



Amateur Radio
Astronomy Projects

总功率射电望远镜

作者 / Jon Wallace
编译 / 李昂 (BI7LNQ)

这篇文章我将介绍总功率射电望远镜。这是我制作的第一个射电天文项目，也是众多项目中最难的一个。我花了多年的时间来才让它正常工作起来。现在已经有经销商销售不错的总功率接收机。我选择制作的是接收 1420MHz 氢原子谱线的射电望远镜。因为氢是宇宙中丰度最高的元素，这个频率也就最适合映射宇宙中的天体。

背景

众所周知，当通过棱镜或者衍射光栅观察白炽灯泡的光线时，你可以看到完整的光谱。但如果把灯泡换成日光灯、霓虹灯或者钠灯，你将能看到截然不同的光谱。由于这几种灯导致发光的元素不同，你看到的光谱成分也不同。比如日光灯是水银发光，霓虹灯是氖气，钠灯是钠元素，不同的元素对应不同的光谱。事实上，这些这种谱线也存在于无线电信号范围内，对于中性氢来说是 1420MHz。1420MHz 这条线是哈佛大学的 Ewen 与 Purcell 在 1951 年发现的。他们的号角天线位于西弗吉尼亚州格林邦克的美国国家射电天文台 (National Radio Astronomy Observatory, 简称 NRAO)。美国国家射电天文台是由美国国家科学基金会资助的从事射电天文研究的机构。它成立于 1956 年，总部位于弗吉尼亚大学，现任台长为华人鲁国镛。因为宇宙大部分由氢元素组成，所以这个频率对于观察宇宙里的射电源非常重要。我决定了这将是第一个射电项目，并希望通过它来绘制一张我家后院天空的射电地图。我在 80 年代就开始了这个项目，当时几乎没有制作这样的一个射电望远镜的资料。虽然我是高中的科学教师，并有一些基础电子学知识，但这个项目超越了我的能力。于是我找到了 Bob Sickels，他是佛罗里达州的一名业余射电天文天文学家。他通过电话帮助我，后来我又两次飞到佛罗里达州寻求他的帮助。再后来我得到了离我住处很近的业余射电天文学家协会 (Society of Amateur Radio Astronomers, 简称 SARA, www.radioastronomy.org) 成员 Paul Schuler 的帮助。我



图1 总功率射电望远镜系统

们一起工作了很多年，终于在开工10年后让它工作起来。

检测到的信号

如果你用数码相机拍过照，你就会知道一次曝光可以一次性收集数百万个像素。不幸的是，一架天文望远镜一次只能拍一个像素，完成一整张照片需要非常长的时间来处理数据。这里提到的数据是与接收到的信号强度相关的电压值。接收机会由一个噪声源校准。我最终版本的天文望远镜如图1所示。每次观测，我会将望远镜对正南方不同的高度角（ 25° ~ 75° ）的天空以10秒为间隔进行漂移式扫描并收集数据，随着地球的自转，天空中的星星会扫过望远镜前方。由于我想绘制完整的射电地图，因此我需要不间断收集一整年的数据。太阳和月亮会影响它附近区域的值，因此我需要多次采集需要的数据。

观测方法及时间

射电天体无论什么天气状况，无论白天还是黑夜都总是存在的（雷电会损坏设备，因此暴风雨来临的时候我会把它打包好）。文末给出了按照天文坐标排序且适合业余爱好者的天体的网站。如果要与其他人交流信息，就需要大家都使用同一个位置参考系统来描述天体的位置。天文学家们使用的是天球坐标系。有点讽刺的是，虽然多年以来一直教授学生们夜空不是围绕地球旋转的，但在此为了便于理解这个坐标系统，我们还是需要认为夜空就是以地球为球心的一个球面——天球。因为天球和地表都是球面，我们可以用两个坐标值来描述球面上的任意一点。类似使用经纬度来表示地表某一点，我们使用赤经（Right Ascension, RA）和赤纬（Declination, DEC）来描述天球上的一点。

在此我们需要确认所有即将使用这个坐标系统的人有一台指向精确的射电望远镜。对于光学望远镜，我们可以通过望远镜观察夜空来确认指向位置。但是对于射电望远镜情况就有些复杂了。如果你需要验证射电望远镜指向，有个办法就是花几天来进行太阳观测。

