

# 甚高频通信信道的多径衰落基础模型分析

## Analysis on Basic Model of Multipath Fading in VHF Communication Channel

王颖

Ying Wang

中国民用航空华北地区空中交通管理局 中国·北京 100621

North China Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation of China, Beijing, 100621, China

**摘要:**在民航地空通信中,甚高频通信是目前民航地空通信中主要的通信手段,作为无线通信的方式之一,其电磁信号的空间传输过程具备通用无线通信系统的基本特点。信号在无线传输的过程中,影响和限制通信信号传输质量的因素有很多,其中最主要因素是多径干扰。论文重点分析了两种情形下简化的多径衰落信道。

**Abstract:**In civil aviation ground-to-air communication, VHF communication is currently the main communication method in civil aviation ground-to-air communication. As one of the wireless communication methods, the space transmission process of electromagnetic signals has the basic characteristics of a general wireless communication system. In the process of wireless signal transmission, there are many factors that affect and limit the transmission quality of communication signals, among which the most important factor is multipath interference. This paper focuses on the analysis of simplified multipath fading channels in two situations.

**关键词:**通信信道;模型分析;甚高频

**Keywords:** communication channel; model analysis; VHF

**DOI:** 10.36012/etr.v2i7.2213

## 1 引言

多径指无线电信号从发射天线经过多个路径抵达接收天线的传播现象<sup>[1]</sup>。大气层对电波的散射、电离层对电波的反射和折射,以及山峦、建筑等地表物体对电波的反射都会造成多径传播。在实际应用中,由多径传播引起的衰落是使地空通信信号传输质量下降的主要原因之一,因此,对甚高频的多径衰落模型进行分析具有重要意义。

## 2 甚高频地空通信信道的理论基础

民航地空通信因飞机的自由移动,使通信信道随着通信双方的运动而变化,这就对传播媒介提出了要求,即必须利用无线电波进行传播。无线信道的传输特性比有线信道差很多,究其原因,主要有以下两点:第一,无线电波的传播特性一般都很差,因为无线电波在传播过程中,并不只有一条固定的传播路径,而是具有多条随机变化的传播路径,其中不仅有直射路径,而且含有反射、绕射和散射等由于障碍物对

无线电波的阻碍作用而形成的非直射路径;第二,在地空通信信道中,不仅飞机处于运动状态,无线传播路径中的其他物体也可能处在运动状态,这些都会使无线信道不断发生变化,而且发送端、接收端以及无线路径中的其他物体的运动速度和运动方向的不同还会给无线信道带来不同的影响,使无线信道具有很大的随机性和复杂性<sup>[2]</sup>。总的来说,无线信道的传播模型依据信道对传播信号在时间和距离上的不同影响主要分为大尺度(Large-Scale)衰落和小尺度(Small-Scale)衰落两种传播模型<sup>[3]</sup>。如果需要了解通信双方的无线电波信号的幅度在长距离(几百或几千米)或长时间(几天或几月)内的变化,需要建立大尺度衰落模型,而如果需要了解通信双方的无线电波信号在短距离(几个波长)或短时间(几秒)内的快速变化,则应建立小尺度衰落模型。大尺度衰落和小尺度衰落是从不同的角度和范围对无线信道进行描述的,两者共存于同一无线信道。基于此,无线信道的衰落因子可以认为是大尺度衰落和小尺度衰落因子的乘积,如公式(1)所示:

**【作者简介】**王颖(1994~),女,河北张家口人,助理工程师,从事通信、空管技术保障研究。

$$\eta(t) = \xi(t) + \zeta(t) \quad (1)$$

式中,  $\eta(t)$  为表示信道的衰落因子;  $\zeta(t)$  为大尺度衰落;  $\xi(t)$  为小尺度衰落。衰落信道的表现形式如图 1 所示。

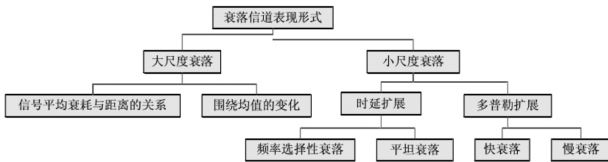


图 1 衰落信道表现形式图

在无线移动通信中,最主要也是最基本的特征即为多径传播。无线信号在传播过程中会遇到各种各样的障碍物,引起无线信号功率、能量的吸收损耗以及电波的反射、散射、绕射等,从而使到达接收端的无线信号由许多经过不同传播路径的大量反射、散射等电波信号叠加而成的。由于经历不同,传播路径到达接收端的无线信号具有不同的到达时间和到达相位,受到不同的多普勒频移的影响,这些无线信号有时会因为同相叠加而加强,有时还会因为反相叠加而减弱,从而使总的接收信号的幅度发生快速衰落。这种衰落是由无线移动通信中信号的多径传播引起的,所以称为多径衰落,并且只存在于无线移动通信系统中。

