



# M3.3.17 导航系统

## 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	单展	新编课件	谈海军 /2020.08.04	张玉 /2020.08.12
R1	2021.02.10	单展	修订课件	谈海军 /2021.02.25	张玉 /2021.02.25
R2	2021.08.20	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.09.28	张玉 /2021.11.12
R3	2022.05.22	刘海斌	修订课件	谈海军 /2022.05.23	张玉 /2022.05.23

# 目的与要求:

<b>目的</b>	通过本课程学习掌握飞机导航系统功用、组成、维护等。
<b>要求</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 掌握导航的概念、功用;</li><li>2. 掌握无线电导航系统工作原理、组成等;</li><li>3. 掌握飞行管理计算机系统功用、组成、使用;</li><li>4. 掌握典型飞机导航系统维护。</li></ol>

## 课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	导航基本概念	1H	1
2	大气数据惯性基准系统	3H	3
3	无线电导航系统	5H	5
4	机载监视系统	6H	6
5	导航备用仪表	1H	1
6	飞行管理系统 (FMS)	2H	2
7	典型飞机的导航系统维护介绍	2H	2

# 目录

- 3.3.17.1 导航基本概念
- 3.3.17.2 大气数据惯性基准系统
- 3.3.17.3 无线电导航系统
- 3.3.17.4 机载监视系统
- 3.3.17.5 导航备用仪表
- 3.3.17.6 飞行管理系统 (FMS)
- 3.3.17.7 典型飞机的导航系统维护介绍



A large, light-colored silhouette of a commercial jet airplane is centered in the background, facing forward. The aircraft's wings are spread wide, and its tail fin is visible. The entire image is set against a light blue gradient background.

# 3.3.17.1 导航基本概念

# 目录

1

导航的定义，各种导航参数



# 1 导航的定义，各种参数

## 1) 概述

### ➤ 导航的概念：

遵循事先的安排，引导飞机从一个位置到另一个位置的控制过程。

### ➤ 导航的目的：

在既定条件下，用最有效的方法（按预定航线飞行，或按飞行中实时计算的航线），以规定的准确度，在指定的时间将飞机安全地引导到指定地点。



# 1 导航的定义，各种参数

## 1) 概述

### ➤ 导航实现：

- 导航系统对飞机位置、方向、距离、速度等导航参数进行测量
- 监视系统对飞机航路上天气、周围飞机及近地面等情况实时监控



# 1 导航的定义，各种参数

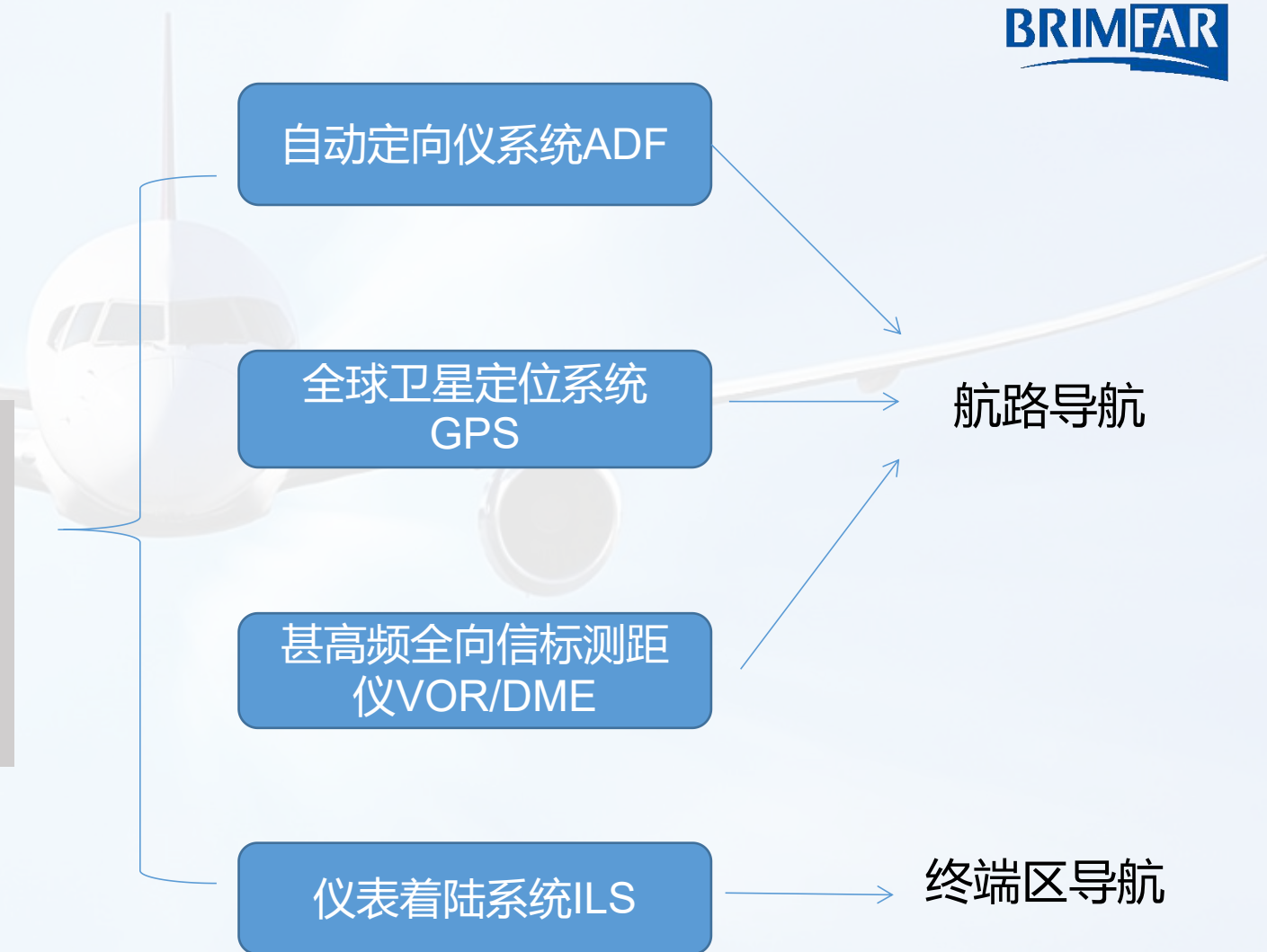
## 1) 概述

无线电导航：

飞机机载设备接收来自地面导航台或者空中卫星的信号，来帮助机组确定飞机实时位置的导航系统。



飞机上除了无线电导航还有哪些导航？

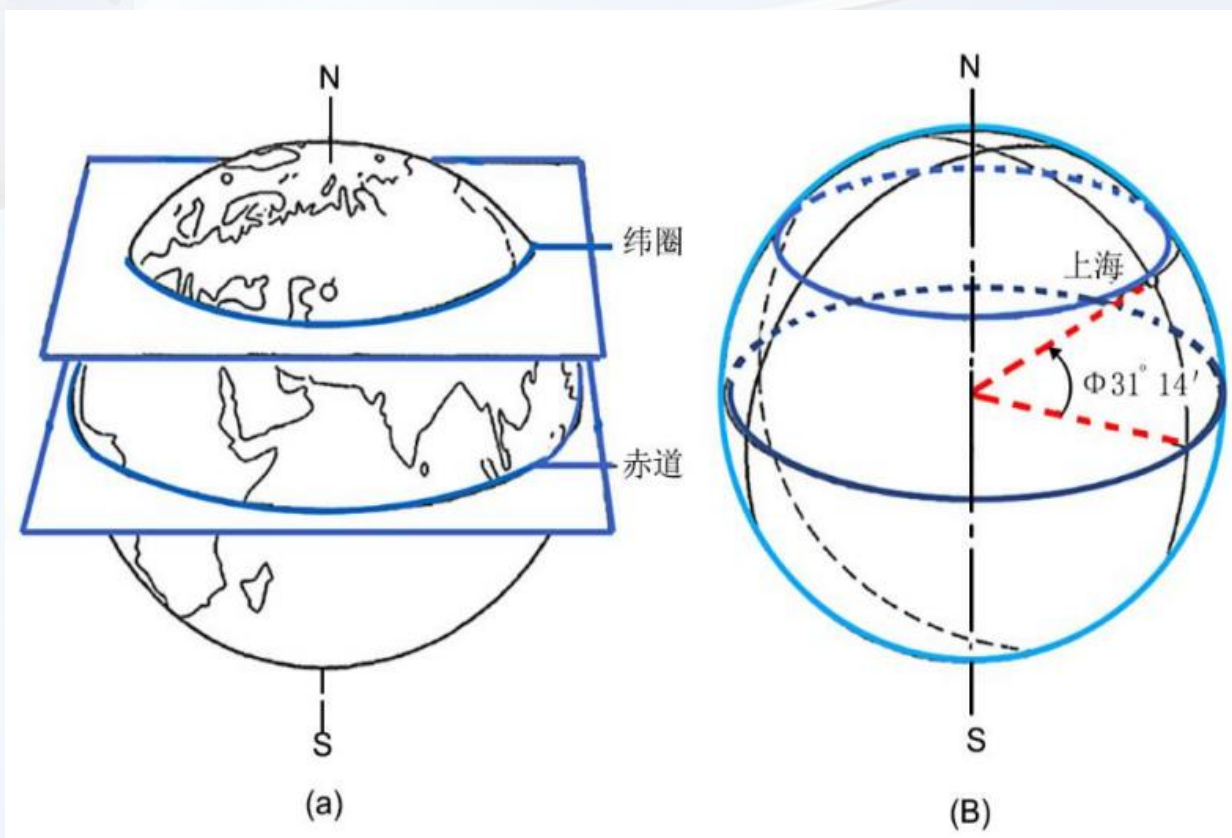


# 1 导航的定义, 各种参数

## 2) 坐标

导航系统利用地理坐标系中的经度和纬度来表示飞机的位置。

- 大圆
- 小圆
- 赤道
- 纬圈 (纬度)
- 经圈 (经线、本初子午线、经度)

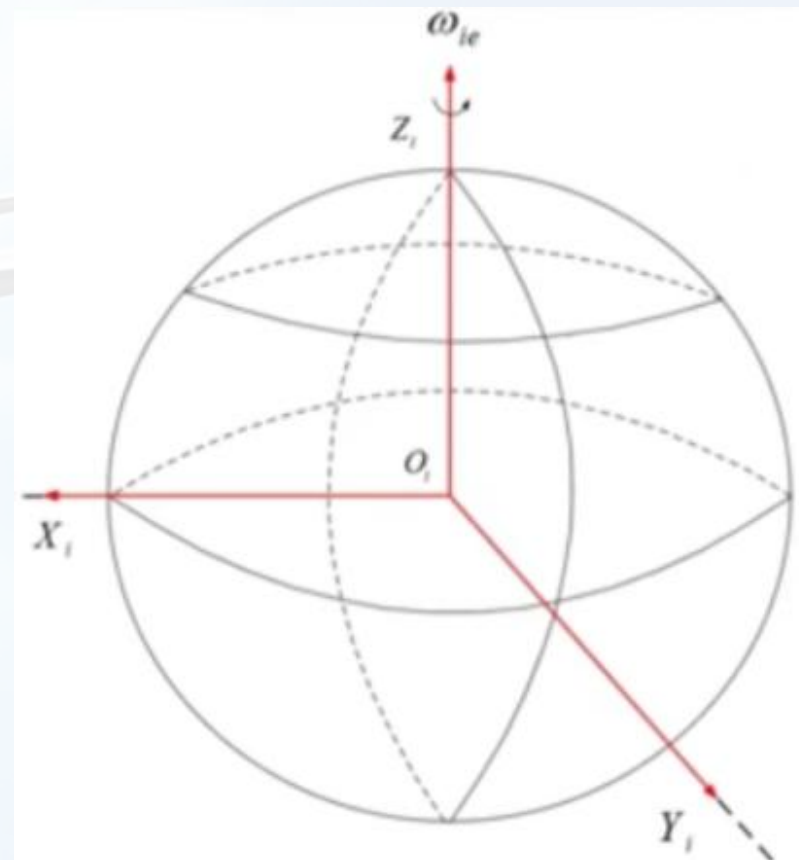


# 1 导航的定义, 各种参数

## 3) 坐标系

### (1) 惯性坐标系

- $O$ 、 $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ 选取地球中心为坐标原点, 一根坐标轴选取沿地球自转轴方向, 另两根轴在地球赤道平面内
- 它们都不随地球自转而改变。
- 地心惯性坐标系在惯性基准系统中作为惯性传感器 (激光陀螺, 加速度计) 测量的参考基准。

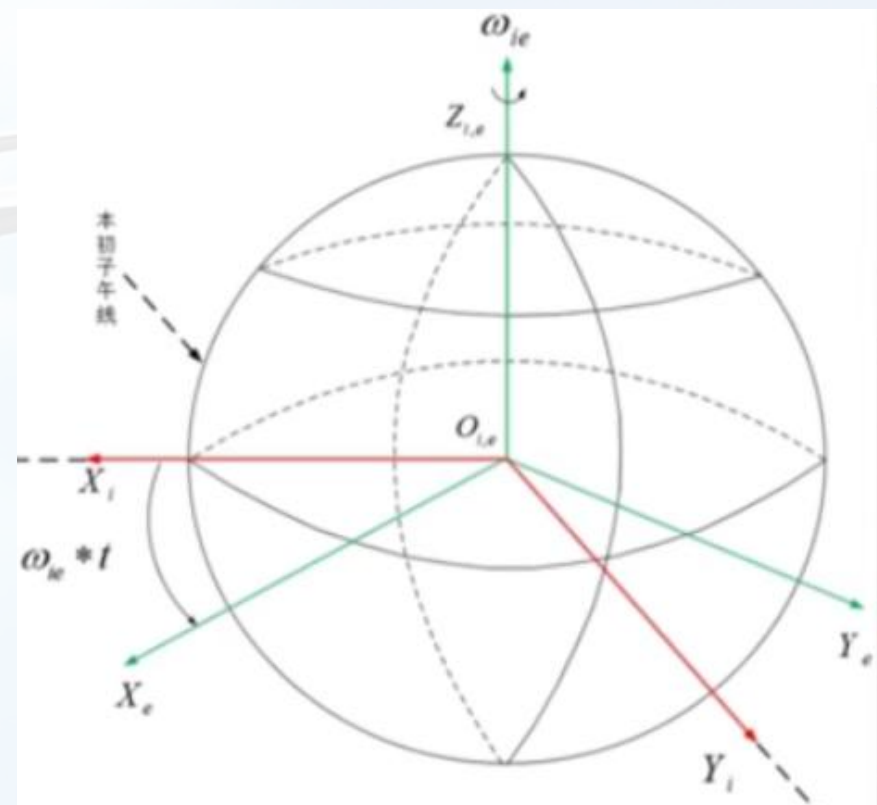


# 1 导航的定义, 各种参数

## 3) 坐标系

### (2) 地球坐标系

- $O$ 、 $x_e$ 、 $y_e$ 、 $z_e$  选取地球地心为坐标原点, 一根坐标轴与地球自转轴重合, 另外两根坐标轴在地球赤道平面内, 其中一根坐标轴指向本初子午线, 另一根坐标轴指向东经90°方向, 三轴构成右手坐标系。
- 地球坐标系随地球自转而一起转动, 地球自转角速度是地球坐标系相对地心惯性坐标系持续旋转。

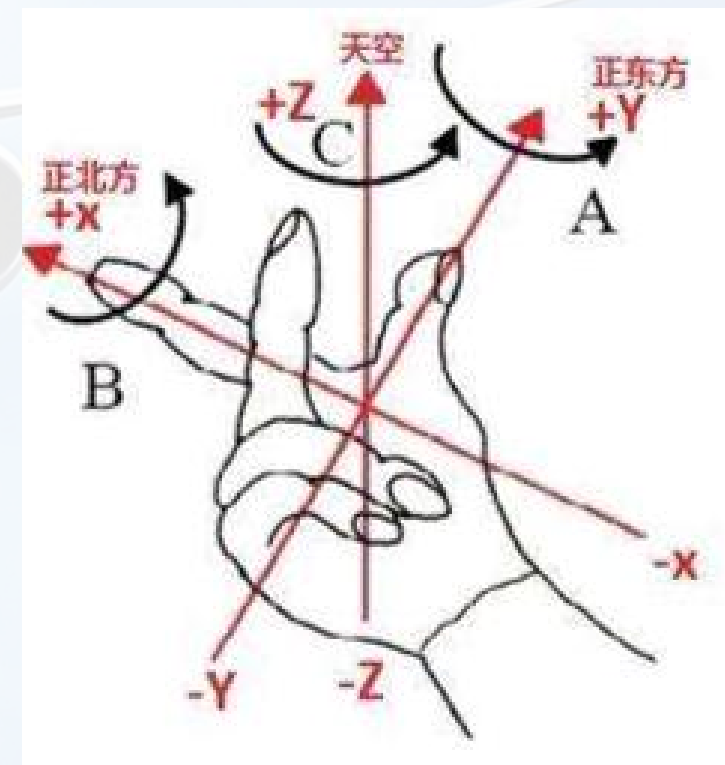


# 1 导航的定义, 各种参数

## 3) 坐标系

### (3) 地理坐标系

- $O$ 、 $x_t$ 、 $y_t$ 、 $z_t$  选取地球表面某一点或飞机重心为坐标原点, 一根坐标轴指向东方, 另一根坐标轴指向北方, 第三根坐标轴沿当前地垂线指向天顶, 三轴构成右手坐标系。
- 地理坐标系随地球自转或飞机运动而一起转动
- 在惯性基准系统中, 原点在地球上的位置用经, 纬度表示。



# 1 导航的定义，各种参数

## 3) 坐标系

### (4) 机体坐标系

- $O$ 、 $x_c$ 、 $y_c$ 、 $z_c$ 选取飞机重心为坐标原点，一根坐标轴沿飞机纵轴线方向，指向前方，另一根坐标轴沿飞机横轴向右，第三根坐标轴沿飞机立轴，指向上方。
- 机体坐标轴系固联于飞机，代表了飞机在空间的姿态，随飞机一起运动。



# 1 导航的定义, 各种参数

## 3) 坐标系

### (5) 平台坐标系

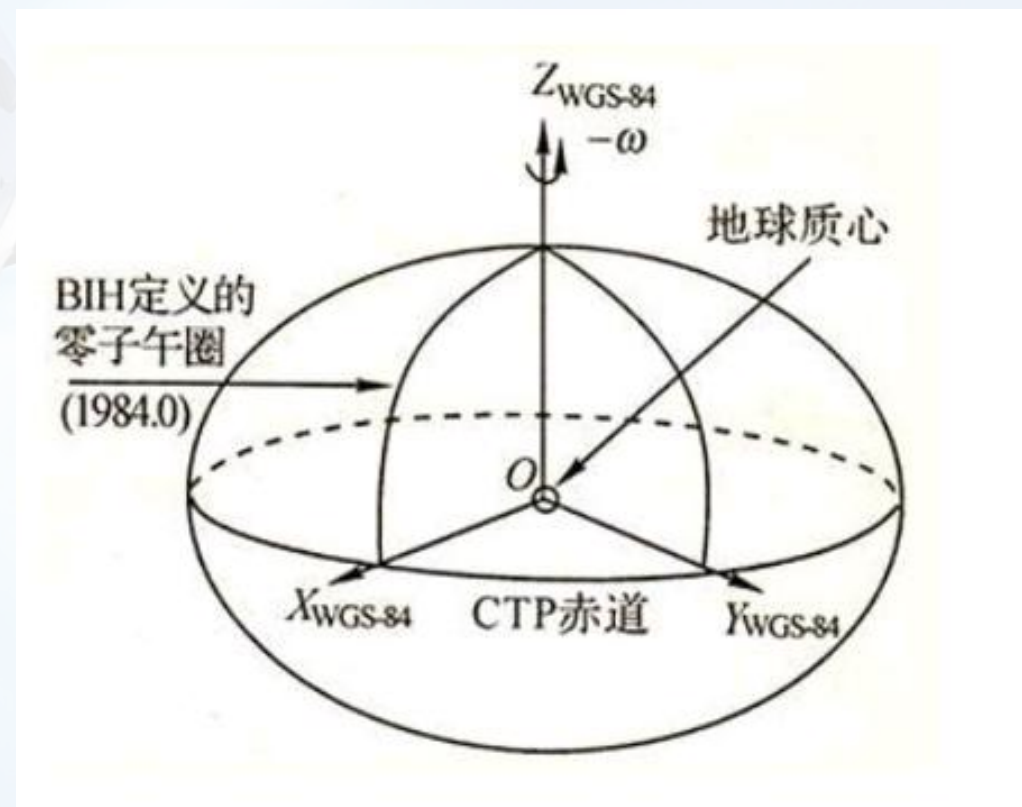
- $O$ 、 $x_p$ 、 $y_p$ 、 $z_p$ 选取飞机重心为坐标原点, 两个坐标轴在平台内同一平面内, 且相互垂直, 第三根坐标轴与平台垂直, 指向上方。
- 平台坐标系既可以与地理坐标系重合, 又可以在水平面内与地理坐标系形成一定夹角。

# 1 导航的定义, 各种参数

## 3) 坐标系

### (6) 世界测地系

- GPS使用的标准地球模型是WGS - 84 (World Geodetic System) 坐标系。
- WGS - 84坐标系选取地球质心为坐标原点, 其地心空间直角坐标系的Z轴指向国际时间局 (BIH) 1984.0定义的协议地极 (CTP) 方向, X轴指向 BIH1984.0的协议子午面和 CTP赤道的交点, Y轴与Z轴、X轴垂直构成三轴构成右手坐标系。



# 1 导航的定义, 各种参数

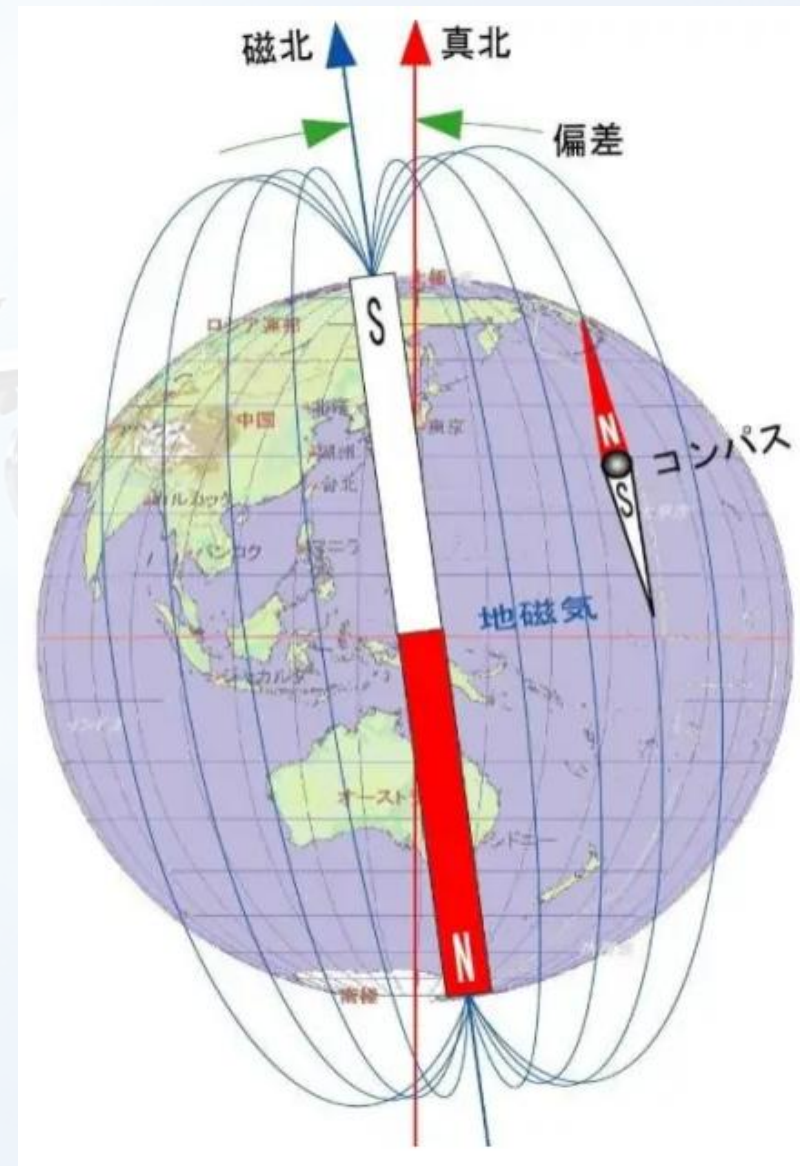
## 4) 导航的基本元素

两个北极

地理北极  
TN

磁北极  
MN

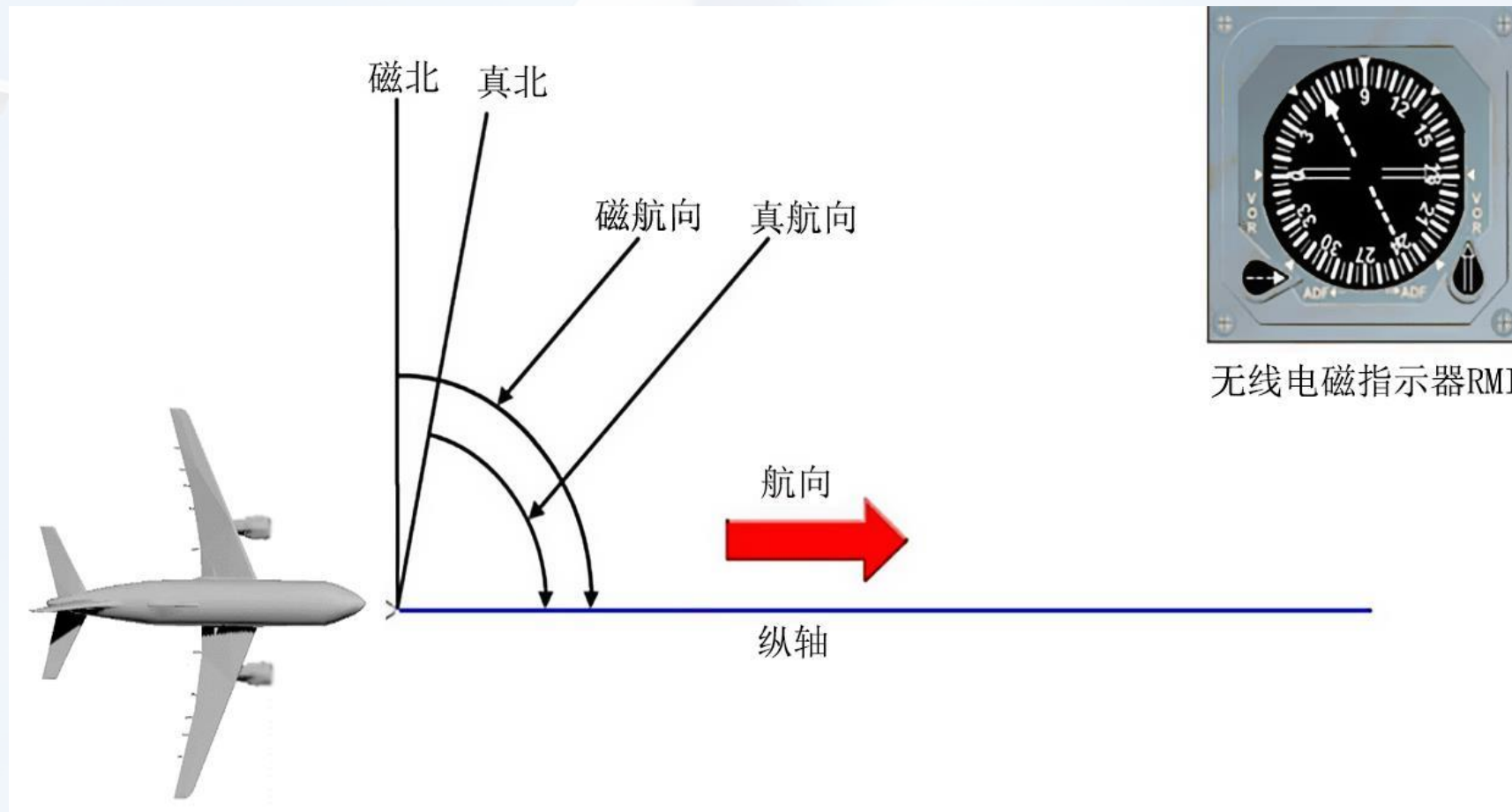
磁差:真北和磁北方向之间的差值。  
真北和磁北大概相距 $10^{\circ}$ 。



# 1 导航的定义, 各种参数

## 4) 导航的基本元素

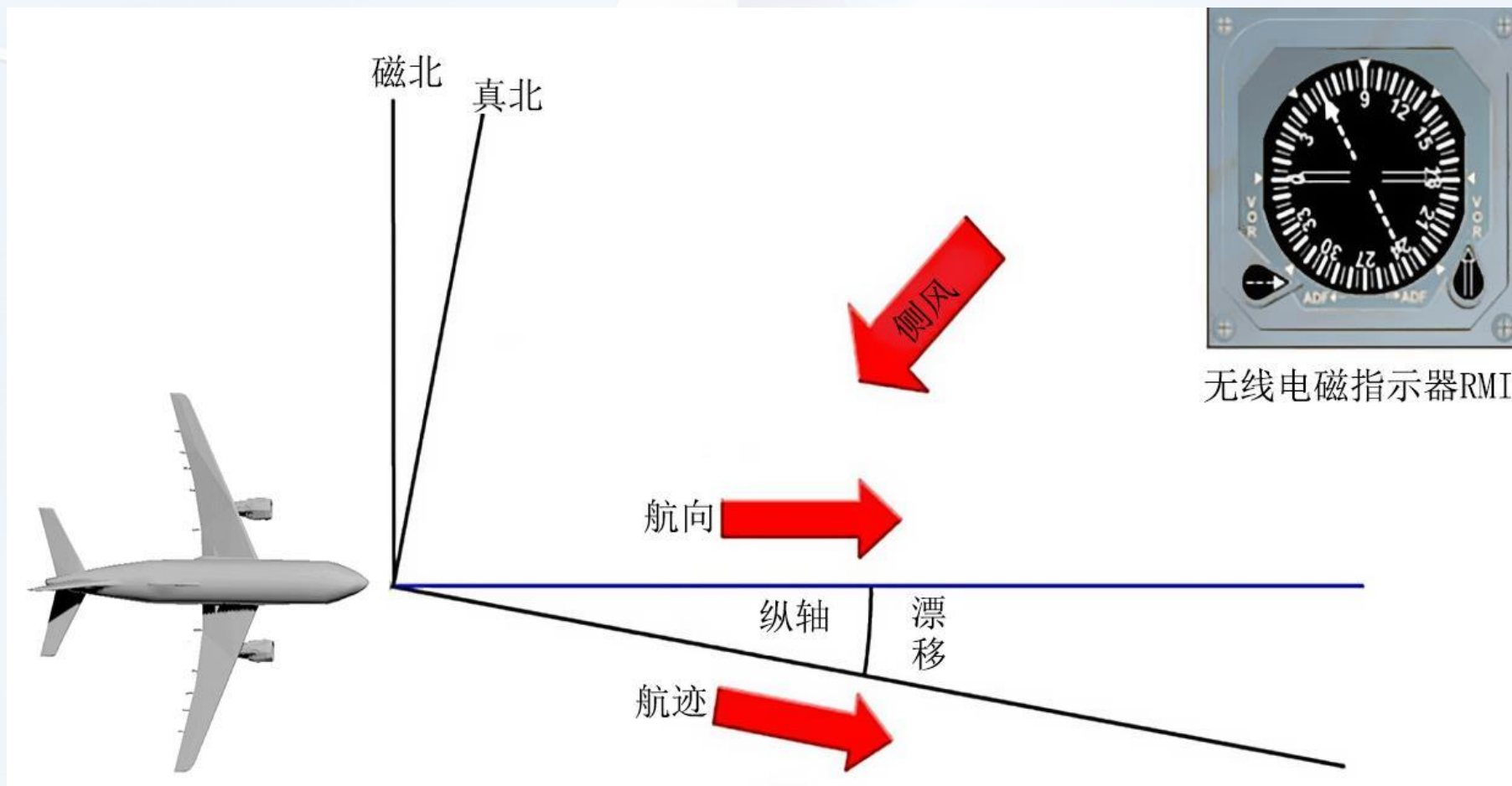
### (1) 航向



# 1 导航的定义, 各种参数

## 4) 导航的基本元素

### (2) 航迹

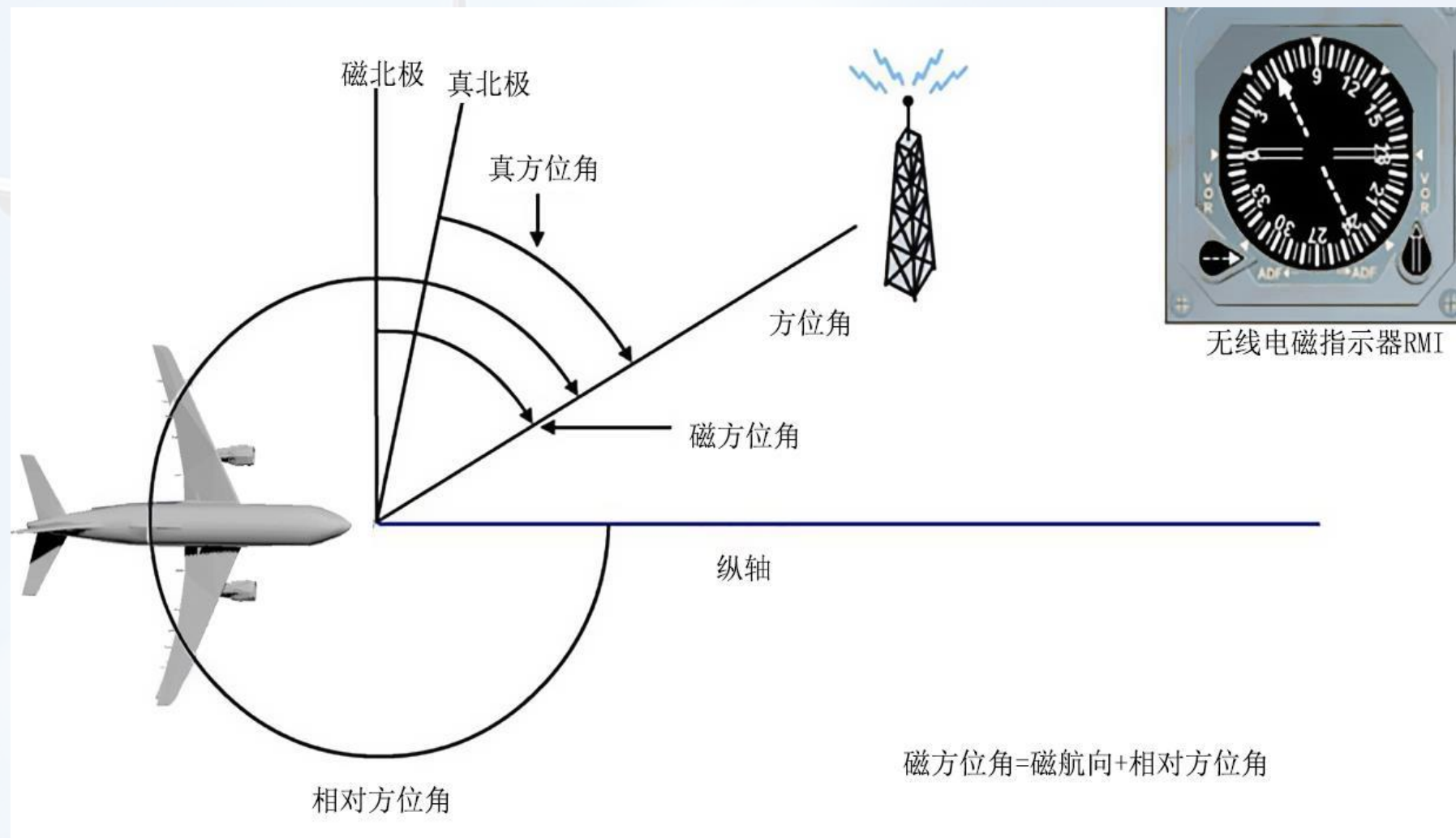


# 1 导航的定义，各种参数

## 4) 导航的基本元素

### (3) 方位角

- 相对方位角
- 真方位角
- 磁方位角

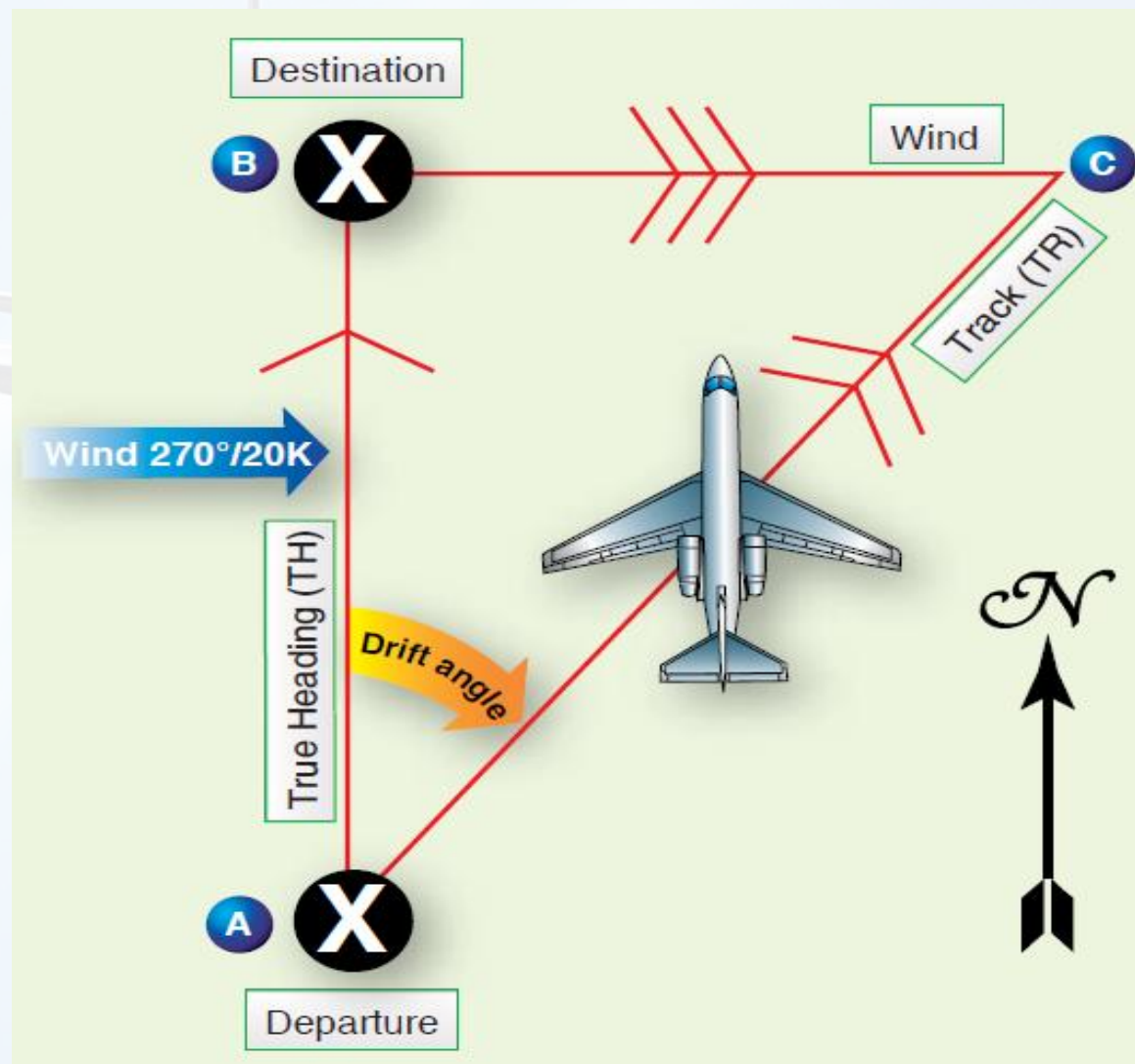


# 1 导航的定义, 各种参数

## 4) 导航的基本元素

### (4) 偏流角

- 正偏流角
- 负偏流角

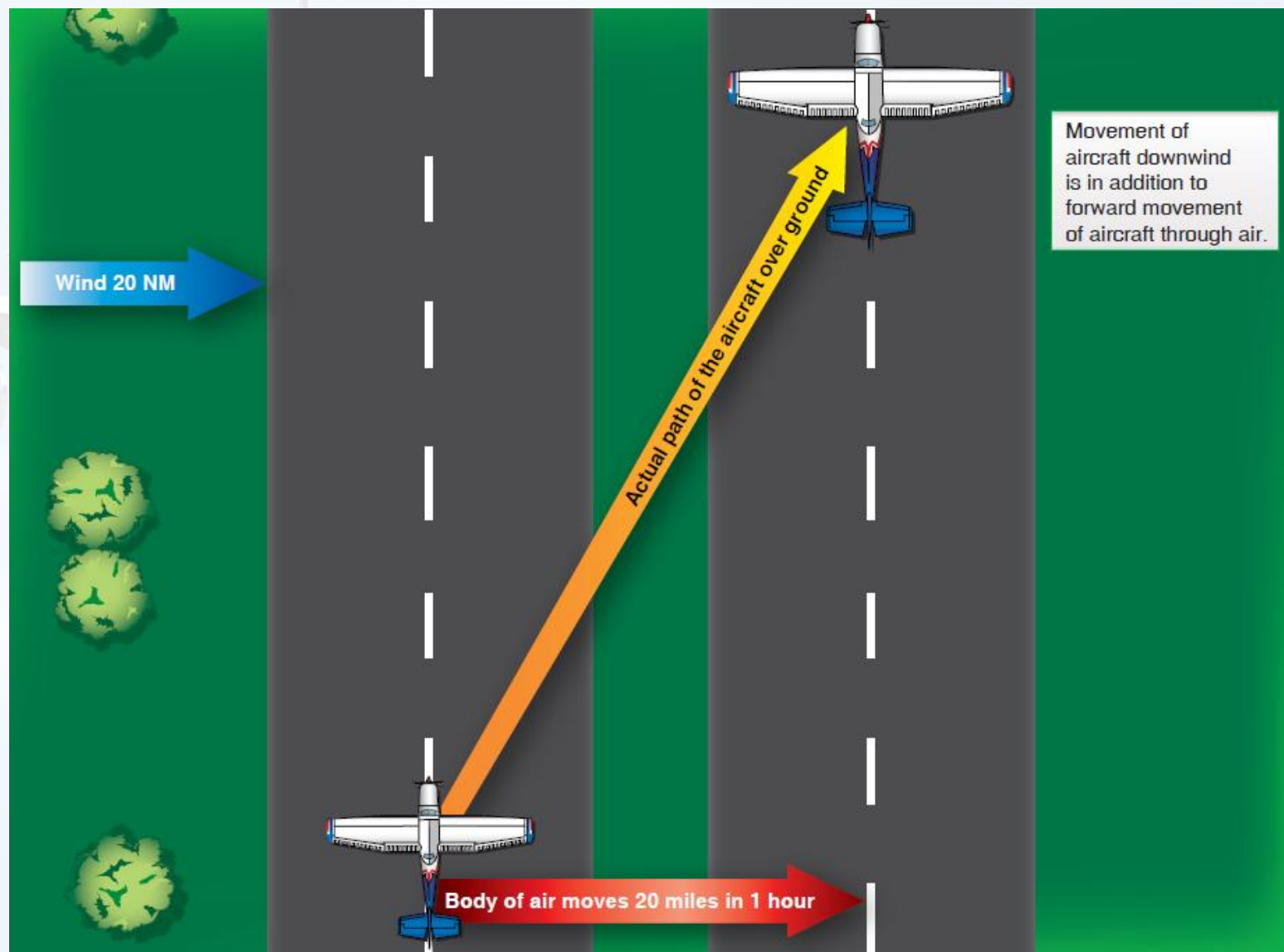


# 1 导航的定义, 各种参数

## 4) 导航的基本元素

### (5) 偏航距离

飞机实际位置到飞行航段中两个航路点连线之间的垂直距离



# 1 导航的定义，各种参数

## 4) 导航的基本元素

(6) 空速：飞机相对于周围空气的运动速度。

(7) 地速：飞机在地面的投影点移动速度，即飞机相对于地面的水平运动速度。

(8) 风速与风向：相对地面，飞机当前位置处，大气的运动速度与方向。

空速，地速和风速三者之间的关系为： $\text{地速} = \text{空速} + \text{风速}$ （矢量）

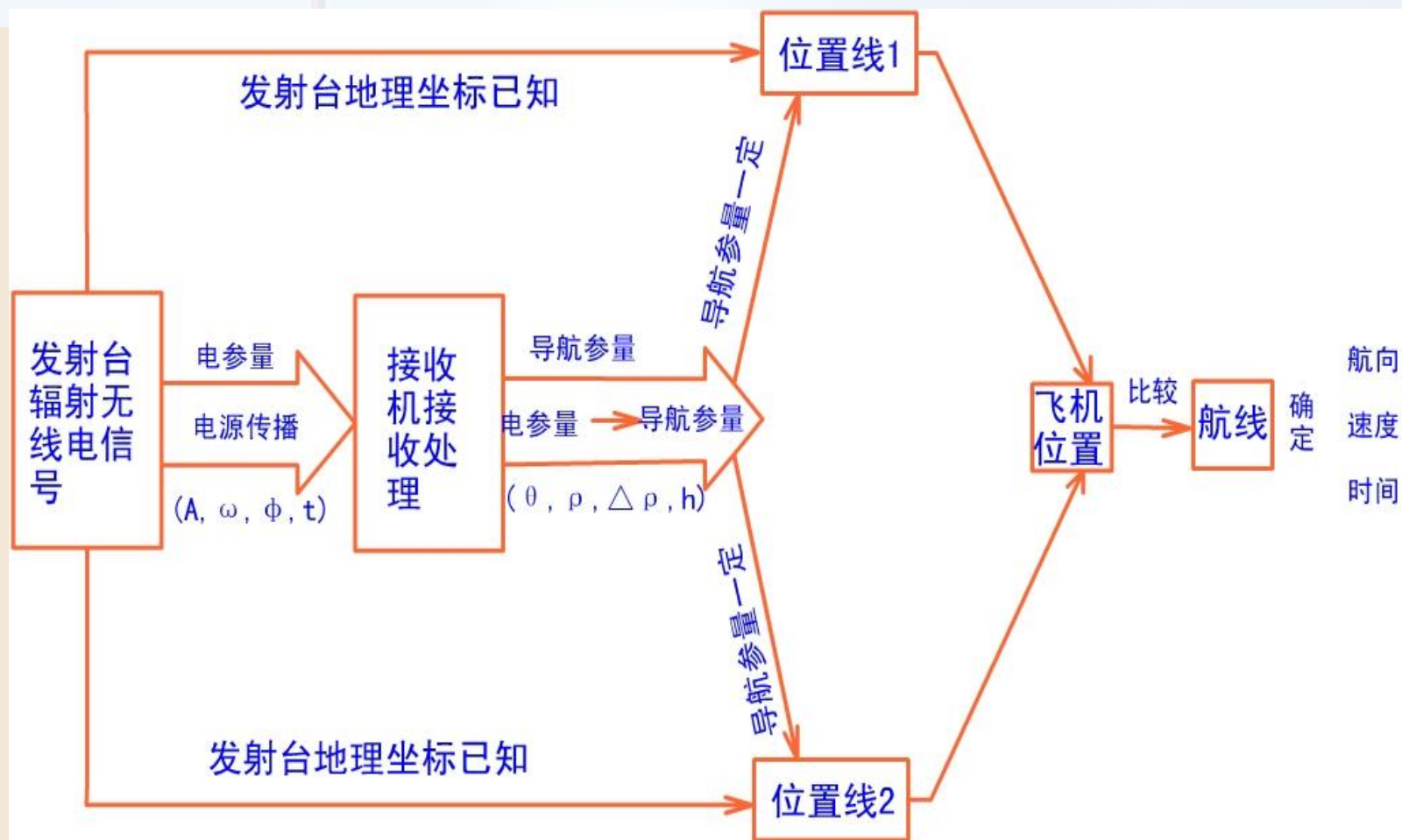


# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

无线电导航系统通过对无线电信号的处理来实现:

- 接受并测量无线电信号的某一电参量 (如频率, 相位, 振幅和时间延迟等), 根据相关电波传播特性, 获得相应的导航参数——位置, 方向, 距离, 距离差等。
- 位置线: 导航参量为定值的点的轨迹。

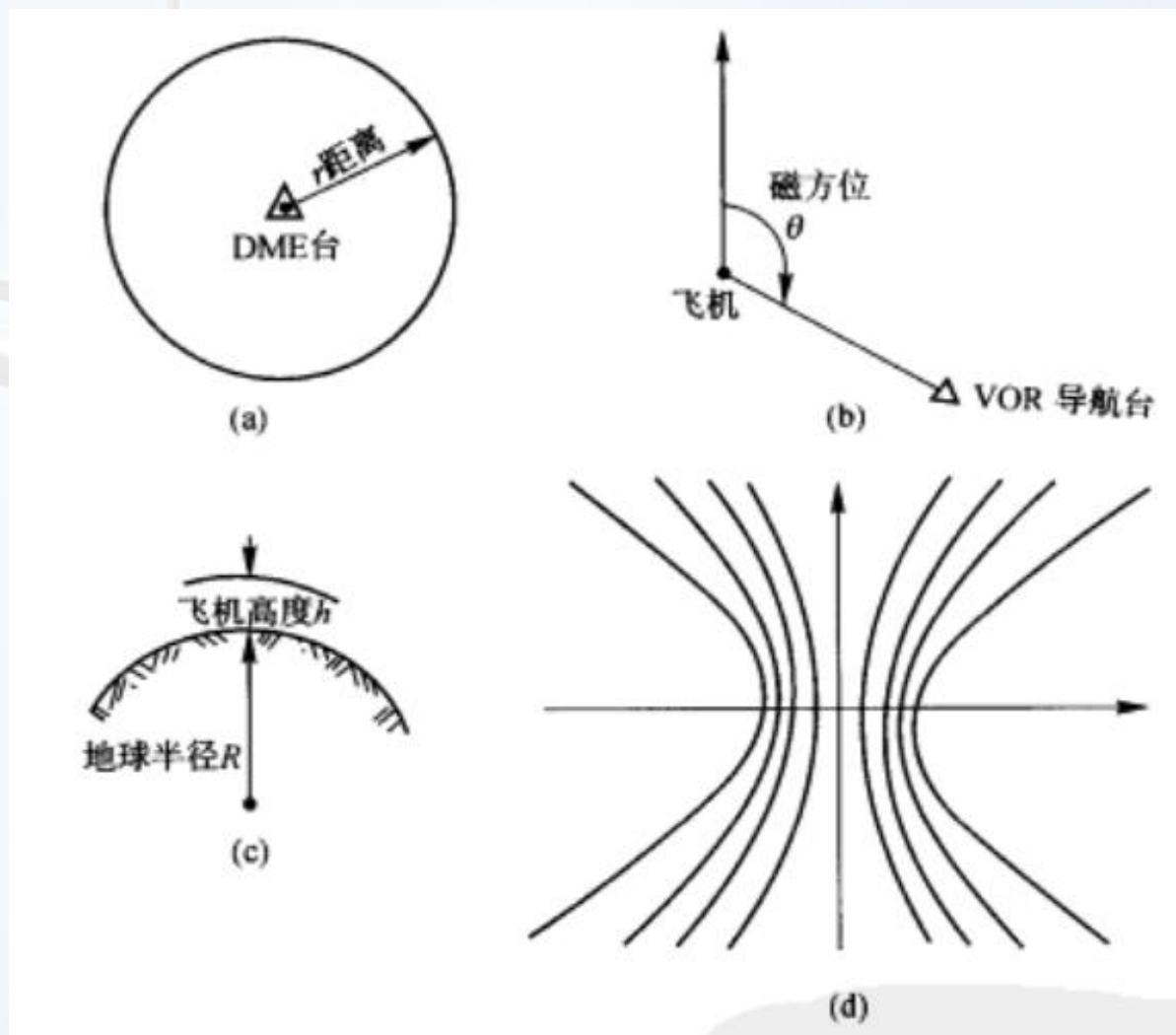


# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

机载无线电导航系统可实现的位置线:

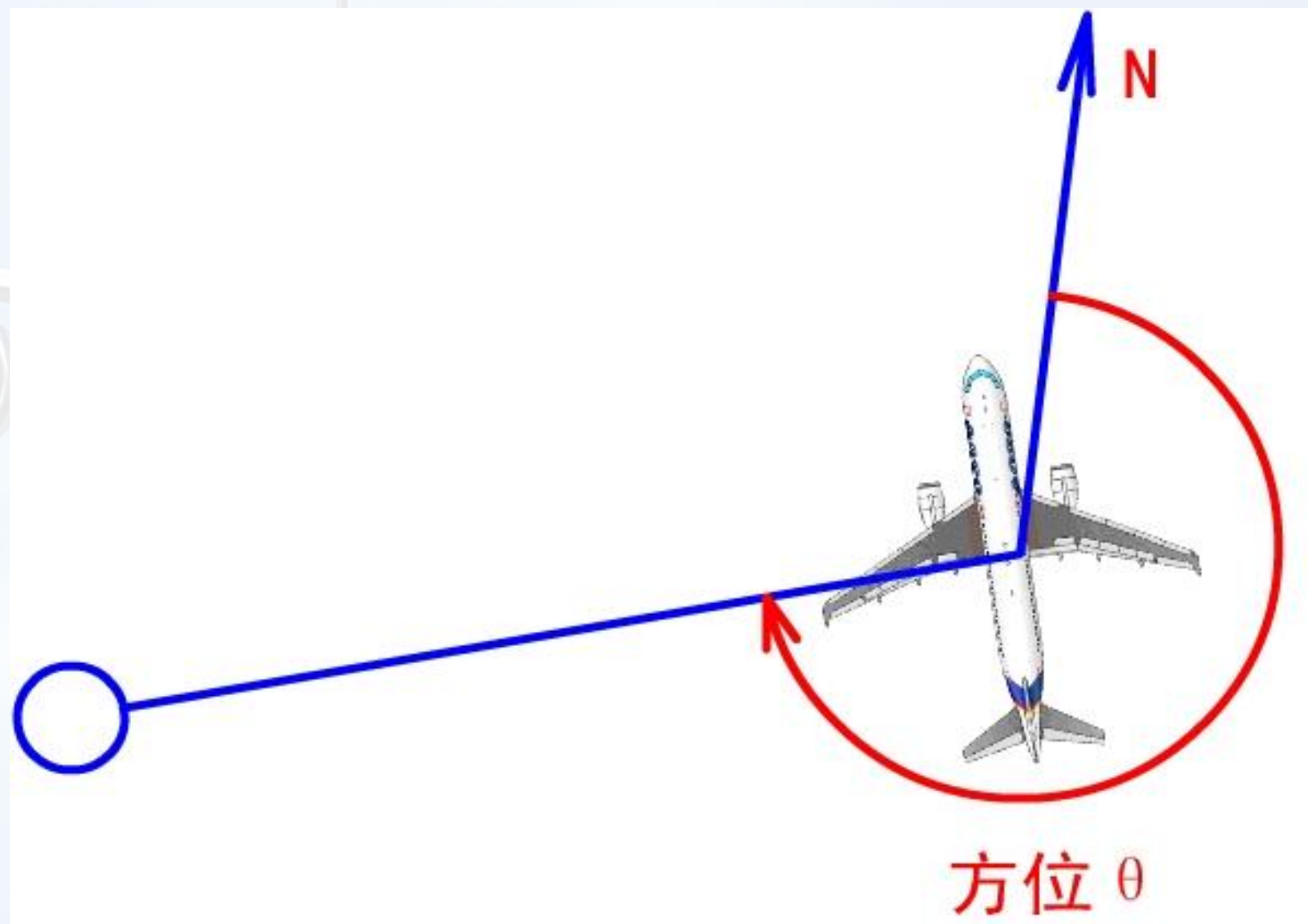
- 直线
- 圆
- 双曲线



# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

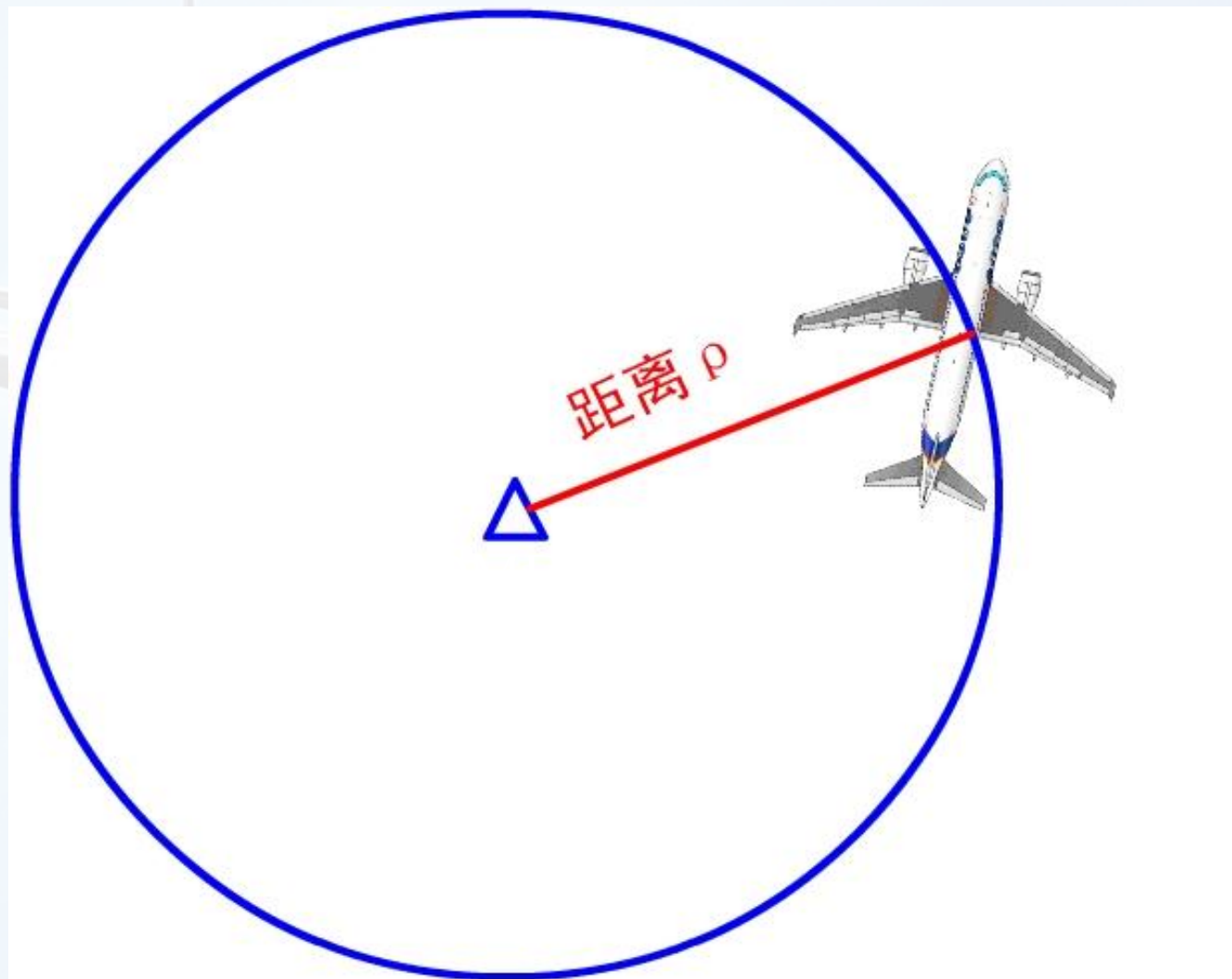
测向系统的位置线:  
直线



# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

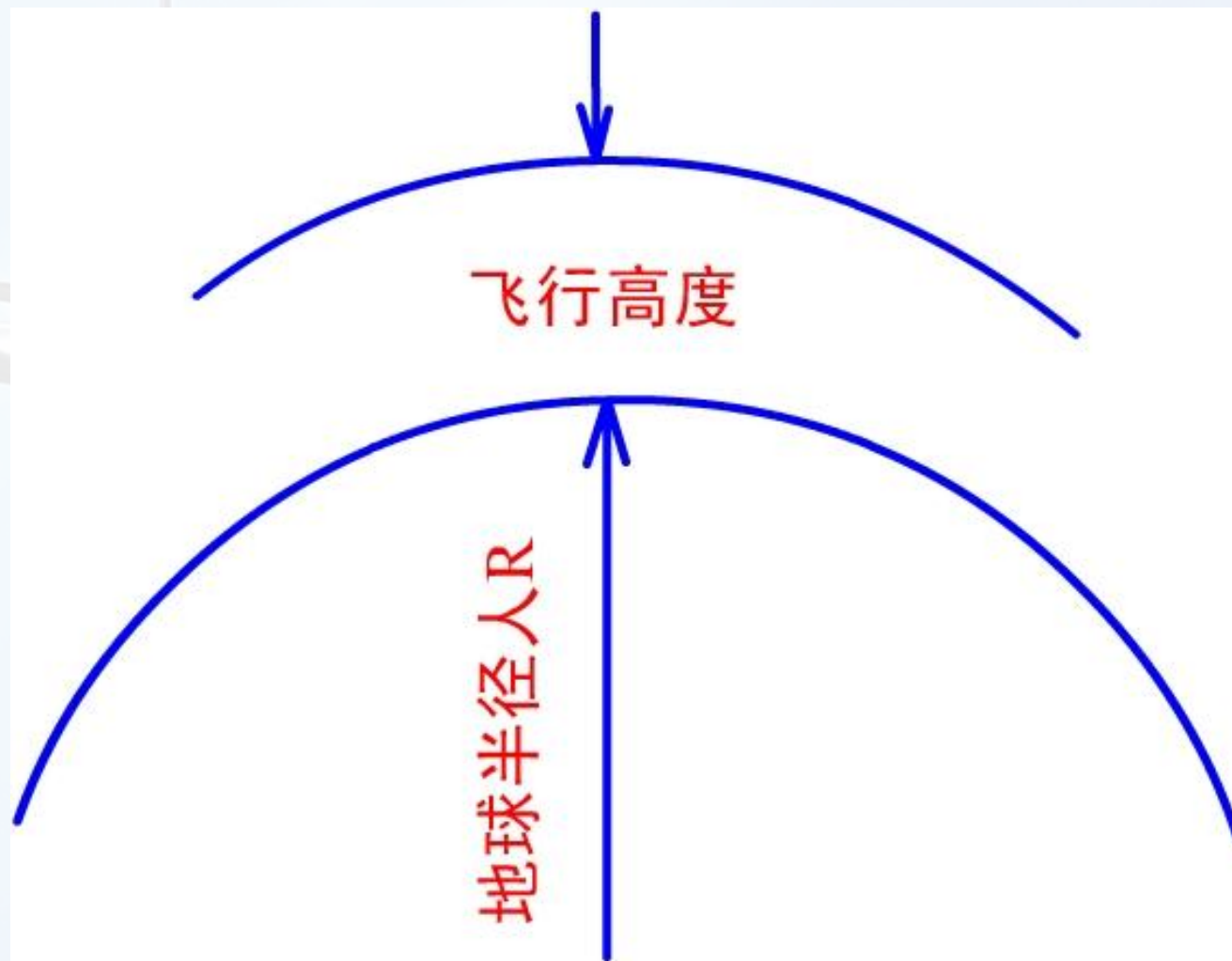
测距系统的位置线:  
平面上的圆



# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

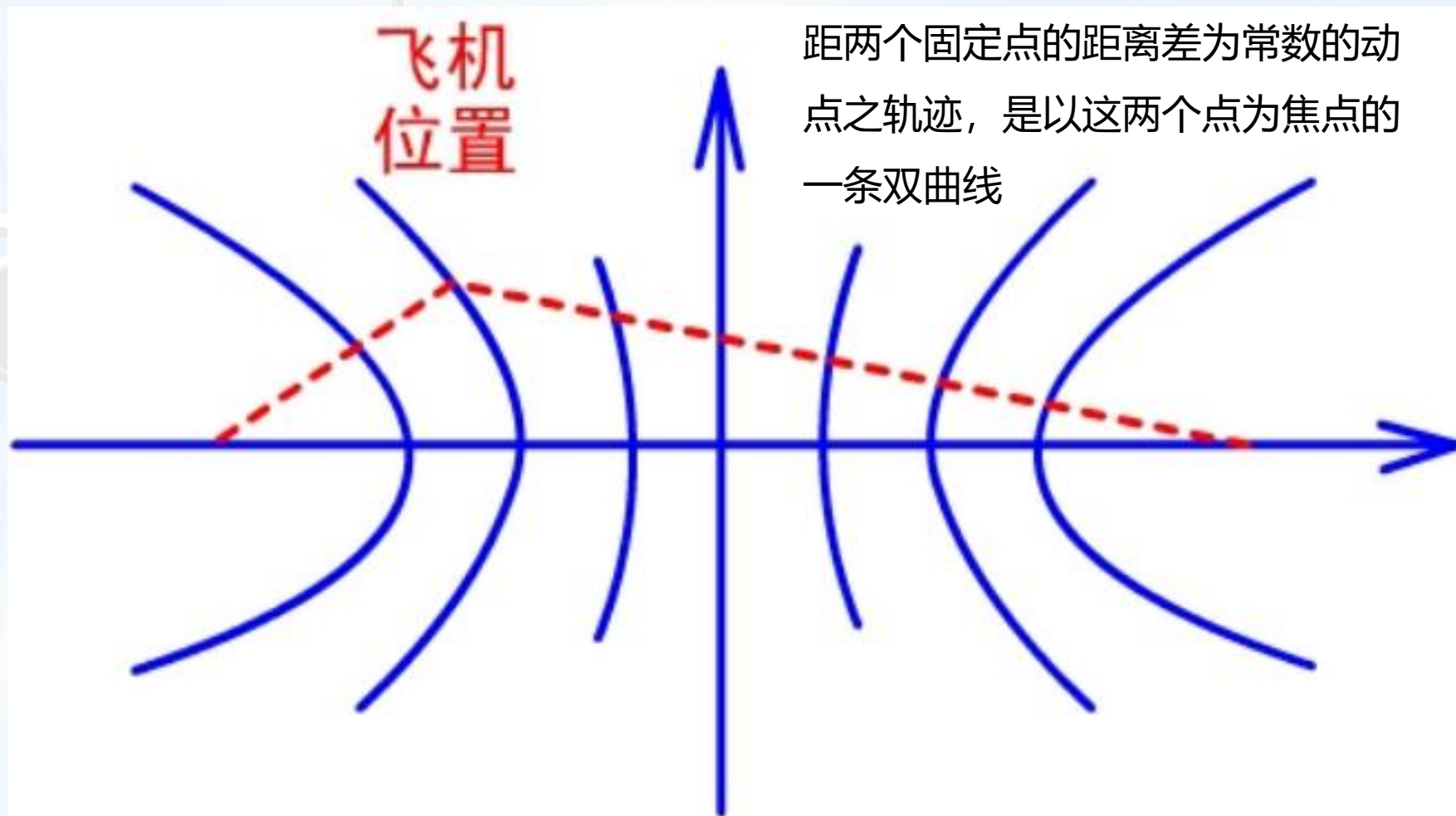
测高系统的位置线：  
圆



# 1 导航的定义, 各种参数

## 5) 位置线

测距差系统的位置线：  
双曲线

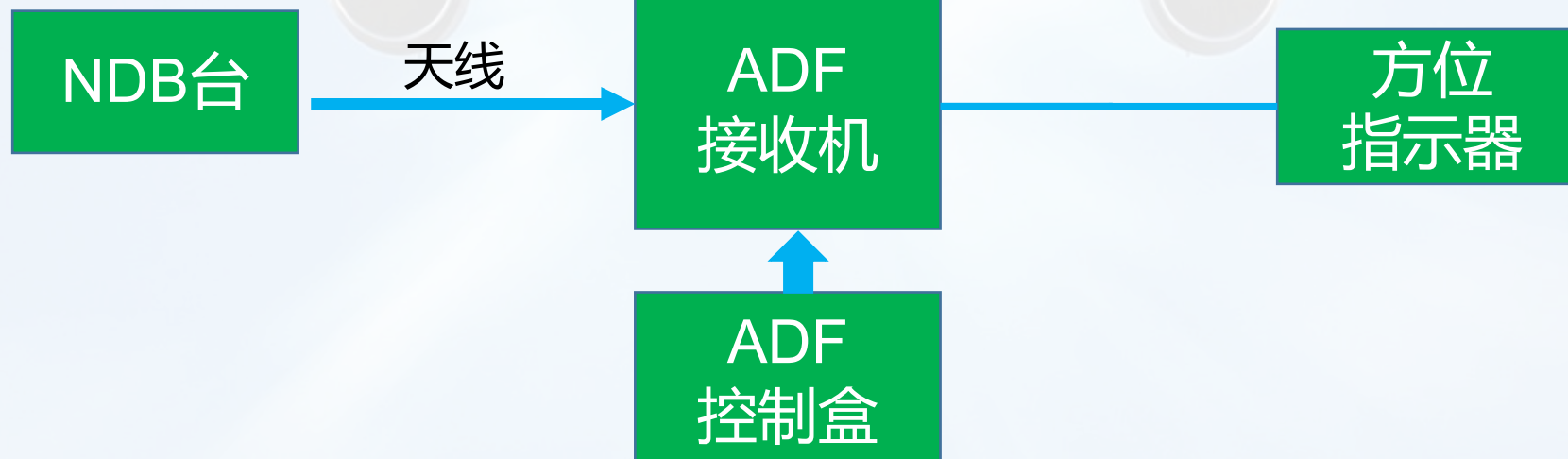


# 1 导航的定义, 各种参数

## 6) 无线电导航介绍

ADF

ADF: Automatic Direction Finder  
NDB: Non-Directional Beacon

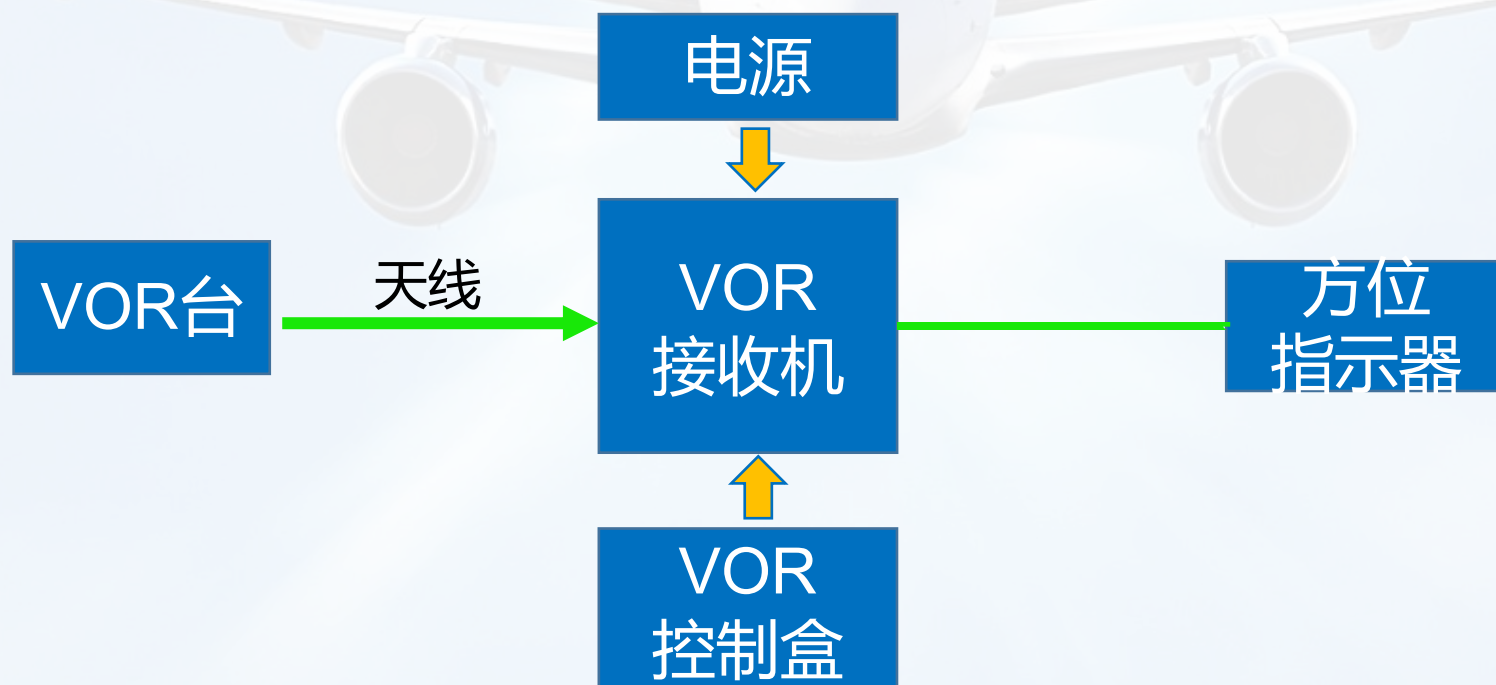


# 1 导航的定义, 各种参数

## 6) 无线电导航介绍

VOR

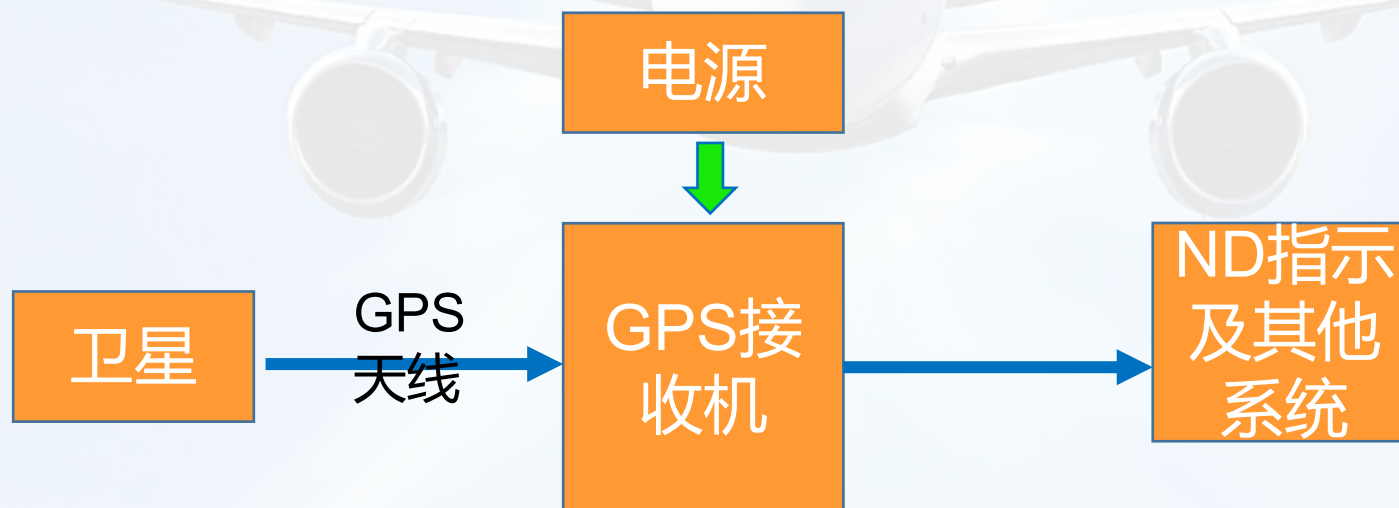
VOR: Very High Frequency  
Omnidirectional Range



# 1 导航的定义, 各种参数

## 6) 无线电导航介绍

GPS



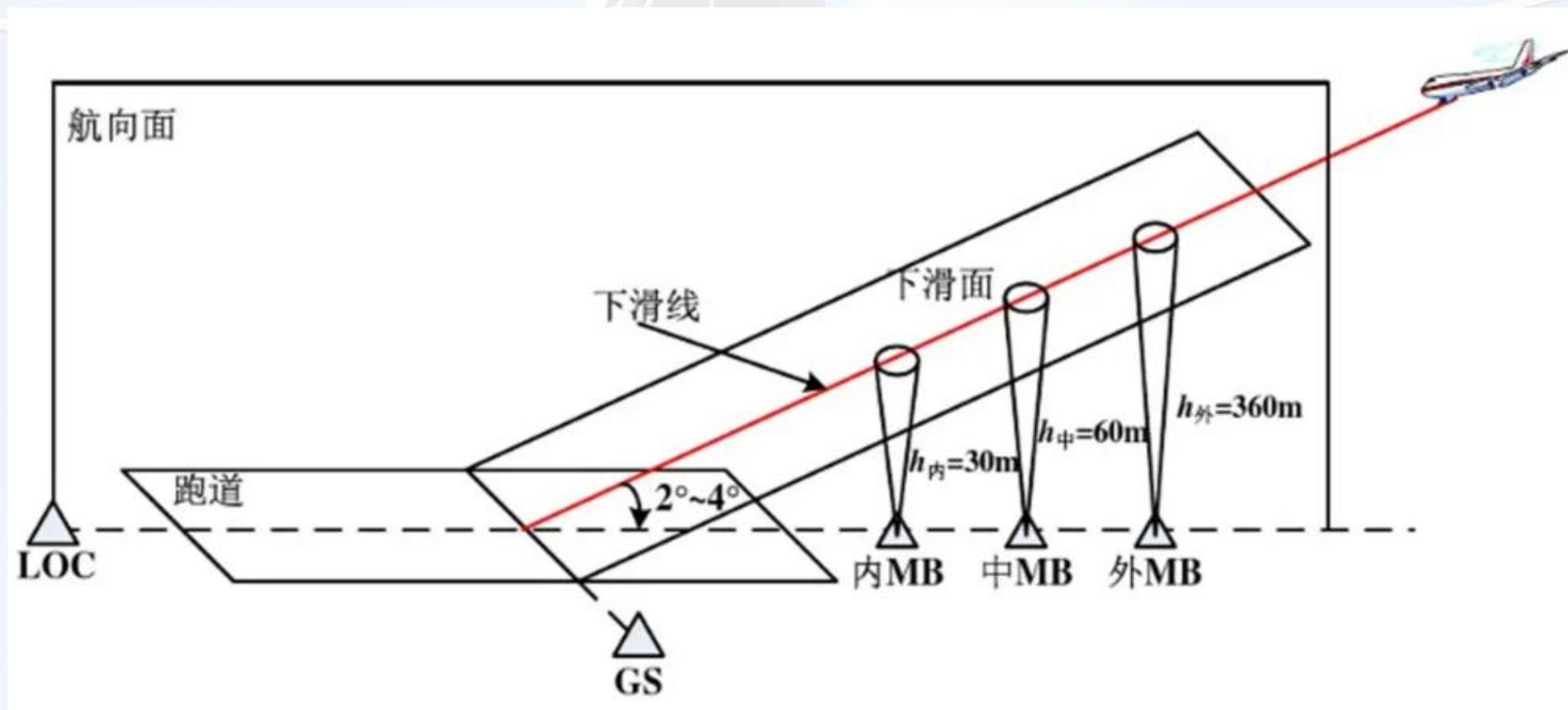
# 1 导航的定义, 各种参数

## 6) 无线电导航介绍

LOC

GS

指点信标



# 小结:

1. 飞机导航的基本概述;
2. 坐标系的类型;
3. 导航各名词的基本定义: 航向、航迹、方位角、偏流角、偏航距离、空速、地速、风速风向、航路点;
4. 位置线的概念, 在无线电导航中的功用;
5. 无线电导航系统的基本介绍, ADF、VOR、GPS、ILS系统简介。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, facing forward. The aircraft has two engines mounted under the wings and a vertical stabilizer.

