

JUJIAOYINSHENZHANJI

YINSHEN
ZhanJi

聚焦



隐身战机

董长军◎编著



YZLI 0890088004



蓝天出版社
Blue Sky Press

JUJIAOYINSHENZHANJI

YINSHEN
ZhanJi

聚焦



隐身战机

董长军◎编著



YZLI 0890088004



蓝天出版社
Blue Sky Press

图书在版编目 (CIP) 数据

聚焦隐身战机 / 董长军编著. —2 版. —北京:
蓝天出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-80158-514-1

I. ①聚… II. ①董… III. ①隐身飞机: 军用飞机—
普及读物 IV. ①E926.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 254291 号

聚焦隐身战机

出版发行: 蓝天出版社

地 址: 北京市复兴路14号

邮 编: 100843

电 话: 010-66983784 (编辑) 66983715 (发行)

经 销: 全国新华书店

印 刷: 中煤涿州制图印刷厂北京分厂

开 本: 16开 (787×1092毫米)

字 数: 312千字

印 张: 21.25

印 数: 1-6000册

版 次: 2011年1月第2版

印 次: 2011年1月北京第1次印刷

定 价: 28.00元

(本书如有印装质量问题, 请与我社发行部联系退换)

版权所有 侵犯必究

前

言

21 世纪的空中战场将是什么样的作战形态？现在已经初露端倪。特别是第五代武器装备正在陆续出台，预研装备也正在投入巨大的资源。以信息融合为特点的高技术武器装备将扬威空中战场，而这些高技术武器的重要载体之一，是各种隐身飞行器。美国的 F-117A 隐身战斗轰炸机、B-2 隐身轰炸机已先后服役，并相继参加了海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争，F-22 隐身战斗机于 2005 年 12 月正式成军，F-35 隐身攻击战斗机也将陆续进入现役，无人战斗机正在加紧研制中。这些隐身飞机融合了侦察传感器、精确制导武器等多种独创的高技术手段为一体，将可能改变未来空中作战的方式，从而将使本世纪中叶的空中作战形态发生巨大变化，这种形态突出的特点将是“网络中心战”为核心，以隐身飞机为载体，各种精确制导武器为主要手段，其综合打击能力将加大空袭作战的突然性，远程打击的精确性，空、天、地、海、网结合的多维性，作战的快捷性和结局的决定性。在这种新的战争形态下，将使防御一方对空袭征候更加难于感知，对空袭情况更加捉摸不定、对空袭的头一个浪头更难应付，空袭中的损失会更大，作战局面将更加困难。所以，本书编写的目的就是配合“新三打三防”教育，增强信息时代空袭反空袭作战的意识。

本书选取了当今世界上具有顶尖水平的隐身技术和具有典型代表性的隐身空袭兵器，包括隐身轰炸机、隐身战斗轰炸机、隐身战斗机、隐身攻击战斗机、隐身直升机和隐身无人驾驶侦察机及无人驾驶战斗机等飞行兵器共十

几种。通过对这些隐身飞行器的研制过程、采用的技术、战术技术水平和作战运用特点的介绍，以及对它们所参加战例的总结及弱点的分析，使读者更全面地了解隐身兵器的基本情况和特点。同时，也对当今世界各国反隐身技术手段和方法进行了研究和探讨，以对反空袭作战的研究有一定的帮助。

本书在编写过程中，得到了空军军事理论研究部的精心指导和大力帮助。

本书力求内容翔实，图文并茂，将知识性、科普性、趣味性和故事性融为一体，同时列举了大量的数据资料和附件，以供参考。

需要指出的是，目前美国和俄罗斯等国对第五代战机的划代进行了统一，其中美国的 F-22、F-35，俄罗斯的 T-50 试验型战斗机均列为第五代，而把上一代的 F-15、F-16、F/A-18、苏-27/苏-35、米格-29/米格-35 列为第四代（或四代+）。为此，本书为了与国际接轨，体现前瞻性，均把 F-22、F-35、T-50 称为第五代。

