

# TOVS/MSU-ch. 2 亮温的中尺度天气特征环境\*

韩卫清 王宗皓

(国家卫星气象中心,北京 100081)

## 提 要

将 NOAA-11 探测仪 TOVS/MSU-ch. 2 亮温,对照分析四川省(20°—40°N, 90°—110°E)境内 1989 年 7 月 7 日到 12 日几次重复出现的中尺度云团发展和降水过程,得到两点看法:①MSU-ch. 2 亮温可能表示 700hPa 附近中尺度天气的一种特征环境;②强中尺度对流云团可能在 MSU-ch. 2 亮温分布的相对低值到高值过渡带内强烈发展,有时偏向高值区出现降水天气。

**关键词:**中尺度天气特征环境;亮温;降水。

## 1 引 言

气象卫星 NOAA-11 载有 AVHRR 辐射仪和 TOVS 垂直探测器。TOVS 包括微波探测仪 MSU, 高分辨红外辐射探测仪(HIRS/2)和平流层探测仪(SSU)。HIRS/2 和 MSU 的探测信息用于天气分析预报。HIRS/2 有 20 个通道,中心波长 0.7—15 $\mu\text{m}$  覆盖可见光和红外光谱区。其星下点水平分辨率 17km,轨道边缘 59km;而 MSU 有 4 个通道,其频谱分布从 50.3GHz 到 57.95GHz,星下点的分辨率 109km,轨道边缘 323km。TOVS 的垂直分辨率 3—5km。各通道的探测能力和用途,在文献[1]有叙述。MSU 受云的削弱较小,云下的微波能穿云层到达卫星载辐射计;厚云和降水云对 MSU 探测还是有些影响。单星运行每天有 14.1 条轨道覆盖全球,轨道周期 102 分钟。由于每天的轨道数不是整数,星下点路径不能完全重叠。但卫星经过各纬度上的地方太阳时不变。30°N 到 30°S 中低纬地区,卫星轨道覆盖不衔接,有空隙。40°N 以北和 40°S 以南包括极区,轨道覆盖重叠。双星运行每天有 8—12 次通过同一地区。因此,对于 40°N 以北和 40°S 以南的水平尺度  $10^1$ — $10^2\text{km}$ 、时间尺度一小时到一天、垂直尺度  $10^1\text{m}$  到对流层顶的中尺度天气系统,可以利用 TOVS 探测数据进行分析 and 监测。

TOVS 探测数据通常反演成大气温湿参数而用于大尺度和中尺度分析和预报<sup>[2,3]</sup>。近年来,HIRS/2 和 MSU 的亮温在天气学和动力学的天气分析预报中开始受到重视和业务

1992 年 8 月 29 日收到,1993 年 3 月 5 日收到修改稿。

\* 非教育系统科研基金资助项目。

应用. 这是一种直接应用卫星辐射率的途径. TOVS 探测辐射率不经过反演而直接在数值预报中应用, 是将辐射率转化为亮温, 与其它来源的数据同化, 提供数值天气预报模式的初值场<sup>[4]</sup>. 由于极轨卫星对 40°N 以北和 40°S 以南提供了频次多的 TOVS 探测数据, Heinemann<sup>[5]</sup>应用 TOVS 数据研究了南极地区的中尺度涡旋. Claud 等人<sup>[6]</sup>用 TOVS 数据研究了格陵兰和巴伦兹海地区的中尺度天气现象. Klaes<sup>[7]</sup>应用 HIRS/2 和 MSU-ch. 2 的亮温, 研究 40°N 以北中欧的中  $\beta$  尺度对流复合体天气变化的特征环境, 指出用反演之前的 TOVS 探测数据可以分析中尺度结构及其环境, 如云团和雷雨云位置, 并指出 MSU-ch. 2 的亮温也能给出明显的信号, 但还要用其它轨道的云团再证实.

本文用 NOAA-11 的 MSU-ch. 2 亮温作为主要数据, 配合 HIRS/2 数据和 GMS-3 的红外增强云图, 以及地面每小时的雨量记录, 对照 20°—40°N、90°—110°E 地区, 1989 年 7 月 7 日到 11 日云团发展位置和重复出现的几次大雨、暴雨天气, 揭示 MSU-ch. 2 亮温图所给出的特征环境.

