

利用 TOVS 资料测雪*

刘瑞云 罗敬宁 郭陆军

(国家卫星气象中心,北京 100081)

提 要

该文提出了利用 TOVS 的 MSU-1(微波辐射仪的第一通道、中心频率 50.31 GHz)、HIRS/2-8(高分辨率红外辐射仪的第八通道、中心波长 11.10 μm)、HIRS/2-19(中心波长 3.70 μm)及 HIRS/2-20(中心波长 0.70 μm)光谱特性的差异进行云的检测,以及在晴空条件下测雪的方法.该方法测出的 1993 年 1 月我国东部地区和 1991 年 1 月西藏高原东部地区降雪过程的积雪图,与实况相符.

关键词: TOVS 资料 光谱特性 云检测 测雪

引 言

地球上雪的覆盖范围广且变化大.雪能有效地反射太阳辐射和影响地面热量平衡,是影响大气环流的一个重要因子,因此气候学家在气候研究和气候预测模式中对这一因子非常重视.积雪还直接与江河径流及能源有关,深受农业及经济部门的关注.气象卫星问世之前,要得到全球积雪的有关资料是可望而不可及的事情.气象卫星在空中鸟瞰大地,人们可从其观测资料中获取有关积雪的信息.卫星测雪最大的障碍是云的干扰.TOVS 探测器波段多、遥感功能强,可在可见、红外及微波波段进行观测,微波通道有穿透云得到地表信息的优点.测雪判据是在分析西藏高原、塔里木盆地、黄土高原及我国东部地区多年的卫星和常规观测资料基础上确定的.

1 资料及其处理

1.1 NOAA 卫星资料

NOAA 卫星的单号星(包括 NOAA-14)每天两次过境,分别在地方时约 02:30 和 14:30.利用 NOAA-11 卫星 14:30 左右 TOVS 的 MSU-1(微波探测器的第一通道、中心频率 50.31 GHz)的亮度温度 T_{B1} 、HIRS/2-8(高分辨率红外探测器 2 型第八通道、中心波长 11.10 μm)的亮度温度 T_{B8} 、HIRS/2-19(中心波长 3.70 μm)通道的亮度温度 T_{B19} 及 HIRS/2-20(中心波长 0.70 μm)的反照率 ALB ,识别晴空区,提取积雪信息.

* 1998-03-30 收到,1998-05-14 收到修改稿.

1.2 资料处理

HIRS/2 星下点分辨率为 17.40 km, MSU 星下点分辨率为 109.30 km. 以 HIRS/2 扫描点为基准点将 MSU 的资料插值到 HIRS/2 的对应点上,使每个 HIRS/2 点上都有 MSU 的资料. 在资料处理过程中,对 HIRS/2-8 和 HIRS/2-19 通道进行了临边变暗订正和水汽削弱订正. 对 MSU-1 进行了临边变暗订正及可见光通道的双向反射订正.

2 云的检测

云的判识是利用长波红外窗区通道 HIRS/2-8 和 MSU-1 的光谱特性差异实现的. 下垫面在 MSU-1 波段的辐射与表面的介电常数、地表的粗糙度^[1]有关. 辐射经过大气到达卫星途中受大气成分及云的削弱较弱^[2],有云时地表辐射也能穿过云到达卫星. 微波遥感有不受云影响的优点,同时微波辐射对于温度的变化没有长波辐射敏感,放射能量低于长波.

HIRS/2-8 波段处于地气系统热辐射最大值位置上^[2],晴空条件下卫星在该波段所测辐射来自地表,同一测点的测值要高于 MSU-1 的值. 当天空有云时,红外辐射会受到迅速减弱,导致 $TB8 < TB1$. 图 1 为 1993 年 7 月 13 日 07:13 (UTC) 的卫星轨道所测 $TB8$ 和 $TB1$ 的差值图,白色对应 $TB8 < TB1$ 的像素点(云区),黑色对应 $TB8 > TB1$ 的像素点(晴空区). 南北两片云之间的黑色长条带是每 37 条扫描线间 3 条定标线(无对地观测信号)的空挡区. 图 2 和图 3 分别为 1993 年 7 月 13 日 05:40~10:54(UTC) AVHRR 多轨红外云图拼图和可见光云图拼图. 图 2

