



# 第四代战斗机性能指标概述

Summarization of the Fourth Generation Fighter Performance

西北工业大学 张加圣 王海涛 万小鹏 赵美英

在设计先进飞机时,在考虑超音速巡航能力,隐身性能,高机动性和敏捷性,足够的有效载荷、大航程、高可用性,多目标攻击和超视距攻击能力,短距起降性能,高可靠性和维护性的同时,还应着重考虑性能优化问题。

继 90 年代美国推出第四代战斗机 F-22 之后,俄罗斯和欧洲各国相继研制出了具有第四代战斗机性能的新一代战斗机。但是由于第四代战斗机的标准还是不太明确,因此一些据称是第四代的战机,其性能指标其实只能达到第三代半,大多是第三代战斗机的改进型,很多基本性能远没有达到第四代的要求。本文以当今各国所公认的第四代战斗机 F-22 和 F-35 为参考,对其性能指标加以介绍,以供设计先进战斗机时参考。

## 超音速巡航能力

第四代战斗机配有先进的高推重比发动机,可以使战斗机在发动机不开加力的情况下以马赫数

$Ma=1.5 \sim 1.6$  进行长时间的超音速飞行;而第三代战斗机只有在发动机开加力的情况下才能进行短时间的超音速飞行。

用于第四代战斗机的发动机推重比由 8 增加到 10 以后,当保持发动机推力不变时,海平面最大爬升率增加 16%,在高度 9000m 以  $Ma=0.9$  和  $Ma=1.6$  稳定盘旋的过载值分别增加 9% 和 11%,同样高度由  $Ma=0.8$  增速到  $Ma=1.6$  的时间缩短 18%。这种发动机有着良好的高度和速度特性,而且推力随  $Ma$  的增大而增大,特别是  $Ma>1$  时迅速增大,如果与良好的飞机气动特性相结合,可保证飞机实现不加力超音速巡航,增大超音速航程,节省油量。

## 良好的隐身性能

第四代战斗机都具备较好的隐身能力。在第四代战斗机的结构设计中大量使用了复合材料,使飞机的结构重量大为减轻。同时结合大量的特种吸波材料和在关键部位涂以吸波涂层,加上对外形进行精心的隐身几何设计和热屏蔽技术,使这种飞机具有很好的对雷达、红外探测等手段的隐身特性,可以在敌防区进行长时间的活动而难以被敌方所发现。

第四代战斗机表面的关键部位,如机翼边缘、垂尾、进气道唇口及其管道、天线舱内腔等都涂以吸波材料,驾驶舱覆盖金属薄膜,都可以减小雷达信号反射强度。涂层厚度因

部位而异,一般为0.5~2.5mm,对某一典型部位可使波长3cm的反射信号减少15~20dB。由于碳纤维增强复合材料能显著减小机翼变形,因而可降低飞机作机动攻击时的雷达反射截面积(RCS)。武器内置或保形外挂、倾斜配置双垂尾,都是降低可探性的有效措施。研究表明,与常规进气道相比较,采用机翼遮挡的双斜切进气口和S形管道可使RCS减少50%左右;F-16、F/A-18和F-15战斗机采用涂吸波材料等措施后,其RCS减至1~1.5m<sup>2</sup>,米格-23减到1m<sup>2</sup>左右。

第四代战斗机通过选择特殊外形降低RCS值。如机头采用棱边,使照射的雷达波大部分向其它方向散射;利用弯曲的进气道,使雷达波经过多次反射而照射不到发动机压气机叶片上;飞机上的反射边缘、机翼、尾翼、进气口及各种舱门的边缘都设计为平行于前缘两个方向,使反射雷达信号的方向数减到最少等。

