

13

弹载毫米波辐射计信号半实物仿真*

许建中

(南京理工大学毫米波近感技术研究所, 江苏, 南京, 210094)

TN015

摘要 从弹载毫米波辐射计的目标信号数学模型出发, 对目标信号进行了仿真计算; 在此基础上, 建立了目标仿号的半实物仿真系统, 其信真测试结果与实际测试结果很吻合。

关键词 信号仿真, 毫米波辐射计, 毫米波测试。

弹载

引言

利用毫米波辐射计探测地物背景中装甲目标是末端敏感弹药系统中最常见的体制之一。为确定弹载毫米波辐射计探测能力和效果, 一般要对真实的金属目标进行野外实际测量。本文提出一种有效的半实物仿真方法, 即利用实际的弹载毫米波辐射计和模拟的目标信号仿真系统, 从而获取实际的目标信号。这对于简化测试过程、减轻劳动强度、提高工效(尤其对于批量生产的常规弹药系统)具有重大意义, 并为目标识别研究提供了重要基础和手段。

1 目标信号和数学模型

根据文献[1]可将辐射计天线与地物背景中金属目标的交会状态用图1表示, 由此可得辐射计天线温度变化量为^[1]

$$\Delta T_a = \Delta T_T \frac{G_0 H}{4\pi} \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\exp\left\{-b\left[\arccos\frac{H\cos\theta_F + y\sin\theta_F}{(x^2 + y^2 + H^2)^{1/2}}\right]^2\right\}}{(x^2 + y^2 + H^2)^{3/2}} dx dy, \quad (1)$$

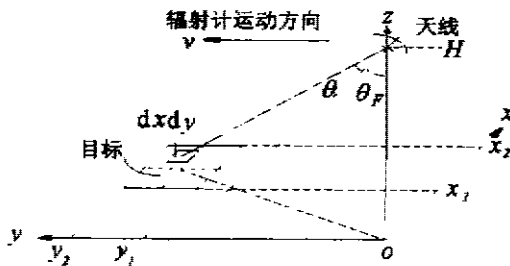


图1 辐射计天线与地物背景中金属目标的交会状态示意图

Fig. 1 Intersecting diagram of radiometer antenna and metallic target on the ground

式(1)中, ΔT_T 为目标与背景辐射温度对比度, G_0 为天线波束中心增益, b 为天线方向图系数, H 为天线离地面高度, $(y_2 - y_1)$ 为目标宽度, $(x_2 - x_1)$ 为目标长度, θ_F 为天线波束中心与地面法线夹角。

式(1)即为弹载毫米波辐射计对地金属目标探测信号的数学模型, 它较为精确地表示了目标信号。如果天线在 y 方向对目标进行扫描, 可设 $y = vt$, 代入式(1), 相应积分限作变换, 即可得到目标信号(即天线温度变化量)的时域表达式, 其中 v 表示天线扫描线速度。对于旋转扫描情况, $v = 2\pi n H \tan\theta_F$, 其中 n 为转速。

2 目标信号的仿真

以式(1)为目标信号的数学模型,代入辐射计、目标、背景以及交会条件等各项参数,由计算可得没有考虑噪声时的目标信号.设弹载辐射计噪声服从正态分布,其噪声均值为零,方差 $\Delta T_{\text{min}} = FT_0/\sqrt{B\tau}$ (忽略增益起伏影响)^[2],其中 F 为系统噪声系数, T_0 为工作温度, B 为系统带宽, τ 为检波器后的积分时间.代入各参数,与式(1)迭加后可得辐射计考虑噪声后的目标信号理论计算值.

图2为考虑噪声后一组典型参数 [$G_0 = 4b^{[1]}$, $b = 400$ (相当于天线 3dB 波束宽度 4.8°), $(y_2 - y_1) = 3\text{m}$, $(x_2 - x_1) = 6\text{m}$, $n = 4\text{r/s}$, $\theta_F = 30^\circ$, $\Delta T_{\text{min}} = 2\text{K}$] 的计算波形.

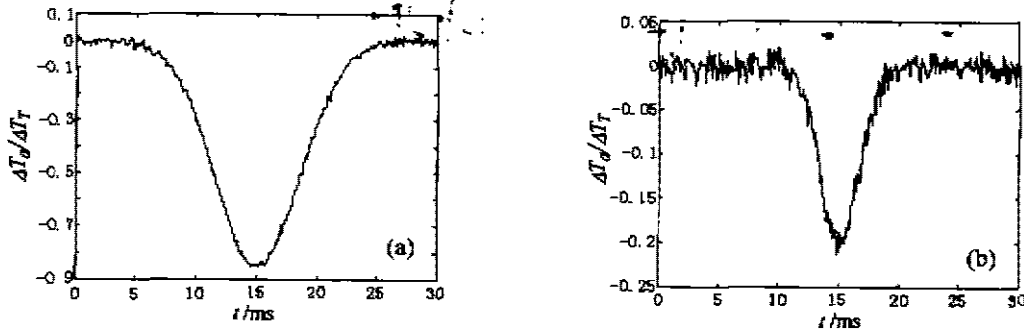


图2 考虑噪声后目标信号计算波形

(a) 探测高度 $H = 30\text{m}$ (b) 探测高度 $H = 90\text{m}$

Fig. 2 Digital simulating waveforms of the target signal with noise (a) at the altitude of 30-meter (b) at the altitude of 90-meter

