 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i9.7461

A compact design of a vertically polarized short wave antenna

Yanzhao Wang

China Institute of Radio Propagation, Qingdao, Shandong, 266107, China

Abstract

Due to the longer wavelength of shortwave antennas, full-scale designs result in large footprint sizes that conflict with the increasingly scarce land resources. This paper proposes a miniaturized design scheme for vertically polarized shortwave antennas. By adopting a single-dipole configuration and implementing optimized design principles, the proposed antenna effectively reduces spatial requirements. It proves suitable for deployment in special environments such as rooftops and mountaintops. Optimization results demonstrate that the antenna's diameter, height, and configuration significantly influence performance and footprint dimensions. The design achieves compact size and simplified structure without compromising performance metrics, making it adaptable to diverse scenarios. This approach facilitates the deployment of shortwave antennas and station upgrades.

Keywords

Miniaturization; Shortwave antenna; Vertical polarization

一种垂直极化短波天线的小型化设计

王彦召

中国电波传播研究所，中国 · 山东 青岛 266107

摘　要

由于短波天线波长较长，按照全尺寸设计时，天线占地面积较大，与目前日益紧张的用地相矛盾。本文提出了一种垂直极化短波天线小型化设计方案，该天线以单极子的形式，通过对天线进行合理设计，可有效减少天线占地尺寸。可适用于楼顶、山顶等特殊环境种使用。优化设计结果表明，天线的直径、高度以及天线形式，对天线的性能、占地尺寸影响较大。在不大幅降低天线性能指标的前提下，设计一种占地较小、结构简单，可适用于多种场景的小型化天线，有利于短波天线的部署及台站改造。

关键词

小型化　短波天线　垂直极化

1 引言

短波天线的频率范围为 2 ~ 30MHz, 对应的波长为 10 ~ 150m，要想获得辐射效果较好的天线，一般将天线设计为对应频率的半波长，并采用加粗振子直径的方法来降低天线的特性阻抗，改善输入阻抗特性，展宽工作波段。这种方式设计的天线，虽然性能优越，但是尺寸过大，或者带宽满足不了使用要求。简单的单极天线是一种窄频带天线，需要配置天调才能在宽带使用。为了展宽单极天线，应用了许多展宽带宽的办法，也有的在简单单极天线上采用分布加载或宽带匹配网络技术得到宽频带特性，但这些办法离不了加电阻，以牺牲辐射功率、降低效率，来得到宽带、小尺寸性能。

本文提出了一种基于单极子天线增大等效半径的方法，增大天线带宽，并通过合理设计，保证天线辐射性能的前提下，得到宽带化、小型化的天线。

【作者简介】王彦召（1989–），中国山东枣庄人，硕士，工程师，从事天线计算研究。

2 天线原理分析与设计

2.1 设计原理

单极天线，原理示意图如下图。它的特点是在水平面内无方向性，垂直面内低仰角辐射。

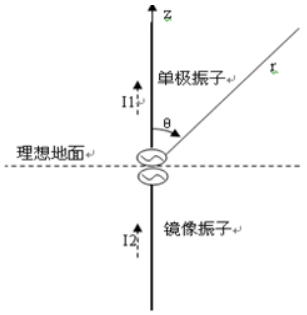

图 1 单极天线原理图

设地面为无限大理想导电平面，单极天线与其镜像构成一对称振子，因此，它的辐射场可直接用自由空间对称振子的场的表示式来计算。只是场的表示式仅对上半空间有效，下半空间的场为零。

单极天线比同等臂长自由空间对称振子的方向系数提高一倍。这是由于单极天线辐射的能量经地面反射仅存在于上半空间，因而在上半空间某点的功率密度增大一倍所致。

为了使其带宽增大，将其变形为单极锥形天线。由理论可知，锥形天线的锥顶角和锥高的值，影响天线的阻抗特性。为了获得较好的宽带特性，可以将椎体做适当改变。让其沿纵轴旋转一圈，得到圆锥形天线。

