



## M5.5.3.2 发动机起动和点火系统

## 修订批准页:

1

版次	修订时间	编写/改版	修订说明	审核/时间	审批/时间
R0	2020.06.14	谈海军	新编课件	谈海军 2020.08.07	张玉 2020.08.11

## 目的与要求:

<b>目的</b>	通过本次课程的学习，掌握起动系统，点火系统和相关维护
<b>要求</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 作用、组成、起动机类型和特点</li><li>2. 起动、关车和发动机冷转</li><li>3. 起动常见故障：不点火、热起动、起动超温和起动悬挂</li><li>4. 点火电嘴的类型和特点、点火激励器的类型和工作原理</li><li>5. 典型常见维护</li></ol>

# 课程安排:

序号	内容	等级	课时
1	起动系统		1H
2	点火系统		1H
3	典型发动机起动点火系统维护介绍		1H

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is visible in the background, centered horizontally and spanning most of the width of the slide.

5.3.2.1 起动系统

5.3.2.2 点火系统

5.3.2.3 典型发动机起动点火系统维护介绍



## 5.3.2.1 起动系统

起动概念：静止状态到慢车转速

3 个阶段

- ◆ 起动机工作到燃烧室喷油点火
- ◆ 从燃烧室点燃到起动机脱开
- ◆ 涡轮功自行加速到慢车转速

部件组成

- ◆ 起动机
- ◆ 起动电门或起动手柄
- ◆ 起动操纵
- ◆ 控制装置

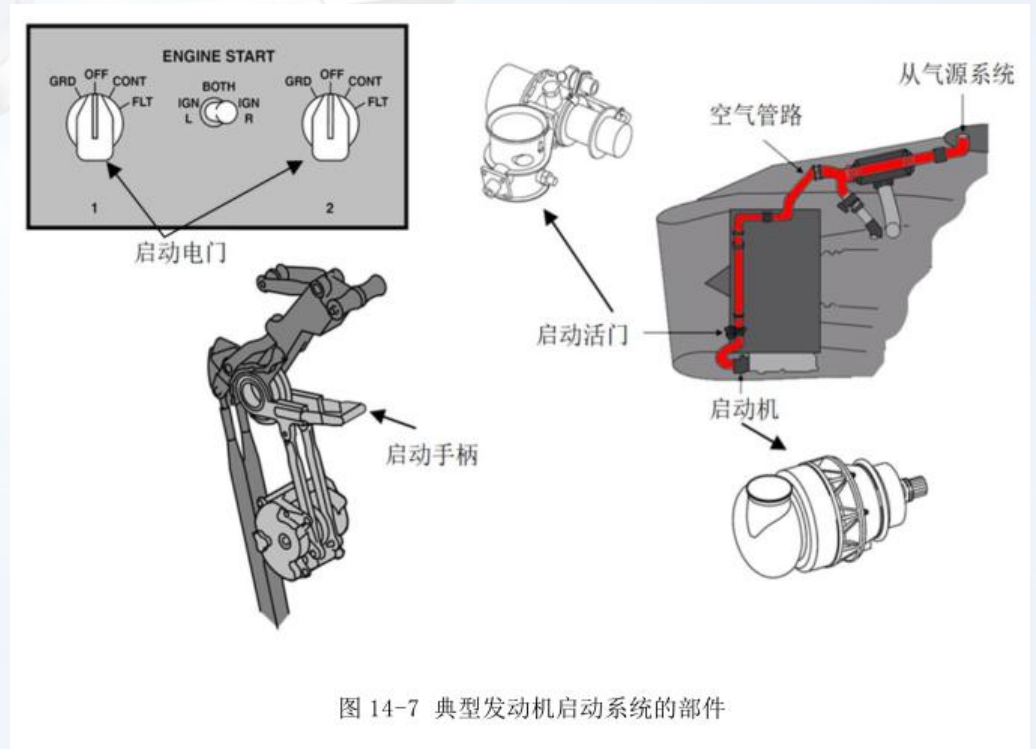


图 14-7 典型发动机启动系统的部件

## 1.1 常见起动方法

- ◆ 产生高扭矩传给转子
- ◆ 平缓从静止状态加速转子
- ◆ 足够的空气到燃烧室和燃油混合燃烧
- ◆ 涡轮提供功率取代起动机的功率脱开

- 起动机类型
- a. 空气涡轮起动机
  - b. 电动起动机
  - c. 燃气涡轮起动机
  - d. 空气冲击式起动

## a. 空气涡轮起动机

优点：重量轻、扭矩大、结构简单和使用经济

- ◆ 单级涡轮 气源压力能转为机械能
- ◆ 减速器 高转速、低扭矩到低转速、高扭矩
- ◆ 离合器 脱开与接合，防止扭矩过载
- ◆ 传动轴 传递扭矩

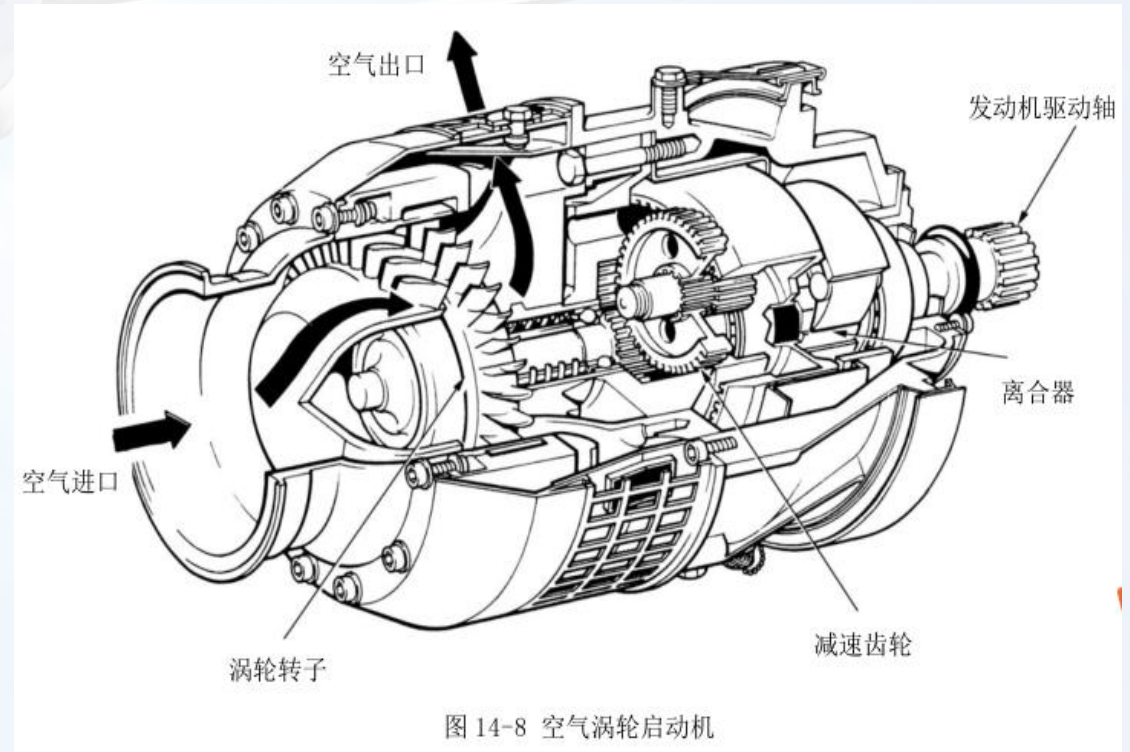
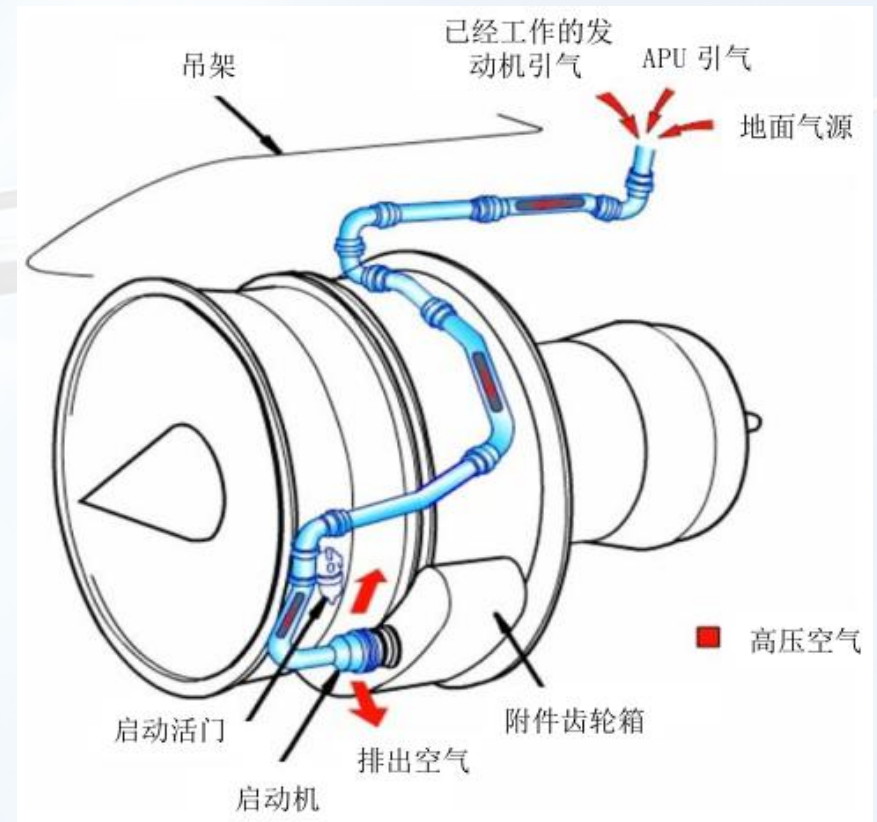


