



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103186697 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201310098233. 5

(22) 申请日 2013. 03. 25

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

(72) 发明人 雷振亚 谢拥军 李磊 杨锐

王青 侯建强 樊君 满铭远

绳宇洲

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

61205

代理人 王品华 朱红星

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006. 01)

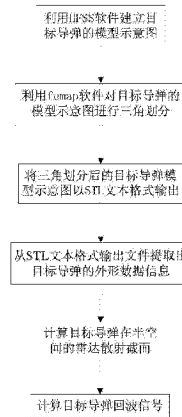
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

预警机雷达探测目标模拟方法

(57) 摘要

本发明公开一种预警机雷达探测目标模拟方法,主要解决现有技术不能在高频下计算目标导弹在半空间的雷达散射截面的问题。其实现步骤是:利用商用 HFSS 软件建立目标导弹的模型示意图,利用商用 femap 软件对目标导弹的模型示意图进行三角划分;将三角划分后的导弹的模型示意图以 STL 文本格式输出,获取 STL 本格式的目标导弹外形数据信息;将在半空间的格林函数引入物理光学方法中,对 STL 文本格式目标导弹的外形数据进行计算,得出目标导弹在半空间的雷达散射截面;根据目标导弹在半空间的雷达散射截面,计算雷达接收到目标导弹回波信号。本发明能准确的计算出目标导弹的回波信号,可用于预警机雷达系统模拟,为最大限度发挥巡航导弹武器系统威力提供技术支持。



1. 一种预警机雷达探测目标模拟方法,包括如下步骤:

(1) 获取 STL 文本格式的目标导弹外形数据信息

1a) 利用 HFSS 软件按照目标导弹实际尺寸建立目标导弹的模型示意图;

1b) 从目标导弹的模型示意图边缘的离散数据点中,任意取出其中相邻的四点;对该四点按照三角形任两边之差的平方和最小准则进行三角划分,选定其中三点并连接;

1c) 对于剩下的离散数据点,重复步骤 1b),直到所有的离散数据点被连接到一起,得到处理后的目标导弹示意图;

1d) 将处理后的目标导弹示意图以 STL 文本格式输出,并从输出文件中提取出目标导弹的外形数据信息,为目标导弹在半空间的雷达散射截面的计算提供准确的外形数据;

(2) 计算目标导弹在半空间的雷达散射截面  $\sigma$

将在半空间的格林函数引入物理光学方法中,对 STL 文本格式目标导弹的外形数据进行计算,得到目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$  :

$$\sqrt{\sigma} = \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{\mathbf{E}_s \cdot \hat{\mathbf{e}}_r}{E_o} \exp(jkR)$$

$$\text{即: } \sigma = \left( \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{\mathbf{E}_s \cdot \hat{\mathbf{e}}_r}{E_o} \exp(jkR) \right)^2,$$

式中,  $R$  是从预警机雷达到目标导弹中心的双程距离,  $E_o$  为入射电场,  $\hat{\mathbf{e}}_r$  是目标导弹电极化方向的单位矢量,  $k$  为传播常数,  $E_s$  为目标导弹散射电场,在远场条件下,根据目标导弹到远场观察点的距离远远大于目标导弹尺寸的特点,得到  $E_s$  的如下表示式:

$$\mathbf{E}_s = -j\omega \iiint_v \bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') d\mathbf{r}' + \frac{k \cdot \hat{\mathbf{s}}}{\omega} \iiint_v [G_x^{qe} \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_y^{qe} \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_z^{qe} \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{J}(\mathbf{r}')] d\mathbf{r}'$$

式中,  $\omega$  为入射波频率,  $\mathbf{J}(\mathbf{r}')$  为电流密度,  $k$  为传播常数,  $\hat{\mathbf{s}}$  为散射波极化方向的单位矢量,  $\bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  为在半空间的格林函数:

$$\bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \begin{bmatrix} G_A^{xx} & 0 & 0 \\ 0 & G_A^{yy} & 0 \\ G_A^{zx} & G_A^{zy} & G_A^{zz} \end{bmatrix}$$

