

文章编号: 2095-4980(2019)03-0408-05

环渤海大气波导监测和试验方法

王 娜, 贺荣国, 金振中

(中国人民解放军 92493 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 在信息化武器装备海上试验和作战使用中, 大气波导会对雷达等电子信息装备产生重要影响。研究了大气波导对海上试验和作战的影响, 分析了环渤海海区大气波导试验现状, 针对目前大气波导理论研究缺乏严谨的综合海上试验验证的现状, 进行了环渤海大气波导监测试验方法研究。根据试验情况和资源优势, 提出开展大气波导常规试验和大气波导专项任务试验两类试验。环渤海大气波导监测试验的开展将为充分掌握理解环渤海复杂气象环境、构建贴近实战的试验环境提供理论支撑。

关键词: 环渤海区域; 大气波导; 试验方法

中图分类号: TN011; V21

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201903.0408

Atmospheric duct monitoring and test method in Bohai zone

WANG Na, HE Rongguo, JIN Zhenzhong

(Troop 92493 of PLA, Huludao Liaoning 125000, China)

Abstract: In the information weapon equipments test and combat in the sea, electronic information equipments such as radar will be affected by atmospheric duct. The influence of the atmospheric duct on the sea test and combat is given. The present situation of the atmospheric duct monitoring test in Bohai zone is analyzed. The atmospheric duct monitoring test method in Bohai zone is studied. According to the test situation and resources advantages, two kinds of tests such as atmospheric duct routine test and atmospheric duct special test are proposed. The research on the atmospheric duct monitoring test in Bohai zone will provide the theory sustainment for understanding the complex meteorological environment and constructing the test environment close to combat.

Keywords: Bohai zone; atmospheric duct; test method

在一定的天气条件下, 近地层中传播的电磁波受大气折射影响, 其传播轨迹弯向地面, 当曲率超过地球表面曲率时, 电磁波会被陷获在一定厚度的大气层内, 这种现象称为大气波导传播^[1-3]。在信息化武器装备海上试验和作战使用中, 不可避免会受到大气波导的影响。大气波导是影响海上电波传播的一种重要传播机制, 其对无线电信号能量分布的显著改变, 已成为影响海上武器装备作战性能的最关键因素^[3-8]。大气波导具有重要的军事应用价值, 主要体现在: 一方面, 利用大气波导传播可增强雷达、侦察、通信或干扰系统的作用^[8-9]; 另一方面, 它也会产生电磁盲区、反常雷达回波、异常干扰、影响探测准确度等^[10-11]。在试验、训练和作战中, 及时掌握试验、训练、作战区域内大气波导状态, 准确评估大气波导环境下雷达等电子信息装备性能, 对科学制定试验、训练或作战决策等有重要的支持作用。20 世纪 90 年代, 海军着手组织大气波导研究、监测与应用等系统建设, 随着超视距雷达、通信和电子对抗等装备的发展, 以及海军装备试验鉴定的实战化考核要求, 对海军装备试验提出了新的需求, 迫切需要充分了解环渤海大气波导环境及其影响特性, 为充分掌握理解环渤海复杂气象环境、构建贴近实战的试验环境提供理论支撑。因此, 本文在分析大气波导对海上试验和作战影响, 以及环渤海海区大气波导试验现状的基础上, 提出开展环渤海大气波导试验研究。

1 大气波导对海上试验和作战影响分析

大气波导通过对一定条件下的无线电波形成大气波导传播, 可实现超视距目标探测、远距离通信和干扰等^[3],

扩大无线电信息系统的作用距离或覆盖范围，同时，也可以改变正常电波传播路径，产生探测盲区等影响。在海上试验和作战时，大气波导会对雷达、侦察和电子对抗等电子信息装备产生重要影响^[12-13]。

1.1 大气波导对雷达探测影响

大气波导能使雷达电磁波实现超视距传播，从而大大增加雷达的作用距离。图 1 给出了典型大气波导环境下的雷达探测示意图，由于大气波导环境的出现，雷达探测出现超视距传播和探测盲区。

1.2 大气波导对侦察影响

大气波导能使电磁波实现超视距传播，也可显著增大预警雷达的侦测范围，即敌方雷达装备或通信装备辐射的电磁波被大气波导捕获后远距离传播至我方侦察装备。图 2 给出了大气波导传播效应的超视距侦察示意图^[3]。