但是,第四代战斗机的这些隐身能力是以牺牲飞机气动性能为代价的,美国的这种隐身方案也是经过几十年、历经三代隐身技术才得以将飞机的隐身外形进行一体化设计,使与气动外形两者达到了最佳的折衷,并应用在了第四代战斗机F-22上。而俄罗斯认为不值得为隐身而牺牲战斗机的气动性能,故俄罗斯正在积极研究一种新的隐身方法——等离子隐身技术。所谓等离子隐身,就是用等离子体吸收或折射敌方雷达的电磁波,从而实现隐身的技术手段。等离子体是物质存在的又一种聚集态,是由大量自由电子和离子组成、在整体上表现为近似中性的电离气体,故也把等离子态称为物质的第四态。等离子体的形成,实际上就是气体分子的电子获得了足够的能量,不再由某一个气体分子所控制,从而使一些气体分子电离成为电子和正离子。这些电子和带电离子在电磁场

的作用下会吸收电磁场的能量并改变运动状态。如果在战斗机的周围生成一些等离子气体,就能吸收或折射雷达波,从而实现隐身的目的。

另外,美国的红外隐身技术也是值得学习和借鉴的,现在军用作战飞机上使用的红外隐身措施主要是:

(1) 采用矩形或二元喷管,以加大尾喷管和外部空气的接触面,这样既利用了外部的冷空气给尾喷管散热,又使这部分冷空气和尾喷管喷射的高温燃气射流混合,降低燃气射流的温度,减弱尾喷管和燃气射流的红外辐射。

(2) 用机身或尾翼遮挡尾喷管,使红外探测器难以从下方和侧面探测。

(3) 采用大功率涡扇发动机,减少或取消加力的使用,降低因加力燃烧而大幅产生的红外辐射。

(4) 在飞机结构中采用复合材料,屏蔽机身内部的热辐射。

### 强大的战斗力

第四代战斗机具有超视距攻击能力、多目标攻击能力和大机动格斗等能力等,这与其强大的武器系统是分不开的。具备这些性能的战机机

载武器系统采用了以下新技术:超视距多目标攻击技术、多机协同多目标攻击技术、空空反辐射导弹攻击技术、大机动格斗和火控系统的敏捷性、新一代航炮攻击技术、“联合直接攻击弹药”(JDAM)火控技术和“联合防区外攻击武器”(JSOW)精确打击。

#### 1 超视距多目标攻击技术

超视距多目标攻击技术在70年代就已开始研究,并已在第三代战斗机上应用。目前第三代战斗机(如F-15、F/A-18、米格-31M和苏-35等)已具备超视距多目标作战能力,而第四代战斗机的超视距多目标攻击技术又有了进一步的发展,采用了一种能为战斗机飞行员提供实时更新的敌机信息的数据系统,这种系统可以为各种飞机提供强有力的支援,包括信息的收集、战斗识别、武器发射以及综合机外信息和机载传感器信息、帮助精密和远距武器进行瞄准和提示,重新计划航线等能力。该数据系统还将对超出战斗机传感器探测范围的危险发出警告。如巡航中的战斗机通过只持续1毫秒的数据脉冲便能接收到远处沿轨道飞行的空中预警指挥系统的警报



信息。探测的距离远远超出战斗机机载雷达搜索范围。当探测到的目标进入机载雷达搜索范围后,战机可以减弱本身的热、电辐射,使敌机几乎没有反应的时间。

## 2 多机协同多目标攻击技术

第三代战斗机如 F-15、F-16、米格-29、苏-27 等已具备多机协同单目标攻击能力。第四代战斗机在此基础上,将之进一步发展为多机协同多目标攻击。多机协同多目标攻击主要是指通过地面、空中预警指挥系统或友机之间的信息支援等进行态势通报、空域分配、目标分配,使作战飞机之间能够相互协调地进行各自的多目标攻击,提高机群作战效能。

## 3 空空反辐射导弹攻击技术

第四代战斗机由于具备较好的隐身性能和突防能力,所以有时要执行对远距离非机动飞机的攻击任务。在这种情况下就需要一种速度快航程远的空空反辐射导弹,其典型代表为俄罗斯的 Kh-31P 反预警机型空空反辐射导弹。该导弹采用惯性中制导+被动/主动复合雷达末制导,装有冲压喷气/固体火箭组合式发动机,在加速到  $Ma=1.8$  后抛去固体火箭助推器,然后借助于喷气发动机以  $Ma=3.0$  进行续航。该导弹射

