



# M3.3.12 飞机防冰排雨

## 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	2021.02.05	单展	修订课件	谈海军 /2021.02.23	张玉 /2021.02.24
R2	2021.06.21	杜泽旭	修订课件	谈海军 /2021.06.21	张玉 /2021.06.21
R3	2021.08.21	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，掌握防冰排雨在航空器中的作用及系统原理。并能识别防冰排雨的部件。
<b>要求</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 掌握除防冰系统原理和结构。</li><li>2. 掌握排雨系统原理和结构。</li><li>3. 掌握系统部件的识别。</li></ol>

## 课程安排:

序号	内容	课时	试题数量
1	飞机除防冰系统	3H	3
2	飞机排雨系统	1H	1
3	典型飞机的防冰排雨系统维护介绍	1H	1

# 目录

3.3.12.1 飞机除防冰系统

3.3.12.2 飞机排雨系统

3.3.12.3 典型飞机的防冰排雨系统维护介绍



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

# 3.3.12.1 飞机除防冰系统

# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 1) 冰的形成

飞机结冰是指飞机机体表面某些部位聚集冰层的现象。



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 2) 飞机结冰的危害

- ① 改变飞机气动性能，增加阻力，减少升力
- ② 增加飞机重量
- ③ 影响操纵面作动
- ④ 导致仪表误差
- ⑤ 发动机外来物损失，喘振
- ⑥ 影响机组视线

冰雨对飞机的负面影响	
机翼结冰	破坏气动外形
	增加飞机重量
发动机结冰	进气道流场改变，引起发动机喘振
螺旋桨结冰	一般位于桨叶根部，导致螺旋桨效率降低
	不规则结冰导致不规则振动，发动机固定架变形损坏
大气数据探头结冰	空速、高度数据错误，导致机组错误操作
风挡结冰或有雨水堆积	影响机组视线，可能导致严重后果
水系统结冰	水管爆裂，无法继续使用

# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 2) 飞机结冰的危害



典型飞机机翼前缘结冰

# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 2) 飞机结冰的危害

2004年11月21日，中国东方航空云南公司CRJ200飞机执行包头-上海航班，飞机起飞后在机场附近坠毁，造成55人遇难。

飞机前一晚在包头过夜，起飞前未进行地面除冰雪霜工作，造成飞机起飞后出现失速，最终坠毁。

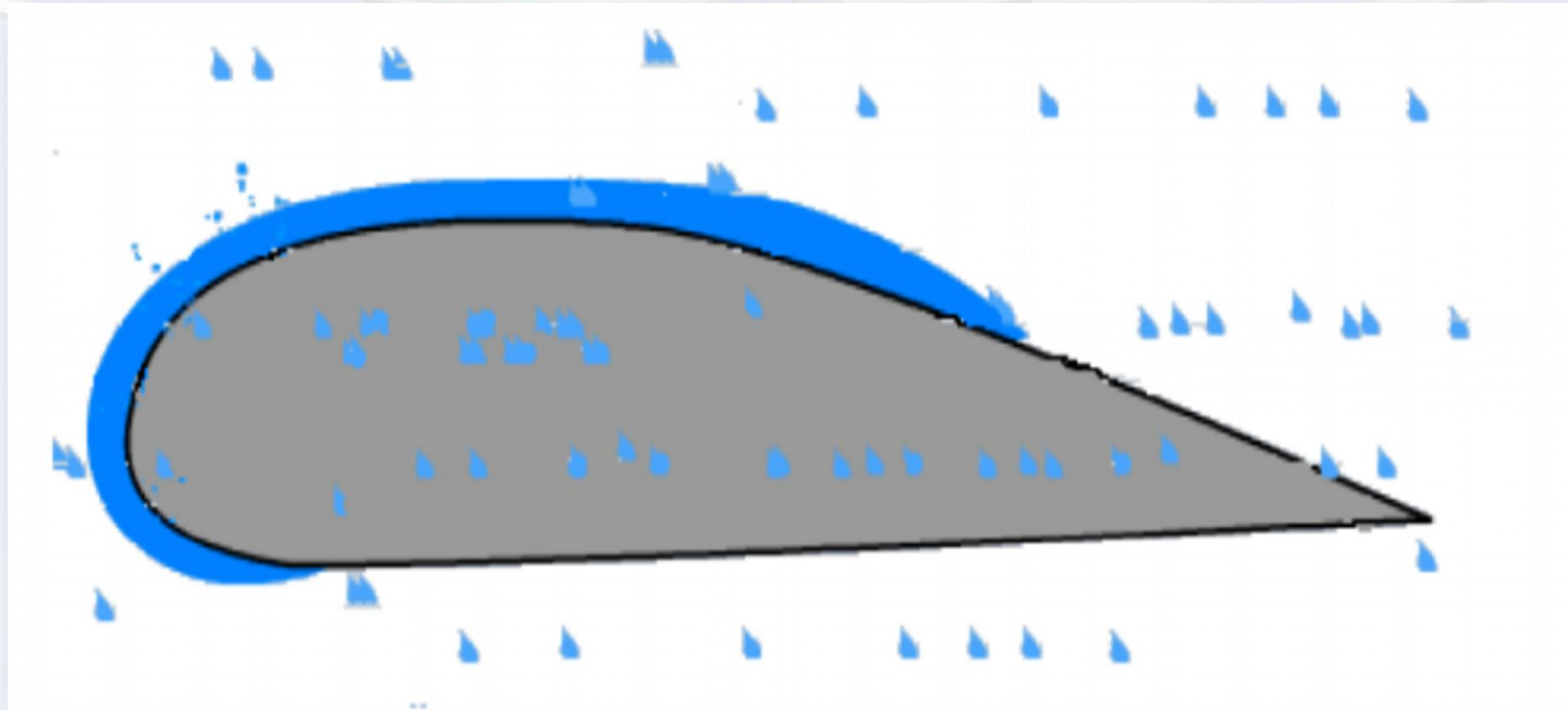


# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 3) 结冰对飞机性能的影响举例

下面以机翼举例来详细说明结冰对飞机性能的影响：

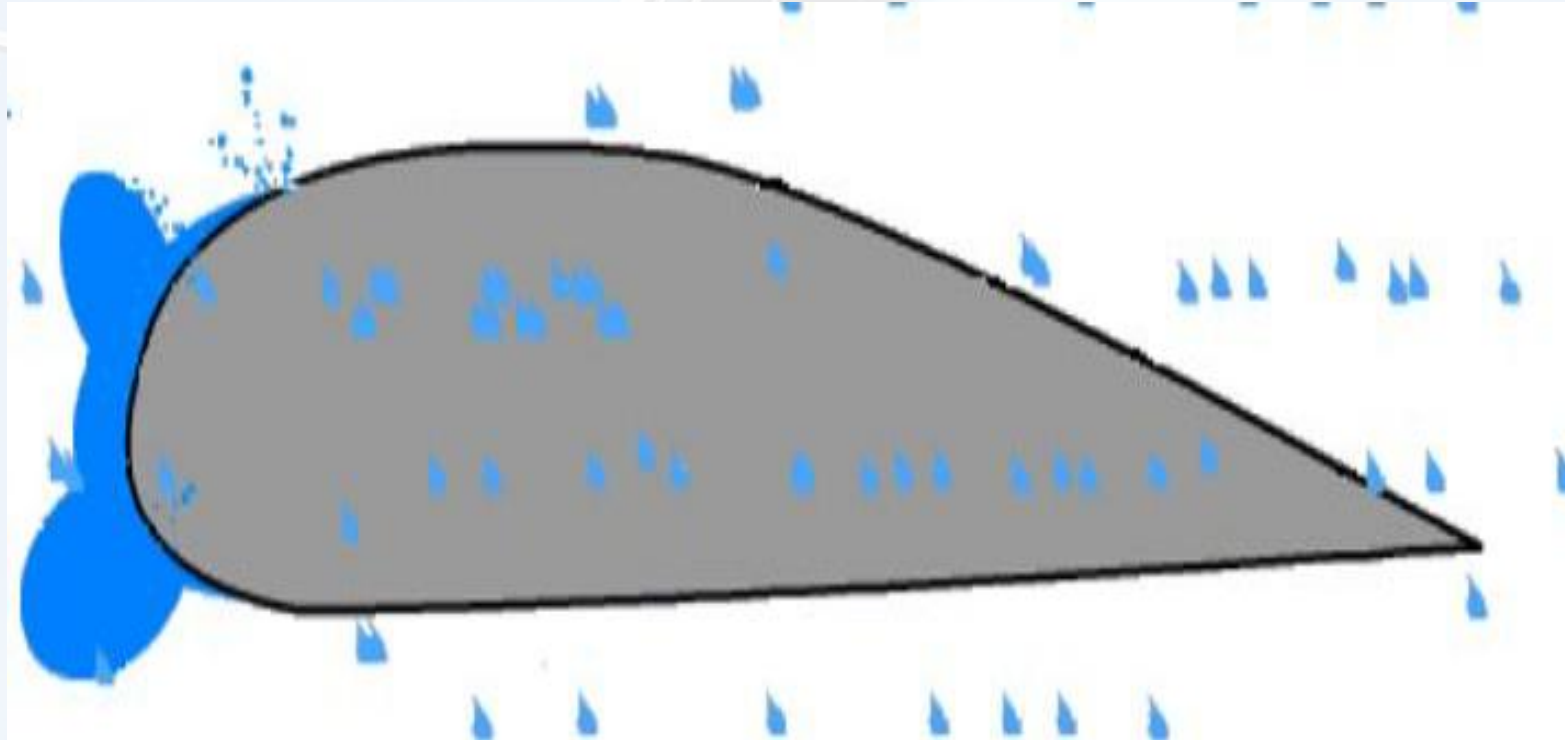
### 透明冰形成



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 3) 结冰对飞机性能的影响举例

霜冰形成



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 3) 结冰对飞机性能的影响举例

透明冰和霜冰可以同时出现，  
对飞机会产生负面影响：

- ① 降低升力
- ② 增加重量
- ③ 增加阻力



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

- 概述

考虑到发动机性能和经济性的因素，部分除冰系统不会一直处于工作状态（例如：利用发动机热引气的防冰系统）。于是为保证飞行安全，机组需要及时知悉飞机进入结冰运行区，以便及时飞离或启动除冰系统。因此，获得准确的结冰探测信号就变得非常重要。现代民航客机一般通过不同类型的结冰探测器来获知结冰信息。