验证指向位置

我从Paul Schuler那里了解到太阳是一个校准望远镜理想的射电点源。通过将望远镜对准太阳，找出信号最强点时望远镜上读出的坐标值，与太阳理论所处坐标值对比，可以确定望远镜刻度的偏差。我是从互联网上找到太阳的赤经、赤纬值。通过几天的校准，我发现我的望远镜刻度与实际增益最大方向偏离了 1.5° 。

方位角和高度角

如果今晚你要外出并且向某人指出北斗星，你可能会用手指向它来告诉别人北斗星的方位。当你的手指向天上某颗星的时候，从正北方开始顺时针旋转，到你的手臂在地平面投影的位置所需要经过的角度就是方位角。它和指南针的角度相关。 0° 表示正北方， 90° 表示正东方， 180° 表示正南方， 270° 表示正西方。高度角是你手臂和地平面之间的夹角，也就是手臂仰起的角度。高度角的范围是 0° （水平）~ 90° （指向头顶）。当手臂伸直时，大拇指到小拇指之间大概是 10° ，每根手指大概是 2° 。虽然方位角和高度角在夜晚观测和向他人指示星座及其他天体时有用，对我们来说用处不大。因为我们大家不在同一个经纬度上，所以我所在地北极星的方位角和高度角和你的不一样。另外，由于地球自转，它们的位置也在不停的变化，见图2。