## 2 MSU-ch. 2 亮温的中尺度天气特征环境

众所周知亮温是由 Planck 定律转换出的等效黑体温度  $T_B(\nu)$ , Planck 函数

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2(e^{h\nu/kT} - 1)}$$

式中  $\nu$  为频率,  $k$  为 Boltzmann 常数,  $c$  为真空中光速,  $h$  为 Planck 常数. 在常温下的电磁波谱的微波区(波长  $> 0.5\text{cm}$ ),  $h\nu/kT \ll 1$ . 因而, Planck 函数简化为黑体辐射与温度成线性关系:

$$B(\nu, T) = 2k\nu^2T/c^2$$

于是, 在微波区亮温  $T_B(\nu)$  和辐射强度  $I(\nu)$  亦为线性关系:

$$T_B(\nu) = c^2I(\nu)/2k\nu^2$$

由于微波探测器 MSU-ch. 2 的峰值能量贡献层次在 700hPa 附近, 按照这里的讨论可知 MSU-ch. 2 亮温代表 700hPa 附近的黑体辐射强度. 有可能表征天气过程的近地层一种特征环境.

项续康<sup>[8]</sup>曾用 GMS-3 的时间间隔一小时的数字展宽红外增强云图, 分析同一时段川东四次暴雨天气过程, 为本文所选用的例子提供了每小时的雨量记录和有关云图. MSU-ch. 2 亮温购自美国 NOAA/NESDIS 国家气候数据中心. 本节将现有的 5 张微波通道亮温图对照前节所述地区的云团发展和大雨、暴雨天气过程, 对照情况叙述如下.

图 1 是 1989 年 7 月 7 日 07:30UTC 开始的两条轨道的 MSU-ch. 2 亮温分布(单位 K, 下同). 图中 L 和 N 分别表示冷、暖中心, 即亮温的相对高值和低值区. 图中(28°N, 103°E)附近出现 L 到 N 过渡带. 点圈表示 08:32—11:31UTC 峨嵋山地区的 GMS-3 云图上中尺度云团发展处(云图略). 7 日 10:00—16:00UTC, 峨嵋山站降雨记录 65mm. 另外, 图 1 中 33°N、90°E 附近的 L 到 N 过渡带, 对应高原上 GMS-3 云图的中尺度云团发展合并的地区. 此处未出现大的降水, 日降雨量 9mm. 图中 33°N、80°E 附近的 L 到 N 过渡带的天气状况, 无云图和常规观测数据核查对照.

图2和图3分别表示700—500hPa和500—400hPa层平均温度(K),是由NOAA-11的TOVS探测统计反演得出的.图中28°N、103°E附近的L到N过渡带,与图1中的28°N、103°E过渡带相对应.但是34°N、90°E地区为冷空气控制,这可能表示图1中33°N、90°E地区上空的天气系统不够强、不够深厚,因而未出现大的降水.顺便提出,与图2比较看出图3中28°N、103°E附近的L到N过渡带稍向西倾斜,表示此处天气系统的斜压性强.这可能是峨嵋山地区出现大暴雨的原因之一.

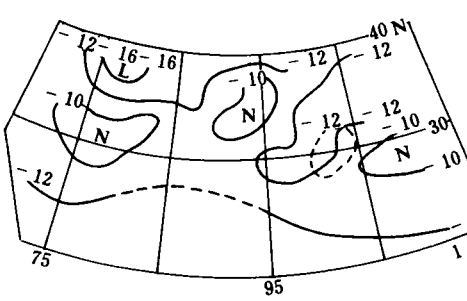


图1 1989年7月7日  
07:30±1:00UTC,  
MSU-ch. 2 亮温(K)

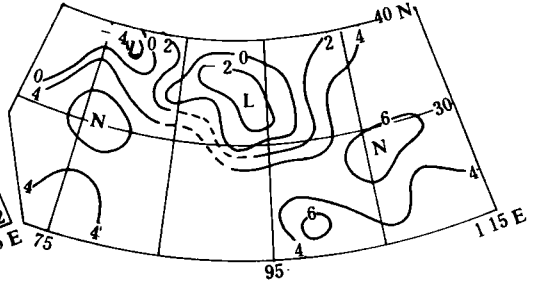


图2 1989年7月7日 TOVS  
07:30±1:00UTC,  
反演的700—500hPa层平均温度(K)

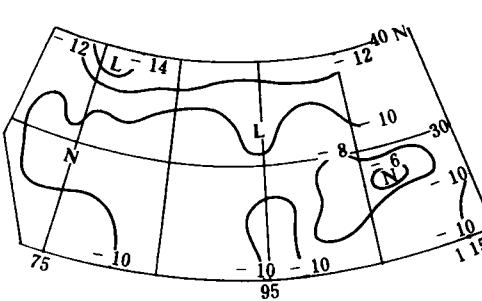


图3 1989年7月7日 07:30±1:00UTC,  
TOVS反演的500—400hPa层平均温度(K)

