

冲激雷达抗 RAM 能力的实验研究

何建国 陆仲良 粟毅

(电子技术系)

摘要 本文用实验方法从频域和时域两个方面研究了涂覆吸波材料目标的电磁散射,结果表明超宽带信号比常规雷达的窄带信号对付涂覆吸波材料目标有 10~12dB 好处,说明超宽带信号的确具有抗窄带吸波材料的良好能力。

关键词 雷达、雷达信号,吸波材料,超宽带雷达,冲激响应

分类号 TN958

超宽带(UWB)雷达发射信号的相对频带为 0.8~1,冲激雷达是其有代表性的一种。这种超宽带雷达与常规的窄带雷达相比具有如下优点:极高的分辨力;可获得极为丰富的目标特征信息;可用于目标分类、识别和抗吸波材料的能力等。对于 UWB 雷达抗雷达吸波材料(RAM)的特性,理论和实验研究的情况报导甚少。我们利用冲激雷达实验系统,对涂覆有吸波材料的导体平板和方柱进行了实验研究,录取其回波信号的数据,求解目标的冲激响应和频谱,并将结果与频域结果相比较,证明 UWB 雷达的确具有良好的抗 RAM 能力。

1 频域实验系统及其结果

为了比较涂覆有吸波材料的目标与良导体目标对冲激脉冲的响应,研究吸波材料对冲激脉冲信号和正弦稳态信号或窄带信号吸收的异同点,我们采用了两种方法——频域方法和时域方法进行实验研究。我们采用的测试目标是 60×60cm 的平板和 20×20×80cm 的方柱,每种目标有涂覆吸波材料和没有涂覆吸波材料两种状态。吸波材料的型号为 CAH-13.6,它是厚度为 3mm 的橡胶平板。目标的频域测试方框如图 1 所示,接收系统是美国 EATON 公司的 SERIESII EMI 测试系统,整个系统由计算机控制自动测试。图 2 给出了平板的测试结果,曲线 1 是没有涂覆吸波材料的接收场强,曲线 2 是涂覆有吸波材料的接收场强,可以看出,在 2.0~2.5GHz 范围内,吸波材料对正弦信号的衰减约为 15dB,在其它频率范围也有约 8dB 的衰减。

2 时域实验系统

时域实验采用冲激雷达实验系统,其框图如图 3 所示,发射天线和接收天线是双圆锥形式,馈电系统和天线末端都采用了特殊的匹配,使得天线具有良好的时域特性。冲激脉冲产生器是 Omin-Wave 公司的 R-100IMP 发生器,其性能指标为上升时间 100PS (10~90%),脉宽(-3dB) 150PS,输出幅度 1000V,该脉冲源的最大可用频率范围达 3GHz。采样示波器是美国 Tek7904 和日本岩崎公司的 SAS-601B,其频带为 DC-12.4GHz,灵敏度 3~5mV。在低重复频率下,SAS-601B 比 Tek7904、Tek 7834

* 1991年12月12日收稿

工作稳定, 录取和处理设备是我们自行研制的, 解决了信号源、采样示波器、微型计算机之间的同步问题。利用 IBM PC/AT 微机作系统控制与数据处理。

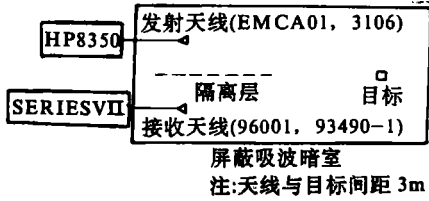


图 1 频域测试方框图

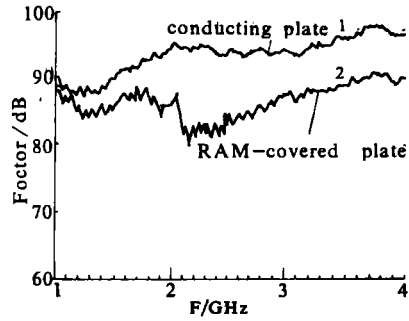


图 2 60×60cm 平板测试结果

收发天线、目标架设在微波暗室内, 其它设备均置于微波暗室底层, 尽可能避免背景散射对测量的影响。收发天线和目标的位置如图 4 所示, 被测目标是 60×60cm 的铝板, 20×20×80cm 空心铝方柱, 以及在板和柱上涂覆吸波材料的目标。

实验步骤如下: (1) 在目标不存在的情况下, 录取接收天线接收的直达波和背景散射波, 供背景消除使用; (2) 在金属目标存在的情况下, 测量直达波, 背景散射波和目标散射

