



涡轮燃气发动机

涡喷发动机的工作原理？

涡喷发动机以空气为介质，
进气道将所需的外界空气以最小的流动损失送到压气机；
压气机通过高速旋转的叶片对空气压缩做功，提高空气的压力；
空气在燃烧室内和燃油混合燃烧，将化学能转变成热能，生成高温高压燃气；
燃气在涡轮内膨胀，将热能转为机械能，驱动涡轮旋转，带动压气机；
燃气在喷管内继续膨胀，加速燃气，燃气以较高速度排出，产生推力。

涡轮发动机的特征，什么是燃气涡轮发动机的特性？发动机特性分哪几种？

特征：

发动机作为一个热机，它将燃料的热能转变为机械能，
同时作为一个推进器，它利用所产生的机械能使发动机获得推力。

发动机的特性：燃气涡轮发动机的推力和燃油消耗率
随发动机转速、飞行高度和飞行速度的变化规律叫发动机特性。

发动机特性分为：

转速特性：保持飞机高度和飞机速度不变的情况下，发动机推力和燃油消耗率随发动机转速的变化规律叫发动机转速特性。

高度特性：在给定的调节规律下，保持发动机的转速和飞机速度不变时，发动机的推力和燃油消耗率随飞机的高度的变化规律叫高度特性。

速度特性：在给定的调节规律下，保持发动机的转速和飞行高度不变时，发动机的推力和燃油消耗量随飞机速度(或马赫数)的变化规律叫速度特性。

净推力和总推力

根据牛顿第 2，第 3 定律，气流进入发动机和离开发动机的动



量发生变化，产生推力。

净推力：取决于离开发动机的燃气动量与进来的空气动量加进来的燃油动量。

净推力还包括喷管出口的静压超过周围空气的静压产生的推力。

$$F_n = Q_m a (V_j - V_a) + A_j (P_j - P_{am})$$

$Q_m a * V_a = F_d$, F_d 造成两个影响，

1 是冲压，提高燃烧效率效率，即冲压影响。

2 是阻力。即空速的影响。

两者一正一付，从 p17 的图看一看，总的影晌是增加的。

即，空速的提高，推力增加。

总推力：是指当飞机静止时发动机排气产生的推力，

包括排气动量产生的推力

和喷口静压和环境空气静压之差产生的附加推力。

$$F_g = Q_m a (V_j) + A_j (P_j - P_{am})$$

正常飞行时，压气机、扩压器、燃烧室、排气锥产生向前推力，涡轮、尾喷口产生向后的推力。

影响热效率的因素？

热效率表明，在循环中加入的热量有多少变为机械功。热效率也称做内效率。

影响因素有：

加热比（涡轮前燃气总温） 增大，热效率也增大。

压气机增压比， 提高，热效率增大，

当增压比等于最经济增压比时，热效率最大，

继续提高增压比，热效率反而下降。

压气机效率和 增大，热效率也增大。

涡轮效率。 增大，热效率也增大。

进气道的作用？什么是进气道总压恢复系数？

一是尽可能多的恢复自由气流的总压并输送该压力到压气机，这就是冲压恢复或压力恢复；

二是提供均匀的气流到压气机使压气机有效地工作。（畸变系数）



进气道出口截面的总压与进气道前方来流的总压比值，叫做进气道总压恢复系数，

该系数是小于 1 的数值，表示进气道的流动损失。

进气道冲压比的定义，影响冲压比的因素？

进气道的冲压比是：进气道出口处的总压与远方气流静压的比值。

冲压比越大，说明空气在压气机前的冲压压缩程度越大，

影响冲压比因素：流动损失，飞行速度和大气温度。（大气密度、高度、发动机转速）：

当大气温度和飞行速度一定时，流动损失大，则冲压比下降；

当大气温度和流动损失一定时，飞行速度越大，则冲压比增加；

当飞行速度和流动损失一定时，大气温度上升，则冲压比下降。

压气机分哪两种？目前燃气涡轮发动机中常采用哪一种，为什么？

离心式和轴流式。目前燃气涡轮发动机中常采用轴流式压气机。

这是因为轴流式压气机具有下述优点：

总的增压比高，

压气机效率高，

单位面积的流通能力高，

迎风面积小，

阻力小。

缺点：

单级增压比低，

结构复杂

离心式优点：

单级增压比高，

压气机稳定工作范围宽，

结构简单可靠，

重量轻，

长度短，

起动功率小，

缺点：

流动损失大，

效率低，



单位面积的流通能力低，

迎风面积大，

阻力大

进口导向叶片的功能是什么？决定进入压气机叶片气流攻角的因素是什么？

为了保证压气机工作稳定，有的在第1级工作叶轮前还有一排不动的叶片称为进口导向叶片。

其功能是引导气流的流动方向产生预旋，使气流以合适的方向流入第1级工作叶轮。

决定因素是：

工作叶轮进口处的绝对速度（包括大小和方向），

压气机的转速。

什么是压气机的流量系数？影响压气机流量系数因素有哪些？

物理意义是什么？

压气机的流量系数是

工作叶轮进口处的绝对速度在发动机轴线的分量和工作叶轮旋转的切向速度之比。

影响流量系数的因素有两个：一个是转速，另一个是叶轮进口处的绝对速度。

物理意义：流量系数比设计值小，会使气流在叶背处发生分离；

流量系数比设计值过大，使气流在叶盆处发生分离。

简要说明空气在多级压气机中的流动。

基元级的叶栅通道均是扩张形的。

在叶轮内，绝对速度增大，相对速度减小。同时，总压、静压和总温、静温都升高；

在整流器内，绝对速度减小；静压和静温升高，总压略有下降，总温保持不变。

由此可见，空气流过基元级时，不仅在叶轮内受到压缩，而且在整流器内也受到压缩。

基元速度三角形、气流攻角、影响攻角的因素及物理意义

速度三角形：基元级包括一级转子和一级静子。这两排叶栅中动叶叶栅以圆周速度运动，静叶叶栅静止不动。从静叶出来的气流速度是绝对速度。进入动叶的气流速度是相对速度。绝对



速度等于相对速度和圆周速度的向量之和。这就是速度三角形。
攻角：工作叶轮进口处相对速度的方向和叶片弦线之间的夹角叫攻角。

影响攻角的因素有两个：一个是转速，另一个是工作叶轮进口处的绝对速度（包括大小和方向）。

物理意义：流量系数小于设计值，呈正攻角，会使气流在叶背处分离，而这种气流分离扩展到整个叶栅通道时导致压气机喘振；大于设计值，呈负攻角，会使气流在叶盆出分离，形成涡轮状态。

什么是压气机的喘振？导致喘振的根本原因是什么？

喘振是气流沿压气机轴线方向发生的低频高振幅的振荡现象。导致喘振的根本原因是由于气流攻角过大，在叶背处发生分离而这种气流分离扩展到整个叶栅通道。

在压气机中，什么是预旋和正预旋？说明正预旋的作用？

第一级工作叶轮进口处绝对速度在切线方向的分量称为预旋。若叶轮进口处绝对速度的切向分量与叶轮旋转的圆周速度方向一致，称为正预旋，否则称为负预旋；

预旋是由进气导向器产生的，目的是改变相对速度的方向，减小气流攻角，避免气流在叶背处发生分离，防止压气机喘振。压气机的增压比的定义是什么？它与级增压比是什么关系？

压气机的增压比是：压气机出口处的总压与压气机进口处的总压之比。

压气机的增压比等于各级增压比乘积。

发动机流量特性, 喘振边界定义, 喘振裕度定义？

压气机的性能参数即增压比和效率

随工作参数即压气机的空气流量、压气机转子转速、进入压气机的空气总温、总压的变化规律称为压气机特性。

在进入压气机的空气总温、总压保持不变的情况下，

压气机的增压比和效率

随进入压气机的空气流量、压气机转子转速的变化规律称为压气机的流量特性。

喘振边界：即不同转速下喘振点的连线。



喘震裕度：为了避免压气机喘振，必须保持工作线和喘振线有足够的距离，这个距离用喘振裕度来衡量。

更具体的说，喘振裕度为在同一空气流量下，喘振点和工作点的增压比之差与工作点增压比的比值。

涡轮发动机压气机防止喘振的方法和原理？

原理：压气机在非设计状态下通过一些措施也能保持与压气机几何形状相适应的速度三角形，从而使攻角不要过大或过小。

方法：采用放气活门或放气带、压气机静子叶片可调和多转子
采用放气活门或放气带：通过改变气流流量即改变工作叶轮进口处绝对速度轴向分量的大小改变其相对速度的大小和方向，使前面的攻角减小，后面的攻角增大，达到防喘目的；

压气机静子叶片可调：即改变静子叶片的安装角，通过改变工作叶轮进口处绝对速度的切向分量大小也称预旋量，从而改变进口处相对速度的方向，减小攻角进行防喘；多转子：

通过改变转子转速，即改变压气机动叶的切向速度来改变工作叶轮进口处气流相对速度的方向，减小攻角而达到防喘目的。

双转子发动机的防喘原理？

双转子或三转子的防喘原理是通过

分别改变低压压气机和高压压气机的转速，以减小攻角，达到防喘的目的。

压气机叶片为什么要扭转？如何扭转？

压气机叶片的扭转主要是因为转子叶片呈翼型截面形状，通常涉及沿其长度有一压力梯度，以保证空气维持一个比较均匀的轴向速度，向叶尖方向逐渐变高的压力抵消转子作用在气流上的离心作用，

为此必须将叶片从叶根向尖部“扭转”，以便在每一点都有一个正确的攻角。

叶片的扭转情况是：

在叶尖处叶型弯度小，叶型安装倾斜度大；

在叶根处叶型弯度大，叶型安装倾斜度小。

流过压气机的空气在其内外壁面处产生两个边界层，直将气流减慢到滞止的程度。为了补偿边界



层中的缓慢气流，在叶片的尖部和根部局部增加了叶片的弯度，叫做“端部弯曲”。

发动机燃烧室的特点与要求？

燃烧室的任务是将通过喷嘴供应的燃油和压气机供应的空气混合燃烧释放能量，供给涡轮所需的均匀加热的平稳燃气流。这一任务必须以最小的压力损失来完成，并且在有限的可用空间里释放出最大的热量。

特点：

燃烧室在高温下工作，条件恶劣。燃烧室工作的好坏直接关系到发动机工作与性能；

承受燃烧产物造成的腐蚀以及温度梯度产生的蠕变失效和由振动力产生的疲劳。

基本要求是：

点火可靠（影响点火可靠的因素是燃油与空气的比例）、燃烧稳定（燃烧的稳定性的是指在宽广的工作范围内平稳燃烧和火焰的保持能力，稳定燃烧的条件是燃烧时气流速度等于火焰的传播速度）、

燃烧效率高（常用来衡量燃烧完成的程度）、

压力损失小、

尺寸小（意味在单位燃烧室空间中，在单位时间内可用燃烧更多的燃油，常用容热强度来衡量燃烧室容积的利用程度）、

出口温度场分布满足要求（火焰除点火过程的短暂时间外，不得伸出燃烧室；

在燃烧室出口环形通道上的温度分布尽可能均匀；

在径向上靠近叶尖和叶根处的温度应低一些，而距离叶尖大约1/3处温度最高）、

燃烧完全、

排气污染小（碳氢化合物、烟、一氧化碳和氮的氧化物）、

寿命长。

余气系数的定义和意义？

余气系数(α)：是指进入燃烧室的空气流量与进入燃烧室的燃油流量完全燃烧所需要的最少的理论空气量(L)之比。



意义：余气系数表示贫油和富油的程度。

余气系数小于 1 时，为富油。

余气系数大于 1 时，为贫油。

在贫油和富油极限之间，火焰才能稳定燃烧。

（油气比 f 是进入燃烧室的燃油流量与空气流量的比值，与余气系数的关系是： $f=1/aL$ 。）

目前涡轮风扇发动机大多采用什么类型的燃烧室？为什么？

大多采用环型燃烧室。

环型燃烧室的优点有：

环形面积利用率高；

迎风面积小，

重量较轻；

点火性能好；

总压损失小；

出口温度分布能满足要求；

燃烧室的壁面积少，需要的冷却空气量减少，

燃烧效率提高，因此实际上是消除了未燃烧的燃油，并将一氧化碳化成二氧化碳，减少了空气的污染。同一功率输出而言，燃烧室的长度只有同样直径的环管形燃烧室长度的 75%，节省了重量和成本。

另外，它消除了各燃烧室之间的燃烧传播问题。

环形燃烧室缺点：制造成本高，拆卸困难和耗费时间。

管型燃烧室优点：设计简单，结构强度好，能够单个的拆卸和更换；

缺点：它们较重和需要更多的空间，还需要复杂的来自压气机的空气供应管路，导致气动损失非常高，并且从一个室到其他室的点火困难。

管环燃烧室优点：比多管燃烧室尺寸小，重量轻，不需要复杂的空气供应管路，结构强度好，

缺点：气动损失相当高和从一个火焰筒到另一个点火困难)

燃烧室中安装旋流器的主要作用？

旋流器是由若干个旋流片按一定角度沿周向排列成的。

旋流器安装在火焰筒的前部，当空气流过旋流器时，由轴向运动变成旋转运动，气流被惯性离心力甩向四周，使燃烧室的中



心部分空气稀薄，形成一个低压区，于是火焰筒四周的空气及后部一部分高温燃气便向火焰筒的低压区倒流，形成回流，使气流轴向速度比较小，形成稳定的点火源，提高燃烧效率。

（在燃烧室中有回流的地方叫回流区，回流区外边的叫主流区）

进入燃烧室的第一股气流和第二股气流各有什么作用？

第一股由燃烧室的头部经过旋流器进入，约 25%左右，与燃油混合，组成余气系数稍小于 1 的混合气体进行燃烧。第二股气流由火焰筒壁上开的小孔及缝隙进入燃烧室，占总进气量的 75%左右，用于降低空气速度，补充燃烧，与燃气掺混，稀释并降低燃气温度，满足涡轮对温度的要求，冷却保护火焰筒。

燃烧室中的主燃区，补燃区，掺混区的主要作用是什么？

主燃区：占总进气量 25%左右的气流从火焰筒的头部经旋流器进入燃烧室，

与燃油混合，形成余气系数稍小于 1 的混合气，进行燃烧。|

补燃区：从火焰筒壁开的小孔及缝隙进入的第二股空气与剩下的燃油进行补充燃烧。|

掺混区：使第二股气流与燃气进行混合，

降低燃气的温度并控制燃烧室出口处的温度分布以满足涡轮的要求，

冷却保护火焰筒。

燃烧室常见故障是什么？造成这些故障的主要原因是什么？

常见故障有局部过热和熄火。

局部过热会造成火焰筒各处的温差过大，引起火焰筒变形和裂纹，

造成局部过热的原因有燃油分布不均匀和空气流动遭到破坏。

熄火分为贫油熄火和富油熄火，其根本原因是油气比超出稳定燃烧的范围。

涡轮工作叶片安装到轮盘上的最佳型式是什么？它的优缺点是什么？

枞树型榫头。

优点：

1 重量轻，由于叶片榫头呈楔形，所以材料利用合理；



- 2 强度高;
- 3 高温下工作对热应力不敏感;
- 4 拆装及更换叶片方便。

缺点: 1 加工精度要求高, 2 容易出现裂纹。

(为了保证载荷能有所有的齿分担, 这种榫头要做非常精密的机械加工。当涡轮处于静止时, 叶片在齿上是活动的, 当涡轮旋转时, 在离心载荷作用下根部才变成刚性结合。)

涡轮叶片带冠的优点?

