



火力

隐形战机

F-22 与 F-35

F-22 与 F-35 的全方位比
研制与试飞
航电设备
武器系统飞行特性

西风 编著

中国市场出版社
China Market Press

隐形战机

F-22与F-35



西风 编著

 中国市场出版社
China Market Press

图书在版编目 (CIP) 数据

隐形战机: F-22与F-35 / 西风编著. —北京: 中国市场出版社, 2013.4

ISBN 978-7-5092-1034-5

I. ①隐… II. ①西… III. ① 隐身飞机—军用飞机—介绍 IV. ①E926.399

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第046805号

书 名: 隐形战机: F-22与F-35

著 者: 西 风

责任编辑: 郭 佳

出版发行: 中国市场出版社

地 址: 北京市西城区月坛北小街2号院3号楼 (100837)

电 话: 编辑部 (010) 68033692 读者服务部 (010) 68022950

发行部 (010) 68021338 68020340 68053489

68024335 68033577 68033539

经 销: 新华书店

印 刷: 北京九歌天成印刷有限公司

开 本: 710 × 1000毫米 1/16 12印张 170千字

版 次: 2013年4月第 1 版

印 次: 2013年4月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5092-1034-5

定 价: 56.00元

CONTENTS

目 录

★ F-22与F-35的全方位比较

当猛禽遇上闪电 / 3

★ F-22A “猛禽”

研制与试飞 / 21

航电设备 / 35

武器系统 / 57

飞行特性 / 71

生产订单 / 79

详细参数 / 95

★ F-35战机

研 制 / 101

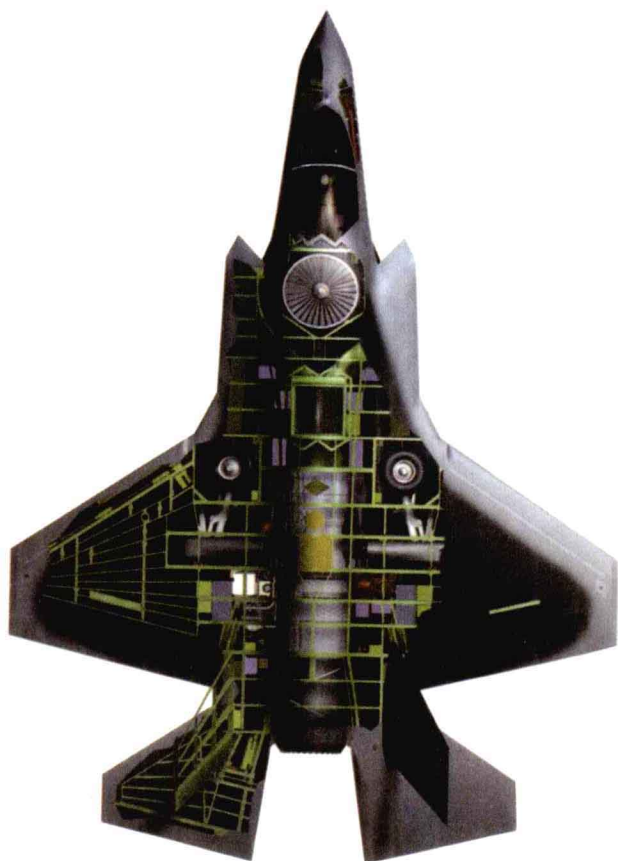
试 飞 / 151

航电设备 / 165

武器系统 / 173

生产订单 / 177

详细参数/变型 / 185



F-22 与 F-35 的 全方位比较







当猛禽遇上闪电



2006年12月15日，首架F-35“闪电”II（AA-1号）首航成功，美国《航空周刊与空间技术》（Aviation Week & Space Technology）公布未来20年美国和8个合作伙伴国家将订购总共3183架各型F-35战斗机，其间还会有更多的国家陆续加入联合打击战斗机计划（JSF），将来，只要采购过F-16的国家几乎都会选择采购F-35，订购数量定会进一步扩大。

洛克希德·马丁公司冀望于此战机能垄断未来的市场，使得F-35成为美国和其盟国的标准化第五代战斗机。

2006年12月15日，美国维吉尼亚州的兰利空军基地（Langley AFB）的美国空军第1战斗机联队第27战斗机中队的F-22A“猛禽”战斗机宣布形成“初始作战能力”（IOC）。2006年6月，F-22A在阿拉斯加举行的“北方利刃”（Northern Edge）联合军事演习