结冰探测器分为直观式和自动式两类。

自动式正常有：振荡式、压差式、放射性同位素式

# 1.冰的形成与危害、结冰探测

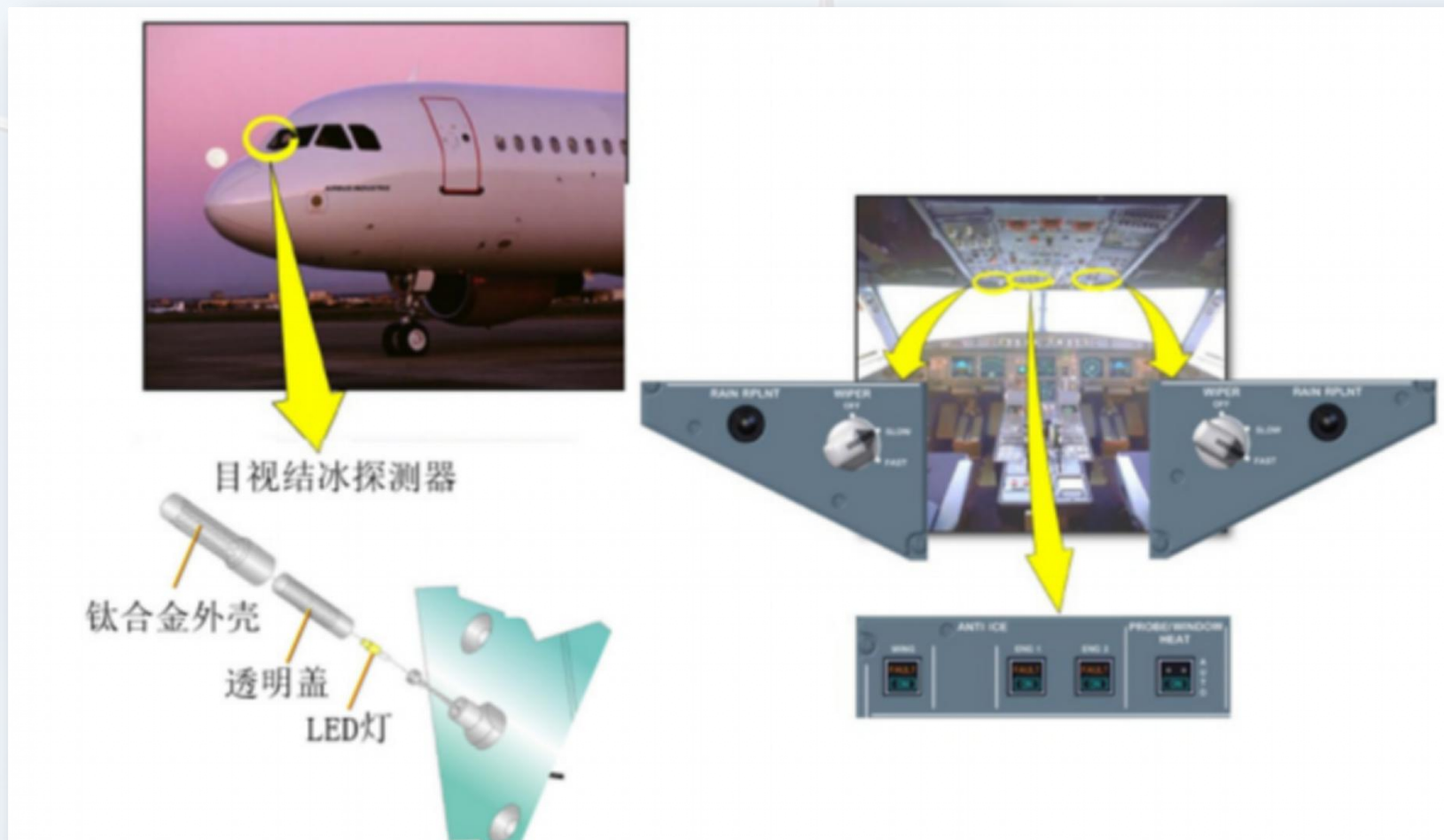
## 1) 目视结冰探测器

目视结冰探测器也称作探冰棒，其结构简单，一般安装在机外易被飞行员观察到的地方，部分探冰棒安装有照明灯便于夜间观察。



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

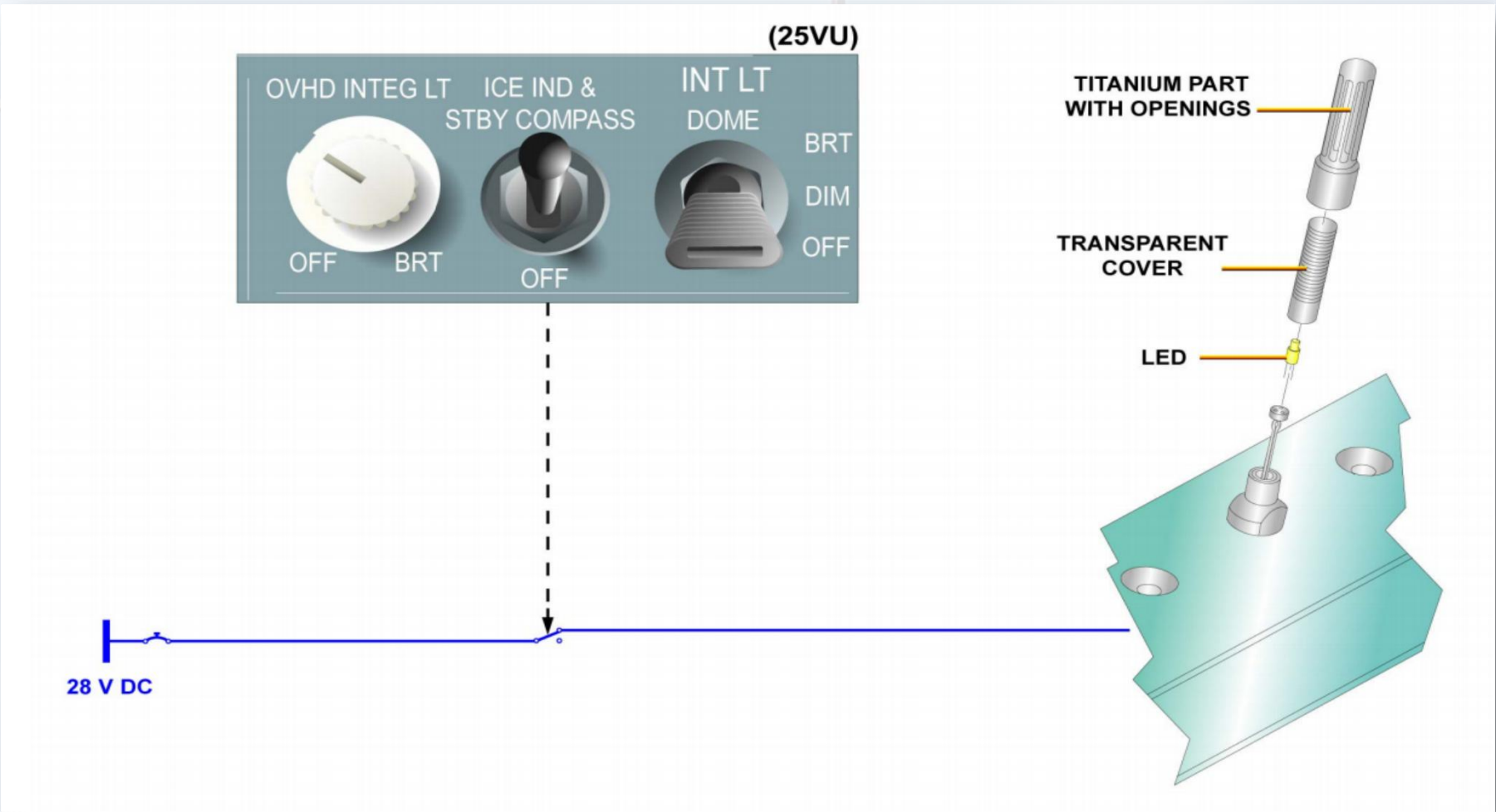
## 1) 目视结冰探测器



直观式结冰信号器

# 1.冰的形成与危害、结冰探测

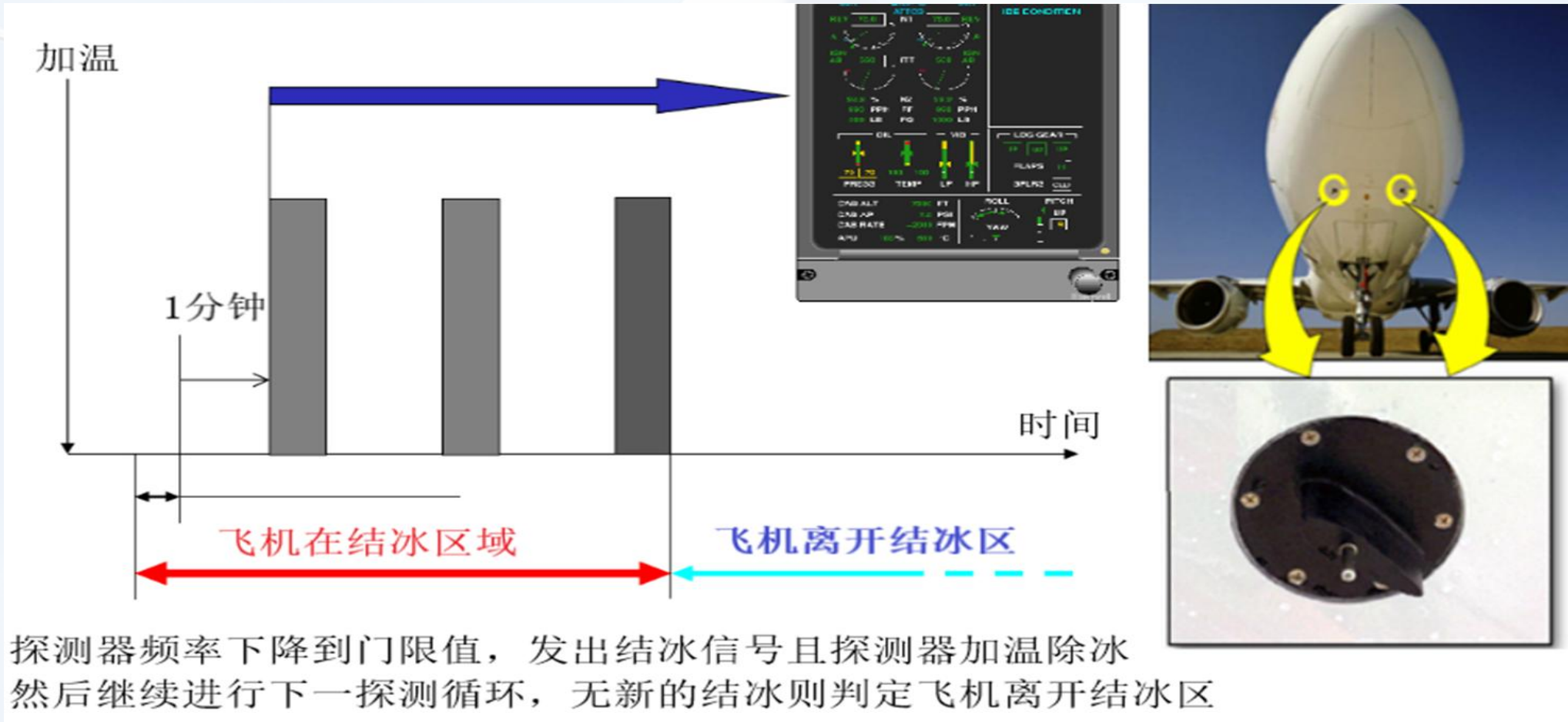
## 1) 目视结冰探测器



320飞机目视结冰探测器

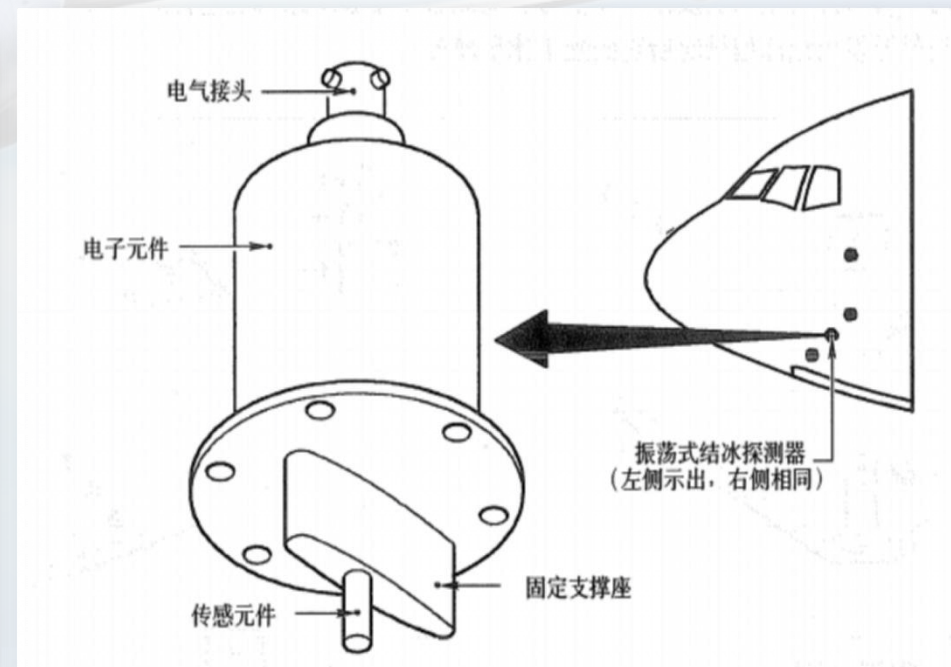
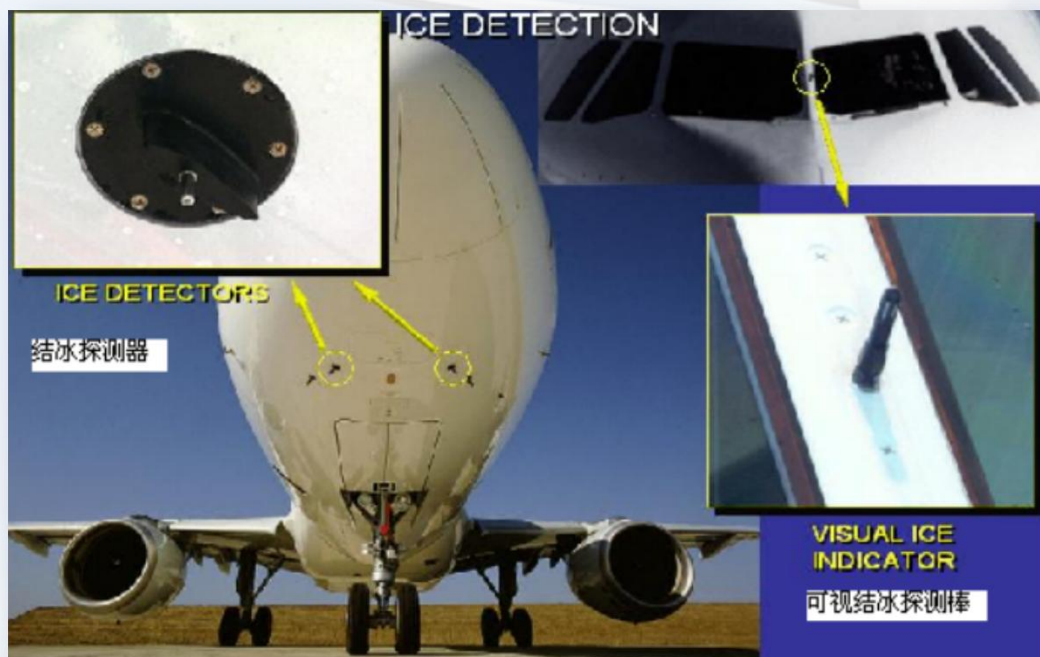
# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 2) 电子式结冰探测器（振荡式）



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

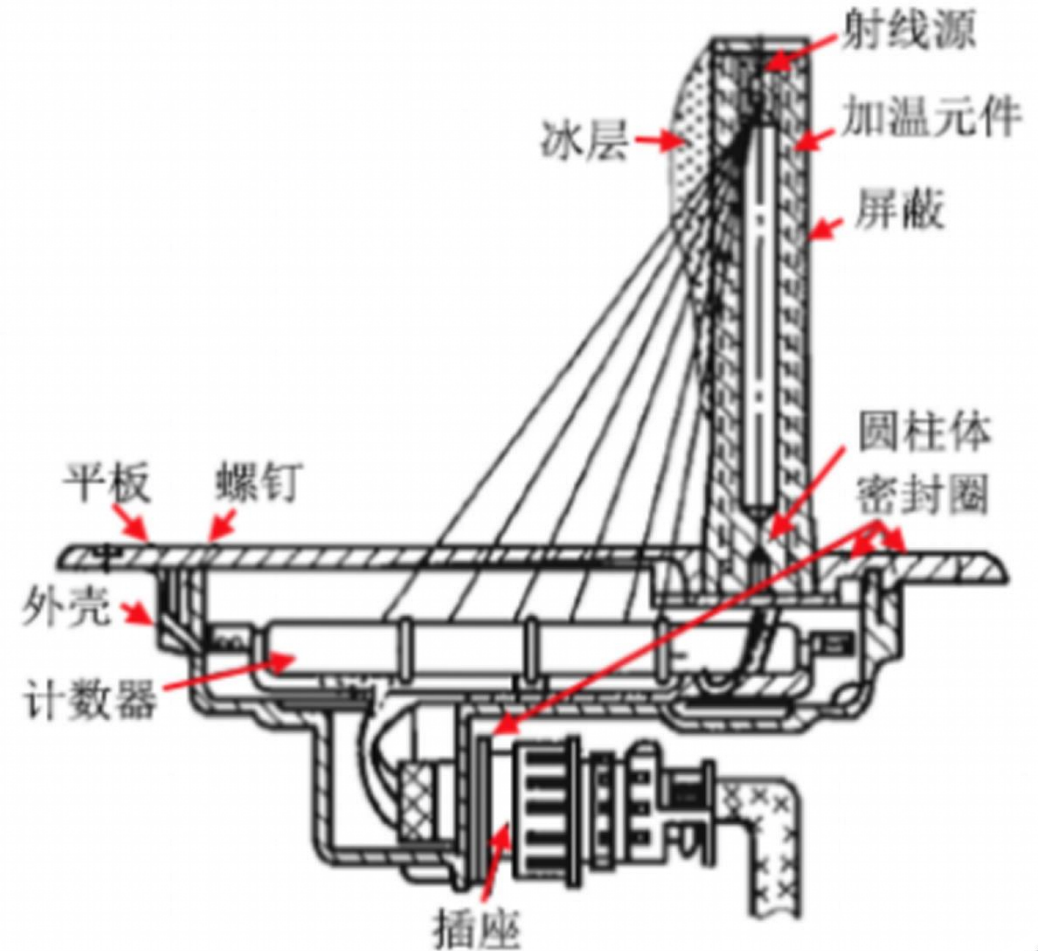
## 2) 电子式结冰探测器（振荡式）



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

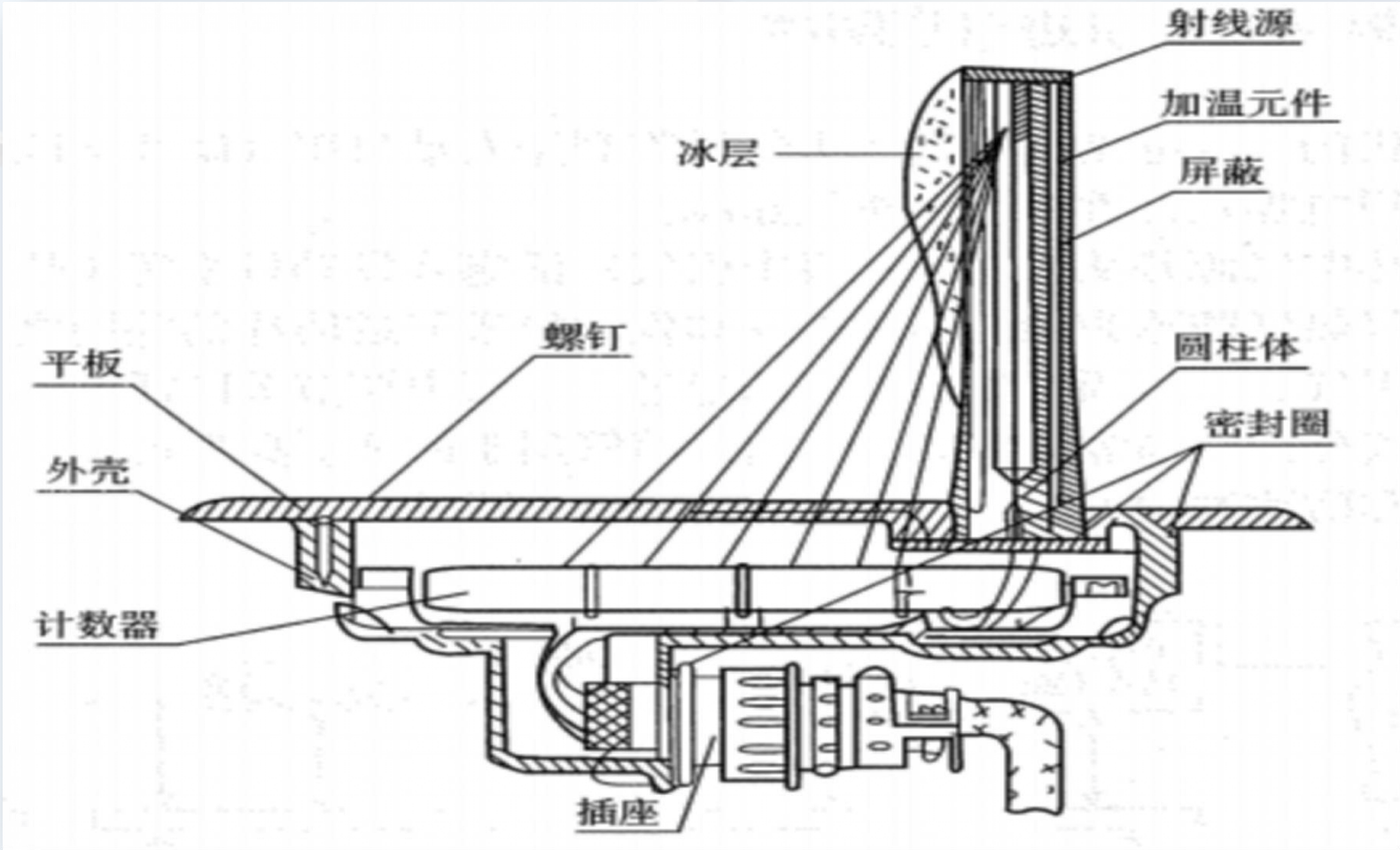
## 3) 放射性同位素结冰探测器

**组成：**放射性同位素结冰探测器的**核心元件**是放射源和计数器，除此之外还有加温元件、屏蔽罩、圆柱体、平板、外壳和电插座等。



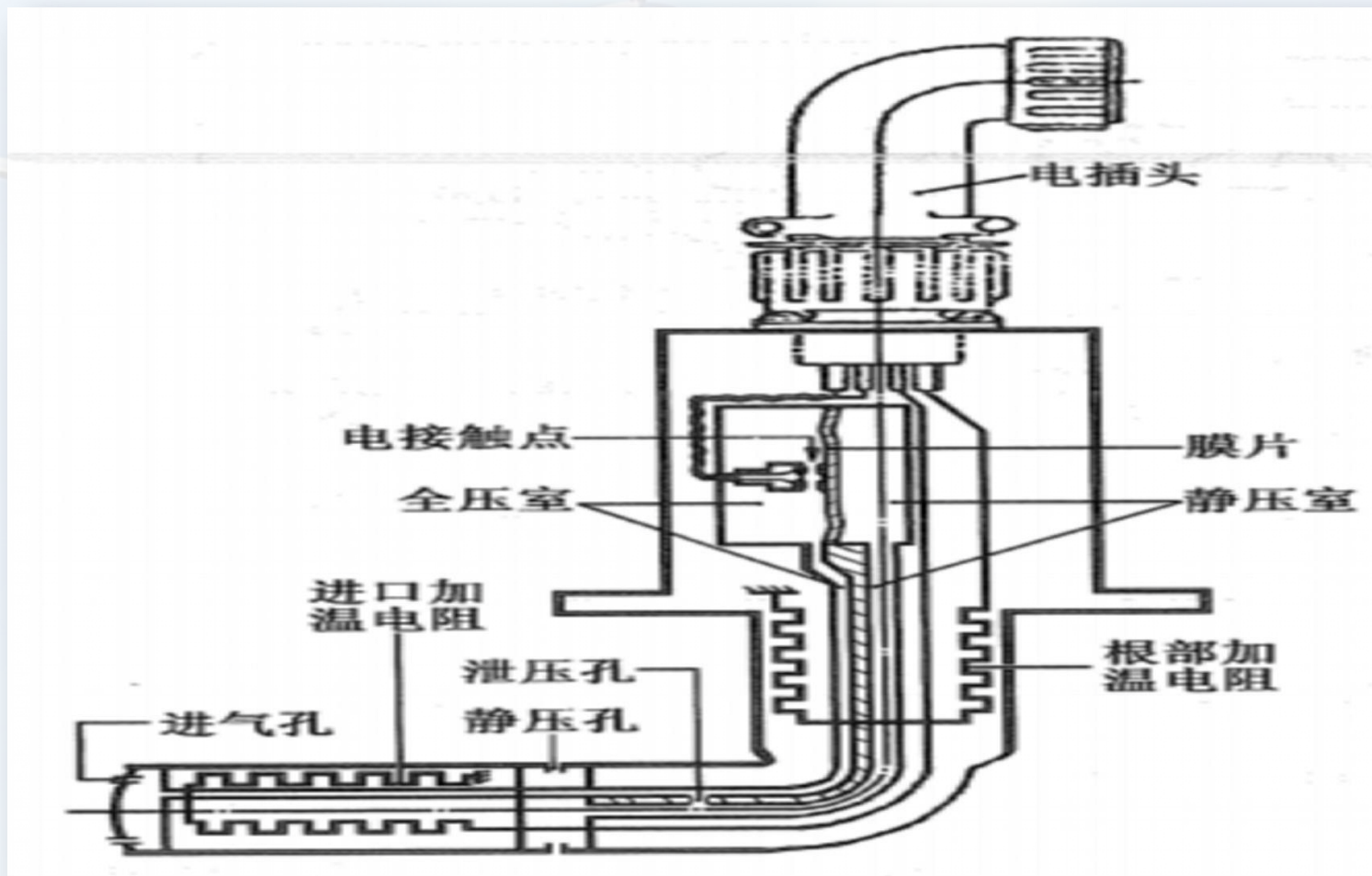
# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 3) 放射性同位素结冰探测器