## 3.3.17.2、大气数据惯性基准系统

# 目录

1

全静压系统气压测量原理、系统组成，  
大气数据仪表及大气数据组件

2

惯性传感器（激光陀螺，加速度计），  
惯导平台及惯性导航概述

3

大气数据惯性基准系统（ADIRU）基本组  
成、工作模式、惯导校准过程



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成， 1 大气数据仪表及大气数据组件



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

全压概念:

- 飞机向前飞行时全受阻压力
- 动压+静压

全压测量:

- 由一根正对着空气的全压管进行测量
- 全压管/皮托管



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

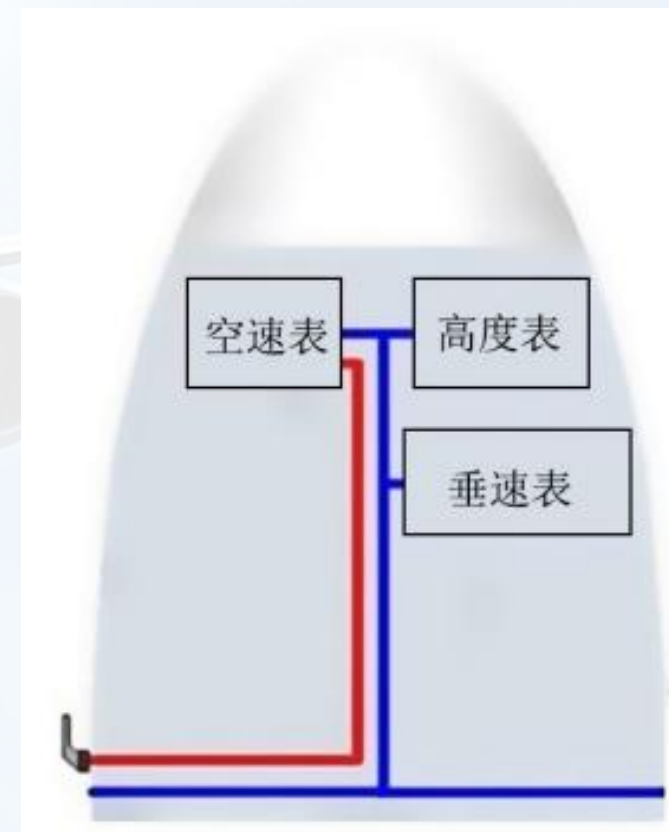
全压应用:

- 应用于空速表

$$P_t = P_s + \frac{1}{2}\rho V^2$$

全压

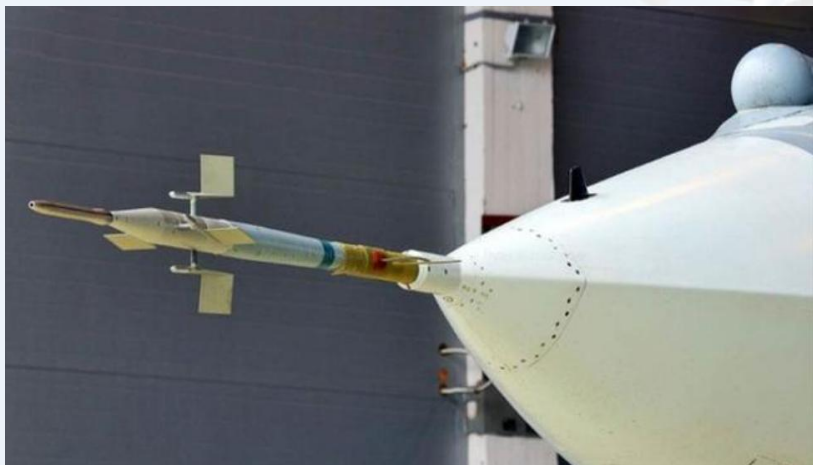
静压



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成，大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

皮托管位置



部分军用飞机



部分小型民航飞机

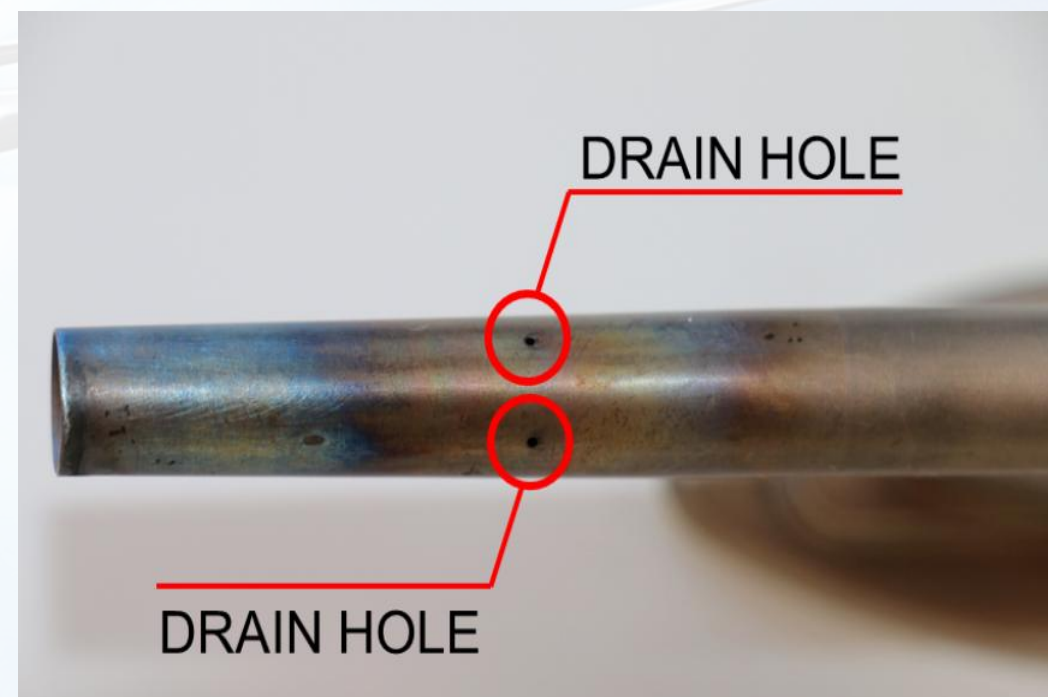
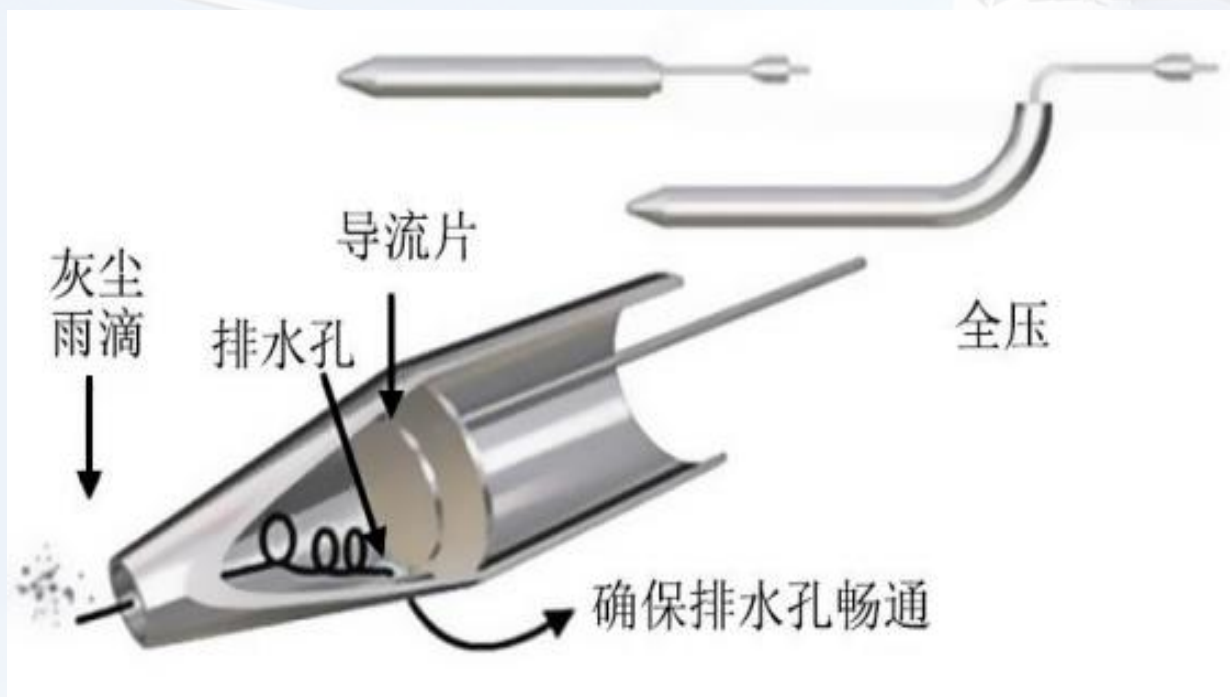


大型民航飞机

# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

### 皮托管结构



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成，大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

### 皮托管维护注意

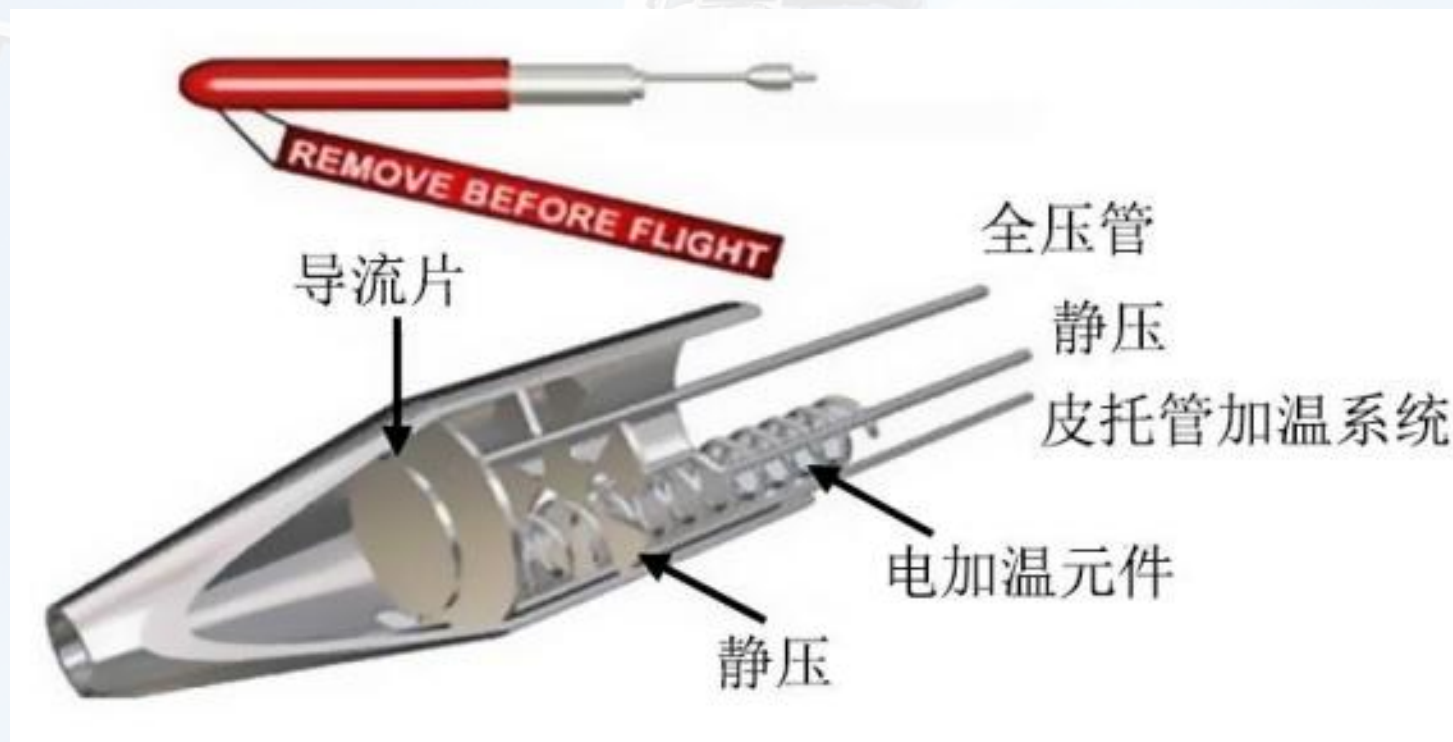
- 当防冰电路通电时，管子会变得非常热，触摸会导致烫伤。
- 非驾驶时间，飞机停在地面上，必须套上专门的皮托管套保护皮托管，防止水和昆虫等异物进入皮托管。
- 皮托管套上配有鲜艳的飘带，提醒机务或飞行员下次飞行前必须把它取下来。



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 1) 全压系统

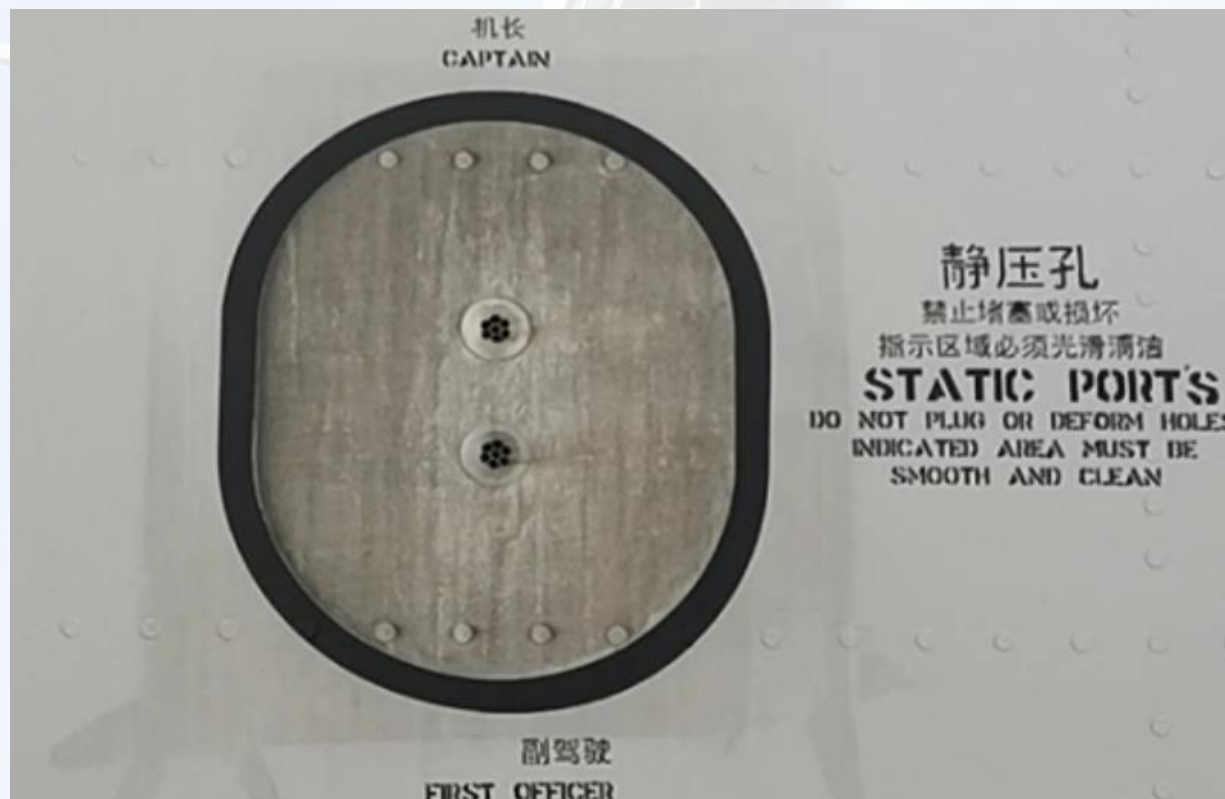
### 全静压管/普朗特管



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成，大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

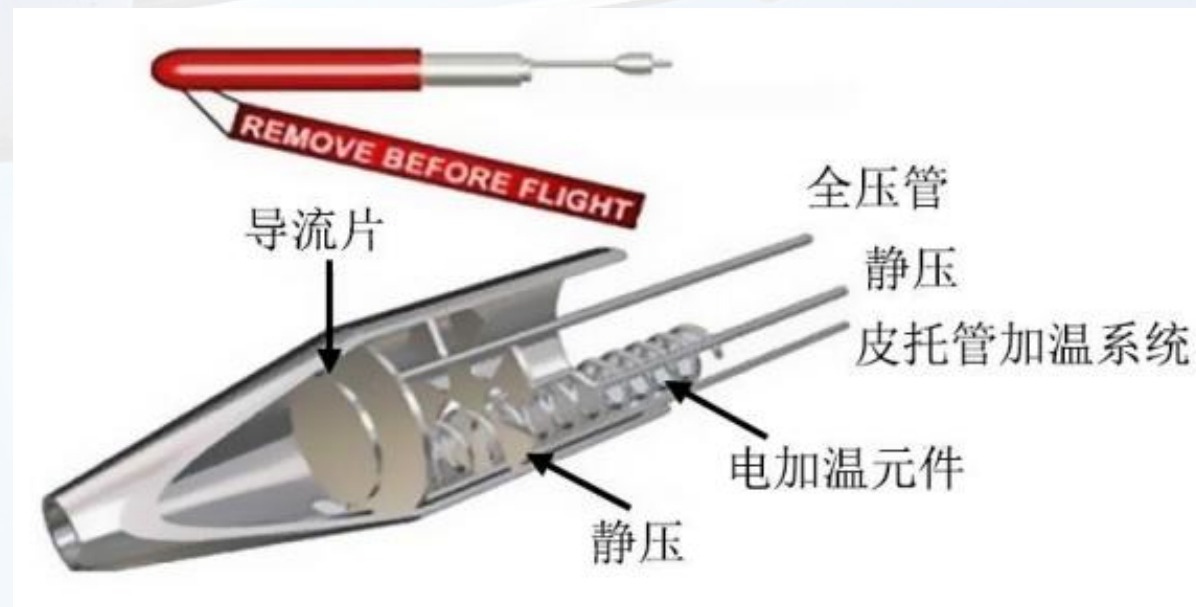
### 静压系统测量



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成，大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

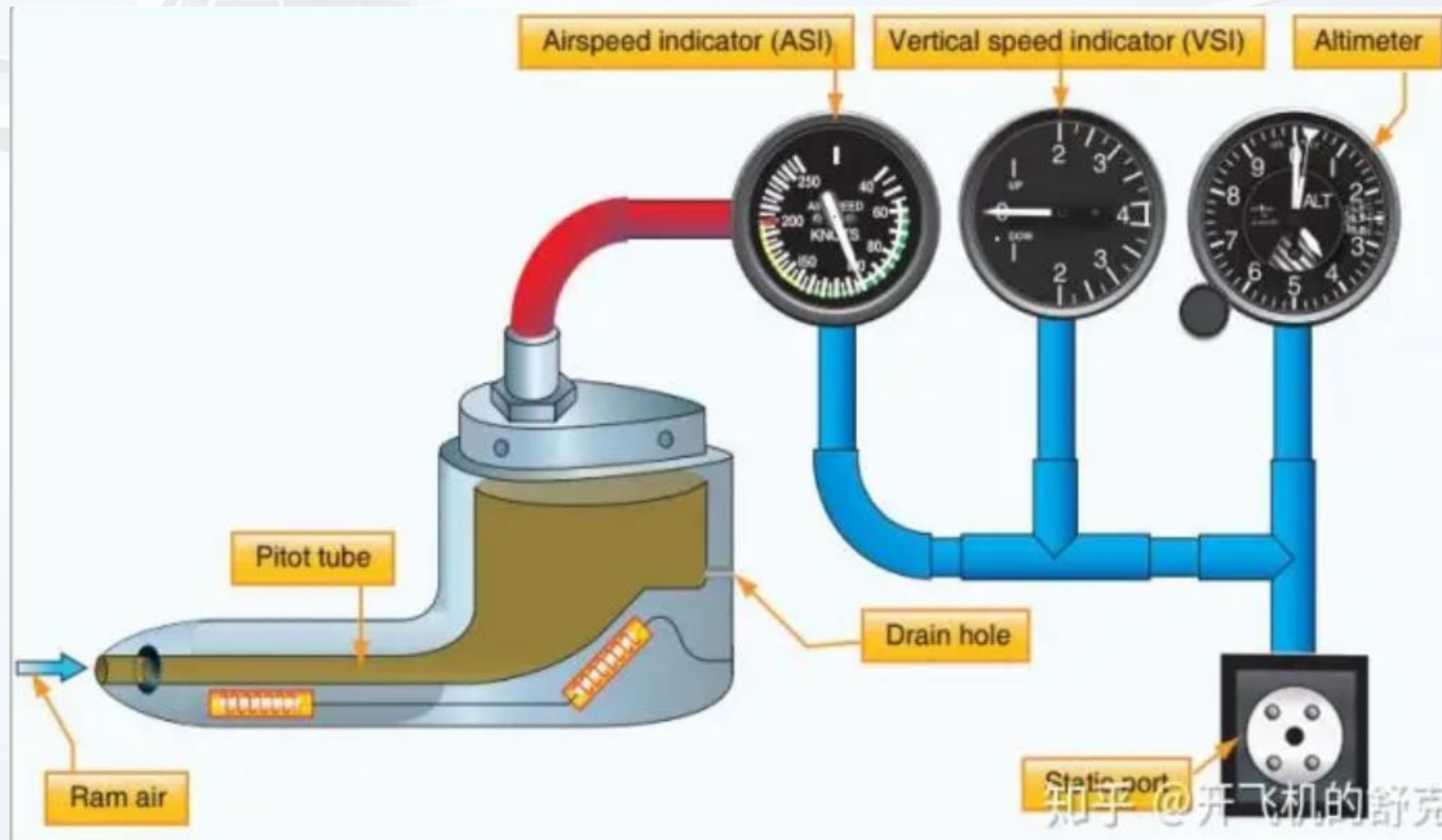
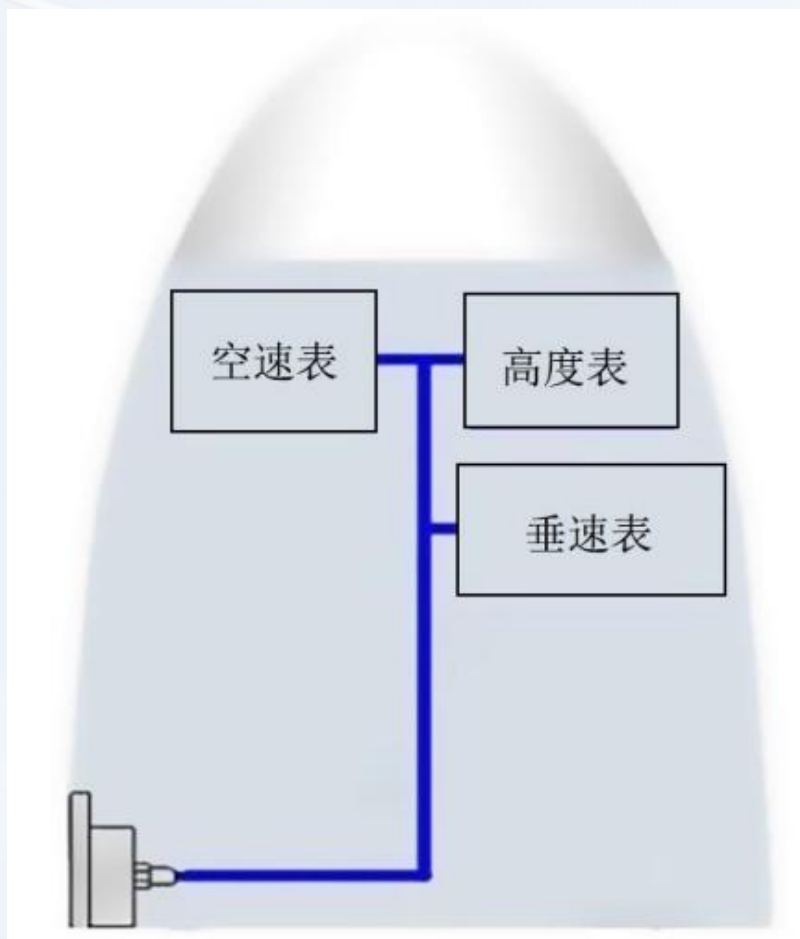
### 静压孔位置



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

### 静压系统应用



知乎 @开飞机的舒克

# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成，大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

### 静压系统维护注意

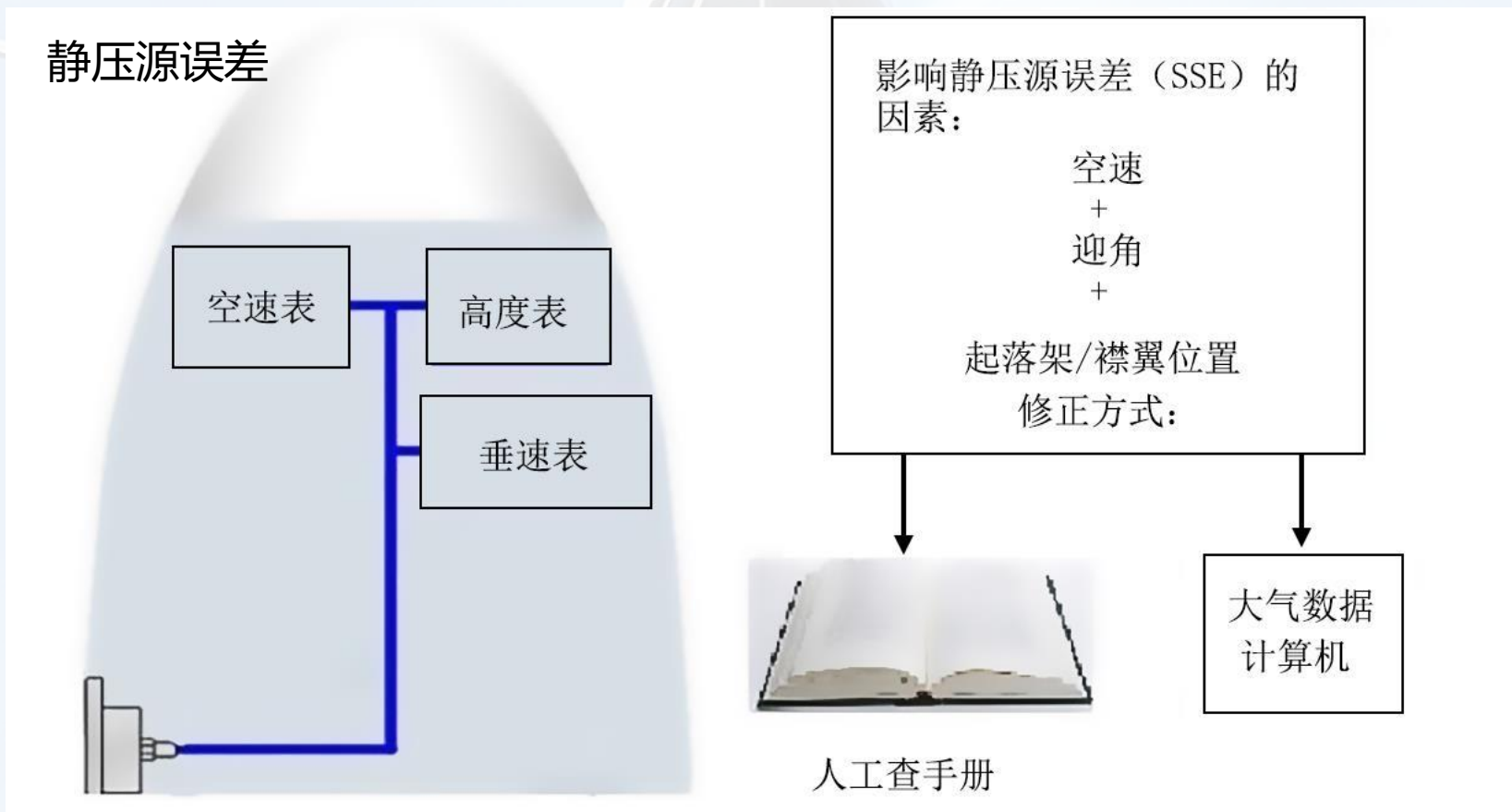
- 静压孔区域必须始终保持清洁和平滑，以防止气流干扰导致静压测量错误。
- 在飞机清洗或重新喷漆期间，必须用盖子保护静压孔，以防止孔被堵塞。盖子颜色必须鲜艳，在下一次飞行前必须把盖子取下来。



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

### 静压误差

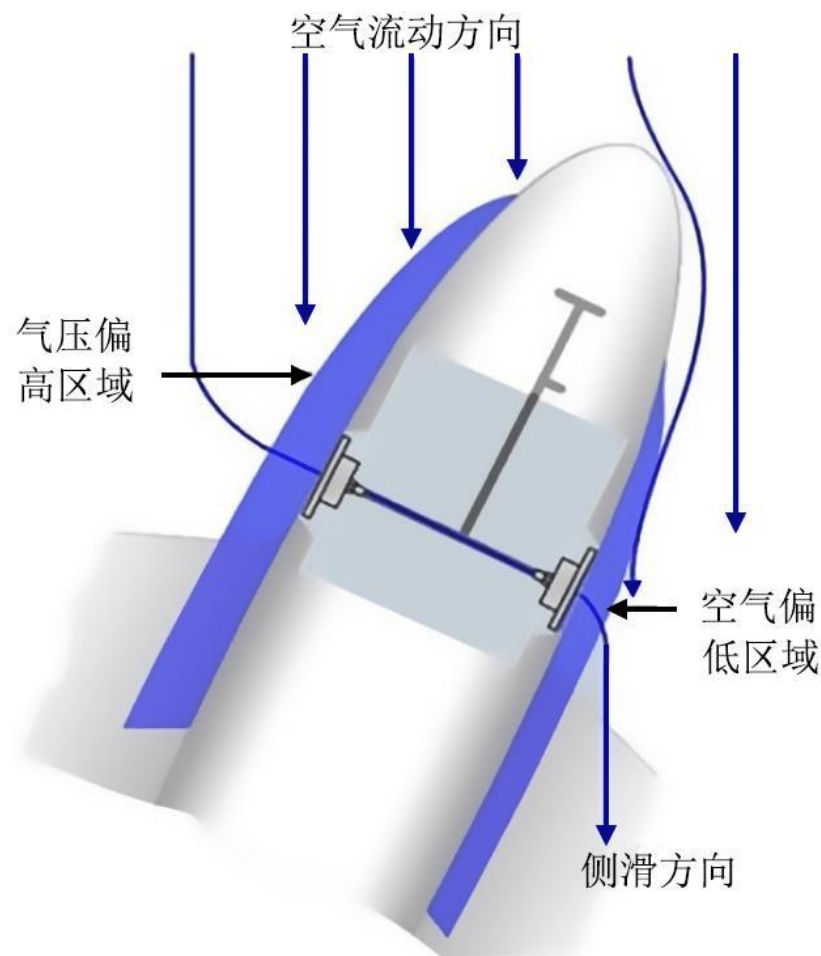
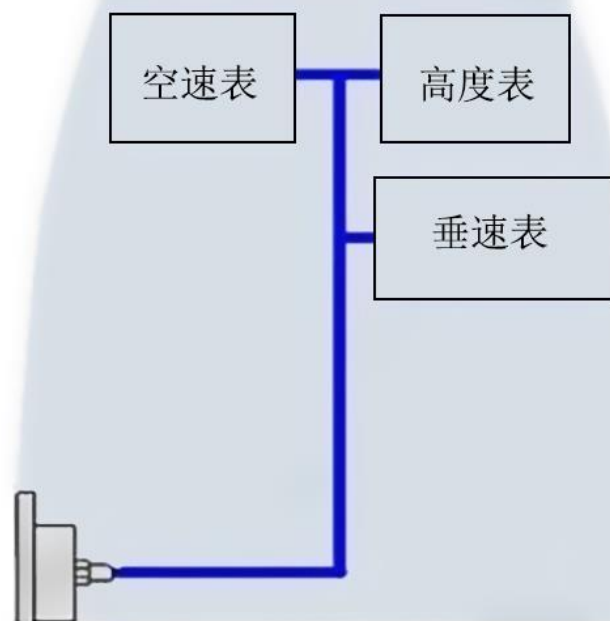


# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 2) 静压系统

### 静压误差

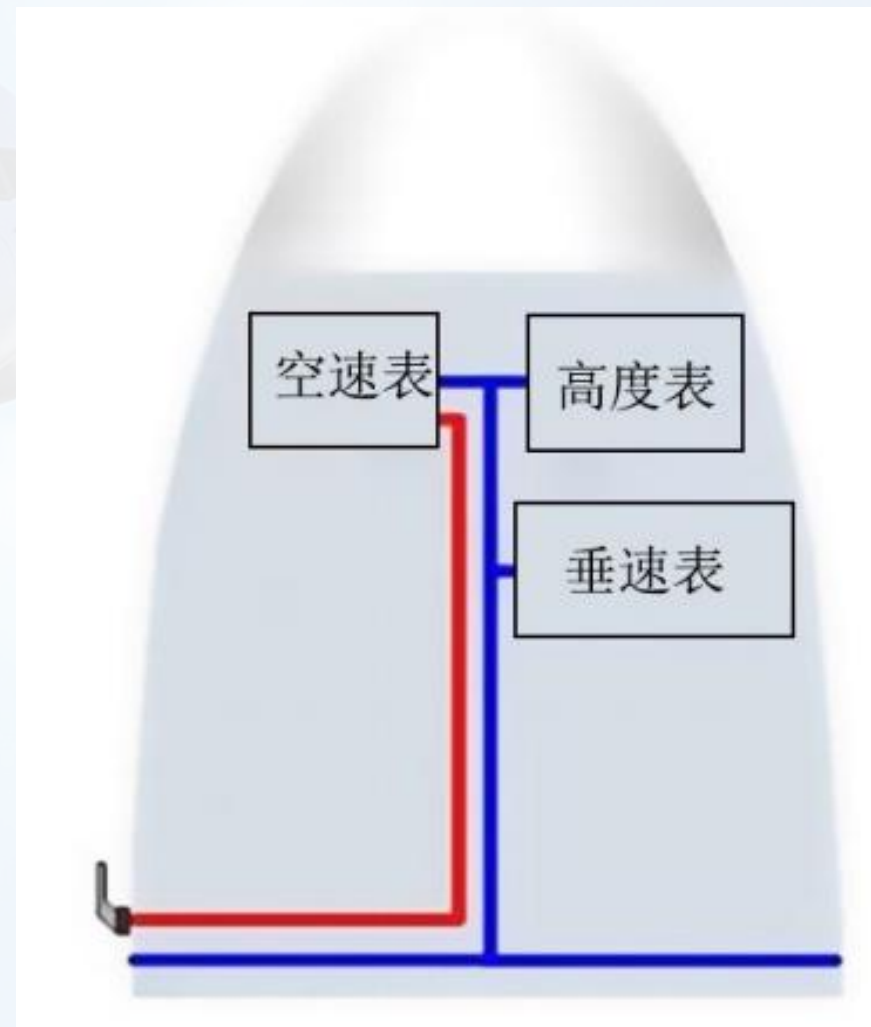
侧滑机动



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 3) 系统结构

一般小型飞机全/静压系统结构：  
一套系统

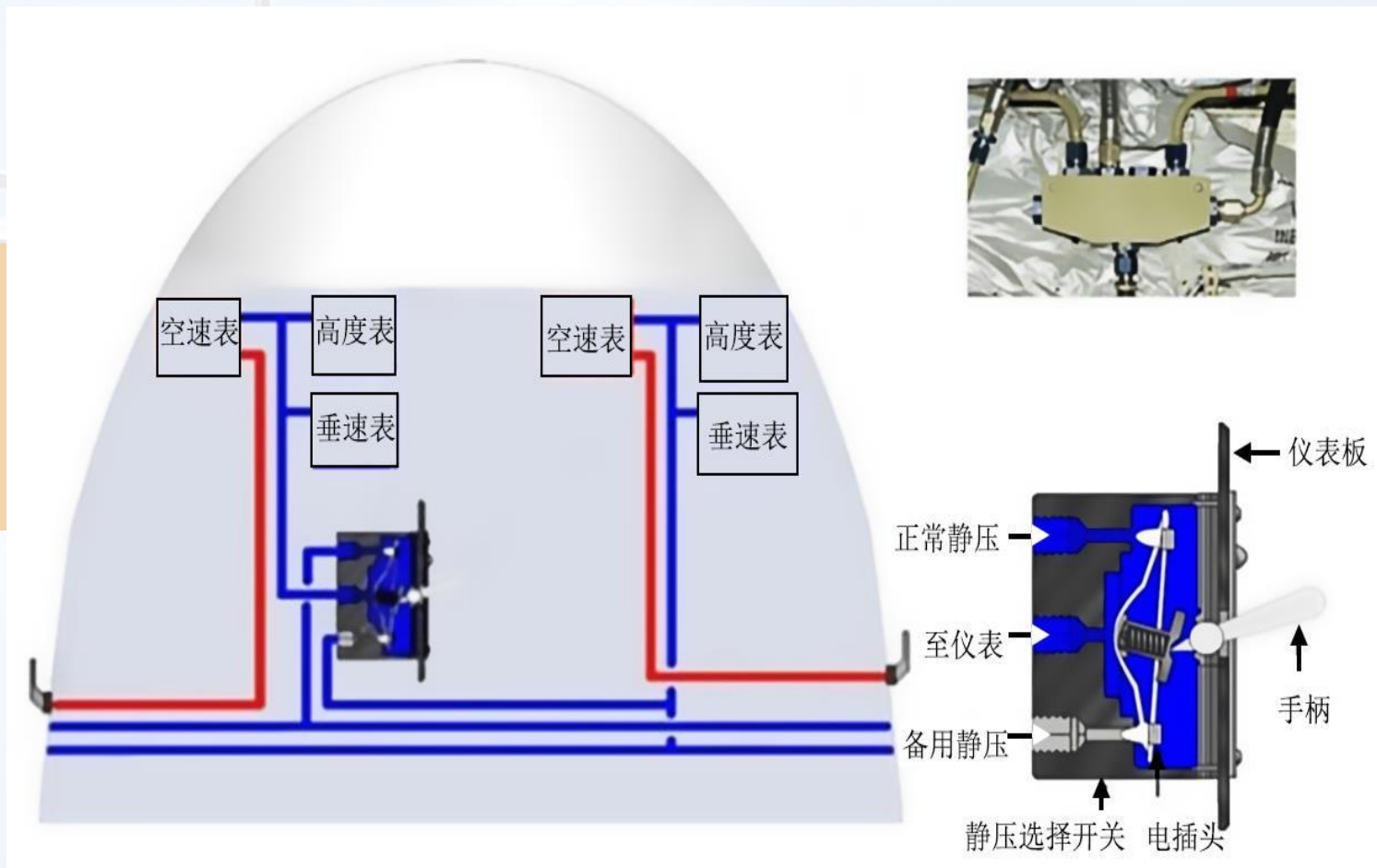


# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 3) 系统结构

早期大型飞机全/静压系统结构:

- 两套系统
- 静压选择开关

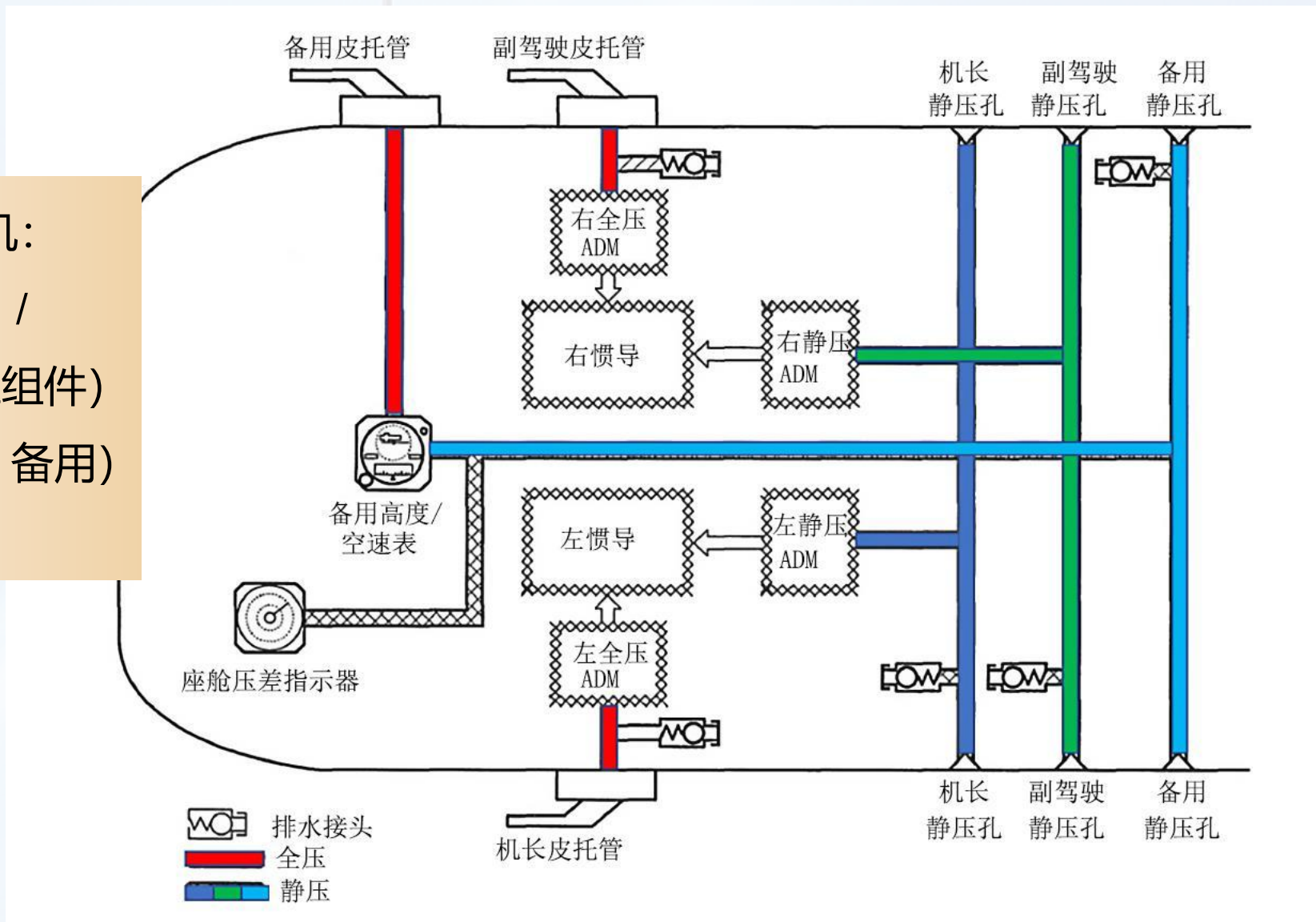


# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 3) 系统结构

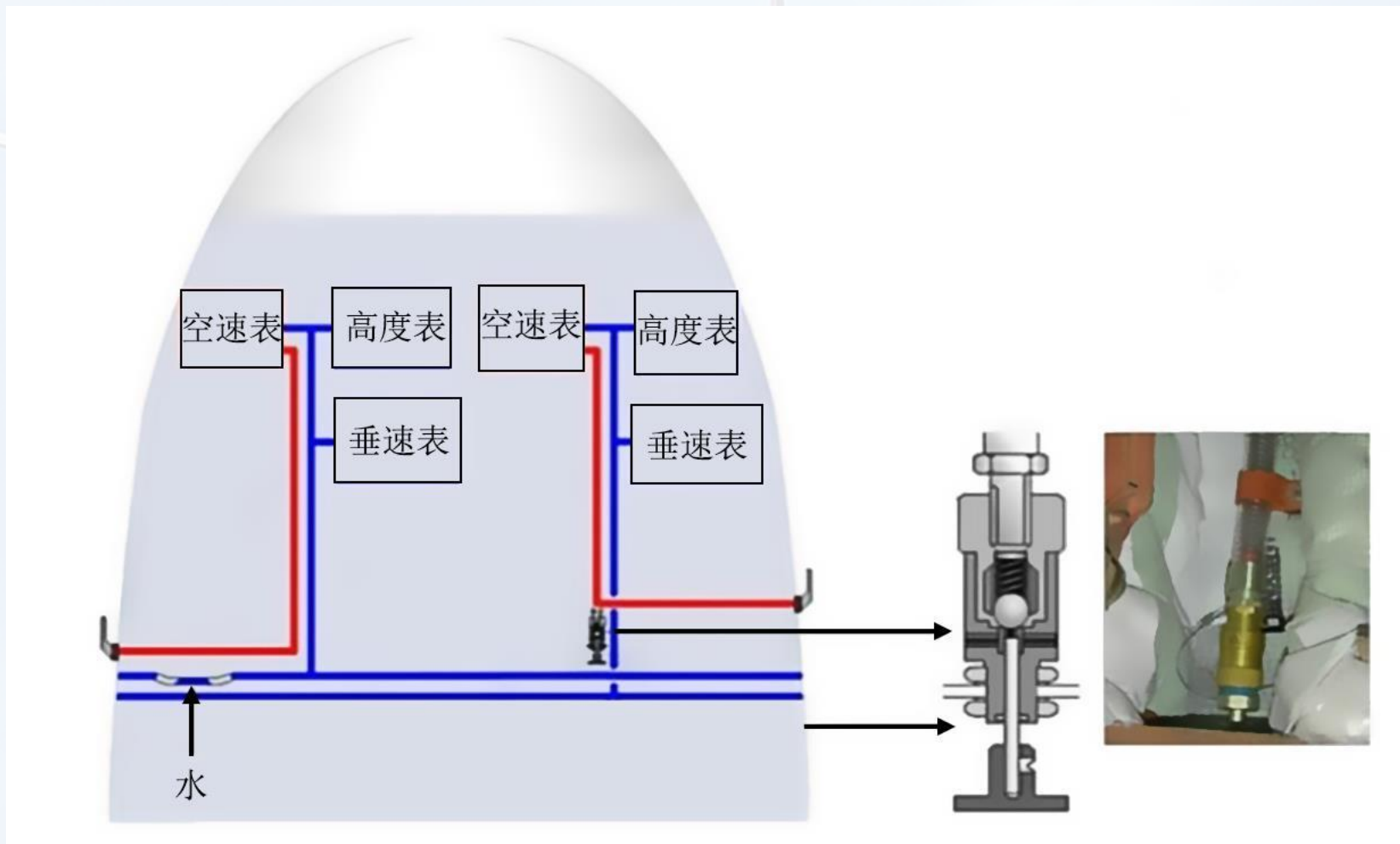
安装ADC/ADIRU的大型飞机:

- ADC (大气数据计算机) / ADIRU (大气数据惯性基准组件)
- 三套系统 (机长、副驾、备用)
- ADM (大气数据模块)



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

## 4) 全/静压系统的排水接头



# 1 全静压系统气压测量原理、系统组成, 大气数据仪表及大气数据组件

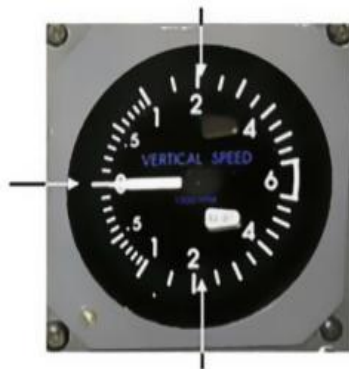
## 5) 大气数据仪表及大气数据组件



空速表

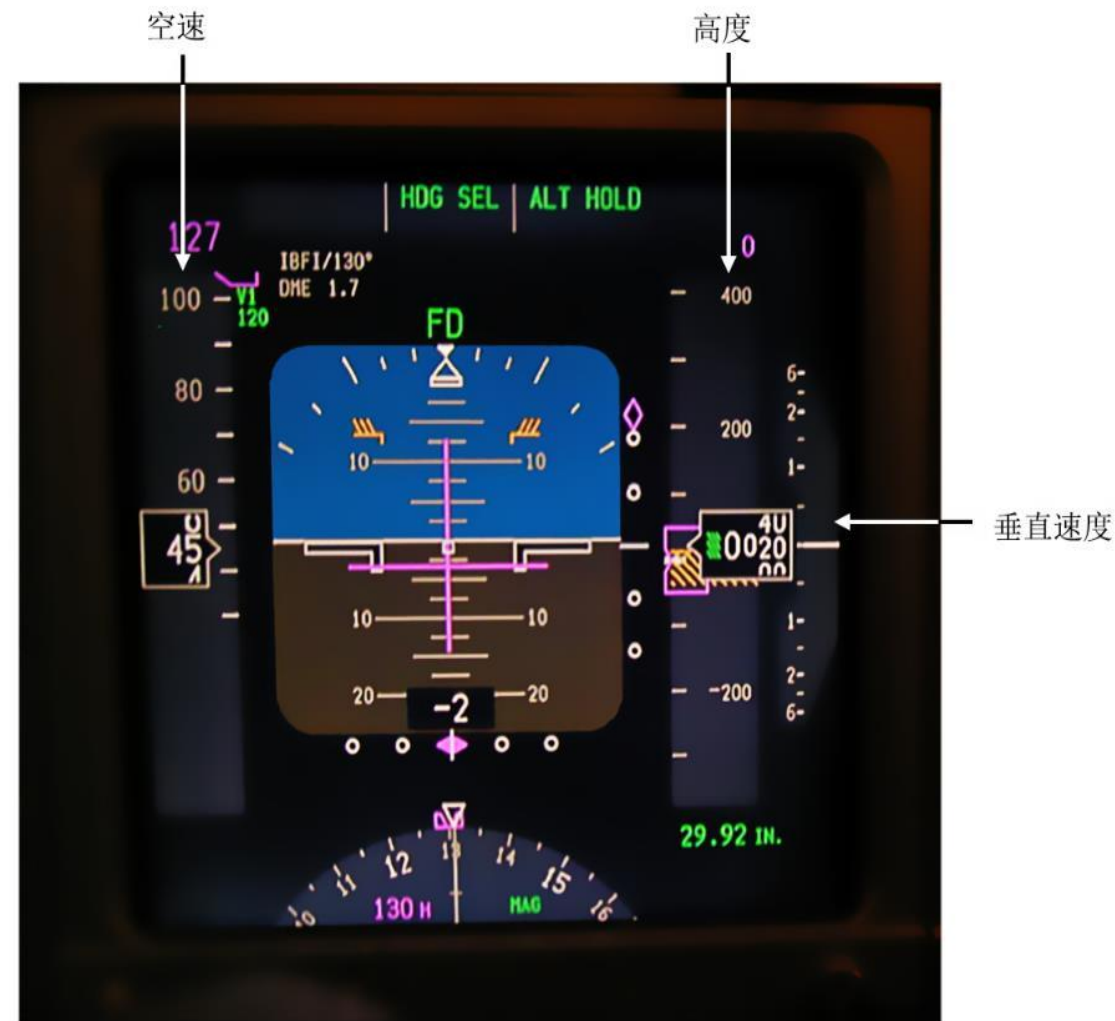


高度表



升降速度表

早期：机电伺服式仪表



现在：电子显示仪表

# 小结:

1. 全压系统的主要功用，皮托管的内部结构；
2. 静压系统的主要功用，侧滑对静压测量的影响；
3. 全静压系统的基本结构，小型飞机的全静压系统组成，现代飞机的全静压系统结构；
4. 全静压系统排水接头的功用；

## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计）， 惯导平台及惯性导航概述



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 1) 概述



我们都知道现代飞机的导航精度是越来越高了

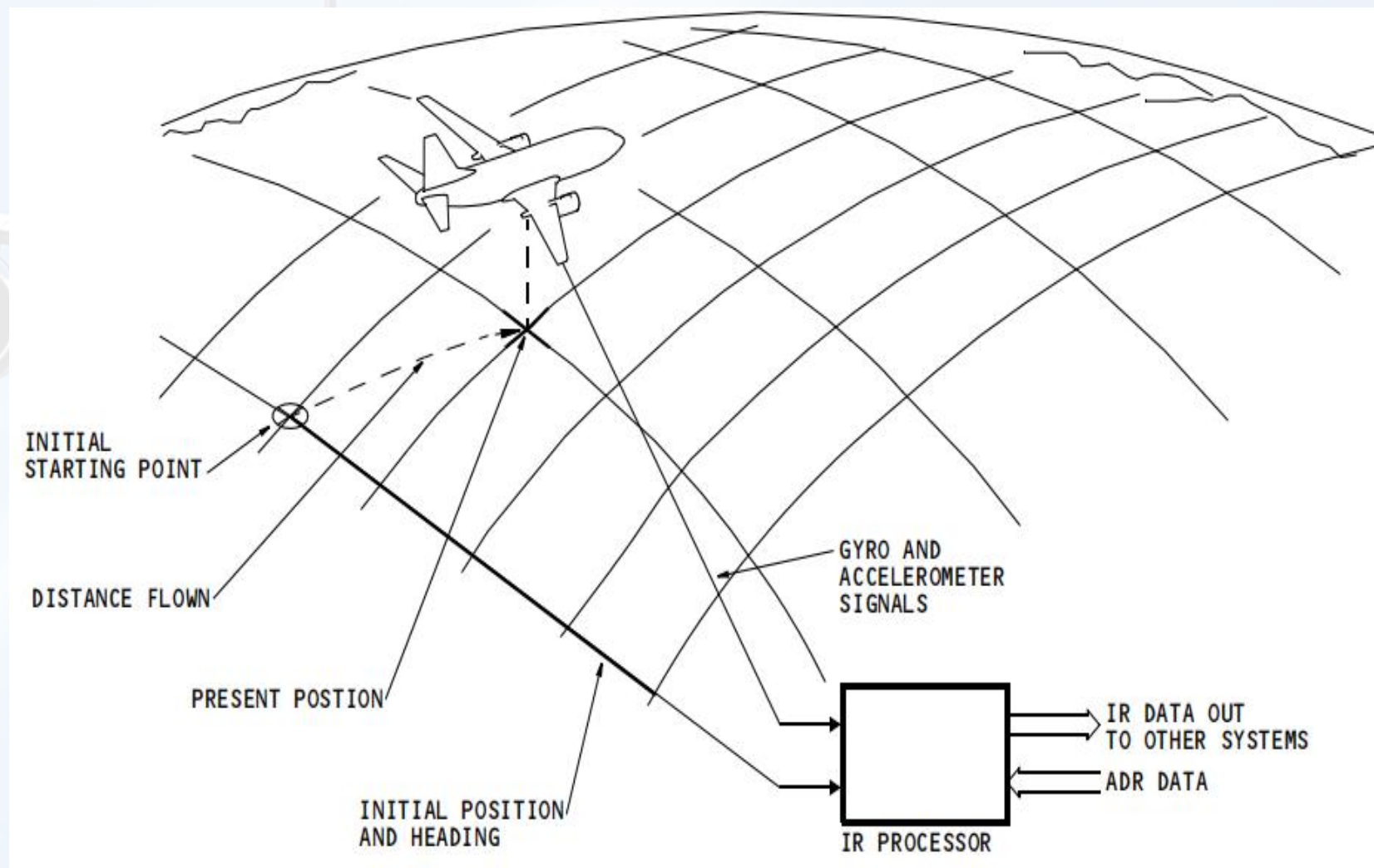
## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 1) 概述

惯性导航系统是一种不依赖任何外界信息，不受天气或人为的干扰，也不向外部辐射能量的自主式导航系统。

工作原理：

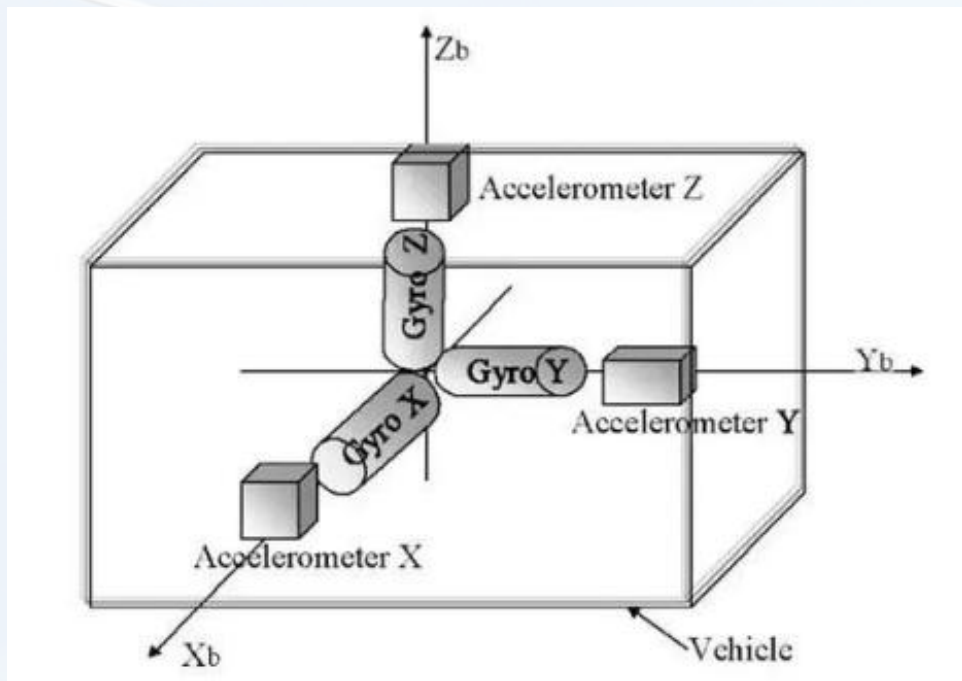
根据牛顿力学定律，利用安装在飞机上的惯性敏感元件测量飞机相对于惯性空间的线性运动和角运动参数，在给定初始条件的情况下，自动测量和计算飞机的各种导航参数。



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器

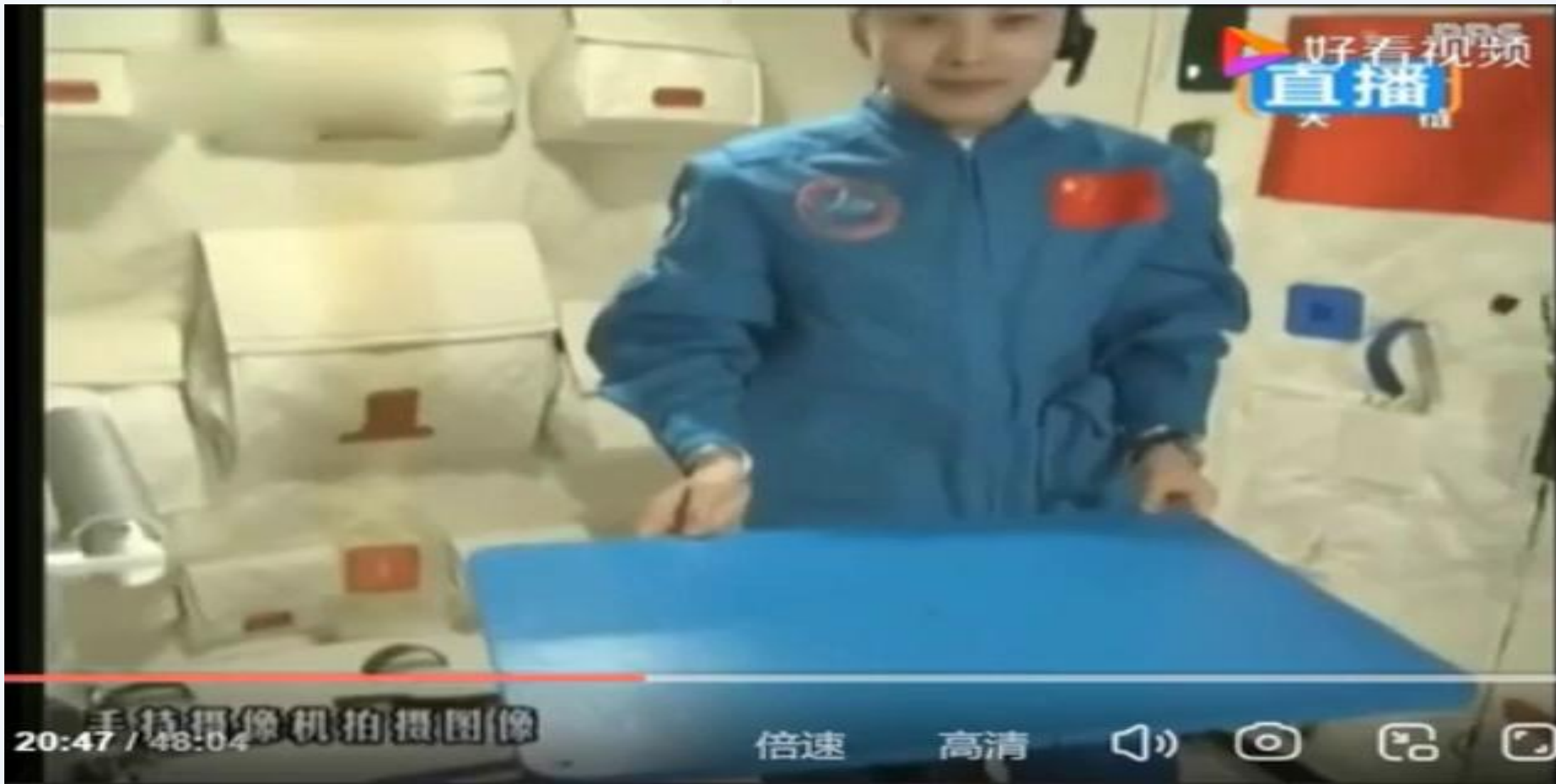
#### 惯导平台



- 陀螺仪：测量绕三个轴的旋转，转动角速度。计算机利用它计算俯仰和横滚姿态，航向和角速度以及俯仰、横滚和偏航速率。
- 加速度计：测量沿飞机轴线的运动，运动加速度。计算机根据这些值计算出沿三轴运动的速度。

## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器

三种不同的陀螺组合来测量绕三轴的旋转：

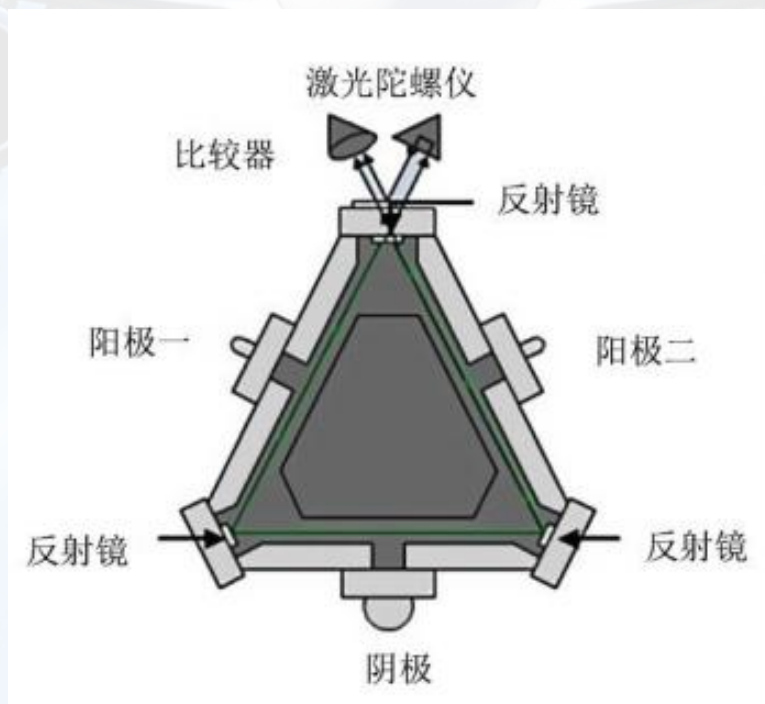
- 第一种：2个三自由度的陀螺仪的组合。
  - 一个垂直陀螺仪测量沿X和Y轴的转动
  - 一个方向陀螺仪测量沿Z轴周围的转动
- 第二种：3个二自由度的陀螺仪，每个轴安装1个陀螺仪。
- 第三种：3个速率陀螺仪，每个轴安装1个。

## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器

#### (1) 激光陀螺

- 激光陀螺使用旋转光束的测量来计算角速度。



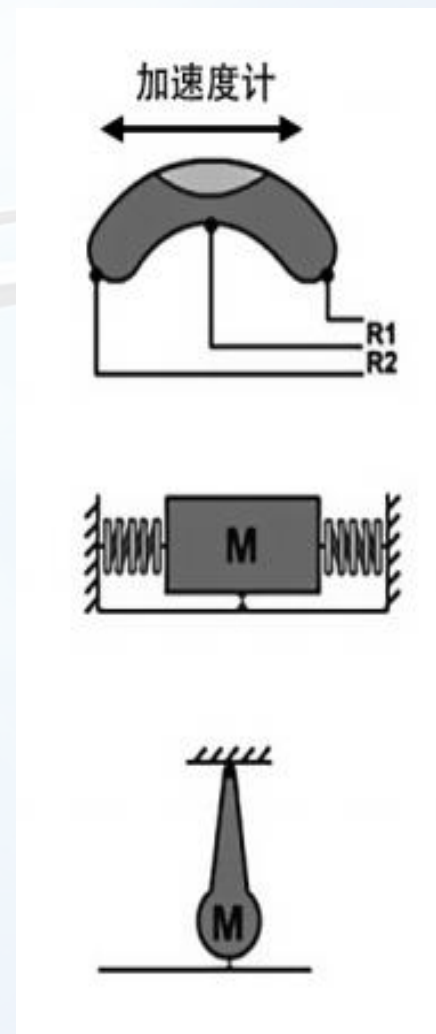
## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器

#### (2) 加速度计

三种不同的类型加速度计：

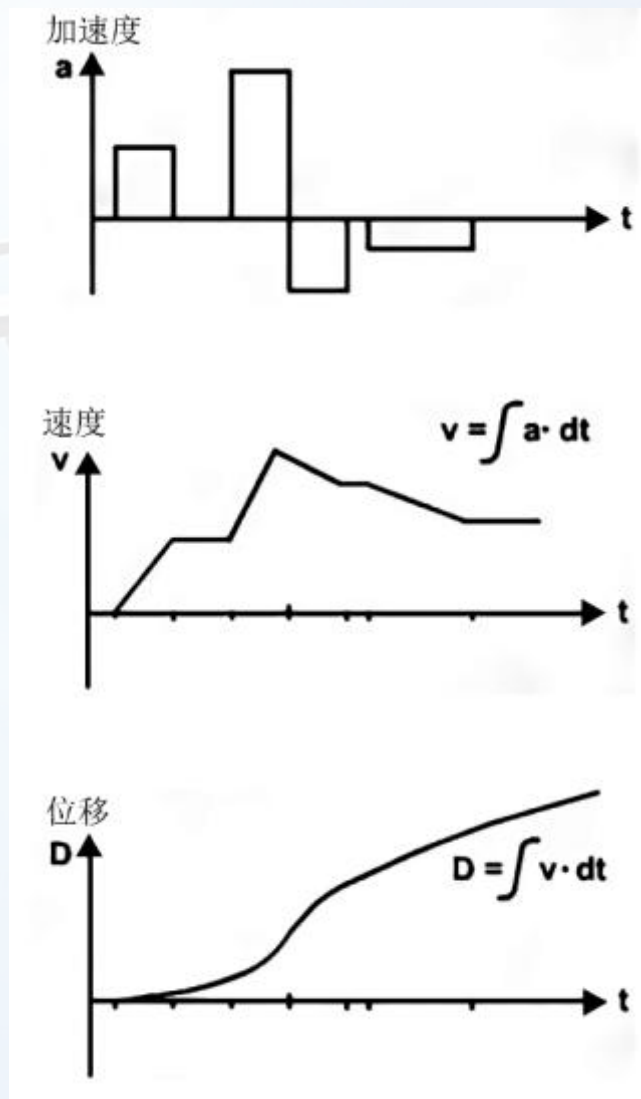
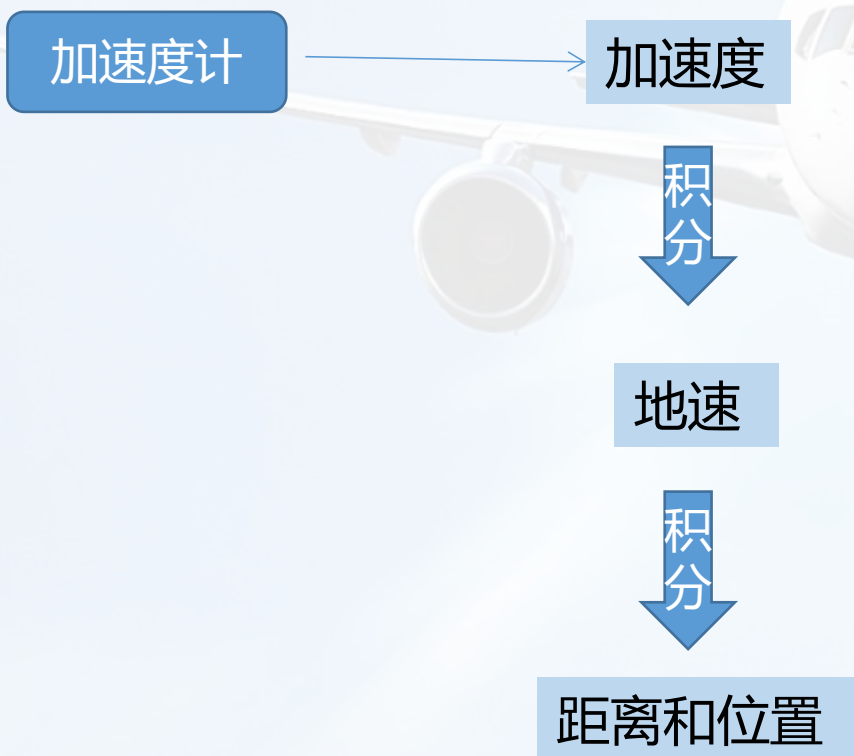
- ① 电解质加速计
- ② 质子和弹簧加速度计
- ③ 钟摆加速度计（现代飞机首选类型）



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 2) 惯性传感器

#### (2) 加速度计



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 3) 平台式惯导系统

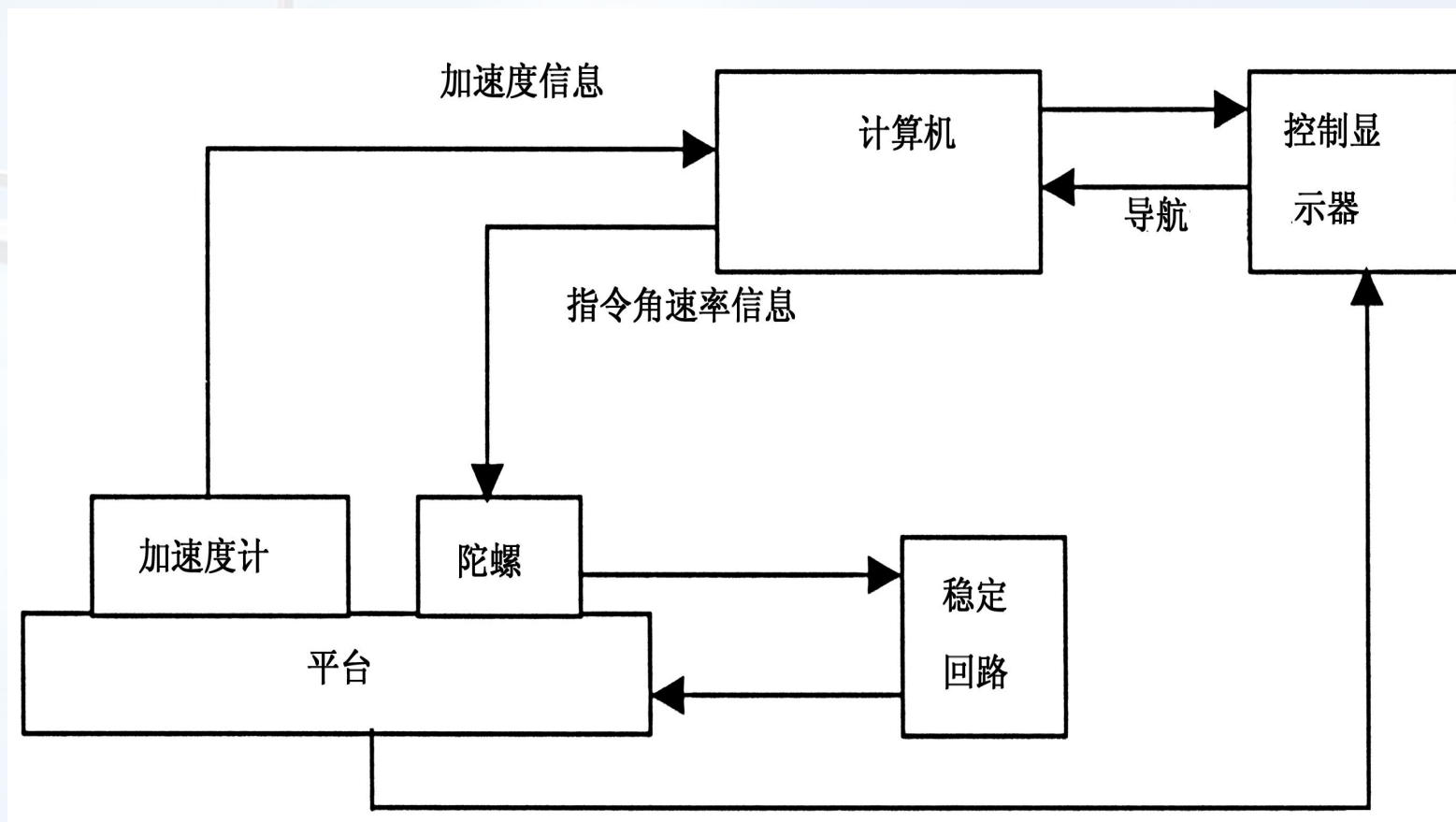
惯性导航系统按照惯导平台组成的结构分为两种：

- 1) 平台式惯性基准系统
- 2) 捷联式惯性基准系统

## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 3) 平台式惯导系统

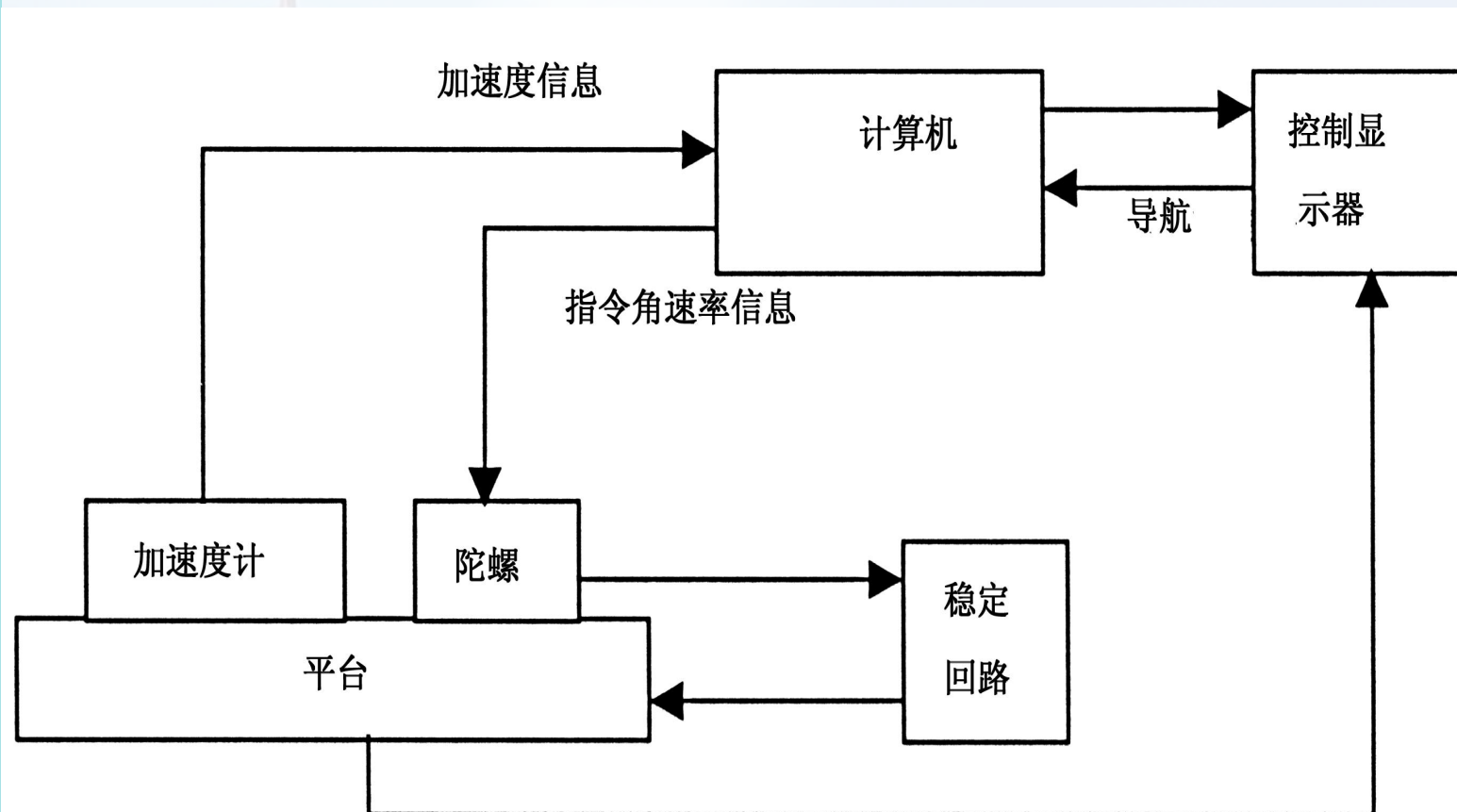
- 相对地面始终保持稳定的平台（实体物理平台，与地球表面平行，和飞机姿态无关），在平台每个轴安装有1个加速度计和1个陀螺仪。
- 平台位置稳定通过陀螺实现，是由力矩马达完成，当陀螺检测到飞机姿态变化时，力矩马达接收来自陀螺的信号，稳定平台位置。



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 3) 平台式惯导系统

- 根据飞机的位置和地球的重力特征，计算机控制平台的扭矩电机调整平台位置，进而补偿漂移和倾斜对平台的影响。
- 通过测量平台相对于飞机机身的位置，系统直接提供横滚和俯仰姿态以及平台航向信号。
- 加速度计可以在不受地球引力影响的情况下测量飞机的加速度。



## 2 惯性传感器（激光陀螺，加速度计），惯导平台及惯性导航概述

### 4) 捷联式惯导系统

- 陀螺仪和加速度计都固定在飞机结构上。飞机的姿态变化也会改变所有部件的位置。
- 三个速率陀螺仪通常是激光陀螺仪，用来测量绕飞机机体轴线的转动速度。利用转动速度，由计算机计算姿态。
- 三个加速度计测沿机体各轴的加速度，计算机进行坐标转换，转换为地理坐标系各轴的分量。
- 加速度计受到地球引力的影响，信号的校正由计算机完成的。

### 惯性导航的优点：

- (1) 不依赖于任何外部信息，不向外部辐射能量，故隐蔽性好且不受外界电磁干扰
- (2) 可全天候全球、全时间地工作于空中地球表面乃至水下
- (3) 能提供位置、速度、航向和姿态角数据，所产生的导航信息连续性好而且噪声低
- (4) 数据更新率高、短期精度和稳定性好

惯性导航的缺点：

- (1) 由于导航信息经过积分而产生，定位误差随时间而增大，长期精度差；
- (2) 每次使用之前需要较长的初始对准时间；
- (3) 设备的价格较昂贵；
- (4) 不能给出时间信息。

# 小结:

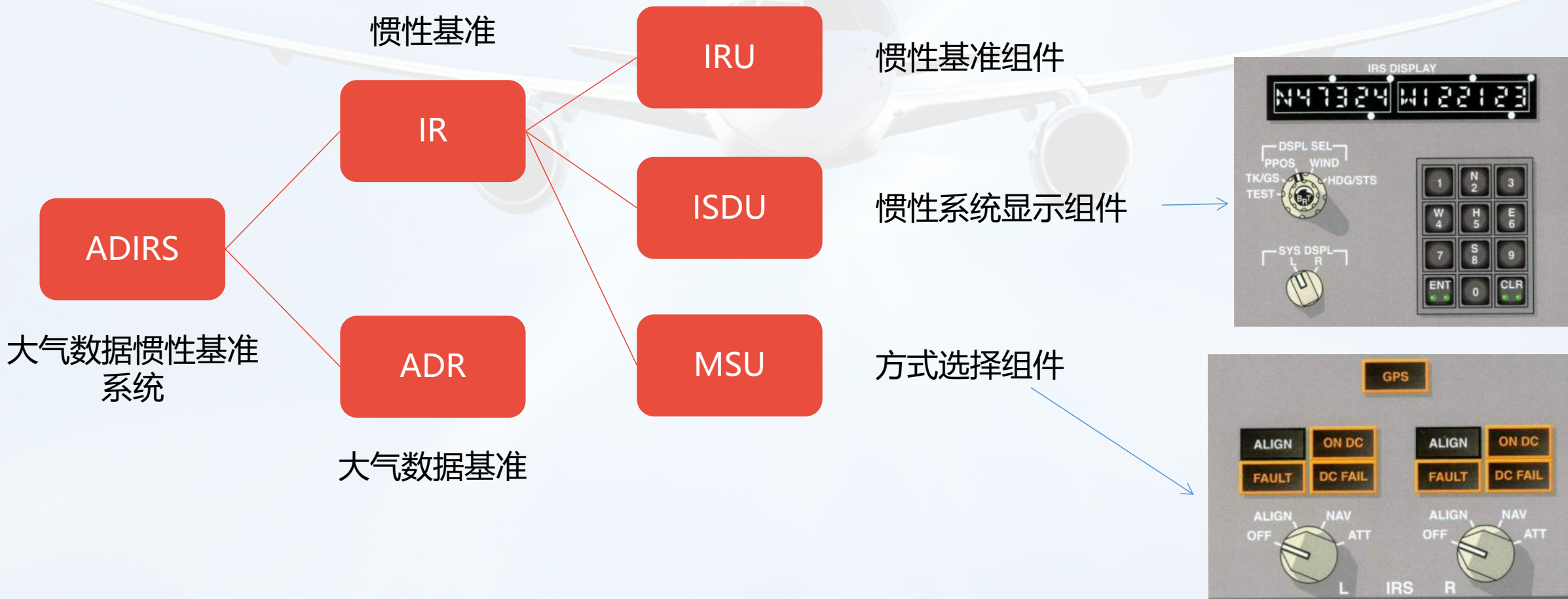
1. 惯性导航系统的基本概述;
2. 惯性传感器: 激光陀螺的结构、工作原理, 加速度计的结构及工作原理;
3. 平台式惯导系统的特点;
4. 激光陀螺惯性基准系统的特点。

# 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

##### (1) 大气数据惯性基准组件

➤ ADIRU是惯性基准系统的核心部件



姿态

航向

地速

位置

各种速度数据

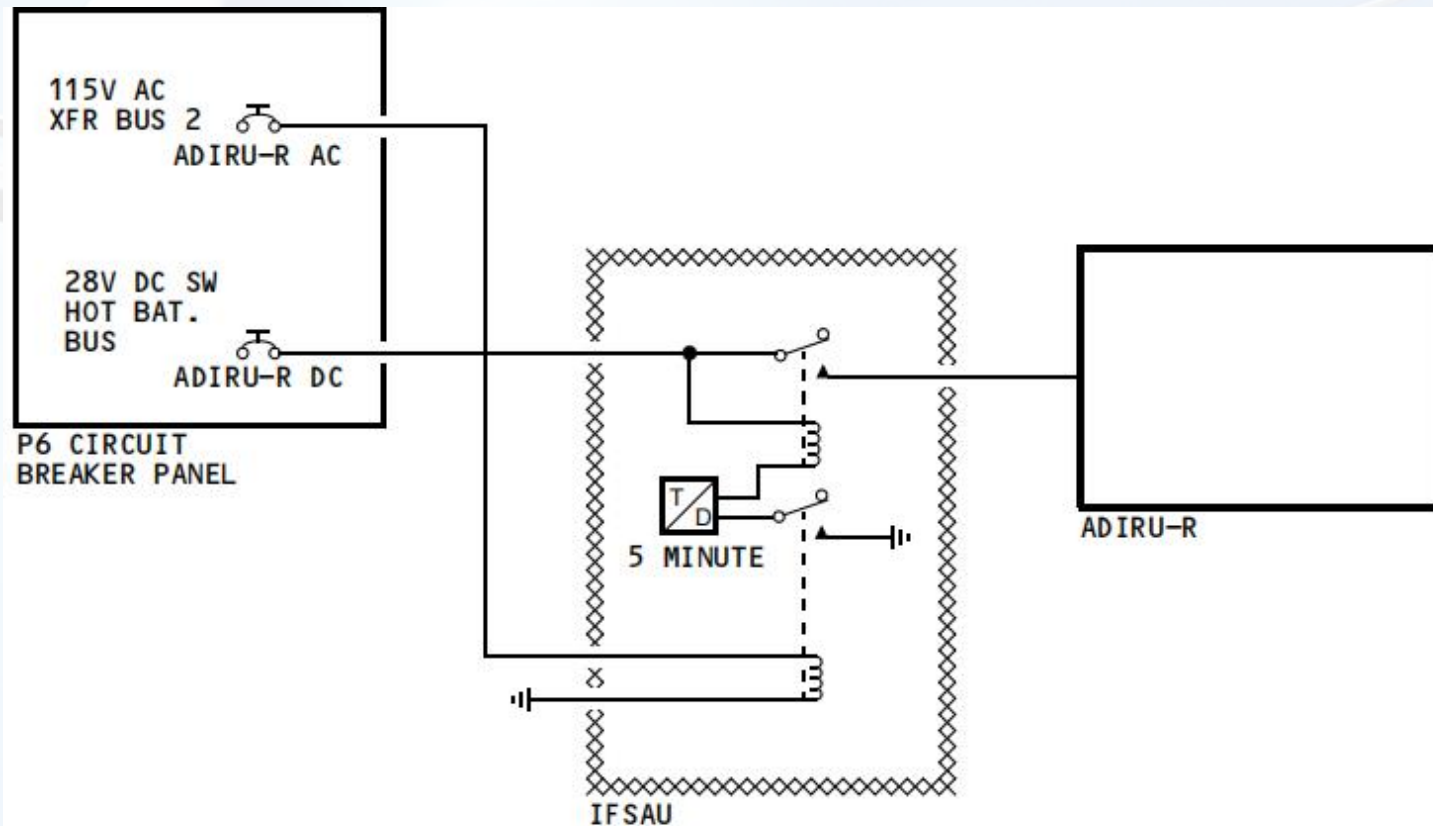
### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

##### (1) 大气数据惯性基准组件

ADIRU供电电源包括:

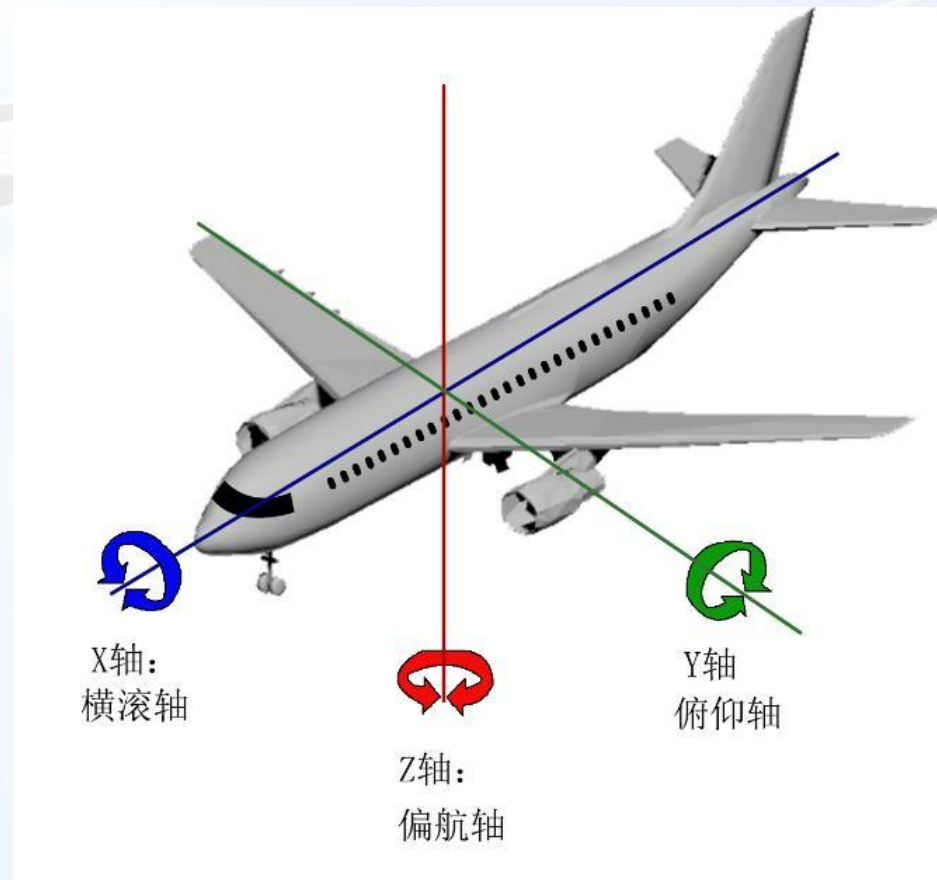
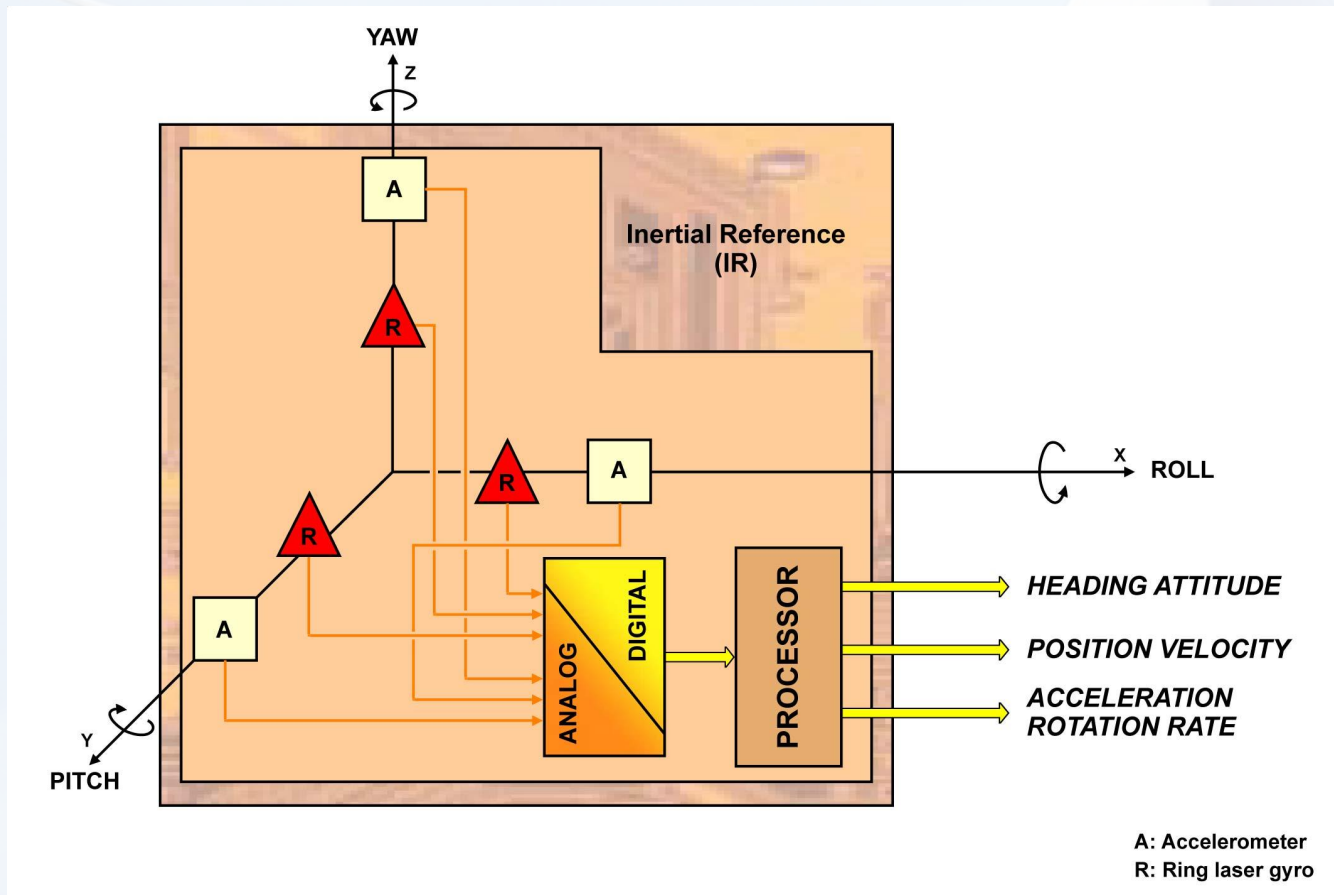
- 交流转换汇流条115V交流电
- 直流转换热电瓶汇流条28V直流电



