

功能蒙皮的发展应用及研究现状

何刚¹ 雷文杰²

1.中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

2.空装驻西安地区第一军事代表室 陕西 西安 710089

【摘要】：功能蒙皮是未来提高飞机综合性能的重要技术之一，它的发展不仅可以为飞机结构性能优化开辟一条新途径，而且对促进航空技术的进步与发展具有举足轻重的作用。本文着重从国内外功能蒙皮的发展概况、功能蒙皮的性能特点和应用现状等方面进行了介绍，并提出了功能蒙皮未来的发展方向。

【关键词】：功能蒙皮；性能特点；发展方向

1 引言

随着航空技术的发展和越来越广泛的应用，传统的飞机设计理念已经越来越难以满足实际的应用需求，世界各国都在积极探索提高飞机综合性能的方法。其中，“智能飞机”不仅集驱动、传感元器件及控制系统为一体，而且能根据飞行实时环境智能的调整自身外形，具有更强的飞行适应性。

“智能飞机”在改变其外形时，承受气动载荷的蒙皮也要随之发生形状变化，而传统的刚性蒙皮已经难以满足“智能飞机”的需求，新型蒙皮的研究开发已经迫在眉睫^[1]。

功能蒙皮是采用智能材料或智能结构制造的蒙皮，能够集成多种传感元件和智能结构，包括探测元件、驱动元件和控制系统等，用以感知飞行器内部与外界环境的变化情况，从而赋予材料、构件甚至整个飞机自检测、自适应、自修复等功能。目前，功能蒙皮正在逐步取代雷达、红外探测系统，飞机的蒙皮表面大部分区域都可以装配成功能蒙皮，从而大面积覆盖飞机的外表面，以防止地面和空中目标对其探测、捕捉和跟踪^[2]。功能蒙皮的研究是国内外的一个热点，世界各国正在积极研制飞机功能蒙皮。

2 功能蒙皮的研究现状

目前在航空领域前沿，各国正在对功能蒙皮进行大量的研究试验，在部分领域已经取得了一定的研究成果并得到了应用。在损伤探测方面，美国正在开发一种可以测量裂纹生长“声音”的传感器，它可以在整个蒙皮结构范围内发射出声音信号，然后测量蒙皮结构响应信号的变化，据此指出裂纹产生或生长的位置；在超高速飞行器温度监测方面，航天飞机采用复合材料冷却板，在冷却板内埋置光纤传感器，测量复合材料板的健康状况和温度分布的数据。此外，通过在冷却板内铺设光纤通信线路，把舱内的导航、通信、电子系统都采用集成工艺或共形结构集成到结构或蒙皮内，极大地改善了飞机的空气动力学性能。在噪音控制方面，功能蒙皮结构可减振降噪，美国正在开发使用压电制动器的主动控制系统。将制动器连接到飞机表层和子结构中，可将振动响应

降到最低，并消除音频振动引起的干扰振动力^[3]。我国对于功能蒙皮的研究起步较晚，但经过科研人员的不懈努力，已经取得一定的成果。

3 功能蒙皮的性能特点

3.1 提高飞机的飞行性能

功能蒙皮可根据不同的飞行条件，通过自适应的方式使机翼获得最佳的空气动力学性能，改进机动操作能力，延迟机翼的气流分离，提升飞机的机动性能。

3.2 提高飞机的可靠性

功能蒙皮进一步提高了系统的可靠性，可以充分发挥飞机的性能以至接近物理极限。作战中飞机一旦受到损伤，能根据优先级重新分配剩余资源，极大的提升飞机的安全性和可靠性。

3.3 有利于飞机隐身和发现隐身目标

使用功能蒙皮可以取消飞机的瞄准吊舱及其他外部设施，降低飞机的暴露几率，提高飞机的隐身能力。同时功能蒙皮可以使飞机携带更多大功率探测设备，且工作频率更宽（从雷达到红外、紫外等），扩大探测范围、提升探测能力，从而有利于及时发现隐身目标。

