



Amateur Radio
Astronomy Projects

甚低频 接收机

作者 / Jon Wallace
编译 / 李昂 (BI7LNQ)

2009年我参加了国际天文年活动，最近想和大家分享我最喜欢的一些射电天文项目，并希望你能和我一样喜欢它们。

我是康涅狄格州 (Connecticut) 的一名科技教师。我一直认为我们过于重视那些物理科学，而对自然科学有些忽视。所以，我在80年代初期就开始探索射电天文并加入了美国业余射电天文学协会 (Society of Amateur Radio Astronomers, 后简称SARA)。我从他们那里得到了很多帮助，从那以后我就成为协会的一员 (到radio-astronomy.org查阅SARA相关内容)。美国业余天文家协会是一个由一群相互教授、学习、交换业余射电天文知识，并且进行业余射电天文观测的狂热爱好者组成的国际性协会。它成立的目的是支持业余射电天文活动，是一个非盈利性质的科普组织。它成立于1981年，目前有数百名会员遍及全球各地。它的成员有光学天文学家、业余无线电爱好者、工程师、教师和其他非技术类人员。

我给大家介绍的是很多年前制作的一台甚低频接收机。虽然非常简单，但是它生成的数据可以提交给协会用于真正的科学研究！它是通过测量接收到信号的强度来研究地球电离层与太阳活动

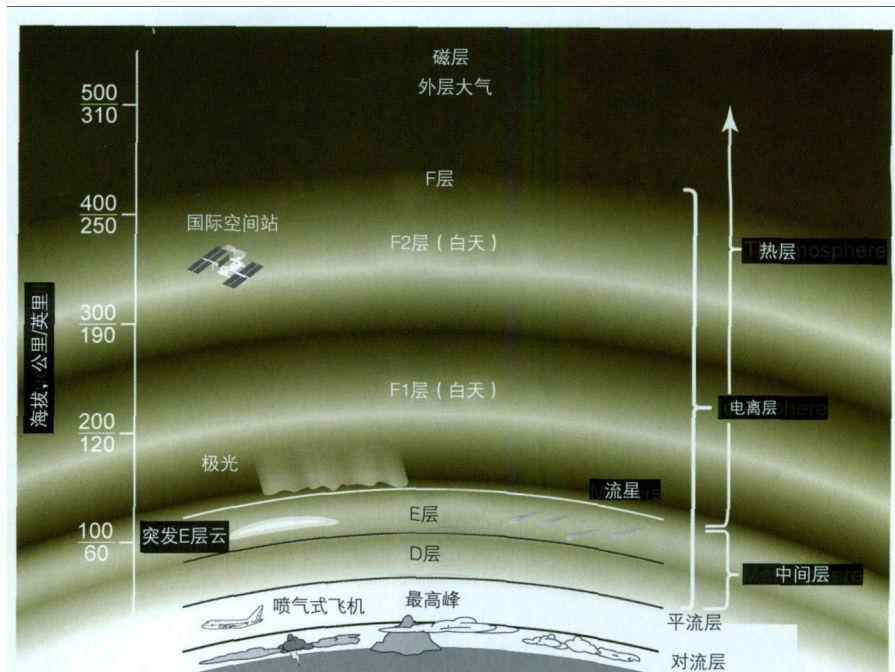


图1 地球大气层，包括电离层范围

的关系。由于太阳耀斑活动会引起电离层扰动，这种测量因电离层扰动导致信号强度变化的收音机，也被称作电离层突发扰动监视器。

电离层是地球大气层被太阳射线电离的部分，它是地球磁层的内界。由于它影响到无线电波的传播，因此有非常重要的实际意义。它处于70~1000km上空，通常被认为由D、E、F三层组成，有些观点认为还存在C层。大多数专家认同将白天的F层分为F1、F2两部分。电离在F层上部分最强烈，而在D层底部最弱，它基本上只在白天存在。这是因为随着高度上升自由电子在增加，到70km处浓度足以影响无线电信号。随着海拔高度的增加，大气压力变小，原子、分子之间的距离增大，电离产生了更多能长时间存在的单原子气体和离子。我们所说的电离大部分是由紫外线导致的，但是在低海拔地区则是X射线来产生电离。图1展示了地球大气层，其