图 14-8 空气涡轮起动机

## 气源

- ◆ 地面气源
- ◆ 机上辅助动力装置 (APU)
- ◆ 工作的发动机的引气

空气涡轮起动机工作时间，冷却时间，循环次数限制



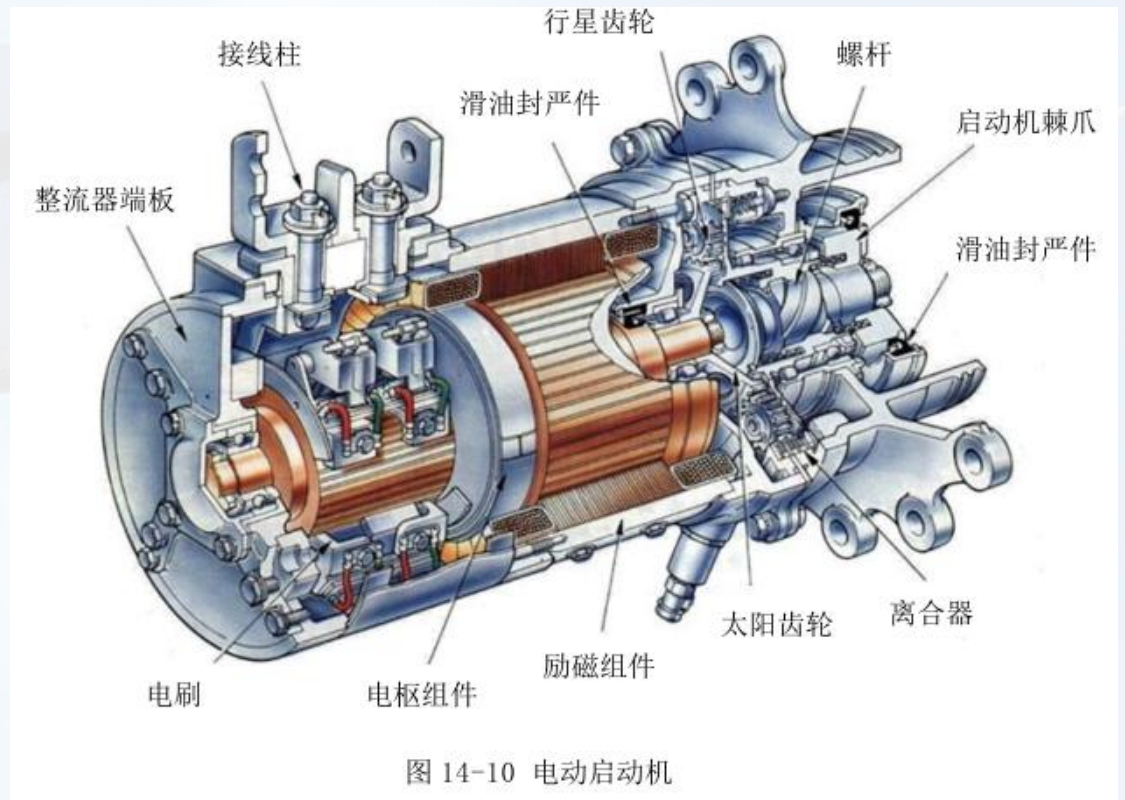
## b 电动起动机

### 用途

- ◆ 涡轮螺旋桨发动机、
- ◆ 小型涡轮喷气发动机
- ◆ 辅助动力

### 部件组成

- ◆ 直流电源
- ◆ 直流电动机
- ◆ 减速器
- ◆ 离合器



## 电动起动机工作原理

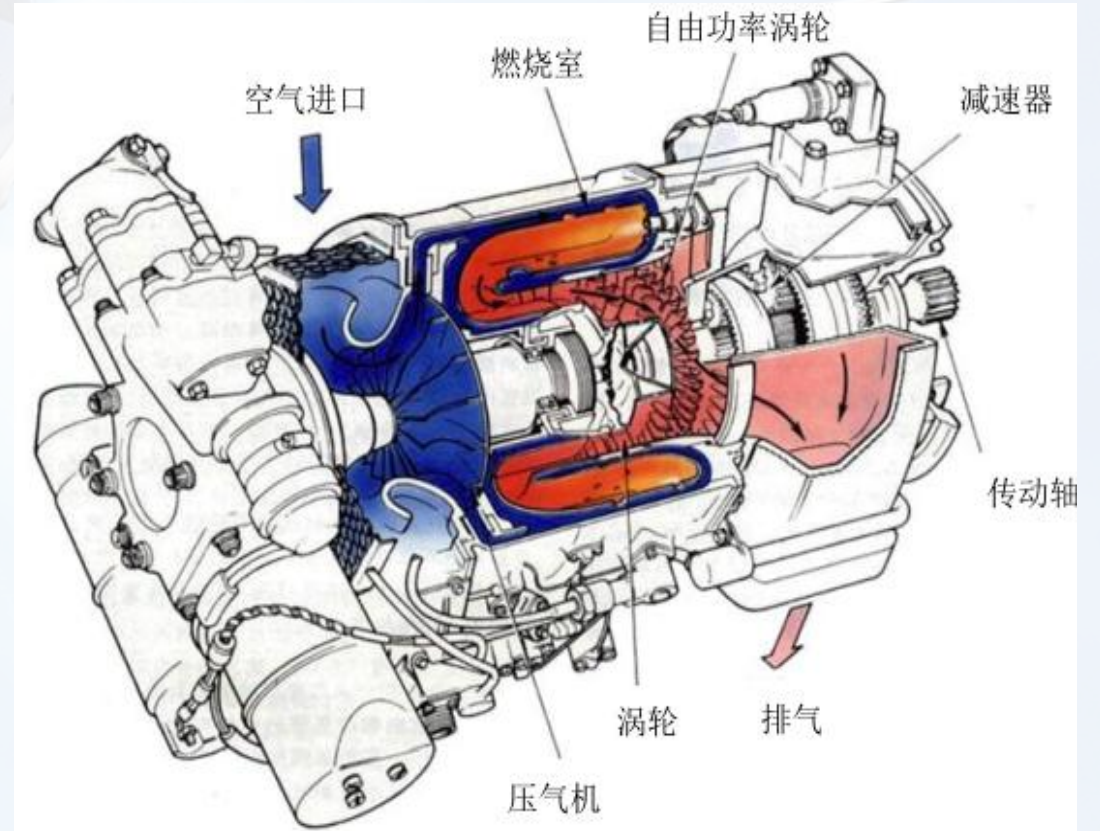
- ◆ 高压电或低压电供电
- ◆ 继电器和电阻构成的系统，电压随起动机加速积累。
- ◆ 为点火系统提供功率
- ◆ 起动完成负荷减小后，供电自动停止

