

文章编号: 1000-8055(2002) 05-0528-05

一种直升机进气道方案的电磁散射特性

韩 东, 郭荣伟, 谭慧俊, 易海云, 周蓓蓓
(南京航空航天大学 能源与动力学院, 江苏 南京 210016)

摘要: 本文对一种与发动机舱融合设计的直升机进气道在不同的极化方式、不同终端、不同攻角和方位角下的电磁散射特性进行了实验研究, 分析了各种状态下雷达散射特性。研究表明, 该类进气道 RCS 在垂直极化方式时比水平极化方式小; 采用短路终端时的 RCS 明显要比采用叶片终端时高; 近侧飞时($90^\circ \sim 105^\circ$)比前飞和近倒飞状况下的雷达散射截面大; 在攻角分别为 -10° 、 -5° 、 0° 、 5° 、 10° 的实验中, 当攻角为 10° 时的 RCS 值较小, 而当攻角为 -5° 时的 RCS 值较大。

关键词: 直升机进气道; 电磁散射; 雷达散射截面; 隐身技术
中图分类号: V218 文献标识码: A

Experimental Study of RCS for a Helicopter Inlet

HAN Dong, GUO Rong-wei, TAN Hui-jun, YI Hai-yun, ZHOU Bei-bei
(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: An experimental study of the radar cross section in a helicopter inlet syncretized with engine cabin was completed in different polarization ways, terminals, attack angles and azimuth. Meanwhile, the RCS characteristics were also analyzed at various states. The results indicate that RCS of this inlet is lower in vertical polarization way than that in horizontal polarization way, and higher in plate terminal than in blade terminal. The radar cross section at nearly sideslip is larger than that at front flight and nearly backward flying. In the experiments of different attack angles (-10° 、 -5° 、 0° 、 5° 、 10°), the RCS at 10° is relatively low, and at -5° is relatively high.

Key words: helicopter inlet; electromagnetism scattering; radar cross section; stealth technique

1 引言

随着战场上电子侦察系统的不断更新和武器命中率的提高, 传统的飞行器所受到的威胁越来越严重。隐身技术作为提高武器系统生存、突防, 尤其是纵深打击能力的有效手段受到世界各国的高度重视。近年来, 先进国家除了对固定翼军用飞机的电磁散射特性(RCS)及控制做了大量研究, 取得明显的效果外^[1], 对在现代战争中起重要作用的武装直升机也开始 RCS 特性研究与应用。

由于武装直升机飞行特点和作战特点, 容易被发现, 隐身对其而言显得非常重要。美国的最先进的武装直升机 RAH-66(科曼奇)是世界上第一种隐身直升机。该直升机的两台发动机包藏在机身内, 进气道埋入在机身两侧上方, 形成平缓过渡的融合体, 减少对雷达波的反射, 是典型的隐身外型设计。对于与发动机舱融合设计的直升机进气道的研究, 我国尚处于起步阶段。文献[2, 3]对该类

直升机进气道进行了流动特性实验研究,得到了在不同攻角、不同侧滑角下沿程静压以及出口流场畸变指数的变化规律。但对该类直升机进气道的 RCS 特性研究还未见公开报道。发动机进气道是飞机上的强散射源之一。为了较大幅度降低飞行器的雷达散射截面,对进气道必须采取特殊的技术措施^[4]。国外在这方面的研究属于机密。

本文主要针对带前输出轴与发动机舱融合设计的直升机进气道在方位角从 0 到 135°;攻角为 0°;±5°;±10°;极化方式为垂直极化和水平极化,终端形式为短路终端和叶片终端等状态下进行电磁散射特性实验研究。

2 实验设备和模型

实验工作在南京航空航天大学无人机所的微波暗室进行。微波暗室尺寸为 28×8.5×8.5 m,实验背景电平为-43 dB·m²。实验采用 X 波段,其频率为 $f=9375\text{ MHz}$,波长为 $\lambda=3.2\text{ cm}$ 。标准平板的边长 $a=200\text{ mm}$ 。微波暗室的目标信号大