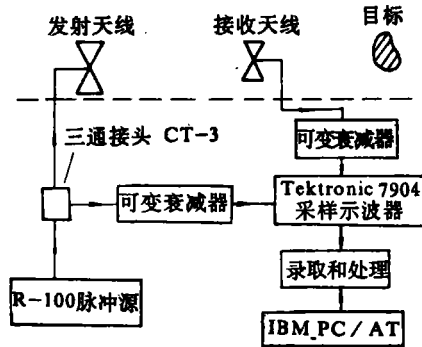
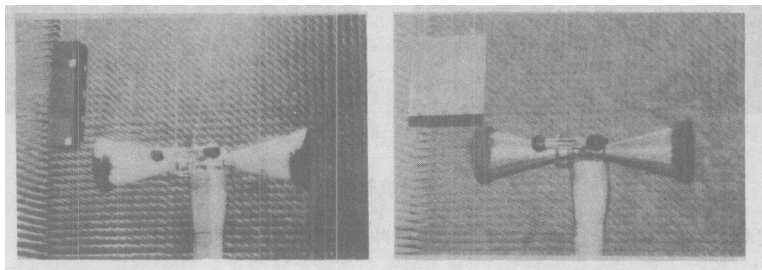


图 3 时域测试系统方框图



(a) 柱目标

(b) 板目标

图 4 收发天线和目标的位置

波; (3) 用涂覆有吸波材料的目标代替金属目标重复步骤(2)的测量。将金属目标的响应减去无目标时的背景响应, 就得到金属目标的散射回波波形, 同样将涂覆有吸波材料目标的响应减去无目标时的响应, 就得到涂覆目标的回波波形, 通过功率谱估计及回波能量计算等数据处理, 可以比较出冲激信号对金属目标和涂覆目标回波能量的差别。

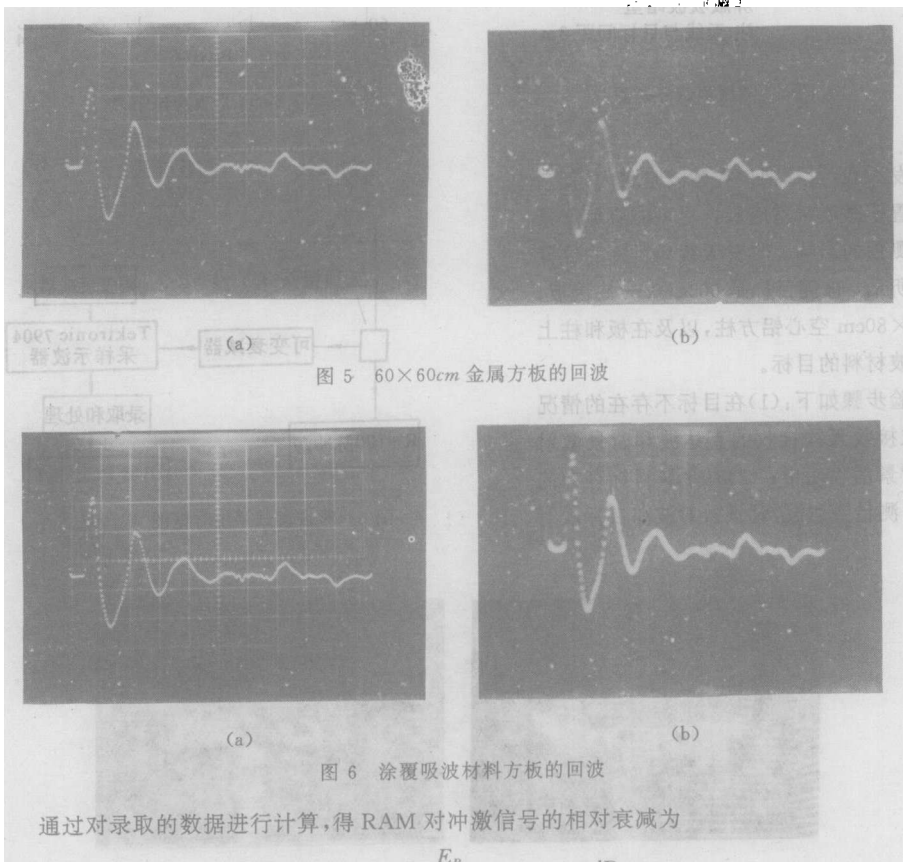
3 时域实验结果及分析

对方板和方柱两组目标进行了测量。现对方板的测量数据作一简单的分析和计算。图 5 和图 6 分别

是金属板和板上涂覆吸波材料时接收波形的照片,其中图(a)是背景波形,图(b)是有目标时的波形,通过背景相消处理后得到它们的散射回波如图7所示。对图5(b)和图6(b)两个波形进行FFT计算,得到它们的功率谱如图8所示。可见两者的差异极小,只是在吸波材料的中心频率2.2GHz附近有一缺口,最大差值为6dB。图2的频域结果表明,在一个较宽的频带上两者有较大的差值,其最大值达15dB。因为包含目标信息的位置在80~300取样点之间,我们用如下方法计算图7两波形的能量。设 $X_p(n)$ 和 $X_R(n)$ 分别表示无RAM金属板和有RAM金属板的样本值, E_p 和 E_R 表示它们的能量,则

$$E_p = \sum_{n=80}^{300} X_p^2(n)$$

$$E_R = \sum_{n=80}^{300} X_R^2(n)$$



$$L_{\text{衰减}} = 10 \lg \frac{E_R}{E_p} = -1.1046 \text{ dB}$$

考虑图2的测量结果,对常规的窄带雷达而言,通常带宽为15%,若以吸波材料的中心频率2.2GHz作为雷达的中心频率,对此种RAM,在考虑的带宽内,其各频率点的衰减值如表1所示。

