



# M3.3.4 飞机燃油系统

## 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	2020.06.17	刘海斌	新编课件	谈海军 /2020.08.04	张玉 /2020.08.10
R1	2021.02.03	单展	修订课件	谈海军 /2021.02.26	张玉 /2021.02.26
R2	2021.07.25	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.07.25	张玉 /2021.07.25
R3	2021.08.28	刘海斌	修订课件	谈海军 /2021.09.28	张玉 /2021.11.12
R4	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>	通过本次课程的学习，掌握掌握燃油系统的结构和供输原理，重点知识点可以完全掌握并运用。
<b>要求</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 掌握燃油系统的组成、结构，作用。</li><li>2. 掌握典型飞机燃油系统各部件的识别，并可以在故障案例中能灵活运用所学系统知识分析出故障的源头。</li></ol>

## 课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	燃油系统概述	1H	1
2	燃油存储系统	1H	1
3	供油系统	2H	2
4	加油、抽油系统	2H	2
5	燃油指示系统	1H	1
6	典型飞机燃油系统维护介绍	1H	1

# 目录

3.3.4.1 燃油系统概述

3.3.4.2 燃油存储系统

3.3.4.3 供油系统

3.3.4.4 加油、抽油系统

3.3.4.5 燃油指示系统

3.3.4.6 典型飞机燃油系统维护介绍



A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane in flight, viewed from the front, centered in the background of the slide.

## 3.3.4.1 燃油系统概述

# 1.燃油特性

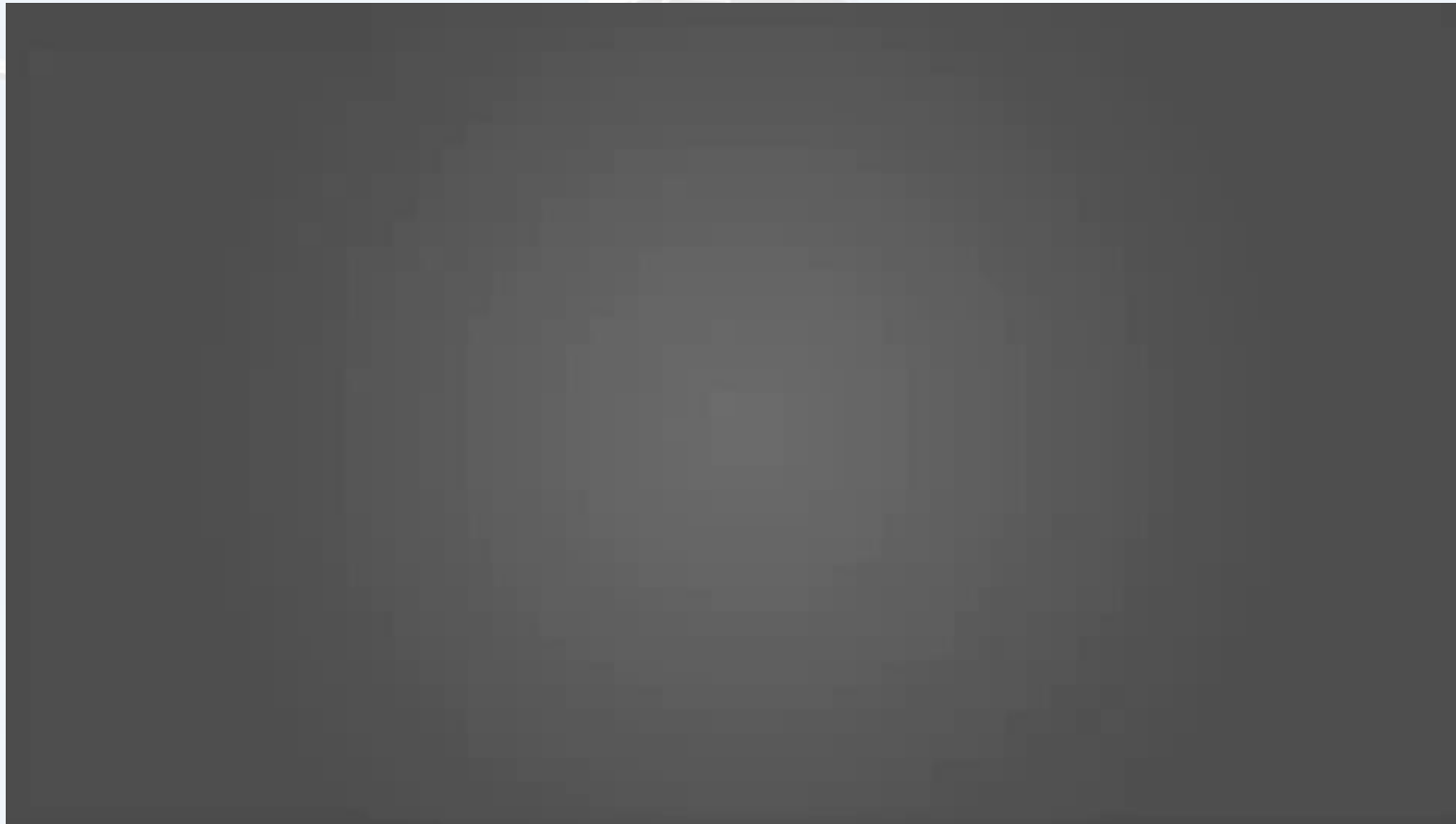
飞机燃油系统主要使用两种类型的燃油：

涡轮发动机使用的航空煤油



# 1.燃油特性

活塞发动机使用的航空汽油



# 1.燃油特性

航空煤油的特点：

01

足够低的  
冰点；

Jet A煤油  
凝固点为  
-40 °C

冰点

02

合适的闪点

Jet A煤油  
闪点在最少  
38°C

闪点

03

合适的汽  
化性能

煤油型(沸  
点范围  
150 ~  
280°C)

汽化性能

04

良好的润滑性。  
燃油除了燃烧，  
还用于润滑燃  
油系统里的活  
动部件（例如  
油泵），为了  
保证燃油系统  
的正常工作，  
燃油的润滑性  
能就显得特别  
重要。

润滑性

05

较差的吸水性  
能。航空燃油  
必须不容易保  
持水分，以减  
少燃油的污染。  
如果水分在  
油箱中聚集，  
会孳生微生物，  
导致油箱结构  
腐蚀。

吸水性差

# 1.燃油特性

航空汽油具有**足够低的冰点**（ $-60^{\circ}\text{C}$ 以下）和**较高的发热量**，良好的汽化性能和足够的抗爆性。

航空汽油有两种常见牌号：

一种为**95号**，含有四乙基铅，主要用于有增压器的大型活塞式航空发动机。

另一种为**75号**，水白色无铅汽油，主要用于无增压器的小型活塞式航空发动机。



## 2 安全措施

### 1) 燃油系统工作的安全程序

- 燃油处理的安全程序可以分成三个部分：
  - ① 防火
  - ② 灭火
  - ③ 保障人员安全



## 2.安全措施

### 1) 燃油系统工作的安全程序

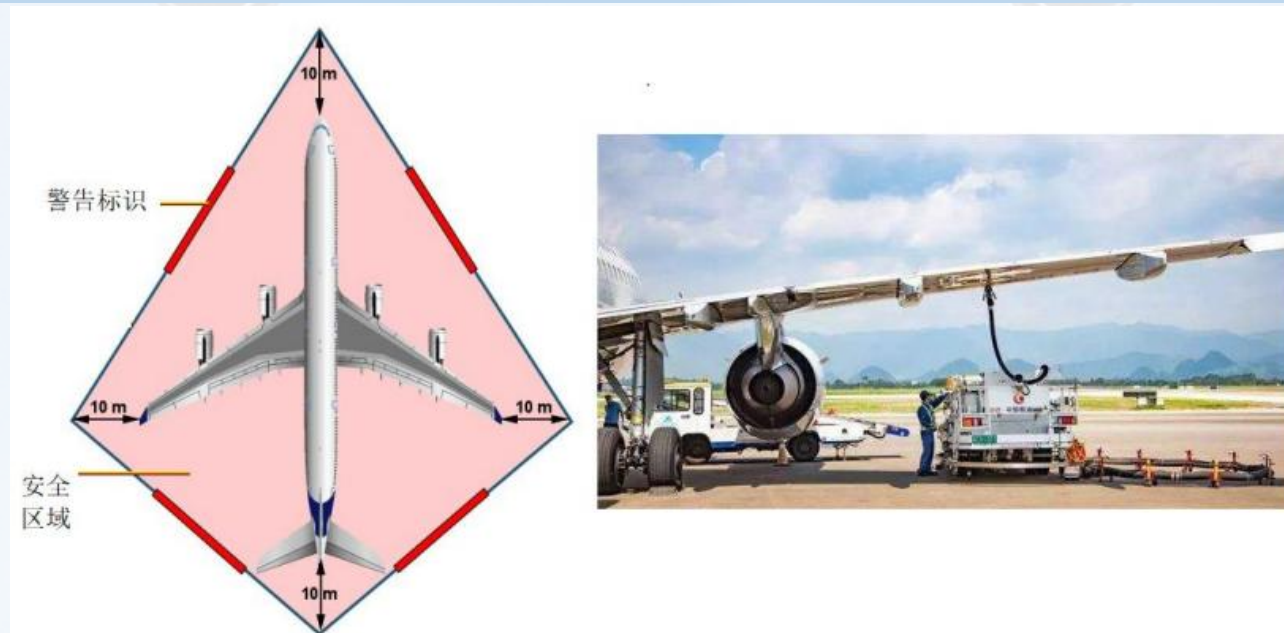
- 燃油处理的安全程序可以分成三个部分：
  - ① **防火**：是移除产生或者支持起火的因素，燃烧三要素包括可燃物、助燃物和着火源。在飞机燃油系统维护过程中，不得出现暴露火源，不得吸烟，在做氧气瓶的加注或者更换工作时，不能进行加油或者抽油工作。
  - ② **灭火**：为了应对可能出现的火情，工作现场要有可用的灭火器。
  - ③ **保障人员安全**：过量吸入燃油蒸汽会影响人体健康，甚至使人失去意识；接触燃油还会对皮肤和眼睛造成伤害，工作时需严格遵守安全规定。



## 2.安全措施

### 2) 安全区域

- 工作中发生燃油泄漏或产生燃油蒸汽均容易导致起火甚至爆炸，为保证安全，在进行相关工作前，必须划定安全区域，需要注意的是，安全限定区域永远是禁烟区；
- 飞机加油的一侧必须开阔无遮挡无阻拦，确保安全监视和起火时的逃生路线；
- 飞机加油期间，燃油车的朝向，必须能确保其快速撤离现场。



## 2.安全措施

### 2) 安全区域

1. 机库内通常使用安全标识和警示带标记安全区域；
2. 机库内禁止吸烟；
3. 如果油箱打开，需要额外的警告标识和信号提示维护人员；
4. 另外通常不在机库内进行加油工作，如果加油工作必须在机库完成，那么整个机库都是安全限定区域。通过对安全限定区域的划定，标识以及现场的警告等，人员可以更好的意识到现场状况，从而降低发生火情的可能性。



## 2.安全措施

### 3) 燃油渗漏

燃油渗漏的发生主要有两种原因

加油时渗漏：加油渗漏通常发生在通气油箱开口处，或失效的燃油加油口、加油管道以及油车部件上；

飞机损伤引起渗漏：飞机油箱遭受外来物撞击也有可能导致燃油渗漏。

燃油发生渗漏后，必须立刻对溢出或渗漏的燃油进行处理：

- 1) 首先停止加油或止住渗漏；
- 2) 然后往渗出的燃油中加入粘合剂，使影响区域不再扩大，如果大量燃油溢出还需立刻通知消防部门。

## 2.安全措施

### 4) 火源

飞机附近不得出现暴露火源，不得吸烟，以减少起火风险。但是在飞机附近还有很多其他热源，可能点燃燃油蒸汽。加油工作期间，飞机发动机必须关车。通气油箱的开口处下部或者附近，汽车发动机也不能启动。

火花也可能点燃油气混合物，以下情形均可能产生火花：1) 电路切换；2) 甚高频传输；3) 气象雷达工作；4) 金属物（比如工具）的碰撞；5) 静电释放。

静电积累的过程是看不见也无法被人体感知到的，只有在静电释放产生火花的时候，人才能感受到高能电击。在加油过程中，静电也会积累，为了防止静电释放产生火花，加油车和飞机都必须有效接地。



## 2.安全措施

### 5) 油箱进入

- ✓ 进入油箱前，必须对油箱彻底通风，并使用专用的气体测量设备检查油箱内的油气浓度。如果油气浓度过高，禁止人员进入。使用气体测量设备时，在油箱内按照说明安装气体测量探头，设备本体必须在危险区之外，因为气体测量设备不是防爆设备。
- ✓ 在进入油箱工作时，为了防止人员受伤和设备受损，必须严格遵守相关的安全规定。人员需穿着油箱防护服、不带金属的软底鞋并佩戴全面式面罩。全棉的油箱接近防护服和软底鞋可以防止产生火花，全面式面罩防止维护人员吸入燃油蒸汽。只有在确保了油箱是对人体健康无危害的情况下，才能不戴全面式面罩进入油箱。
- ✓ 在油箱内工作需使用防爆工具和防爆对讲机。



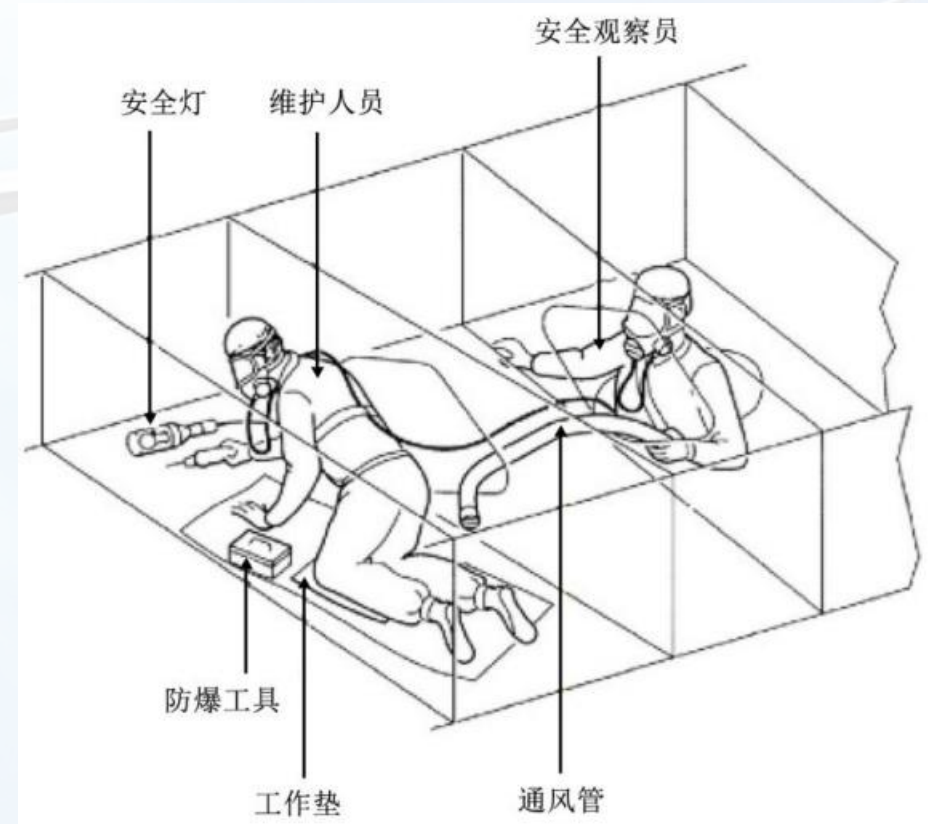
## 2.安全措施

### 5) 油箱进入

对于不同区域的油箱，进入方式存在差别，主要分为三种类型：

- 1类油箱，这种油箱**有直接接近门**，但是**人不能完全进去**，只能把头 and 肩膀伸进去。
- 2类油箱，这种油箱的直接接近门足够宽大，**人员可以完全进入**。
- 3类油箱，**没有直接的外部接近门**，但是**有内部开口**，人员可以从内部开口进入，这些开口足够宽大，可以用于营救油箱内人员。

为了确保进入油箱维护人员的人身安全，应向油箱内输送新鲜空气，并设置专门的安全观察员。



### 3.燃油系统的介绍

燃油系统分为两大部分，**飞机燃油系统**和**发动机燃油系统**，通常以发动机供油关断活门作为分界，活门上游为飞机燃油系统。

飞机燃油系统包括燃油存储、供油、加油/抽油和指示四个主要的分系统。

#### 飞机的燃油系统

**储存燃油：**飞机油箱中存储着飞机完成飞行任务所需的全部燃油，包括紧急复飞和着陆后的备用燃油。

**可靠供油：**飞机燃油系统需在各种规定的飞行状态和工作条件下保证安全可靠地将燃油供向发动机和辅助动力装置（Auxiliary Power Unit, APU）。

**调节重心：**通过燃油系统可以调整飞机横向和纵向重心位置，横向重心调整可保持飞机平衡，减小机翼机构受力；纵向重心调整可减小飞机平尾配平角度，减小配平阻力，降低燃油消耗，增加经济性。

**冷却介质：**燃油可作为冷却介质，用来冷却滑油、液压油和其他附件。

**小结:**

燃油的最主要的特性有哪些?

油箱进入安全注意事项



A faint, light-colored silhouette of a commercial aircraft in flight, centered in the background of the slide.

## 3.3.4.2 燃油储存系统

# 1.燃油箱类型、构造

## 1) 油箱类型

飞机油箱的主要作用是存储飞行所需的燃油。

按功能不同可将油箱分为：

### 01

#### 主油箱

直接供油，在飞行过程中不能被排空。

### 02

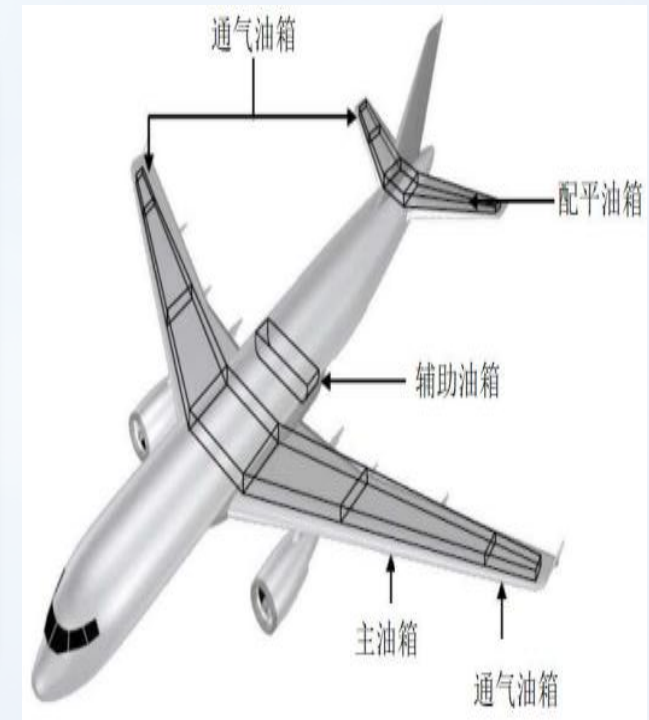
#### 辅助油箱

- 为增加飞机航程
- 辅助油箱中的燃油可以耗尽

### 03

#### 特殊油箱

不以存储燃油为主要用途的油箱，主要包括通气油箱和配平油箱。



# 1.燃油箱类型、构造

## 2) 油箱构造

按构造不同可将油箱分为

**软油箱：**由耐油橡胶、专用布等材料制成，主要用于老式飞机

A

**硬油箱：**通常由铝锰合金制成，主要用于大型飞机的辅助油箱。

B

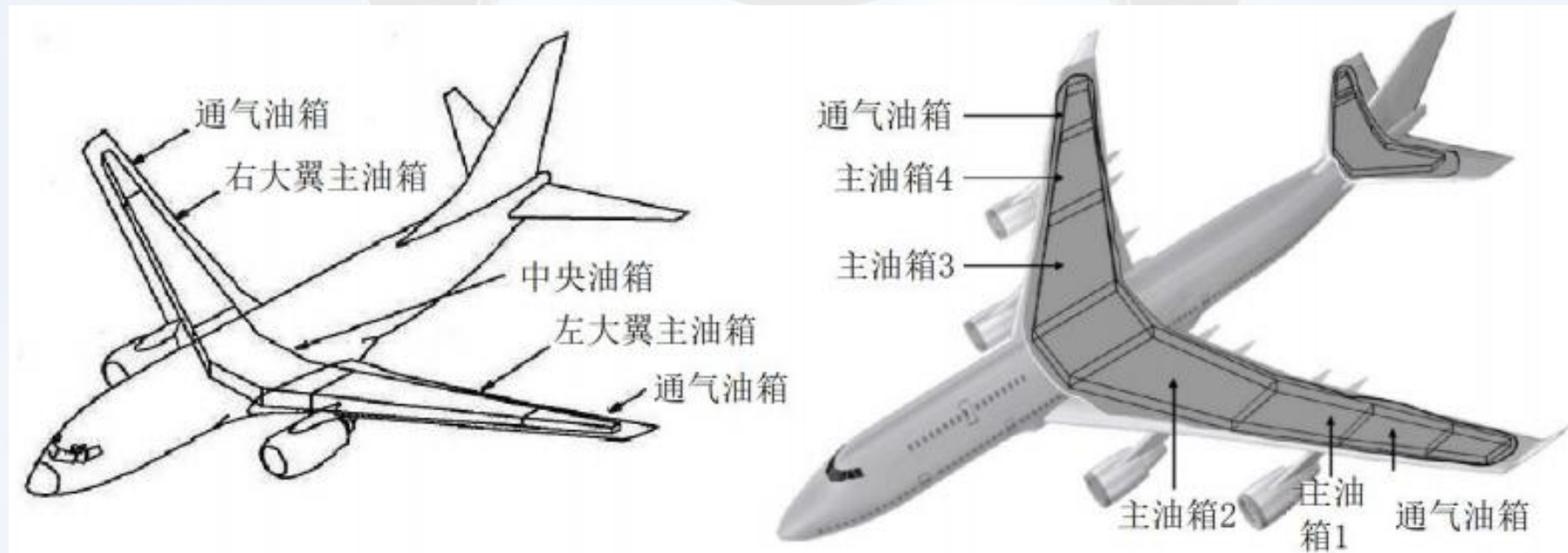
**结构油箱：**利用机身、机翼或尾翼的结构件直接构成

C

# 1.燃油箱类型、构造

## 2) 油箱构造

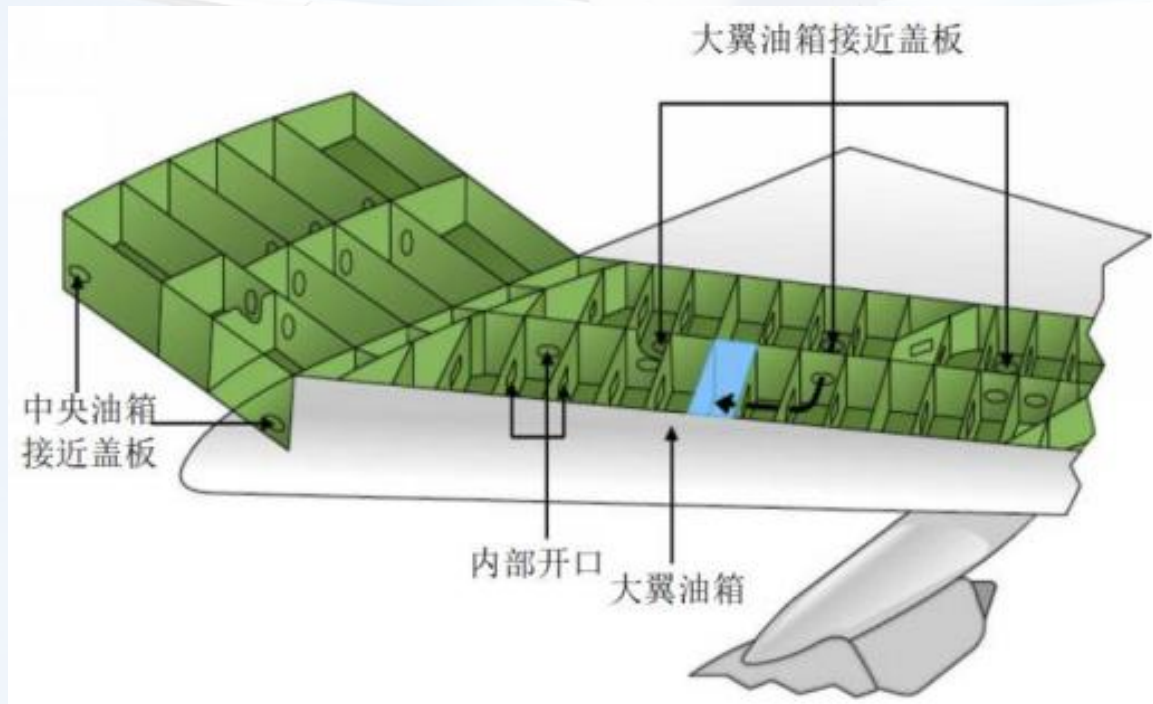
- 现代民航飞机的结构油箱主要分布在大翼和中央翼盒内，分别称为大翼（机翼）油箱和中央油箱。



# 1.燃油箱类型、构造

## 2) 油箱构造

为了便于维护，所有的油箱在设计上需要允许人员可以接近或进入



## 2. 通气系统

油箱通气系统的目的：

对飞机油箱进行通气，防止在加油或供油的过程中，油箱内压力过大，损坏飞机结构。

### 2. 燃油通气系统的组成

图 3.2-4 所示为飞机燃油通气系统，系统主要由通气油箱、通气管两大部分组成。为了确保通气系统的安全和正常工作，通气油箱和通气管上还有以下关键元件：火焰抑制器、安全释压活门、单向活门、浮子活门等。

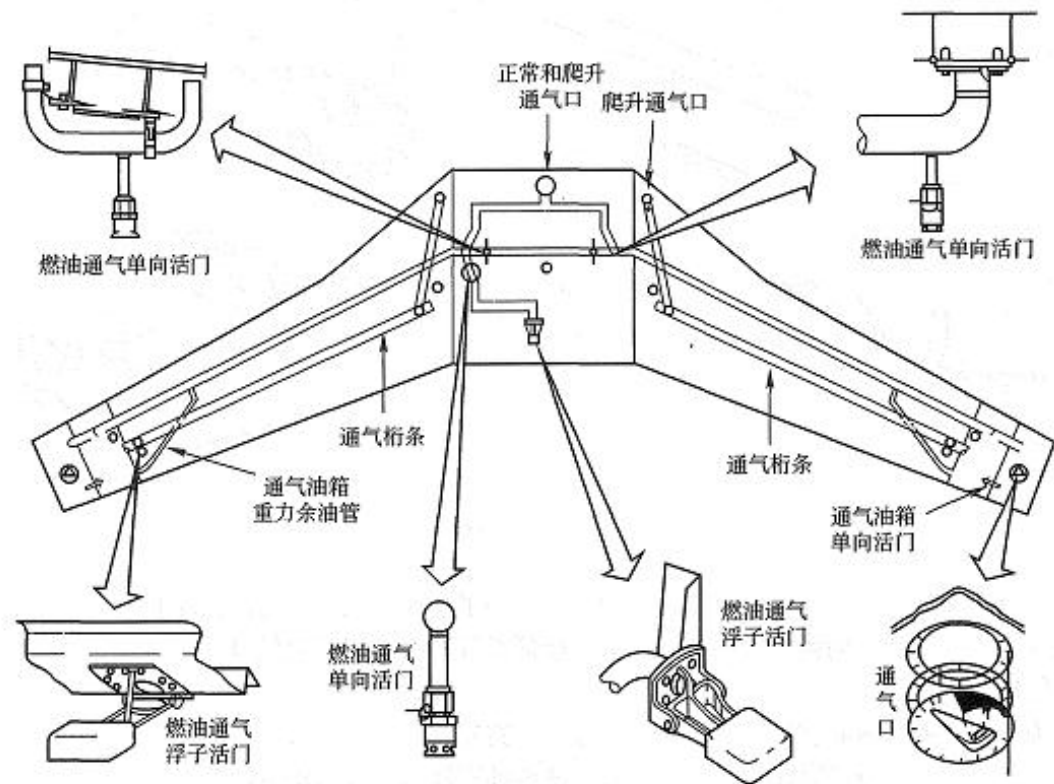
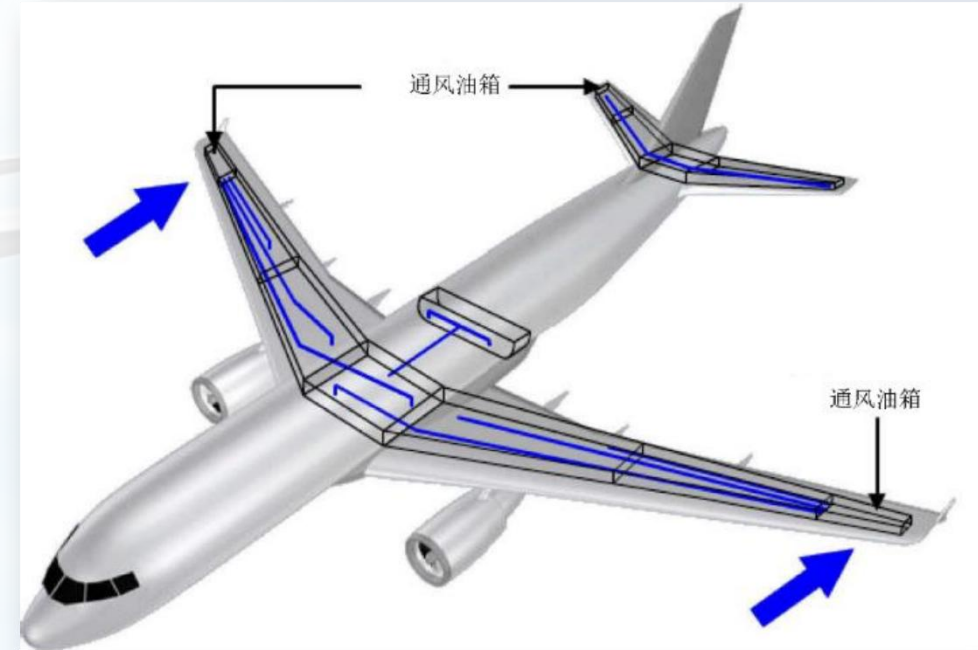


