

米波与分米波仪表着陆设备共址安装研究

赵 镭, 袁安民, 吴德伟

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘 要:研究了米波仪表着陆设备与一种进口分米波仪表着陆设备的共址安装问题。详细计算了两种设备共址安装后天线的辐射方向图和输入阻抗参数,分析了两种波段频率的谐波可能产生的影响,为正确安装两种设备,将它们相互之间的影响降低到最低程度,保证两种着陆系统的正常工作提供了理论依据。

关键词:仪表着陆;共址安装;天线方向图

中图分类号: TN967.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2001)06-0059-04

仪表着陆设备用于引导飞机在复杂气象条件下进场着陆,起着保障飞行安全的重要作用。目前,许多机场安装有米波仪表着陆设备,为了引导某类型进口飞机进场着陆,有些机场还需安装分米波仪表着陆设备。由于地形等因素的影响,两种着陆设备可能需要安装在跑道同一方向,这就要求对两种设备共址安装问题进行研究。

仪表着陆设备地面部分由航向信标台和下滑信标台组成。由于共址安装的主要问题是航向台的共址,因此我们先来分析米波和分米波仪表着陆设备航向台的配置及场地要求。国产米波仪表着陆设备航向天线采用8单元或14单元对数周期天线,配置在跑道次着陆端中线延长线上,距跑道端200~600 m,8单元天线宽11 m,架高1.8 m。米波仪表着陆设备航向天线前方长300 m、宽120 m的矩形以内,两侧37.5 m半径以内,后方15 m以内区域为保护区。^[1]。国产米波仪表着陆设备配置和保护区情况见图1。

进口分米波仪表着陆设备航向信标、测距应答器天线及其附属设备构成车载航向台,航向天线由10副蝶形振子单元构成,排成一行贴嵌在车厢侧面,宽度为2.5 m,距地面高1.25 m。整车配置在跑道次着陆端中线延长线上,距跑道端也在200~600 m之间,另外在航向天线前方57.3 m处架设两副监测天线。该分米波航向天线前方的保护区为以航向天线为顶点,与跑道中心延长线夹角为 $\pm 15^\circ$ 、高250 m的等腰三角形区域。其配置和保护区情况见图2。

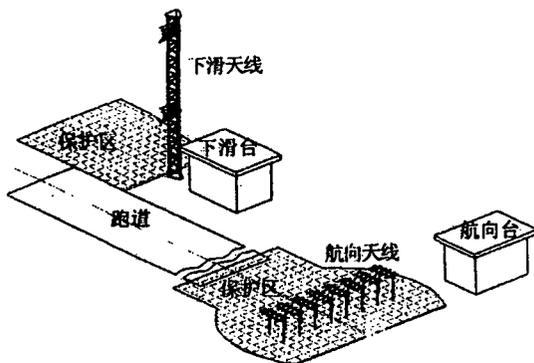


图1 米波仪表着陆设备机场配置

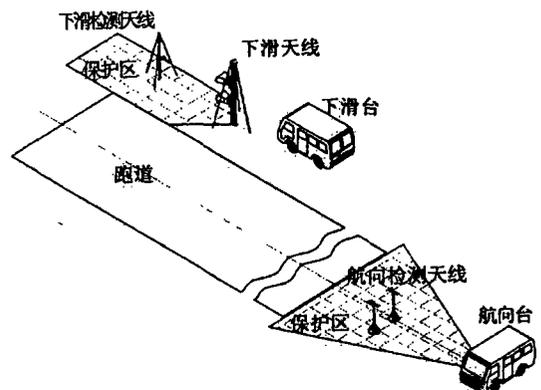


图2 分米波仪表着陆设备配置

按照米波和分米波仪表着陆设备的安装要求,在保护区内地形应平坦,不得有树木、高杆作物、土丘、建筑物、道路、金属栅栏和架空金属线缆等。

收稿日期:2001-02-10

基金项目:空司科研基金资助项目(KJ01184)

