

# 柱面阵列天线单元相位中心的计算

安建<sup>1</sup>, 张晨新<sup>1</sup>, 张敬伟<sup>2</sup>

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 空军工程大学 科研部, 陕西 西安 710051)

**摘要:**为了准确确定非平面相控阵列天线在波束形成时各单元天线的相位中心,提出了一种借助三维场仿真软件 HFSS 计算单元天线相位中心的方法,并计算了某变指向通信天线单元天线的相位中心,研究了单元天线相位中心对天线波束形成的影响。仿真结果表明,该方法是有

**关键词:**阵列天线;相位中心;单元天线

**中图分类号:** TN821 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)04-0032-03

阵列天线的波束形成,主要就是控制和调节各单元天线辐射能量的幅度和相位。平面阵列天线波束形成时,一般不需要准确确定各单元天线的相位中心,但非平面阵列天线波束形成时,如不准确确定单元天线的相位中心,就会给配相带来不小的误差,从而降低天线效能。文献[1-3]介绍了计算天线相位中心的迭代方法,并借助 Ansoft 公司开发的三维仿真软件 HFSS,对某变指向通信天线单元天线相位中心进行了分析和计算,本文研究了单元天线相位中心对柱面阵列天线波束形成的影响。

## 1 问题引入

在某变指向通信天线的工程设计和测试过程中,发现选择不同的相位中心对单元天线进行配相时会对天线性能产生较大影响,因此单元天线相位中心的准确确定就显得尤为重要<sup>[4-6]</sup>。设天线工作频率为 $f_0$ ,其阵列采用柱面布局<sup>[7]</sup>,单元天线采用宽角度辐射形式。图1给出了天线柱面布局的俯视示意图,图中的圆是阵列天线反射板的截面。

以柱面阵列的中心为坐标原点,建立坐标系,用 Ansoft 公司的三维仿真软件 HFSS 对一单元天线的远区辐射特性进行了仿真,图2和图3分别给出了H面的方向图和场分量的相位分布。

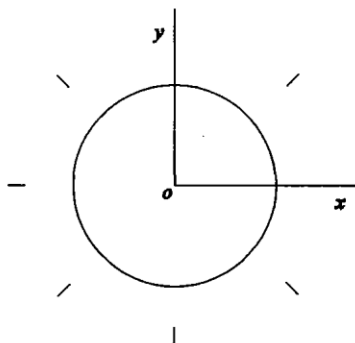


图1 某变指向通信天线柱面布局俯视示意图

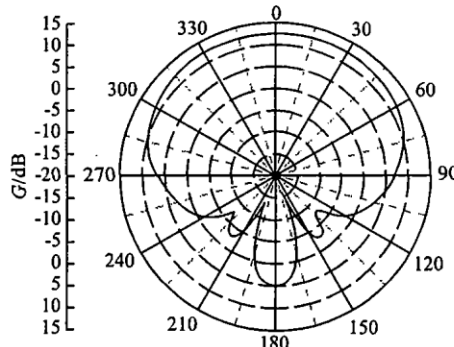


图2 H面方向图

由图2可以看出单元天线是宽角度辐射,3 dB波束宽度约为 $150^\circ$ 。由图3可以看出,H面远区场分量的相

收稿日期:2006-11-15

基金项目:国家“863”计划资助项目(2003AA005044)

作者简介:安建(1980-),男,河南沈丘人,博士生,主要从事电磁辐射与散射研究;

张晨新(1969-),男,河南修武人,教授,主要从事电磁辐射与散射、微波电路与系统研究。

位随角度的变化而变化很大,说明单元天线的相位中心并非在坐标原点,由相位关于0°对称可知,相位中心位于坐标原点和单元天线的连线上。

## 2 单元天线相位中心的计算

单元天线的辐射边缘距离坐标原点为  $D$ ,由前述可知,单元天线的相位中心在坐标原点和单元天线的连线上,设位于点  $P$  处,如图4所示。过点  $P$  的两等相位圆分别与大圆  $O$  相切于点  $A$  和相交于点  $B$ ,大圆上点  $B$  和点  $A$  之间的相位差也即是点  $B$  和点  $C$  之间的相位差,它与点  $B$  和点  $C$  之间的波程差相对应,根据图4所示的几何关系,有

$$\phi = \frac{BC \cdot 2\pi}{\lambda} = \left[ \sqrt{R^2 + d^2 - 2Rd\cos\theta} - (R - d) \right] \frac{2\pi}{\lambda}, \quad R \gg d$$

$$\overline{BC} = \overline{PB} - \overline{PC} = \sqrt{R^2 + d^2 - 2Rd\cos\theta} - (R - d)$$

