

# 卫星遥测信号接收与数据解译软件设计

## 摘要

本文介绍了一种利用西安电子科技大学南校区 G 楼楼顶卫星测控站和信号处理软件接收卫星信号的方法。基于卫星地面站控制与任务管理软件，将地面站天线对准气象卫星 GK-2A，利用软件无线电模块 RTL-SDR 接收来自卫星的气象图片信号，利用 SatDump 软件将接收信号处理成图片。

## 目录

1. 设计目的 .....	2
2. 设计器材 .....	2
3. 设计要求 .....	3
3.1 选题要求 .....	3
3.2 任务步骤及要求 .....	3
4. 设计过程要求 .....	3
5. 方案概述 .....	4
5.1 观测地点及设备 .....	4
5.2 接收卫星的选定 .....	5
5.3 orbitron 获取卫星方位角俯仰角 .....	5
5.3 硬件设备连接 .....	6
5.4 利用 sdrsharp 软件监测卫星下行信号频带 .....	6
5.5 利用 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星云图 .....	6
6. 利用 orbitron 软件定位卫星 .....	6
6.1 界面 .....	6
6.2 设定观察者的位置 .....	9
6.3 选星 .....	10
6.4 预测 .....	12
6.5 定位 GK-2A 卫星 .....	13
7. 硬件设备及连接 .....	16
7.1 卫星测控站 .....	16
7.2 RTL-SDR .....	16
7.3 电脑 .....	17
7.4 整体连接 .....	17
8. 利用 sdrsharp 软件监测卫星下行信号频带 .....	18
8.1 sdrsharp 软件 .....	18
8.2 sdrsharp 软件观测 GK-2A 卫星下行信号频谱 .....	19

9. 利用 SatDump 软件解码卫星云图 .....	19
9.1 SatDump 软件 .....	19
9.1 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星下行信号得到气象云图 .....	20

## 正文

### 1. 设计目的

- (1) 掌握卫星遥测工作原理；
- (2) 掌握卫星遥测射频信号接收；
- (3) 掌握卫星遥测基带信号处理流程；
- (4) 掌握卫星遥测信号解译。

### 2. 设计器材

- (1) 计算机一台（Windows 系统）
- (2) 嵌入式处理器 Jetson Nano 一台（Ubuntu 系统）
- (3) Matlab 软件
- (4) Python 软件
- (5) 卫星地面站（天线、伺服、射频接收前端）
- (6) 手持频谱仪
- (7) ADALM-PLUTO 软件无线电模块
- (8) FUNcube Dongle Pro+业余无线电接收器
- (9) 其他需要器材临时提供

### 3. 设计要求

#### 3.1 选题要求

本系统训练设计难度较大,要求 2 人完成,先修课程包括通信原理、卫星测控技术、综合训练项目、Matlab 程序设计、Python 程序设计等。

#### 3.2 任务步骤及要求

- (1) 基于卫星地面站控制与任务管理软件,将地面站天线对准卫星;
- (2) 利用软件无线电模块接收来自卫星的遥测信号,将射频信号转变为基带数字信号;
- (3) 利用通信原理相关知识对遥测基带信号进行解调、译码、解格式等,最终提取有用的遥测数据,并在界面实时显示遥测信息

### 4. 设计过程要求

- (1) 本设计学分 1.5 分,学时 48 学时;实验室开放一个半月,期间可选择适合自己的时间进入实验室开展系统工程训练,每次须有登记,确保实验学时累计达到 48 学时。
- (2) 遵守实验室规章制度,爱护实验设备仪器、节省采用实验器件、认真开展实验课程设计。
- (3) 认真分析任务步骤及要求,与指导老师深入交流确保方案可行,

分工明确保证设计按照计划开展；

（4）仔细分析设计中的一些原理，阅读文献并提出多种解决方案，真实记录实验过程数据和图像，详细分析实验现象并得到有意义的实验结论。

## 5. 方案概述

### 5.1 观测地点及设备

我们选定在陕西省西安市西安电子科技大学南校区 G 楼楼顶卫星测控站接收卫星信号。该卫星测控站有较大天线和三个频段输出，接收能力强。

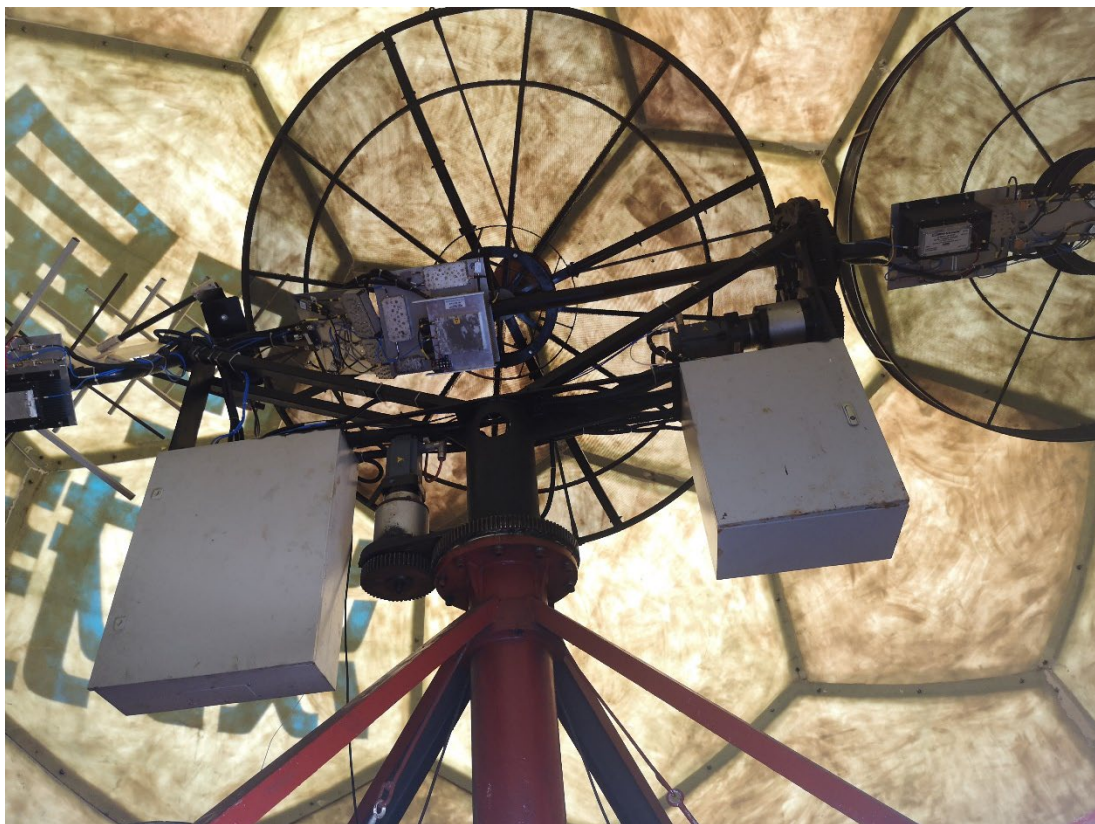


图 1 卫星测控站接收天线

## 5.2 接收卫星的选定

通过查阅互联网网友的分​​享，我们选定了几颗有大量成功先例的卫星。考虑到低轨卫星运行速度快，过境时间短，硬软件准备过程和接收过程仓促，而高轨卫星和地球同步轨道卫星、地球静止轨道卫星克服了上述缺点。GK-2A 是一颗可以覆盖西安的地球静止轨道卫星，每 10 分钟发送一张地球全圆盘图像，我们可以方便地近乎随时接收。GK-2A 包含 LRIT 和 HRIT 信道，但目前可用的软件只能解码 LRIT 信道，LRIT 通道中心频率 1692.14MHz，每 10 分钟以 2200 x 2200 分辨率发送完整的 full desk IR 图像。

