

# 民航用甚高频台天线架设分析

## Analysis of VHF Antenna Erection for Civil Aviation

弓格日勒图

Gonggeriletu

民航内蒙古空管分局  
中国·内蒙古 呼和浩特 010070  
Civil Aviation Inner Mongolia Air Control Bureau,  
Hohhot, Inner Mongolia, 010070, China

**【摘要】**甚高频通信是民航管制与机组通信的主要方式,甚高频通信一般设置航路甚高频通信台和塔设甚高频通信台。甚高频由于其频率较高,一般以视距传输为主,因此,在其传输路径上通常会存在各种障碍物。论文利用惠更斯菲涅尔余隙分析两例航路甚高频台单向通信失败原因,并找到解决方法,介绍塔台甚高频台建设的注意事项及理论分析,供广大技术人员参考。

**【Abstract】**VHF communication is the main mode of communication between civil aviation control and aircrew. VHF communication generally consists of VHF communication station in airway and VHF communication station in tower. Because of its high frequency, VHF is usually based on line-of-sight transmission. Therefore, there are various obstacles in its transmission path. In this paper, Huygens Fresnel gap is used to analyze the reasons of one-way communication failure of two VHF stations in airway, and find solutions. The matters needing attention and theoretical analysis in the construction of VHF stations are introduced for the reference of technicians.

**【关键词】**甚高频;菲涅尔余隙;绕射损耗;第一菲涅尔区

**【Keywords】**VHF; Fresnel residual gap; diffraction loss; first Fresnel region

**【DOI】**10.36012/peti.v1i1.350

## 1 惠更斯菲涅尔余隙介绍

在实际工作情况下,无线电波的直射路径上可能存在各种障碍物,这些由障碍物引起的附加传播损耗称为绕射损耗<sup>[1]</sup>。

假设障碍物与发射机和接收机的相对位置如图 1、图 2 所示,图中  $X$  表示障碍物顶点至直射线  $h_1$  与  $h_2$  的垂直距离,称为菲涅尔余隙。规定阻挡时余隙为负值,如图 1 所示;无阻挡时为正值,如图 2 所示。

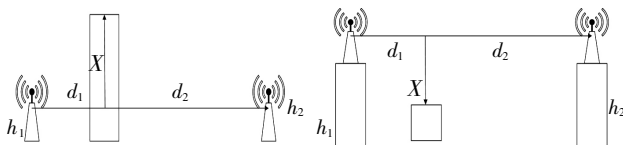


图 1 负余隙

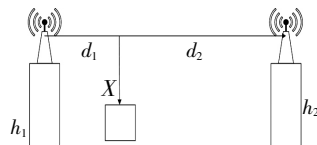


图 2 正余隙

由障碍物引起的绕射损耗,  $X_1$  是第一菲涅尔区的半径,它由以下关系式可求得:

$$X_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1)$$

式中,  $\lambda$  为进近频率波长;  $d_1$  为直射线  $h_1$  与障碍物的水平距离;  $d_2$  为直射线  $h_2$  与障碍物的水平距离。

由绕射损耗与余隙关系可知,当  $X/X_1 > 0.5$  时,附加损耗为 0dB,即障碍物对直射波传播基本没影响。因此,在选择天

线高度时,根据地形尽可能使服务区内各处的菲涅尔余隙  $X > 0.5X_1$ ; 当为负余隙时,即直射线低于障碍物定点时,附加损耗急剧增加;当  $X=0$  时,即直射线从障碍物顶点擦过时,附加损耗为 6dB。

## 2 航路甚高频台通信失败分析

### 2.1 背景

某空管分局进近管制室有 A、B 两个相互备份的甚高频台,用于管制员与机组进行通信,A 台距离跑道 15km,海拔 2100m,B 台距离跑道 40km,海拔 2300m,跑道海拔 1100m,A、B 台站与跑道位置如图 3 所示。A、B 台建设之初,只用于航路甚高频通信,在后来飞行流量增大后,增加了电台用于进近指挥飞机。自从 A、B 台进近频率启用后发生两种现象:

①在机组从跑道向东起飞,距离跑道 10km 的 C 点位置,机组高度 2000m,管制使用 B 台站与机组通话时,多次发生管制叫机组时机组收不到管制或收到的管制语音质量特别差,基本听不清语音,而机组叫管制时信号质量非常好。

②在使用 A、B 台频率进行试机时,出现 A 呼叫 B 时,B 台收信号非常好而当 B 台呼叫 A 台时,A 台收不到 B 台的发送信号的情况。

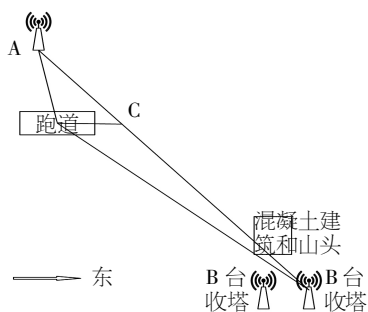


图3 A、B 台站与跑道位置

## 2.2 B 台站与机组通话语音质量差分析

在发生此种情况时,我方认为这么短的距离,不可能是台站问题,按干扰处理。但经过长时间排查,C 点附近并未有外部干扰台站和黑广播。于是重新调整工作思路,对所发生的现象重新进行梳理,确立两条工作思路:①检查电台和天馈指标;②检查天线位置,是否存在遮挡。去台站实际检测电台参数、天馈系统指标,经过测试发现各项指标均正常。上天线塔查看遮挡情况,在收塔上目视能清楚地看到跑道及跑道以东位置。在发塔无法目视机场跑道及跑道以东位置,均被发塔前方混凝土建筑和山头遮挡,发塔与遮挡物距离 20m。因此,B 和 C 点之间不存在目视路径。信号传播以合成波为主,因此,怀疑天线被混凝土遮挡导致管制呼叫位于 C 点位置机组失败,混凝土建筑高 35m。

