

# GMS 卫星展宽数字资料接收 和实时图象系统研制

徐建平 柳振华 王瑛\*

(国家气象局卫星气象中心)

## 提 要

为适应日本 GMS 卫星云图播发体制的改变,作者研制了 GMS 卫星展宽数字资料接收和实时图象系统。本文分析了展宽数字资料信息格式的特点,并介绍了研制系统的组成、特点和实验结果。

## 一、引 言

日本 GMS 卫星资料是我国进行气象观测预报的重要信息来源之一。对于用户来说,原来的 GMS 卫星播发的资料存在两点重要不足:

第一点是观测时次不够多。GMS 卫星自旋扫描辐射计对地球扫描观测时,只占用 360°自旋周期中的 20°,剩下的对空扫描时间占自旋周期中的 340°却没有被利用(见图 1)。同时为了转发经过地面处理的高分辨率传真云图(HR-FAX)、低分辨率传真云图(LR-FAX)等又占用了大量的时间,这就使得每天观测次数只有 8—14 次。在一般情况下,用户只能得到 8 个时次的观测资料,这对于监视台风、暴雨及其它强对流灾害性天气是不够的。

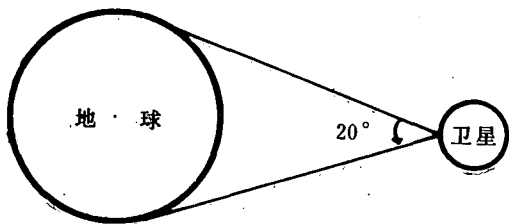


图 1 GMS 卫星对地扫描

第二点是用户只能得到 HR-FAX 模拟云图,得不到原始数字资料,因此难以进行定量处理,提取用户需要的气象参数。

为了克服这两点不足,日本播发了展宽数字资料(S-VISSR),即在扫描辐射计自旋周期的前 20°观测地球,以后的 340°内立即把所观测的资料经地面同步缓冲降低码速率后,再由 GMS 卫星逐条转发给用户。也就是说,在每条扫描线 600ms 内卫星对地观测只占 44ms,观测原始资料码速率为 14Mb/s,地面处理后把资料持续时间展宽到 500ms,码

本文1989年10月7日收到,1990年1月10收到修改稿。

\* 参加工作的还有张璞、安庆和、候成群、张晓余、马国栋、朱之江、曾勇、刘寿敏、王大昌、田敬华、贾树波等。

速率降低到 660Kb/s,称为展宽数字资料。这样,用户不必用特别大的天线就能收到展宽数字资料,实时性较 HR-FAX 好,观测次数可增加到每半小时或一小时一次。

为适应日本 GMS 卫星云图播发体制的改变,我们研制了 GMS 卫星展宽数字资料接收和实时出图系统,并于 1988 年 1 月 8 日,即日本试发展宽数字云图的第一天就收到清晰的图象,这是我国首次收到的展宽数字云图。

## 二、信息格式及特点

S-VISSR 播发频率与 HR-FAX 相同,都是 1687.1MHz,调制方式为差分编码 DPSK,基带信号编码方式为 NRZ-M,码速率 660Kb/s,中频带宽小于 2MHz。S-VISSR 基带信号编码时以 8bit 为一组,每隔一组取反一次,即偶数组内容取反,这是为了避免连续出现零信号(如一大片云)时给同步提取带来的困难。为了扩展频谱,基带信号还加上了伪随机码(PN)。PN 码由 15 位移位寄存器生成,其生成多项式为  $1 + x^{14} + x^{15}$ ,初值为 010001001100001。20000 位同步码就是这个 PN 码起始的 20000 位,在第 19985 位到第 20000 位时连续 15 位为全 1,在第 20000 位处为每行扫描线的起始点。在播发 S-VISSR 串行数据时其时序为最高位最先发,最低位最后发。