# 1.冰的形成与危害、结冰探测

## 4) 压差式结冰探测器



## 小结:

1. 冰的形成机理，结冰造成的危害（性能衰减、不同位置的影响）；
2. 目视结冰探测器的位置、探测原理；
3. 电子式结冰探测器的工作原理；
4. 放射性同位素结冰探测器的组成结构和工作原理。

## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

飞机除防冰通常包括以下五种方法：

- ① 热引气除防冰
- ② 电加热防冰
- ③ 机械能除冰
- ④ 液体除防冰
- ⑤ 电脉冲防冰



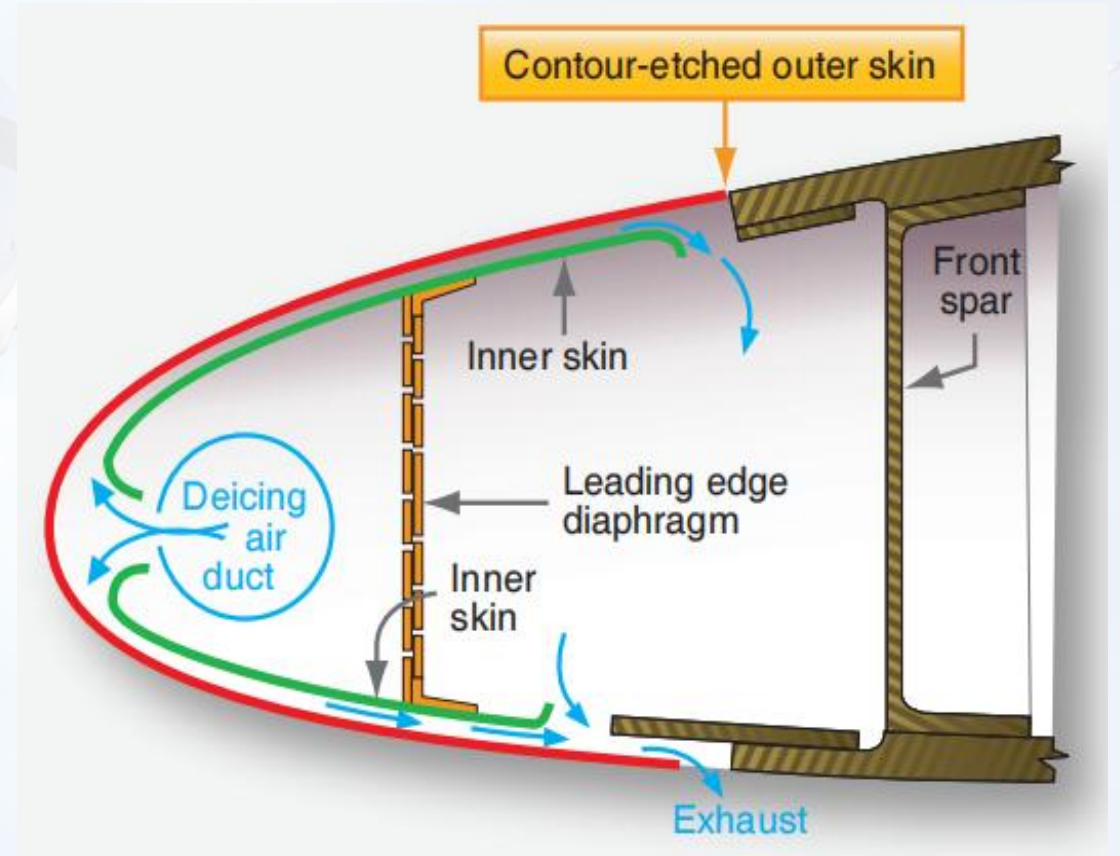
## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 1) 热引气除防冰

优点：热源充足，常用于大面积区域的防冰。

涡扇发动机飞机会从压气机进行引气，一般用于大翼前缘、水平安定面前缘及发动机进气道唇口防冰。

活塞式飞机一般使用发动机排气的热交换器产生的热空气进行防冰。

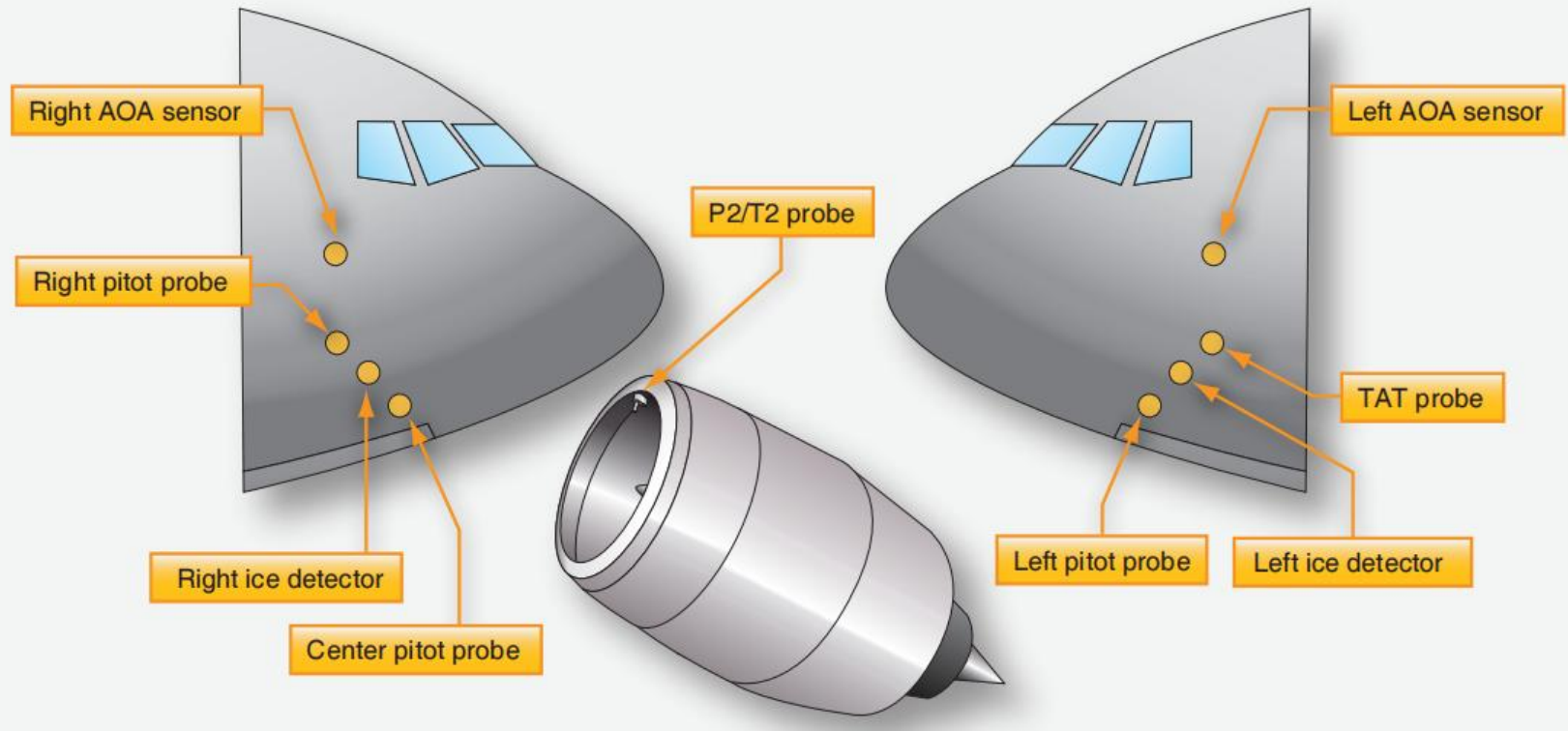


## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 2) 电加热防冰

电加热防冰通过加热元件通电，将电能转化为热能予以防冰。

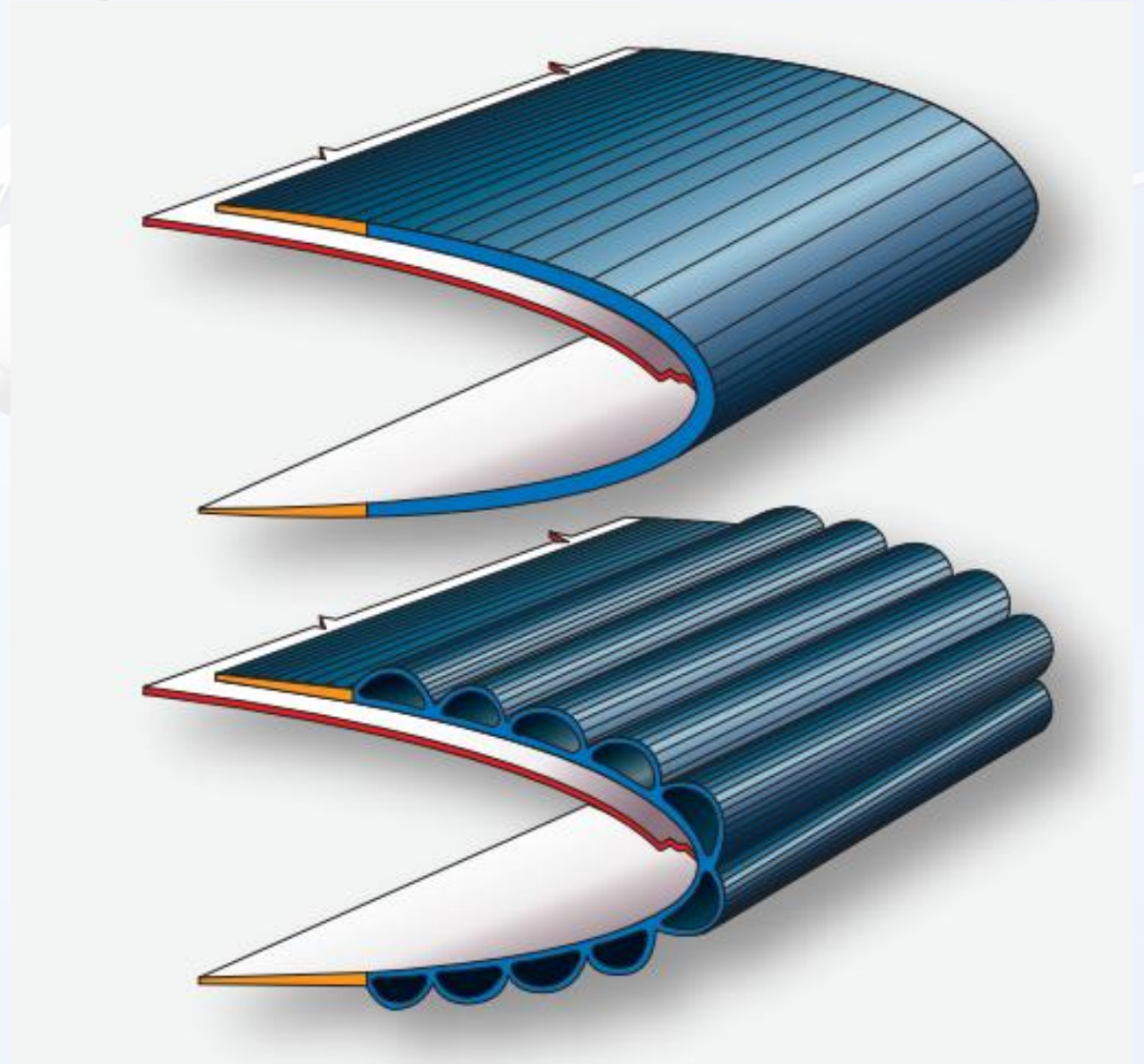
电加热防冰主要用于不允许结冰而且耗电功率不大的部件，如大气数据探头、水系统和风挡等。



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

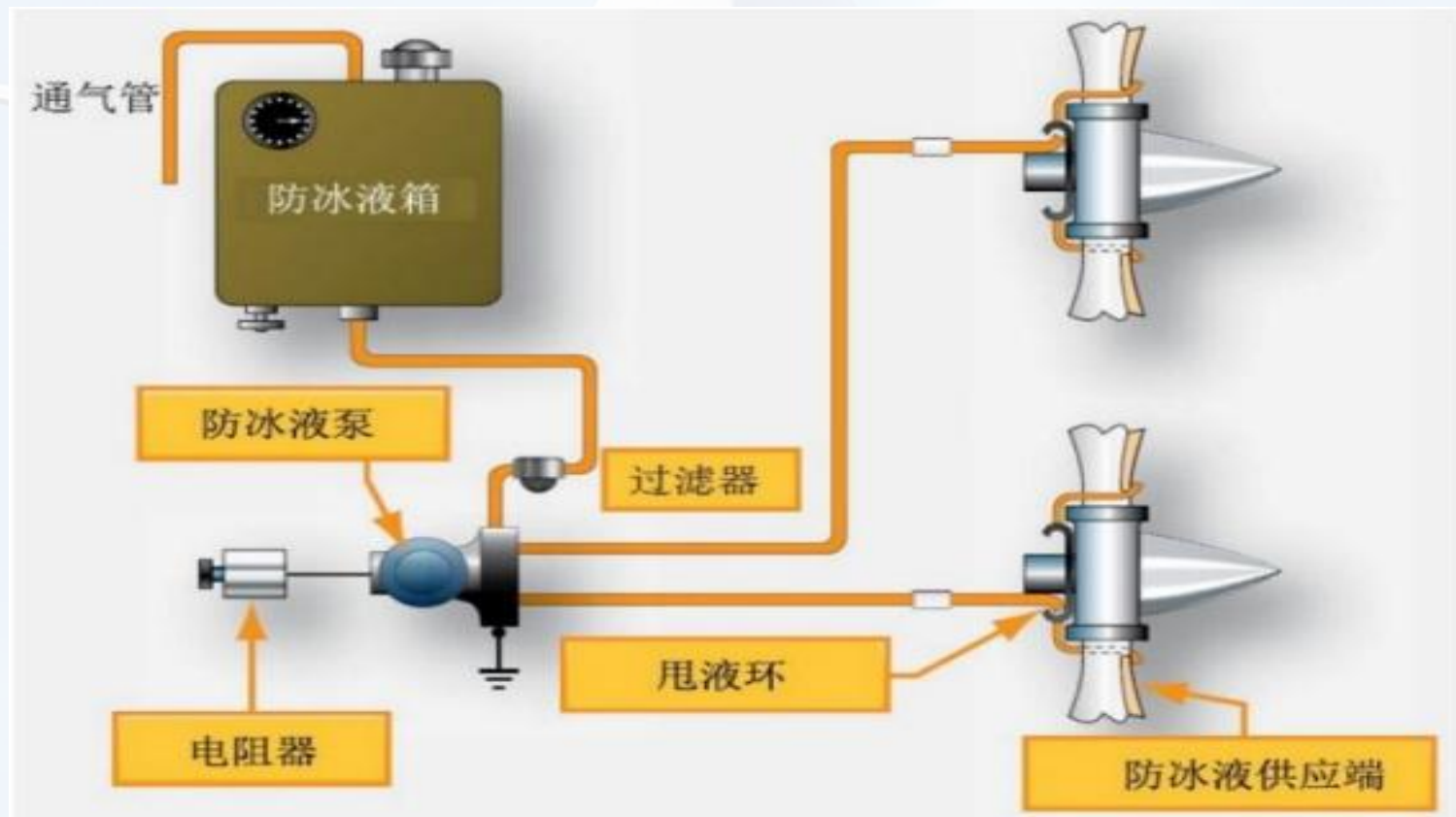
### 3) 机械能除冰

机械能除冰系统也称之为  
气动带除冰或者膨胀管除冰。



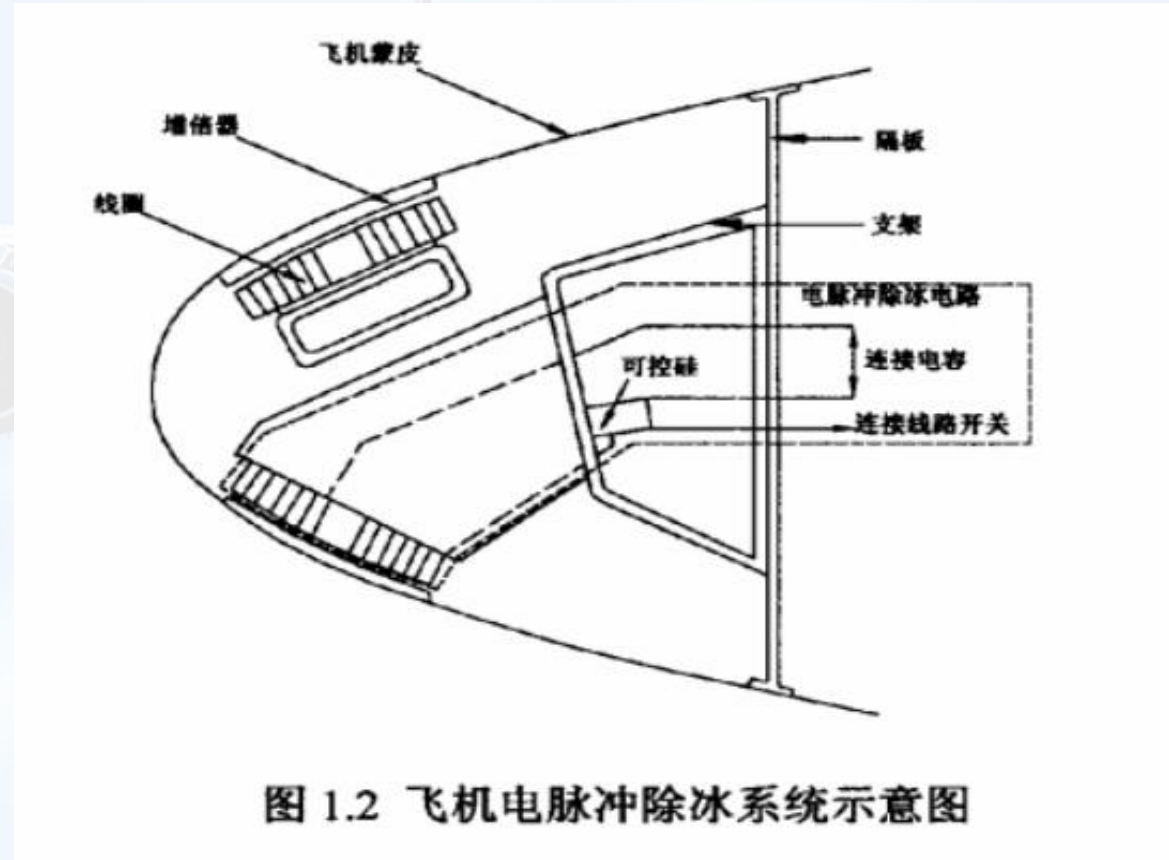
## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 4) 液体防冰



## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

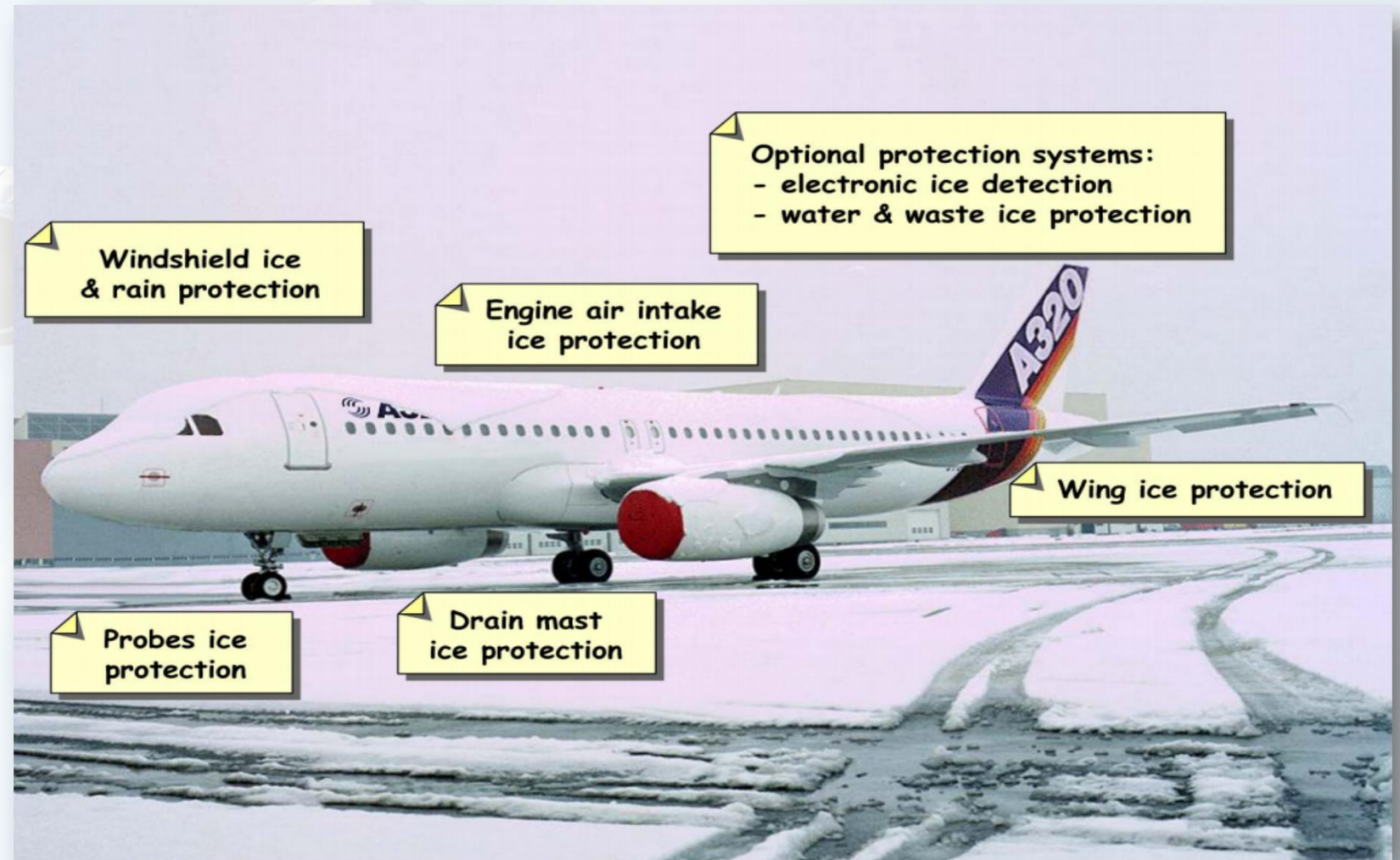
### 5) 电脉冲除冰



民用客机上使用较多的是热引气和电加温除防冰。

## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

飞机除防冰系统可按区域划分为机翼前缘除防冰、发动机进气道除防冰、螺旋桨防冰、大气数据探头防冰、风挡加温与水系统防冰等。

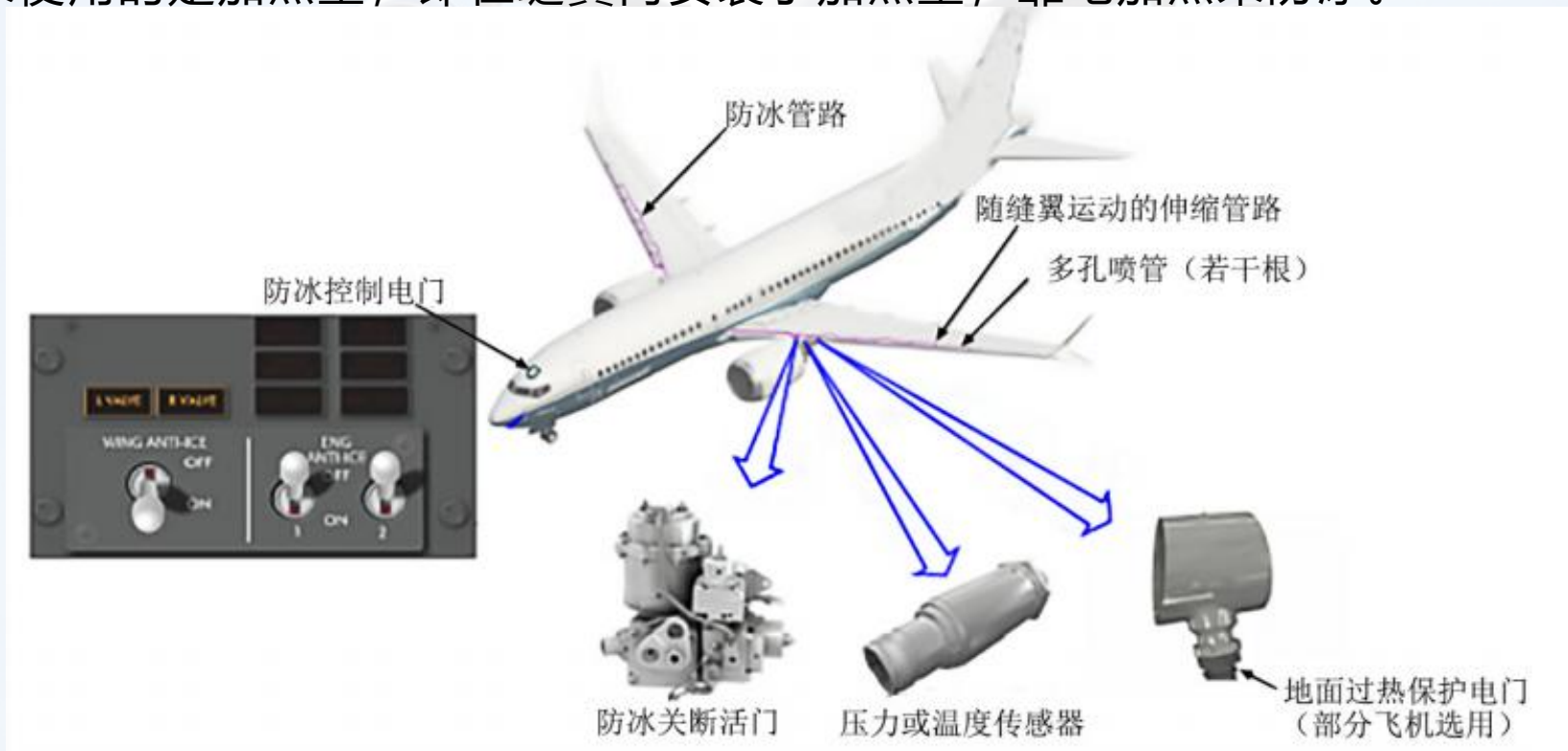


## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 1) 机翼防冰系统（也称作大翼防冰系统）

机翼防冰面积较大，故大部分民航客机均使用**热引气防冰方式**实施机翼防冰。

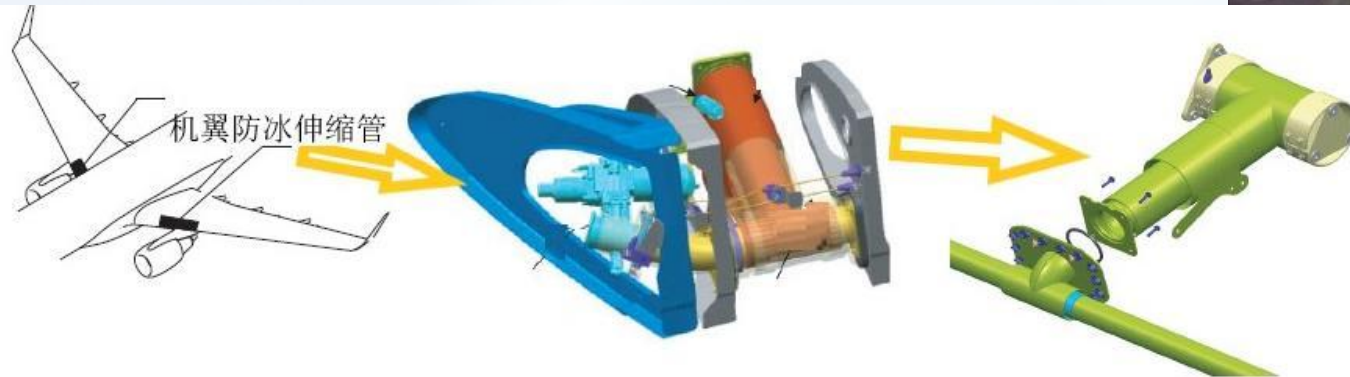
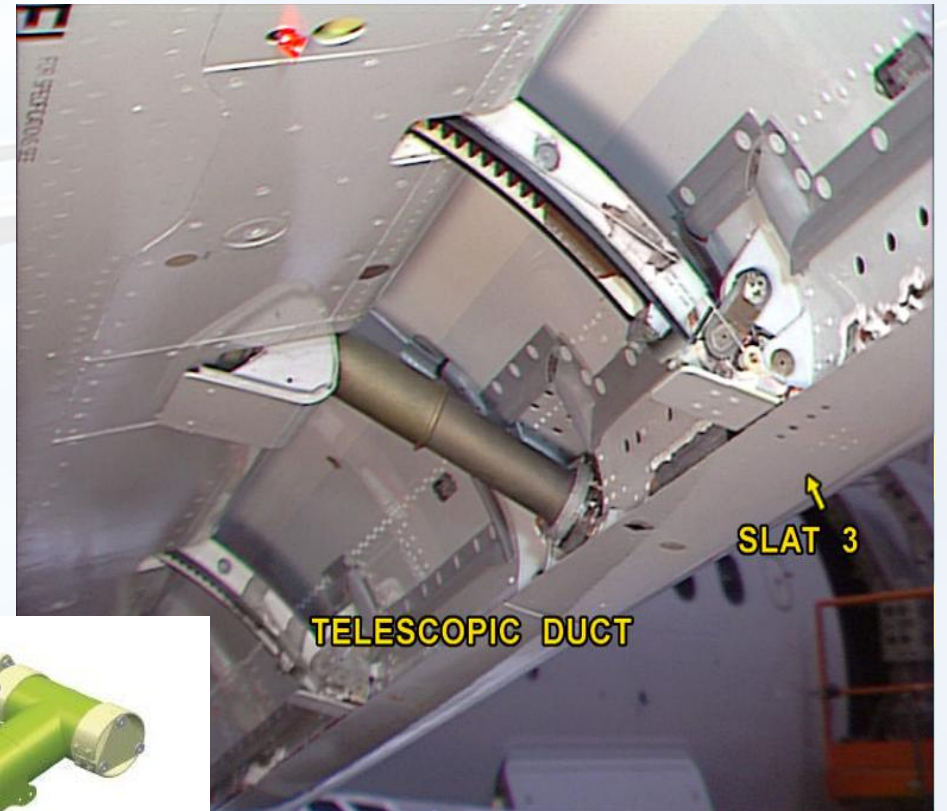
波音 787 飞机无引气系统，无法提供热引气防冰，故这种飞机的机翼前缘防冰采用的是加热垫，即在缝翼内安装了加热垫，靠电加热来防冰。



## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 1) 机翼防冰系统（也称作大翼防冰系统）

该系统通常包括驾驶舱的控制电门，机翼内的防冰活门，防冰管路（包括随缝翼运动的伸缩管路以及喷射热气的小孔管路）以及用于监控防冰系统工作情况的压力或温度传感器组成。当防冰活门打开时，热空气进入防冰管道并通过多孔管的小孔喷入机翼前缘，热空气使前缘区域升温，阻止结冰。最后，热空气会通过结构件的下部出口排到机外。



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 1) 机翼防冰系统（也称作大翼防冰系统）

部分飞机机翼防冰系统的接通与断开依靠机组操作驾驶舱电门在 ON 位或者 OFF 位实现。但也有部分飞机机翼防冰系统控制电门有 AUTO 位，在 AUTO 位时，机翼防冰系统可以通过电子式结冰探测器探测到结冰信号后自动开始工作。



