

内部资料
不得外传

二〇〇〇年的中国研究资料

第三十二集

国外航空工业科技水平介绍（续集）

中国科协二〇〇〇年的中国研究办公室

N
G303
5:32

第 32 集

国外航空工业科技水平介绍
(续集)

中国航空学会

中国科协 2000 年的中国研究办公室

1984. 10

为培训人才提供教材 为提高效率提供方法
为推动预测提供经验 为情报工作提供资料

中国预测研究会主编 《预 测 丛 书》

为了适应社会主义四化建设和经济体制改革的需求，培养和造就一支宏大的社会主义经济管理干部和技术干部，更多更及时地为广大读者提供预测理论、方法、资料；发表优秀的预测理论研究、实际应用成果；介绍国外预测书刊；交流预测工作经验；促进我国预测理论和实际工作的发展，中国预测研究会从一九八四年起，以单行本的形式，不定期的编辑，内部发行《预测丛书》。

编选《预测丛书》的宗旨是为各级领导部门提供实用性的预测决策的理论方法；为各行各业预测实际工作者推荐系统性的技术、方法、资料、经验；为各界科研单位的教学人员编选参考性的教材、教案和资料。《预测丛书》既可适用于预测、决策、对策、理论研究和实际工作，又可作为资料长期保存。

一九八四年已编辑的第一批预测丛书一共有十七种，尚有结余，欢迎订阅。

一九八五编选的《预测丛书》将有六十五种。除以上内容外，还编选了适合技术、经济、人才、体育、机械、金融、国际贸易、新技术、新材料等有关方面需要的专题内容。欢迎各行各业（包括计划、规划、统计、预测、决策、信息、开发、咨询、情报、经营、财会、商业、贸易、设计、工艺、生产、科研、发明创造等）管理工作者、领导干部、技术干部、研究人员、大专院校师生和自学青年集体或个人订阅。

具体订阅目录请参见订阅单。

了解今天 认识明天 展望后天

中国发明创造者基金会 主办
中国预测研究会
《预 测》 杂 志

总第7至15期尚有部分结余欢迎补订

总第16至21期及三期增刊号正在征订

经有关部门批准，原由中国科学技术咨询服务中心预测开发公司主办的《预测》杂志，从今年起改由中国发明创造者基金会、中国预测研究会主办。

《预测》杂志的办刊宗旨仍是：了解今天、认识明天、展望后天。

《预测》杂志的办刊方针仍是：普及为主，兼顾提高；面向全国，面向基层；服务咨询，重在应用。

《预测》杂志是我国第一家以预测为主要内容，兼有学术性、普及性、实用性为特色的专业杂志，创刊以来已受到各行各业的重视和欢迎。今年《预测》杂志将在原有基础上，进一步以提高学术水平和应用水平为主，着重介绍预测研究会的方针、目标，开展预测对策决策学术交流，提供预测信息，开展实际预测咨询业务，创立适合我国国情的预测预报学。主要栏目：预测论坛；预测理论与方法研究；预测案例与评析；专项预测；预测信息汇集；市场学讲座；人才学讲座；企业部门诊断预测求解；计算机预测介绍；预测动态；预测资料；青年预测园地；预测咨询等。

《预测》杂志欢迎您投稿、欢迎您订阅、欢迎您批评。《预测》将努力当好各行各业领导干部、科技干部等新老读者的良师益友！

一九八四年出版的《预测》杂志（总第7期～总第15期）尚有部分结余，可以补订，每套6.6元（挂邮费在内）。

一九八五年《预测》杂志仍为双月刊，总共出六期（总第16～21期），并将根据广大读者要求，出三期增刊号，每期24万字左右。订阅一九八五年《预测》杂志，总计订费11元整，挂号邮费在内。