中取得了对抗三代战斗机144：0的不可思议的战果。

F-22A和F-35战斗机不仅是目前世界上最先进的两种有人驾驶战斗机，而且也是媒体的明星，世界关注的焦点。美国主流媒体普遍将F-22A称作高阶第五代战斗机，而将F-35定义为低阶第五代战斗机。那么，目前这两种世界上仅有的五代战斗机在性能上到底有何区别？由于美国对其核心技术参数严格保密的缘故，很难说清楚两者的性能差距究竟有多大，



上图：第一代至第五代战机对照表

仅能借助从各种公开管道收集到的资讯，尝试着对这两种最先进的战斗机的主要性能、作战效能和升级潜力进行初步的对比。

总体性能对比

据澳大利亚国防部公布的资料，传统起降型（CTOL）F-35空机重13.15吨，其内燃油携带量大约为8.16吨，其内部弹舱可携带8枚小直径炸弹（SDB）；F-22A的空机重量约为18.14吨，其内燃油携带量约为9.37吨，其内部弹舱也可携带8枚GBU-39/B小直径炸弹。可见中型的F-35和重型的F-22A在重量、内燃油航程和载弹量上的差距并不大，但是，F-22A的两台F119-PW-100发动机可为其提供超过317.5千牛推力；而F-35的单

台F-135发动机仅能提供181.4千牛推力。因此，F-22A的空战推重比达到1.4以上，而F-35的空战推重比则在1.0左右，F-22A的空战推重比大大超过了F-35。另外，F119-PW-100发动机的高空性能出色，而F-135发动机以牺牲高空超音速巡航的性能换取高效的低空次音速巡航性能。

再看机翼设计，抛开舰载型（CV）的F-35C不论，传统起降和短场垂直起降型（CTOL/STOVL）的F-35的机翼面积是14.23平方米，而F-22A的机翼面积为25平方米，F-22A的空战翼载荷比F-35要小得多；F-35战斗机机翼的前缘后掠角为34度，介于F-16和F/A-18之间，几乎和A-7D/E“海盗”攻击机差不多，显然，这是以牺牲超音速巡航为代价，去追求次音速巡航性能；而F-22A战

下图：F-22A的推重比达到1.4以上，相较于推重比仅1.0左右的F-35，明显更适于担任空优战机。





斗机的后掠角达到了40度，这个参数更接近于F-15和苏-27 / 30战斗机，这样既兼顾了机动性又降低了超音速巡航时的阻力。因此，我们可以说，F-22A是一种纯粹的空优战斗机，而F-35则是一款典型的战斗攻击机。毫无疑问，无论是争夺制空权，还是拦截超音速巡航导弹，或者超音速的巡航导弹发射平台（例如图-22M3“逆火”轰炸机），F-35都会显得力不从心。

隐形能力对比

F-22A和F-35战斗机均采用了经典的隐形设计理论：外形上尽量多应用平行设计；机身和座舱盖侧面则采用了斜面设计；各种接合部、舱门和口盖的边缘则被设计成锯齿形；垂直尾翼呈“V”字形布置；采用S形进气道和武器内置等技术。但是在隐形

性能方面，差距还是很大的，F-35A的正面最小达反射截面（RCS）估计为0.3平方米，而F-22A的正面最小估计为0.03平方米。“如果说F-22A的达反射截面仅相当于一个‘乒乓球’的话，也许F-35的相当于一个‘篮球’。”作为美国全球快速打击特遣部队的主力，为了执行深入敌方纵深完成打击任务，F-22A拥有优秀的全向宽频多波段隐形能力；为了提高后机身的雷达 / 红外线隐形能力，F-22A率先采用了带平行边缘的二维向量推力喷嘴。而F-35的隐形性能就要大打折扣了，出于减重和降低成本的考虑，F-35并没有装备矢量喷嘴，而是采用了带锯齿边缘的环形喷管，这种具有一定隐形特点的喷嘴对于工作在X/K/Ku波段的雷达具有一定的隐形效果，但是，这种设计使得F-35仅对于在特定频段内的雷达具有隐形能力，其后向的雷达 / 红外线隐形性能都

要大打折扣。而且，F-35的DSI进气道对于短波雷达的隐形特性较好，而随着敌方雷达波长的增加，其隐形效果会逐渐降低。因此，F-35并不适合于深入敌后进行打击，而仅适合于执行战场遮断和密接空中支援任务。