式中

$$G_A^{xx} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + A_h^e e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

$$G_A^{zx} = -\frac{\mu}{8\pi} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ \frac{k_z}{k_p^2} (C_h^e - A_h^e) e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

$$G_A^{zz} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + A_v^e e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

$$G_A^{yy} = G_A^{xx} \quad G_A^{zy} = G_A^{zx};$$

$G_x^{qe}$ 、 $G_y^{qe}$ 、 $G_z^{qe}$  为标量位函数:

$$G_x^{qe} = -\frac{j}{8\pi\epsilon} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + \frac{k^2 A_h^e + k_z^2 C_h^e}{k_p^2} e^{jk_z z} \right] dk_p$$

$$G_y^{qe} = G_x^{qe}$$

$$G_z^{qe} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + C_v^e e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

其中：

$$A_h^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, C_h^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}, A_v^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, C_v^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}$$

式中,  $R_{TE}$ 、 $R_{TM}$  为菲涅耳反射系数,  $k_x$ 、 $k_y$ 、 $k_z$  为沿  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向上的传播常数,  $k_p^2 = k_x^2 + k_y^2$ ;  $H_0^{(2)}(\cdot)$  为第二类零阶 Hankel 函数,  $\epsilon$  为介电常数;

电流密度  $J(r')$  的物理光学近似:

$$J(r') = 2\hat{n} \times H_0$$

式中,  $\hat{n}$  为目标导弹的法矢量,  $H_0$  入射波磁场强度;

### (3) 计算目标导弹回波信号

基于雷达方程,考虑雷达系统损耗、雷达工作波长、脉冲峰值功率、雷达系统损耗参数情况,利用目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$ ,计算雷达接收到目标导弹回波信号幅度  $A(\theta, \varphi)$  为:

$$A(\theta, \varphi) = \left( \frac{P_t \lambda \sigma}{(4\pi)^3 L} \right)^{1/2} \cdot \frac{G(\alpha_T, \beta_T)}{R^2},$$

式中:  $P_t$  为雷达发射信号峰值功率,  $\lambda$  为雷达工作波长,  $\sigma$  为目标导弹在半空间的雷达散射截面积,  $G(\alpha_T, \beta_T)$  为雷达天线电压增益,  $L$  为雷达发射接收综合损耗,  $R$  为雷达到目标导弹中心距离。

2. 根据权利要求 1 所述的预警机雷达探测目标模拟方法,其特征在于:所述步骤 1b) 中对相邻的四点按照三角形任两边之差的平方和最小准则进行三角划分,是利用利用商用 femap 软件进行三角划分。

## 预警机雷达探测目标模拟方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于无线通信领域,涉及天线谐振频率的检测系统及其检测方法,可用于预警机雷达探测模拟。

### 技术背景

[0002] 预警机是一种装有远距离搜索雷达、数据处理、敌我识别以及通信导航、指挥控制、电子对抗等完善的电子设备,集预警、指挥、控制、通信和情报于一体,用于搜索、监视与跟踪空中和海上目标并指挥、引导己方飞机执行作战任务的作战支援飞机,起到活动雷达站和空中指挥中心的作用。预警机可以减小地球曲率和各种地物的影响,从而能大大增加雷达的搜索范围和探测距离,增长预警时间。对于飞行在地面雷达网盲区的巡航导弹目标,预警机能够在远距离发现目标并发出警告,成为巡航导弹目标突防的最大威胁。预警机的核心装备就是其机载雷达,因此,对机载预警雷达探测目标仿真研究是进行预警机作战使用研究的重要内容之一。

