

军用飞机雷达吸波结构复合材料研究进展

官 霆¹ 孙良新¹ 黄建云² 李 黎²

(1 南京航空航天大学航空宇航学院,南京 210016)

(2 成都飞机设计研究所,成都 610000)

文 摘 对军用飞机雷达吸波结构复合材料研究所涉及的技术问题和难点进行论述,对其结构组成和国外应用研究情况进行介绍。

关键词 复合材料,结构,雷达波,反射率

Research and Development of Radar Absorbent Composite Structures for Military Aircrafts

Guan Ting¹ Sun Liangxin¹ Huang Jianyun² Li Li²

(1 College of Aerospace Engineering Nanjing University of Aeronautics & Astronautics ,Nanjing 210016)

(2 Chengdu Aircraft Design & Research Bureau ,Chengdu 610000)

Abstract Research of radar absorbent composite structures (RAS) for military aircrafts is a field of studies of multi-intersected disciplines. The research is of great importance and effect in reducing radar cross section of military aircrafts. The problems and difficulties in the research are presented briefly ,and composition and utilizations of overseas RAS are also introduced.

Key words Composite material ,Structure ,Radar wave ,Reflectivity

1 概述

雷达吸波结构复合材料是同时具有较高的吸收雷达波能力、结构承载能力和维持形状功能的一类新型功能结构复合材料,它克服了吸波涂料易于腐蚀、损坏、脱落等缺点,是现代军用飞机实现雷达隐身战术技术指标的重要技术手段;与雷达吸波涂料相比,具有更高的雷达吸波效率和更宽的频率范围,而且具有飞机结构复合材料的高比强度、比刚度及质量轻的优点^[1]。

雷达吸波结构复合材料技术研究涉及材料、结构、电磁等多个科技领域,通过这些技术领域的综合与交叉,实现具有多项技术指标要求的吸波结构设计,因此它比仅以承载为主要设计目标的飞机结构

复合材料所涉及的技术复杂程度更高,研制难度也更大。

雷达吸波结构复合材料有多种形式,它是雷达吸波层集成在飞机结构内部,而不是涂覆在飞机外表面的结构,均形成雷达吸波结构复合材料^[1],如蜂窝夹层型、泡沫芯夹层型、纤维增强的层板型、短纤维混杂型等等,其基本构成材料包括:碳纤维、玻璃纤维、Kevlar 纤维、泡沫胶、树脂基体、雷达波吸收剂、特种纤维等等。以蜂窝型结构为例,雷达吸波结构的典型组成见图 1。雷达吸波结构在军用飞机上应用的部位包括翼面、进气道、机身等,形成的吸波构件包括雷达吸波边条、吸波前后缘、进气道导流体、格栅等等。

收稿日期:2002-02-01;修回日期:2002-06-19

官霆,1966 年出生,博士研究生,主要从事隐身复合材料结构、智能结构等研究工作

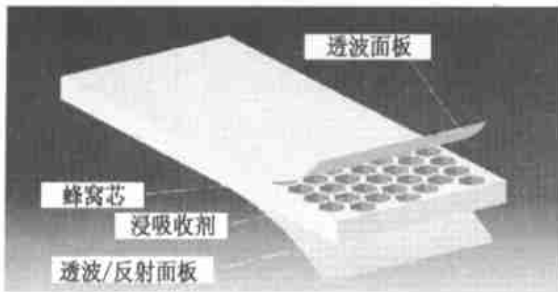


图1 典型的雷达吸波蜂窝夹层结构

Fig.1 Typical radar absorbent sandwich composite structure

2 国外的应用与研究现状

美国于1962年为满足侦察任务需要,研制了A-12高空高速侦察机(洛克希德公司),为减少飞机的雷达探测性,在主要结构(如翼面、机身)的边缘采用雷达吸波结构复合材料(在蒙皮上涂覆铁氧体、羰基铁等雷达吸波材料)。类似的雷达吸波结构大量用于SR-71、D-21、F-117等飞机上。

