飞机的闭环控制

同学们好，今天我们来学习飞机的闭环控制。（标题页）

有闭环控制就会有开环控制，如果仅仅讨论飞机对舵面输入的响应，而不考虑操纵后飞机到达的实际状态和要求状态之间的误差。这种控制，在自动控制理论中属于开环控制。但是，开环控制往往不能反应实际飞行情况。实际飞行情况是，对飞机的操纵，必须考虑操纵后所产生的误差，并加以修正。在没有自动驾驶仪的飞机中，这种误差修正由飞行员来完成，而在自动化飞行中，误差的修正则由自动驾驶仪来完成，这种操纵(或控制)形式，就称之为闭环控制。在这种控制形式中，飞机只是整个系统中的一个部分。整个系统应该包括飞行员、操纵系统及飞机本体，即所谓人－机系统。而它的动态特性，也应该是指整个系统的闭环动态特性。

必须指出，飞机的闭环控制问题，既是飞行力学所要研究的问题(通过研究，分析自动器对飞机动态特性的影响)，又是控制工程所要研究的问题(通过研究，确定对自动器的具体要求)。控制工程的研究重点放在自动器上，把飞机本体尽量化简为一个简单的传递函数。而对飞行力学来说，则把自动器尽量简化，不考虑它们的惯性、滞后及某些非线性因素，即用理想自动器来代替，而把研究重点放在加入自动器后，飞机动态特性的改变。这就是飞行力学与控制工程的不同之处。

下面我们以自动驾驶仪完成的自动飞行为例，具体分析闭环控制的基本原理。

自动驾驶仪是一种能够代替飞行员稳定和控制飞机状态的自动控制装置。它一般由“给定”、“测量”、“放大”、“执行”、“反馈”等元件组成。

给定元件也称操纵元件，它根据飞行员的要求输出给定信号(或称操纵信号)。给定信号反映了飞行员所要求的飞机飞行状态。在自动驾驶仪中，飞行员利用操纵台或其他操纵装置，输出给定信号。

测量元件用以测量飞机的运动状态参数(如俯仰角、高度、速度等)，输出相应的电信号。

放大元件用以对给定信号和测量信号进行功率放大。

执行元件是根据放大元件输出的信号进行舵面操纵。自动驾驶仪的执行元件称为舵机或伺服器。

反馈元件是根据舵面的偏转，产生反馈信号。反馈信号一般分为位置反馈和速度反馈两类。

由放大元件、执行元件和反馈元件构成的回路，称为内回路，或称舵回路。而由内回路、飞机本体及测量元件又构成一个外回路。内回路保证舵偏角与综合信号之间的正确关系。外回路用以控制飞机飞行状态。它的基本原理是：通过测量元件随时测量飞机的飞行状态参数，并将测量信号与给定信号进行比较，得到偏差信号(即综合信号)，偏差信号通过内回路控制舵面偏转，操纵飞机以达到消除偏差的目的。

可供自动驾驶仪控制的飞机操纵面主要有三个：升降舵(平尾)、副翼和方向舵。所以自动驾驶仪的内回路也有三个：升降舵(平尾)回路、副翼回路和方向舵回路。此外，某些飞机还装有油门回路，自动器可通过油门杆来控制发动机推力的大小。

自动驾驶仪从信号的产生，经过综合、放大直到带动舵面偏转，这样一条途径称为通道。一套完整的驾驶仪，一般由二个或三个通道组成。这些通道分别称为升降舵(平尾)通道(或称俯仰通道、纵向通道)，副翼通道(或称倾斜通道、横向通道)，方向舵通道(或称偏航角通道)。

根据自动驾驶仪的组成，需要进一步明确飞机操纵面的偏转规律，即控制律。下面以俯仰角控制为例，来分析理想自动器的几种基本控制律。如果把自动驾驶仪看成是没有惯性、滞后等特性的理想自动器，则自动化飞行的基本原理可由右图 来表示。图中代表自动器的基本控制规律，这些控制规律有比例、微分、积分等形式。

第一种也是最简单的一种是比例式控制规律，是指理想自动器传递函数，此时自动器输出信号与综合(误差)信号成正比。其中为输入指令参数，为输出参数。比例式控制规律具有“放大”特性，比例式控制器实际上是一个放大器。

第二种是积分式控制规律，如果理想自动器的传递函数为，则升降舵偏转角与俯仰角误差信号的积分成比例，积分式控制律具有“记忆”特性，它可以消除或减小飞机的稳态误差。

第三种是微分式控制规律，如果理想自动器的传递函数为，则升降舵输出量与误差信号的速率成正比，微分式控制规律具有“超前”特性，它能反映误差信号的速率(因而也叫速率控制)，并在误差信号的值变得太大之前产生一个有效的修正。因而微分式控制规律使误差信号提前，从而起到一个提前的修正作用。

三种控制规律可以组合使用， 实现自动化飞行的任务，就是如何选择、、，组成所需的闭环控制。

以上是本次知识点的内容，再见。