

周咏梅 王江山

(青海省气象科学研究所, 西宁 810001)

提 要

介绍了利用气象卫星 AVHRR 资料对青海省冬春季(10月—4月)积雪进行监测的原理和方法,并通过积雪遥感监测系统的建立,确定积雪范围,计算积雪面积和深度,提供积雪分布图和雪情分析报告,为防灾抗灾部门提供科学依据。

关键词: 遥感 积雪 AVHRR

引 言

雪灾是青海省牧区的主要灾害之一。1985年青南雪灾和1993年青南、环湖地区雪灾造成的直接经济损失都在亿元以上。作者以NOAA卫星为监测手段,通过建立积雪遥感监测系统,对积雪信息进行实时分析处理,及时、准确地向政府部门提供雪情报告,为指挥抗灾救灾提供科学依据。

1 利用 AVHRR 资料监测积雪

NOAA气象卫星具有运行周期短,观测范围广等特点,为积雪的连续监测提供了方便。AVHRR的5个光谱波段,可以感应可见光和近红外的反射太阳辐射、中红外和远红外窗区的地球及大气放射辐射,是进行积雪监测的理想资料。

在AVHRR资料的可见光(CH1)和近红外(CH2)波段,积雪有明显的光谱特征:在可见光波段(CH1, 0.58—0.68 μm)积雪具有很高的反照率;在近红外波段(CH2, 0.725—1.1 μm)积雪的反照率明显下降。雪的光谱特征和AVHRR的通道特性是卫星遥感监测积雪的基本出发点。

为了对NOAA卫星AVHRR资料进行定性定量分析,达到动态监测雪情变化的目的,我们研制了积雪遥感监测系统软件。该软件主要对AVHRR资料进行必要的处理和

运算,确定积雪范围,计算积雪深度和面积,提供积雪分布图和雪情分析报告,实时为地方政府服务。

系统采用以下处理流程:资料预处理→积雪区判读→积雪面积计算→雪深反演→积雪分布图像显示打印→雪情分析报告。

1.1 资料预处理方法

1.1.1 定标及订正:定标就是将仪器探测值换算成相应的物理量。各通道采用类似的定标公式:

$$E = S(i) \times C(i) + I(i) \quad (1)$$

式中 $S(i)$ 和 $I(i)$ 分别为对应通道的定标系数, $C(i)$ 为各通道的探测值, i 为通道数。

对于NOAA-AVHRR资料, E 对通道1、2是反照率,须经太阳高度角订正;对通道4是辐射强度,须经临边变暗订正。订正后的辐射强度值须经普朗克公式反演成亮度温度。

1.1.2 地标校正:以青海湖为地理定位的准点校正各时次卫星资料的经纬度。

1.2 积雪区判读

积雪区判读是积雪参量反演的基础。本文采用阈值法。统计青海省1993年以来有积雪覆盖的AVHRR资料,确定了积雪区的反照率阈值为 $\text{CH1} > 30$ 且 $(\text{CH1} - \text{CH2}) > 0$ 。

由于积雪与云在可见光和近红外波段都

具有较高的反照率,常常难于从这两个通道加以区别。但通常情况下,云顶温度比雪表面温度低得多,特别是青藏高原高海拔区,常有中、高云出现。在单通道的热红外图像(CH4)上,云和雪亮度不同。因此,根据统计设定亮温阈值为 $T < -0.5^{\circ}\text{C}$ 。

将各像元点的观测值与设定的阈值相比较,其判据为:

$$\begin{aligned} R_n &> R_{th} & (R_{th} = 30) \\ T_n &< T_{th} & (T_{th} = -0.5) \end{aligned}$$

满足以上条件时判定为积雪。

R_{th} 和 T_{th} 分别为积雪区反照率和亮温阈值。 R_n 和 T_n 分别为某像元点 CH1 反照率和 CH4 亮温值。

实际应用中,考虑到遥感测得的反照率和亮温受大气影响很大,很难确定统一的阈值,故按一定步长调试 R_{th} 和 T_{th} ,经目视确认后选定最佳阈值。

1.3 积雪面积计算

根据上述积雪区判读方法,不难确定积雪范围和计算积雪面积。

在麦卡托投影下,每个像元点面积计算公式为:

$$A = [R \times \cos(\text{lat}) \times \text{Lopixl}] \times (R \times \text{Lapixl}) \quad (2)$$

式中: R 为地球半径, Lapixl 和 Lopixl 分别为每一像元所占的经、纬度数, Lat 为该像元点的纬度坐标。由此,

$$\text{积雪面积} = \sum_{n=1}^N A \quad (3)$$

式中 N 为积雪像元总数, A 为像元点面积。

1.4 雪深反演

曾群柱等的研究表明:当雪深小于 20cm 时,雪深和可见光波段灰度值间的线性相关系数为 0.76^[1]。陈乾等将 127 个样本的气象站雪深资料和反照率 CH1、反照率差 CH1-CH2 进行统计分析,得出雪深反演方程^[2]。

根据我们确定的积雪区判读阈值,并结合气象站雪深实时观测资料,对雪深反演公

式进行修正,建立了青海省冬春季(10月—4月)雪深反演公式为:

$$S = 1.575 \times [0.152 \times \text{CH1} + 0.157 \times (\text{CH1} - \text{CH2}) - 4.477] \quad (4)$$