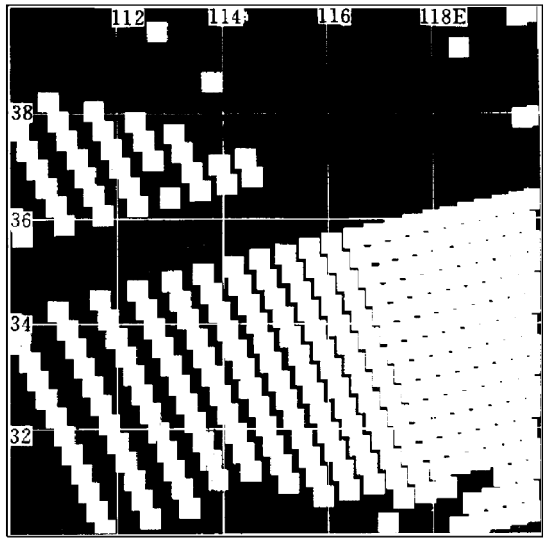


图 1 1993 年 7 月 13 日 07:13(UTC) 卫星轨道测 $TB8$ 和 $TB1$ 的差值图

的 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 区与图 1 同区同时,反映地表温度(晴)和云顶温度,图 3 与图 1 同时同地,反映地表(晴)及云顶反照率. 不难看出图 1 上的白色区域与图 2 和图 3 上同一地区的锋面云系对应,且很吻合. 因此将云检测判据定为:

$$TB8 - TB1 < 0 \quad (1)$$

通过对不同地区、不同季节进行的大量测试,认为该判据用于云的判识是可靠的. 对于特殊地区,阈值可根据实际情况进行调整.

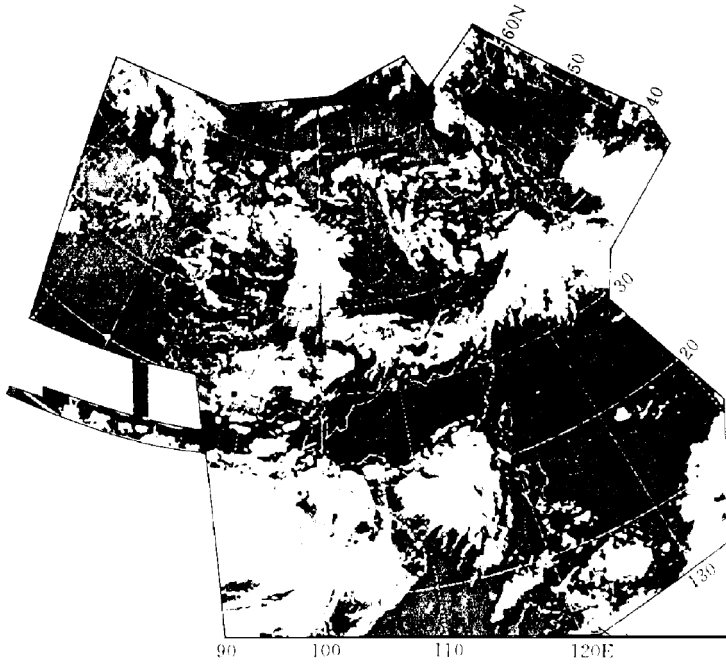


图 2 1993 年 7 月 13 日 05 : 40~10 : 54(UTC)AVHRR 多轨红外云图拼图



图 3 1993 年 7 月 13 日 05 : 40~10 : 54(UTC)AVHRR 多轨可见光云图拼图

3 晴空条件下雪的提取

3.1 雪的反照率特点

地面反照率与地表结构、温度及地表上的覆盖物有关.表 1 给出了 HIRS/2-20 通道所测几类主要地表的反照率.一般来说,在可见光波段陆地削弱了雪的反照率^[2].

表 1 主要地表类型的反照率(%)

地表类型	雪 区	沙 漠	丘 陵	平 原	植 被
反 照 率	29~60	18~32	13~30	10~15	7~12

尽管如此,雪的高反照率特点还是很突出的,可以确定一个阈值将雪与其他高反照率目标分开.由表 1 可知,如果阈值定得太高雪会漏测.本文将雪的反照率阈值定为:

$$ALB \geq 29\% \quad (2)$$

按照文中测雪方法,从 1993 年 1 月 16 日的 TOVS 资料提取我国东部地区(30°~40°N,100°~120°E)145 个雪指数(卫星测的雪点)中,只有 9 个点的反照率为 29%,占总数的 6%.如果雪是新的,则比率还要低.这充分说明表 1 中雪的反照率下限值定的合适,不会导致大的误差.但是,这个阈值比表 1 中沙漠和丘陵的反照率上限还低,会导致一些高反照率的非雪目标物混入其中,因此还需将其过滤出去.