式中: $\phi$  为对应角度  $\theta$  的相位; $R$  为柱坐标半径; $d$  为相位中心与坐标原点之间的距离; $\lambda$  为自由空间的波长。

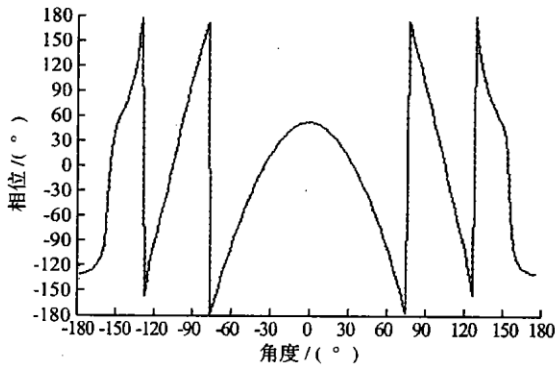


图3 H面场分量的相位分布

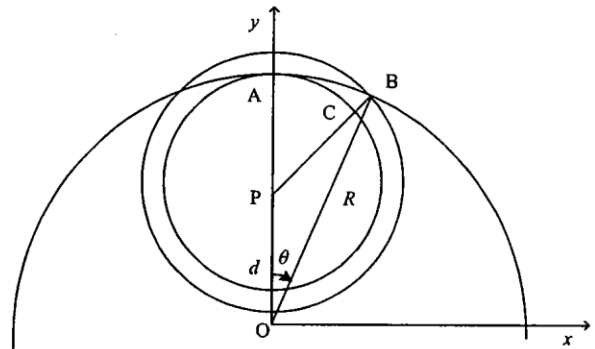


图4 相位中心计算原理图

这里取  $R = 1\ 000d$  即可满足工程要求,将所需数据代入上式得,  $\theta_1 = 20^\circ, d_1 = 0.158\text{ m}, \theta_2 = 40^\circ, d_2 = 0.152\text{ m}, \theta_3 = 60^\circ, d_3 = 0.154\text{ m}$ , 求其平均值得  $\bar{d} \approx 0.155\text{ m}$ 。即得到点  $P$  离开坐标原点的距离约为  $15.5\text{ cm}$ ,也就是位于单元天线辐射边缘内侧约  $s\text{ cm}$  处,为了检验求得的相位中心是否正确,把坐标原点平移至点  $P$  处重新计算单元天线的  $H$  面远区场分量的相位分布,其结果如图5所示。

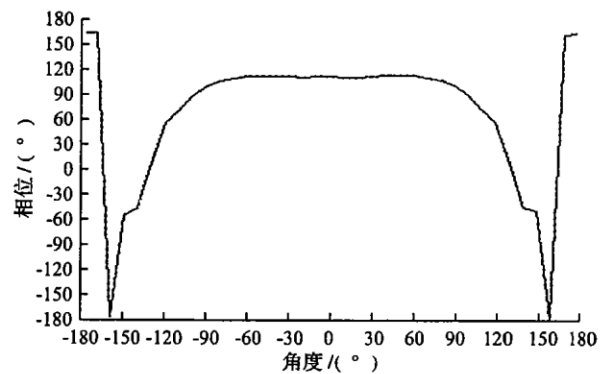


图5 单元天线H面远区场分量相位分布

由图5可以看出,相位起伏在  $10^\circ$  以内的范围约为  $170^\circ$ ,可见所求得的单元天线相位中心是正确的。

## 3 相位中心调整前后对波束形成的影响

这里讨论两种状态,第一种状态是波束指向  $10^\circ$  方向,第二种状态是波束指向  $170^\circ$  方向。在单元天线相位中心确定之前,假定相位中心位于单元天线的辐射边缘处。在每一种状态下,根据相位中心的不同分别进行配相并等幅馈电,仿真得到远场辐射方向图。两种状态下二者的比较分别示于图6和图7中。