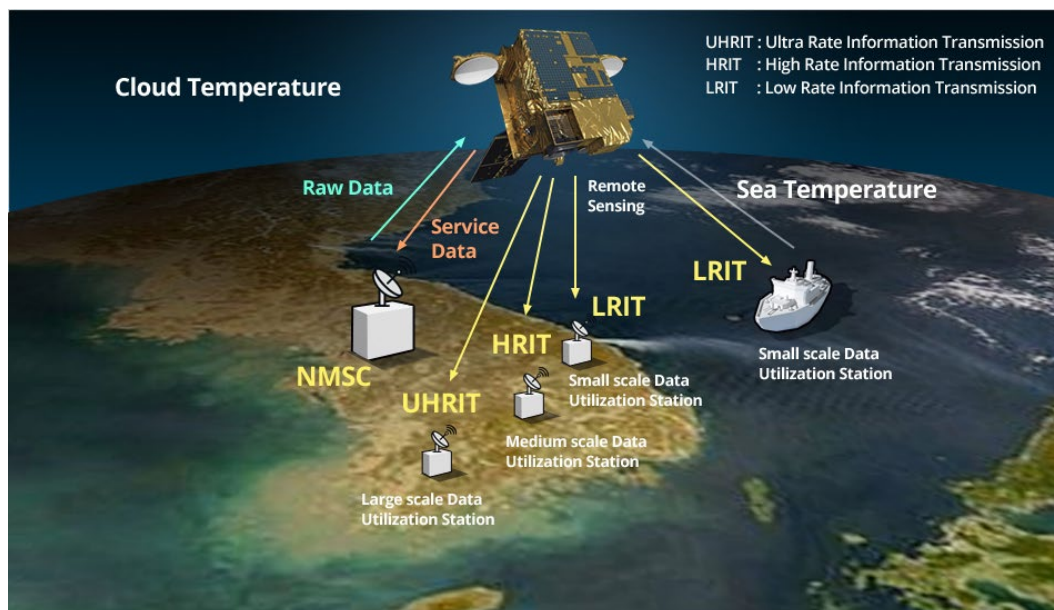


图 2 GK-2A 卫星下行链路

## 5.3 orbitron 获取卫星方位角俯仰角

Orbitron 是业余无线电玩家、航天爱好者、卫星观测爱好者常用的软件之一，它可以通过常用的方式获取和更新卫星的轨道参数，加载卫星的轨道参数，跟踪卫星的位置，预测卫星的过境时间。利用

orbitron 软件预测 GK-2A 卫星过境西安的时间、方位角和俯仰角。

### 5.3 硬件设备连接

在 GK-2A 过境西安时，操控卫星测控站接收天线方位角和俯仰角使其对准 GK-2A。

天线输出线通过 RTL-SDR 接 USB 与电脑连接，RTL-SDR 是一种非常便宜的接收机，可用作基于计算机的无线电频谱仪，用于接收无线电信号。

### 5.4 利用 sdrsharp 软件监测卫星下行信号频带

sdrsharp 软件相当于一个频谱仪，可以观察信号的频率成分。完成硬件设备连接后，运行电脑上的 sdrsharp 软件，将输入设备选择为“RTL-SDR (USB)”后，运行观察频率是否是 GK-2A 卫星信号频率。

