

# 隐身、反隐身技术发展趋势

谭显裕

(华中精密仪器厂, 枝城市)

**摘要:** 本文以飞行器反雷达隐身为基础, 介绍隐身原理与技术、反隐身技术途径、国外隐身技术的发展与趋势。

Hiding and seeking technology development tendency

Tan Xianyu

(Huazhong Precise Instrument Factory)

**Abstract:** In this paper, we base on the vehicles antiradar hiding and describe hiding principle and technology, seeking way, development tendency of foreign hiding technology.

隐身技术是一项很复杂的综合性技术, 发展于50年代。到目前为止, 国外飞行器反雷达隐身技术常采用下列方式: (1) 缩小飞机、导弹、舰艇和坦克等军事目标; (2) 在飞机、导弹、舰艇和坦克上涂一层吸收材料; (3) 各种技术的综合利用。由于雷达仍是目前最主要的探测设备, 反雷达隐身是当前隐身技术的关键, 并配合有源和无源电子干扰, 才能真正实现隐身目的。反隐身技术是为对付隐身目标而发展起来的一项相当复杂的对抗性技术, 即防御技术。本文仅介绍隐身原理与技术、反隐身技术途径、国外隐身技术的发展与趋势。

## 一、隐身原理与技术

雷达探测原理是根据目标对有效雷达信号的反射截面 $\sigma$ 进行定量分析和计算, 其最大作用距离 $R_1$ 与 $\sigma$ 之间的计算关系式是:

$$R_1 = \sqrt[4]{\frac{P_r G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_t}} = \sqrt[4]{\frac{P_r G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 P_t}} \cdot \sqrt[4]{\sigma} = k_1 \sqrt[4]{\sigma} \quad (1)$$

式中,  $P_r$ 为接收功率,  $P_t$ 为发射功率,  $G$ 为天线增益,  $\lambda$ 为发射波长,  $\sigma$ 为雷达反射截面,  $R_1$ 为雷达最大作用距离。

由(1)式知,  $\sigma$ 与 $R_1$ 成4次方根关系。若减少敌方雷达的作用距离 $R_1$ , 必须降低目标自身的截面积 $\sigma$ 。表1是由(1)式计算出 $\sigma$ 的减少dB数和 $R_1$ (%)的降低百分数<sup>[1]</sup>。

表1

$\sigma$ 的减少量 (dB)	$R_1$ 的降低数 (%)
10	56
15	42
20	32
25	24
30	18

当隐身配合有源和无源干扰时, 降低雷达截面的隐身效果将更明显。这时 $\sigma$ 与 $R_2$ 的计算关系式是:

$$R_2 = \sqrt{\frac{P_j P_i G}{4\pi B_r} \cdot \frac{1}{ERP} \cdot \sigma} = k_2 \sqrt{\sigma} \quad (2)$$

式中,  $P_j$ 为接收干扰机的信号功率, ERP为干扰机有效辐射功率,  $B_r$ 为接收机带宽。

由(2)式知,  $\sigma$ 与 $R_2$ 成平方根关系, 从而计算出 $\sigma$ 的减少dB数与 $R_2$ (%)的降低百分数之间的关系, 由表2给出<sup>[1]</sup>。

表2

$\sigma$ 的减少量 (dB)	$R_2$ 的降低数 (%)
10	31
15	18
20	10
25	6
30	3

在有源干扰中, 加大干扰机功率和天线尺寸, 有利于目标隐身和作战能力; 在无源干扰中, 当目标自身具有隐身特性时, 因 $\sigma$ 的减小, 大大延长箔条或红外诱饵对目标的掩盖时间, 提高空袭寻的导弹的诱惑。敌方因雷达作用距离迅减, 盲区加大, 预警时间缩短, 当隐身飞机以超音速突防时, 极短时间内很难反应出来。常用的隐身技术是<sup>[2]</sup>:

### 1. 外形隐身

就是将飞行器的外形尺寸及材料、结构等优化设计, 以减少其雷达截面。这是一项极其复杂的综合技术。在设计飞行器外形时, 需考虑其空气动力、雷达跟踪及制导特性, 尽量减小角形反射和镜面及边缘反射, 其中雷达屏蔽罩和天线是飞行器的强散射部位, 可采用尖形鼻锥天线罩, 以控制抛物面天线的被动散射和二次辐射, 或采用相控阵雷达天线、埋入式伪装天线等<sup>[2]</sup>。

### 2. 雷达吸波

它的原理与材料的介电性能和磁性能有关。当电磁波透过阻抗为 $Z_0$ 的空间入射到阻抗为 $Z_1$ 的半电介质或磁介质的边界上时, 则产生部分反射。反射系数由下式决定:

$$R = \frac{1 - Z_1/Z_0}{1 + Z_1/Z_0} \quad (3)$$

式中,  $Z_0 = \sqrt{\frac{u_0}{I_0}}$ ,  $Z_1 = \sqrt{\frac{u_1}{I_1}}$ 。

若 $R=0$ , 则 $Z_0 = Z_1$ , 即 $\frac{u_0}{I_0} = \frac{u_1}{I_1}$  (4)

从(3)和(4)式知,当 $u_1 \approx 1$ 时最薄层材料能达到很高的吸波效果,使反射系数 $R \approx 0$ 。

目前隐身技术中的吸波材料有表面涂层和结构型复合材料。如采用铁氧体或碳基铁渗入的表面涂层可使反射能量衰减20dB以上;利用钋-210和铜-242同位素吸波涂层材料,可达十几分贝的衰减。其缺点是粘附不牢和增加了重量。

结构型复合材料是吸波材料和非金属基复合材料的结合体,具有吸波性能和复合材料的重量轻、强度高优点,用于制造机身和机翼,大大降低雷达截面。据称,到本世纪末,军用飞机结构材料将有50%是新型吸波复合材料<sup>[4]</sup>。

### 3. 各种技术的综合利用

高性能的隐身飞行器除了采用上述两种技术以外,还必须采用:(1)有源和无源加载技术;(2)有源和无源电子干扰技术、反辐射导弹和高能激光粒子武器等。

目前,飞行器的隐身已进入实用阶段,据估算,外形隐身设计可降低雷达截面5~8dB,吸波材料可降低7~10dB,其它综合技术(阻抗加载、电子干扰和天线隐身)可降低4~6dB,综合起来可获16~24dB的增益。若战略轰炸机雷达反射截面 $0.1\text{m}^2$ ,战斗机 $0.05\text{m}^2$ ,巡航导弹 $0.05 \sim 0.01\text{m}^2$ ,而原雷达反射截面 $10\text{m}^2$ 的话,则降低作用距离为原来的 $1/3 \sim 1/6$ 。可以看到,其隐身效果极为惊人<sup>[2]</sup>。

## 二、反隐身技术途径

反隐身技术处于隐身之后,技术发展很不完善和成熟。目前主要是针对隐身中存在的问题进行探测、识别和截获隐身目标。图1是雷达探测的频率分析曲线,它随频率上升或下降急剧变化。当频率下降到30MHz时,目标尺寸接近10m,如隐身目标继续缩小,便不适用;反之,采用毫米波雷达探测提高其频率,隐身目标表面任何小的角反射器结构均产生很强的反射。因此用宽频段雷达网探测是反隐身的一项可取的措施<sup>[3]</sup>。

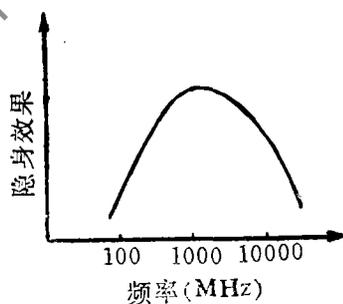


图1 隐身效果与频率变化的关系曲线

其次,因隐身目标的红外特性很难做到上下及两侧均不可探测,而其顶部是一个很大的探测平面,如将雷达发射机置于卫星上,接收机置于飞机上的天基雷达和红外探测。这时,飞机不辐射信号,利于隐蔽、探测和识别。