作者简介:赵 镭(1960-),男,陕西西安人,讲师,主要从事导航工程研究。

从米波和分米波仪表着陆设备航向台配置情况及保护区的要求看,两种设备不能简单架设在—起。必须在认真计算、研究和试验并对设备进行合理的改装后才能共址安装。

1 共址安装技术分析

米波和分米波仪表着陆设备都是由航向台和下滑台两部分组成。

对下滑台而言,共址时两种体制的下滑天线可分别架设在跑道着陆端两侧,也可并列架设在跑道—侧相距—定距离(大于5 m)。这样两种下滑天线均在对方天线保护区以外。分米波下滑监测天线主要结构为一个3 m高的金属立杆,这种立杆对于水平极化的米波下滑辐射场型影响很小。因此分米波与米波下滑台共址安装时基本不需要作任何改动。

对航向台而言,分米波仪表着陆设备车整体较大,但其航向天线长2.5 m、宽0.5 m、架高1.25 m,相对米波航向天线尺寸较小。

要实现共址安装,采用分米波航向天线与车体分离的方法。将分米波航向天线设计成支架式结构,对称地架设在米波仪表着陆设备航向天线正前方适当的位置。

在分米波航向天线前方57.3 m处架设的两副监测天线,—副在跑道中线延长线上,称之为航道监测天线;另一副在其—侧,称之为宽度监测天线。监测天线支架高1.7 m,振子宽度为0.18 m。为了尽量减小对米波天线辐射场型的影响,将原监测天线金属支架改用非金属材料制作。

2 共址安装的理论计算

与车体分离后的分米波航向天线是由水平排成一行的10副碟形振子和长2.5 m、宽0.5 m的金属反射板构成。对米波航向天线辐射有影响的主要是无源金属反射板。

在共址安装中分米波航向天线置于米波航向天线的最大辐射方向(即跑道中心延长线方向)上,它将会部分反射米波航向天线辐射出的电磁波,使米波航向天线的场分布及其它参数发生变化,这种参数变化的大小直接影响到共址方案的可行性,因此需要对这种影响进行分析计算。

首先在未共址的情况下,对米波航向天线在其工作的三个波道(低、中、高)上的输入阻抗和辐射方向图进行计算,然后将分米波天线置于距米波天线不同的距离,再对米波航向天线的输入阻抗和辐射方向图变化情况进行计算。将这两种结果进行比较,得出共址方案的可行性。

本文采用天线理论中的矩量法进行了详细计算^[2]。分米波天线对米波天线的影晌相当于一个有限尺寸的矩形平面反射板,为计算方便,将这个平面金属板用金属栅网来等效,同时为保证计算精度,金属栅网孔距不应大于 0.1λ (λ 为工作波长),计算中选取孔距小于 0.05λ 。这样,分米波的反射板在计算中可看成是一个线状天线,使用电场积分方程(EFIE)求解,使计算过程得到极大的简化(见图3)。

细导体的电场积分方程为:

$$-\hat{s} \cdot \mathbf{E}_{(r)}^{inc} = \frac{j\eta_0}{4\pi k} \int I(s) \cdot \left(k^2 \hat{s} \cdot \hat{s}' - \frac{\partial^2}{\partial s \partial s'} \right) \cdot g(\mathbf{r}, \mathbf{r}') ds$$

式中: \mathbf{r} 为场点坐标, \mathbf{r}' 为源点坐标, s 为场点 \mathbf{r} 处沿导线方向的距离坐标, \hat{s} 为其单位矢量, s' 为源点 \mathbf{r}' 处沿导线方向的距离坐标, \hat{s}' 为其单位矢量, $\mathbf{E}_{(r)}^{inc}$ 为激励场或馈电点电压, η_0 为波阻抗,其值 $\eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$, k 为相位常数,其值 $k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$, $I(s)$ 为设定的沿导线上的线电流, $g(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$ 为格林函数 $g(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \frac{e^{-jk|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}$ 。