1.3 大气波导对探测雷达和预警侦察协同作战的影响

如图 3 所示，标准大气情况下，侦察区域往往略大于雷达探测区域，而大气波导条件下，有可能在侦察区域内，出现大面积的雷达探测盲区。因此，可预先设置适合布置我方侦察装备的区域，在扩大侦察范围的同时避免被敌方雷达发现。采用不同频段的雷达进行补盲，减小雷达的空中盲区和跳跃盲区，增加对空预警时间和对海面目标的发现概率。

通过上述分析可知，对于海上试验和作战，只有准确了解作战海域大气波导环境特征以及大气波导环境对电子装备的影响，才能制订合理的试验和作战方案，科学分析试验和作战中大气波导环境对雷达等电子信息装备的性能影响，为装备试验评估和作战使用提供技术支持。

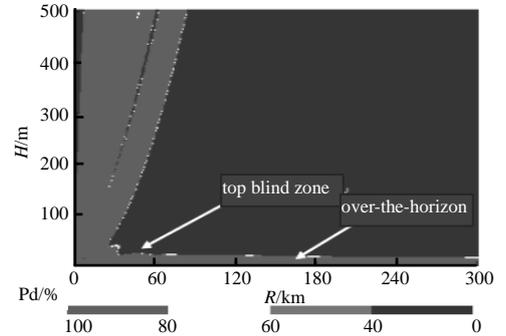


Fig.1 Influence of the atmospheric duct on radar detection
图 1 大气波导对雷达探测影响

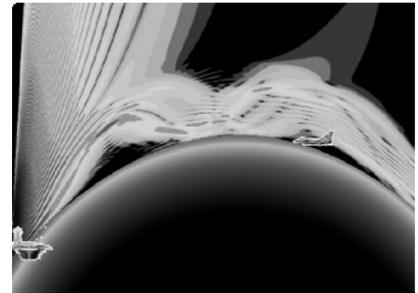


Fig.2 Detection beyond the horizon
图 2 超视距侦察示意图

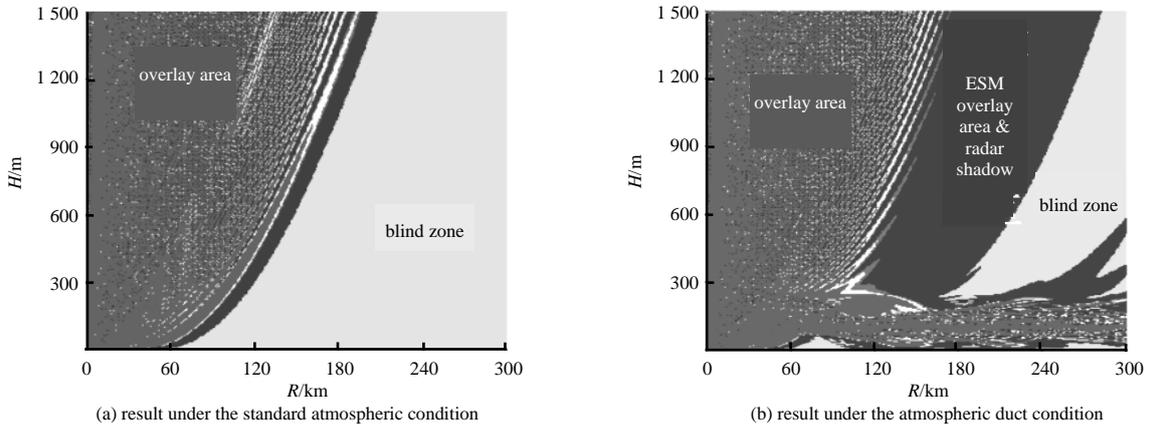


Fig.3 Influence of the atmospheric duct on cooperative combat of radar and detection equipment
图 3 大气波导对雷达和侦察装备协同作战的影响

2 环渤海海区大气波导试验现状分析

要在未来信息化战争中合理使用我方武器装备，使其发挥最佳作战效能，需要开展大气波导相关试验，准确掌握某一海域大气波导环境对电子信息装备的影响规律，为装备试验鉴定和作战使用提供有效的技术支持^[14-15]。