S-VISSR 的信息格式如图 2 所示。

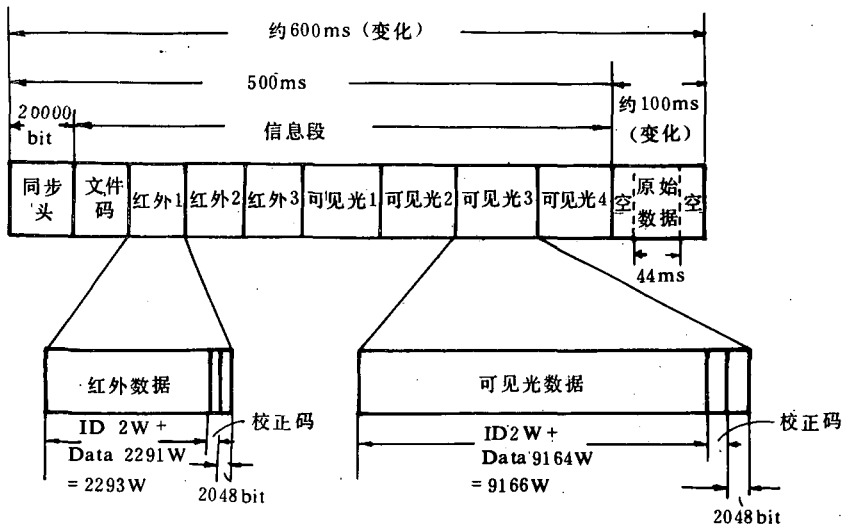


图 2 S-VISSR 信息格式

我们对 S-VISSR 信息格式进行了分析,其中一些特点对设计 S-VISSR 接收和处理系统是很重要的,有些对资料的利用是重要的。

1. S-VISSR 每条扫描线时间不固定,随卫星自旋转速度变化而变化,卫星转速为 100 转/分  $\pm 1\%$ ,相应的扫描线时间为  $600\text{ms} \pm 1\%$ ,其中同步码时间和信息段时间是固定的 500ms,而剩下的约 100ms 是变化的作为原始资料播发(约 44ms)及空区段用。对 S-VISSR

用户接收站而言,收到的信号是中断的,最大中断时间约 44ms,因此设计接收机时必须考虑到中断信号的快速捕获。

2. 码速率为固定的 660kb/s,不随卫星自旋速度变化而变化,这表示地面接收系统难以利用比特钟获得卫星转速信息。

3. 红外(IR)每个象素 8bit,可见光(VIS)每个象素 6bit,因而 IR 和 VIS 的字钟速度是不同的,数据分离及处理时必须考虑到对 IR 和 VIS 给出不同字钟。

4. 信息排列方式为逐通道排列,而不是逐象素排列(美国 NOAA 卫星信息排列方式为逐象素排列),即每条扫描线的 IR 通道的各个象素及 VIS 通道的各个象素分别集中在一起发。对于每个 IR 或 VIS 通道而言,信息都是中断的,而且每条扫描线时间又不固定,因此如不加特殊处理,难以在我国常用的滚筒式传真机上出图。

5. S-VISSR 一条扫描线含有三个通道的 IR 图象各一条线及 VIS 图象的四条线。IR 每幅图象有 2500 条线,VIS 每幅图象有 10000 条线,每幅圆盘图持续 25 分钟。接收 S-VISSR 时可以同时得到一幅 VIS 图象和三幅 IR 图象,但目前 GMS 卫星只有 IR<sub>1</sub> 图象,IR<sub>2</sub> 和 IR<sub>3</sub> 供备用。如用二台传真机可同时获得 IR<sub>1</sub> 和 VIS 图象,如只用一台传真机则需加合成处理才能同时获得 IR 及 VIS 图象。

6. IR 每条扫描线有 2291 个象素,相当于空间分辨率 5km,VIS 每条扫描线有 9164 个象素,相当于空间分辨率 1.25km,与扫描辐射计原始资料的空间分辨率相同,比空间分辨率为 2.5km 的 HR-FAX 高一倍。

7. S-VISSR 数据信息段中每个象素数据不含有网格地图信息,必须利用文件码中的轨道姿态参数来计算网格。这样,接收站配备计算机就更为必要。如不配置计算机则网格的叠加比较困难,也不易精确。

8. GMS 运行时间表(S-VISSR 及 LR-FAX 播发时间表)以 ASCII 编码形式包含在文件码中,必须用打印机打印出,而不是以图象形式播发给用户,用户不能在传真机上直接收到时间表。

9. S-VISSR 数据量大。S-VISSR 每条扫描线数据量有 45.836KB,而每幅圆盘图的数据量高达 114.59MB。

10. S-VISSR 的实时性好,它与扫描辐射计观测原始资料几乎是同时得到的,而 HR-FAX 比原始观测资料要晚 30 分钟到 120 分钟。

11. 红外观测温度的范围,S-VISSR 为  $-136^{\circ}\text{C} \sim 76^{\circ}\text{C}$ ,HR-FAX 只有  $-80^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 。