中也包括了电离层。

太阳耀斑

由于地球上电磁波传播与电离层密切相关，太阳耀斑对电离层的影响造成了无线电信号的传播也随之受影响。通过监测无线电信号的变化，我们可以了解到太阳耀斑的一些信息。耀斑是太阳表面黑子附近发生的剧烈爆炸，它能持续大概1小时，能将这一区域加热到上百万度。见图2。大多数的天文学家认为耀斑是由太阳的磁场造成的。由于太阳是一团流体，磁场线可能发生扭曲。在黑子附近，磁场线发生极度扭曲与剪切，它们交叉并重组，同时释放出可传播到数万英里外的巨大能量。显然，当这些能量到达地球时，地球大气层的电离被加剧了。

耀斑与太阳黑子的11年周期紧密相关。太阳黑子周期又与22年一个周期的太阳磁场周期有关。在开始的11年，太阳黑子频率增加到最大值然后减少。在这个时候，磁极翻转极性，继续下一个11年周期。我们现在正走出第23周期，24周期的一些黑子已经被观察到。图3展示了12个周期里，太阳黑子的位置形成的蝶状图案。

可以被甚低频收音机检测到的耀斑通常是由X射线耀斑造成，它有不同的级别。分级见图4。

能被甚低频接收机检测到的耀斑是C、M和X级别。C级及

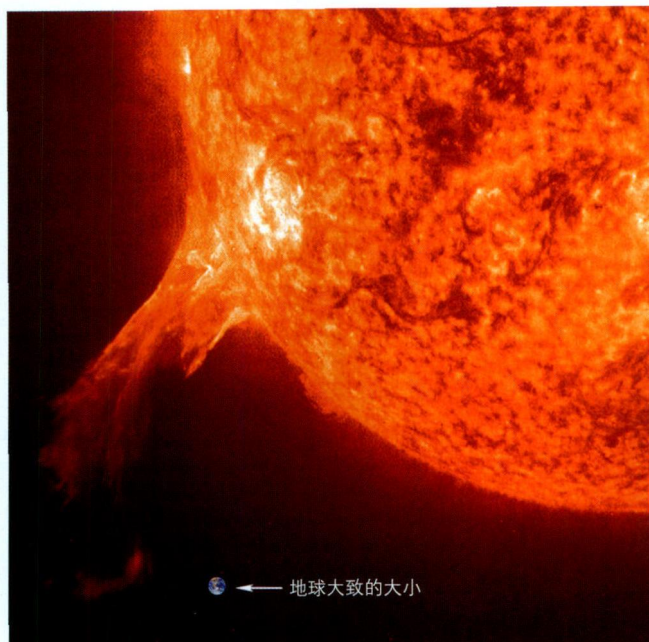


图2 巨大的太阳耀斑，原图网址www.suntrek.org/images/big-solar-flare.jpg

