

气象卫星遥感资料在积雪 监测中的应用

沙依然

王茂新

(新疆阿勒泰地区气象局, 836500)

(中国气象科学研究院)

提 要

介绍了在地区级气象台站采用气象系统 9210 工程下发的 FY-1D 卫星遥感数据,在短红外波段的基础上建立多光谱提取积雪信息的计算方法及监测模型,并以 2002 年 11 月至 2003 年 5 月新疆积雪遥感监测为例,介绍了卫星遥感监测积雪深度和积雪覆盖面积的方法,分析了积雪覆盖特征和变化规律。

关键词: 卫星遥感 FY-1D 资料 光谱特征 积雪监测

引 言

积雪是地球表面分布极广的一种下垫面类型,因其具有很高的反照率及强热辐射和高绝热性,直接影响着地面和大气温度、地面反照率和土壤湿度,进而影响地-气系统的辐射平衡和水循环。因此遥感监测积雪的分布具有重要意义,特别是在地广人稀、气候条件恶劣的山区和牧区就更为重要。

目前在气象部门遥感接收设备主要集中在省级以上单位,地区级以下的台站基本尚未装备卫星遥感设备。国家卫星气象中心通过 9210 工程下发的 FY-1D 等遥感数据,弥补了地区级以下台站遥感资料的空白。本文用 C 语言对 9210 工程 VAST 站能够接收到的 FY-1D 数据进行解码处理,形成图像文件,并利用 ER Mapper 图像软件及统计分析,对积雪深度及覆盖面积进行反演计算,取得了良好的效果。

1 资料及处理方法

资料来源及处理方法: 本文所用 FY-1D 气象卫星资料全部是由国家卫星气象中心通过 9210 工程向气象系统发送的数据,2002 年 11 月到 2003 年 5 月共 212 天,分辨率为 $0.01 \times 0.01^\circ$ 经纬度,共 9 个通道的数据集。

计算范围 $30 \sim 50^\circ\text{N}$ 、 $70 \sim 100^\circ\text{E}$ 。并使用了新疆气象台站的 2002 年 11 月~2003 年 5 月的逐日、逐旬最大积雪深度资料。

9210 工程下传的 FY-1D 气象卫星数据每块 $257 \text{ 行} \times 512 \text{ 列}$ 。第一行为对文件进行说明的头记录,其余为按 2 进制 2 维数据组存放的 9 个通道数据,网格点按从左向右,从上向下的顺序排列,每 3 个波段的一个像元点为一组占用 32Bit(4 个字节)^[1](表 1)。

表 1 原数据长度及单位说明表

波段	字节长度	性质及单位
Ch1	10Bts	反照率(单位:0.1)
Ch2	10Bts	反照率(单位:0.1)
Ch3	12Bts	亮温(单位:0.1K)
Ch4	11Bts	亮温(原数据-1500,单位:0.1K)
Ch5	11Bts	亮温(原数据-1500,单位:0.1K)
Ch6	10Bts	反照率(单位:0.1)
θ_s (太阳天顶角)	12Bts	(原数据,单位:0.1°)
θ_p (卫星天顶角)	10Bts	(原数据+1800,单位:0.1°)
θ_{SP} (太阳卫星方位角)	10Bts	(原数据+900,单位:0.1°)

用 C 语言的位运算等提取每个波段的数据。第一循环语句 $(\text{ch1} \gg 22) * 0.1$, $(\text{ch2} \gg 12 \& 0x3ff) * 0.1$, $((\text{ch3} \& 0xffff) - 273.15) * 0.1$; 第二循环语句 $((\text{ch4} \gg 21 + 1500) - 273.15) * 0.1$, $((\text{ch5} \gg 10 \& 0x7ff + 1500) - 273.15) * 0.1$, $(\text{ch6} \& 0x3ff) * 0.1$; 第三