图 3.2-4 燃油通气系统图

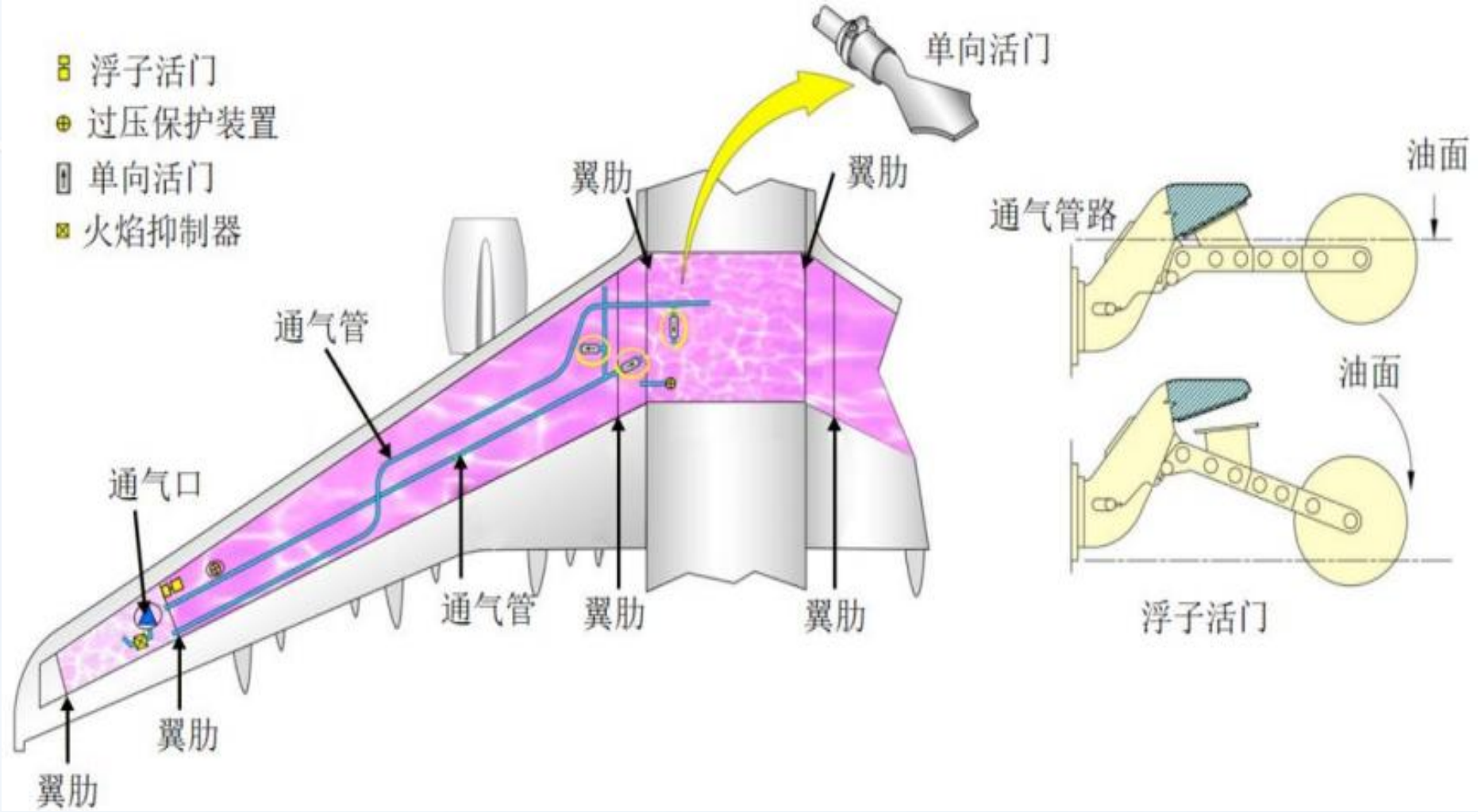
AIRACM.COM

## 2. 通气系统

- 飞机上的油箱通过通气管连接到通气油箱，空气可以自由进出通气油箱。
- 在飞行中，冲压作用会在油箱内建立正压，可以减少高飞行高度情况下的燃油汽化。
- 如果加装了辅助油箱，通常不直接连到通气油箱，而是通过管路和其他油箱连通，进行通气。



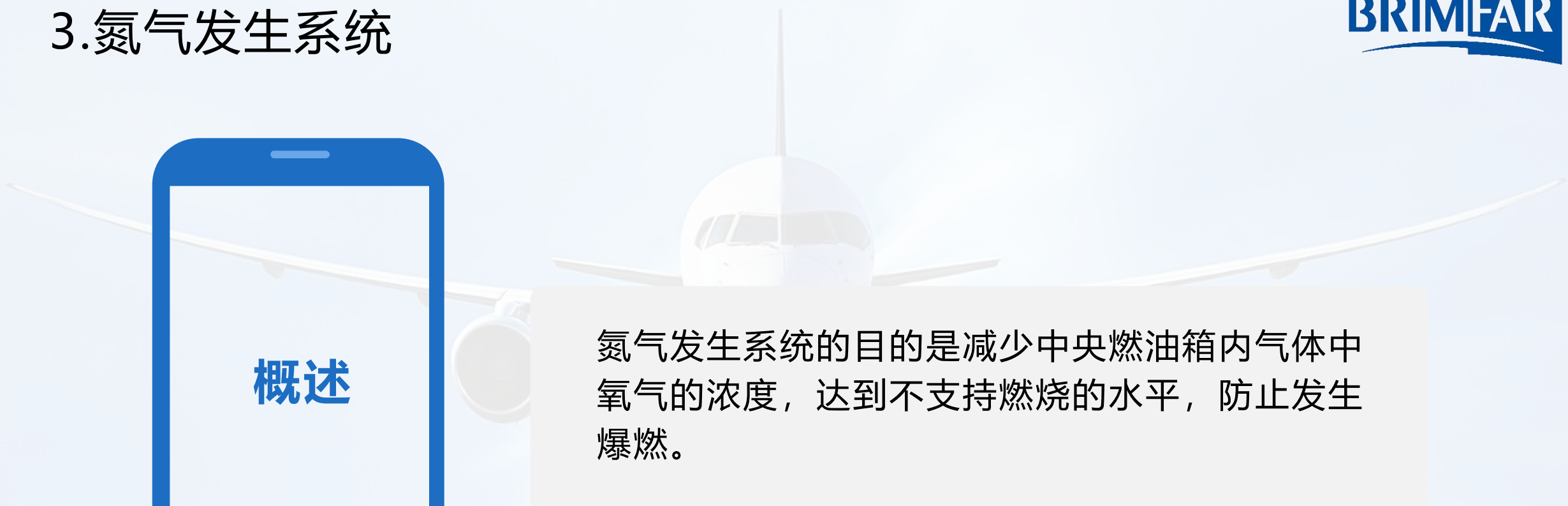
# 2.通气系统



### 3. 氮气发生系统

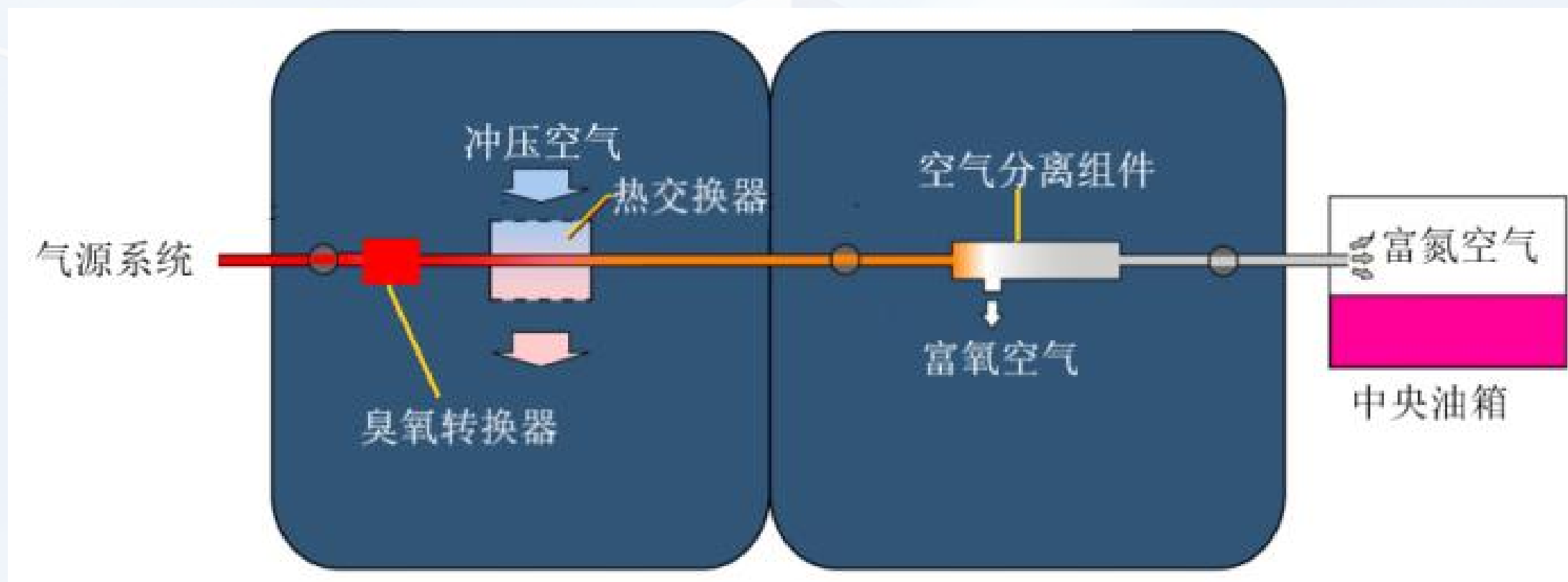


#### 概述



氮气发生系统的目的是减少中央燃油箱内气体中氧气的浓度，达到不支持燃烧的水平，防止发生爆燃。

### 3. 氮气发生系统

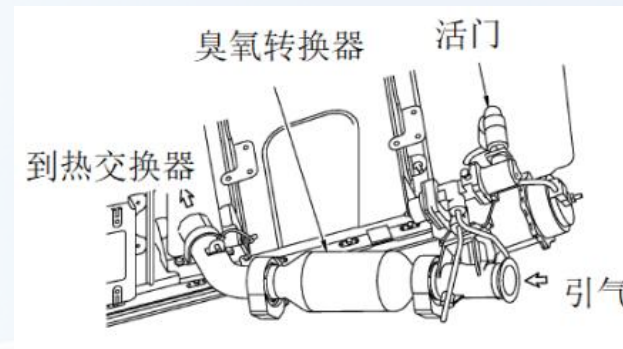
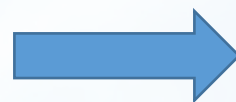


### 3.氮气发生系统

主要部件

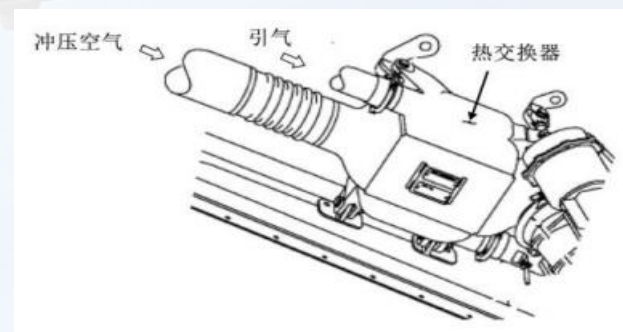
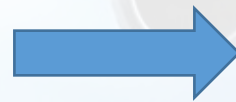
01

臭氧转换器



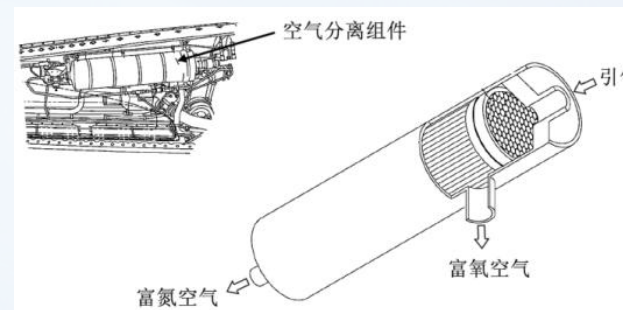
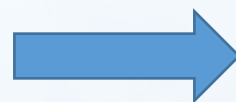
02

热交换器

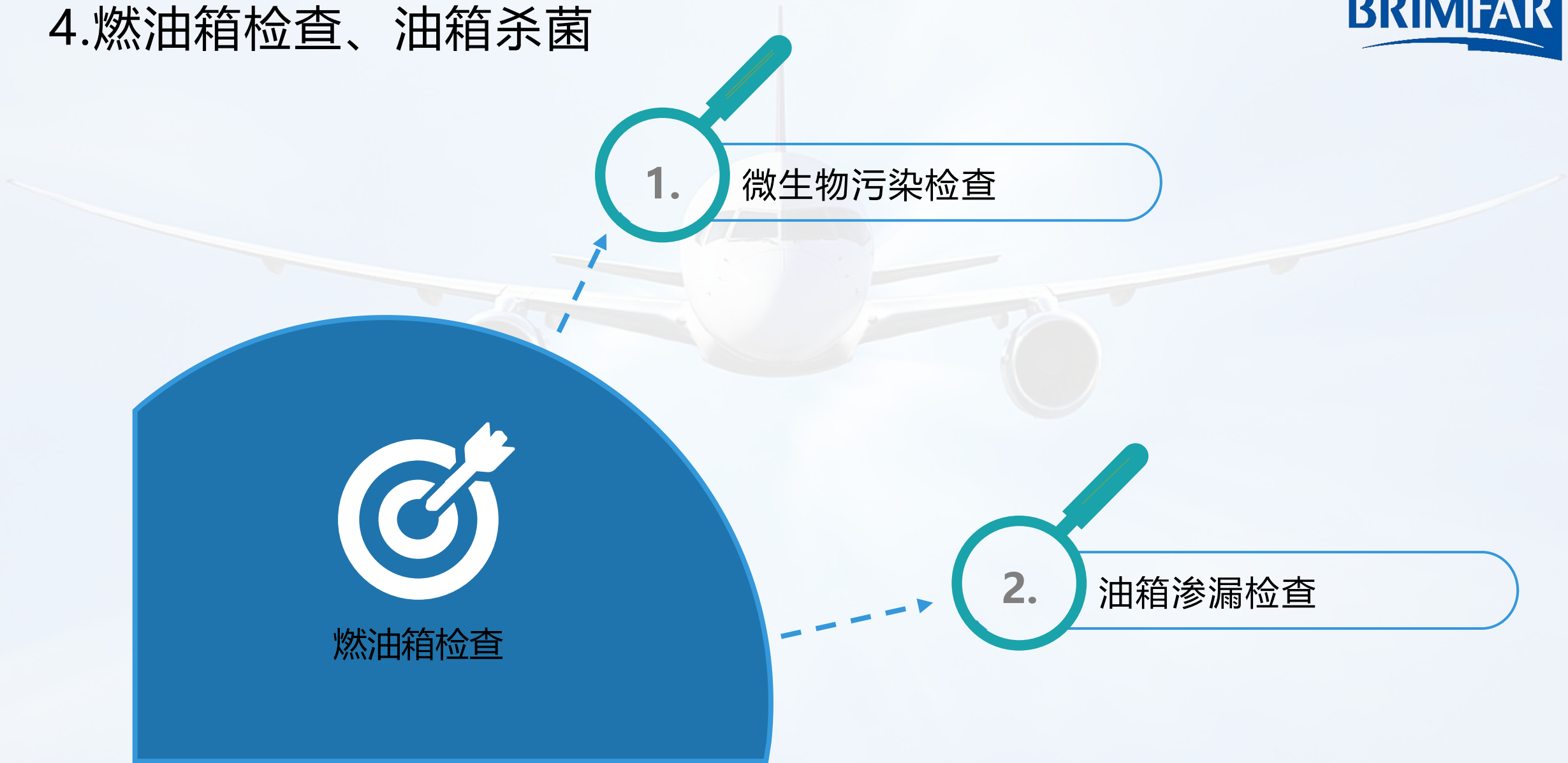


03

空气分离组件



# 4.燃油箱检查、油箱杀菌



## 4.燃油箱检查、油箱杀菌

### 1) 微生物污染检查

微生物腐蚀是结构油箱腐蚀的主要形式。为了消除微生物污染对燃油系统的影响和对燃油箱的腐蚀，目前主要的方法是减少燃油中的水分。

燃油内是否发生了微生物污染，可以通过：  
检查分析燃油箱的燃油油样  
目视检查油箱内部



## 4.燃油箱检查、油箱杀菌

### 1) 微生物污染检查

- 油样检查分析法



- 油箱目视检查法:



## 4.燃油箱检查、油箱杀菌

### 2) 油箱渗漏检查

渗漏检查一般采用目视检查



# 4.燃油箱检查、油箱杀菌

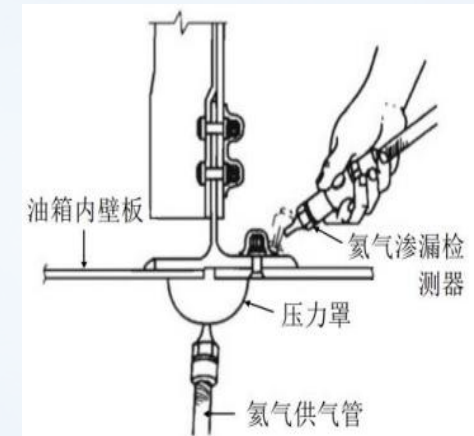
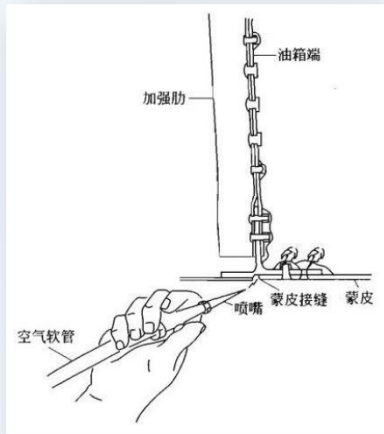
## 2) 油箱渗漏检查

气压发泡  
检查法

染色剂法

氦气法

油箱渗漏检查

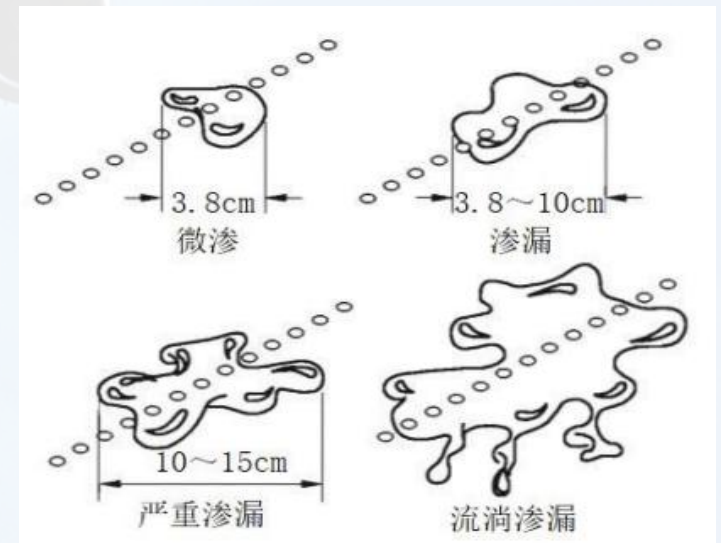


## 4.燃油箱检查、油箱杀菌

### 2) 油箱渗漏检查

渗漏的程度被分成了四级：**微渗**，**渗漏**，**严重渗漏**，**流淌渗漏**。以一定时间内，渗漏燃油沾湿的表面区域大小作为分级标准。

- ◆ 微渗一般不需处理，但要时常检查其渗漏是否扩大。
- ◆ 渗漏的临时处理方法与微渗相同，但在下次飞机停场时必须处理。
- ◆ 严重渗漏必须马上处理（或作临时性修理），临时修理后应能达到微渗或渗漏的标准。
- ◆ 流淌渗漏必须马上修理，并且修理后不能有渗漏。



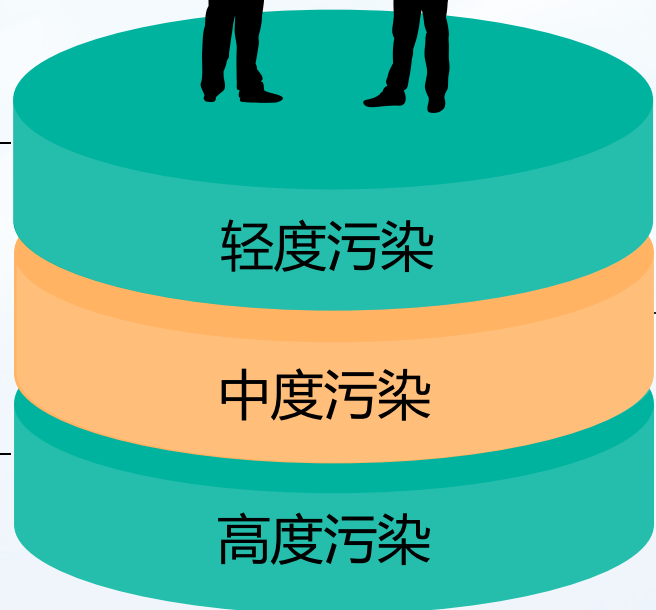
## 4.燃油箱检查、油箱杀菌

### 3) 油箱杀菌

当通过目视检查油样发现燃油出现微生物污染的迹象时，应采用精度更高的分析法确定微生物污染的等级，**根据污染的程度（轻度污染、中度污染、高度污染），采取相应处理措施。**

确定污染为轻度污染后，定期监控油液污染状况，监控间隔由此次污染的具体程度来确定，一般在1-12个月之间。

确认油样为高度污染，则必须对油箱进行物理清洁，并在物理清洁后，进行生物杀菌处理。



若油液污染程度为中或者高度污染，应该在10天内再次检查，以确认污染程度。如果确定是中度污染，应对油箱进行生物杀菌处理。

## 小结:

- 油箱类型：主油箱、辅助油箱、特殊油箱
- 油箱构造：软油箱、硬油箱、结构油箱
- 通气：平衡油箱内外压力差，防止油箱损坏
- 氮气发生系统：臭氧转换器、热交换器、空气分离组件
- 油箱检查：微生物污染、油样检查、油箱目视、油箱渗漏、油箱杀菌。

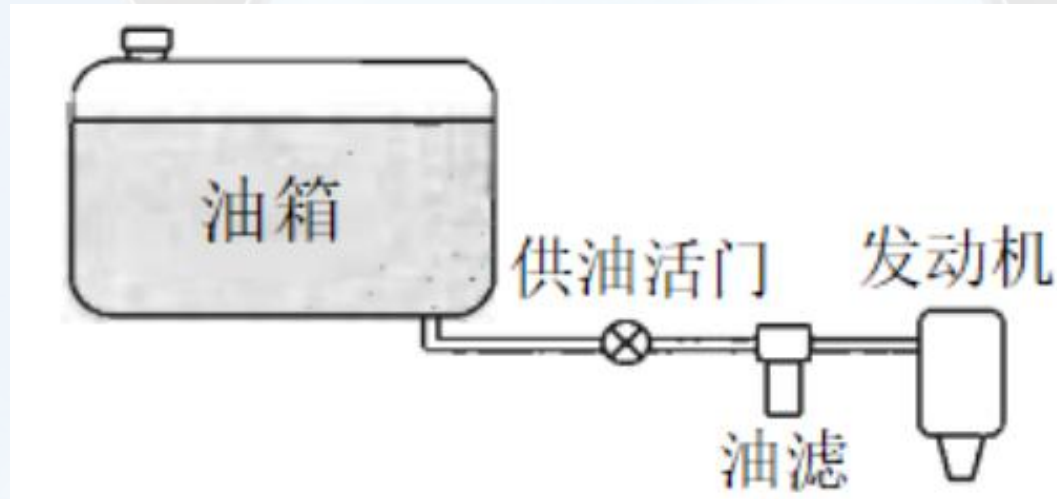


## 3.3.4.3 供油系统

# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 1) 重力供油

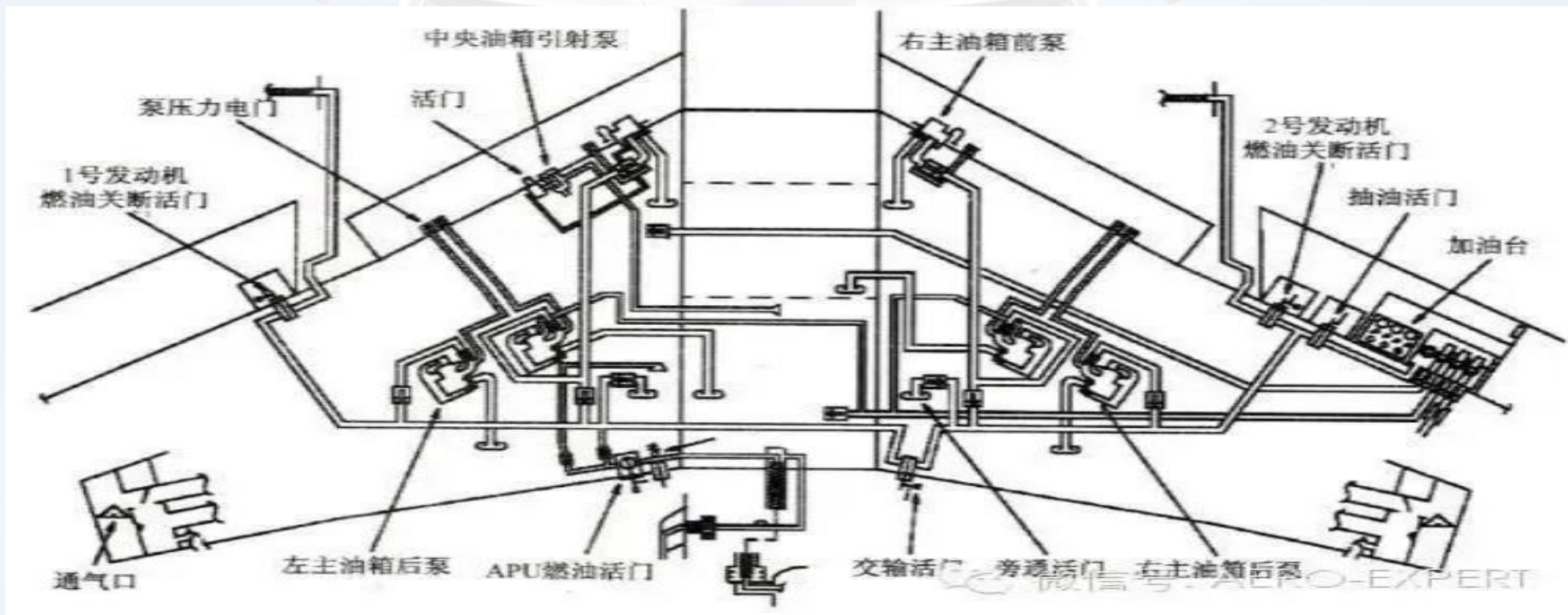
重力供油适用于发动机安装位置低于油箱的小型飞机：供油活门打开后，燃油依靠重力供向发动机。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