本书的内容，既为军事学术理论研究者、部队广大官兵所关注，相信也是关心国防事业，特别是军事航空事业的广大业余爱好者、大中学生所感兴趣的。

由于作者水平有限，加之世界科技水平在日新月异地变化，不少武器装备正在研制和试验过程中，一些已经服役的武器装备还在不断地进行升级和改进，所以，书中介绍的情况仍在不断地变化，有些数据也在不断地更新和充实。因此，文中有不当之处恳请读者批评指正。

董长军

2010 年 12 月



目 录

第一章 隐身技术种种

- 一、隐身技术发展的直接动因 /1
- 二、美国隐身计划的启动 /4
- 三、形形色色的隐身技术 /6
 - (一) 缩小雷达反射截面 /6
 - (二) 降低红外信号特征 /12
 - (三) 降低视觉信号特征 /14
 - (四) 降低声学信号特征 /16
 - (五) “等离子”隐身术 /16

第二章 隐身飞机揭秘

- 一、F-117A “夜鹰”隐身战斗轰炸机 /20
 - (一) “夜鹰”出笼记 /20
 - (二) “夜鹰”的障眼术 /28
 - (三) “夜鹰”的撒手锏 /32
 - (四) “夜鹰”的战例 /36
 - (五) “夜鹰”的作战运用 /49
 - (六) “夜鹰”的弱点 /60
 - (七) “夜鹰”的精英训练 /63



二、B-2“精神”隐身轰炸机 /73

- (一)“幽灵”终揭面纱 /73
- (二)匿影藏形全隐身 /81
- (三)最佳的机载设备 /93
- (四)厉害的武备平台 /96
- (五)最佳的综合打击能力 /99
- (六)作战运用及方式 /100
- (七)不可能没有漏洞 /108
- (八)科索沃的罪恶表演 /109
- (九)参加阿富汗反恐战争 /111
- (十)伊拉克战争中的“幽灵” /113
- (十一)未来的特遣突击队 /116
- (十二)力求现代化精神 /118
- (十三)百里挑一的飞行员 /126
- (十四)怀特曼空军基地 /127
- (十五)“堪萨斯州精神”号 B-2 轰炸机坠毁 /129

三、F-22“猛禽”隐身战斗机 /131

- (一)“猛禽”出笼记 /132
- (二)隐身与空气动力的结合 /141
- (三)先进的机载设备 /144
- (四)方案齐全的武器装备 /151
- (五)作战上的运用 /153
- (六)“猛禽”的轰炸机方案 /155

四、F-35“闪电 II”联合攻击战斗机 /159

- (一)JSF 计划的提出 /159
- (二)技术要求高 价钱要便宜 /160
- (三)两家公司的激烈竞争 /165
- (四)大量采用隐身设计 /171



(五) 洛克希德竞标获胜 /173

(六) F-35 整装待发 /175

(七) F-35 将改变未来战场观念 /180

五、俄罗斯的“金鹰” /182

(一) S-54 中型战斗机 /183

(二) 米格-35 中型战斗机 /185

(三) “勇士” 2000 轻型战斗机 /186

六、米格 I. 44 隐身多用途战斗机 /188

(一) 要隐身更要机动 /189

(二) 为第五代战机积累经验 /192

七、苏-47“金雕”隐身多用途战斗机 /192

(一) 奇怪的倒翼机 /193

(二) 与米格 I. 44 的竞争 /197

(三) “金雕”“猛禽”争霸主 /198

八、俄罗斯 T-50 隐身战斗机出笼 /200

(一) 新颖的气动外形 /201

(二) 强劲的武器装备 /207

(三) 超级作战能力 /209

(四) T-50 的前景 /215

九、RAH-66“科曼奇”隐身武装直升机 /217

(一) 新世纪“隐身杀手” /219

(二) 独特的机载设备 /221

(三) 特殊的头盔 /222

(四) 隐藏的武器装备 /222

(五) 严密的防护 /223

(六) 良好的维护能力 /223

(七) “科曼奇”的作战使用 /223



十、可隐身的无人驾驶飞机 /225

- (一) “捕食者”无人驾驶侦察飞机 /226
- (二) 初试锋芒的“捕食者”无人攻击机 /234
- (三) “全球鹰”无人驾驶侦察机 /245
- (四) “暗星”潜入伊拉克 /255
- (五) 悄然鹊起的微型机 /260
- (六) 备受重视的无人驾驶战斗机 /269
- (七) X-45 无人战斗机 /274
- (八) X-47A “飞马”无人战斗试验机 /281
- (九) 旋翼无人攻击机 /286
- (十) 正在兴起的无人战斗机热 /288