目前，有关大气波导的理论研究缺乏严谨的综合海上试验验证，并且缺少同步的大气波导监测数据与雷达探测数据对比研究。可用于分析的试验数据包括：a) 2003 年到 2015 年某型对海雷达探测数据；b) 可获得的同步大气波导数据。利用对比验证方法，检验大气波导监测评估与雷达同步超视距探测性能的变化趋势是否一致。

对比验证结果初步显示了雷达探测与大气波导监测评估的一致性，但也暴露了一些问题：

1) 目前蒸发波导和低空大气波导监测站点少, 数据均可视为单点监测数据, 无法体现大气波导的水平不均匀性;

2) 目前缺乏高时间分辨力的低空大气波导监测手段, 导致对于低空大气波导影响只能进行定性分析, 无法进行定量对比;

3) 目前用于分析的试验数据均为探测非合作目标数据, 存在目标位置随机、雷达散射截面积大小未知, 雷达记录数据少等缺点, 无法进行更为精确有效的分析。

因此, 需要利用试验场的试验资源优势, 开展大气波导监测相关试验。

3 环渤海大气波导监测和试验方法研究

为更好掌握环渤海大气波导环境及其效应影响, 需要增加大气波导监测站点和大气波导监测手段, 进行合理的试验设计, 实施有关大气波导试验, 系统开展气象观测资料、相应大气波导信息、同步的电波传播损耗测量以及雷达探测威力等数据的收集与综合管理。根据受试验或训练装备影响程度的大小, 环渤海大气波导监测试验可以分为大气波导常规试验和大气波导专项任务试验。

3.1 环渤海大气波导常规试验

大气波导常规试验是指基本不受其他装备试验任务的影响, 可以持续进行的试验。主要包括大气波导环境监测试验、大气波导电波传播监测试验和大气波导对装备性能影响监测试验等 3 类。

大气波导常规试验以设备自动运行、采集数据为主, 人员定期维护设备, 拷贝数据。

3.1.1 大气波导环境监测试验

大气波导环境监测试验利用岸基蒸发波导监测仪、微波辐射计等设备进行大气波导环境实时监测, 并收集地面气象数据、探空数据等大气环境数据, 积累和分析大气波导环境数据。

3.1.2 大气波导电波传播试验

利用合作源电波传播测试设备开展大气波导电波传播试验, 积累大气波导电波传播数据。结合大气波导环境数据, 分析大气波导传播数据。电波传播测试设备具有无人值守功能, 采用人工定期拷贝的方式获取数据。大气波导电波传播试验任务下达后, 测量平台可开始现场安装调试, 积累试验数据。

合作源传播测量通过主动布设收发射机, 在接收端接收己方确定性信号, 积累固定点对点超视距电路电波传播损耗数据。

合作源传播测量平台组成框图如图 4 所示, 通过布设收发两端, 主动测量超视距环境下的传播效应。该测量平台可布设于试验海区跨海两端或岸边与舰船间形成固定链路以及非固定链路的传播测试条件。

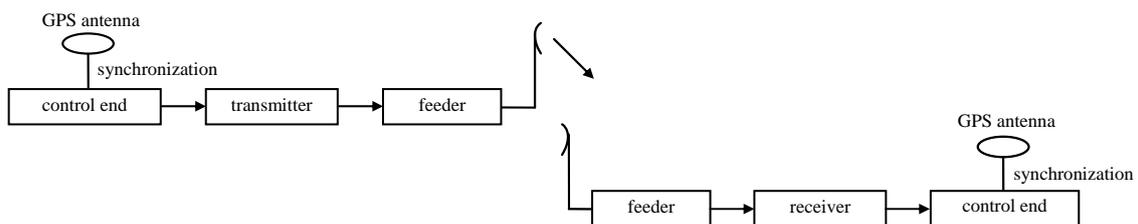


Fig.4 Diagram of the transmission measuring system based on the cooperation source

图 4 基于合作源的传播测量系统示意图

合作源传播测量包括发射端设备和接收端设备, 主要由信号发射机、宽频带的发射天线、宽频带的接收天线、接收机、软件等组成。测量设备通过导航卫星授时实现收发同步, 控制端分别对发射端和接收端发送控制指令, 改变频点循环发射与接收, 进而实现不同频点大气波导环境下的电波传播损耗的测量。

