


# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (1) 复合材料在飞机上的应用

- 复合材料是两种或两种以上物理和化学性质不同的物质组合而成。



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (1) 复合材料在飞机上的应用

- 优点：重量轻，高强度重量比，减少零件和紧固件，减少磨损，耐腐蚀等。

- 缺点：价格昂贵，不容易维修，需要训练有素的人员、工具、设备和设施来修复复合组件。

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (2) 复合材料中的增强材料



玻璃纤维

长纤维

短纤维

玻璃纤维特点：

- 具有高的抗拉强度
- 具有良好的抗化学性
- 具有低的热膨胀系数和高的导热系数，在热环境下具有极好的热稳定性
- 玻璃纤维不吸潮，因而遇水后不会溶胀和分解，在潮湿的环境中仍能保持最高的强度和其他力学性能
- 由于玻璃纤维不导电，因而是一种理想的电绝缘体

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (2) 复合材料中的增强材料

#### 芳纶纤维

#### 芳纶纤维特点:

- 机械强度比碳纤维的高，弹性不如碳纤维，抗撞击性较好，价格也较碳纤维便宜
- 吸水性较好，能够吸收大约其重量的8%的水
- 热膨胀系数（负）较高
- 抗压强度比抗拉强度低，芳纶不能用来制作受压应力较大的场合

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (2) 复合材料中的增强材料

#### 石墨/碳纤维

#### 石墨/碳纤维特点:

- 非常强和硬的，刚性较强，用于制造主要的受力结构件，如肋和地板梁。
- 石墨纤维的抗压强度比芳纶纤维高，但比芳纶脆。
- 碳纤维与铝合金接触时会产生腐蚀，它将造成铝合金的腐蚀。

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

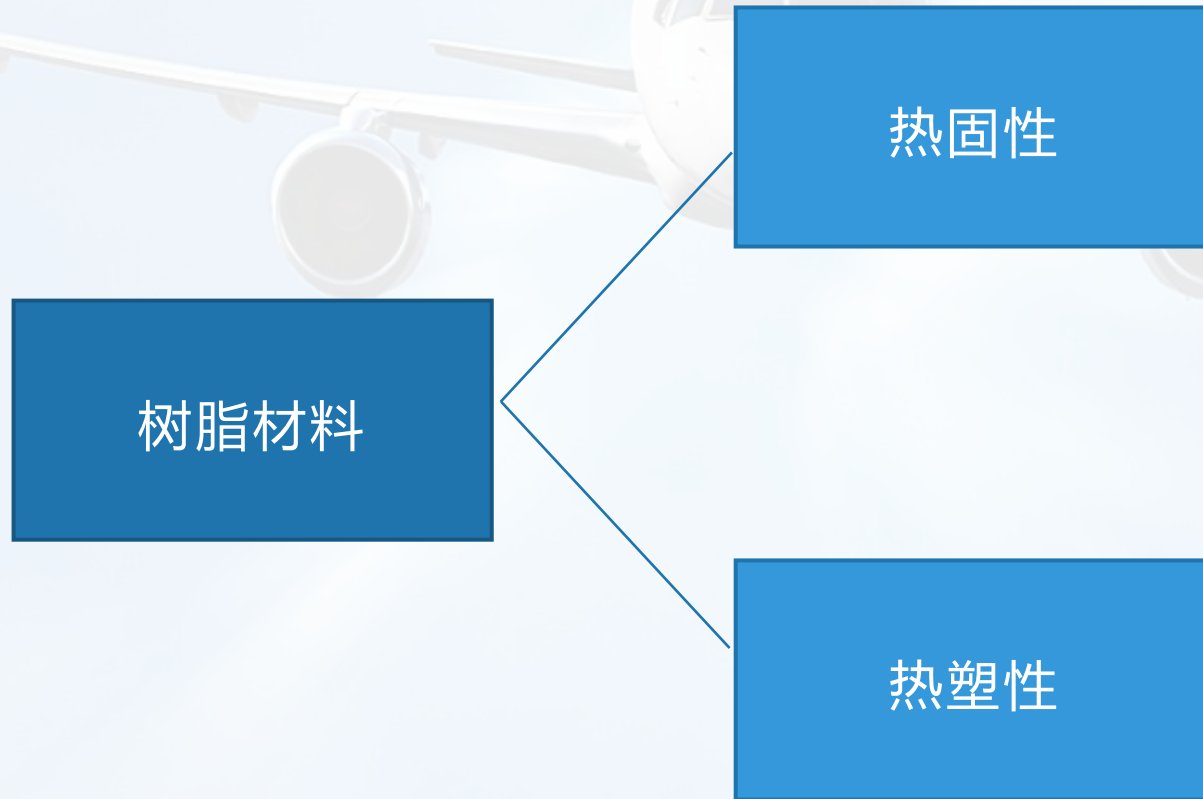
### (3) 复合材料中的基体材料

- 基体材料作用：粘结材料，它完全包裹在纤维周围，赋予纤维强度，并将应力传递给纤维。
- 新型基体材料（树脂）特点：具有良好的应力分布、耐热性、耐化学性能和耐久性。

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (3) 复合材料中的基体材料

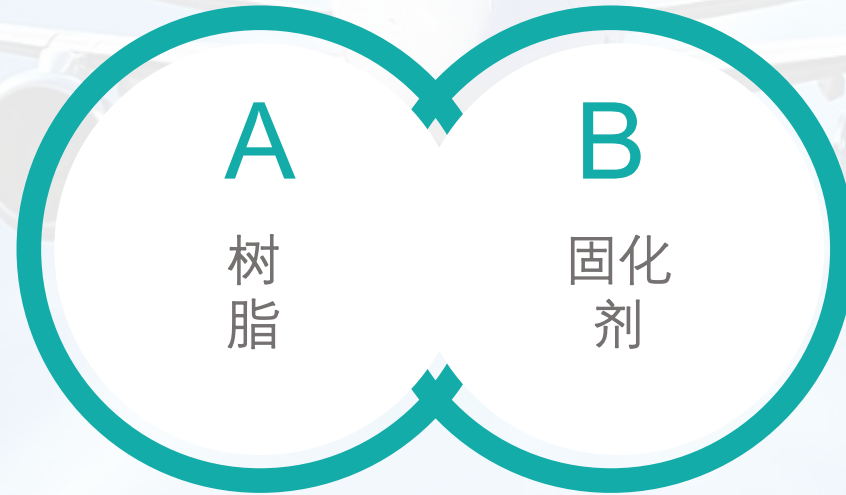


# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (3) 复合材料中的基体材料

树脂基体组成



- 环氧树脂
- 酚醛树脂
- 过氧化物固化剂：水性
- 环氧化物固化剂：比例高；粘稠

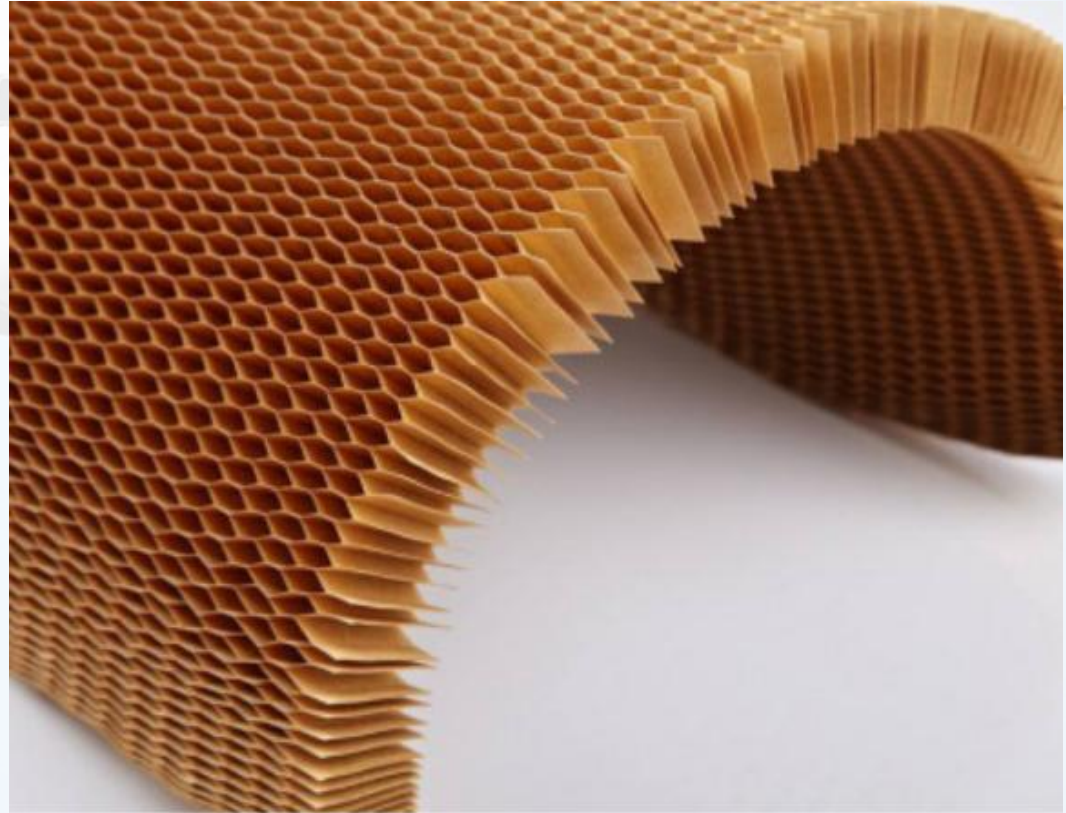
# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (4) 蜂窝夹芯结构

蜂窝夹芯特点:

- 壁薄, 蜂格较大, 强度高
- 抗压缩强度高, 另一个方向上强度较差



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (4) 蜂窝夹芯结构

飞机结构中使用的夹芯材料主要有三种形式：

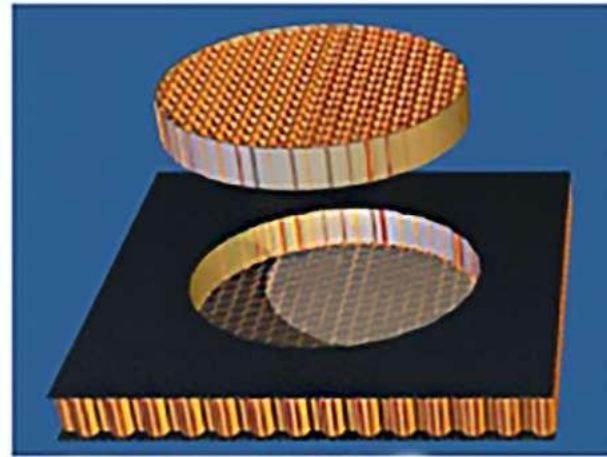
- 铝合金
- 芳纶纤维
- 玻璃纤维

# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (4) 蜂窝夹芯结构

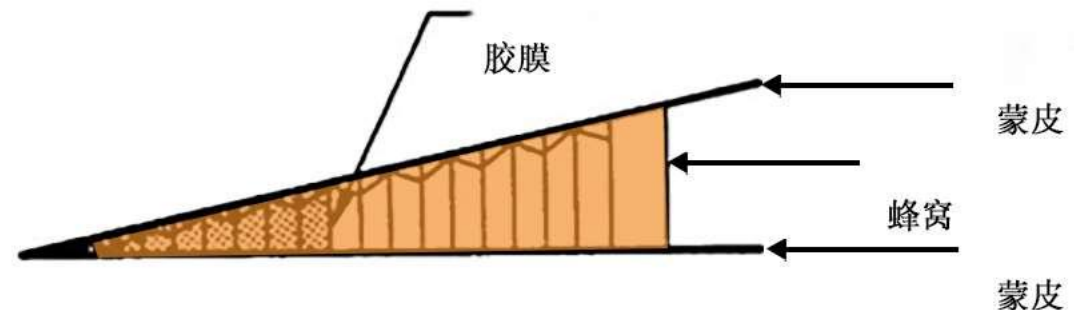
- 玻璃微球为了防止蜂窝夹芯结合面处胶结剂过多加热发生流淌现象。
- 玻璃微球是一种中空的塑料球，能够是胶结剂变稠，但是不增加任何重量。



玻璃微球和树脂



玻璃微球

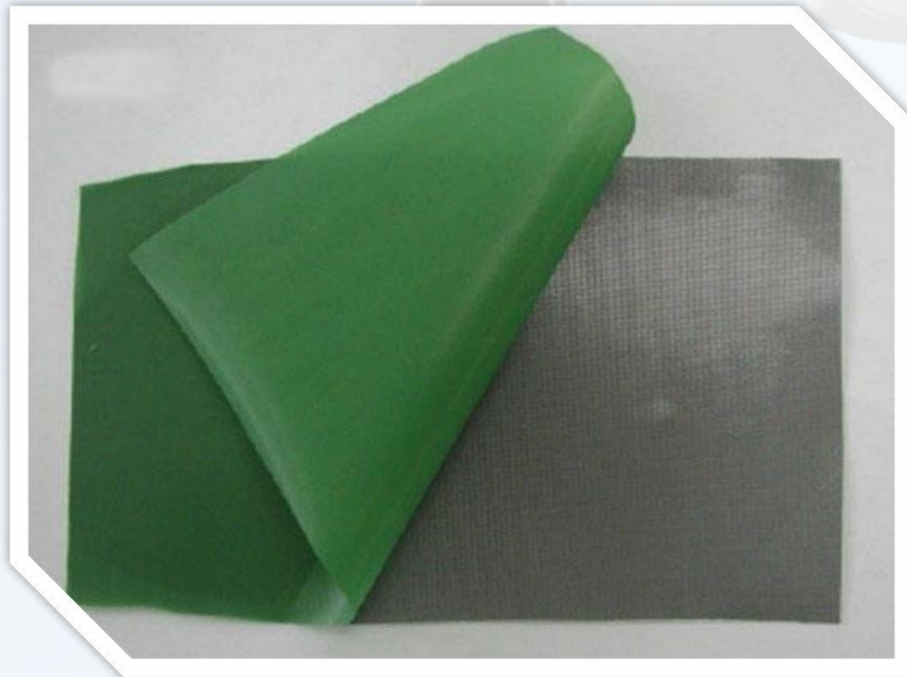


# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (5) 预浸料

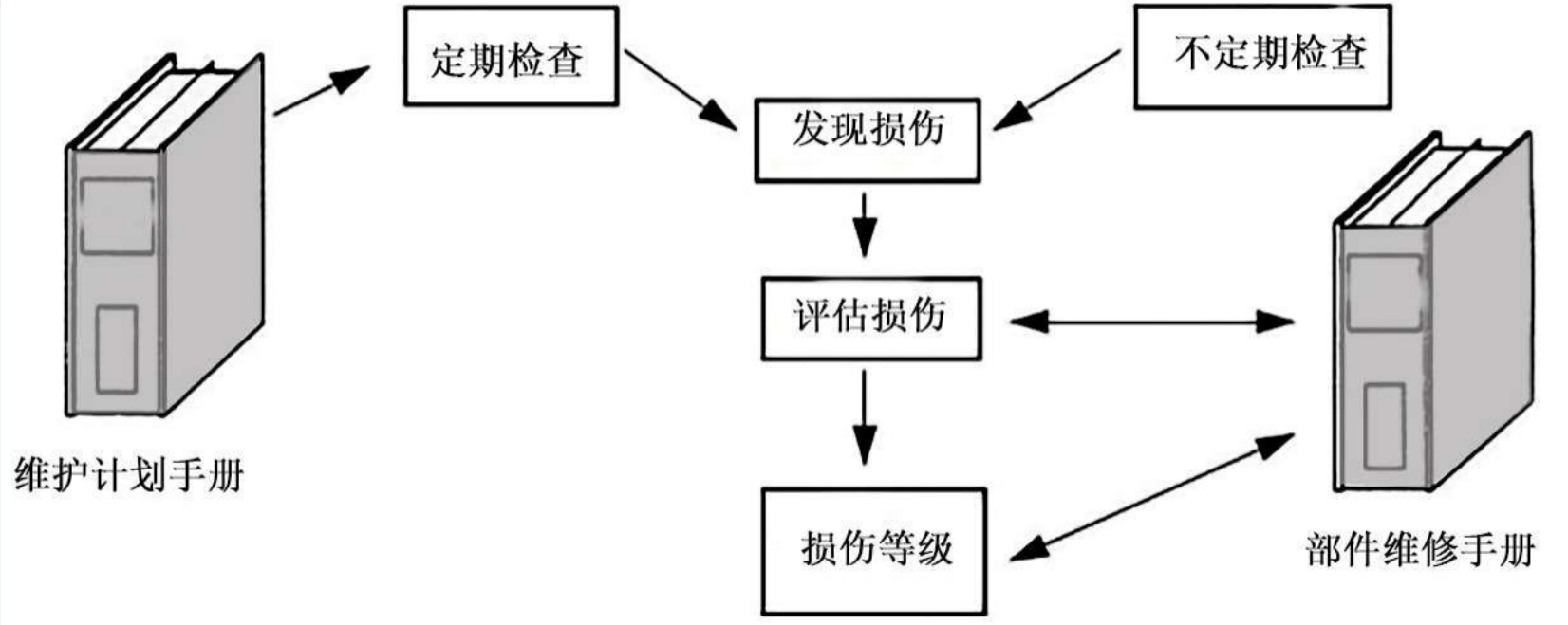
编织的预浸料是先将纤维按一定比例分配经纬向，并编织成多种织物形式；然后在织物上浸涂树脂。



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (6) 复合材料结构件的损伤定义



# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (7) 复合材料修理工具和设备

修理种常用的加温设备

热补仪

热压罐



热补仪



热压罐

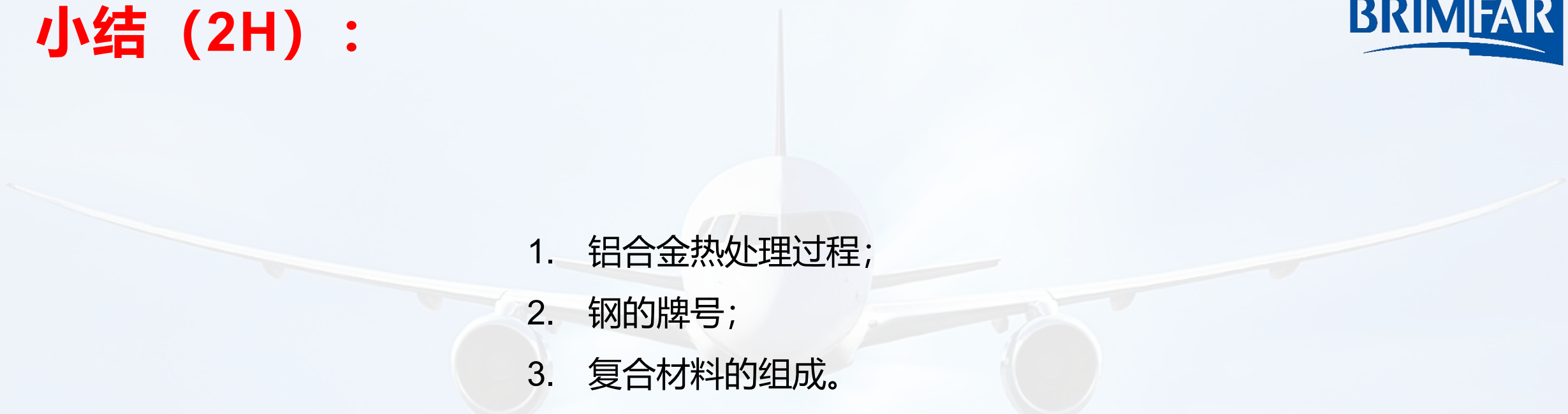
# 1 航空金属、非金属与复合材料

## 3) 复合材料

### (8) 复合材料部件修理的安全注意事项



# 小结 (2H) :

- 
- A faint, light-colored illustration of a commercial airplane in flight, viewed from a front-quarter perspective, serving as a background for the text.
1. 铝合金热处理过程;
  2. 钢的牌号;
  3. 复合材料的组成。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

常用金属材料的物理性能主要表现在以下几个方面：

- 1) 密度
- 2) 熔点
- 3) 导热性
- 4) 热膨胀性
- 5) 导电性
- 6) 磁性

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 密度

某种物质单位体积的质量。

$$\rho = m/V$$

式中 $\rho$ -物质的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $m$ -物质的质量,  $\text{kg}$ ;  $V$ -物质的体积,  $\text{m}^3$ 。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 熔点

- 熔点：纯金属和合金从固态向液态转变时的温度。
- 纯金属都有固定的熔点。
- 合金的熔点决定于它的成分。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 导热性

- 导热性：金属材料传导热量的性能
- 热导率 ( $\lambda$ ) 越大，金属的导热性越好。
- 银的导热性最好，铜、铝次之。
- 合金的导热性比纯金属差。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 热膨胀性

- 热膨胀性：金属材料随着温度变化而膨胀、收缩的特性。
- 一般来说金属受热时膨胀而体积增大，冷却时收缩而体积缩小。
- 热膨胀的大小用线胀系数 $\alpha_t$ 和体胀系数 $\alpha_v$ 表示。计算公式如下：

$$\alpha_t = (L_2 - L_1) / \Delta t L_1$$

式中 $\alpha_t$ -线胀系数，L/K或L/°C；L1-膨胀前长度，m；L2-膨胀后长度，m； $\Delta t$ -温度

变化量 $\Delta t = t_2 - t_1$ ，K或°C。

体胀系数近似为线胀系数的3倍。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 导电性

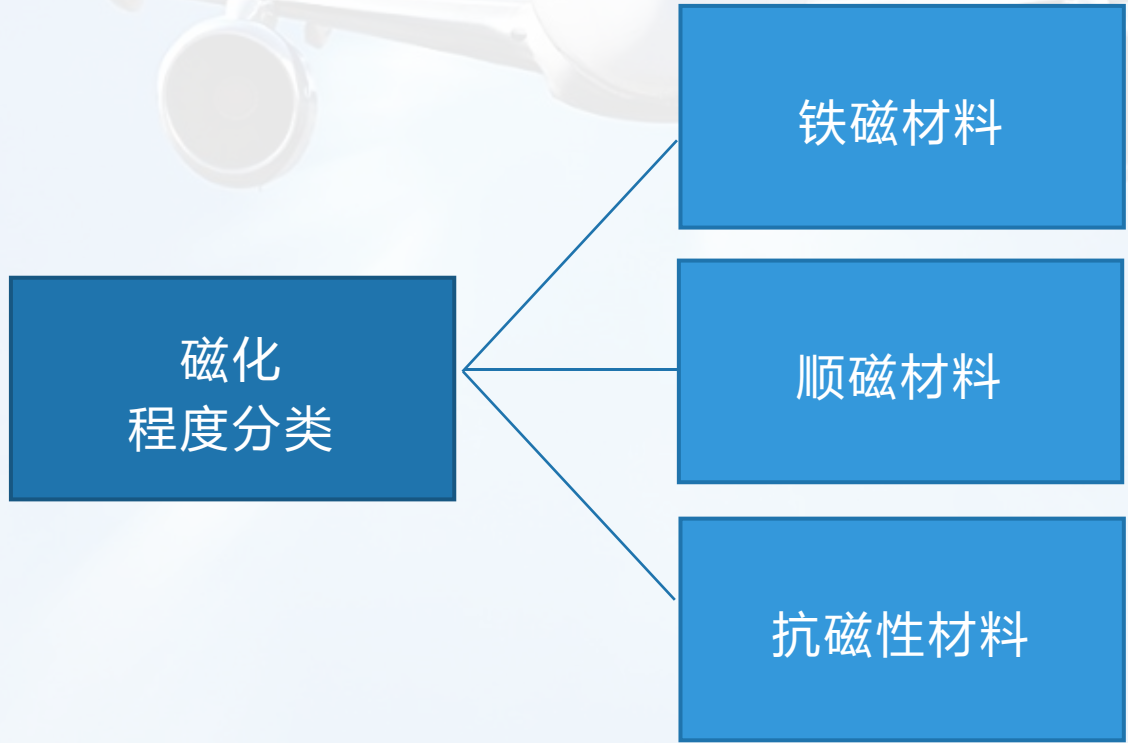
- 导电性：金属材料传导电流的性能
- 电阻率 $\rho$ ，电阻率越小，金属导电性越好。
- 金属导电性以银为最好，铜、铝次之。
- 合金的导电性比纯金属差。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 1) 金属材料的物理性能

#### 磁性

磁性：金属材料在磁场中受到磁化的性能。



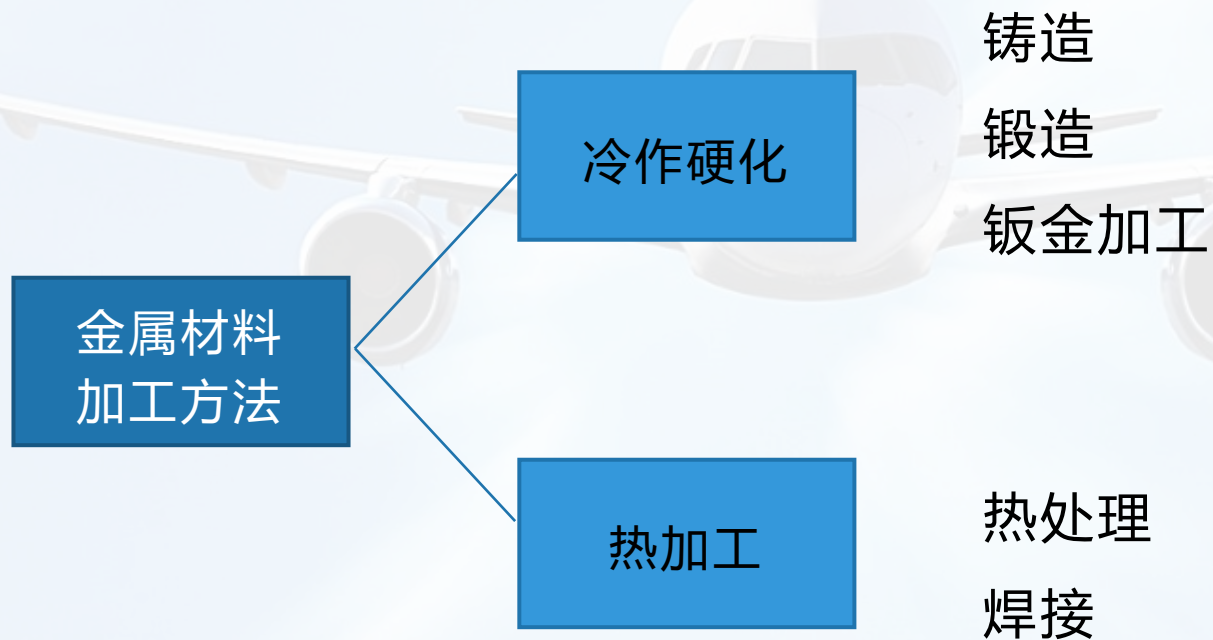
## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 2) 金属材料的化学性能

- 金属材料的化学性能：金属材料在室温或高温下，与其他物质发生化学反应的性能（抵抗各种介质侵蚀的能力）。
- 金属被腐蚀的本质就是金属被氧化而产生了氧化物。
- 金属的化学稳定性越好，越不容易发生腐蚀。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 3) 金属材料的加工工艺



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 3) 金属材料的加工工艺

铸造：

将熔融金属浇注、压射或吸入铸型腔中，待其凝固之后成为一定形状和性能的零件的工艺方法。

铸造：

利用锤头、砧块或模具对金属毛坯料实施冲击力或静压力，使其发生塑性变形而得到相应尺寸和形状的工艺方法。金属的塑性越好，其锻造成型越容易，锻造性能就越好。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 3) 金属材料的加工工艺

#### 钣金加工

对金属板材进行弯曲变形，使其厚度无太大变化而其截面形成各种所需形状的工艺方法。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 3) 金属材料的加工工艺

#### 热处理：

利用金属固态相变等规律，是金属随温度变化而发生组织结构的转变，以改善和控制金属的物理、化学和力学性能的工艺方法。

- 常见的热处理工艺有退火、正火、回火、淬火和固溶热处理等。
- 热处理的工序通常分为加热、保温和冷却三个阶段。

#### 焊接：

用加热或加压，或者两者并用，并使用填充材料使工件结合在一起的方法。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