于背景 20 dB。由于该暗室安装了激光瞄准器和光栅编码器,使实验模型的位置、安装姿态和方位角均得到准确地控制,提高了测定结果的可靠性。

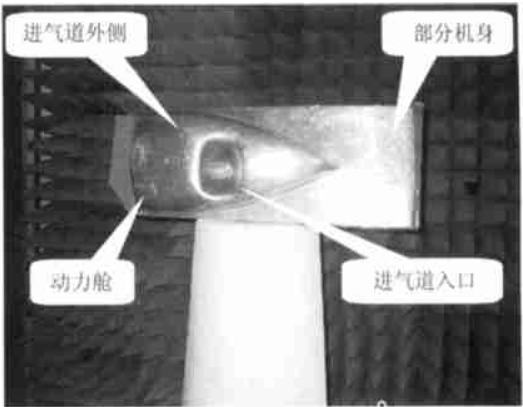


图 1 实验模型
Fig. 1 Test model

实验模型如图 1 所示,几何尺寸见图 2。该模型为木质的,表面贴敷 0.065 mm 厚的铝箔,铝箔接缝处用高纯度银粉导电胶粘接,保证表面导电

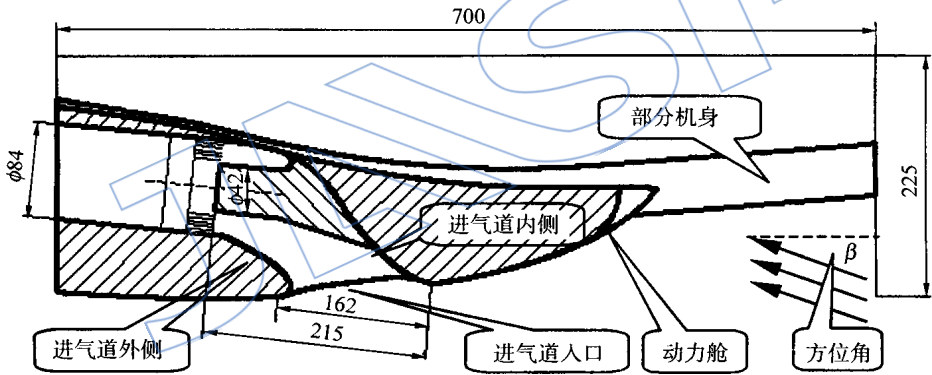


图 2 直升机进气道模型示意图
Fig. 2 Scheme diagram of helicopter inlet model

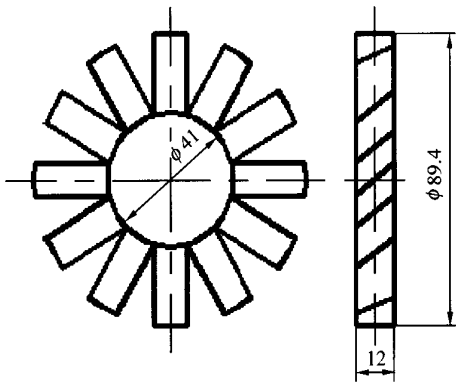


图 3 叶片终端
Fig. 3 Blade terminal

率均匀相等,以使电磁散射实验不受表面质量的影响。实验采用的终端为铝制的短路终端和叶片终端。叶片终端如图 3 所示,短路终端为同径的圆钣。

3 实验结果与讨论

图 4~图 13 分别给出了 0°;±5°;±10° 攻角下(抬头为正,低头为负),在不同极化方式下,两种不同终端对该型进气道模型的电磁散射特性曲线。其中纵坐标 dB·m² 为分贝平方米。表 1 和表 2 列出了进气道模型在 0°~30°;30°~60°;60°~90°;90°~105°;120°~135° 方位角内的 RCS 平均值。

