

文章编号: 1001-893X(2011)08-0111-04

天线正交加权改变天线方向图方法及其应用^{*}

史 伟, 刘翠海

(海军潜艇学院, 山东 青岛 266044)

摘 要:指出了目前改变天线方向特性存在的问题和困难;在研究环形天线方向特性的基础上,提出了一种能够快速旋转天线方向图的新方法,即天线正交加权法。该方法可在天线不便旋转或不能旋转的情况下,通过对天线接收的信号进行加权处理控制天线方向图的旋转,达到天线方向图快速改变的目的。最后对该方法的推广应用进行了探讨。该方法具有可靠性高、精确度高、便于自动控制、不依赖于机载平台运动方向等优点。利用该方法对提高测向定位精度、侦察截取概率和通信可靠性具有较好的使用效果。

关键词:测向;环形天线;天线正交加权;天线方向图

中图分类号: TN821 **文献标识码:** A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2011.08.023

A Method for Changing Antenna Pattern Based on Cross-antenna Weighted and its Application

SHI Wei, LIU Cui-hai

(Navy Submarine Academy, Qingdao 266044, China)

Abstract: In this paper, the problem and difficulty of changing antenna radiation patterns is presented. According to the study on directional characteristics of the loop antenna, a cross-antennas weighted method is proposed which can change rapidly and exactly the direction of antenna radiation patterns after weighting signal by the weighting coefficients when the antenna can not be rotated. Finally, application of the cross-antennas weighted method is discussed and prospected. The method has features of higher reliability, higher precision, easy to automatic control and independent on platform direction. Using this method has great significance to improve direction-finding (DF) positioning accuracy, reconnaissance intercepted probability and communication reliability.

Key words: direction finding; loop antenna; cross-antennas weighted method; antenna radiation patterns

1 引 言

在无线电测向定位、侦察和通信等系统中普遍使用具有方向性的天线,利用天线的方向特性实现测向定位、侦察和定向通信^[1]。在无线电测向定位、侦察系统中,为提高测向定位的效率和精度以及侦察截获率,需要不停地旋转天线方向特性图(简称天线方向图),以搜索、定位和对准目标。在无线电通

信系统中,为提高通信抗干扰能力,采用定向通信,要求天线方向图能够及时调整。目前,实现天线方向图旋转的主要方法有:一是对于较小尺寸的天线采用机械旋转;二是对于大尺寸、不易旋转的测向天线,使用机械旋转的“测角器”;三是使用天线阵^[2]。前两种方法都采用了机械旋转,其缺点是天线方向图旋转速率低,方向精度低,系统的可靠性差,不利于采用现代先进的控制技术;后一种方法的缺点是天线阵元多、尺寸大,且大都是安装位置固定,不便

^{*} 收稿日期:2011-03-31;修回日期:2011-06-03

于机动。本文以广泛使用的环形天线为研究对象，提出了能克服上述缺点并能实现天线方向图快速旋转的方法。

2 环形天线的方向特性

环形天线的外形有圆形、矩形、菱形等；可以是单匝，也可以是多匝；可以是空心的，也可以是带有铁磁材料的磁芯。将环形天线简化成 $h \times b$ 的空心矩形天线^[3]，其结构示意图如图 1 所示。

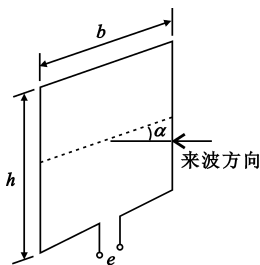


图 1 环形天线结构示意图
Fig.1 Loop antenna structure

设天线平面垂直地面，接收的是垂直极化波，天线平面中心点处电场强度为 $E \cos \omega t$ ，来波方向与天线平面夹角为 α ， $h \ll \lambda$ ，经分析，接收天线输出电压 e 可以表示为

$$e = \frac{2\pi n h b E}{\lambda} \cos \alpha \cos \omega t = E_A \cos \alpha \cos \omega t \quad (1)$$