3.2 $TB8/(TB19-TB1)$ 因子在测雪中的作用

HIRS/2-8、HIRS/2-19 及 MSU-1 3 个通道的光谱特性差异比较大. HIRS/2-8 和 MSU-1 通道的光谱特性前面已有介绍.短波红外窗区 HIRS/2-19 通道反映了陆地(晴空)及云面的红外辐射强度分布,对温度变化反映敏感^[2].白天受太阳辐射的污染,导致一些目标物温度偏高,而对太阳辐射反射弱的目标其温度又往往低于环境温度¹⁾.这 3 个通道在雪区和沙区的综合效应明显不同,以 $TB8/(TB19-TB1)$ 作为因子表示 3 个通道的综合效应.在沙区该因子的值小于 15,因此该因子的阈值定为:

$$TB8/(TB19 - TB1) \geq 15 \quad (3)$$

该因子可将沙信息分离出去,大大提高了测雪精度.

3.3 雪的相态与温度的关系

雪在冰点以下存在,温度高于 273.16 K 时,雪便开始融化.因此以 $TB8$ 确定的测雪阈值为:

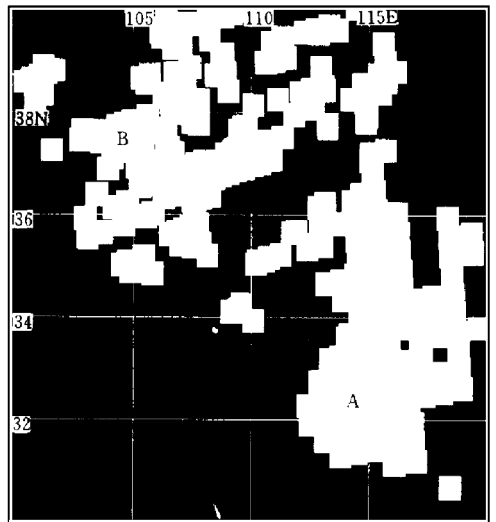


图 4 1993 年 1 月 16~17 日卫星测雪合成图

1) 国家卫星气象中心. 气象卫星资料的应用. 1995 年, 174 页.

$$TB8 < 273.16 \text{ K} \quad (4)$$

图4是根据上述原理和判据所测定的1993年1月16~17日测雪合成图.1993年1月16日的145个雪指数只有一个象素点的 $TB8$ 为270.5 K,其它都在270 K以下,说明这个阈值完全避免了不可能有雪的地区或某些地区不该出现降雪的季节一些固定的、高反照率目标物混入雪的信息中,对东部地区是合适的.青藏高原情况很复杂,可根据具体情况对阈值进行调整.

4 结果分析

4.1 我国东部地区

图4显示了两次降雪过程:以A为中心的雪区与1993年1月14~16日黄淮地区南部江淮地区的降雪过程对应.与14~16日48 h全国降水量图²⁾(图5)相比,卫星观测时 31°N 以南温度高(273 K以上),雪已融化.其他与图5相符,A处雪指数最高,反照率为46%.以B为中心的雪区与7~9日河套以南地区的降雪过程对应.雪后因温度很低(265 K以下),原野的雪基本未化.虽然雪区有些零散,但中心B处反照率仍达41%,雪区基本与1月7~9日全国两天降水量图³⁾(图略)一致.

