

研究用于流星雨观测的简单射电天文望远镜

魏晓龙

(清华大学附属中学 北京 100084)

摘要 基于光学观测的缺点和射电的优点,我们设计了一套利用简单无线电装置进行流星雨观测的方案,并对其结果与误差进行了分析,对业余爱好者的射电观测提出了一些可行性建议。

关键词 射电,无线电,流星雨,业余,观测

中图分类号:TH751

文献标识码:A

文章编号:2096-4390(2018)32-0016-02

1 研究背景

流星雨作为一种天文现象,源自于流星体,即彗星或小行星碎片,与地球大气层摩擦放光发热的现象。由于流星母体与地球间相对关系可推算,流星雨现象又会在可预测的周期性时间内发生。源于流星雨的观赏性,可预性及一些科学价值,其经常见于大众新闻报道中,亦是广大天文爱好者普遍的观测对象。

而近年来,随着天文知识与设备的进一步普及,天文爱好者观测流星雨的手段也逐步增多。从基本的目视,到光学摄像摄影,进而到无线电手段记录等。

目前光学观测发仍是主流,但却有些尚未克服的缺点。那么业余天文爱好者能否通过射电方案观测呢?

2 观测原理

2.1 光学方法。光学方法通常利用照相设备记录流星雨现象,常用 CCD 或 CMOS 相机长曝光拍照或高感光摄影。

然而流星发生范围广,视星等^①在 3~5 等左右,不算明亮,又易受天气影响。

这时光学方法很明显地受制于镜头视场,感光噪音、经济成本和天气情况。市售的常用镜头视场小,容易错失流星。虽然利用鱼镜头,高感相机可以解决,但又增大了经济成本。同时,观测易受天气影响,且不能被人为避免。

那么我们便可尝试射电方法。

2.2 射电方法。它与光学手段一样,同样接收宇宙中各种微弱的电磁波,但波段不同,主要接收无线电波。因为天体产生的电磁波,波段范围广,射电法同样可探测天象。

射电法观测流星雨的原理是探测异常信号。当流星体进入大气层时,普遍具有每秒 10 公里量级的速度,带有巨大的机械能。受地球引力影响,其进入大气并做工,短时间内便足以使大气和流星体所含物质^②电离,提高该区域的自由电荷数量,可以将频率更低的电磁波反射。而地面电台所发射的电磁波,正利用了大气电离层而反射传播。流星的出现,使不能反射信号的区域得以反射。故流星体的作用可在电台主信号附近产生频率不同的杂波。

通过异常信号,能检测流星的发生时间和强度。

天文爱好者们可以利用手头的无线电设备,诸如八木天线、抛物面天线、软体天线等观测。然受限于器材的成效上,无法与专业射电相媲美,仅能提供流星的发生时间与强度。

但其不受制于天气,设备成本低廉,探测范围大,可以程序化运行,是能够辅助光学系统观测,各显所长的。

3 方案设计

3.1 装置搭建。我们设想结合光学和射电两种观测方法。以射电为主,光学作对照。

我们利用各种天线或自制设备做接收端。实验中有三种天

线可供选择,分为八木天线(图 1)、抛物面天线、软体天线(图 2)。

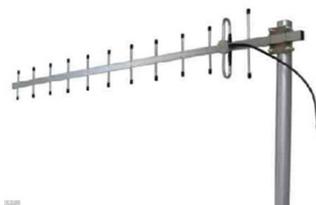


图 1



图 2



图 3

八木天线定向精度好,但搜索扇面小,必须使用转动电机,以机械平转增大搜索范围。但其旋转周期一般大于 8s,很少有流星存活长过 5 秒,意味着流星可能在扫描时漏掉。

对于抛物面天线,其搜索范围较广,附加装置少。但其不便于携带,价格颇为昂贵。对于业余人士而言,尝试制作抛物面反射锅也十分困难,不宜被选用。

第三种软体天线,现在主要用于电视棒产品或移动电台。其集成性好,小巧方便携带,而且成本较低。虽然有的品种精度不高,但使用带 5、6 米长线圈的品种也能达到一定的分辨率要求。更好的,该天线搜索范围呈半球状,覆盖范围广,接收频率丰富。唯一的缺点是,易因异物碰触增加噪声,对使用环境要求高。

另外,拥有一个好的接收机也很重要,它可以通过门限滤除噪音。

因此,实验中我们选用软体天线^③做接收端,用电视棒做转码器,以及“SDR”算法软件^④用来处理数据。该软件可自动输出天线接收信号的频谱和转化后的音频。我们利用实时录屏软件截取了数据。(图 3)