以下耀斑干扰弱，对通讯影响甚微。M级是中等大小，可以导致短时间无线电通讯受影响及轻微的辐射风暴。X级是较大规模，可以导致全球无线电受影响和严重的辐射风暴。当我不

每个太阳周期内每天太阳黑子区域的平均面积

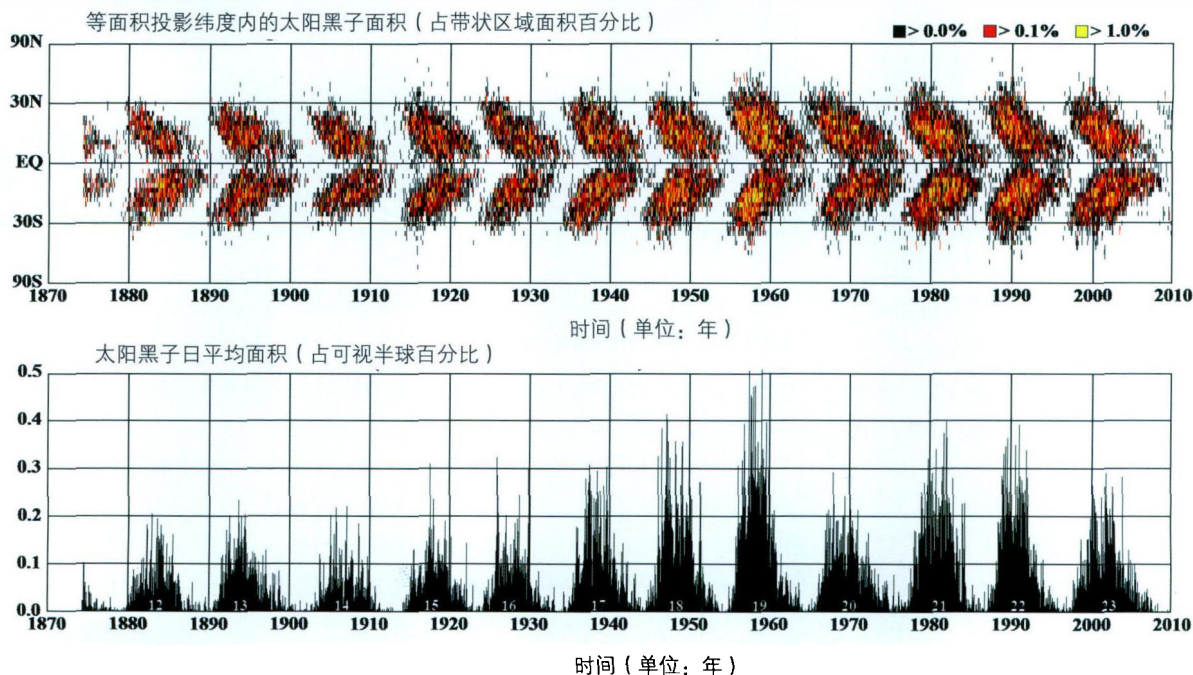


图3 图中多个太阳黑子周期展示了太阳黑子位置周期性从两极向赤道移动形成的蝶状图案。原图网址http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Sunspot_butterfly_with_graph.jpg

确定是否发现了耀斑时，我通常会查看 NOAA 空间气象预报中心的太阳活动报告。在那里他们按日期和时间列出了太阳活动，用来检查你的结果。

甚低频与电离层

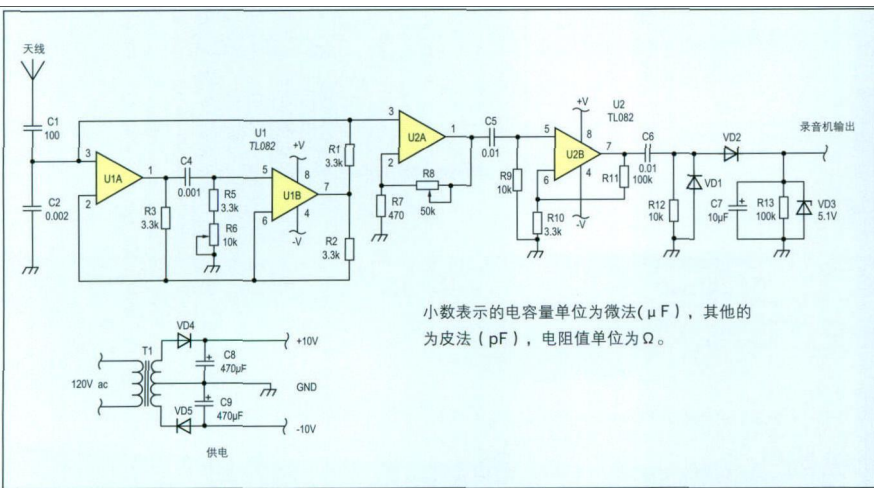
在白天的时候，甚低频信号会穿透 D 层，并被 E 层折射（或者反射），信号被减弱。当耀斑发生时，D 层被加强。由于我们监测的甚低频信号波长与 D 层厚度相当，它起到了波导的作用（波长 = 光速 ÷ 频率，由此得到 300000km/s ÷ 20000Hz = 15km）。此时信号不再会穿透 D 层，而是在 D 层发生折射。因此信号衰减程度变小，这也就导致甚低频信号突然变强。这种现象被称为