### 三、研制系统的组成

我们研制的 S-VISSR 接收和实时出图系统如图 3 所示,它由天线、高频头、DPSK 锁相接收机、帧同步器、实时出图处理器、121 传真机、视频中频和高频模拟信号源组成。天线仍用 HR-FAX 接收系统原有的 6 米天线,121 传真机为原有设备,除了这两部分以外,其它分系统全部重新研制。

### 1. 天线及高频头

天线方位俯仰位置可手动调整,馈源内有线极化可调的偶极子。高频头装于天线抛物面背后,内有低噪声前放和下变频器。前放为砷化镓场效应低噪声放大器,噪声系数小于 1.5db。下变频器将 1687.1MHz 信号变频为 137.5MHz 信号,通过射频电缆送到室内接收设备。下变频器本振为介质腔振荡器,较经济、简单,但频率稳定度不如晶振倍频振荡器高。本振频率 1549.6MHz,S-VISSR 信号变频后得到中频为 137.5MHz 的信号。本振频率稳定度以  $\pm 1 \times 10^{-5}$  计,则频率漂移为  $\Delta f = \pm 1 \times 10^{-5} \times 1549.6\text{MHz} \approx \pm 15\text{KHz}$ 。为确保系统正常工作,必须保证在室外环境条件下,本振频率漂移小于  $\pm 15\text{KHz}$ 。为了减少环境温度对本振频率的影响,把本振加以恒温,温度控制在  $50^\circ\text{C}$ 。高频头电源采用二次稳压,以防止电源馈线长短变化时高频头上工作电压变化使本振频率等发生变化。

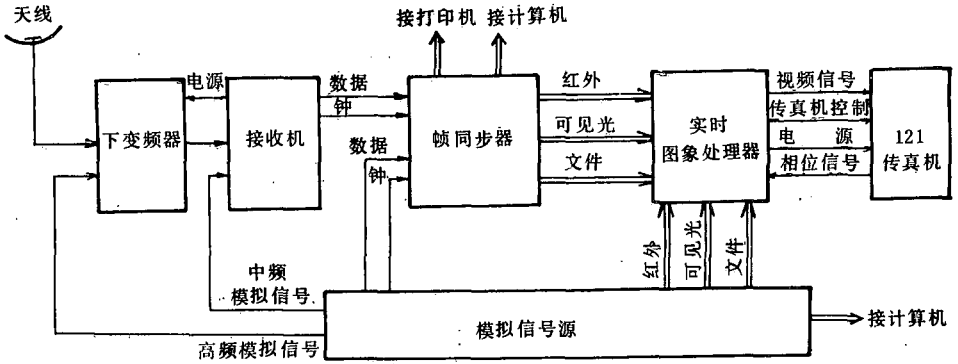


图 3 S-VISSR 接收及实时图象系统

### 2. 接收机

接收机为一超外差锁相接收机,用考斯塔环路进行锁相解调,误码率与载噪比曲线比理论值劣化小于 2db。接收机环路锁定时间较小(实测锁定时间小于 10ms),能适应中断信号接收的要求。环路捕获带宽较宽,可达 70KHz,能适应本振频率漂移较大的要求,如介质腔本振频率变化小于 70KHz,系统都可正常工作。接收机内还有比特同步器,能提供位同步钟信号。

