

低频通信系统天线近场辐射危害研究

王彦碧

(中国船舶重工集团公司第七二二研究所, 武汉 430205)

摘要: 目的 为低频通信系统电磁辐射危害控制方法提供数据支撑。方法 基于 IEEE-Std-C95.1—2005、GJB 5313A—2017 以及 GB 8702—2014, 通过试验详细地获取不同功率和频率条件下低频通信系统天线近场综合强值, 并将工作区域划分为危险区、短时活动区和安全工作区。结果 以甚低频菱形天线为中心, 40 m 半径范围内为危险区, 其峰值场强高于 70 V/m, 40~70 m 半径范围内为短时活动区, 70 m 半径外为安全工作区。结论 甚低频天线近场电磁辐射危害试验验证和区域划分, 为低频通信系统电磁辐射危害有效控制提供技术支撑。

关键词: 低频通信系统; 天线近场; 辐射危害; 区域划分

DOI: 10.7643/ issn.1672-9242.2019.01.022

中图分类号: X123 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2019)01-0114-04

Hazards of Electromagnetic Radiation of Near Field for Low Frequency Communication System

WANG Yan-bi

(No.722 Research Institute, China Shipbuilding Industry Corporation, Wuhan 430205, China)

ABSTRACT: **Objective** To provide data support for control method of electromagnetic radiation hazard in low frequency communication system. **Methods** Based on IEEE-Std-C95.1-2005, GJB5313A-2017 and GB8702-2014, the near field integrated field intensity of antenna in low frequency communication system was obtained in details under different power and frequency conditions, and the working area was divided into dangerous zone, short-time activity zone and secure working zone. **Results** The range of 40 meters radius with the center of the rhombus antenna was the dangerous zone as the peak field intensity in which was higher than 70 V / m; the range of 40 to 70 M was a short-term activity zone; and the range outside 70 meter radius was the secure working zone. **Conclusion** Test verification and area division of near field electromagnetic radiation from low frequency antenna can provide technical support for the effective control of electromagnetic radiation hazards generated by the low frequency communication system.

KEY WORDS: low frequency communication system; near field; hazards of electromagnetic radiation; zone

频率处于十几赫兹、波长大于数十公里的低频通信一直备受欧美等各军事强国的重视。虽然通信效率低, 且产生低频电磁波需要极大的功率基站和发射天线, 低频通信系统仍然是对水下单向通信的重要手段。

美国卡特勒 (Cutler, MA.) 甚低频天线系统的发

射功率为 1.8 MW, 所用的伞状天线阵列可在 24 kHz 下高效辐射, 其中心垂直天线桅杆辐射甚低频电磁波, 水平悬挂电缆阵列作为电容器来增加垂直辐射器的效率。美国吉姆溪 (Jim Creek, WA.) 甚低频长波通信站主要负责太平洋海域的水下单向通信, 其天线阵列由 10 个链状电缆线组成, 垂直电缆线为主要辐

射单元。欧美等国较多关注的是大功率发射系统的效率和作用距离, 而对上述低频通信系统的大功率发射天线暴露在空旷地带所产生的近场电磁辐射对附近人员和设备造成严重电磁辐射危害则较少研究^[1]。在电磁辐射危害方面, IEEE-Std-C95.1—2005^[2] 和 IEEE-Std-C95.6—2002^[3] 标准分别对 0~3 kHz 和 3 kHz~300 GHz 频段内, 生物体所能承受的电磁辐射进行了详细论述。GJB 5313A—2017《电磁辐射暴露限值和测量方法》重点关注的是测试区域的平均场强^[5], 而 GB 8702—2014《电磁环境控制限值》主要关注的是电磁辐射危害对人员伤害的积累效应^[6]。文中通过试验, 获取了不同功率和频率条件下, 低频通信系统天线近场综合场强值, 并将电磁辐射区域划分为危险区、短时活动区和安全工作区。