- 现代民航飞机通常采用动力供油方式，保障发动机和APU可靠工作，燃油泵为供油系统提供动力。
- 在发动机或APU火警时，应立即切断相应的供油。
- 每个油箱通常有两个或更多的燃油泵，保证在一个油泵失效的情况下，依然可以稳定供油。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

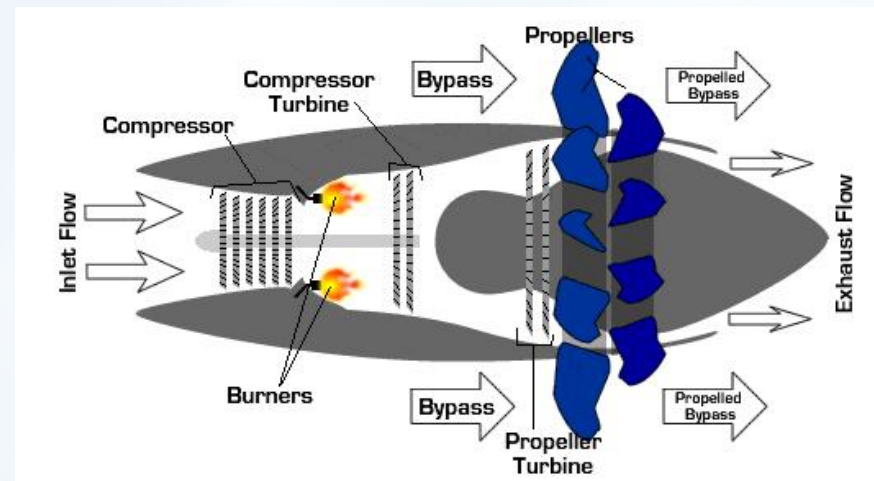
为了确保飞行安全，动力供油系统应确保在各种规定的飞行状态和工作条件下保证安全可靠地将燃油供向发动机和 APU，因此适航规章对动力供油系统提出以下要求：

- (1) 燃油增压泵吸油口应设在油箱底部，保证起飞、着陆、起动和在高空都能有效工作；
- (2) 当增压泵全部失效时，靠发动机驱动燃油泵形成管路真空度所产生的抽吸作用，仍能向发动机供油；
- (3) 每个油箱至少有两台增压泵，对于任何正常飞行姿态下的燃油负载，每个油箱至少有一个油泵能泵出燃油；
- (4) 多发动机的燃油系统，应是从各自相应的油箱供油，应急情况下，可以从一个油箱向所有发动机供油；

# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

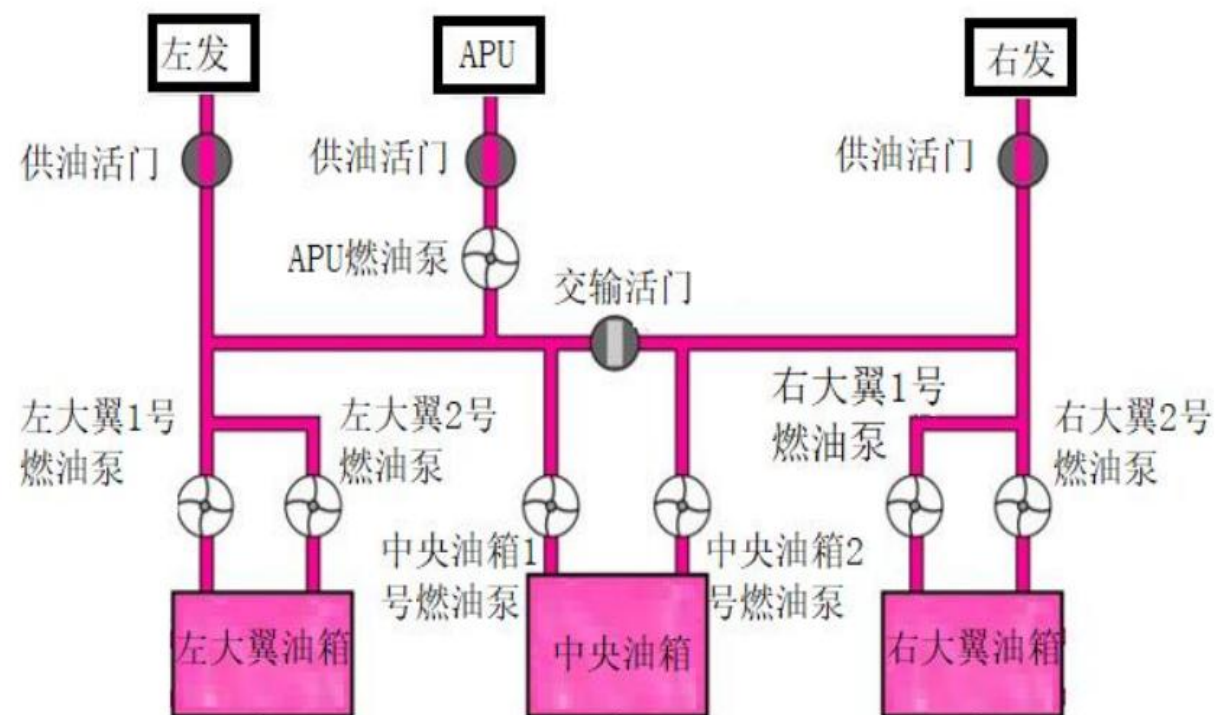
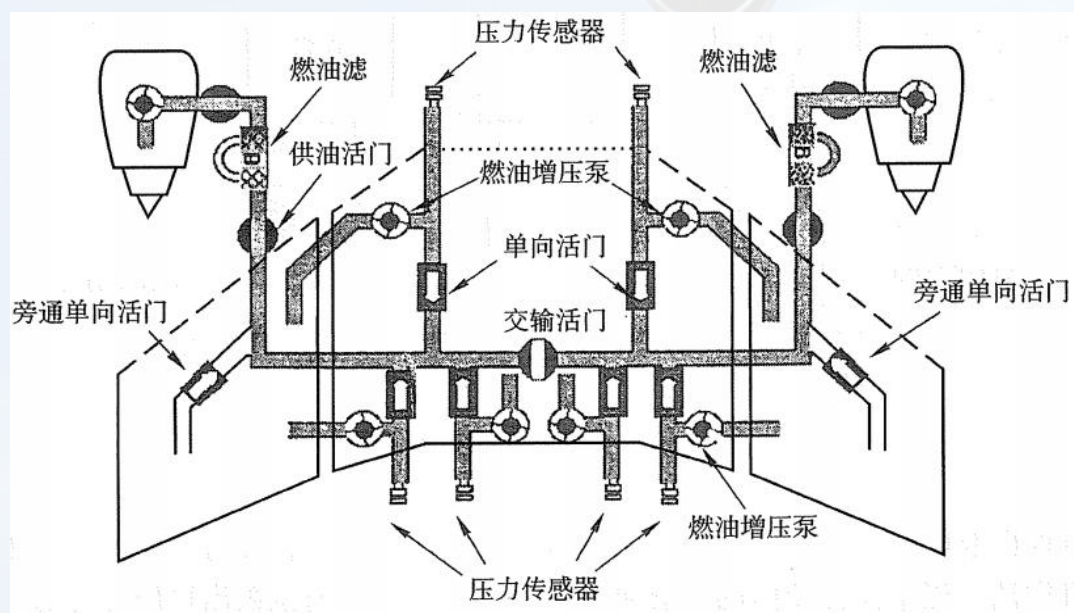
- (5) 多发动机的燃油系统，任何一个附件或组件失效，最多只能导致一台发动机停车；
- (6) 多油箱供油时，不允许在切换供油油箱时有超过10s 的缺油；
- (7) 燃油系统应是可交叉供油的，但不能在油箱间有溢流；
- (8) 通往每台发动机的管道应该装有防火切断阀，以切断供往起火发动机的燃油。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

图为典型的动力供油系统，每个油箱内有2个增压泵，除此之外，在大翼燃油泵和中央燃油泵未运转时，APU燃油泵可以向APU提供可靠供油。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

普遍采用的供油顺序是：先消耗机身中央油箱内的燃油，然后再消耗两翼油箱内的燃油。

常见的供油顺序控制方法有以下三种：

- 1) 不同油箱燃油泵的输出压力不同
- 2) 燃油泵出口处单向活门打开压差不同
- 3) 计算机控制

# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 2) 动力供油

不同油箱燃油泵的输出压力不同：

- 在中央油箱内安装输出压力较高的燃油泵，大翼油箱内安装输出压力较低的燃油泵
- 有些机型的中央油箱和大翼油箱采用相同的燃油泵，但是在在大翼燃油泵出口管路上安装压力释放活门，降低其输出压力。

燃油泵出口处单向活门打开压差不同：

在油泵出口处安装打开压力不同的单向活门，中央燃油泵出口的单向活门打开压力低，左、右大翼燃油泵出口的单向活门打开压力高。

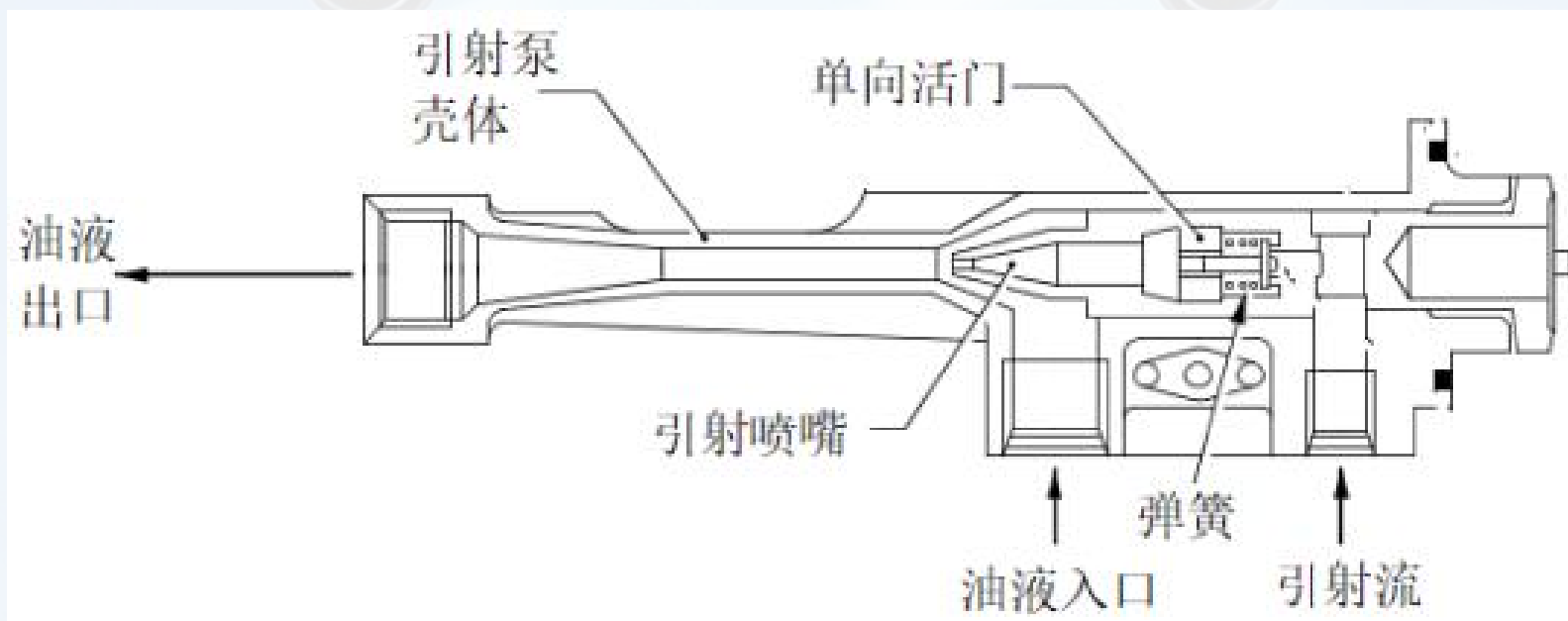
计算机控制：

在四发（或更多）飞机上，往往燃油箱的数量也有所增加，此时需要更为复杂的供油顺序控制，此时通常由计算机完成

# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 3) 辅助供油

辅助供油系统的主要部件是引射泵，引射流进入引射泵后，在引射喷嘴处产生低压，将油液从入口吸入，与引射流共同从油液出口排出。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 3) 辅助供油

辅助供油在飞机燃油系统中的主要功能：

燃油箱除水。

油箱燃油泵提供引射泵工作所需的引射流，以实现油箱内油液的转移。

控制引射流就可以决定引射泵的通断，主要采用两种方式：

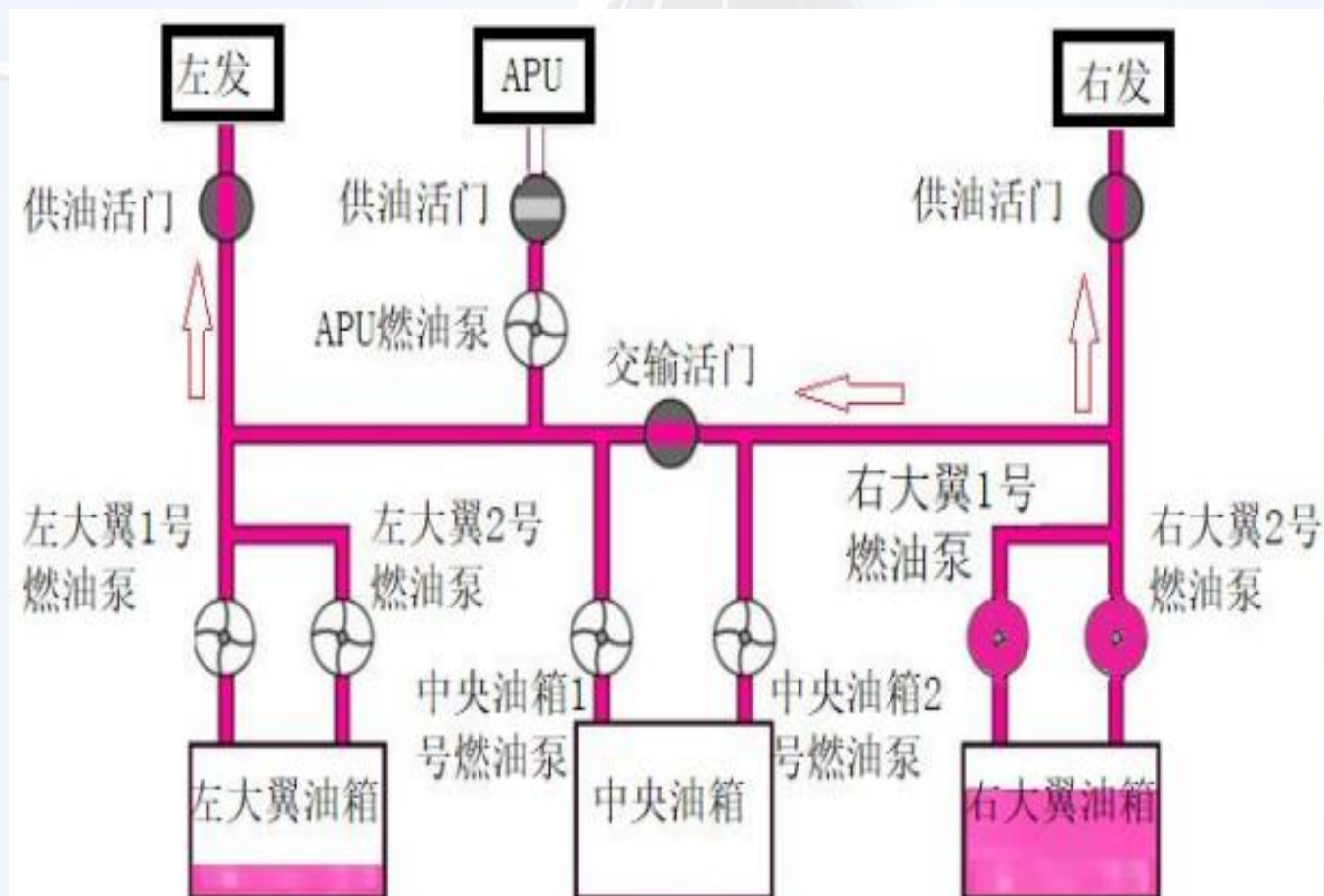
控制燃油泵的开关

在引射流管路上安装控制活门

# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 4) 交输供油

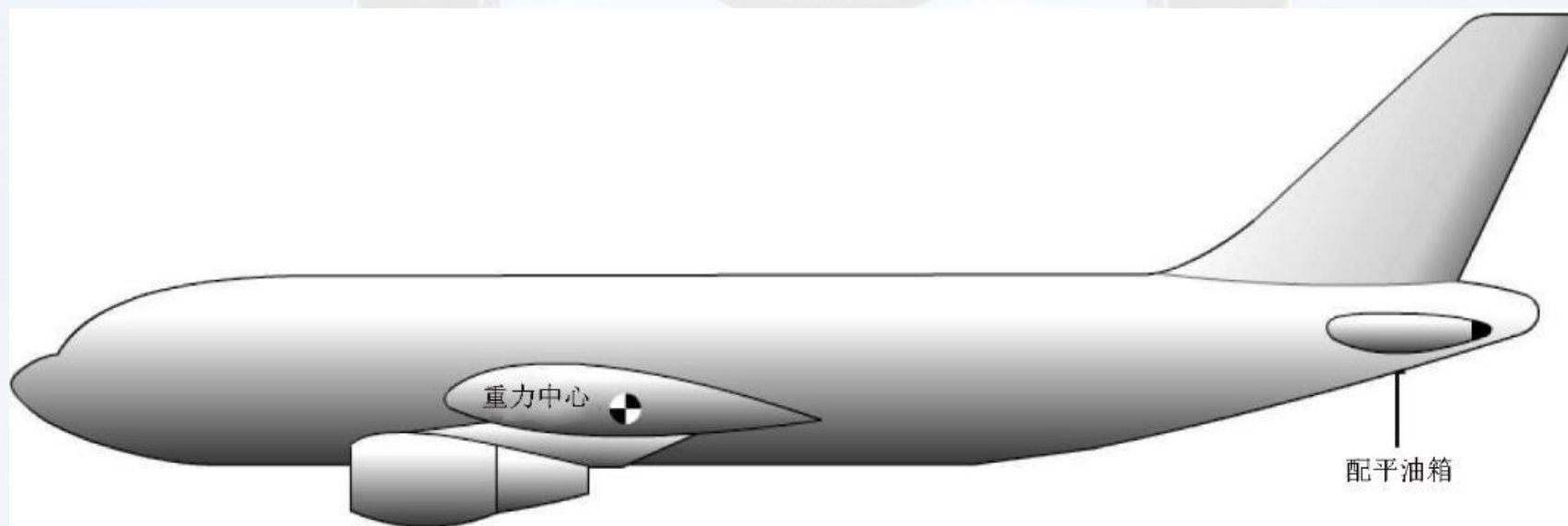
交输供油系统可用于保持飞机的横向稳定。



# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 5) 配平输油

配平输油系统的主要功能是在飞行过程中，通过将燃油向前或向后传输调整飞机重心，减少飞机在飞行中的空气阻力，最终达到节省燃油消耗的目的。

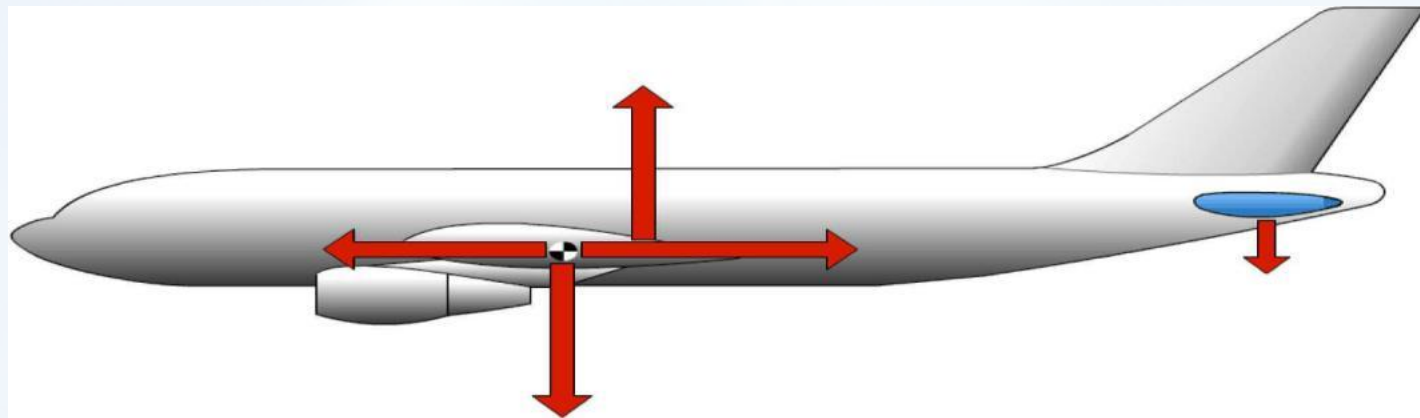


# 1.重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油

## 5) 配平输油

原理：

- 配备配平输油系统的飞机，通过把燃油从前部油箱往后传输到水平安定面油箱，可以实现水平安定面产生额外向下的力，因为飞机总重不变，这个过程不需要额外的升力。
- 把燃油传输到尾部，会把飞机的重心向后移动，导致飞机稳定性降低。配备配平输油系统的飞机，其重心必须严格控制。

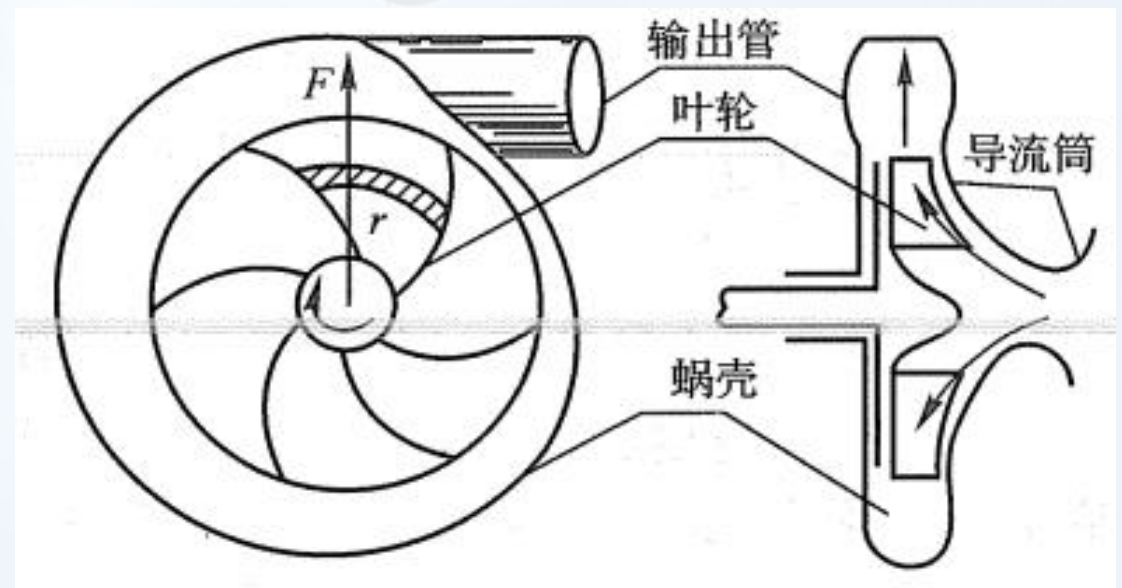
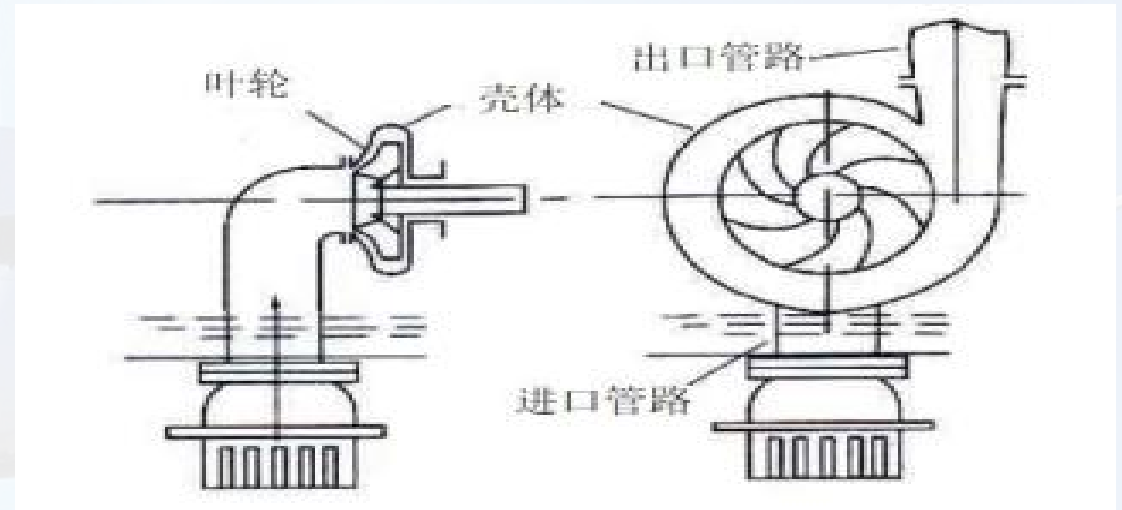


## 2.燃油泵

现代飞机的燃油泵通常具有以下特点：重量轻、尺寸小、工作可靠、寿命长、并能满足发动机低压大流量的用油需求。

目前采用最多的是电动离心泵。

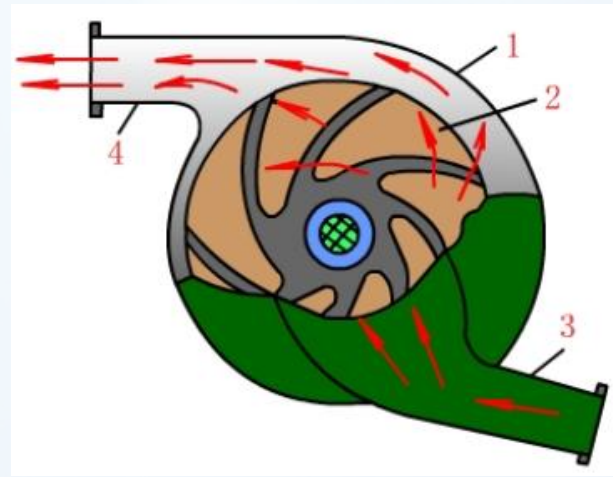
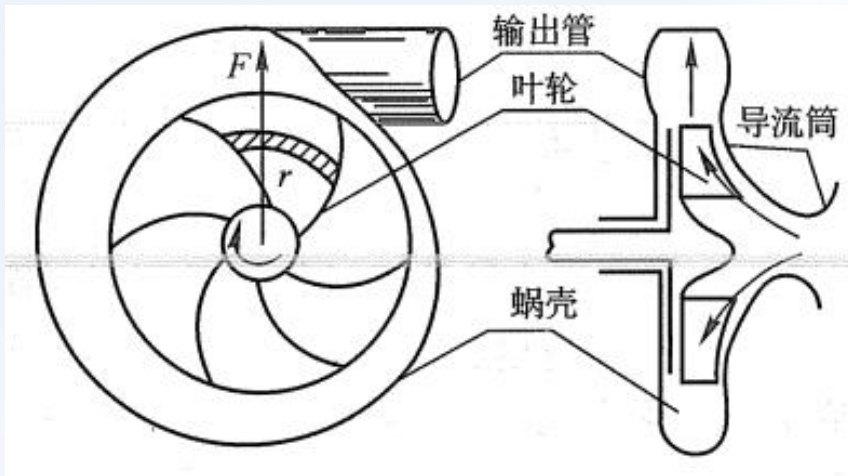
离心泵体主要由叶轮、导流筒和带输出管的蜗壳组成。



