

倾斜地面对短波天线通信的影响*

罗光胜¹ 张志刚¹ 孙剑平²

(1. 海军工程大学电子工程学院 武汉 430033)(2. 海军司令部信息化部 北京 100066)

摘要 文章将研究在通信方向上倾斜的下坡地形对短波天线通信的影响。讨论了天线架高随通信仰角和地形坡度的关系;分析了在不同的倾斜角度下的地形对最小菲涅尔区的尺寸的影响。

关键词 短波天线; 仰角; 菲涅尔区; 倾斜地面

中图分类号 TN92

Influence on Communications of Short Wave Antennas by Sloping Ground

LUO Guangsheng¹ ZHANG Zhigang¹ SUN Jianping²

(1. Electronic Engineering College, Naval University of Engineering, Wuhan 430033)

(2. Information Department, Navy Headquarters, Beijing 100066)

Abstract This paper is focused on the influence of communications of short wave antennas set up on the sloping ground. Discussion of the relationship between antenna height and elevation angle as well as gradient of terrain is given. Also analysis on influence of the size of the smallest Fresnel zone by different gradient of terrain is pointed out.

Key Words short wave antennas, elevation angle, Fresnel zone, sloping ground

Class Number TN92

1 引言

在现实生活中,一般天线所处的环境并非理想的开阔平地,相反,周围被高山、树林、峡谷等遮蔽,天线的辐射性能较之平坦地面会有所变化。因而实际中天线通信效果与理想情况并不一致,有时甚至相差很大^[1]。本文将研究倾斜的下坡地形对通信方向上短波天线的辐射性能的影响。这些研究,将有利于在现实条件下短波通信台站的设计以及提高短波通信的效益。

2 天线的架设高度随倾斜地面倾斜角和通信仰角的影响

当远距离通信时,应该根据通信距离选择通信仰角,再根据通信仰角来确定天线的架设高度,以保证天线的最大辐射方向与通信方向一致^[2]。对于远距离通信,由于要求较小的通信仰角,这样的天线必然架设得较高。如果在通信方向上有一倾斜地面,此时天线的架设高度较之平坦地面在同一最大通信仰角情况下会发生一定的变化。由图所示的几何关系,很容易得出当倾斜角为 β 时,架于地面上的天线的实际高度与通信仰角 Δ 之间的关系是:

$$h = \frac{\lambda}{4 \sin(\beta + \Delta) \cos \beta} = \frac{\lambda}{2[\sin(2\beta + \Delta) + \sin \Delta]}$$

当 $\beta = 0$ 即为平坦地形下天线的架设高度和通信仰角关系:

$$h_0 = \frac{\lambda}{4 \sin \Delta}$$

由此可以得出倾斜地面天线架设高度和平坦地面上天

线架设高度的关系为:

$$\frac{h_0}{h} = \frac{\cos \beta * \sin(\beta + \Delta)}{\sin \Delta} = \cos^2 \beta + \frac{1}{2} \sin 2\beta \cot \Delta$$

由此得出倾斜地面将天线实际架设高度降低 $\cos^2 \beta + \frac{1}{2} \sin 2\beta \cot \Delta$ 倍。利用倾斜地面的结果是使得在同样的通信仰角的情况下增加天线的有效高度,从而降低天线实际架设高度,这必然在经济上取得较大的效益。

由倾斜地面下天线高度计算式求得图 1,2(设波长 λ 为 30m)。

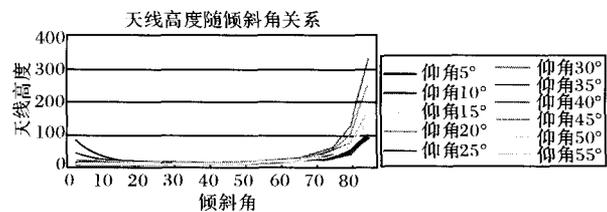


图 1 天线高度随倾斜角变化关系图

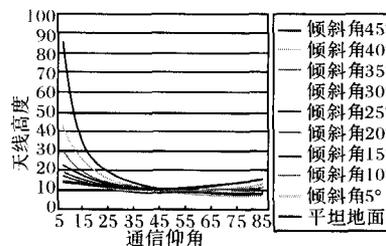


图 2 天线高度随通信仰角变化关系图

* 收稿日期:2012年6月10日,修回日期:2012年7月24日

作者简介:罗光胜,男,硕士研究生,研究方向:无线通信指挥。张志刚,男,副教授,硕士生导师,研究方向:无线通信。

由图中数据可以看出:

1) 在通信仰角 Δ 为一定时,随地面倾斜角度 β 的增加,天线的高度 h 会减小。但有一最小值。当 $2\beta + \Delta = 90^\circ$ 时,此坡度下对应的天线高度 h 达到最低。当倾斜角 β 继续增大时,会使得天线高度 h 增加。当 $\beta_{\max} = 90^\circ - \Delta$ 时,此坡度下对应的同一通信仰角下的天线架设高度和平坦地面相等。当倾斜角超过 β_{\max} 时,天线高度高于相同条件下平坦地面的天线高度。此时下坡地形会增加天线的高度,这是不可取的。

2) 当地面倾斜角度 β 一定时,随着通信仰角 Δ 的增大,天线高度 h 也随之降低。但是也有一最小值。当 $\beta + \Delta = 90^\circ$ 时,天线高度 h 达到最低。并且此最小值即为平坦地面下该通信仰角对应下的天线高度。当通信仰角 Δ 继续增大时,天线高度会增加,并且大于平坦地形下相同通信仰角所需的的天线高度。因此,当实际天线周围的倾斜坡度一定时,为了最大限度的降低天线高度,通信仰角有一最大值 $\Delta_{\max} = 90^\circ - \beta$ 。当通信仰角超过这个最大值时,天线周围的地形会使得天线的架设高度高于平坦地面下所需的的天线高度。此时,不适合在通信方向上倾斜的下坡地面顶端架设天线。

3 倾斜地面对地面反射的最小菲尼尔椭圆区的影响

实际地面对天线辐射的影响可以用镜像法^[3]来考虑。

在入射电波的激励下,反射面上将产生感应电流。尽管所有的电流元的辐射都对反射波做出贡献,但是根据电波传播的有效区概念,反射面上只有在有效区内的电流元对反射波起主要的贡献。

设地面为理想导体,离地面高度为 h 的水平天线在接收点 B 处的辐射场应该是直射波辐射场和经由地面的反射波的辐射场在 B 处的合成场。根据电波传播的非涅尔区^[4]概念可知,反射波的最小空间通道是以天线的镜像 A' 和 B 为焦点的最小菲涅尔椭圆,而这个最小椭圆和地面相交的区域为一个椭圆,由这个椭圆所限定的区域内的电流元对反射波具有重要意义,称之为最小菲涅尔椭圆区^[5]。

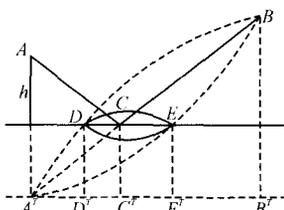


图 3 地面上的有效反射区

也就是说,地面对垂直面方向图的形成,不是天线下面的全部地面都具有同等的作用,而是由最小菲涅尔椭圆区决定。

可以证明^[6],地面上

第一菲涅尔椭圆尺寸为

$$x_0 = d \left(1 + \frac{\lambda}{2h \sin \Delta} \right)$$

$$a = \frac{1}{\sin \Delta} \sqrt{\frac{\lambda h}{\sin \Delta} \left(1 + \frac{\lambda}{4h \sin \Delta} \right)}$$