十一、未来的隐身轰炸机 /295

- (一) 亚声速轰炸机 /295
- (二) 超声速轰炸机 /295
- (三) 高超声速轰炸机 /296
- (四) B-3 隐身轰炸机 /297
- (五) 美国未来轰炸机新方案 /298
- (六) 俄罗斯下一代轰炸机 /299

十二、美国第六代战斗机的设想 /300

- (一) 波音公司的第六代战斗机 /300
- (二) 诺·格公司的第六代战斗机 /301
- (三) 斯沃蒂公司的第六代战斗机 /301

第三章 反隐身举措

一、识破隐身术的“火眼金睛” /303

- (一) 无载波雷达 /304
- (二) 双基地、多基地雷达 /304



- (三) 采用长波雷达 /306
- (四) 发展毫米波和亚毫米波雷达 /309
- (五) 发展热成像探测器 /309
- (六) 研制多普勒雷达 /309
- (七) 改进预警飞机 /310
- (八) 改进和利用现有雷达系统 /311
- (九) 利用航天侦察系统 /312
- 二、被动侦测的“维拉”雷达 /313
- 三、正在研制的“无声岗哨” /315
- 四、探讨用手机信号发现隐身飞机 /316
- 五、综合运用多种侦察打击手段 /317
- 六、运用战斗机空中搜索隐身飞机 /319

附录：部分隐身飞机主要战术技术性能 /321

进入 20 世纪 90 年代, 隐身武器成了各国军队最热门的武器, 隐身飞机、隐身军舰、隐身战车、隐身导弹……各国都忙于研制各种隐身兵器, 一时间, 隐身技术成了高技术领域中的“顶尖技术”, 占据了军事高技术的一个制高点。特别是处于领先地位的形形色色的隐身飞机, 已成为 21 世纪空中战场的重要武器。

现代战争中, 侦察与反侦察、打击与反打击的斗争愈演愈烈。首先, 在侦察领域, 空中、太空、地面、水上水下各种侦察平台, 利用雷达、电子、红外、可见光、声波等各种探测技术, 使对方难以藏身。同时, 各种精确制导武器也大量投入使用, 杀伤手段向“发现即命中”的方向发展, 这使得侦察技术在战争中的地位和作用大大提高。特别是, 美国与苏联在进攻与防御领域里的激烈竞争, 直接导致了侦察与反侦察、打击与反打击的迅速发展, 其隐身技术就是美苏在这些领域争霸的结果。

一、隐身技术发展的直接动因

20 世纪 50 年代, 美国就开始尝试在侦察机上使用隐身技术。1953 年, 美军在研制新型侦察机时就提出“最大限度降低被对方雷达探测的可能性”的设计要求。根据这个设计思想, U-2 高空战略侦察机诞生了。尽管 U-2 的



隐身性能并不理想，但是，它是较早使用吸波涂料的军用飞机。接着是 SR-71 “黑鸟” 高空高速战略侦察机，从开始设计就运用了隐身技术，其向内倾斜的双垂尾，双三角机翼及翼身融合的外形，外表涂有“铁球”吸波涂料，都是为了隐身。60 年代末期研制的 B-1A 战略轰炸机，采用翼身融合外形，使用了雷达吸波材料等低可探测性技术。而促使美国发展隐身技术的直接动因，是越南战争中美军飞机的重大损失，更深层的原因，是为适应当时美苏争霸的需要。



图 1 涂有吸波材料的 U-2 高空侦察机绰号“小龙女”

