

超音速军用航空发展综述

刘兴堂, 邓建军, 黄树彩
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:简述了超音速军用航空发展的重要意义和作用。阐明了国内外超音速军用飞机的发展历史和现状,展望了它们的发展趋势。并指出按照我国目前实际情况,走研制与引进军机相结合的道路是十分正确的。对研究加快发展我国空军现代武器装备的战略有参考价值。

关键词:航空;超音速飞行;军用飞机

中图分类号:V32 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2000)04-0091-04

1 历史和现状

超音速航空已成功地发展了近五十年。超音速飞机的发祥地有苏、美、法、英、中和瑞典。由于种种原因,这些国家在超音速军用航空领域的活动,信息交流甚少,实际上走着自己的道路,但许多方面的结果常常却是相近的^[1]。

早在二战期间,苏、英、德、美等国就研制了一系列涡喷发动机,并制造了首批军用喷气式飞机。战后3~5年出现了跨音速喷气式战斗机和实验机 Па-176, МИГ-17, F-86 和 X-1 等。

20世纪50年代后,由于涡轮喷气发动机的迅速发展,实现了加力燃烧,可补充推力,同时进行合理气动布局 and 采用无回力助力操纵系统,从而显著的减少了飞机波阻,提高了升阻比,并保证了飞机高速飞行时的稳定性与操纵性,终于使飞机突破了长期难以克服的“音障”,跨入了超音速飞行新领域。

首批超音速歼击机出现于1953~1954年,这就是苏制 МИГ-19 和美制 F-100。1957~1959年我国也制造出了超音速歼击机-6 和强击机-5。这些飞机的速度达到了 $M=1.2\sim 1.35$ 。

1960年结束了第一代超音速歼击机的探索和研制阶段。这一时期,真正成熟的超音速歼击机是美苏对抗中对等出现的(美)F-104 与(苏)МИГ-21。МИГ-21 成功采用了小展弦比三角机翼,并装有带加力的涡喷发动机 P-13,因此性能略高一筹。它被荣喻为第一代歼击机中的“长寿人”,在苏、中和其它国家批生产了约30年,曾是世界上数量最多的歼击机机型。除此,苏联还研制和批生产了大后掠翼的前线歼击-轰炸机 Cy-7 和三角翼的歼击机 Cy-9,这些飞机的最大 M 数在 2 以上。

在发展第一代歼击机的同时,苏、美还率先开展了重型超音速军用飞机的研制。首先是,产生了许多轻型和中型轰炸机的原型机 Ty-98, ИЛ-58, ЯК-27 等。但最终进入批生产的仅有轻型轰炸机 ЯК-28。进一步研究结果出现远程超音速飞机,如(美)B-58、(苏)Ty-22。1960年,苏联还成功进行了具有超音速巡航飞行状态的战略运载机 M-52 首飞。

进入60年代后,燃气动力学和空气动力学特性的改善使涡喷发动机的输出参数(比推力,总有效推力,加力度等)显著提高,与此同时成功地研制出了无加力超音速涡喷发动机和具有稳定裕度的发动机;气动布局、控制系统和结构材料的大大改进解决了不断提高飞行速度和飞行高度的关键技术问题;如,克服“表面气动加热”,防止发动机-进气道系统“喘振”。精确控制进气道气流“阻滞表面”位置,排除飞机“惯性交感”危险,保证大 M 数下飞机的稳定性和操纵性,完善飞行数据计算和最优飞行状态选择方法等。所有这些,使苏、美、英、法等国的歼击机速度达到了 $M\approx 2$,甚至更高(参见图1),从而出现了第二代超音速军用飞机。这里有:超音速歼击机 МИГ-23, МИГ-25, “旋风”, F-14, F-111, 具有变几何翼的前线攻击机 Cy-24, 高速高空侦

察机 SR-71, 轰炸机 B-70 及远程飞机 Ty-22M 等。其中, 高空高速拦截机 МИГ-25 及其后继机最具典型。它是 1961 年开始研制, 1964 年完成原型机首飞, $M \approx 3$, 可完成长时间超音速飞行和在 2500—3000km/h 速度下机动。1965~1978 年间创造了 25 项世界飞行纪录, 其中包括三项绝对纪录(即 37650m 动升限, 闭合圆圈飞行和 20km 高度上爬升率)。

这一时期, 我国除批生产歼-6, 歼-7 和强-5 等第一代战斗机外, 还跟踪国际先进技术自行研制了全天候高空高速歼击机歼-8, 并于 60 年代末首飞成功。总体性能已进入了当时世界先进行列, 如图 1 所示。