20世纪90年代以来,雷达吸波结构复合材料技术研究取得了丰硕的成果,研制出了多种高性能雷达吸波结构,并成功地应用于第四代军用飞机研制和第三代军用飞机的雷达隐身改造。以F-22飞机为例,在总体外形隐身设计中,将翼面等带前后缘的结构设计为相互平行的(后/前掠)边缘,使飞机在雷达波照射下,仅在与某些方位角形成雷达散射截面强散射,然后对翼面结构的前后缘等结构采用先进的宽频、高性能吸波结构复合材料,对这些强散射源进行良好雷达散射减缩^[2~4]。

据了解F-22的翼面前后缘包括翼面前缘、副翼、襟翼、安定面、机身边条、进气道等均采用了形式各异的雷达吸波结构复合材料,雷达罩还采用了频率选择表面结构^[5];而且在机身边条区的大高度蜂窝夹层雷达吸波结构中,复合了大量的天线、无线电接受/传感器件,使外露的天线等器件内埋,而机体外表面变得干净、光滑,进一步大大地降低了次级雷达散射强度。

J5F飞机由于短距/垂直起降、低成本要求,总体外形隐身能力较低,质量控制更为严格。因此该机在F-22结构技术基础上,将会大量采用结构复合材料和雷达吸波结构,应用部位包括翼面前后缘、唇口、机身边条等结构部位^[2,4,6]。

对于现役机的改造,如F-18等飞机,雷达吸波宇航材料工艺 2003年 第1期

结构复合材料的应用将严格控制,以降低成本,主要应用于结构条件苛刻的部位^[7]。

欧洲战斗机EF2000除结构大量采用涂料外,还在雷达罩采用了频率选择表面(FSS)^[5],翼面前后缘原结构为碳纤维复合材料(CFC)或铝锂合金,进一步研究后将采用雷达吸波结构复合材料^[8]。

国外,相关的雷达吸波结构材料的研制达到产品批量生产状态,例如马可尼公司(GEMC)设计制造的雷达吸波材料(RAM)、雷达吸波结构(RAS)、蜂窝吸波构件、吸波胶带、吸波泡沫、雷达罩以及其它织物型吸波结构;并按要求研制磁性和介质型吸波材料,这些吸波材料频率范围在2 GHz~18 GHz,甚至可以达到2 GHz~100 GHz的范围。产品已广泛应用于雷达散射截面减缩和电磁干扰衰减。图2为典型的蜂窝吸波结构的吸波效果图^[9]。蜂窝吸波结构特点是质量轻、适应复杂内外形、吸波效率高、使用方便、频率范围宽、密度 $0.048 \text{ g/cm}^3 \sim 0.064 \text{ g/cm}^3$,是理想的雷达吸波结构复合材料^[10]。图3是典型的泡沫芯结构的吸波效果。

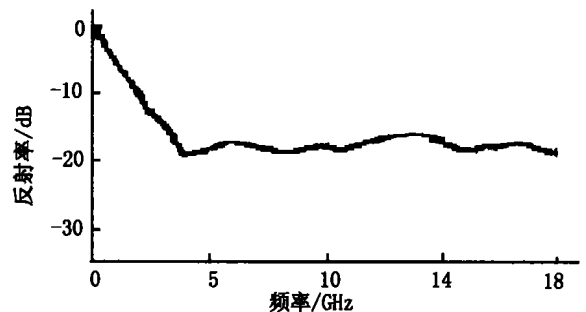


图2 典型的2.54 cm厚蜂窝吸波效果

Fig.2 Typical radar absorbing effect of 2.54 cm thickness sandwich

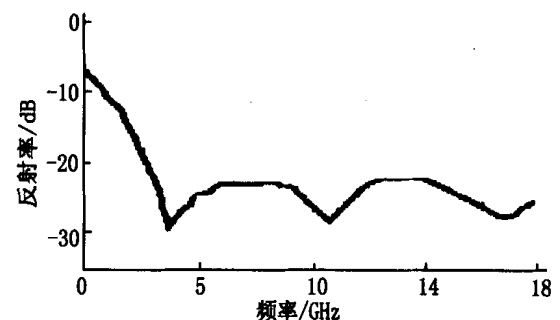


图3 典型2.54 cm厚泡沫芯的吸波效果

Fig.3 Typical radar absorbing effect of 2.54 cm thickness foam

图3所示的吸波芯材具有很宽的吸波频率范围,并且有较强的吸波效果。有关雷达吸波结构复合材料的研制,在国外目前属于高度机密,公开发表的资料较少,但从以上材料可见,国外对吸波结构复合材料的应用和研究已经达到较高的水准,开发出大量的成熟产品,并广泛应用于军用飞机隐身设计、改造,效益显著。

