

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2015.0010.013

# 短波车载半环天线仿真分析

李引凡

(重庆通信学院 信息工程系,重庆 400035)

**摘要:**介绍了短波通信盲区产生的原因和解决途径;对短波车载半环天线及其变形鞭状天线的输入阻抗、最大辐射仰角、方向图、最大增益等参数进行了仿真分析,得出了半环天线用于 NVIS 通信的最佳工作频段;最后通过对通信频率、通信距离和通信效果的实测,有力地验证了车载半环天线的 NVIS 通信能力。

**关键词:**鞭状天线;半环天线;近垂直入射天波

**中图分类号:**TN82      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-058X(2015)10-0063-05

随着短波通信在应急和反恐领域中的应用日益受到重视,这要求短波车载站的“动中通”、“山地通”功能具有更高的可靠性。目前装备鞭状天线和环形天线的短波电台普遍存在近距离通信盲区现象<sup>[1]</sup>,由于应急和反恐都是围绕城市或某一特定区域展开,半径 100 km(可扩展至 200 km)范围以内是主要的通信区域,因此“动中通”、“山地通”的通信盲区是必须解决的关键问题。近年来,一种新型短波车载半环天线<sup>[2]</sup>陆续装备部队,以解决短波通信盲区问题,这对传统的基于车载鞭状天线和车载环形天线的短波机动通信形成了有效的补充。

## 1 短波通信盲区

盲区的存在是短波传播的重要现象之一。盲区的形成是由于在短波传播中,地波衰减很快,在离开发射机一定距离的地点,就无法接收到地波;而电离层对一定频率的电波反射只能在另外的一定距离以外才能收到,这样就形成了既收不到地波又收不到天波的地区,称为盲区(图 1)。为解决短波通信的盲区问题,通常可采用 NVIS(Near Vertical Incidence Skywave,近垂直入射天波)方法,主要从两个方面入手:选用高仰角辐射的天线,使电波能量最大程度的垂直向上辐射,经电离层反射后到达地面,使盲区的外半径减小。单跳通信距离与发射仰角的关系如图 2 所示(假设电波均能被电离层反射)。选用较低的工作频率,以使天线垂直向上辐射电波时电波不至穿透电离层,同时地波传播损耗更小,使盲区的内半径增大。然而,发射天线很难同时兼顾到天波传播和地波传播,而且地波的出现将与反射的天波相干扰,导致信号的衰落。因此,在使用 NVIS 技术时最好降低地波的辐射距离,以最大程度的减少其对天波的干扰。

收稿日期:2015-01-28;修回日期:2015-03-31.

作者简介:李引凡(1979-),男,重庆市人,讲师,硕士,从事军事无线通信技术与装备研究.

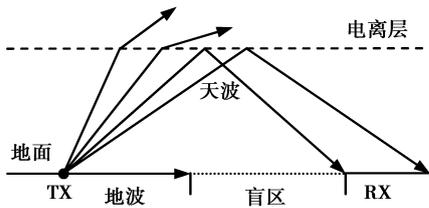


图 1 短波通信盲区

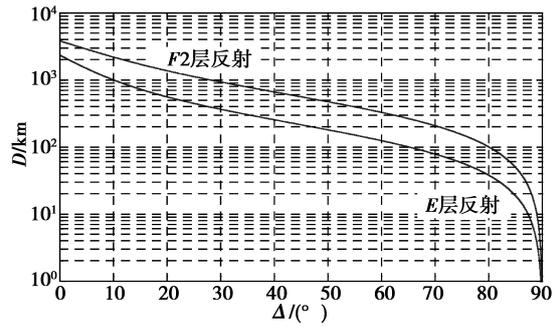


图 2 通信距离(单跳)与发射仰角的关系

### 1.1 半环天线结构

半环天线由 4 根 1 m 天线体连接形成 4 m×1 m 鞭状天线,然后弯曲成半径 2.5 m 的半环状,如图 3 所示。半环下方的铝合金基架(1.5 m×3 m)也是天线的一部分,天线的两个端点都与基架进行连接,形成一个完整的闭合环天线,即单体电磁环天线,馈电点则为其中一个端点。

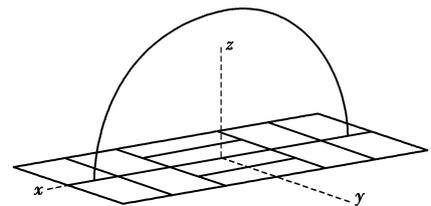


图 3 半环天线结构

电台发射时,电磁波围绕天线环径向辐射,同时借助基架强化垂直辐射能量,从而在 50°~90°仰角区域形成“对空喷涌”状的方向图,经电离层反射后可覆盖半径 200~500 km 内的区域。当电台车驻扎建站时,可将半环天线恢复成 4×1 m 鞭状天线,用于远距离通信,此时可再接入一节 1 m 天线体,形成 5 m×1 m 鞭状天线(后续对鞭状天线的讨论均基于此尺寸),可获得更好的效果。