优点:

减少燃气漏过叶片顶部时的效率损失, 提高涡轮的效率;

增强叶片的刚度;

降低叶片的振动。

(带冠的涡轮叶片主要用在低转速的低压涡轮上, 工作叶片不带冠的主要用于高转速的涡轮, 可以通过涡轮间隙主动控制系统保持间隙最佳。

叶冠增加了重量但可将叶型做的更薄而抵消。)

用于涡轮发动机涡轮叶片的两种结构型式是什么? 说明其特点。

涡轮叶片型式有带冠叶片和不带冠叶片。

带冠叶片增加刚度, 减少振动, 叶型薄可抵消叶冠重量增加, 降低二次损失, 提高涡轮效率。

不带冠的叶片重量轻, 叶尖间隙可以通过涡轮间隙主动控制技术提高涡轮效率。

(带冠的涡轮叶片主要用在低转速的低压涡轮上, 工作叶片不带冠的主要用于高转速的涡轮, 可以通过涡轮间隙主动控制系统保持间隙最佳。)

发动机涡轮叶片的冷却方式?

冷却方式: 对流、冲击、气膜冷却

涡轮导向器和转子叶片都做成空心的。冷却的作用是一方面增加涡轮的使用寿命, 另一方面得到更好的涡轮效率, 这是通过冷却外部涡轮机匣实施的, 冷却空气来自高压压气机的空气冷却。

对流冷却: 是最简单的方法, 冷却空气从叶片的底部和顶部的孔进入流经叶片的内部通路最后从叶片后缘流出同热的燃气



汇合；

冲击冷却：对于涡轮喷嘴导向叶片和转子叶片是较好的冷却方法。冷却空气首先流进嵌入叶型空心的管，管内有許多小孔作为喷嘴，冷却空气通过这些喷嘴冲击叶型内壁。冷却空气最后从叶片后缘流出同热的燃气汇合；

气膜冷却：冷却空气经在涡轮叶型上钻的小孔流入热燃气，在涡轮叶片和导向器的外壁形成薄的气膜，该冷却气膜阻止燃气同涡轮材料直接接触，所以冷却效果最有效，但是钻这些小孔非常困难，费用高。

大多数现代燃气发动机上使用组合冷却方式，涡轮第一级喷嘴导向叶片和第一级转子叶片，采用对流、冲击、气膜冷却；

第二级喷嘴导向叶片采用对流和冲击冷却。

第二级转子叶片仅用对流冷却即可。

什么是涡轮叶片的蠕变？原因是什么？

涡轮叶片超过一定工作期间，叶片在长期的应力作用下，特别是材料经受的温度高，叶片会慢慢的伸长，这样现象称为蠕变，这类变形当载荷去掉以后不能回到原始形状。它是由于负荷的长期作用结果产生的塑性变形，与时间和温度相关。

涡轮叶片蠕变是由热负荷和离心负荷长时间作用引起的。

蠕变是离心力、材料温度和时间的函数。

涡轮落压比的定义？双转子发动机在什么转速下高压涡轮落压比不变？为什么？

涡轮落压比是涡轮进口处的总压与涡轮出口处的总压之比。

高压涡轮的落压比在中等转速以上就保持不变。

涡轮落压比随转速的变化规律：

当涡轮导向器最小截面处处于临界或超临界状态时，涡轮的落压比为常数；

当涡轮导向器最小截面处处于临界或超临界状态，而喷管处于亚临界状态时，随着转速下降，涡轮的落压比下降；这时涡轮落压比的变化是由最后一级涡轮落压比的变化造成的，而其它各级涡轮的落压比不随转速而变化。

当涡轮和喷管均处于亚临界状态时，随着转速减小，涡轮的落压比减小。各级落压比都减小，而且越靠后的级落压比减小得



越多。

由此可以看出，对于多转子发动机的高压涡轮，只要第一级导向器处于临界或超临界状态，则涡轮落压比就保持不变。

双转子涡喷发动机，喷管处于临界或超临界工作状态时，高压涡轮落压比保持不变。

什么是喷管的实际落压比和可用落压比？它们之间的关系什么？

喷管的实际落压比，简称落压比，是喷管进口处的总压与喷管出口处的静压之比。

可用落压比是喷管进口处的总压与喷管出口外的反压（大气压）之比。

关系：实际落压比可以小于或等于可用落压比，实际落压比不能大于可用落压比，

这是因为收敛喷口处的静压可以大于或等于反压。

什么叫喷管？喷管分为哪两种基本类型？

凡是使气流压力下降，速度增加的管道叫喷管。

（安装在涡轮的后面，使从涡轮流出的燃气膨胀、加速，以一定的速度和要求的方向排入大气，得到所需推力的管道，称为喷管）。

喷管分为亚音速喷管和超音速喷管。

亚音速喷管是收敛形 的管道，包括排气管（尾管）、排气锥（排气塞）、整流支柱、收敛喷口。

超音速喷管是先收敛后扩张形的管道。

简述燃气涡轮发动机喷管的功用。

安装在涡轮的后面，其主要功用是使从涡轮流出的燃气膨胀、加速，以一定的速度和要求的方向排入大气，得到所需的推力；通过改变喷气排出方向的反推力装置可以按需要产生反推力，降低落地后的滑跑速度，缩短滑跑距离；

矢量喷管是能使排气流在一定范围内变化的喷管，这种推力方向的改变主要用来操纵飞机；

设计消音喷管可以减低产生的噪音；

调节喷管临界面积可改变发动机的工作状态。



排气锥（排气塞）和外壁之间的通道通常做成扩散形的，为什么？

降低气流的速度，以减小摩擦损失。

从发动机涡轮流出的燃气进入排气系统，由于燃气速度高会产生很高的摩擦损失，所以气流的速度要通过扩散加以降低，这是通过将排气锥和外壁之间的通道面积不断地加大实现。

亚音速喷管的三种工作状态？

亚临界工作状态：当可用落压比小于 1.85 时，喷管处于亚临界状态。这时喷管出口气流马赫数小于 1，出口静压等于反压，实际落压比等于可用落压比，是完全膨胀。

临界工作状态：当可用落压比等于 1.85 时，喷管处于临界状态。这时喷管出口气流马赫数等于 1，出口静压等于反压，实际落压比等于可用落压比，都等于临界压比。是完全膨胀。

超临界工作状态：当可用落压比大于 1.85 时，喷管处于超临界状态。出口静压等于临界压力而大于反压，实际落压比小于可用落压比，是不完全膨胀。

（双转子涡喷发动机，喷管处于临界或超临界工作状态时，高压涡轮落压比保持不变）

状态	可用落压比	实际与可用	膨胀	静压与反压
----	-------	-------	----	-------

亚临界	< 1.85	= 完全	相等
-----	--------	------	----

临界	= 1.85	= 完全	相等
----	--------	------	----

超临界	> 1.85	< 不完全	大于
-----	--------	-------	----

什么是转子支承方案？如何表示？

发动机中，转子采用几个支承结构（支点），安排在何处，称为转子支承方案。

为了表示转子支点的数目与位置，常用两条前、后排列的横线分别代表压气机转子和涡轮转子，两条横线前后及中前的数字表示支点的数目。如：1-3-0

（转子上承受的各种负荷由支承结构承受并传至发动机机匣上，最后通过安装节传至飞机结构上，轴承的数目由转子的长度轴和重量决定，一般都采用滚珠轴承和滚柱轴承用于支承发动机的主转子轴，在支承方案简图中，小圆圈表示滚珠轴承，小方块表示滚柱轴承）



转子上止推支点的作用？一个转子有几个止推支点？

转子上的止推支点（固定轴承）除承受转子的轴向负荷、径向负荷外，

还决定了转子相对机匣的轴向位置。

每个转子只能有一个止推支点。

（浮动轴承仅传递径向力，在轴向可以动，转子轴和机匣的长度改变是有热膨胀引起的，3 支点系统中，固定轴承在中间，浮动轴在转子的两端，轴膨胀最小，）

在涡喷发动机上什么是柔性联轴器？什么刚性联轴器？

发动机转子上的联轴器是连接涡轮转子和压气机转子的组合件。

在不同的支承方案中，

联轴器有的仅传递扭矩；

有的要传递扭矩和轴向力；

有的不仅要传递扭矩、轴向力，还要承受径向力。

如果允许涡轮转子相对压气机转子轴线有一定的偏斜角，这种联轴器称为柔性联轴器。

在 2 支点的支承方案中，联轴器仅传递扭矩和轴向力，且将涡轮轴与压气机轴刚性的联成一体，这种联轴器称为刚性联轴器。

挤压油膜式轴承原理及功用？

在某些发动机上，为了尽量减少从旋转组件传向轴承座的动力负荷的影响，采用了挤压油膜式轴承。

在轴承外圈和轴承座之间流有很小的间隙，该间隙充满了滑油，并形成油膜。

该油膜阻尼了旋转组件的径向运动及传向轴承座的动力载荷。因此，减小了发动机的振动及疲劳损坏的可能性。

燃气涡轮发动机上使用哪些种类的封严件？及其作用？

萁齿式封严件；浮动环（环形）封严件；液压封严件；石墨封严件；刷式封严件。

封严件用于防止滑油从发动机轴承腔漏出，

控制冷却空气流和主气流的燃气进入涡轮盘空腔。

（选择何种封严件取决于周围的温度和压力、可磨蚀性、发热量、重量、可用的空间，易于制造及安装和拆卸。

高温主燃气流吸入涡轮盘会导致过热和引起有害的膨胀和疲



劳。

通过不断的向涡轮空腔供入足量的冷却和封严气流，来阻挡高温燃气的向里流动，从而达到防止燃气吸入的目的。

冷却和封严空气的流量和压力由级间封严件控制)

当飞机的飞行高度升高时，简要说明如何保证发动机的稳态工作？

稳态是指发动机在某一转速下连续的工作状态

- ①转速一致，单轴涡喷发动机，压气机和涡轮的转速是同的；
- ②流量连续，流过涡轮的燃气流量等于流入压气机的空气流量加上进入燃烧室的燃油流量，再减去引气系统引出的空气流量，如果假设燃油流量近似于引气流量，则简化为流过涡轮的燃气流量等于流入压气机的空气流量，
- ③压力平衡，涡轮进口燃气总压等于压气机出口总压乘以燃烧室的总压恢复系数。

- ④功率平衡，压气机消耗功等于涡轮输出的功乘以机械效率。

(单轴发动机稳态工作的条件：转速一致、流量连续、压力平衡和功率平衡，涡轮功率与压气机功率的平衡是暂时的，相对的，有条件限制的，随外界条件和部件的性能变化而变化)

当飞行高度升高时，由于大气密度减少，进入发动机的空气流量减少，这时若供油量保持不变，引起涡轮前燃气总温会升高，使涡轮功率增大，涡轮功率将大于压气机功率，发动机转速会增大，为了保持转速不变，随着飞行高度的增高，应适当地减少供油量来控制涡轮前总温，使涡轮功率等于压气机功率。

什么是燃气涡轮喷气发动机的加速性？大气条件和飞行状态对发动机的加速性有何影响？

发动机加速的必要条件是要有剩余功率。改变发动机转速的最好方法是改变涡轮前温度以改变涡轮功率，而改变涡轮前温度可通过改变供油量来实现。

快推油门时，发动机转速快速上升的能力叫加速性，

加速性的好坏由加速时间来衡量。

加速时间通常指从慢车转速加速到最大转速或某一转速的时间。

加速时间越短，加速性越好。

影响因素：



1 大气温度降低、大气压力升高、飞行速度增大时，引起空气流量增大，剩余功率随之增大，发动机加速时间短，加速性能变好；

2 飞行高度升高，除因空气流量减小，加速性变差外，还由于高空燃烧条件变差，稳定燃烧范围缩小，供油量增加受到限制，加速性变差。

燃气涡轮发动机加速时应注意什么？

为缩短加速时间应尽可能增大涡轮前燃气温度，以增大剩余功率。

但是注意：

不能发生涡轮超温，

发动机超转，

压气机不能发生喘振，

燃烧室不要出现富油熄火。

减速时受到 压气机喘振和贫油熄火的限制。

燃气涡轮喷气发动机常用的工作状态有哪些？是如何确定的？

最大起飞工作状态：不使用喷水时批准使用的最大起飞推力，该推力级别使用有时间限制，仅用于起飞；

最大连续工作状态：这是批准发动机连续使用的最大推力，为延长发动机寿命，这个级别推力在驾驶员的判断下保证安全飞行使用；

最大巡航工作状态：巡航时批准使用的最大推力；工作时间不受限制。

慢车工作状态：这是发动机能够保持稳定工作的最小转速，用于在地面或在空中以最低推力工作。油门杆在慢车位。

此外还有

最大爬升即正常爬升批准的最大推力工作状态及反推力工作状态。

最大复飞推力是飞机复飞时允许使用的最高推力

简述涡扇发动机的质量附加原理。

在一定的飞行速度下，当工质获得的可用能量（即可以转变为气体动能的能量）一定时，如果工质的质量越大（即参见产生推力的气体质量越多），即发动机的推力越大。



涡扇发动机的工作是以质量附加原理为基础的。

作为热机，当发动机获得一定的机械能之后，通过将这部分可用能重新分配，将内涵的一部分可用能通过涡轮驱动风扇传递给外涵，增加发动机的总空气流量，减低排气速度，降低噪音，并在一定的飞行马赫数范围内，增大发动机的推力，降低燃油消耗率。

为什么民航大型飞机使用涡扇发动机？

在高亚音速范围内与涡喷发动机相比，涡扇发动机具有推力大、推进效率高、噪音低、燃油消耗率低的特点。

它适合于高亚音速飞行，广泛应用于民航干线飞机。

缺点：

风扇直径大，迎风面积大，因而阻力大，发动机结构复杂，其速度特性不如涡喷

何为燃气涡轮喷气发动机的转速特性？其规律如何？

在保持飞机的飞行高度和飞行速度不变的条件下，发动机的推力和燃油消耗率随发动机转速的变化规律，叫做发动机的转速特性，又叫节流特性。

推力随转速的增加而增大；

燃油消耗率随转速的增加而下降，接近最大转速附近，略有增加。

大气温度上升，空气密度下降，在同样的转速下，流过发动机的空气流量减小，压气机增压比下降，使发动机的推力减小、燃油消耗率增加。

大气压力上升，使总压上升，造成流量和各截面的总压增加，推力增加，但燃油消耗率不受影响。

大气湿度上升，空气密度下降，空气流量下降，发动机推力将下降，但对涡轮发动机来说，仅 1/4 空气用来燃烧，故对推力影响不大，而对活塞发动机影响大。

简要说明涡扇发动机的速度特性。

在给定的调节规律下，保持发动机的转速和飞行高度不变时，发动机的推力和燃油消耗率随飞行速度的变化规律，叫发动机的速度特性。在讨论速度特性时假设涡轮前温度不变。随着飞行速度增大，涵道比也增大，单位推力减小，推力减小，而且



涵道比越大，推力下降的越快。随着速度增大，燃油消耗率增加，而且涵道比越大，增加的越快。

什么是燃气涡轮喷气发动机的速度特性？其规律如何？

在给定的调节规律下，保持发动机的转速和飞行高度不变时，发动机的推力和燃油消耗率随飞行速度的变化规律，叫发动机的速度特性。

在低速范围内，随着飞行马赫数的增大，推力有所下降；燃油消耗率增加。

在高速范围内，随着飞行马赫数的增大，燃油消耗率增加，推力开始增大但当马赫数继续增大时推力转为下降。

$F=Q_M(V_5-V_0)$ ，低速时， Q_M 进气少，推力下降，当大于一点的 M 数时， q_M 增加效果好，推力增加比较快。大 M 数时，主要是影响 V_0 ，由于 V_5 基本保持不变， V_0 增加比较多， F 反而减少。

3 楼解释的是单位推力 F_s （取决于进气速度 V_0 ），基本正确。 $F=F_s*Q_m$ ， Ma 在 2 附近推力达到最大。所以开始， F 减小，是因为 F_s 减小， Q_m 增加，但是 F_s 减小的更快。中间， F 增加，是因为 Q_m 更快。后期， F 减小，是因为 F_s 减小更快。