式中， n 为天线的匝数， λ 为信号波长， $E_A = 2\pi n h b E / \lambda$ 。

式(1)表明，环形天线的接收电压大小与来波方向和天线平面夹角为 α 有关，具有方向特性， $\cos \alpha$ 称为方向因子。当天线的参数(h, b, n)和 E, λ 一定时，只考虑方向幅度特性，可以得到如图 2 所示的类似“8”字形的方向图。

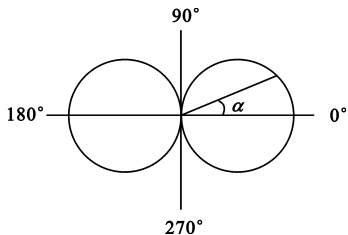


图 2 环形天线的方向图
Fig.2 Loop antenna pattern

从天线方向图可以看出，来波方向与天线平面平行($\alpha = 0^\circ$ 或 180°)时，天线感应电压最大；与天线平面垂直($\alpha = 90^\circ$ 或 270°)时，天线感应电压最小，利

用天线这一方向性，可进行无线电测向定位、侦察，以及定向通信。

环形天线一旦放置位置固定时，其方向图也就固定了。使用一副环形天线进行测向定位、侦察和定向通信时，需对其进行机械式地旋转或改变其机动载体的运动方向，才能旋转天线方向图。该方法的主要缺点是天线方向图旋转速度慢，可靠性差，不便于自动控制，系统不宜安装在受其它任务制约而不能随意改变运动方向的机动载体上。

3 正交加权旋转环形天线方向图方法

本文提出的天线正交加权法可在天线不便旋转或不能旋转的情况下实现天线方向图的快速旋转，且天线方向图的旋转与机动载体的运动方向无关。其方法是：在同一地点放置两副空间正交、参数一致的环形天线，两副天线感应的电压分别经过加权变换处理后相加输出，系统根据接收机输出信号大小，控制方向图的旋转角而确定权值，在无需旋转天线的情况下实现了天线方向图的旋转，其原理方框图如图 3 所示。

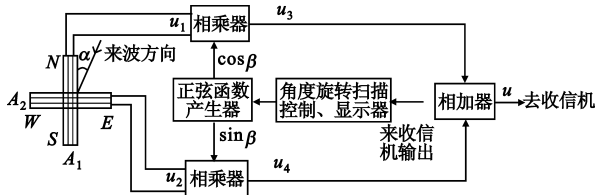


图 3 天线方向图旋转原理方框图
Fig.3 Antenna pattern rotating principle

为了讨论问题方便，假设天线 A_1 南北(SN)放置，天线 A_2 东西(EW)放置，来波方向取真方位 α 。

系统根据接收的、含有方位信息的信号大小，在角度旋转扫描控制器的控制下，正弦函数产生器生成与旋转角度 β 相对应的余弦、正弦函数值，利用这两个函数值分别对两副天线 A_1, A_2 感应的电压进行加权，然后两路电压进行合成为输出电压 u ，分析如下。

由环形天线输出电压表达式可得到环形天线 A_1, A_2 的输出电压 u_1, u_2 为

$$u_1 = E_A \cos \alpha \cos \omega t \quad (2)$$

$$u_2 = E_A \cos(90^\circ - \alpha) \cos \omega t = E_A \sin \alpha \cos \omega t \quad (3)$$

加权变换后，两路输出电压 u_3, u_4 为

$$u_3 = u_1 \cos \beta = E_A \cos \alpha \cos \beta \cos \omega t \quad (4)$$

$$u_4 = u_2 \sin \beta = E_A \sin \alpha \sin \beta \cos \omega t \quad (5)$$

两路电压合成后输出总电压 u 为

$$u = u_3 + u_4 =$$
$$E_A \cos \alpha \cos \beta \cos \omega t + E_A \sin \alpha \sin \beta \cos \omega t =$$
$$E_A \cos(\alpha - \beta) \cos \omega t \tag{6}$$

其方向因子为 $\cos(\alpha - \beta)$ 。若以旋转角 β 为基准,即 $\beta = 0^\circ$ 则来波方向角度 α 与输出总电压 u 的幅度关系如图 4(a) 所示,也类似“8”字形。若旋转角 β 旋转时,相当旋转了“8”字形方向图^[4],如图 4(b) 所示。