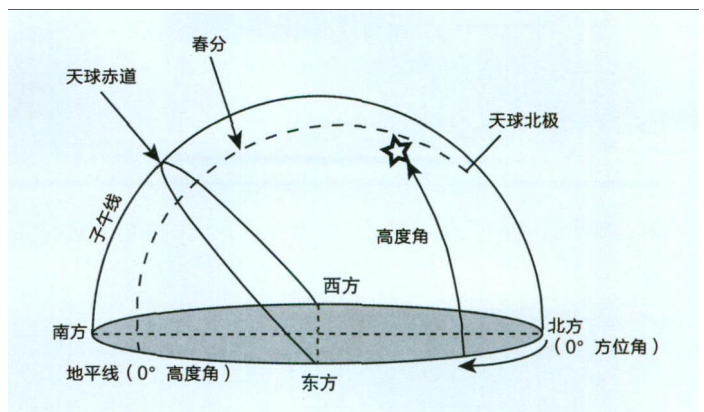


图2 天空中物体的赤经和赤纬

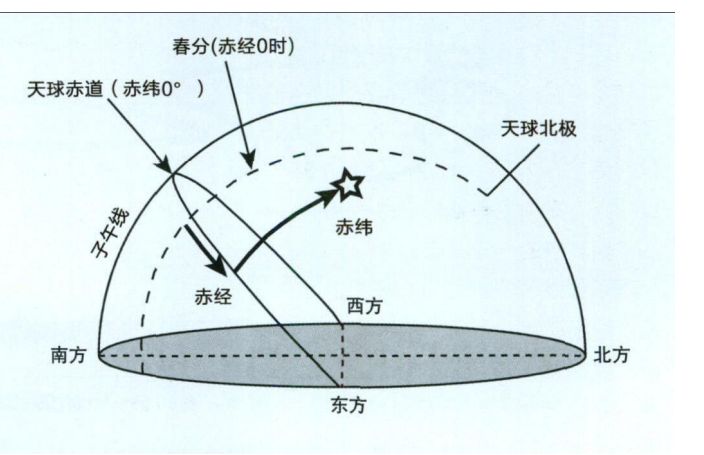


图3 天空中物体的赤经和赤纬

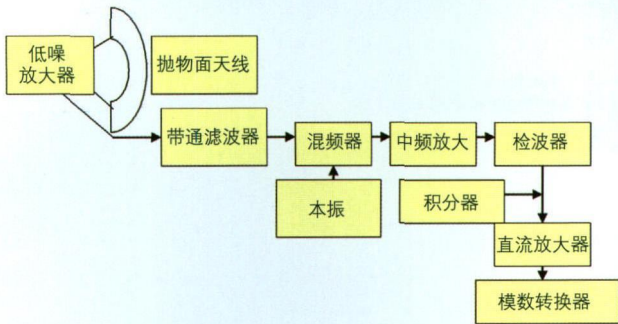


图5 总功率射电望远镜的模块图

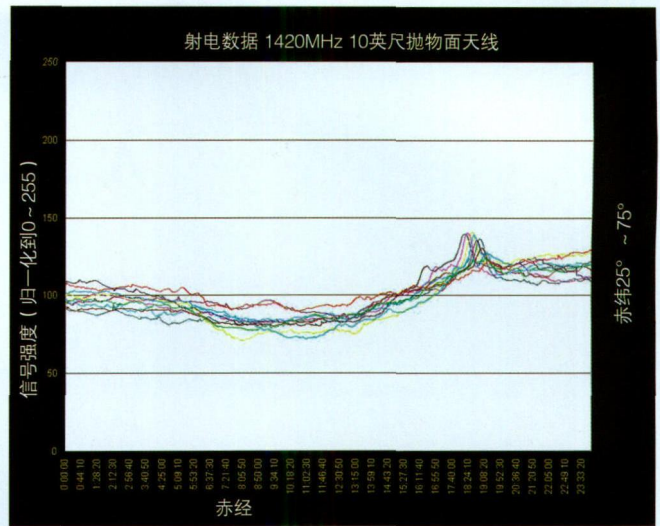


图7 这个Excel图表用作者十年来收集的数据绘制而成

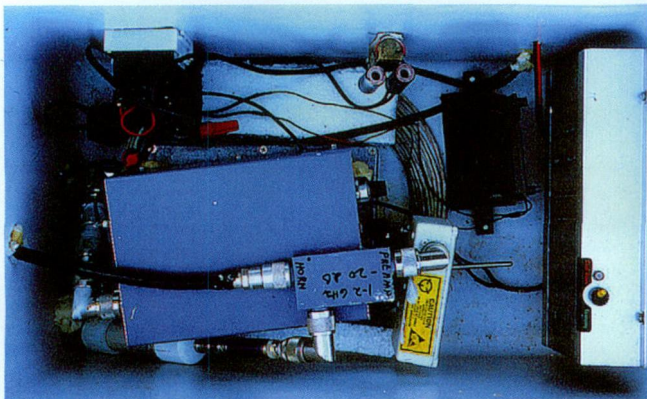


图6 冷却器内部的射频前端元器件图

数据分析

收集了10年的数据之后，我有了足够的数据来创建高度角25° ~ 75° 间隔5° 的图表。我整理了数据并创建了微软Excel图表如图7。（图中峰值是银河系）。之后我又用Mathematica软件绘制了3D图表。10年的观测才得到了这么一张图片！

PE

原文刊登在《QEX》杂志2010年7/8月刊。

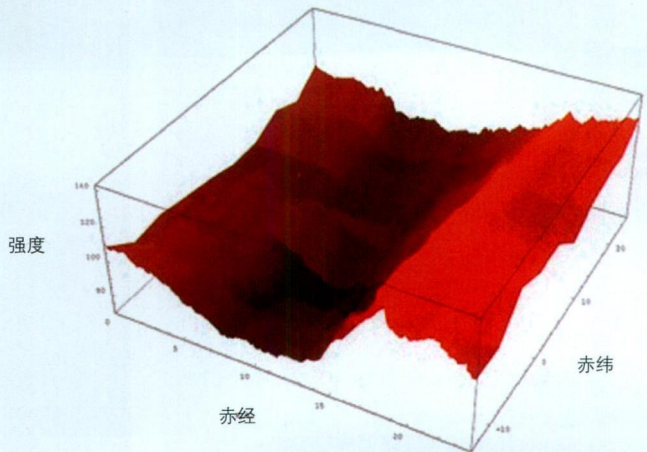


图8 使用Mathematica软件绘制的天空3D地图

其他关于总功率射电望远镜的信息：

- SARA 网站：
www.radio-astronomy.org
- Jim Sky的网站：
www.radiosky.com
- Jeff Lichtman的射电天文商品网站：
www.radioastronomysupplies.com
- 业余爱好者适用的天体软件：
<http://adsabs.harvard.edu/full/1968AJ.....73..135G>
- 太阳的实际赤经赤纬值：
faculty.physics.tamu.edu/krisciunas/ra_dec_sun.html

Altium发布Maxim板级元件在线资源

Altium公司近日宣布针对Maxim的模拟和混合信号元器件集推出全新的板级元件，可通过其在线内容交付系统AltiumLive进行访问。

发布到AltiumLive的新元件包括Maxim的智能模块产品，如1mmx1mm 4引线比较器、基于MEMS的实时时钟、负载点稳压器和越轨多路复用器。另外此次发布中还有针对模拟信号链、接口和功率元器件的设计内容集。

这些一体化板级元件使用Maxim最新的源数据进行开发和维护，并可通过AltiumLive在线获得。这些在设计中即时可用的元件包括原理图符号和PCB封装，以及在使用Altium Designer进行PCB设计时用于3D机械集成的详细3D模型。更多信息请访问china.maxim-ic.com。