

线天线加载锥体辐射的 UTD 分析

翟会清, 王莉娜, 梁昌洪

(西安电子科技大学电子工程学院 西安 710071)

摘要: 圆锥是研究机载天线的一个重要组成模块, 研究线天线加载锥体的辐射特性具有重要的实用价值, 本文首先解决了源在锥上绕射的解析寻迹的问题, 最后结合一致性几何绕射(UTD)场值求解, 分析了线天线在锥上的受扰方向图, 其结果与已有结果吻合良好, 从而说明了本文方法的有效性。

关键词: 射线寻迹, 一致性几何绕射(UTD), 辐射方向图

1. 引言

在分析电大目标的复杂环境的电磁兼容问题时, 我们一般采用一致性几何绕射理论(UTD)进行分析和求解。在机载天线的电磁兼容问题中, 飞机体是一个复杂的电磁散射体, 包括机身、机头、螺旋桨、起落架等机体。为了很好的利用 UTD 求解这样的问题, 一个很好的处理方法是将整个机体分为若干基本模块, 如圆柱, 平板, 圆锥等。针对以上情况, 处理天线与各个模块之间的电磁辐射问题变得很重要, 基于以上本文着重研究了源在锥体上的射线寻迹问题, 其中着重讨论了利用解析方法求解锥的绕射问题, 最后结合一致性结合绕射(UTD)场值求解, 给出了线天线的受绕方向图, 其结果与 ANSOFT 结果吻合良好, 从而说明了本文方法的有效性。

2. 锥的绕射射线寻迹

为了利用 UTD 准确的分析线天线加载的圆锥时的辐射方向图, 能够快速而准确的求解绕射点将是首要解决的问题。为此本文首先解析的解决了的源在锥外(可退化到源在锥上)的绕射射线寻迹。如图 1 所示

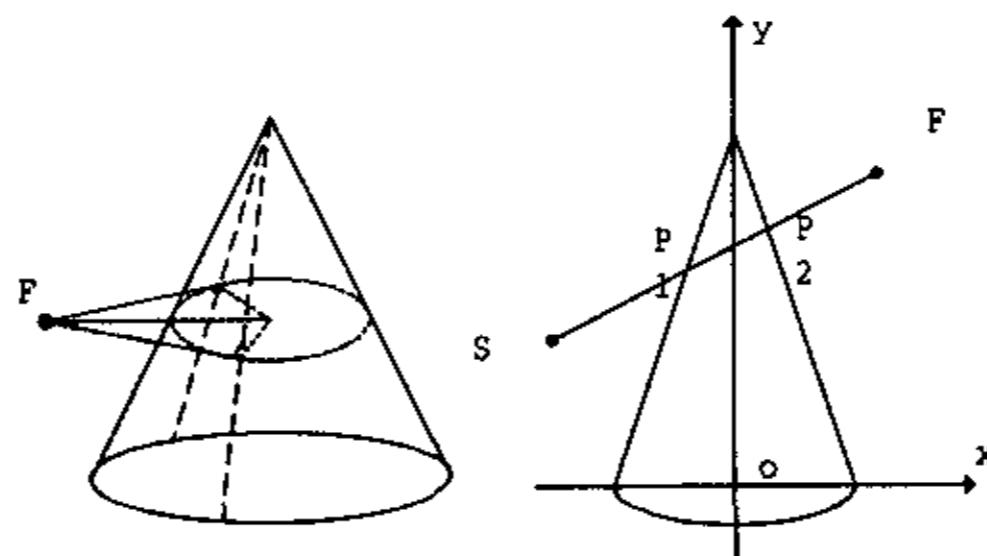


图 1 圆锥绕射射线寻迹解析求解示意图

1. 找出源点 S 和场点 F 对应各自的两条切线
2. 将对应的两条切线在展开到平面坐标系中, 求解在平面内两个绕射点的位置
3. 返回圆锥坐标系下确定两绕射点的 P₁, P₂ 的绕射点三维坐标。