### 5.5 利用 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星云图

SatDump 是一款通用卫星数据处理软件，用其从接收信号恢复出 GK-2A 下行的气象云图。

## 6. 利用 orbitron 软件定位卫星

### 6.1 界面

运行软件后，显示的默认界面如下图。

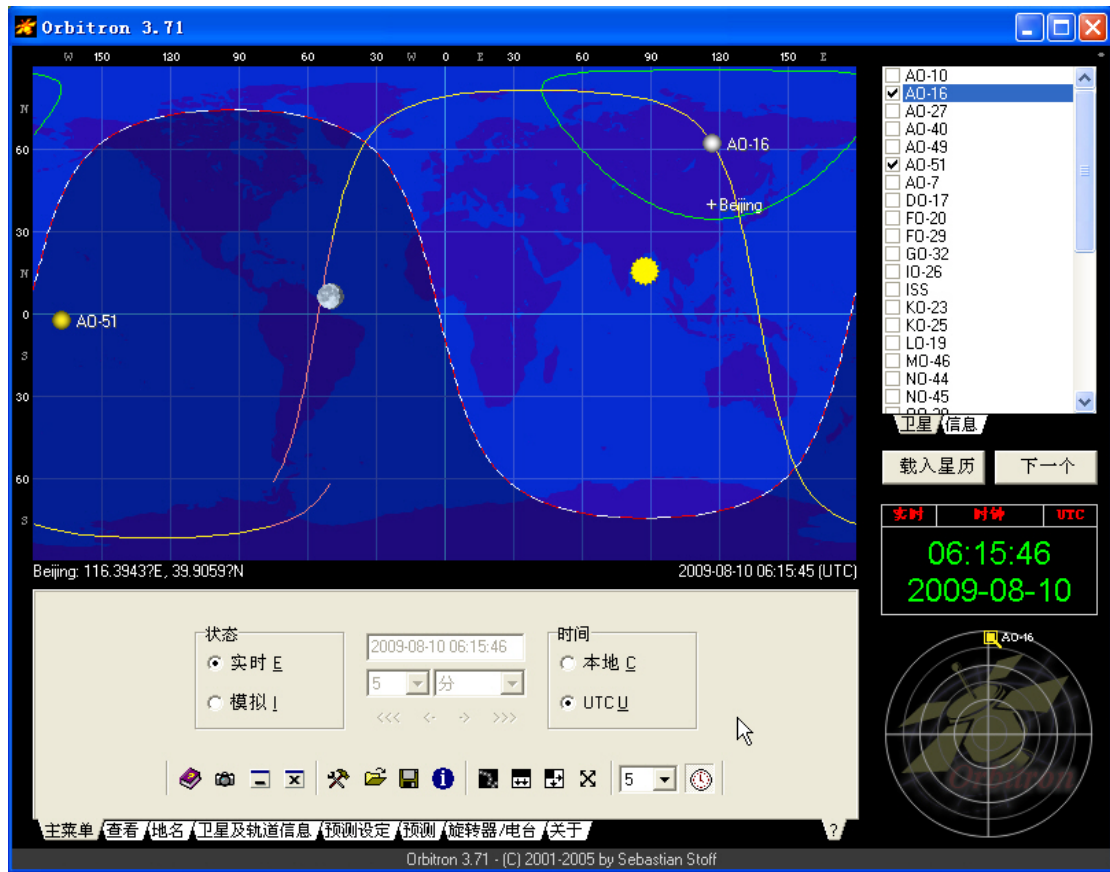


图 3 orbitron 主界面

可以换个更感性的世界地图做背景。

操作方法：主菜单--->设定（见下图）。

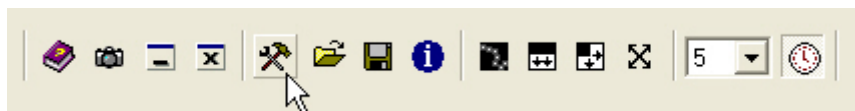


图 4 orbitron 主菜单栏

弹出一个窗口如下图。





图 5 orbitron 设定菜单

鼠标所指的那把锁在解锁状态下才能更改设定。

在其下方“地图与影像”栏更改选定值，确认。会得到如下图样的界面。



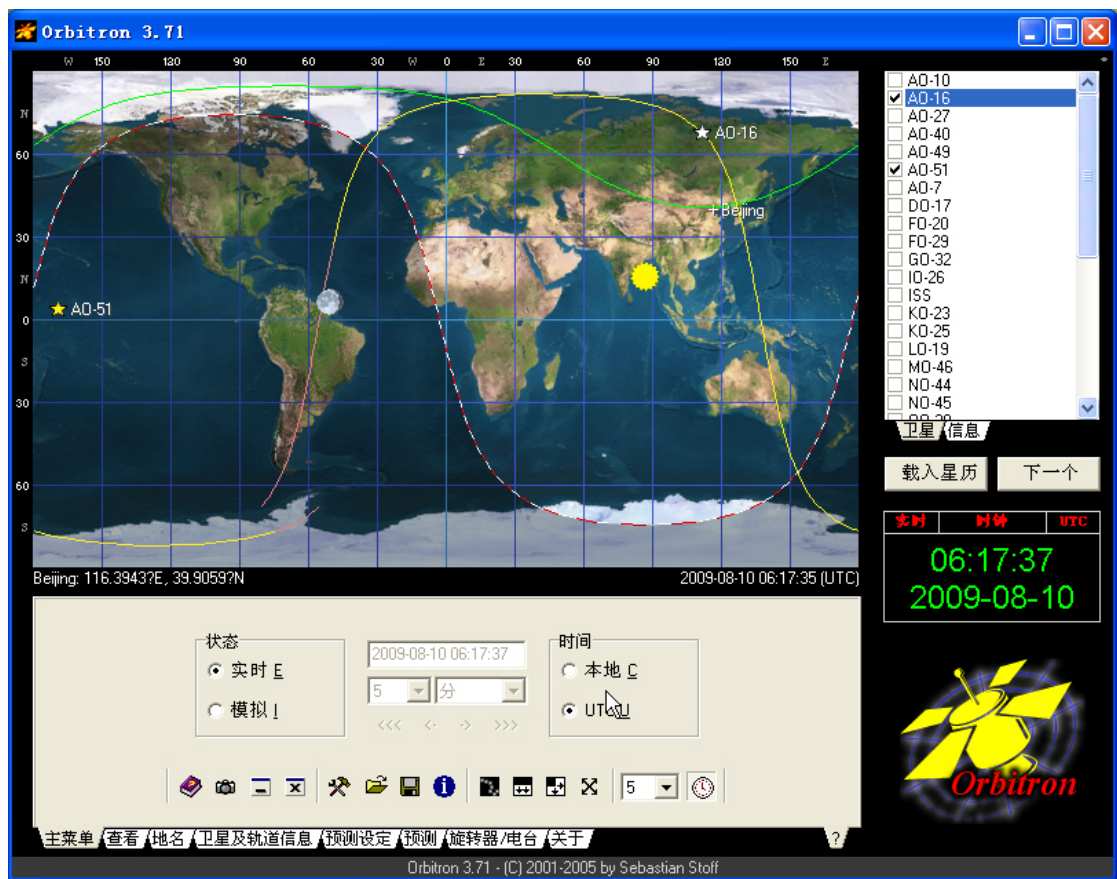


图 6 更换背景的 orbitron 主菜单

## 6.2 设定观察者的位置

设定方法有两种。

方法一是在地图上直接点鼠标右键。弹出如下图的菜单。

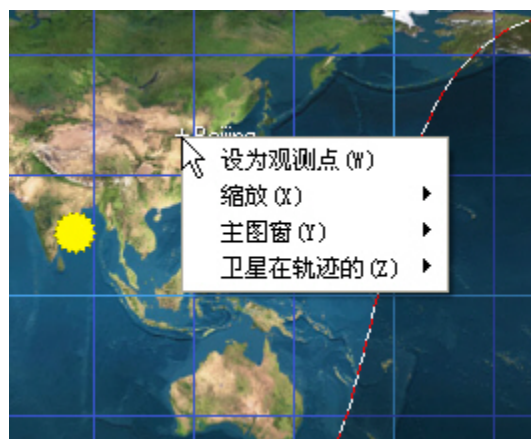


图 7 鼠标在背景中直选设定观测点

直接选“设为观测点”即可。

方法二是在主菜单下方点“地名”。



图 8 “地名”栏