### 1.2 输入阻抗与工作频段

在基于矩量法的天线分析工具 MMANA-GAL 软件中对半环天线进行建模,天线材质为铝管,离地高度 2 m,可画出半环天线和鞭状天线在 1.5~30 MHz 内的输入阻抗变化,如图 4 所示。

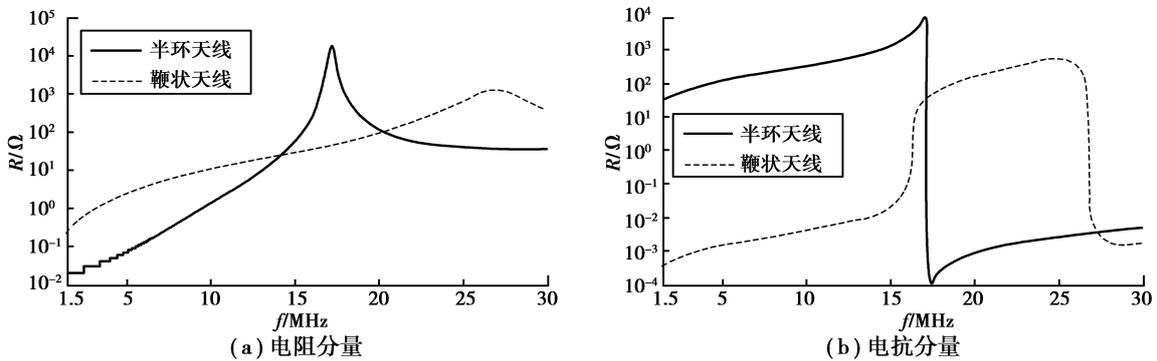


图 4 天线输入阻抗

相比与鞭状天线,半环天线的输入电阻分量和电抗分量均具有极大的动态范围,当  $f < 10$  MHz 时,输入电阻分量不足 1 Ω,当  $f$  在 17 MHz 附近时(即谐振点附近),输入阻抗达到  $10^4$  Ω 数量级,这给天线与发射机的匹配带来一定困难,使得天线的工作频段受到一定限制。当然,配接不同的天线调谐器可以使工作频段有不同的表现,但在低频段,由于输入电阻分量太低,即便调谐,天线也未必能发挥良好的性能。

图 5 给出了 SG-230 型天线调谐器<sup>[3]</sup>对半环天线和鞭状天线的匹配结果(令  $R_g = 50$  Ω)从图 5 中可以看到:鞭状天线在 3~30MHz 范围内的 VSWR 值基本小于 2,只在频段低端 VSWR 性能有些许恶化;半环天线在  $12 < f < 13$  MHz、 $17 < f < 20$  MHz 频段内的 VSWR 性能较为恶劣,在其他频段范围内的匹配结果基本能满足

VS<sub>WR</sub><2 这一门限要求,其中  $f < 12$  MHz 频段是半环天线用以解决短波通信盲区问题的通用工作频段。

### 1.3 最大辐射仰角

仿真画出半环天线和鞭状天线在 3~30 MHz 内的最大仰角变化曲线如图 6 所示。从图 6 可以看到:鞭状天线在全频段内的最大辐射仰角在 15°~25° 范围内平稳变化,显然该天线更适合作为远距离通信使用;半环天线的最大辐射仰角随着频率的下降逐渐增大,当  $f < 5.5$  MHz 时,有  $\Delta > 70^\circ$ ,此时可获得 NVIS 传播,作为近距离天波通信使用。