移动通信系统中的无线传播路径主要包括视距(直射)路径和非视距路径两种:①视距路径(LOS, Line-of-sight):通信双方之间的直射路径,也即为直达路径;②非视距路径(NLOS, Non-line-of-sight):接收信号经过反射、散射、绕射等到达接收机的路径统称为非视距路径<sup>[4]</sup>。

### 3 甚高频信道多径衰落

#### 3.1 多径模型建立

在地空通信中,为了预测接收到的无线信号的包络、相位及其时变规律,建立有效的无线传播信道模型是十分必要。本文讨论多径衰落中的二径信道,其理论简化分析模型如图 2 所示。

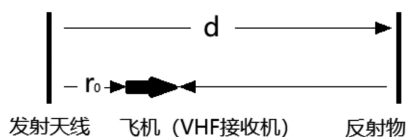


图 2 多径简化模型图

从图 2 可以看出,甚高频发射天线位于左端,另一端存在一面完全反射电磁波的反射物,发射天线距反射墙面的距离为  $d$ ,接收天线距发射天线的处理距离为  $r_0$ 。

在民航甚高频地空通信中,语言信号采用双边带抑制载波调幅。假设话音信号为  $s(t)$ ,载波为  $\cos(2\pi f_c t)$ ,飞机的接收信号为两路信号的叠加,其中之一为发射天线直接发射的信号,另一径是反射信号。两路信号到达接收天线时时频特性的变化情况、到达接收天线的信号功率情况是本文研究的主要内容。

#### 3.2 多径模型 MATLAB 仿真

当飞机处于静止状态,从发射天线发出的射频信号到达接收天线所需的时间为  $r_0/c$ ,从反射物反射的信号到达飞机接收天线所需的时间为  $(2d-r_0)/c$ ,在时间  $t$  时刻,接收天线分别接收了从时刻  $t-r_0/c$  发射天线发出的直射信号和从时刻  $t-(2d-r_0)/c$  发射天线的反射信号。信号在空气中传播过程中存在衰减现象,其功率随距离  $r$  按平方率衰减,相应的,射频信号电压值随距离的倒数规律衰减。接收天线在  $t$  时刻收到信号的电压值如公式(2)所示:

$$E(t) = \frac{s(t)\cos[2\pi f(t-\frac{r_0}{c})]}{r_0} + \frac{s(t)\cos[2\pi f(t-\frac{2d-r_0}{c})]}{2d-r_0} \quad (2)$$

式中  $E(t)$  为接收信号,  $s(t)$  为语音信号。

如公式(2)所示,通过 MATLAB 对飞机静止的情况进行仿真<sup>[5]</sup>。假设话音信号为频率 2kHz 的正弦波,载波为北京区域管制中心使用的 125.9MHz。发射机距离反射物 300km,发射机距离飞机 100km,仿真结果如图 3 所示。

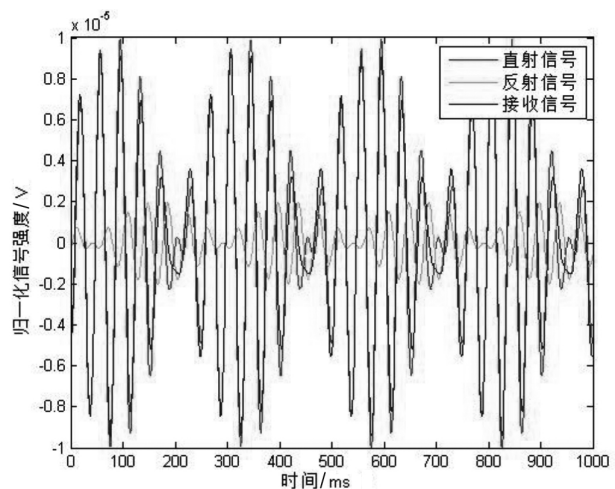


图 3 飞机禁止时接收信号仿真图

如图 3 所示,多径效应会使得接收信号出现小幅度失真,影响塔台管制员的语音接收质量。

当飞机以速度  $v$  向反射物匀速运动时,在时刻  $t$ ,飞机距离发射天线的位置为  $r_0+vt$ ,此时飞机接收天线处的信号场强

如公式(3)所示:

$$E(t) = \frac{s(t)\cos[2\pi f(t - \frac{r_0}{c})]}{r_0 + vt} + \frac{s(t)\cos[2\pi f(t - \frac{2d - r_0}{c})]}{2d - r_0 - vt} \quad (3)$$