通过以上求解, 我们就解析的求解了锥的绕射寻迹问题, 这为场值求解打下基础。

3. 直射场及绕射场的求解

当发射天线(即源)在曲面上时, 假设 Q' 是源所在点, P_L 是场点,

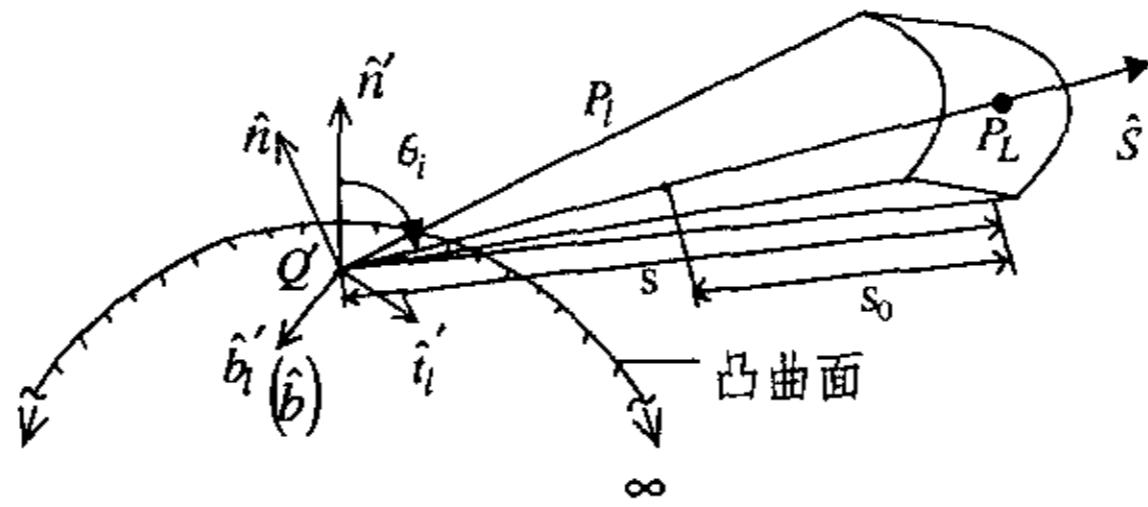


图 2 源在曲面上直射场计算

则 Q' 在场点产生的直射场为: $d\bar{E}_e(P_L/Q') = d\bar{P}_e(Q') e^{-jks} / s$ (1)

当发射天线(单极子) $d\bar{P}_e$ 位于曲面上 Q' 处, P_L 是场点, 位于照明区, 如图 2

则 Q' 点直射场为: $d\bar{E}_e(P_L/Q') = d\bar{P}_e(Q') \bar{T}_e e^{-jks} / s$ (2)

\bar{T}_e 为照明区直射场并矢系数: $\bar{T}_e = -\frac{jkZ_0}{4\pi} (\hat{n}'\hat{n}M + \hat{n}'\hat{b}N)$ (3)

其中: \hat{s} —— Q' 到 P_L 直线的单位矢量; \hat{n}' —— Q' 曲面的单位法向矢量; \hat{b} —— $P_L Q'$ 在曲面上点投影方向的单位矢量; θ_i 由 $\hat{n}' \cdot \hat{s} = \cos \theta_i$ 定义, 表示直射线 \hat{s} 与 Q' 点曲面法线矢量 \hat{n} 的夹角; k —— 自由空间波数 $k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$; z_0 —— 自由空间波阻抗 $z_0 = 120\pi$; 其它相关的参数物理含义具体参见文献[1].