何为燃气涡轮喷气发动机的高度特性？其规律如何？

在给定调节规律条件下，保持发动机的转速和飞行速度不变时，发动机的推力和燃油消耗率随飞行高度的变化规律。

推力随着飞行高度的增加而下降，

在 11000 米以下下降的慢，

在 11000 米以上的同温层内，下降的较快。

燃油消耗率随着飞行高度的增加，

在 11000 以下下降，

在 11000 米以上的同温层不变。

飞行高度对发动机推力有什么影响？

高度对推力的影响是同空气密度相关的。随着飞机高度增加，



空气压力减小，温度也下降。但是，外界空气压力减少比温度下降的快。

所以，随高度增加，发动机实际推力下降。当高度到达同温层，温度停止下降，外界压力随高度继续下降时，推力下降较快。

双转子涡喷发动机的特点？

双转子发动机启动时，启动机只带动一个转子，可用功率较小的启动机。

双转子发动机具有良好的加速性。

双转子可使压气机在更宽的范围内稳定工作，是防喘的有效措施。

双转子的压气机具有更高的增压比，可以产生更大的推力。

双转子在发动机低转速下具有较高的压气机效率和较低的涡轮前总温，在低转速工作时，燃油消耗率比单转子发动机低得多。

双转子涡喷发动机中是如何满足高压转子和低压转子的共同工作的？

高压转子的共同工作条件与单转子发动机中压气机和涡轮的共同工作条件一样，即：

转速一致，

流量连续，

压力平衡，

功率平衡。

保持高压转子在某个转速稳定工作是通过控制供油量来控制高压涡轮前燃气总温，使高压涡轮输出的功率等于高压压气机消耗的功率，此时低压转子自动建立平衡。

当调节供油量，高压涡轮燃气温度为一定数值，相应的低压涡轮前燃气温度也就具有某一定数值。这样，低压涡轮输出的功也就有一个定值，带动低压压气机到达某个转速，从而使低压压气机所消耗的功率恰好等于低压涡轮输出的功率，低压转子便自动地稳定在该转速下工作。

52 燃气涡轮喷气发动机与活塞式发动机相比有哪些特点？



与活塞式发动机相比燃气涡轮喷气发动机结构简单，重量轻，推力大，推进效率高，而且在很大的飞行速度范围内，发动机的推力随着飞行速度的增加而增加。

涡喷发动机的优点？

推力大，
高空性能好。

速度特性比涡扇发动机好。

涡轮喷气发动机通过迅速加速相对小的空气质量产生很大的推力。在正常巡航转速范围，涡喷发动机的推进效率随空速增加迅速地增加。

何谓涡桨发动机？什么是直接传动涡轮螺旋桨发动机？涡桨发动机螺旋桨可由哪两种方法驱动？

当来自涡喷发动机基本部分（常常称为燃气发生器）的排气用于旋转附加的涡轮并通过减速器驱动螺旋桨时，这就是涡桨发动机。

在某些涡桨发动机，附加功率直接从压气机功率传动轴驱动螺旋桨减速器产生。这种类型称为直接传动涡轮螺旋桨发动机。在现代涡轮螺旋桨发动机中更多的有自由涡轮，他独立于驱动压气机的涡轮，在发动机排气流中自由转动。自由涡轮通过减速器驱动螺旋桨。

驱动方式：可由燃气发生器涡轮驱动，也可由它自己的自由涡轮驱动。

涡轮螺旋桨发动机产生的总推力（拉力）如何分配的？

涡轮螺旋桨发动机的涡轮既带动压气机也带动螺旋桨。

约 $\frac{2}{3}$ 的涡轮功率用来转动压气机，

其余的 $\frac{1}{3}$ 用来转动螺旋桨和传动附件。

涡桨发动机的拉力绝大部分由螺旋桨产生，

而只有 10%-15% 由喷气产生。



涡桨发动机的拉力由谁产生？

涡桨发动机的涡轮设计成从膨胀的燃气中吸收大量的能量不仅提供满足压气机和其他附件需要的功率，而且输出最大可能的扭矩到螺旋桨轴。

拉力是由在前面的螺旋桨和后面的喷管组合作用产生的。

涡桨发动机的负拉力是如何实现的？

通过改变螺旋桨的桨叶角为负值，产生负拉力。

桨叶角：螺旋桨旋转平面和桨叶弦线构成的夹角。

桨叶攻角：桨叶弦线与相对风的夹角。

涡桨发动机控制器的功用是什么？

涡桨发动机燃油控制器接受驾驶员的功率要求信号，

控制器考虑一些变量（

压气机出口压力、

燃气发生器转速、

自由涡轮转速和

压气机进口温度）

通过调节燃油流量，提供要求的功率而且不超过发动机转速和涡轮进口温度限制。

涡桨发动机燃油控制器中有最大转速限制器、排气温度限制器和扭矩限制器，以保证这些重要参数不超过安全限制。

旋转涡桨发动机的螺旋桨多是恒速螺旋桨。

在现代涡桨发动机中，多采用恒速螺旋桨，如何保持螺旋桨恒速？

保持螺旋桨恒速是由螺旋桨调速器实现的，它感受螺旋桨或自由涡轮的转速，通过改变螺旋桨的桨叶角，即变大距，变小距，改变负荷保持螺旋桨恒速。

涡桨发动机的特点？

涡轮螺旋桨发动机综合了涡轮喷气发动机的优点同螺旋桨的推进效率。

涡轮喷气发动机通过迅速加速相对小的空气质量产生大的推力，

涡轮螺桨对相对大的空气质量施加较少的加速产生拉力。

在正常速度范围内，涡桨发动机推进效率保持高于或低于常数，



而涡喷发动机随空速增加迅速增加。涡桨发动机的耗油率比同尺寸的涡扇和涡喷发动机低。

自由涡轮式涡轴发动机的两个主要部分是什么？现代直升机的旋翼通常由谁驱动？

涡喷发动机的基本部分常常称为燃气发生器。如果燃气发生器后又独立于驱动压气机的涡轮，两者之间气动连接，这称为自由动力涡轮。如果自由涡轮发动机的输出轴经过减速器带动旋翼，这就是涡轮轴发动机。

自由涡轮式涡轴发动机的两个主要部分是燃气发生器部分和自由涡轮部分。

直升机的旋翼通常由自由涡轮通过减速器驱动。

涡轴发动机自由涡轮的作用及应用

作用：自由涡轮通过与燃气发生器的气动连接，它的输出轴经过减速器来带动旋翼，并保持旋翼恒速。

应用：不仅在直升机使用，也可用来驱动船舶、火车、汽车或者工业设备上。

什么是涡轮轴发动机的功率匹配最大原理？

直升机采用多台发动机时，要求每台发动机输出功率应相同即功率匹配，这对直升机的强度是有利的。

若不同，则输出扭矩大的发动机不做改变，使输出扭矩小的发动机增加燃油量增大输出扭矩，直到与输出扭矩大的相等，这称为匹配最大原理。

它可以防止扭矩负载分配回路将好的发动机的功率减小去匹配功率受到限制的发动机。

由多台发动机驱动旋翼的直升机中，当总扭矩超限时，应如何处理？为什么？

如果总扭矩超限，将同时减少各台发动机的燃油流量减少输出扭矩。

这是因为由多台发动机驱动旋翼的直升机中要求各台发动机输出的功率相同，

即功率应匹配。

涡轮轴发动机中由什么部件保证旋翼转速恒定和涡轮前燃气总温不超限？

由自由涡轮转速调节器始终保证动力涡轮转速等于驾驶员选



定的基准值，以保持旋翼的转速恒定。

排气温度限制器保持涡轮前燃气总温不超限，测量动力涡轮进口温度同固定的限制值比较，当超出时，发出信号减少燃油流量。

直升机驾驶舱中的功率杆和桨距杆各有什么功用？

功率杆或可用功率轴给出燃气发生器可以提供的最大功率，该杆控制起动、停车和燃气发生器的转速等。

桨距杆或负载要求轴确定发动机实际发出的功率。负载要求轴与总距调节相连。

为什么现代涡轮轴发动机控制采用电子控制装置？

这是因为采用电子控制装置时，易于实现旋翼的恒速、负载的分配、基准选择、超温限制、超扭限制等功能，而且能自动精确地调准保证旋翼转速下的功率要求。

发动机燃油系统主要部件有哪些？

发动机燃油系统是从飞机燃油系统将燃油供到发动机的燃油泵开始，一直到燃油从燃烧室喷嘴喷出，

这中间包括的部件有：

- 燃油泵、
- 燃油加热器、
- 燃油滤、
- 燃油/滑油散热器、
- 燃油控制器、
- 燃油流量计、
- 燃油分配活门或增压和泄油活门，
- 燃油总管、
- 燃油喷嘴。

说明发动机燃油加温的目的和方法。

目的：防止燃油结冰，堵塞油路。

加温燃油通过压气机后的热空气或者用发动机的滑油回油。

实现方式是燃油经过燃油泵初步增压后，离开燃油泵流经燃油加热器或燃油/滑油散热器，通过热交换，得到加温。

燃油加热有限制，在起飞、进近、复飞这些关键的飞行阶段不能使用引气加温燃油，这是为了防止出现熄火的可能。

什么是被控参数，可控变量，给定值，干扰量？



被控对象：被控制的物体或过程，例如发动机

被控参数：能表征被控对象（发动机）的工作状态又被控制的参数。如 N1，N2，EPR。

可控变量：能影响被控对象的工作过程，用来改变被控参数大小的因素。如燃油流量，螺旋桨的桨叶角。

给定值：驾驶员的指令值。如推力杆角度。

干扰量：引起被控参数发生变化的外部作用量。如飞行高度、速度的变化。

在发动机控制中，什么是稳态控制，过渡控制，安全限制？

稳态控制：在外界干扰量发生变化时，保持既定的发动机稳态工作点。

稳态工作意味发动机的转速或推力保持不变，例如慢车状态或恒速工作。

过渡控制：当发动机从一个工作状态改变到另一个工作状态时，能快速响应，且又保证稳定可靠的工作，同时又不超出允许的限制。

瞬态工作意味发动机转速或推力在增加或减小，

瞬态是指加速、减速、启动和停车。

安全限制：在各种工作状态及飞行条件下，保证发动机主要参数不超出安全极限。

例如燃油控制器确保发动机转速改变期间没有超温、超转、压气机失速、燃烧室熄火等。

燃油控制器中最小压力活门或增压活门的作用？

为保证燃油控制器内伺服机构工作正常

以及离开燃油控制器的燃油有足够的压力使喷嘴雾化模型良好，

控制器内有最小压力活门或增压活门。

离开控制器计量活门的计量燃油，其压力必须高于最小压力活门的打开压力才能供往喷嘴。

燃油控制器中哪个部件负责计量燃油？如何计量所需的燃油流量？

燃油控制器中燃油计量活门负责计量燃油。

从流量公式可以看到要改变燃油流量一般通过



改变计量活门的流通面积和/或
计量活门的前后压差实现。

通常

采用压差活门或压力调节活门保持计量活门前后压差不变，改变计量活门流通面积来改变供油量。

或保持计量活门流通面积不变，改变计量活门前后压差来改变供油量。

燃油和滑油滤中的压差电门感受什么参数？它是如何工作的？

燃油和滑油滤中的压差电门感受和测量油滤进出口压差；
指示油滤堵塞情况。

其工作情况是：油滤前后压力分别作用在薄膜的每一边，当压差达到预定值时，作动微动电门，该电门与驾驶舱的警告灯相连，灯亮表示油滤堵塞。

新型发动机有几个慢车转速？如何转换？

慢车转速是发动机能够稳定工作的最低转速，

慢车转速的控制信号来自驾驶舱推力杆在慢车位。

新型发动机设置有进近慢车和地面慢车。

进近慢车转速比地面慢车转速高。以进近慢车进近着陆，可以保证复飞时迅速加速。

飞机成功着陆后 1~5 秒改为地面慢车（低慢车）。

燃油控制器上有相应的调整部位。

高、低慢车转换由控制器上慢车电磁活门通电、断电实现。

说明液压机械燃油控制器的特征？

液压/气动机械式控制器，是航空发动机上使用最多的控制器，它有良好的使用经验和较高的可靠性。

它除控制供往燃烧室的燃油外，还操纵控制发动机可变几何形状，例如可调静子叶片、放气活门、放气带等。

液压机械式控制器，其计算由凸轮、杠杆、滚轮、弹簧、活门等机械元件组合实现的，由液压油源作为伺服油。

液压机械式控制器包括：计算部分和计量部分

它感受功率杆角度输入、高压转子转速、压气机出口压力、压气机进口温度信号通过计算元件进行计算，按油气比控制，保证加速、减速和稳态工作时计量部分的输出。计量活门通过改