式中: S 为雪深(cm),CH1 为通道 1 的反照率,(CH1-CH2)为 1,2 两通道反照率之差。

由式(4)计算各像元点的雪深,将雪深分为 3 个等级: $<5\text{cm}$; $5-10\text{cm}$; $>10\text{cm}$ 。信息服务时,统计各等级的面积和分布情况,并以图表方式打印输出。

该系统软件自 1993 年初投入业务使用,在 1993 年 1—4 月青南、环湖地区雪灾和 1995 年 10 月至 1996 年 2 月青南特大雪灾服务中,因信息服务准确及时受到用户好评。

2 应用实例

1995 年入冬以来,青南高原的玉树、果洛、唐古拉山地区降雪持续偏多,加之气温偏低,积雪难以融化,造成大范围雪灾发生,其中玉树地区灾情严重。

据青海省气象局资料室提供的资料,玉树州 11、12 两个月降雪较常年异常偏多,1、2 月份的降雪量也明显偏多。加之从 12 月下旬开始气温偏低,1 月份极端最低气温达 -40°C 以下。低温加异常偏多的降雪造成了这次玉树州历史上少见的严重雪灾。

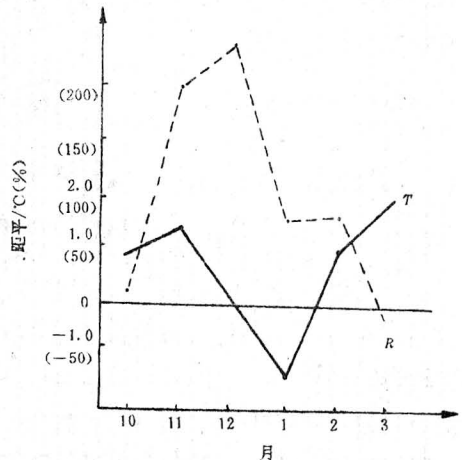
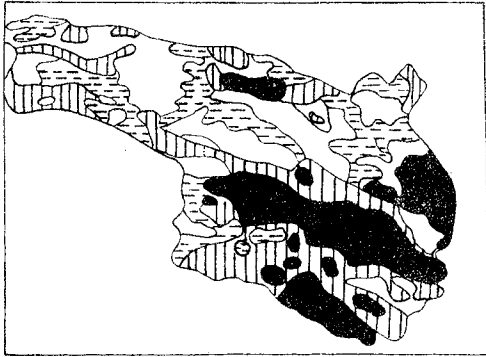


图1 玉树州平均气温距平(实线)平均降水距平百分率(虚线)

遥感中心运用积雪遥感监测系统对本次雪灾过程进行了监测,为有关部门提供积雪面积、深度和分布等信息。

图2为由卫星资料反演的玉树州1996年1月26日雪深分布图。可见,玉树州的大部分地区被积雪覆盖,雪灾十分严重。



图例
无积雪 <5cm 5--10cm >10cm

图2 卫星反演的雪深分布

表1为该日的积雪面积统计情况。可见,玉树州积雪面积达 $14 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全州总面积的74.6%。10cm以上积雪区面积约 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 灾情十分严重。其中玉树、称多、杂多三县积雪覆盖率在90%以上。

表1 积雪面积统计(玉树州1996年1月26日)

地区	<5cm	5-10cm	>10cm	积雪总面积/ km^2	积雪覆盖率/%
玉树州	51108	57415	40134	148657	74.6
玉树县	1964	4008	7211	13183	97.3
称多县	3195	4516	6410	14121	97.8
昂欠县	2607	3375	2915	8907	77.8
曲麻莱	14108	8269	1426	23803	50.8
治多县	21129	19188	8407	40317	51.8
杂多县	6280	16820	12661	35761	96.6

表2为AVHRR计算雪深与测站雪深对比情况。计算雪深与测站雪深基本吻合。

表2 AVHRR计算雪深与测站雪深对比

测站	计算雪深/cm	测站雪深/cm
清水河	<5	4
曲麻莱	<5	4
玉树县	5-10	8
扎多	5-10	12
昂欠	<5	1
中心站	<5	3
达日	<5	6
玛多	<5	1

3 小结

目前,青海省积雪遥感监测系统经试运行,已向政府部门提供了三年的雪情信息服务,取得良好的经济效益和社会效益。我们认为利用AVHRR资料进行积雪监测方法可行,效果可靠,从而为防灾抗灾部门掌握灾情动态提供了科学依据。

参考文献

- 曾群柱等. 卫星遥感影像在中国冰川、积雪中的若干应用. 国家遥感中心遥感文选, 北京: 科学出版社, 1988年.
- 陈乾等. 用AVHRR资料反演祁连山区积雪参量. 冰川冻土, 1990, 12(4).

The Monitoring Method of Snowcover in Qinghai Province

Zhou Yongmei Wang Jiangshan

(Qinghai Meteorological Institute, Xining 810001)

Abstract

The theory, method and data processing procedure of snowcover monitoring using the AVHRR data is described. A operational system for monitoring snowcover has been established. The results show that the method is very useful. It can be used to measure the snow depth, estimate the snowcover area and calculate the extent of snowcover.

Key Words: remote sensing snowcover AVHRR