出现下面的界面，在右边可以输入地名，比较著名的地名系统都已经含有，会自动显示。

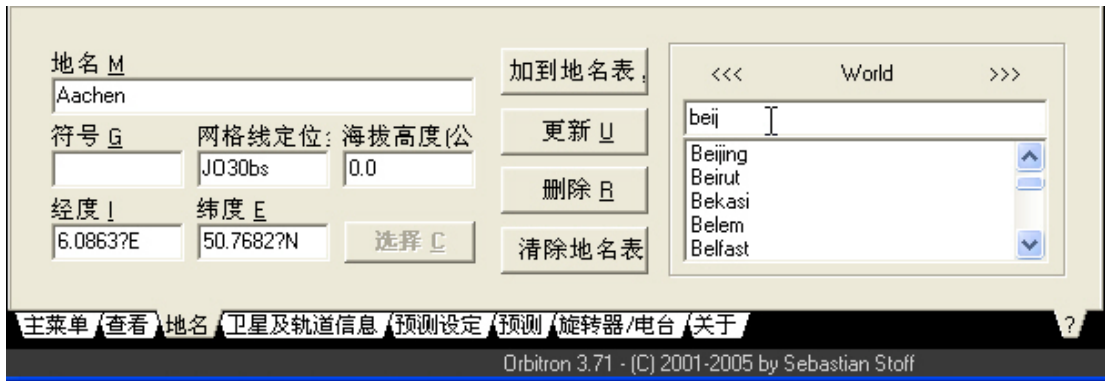


图 9 “地名”栏设定观测点

也可以输入经度与纬度。

### 6.3 选星

接收卫星信号需要将天线对准卫星，故需要知道卫星相对接收点（观测点）的方位角和俯仰角。

卫星分为“amateur（业余无线电）”“geo（地球静止轨道）”等很多类，需要先确定卫星的类型，载入对应类的卫星数据，这些记录卫星位置信息的数据被称为星历。

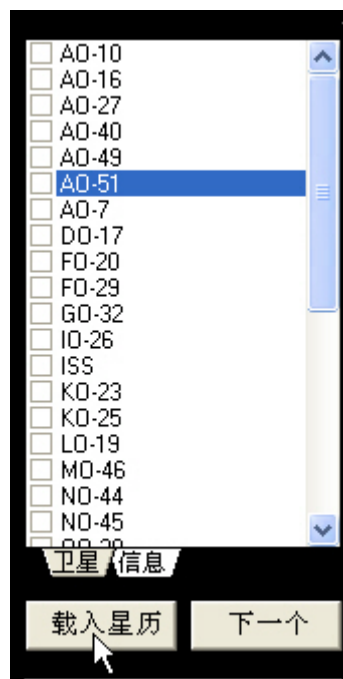


图 10 载入星历



图 11 选择 tle 文件

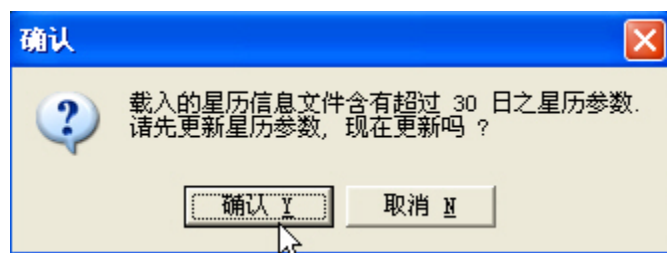


图 12 更新星历数据

除了可以用 orbitron 软件更新卫星星历外，可以到官方网站下载星历文件，每天都会更新。

官方下载网址：<http://www.stoff.pl/downloads.php>

## 6.4 预测

卫星由于轨道设计、运行时间等原因不一定处于观测点上空，而接收卫星信号需要卫星在观测点上空，因此需要规划观测时间，预测功能可以计算卫星过境观测点的时间。

预测前需要对观测条件进行设定，点击页面最下面的“预测设定”栏进行设定。

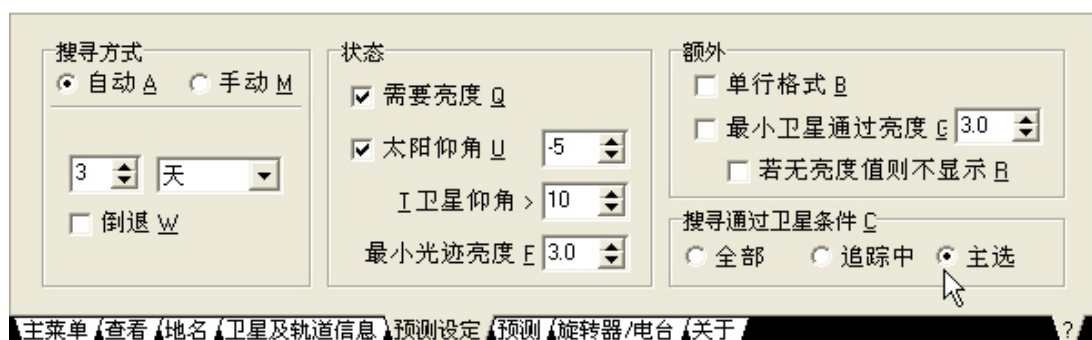


图 13 “预测设定”栏