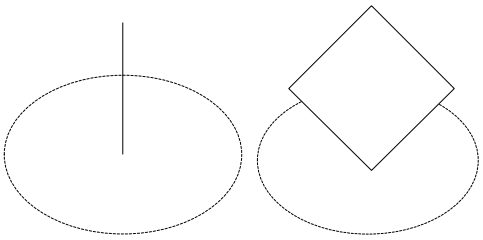

图 2 天线展宽带宽原理图

该天线由于其等效半径增大，使得其阻抗在一定频率范围内比较平稳，阻抗带宽和方向图带宽变宽。

2.2 天线设计

若想要更宽的带宽，其等效半径会较大，增加了天线占地尺寸。较大的占地面积，限制了其应用范围，且由于天线尺寸较大，天线在较平缓的场地架设，才能保证其结构成型，不利于多场景的推广应用。

根据单极天线展宽带宽的原理，可通过抬高“腹部”、缩小等效半径的方式，缩小天线的尺寸。天线的带宽与等效半径有关，等效半径缩小太多，不利于展宽天线的带宽，天线与馈线之间的匹配并不十分良好，随着等效半径的减小，特性阻抗较大，需在馈线与天线之间加入阻抗变换器。因此，根据使用带宽要求，合理设计天线等效半径。

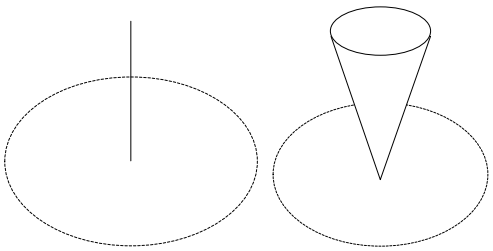

图 3 天线小型化设计原理图

为了减轻天线重量及易于工程制作，可以用导线栅代替导体面。当导线数量达到一定程度时，两者性能相近，导线数量越多，差别就越小，但加工制作和架设也越复杂。在设计天线时，根据所需的带宽特性，选择合适的导线数量。

2.3 天线结构设计

设计出来的天线结构如图所示。天线面采用 12 根导线，在天线顶端有一个金属圆环，所有的导线通过圆环汇聚在支撑塔上，支撑塔底部与地绝缘。

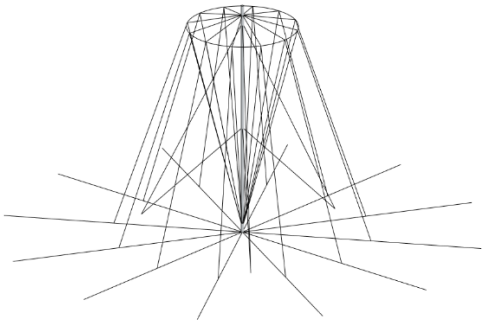

图 4 小型化天线示意图

天线架高 13 米，占地面积为直径 14 米的圆形区域（不含地网），天线面等效半径为 3 米，天线尺寸图如下所示。

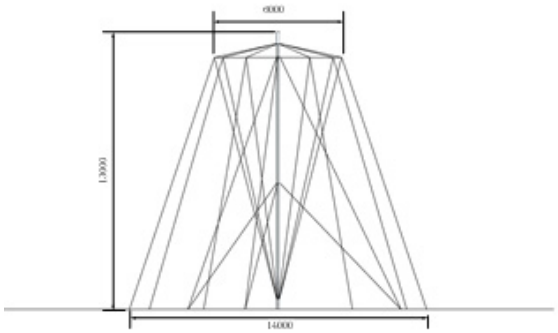

图 5 小型化天线尺寸图

这种结构设计，极大缩小了天线占地尺寸。

3 天线性能分析

利用电磁仿真软件对天线进行建模分析，通过优化设计，使得天线在工作频率为 4 ～ 30MHz 时，可实现较高的性能、较小的尺寸。天线仿真模型如下图所示：

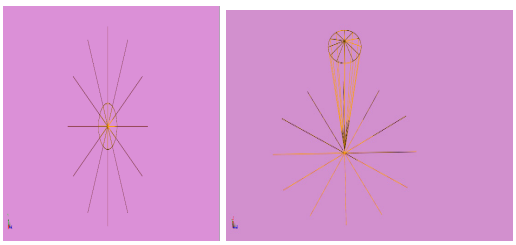

图 6 小型化天线仿真模型

3.1 天线电压驻波比特性分析

天线的电压驻波比是与天线输入阻抗紧密相关的电参数，它反映了天线输入阻抗与馈线特性阻抗（一般与发射机输入阻抗相同）的匹配程度，其数值越小匹配效率越高。由于天线输入阻抗随频率变化产生较大的起伏，一般与馈线特性阻抗不完全匹配，从而在天线输入端存在入射波和反射