金属的力学性能，也称为机械性能。

金属材料的力学性能就是指在外力作用下其所表现出来的特性，主要有：

- 强度
- 刚度
- 塑性
- 硬度
- 韧性
- 疲劳强度

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (1) 强度

强度：  
在外力作用下，材料抵抗变形和断裂的能力



Tensile Test

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (1) 强度

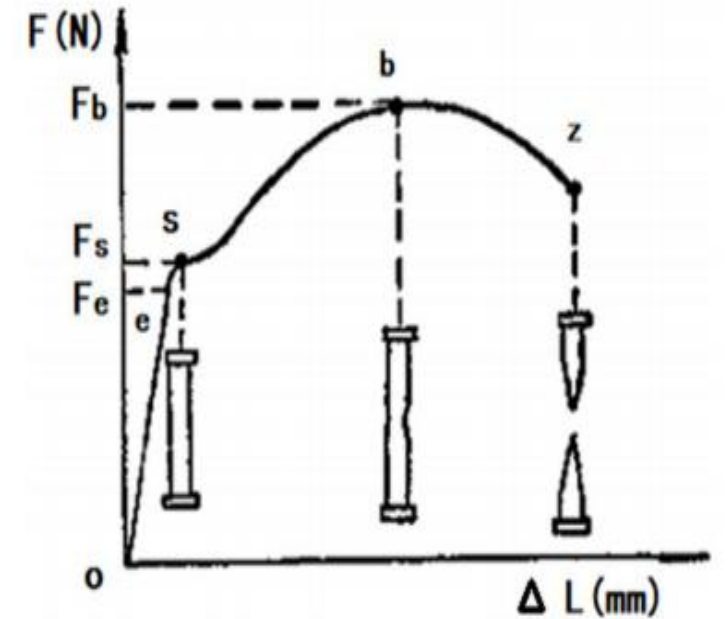
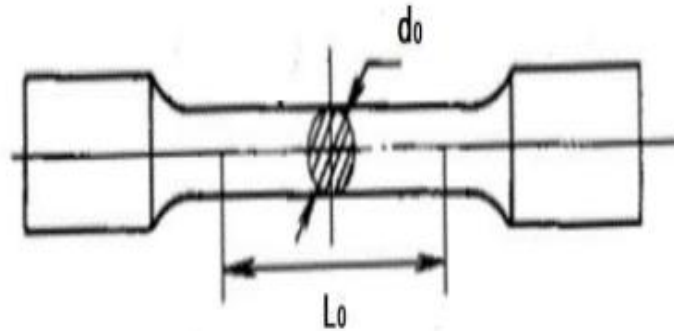
oe段：弹性变形

es段：塑性变形

s点：屈服点，明显塑性变形

b点：缩颈

z点：断裂



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (1) 强度

强度指标通常以应力形式表示。

当材料受外力而未破坏时，其内部产生与外力相平衡的抵抗力，单位截面积上的抵抗力称为应力。

$$\text{应力 } (\sigma) = \text{拉力 } (F) / \text{原始截面积}(A_0)$$

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (1) 强度

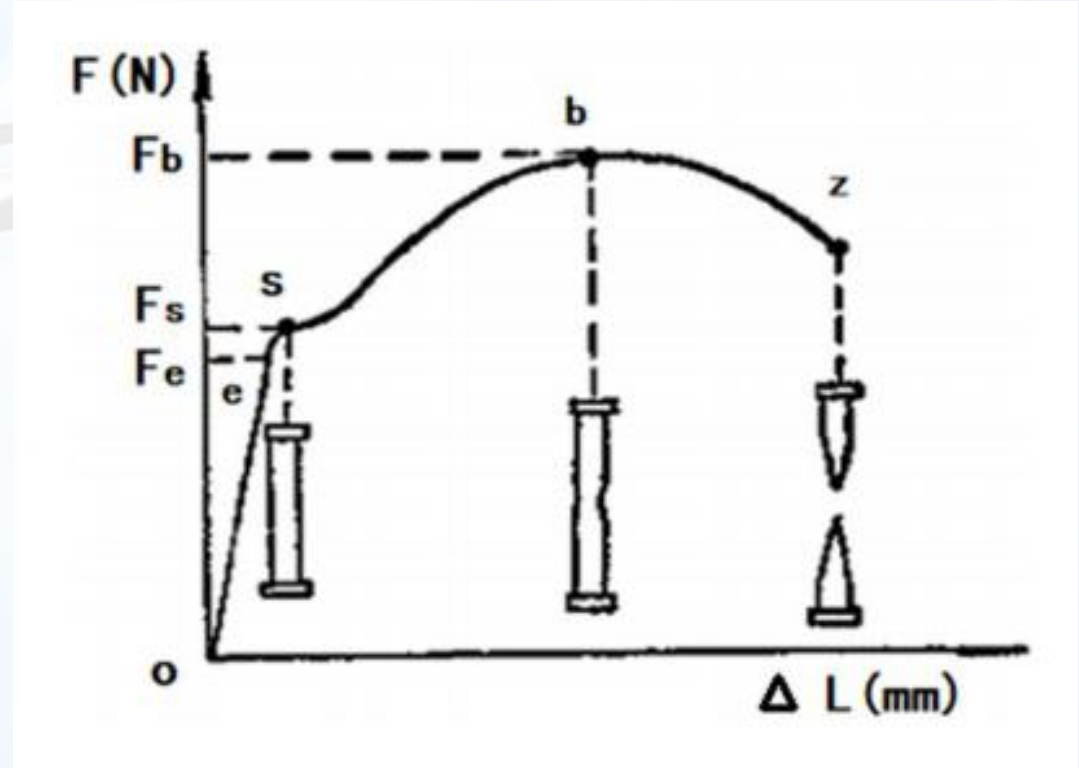
屈服强度(屈服极限):

材料产生屈服现象时的应力,以 $\sigma_s$ 表示。

$$\sigma_s = F_s/A_0 \text{ (MPa)}$$

式中 $F_s$ —试棒产生屈服时所承受的最大外力(N);

$A_0$ —试棒的原始截面面积( $\text{mm}^2$ )



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

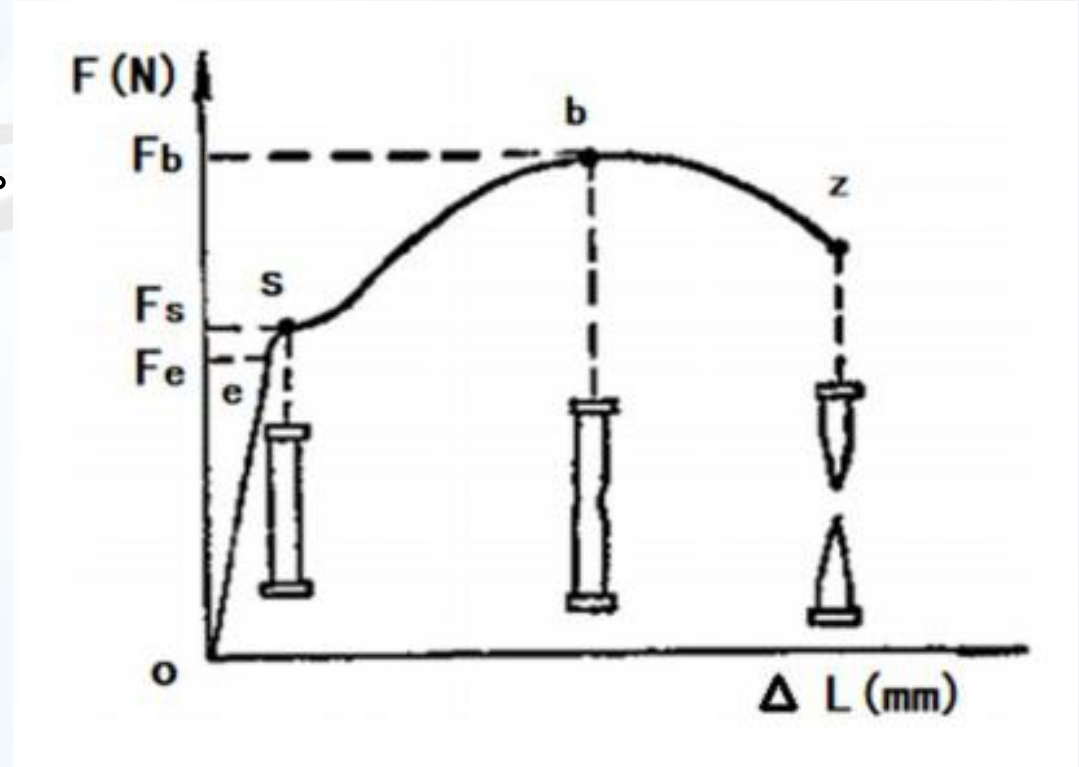
#### (1) 强度

##### 抗拉强度：

材料在断裂前能承受最大外力时的应力，以 $\sigma_b$ 表示。

$$\sigma_b = F_b/A_0 \text{ (MPa)}$$

式中 $F_b$ —试棒拉断前能承受的最大外力(N)。

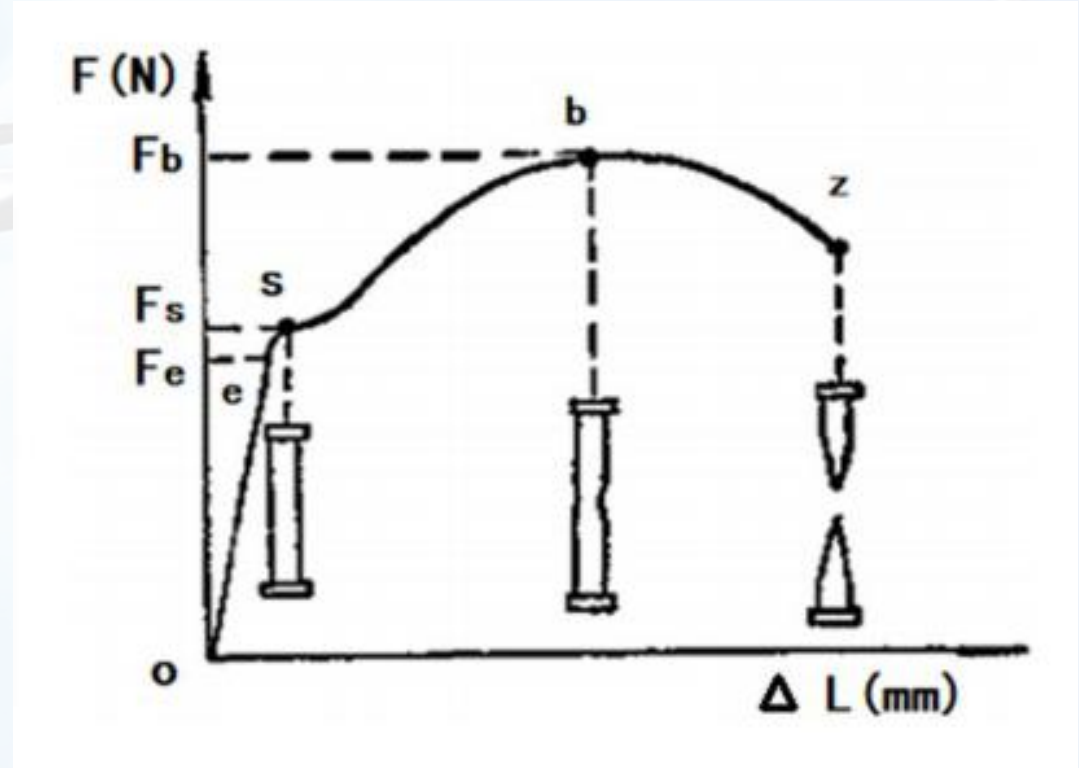


## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (1) 强度

- 对于大多数机械零件,不允许产生塑性变形,所以屈服强度指标是塑性材料设计时的依据:
- 对于脆性材料(如灰口铸铁), 拉伸时没有屈服现象, 则用抗拉强度指标作为工件性能的依据。



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

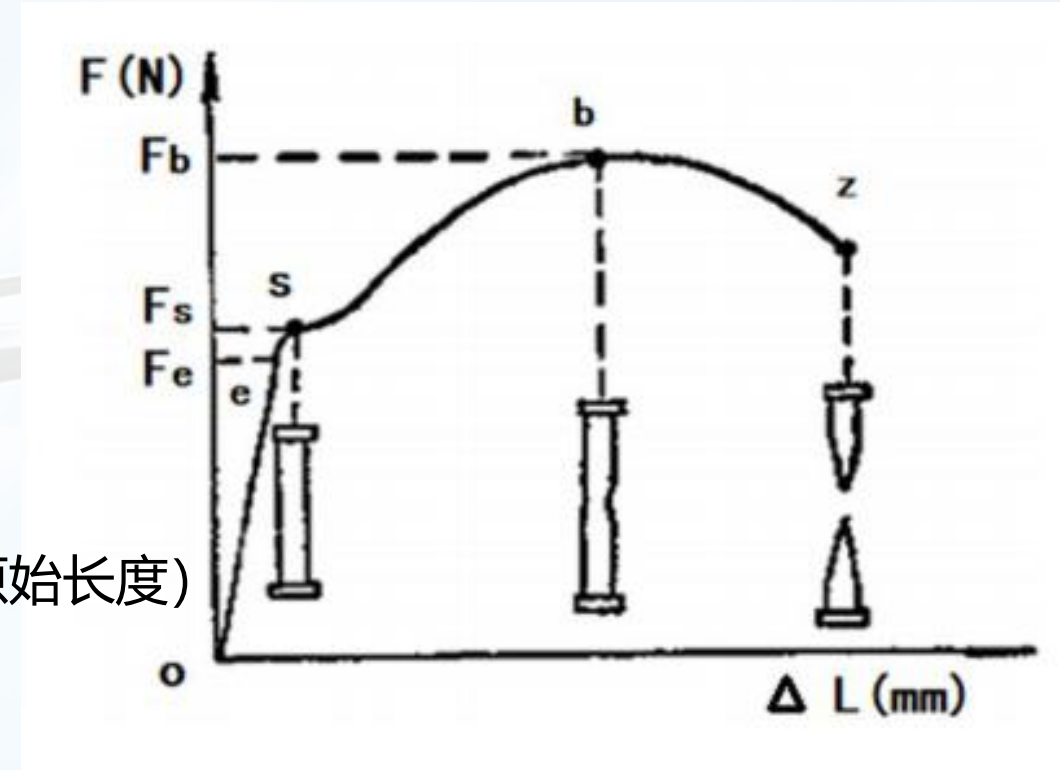
#### (2) 刚度

刚度：材料抵抗弹性变形的能力。

刚度的大小以弹性模量E衡量。

$$E = \text{应力} / \text{应变} = \sigma / \varepsilon$$

式中 $\varepsilon$ —应变,试棒的相对伸长量,  $\varepsilon = \Delta L$  (伸长量) /  $L_0$  (原始长度)



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (3) 塑性

塑性：材料在外力作用下产生塑性变形，而不会断裂的能力。

塑性指标用伸长率 $\delta$ 和断面收缩率 $\psi$ 表示。

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\%$$

式中 $L_0$ —试棒的原始标距长度(mm)

$L_1$ —试棒拉断后的标距长度(mm)

$A_0$ —试棒原始截面面积(mm<sup>2</sup>)

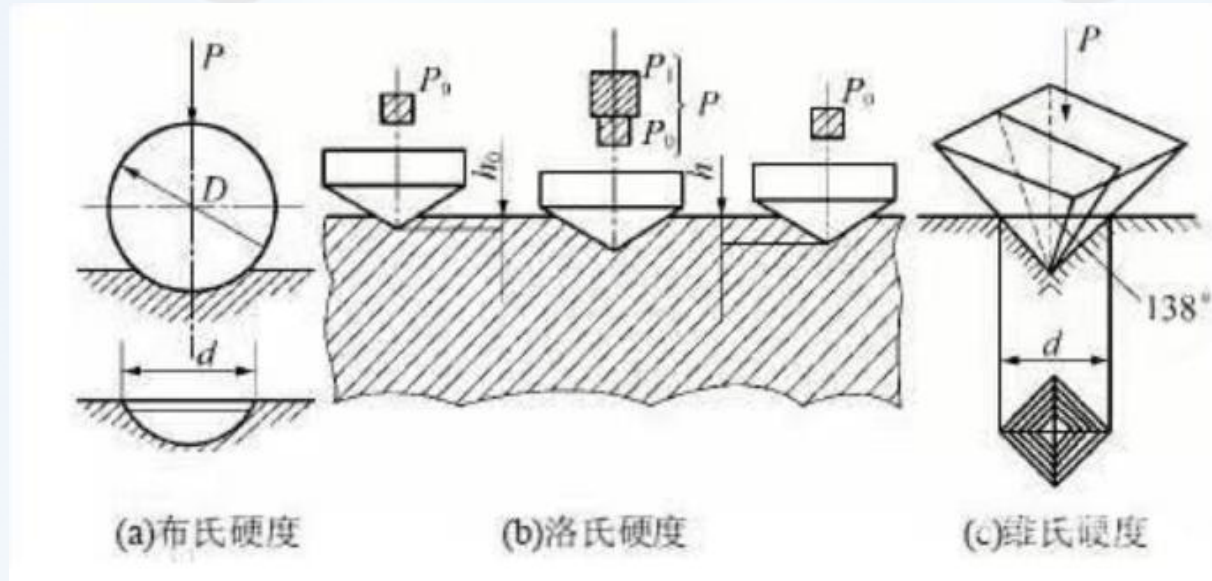
$A_1$ —试棒断口处截面面积(mm<sup>2</sup>)

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (4) 硬度

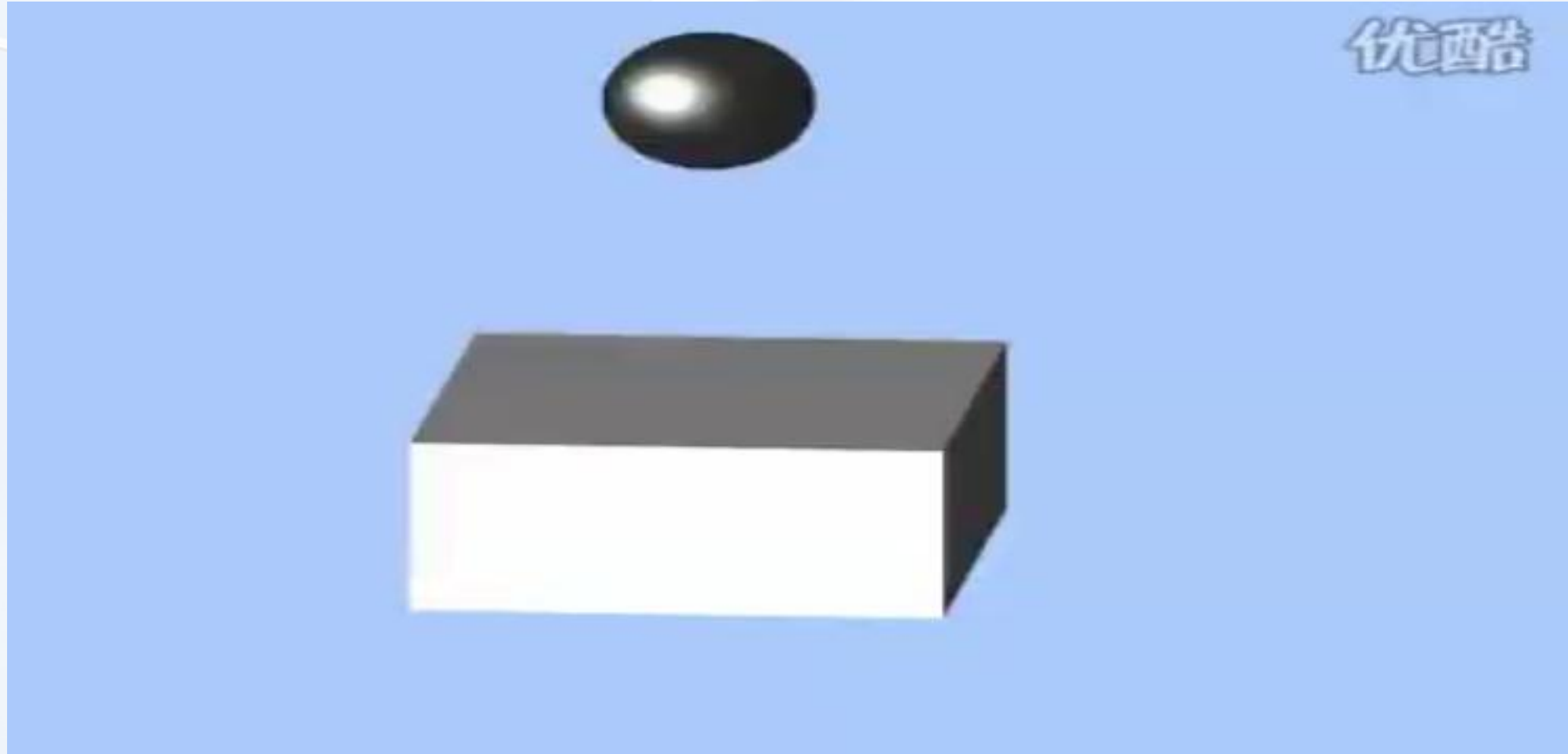
- 硬度：金属表面局部体积内抵抗更硬物休压入的能力。
- 硬度愈高，表明金属抵抗局部塑性变形的能力愈大，塑性变形愈困难。
- 测试金属硬度常用的方法有：



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (4) 硬度



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

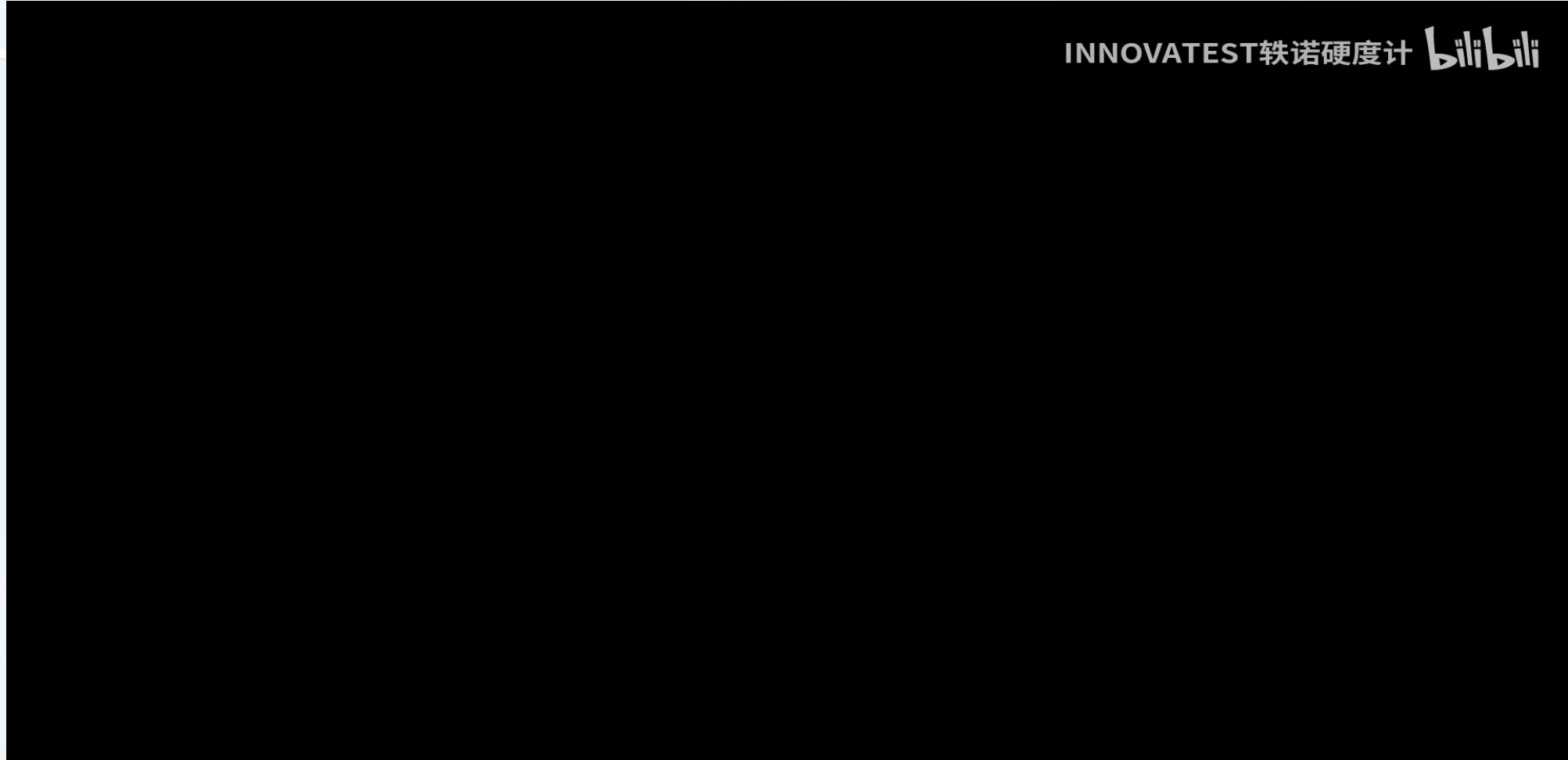
#### (4) 硬度

INNOVATEST 轶诺硬度计 bilibili

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

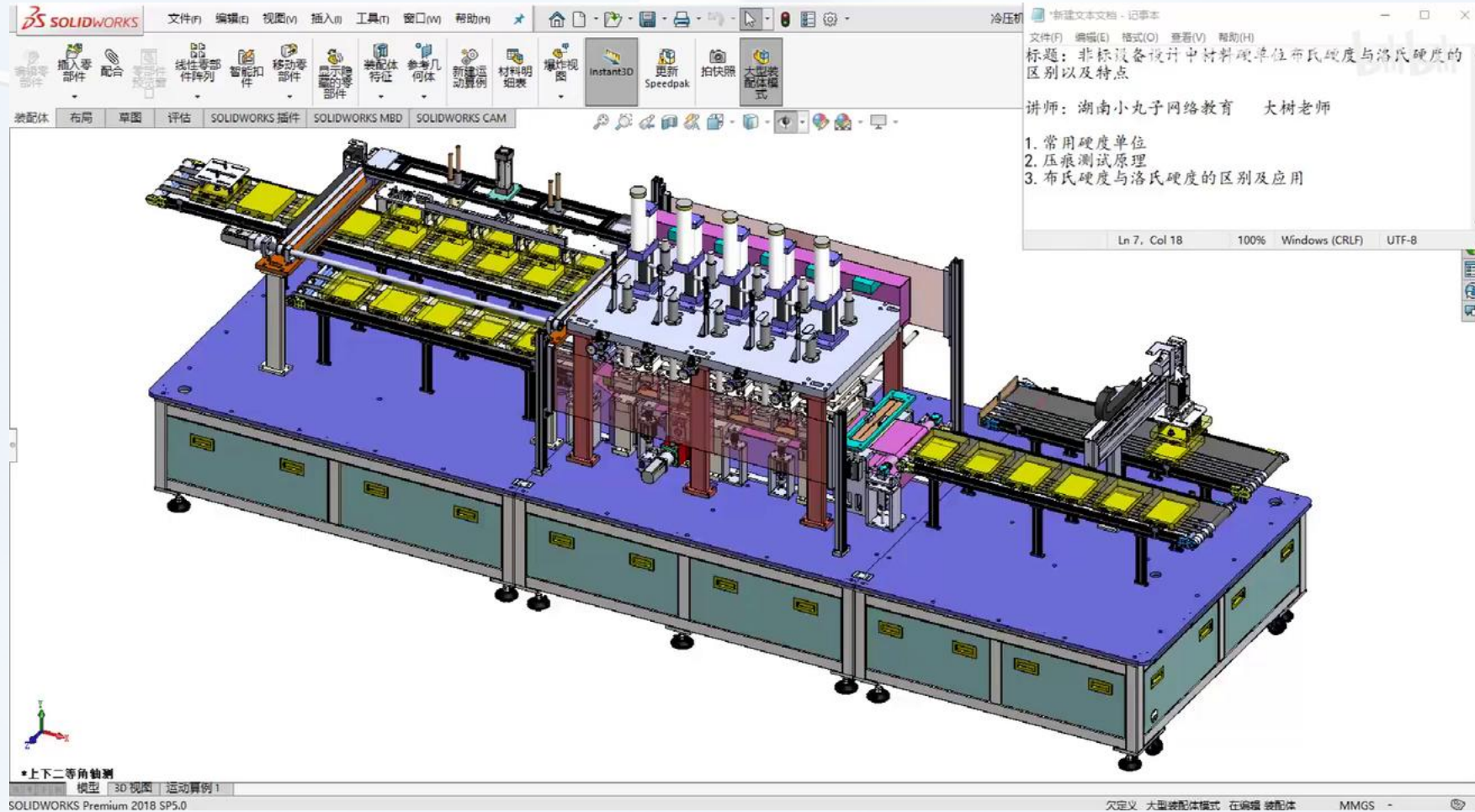
#### (4) 硬度



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (4) 硬度



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (5) 韧性

- 韧性：表示材料在塑性变形和断裂过程中吸收能量的能力。韧性越好，则发生脆性断裂的可能性越小。
- 在材料科学及冶金学上，韧性是指材料受到使其发生形变的力时对折断的抵抗能力，其定义为材料在破裂前所能吸收的能量与体积的比值。

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (5) 韧性

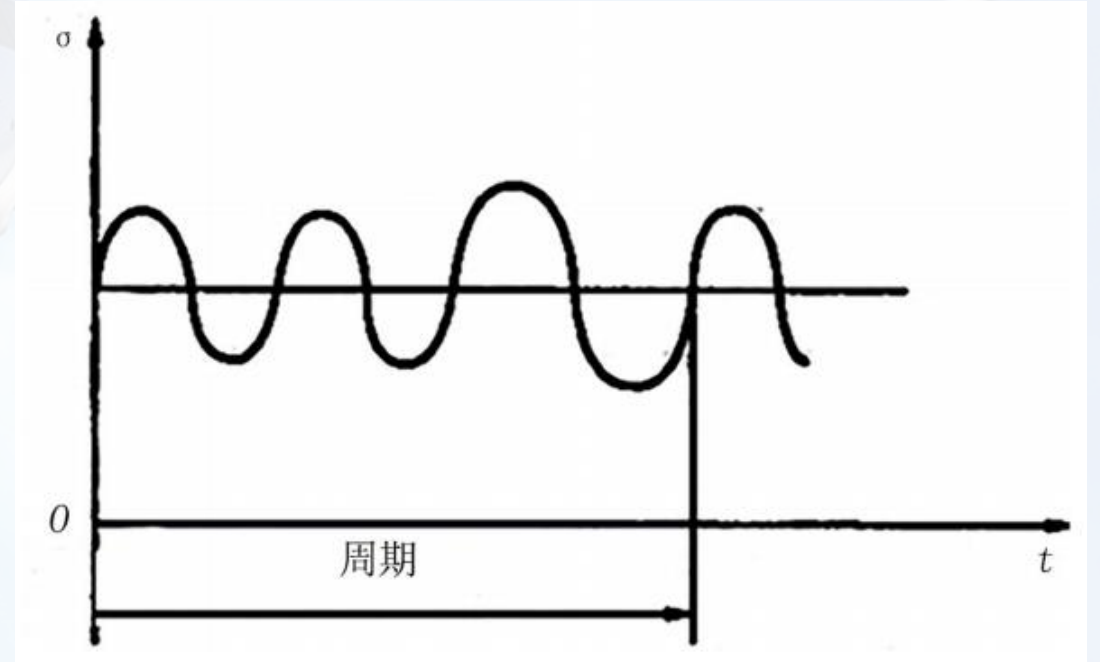
- 冲击韧性：材料抵抗冲击载荷的能力，冲击韧性指标是以材料受到冲击破坏时，单位面积上所消耗的能量来表示的。
- 断裂韧性是阻止宏观裂纹失稳扩展能力的度量，也是材料抵抗脆性破坏的韧性参数。
  - 断裂韧性只与材料本身、热处理及加工工艺有关
  - 韧性材料具有大的断裂伸长值，有较大的断裂韧性
  - 脆性材料一般断裂韧性较小

## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (6) 疲劳强度

- 交变应力：大小、方向在零件内部随时间而不断变化的应力。
- 金属的疲劳：材料在交变应力作用下发生断裂的现象。
- 疲劳强度：材料在无限多次交变载荷作用而不会产生破坏的最大应力。