在电场积分方程中,只有导线上的电流分布是未知的,只要求出 $I(s')$,天线的方向图、阻抗特性等参数

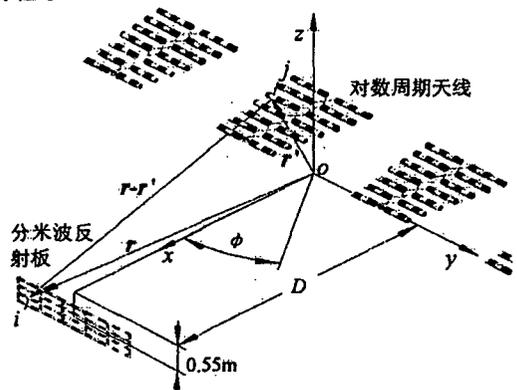


图3 剖分示意图

就可由此求得。

为此,对线状天线进行剖分,为保证计算精度每一剖分段长应不大于 0.05λ 。每一剖分段的电流(电流基函数)选取为:

$$I_j = \begin{cases} A_j + B_j \sin k(s - s_j) + C_j \cos k(s - s_j) & |s - s_j| \leq \Delta_j / 2 \\ 0 & s \text{ 在 } \Delta_j \text{ 之外} \end{cases}$$

$j = 1, 2, 3, \dots, N, N$ 为剖分段数。 s_j 为第 j 段的中点, Δ_j 为第 j 段的长度。

理论和计算经验表明,这种正弦电流基函数法与实际电流分布相似,具有较快的收敛性,保证有高的计算精度。

在电流基函数的展开式中,每一分段内有 3 个未知函数 A_j, B_j, C_j , 其中 2 个可以应用电流连续性定理和电荷连续性定理来确定,即在相邻 2 个剖分段的连接点电流和电荷是连续的。另外一个未知数可用下面得到的矩阵方程求出。

电磁学中的矩量法(mom)可简述如下:

上述电场积分方程可用下列算子方程描述,既 $LI = e$, 其中 I 为未知函数响应, e 为已知激励响应, L 为线性算子,如前所述的电场积分方程中的线积分。未知函数可以展开成一组基函数 $I_j = \sum_{j=1}^N a_j f_j$, a_j 为未知函数的系数, f_j 为设定的已知函数。取算子方程与权函数的内积 $\langle w_i, Lf \rangle = \langle w_i, e \rangle, i = 1, 2, 3, \dots, N$, 即 $\sum a_j \langle w_i, Lf_j \rangle = \langle w_i, e \rangle$, 这个方程可写成矩阵形式 $GA = E$, 其中 $G_{ij} = \langle w_i, Lf_j \rangle, A_j = a_j, E_i = \langle w_i, e \rangle$ 。

这样,未知基函数的系数可求出,即求出基函数的完整表达式: $A = G^{-1}E$ 。

内积的定义如下: $\langle f, w \rangle = \int_S f(r)w(r) ds$

其中权函数有多种选取方法,此处采用狄拉克函数 $W_{i(r)} = \delta(r - r')$, 在求出天线上的电流分布后,天线的一切电磁响应便可求出。

本文的计算程序由一个主程序和 20 多个子程序构成,其流程图如图 4 所示。

米波天线的馈电激励数据见表 1。

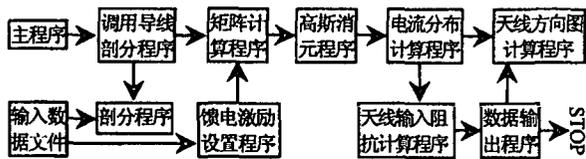


图 4 流程图

表 1 米波天线的馈电激励数据

天线	左 4	左 3	左 2	左 1	右 1	右 2	右 3	右 4
CSB	幅度 0.055	0.143	0.363	1.000	1.000	0.363	0.143	0.055
	相位 180°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	180°
SBO	幅度 0.415	0.700	0.890	1.000	1.000	0.890	0.700	0.415
	相位 -90°	-90°	-90°	-90°	90°	90°	90°	90°

取米波发射机的中心频率 $f = 110 \text{ MHz}$ ^[3], 计算了未共址时米波天线 CSB 及 SBO 的方向图, 以及共址后分米波航向天线与米波航向天线相距不同距离时, 米波航向天线 CSB 及 SBO 的方向图, 如图 5、图 6 所示。

