

自制简易手持式双波段业余卫星通信八木天线

-- 2010 年全国青少年无线电通信锦标赛卫星通信制作项目

BA1DU，龚万骢

手持式 VHF/UHF 双波段八木天线是一种常用的低地球轨道（LEO）业余卫星通信天线。目前大多数业余卫星工作在 2 米和 70 厘米波段，本文介绍的天线是一种 145MHz 两单元和 435MHz 五单元的线极化组合式八木天线，天线长度只有大约 0.8 米，很轻便，可以用来与 HO-68、AO-51、VO-52、SO-50、FO-29、AO-27 和 AO-7 等业余卫星通联，下面介绍如何自制这种简单实用的天线。

天线结构：

我们要制作的天线是一种带反射器和引向器的 J 形天线，用一根 20x20 毫米左右正方形截面，长度约 800 毫米的木条做天线的主梁，如果需要防水可涂覆清漆或使用经过防水处理的木材。天线振子的材料采用截面积 4 平方毫米的裸铜线或黄铜焊条等材料。如图 1 所示。



图 1 天线制成品

天线振子的尺寸列在下面的表格里。

天线振子	145MHz 天线		435MHz 天线	
	振子长度 (mm)	振子位置 (mm)	振子长度 (mm)	振子位置 (mm)
反射单元	1029	0	343	0
激励单元	见图 2	178	见图 2	64
引向单元 1	----	----	318	133
引向单元 2	----	----	311	305
引向单元 3	----	----	298	470

如图 1 所示,145MHz 振子装在后边,435MHz 振子装在前边(指向卫星的方向),435MHz 反射器离 145MHz 激励单元间距 76mm。

天线采用 J 形激励单元,在 VHF 和 UHF 频段,J 形天线是业余无线电中常用的天线,它是一种端馈半波天线,使用四分之一波长的匹配短线进行馈电。馈电同轴电缆的外屏蔽层直接焊接到振子长边的中点附近,这里在理论上是射频零电位;同轴电缆的芯线与振子短边相连,其结构示意图如下。

在自由空间,这种激励单元的阻抗是 150Ω ,但是当我们装上本文给定尺寸的反射器和引向器时,由于分布参数的影响,天线的阻抗将下降到 50Ω ,这正好与常用的同轴电缆的阻抗相匹配。微调 A 端的长度,可使天线处于最佳阻抗匹配状态。