美国空军就是希望在F-22A已经取得了绝对制空权的条件下，让F-35执行密接空中支援任务，而大多数俄制野战近防空武器系统的搜索雷达都工作在C/X/Ku波段，其防空飞弹导引雷达多工作在X/Ku波段，这也正是F-35隐形效果较好的达波段，这样就可以较低的成本和较小的代价，有效地对抗俄制低空防空武器系统。

但是，在面对俄制战斗机先进的光电感应测器时，F-35就没有那么幸运了。由于红外线隐形能力较差，

苏-27 / 30战斗机的光感测器可以在很远的距离上侦测到F-35战斗机，并使用中程空对空飞弹发起攻击。

在红外线隐形方面，由于飞机的发动机、尾喷以及蒙皮等部位是红外线辐射热量最强、最集中、最易遭到红外线导引飞弹攻击的薄弱环节，因而美军在F-22A上采取了有效的红外线隐形措施，如采用散热量低的涡扇发动机和能够使排气系统的红外线辐射源快速消散在大气中的二维扁平式尾喷管；为了避免因增加加力燃烧室而造成发动机尾焰温度升高，还采用了向量可调管壁来降低发动机及其尾焰的红外线辐射强度，同时在发动机尾喷管里装设了液态氮槽来降低喷嘴的出口温度。在表面、发动机、后机身及排气系统等红外线辐射源集中的

下图：F-22A雷达反射截面积估计仅为0.03平方米，可深入敌方纵深完成打击任务。





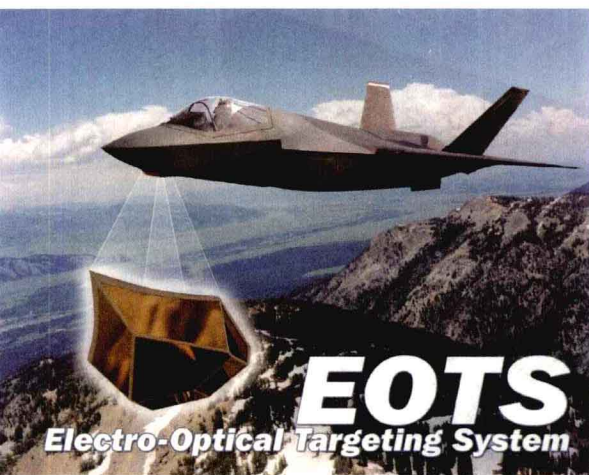
上图：一架位于爱德华兹空军基地的F/A-22A。

部位涂覆低辐射率红外线涂料，此外，其二元向量喷管上应用了昂贵的陶瓷雷达吸波材料，使该机具有更好的红外线隐形特性。在而F-35的环形喷管几乎没有红外线隐形性能可言。

综合航电系统

F-35和F-22A的核心航电系统架构非常相似，为了节约成本，F-35的综合航电系统就是在F-22A航电系统的基础上研发的，其设计思想都来源于美国空军莱特实验室（Wright Air Force Research Laboratory）在

20世纪80年代中期提出的“铺路柱”（Pave Pillar）综合航电架构，即通过高速宽频光纤资料汇流排将战斗机上的各种航电设备与高性能核心处理器相联结，各种作战、情报、导航资料经过核心处理器过滤筛选后，以最简洁的方式显示到战斗机座舱的人机界面上。但是，和F-22A的航电系统相比，F-35的航电系统更多地采用开放式架构设计理念，使用商规产品（COTS），这样既降低了航电系统的成本和维护难度，且便于日后的系统升级，而且可靠性更高，系统重量和成本更低。F-35战斗机上核心处理



上图：F-35的光电整合目标标定系统使飞行员拥有球形视野，对机外有强大态势感知及搜索追踪能力。

器的运算速度是F-22A上同类资料处理器运算速度的十倍，而且F-35共同整合处理器（CIP）的性能还有巨大升级的空间。从开发时间和进入服役时间看，F-35要远远晚于F-22A，毫无疑问，其间电脑技术的飞速发展赋予了F-35较大的“后发优势”。但是，航电系统的后发优势也不是绝对的，随着F-22A日后的逐步升级，F-35比较先进的航电设备也会用在改进后的F-22A的后期量产型上。