变通油面积改变供油量，而前后压差有压力调节活门始终保持常数。

慢车电磁活门控制地面慢车和进近慢车。

在监控型发动机电子控制中，EEC 的功用是什么？

监控型电子控制是在液压机械式控制器基础上，再增加一个发动机电子控制器 EEC，两者共同实施对发动机的控制。

液压机械式控制器为主控制器，负责发动机的完全控制，包括启动、加速、减速控制，转速控制。

发动机电子控制具有监督能力，

对推力（功率）进行精确控制，

并对发动机重要工作参数进行安全限制。

便于同飞机接口，易于推力管理，状态监视，及信号显示和数据储存。

EEC 通过力矩马达与机械控制器联系，实现电/液转换。EEC 计算结果以点信号输出给力矩马达，再转换成液压信号控制燃油流量。

在该型控制中，多数的液压控制器的供油计划高于 EEC 的供油计划，EEC 通过减少液压机械控制器的供油达到目标值，即称下调。

如果发现 EEC 故障，可以冻结调准在当时位置，同时通知驾驶员，驾驶员可以使 EEC 退出工作，由液压机械式控制器恢复全部控制。

如果是双发飞机的一个 EEC 故障，一般是同时使双发的 EEC 都退出，保证推力杆位置没有交错，排成一线。

监控型电子控制器中机械液压控制器的作用

它作为主控制器，包括启动，加速，减速度控制，转速控制。

当 EEC 故障时，可以由液压控制器恢复全部控制。

什么是全功能（全权限）数字电子控制？

全功能（全权限）数字电子控制即 FADEC 系统包括

发动机电子控制器 EEC 或电子控制装置 ECU、

燃油计量装置 FMU 或液压机械装置 HMU、

传感器、

作动器、



活门、
发电机和
互连电缆等。

在 FADEC 控制中，发动机电子控制器 EEC 或称电子控制装置 ECU 是它的核心，

FADEC 系统是管理发动机控制的所有控制装置的总称。

所有的控制计算都由计算机进行，然后通过电液伺服机构输出控制液压机械装置 HMU 及各个活门、作动器等，

因此液压机械装置是它的执行机构，

但仍保留了原液压机械控制器的计量部分功能。

为什么说 FADEC 是全功能的？

在发动机控制方面，FADEC 的功能包括

输出参数（推力或功率）控制，

燃油（启动、加速、减速、稳态）流量控制，

压气机可调静子叶片（VSV）和可调放气活门（VBV）控制，

涡轮间隙主动控制（ACC），

高压压气机、

涡轮冷却空气流量控制，

发动机滑油和燃油的温度管理，

发动机安全保护

以及启动和点火控制，反推控制。

此外，它还具有状态监视，故障诊断，存储故障数据，数据通信显示功能，

故 FADEC 又称全功能控制。

FADEC 的特点？

提高发动机性能，

降低燃油消耗率，

减轻驾驶员的负担，

提高可靠性，

降低成本，

易于实施发动机和飞机控制一体化，

改善维修带来好处为发动机控制的进一步发展提供更广扩的潜力。



在 FADEC 系统中，液压机械式装置的作用是什么？

在 FADEC 控制中，

液压机械装置已不再具有计算功能，控制计算全部由中央处理机进行，

但燃油计量功能

以及操纵可变几何形状作动器及活门的伺服油、动力油仍由它提供，

即液压机械装置成为 EEC 的执行机构。

液压机械装置 HMU，在有的机型上称燃油计量装置 FMU，保留除计算功能以外的原有功能，有的还有超转保护功能。

FMU 上不再有慢车调整、部分功率调整、燃油比重调整。

发动机用双路式喷嘴是如何工作的？

燃油喷嘴分为雾化型和汽化型（蒸发管）。

雾化型喷嘴已从单油路喷嘴发展到双油路喷嘴和空气雾化式喷嘴。

单油路喷嘴内有一个内腔，使燃油产生漩涡，还要一个固定面积的雾化孔，

这种喷嘴在较高的燃油流量，即在较高的燃油压力时，能够提供良好的雾化质量，

但在低的发动机转速和特别在高空要求的油压较低，这种喷嘴就很不合适。因为燃油流过喷嘴的流量与喷嘴前后的压力降的平方根成正比。

双油路喷嘴有中心孔和外圈孔，中心孔较小，处理较低的燃油流量，较大的外圈孔随燃油压力的增加供应较高的燃油流量。

这种类型的喷嘴采用增压活门将燃油分配到不同的油路，随燃油流量和燃油压力增加，增压活门移动，逐渐使燃油进入外圈油路和外圈孔，给出组合的两个油路供油。

与单油路喷嘴相比双油路喷嘴有哪些优点？

与单油路相比，

在相同的最大燃油压力下，双油路喷嘴能够在较宽的流量范围内实现有效雾化。

而且在高空条件下如果要求低燃油流量时，也可获得有效的雾化。

它能在从慢车到起飞状态燃油流量变化很大的情况下，保证喷



嘴的良好雾化。

空气雾化喷嘴的优点有哪些？

空气雾化喷嘴使喷射的燃油携带一部分燃烧室的一股空气，它用空气的高速代替燃油的高速引起雾化，

空气雾化喷嘴使其他种类喷嘴产生的局部富油得以避免，因此减少了积炭和排气冒烟；

这种喷嘴燃油雾化要求的压力低，可以采用重量较轻的齿轮泵。

为防止发动机停车后喷嘴积碳，在燃油喷嘴中有单向活门。高压切断活门关闭后当燃油总管压力降低，单向活门关闭，确保没有燃油从总管中因重力进入燃烧室。

简述发动机起动过程？

操作发动机启动电门，启动机工作，

启动机带动发动机转子

转动到一定转速，开始点火，

当燃油压力建立足以产生喷雾时燃油喷射出来，点燃混合气体；

涡轮输出功率，由启动机和涡轮共同带动发动机加速到自维持转速，

当发动机功率开始驱动启动机时，启动机传动脱开；

发动机自己加速到慢车转速。

什么是发动机的启动过程？启动过程分那三个阶段？

发动机启动过程是发动机从静止状态加速到慢车转速的过程，根据带动发动机转子加速的驱动力的来源，可将加速过程分为三个阶段：

- 1、从起动机工作带燃烧室喷油点火，
- 2、从燃烧室点燃到起动机脱开，
- 3、仅有涡轮功自行加速到慢车转速。

什么是发动机的冷转和假启动（湿冷转）？各有什么作用？

冷转是不喷油，不点火，仅由起动机带动发动机转动，用于排除积油，积液，冷却发动机。例如，启动不成功，再次启动前进行冷转。

假启动（湿冷转）是只供油，不点火，由起动机带动发动机转子到一定的转速，用于检查燃油系统的工作。

燃气涡轮发动机点火系统的特点是什么？



所以喷气发动机均采用高能点火，而且总是装备双套系统，点火系统是短时间工作的，当燃烧室点燃后，后续的燃油可由燃烧室的热量点燃

每个高能点火装置接受的是来自飞机供电系统的电源，由启动点火系统电路控制，其中有一个是从飞机应急电源系统供电，在发动机地面启动和空中再启动时使用高值点火，在飞机起飞，着陆和穿过气流不稳定区域时使用低值连续点火，点火对发动机的性能无影响。

点火装置的高值输出和低值输出各在什么情况下使用？

为保证发动机在地面启动和在高空获得良好的再点火性能，需要高值输出。

在某些条件下，象结冰或在大雨和雪中起飞及在颠簸中飞行时，点火系统连续工作是必要时的，以便一旦发生熄灭时进行自动再点燃。对于这种情况，采用低值输出有利于延长点火电嘴和点火装置的寿命。

点火系统主要包括哪些部分？通常发动机上安装几个电嘴？如何使用？

点火系统包括

点火激励器，

点火导线，

点火电嘴以及

相应的冷却系统。

点火电嘴有 2 个安装在燃烧室通常位于四点和八点的位置。

必要时使用双电嘴点火，

一般左点火电嘴和右点火电嘴交替使用，延长点火装置的寿命。

燃气涡轮发动机点火系统的功用是什么？点火系统都在哪些情况下工作？

功用是产生电火花，点燃油气混合气。

在地面和空中再启动发动机时，点火系统工作提供高值电能输出到电嘴。

在起飞，着陆或恶劣天气如雨、雪或在不稳定的气流中飞行，以及防冰活门在接通位时，为避免燃烧室熄火，点火系统需要连续工作，提供低值电能输出，采用低值输出有利于延长点火电嘴和点火装置的寿命。



燃气涡轮发动机若在飞行中熄火，如何再点火？

降低飞行高度和飞行速度，调整到空中点火包线之内，在包线限制内，流过发动机的空气流将转到压气机以满意再点火的转速工作，如果有燃油的话，这时仅使点火系统工作即可。若发动机风车转速不够，仍需要起动机帮助，则起动程序与地面起动一样。

发动机启动常见故障有哪些？

启动超温、转速悬挂、振动过大、起动机不能自动脱开，发动机的参数摆动、喘振等。

什么是热启动？造成热启动的原因是什么？

热启动是指在启动过程中 EGT 上升过快，即将超温或已超过红线限制，

这时必须中止启动。

造成热启动的原因

是燃油/空气混合比不正确，

或者是由于燃油供给发动机太早或太大的速率，

或者是由于起动机功率不足，

增大的转子摩擦

或不正确的空气流量控制，

发动机转子加速速率太慢而造成的

什么是启动悬挂？造成启动悬挂的原因是什么？

启动过程中发动机的转速不能达到慢车转速，停在某一转速下不上升为启动悬挂。

启动悬挂通常刚好再起动机脱开后发生，

启动悬挂的原因有：

起动机带转没有到达自加速转速即脱开，

起动机扭矩不足和

贫油的燃油供给，

压气机性能衰减，

气源

压力不足，

场温太高和场压过低。

如果转速悬挂而 EGT 还高，称热悬挂。

发动机空气系统包括哪些？发动机内部空气的作用？



发动机空气系统分为：

压气机控制分系统、

间隙控制分系统、

发动机冷却分系统（内部空气系统和外部空气系统），

功能：

- 1) 飞机提供引气，用于飞机空调、增压、启动发动机、机翼防冰、探头加温等
- 2) 压气机防喘，控制涡轮叶片的叶尖间隙，发动机防冰。
- 3) 发动机内部部件和附件装置的冷却，轴承腔封严，控制轴承的轴线载荷，推力平衡

发动机冷却分系统：

内部空气系统覆盖除了通过气路的主气流外的所有发动机内部气流，任务是

内部封严，

压力平衡和

内部冷却。

外部空气系统则用于冷却通风整流罩和发动机机匣的外部区域（主要是核心舱，风扇仓依靠冲压）

内部空气系统的作用有：

发动机内部部件和附件装置的冷却，

轴承腔封严，

控制轴承的轴向载荷，推力平衡，

压气机防喘控制，

控制涡轮叶片的叶尖间隙，

发动机防冰等。

压气机喘震如何控制？

发动机喘振主要发生在启动、加速、减速、反推阶段，

对于双转子的轴流式压气机来说，加速时高压转子容易进入喘



振区，减速时低压转子容易进入喘振区，因为高压转子比低压转子轻，状态变化时，相应比低压转子快。

为了更好预防喘振，采用了放气活门控制装置和可调静子叶片和多转子，即通过非设计状态下，改变速度三角形的绝对速度的轴向分量、绝对速度的切向分量和圆周速度，从而使气流相对速度对转子的攻角同设计状态相近，避免喘振。

简述发动机防喘活门如何工作？及当大气温度变化时，活门打开或关闭的发动机转速如何变化？

放气活门打开放掉一部分压气机中间级，或低压压气机后高压压气机前的空气。

这一般在低功率和迅速减速时，

一旦脱离喘振区，放气活门关闭。

关闭过早发动机没有脱离喘振范围，仍可能喘振；

关闭过晚，放掉空气，造成浪费。

关闭转速还受大气温度变化，大气温度高，关闭转速应增大。

98 防喘活门怎么控制？

ECU 通过接受

转子转速、

飞机高度和

反推信息

计算何时打开和关闭放气活门。

当接受到喘振信号时，ECU 通电各自的电磁活门，放掉部分空气，防止发动机喘振。

可调放气活门工作原理？ P113

VBV 活门的开度是可变的，根据发动机状态参数计算决定开关和开度大小。

如在 MEC 上依据

N2 和高压压气机进口温度来计算活门位置，

如在 ECU 上，

根据 N2/N1，推力杆角度，VSV 位置进行计算活门位置。然后，燃油压力通到作动器或齿轮马达带动 VBV 主门，主门经同步轴带动其他活门一起开关，将低压压气机后高压压气机前的部分空气放入外涵道。



VBV 的位置可通过反馈钢索或传感器传回控制器，并与要求位置做比较进行修正。

简述可调静子叶片（VSV）工作原理。

VSV 是将高压压气机的进口导向叶片和前几前级静子叶片做成可调的；

压气机控制参数包括转速和温度。

当压气机转速从其设计值往下降低时，静子叶片角度逐渐关小，以使空气流到后面的转子叶片上的角度合适。当压气机转速增加时，静子叶片角度逐渐开大。

VSV 的工作状态由 FADEC 或液压机式燃油控制器控制。FADEC 或液压机式燃油控制器控制伺服操作 VSV 作动器的移动，再通过摇臂组件、主杆、连杆等传到作动环，作动环使连到它上面的所有叶片同时转角。

叶片实际位置通过反馈钢索传回控制器与要求位置比较。

简述涡轮间隙控制方法？

控制涡轮间隙的目的是保证叶尖与机匣之间的间隙，减小漏气损失，提高发动机性能。

过去主要是采取膨胀量合适的材料，不做调节的气流冷却涡轮机匣来使状态变化时能够保持间隙，属于被动控制，

新型发动机都实施主动控制方法，是根据发动机的工作状态通过引气控制涡轮机匣的膨胀量与叶片不同温度下的伸长量相一致。

涡轮发动机机械操纵系统分为几个部分？其主要部件是什么？

分为

启动操纵系统、

前向推力系统和

反推力操纵系统。

主要部件有：油门杆、反推杆、启动手柄、鼓轮、传动钢索、钢索保险、推力控制鼓轮、启动控制鼓轮、推拉钢索到燃油控制器等。

如果燃气涡轮发动机在所有工作状态下排气温度高、燃油流量



大和发动机转速低，可能原因是什么？

涡轮损坏或涡轮效率降低。

由于涡轮的问题，不能有效地将燃气的热能转变成有用功，造成排气温度高，转速低。燃油控制器监视到转速低则增加燃油流量，所以，燃油流量大。

推力杆和反推杆如何工作？

推力杆和反推杆是铰接在一起的，一个锁定机构防止前向推力杆和反推杆同时作动。每个杆能够运动的能力取决于另一个杆的位置。

如果前向推力杆在慢车位，反推杆离开 OFF 位，推力杆不能向前推，增加正推力；

如果反推杆在 OFF 位，前向推力杆离开慢车位，那么，反推杆提不起来。

此外，使用反推时，反推装置必须展开到位，才能进行拉反推杆增大反推力。

它们的运动由操纵系统传到燃油控制器，控制器的设计使得功率杆在慢车域的任一方向运动，供油量都会增加。??

当使用反推时，推力杆和反推杆应什么位置？

推力杆在慢车位；

拉反推杆离开 OFF 位给出信号，解锁，展开反推装置；

当反推装置完全展开后，伸出锁定；

继续拉反推杆，反推力增大。

使用完反推后，反推杆再次推回到 OFF 位，反推装置收起。

详述如何测量发动机燃气排气温度？

排气温度测量普遍使用热电偶，它可以侧量较高的温度。

为测量平均温度，常常多个热电偶并联连接，探头深入气流的长度不同。

热电偶原理是两种不同金属端点相连，位于排气流中的是热端或测量端，指示器端的是冷端或基准端。电路中产生的热电势和两端温度差成正比。为使冷端补到摄氏零度，在电路内装有自动温度补偿器。

热电势的大小还取决于回路中的电阻，该电阻在热电偶出厂时已经调好。

不少机型 EGT 是从低压涡轮中间级测量的，也叫排气温度。



排气温度与允许极限值之差值称为 EGT 裕度。它代表发动机性能衰弱的参数。

涡喷发动机上的噪音抑制器的工作原理?涡扇发动机上为什么很少使用噪音抑制器?

涡喷发动机噪声来源于风扇、压气机、涡轮、排气流或喷口,随相对气流的加大,所以的噪声在不同程度上都有所增加,但是喷气流增加的更大, 涡喷发动机和低涵道发动机的主要噪声来源是尾喷气流,

可采用一迅速或较短的混合区予以降低,在推进喷管上采用有波纹形或瓣形和多管形的消声器,以增大空气与排气流的接触面积。这样做改变了噪声的模型,从低频变为高频,高频易于空气吸收,有些高频是人耳听不到的。

涡扇发动机固有特点是它比任何其他类型的燃气涡轮发动机具有更低的排气速度,因而是一种噪声低的发动机。

其噪声主要来源是风扇和涡轮,采用消音垫材料将声能转变成热能,是一种非常有效的抑制噪声技术。在发动机的设计上,除

进气道、喷管等部位装有消音垫外,

选择合理的转子和静子叶片数目的比值,

加大每级转子和静子的间距,也有利于减低噪声。

简述质量流量传感器的工作原理?

