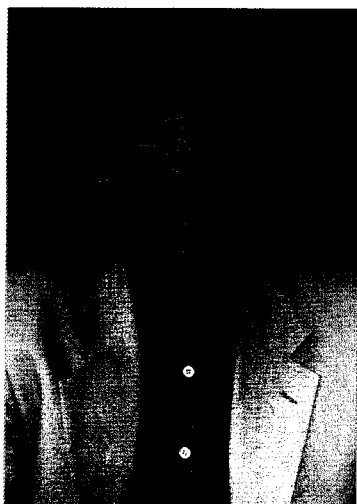


# 大飞机现代导航系统设想

北京航空航天大学 申功勋



申功勋

北京航空航天大学宇航学院教授，  
博士生导师，中国航空学会理事兼自动  
控制分会主任。

国家要自主研发大飞机，这是我国航空界有史以来的一件大事，而大型民用飞机尤其是我国急需的。从组成来看，大型民用飞机涉及飞机部件（机型、尾翼、机身、起落架等）、飞机操纵系统、飞机动力装置、机载设备等；从学科来说，涉及面非常广，包括光、机、电、数学、物理、材料、通信、控制、计算机等。因此，大飞机项目不仅国内科技界、工业界十分关注，也引起了国外有关方面的浓厚兴趣和强烈反响。本文仅讨论大飞机

本文提出适用于我国自行研制大飞机的导航系统——惯性—天文组合导航系统。对惯性系统来说，利用我国现有性能的惯性器件，即中等水平的惯性器件即能满足这种组合的需要；而天文导航系统，我国已有相当的研制和应用基础。这种组合既能优势互补，又能达到性能高、成本低、研制快和不受控于国外的要求，完全适合我国大飞机的需要。

的导航系统。

## 导航系统现状

导航系统在国外民用大飞机上的应用现状见表1。我国导航系统现状主要有3个特点：

（1）目前我国民用大飞机的惯性导航系统都是进口设备，购自国际上几家著名公司，如利顿、SAGEM、柯林斯、霍尼韦尔、LITEF等。这些设备都是进口大飞机的配套产品，而不是我国自行设计研制定型的导航系统。

（2）高性能惯性器件国外对我国实施禁运，而我国自行研制的用于惯性导航系统的陀螺和加速度计的性能水平较国外还有一定的差距，除某些特殊型号外，我国目前还不具备自行研制先进惯导系统的条件。

（3）我国如自行研制大型民用

飞机及运输机，是不能完全依赖于美国掌握的GPS系统的，而我国的北斗星导航系统目前还不成熟。

因此，我国自主研发的大型飞机将采用何种导航系统是一个基本问题。如果仍依赖进口，那就不能称之为自主研发，而且整个大飞机项目就会受到国外的控制，而要自主就必然要创新研发，不能依赖国外。因此，制订怎样的方针，采取怎样的技术措施去完成此项任务，是摆在我国科研、生产单位面前的一个重大课题。

陀螺是惯性导航系统的关键部件，我国自行研制的陀螺的性能较国外还有较大差距。所以还不能我国现有水平的陀螺制作用于大型飞机的惯导系统。再者，惯导系统的误差是随时间增长而积累的，大型飞机需作长时间飞行，惯导系统精度会大大降低。此外，自主研发导航系统还

表1 导航系统在国外民用大飞机的应用现状

名称	型号	制造厂商	用于飞机型号
容错大气数据惯性参考系统	FT-ADIRS	霍尼韦尔运输机系统公司	波音 777
双重环形激光陀螺惯性系统	ARINC700	李迪克斯公司	波音 737, 747-400
未来空中导航系统 (FANS)		霍尼韦尔公司	波音 767
惯性基准系统	IRS	霍尼韦尔公司	波音 MD-80/90 波音 717

存在启动时间较长且成本高等问题。

因此,我国自行研制大型飞机的导航系统,必须根据我国国情提出适合我国特点的方案,研制自主创新的新型导航系统。

### 国外大型飞机的新型惯性—天文组合导航系统

虽然国外的惯性器件性能水平比我国高,惯性系统的制造业也比我们成熟,但鉴于惯性系统自身存在上述技术性问题,目前纯惯性系统已较少使用,而是利用低成本、低精度的惯性导航系统与其他导航系统组合,例如惯性—GPS组合系统、惯性—天文组合系统。利用两种导航系统组合进行优势互补以提高导航精度已是现今导航领域发展的一个趋势。以下简单介绍已应用于美国大飞机的捷联式惯性—天文组合导航系统。