[0003] 目前的预警机雷达探测目标仿真主要包括:预警机建模、导弹雷达特性建模、杂波建模研究以及导弹探测得到回波信号。常规方法是对上述四个模块分别进行单独计算仿真,在导弹雷达特性建模模块中,目前基于各种高频算法涌现出了很多雷达散射截面计算机辅助分析和优化设计软件包,这些软件包虽然能够模拟并可实时完成自由空间电大尺寸目标雷达散射截面的精确仿真,但是到目前为止,关于半空间目标导弹的雷达散射截面高频计算方法还未见报道。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种预警机雷达探测目标模拟方法,以解决现有技术不能在高频下计算半空间目标导弹的雷达散射截面的问题,得到目标导弹回波信号。

[0005] 为实现上述目的:本发明的技术方案包括如下步骤:

[0006] (1) 获取 STL 文本格式的目标导弹外形数据信息

[0007] 1a) 利用 HFSS 软件按照目标导弹实际尺寸建立目标导弹的模型示意图;

[0008] 1b) 从目标导弹的模型示意图边缘的离散数据点中,任意取出其中相邻的四点;对该四点按照三角形任两边之差的平方和最小准则进行三角划分,选定其中三点并连接;

[0009] 1c) 对于剩下的离散数据点,重复步骤 1b),直到所有的离散数据点被连接到一起,得到处理后的目标导弹示意图;

[0010] 1d) 将处理后的目标导弹示意图以 STL 文本格式输出,并从输出文件中提取出目标导弹的外形数据信息,为目标导弹在半空间的雷达散射截面的计算提供准确的外形数据;

[0011] (2) 计算目标导弹在半空间的雷达散射截面  $\sigma$

[0012] 将在半空间的格林函数引入物理光学方法中,对 STL 文本格式目标导弹的外形数据进行计算,得到目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$ ;

$$[0013] \quad \sqrt{\sigma} = \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{E_s \cdot \hat{e}_r}{E_0} \exp(jkR)$$

$$[0014] \quad \text{即} : \sigma = \left( \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{E_s \cdot \hat{e}_r}{E_0} \exp(jkR) \right)^2,$$

[0015] 式中,  $R$  是从预警机雷达到目标导弹中心的双程距离,  $E_0$  为入射电场,  $\hat{e}_r$  是目标导弹电极化方向的单位矢量,  $k$  为传播常数,  $E_s$  为目标导弹散射电场, 在远场条件下, 根据目标导弹到远场观察点的距离远远大于目标导弹尺寸的特点, 得到  $E_s$  的如下表示式:

$$[0016] \quad E_s = -j\omega \iiint_v \bar{G}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') d\mathbf{r}' + \frac{k \cdot \hat{s}}{\omega} \iiint_v [G_x^{qe} \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_y^{qe} \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_z^{qe} \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{J}(\mathbf{r}')] d\mathbf{r}'$$

[0017] 式中,  $\omega$  为入射波频率,  $\mathbf{J}(\mathbf{r}')$  为电流密度,  $k$  为传播常数,  $\hat{s}$  为散射波极化方向的单位矢量,  $\bar{G}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  为在半空间的格林函数:

$$[0018] \quad \bar{G}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \begin{bmatrix} G_A^{xx} & 0 & 0 \\ 0 & G_A^{yy} & 0 \\ G_A^{zx} & G_A^{zy} & G_A^{zz} \end{bmatrix}$$

[0019] 式中

$$[0020] \quad G_A^{xx} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) [e^{-jk_z|z-z'|} + A_h^e e^{-jk_z z}] dk_p$$

$$[0021] \quad G_A^{zx} = -\frac{\mu}{8\pi} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ \frac{k_z}{k_p^2} (C_h^e - A_h^e) e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

$$[0022] \quad G_A^{zz} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) [e^{-jk_z|z-z'|} + A_v^e e^{-jk_z z}] dk_p$$