一种流量传感器中,叶轮由三相交流马达恒速转动,燃油通过叶轮,叶轮对燃油施加一个旋转运动。从叶轮出来的旋转燃油再通过传感器涡轮,并试图转动涡轮。但涡轮有校准弹簧的限制,它只能偏转一个角度。涡轮偏转量取决于燃油的质量流量。永久磁铁装在传感器的一端,涡轮的偏转带动永久磁铁的偏转,改变线圈中磁场,在指示器中有与传感器对应的线圈,两个线圈之间点连接,指示器中线圈磁场的改变,是其中的永久磁铁也偏转,同传感器的永久磁铁的偏转是同步的,然后通过指示器的指针显示流量大小。

另一种新型燃油流量传感器,包括涡旋发生器、转子、涡轮、壳体等。燃油经整流器到涡旋发生器,涡旋发生器旋转,从涡旋发生器出来的燃油到转子,使转子旋转,从转子出来的燃油



再到涡轮，试图使涡轮旋转。涡轮涡轮的转动受到弹簧力约束，只能偏转一个角度，偏转角的大小取决作用于涡轮叶片的动量。自由转动的转子前部和后部各有一个磁铁，前部磁铁的外面壳体有一个小线圈，称起始线圈，当前部磁铁对向起始线圈时，产生起始脉冲。在涡轮外部壳体上有一个大线圈，称停止线圈，连在涡轮的信号叶片和涡轮一起转动，当对上后部磁铁时产生停止脉冲。如果没有燃油流动转子旋转，起始脉冲和停止脉冲同时发生。当有燃油流过时，涡轮上的信号叶片沿旋转通道偏转，停止脉冲晚于起始脉冲，起始脉冲和停止脉冲的时间间隔大小和燃油的质量流量多少成正比。

说明发动机振动指示器的工作原理。

振动传感器位于压气机端和涡轮端，发动机的振动传感器是加速度计量，测量发动机的径向加速度。常用的两种加速度计类型是电磁式和压电晶体式。振动传感器将发动机的机械振动转换为交流电压信号，传送到发动机振动监控组件 EVMU 或机载振动监控器 AVM，振动信号经过过滤调制分析，依据转速信号计算出振动的最高值，然后送到指示器或 EICAS/ECAM 指示振动趋势。

燃气涡轮发动机中，在进气整流罩和风扇机匣内表面安装吸音材料降低噪声的原理是什么？

原理：将声能转变为热。

吸声衬垫由蜂窝底板支撑的多孔面板组成；

面板的声学特性和衬垫的厚度与噪声特性相匹配，有效地抑制噪声。

涡扇发动机反推系统组成？如何工作？

反推系统由控制系统、作动系统和气流转向系统组成，还包括有电门和传感器指示反推的工作。控制系统用于作动反推装置和增加反推力，主要部件是反推杆，在地面操作反推杆时，控制系统作动反推控制电门，发出作动反推装置信号，作动系统按照该信号，通过液压或气动部件移动气流转向机构。气流转向系统引导气流到产生安全反推力的最佳方向上。

简述高涵道比涡扇发动机反推力的类型和特点？是如何实现的？



气动型：

1. 部件包括引气供应管、控制活门（压力调节和切断活门）、一或两个气动驱动装置（空气马达和方向控制活门）、软驱动轴、齿轮箱、球螺旋作动器。2、引起来自高压压气机靠后级，控制活门打开，引起进入气动驱动装置空气马达，方向控制活门控制空气马达的作动方向，空气马达旋转经软驱动轴和齿轮箱操作球螺旋作动器，移动反推。

3、整流罩移动速度开始快，接近终点时减慢最后停下来，空气马达的转速由反馈机构控制，它安装在整流罩上。

4. 气动操作的反推器由气动驱动装置的制动锁住，一种是方向控制活门的反馈机构操作的，另一种是分开的气动制动作动器实施的。

5. 反推不工作方法：

第一种是人工关闭并锁住压力调节和切断活门，

第二种是中断到压力调节和切断活门或方向控制活门的电源，

第三种也是最有效的方法是机械地固定可动的反推部件到固定的反推整流罩上。

液压型：

1. 部件包括反推控制器活门组件、展开和收藏反推装置的液压作动器、同步软轴。

2. 推拉反推杆，作动电门给液压控制活门组件的准备/伸展/收藏电磁线圈通/断点，作动伸展/收藏液压到反推液压作动器来移动反推装置。

3. 液压作动的反推装置的锁定：一种是单个的液压操作的锁销，另一种是反推作动器的一体锁，有些机型组合使用。

4. 反推不工作方法：

第一种是机械的锁住可动的反推部件，

第二种是断开到反推作动器的液压供应。

工作：高涵道比涡扇发动机由于大部分推力是由风扇产生的，其反推是将通过风扇的气流反向而实现的。反推整流罩上可移动套筒一般由液压作动器或空气马达带动球螺旋作动器推动向后，露出格栅段，带起阻流门进入阻流位置，堵住风扇气流向后的通道，迫使风扇气流向，通过格栅排出，或者利用枢轴门排出，产生反推力。



发动机滑油系统的功用？

滑油系统是向轴承和附件齿轮箱

提供循环的滑油，

减少各摩擦面的摩擦降低磨损，

降低摩擦面的温度，使发动机机件得到冷却，

将磨损的金属屑、灰尘、碳粒子等水分杂质一起带走，并且清洁各摩擦面。

滑油油膜覆盖金属表面，阻止氧接触金属，起防腐作用。

滑油还在金属零件之间形成缓冲层，起到隔振、封严、密封作用。

滑油还是螺旋桨调速器、测扭泵的工作介质。

什么是滑油的黏度指数？黏度指数高指的是什么？

滑油黏度指数是指黏度随温度改变的测量。

在温度变化范围内，滑油黏度指数高说明滑油黏度随温度的变化小。

如何选择发动机的滑油？

选择黏度适当的滑油，既承载能力强又有良好的流动性；

选择高闪点的滑油，闪点低、燃点低的滑油易于挥发，引起滑油消耗量高，容易引起火灾；

滑油应有较高的抗泡沫性、抗氧化性，

低的碳沉积，

黏度指数高。

表示滑油性能的指标主要有哪些？

黏度；

黏度指数；

流动点；

闪点；

燃点；

抗氧化性；

热稳定性；

滑油的压力阻力能力；

滑油中各种金属及硅含量、

酸值等。



为了对滑油进行分析，什么时候取油样？取油样时应注意什么？

在发动机停车后 30 分钟内，尽快取油样。

取油样时要注意不要发生烫伤，因为这时滑油温度是很高的，同时

要注意当滑油溅到皮肤上时，要尽快地用干净水将滑油冲洗掉，这是因为滑油有毒，易被皮肤吸收。

简述全流式润滑系统的特点。

该系统可以在整个发动机转速范围内达到要求的滑油流量，滑油压力随工作状态变化而改变，保证发动机各个状态下滑油压力和流量要求，特别是高功率状态的要求。它不用调压活门，但有释压活门。滑油压力由增压泵转速、滑油喷嘴尺寸、轴承腔压力决定。

全流式系统简单，发动机维护期间不需要调整，主要缺点是该系统需要一个大的供油泵或相对高的供油压力，功率减小后该系统有相当的滑油温升。

调压活门式的恒压系统保持相对低的滑油压力，功率减小后没有增加滑油温度是其优点，但是恒压系统复杂，维护期间需要调整，此外，压力活门常常是故障源。

滑油箱为什么要留有膨胀空间？膨胀空间有多大？

滑油箱留有膨胀空间，这是因为润滑过的滑油温度高，体积有一定的膨胀，而且流动过程中会产生泡沫，也使滑油体积变大。所留的膨胀空间应为油箱容量的 10% 或 0.5 加仑两个数值中大的那个值。

滑油系统主要包括哪些部件？

滑油系统一般分为几个分系统：

增压系统、

回油系统、

通气系统，有的机型还有

余油系统，此外还应该有

工作指示（参数和警告灯）

主要部件包括：



滑油箱、
滑油泵（供油和回油泵）
滑油滤、
释压活门、
滑油冷却器、
滑油喷嘴和最终油滤、
磁屑探测器（磁性堵塞）
油气分离器、
滑油参数传感器/指示器/指示灯等。

简述燃油/滑油热交换器何时进行热交换及如何工作？

散热器上的温度控制活门决定滑油是否流过散热器。

当滑油温度低时，不需要散热，温度控制活门打开，滑油旁通绕过散热器；

当滑油温度高时，温度控制活门关闭，迫使滑油同燃油进行热交换。

滑油系统的热箱冷箱是什么？各有什么优缺点？

如果滑油由散热器装在回油管路上，冷却后的滑油回油箱，称冷箱系统。冷箱系统进入油箱的滑油温度比系统低，滑油膨胀空间小，可以用尺寸较小点的油箱；

散热器位于增压系统，热滑油直接回油箱称热箱系统。热油箱系统流入滑油散热器时的温度比系统中的最高温度低，滑油中含有的气体少，可以用尺寸较小散热器的。空气滑油冷却器作为散掉滑油过多热量的第二冷却器。

磁屑探测器安装在什么部位？磁屑探测器的作用是什么？

磁屑探测器装在滑油回油路上，探测金属粒子，用来检测发动机内部机件的工作状态，判断轴承和齿轮的磨损情况。

滑油系统工作指示包括监视滑油系统工作的有哪些指示？

滑油压力、
滑油温度、
滑油量以及

警告指示：滑油滤旁通、低滑油压力警告。

发动机滑油滤的油滤旁通活门的作用是什么？

一旦油滤堵塞使油滤进出口压差达到一定数值时，旁通活门打开，未过滤滑油绕过油滤而不使供油中断。



与此同时，滑油滤压差电门接通，警告灯亮，表明滑油堵塞，应清洗油滤。

简述辅助动力装置及其组成？

APU 是一台小型燃气涡轮发动机，分 3 个部分：功率部分、引气部分、附件齿轮箱部分。

功率部分包括压气机、燃烧室和涡轮。功率部分驱动压气机和齿轮箱。现代 APU 的功率部分的压气机提供空气给燃烧室，引气部分的压气机又称负载压气机提供引气给飞机气源系统，用负载压气机省油，在不需要引气时可以断开引气，EGT 不容易到极限值，延长 APU 寿命；进入负载压气机的空气流量可以调节，可满足气源系统的要求。