距离 $|QP_s| = s$ $Q'Q''Q$ 的弧长 = t $Q'Q''$ 的弧长 = t_0

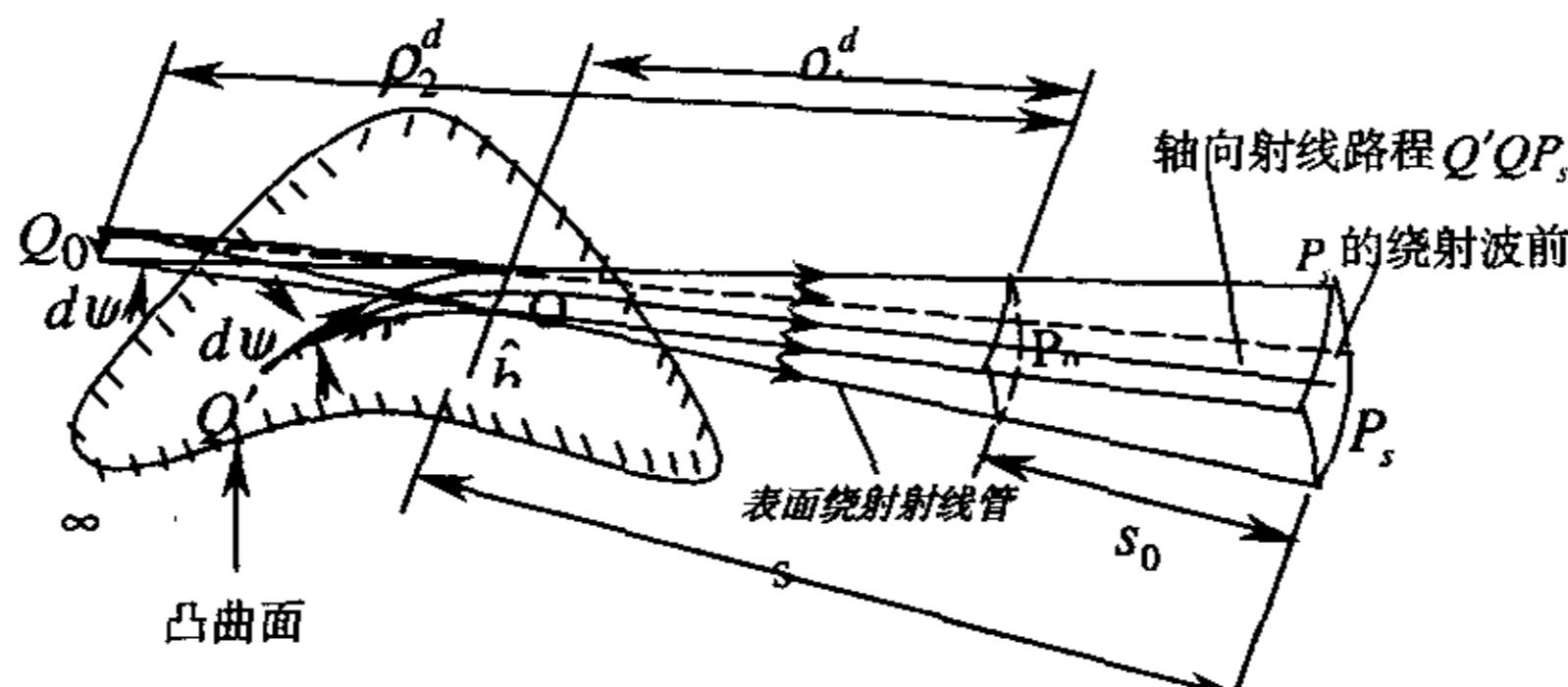


图 3 源在曲面上绕射场计算

如图 3 所示, 求解绕射场时, 由文献[2] UTD 可知, 由 Q' 发射, 在 P_s 处产生的绕射场为:

$$d\bar{E}_e(P_s/Q') = d\bar{P}_e(Q') T_e(Q'/Q) \sqrt{\rho_c / s(\rho_c + s)} e^{-jks} \quad (4)$$

其中, ρ_c —— 曲面绕射焦散距离; s —— 绕射点到场点的距离。

磁并矢系数 $\bar{T}_e(Q'/Q)$ 可看成一传输函数, 它不仅描述了 Q' 点处表面射线场的发射和沿从 Q' 点到 Q 点的短程线路径上表面射线场的振幅和相位变化, 还描述了这一表面射线场在 Q 点的绕射。

$$\bar{T}_c(Q'/Q) = \frac{-jkZ_0}{4\pi} [\hat{n}'\hat{n}T_s(Q')H + \hat{n}'\hat{b}T_o(Q')S] e^{-jkt} \cdot \sqrt{\frac{d\varphi}{d\eta(Q)}} \left[\frac{\rho_g(Q)}{\rho_s(Q')} \right]^{\frac{1}{6}} \quad (5)$$

H——硬边界 Fock 函数；S——软边界 Fock 函数。详细参数含义参见文献[2].