目 录

新技术革命对飞机导航与控制设备的影响.....	(1)
2000年航空宇航自动控制预测.....	(3)
2000年我国导航技术展望.....	(5)
机载火控技术发展的现状与趋向.....	(7)
2000年惯性技术展望.....	(9)
2000年飞机供电系统的展望.....	(11)
提高惯性系统精度的途径.....	(13)
2000年飞机飞行操纵系统.....	(15)
航空液压技术的发展(摘要).....	(17)
2000年天文—惯性组合导航(制导)系统预测.....	(18)
展望2000年的飞机供电系统.....	(20)
2000年航空液压技术预测.....	(22)
研究液压系统监测诊断技术发展视情维修.....	(24)
对2000年航空自动控制的展望.....	(26)
军民结合发展民用航空运输的新途径.....	(28)
新技术革命中的管理问题——加强战略管理,迎接新的挑战.....	(30)
飞机研究设计所的体制预测.....	(36)
2000年的人—机—环境系统工程学理论及其在航空研究中的应用展望.....	(57)
飞行员供氧标准的生理学问题.....	(59)
关于2000年航空工程心理学研究预测的几点意见.....	(61)
个体调温装备医学研究的现状及对今后发展的一些看法.....	(64)
2000年弹射救生人体工程学展望.....	(65)
轰炸机环境控制系统设计的现状和发展.....	(67)
试论航空供氧装备的现状和发展.....	(68)

新技术革命对飞机导航 与控制设备的影响

韩世杰

新技术革命的核心是信息技术，即电子计算机的应用。对飞机来说，随着电子技术的发展和计算机的广泛应用，包括导航与控制设备在内的飞机控制设备对飞机性能的影响越来越大。

目前飞机控制设备正向数字化、小型化、综合化的方向发展。其中计算机的发展和應用对飞机控制设备的发展起着主要的推动作用。飞机控制设备本身就是一个信息系统，由各种传感器、惯导、雷达等采集信息，由数据总线传输信息，由数字计算机加工和处理信息，由各种显示器和作动器输出信息。

在飞机控制设备中采用数字计算机具有很多优点。如：可放宽对硬件的要求；实现最优控制、自适应控制等复杂的控制规律；提高系统的可维修性；修改系统只要修改系统的软件即可，等等。

信息技术的高级形式——人工智能应用于飞机控制设备的研究已经开始。

可以预见，在未来的飞机上，驾驶员将是控制系统的管理员而不仅仅是操作员。

在新技术革命的浪潮中，国外在飞机控制领域中出现了一些新技术，这些技术大多发展速度快，应用效果显著，将对飞机控制设备产生深远的影响。国外已经开始应用和将在2000年以前应用的一些新技术主要有：

1. 微处理机技术

由于微处理机体积小、功耗小、价格低廉，故在飞机控制设备中的应用越来越广。例如，F-15试验机的数字式飞行控制系统采用了四个Z8002微处理机，A310民航机的飞行控制系统采用了十个8086微机，NASA的HiMAT遥控研究机采用了两个8080微机，用于飞行控制和制导，AV-8B飞机数模混合式襟翼控制系统采用了6800微机。

目前微机软件发展的主流是采用高级语言。高级语言可减少软件开发、调试和维修工作量，降低寿命期费用。机载微机所用的高级语言有FORTRAN、PASCAL、JOVIAL 73、ADA等。

2. 超高速集成电路

超高速集成电路（VHSIC）是美国国防部为了推进军用设备用微处理机和微型电路的发展与应用而进行的一项研究计划。打算在1984年以前制造出特征尺寸为1.25微米，

功能计算速率(门数 $\times$ 钟频)为 5×10^{11} 门-赫/厘米²的芯片,一块芯片上一般有20,000个晶体管;1986年以前芯片的特征尺寸达到0.5微米,功能计算速率达到 10^{13} 门-赫/厘米²,速度至少为25兆赫,一片上有250,000个晶体管。

3. 容错技术

利用计算机软件和硬件可以实现容错结构,使系统有很高的可靠性,而体积和重量又不致太大,这种结构可用于对飞行安全至关重要的系统,如飞行控制系统。

美国空军正在研制一种多微处理机连续重构计算系统,它既包括运行单元也包括备分单元,计算任务在各处理机之间不断进行分配,因此容错能力比具有相等数量专用备分处理机的系统高。SRI公司为NASA研制了一种软件容错试验型计算机,故障率不到 10^{-10} /小时。

4. 综合控制系统

通过数据总线将导航、火控、飞行控制、发动机控制等系统联接起来,并在计算机中采用适当的软件,即可将各系统组合成综合控制系统,提高飞机的性能。

F-15试验机的飞行控制系统与发动机控制系统交联后可使推力增加10%,从而使飞机在空中获得较大的加速度和较高的转弯速率。飞行控制与火控交联可提高飞机作机动飞行时的空空与空地射击精度和轰炸精度。