## c 燃气涡轮起动机

离心压气机、回流式燃烧室和独立自由动力涡轮，相当于小型的发动机

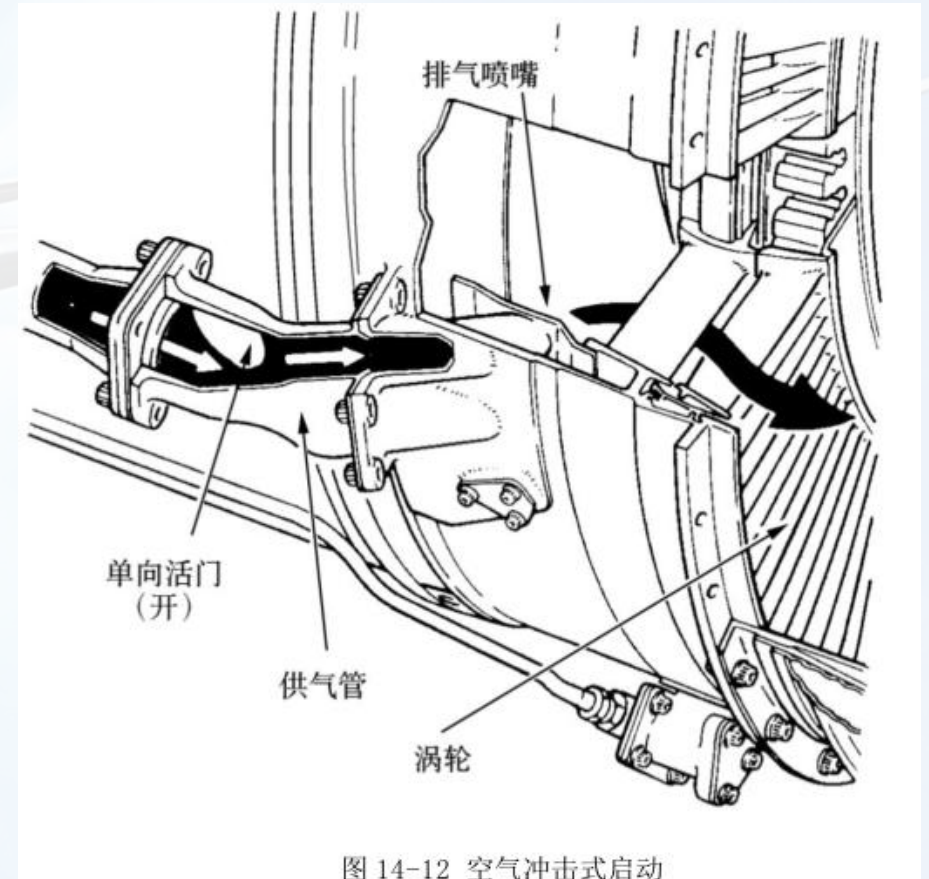
- 组成系统
- ◆ 燃油
  - ◆ 点火系统
  - ◆ 起动系统（电的或液压的）
  - ◆ 自备的滑油系统

- 特点
- ◆ 转速高
  - ◆ 成本高
  - ◆ 操控困难
  - ◆ 某些战斗机上



## d. 空气冲击式启动

- ◆ 不装起动机，使用空气冲击涡轮叶片启动
- ◆ 启动系统方法简单
- ◆ 节省重量
- ◆ 冲击涡轮转动到自维持转速



# 1.2 起动程序

## 三个阶段

- a. 起动机工作到燃烧室点火喷油
- b. 燃烧室点燃到起动机脱开
- c. 起动机脱开自行加速到慢车

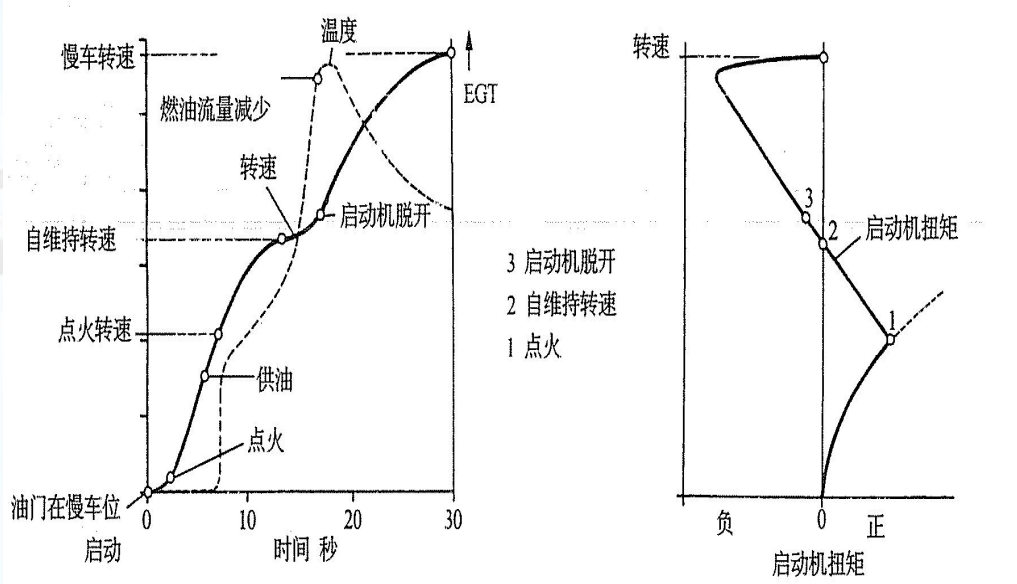
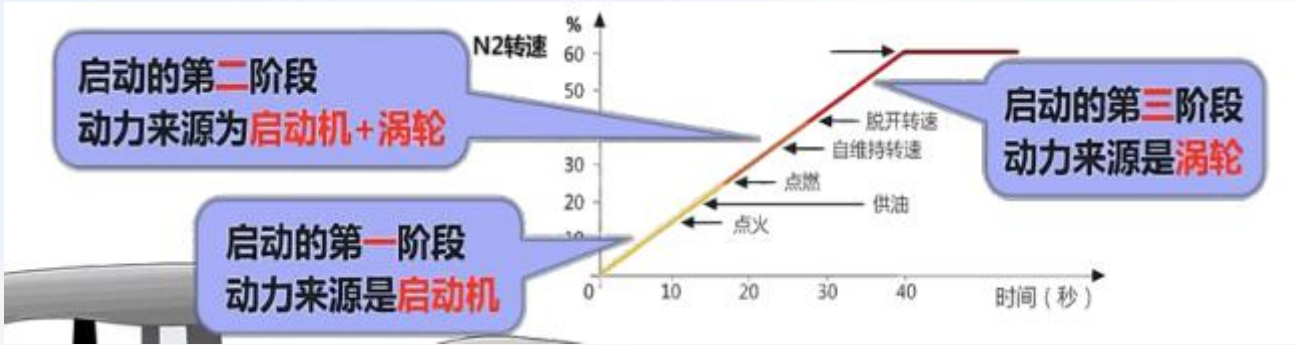


图 5-18 涡轮喷气发动机典型的启动程序

a. 起动机工作到燃烧室点火喷油

- ◆ 起动机单独带动转子加速
- ◆ 转子的转速变化为：从 0 到点火转速  $n_1$
- ◆ 到点火转速时，停车/起动手柄移动到起动位
- ◆ 系统点火，供油燃烧，涡轮开始发出功率

b 燃烧室点燃到起动机脱开

自维持转速  $n_2$  : 涡轮转子力矩等于发动机阻力力矩时的转速

- ◆ 驱动力来自起动机和涡轮转子共同带动加速
- ◆ 转子的转速为：从点火转速  $n_1$  到脱开转速  $n_3$  。

c 起动机脱离自行加速到慢车

慢车转速：发动机能稳定工作的最低转速

- ◆ 驱动力来自涡轮转子
- ◆ 转子的转速变化为：脱离转速  $n_3$  到慢车转速
- ◆ 起动机和点火电嘴都停止工作

- ◆ 起动系统以外部动力设备（起动机）静止状态迅速加速到自加速状态。
- ◆ 点火系统产生火花，点燃混合气
- ◆ 两套系统是相互协调工作的，确保发动机顺利起动