X 射线耀斑分级

耀斑的等级由它 X 射线能量决定。耀斑根据在地球测得的 100 ~ 800 皮米波长波段的峰值强度顺序分类：

等级	瓦/平米
B	$< 1.0 \times 10^{-6}$
C	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5}$
M	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-4}$
X	$> 1.0 \times 10^{-4}$

图4 耀斑根据释放的 X 射线能量来分级。表来自 www.swpc.noaa.gov/info/glossary.html#RADIOEMISSION



电离层突发扰动（Sudden Ionospheric Disturbance，后称 SID）。有时候由于地面波干扰信号而产生驻波，导致在离信号源特定距离的地方信号由于扰动而变弱。

如果想快速检测你收音机性能，可以选择在日出和日落时收听。因为 D 层依赖于太阳能建立，我们的收音机可以检测到当天阳光一天日出日落两次经过收发路径时 D 层的变化。通常这两个时刻在图表上会出现小的尖峰。

接收机

我选择的是由美国变星观测者协会（American Association of Variable Star Observers，后简称 AAVSO）设计的收音机。我选择的信号源是来自缅因州卡特勒的 24.0kHz 信号，当然还有很多其他信号你可以选择监听。建议大家到 AAVSO 网站去了解相关的信息。

我使用 FarCircuit 为此设备制作的电路板来制作 Gyrator II 接收机。大多数的元件都容易购买和焊接。图 5 是 Gyrator II 的原理图。我使用了 IC 插座，而不是直接把 IC 焊接在电路板上。接收机整个制作过程相当简单。天线我使用了 Mike Hill 的室内环形天线，见图 6。它由电线绕在小的木质框架上 125 圈构成，相信

这对每一个火腿都不是问题。图 7 是我完工的接收系统。

另一个很有意思的接收机来自斯坦福大学，它价值 270 美元。它用了多个频率来观察耀斑活动。



图6 环形天线示意图



图7 接收系统整体示意图。左上是环形天线，架子上是电脑，底下的盒子里是收音机和模数转换器

斯坦福接收机——Bill和Melinda Lord (SARA)

斯坦福大学的Tim Huynh设计了一个简单的系统来观测SID现象。他使用了一个前置放大器将信号送给一个可以采样到96kHz的声卡来收集甚低频的数据。前置放大器连接的是一个由400英尺（约122m）长铜线绕制的1m环形天线。这个设备可以工作于7.5~43.7kHz的范围，但软件也可以配置成观测多个频率，不过在美国境内通常观测的是21.4~25.2kHz。

由于系统可以收集多个频率的数据，天线并不是谐振的。早先的设计需要720英尺（约219m）铜线绕制的8英尺（约2.4m）环形天线，不过目前的设计仅需要1m的。当然，如果你愿意，可以使用更大的天线来增加灵敏度。斯坦福在SARA的帮助下制作了100个这样的设备，并将它们分发到世界各地的学校去。

调试

我发现在信号发生器上连接一个线圈，并将频率设定到要监听的频率上（对于卡特勒的信号是24.0kHz）之后是个很好的调试工具。调试的时候只需要调整收音机上的电位器，让输出电平最大即可。

NAA

NAA发射站位于缅因州卡特勒，它由美国海军维护，用于与潜艇通讯。它的发射频率是24kHz，另设有一个姐妹站坐落于华盛顿州吉姆河，发射频率是24.8kHz。它占地3000英亩（约1200公顷），使用了90000立方码（约69000m³）的混凝土和15000吨钢来建造。输出功率2000000W。天线由13座塔构成：中间的高980英尺（约298m），周围6座高875英尺（约267m），最外6座高800英尺（约244m）。天线振子使用了长75英里（约120km），直径为1英寸（2.54cm）的磷青铜。图8是我最近访问时拍下的。

数据记录与图表

我使用模数转换器（后简称ADC）来记录数据。我是照

Jim Sky网站来做的。原理图如图9所示。它通过打印机接口与电脑连接，可以利用Jim的软件Radio-SkyPipe来收集数据。图10是我的收音机和ADC。我的电脑是一台运行Windows 3.1的老笔记本。我使用3.5寸软盘将数据导出到另一台电脑上用Excel绘制图表。图11显示了没有耀斑平静的一天数据。注意两头的尖峰——日出日落效应。图12是某一天内几次耀斑的数据。通常耀斑都是向上的尖峰，但在我的接收机上是向下的。这些都是M1.6和M2.3级的耀斑。图13是一个X14.4级的耀斑！数据可以通过一个简单的日志程序收集后每个月提交给AAVSO。