5. 光导纤维数据总线

光导纤维数据总线的优点是工作不受外部电磁干扰和核辐射的影响,数据传输速率高,体积小,重量轻。美国国防部最近为光纤总线制订的军标MIL-STD-1773,将推动光纤总线在航空上的应用。欧洲的许多公司认为,以光纤传输信息的光传飞行控制系统最终将取代现在的电传飞行控制系统,光传系统的大量部件已在“幻影”4000上作了试飞。

6. 激光陀螺

激光陀螺是惯导技术近期的重大发展。激光陀螺是一种光电式仪表,用激光束来感测载体在惯性空间的角速度,不象机械陀螺那样具有高速旋转件。激光陀螺是捷联式惯导系统的理想器件,不需要温控,起动时间短,可靠性高。采用激光陀螺的惯导系统已在波音757/767, A310, F-20等飞机上使用,精度达到1海里/小时的量级。据报道,到九十年代初,激光陀螺惯导系统可能会占全部惯导系统总数的50%。

2000年航空宇航自动控制预测

郑衍果

60年代以来自动控制已经成了航空、宇航事业进一步发展的决定性因素。80年代初航空、宇航取得的辉煌成就如航天飞机、行星探测器、通讯卫星、主动控制技术、精密火控和精密惯导等得以实现，关键是自动控制技术的发展。预期到2000年，还会取得惊人的进展，空间站、精密瞄准激光武器、智能控制无人作战飞机等都可能成为现实。这有赖于解决难度更大、水平更高的自动控制技术。

我国解放以来，航空航天自动控制从无到有，也有很大进展。通讯卫星上天、水下发射洲际导弹、地面飞行仿真器等研制成功，飞机的主动控制技术、地形跟随、惯导、火控的预研都有不同程度的进展，但是总的说来，差距很大，进展很慢，特别是航空方面，令人担忧。

国际上自动控制技术能在短短几十年里取得如此辉煌的成就，究竟是哪些因素起了作用？能否通过探索，摸清一些规律，取得有益的借鉴。这对推动今后的工作，争取缩短差距是有用的。

自动控制在航空、宇航中的应用是多方面的。飞行器本身运动的控制，如导弹、卫星的发射，轨道和姿态控制，飞机飞行姿态和航迹（包括自动着陆、地形跟试等）的控制，仅是一个主要方面。此外，为完成各种飞行任务有很多机载自动控制系统，如火控、惯导等等。还有为开发各种机载系统和培训飞行人员有各种仿真和测随技术等。这些也十分重要。

通过回顾和探索，本文提出了促使航空、宇航自动控制技术迅猛发展的三个主要因素。

一、自动控制等理论的发展

没有理论指导是不可能解决比较复杂和精确的控制问题的。40年代出现的经典理论，五、六十年代有很大发展的近代控制论，对于航空、宇航的进展是起很大作用的。当前新的智能控制已经出现，这对于几十年来已有很大成就的反馈控制是一个飞跃。相应地人工智能，大系统理论等也在发展起来。要解决新的航空、宇航控制问题，为未来的战场上瞬息万变的大量的信息处理和指挥问题，激光炮的精密瞄准等等还有待于这些理论的充实和提高。

二、微电子技术和计算机科学

信息时代的核心科学技术是微电子和计算机。微电子技术提供了奇迹般的超大规模

集成电路，使大量信息处理有了物质基础。计算机科学解决了各式各样的算法、讯号储存和处理、以及人机联系的问题。比较复杂的可靠的自动控制的实现已离不开微电子技术和计算机科学。特别是智能控制，本身是建筑在智能计算机的实现上的。

发展微电子和计算机并不是微电子工业或计算机专业本身的事。各种专用控制电路，接口等二次微电子集成电路的研制，各种应用软件的开发都要靠用户自己去解决，不能靠电子工业和计算机专业去解决。

三、系 统 工 程

在现代社会的大生产中，技术尽管很关键，但是，使技术得以迅速发展的主要条件还是科学管理问题。现代的大生产和大系统必须要有科学管理。系统工程是相应地发展起来的一门解决大生产或其他大系统（例如科研）的科学管理的学科。

