

甚高频通信遮挡研究与干扰分析

Research on Occlusion and Interference Analysis of VHF Communication

郭贺

He Guo

中国民用航空华北地区空中交通管理局
内蒙古分局
中国·内蒙古 呼和浩特 010070
China Civil Aviation North China Air Traffic
Administration Inner Mongolia Branch,
Hohhot, Inner Mongolia, 010070, China

【摘要】以呼和浩特新机场甚高频台的位置选取为背景,理论结合实际,对各项参数进行研究与分析,最终达到视距传输遮挡最小化,解决常见干扰,实现高质量语音通信,从而保障管制的安全高效指挥。

【Abstract】Based on the location selection of VHF station in Hohhot new airport, this paper studies and analyses the parameters in combination with theory and practice, and ultimately achieves the minimum of line-of-sight transmission occlusion, resolves common interference and realizes high-quality voice communication, so as to ensure the safe and efficient command of control.

【关键词】甚高频通信;信号遮挡;信号模型分析;干扰

【Keywords】VHF communication; signal occlusion; signal model analysis; interference

【DOI】

1 概述

呼和浩特新机场甚高频台根据规划建设于图 1 中标识的 A 点,天线架设高度 20m,根据甚高频信号的视距直线传播特性,由于高度为 45m 的航站楼遮挡,可能造成机坪飞机与甚高频应急台之间无法通信。本文通过实践经验和理论分析,论证甚高频台建设的最佳地点以及解决在实际工作中常见的多种干扰。

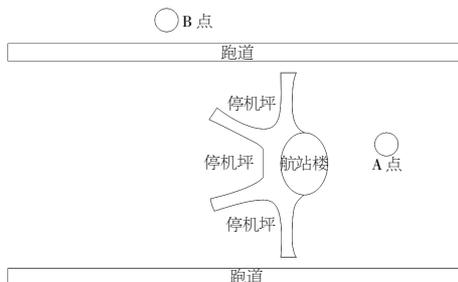


图 1 呼和浩特新机场规划图

2 信道模型分析

机坪飞机与 A 点之间通信的信道模型选择为停泊场景,停泊场景应用于飞机以极慢的速度停靠机位或者是已经停泊在机位。

2.1 衰减类型

停机位的障碍物、建筑物密度比较大,此时 LOS 路径是

被阻碍的,因此,建模为瑞利衰减,这也是最差的信道环境。瑞利衰落模型适用于描述密集的建筑和其他物体使得无线设备的发射机和接收机之间没有直射路径的情况,而且使得无线信号被衰减、反射、折射、衍射。

2.2 多普勒效应

飞机停泊状态时速度很慢,一般小于 5.5m/s,此时的多普勒平移满足 Jakes 分布,由于是低多普勒平移,实际的频谱状态只受到微弱影响。

2.3 延迟

停泊场景的建模为最大距离 $\Delta d=2100\text{m}$ 、对应延迟 $T_{\max}=7\mu\text{s}$ 。由于 LOS 路径受到阻塞,接收信号的重建需要通过接收反射波完成,信道衰减是频率选择性的,且增加了信号带宽。

3 现场情况分析

根据“惠更斯菲涅尔”原理,在收发天线之间连一条线,以这条线为轴心,菲涅尔区就是以收、发两点为焦点, $F_{1\max}$ 为半径的旋转椭球,如图 2 所示。电波传播的主要通道并不是一条直线,第一菲涅尔椭球才是电波传播的主要通道。即使凹凸物遮挡住收发两点的几何射线,只要保证第一菲涅尔区的一半不被地形地物遮挡,就能得到自由空间传播时的场强;即使电波传播的主要通道(第一菲涅尔区)被全遮挡住,接收点也可以接收到信号,此时电波不是沿着直线传播,而是沿着曲线传播,偏离直线方向,依靠电波的绕射。

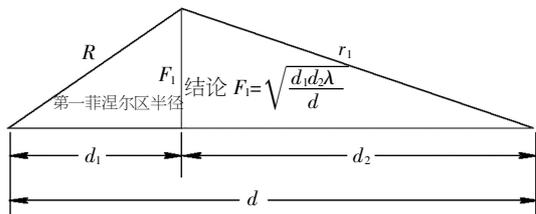


图 2 收发天线位置图

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \sqrt{d\lambda} \quad (1)$$

式中, \$d\$ 为收发天线之间的水平距离; \$\lambda\$ 为频率波长。

根据菲涅尔半径公式推导,机坪飞机与 A 点相距 1500m, 118~138MHz 波长范围在 2.5~2.17m 之间,菲涅尔半径最大值在 30.6~28.3m 之间。飞机停在机坪,与新机场航站楼很近,新机场航站楼高 45m,完全遮挡了与 A 点信号传输的整个第一菲涅尔区,所以,机坪飞机与 A 点之间没有直射路径,信号不能视为自由空间传播,传输主要依靠绕射。