PE

原文刊登在《QEX》杂志2010年1/2月刊。

田 作者简介

Jon Wallace从事高中科学教师工作已经28年了。他是康涅狄格州物理教师协会的前任主席，也曾是卫斯理大学ASTRO计划的一名指导员。他曾管理Naugatuck Valley社区大学天文台，并在康涅狄格州范围内开展了很多天文课程与培训课。他对于“非可视”天文学有着超过25年的兴趣，曾经制作和购买各种各样不同的接收机，制作了超过30个用于课堂或者公众展示的演示设备。他现在是美国业余射电天文协会（SARA）的董事会成员，为SARA和美国国家射电天文台（NRAO）的微型射电望远镜教学计划开发了教材。他同时也对收集陨石、饲养节肢动物、种植食虫植物有着浓厚兴趣。他在康涅狄格州大学获得地质学本科学位，在南康涅狄格州立大学取得了环境教育硕士学位，在卫斯理大学取得了深造证书（6年）。他一直是ARRL的会员，但是不是业余无线电台操作者。

田 译者简介

李昂（BI7LNQ）是一名在深圳某通信公司工作的嵌入式软件工程师。从小就爱好无线电和计算机。由于学业的压力，多年以来一直有爱好却无行动。直到2010年，工作6年后，才成为一名业余无线电台四级操作者，并于2011年通过卡片升三级。目前活跃于10米和6米波段。利用业余时间正在自学无线电硬件相关的知识，希望有一天能制作出自己的电台。也希望有机会能得到众多模电和射频的高手指点一二。



图8 这是NAA发射站天线的照片

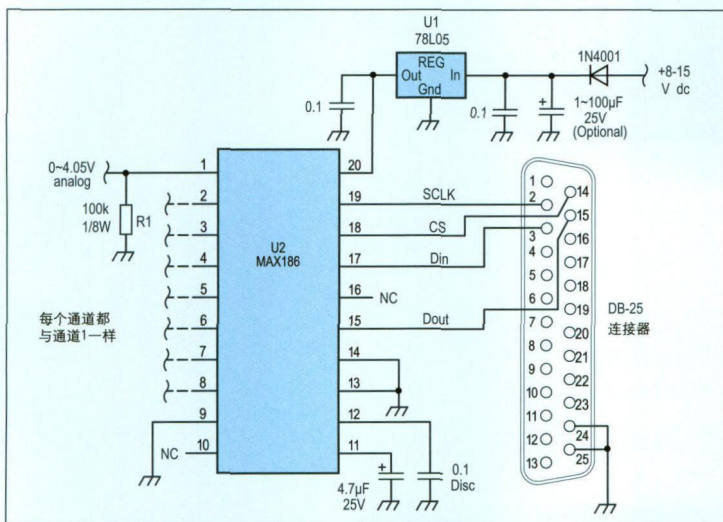


图9 这是来自Jim Sky的Radio Sky网站的ADC设备原理图。www.radiosky.com/skypehelp/skype8channelADC.html

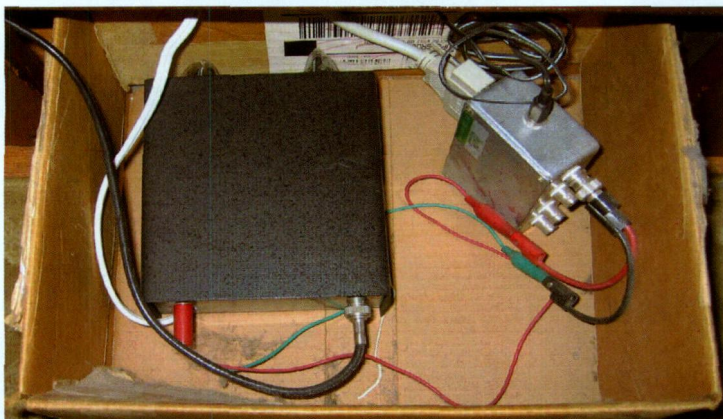


图10 接收机 (左边) 和ADC (右边)