## 5.3.2.2 点火系

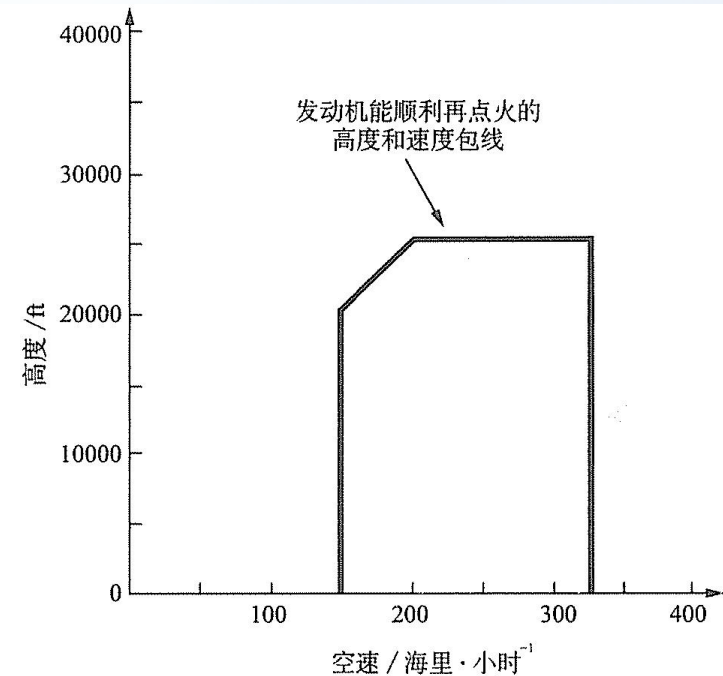
# 统

# 1 点火系统介绍

- ◆ 起动过程
- ◆ 空中再起动
- ◆ 在起飞，着陆以及恶劣天气
- ◆ 探测到压气机喘振，为防止熄火，

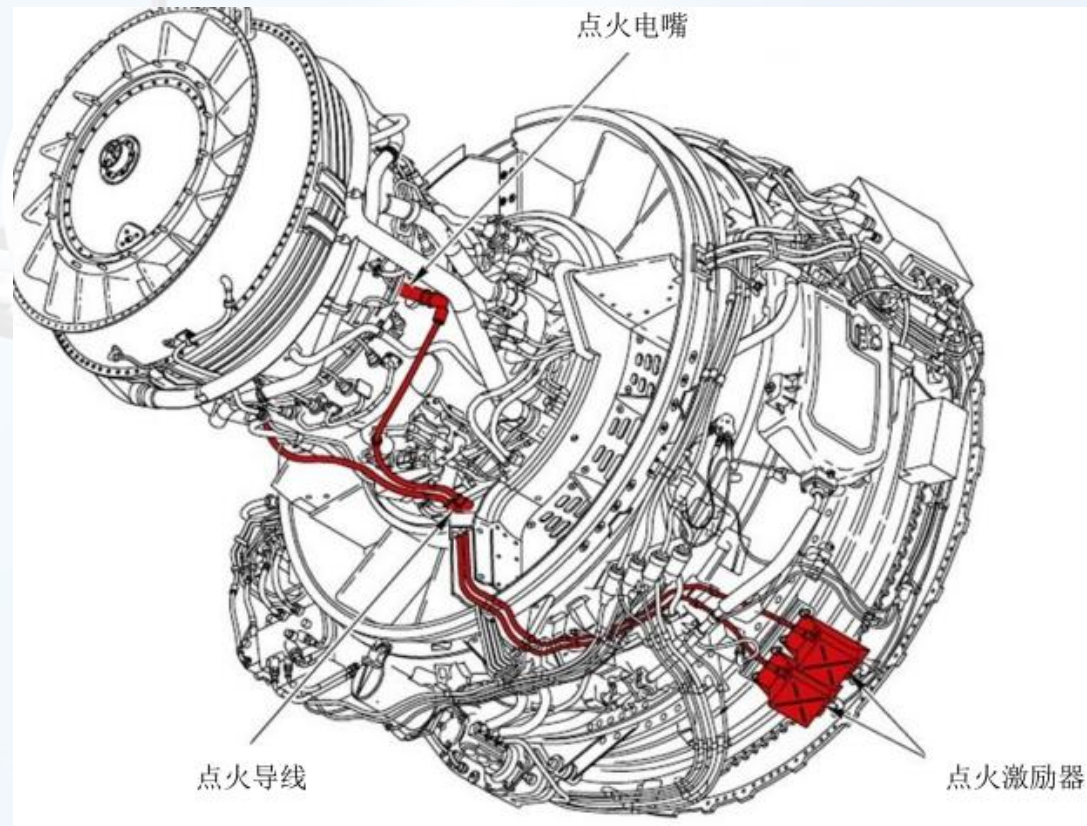
## 增加

- ◆ 高能点火，装备双套系统
- ◆ 位置：在燃烧室，4点钟和8点钟位置
- ◆ 工作方式：地面点火、连续点火、空中点火
- ◆ 自机供电系统的电源，其中有一个是从飞机应急电源系统供电
- ◆ 空中点火包线。发动机再点火的能力将依据飞机的高度和飞行速度变化
- ◆ 高值和低值