60 年代末, 苏、美等国相继召开会议, 开始全面研究和审查超音速军用航空的发展新方向, 其中包括重点讨论第二代歼击机、轰炸机的可能改型及今后发展。

随着发动机制造的突破性进展, 大大改善了本身的重量特性, 使比推力达到了 8~10, 同时单位燃料消耗量大大下降, 如图 2、图 3 所示。这样, 可使歼击机的起飞推重比为 1, 或更大。如图 4 所示。无疑将本质的改善第三代战斗机起飞—着陆性能和机动性。

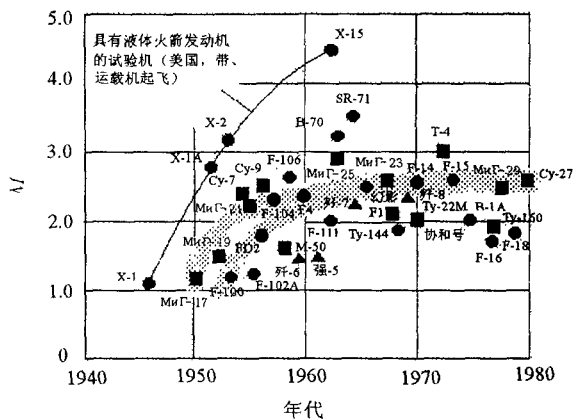


图 1 飞机最大飞行速度(M 数)变化

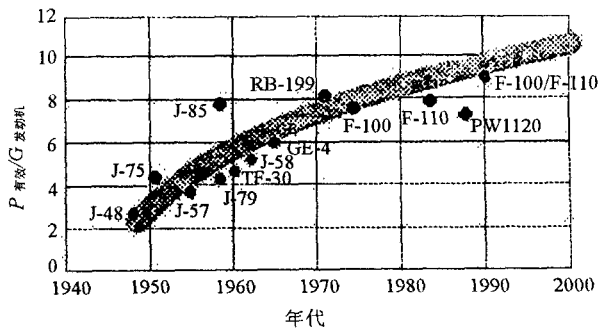


图 2 涡喷发动机的比推力 $P_{有效}/G_{发动机}$ 的增大

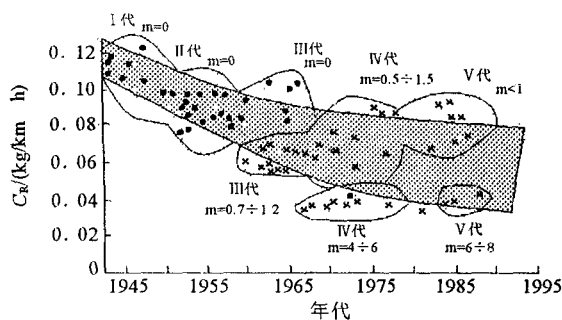


图 3 涡喷发动机的单位燃料消耗量降低(m—内外涵道)

应该说超音速军用航空的发展在很大程度上决定于飞机气动型式的不断改进和飞行控制系统的逐步完善。在此方面, ИАГН(俄罗斯空空气动力学研究院)始终站在最前列, 为之进行了深入理论研究和大量风洞实验。它不仅拥各个时期驰名于世的航空学者和专家而且建成了各种类型和尺寸的国际一流风洞设施, 给超音速飞机的发展创造了最好的实验条件^[2], 如图 4 所示。ИАГН对第三代战斗机的气动布局和控制系统设计构思有很大创新: 在气动布局上, 利用边条翼实现“涡旋”控制, 以提高飞机最大升力系数和临界攻角, 减小亚、跨音速大攻角飞行时造成的阻力, 改善飞机大攻角机动性; 采用翼身融合体, 减少粘性气流分离造成的压差阻力, 并增大机身的升力贡献, 兼产生隐身效果; 借助自适应机翼同时偏转前后缘襟翼, 以获得最佳气动特性。

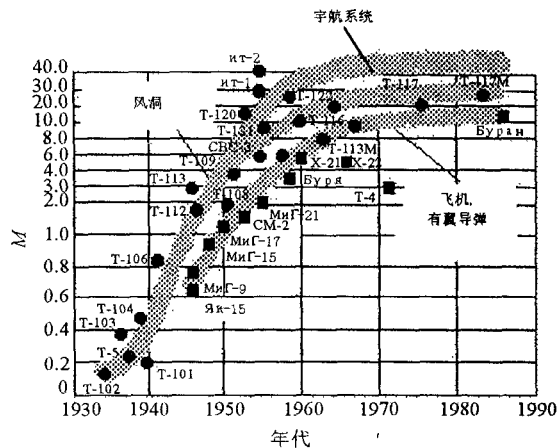


图 4 ИАГН风洞和被实验原型机的可实现飞行 M 数

在控制系统方面, 通过采用新的多余度电传控制保证了借助放宽静安定度提高飞机机动性与操纵性时的稳定性。

除此, 配置先进机载雷达和武器装备(如, 新的空—空导弹, 火箭弹, 航空炸弹和活动航炮等)的同时, 实现火控/火控一体化和减小飞机的雷达反射面积, 增强隐身作用同样是第三代战斗机的重要设计思想^[3]。