$$[0023] \quad G_A^{yy} = G_A^{xx} \quad G_A^{zy} = G_A^{zx};$$

[0024]  $G_x^{qe}$ 、 $G_y^{qe}$ 、 $G_z^{qe}$  为标量位函数:

$$[0025] \quad G_x^{qe} = -\frac{j}{8\pi\epsilon} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{jk_z|z-z'|} + \frac{k^2 A_h^e + k_z^2 C_h^e}{k_p^2} e^{jk_z z} \right] dk_p$$

$$[0026] \quad G_y^{qe} = G_x^{qe}$$

$$[0027] \quad G_z^{qe} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( -\frac{j}{2} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) [e^{-jk_z|z-z'|} + C_v^e e^{-jk_z z}] dk_p$$

[0028] 其中:

$$[0029] \quad A_h^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, \quad C_h^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}, \quad A_v^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, \quad C_v^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}$$

[0030] 式中,  $R_{TE}$ 、 $R_{TM}$  为菲涅耳反射系数,  $k_x$ 、 $k_y$ 、 $k_z$  为沿  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向上的传播常数,  $k_p^2 = k_x^2 + k_y^2$ ;  $H_0^{(2)}(\cdot)$  为第二类零阶 Hankel 函数,  $\epsilon$  为介电常数;

[0031] 电流密度  $J(\mathbf{r}')$  的物理光学近似：

$$[0032] \quad \mathbf{J}(\mathbf{r}') = 2\hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{H}_0$$

[0033] 式中,  $\hat{\mathbf{n}}$  为目标导弹的法矢量,  $H_0$  入射波磁场强度；

[0034] (3) 计算目标导弹回波信号

[0035] 基于雷达方程, 考虑雷达系统损耗、雷达工作波长、脉冲峰值功率、雷达系统损耗参数情况, 利用目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$ , 计算雷达接收到目标导弹回波信号幅度  $A(\theta, \varphi)$  为：

[0036]

$$A(\theta, \varphi) = \left( \frac{P_t \lambda \sigma}{(4\pi)^3 L} \right)^{1/2} \cdot \frac{G(\alpha_T, \beta_T)}{R^2},$$

[0037] 式中： $P_t$  为雷达发射信号峰值功率,  $\lambda$  为雷达工作波长,  $\sigma$  为目标导弹在半空间的雷达散射截面积,  $G(\alpha_T, \beta_T)$  为雷达天线电压增益,  $L$  为雷达发射接收综合损耗,  $R$  为雷达到目标导弹中心距离。

[0038] 本发明具有如下优点：

[0039] 1. 本发明利用 HFSS 软件建立目标导弹的模型示意图, 利用商用 femap 软件对目标导弹的模型示意图进行三角划分, 将三角划分后的目标导弹示意图以 STL 文本格式输出, 并从输出文件中提取出目标导弹的外形数据信息, 为目标导弹在半空间的雷达散射截面的计算提供准确的外形数据。

[0040] 2. 本发明将半空间格林函数引入物理光学法中, 计算快捷、简单, 解决了现有技术不能在高频下计算目标导弹在半空间的雷达散射截面的问题。

[0041] 3. 本发明根据在高频下计算出的目标导弹在半空间的雷达散射截面, 可以准确的计算出目标导弹的回波信号。

## 附图说明

[0042] 图 1 是本发明的实现流程图。

[0043] 具体实施过程

[0044] 参照图 1, 本发明的实现步骤如下：

[0045] 步骤 1 获取 STL 文本格式的目标导弹外形数据信息。

[0046] 为了计算目标导弹在半空间的雷达散射截面, 必须获取 STL 文本格式的目标导弹的外形数据, 其获取步骤如下：

[0047] 1a) 利用软件根据目标导弹实际尺寸建立目标导弹的模型示意图, 该软件包括商用 HFSS 软件和商用 CST 软件；

[0048] 1b) 将目标导弹的模型示意图在三角划分软件中打开, 软件开始自动进行三角划分, 软件划分结束后, 得到三角划分后的目标导弹示意图, 该软件包括商用 femap 软件和商用 Ansys 软件。