上图右下方的搜寻通过卫星条件一般选“主选”。

完成预测设定后即可开始预测满足“预测设定”条件的卫星过境观测点时间，点击页面最下面的“预测”栏进行预测，可以搜寻设定天数内满足设定观测状态的卫星过境次数。

如下图，显示出在三天内满足设定观测状态的卫星过境次数及每一次的具体时间和观测具体状态。

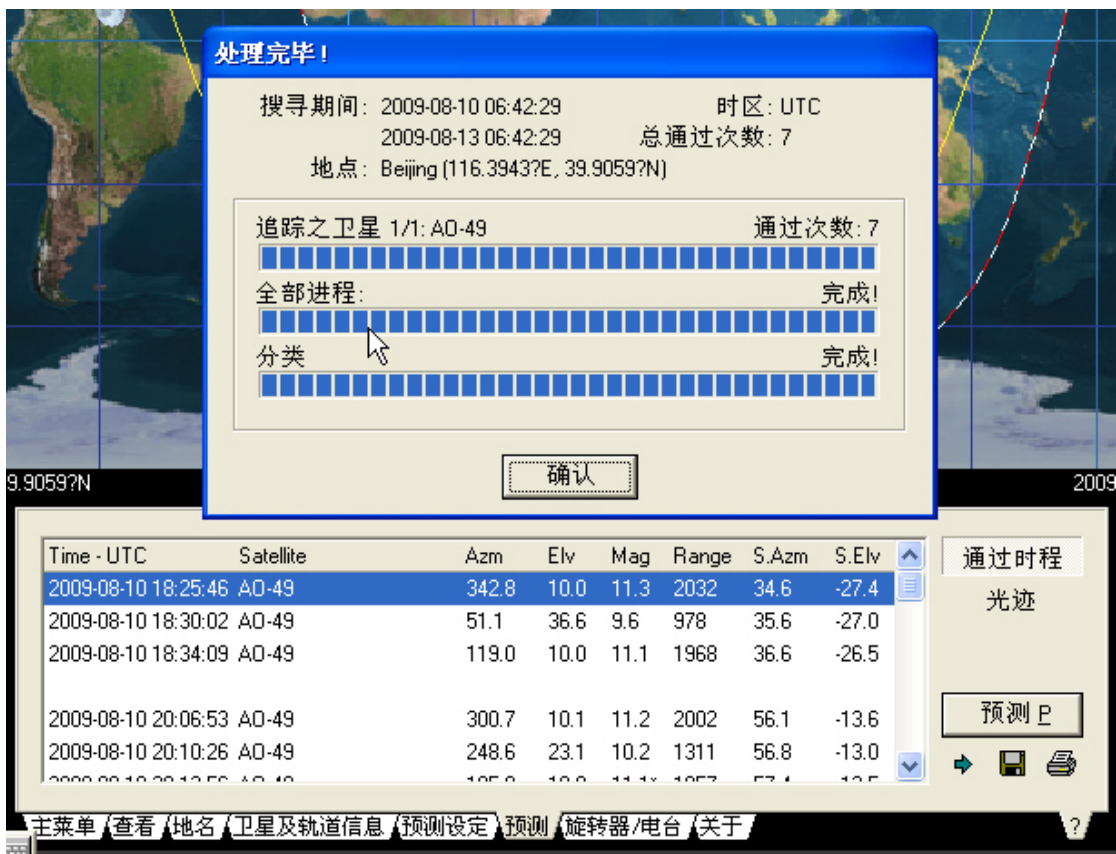


图 14 “预测” 栏

6.5 定位 GK-2A 卫星

我们选定在陕西省西安市西安电子科技大学南校区 G 楼楼顶卫星测控站接收卫星信号。故将观测点选为西安，在“地名”栏输入框

输入“西安”拼音，下拉菜单会出现软件中的内置地名“Xian”，点击选中，地图背景出现“Xian”这个观测点，显示的经纬度也是正确的。

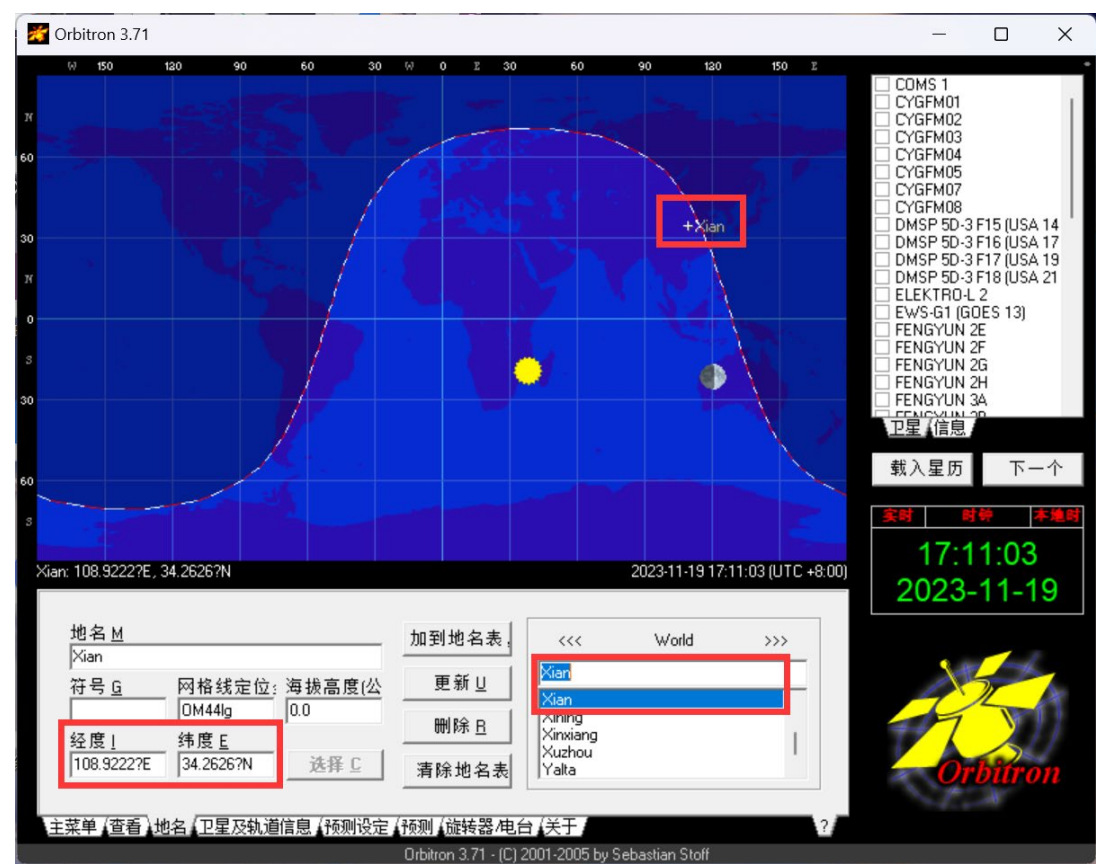


图 15 “地名”栏选择西安

GK-2A 是气象卫星，载入星历是选择“weather”文件。选择后更新星历数据，提高准确性。



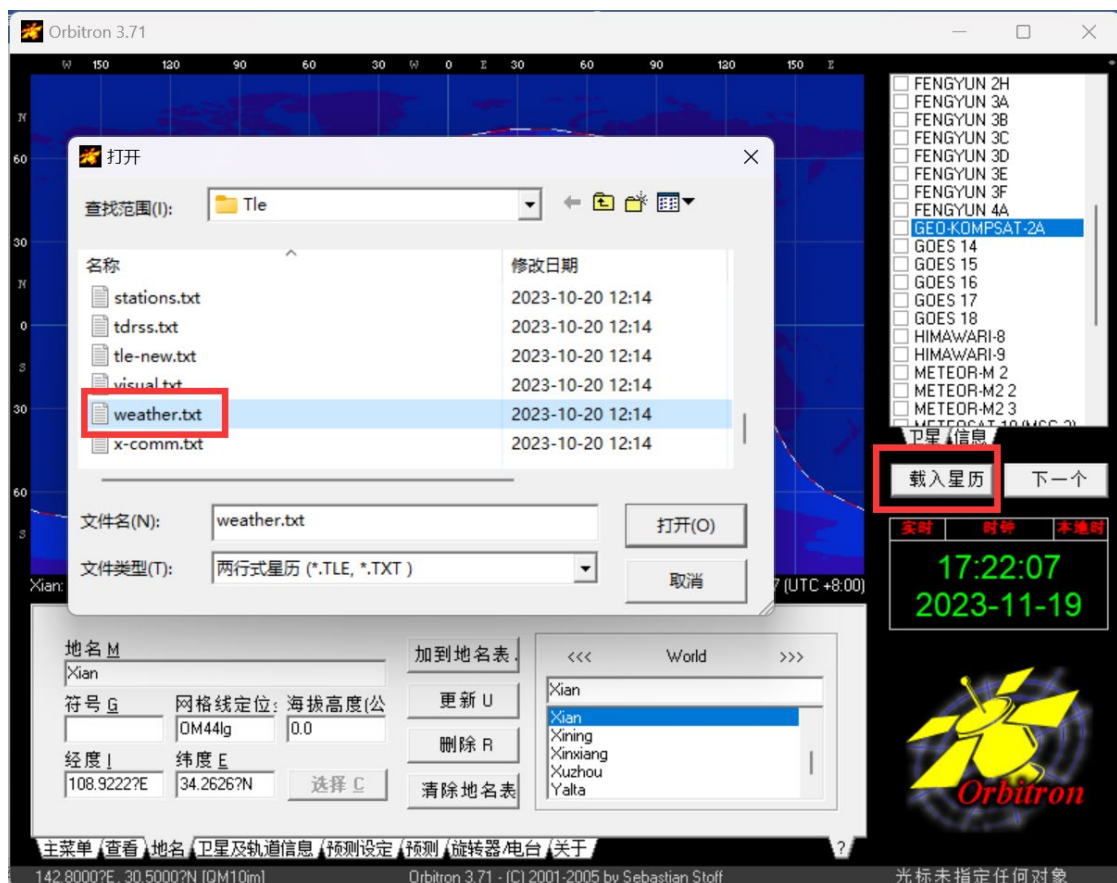


图 16 载入“weather”星历

右侧栏选中 GK-2A 卫星，可以看到它的星下点和覆盖范围，它是一颗地球静止轨道卫星，全天候覆盖西安，由于相对地球静止，故没有多普勒频移，多普勒频率等于下行频率。从观测点接收卫星信号最好的方位角是  $148.0^{\circ}$ ，俯仰角是  $45.1^{\circ}$ 。