3 目标信号半实物仿真系统

在上述目标信号仿真的基础上,将被测的弹载毫米波辐射计以及其它有关测试仪器组成目标信号半实物仿真系统(见图3).该系统可方便地根据辐射计参数指标,设置目标、背景以及交会条件等参数;将由计算机计算的目标信号仿真结果通过接口电路输出,接至调制器,对毫米波噪声源进行温度调制,使被测的弹载辐射计获得模拟野外探测效果的目标信号.调整可变精密衰减器的衰减量 α 或测试距离 L ,可校准与对金属目标实际测量的等效关

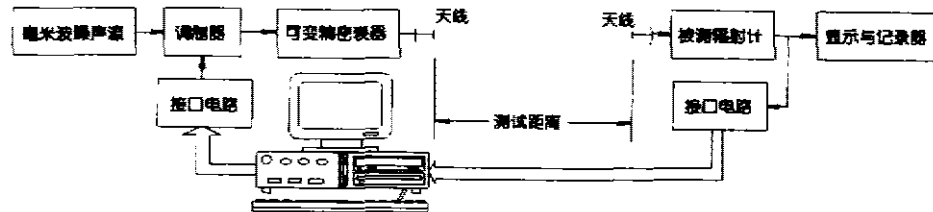


图3 目标信号半实物仿真系统框图

Fig. 3 Schematic diagram of partial physical simulation system of the target signal

系. α 和 L 的取值由实验来确定, 一般 L 满足远场条件即可, 再通过改变 α 进行校验. 在无回波暗室中, 利用该目标信号仿真系统对一定批量的弹载辐射计进行了测试, 获得了良好的效果. 图 4 为一组典型参数(与图 2 相同)的测试结果, 它与理论计算结果(见图 2)较为吻合.

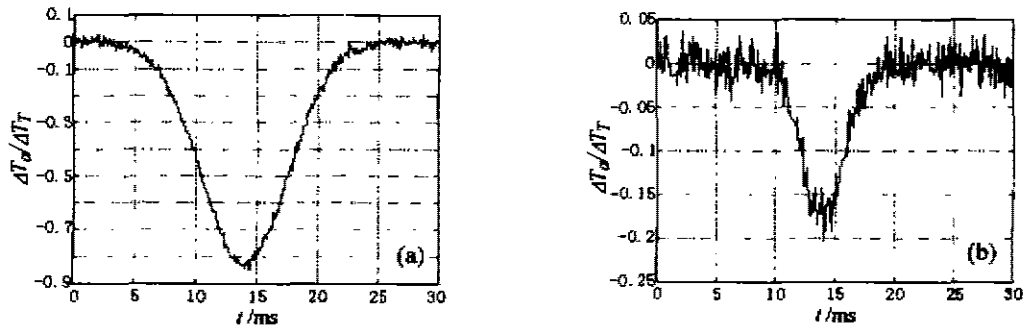


图 4 仿真系统测试结果

(a) 探测高度 $H=30\text{m}$ (b) 探测高度 $H=90\text{m}$

Fig. 4 Measured results with the help of simulation system

(a) at the altitude of 30-meter (b) at the altitude of 90-meter

4 与实际测试比较

经大量的野外试验结果验证, 图 3 所示的目标信号仿真系统可以与野外试验等效. 仿真测试结果如图 4 所示. 图 5 为弹载辐射计对金属目标的一组实际测量值(设置参数与图 4 相同), 它与图 4 仿真测试结果很吻合. 因此, 本文提出的半实物仿真方法不仅提高了自动化测试程度, 而且为目标识别研究提供了重要基础和手段.

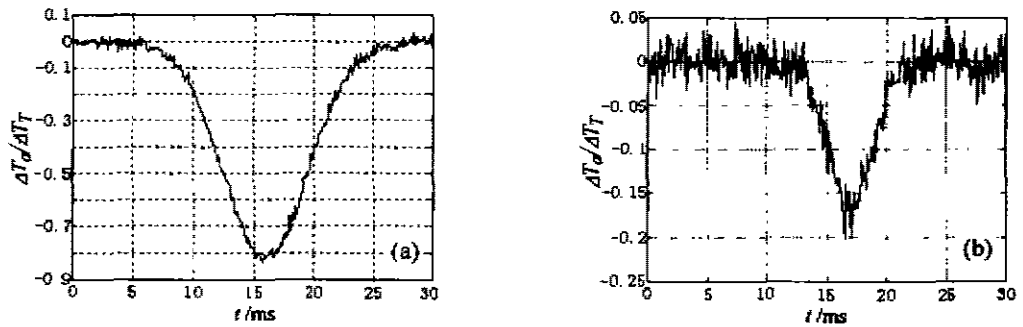


图 5 实际测试结果

(a) 探测高度 $H=30\text{m}$ (b) 探测高度 $H=90\text{m}$

Fig. 5 Measured results

(a) at the altitude of 30-meter (b) at the altitude of 90-meter

REFERENCES

- 1 Kaste O C. The comparison of signal and noise value with measurement value about 35GHz passive radiometer output, AD-A 040366,1980,16~24
- 2 LI Xing-Guo. *Millimeter Wave Proximity Sensing Technology and Application*, Beijing: National Defense Industry Press(李兴国,毫米波近感技术及其应用,北京:国防工业出版社),1991,26~28

PARTIAL PHYSICAL SIMULATION OF SIGNAL OF MILLIMETER WAVE RADIOMETER ON BOMB

XU Jiang-Zhong

(Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China)

Abstract Based on the mathematical model of target signal of millimeter wave radiometer on bomb, the digital simulation was made on the target signal. On this basis, a partial physical simulation system on target signal was built. By use of this system, good measurement results were achieved. The simulation results are rather in accordance with the actual measurement ones.

Key words signal simulation, millimeter wave radiometer, millimeter wave measurement.