更多的信息

美国业余射电天文学家协会 (SARA) : www.radio-astronomy.org
 AAVSO: www.aavso.org/solar-sids
 斯坦福SID计划: solar-center.stanford.edu/SID/sidmonitor
 斯坦福大学接收机: nova.stanford.edu/~vlf/IHY_Test/pmwiki/pmwiki.php?n=Main.HomePage
 NOAA空间气象预报中心:
<http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/indices/events.html>
 Jim Sky网站:
<http://www.radiosky.com/skypehelp/skype8channelADC.html>
 《无线电传播——原理与实践》(Radio Propagation - Principles & Practice) ,
 Ian Pooled (G3YWX) 著, ARRL出版

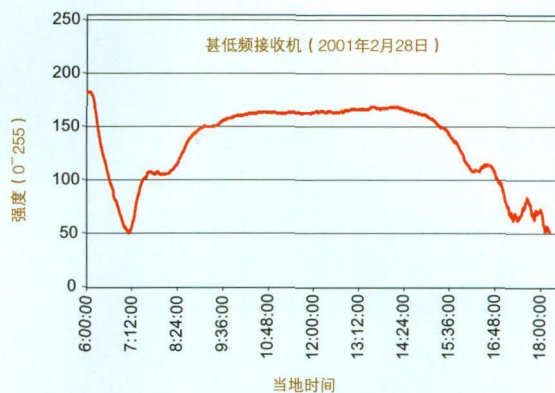


图11 平静的一天, 没有耀斑

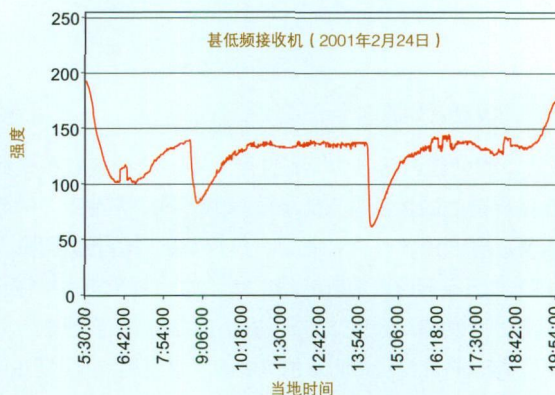


图12 一天内几次出现大的耀斑活动。同时注意两侧的尖峰, 这是日出日落效应

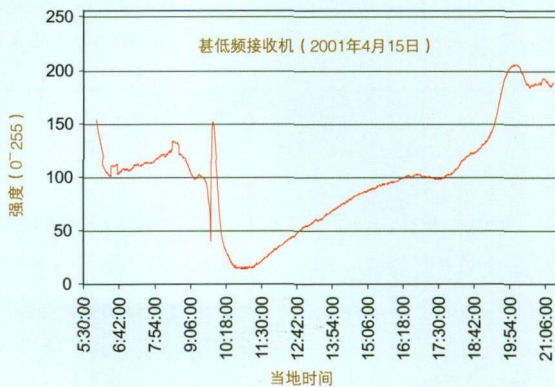


图13 X14.4级巨大的耀斑活动

第四届上海国际无线电展新动态

第四届上海国际无线电展将于8月28~30日在上海世博展览馆举行。截至目前, 众多无线电通信、无线电生活、无线电爱好展品的代表展商已经报名参展。

谘雅仪 (GRE) 展示的数字扫描接收器是为接收应用于全世界的复杂的新型数字集群公共安全电台系统而设计, 它可使用户轻松地在指定的频率范围内快速地搜索和收听; 上海加季商务服务有限公司主要从事专业和业余通信设备的进出口及销售, 他们的实验室配备无线电综合测试仪、高精度频率基准等专业仪器设备将在现场展示; 八重洲 (香港) 有限公司 (YAESU) 确认以54m²的展出规模参展, 在上海向全世界的业余无线电爱好者展示他们的技术实力和品牌形象; 以欧讯 (WOUXUN) 为代表的中国无线电厂商, 将展示最新设计的对讲机、车载电台和中继台产品。更多展会和展馆信息可登录: www.chinaradioexpo.com和www.chinahamexpo.com