程可达 200km,用于攻击远距离非机动飞机,如预警机等。

## 4 大机动格斗和火控系统的敏捷性

第三代飞机已经能够做出各种大机动动作如:苏-27 的“眼镜蛇”、米格-29 的“尾冲”(即倒挂金钟)、苏-35 的“钩拳”、经过加装多轴推力矢量喷管后的 F-16 飞出的“榔头”和美德两国联合研制的验证机 X-31 飞出迎角达  $74^\circ$  的“赫布斯特”等一系列过失速情况下的大机动动作。

第四代战斗机将在发动机上配以可以上下左右偏转的尾喷口,从而使发动机的推力方向可以根据需要变化(又称为推力矢量),帮助飞机完成传统作战飞机根本无法完成的高难度机动动作,大大增强了这一代战斗机的格斗能力。

大机动格斗包括飞机大机动格斗和导弹大机动格斗两种情况。飞机大机动格斗指飞机通过做出大机动动作(“眼镜蛇”、“倒挂金钟”等)来摆脱敌机、并使敌机尽早进入自己的武器攻击范围之内,以达到先敌攻击的目的。导弹大机动格斗指战斗机依靠导弹的大离轴角发射、大机动能力来实现先敌攻击。

大机动格斗对火控系统的要求更高,给火控系统提出了所谓“敏捷

性”的要求。“火控系统的敏捷性”一词是从飞机的敏捷性延伸而来的。飞机的敏捷性是指飞机快速改变机头指向的能力。火控系统的敏捷性是指在飞机快速改变机头指向(如做出大机动动作)之后迅速开火的能力,敏捷火控系统要求目标传感器(雷达、光电雷达等)需具有快速瞄准、跟踪能力。

## 5 新一代航炮攻击技术

有两个原因决定了航炮仍是第四代战斗机的保留武器:

(1) 飞机隐身性能的增强使机载雷达和地面雷达的探测能力大幅度下降,这将使近距遭遇空战的可能性增大;

(2) 机载导弹逼近告警系统和电子战系统日益完善,使得导弹攻击难以奏效,最终还需要靠航炮解决战斗。因此,第四代飞机仍需装备新一代航炮。新一代航炮的性能大幅度提高,射速可达  $1500 \sim 2500$  发/min,炮弹初速度达  $1000\text{m/s}$ 。

