

1.2 航空发动机控制的分类

1.2.1 航空发动机控制系统分类方法

航空发动机控制系统种类很多，分类方法也很多，这里介绍在航空发动机控制中常用的分类方法及其相应的系统。

1.2.1.1 按控制器元器件的属性分类

航空发动机控制系统按其采用控制器的类型是液压机械式控制器还是电子控制器，分为液压机械式控制系统和电子控制系统。而电子控制系统按连续信号和数字信号分，又可分为模拟式和数字式两类，即模拟式电子控制系统和数字式电子控制系统。由于数字式电子控制系统具有高速运算和存储能力，控制精度高，设计可更改性好等优点，具有广泛的发展前景，已经成为各国争相发展的电子控制系统。

1.2.1.2 按控制中介分类

按控制中介来区分控制系统，航空发动机控制系统有燃油流量控制系统和几何通道控制系统两种。燃油流量控制系统以燃油流量作为控制中介，如主燃油量控制系统，加力燃油量控制系统等；几何通道控制系统是以航空发动机部件的几何面积、形状为控制中介，如超声速进气道控制系统，压气机导流叶片控制系统，喷口临界面积控制系统，外涵道及涡轮变几何通道控制系统等。

1.2.1.3 按控制功能分类

按控制功能分类，航空发动机控制系统有状态控制，过渡态控制及超控保护(安全监控)三种。对发动机稳定工作状态进行控制的系统称为状态控制系统，不加力时多采用控制转速作为主机状态控制的基本方法，转速控制系统是状态控制中最主要的系统。加力时采用控制落压比作为加力状态控制的基本方法，即控制加力燃油量和喷口面积，保持主机状态不变；对发动机过渡过程进行控制的系统，称为过渡态控制系统，如起动控制系统、加速控制系统和减速控制系统；随着航空发动机的日益复杂，使用性能更加接近极限，还由于控制系统本身的局限和受环境的影响，在某些状况下，发动机会出现超转、超温、超压、超功率、熄火等，为了保证发动机安全可靠，还必须设置一些限制器、重调装置等超控保护装置，作为状态控制和过渡态控制的补充。

1.2.1.4 按控制原理分类

按控制系统的工作原理分类，目前在航空发动机中采用最多的有闭环控制系统、开环控制系统和复合式控制系统。系统输出信号对控制作用有直接影响的系统，叫做闭环控制系统，它是按“偏离原理”进行控制的，如闭环转速控制系统；系统的输出信号对系统的控制作用没有影响的系统，叫做开环控制系统，它是按“补偿原理”进行控制的，如开式加力燃油控制系统是按 p_1^* 或 p_3^* 压力进行补偿的；复合式控制系统是闭环控制系统和开环控制系统的组合控制系统，如加力燃油-喷口控制系统，用加力燃油量控制加力燃烧室温度，用喷口面积控制涡轮落压比，加力燃油量采用开环控制，喷口面积采用闭环控制。

随着航空发动机的不断发展，航空发动机控制也在不断发展，其分类方法日趋复杂和现代化，例如，可将控制系统分为单变量控制系统和多变量控制系统，独立控制系统和综合（一体化）控制系统等。

1.2.2 控制系统的基本类型

液压机械式控制系统和电子控制系统是航空发动机控制中的两种最基本的类型，下面对这两种控制系统的基本组成和工作原理作一简单介绍。

1.2.2.1 液压机械式控制系统

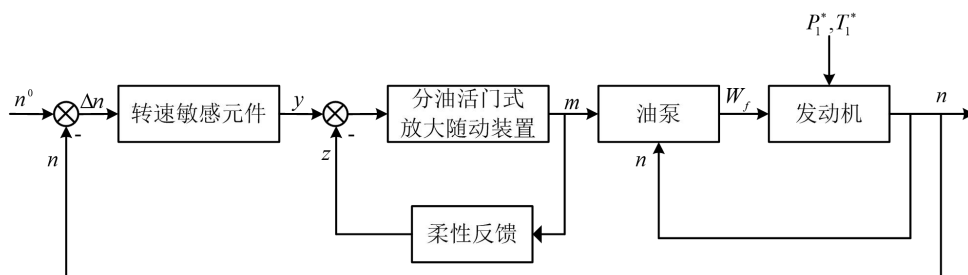


图 1—2 液压机械式转速控制系统原理方块图

图 1—2 是常用的闭环转速控制系统原理方块图，它是一个典型的液压机械式控制系统。它由机械离心式转速敏感元件、带柔性反馈的分油活门式放大随动装置、柱塞式燃油泵以及控制对象发动机等组成。图中 n^0 为油门操纵杆给定转速，由状态给定装置确定，一定的油门位置对应一定的发动机转速，也即对应一定的发动机工作状态。当油门位置一定时， n^0 一定，飞行条件的变化会引起发动机实际转速 n 发生变化，于是转速敏感元件会产生位移输出信号 y ，经分油活门式放大随动装置放大后变为柱塞式燃油泵执行机构随动活塞的位移 m ，从而改变燃油流量 W_f ，以适应飞行条件变化引起的需油量的变化，控制发动机转速 n ，并将 n 调整到油门操纵杆给定的转速 n^0 上。