附件齿轮箱上装有发电机、起动机、燃油泵、冷却风扇等。

APU 也具备一些系统，如燃油、滑油、空气、控制、指示、排气系统等。

说明 APU 的引气有什么用途、使用要求？（APU 如何供气供电？）

用途：

在地面起动主发动机和发动机的反流检查；

地面和起飞爬升时空调用气，可使飞机减少对地面设备的依赖；在空中提供备用气源。

使用要求：

在地面可以提供电源和气源，

在空中一定高度以后提供电源或气源，

高度继续增加到一定值后，仅提供电源；

APU 是短时间工作的，一旦主发动机工作后，发动机正常运转，则不需要它供电供气。

使用要求：

APU 不管其电/气负荷的变化，都工作在接近其额定转速的区域。

APU 燃油控制器自动调节燃油流量保持该转速。

APU 的作用？

启动主发动机，

地面和起飞爬升时给空调供气。

提供电源。



地面通电电源，

空中备用电源。

现代大型燃气涡轮发动机和 APU 的启动机分别是哪种类型？

各有哪些优缺点？

分别是

空气涡轮启动机和

电动启动机或

启动-发电机。

空气涡轮启动机的

优点是：扭矩大、重量相对轻、工作可靠、结构简单和使用经济。

缺点：需要外界气源、必须遵守启动工作限制：工作时间，冷却时间，循环次数确保启动不过应力和过热。

APU 启动机-发电机的

优点是重量轻，可以启动及发电，不需要外界电源和气源，

缺点是输出扭矩小。

APU 的启动过程？

在驾驶舱内，将面板上的 APU 主电门置于启动位，

进气门打开，燃油关断活门打开，燃油增压泵接通，

APU 控制组件实行启动前测试，检查电路和传感器状态。测试失败，APU 不启动。

测试完成 APU 控制组件作动启动机马达，

启动机马达作动后 APU 监视和控制正确加速到 100%转速，

监视加速有两个理由，使 APU 启动程序最佳和保护 APU 不受损坏。

在约 10%转速开始点火和供油。

当达到 50%转速，启动机被离心电门断开，启动机停止工作。

发动机继续加速至控制转速的 95%，离心电门断开点火电路，

所有正常工作的控制和保护电路准备，APU 可以供电供气。

说明 APU 启动和人工停车的部件以及 APU 火警时，从何处进行灭火操作。

启动只能在驾驶舱 APU 操纵面板上。

人工停车部位：驾驶舱 APU 操纵面板；地面 APU 操纵面板。

灭火操作：



操纵装在驾驶舱 APU 灭火控制板上的灭火开关；

操纵装在 APU 地面控制板上的灭火开关。

APU 自动停车的条件，如何保证 EGT 不超温？

自动停车条件：

超转（感应转速超过控制转速即超过了 110%）、

滑油压力低于最小允许值、

滑油温度高于允许值、

着火的情况下，APU 火警探测系统可自动使 APU 停车。

APU 控制组件在加速期间控制计量燃油，满足在安全工作范围内的最好加速，防止 EGT 超温；

当达到工作转速时，确保发动机恒速和 EGT 不超温。

当 APU 引气负荷过大时，引气活门要关闭一些，减少引气量，而不使涡轮超温。

在地面启动发动机的过程中若发生失火，应如何处理？

在启动过程中如发生失火火警警告，则应将：

燃油关断手柄拉至关位，以切断燃油；

切断液压油；

切断主电源和引气；

不能脱开起动机，让起动机带动发动机转子继续冷转直至完全灭火。

APU 超温如何处理

关车后检查 APU 本体有

无燃油、滑油渗漏，

内部是否损坏，

APU 控制组件功能是否失效。

监视发动机状况参数的仪表有哪些？

EPR、EGT、燃油流量、发动机转速、滑油压力、滑油温度、发动机振动值。

在地面启动发动机的过程中，特别是要监视的发动机的参数是哪些？

发动机的转速、排气温度、滑油压力、振动值。

什么是监控参数的换算值？为什么要对监控参数进行换算？

监控参数的换算值是将飞行状态所测得的数据换算到海平面标准状态下的值。



由于发动机的性能通常都是按海平面标准大气状态确定的。因此在对发动机的性能进行检验或对比时，必须将表征发动机性能的参数换算到标准状态。

什么是发动机的一次循环？记录发动机循环数和工作小时数的目的是什么？

一次循环是指发动机启动、运转和停车。

记录循环数和小时数用于

监视限寿件，

发动机零部件的性能变化，衰退率。

如何对压气机进行清洗？

清洗可以恢复发动机的性能，降低燃油消耗率。

用起动机带动发动机冷转，喷入水或乳化式的表面清洗剂，再加入漂洗溶液，最后用干净的水漂洗并试车烘干，记录数据和评估清洗效果。

航空燃气涡轮发动机状态监控系统包括有哪些内容？

性能监控，滑油分析，振动分析，无损探伤，孔探检查等。

发动机状态监视的趋势分析目的是什么？

性能工程师进行趋势分析目的：

识别装在飞机上的发动机和发动机部件的故障，

指示系统的误差，

评估性能保持随时间的变化。

发动机监控参数的趋势分析的实质是什么？

对发动机的状态进行诊断，

以判明发动机是否有故障，

发生故障的可能部位是什么。

燃油消耗率，其与发动机效率的关系？

产生单位推力每小时所消耗的燃油质量称燃油消耗率。

飞行马赫数一定时，涡喷发动机的燃油消耗率与总效率成反比

发动机有几个主单元体组成？

单元体设计概念是将发动机分成若干个结构上独立的能在外场甚至飞机上拆换的单元体。

包括

风扇主单元体、

核心发动机主单元体、



低压涡轮主单元体、
附件齿轮箱。

涡轴发动机自由涡轮的作用及应用

作用：自由涡轮与燃气发生器的气动连接，它的输出轴经过减速器来带动旋翼。

应用：不仅在直升机使用，也可用来驱动船舶、火车、汽车或者工业设备上。

什么是螺旋桨桨叶迎角？影响桨叶迎角的相关因素？

桨叶弦线和相对风的夹角。

相对风的方向由飞机的速度和螺旋桨的旋转运动决定。

附加题

发动机吊架上有几个吊点？

三个吊点，前两个 后一个

发动机整流罩有哪些？

进气整流罩，风扇整流罩，反推整流罩

发动机主要功能？

在飞行中提供推力，

着陆时帮助飞机减速，

飞机使用过程中为空调增压，

防冰等系统供气，

给电源和液压系统提供动力。

表征发动机推力的两个重要参数？

发动机压力比EPR：低压涡轮出口总压与压气机进口总压之比。

分类：可以由机械式或电子式传感器指示

另外一个参数是风扇转速N1。

发动机EGT升高，燃油消耗率上升，N2下降，是什么故障？

一是发动机本体的性能衰退；

二是附件驱动系统有问题；

三有可能是空气系统有问题；

四还有其它的一些问题。具体是何问题：那要对发动机试车并



结合 QAR (快速存取记录器) 发动机状态监控曲线进行具体的分析来排除故障。

压气机出口超温可能的原因及处理方法？

答：原因：涡轮超转。处理方法：收油门。

什么是涡轮风扇发动机的涵道比？发动机的涵道比与推力的分配有什么关系？举例说明

涡轮风扇发动机的涵道比是通过外涵道的空气流量和通过内涵道的空气流量之比。

涡轮风扇发动机的涵道比越大，外涵所产生的推力所占的比例越大，

如涵道比为 1 以上的高涵道比涡扇发动机，外涵所产生的推力约为总推力的 80%

牛顿第一二三定律：

牛顿第一定律是：任何物体都保持静止的或沿一直线作匀速运动的状态，直到作用在它上面的力迫使它改变这种状态为止。

又称 惯性定理

牛顿第二定律：物体受到外力作用时，它所获得的加速度的大小与外力的大小成正比，与物体的质量成反比，加速度的方向与外力的方向相同。

牛顿第三定律：一个物体对另一个物体施力，则第二个物体就同时对第一个物体也施力。两个物体之间的作用力和反作用力，在同一直线上，大小相等而方向相反。

热力学第一定律：

系统与外界所交换的热量等于系统内能的变化量加上系统与外界交换的功。

自然界一切物体都具有能量，能量有各种不同形式，它能从一种形式转化为另一种形式，从一个物体传递给另一个物体，在转化和传递过程中能量的总和不变。

热力学第二定律：

开尔文说法：“不可能制造出从单一热源吸热并使之全部转变为功的循环发动机”。

克劳修斯说法：“不可能由低温物体向高温物体传送热量而不引起其它变化”。

热动力机中，工质从热源所得到的热量，不可能全部变为功，



只能将其中一部分热量变为功，其余的热量必须通过工质放给某个冷源。

影响推力的因素：

气体流过发动机时对发动机壳体内外壁面的作用力的合力，在发动机轴线方向的分力，叫推力。

影响推力的因素：通过发动机的空气质量流量和单位推力。

单位推力：发动机推力与流过发动机空气的质量流量的比值，每单位气体产生的推力。

SFC 的影响因素：

产生单位推力在一小时内所消耗的燃油质量称为燃油消耗率。

影响燃油消耗率的因素有：

单位推力和

燃烧室出口与进口总温的差值。

单位推力：发动机的推力与流过发动机空气的质量流量的比值，称为单位推力。

加力式涡轮喷气发动机：

加力燃烧室位于涡轮和喷管之间，

其功用是用来提高喷管前的燃气温度，增大排气速度，从而加大发动机的推力。

涡轮喷气发动机的最佳增压比和最经济增压比：

最佳增压比是使循环功达到最大值时的增压比。

最经济增压比是使实际循环的热效率达到最大值时的增压比。

燃气发生器的组成：

由发动机中间的压气机、燃烧室、涡轮组成的装置叫燃气发生器，也称为核心机。

燃气发生器为什么是发动机的核心机：

燃气发生器可以完成将热能转变为机械能的工作。

燃气发生器产生的功按其分配方式不同而形成不同类型的燃气涡轮发动机，

即涡喷，涡扇，涡桨，涡轴发动机。

风扇、螺旋桨和旋翼所需的功率均来自燃气发生器。

畸变指数：

进气道出口流场均匀程度的参数叫畸变指数。



进气道出口处的最大总压与最小总压之差除以出口处平均总压的值。

进气道的总压恢复系数：

出口处的总压与来流总压之比称为进气道的总压恢复系数。

总压恢复系数的大小反映了流动损失的大小，总压恢复系数大，说明流动损失小。

维护过程中如何防喘：

1. 防止压气机叶片被外来物打伤或腐蚀。
2. 保证防喘系统正常工作，防止由于防喘机构发生故障而引起喘振。
3. 航前，航后和定检工作完成后，注意清点工具等物，严禁进气道或发动机舱内遗留工具或杂物。
4. 在发动机进行试车前，除应检查进气道有无遗留杂物外，还应检查停机坪周围，避免发动机工作时，将外物吸入发动机。

叶片损坏的原因：

发动机振动大，使叶片产生裂纹或断裂。

外来物使压气机叶片产生裂纹或断裂。

长期使用过程中出现的腐蚀及疲劳裂纹。

叶片和盘的连接，燕尾型榫头的特点：

型式有三种：销钉，燕尾型的榫头，枞树型的榫头。

压气机叶片常采用燕尾形榫头。这是因为燕尾形榫头

尺寸较小，

重量较轻，

能承受较大的负荷，

加工方便，生产率高。

但是榫槽内有较大的应力集中。

轴流式压气机转子的组成：

轴流式压气机转子的三种基本结构型式是：鼓式，盘式，鼓盘式。

目前广泛使用的是用长短螺栓连接的鼓盘式转子。这是因为鼓盘式转子具有抗弯性好和强度高优点。

扩压器：扩压器安装在压气机和燃烧室之间。它是一个扩张形



的管道。其功用是使气流速度下降，压力提高，为燃烧室内的稳定燃烧创造条件。

燃烧室污染物：燃烧室排放的污染物，除了因燃油中含硫而生成的 SO_2 外，通常还有 CO_2 、 CO 、 HC 、 NO_2 、 NO 、烟等。在慢车状态下， CO 和 HC 的含量较多。在高转速下 NO_x 和烟的含量较高。

燃烧室容积利用程度参数的定义：

燃烧室尺寸的大小用容热强度来表示。

在单位压力和单位燃烧室容积中，一个小时之内，进入燃烧室的燃油燃烧实际所释放出的热量称为容热强度。

容热强度大，表示燃烧室的尺寸小。容热强度小，燃烧室的尺寸大。

燃烧室出口温度分布的要求：

在一个圆环上温度分布要均匀，即同一个环上各处的温度相差不能太大。

在径向上靠近涡轮叶片叶尖和叶根处的温度应低一些，

而在距叶尖大约三分之一处温度最高。

涡轮叶片冲击式、反力式特点：

冲击式涡轮是由于气流方向改变而产生的。

反力式涡轮吸收燃气能量产生扭矩是由于气流速度的大小和方向的改变而产生的。

冲击式涡轮的工作叶片是前缘和后缘较薄，而中间较厚。

反力式涡轮的工作叶片是前缘较厚，而后缘较薄。

混合式涡轮叶片综合冲击式和反力式，叶片叶根冲击多反力少，叶尖反力式。

发动机在稳态下工作，燃气涡轮前温度与转速的关系（低转速时、高转速时）：

低转速和高转速时涡轮前温度高，

中转速时涡轮前温度低。??????

影响涡轮间隙的因素

有涡轮机匣和涡轮叶片所使用的材料，（涡轮叶片和机匣之间存在间隙。）

发动机的工作状态和



飞行条件。

加速性：在中转速以下工作时压气机稳定工作裕度的限制。在高转速范围内涡轮强度条件的限制。在高空燃烧室稳定工作要求的限制。

共同工作条件：转速一致；流量连续；压力平衡；功率平衡。

风扇凸台的作用：

增加风扇的刚度，减小震动。??????????

风扇发动机的涵道比：

涵道比随转速的增大而减小。

随着飞行速度的增大，涵道比在不断地增大。

在 11000 米以下，高度升高时涵道比减小；在 11000 米以上，涵道比均保持不变。

影响涡扇发动机推力的因素：

内涵流量，单位推力和涵道比三个。

内涵流量增大，推力增大；

单位推力增大，推力增大；

涵道比增大，推力增大。

轴承的种类：

滚动轴承有滚珠轴承和滚棒轴承。

轴承可分为向心型轴承和推力型轴承两大类，

向心轴承只能承受径向载荷；

而推力轴承只能用来承受轴向载荷。

滚动轴承组成：

滚动轴承由内圈，外圈，滚动体和保持架组成。

内圈装在轴上，与轴一起转动；

外圈在轴承座上，起支撑滚动体的作用；

滚动体在内圈和外圈间的滚道内滚动，承受载荷，

保持架的作用是将滚动体相互隔开，避免互相碰撞和摩擦，并使每个滚动体均匀轮流地承受相等的载荷。

燃油系统的功用：

燃油系统的功用是在各个工作状态下将

清洁的、

无蒸汽的、



经过增压的、

计量好的

燃油供给发动机。

燃油泵分为几类、特点：

燃油泵有容积式泵和叶轮式泵两种。

容积式泵包含有柱塞泵、齿轮泵、旋板泵（叶片泵）。容积式泵是依靠泵的抽吸元件作相对运动，交替改变元件间的自由容积进行吸油、排油的。供油量取决于元件一次循环运动中自由容积变化的大小。在一定的供油量下，泵根据出口处的液体流动阻力来建立压力。

叶轮式泵包含有离心泵、汽心泵、螺旋泵。叶轮式泵是依靠叶轮作旋转运动，使经过叶轮的液体增加动能和压力能，在叶轮后的扩压器中再将液体的动能部分滞止，转化为压力能。

监控型发动机 EEC 如何精调推力：

EEC 输出信号通过力矩马达控制燃油控制器输出的燃油量，来控制 N2 的转速，

进一步调节 N1 转速。N1 传感器将 N1 转速传给 EEC，

EEC 再根据反馈的偏差进一步通过燃油控制器控制 N2 来调节 N1，

最终达到精确控制推力。

发动机的闭环控制：

被控对象的输出即为控制装置的输入，控制装置的输出即为被控对象的输入，整个控制系统形成一个闭合的回路，按偏离原理工作。

优点是精度高，不仅对外界干扰而且对内部部件性能退化造成的被控参数变化也能修正，缺点是不及时。

发动机的开环控制，优缺点

控制装置和被控对象同时感受外界干扰，改变可控变量，补偿干扰量引起的被控参数变化，按补偿原理工作。

优点是及时、稳定，缺点是不能补偿所有干扰，精度差。

电嘴有两种基本类型，即收缩或约束空气间隙式以及分路表面放电式

点火导线的检查：

安装点火导线之前，应检查



弹簧作用的触点组件是否运动自由和指定的地方按照相应的维护手册实施绝缘电阻检查。屏蔽也应检查是否有擦伤和陶瓷绝缘衬套是否有裂纹或其他损伤。

启动机和点火部件应贮存在清洁、干燥，温暖和无毒油雾的条件下。

发动机的防冰：

在结冰区发动机

进气道前缘处和

整流锥、

压气机的进气导向器

处会结冰。防止结冰是必要的，因为在这些地方结冰会大大限制通过发动机的空气流量，从而引起发动机性能损失并可能会使发动机发生故障。此外，脱落下来的冰块被吸入发动机或撞击进气道吸音材料衬层时可能造成损坏。

涡扇发动机防冰部位和通常采用的防冰方法？

防冰部位：整流罩、进气导向叶片和整流锥。

防冰方法：从发动机高压压气机引出热空气进行加温。

仪表颜色：一般绿色弧段表示正常范围；黄色弧段表示警戒范围；红色径向线表示不能超越的最大或最小允许值。

波登管：波登管是薄壁，扁平，椭圆形的青铜管，弯成半圆形。

工作原理是：被测流体从一端进入波登管，当管内流体压力增加时，波登管的椭圆截面试图变圆，半圆试图伸直，带动连到另一端的指针转动，指示出流体的压力。需要定期校准。

两种温度传感器：

1、 低温一般用电阻式温度传感器，工作原理是：金属材料的电阻随温度而变化。温度的变化导致金属电阻值的变化，进而相应的改变指示器的电流。指示器的指针按温度的变化偏转。这就是电阻式测温元件的测温原理。

2、 高温一般用热电偶温度传感器，工作原理是：两种不同金属丝，一端相连是热端，指示器的是冷端，当两端有温差时，在电路中产生电动势，电动势与温差成正比。

反推的作用：反推装置用于飞机触地后，减低飞机滑跑速度，



缩短滑跑距离。

涡轮发动机滑油特点：燃气涡轮发动机使用合成滑油，即从动物、植物、矿物基滑油提炼人工合成的。它的优点是不易沉淀而且高温下不易蒸发。

它的缺点是不管溅到什么地方，都可能产生气泡和掉漆。

合成滑油有添加剂，易被皮肤吸收，有高毒性，应避免长时间暴露和接触皮肤。

调压式活门的原理：

在该系统中将供油路中的滑油压力限制到给定的设计值，来控制向轴承腔供应的滑油流量。滑油压力由调压活门控制。当超过设计值时，它允许滑油从增压泵出口回油。在所有发动机正常工作转速下，它都提供恒定的供油压力。

调压活门式的恒压系统保持相对低的滑油压力，功率减小后没有增加滑油温度是其优点，但是恒压系统复杂，维护期间需要调整，此外，压力活门常常是故障源。

APU 的离心电门作用：

离心电门的功用是控制 APU 的启动和点火，控制工作程序和超转保护电路。

APU 供气条件：

APU 转速在 95%~105%。

APU 引气电门置“ON”位。

燃油控制器中有哪几个限制器：

燃油控制器中有

最大转速限制器，

排气温度限制器和

扭矩限制器。

涡桨发动机的当量轴功率：

供给螺旋桨的功率为轴功率。计算总的功率输出时，必需加上喷气推力所产生功率的影响称为当量功率。

？工作状态的检查：在地面对发动机进行慢车检查和起飞（最大）推力的检查。这是因为慢车状态并不是发动机工作状态完全可靠的指示，而且燃油流量和仪表在小读数范围内经常是不准确的，所以还需进行起飞（最大）推力的检查。



? 发动机在存放和运输：对发动机应进行油封处理，即发动机内外表面要用专门的防腐蚀剂加以保护，

所有的孔口要封死，

将发动机装在罩袋内， 其中

放规定量的干燥剂，并放在干燥的环境中。

冷段和热段：从维护角度上分，将发动机分为冷段和热段两部分。冷段：进气道，压气机，扩压器。热段：燃烧室，涡轮，喷管。

更换发动机叶片：维护更换发动机叶片应遵循的原则有：

- 1、维修检查后的叶片必须安装在原来的槽内。
- 2、更换叶片时，必须更换与原来叶片动量矩标记相同的叶片。
- 3、如果没有与原来叶片动量矩标记相同的叶片，则当该级有偶数个叶片时，应更换两个动量矩标记相同的叶片，即除了更换已损坏的叶片外，还应将与之相距 180° 的另一个叶片也进行更换。当该级有奇数个叶片时应更换三个动量矩标记相同的叶片，即除了更换已损坏的叶片外，还应将与之相距 120° 的另两个叶片也进行更换。

? 发动机监控四个参数一起变判断故障：

若所有的监控参数偏差值具有相同的变化趋势，则可能是 EPR 指示系统的故障或是 TAT 指示系统的故障。若同一架飞机上各台发动机都是这样，就是 TAT 指示系统的故障，只有一台发动机是这样，则是该发动机的 EPR 指示系统的故障。

单路正向循环式滑油系统，单路反向循环式滑油系统分别怎样？

[1]单路正向循环式滑油系统：将热交换器安装在回油路上的滑油系统叫正向式滑油系统。(冷油箱)

[2]单路反向循环式滑油系统：将热交换器安装在供油路上的滑油系统叫反向式滑油系统。(热油箱)

发动机试车有几种形式？(要答：试车台试车，在翼地面试车，在翼空中试车)

正常情况下可以调整发动机的那些部分 高低慢车，部分功率，燃油比重

MEC 的作用 发动机主燃油控制，

根据油门的指令，并参考其他参数的输入来控制发动机 N2 转



速，

并发出指令调整 VBV, VSV 的位置，设置高压涡轮间隙控制的工作。

? PMC 的作用 功率管理控制器根据油门杆角度，风扇进口空气压力 (ps12) 和风扇进口温度 (T2) 来输出电信号，有限度地超控 MEC，设立正确的 N1 转速，保证发动机推力。

喷气发动机的热力循环是什么?(布来顿循环或定压循环)

[1]绝热的压缩过程[2]定压的加热过程[3]绝热的膨胀过程[4]定压的放热过程

推力是怎样产生的? 运用牛顿第二定律解释发动机推力

[1]气体流过发动机时，发动机的内壁及各部件对气体施加作用力，使其动量发生变化，而气体必然同时给予发动机及各部件以反作用力，这些反作用力在轴向分力的合力，即为发动机的推力。

[2]牛顿第二定律[3]牛顿第三定律

$F=qm(V5-V)+A5(P5-P0)$

F:推力(牛顿)

qm:进入发动机的空气质量流量(公斤/秒)

V5:喷气速度(米/秒)

V:飞行速度

A5:喷管出口面积(米²)

P5:喷管出口压力(帕)

P0:大气压力

环形燃烧室有哪些类型?

