



Amateur Radio
Astronomy Projects

“哨音” 接收机

作者 / Jon Wallace
编译 / 李昂 (B17LNQ)

作者带领我们进入自然界无线电信号的神奇世界。

一般的接收机是用来接收并解调几百千赫兹到几百兆赫兹的无线电信号。而本文所介绍的这种接收机是用来接收自然界产生的甚低频无线电波。由于这些无线电波的频率位于人类听觉范围内，这种收音机仅仅需要对信号进行放大而无需进行变频与解调，将收到的电磁波放大后转换为机械波，让人们通过听觉感知这些以前无法感知到的自然界现象。

本文将介绍我最喜欢的“哨音”接收机。之所以叫这个名字因为闪电产生的无线电信号沿磁力线传播，它接收到这种信号的声音像口哨声。它用于检测由闪电、极光、太阳耀斑等其他与大气层有关的现象产生的10Hz~20kHz的电磁波辐射。由于这些信号容易被检测到并且听起来有各种不同的声音，所以这台收音机有着独特的音质，增加了使用和分享的乐趣。

背景

甚低频和电离层

前篇介绍过电离层的基本知识，这里我们再回顾一下。电离层是大气层的一部分，位于距离地面70~500km高处。它顾名思义是被来自太阳和宇宙射线电离的大气层。通常认为由D、E、F层组成，有些观点认为还存在C层。大多数的专家认为白天F层可以细分为F1和F2两层。F层顶部电离程度最强，而仅在白天存在的D层电离程度最弱。太阳耀斑和日冕物质抛射会强化电离的区域，由于这个区域的高度正好与甚低频电磁波的波长相当，导致这一区域对甚低频形成波导。从而使闪电信号远隔半个地球也能被听到。

磁暴

磁暴是地球磁场与太阳风磁场耦合而产生的扰动。太阳风是由太阳耀斑、日冕物质抛射、冕洞等造成。它们可以在地球磁圈感应出巨大的电流。这也导致了长线天线和输电线

感应到电流，这会引起设备损坏和停电。对于一次强烈的磁暴，也会导致美丽的极光出现，甚至直到南部的佛罗里达州也能看到。磁暴能引起很多甚低频发射，比如后面会提到的合声和升调等。

检测到的信号

闪电感应的信号：天电干扰

天电是雷击释放的突发能量引起的。它覆盖了我们监测的整个频段，也是最容易检测的信号。它起来像鞭炮声，特征就是频谱图上的竖线（见图1）。天电可以再数千英里外被接收到。

吱吱声

吱吱声由发生在更远处的闪电产生，可能远至半个地球之外。因为信号从很远处传播过来，它发生了散射——高频传播比低频快。声音听起来像小朋友刚学拉小提琴发出的吱吱声，这个声音的特征就是频谱图上竖线在底部2kHz处出现了弯钩。（见图1）。

口哨声

口哨声是闪电产生的能量沿磁力线远离地球又转向磁共轭区传播产生的。它们有时候能在共轭区之间来回传播多次。由于沿磁力线传播的路径很长（几乎和3个地球直径相当），散射效应比吱吱声更明显。它的声音听起来像降调口哨声或者炸弹从天而降的降落声。这种哨声由于明显的散射能持续几秒之久，而其特征就是频谱图上下降的弧线。如果信号是沿单一传播路径的，它听起来就是单个音调；如果是沿多个复杂的路径传播，听上去音调则更散。前面提到信号在共轭区之间来回传播，所以发生一次闪电后可能听到多次

哨音，每一次都比前一次散射得更厉害。

地磁信号

地磁暴能让地球磁圈感应到巨大的能量并产生很多我们能检测到的信号。关注空间天气网站，如果看到K指数超过5，就是有磁暴发生了。

K指数是与“安静的日子”相比，全球多处磁力计测得的最大偏差值的加权平均值。它每隔3小时根据这些观测点的数据计算得到。范围从0：非常安静，到9：非常大的地磁暴。任何超过5的K值都可以认为有地磁暴发生，这时可能就会有我们能检测到的信号（见表1）。