波，入射波和反射波的叠加产生电压的行驻波分布，电压驻波比定义：

$$VSWR=\frac{U_{max}}{U_{min}}=\frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

其中为反射系数。

通过电磁仿真软件对天线进行优化设计计算，天线的驻波比仿真结果，如图所示。

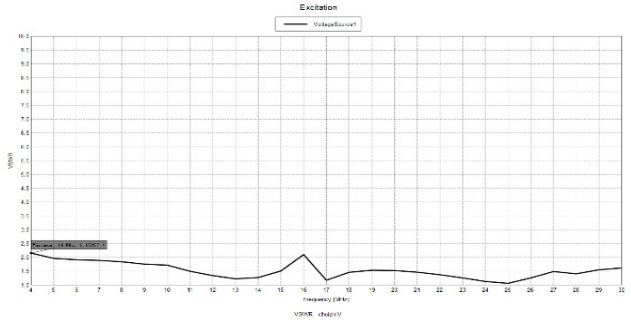

图 7 天线电压驻波比

通过仿真结果可以看出，天线在 4 ~ 30MHz 驻波比满足 ≤2.0（不大于 10% 频点 ≤2.5）。

3.2 天线辐射特性分析

天线增益可以有效提高天线发射信号的能量集中程度，这对发射天线来说至关重要，在其它指标满足的情况下最大增益越大越好，增益越大可覆盖的距离越远。通过仿真计算，天线方向图如下图所示。

从仿真结果可以看出，经小型化设计的天线，其辐射特性保持了很好的性能，整体性能保持在 0 ~ 5dB 之间。

4 结语

基于单极子增大等效半径、提高“腹部”位置的方式，保证辐射功率、效率的前提下，获得宽带、小尺寸性能的天线。天线电压驻波比可满足工作频段 4 ~ 30MHz≤2.0（不超过 10% 频点 ≤2.5），天线增益 ≥0dB。整体天线尺寸 ≤，可满足多种场景安装架设，有利于此类型天线的推广应用。

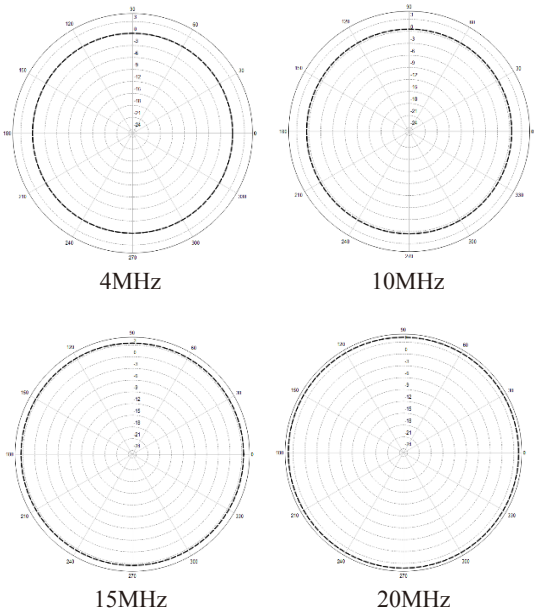

图 8 天线仿真方向图

参考文献

[1] 辛琦. 移动通信天线及短波天线关键技术研究［D］. 西安：电子科技大学，2013.

[2] 向春清,胡修林,陈海涛.短波宽带天线及匹配网络的 优化设计[J].华中科技大学学报(自然科学版),2002, 30(8):7-9.

[3] 陈轶鸿, 孙琰等.宽带匹配网络的现代设计方法 [J] .电波科学学报,1996, 11(2):102-109. Chen Y H, Sun Y, et al ..Modern methods for the design of broadband matching networks[J] .Chinese Journal of Radio Science, 1996, 11(2):102-109.

[4] 林昌禄.天线工程手册[M].北京:电子工业出版社, 2002.

[5] 蔡英仪.短波天线工程建设与维护[M] .北京:解放军出 版社, 2003.