## 2.1 点火系统的组成

- ◆ 电源
- ◆ 点火激励器
- ◆ 高能导线
- ◆ 点火电嘴
- ◆ 冷却系统组成



## 2.2 点火激励器

- ◆ 高能 12J 保证发动机获得满意的再点火能力
- ◆ 低能 3~6J 延长点火电嘴和点火激励器的寿命
- ◆ 高低能组合

### 输入电源

- ◆ 直流电
- ◆ 交流电

断续器式  
晶体管式

### 工作方式

- ◆ 地面点火
- ◆ 连续 点火
- ◆ 空中点火

## a 直流点火装置

24V~28V 的直流

## ◆ 断续器式的点火装置

- 断续器操作感应线圈
- 通过高压整流器给储能电容器充电
- 储能电容器电压等于封严放电间隙的击穿值，通过点火电嘴端面释放

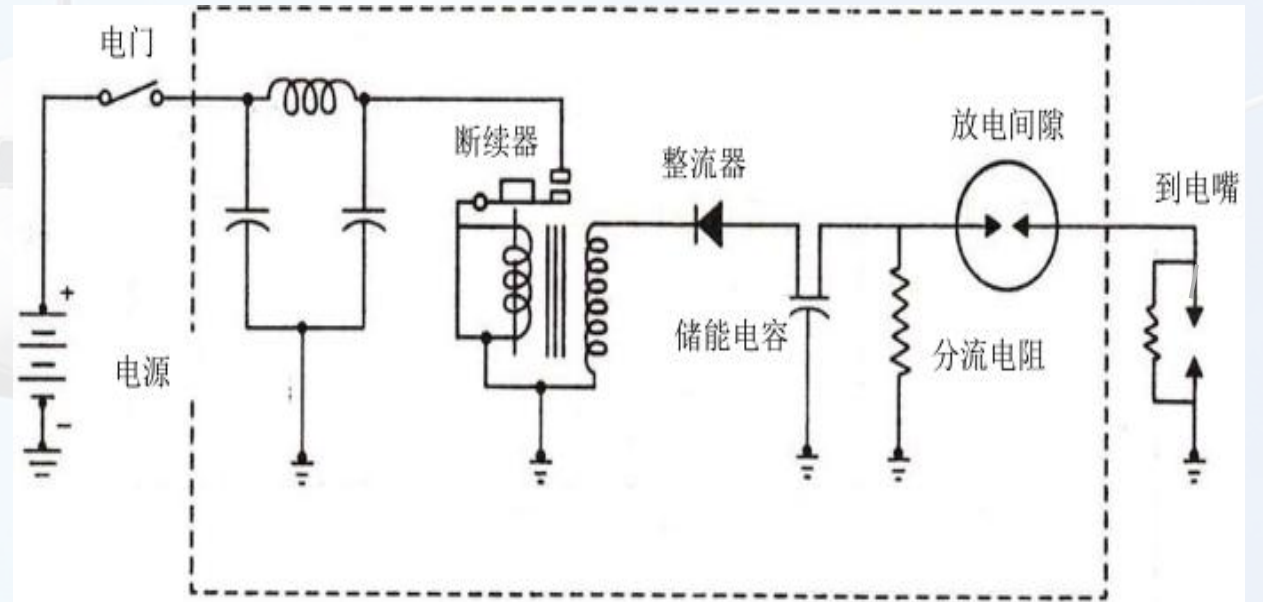


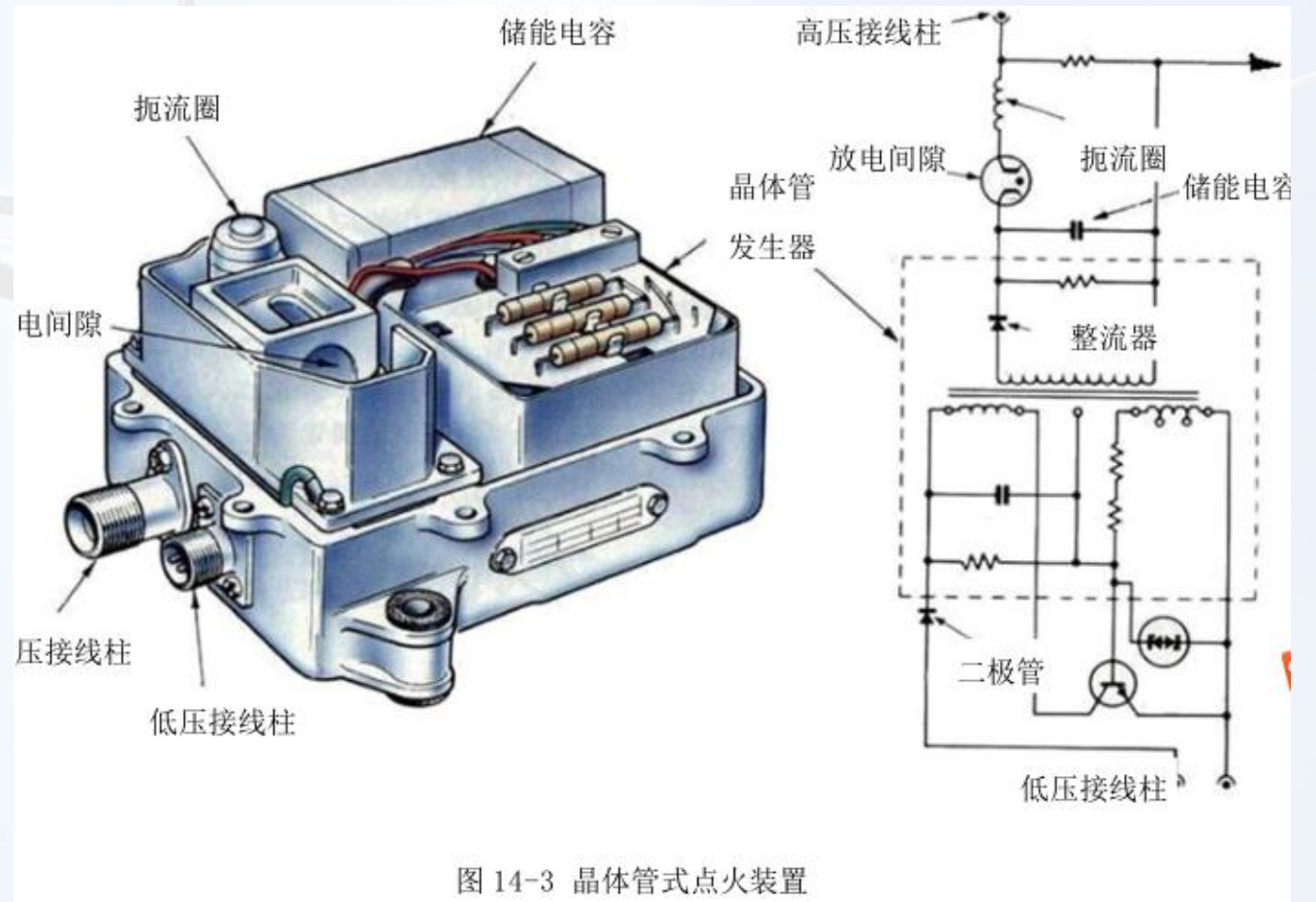
图 14-2 断续器式点火装置

- 扼流圈以延长放电时间
- 放电电阻用以保证在系统断开1 分钟内把电容器贮存的能量释放掉。
- 点火装置中安全电阻当高压导线断开和绝缘时也能安全工作

## ◆ 晶体管取代断续器

### 晶体管取代断续器

- 没有运动部件
- 寿命长
- 尺寸少
- 重量减轻



## b. 交流点火装置

115 伏, 400 赫兹交流电

- ◆ 变压器
- ◆ 整流器
- ◆ 储能电容
- ◆ 放电间隙
- ◆ 扼流圈
- ◆ 放电电阻
- ◆ 安全电阻
- ◆ 点火电嘴

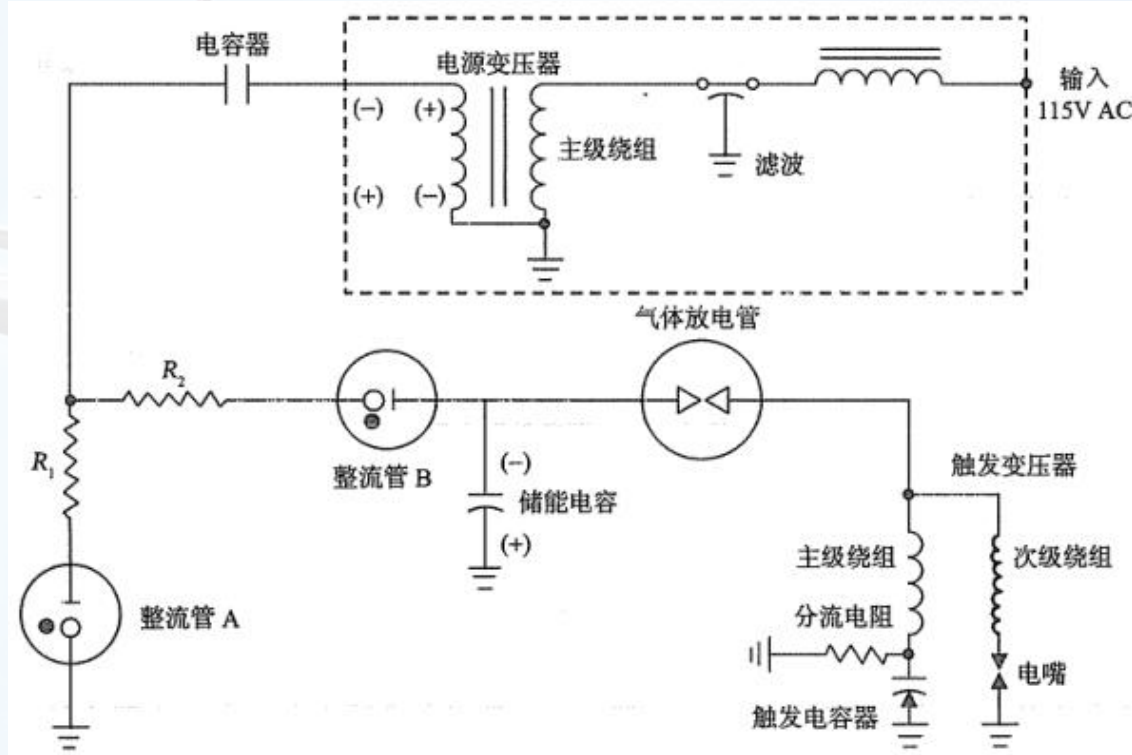


图 5-26 高压交流系统

