

气象卫星的通道选择及其开发应用

蒋尚城

(北京大学地球物理系, 100871)

提 要

介绍了气象卫星通道选择的原则及现有各种卫星的通道,重点介绍了NOAA卫星AVHRR各通道及静止气象卫星水汽通道的用途,特别提出了多通道的应用是现有气象卫星资源开发应用的方向。

关键词: 气象卫星 通道选择 多通道应用

1 气象卫星的通道及其选择

气象卫星主要是被动遥感来自地球和大气(包括目标物和非目标物)所发射或反射和散射的电磁波辐射,但是为了得到目标物的信息,不可能去接收所有的电磁波信息,而必

须使用通道去进行遥测。

所谓通道就是卫星传感器只感应某一特定波段的电磁波,对其它波段一律滤掉,这一特定波段就叫通道。这在电视中就是频道,无线电广播中叫波段。

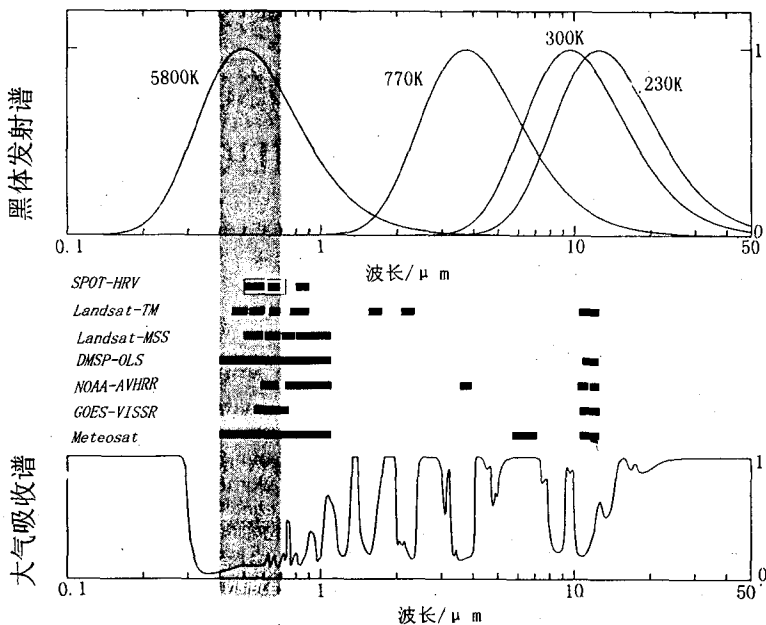


图1 卫星通道和大气吸收谱及黑体发射谱

由于卫星传感器接收到的辐射是目标物的辐射,并受到非目标物(背景)的影响和传输路径介质的影响,所以选择通道的目的就是突出所要观测目标物的信息,并将其它影响降到最小。故卫星通道选择的原则有三点:① 选择最大辐射的波段,以使目标物的辐射信号最强,易于接收和减小误差。② 选择窗区和吸收带,以使传输介质(大气)对目标物的辐射影响最小。③ 选择易于区分目标物的特定谱区(可从遥感对象的光谱特性去找)。

图1为各种卫星常用的通道以及黑体的发射谱和大气吸收谱。由图1可以看出,所有卫星的可见和红外通道都是选在大气窗区及太阳和地球大气最大辐射发射区。静止卫星

的水汽通道都选在水汽吸收带。NOAA卫星的第三通道则是选在大气窗区和770K(赤热熔岩)的最大发射区。其它一些通道虽不在最大辐射发射区,但都是选在易于发现一些特定目标物的谱区。

2 气象卫星各通道的应用

70年代美国第二代极轨业务卫星I-TOS/NOAA系列的可见光(0.5~0.7 μm)和红外(10.5~12.5 μm)双通道扫描辐射仪SR主要用于得到日常的可见光与红外云图。

80年代~90年代美国第三代极轨业务卫星TIROS-N/NOAA系列的甚高分辨辐射仪AVHRR有5个通道,其主要波段和用途如表1所示:

表1 AVHRR的通道、波段和用途

通道	波长(μm)	主要用途
1	0.58~0.68	白天云 地表特征 大气污染
2	0.725~1.10	水体边界 冰雪融化 植被
3	3.55~3.93	高精度海温 火山 森林火灾 夜间云
4	10.30~11.30	海温 日夜云
5	11.50~12.50	海温 日夜云

由图2可以看到水陆反照率差及融雪与未融雪的反照率差在2通道明显比1通道大,由图3还可以看到各种植被及干湿土壤的反照率差在1,2通道的明显对比。图4可以看到3通道的海温相对误差远比4通道小。根据上述遥感对象的光谱特性,我们可以发现在AVHRR增设的2,3通道能增加识别很多我们感兴趣的東西。

以上都是窗区通道,此外在静止卫星上除了可见光与红外通道以外,还有6.7 μm 水汽吸收带通道提供水汽图像;极轨卫星的TOVS中27个包括窗区和不同气体的吸收带通道,可用以得到从地面直到10hPa的大气温湿垂直廓线及三个层次的水汽和臭氧的总含量。

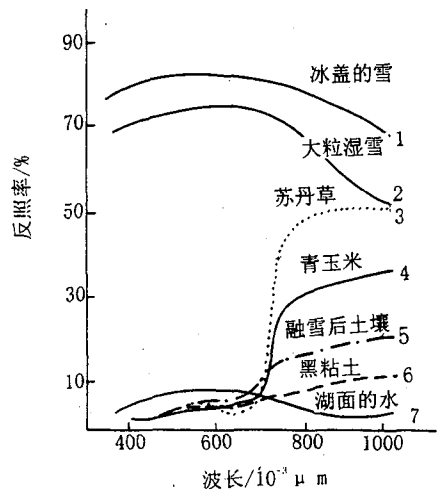


图2 不同地表的反照率随波长的变化

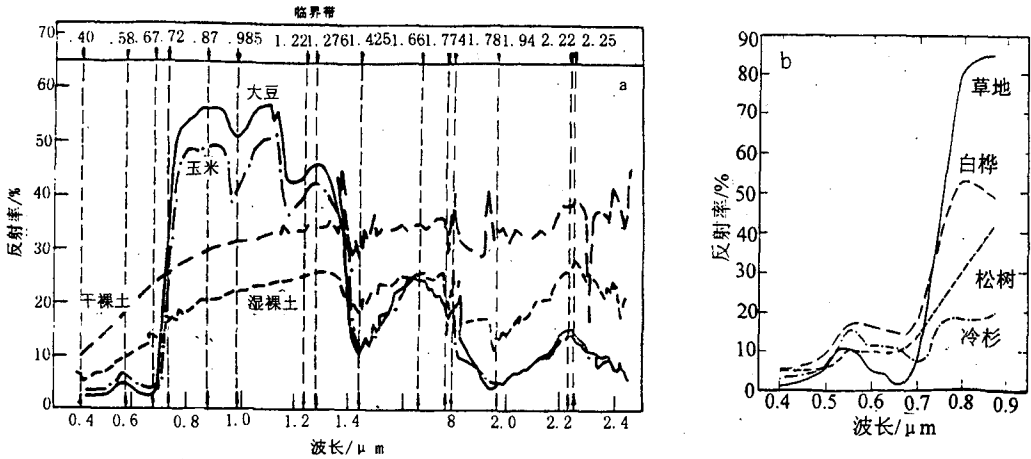


图3 各种植物的光谱反照率

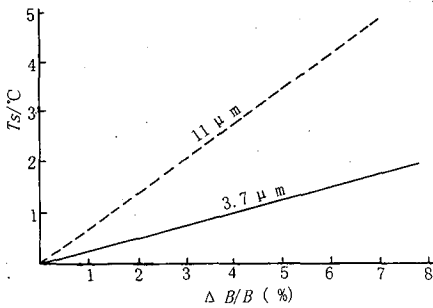


图4 3.7μm和11μm的SST误差比较

3 气象卫星多通道的开发应用

气象卫星通道应用的发展方向是多通道的开发应用。即利用多个通道信息的组合,可以得到新的或更为精确的地表和大气信息。下面我们介绍一些多通道应用的例子。

3.1 植被指数

利用1,2通道的组合可以得到标准化的植被指数NVI(Normalized Vegetation Index):

