



中航工业首席专家
技术丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目
中航工业科技与信息化部组织编写

桑建华 编著

飞行器隐身技术

LOW-OBSERVABLE TECHNOLOGIES
OF AIRCRAFT

航空工业出版社

中航工业首席专家技术丛书

“十二五”国家重

飞行器隐身技术

桑建华 编著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书在对现代隐身和反隐身技术的发展、隐身的基本概念、研究重点进行介绍的基础上,详细阐述了飞行器雷达、红外、射频以及可见光和声学隐身技术的基本原理、方法和关键技术。书中重点阐述了雷达、红外、射频隐身相关技术指标的分析与分解方法、各类散射(辐射)源的分析 and 减缩手段、飞行器各种目标特征的理论仿真与试验方法等;对可见光和噪声控制等隐身技术的基本概念以及在飞行器上的可能应用方案进行了简要的介绍;同时,还介绍了隐身技术研究领域的一些新的动向和广为关注的一些隐身新方法。

本书系统性强,理论与实际并重,对于隐身与反隐身、雷达、制导、电子对抗、军用目标特性等学科领域的科学研究人员、工程技术人员等,都具有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

飞行器隐身技术/桑建华编著. --北京:航空工业出版社, 2013.1

ISBN 978-7-5165-0135-1

I. ①飞… II. ①桑… III. ①飞行器—隐身技术
IV. ①V418

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第319617号

飞行器隐身技术

Feixingqi Yinshen Jishu

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京世汉凌云印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2013年1月第1版

2013年1月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 22.5 字数: 576千字

印数: 1—2000

定价: 138.00元

总 序

航空工业被誉为“现代工业之花”，是国家战略性高技术产业，同时也是技术密集、知识密集、人才密集的行业。中国是世界航空产业格局中的后来者，而中航工业作为支撑中国航空工业发展的核心力量，履行国家使命，必须大力推进自主创新，必须在科技创新和知识创新上有所作为。

从 2009 年开始，中航工业按照航空技术体系，在科研一线技术人员中陆续遴选出近百位集团公司级“首席技术专家”。此举既是集团公司对这些技术人员技术水平和能力的肯定，也意味着集团公司赋予了他们更大的责任和使命。我们希望这些技术专家在今后的工作中，要继续发挥科研技术带头人的作用，更加注重学习和创新，不断攀登航空科技新的高峰；要坚持潜心科研，踏实工作，不断推动航空科技进步；要带队伍、育人才，打造高水平的科研队伍，努力培养更多的高层次专业技术人才，为中航工业的发展做出更大的贡献。

21 世纪企业的成功，越来越依赖于企业所拥有知识的质量，利用企业所拥有的知识为企业创造竞争优势和持续竞争优势，这对企业来说始终是一个挑战。正因如此，“知识管理”在航空工业等高科技产业领域得以快速推广和应用。依照这个思路，将首席技术专家们所积淀和升华出来的显性或隐性知识纳入知识管理体系，是进一步发挥其人才效益的重要方式，也是快速提升中航工业自主创新能力的重要途径。

知识管理理论的核心要义，就是把知识作为一种重要资产来进行管理，正如知识管理的创始人斯威比所说：“知识资本是企业的一种以相对无限的知识为基础的无形资产，是企业核心竞争能力的源泉。”如果专家们把其掌握的各类显性或隐性知识，用书面文字的形式呈现出来，就相当于构建了一个公共资料库，提供了一个交流平台，可以让更多的人从中受益——这就是出版这套“中航工业首席专家技术丛书”的初衷。

集团公司的这近百位“首席技术专家”，基本覆盖了航空工业的所有专业。每位专家撰写一部专著，集合起来，就相当于一个航空工业的“四库全书”，很有意义。在此，我要特别感谢这些专家们，他们在繁重的科研生产任务中，不辞辛劳地撰写出了自己的专著，无私地将自己的宝贵经验呈现给大家，担当起了传承技术、传承历史的责任。