通电→经变压器产生高压交流电→整流器整流→储能电容充电→能击穿放电间隙→储能电容器储存的能量→向点火电嘴

## 2. 3 点火导线

### 从点火激励器到相应的点火电嘴

- ◆ 绝缘芯装在软金属屏蔽
- ◆ 终止每端弹簧作用的触点
- ◆ 端接头有自锁连接螺帽

都采用同样的结构

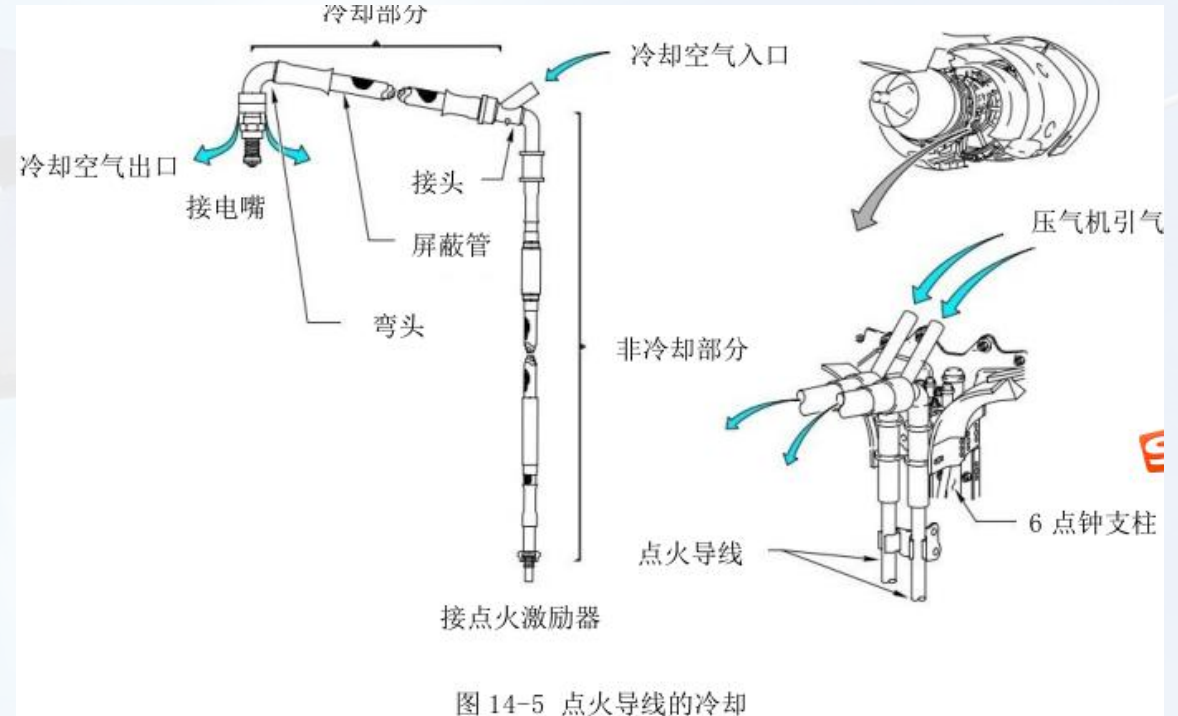
不一样的结构

冷段

热段 低压压气机引出冷却

延长点火导线的寿命

提高点火可靠性

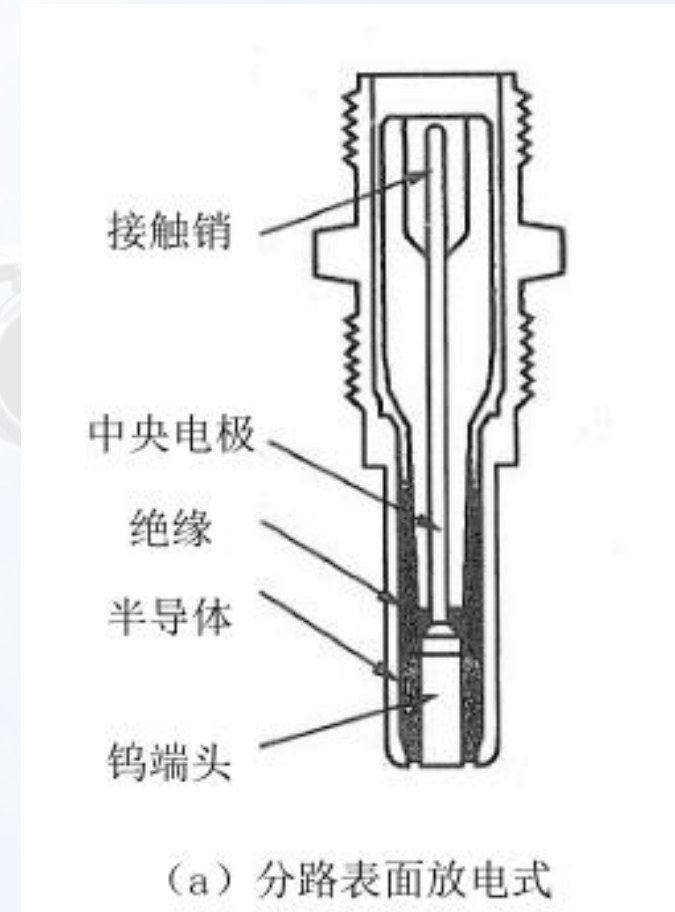


## 2.4 点火电嘴

- a. 收缩或约束空气间隙式 壳体高电压跳火的形式
- b. 分路表面放电式 电压高，好的绝缘

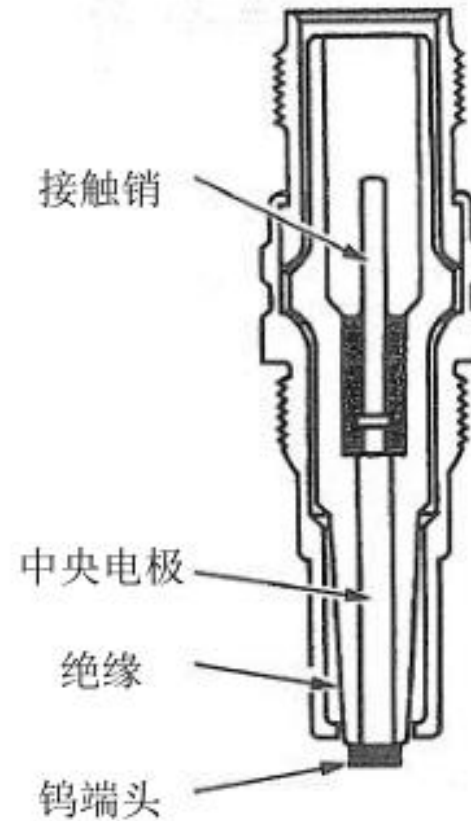
## a 分路表面放电式

- ◆ 绝缘的端头，半导体雷管构成，自中央高压电极向壳体漏电
- ◆ 半导体雷管表面电离，为储存在电容器中的电能提供一条低电阻通路。
- ◆ 放电采取从电极到壳体高电压跳火的形式




## b 收缩或约束空气间隙式

- ◆ 火花击穿电极和壳体间隙处空气
- ◆ 要求电压高
- ◆ 高电压有好的绝缘
- ◆ 减少点火电嘴头部温度，冷却，增加使用寿命



(b) 收缩或约束空气间隙式

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

# 5.3.2.3 典型发动机起动点火系统维护介绍

### 3.1 典型发动机启动点火系统的部件识别

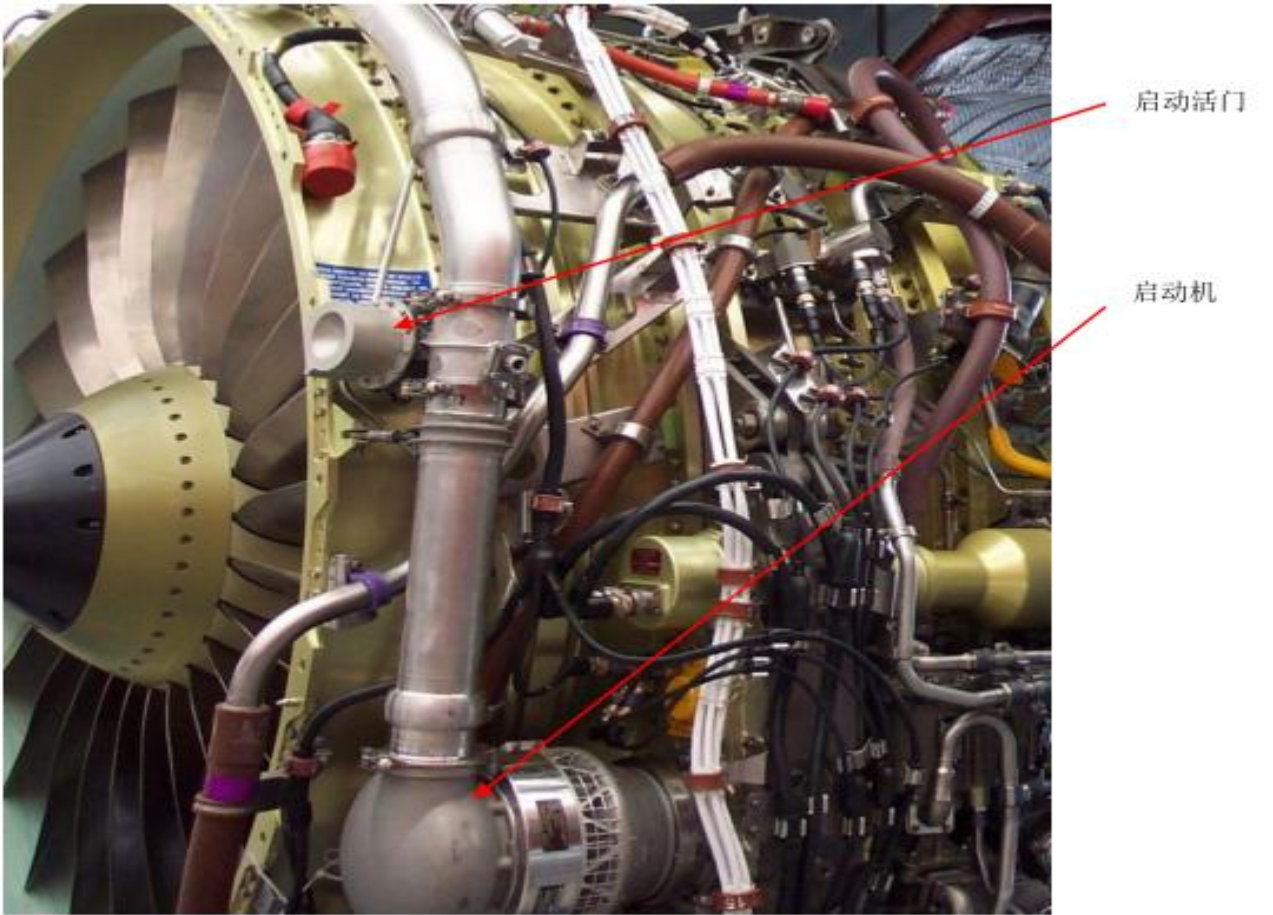
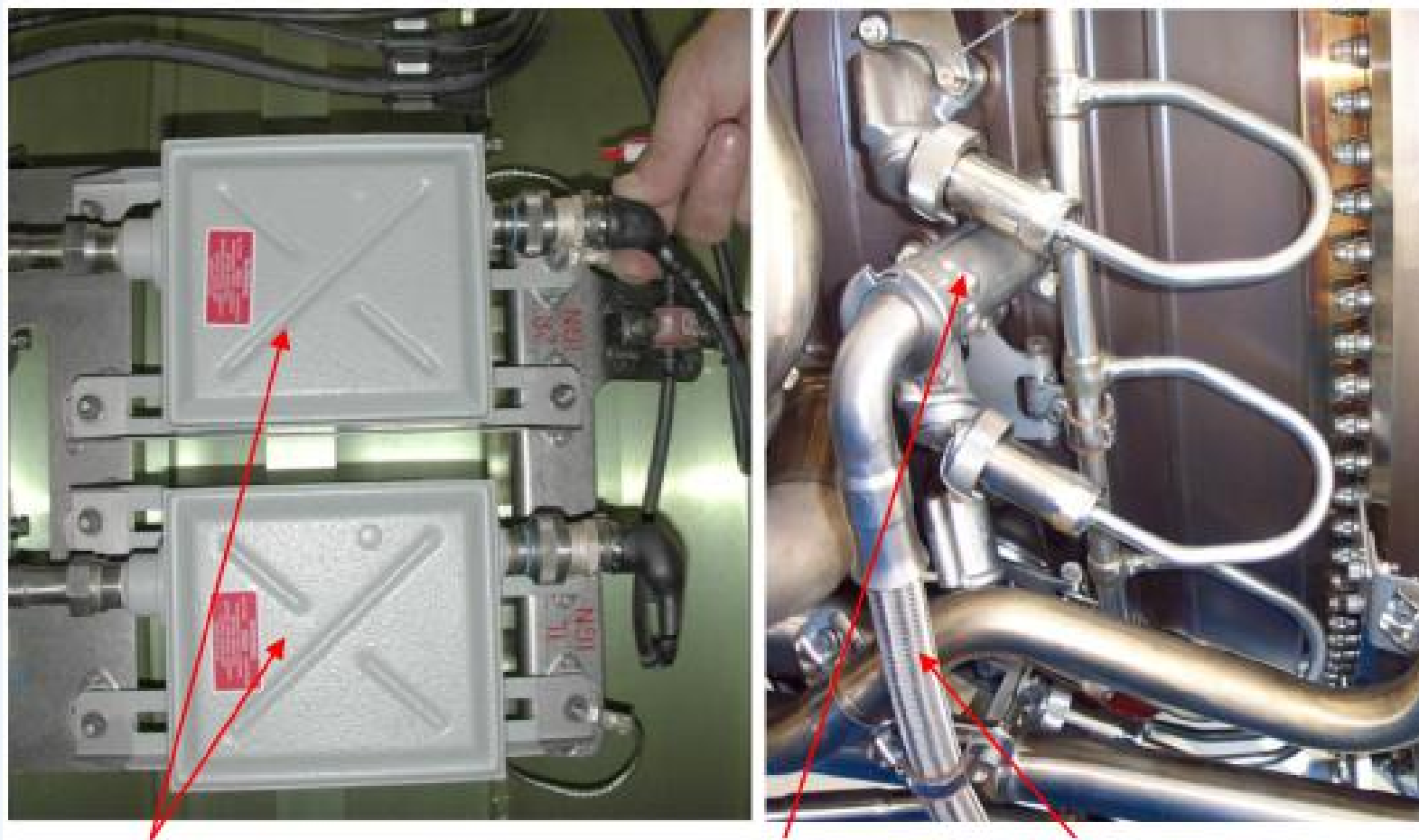