737MAX--大翼防冰电门无自动位

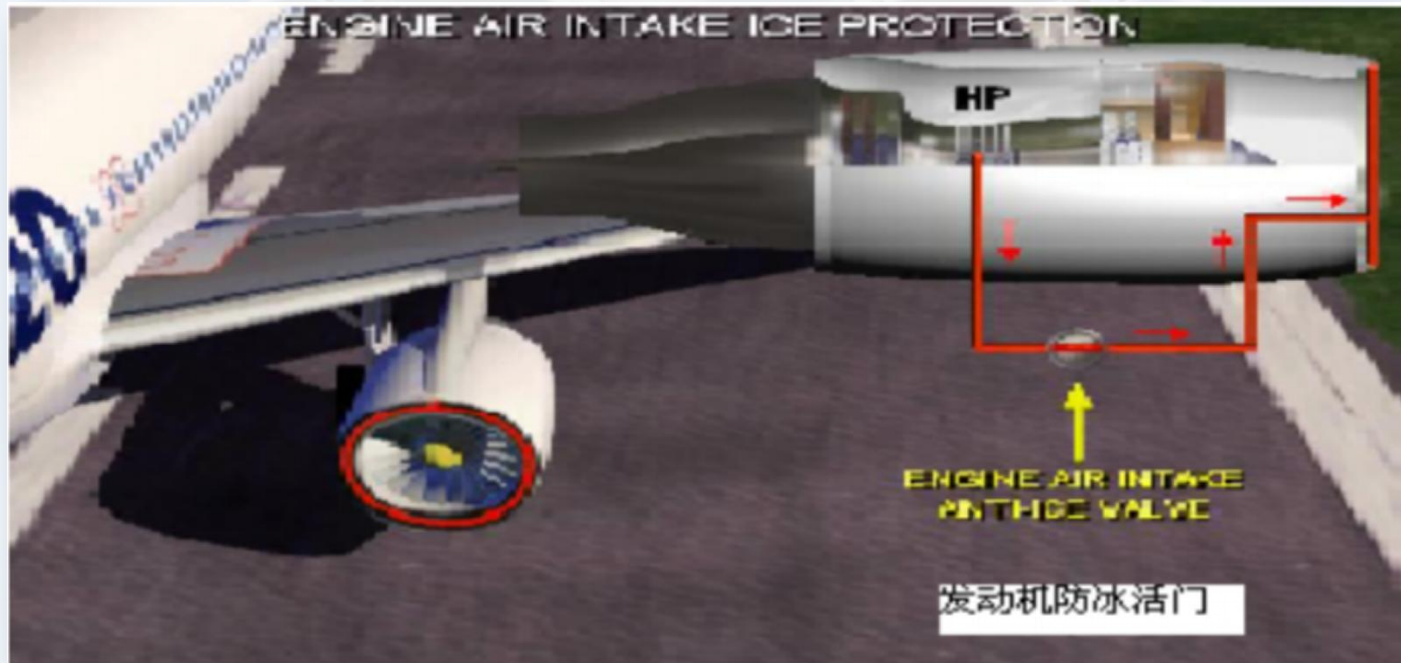


787--大翼防冰电门带自动位

## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

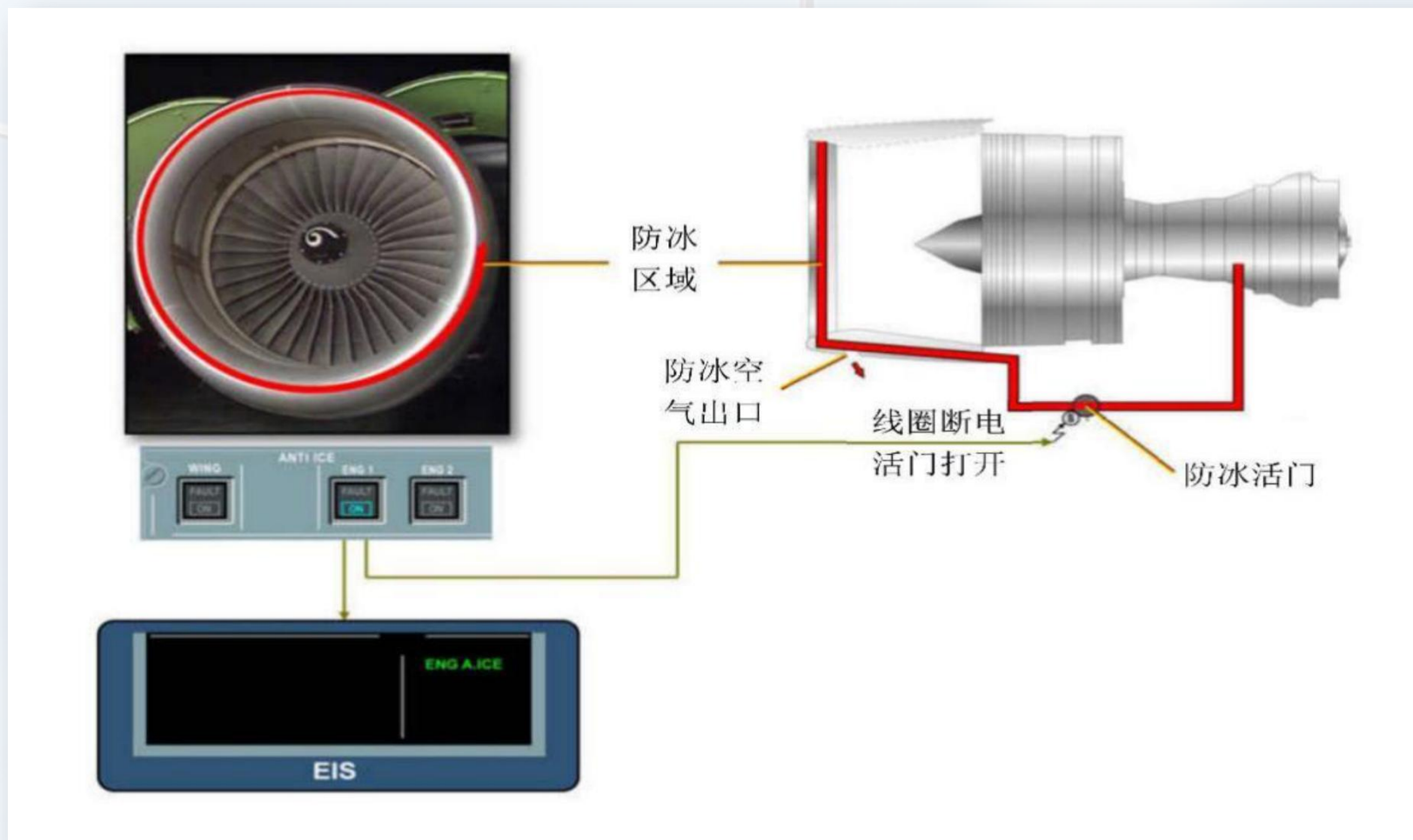
### 2) 发动机进气道防冰

发动机进气道唇口通常使用**发动机压气机热气**来进行防冰，热气经过防冰活门与管路后进入唇口，最后从位于下部的出口排出机外。



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 2) 发动机进气道防冰



320飞机进气道防冰

# 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

## 2) 发动机进气道防冰

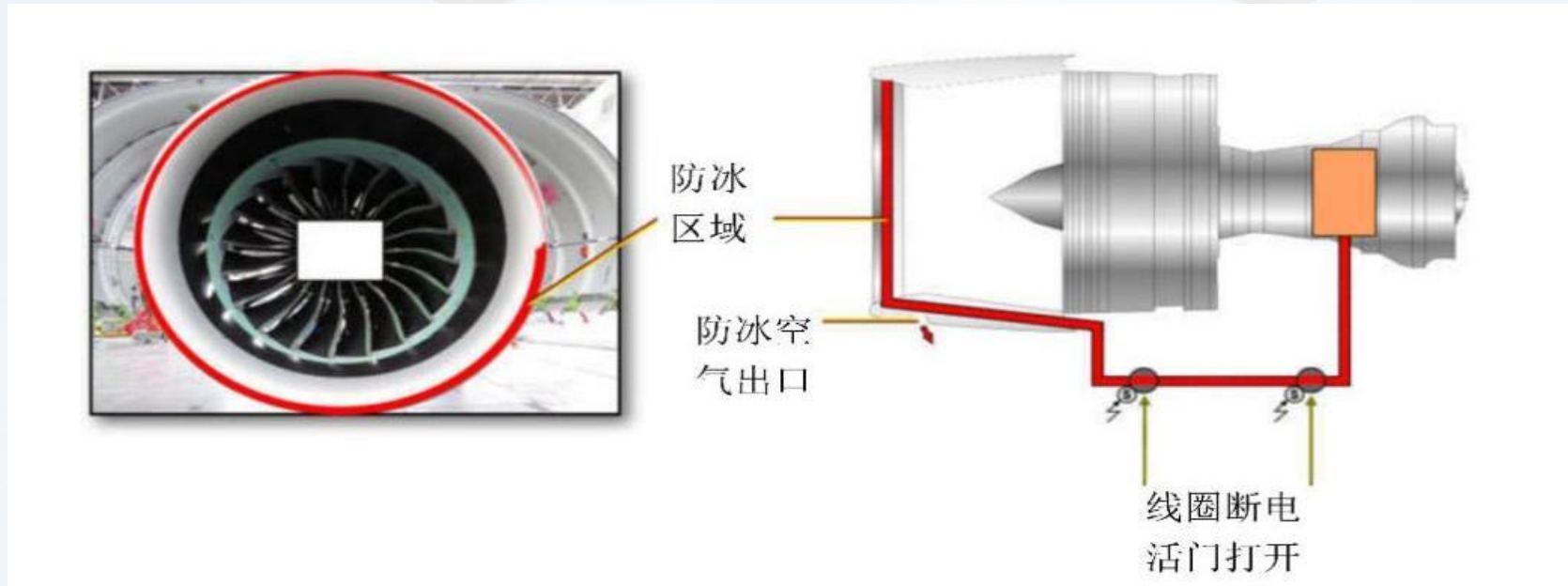


737进气道防冰

## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

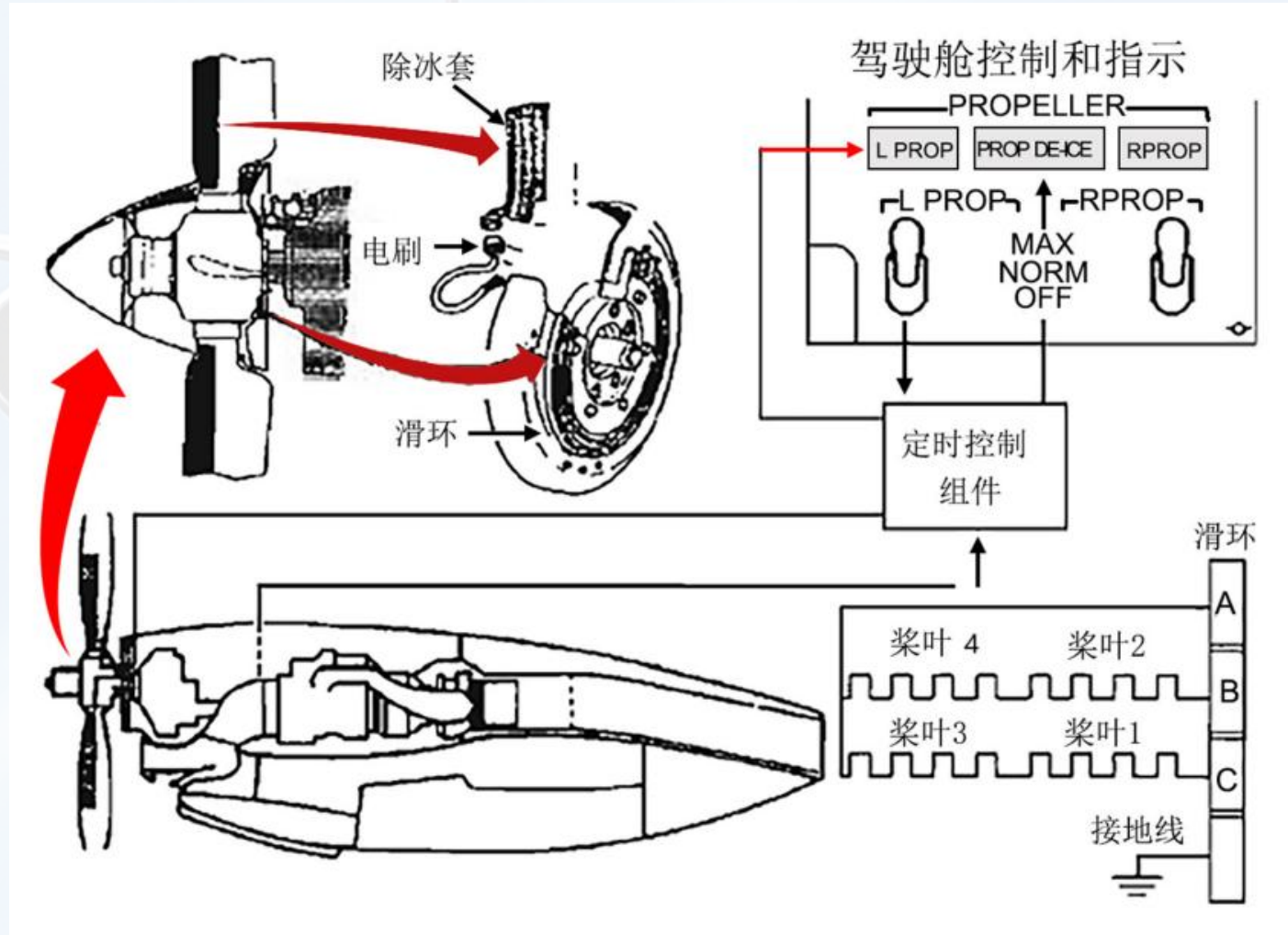
### 2) 发动机进气道防冰

为了进一步确保发动机防冰系统的工作可靠，在一些新型的发动机上，采用双防冰活门。如下图所示，两个发动机防冰活门串联安装，电磁线圈断电时活门打开。每个航段一个防冰活门工作，另一个防冰活门断电打开，这样两个防冰活门轮流工作，既避免了单一防冰活门长时间工作线圈容易过热的情况，又能实现如果一个防冰活门失效后（根据失效安全设计，一般失效后处于打开位），另一个活门还可以正常完成发动机防冰通断的功能。



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 3) 螺旋桨防冰



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 4) 大气数据探头防冰

**目的：**使用电加温对皮托管、静压口、全温探头和迎角传感器进行防冰，以此避免探头因结冰堵塞后机组接收到错误的大气数据而可能出现的误操作。

飞机运行时需要大气数据持续准确，故整个运行阶段都不允许探头结冰，于是大气数据探头加温一般设置计算机或者通过继电器电路自动控制加温，当发动机启动后或者飞机在空中时，计算机或者继电器电路即可接通探头加温系统持续防冰。



## 2. 飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 4) 大气数据探头防冰

为了地面测试方便，飞机的探头加温电门一般为 AUTO 位（由计算机/继电器电路自动控制加温）与 ON 位（地面测试时人工接通加温或者计算机故障后机组人工接通加温）。未选装自动模式的飞机，在启动发动机后需要机组人工接通探头加温。



## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 5) 风挡加温

现代民航客机的风挡加温系统都采用**电加温**的方式。

风挡加温既可以防止外表面结冰也能防止内表面出现水雾，有效避免机组视线受到影响。大部分飞机的驾驶舱所有风挡玻璃都带加温功能，也有部分机型仅前风挡加温，侧窗无加温功能。

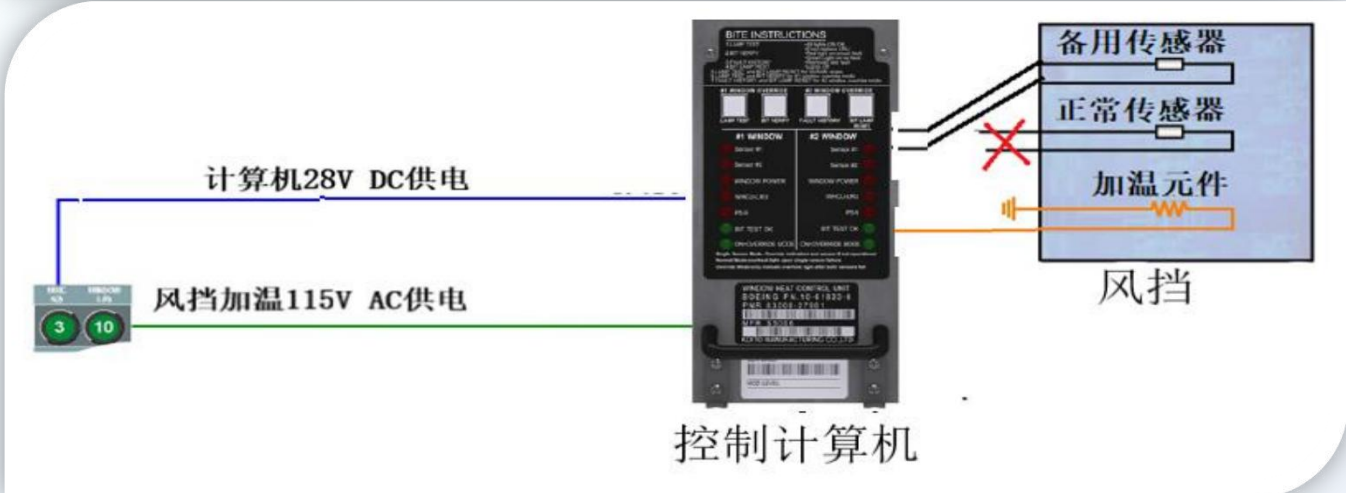
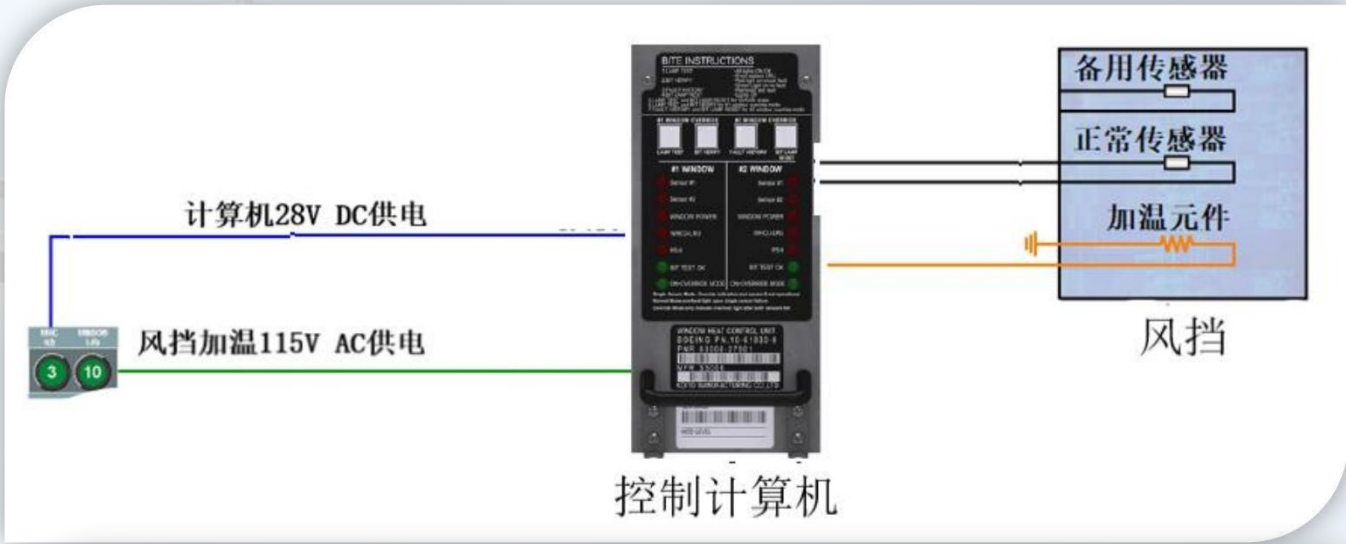
通常加温系统都由加温元件、温度传感器、控制计算机与驾驶舱控制按钮组成。



# 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

## 5) 风挡加温

正常传感器故障时无需更换风挡，可以接入备用传感器。

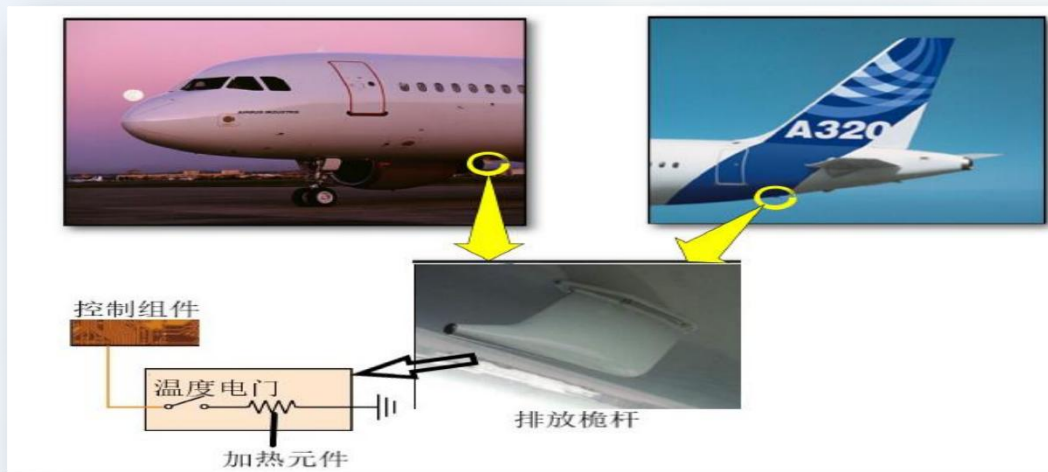


## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 6) 水系统加温

目的：为了避免水系统管路爆裂或者水系统管路接头、活门等结冰导致水系统无法正常使用。

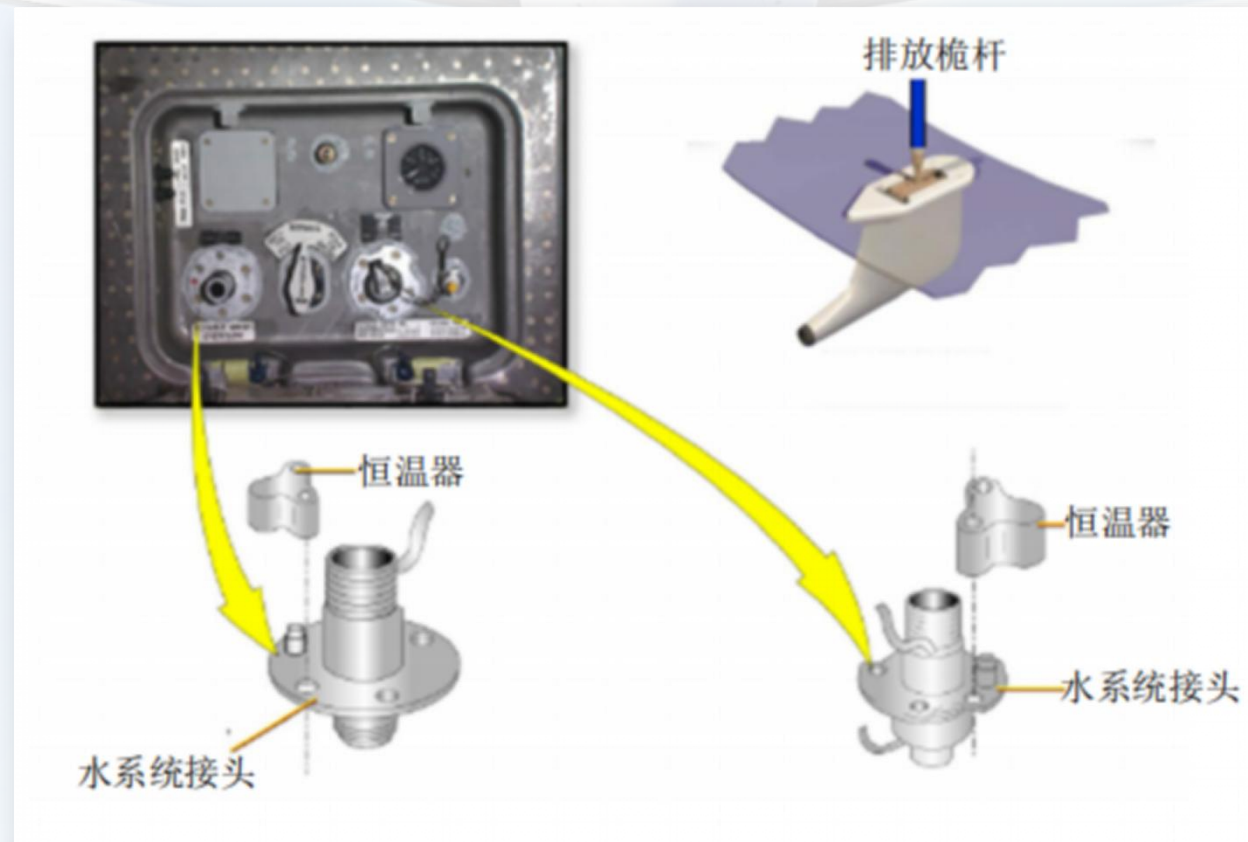
一般来说在清水供水管、加水接头；废水管路及其排放桅杆；污水系统加水接头等处均设置了电加温防冰，部分飞机的水箱也采用了电加温防冰。只要飞机上电，水系统加温就开始工作。为了防止超温，大部分水系统加温元件均带有超温保护传感器或恒温器。



