

甚高分辨率卫星云图接收设备

中国科学院大气物理研究所*

气象卫星和卫星气象是近代气象科学中的一个重大发展。目前在气象卫星上已能装置电视摄像,可见,红外辐射计,微波辐射计等仪器设备,以获得全球的地面温度、大气温度垂直分布、云系和降水强度的气象资料,这对提高天气预报准确率和监视台风等危险天气系统起着重要的作用。

在毛主席“独立自主、自力更生”伟大方针指引下,贯彻了领导、工人、科技人员三结合,继研制成功普通分辨率卫星云图接收设备,并在全国推广使用以后,又于1973年9月研制成功1,700兆周甚高分辨率卫星云图接收设备。设备全部利用国产元件,并采用参量放大、高灵敏度解调和步进式自动跟踪等技术。直径2.5米的圆形抛物面天线是在我所修配车间,由以工人为主体的研制小组研制出来的。通过二年多的运转试验,该设备能够稳定地接收气象卫星发射的甚高分辨率(星下点分辨率达0.85公里)可见光和红外云图,照片质量良好,达到了目前世界先进水平。

从图1可以看出,我国西部的地形非常清楚。夏季青藏高原上的积雪大多融化,仅北部昆仑山和帕米尔高原上残留一些积雪,呈现出树枝状的外形。高原上黑色的斑点湖泊。新疆塔克拉玛干大沙漠的反照率强,所以色调呈灰白色,而其中纵贯沙漠的和田河和沙漠北部蜿蜒东流的塔里木河,由于反照率弱,色调很暗。在南疆昆仑山麓的和田和于田一带的绿洲和天山脚下的阿

克苏地区都清晰可见。

这套设备主要用来接收由气象卫星发向地面的两次调频的1,700兆周微波载波云图信号。由于图片分辨率甚高,信号频谱加宽到800千周左右,因此,保证接收设备的灵敏度是设计的中心问题,为此使用了增益较高



图1 1974年8月20日10时收到的一张可见光卫星照片

的接收天线,并采用步进式自动跟踪,以便自动跟踪卫星。接收机采用了一级常温参量放大器和高灵敏度解调器(动态跟踪滤波器方式),还针对载频进行了自动频率微调。接收设备总方框图如图2所示。现分别简要介