? 直流式环形燃烧室，折流式环形燃烧室和回流式环形燃烧室。

扼要论述导致喘振的原因和排除方法。

具体原因是:

防喘装置调节不当或失效;

场温较高;

使用操作不当。

排除方法:应做相应的检查和维修,操作时动作不要过猛过快。

简述收缩喷管的组成和各部分的功用?



收缩喷管通常是由中介管和喷口组成。中介管又称为排气管，是由外壳，整流锥和支板组成。

中介管安装在涡轮的后面，其作用是整流和使燃气减速，以减小损失。

整流锥可使气流通道由环形逐渐变为圆形，以减小燃气的涡流。

支板可迫使方向偏斜的气流作轴向流动以减小流动损失。

喷口是收敛形的管道，使燃气加速，以获得较大的推力。

何时使用反推力装置？反推力装置使用不当会造成什么问题？

发动机着陆，将油门收到慢车位再拉起反推手柄，打开反推力装置，产生反推力。

当飞机滑跑速度降低到接近 80 海里 / 小时，关闭反推力装置，不再产生反推力。

反推力装置使用不当会造成发动机超温；

当飞机滑跑速度很低时，反推力装置仍在工作，则会造成排出的燃气重新被吸入，从而会造成压气机喘振。

为什么近代燃气涡轮发动机皆采用复合控制？

(1) 近代飞机对控制精度要求不断提高，可靠性要求必须保证。

(2) 复合控制是综合了开环和闭环控制的优点而缺点得到相互弥补，从而使控制系统精度高，响应快，而且工作稳定。

燃气涡轮发动机控制器的型式有哪几类？主要特征？

液压机械式（包括气动机械式）：包括计量部分、计算部分；

监控型电子控制：液压机械为主控制器，电子控制辅助。

全功能（全权限）数字电子控制：全部计算由 EEC 进行，液压机械为执行机构。

在电子控制中力矩马达的作用是什么？如何实现？

力矩马达将 EEC 的电信号转换成液压机械控制器能接受的液压信号。

力矩马达电流大小改变挡板开度或分油活门位置，使伺服机构（或活门）动作。

燃气涡轮发动机燃油加温有什么限制？

在起飞、进近或复飞时不应使用燃油加温，过多热量可能引起燃油汽化，有熄火的可能。

燃油控制器中的分油活门、喷嘴挡板是什么性质的元件？其作



用是什么？

是液压放大元件。由于敏感元件的输出信号较小，经其放大后再作动执行元件。

随着大气温度变化，放气活门关闭转速是否变化？为什么？

随着大气温度升高，放气活门关闭转速应增大。因大气温度升高，压气机进口总温升高，空气难于压缩，压气机增压比减小，就可能进入“前喘后涡”状态，使压气机喘振趋势增大，所以，放气活门关闭转速也应相应增大。

为什么燃气涡轮发动机需要安装高能量点火系统？

因为工作条件差，特别在高空点火时，气体压力低，温度低，空气密度小，气流速度大，点火困难，需要高能量。所以需要高能量点火系统。

为什么进入发动机的空气流量突然减少，压气机易发生喘振？

哪些情况可以造成空气流量突然减少？

进入发动机的空气流量突然减少，可以使压气机前几级气流轴向速度减少，流量系数减少，相对速度方向变陡，而使攻角变大，气流在叶背上产生分离，导致整台发动机喘振。

造成上述情况有：①供油量增加过快过多；②着陆滑跑速度减至小速度时仍使用反推。

如果发动机在低功率下喘振，如何探测？采取哪些自动恢复正常的措施？

通过感受压气机出口压力的下降率可自动探测到。

纠正措施有：

- ①自动打开所有放气活门。
- ②提供高能到两个点火电嘴，以防止燃烧室熄火。
- ③瞬时减少向发动机供油，待恢复后按正常的供油量供油。

温度的非电测量是依据什么原理进行的？举例说明。

通过测量当吸收或放出热量时，物体发生的物理变化。如：
充填式：利用充填易挥发液体受热后蒸汽压力的变化反映温度。
双金属式：利用两种不同金属受热后线膨胀系数不同而产生的变形。

涡轮发动机中，哪一个温度是最关键的温度？燃气温度一般在什么部位测量？

涡轮前的温度是最关键的温度。燃气温度一般在涡轮出口处测



量。

在安装或修整热电偶中，为什么不能剪短热电偶导线？

因为在热电偶安装中导线电阻值是关键，剪短导线改变了电阻值，影响测量精度。

目前燃气涡轮发动机常用的转速传感器有哪两种类型？

(1) 转速表发电机。(2) 变磁阻式转速传感器。

使用空气涡轮起动机的燃气涡轮发动机是用什么方法关断起动空气活门以停止起动机工作的？

用感受发动机转速的装置，如离心电门，或电磁活门断电的方法，关闭起动空气活门，以停止起动机的工作。

安装电嘴时，如使用的拧紧力矩超过规定会造成什么危害？

安装电嘴使用力矩过大，将引起：(1)绝缘体（或绝缘层）损坏；(2)电嘴间隙改变；(3)电嘴螺纹变形。

当你从燃气涡轮发动机拆卸电嘴时，你必须怎样做以保证人身安全？

当从燃气涡轮发动机上拆卸电嘴时，应首先关断点火开关，并等待一定时间后，使电容器放完电之后，再拆卸，以保证人身安全。

燃气涡轮发动机使用的复合式点火系统各在什么情况下输出低值和高值？

高值输出：

- ①地面起动和空中起动；
- ②特殊情况如探测到压气机喘振，则自动输出高值到两个电嘴。

低值输出：

- ①起飞、着陆以及恶劣天气，如大雨、大雪或在颠簸气流中飞行等；
- ②防冰电门在接通位时。

为确定发动机内部状况，对滑油实施哪些检查？

- ①检查滑油滤；
- ②检查磁性堵塞；
- ③滑油取样，进行光谱、铁谱分析。

滑油增压泵和回油泵，哪一个有较大容量？为什么？

滑油回油泵。因为滑油回油温度高，体积膨胀另外由于滑油温度高，回油中含有大量的泡沫。



滑油如何防止飞机发动机里面的腐蚀？

滑油油膜复盖金属零件表面，阻止氧接触金属而造成的氧化和腐蚀。

滑油系统中为什么要安装油/气分离器？

将油和气分离并去除油蒸汽和气泡，

防止供油中断或破坏油膜（油膜破裂），减少滑油消耗。

滑油系统通气装置主要功用是什么？

- ①平衡滑油腔压力，以保证轴承腔封严。
- ②保证滑油系统工作正常。
- ③减小滑油消耗。

燃气涡轮发动机润滑系统的滑油压力过高、过低会造成什么后果？

滑油压力过高：

（1）易引起滑油泄漏，造成滑油消耗量过大；

（2）会使系统中散热器薄壁结构部件损坏而影响系统正常工作。

滑油压力过低：

（1）造成流量小，对机件冷却和润滑不利，特别是涡轮轴承等会过热。

（2）如果滑油压力低于允许的最小值，则应停车

带冠叶片的作用？

①带冠涡轮叶片可以减小叶片尖部由叶盆向叶背的漏气，降低二次损失，提高涡轮的效率；

②相邻叶片的叶冠抵紧后可以减小叶片的扭曲变形和弯曲变形，增强叶片的刚度，提高叶片的振动频率；当叶片产生振动时，相邻叶冠间产生摩擦，可以吸收振动能量，起到的减振作用。

③带冠涡轮叶片可以采用对气动有利的薄叶型。且有利于叶片与机匣之间的间隙的控制，减少轴向漏气，更有效地提高涡轮效率。

EEC 是如何实现精确控制？

HMU 和 EEC，两者共同实施对发动机的控制。

HMU 为主控制器，负责发动机的完全控制，包括启动、加速、



减速控制，转速控制。

EEC 具有监督能力，对推力进行精确控制，并对重要工作参数进行安全限制。

监控控制由 HMU 完成主要功能，EEC 起监控、限制作用，具有有限功能，即对推力（功率）作有限的控制。EEC 参与工作时，对于外界条件的变化，它可以精确保证选定的目标值，例如以 EPR 或 n_1 表征推力，EEC 则精确保证 EPR 或 n_1 实际值等于要求值。

EEC 通过力矩马达与 HMU 联系，实现电/液转换。EEC 计算结果以电信号输出给力矩马达，再转换成液压信号控制燃油流量。多数的 HMU 的供油计划高于 EEC 的供油计划，EEC 通过减少 HMU 的供油达到目标值。

如果发现 EEC 有故障，可以冻结调准在当时位置，可以使 EEC 退出工作，恢复 HMU 完全控制。如果双发飞机，其中一发 EEC 故障，另一发 EEC 正常，一般让两台发动机的 EEC 都退出工作。EEC 是双通道设计，任何一个通道都能控制发动机的工作。为了正确控制各个发动机子系统，EEC 采用闭环控制原理。

飞机上使用的燃油可以分为哪几种，现在主要用那一种
现行最常用的航空煤油，是以煤油为基础的 JET A-1，并根据国际标准规格生产。在美国，另有一种型号的 JET A-1 煤油，称为 JET A。常用的民用航空煤油是 JET B -----jet 解释为喷气发动机的专用煤油

APU 超温分为：1 启动超温 2 启动完成后的超温。

1 首先启动超温，类似于发动机的热悬挂，就是发动机的 EGT 温度升高了，而发动机的转速没有提高，这个时候只能对发动机采取停车的方法。

造成热悬挂的原因：

起动机带转没有达到自加转速即停止带动。

燃油供油不当，富油

压气机性能衰减 气源压力不足 场温太高和场压过低。

2 启动完成后的超温，也就是 APU 的发动机在转速 95% 以上后的超温，就是我们题库中解释的超温。首先我们想到超温的原因是供油加大。但是由于我们 APU 的发动机转速是恒定的，即供油恒定。假使供油量加大，那说明，我们 APU 的转速降低，



所以才会加大燃油供给，而加大燃油供给的原因，就是 APU 的输出加大，而我们 APU 的输出，无非就是供电或供气输出，一般情况下，是由于供气输出加大，所以导致 APU 速度降低，而我们 APU 为了保持速度恒定，所以供油加加大，而供油加大，导致 APU EGT 温度升高。所以解决的办法就是 APU 引气活门关闭，放气活门打开。使 APU 的负载降低，从而使 APU EGT 温度降低

滑油温度高的原因及修理方法

- 1、滑油的一个功用就是用来冷却发动机的轴承或是其他部件，要是滑油量少的话会造成温度过高，或是其内部磨损较大产生大量的热
- 2、滑油的热交换器坏了或是脏了堵住了，起不到热交换的作用了，肯定也会导致滑油温度高。

APU 与发动机启动机分别是什么？它们的优缺点？

分别是

空气涡轮启动机和

电动启动机或启动-发电机。

空气涡轮启动机的

优点是：扭矩大、重量相对轻、工作可靠、结构简单和使用经济。

缺点：需要外界气源、必须遵守启动工作限制：工作时间，冷却时间，循环次数确保启动不过应力和过热。

APU 启动机-发电机的

优点是重量轻，可以启动及发电，不需要外界电源和气源，

缺点是输出扭矩小。

（APU 直流电动机，优缺点与直流发电机相似，请看电源那本书，发动机的启动那章有关发动机的空气涡轮启动机的优点，缺点我是实在想不出 就答应该是只能同引气启动吧，考官也没说啥。



C. 另外，启动机还有燃气涡轮启动机、火药启动机、液压启动机，还有冲击启动等。

APU 防喘措施。

APU 压气机也可能喘振，特别是当引气负荷改变时。防喘措施有两种。没有负载压气机的 APU 上使用防喘系统，当可能喘振时，防喘活门放掉空气。飞行期间防喘活门正常打开防止喘振，由于没有发生喘振时，空气也放掉，这种方法是耗费燃油的。有负载压气机的 APU 使用的防喘方法较好。喘振保护系统监视负载压气机出口管道的空气流量，如果压气机喘振，打开喘振控制活门。作为一般的规则，如果负载压气机后空气流量减少或停止，喘振控制活门打开。在某些 APU 上，空气流量信号送到作为喘振控制活门一部分的气动控制组件。现代 APU 空气流量信号转换成电信号送到 APU 控制组件。APU 控制组件将打开信

号送到喘振控制活门力矩马达，并接受实际活门位置反馈信号。在某些 APU 上，APU 引气活门和喘振控制活门功能组合于一个活门。这种类型的引气/喘振活门能从负载压气机供应所有空气到飞机或者使所有空气通到 APU 排气管。APU 控制组件也接受进气温度和进气压力，使用这些信号进行喘振保护，因为负载压气机在高空，空气密度低容易喘振(见 7 - 8)



点火及启动装置的维护事项

安装点火导线之前，应检查

弹簧作用的触点组件是否运动自由和

指定的地方按照相应的维护手册实施绝缘电阻检查。

屏蔽也应检查是否有擦伤和陶瓷绝缘衬套是否有裂纹或其他损伤。

启动机和点火部件应贮存在清洁、干燥，温暖和无腐蚀油雾的



条件下。

当从燃气涡轮发动机上拆卸电嘴时，应首先关断点火开关，并等待一定时间后，使电容器放完电之后，再拆卸，以保证人身安全。

在燃烧室中安装电嘴必须非常严格地按照维护手册相关的程序进行，检查插入的深度是

否正确，这对于安全工作和得到最大的使用寿命是重要的。

电嘴应经常检查是否牢固、损坏、漏气和高压导线连接可靠。

当拆卸电嘴时，应检查是否有热损坏、裂纹和雷管表面腐蚀。

拆下的电嘴应检查中央电极尺寸和壳体电极的烧蚀，并按手册规定决定是否更换。

通常电嘴是不清洗的，但是如果积碳使得不可能检查雷管时，可去除积碳，小心不要损坏雷管表面。

当必需安装新电嘴时，制造厂有时规定应检查电嘴伸入燃烧室的深度。这可借助类似于

空塞子的专用工具实现并通过选择适当厚度的垫片放在电嘴壳体下面做调整。

当更换电嘴时必须装新的封严垫圈。正常情况下电嘴螺纹的润滑应按照制造厂的规定来执行，电嘴也应扭到接相关的维护手册中说明的扭矩值。

发动机的推荐效率的定义 以及其影响因素，如何提高涡扇发动机的推进效率

推进效率是推进功率与单位时间流过发动机的气体获得的动能增量的比值。推进功率是推力与飞行速度的乘积。推进效率表示发动机产生的可用功有多少转变成推进功

(也有称作外效率)

发动机各种接近盖板类型和作用

滑油箱勤务门，

CSD 勤务门，

起动机活门检查门

发动机启动和点火会出现什么故障



启动超温、转速悬挂、振动过大、启动机不能自动脱开，发动机的参数摆动、喘振等。

发动机燃油泵性能特点结构特点

燃油泵有容积式泵和叶轮式泵两种。

容积式泵包含有柱塞泵、齿轮泵、旋板泵（叶片泵）。容积式泵是依靠泵的抽吸元件作相对运动，交替改变元件间的自由容积进行吸油、排油的。供油量取决于元件一次循环运动中自由容积变化的大小。在一定的供油量下，泵根据出口处的液体流动阻力来建立压力。