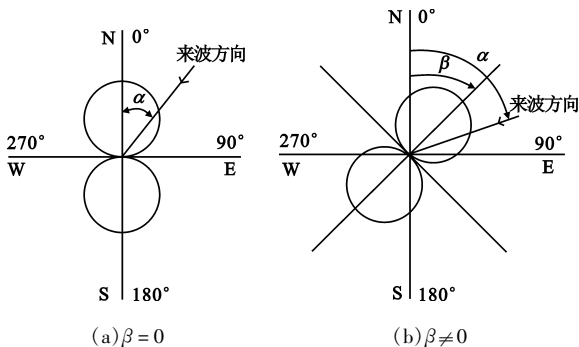


图 4 天线方向图旋转示意图
Fig.4 Antenna pattern rotating scheme

辐射源来波方向角 α 是确定的,不是由观察者所能控制的,但是,接收机输出信号包含了辐射源来波方向角 α 的信息。系统利用收信机输出信号大小控制旋转角 β ,实现了方向图的任意旋转。当 $\beta = \alpha$ 或 $\beta = \alpha \pm 180^\circ$ 时,输出总电压 u 最大,为方向图的峰点;当 $\beta = \alpha \pm 90^\circ$ 时,输出总电压 u 最小,为方向图零点。在测向定位、侦察和定向通信等系统中,需要对天线方向图的峰点或零点进行调整,以对准来波方向。方向图调峰点和调零点的示意图分别如图 5(a) 和图 5(b) 所示。

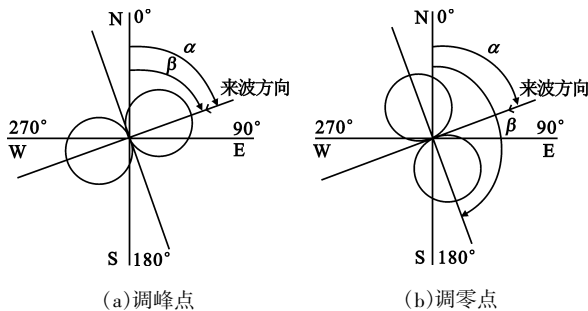


图 5 天线方向图调整示意图
Fig.5 Antenna pattern adjustment scheme

该方法的优点是,由于不需要机械旋转,系统可靠性高,方向图旋转迅速,方向精度高,便于自动控

制,并且对系统的机动载体无任何运动方向限制;缺点是增加一副天线。

4 天线正交加权法的应用

该方法主要应用在无线电测向定位、侦察和定向通信等系统需要旋转其天线方向图的场合中^[5]。在无线电测向定位、侦察方面,需要调整天线方向图的峰点,使其指向被侦测信号的来波方向,以提高测向定位精度和侦察截取概率。在通信方面,在无有意干扰的情况下,天线方向图的峰点指向信号来波方向;在遭受有意干扰的情况下,天线方向图的零点指向干扰来波方向,对干扰进行最大抑制,使收信机的输入信号信噪比最大,提高了通信的可靠性。

使用该方法,天线方向图旋转系统根据收信机输出的、含有辐射源方位信息的信号电压或信噪比大小生成旋转角,使天线方向图快速旋转到最佳方向,达到测向定位精度高、侦察截取概率高和通信可靠性高的目的。

在测向定位、侦察和定向通信系统中广泛使用环形天线、U 形天线和 H 形天线。环形天线尺寸小,便于机动,适合于甚长波、长波、中波、短波地波的测向定位、侦察和定向通信。U 形天线和 H 形天线具有环形天线类似的方向特性,尺寸相对于环形天线要大,但应用的频段很宽,适合于长波、中波、短波和超短波,尤其使用在短波天波的测向定位、侦察和定向通信中,方向精度高。

将该方法中的两副环形天线更换为两副 U 形天线或两副 H 形天线,除其输出总电压 u 的幅值不同外,方向特性完全一致,也能在无需旋转 U 形天线和 H 形天线或改变其机动载体运动方向情况下,实现 U 形天线和 H 形天线方向图的快速旋转。

