

S 型进气道用吸波材料的研制

Study of Wave Absorbing Material for S Air Duct

许健翔, 刘俊能 (北京航空材料研究院, 北京 100095)

XU Jian-xiang, LIU Jun-neng
(Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

摘要: 在吸波材料电性能优化设计基础上, 研究并确定了合理的吸波材料结构, 研制出满足 S 型玻璃钢进气道要求的吸波材料。

关键词: 吸波材料; 进气道

中图分类号: TB34 文献标识码: A 文章编号: 1001-4381 (2001) 11-0041-02

Abstract: On the basis of optimum programming, a favorable structure of the wave absorbing material was studied and determined. The wave absorbing material was developed for S air duct of glass fiber reinforced composite.

Key words: wave absorbing material; air duct

隐身技术作为一种尖端军事技术日益受到人们的重视, 而飞行器的隐身更是各军事强国竞相追逐的目标。作为飞行器的强散射源之一, 进气道的隐身成为飞行器隐身的首要课题之一。美国隐身轰炸机 B-2 进气道衬里采用了吸波的碳-碳材料, 隐身战斗机 F-117A 发动机进气口采用了涂吸波涂层的护栅^[1]。

本文根据 S 型玻璃钢进气道对吸波材料的要求: 在进气道壁采用吸波材料, 从而使照射到进气道壁的电磁波经过多次吸收, 达到减缩进气道 RCS 的效果, 研制出与玻璃钢进气道相匹配的吸波材料。

1 实验部分

1.1 原材料

吸收剂: A, B; 基料: 橡胶

1.2 吸波材料制造工艺

按吸波材料配方及以下工艺制备吸波材料。

橡胶塑炼^{配合剂}— 混炼 — 剪裁胶片 — 压制成型^{吸收剂}

1.3 吸波性能的测试

根据吸波材料的使用状态 (图 1), 确定了吸波结构为双层介质吸波结构 (图 2)。采用 RCS 自动扫频测试系统对吸波材料进行反射率测试。

2 结果与讨论

2.1 吸波材料电磁参数的优化设计

当电磁波照射到进气道内壁, 将经过多次的反射、折射而被吸波材料所吸收。吸波材料的使用状态

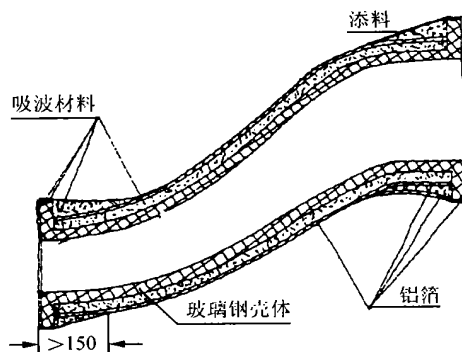


图 1 S 型玻璃钢进气道吸波材料使用状态

Fig. 1 The usage state of wave absorbing material in S fibreglass reinforced composite air duct

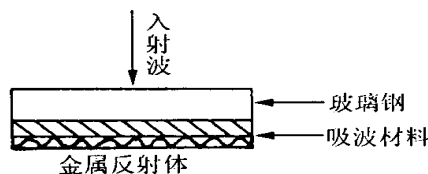


图 2 吸波材料测试状态

Fig. 2 The test state of wave absorbing material

确定了其结构属于双层介质吸波结构, 底层界面的输入阻抗^[2]:

$$Z_1 = \frac{\alpha_1}{\epsilon_1} \operatorname{th}(j 2\pi \frac{d_1}{\lambda} \sqrt{\epsilon_1 \mu_1}) \quad (1)$$

总的输入阻抗:

$$Z_{in} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} th[j 2\pi \frac{d_2}{\lambda} \sqrt{\epsilon_2 u_2^2 + th^{-1}(Z_1 \frac{u_2}{\epsilon_2})}] \quad (2)$$

垂直入射时: $\tau = \frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1}; \gamma = 20lg \tau ;$

