飞机飞行操纵系统的发展概述

同学们好，今天我们来学习飞机飞行操纵系统的发展。（标题页）

什么是飞机飞行操纵系统？它是根据飞行员的要求，传递操纵信号，偏转舵面，使飞机完成预定飞行动作的机械/电气系统。飞机飞行操纵系统是飞机的主要系统之一，它的工作性能是否良好，在很大程度上影响着飞机的性能和品质。

首先我们对飞机飞行的操纵系统进行分类，从不同的角度出发，有不同的分类方法。如果根据操纵信号的来源，通常把飞机飞行操纵系统分为两大类：一类是人工飞行操纵系统，其操纵信号是由飞行员发出的；另一类是自动飞行控制系统，其控制信号是由系统本身自动产生的。飞机的纵向、横向和方向操纵系统、增升和增阻操纵系统、人工配平系统、直接力操纵系统以及其他用人工来改变飞机外形的操纵系统，均属于人工操纵系统。自动飞行控制系统是对飞机实施自动或半自动控制、协助飞行员工作或自动控制飞机对扰动响应抑制的系统。如自动驾驶仪、发动机油门的自动控制、结构振动模态抑制等控制系统都属于这一类。在人工飞行操纵系统中，通常又分为主操纵系统和辅助操纵系统。对于飞机飞行品质产生重大影响的是飞机俯仰、滚转和偏航操纵。这三个轴的操纵系统称为主操纵系统。增稳或控制增稳操纵系统和主动控制技术中的某些系统作为主操纵系统的附加系统也属于主操纵系统。其他如襟翼、减速板、配平调整片的操纵系统和改变机翼后掠角的操纵系统均属于辅助操纵系统。但对随控布局飞机来说，其操纵面除去全动平尾、副翼和方向舵外，还可能有前、后缘襟翼、水平鸭翼和前鳍(垂直鸭翼)等操纵面，因而不能很明显地划分主、副操纵系统。

对于飞机飞行操纵系统的发展，在一定程度上体现了飞机不断拓宽飞行包线的过程。自飞机诞生以后的前30多年中，飞机的主操纵系统是简单的机械操纵系统，先是钢索(软式)操纵，后发展成为拉杆(硬式)操纵，比如莱特兄弟的飞机其实就是一种最简单的机械操纵系统。在这种操纵系统中，驾驶杆(或脚蹬)的运动即相当于舵面运动，可以不考虑系统本身的动态特性问题。只要对摩擦、间隙和系统的弹性变形加以限制，就可以获得满意的系统性能。

随着飞机尺寸和质量的增加，飞行速度不断提高，即使使用了气动力补偿，驾驶杆操纵力仍不足以克服舵面铰链力矩。20世纪40年代末出现了液压阻力器，实现了助力操纵。助力操纵系统有两种类型，一种是可逆的助力操纵系统，一种是不可逆的助力操纵系统。

当超音速飞机出现之后，飞机在超音速飞行时的焦点大幅度后移，纵向稳定力矩剧增，此时需要相当大的操纵力矩以满足飞机机动性的要求。可此时在机翼和尾翼上出现了超音速区，它堵塞了扰动向前传播的道路，导致升降舵的操纵效能大大下降。这样就不得不采用全动平尾。而全动平尾的铰链力矩数值变化范围较大，无法选择适合的传动比，因而不得不采用不可逆的助力操纵系统。不可逆的助力操纵系统的操纵力由人工载荷感觉器提供，并设置了调整片效应机构。为了满足从低空到中高空大速度飞行时的静操纵指标，又设置了力臂自动调节器。逐步组成了相当复杂的不可逆助力机械操纵系统。

由于高超音速飞机的飞行包线较大，飞机气动外形很难既满足低空低速要求，同时又满足高空高速要求。因而在高空超音速飞行时，飞机的纵向静稳定性急剧增强而固有阻尼变小，会出现动稳定性的问题，即出现纵向短周期振荡；由于荷兰滚阻尼的下降，飞机会出现较强的横航向振荡。