表 1

f (GHz)	2	2.1	2.2	2.3	2.4
无RAM (dB)	94.6	94.3	94	94.4	93.5
有RAM (dB)	85.7	79.7	80.5	81.3	81.2
差 (dB)	8.9	14.6	13.5	13.1	12.3

因此, 对正弦信号的平均衰减为

$$L_{\text{正弦}} = (8.9 + 14.6 + 13.5 + 13.1 + 12.3)/5 = 12.4\text{dB}$$

我们把有 RAM 和无 RAM 两种目标对正弦和冲激信号的衰减之差作为抗 RAM 能力的量度, 即

$$C = L_{\text{正弦}} - L_{\text{冲激}} = 12.4 - 1.1 = 11.3\text{dB}$$

由此可见, 冲激信号作用到有 RAM 的目标可得到优于 10dB 的好处。

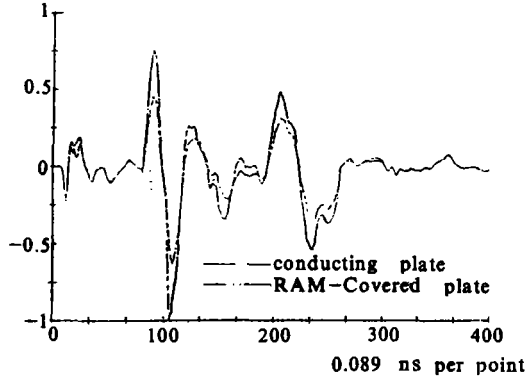


图 7 板的散射回波

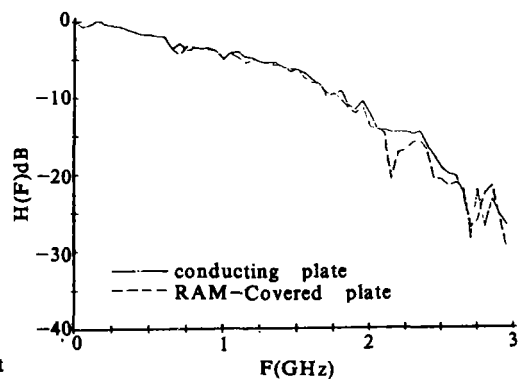


图 8 板回波的功率谱

4 结 论

(1) 在冲激信号脉宽等于 0.15ns, RAM 为 CAH-13.6 的条件下, RAM 对冲激信号的相对衰减 $L_{\text{冲激}}$ 为 1.1dB, 而 RAM 对正弦信号(2~2.4GHz)的平均衰减 $L_{\text{正弦}}$ 为 12.4dB, 故冲激雷达抗 RAM (CAH-13.6) 的能力优于正弦波雷达 11.3dB.

(2) 由图 8 看出, RAM 对冲激电磁波的吸收仅在 2.2GHz 附近一个窄带内较大, 在低频区基本无吸收, 高频区有吸收但较小, 所以适当增大冲激脉冲宽度, 会有更好的抗 RAM 能力。

(3) 基于图 2 和图 8 的结果, RAM 对冲激电磁波的吸收很小, 约 1.1dB 左右。如果所采用的 RAM 的吸收能力增大, 其差值 $\Delta L = L_{\text{正弦}} - L_{\text{冲激}}$ 也将增大, 即冲激雷达抗 RAM 的能力将更优于正弦波雷达。

(4) 对比图 2 和图 8, 它们具有很大的差别。据此, 我们认为以频率为根据的分析技术并不能充分解释有关冲激脉冲现象, 信号的相对频带达到 0.8~1 时, 目标散射和传播等电磁现象将发生重大变化。

参 考 文 献

- 1 Kisenwether E C, et al. Freespace Ultra-wideband Radar: Concepts and Issues. Radar symposium, 1990
- 2 Harmuth Henning F. IEEE-EMC-25 1983, (1):32~39
- 3 Lu Zhong liang, Su Yi, et al. An Experimental Impulse Radar System for Research of Target chacteristics. Radar Symposium, Beijin. 1991

Experimental Investigation of Impulse Radar for Mitigation of Effects of Radar Absorbing Materials

He Jianguo Lu Zhongliang Su Yi
(Department of Electronic Technology)

Abstract

The response of UWB signal acting on the coating radar absorbing material (RAM) targets have been investigated experimentally by time-domain method and frequency-domain method in this paper. It is shown that the UWB signal is 10~12dB superior to the narrowband signal of conventional radar for anti-coating RAM'S targets, and it has been clearly indicated that UWB signal has indeed good capabilities for mitigation of effects of RAM.

Key words radar, radar signals, absorbing material, UWB radar, impulse response

(上接第 45 页)

The Design of a Cross Assembler

Zhang Qinwu
(Department of Computer Science)

Abstract

In this paper, the author discussed two key problems in the design of a cross assembler: the processing of "define after use" internal symbols and the communication among modules by external symbols. The author also presented and unified processing method — the random file substitute algorithm. It is proven in practice that the method is simple and efficient.

Key words assembly language, assembler, cross assembler