通过菲涅尔半径计算公式计算第一菲涅尔半径。B 到 C 的直线距离约为 40km,进近频率波长为 2.4m,  $d_1=40\ 000\text{m}$ ,  $d_2=20\text{m}$ ,代入公式(1)可得:  $X_1=6.9\text{m}$ ,由上述介绍可知菲涅尔余隙约为  $-15\text{m}$ ,  $\frac{X}{X_1} \approx 2.1$ ,由工程经验可知绕射损耗约为 23dB。

由自由空间损耗公式可得信号从 B 点发射到达 C 点时的损耗  $=32.44+20 \times \lg 40+20 \times \lg 124.85=32.44+32.04+41.92=106.4$ 。

电波传播的总损耗为 129.4dB。B 点进近电台发射功率 47dBm(绝对值),通过滤波器及馈线损耗后达到天线功率 40dBm。因此,B 点电台发射信号到达 C 点时,C 点收到的信号最大为  $40-129.4=-89.4\text{dBm}$ 。又在实际信道中,因散射体很多,C 点接收到的信号为多个电波合成的,其产生的干涉场可能会产生深度且快速的衰落,典型的信号电平衰减范围为 30~40dB。从上述可知,C 点收到 A 台站发射的信号最大为  $-89.4\text{dBm}$ ,最小为  $-129.4\text{dBm}$ 。而假设机载电台的接收门限在  $-100\text{dBm}$  左右,在最差条件下 B 点发射信号在 C 点的机组是完全收不到的。

## 2.3 A 台有时收不到 B 台的发送信号分析

A 台站距离 B 台站约 50km,由此可得,A 台站与 B 台站自由空间损耗为  $32.44+20 \times \lg 50+20 \times \lg 124.85=32.44+33.97+41.92=108.3$ 。

通过菲涅尔半径计算公式计算第一菲涅尔半径。B 到 A

的直线距离约为 50km,进近频率波长为 2.4m,  $d_1=50\ 000\text{m}$ ,  $d_2=20\text{m}$ ,代入公式(1)可得  $X_1=6.9\text{m}$ ,由上述介绍可知菲涅尔余隙约为  $-15\text{m}$ ,  $\frac{X}{X_1} \approx 2.1$ ,由工程经验可知绕射损耗为 23dB。

电波总的传输损耗为 131.1dB。B 点进近电台发射功率 47dBm,通过滤波器及馈线损耗后达到天线功率约为 40dBm。因此,B 点电台发射信号到达 A 点时,A 点收到的信号最大为  $40-131.1=-91.1\text{dBm}$ ,信号通过馈线和滤波器到达接收机信号约为  $-94.1\text{dBm}$ 。我方在 A 点电台由于 A 点电磁环境差,将接收机设置为低失真模式,B 点信号到达 A 点接收机时正好处于 A 点接收临界门限,因此,会出现 B 点发射信号时 A 点有时能收到。

## 3 塔台主用甚高频台建设

受限于塔台结构,塔台顶面积一般都比较小,以直径 10m 的圆形塔台为例,塔台顶天线到天线的最远距离为 10m。以塔台主频的 10W 发射功率(40dBm)为例,根据自由空间损耗可以得出从发射天线到接收天线,10m 距离的塔台主频发射机发射信号,位于塔台顶 10m 距离的接收机收到信号为 7.6dBm。从上述计算可知,在 10m 塔台上架设的接收机天线收到的信号太大,长时间暴露在这样的大信号下,不利于接收机长时间工作;同时,如此大的信号会导致塔台顶整体电磁环境变差,极易受到外界干扰而导致接收机门限打开,输出噪声,因此,收发天线要分开位置安装。为了达到设置要求,天线布局采用异址设置或同址垂直设置天线。

对于同址垂直设置的天线,一般将发射天线设置到塔台顶,接收天线设置到塔台柱体上,而发射天线一般不安装到塔台柱体上。对于天线来说,塔台柱体会将发射天线发射的功率反射到发天线,导致驻波比升高,影响电台输出功率或导致电台损坏。

对于接收天线来说,因信号本身小,对天线驻波比影响小。在塔台柱体上安装接收天线,而塔台柱体会对天线有遮挡,因此,一般在塔台设置 3 根接收天线。对于塔台来说,其作用范围只是跑道延长线方向。因此,可以将接收天线设置到面向跑道那一侧,这样双跑道塔台有 2 根天线即可。

## 4 结语

综上所述,本文针对航路甚高频台站通信故障进行理论分析,从而验证故障产生的原因,并对机场塔台天线设置方面做了一些分析,从理论与实际出发,探讨了机场台址设置方面需要注意的问题,希望能对技术人员有所帮助。

### 参考文献

[1]郭梯云,郭国杨,李建东.移动通信第三版[M].西安:西安电子科技大学出版社,2005.