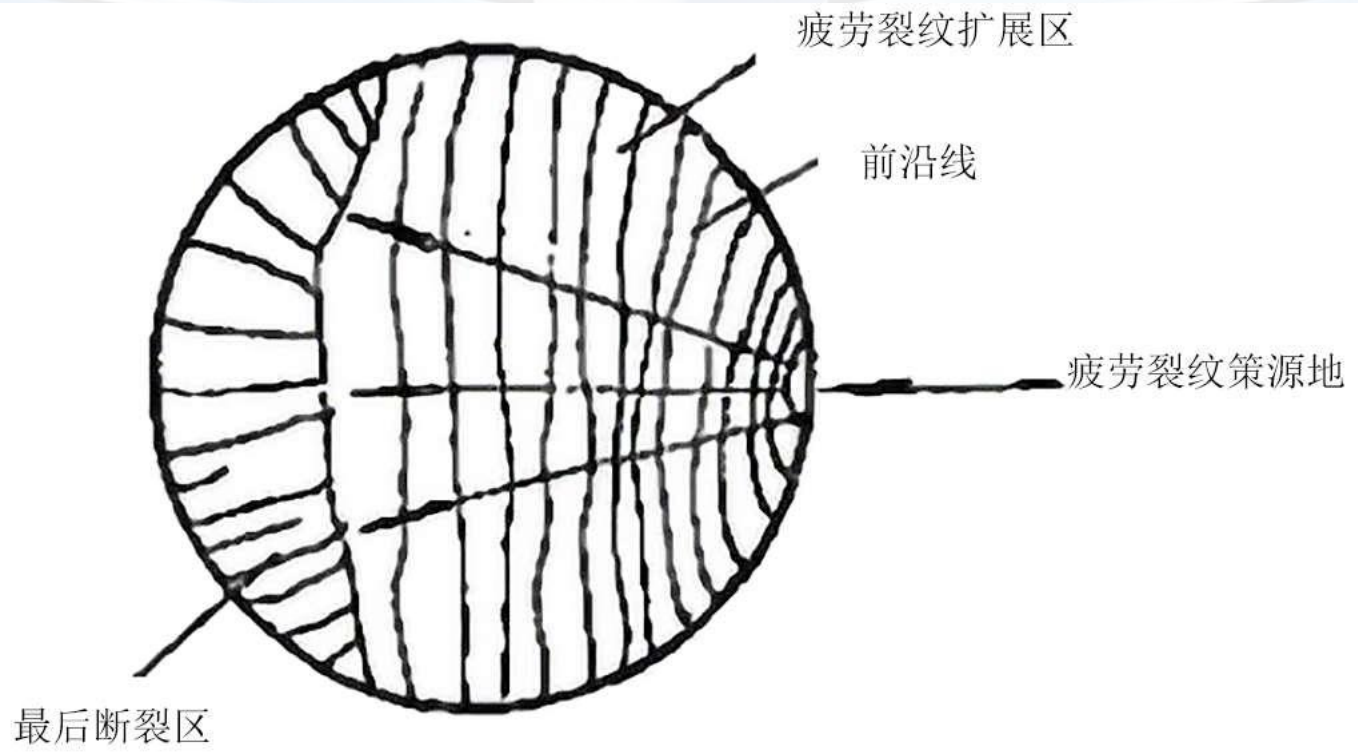


## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (6) 疲劳强度

金属疲劳的特点



## 2 材料的基本性能：物理、化学、加工工艺、力学性能

### 4) 金属材料的力学性能

#### (6) 疲劳强度

##### 影响疲劳强度的主要因素

##### 内部因素：

材料的强度

塑性

组织结构

表面残余应力

##### 外部因素：


零件的几何因素

应力循环特性

工作环境

# 小结 (2H) :

- 物理性能：密度、熔点、导热性、热膨胀性、导电性、磁性。
- 化学性能：化学反应的性能、抗腐蚀性。
- 加工工艺：冷作硬化（铸造、锻造和钣金）和热加工（热处理和焊接）。
- 力学性能（机械性能）：强度、刚度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度



## 3.2.4 腐蚀和防腐

# 目录

- 1 腐蚀的基本原理
- 2 腐蚀类型及其识别
- 3 航空器常见金属腐蚀的去除
- 4 航空器常用的防腐措施



# 1 腐蚀的基本原理

- 金属腐蚀：金属和它所处的环境介质之间发生化学、电化学或物理作用，引起金属的变质和破坏。
- 金属发生腐蚀的本质是一种氧化反应。
- 在飞机上，金属发生的腐蚀绝大多数是电化学腐蚀。

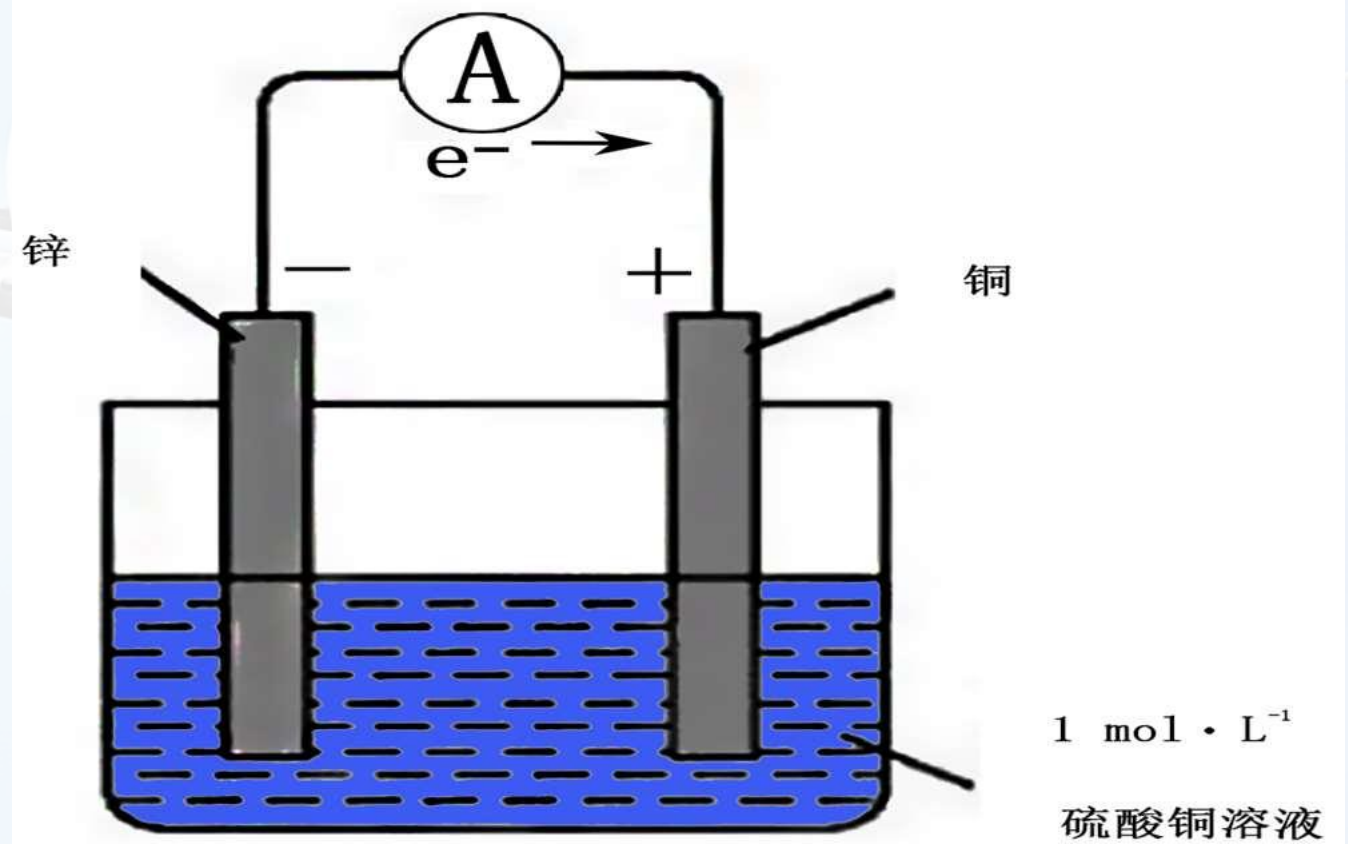


# 1 腐蚀的基本原理

## 1) 腐蚀的原理

金属电化学腐蚀的原理:

低电位的阳极金属会逐渐溶解并被腐蚀



# 1 腐蚀的基本原理

## 2) 影响腐蚀的因素

金属发生电化学腐蚀必须具备以下三个条件：

金属之间存在电位差

电解质溶液

在阳极和阴极之间形成通路

# 1 腐蚀的基本原理

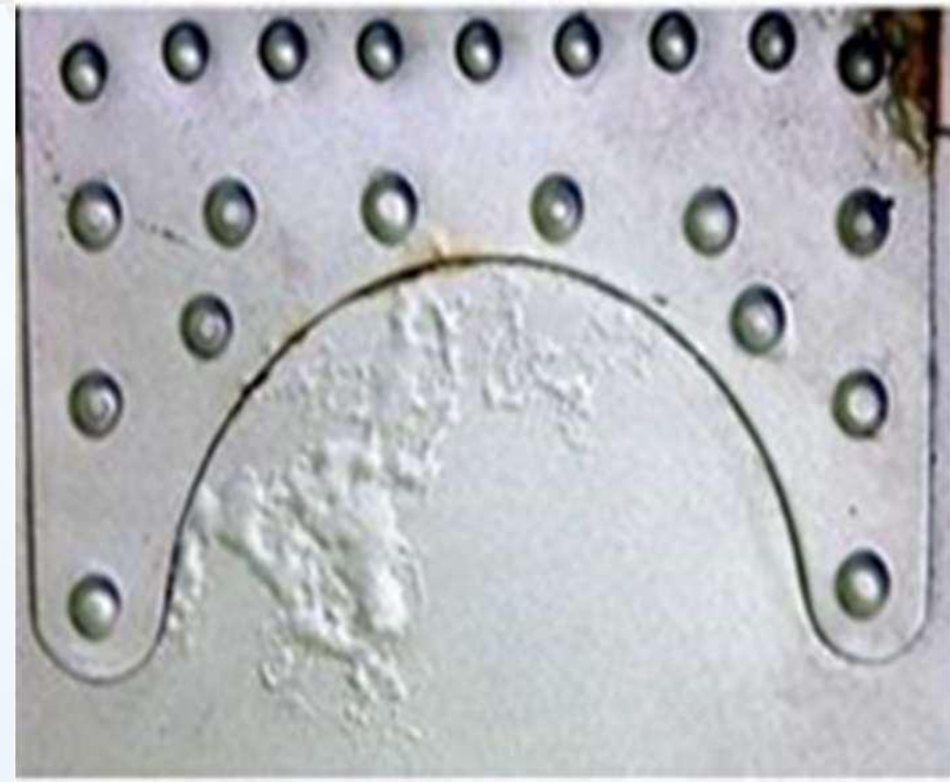
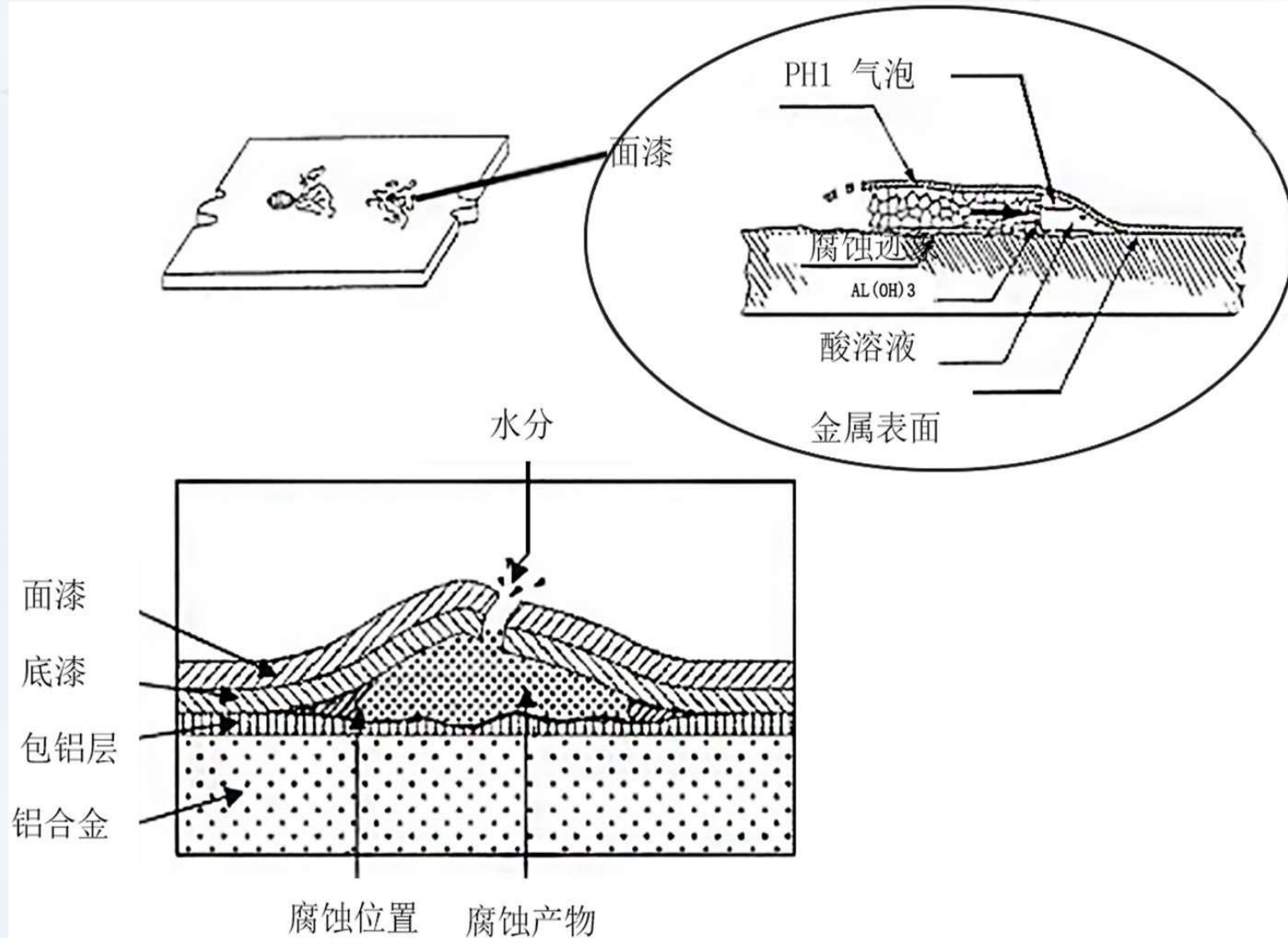
## 2) 影响腐蚀的因素

影响金属腐蚀和腐蚀速率的因素有：

- ① 金属类型
- ② 金属之间存在电位差（电化学腐蚀）
- ③ 阳极和阴极表面(在电化学腐蚀中)
- ④ 温度
- ⑤ 热处理和纹理方向
- ⑥ 电解质溶液(硬水、盐水、电池液等)
- ⑦ 氧分子和氧原子存在
- ⑧ 同一电解质的不同浓度的存在
- ⑨ 微生物的存在
- ⑩ 腐蚀的金属有应力存在
- ⑪ 暴露在腐蚀性环境中的时间

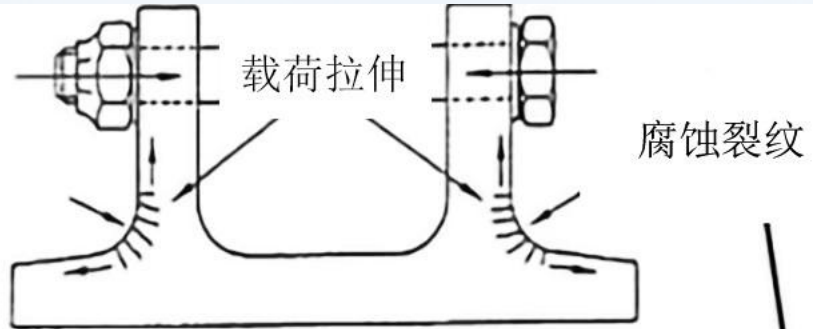
## 2 腐蚀类型及其识别

### 1) 丝状腐蚀

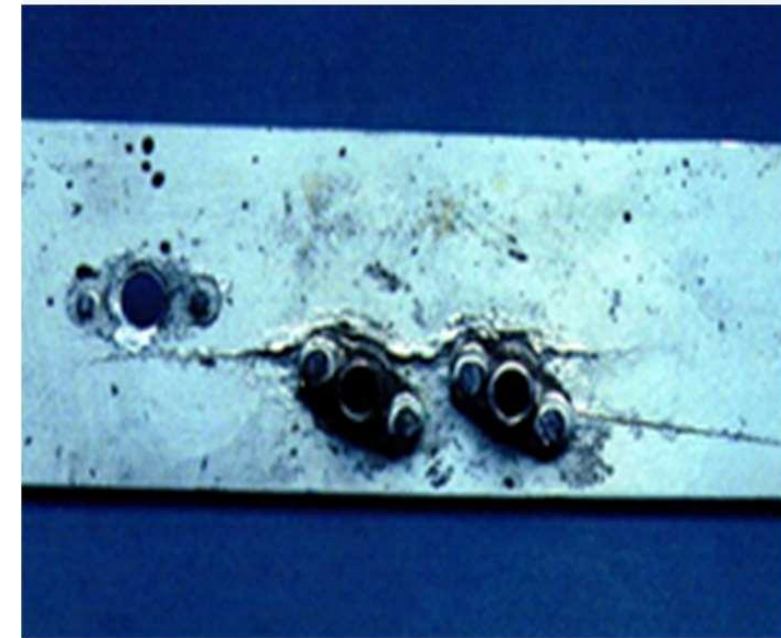
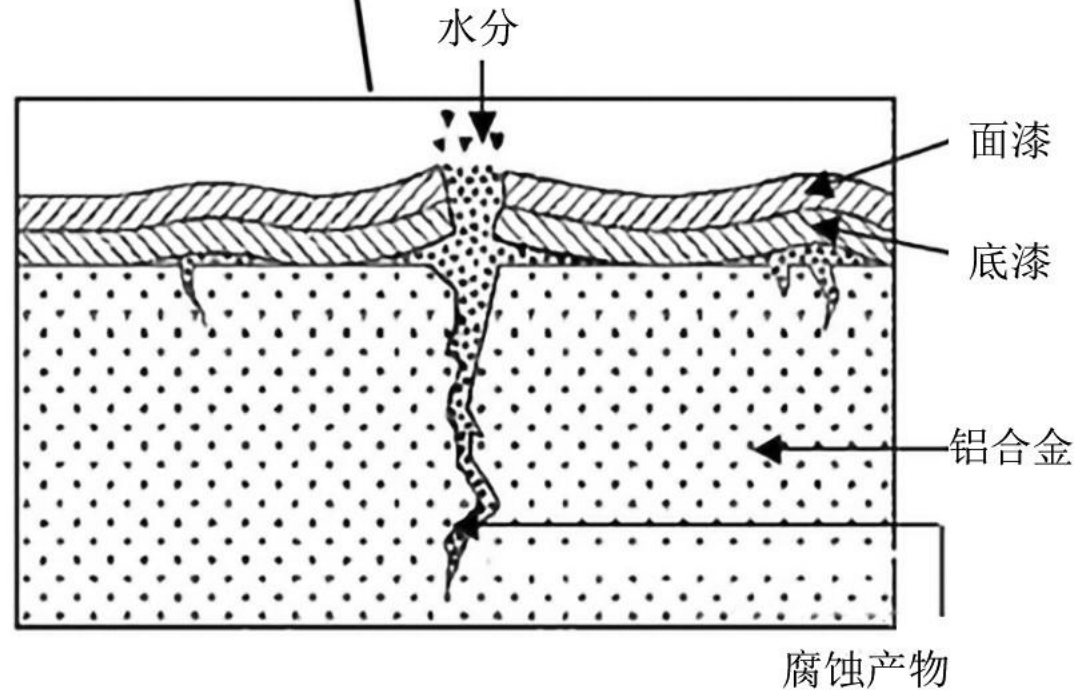