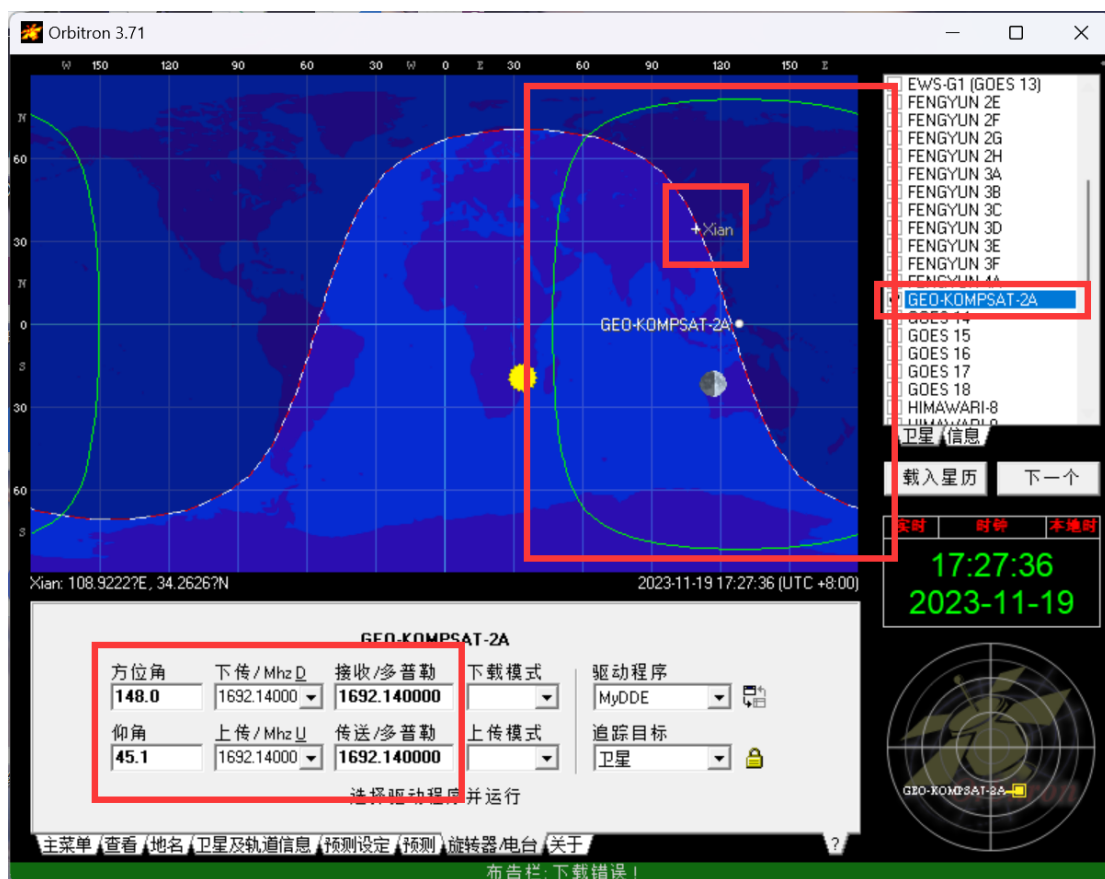


图 17 GK-2A 相对西安的方位角和俯仰角

## 7. 硬件设备及连接

### 7.1 卫星测控站

图片见图 1。内含大口径天线，可接收微弱的卫星信号。接收信号通过传输线输出，涵盖三个波段。S 波段可用于输出 GK-2A 卫星下行信号。

### 7.2 RTL-SDR

RTL-SDR 由 Realtek 的 RTL2832U 芯片加一个调谐器制作而成。调谐器是一个射频模拟前端，负责接收射频信号，并将信号下变频至中频或零频。RTL2832U 芯片本质上是一个数字电视信号解调器，它完

成对调谐器输出的模拟信号的采样，之后进行数字电视信号的解调，最后将数字信号通过 USB 送至 PC，在 PC 上的数字电视软件中完成视频播放。然而，工程师们发现在测试模式下，可以绕过数字电视信号的解调，直接输出 8 位 IQ 采样信号，这便是其成为 SDR 设备的基础。通过芯片的驱动软件和依赖库，可以控制设备和访问设备下传数据，之后在 PC 上进行数字信号处理，开发各种无线电应用，如业余无线电、FM 广播、GSM 信号、航空信号、卫星信号、射电望远镜等，目前在 PC 上主要通过 Matlab/Simulink 和 GNU Radio 两种环境进行无线电应用的开发及测试。RTL-SD 设备和 PC 构成的无线电应用框图如下图所示。