但是由于本身“先天条件”的不足，也许既没有速度优势，也没有高度优势，更没有隐形优势的F-35在战场监视和侦察能力上的升级潜力确实不如强悍的“猛禽”。

感测器系统对比

机载雷达

F-22A和F-35的相位阵列雷达都是由诺斯洛普·格鲁曼公司（Northrop Grumman Corporation）负责开发，两者都属于第四代机载雷达，两者在性能上的区别反映了两种作战飞机在作战功能上的区别。F-22A的主动电子扫描雷达（AESA）APG-77拥有1500~2200个发射/接收（T/R）模组（具体料不得而知），由于受到雷达罩尺寸限制，F-35上的主动电子扫描雷达APG-81雷达阵面尺寸较小，而且仅拥有1200个发射/接收模组，另外，APG-77的功率（据说达到16.4千瓦）要远大于APG-81，因此，F-22A的雷达对于空中目标的侦测距离比F-35超出约三分之一，这在超视距空战中显得尤为重要。目前，APG-77雷达在所有对空工作模式下的性能全面超过APG-81。另外在后续的性能升级计划中还要给30批次以后的F-22A安装侧视雷达阵列，使其拥有强大的情报监视收集能力（ISR），并拥有部分预警机功能。据国外航空专家推测，30批次以后的F-22A将在机身两侧的内置武器弹舱内安装侧视雷达阵列和光电感测器等侦测侦察设备。之后，



左图及下图：F-35的超大型液晶显示器，可显示多重资讯及数码地图，使F-35具有优异对地打击能力。



F-22A的资讯收集能力和战场态势感知能力将进一步增强，与联合打击战斗机JSF“资讯消费者”的角色相比，F-22A将充当“采集者”的角色。当然，也有人认为F-35的机腹弹舱也可以腾出来安装侦察和情报设备，从而改装为一种情报监视飞机。另外从机体结构上看，将附加的侦察设备舱布置在飞机的两侧比放在机腹拥有更大的侦测“视野”。

APG-81的优势在于其对地工作模式，其合成孔径雷达的地图测绘（SAR）/地面移动目标指示（GMTI）/海上移动目标指示能力等，空对地/空对海工作模式上的性能则超过APG-77。APG-81的一个重要特点就是拥有同时进行合成孔径雷达地图测绘和地面移动目标指示

的能力。升级后的APG-77雷达在各种工作模式下的性能将更加强大。相对而言，APG-81雷达的性能升级空间却有限，首先机头雷达罩的尺寸本来就小，而且还要和光电瞄准系统（Electro-Optical Targeting System, EOTS）共用本来就拥挤的机头空间；其次受到其电力供应和冷却系统的限制，因此，很难进一步升级。

另外，F-35的APG-81雷达在成本和重量上都只是F-22A的二分之一，而且其工作寿命有望达到8000小时，同飞机寿命一致，即在全寿命周期内不用更换雷达。在这些方面，APG-81雷达优势明显。但是更换了部分雷达模组后的APG-77雷达的重量和成本也会大幅降低，工作寿命延长。

被动式感测器

F-22A和F-35的被动电子侦测系统有很大的区别，虽然目前关于F-35电子战系统的细节披露较少，但可以肯定其电子战系统具有对敌方雷达进行精确被动式定位的能力。据信F-35上的被动式感测器性能远不如F-22A上的ALR-94被动式侦测系统。ALR-94是当今世界上最精密复杂的被动式感测器，它是F-22A综合被动式电子战系统的重要组成部分，超过30个天线单元均匀分布在机身与主翼上，以提供360度全频段射频信号监视和收集功能。其有效作用范围据称可高达463千米以上。

由于巡航高度较高，再加上其强

大的被动式雷达定位能力，F-22A能够对敌方纵深的雷达和防空统进行压制。这种强大的压制敌方防空系统的能力是F-35所不具备的。

出于降低成本的考虑，F-22A上并没有装备先进的红外线侦测与追踪系统（IRST）。而F-35则拥有目前世界上最先进的两套机载光电感测器系统，即光电瞄准系统和分散式电子光学资料搜集系统（EODAS）。光电瞄准系统是F-35的重要的被动式红外线侦测手段，该系统将前视红外线（FLIR）、红外线搜索和追踪（IRST）及雷射指示瞄准（LTD）等功能整合而成，相当于将传统的光电雷达、前视红外线荚舱和目标指示瞄