1 低频通信系统

低频通信系统具有系统组成设备庞杂、天线布局难度高、发信电压高、发射功率大等特点, 其组成如图 1 所示。低频通信系统发送部分由电源、显控台、信号激励器、发信控制终端、功放设备、调谐设备和低频菱形天线组成, 收信部分安装在水下舰艇中。信号激励器将低频信号传送至发信控制终端, 后者经过加密、调制传输至功放设备, 信号经大功率放大后, 通过甚低频菱形天线辐射至外部空间。由菱形天线、下引线、电晕环等构成的某型甚低频菱形发射天馈线如图 2 所示。

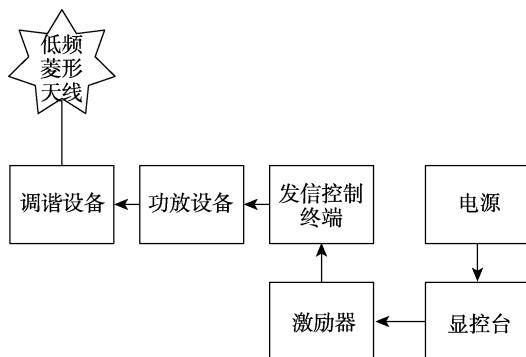


图 1 低频通信系统(发送端)组成

2 天线近场辐射危害试验

利用瑞士 Nadar 公司 NBM-550 型电场测试仪场强测试系统(编号 E-0752)以甚低频菱形天线为中心, 在 2500 m² 矩形范围内, 沿对角线方向, 每间隔 5 m 选取一个测试点, 共计 30 个测试点, 从 10~20 kHz 频段内, 每间隔 1 kHz 测试不同发射功率条件下的电磁辐射综合场。归一化测试工况见表 1。

低频通信系统在工作频率为 20 kHz、天线增益为 2 时, 发射功率分别为 10、11、12 kW 小功率条件下

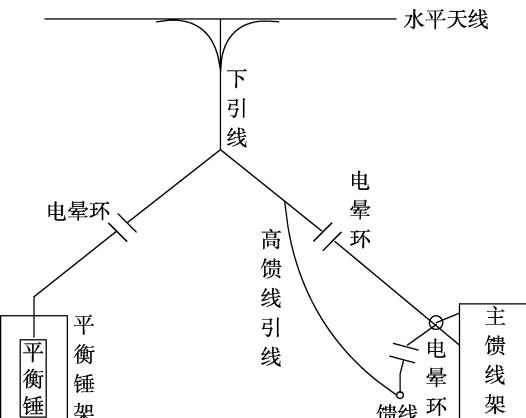


图 2 低频通信系统大功率发射天线

表 1 低频菱形天线电磁辐射综合场测试工况

工况	天线工作频率 f/kHz	发射功率 P_t/kW	天线增益 G_t	备注
1	10	140	2	
2	11	130	2	
3	12	120	2	
4	13	110	2	
5	14	100	2	大功率
6	15	90	2	发射
7	16	80	2	
8	17	70	2	
9	18	60	2	
10	19	50	2	
11	20	12	2	
12	20	11	2	小功率
13	20	10	2	发射

的天线近场电磁辐射综合场随距离变化曲线如图 3 所示。GJB 5313A—2017 和 GB 8702—2014 中要求, 在考虑电磁能量累积效应时, 2.9~57 kHz 甚低频频段内的场强不大于 70 V/m, 即 70 V/m 为甚低频段安全区域临界值。