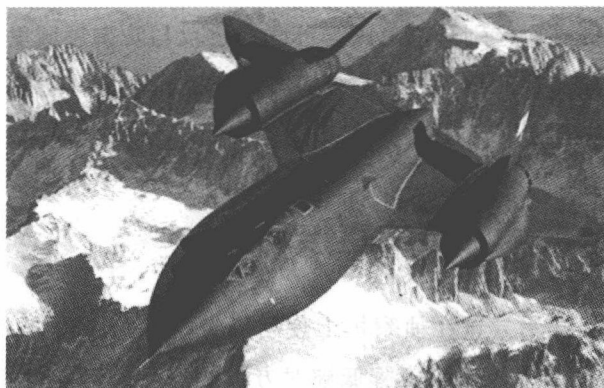


图 2 采用隐身技术的 SR-71 “黑鸟” 战略侦察机

越南战争中，美军在空中战场的巨大损失，无疑是对美军的沉重打击。

美国历来企图利用空中优势称霸世界，但越南战争却使它大失面子，整个战争共损失各型飞机 4000 多

架，其中“后卫二号”战役，美军一下子损失 15 架“空中巨无霸”——B-52 战略轰炸机，使美国大惊失色。1972 年 12 月 18 日晚上开始，美国为阻止越南北方对越南南方的后勤支援，对越南河内和海防地区进行了大规模空中袭击。美国为这次为期 11 天的空袭行动起的代号为“后卫二号”战役（此前进行的“后卫一号”战役在同年的春天进行）。“后卫”的意思就是采用空袭手段彻底摧毁越南后方的战争潜力，使越南失去后方守卫能力。这年 12 月一天的夜间，美国空军一个庞大的空中突击编队出现了。编队中间由 9 架 B-52“同温层堡垒”战略轰炸机组成，编队的最前面是 4 架 F-4G“野鼬鼠”反雷达飞机，反雷达飞机后面是电子干扰机编队和 F-111 可变翼战斗轰炸机用于压制防空，在编队的左右还有若干架 F-4 战斗机为其护航。在接近越南河内上空前，B-52 轰炸机离投弹点还有 2 分钟时间，突然地面几十枚萨姆-2 地空导弹冒着白烟冲上天空，直向美军的轰炸机机群飞去。有 3 架 B-52 立刻被击中起火，并很快失去控制坠向地面。这次战役，美军共出动 120 多架 B-52 战略轰炸机，几十架 F-111 可变翼战斗轰炸机，并出动了大量 F-4、F-105、A-6 战斗机和 EA-6B 电子干扰机进行支援，以压制北越防空力量和米格飞机的截击。整个战役期间出动 B-52 轰炸机 720 多架次，出动 F-111、F-4、A-6 和 F-105 战斗机 640 架次，共投弹 15200 吨，其中大约三分之二是由 B-52 轰炸机投掷的。北越发射萨姆-2 地空导弹 1200 多枚，共击落美机 39 架，其中 B-52 轰炸机 15 架。

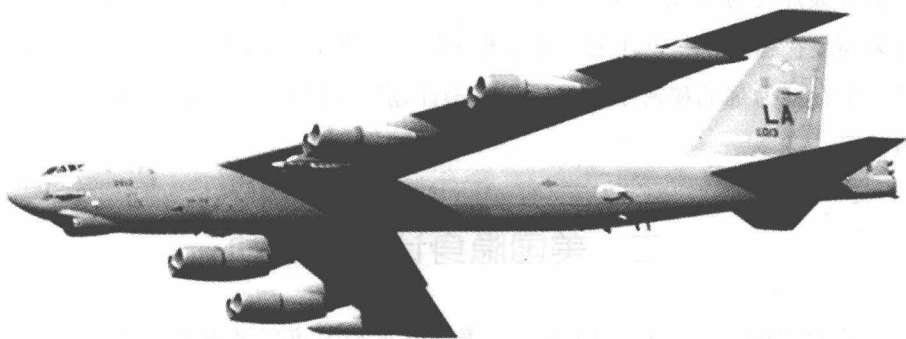


图 3 B-52“同温层堡垒”战略轰炸机



B-52 轰炸机被美国称为“空中重锤”，它一次可载弹 27 吨，如挂 66 枚 227 千克重的炸弹，投弹后散布面积达 1 平方千米，平均 25 ~ 100 米（距离内）可落下 1 枚炸弹。仅仅几天的战役，美军就损失 B-52 轰炸机 15 架，美国朝野大为震惊，惊呼苏联的萨姆导弹太厉害了。