实现无反射的条件为: $\tau = 0$, 即 $Z_{in} = 1$
由 (2) 式得:

$$\frac{\epsilon_2}{u_2} = th[j 2\pi \frac{d_2}{\lambda} \sqrt{\epsilon_2 u_2^2 + th^{-1}(Z_1 \frac{u_2}{\epsilon_2})}]$$

以上各式中:

$\epsilon_1, u_1, d_1, \epsilon_2, u_2, d_2$ ——第一、二层介质的介电常数、磁导率及厚度; λ ——电磁波波长。

RAM 的研制实质上是调整控制这些参数的过程, 根据要求, 选择合理的参数范围, 即可利用上式进行优化设计。

测得了进气道用玻璃钢平均厚度下的介电常数, 其结果见表 1。按照吸波性能要求 (8~12GHz 内, 吸收阈值大于-10dB), 采用南京大学双层材料吸波性能优化设计软件在现有吸收剂所能达到的参数范围内进行优化设计, 图 3 为较理想的优化设计曲线, 此时吸波材料的电磁参数见表 2。

表 1 进气道用玻璃钢的介电常数

Table 1 The dielectric constant of the fibreglass reinforced composite for S air duct

材 参 料 数	ϵ	$tg\delta$	d/mm
玻璃钢	3.86	3.2×10^{-2}	3.4

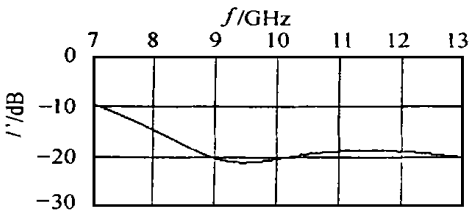


图 3 吸波材料的吸波性能优化曲线
Fig. 3 The optimizing curve of wave absorbing property of the material

2.2 吸波材料的电磁参数

在吸波材料优化电磁参数的基础上, 选用不同的吸收剂及配方, 测试吸波材料的电磁参数。通过调整, 最终确定了吸波材料的配方, 其电磁参数见表 3。

2.3 吸波材料的吸波性能

由吸波层与玻璃钢复合后所制成的双层吸波结构的吸波性能见图 4。

表 2 优化设计的吸波材料电磁参数

Table 2 The electromagnetic parameters of the absorbing material by optimum programming

材 参 料 数	电参数		磁参数		d/mm
	ϵ	$tg\delta$	u	$tg\delta_u$	
吸波材料	20	0.7	1.2	0.6	1.2

表 3 吸波材料的电磁参数

Table 3 The electromagnetic parameters of the wave absorbing material

材 参 料 数	电参数		磁参数		d/mm	重量/ (kg/m ²)
	ϵ	$tg\delta$	u	$tg\delta_u$		
吸波材料	18.3	0.62	1.22	0.71	1.1	2.72

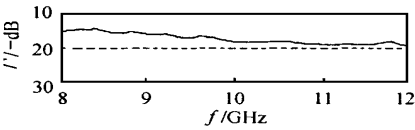


图 4 采用吸波材料的玻璃钢
平板的吸波性能

Fig. 4 The wave absorbing property of fibreglass reinforced composite plate with the wave absorbing material for S air duct

由此可见, 该层板结构在 8~18GHz 频率范围内的反射率小于-10dB, 达到了设计要求。

3 结论

按照 S 型玻璃钢进气道对吸波材料吸波性能的要求, 在吸波材料电性能优化设计的基础上, 通过实验确定了材料的吸波结构, 所研制的吸波材料能显著降低 S 型玻璃钢进气道的 RCS。

参考文献

[1] Doug Richardson. Is Stealth Misleading[J]. Interavia Aerospace Review, 1989 (10): 968—970.
[2] AD-157, 496.

收稿日期: 2001-07-01

作者简介: 许健翔 (1964—), 男, 工程师 (硕士), 从事结构吸波复合材料研究, 联系地址: 北京 81 信箱 12 分箱 (100095)