$$NVI = (Ch2 - Ch1) / (Ch1 + Ch2)$$

这主要是根据1,2通道的光谱特性,植

被反射的可见光部分(Ch1)比红外部分(Ch2)小得多,而岩石、裸露地表则近于相等,云、水、雪则相反。即

- a. 云,水,雪 $Ch1 > Ch2$ $NVI < 0$
- b. 岩石,裸露地表 $Ch1 \approx Ch2$ $NVI = 0$
- c. 植被 $Ch1 < Ch2$ $NVI > 0$

植被的NVI范围是从0.1~0.6,决定于植物长势、茁壮程度及其密度。

3.2 多通道海表温度 MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature)

根据红外窗区通道的亮温差包含大气实时状态的信息,利用多通道窗区的亮温值求SST即MCSST,可以得到有效的大气削弱订正。

$$MCSST(4,5) = T_5 + 3.15(T_4 - T_5) + 0.61 \quad (\text{白天})$$

$$MCSST(3,4) = T_4 + 1.616(T_3 - T_4) + 1.07 \quad (\text{夜间})$$

$$MCSST(3,4,5) = T_4 + 0.943(T_3 - T_5) + 0.61 \quad (\text{夜间})$$

这里, T_3 为3通道3.7μm的亮温, T_4 为4通道11.5μm的亮温, T_5 为5通道12.5μm

的亮温。美国 NASA 已经用 AVHRR 的观测,制作了 1981 年到现在的全局 MCSST 资料集(水平分辨率为 18km),大大弥补了常规资料的不足。

3.3 多通道监测雪盖

卫星监测雪盖的最大障碍是云的污染,根据雪盖与云在 3、4 通道的光谱特性的差

异,可以利用 3、4 通道亮温的组合 $T_{D34} = (T_3 - T_4)/T_4$ 去区分云和雪盖,一般云的 T_{D34} 远大于雪,而低云的 T_{D34} 虽然与雪差不多,但它的 T_4 比雪的小(见图 5),因此利用经验统计得到 T_{D34} 的阈值值(T_{D34})₀ 可以有效地进行云检测和雪的监测。

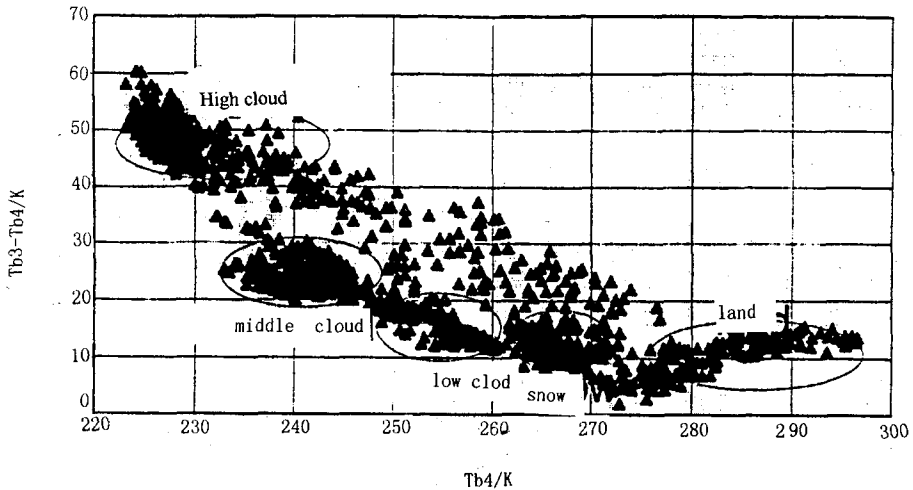


图 5 云、陆地和雪盖 T_b 差的散布图

3.4 多通道雾的监测

3.4.1 多通道白天雾的监测

白天,较厚的雾由于反射率较高,在可见光云图上与云差不多亮而很难区分,而在红外云图上,由于雾与周围地表的温差较小也不易辨认,但雾与云的亮温差较大,故若将可见光与红外两通道合成,求其亮温差,则由于雾在这两通道亮温差远大于云和地表,故在这两通道的合成图上很易识别雾。