3.4 减轻飞机的重量，节省空间

功能蒙皮把一些传感器、智能结构就近埋置，用光纤数据总线和波分复用等大容量传输技术连接，大大节省了普通电缆连接和信息集中处理时所占据的空间；将体积较小的半导体集成电路、微波集成电路、光电子集成电路多芯片组件采用封装技术埋进其内，省去了大量导线、电缆和电路屏蔽线，节省了飞机内部空间，从而大大的减轻了飞机的重量。

4 功能蒙皮的应用

4.1 功能蒙皮天线

由功能蒙皮构成的天线包含许多辐射单元和能决定波束方向的相位控制装置，其通信功能和雷达计算部分将通过光纤与辐射单元相连接。功能蒙皮构成的天线由外向内依次

为外蒙皮、电子元件、介质板、夹芯层、屏蔽层，外蒙皮起到保护天线内部电子元器件的作用^[4]。这项技术减少了飞机的重量和阻力，提高了飞行性能，同时改善了飞机的通信、导航和识别能力。美空军莱特航空实验室正在把一个承载天线结合到表层结构中，能够有效提高飞行器的空气动力性能、减轻飞行器结构重量和体积，在气动特性、信息传输、结构重量与体积方面都优于普通天线。

4.2 智能隐身技术

西屋公司正在从事功能蒙皮的研究，用嵌入蒙皮的共形系统来代替传统的天线和黑箱。与常规的飞机雷达天线相比，共形系统的优点是它可以安装在飞机上像翼尖这样通常难以安装的部位，通过定向操作达到隐身的目的。而常规飞机的雷达天线 360 度范围内操作，向外发射的电磁信号容易泄漏而被发觉。这种飞机蒙皮具有降低飞机被电子探测的功能^[5]。通过将电磁发射元件（如雷达和通讯线路）替换成无源且定向性装置从而提高了飞机的作战隐身性能。

4.3 威胁预警

在飞机蒙皮中植入能探测射频、雷达波、激光、核辐射等多种传感器的功能蒙皮，可用于敌方威胁的监视和预警。美国 BMDO 公司正在研究未来的弹道导弹监视和预警卫星，

在复合材料蒙皮中植入核爆光纤传感器、X 射线光纤探测器、激光传感器、射频天线、辐射场效应管等多种传感器的功能蒙皮，其可安装在天基防御系统空间平台的表面，对威胁进行实时监视和预警。

5 结束语

功能蒙皮是一项结合材料、生物、光电技术、自动控制和计算机工程等多学科复杂的系统工程，在军事上有着广泛的应用前景。蒙皮的智能化代表了飞机研究制造发展的最新方向，利用高端技术推进飞机蒙皮的数字化、精准化、柔性化水平，改善蒙皮的气体流动性、隐身性、可靠性及强度等性能，提高飞机的综合性能，是未来各个国家的重点研究领域^[6]。

功能蒙皮作为一项多学科综合集成的新技术，目前尚处于起步阶段，其中主要的研究方向有以下几个方面：

- (1) 智能材料、结构与制造的研究；
- (2) 与基体融合的传感器和微型电子器件的研究；
- (3) 飞机整体智能控制技术的研究。

随着国内外科学技术的迅速发展，功能蒙皮将在基础应用领域进行大量的深入研究，未来将在军事应用和科学技术领域发挥越来越重要的作用。

参考文献：

- [1] 吴金玺,超塑性蒙皮拓扑构型研究[D].中国科学技术大学,2014.
- [2] 张磊,智能蒙皮结构测试系统集成化研究[D].南京航空航天大学,2012.
- [3] 马奎,李大宗.智能蒙皮的研究现状[J].河北农机,2013,(02):77-80.
- [4] 吴波,谈腾.机载智能蒙皮天线技术的研究进展[J].军民两用技术与产品,2018,(4):55-58
- [5] 黄亮,姜涛.智能隐身材料的研究现状及发展趋势.[J]国防科技,2008,(3):7-11
- [6] 王智,周建军.智能蒙皮技术的发展现状及其军事运用[J].国防技术基础,2006,(05):24-27.