

# 研究 机构

## 空客公司飞行控制和 液压系统研究室简介

陶 棣

### 一、概况

空客公司飞行控制系统的主要核心部分是在法国的宇航飞行控制和液压室(除了机翼增升装置部分的操纵控制系统在德国的DASA)。根据初步了解,该室工作的主要覆盖面是:

- 电传操纵概念设计(飞行品质、控制率开发、自动驾驶仪);

- 电传操纵计算机控制系统的软、硬件开发,余度控制等;

- 电传操纵系统的布线,可靠性研究;

- 传感器技术与开发(加速度传感器、迎角传感器等);

- 液压传动机构及机械传动机构;

- 操纵杆、人机界面的控制机构研究。

飞行控制和液压系统研究室工作的开展方式主要由两条线组成。一条线是以专业进行划分,分为操纵品质分析、飞行控制率开发、计算机硬件技术开发、计算机软件程序开发、自动驾驶仪设计、液压传动设计等;同时各专业组按现役机型划分为多个小组,如单通道、宽体、长航程等。另一条线则是以型号任务如 A340—500/600、A380、新军用运输机等新机的研制划分,专业技术人员迁入新型号办公室,与其它室联合设计,在并行工程模式下协同工作。

### 二、工作开展的主要程序

飞行控制和液压系统研究室工作开展的

主要程序是:

1. 新技术预先研究;
2. 对预研成果进行系统构造;
3. 对系统构造进行规范化;
4. 实现、完成整个控制系统;
5. 对系统部件进行质量认证;
6. 在飞机上集成;

7. 试飞验证;

8. 适航取证;

9. 售后服务,包括在役飞机事故分析、系统升级等。

在新技术预先研究方面主要有两个渠道:一是与航空工程师学校及专业研究所合作,进行一些先进的控制率指导思想的研究;二是在欧盟财政支持下,由一些欧盟国家研究所及航空企业联合进行一些新设备的研究,如电液伺服阀等。

基本看来,系统的实现与完成多数是以转包生产的方式进行,例如,控制系统计算机的开发是由 SEXTANT、LIEBHERR 等企业承担的,法宇航工程师则主要承担系统的构造、进行接口定义、特殊标准定义、质量控制等工作。

### 三、飞行操纵品质研究的基本 使用工具和工作方式

飞行操作品质研究及控制率开发由法宇航工程师全部承担。其基本使用工具和工作方式如下。

#### 1. 型号概念设计阶段

目前,在型号概念设计阶段,采用的工具是 QDVLAB 软件,它需要支持的数据库有:简化的发动机数据;气动数据;气动弹性;铰链力矩等,只能进行静态分析,还没有涉及到控制率的引用,相当于 DIRECT LAW。但目前正在考虑补充新的模块,进行一些简单的动态分析。

## 2. 型号详细设计阶段

在型号详细设计阶段,目前采用的工具是 AUTOSMA 软件,它需要支持的数据库有:详细的发动机动态与静态数据;全部气动数据(同时考虑非线性影响、地效影响等);气动弹性;铰链力矩;紊流模型等,可采用任何一种控制率(NORMAL LAW、ALTERNATE LAW 和 DIRECT LAW)进行动态、静态模拟分析。用于不同轮次(LOOP)的飞行操作品质的模拟分析。

该工具是以六自由度全量方程为基本出发点,用 FORTRAN 语言开发,以 UNIX 系统为平台运行的庞大的分析软件,该软件的使用对象是飞行性能专业、飞行管理专业、控制率开发、飞行操纵品质专业等。

另一个独立的研究室支持上述两个软件运行,负责软件维护、气动数据库的建立及有效性修正、发动机数据库的建立、铰链力矩数据库的建立等。同时该软件也是在役飞机事故分析的必须手段之一。QDVLAB 与 AUTOSMA 相比考虑到二阶小量,以俯仰力矩为例,QDVLAB 有 13 个参数变量,而 AUTOSMA 有 21 个参数变量。但是两个数据库公共参数可同时得到修正、更新。

在型号详细设计阶段,同时采用的工具还有 OCAS 及固定底座的飞行模拟器。OCAS 是一种简易的模拟器,无环境模拟,有 PFD 和 ND,还有简易的侧杆、发动机控制杆、起落架收放按钮、襟缝翼构型选择按钮、扰流板选择收放按钮等。该系统使用成本低,基本能满足飞行操纵品质专业技术人员对飞行操纵