相信这套丛书的出版，会使更多的航空科技工作者从中获益，也希望在一定程度上能助力中航工业的自主创新，对我国航空工业的科技进步产生积极影响。



中国航空工业集团公司董事长

前 言

隐身技术对未来武器装备的生存力和作战效能影响意义深远。自 F-117A 飞机诞生到 F-22 飞机的服役,隐身技术已经历了 3 个发展阶段,并逐渐走向成熟,开始在各种不同类型的武器平台上得到广泛的应用。当今的隐身技术,不仅在主战的固定翼飞行器上应用,在直升机、无人机以及上一代飞机改进上也广泛应用;不仅应用于飞行器,也大范围地应用于各种水上和水下武器平台、陆上武器平台等,对各国的传统防御体系构成了巨大的冲击,已迫使各国开始了新一轮的传感器和探测系统研究。

隐身技术的系统性研究已经进行了 50 多年,针对不同的威胁环境和不同的探测系统,人们开展了大量的雷达隐身、红外隐身、射频隐身、可见光隐身和声隐身等基础技术研究。隐身技术涉及到多个学科的理论 and 基础技术,除了电磁学、热力学、光学和声学等直接相关的学科外,还涉及流体力学、结构力学、材料、化学、高分子、通信、目标特性、特征分析及测量技术等。隐身设计要求的贯彻与隐身技术应用在飞行器研究和研制中面临着许多的挑战,包括多种隐身基础理论、技术途径、技术要求的制订、综合设计以及与武器平台其他性能要求的系统综合,还包括工程开发、工艺实现、装备实践、工程师的认识和用户习惯等大量的工程应用问题。

作者从 1987 年起开始研究现代隐身技术。由于多种原因,人们不断“做无用功”,总是“走到死胡同”,而且还经常发表谬论。本书的目的就在于为设计者们提供一些基础知识。因此,这本书的首要原则就是简单,方法适用,而其他书籍中介绍过的内容,本书不作重复介绍,重点是从飞行器角度去理解隐身技术。

本书主要的阅读对象以从事飞行器研制的工程师为主体,也适用于大学高年级学生或研究生,即掌握了一定的雷达、通信和基本物理学知识的读者。因此,本书主要从飞行器设计的角度出发,重点对固定翼飞行器的雷达隐身、红外隐身、射频隐身技术的原理、特点、难点和关键技术进行分析阐述,尽量直接给出结论性的结果,避免各种繁复的公式推导;按飞行器设计的习惯,对各种隐身技术要求的实质进行描述,并为飞行器工程师提供各种具体的技术途径和技术方案;书中给出的图表和曲线,既有一定的理论基础,又有实际的试验结果作为支撑,在保证技术的先进性的同时具有很强的工程实用性;编撰时,一方面确保理论严谨性,同时在描述上尽可能多些可读性和趣味性。部分插图和表格来自英文期刊和文章,由于作者认为其表现力和表现形式较好,有意保留了原文而未进行翻译和

处理,这样可能更易于表现原本的含义,相信读者可以理解且不会有阅读问题。

本书共分6章,第1章为“飞行器隐身技术概述”,重点对现代隐身技术的发展进行回顾,对隐身技术的内涵和基本概念、研究的重点进行介绍,同时对除飞行器以外的其他武器装备的隐身技术进行了简要介绍;第2章为“隐身要求对飞行器研制的影响和反隐身技术发展”,重点介绍对飞行器隐身技术要求中的难点和重点以及对飞行器发展的技术推动,同时探讨了隐身技术对传统探测器(防御系统)带来的挑战和反隐身技术的发展;第3章为“飞行器雷达隐身技术”,重点对飞行器雷达目标特征的基本理论进行分析,介绍了隐身技术指标的分析、分解方法,各种散射源的分析 and 减缩方法,理论仿真和试验方法等;第4章为“飞行器红外隐身技术”,重点对红外辐射的基本理论以及飞行器红外隐身的基本原理、方法进行分析讨论,介绍了隐身性能的分析方法,各种辐射源的控制方法,计算和试验方法等;第5章为“飞行器射频隐身技术”,重点对飞行器射频隐身技术的原理、方法、关键技术进行介绍,包括机载低截获概率系统及波形设计、试验和验证方法等;第6章为“光学、声学隐身及隐身技术研究新动向”,重点讨论了可见光和噪声控制等隐身技术的基本概念以及在飞行器上的可能应用方案,同时,介绍了隐身技术研究领域的一些新的动向和广为关注的一些隐身新方法。