表 1 直升机进气道在短路终端时不同方位角区间和攻角下的 RCS 平均值($\text{dB} \cdot \text{m}^2$)

Table 1 The RCS average value ($\text{dB} \cdot \text{m}^2$) of helicopter inlet with plate terminal at different azimuth and attack angle

极化方式	水平极化				垂直极化			
攻角 (°) 方位角 (°)	- 5	0	+ 5	+ 10	- 5	0	+ 5	+ 10
0~30	- 9.68	- 8.57	- 9.13	- 8.16	- 15.59	- 17.64	- 18.75	- 19.35
30~60	- 9.27	- 9.02	- 10.44	- 10.72	- 8.79	- 9.91	- 11.61	- 13.47
60~90	- 5.40	- 4.80	- 2.55	- 4.18	- 4.4	- 4.99	- 6.44	- 7.95
90~105	- 0.77	- 1.38	- 0.30	- 0.65	2.06	- 0.41	- 0.12	0.57
120~135	- 5.77	- 4.60	- 5.10	- 5.07	- 6.38	- 4.66	- 6.91	- 6.96

表 2 直升机进气道在叶片终端时不同方位角区间和攻角下的 RCS 平均值($\text{dB} \cdot \text{m}^2$)

Table 2 The RCS average value ($\text{dB} \cdot \text{m}^2$) of helicopter inlet with blade terminal at different azimuth and attack angle

极化方式	水平极化					垂直极化				
攻角 (°) 方位角 (°)	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10
0~30	- 11.48	- 10.78	- 11.85	- 15.98	- 14.0	- 17.49	- 15.46	- 17.51	- 17.67	- 19.30
30~60	- 9.74	- 9.87	- 10.23	- 11.53	- 12.41	- 13.81	- 14.51	- 16.43	- 14.68	- 15.29
60~90	- 4.01	- 3.92	- 5.37	- 5.43	- 6.28	- 7.75	- 7.05	- 7.44	- 7.32	- 8.95
90~105	- 0.59	0.41	- 1.19	- 0.1	- 0.16	0.4	- 0.22	0.54	1.35	0.37
120~135	- 10.35	- 8.25	- 4.43	- 4.86	- 6.23	- 8.25	- 5.38	- 6.9	- 6.64	- 8.48

图 4 是在攻角 0° 下,叶片终端、水平极化时进气道模型的电磁散射特性曲线。 $90^\circ \sim 105^\circ$ 范围的尖峰主要是由动力舱和进气道口面引起的, $120^\circ \sim 135^\circ$ 范围的峰值主要是由进气道的前唇口引起的;而在 90° 以前的 RCS 值主要是由后唇口及腔体做出的贡献。其它状态进气道的电磁散射特性在趋势上和它基本一致。

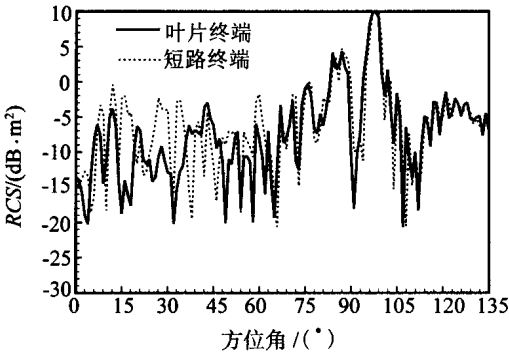


图 4 水平极化,攻角为 0°

Fig. 4 Horizontal polarization, 0° attack angle

3. 1 不同终端对进气道散射特性的影响

分析图 4~图 11, 比较短路终端和叶片终端的 RCS 值, 可以看出在各种攻角和极化方式下, 短路终端时的 RCS 值几乎在整个方位角范围内都要高于叶片终端时的 RCS 值。参考表 1 和表 2,