同时,利用 CCD 相机及单反等光学方法拍摄了天空情况,作为对照。

3.2 观测详述。观测地点共有四个:北京市海淀区清华附中操场、清华大学西大操场、八家郊野公园西侧、延庆县海华田园天文农庄。

地区选择上尽量避开光污染,当地有过目流星记录。均可接收 10 种以上电台信号,信号强度正常。

共进行五次观测。^⑤针对三次流星雨。总有效开机时长大约在 5~7 小时。我们利用 FM 模式导出音频监听,同时对频谱进行

监视。

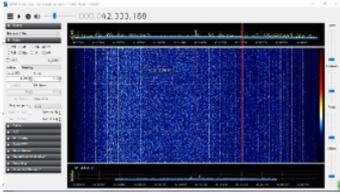


图 4

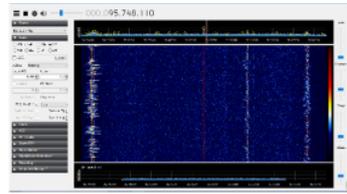


图 5

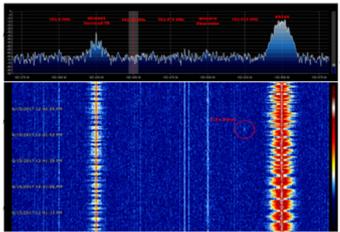


图 6

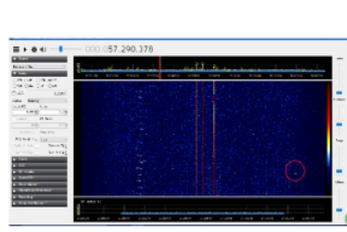


图 7

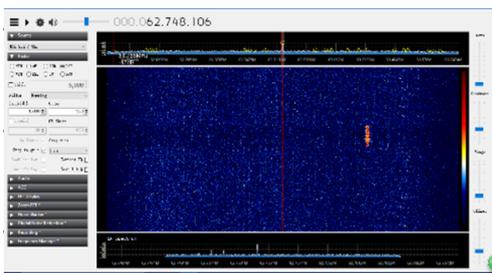


图 8

4 结果分析

输出案例

对照组：

a. 恒频率噪声(图 4), 在频谱上呈垂直于频率轴的直线, 在 30MHz 到 40MHz 区间多见, 其他区间较常见。观测中, 换接各类天线均有, 怀疑是转换器 RTL2832U 的噪声。选中这些噪声后所导出的音频为高声调长音。

b. 电台信号(图 5), 在频谱上沿垂直于频率轴的直线, 连续分布, 为调频信号。在 FM 档, 导出音频为广播节目。其为研究的主信号。

c. 成功案例(图 6)为 Dave Venne[®]发布在网站上, 在 2017 年 6 月 15 日所确认的流星信号, 时间极短。其图像为点状扇形, 频率减小并分散。通过时间轴可估计持续了 2 秒左右的时间, 且频率接近于当地电台。均符合流星的预测特征。

实验输出：

d. 疑似流星信号(图 7)。主信号为间断性脉冲发射信号, 在频谱上沿垂直于频率轴的直线, 间隔分布。导出音频为规律性的噗噗声。在该波频率更高的位置出现了变化周期类似的杂波, 在时间跨度与图像位置上均近似于成功案例。

e. 判定错误的流星信号(图 8), 时间 3 秒左右, 无明显声音变化, 无光学对照, 但经过分析, 排除流星可能性。信号结束时断面整齐, 戛然而止。其强度高且无变化, 不像是流星引起的燃烧现象。可能是调频过程中误记的信号。

5 观测建议

经过实操, 我们发现设备水平, 观测环境和光电结合三个方面存在问题。

从接收机上, 使用民用产品, 结构简单, 信噪比低, 难以令人满意。毕竟业余设备水准很难在本质上得以提升。但在其中选

择软体天线, 能尽量获得高性价比, 是一个较优的选择。

而从原理上, 探测利用主信号反射情况的变化。这受到信号源距离的影响。

一般来说, 远方的电台信号, 大气反射范围广, 接收杂波现象越多, 覆盖流星概率大。但我们的观测地附近, 均有大型信号发射塔, 很多信号反射范围小, 甚至不经反射传播过来。选用时探测流星概率低。

另外, 从环境上, 城市背景噪音过多, 而且广播波段较为拥挤, 这种杂波不利于筛选信号。

所以天文爱好者们更应注意优良的观测条件。尽量找到一个平静的电磁环境和观测地约 100km 外的一个稳定电台, 并且当地大气通透, 有过目视流星记录。

另外, 要注意记录的及时性、真实性。

应打开录屏软件实时记录谱线随时间变化, 以便统计。光学、射电两种方法间还存在有一定的时差, 必须有同步光学手段记录, 作为对照, 才能验证数据。

6 业余射电总述

对于业余射电观测流星雨, 难度还是很大。

我们认为天文爱好者与其在基础设备上下功夫, 更应该注意在实操上的完成度和准确度。

另外, 射电输出的数据并不直观, 不利于业余人士的结果分析。例如探测方位角, 高度角等过分要求精度的研究, 很难得到成果。业余者可以选择判定流星形成, 计时计量等简单的目标, 能明显地提高观测的成功率。

除了检测流星雨, 天文爱好者还可以发展其他射电对象。譬如利用月面观测计算已知天线的增益, 在 1420MHz 接收银河系背景辐射, 检测太阳活动等。

可能业余射电确实难以和专业相庭抗争。但结合现有的光学手段, 相辅相成, 还是能扩充爱好者在天文观测上的视野, 促进业余天文观测体系的进步。

注释

①指肉眼看到的星体亮度, 可取负值, 数值越小越亮。织女星视星等近似为 0 等。人眼目视约看到 6 等。

②多为硅或铁的化合物。

③具体构造基于电视信号用软体天线, 接 RTL2832U 电视棒转 PC 端 USB 口输入。该电视棒为 DAB+FM+DAB-T 版本。

④SDRsharp(SDR)这是一个频率变化显示软件。可输出电信号的频谱和转化后的声音。

⑤具体观测详述见附录。

⑥美国天文爱好者。

参考文献

- [1] USING NATIONAL WEATHER SERVICE STATIONS FOR FORWARD SCATTER METEOR DETECTION. JUNE 21, 2017.
- [2] “如何用锅形电视卫星天线自制射电望远镜?” 2016.03.09.
- [3] 夜观星空. 北京科学技术出版社 Terence Dickinson.
- [4] 中国国家天文. 国家天文台.
- [5] 天文知识基础. 清华大学出版社 姚建明.
- [6] 射电天文工具. K. ROHLFS T.L. WILSON.
- [7] 射电天文学的干涉测量法和综合成图法.
- [8] 高空大气物理学. 北京大学出版社 赵九章.
- [9] 牧夫天文论坛自制器材板块.