

1.3 航空发动机的控制方案

航空发动机的控制方案是被控参数、控制中介与控制规律的统称，发动机的控制规律是指决定发动机性能的被控参数与控制中介及飞行条件之间的关系。

双转子涡轮喷气发动机的两个转子之间只有气动联系而没有机械联系，其最大推力受以下三个条件限制：

- (1) 高压转子允许的最大转速 $n_{H \max}$ ；
- (2) 低压转子允许的最大的转速 $n_{L \max}$ ；
- (3) 高压涡轮前燃气温度最大允许值 T_4^* 。

为了充分发挥发动机的潜在性能，就要选择 n_H 、 n_L 和 T_4^* 作为被控参数，同时要选择三个控制中介来实施控制，这样就大大地增加了发动机的复杂程度。因此，双转子涡轮喷气发动机广泛地采用喷口面积 A_e 不变的基本控制规律，即：

- (1) 保持低压转子转速不变的控制规律

$$W_f \rightarrow n_L = \text{常数} \quad (1-1)$$

- (2) 保持高压转子转速不变的控制规律

$$W_f \rightarrow n_H = \text{常数} \quad (1-2)$$

- (3) 保持涡轮前温度不变的控制规律

$$W_f \rightarrow T_4^* = \text{常数} \quad (1-3)$$

由于基本控制规律只有 W_f 一个控制中介，所以只能保证一个被控参数随飞行条件按给定规律变化，其余两个被控参数会随飞行条件的变化而改变。例如， $n_L = \text{常数}$ 的控制规律，当发动机在低空高速飞行条件下工作时， n_H 和 T_4^* 就可能超过各自的最大允许值，为了保证发动机安全可靠地工作，以上三种控制规律都必须限制其它两个参数。如 $n_L = \text{常数}$ 的控制规律，通常都要限制 n_H 不得大于 $n_{H \max}$ ，一旦 $n_H = n_{H \max}$ 时，则不再保持 $n_L = \text{常数}$ 而保持 $n_H = n_{H \max}$ 。

为了使控制系统尽可能简单，巡航状态的控制规律一般应与最大状态一致。单转子涡轮喷气发动机常用的巡航状态控制规律是

$$W_f \rightarrow n = \text{常数}; \quad A_e = \text{常数} \quad (1-4)$$

即当飞行条件变化时，保持喷口面积 A_e 不变，通过控制供油量 W_f 使巡航转速 n 保持不变。

发动机对慢车状态最基本的要求是提供必需的推力，而慢车推力的大小主要取决于空气流量。在慢车状态附近，几何通道不可调的燃气涡轮发动机空气流量与转速成正比。因此，调整慢车状态最简单的方法是通过控制供油量来调整转速。

常用的慢车状态控制规律是：

- (1) $W_f \rightarrow n_{idle} = \text{常数}$ ；
- (2) $W_f \rightarrow n_{idle,cor} = n_{idle} \sqrt{288/T_1^*} = \text{常数}$ ；
- (3) $W_f \rightarrow n_{idle} = f(p_H^*, T_H^*)$ ；
- (4) $W_f = \text{常数}$ 。

上式中 n_{idle} 表示慢车转速； $n_{idle,cor}$ 表示换算慢车转速。当慢车转速相同时，进入发动机的空气流量随大气条件 p_H^* 和 T_H^* 而变化，因此，最合理的慢车控制规律是

$$n_{idle} = f(p_H^*, T_H^*)$$

当核心发动机以 n 为被控参数时，加力状态的控制规律是：

$$\left. \begin{aligned} W_f &\rightarrow n = n_{\max} \\ W_{faf} &\rightarrow T_{af}^* = \text{常数} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

$$A_{eaf} = \text{常数}$$

T_{af}^* 值的大小取决于加力比, 在最大加力状态时, $T_{af}^* = T_{af \max}^*$, A_{eaf} 是加力状态时按加力燃烧室温度 T_{af}^* 而需要开大的喷口面积。

更常用的加力状态控制规律是:

$$\left. \begin{array}{l} W_f \rightarrow n = \text{常数} \\ W_{faf} \rightarrow \pi_T = \text{常数} \\ A_{eaf} = \text{常数} \end{array} \right\} \quad (1-5)$$

这种控制规律因保持 π_T 不变, 就能保证核心发动机的工作不受加力燃烧室的影响。由于喷口面积已按要求的 T_{af}^* 值开大, 当通过控制加力供油量 W_{faf} 保持 π_T 不变, T_{af}^* 也就自动升高并保持与 A_{eaf} 相适应的温度值。