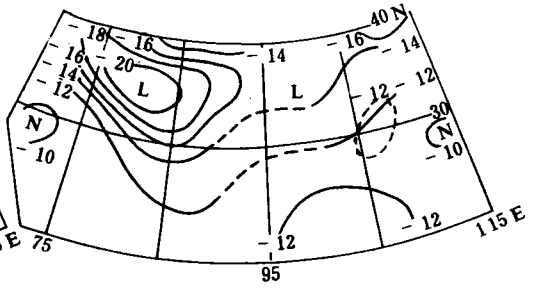


图4 1989年7月7日 19:30±1:00UTC,  
MSU-ch. 2 亮温(K)

图4是1989年7月7日19:30UTC开始,NOAA-11的MSU-ch. 2亮温分布.图中点圈表示四川省三台、武胜和荣昌等三县地区上空,从7日22:25UTC—8日01:32UTC和8日03:32UTC,中β尺度云团发展合并地区.图5和图6分别是8日01:32UTC和8日03:32UTC的GMS-3红外增强云图.8日07:00UTC,武胜出现降水,最大小时(11—12UTC)降雨量71mm,日雨量136mm.后来,此次降水系统向东北方向移动,在邻水县、梁平县和万县先后出现降水,日雨量分别为12mm、6mm和40mm.

图7a是1989年7月8日07:30UTC开始NOAA-11的MSU-ch. 2亮温分布.图中点圈表示8日08:30UTC—11:30UTC的GMS-3红外增强云图中,武胜到万县上空云团发展地区(云图略).9日01UTC武胜县出现降水.最大小时(05—06UTC)降雨量44mm,日雨量238mm.9日03UTC邻水县开始降水,最大小时(03—04UTC)雨量

13mm, 日雨量 63mm. 9 日 02UTC 梁平降水, 最大小时(07—08UTC)降雨量 25mm, 日雨量 75mm. 9 日 02UTC 万县开始降水, 持续 17 小时, 最大小时(05—06UTC)降雨量 14mm, 日雨量 88mm.

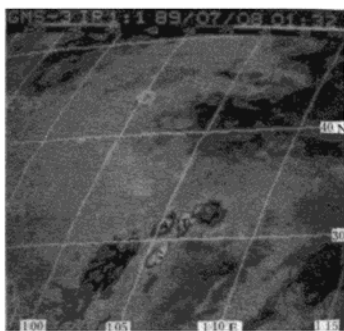


图 5 1989 年 7 月 8 日 01:32UTC 红外增强云图

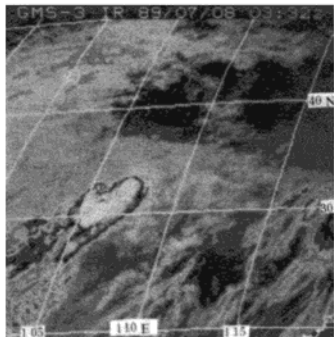


图 6 1989 年 7 月 8 日 03:32UTC-3 红外增强云图

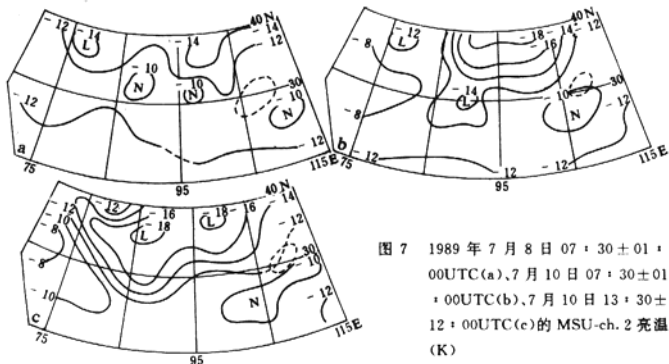


图 7 1989 年 7 月 8 日 07:30±01:00UTC(a), 7 月 10 日 07:30±01:00UTC(b), 7 月 10 日 13:30±01:00UTC(c) 的 MSU-ch. 2 亮温 (K)