叶轮式泵包含有离心泵、汽心泵、螺旋泵。叶轮式泵是依靠叶轮作旋转运动，使经过叶轮的液体增加动能和压力能，在叶轮后的扩压器中再将液体的动能部分滞止，转化为压力能。

齿轮泵是定量泵，工作容积不可调流量和转速有一一对应关系。当转速不变时，供油量通过旁通回油调节，即齿轮泵的供油量始终高于需油量，超出需要的油量返回油泵进口。

柱塞泵是变量泵，柱塞泵的供油量不仅取决于转速还取决于斜盘角度，转速不变时，供油量通过改变斜盘角度容易调节。柱塞泵的调节性好这是它的主要优点，不过结构复杂、工艺要求高、寿命短。

滑油检查——滑油量的检查方法，要求和注意事项

远程飞机每次飞行后检查发动机滑油量。中程和短程飞机，在维修计划规定的间隔检查滑油量。滑油量可以从滑油箱的观察窗检查或者从驾驶舱 ECAM 或 EICAS 显示上检查。检查滑油量之前，必须等发动机停车至少 5min 后进行。经滑油箱加油口填加滑油，必须等发动机停车至少 5min 后，才能打开加油口盖。打开滑油加油口盖时，观察滑油气醋，如果有燃油气峰说明燃油/滑油散热器有漏油，需要进一步排故。填加滑油可在加油口重力加油，也可由泵经压力加油口和溢流口压力加油。加油之前必须检查使用正确型号的滑油，始终观测滑油



田防止溢梳。溢流是有害的，因为大量滑油通过滑油箱通气管进入前轴最腔或汕气分离豔。每次加汕量记最在技幸日记本上。监视盍动机滑油消能量是-项重要的工作，

滑油系统有哪些探测

(油量，温度，压差，磁堵)

健康监控使用的 2 个项目及内容；

发动机仪表可分成两类第 1 类用于监视机械状况的事数，像滑油温度和滑油压力，压

气机转速和发动机振动。这组仪表读数在发动机工作的任何时候不得超过规定的限制。第 2 类仪表用于监视发动机性能参数。性能参数仪表包括发动机压力比、燃油流量、排气温度和转速。在双转于轴流式压气机的发动机，测量高压和低压压气机转速。压气机转速既是机械参数又是性能垂数。

试车注意事项

发动机试车安全规则

1、试车人员必须有该机型的机型维护执照，并经过专门的试车培训、考核及得到授权。

2、试车前应做好规定的准备工作，如挡上轮挡，移开障碍物，清洁发动机附近的杂物，准备好灭火设备，了解风向和风速，必变要时改飞机停放方向，地面有油、冰、雪时不允许试车。

3、发动机试车时机下必须有专人在规定位置负责警戒，注意试车飞机周围环境和飞机、车辆及人员的动态并与试车人保持通信联系，如有异常情况（如飞机滑动、火警或其它不安全因素）应立即通知试车人员停止试车。

4、试车过程中试车人员应接通 VHF 并监听塔台通话。试车人员不能离开驾驶舱并注意机下警戒人员的指令，与试车工作无关的人员不准进入驾驶舱。

5、试车时试车人员应按该机型维护手册规定的程序进行操作，并熟练掌握各种应急处置措施和程序。

6、多发飞机试车时禁止在未开车的发动机上工作，如需要在试车时进行发动机的调节或检查工作，必须在慢车状态并有保护措施，机上、机下联系好。



- 7、试车时发动机未完全停车前，人员和工作梯严禁靠近发动机。
 - 8、白天试车必须打开防撞灯，夜间试车必须打开航行灯、防撞灯。
 - 9、用易燃液体清洗发动机后必须待其蒸发干才能试车。
 - 10、试车采取双试车员制度，人员搭配要合理。
 - 11、左座人员负责操作，右座人员负责读检查单并协助左座人员，应在试车准备前，明确各自的工作任务。
 - 12、试车时必须读检查单，并严格按检查单操作，做到眼到、手到；充分考虑下一步工作时，受影响的飞机/发动机/系统状况。
 - 13、试车时机上、机下要保持通讯畅通（内话耳机和对讲机）。
 - 14、试车人员要分工明确，互相提醒。
 - 15、新授权或新晋级试车人员须经过一段时间实践后才可单独执行大功率试车。
 - 16、因换发、排故等原因需进行大功率试车时，应有一观察员在驾驶舱。
 - 17、人员过度疲劳，不允许试车。
 - 18、试车人员必须清楚试车内容的目的。
 - 19、试车前通知签派，征得同意后，方可试车。
- 试车的程序一般如下：（一般表面工作）737 系列飞机到位，加好油；（如果需要较高功率，俗称：大车，需要超过一定的油量，一般左右主油箱加满即可，有需要可全部加满）
- 试车前，从飞机左边开始绕飞机一圈检查飞机的外部情况，尤其是发动机前面区域不允许有外物，如有需清除，以免吸入发动机损伤内部结构。其他部件安装好，舱门关闭。
- 轮挡放在机轮前面一般留有大概十几毫米的缓冲空间，因为防止飞机前倾造成轮胎的过度挤压。轮挡不是主要防止飞机前冲的工具，飞机本身的刹车才是主要正常防止手段。
- 检查完毕，登机关好舱门，检查好跳开关和其他开关后，上电，刹车，检查火警，联系地面。
- 启动 APU，正常后可按试车手册检查飞机系统，并把各种开关打到相应位置。



如果在机场区域，需要联系塔台，经同意后可开始准备启动。联系地面确认可以启动，一般先左发后右发，左发启动完毕再启动右发。启动时，需要关掉空调等其他设备的引气防止引气不足和APU的EGT超温。

启动过程注意观察N2，N1，EGT和滑油压力等关键参数，正常启动机在N2到达一定转速会自动脱开，如果超过一定时间不脱开可以人工脱开或者终止启动。（CFM56-3）用APU的引气，打开启动机到GROUND位，等N2达到24.6%可以提启动杆，要求稳而迅速，手保持在启动杆上，注意观察主要参数：EGT等。N2到一定转速（46%左右）后启动机会自动脱开。允许EGT最高时稍微进入黄区。直到启动成功手可离开启动杆。然后可再启动右发。

启动成功后需要等发动机稳定后才进行功率测试，起飞功率测试时需要按照手册要求操作，其起飞功率及部分功率等由当地场温场压查相关表格得到相应正常数据范围，试车各种数据需要在各种相应的范围之内。比如737-300在测试起飞功率（大车）时需要把襟翼放到一定的角度，一方面是飞机和发动机内部设计的要求，其次是安全要求（个人理解）。同时要提醒地面人员注意安全！地面人员要求在安全区域警戒。

部分功率测试时，如果需要安装部分功率销，首先要保持慢车，还需要走安全通道，右侧的可从前面沿飞机中线到机头后贴这机身走到功率销孔位置再向发动机走近插销子，左侧的可离飞机外侧较远处由前向后走到和销子孔相平位置后，再横走接近。插好销子后按原路线返回安全警戒区。同时由右侧的人顺便按下电子舱的空地电门。

部分功率测试完毕后，需要保持发动机在慢车功率下五分钟以上再关车，防止发动机出现卡阻现象。

试车完毕，等完全关车后，需要把轮挡放到外侧轮前后，拔下部分功率销和空地电门，并检查渗漏以及相应时间内检查各种油量指示。盖好包皮以及发动机蒙布。

关断APU，关好舱门，撤离登机梯。带好所有工具离开现场。

为什么排气系统检查时不能使用含锌的工具和使用铅笔做标记？



因为排气系统的金属在受热时，铅，碳，锌痕迹将被吸收，使金属分子的将结构产生变化，这种变化将使痕迹区域的金属膨化，引起裂纹最终导致故障。

涡轮发动机，在启动，转速增加及停车期间涡轮间隙如何变化？

启动时间隙大，转速增加由于涡轮间隙自动控制（ACC），离心力叶片热膨胀此时间隙最小，停车间隙变大。
发动机启动时高温燃气作用在涡轮材料上，涡轮机匣膨胀的比涡轮转子快，这是因为机匣比转子薄，接触较高的温度和它的直径比转子大。当转子加速时，在转子上的离心力增加，离心力减少间隙，转子盘和叶片伸长。意味着发动机在低转速比高转速叶尖间隙大。当发动机减速或停车时，涡轮间隙的变化是开始时由于离心力减小转子比机匣收缩快，后来是涡轮机匣收缩快。

涡轮分哪几种？

涡轮的类型有径向内流式和轴流式。现在燃气涡轮发动机主要使用轴流式涡轮。

涡轮叶片材料

涡轮叶片材料是铸造镍基合金和单晶体片，
涡轮盘是镍基合金和粉末冶金盘，
导向器叶片是镍合金外加陶瓷涂层。

旋转失速

当压气机空气流量减小而使动叶攻角增大到临界攻角附近时，动叶中的某几个叶片可能首先发生分离。于是在这些出现分离区的叶片前面出现明显的气流堵塞现象。这个受阻滞的气流区使周围的流动发生偏转，从而引起上面叶片攻角增大并分离。同时，下面叶片的攻角减小并解除分离，分离区相对于叶片向上传播。因此，失速区就朝着与叶片旋转方向相反的方向移动。这种移动速度比圆周速度要小，所以站在绝对坐标罩上观察时，失速区以较低的转速与压气机叶轮做同方向的旋转运动，称为



旋转失速

亚音速气流进气道怎么进行总压恢复？怎么进行进气道的维护？（

谦少题库发动机部分有进气道作用和总也恢复系数概念的解答，总压恢复翻书之后我认为应该按 P21 页亚音速进气道的形状结构来回答，大家现在维护的都是民航客机，考官也不会为难你的。）解答：亚音速进气道的进口部分为圆形唇口，进气道内部通道为扩张通道，使气流在进气道内减速增压。在飞机试车前仔细清楚发动机进气道前的杂物，避免杂物进入损坏进气道和发动机；维护维修时应检查进气道消音材料是否有破损；拆装叶片时应在进气道上垫上毛毯，避免工作鞋对进气道造成伤害。

132. 轴流式压气机转子的组成

轴流式压气机转子的三种基本结构型式是：鼓式，盘式，鼓盘式。目前广泛使用的是用长短螺栓连接的鼓盘式转子。这是因为鼓盘式转子具有抗弯性好和强度高优点。

13. EGT 超温的原因

首先启动超温，类似于发动机的热悬挂，就是发动机的 EGT 温度升高了，而发动机的转速没有提高，这个时候只能对发动机采取停车的方法。造成热悬挂的原因：

- A 起动机带转没有达到自加转速即停止带动。
- B 燃油供油不当，富油
- C 压气机性能衰减 气源压力不足 场温太高和场压过低。

34. 飞机上的气源有哪几种？有哪些作用？

发动机压气机引气、辅助动力系统引气（APU 引气）、地面气源引气。

增压空气主要用于：座舱的空调与增压，机翼前缘及发动机进



气道前缘的热气防冰，发动机启动气源、饮用水、燃油及液压油箱等系统的增压以及飞机的气动液压泵（ADP）、前缘襟翼气动马达和大型飞机的货舱加热。

99. APU 停车可有 3 种不同方法—NEW!

正常停车是手动使主电门移到 OFF 位进行的；自动停车是 APU 控制组件因重要部件故障作动的；应急停车是由灭火手柄或备用紧急停车开关作动的。正常停车冷却周期可从 0 到 120S(秒)变化，冷却周期后控制组件断开燃油。自动停车命令是 APU 控制组件立即作动的，没有任何冷却周期。如果离心电门触发超转感应电路(通常为控制转速的 110%)，会切断向燃烧室的供油，使 APU 停车，此即超转停车。如果滑油压力低于最小允许值，APU 会自动停车。如果滑油温度高于允许值，或者有火警引起，APU 会自动停车。

APU 有火警探测系统和灭火瓶。着火情况下，探测系统除了作动警告灯和警铃外还可以自动使 APU 停车。新型 APU 以及采用 FADEC 控制的 APU 在保护系统中还设置多重保护性停车。例如，APU 没有加速停车、没有转动停车、低速停车、没有火焰停车、传感器故障停车、进气过热停车、直流电源损失停车、没有 EGT 转速信号停车等。

102. 点火，试车的注意事项 —NEW M14 P169

发动机工作时吸入大量空气，喷出高温、高速燃气，在飞机前、后都规定了危险区，危险区的大小依发动机的大小、位置、功率而不同，在相应的飞机维护手册中有规定。飞机应迎风放置。启动发动机前检查进气道和喷管内没有松动的物品和碎屑，飞机主起落架用轮档挡住，地面机组人员戴上耳罩，保持和机上驾驶舱通话，准备好灭火器。

涡轮的类型 P17

共有两种类型：径向内流式和轴流式。



165. 燃气涡轮喷气发动机与活塞式发动机相比有哪些特点？
与活塞式发动机相比燃气涡轮喷气发动机结构简单，重量轻，推力大，推进效率高，而且在很大的飞行速度范围内，发动机的推力随着飞行速度的增加而增加。

反推故障灯亮，如何进行排故？以及放行的条件？
根据手册进行排故，不能及时排除时，按故障隔离手册要求，对反推锁定，贴不可用标签，告知机组成员。
查故障隔离手册，按要求锁定故障反推，告知机组成员，保留此故障。代航后或 A 检或 C 检时，排出故障。

25、更换发动机叶片后振动值大，如何处理？

再次配平，在风扇叶片根部使用配平螺钉，波音 737-300 是根据数据人工计算，800 是依据机载震动监视器 AVM 给出的结果配平

150. 推力原理

涡轮喷气发动机作为飞机的动力装置，在工作时连续不断地吸入空气，空气在发动机中经过压缩、燃烧和膨胀过程产生高温燃气从尾喷口喷出，流过发动机的气体动量增加，使发动机产生反作用推力，发动机作为一个热机，它将燃料的热能转变为机械能。涡轮喷气发动机同时又作为一个推进器，它利用产生的机械能使发动机获得推力。



16. 什么情况下发动机需要试车

发动机安装之后;为了确认发动机故障;检查飞机系统;调整或部件更换后检验(使用 FADEC 的发动机更换后可不试车检查);发动机闲置一段时间后检验发动机

发动机滑油量何时检查, 检查方法以及主要事项?

不能单说发动机停车至少 5 分钟后检查滑油量, 还得分长航程, 中程, 短程飞机而言说明何时检查滑油。必须等发动机停车至少 5 分钟后, 才能打开加油口盖, 打开滑油加油口盖时, 观察滑油气味, 如果有燃油气味说明燃油/滑油散热器有漏油, 需要进一步排故。加油之前必须检查使用正确型号的滑油, 始终观察滑油面防止溢流。每次加油量记录在技术日记本上。

105. 拔出磁堵后, 没有油漏出来?(磁堵、自封活门)

17. 磁屑探测器作用, 自封活门作用?

85. 功率调整插钉—NEW!

燃油控制器由发动机高压转子传动。为保证发动机输出推力, 性能试验期间, 需要检查慢车转速和最大推力。调准正常地在发动机或燃油控制器更换后或发动机没有产生最大推力时进行。燃油控制器外场允许的调整部位有燃油比重、慢车转速、部分功率调整钉。调整的理想情况是无风、低湿度, 标准日的温度和压力, 不是标准日的情况查表。小风天气, 风向对着机头; 大风天气不要做调准。每次调整转动调整钉其最后调准应在增加方向上。在有高、低慢车转速的情况下, 分别有高、低慢车转速调整。在有的监控型电子控制器上? 如 CFM56-3 发动机的 PMC 上有增益调整。

21. 液压机械燃油控制器调整钉外场允许调整的部位有哪些? 如何调整?



燃油控制器由发动机高压转子传动。为保证发动机输出推力，性能试验期间，需要检查慢车转速和最大推力。调准正常地在发动机或燃油控制器更换后或发动机没有产生最大推力时进行。燃油控制器外场允许的调整部位有燃油比重，慢车转速，部分功率调整钉。

22. 活塞发动机与涡轮发动机在点火上的区别

活塞式有：点燃式和压燃式

涡轮：点燃

燃气发生器为什么是合金的

合金的优点是密度小、比强度、比刚度高，抗震能力强，可承受较大的冲击载荷；合金的硬度大于其组成的金属。