本文1975年10月10日收到。

* 本文由荆其一、丁一汇同志执笔。

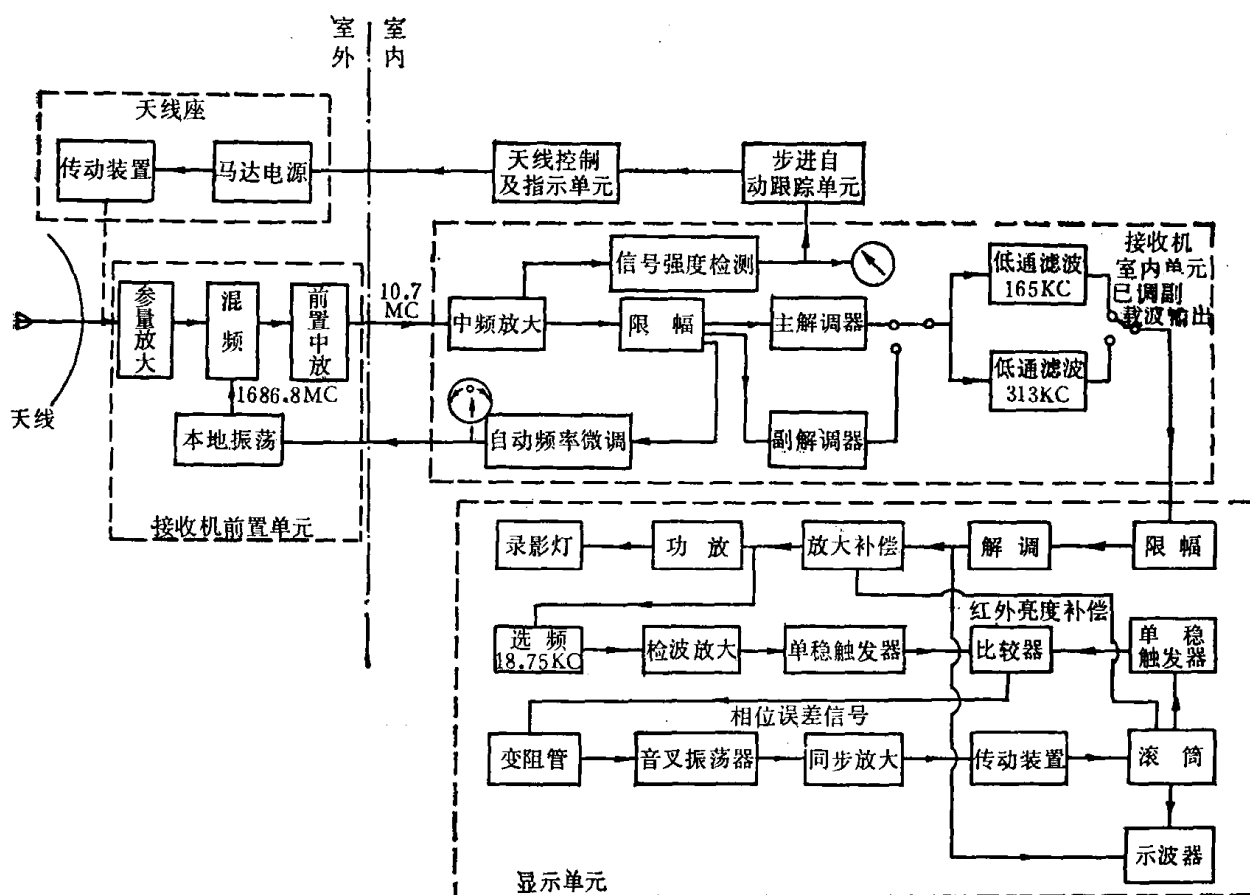


图2 接收设备总方框图

绍如下:

1. 天线和天线控制指示单元: 主要目的是使天线保持对准运行中的卫星以接收到卫星云图信号。天线由辐射器、反射器和天线座组成。辐射器是左旋圆极化的, 由三圈螺旋线 and 一个小圆片组成, 置于抛物反射器的焦点上, 以接收右旋圆极化场。反射面直径为 2.5 米, 焦距为 0.9 米, 天线主波瓣半功点宽度为 5° 。反射面表面打孔以减少风的阻力。反射面装在仰角轴上, 接收机前置部分也装在反射面后面一同转动, 这样使辐射器经同轴线送来的卫星信号经最少的衰减直接进入接收机前置部分, 以保证信噪比最大。天线的方位和仰角由两台印刷绕组直流电动机经齿轮和蜗轮蜗杆传动, 方位角转动范围为: $-30^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 210^\circ$ 。仰角转动范围为: $0^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 0^\circ$ 。用螺旋电位器作角度指示传感器, 在天线控制器及指示单元中接成电桥, 用电压表指示天线位置。用开关控制可

控硅整流器(在天线座内)的输出使天线正反转。

2. 接收机前置部分: 这部分的作用是保持高的信噪比, 并进行变频。包括参量放大器、混频器、本地振荡器和前置中频放大器等。

从天线送来的 1,697.5 兆周卫星信号直接送入参量放大器, 其增益为 18 分贝, 噪声系数小于 2 分贝, 采用 WB-51 型砷化镓变容二极管, 以 9,100 兆周泵频激励, 泵源使用了 K-108 型反射式速调管。混频器采用 WH-30 型肖特基二极管, 采用单端同轴式结构, 噪声系数为 7 分贝。本地振荡器采用 K-308 型反射式速调管。经过混频 1,697.5 兆周卫星信号波变换为 10.7 兆周中频信号, 再经前置中频放大器放大后送入室内。为保证整个接收前置部分(特别是参量放大器)的稳定性, 机箱内采取了恒温措施。

3. 接收机室内部分: 这部分的主要功能

是对卫星信号进行第一次解调及自动频率微调控制。由室外来的中频信号经主中频放大后,经限幅器使其振幅稳定及消除部分调幅干扰。其输出分别送到主解调器、副解调器和自动频率微调电路。主解调器采用动态跟踪滤波器方式,如图3所示,即用一个中心频率可控的窄带滤波器($\Delta f = 150$ 千周),其中心频率受解调输出的已调副载波信号控制,使之时刻对准中频调频信号频率的瞬时值。这样就大大压缩了接收机的有效带宽(八倍),减少了噪声,使门限改善了6分贝,保证接收机输出有较高的信噪比。在接收机的输出端,有两个滤波器是分别针对卫星信号可能发送的两种副载波的,而经常使用的是165千周滤波器。副解调器是为了调机时作对比用的,当主解调器有故障时,也可临时将它作主解调器使用。自动频率微调电路的直流电压输出,可控制本地振荡器速调管的反射极电压,将由于卫星信号的频率飘移以及本地振荡器的频率飘移纠正过来,保持中频为10.7兆周 ± 8 千周,并兼作调谐指示用。主中放的另一路输出,送给信号强度检测器,其输出作信号强度监测用,并输出到步进式天线自动控制单元,作为跟踪控制的参考信号。