$$b = a \sin \Delta$$

式中: x_0 为第一菲涅尔椭圆中心的坐标; a 为菲涅尔椭圆的长半轴; b 为菲涅尔椭圆的短半轴; d 为反射点到天线塔底部的几何反射距离。

考虑到天线高度 $h = \frac{\lambda}{4 \sin \Delta}$, 反射点几何距离 $d = \frac{h}{\tan \Delta}$

$= \frac{\lambda}{4 \sin \Delta \tan \Delta}$, 将上面的式子经过简单的运算转化为

$$x_0 = \frac{3h}{\tan \Delta} = 3d$$

$$a = \frac{2\sqrt{2}h}{\sin \Delta}$$

$$b = 2\sqrt{2}h$$

椭圆面积为 πab , 因此可以认为最小椭圆的长半轴为

$$a_0 = \frac{1}{\sqrt{3}}a$$

短半轴为

$$b_0 = \frac{1}{\sqrt{3}}b$$

这样便得到了对垂直面方向起主要作用的最小椭圆区尺寸的计算式。最小椭圆区相关尺寸(见图 4)如下:

$$x_F = \frac{h}{\tan \Delta} \left(3 + \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3} \cos \Delta} \right)$$

$$x_N = \frac{h}{\tan \Delta} \left(3 - \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3} \cos \Delta} \right)$$

$$W = 4 \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} h$$

式中: x_F 为最小椭圆远边界到天线底部的距离; x_N 为最小椭圆近边界到天线底部的距离; W 为最小椭圆区的宽度。

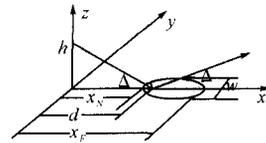


图 4 地面上的最小椭圆区尺寸

如果在通信方向上有一倾斜地面,由于不同的倾斜角度 β 的影响,在给定频率 f 和通信仰角 Δ 的情况下,也会导致天线的几何反射点水平距离 d 、最小椭圆区的尺寸等等都会发生相应的变化^[7]。

表 1 列出了根据上述讨论所设计的三副天线的有关数据。其中 1# 天线为架设在平坦地面上作为参考。(设波长 λ 为 30m, 所要求的通信仰角 Δ 为 30° 。)

表 1 不同坡度的前倾地面对短波通信天线的影响

天线编号	倾斜角 β	天线的架设高度 h (m)	反射点几何距离 d (m)	最小椭圆区中心 x_0 (m)	最小椭圆区远边界 x_F (m)	最小椭圆区近边界 x_N (m)	最小椭圆区宽度 W (m)
1#	0	15	26.0	78.0	126.8	29.0	48.9
2#	5°	13.1	17.5	68.1	110.8	25.4	42.8
3#	10°	11.8	11.7	61.4	99.8	22.9	38.5

由上表可以看出:

1) 对于同一通信仰角,前倾的倾斜地面可以有效的降低天线的架设高度。倾斜的坡度越大,天线架设高度越低。

2) 由于天线的架设高度降低,因此,对于同一通信仰角下所求的最小菲涅尔区尺寸也减小。

3) 由于倾斜地面的影响,反射点的几何水平距离朝着天下塔底部的方向偏移,最小椭圆区的中心也向塔底方向偏移。

由于最小椭圆区对形成垂直面的方向图的第一波瓣是至关重要的,所以工程上在选择收发天线场地时,必须要

(下转第 67 页)

256, 导频采用的是分散导频模式, 信道模型: 带多普勒频移的瑞利衰落信道, 多径数为 5, 调制方式为 QPSK。

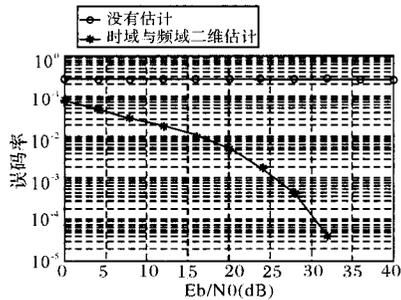


图4 DRM信道估计算法的仿真曲线

从图4可以看出, 随着信噪比的提高, 时频域联合的二维估计误码率依次降低, 而没有信道估计的误码率基本没有降低, 时频域联合的二维估计算法的误码性能明显优于没有信道估计的误码性能, 在30dB左右误码率达到 10^{-4} 。