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

##### (1) 大气数据惯性基准组件



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

#### (2) 惯性系统显示组件

ISDU:

向ADIRU提供数据输入并显示来自ADIRU的系统状态通告, 导航和维护信息

显示亮度调节

显示选择开关

系统显示开关

左显示器

右显示器



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

#### (3) 方式选择组件

MSU:

- 用于选择IRS的工作方式
- 向ADIRU发送IR模式选择指令
- 向飞行员给出ADIRS工作或故障状态的目视指示



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

#### (3) 方式选择组件

每套方式选择旋钮有四个位置，代表四种工作方式：

- ① 关断方式 (OFF) —使ADIRU不工作
- ② 校准方式 (ALIGN) —使ADIRU开始校准过程  
(不输出数据)
- ③ 导航方式 (NAV) —使ADIRU在完成校准后进入导航模式 (也可以进入校准过程)
- ④ 姿态方式 (ATT) —使ADIRU进入姿态模式



方式选择旋钮

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

#### (3) 方式选择组件

防止误操作:

- 在NAV位时, 必须拉出电门按钮才能将它转入ATT模式。
- 在ALIGN位时, 必须拉出电门按钮才能将它转入OFF位。
- 其他位置的转换不需要拉出按钮。



方式选择旋钮

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 1) 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 系统组成

#### (3) 方式选择组件

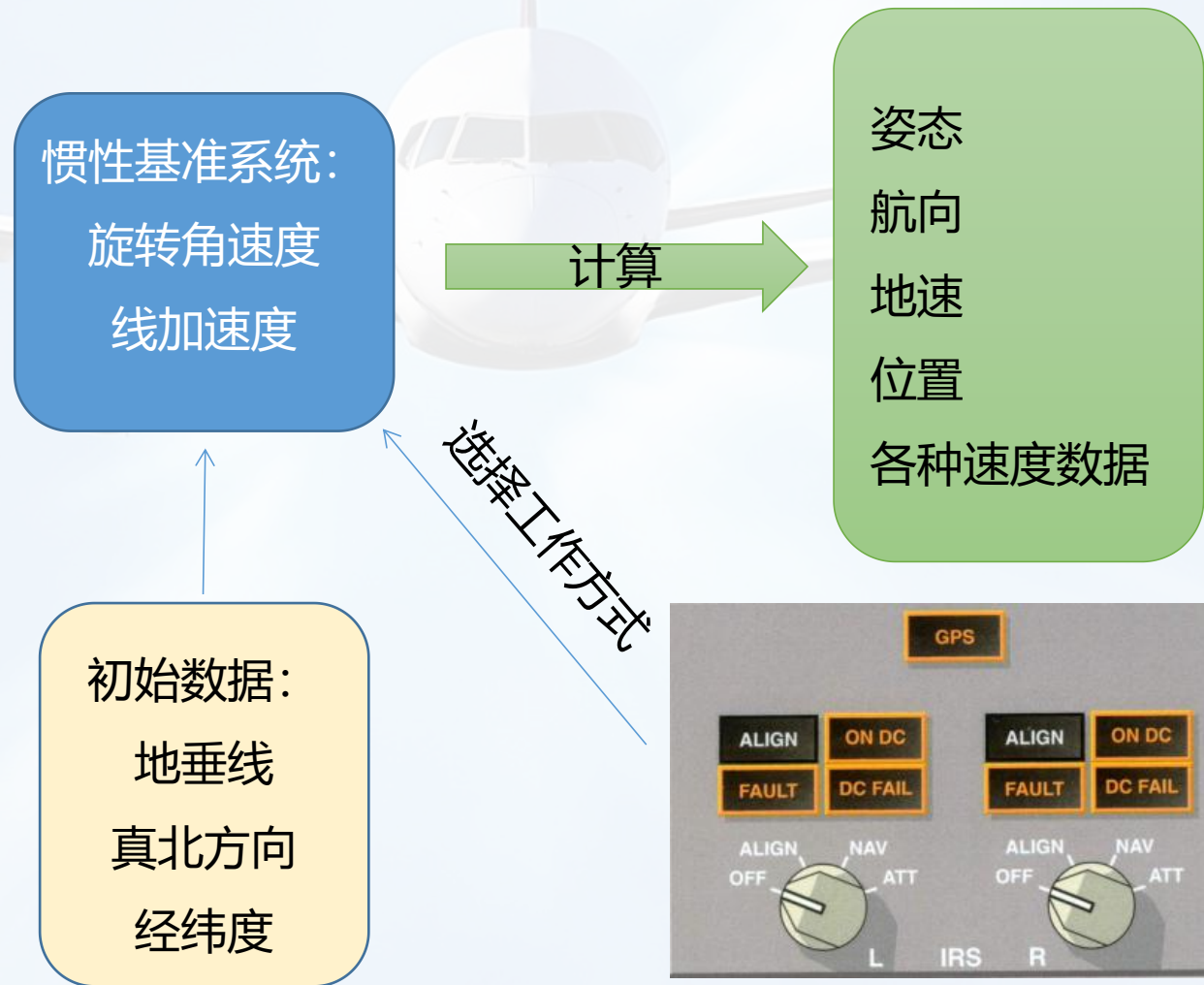
信号灯:

- 校准 (ALIGN) —校准中, 白灯一直点亮;  
需要信息, 灯会闪亮。
- 直流供电 (ON DC) —使用28V直流电, 琥珀色灯一直亮
- 系统故障 (FAULT) —IR功能失效时, 琥珀色灯一直亮
- 直流电源故障 (DC FAIL) —直流电源低于19V时, 琥珀色灯一直亮



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 2) 系统工作模式



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 2) 系统工作模式

通过方式选择组件选择惯导系统的工作方式:

- (1) 关断方式 (OFF)
- (2) 校准方式 (ALIGN)



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 2) 系统工作模式

##### 关断方式 (OFF)

惯性基准系统电源模块中没有交流和直流电源供应，系统不工作。



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 2) 系统工作模式

##### 校准方式 (ALIGN)

OFF位

ALIGN或NAV进入校准方式

计算地垂线, 真北方向和纬度

人工输入经度:  
FMC或ISDU

校准完成:

- NAV位进入导航模式
- ALIGN位 校准方式



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### 初始位置输入

- 大气数据惯性基准组件 (ADIRU) 不能计算出当前位置的经度, 在校准完成前, 必须输入当前飞机位置。
- 可使用全球定位系统 (GPS) 自动提供飞机的初始经纬度, 如果GPS无法提供飞机初始位置, 则需要人工输入。

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### 校准时间

校准时间随着纬度的升高而增加

纬度	校准时间
赤道	最小为5分钟
南北纬60度之间	小于10分钟
60度和70.2度之间	10分钟
70.2度和78.25之间	17分钟
纬度超过南北纬78.25度	无法校准

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### 校准时间



HDG/STS位，右显示器显示校准剩余时间：  
如果需要17分钟校准，前三分钟显示15，3分钟以后，显示剩余校准时间的分钟数，直至数字倒数到零，然后进入导航方式。

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### (1) 校准的基本条件

条件1: 校准期间, 飞机需要处于静止状态

若飞机移动:

- 校准方式自动结束

- ISDU显示状态码3

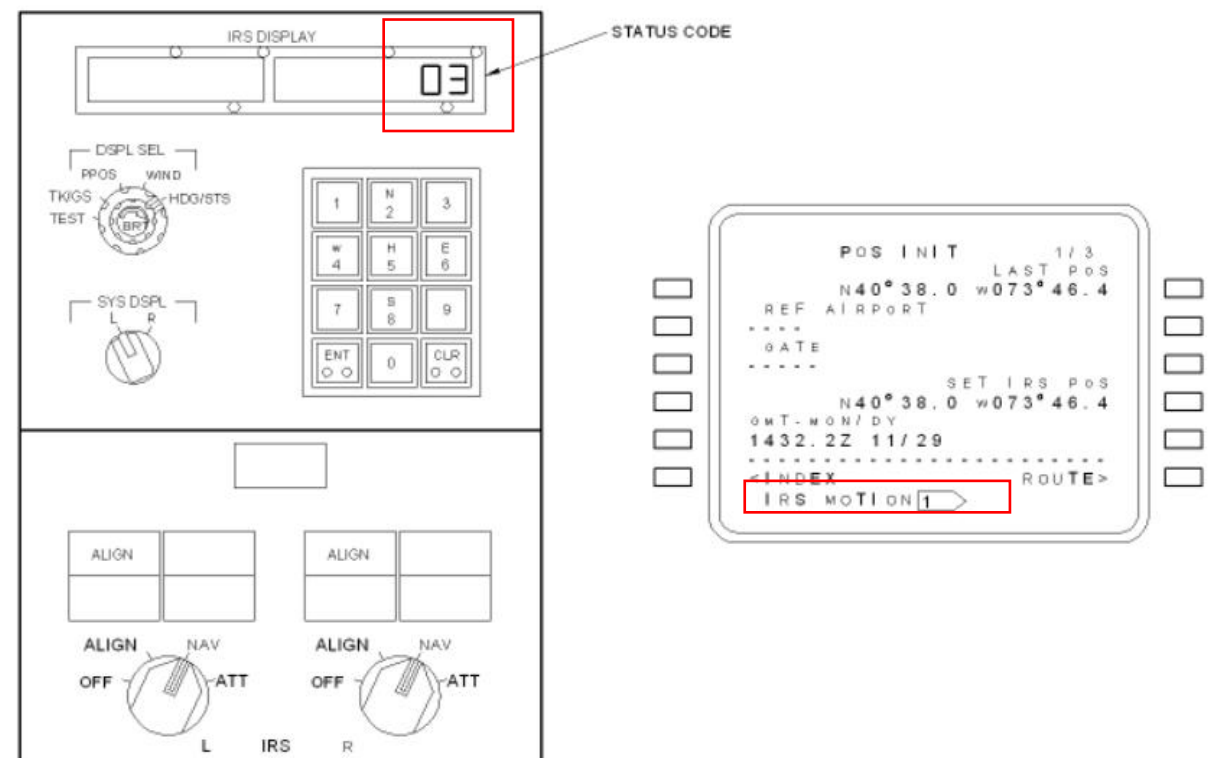
- CDU便签栏内显示IRS MOTION

30秒后, 再次检测移动, 若移动停止:

- 新的校准将开始,

- 状态码3消失,

- 按压CDU上的CLR键消除IRS MOTION信息



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

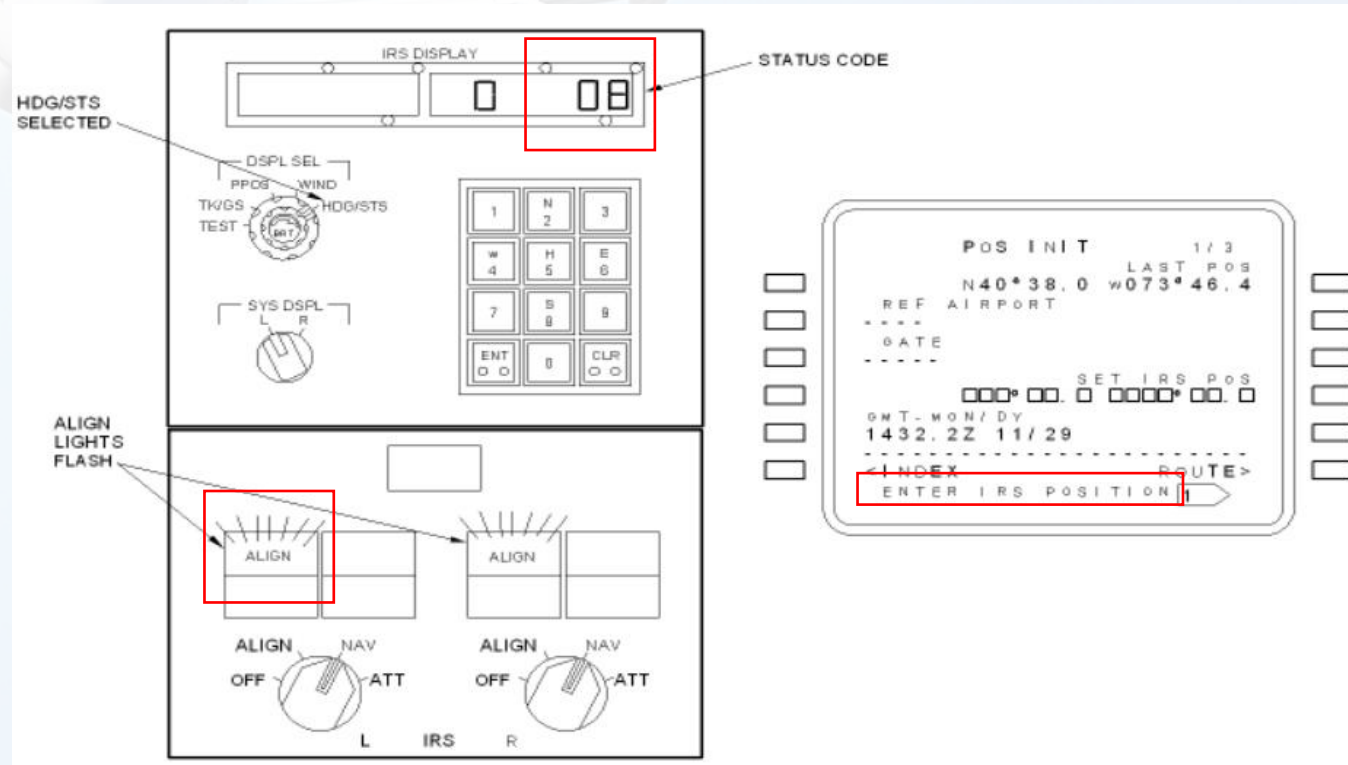
##### (1) 校准的基本条件

条件2: 校准期间必须输入当前位置

校准过程结束, 当前位置未被输入:

- ALIGN指示灯闪亮
- 在ISDU上出现状态码8
- CDU便签栏内显示EVTER IRS POSITION

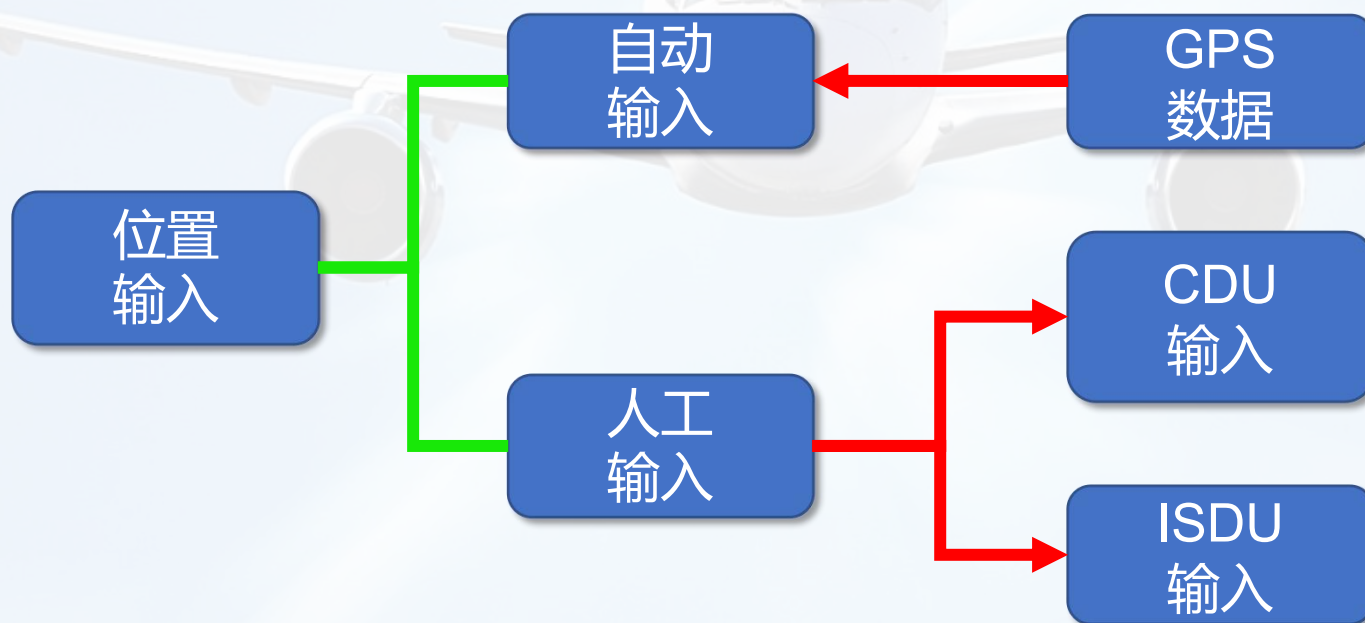
当输入初始位置后, 所有现象消失



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### (2) 初始位置的输入方法



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### (2) 初始位置的输入方法

##### CDU输入法

摁压INIT / REF进入位置初始化页 (POS INIT)

此页面有5种方式输入经纬度:

第一种是输入飞机最后的位置;

第二种是输入登机门的位置;

第三种是输入基准机场位置;

第四种是通过CDU键盘直接输入基准位置;

第五种是输入GPS位置。



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 3) 惯导校准过程

##### (2) 初始位置的输入方法

##### ISDU输入法

惯性基准系统当前位置可利用ISDU键盘为ADIRU输入当前位置数据。



### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

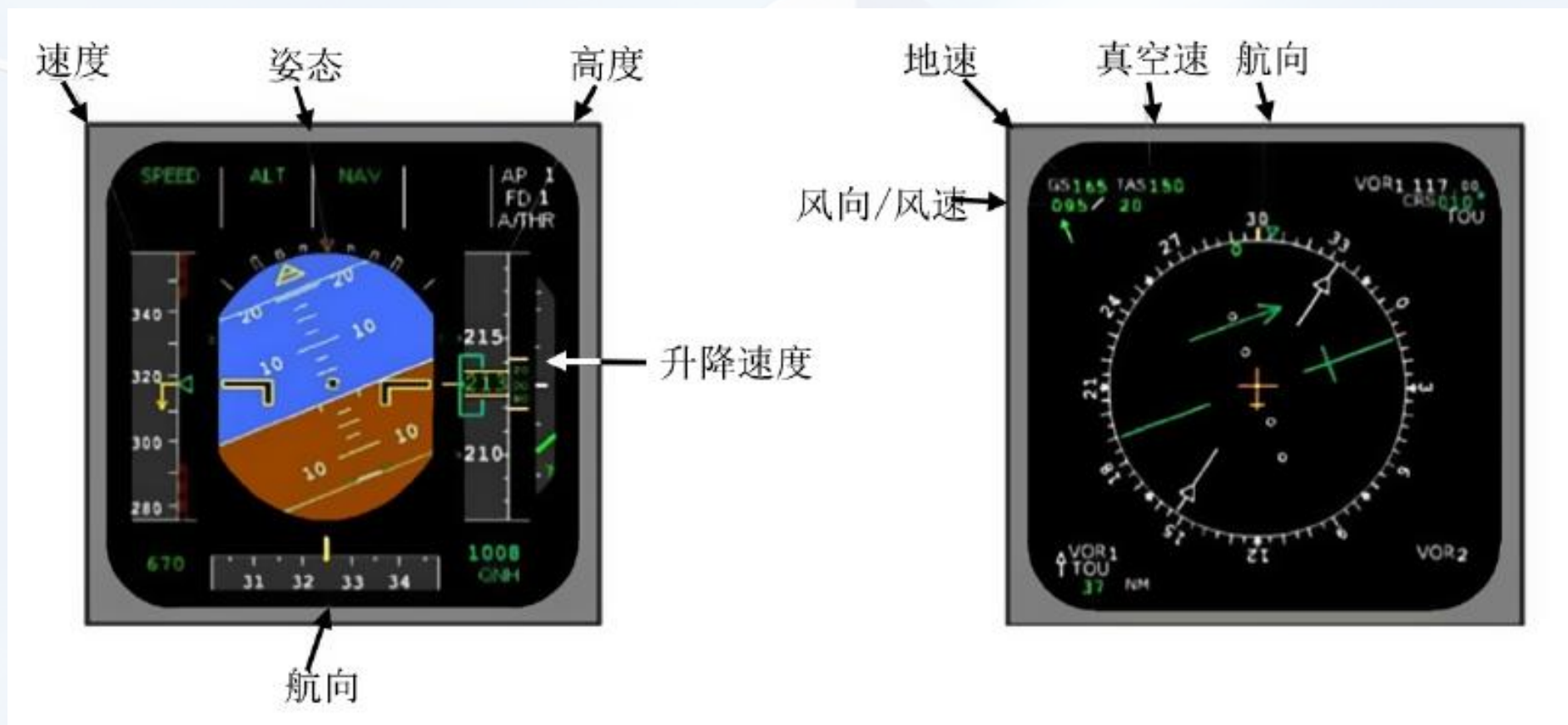
#### 4) 惯导参数的显示

惯性参数有三种显示方式:

- (1) 正常显示: PFD和ND上显示各种信息数据, 比如姿态, 升降速度, 航向/航迹, 风向/风速, 地速, 真空速和位置数据等。
- (2) 无计算数据显示: PFD和ND上显示的数据, 刻度, 指针消失, 或以虚线表示, 来说明当前惯性基准系统处于无计算数据状态。
- (3) 无效显示: PFD和ND上以故障指示旗的形式显示无效的惯性基准数据。

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

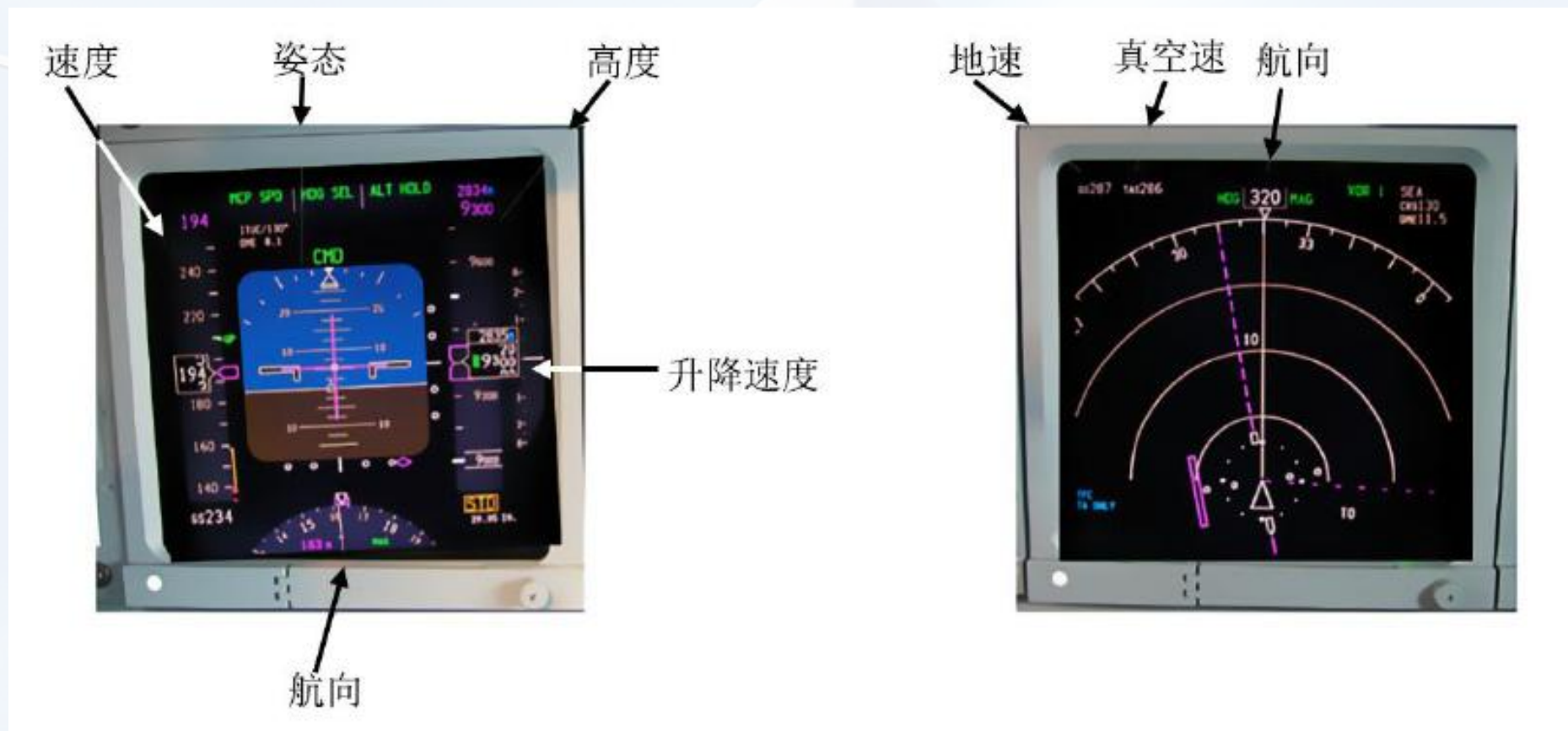
#### 4) 惯导参数的显示



空客飞机

### 3 大气数据惯性基准系统 (ADIRU) 基本组成、工作模式、惯导校准过程

#### 4) 惯导参数的显示



波音飞机

# 小结:

1. 大气数据惯性基准系统的基本组成;
2. 系统的工作模式;
3. 惯导校准基本条件;
4. 惯导参数的显示。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and engines. The aircraft is facing forward.

### 3.3.17.3 无线电导航系统

# 目录

- 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作
- 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作
- 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作
- 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作
- 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作
- 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作  
未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, facing forward.

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作



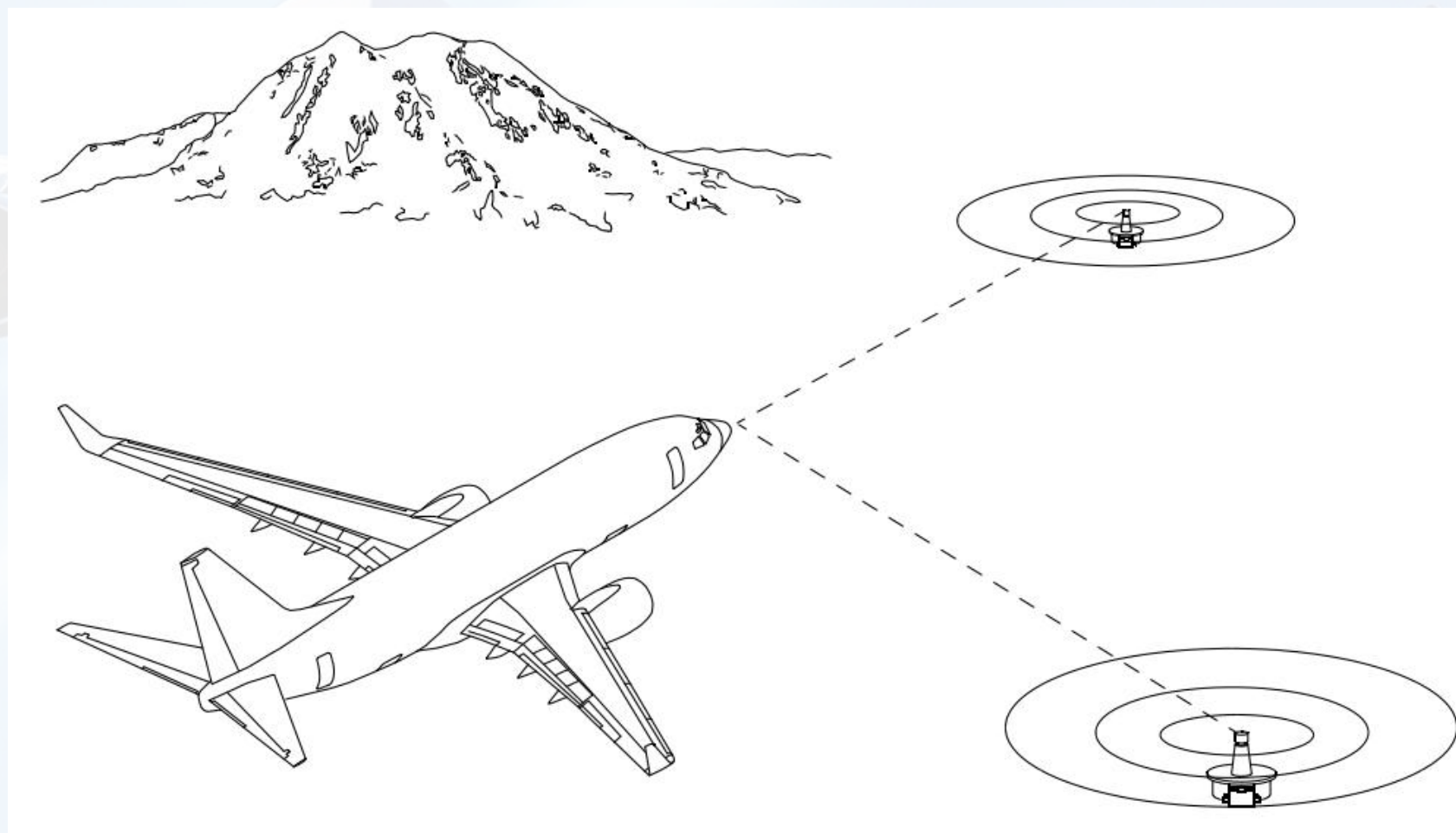
# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式

### 工作原理:

由机载天线和接收机接收、解码并处理来自地面VOR台发送的甚高频频段的全向和定向两种信号，然后确定飞机与VOR塔台的相对方位。

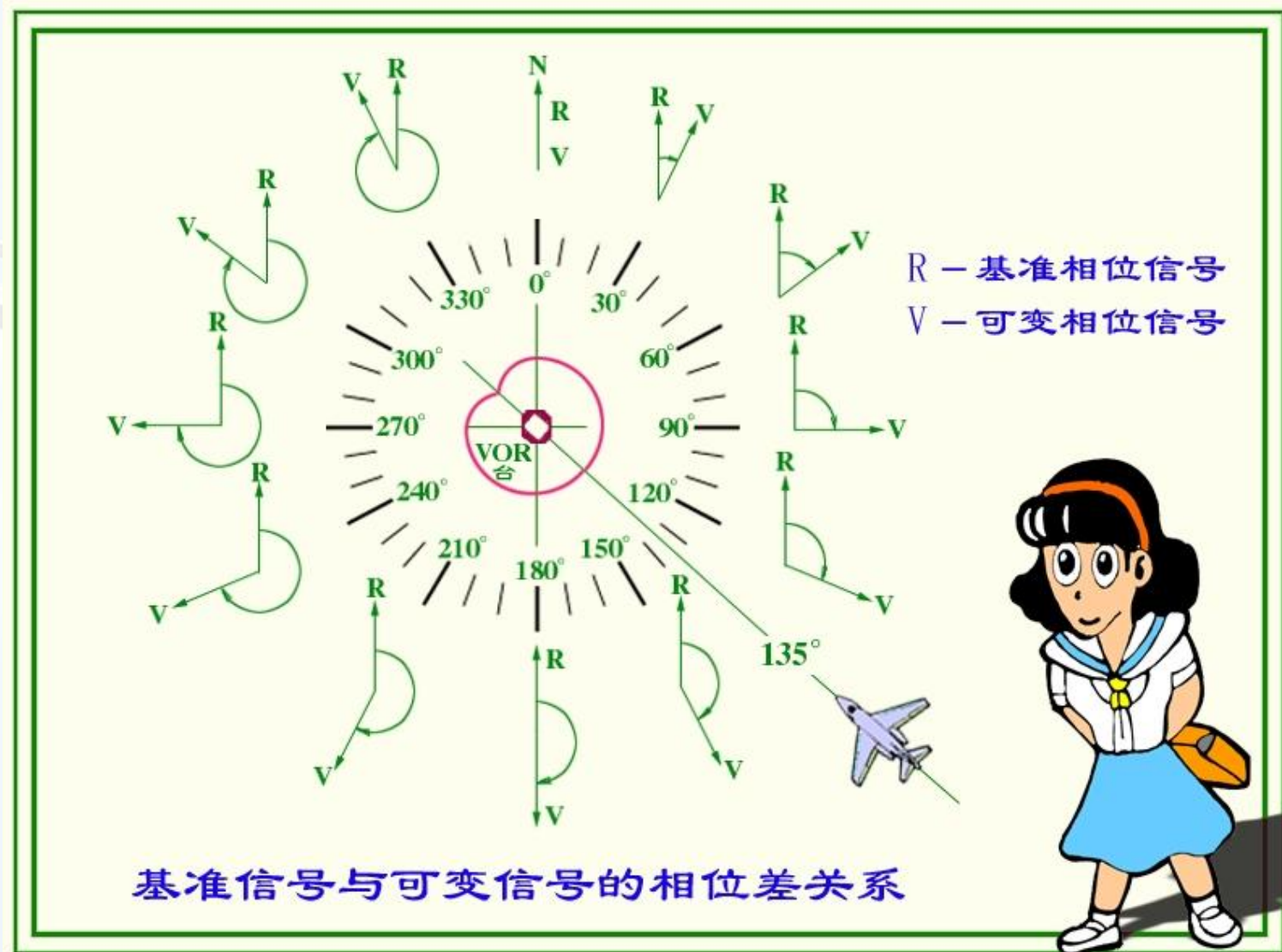
VOR: VHF OMNIDIRECTIONAL RANGING



# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式

- 全向信号 (调频信号)
- 定向信号 (调幅信号)
- 飞机磁方位: 比较全向信号和定向信号的相位差, VOR塔台磁北方向顺时针到塔台与飞机连线的夹角
- VOR方位角: 飞机磁北方向到飞机与塔台连线的夹角 = 飞机磁方位 + 180度



# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式

VOR方位角:

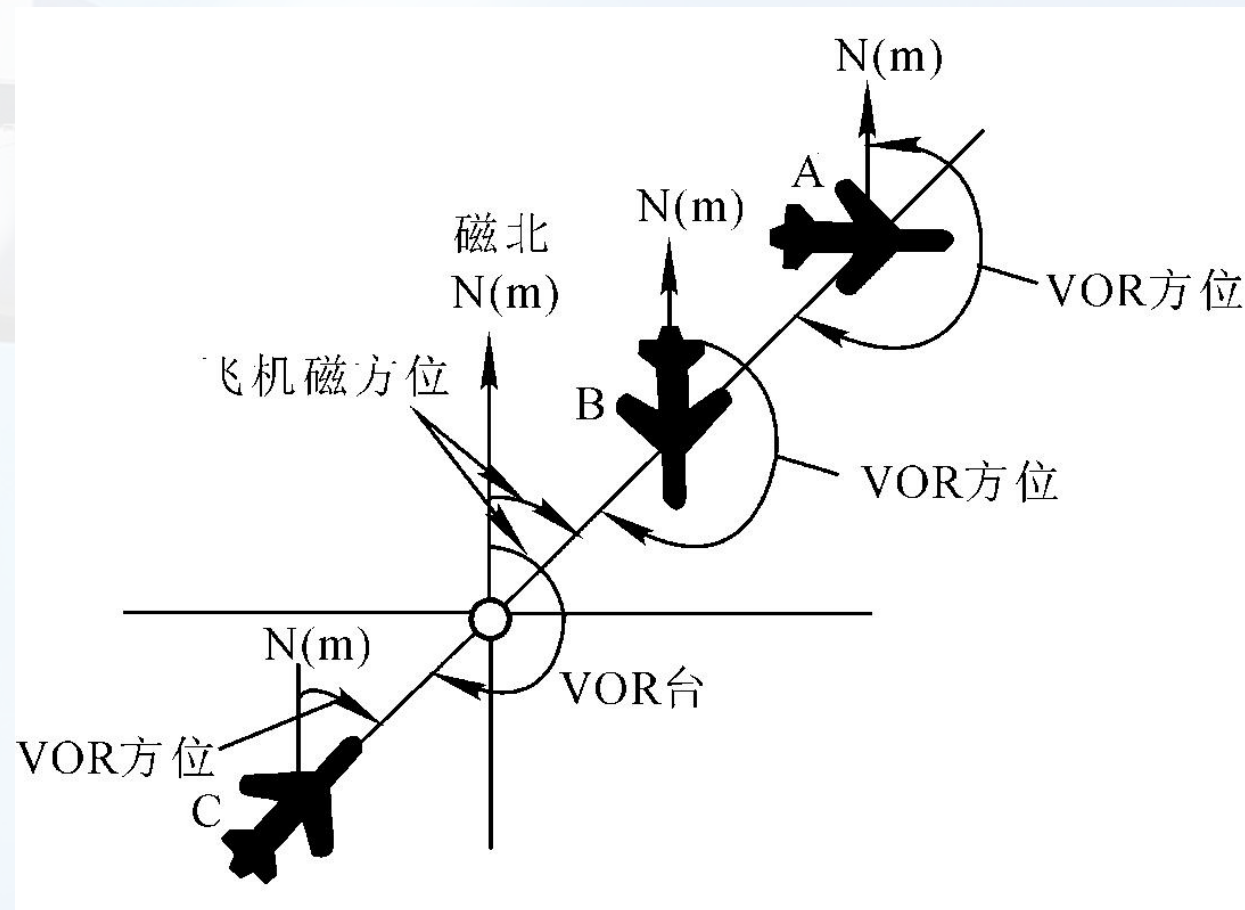
以飞机为基准来观察VOR台在地理上的方位。

从飞机所在位置的磁北方向顺时针测量到飞机与VOR台连线之间的夹角

飞机磁方位:

以VOR台为基准观察飞机相对VOR台的磁方位。

从VOR台的磁北方向顺时针测量到VOR台与飞机连线之间的夹角



# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式



常规VOR地面台



多普勒VOR地面台

常见的VOR地面台

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

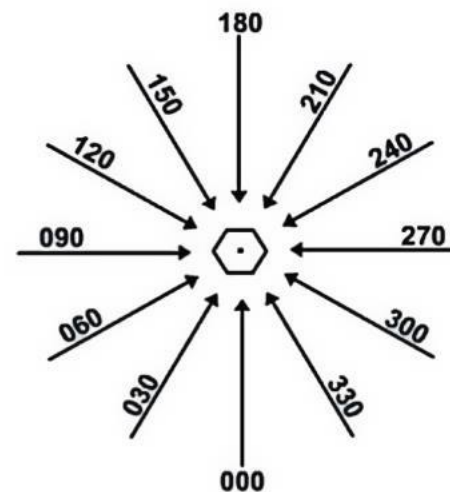
## 1) 自动VOR模式



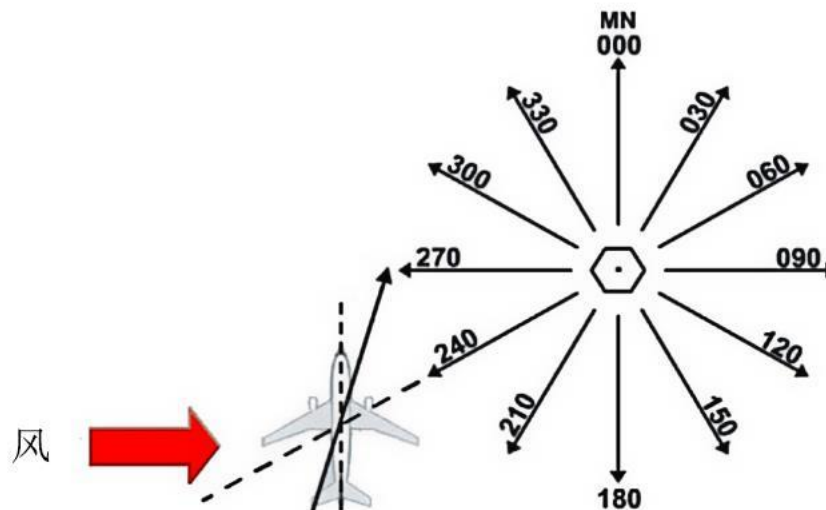
无线电指示器 VOR1号指针



VOR2号指针



VOR方位角



VOR径向线

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式

**SELECTED COURSE**      **VOR INFORMATION**

GS 155 TAS 150  
160/15

VOR1 117.70  
CRS 235°  
TOU

VOR1  
TOU  
37 NM

**ND**

**LATERAL DEVIATION AND THE ARROW GIVING THE TO/FROM INDICATION**

**BEARING POINTER**

**EFIS CONTROL PANEL (13VU)**

CSTR WPT VOR.D NDB ARPT

8 8 8 0  
10 15

In Hg h Pa

PULL STD

FD LS

ROSE NAV ARC

LS VOR ADF VOR ADF VOR

20 40 80 160 320

PLAN 10

ADF OFF ADF OFF

**BEARING POINTER (VOR1)**

**DDRMI**

37.0

DME-L DME-R

ROV VOR

ADF ADF

**FLIGHT REPRESENTATION**

N

CRS 235°

BEACON

FROM

TO

HEADING 210°

BEARING 192°

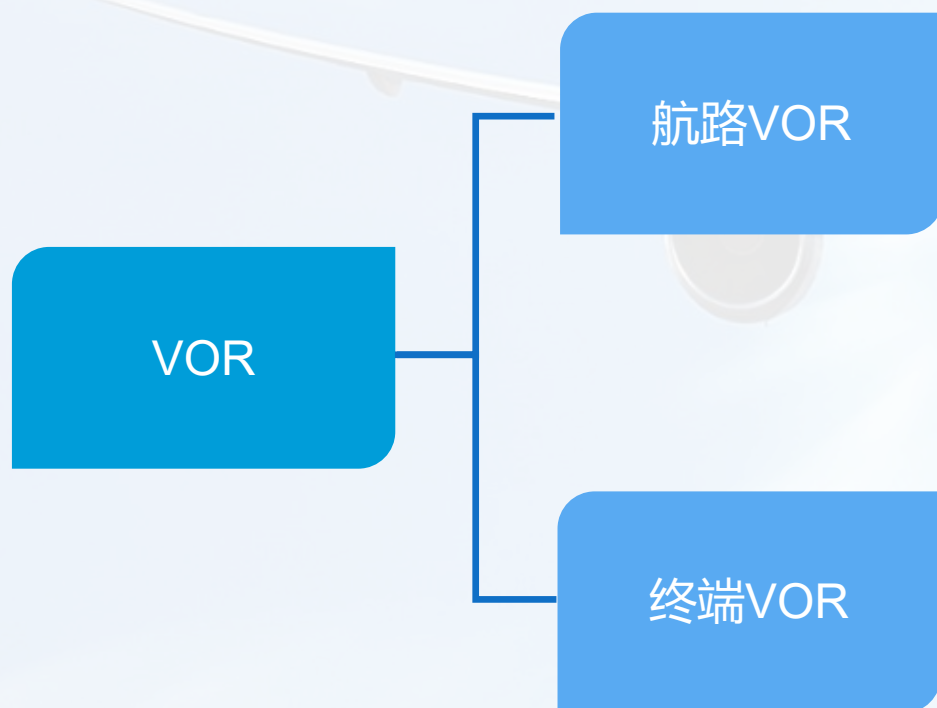
CRS: Course



此图中VOR方位角是多少度?

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 1) 自动VOR模式



工作频率：108.00-111.95Mhz,频率间隔0.05Mhz, 十分位为偶数, 共有40个波道, 发射功率约50瓦, 信号覆盖范围约25海里

工作频率为112.0-117.95Mhz, 频率间隔0.05Mhz, 共有120个波道, 发射功率约200瓦, 信号覆盖范围和飞机飞行高度有关, 最远可以服务约200海里

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

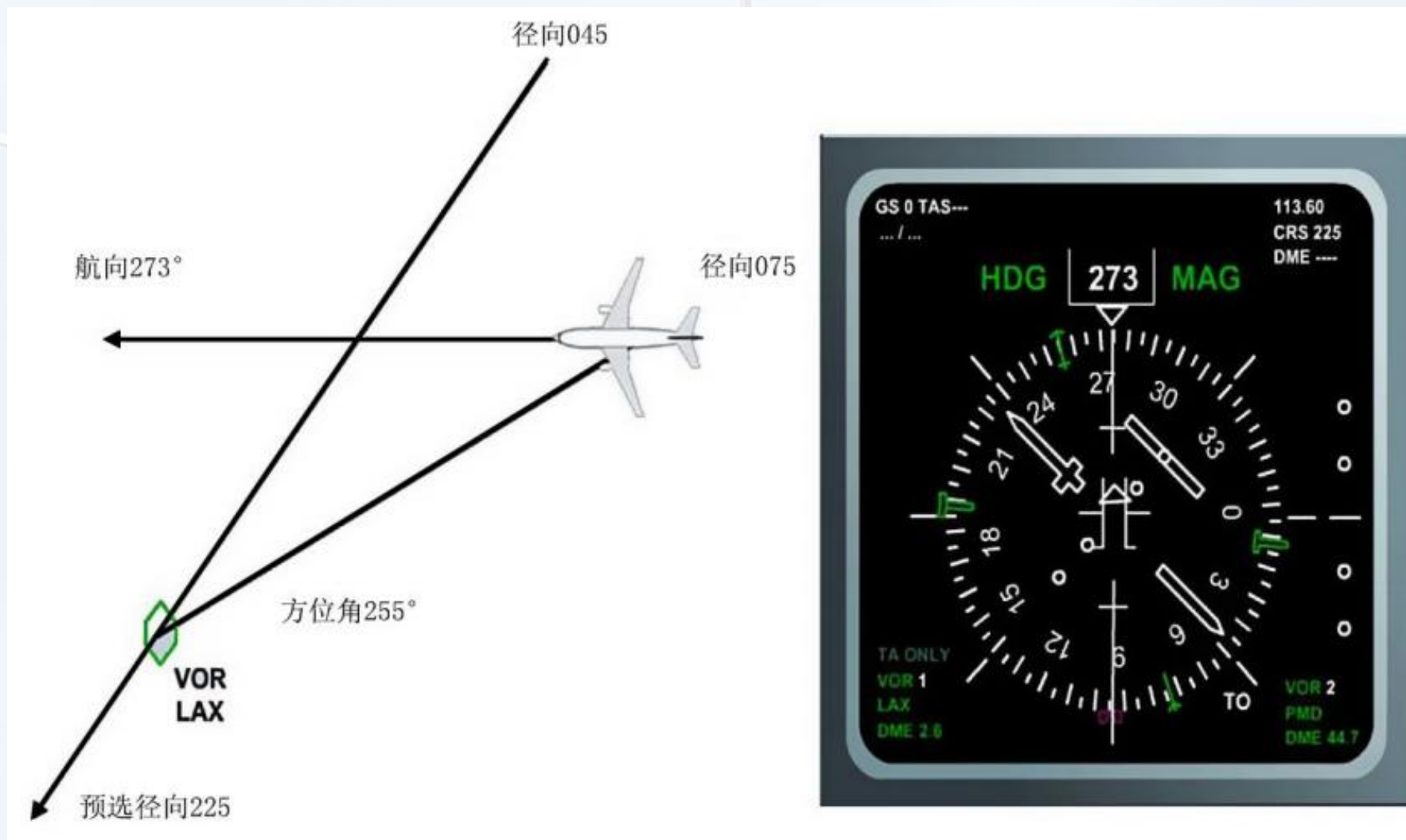
## 2) 人工VOR模式

- 操作：机组人工MCDU或模式控制面板MCP上设置预选航道
- 显示：在ND或电子水平位置指示器EHSI上可以看到飞机所在的位置和预选航道的偏差指示，这个偏差叫VOR偏差，用一个移动的偏差条表示。



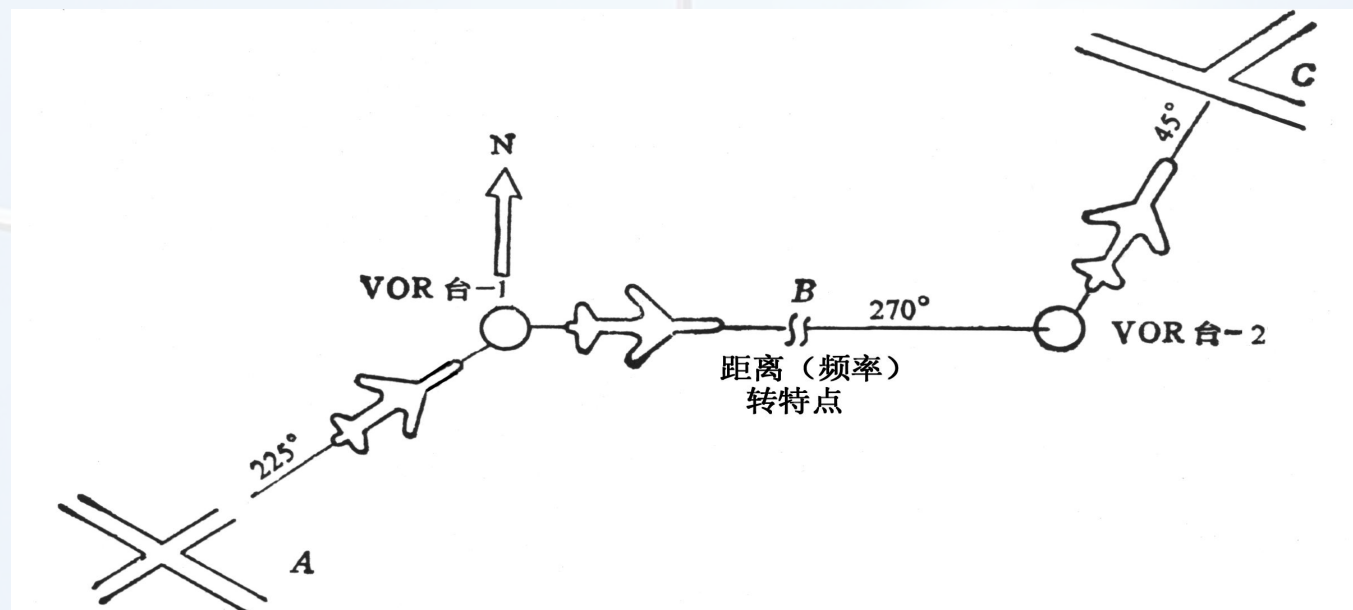
# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 2) 人工VOR模式



# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 2) 人工VOR模式



- (1) 飞机沿 $225^{\circ}$ 方位线飞向 (To) VOR 台-1;
- (2) 飞机沿 $90^{\circ}$ 方位线飞离 (From) VOR 台-1;
- (3) 飞机沿 $270^{\circ}$ 方位线飞向 (To) VOR 台-2;
- (4) 飞机沿 $45^{\circ}$ 方位线飞离 (From) VOR 台-2;

# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 3) VOR系统的组成部件

- 两套VOR系统
- 两个接收机
- 一个天线 (两个射频发射器)
- FMS或导航控制面板: 频率
- ACP面板: 音频数据
- ND/无线电磁指示器: 显示



# 1 甚高频全向导航 (VOR) 系统组成及工作

## 4) VOR测试



# 小结:

1. 自动VOR模式原理;
2. 人工VOR模式原理;
3. VOR系统的基本组成部件;
4. VOR系统的测试: 操作测试、地面测试、系统测试。

A large, faint, light-colored image of a commercial airplane from a front-on perspective, centered in the upper half of the slide.

## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

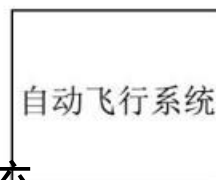


## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 1) ILS功能简介

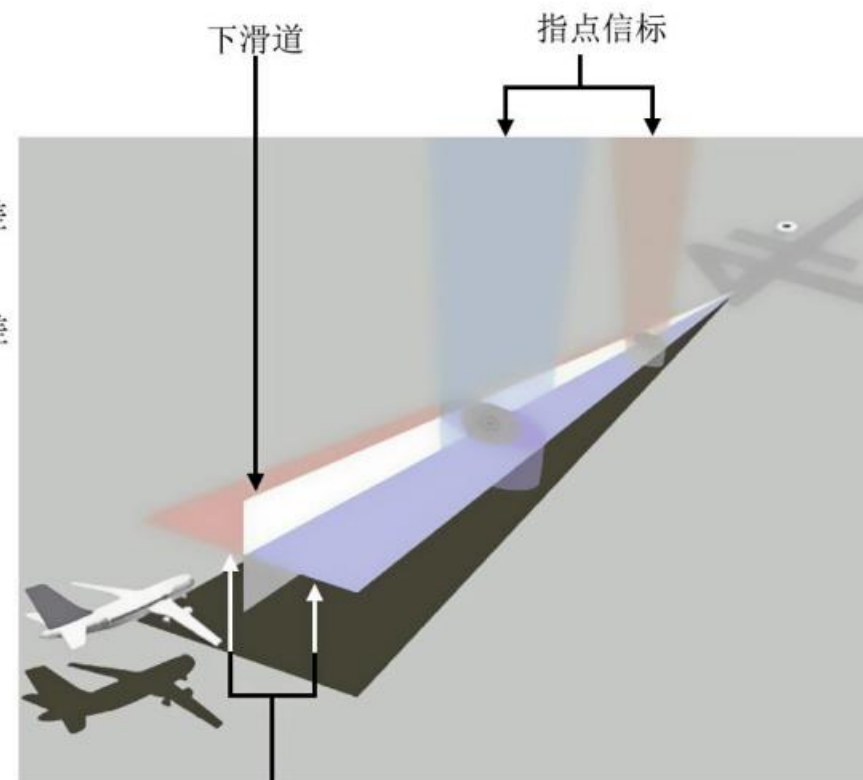
仪表着陆系统：接收来自地面的航向道和下滑道天线发射的信号，为飞机提供精准的水平 and 垂直的位置数据，帮助进近的飞机准确的降落在跑道上。

- 数据显示在：
  - 主飞行参数显示器PFD
  - 导航显示器ND
  - 综合备用飞行指示器ISFD上
- 数据传输给飞行管理系统和自动飞行系统



← 航向道偏差

← 下滑道偏差



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 1) ILS功能简介



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 2) 航向道系统LOC

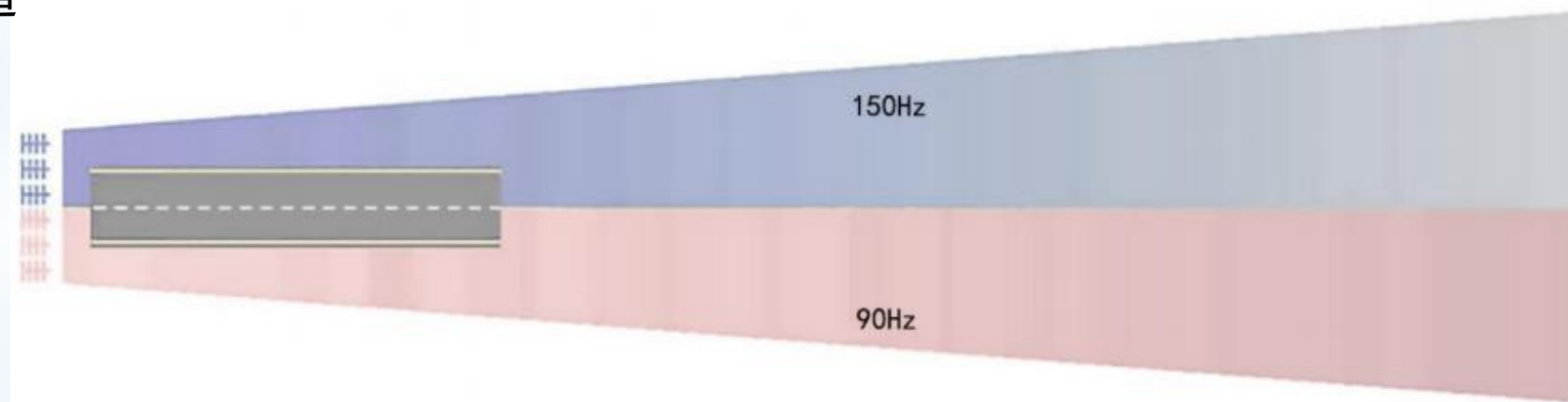
工作频段:

108.0-111.95Mhz

频率间隔为0.05 Mhz

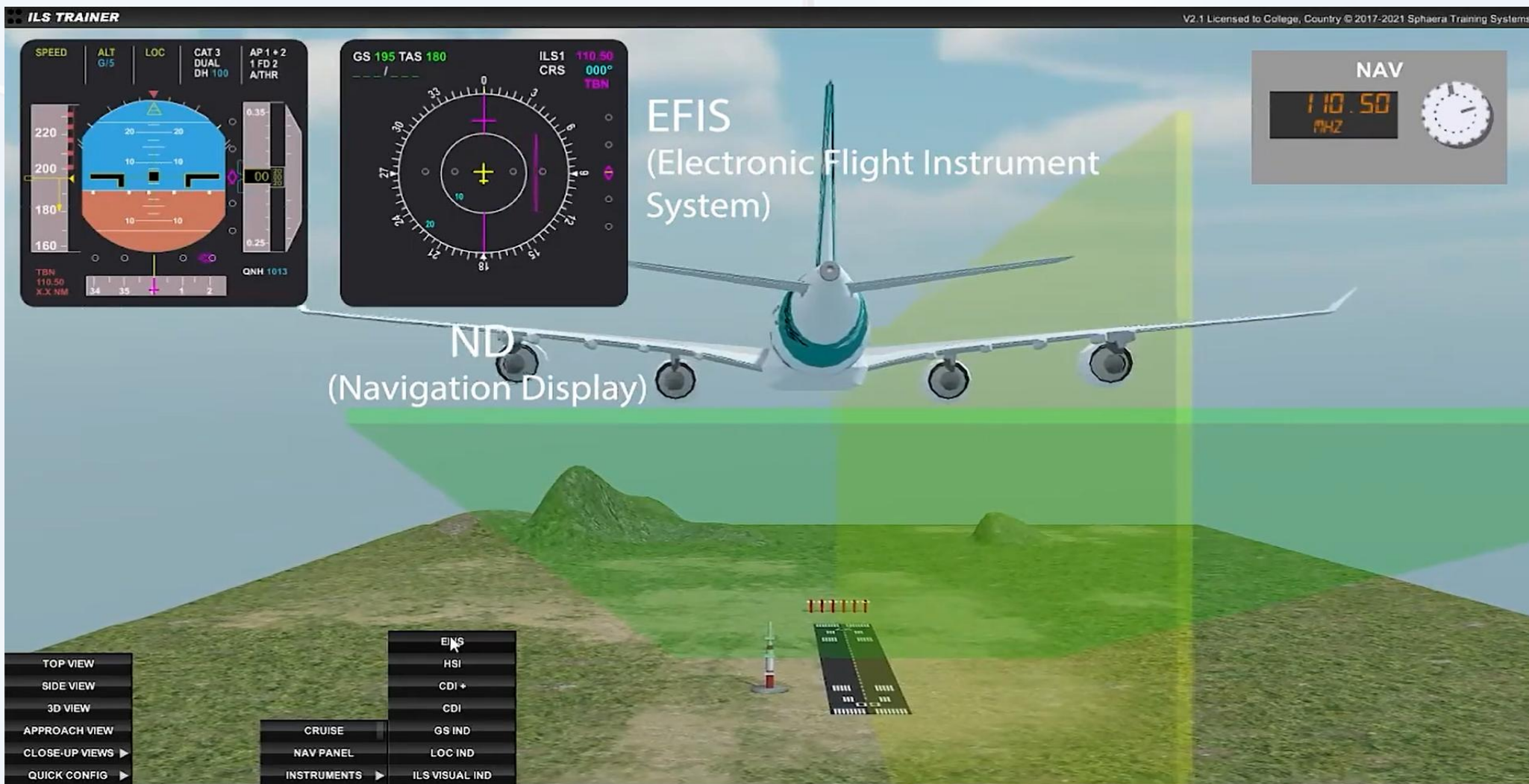
十分位为奇数, 共40个波道

108. 10-111. 95MHz



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

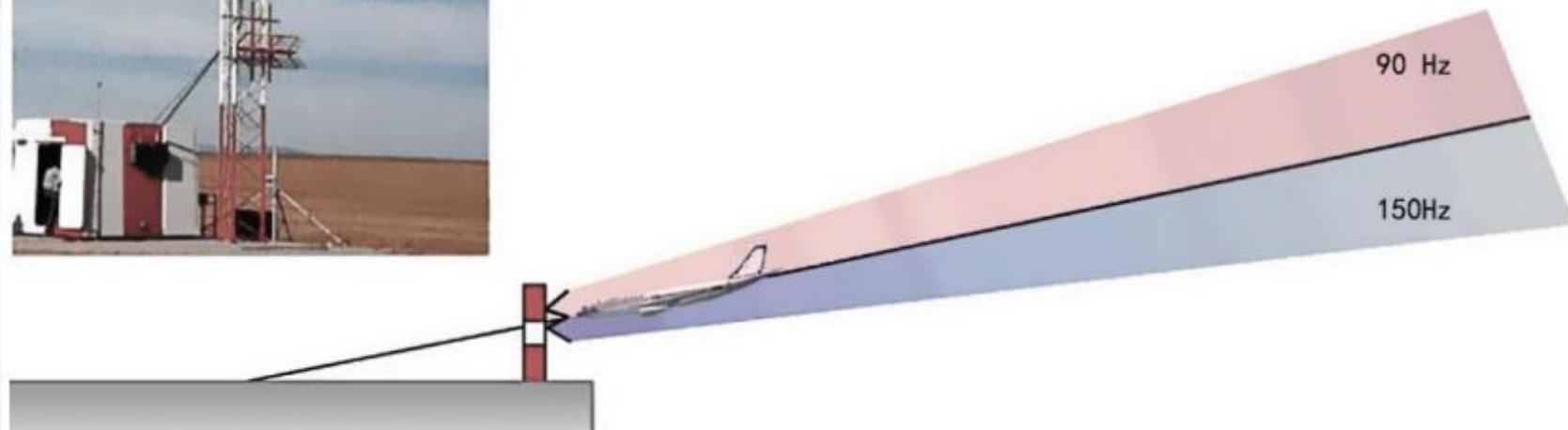
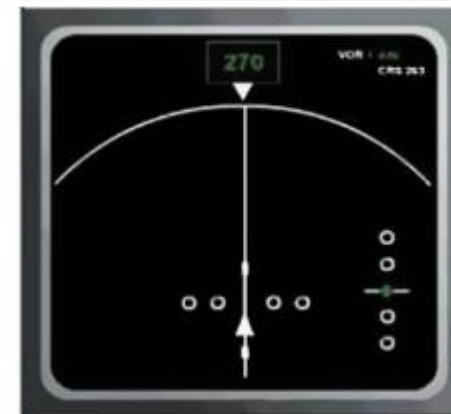
### 2) 航向道系统LOC



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

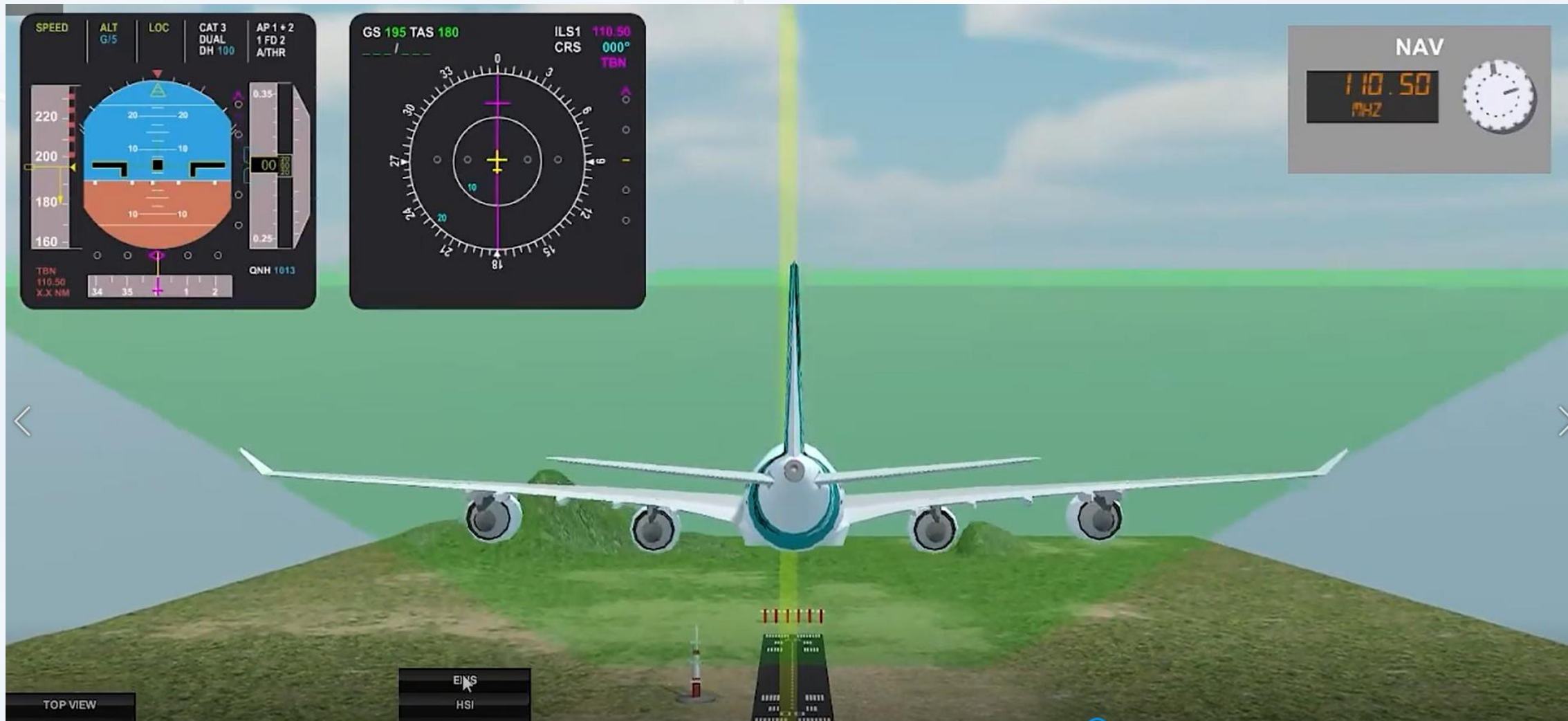
### 3) 下滑道G/S

- 下滑道台工作频率：  
329.15—335MhzUHF波段
- 频率间隔：150Khz,共有40个波道



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 3) 下滑道G/S



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 4) 仪表着陆系统的调谐

系统组成:

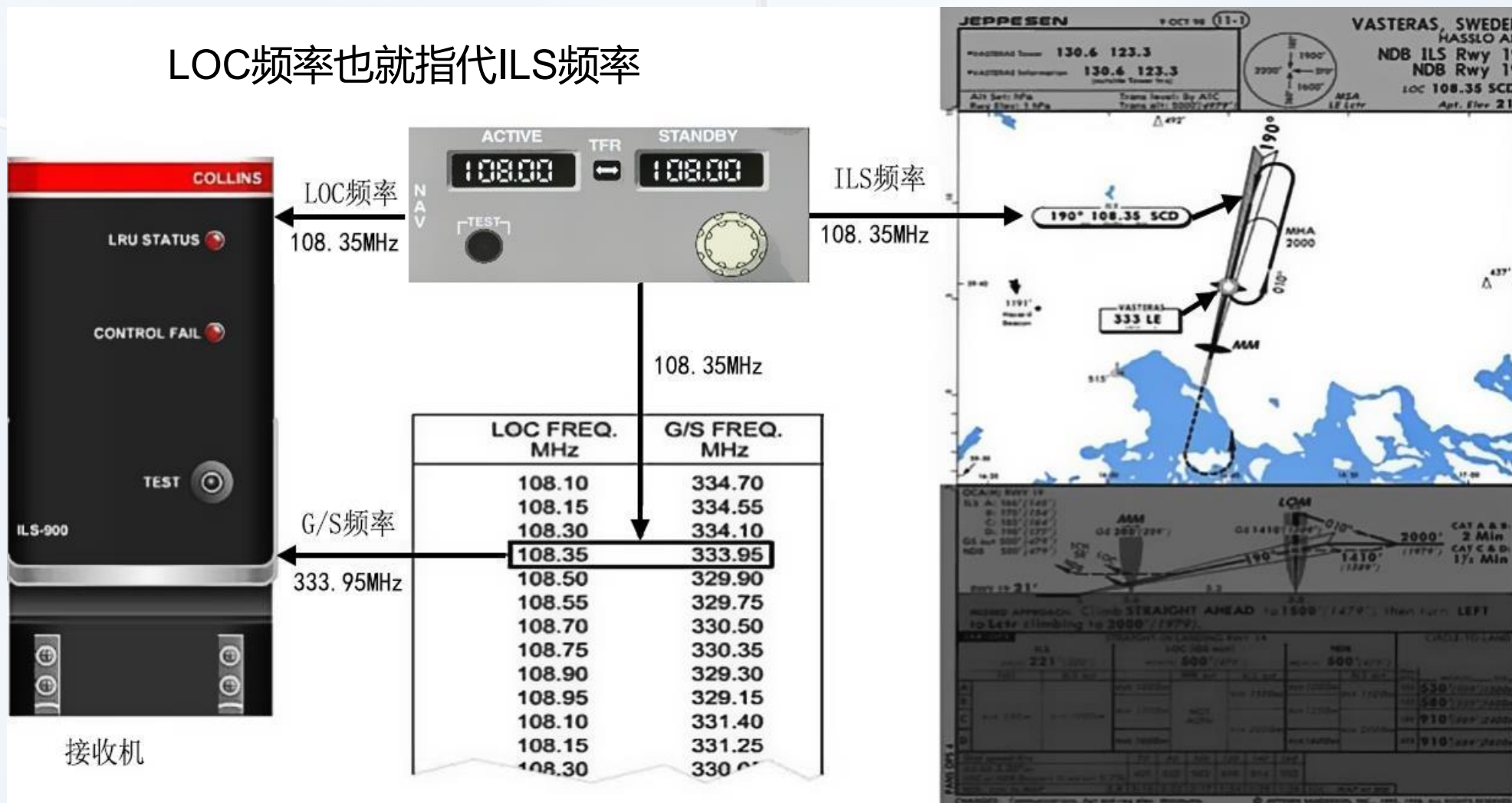
- 2套或3套的仪表着陆系统
- 接收机 (航向道组件、下滑道组件)
- 天线 (雷达罩内ILS天线、垂尾VOR)



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 4) 仪表着陆系统的调谐

LOC频率也就指代ILS频率



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 4) 仪表着陆系统的调谐



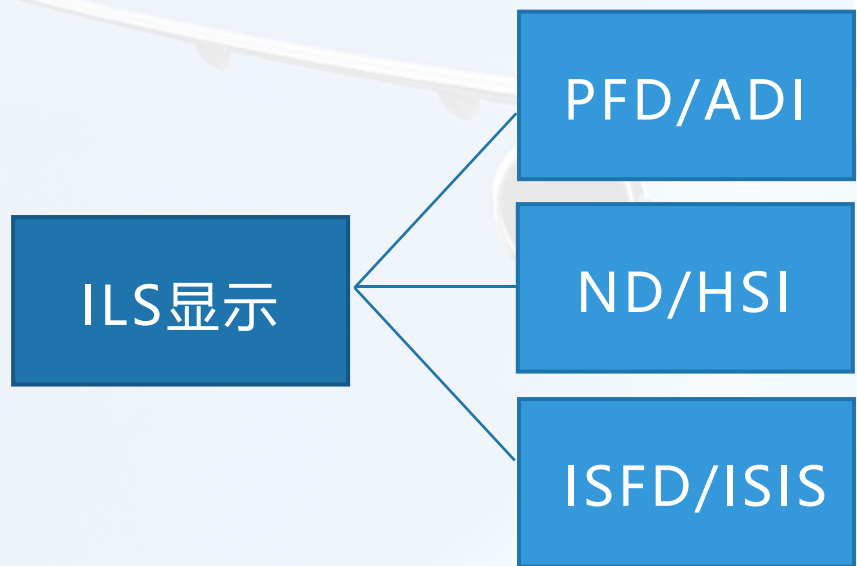
波音：导航控制面板



空客：无线电控制面板RMP

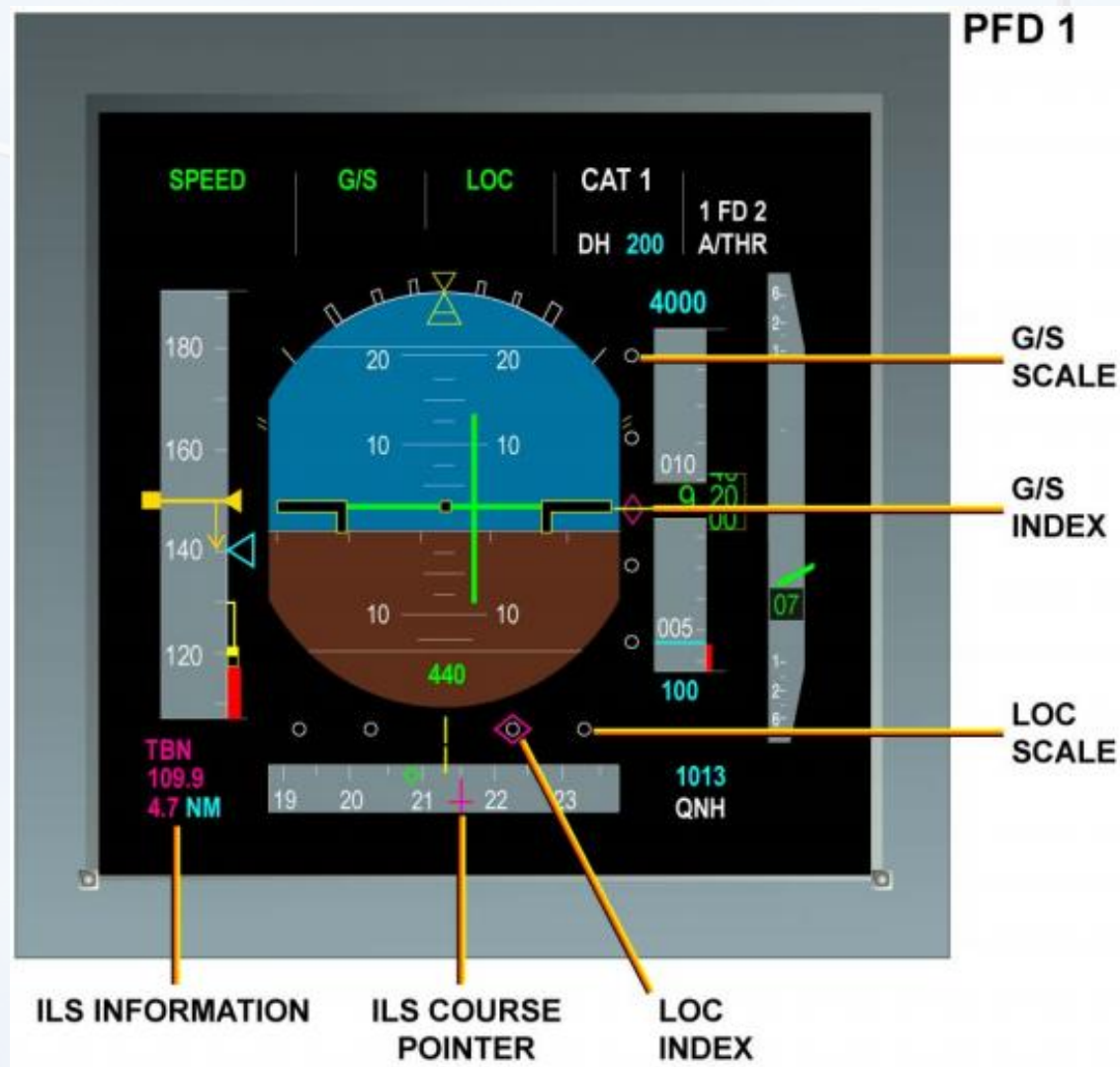
## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 5) 仪表着陆系统的显示



## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 5) 仪表着陆系统的显示

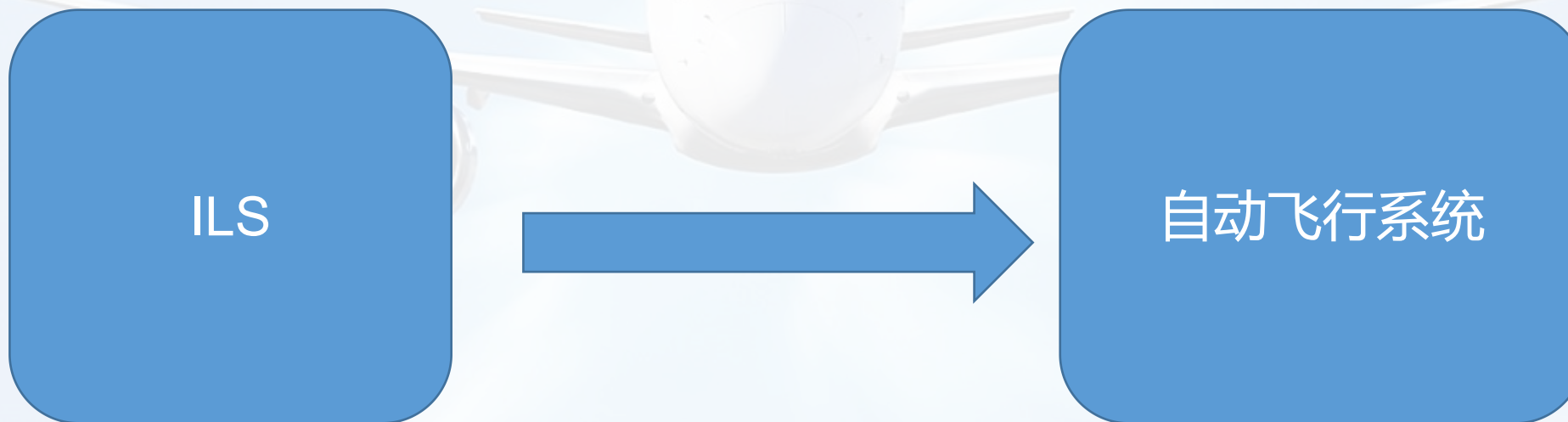


PFD上的信息包含:

- 地面LOC台的频率
- 识别代码
- 距离跑道的距离 (MARKER BEACON)
- 航向道和下滑道的偏离刻度 (品红菱形)

## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 5) 仪表着陆系统的显示



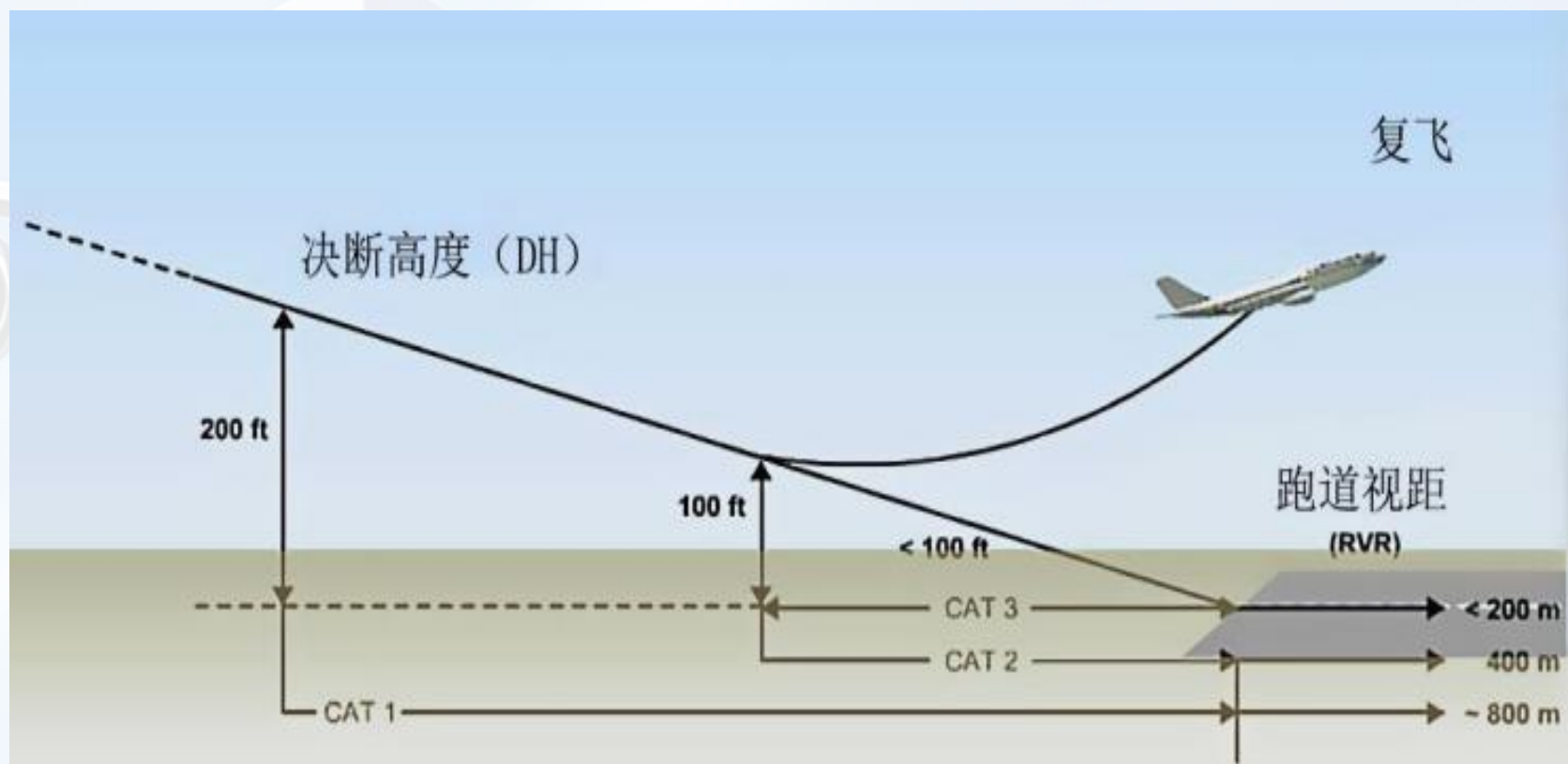
## 2 仪表着陆系统 (ILS) 系统组成及工作

### 5) 仪表着陆系统的显示

当机组在规定的长度内没有看清跑道，必须在决断高度前复飞。

三类着陆标准：

- CAT 1
- CAT 2
- CAT 3



## 小结:

1. 仪表着陆系统的作用;
2. 航向道系统的工作原理;
3. 下滑道系统的工作原理;
4. ILS系统的频率调谐;
5. ILS系统的显示。

### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作



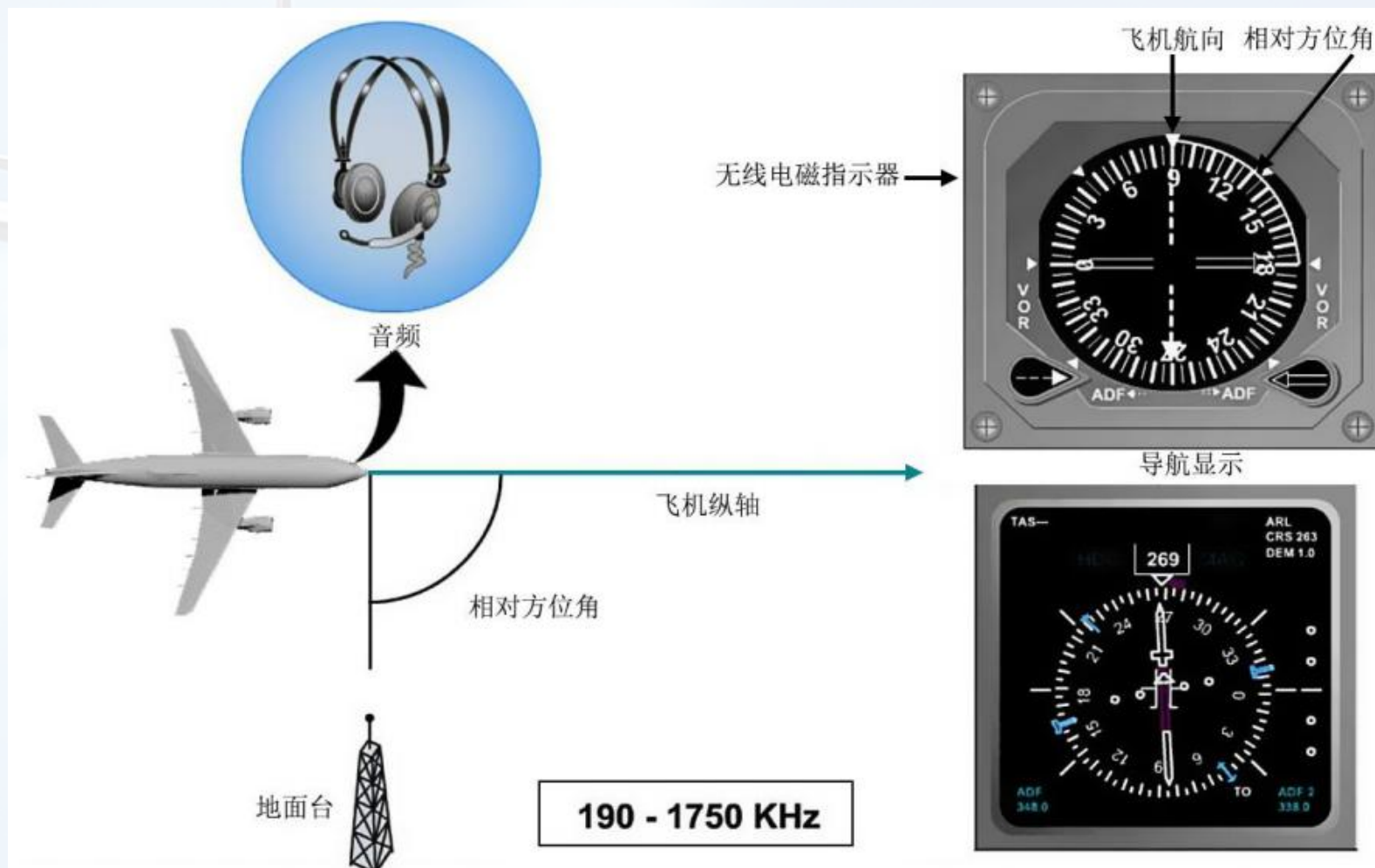
### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 1) 自动定向仪简介

##### ADF功能

- 接收机接收来自地面NDB台发射的190到1750千赫兹信号的无线电信号，计算飞机到地面台的相对方位角，显示ND和RMI上。
- 接收来自地面NDB台发送的音频广播信号，用于识别导航台。