## 2.燃油泵

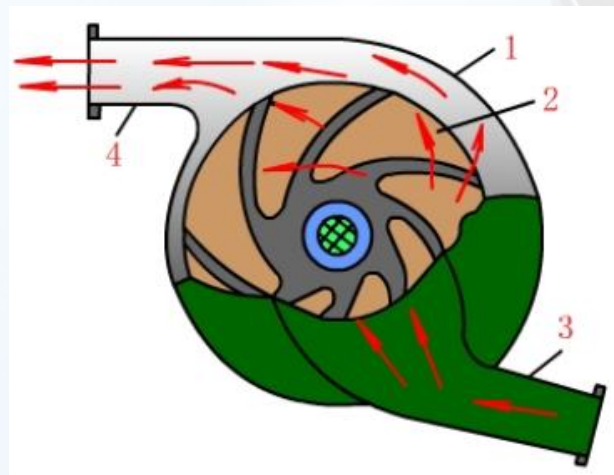
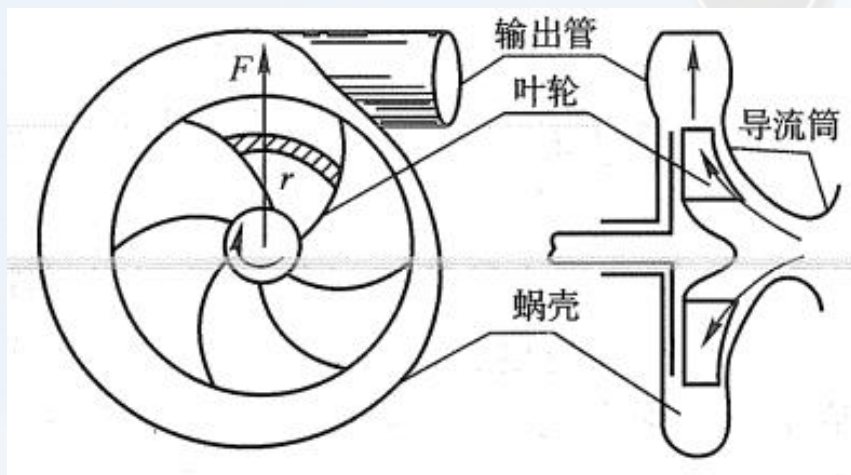
叶轮是泵的最主要部分：离心泵就是通过叶轮将外部的机械能传递给液体，变成了液体的压力能和动能。

导流筒：使液体以一定速度和方向导入叶轮。



## 2.燃油泵

油泵启动后，电动机带动叶轮高速旋转，从导流筒流入的燃油受叶片的推动也随着旋转。燃油在旋转中受到了离心力的作用，被甩进了蜗壳，最后经输出管排出。离心泵就是靠所产生的离心力使燃油增压并流动。叶轮中心处产生的真空度将油液吸入油泵。

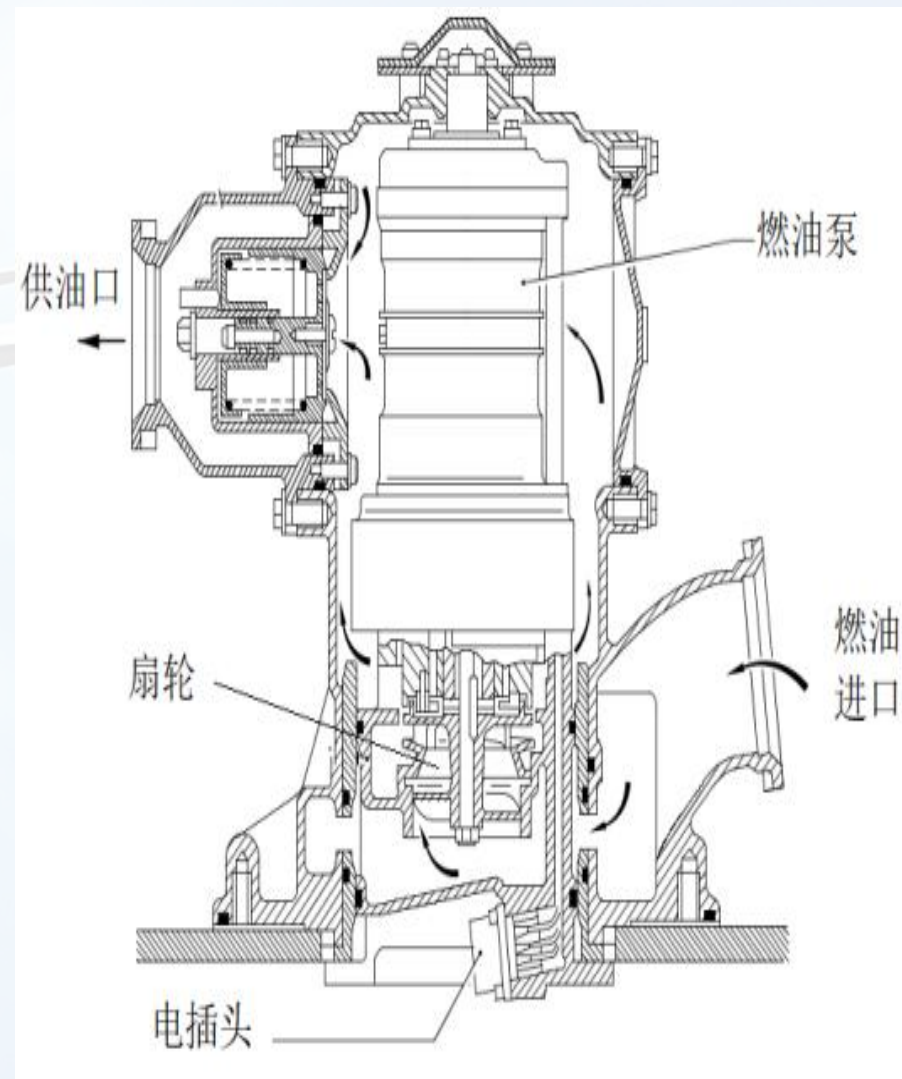


## 2.燃油泵

燃油增压泵的结构特点：

### 1) 油泵进口处有分离油气的扇轮

燃油泵的主叶轮前通常会设置一个扇轮，与主叶轮同轴转动，用于分离油泵入口处燃油中的气泡，改善油泵工作状态。



## 2.燃油泵

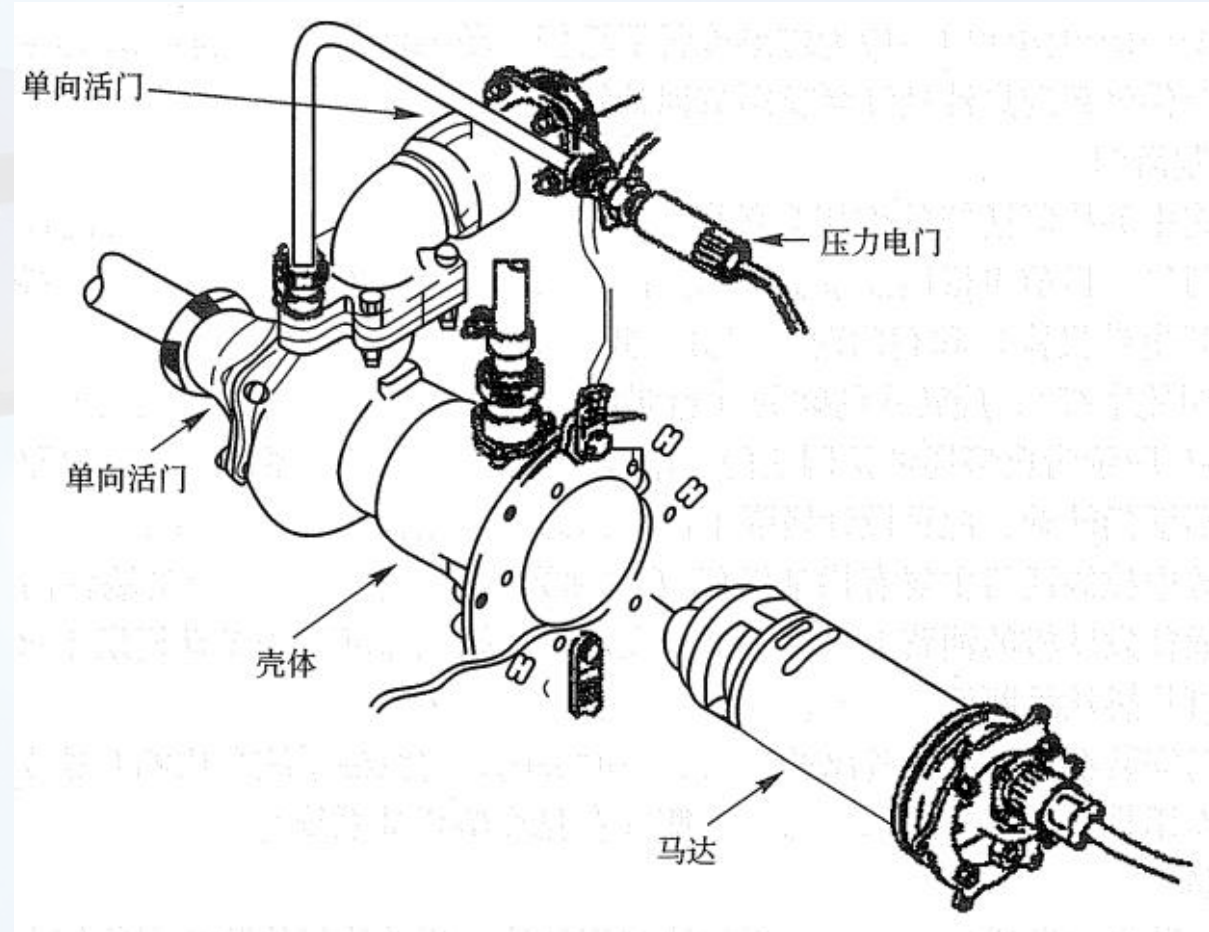
### 2) 双层封严，封严中安装滴油管

- 燃油泵的主叶轮与泵的电动马达之间通常采用双层封严，防止燃油或燃油蒸汽渗入马达引起火灾。
- 并在两层封严圈中间设置通向机外的滴油管。如果燃油漏过第一层封严圈，将由滴油管排到机外。一旦发现滴油管漏出的燃油超过标准，可判断封严圈已经损坏，必须及时更换。

## 2.燃油泵

### 3) 安装位置

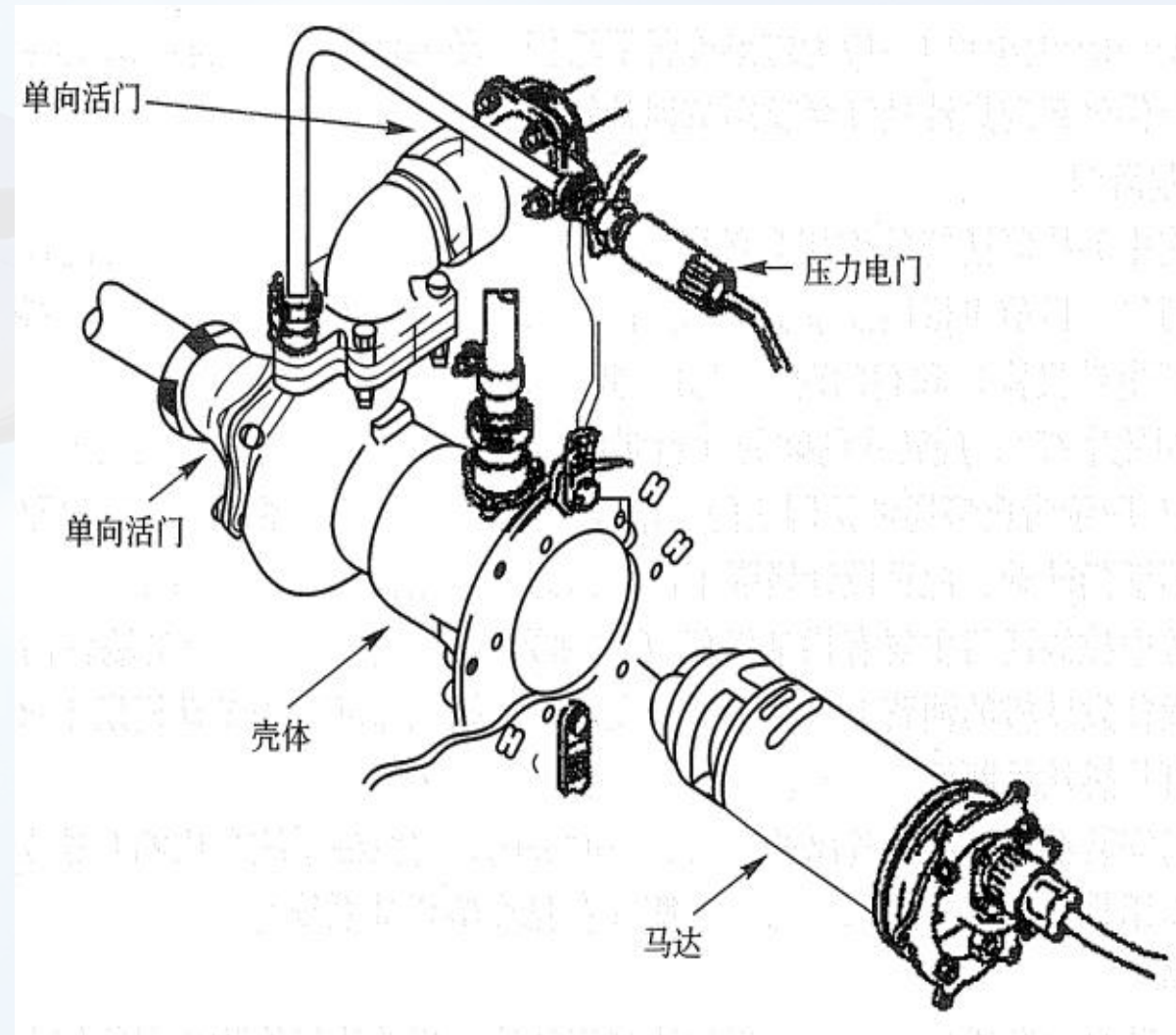
- 燃油泵通常安装在燃油箱底部，周围的隔板（翼肋或隔框）为油泵提供一个稳定的吸油空间。



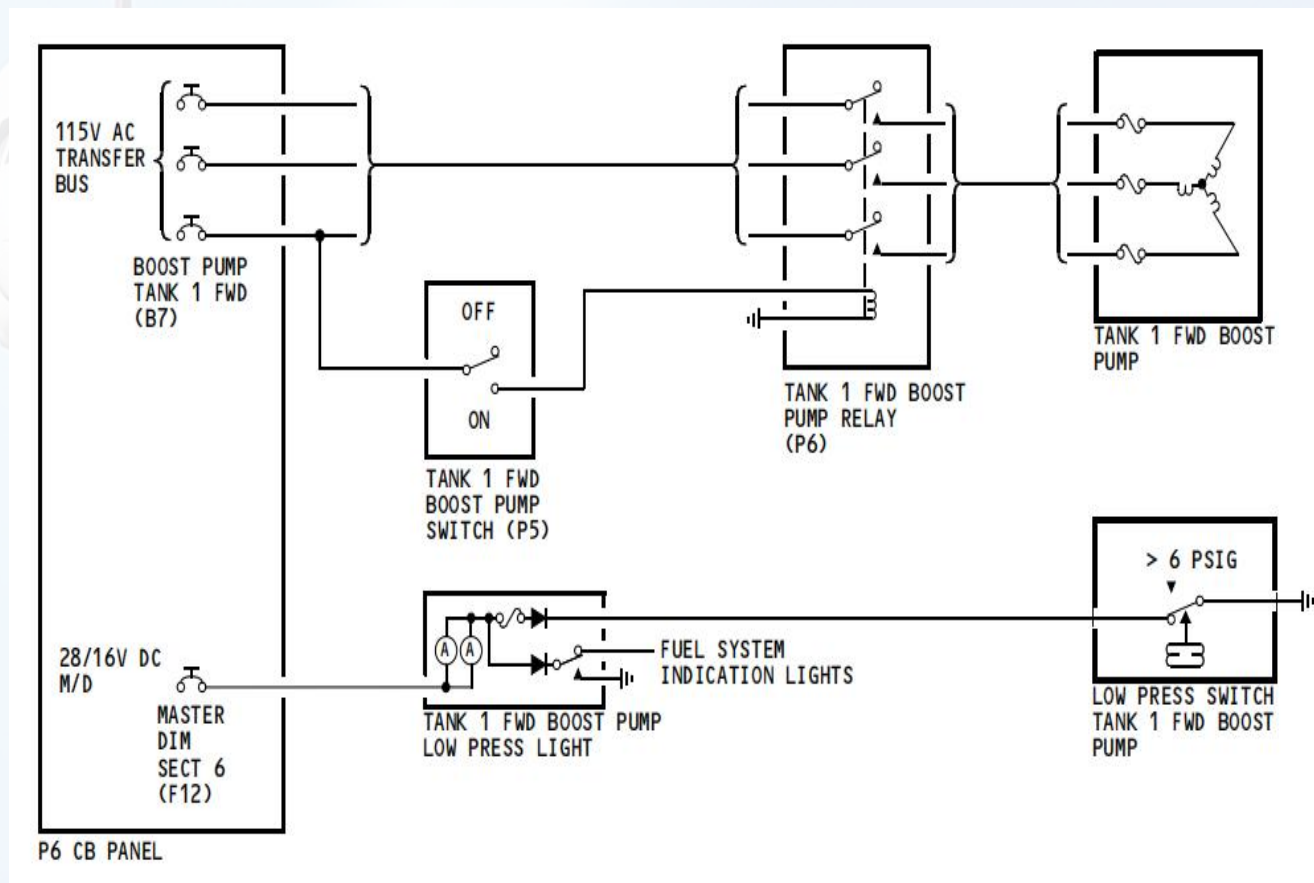
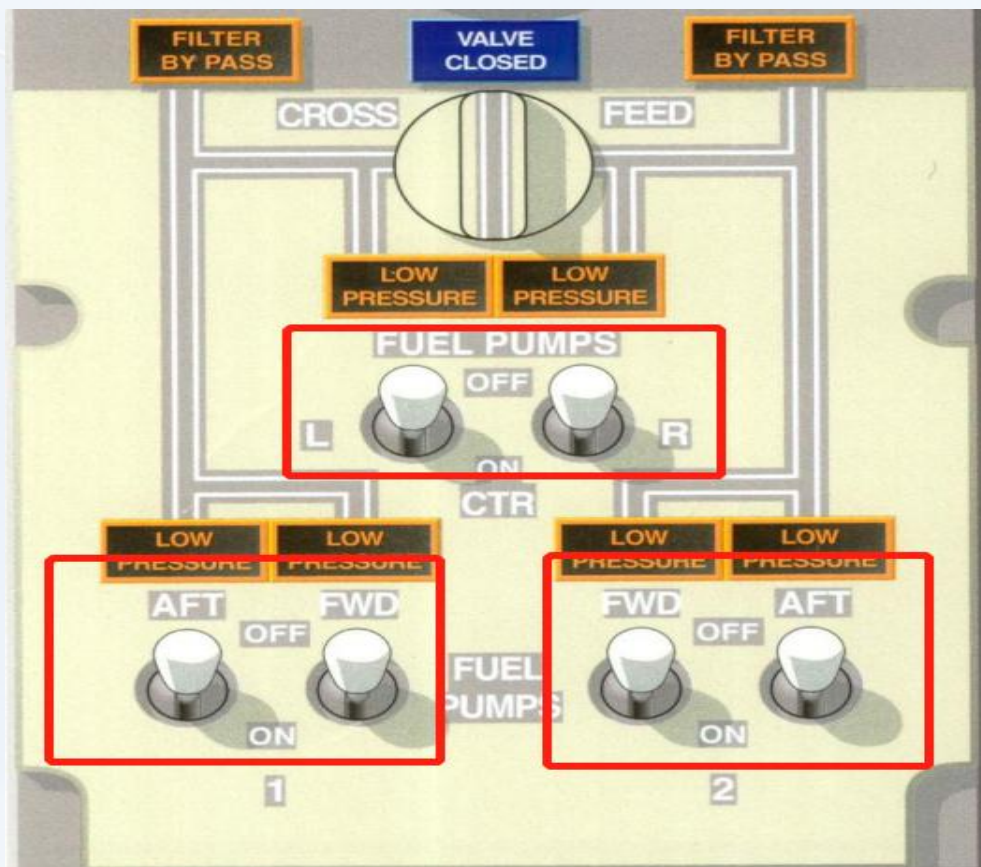
## 2.燃油泵

### 3) 安装位置

- 隔板底部开有向油泵一侧开启的单向活门，确保油液只能向油泵流，防止飞机机动飞行时油泵无法正常供油。
- 大部分飞机油泵的吸油管路和供油管路上均设有单向活门。维护人员既不用进入油箱，也不用放油，就可以在飞机外部完成燃油泵电马达的拆换，提高了燃油系统的维护性。



## 2.燃油泵



737NG燃油泵控制

## 小结 (2H) :

- 重力供油、动力供油、辅助供油、交输供油、配平输油特点
- 燃油泵特点要求：重量轻，尺寸小、工作可靠、寿命长、满足低压大流量的要求。
- 燃油泵常用种类：电动离心泵



## 3.3.4.4 加油、抽油系统

# 1.重力加油、压力加油

现代民航飞机的加油方式有两种：**重力加油和压力加油**。

为了保证安全，执行加油工作时应注意以下事项：

1. 飞机加油工作在开阔的场地执行，便于紧急情况下加油车撤离和消防车接近，并且按要求设置警示标志；
2. 加油过程避免高能热辐射，确认周围飞机没有打开气象雷达；
3. 加油车需配有过滤装置，控制燃油中杂质的含量；
4. 加油过程中油车与飞机均有效接地，严格控制加油压力和流速，防止静电积累，发生危险；
5. 加油现场配备可用的灭火设施，维护人员应知晓燃油溢出后的紧急处理方式。



# 1.重力加油、压力加油

## 1) 重力加油

重力加油通常用于小型飞机：

- 加油口盖位于主油箱顶部，加油人员需登上机翼，打开重力加油口盖，将燃油直接加入油箱中。
- 为了防止异物掉进油箱，加油口有滤网保护。
- 口盖盖好后因有密封，阻止了燃油从加油口外溢。
- 加油时，应将加油枪与机翼表面的防静电搭铁线搭接。

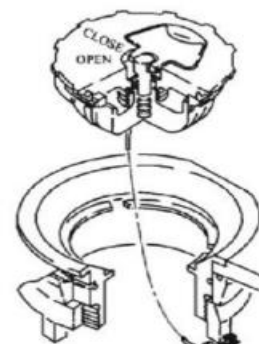


# 1.重力加油、压力加油

## 1) 重力加油

重力加油有如下缺点：

- 1) 加油速度慢，加油时间长；
- 2) 燃油容易洒出；
- 3) 在冬天机翼表面结冰的情况下，加油人员在上面操作极易发生危险。人员在翼上行走需格外小心；
- 4) 工具容易从加油口掉入油箱，雨水、冰雪、灰尘也可能通过重力加油口进入油箱造成污染；
- 5) 加油时难免会冒出燃油和燃油蒸汽，一旦遇到火星就有发生火灾的危险；
- 6) 重力加油操作容易导致机翼表面损伤。

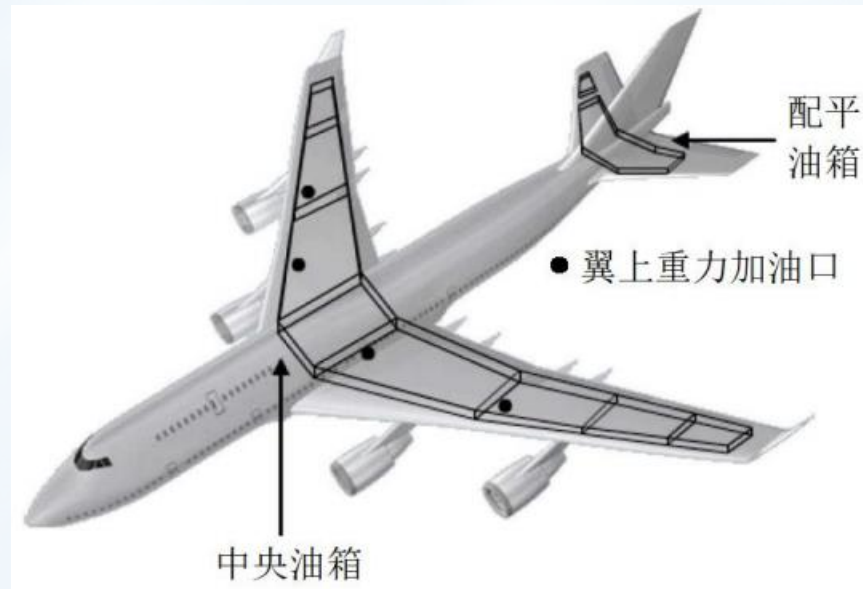


# 1.重力加油、压力加油

## 1) 重力加油

现代民航飞机通常只将重力加油作为一种辅助应急加油手段保留，用于机场没有可用加油车等特殊情况。

如图所示为典型飞机的重力加油口分布，中央油箱和配平油箱没有重力加油口，需要通过交输传油将燃油从主油箱导入其中。

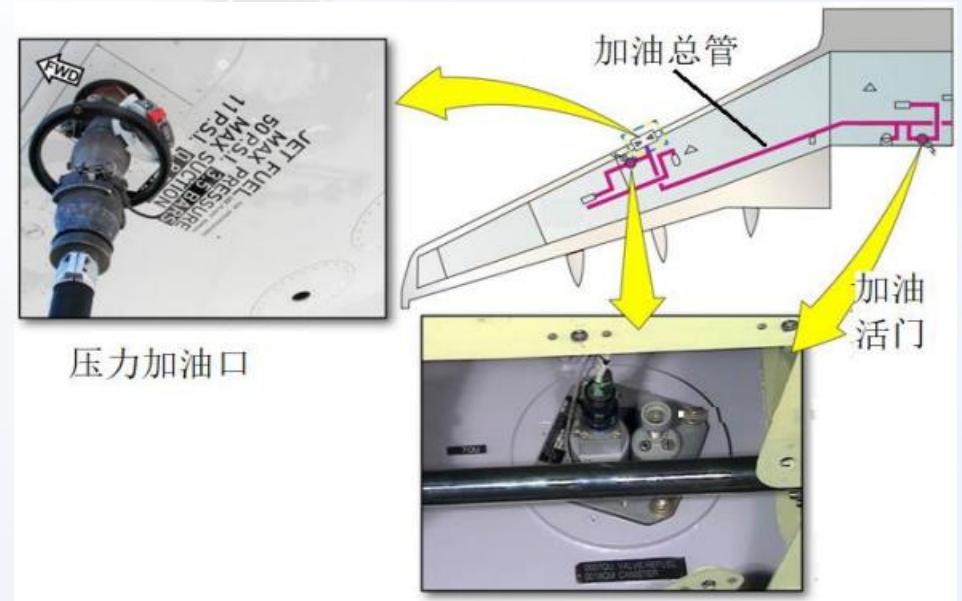


# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

压力加油系统主要由机翼前缘的加油站（通常位于右侧机翼、部分机型位于左侧机翼）、加油管路和加油活门组成。加油时，将油车的管路连接到飞机加油站的压力加油口，燃油在油车油泵的压力驱动下，由加油口盖进入飞机加油总管，再通过各加油管路路上的加油活门加入相应的油箱内。