本书由桑建华等编著,其中,全书大纲的提出和编制、前言、第1、第2和第6章由桑建华撰写,第3章由张勇、麻连凤、郭展志、何枫、周海、冯维林、陈颖闻、王烁、林赟等撰写,第4章由张宗斌、罗明东、任科、徐顶国等撰写,第5章由陈加海等撰写,桑建华参与了第3、4、5章部分内容的编写,并对全书进行了统稿、修改、校稿和终审。

吕剑、李悦霖等在稿件编辑、排版、制图等大量且繁琐的工作中给予了支持。在此,表示诚挚的感谢!

本书理论分析力求深入浅出,工程应用力求实用,各种数据、图表、公式及计算方法可供从事飞行器隐身技术研究和设计人员参考或直接引用。本书可以作为从事飞行器设计、发动机设计、隐身技术研究的科研人员、部队相关领域研究人员、飞行器研制工程管理者的参考书,也可作为高等院校飞行器、发动机设计专业高年级本科生和研究生的参考书。

尽管我们衷心希望奉献给读者一本关于飞行器隐身技术方面的高质量佳作,但由于隐身技术发展日新月异且技术十分复杂,加之作者的水平有限,书中难免存在不足、疏漏甚至谬误,恳请广大读者给予批评指正。

桑建华
2012年9月

目 录

第 1 章 飞行器隐身技术概述	(1)
1.1 现代隐身技术的应用和实践	(1)
1.2 隐身技术的内涵	(5)
1.2.1 隐身——目标特征信号控制	(5)
1.2.2 隐身的作用	(5)
1.3 目标特征信号的分类、控制及平衡设计	(6)
1.3.1 探测敏感性评估	(6)
1.3.2 作战方案	(6)
1.3.3 威胁特性	(8)
1.3.4 可探测特征的分类	(8)
1.3.5 可探测特性控制的平衡设计	(9)
1.4 飞行器(目标)雷达隐身技术	(10)
1.4.1 飞行器隐身技术的重点——雷达特征信号控制	(10)
1.4.2 雷达距离方程	(10)
1.4.3 飞行器雷达隐身的重要方位	(11)
1.4.4 雷达特征控制的技术局限	(12)
1.4.5 目标的雷达特征控制	(13)
1.5 飞行器红外隐身技术	(17)
1.5.1 红外隐身技术的内涵	(17)
1.5.2 红外隐身技术的重要性	(19)
1.5.3 红外隐身技术的发展	(20)
1.5.4 红外隐身技术的研究方向和内容	(21)
1.6 射频隐身技术	(22)
1.6.1 射频隐身技术的内涵	(22)
1.6.2 发展射频隐身技术的重要性	(23)
1.6.3 射频隐身技术的发展	(25)
1.6.4 射频隐身技术的重点研究方向	(26)
1.7 其他类型武器平台隐身技术发展	(26)
1.7.1 威胁环境决定武器平台隐身技术的发展	(26)

1.7.2 直升机的隐身技术	(27)
1.7.3 潜艇的隐身技术	(28)
1.7.4 水面作战的大型舰船的隐身技术	(29)
1.7.5 陆地作战的坦克的隐身技术	(31)
1.8 小结	(32)
第2章 隐身要求对飞行器研制的影响和反隐身技术发展	(33)
2.1 隐身技术推动飞行器发展和技术进步	(33)
2.1.1 雷达隐身要求对飞行器总体气动设计带来的影响	(33)
2.1.2 雷达隐身要求对飞行器结构设计带来的影响	(34)
2.1.3 雷达隐身要求对飞行器系统设计带来的影响	(36)
2.1.4 雷达隐身要求对飞行器制造带来的影响	(37)
2.1.5 雷达隐身对飞行器隐身性能测试系统的要求	(38)
2.1.6 飞行器研制所面临的挑战	(39)
2.1.7 隐身飞行器研制队伍的组织和培训	(39)
2.2 反隐身技术的发展	(41)
2.2.1 飞行器隐身技术发展中仍存在技术约束	(42)
2.2.2 反隐身技术的几个具体技术技巧	(43)
2.2.3 反隐身技术的其他几个问题	(46)
2.3 小结	(47)
第3章 飞行器雷达隐身技术	(48)
3.1 电磁场基本理论及雷达距离方程	(50)
3.1.1 电磁场基本理论——麦克斯韦方程	(50)
3.1.2 电磁场基本理论——雷达频段	(51)
3.1.3 电磁场基本理论——雷达截面	(52)
3.1.4 电磁场基本理论——雷达距离方程	(56)
3.2 雷达外形隐身基本原理及技术	(57)
3.2.1 外形隐身的重要性	(58)
3.2.2 典型几何体的散射现象和特征	(58)
3.2.3 典型的非雷达隐身飞行器的外形强散射源分布及散射机理	(64)
3.2.4 飞行器外形隐身设计技术	(68)
3.3 吸波材料基本原理及技术	(75)
3.3.1 雷达吸波材料/结构吸波原理及分类	(76)
3.3.2 雷达吸波材料/结构分类、吸波原理及应用	(78)

