

## 关于“电磁波起伏传播”的讨论<sup>1</sup>

张晓娟 王 颖 宋文森

(中国科学院电子学研究所 北京 100080)

**摘 要** 对“电磁波起伏传播”一文所提出的起伏传播的概念进行了讨论,指出这种起伏传播是不可能存在的.产生这一问题是由于其对极化波的数学形式不合适和数学运算错误所造成的.

**关键词** 电磁波, 圆极化

**中图分类号** TN011

### 1 引 言

在“电磁波起伏传播”一文<sup>[1]</sup>中提出了所谓电磁波起伏传播的概念,认为由两个频率合成的、且其初始相位旋转角分别随时间变化的多频圆极化辐射源就可以实现电磁波的起伏传播.在该文中所描述的从空间同一点上发出的两个“圆极化”点源,分别辐射出频率为 $\omega^+$ 、 $\omega^-$ 且旋转方向相同的等幅的圆极化电磁波;同时还假定这两个辐射源本身分别以 $\alpha$ 和 $-\alpha$ 的角度旋转,且 $\alpha$ 是时间的函数,此时,这两个源辐射的电场可以写成

$$E^+ = [E_0/(2r)][\hat{x} \sin(\omega^+t - k^+r + \alpha) + \hat{y} \cos(\omega^+t - k^+r + \alpha)] \quad (1a)$$

$$E^- = [E_0/(2r)][\hat{x} \sin(\omega^-t - k^-r - \alpha) + \hat{y} \cos(\omega^-t - k^-r - \alpha)] \quad (1b)$$

式中“+”代表相对频率较高的那列电磁波,而“-”代表相对频率较低的那列电磁波. $E$ 为电场强度. $r$ 是从源点到场点的距离.如果(1)式中满足

$$\alpha = (\omega^+ - \omega^-)t/2 + C + 2m\pi, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

(式中 $C$ 为一绝对值小于 $\pi$ 的实常数,称为初始旋转相位角),那么(1)式的两列圆极化波在传播途中的合成场为

$$E = (E_0/r) \cos(\Delta kr/2)[\hat{x} \sin(\omega_0t - k_0r + C) + \hat{y} \cos(\omega_0t - k_0r + C)] \quad (3)$$

式中

$$\omega_0 = (\omega^+ + \omega^-)/2, \quad k_0 = (k^+ + k^-)/2, \quad \Delta k = k^+ - k^-$$

到此为止,所用的符号和公式均为文献[1]中的原文.文献[1]中由此开展了关于电磁波起伏传播的各种讨论.作者认为由此得出了一种新的“起伏传播”原理,只要有了如上的双频辐射源就可以实现这种“起伏传播”.当然如果真有这种“起伏传播”,正像作者所说的,它将改变定点通信的面貌,不仅可以减少途中的损耗、减少污染,甚至可以避开或者极大地减少中间阻挡物体对电磁波带来的影响.

文中还对这种起伏传播的特性进行了讨论和设计,下面的内容就不再引用,因为到(3)式为止,所用的概念和数学运算都是错误的.在正确的数学运算下,两个相同方向传播的不同频率的电磁波是根本不可能产生如(3)式所表示的合成波的.这类既有“驻波”包络,而包络内又是“行波”的波不符合能流连续原理,它是根本不可能存在的.也就是说,所有这些起伏传播的结果只是作者数学运算错误所导致的结果.

<sup>1</sup> 1999-01-04 收到, 1999-07-05 定稿

## 2 论文中的一些主要错误

作者的主要错误是把三角函数的和差化积的计算搞错了。把 (1a) 和 (1b) 两式加在一起应用正确的三角函数和差化积的公式是无论如何也得不到 (3) 式的。为此我们先把 (2) 式中的  $\alpha$  代入 (1a) 式、(1b) 式, 并省略  $2m\pi$  得

$$E^+ = \frac{E_0}{2r} \left[ \hat{x} \sin \left( \frac{3\omega^+ - \omega^-}{2} t - k^+ r + C \right) + \hat{y} \cos \left( \frac{3\omega^+ - \omega^-}{2} t - k^+ r + C \right) \right] \quad (4a)$$

$$E^- = \frac{E_0}{2r} \left[ \hat{x} \sin \left( \frac{3\omega^- - \omega^+}{2} t - k^- r - C \right) + \hat{y} \cos \left( \frac{3\omega^- - \omega^+}{2} t - k^- r - C \right) \right] \quad (4b)$$

正确地应用三角函数的和差化积的公式, 立即可以得到

$$E = (E_0/r) \cos(\Delta\omega t - \Delta kr/2 + C) [\hat{x} \sin(\omega_0 t - k_0 r) + \hat{y} \cos(\omega_0 t - k_0 r)] \quad (5)$$

其中

$$\Delta\omega = \omega^+ - \omega^-$$

这样一来, 调制的波形也是在行进的。作者所想象中的在路径上的起伏传播就不再存在了。能流连续的基本原理依然得到满足。电磁波像其它的物质一样在它的传播路径上能流依然是连续的, 在传播途径上不可能存在一个截面, 在该截面上场恒等于零。

作者所以会产生这样简单的运算错误, 主要是因为作者在概念中认为 (1a) 和 (1b) 式中的  $\alpha$  是由于“辐射源的旋转所产生”的, 所以它不同于一般频率的变化。但是作者没有想到, 不管电磁波是怎样产生的, 只要在传播途径上用 (1a) 和 (1b) 式的数学形式, 那么对于电磁波来说, 它的传播规律都是一样的。在电磁波的传播形式中三角函数宗量中与时间线性相关的部分就表示波的频率。当然文中所说的让“辐射源以  $\alpha$  的角度 (是否应为角速度) 旋转起来”, 也真是一种大胆的设想, 这里“辐射源”不知道指什么? 指天线, 整个天馈线系统, 抑或包括整个发射机。实际上任何辐射源系统的旋转都不可能产生作者在 (1a) 和 (1b) 式中所表示的那种效果。