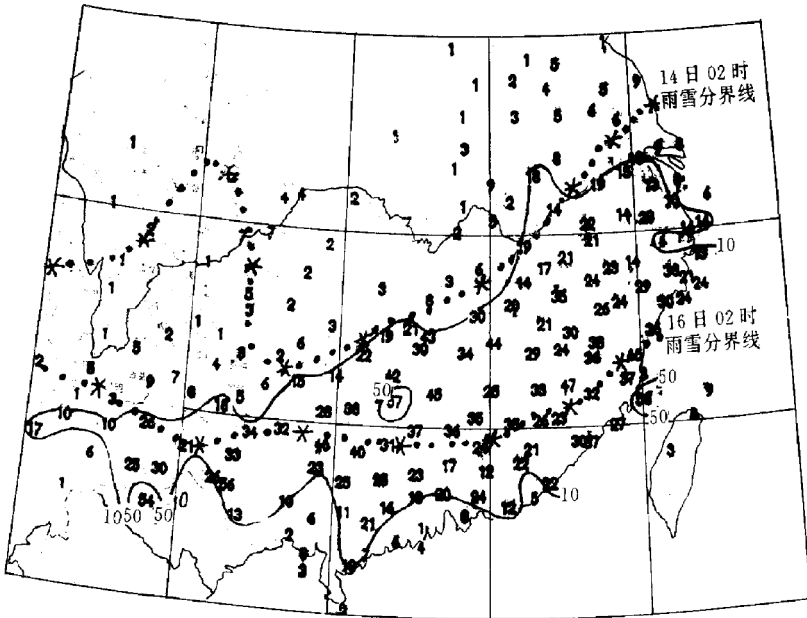


图5 1993年1月14~16日48 h全国降水量图

2)中央气象台.天气公报.1993年1月16日,第八期.

3)中央气象台.天气公报.1993年1月9日,第四期.

4.2 西藏高原地区

图 6 是 1991 年 1 月 27~28 日卫星观测的西藏高原东部地区的积雪合成图。图中 A 处是 1991 年西藏高原东部的主要降雪区。普查当月常规资料与雪区对应的测站位置及降雪日期,测站那曲(31°29'N 92°04'E)、多安(32°21'N 91°06'E)、索县(31°53'N 93°47'E)及班戈(31°22'N 90°01'E)的降雪日期分别为 1 月 1~27 日、2~31 日、1~31 日和 1~25 日。图 6 的卫星测雪区与测站常规测雪覆盖区基本一致。

图 6 的 B 区是喜马拉雅山 29.5°~33°N、80°~84°E 段的积雪区。其它雪区因云遮盖未能提取。

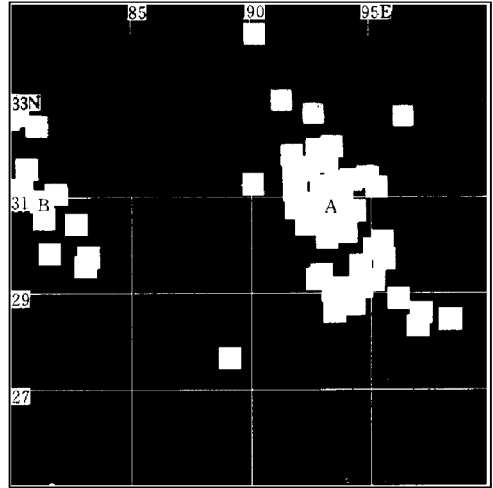


图 6 1991 年 1 月 27~28 日卫星测雪合成图

5 结 论

对大量卫星资料处理和分析的结果表明,本文的云检测技术在 TOVS 资料处理中应用是成功的。以此测雪原理和方法检测积雪面积精度高,并可根据反照率估计雪的厚度。不足之处是 HIRS/2 型高分辨率红外辐射仪分辨率低,不利于检测小于视场范围的雪区。

参 考 文 献

- 1 Elachi c. 遥感的物理学和技术概论. 王松皋等译. 北京:气象出版社,1995. 113~140.
- 2 Rao P K. 气象卫星. 许健民,方宗义等译. 北京:气象出版社,1994. 21~38,364.

MONITORING SNOW COVER WITH TOVS DATA

Liu Ruiyun Luo Jingning Guo Lujun
(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The methods of detecting cloud and monitoring snow cover in clean sky are put forward by using the spectral difference of MSU-1(Microwave radiometer CH1, the central frequency 50.31 GHz)、HIRS/2-8(High resolution infrared radiometer CH8, central wavelength 11.10 μm)、HIRS/2-19(central wavelength 3.70 μm) and HIRS/2-20(central wavelength 0.70 μm)of TOVS. The snow cover charts of the snow processes for eastern China in Jan. 1993 and the eastern Tibet Plateau in Jan. 1991 with the method mentioned above are in accord with the observational data.

Key words: TOVS data Spectral characteristics Cloud detection Snow survey