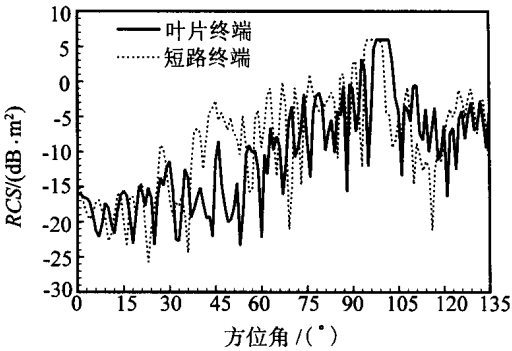


图 5 垂直极化,攻角为 0°

Fig. 5 Vertical polarization, 0° attack angle

能够进一步得到, 在 $0^\circ \sim 30^\circ$; $30^\circ \sim 60^\circ$; $60^\circ \sim 90^\circ$; $90^\circ \sim 105^\circ$; $120^\circ \sim 135^\circ$ 方位角内, 在不同攻角、不

同极化方式下,叶片终端的 RCS 平均值绝大部分要比短路终端的 RCS 低。这主要是由于短路终端是金属平板,它的后向散射很强, RCS 平均值较高。而叶片终端在叶片中有缝隙,一部分微波从此泄漏,反射回来的能量也就要弱一点, RCS 平均值较低。

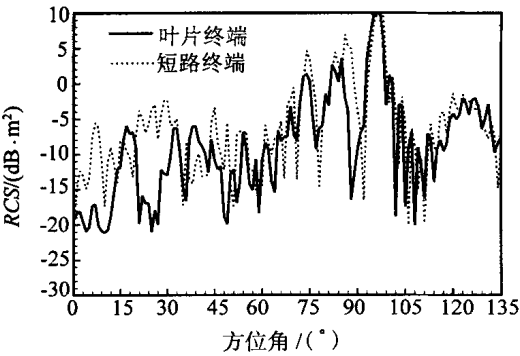


图6 水平极化, 攻角为 5°

Fig. 6 Horizontal polarization, 5° attack angle

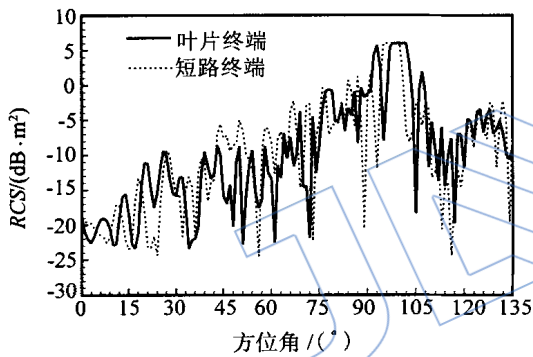


图7 垂直极化, 攻角为 5°

Fig. 7 Vertical polarization, 5° attack angle

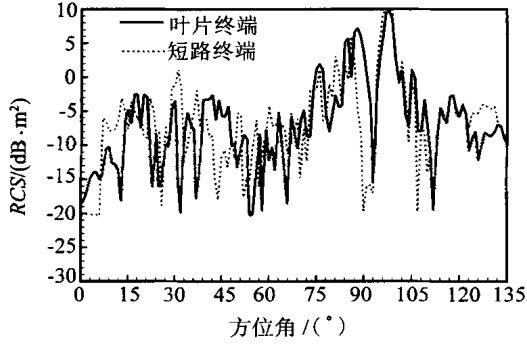


图8 水平极化, 攻角为 -5°

Fig. 8 Horizontal polarization, -5° attack angle

由于其叶片有一定安装角, 导致电磁波在进气道内形成多次壁面反射而有所损耗, 使后向散射降低。因此, 在做进气道 RCS 测试时, 应尽量采用叶片终端, 使测试结果更符合发动机的实际情况。

况。

3.2 攻角对进气道电磁散射特性的影响

参见图 4~图 12 以及表 1 和表 2 可以发现, 攻角对 RCS 的影响较为复杂。在不同极化方式、不同终端方式、不同方位角区间, 攻角对 RCS 影响都不同。