再其次,因多数隐身目标采用抑制后向散射,可利用非后向散射的双基或多基雷达来探测。

此外,还可采用激光雷达、具有下视特性的预警飞机和气球平台、无源雷达、自适应系统、冲击脉冲法或奇点展开法进行逆散射处理等来实现探测和识别。但仍处于研究阶段<sup>[1]</sup>。

## 三、国外隐身技术的发展与趋势

美国研究隐身技术始于50年代的U-2高空和P2V-7低空侦察机,后来又发展了A-12、D-21和SR-71等小型隐身及无人驾驶侦察机。但隐身技术受到美国政府的高度重视还是在

越南和 中东战争以后，以 XST 隐身战斗机为代表。该机除采用外形隐身及雷达吸波技术以外，还配有干扰敌方雷达的高级电子对抗设备。当接收敌方雷达信号后，分析其频率并延迟后发射出去，使敌方雷达显示错误的目标位置。该机于 1977 年在美国内华达州的内利斯空军基地进行了试飞，其效果惊人。因此，80 年代初，里根政府郑重宣布已制造出代号为“隐身”或“偷袭”的新型轰炸机，使隐身技术获得了突破性进展，并在海陆空三军中得以应用。其中包括〔1〕：

### (1) 战略轰炸机

美国的这类机型有 1986 年以来装备的 B-1 型和 B-2 型远程轰炸机及计划 1991 年装备的 ATB 型先进轰炸机。其中 B-1 型是 B-52 型轰炸机的后继机型，它对迎头方向微波雷达的有效截面积仅  $1\text{m}^2$  (B-52 为  $100\text{m}^2$ )，降低了两个量级。B-2 的雷达反射面  $0.5\text{m}^2$ ，比 B-1 型又降低了 2 倍。ATB 型机是全面采用隐身技术、光纤传输信息和高速集成电路及人工智能等尖端技术，能与卫星通信协同。其雷达截面仅  $0.1\text{m}^2$ ，比 B-1 型机低一个量级〔2〕。

### (2) 战斗机

美国空军自 1981 年起已装备 F-19 型隐身战斗机，用于对付敌方防空导弹和雷达网，实施压制性的攻击和战略、战术侦察等。空军计划于 90 年代装备的 ATF 型高级战术战斗机，属密级最高的隐身机型，雷达截面小于  $0.1\text{m}^2$ ，相当于直径  $0.35\text{m}$  的一个金属球〔3〕。

### (3) 巡航导弹

美国的先进巡航导弹以 AGM-86B 为代表，专用于对付苏联的先进的“基洛夫”等舰船。但因隐身技术的发展，美国政府不得不大量削减 AGM-86B 的经费，转而研制 80 年代末到 90 年代初装备的 ACM 隐身巡航导弹。该导弹可从地面、水下和空中发射，有效射程  $10000\text{km}$ ，命中精度为  $16\text{m}$  的圆周概率并经外形和材料隐身，可躲避敌方雷达和导弹攻击，是国外最先进的隐身巡航导弹〔4〕。

据不完全统计，美国在 80 年代以来对隐身技术方面的投资已达 300 亿美元。除美国外，苏、日、欧都有自己的远景规划。这项技术的研究到本世纪末将十分成熟和相当完善，并与高能激光武器、巡航导弹一起，成为 80 年代军事高科学技术的三大技术革命。预计到本世纪末，除了各种飞机和导弹采用隐身技术以外，卫星、舰艇、坦克及军用车辆将陆续采用隐身技术〔5〕。

## 参 考 文 献

- 〔1〕 J.W.Crispin et al., Methods of Radar Cross Section Analysis, Academic Press, 1968.
- 〔2〕 J.B.Schultz, Defence Electronics, 1983, No.3, P.65~72.
- 〔3〕 林玉琛,《战略防御》,1987年,第3期,第12~15页。
- 〔4〕 The International Countermeasure Handbook, 1986.
- 〔5〕 《兵器与技术》(日刊),昭和60年5月。

收稿日期：1989年7月11日。