此外, 在电波传播中还有一个重要的关系, 就是自由空间中频率与传播常数之间有确定的关系, 这就是电磁波在自由空间中的传播速度等于光速, 在中性大气层中的传播速度也近似等于光速。如果 (1) 式中的电磁波不考虑由于“辐射源旋转”而出现的  $\alpha$ , 则有:

$$\omega^+/k^+ = \omega^-/k^- = c \quad (6)$$

而当考虑由  $\alpha$  造成的频率变化时, 传播常数与频率的关系也就跟着改变了, 这些因素也是电波传播中必须予以考虑的。

## 3 关于起伏传播的讨论

尽管根据作者所提出的设想是不可能产生电磁波的起伏传播的, 但是我们认为作者敢于想象的精神还是很可贵的。所以我们可以设想一下, 在什么样的条件下能够产生如 (3) 式所表示的波, 这只要把 (3) 式所表示的三角函数的积反过来化为和差的形式, 立即可得原来的两个波应该有如下的形式:

$$E^+ = [E_0/(2r)] [\hat{x} \sin(\omega^+ t - k^+ r - \alpha) + \hat{y} \cos(\omega^+ t - k^+ r - \alpha)] \quad (7a)$$

$$E^- = [E_0/(2r)] [\hat{x} \sin(\omega^- t - k^- r + \alpha) + \hat{y} \cos(\omega^- t - k^- r + \alpha)] \quad (7b)$$

即对较高频率的波把它的频率减去频率差的一半, 而把较低频率波的频率加上频率差的一半, 这样这两个波的频率实际上就相等了, 都成了这两个频率的平均值, 即

$$E^+ = [E_0/(2r)][\hat{x} \sin(\omega_0 t - k^+ r) + \hat{y} \cos(\omega_0 t - k^+ r)] \quad (8a)$$

$$E^- = [E_0/(2r)][\hat{x} \sin(\omega_0 t - k^- r) + \hat{y} \cos(\omega_0 t - k^- r)] \quad (8b)$$

正如我们前面所指出的只有频率相同的两个波才能够叠加或形成驻波的形式。但是这种叠加实际上是没有意义的, 因为同一个频率向同一方向传播的波, 不可能有不同的传播常数, 即 (8a) 和 (8b) 式中的  $k^+$  和  $k^-$  实际上应该是相等的, 即  $k^+ = k^- = k_0$  和  $\Delta k = 0$ 。这样, 这两式的合成只是等于 (8a) 或 (8b) 的两倍。这里, 所用的符号与上面的一致, 只是令常数  $C$  等于零。因为如常数  $C$  不等于零还会增加一些不必要的麻烦。

为了得到作者所要求的“起伏传播”的电磁波, 实际上就是要求同时、同地产生两束频率相同而传播速度不同的电磁波, 亦即要求同一频率的电磁波在同一介质中以不同的速度传播, 这当然是不可能的。不管这种电磁波是作者所说的把“辐射源旋转起来”或用其它更神奇的方法产生的, 都是无补于事的。

#### 4 小 结

文献 [1] 中一开始就提出: 只有均匀传播, 即从辐射源辐射出来的电磁波沿传播路径强度均匀地向外传播, 才是大家熟悉的传播方式; 而不均匀的传播, 即沿传播途径电磁波分布起伏变化的传播, 是一种还没有研究过的新的传播方式。其实这句话是完全不对的, 因为均匀传播只是一种理论上的一种传播方式, 在实际应用中所有的波是不均匀的。只要在载波上携带信息, 这个波就必定是不均匀的。任何一种调幅或调频的电磁波都是不均匀的, 现代数字通信中的脉冲调制, 在传播方向上就更加不均匀了。对于不均匀电磁波的传播特性的研究正是现代电波传播研究中的一个重要课题。这些研究, 如电磁孤立子的研究、电波传播中的波包在各种复杂介质中的色散、群延迟, 以及由此产生的对于通信质量的影响是一个极为重要的研究领域。在自然界中也有一些与电磁波传播有关的奇异现象, 这些大都是与雷电相联系的现象。这些现象都是由于大气放电过程中所产生的极其复杂的等离子体环境所造成的。由于其环境条件的极端复杂性, 实验的重复很困难, 因而造成一定的神秘性。其实所有这些所谓神奇的现象并没有超越现有电磁场理论所能够解释的范围。像本文作者所描述的超越现有电磁理论的神奇的传播现象, 至少到目前为止都是为科学的理论与实验所否定的。

#### 参 考 文 献

- [1] 段恒毅. 电磁波的起伏传播. 电子科学学报, 1997, 19(4): 543-548.

#### ABOUT “UNDULATING PROPAGATION OF THE ELECTROMAGNETIC WAVE”

Zhang Xiaojuan Wang Ying Song Wenmiao

(Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**Abstract** The idea about undulating propagation presented by the paper “Undulating propagation of the electromagnetic wave” is discussed. This paper point out the mistake of the idea, which is the result of wrong mathematical formula of the polarization wave and wrong calculation.

**Key words** Electromagnetic wave, Circular polarization

张晓娟: 女, 1964 年生, 博士生, 从事电磁场与微波技术研究.

王 颖: 女, 1970 年生, 博士生, 从事电磁场与微波技术研究.

宋文淼: 男, 1938 年生, 研究员, 博士生导师, 从事电磁场理论与微波技术的研究.