ADF:Automatic Direction Finder



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 1) 自动定向仪简介



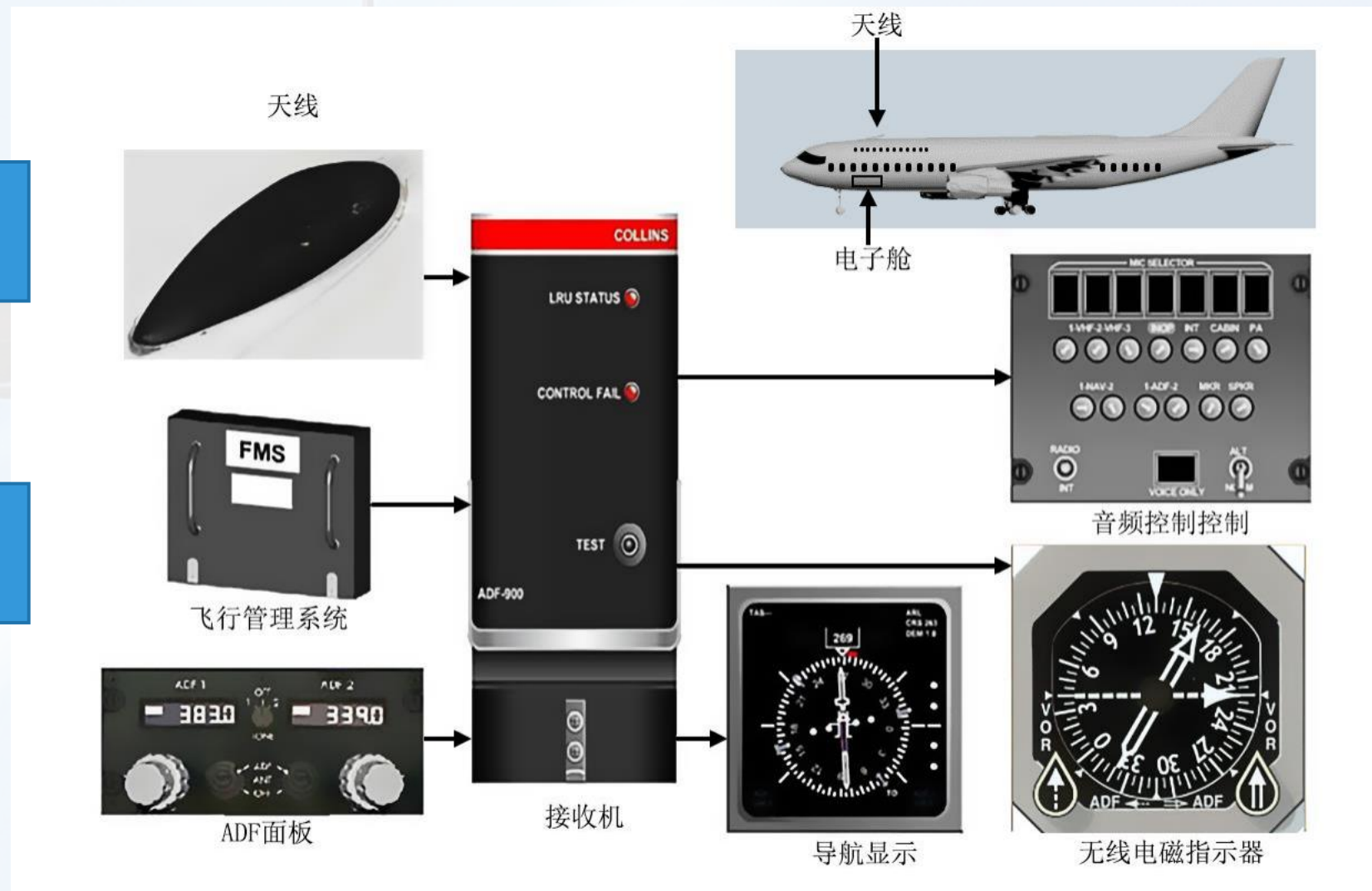
### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 1) 自动定向仪简介

ADF系统

天线

接收机



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 1) 自动定向仪简介

频率调谐:

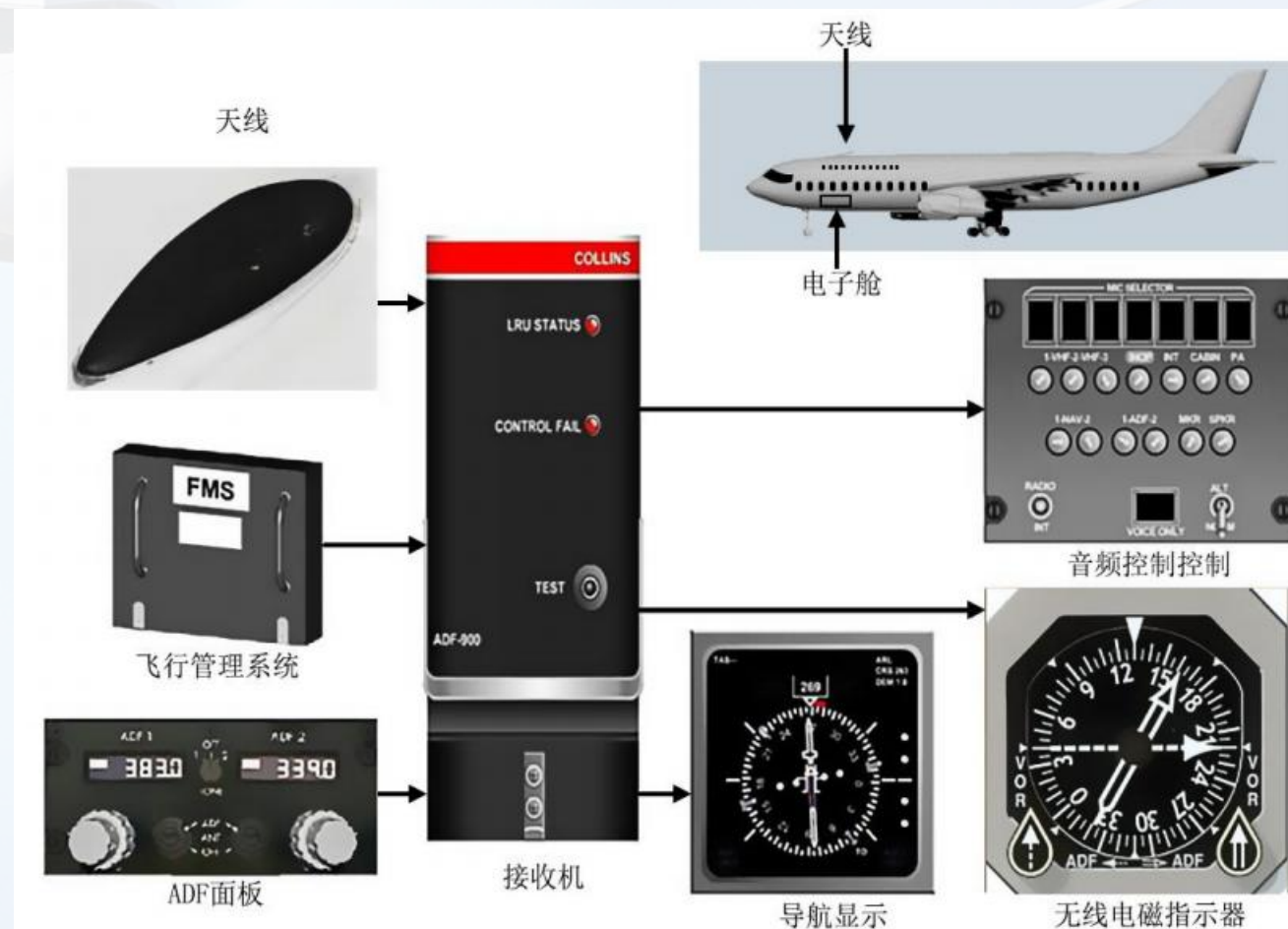
- FMS自动
- ADF控制面板人工输入

显示:

- ND
- 无线电磁指示器

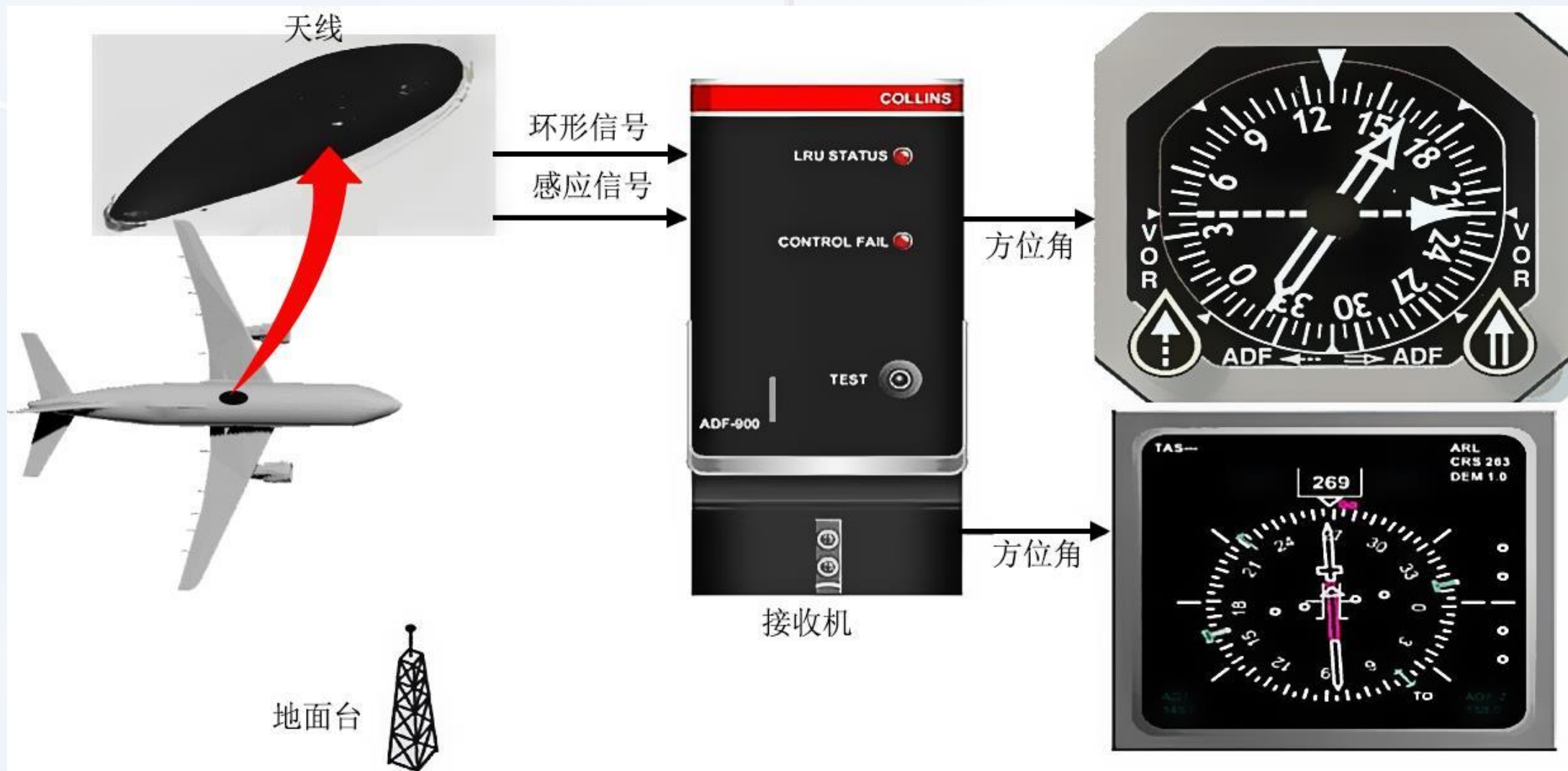
音频:

- ACP面板



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 2) 自动定向仪原理



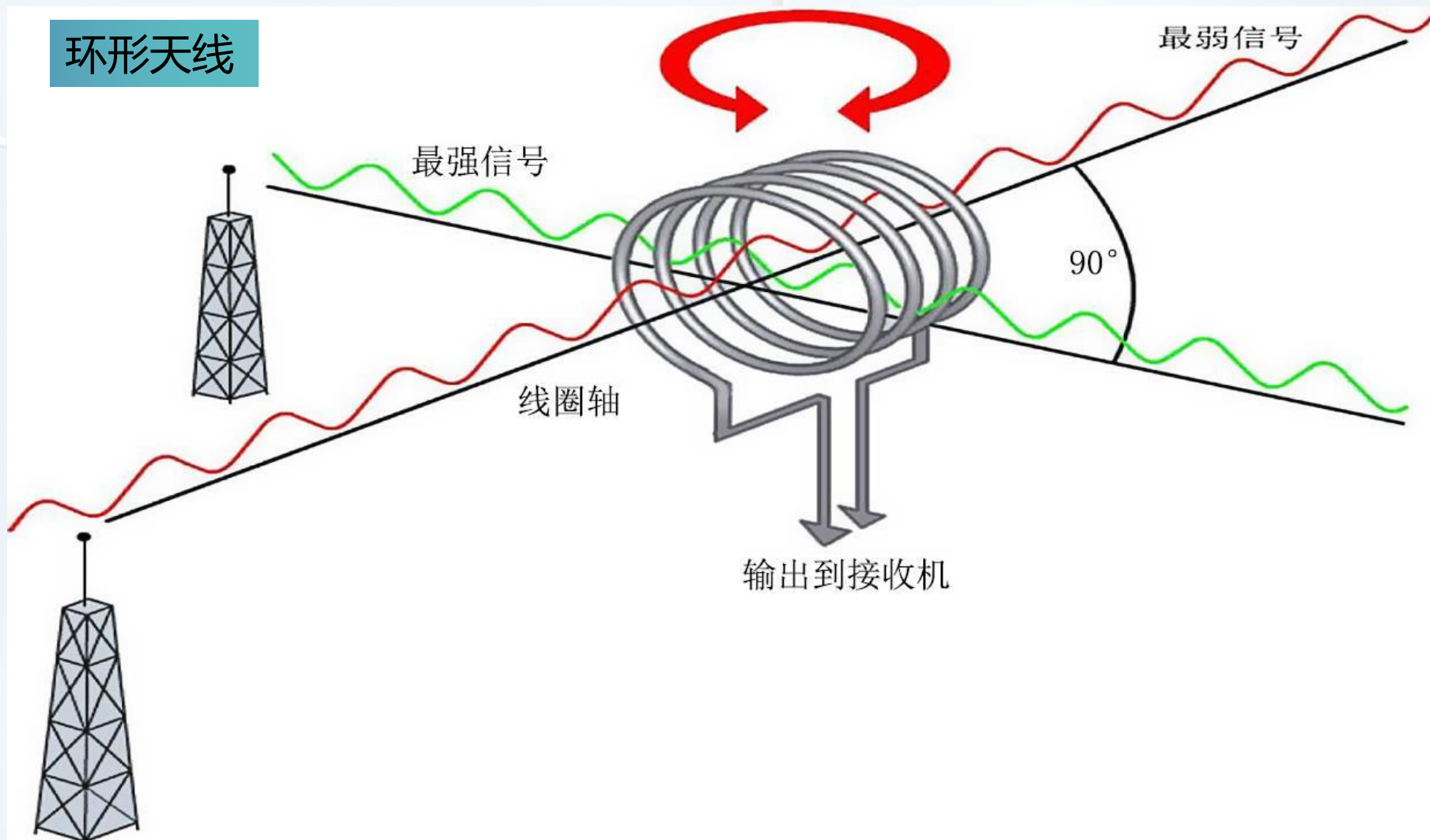
### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 3) ADF天线



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

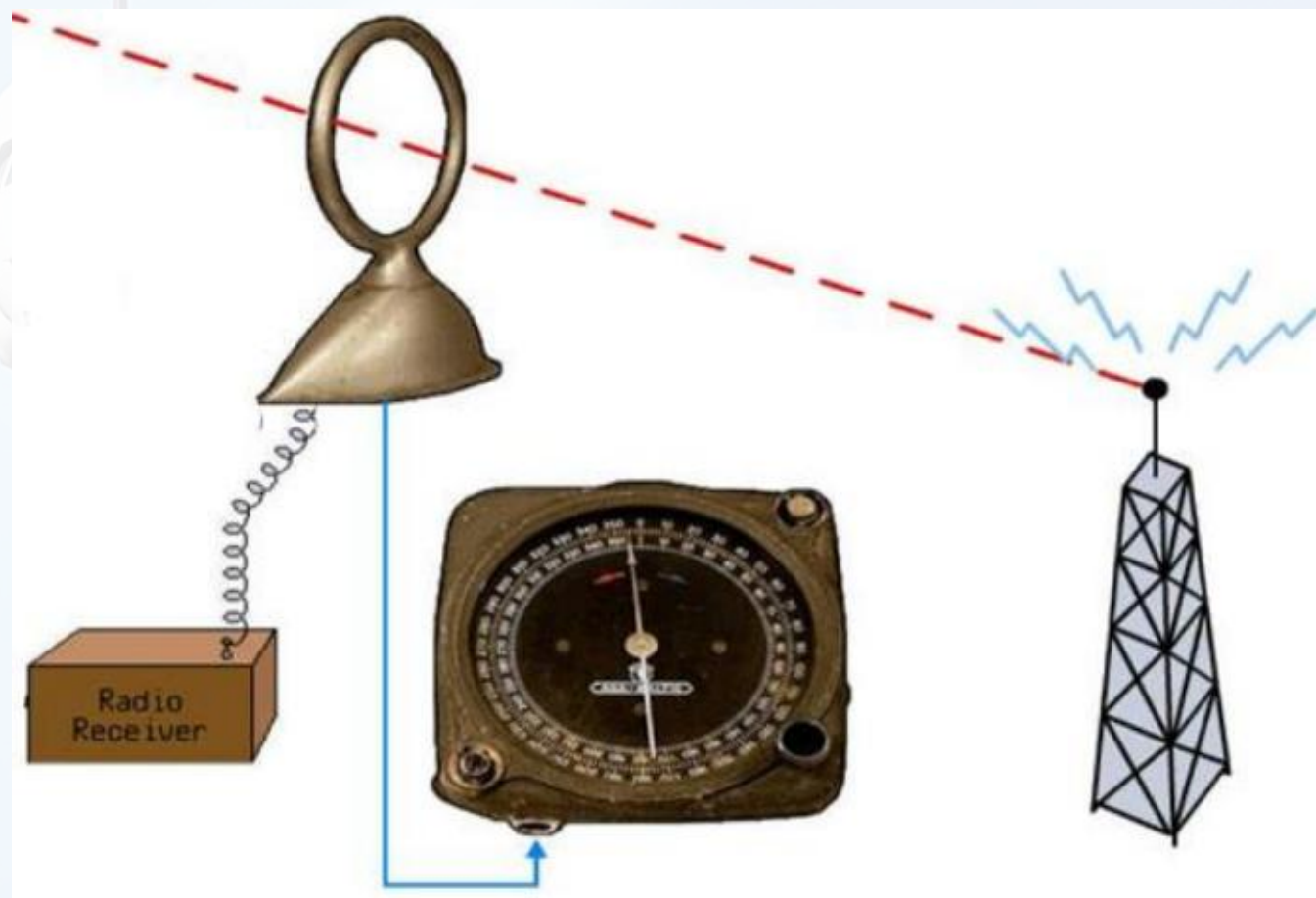
#### 3) ADF天线



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 3) ADF天线

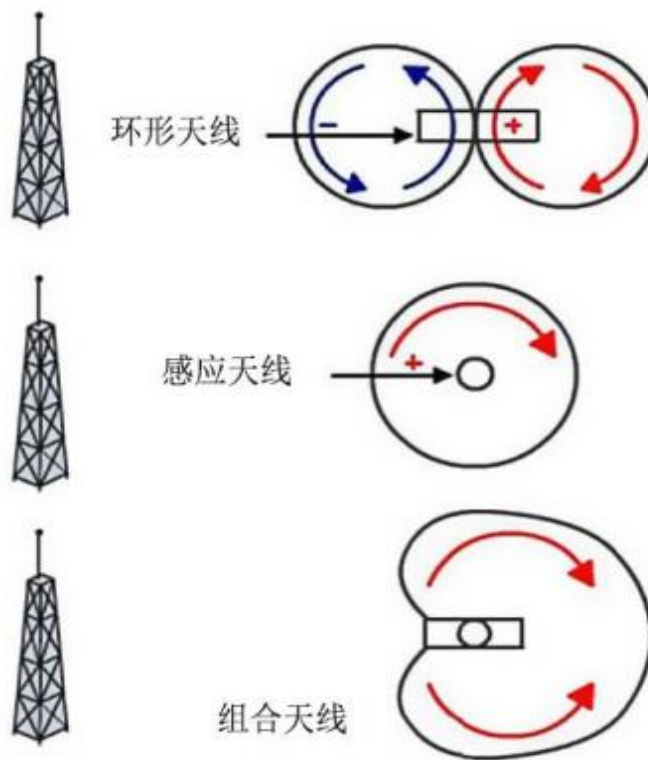
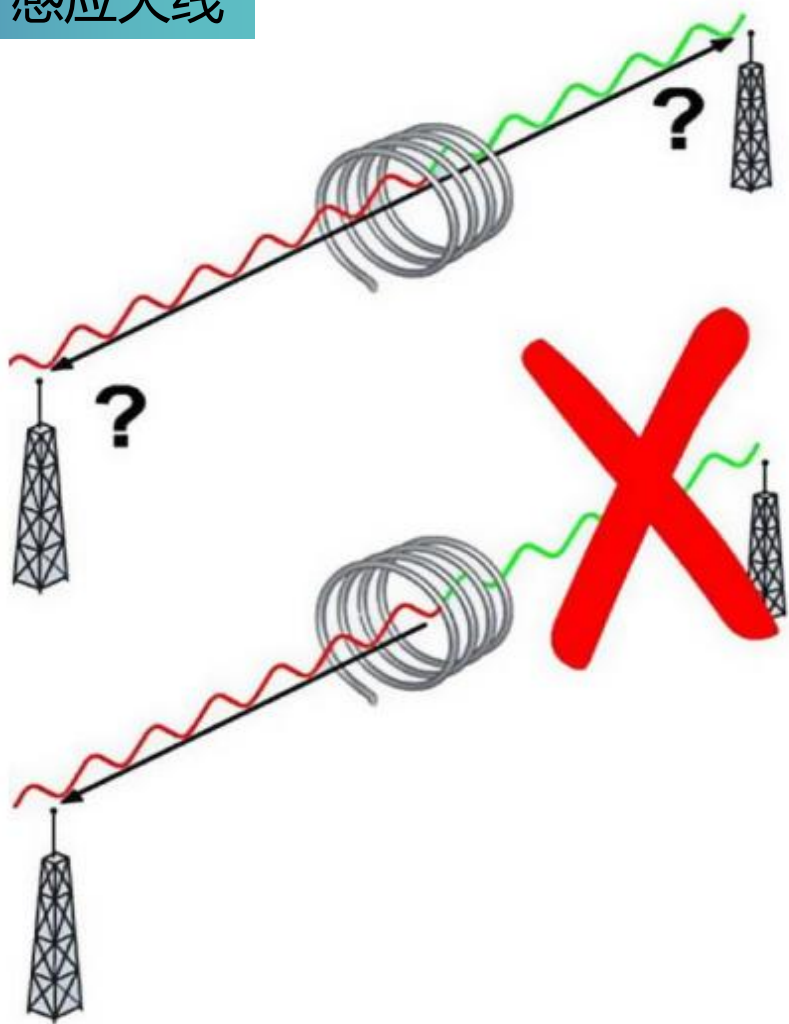
早期的旧式飞机上，导航员使用曲柄转动环形天线来收听导航台的音频信号。环形天线机械连接到磁罗盘显示器上，机组通过观看磁罗盘上的刻度来确定飞机到导航台的方位角。



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

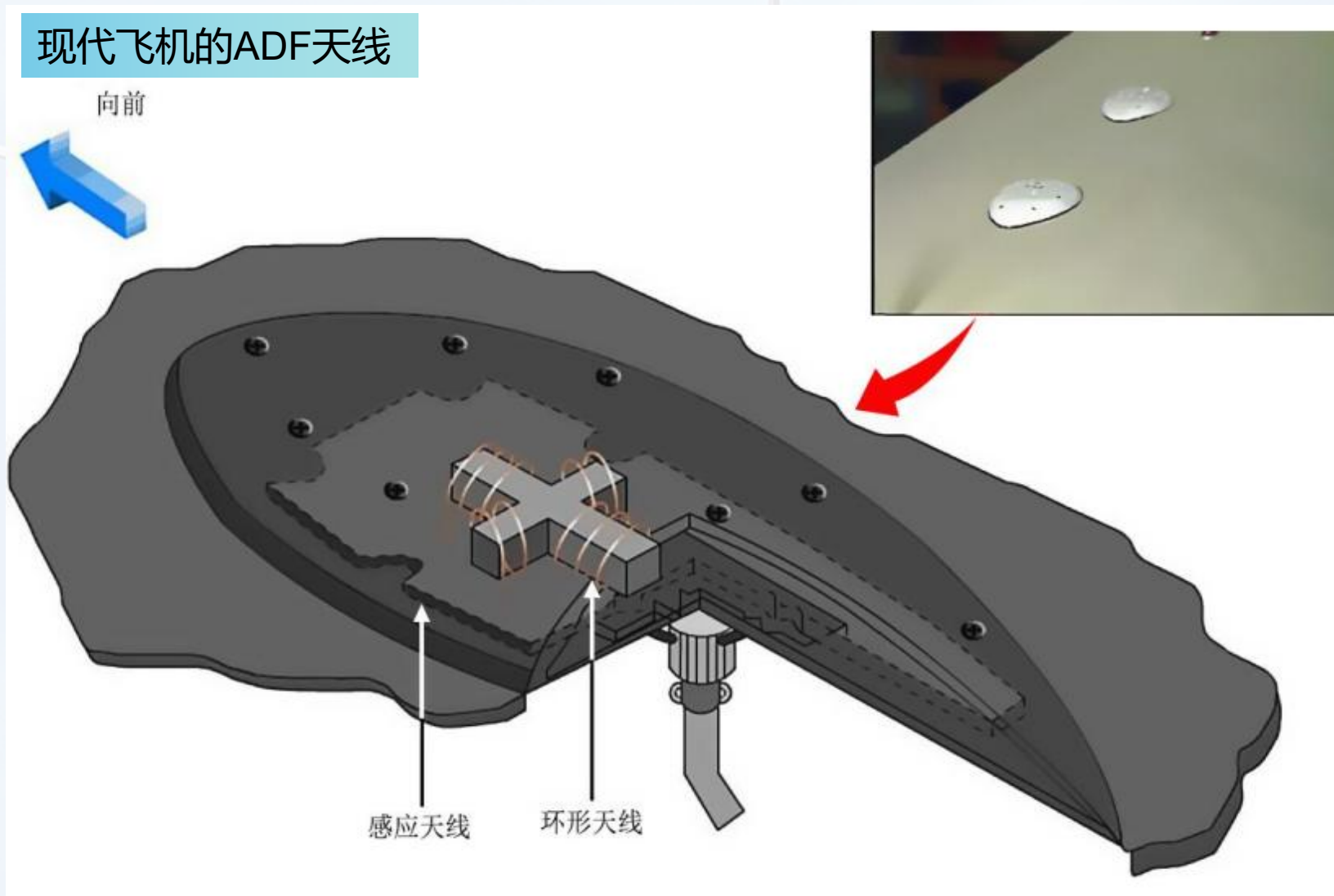
#### 3) ADF天线

感应天线



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 3) ADF天线



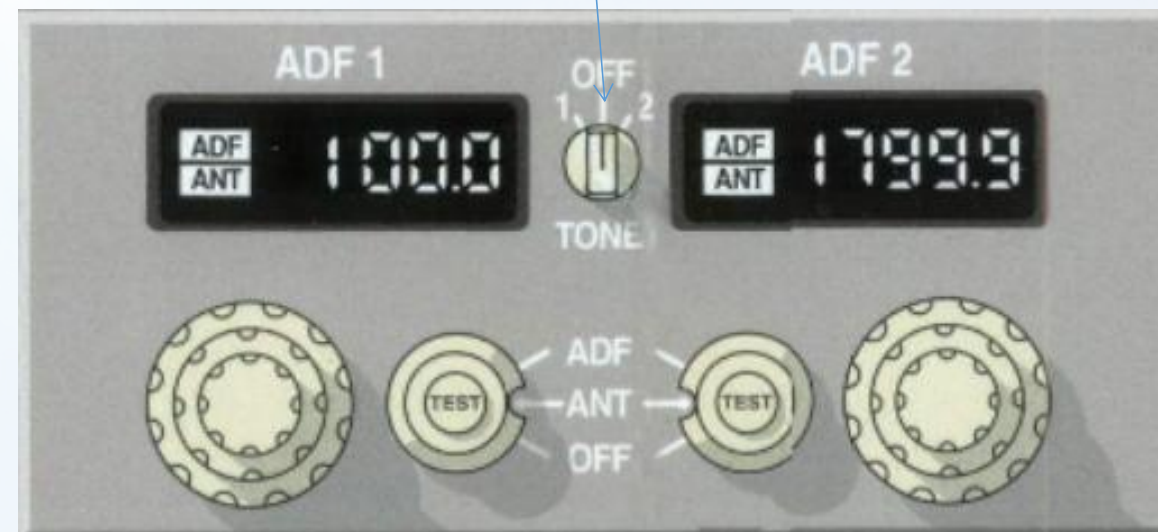
### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 4) ADF控制面板和显示

两种工作模式：ADF和ANT模式

- ADF模式：方位角、音频音；
- ANT模式：只有感应天线工作，只可以收听音频音。ANT模式主要工作在地面台方位信号微弱的时候。

打开BFO功能，以接收ADF站传输的莫尔斯码



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 4) ADF控制面板和显示

频率调谐:

- FMS自动
- ADF控制面板人工输入

- ANT模式: 需要在输入频率后输入字母A。
- BFO功能: 需要在频率后面输入字母B。
- 收听地面台的广播: 需要在ACP上选择ADF接收, 并将音量大小调节到舒适的收听水平。



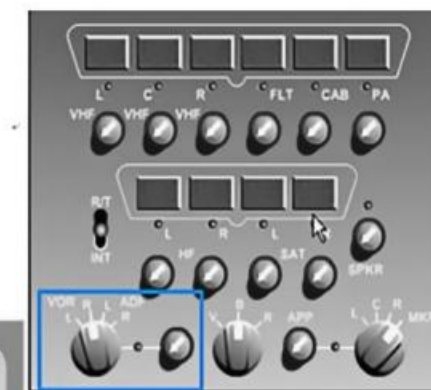
ADF控制面板



相对方位角



ND导航显示



音频控制面板

ADF-2故障旗

### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 4) ADF控制面板和显示

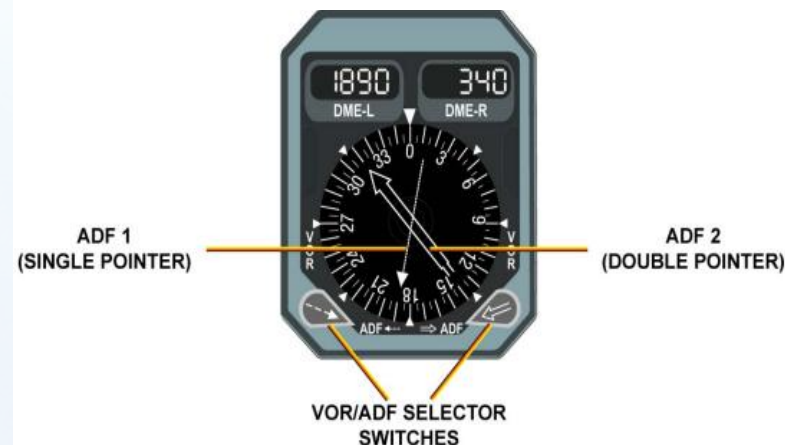


ADF显示在哪里?

- 两套ADF：一号单线指针，二号系统双线指针。
- 颜色：绿色。
- 信号弱：ND指针会消失。
- 故障：琥珀色ADF故障旗。



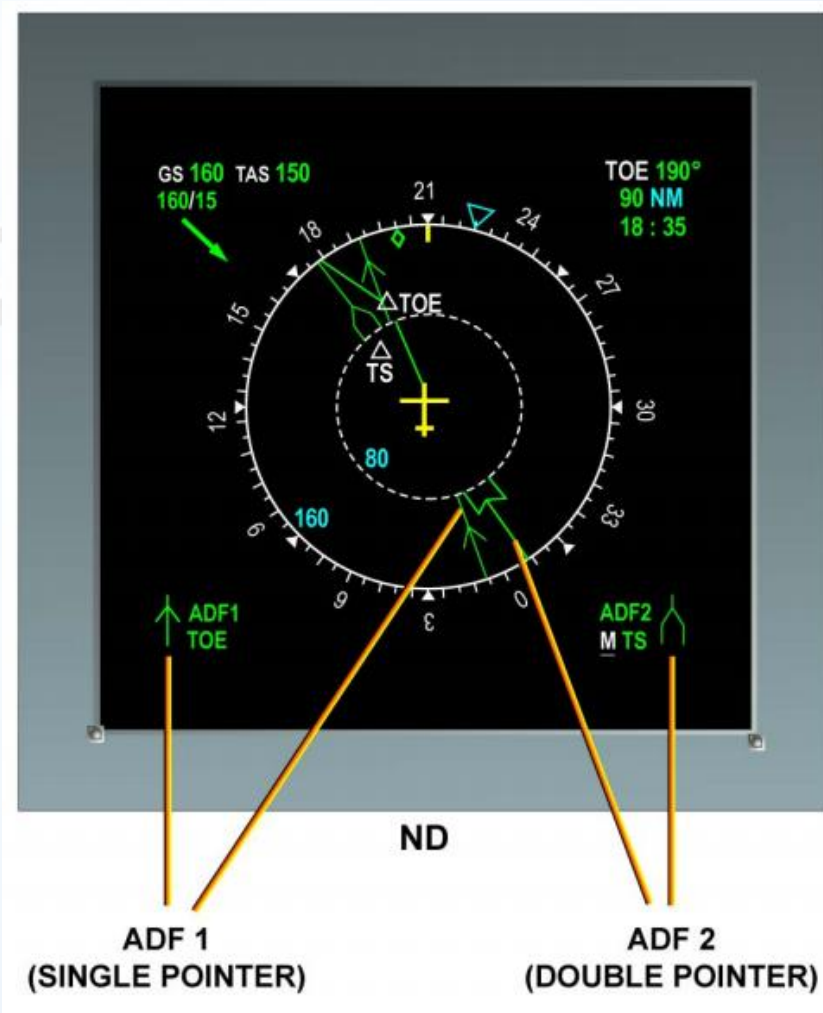
ADF 1 (SINGLE POINTER)      ADF 2 (DOUBLE POINTER)



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 5) ADF操作

##### ND显示操作



### 3 自动定向机 (ADF) 系统组成及工作

#### 5) ADF操作

RMI显示操作



# 小结:

1. 自动定向仪系统的组成;
2. ADF系统的工作原理;
3. ADF天线;
4. ADF的控制面板和显示;
5. ADF的操作介绍。

A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, facing forward.

# 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

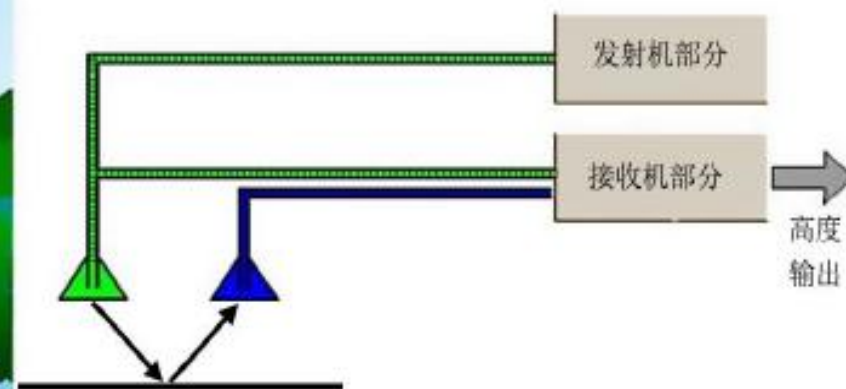
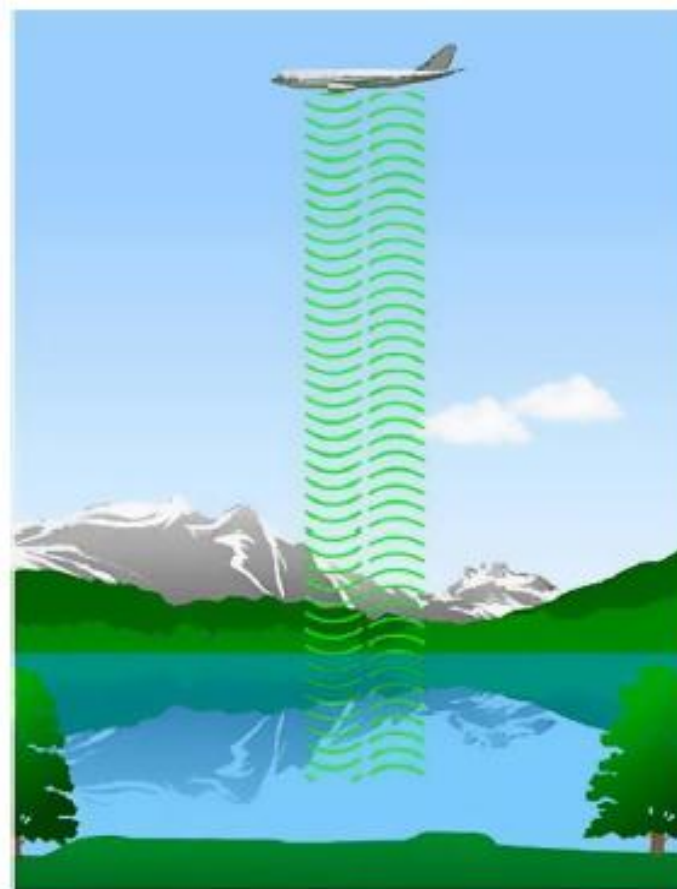


## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 1) 无线电高度表系统简介

LRRA (低量程无线电高度表) :

- 测量飞机到地面的垂直距离。
- 高度只在762米 (2500英尺) 以下才显示, 主要用于起飞、进近和着陆。



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 1) 无线电高度表系统简介

翻译、时间轴、压制: CH3CHO

## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 1) 无线电高度表系统简介

无线电高度的测量方法:

- 首先发射机产生无线电信号, 通过发射天线传输到地面, 经地面反射回来;
- 然后接收天线接收, 接收机比较发送信号和接收信号的时间差, 信号以光速传播, 根据信号传输时间和光速, 计算出信号传输的距离, 该距离除以二再减去接收机到天线电缆的长度, 可以得到飞机到下方地面的高度, 即无线电高度。



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 2) 无线电高度表系统组成

- 两套无线电高度表:

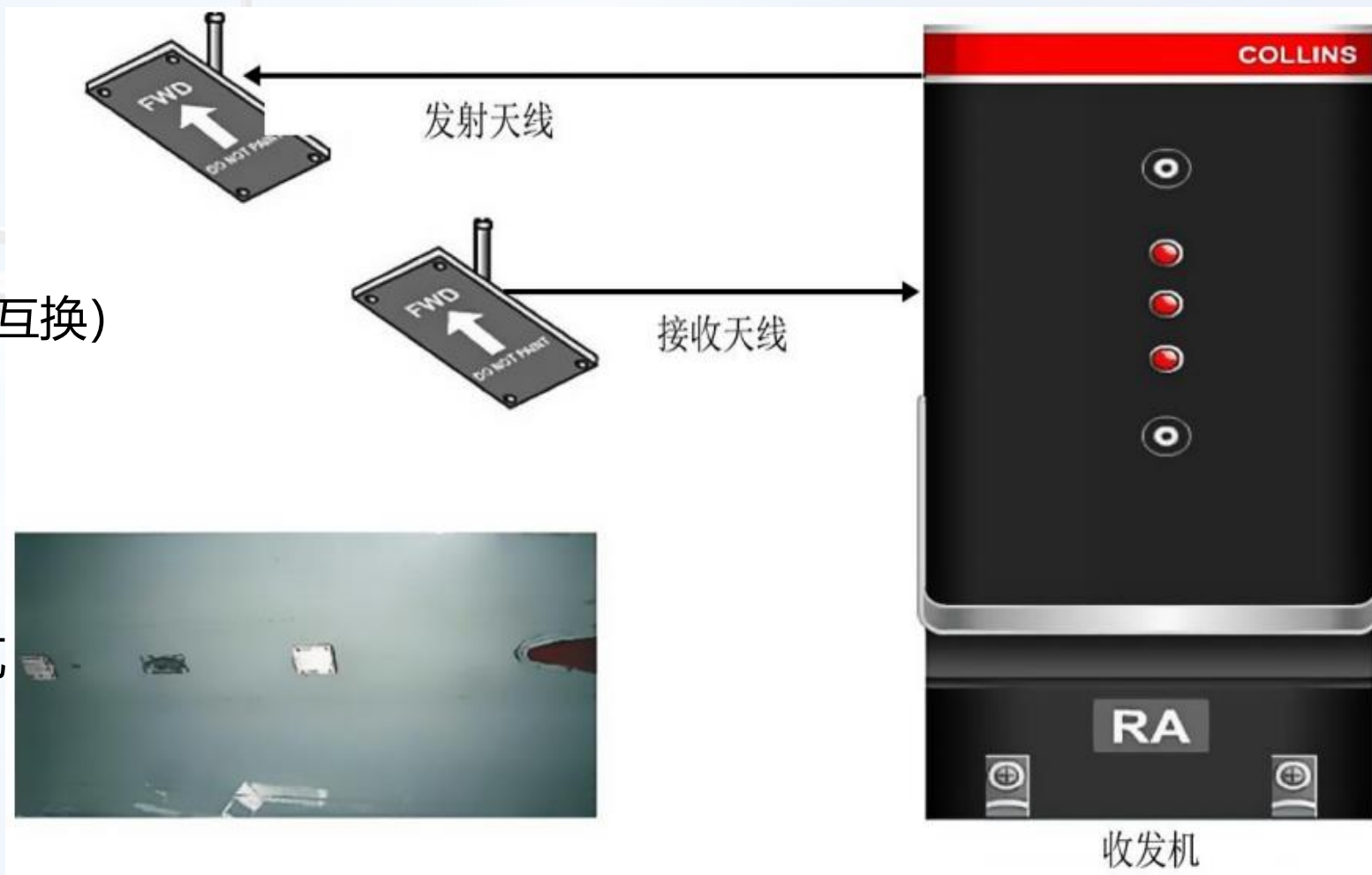
发射天线 (飞机的底部, 件号互换)

接收天线

收发机

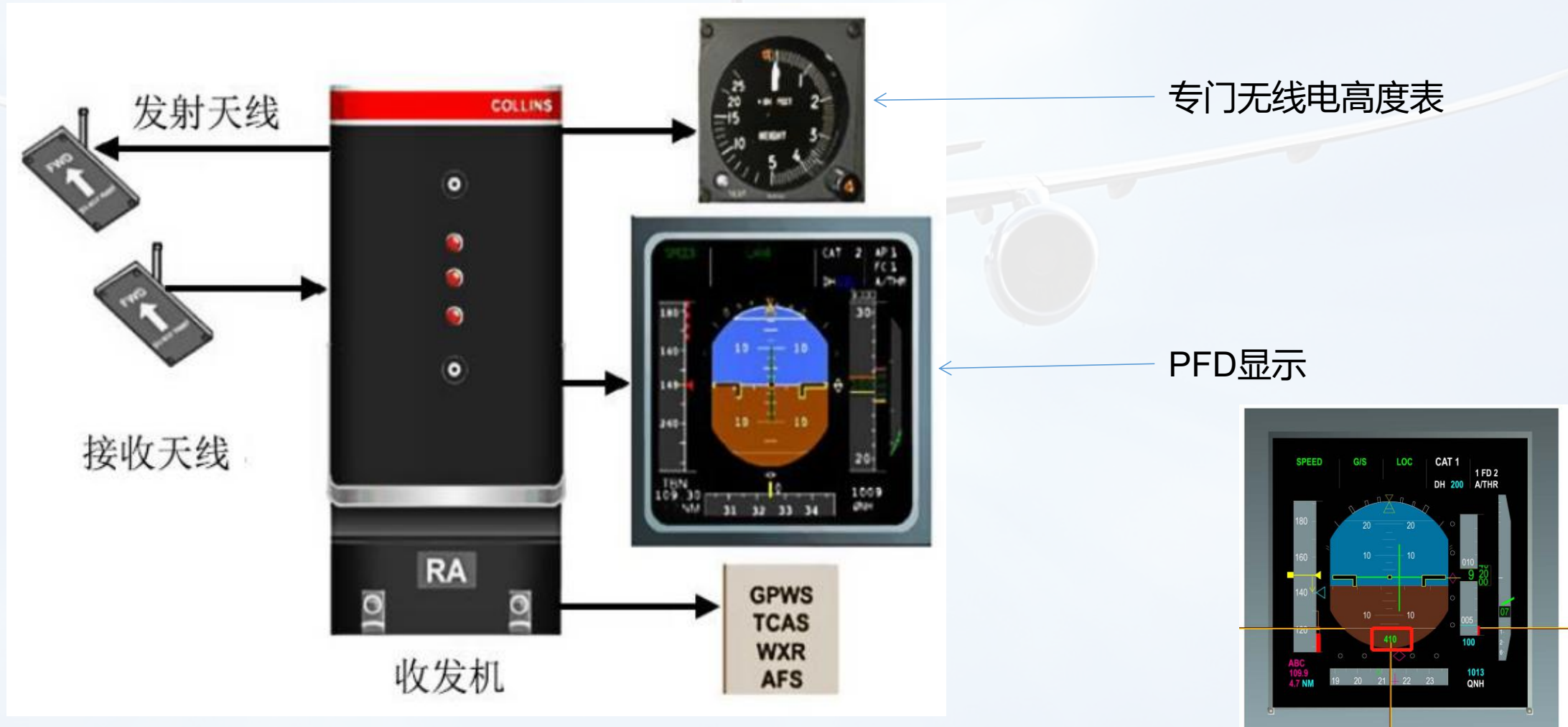
- 频率:

4200到4400Mhz,功率100毫瓦



# 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

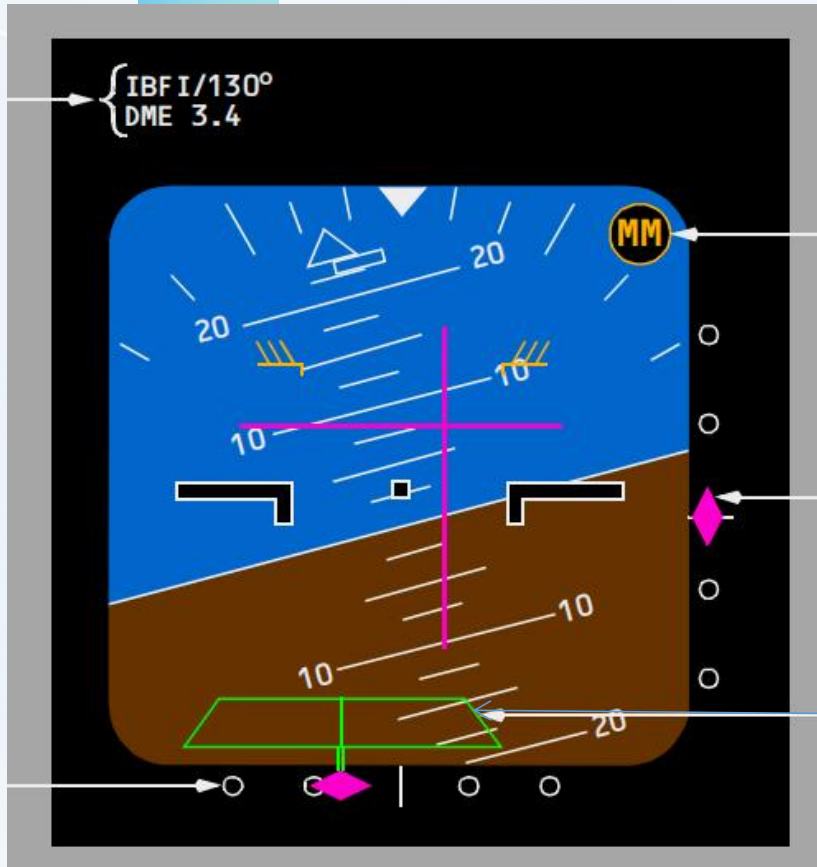
## 3) 无线电高度表显示



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 3) 无线电高度表显示

PFD

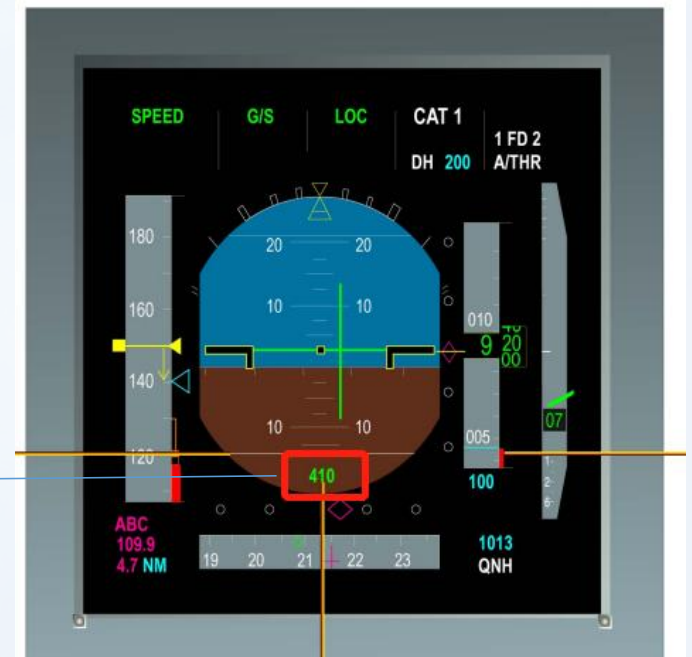


飞机以语音方式自动报告无线电高度，以提醒机组：

- 波音飞机由近地警告系统提供
- 空客飞机由飞行警告计算机提供

上升的跑道标记

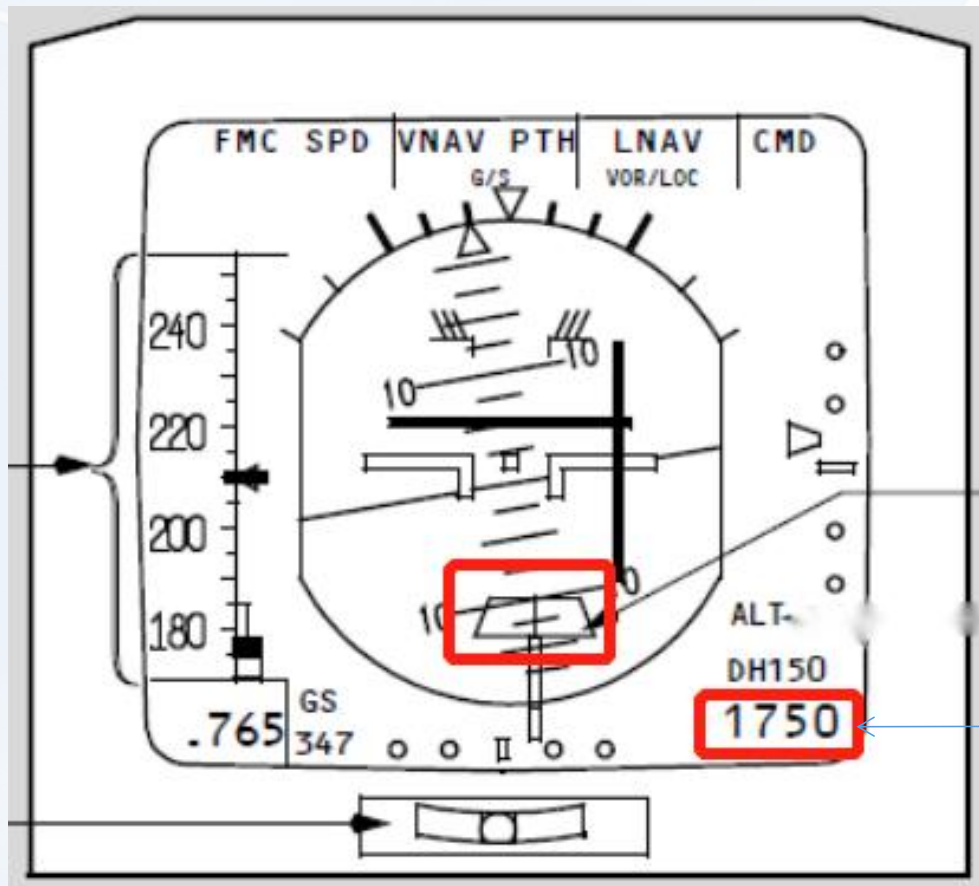
无线电高度值



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 3) 无线电高度表显示

ADI



跑道升起符号 (绿色) ; RA故障, 升起的跑道将被 RUNWAY故障旗代替

无线电高度值

## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 3) 无线电高度表显示

无线电高度指示器

高度高过762米（2500英尺），  
指针隐藏起来或背景变黑色。



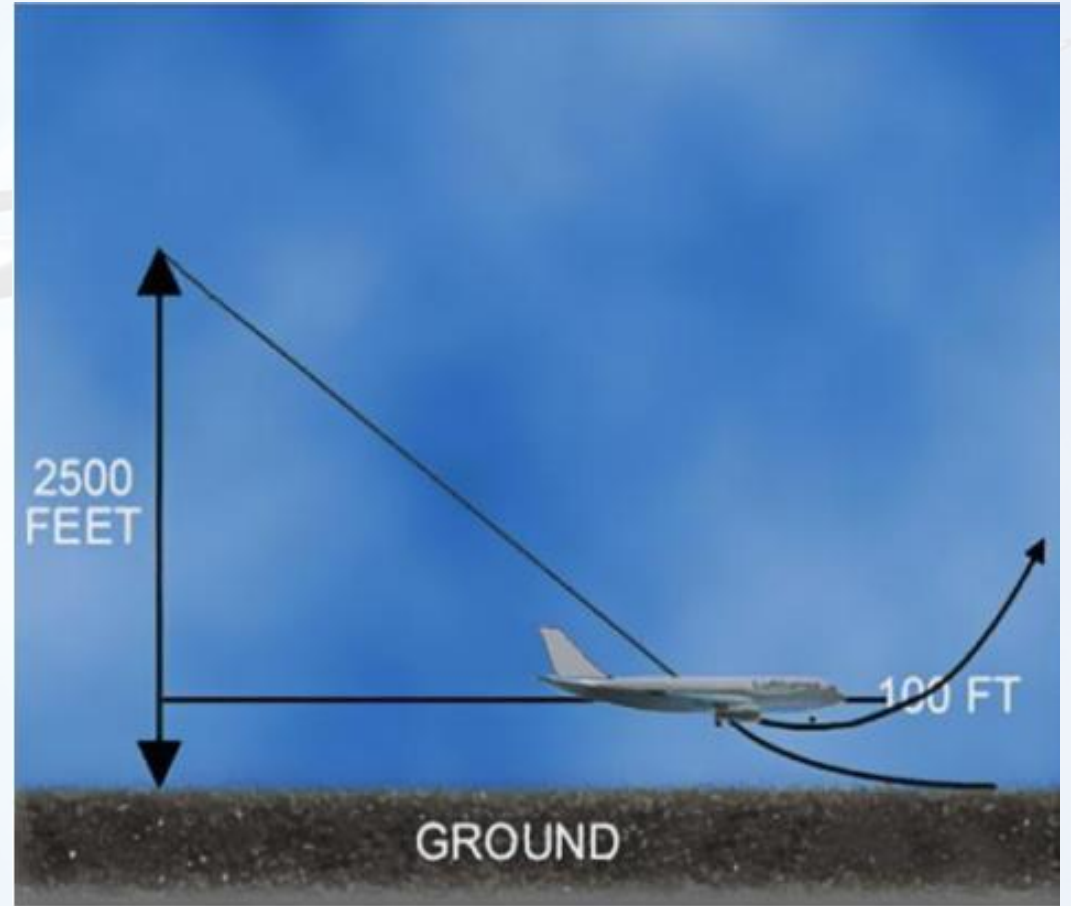
系统出现故障

## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 4) 决断高度

决断高度 (DH) :

机组决定继续着陆还是复飞的最小高度



# 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

## 4) 决断高度



设置DH:

- EFIS控制面板
- MCDU



- 显示
- 语音警告
- 高度带指示: 绿色变成琥珀色, 并增加了DH标签



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 4) 决断高度



## 4 无线电高度表(RA) 系统组成及工作

### 4) 决断高度

决断高度的设定因素



**安全性**

**经济性**

A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, facing forward.

# 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作



## 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

### 1) DME简介

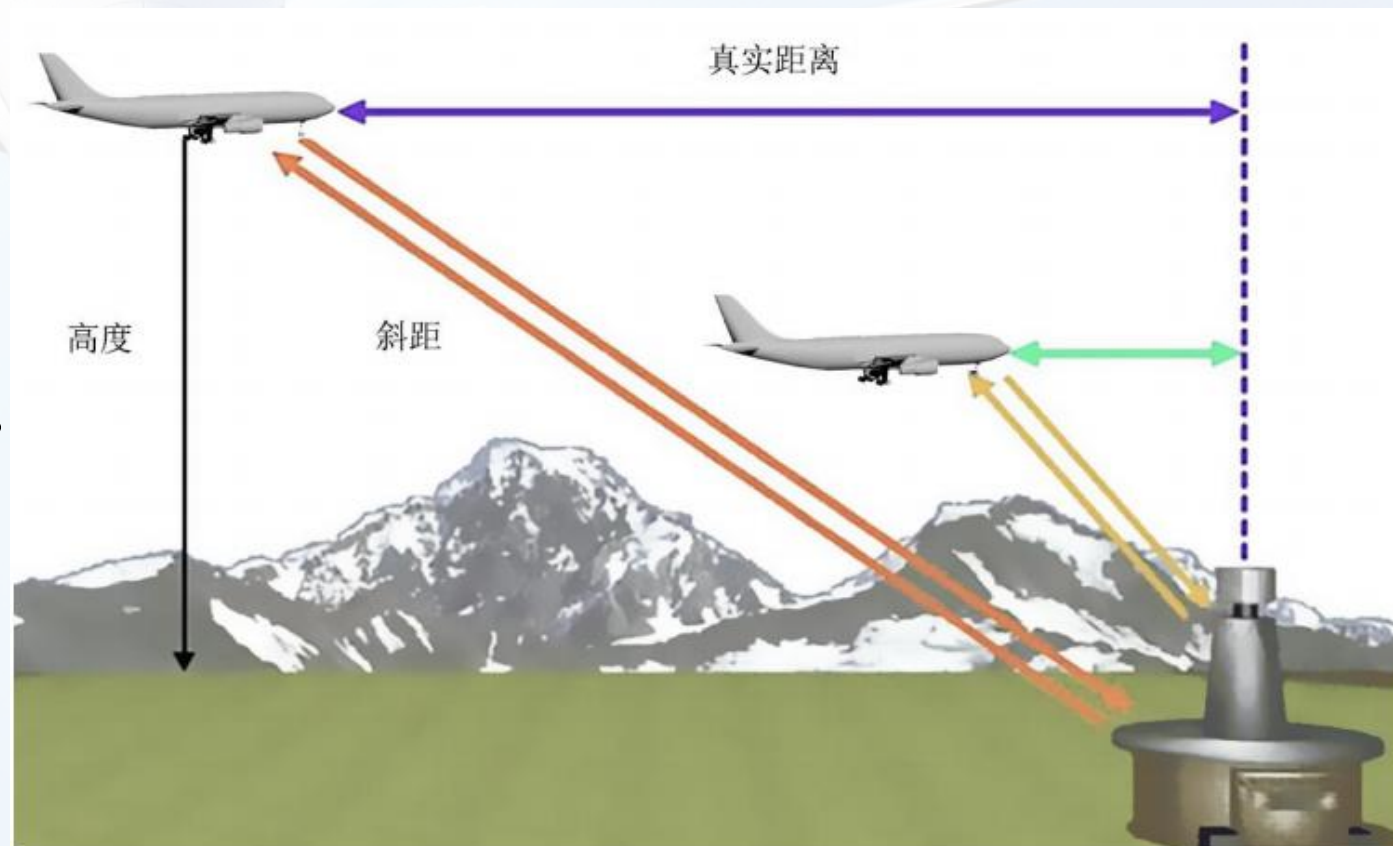
DME:Distance Measuring Equipment

- 频率范围:

962Mhz到1213Mhz

- 测量:

**飞机到地面台的斜距。**飞机到地面台的真实距离取决于飞机的高度和此斜距。



## 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

### 1) DME简介

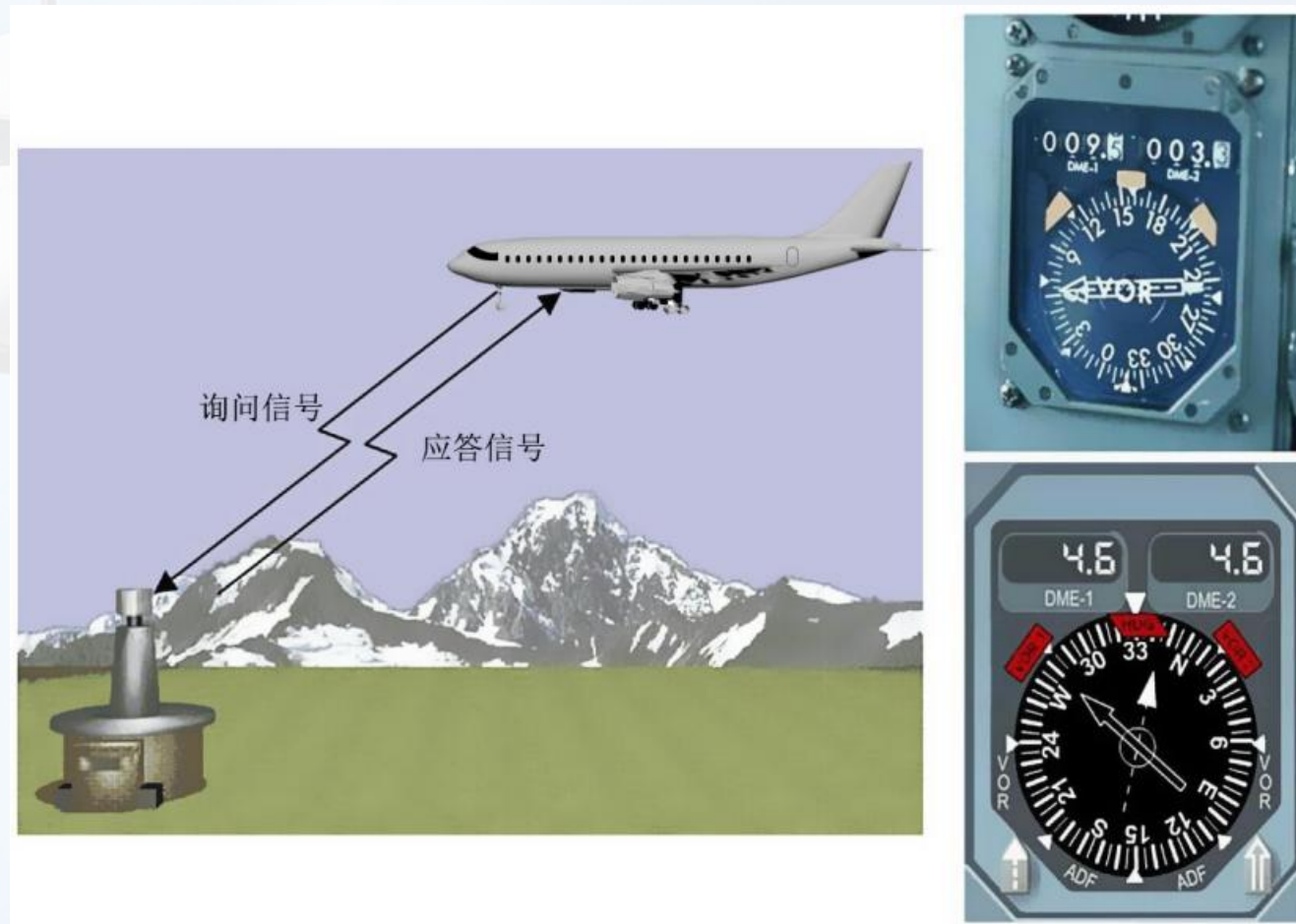
另一种飞行员得到距离的方式是通过测距机DME

## 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

### 1) DME简介

测距原理:

DME系统向地面台发送询问信号并接收地面台发送的应答信号, 根据询问信号和应答信号的时间差来计算飞机到地面台的距离 (海里)。



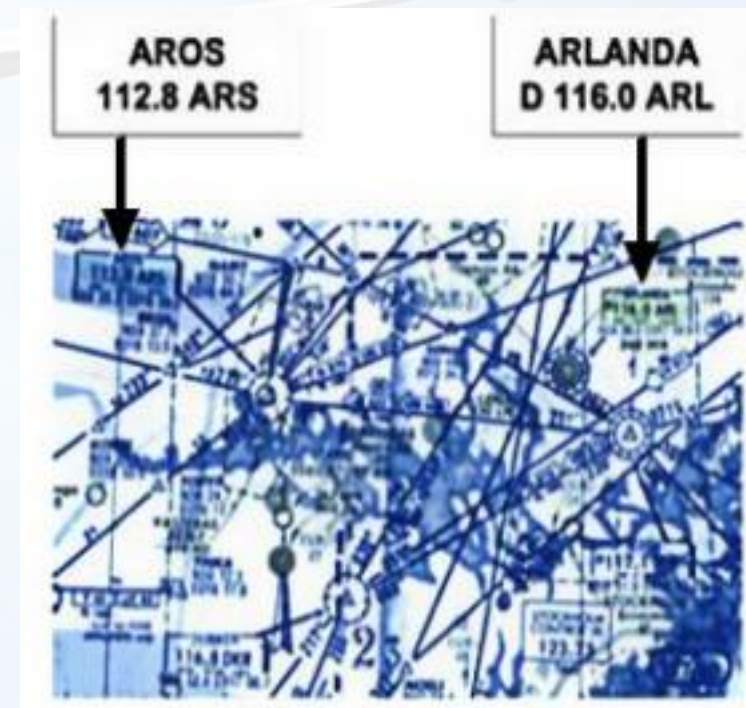
## 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

### 2) DME调谐

- DME地面台和VOR台或LOC台匹配安装
- DME的工作频率同步自动调谐

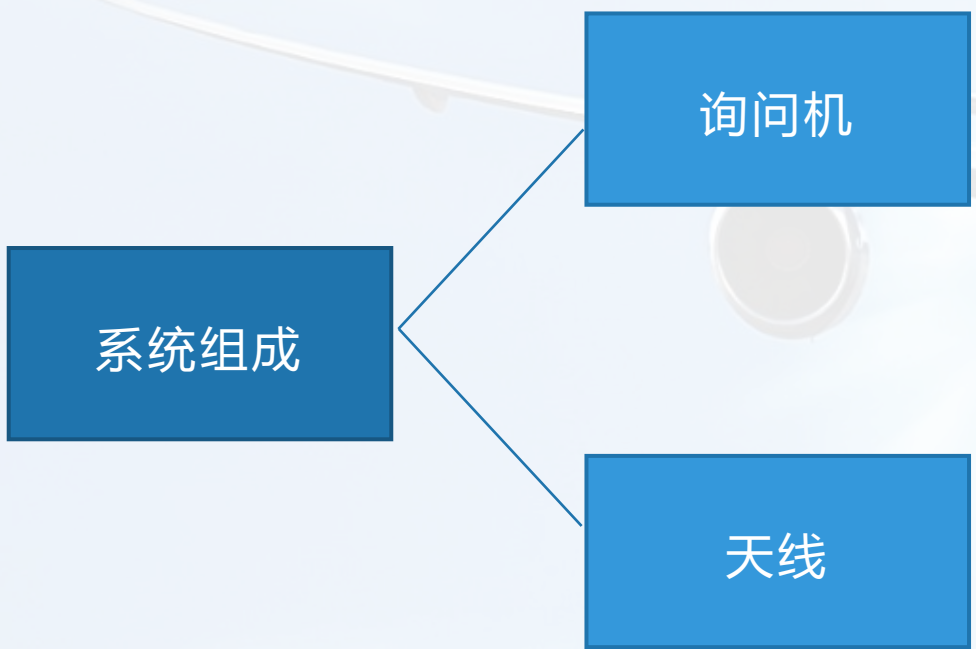
单独VOR台

VOR/DME台



# 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

## 3) 测距仪系统组成



ATC天线

DME天线



DME  
询问机

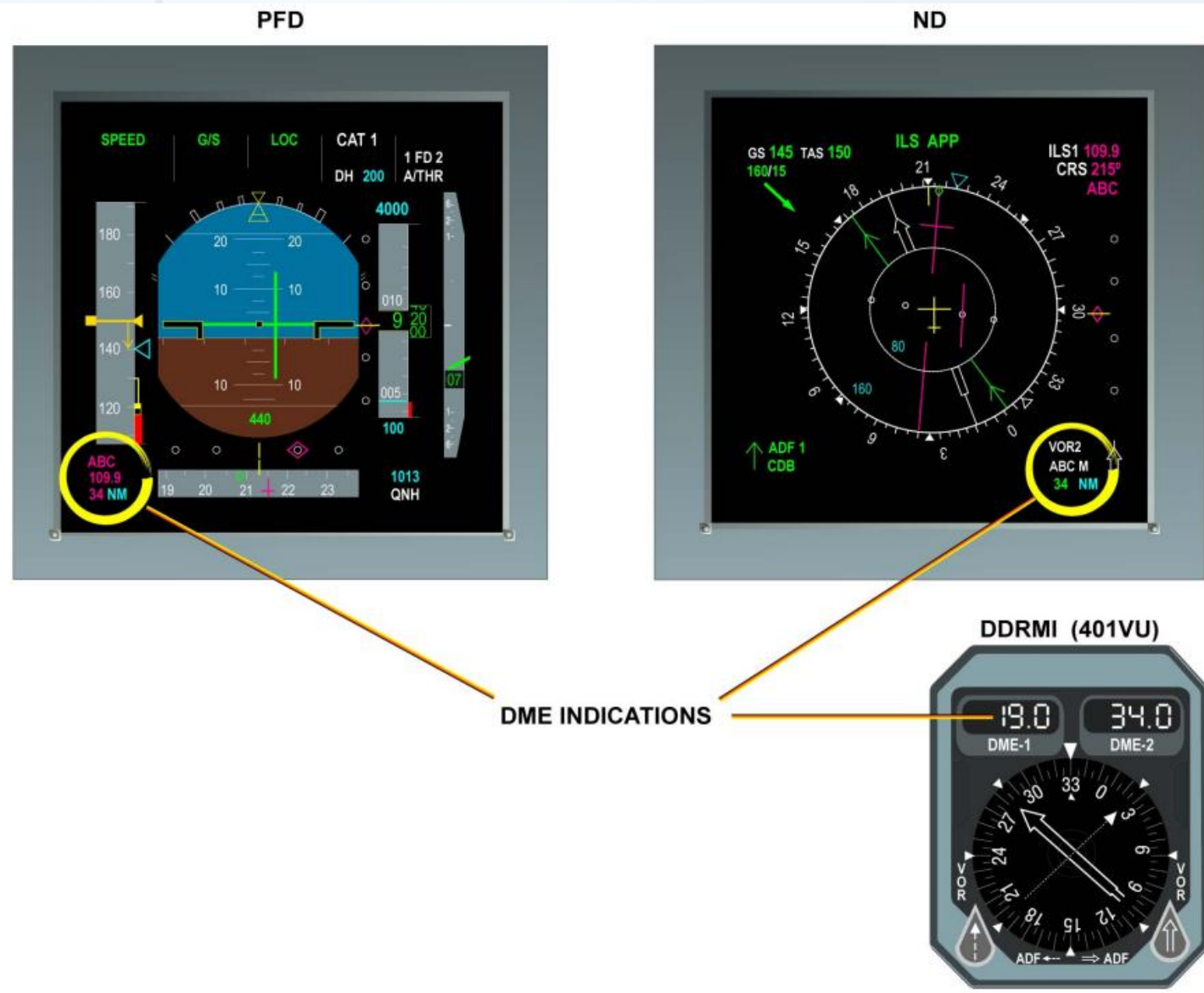
DME天线

# 5 机载测距机 (DME) 系统组成及工作

## 4) 测距仪系统驾驶舱显示

DME显示:

- PFD (LOC台集成DME台)
- ND (VOR台集成DME台)
- DDRMI



# 小结:

1. 无线电高度表的功能;
2. 无线电高度表的原理;
3. 无线电高度表的显示;
4. 飞机决断高度的设置。
5. DME系统的简介, 工作原理;
6. DME系统的频率调谐;
7. DME系统的基本组成;
8. DME系统在驾驶舱内的显示。



**6** 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未  
来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



## 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

GPS是一种基于卫星的导航系统，能够以高精度计算飞机位置。

它使用24颗主卫星和3颗备用卫星，轨道距离地球约10900nm,每颗卫星每12小时完成一圈轨道飞行。

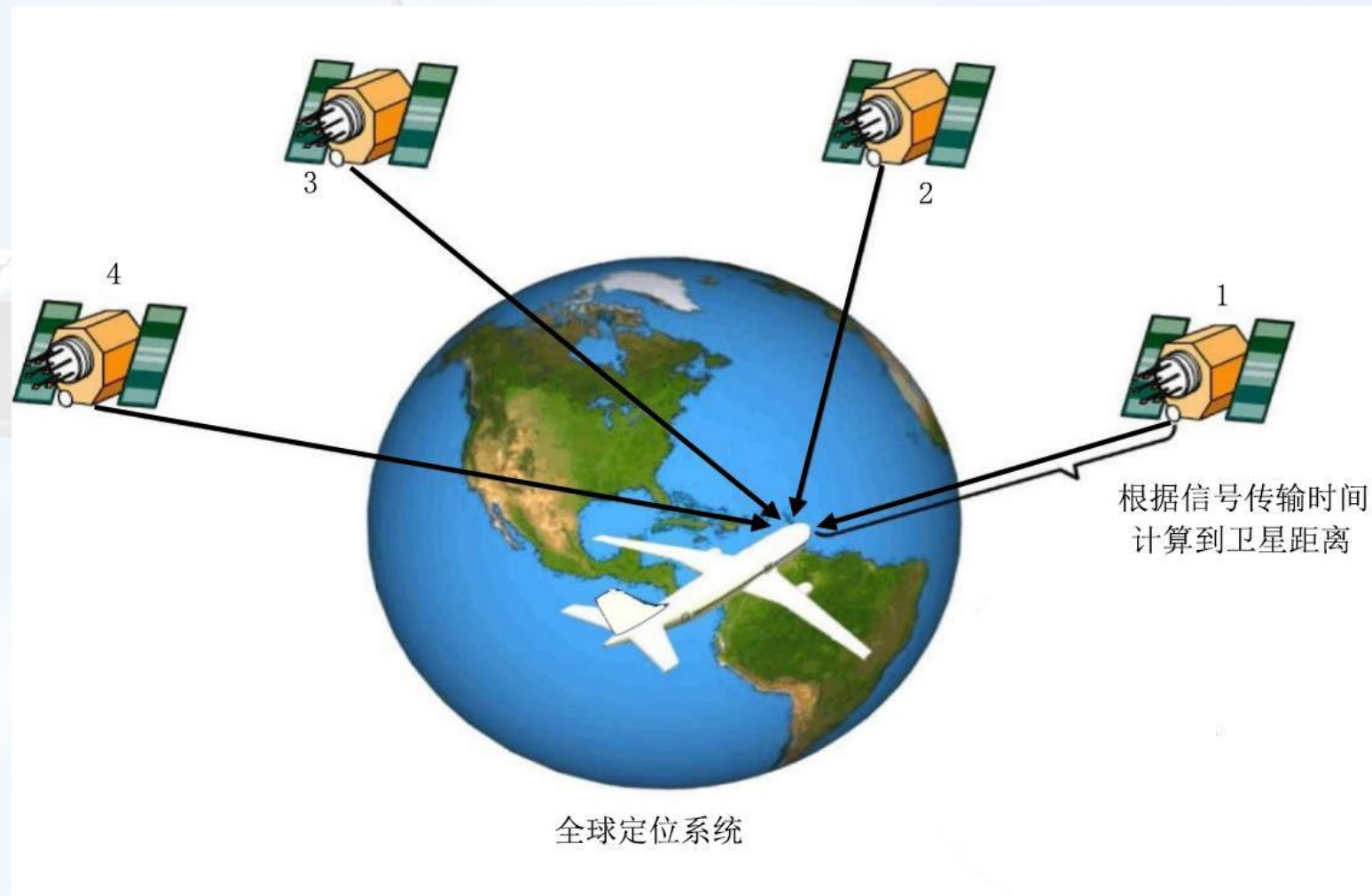


## 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



## 6 卫星导航系统（GPS）系统组成及工作未来空中导航系统（FANS A） 基本功能

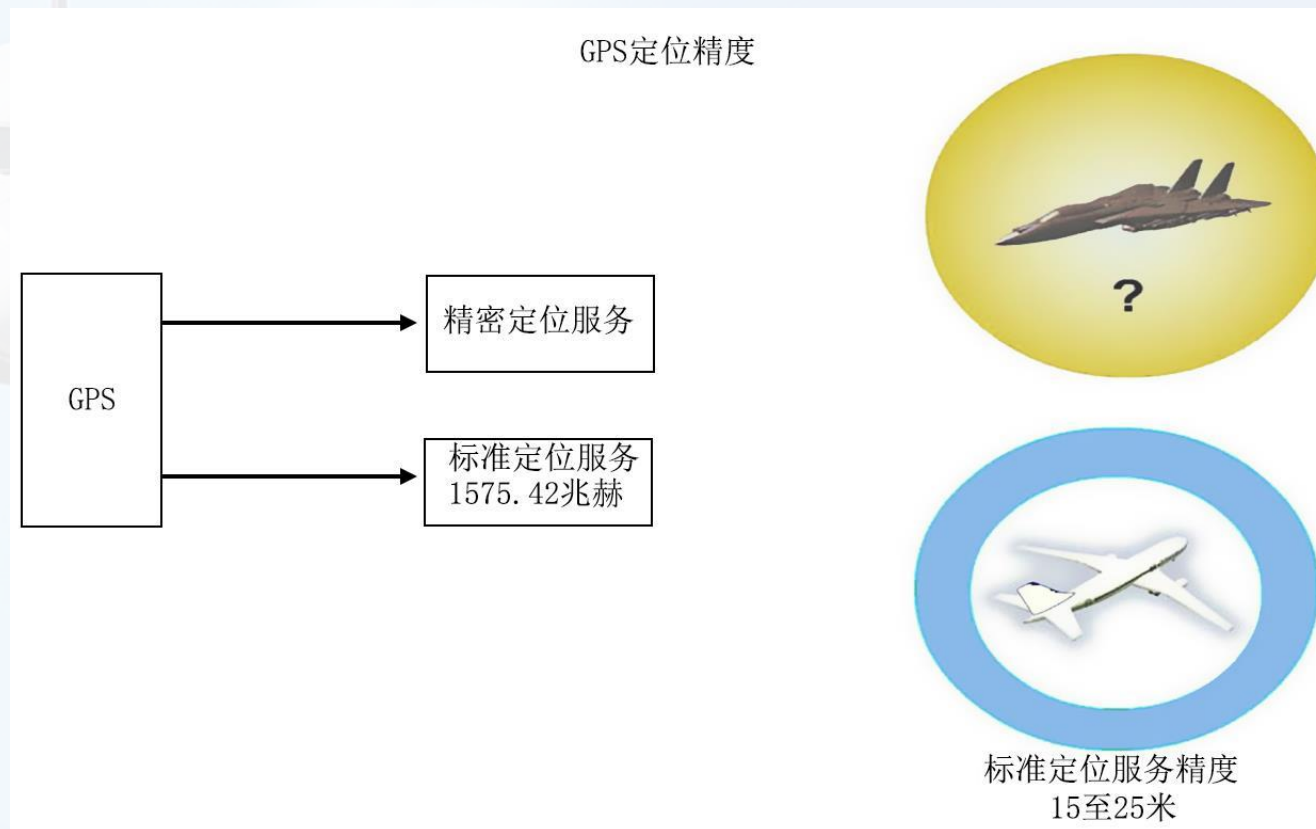
GPS根据到四颗卫星的距离建立方程组，计算出飞机在空间中的位置和飞机时钟与卫星时钟的时间差，完成定位和授时的功能。



## 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

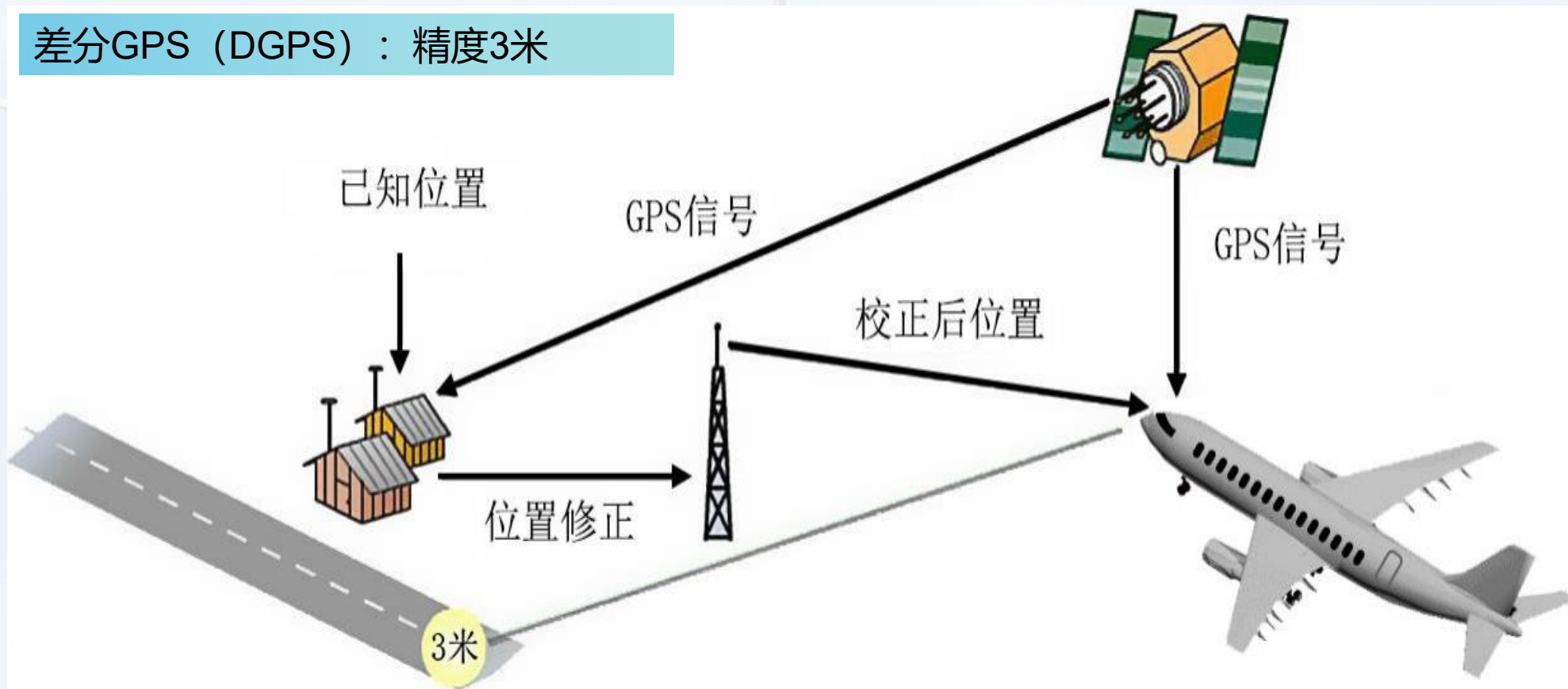
GPS提供两项服务:

- 精密定位服务 (PPS), 军事用户
- 标准定位服务 (SPS), 民用领域, 频率: 1575.42兆赫, 平均定位精度在15至25米之间



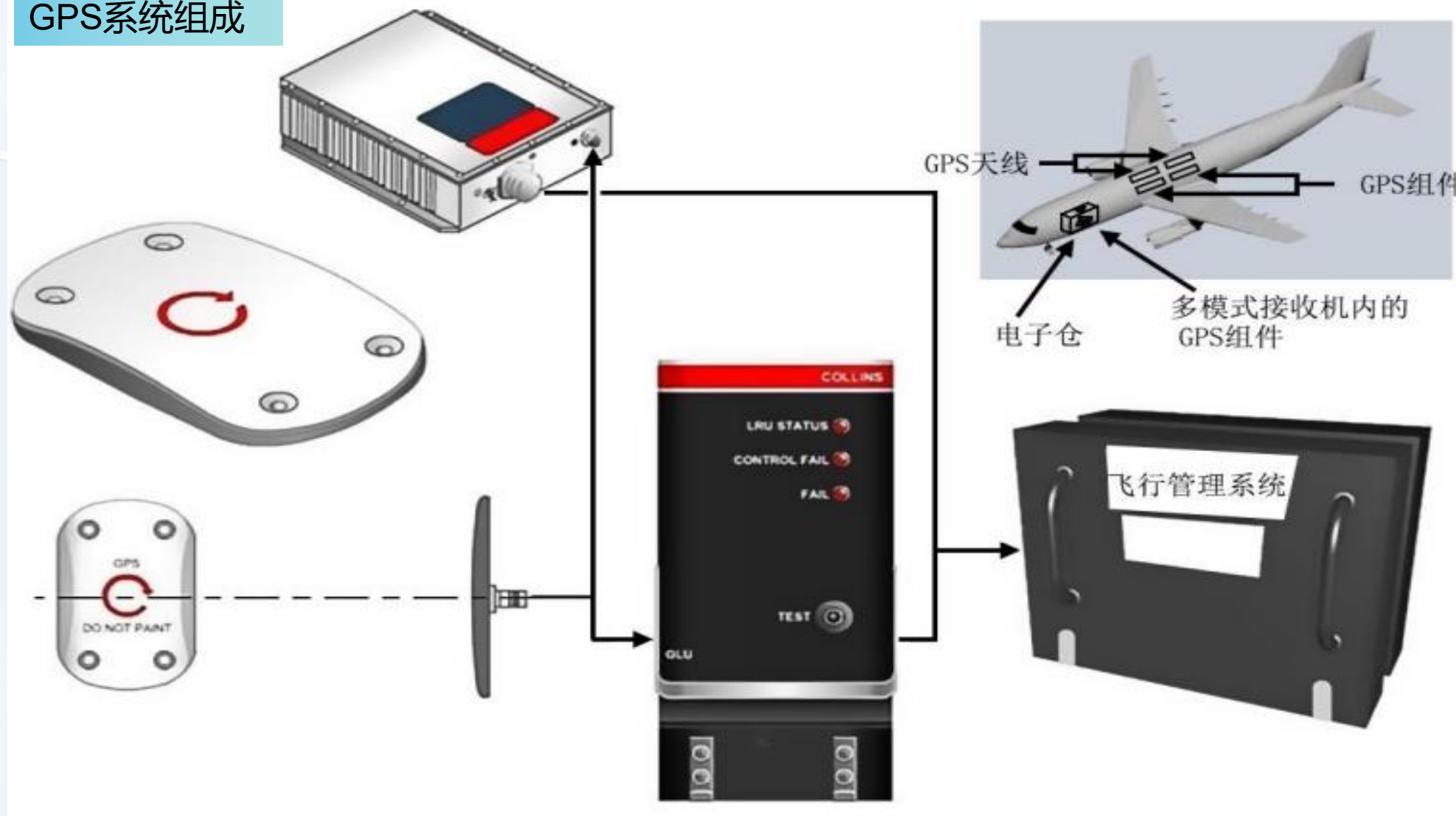
# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