关于由科研到生产的整个体系及其科学管理，系统性已有一套成功的规律。应该重视这些规律。要科研先行首先不能逆其道而行之，以型号任务带科研。其次抓科研要抓技术实质。要抓得细，抓得准，要充分论证，统一安排。

严格遵循并正确运用这些科学规律是必要的。否则徒然浪费人力、物力，丧失了时间，科研生产都难搞上去。

2000年我国导航技术展望

王 振 均

导航技术实质上是一门信息科学：它要对某些物理量进行测量、采集、滤波、处理、传输、贮存、显示、管理，以至监控、优化等等。现今能够提供航行信息的导航设备种类繁多，但从其蕴含信息的物理基础来说则只有两类：一是借助于电磁（包括光）介质的辐射能，一是依赖于牛顿力学中的惯性守恒定律。我们不妨称前者为“外源式”，例如天文导航及无线电导航之类。后者称为“自足式”，它无需借助任何外部介质与讯源，例如周知的惯导系统。

这两类导航系统都各有其优缺点，我们可从各个不同方面加以衡量比较以作出取舍。例如从信息内容、导航精度、保密抗扰、成本费用等方面。但对2000年我国导航技术的展望来说，最重要的，首先应当是立足于我国当前经济一技术的现有基础，然后是对十几年后我国在国防装备、交通运输等方面需求规模的预测和可能达到的目标来统筹考虑。我国的导航技术与当前世界先进水平有较大差距，因此要寻求发展我国导航技术的适当对策与实现途径。

导航技术中最有广泛代表性的是无线电导航与惯性导航。

当前世界上主要几种无线电导航系统是：

- (1) OMEGA系统，LORAN—C系统。
- (2) BEACON系统，ILS系统。
- (3) VOR系统
- (4) DOPPLER系统
- (5) TRANSIT系统

其中(1)为双曲线定位系统，其定位精度可达0.1~1海里。为了实现远程或全球定位功能，需要在全世界适当地点配置多个地面导航台站来复盖整个讯区，这就使设备及维持费用过于高昂，对我国既不合适也无必要。(2)~(4)为小区域性或某些专用目的的导航用。(5)是所谓“子午仪卫星导航系统”，是低高度(约1,000公里)的极轨卫星，定位精度可达0.1海里，但这个系统不能连续提供导航数据，因而对航空尤不适用。

当前正在发展的是高轨道卫星的全球定位系统(GPS)。预计在80年代后期将有高度约为20,183公里的圆形轨道导航卫星18颗，均匀分布在倾角为55°的六个轨道平面上，周期为12恒星时。这样，地球上任一地点可以同时见到其中的4颗作最优观测与定位

用。卫星上最关键的是有超稳定的计时原子钟（稳定度为 10^{-14} /天），并发送以10.23兆比特/秒的速率、循环周期为267天的伪随机P码供准确的三维定位角。据称，定位精度优于20~30米，而速度精度为0.1米/秒。

一般认为，GPS是当今世界上最完善、技术复杂、耗资巨大的多用途导航系统。

前述各种无线电导航系统，自然都有赖于电磁波的传播，这就不免有难于保密、易受干扰、传输衰落、不适于水下等等问题。由于这些系统种类繁多，将会发生频道拥塞及串扰等现象。随着电子技术和通讯理论的发展，无线电导航装置的性能、费用将有所改进，但上述致命弱点却很难克服。

二

惯性导航是自主自足式的导航系统。它独特的优点就是对外界没有任何依赖，也没有使用场合上的限制，因而具有最广泛的适用范围。它的成本相对较低。“惯导”具有导航与控制、制导的含意，因而更能体现军用与民用的兼容。

现今的惯导系统，除了用于远程潜艇和空间飞行器以外，西方国家也已经普遍装备于各类军用与民用舰艇、飞机、直升机以及坦克战车上。在石油勘探、海上钻井定位、地图测绘、水坝测振等民用领域也都有所应用，并且不断加以开发。