第三代超音速战斗机的型号研制实际上是 60 年代末开始的。典型的飞机有 МИГ-29, МИГ-31, Cy—

27, F-15, F-16 和 F-18 等。

轻型高机动性歼击机 МИГ-29 是目前世界上除 Cy-27 外唯一能实现“眼镜蛇”机动飞行的机种。1969 年开始研制, 1972 年由 ЦАГИ 给出气动模型, 1977 年底首飞, 1983 年装备部队。

F-16 和 F-18 是 МИГ-29 的对抗机种, 它们的研制实际上是同时进行的, 只是前二者批生产稍早一点, 分别是 1978 年和 1982 年。尽管 F-16 和 F-18 在 70 年代中期后采用了接近 Cy-27 飞机的先进气动布局思想, 然而, 正如国外专家评论和经验表明, F-16 和 F-18 在飞行技术性能和作战效能方面仍不及 МИГ-29^[1]。

МИГ-31 是 МИГ-25 的大改(包括更换了原发动机)后继机, 70 年代末研制成功, 并进行了长期批生产。这种高速高空拦截机可进入大大超过静升限的动升限上飞行, 至今世界上无同类飞机。

特别值得指出的是 Cy-27 飞机。这是一种双发、重型、远程、超音速、全天候、长续航的制空战斗机。1969 年主要针对(美)F-15 设计, 1977 年首飞。首飞后进行了较长时间的改进, 主要方面是: 超音速机动、控制系统、电传软件等。在气动布局和结构设计上花了大功夫, 历时 5 年时间, 总共搞了 20 个气动布局模型。最后于 1982 年定型生产、1985 年试用, 1990 年才装备部队。Cy-27 飞机虽然是重型超音速战斗机, 但是它的机敏性丝毫不亚于小飞机, 且低速性能很好。可以说, 该机的飞行速度和高度范围、使用过载如图 5 所示、水平加速性、爬升率如图 6 所示、最小盘旋半径、作战半径、滑跑距离及机载武器效能等都称得上是第三代战斗机的典范。特别是 Cy-27 飞机大超临界攻角($\alpha \geq 90^\circ$)机动飞行, 为超音速机动飞机的飞行力学和战术—技术研究建立了新概念, 开辟了新道路, 并预示了新一代高机动性飞机的发展方向。除此, Cy-27 飞机很有发展潜力, 它在短短十几年就发展了几乎囊括各种作战任务的各类型超音速战斗机。如, 空中指挥/战斗机 Cy-30, 海军型对海侦察/攻击机 Cy-32, 舰载战斗机/攻击机 Cy-33, 空/海军型歼击/轰炸机 Cy-34, 空/海军型高性能多用途战斗机 Cy-35 以及新发展的多用途战斗机 Cy-37 等。而同 Cy-27 相对抗的(美)F-15, 于 60 年代末设计, 1972 年试飞, 1976 年装备美军, 1984 年已装备空军 800 架以上。但是它并不具备 Cy-27 飞机那样完善的气动性能和先进的电传控制系统, 且机动性大大低于 Cy-27 飞机。由此可见, 我国在目前研制战斗机和改装战斗机的同时, 为了加速空军现代化建设, 打赢高技术条件下的局部战争适当采购典型战斗机并引进飞机生产线是十分正确的。