3.4 飞行器上常见的强散射源及其减缩控制	(89)
3.4.1 飞行器强散射源分布及其 RCSR 的一般原则	(89)
3.4.2 进气道 RCS 减缩控制抑制技术	(90)
3.4.3 座舱减缩控制抑制技术	(103)
3.4.4 雷达天线舱 RCS 减缩控制抑制技术	(108)
3.4.5 其他射频天线/舱 RCS 减缩控制技术	(114)
3.4.6 发动机尾喷管腔体 RCS 减缩控制抑制技术	(119)
3.4.7 系统进排气腔体 RCS 减缩控制抑制技术	(122)
3.4.8 机表光窗 RCS 减缩控制技术	(123)
3.4.9 武器外挂 RCS 减缩控制技术	(125)
3.5 雷达隐身与气动力综合设计原理及技术	(127)
3.5.1 隐身外形与气动布局综合设计	(128)
3.5.2 发动机进气系统隐身与气动综合设计	(129)
3.5.3 发动机排气系统隐身与气动综合设计	(129)
3.5.4 系统进排气腔体与气动综合设计	(130)
3.6 飞行器次/弱散射源——电磁缺陷的控制	(130)
3.6.1 常规飞行器表面缝隙、台阶特点分析	(131)
3.6.2 表面电磁缺陷散射机理	(132)
3.6.3 表面电磁缺陷电磁散射分析	(137)
3.6.4 电磁缺陷的抑制措施	(140)
3.7 RCS 指标的分解	(143)
3.7.1 非相干理论	(143)
3.7.2 典型飞行器主要散射源及其分析	(144)
3.7.3 整机 RCS 指标要求及分配	(147)
3.8 雷达隐身技术的代价讨论	(150)
3.8.1 性能代价	(150)
3.8.2 容积代价	(150)
3.8.3 重量代价	(151)
3.8.4 结构/系统复杂程度增加	(153)
3.8.5 制造代价	(154)
3.8.6 维护代价	(154)
3.9 计算分析方法和优化设计技术	(155)
3.9.1 高频计算方法	(156)

3.9.2	积分方程方法	(158)
3.9.3	微分方程方法	(161)
3.9.4	隐身目标的 RCS 求解	(166)
3.9.5	优化设计技术	(174)
3.10	雷达隐身试验和验证技术	(181)
3.10.1	雷达隐身试验中的关键技术	(182)
3.10.2	常见的隐身试验测试方法	(184)
3.10.3	试验数据处理	(190)
3.11	小结	(196)
第4章	飞行器红外隐身技术	(198)
4.1	飞行器红外辐射基础知识	(198)
4.1.1	红外辐射的基本物理标量	(199)
4.1.2	目标热辐射基本定律	(199)
4.1.3	固体壁面红外辐射特性	(200)
4.1.4	参与性介质红外辐射特性	(202)
4.1.5	飞行器流场/温度场分析与耦合计算	(203)
4.1.6	红外辐射在大气内传输	(205)
4.2	飞行器红外强辐射源分析及其控制	(208)
4.2.1	飞行器排气系统	(209)
4.2.2	飞行器机体表面	(214)
4.2.3	其他辐射源	(219)
4.3	飞行器红外隐身基本原理及技术	(220)
4.3.1	飞行器红外隐身基本原理	(220)
4.3.2	排气系统红外隐身技术	(222)
4.3.3	机体外表红外隐身技术	(227)
4.4	飞行器红外隐身与气动布局/外形综合设计技术	(228)
4.4.1	飞行器红外辐射源简析	(228)
4.4.2	红外隐身飞行器布局方案设计	(229)
4.4.3	红外隐身飞行器布局参数设计	(229)
4.4.4	红外隐身外形细节设计	(231)
4.4.5	红外隐身飞行器布局和外形的演变	(233)
4.5	飞行器红外特征信号分析方法和优化设计技术	(233)
4.5.1	飞行器红外特征计算分析方法	(233)