下图：尽管机体与舱内空间较大，但目前F-22A机腹弹舱的搭载效益，却不如较晚推出的F-35。



准荚舱的功能融合为一体，这样就省去了传统的感测器设备舱/荚舱。分散式孔径感测器系统的六个光电感测器分别安装在机身的六个特定部位，为飞行员提供一个球形视野，它拥有强大的态势感知、导弹警告以及红外线搜索与追踪能力。据报导，洛克希德·马丁公司已经在考虑在改进型的F-22A战斗机上加装更先进的光电感测器，随着光电感测器技术的进步，将来安装到F-22A战斗机上的感测器的解析度可能高达数兆像素，性能超越F-35的同类设备。

F-22A和F-35战斗机的航电系统不仅存在着继承性，而且存在着关联性，所以其发展过程是互相借鉴、互为补充的。

F-22A比F-35拥有更大的机身、更大的机体空间、更大的雷达舱空间、更大的电力供应和更大的推力，因此几乎在所有领域的性能升级潜力都超过了F-35。

对地攻击能力对比

在隐形条件下，F-22A和F-35的武器携带能力相似，但似乎身材“发福”的F-35的机腹弹舱容积更大一些。其表现在执行对地攻击任务的时候，F-35武器携带能力更强一些。F-35A/C可在其机腹弹舱内携带两枚2000磅联合直攻炸弹（JDAM）和两枚AIM-120C空对空导弹；相比之下，F-22A仅能在其机腹弹舱内

下图：YF-22A（N22YX）在爱德华兹空军基地上空进行飞行测试。通过垂直尾翼翼梢上的红白蓝条纹可以认出YF-22A。





上图：F/A-22A（91-4001）在爱德华兹空军基地上空进行横滚机动。

携带两枚1000磅合直攻炸弹和两枚 AIM-120C空对空导弹。而且F-35可使用的对地精确攻击武器种类明显要比F-22A丰富。F-35不仅可以携带 AGM-154“联合防区外打击武器”（JSOW），还可以携带“铺路”激光导引炸弹。当然，在GBU-39/B小直径炸弹服役之后，F-22A和F-35都能在机腹弹舱携带八枚小直径炸弹和二枚AIM-120C空对空导弹，但是由于F-22A的巡航速度几乎是F-35的两倍，因此它对于“时效性目标”的反应和打击能力更强，并能在相同的时间内出动更多的攻击架次，另外在高空超音速巡航状态下投掷无动力的

联合直攻炸弹和小直径炸弹的射程也更远，这就是F-22A的优势。综上，F-22A更适合执行纵深打击任务，但是需要注意的是目前F-22A上并没有配备任何光电感测器系统，而且目前APG-77雷达的对地工作模式还远不如F-35的APG-81丰富，例如，APG-77目前还没有合成孔径雷达的绘制地图能力，所以F-22A在夜间和复杂气象条件下的对地精确打击能力暂时还不如F-35，目前，在对地攻击能力上是各有千秋。

F-35和F-22A的武器内置挂载能力可以使飞机的外形非常“干净”，这不仅对于F-22A的隐形特性是非常



上图：考量国际市场的前景，F-35应可通过机队在各国空军的大量服役，逐渐降低其单机制造与服役的成本。

重要的，而且还改善了F-22A的气动外形，使其飞行阻力大为减小，从而在一定程度上增加了飞机的航程。在不强调隐形性能的情况下，F-22A和F-35还可以选择在机翼上挂载更多武器，例如F-22A机翼下就有四个外挂点，每个挂点可以挂载2300千克武器弹药，而F-35C的机翼下则有多达六个外挂点。

不过美国空军对于F-22A和F-35隐形弹舱的武器携带能力都不满意，在一个架次中摧毁八个目标对于美国空军而言效率仍然太低了，因此，洛克希德·马丁公司正在研制一种“外挂隐形武器荚舱”，该隐形的“隐形外挂技术”还处于严格保密状态，其外挂隐形武器荚舱的具体外形和进展程度也不得而知，我们仅能通过一些

流露出来的风洞模型来推测其外形。

空战能力对比

在空战性能上，F-22A的视距内和视距外空战能力都远远强于F-35。拥有向量喷嘴、超强机动性并配备了具有凝视成像能力的AIM-9X“响尾蛇”导弹的F-22A在视距内空战中几乎是不可战胜的。关于双方的爬升性能，差距就更大了。F-22A在不开加力的情况下爬升性能就已经超过了打开发动机加力的F-15，而F-35的爬升性能指标仅相当于F-16C，低于F-15，因此，两者在爬升和机动性能上的差距是十分明显的。而在超视距空战中，F-22A同样具有巨大的优势，它不但可以实现先敌发现、先敌开火，