## 2 腐蚀类型及其识别

### 2) 应力腐蚀

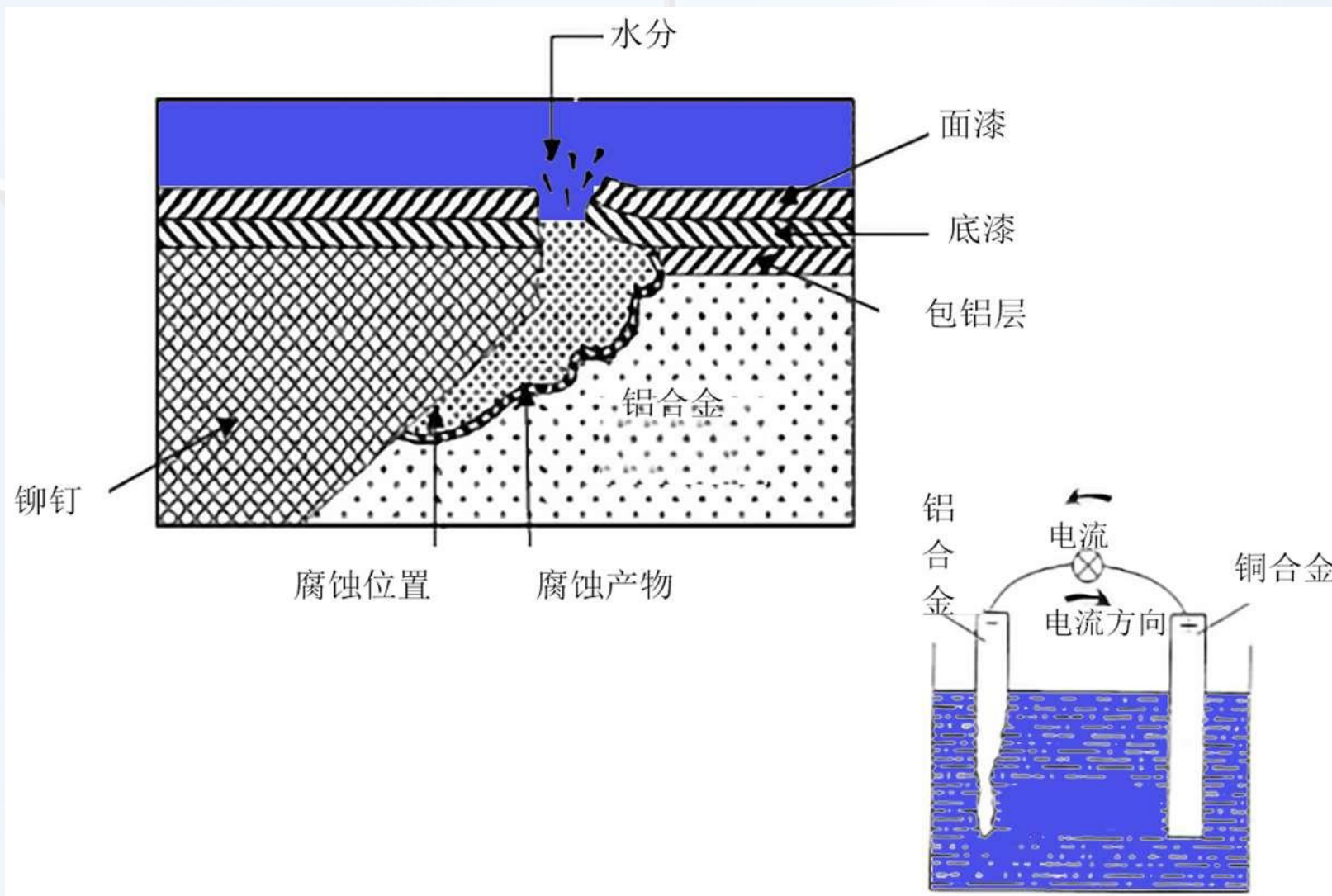


应力腐蚀：  
材料在应力集中和特定的腐蚀环境共同作用下发生晶间破裂的现象。



## 2 腐蚀类型及其识别

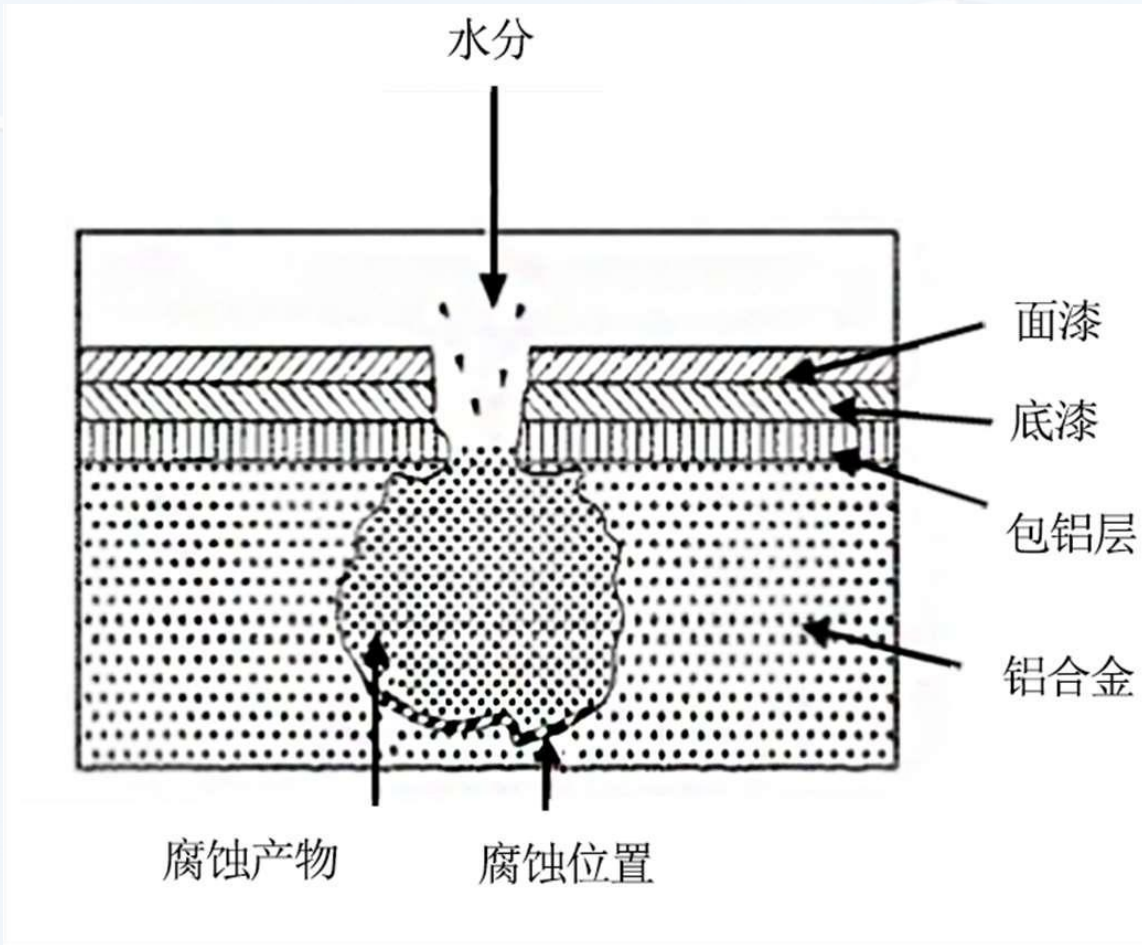
### 3) 电化学腐蚀



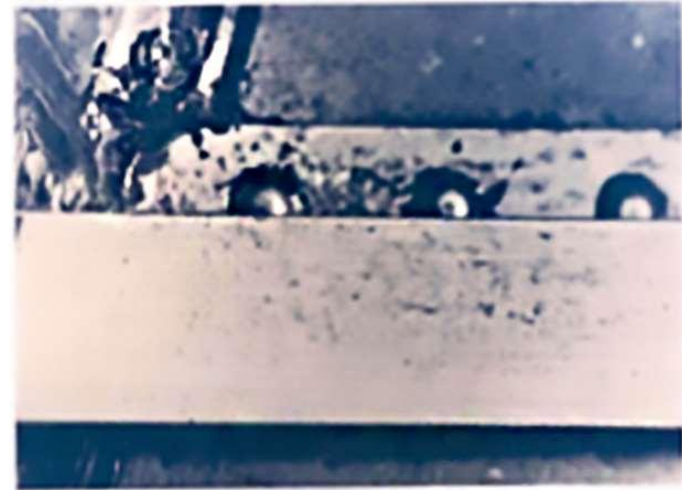


## 2 腐蚀类型及其识别

### 4) 点腐蚀

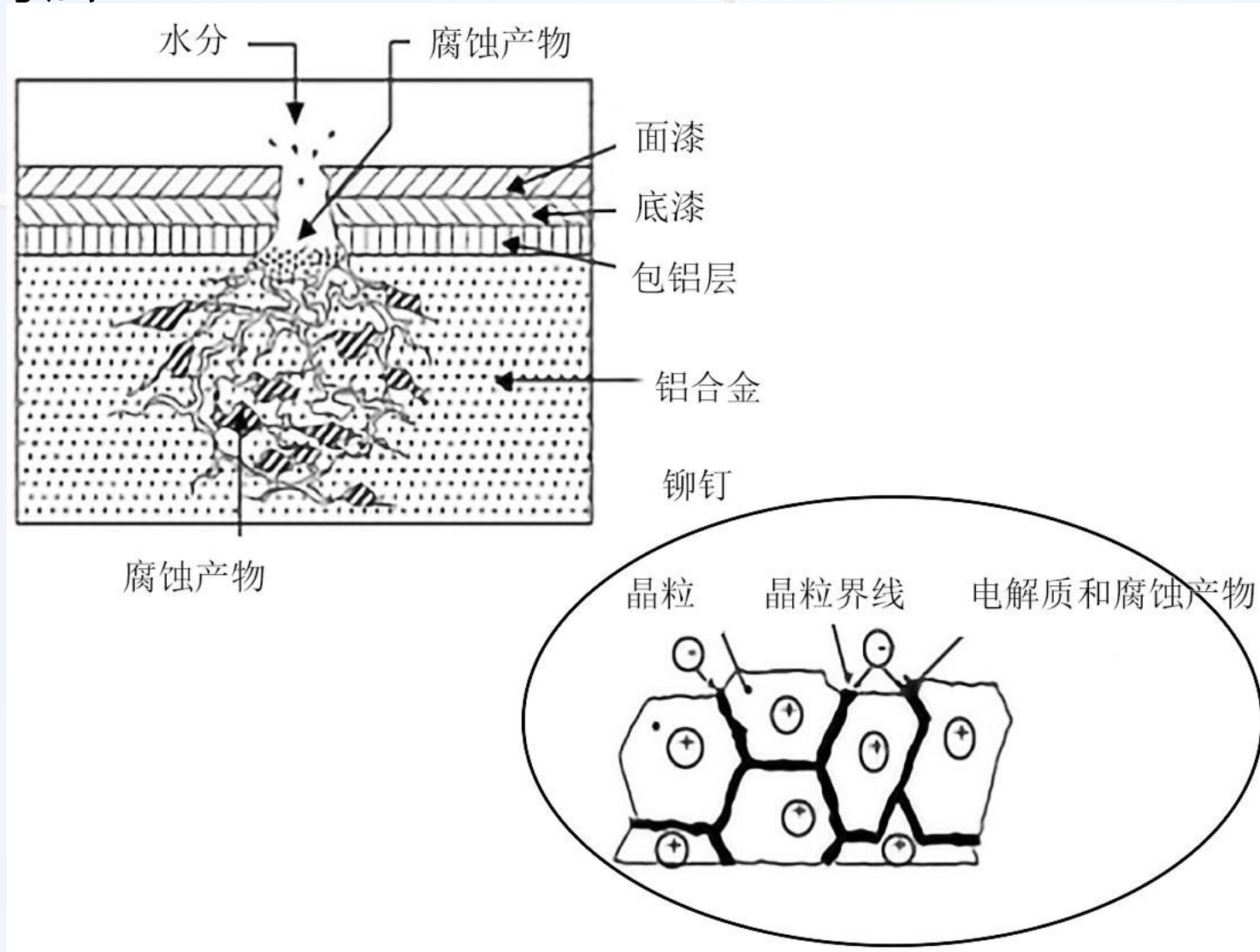


点腐蚀的形态类似于麻点，首先表现为白色粉状沉积物。它从材料表面开始，然后垂直渗透到材料内部。



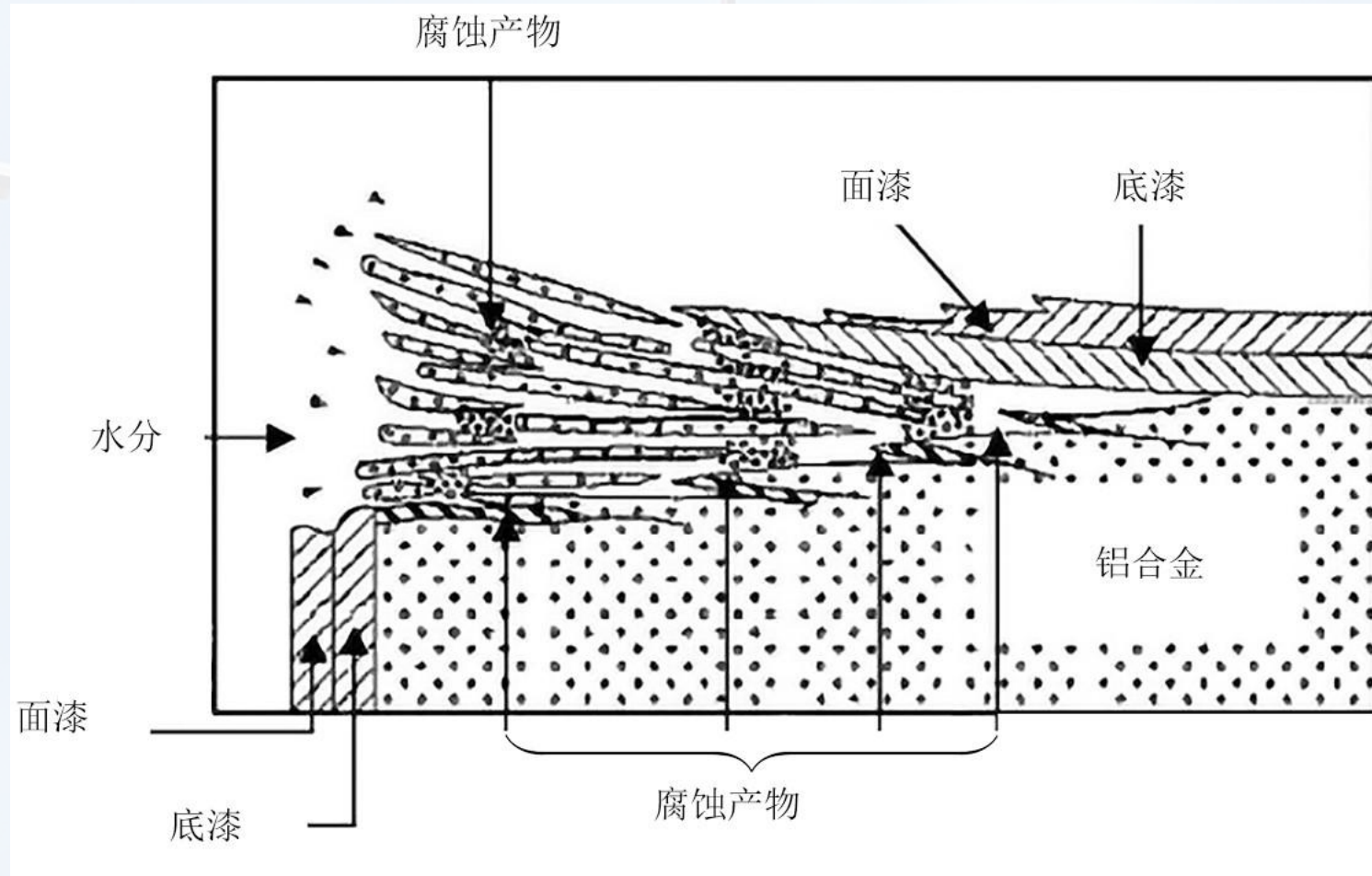
## 2 腐蚀类型及其识别

### 5) 晶间腐蚀



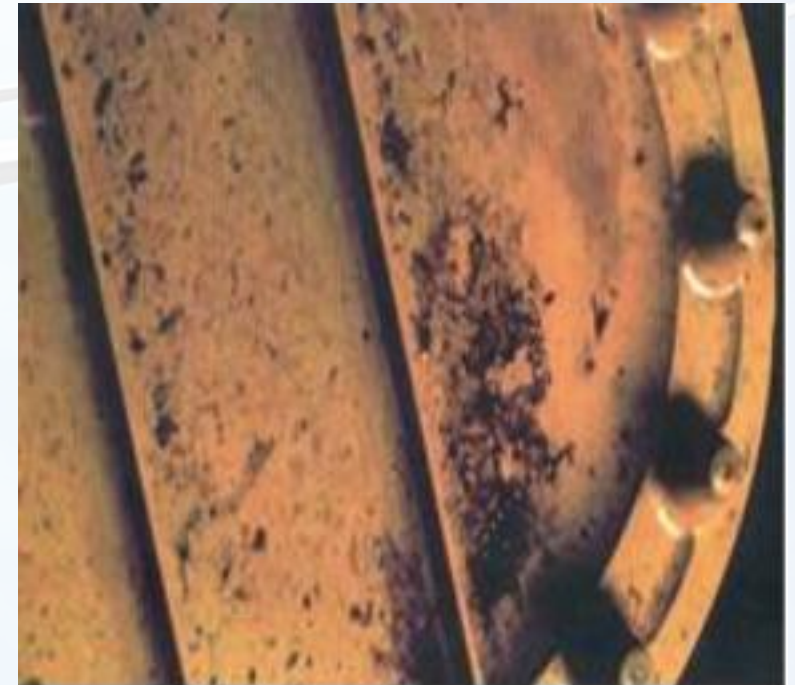
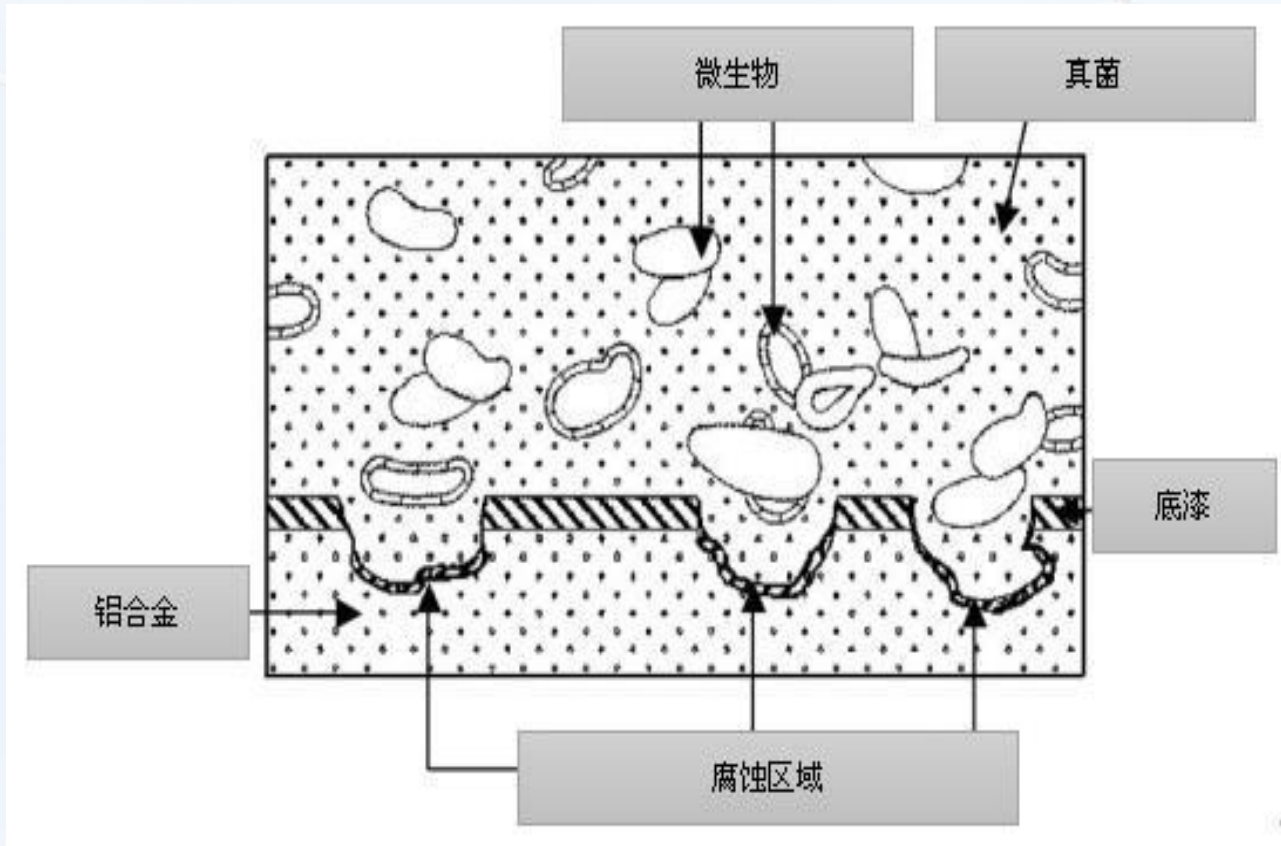
## 2 腐蚀类型及其识别

### 6) 剥落腐蚀



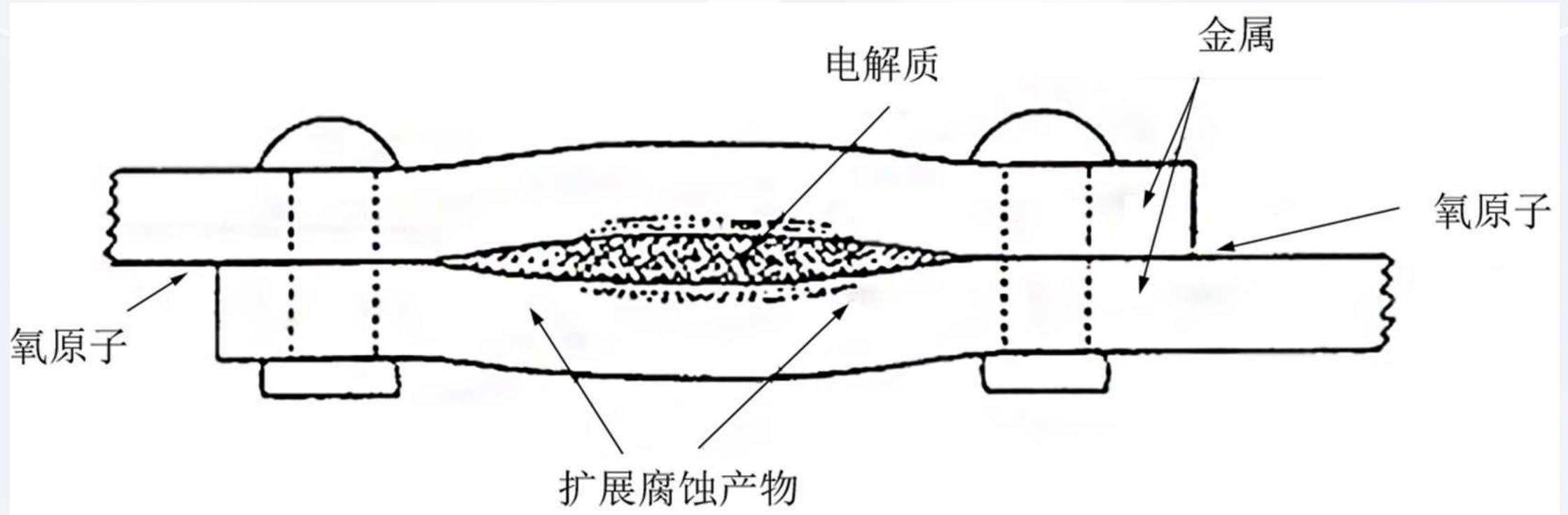
## 2 腐蚀类型及其识别

### 7) 微生物腐蚀



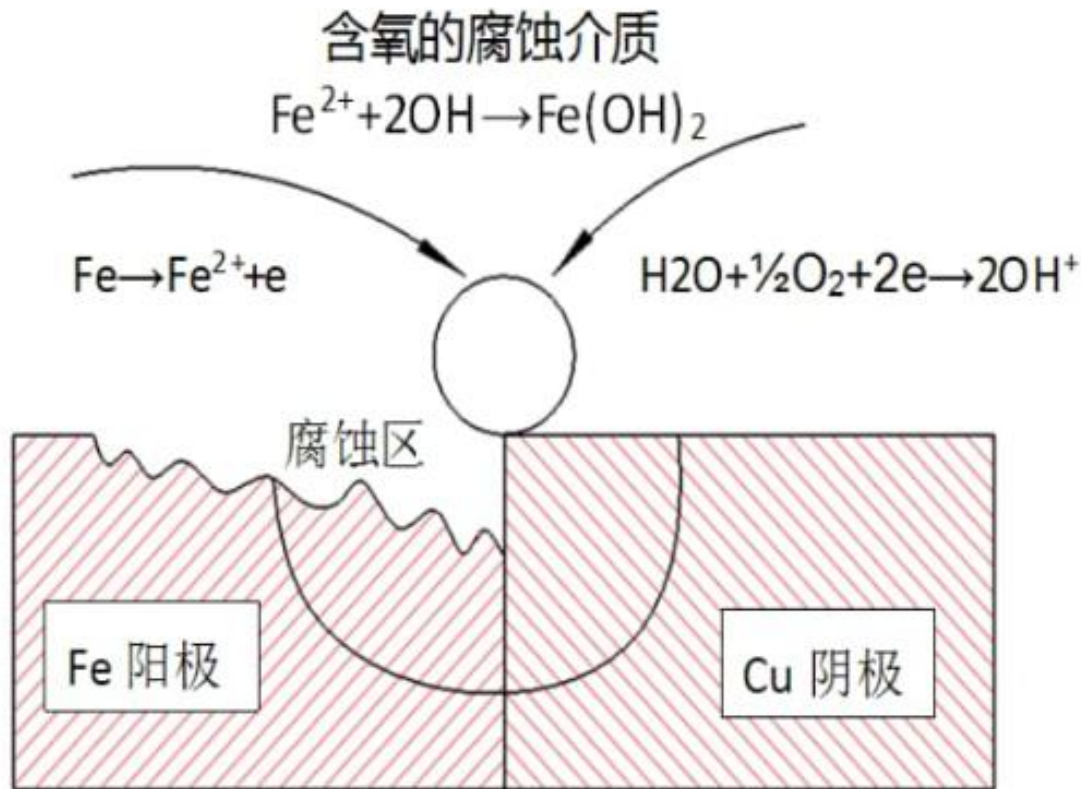
## 2 腐蚀类型及其识别

### 8) 缝隙腐蚀



## 2 腐蚀类型及其识别

### 9) 电偶腐蚀



由于腐蚀电位不同，造成同一介质中异种金属接触处的局部腐蚀，就是电偶腐蚀，亦称接触腐蚀或双金属腐蚀。该两种金属构成宏电池，产生电偶电流，使电位较低的金属（阳极）溶解速度增加，电位较高的金属（阴极）溶解速度减小。所以，阴极是受到阳极保护的。阴阳极面积比增大，介质电导率减小，都使阳极腐蚀加重。发生电偶腐蚀时，电极电位较负的金属通常会加速腐蚀，而电极电位较正的金属的腐蚀则会减慢。

## 2 腐蚀类型及其识别

### 10) 磨损腐蚀

产生磨损腐蚀的直接原因：两个承受重载荷的表面，其中至少一个是金属材料，发生接触相互摩擦。

## 小结 (2H) :

1. 电化学腐蚀原理;
2. 金属发生电化学腐蚀必须具备以下三个条件;
3. 常见腐蚀有哪些。

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 1) 腐蚀的检查

##### 飞机上易发生腐蚀的部位

- 飞机外表面，迎风面，蒙皮搭接处易发生缝隙腐蚀，迎风面易受侵蚀。
- 驾驶舱、客舱、货舱、厨房、厕所。
- 电瓶舱、起落架舱、电子电气设备舱。
- 发动机进气区及排气区。
- 无法（难以）接近区：油箱；长铰链，因材料不同（铜衬套等）易发生电偶腐蚀；机身底部易积水区，维护时应保持排水孔畅通；难以润滑的部位。
- 操纵钢索。
- 焊接区：由焊药造成腐蚀源（用热水冲刷）；高温引起腐蚀源。

# 3 航空器常见金属腐蚀的去除

## 1) 腐蚀的检查

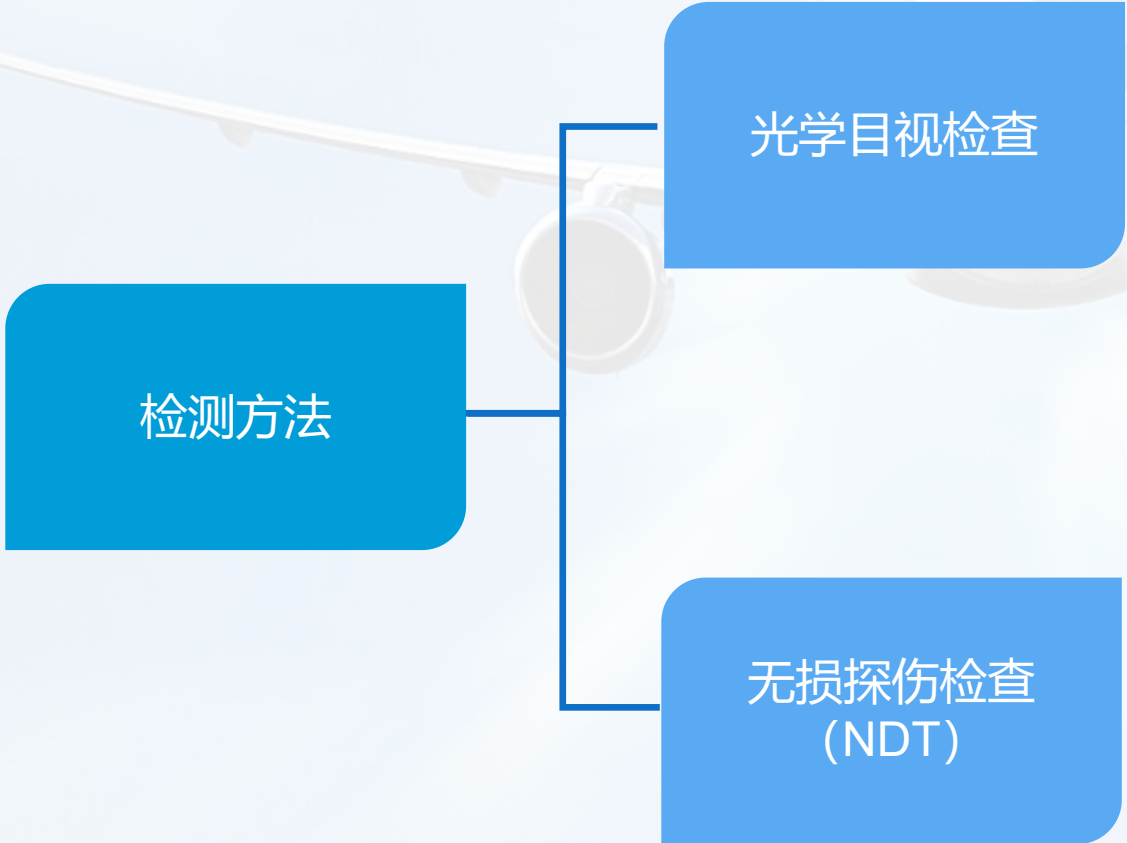
### 常用合金腐蚀产物的颜色特征

| 合金         | 腐蚀产物  |
|------------|---|
| 铝合金和镁合金    | 腐蚀初期呈灰白色斑点，发展后出现灰白粉末状腐蚀产物，刮去腐蚀产物后底部出现麻坑         |
| 合金钢及碳钢     | 腐蚀刚开始时，金属表面发暗，进一步发展成褐色或棕红色                      |
| 铜合金        | 氧化铜是黑色，氧化亚铜是棕红色，硫化铜是黑色，氯化铜是绿色，所以铜腐蚀后可呈现出棕红、绿、黑色 |
| 镀锡、镀镉、镀锌零件 | 腐蚀呈白色、灰色和黑色斑点或白色粉末薄层，如果基体金属腐蚀了，则腐蚀产物与基体金属的颜色相同  |
| 镀铝零件       | 腐蚀呈白色或黑色，严重时表面脱落，裸露出基体金属                        |
| 不锈钢        | 腐蚀往往是出现黑色斑坑点                                    |

# 3 航空器常见金属腐蚀的去除

## 1) 腐蚀的检查

检测方法



用来做一般检查，检测金属的表面腐蚀情况

在一些目视检查无法检测出来或一些特殊地方需要进一步检查的时候使用。

- 涡流探伤
- X光探伤
- 超声波探伤
- 磁粉探伤
- 渗透探伤

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

##### 彻底清洁机体表面

一般的做法为：

- ① 将飞机停放于合适的位置。
- ② 选择及配置合适的清洁剂溶液。
- ③ 涂抹并保持机体表面湿润几分钟。
- ④ 用高压温水清洗污物。
- ⑤ 对于清除起来比较困难的顽固污迹可以在清洁剂中加入煤油或用软毛刷刷洗。

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

##### 清除油漆保护层

一般的做法为：

- ① 用刷子将漆层清除剂涂抹到要清除漆层的表面，保持较厚的一层。
- ② 让漆层清除剂在表面停留一段时间直到漆层鼓起、卷曲起来，表明漆层已和金属脱开。
- ③ 用热水冲洗，直至将漆层清除剂完全清除干净。
- ④ 必要时，可以重复施用油漆清除剂，先用塑料或铝制的刮削漆层，然后再施用第二层油漆清除剂，使它能浸到油漆层的底层。在清除铆钉头或沿缝隙的油漆层时，可以使用较硬的刷子，以便刷掉这些部位上的漆层。

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

##### 清除的方法和要求

清除腐蚀产物的方法有两种：

机械法：轻度腐蚀、中等或严重的腐蚀

化学法：轻度腐蚀

# 3 航空器常见金属腐蚀的去除

## 2) 腐蚀的去除

清除的方法和要求

机械方法:

| 腐蚀     | 机械清除            |
|--------|-----------------|
| 较轻的腐蚀  | 采用人工清除          |
| 较严重的腐蚀 | 采用动力工具清除        |
| 丝状腐蚀   | 喷丸              |
| 镁合金    | 只能使用非金属硬毛刷或尼龙擦布 |

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

##### 清除的方法和要求

##### 机械方法:

| 腐蚀          | 机械清除                      |
|-------------|---------------------------|
| 轻微腐蚀的铝合金    | 研磨剂或尼龙擦垫来清除，不能使用钢丝棉或钢丝刷清除 |
| 严重腐蚀的铝合金    | 锉刀，不能使用钢丝棉或钢丝刷清除          |
| 钢及其合金       | 研磨砂纸或刷子进行手工和动力的打磨         |
| 没有电镀层的钢     | 用细砂、铝氧化物进行喷砂              |
| 高强度合金钢      | 使用细油石，细研磨砂纸进行打磨           |
| 不锈钢、镍合金、钛合金 | 机械方法清除                    |

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

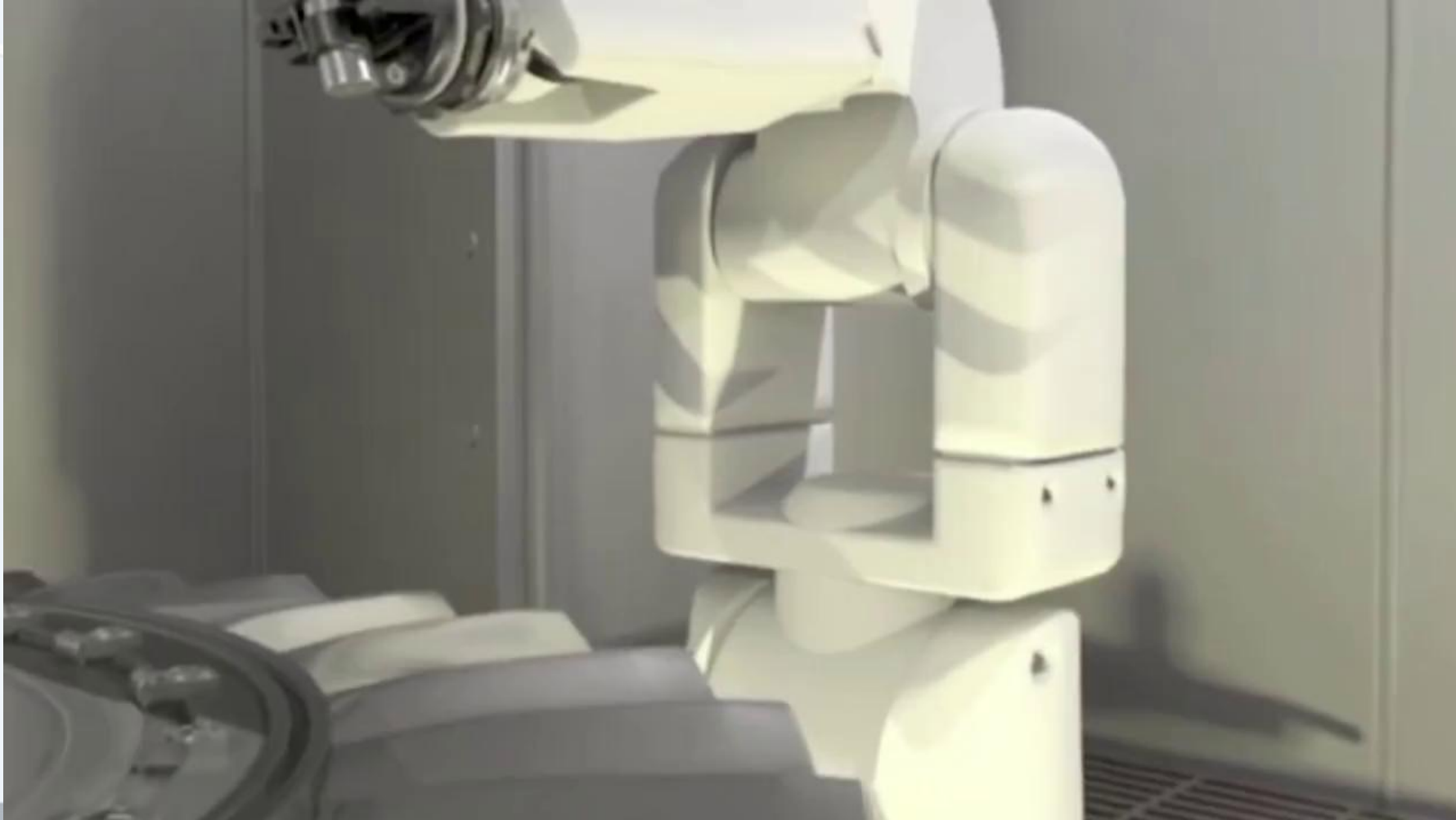
清除的方法和要求



### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

清除的方法和要求



### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

##### 清除的方法和要求

##### 机械方法：

腐蚀产物清除以后：

- ① 先用280粒度研磨纸打磨
- ② 再用400粒度研磨纸将表面打磨光滑
- ③ 用清洁剂溶液清洗（如：MEK）
- ④ 再用5%铬酸溶液进行中和处理

# 3 航空器常见金属腐蚀的去除

## 2) 腐蚀的去除

### 清除的方法和要求

化学方法清除腐蚀介绍（适用于轻微腐蚀）：

| 金属                               | 清除介绍                  |
|----------------------------------|-----------------------|
| 铝合金                              | 除腐剂应为酸基化合物（浓度5%的铬酸溶液） |
| 合金钢构件：拉伸强度在1517Mpa（220000Psi）以下  | 采用刷涂或浸泡磷酸基除腐剂的方法      |
| 合金钢构件：拉伸强度超过1517Mpa（220000Psi）以下 | 使用碱性除腐剂（如氢氧化钠）浸泡法清除   |
| 钢索                               | 不应使用酸性清洁剂和碱性溶液进行清洁处理  |

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

腐蚀去除的工具和设备



90° 磨钻

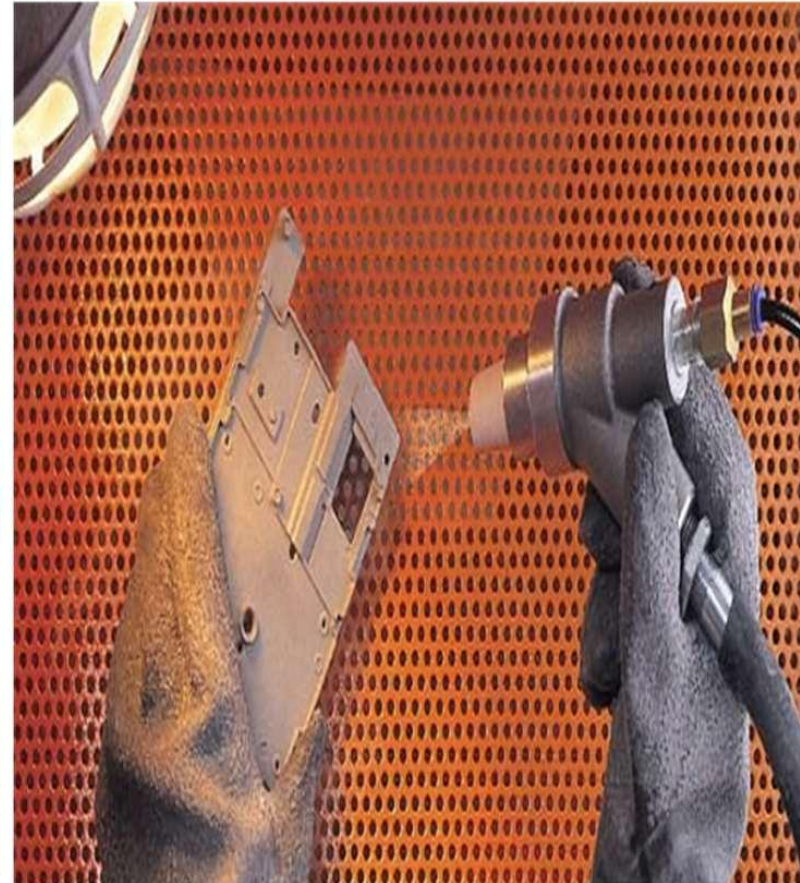


直磨钻

### 3 航空器常见金属腐蚀的去除

#### 2) 腐蚀的去除

腐蚀去除的工具和设备



喷砂设备

## 小结:

1. 飞机上易发生腐蚀区域
2. 腐蚀检测方法
3. 腐蚀去除方法

## 4 航空器常用的防腐措施

### 1) 日常防腐措施

日常维护中的防腐措施:

- 1) 保持飞机清洁、干燥,并确保排水孔通畅。
- 2) 隔绝不同的金属,检查密封件、表面层,及时修补。
- 3) 每日对燃油箱放沉淀物及积水。
- 4) 每日擦拭暴露在外的某些关键敏感的区域。
- 5) 风雨天气时要注意飞机的封严,以杜绝雨水侵蚀;在温暖晴日时要保持飞机有良好的通风。对停放的飞机,要充分应用多种防护罩套。
- 6) 及时发现初期腐蚀并修理。

## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

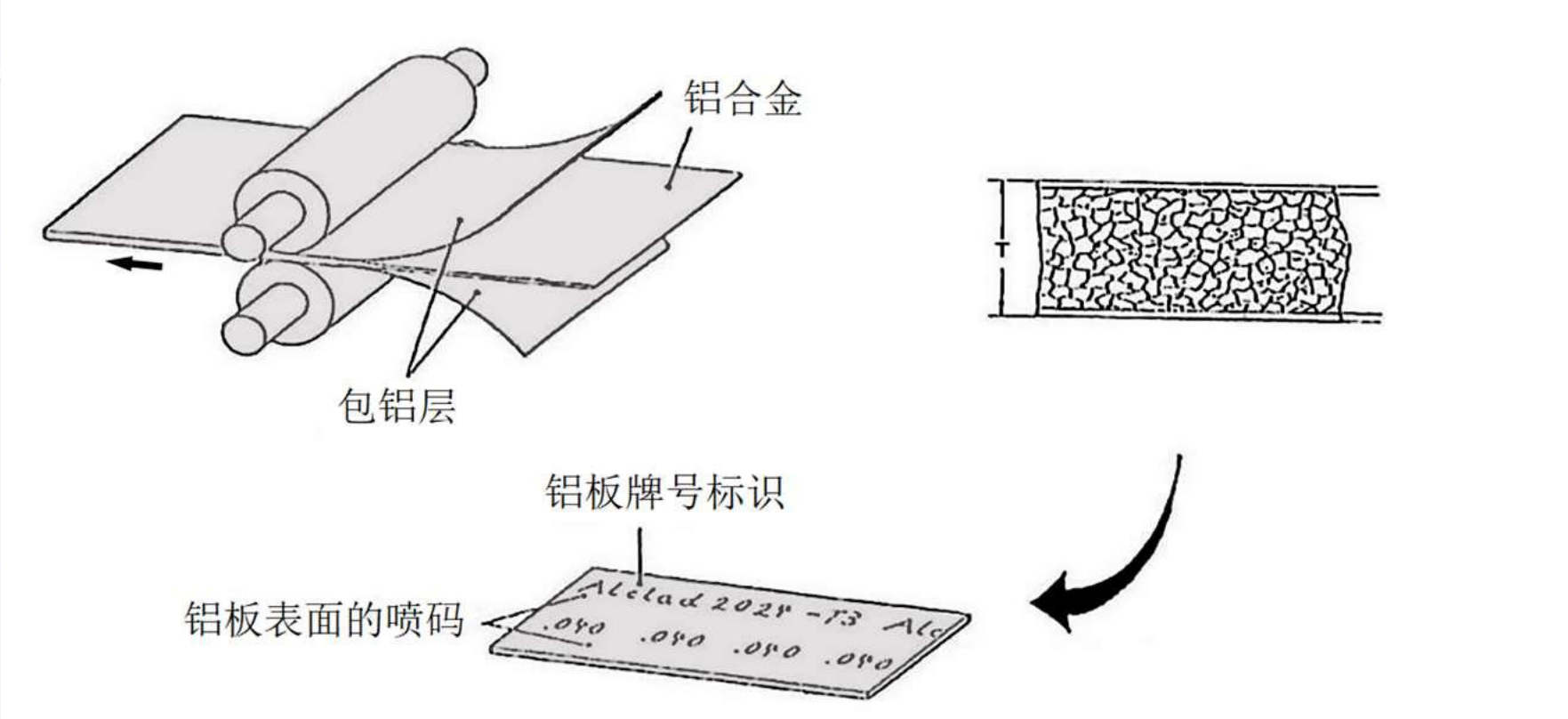
对飞机结构施加表面保护层主要的方式有：

- ① 表面包铝层
- ② 表面氧化膜
- ③ 油漆保护涂层
- ④ 电镀
- ⑤ 金属喷涂
- ⑥ 喷涂防腐剂

# 4 航空器常用的防腐措施

## 2) 表面防腐工艺

### 表面包铝层



## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 表面氧化膜

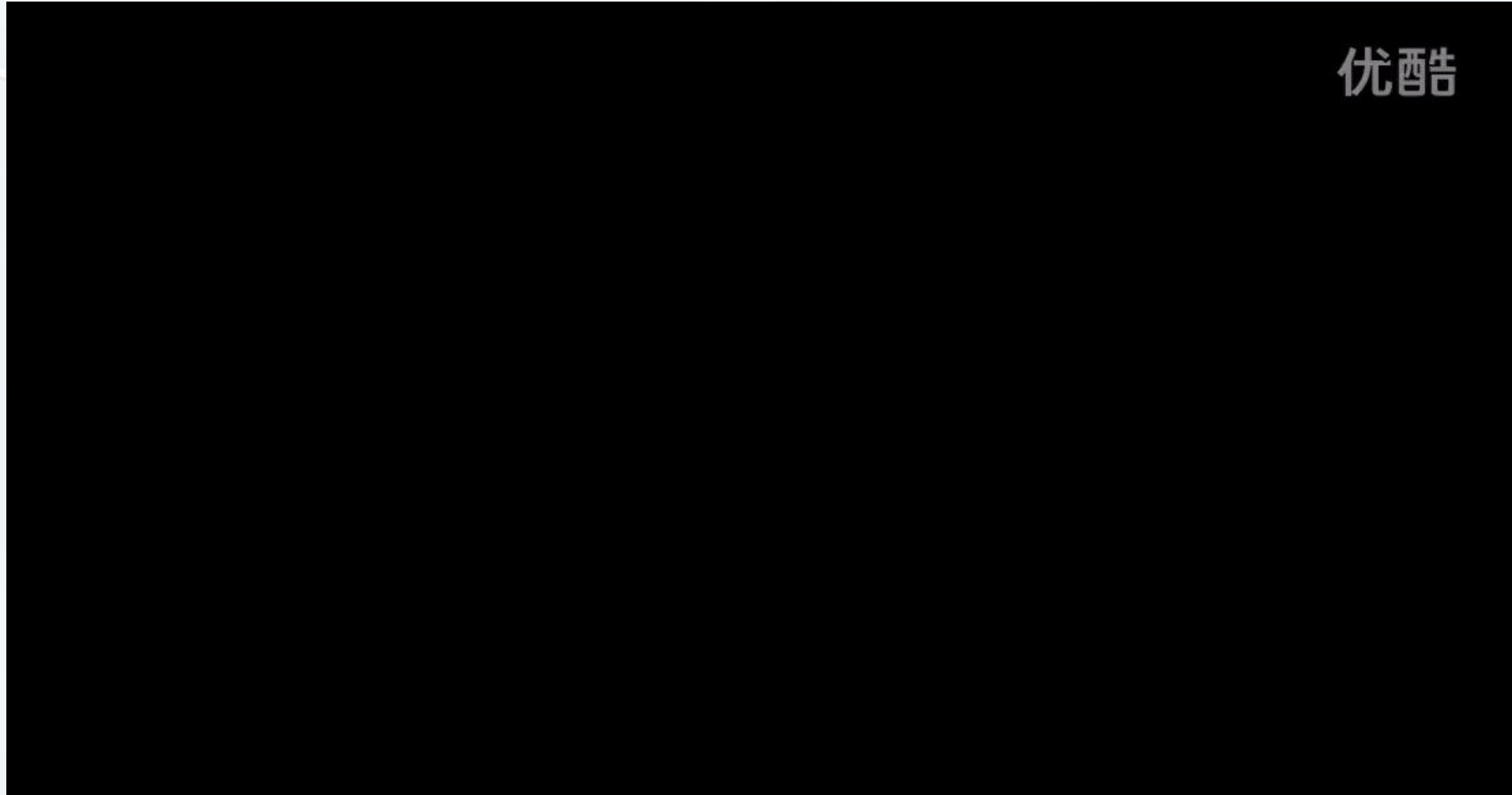
施用阿洛丁 (Alodine) 法, 一般的操作程序为:

- (1) 表面去油及清洁, 并通过水膜试验确保表面清洁达到要求。
- (2) 用刷子或喷涂的方法涂一层充足的阿洛丁涂层, 让溶液停留在表面。
- (3) 用带有少量溶液的棉布保持该区域潮湿, 直至发现特定的颜色 (大约30秒后)。
- (4) 运用颜色做鉴定, 通常颜色可从浅黄彩虹色到棕褐色变化。
- (5) 用干净的布和水仔细冲洗表面。
- (6) 风干表面 (一般1到3小时)。在120°F 下干燥最适宜, 但温度不要超过130°F。
- (7) 采取适当的防护措施, 保持表面的干燥和干净。

## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

油漆保护层



## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 电镀

电镀：利用电解原理在某些金属表面上镀上一薄层其它金属或合金的过程，是利用电解作用使金属或其它材料制件的表面附着一层金属膜的工艺

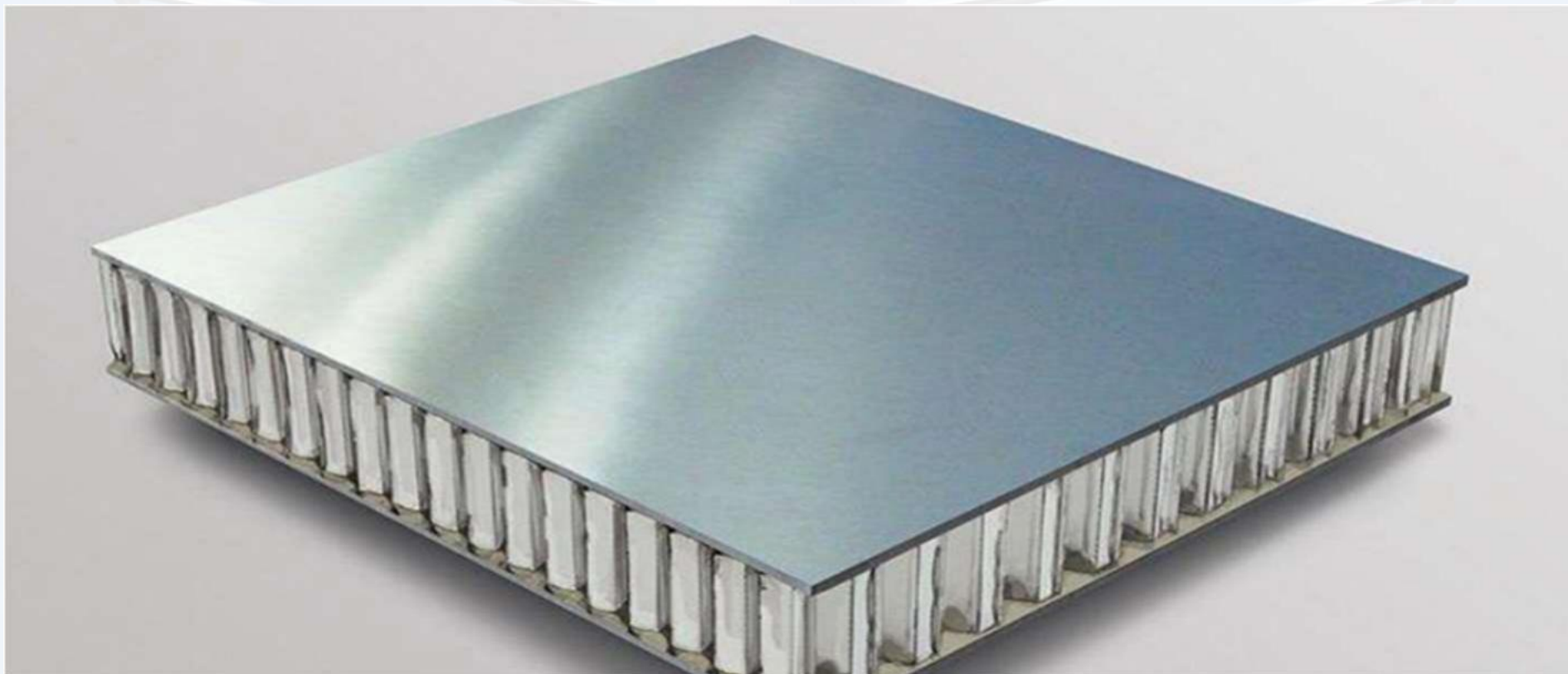


## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 金属喷涂

金属喷涂法在零件表面形成保护层



## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 喷涂防腐剂

在航空器结构的下列区域喷涂防腐剂：

- (1) 操纵面动作时暴露在大气中的结构。
- (2) 可能积水又不易排水的结构部位。
- (3) 接触腐蚀性液体，易产生腐蚀的结构部位。
- (4) 安装的紧固件处。
- (5) 涂层或密封剂变质区域的所有连接缝处。
- (6) 紧固件周围漆膜已破坏处（防止产生丝状腐蚀）。
- (7) 发生过腐蚀的位置。
- (8) 在维修中，凡是制造厂家涂过防腐剂的部位，在修理后都要再涂防腐剂。

## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 喷涂防腐剂

| 标准      | 优缺点   | 牌号  | 应用范围                             |
|---------|---|---|----------------------------------|
| BMS3-23 | 水置换型防腐剂，渗透性较强，保护膜薄，对飞机重量增加较小。但耐久性差、固化后粘性较大。       | AV 8 (常用)<br>LPS 3<br>BOESHIELD T-9             | 用于腐蚀不严重的开放区域。                    |
| BMS3-26 | 重型防腐剂。保护膜厚，耐磨性较好。渗透能力差，一般不能单独使用。单位面积较重，对飞机增重影响较大。 | AV100D (常用)<br>ARDROX 3322<br>LPS FORMULA B1007 | 用于可能发生严重腐蚀的区域，通常与BMS3-23配合使用。    |
| BMS3-29 | 同时具有水置换型以及重型防腐剂的优点，具有较强的渗透性能和较好的耐久性。              | AV-30   | 可以代替“BMS3-23 + BMS3-26”的双层防腐剂体系。 |

波音常见的防腐剂

## 4 航空器常用的防腐措施

### 2) 表面防腐工艺

#### 喷涂防腐剂

1

清除防腐剂

石脑油清除防腐剂

2

涂刷防腐剂

水置换型防腐剂：采用一般喷涂或刷涂的方式；  
浓缩型防腐剂：可考虑采用低压喷枪喷涂。

# 4 航空器常用的防腐措施

## 2) 表面防腐工艺


### 喷涂防腐剂

清洗飞机时，可能会清除掉水置换型防腐剂，因此需要定期重涂防腐剂。



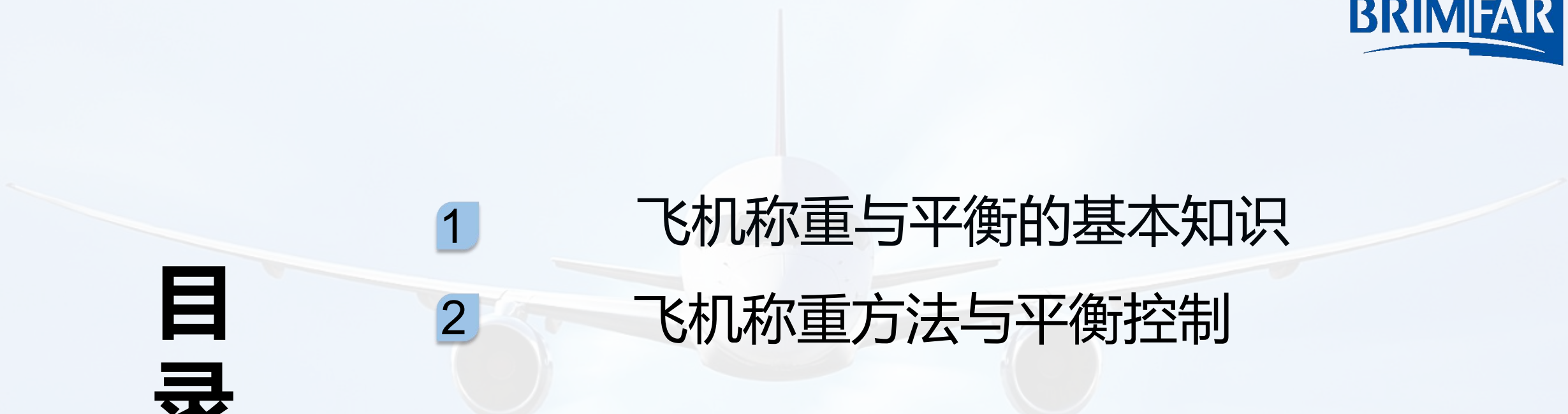
# 小结:

1. 日常维护工作中的防腐措施
2. 表面防腐工艺
3. 飞机哪些区域喷涂防腐剂



## 3.2.5 飞机称重与平衡

# 目录

- 
- A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background of the slide.
- 1 飞机称重与平衡的基本知识
  - 2 飞机称重方法与平衡控制



# 1 飞机称重与平衡的基本知识

关注飞机称重和平衡的原因

保证飞行安全

飞行的效率

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 1) 飞机称重的必要性和要求

重量和平衡报告确定了飞机的空载重量和和飞机保持平衡的位置点，既重心所在的位置。

飞机制造商重量和平衡报告方式：

- ① 称重每架交付的飞机，并在称重的基础上发布关于每架飞机重量和平衡的报告。
- ② 制造商对某一特定型号的飞机按照局方规定的百分比进行称重，并将平均值应用于所有飞机。

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 1) 飞机称重的必要性和要求

交付后称重要求：

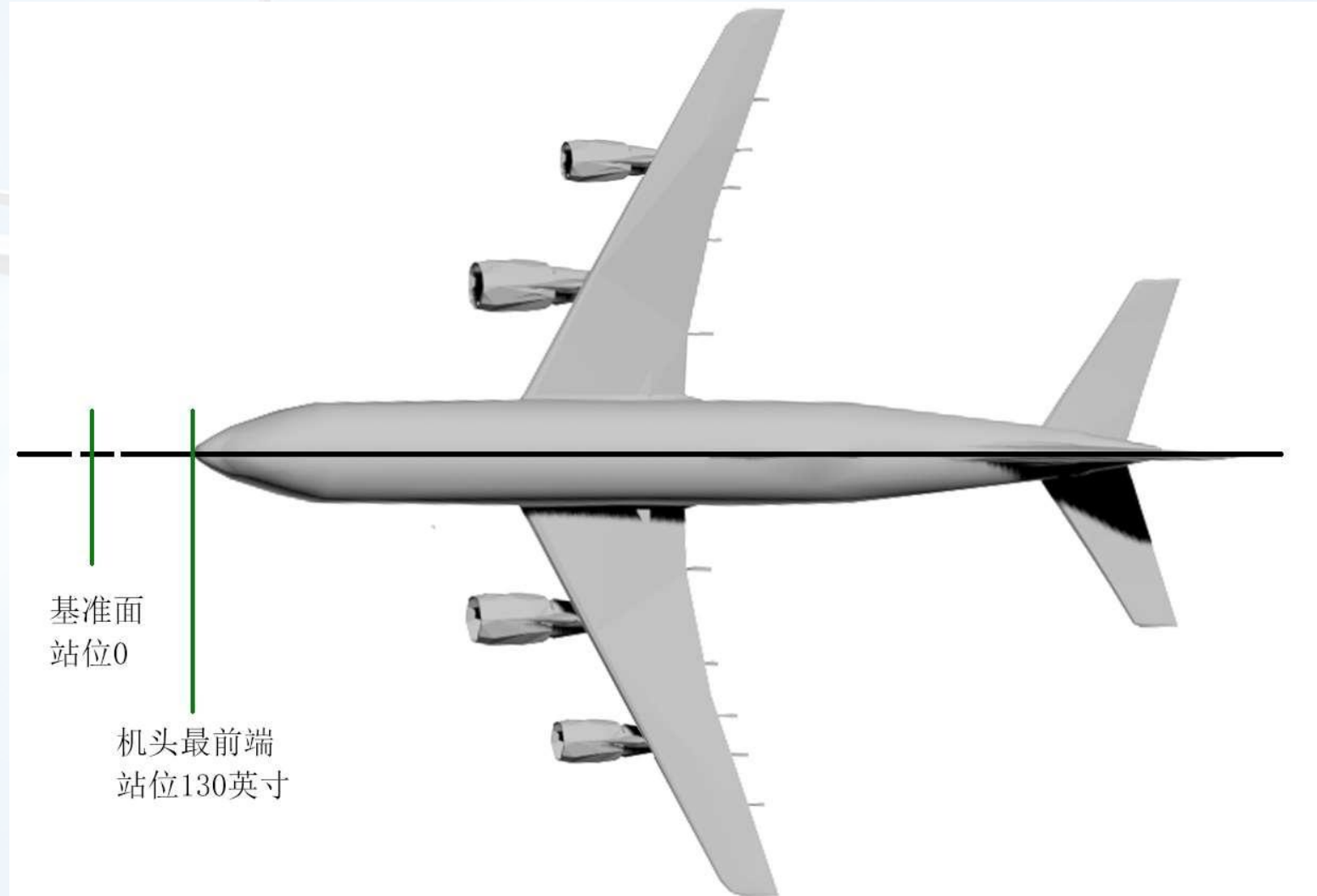
- ① 私人飞机按规定不需要定期称重
- ② 执行商业航班的飞机需要定期称重

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 基准面

- 基准面是假想面
- 基准面与飞机纵轴垂直
- 选取没有固定的规则，但必须是在飞机使用期间不会改变的位置
- 一旦选择好了基准面，就必须把它明确地标出，并且不能再随意变更



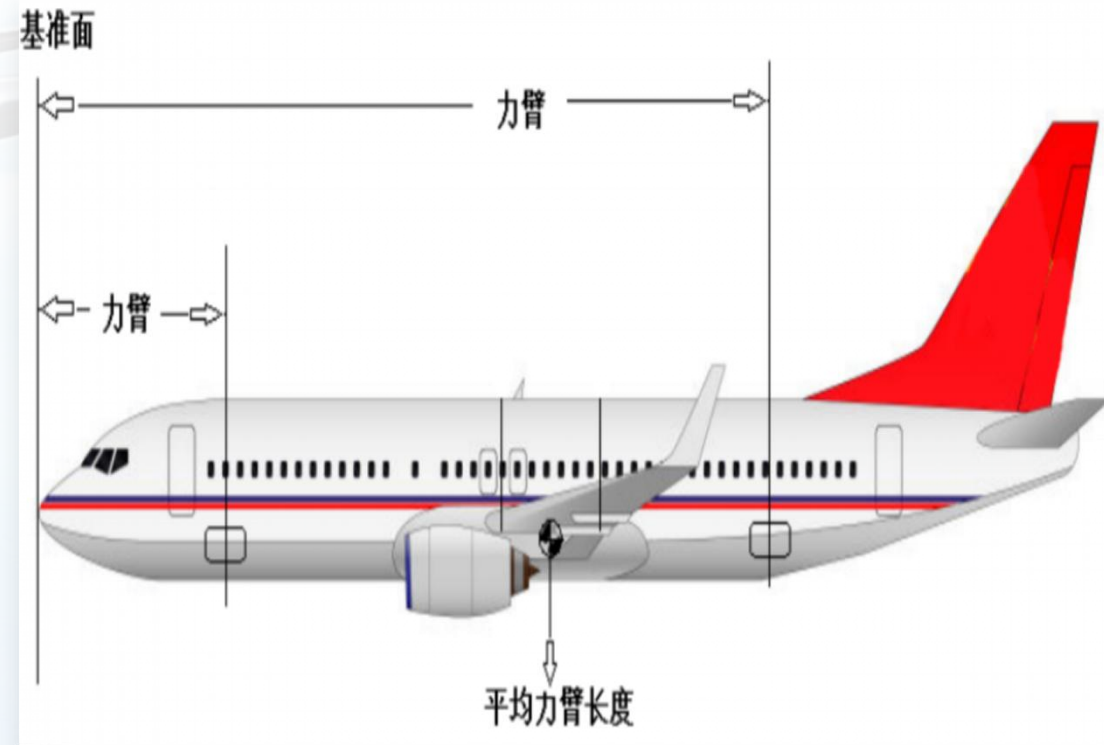
# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 力臂

力臂是从基准面到所需要测量的设备的水平距离。

- 正号 (+) 表示处于基准面的后面
- 负号 (-) 表示处于基准面的前面
- 在基准面任何一边加上去的重量项目都算正的重量，拆除任何重量项目则算作负的重量。
- 每个项目的力臂通常要放在紧接着项目名称重量之后的括号内：200磅(-55)。



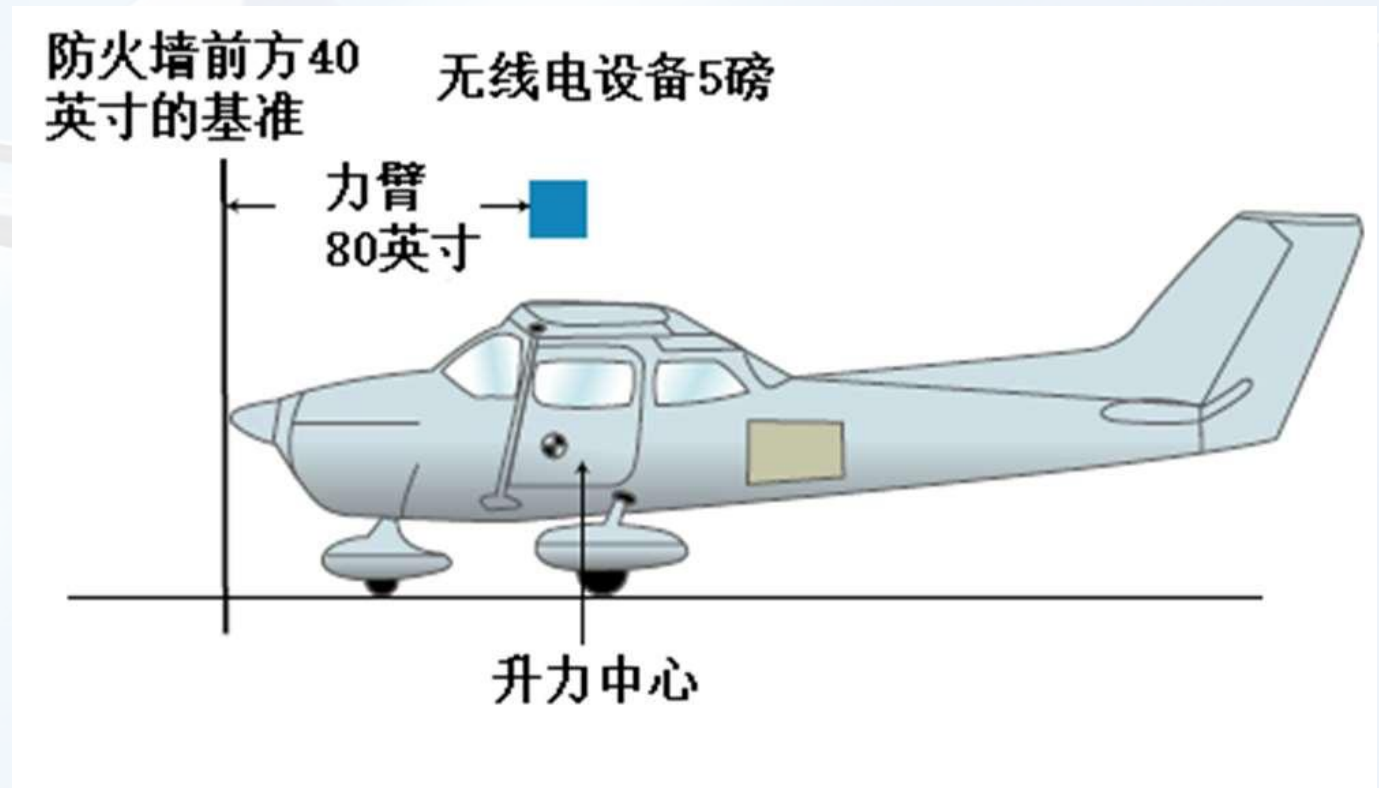
# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 力矩

力矩 = 重量 × 力臂

- 在基准面之后增加重量和在基准面之前减去重量，其力矩的符号都为正号 (+)
- 在基准面之前增加重量和在基准面之后减去重量，其力矩的符号都为 (-)