3.1.3 大气波导对装备性能影响试验

面向岸基雷达、舰载雷达等装备开展大气波导对装备性能影响试验, 积累实测数据, 结合大气波导环境数据, 分析大气波导对装备性能影响情况。试验涉及的装备主要指环渤海海区用于日常警戒的岸基雷达和舰载雷达, 根据数据收集需要, 可以定时开机工作。试验期间采用人工记录或自动记录的方式记录日常雷达目标探测信息, 并由专人负责数据的汇总和整理。

3.2 环渤海大气波导专项任务试验

大气波导专项任务试验指受试验或训练装备影响较大的一类试验。主要包括开展的雷达观测海上合作目标拉距试验、机载大气波导试验和装备任务大气波导保障试验等三类。

3.2.1 雷达观测海上合作目标拉距试验

考虑到特定雷达的探测性能受工作环境(大气传输、海杂波等)、目标特性、系统状态等影响,单从有限的探测数据出发,难以对大气波导效应进行准确的分析。因此,开展雷达观测合作目标的拉距试验,需要租用船只,在船上安置角反射体,作为雷达观测目标,在此基础上,进一步确定雷达观测路线。应该注意,需要通过合理设计,尽量在拉距试验时,克服各种可以预料的不利因素,如针对雷达在传播路径上可能遇到偶然不利因素,需要在某一路径上设置多点,增加统计数据,满足定时定点全向的大气波导效应监测要求,积累同步的质量较高的雷达探测合作目标试验数据。

3.2.2 机载大气波导试验

将气象传感器、无线电信号发射或接收机安装在飞机上,飞机按锯齿形飞行,测量获得不同距离处大气波导剖面 and 电波传播数据。

基于载人或无人机平台的大气波导监测需要获取不同距离处大气折射率在垂直方向的变化,因此,在确保适航条件下,根据机型的差别,可采用旋翼无人机垂直飞行或固定翼飞机折线飞行的方式^[3]。

3.2.3 装备任务大气波导保障试验

根据装备试验任务安排,选择可能受到大气波导影响的试验任务,开展装备任务大气波导保障试验,这里涉及的雷达装备主要指试验考核的雷达装备或者武器系统的目标指示雷达,收集装备试验数据,并根据装备任务特点,开展大气波导加密观测,提供大气波导保障,积累和综合分析装备试验数据。

4 结论

通过开展环渤海大气波导监测试验,积累试验数据,研究环渤海大气波导环境、大气波导条件下的电波传播特性以及大气波导对装备性能的影响评估,为海军装备试验提供大气波导环境数据保障和技术支撑,评估大气波导环境对装备试验的影响和应用价值,逐步提高试验海区大气波导监测和效应评估的准确性、精细化程度和应用能力。在此基础上,进一步开展大气波导环境下信息攻防、防空反导、超视距目标打击、威胁区域指示等作战效能评估和辅助决策支持等应用研究,为开展复杂气象条件下海军武器装备的试验、训练和作战运用等问题研究提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 王昆,龙云亮. 大气波导中基于抛物方程法的障碍物定位[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2017,15(4):572-574. (WANG Kun, LONG Yunliang. Localization of obstacles based on parabolic equation method in duct environments[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2017,15(4):572-574.)
- [2] 陈超,张业荣. 海上蒸发波导多径传输建模[J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2013,33(2):65-71. (CHEN Chao, ZHANG Yerong. Oceanic evaporation duct multipath transmission modeling[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications(Natural Science), 2013,33(2):65-71.)
- [3] 康士峰,张玉生,王红光. 对流层大气波导[M]. 北京:科学出版社, 2015. (KANG Shifeng, ZHANG Yusheng, WANG Hongguang. Atmospheric duct in troposphere environment[M]. Beijing: Science Press, 2015.)
- [4] 赵小龙. 电磁波在大气波导环境中的传播特性及其应用研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2008. (ZHAO Xiaolong. The researches on the propagation characteristic of electromagnetic wave and its application in atmospheric duct[D]. Xi'an, China: Xidian University, 2018.)
- [5] 蔺发军. 海上大气波导的统计分析[J]. 电波科学学报, 2005,20(1):64-68. (LIN Fajun. Statistic analysis of the atmospheric duct on the sea[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2005,20(1):64-68.)
- [6] 唐海川,王华,李云波. 黄海部分海域大气波导分布规律及成因[J]. 海洋技术, 2008,27(1):115-117,128. (TANG Haichuan, WANG Hua, LI Yunbo. Distribution pattern and origin of atmospheric duct in some parts of the Yellow Sea area[J]. Ocean Technique, 2008,27(1):115-117,128.)
- [7] 左雷,察豪,田斌,等. 海上蒸发波导 PJ 模型在我国海区的适应性初步研究[J]. 电子学报, 2009,37(5):1100-1103. (ZUO Lei, CHA Hao, TIAN Bin, et al. An initial study on the applicability of Paulus-Jeske model of evaporation duct in Chinese sea areas[J]. Acta Electronica Sinica, 2009,37(5):1100-1103.)