由图6可以看出,在第一种状态,天线增益提高约  $0.5\text{ dB}$ ,后瓣减小  $9.2\text{ dB}$ ;由图7可以看出,在第二种状态,天线增益提高约  $0.5\text{ dB}$ ,后瓣减小  $3.6\text{ dB}$ 。

## 4 结论

通过对某变指向通信天线单元天线相位中心的分析,说明了在非平面阵列天线波束形成中,单元天线相

位中心的准确计算是非常重要的,如果仅仅简单地认为相位中心位于单元天线的几何中心或者边缘某处,在给各单元天线配相时就会引入不小的误差,从而不能使天线发挥出最佳性能。分析结果表明,这种相位中心计算方法,原理简单,具有普适性,且有足够的精度,能够满足工程需要。

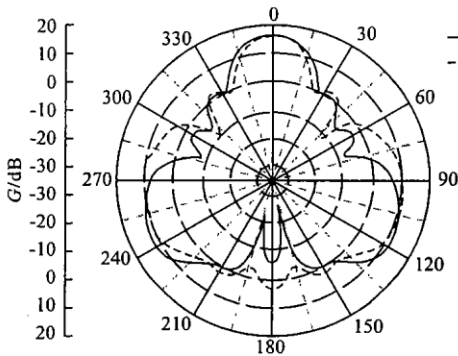


图6 第一种状态

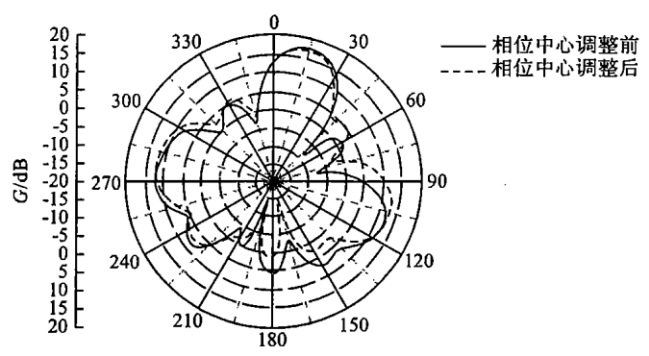


图7 第二种状态

### 参考文献:

- [1] 郑义明,保 铮. 一种改进的相位误差估计算法[J]. 西安电子科技大学学报:自然科学版,2001,28(4):472-477
- [2] 丁晓磊,王 建,林昌禄. 对数偶极子天线相位中心的分析和计算[J]. 电子学报,2003,31(9):1375-1377.
- [3] 唐 璞,李 欣,王 建,等. 计算天线相位中心的移动参考点法[J]. 电波科学学报,2005,20(6):725-728.
- [4] 杨博雄,陈志高,欧同庚,等. GPS 卫星天线特性与相位中心一致性检定[J]. 大地测量与地球动力学,2005,20(6):725-728.
- [5] 田 波,张永顺. 超宽带天线相位中心测量[J]. 宇航计测技术,2005,25(4):46-48.
- [6] 高玉平. GPS 接收机天线相位中心偏差的检测[J]. 陕西天文台台刊,2001,24(2):121-126.
- [7] 张前悦,王光明,夏冬玉,等. 一种阵列天线的波束赋形设计[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2006,7(5):53-55.
- [8] 林昌禄,陈 海,吴为公. 近代天线设计[M]. 北京:人民邮电出版社,1990,674-679.
- [9] 朱华邦,邵 兵,朱 璐. 雷达天线系统隐身方法研究[J]. 海军航空工程学院学报,2005,20(3):332-334.

(编辑:田新华)

## Computation of the Element Antenna Phase Center of Cylinder Array Antenna

AN Jian<sup>1</sup>, ZHANG Chen-xin<sup>1</sup>, ZHANG Jing-wei<sup>2</sup>

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China; 2. Department of Scientific Research, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** The phase center of each element antenna is not necessarily to be determined accurately for beam forming of planar phased-array antenna, but it is necessary for that of non-planar phased-array antenna, or phase is not set correctly and antenna performance is decreasing. In this paper, a new method of computing the element antenna phase center is proposed, and the element antenna phase center of a certain alternating-direction communication antenna is computed, and the effect of element antenna phase center on beam forming of non-planar phased-array antenna is studied. The simulation results demonstrate the effectiveness of the new method.

**Key words:** array antenna; phase center; element antenna