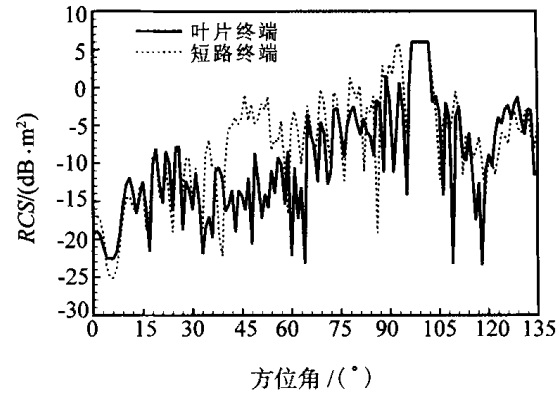


图9 垂直极化, 攻角为 -5°

Fig. 9 Vertical polarization, 10° attack angle

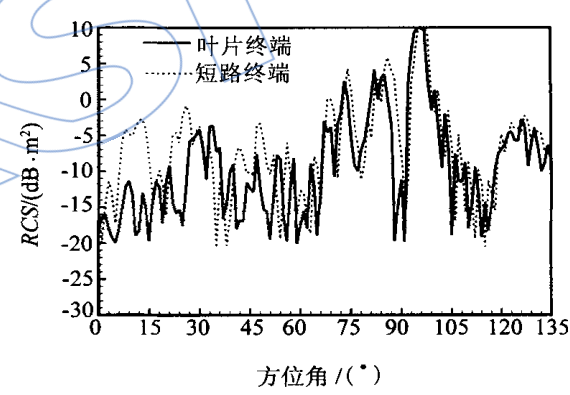


图10 水平极化, 攻角为 10°

Fig. 10 Horizontal polarization, 10° attack angle

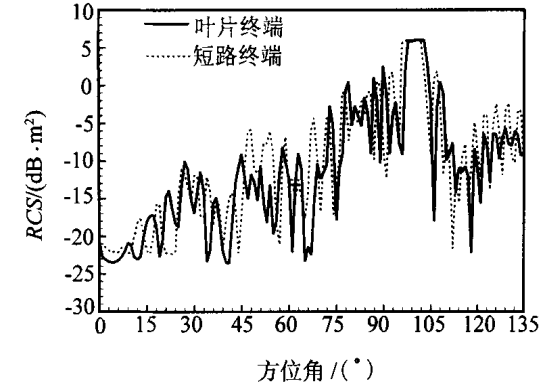


图11 垂直极化, 攻角为 10°

Fig. 11 Vertical polarization, 10° attack angle

无论是水平极化还是垂直极化,在大多数情况下,本研究的进气道在 -5° 攻角下 RCS 平均值较大,即当安装有此类进气道的武装直升机应尽量避免在 -50° 攻角下飞行。若想在 -5° 攻角飞行状态下获得较好的 RCS 特性,则应该重新设计进气道外型或进行 RCS 减缩措施。而在 $+10^\circ$ 攻角下 RCS 平均值较小。同时可以发现, $0^\circ \sim 30^\circ$ 方位