图 14-14 启动机和启动活门



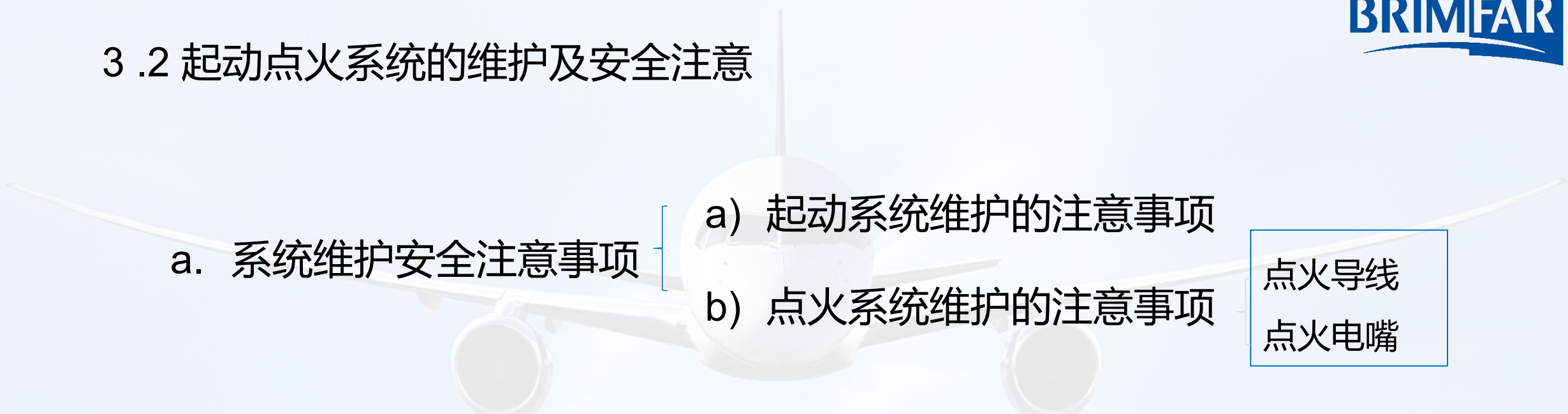
点火激励器

点火电嘴

点火导线

图 14-15 点火激励器、点火导线和点火电嘴

## 3.2 启动点火系统的维护及安全注意

- 
- a. 系统维护安全注意事项
    - a) 启动系统维护的注意事项
    - b) 点火系统维护的注意事项
  - b. 发动机启动的注意事项

点火导线  
点火电嘴

## a) 起动系统维护的注意事项

- ◆ 按维护手册
- ◆ 没有足够压差禁止强行超控
- ◆ 装起动机，注意起动机内部的润滑
- ◆ 与发动机同润滑系统的起动机，初次安装起动机后加滑油
- ◆ 起动机的使用限制
- ◆ 注意啮合起动机允许的最大发动机转速