## 2.飞机除、防冰系统分类、工作及主要部件

### 6) 水系统加温

水系统加温元件根据形状一般分为毯型加温元件、带型加温元件等。



## 小结:

1. 飞机除防冰系统的分类和基本工作原理;
2. 机翼防冰系统的功用、组成和工作原理;
3. 发动机进气道防冰系统组成、工作原理;
4. 螺旋桨防冰系统的组成和系统工作原理;
5. 大气数据探头的防冰工作;
6. 风挡加温系统工作原理和部件组成;
7. 水系统加温的功用、组成。



## 3.3.12.2 飞机排雨系统

# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

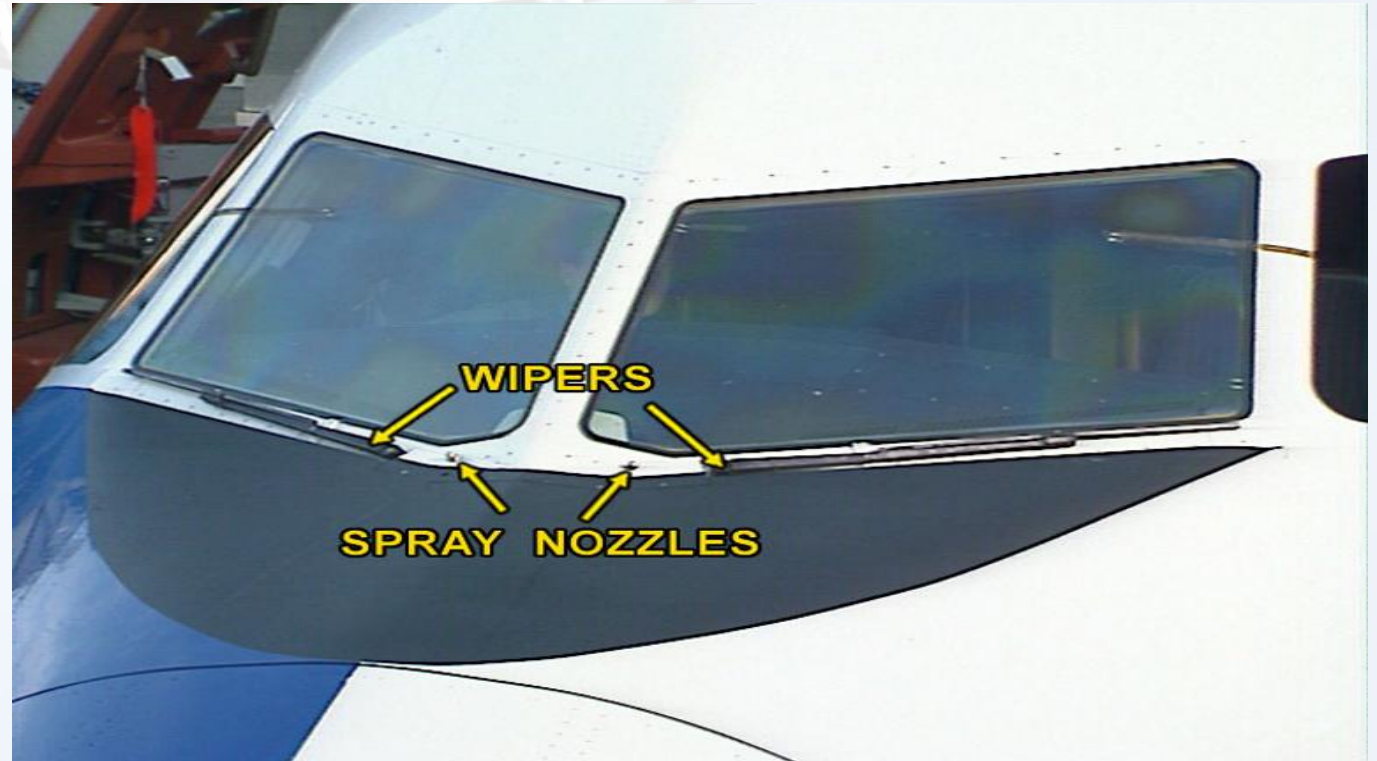
## 概述

在雨雪天气，为了保证驾驶舱视线不受影响，飞机需要有排雨系统。

小型通航低速飞机的风挡玻璃材料为聚丙烯塑料，容易被刮伤，所以这类飞机通常采用风挡打蜡来防止雨水影响视线。

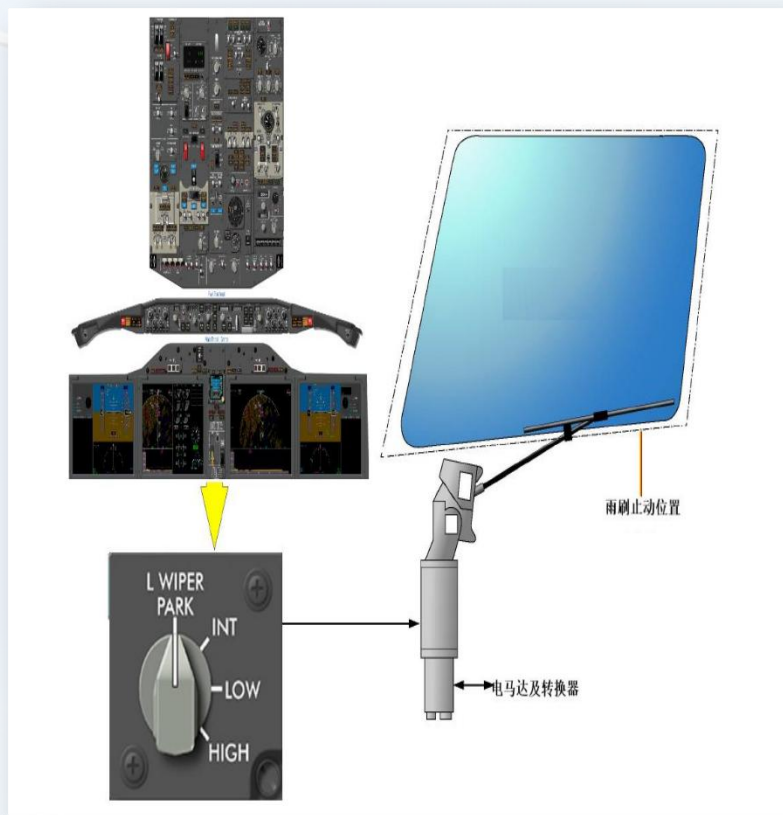
大型民航客机速度更高，需要使用较为复杂的排雨系统，通常使用的方法有：

- ① 风挡雨刷、
- ② 喷排雨剂、
- ③ 采用厌水涂层。



# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

## 1) 风挡雨刷



737雨刷控制开关



320雨刷控制开关

# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

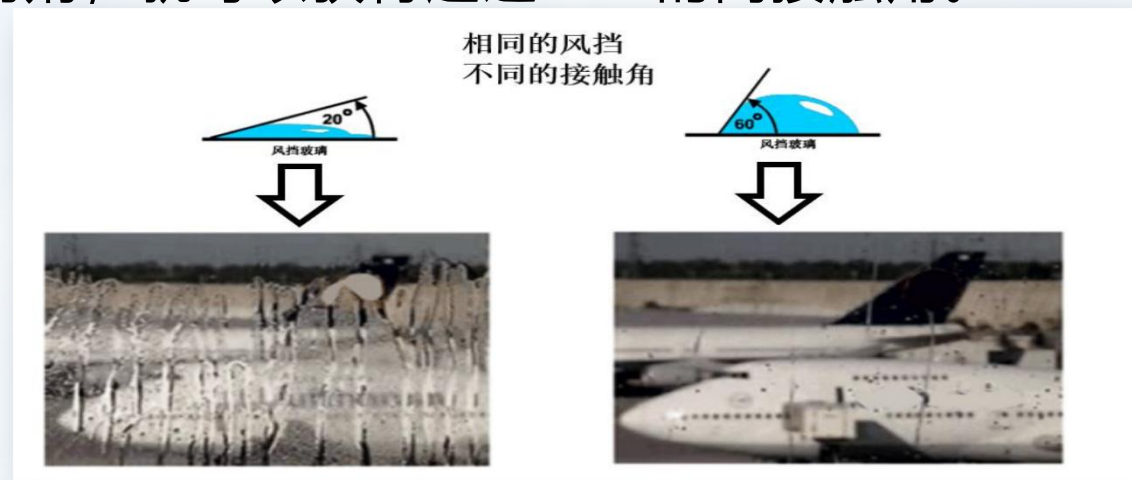
## 2) 排雨剂

水滴与玻璃的接触角度会明显影响水是否在玻璃上停留。

在普通玻璃上，水和玻璃之间的接触角约为  $20^\circ$ 。这导致水滴容易留在风挡玻璃上，能见度就很低。

当把接触角度增加到  $60^\circ$  以上时，水滴就很难留在风挡玻璃上，而是会被气流吹走或很容易被风挡雨刷刮走。

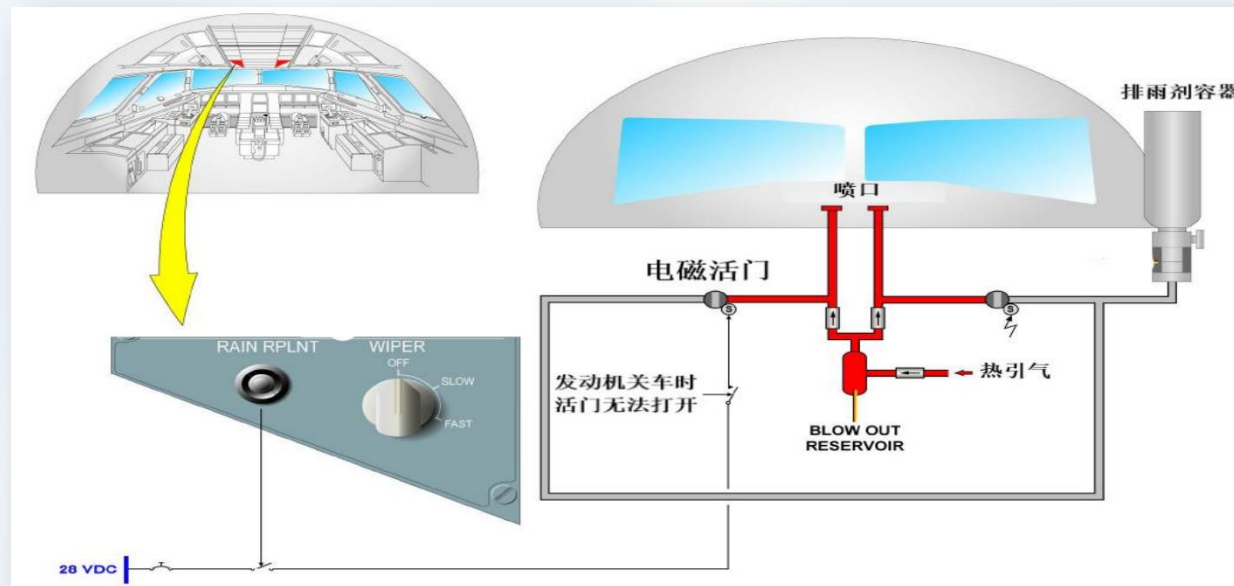
通过使用排雨剂，就可以获得超过  $80^\circ$  的高接触角。



# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

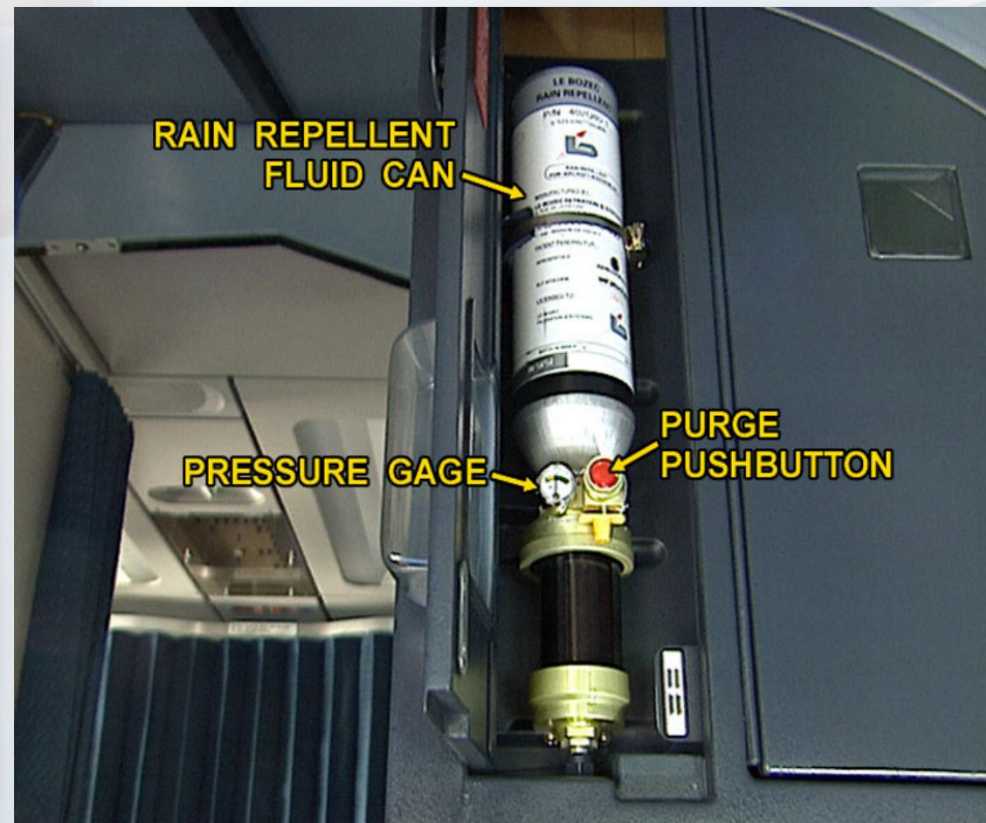
## 2) 排雨剂

在驾驶舱里排雨剂以一定压力储存在排雨剂罐里。当按下头顶面板上相应的控制电门时，在短时间内会打开一个活门，将液体喷到风挡玻璃上。部分飞机还通过连接热引气到排雨剂喷射管路中，用以避免黏性排雨剂堵塞喷口。排雨剂只能大雨环境使用。如果在干的风挡玻璃或者小雨情况使用，带有黏性的排雨剂会覆盖在风挡表面，导致可见度更差。



# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

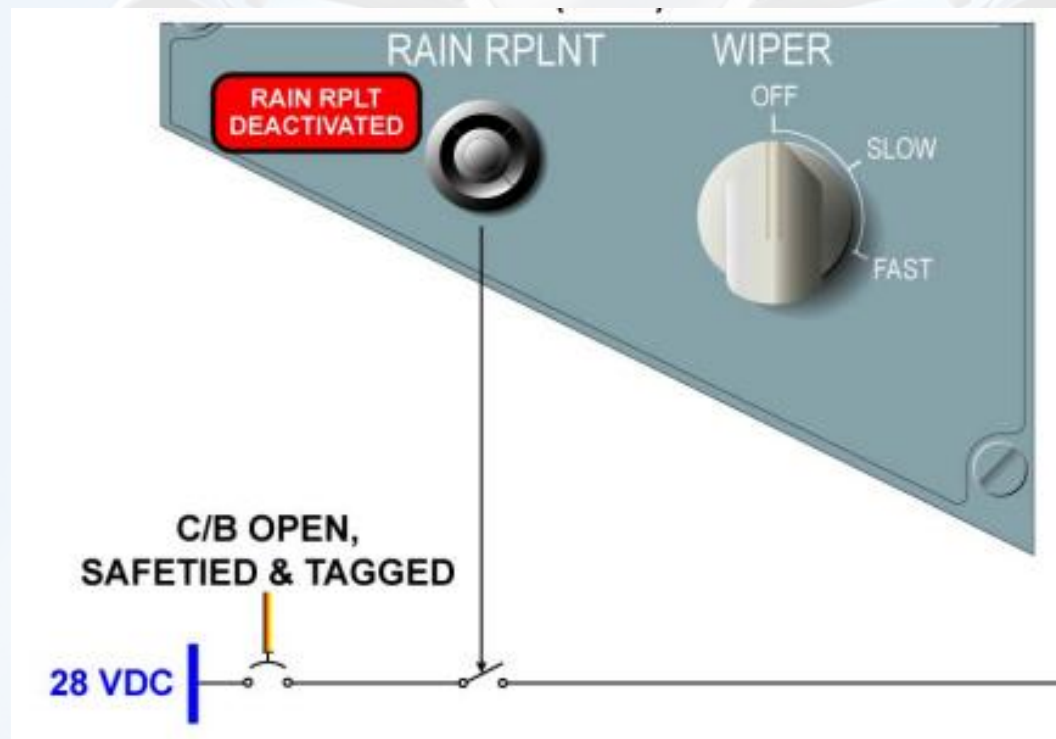
## 2) 排雨剂



# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层

## 2) 排雨剂

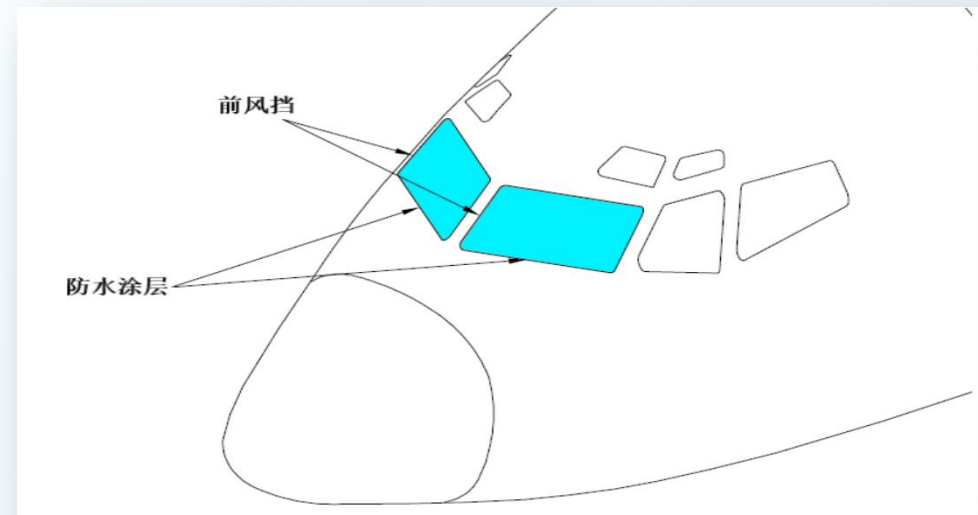
虽然在大雨天气下，排雨剂的效果很好，但是因为排雨剂对环境  
污染影响较大，很多国家和地区已经限制排雨剂的使用。所以大部分  
飞机已经取消了排雨剂系统或者对此系统做了改装。