当推收油门时，通过状态给定装置，改变转速给定值，转速控制器相应地控制供油量，使发动机实际转速达到给定值。

1.2.2.2 电子控制系统

(1) 模拟式电子控制系统

模拟式电子控制系统的控制元件大都由一些模拟电路元器件组成，如电源组件、继电器组件、脉宽调制器组件、无线电滤波器、印刷电路板以及各类功能模块插件等，这是与机械液压式控制系统以及数字式电子控制系统显著不同的地方。

(2) 数字式电子控制系统

图 1—3 是发动机数字式转速控制系统原理方块图。该系统的控制方案是：推收油门时，发动机转速达到给定值；飞行条件变化时，发动机转速应保持恒定；加减速时，应根据预定程序达到给定转速；为防止超温、超转，规定了最高温度 $T_{s\max}^*$ 和最大转速 n_{\max} ，并使其不超过限制值。

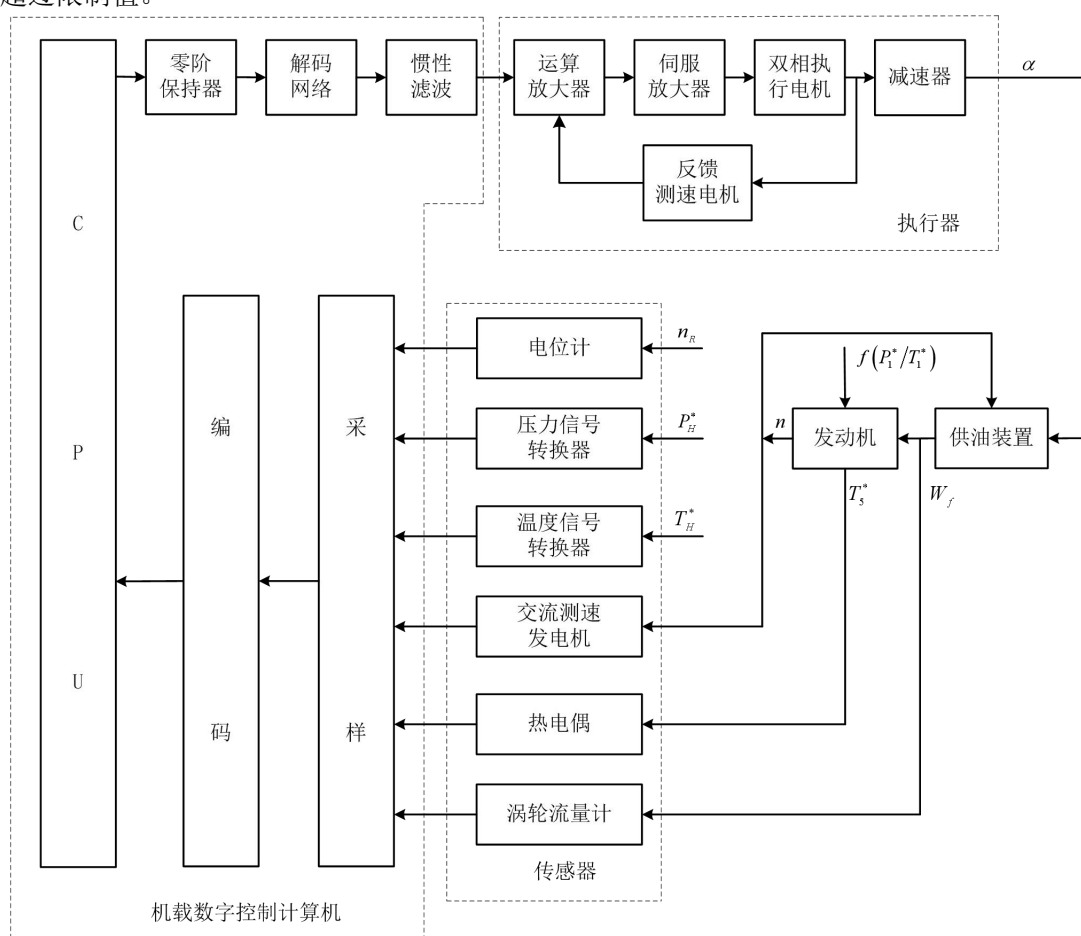


图 1—3 数字式转速控制系统原理方块图

该系统由传感器、机载数字控制计算机、执行器和控制对象发动机组成。除了预编程序

及计算机输入规定数据外，计算机的输入量主要有六个，即转速给定值 n_R ，大气压力 P_H^* ，大气温度 T_H^* ，发动机实际转速 n ，供油量 W_f 以及涡轮后温度 T_5^* 。系统有三条回路，即转速、流量和涡轮后温度控制回路。该系统工作时，各个输入量经过各传感器测量后再经过采样和编码的模—数转换过程输入计算机 CPU，计算机根据预先给定的程序进行计算后，输出离散的数字信号，经零阶保持器、解码网络和惯性滤波变成模拟量信号。再经过执行器转换成供油装置（计量油门）的机械位移 α 。在稳态、加速、减速状态工作时，发动机根据预先编排的计算机程序工作，实现预定的控制方案。

从结构上来看，机载数字控制计算机是数字式电子控制系统的核心设备，而模拟量与数字量的相互转换又是该控制系统的特点，这是与模拟式电子控制系统不同的地方。