## b) 点火系统维护的注意事项

维护需在发动机停车一定时间之后才能进行

### A. 导线维护

- ◆ 导线是否有擦伤
- ◆ 陶瓷绝缘衬套是否裂纹，损伤
- ◆ 硅胶封严避免水气进入，导致短路
- ◆ 电火导线与点火电嘴可靠接触，专用工具接触部位打磨

## B 点火电嘴安装维护

- ◆ 按照安装程序来进行,
- ◆ 螺纹上需涂防咬剂
- ◆ 点火导线相联接的螺纹上不能涂抹
- ◆ 安装完后检查安装深度
- ◆ 定期检查更换点火电嘴

b 发动机起动的注意事项

a ) 起动前检查

- ◆ 起动前检查危险区域无人和设备
- ◆ 机型不同，但起动前检查基本是一致的

## b) 发动机外部检查

- ◆ 进气道有无异物
- ◆ 风扇叶片有无裂纹
- ◆ 发动机有无任何渗油痕迹
- ◆ 发动机喷管内有无异物
- ◆ 发动机前方区域是否清洁

## c 驾驶舱的准备

按规定完成驾驶舱准备项目

完成各系统的测试及设置

完成导航、通信参数设置

完成发动机起动前项目

检查气源压力

打开飞机防撞灯电门

完成起动前检查单

### 3.3 发动机的起动、关车和冷转

#### a 发动机的起动和关车操纵

A320 起动 { 自动起动  
人工起动

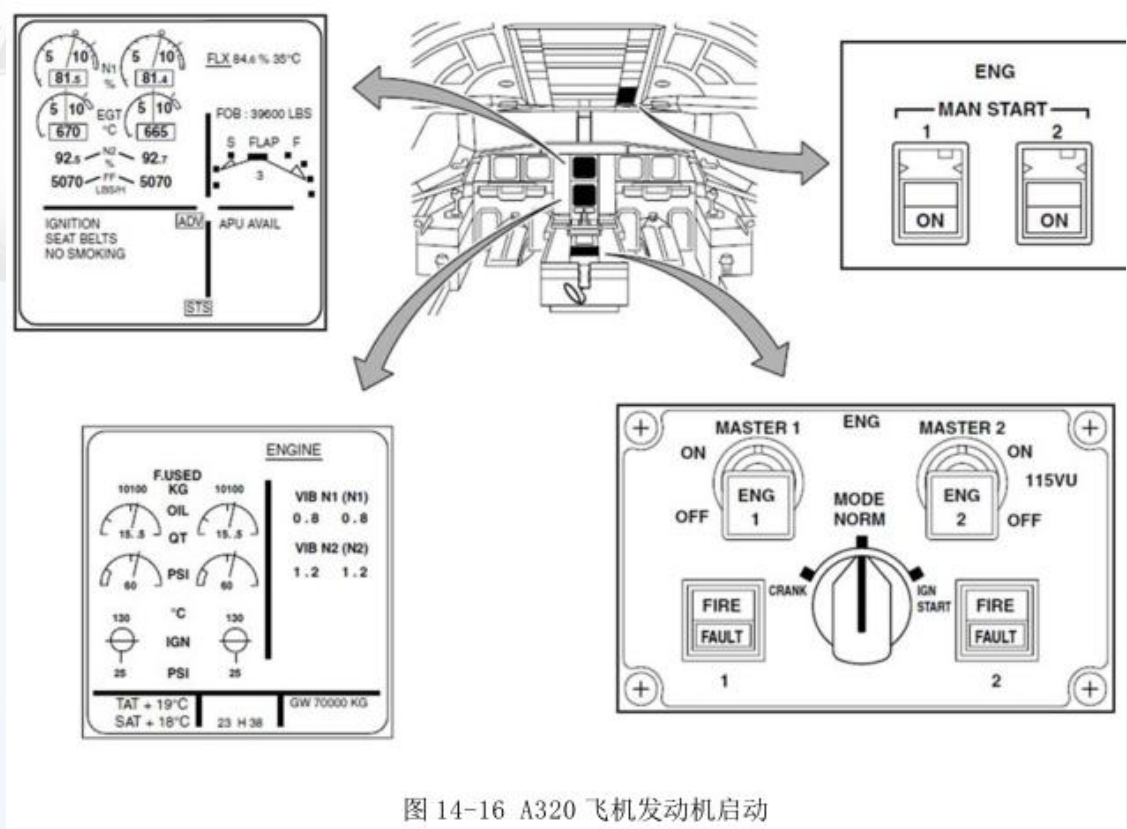


图 14-16 A320 飞机发动机启动

## b 发动机冷转

不点燃发动机内的油气混合气，起动机带动发动机转子过程

点火系统被切断，燃烧室处于“冷状态”

◆ 干冷转 不喷油，不点火。排除积油、积液、冷却发动机

◆ 湿冷转 供油，不点火 N2 至少达到 20% 供油

更换燃油调节器

排除燃油调节器故障

燃油系统放气

新发动机起封

# 更换点火部件

1. 飞机应位于开敞地区，检查发动机是否有燃油或燃油蒸汽
2. 二氧化碳灭火剂在发动机附近。
3. 高压燃油开关应关闭，
4. 每个点火电路上断开电路跳开关（或者去掉保险，如果应用的话）。
5. 检查另一个电嘴工作时，依次做。
6. 点火系统的工作听到正常的电嘴跳火声音，某些飞机在驾驶舱“点火接通”警告灯亮。

# 保存与运输

1. 起动机和点火部件在清洁、干燥，温暖和无腐蚀油雾，温度 16°C (61°F) 和湿度75%
2. 点火电嘴的电嘴螺纹应涂防锈剂并且电嘴用蜡纸或聚乙烯管包裹
3. 点火导线去掉任何滑油或油脂，端头堵住。导线应以自然位置存放（即不卷起或弯曲）并用防尘布盖上。
4. 起动机和点火装置一种包装在聚乙烯袋中放适量的干燥剂。而另一种包装是防油脂纸代替聚乙烯，起动机齿轮箱应泄放，外部螺纹和传动轴涂防锈剂
5. 点火电嘴和导线倘若贮存状态是理想的话，正常地可无限期贮存。

# 14. .3 3 发动机的启动、关车和冷转

A320 启动 { 自动启动  
人工启动

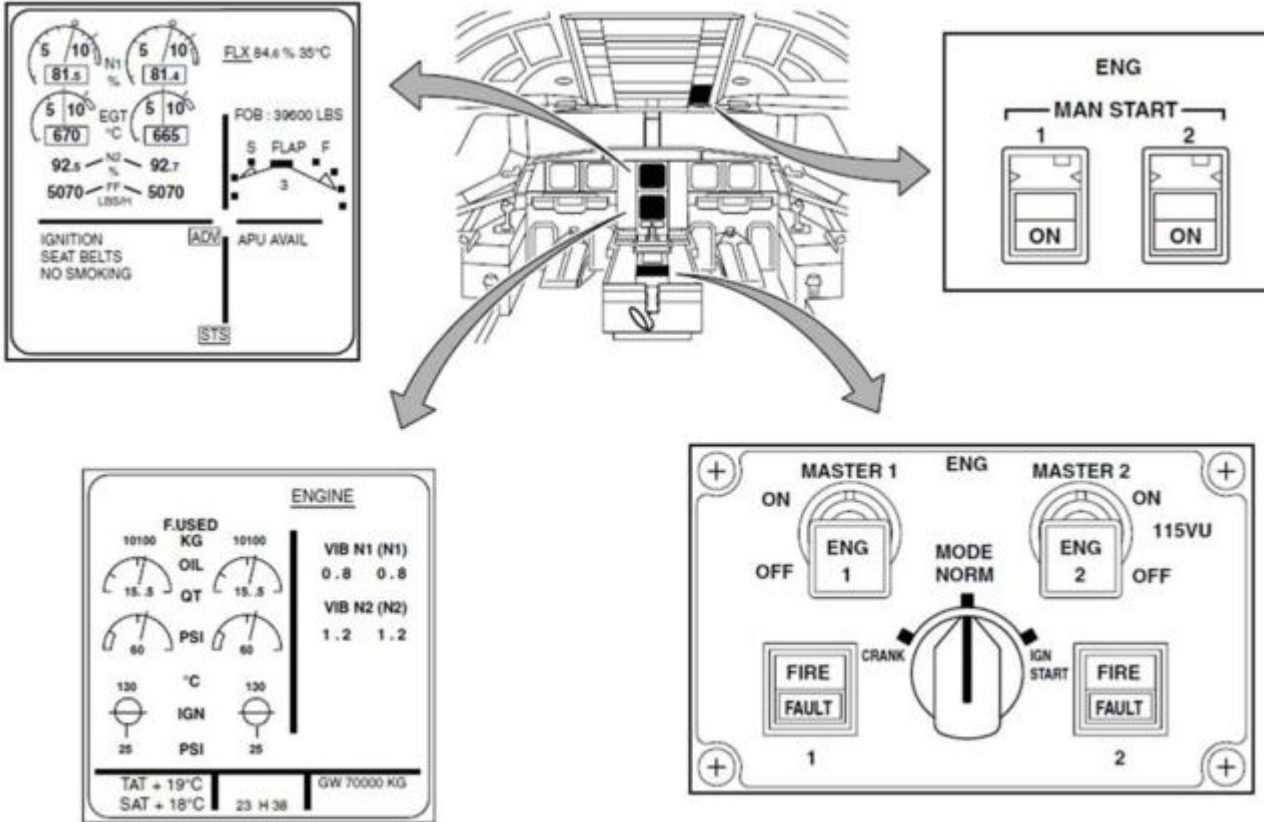


图 14-16 A320 飞机发动机启动

### 3.4 起动常见故障

◆ 不能正常点火

◆ 热起动

◆ 起动超温

◆ 起动转速悬挂

◆ 起动机不能自脱开

◆ 发动机参数摆动

◆ 喘振

◆ 振动过大

常见故障

## a 不能正常点火

- ◆ 为发动机排气温度或者转速不增加，未点燃，应该终止起动
- ◆ 冷转排出燃烧室的残留燃油后，接通火电门，检查点火
- ◆ 点火正常，可再次起动
- ◆ 否则，应该排除点火故障后再起动

## b 热起动

- ◆ 排气温度 EGT 上升较快有超温的趋势
- ◆ 起动超温：起动中，EGT 上升快，超最大允许限制值
- ◆ 热起动和起动超温一般是由于油气比过富而造成的
- ◆ 燃调故障、压气机结冰或前部有障碍物会油气比不正常

## c 起动转速悬挂

起动过程中转速停滞在较低转速不进一步加速到慢车转速

a) 冷悬挂

b) 冷悬挂

## a) 冷悬挂

起动机功率不变，第一、二阶段剩余功率减少，可靠程度变差，有时会出现现在起动过程的某个转速下，剩余功率等于零而停止加速

- 原因
- ◆ 大气温度较低时
  - ◆ 大气密度较高
  - ◆ 发动机空气流量增大
  - ◆ 压气机消耗功率也较大
  - ◆ 温度低使滑油变稠，摩擦力矩增大”

## b) 热悬挂

起动中容易富油，涡轮前温度较高，引起压气机气动不稳定状态，出现涡轮前温度高转速停止增加

- 原因
- ◆ 大气温度过高
  - ◆ 高原机场，空气密度低
  - ◆ 空气质量流量较小

小结:

序号	内容	等级	课时
1	起动系统		1H
2	点火系统		1H
3	典型发动机起动点火系统维护介绍		1H



**感谢聆听，欢迎指正**