随后，在 1973 年的第四次中东战争中（西方称“赎罪日”战争），以色列在 18 天内损失了 109 架飞机，这些飞机大都是被埃及和叙利亚平日缺乏训练，装备二流的苏联出口型萨姆导弹部队击落的。美国在越南战争中的经验和以色列在“赎罪日”战争中的教训毫无疑问地表明，苏联制造的日益先进的萨姆导弹和防空雷达已对美国及其盟友构成了威胁。这时，美国的有关情报又显示，苏联将很快部署一种先进的具备俯视 / 俯射能力的截击机；还有，萨姆 -5 地空导弹的射高可以达到 38100 米，不仅命中误差非常小，并且可以装载核弹头。对此，如何突破敌方对空防御，已成为美国急迫需要解决的重大问题。

面对战术飞机易毁性的日益加大，当时解决问题的方法之一就是实施电子战来干扰敌方雷达，或者直接攻击敌方的防空系统。但越南战争和中东战争经验似乎表明，实施一般电子战和对敌人的防空系统进行压制仍无法降低飞机日益增长的战损率。那么，会不会有另一种解决问题的更好办法呢？美国的科技人员挖空心思，研究了各种技术资料，终于提出了降低战术飞机雷达反射截面的办法。这样一来将使敌方的雷达对目标的有效探测距离缩短，使执行轰炸任务的飞机在抵达目标上空前不会遭到拦截。于是，被美国空军列为高度机密的“黑色计划”的关键部分，以“低可探测性技术”为主要标志，即“生存能力强的秘密全天候侦察攻击计划”（代号为“哈维”Harey），开始启动了。

二、美国隐身计划的启动

根据“哈维”计划，1973 年，美国空军和国防高级研究计划局签订了代号为“海弗蓝”（Hare Blue）的一系列研究合同，开始全力发展隐身飞机。

就在同一年，美国空军开始对温德克研制的“鹰”式玻璃纤维飞机进行试验，以检验飞机使用的复合材料对降低雷达截面到底有多大作用。为进一步降低雷达截面而对“鹰”式所做的改进（包括改进外形），为“海弗蓝”计划指明了研究方向。

到1973年底，“海弗蓝”计划已取得了相当多的研究成果，于是美国空军决定向航空工业界招标生产技术验证原型机，即被称为XST“实验隐身战术”计划。该计划的目的是要研制一种具有雷达截面小，蒙皮和内部构件广泛使用吸波材料，采用能减小雷达截面的机身外形设计，采用低噪音和低排气温度发动机，以减小其声音和红外信号特征，安装特种平显，能携带先进电子干扰、电子反干扰和电子支援设备，目视信号特征较低，在几百码（1码为0.914米）以外都难以发现这种飞机。

1975年进行招标，次年，洛克希德公司获得了生产XST飞机的合同。XST原型机于1977年12月1日在美国内利斯空军基地的托诺帕靶场格鲁姆旱湖进行了首次飞行。经过多次试飞，XST飞机对付雷达、声学、电子、红外和视觉等探测系统十分有效。美国国防部认为XST飞机是“现有防空体系无法拦截的”。XST飞机即是F-117A隐身战斗轰炸机的雏形，该机于1978年正式发展。

在研制实验隐身战术（XST）飞机的同时，隐身轰炸机计划也在展开。1977年，一个“先进战略穿透机”（ASPA）计划出笼了。该计划提出了如何发展穿透苏联领空的全新型轰炸机概念，对如何运用隐身技术突防进行了全面研究和探讨。到1979年，隐身轰炸机的概念在美国空军和美国国防部逐渐得到重视。1980年美国空军正式对洛克希德和诺斯罗普两家公司发出招标建议，要求发展“先进战略穿透飞机”。结果诺斯罗普公司的设计获得美国空军的青睐，得到73亿美元的发展先进技术轰炸机（ATB）的合同，即B-2隐身轰炸机（F-117A和B-2两种隐身飞机在以下内容里将有详细介绍）。