循环语句 $((\theta_s \gg 20) * 0.1, ((\theta_p \gg 10 \& 0x3ff) - 1800) * 0.1, ((\theta_{ps} \& 0x3ff) - 900) * 0.1)$ 。按以上把每通道数据读出形成一个文件,并且各块区域数据镶嵌形成 $30 \sim 50^\circ\text{N}$ 、 $70 \sim 100^\circ\text{E}$ 范围的数据集。对反照率进行太阳天顶角订正,公式为:

$$R(O) = R(\theta_s) / \cos(\theta_s) \quad (1)$$

式中, $R(O)$ 为订正后的反照率; $R(\theta_s)$ 为定标后的反照率; θ_s 为卫星过探测点时的太阳高度角。

为了精确计算积雪面积,对 FY-1D 原始图像进行双标准纬线正轴等积投影转换。

2 原理和技术方法

2.1 积雪监测原理及积雪信息的提取

雪和云在 FY-1D 的可见光波段 Ch1 ($0.58 \sim 0.68 \mu\text{m}$) 和近红外波段 Ch2 ($0.725 \sim 1.10 \mu\text{m}$) 均表现出高的反照率^[2,3],但雪在 FY-1D 短红外波段 Ch6 ($1.58 \sim 1.64 \mu\text{m}$) 反照率很低,而云反照率很高,这就是区分云和雪的主要根据。植被、土壤、水体、居民区等下垫面在 Ch1 和 Ch2 的反照率比云和雪低得多,很容易判别。为了提高解译和判别精度,综合利用多通道观测信息,充分考虑各通

道对云和积雪的光谱响应特征,通过反射和放射辐射的大小及其通道之间的差异等选择适当的因子和阈值。

根据以上云和雪的光谱特征,应用逐步逼近方法,分 4 步完成雪的识别,并且人机交互确定 a 、 b 、 c 、 d 阈值提取积雪信息。其

中, $inds = \frac{ch1 - ch6}{ch1 + ch6}$ 为积雪指数^[4], $ch1$ 为可见光通道的反照率, $ch2$ 为近红外通道的反照率, $ch3$ 为中红外通道的反照率, $ch4$ 为热红外通道的亮温值, $ch6$ 为短红外的反照率。

2.2 建立积雪监测模型

根据以上原理和方法提取的各通道数据与新疆北部部分气象台站的实测的积雪深度数据划分为 $1 \sim 10\text{cm}$ 、 $10 \sim 20\text{cm}$ 、 $20 \sim 30\text{cm}$ 、 $30 \sim 40\text{cm}$ 和 $>40\text{cm}$ 5 个级别,进行统计分析。并且利用多元线性回归方法建立了积雪深度遥感监测模型,在 5% 的显著水平下积雪与多因子之间的复相关系数为 0.76。回归方程如下:

$$S_z = -4.7597 + 0.0436ch1 + 0.1159ch2 - 0.0584ch3 - 0.0499ch6 + 0.0001(ch1 - ch6) + 4.2071(inds) + 0.9427(ch2/ch6) + 0.0001(ch3 - ch6) - 0.3758((ch3 - ch4)/ch4) \quad (2)$$

式中, S_z 为积雪深度(单位:cm)。

3 监测实例分析

对 2002 年 11 月~2003 年 5 月卫星遥感资料及新疆北部台站的实测积雪资料,用以上所介绍的积雪监测模型及计算方法,获得了新疆范围积雪深度、积雪覆盖率的数据。

3.1 积雪覆盖率的时间变化分布

图 2 为新疆范围 2002 年 11 月~2003 年 5 月逐旬积雪覆盖率。可以看出具有以下显著特点:11 月下旬到次年 3 月下旬覆盖率为 25%~35%;4、5 月份覆盖率为 5%~10%。从卫星遥感得到的积雪分布图来看,时间变化特点是,秋末或初冬,由于季节性降

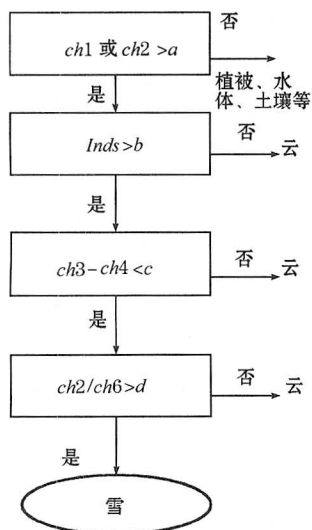


图1 植被、土壤、水体、雪、云识别流程图

雪的影响,积雪覆盖从北向南逐渐增加,元月前后积雪覆盖范围达到最大。元旦过后,自南向北逐渐减少,5月份季节性积雪完全消失,只剩下永久性积雪分布在天山、喀拉昆仑山、帕米尔高原。