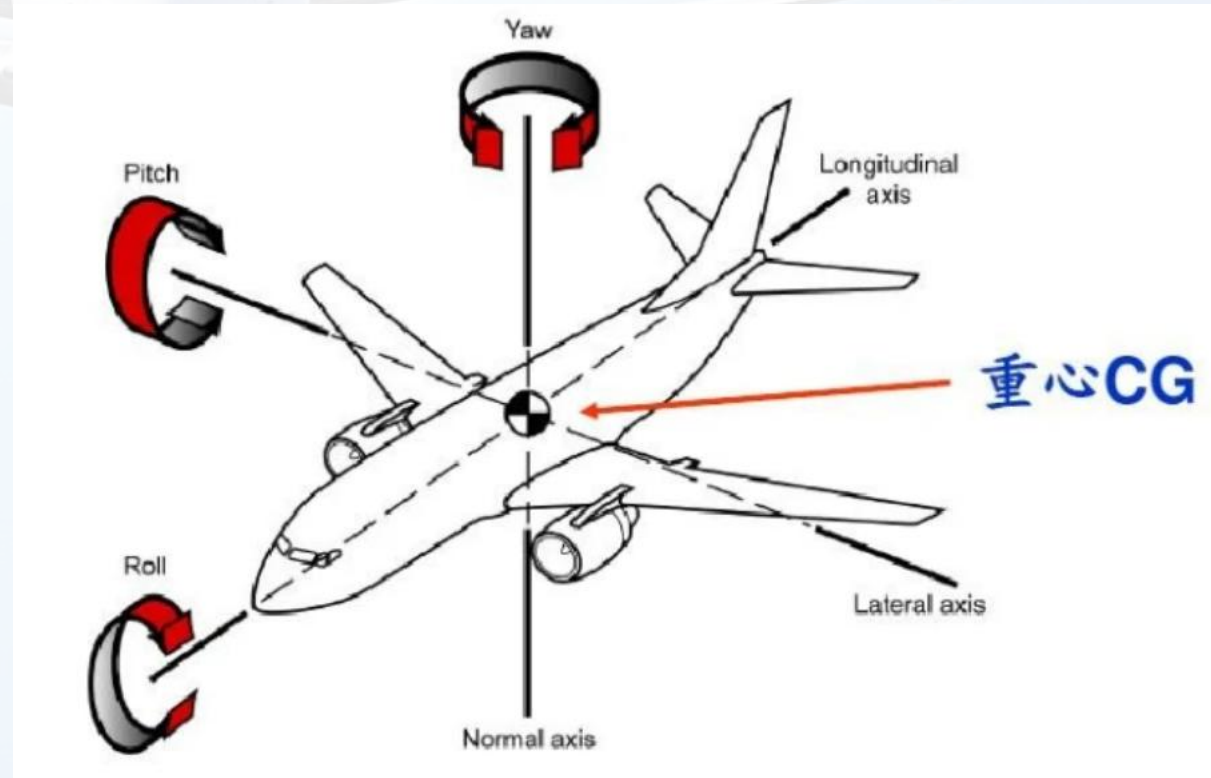


# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 重心


飞机的重心：对于该点的低头力矩和抬头力矩在量值上正好相等的那一点。



# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 最大重量



| 最大重量    | 描述  |
|---------|---|
| 最大着陆重量  | 飞机着陆所允许的最大重量。   |
| 最大停机重量  | 当飞机在停机坪停机时所允许的最大重量。                                       |
| 最大起飞重量  | 在飞机开始起飞滑跑时所允许的最大重量。                                       |
| 最大无燃油重量 | 当油箱里没有任何可用的燃料时，飞机所能承受的最大重量。当飞机重量达到这个值之后，将只能装载燃油，不能再装其他物体。 |

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 空重

空重：飞机本身并且包含飞机上实际安装的所有固定设备的重量。

包括：机身、动力装置、必需的设备、选用或专用的设备、固定压舱物、液压油、滑油及剩余燃油的重量（在燃油导管和油箱内放不掉的液体）。

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 空重重心

空重重心：飞机在空重条件下的重心。

所有其他重量和平衡的计算，首先要知道空载重量和空载重心。

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 空重重心

空重重心：飞机在空重条件下的重心。

所有其他重量和平衡的计算，首先要知道空载重量和空载重心。

### 实用载重

实用载重：最大允许重量减去空重的值。

实用载重由最大的油量（滑油、燃油）、乘客、行李、驾驶员、副驾驶和全体乘务员组成。

# 1 飞机称重与平衡的基本知识

## 2) 重量与平衡的术语

### 最小燃油量

最小燃油量通常能够满足飞机在巡航状态下飞行30分钟所需的量。

- 活塞发动机驱动的飞机：最小燃油量是根据发动机的额定功率来计算的。
- 涡轮发动机驱动的飞机：最小燃油量是由飞机制造商在相关技术文档里提供。

### 毛重

毛重：飞机称重时那些辅助设备的重量。

## 小结:

1. 称重的必要性
2. 基准面、力臂、力矩的概念
3. 什么是空重、毛重

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 1) 简介

对飞机进行称重之前，必须首先熟悉相应的飞机技术规范或机型合格证数据单中有关重量与平衡的资料。

找到下列资料：重心范围；空重重心范围；水平方法；最大重量；座椅容量；行李容量；燃油容量；基准面位置。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 2) 飞机称重前的准备

- ① 使飞机处于水平姿态。
- ② 清洗飞机。
- ③ 检查飞机设备清单以确保所有需要的设备确实安装好，拆下不包括在飞机设备清单内的所有项目。
- ④ 对燃油系统放油直到油量指示为零，即排空。
- ⑤ 装满液压油箱及滑油箱。
- ⑥ 饮用和洗涤水箱以及厕所便桶应当排空。
- ⑦ 舵面在规定位置，空重中的设施都应安装在正确位置，行李舱空的，所有的检查盖板、滑油和燃油箱盖、舱门、应急出口在原处。所有的舱门和滑动座舱盖都应该在正常飞行位置。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 3) 称重设备的准备

称重前要准备下列设备：

- ① 磅秤、吊挂设备、千斤顶和水平顶置设备。
- ② 轮挡和沙袋。
- ③ 标尺、气泡水准仪、铅垂、白粉线和一个测量卷尺。
- ④ 适用的飞机技术规范 and 重量与平衡计算表格。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 3) 称重设备的准备



## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 4) 称重测量

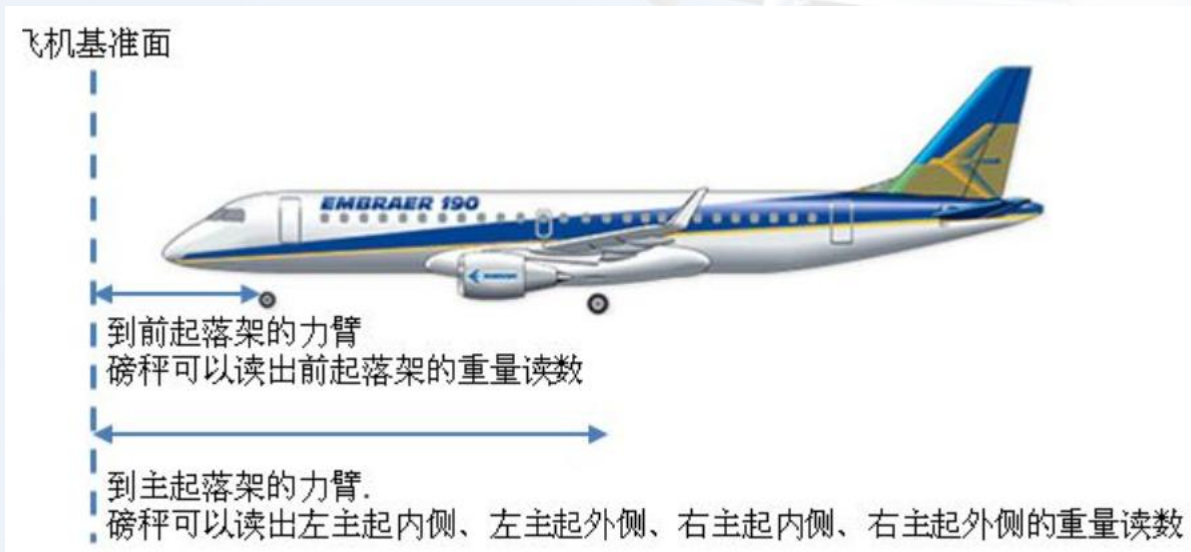
测量程序：

- ① 将飞机放置在秤台上并取得水平；
- ② 从基准面、主称重点和尾部（或前轮）称重点悬挂铅垂使这些铅垂接触到地面；
- ③ 在接触点的地面用粉笔作上记号，也可用白粉笔将记号连接起来，构成一个清楚的称重点距离与基准面的关系图形；
- ④ 飞机处于水平状态时，记录每个磅秤上指示的重量；
- ⑤ 记录重量和测量值之后，将飞机从秤台上搬开，称出毛重；
- ⑥ 从各个包含毛重的称重点磅秤读数中减去毛重。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 5) 平衡计算

空机重心力臂=总力矩/总重量



|         | 重力(kef)                               | 力臂<br>(相对于基准面<br>/in) | 力矩/ kef*in              |
|---------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 前起落架    | $W1*g$                                | B1                    | $M1=W1*g*B1$            |
| 左主起落架内侧 | $W2*g$                                | B2                    | $M2=W2*g*B2$            |
| 左主起落架外侧 | $W3*g$                                | B3                    | $M3=W3*g*B3$            |
| 右主起落架内侧 | $W4*g$                                | B4                    | $M4=W4*g*B4$            |
| 右主起落架外侧 | $W5*g$                                | B5                    | $M5=W5*g*B5$            |
|         | 总重力<br>( $W1*g+W2*g+W3*g+W4*g+W5*g$ ) | 总力臂=<br>总力矩/总重量       | 总力矩<br>$M1+M2+M3+M4+M5$ |

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 6) 重量与平衡的极端情况

- 重量与平衡的极端情况的验算检查：计算飞机在装载货物时，其重心的位置是否超出前极限和后极限点。
- 当空机重心处于空机重心的规定范围之内时，按照标准的装载和座位布置使用飞机就不要进行前极限或后极限的重量与平衡验算。
- 在以下情况需要进行重量与平衡的验算：当空机重心落在空机重心规定的允许范围边缘或之外时；或不按飞机型号合格证书规定的装载方案装载时。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 6) 重量与平衡的极端情况

前极限的重量与平衡验算需要资料:

- (1)空飞机的重量、力臂和力矩;
- (2)位于重心前极限之前的各有用载重项目的最大重量、力臂和力矩;
- (3)位于重心前极限之后的各有用载重项目的最小重量、力臂和力矩。

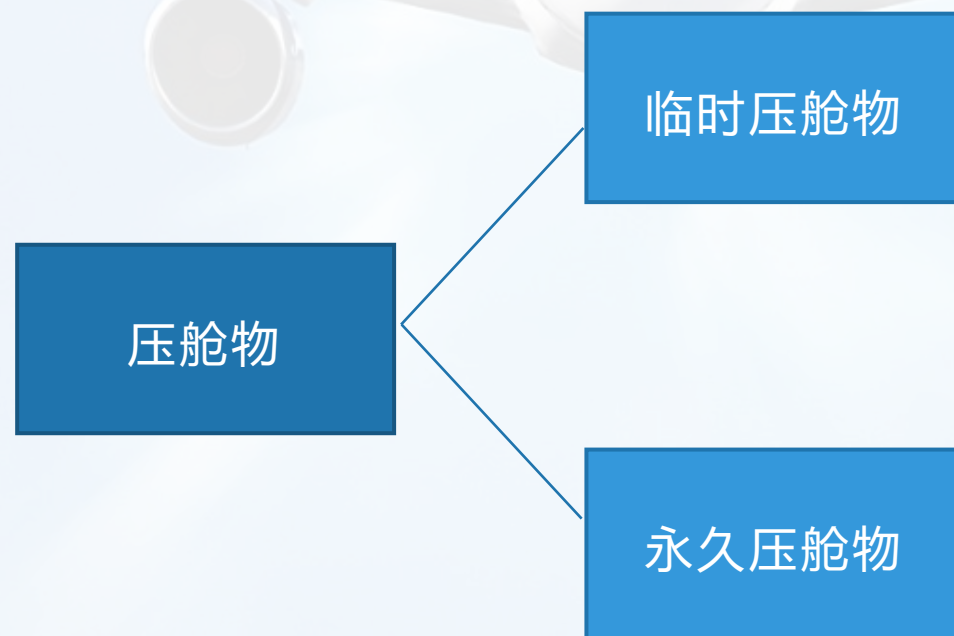
后极限的重量与平衡验算需要资料:

- (1)空飞机的重量、力臂和力矩;
- (2)位于重心后极限之后的各有用载重项目的最大重量、力臂和力矩;
- (3)位于重心后极限之前的各有用载重项目的最小重量、力臂和力矩。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 7) 压舱物的使用

压舱物作用：当飞机的重心不在限制范围内或不在操作员希望的位置时，在飞机上使用压舱物以达到所需的重心平衡。



## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 8) 大型飞机的重量与平衡

#### (1) 简介

大型飞机的重量和平衡与小型飞机的重量和平衡几乎是相同的。

#### (2) 机载的电子称重装置

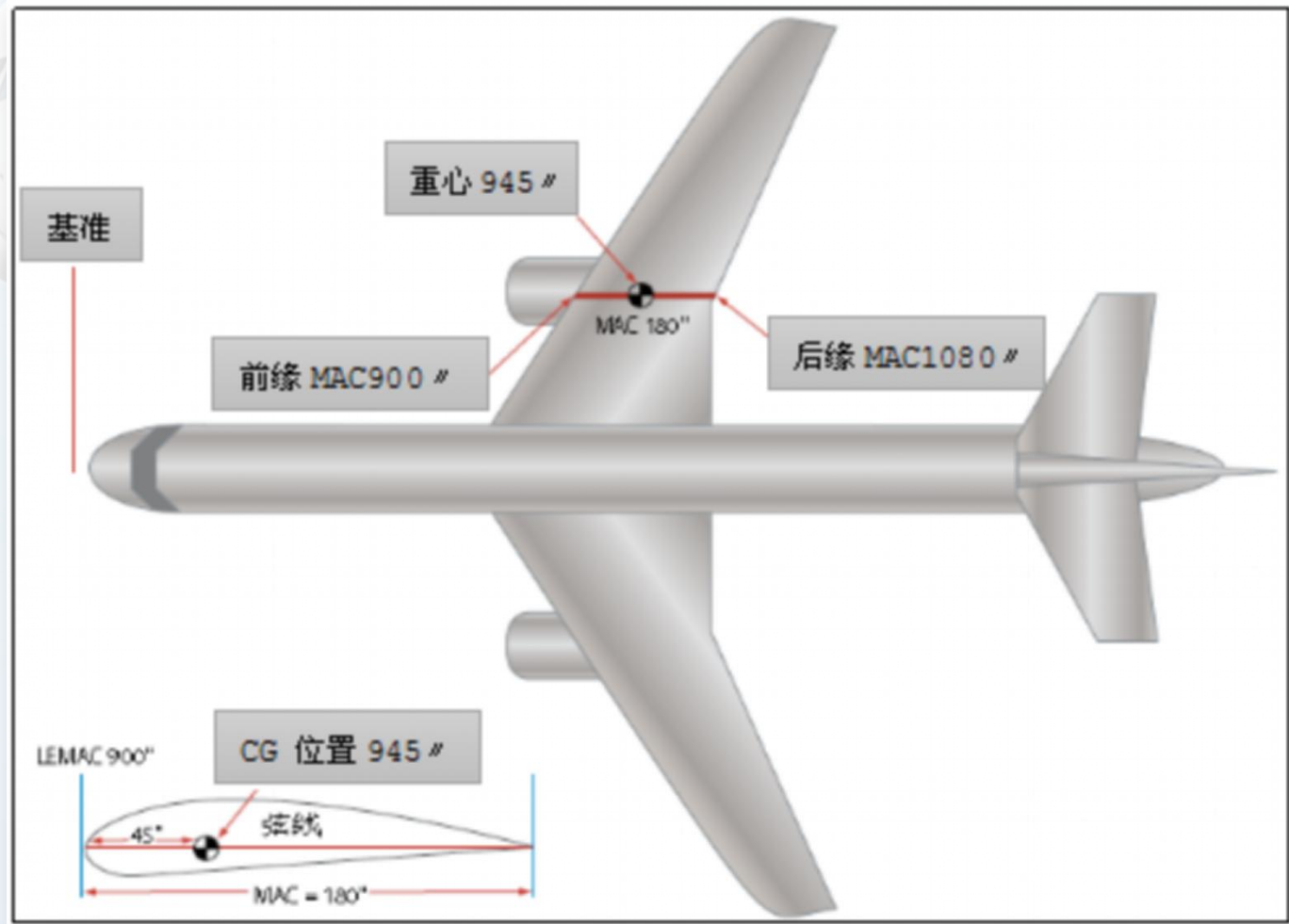
大型飞机的一个不同之处在于飞机起落架上安装了电子载荷传感器。

## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 8) 大型飞机的重量与平衡

#### (3) 平均气动力弦

大型飞机重心及其范围：  
根据机翼的宽度来确定的，重心被确定在一个特定的位置，是平均空气动力学弦(MAC)的一个特定的百分比。



## 2 飞机称重方法与平衡控制

### 8) 大型飞机的重量与平衡

#### (4) 重量和平衡的记录

重量和平衡报告必须在飞机上。这个报告没有统一的格式，飞机用户可以根据情况自己制定合适的表格用于记录。

**飞机称重与平衡报告**

**称重结果**

制造商: \_\_\_\_\_ 机型: \_\_\_\_\_  
飞机序列号: \_\_\_\_\_ 表格编号: \_\_\_\_\_  
基准位置: \_\_\_\_\_  
水平度测量方法: \_\_\_\_\_  
力臂尺寸: 前起落架 \_\_\_\_\_ 尾轮 \_\_\_\_\_ 左主起落架 \_\_\_\_\_ 右主起落架 \_\_\_\_\_  
重量读数: 前起落架 \_\_\_\_\_ 尾轮 \_\_\_\_\_ 左主起落架 \_\_\_\_\_ 右主起落架 \_\_\_\_\_  
飞机毛重: 前起落架 \_\_\_\_\_ 尾轮 \_\_\_\_\_ 左主起落架 \_\_\_\_\_ 右主起落架 \_\_\_\_\_

**重量与平衡计算**

| 项目           | 磅秤读数 | 毛重 | 净重 | 力臂 | 力矩 |
|--------------|------|----|----|----|----|
| 前起落架         |      |    |    |    |    |
| 尾轮           |      |    |    |    |    |
| <u>左主起落架</u> |      |    |    |    |    |
| <u>右主起落架</u> |      |    |    |    |    |
| 燃油           |      |    |    |    |    |
| 滑油           |      |    |    |    |    |
| 其他杂项         |      |    |    |    |    |
| 称重总和         |      |    |    |    |    |

飞机当前空重: \_\_\_\_\_  
飞机当前空重重心: \_\_\_\_\_  
飞机最大重量: \_\_\_\_\_  
飞机实用载重: \_\_\_\_\_  
计算者: \_\_\_\_\_ (印刷字体)  
\_\_\_\_\_ (手写签名)  
维修执照编号: \_\_\_\_\_  
日期: \_\_\_\_\_

## 小结:

1. 称重前准备
2. 称重设备的准备
3. 测量程序
4. 什么情况需要重量和平衡的验算



## 3.2.6 无损检测

# 目录

1

渗透检测、超声波检测、涡流检测、  
射线检测和磁粉检测

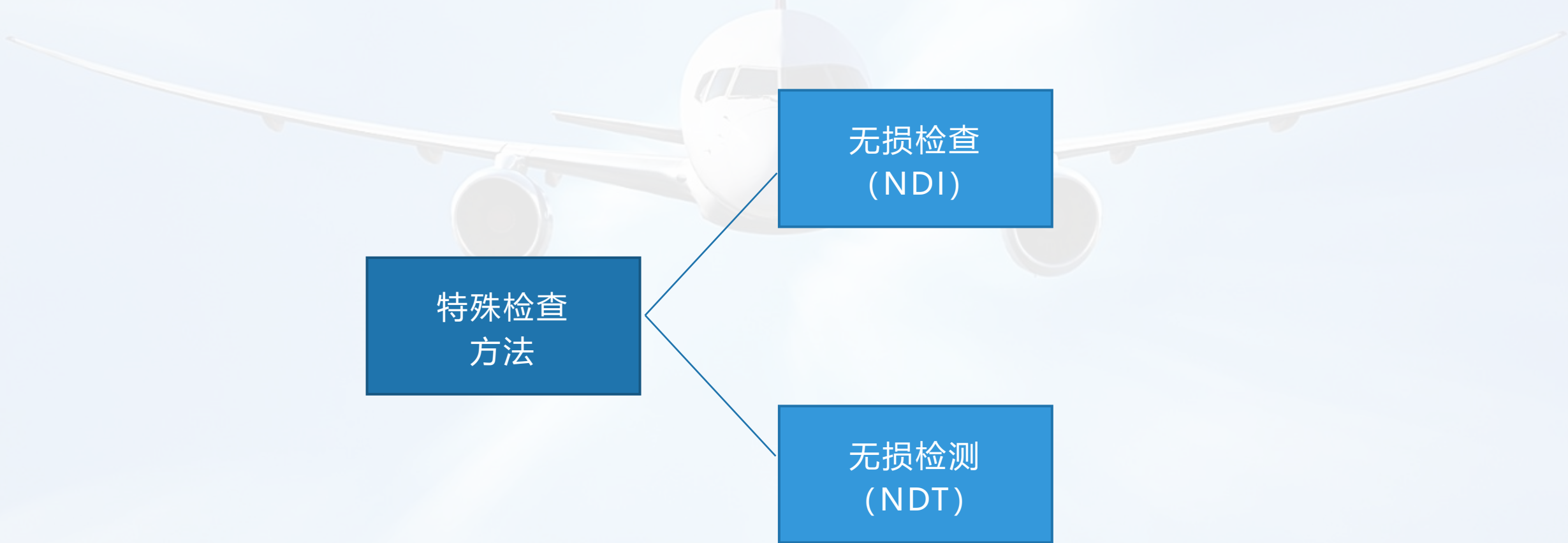
2

发动机孔探



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 1) 简介



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 2) 渗透检测

### (1) 简介

- 渗透探伤主要用于检测由任何非多孔材料制成的零件表面的缺陷。
- 渗透检测将主要检测表面缺陷，也可以检测粘接金属连接处的缺陷。
- 渗透探伤的主要缺点是缺陷必须在工件表面有开口区域，因为这样渗透液（可在渗透液中加入一种或两种可见的染料或荧光粉）才能进入缺陷从而把缺陷显示出来。

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 2) 渗透检测

### (1) 简介



**陕西克林沃尔科技有限公司**

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 2) 渗透检测

### (1) 简介

- 可见渗透剂工作包：  
染料渗透剂，染料去除剂、乳化剂和显影剂
- 荧光渗透套件包：  
黑光灯组件、渗透剂、清洁剂和显影剂

黑光灯组件



## 2) 渗透检测

### (2) 检查步骤

进行渗透检查的步骤如下：

- ① 完全彻底地清洁工件表面。
- ② 施加渗透剂并让其充分渗透进工件表面。
- ③ 使用乳化剂或清洁剂清除渗透剂。
- ④ 烘干工件。
- ⑤ 施加显影剂。
- ⑥ 检查并判别缺陷。

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 2) 渗透检测

### (3) 缺陷的判别

#### 渗透检查结果鉴别原则

- 渗透剂必须进入缺陷才能够将其显示出来：时间；检测前彻底清洁
- 如果所有渗透剂都被从缺陷中被洗去，将导致缺陷无法被显示出来。
- 缺陷越小，需要的渗透时间越长。
- 当被检测的工件材料具有磁性时，应尽量使用磁粉检测来检测缺陷。

## 2) 渗透检测

### (3) 缺陷的判别

#### 渗透检查结果鉴别原则

- 当颜色型显影剂（也叫着色渗透）施加在工件表面时，会在表面上形成一层光滑，明显的白色涂层。随着显影剂变干，缺陷中的渗透剂就会与显影剂吸附到工件表面并产生明亮鲜艳的红色指示。
- 当进行荧光渗透检查的时候，荧光渗透液将渗进缺陷中，然后清洁工件表面，用显影剂将缺陷中的荧光液吸附到表面，再用黑光灯（紫外线灯）在暗室中对工件进行探照，而缺陷就会显示出明亮的黄绿色荧光。
- 渗透检查不但可以发现缺陷和显示其范围，还能帮助检查人员判断缺陷产生的原因。

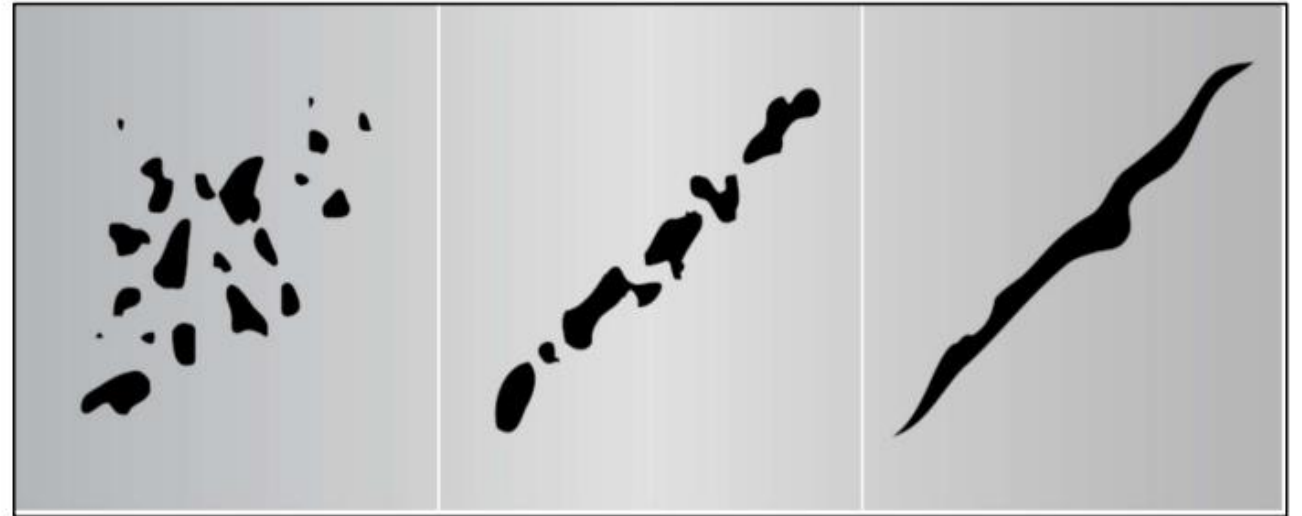
# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 2) 渗透检测

### (3) 缺陷的判别

#### 渗透检查结果鉴别原则

- 渗透检测中的指示尺寸，或渗透剂的积累量，衡量缺陷的范围
- 指示的光亮度衡量缺陷的深度



多孔的点状缺陷

紧凑的裂纹或焊缝缺陷

裂缝或类似开口缺陷

## 3) 超声波检测

### (1) 简介

超声检测：

利用超声波对金属构件内部缺陷进行检查的一种无损探伤方法。用发射探头向构件表面通过耦合剂发射超声波，超声波在构件内部传播时遇到不同界面将有不同的反射信号（回波）。利用不同反射信号传递到探头的时间差，可以检查到构件内部的缺陷。根据在荧光屏上显示出的回波信号的高度、位置等可以判断缺陷的大小，位置和大致性质。

超声测试技术：

直线

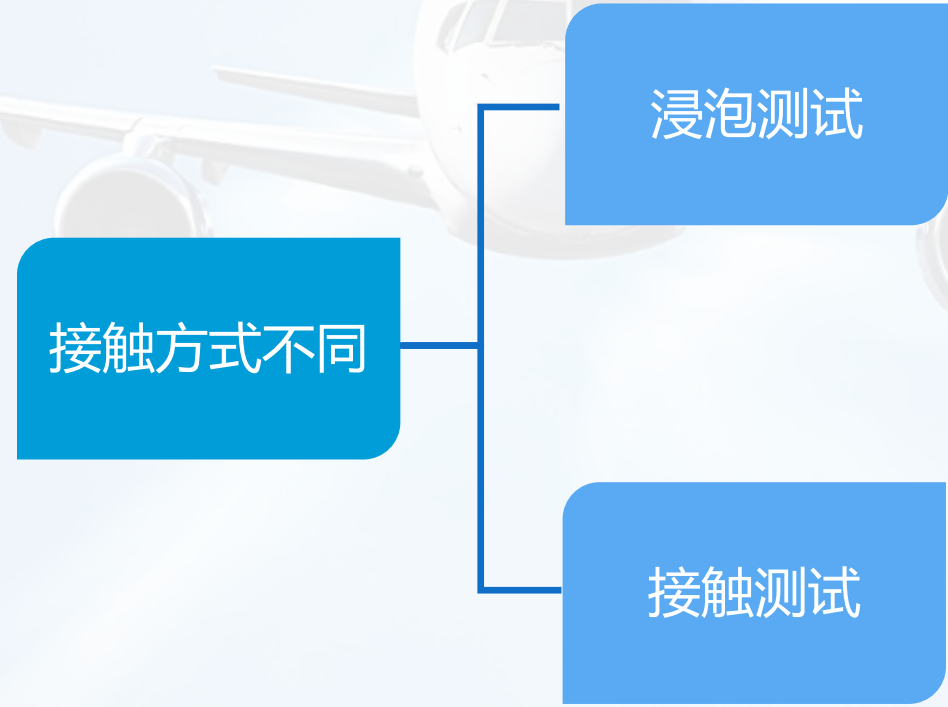
角束

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测



## 3) 超声波检测

### (1) 简介

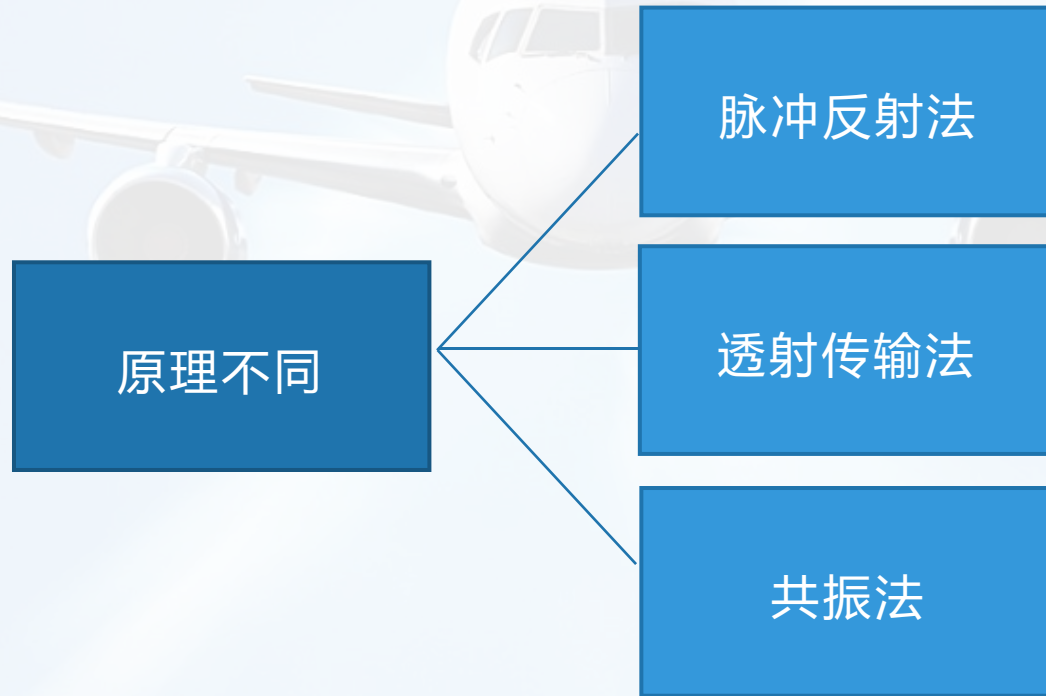


# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测



## 3) 超声波检测

### (1) 简介



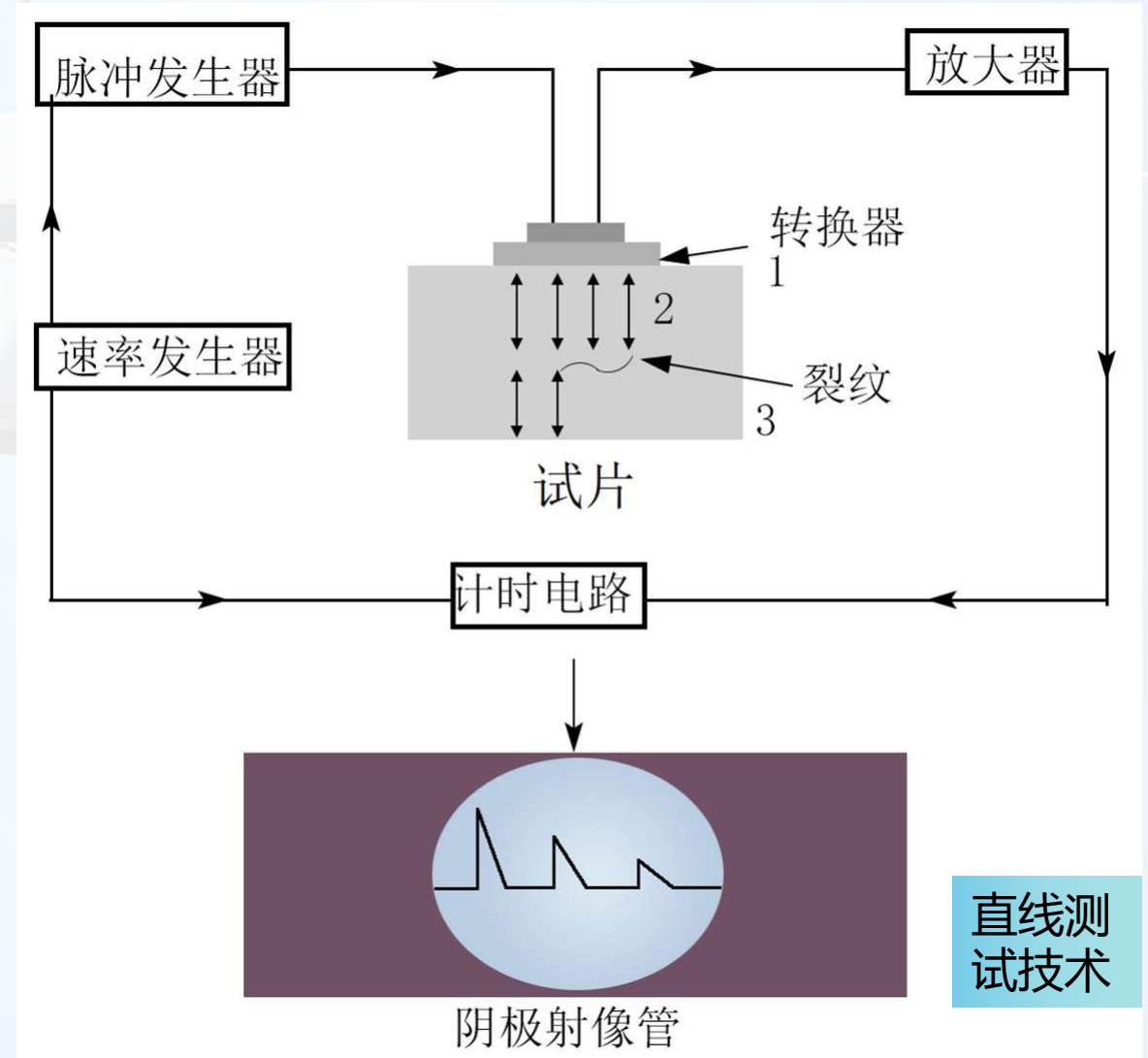
# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 3) 超声波检测