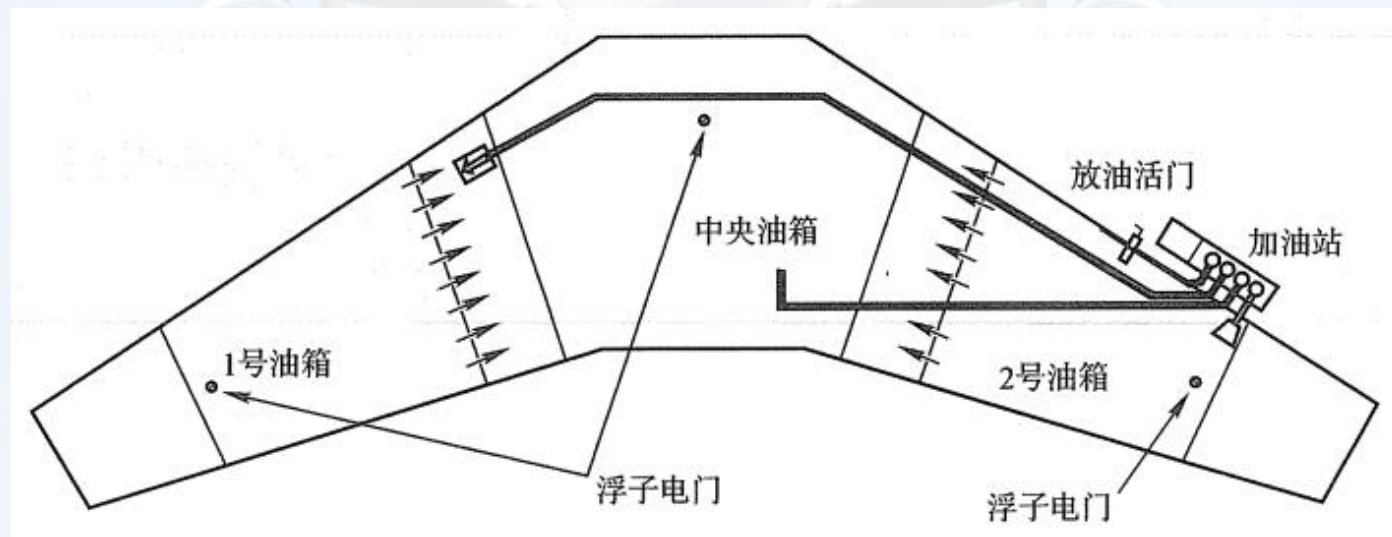
由于加油速度快、抗污染性好、安全可靠等优点，现代民航飞机通常使用压力加油。



# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

加油管连接在加油总管上，分别通往1号油箱、中央油箱和2号油箱。为了同时加油时使流往左右机翼油箱的流量达到均衡，2号油箱加油管加装了节流器，以限制流往2号油箱的流量。

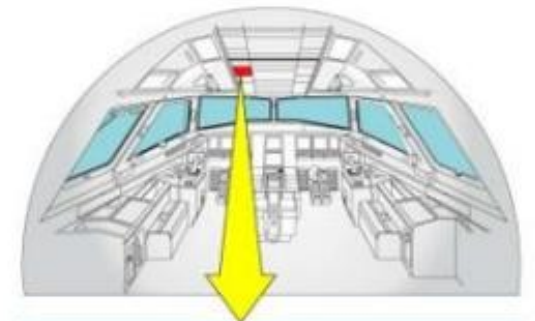
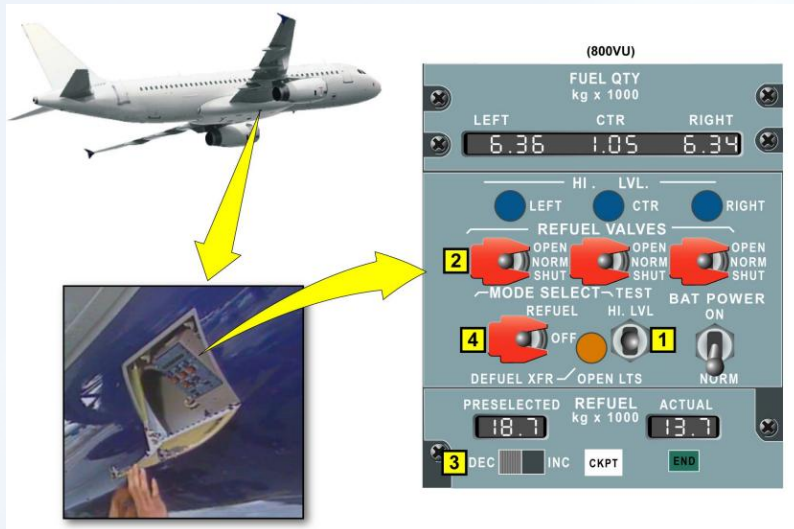


典型压力加油系统

# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

加油控制面板通常位于大翼前缘的加油口附近，或者在地面不需要借助梯子就能接近的地方，某些机型的驾驶舱内也有加油控制面板，但是功能相对有限。



空客A320加油控制面板

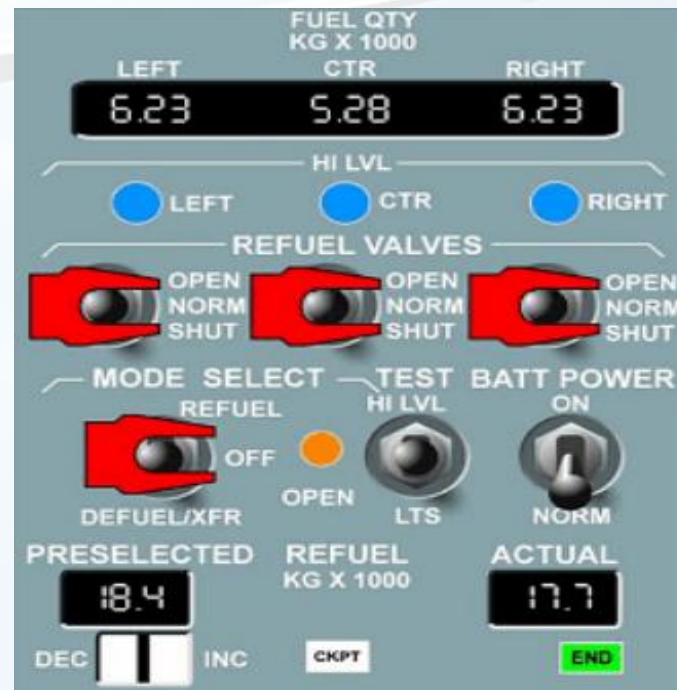
# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

在常见的加油控制面板上，通常有各加油活门的控制电门、各油箱的油量指示、测试电门和指示灯光等，加油人员可以通过面板控制压力加油系统。



737加油控制面板



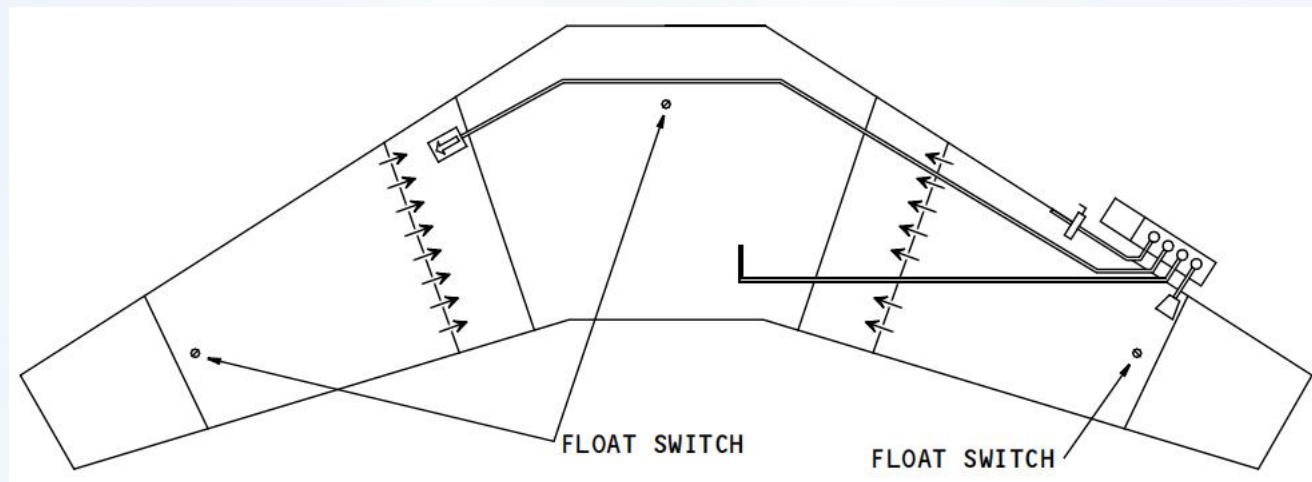
320加油控制面板

# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

为了保障安全，压力加油系统通常还带有加油安全关断功能，即油箱油量接近或到达满位后，自动关断相应的加油活门，防止燃油过满溢出。

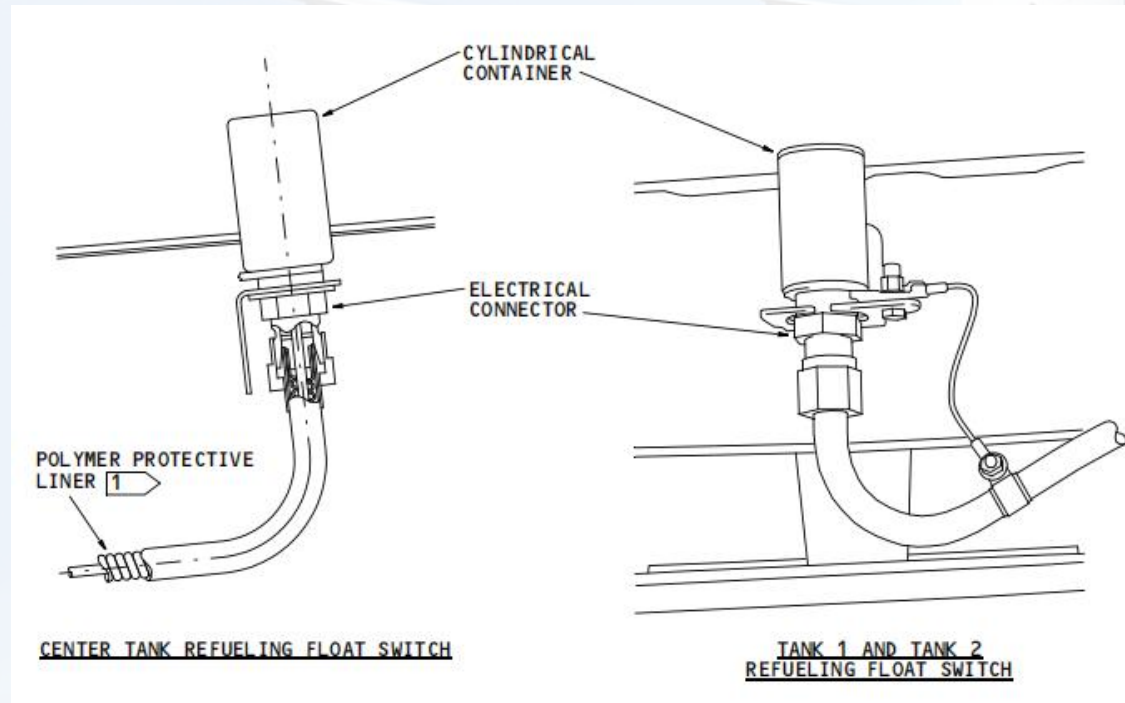
浮子电门感受油箱内油面位置，当油面到达加油预定值时，电磁阀线圈断电，自动关闭加油活门，防止燃油过满溢出。



# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

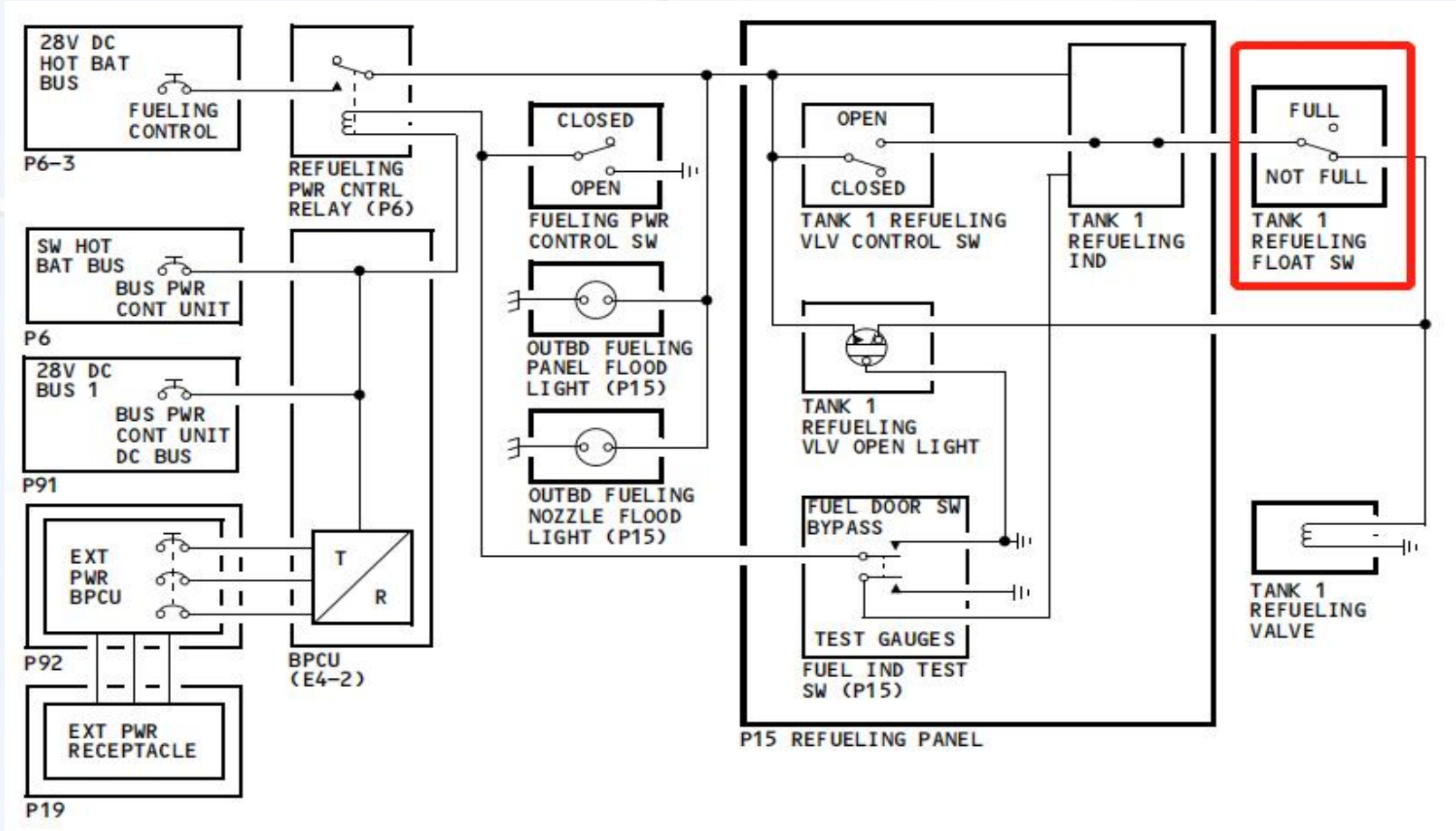
浮子电门:



# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

浮子电门:



737浮子电门控制

# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

典型飞机的压力加油模式：

- ① 人工加油
- ② 自动加油
- ③ 超控加油

### 人工加油：

- 将加油车油管连接到飞机压力加油口后，通过电门打开相应油箱的加油活门，通过灯光指示或油箱内油量变化可确认加油活门正常打开，外部输油管的燃油通过加油管路和加油活门进入相应油箱。
- 在人工加油过程中，加油人员需要**密切关注油箱的油量**，当油量达到需求时，通过操作电门关闭相应的加油活门。

# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

自动加油：

- 在自动加油前，通过加油面板上的油量预选器输入每个油箱所需油量，预选器可以是拨杆电门、旋钮电门或者拇指转轮。
- 设置完成后，预选值发送给**计算机**，计算机控制需要加油油箱的活门打开，并监视传感器反馈的油量信号，当油箱达到所需的加油量时，自动控制相应的加油活门关闭。
- 在某些机型上，计算机还具备油量分配计算功能，在加油前只需输入飞机加油总量，计算机自动完成各油箱的油量分配计算。

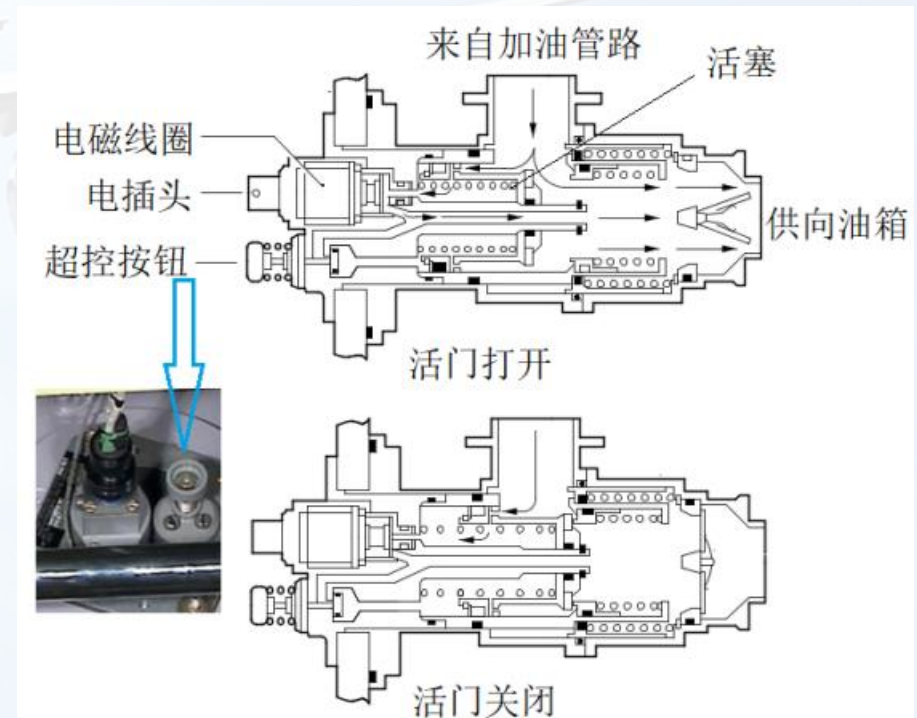
# 1.重力加油、压力加油

## 2) 压力加油

### 超控加油：

加油活门通常为电控液动式。如果加油活门电磁线圈失效导致活门无法打开，可以在加油时人工按压超控按钮，加油活门依然可以打开，此时加油人员需实时监视油箱油量，达到需求油量后松开超控按钮，完成加油。

**应注意的是，执行超控加油时，系统无法完成加油安全关断功能。**



## 小结

- 问：重力加油与压力加油的最主要区别是什么？分别用在什么类型的航空器上？



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

应急放油系统的主要**目的**：

1. 确保即使飞机在起飞时出现故障的极端情况下，也具有足够的爬升能力，以保证其应急返场着陆。
2. 配备应急放油系统，既能保证飞机的全重着陆能力，也能使飞机在紧急情况下（如单发失效）拥有快速爬升跃障的能力。
3. 设置应急放油系统可使飞机以较少的燃油量着陆，减少飞机着陆后起火爆炸的危险。

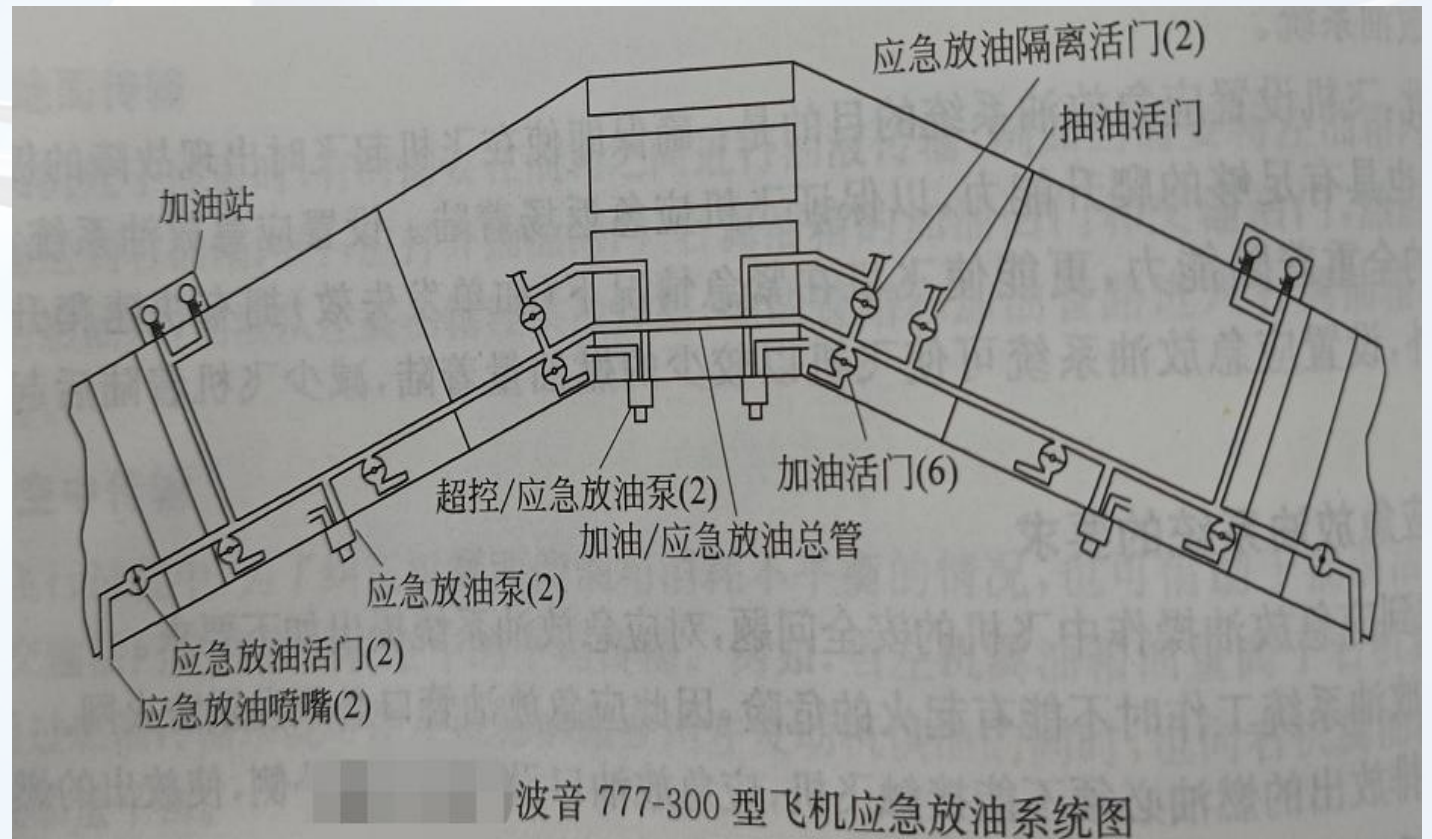


## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

应急放油系统的主要附件包括;

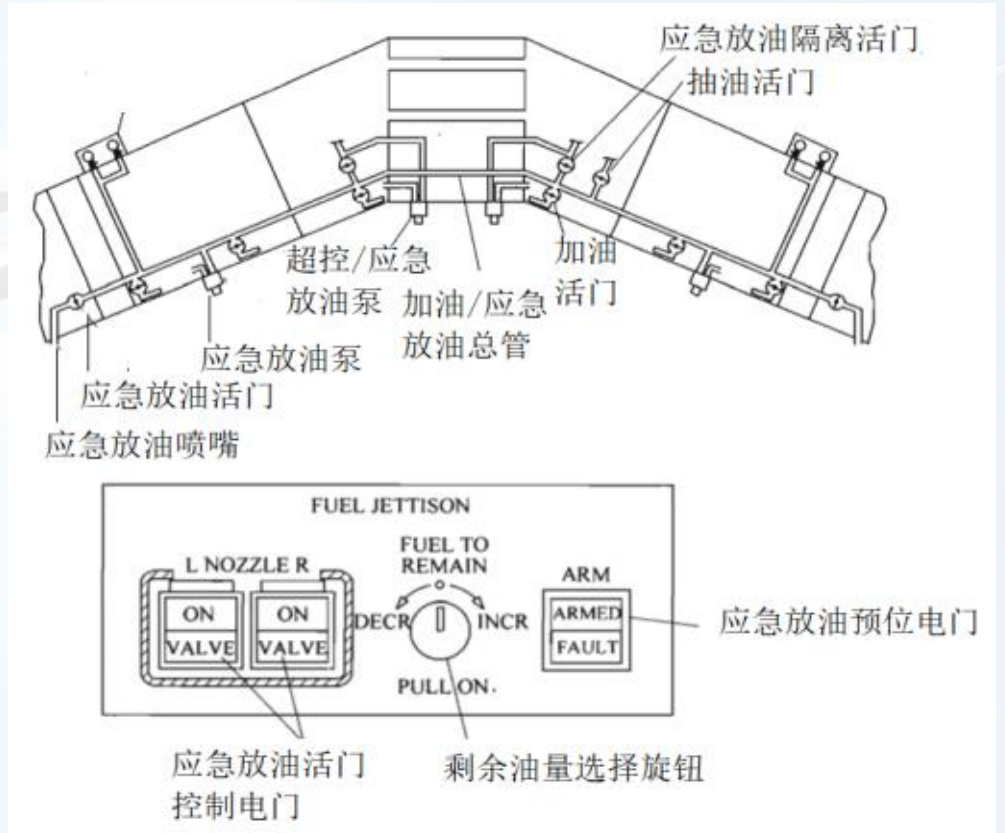
- 1) 位于翼尖的两个应急放油喷嘴;
- 2) 两个应急放油活门;
- 3) 两个超控/应急放油泵;
- 4) 两个应急放油泵;
- 5) 两个应急放油隔离活门;
- 6) 加油/应急放油总管。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

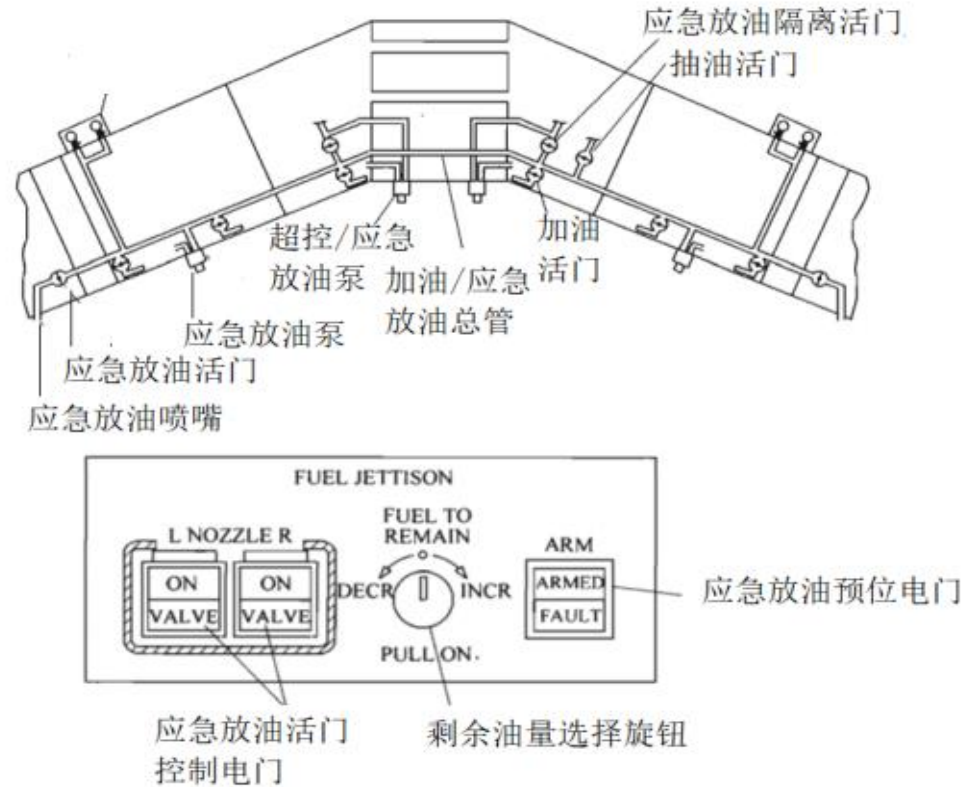
- 配备应急放油系统的飞机，加油和应急放油共用一条主管路，即加油/应急放油总管。
- 加油/应急放油总管将加油站、加油活门、应急放油泵、超控/应急放油泵、应急放油隔离活门、应急放油活门连成加油/应急放油系统。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

