

用 OSRC-MM 分析存在导电球时的线天线问题

陈志宁

(通信工程学院微波教研室 南京 210016)

章文勋

(东南大学 南京 210018)

杜汉卿

(南京理工大学 南京 210018)

摘要 本文利用矢量表面辐射条件 (VOSRC) 和矩量法 (MM) 分析了导电圆球存在时线天线的性能。计算结果与应用广义多极子技术 (GMT) 计算得到的结果吻合良好。

关键词 线天线, 表面辐射条件, 矩量法

1 引言

近几年,随着对表面辐射条件 (OSRC) 研究的深入,现在已经可以用矢量表面辐射条件 (VOSRC) 分析和计算导电圆球在平面波照射下的散射问题^[1,2]。其中,无论近区场特性(感应面电流分布),还是远区场特性 (RCS) 的近似程度都令人满意,尤其是 RCS 结果更佳。但是,迄今为止还没有见到有关应用 VOSRC 分析辐射/散射问题的报道。本文试图利用文献[2]中给出的 VOSRC 方程分析导电圆球存在时线天线性能的变化。而这类问题的其它分析方法可参考文献[3,4]。作为比较,本文中还提供了作者利用广义多极子技术 (GMT) 分析该问题的数值结果。计算表明,两种计算方法所得结果吻合良好,且前者所占计算机内存较小,同时计算时间也相应减少。

2 计算公式和过程

现讨论一个如图 1 所示的系统。该系统包括一个导电圆球和一个位于它附近的线天线。在文献[3,4]中利用数值格林函数和矩量法分析了该系统,概念比较清晰,但分析较为繁复。下

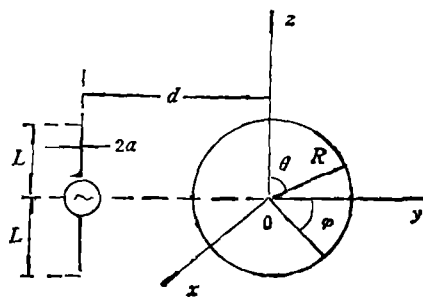


图1 线天线与导电圆球之间的几何位置关系

1992-10-05 收到,1993-02-05 定稿

陈志宁 男,1963年生,讲师,从事电磁场理论和天线技术方面的教学和研究工作。
章文勋 男,1937年生,教授,博士生导师,从事电磁场与微波技术的教学和研究工作。
杜汉卿 男,1935年生,研究员,从事数学信号处理和无线电引信的教学和研究工作。

面作为 VOSRC 应用的推广,将利用 VOSRC 和矩量法分析计算该系统。正如所知的那样,对于一个平面波照射下导电圆球的散射计算,可以用 VOSRC 进行比较准确的分析^[1,2],而对单独存在的线天线的分析亦是十分成熟的,当二者构成一个系统时问题则变得比较复杂,但是可以利用两物体单独存在时问题已经解决的条件求解该系统。具体解题过程如下:

首先,利用文献[2]中所给出的计算导电圆球在人射场 (E^{in} , H^{in}) 照射下感应面电流的公式:

$$\begin{aligned} & \left[-\eta + \frac{\eta}{(jk_0 a \sin \theta)^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} + \left(\frac{1}{jk_0^3 a^3} - \frac{1}{k_0^2 a^2} \right) \frac{\eta}{jk_0 a} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \right) \right] J_\phi^s \\ & + \left[\frac{\eta}{(jk_0 a \sin \theta)^2} \left(\cos \theta \frac{\partial}{\partial \phi} + \sin \theta \frac{\partial^2}{\partial \phi \partial \theta} \right) \right. \\ & + \left. \left(\frac{1}{jk_0^3 a^3} - \frac{1}{k_0^2 a^2} \right) \frac{\eta}{jk_0 a} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\cos \theta}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \right) \right] J_\theta^s \\ & - \eta H_\theta^{in} + E_\phi^{sc} + \frac{\eta}{(jk_0 a \sin \theta)^2} \left[\frac{\partial^2}{\partial \phi^2} H_\theta^{in} - \frac{\partial^2}{\partial \theta \partial \phi} (\sin \theta H_\phi^{in}) \right] \\ & + \left(\frac{1}{2jk_0^3 a^3} - \frac{1}{2jk_0^2 a^2} \right) \left\{ \frac{\cos \theta}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} E_\theta^{sc} + \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} E_\theta^{sc} + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} E_\theta^{sc} \right. \\ & + \frac{2\eta}{jk_0 a} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} H_\theta^{in} \right) - \frac{2\eta}{jk_0 a} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta H_\phi^{in}) \right] \\ & \left. - \frac{1}{\sin^2 \theta} E_\theta^{sc} - \frac{2 \cos \theta}{\sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} E_\phi^{sc} \right\}, \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left\{ -\eta - \frac{\eta}{k_0^2 a^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \cdot) \right] - \left(\frac{1}{jk_0^3 a^3} - \frac{1}{k_0^2 a^2} \right) \right. \\ & \cdot \left. \frac{1}{jk_0 a \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \theta \partial \phi} (\sin \theta \cdot) \right\} J_\theta^s - \left[\frac{\eta}{k_0^2 a^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \right) \right. \\ & \left. - \left(\frac{1}{jk_0^3 a^3} - \frac{1}{k_0^2 a^2} \right) \frac{\eta}{jk_0 a \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right] J_\phi^s \\ & + \eta H_\phi^{in} + E_\theta^{sc} - \frac{\eta}{k_0^2 a^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} H_\theta^{in} \right) - \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta H_\phi^{in}) \right] \right\} \\ & + \left(\frac{1}{2k_0^2 a^2} - \frac{1}{2jk_0^3 a^3} \right) \left\{ \frac{\cos \theta}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} E_\phi^{sc} + \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} E_\phi^{sc} + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} E_\phi^{sc} \right. \\ & + \frac{2}{\sin^2 \theta} \frac{\eta}{jk_0 a} \left[\frac{\partial^2}{\partial \phi^2} H_\theta^{in} \right] - \frac{\partial^2}{\partial \theta \partial \phi} (\sin \theta H_\phi^{in}) \left. \right] - \frac{1}{\sin^2 \theta} E_\phi^{sc} \\ & \left. + \frac{2 \cos \theta}{\sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} E_\theta^{sc} \right\}. \quad (2) \end{aligned}$$

在导电面上又有:

$$E_\theta^{sc} = -E_\theta^{in}, \quad E_\phi^{sc} = -E_\phi^{in}. \quad (3)$$

式中的人射场 (E^{in} , H^{in}) 可以不是平面波,在这里是接近导电圆球附近时线天线所辐射

的场。

然而利用矩量法可以求得独立存在天线上的电流分布 I_0 。依此可求得天线在空间所辐射的电磁场分布,进而可求出在圆球所在位置处球面上的场分布 (E_0^i, H_0^i) 。注意,这时该位置处并无圆球存在。当在该处引入导电圆球时,假定 (E_0^i, H_0^i) 就是导电圆球表面上的外加场,利用(1)和(2)式可以求得在该外加场激励下球表面的感应电流分布 J_0 。显然,当圆球接近于线天线时与线天线构成了一个系统,这时的边界条件与线天线单独存在时是不同的,所以天线上的电流分布不再是 I_0 。假定球面感应电流 J_0 所激励的场是线天线的外加场,那么它与线天线的原有激励一起决定了线天线的电流分布 I_1 。在求得 I_1 后,又可按上述步骤求得新的球面感应电流 J_1 ,依此步骤(见图2)不断地迭代下去,直至天线上电流分布 I 和球面感应电流分布 J 稳定在某个值为止。而这一过程循环次数的多少与散射圆球的电尺寸,线天线的电尺寸以及相互距离等因素有关。