[0049] 1c) 将三角划分后的目标导弹示意图以 STL 文本格式输出, 并从输出文件中提取出目标导弹的外形数据信息, 为目标导弹在半空间的雷达散射截面的计算提供准确的外形数据；

[0050] 步骤 2 计算目标导弹在半空间的雷达散射截面  $\sigma$ 。

[0051] 为了计算目标导弹回波信号,必须首先计算出目标导弹在半空间的雷达散射截面  $\sigma$ ,其计算步骤如下:

[0052] 2a) 计算目标导弹的电流密度  $J(\mathbf{r}')$

[0053] 物理光学法给目标导弹表面的电流密度  $J(\mathbf{r}')$  赋予简单明确的值,电流密度是入射磁场  $H_0$  的两倍,所以电流密度  $J(\mathbf{r}')$  的计算式如:  $\mathbf{J}(\mathbf{r}') = 2\hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{H}_0$ , 式中  $\hat{\mathbf{n}}$  为目标导弹的法矢量,  $H_0$  为入射磁场;

[0054] 2b) 计算目标导弹的散射场  $E_s$

[0055] 在物理光学法中,通过对 STL 文本格式目标导弹的外形数据进行积分叠加计算,得到目标导弹的散射场  $E_s$  如下:

[0056]

$$E_s = -j\omega \iiint_v \bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') d\mathbf{r}' + \frac{k \cdot \hat{\mathbf{s}}}{\omega} \iiint_v [G_x^{qe} \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_y^{qe} \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{J}(\mathbf{r}') + G_z^{qe} \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{J}(\mathbf{r}')] d\mathbf{r}'$$

[0057] 式中,  $\omega$  为入射波频率,  $k$  为传播常数,  $\hat{\mathbf{s}}$  为散射波极化方向的单位矢量,  $\bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$  为在半空间的格林函数:

$$[0058] \quad \bar{\mathbf{G}}_A(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \begin{bmatrix} G_A^{xx} & 0 & 0 \\ 0 & G_A^{yy} & 0 \\ G_A^{zx} & G_A^{zy} & G_A^{zz} \end{bmatrix}$$

[0059] 式中

$$[0060] \quad G_A^{xx} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + A_h^e e^{-jk_z z} \right] dk_p \right)$$

$$[0061] \quad G_A^{zx} = -\frac{\mu}{8\pi} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ \frac{k_z}{k_p^2} (C_h^e - A_h^e) e^{-jk_z z} \right] dk_p$$

$$[0062] \quad G_A^{zz} = \frac{\mu}{4\pi} \left( -\frac{j}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + A_v^e e^{-jk_z z} \right] dk_p \right)$$

$$[0063] \quad G_A^{yy} = G_A^{xx} \quad G_A^{zy} = G_A^{zx};$$

[0064]  $G_x^{qe}$ 、 $G_y^{qe}$ 、 $G_z^{qe}$  为标量位函数:

$$[0065] \quad G_x^{qe} = -\frac{j}{8\pi\epsilon} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + \frac{k^2 A_h^e + k_z^2 C_h^e}{k_p^2} e^{jk_z z} \right] dk_p$$

$$[0066] \quad G_y^{qe} = G_x^{qe}$$

$$[0067] \quad G_z^{qe} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( -\frac{j}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k_p}{k_z} H_0^{(2)}(k_p \rho) \left[ e^{-jk_z|z-z'|} + C_v^e e^{-jk_z z} \right] dk_p \right)$$

[0068] 其中:

$$[0069] \quad A_h^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, \quad C_h^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}, \quad A_v^e = R_{TE} e^{-jk_z z'}, \quad C_v^e = -R_{TM} e^{-jk_z z'}$$