4.5.2 飞行器红外隐身/气动优化设计方法	(240)
4.6 飞行器红外特征信号试验和验证	(243)
4.6.1 常用的红外测试设备及其基本原理	(243)
4.6.2 空空动态红外特征试验和验证	(247)
4.6.3 地空动态红外特征试验和验证	(251)
4.6.4 地面静态红外特征试验和验证	(252)
4.7 飞行器红外隐身技术的代价	(253)
4.7.1 性能代价	(253)
4.7.2 重量代价	(256)
4.7.3 结构/系统复杂程度增加	(256)
4.7.4 制造代价	(257)
4.7.5 维护代价	(257)
4.8 小结	(258)
第5章 飞行器射频隐身技术	(259)
5.1 射频隐身和无源探测	(259)
5.1.1 射频隐身(低截获概率)概念	(259)
5.1.2 LPI 基本方程	(259)
5.1.3 无源探测——截获接收机	(264)
5.1.4 LPI 系统设计的要素	(272)
5.2 辐射能量的控制	(274)
5.2.1 有效辐射峰值功率控制	(274)
5.2.2 辐射能量因素	(275)
5.2.3 功率管理方法	(277)
5.3 天线辐射信号的空域控制	(279)
5.3.1 辐射信号的空域控制	(279)
5.3.2 天线 RCS 基本概念	(280)
5.3.3 天线增益失配	(283)
5.4 天线辐射信号频域控制	(285)
5.4.1 频率和带宽对截获的影响	(285)
5.4.2 采用频率分集技术	(285)
5.5 时域控制及不确定性	(292)
5.5.1 最大信号不确定性	(292)
5.5.2 截获率时间限制	(293)

5.5.3 截获接收机时间响应	(294)
5.5.4 接收机灵敏度与截获概率的关系	(295)
5.5.5 LPIS 与截获接收机	(298)
5.6 低截获波形设计	(300)
5.6.1 波形准则	(300)
5.6.2 脉冲压缩	(301)
5.6.3 离散相位码	(302)
5.6.4 混合波形	(314)
5.6.5 脉冲压缩器中的噪声传播	(316)
5.6.6 波形归纳	(316)
5.7 射频隐身技术验证	(316)
5.7.1 LPI 模式的试验验证方法	(317)
5.7.2 LPI 性能应用实例	(318)
5.7.3 LPI 与电子反对抗	(318)
5.7.4 采用 LPI 的代价	(318)
5.8 小结	(319)
第 6 章 光学、声学隐身及隐身技术研究新动向	(321)
6.1 目标的光学特征及其控制	(321)
6.1.1 可见光学信号	(321)
6.1.2 光学特征信号评估	(322)
6.1.3 光学特征信号减缩或控制	(322)
6.2 目标的声学特征及其控制	(325)
6.2.1 声学特征信号	(325)
6.2.2 声学信号减缩	(326)
6.3 隐身技术研究的新动向	(327)
6.3.1 向“全方位”“全频谱”方向发展	(327)
6.3.2 向“更低”的 RCS 方向发展	(327)
6.3.3 主动(有源对消)隐身技术	(328)
6.3.4 目前“热门”的几项隐身技术	(328)
6.4 小结	(334)
缩略语	(335)
参考文献	(339)