合声

合声可能是由磁暴引起的极光导致的（对于两者关系还有很多研究正在进行）。合声有非常独特的声音，类似蟋蟀或者鸟鸣，像来自热带雨林的声。它在清晨的时候更常出现，特征就是频谱图上长度不到1s的快速上升弧线（见图2）。

触发的辐射

其他能被检测到的信号一起放到这里。它们包括单个的升调，嘶嘶声，非口哨的周期性声音和非口哨的短音。

人造信号

60Hz交流哼声

迄今，最容易听到并是收听者最头疼的就是60Hz的交流哼声。美国的电力线会向外辐射60Hz及谐波，这些信号非常难被过滤掉。因此如果你想收听自然界微弱的信号，需要远离一般的电力线几百米，远离干线至少1.5km。在频谱图上，你会看到多条水平线，它们就是交流哼声及其谐波。

其他电器噪声

诸如电子镇流器之类的设备也会产生特别的声音。同样，为了检测更微弱的信号，需要远离它们。

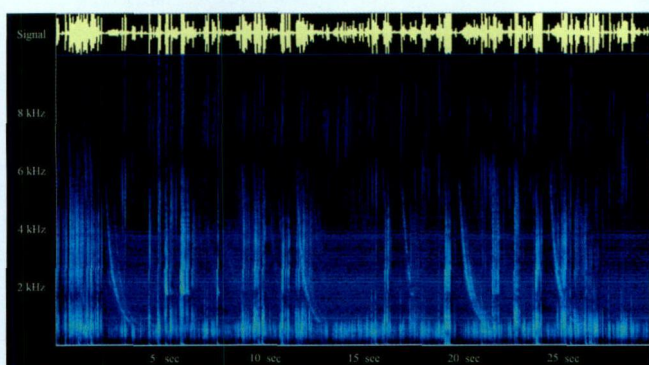


图1 自然界无线电信号的频谱示例。在这个图中，你可以看到天电声（垂直线），破破声（2kHz处带弯钩的垂直线）和口哨声（下降的弧线）。原始音频文件来自NASA INSPIRE项目：<http://theinspireproject.org/default.asp?contentID=4>

罗兰导航信号

罗兰导航信号也能被检测到，在频谱图上看上去它是一些水平的点。

俄罗斯阿尔法和海岸警卫欧米茄导航信号

阿尔法信号现在已经没有活动了，欧米茄信号能在接收机的高端频率被检测到。在频谱图上看起来是数行虚线。

其他信号

轮胎噪声

当汽车开过的时候，轮胎的噪声也能被检测到。它是轮胎静电放电而形成的“嗖嗖、嗡嗡”声，只能在距离几百米以内被听到。

飞虫

当昆虫在天线附近挥动翅膀时能影响收到的信号。这种声音也很特别，听起来就像一只虫子在飞。通常它并没有是什么大问题，除非有一大群飞虫或者有飞虫长时间停留在天线附近。

需要的设备

接收机

表1 K指数，磁场强度和地磁指数

K指数	磁场强度	地磁指数
0	0~5	0
1	5~10	0
2	10~20	0
3	20~40	0
4	40~70	0
5	70~120	1
6	120~200	2
7	200~330	3
8	330~500	4
9	> 500	5

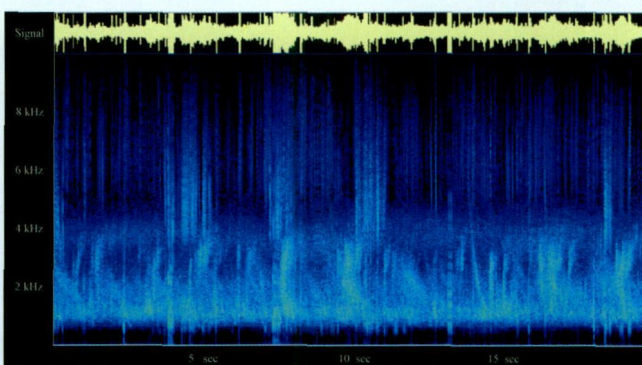


图2 图上可看到合声的频谱。录音：<http://www.astrosurf.com/luxorion/audiosfiles-geomagnetosphere.htm>