# 1.雨刷的工作，排雨剂系统、盐水涂层


## 3) 防水涂层（也叫厌水涂层）

风挡玻璃还可以覆盖防水涂层，代替排雨剂系统。这种涂层可以把水和玻璃的接触角增加到 100 度左右。排雨剂需要经常添加，而防水涂层在日常维护时，只需按照手册要求清洁即可，无需额外的维护工作，所以有的资料也将防水涂层称为“永久性防水涂层”。但是，所谓永久性并非无限寿命，随着雨刷的日常使用，防水涂层也会磨损，如果机组反馈能见度降低时，可以拆下风挡在附件车间重新涂上涂层。



## 小结:

1. 风挡雨刷的系统组成和功用;
2. 排雨剂在风挡雨刷上的使用和工作;
3. 防水涂层（厌水涂层）的功用和结构组成。

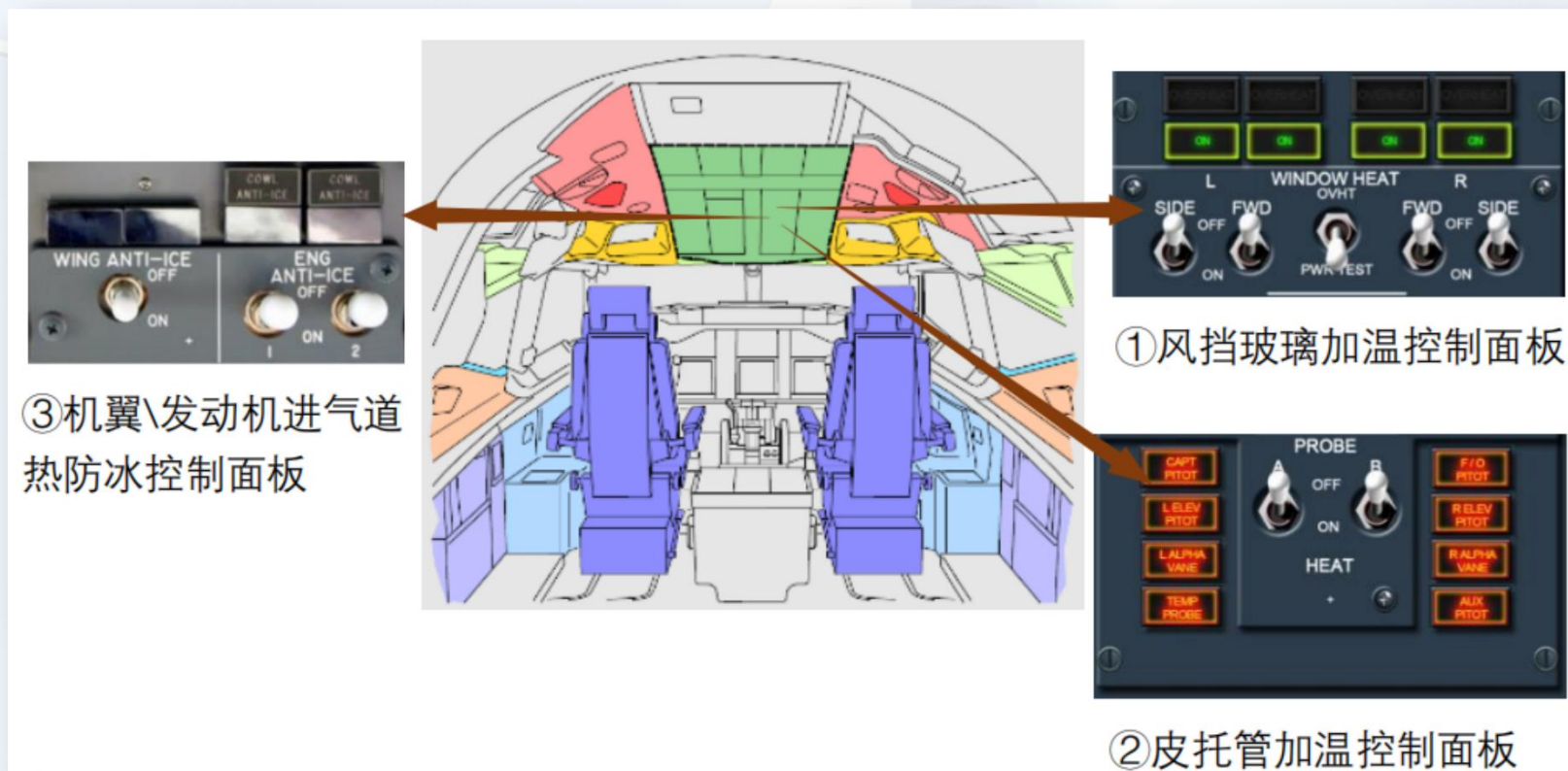
A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background of the slide.

### 3.3.12.3 典型飞机防冰排雨系统维护介绍

# 1.典型飞机防冰排雨系统部件识别

## 1) 飞机防冰排雨系统部件识别

### 飞机防冰排雨系统驾驶舱部件识别



# 1.典型飞机防冰排雨系统部件识别

## 1) 飞机防冰排雨系统部件识别

### 飞机防冰排雨系统驾驶舱部件识别

#### ①风挡玻璃加温控制面板

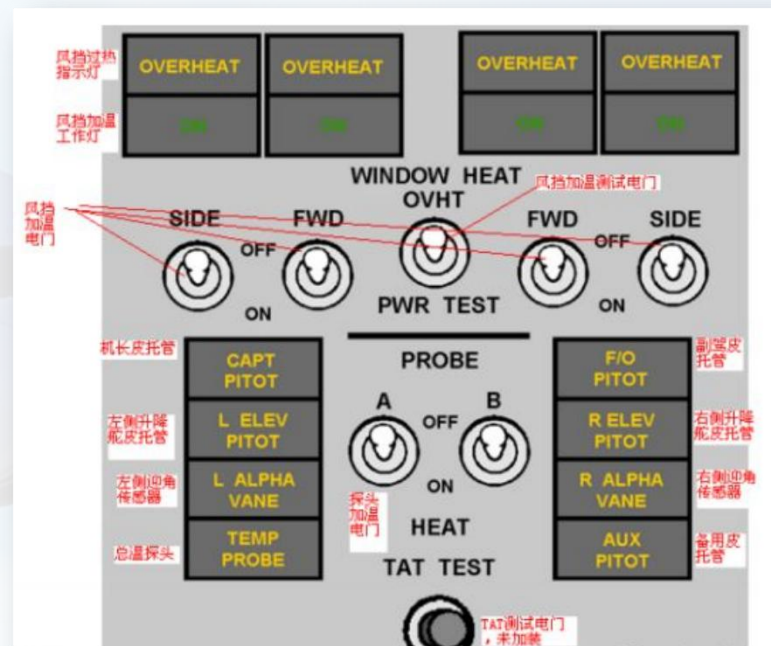
风挡加热系统控制和指示

#### ②皮托管加温控制面板

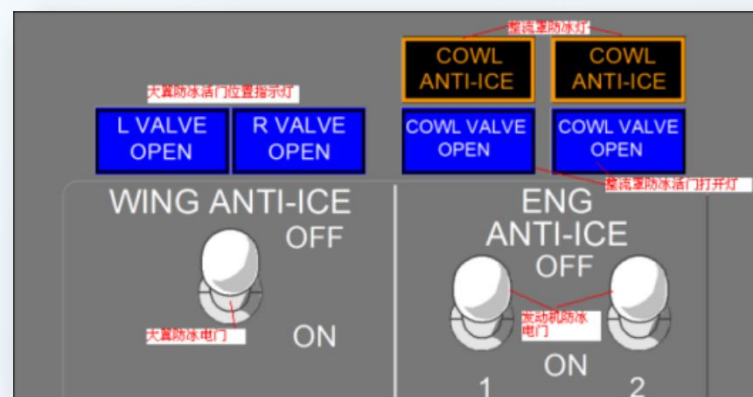
- 控制到探测器防冰系统的电源
- 提供探测器防冰系统状态指示给机组

#### ③机翼\发动机进气道热防冰控制面板

- 机翼防冰系统控制和指示
- 发动机进气整流罩防冰系统控制和指示



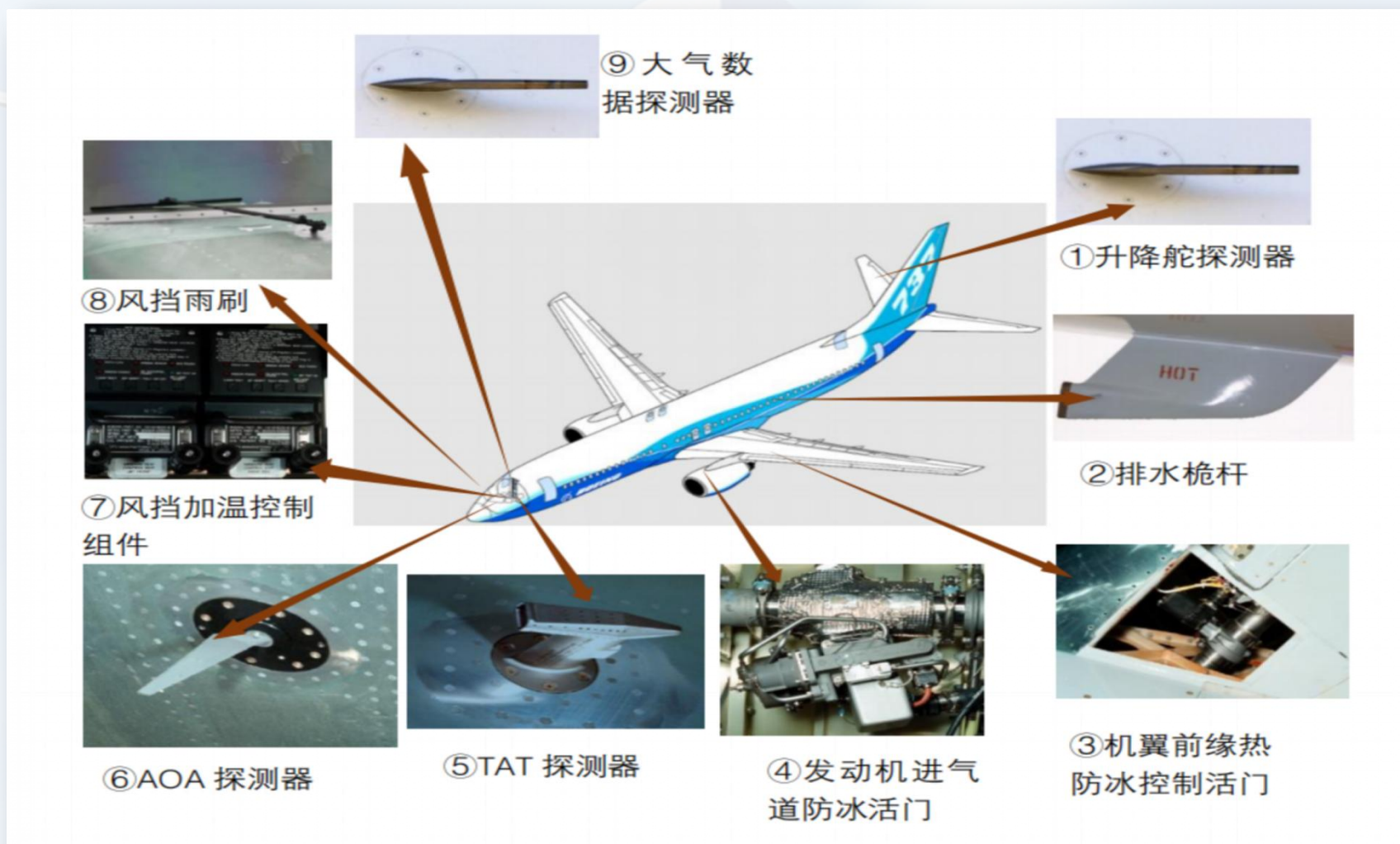
P5-9面板



# 1. 典型飞机防冰排雨系统部件识别

## 1) 飞机防冰排雨系统部件识别

### 飞机防冰排雨系统机身区部件识别



# 1. 典型飞机防冰排雨系统部件识别

## 1) 飞机防冰排雨系统部件识别

### 飞机防冰排雨系统机身区部件识别

序号	名称	功能
①	升降舵探测器	采用电加温防冰。
②	排水桅杆	采用电加温，飞机通电后自动加温。
③	机翼前缘热防冰控制活门	引发动机压气机热气至机翼前缘防冰管进行机翼防冰。
④	发动机进气道防冰活门	引发动机压气机热气至发动机进气道防冰管进行进气道防冰。
⑤	TAT 探测器	采用电加温防冰。
⑥	AOA 探测器	采用电加温防冰。
⑦	风挡加温控制组件	窗户加热控制组件有下列作用： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 感受窗户温度</li> <li>- 必要时，输入电流给窗户加热系统</li> <li>- 控制电流到窗户加热传导涂层，阻止热振动</li> <li>- 控制 P5-9 窗户加热状态指示</li> <li>- 包含 P5-9 过热和电源测试的线路</li> <li>- 自检</li> </ul>
⑧	风挡雨刷	提高飞行员雨天视觉。
⑨	大气数据探测器	采用电加温防冰。

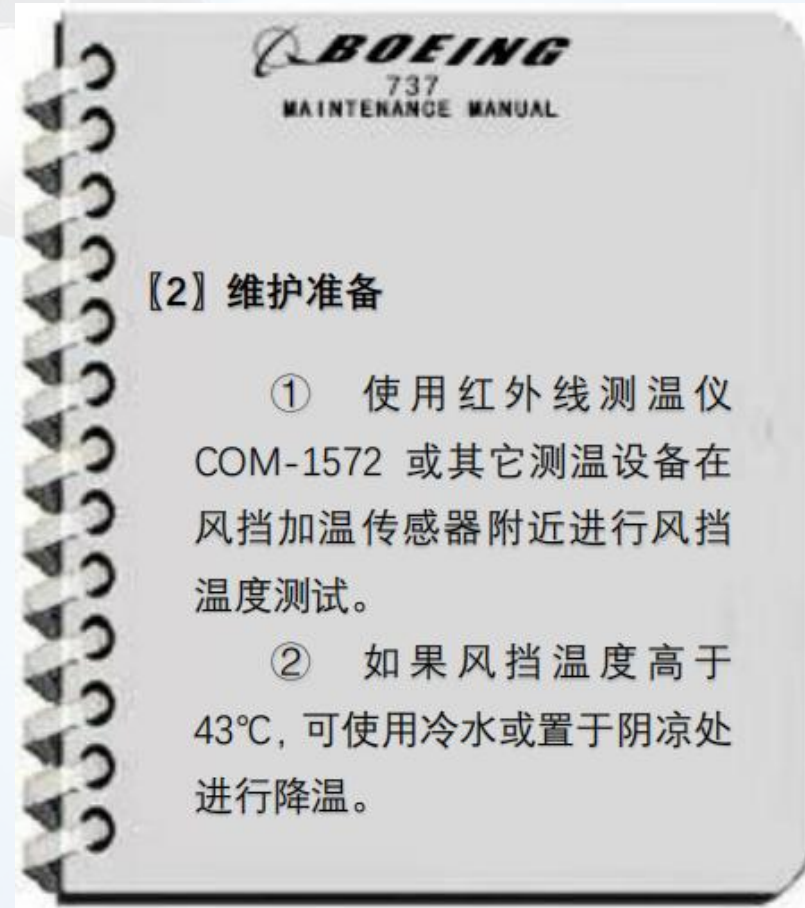
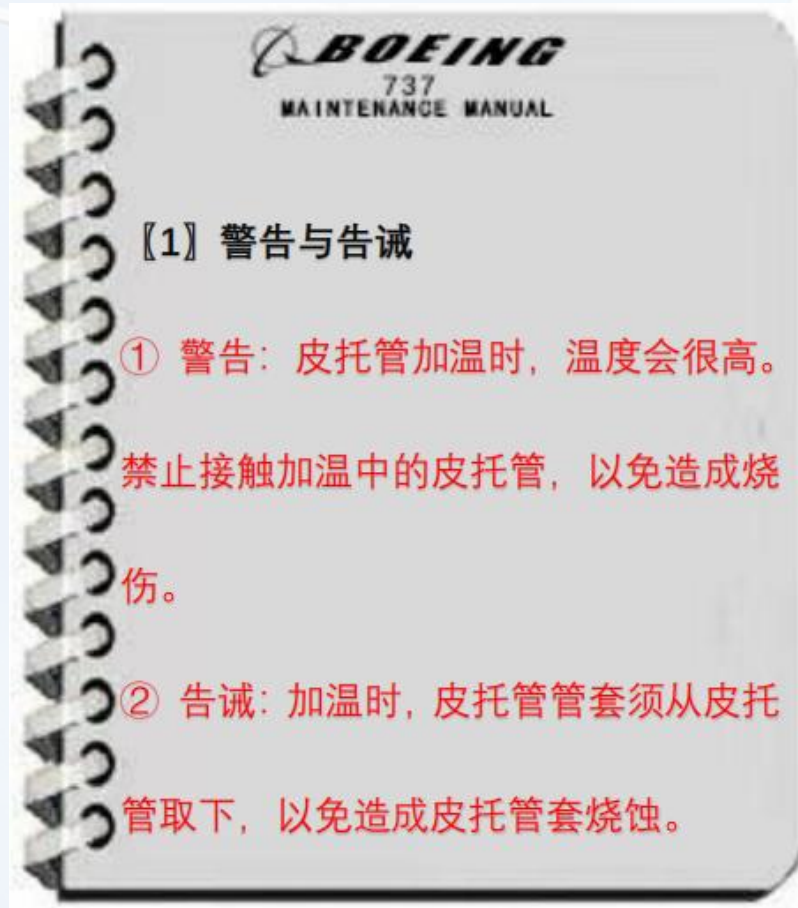
## 小结:

1. 驾驶舱内防冰排雨部件组成（机翼/发动机进气道控制面板、风挡加温控制面板、皮托管加温控制面板）；
2. 机身防冰排雨部件组成（风挡雨刷、风挡加温控制器、AOA探测器、TAT探头、进气道防冰活门、机翼前缘防冰活门、排水桅杆、升降舵探测器）。

## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

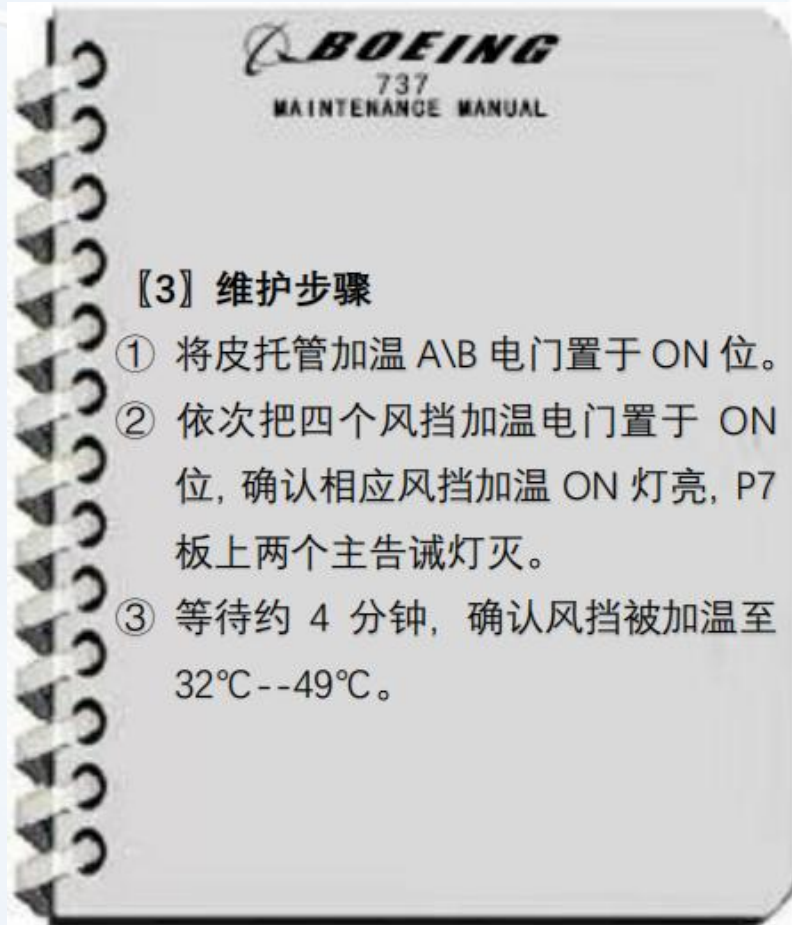
#### 飞机风挡加温测试



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

#### 飞机风挡加温测试



## 2. 典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

#### 飞机风挡加温测试

#### 【3】维护步骤（续）

- ④ 将 OVHT/PWR 电门置于 OVHT 位 1 秒。确认 OVHT 灯亮、MASTER CAUTION 灯亮、ANTI-ICE 灯亮；70 秒后，ON 灯灭，风挡温度开始下降。
- ⑤ 把风挡加温电门置于 OFF 位 1 秒后马上置于 ON 位。确认相应 OVERHEAT 灯灭，ON 灯亮，风挡开始加温。按压主告诫灯，主告诫灯灭，ANTI-ICE 灯灭。



④ 70 秒后，绿色 ON 灯灭



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

#### 飞机风挡加温测试

#### 【3】维护步骤（续）

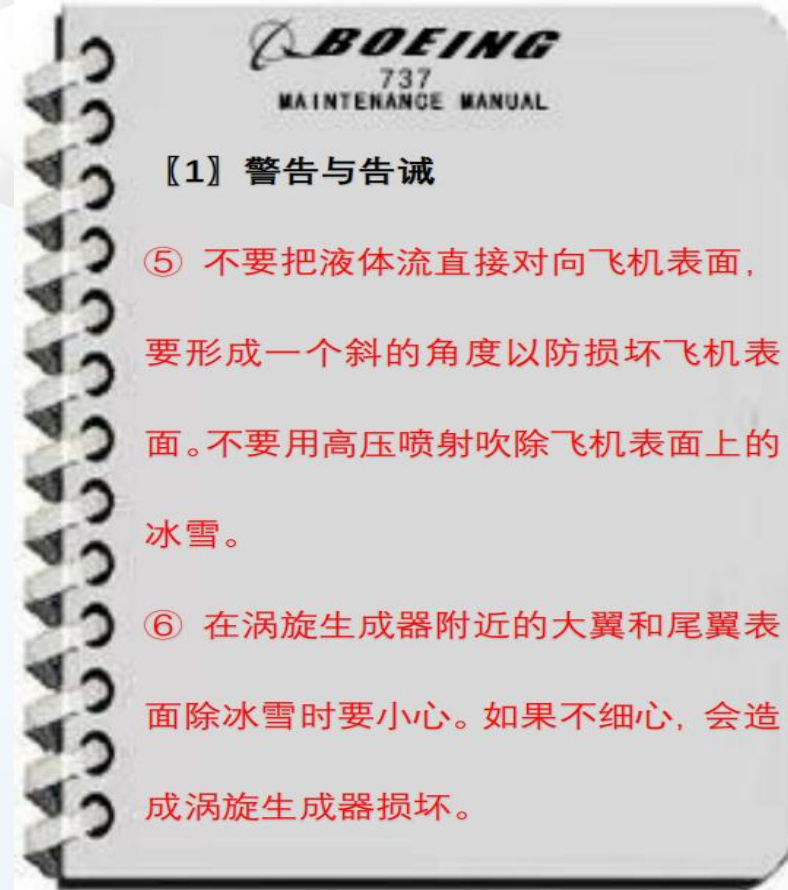
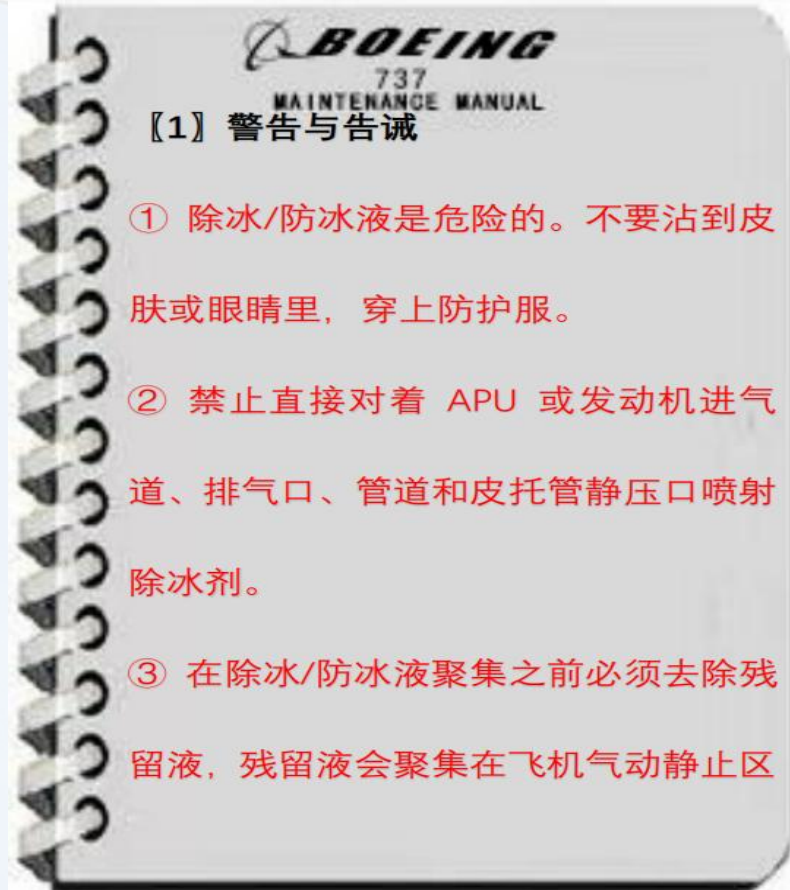
- ⑥ 等待 4 分钟, 把 TEST 电门置于 PWR 位, 确认风挡加温 ON 灯亮。
- ⑦ 松开 TEST 电门, 把风挡加温电门置于 OFF 位, 复位主告诫灯, 确认 OVERHEAT、ANTI-ICE 灯都灭。将皮托管加温电门置于 OFF 位。



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

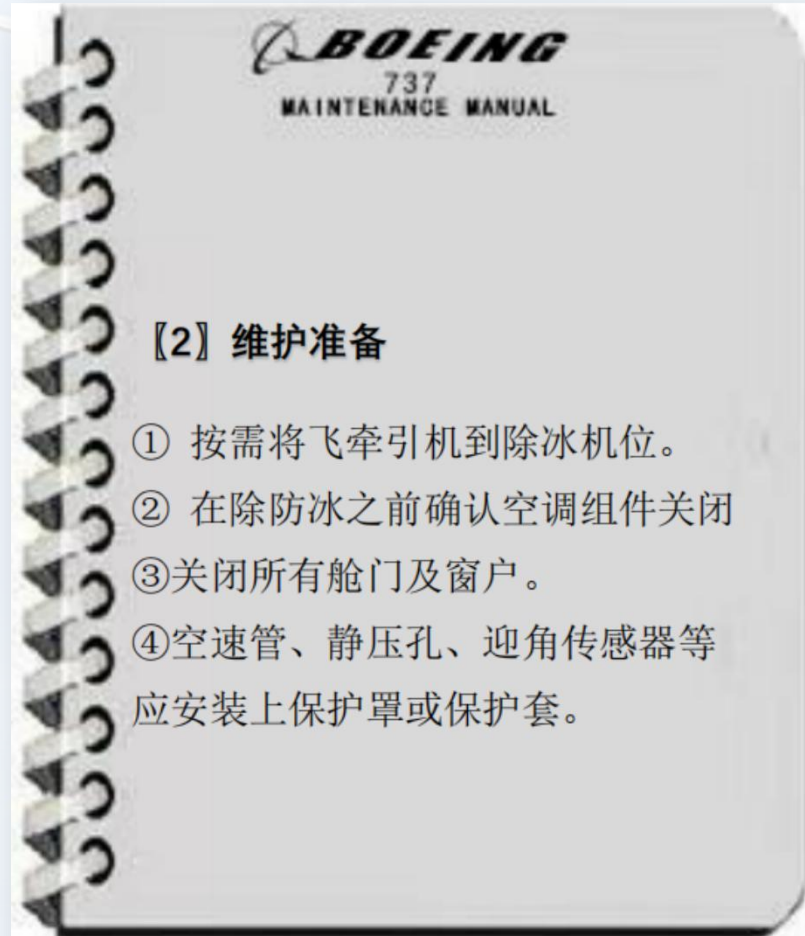
#### 飞机除冰



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

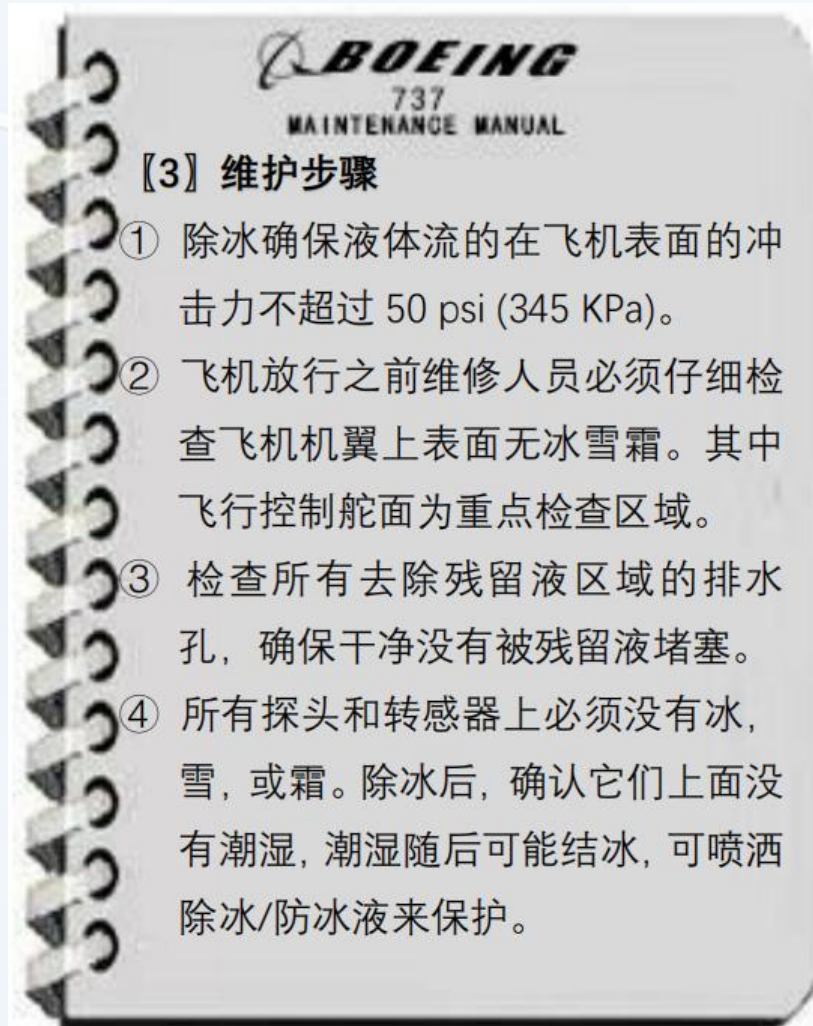
#### 飞机除冰



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

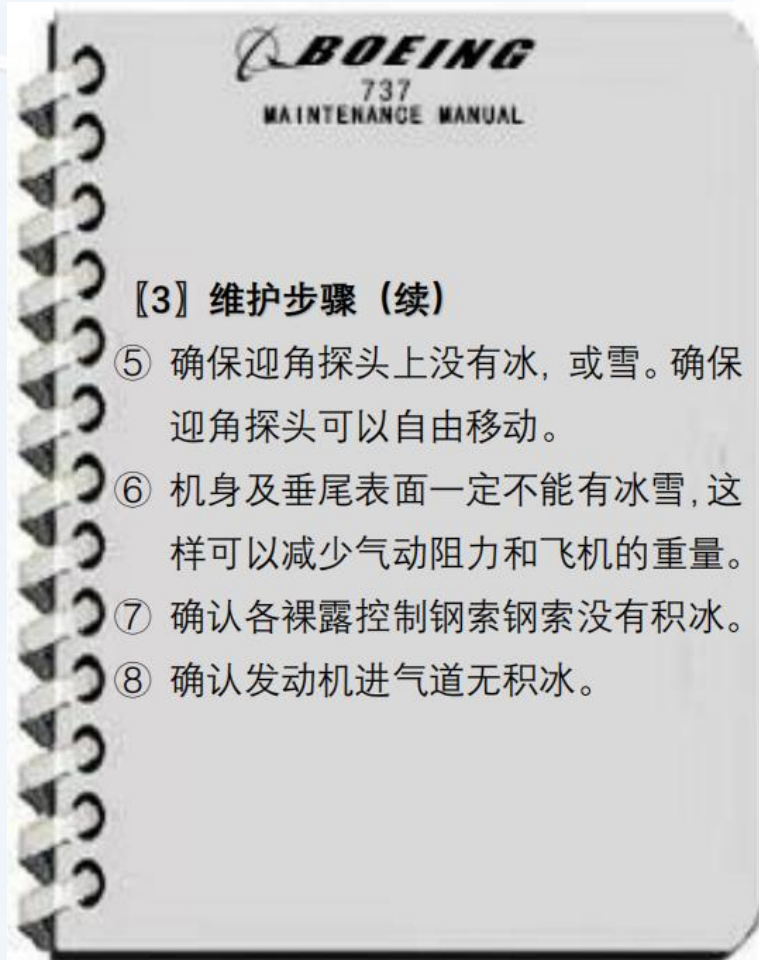
#### 飞机除冰



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 1) 飞机防冰排雨系统常见维护

#### 飞机除冰



## 2.典型飞机防冰排雨系统常见维护安全注意事项

### 2) B737NG 飞机防冰排雨系统维护安全注意事项

#### 【1】维护注意事项

- ① 遵守手册其它一些相关安全规定。
- ② 加温系统维护测试时，根据工卡拔出相应跳开关以防止不必要的加温对系统部件造成损害。
- ③ 接近皮托管、引气管、中段前缘缝翼防冰管和发动机进气道防冰管等部件时，防止被烫伤。
- ④ 起飞前取下皮托管、AOA 探测器等部件的管套。

## 小结:

1. 风挡加温系统地面测试程序;
2. 飞机地面使用除防冰液的基本流程和注意事项;
3. 飞机防冰排雨系统维护的安全注意事项。

## 小结:

序号	本节重点知识要点
1	冰的形成与危害、结冰探测
	飞机除、防冰系统的分类、工作及主要部件
2	雨刷的工作, 排雨剂系统、厌水涂层
3	雨刷、防冰活门、控制面板部件识别
	风挡加温操作、飞机除冰维护及安全注意事项



**感谢聆听，欢迎指正**