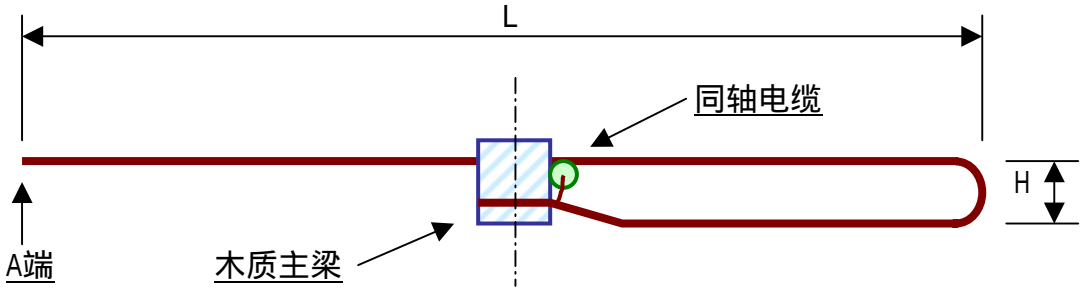


图 2 天线激励单元

激励单元尺寸

	145MHz 激励单元	435MHz 激励单元
L (mm)	978	330
H (mm)	25	25

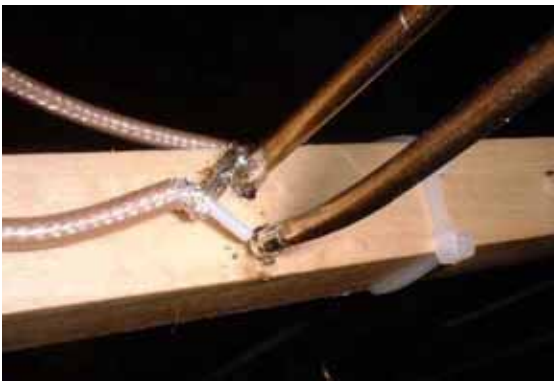


图 3 激励单元馈电点

VHF 和 UHF 双波段合路器：

常用的 VHF/UHF 双波段对讲机和车载电台只有一个天线连接端口,而我们制作的天线有 145MHz 和 435MHz 两条馈电电缆,为了把他们连接到单天线端口的收发信机上我们还需要制作一个合路器。

合路器的原理就是一个高通滤波器和一个低通滤波器连接在一起,使得 VHF 的信号不会窜到 UHF 通路上面,而 UHF 的信号也不会窜到 VHF 通路上面。电路如图 3 所示。

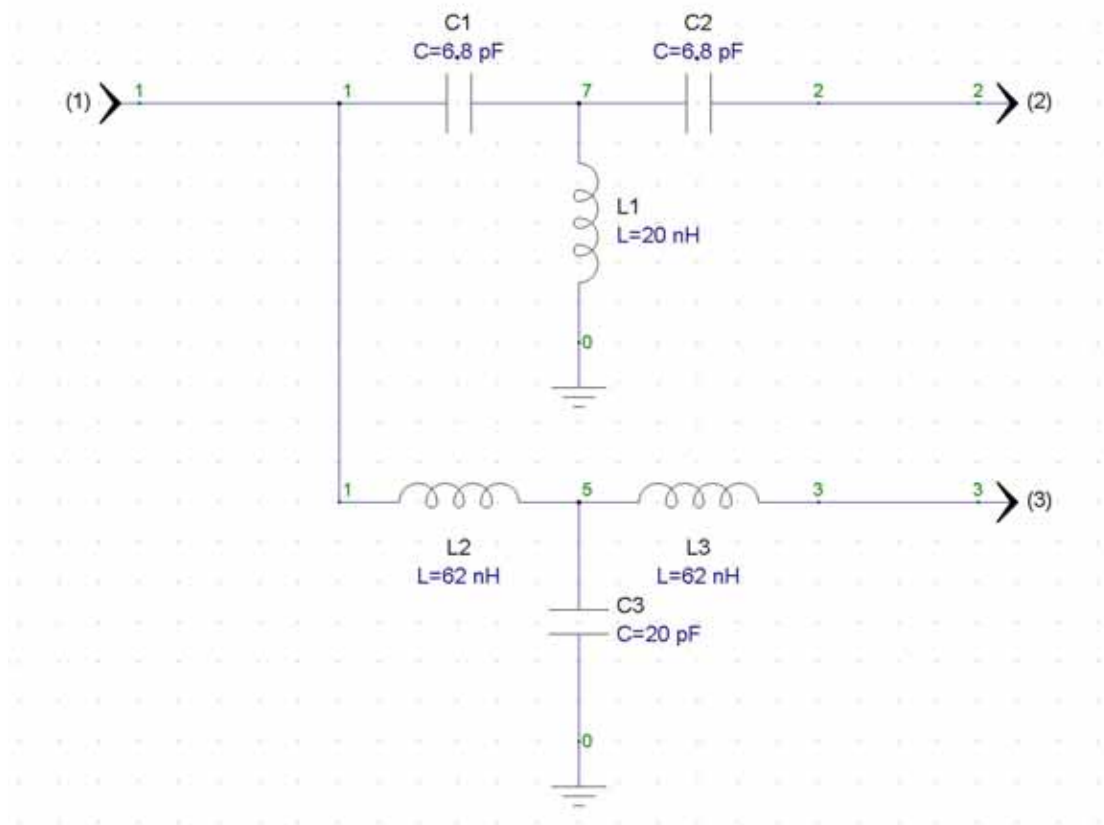


图 4 合路器电原理图

上图中端口 1 连接收发信机，端口 2 连接 435MHz 天线，端口 3 连接 145MHz 天线，阻抗均为 50Ω 。

由于 145MHz 和 435MHz 相隔大约三倍频程，因此这两个滤波器也就不难制作。我们选定高通滤波器和低通滤波器的 -3dB 拐点都是 250MHz，但并不需要很准确，幅频特性如图 4 所示。