### (2) 脉冲反射法

脉冲反射法的原理：

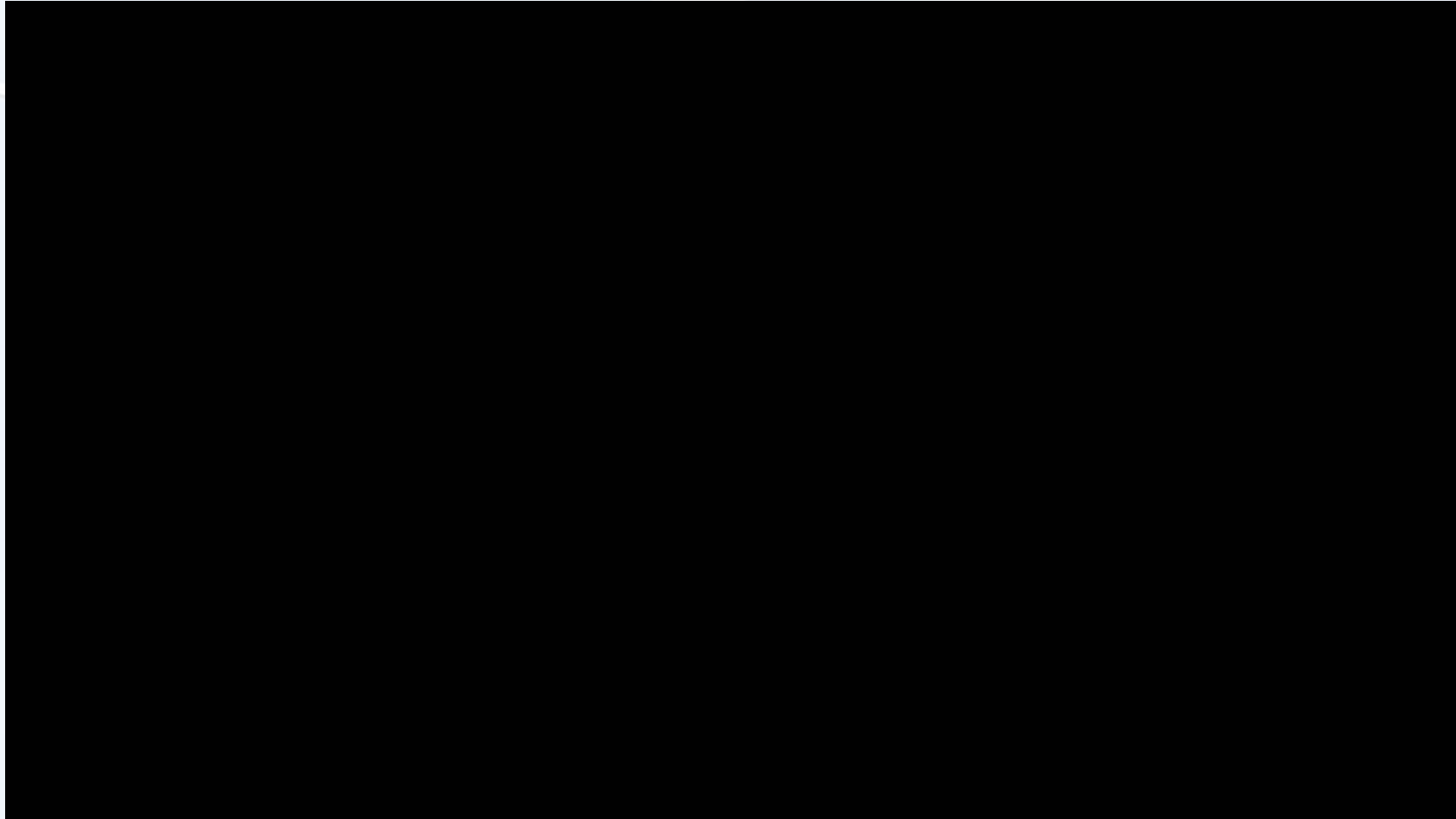
通过测量信号的振幅以及信号在特定的表面之间进行传递所需要的时间，以及信号的连续性，来确定缺陷。



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 3) 超声波检测

### (2) 脉冲反射法

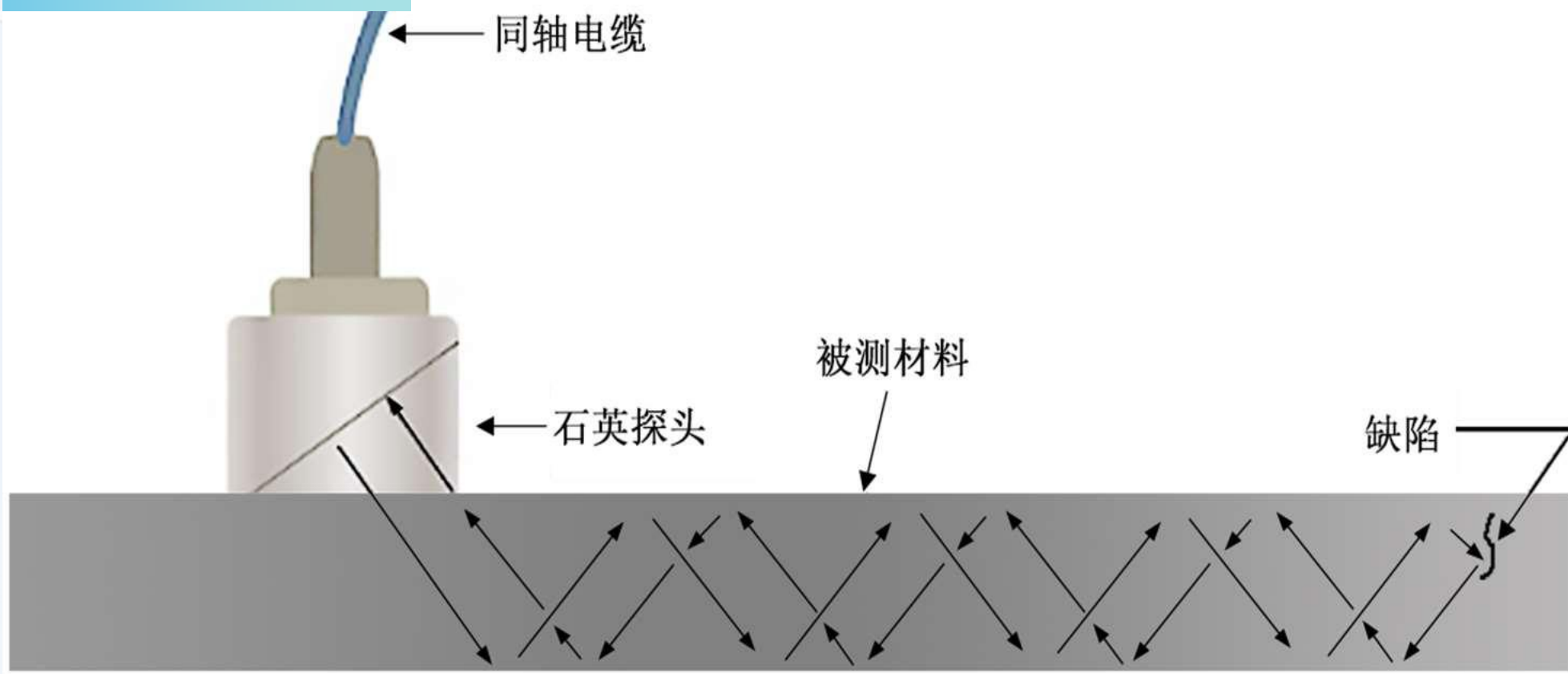


# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 3) 超声波检测

### (2) 脉冲反射法

#### 脉冲反射角波束测试



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 3) 超声波检测

### (3) 透射传输法

透射传输检测法使用两个转换器：

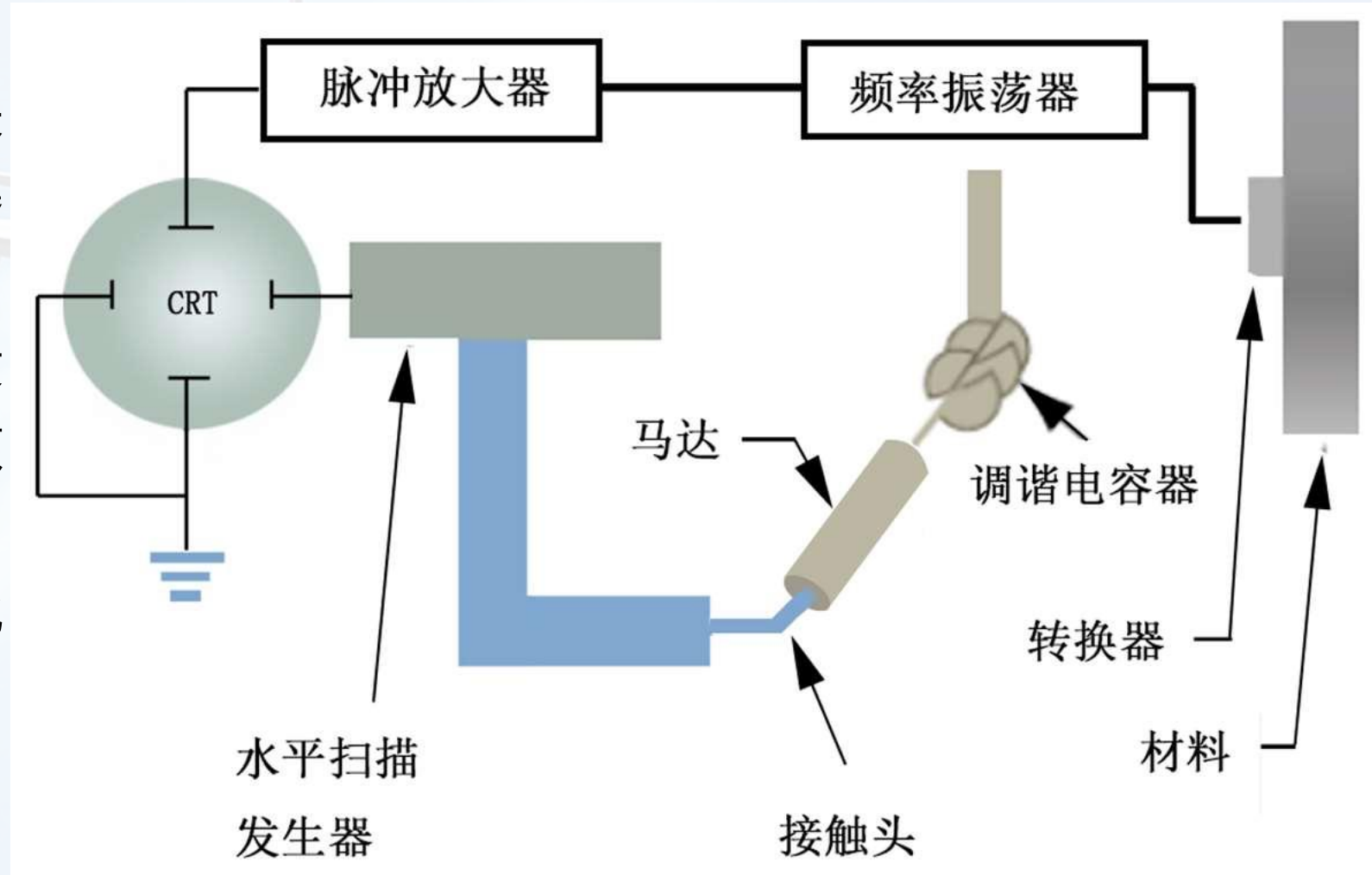
- 一个用来产生脉冲，另一个放在相反的表面来接收脉冲。
- 声音的中断路径将指示一个缺陷并显示在仪器屏幕上。

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 3) 超声波检测

### (4) 共振法

- 当试件的厚度为超声波的半波长的整数倍时，将引起共振，仪器显示出共振频率。
- 当试件内存在缺陷或工件厚度发生变化时，将改变试件的共振频率，依据试件的共振频率特性，来判断缺陷情况和工件厚度变化情况的方法称为共振法。
- 共振法常用于试件测厚。

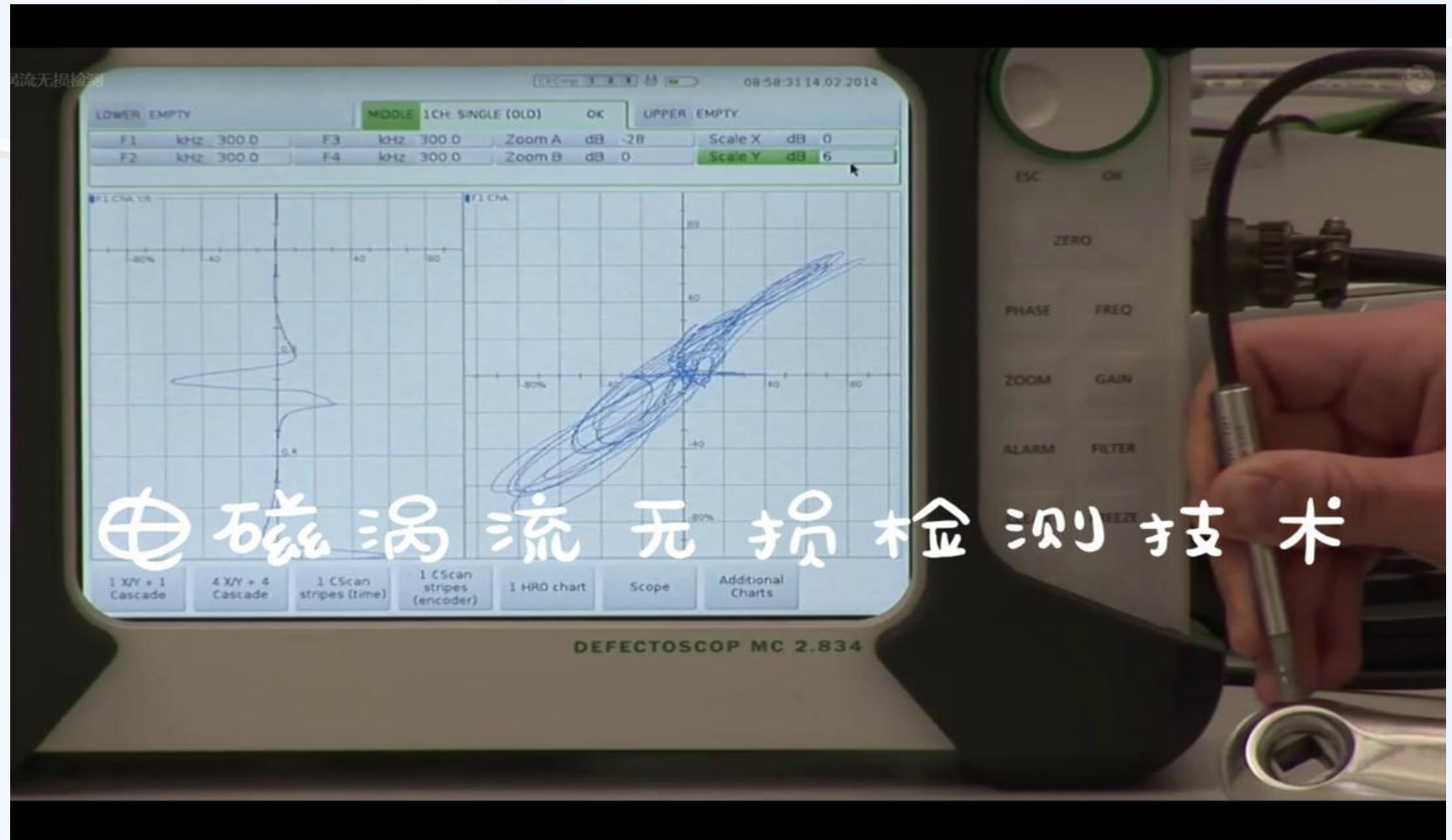


# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 4) 涡流检测

### (1) 简介

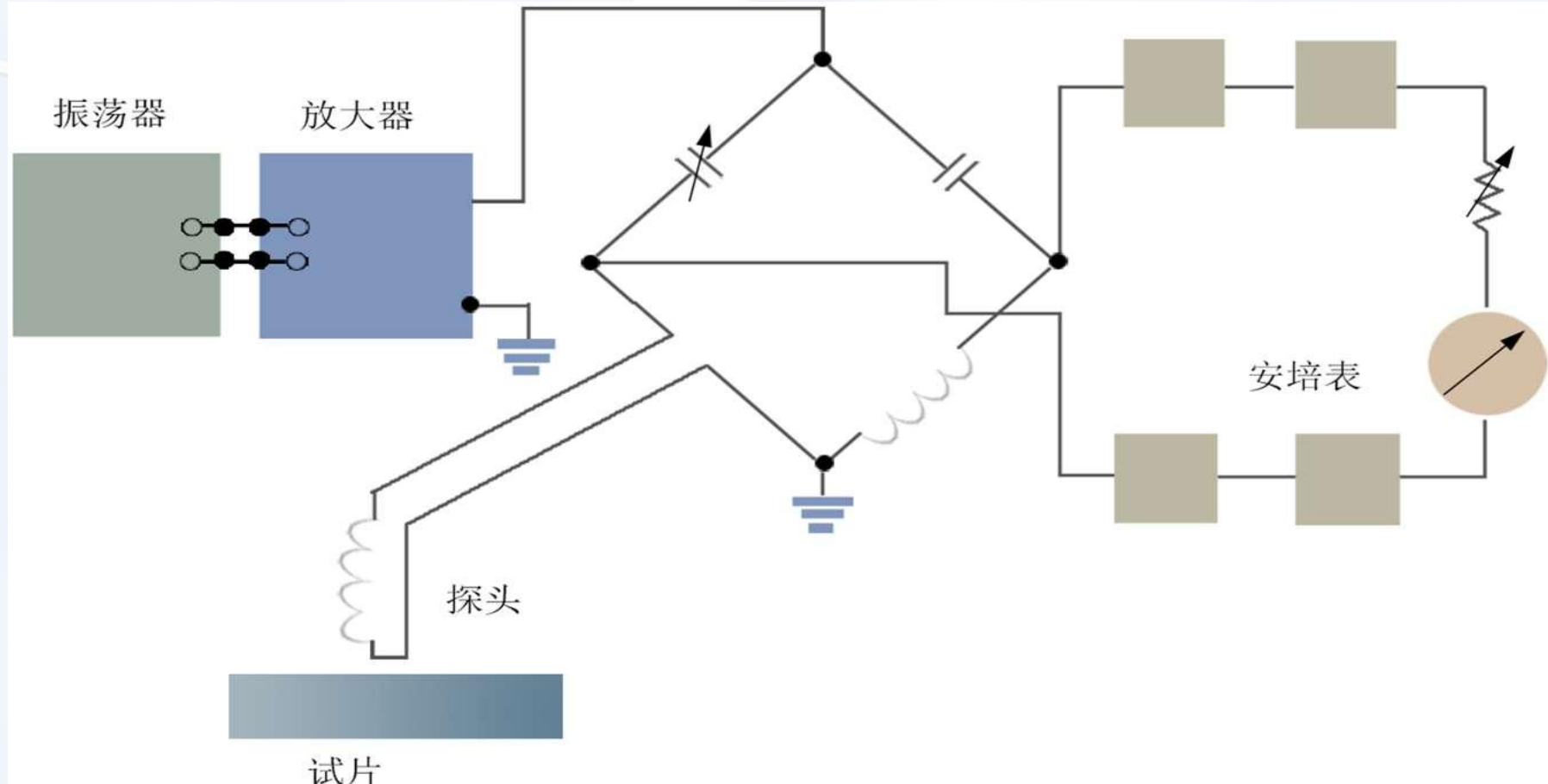
涡流检测：  
用电磁场同  
金属间的电  
磁感应进行  
检测的方法



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 4) 涡流检测

### (2) 涡流检测的基本原理



## 5) 射线检测

### (1) 射线检测的原理及方法

#### 原理和分类

具有高穿透性的放射线(X射线或Y射线)穿透检测物，检测物种类、厚度、密度或内部缺陷型式不同，对于射线透射或吸收的程度会有差异，此结果可用屏幕成像加以判别，或利用底片上的感光强弱程度差异，经暗房影像作业显示出明暗对比后，而判断出材料之内部缺陷。

表1-6-1 射线检测分类表

| 区分        | 种类     | 检测方式  |
|-----------|--------|---|
| 按射源<br>区分 | X射线照相  | 利用X光机产生x射线来照相   |
|           | y射线照相  | 利用y射源产生y射线来照相。  |
|           | 中子射线照相 | 利用中子射源来照相。(中子束必须由转换器转换为光子后，才能使底片曝光)                       |
|           | 直接照相法  | 利用放射线穿透检测物，直接照射在底片上成像。                                    |
|           | 间接照相法  | 利用放射线穿透检测物，再利用照相机从荧光板上拍摄下检测物影像。由于可立即发现缺陷类别及状态，非常适合线上RT检测。 |
|           | 透视照相法  | 利用肉眼直接在荧光板上判读影像。  |

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 5) 射线检测

### (1) 射线检测的原理及方法

#### 环境及设施的要求

底片判读环境应有柔和背景的光线，其光度以不干扰判断底片为原则。

## 5) 射线检测

### (1) 射线检测的原理及方法

#### 缺陷显示的确认及种类判定

底片缺陷显示有三种：

- (1) 错误显示
- (2) 无关显示
- (3) 有效显示

## 5) 射线检测

### (1) 射线检测的原理及方法

#### 黑度计

- 底片黑度：等于入射光线强度除以透射过光线强度
- 底片黑度是底片质量的基本指标之一，黑度计是测量底片黑度的设备。
- 一般黑度计之测量范围为0到4.0以上，射线照相的黑度非常重要，如黑度低于0则显示物体极少，黑度高于4.0时，则很难判读，一般而言，底片黑度2.0到3.0之间最为适合。

#### 观片灯

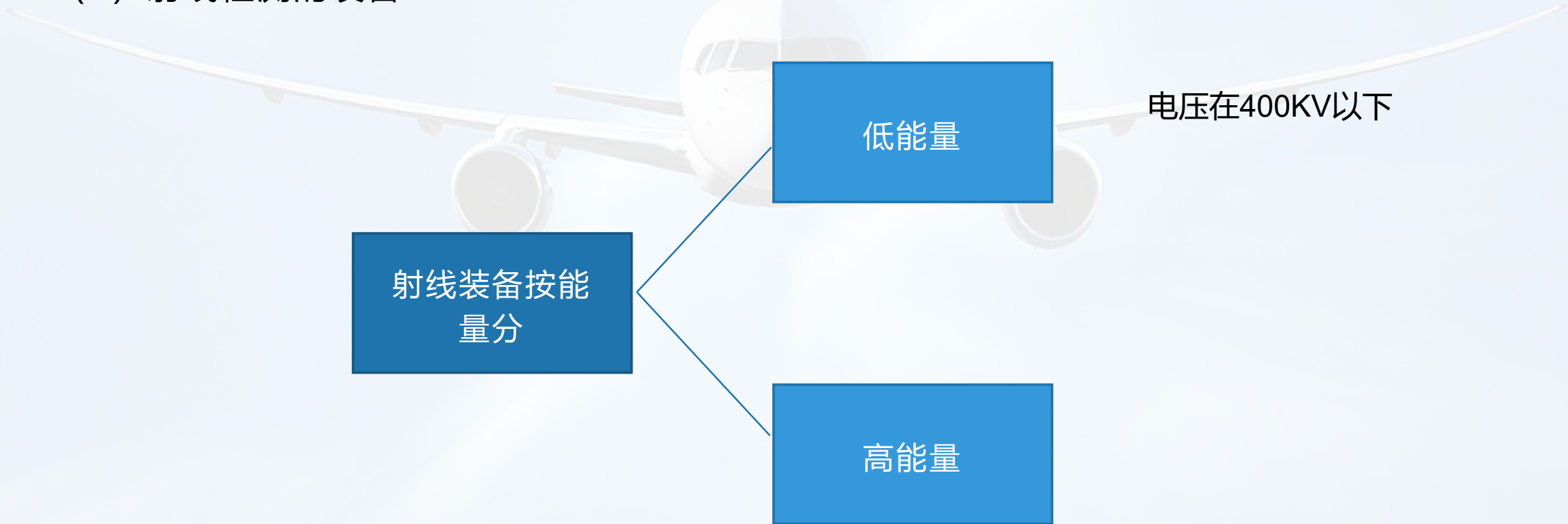
观片灯是识别底片缺陷影像所需要的基本设备。

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测



## 5) 射线检测

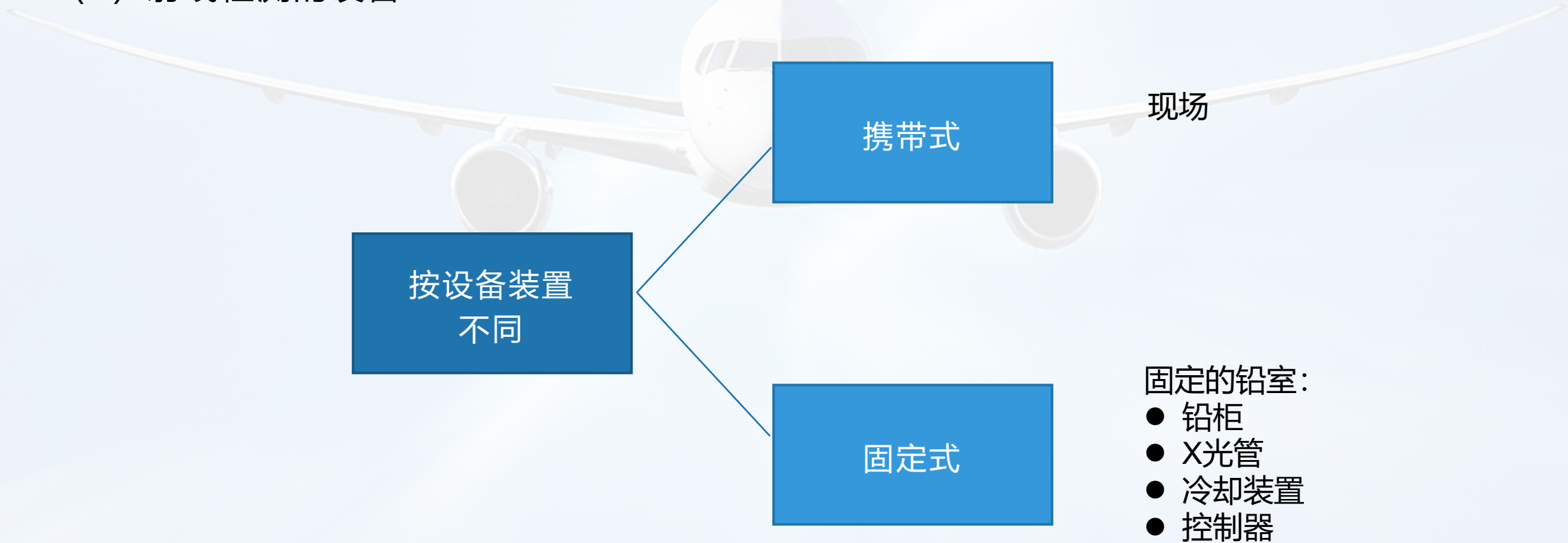
### (2) 射线检测的设备



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 5) 射线检测

### (2) 射线检测的设备



## 5) 射线检测

### (3) 射线检测的安全防护

相关安全防护须从以下几个方面进行：

- ① 人员防护
- ② 辐射屏蔽
- ③ 医疗监护

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 原理

铁磁性材料被磁化后，工件表面和近表面的磁力线发生局部畸变而产生漏磁场，吸附施加在工件表面的磁粉，在合适的光照下形成目视可见的磁痕，从而显示出不连续性的位置、大小、形状和严重程度。