5 结语

本文对 DRM 系统的信道估计与均衡算法进行了研究, 提出了适用于 DRM 系统的时频域联合信道估计和均衡算法, 在 DRM 系统传输模式 B 的频率占用方式 3 (即

10kHz 带宽), 标准中 / 短波信道 (信道 3) 下进行信道估计仿真, 仿真表明, 上述算法在 DRM 接收机中具有较好的性能。

参考文献

- [1] 杨明, 施玉海, 等. 数字 AM 广播的特点和实现 [R]. 中国广播技术发展论坛, 2003(10).
- [2] ETSI ES 201 980 V2. 2. 1, Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification.
- [3] 吕锐. DRM 传输系统的研究与实现 [J]. 世界广播电视, 2004, 18(5): 44-48.
- [4] 党辰. DRM 软件接收系统的研究与实现 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2004.
- [5] 施玉海, 吴智勇. DRM 中的信道估计 [J]. 世界广播电视, 2006(2).
- [6] 陆金城, 吴乐南. DRM 系统中的 OFDM 信道估计 [J]. 北京电子科技学院学报, 2004, 12(4): 9-13.
- [7] 范卿. DRM 数字调幅广播系统中 OFDM 和信道估计的研究与实现 [D]. 天津大学, 2007.
- [8] G. Prieto, I. Pichel, D. Guerra, Digital Radio Mondiale; Broadcasting and Reception IEEE MELECON, 2004, 12(15): 485-487.

(上接第 64 页)

特别注意这块场地的选取和测量, 使天线周围地形的遮蔽对最小菲涅尔区的影响最小。并充分利用通信方向上倾斜的下坡地面, 可有效降低天线的架设高度和减小最小菲涅尔椭圆区的面积, 以达到最佳的通信效果^[8]。

另外, 对“平面型”水平极化短波通信天线而言, 比如菱形、对数周期偶极子阵天线等, 为了利用前倾地面, 应把天线平面与倾斜地面平行架设, 而不应水平架设^[11~12]。

4 结语

通过理论推导和研究, 得出了天线的实际架设高度受倾斜地形和通信仰角的关系, 分析了实际复杂地形下对最小有效反射椭圆区的影响并和平坦地面的天线做了比较, 给天线的架设以及天线场地的测量和选取做了些理论参考。

参考文献

- [1] J. K. Breakall, R. J. Lunnen, D. H. Werner, J. S. Young. High Frequency (HF) Antenna Siting Effects in Irregular Terrain, Penn State University Applied Research Laboratory, 15, 1991.

- [2] 宋铮, 张建华, 黄冶. 天线与电波传播 [M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2003.
- [3] 王增和, 卢春兰, 钱祖平, 等. 天线理论和设计 [M]. 机械工业出版社, 2003.
- [4] 李绪益. 微波技术与微波电路 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2007(3).
- [5] 王一平, 郭宏福. 电磁波-传输·辐射·传播 [M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2006(1).
- [6] Ф. Б. 契尔内衣. 无线电波传播 [M]. 国防出版社, 1966, 4(1): 62-78.
- [7] 谢处方. 天线原理与设计 [M]. 西安: 西北电子工程学院出版社, 1985.
- [8] 谢处方. 电波与天线 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1963(2).
- [9] 常传文, 杨悦. 一种提高短波数据通信性能的方法 [J]. 计算机与数字工程, 2011(8).
- [10] 李浩祥, 柳超, 刘红光. 短波鱼骨天线及其阵列的研究 [J]. 计算机与数字工程, 2012(7).
- [11] M. I. 多路哈诺夫. 无线电波传播 [M]. 北京: 人民出版社, 1960(3).
- [12] H. Jasik, Editor. Antenna Engineering Handbook [M]. New York: McGraw Hill, 1961.

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,一直致力和专注于微波、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>