3 研究中的技术难点

在雷达吸波结构复合材料研究中,除存在有一般结构型复合材料的技术问题外,还存在以下一些较为特殊的技术难点:

- (1)透波纤维铺叠的面板一般承载能力较碳纤维低,刚度更低,设计结构形式需特别考虑;
- (2)增加透波层厚度会降低面板的透波率,与结构设计要求增加强度、刚度矛盾;
- (3)当电磁波入射偏离入射面法向后,吸波效率快速衰减,需综合特殊设计;
- (4)结构分析可用数据少;
- (5)多种设计目标要求的限制;
- (6)工艺成形难度大。

4 展望

随着军用飞机雷达隐身指标的提高,雷达吸波结构复合材料的研究将会进一步深入、广泛地开展,雷达吸波结构形式将从简单到复杂,其应用将从强散射部位向次级及弱散射部位扩展。

一些新型的吸波材料,如手征RAM^[11]、高强度电磁改性纤维、陶瓷类吸波纤维、导电高聚物RAM^[10,12,13]以及纳米RAM均会逐步成为雷达吸波结构复合材料的组分,新型的高效、宽频吸波、高强度高刚度结构将得到深入研究,成为今后研究的主

要方向。

参考文献

- 1 Deleuze C. Radar absorbing materials. Chos, 1992; 25(6): 115 ~ 129
- 2 王略,章仲安. 低 RCS 飞行器外形设计实践. 航空学报, 1995; 16(5): 692 ~ 695
- 3 Bucci O M, Franceschetti. scattering form wedge-tapered absorbers. IEEE Trans., 1994; 19(7): 96 ~ 104
- 4 Michael A. Pegasus to test naval UACV concept. Aviation Week & Space Technology, 2001; (8): 20 ~ 21
- 5 Parker E A, Hamdy S M A. Rings as elements for frequency selective surfaces. Electron. Lett., 1981; 17(8): 612 ~ 614
- 6 David A. Lockheed martin touts JSF stealth improvements. Aviation & Space Technology Week, 2001; 38(8): 27
- 7 Steven F, Kuhta Jerry W. Clark navy aviation: F/A-18E/F will provide marginal operational improvement at high cost. Chapter Report, GAO/NSIAD - 96 - 98, 1996
- 8 John Turner. Bae press briefing. Air International, 1999; (3): 13 ~ 15
- 9 Perini J, Cohel L S. Design of radar absorbing materials for wide range of angles of incidence. IEEE Int. Symp. Electromag. Compact, 1991; 16(11): 418 ~ 424
- 10 Chambers B, Tennant A. Design of wideband jaumann radar absorbers with optimum oblique incidence performance. Electron. Lett., 1994; 30(7): 1 530 ~ 1 532
- 11 彭艳平. 飞机隐身技术及隐身材料. 航空学报, 1999; 20(3): 15 ~ 18
- 12 Kontt E F. The thickness criterion for single-layer radar absorbers. IEEE Trans., 1979; (4): 27
- 13 Yokoi H, Fukurnaro H. Low side-lobe paraboloidal antenna with microwave absorbers. Electron & Commun Japan, 1971; 54 - B(11): 30 ~ 42

(编辑 李洪泉)

广告征集

经北京市工商行政管理局审查批准,《宇航材料工艺》具有经营广告业务资格。多年来,已承办了国内广告,发布外商来华广告。

欢迎各界朋友惠顾!有意者请速与编辑部联系。

联系人:马晓艳

电话:(010)68383269

广告许可证:京丰工商广字第0011号;

传真:(010)68383237