4. 显示器:采用滚筒扫描方式,滚筒直径为184毫米,合作系数为4,000,扫描速度为400线/分,记录方式为照像负片。

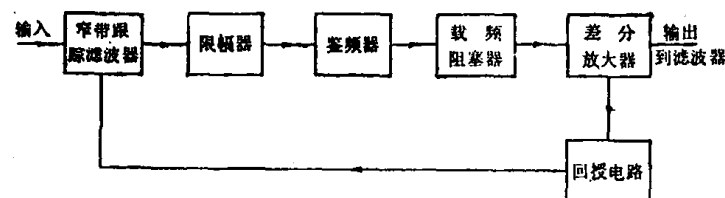


图3 动态跟踪滤波器方框图

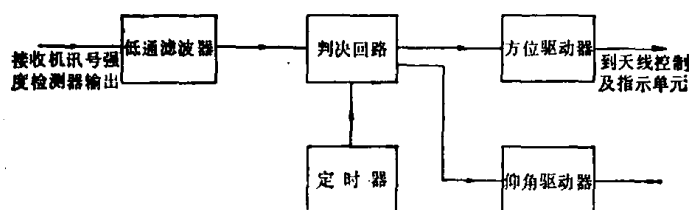


图4 步进式自动跟踪电路简要方框图

从接收机送来的调频信号先经限幅器切去调幅噪音,进行二次解调,检出图像基带信号(0—35千周),然后进行补偿和放大,激励录影灯。而且利用与滚筒同轴转动的凸轮接点在放大器中对红外云图和可见光云图的亮度差进行了直流电平补偿。

由于卫星相对地面接收站运动产生多普勒频率,如果单靠使用主动同步扫描,必然使图片产生很严重的弯曲变形。为此,在主动同步的基础上进行了扫描相位同步锁定。同步锁定方法是利用图像信号中18.75千周频标与滚筒轴上的相位凸轮所产生的滚筒转动相位脉冲进行比较,得到一个脉冲相位误差信号,经积分后控制变阻管,对2,400周音叉振荡器进行频率微调,以保持图片的正直。

5. 步进式天线自动跟踪器:步进跟踪又称爬山跟踪,其主要工作原理是当天线捕捉到信号后,使天线自动地转动一个角度,并比较转动前后接收到的信号电平。如果信号电平由于天线转动一个角度而增强了,则使天线下一次仍按此方向转动,反之则逆转。利用这一原理使天线方位角和仰角交替进行步进跟踪,即可使天线逐步对准卫星。对只接收不需要天线精确指向的云图接收站来说,这种自动跟踪方式是很适用的。其原理方框图如图4所示。

两年来,甚高分辨率云图在我国天气预报和气象研究工作中已经起了不少作用。由于这种卫星云图的分辨率很高(比普通分辨率云图的分辨率高八倍),适于观测中小尺度的天气系统和大尺度天气系统中的微细结构。而这些中小尺度天气系统中有不少系统能形成猛烈的天气(如雷暴、暴雨、飓风和龙卷等),所以甚高分辨率卫星云图是监视这种危险性天气的一种有用工具。雷暴或飓线的范围一般只几十公里或近百公里。根据目前的气象观测网(间距平均为200公里)常常不容易

把它们观测和分析出来。但在甚高分辨率云图上，雷暴区的范围和结构很容易识别出。它们常具有圆形的外形。由于云系的垂直发展很高，色调非常明亮。有时还可分辨出其中一个个更小的特别明亮的单体，表明这里有剧烈的天气。当雷暴强烈发展时，常会有一些纤维状的卷云从中心向四周散开，这表明高空的气流从雷暴区向外有大量的流出，这是雷暴发展和维持的重要因子。现在人们根据卫星云图上云系的一些特征，已能确定雷暴区范围和强度，并能判定其中哪些雷暴是正在发展，哪些正在衰亡。在一些强雷暴中，会有龙卷出现，利用甚高分辨率云图并配合其它资料，即可大致确定龙卷最可能出现的部位。

在热带海洋上，台风是一种大范围的强烈风暴。在甚高分辨率云图上，台风的云系结构看得很清楚，能提高海上台风定位的准确性。

图5是1974年8月19日13号台风的照片。这时台风正位于浙江沿海。台风眼很大，其中还有不少云系。在台风的东半部和西半部结构很不相同，东部是一条条螺旋云带旋向中心，而西部是大片白亮的浓密云区。从模糊的边界可知其上有卷云覆盖，台风中最剧烈的降雨就产生在这里。实践证明，这种云



图5 1974年8月19日13号台风的照片

图已成为监视或追踪台风的主要工具之一。

甚高分辨率卫星云图在分析其它天气系统(如温带气旋、锋面、高空急流等)中也很有用。另外对海洋、水文和地理工作者，也有一定参考价值。例如海洋工作者可以确定冬季海上结冰的范围、流冰的移动。水文工作者可以估计积雪区的面积和雪深。地理工作者可以根据晴空时图片上呈现的清晰地形，来研究山脉和其它一些地表的特征。