图3 Kiwa地球监听器（左）和英国Brian Lucas制作的便携设备（右）

“哨音”接收机工作在极低频和甚低频波段（通常10Hz~20kHz）。这个波段的频率又被称为可闻波段，不是因为它能被听到（你无法听到无线电波，即使频率在音频范围内。）而是因为你可以用长天线接收后送给有源音箱来收听。这就能解释19世纪信号常常被窃听的现象：由于电报线路非常长，这些信号容易被接收，任何人通过耳机都能听到，所以信号容易被窃听。不幸的是，由于交流电网和一些其他的现代发明，你需要更灵敏并能进行滤波的接收机而不只是有个有源音箱。这些接收机有很多来源，它们都能工作得很好。我现在使用的是Kiwa地球监听器和英国Brian Lucas制作的便携设备。Lucas的接收机有一个铁心环形天线，可以消除大部分的60Hz干扰，不过损失部分灵敏度。见图3。我也自己做了个Inspire甚低频收音机（虽然不是最新的版本，新版在<http://theinspireproject.org>）。这种接收机很容易制作和使用，基本上只需要一些滤波操作以及插上天线

相关链接：

- 美国业余射电天文学家协会的Inspire收音机套件：http://theinspireproject.org/index.php?page=order_vlf_receiver_kits
- Kiwa地球监听器：www.kiwa.com/ethmon.html
- 低频工程公司：www.lfengineering.com/products.htm
- Steve Mc Greevy的个人网站：<http://n6gkj.blackpage.net/vlf/mcgreevy/VLFRadio.htm>
- 空间天气网站：www.swpc.noaa.gov/today.html
- Richard Horne的Spectrogram 12软件：www.brothersoft.com/publisher/richardhorne.html

和耳机。我尝试过很多种天线，最后还是觉得天线越长信号越好。为了方便携带，我使用的是固定在三脚架上的长鞭天线，大部分时候都能满足需要。最后需要注意的是，信号可能小到几乎难以听到，也可能大到非常大，因此收听的时候注意调整耳机以免损伤听力。

数据记录

多年以来我一直用磁带记录，但随着便携数字录音机的出现，我希望转换到这种记录方式上来。需要注意的是，你的记录设备需要关闭自动音量控制，因为这会让你听不到在强闪电时候产生的微弱的信号。

数据分析

在网上有很多的声谱软件。现在我使用的是Richard Horne的Spectrogram 12软件来查看我的数据的声波图。它是个免费软件，同时也非常容易上手。仅需用软件打开录制好的文件，在软件里调整音频文件的各项参数。调整好参数后，它将显示音频文件的频谱。当然，你听到的比在频谱上看得到的更重要，最好在你录制的时候守听并记录下声音的特征为以后分析用。Inspire项目有个推荐的记录格式。表2是样表。

什么时候听以及怎样收听？

通常，哨声大多数时候在深夜，并在子夜到黎明收听最佳。而我的经历是在接近黎明及日出时是最佳时间。同时我也发现冬季和春季较好。Inspire项目以前曾安排在春季收听。对于地磁活动，你需要留意K指数什么时候超过5。这将提升你收听合声和其他地磁激发的声音的几率。这些规律并不是死的，我的建议是如果你有兴趣就随时收听。

我希望你能和我一样享受聆听大自然的声音。

PE

原文刊登在《QEX》杂志2010年3/4月刊。

表2 Inspire 数据表格样例

Inspire数据			
Inspire观测团队	_____	团队编号	_____
协调观测日期	_____	接收机	_____
记录开始时间 (UTC)	_____	记录开始时间 (本地)	_____
当地天气:	_____		
编码: S——天电, T——吱吱声, W——哨声, A——阿尔法导航信号, C——合声			
强度: D: _____	1~5 (1非常弱, 3中等, 5非常强)		
时间 (UTC)	项目	观测者	
_____	STWCA_____	D: _____	
_____	STWCA_____	D: _____	
_____	STWCA_____	D: _____	
_____	STWCA_____	D: _____	
_____	STWCA_____	D: _____	