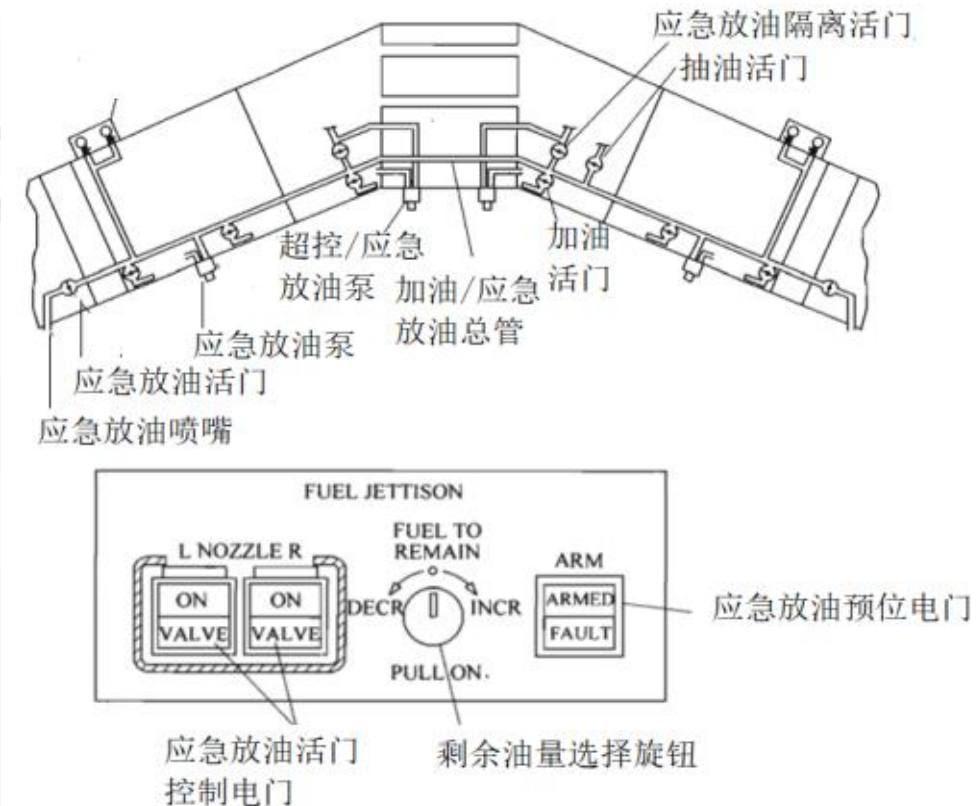
当飞机处于地面加油模式时，应急放油隔离活门、应急放油活门关闭，加油活门打开，燃油从加油站流入总管，经加油活门进入燃油箱。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

- 当飞机处于应急放油模式时，加油活门处于关闭状态，应急放油隔离活门、应急放油活门打开，应急放油泵、超控/应急放油泵将油箱中的燃油增压送入总管，并经应急放油喷嘴排到机外。
- 当油箱内的油量达到先前设定的剩余油量时，应急放油系统自动停止工作。在应急放油过程中的任何时刻，都可以人工关断应急放油系统。

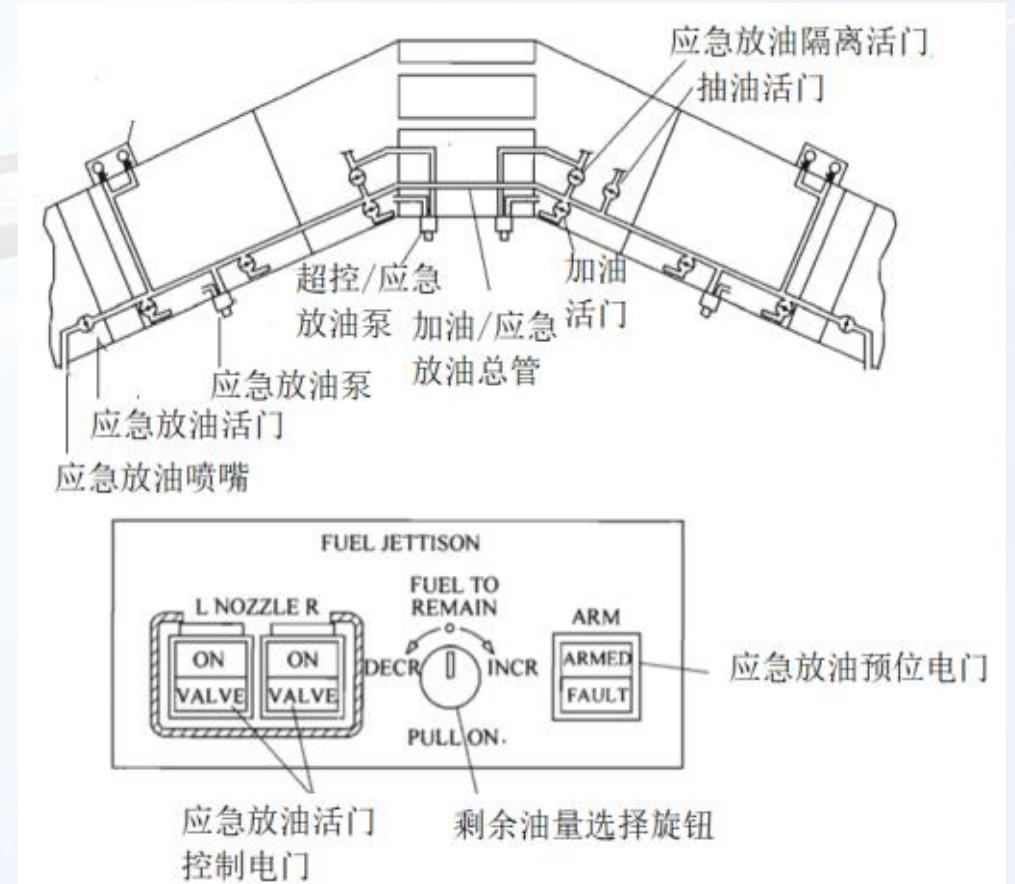


## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 1) 应急放油

应急放油由位于应急放油控制面板上的应急放油控制电门操纵，应急放油控制电门包括应急放油预位电门、剩余油量设定旋钮和应急放油活门控制电门（又称为“喷嘴控制电门”）

- 应急放油预位电门：飞机进入最大着陆重量模式
- 剩余油量设定旋钮：拉出切换至人工模式，人工调节剩余燃油。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 2) 抽油系统

抽油：

飞机在地面时，为了维护燃油箱或油箱内的附件，将燃油箱内剩余燃油排放到地面油车上。

正常情况下怕燃油被微生物污染，原则上不允许将飞机上的油抽到油车里，只有在必要时（如大修）才将机上燃油排放到油罐车内。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 2) 抽油系统

飞机抽油有两种方式：**压力抽油和吸力抽油。**



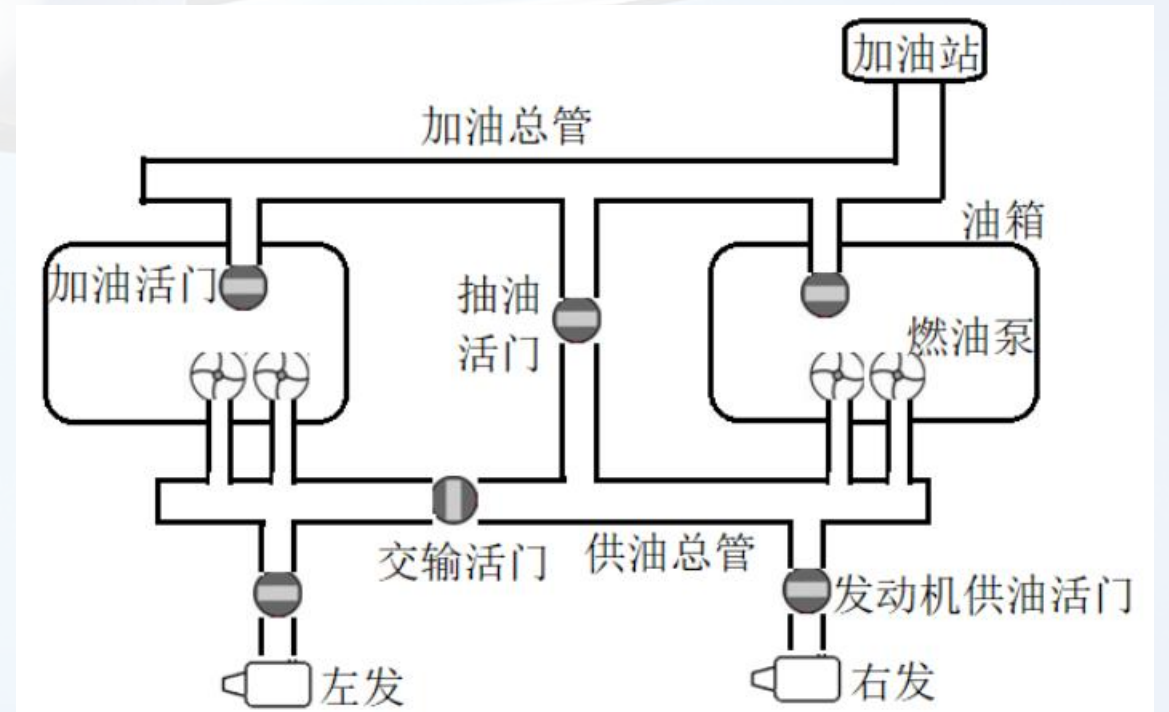
## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 2) 抽油系统

压力抽油依靠油箱燃油泵提供动力完成，可以确保快速抽油。

主要操作程序如下：

- 1) 把油管连接到加油口；
- 2) 打开抽油活门；
- 3) 打开需要抽油油箱的燃油泵；
- 4) 按需打开交输活门；
- 5) 当油箱的燃油抽空后，关断燃油泵；
- 6) 关闭抽油活门；
- 7) 把油管从加油口脱开。



## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 2) 抽油系统

吸力抽油利用地面油车产生吸力，从飞机油箱中抽走燃油。

- 除不需要使用飞机燃油泵外，其余操作程序与压力抽油相同。
- 吸力抽油的主要缺点是很难控制对单一油箱进行吸油、吸油花费时间更长并且不是所有油箱都可以进行吸力抽油，所以通常不使用吸力抽油。

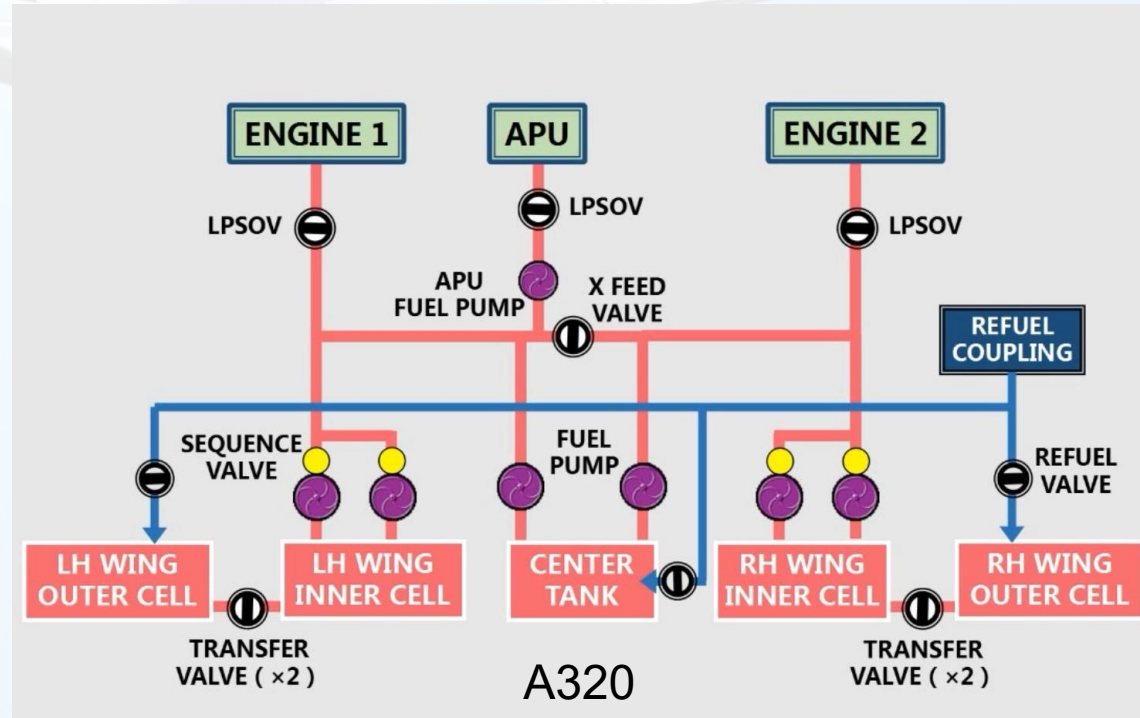
- 地面抽油时要注意防火安全
- 还要注意飞机重心的变化问题，尤其是大后掠角的飞机，一般先抽两翼主油箱的燃油，再抽中央油箱的燃油，防止抽油过程中飞机后倾。

## 2. 应急放油、抽油系统、交输传油（倒油）

### 3) 交输传油（倒油）

为了防止燃油被微生物污染，一般在飞机所有油箱都需排空时使用抽油系统，如果只有单一油箱需要排空，通常使用交输倒油系统，将此油箱内的燃油传输至其他油箱内。

**倒油步骤：**交输传油的工作原理与压力抽油类似，打开需要排空油箱的燃油泵，燃油被油泵送至供油总管（按需视情打开交输活门），通过抽油活门进入加油总管，再打开其他油箱的加油活门，就可以完成油箱间的交输传油工作。



A320放油倒油视频介绍





**小结:**

问：简述应急放油、抽油系统、交输传油的功用？



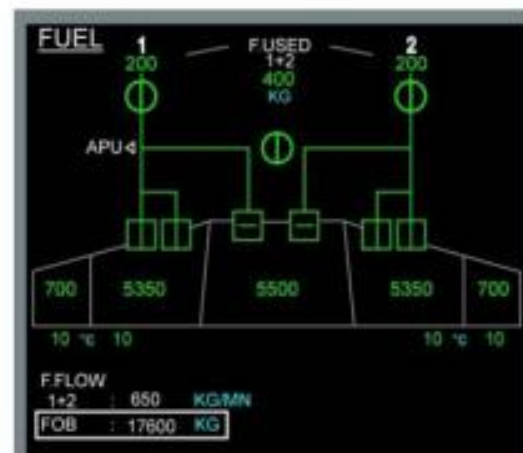
## 3.3.4.5 燃油指示系统

# 1.油量指示

油量指示系统的主要功能：为机组和维护人员提供飞机各油箱的载油状况，燃油量通常以**公斤或磅**为单位，显示在加油控制面板和驾驶舱显示器上



波音B737



空客A320



# 1.油量指示

- 油量探测的核心元件为安装在油箱内的油量传感器
- 燃油量计算机使用油量传感器探测的体积值与燃油密度相乘得出燃油重量。
- 除显示之外，燃油量信息还用于燃油泵自动工作逻辑控制、飞行管理系统等。

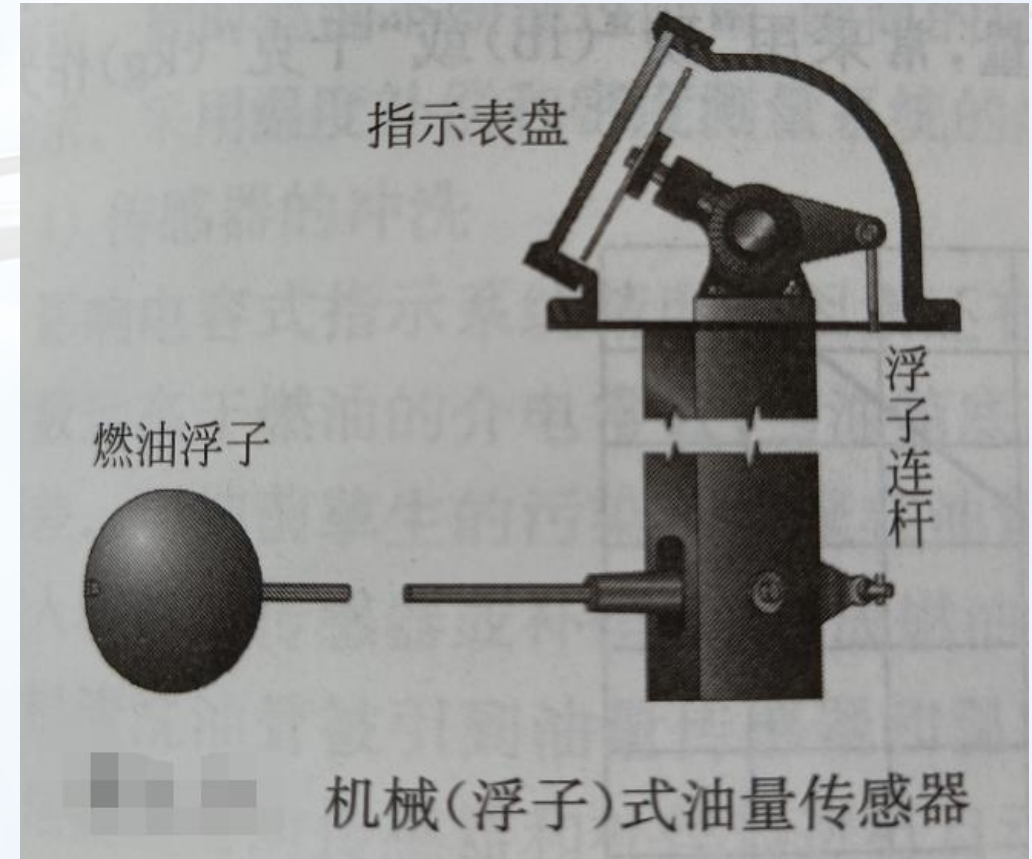


# 1.油量指示

- 燃油量传感器

浮子式油量传感器也称为机械式，当油箱内油面变化时，传感器浮子随油面浮动，感受油面高度变化，从而把油量变化转换成机械位移信号，计算机使用此位移信号计算油量体积。

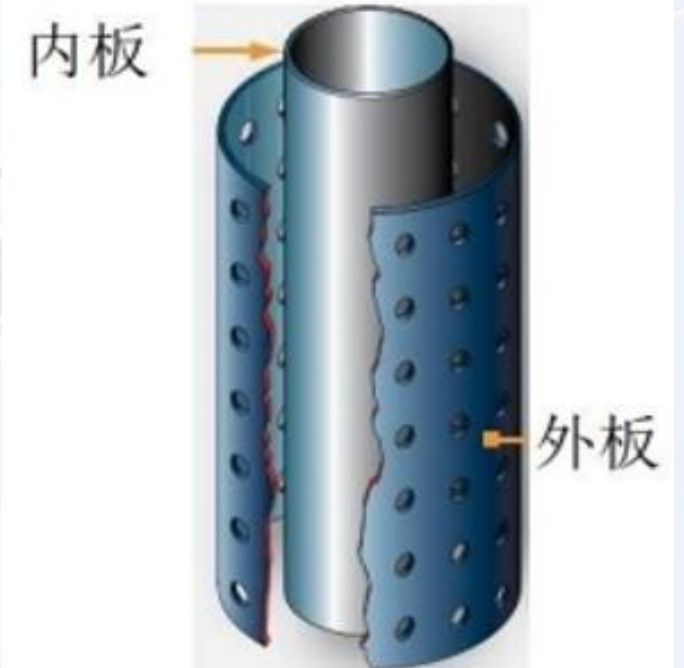
浮子式油量传感器会因浮子连杆的摩擦、卡滞、运动部件间的间隙和温度波动等原因造成指示不准确，精度较低。



# 1.油量指示

## • 燃油量传感器

- 现代飞机更多的使用电容式油量传感器，此类传感器的探测精度较高。
- 电容式油量传感器包含两个同心极板，极板面积一定，位置相对固定，极板上有开孔，允许燃油自由进出。
- 因此其电容量由受极板间物质的介电常数决定，即燃油和空气，电容值的大小取决于油箱中现存燃油与空气的比例。
- 因燃油和空气的介电常数不同，极板间的介电常数随着油面的升降发生变化，计算机根据传感器反馈的电容值计算油量体积。



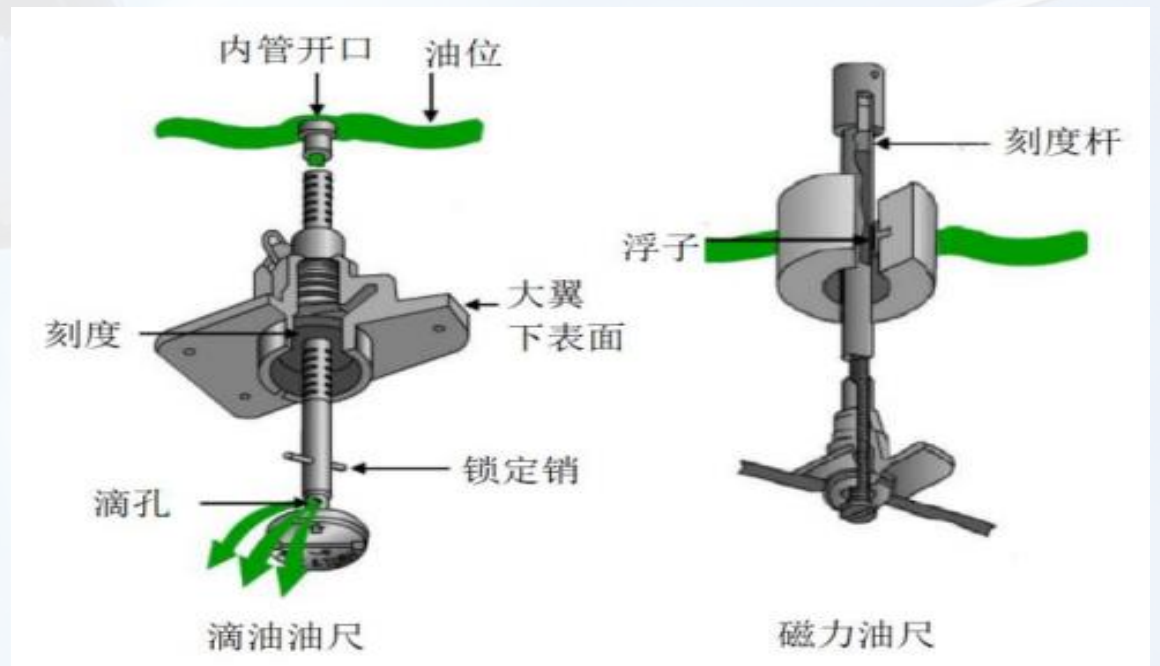
电容式

# 1.油量指示

## • 油尺

- 油尺作为燃油量探测系统的机械备份，当燃油量指示系统失效时使用。
- 大翼油箱由于形状不规则往往需要两个或者更多的油尺，中央油箱形状较为规则，通常只需要一个油尺。

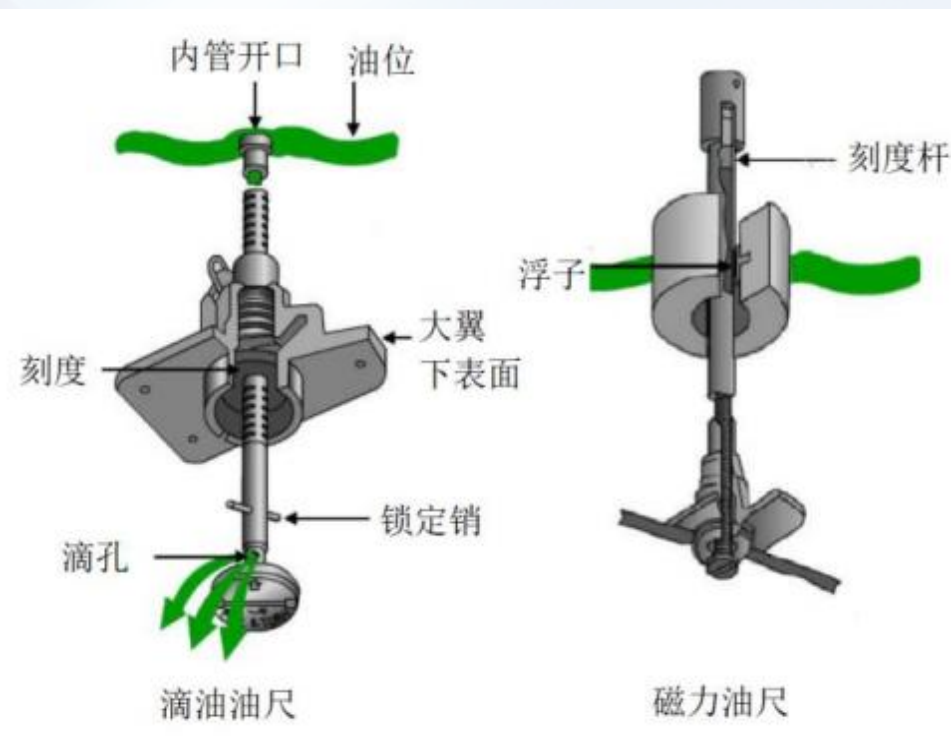
目前较为常见的油尺有两种：**滴油油尺**和**磁力油尺**。



# 1.油量指示

- 油尺

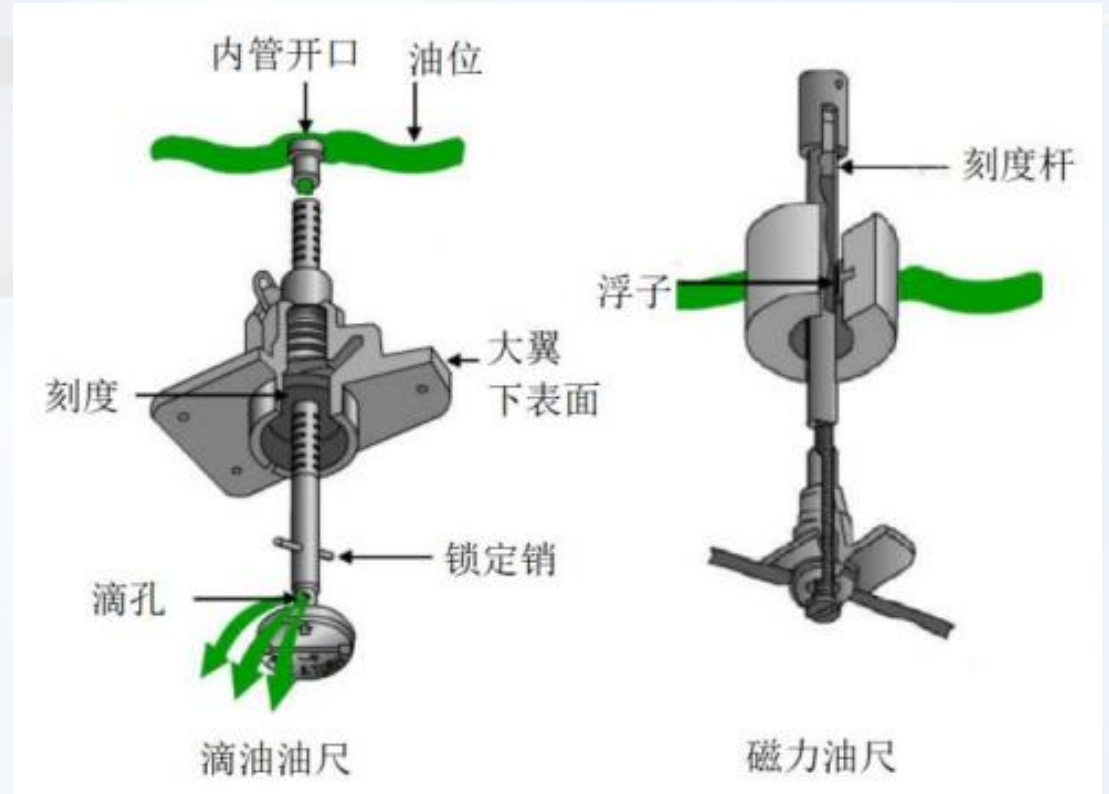
**滴油油尺**通常在较老式的飞机上使用，油尺有一个伸进油箱内的刻度杆，通过锁定销锁定在大翼下表面。当内管开口到达油面之后，燃油进入内管，从滴孔流出，此时进行油量读取。