第 1 章 飞行器隐身技术概述

所谓“隐身技术”，其实在很早以前就有所应用。在《水浒传》中，“鼓上蚤”时迁，出去执行任务时，要身披黑色斗篷，选择“初一夜半”、“月黑风高”之时；雪地中行军通常要身披白色的斗篷；士兵作战时头上都要戴一顶柳条帽，穿一身迷彩服；对于那些大型而重要的军事装备，都要进行迷彩涂装或加装防护网。这些主要是针对人眼和人耳传感器采用的可见光和声隐身术，是在现代先进的传感器发明之前，人们根据经验所采用的一些朴素的隐身术的应用和实践。在发明雷达技术后，现代战斗机作战时，大都要采用低空突防技术，主要是希望利用地形、地物导致的各种探测系统的盲区，从而达到隐身的目的。

在本章中，首先对现代固定翼飞行器（简称飞行器）隐身技术的发展进行简要的回顾，然后对隐身技术的内涵和一些基本概念、研究重点进行介绍，同时为了使读者对隐身技术有一个更全面的了解，也对除飞行器以外的其他武器装备的隐身技术进行了简要的介绍。

1.1 现代隐身技术的应用和实践

美国的 F-117A 飞机（见图 1-1）可以认为是第一代隐身飞行器，但其采用的隐身技术所针对的对象是雷达探测器和红外探测器，对可见光探测器是无效的，因此，全身都涂成了黑色，通常只能在夜间出动执行任务。



图 1-1 美国的 F-117A 隐身飞机

实际上，针对飞行器的隐身技术的系统研究和应用是 20 世纪 50 年代开始的。早期的应用有 U-2（见图 1-2）、SR-71（见图 1-3）和 D-21（见图 1-4）侦察机，20 世纪 70 年代出现了 F-117A 和 B-2（见图 1-5）轰炸机。到了 20 世纪八九十年代，针对战斗机开始了应用研究，其主要代表是 F-22（见图 1-6）和 F-35（见图 1-7）战斗机。随着技术的进步，隐身技术也开始在高端无人机上得到大量的应用，如 X-45 和 X-47 无人作战飞机验证机（见图 1-8）。上述这些机型都是美国研制的。



图 1-2 U-2 高空侦察机



图 1-3 SR-71 高空高速侦察机

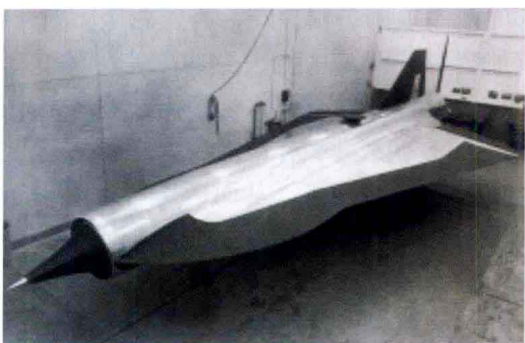


图 1-4 D-21 高空高速侦察机

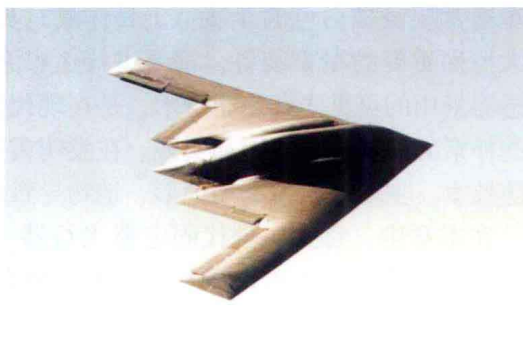


图 1-5 B-2 隐身轰炸机



图 1-6 F-22 隐身战斗机



图 1-7 F-35 隐身战斗机



图 1-8 X-45 和 X-47 无人作战飞机验证机



随着隐身技术的不断扩散，一些发达国家也开始尝试研究和发展自己的隐身飞行器，如：法国的“神经元”无人作战飞机验证机（见图 1-9），德国的“梭鱼”无人作战飞

机验证机（见图1-10），瑞典的“FILUR”无人作战飞机验证机（见图1-11），英国的“雷神”无人作战飞机验证机（见图1-12），俄罗斯的新一代隐身飞机T-50（见图1-13）等；日本、韩国和印度也分别推出了各自的隐身飞行器计划。