美国的惯导技术专家DRAPER认为，当前惯导技术的发展正处于第三代。第二代是从40年代末至70年代中期。这一代的标准导航精度是1海里/小时，新用的加速度计为 $10^{-4} \sim 10^{-5}g$ 。陀螺漂移为 $0.01^\circ \sim 0.001^\circ$ /小时。第三代惯导系统现已有实验样机，其加速度计精度为 $10^{-6} \sim 10^{-7}g$ 。陀螺仪的漂移率为1角秒/天，定位精度为3~100米/小时。预计在本世纪末将进入第四代。其加速度计精度将优于 $10^{-8}g$ ，陀螺仪的漂移率为 1.5×10^{-7} /小时。定位精度为厘米级，系统运行的可靠性10,000小时。

要达到和稳定保持上述第三、四代的技术指标，将有许许多多技术难关有待突破。过去认为影响精度的任何细微末节，现在就得认真加以考虑。其费时费力和耗资，就更可观了。

机载火控技术发展的现状与趋向

王 培 德

由于现代战斗机的机动性能都很高，在空中格斗时，有利战机十分难得和短暂，所以对火控系统的要求要能“抢先攻击”，“首发命中”，“一次成功”。“抢先攻击”要求快，“首发命中”要求准，“一次成功”要求狠。这三个要求促进了机载火控系统不断的发展，从四十年代的以早期光学瞄准具，简易雷达测距器，单一试器为主的机载火控系统，发展到目前的以各种先进传感器显示器，功能强大的计算机和多种武器为主的综合飞火控纠系统（IFCS）。

任何火控系统都包含三个基本环节：目标估计、瞄准、射击。对现代火控系统说，这三个环节所包含的内容丰富得多，意义大得多，因此要用现代科学术语命名。

第一个环节，目标及本机运动状态信息的获取并进行预测。根据最佳估计理论可知，信息源越多，估计精度越高，所以对本机运动信息已采用多种传感器，如惯导系统、大气数据计算机等，最近又在研究软件系统。对目标信息的获取除采用多功能雷达外，为了能进行全天候的识别与探测，已采用光/电传感器，如前置红外、激光测距器、微光电视等。对多目标的信息，则采用边扫边跟系统（TWSS），现在机载雷达作用距离已达到150—200公里。但问题往往不是由一方决定的。目标为了避免被早期发现，已采用电子对抗手段，对雷达进行干扰，或采用隐身技术以减小本机各种观测特征，如雷达特征、红外特征、光电特征等。采用隐身技术后，雷达反射面积可降低一个数量级，作用距离将缩短50—60%。

第二个环节，统计推断，进行最优决策。现代战斗机已发展到备有多种武器，如火炮、火箭、空空导弹、空地导弹、各式炸弹、核弹等；并具有全高度、全方位的攻击能力，下视可攻击低空、地面、海面目标，平视、仰视可攻击空中目标。使用不同武器攻击不同目标则采用不同瞄准原理。如用火炮攻击空中机动目标，采用“连续计算命中线”（CCIL）原理，又称为快速射击原理；用空/空导弹则采用离轴发射原理；用火炮、火箭或炸弹、核弹攻击地面目标则分别采用“连续计算命中点”（CCIP）原理或“连续计算投放点”（CCRP）原理。无论采用哪一种瞄准原理，一般都要建立目标运动的数学模型，火控方程和弹道方程。计算任务由火控计算机担任。

第三个环节，决策的执行。现代火控系统已发展到能自动控制飞行，操纵武器，消除瞄准误差，进行快速攻击。在常规设计中，一般把火控系统和其他系统，如飞行控制系统，推力控制系统分别独立设计。这种火控系统对机动性大的目标，瞄准误差不易消除，常常失去战机。七十年代设计的主动控制技术（ACT）飞机，对飞机可进行直接力控制（DFC）以获得纯运动模态。如直接升力可使飞机垂直平移，直接侧力可使飞机水

平平移；纯力矩可使飞机纯姿态变化，使飞机能进行俯仰瞄准、偏航瞄准。综合飞火控系统把飞机作为武器系统理想的运载平台，当火控计算机算出飞行偏差和瞄准误差，即把它们作为控制指令，控制飞机沿最佳航线接近目标，达到武器投放或射击的准确位置。主动控制技术飞机能迅速占据有利攻击位置，扩大攻击范围，延长攻击时间，提高命中精度，延长本机生存能力。根据装备有IFFCS的F-14、F-16飞行试验结果，表明如和常规机载火控系统比较，空对空射击命中率提高两倍，射击持续时间提高三倍，攻击范围扩大一到三倍，空对地攻击高炮火力防御目标，生存力提高九倍，攻击地对空导弹防御目标，生存力提高四倍。因此，IFFCS将是机载火控系统发展的主要方向。

