

# 飞机和导弹用“隐身”涂层

杨大灼

为了使飞机和导弹易于突防,国外出现了新的“隐身”技术,即把飞行物体反射的雷达回波降低到最低限度,使雷达难于发现。目前的“隐身”技术大致包括:隐身外形、涂吸波材料和装干扰装置等,现已进入实用阶段。

本文介绍一种能降低电磁波反射的放射性同位素涂层。

## 一、同位素涂层“隐身”技术的原理及其特点

这种“隐身”技术是在反射体表面涂一层具有电离辐射能力的放射性材料。它能使附近空间的气体介质电离,形成一层等离子屏(图1)。电离了的气体由于等离子体中的自由电子的作用,能衰减无线电频率电磁波。即使有电磁波,也由于在离子屏中反射、折射和绕射的相干结果产生频移和相移,难于被雷达所接受,从而达到“隐身”的目的。

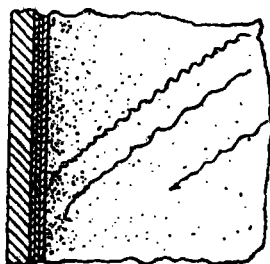


图1 表面和相邻空间的截面

这种技术特点是在空间建立一种使与反射体表面相邻的空间成为吸收电磁波能的环境。由于吸收层是在包围被隐身物体的空间或与普通反射面隔开的空间,所以其吸收层的厚度不增加被隐身物体的重量,并且可以吸收较宽频率范围的电磁波能,从而克服了以前具有同样性质的技术的不足。以前的涂层厚度至少必须等于被吸收的电磁能四分之一波长的一倍多

才能达到吸收电磁波能和衰减反射能的目的。而被吸收电磁能的频率范围又取决于物体表面吸收材料的厚度,这都大大地增加了重量负担。

对放射性物质的基本要求是,除了应具有能在与表面相邻的空间产生电子之外,还必须符合下列要求:

(1) 对生物不应有危害作用;

(2) 能够储存,必须具有足够长的半衰期,其放射性强度不会降低;

(3) 能耐比较高的温度(约500℃);

(4) 可以获得足够的量和合理的价格。

在已知的放射性物质中,经过筛选认为,钋210和铯90最接近上述要求。其中铯90更理想,因为钋210的使用,即使采取防护措施,对生物也会带来一些危害。

## 二、铯90同位素性能概述

铯90在水中3mm和铝中1mm射程能放射出0.5MeV的比較软的β粒子。由于β粒子的放射,铯90变成具有半衰期为60小时的钇90。钇在铝中5mm射程能放射出2.24MeV的β粒子。钇90可转化成锆90,锆是一种稳定物质。铯90、钇90都不是γ射线放射体。

铯90及其衰变产物钇90的混合物能提供长寿命和短寿命长射程的粒子,这种理想特性,在任何其它β放射体内是不会发生的。

电子云的密度不宜过大,因为,事实上如果密度超过分子和原子已知密度的一定值,电子就不再释放能量,较大部分射到的无线电频率波就会被电子等离子体反射。

产生这种不良反射的电子密度与入射波的频率有关,在频率较低时,这种反射将会在密度较小时发生。可以采用的估计数值如下。

频率f (m.)	电子密度必须小于
70	$6 \times 10^7 / \text{cm}^3$
1,000	$1.2 \times 10^{10} / \text{cm}^3$
3,000	$1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$
10,000	$1.2 \times 10^{12} / \text{cm}^3$