### 3. 帧同步器

帧同步器的作用是:(1)获得每条 S-VISSR 扫描线的起始信号,即寻找 20000 位同步信号,并在 20000 位同步信号的最后一位产生一个行起始脉冲。(2)把 S-VISSR 中的 PN 码去掉,恢复成原来 S-VISSR 信号,并每隔 8bit 取反恢复成原码。(3)进行通道分离,把 IR<sub>1</sub>、IR<sub>2</sub>、IR<sub>3</sub> 及 VIS 分离开,以并行码方式连同各区段起始信号、比特钟、字钟和可用信号送给实时出图处理器,经传真机出图。(4)把信息段以并行码方式连同各时间控制信号送

给计算机处理系统。(5)从文件码中分离出 GMS 卫星运行时间表的 ASCII 码给打印机。(6)对数据误码率进行监测。

#### 4. 实时图象处理器

实时图象处理器的功能是:(1)在帧同步器和 121 传真机之间起接口作用,使得能在转速为固定的 400 转/分的滚筒式传真机上记录线速度为变化的( $100 \pm 1$  线/分)S-VISSR 图象,而基本不改动 121 传真机。此接口是出图的关键,如解决不好难以在传真机上出图,造成图象始点抖动或图象歪斜。(2)在不配置计算机的条件下对图象作些最简单实用的实时处理,包括增强、放大(1/4 圆盘图)、通道合成显示、加等值线等。通道合成显示使得一台传真机出的图片一半是 IR,另一半为 VIS。(3)在图象上迭加上地图网格。播发的 S-VISSR 图象象素数据中没有网格信息,定位信息包含在文件码中,需经计算才能得到网格。我们将事先计算好的网格文件存在一个 EPROM 中,利用一单板机自动校准配准误差,即选择一个参考点的经纬度坐标与文件码中参考点的坐标比较来自动校准加上的网格。这种做法是根据参考点的坐标上下左右移动固定网格迭加到接收的图象上,其定位精度不高。原因是固定网格只能上下左右平移不能扭转,往往顾此失彼,某些地区定位精确而另一些地区定位则不精确;另一原因是 GMS 卫星轨道倾斜,星体位置每天以“8”字形变化,因此有些时次定位精度较高,有些时次定位精度较差。还要指出,S-VISSR 文件码中所给的定位信息是前一天的预报值,经过计算机计算得的网格如不经过人机对话式地标导航校正也是不精确的,在大型计算机系统上的实验也证实了这一点。上述实时出图处理要求边接收边处理,接收一结束处理也就完毕,处理速度要求快,因此都用硬件实现。

#### 5. 模拟信号源

模拟信号源产生:(1)视频 S-VISSR 模拟信号,其信息格式完全符合日本气象厅公布的 S-VISSR 一条扫描线的格式。视频输出信号有几种:第一种是串行数据,可送给帧同步器;第二种是经过通道分离的并行数据连同定时信号送给实时图象处理器;第三种是包括整个信息段的并行数据,可送给计算机处理系统。(2)137.5MHz 中频 S-VISSR 调相信号,送给接收机。(3)1887.1MHz 高频 S-VISSR 调相信号,送给高频头。S-VISSR 模拟信号的同步码按规定的 PN 码给出,信息码中的 VIS 为 16 个灰阶信号,IR<sub>1</sub> 为 32 个灰阶信号,IR<sub>2</sub> 为 8 个灰阶信号,IR<sub>3</sub> 为 4 个灰阶信号,各区段识别码均按规定格式给出。文件码中 GMS 卫星运行时间表一行按 ASCII 码写上一固定的英文字符。文件码中轨道、姿态等以及其它参数由于难以模拟因此都填上“0”。模拟信号源还模拟了卫星转速变化时每条 S-VISSR 扫描线时间的变化,能产生时间可调的(594ms~606ms)S-VISSR 信号。

### 四、系统特点

同现有国产云图接收系统比较,研制的系统有如下特点:

1. 采用 S 波段介质振荡器作本振。以往国产云图接收机高频头本振采用晶振倍频或 L、C 振荡器。我们研制了介质振荡器作本振,其优点是结构简单、价廉,但频率稳定度不够高,

因此要求锁相接收机捕获范围较大。

2. 有一定的实时图象处理能力。过去国产云图接收机只是简单地接收云图,不能进行处理,我们研制的系统有实时图象处理器,对接收的图象能作实时增强、放大、加等值线、加网格及双通道合成等。这种实时处理功能当然远不如计算机图象处理系统那样种类繁多、灵活多变,但也有其突出的优点:实时性好、价格低廉不要配置计算机;操作简便,对日常操作人员的要求低。