从发展过程看，上述三个环节中任一环节如有改进或革新，都将促进火控系统向前发展并有所突破。

现代机载火控系统三个环节的设想，早在四十年代初就由维纳提出。四十年代末他写的《控制论、或动物和机器的控制和信息传递》和香农写的《信息传递的数学基础》为研究现代机载火控系统奠定了理论基础。六十年代以后，现代控制理论各个分支的发展与应用，功能强大的数字计算机及价廉的微型计算机的出现与普及，使维纳的设想变成了现实。现在机载火控技术正在向微型化，模块化，综合自动化和智能化方向发展。目前存在的问题与矛盾，如快速机动目标运动模型的建立问题，估计算法中精度要求和计算速度之间的矛盾，目标信息早期获取与电子干扰之间的斗争，威力强大的武器与机载重量与能源供应之间的矛盾等等，将会进一步促进机载火控系统向前发展。

2000年惯性技术展望

林士涛

一、国外惯性技术的先进水平

(一) 惯导技术水平主要反应在装设惯性装置的运载体的定位与导航精度以及导弹命中目标的圆周率。根据美国专家的意见, 惯性技术的发展, 可按表 1 方式划分。

表 1 惯性技术的发展

惯性仪表	年 代	载 体 测 量 精 度	备 注
第一代	1920~1945	0.1~1.0 度 姿 态 角	例如 C-1 自动驾驶仪
第二代	1945~1980	经纬度分辨率 5 角秒	浮移误差 0.5 海里/时
第三代	1980~2000	分辨率 0.05 角秒	漂移误差 0.01 里/时
第四代	2000 年以后	分辨率 0.001 角秒以上	漂移误差 0.001 里/时以下

核潜艇内的惯导装置要求定位精度最高, 一般使用单自由度液浮陀螺和加速度计组成的平台式惯导系统并使用静电陀螺作为监控仪表。导航定位精度目前达到表 1 中第三代水平。飞机及战略导弹内的制导装置要求体积小, 重量轻和造价较低的平台式惯导系统, 精度相当于表 1 中的第二代惯导系统。

(二) 惯导系统的精度和体积重量, 主要决定于陀螺元件的精度及性能指标。表 2 示出美国厂商从陀螺精度、造价和可靠性等综合指标分出的陀螺仪发展阶段。

表 2 中等精度陀螺仪发展阶段

陀螺仪发展阶段	年 代	陀螺类型	漂 移 误 差	备 注
第一代	1920~1945	常规陀螺	大于 15°/时	全部滚珠支承
第二代	1945~1970	液浮陀螺	0.01°/时	液浮或气浮支承
第三代	1965~1990	调谐陀螺	0.01~0.005°/时	弹性悬浮
第四代	1980~2000	激光陀螺	小于 0.01°/时	无转子质量

六十年代中出现的第三代弹性支承式调谐陀螺, 达到降低造价、缩小体积、重量和耗电量的指标, 并保持与液浮陀螺相同精度, 成为实用价值大, 应用广泛的中等精度陀螺仪。使用调谐陀螺装成的平台式惯导装置, 比液浮陀螺制成的惯导平台, 体积重量和造价都降低了一半以上。无平台式捷联调谐陀螺惯导装置已能接近平台式调谐陀螺惯导

装置, 体积、重量和造价更低而可靠性更高。捷联调谐陀螺的随机漂移误差达到 $0.001^{\circ}/\text{时}$, 不需要加热装置, 转子工作时间长达35000小时。

(三) 表2中的第四代激光陀螺在英国仍属发展中的新型陀螺元件。在美国80年代初已突破几个技术难关, 达到实用阶段并先后在民航机上试用。

二、组合式惯导技术的应用与发展

组合式导航系统可以在保持高精度要求下, 降低造价。典型例子如下:

(一) 可以多次使用的高空无人驾驶侦察飞机上, 利用常规陀螺提供姿态及航向角, 并与多普勒雷达提供的地速进行导航。这种组合式导航系统的造价约为纯惯性导航的一半左右。