图1-9 法国的“神经元”无人作战飞机验证机



图1-10 德国的“梭鱼”无人作战飞机验证机



图1-11 瑞典的“FILUR”无人作战飞机验证机



图1-12 英国的“雷神”无人作战飞机验证机



图1-13 俄罗斯的新一代隐身飞机T-50

同时，随着技术成熟度的不断提高，开始利用隐身技术对一些飞行器进行大规模的升级改造，如美国的F-18E/F（见图1-14）、F-15“沉默鹰”（见图1-15）等。

由于隐身技术的应用导致大部分常规探测器失去作用（包括美国人自己的探测器），极大地提高了飞行器的作战效能，在几次有限战争作战中表现出了巨大威力。因此，世界各国都希望通过各种手段拥有隐身技术。美国为了确保自己在此领域内的技术优势，将隐身技术列入美国国防关键和核心技术，由于其敏感性，要求严格限制扩散，包括其盟国。



图 1-14 美国的 F-18E/F



图 1-15 F-15 “沉默鹰”

同时，由于担心对手掌握隐身技术，美国军方还开始了反隐身技术研究。早在 1994 年颁布的美国国防部国防技术计划中就提出，到 2005 年，在战术上，雷达技术应提供包括把雷达截面（radar cross section, RCS。有的翻译成雷达截面积、雷达散射截面或雷达反射截面，本书统一为雷达截面）缩减到 1/1000 的目标在内的各种先进威胁目标的探测、跟踪、分类和识别。其潜在效益包括对各种目标的探测和跟踪性能提高 3 个数量级，并且费用降低 50%。这些项目开发的成果还应该可以转移到已有的武器系统以及正在研制的武器系统中去。直到今天，美国国防部仍然将“目标特征控制技术”也即“隐身技术”列入“军事关键技术项目”（military critical technology program, MCTP），包括：雷达、红外、光电、声、磁等所有频率和波段的低可探测（low observable, LO）技术、反低可探测（counter low observable, CLO）技术及其系统综合技术。

在美国空军最后一架 F-22 飞机的下线和第一批 F-35 飞机的服役之际，标志着战斗机隐身时代的真正来临。雷达的发明，使飞行器成为了其第一个猎物，也上演了它们之间持续几十年的较量（己方雷达除外）。这迫使飞行员采用低空突防等手段来躲避雷达的探测。飞行器工程师们一直在进行着不懈的努力，以避免飞机在飞行时被雷达发现，从而推动了飞行器隐身技术的发展。从 U-2、SR-71 侦察机到 F-117A 和 B-2 轰炸机，再到 F-22、F-35 等战斗机，隐身技术不断发展、日趋完善，并得到广泛应用。隐身技术的出现及其在作战中所表现出来的巨大威力，使之成为新一代作战飞行器所必备的重要标志之一，并不断推动着飞行器设计和制造技术的进步。从雷达隐身、红外隐身到射频隐身，针对探测器的不断发展和新型传感器的出现，“隐身”的内涵及相关性能要求也在不断得到丰富和提高。

从 U-2 到 F-35，美国人走过了 50 多年，其中的甘苦只有他们自己知道，对于隐身技术的研究一直秘而不宣，三缄其口。当全世界都开始逐渐认识到什么是隐身技术和什么是隐身飞机时，各种片面之词大量涌现。有的认为“隐身就是涂点隐身吸波涂料”“隐身就是三大强散射源的控制”；有心急的就迫不及待地宣誓一定要搞出自己的“心神”，但真正能研制出隐身飞机的又有几个？这就充分表明了从国家层面的考虑，对武器装备实现隐身化的一种奢望，更表明了大多数人实际上对真正意义上实现飞行器隐身要求的困难程度认识不足或不清楚！

在国内外公开出版物中，有不少与隐身技术相关的非常好的基础性著作，如：《雷达散射截面——预估、测量和减缩》《雷达截面与隐身技术》《射频隐身导论》等，但真正能用于指导飞行器设计工程师们开展隐身设计的读本却非常缺乏。导致这种现象的原因是