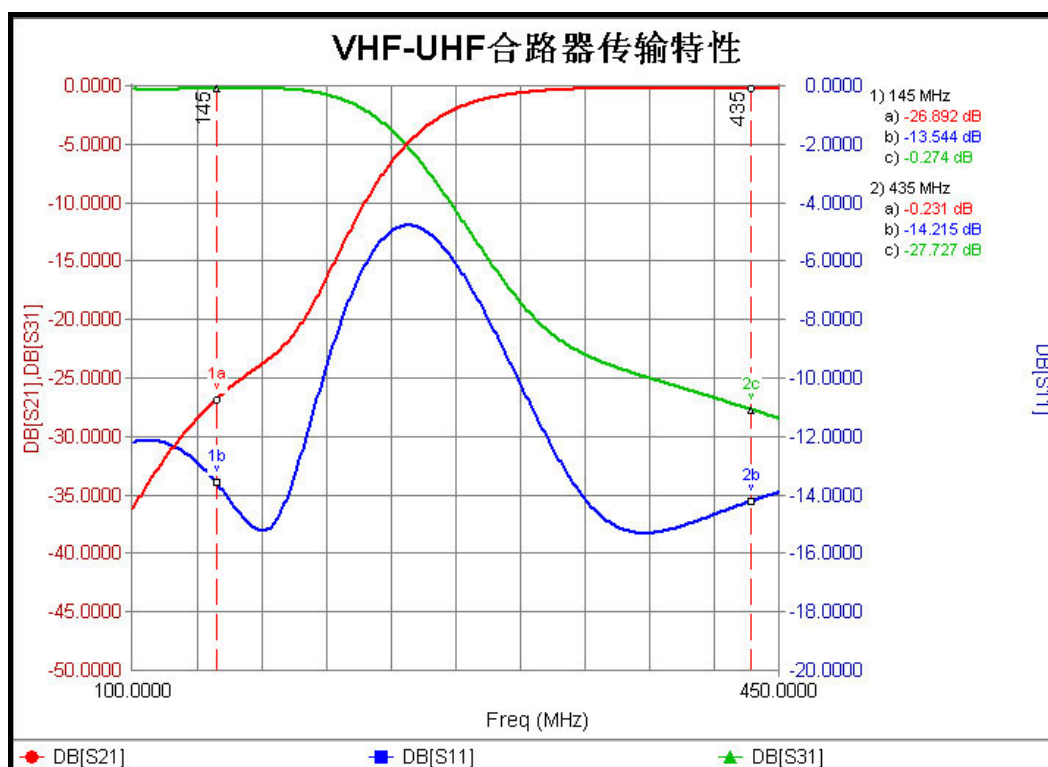


图 5 合路器传输特性

电路中的电容器采用高频瓷片电容，若你只准备使用 10W 以下的发射功率，则耐压 50V 的瓷片电容器就可以了，如果你想用他来连接车载电台，则要使用耐压 100V 以上的瓷片电容器。

图中的电感器可以用漆包线或单芯电线自制。

Output Parameters	
电感	62.1189 nH
自分布电容	0.414 pF
空载Q值	460.366
自谐振频率	992.449 MHz

Input Parameters	
线圈长度L	7.5 mm
线圈直径D	9 mm
导线直径d	1 mm
线圈匝数N	3
工作频率f	145 MHz



图 6 L2 和 L3 参数

Output Parameters	
电感	19.8241 nH
自分布电容	0.436524 pF
空载Q值	606.476
自谐振频率	1710.88 MHz