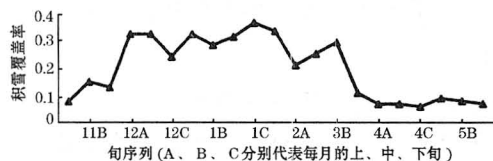


图2 北疆部分台站2002年11月~2003年5月逐旬积雪覆盖率

3.2 雪覆盖率的时空变化分布

计算了全疆各地从2002年11月~2003年5月的积雪覆盖率,从中可以看到各地积雪的时空分布状况,在隆冬季节北疆地区积雪覆盖率 $>70\%$,南疆地区 $<50\%$ 。从5月份积雪分布来看南疆喀什、和田、阿克苏、克州和北疆博州、伊犁等地区有稳定积雪覆盖率,这就是天山、帕米尔高原的永久性积雪。

3.3 积雪深度的反演及精度分析

利用上述遥感积雪判别公式(2)对新疆2002年11月至2003年5月积雪深度进行计算,可以获得5个级别的雪深分布状况。图3是2003年2月11日遥感监测的新疆积雪深度分布图,积雪主要分布在北疆及天山一带,大于40cm以上的积雪均分布在高山区,雪深随海拔升高而加厚,与新疆的实际积雪分布规律吻合,但卫星反演的雪深受地形影响较明显,在山区阴坡大于阳坡,山谷或阴坡地方反演效果差一些。为了进一步检验该方法反演的积雪深度精确性,利用北疆部分气象站2002年11月到2003年5月的单点逐日积雪深度资料,对气象站观测到的积雪深度与用卫星遥感反演的积雪深度进行统计检验分析,结果见图4。从曲线变化来看遥感监测的雪深基本上是围绕实测值周围波动,但相比较50cm以上的积雪有一定滞后现象,总的来看监测值与实际值深度大体上相吻合。因此用该方法计算积雪深度分布是可信的。

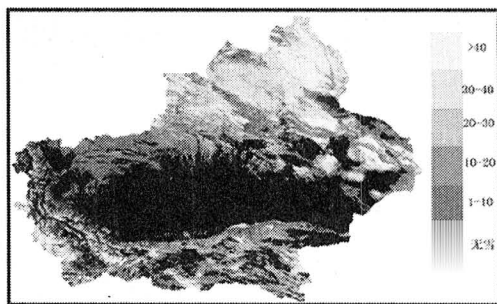


图3 2003年2月11日遥感监测的新疆积雪深度分布图(单位:cm)

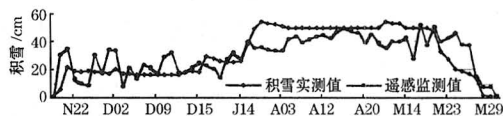


图4 北疆部分台站2002年11月~2003年3月积雪实况值与遥感监测值对比

图中时间坐标上的N、D、J、A、M分别代表11月、12月、1月、2月、3月

4 结论

目前国家气象卫星中心通过9210工程下传的FY-1D卫星遥感资料,为在地区级气象台站进行积雪实时监测等遥感业务提供了有利条件,本文利用这些数据监测新疆的积雪取得了良好的效果。但由于云雪表面特征复杂、种类繁多、变化各异,加之阈值的选取是建立在样本选取和经验判识的基础上的,因此在积雪深度监测上还有一定的误差,有待进一步深入研究和探讨。

致谢:中国气象科学研究院阮征高级工程师对本文所用FY-1D数据传送、整理等提供了很大帮助,特此致谢。

参考文献

- 董超华. 气象卫星业务产品释用手册. 北京: 气象出版社, 1999: 239~263.
- 徐兴奎, 天国良. 中国地表积雪动态分布及反照率的变化. 遥感学报. 2000, 4(3): 178~181.
- 郭锐, 韩涛, 倾继祖. 气象卫星资料对积雪的遥感监测与分析. 遥感技术与应用. 2000, 15(4): 108~123.
- 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法. 北京: 科学出版社, 2001: 180~184.

Monitoring of Snow Cover with Remote Sensing Data from Meteorological Satellites

Sha Yiran

(Alaty Meteorology Office, 836500)

Wang Maoxin

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The calculation method and monitoring model of the snow cover information are introduced, by characterizing the short infrared waves and using the remote sensing data of the FY-1D meteorological satellite, which was released by the 9210 meteorological program. In addition, a new method is introduced to monitor the depth and the area of the snow cover by remote sensing, illustrated by the remote sensing monitor of the snow cover in Xinjiang from November 2002 to May 2003. The characteristics of the snow cover and the pattern of the snow cover variation are also analyzed with this method.

Key Words: snow cover remote sensing monitor satellite short infrared wave