飞行员对于上述两种模态来不及反应，也无能为力。提高纵向阻尼和横航向阻尼的方法是在飞机的三个轴向操纵系统上各附加上自动增稳系统，从而形成增稳操纵系统(SAS）。增稳操纵系统是用速率陀螺和加速度计测量飞机的振荡模态，并借助舵面的偏转运动来造成人工阻尼，使振荡模态很快衰减下来，弥补飞机外形和质量分布上的缺陷，使飞机在高空、高速或在大迎角飞行状态下也具有良好的稳定性。从飞行员的操纵角度来看，增稳操纵系统是飞机的组成部分，与飞机本体组成“等效飞机”。飞行员所操纵的正是这种“等效飞机”。通常在系统设计时要求：当增稳操纵系统工作时，飞机具有良好的飞行性能；当系统失效时，飞机仍具有可以控制的飞行状态，以保证飞行安全。因此，增稳操纵系统的操纵权限不宜太大，一般只有全权限的3～6％。

由于增稳操纵系统在增大飞机阻尼和改善动稳定性的同时，必然会在一定程度上削弱飞机操纵反应灵敏度，从而降低飞机的操纵性。为了消除这个缺陷，在自动增稳操纵系统的基础上研制了控制增稳操纵系统(CAS)。控制增稳操纵系统与增稳操纵系统的不同之处在于它除了具有来自速率陀螺和加速度计起增稳作用的电信号外，还综合了来自飞行员操纵驾驶杆(或脚蹬)的电指令信号，两者的极向是相反的。因此，控制增稳操纵系统可以采用较高的反馈增益，提高回路阻尼和增加飞机的稳定性。若飞行员进行操纵，输出控制信号可使高阻尼信号减小，从而获得所需的响应，改善飞机的操纵性和机动性。此外，控制增稳操纵系统的操纵权限可以增大到全权限的30％。考虑故障安全，系统必须是余度系统。

综上所述，以不可逆助力机械操纵系统为主操纵系统的飞行操纵系统越来越复杂化，并由于机械系统中存在着摩擦、间隙和弹性变形，始终难以解决精微操纵信号的传递问题。20世纪70年代，电传操纵系统(FBWS)得以成功实现，它正在取代不可逆助力机械操纵系统而成为主操纵系统。

电传操纵系统是控制增稳操纵系统的必然产物。若把操纵权限全部赋予控制增稳操纵系统，并使电信号优先于机械信号而工作，机械系统居于备用地位，这就称为“准电传操纵系统”。若把备用的机械操纵系统取消，就称为“纯电传操纵系统”，简称“电传操纵系统”。电传操纵系统和部分大权限的控制增稳操纵系统又称为高增益系统。高增益系统的出现，就把飞机特性和操纵系统特性有机地结合成一体。研究飞机的静、动态特性就必须结合操纵系统的静、动态特性一起研究。

电传操纵系统是现代技术发展的综合产物。微电子技术和计算机科学的发展、可靠性理论和余度技术的建立为电传操纵系统奠定了基础，余度系统赋予它较高的战伤生存力，因而促进了它的实现。

电传操纵系统具有完善的反馈控制回路，容易满足操纵性和稳定性所规定的指标要求，保证了飞机的良好飞行品质。更重要的是，它为主动控制技术奠定了基础。电传操纵系统是采用主动控制技术的随控布局飞机的操纵系统的核心，因而一般认为，没有电传操纵系统，就不可能实现主动控制技术。事实上，电传操纵系统出现之后，随即就出现了主动控制技术的单功能与多功能试验机。

为了进一步发挥电传操纵系统的潜力，其又可与火力控制系统、推进系统、导航系统等系统交联，实现多模式的综合控制。与火力控制系统交联可以使歼击机作战自动化，对地面目标进行攻击时，可以提高飞机的生存力，减小受到地面炮火击中概率；在空战中，则可以提高命中率，同时可增加射击的机会。与推力系统交联，对于垂直/短距起降飞机特别有用，飞机可借助于推力转向产生的力和力矩，以补充或代替由操纵面偏转而产生的力和力矩。与导航系统交联，若能实现四度引导，则可使民航飞机到达目的地或军用飞机到达预定目标的时间，据估计误差不超过几秒钟。

今后的电传操纵系统将以数字式电传操纵系统为主，模拟式电传操纵系统为辅。如果以光导纤维代替电缆，实现控制信号的光纤传导，则将形成所谓的光传操纵系统(FBLS)。

由于新型飞机的出现，可能对飞行操纵系统提出新的要求，促进它进一步发展。所以飞机飞行操纵系统的发展还仍然在路上。

以上是本次知识点的内容，再见。