# 1.油量指示

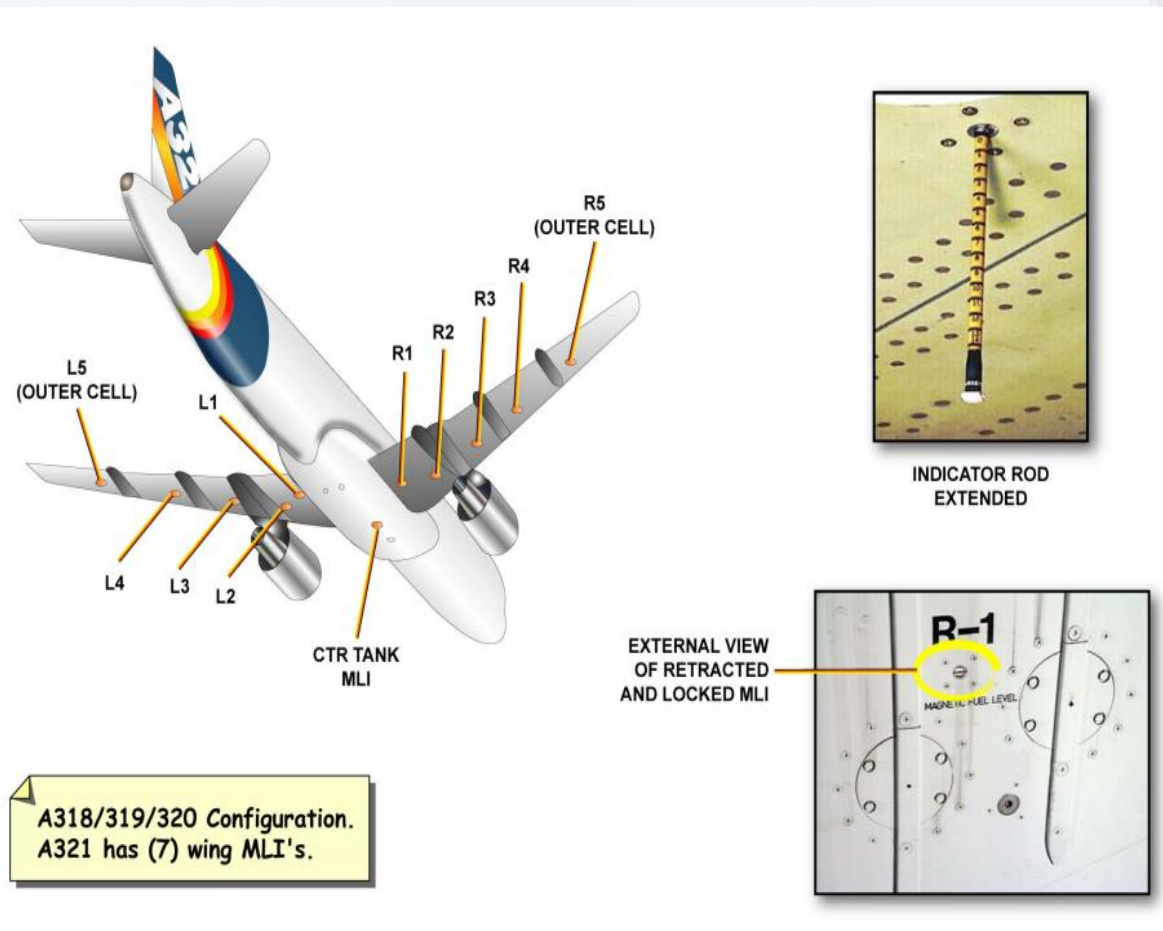
- 油尺

现代飞机上通常使用的磁力油尺可以在不放出燃油的情况下测量油量。磁力油尺的刻度杆安装在一个密封的管型壳体内。管型壳体的外部环绕一个浮子，浮子随油面上下浮动。浮子内部和刻度杆顶端各有一个磁铁，一旦两个磁铁吸住，就可以进行读数。

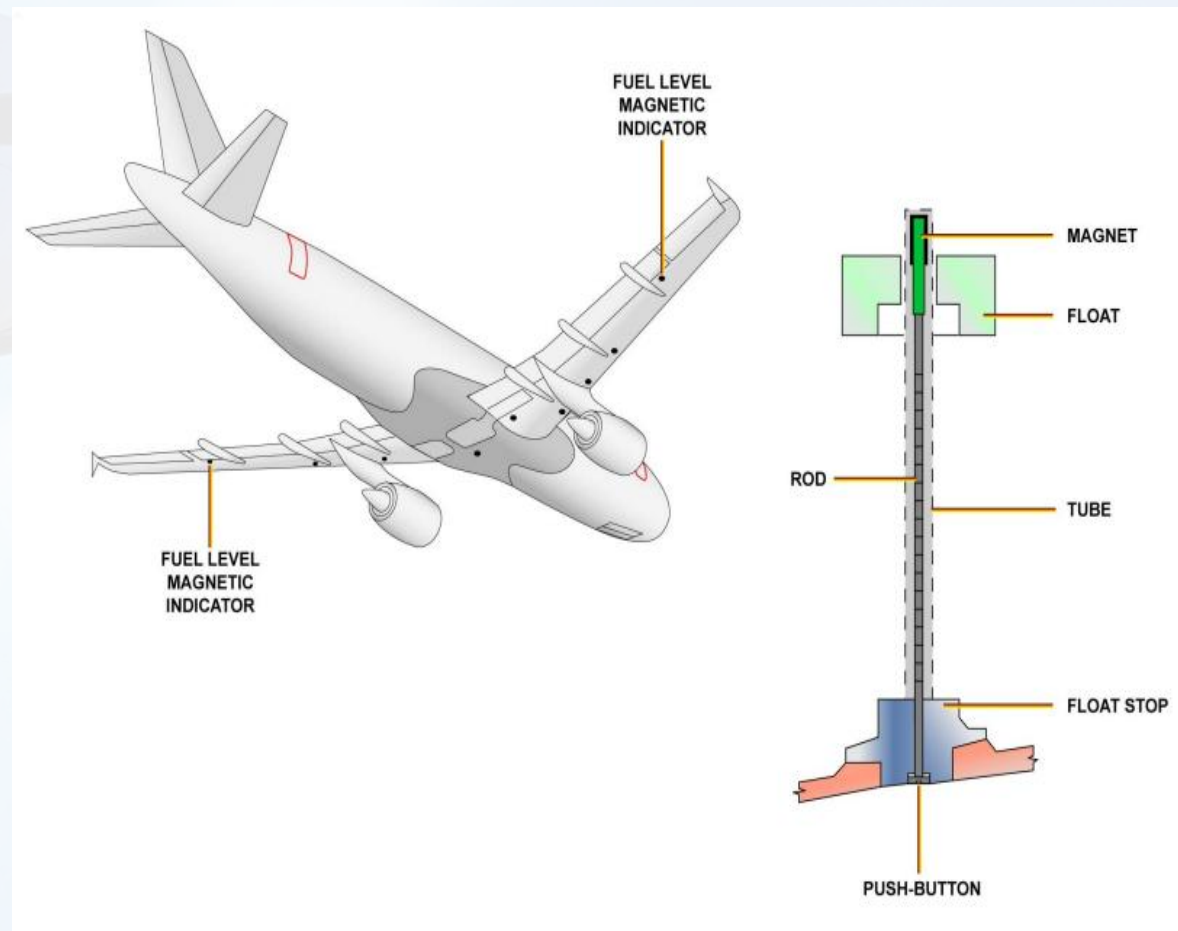


# 1.油量指示

- 油尺



A318/319/320 Configuration.  
A321 has (7) wing MLI's.

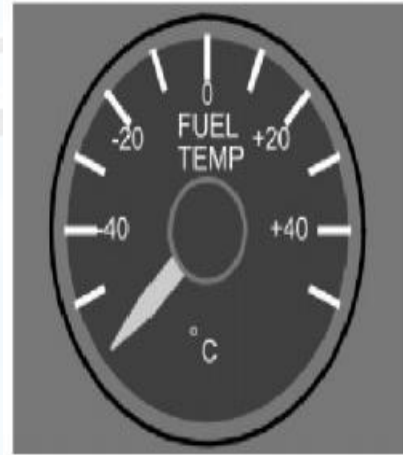


320飞机油尺

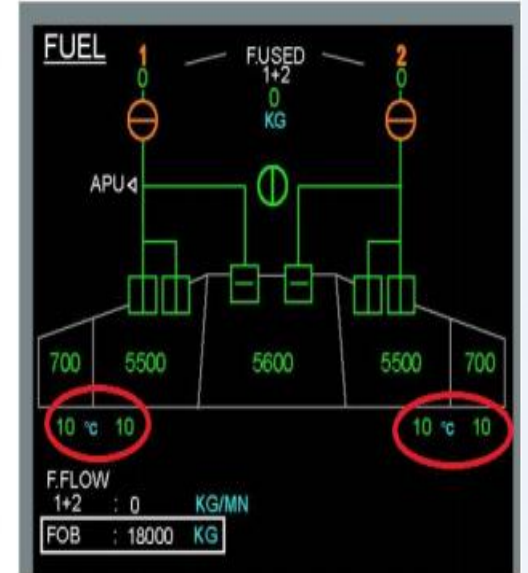
## 2. 温度指示

燃油系统需要设置温度指示装置，便于监控燃油温度：

- 燃油温度过低时会析出冰晶和石蜡，堵塞供油管路和油滤，同时燃油黏度的增大导致供油阻力增大。燃油低温会导致油液黏度增大，燃油流动阻力增加造成发动机供油压力降低。
- 油箱内燃油温度异常升高，产生爆炸的风险。
- 为得到更准确的油箱油量值，也需要燃油温度数据进行补偿计算。



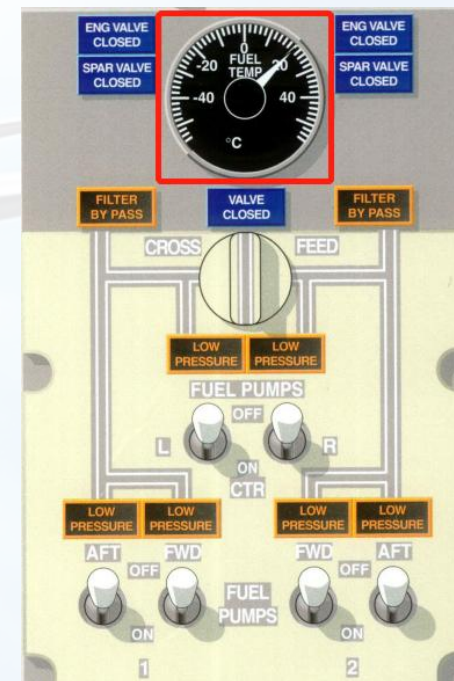
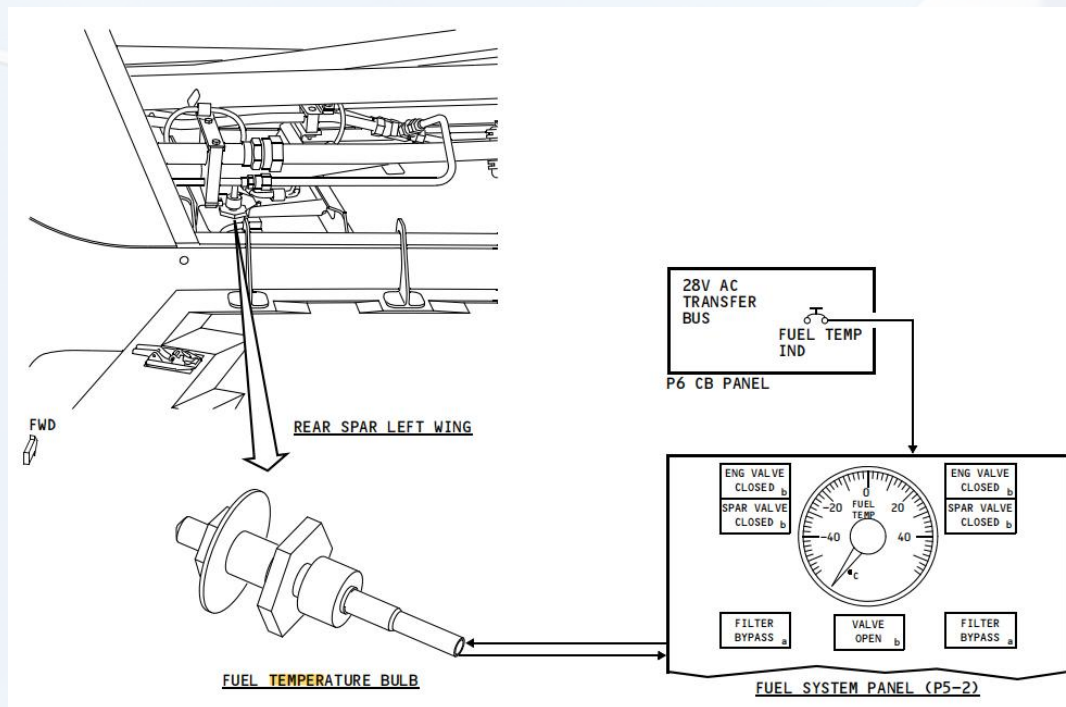
波音B737



空客A320

## 2. 温度指示

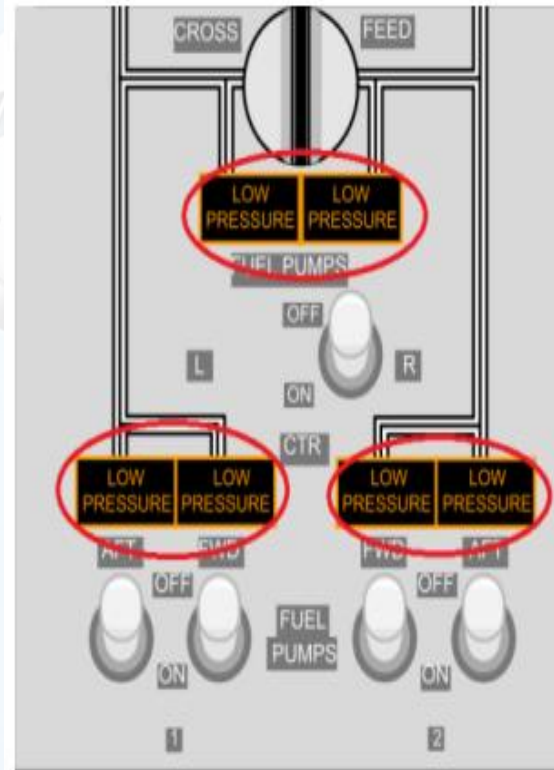
737NG显示1号主油箱燃油温度。燃油温度传感器位于1号主油箱后梁。



737NG燃油温度指示

### 3.压力警告

燃油系统油泵的具体输出压力值通常不需要在驾驶舱进行显示，但是由于油箱中燃油用完或油泵故障等原因导致油泵出口压力降低的情况需要被监控。



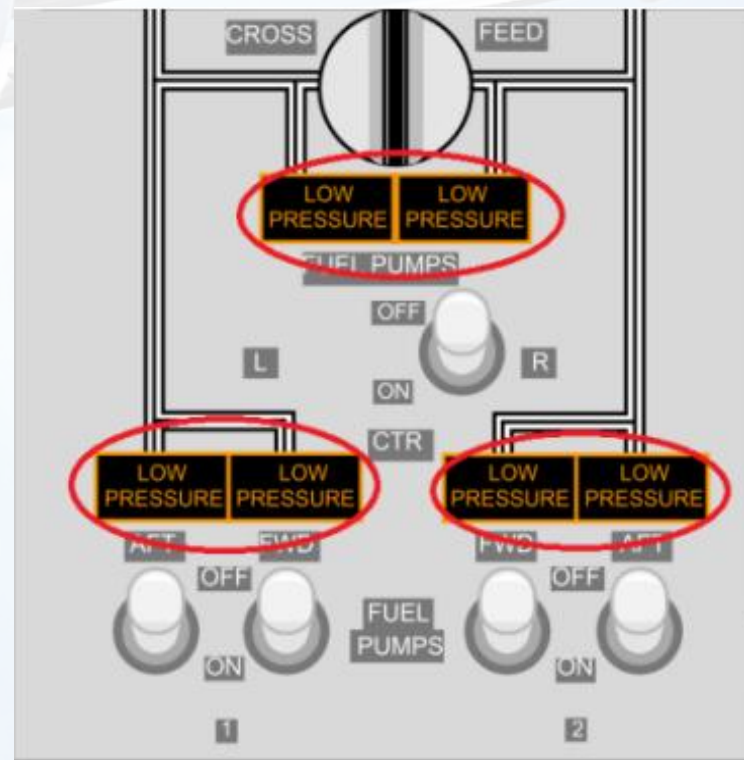
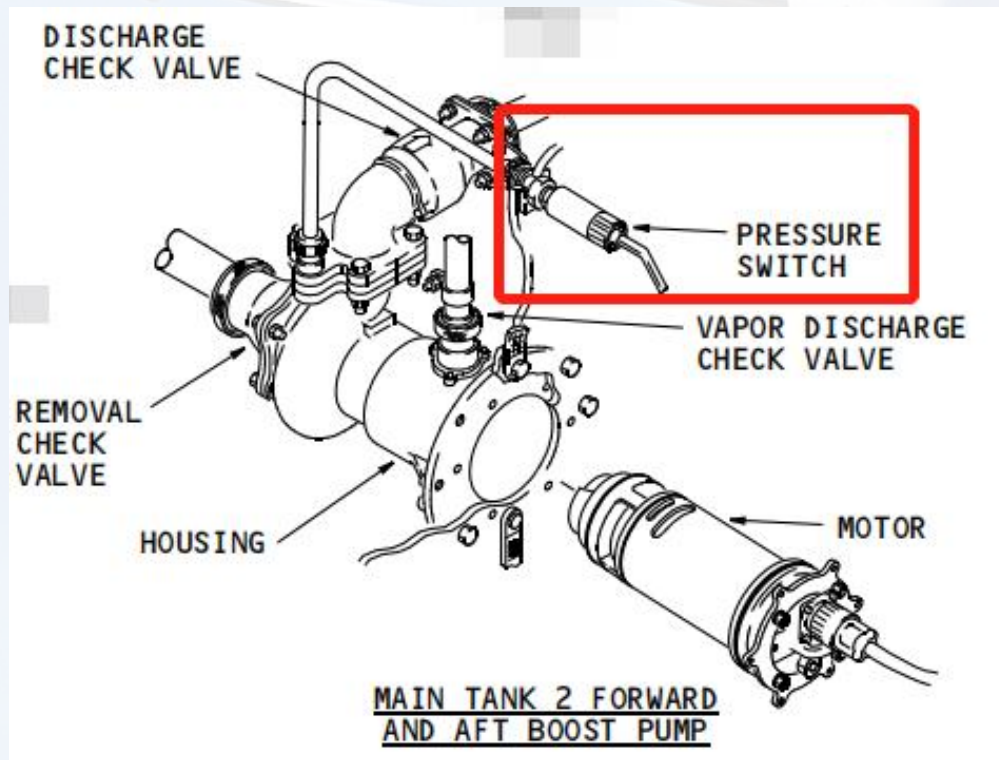
波音B737



空客A320

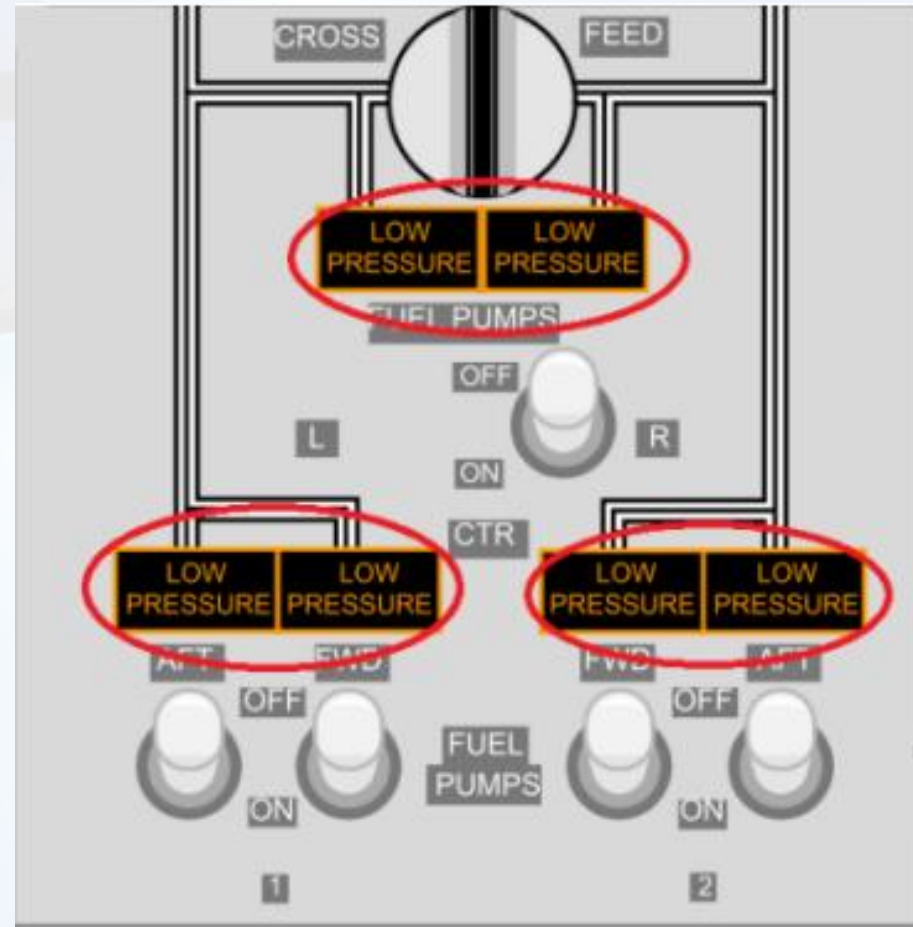
### 3.压力警告

在油泵的出口油路上安装压力电门，用于油泵出口低压时在驾驶舱发出警告。



### 3.压力警告

中央油箱的飞机：中央油箱内的燃油排空后，中央燃油泵出口低压。某些机型的供油逻辑电路会自动关断中央油泵，还有些机型会在驾驶舱发出警告，提示机组或维护人员关断油泵。





小结:



问：燃油量传感器分别有哪些？他们的传感原理是什么？

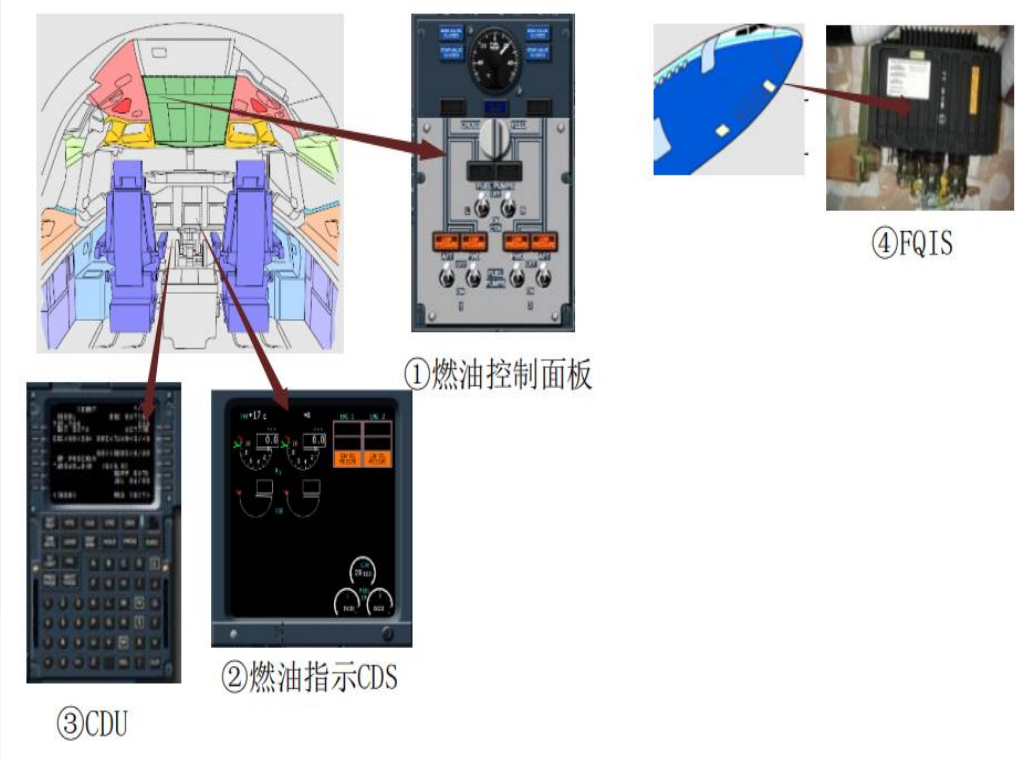
A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background of the slide, showing the fuselage, wings, and engines.