3. 有较完善的模拟信号源,能提供符合 S-VISSR 信息格式的视频、中频和高频模拟信号,可对不同分机进行检测。

4. 采用积木结构,各分机均有独立电源,便于维修。

## 五、实验结果

### 1. 实际接收前系统测试及结果

在日本播发 S-VISSR 资料之前,我们对研制的系统进行了一系列测试,说明该系统可以顺利地接收 S-VISSR 资料。测试的项目及结果如下:

(1) 不同信噪比条件下接收机接收 DPSK 信号的误码率。用一自制的误码仪测量接收机接收 DPSK 信号时信噪比与误码率关系曲线。实测结果表明,误码率曲线比理想 DPSK 解调器误码率曲线劣化小于 2db。

(2) 中断信号锁定时间。我们用一 PN 码对高频信号进行相位调制,同时用一与 PN 码钟频相关的宽度为 44ms 的中断信号去关闭高频信号以产生有中断的高频调相信号。此调相信号经高频头送接收机解调,解调之后用一异或门与原来的 PN 码解扰。在 44ms 中断时间之内如接收机未锁定则误码率高,解扰之后输出脉冲密集;若接收机已锁定,则误码率降低,解扰之后输出脉冲变稀。用此方法可以测定锁定时间。实测表明,接收机锁定时间小于 40ms。

(3) 不同信噪比条件下传真机出图。输入不同信噪比的模拟高频信号给高频头,当信噪比大于 10db 时图象无噪声,灰阶线条较直,当信噪比小于 8db 时图象有噪声,灰阶线条抖动。

(4) 不同信噪比条件下系统捕获带宽。系统捕获带宽定义为当输入高频信号频率偏移标准的频率(1687.1MHz)某一值时,对接收机不作任何调整,系统仍能正常工作,此值称为捕获带宽。正常工作指接收机能锁定、帧同步器能检出同步头、以及 121 传真机出图正常。实测结果表明,不同信噪比、不同环路带宽时系统捕获带宽约 70—100KHz。

(5) 不同信噪比条件下系统工作带宽。系统工作带宽定义为当高频输入信号频率偏移标准的频率(1687.1MHz)某一值时,对接收机二本振频率作些微调(压控振荡器,面板上可调整其中心频率)系统还能正常工作,此值为系统工作带宽。实测结果表明,系统工作带宽可达 500KHz。这表示当介质本振长期频率稳定度不够高时,只要其频率漂移不大于 500KHz,靠接收机微调二本振频率仍可使系统工作正常。

(6) 卫星转速变化时传真机出图。卫星自旋转速在  $100 \pm 1$  转/分内变化,相应的每条

S-VISSR 扫描时间在 594~606ms 内变化,要求传真机在扫描线时间变化时都能正常出图。实验证明,送入扫描线时间变化的信号时(相当于卫星转速变化 1%),本系统可以在 121 传真机上正常出图,灰阶线条笔直,始点不发生抖动。

## 2. 实际接收图象结果

日本于 1988 年 1 月 8 日试发展宽数字云图,我们于当天就收到清晰的图象,这是我国首次收到的展宽数字云图。旋即得到经过实时处理的放大、增强、双通道合成图,达到原设计要求。试收成功后该系统由工厂批量生产。

## 参 考 文 献

- [1] 徐建平, GMS 卫星展宽数字资料接收和处理, 气象, 13, 2, 1987.
- [2] Transmission Characteristics of GMS Stretched VISSR Data, Meteorological Satellite Center, Japan, October, 1986.

## DEVELOPMENT OF GMS STRETCHED VISSR DATA RECEIVING AND REAL-TIME PROCESSING SYSTEM

Xu Jianping Liu Zhenhua Wang Ying

(Satellite Meteorology Center, SMA)

### Abstract

A GMS S-VISSR data receiving and real-time processing system has been developed to fit the transmission change from HR-FAX to stretched VISSR. This paper has analysed the features of S-VISSR data format, and described the layout, characteristics and experimental results of the developed system.