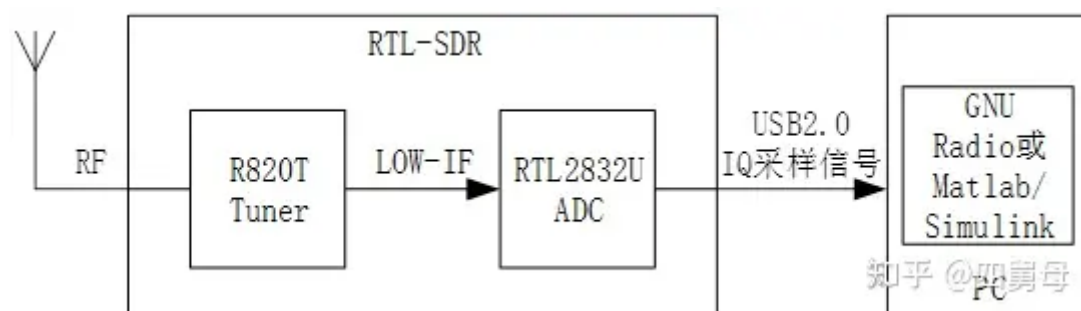


图 18 RTL-SD 设备和 PC 构成的无线电应用框图

### 7.3 电脑

装有 sdrsharp 和 SatDump 等信号观测和处理软件，用于信号处理。

### 7.4 整体连接

卫星站 S 波段输出传输线连接 RTL-SDR 的信号输入口，RTL-SDR 的 USB 输出口接电脑的 USB 输入口。

## 8. 利用 sdrsharp 软件监测卫星下行信号频带

### 8.1 sdrsharp 软件

sdrsharp 软件相当于一个频谱仪，可以观测接收信号频谱。

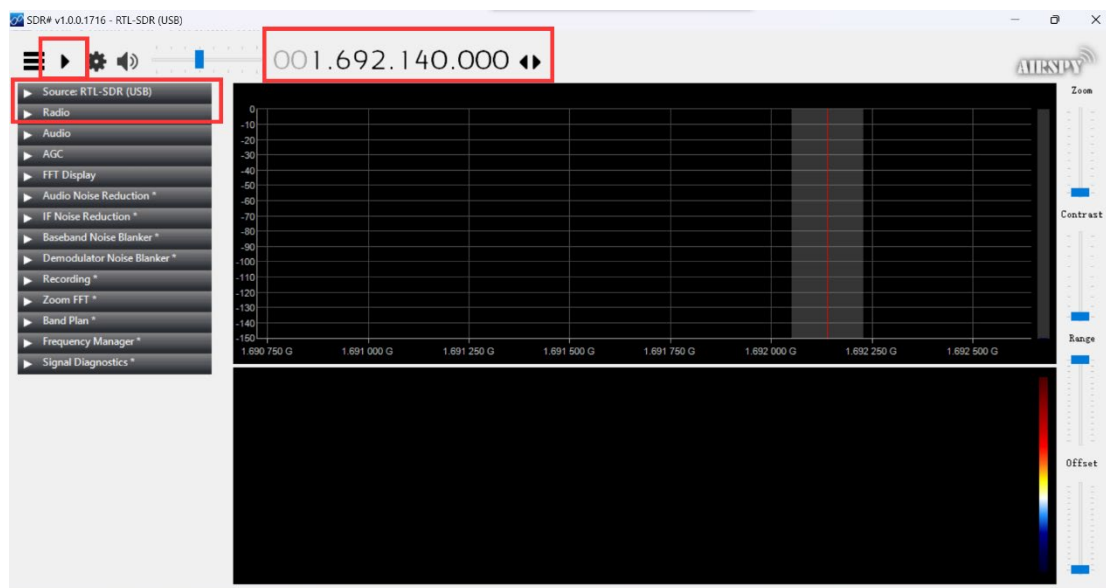


图 19 sdrsharp 界面

主要用到设置信号输入来源“Source”，设定观测信号中心频率，设置解调方式“Radio”，开始记录信号。

信号输入来源“Source”下拉菜单有很多选项，可以使用包括但不限于“RTL-SDR”的硬件设备配合该软件使用，因此需要设置输入信号来源“Source”使之与正在使用的硬件设备一致。

硬件设备需要对应的软件驱动，可以在将硬件设备与电脑连接后，使用 sdrsharp 安装包自带的“zadig”软件对端口进行检测并下载驱动。

## 8.2 sdrsharp 软件观测 GK-2A 卫星下行信号频谱

可以看到，GK-2A 卫星下行信号中心频率为 1692.14MHz，带宽约为 150kHz。

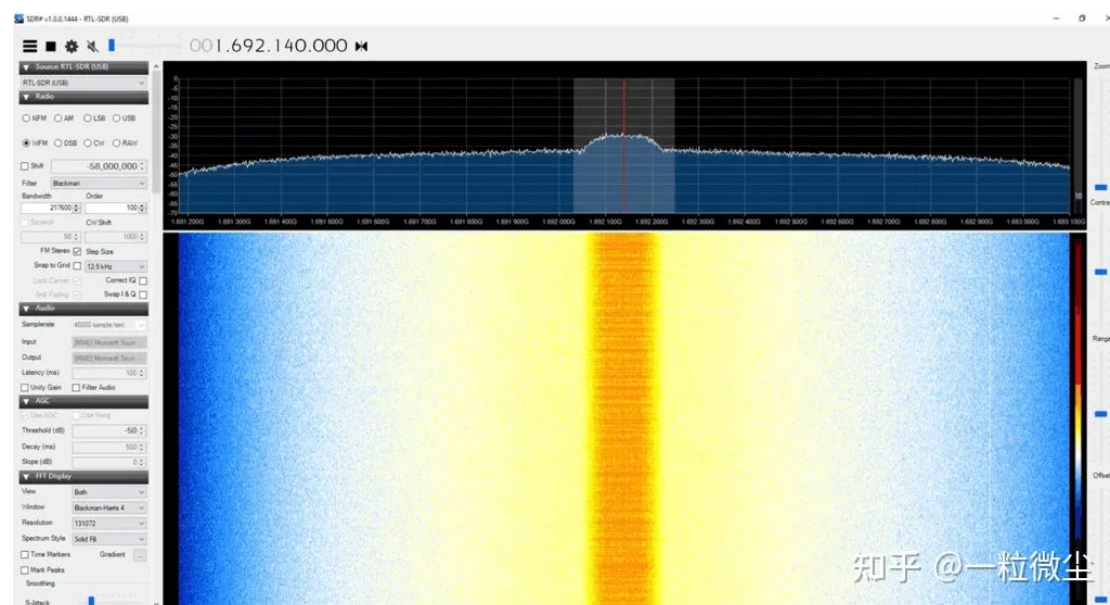


图 20 sdrsharp 软件观测 GK-2A 卫星下行信号频谱

## 9. 利用 SatDump 软件解码卫星云图

### 9.1 SatDump 软件

SatDump 是一款通用卫星数据处理软件，它是一个管理图像预测、接收、记录、解码和显示的独立环境。具有显示卫星信号频谱、解密卫星信号、显示经过解密的图片的功能。