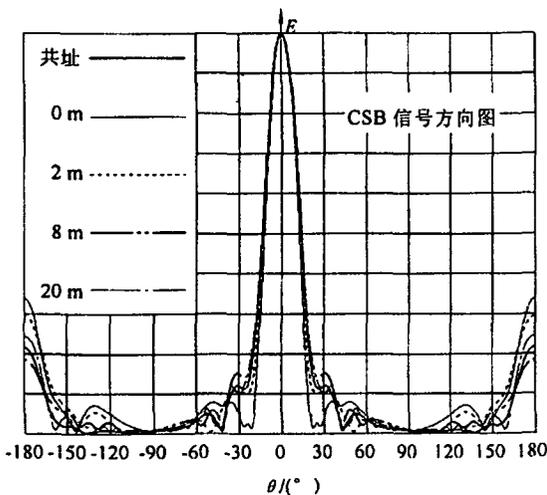


图 5 CSB 信号方向图

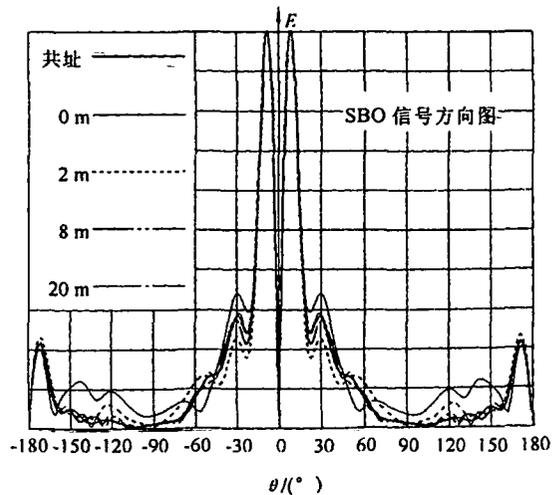


图 6 SBO 信号方向图

3 结束语

将有一定几何尺寸金属物体放置在米波航向天线前,对天线辐射将产生影响。由计算结果分析可知,当分米波航向天线与米波航向天线之间的距离 $D \geq 8$ m 时,分米波天线对米波航向天线的输入阻抗及方向图影响较小。在航向信号覆盖区(左右 35°)内几乎没有影响。考虑到射频电缆的衰减,分米波航向天线与航向车的距离不宜过大,因此分米波航向天线与米波航向天线之间的距离应在 8 ~ 10 m 之间。

根据第 1 节的分析,分米波下滑天线与米波下滑天线可直接并排架设(之间距离在 5 m 以上)。

分米波航向天线辐射频段为 905.1 ~ 932.4 MHz,下滑天线辐射频段 939.6 ~ 966.9 MHz。米波航向天线辐射频段 108.10 ~ 111.95 MHz,下滑天线辐射频段 328.6 ~ 335.4 MHz。尽管分米波航向天线辐射频段在米波下滑天线辐射频段 2 次谐波(657.2 ~ 670.8 MHz)与 3 次谐波(985.8 ~ 1 006.2 MHz)之间,但最近的频点相差也在 20 MHz 以上,与分米波机载接收机带宽小于 1.4 MHz 相比,米波谐波远在分米波接收频段之外,同时考虑到米波天线谐波辐射比基波低 60 dB,因此可以确定分米波与米波系统间的射频干扰是极其微弱的,不会影响两种着陆系统的正常工作。

共址安装要保证两种着陆设备均能正常工作,所以分米波天线型式和位置的确定,除了必要的理论计算以外,还需要根据实际情况进行试验。

参考文献:

- [1] KJB 16-91. 航空无线电导航台站配置和场地环境要求[S].
- [2] 米特拉 R. 计算机技术在电磁学中的应用[M]. 北京:人民邮电出版社,1983.
- [3] 张忠兴,李晓明,张景伟,等. 无线电导航理论与系统[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998.

Research of Compatibility between the Metric Wave ILS and the Decimetric Wave ILS

ZHAO - Lei, YUAN An - min, WU De - wei

(The Telecommunication Engineering Institute of the Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: The compatibility between two types of ILS is analyzed in this paper. The parameters of antenna radiation patterns and input resistances are calculated, and the interactive influence of band harmonics is discussed in the case of two ILS being nearby located. The optimal installation method may be obtained with the computed data.

Key words: ILS; compatibility; antenna - pattern.