差分GPS (DGPS) : 精度3米

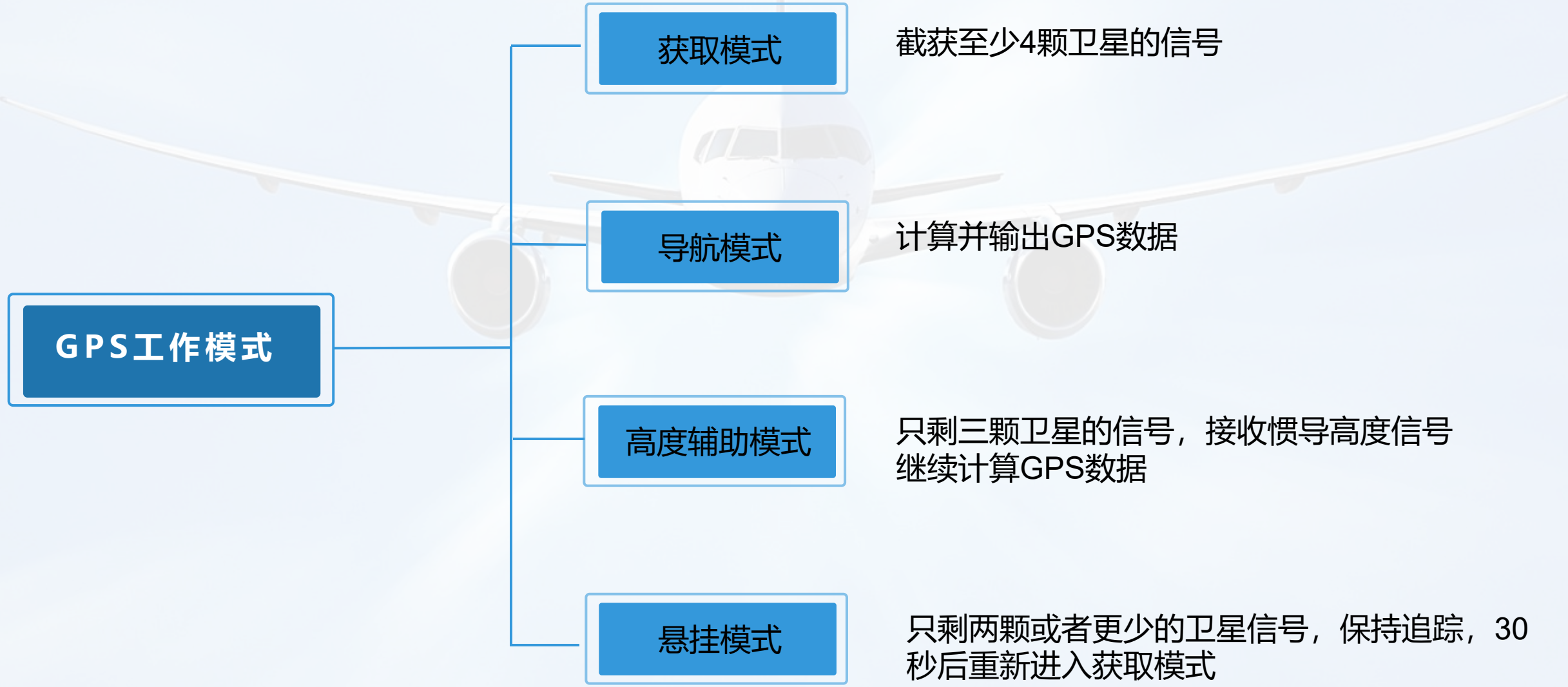


# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

## GPS系统组成



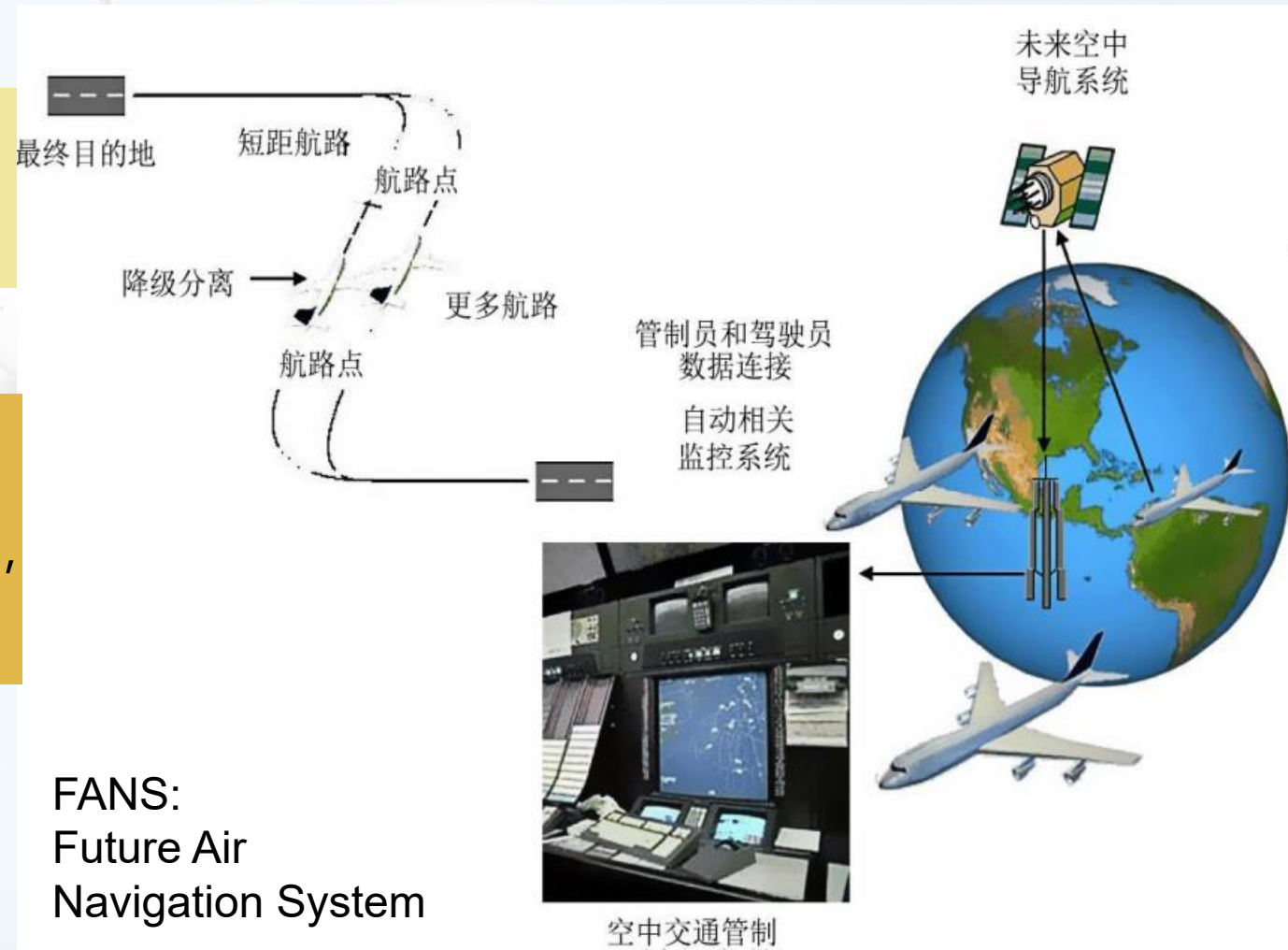
# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



## 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

目前的空中交通管理系统：  
以地面导航设备、雷达和语音通信为基础

未来的空中导航系统 (FANS)：  
使用基于空间的导航，比如GPS和卫星通信，  
加强飞机与空中交通管制员的联系



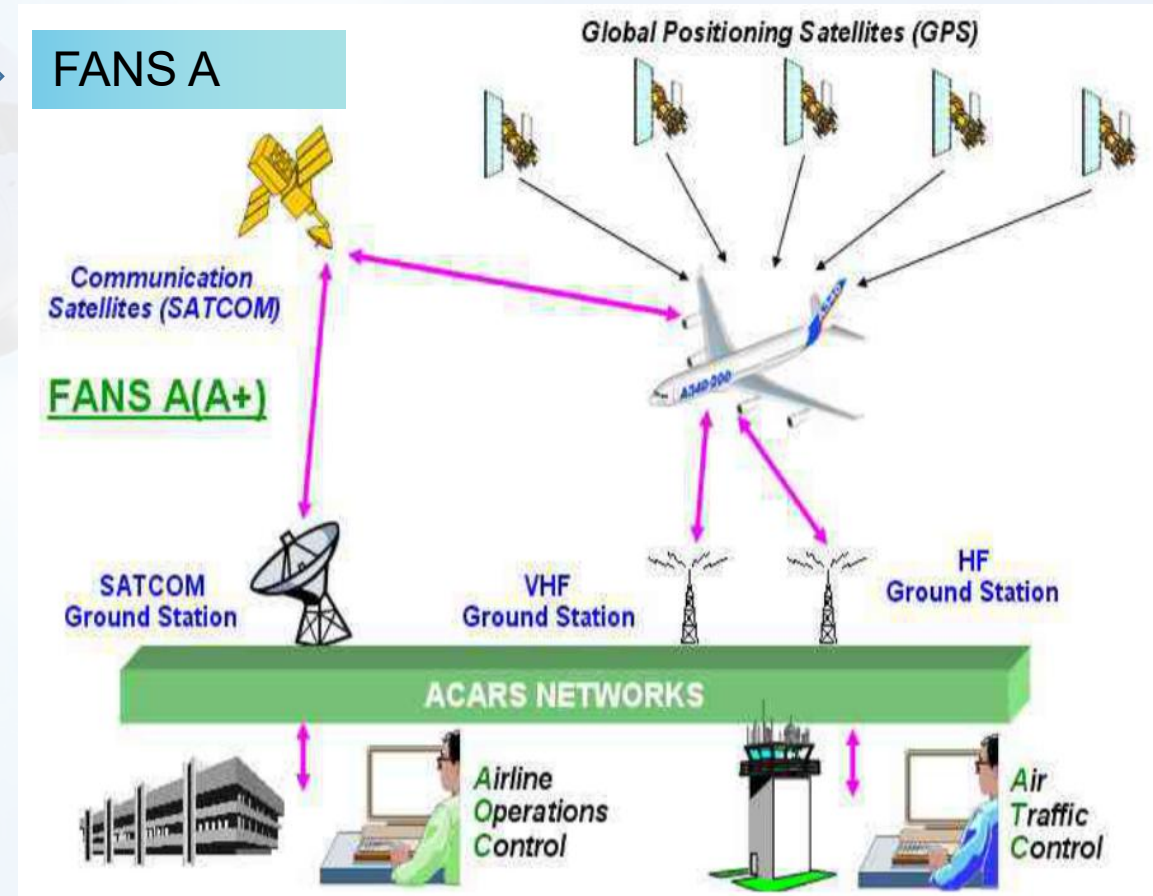
## 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

FANS也称为CNS/ATM:

通过CNS (通信Communication、导航Navigation、监视Surveillance) 应用ATM  
空中交通管理, 来引导更加有效的四维 (经度、纬度、高度、时间) 操作



# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



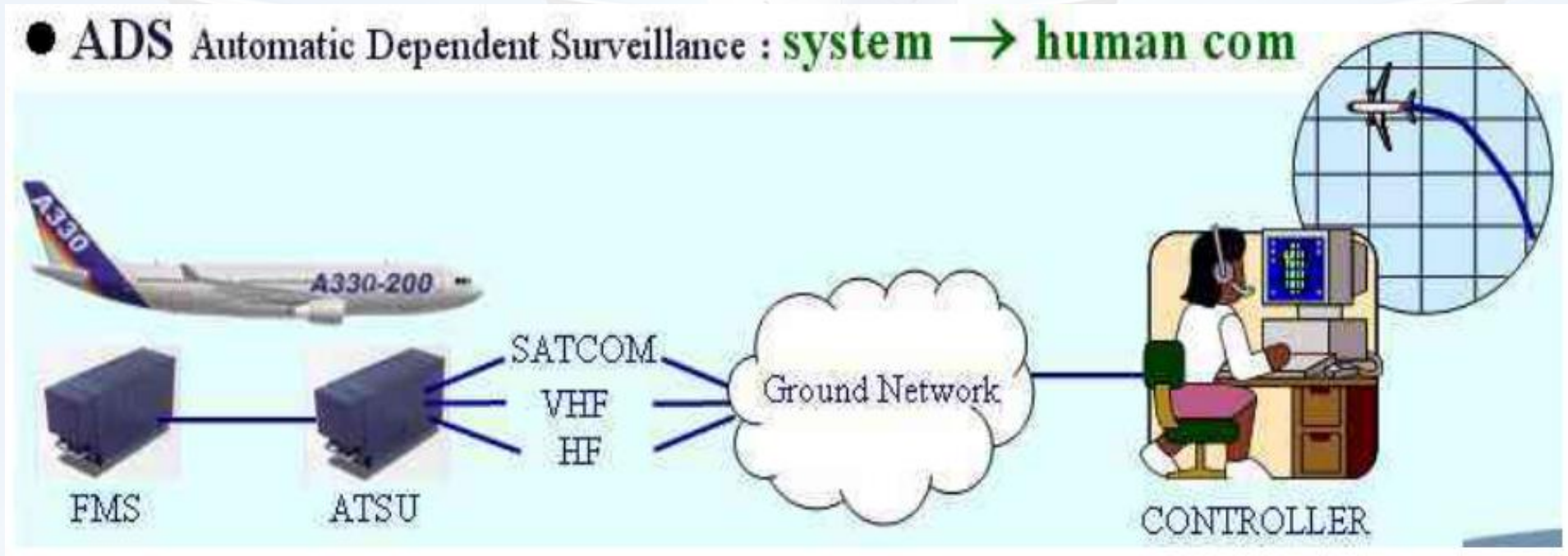
# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

FANS A应用：CPDL管制员和机组数据链

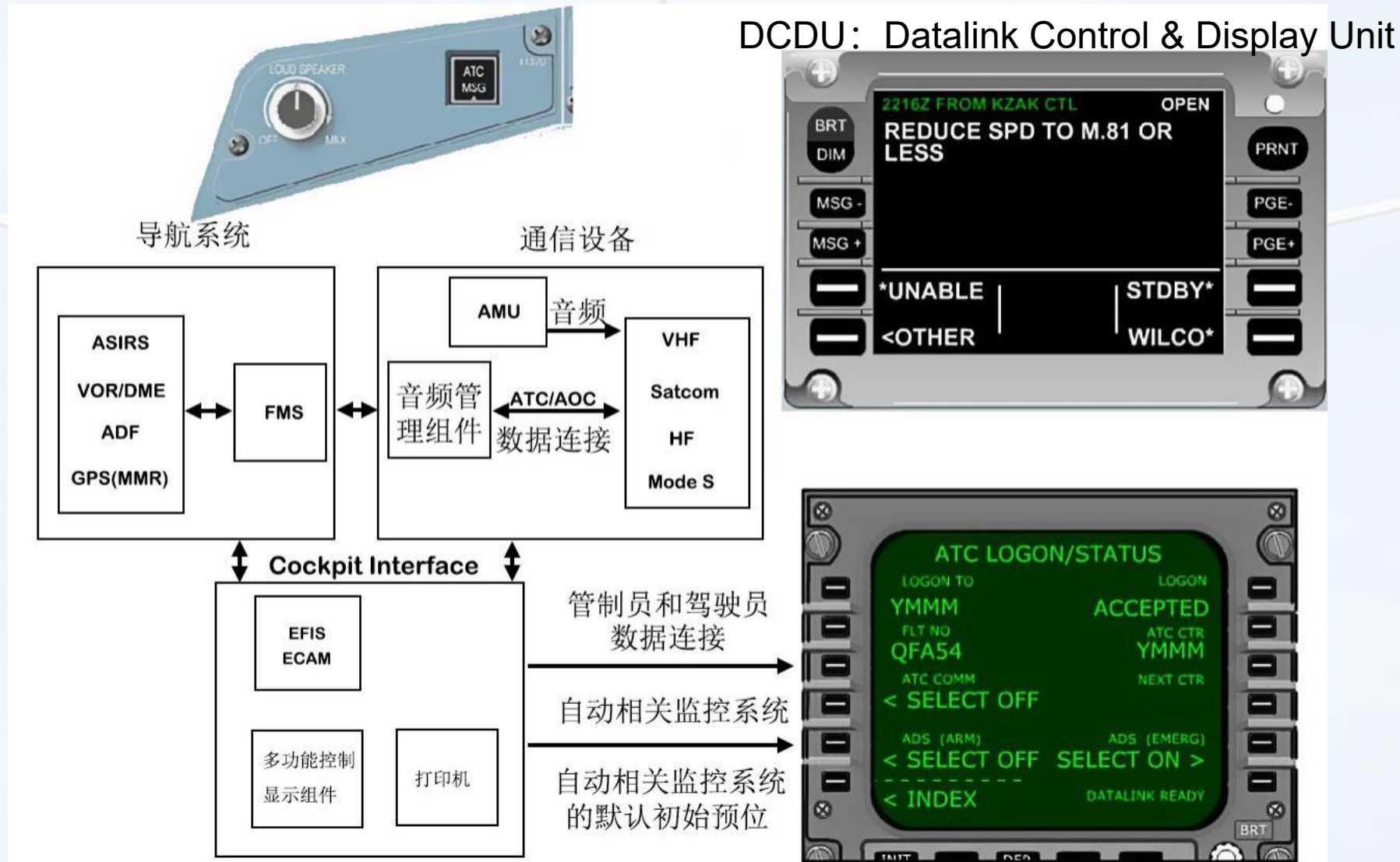


# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能

FANS A应用: ADS自动相关监视功能



# 6 卫星导航系统 (GPS) 系统组成及工作未来空中导航系统 (FANS A) 基本功能



## 小结:

1. GPS系统的工作原理;
2. GPS可提供的两种服务: 精密定位服务和标准定位服务;
3. GPS四种工作模式: 获取模式、导航模式、高度辅助模式、悬挂模式;
4. 未来空中导航系统FANS的功能和系统组成。



## 3.3.17.4 机载监视系统

# 目录

- 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成
- 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式
- 3 空中交通管制系统 (ATC) 工作原理、工作模式及组成
- 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成



A large, faint, light-colored image of a commercial airplane from a front-on perspective, centered in the upper half of the slide.

# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

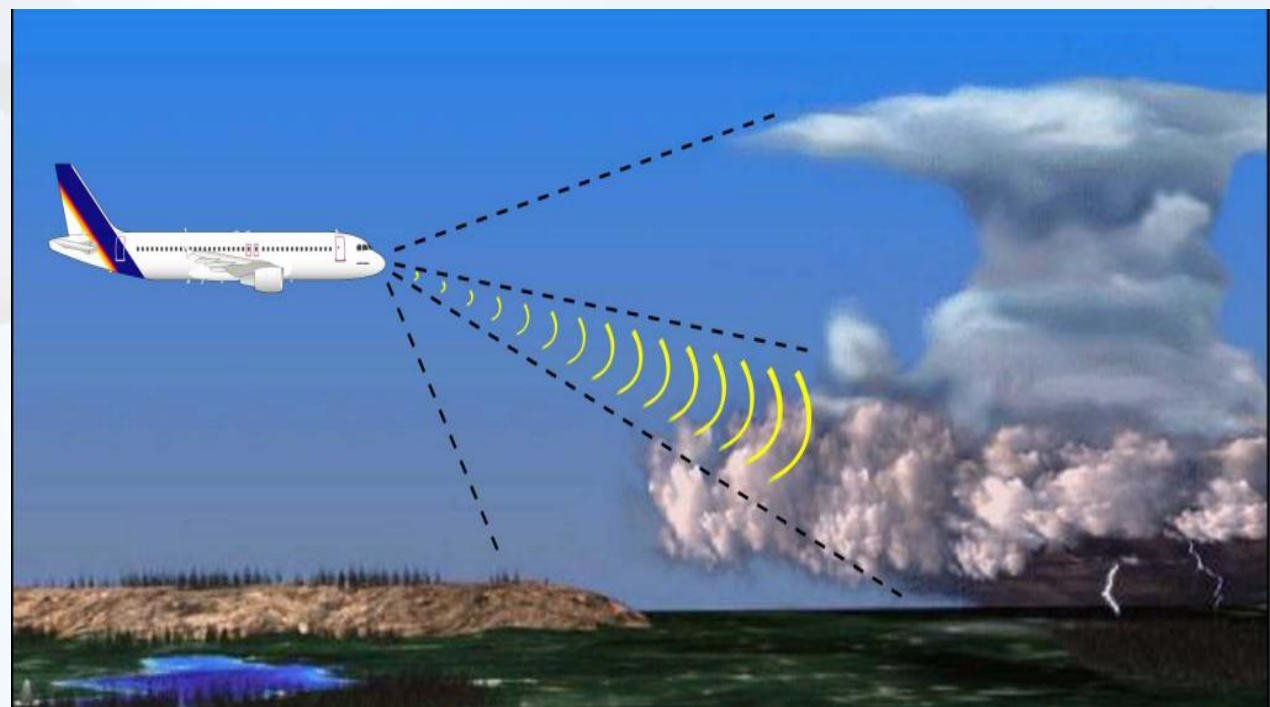


# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 1) 气象雷达的功能与组成

工作原理:

通过方向性很强的天线向飞机前方180度的区域发射脉冲无线电波，它在传播过程中和大气发生各种相互作用。利用回波确定探测目标的空间位置、形状、尺度、移动和发展变化等宏观特性，还可以根据回波信号的振幅、相位、频率和偏振度等确定目标物的各种物理特性。



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

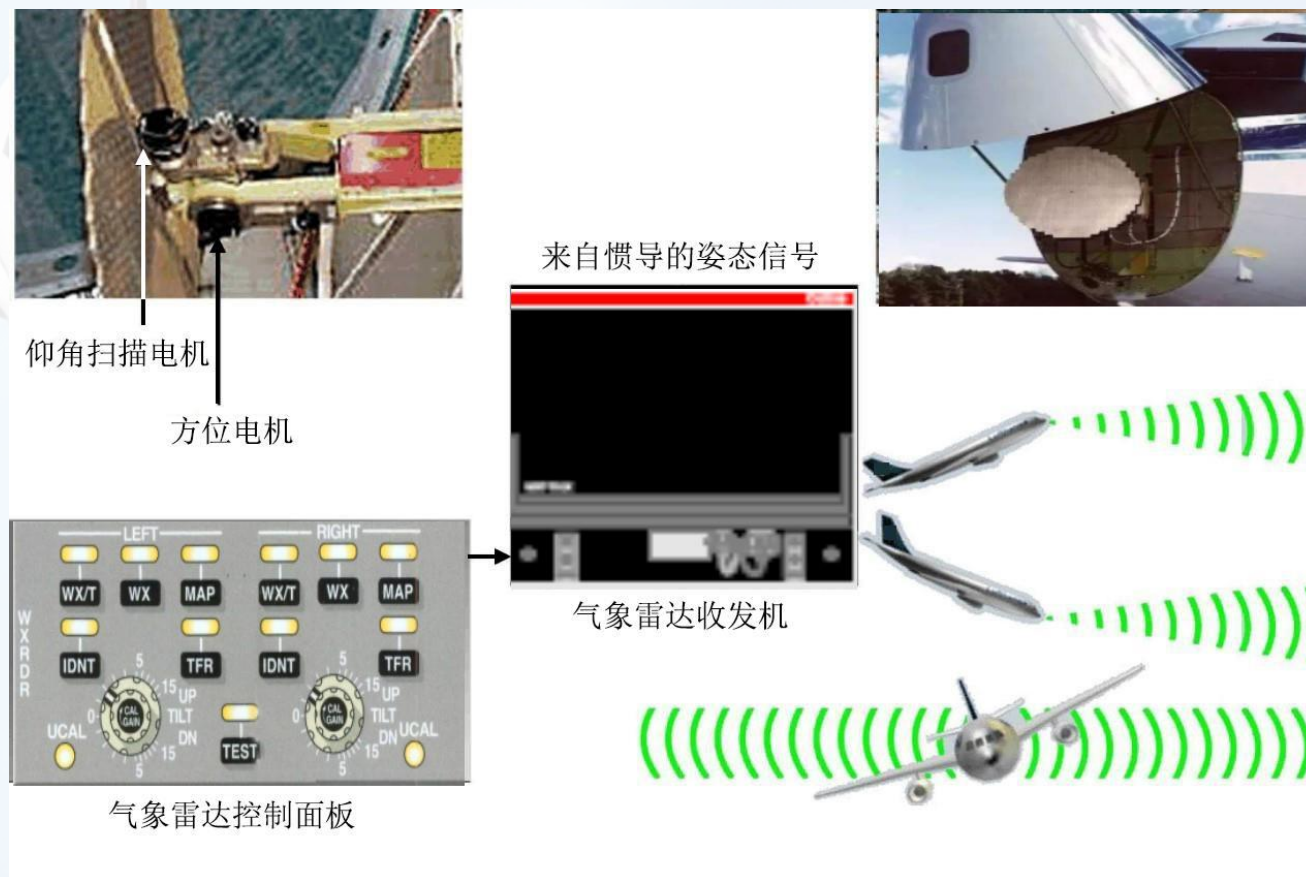
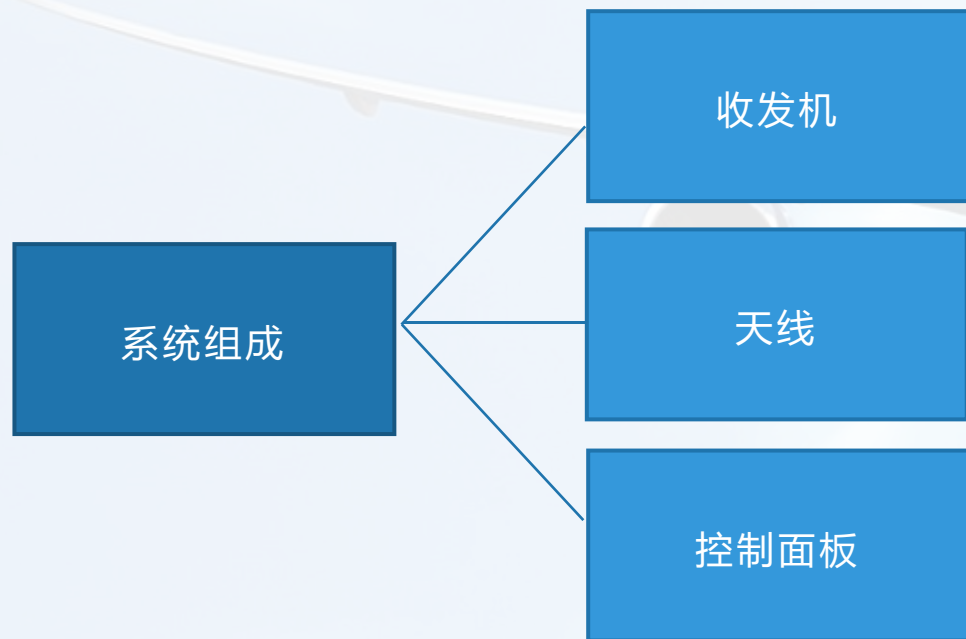
## 1) 气象雷达的功能与组成



- 气象雷达系统对回波的分析结果显示在ND上，不同的气象现象回波信号强度会显示为不同的颜色。
- 气象雷达的附加功能：
  - 地型轮廓
  - 检测湍流
  - 检测风切变

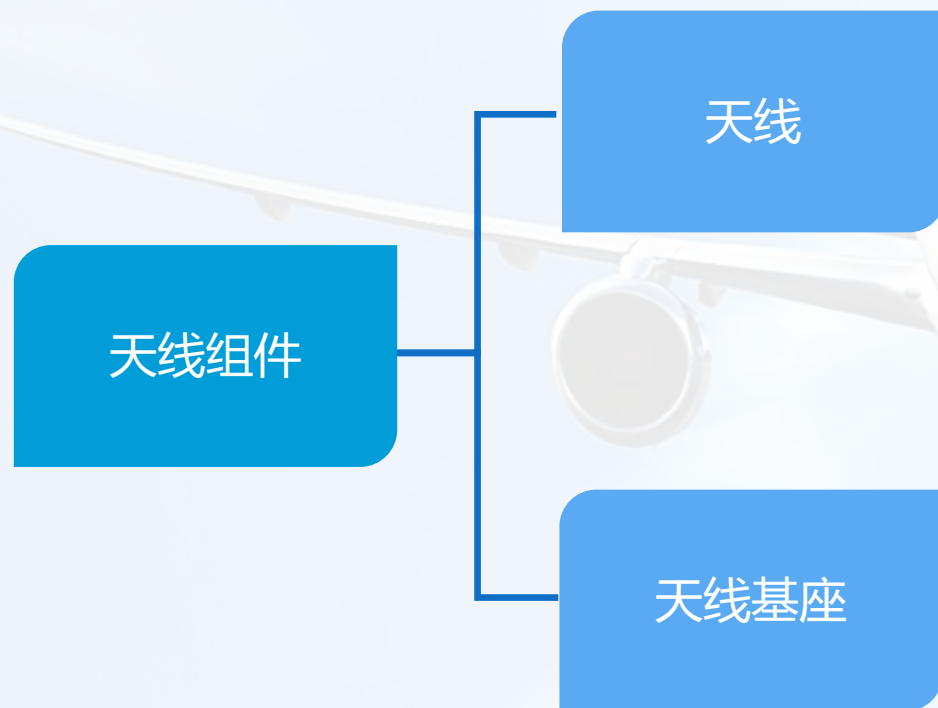
# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 1) 气象雷达的功能与组成



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 1) 气象雷达的功能与组成



- 方位电机：驱动天线正负移动90度
- 仰角扫描电机：保持天线水平姿态独立于飞机姿态



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

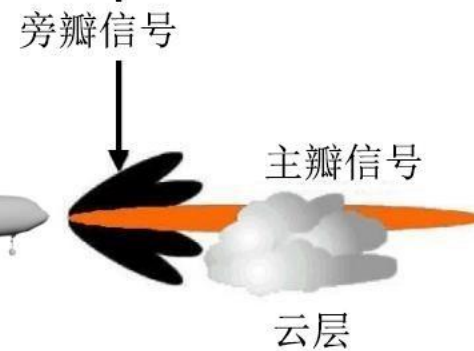
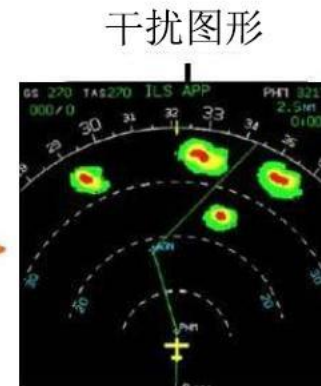
## 1) 气象雷达的功能与组成

LOREM IPSUM DOLOR

天线种类

抛物面反射天线

平板天线



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

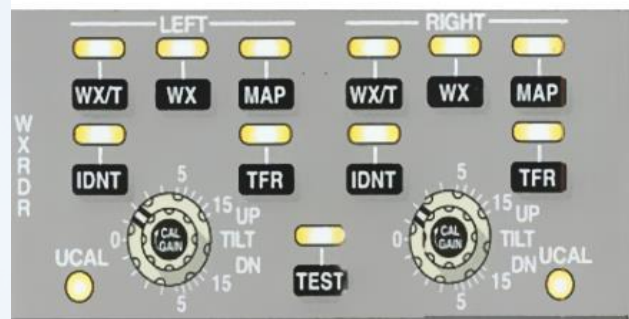
## 2) 气象雷达控制与指示

气象雷达工作方式:

WX (气象)

WX/T (气象与湍流)

MAP (地图)



气象雷达控制面板

脉冲功率: 60KW to 25W

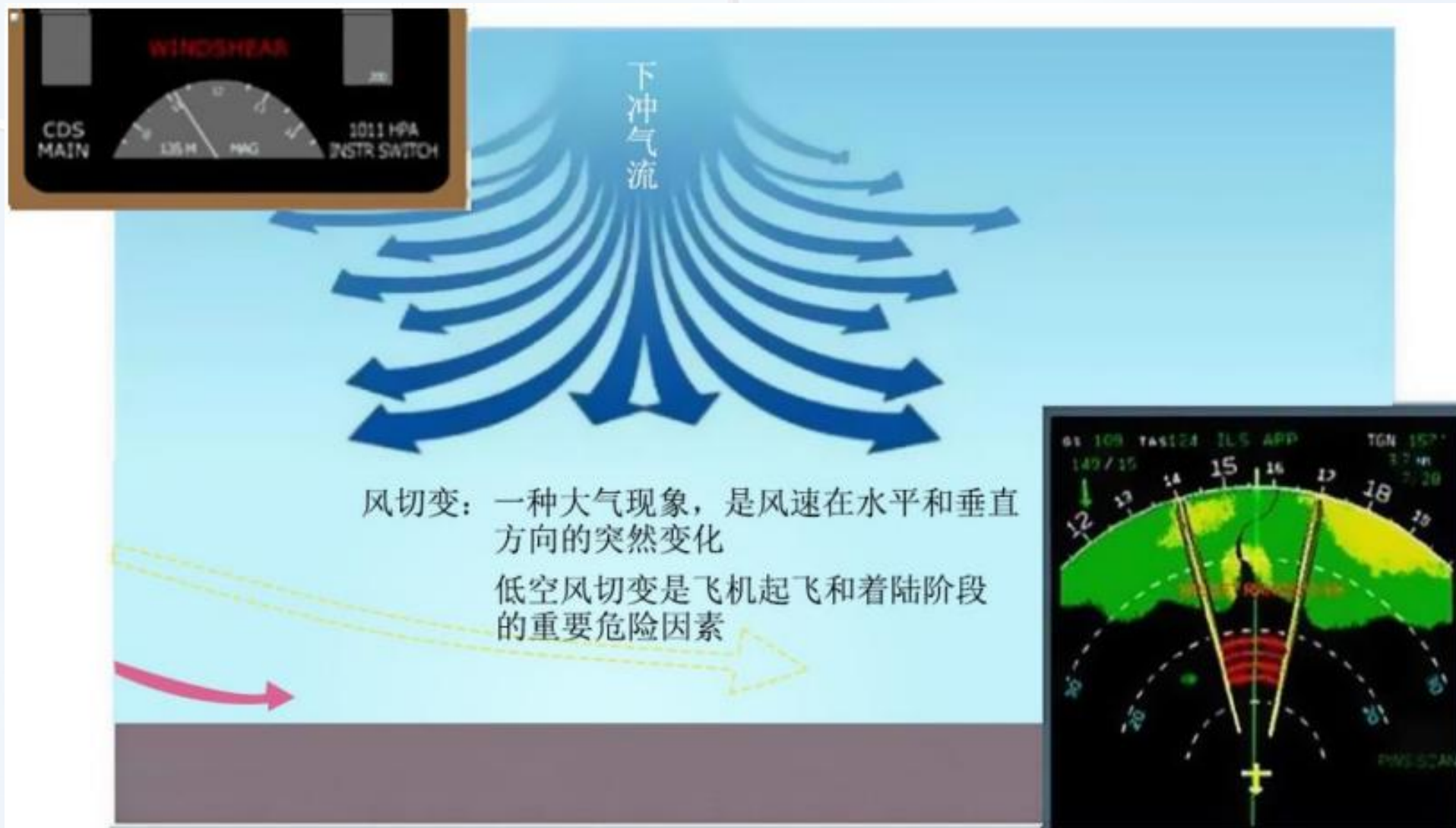


气象雷达收发机



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 2) 气象雷达控制与指示



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 2) 气象雷达控制与指示



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

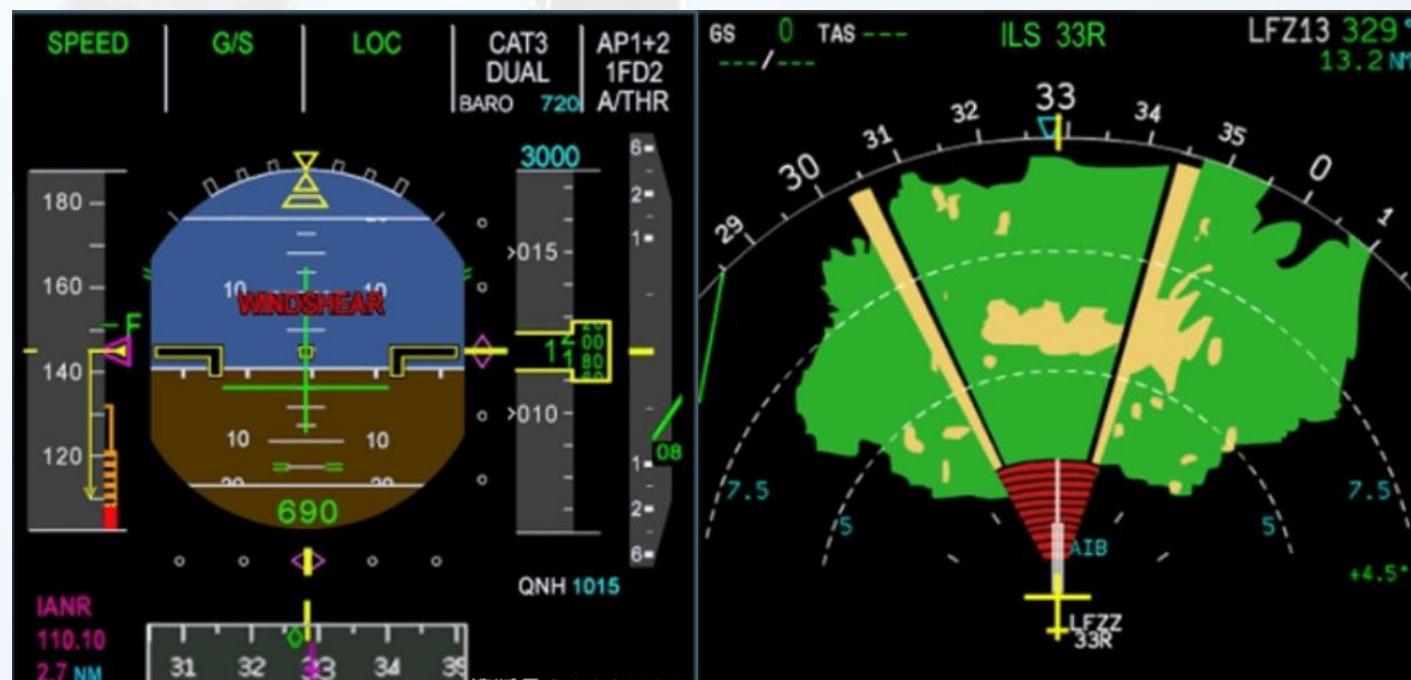
## 2) 气象雷达控制与指示

风切变的探测:

雷达在回波处理中采取搜索模式, 如果较近的回波频率增加, 而较远的回波频率降低, 则检测到风切变。

风切变显示:

一个风切变符号显示于导航显示器中, 并在风切变关键区域有红色和黑色条纹, 符号边缘有额外的黄色色带, 这显示了飞行员应该避免的航向。该警告伴随着一个红色风切变信息在PFD和ND上。



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

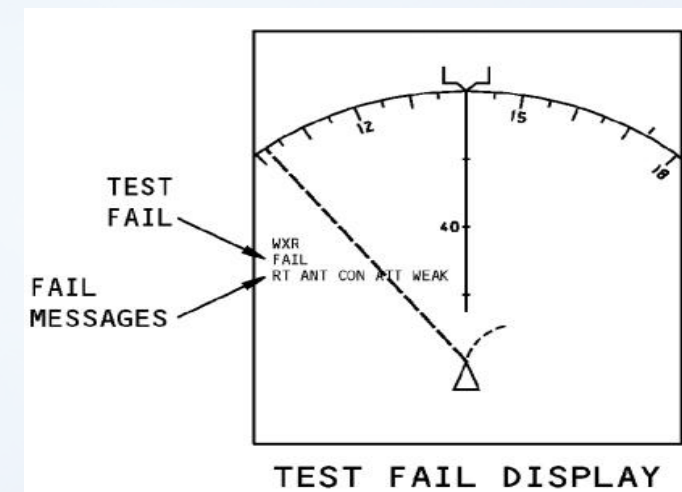
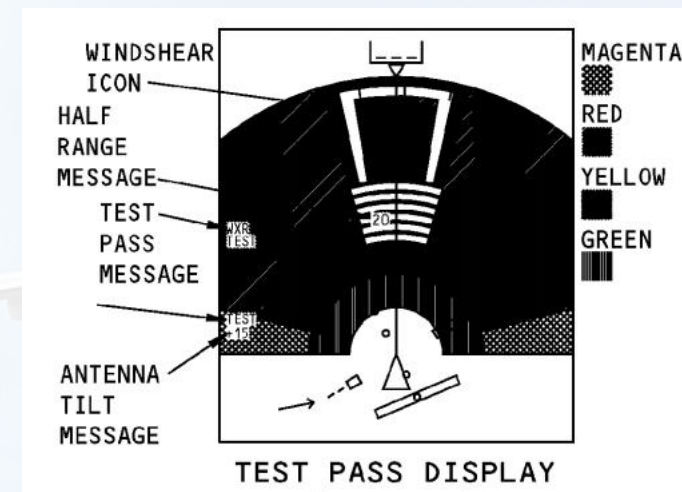
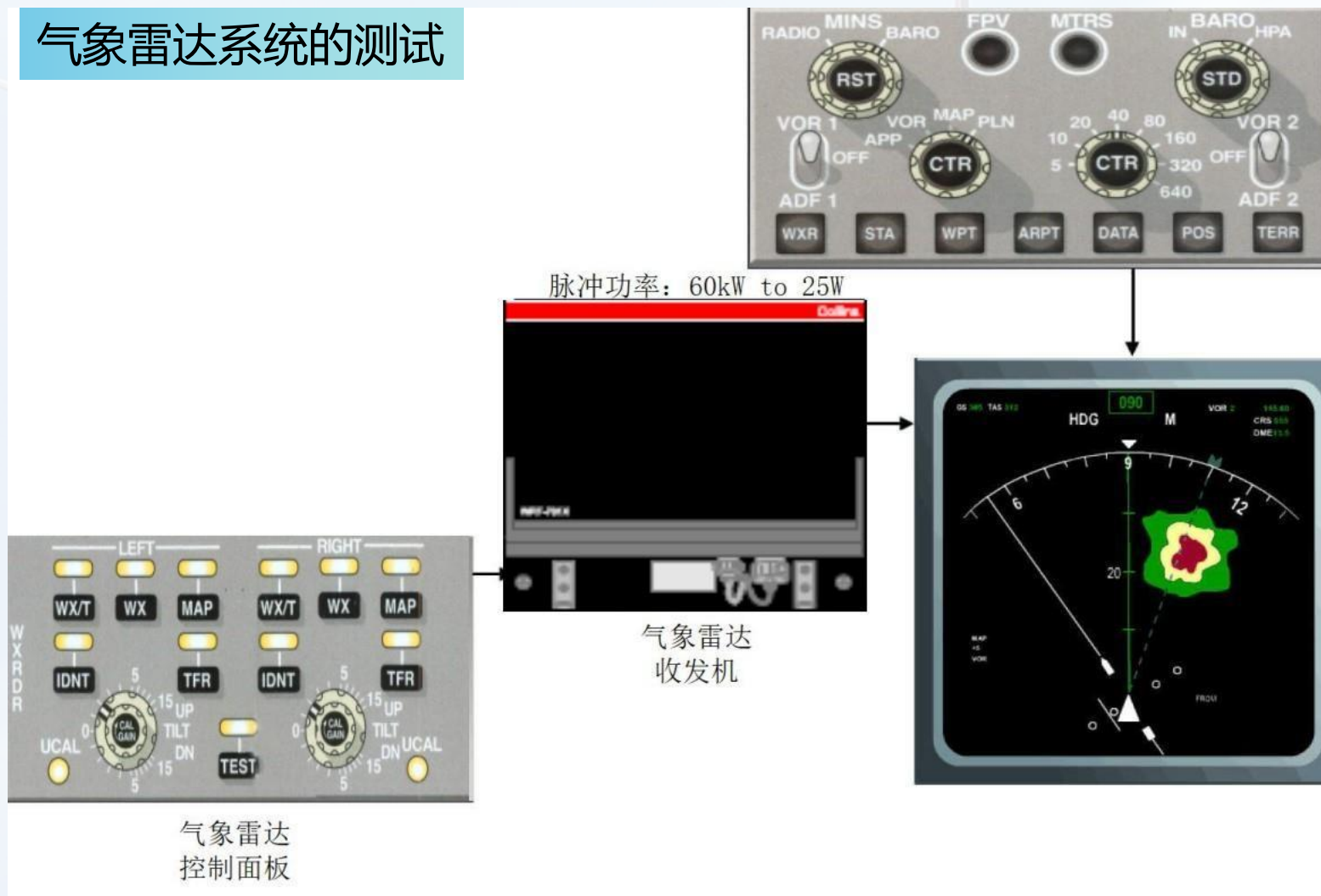
## 2) 气象雷达控制与指示



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 2) 气象雷达控制与指示

### 气象雷达系统的测试



# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

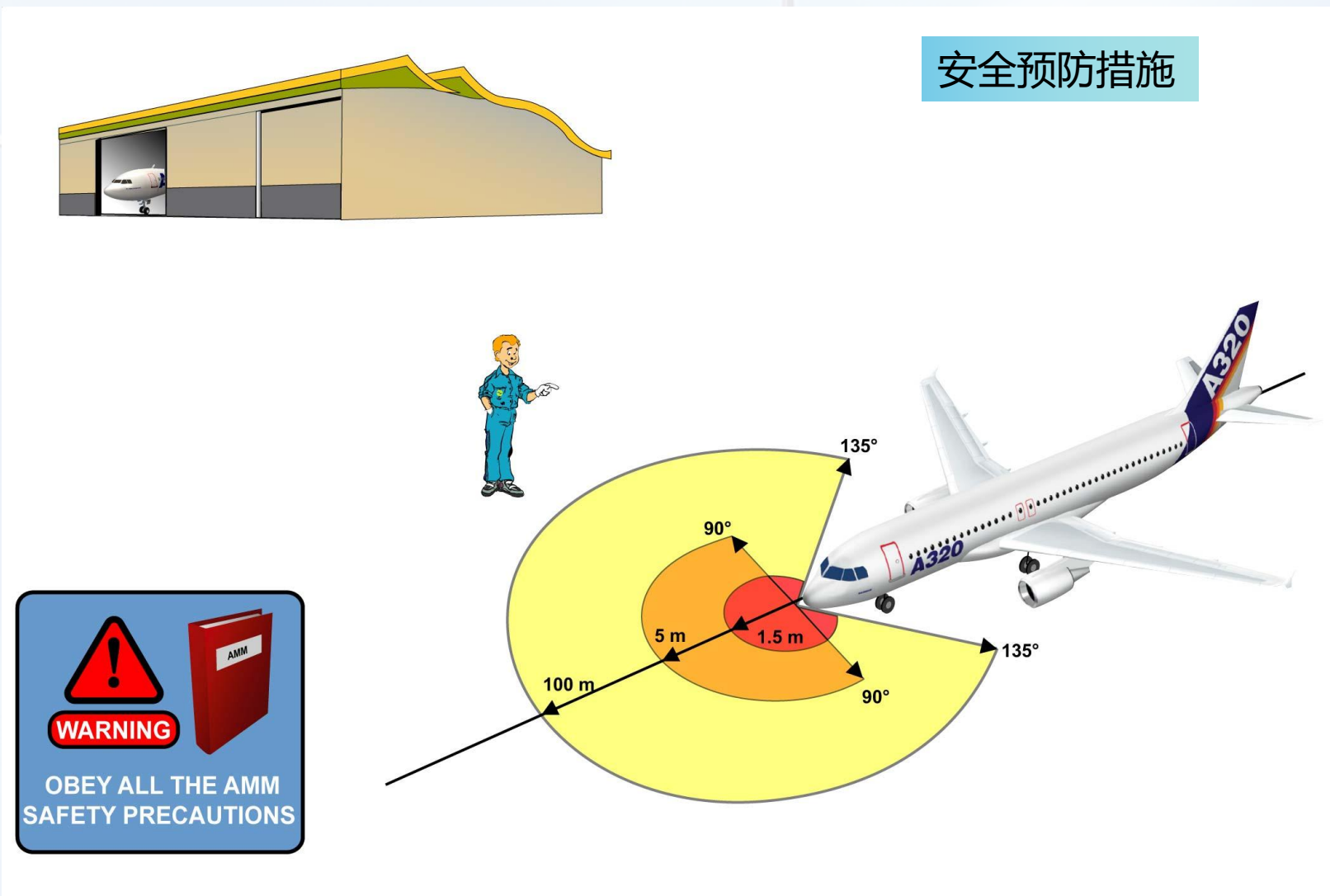
## 2) 气象雷达控制与指示



先校惯导

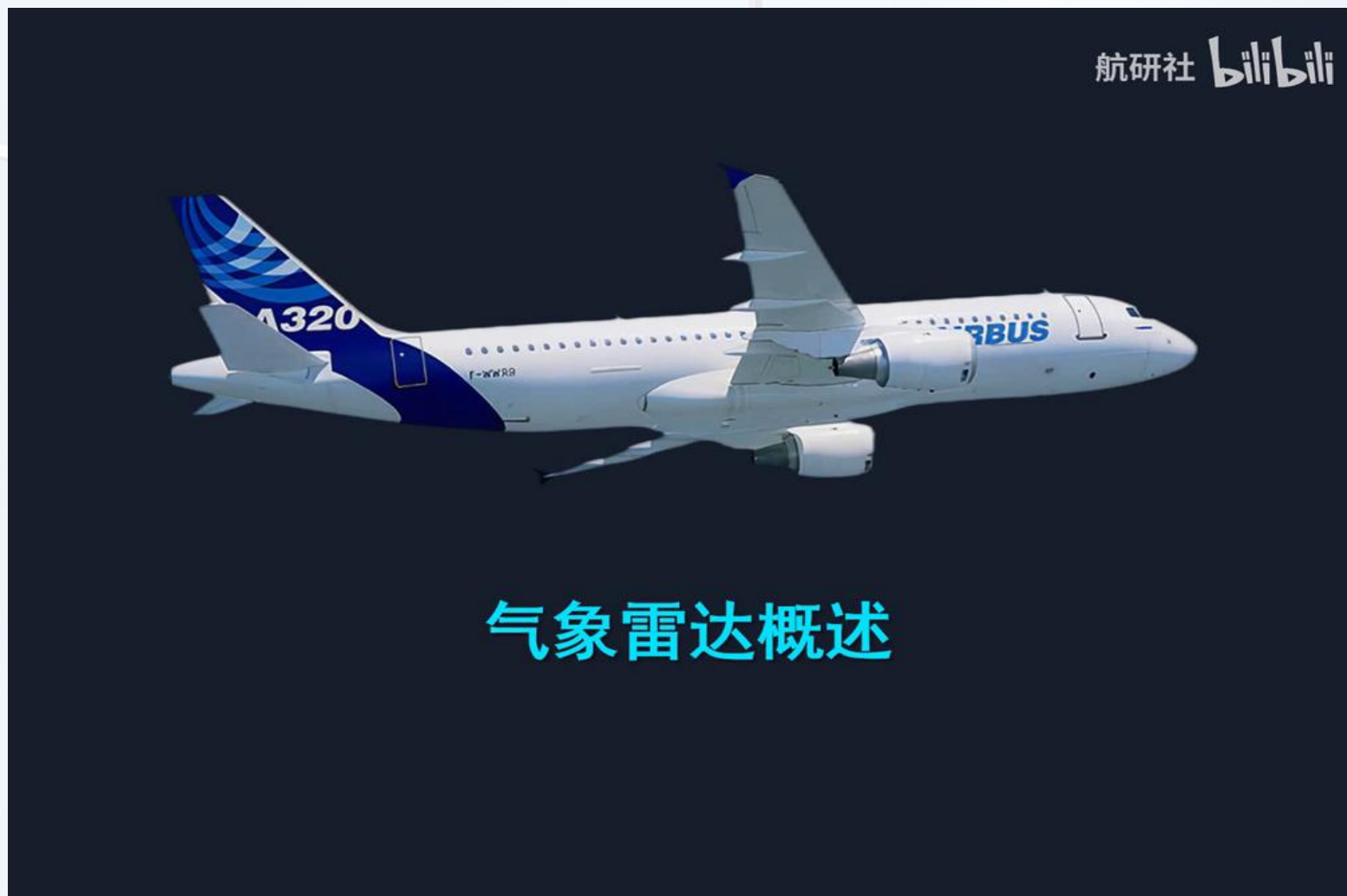
# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 2) 气象雷达控制与指示




# 1 气象雷达 (WXR) 工作原理、工作模式及组成

## 2) 气象雷达控制与指示



## 小结 (2H) :

1. 气象雷达的基本功能和系统组成;
2. 气象雷达工作模式: WX模式、WX/TURB模式、MAP模式, PWS模式、测试模式, 不同模式的不同功能;
3. 气象雷达地面操作时的注意事项。

A large, faint, light-colored silhouette of an airplane is centered in the background of the slide.

## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

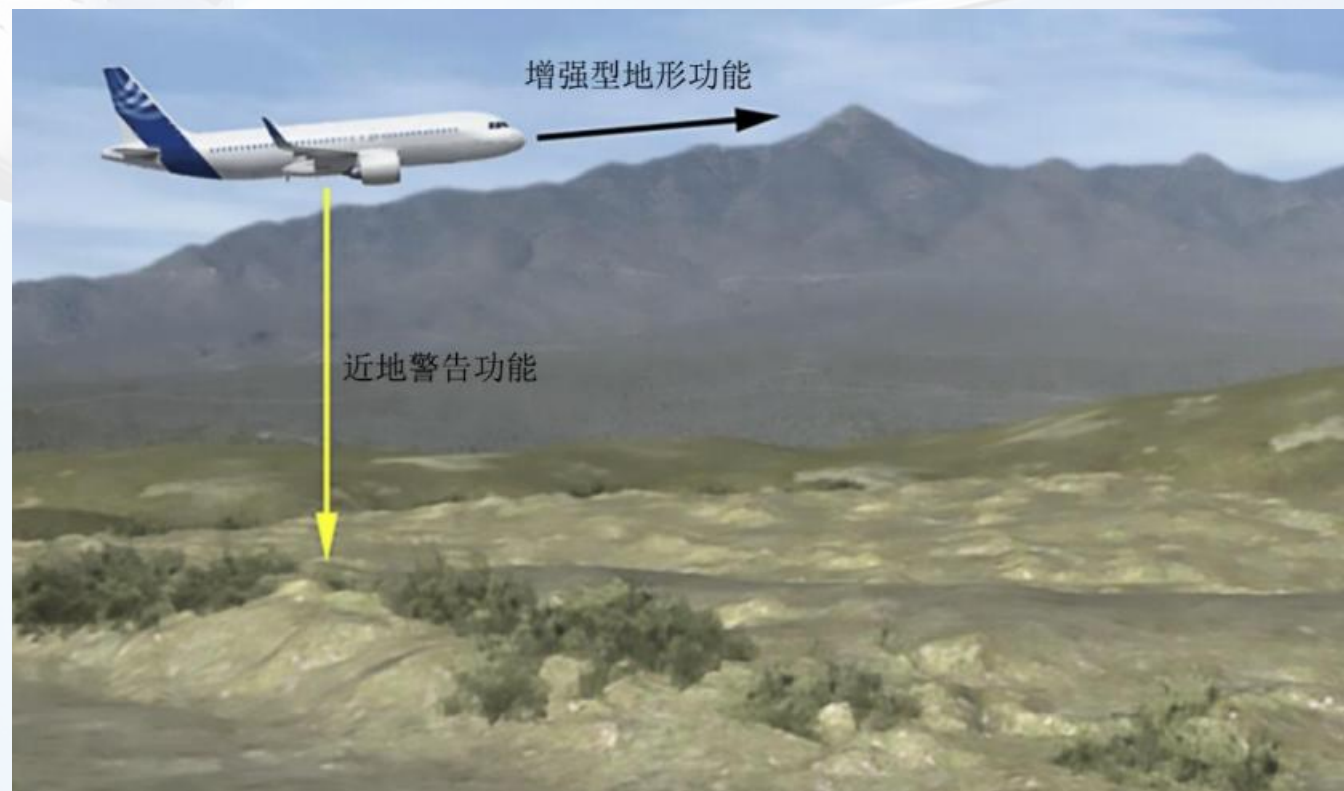


## 2 增强型近地警告系统（EGPWS）工作原理及工作模式

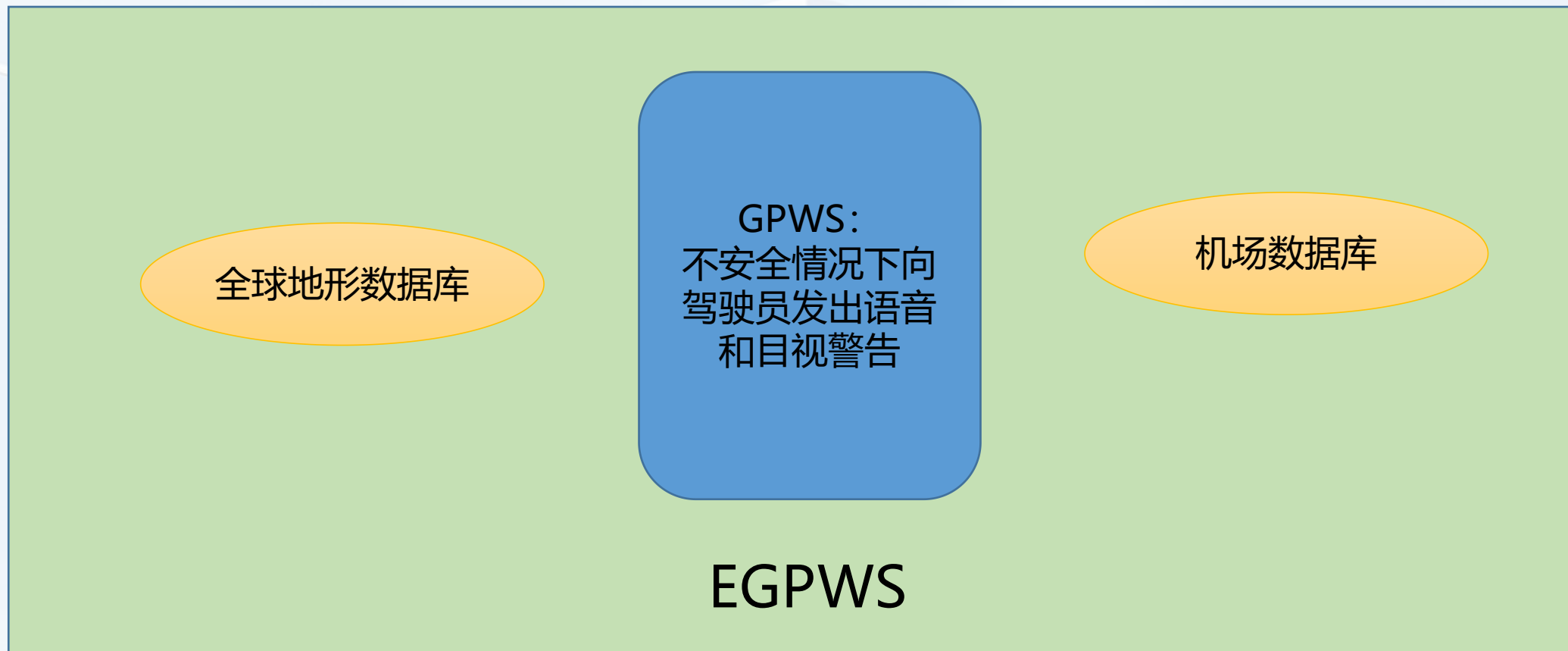
EGPWS: Enhanced Ground Proximity Warning System

增强型近地警告系统（EGPWS）：

- 飞机接近地形时提醒机组一种不安全状态
- 提供对风切变的警告
- 对机组的不安全下降发出警告



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

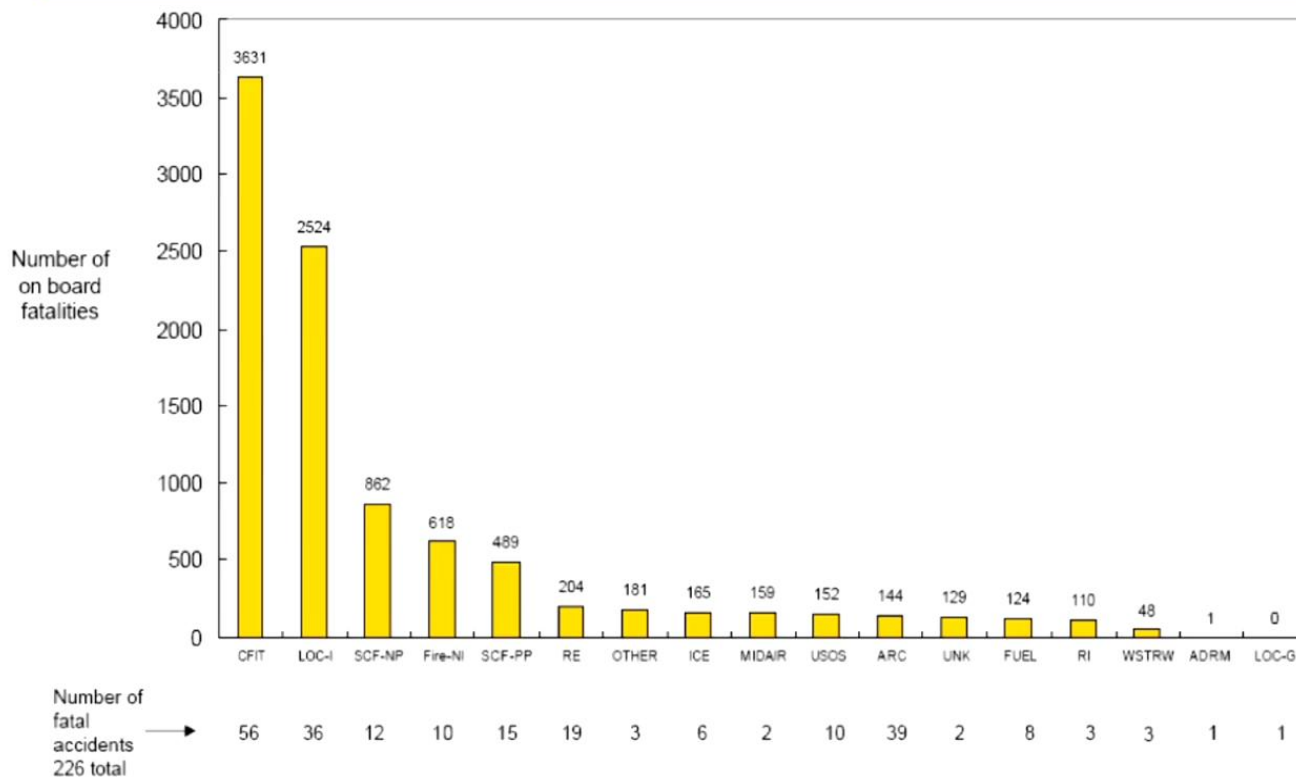


## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

安愉NZ

### Fatalities by CAST/ICAO Taxonomy Accident Category\*

Fatal Accidents – Worldwide Commercial Jet Fleet – 1987 Through 2004



\* See page 19 for the CAST/ICAO category definitions

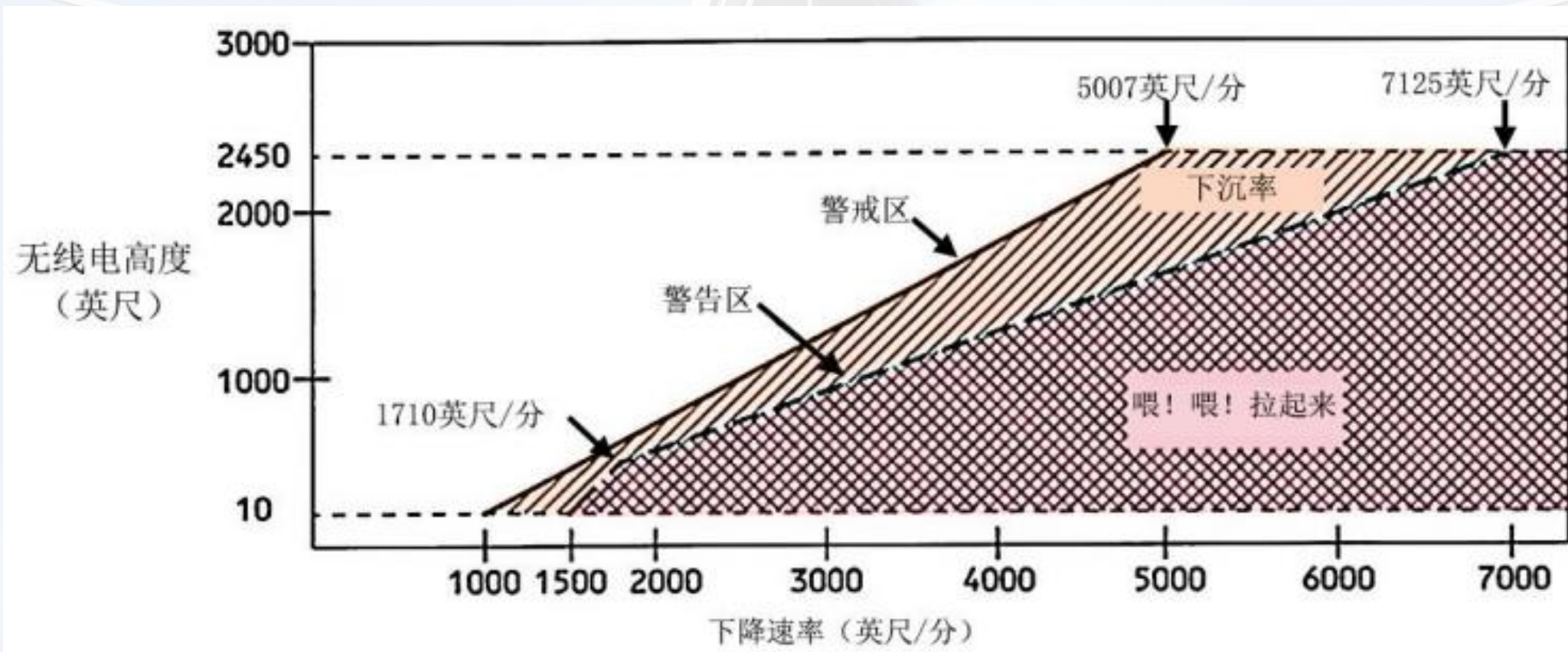
18  
2004 STATISTICAL SUMMARY, MAY 2005



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

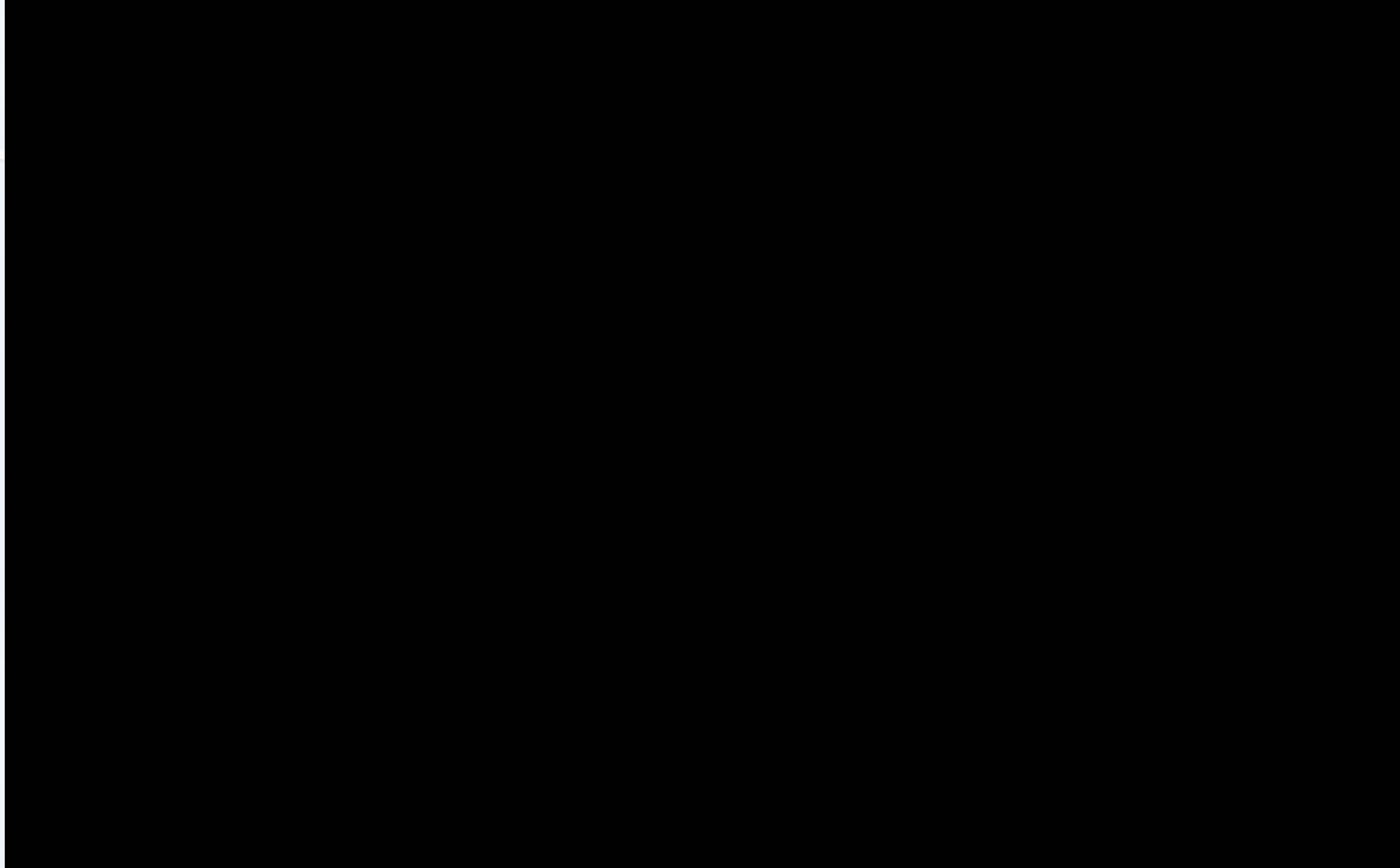
### 1) GPWS模式划分

#### ➤ 模式1-过大的下降率



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

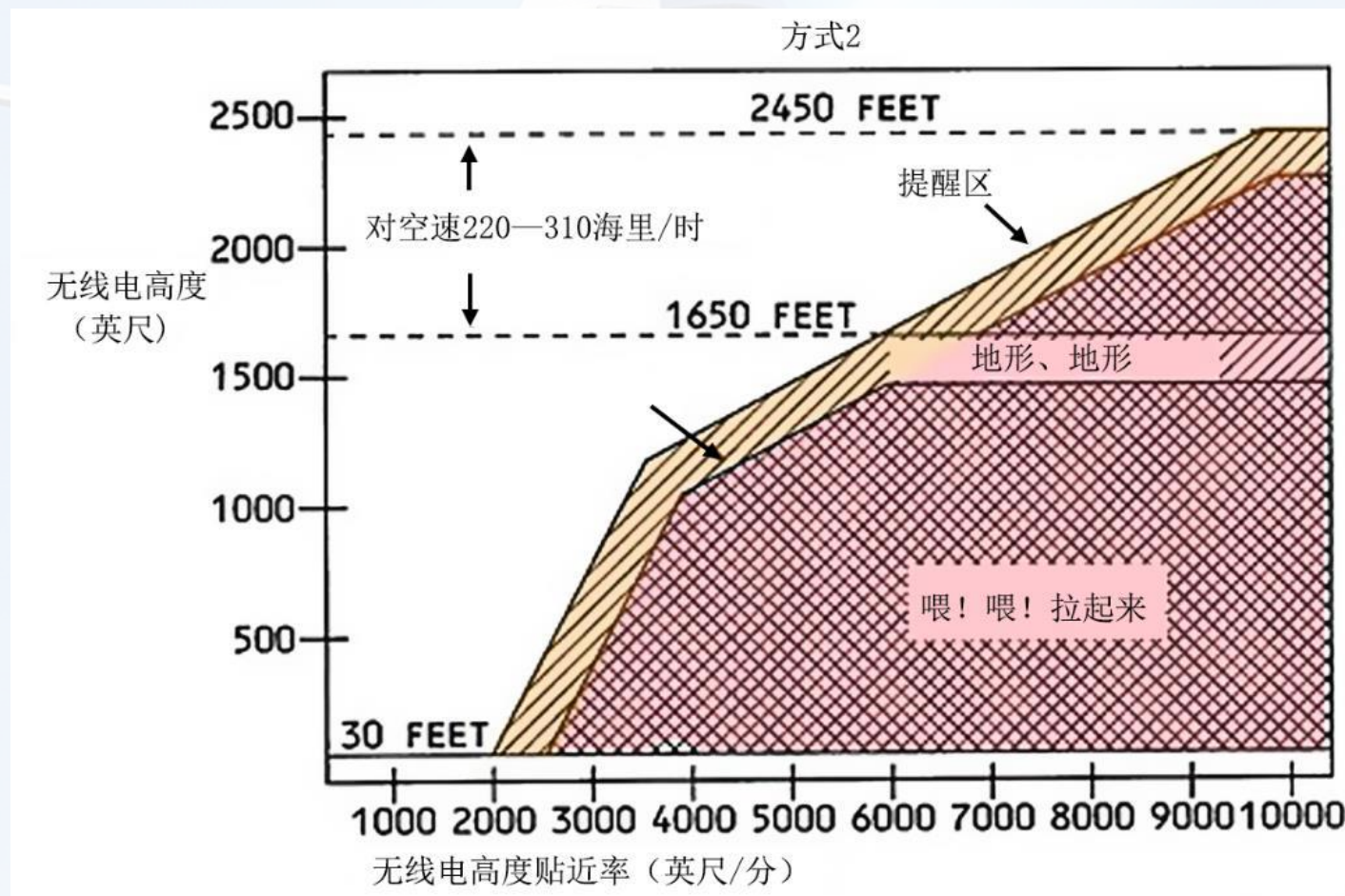
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

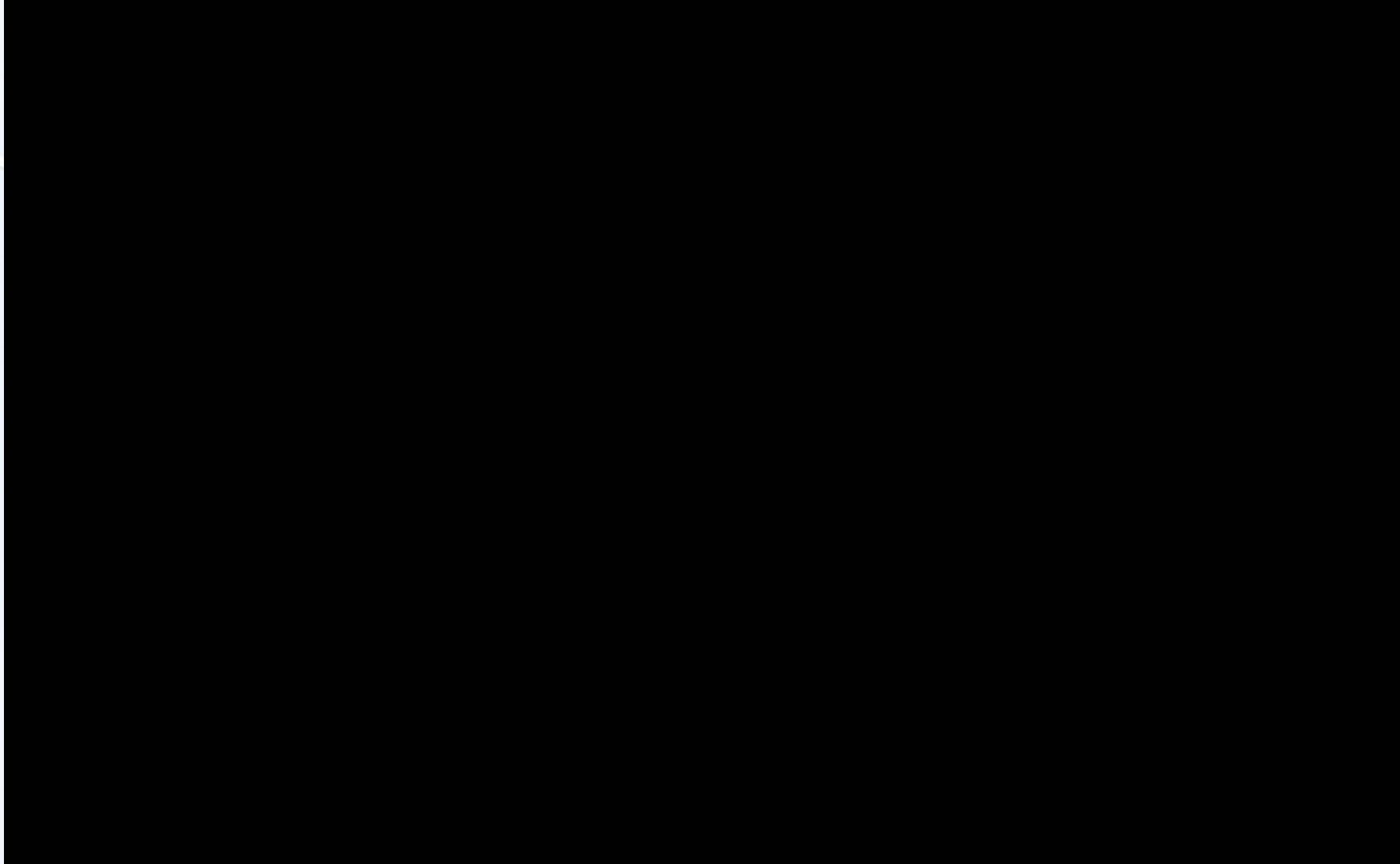
### 1) GPWS模式划分

- 模式2-当贴近升高地形时迫近率 (接近率) 太大



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

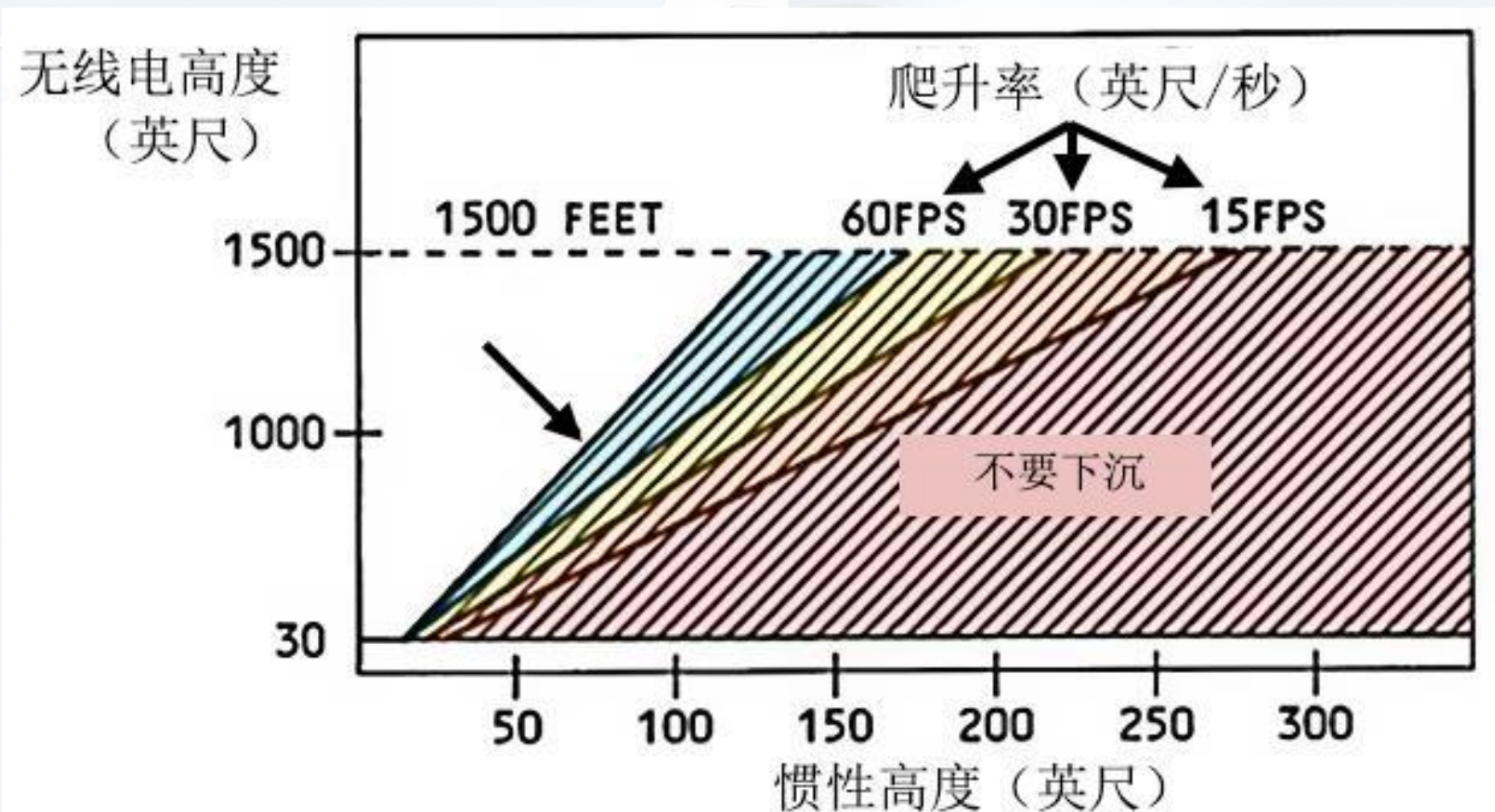
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

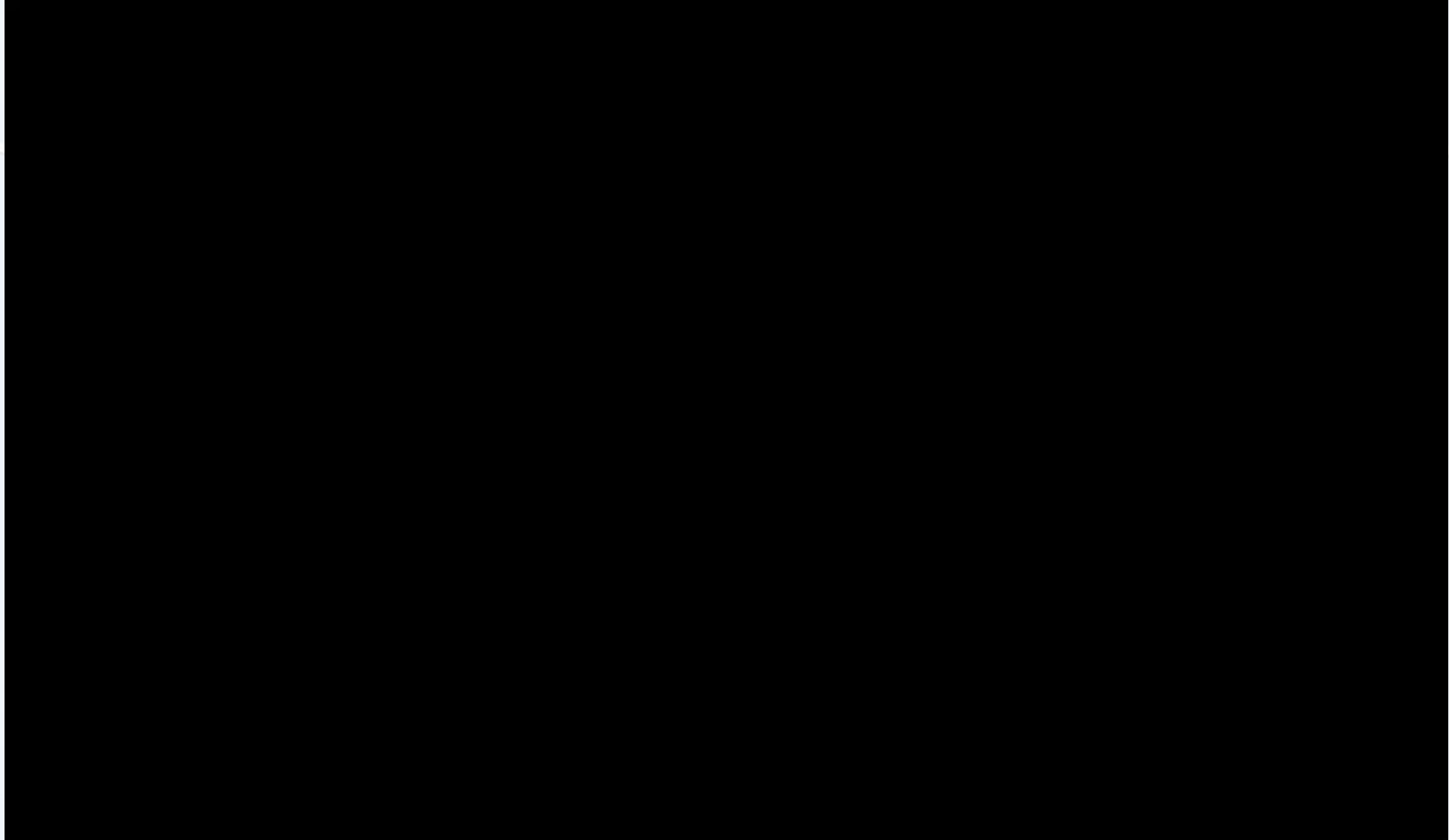
### 1) GPWS模式划分

- 模式3-当飞机不在着陆形态下爬高中丢失高度太多 (指起飞或复飞中)