(二) 超低空巡航导弹, 是一次使用的无人驾驶轰炸机。美国设置在西欧的巡航导弹, 射程为2500至3000公里, 命中圆周率为60米, 精度高的只有10至50米。上述导弹, 采用了惯性制导, 地形匹配和末端识别器等组合惯导系统。每架造价约为75~100美元, 体积重量也很小, 可以装设在飞机上发射。

(三) 天文—惯性组合导航系统

天文—惯性导航系统在民航机上, 飞行时间长达10小时, 定位精度仍能保持在一海里以内。美苏的洲际导弹内, 也设置了天文—惯性制导系统, 命中精度达到300~500米以内。

2000年飞机供电系统的展望

蒋 志 扬

现状与发展趋势

飞机供电系统是现代飞机一个重要组成部分,它的作用是保障飞机上所有用电设备得到能源。只有用电设备的正常工作,才能保证飞机的安全飞行和完成运输或作战任务。

50年代以来,为了适应飞机性能提高的要求,国外航空界发展了新的电源系统,如英、美、苏等国都在各自的工业技术和经济的基础上发展和使用一些新的电源系统。必须指出,飞机供电系统与其他工程一样,必须从飞机电气系统(电源、配电和用电设备)在可靠性、维护性、经济性、重量和电气诸性能方面(即综合指标)衡量。综合指标对飞机供电系统的发展和运用起着深刻影响。此外工业技术和装备的继承性也有一定的影响。

目前,国外飞机所采用的供电系统基本有低压直流、恒速恒频交流、变速恒频交流、变频交流和混合系统等五种。在上述供电系统中,大多数飞机采用常规配电布局的配电系统。

恒速恒频系统仍然是目前现代军、民飞机普遍采用的一种供电系统。70年代中发展了组合电源装置,在重量和可靠性等性能上有所提高,但恒速装置的可靠性和维护性差,还没有得到根本解决。

变速恒频系统经过20多年的研制,在70年代初正式装机使用,已开始在一些新型战斗机(如F-18等)上使用。采用这种系统只是一个更换电源装置的问题,整个供电体制未变,因此估计可能近期大量被采用。

低压直流系统对要求通道容量不大于12千瓦的轻、小型飞机来讲,它仍然是一个较佳的电源系统。

飞机电气设备的迅速发展要求提高飞机上电源功率,1925年前,单台发电机的功率为150瓦,当时飞机上电源最大安装功率为600瓦;到了80年代,单台发电机的功率为150千伏安,飞机上电源最大安装功率为1200千伏安。这充分说明机上用电设备(飞控、电子、火控等)对飞机供电系统的依赖关系。

飞机电气设备的迅速发展是在60年代以后。60年代末期,由于集成电路的发展,多路传输技术开始应用于大型容机的旅客服务系统,70年代初又应用于配电系统。配电系统从常规布局向遥控布局和固态配电系统发展。

由于飞机上的设备和系统日益增多,出现互相争夺电力的现象。因而,70年代中期开

始发展以小型和微型计算机控制的电气负载自动管理系统,按负载的优先次序供电。

现代科学技术的发展及先进飞机性能的提高,对飞机供电系统的要求越来越高,用电容量也将进一步增长,诸如电气性能上要求不中断供电,要求高可靠性和好的维护性能等。随着电传飞行操纵系统和各类数字控制系统的采用,现行的交流供电体制已出现难于很好地满足飞机要求的现象。因此,70年代中,美国开展了高压直流系统在飞机上使用可行性的研究,通过高压直流系统在综合指标上对交流系统的分析对比以及先进军用飞机对供电系统的要求,同时考虑到大功率半导体器件、微电子技术和稀土磁钢的迅速发展,预期高压直流系统将成为先进的飞机供电系统。美国在高压直流系统发展上,已取得较大进展,其中一些技术关键已基本上得到解决;并已在少数飞机上局部试用高压直流电源供电。

随着飞机主飞行控制系统采用机电作动系统以及全电飞机方案的提出,将会加速飞机供电系统向高压直流系统方向发展。

主要参考文献:

1. 飞机交流电源系统,1979年国防工业出版社;
2. 蒋志扬,飞机电源系统的展望,1981年航空科技No.6;
3. 于敦,飞机供电系统方案选择,1982年航空动态No.127.