美国发展先进技术战术和战略飞机，是建立在对隐身技术研究、试验比较成熟的基础上的。隐身技术将是美军夺取21世纪前叶空中战场优势的动力之一。



三、形形色色的隐身技术

要想使飞机完全不被探测到，是不可能的。但采取隐身措施，使敌方探测器材只能在很短的距离内才能发现目标，从而使防空武器失去作用，也就初步达到目的了。所以隐身技术又称为低可探测技术或目标特征控制技术。它是改变武器装备等目标的可探测信息特征，使敌方探测系统不易发现或发现距离缩短的综合性技术。降低作战飞机的可探测技术——隐身技术一直是飞机设计师们极为关注的问题。随着计算机辅助设计和高级复合材料的应用，才使隐身技术出现长足的进展。针对现代战场上侦察探测系统，主要有雷达、电子、红外、可见光、声波等探测系统，隐身措施需要综合运用减弱雷达、红外、目视和声学信号特征技术，再加上无源和有源电子干扰手段等几个方面着手，以保证飞机具备不被探测或降低其被探测的隐身能力。

（一）缩小雷达反射截面

从现代局部战争不难得出这样的结论，地空导弹和空空导弹是作战飞机的最大威胁。而这些导弹又是靠什么来制导和引导的呢？当然是各种程式的雷达，以及由雷达和红外制导的导弹。雷达侦测范围大，可全天候作业，而且可以准确显示目标的方位、距离，因此是目前最广泛采用的防空侦测器材。

雷达侦测，基本上是由雷达天线发出无线电脉冲波，碰到目标后，再反射回电磁波，通过雷达显示系统判定目标的存在。雷达波在照射到目标以后，反射回去的电磁效应有好多种情况。

第一是直接反射，就如物理光反射现象一样，在电波照射到机身的时候，会遵照物理光学的原则，依照入射角等于反射角的方式反射。其中与电波前进方向向量垂直的平面，反射波是直接反射回雷达的。

第二是角隅反射，如机身上有两个相互垂直的平面存在，而电波入射其中一个平面时，它的反射波就会被另一个平面反射并往原来的方向射回，

这种现象叫角隅反射。通常发生在垂直尾翼与水平尾翼上面，如 B-52 轰炸机机身与主翼的形状与安排位置，同时产生直接反射和角隅反射两种效应。

第三是空洞反射，机身上的空洞在电波射入之后，经过多次反射，通常也容易将电波反射回原来的位置。如进气口、驾驶舱等处，常常会发生这种效应。而且空洞里面有对雷达波反射特别敏感的东西，例如涡轮发动机的涡轮风扇正面，回波信号会更加强烈。所以机身正面进气口、驾驶舱是正面雷达波的主要反射源。

第四是在主机翼前缘的尖锐面上，回波现象更复杂，除反射以外，还会有散射。反射波的向量将不再是单一的方向，而会向以反射线为轴、顶角为入射角两倍的角度的圆锥区域集合。除了反射角度更大之外，尖端的电波反射强度也很大。所以飞机主翼前缘的雷达波反射强度，与机身侧面几乎是一样的，甚至较其他部位产生的雷达波反射都大。通常，翼剖面前缘部分的夹角越尖锐，则反射波前方越偏离电波发射方向，返回原方向的电波强度也就越低，因此，隐身飞机设计的机翼前缘通常都比较尖锐，但也不能太小，太小了会影响飞机的气动性能。

第五是表面波，雷达波贴着机身表面前进的部分会形成所谓的表面波。这些表面波在碰到机身上一些细小的接缝时，也很容易产生反射现象，增大整架飞机的雷达截面。因此，机身上的一些小地方，如空速管、电子天线甚至机身上缝隙，都需要高精度的加工，减少接缝的设计，使用隐身材料处理等。如，F-117A 早期的试验机“海弗蓝”，因飞机空速管尖锐的前缘以及空速管内部空洞所造成的雷达波反射，就使雷达可以在 80 千米外发现了“海弗蓝”飞机，后来把空速管尖端修改成类似水晶状，才解决了这个问题。

第六是雷达波折射与绕射效应，也是隐身飞机设计必须注意的问题。目前，对空搜索雷达的波长，大致是从数厘米至数米之间。一般情况下，雷达波会针对大小与波长长度相近的物体，产生折射或绕射作用。一般在雷达波长 3 厘米（10 兆赫）左右，会产生绕射的只有战斗机的空速管、外挂导弹以及一些天线，但假如波长有数十厘米，甚至约 2 米，那就连飞机的机身都会