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

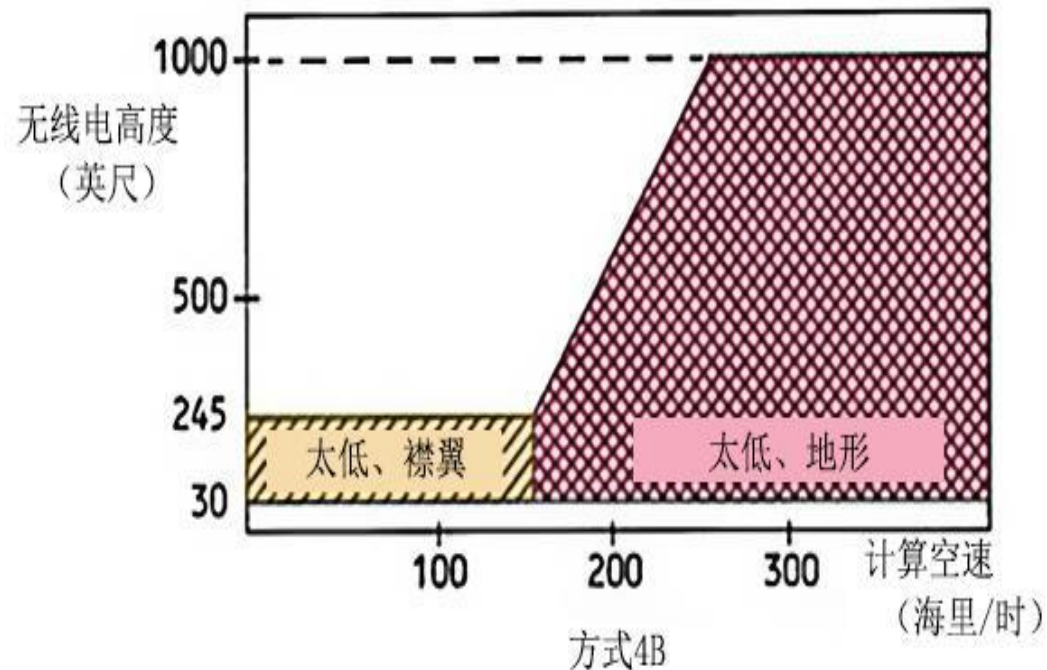
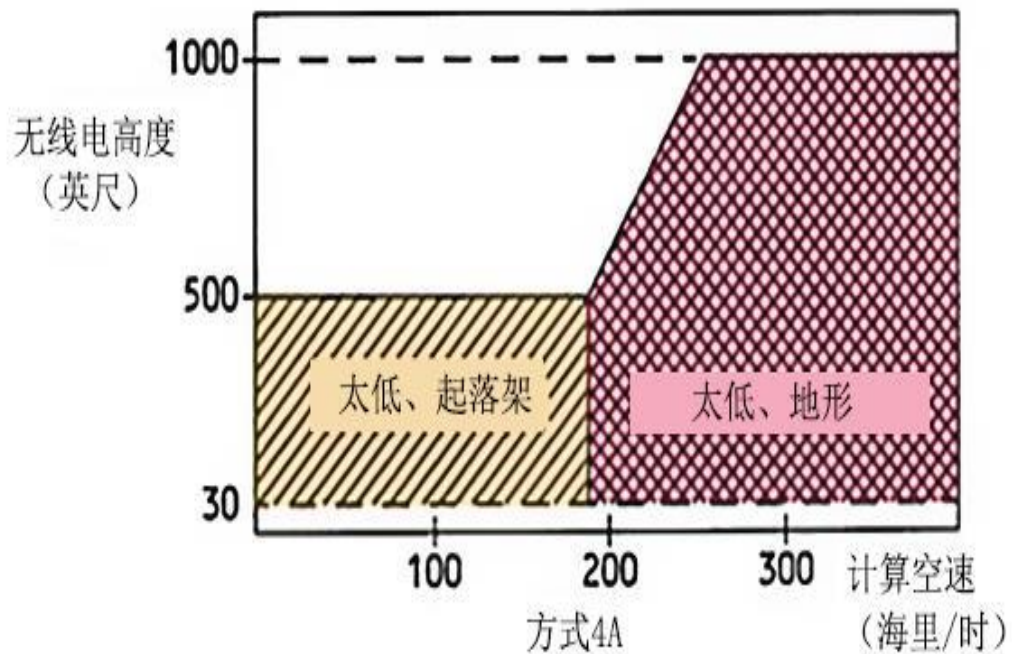
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

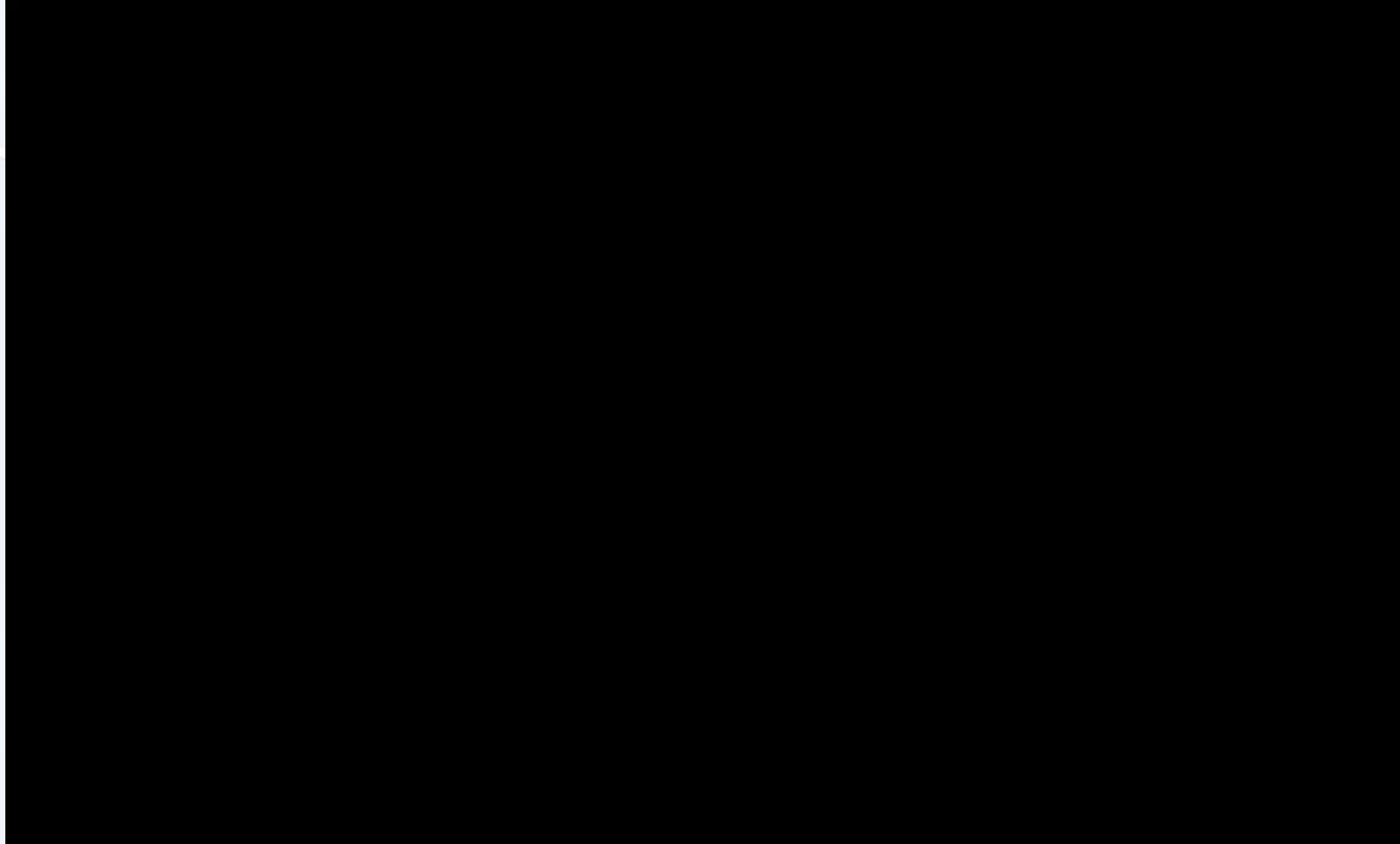
### 1) GPWS模式划分

➤ 模式4-地形净空不够



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

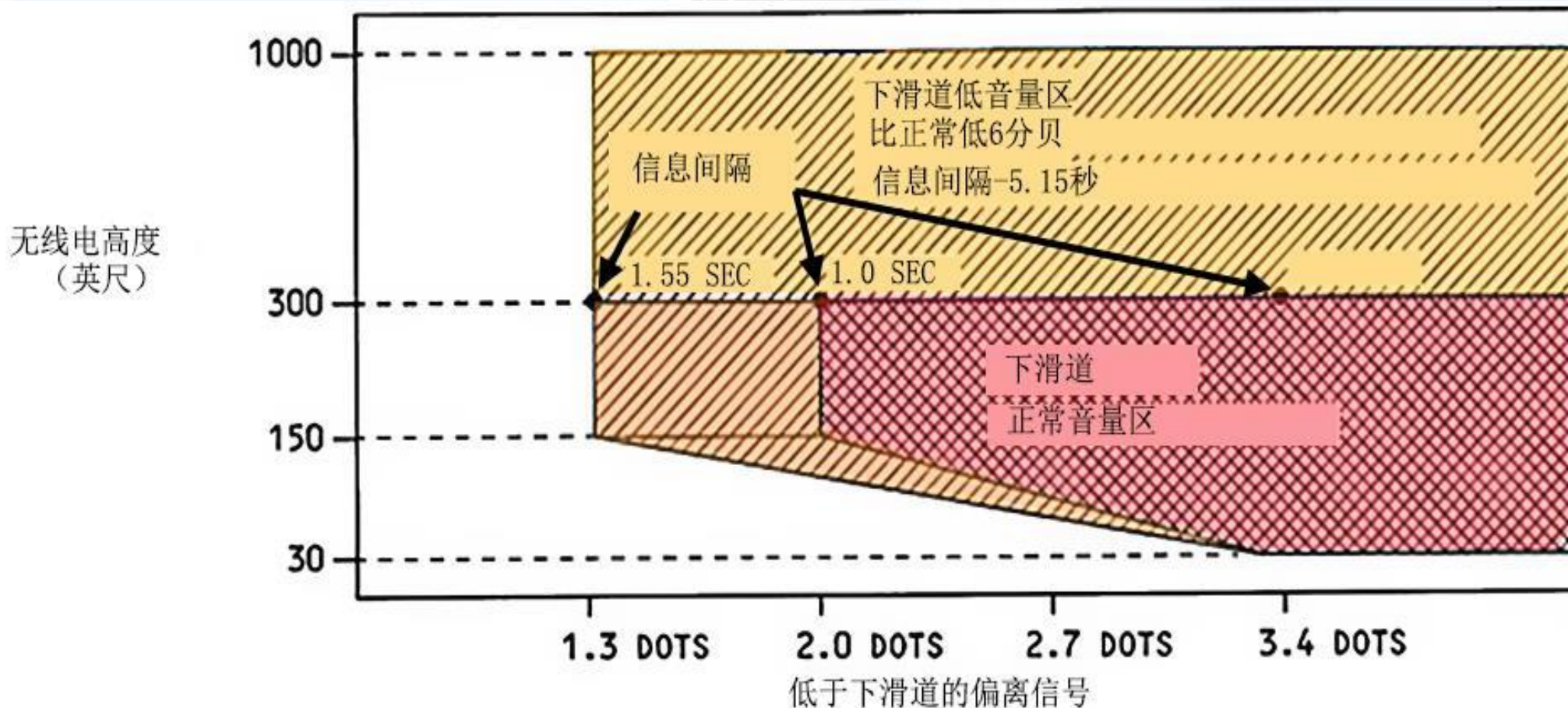
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

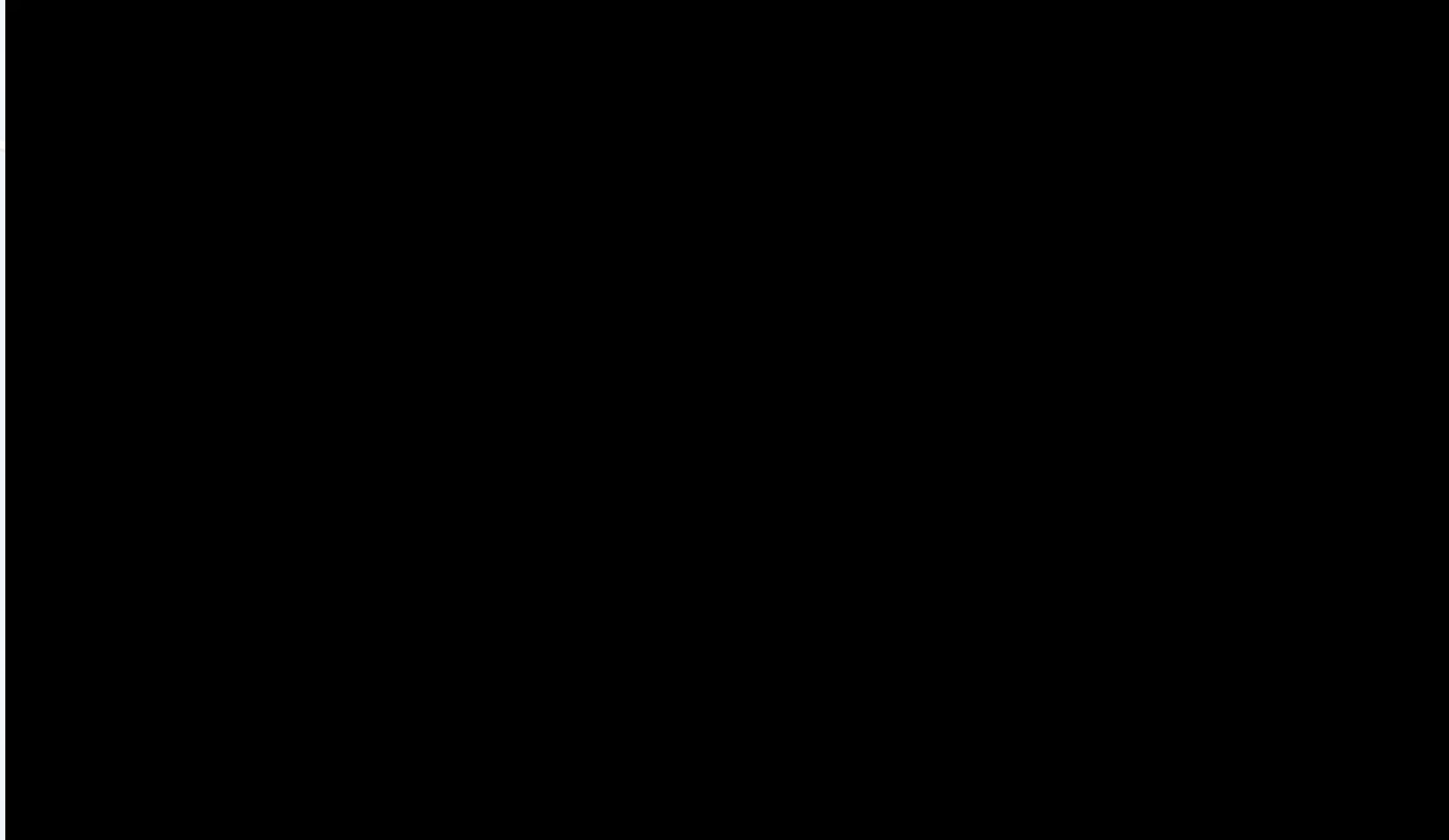
### 1) GPWS模式划分

- 模式5-低于下滑道的偏离太大



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

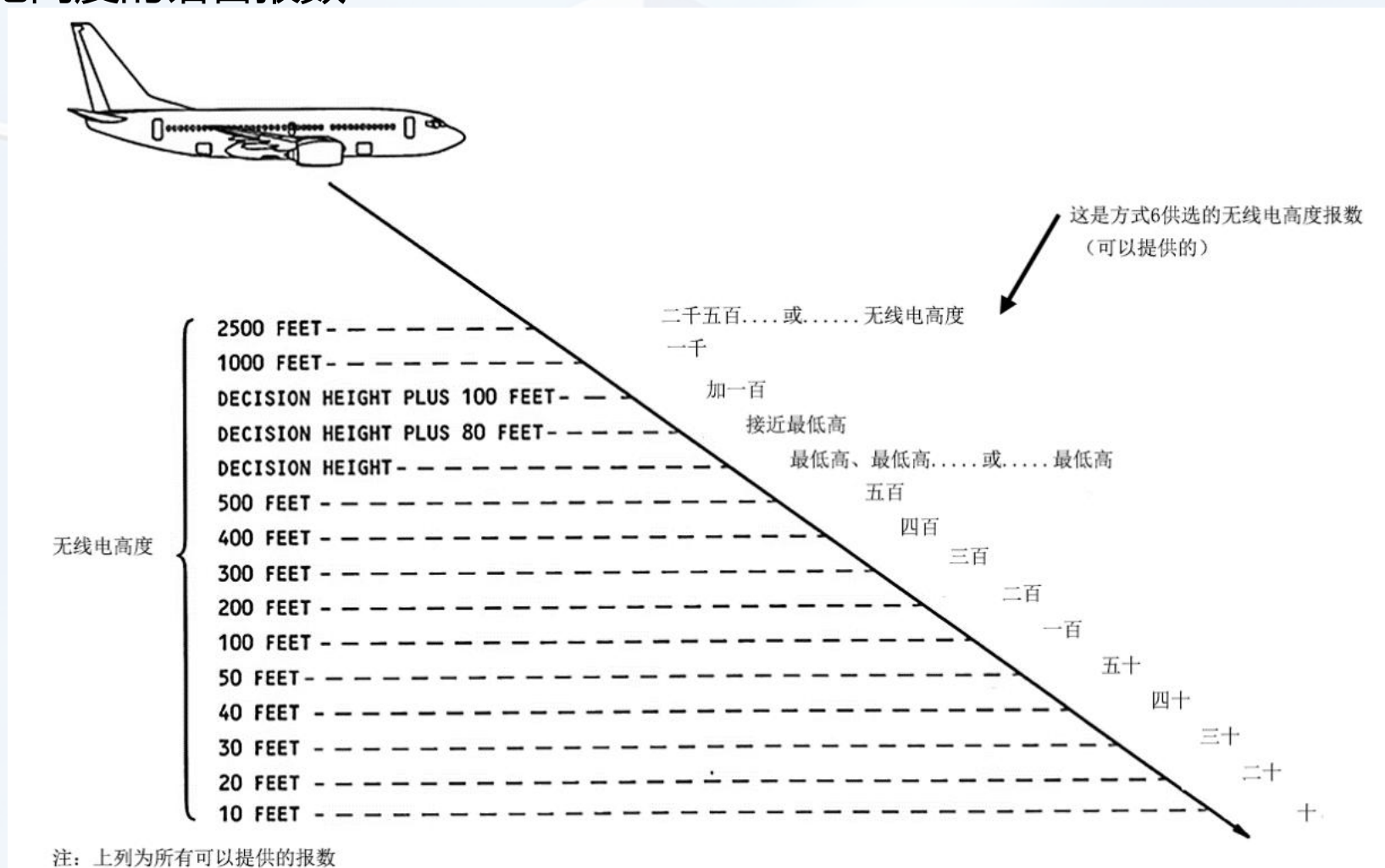
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

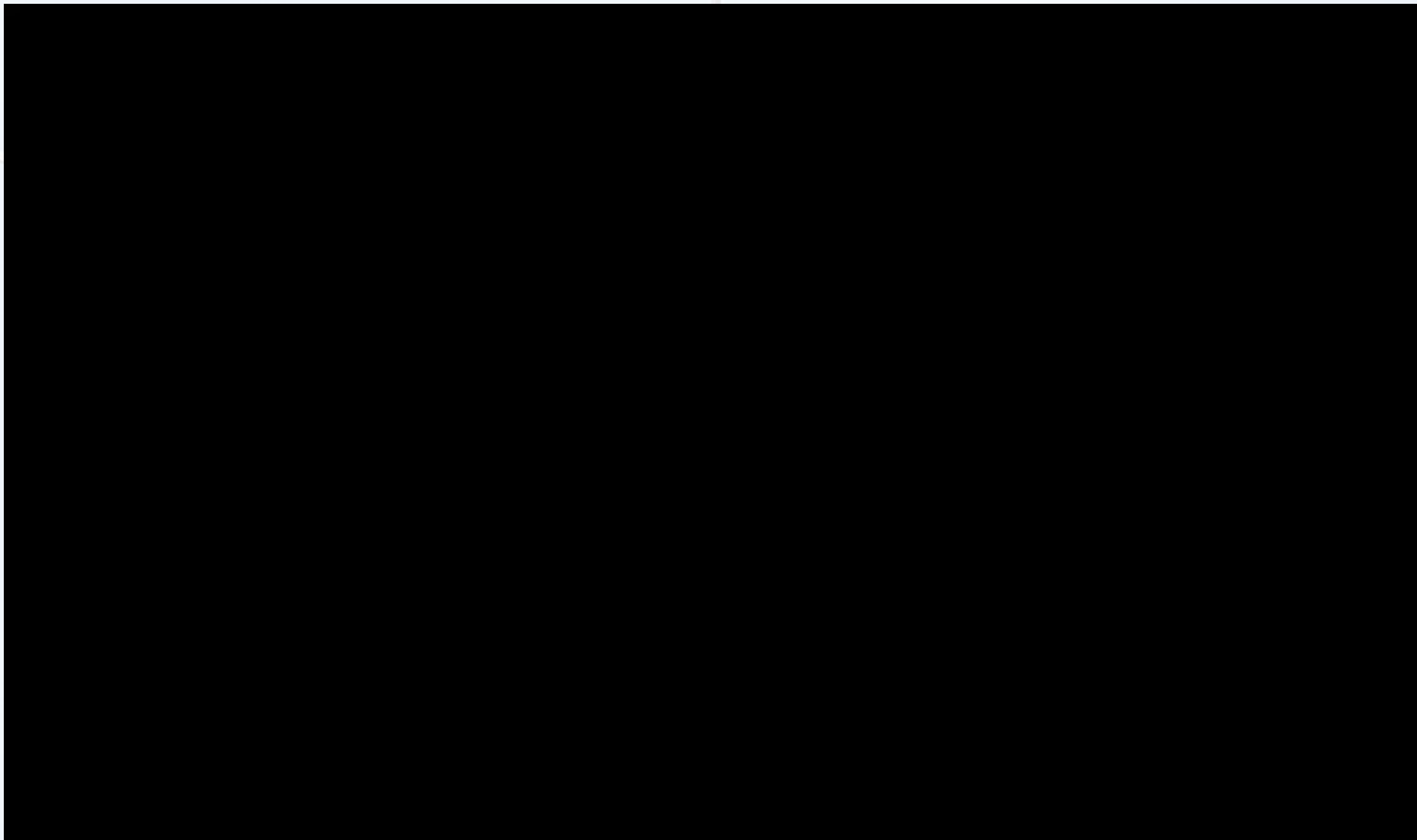
### 1) GPWS模式划分

#### ➤ 模式6-无线电高度的语音报数



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

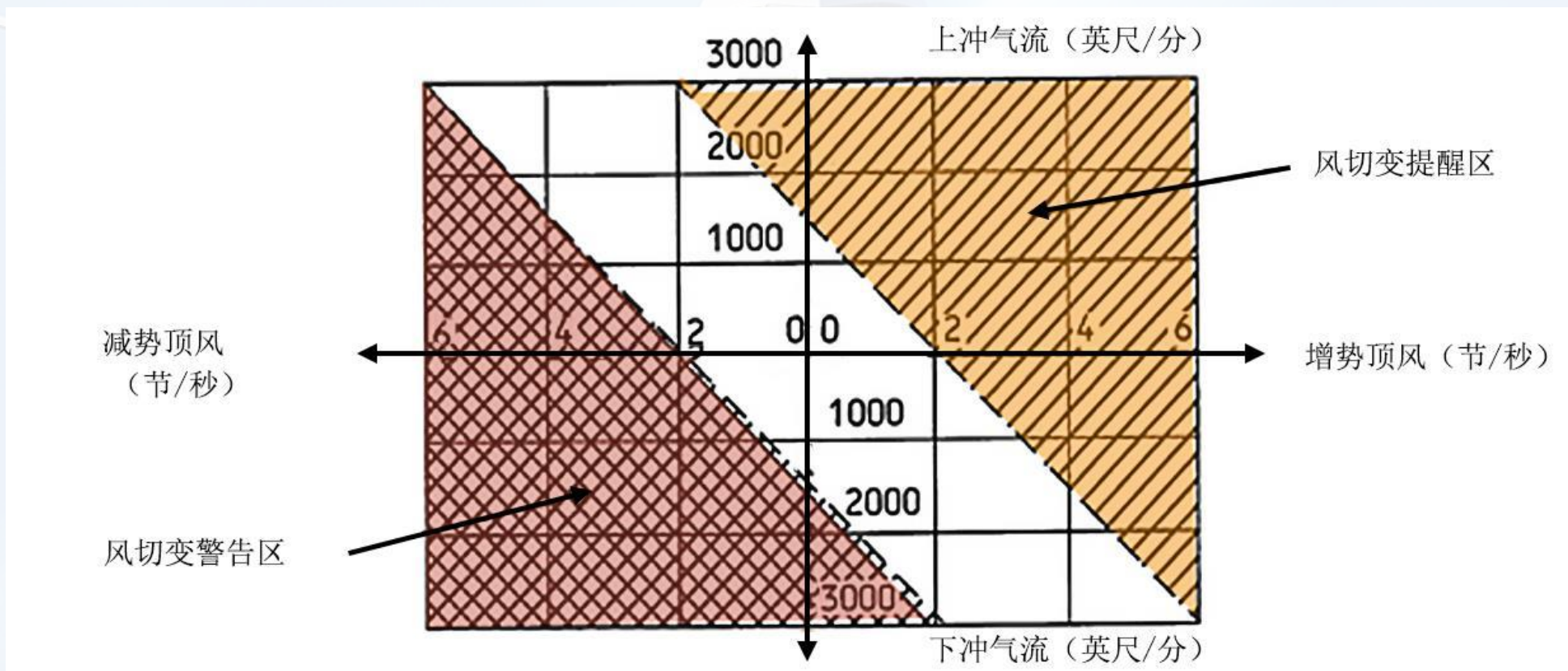
### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

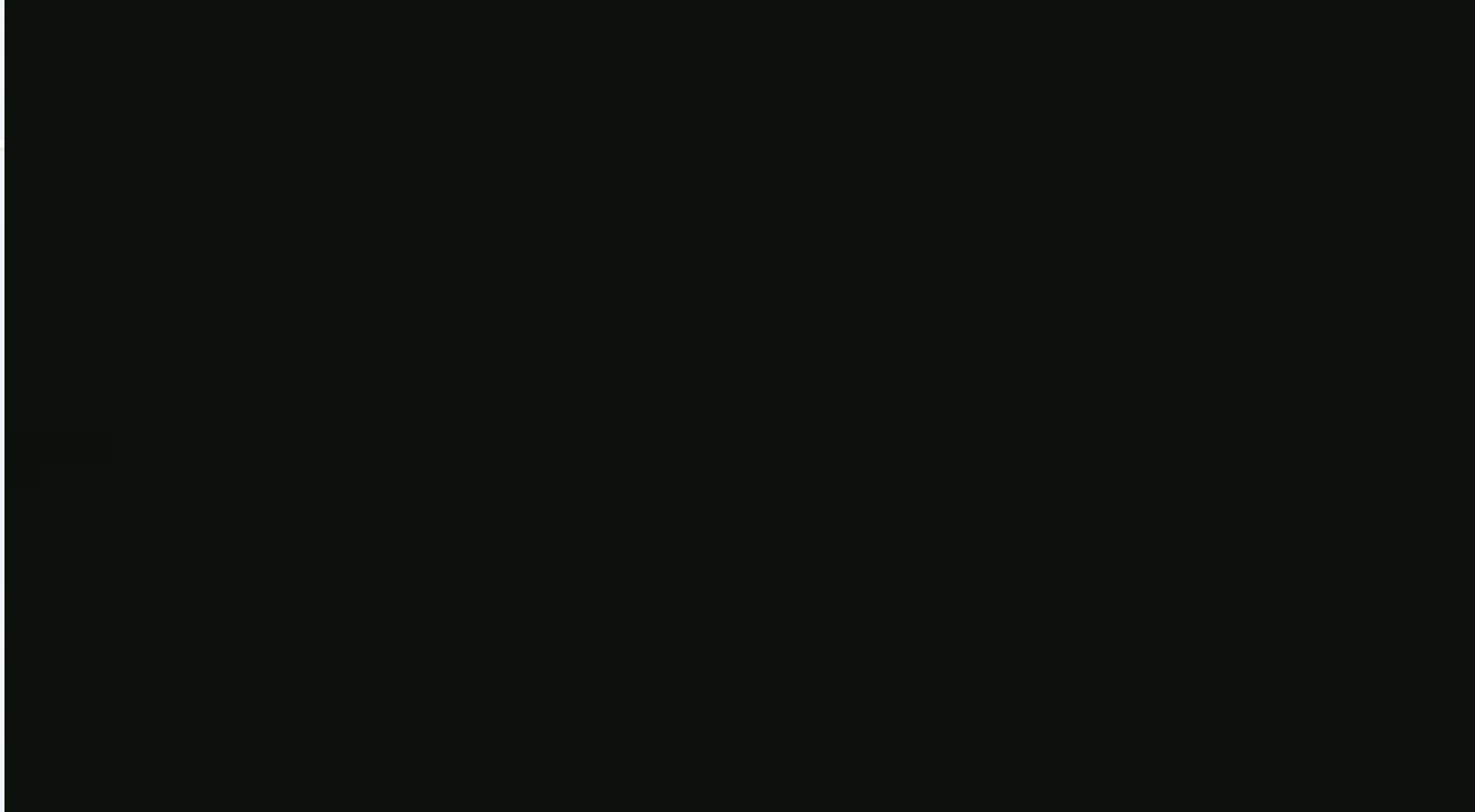
### 1) GPWS模式划分

#### ➤ 模式7-风切变的警告



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 1) GPWS模式划分



## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 2) 增强型近地警告 (EGPWS) 的增强模式

#### ➤ 模式1-地形察觉



地形冲突60秒，地形提醒：

- 语音提醒信息：注意地形 (CAUTION TERRAIN)
- ND上显示地形信息 (TERRAIN)

30秒钟地形警告：

- 语音信息：地形、地形、拉起来 (TERRAIN、TERRAIN PULL UP)
- PFD红色拉起来 (PULL UP) 信息
- ND红色地形 (TERRAIN) 信息

## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 2) 增强型近地警告 (EGPWS) 的增强模式

#### ➤ 模式2-地形净空基底TCF



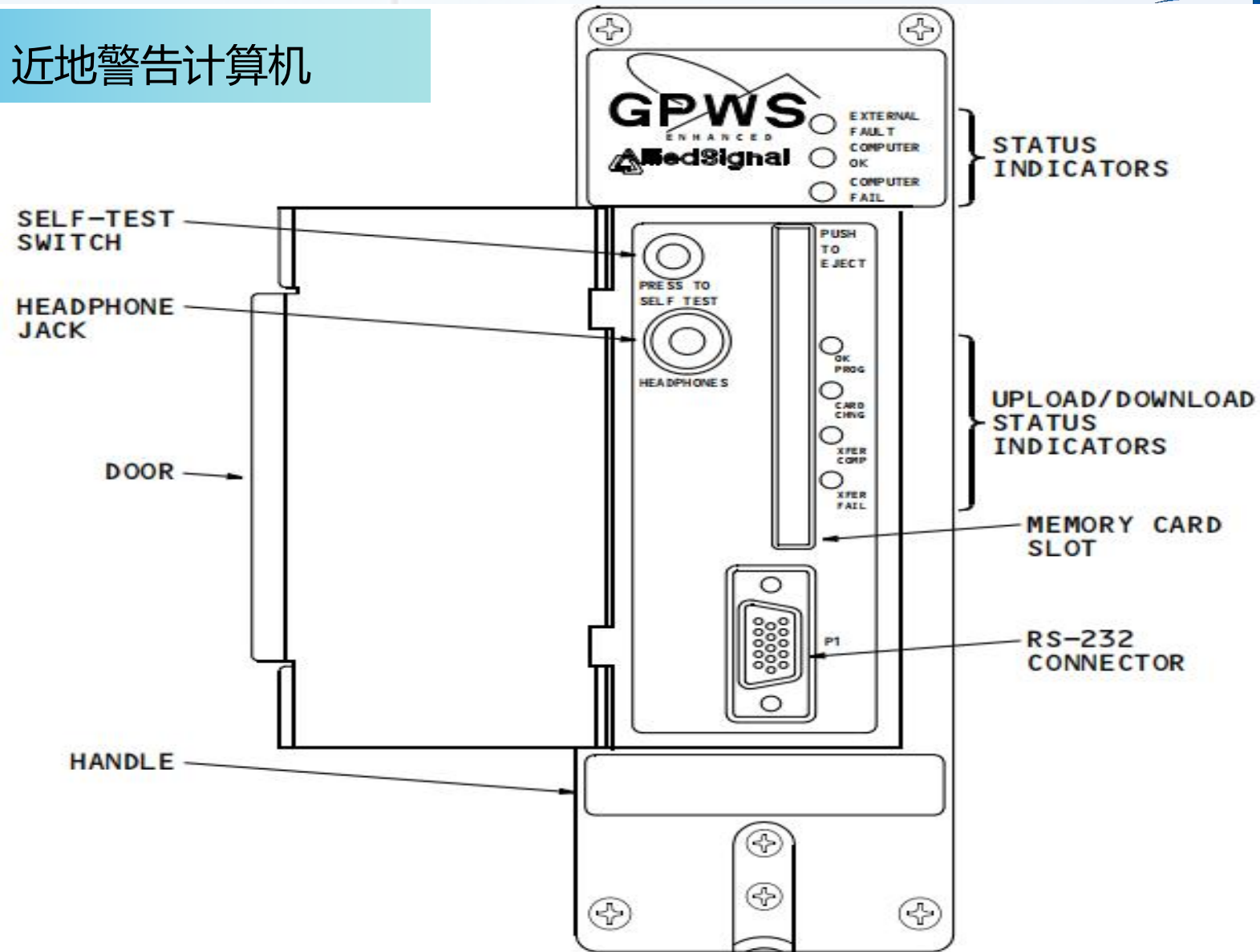
飞机低于地形净空基底 (TCF) , 发出提醒警戒:  
语音信息太低地形 (TOO LOW TERRAIN) 、  
ND上出现地形 (TERRAIN) 信息。

继续下降, 则发生如下警戒:  
语音信息拉起来 (PULL UP)  
ND上显示地形 (TERRAIN) 信息、  
PFD上显示拉起来 (PULL UP)

## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 3) 近地警告系统部件

#### 近地警告计算机

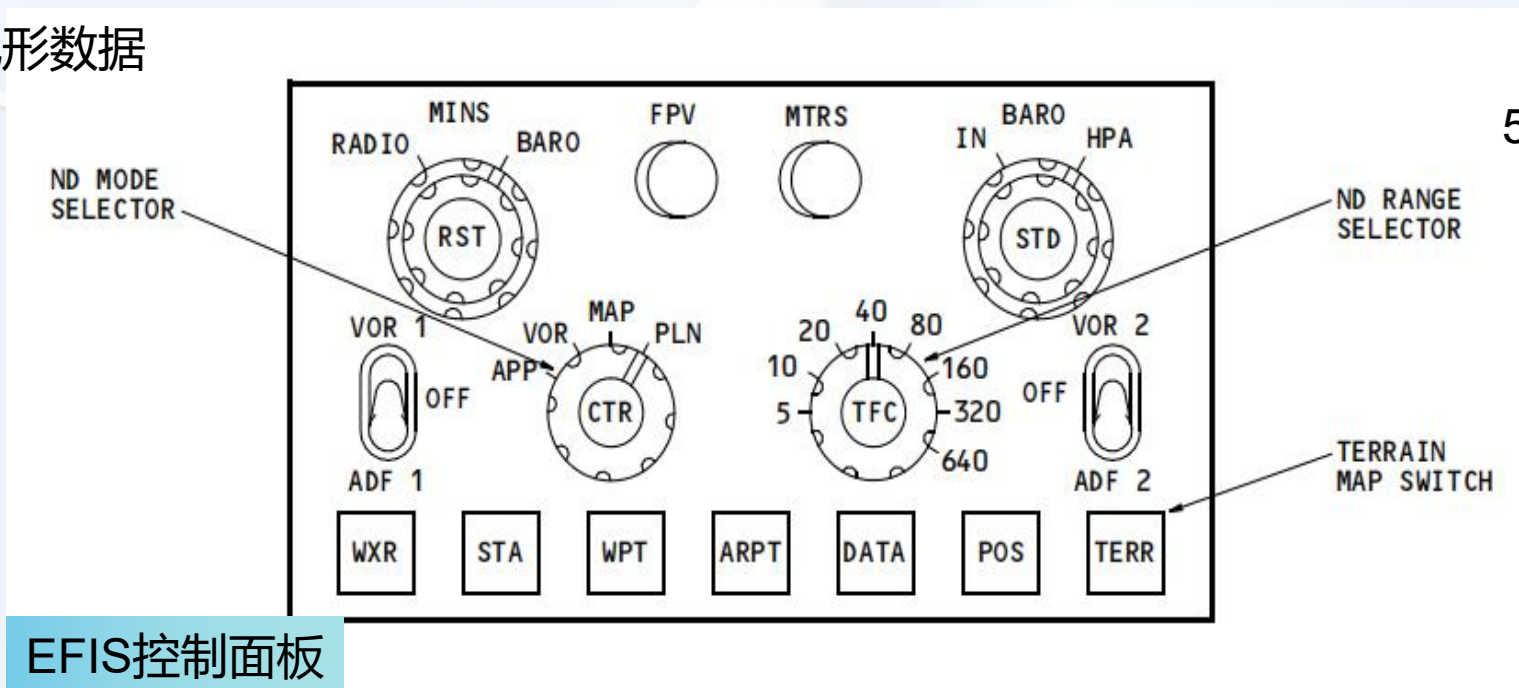


## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 3) 近地警告系统部件

下列模式显示地形数据

- 扩展APP
- 扩展VOR
- 扩展MAP
- 中央MAP



5-320NM时显示地形数据

摁压后地形数据显示在相应DU上

## 2 增强型近地警告系统（EGPWS）工作原理及工作模式

### 3) 近地警告系统部件



近地警告面板

- 襟翼抑制电门：  
模拟襟翼放出
- 起落架抑制电门：  
模拟起落架放下
- 地形抑制电门：  
抑制地形净空基底TCF和地形察觉功能

## 2 增强型近地警告系统 (EGPWS) 工作原理及工作模式

### 3) 近地警告系统部件



## 小结 (2H) :

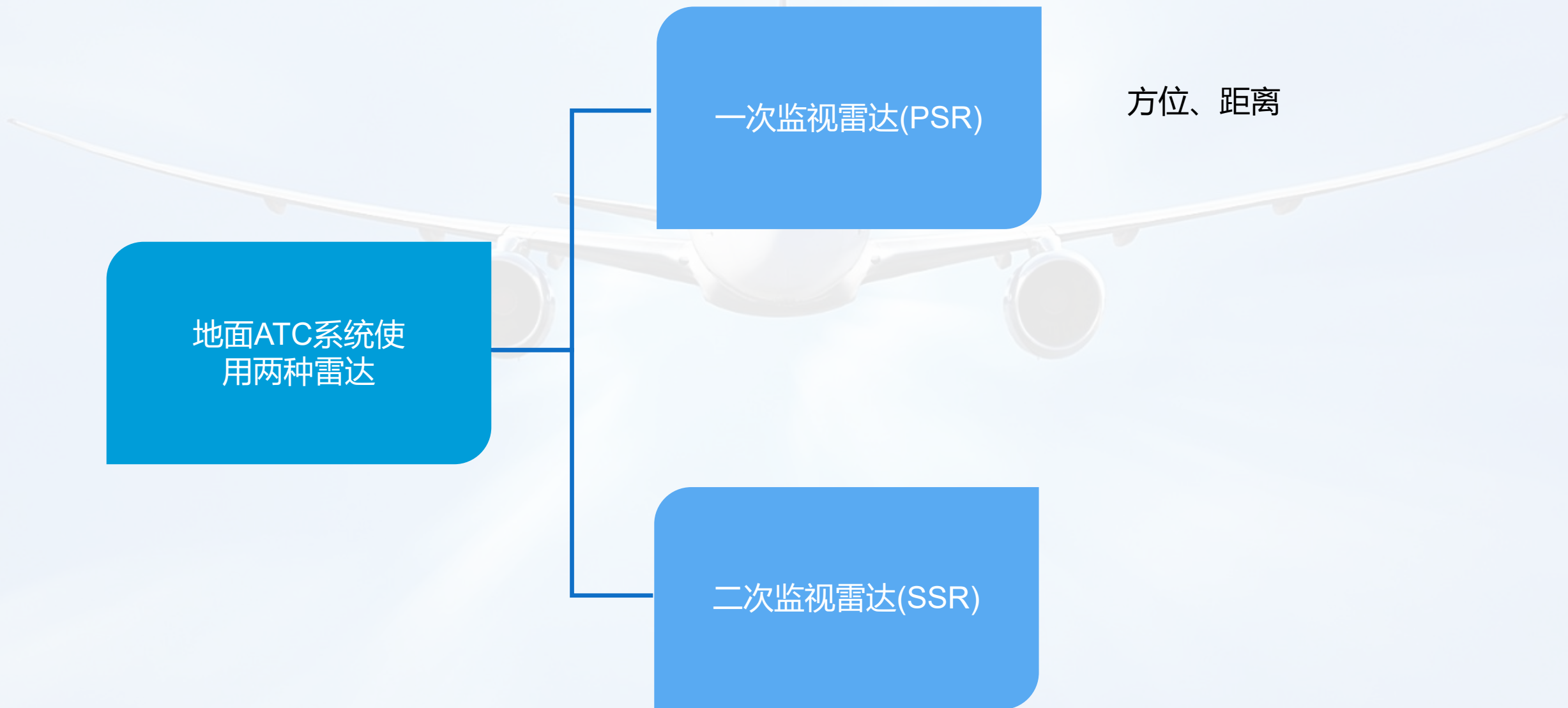
1. EGPWS的基本工作介绍;
2. GPWS的七种模式;
3. EGPWS增强模式: 地形察觉、地形净空基底;
4. EGPWS的部件组成: 近地警告计算机、EFIS计算机、近地警告面板。



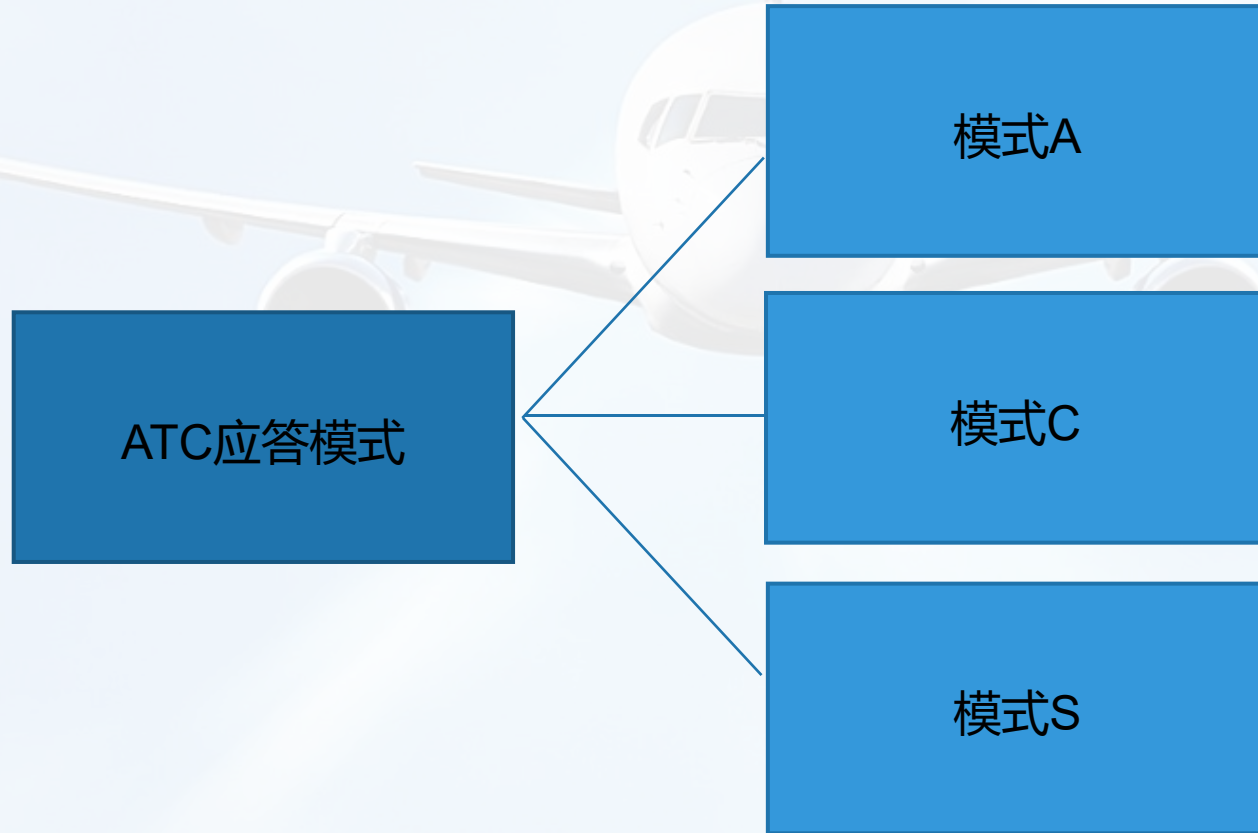
### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成



### 3 空中交通管制系统 (ATC) 工作原理、工作模式及组成



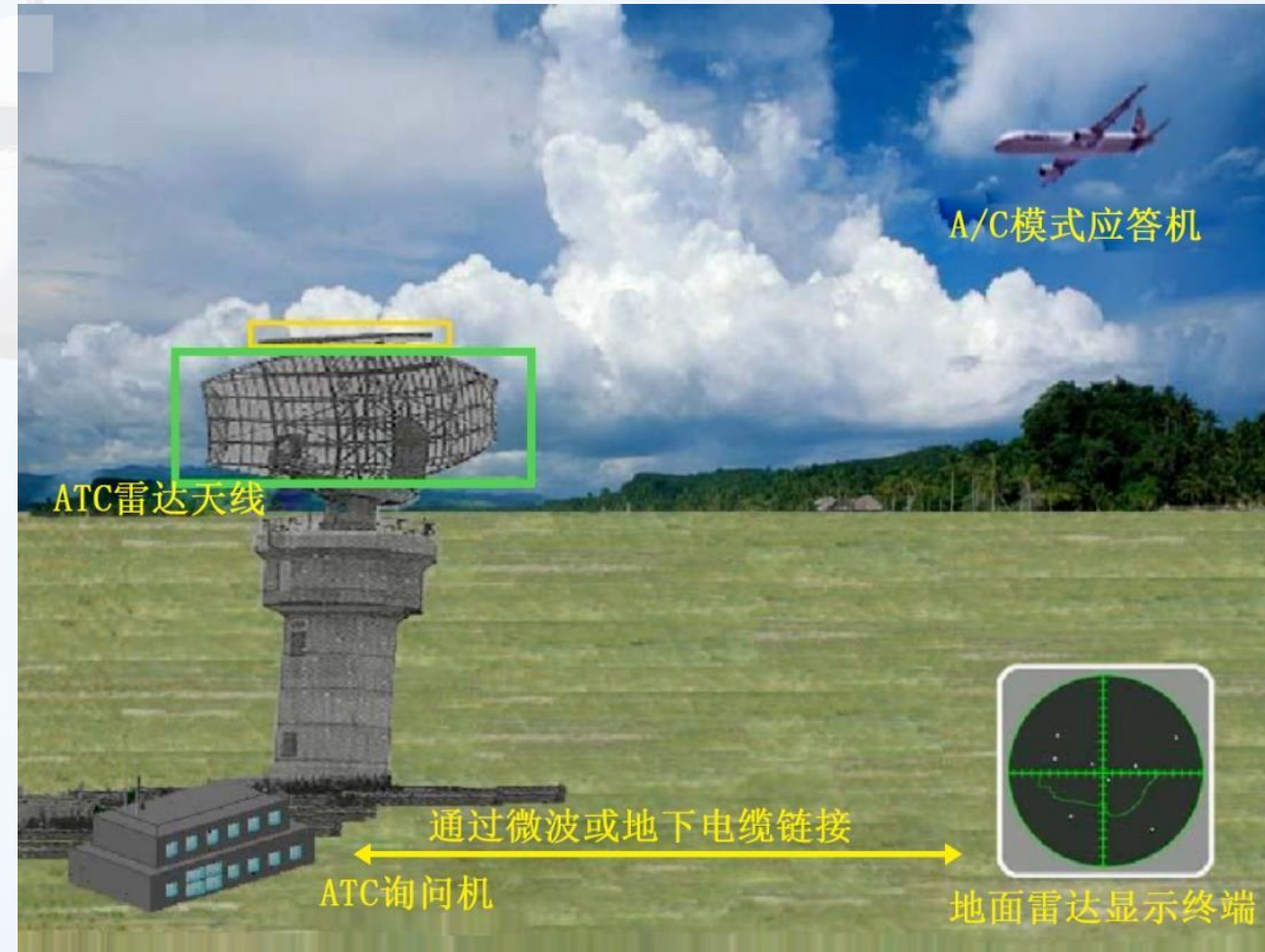
### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成



### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成

空中交通管制员接收关于每架飞机的下列信息：

- 1) 以飞机符号表示的飞机位置和以一系列圆点表示的飞行轨迹。这些点显示了之前雷达扫描时飞机的位置。
- 2) 飞机符号旁边显示飞机识别码。
- 3) 定期商业航班，地面站自动将代码转换为航班号。
- 4) 飞机代码或航班号的下方可以看到飞机的气压高度。
- 5) 飞行高度后的箭头表示飞机在爬升或下降。
- 6) 显示地面站计算机计算的飞机的地速。



### 3 空中交通管制系统 (ATC) 工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备

1030兆赫(发射)和1090兆赫(接收)

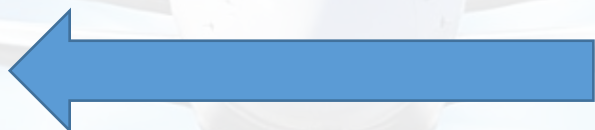


S模式ATC应答机

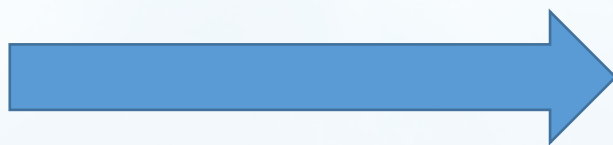


### 3 空中交通管制系统 (ATC) 工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备



接收频率: 1030兆赫



发射频率: 1090兆赫

### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备

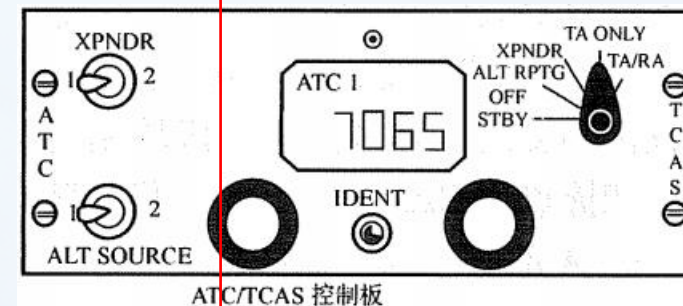
- 空中交通管制应答机在飞机底部都有一个天线
- S模式应答机也有一个顶部天线
- ATC天线与DME天线相同，互换，工作频段相同



### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备

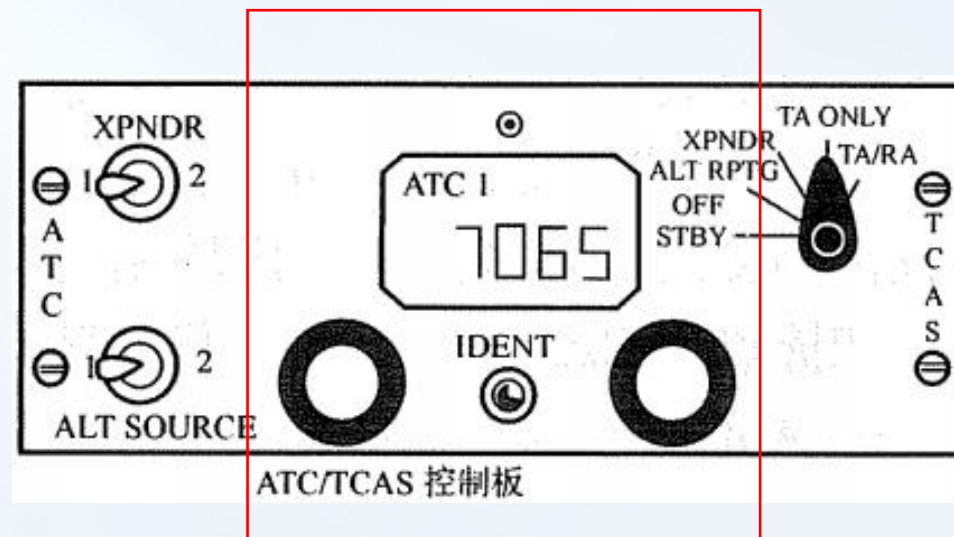
- 现代商用飞机通常有两个独立的应答机，但同时只能工作一个。
- 飞行员用一个开关（XPNDR）选择应答器进行工作。
- 高度源开关用于选择哪一部大气数据系统为模式C提供气压高度信号。



### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备

- 代码显示窗口：显示正在使用的应答机识别码，它可以在0000到7777之间选择，但为特殊功能保留了3个特殊代码。
- 选择旋钮：选择由空中交通管制地面站给出的识别码。
- （IDENT）识别按钮：当空中交通管制地面站要求确认飞机时，飞行员可以按下（IDENT）识别按钮。这将在地面站屏幕上提供一个特殊的位置标识（SPI）。

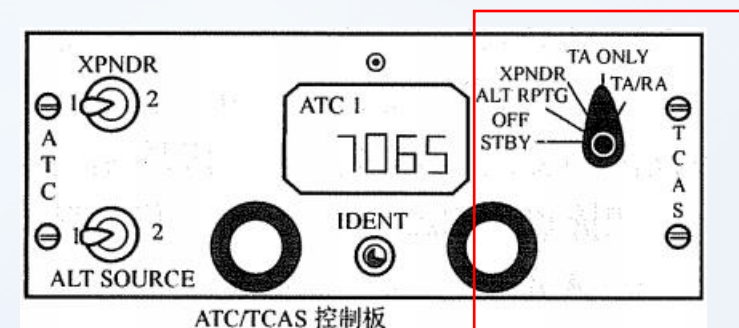


### 3 空中交通管制系统（ATC）工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备

模式选择开关：

- 待命模式（STBY）：收发器已打开，但禁止应答，这是地面上的正常模式
- 高度报告关闭模式（ALT RPTG OFF）：应答器仅对模式A或模式S的询问做出响应，但模式C的高度报告被禁止
- XPNDR模式：应答器完全工作，并回复所有询问



### 3 空中交通管制系统 (ATC) 工作原理、工作模式及组成

#### ATC系统设施设备



禁止使用

7500

禁止使用

7600

禁止使用

7700



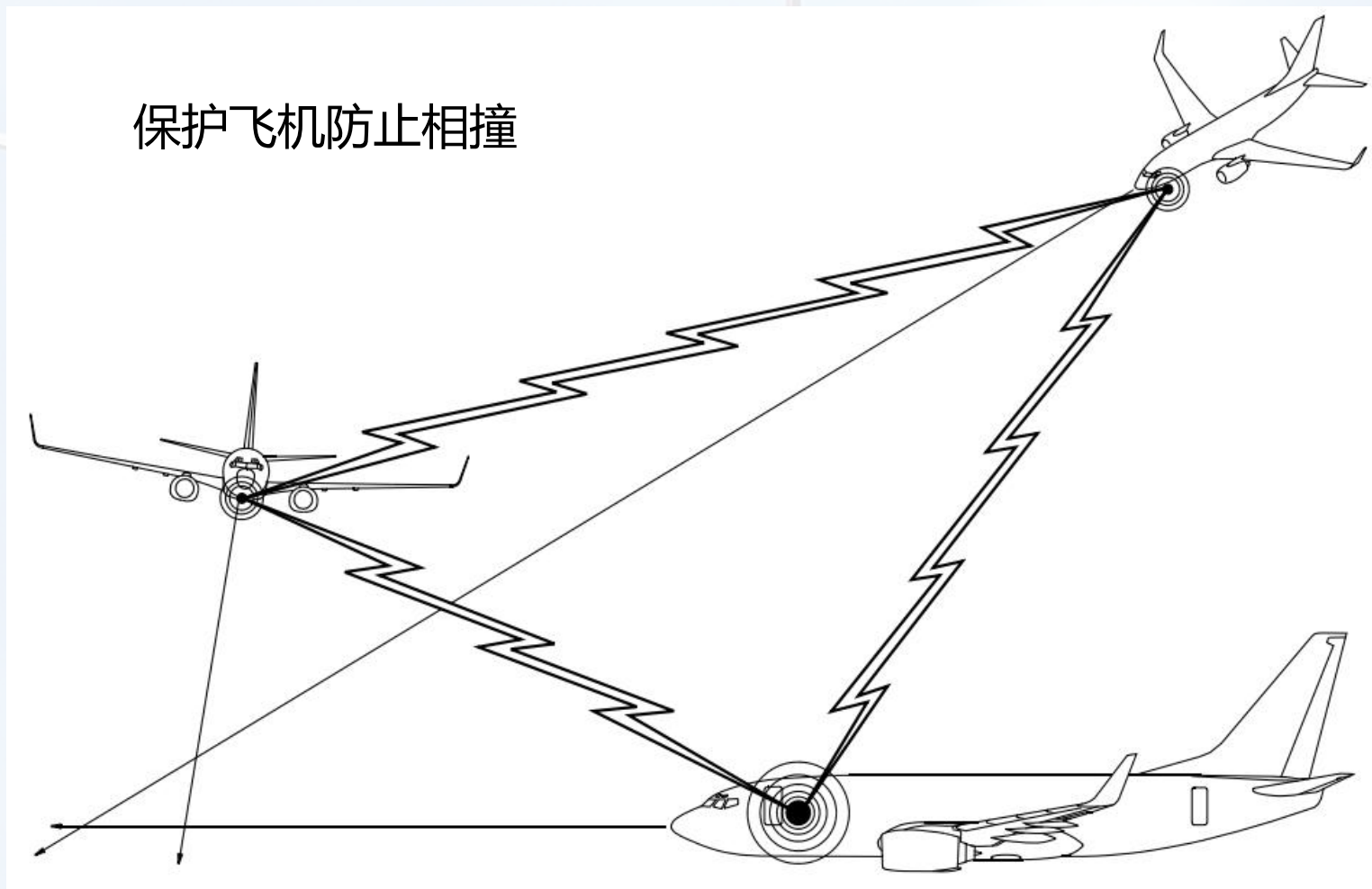
# 小结:

1. ATC系统的基本功用;
2. 一次监视雷达、二次监视雷达的功能介绍;
3. 应答机的三种模式: A模式、C模式和S模式;
4. ATC系统的组成;
5. 7500、7600、7700特殊代码的含义。

## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

TCAS: TRAFFIC ALERT AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEM



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

Hi ~ 我亲爱的朋友们  
Hey friends and followers

## 4 空中警告和防撞系统（TCAS）工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

#### TCAS发展:

- TCAS I:  
只有TA咨询信息，没有RA咨询信息。
- TCAS II:  
有TA、RA咨询信息，可提供垂直避让信息。
- TCAS III：由于技术原因，已经停止发展。
- TCAS IV：目前正在开发中，有TA、RA咨询信息，不仅能提供垂直避让信息，还可以提供水平避让信息。尚在研制中。

TCAS1

仅提供警告

TCAS2

—— 解决冲突  
爬升或下降

TCAS3

×

TCAS4

—— 解决冲突  
爬升或下降  
左转或右转

## 4 空中警告和防撞系统（TCAS）工作原理及系统组成

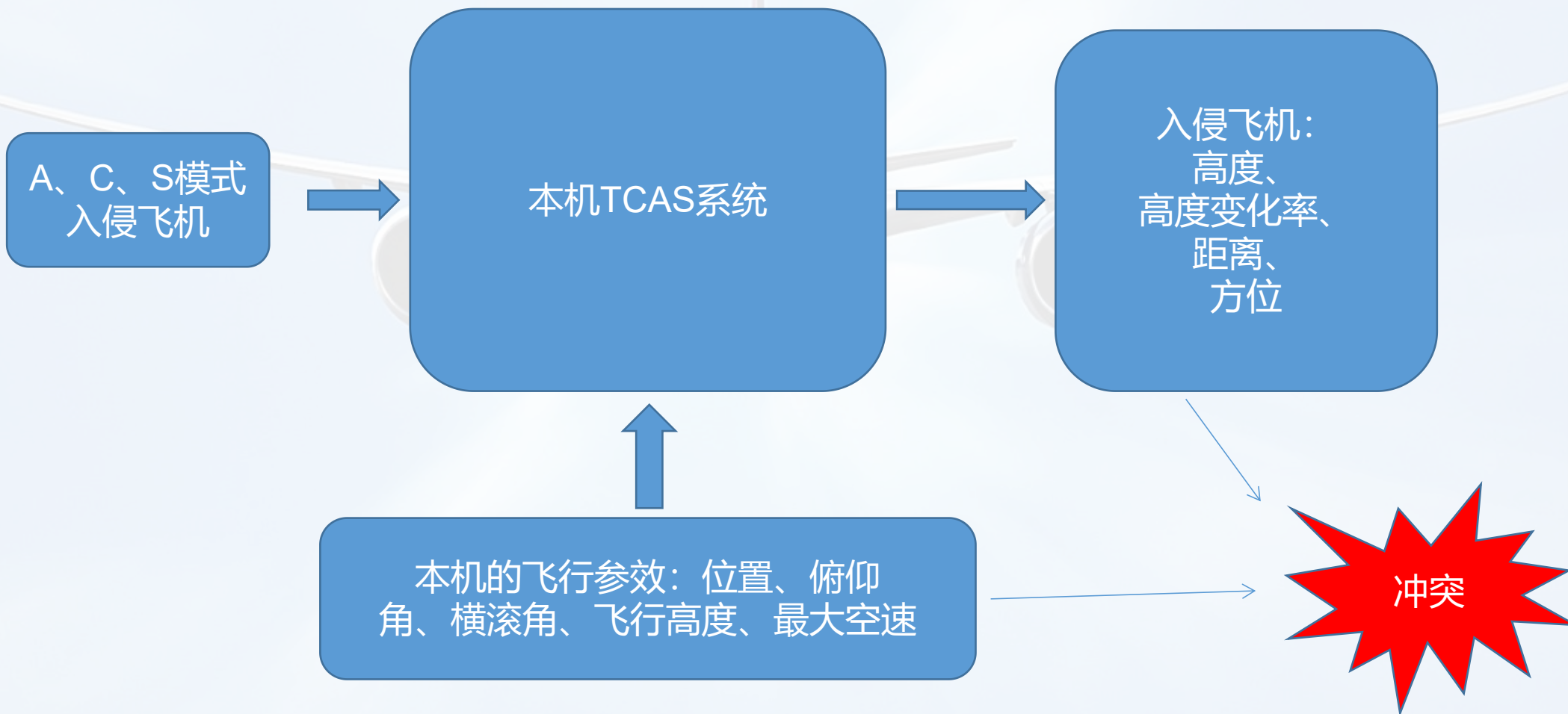
### 1) TCAS功能和系统组成

TCAS系统会主动询问周围空域中装有ATC应答机的入侵飞机，**不同模式的应答机应答信号中包含不同的信息：**

- A模式应答信号中包含入侵飞机的应答机代码
- C模式应答信号中包含入侵飞机的高度
- S模式的应答信号中可以包含入侵飞机的24位地址码和TCAS避撞方案的协商数据等信息。
- S模式应答机且开启了ADS-B(自动相关监控广播)功能，TCAS系统会自动监听S模式应答机主动发射的ADS-B信号。

## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成



## 4 空中警告和防撞系统（TCAS）工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

根据入侵飞机对本机的威胁状况，将入侵飞机分别归类为四个威胁级别组：

- OT（无）威胁等级组
- PT（接近）威胁等级组
- TA（交通咨询）威胁等级组
- RA（决断咨询）威胁等级组

TCAS的最大监视能力为30架飞机。

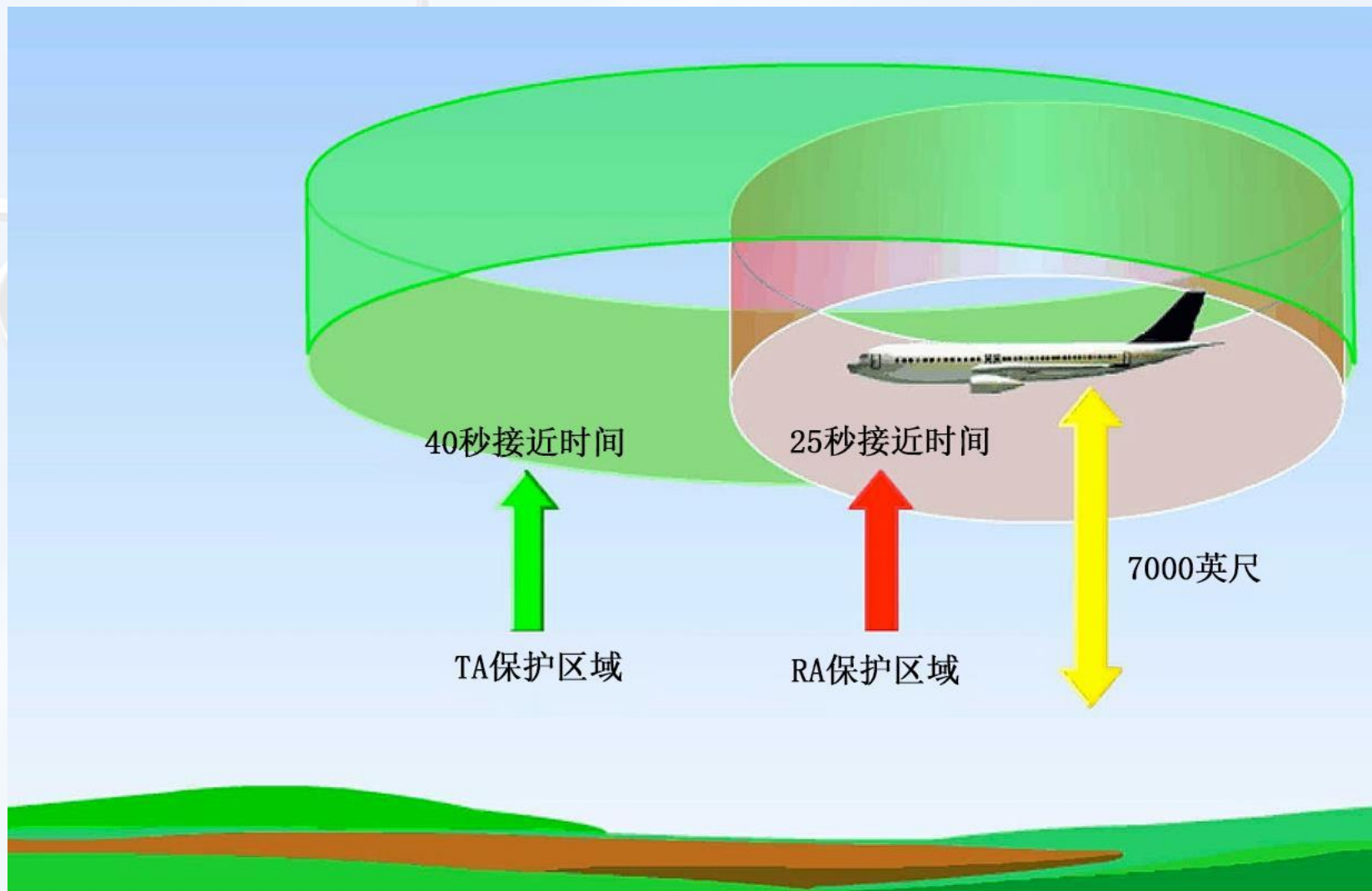
## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

TCAS在自己的飞机周

围形成2个保护区：

- 决断咨询保护区
- 交通咨询保护区

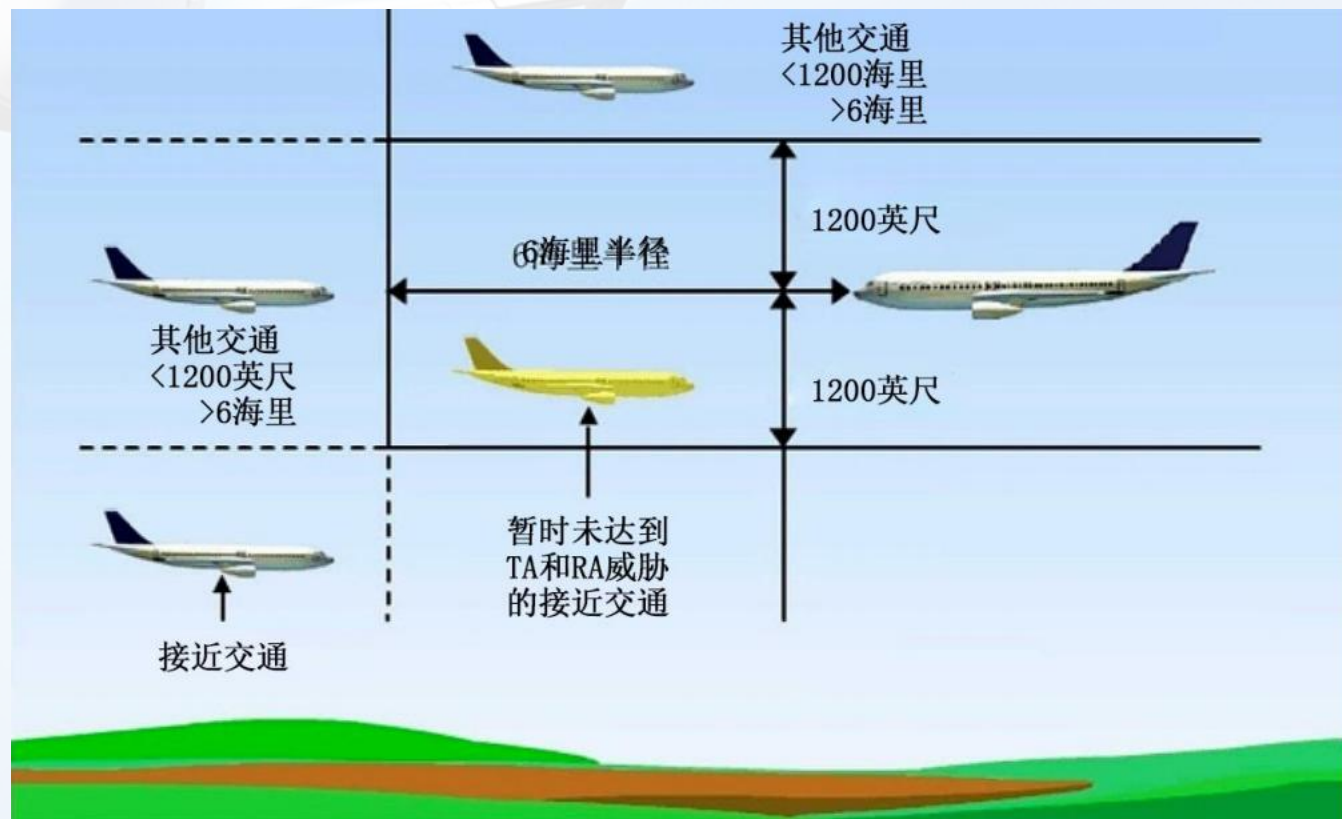


## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

不属于RA和TA的飞机被分为**接近交通或其他交通**：

- 接近交通：距离在6海里半径之内且相对高度小于365米（1200英尺）的飞机。
- 其他交通：距离超过6海里或相对高度间隔超过365米（1200英尺）的飞机。



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 1) TCAS功能和系统组成

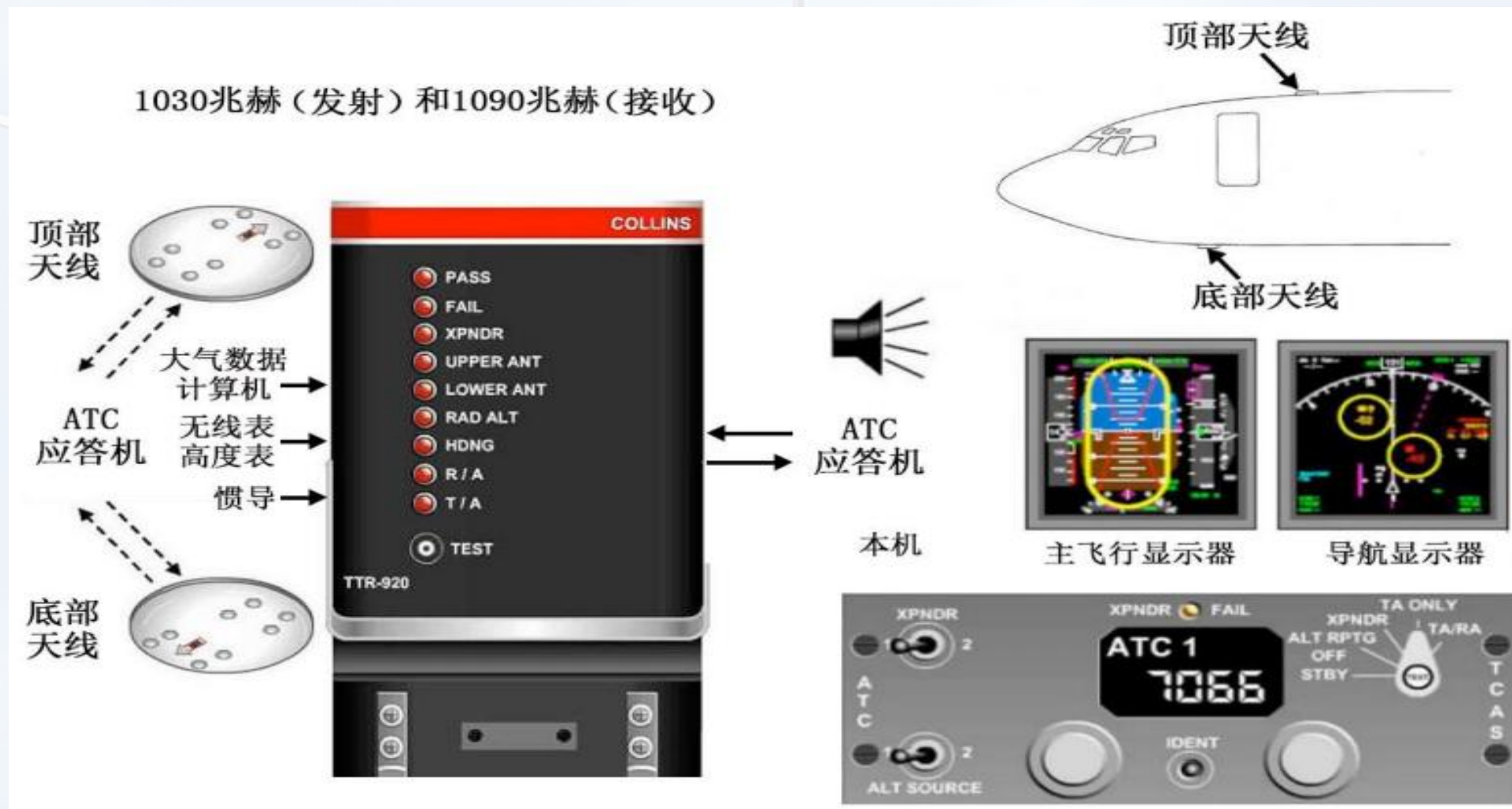
TCAS系统主要组件:

- 一个TCAS计算机, 位于航空电子舱内;
- 两个用于发送和接收的天线, 一个在飞机顶部, 一个在飞机底部;
- 驾驶舱内的ATC/TCAS控制面板,该面板包含了ATC和TCAS系统的控制功能。



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

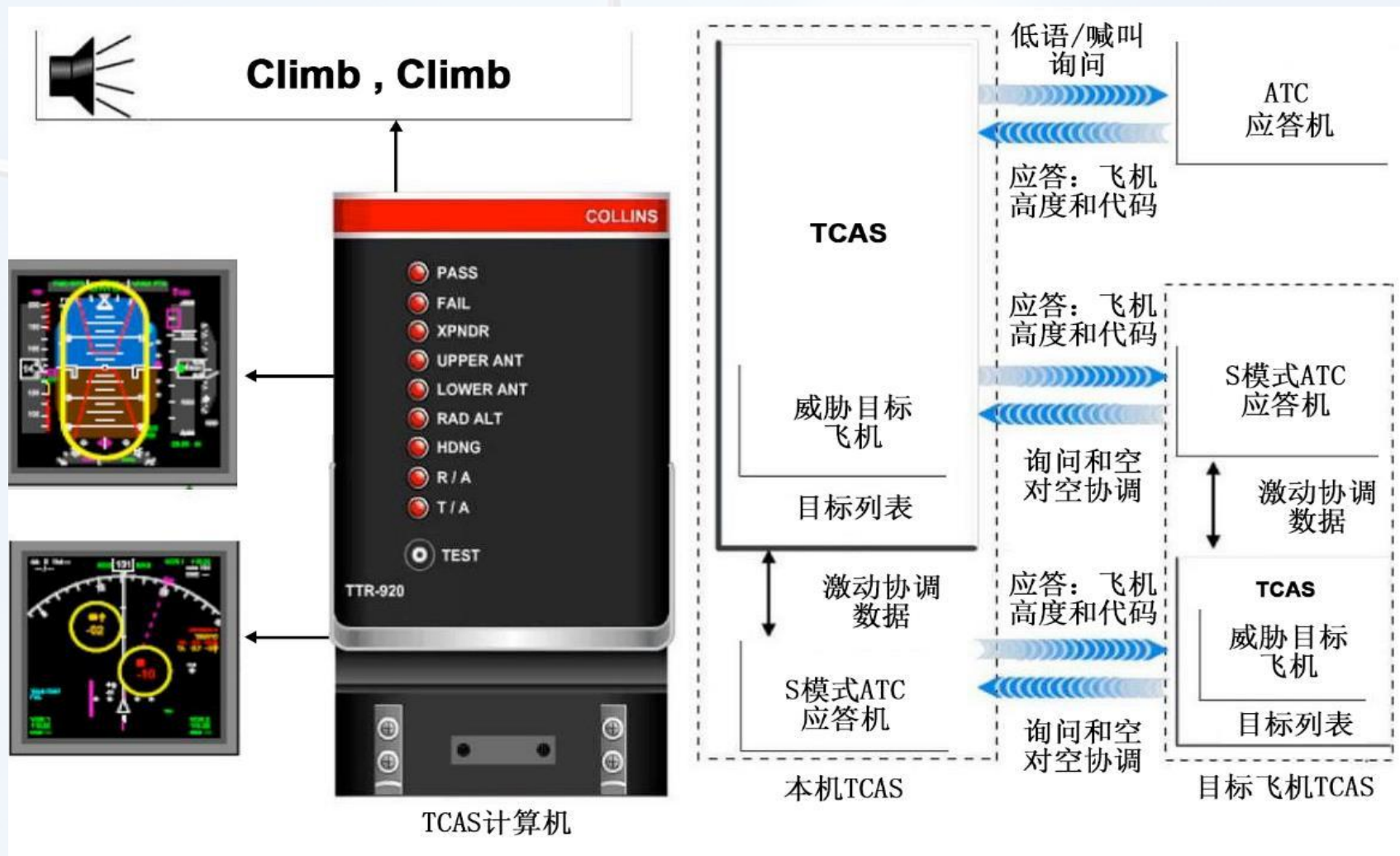
## 1) TCAS功能和系统组成



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示

TCAS工作过程:



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

- TCAS指示主要显示于ND上。
- 按下EFIS控制面板上的交通或TFC按钮，可以看到各个目标飞机的图标。

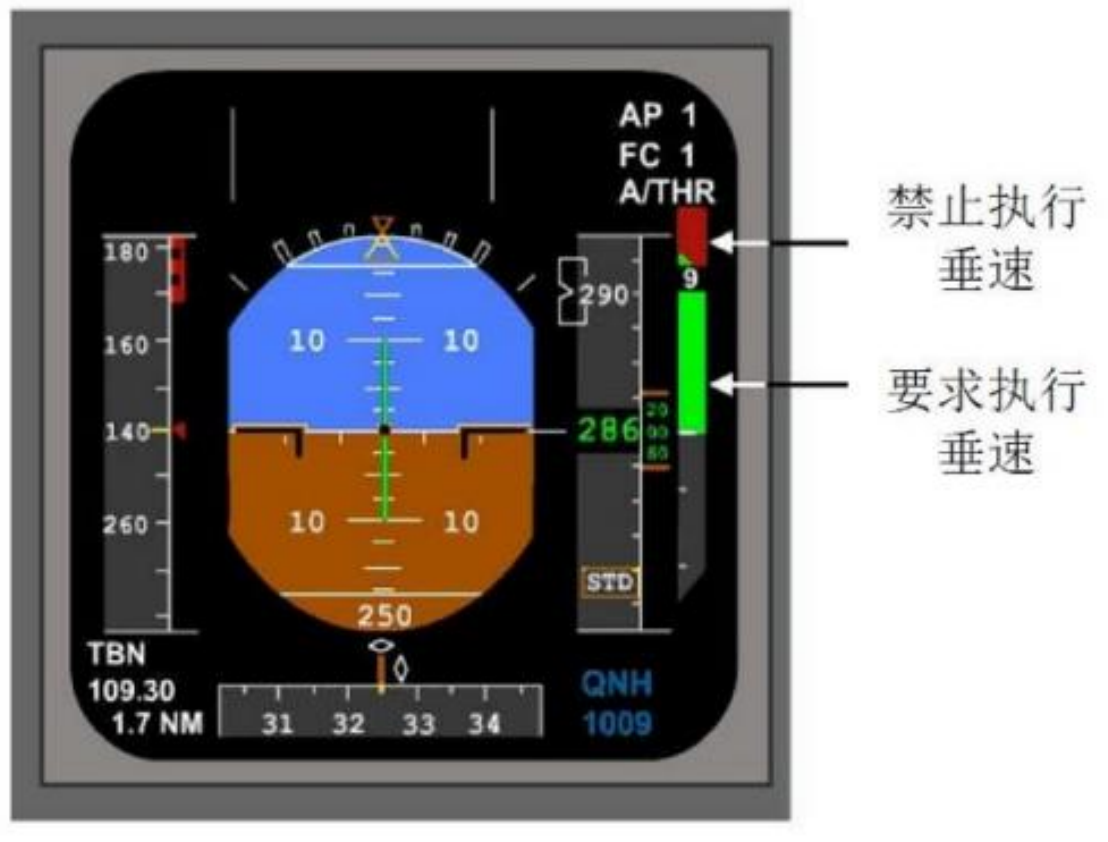
主飞行显示器上还会显示TCAS计算的防撞方案。



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示

PFD上还会显示TCAS计算的避撞方案



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

ATC/TCAS控制面板上启动TCAS功能:

- TA ONLY: 只有交通信息符合和交通咨询声音
- TA/RA: 根据该区域当前的交通状况, ND上可以显示4种类型的符号, 对应TCAS四种威胁级别。



## 4 空中警告和防撞系统（TCAS）工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

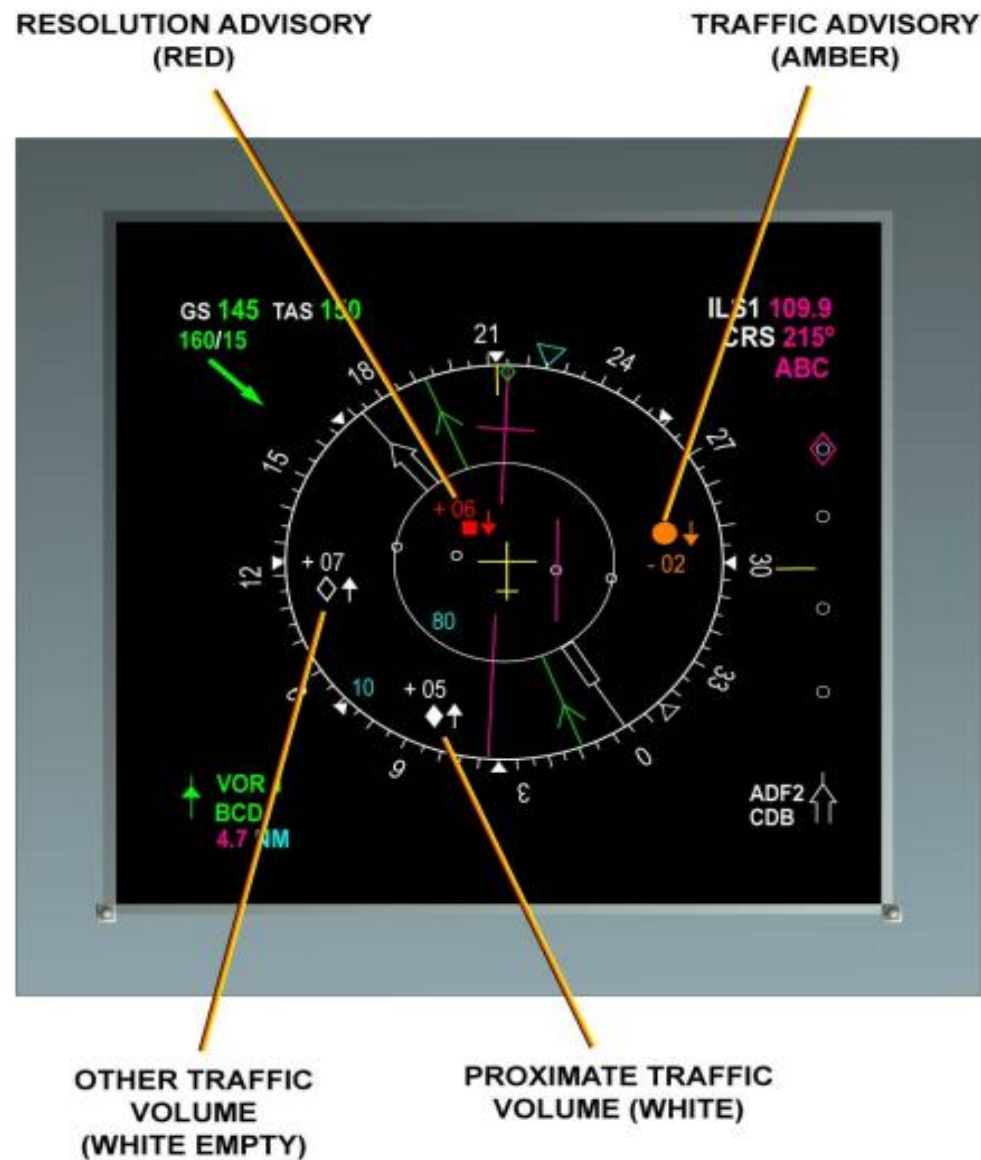
- 交通咨询：琥珀色的实心圆型
- 决断咨询：红色实心正方形
- 其他交通：白色空心钻石
- 接近交通：白色实心钻石



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

- 符号上方或下方显示飞机之间的高度间隔，以**百英尺**为单位。
- 加号表示对方在本架飞机上方，减号表示对方在本架飞机下方。
- 右侧的垂直向上箭头表示对方以大于或等于152米/分钟（500英尺/分钟）的速度上升，向下箭头表示对方以大于或等于152米/分钟（500英尺/分钟）的速度下降。



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

- 当交通咨询 (TA) 出现时, 驾驶舱可以听到语音提示TRAFFIC. TRAFFIC。此警报告诉机组人员监视显示器上是否有威胁目标。



预防措施RA  
安全高度间隔



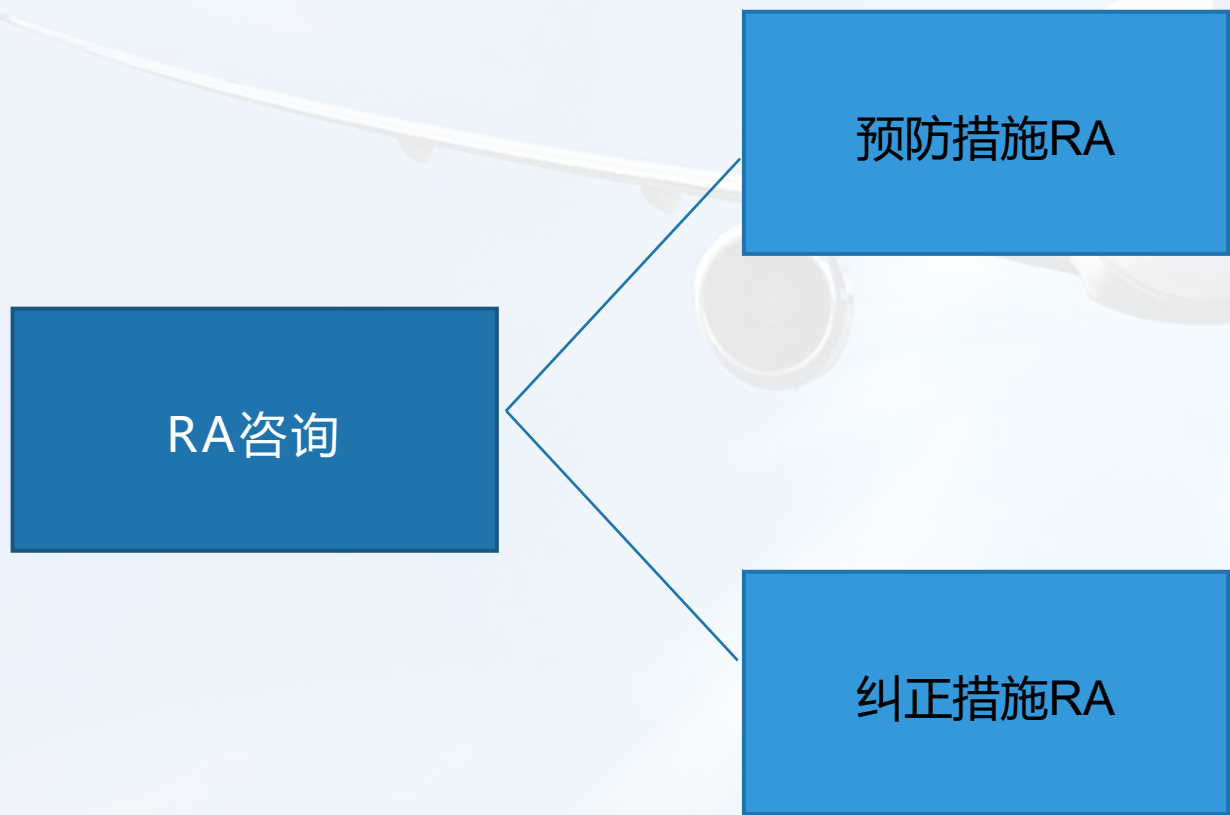
禁止执行  
垂速

要求执行  
垂速



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示



Monitor Vertical Speed

预防措施RA  
安全高度间隔



禁止执行  
垂速

要求执行  
垂速



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

预防措施RA：当前垂直速度和与威胁目标的高度间隔还在安全区间时

- 语音提示：MONITOR VERTICAL SPEED – MONITOR VERTICAL SPEED。
- 该信息告诉机组保持建议的垂直速度，建议的垂直速度区间在垂速带上以绿色显示。而红色范围内的垂直速度，相撞的风险很高。

 Monitor Vertical Speed

预防措施RA  
安全高度间隔



禁止执行  
垂速

要求执行  
垂速



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示

纠正措施RA: 高度间隔不安全

听觉警报: CLIMB, CLIMB意味着飞机必须在指示的绿色区域内以垂直速度爬升。

A REDUCE CLIMB的声音警报告诉机组人员降低爬升速度。



纠正措施RA  
不再安全高度间隔



禁止执行垂速  
要求执行垂速  
禁止执行垂速



## 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

### 2) TCAS控制与指示

在控制面板上，选择第TA ONLY模式时不计算决断咨询的听觉或视觉警告。



# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示

737NG飞机TCAS测试方法:

- ATC/TCAS控制面板
- TCAS计算机



TCAS测试

# 4 空中警告和防撞系统 (TCAS) 工作原理及系统组成

## 2) TCAS控制与指示

测试失败：  
TCAS test FAIL，  
不显示任何目标  
符号。



测试通过：  
青色TCAS test信  
息、红色TRAFFIC  
信息和所有四种级  
别目标的符号。

## 小结:

1. TCAS系统的基本功能介绍;
2. TCAS系统组成: 发送/接收天线、面板、计算机;
3. TCAS的工作过程, 显示器上不同标志显示的含义;
4. TCAS系统测试的说明。

A faint, light-colored silhouette of a commercial jet airplane is centered in the background, facing forward. The aircraft's wings, tail, and engines are clearly visible.