电子密度为 $10^9 / \text{cm}^3$ 时,衰减为高度和频

率的函数 (见图2、3、4、5)。可以看出, 衰减取决于电磁波频率、物体的高度和最佳高度。衰减最大时的高度随着频率的增加而降低。

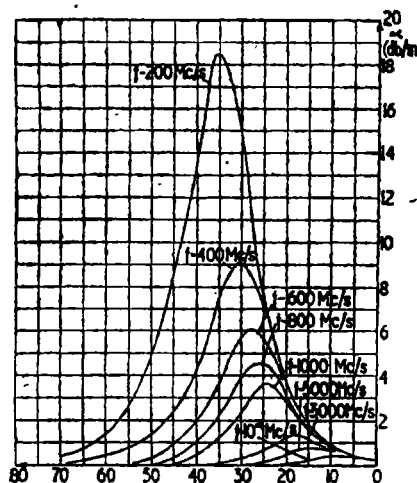


图 2

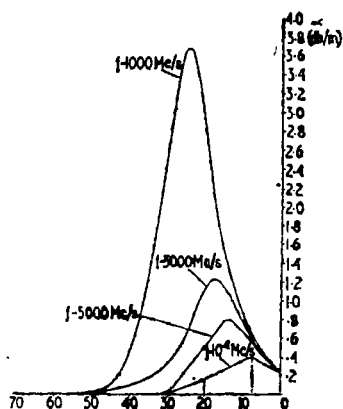


图 3

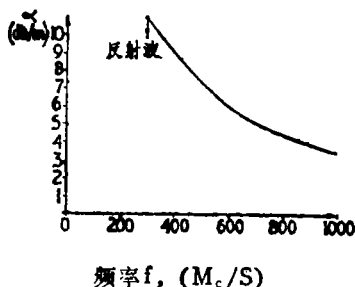


图 4

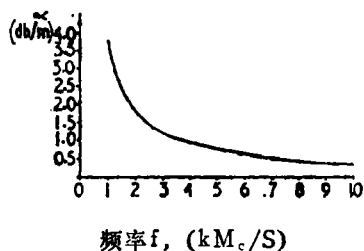


图 5

沿着电磁波传播路径, 衰减 $\alpha$  (db/m) 的计算公式为:

$$\alpha = 46N \frac{V}{V^2 + W^2}$$

式中:  $N$  是处于平衡状态的电子数;

$V = 15.5n\sqrt{T}$ , 代表电子与分子的碰撞频率;  
 $n$  是每立方厘米的分子数;  $T$  为绝对 (开氏) 温度;  
 $W = 2\pi f$ ,  $f$  表示波频率,  $V$  值是高度的函数, 可以从图6求出。

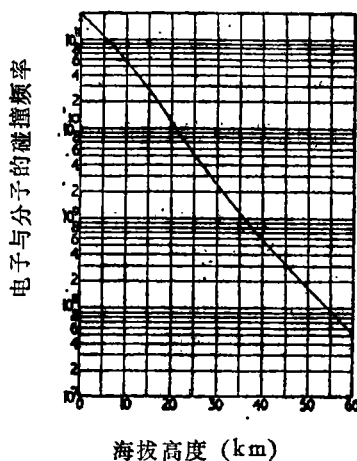


图 6

假定波频率为400m., 高度约为20km时, 在此高度的碰撞频率大约为每秒 $10^{10}$ , 电子密度为 $10^9/\text{cm}^3$ 时, 可以产生大约每米4分贝的衰减 (见图2)。

具有能量为  $E$  MeV 的  $\beta$  粒子的射程是  $(0.54E - 0.16)/d$  这里  $d$  为大气密度, 高度约20km 时,  $d$  大约为  $0.06 \times 10^{-3}$ , 如假设  $E = 2.2$  MeV, 则 $\beta$ 粒子的最大射程为170m。

衰减每米4分贝,如果电子密度为 $10^9/\text{cm}^3$ 时,总衰减为 $170 \times 4 = 680$ 分贝。

10分贝的衰减足以使轰炸机和战斗机混淆,这就是说,代替电子密度为 $10^9/\text{cm}^3$ ,衰减为680分贝的电子密度为 $10^9 \times 10/680 = 1.5 \times 10^7/\text{cm}^3$ 足以使轰炸机误认为战斗机。

