

文章编号: 1000-6893(1999)03-0287-02

技术简讯

飞机隐身技术及隐身材料

彭艳萍

(航空工业总公司科技局, 北京 100712)

STEALTHY FIGHTER AND STEALTHY MATERIAL

PEN G Yan-ping

(Commission of science, Technology and Industry for National Defense,

Department of Science Technology and Quality Control, Beijing 100083, China)

1 美国隐身飞机及隐身技术发展状况

美国的飞机隐身技术处于世界领先地位, 其杰出代表是 F-117A 隐身攻击战斗机、B-2 隐身战略轰炸机和 F-22 先进战术战斗机。

(1) F-117A 隐身攻击战斗机 1978 年, 美国空军与洛克希德公司签署合同, 研制 F-117A 隐身攻击战斗机。1981 年首飞, 1983 年生产型投入使用, 是美国空军第 1 种服役的隐身战斗机。有 44 架 F-117A 参加了海湾战争, 共出动 1271 架次, 攻击了巴格达 95% 的重点目标, 无一损伤, 成为引人注目的高技术武器系统。F-117A 曾被称为“黑色喷气机”, 原因是机体表面几乎全部涂覆了黑色的雷达吸波材料。

目前, 美国空军正在着手对 F-117A 隐身飞机进行改型, 下一个型号将是 F-117MLU。拟在 2 个关键方面进行修改: 一是全天候对地攻击能力; 二是隐身涂层。洛克希德公司将把 F-22 飞机有关隐身涂层的经验用到 F-117A 上, 即改用强度更高、易于用喷枪喷涂的吸波材料。

(2) B-2 隐身战略轰炸机 70 年代, 美国空军提出了新的发展轰炸机计划, 1981 年美国首次披露计划预算, 1989 年 6 架原形机相继投入试飞。尽管 B-2 轰炸机的实际尺寸与 B-52 轰炸机相当, 但 RCS 只有 B-52 的几分之一。B-2 轰炸机的隐身措施与 F-117A 有很大差别: 其外形基本是一个飞翼; 发动机装在机翼内部; 进气道在机翼上部, 减小了雷达能量的反射。B-2 轰炸机 900m² 的外表面 95% 涂覆有一种具有不同厚度的韧性隐身涂层。这种涂层是导电的, 每 5 年要更换一次, 在 B-2 轰炸机的整个寿命期内, 将这种涂层剥除并重新涂覆大约要进行 4 次, 以保证它的隐身

特性。

此外, B-2 轰炸机大量采用了吸波复合材料, 如机身表面的大部分由吸波的碳纤维蜂窝夹层结构制成。外翼的蒙皮及梁大多采用碳纤维/环氧复合材料, B-2 轰炸机是目前所有飞机上 RCS 最小的一种, 仅为 0.01m 左右。

(3) F-22 先进战术战斗机 F-22 战斗机是美国洛克希德、马丁与波音公司为美国空军研制的 21 世纪初主力重型战斗机, 用于替代现役的 F-15 战斗机, 是第 4 代战斗机的典型代表, 在美国空军武器装备发展中占有最优先的地位。F-22 综合平衡了隐身性能、超音速巡航、敏捷性、可靠性和维护性的不同要求, 其雷达反射截面积约为 0.1~0.01m²。

F-22 的气动外形采用了先进的低阻隐身外形设计: 机身与机翼融为一体, 且结合圆滑, 无棱角过渡; 采用了角锥形的机头、脊形前体和向外倾斜 27 的 V 形双垂尾; S 形进气道位于机翼下部的机身两侧, 遮护发动机不受雷达照射等。

在隐身材料方面, F-22 并非整机都涂覆吸波材料, 而是采用了更先进、更成熟的隐身材料技术: 大量采用了复合材料结构, 复合材料占整个结构重量的 26%。

2 国外隐身材料发展状况

实现隐身的关键是飞机的外形设计, 隐身材料的使用仅能使飞机的雷达散射截面积减少 10% 左右。但对外形的过于苛刻要求, 势必以气动性能的降低为代价, 而隐身材料在某些关键部位的使用, 对原设计牵动不大, 又可以收到满意的效果, 因此, 隐身材料技术的发展和成为隐身技术发展的重要支撑技术。

(1) 雷达吸波涂料 近年来, 国外在研究并改进传统吸波涂料(如铁氧体、羰基铁等)的同时, 进

收稿日期: 1998-07-01; 修订日期: 1998-10-19



行了卓有成效的新材料探索。这些新型吸波材料主要有:

纳米RAM 纳米材料研究处于近代材料科学的前沿,由于纳米材料的特殊结构引起的量子尺寸效应及隧道效应等,导致它产生许多不同于常规材料的特异性能。纳米材料对电磁波的透射率及吸收率比微米粉要大得多。磁性纳米颗粒、纳米颗粒膜和多层膜是纳米材料用作隐身材料的主要形式。法国科学家最近研制出纳米 CoNi 超微吸波材料,其在 $0.1 \sim 18\text{Hz}$ 频率范围内磁导率的实部(μ')和虚部(μ'')均大于6,大大超过金属微粉磁导率理论极值3的限制。

多晶铁纤维RAM 80年代中后期,美国和日本等国大力开展多晶铁纤维吸波材料的研究,即将磁性纤维用于RAM中。研究表明:多晶铁纤维吸波材料具有吸收频带宽、密度小、吸收性能高等优点。最近CTI公司推出了其研制的一种多层铁纤维吸波材料,这种多晶铁纤维为羰基铁单丝,直径 $1 \sim 5\mu\text{m}$,长度 $50 \sim 500\mu\text{m}$ 。由于这种材料是通过涡流损耗等多种机制损耗电磁波能量,因而可以实现宽频带高吸收,而且可比一般吸波涂料减重 $40\% \sim 60\%$ 。

手征RAM 手征(Chiral)RAM材料是近年来开发的新型吸波材料。自1987年美国宾州大学研究人员首次提出“手征性具有用于宽频吸波材料的可能性”以来,手征吸波材料在国外受到广泛重视。90年代初国外将手征吸波材料附于金属表面的试验结果表明:它与一般吸波材料相比,具有吸波频率高、吸收频带宽的优点,并可通过调节旋波参量来改善吸波特性。在提高吸波性能、扩展吸波带宽方面具有很大潜能。美国、法国和前苏联非常重视手征材料研究,在微观机理研究方面取得较大进展,并通过实验证实了旋波特性。目前实验室内已能制出厚度高度均匀、面积为 $0.1\mu\text{m}^2$ 、厚 0.005 的薄膜样品。

导电高聚物RAM 研究具有微波电、磁损耗性能的有机高聚物越来越引起世界各国的重视,法国LanYent, Omedo等人研究的聚吡咯、聚苯胺、聚-3-辛基噻吩在 3cm 波段内均有 8dB 以上的吸收。美国Carnegie-Mellon大学用视黄基席夫碱盐(Retinyl Schiffbase Salts)制成的吸波涂层可使目标的RCS减缩 80% ,而比重只有铁

氧体的 10% 。美国Hunstvills公司研制出一种透明吸波材料,就是一种能导电的高分子聚合物苯胺与氰酸盐晶须的混合物,悬浮在聚胺酯或其他聚合物基体中,这种材料可以喷涂,也可以与复合材料组成层合材料。这种涂层的特点是吸波剂在涂层内分布均匀,改变了传统吸波材料涂层组分分布不均匀的缺点,因此不必增加厚度来提高频带宽度,并且工艺简单,只要采用改进的喷枪就可以在飞机任何部位(包括机头、尾翼以及铆钉、接缝等处)实施喷涂,特别适合对老飞机的隐身改装。此外这种吸波涂层是光学透明的,适合于座舱盖及夜视红外装置电磁窗口的隐身。

(2) **结构吸波材料** 结构吸波材料是隐身材料的重要组成部分。美、俄、法等国已经将结构吸波材料用于作战飞机、导弹和舰艇。结构吸波材料正向着红外与雷达隐身兼容及多功能、宽频带方向发展。目前国外隐身复合材料及其结构主要有层板型结构吸波复合材料和夹层(芯)型结构吸波复合材料。此外,智能吸波材料与结构也逐渐得到重视和发展。

(3) **可见光、红外及雷达兼容隐身材料** 随着雷达隐身问题的逐步解决,可见光及红外隐身的问题逐渐突出,红外探测技术的迅速发展更增加了解决问题的迫切性。

美、英、俄等国家对飞机使用迷彩伪装涂料进行可见光隐身,早已系列化、规范化。目前国外在高度秘密的状态下进行红外隐身涂料的研究。有资料透露,在雷达隐身材料上用阴极雾化法沉积上一层几千 \AA 到几个 μm 厚的陶瓷金属,可使 $3 \sim 5\mu\text{m}$ 及 $8 \sim 12\mu\text{m}$ 的红外发射系数小于 0.4 。为最大限度降低雷达隐身材料的红外发射率,还可采用二维光栅,它是一种厚度极小的金属膜,红外发射系数小于 0.2 。这种二维光栅可以引入复合材料结构中,以确保机体既具有高的吸波水平,又有相当低的红外发射系数。

雷达波、红外波、可见光是处于不同波段的电磁波,如何使涂层在几个波段彼此兼容,将是今后研究的主要方向之一。

作者简介:



彭艳平,女,1956年3月出生,高级工程师,长期从事材料技术管理工作。