## 3.3.17.5 导航备用仪表

# 目录

- 1 高度表基本功能
- 2 空速表基本功能
- 3 姿态指示器基本功能
- 4 磁罗盘基本功能
- 5 综合备用仪表基本功能



# 1 高度表基本功能

- 飞行高度指的是飞行高度是指飞行器在空中至某一基准水平面的垂直距离。



三指针式高度表



双指针式高度表



膜盒式高度表

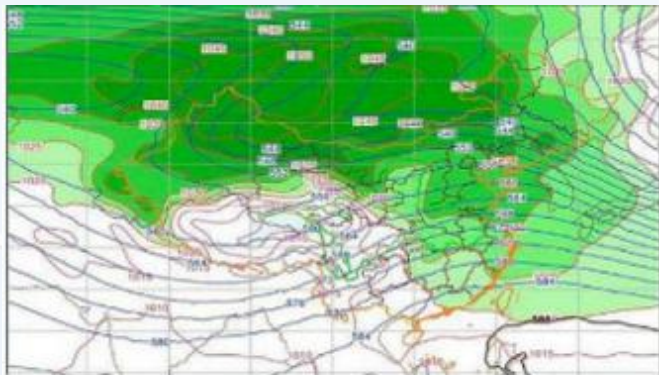
高度表是以国际标准大气为条件来进行校准的。

- 国际标准大气:
  - 压力为29.92inHg (1013.2hPa)
  - 温度为15°C (59°F)
- 高度和气压之间的关系：高度每增加9米 (30英尺)，气压降低1百帕。

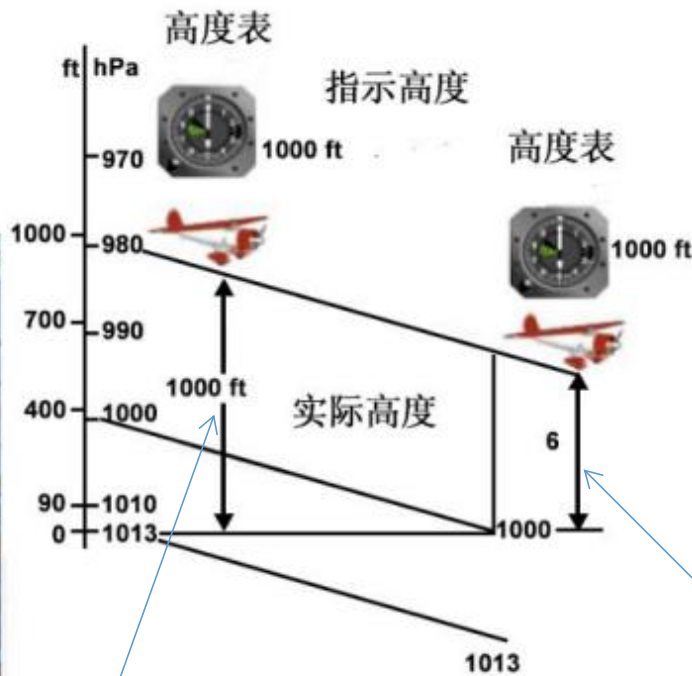


高度表在T型布局哪个位置？

# 1 高度表基本功能



## 气压基准对指示高度的影响



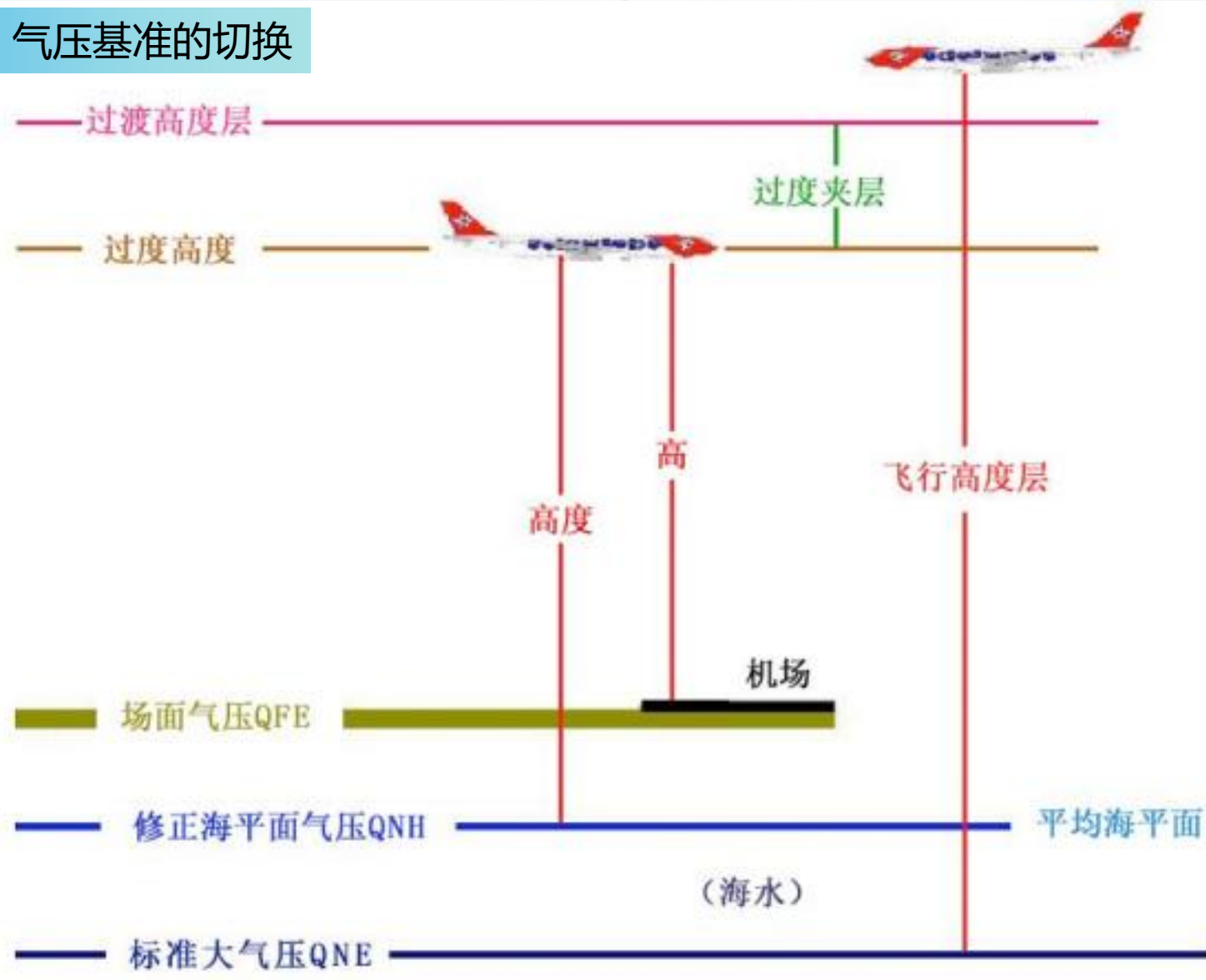
高度表气压设置旋钮：  
设置气压基准，防止不同  
海平面压力导致高度表读  
数有偏差的问题

海平面1013，选择1013作为气压标准，  
高度1000FT

海平面1000，选择1013作为气  
压标准，真实高度600FT

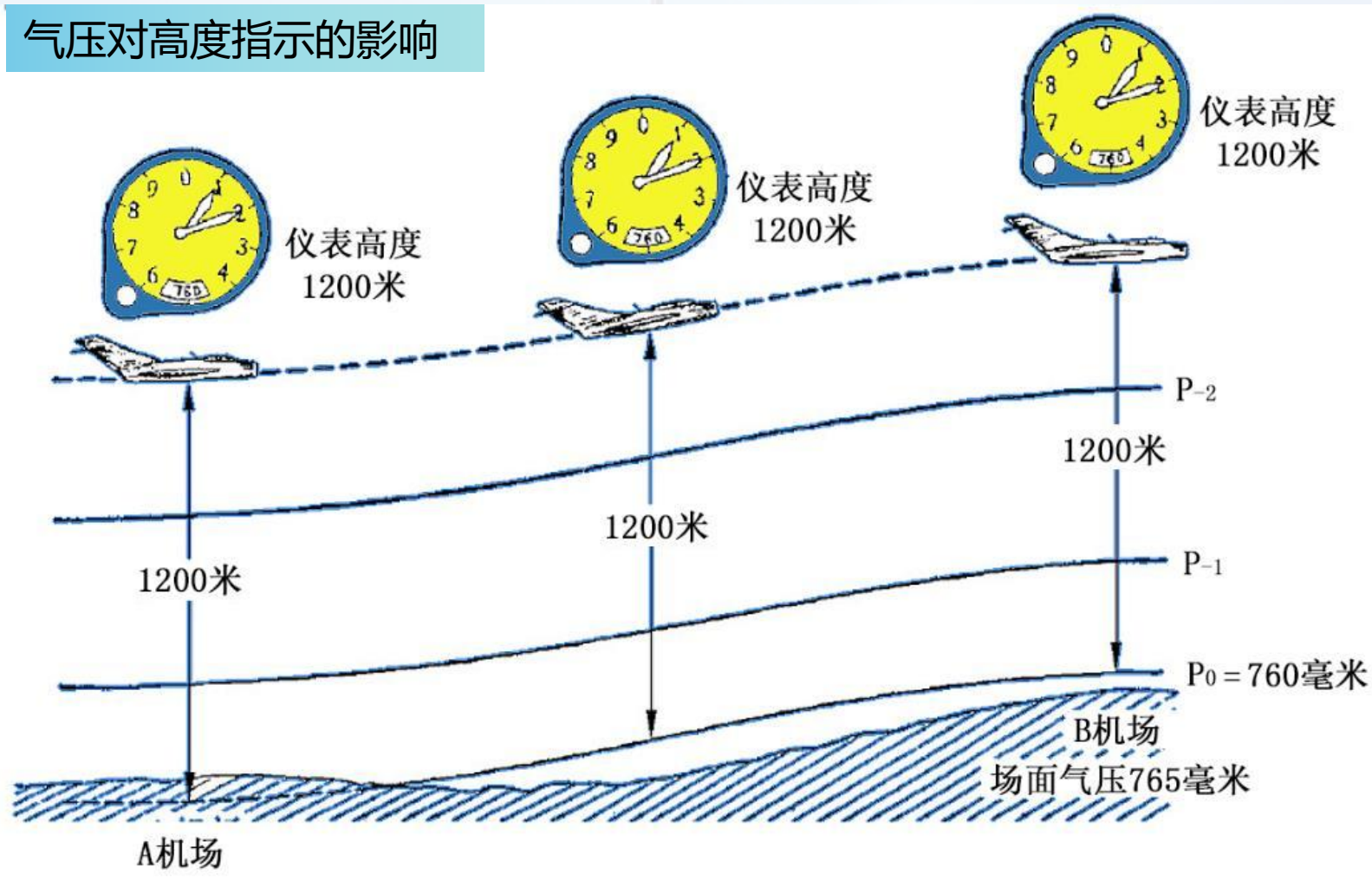
# 1 高度表基本功能

## 气压基准的切换



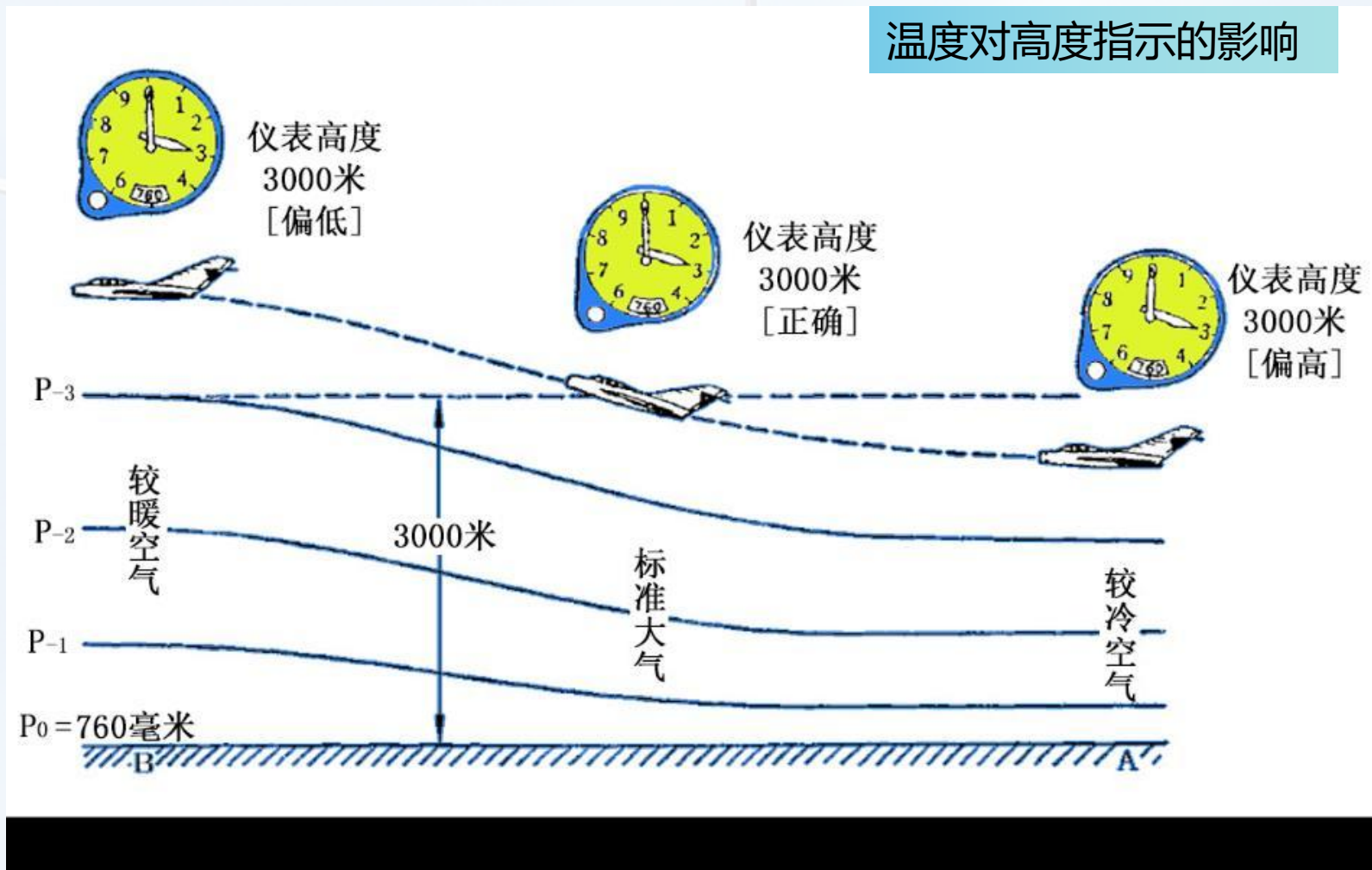
# 1 高度表基本功能

## 气压对高度指示的影响

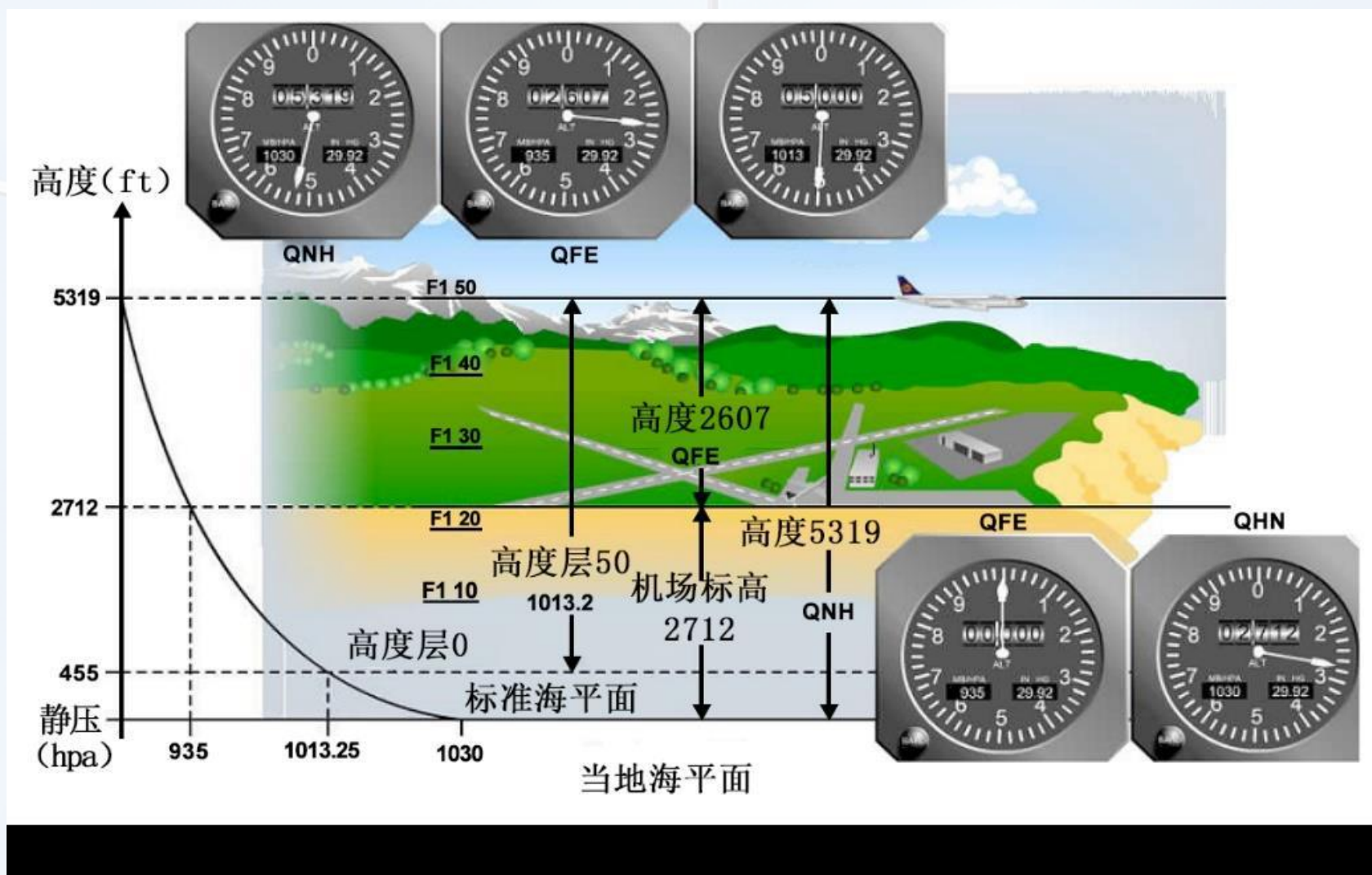


# 1 高度表基本功能

## 温度对高度指示的影响

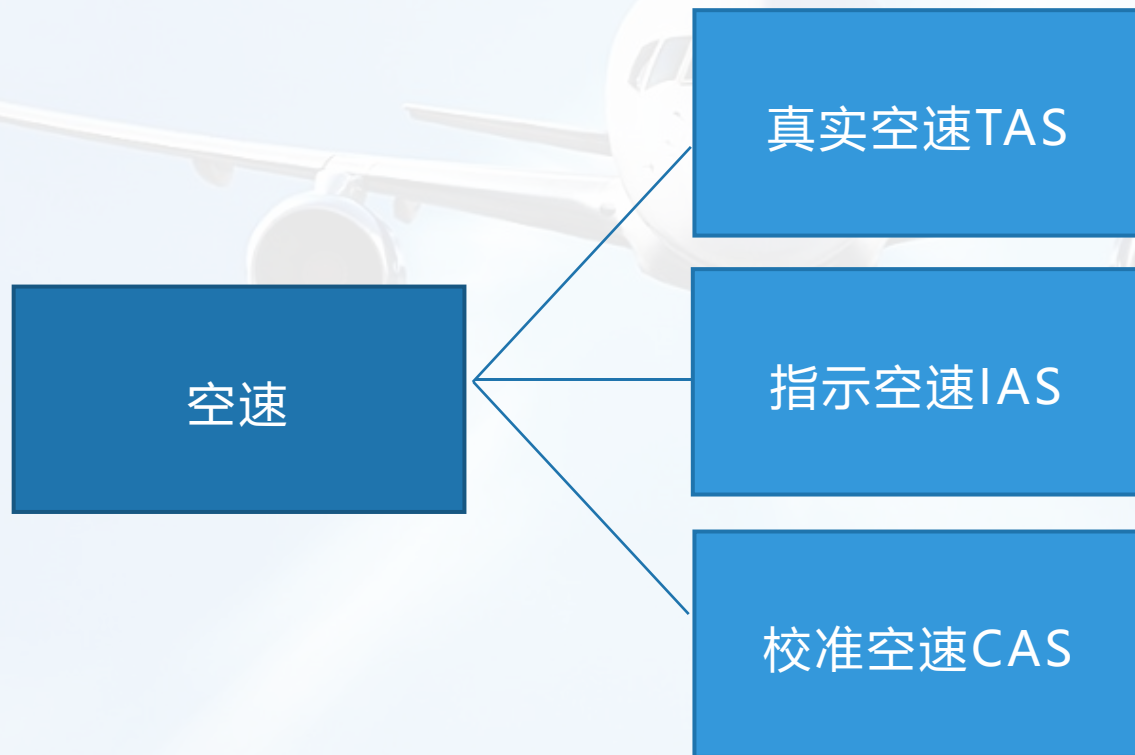


# 1 高度表基本功能



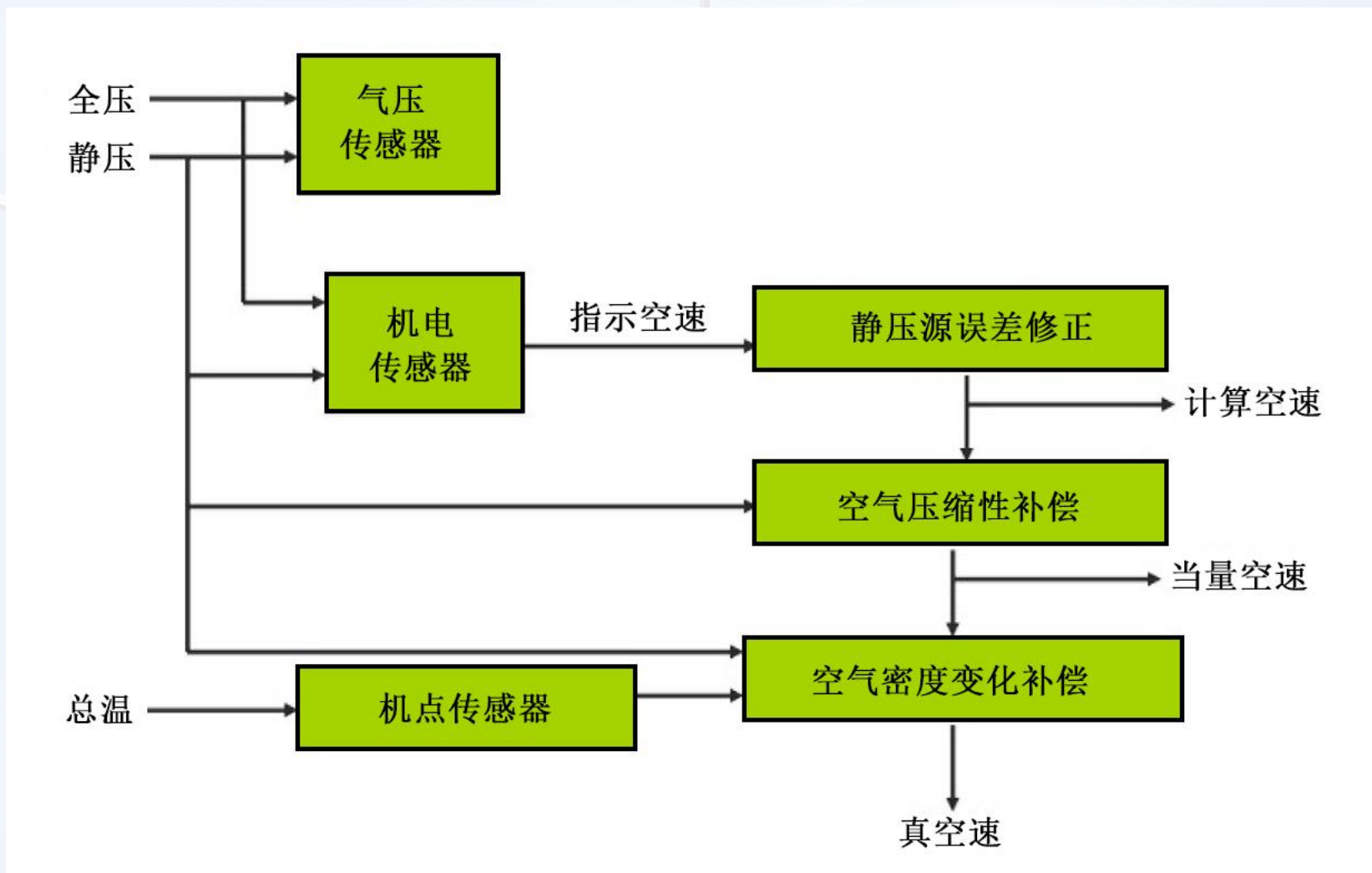
## 2 空速表基本功能

空速：飞行器相对于空气的速度。



空速，地速和风速关系

## 2 空速表基本功能



## 2 空速表基本功能

VSO, 代表着陆构型下的失速速度, 着陆构型意味着襟翼和起落架放下。

VS1, 代表具有最大重量的清洁构型中的失速速度。清洁构型意味着襟翼和起落架处于收上状态。

VFE, 代表襟翼放下的最大允许速度。

VNO, 代表巡航飞行的最大空速。

VNE, 代表空速从未超过该值, 所以这个值表示最大允许空速。



## 2 空速表基本功能

- 绿色带覆盖区域的空速值表示正常飞行空速范围;
- 白色带覆盖区域是襟翼放下的飞行空速范围;
- 黄色带是警戒范围, 这种速度只能在平稳的空气中使用, 而不能进行大角度机动。



### 3 姿态指示器基本功能

#### 1) 概述



主飞行显示器



电子  
姿态  
指示器



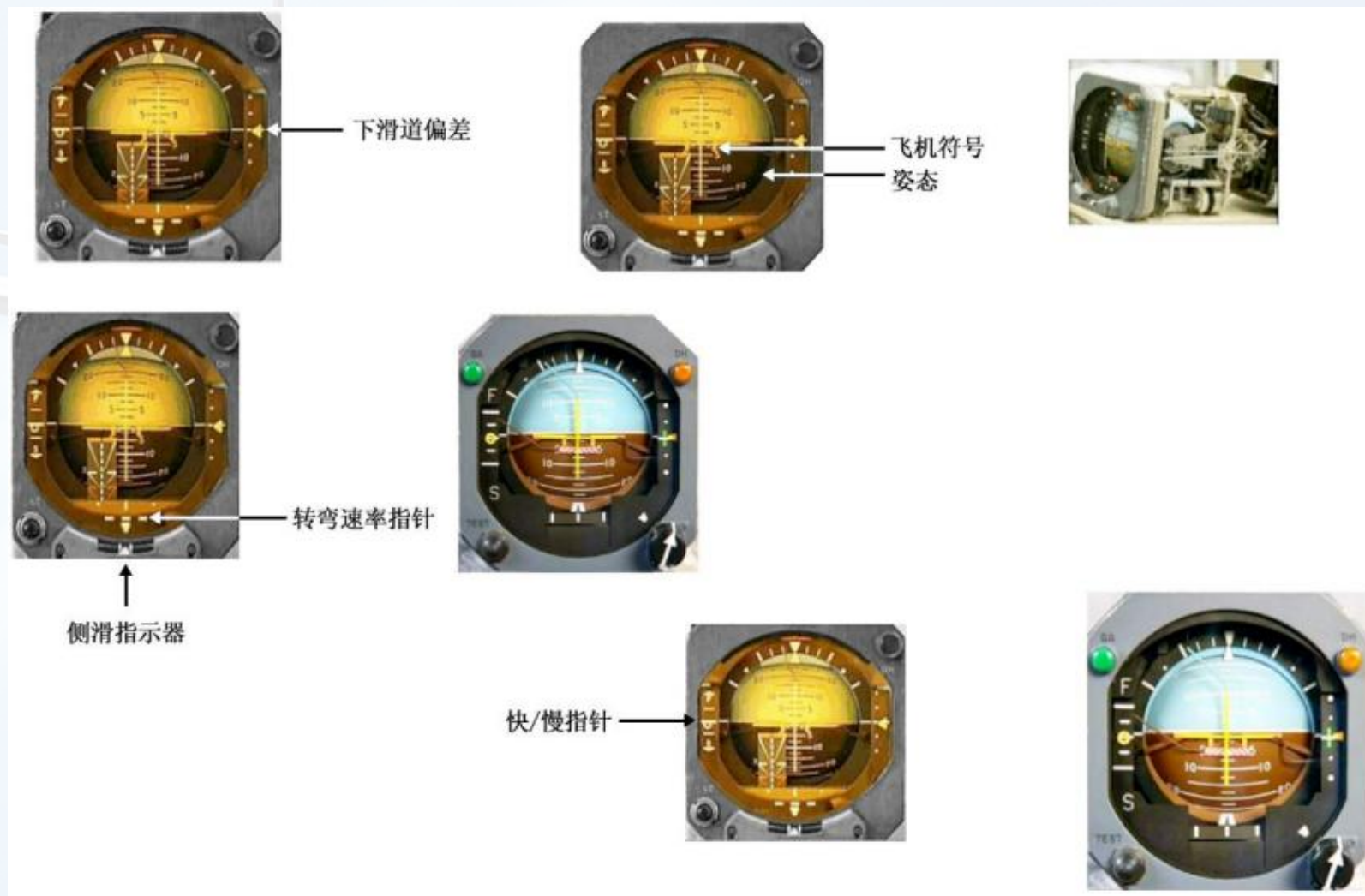
姿态指示器

### 3 姿态指示器基本功能

#### 1) 概述

姿态指示器中央：

- 姿态显示
- 飞行指引指令杆

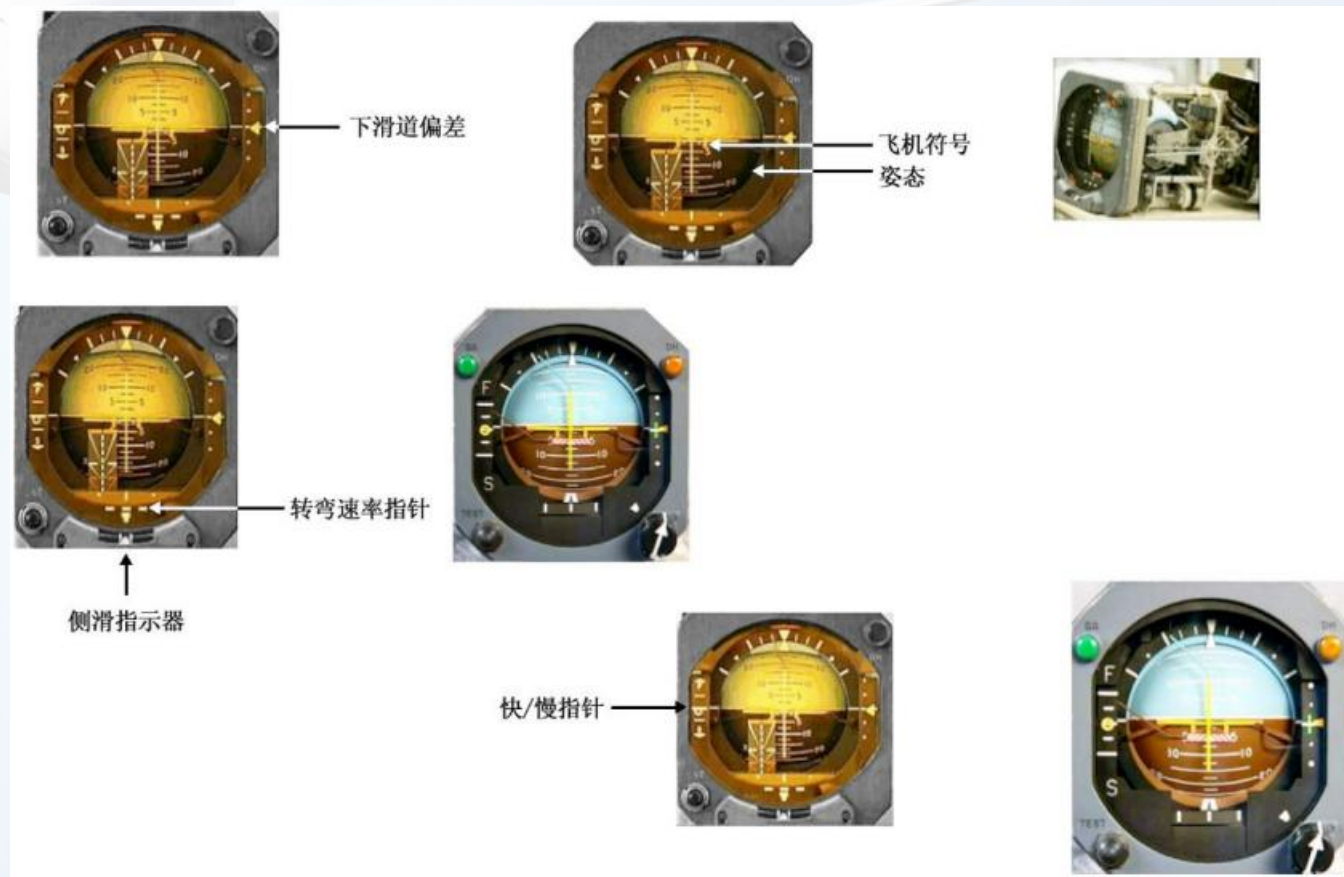


### 3 姿态指示器基本功能

#### 1) 概述

姿态指示器其他指示:

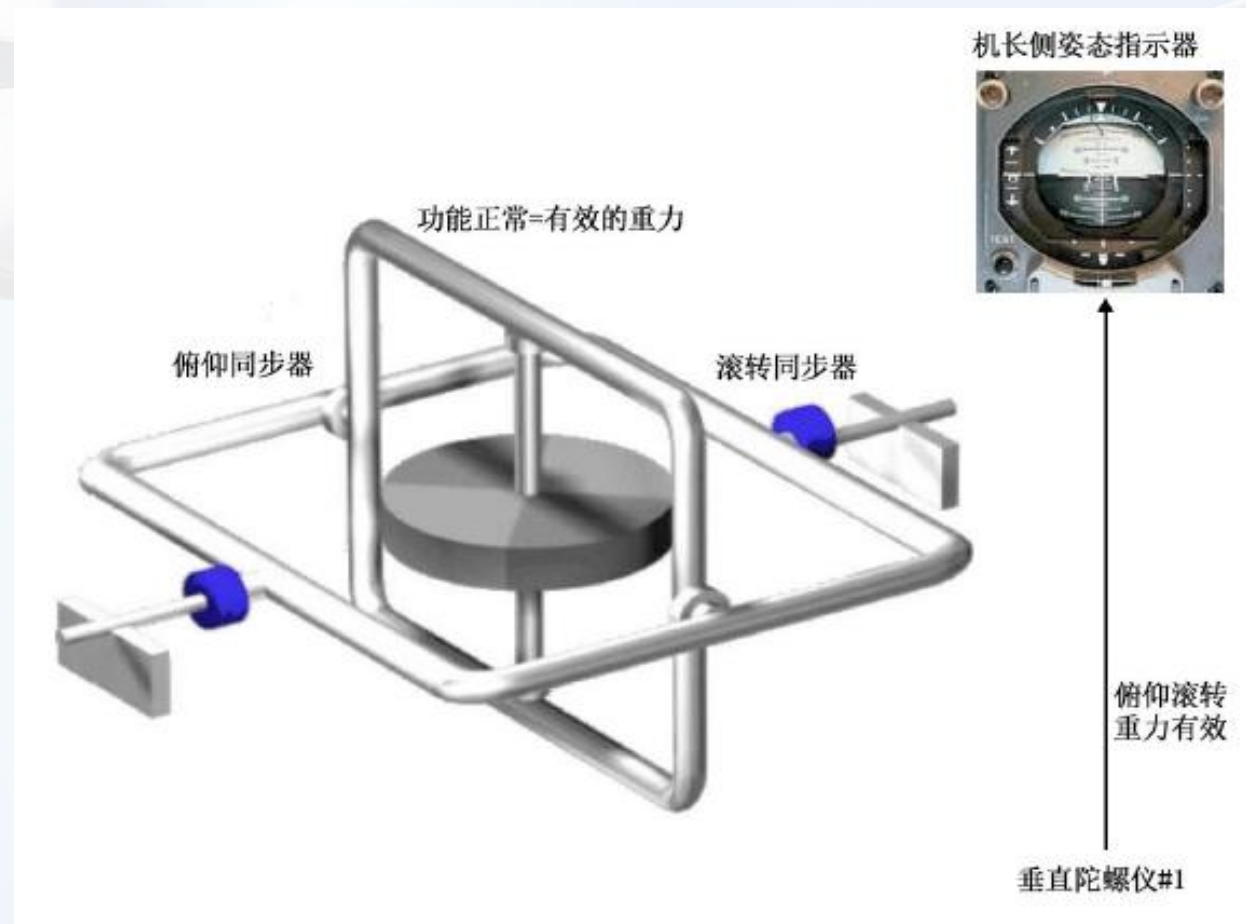
- 转弯指示
- 侧滑指示
- 下滑道指针
- 航向道指针
- 上升跑道符号
- DH (决断高度) 灯
- 快慢指针
- 测试按钮



### 3 姿态指示器基本功能

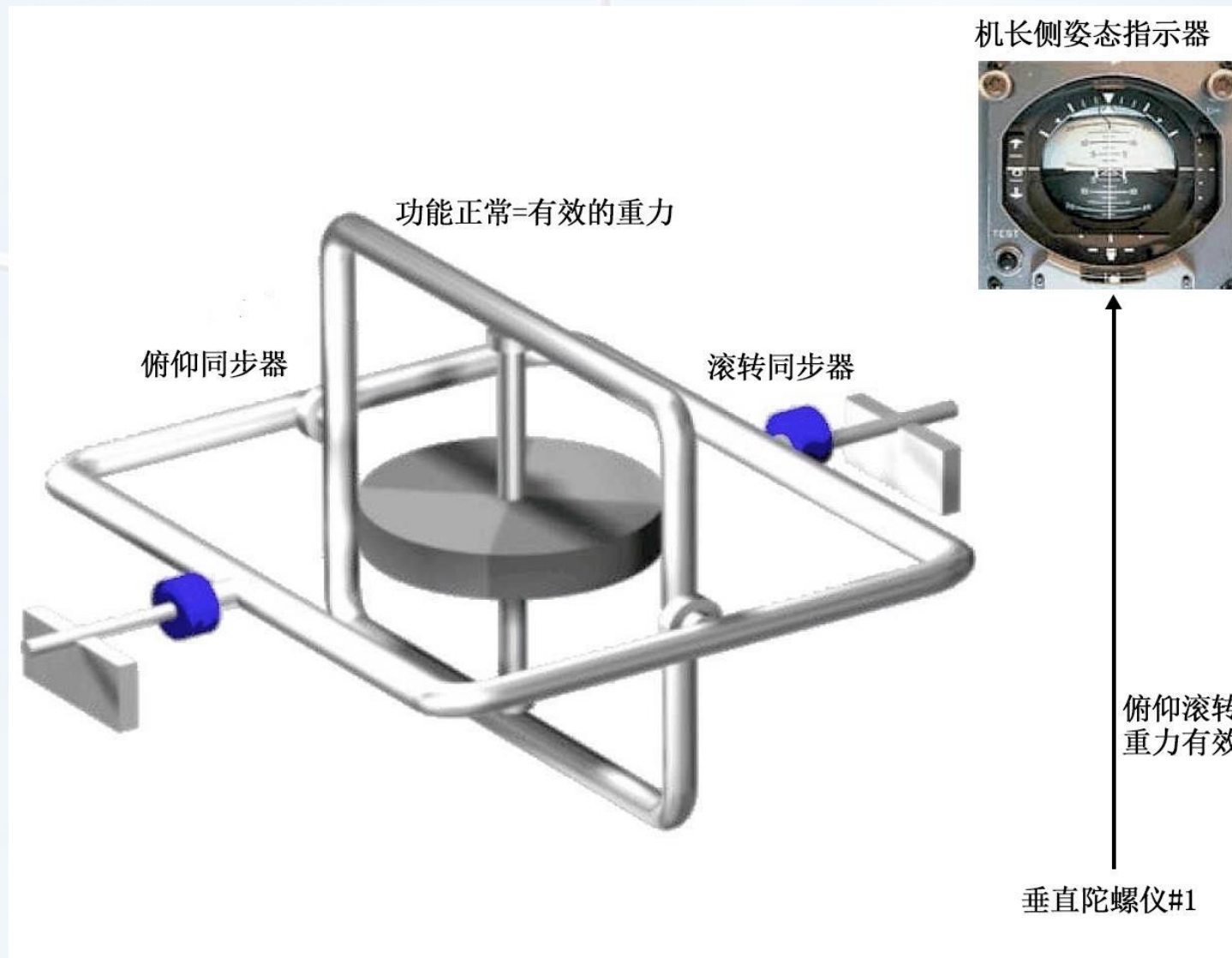
#### 1) 概述

- 姿态指示器 (ADI) 上用于姿态指示的信号由位于电子舱内的一个远程垂直陀螺仪提供，垂直陀螺仪框架上的同步器将陀螺仪的俯仰和滚转角度转换成电信号。
- 当陀螺仪速度运行正常时，陀螺仪的有效信号将发送至姿态指示器 (ADI)。
- 所有信号使用独立的导线传输，但是为便于识别原理图将会把所有导线合并成单根导线。



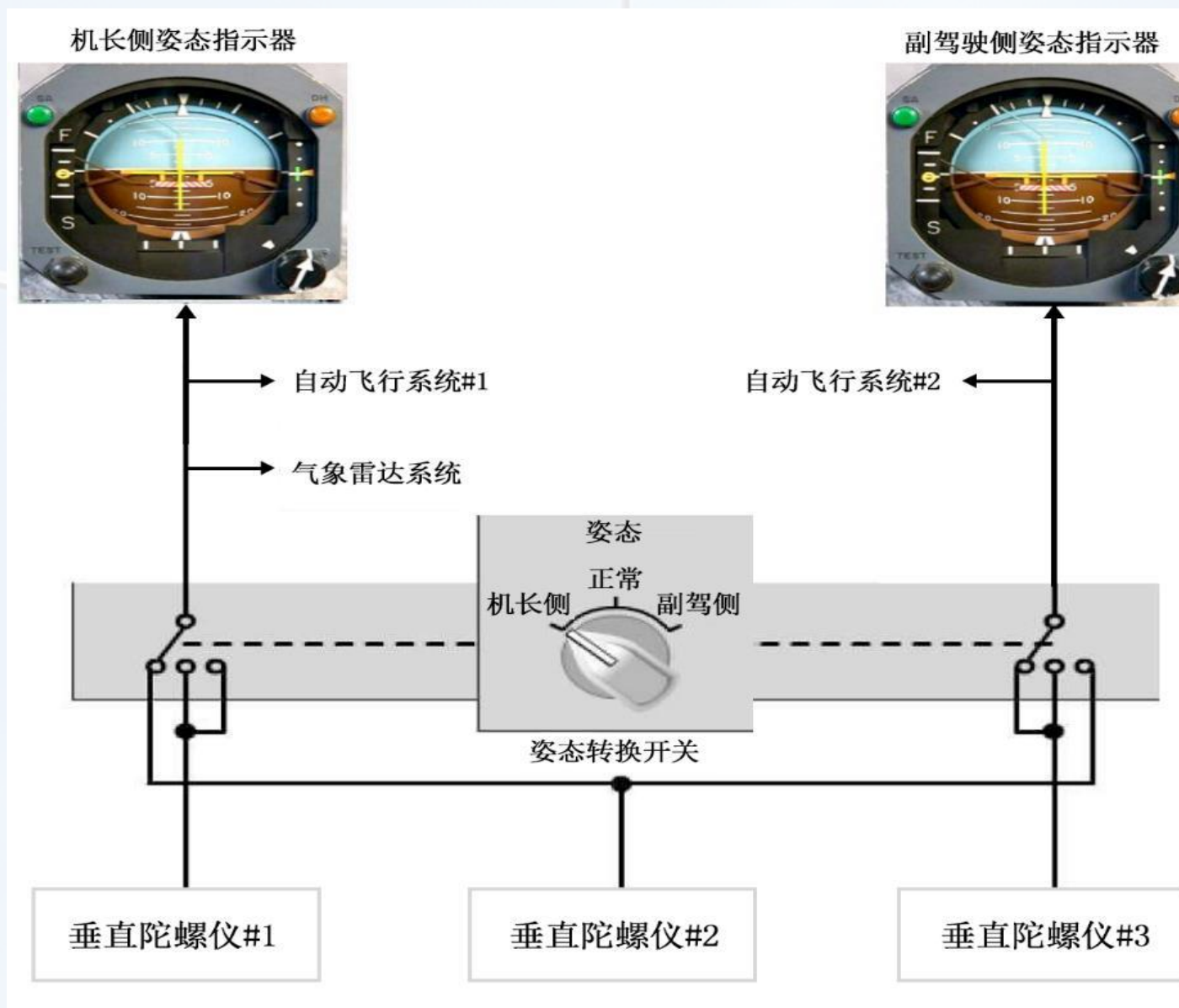
### 3 姿态指示器基本功能

#### 2) 系统架构



### 3 姿态指示器基本功能

#### 2) 系统架构



## 4 磁罗盘基本功能

### 1) 航向定义

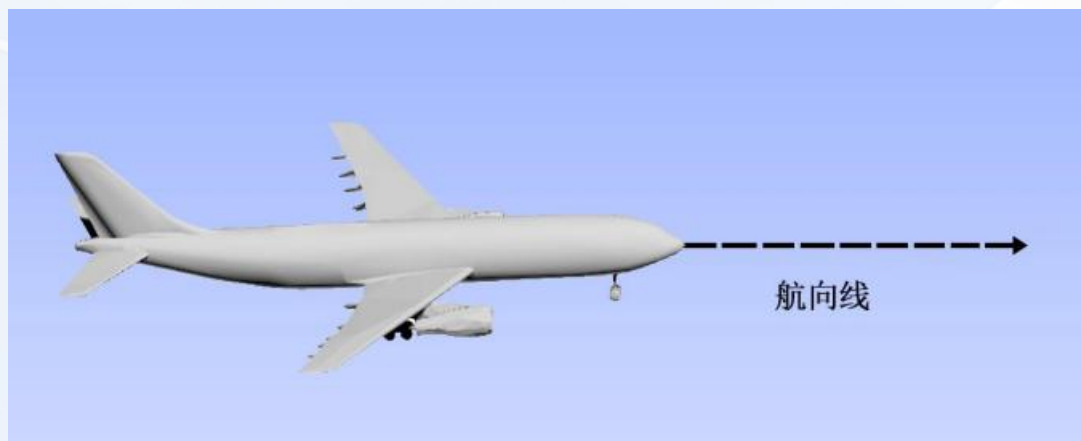
航向显示在:

- 直读式罗盘
- 主仪表板上遥感罗盘



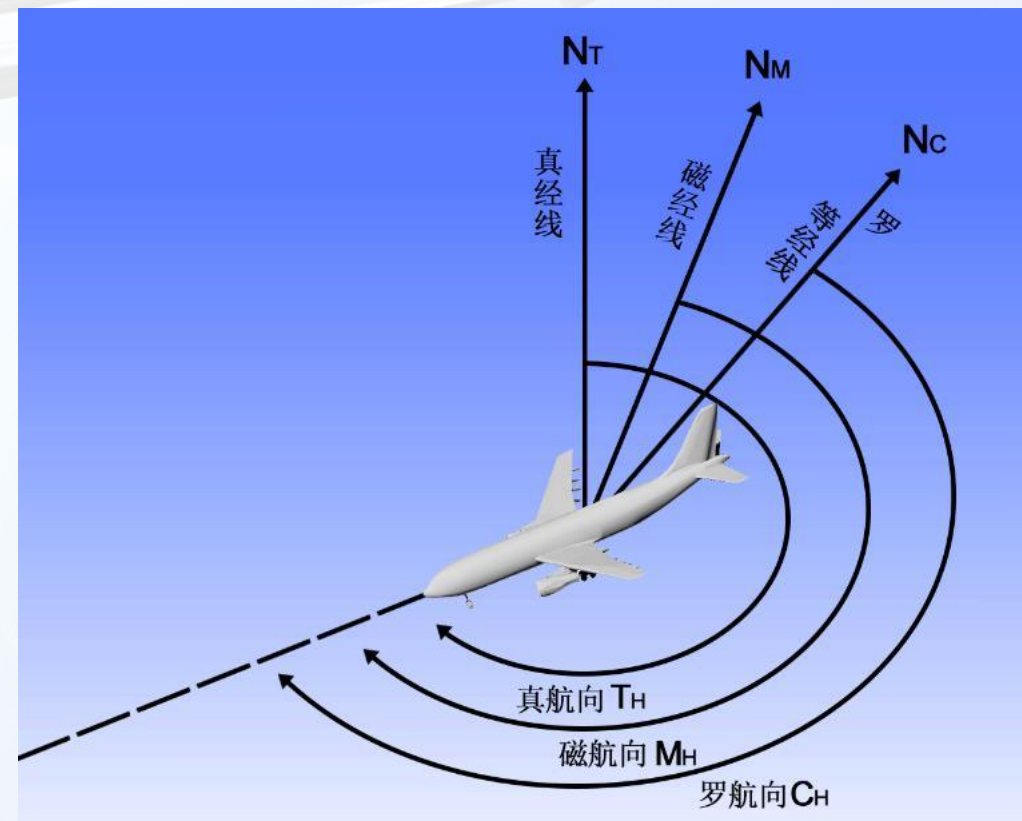
## 4 磁罗盘基本功能

### 1) 航向定义



航向：飞机纵轴和北极方向之间的夹角

- 真航向
- 磁航向
- 罗航向

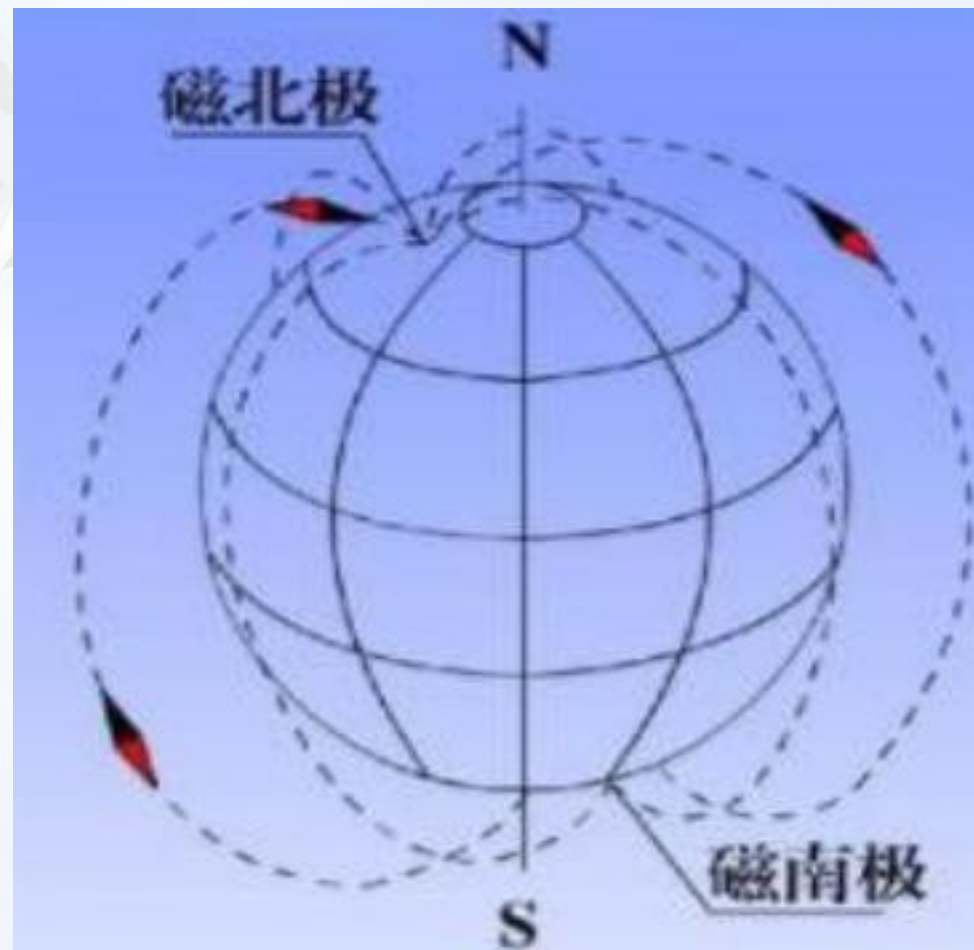


## 4 磁罗盘基本功能

### 1) 航向定义

罗盘只能通过水平磁场线来测量航向。

在靠近赤道地方的所有磁场线都是水平的，在其他区域，磁场线降低至地球表面，这叫做倾角。

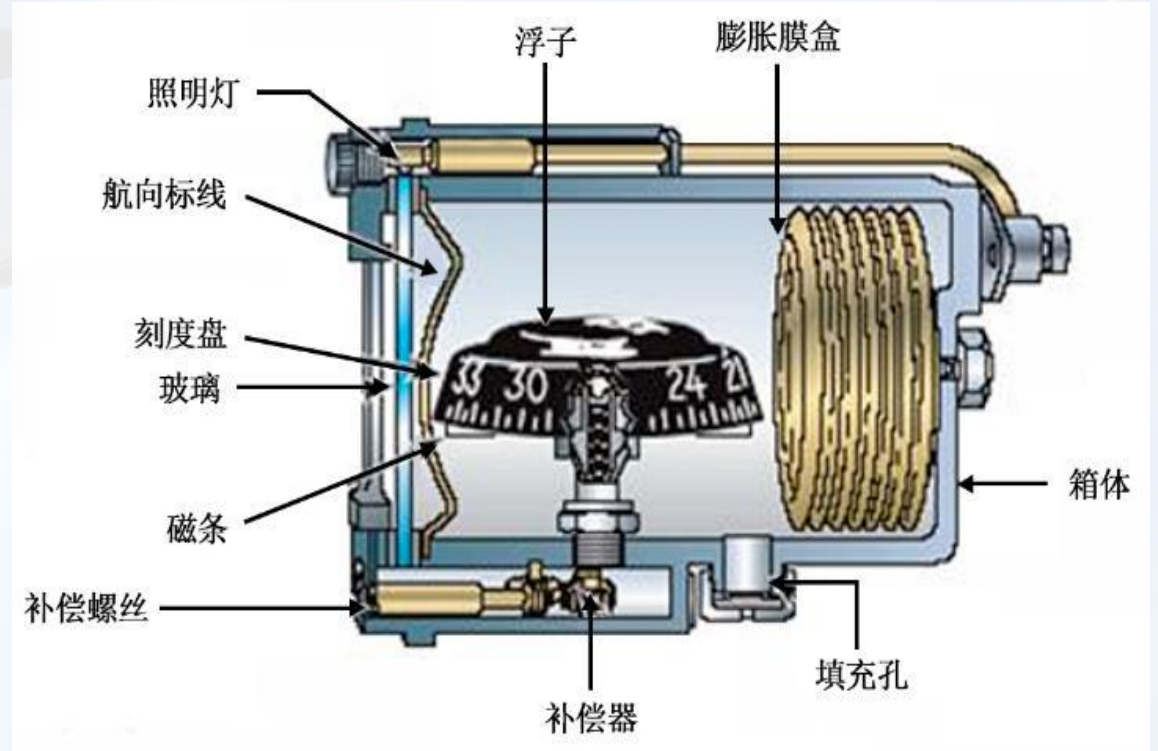


## 4 磁罗盘基本功能

### 2) 直读罗盘



直读罗盘一

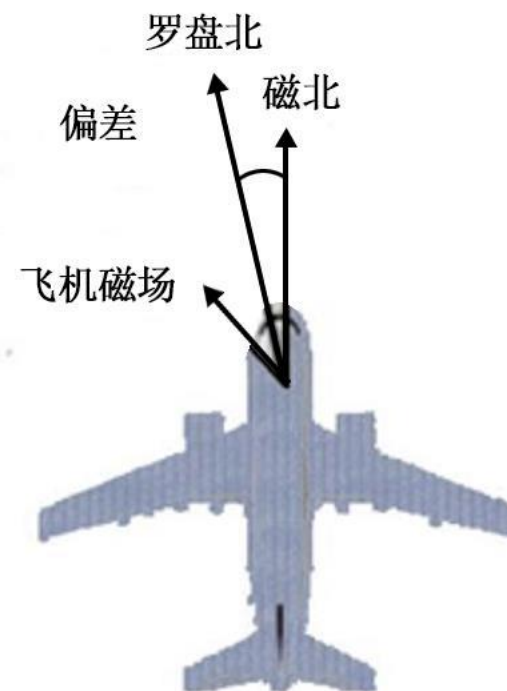
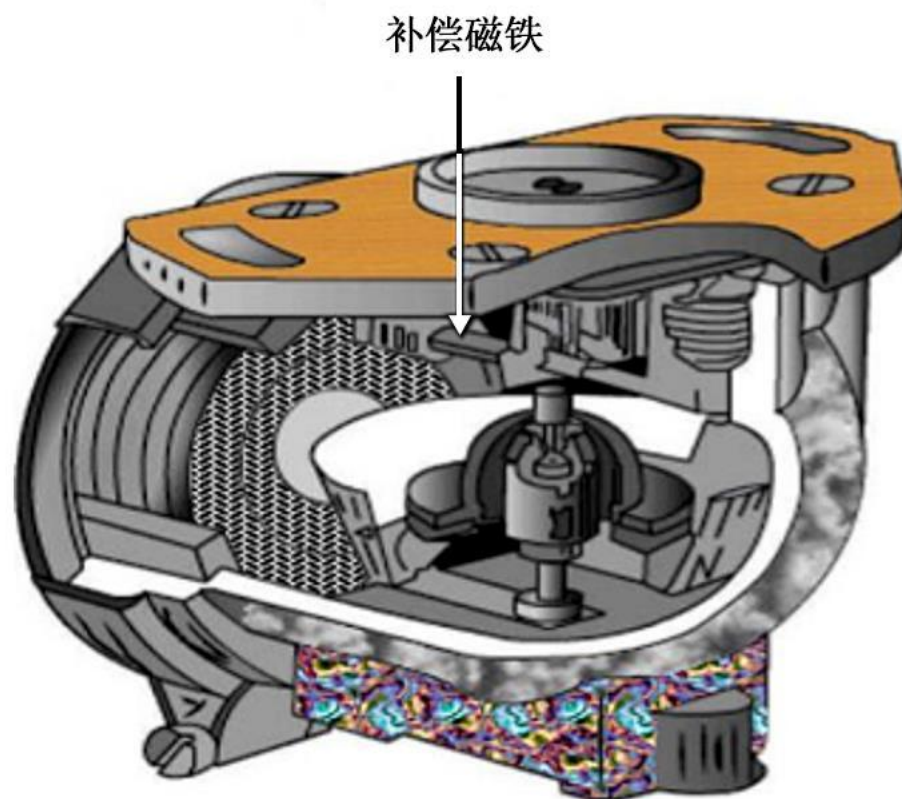


直读罗盘二

## 4 磁罗盘基本功能

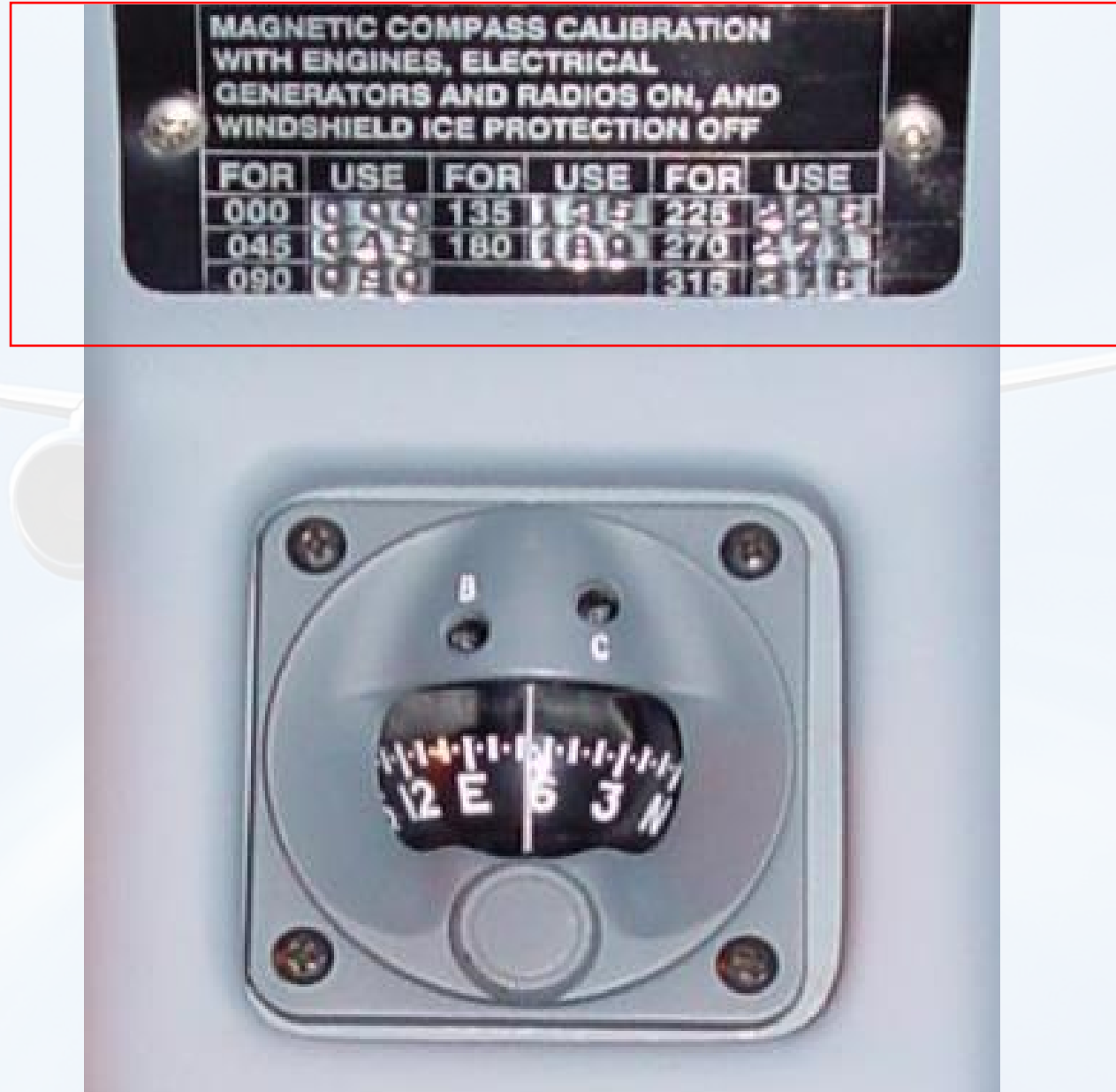
### 3) 罗盘偏差

直读罗盘会受到飞机内部磁场的影响



## 4 磁罗盘基本功能

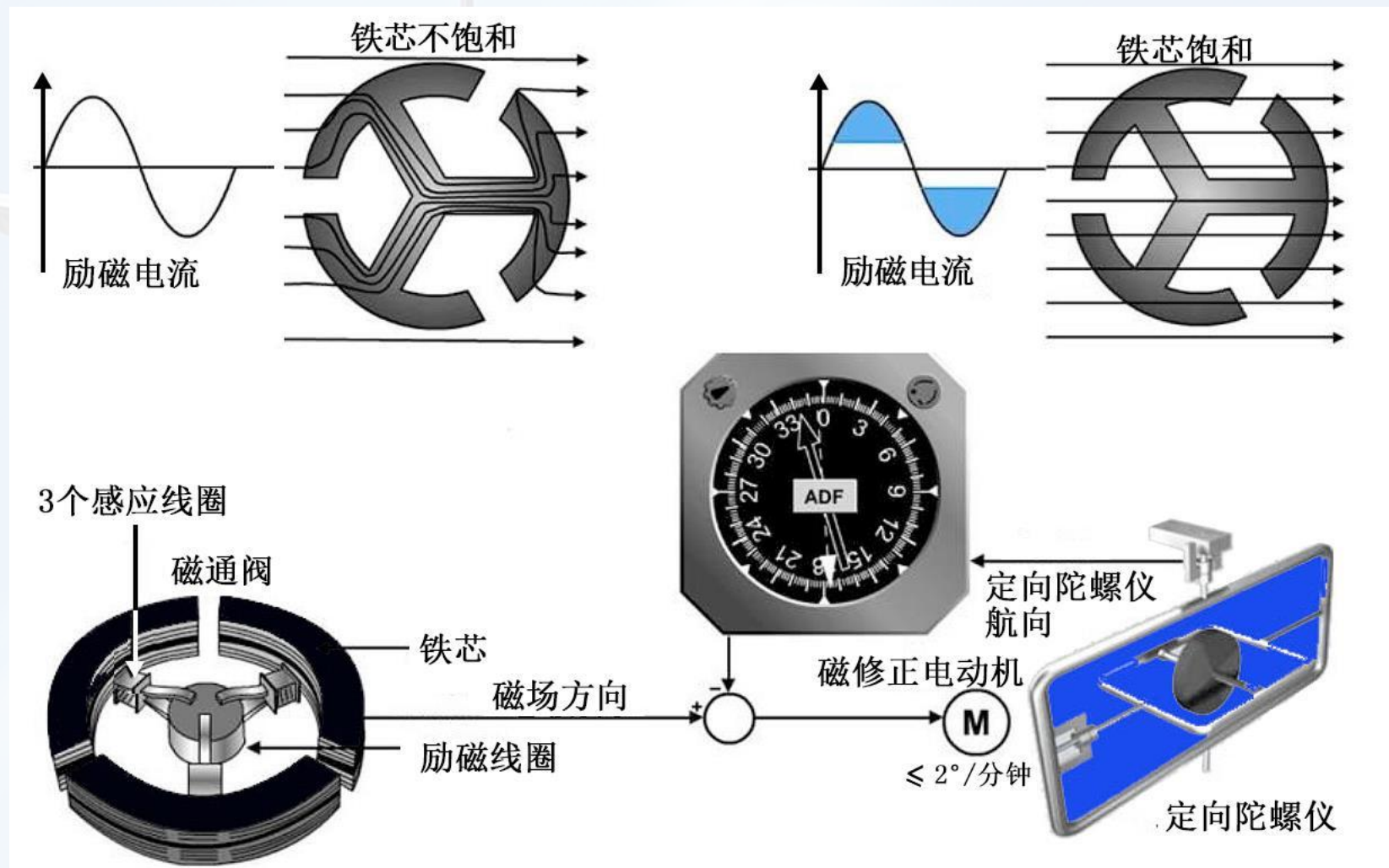
### 4) 罗差补偿



# 4 磁罗盘基本功能

## 5) 遥感罗盘系统

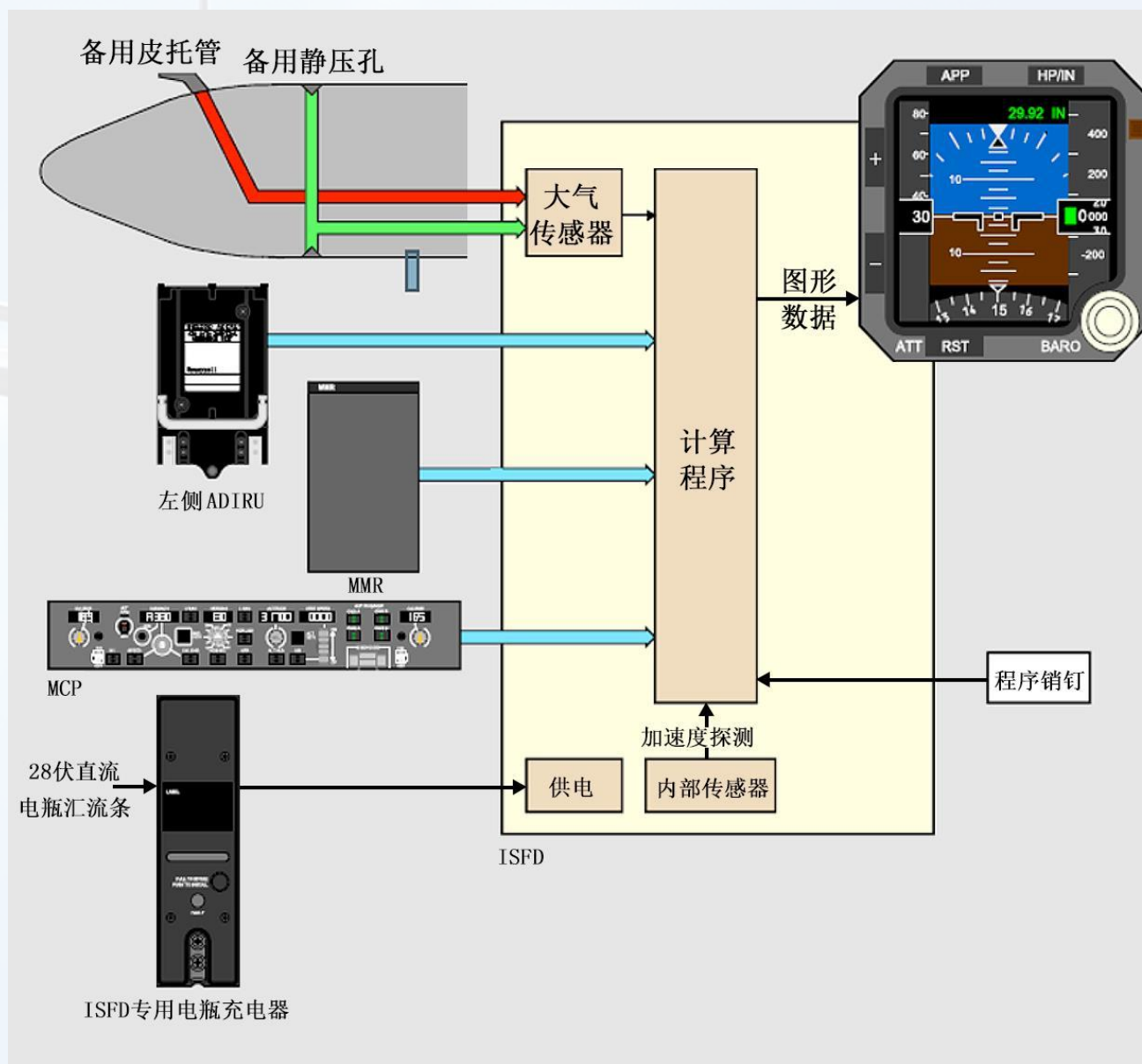
遥感罗盘系统：  
不需要飞行员进行人工校准。



## 5 综合备用仪表基本功能

备用综合导航组件，显示：

- 姿态
- 高度
- 空速
- 航向
- 仪表着陆



## 小结:

1. 气压高度表的基本工作原理，气压基准对高度指示的影响，温度对高度表指示的影响；
2. 空速表的工作原理，不同色带对应的空速指示；
3. 姿态指示器的不同参数显示；
4. 罗盘的工作原理；
5. 综合电子备用仪表的系统组成，工作原理。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and engines.