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 步骤

磁粉检测分为下列四个主要步骤:

- ① 检验前, 被检物表面需充分清洁、干净, 不得有腐蚀、油污或其他杂质。
- ② 对被检物施加适当方向和强度的磁场。
- ③ 将磁粉均匀散布于被检物表面上。
- ④ 观察磁粉分布情况并加以判别及评估。

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 作用

磁粉检验的功能主要是通过磁粉的分布情形了解物体有无缺陷，其目的在于确保产品的可靠性，它能提供：

- ① 在被检物表面形成可见的缺陷显示。
- ② 在不破坏被检物的情况下，得知缺陷的特性。
- ③ 可依据预先制定的规范或标准，分辨可接受的物体。了解检验的目的，才能评定其检验步骤和结果，而整个检验过程才可算是完成。

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 范围

- 磁粉检验只适用于检测铁磁性材料。
- 对于非铁磁性材料无法检测。
- 只能检测距离表面1/4英寸深度以内的表面缺陷。
- 被测对于物体表面的油漆或镀膜厚度不得超过0.004英寸。
- 被测物体表面不得有污物、油污、纤维或锈皮，否则会影响检验的结果。

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 优点

- ① 对于表面缺陷，尤其是细小类的裂纹，磁粉检测是最佳及最可靠的方法。
- ② 方法简单，操作容易。
- ③ 直接显示，磁粉聚集的地方就是缺陷位置的所在；不但节省时间而且容易判别。
- ④ 容易学习，并不需要高深的技巧及长时间的培训。
- ⑤ 对于被检物的形状几乎不受限制。
- ⑥ 可以检测被异物所填塞的缺陷。
- ⑦ 经济实惠而且表面清洁度要求不高。
- ⑧ 物体表面的镀膜或油漆不会影响检验结果。
- ⑨ 适合于生产线上自动化检验。

## 6) 磁粉检测

### (1) 简介

#### 缺点

磁粉检验缺点如下:

- ① 只适合于铁磁性材料的检验，其他材料便无能为力。
- ② 并非所有铁磁性材料均有很好的近表面缺陷检验效果。
- ③ 磁力线必须和缺陷方向垂直才有最佳的检测灵敏度，所以检验前必须熟悉磁力的流向;对于形状较复杂的物体，必须多方向的磁化，才能确认检验的效果。
- ④ 使用接触棒磁化法时，应避免接触不良或使用过大的电流，以免引起电弧及损害到试件表面。
- ⑤ 对于大量小型物体，通常需要分别磁化，费时费事。

## 6) 磁粉检测

### (2) 磁化原理

- 磁性

磁性是指某一些金属，主要为铁和铝，其有能力吸引其他铁或钢的特性

- 磁场

在磁铁或载流导体周围的空间中，其影响所及处，称为此磁铁或载流导体的磁场

- 磁力线

磁力线为用以解释磁场行为的假想线

- 磁通量与磁通密度

磁路中所有磁力线的总数称为磁通量，每单位面积内含有磁力线的数目定义为磁通密度

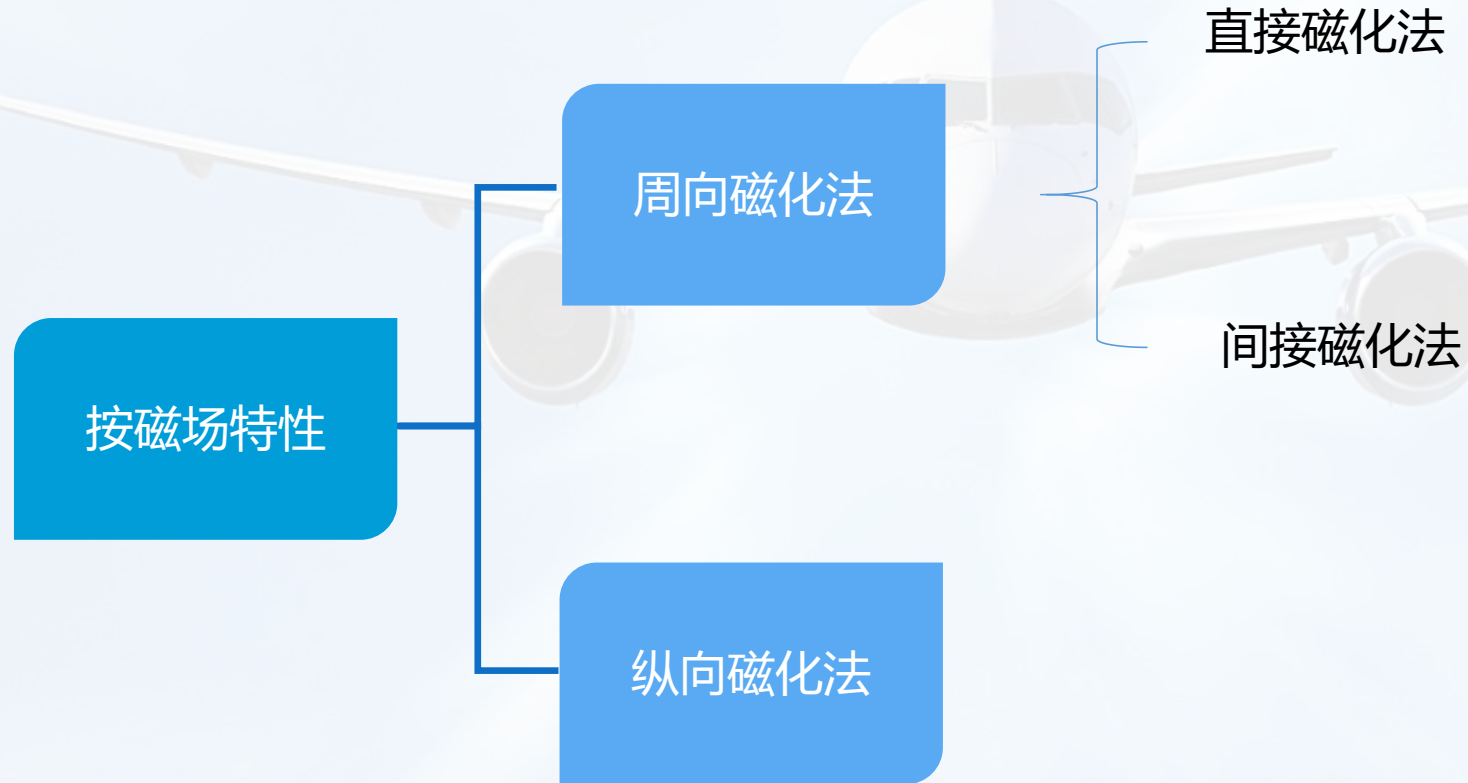
- 磁性材料

材料按磁性分类可分为抗磁材料、顺磁材料及铁磁材三种

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 6) 磁粉检测

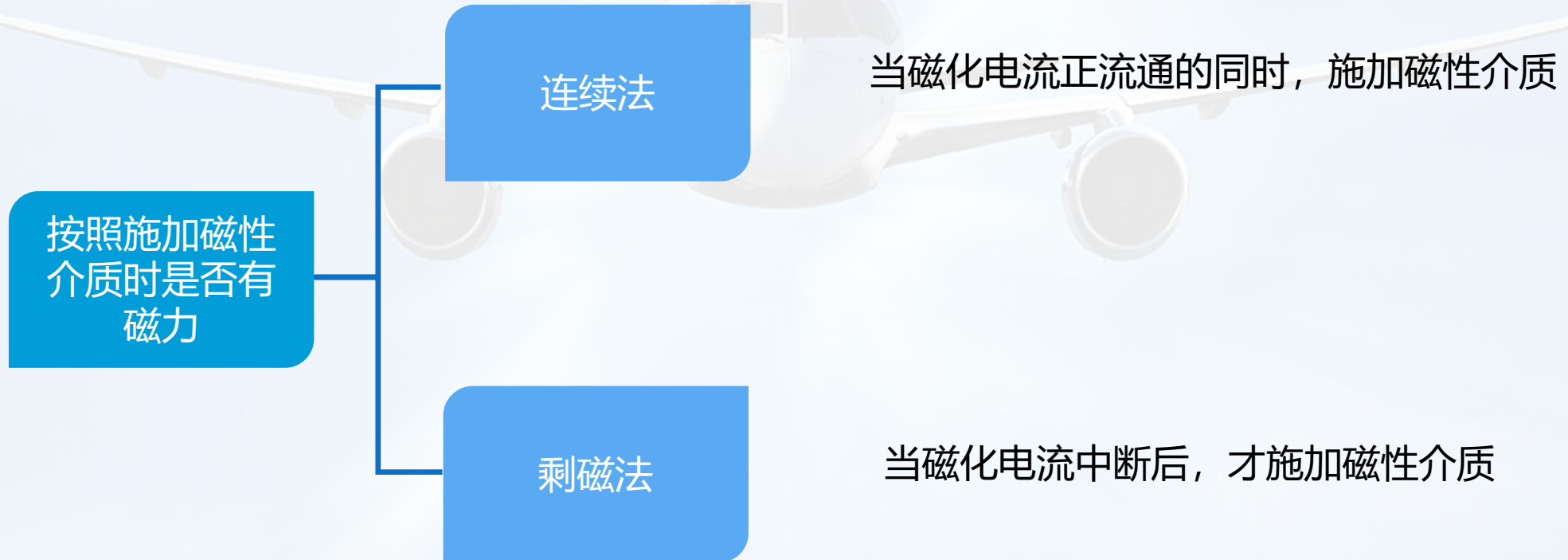
### (3) 磁化方法



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 6) 磁粉检测

### (3) 磁化方法



# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测

## 6) 磁粉检测

### (4) 磁粉检测的设备

按设备重量和移动性分：

固定式、移动式、携带式。

按设备的组合方式分：

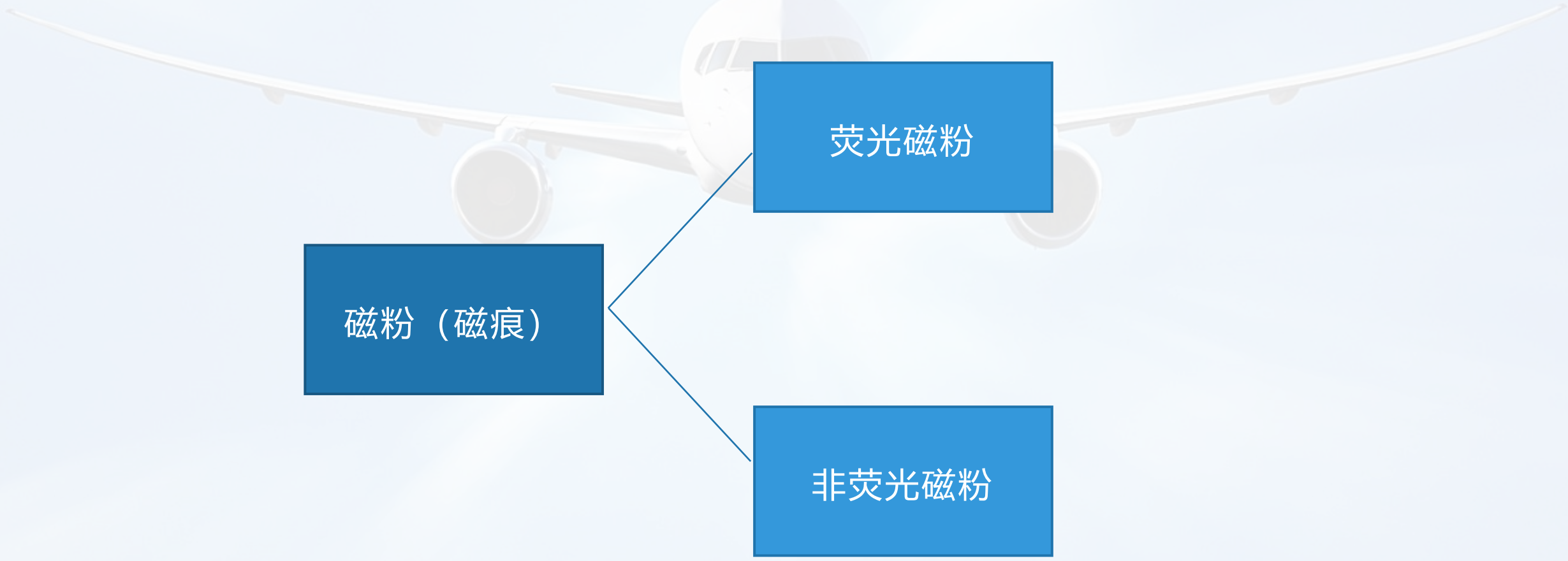
整体型、分立型两种。

# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测



## 6) 磁粉检测

### (5) 磁粉检测器材

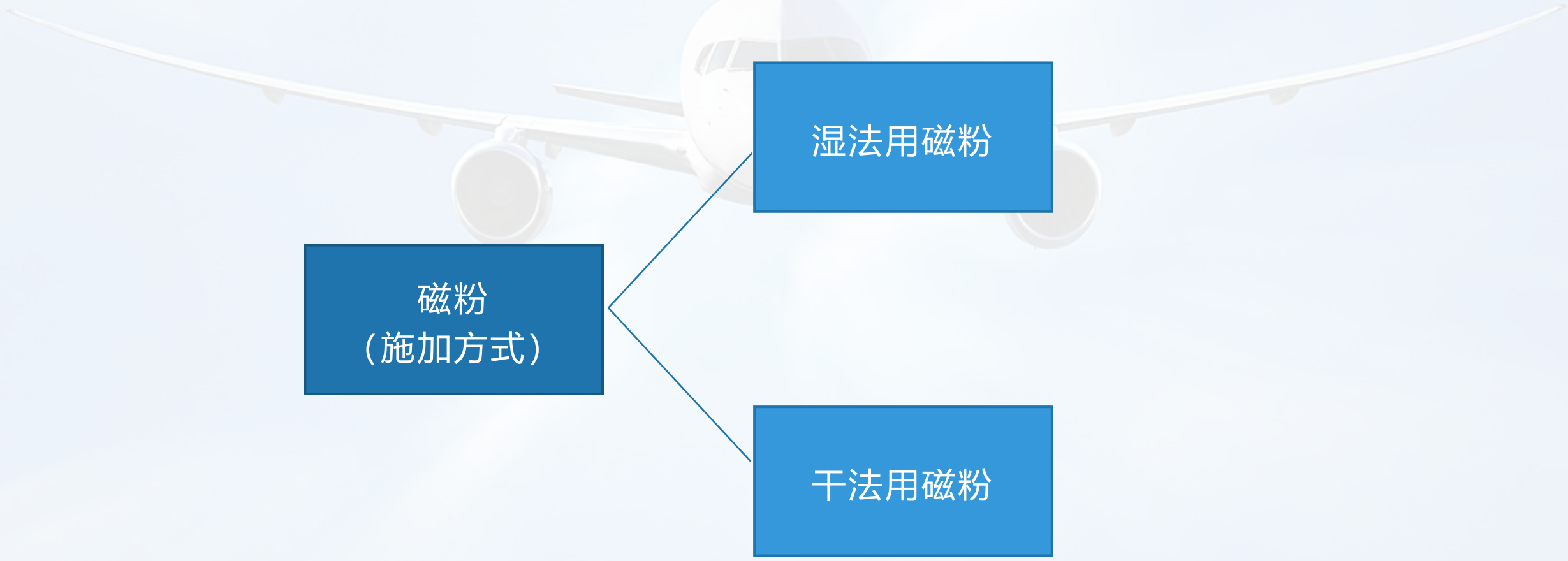


# 1 渗透检测、超声波检测、涡流检测、射线检测和磁粉检测



## 6) 磁粉检测

### (5) 磁粉检测器材



## 6) 磁粉检测

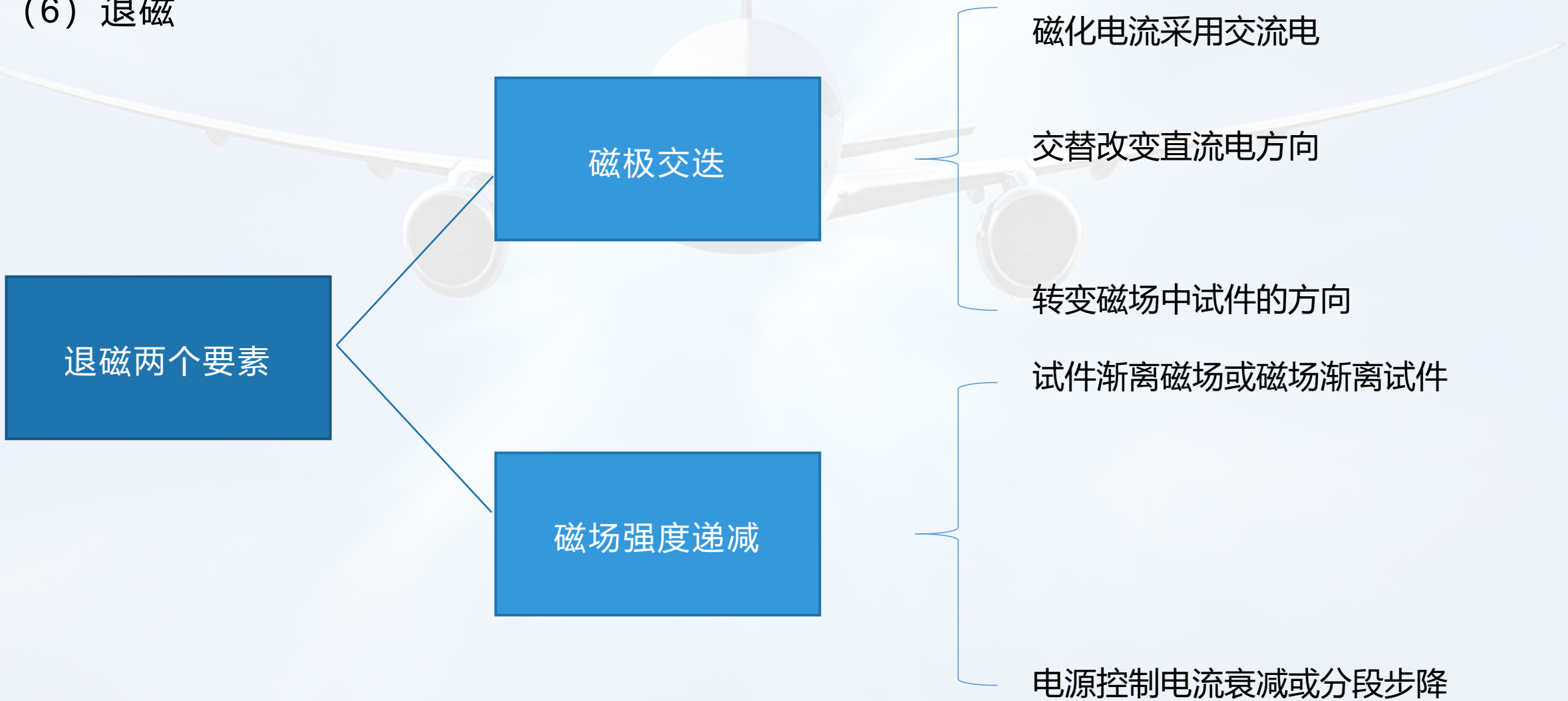
### (5) 磁粉检测器材

载液和磁悬液（用来悬浮磁粉的液体）：

- 浓度太低，影响漏磁场对磁粉的吸附量，磁痕不清晰会使缺陷漏检
- 浓度太高，会在工件表面滞留很多磁粉，形成过度背景，甚至会掩盖相关显示
- 对光亮工件检验，应采用粘度和浓度都大一些的磁悬液进行检验
- 对表面粗糙的工件，应采用粘度和浓度小的磁悬液进行检验
- 对细牙螺纹根部缺陷的检验，应采用荧光磁粉

## 6) 磁粉检测

### (6) 退磁



## 2 发动机孔探

孔探检测本质上是一种目视检查。

孔探内窥镜有两种基本类型：

- ① 使用刚性类型的望远镜，在望远镜末端配置一个小镜子，让用户可以通过望远镜看到周围的角落。
- ② 使用光纤，使其具有更大的灵活性和柔韧性。



## 2 发动机孔探



## 小结 (2H) :

1. 渗透检测原理
2. 超声波检测原理
3. 涡流检测原理
4. 射线检测原理
5. 磁粉检测原理



## 3.2.7 典型飞机结构维护介绍

# 目录

1

典型飞机结构部件识别

2

典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项



# 1 典型飞机结构部件识别

## 1) 飞机典型结构部件识别

### 典型飞机门部件识别

①加油口盖

②货仓门

③厨房勤务门

④前设备舱接近门

⑤电子舱外部接近门

⑥地面气源接头接近门

⑦污水勤务门

⑧饮用水勤务门

⑨APU 舱门

# 1 典型飞机结构部件识别

## 1) 飞机典型结构部件识别

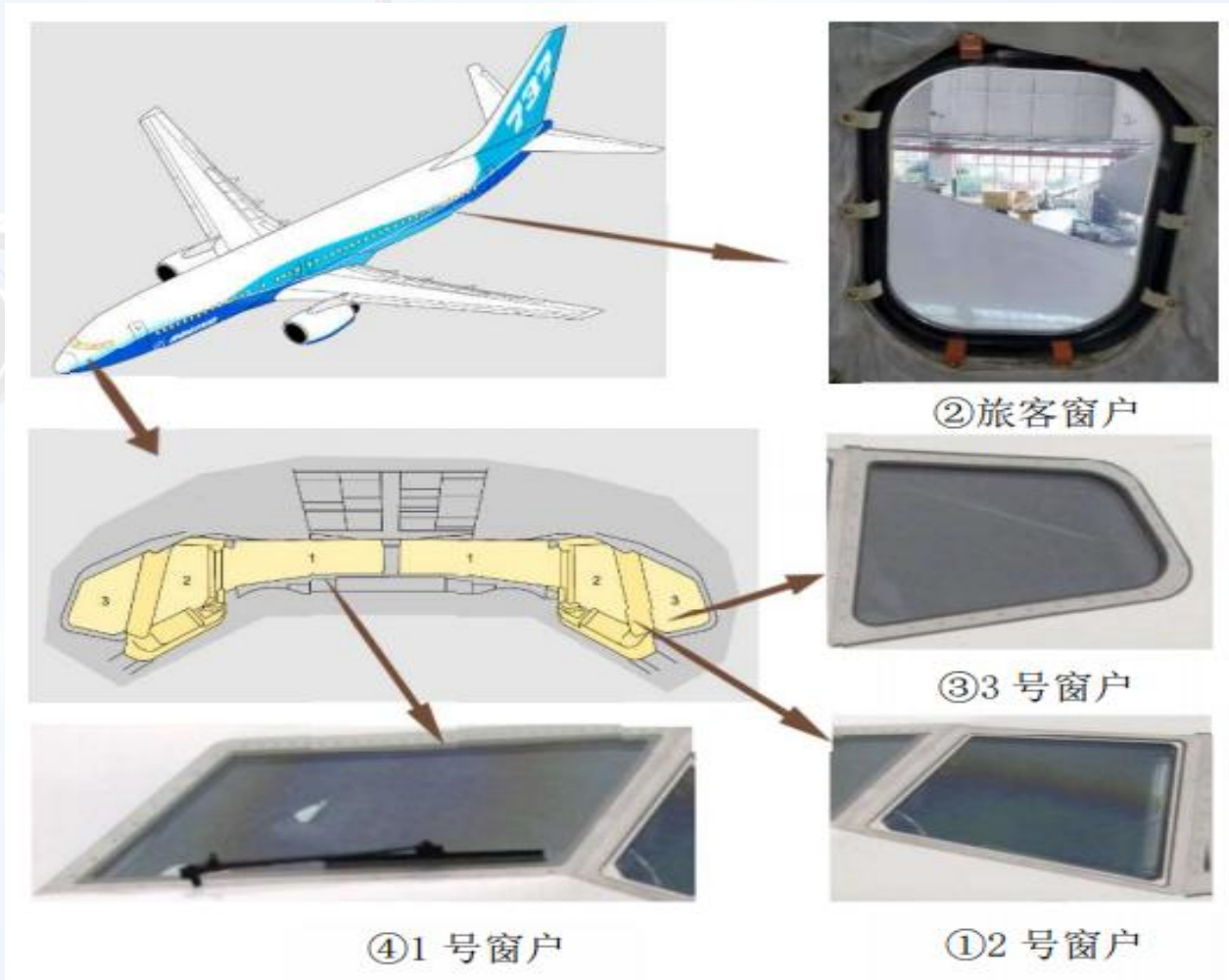
典型飞机门部件识别



# 1 典型飞机结构部件识别

## 1) 飞机典型结构部件识别

### 典型飞机窗户识别



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机货舱门操作步骤



#### 【1】警告与警戒

警告：B737NG 飞机，如果平均风速达到 40 海里/小时，禁止操作舱门；当阵风风速达到 65 海里/小时，货舱门禁止放在在开位(已经开启的舱门在预报阵风风速达到或超过规定的值时，禁止保持在打开状态，应提前采取措施关闭并锁好舱门)。

## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机货舱门操作步骤

##### 【2】操作前检查

- ①操作货舱门前要检查舱门有无损伤。
- ②要检查周围有无影响货舱门打开的障碍物。
- ③确认风速没有超出风速限制。
- ④确保货舱门没有其他不能打开的情况。



# 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

## 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

### 典型飞机货舱门操作步骤

**【3】 操作步骤**

- ◆ 开货舱门操作步骤
- ① 将货舱门把手向外拉出。
- ② 手握货舱门把手沿舱门提示的“开锁”的方向转动把手，确保舱门解锁。
- ③ 将货舱门向内侧上方推，确保舱门完全向内打开。



# 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

## 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

### 典型飞机货舱门操作步骤

- ◆ 关货舱门操作步骤
- ① 手握货舱门前沿的拉绳把手  
向下拉，直至舱门放下。
- ② 拉住舱门把手，将舱门拉至与  
机身平齐。
- ③ 按货舱门指示“关”的方向旋  
转把手，直至舱门完全锁定，  
把把手按入门槽。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机电子舱门操作步骤

##### 【1】操作前检查

- ①操作电子设备舱门前要检查舱门有无损伤。
- ②要检查周围有无影响舱门打开的障碍物。
- ③确保电子设备舱门没有其它不能打开的情况。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机电子舱门操作步骤

##### 维修工作单卡

##### ◆ 打开主电子舱门

- ① 按压电子舱门把手上的解锁按钮，使舱门把手弹出。
  - ② 按舱门上指示箭头方向旋转把手，直至舱门解锁。
  - ③ 双手轻轻平托舱门往上托起直至舱门进入滑轨。
- 注意：小心舱门从滑轨脱出。
- ④ 柔和的将舱门沿滑轨向里推，直至舱门到位并锁住。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机电子舱门操作步骤

##### 维修工作单卡

#### ◆ 关闭主电子舱门

① 将电子舱门保持水平沿滑轨向外滑出至舱门口。

注意：小心舱门从滑轨脱出。

② 平托舱门保持水平，轻轻将舱门放下。

③ 按舱门上指示箭头方向旋转把手，直至舱门上锁。

④ 将把手向上推入把手槽，确保把手跟舱门平齐并上锁。



# 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

## 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

### 典型飞机登机门操作步骤

**【1】警告与警戒**

警告：从客舱内开门需要注意滑梯预位已经解除并确保预位杆固定在支架上。从客舱外开门需要注意观察窗是否有警示带。开关客舱门必须确认客舱是否有余压。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机登机门操作步骤

##### 【2】操作前检查

- ①开门前，确认滑梯预位解除  
(预位杆从地锚中脱开)，并确保在固定支架上固定牢靠。
- ②通过观察窗，确认舱门外面没有障碍物。确认客舱无余压



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机登机门操作步骤

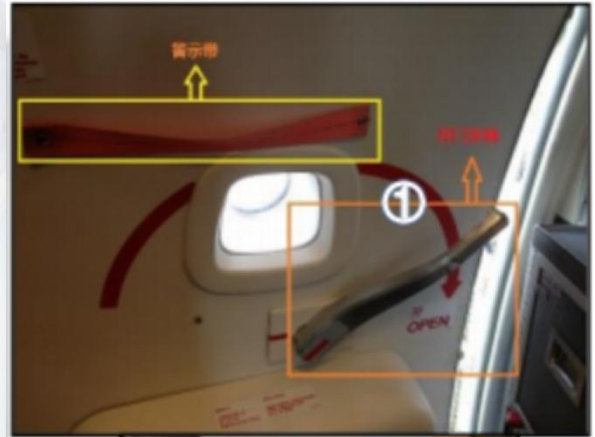
##### 维修工作单卡

##### ◆ 打开登机门

①按红色箭头指示的方向，顺时针转动开门手柄，同时将舱门往舱外推。

注：开门过程要缓慢，同时需要关注舱门预位杆是否有跟其他障碍物挂碰。

②继续往舱外推舱门，直至舱门完全打开，阵风锁上锁。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机结构部件常见维护操作步骤

#### 典型飞机登机门操作步骤

##### 维修工作单卡

##### ◆ 客舱内关闭登机门

① 按压舱门上的阵风锁，解除舱门锁定。

② 握住舱门上的白色手柄，往舱内拉舱门，直至舱门回到门框中。

注：关门过程要舒缓，同时需要关注滑梯预位杆是否与其它物体相碰。

③ 逆时针转到开门手柄，同时将舱门向内拉关闭登机门。



## 2 典型飞机结构部件常见维护及安全注意事项

### 2) 典型飞机结构部件常见维护安全注意事项

操作舱门时的安全注意事项有以下几点：

- ① 操舱门开关时，动作一定要平缓，暴力可能会造成舱门结构损坏。
- ② 舱门推开一定要开到最大。
- ③ 关闭舱门时要防止夹住外来物。
- ④ 选择梯子时，一定要选择合适的登机梯。

## 小结:

1. 开关登机门注意什么
2. 如何开关电子舱门
3. 如何开关货舱门



**感谢聆听，欢迎指正**