3.4.2 多通道夜间雾的检测

夜间的红外图像上由于亮温的差别,很易区分云和雾,但不易区别雾和地表,这时又没有可见光云图,但我们可以利用 3、4 两个通道的组合进行夜间雾的监测。由于雾的亮

温在 $3.7\mu m$ 比 $11\mu m$ 低,但海洋和陆地在这两通道的亮温大致相等,故利用红外 3、4 通道的亮温差图,很快可以把雾检测出来。即从同时刻的红外及 3、4 通道的差值图,可以看到红外图像上一大片白色区域在 3、4 通道的差值图上出现了差别,亮温差较大的小片白色区域才是雾区。

3.5 多通道监测热带气旋

根据静止卫星上 IR ($11\mu m$) 和 WV ($6.7\mu m$) 这两个通道的光谱特性比较:

$$\text{设 } \Delta Tb_{WI} = Tb_{WV} - Tb_{IR}$$

$\Delta Tb_{WI} < 0$ 晴空区,低云或半透明的高云区

$$\Delta Tb_{WI} \approx 0 \text{ 厚的不透明高云}$$

$\Delta T_{b_{WI}} > 0$ 深对流区,在穿透对流云顶上达最大

故可利用 $\Delta T_{b_{WI}}$ 的分布及变化去监测 $T_{b_{WV}} > T_{b_{IR}}$ 强对流区(强降水区)及其中心和强度的变化。图6示出1997年通过飓风Linda中心的東西向剖面上的 $T_{b_{WV}}$ 及 $T_{b_{IR}}$ 的变化曲线。可以看出 $T_{b_{WV}} > T_{b_{IR}}$ 的区域即是强对流的眼墙区。 $T_{b_{WV}}$ 比 $T_{b_{IR}}$ 小很多的区域即是眼内下沉晴空区。图7给出1995年飓风Opal的中心强度及眼墙区的 $\Delta T_{b_{WI}} > 0$

象元数时间变化曲线。由图看出Opal迅速加强前3~6小时,眼墙区的 $\Delta T_{b_{WI}} > 0$ 的象元数即出现急剧增加。这表明从眼墙区强对流潜热加热转化为驱动次级环流(眼区下沉)的动能和静力调整(低层气压)过程,约需3~6小时的时间。这也可以作为热带气旋的强度短期预报的有用指标。此外,热带气旋的中心有时由于卷云的覆盖,红外云图上不清楚,而用红外和水汽两通道的亮温差很易确定。故 $\Delta T_{b_{WI}}$ 也可以帮助我们对热带气旋定位。