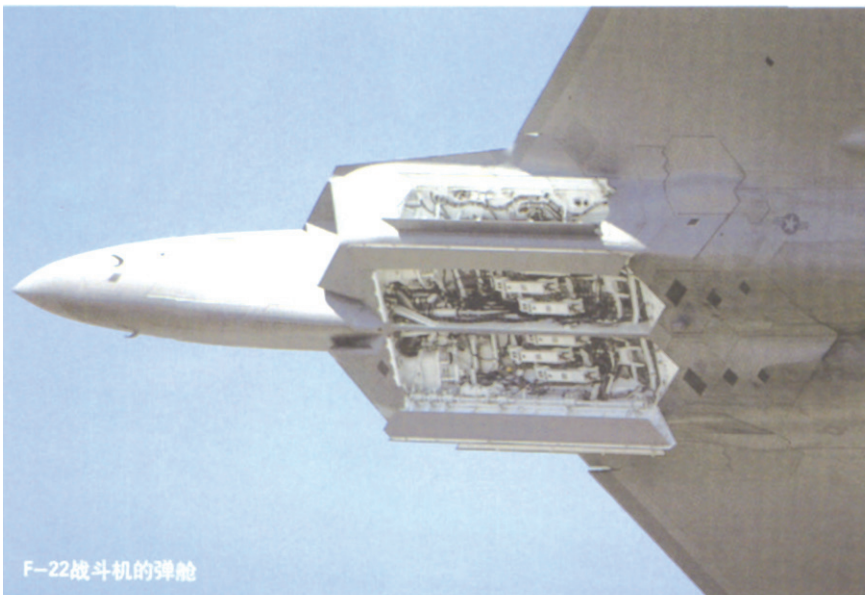
## 6 “联合直接攻击弹药(JDAM)”火控技术

JDAM 是以 INS/GPS 中制导、红外成像、毫米波雷达、激光雷达或合成孔径雷达等新型自寻的导引头为末制导装置的新一代精确制导炸弹。

JDAM 可在中近程地空导弹武器系统和高炮防空火力圈外投放,主要供隐身飞机携带,具有全天候、低成本、精度适中的特点。JDAM 通过在现有炸弹的尾部装制导与控制装置(包括 INS、GPS 接收机和弹体控制部件)来实现精确制导。投放高度  $3000 \sim 13000\text{m}$ ,投放距离  $10 \sim 30\text{km}$ ,命中精度小于  $13\text{m}$ (若增加末制导系统可小于  $3\text{m}$ )。

## 7 “联合防区外攻击武器(JSOW)”精确打击

JSOW 是一种由 INS/GPS 制导的滑翔炸弹,分为有和没有火箭发动机增程两种。平时弹翼收起,投放后张开,其攻击距离依靠滑翔可达





PRÄZISIONSTECHNIK GMBH  
UND MASCHINENBAU

# 德国DK新一代NC 微型螺纹攻丝机



F-22战斗机发射“响尾蛇”导弹

72km,火箭发动机增程型攻击距离更远;可以从750~12000m的高度以125~325m/s的速度投放,用INS/GPS装置引导到目标区的预定点,然后抛投子弹药,精度小于10m,如果加末端制导系统,如采用合成孔径雷达、激光雷达、毫米波雷达、或红外成像传感器等,攻击精度可达3m。

## 高可靠性和维护性

在现代军用飞机设计中,可靠性及维修性(R&M)已成为与作战性能同等重要的要求,并对飞机的作战能力、生存力、部署机动性、维修人力和使用保证费用等方面产生重要影响。提高飞机各部件及机载设备的可靠性,将减少飞机发生故障的次数、提高飞机战备完好率或增加出动架次率,保证飞机连续出动的作战能力;改进维修性,将减少飞机在地面维护和修理的停飞时间以及飞机再次出动的准备时间,提高飞机的出动架次率,同时减少飞机战场修理时间,减少对那些在战争中易受摧毁的地面固定设施(维修基地)的依赖,提高飞机再次投入作战的能力,也大大提高飞机部署的机动性。

第四代战斗机对结构强度提出了如下总体要求:在机动性要求更高、结构承载形式不利的条件下,保证飞机飞行安全、并满足长寿命(6000飞行小时的飞机使用寿命,30年的日历持续年限)、高可靠性、高生存力和好的维修性。在使用维护方面,采用机上自动化检测系统,大大缩短维护时间,提高飞机的作战出勤率。

## 结束语

以上是第四代战斗机的一些基本性能,要达到这些性能,就必须在总体设计技术、动力装置的关键技术、航空电子与机载武器系统、机载设备关键技术、结构强度技术和材料与制造技术方面有所突破。但是,对于战斗机来说,这些基本性能之间又存在着一定的矛盾,不可能达到尽善尽美。因此在设计先进飞机时,在考虑超音速巡航能力,隐身性能,高机动性和敏捷性,足够的有效载荷、大航程、高可用性,多目标攻击和超视距攻击能力,短距起降性能,高可靠性和维护性的同时,还应着重考虑性能优化问题。

(责编 侧卫)

## GE系列攻丝机

- ★ 简便、快速、安全  
获取微小精密螺纹
- ★ 最小攻丝:M0.5



## LED/LCD显示设定:

- 攻丝类型/扭矩
- 转速/材料类型
- 图形显示品质控制
- 常用螺纹尺寸及材料参数存储

## 选配:

- 自动润滑系统
- 自动Z轴进给装置
- RS232通讯接口

## 中国总代理

上海德物机械有限公司

地址:上海市中山北路2130号万千大厦2001室  
电话:021-52914389 52919640 传真:021-52917086  
电邮:sales@dimoral.com 网址:http://www.dimoral.com