## 3.3.4.6 典型飞机燃油系统维护介绍

# 1. 典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统驾驶舱及电子设备舱部件识别

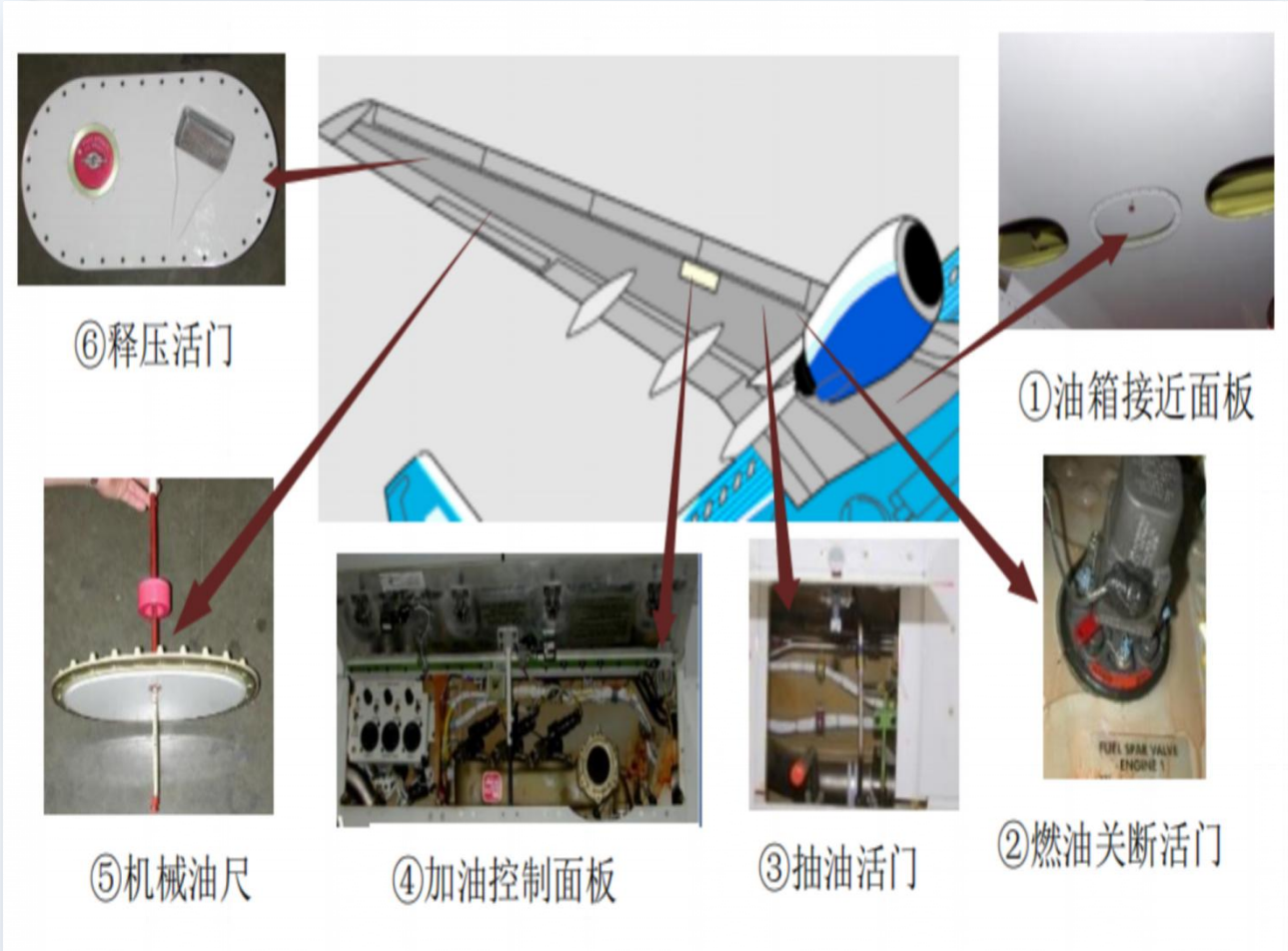


序号	名称	功能
①	燃油控制面板	控制各油箱燃油泵的工作； 指示燃油泵工作状态； 指示燃油温度； 控制交输供油。
②	燃油指示CDS	指示各燃油箱燃油量。
③	CDU	燃油系统自检测试接近面板。
④	FQIS	FQIS 计量油箱中燃油的重量，通用显示系统（CDS）和加油面板指示燃油量。

# 1. 典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统油箱部件识别

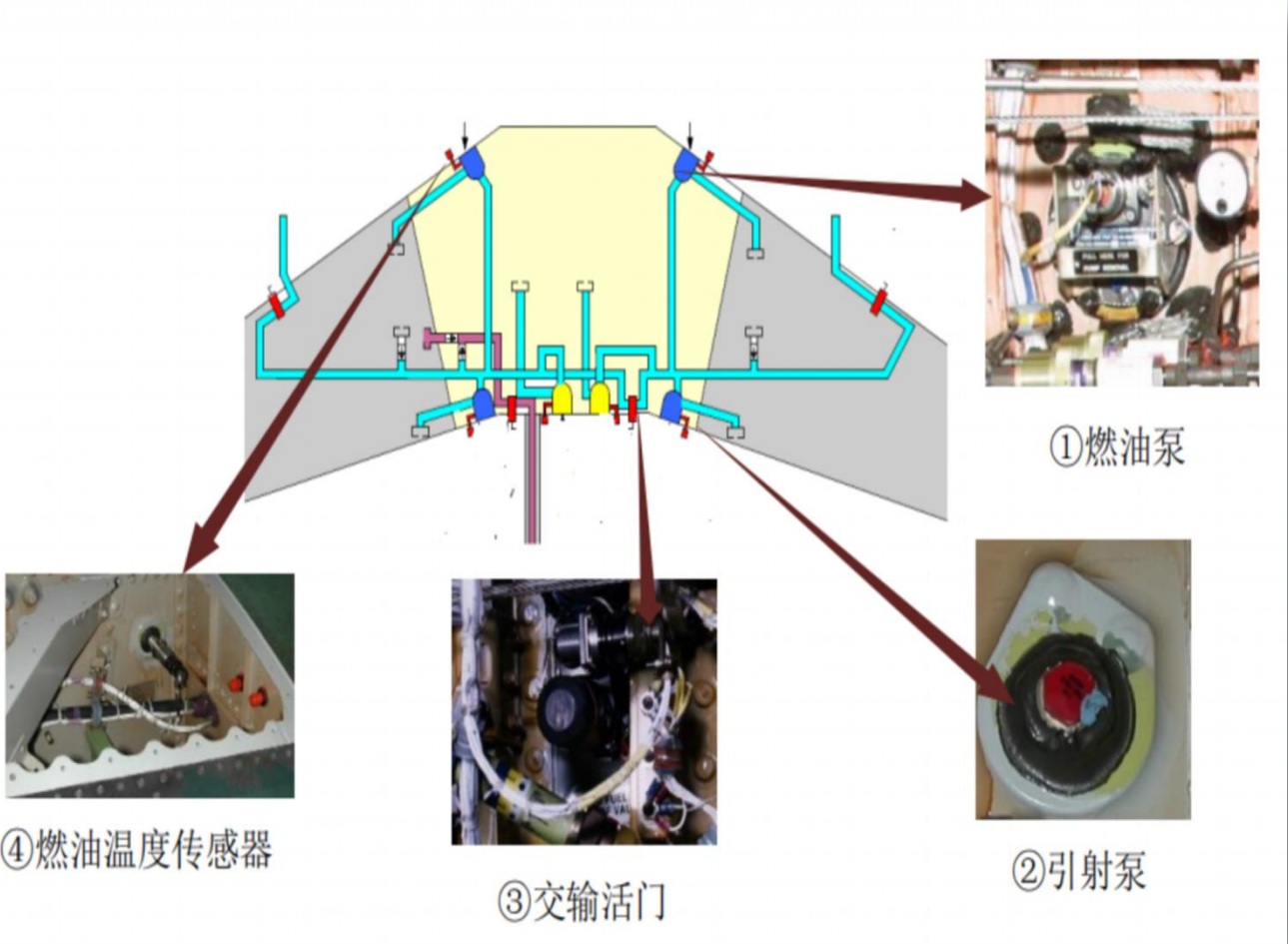


序号	名称	功能
①	油箱接近面板	燃油箱接近面板用一个夹紧环安装在机翼底部蒙皮上，用于接近燃油箱内部。
②	燃油关断活门	发动机燃油关断活门控制向发动机的供油。 发动机起动手柄和防火电门控制发动机燃油翼梁活门。 APU燃油关断活门控制向APU的供油。
③	抽油活门	在油箱抽油或倒油时，该活门人工打开以便抽油和倒油。
④	加油控制面板	所有油箱都可以从右机翼的加油控制面板加油。 加油控制面板包括下列部件： - 加油面板 - 加油总管 - 加油接头 - 加油关断活门（3）
⑤	机械油尺	人工测量燃油量。
⑥	释压活门	在油箱中正压或负压过大时，释压活门可以防止对机翼结构造成损伤。

# 1. 典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统机翼前后梁区域部件识别

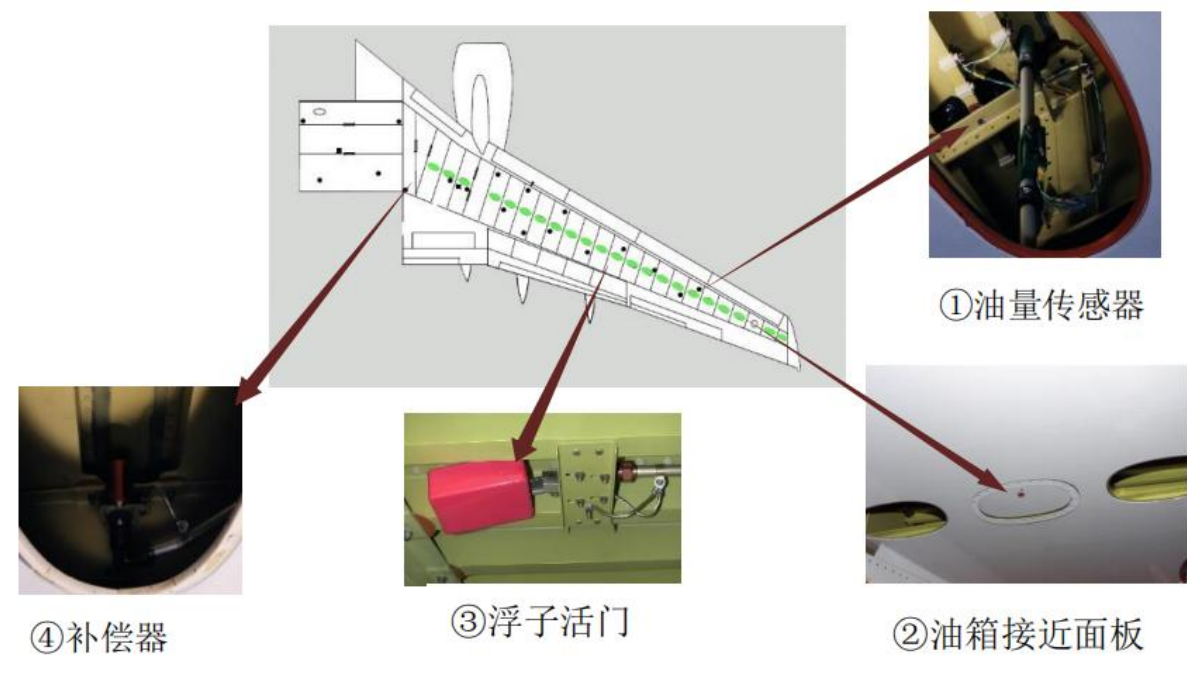


序号	名称	功能
①	燃油泵	左右主油箱增压泵从中央油箱给发动机供油总管供油。 中央油箱增压泵从中央油箱给发动机供油总管供油。
②	引射泵	排水引射泵从每个油箱的最低点排水，以防腐蝕。 中央油箱，1号主油箱和2号主油箱增压泵控制排除水引射泵的操纵。
③	交输活门	油箱油量不平衡时，提供交输供油。
④	燃油温度传感器	测量一号主油箱燃油温度在驾驶舱燃油面板显示。

# 1. 典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统接近面板及油箱内部部件识别



序号	名称	功能
①	油量传感器	油箱组件计量燃油的重量。燃油量处理器给油箱组件提供普通低阻抗激励信号。油箱组件给处理器返送一个高阻抗信号，该信号是与整个油箱的燃油重量成比例的。
②	油箱接近面板	燃油箱接近面板用一个夹紧环安装在机翼底部蒙皮上，用于接近燃油箱内部。
③	浮子活门	飞机巡航和降落阶段，浮子活门打开，保持通气油箱和主油箱之间的气压平衡。
④	补偿器	补偿器修正燃油比率的偏差。燃油量处理器组件给每个补偿器提供低阻抗信号。补偿器给处理器返回一个高阻抗信号。该信号与燃油的电容成比例。

# 1.典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统排水活门部件识别



序号	名称	功能
①	排水活门	排水活门用于排出各油箱 - 水沉淀 - 油箱余油 - 杂质
②	中央油箱排水活门	排水活门用于排出中央油箱 - 水沉淀 - 油箱余油 - 杂质

# 1.典型飞机燃油系统部件识别

## 1) 飞机燃油系统部件识别

### 飞机燃油系统NGS部件识别



序号	名称	功能
①	ASM空气分离组件	把空气中氧气分离, 使空气变为富氮空气。
②	气滤	过滤空气中的杂质, 净化空气。
③	高流活门	模式一: 为中央油箱提供低流量富氮空气。 模式二: 为中央油箱提供高流量富氮空气。
④	BDU自检组件	为NGS系统提供自检。
⑤	可用性指示器	G绿灯-正常 ; B蓝灯-降级使用, 记录但不需维护; A橙色-系统失效, 不能工作; 灯全灭-指示器故障, 需BDU自检故障代码。

### 3.3.4.6 典型飞机燃油系统维护介绍

**小结：**

用航空器或2D进行识别。

## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

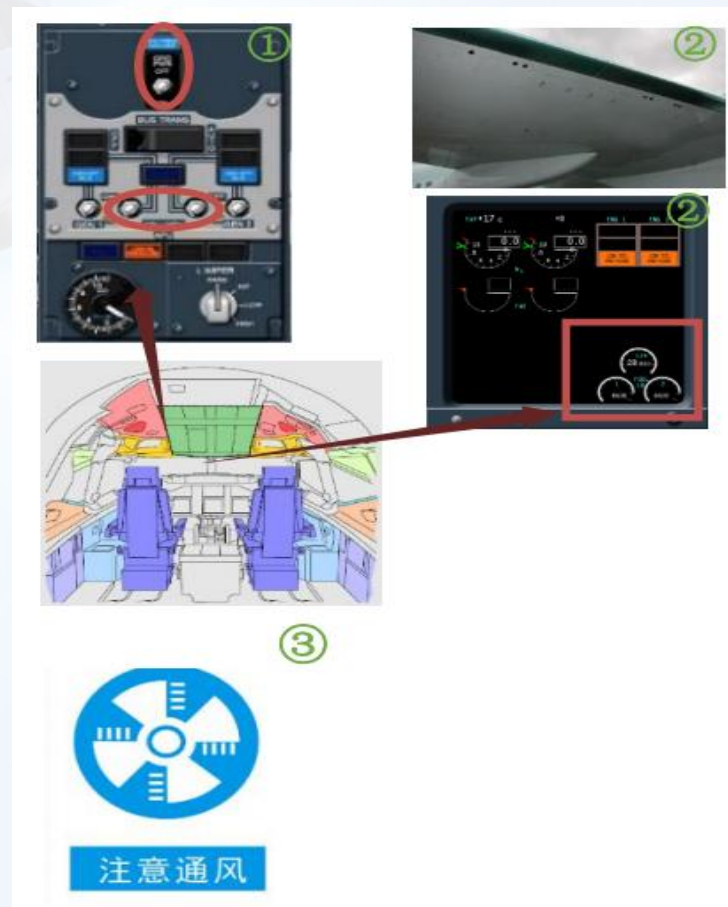
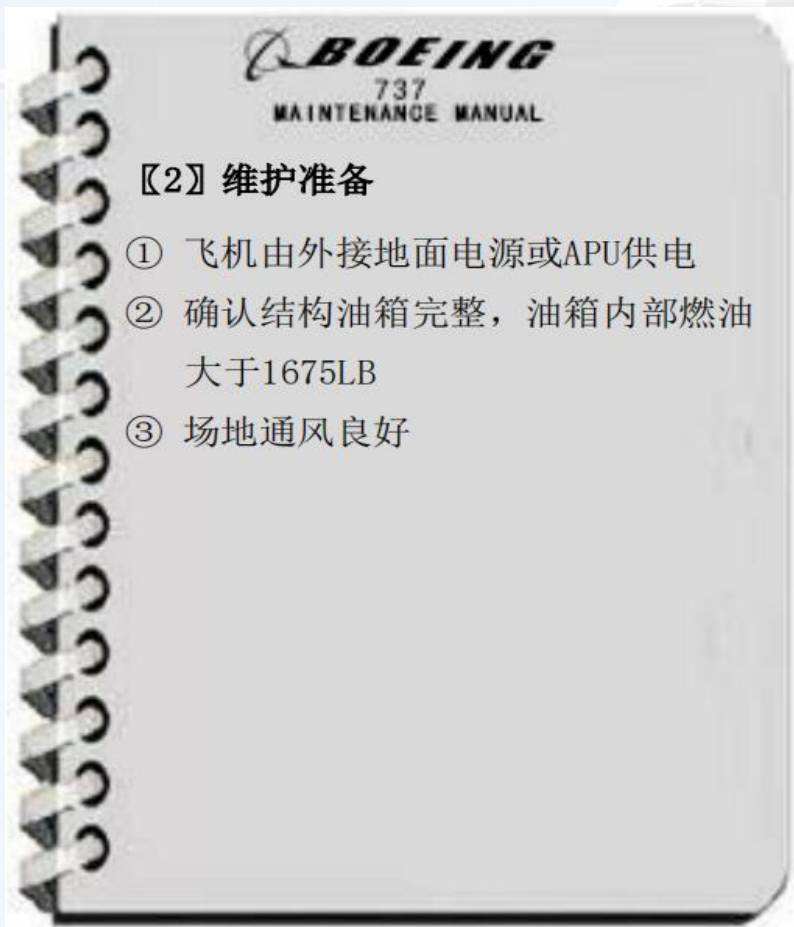
油箱燃油泵接通操作



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

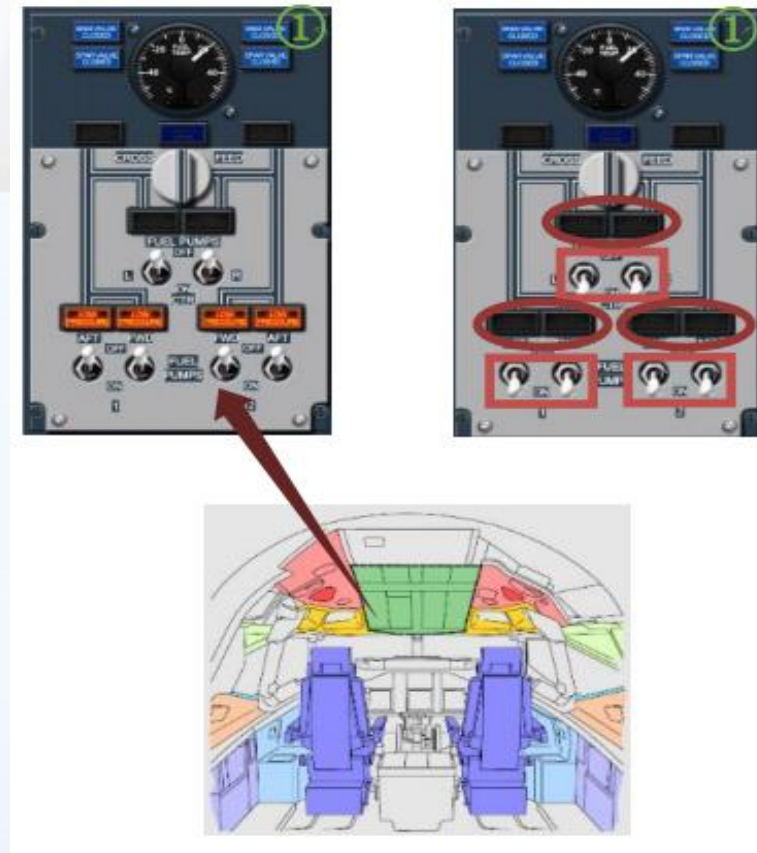
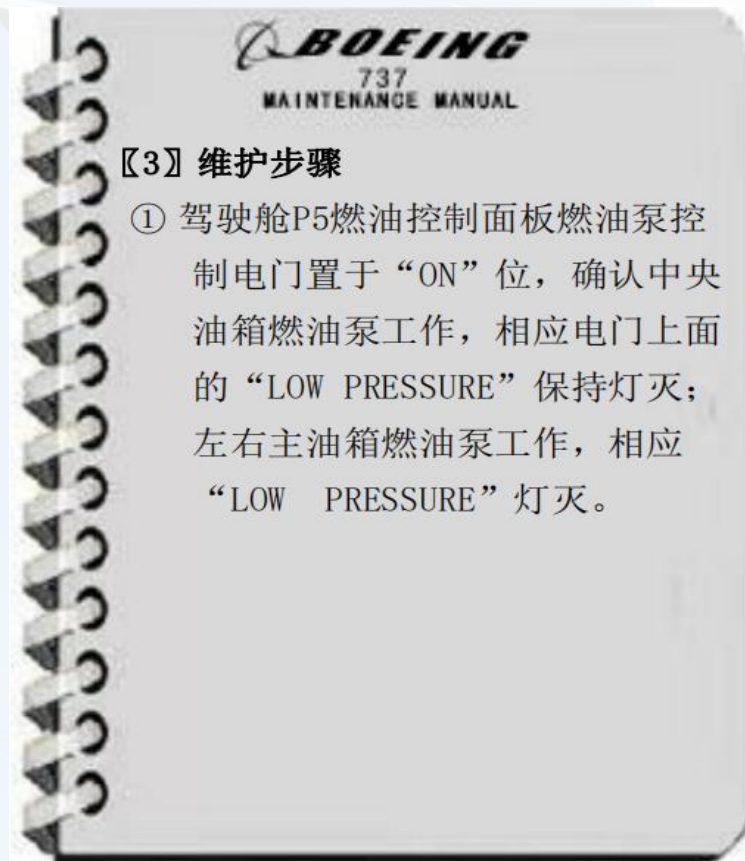
#### 油箱燃油泵接通操作



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

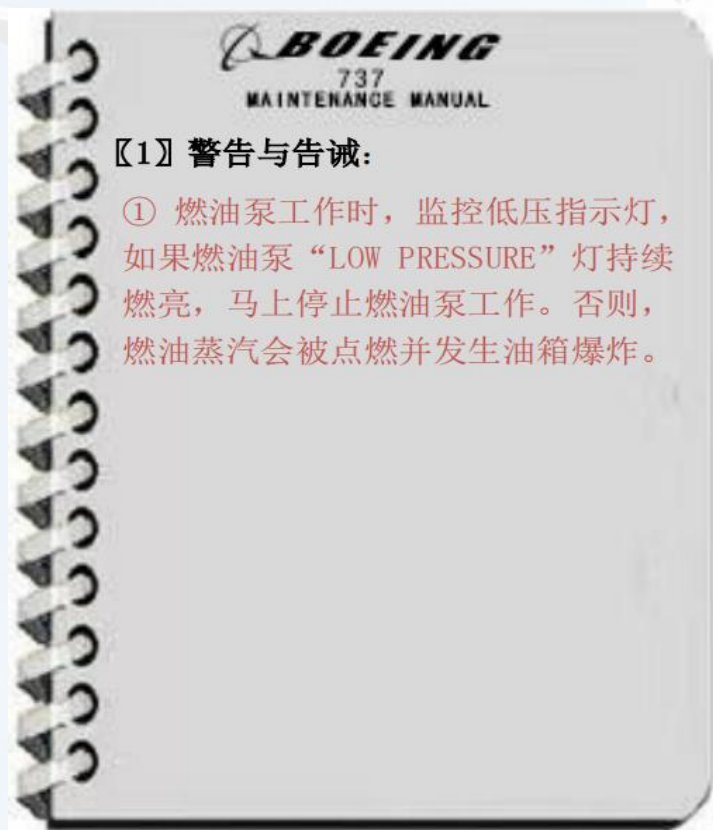
#### 油箱燃油泵接通操作



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

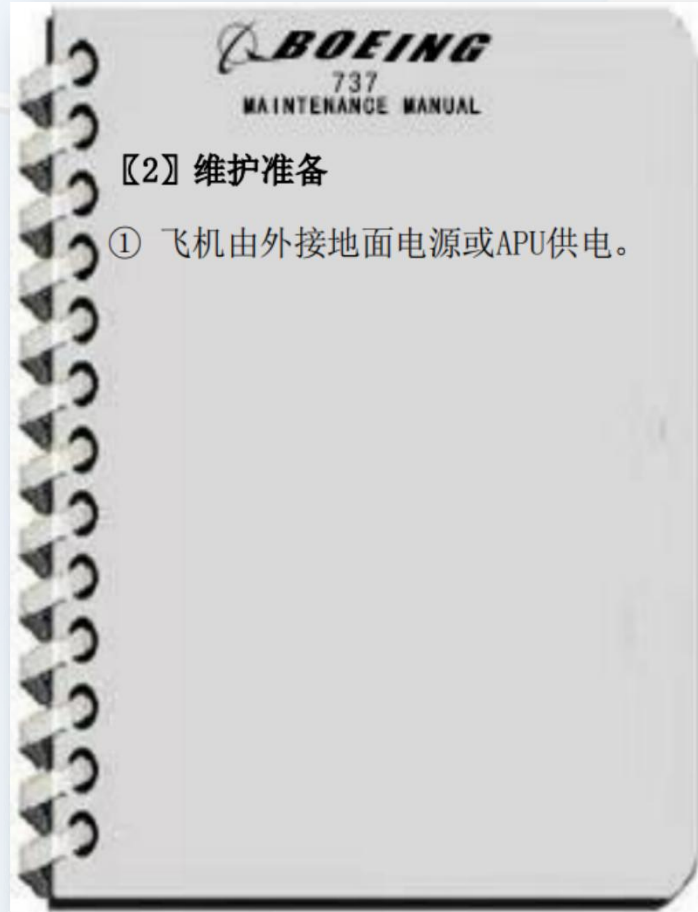
#### 飞机倒油操作 (N01油箱倒油至N02油箱)



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

#### 飞机倒油操作 (NO1油箱倒油至NO2油箱)



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

#### 飞机倒油操作 (N01油箱倒油至N02油箱)

**BOEING**  
737  
MAINTENANCE MANUAL

【3】维护步骤

- ① 驾驶舱交输活门打开，确认交输活门位置指示灯为暗亮。2号主油箱加油活门打开。1号油箱燃油泵控制电门设置在“ON”位。确认1号主油箱“LOW PRESSURE”灯灭，燃油泵工作。
- ② 在P19加油面板把二号油箱加油活门打开，活门位置指示灯亮。
- ③ 人工打开抽油活门。
- ④ 监控1号油箱燃油量，到目标值或“LOW PRESSURE”灯亮后关闭燃油泵。



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

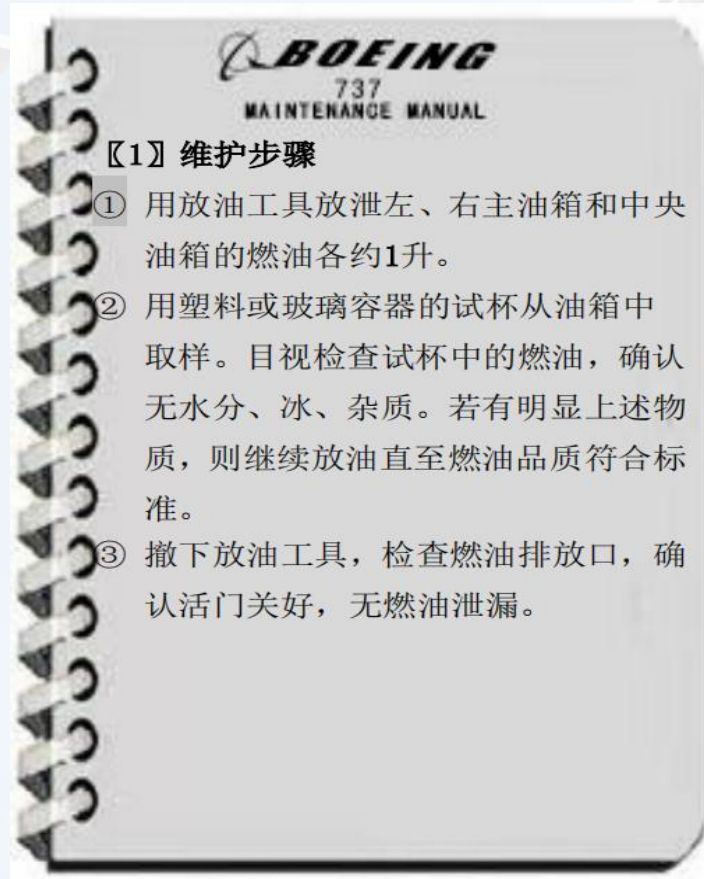
#### 飞机燃油放沉淀操作



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

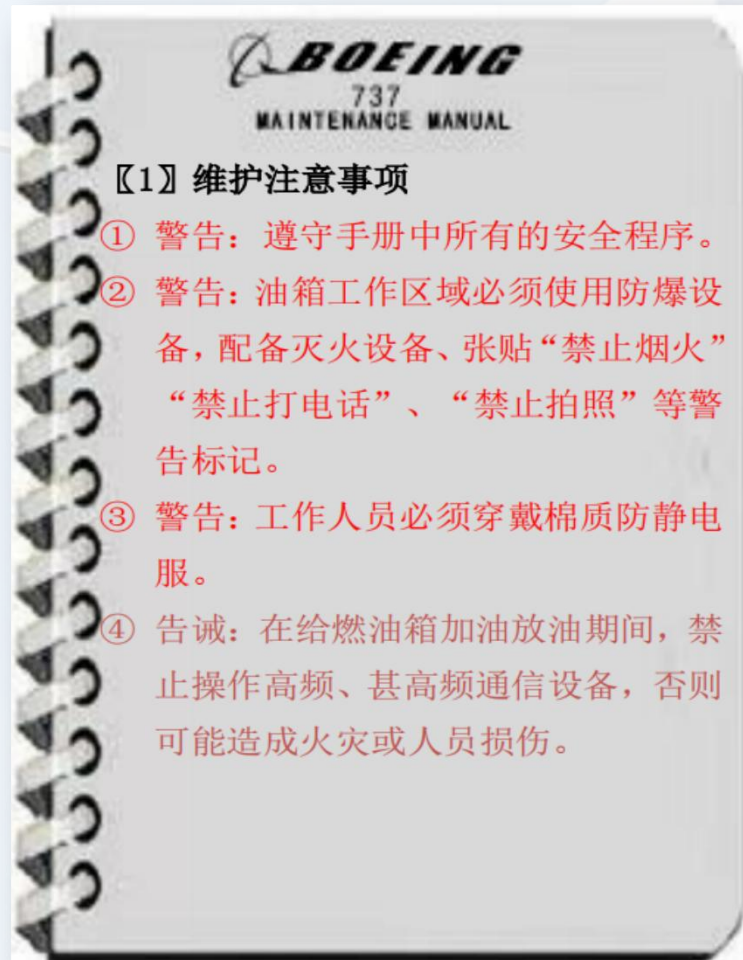
### 1) B737NG飞机燃油系统常见维护工作

#### 飞机燃油放沉淀操作



## 2.典型飞机燃油系统常见维护及安全注意事项

### 2) B737NG飞机燃油系统维护安全注意事项



小结:

问: 燃油系统维护安装注意事项





**感谢聆听，欢迎指正**