为了保持比电子密度,需要有新电子生成,以弥补由于复合产生的损失。密度为 $N$ 的电子生成可以写成:电子生成 $= N^2 \times$ 复合系数。

例如,假定在选定高度为20km时的复合系数大约为 $10^{-8}$ 。

保持 $1.5 \times 10^7$ 平衡值的电子生成为:

$$(1.5 \times 10^7)^2 \times 10^{-8} = 2.2 \times 10^6/\text{cm}^3$$

能量为2.2MeV的一个 $\beta$ 粒子可生成

$$2.2 \times 10^6/30 = 7 \times 10^4 \text{个电子}$$

在活动范围内,一居里( $\text{Sr} + \text{Y}$ ) 90放射的 $\beta$ 粒子为 $3.7 \times 10^{10}$ ,所生成电子数为:

$$3.7 \times 10^{10} \times 7 \times 10^4 = 26 \times 10^{14} \text{个电子}$$

所以在半径为170m的半球范围内,一居里所生成的电子密度为265个电子/ $\text{cm}^3$ 。

由于 $\beta$ 粒子路径的重叠,每平方厘米放射能为1居里的比较小区域内的电子密度将大大超过265个电子/ $\text{cm}^3$ 。

然而,一定范围内的电子密度决不是一致的,而是随着外表面的距离而变化,越接近放射性材料表面,电子密度越高(如图1)。对入射的电磁波,电子密度的变化随着距离逐渐近似对数的增长,从而消除了介电性质的不连续性,并减少了发生反射的机会。

### 三、同位素涂层“隐身”技术的应用

本方法适用于降低飞机、导弹和类似飞行物体在空中运动时的雷达波能的反射。其方法是将 $\text{Sr}90$ 加入不溶于水的载体物质,如玻璃或合成树脂内。再将含有放射性物质的载体物质以薄层形式烧固或涂覆在主要引起雷达电磁波反射特殊部位的表面。必要时,这种载体物质也可以多层形式烧固或涂覆在该表面(图1),以增加放射性强度,其最大厚度为5mm,在宽

的放射性强度范围内,能得到所希望的放射性强度。涂层含 $\text{Sr}90$ 的浓度应足以产生平均值大约为每平方厘米10居里均匀的表面放射性。在周围空间产生的电子云,其平均电子密度为每立方厘米 $10^7 \sim 10^{10}$ 个电子。

$\text{Sr}90$ 及其衰变产物分别能放出具有0.5和2.24MeV能量的 $\beta$ 粒子,在中等射程内能提供长的使用寿命。 $\text{Sr}90$ 所放射的 $\beta$ 粒子的能量分布曲线见图7。

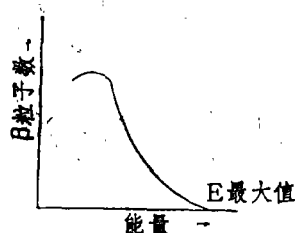


图 7

$\text{Sr}90$ 可以涂在宇宙飞船的任何永久表面,或者可更换的板以及类似部位的表面,对操作人员没有危险。

在喷气式飞机中使用 $\text{Sr}90$ 的特殊部位之一是进气口和尾喷管。放射性物质可以涂在尾喷管的推力调整片上。

涂有放射性物质的调整片的另一个优点是能创造一种使电子周围的水蒸汽凝结成小滴的有利条件,从而减小与蓝天的对比度,也降低凝结尾迹的能见度。

### 四、看法与建议

鉴于 $\text{Sr}90$ 涂层较为优越,它不大增加飞机、导弹(包括宇宙飞船)的重量,却可吸收较大频率范围的电磁波能,“隐身”效果较好,国外在纺织、化学等工业已作为防静电剂应用,对生物比较安全,使用寿命较长(半衰期28年),只要有核反应堆都可以获得,国内来源有保证,建议发展这种“隐身”技术。