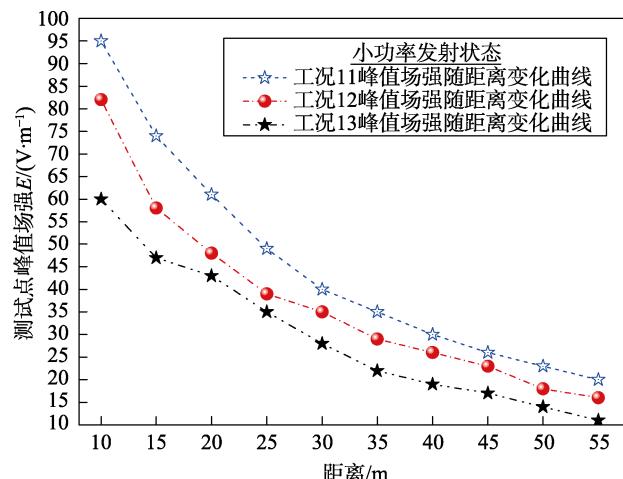


图 3 低频菱形天线小功率条件下电磁辐射综合场随距离变化曲线

由图3可见,小功率发射时,低频通信系统甚低频菱形天线电磁辐射近场随距离的增加而逐渐衰减,场强值从90 V/m下降到10 V/m,辐射近场随着发射功率的增加而增加。另外,以甚低频菱形天线为中心,13 m半径范围内为危险区,其峰值场强高于70 V/m,13~25 m半径范围内为短时活动区,25 m半径外为安全工作区。

低频通信系统在工作频率为10~19 kHz之间、天线增益为2时,发射功率为50~140 kW的大功率条件下,天线近场电磁辐射综合场随频率变化曲线如图4所示。

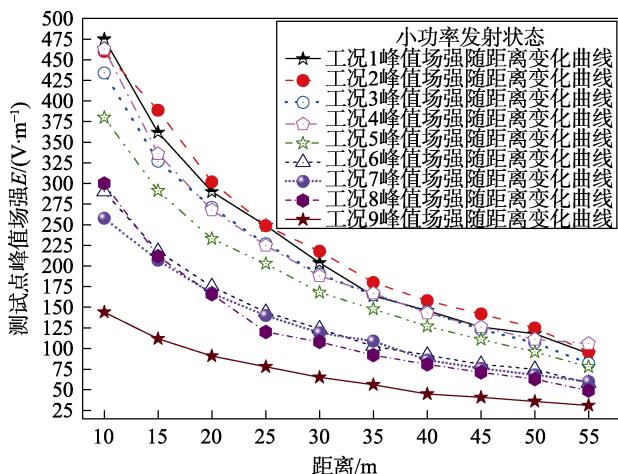


图4 低频菱形天线大功率条件下电磁辐射综合场随距离变化曲线

由图4可见,大功率发射时,低频通信系统甚低频菱形天线电磁辐射近场随距离的增加而逐渐衰减,场强值从475 V/m下降到15 V/m,辐射近场随着发射功率的增加而增加。

大功率天线近场辐射易对人体产生伤害,IEEE-Std-C95—2005 Table4中规定,在3~100 kHz甚低频频段范围内的场强值不得高于614 V/m(175.76 dBuV/m),长时间活动将会对人员脑垂体、心肺、瞳孔等功能产生危害。因此,结合GB 8702—2014中要求,以甚低频菱形天线为中心,40 m半径范围内为危险区,其峰值场强高于70 V/m,40~70 m半径范围内为短时活动区,70 m半径外为安全工作区。

4 结语

文中通过试验获取了不同功率和频率条件下,低频通信系统天线近场综合场强值,基于IEEE-Std-C95.1-2005、GJB 5313A—2017以及GB 8702—2014,将低频通信系统天线近场工作区域划分为危险区、短时活动区和安全工作区。研究结果表明,以甚低频菱形天线为中心,40 m半径范围内为危险区,其峰值场强高于70 V/m;40~70 m半径范围内为短时活动区;70 m半径外为安全工作区。该研究成果可为低