需要根据所使用的硬件接收装置设置信号来源，设置接收信号的中心频率、接收信号的带宽，有的卫星信号经过了加密处理，我们能选择卫星的下行数据通道，软件能进行解密。

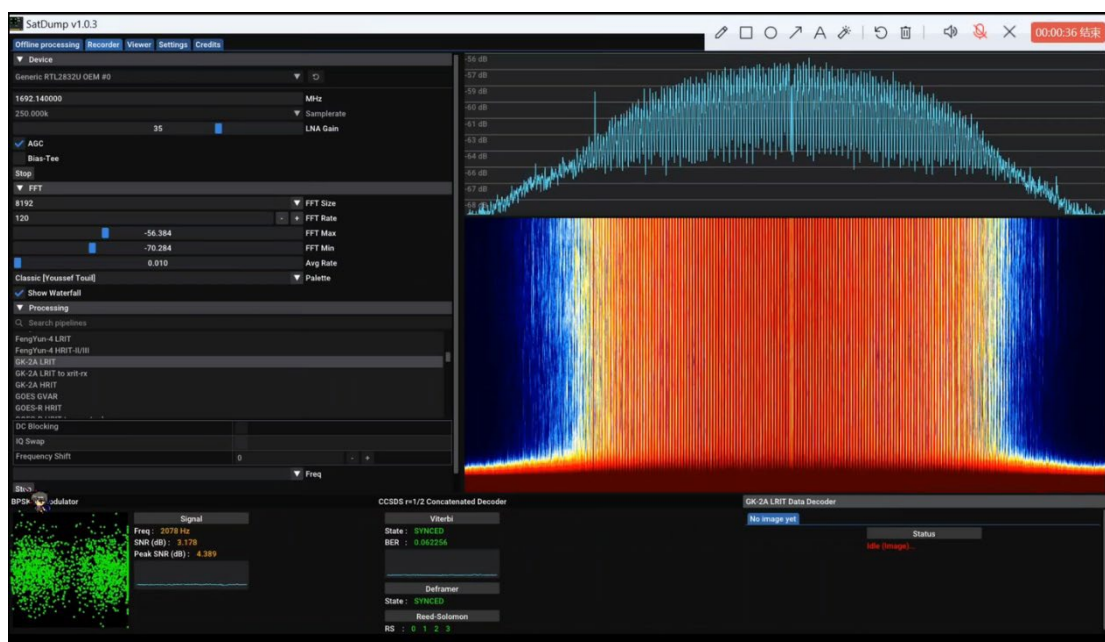


图 21 SatDump 软件界面

## 9.1 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星下行信号得到气象云图

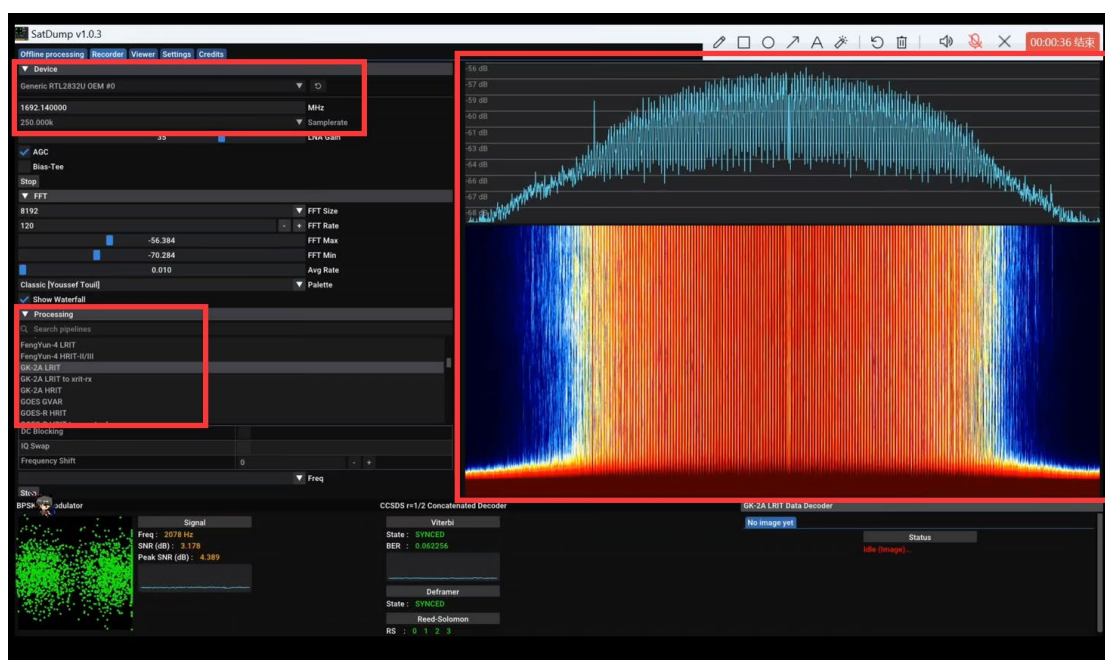


图 22 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星下行信号

接收设备为 RTL-SDR，芯片为 RTL2832U，故“Device”下拉菜单栏选择“RTL2832U”。选择接收中心频率为 GK-2A 下行信号中心频率 1692.14MHz，下行信号带宽为 150kHz，设定带宽大于信号带宽即可，



选择 250kHz。右侧会显示信号频谱和瀑布图。

GK-2A 通过 LRIT 通道下行圆盘气象图，故在信号处理“Processing”栏选择 GK-2A LRIT。

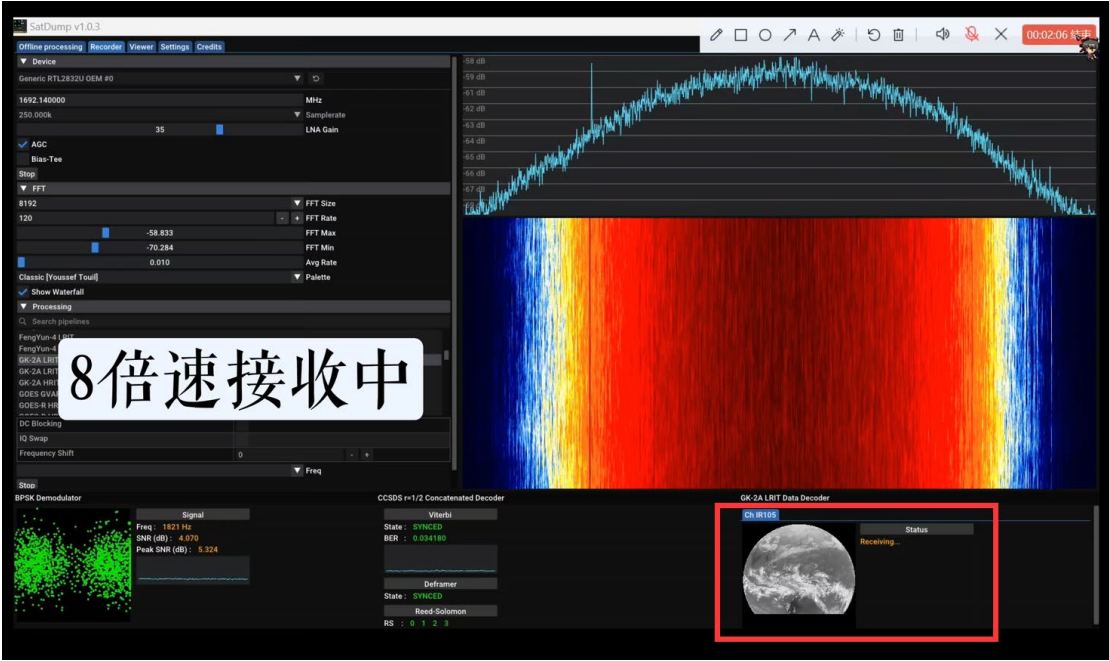


图 23 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星下行信号结果

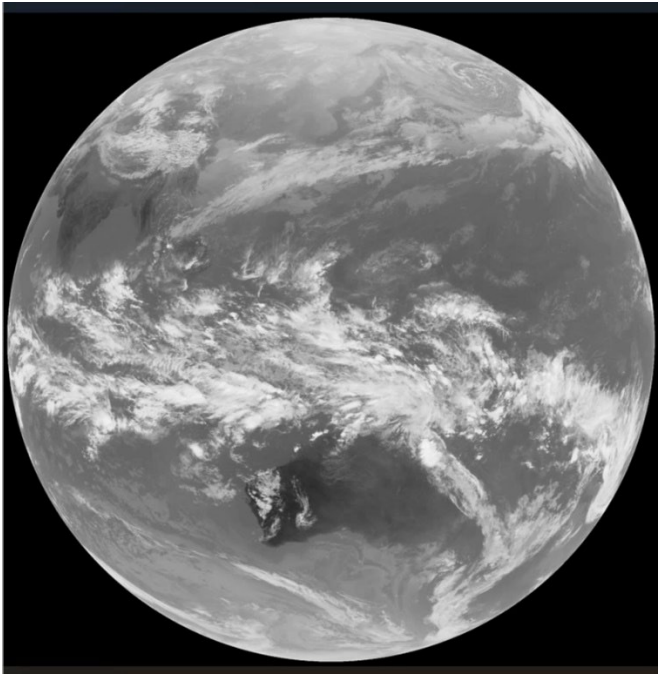


图 24 SatDump 软件解码 GK-2A 卫星下行信号结果放大图

## 参考文献

- 【1】 [GK-2A 云图接收—SATDUMP 软件设置 哔哩哔哩 bilibili](#)
- 【2】 [Orbitron 卫星追踪软件 orbitron 软件可以看卫星 3d 图吗—CSDN 博客](#)