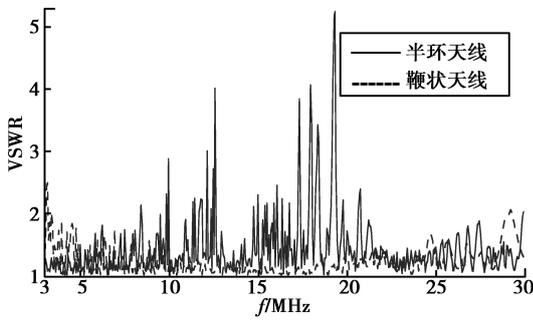


图 5 SG-230 天调匹配结果

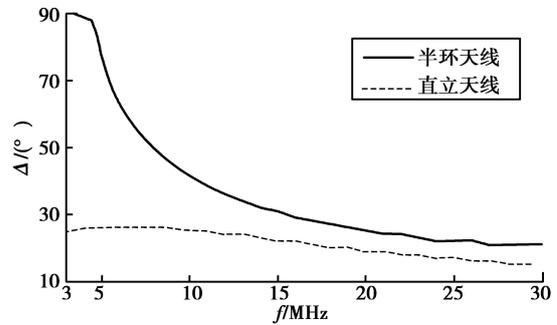


图 6 最大辐射仰角

### 1.4 方向图

图 7 给出了鞭状天线和半环天线在不同频点的  $E$  面方向图。对于鞭状天线,在全频段内均存在多波瓣;对于半环天线,随著频率的增大,逐渐出现旁瓣。

而对于最大辐射仰角的  $H$  面方向图,鞭状天线在全频段内近似呈全向性,只是略微偏向基架长边方向且由基架中心指向馈电点方向,如图 8(b) 所示;半环天线在全频段内也近似呈全向性,只是随着频率的增大, $H$  面内最大辐射方向逐渐由基架长边方向变为短边方向,但变化并不显著,如图 8(a) 所示。

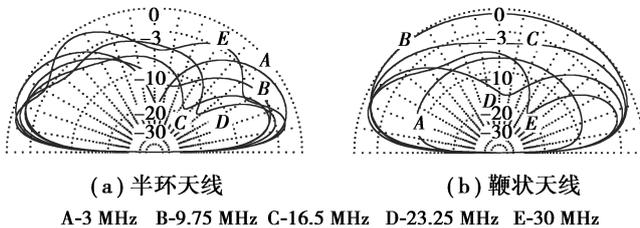


图 7 天线  $E$  面方向图

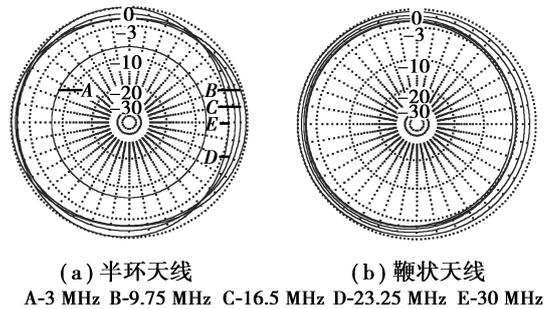


图 8 天线  $H$  面方向图

### 1.5 最大增益

根据图 6 的结论,似乎只要减小频率获得高仰角就可以解决短波通信盲区问题,然而事实并非如此。图 9 给出了半环天线和鞭状天线在 3~30 MHz 范围内的最大增益变化曲线。从图 9 可以看到:鞭状天线的增益在 1~2 dBi 范围内平稳变化;半环天线在  $8 < f < 30$  MHz 时,增益在 0~1 dBi 范围内平稳变化,当  $f < 6$  MHz 时,随著频率的减小,增益迅速下降。因此不能一味的降低频率以获得高仰角,同时,D 层对电波能量的吸收与工作频率  $f$  的大小成平方反比。当  $f$  减小一半时,D 层的吸收会增加 4 倍。由于信号必须经过 D 层两次,总的衰减会达到 8 倍。

对于解决短波通信盲区的 NVIS 传播,只需要关心  $\Delta > 70^\circ$  的增益情况,图 10 给出了半环天线在高仰角  $70^\circ \sim 90^\circ$  处 3~12 MHz 范围内的增益变化曲线。显然,在这个仰角范围内,天线在 8 MHz 附近具有最大的增益,  $6 < f < 12$  MHz 是最佳工作频段。

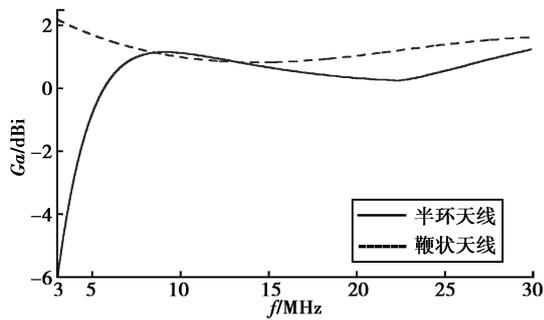


图 9 最大增益

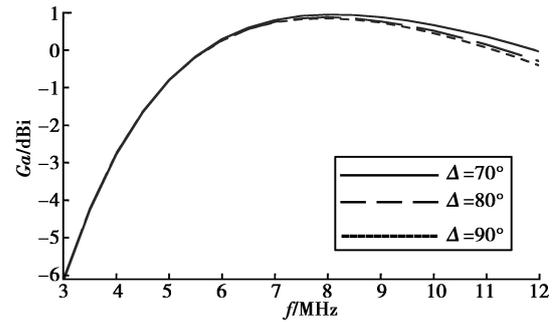


图 10 半环天线高仰角增益

### 1.6 通信实测

综上所述,在 NVIS 通信可用频段,对于较低的工作频率,天线具有更大的发射仰角,并且电波将会在更低的电离层发生发射,这有利于近距离天波通信,但频率越低,增益更小,且电波在电离层遭受的吸收更大,因此,需要在辐射仰角、增益和工作频率之间权衡,在实际运用选择最佳方案。