品质的直观评价,多数用于对 AUTOSMA 分析结果的抽样验证及一些难以平衡的动态模拟分析。

固定底座飞行模拟器的使用成本较 OCAS 高,但要比试飞成本低很多,多数用于试飞前试飞员与飞行操纵品质专业技术人员对某些有疑问或无把握的科目的试飞大纲进行预先模拟,初步验证飞行大纲目的的有效性。同时对试飞前所有故障状态进行模拟,因为此时控制率已经降级或失效,驾驶员需要进行必要的培训,了解新型号飞机的性能,熟悉操作程序,对飞机的操纵品质进行初步评价,使飞行操纵品质专业技术人员预先知晓,争得时间进度。

## 四、电传操纵的发展现状

从 1987 年 2 月 A320 飞机开始首飞到现在,约有 150 家航空公司几近 2,000 架空中客车公司电传操纵飞机已经飞行了近两千万小时。其可靠性、安全性、舒适性已经得到了广泛的认可,同时其飞行操纵品质、机组通用性等也越来越得到航空公司的需求共鸣。总结下来,空中客车飞机电传操纵的主要特点如下:

●侧杆控制(不同于波音 777);

●强大、完善的控制率及飞行包线的警告与保护:在包线内飞机响应受驾驶员操纵命令所控制。

●多余度以及非相似逻辑结构构造的计算机,用以完成包括伺服控制及监视反馈的电传控制功能,这种构造基本上不可能完全失去控制功能。

●具有独立的备份及传动机构,A320 系列及 A340/330 系列飞机目前还保留了方向舵及水平尾翼的机械液压传动机构。

目前已经进入试飞取证阶段的 A318,从电传系统思设计思想上与 A320 系列的其他飞机相比没有很大变化,除了在软件上增益

系数做了适应性的调整,以及部分控制率进行了局部修改,如增加了巡航马赫数下的限制上仰力矩的控制率;在 VD/MD 保护时,THS 被解冻,允许有上仰趋势的运动。

目前已经进入试飞取证阶段的 A340—500/600 飞机,电传系统设计增加了一些新的设计思想:

●在控制率思想上已有所改变,与此同时还实现了操纵品质模态与低频结构模态的控制。

●在方向轴控制上,电信号直接由操纵系统送给液压伺服系统,机械传动控制备份完全取消,由独立的、完全与控制计算机和飞机电网隔离的电传操纵备份所取代。

●自动驾驶仪的内循环嵌套在控制计算机内部,从而减少了从自动驾驶仪到液压伺服控制的时间延迟。

目前正在开发研制的 A380 飞机及新军用运输机,电传系统设计将有进一步的突破:

1. 电液驱动装置(EHA)将被用于三个轴向的控制。电液驱动装置(EHA)研究于 80 年代,是由欧共体支持的两个预研项目 EPI-CA 和 ELISA 开始的。1992 年起已经开始在一些样机(A320 等)进行了成功的试飞验证。这一装置的采用有以下两大好处,使得飞机的安全性得到进一步的提高:

①电控回路可以布局在液压回路所不可能安置的区域,而且可以使备份区域相互独立,使象转子破损这样的 HAZARD 故障率明显降低:如果常规故障影响了所有的液压回路,飞机仍能保持控制;采用电液驱动装置,即使电回路中断,也仅能失去电路下游的设备控制。

②飞机重量、可靠性得到有效的改善。从发动机到液压驱动阀管路、泵等等一系列配件由电液驱动装置所取代,提高了可靠性,

减少了重量,降低了生产、使用成本。

2. THSA 机械传动控制备份将完全被一个独立的电传备份所取代。这将是全面实现电传液压控制的最后一步。

3. A380 还将采用俯仰阻尼器,这将大大放宽了静稳定余度,放宽了重心后限。有效地提高了升力,减少了阻力,从而提高了飞行性能。

目前,飞行控制和液压系统研究室正在着手研究的是:

1. 电液驱动装置的标准化,评价电动马达的新技术;

2. 在大气紊流条件下,提高乘客安全性、舒适性;

3. 提高飞机地面控制技术;

4. 增加自动驾驶仪的可靠性及效率;

5. 把主动控制技术应用到新概念布局的飞机上,例如 V 型尾翼、飞翼等。

从支线飞机发展来看,1999 年之后立项的新支线,以 70 座以上量级的为例,大多数都采用或部分采用电传操纵。

## 五、结论

从空中客车公司电传技术发展的过程以及波音 777 飞机的成功来看,成熟的电传操纵技术代替传统的机械式操纵,已成为现代民用飞机发展的趋势。

当然,采用电传操纵及主动控制技术成本较高,需要有一定的预先研究基础。A320 在它全面采用电传操纵技术之前有“协和”及 A300 等飞机局部采用电传技术的基础,并且它的控制率思想及电传技术在 A310 载机上曾经试飞调整了很长时间。因此在我国适时地开展民用飞机的电传及主动控制技术的预先研究是必要的。

参考文献(略)