## 3.3.17.6 飞行管理系统 (FMS)

# 目录

- 1 飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成
- 2 FMCS工作原理，飞行计划的制定，导航功能的实现，性能的优化
- 3 MCDU页面的使用（飞行计划的制定、维护页面、数据链页面）

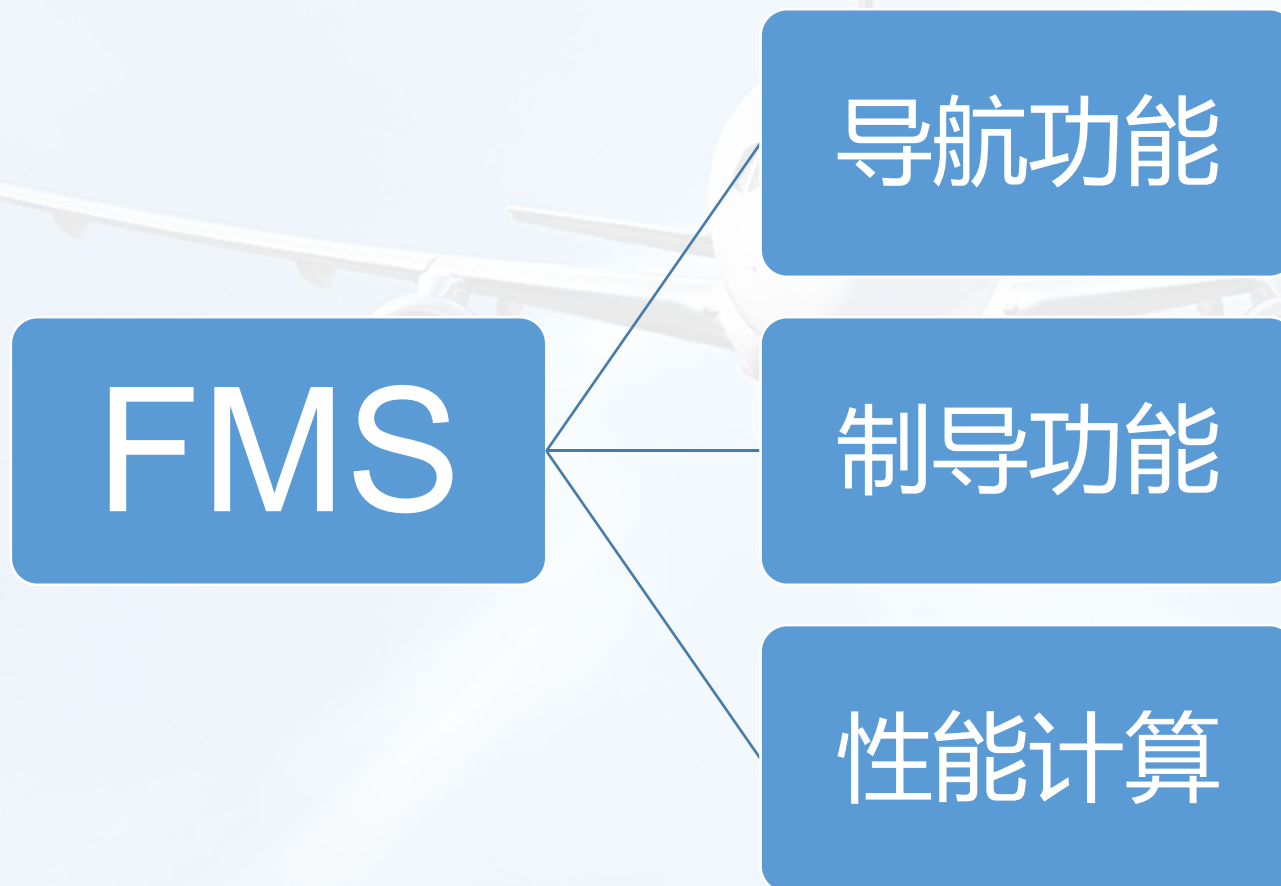


# 1 综飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成

## 飞行管理系统功能

- 飞行管理系统( FMS-Flight Management System)提供飞行的时间距离、速度、经济剖面和高度的预测，可减小驾驶舱工作量，提高效率
- 实现全自动导航，可以以最佳的飞行路径、最佳的飞行剖面和最省油的飞行方式完成从起飞到进近着陆的整个飞行过程
- 省掉许多驾驶员执行的日常操作，安全又经济

# 1 综飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成



## 导航功能

导航功能是指用来确定飞机当时位置，进行导航计算，以及导航台自动调谐管理等，完成飞机横向剖面的飞行管理，引导飞机按照预定航线飞达目的地。

导航功能包括：

- 自动选择导航台、自动调谐以及IRS的校准；
- 从起飞机场开始，根据要飞抵的目的地机场选择航线；
- 确定位置，距离目的地或飞越航路点的距离；
- 预定到达的时间和速度等。

## 制导功能

制导功能是指飞机沿预选航迹飞行时，受到扰动或导航不确定性引起偏离预选航迹后作出的一种决策。

包括：

- 水平制导：按照一定的控制律对水平面内实际航迹相对预选航迹偏差进行控制。
- 垂直制导：按照一定的控制律对垂直面内实际航迹相对预选航迹偏差进行控制。

# 1 综飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成

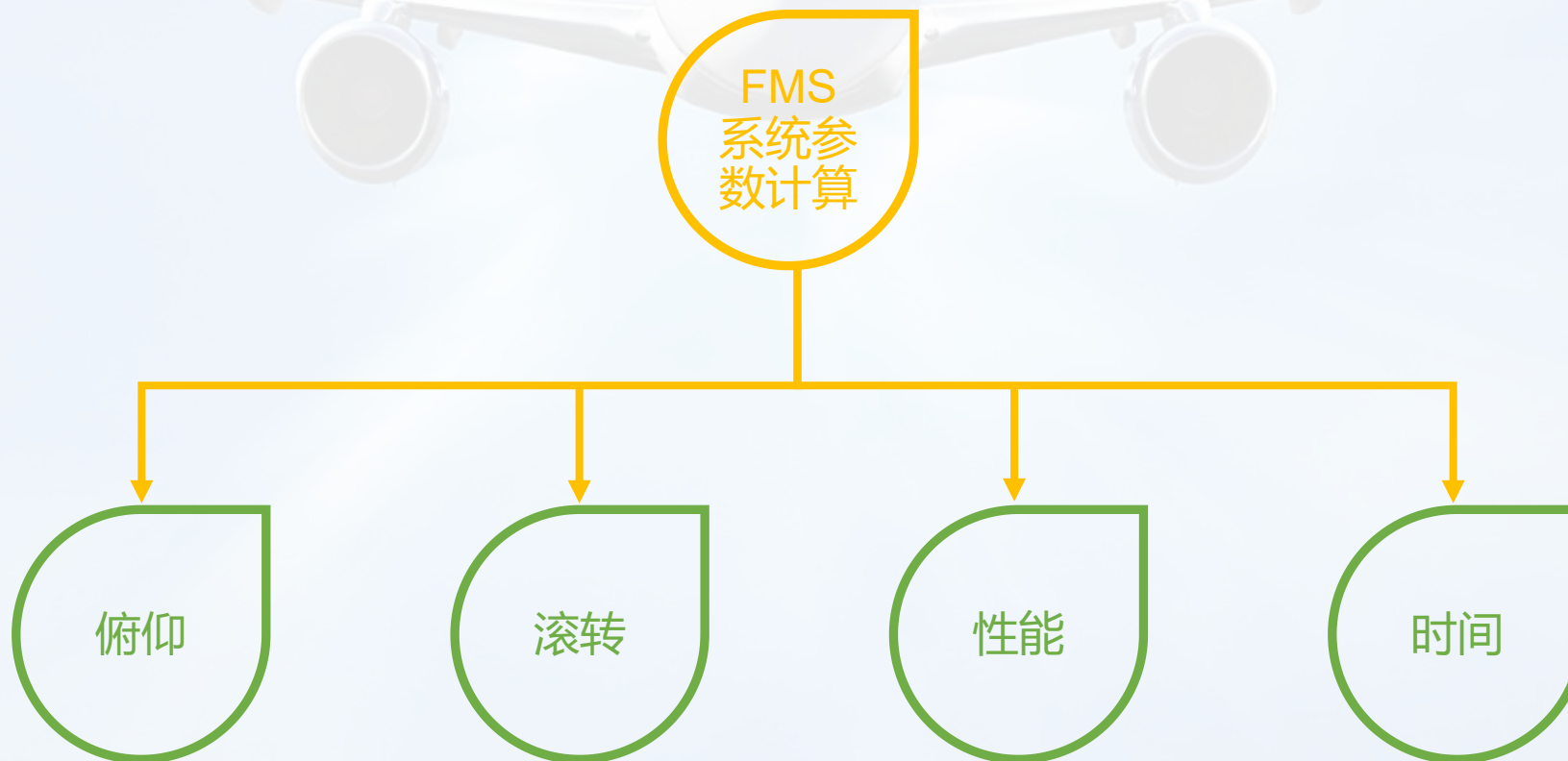
## 性能功能

性能计算是指在飞行过程中，计算飞机的相关性能指标，即飞机的飞行高度、速度、爬升、下降、爬升速度和下降速度等，以获得最佳的垂直预选航迹，完成飞机的纵向(垂直)剖面管理。

# 1 综飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成

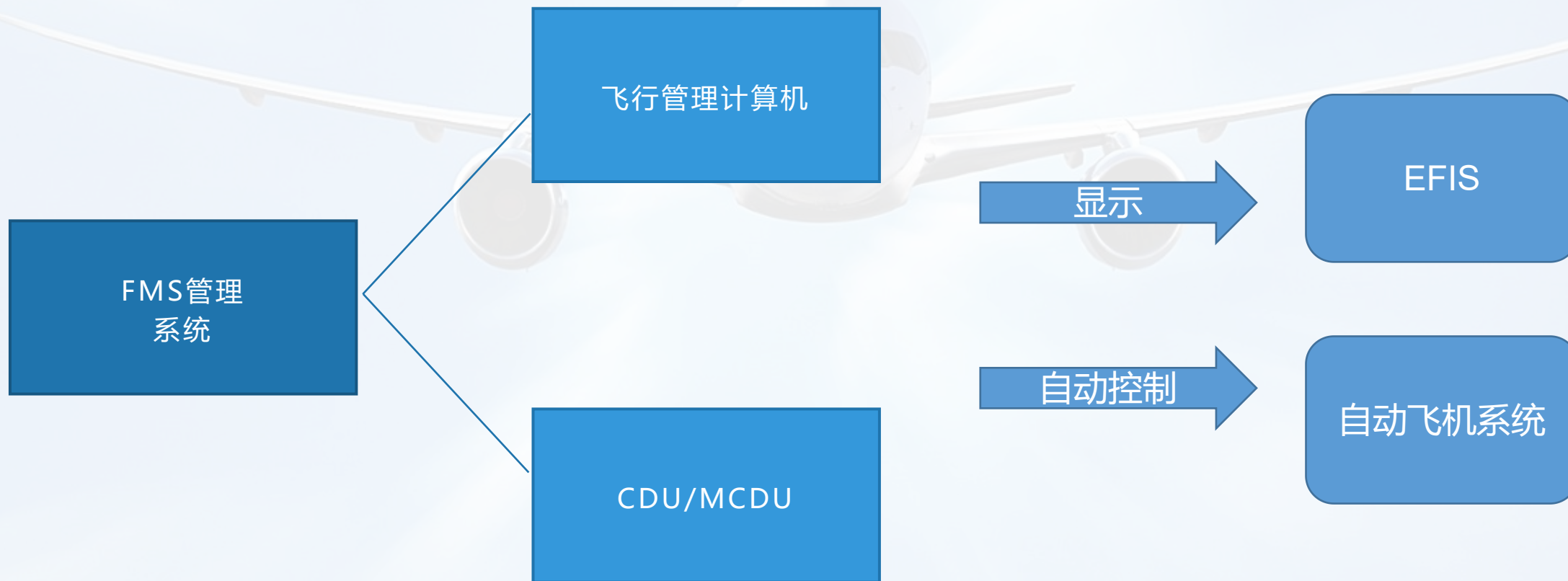
时间计算

飞行管理系统还可以用来计算每个飞行阶段的剩余时间。



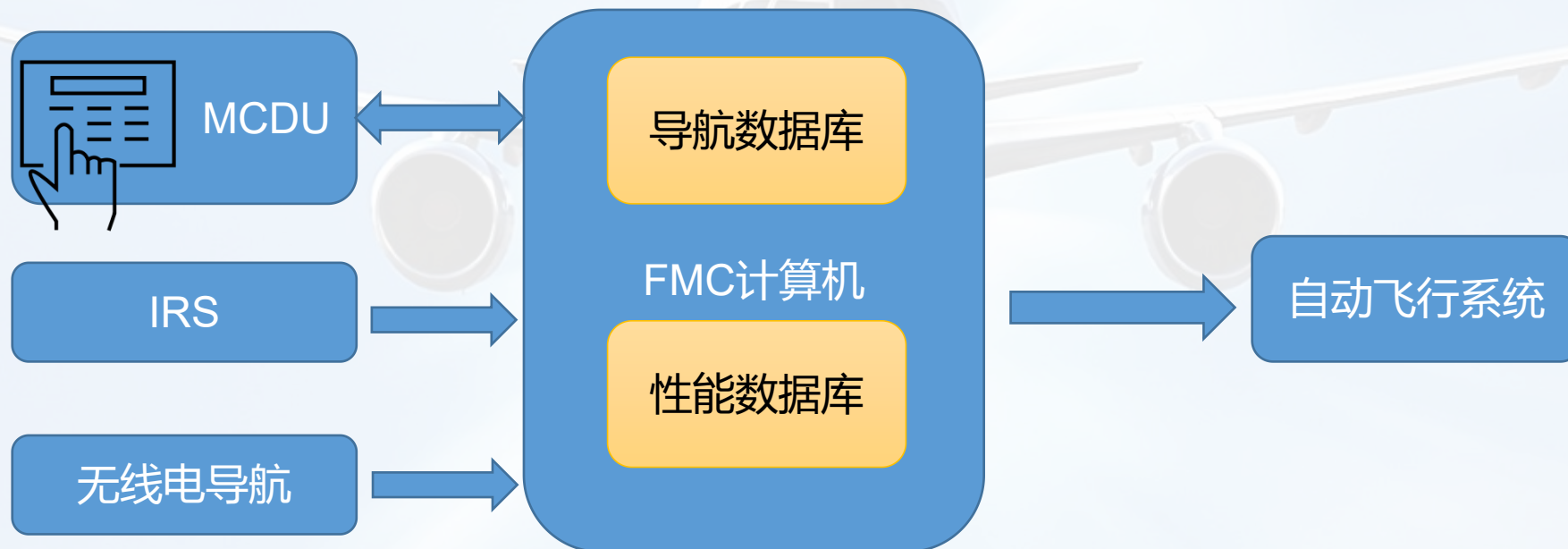
# 1 综飞行管理计算机系统基本功能，工作模式，系统组成

## FMS管理系统组成



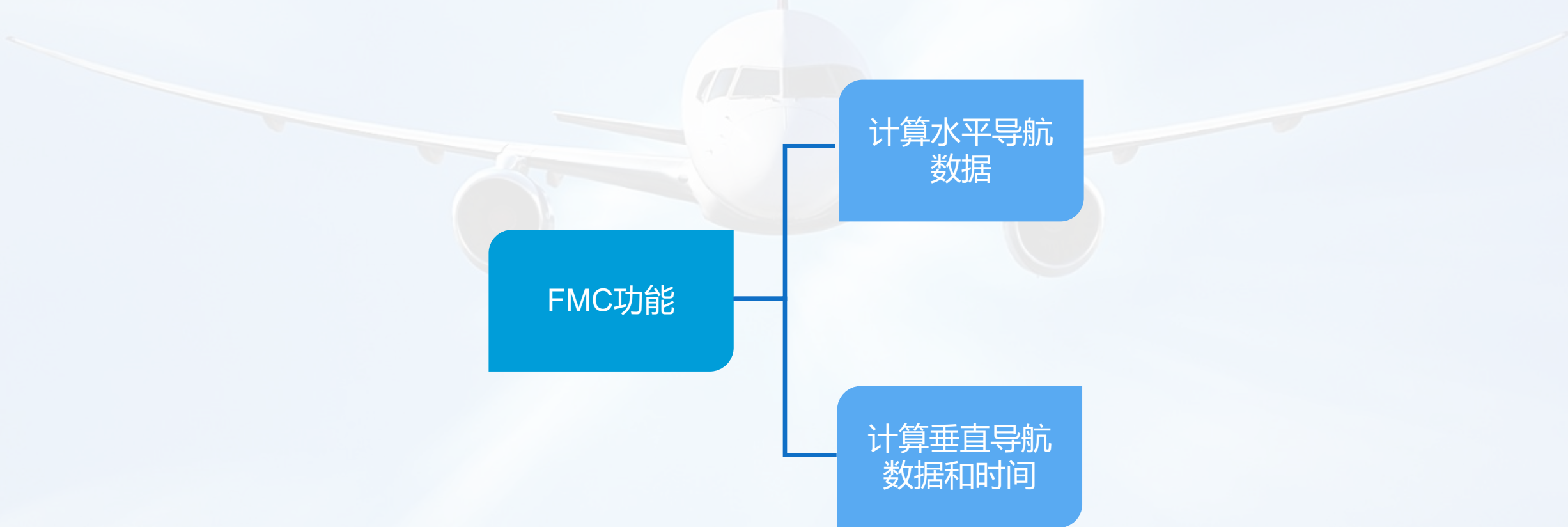
## 2 FMCS工作原理，飞行计划的制定，导航功能的实现，性能的优化

### 1) FMCS功能



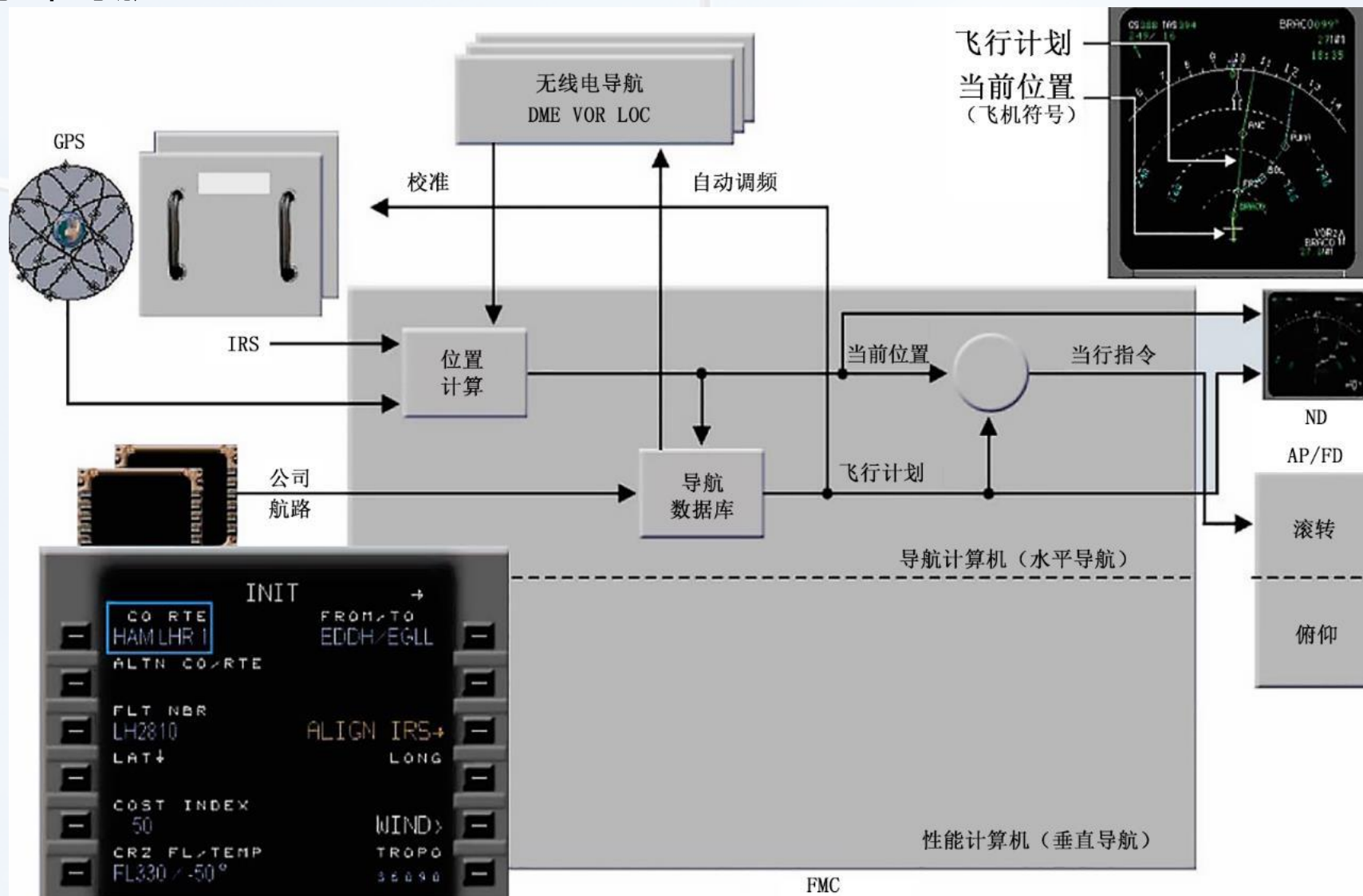
## 2 FMCS工作原理, 飞行计划的制定, 导航功能的实现, 性能的优化

### 1) FMCS功能



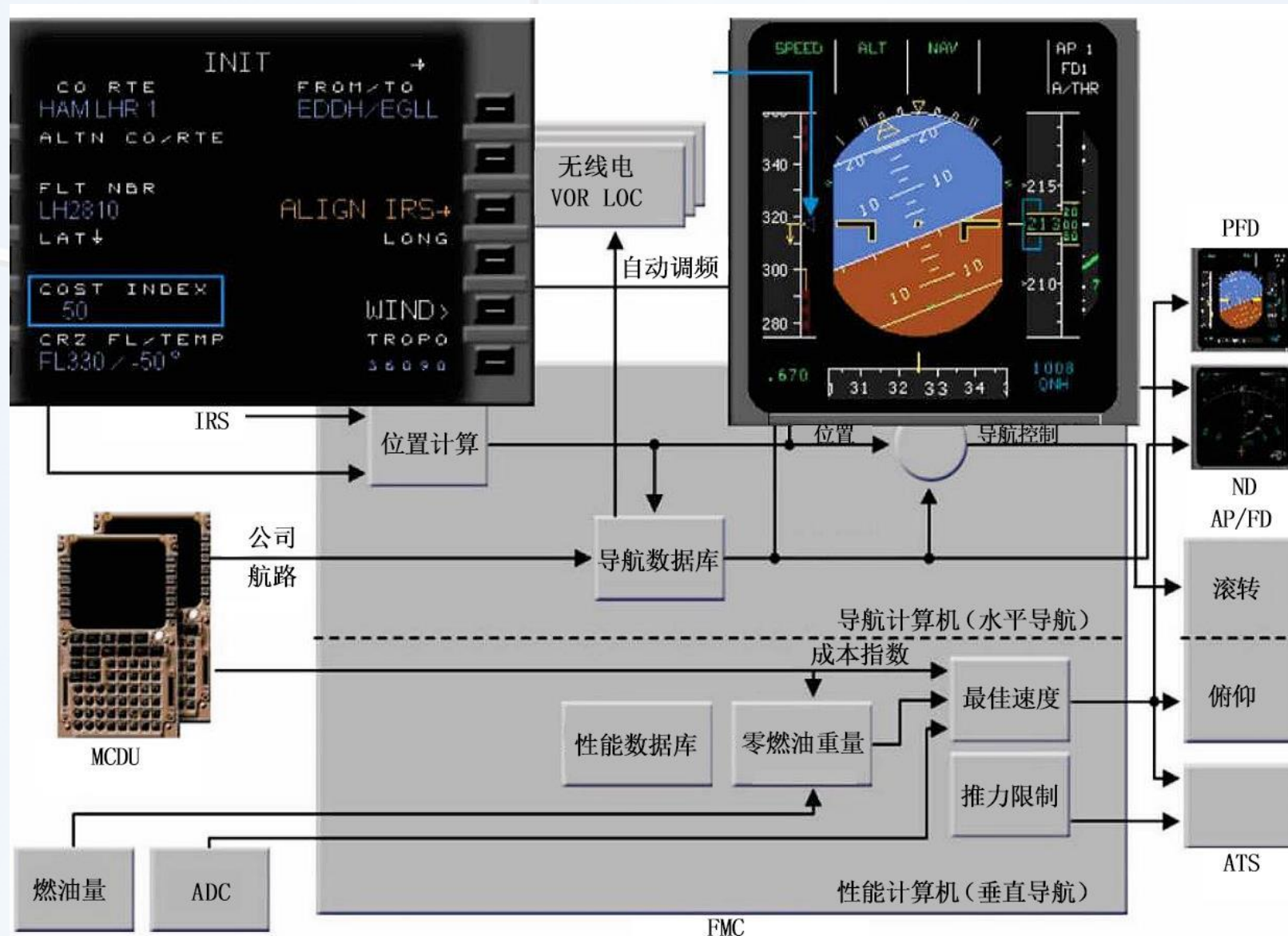
## 2 FMCS工作原理，飞行计划的制定，导航功能的实现，性能的优化

### 2) FMCS水平导航



## 2 FMCS工作原理, 飞行计划的制定, 导航功能的实现, 性能的优化

### 3) FMCS垂直导航



### 3 MCDU页面的使用（飞行计划的制定、维护页面、数据链页面）

#### 1) 飞行计划的制定

飞行员使用下列数据对FMC进行飞行计划的制定：

- 飞机的初始位置
- 航路结构
- 性能数据



### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 1) 飞行计划的制定





### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 1) 飞行计划的制定

离场/进场索引



### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 1) 飞行计划的制定

##### 性能初始页



- 飞机总重
- 燃料 (飞机自动识别无需输入)
- 空重 (无燃油重量, 用于VNAV性能计算)
- 备份燃料
- 成本指数
- VNAV巡航高度
- 巡航重心
- 梯度爬升高度

### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 1) 飞行计划的制定

推力限制



起飞基准



### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 2) 索引页面



- 飞机型号
- 发动机型号
- 软件版本号
- 导航数据库版本号

### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 3) 位置初始页面



位置初始页面:

发送当前飞机位置给惯性导航系统, 用以惯性导航系统的初始校准。

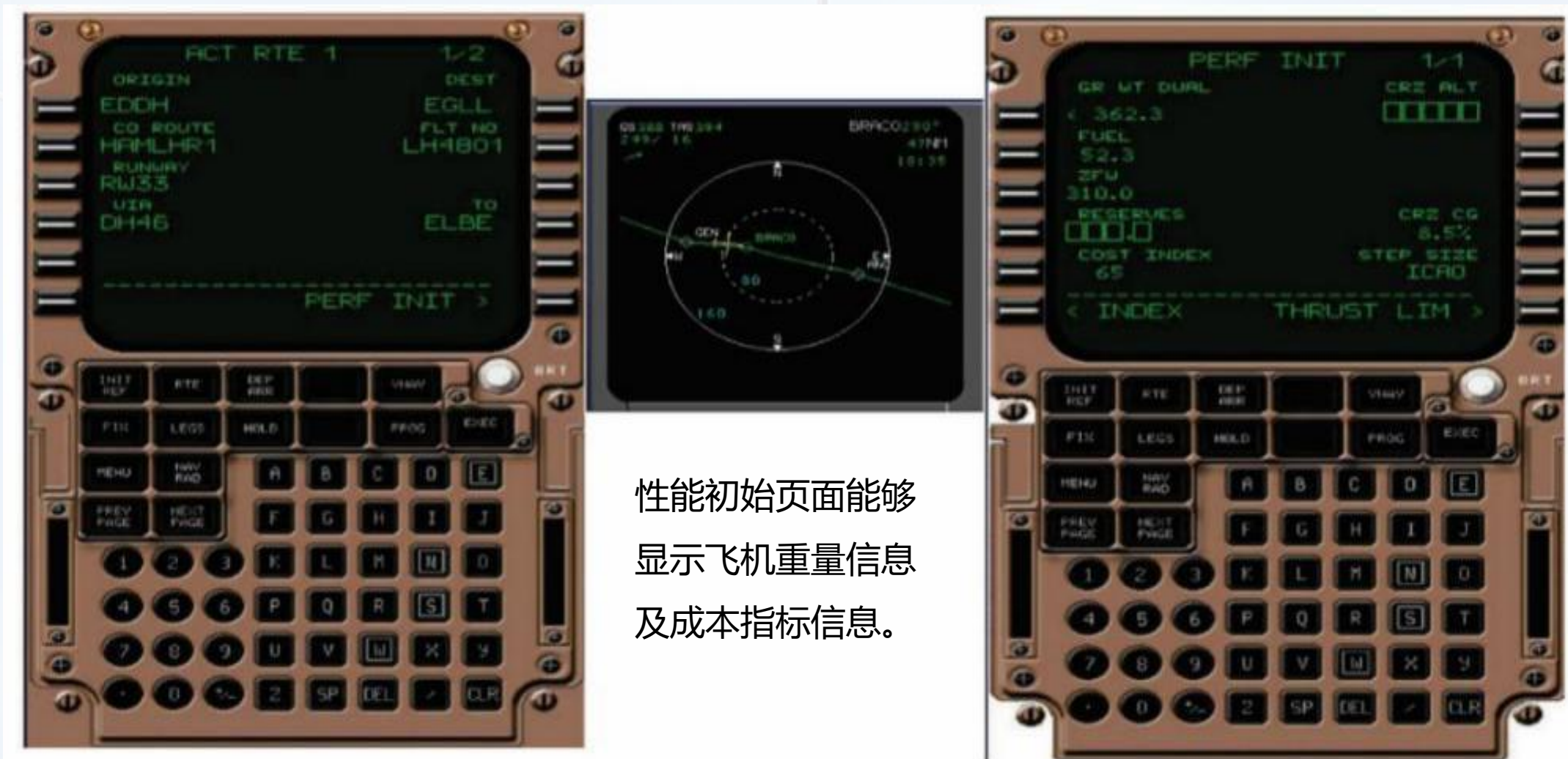
### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 4) 当前航路



### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 5) 性能初始页面



性能初始页面能够  
显示飞机重量信息  
及成本指标信息。

### 3 MCDU页面的使用（飞行计划的制定、维护页面、数据链页面）

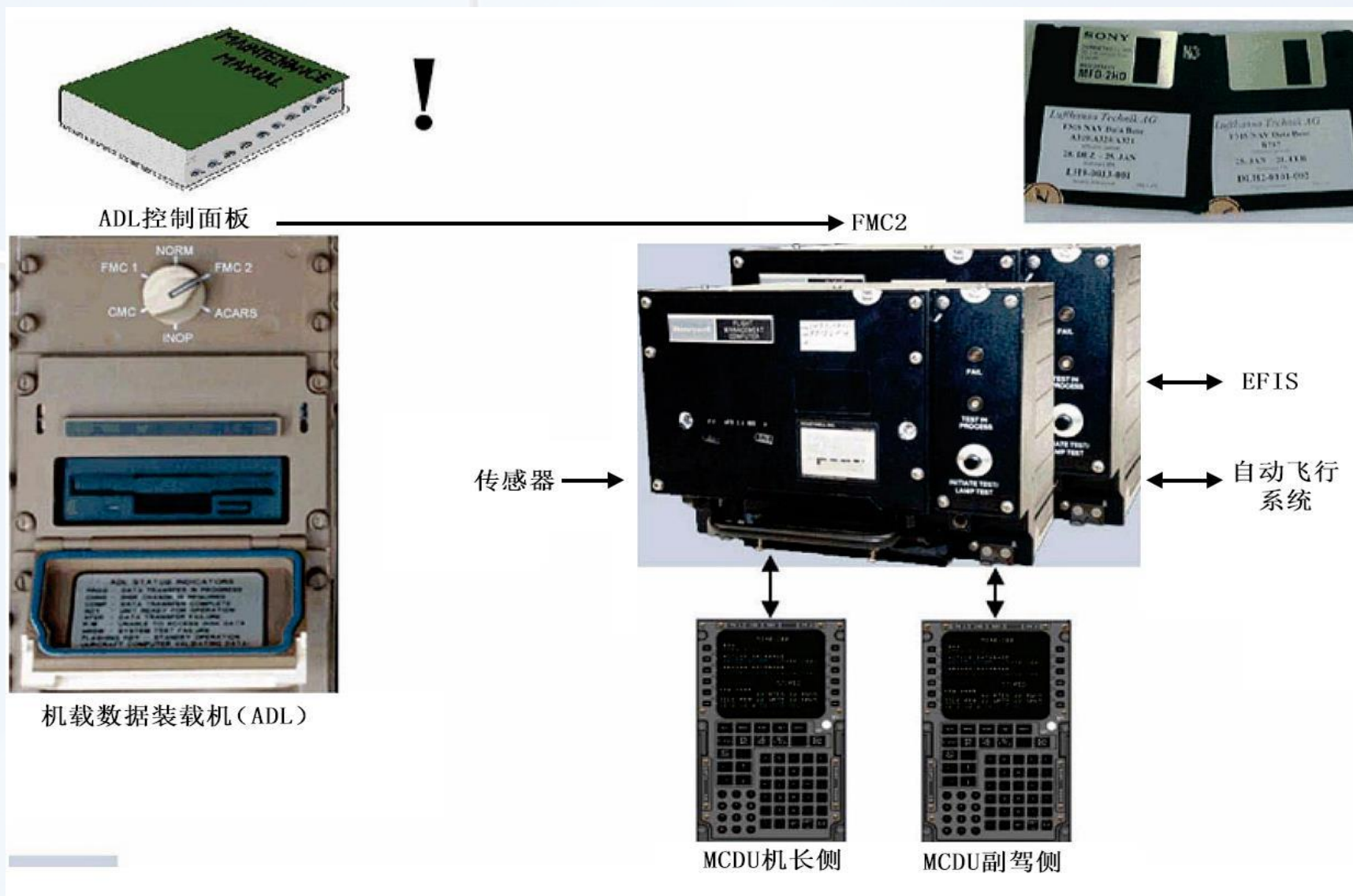
#### 6) 维护页面

维护页面能够显示FMS系统的相关的维护信息，包括：

- 飞行中的故障
- MCDU测试
- 传感器
- 离散值
- FMCS-固定的输出
- 机型/发动机
- 软件选项
- 性能系数
- IRS监控
- LCD CDU

### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

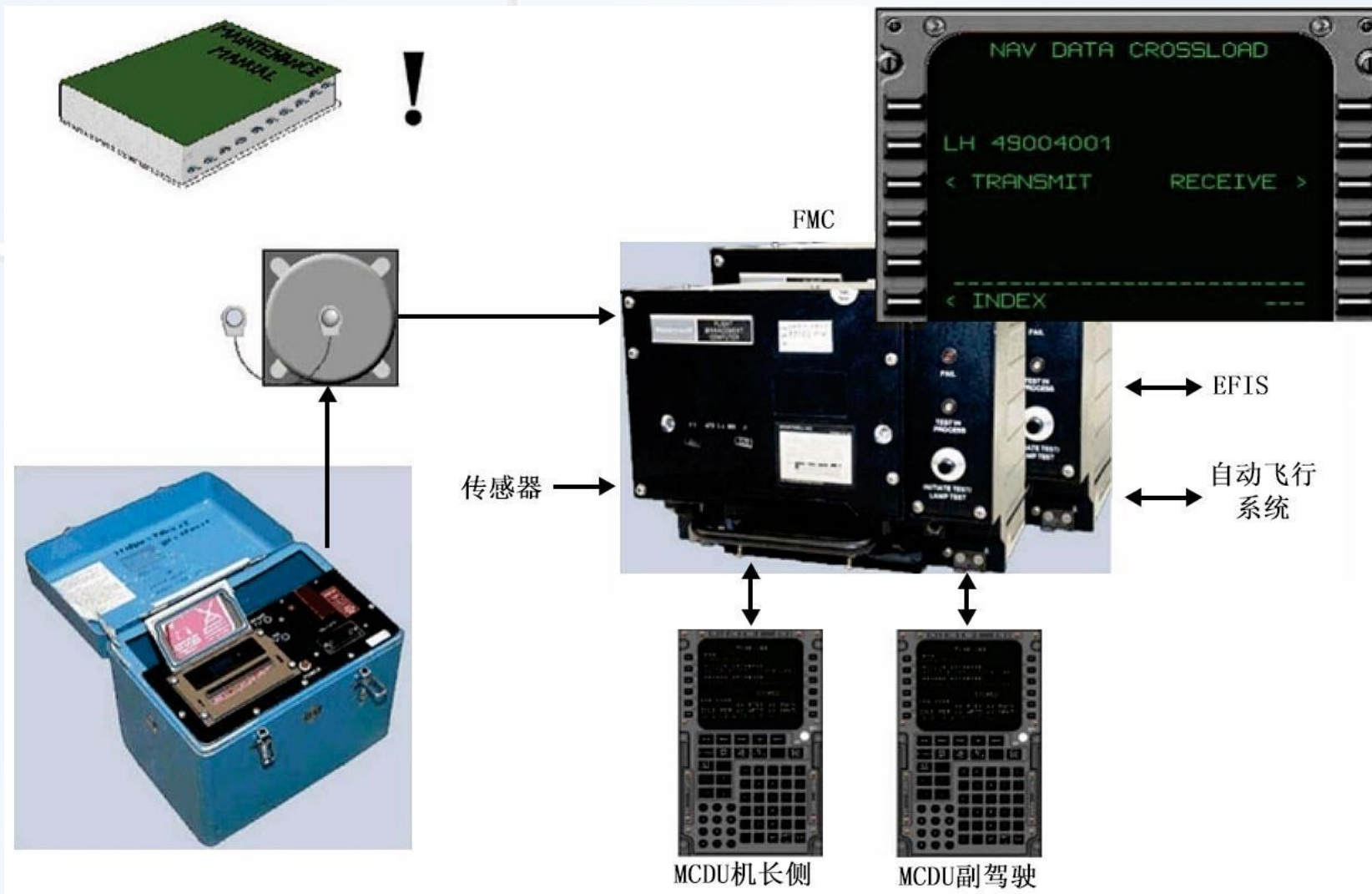
#### 7) 数据装载



导航数据库更新周期

### 3 MCDU页面的使用 (飞行计划的制定、维护页面、数据链页面)

#### 7) 数据装载



## 小结 (2H) :

1. FMS的功能;
2. 飞行管理计算机的功能;
3. MCDU页面;
4. FMS的数据装载及工作注意事项。

A large, faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and tail section.

## 3.3.17.7 典型飞机的导航系统维护

# 目录

1

典型的飞机导航系统及部件识别

2

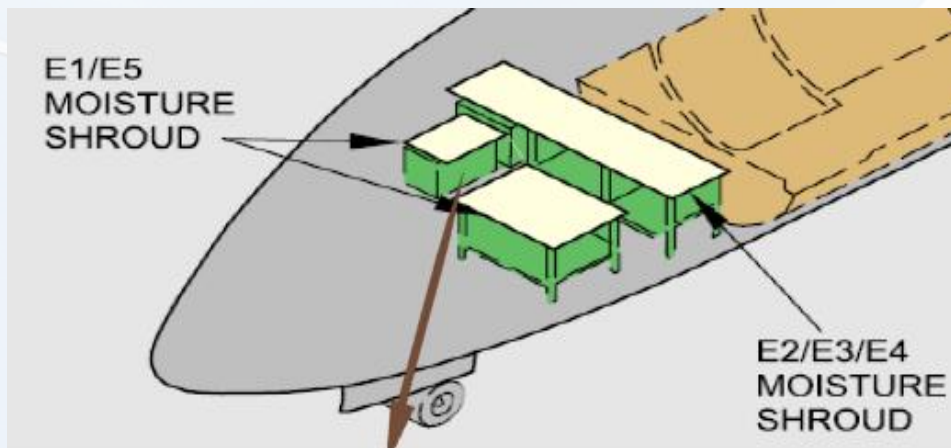
典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (1) 典型飞机大气数据惯性基准系统ADIRS部件识别



名称	功能
大气数据惯性基准系统 ADIRS	有两个主要功能： 1. 大气数据基准(ADR) 2. 惯性基准(IR)。 ADR计算空速和气压高度 IR计算姿态、当前位置、 地速、航向

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (1) 典型飞机大气数据惯性基准系统ADIRS部件识别



导航/显示源选择面板



P5头顶板



ISDU/MSU面板

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (1) 典型飞机大气数据惯性基准系统ADIRS部件识别

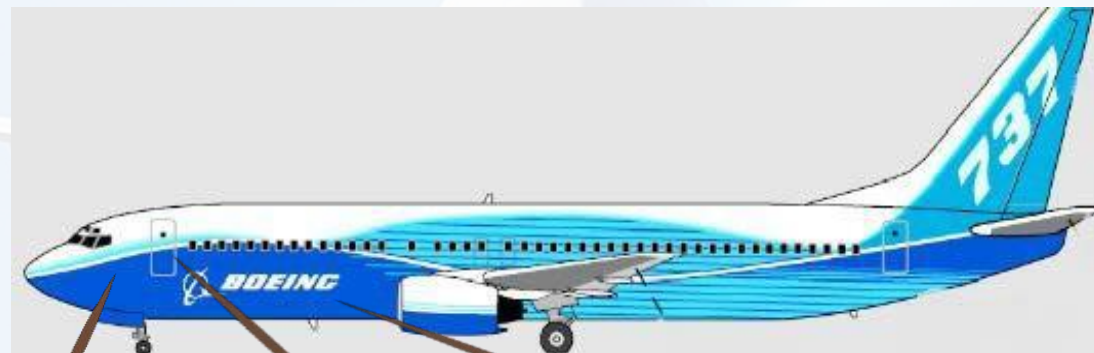
- 1.空速指示
- 2.姿态指示
- 3.高度指示
- 4.垂直速度
- 5.航向指示



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (1) 典型飞机大气数据惯性基准系统ADIRS部件识别



空速管



大气总温探头

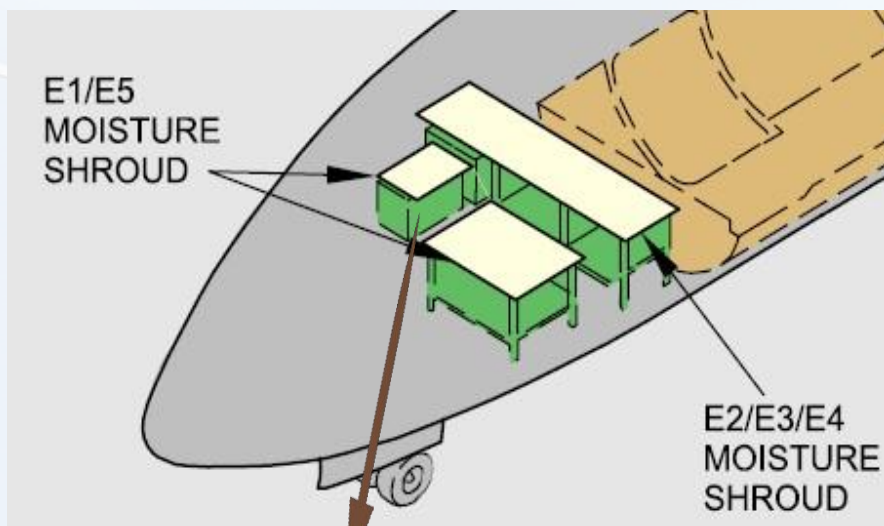


静压孔

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (2) 典型飞机飞行管理计算机系统FMCS部件识别



名称	功能
飞行管理计算机	用于飞机的自动驾驶系统的导航、性能和制导功能的控制，它还提供了对其它系统BITE功能的使用。FMC从其它飞机系统接收数据来计算导航和性能数据。这个数据显示在共用显示器系统上供飞行机组使用。

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (2) 典型飞机飞行管理计算机系统FMCS部件识别

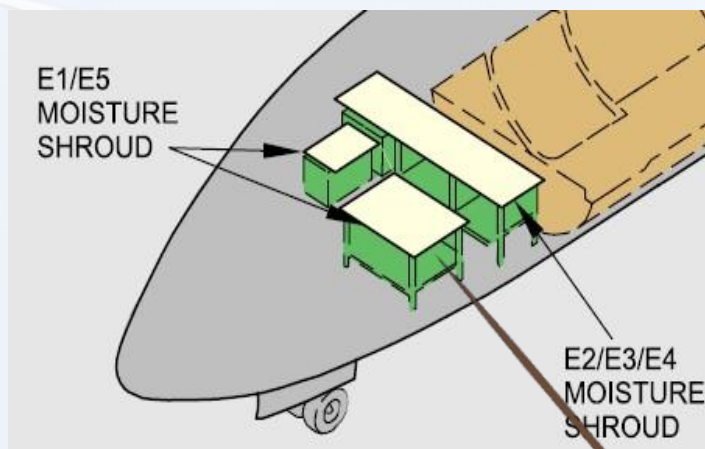


CDU控制显示组件：  
用于机组输入飞行数据并选择显示及工作方式。也可以使用CDU做ADIRU的校准和对FMCS及其它系统进行测试。

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统 TCAS 部件识别



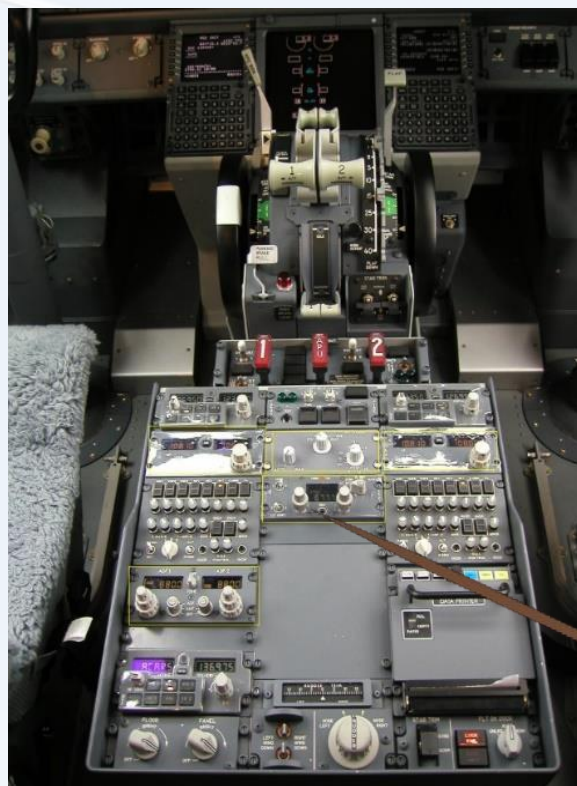
TCAS计算机控制如下功能:

- 监视
- 跟踪
- 咨询
- 空中机动操纵协调

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统 TCAS 部件识别



功能选择电门选择TCAS方式:

— 交通咨询 (TA) 方式, 仅交通咨询的方式, 它显示出所有目标但是无解脱咨询。

— 交通和解脱咨询 (TA/RA) 方式, 显示出所有目标, 这是TCAS的正常工作方式。

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统 TCAS 部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

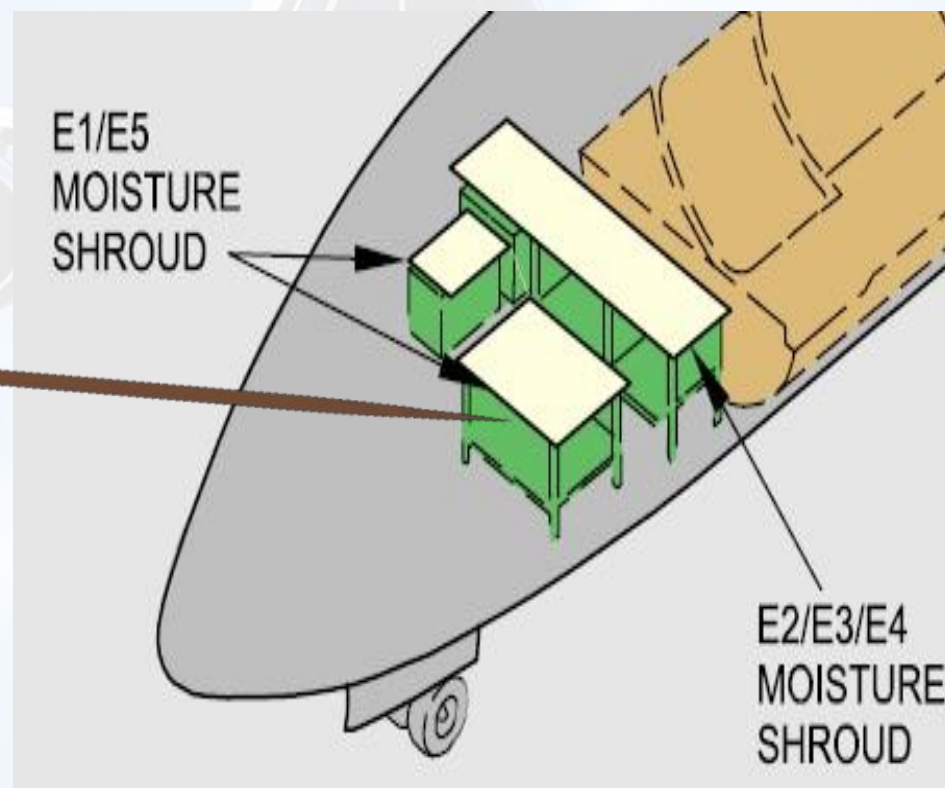
### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统 TCAS 部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (4) 典型飞机近地警告系统GPWS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

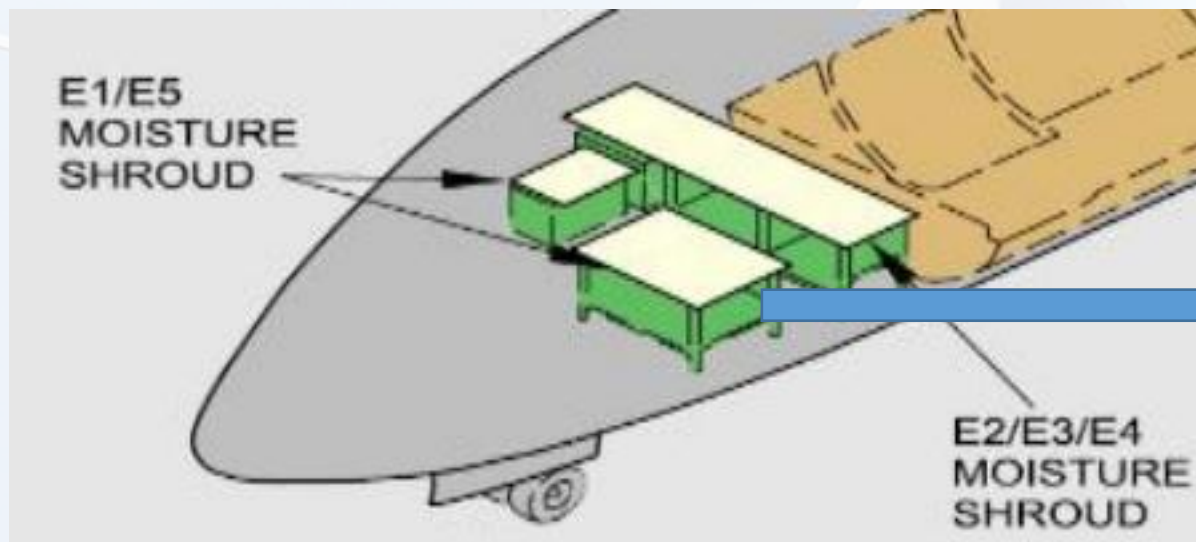
### (4) 典型飞机近地警告系统GPWS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (5) 典型飞机仪表着陆系统ILS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (5) 典型飞机仪表着陆系统ILS部件识别



PFD



ND

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (5) 典型飞机仪表着陆系统ILS部件识别



导航控制面板



导航/显示源选择面板

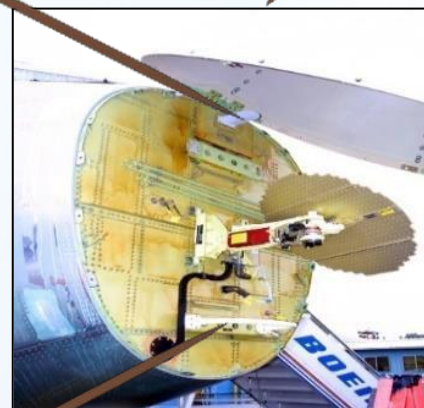
# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (5) 典型飞机仪表着陆系统ILS部件识别



GS天线



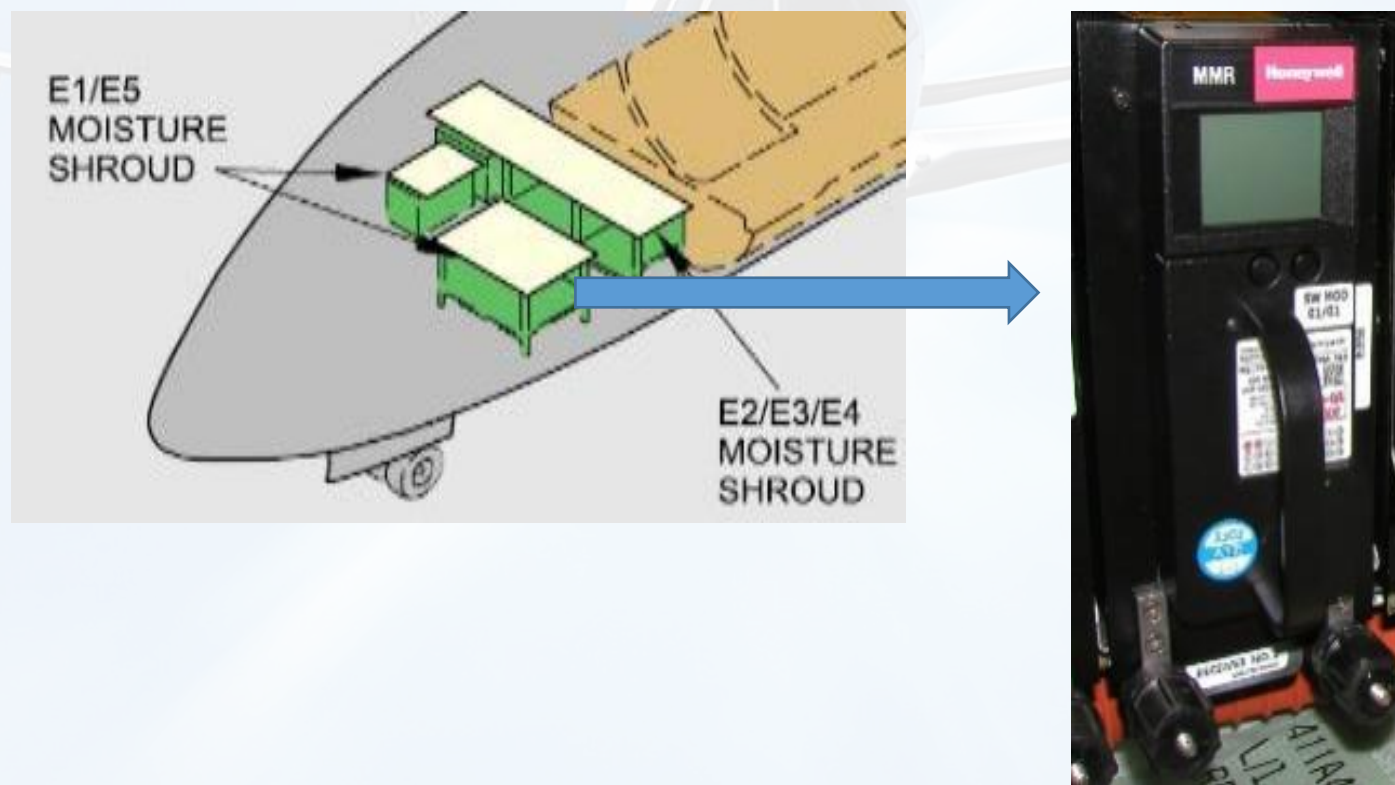
LOC天线



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (6) 典型飞机全球定位系统GPS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

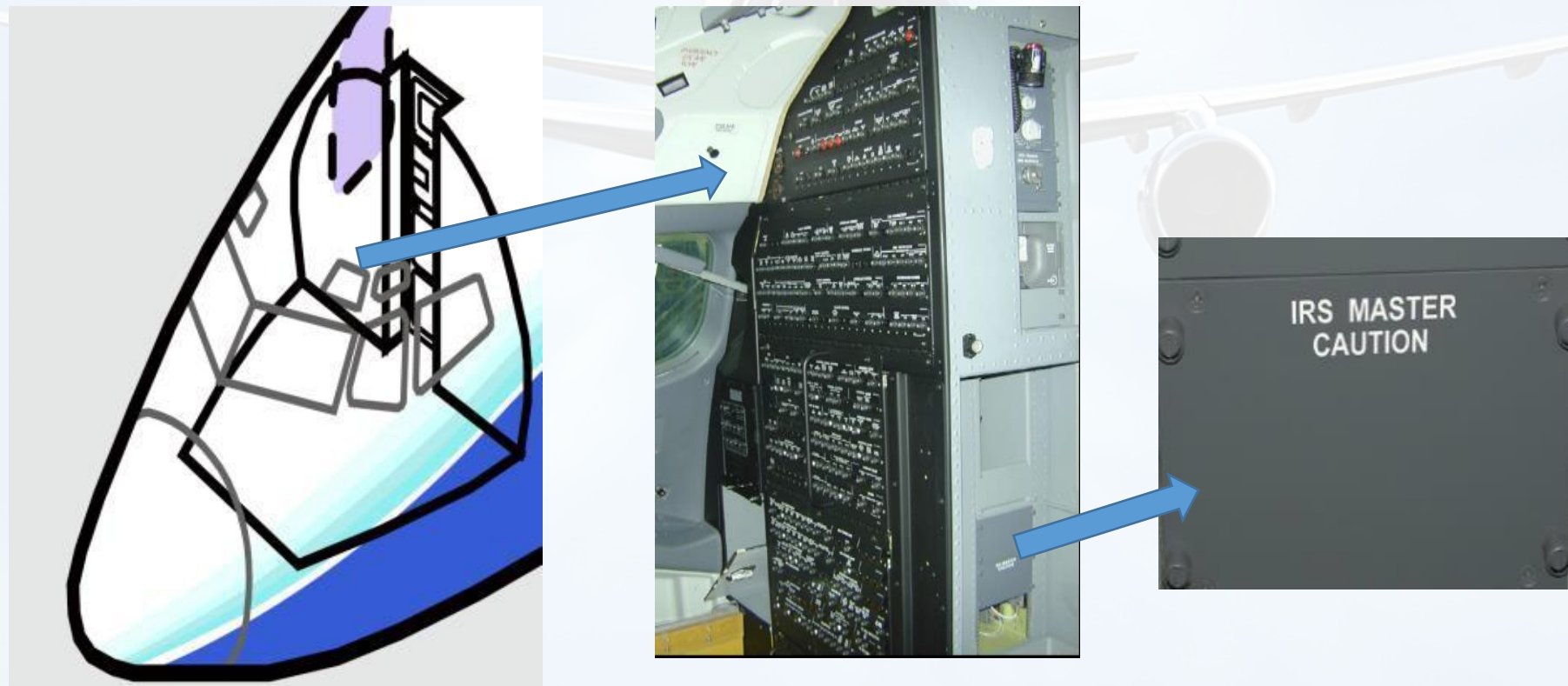
### (6) 典型飞机全球定位系统GPS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

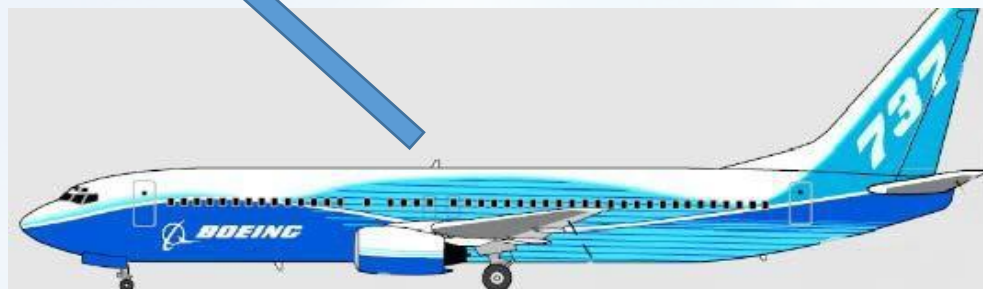
### (6) 典型飞机全球定位系统GPS部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (6) 典型飞机全球定位系统GPS部件识别



- GPS天线共两个，都装在机身顶部，GPS天线接收L频段信号，将之送给多模式接收机。



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (7) 典型飞机甚高频全向信标系统VOR部件识别



导航控制面板



导航/显示源选择面板

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (7) 典型飞机甚高频全向信标系统VOR部件识别



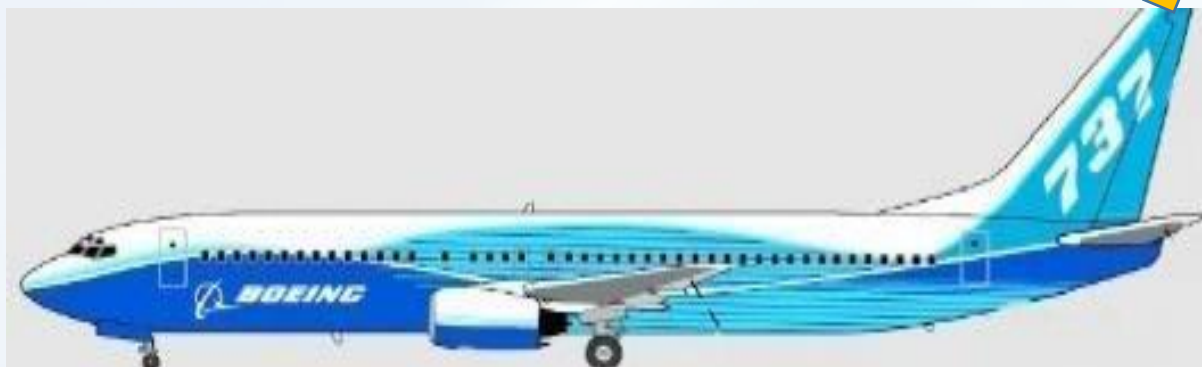
# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (7) 典型飞机甚高频全向信标系统VOR部件识别



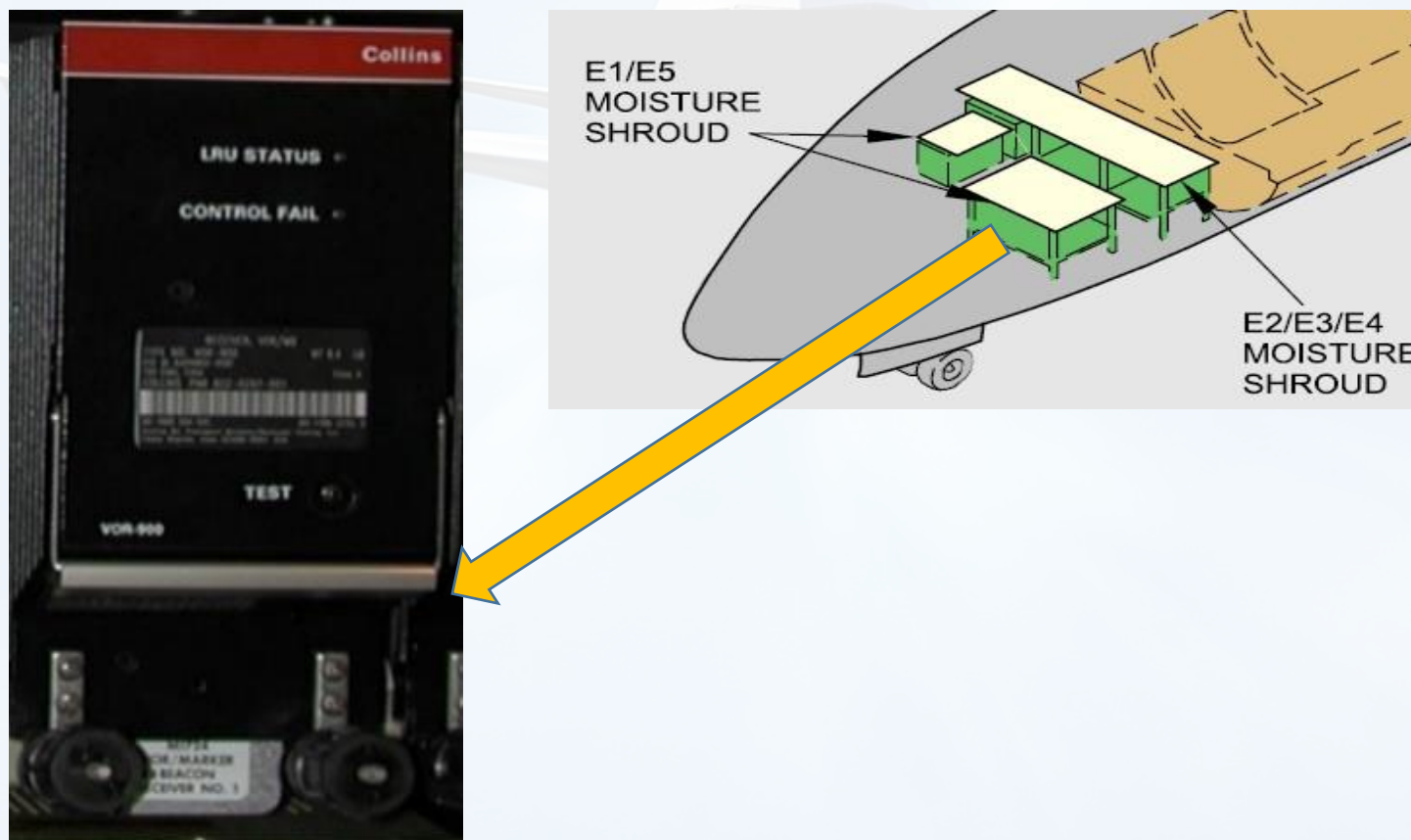
VOR天线



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (8) 典型飞机指点信标系统MB部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

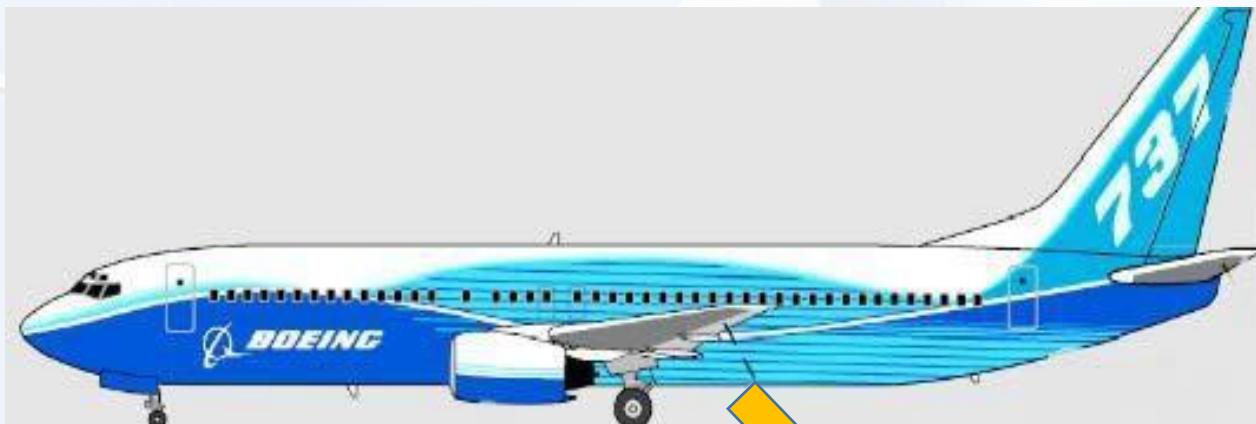
### (8) 典型飞机指点信标系统MB部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (8) 典型飞机指点信标系统MB部件识别

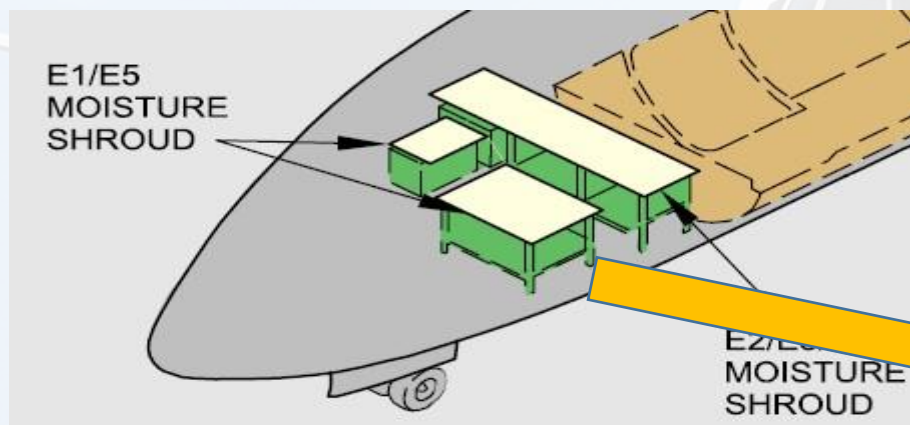


MB天线

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (9) 典型飞机测距机系统DME部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

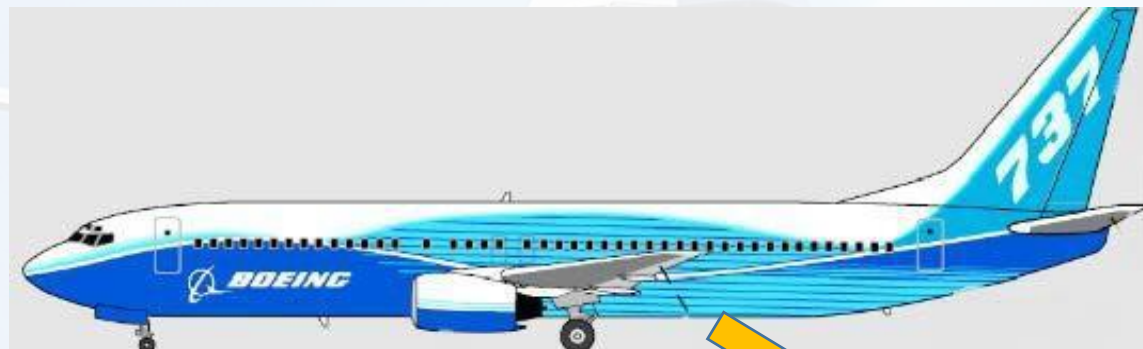
### (9) 典型飞机测距机系统DME部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (9) 典型飞机测距机系统DME部件识别

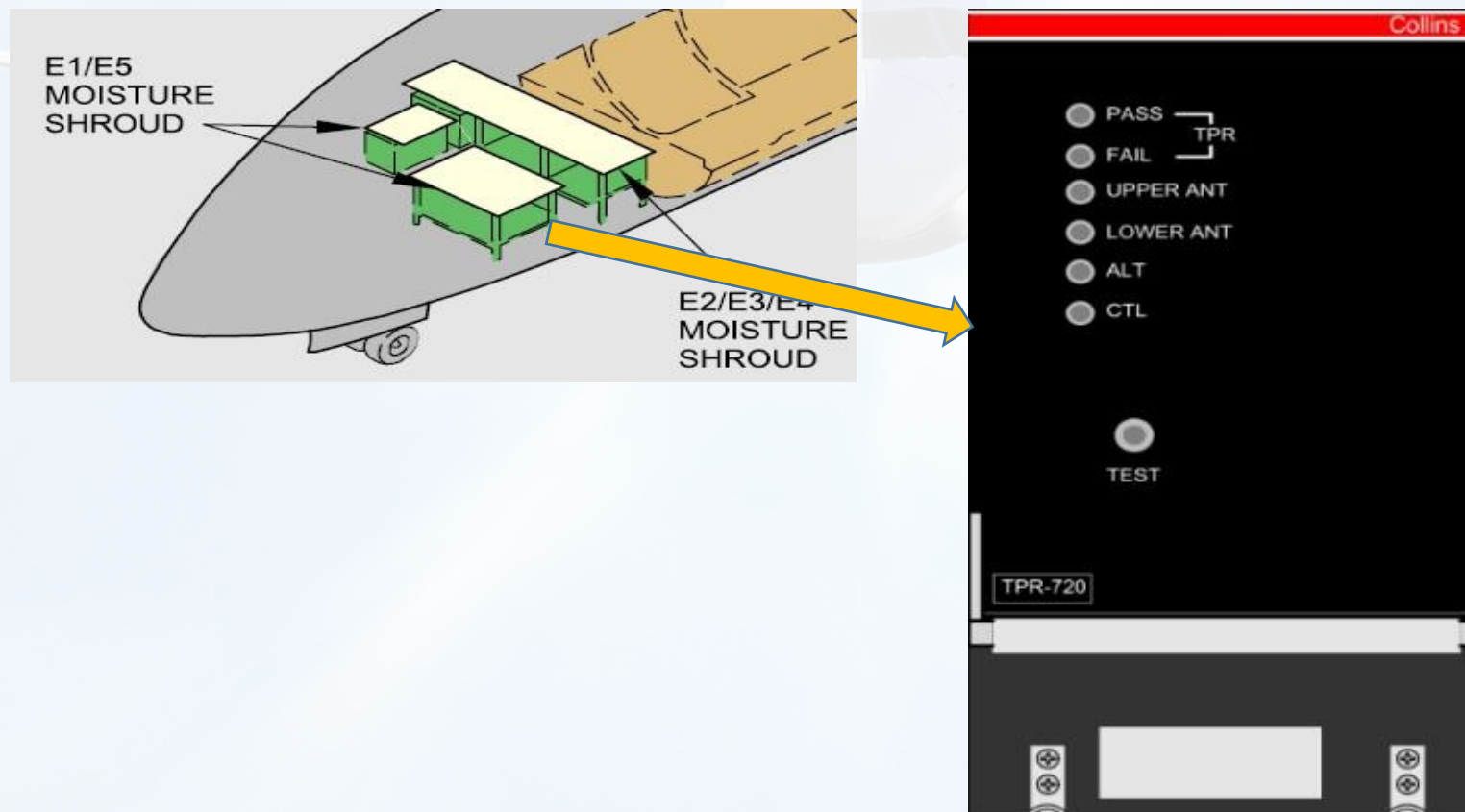


DME天线

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (10) 典型飞机空中交通管制应答机系统ATC部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (10) 典型飞机空中交通管制应答机系统ATC部件识别



ATC/TCAS控制面板

# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (10) 典型飞机空中交通管制应答机系统ATC部件识别



ATC天线



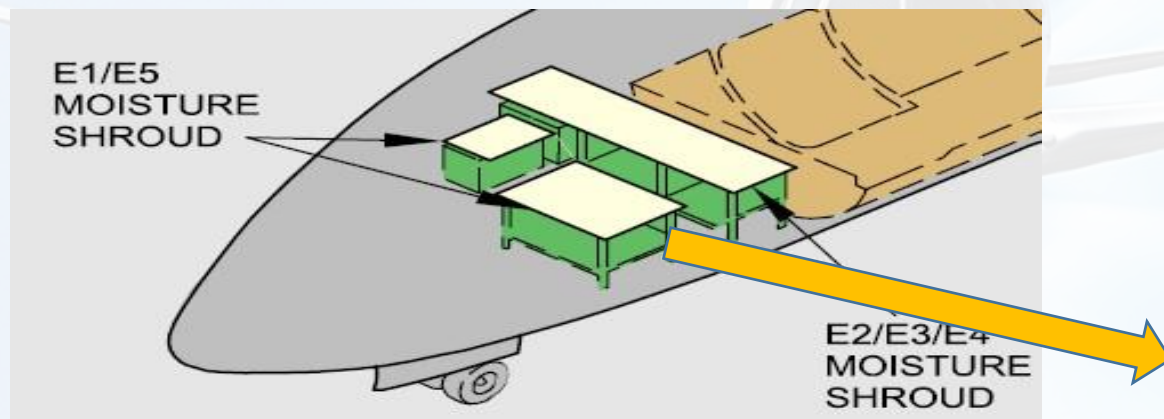
ATC天线



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (11) 典型飞机无线电高度表系统RA部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

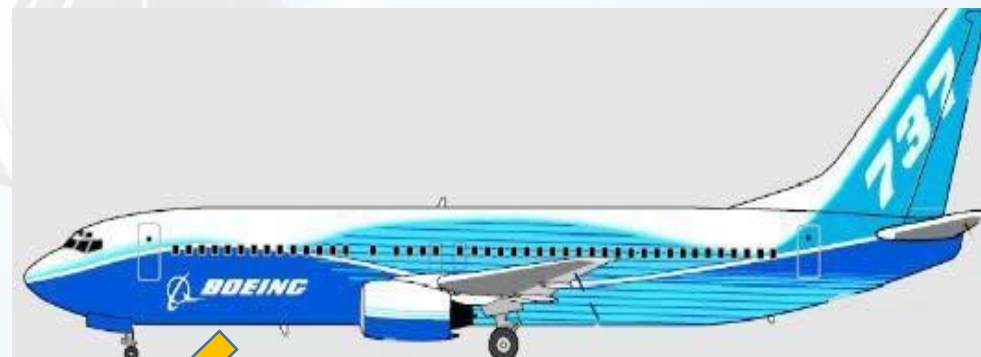
### (11) 典型飞机无线电高度表系统RA部件识别



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (11) 典型飞机无线电高度表系统RA部件识别



RA天线



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (12) 典型飞机自动定向机系统ADF部件识别



ADF控制面板



# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (12) 典型飞机自动定向机系统ADF部件识别



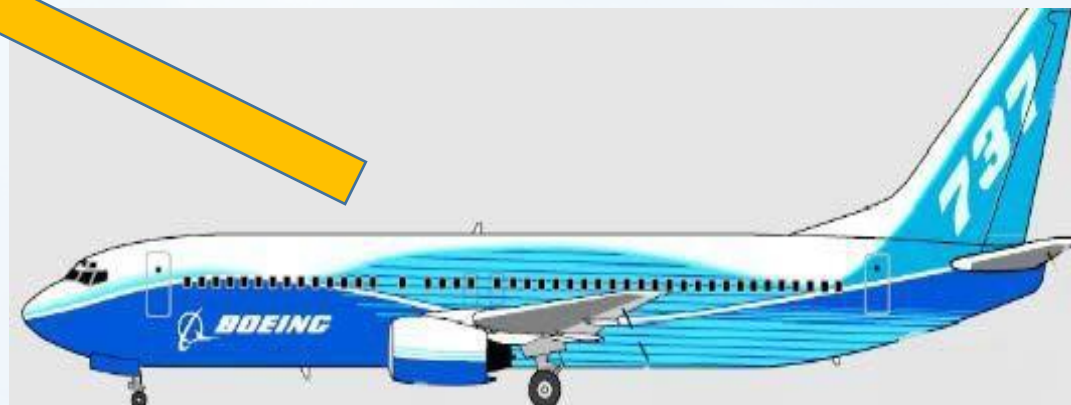
# 1 典型的飞机导航系统及部件识别

## 1) 典型飞机导航系统部件识别

### (12) 典型飞机自动定向机系统ADF部件识别



ADF天线



# 小结:

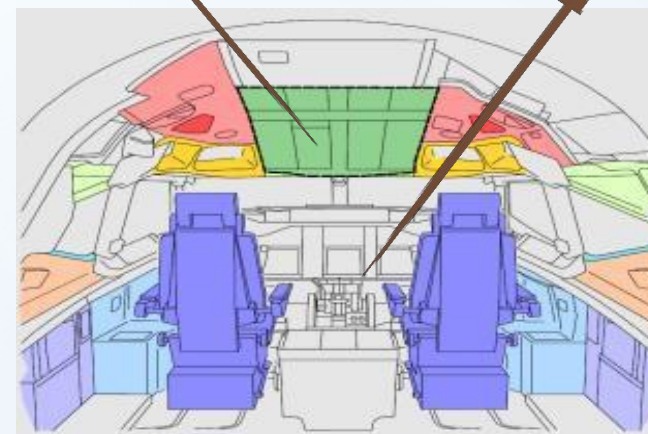
1. 大气数据惯性基准系统的部件识别;
2. TCAS系统的主要部件识别;
3. GPWS系统的部件识别;
4. ILS系统的部件识别;
5. GPS系统的部件识别;
6. VOR系统的部件识别;
7. DME系统的部件识别;
8. ATC系统的部件识别;
9. 无线电高度表、ADF系统的部件识别。

## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (1) 典型飞机惯导校准操作程序:

1. 飞机由地面电源或APU供电。
2. 确认FMCS系统工作正常



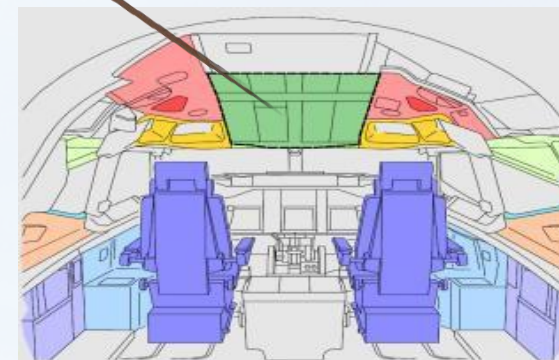
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (1) 典型飞机惯导校准操作程序:

##### ◆ 打开惯导

1. 在MSU上将模式选择器从OFF位转到NAV位;
2. ON DC指示灯点亮5秒钟;
3. 5秒后, ON DC指示灯熄灭, ALIGN指示灯点亮, 惯导开始校准。



## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (1) 典型飞机惯导校准操作程序:

##### ◆ 为ADIRU输入当前位置数据

1. 按压CDU面板上的INIT/REF键显示位置初始化(POS INIT)页;
2. 通过CDU上的键盘在草稿栏输入飞机当前的经纬度;
3. 按压LSK 4R位置数据从草稿栏移到SET IRS POS框中。



## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (1) 典型飞机惯导校准操作程序:

- ◆ 倒计时结束，确认ALIGN指示灯熄灭，  
此时惯导校准结束，进入NAV模式。

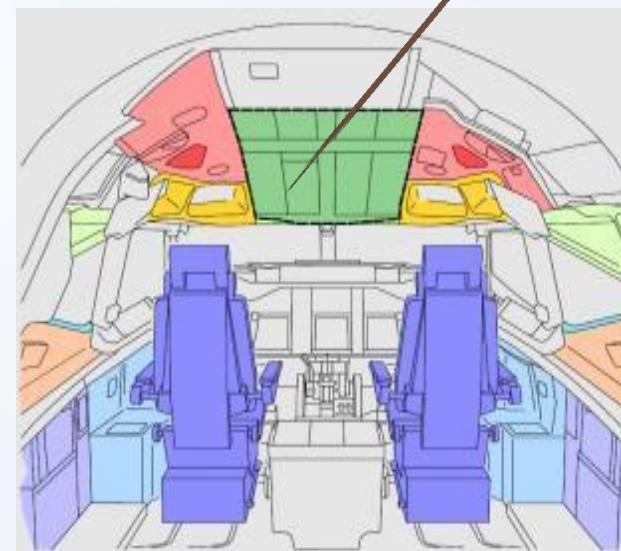


## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (2) 典型飞机无线电高度表测试操作程序:

◆ 飞机由外接地面电源或APU供电

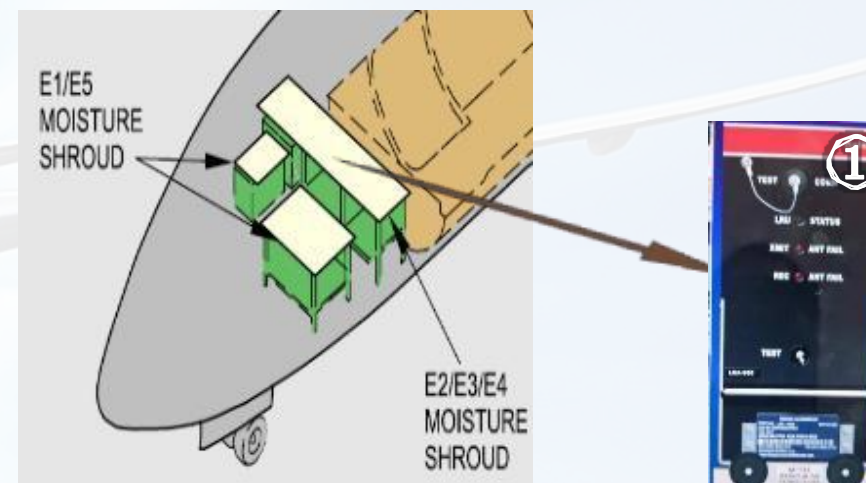


## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (2) 典型飞机无线电高度表测试操作程序:

1. 在主电子舱E3架上找到RA收发机;
  2. 按压TEST电门, 所有灯全亮红色;
  3. LRU STATUS灯变绿色, 其他灯保持亮红色;
  4. 所有灯熄灭;
  5. 显示测试结果
- XMIT ANT FAIL发射天线故障
  - REC ANT FAIL接收天线故障
  - LRU STATUS红灯 RA收发机故障
  - LRU STATUS绿灯 RA收发机正常

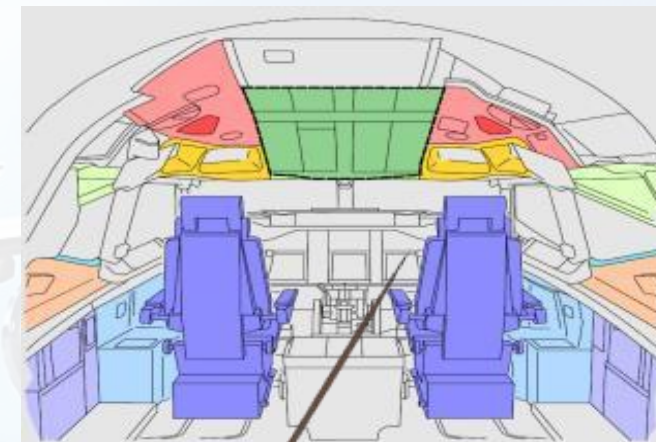


## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (2) 典型飞机无线电高度表测试操作程序:

- ◆ 在测试过程中，同时会在相应的PFD上显示RA值为40，测试结束后显示恢复正常。



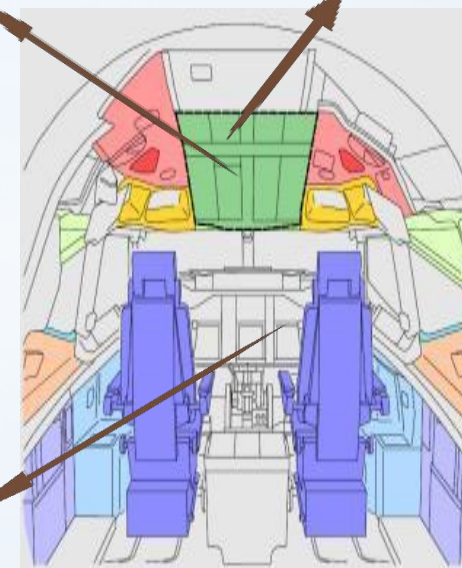
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 维护准备工作

1. 飞机由外接地面电源或APU供电;
2. 完成惯导的校准并工作在NAV模式;
3. 确认以下系统工作正常: CDS、RA、ATC。



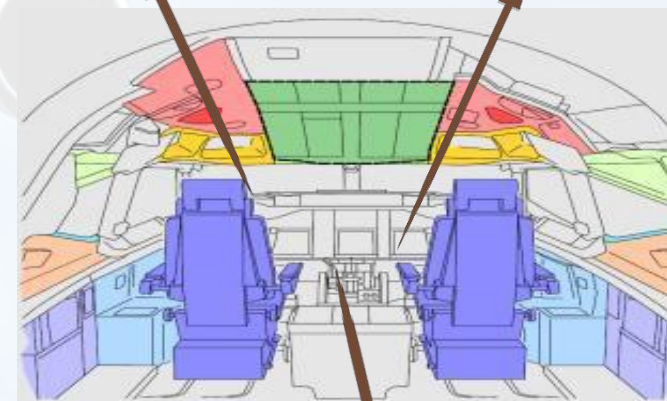
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 维护准备工作

4. 在EFIS控制面板上, 将距离圈设置到10;
5. 在EFIS控制面板上, 按压TFC按键, 确认ND显示TFC;
6. 在ATC/TCAS控制面板上, 选择到TA/RA位。



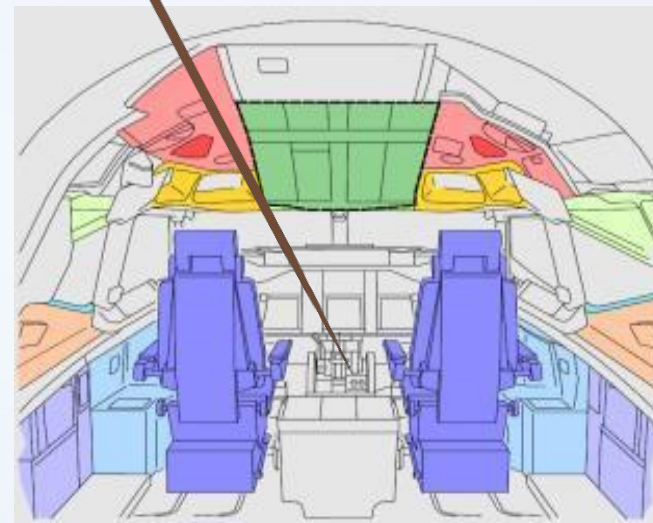
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 操作步骤

1. 在ATC/TCAS控制面板上，按压TEST按键，启动测试。



## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

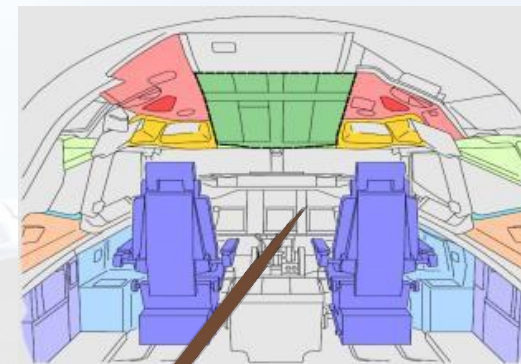
### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 操作步骤

##### 2. 确认在导航显示器上显示以下信息:

- TCAS TEST信息 (青蓝色)
- TRAFFIC (红色)



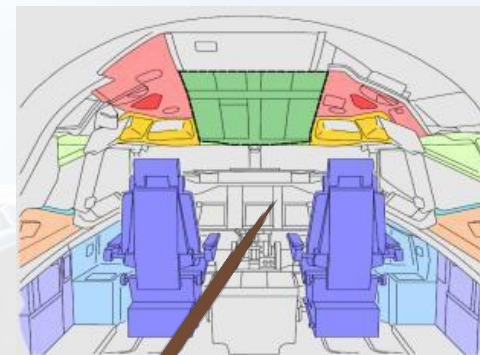
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 操作步骤

3. 在PFD上显示TCAS系统俯仰指令，如果测试正常，可以听到TCAS SYSTEM TEST OK音频。



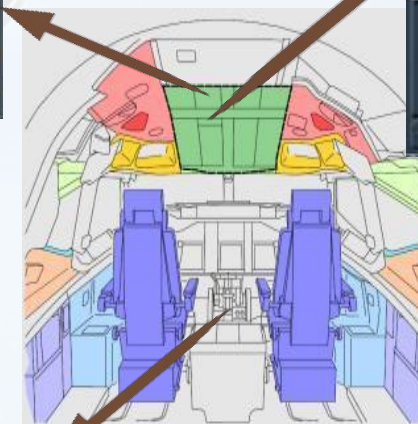
## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 1) 典型飞机导航系统部件常见维护操作步骤

#### (3) 典型飞机空中警告和防撞系统TCAS测试操作程序:

##### ◆ 将飞机恢复到初始状态

1. 在ATC/TCAS控制面板上, 选择到STBY位;
2. 关闭惯导;
3. 将外接电源放到OFF位。



## 2 典型飞机导航系统常见维护及安全注意事项

### 2) 典型飞机导航系统维护安全注意事项

#### ◆ 典型飞机气象雷达测试注意事项

1. 当飞机加油或抽油时，不要操作气象雷达，当在飞机前方区域200英尺或更小范围内有飞机加油时，不要发射RF辐射，这将导致爆炸。
2. 确保当天线发射RF能量时，在它前方15英尺范围内没有人员，RF辐射将导致人员伤害。
3. 确保当雷达工作是在飞机前方180度距飞机200英尺区域内没有大型金属物体。

# 小结:

1. 737NG飞机惯导校准的基本工作程序;
2. 737NG飞机无线电高度表测试的操作程序;
3. 737NG飞机TCAS系统测试操作程序;
4. 气象雷达操作测试时的注意事项。



# 感谢聆听，欢迎指正