Input Parameters	
线圈长度L	5 mm
线圈直径D	9 mm
导线直径d	1 mm
线圈匝数N	1.5
工作频率f	435 MHz

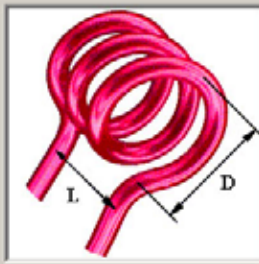


图 7 L1 参数

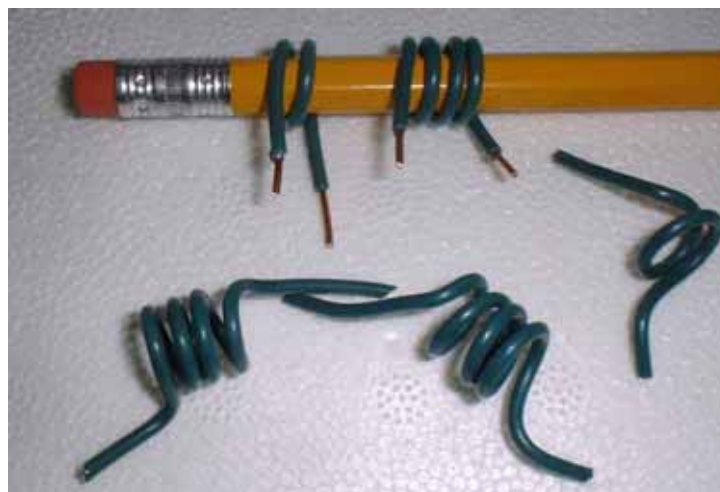


图 8 电感线圈的制作

元器件装焊在通用电路板上，但要注意元件引线要尽量的短，电路板尽量小一些，以减小对带内信号的损耗。



图 9 组装完成的合路器

天线调整：

按照本文介绍的元器件、材料和尺寸做出来的天线就能处于基本正常工作的状态，但是天线是分布参数部件，尺寸误差和原材料的差异都会影响到天线的性能指标，为了使天线处于最佳工作状态，我们需要对天线进行调整。

衡量天线性能的指标有很多，如增益、带宽、波束宽度、阻抗、驻波比等等，这些指标大部分是在设计后通过控制制造公差来保证，在业余条件下不易测试，并且有些偏差也不太影响使用。但是若驻波比太高将直接导致收发信机发射时自动保护降低发射功率，甚至会损坏发射机，接收时等效灵敏度也会下降，因此我们需要把天线的驻波比尽可能调低。

驻波比反映了天线和收发信机之间信号传输的效率，理想驻波比的理论值是 1.0:1，性能良好的天线的驻波比小于 1.5:1，他表明 96%以上的能量能够在天线和收发信机之间正确传输。驻波比小于 2.0:1 的天线通常能够满足正常使用，而当天线的驻波比大于 3.0:1 时，则有四分之一以上的能量不能被正常传输，对于发射天线，这部分能量会转化为热能，对发射机产生危害，这样的天线需要进行调整。

测量天线驻波可使用功率驻波表或天线分析仪，先把 2 米天线接到测试仪器上，微调 2 米天线激励单元 A 端的长度，使驻波比在 145MHz 时最小；然后连接和 70 厘米波段天线到测试仪器上，微调 70 厘米天线激励单元 A 端的长度，使驻波比在 435MHz 时最小。

把 2 米天线和 70 厘米天线连接到合路器，在合路后的端口上测量 145MHz 和 435MHz 频率下的驻波比，若驻波比与之前测量单天线时增大较多则应检查合路器的元器件和焊接。

至此，一种简单实用的手持式业余卫星通信天线已经制作成功，这是个良好的开端，你可以使用他来体验业余无线电卫星通信的无穷乐趣。