4. 数值结果

计算计算一锥体（半径为 λ ，高为 3λ ）锥上有一 $\lambda/4$ 单极子天线，位置 ($x = 0, y = 0.45\lambda, z = 1.7375\lambda$)，分析线天线方向图受影响情况。如图 4 所示，可见本文结果与 ANSOFT 有很好的一致性。

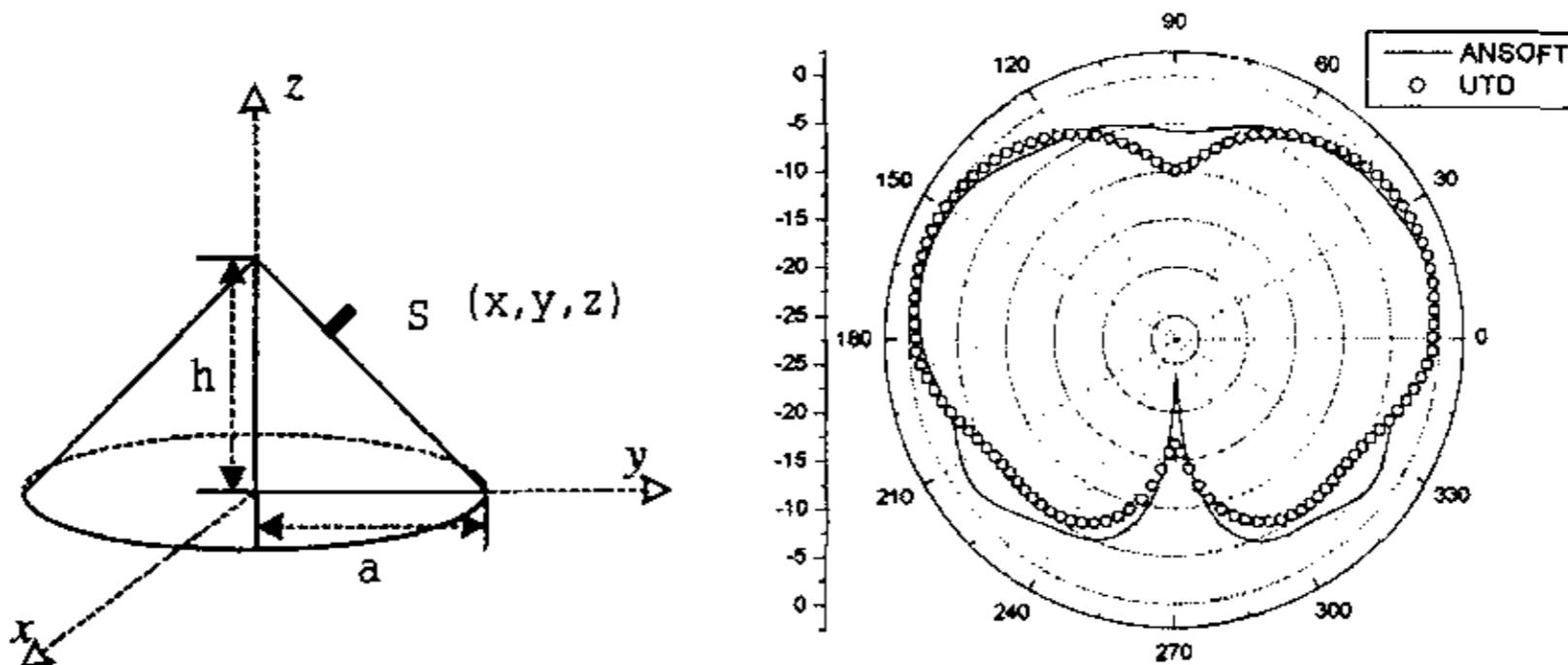


图 4 滚动面辐射方向图

5. 结 论

本文解决的源在锥上的绕射寻迹解析问题，并结合 UTD 场值求解，有效的分析了源在锥上情况的线天线受扰方向图，为大型机载天线分析奠定基础。

参考文献

1. 汪茂光，“几何绕射理论”，西安电子科技大学出版社，1994
2. P.H. Pathak, W.D. Burnside and R.J. Marhefka, “A Uniform GTD Analysis of the Diffraction of Electromagnetic Waves by a Smooth Convex Surface”, *IEEE Trans. On AP*, VOL. AP-28, NO.5, SEPTEMBER 1980.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>