5 结束语

本文提出的正交加权改变天线方向图的方法,是通过选择不同权重对空间正交的两副磁性天线输出分别加权后进行合成,实现了方向图的任意旋转。该方法与传统的旋转天线方向图方法相比,优点是在无需机械旋转天线也无需使用庞大的天线阵的情况下,就能根据需求迅速旋转天线的方向图,且可靠性高,精确度高,便于自动控制,不依赖于机载平台运动方向的变更,特别适合对运动方向有限制的机动载体平台上的测向定位、侦察和定向通信。该方

法对提高测向定位精度、侦察截取概率和通信可靠性具有较好的使用效果。本文虽然是以环形天线方向图旋转的实现方法进行研究的,但其方法可以引用到在不便旋转或不能旋转的 U 形天线和 H 形天线而需要其方向图旋转的场合中。

参考文献:

[1] 杨林. 罗兰 C 接收机用磁性天线的研究[J]. 探测与定位, 2004(2): 84 - 88.
YANG Lin. Roran C receiver with magnetic antenna study[J]. Detection and Localization, 2004(2): 84 - 88. (in Chinese)

[2] 高伟亮. 非线性有源天线阵多波束相位分布控制方法[J]. 宇航计测技术, 2009(3): 13 - 16.
GAO Wei-liang. Control method of nonlinear active antenna array multi-beams phase-distribution[J]. Journal of Astronautic Metrology and Measurement, 2009(3): 13 - 16. (in Chinese)

[3] 李斌颖. 天线原理应用[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1993.
LI Bin-ying. Antenna principle application [M]. Lanzhou: Lanzhou University Press, 1993. (in Chinese)

[4] 王红星, 曹建平. 通信侦察与抗干扰技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.

防工业出版社, 2005.

WANG Hong-xing, CAO Jian-ping. Communications recon and anti-interference techniques [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005. (in Chinese)

[5] 李华辉, 孙亚东. 航空通信干扰问题浅析[J]. 信息技术, 2007(10): 23 - 25.
LI Hua-hui, SUN Ya-dong. Aviation communication interference problems analysed [J]. Information Technology, 2007(10): 23 - 25. (in Chinese)

作者简介:

史 伟(1962—), 男, 山东临沂人, 副教授, 主要研究方向为无线电通信系统与工程;
SHI Wei was born in Linyi, Shandong Province, in 1962. He is now an associate professor. His research concerns radio communication system and engineering.
Email: srhyx@2008.sina.com

刘翠海(1963—), 男, 河北唐山人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为军事通信及仿真。
LIU Cui-hai was born in Tangshan, Hebei Province, in 1963. He is now an associate professor with the M. S. degree. His research concerns military communication and simulation.

《电讯技术动态》征稿启事

《电讯技术动态》(月刊)创刊于 1972 年,是由中国西南电子技术研究所主办的内部刊物,主要报道与下述专业领域相关的国际厂商科研动态;外军先进装备研发、试验和使用情况;学术交流和展会信息。本着服务于国内军工科研的目的,提供国外军事技术与装备的最新发展动态,服务于研发生产为宗旨的办刊原则,将《电讯技术动态》发展成国内以军工电子为主的行业动态是我们长期不懈的目标。

为促进《电讯技术动态》更好地交流与发展,热诚欢迎业内学者、专家及科研人员踊跃投稿。
投稿领域:

- 航空电子
- 通 信
- 飞行器测控
- 卫星应用
- 情报、侦察与监视
- 敌我识别

来稿要求及注意事项:

(1)文稿务必主题明确,论述合理,逻辑严谨,数据可靠,叙述清楚,文字精炼;

(2)文稿一般不应超过 4 000 字,尽量提供 word 文档,对于文中的图片请以附件形式添加发送至指定投稿邮箱;

(3)投稿务必署名,且对于译稿标明原文详细出处;

(4)请务必采用 Email 投稿,投稿邮箱: dianxundongtai@163.com。来稿请注明作者详细通信地址、联系电话和有效电子邮箱;

(5)本刊编辑部将在 15 天之内对来稿作出取舍,可通过电话或电子邮件查询稿件审查情况,如逾期未收到处理意见,作者有权对稿件另行处理。稿件一经刊用,本刊将酌情从优支付稿酬并赠送当期样刊。请勿一稿多投,否则后果自负。