表 1 给出了采用实装天线对不同距离下的 NVIS 通信效果的实测结果。表中代表通信效果的“dB”数是电台收信机接收信号强度的读数。从表中结果可以看到,其实际通信效果与图 6,9,10 给出仿真结果较为吻合。

表 1 通信效果实测

通信距离/km	工作频率/MHz	通信效果/dB
10	6.3	6~7
30	8.3	11~14
50	8.3	2~5
70	8.3	2~3
90	6.2	4~8
110	8.3	3~7

## 2 小 结

正确地选择天线、正确地架设天线以及恰当地选择频率是实现 NVIS 传播、克服短波通信盲区的关键所在。对于车载短波站,通常需要设计专用的 NVIS 天线,由于受到使用条件的限制,天线尺寸和架设方式通常不尽理想,获得的 NVIS 通信也未必有好的效果。但作为解决短波通信“动中通”、“山地通”、“海峡通”的有效手段,作为短波常规通信的有力补充,随着作战、反恐、应急、救灾等领域对通信需求的不断提升,短波机动 NVIS 通信具有越来越广阔的应用前景,其重要性不可忽视,因此,性能优良的车载 NVIS 天线以及 NVIS 通信的灵活运用,将成为进一步研究的重点。

### 参考文献:

- [1] 李引凡.NVIS 传播的理论的实现[J].重庆通信学院学报,2004,23(4):55-58
- [2] 王少华,李长勇,彭川.一种新型车载短波半环天线的仿真与分析[J].重庆通信学院学报,2013,32(6):4-6
- [3] PIERRE B G. SG-230 Smartuner Antenna Coupler: Installation and Operations Manual [R]. SGC Inc. 2000
- [4] 李长勇,李引凡,李卫东.短波通信频率选择与天线架设[J].重庆通信学院学报,2013,31(2):7-10
- [5] 王增和,王培章,卢春兰.电磁场与电磁波[M].北京:电子工业出版社,2001

## Simulation Analysis of Vehicle Mounted Half-loop HF Antenna

**LI Yin-fan**

(Department of Information Engineering, Chongqing Communication College, Chongqing 400035, China)

**Abstract:** The causes and solutions of blind area in HF communication are analyzed at first. The typical vehicle mounted half-loop antenna and its transformation called whip antenna are used for simulation to analyze the parameters such as impedance, maximum elevation angle, pattern and maximum gain with different frequencies. Then the optimum working frequency bands of half-loop antenna is obtained for NVIS communication. Finally, the NVIS communication abilities of vehicle mounted half-loop HF antenna are verified by actual measurements with frequencies, distances and effects of communication.

**Keywords:** whip antenna; half-loop antenna; NVIS

(上接第 57 页)

参考文献:

- [1] 曾贵华.量子密码学[M].北京:科学出版社,2006
- [2] BENNETT C H, BRASSARD G. Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing[J]. IEEE on Computers Systems and Signal Porcessing,1984(12):175-179
- [3] ZHA X W, ZOU Z C, QI J X. Bidirectional Quantum Controlled Teleportation via Five-Qubit Cluster State[J]. Int J Theor Phys, 2013(52):1740-1744
- [4] LI Y H, NIE L P. Bidirectional Controlled Teleportation by Using a Five-Qubit Composite GHZ-Bell State[J]. Int J Theor Phys, 2013(11):1630-1634
- [5] YAN A. Bidirectional Controlled Teleportation via Six-Qubit Cluster State[J]. Int J Theor Phys,2013(52):3870-3873
- [6] FU H Z, TIAN X L, HU Y. A General Method of Selecting Quantum Channel for Bidirectional Quantum Teleportation[J]. Int J Theor Phys,2014(53):1840-1847
- [7] 赵菲菲,魏仕民.一种优化的多变量加密方案[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2013,30(12):52-56

## Bidirectional Quantum Secure Direct Communication Based on Bidirectional Quantum Teleportation

**KONG Ling-hao, HU Zhang-ning**

(School of Science, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300000, China)

**Abstract:** In this paper, a bidirectional quantum teleportation protocol based on Einstein-Podolsky - Rosen (EPR) pairs and entanglement swapping is proposed. In this scheme, two users can simultaneously transmit an unknown single-qubit state to each other, and the scheme is easier in actual operation compared with previous work. By utilizing this bidirectional quantum teleportation protocol, a bidirectional quantum secure direct communication scheme is presented and no qubits carrying secret messages are transmitted in a quantum channel which greatly improves security of quantum communication.

**Keywords:** entanglement swapping; bidirectional quantum teleportation; bidirectional quantum secure direct communication