由于信号依靠绕射进行多径传播达到接收点处的场强来自不同传播的路径,接收端收到的信号通常是由发射信号经过多径传输后的矢量合成,各条路径延时时间是不同的,多径的随机性使信号的相位也具有随机性。而各个方向分量波的叠加又产生了驻波场强,因此,接收端信号经过矢量合成后,幅度可能发生严重衰落,从而形成信号小尺度衰落,也叫快衰落。在非视距小尺度衰落的最坏情况下,多径各部分完全反相而发生最深度衰落,信号的“深衰落”会造成信号能量的衰减达到数千倍,即 30~40dB。

4 甚高频台建设点分析

对于 VHF 系统而言,必须保障足够的“衰落裕度”以应对 40~50dB 以上的深度衰落,系统必须具有足够高的信号发射功率或者足够高的接收机灵敏度。目前,机坪飞机与 A 点之间距离为 1500m 左右,距离很近,所以,VHF 系统“衰落裕度”很大,能够收到彼此的信号。

在新机场航站楼高度一定的情况下,工作频率越低,波长越长,电波传播的第一菲涅尔区通道的横截面积越大,相对遮挡面积越小,绕射能力越强,所以,工作频率选择时尽量选择民航低频段频率作为使用频率。如条件允许,将甚高频台建设在 B 点,绝大部分飞机在停机坪停靠或者在跑道滑行时,都位于第一菲涅尔区,是甚高频视距传输通信的最佳效果。

5 互调干扰的解决措施

5.1 采用陷波器或滤波器

接收互调发生时,在收信机天线输入端加入陷波器或晶体滤波器,有针对性地衰减干扰源的信号幅度;晶体滤波器中心频率能达到兆量级,但是带宽只能有千量级,矩形系数好,

损耗非常小。石英是具有高品质因数的 LC 谐振电路,它对紧靠有用信号的无用信号可以进行高度衰减(大于 60dB)。发射互调发生时,可以选择隔离度更大的隔离器或者在发射端再增加一个隔离器。

5.2 更改中频滤波器设置

当载波偏置的共用系统出现互调干扰时,可将被干扰的甚高频电台接收机波道由 25kHz 设置为 8.33kHz,借助 8.33kHz 中频滤波器的阻带来增加对互调干扰信号幅度的衰减量。

5.3 减小发射功率

在不影响管制通信距离的前提下,可以适当降低间隔较近频率发射机的发射功率,适当提高接收机的静噪门限值。

6 其他干扰解决措施

新机场的频率如果选择不当,再加上飞机距离共用系统距离等因素仍然有出现串扰的可能,可使用以下两种措施进行解决。

6.1 合理规划信道频率

当任意两个信道频率都小于(或大于)第三个信道频率,且三者等距时,就很容易形成互调干扰,所以,在系统规划信道频率时必须加以重视。根据工程经验,后期在机场新频率申请时,不要全部选择相差 50kHz 或 50kHz 整倍数的频点,可以穿插一些 XXX.X25MHz 和 XXX.X75MHz 的频率。

容易产生互调的频率,尽量分布到不同的天线共用系统中去;避免出现互调的信道集中于一副发射天线。同一共用系统 4 个信道的频率间隔尽量大。

6.2 合理建设天线场

由于垂直隔离具有更高的隔离度,根据自由空间下的工程经验公式:

$$I_v = -28 - 40 \lg(S/\lambda) \quad (2)$$

式中, \$I_v\$ 为垂直隔离度, dB; \$S\$ 为收发天线垂直距离, m; \$\lambda\$ 为工作波长, m。

按照塔台使用环境计算,发天线一般架设在塔台顶部,收天线架设在塔台设备环层外圈,两幅天线垂直距离相距约 5m,经计算两者的垂直隔离度约为 40dB。但在有反射物或者障碍物的情况下,隔离度会以 4dB/a 的速率变化,在相邻楼层间的天线垂直隔离度可以达到 60~70dB,天线架设时尽量增大收发天线的水平距离和垂直距离,可以起到很好的隔离效果,增大天线隔离度。

7 结语

在甚高频通信维护维修过程中,遇到最多的即为信号遮挡和干扰问题,结合经验,简单地论述了实际工作中遇到的问题,如有不足之处望同行提出宝贵意见与建议。