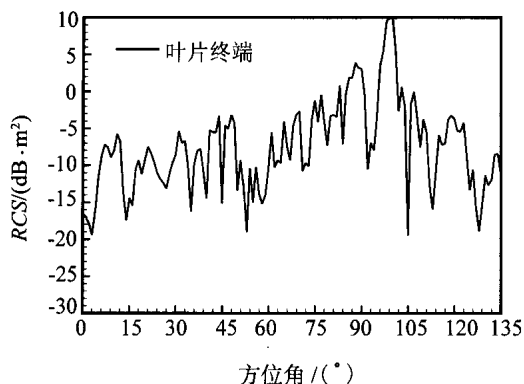


图 12 水平极化, 攻角为 -10°

Fig. 12 Horizontal polarization, -10° attack angle

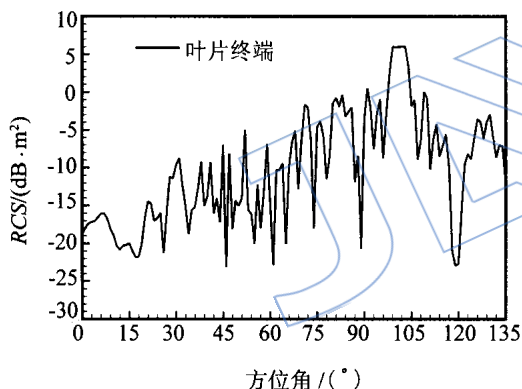


图 13 垂直极化, 攻角为 -10°

Fig. 13 Vertical polarization, -10° attack angle

角内, RCS 的平均值最小。也就是在迎头方向的 RCS 特性最好。说明该类进气道的后唇口以及口面场对 RCS 的贡献最小。而在动力舱和进气道口面同时起作用的 $90^\circ \sim 105^\circ$ 方位角内, RCS 的平均值最大。在 $90^\circ \sim 105^\circ$ 方位角内,攻角对 RCS 平均值的变化影响不大。其原因是动力舱平面和进气道口面在这一方位角时,不管攻角如何变化,都是处于雷达波的正向,后向散射都较强。而在其它方位角范围内,由于前唇口、前输出轴、后唇口的型面非常复杂,攻角变化对 RCS 的平均值的变化较为敏感。

3.3 不同极化方式对进气道电磁散射特性的影响

参见图 4~图 12 和表 1、表 2 可以看出,在当攻角为 -5° 、 -10° 时,无论短路终端还是叶片终端,除了在个别方位角内(如 $90^\circ \sim 105^\circ$)水平极化方式下 RCS 平均值与垂直极化方式下 RCS 平均值相差不大以外,其余方位角内水平极化方式下 RCS 平均值都明显大于垂直极化方式下 RCS 平均值,相差幅度在 $1 \sim 6$ dB。而当攻角为 0° 、 $+5^\circ$ 、 $+10^\circ$ 时,无论是哪种终端,水平极化方式下 RCS 平均值比垂直极化方式下的 RCS 平均值高,最大相差 6 dB 左右。同时,在 $0^\circ \sim 30^\circ$ 方位角内,极化方式对 RCS 平均值影响最大。而在 $90^\circ \sim 105^\circ$ 方位角内极化方式对 RCS 平均值影响最小。

4 结 论

(1) 与发动机短舱融合设计的进气道在 $0^\circ \sim 30^\circ$ 方位角内 RCS 平均值较小,有利于直升机突防。在 $90^\circ \sim 105^\circ$ 变化范围内 RCS 平均值较大,需采取必要的隐身措施。

(2) 在 0° 、 $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 10^\circ$ 攻角中,大多数情况下, -5° 攻角下 RCS 平均值较大, $+10^\circ$ 攻角下 RCS 平均值较小。

(3) 在攻角相同的情况下,水平极化方式下的 RCS 平均值一般要比垂直极化下的 RCS 平均值高。

(4) 在本研究的方位角范围内,短路终端下的 RCS 平均值高于叶片终端下的 RCS 平均值,因此,评价进气道对 RCS 的实际贡献时,应采用叶片终端。

参考文献:

- [1] 李天,郭荣伟,张考,等.飞行器外形隐身设计初步指南[R].北京:航空航天工业科学技术研究院,1991.
- [2] 韩东,郭荣伟,万大为.一种带前输出轴的直升机进气道性能研究[J].工程热物理学报,2001,22(6):697-699.
- [3] 韩东,郭荣伟,万大为.带前输出轴直升机进气道侧滑特性[J].航空动力学报,2001,16(2):119-122.
- [4] 郭荣伟,赵明桂,梁德旺.隐身式进气道机理与应用研究(四,五)[R].南京:南京航空学院,1992.

(责任编辑 吴一黄)