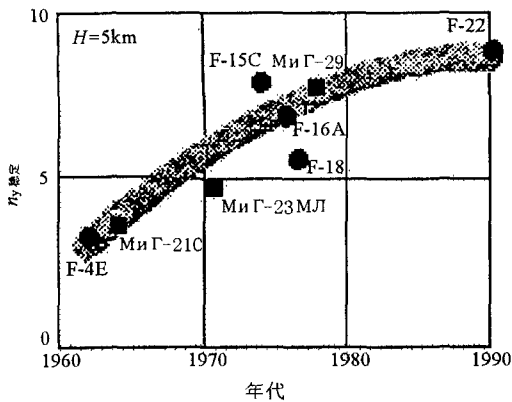


图 5 歼击机的最大稳定过载变化

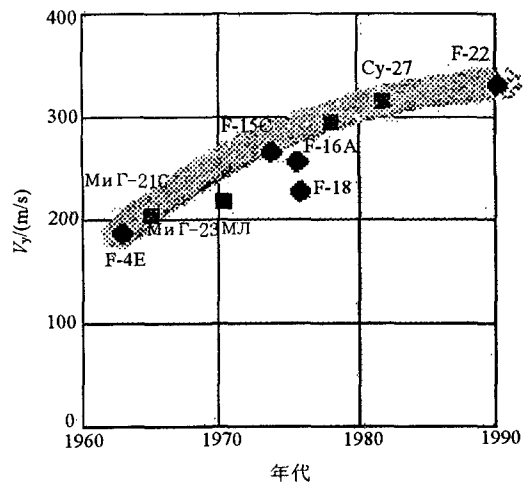


图 6 歼击机的爬升率变化

与此同时世界军事强国还发展了新的超音速远程轰炸机和战略运载机, 如 B-1B, B-2 和 Ty-160 等。B-2 是一种采用隐身技术的远程轰炸机, 已用于最近的科索沃战争。Ty-160 是一种具有多速度性的战略轰炸机, 采用了变几何翼和电传控制系统, 并引入了一系列改善飞机稳定性与操纵性的自动器和危险状态限制器, 机上实现了盘式操纵与自动驾驶仪一体化兼容控制。

2 发展趋势

从超音速飞行角度讲, 军用航空目前已经实现了三大飞跃:

- (1) 过渡到了 $M \approx 2 \sim 3$ 的超音速成熟飞行阶段;

- (2)可完成无加力状态下1.7~3.0的超音速飞行;
 (3)可实现机动性飞机在无加力状态下的超音速巡航状态飞行。

在此基础上,出现了新一代战斗机FT-22,F-117A,Cy-37等,同时不难展望出未来超音速军用航空的发展趋势:

①研制新型多功能战斗机,改进服役的第三代战斗机是主要发展方向。超音速巡航和超音速机动飞行能力将成为新一代战斗机的关注焦点,这是由现代高技术作战环境和作战条件决定的。为此,机动性飞机将转入超音速巡航状态,巡航速度一般为 $M \approx 1.7$ 。实现超音速机动将更关注飞机的机敏性,即迅速改变机动性(包括机动平面和机动飞行状态)的能力;

②为了增大航程,缩短飞行时间和减小滑跑距离必须实现多速度性飞行。为此进一步采用“先进概念”发动机和完善变几何翼,电传控制系统及推力矢量控制是重要的技术途径^[4];

③为了提高作战性能,增强飞机突防能力,特别是低空突防能力,必须使飞机具有隐身特性,雷达反射面可缩小至 $0.01 \sim 0.8 \text{m}^2$ 。同时将通过隐身技术和干扰相结合增加隐身能力和生存能力以及自卫电子战能力。如,发射并拖引诱饵系统,投射自卫机载撒布器;

④为了提高飞机的机动性、机敏性和多速度性,将进一步改善气动布局,采用大比推力涡扇双涵道发动机和推力矢量控制等;

⑤强化“武器平台”,多载武器,载多种武器实现全方位远射程打击和同时跟踪及同时攻击多个目标。为此,一是研制新型火控雷达;二是采用光电系统;三是实现装备一体化数字单位,利用公用数据库构成全面综合的计算机结构体系。

⑥借助各种干扰和反干扰手段,明显提高飞机的电子战能力。

3 结束语

科索沃战争表明,空袭与反空袭成为战争全部是典型的现代作战模式。因此必须高度认识空军在高技术局部战争中的主导地位,从而瞄准超音速军用航空发展方向,加速研制新一代战斗机、轰炸机和战略运载机。同时又要以当前和未来出现的空袭兵器(包括超音速军用战斗机、战术导弹等)为靶标,加速发展新一代防空导弹武器装备,为建设一支攻防兼备的现代化强大空军而奋斗!

参考文献:

- [1] Г. С. ВБюнгенса. Аэродинамика. Устойчивость и управляемость сверхзвуковых Самолётов[M]. М:Наука Физматлит,1998.
 [2] ЦАГИ—Основныс. Этапы Наууной Деятельности. 1868-1893[M]. М:Наука Физматлит,1996.
 [3] Blakelock, J. H. Automatic Control of Aircraft and Missiles 2nded[M]. Canada:John Wiley & Sons, INC,1991.
 [4] Benjamin G O. Vectored propulsion supermaneuverability[M]. New york:Springer Verlag,1990.

A Summary on Development of Supersonic Military Aviation

LIU Xing-tang, DENG Jian-jun, HUANG Shu-cai
 (The Missile Institute, AFEU., Sanyuan 710038, China)

Abstract: The important significance and function of development of supersonic military aviation are briefly discussed. The author introduces the history and present condition in development of supersonic military aircraft at home and abroad, and its development tendency. As well as, pointing out that based on the present condition at home, it is quite right to combine development with introducing military aircraft. The content discussed has reference value for studying the strategy on speedily developing the modern weapon equipment of the air force in our country.

Key words: aviation; supersonic flight; military aircraft