- [8] 焦培南,张忠治. 雷达环境与电波传播特性[M]. 北京:电子工业出版社, 2007. (JIAO Peinan,ZHANG Zhongzhi. Radar environment and electromagnetic wave transmission characteristic[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2007.)
- [9] 黄小毛,张永刚,王华,等. 蒸发波导中雷达异常性能的仿真与分析[J]. 系统仿真学报, 2006,18(2):513-516. (HUANG Xiaomao,ZHANG Yonggang,WANG Hua,et al. Simulation and analysis of radar anomalous performance in evaporation duct[J]. Journal of System Simulation, 2006,18(2):513-516.)
- [10] 李海燕,冯伟强,孙向军,等. 大气波导对机载反辐射导弹作战影响思考[J]. 飞航导弹, 2017(2):64-68. (LI Haiyan, FENG Weiqiang,SUN Xiangjun,et al. The thinking of the influence of the atmospheric duct on the airborne anti-radiation missile combat[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2017(2):64-68.)
- [11] 王晔,董受全,王少平,等. 大气波导对反舰导弹作战效能的影响分析[J]. 战术导弹技术, 2015(3):36-39. (WANG Ye, DONG Shouquan,WANG Shaoping,et al. The analysis of the influence of the atmospheric duct on the combat effective of the antiship missile[J]. Tactical Missile Technology, 2015(3):36-39.)
- [12] 郑琦,邢文革. 大气波导效应及其对低空探测的影响分析[J]. 现代雷达, 2005,27(5):19-21,37. (ZHENG Qi,XING Wenge. Atmospheric duct and its effect on performance of low altitude detection[J]. Modern Radar, 2005,27(5):19-21,37.)
- [13] 廖波涛. 海洋大气波导效应雷达的超视距作用分析[J]. 现代导航, 2013(3):202-204. (LIAO Botao. Analysis of radar OTH detection using oceanic atmosphere ducting[J]. Modern Navigation, 2013(3):202-204.)
- [14] 徐建忠,范磊,陈觉之. 海洋大气波导的战术运用[J]. 舰船电子工程, 2014,34(5):149-152. (XU Jianzhong,FAN Lei,CHEN Juezhi. Tactics application of oceanic atmosphere ducting[J]. Ship Electronic Engineering, 2014,34(5):149-152.)
- [15] 宋玉珍,刘炼. 利用 GPS 探测海洋大气环境和大气波导[J]. 舰船电子工程, 2010,30(7):153-155. (SONG Yuzhen,LIU Lian. Detect the ocean atmosphere environment and the atmosphere wave-guide by use of GPS[J]. Ship Electronic Engineering, 2010,30(7):153-155.)

作者简介:



王娜(1982-),女,陕西省靖边县人,博士,高级工程师,主要研究方向为装备试验总体、信息融合.email:306019545@qq.com.

贺荣国(1970-),男,河南省洛阳市人,高级工程师,主要研究方向为装备试验总体.

金振中(1965-),男,浙江省江山市人,高级工程师,主要研究方向为装备试验总体.

雷达学报第五届青年科学家论坛通知

由内蒙古工业大学信息工程学院和《雷达学报》编辑部共同主办的“雷达学报第五届青年科学家论坛”拟于 2019 年 8 月 15 日~16 日在呼和浩特市内蒙古工业大学举办。论坛将在相互启迪、开拓视野、深入探讨的基础上,为雷达领域青年才俊提供一个学术交流、合作创新的平台。

本届论坛主题:雷达成像技术与微波遥感应用

论坛主席:黄平平

论坛日程包括:特邀专家报告、青年专家报告、学术讨论和实验室参观。具体内容请待下一轮通知。

本届论坛免收会议费,有意参会者请于 5 月 31 日前报名申请。

联系人:高华:010-58887063; radars@mail.ie.ac.cn