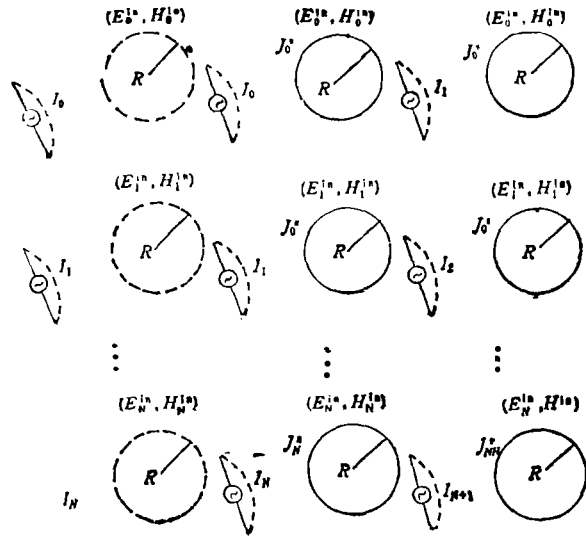


图2 计算过程

3 计算结果和分析

作为举例,计算了图1所示的偶极天线的输入导纳随天线与圆球接近程度变化的情况,其中偶极天线为半波天线 ($L = 0.245\lambda$),线径 $2a \ll \lambda$ ($a = 0.01\lambda$),导电圆球半径 $R = 0.8\lambda$ ($k_0 R = 5.03$, $k_0 = 2\pi/\lambda$ 是自由空间的波数)。为了比较,图3给出的结果中有一组是作者利用广义多极子技术(GMT)计算得到的。从图3中可以清楚地看到:由于VOSRC方法本身固有的限制,圆球本身电尺寸不能太小(通常 $k_0 R \geq 5$ 时计算准确

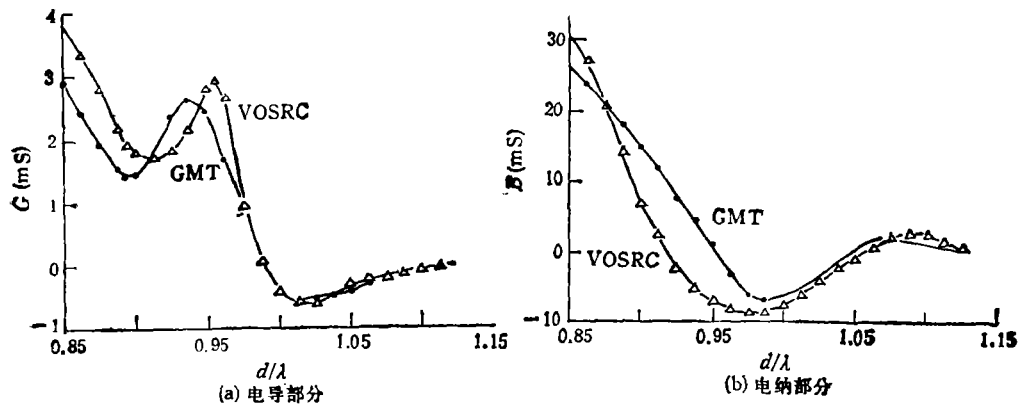


图3 随线天线与导电圆球之间距离变化的线天线输入导纳曲线

度较高),而且天线与球体相互距离越近准确度越低,而且迭代次数就越多。在 d/λ 较小时迭代次数多达 7~10 次,而当 d/λ 增大时通常仅需要 3~5 次即可,且准确度较高。另外从曲线中还可以得到这样的认识,即在这种情况下,天线导纳的电纳部分变化比较剧烈。

参 考 文 献

- [1] Jones D S. SIAM J. Appl. Math., 1988, 41(1):21—30.
- [2] Chen Z N, Zhang W X. Application of Three-Dimensional Vector OSRC to Electromagnetic Scattering. IEEE-Antenna Propagation Symposium, Chicago (USA): 1992, 2005—2008.
- [3] Glison A W, Butler C M. IEEE Trans. on AP, 1980, AP-28(5): 604—609.
- [4] Butler C M, Keshavamurthy T L. IEEE Trans. on EMC, 1980, EMC-22(2):113—118.

ANALYSIS OF A WIRE ANTENNA IN THE PRESENCE OF CONDUCTING SPHERE BY USING OSRC-MM

Chen Zhining

(*Institute of Communications Engineering, Nanjing 210016*)

Zhang Wenxun

(*Southeast University, Nanjing 210018*)

Du Hanqing

(*Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210014*)

Abstract Vector On-Surface Radiation Condition (VOSRC) and Moment Method (MM) are applied to analyzing the performance of a wire antenna in the presence of a conducting sphere. The results are in good agreement with that obtained by generalized multipole technique (GMT).

Key words Wire antenna, On-surface radiation condition, Moment method