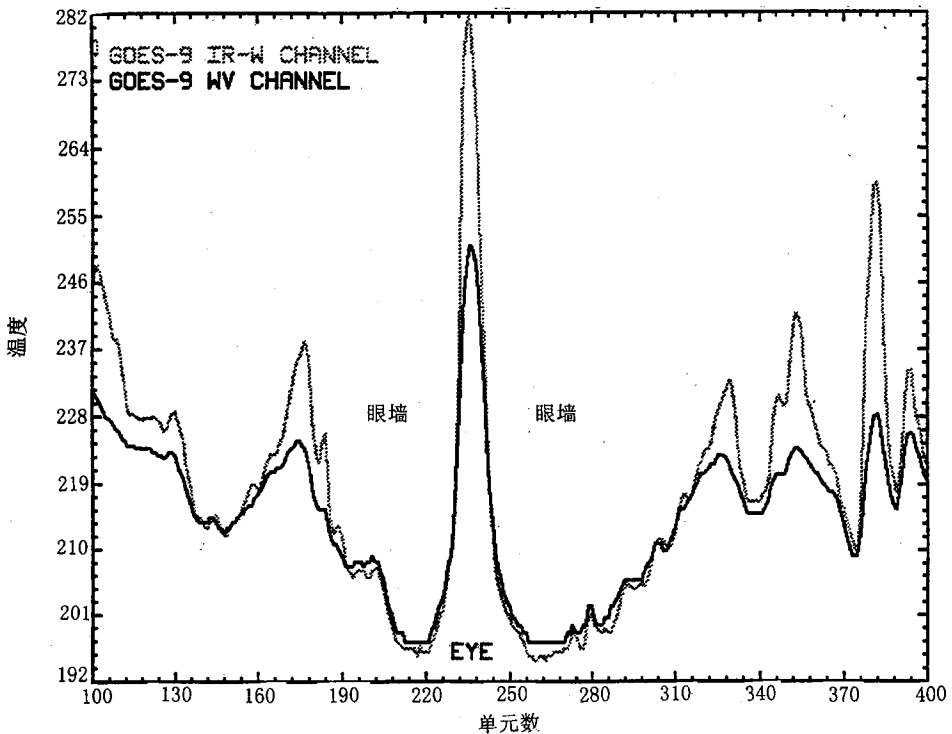


图6 通过飓风Linda中心的東西向剖面上的 $T_{b_{WV}}$ 及 $T_{b_{IR}}$ 的变化曲线

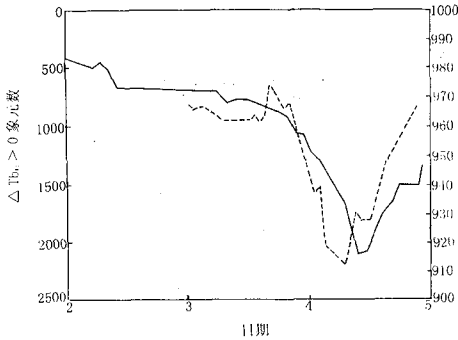


图7 飓风Opal的中心强度及眼墙区 $\Delta T b_{wI} > 0$ 象元数时间变化曲线

3.6 多通道监测热带大气环流

利用 OLR 对热带对流活动的敏感性, 可以把红外通道的 Tb_{IR} 作为热带垂直环流上升支的代表, 利用 $6.7\mu m$ 水汽通道对热带下沉运动的敏感性, 我们可以把 Tb_{wv} 作为热带垂直环流下沉的代表, 最小 Tb_{IR} 和最大 Tb_{wv} 所在位置即是上升和下沉中心所在位置 $(Tb_{wv})_{max} - (Tb_{IR})_{min}$ 即是环流的强度指数。故根据热带纬向和经向的 Tb_{IR} 和 Tb_{wv} 及其差值的分布和变化就可以监测热带 Walker 环流和 Hadley 环流的变化。

多通道应用的例子还有很多, 其开发应用的潜力很大, 最近在巴黎召开的第 9 次卫星气象会议上各国都有一些介绍, 这是应用发展的方向, 我国各地区气象台及遥感中心应充分利用各卫星通道的资源, 进行开发试验, 获得更大的经济和社会效益。

参考文献

- 1 许健民等译. 气象卫星-系统, 资料及其在环境中的应用. 北京: 气象出版社, 1994.
- 2 王松皋等译. 遥感的物理学和技术概论. 北京: 气象出版社, 1995.
- 3 卢奶锰等译. 卫星与雷达图像在天气预报中的应用. 北京: 科学出版社, 1998.
- 4 蒋尚城. 应用卫星气象学. 北京大学地球物理系, 1999.
- 5 Satellite meteorology, WMO regional meteorological international training course, Nanjing Institute of Meteorology, 1998.
- 6 Joinson, D. B.. High resolution satellite imagery for mesoscale meteorological studies. B. A. M. S. 1994, 75 (1): 5~33.
- 7 Velden, C. S.. Bispectral technique for delineating intense convection application to tropical cyclones. 9th conference on satellite meteorology and oceanography, 1998, 2: 451~461.

The Channel Selection of the Meteorological Satellite and Its Application

Jiang Shangcheng

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

The principles of channel selection of meteorological satellite are presented. The application of channels on a variety of satellites, in particular channels of AVHRR on NOAA and water vapor channel are introduced. Especially, it is suggested that the multi-channel application is a direction for exploiting and applying the resource of meteorological satellites.

Key Words: meteorological satellite channel selection multi-channel application