假设语音信号为频率 2kHz 的正弦波, 载波为北京区域管制中心使用的 125.9MHz。发射机距离反射物 300km, 飞机初始位置距离发射机 100km, 飞机速度为 220m/s, 根据上述模型, 通过 MATLAB 仿真后如图 4 所示。

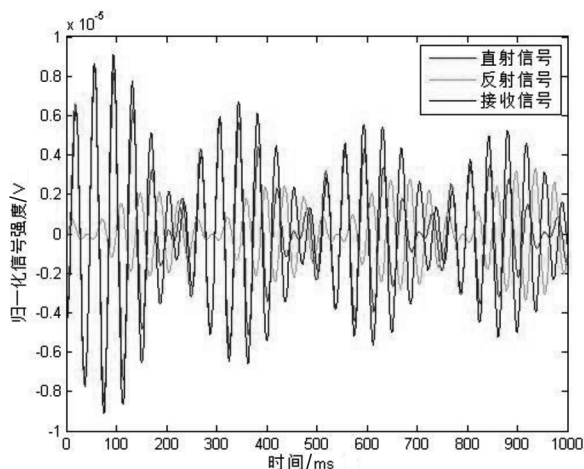


图 4 飞机运动时接收信号仿真图

如图 4 所示, 在飞机运动过程中, 地面其他飞机反射电

磁波造成的多径效应会使接收信号出现较大失真, 由此可见, 多径效应对地空通话质量的影响可见一斑。

## 4 结语

本文重点分析了两种情形下简化的多径衰落信道的传输特性和仿真模型, 通过数学分析和简单模型建立, 并用 MATLAB 进行仿真, 验证并得出两点结论: 第一, 当飞机静止的情况下, 机载 VHF 接收机接收到的信号由于反射信号会存在小幅度的失真; 第二, 当飞机与发射机存在相对运动时, 机载 VHF 接收机接收到的信号强度会随时间的不同而选择性的增强或减弱, 体现了多径衰落信道的时间选择性。

## 参考文献

- [1] 罗启铭, 张怀才. 无线通信系统多径衰落信道基础模型浅析[J]. 信息技术与信息化, 2018(7): 115-116.
- [2] 张贤达, 保铮. 通信信号处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [3] 王鹏, 陈吉余, 李栋. 无线信道特性及仿真[J]. 中国传媒大学学报自然科学版, 2006, 13(2): 11-14.
- [4] 刘婷婷. 航空信道的建模及其应用[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2009.
- [5] 曹敦, 蒋加伏. 随机空时无线信道模型及 Matlab 仿真[J]. 计算技术与自动化, 2006, 25(4): 91-94.

(上接第 82 页)

## 4.3 桁架安装关键技术

桁架长度约 66m, 采用 2600t 浮吊两辅钩进行抬吊, 桁架从水平状态起吊至完全竖直后, 辅助吊车松钩, 将桁架下端的辅助吊装吊耳割除。

由于利用浮吊吊装, 海中存在暗涌, 浮吊起伏较大, 将桁架顺利安装到位尤为困难。针对此问题, 应将上下保持架进行局部加强, 桁架吊装插入上下保持架, 使桁架伸出下保持架约 5m 距离后, 在桁架上焊接定位卡玛, 调整齿轮中心并使桁架临时搁置在上下保持架已加强位置, 使浮吊钩头不受力。在此状态下, 安装抬升减速箱, 定位焊接锁固定装置支座后安装锁紧装置。利用手动液压泵使抬升减速箱和锁紧装置处于工作状态后松钩, 可以有效保证桁架处于安全状态。

## 4.4 清淤头安装

将清淤头提前拼装完成, 利用浪风固定在小围船上, 由于小围船为无锚设备, 要做好带缆工作, 以防止作业时围船

碰撞平台桩腿。将小围船开至抛石船月池下方, 抛石船需提前通电抬升, 根据现场小围船及组件距离水面的高度来确定平台抬升高度。小围船到位后通电下降抛石船, 与下部组件达到间隙 500mm 后, 通过 4 个 10T 手拉葫芦等提升下部组件脱离围船, 完成对接焊。在对接焊完成后, 完善泥泵管系及水泵管系等附属设施。此处利用手拉葫芦使清淤头脱离围船可有效避免围船因暗涌起伏带来的影响。清淤头由于安装在桁架下方, 无法使用吊装设备进行安装, 且距离海面较近, 风险系数大。而利用围船可大幅度降低风险系数, 同时桁架的高低可利用抛石船的升降来进行控制, 有效保证清淤头的顺利安装。

## 5 结语

随着中国海底隧道施工技术的不断发展, 越江跨海隧道投入建设将越来越多, 在抛石船上加装清淤系统, 可以及时有效地解决基床回淤问题, 给沉管作业提供保障, 具有广阔的应用前景和研发价值。