[0070] 式中,  $R_{TE}$ 、 $R_{TM}$  为菲涅耳反射系数,  $k_x$ 、 $k_y$ 、 $k_z$  为沿  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向上的传播常数,  $k_p^2 = k_x^2 + k_y^2$ ;  $H_0^2(\cdot)$  为第二类零阶 Hankel 函数,  $\varepsilon$  为介电常数;

[0071] 2c) 计算目标导弹在半空间的雷达散射截面  $\sigma$

[0072] 根据目标导弹的散射场  $E_s$  计算目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$  :

$$[0073] \quad \sqrt{\sigma} = \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{E_s \cdot \hat{e}_r}{E_o} \exp(jkR)$$

$$[0074] \quad \text{即: } \sigma = \left( \lim_{R \rightarrow \infty} 2\sqrt{\pi R} \frac{E_s \cdot \hat{e}_r}{E_o} \exp(jkR) \right)^2,$$

[0075] 式中,  $R$  是从预警机雷达到目标导弹中心的双程距离,  $E_o$  为入射电场,  $\hat{e}_r$  是目标导弹电极化方向的单位矢量,  $k$  为传播常数。

[0076] 步骤 3 计算目标导弹回波信号

[0077] 基于雷达方程, 考虑雷达系统损耗、雷达工作波长、脉冲峰值功率、雷达系统损耗参数情况, 利用步骤 2 计算得到的目标导弹在半空间的散射截面  $\sigma$ , 计算雷达接收到目标导弹回波信号幅度  $A(\theta, \varphi)$  为:

[0078]

$$A(\theta, \varphi) = \left( \frac{P_t \lambda \sigma}{(4\pi)^3 L} \right)^{1/2} \cdot \frac{G(\alpha_T, \beta_T)}{R^2},$$

[0079] 式中:  $P_t$  为雷达发射信号峰值功率,  $\lambda$  为雷达工作波长,  $\sigma$  为目标导弹在半空间的雷达散射截面积,  $G(\alpha_T, \beta_T)$  为雷达天线电压增益,  $L$  为雷达发射接收综合损耗,  $R$  为雷达到目标导弹中心距离。

[0080] 计算出目标导弹回波信号, 即为预警机雷达到接收到目标导弹回波信号, 完成预警机雷达探测目标模拟过程。



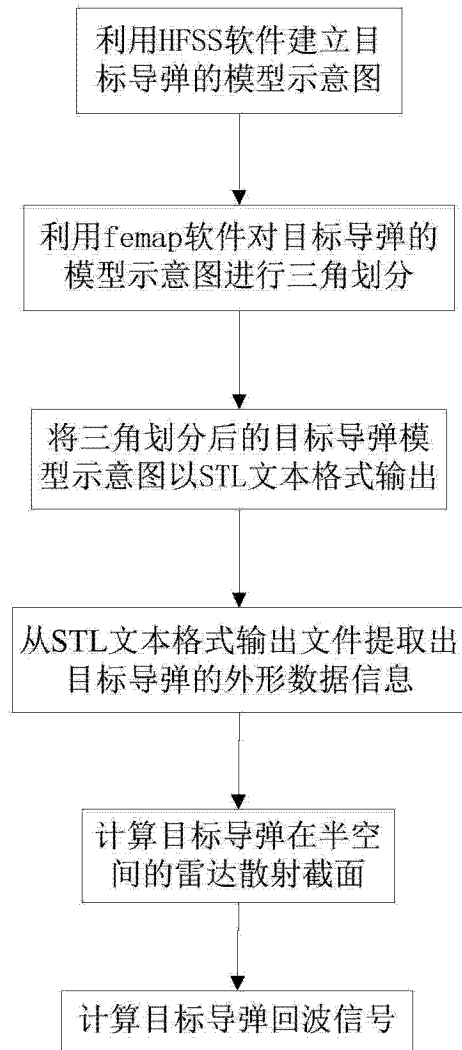


图 1