捷联惯导系统利用陀螺和加速度计提供飞行器的位置信息(经度、纬度和高度)、速度信息(北、东和垂直方向的速度)以及姿态信息(滚动、俯仰和航向)。初始惯性向量信息与天文系统相组合,可用来预测某一颗导航星体的方位角。然后,星体跟踪器利用所估计坐标位置来搜索、跟踪到预定的实际星体,这样就可以给出预测星体坐标与星体跟踪器实际测得的坐标之间的误差向量。

捷联式惯性—天文导航系统采用模块化设计,这种特性可减少技术过时造成的浪费。另外,在能容许低性能惯性仪表的特殊场合(如在遮

盖云层以上的高空长期远航的工作平台),只需将低成本惯性技术元件安装在系统中,就可以扩展捷联式惯性—天文导航系统的应用范围。

随着低成本数字计算机在捷联式惯导和广角透镜星体跟踪器中的使用,惯性—天文导航系统已变得经济实用。这种组合导航系统减少了框架和伺服系统元件,成本随之降低,可靠性得以提高。因而,模块化捷联惯性—天文组合导航系统为舰船、民航飞机、巡航导弹、弹道导弹、战斗机、远程超声速飞行器提供了一种实用的高精度自主导航系统。

此,我们提出适用于我国大型民机的导航系统的新概念——惯性—天文组合导航系统(见图1)。

天文导航是根据宇宙空间的太阳、月亮和其他星体来测定飞行器位置和航向的一种导航方式。惯性导航是一种完全自主式的系统,可连续提供包括姿态基准在内的全部导航参数,有较高的短期精度和稳定性,不受航行地区和气象条件的限制。

结合天文导航和惯性导航的优点,将两种系统进行组合,可降低惯性系统的精度要求,从而可用我国已有条件生产惯性导航系统。采用惯性—天文组合导航系统以后,可以得到高精度的导航参数输出,同时也可以通过惯性导航系统来弥补天文导航在低空恶劣气候条件下不能较好工作的缺陷。

### 结束语

本文提出适用于我国自行研制大飞机的导航系统——惯性—天文组合导航系统。对惯性系统来说,利

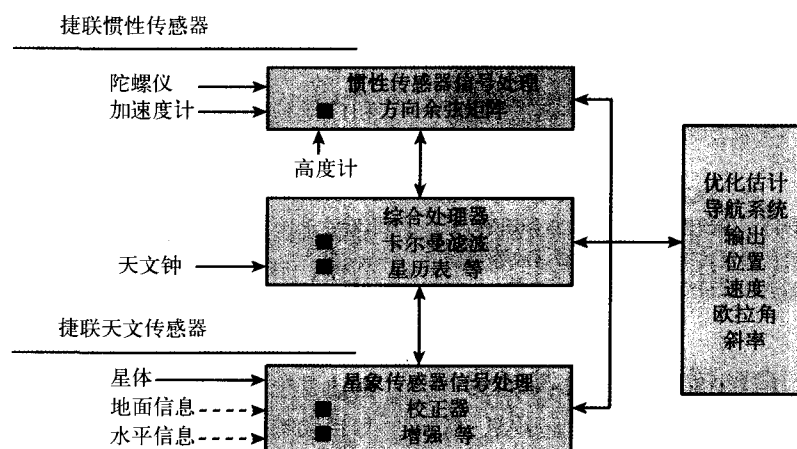


图1 捷联式惯性—天文组合导航系统

### 适用于我国大型民用飞机的新型惯性—天文组合导航系统设想

导航系统需要提供大型民用飞机精确的航姿和位置信息,而航姿系统中陀螺的航向精度一般比较低,为

用我国现有的惯性器件即能满足这种组合的需要;而天文导航系统,我国已有相当的研制和应用基础。这种组合既能优势互补,又能达到性能高、成本低、研制快和不受控于国外的要求,完全适合我国大飞机的需要。(责编 晓霖)