频通信系统电磁辐射危害有效控制提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 周碧华. 电磁脉冲及其工程防护[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [2] IEEE-Std-C95.1—2005, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields[S].
- [3] IEEE-Std-C95.6—2002, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields[S].
- [4] MIL-STD-464C—2010, Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems[S].
- [5] GJB 5313A—2017, 电磁辐射暴露限制和测量方法[S].
- [6] GJB 8848—2016, 系统电磁环境效应试验方法[S].
- [7] GB 8702—2014, 电磁环境控制限制[S].
- [8] 任朗. 天线理论基础[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1980.
- [9] WEN Ding-e, CUI Tie-jun, LU Wei-bing. The Far-field Radiation Characteristics of Dipole Antennas in Front of Conducting Bodies[C]// Proceeding of 2008 International Symposium on Electromagnetic Compatibility Technology. Wuhan, 2008.
- [10] Test Operations Procedure (TOP) 1-2-511 Electromagnetic Environmental Effects System Testing.
- [11] FANG C. The Simulation and Analysis of Quantum Radar Cross Section for Three-Dimensional Convex Targets[J]. IEEE Photonics J, 2018, 10(1): 1-8.
- [12] FANG C. The Calculation And Analysis Of The Bistatic Quantum Radar Cross Section For The Typical 2D Plate[J]. IEEE Photonics J, 2018, 10(2): 1-14.
- [13] FANG C. Multistep Cylindrical Structure Analysis at Normal Incidence Based on Water-Substrate Broadband Metamaterial Absorbers[J]. Z Naturforsch A, 2018, 73(2): 4-6.
- [14] FANG C H, LIU Q, ZHAO X N. Integrated Model of Electromagnetic Scattering for Two Dimensional Fractal Sea Surface[J]. International Journal of Modern Physics B, 2010, 24(22): 4217-4224.
- [15] FANG C H, ZHENG S Q, TAN H, et al. Mode-Tuned Reverberation Chamber and Gtem Cell Methodologies[J]. Progress In Electromagnetics Research B, 2008(2): 103-114.
- [16] FANG C H, ZHAO X N, LIU Q. An Improved Physical Optics Method for the Computation of Radar Cross Section of Electrically Large Objects[C]// 2008 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility and 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility. [s.l.]:[s.n.], 2008.
- [17] FANG C. Computation of Shielding Effectiveness of a Rectangular Case with MLFMM between 0~5GHz[C]// Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMWT), 2010 International Conference. [s.l.]:[s.n.], 2010.

- [18] FANG C. Simulation of shielding characteristic of a typical decay waveguide window for EMP[C]// Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), 2010 International Conference . [s.l.]:[s.n.], 2010.
- [19] FANG C. The Calculation of Quantum Radar Scattering Characteristic for the 3D Circular Cone Target[C]// 2018 IEEE Int Symp Electromagn Compat. [s.l.]:[s.n.], 2018.
- [20] FANG C. The Simulation of Quantum Radar Scattering for 3D Cylindrical Targets[C]// 2018 IEEE International Conference on Computational Electromagnetics (ICCEM). Chengdu:[s.n.],2018.
- [21] 吴文字, 方重华, 宋东安, 等. 铁塔结构对典型通信天线的性能影响[J]. 舰船电子工程, 2016, 36(8): 84-87.
- [22] KALL A R, CAMELLONE F, WATTS H M, et al. Studies of RF Biological Hazards from High Power HF Transmitters[C]// 1969 IEEE Electromagnetic Compatibility Symposium Record. Asbury Park, NJ, USA, 1969.
- [23] AUMANN H M, EMANETOGLU N W. A Radiating Near-Field 24 GHz Radar Stethoscope[C]// 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Honolulu, HI, USA, 2018.
- [24] WUST-BLOCH G H, JOSWIG M. Pre-collapse Identification of Sinkholes in Unconsolidated Media at Dead Sea Area by ‘Nanoseismic Monitoring’ (Graphical Jackknife Location of Weak Sources by Few, Low-SNR Records)[J]. Geophysical Journal International, 2006, 167(3): 1220-1232.
- [25] SARKAR S, TIWARI S, MOLLAH F R, et al. Study of Electrical Field Distortion Around Man-made Object under High Voltage Lines[C]// 2015 Annual IEEE India Conference (INDICON). New Delhi, 2015.