图 7b 和图 7c 分别为 1989 年 7 月 10 日开始时间 07:30UTC 和 13:30UTC, NOAA-11 的 MSU-ch. 2 亮温分布. 其中点圈表示 7 月 10 日 07:32 到 22:25UTC 静止卫星 GMS-3 红外增强云图上中尺度云团发展、减弱又发展减弱的地区(图略). 由于缺 7 月 9 日的 MSU-ch. 2 亮温图, 难以展示 10 日的降水天气的特征环境. 图 7b 和图 7c 中的 L 到 N 过渡带正处于 10 日武胜到万县的雨带之内, 这样的特征环境可能预示云团要继续发展, 雨带还要维持降水天气. 同时, 从图 7c 看出冷空气南下趋势, L 到 N 过渡带也稍

向东南推移,预示雨区南移.实际上,武胜、邻水和大竹以北,10日24:00UTC之前,基本上结束这次过程降水,而梁平、忠县、万县、奉节和巫溪一带,从10日01:00UTC到11日21:00UTC先后出现降水天气.恩施20:00—21:00UTC降雨量为55mm,出现大暴雨天气.

### 3 结 束 语

用现有的MSU-ch.2亮温分布图,对照几次降水天气过程,揭示其给出的云团发展和降水天气特征环境是非常初步的,还需要做大量的分析研究工作.除提取HIRS/2和MSU-ch.2的亮温分布,选择更多的中尺度天气过程例子,进行深入研究之外,还需要对照从AVHRR提取的亮温和收集其它有关卫星的微波通道探测以及云图的定量信息,作综合性比较研究.但是上面揭示的事实应当引起重视,至少说明微波MSU-ch.2亮温有可能表示中尺度天气700hPa附近的一种特征环境.亮温数据与其它数据配合使用,进行中尺度天气分析预报似乎也是有可能的.

亮温用于天气学分析预报,是卫星探测辐射率不经过反演而直接用于天气分析预报的一个途径.这样应用卫星探测辐射率,可减少计算量和误差来源,便于将极轨卫星和静止卫星遥感综合定量应用.

**致谢:**感谢项续康同志提供云图和雨量数据,江吉喜同志推选天气例子,并进行了有益的讨论.

### 参 考 文 献

- 1 陈述彭,承继成,王宗皓等编.气象卫星影像环境动态分析(图集).北京:科学出版社,1992.
- 2 王宗皓,毛建平等.NOAA卫星探测数据对B模式分析/预报系统性误差的影响.气象学报(英文版),1992,6(4):421—432.
- 3 韩卫清,王宗皓.一种中尺度滤波法及其在卫星资料个例分析中的初步应用.应用气象学报,1990,1(4):427—433.
- 4 王宗皓.卫星探测辐射率在数值天气预报中直接应用.国家卫星气象中心技术报告,1992.
- 5 Heinemann G. On the use of TOVS data for studies of meso-scale vortices in the Wedell sea (Antarctica). Tech. Proc. Fifth International TOVS Study Conference. Toulouse, France. 1989.
- 6 Claud C., A. Chedin, et al. Retrieval of meteorological parameter from NOAA-9 over Greenland and Barents Seas for three consecutive days of June 1986. Second Conference on Polar Meteorology and Oceanography. Madison (Wisconsin), 1988.
- 7 Klaes K. D. The environment of meso-beta phenomena with TOVS. Sixth International TOVS Study Conference. Airlie, Virginia, 1991.
- 8 项续康.1989年7月川东大暴雨中尺度对流系统分析.国家卫星气象中心,《卫星气象》,1991.

## THE ENVIRONMENT OF MESO-SCALE PHENOMENA WITH BRIGHTNESS TEMPERATURES FROM TOVS/MSU-CHANNEL 2

Han Weiqing Wang Zonghao

(*National Satellite Meteorology Center, Beijing 100081*)

### Abstract

This note describes the preliminary use of brightness temperatures of TOVS/MSU-channel 2 on board the satellite NOAA-11 to show the characteristic environment of meso-scale phenomena which arise alternately the convective precipitation process over the region ( $20^{\circ}\text{N}$ — $40^{\circ}\text{N}$ ;  $90^{\circ}\text{E}$ — $110^{\circ}\text{E}$ ) on 7—12 July 1989. The preliminary results are:

(1) The brightness temperatures of the MSU-channel 2 contribute to the 700 hPa level of peak energy. It is possible to provide a certain characteristic environment of the meso-scale phenomena over the above mentioned region.

(2) Cloud clusters with strong convection emerge possibly in a transition zone from the low value of brightness temperatures to the relatively high value, and rather strong precipitation appears near the high value zone.

**Key words:** Characteristic environment of meso-scale phenomena; Brightness; Precipitation.