

# 牧区积雪监测中卫星资料应用的研究现状

王志伟, 张学通, 周兆叶, 王平, 陈全功

(兰州大学草地农业科技学院 农业部草地农业生态系统学重点实验室, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**牧区雪灾严重制约着牧区生产力的发展。卫星资料在雪灾监测中,起到控制雪灾和灾前预警的作用。牧区积雪监测中常用卫星资料 NOAA/AVHRR 在晴空条件下,具有大范围积雪动态变化监测的优势;TM 资料则易于区分雪和云,同时适用于小范围积雪动态监测与精确定位;被动微波遥感数据 SMMR、SSM/I 和 AMSR-E 在获取雪深及雪层内部稳定方面效果显著;MODIS 数据具有数据免费、较高空间分辨率等特点。多种卫星资料还在去云、混合像元处理、积雪深度、积雪面积监测和积雪监测模型建立中起到基础数据的作用,为雪灾的准确监测提供重要依据。

**关键词:**牧区;积雪监测;卫星资料

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-0629(2009)01-0032-08

\*1 虽然积雪是重要的水资源<sup>[1-2]</sup>,但是降雪和其他气象因子一样,对人类的生产活动也具有二重性<sup>[3]</sup>。我国草地面积居世界第二<sup>[4-5]</sup>,雪灾对草地畜牧业的不利影响是有利影响的9倍<sup>[6]</sup>。冬春季降雪是影响我国牧区畜牧业发展的重要因素<sup>[6-7]</sup>,冬季雪大,牧草被大雪埋压,草地不能利用,生产力降低,造成家畜采食困难。对于没有饲草储备或储备不足的牧户,将造成致命的打击,发生“白灾”<sup>[5]</sup>。同时,由于生产方式落后,经营粗放,基础设施极为薄弱,我国草地抵抗自然灾害的能力非常脆弱,长期以来雪灾构成了制约畜牧业发展的巨大威胁<sup>[6-11]</sup>。

降雪是影响我国北方草原牧区畜牧业发展的重要因子,过量而长期的降雪会掩埋牧草,造成畜牧草料供应不足。因此草地雪灾监测是雪灾危害程度评价的关键,而卫星资料又是雪灾监测中常用的基础数据,对于牧区的抗灾救灾工作意义重大。卫星资料具有观测范围广<sup>[12]</sup>、多时相等特征,在资源与环境的研究方面有很大的优势。同时地理信息系统(GIS)作为空间分析的有力工具,可以实现卫星资料与地理专题信息的有机结合,起到增加信息,提高遥感判别精度和遥感应用深度的作用。为此概括了积雪监测中常用卫星资料的优缺点,在此基础上总结了我国积雪监测方

法的研究现状。

## 1 牧区积雪监测中常用卫星资料现状

自1960年TIROS-1卫星首次监测了加拿大东部积雪后<sup>[13]</sup>,随着科学技术的不断发展,越来越多的卫星资料被应用于积雪监测中<sup>[14]</sup>,近50年来雪灾监测中常用卫星部分资料见表1<sup>[14-17]</sup>。

表1 积雪监测中常用卫星部分资料

已发射卫星或 卫星发射计划	承担 国家	搭载积雪 监测传感器	发射时间
NOAA	美国	AVHRR	1960年
Nimbus-T	美国	SMMR	1978年
DMSP	美国	SSM/I	1987年
JERS-1	日本	SAR	1992年
TRMM	美/日	TMI、PR	1997年
TERRA、AQUA	美国	MODIS	1999年
ADEO II	日本	AMSR	2002年12月
EOS Aqua	美国	AMSR-E	2002年5月
Landsat 系列	美国	MSS/TM	1972年
FY 系列(1,2)	中国	扫描辐射计	1988、1997年

### 1.1 NOAA/AVHRR 资料 1960年,美国 TIROS-1(Television Infrared Observation Satel-

收稿日期:2008-01-19  
基金项目:863计划数字农业技术课题(2006AA10Z241)  
作者简介:王志伟(1983-),男,陕西府谷人,在读硕士生。  
E-mail:wzw1206@163.com  
通信作者:陈全功

lite)和 NOAA-1 (National Oceanic and Atmospheric Administration)的成功发射标志着太阳同步气象卫星运行的开始<sup>[17]</sup>。NOAA 是指美国国家海洋大气局的第3代使用气象观测卫星,是一种4或5通道的扫描辐射仪,提取积雪主要是利用其1、2、4通道,空间分辨率为1.1 km,而最新的NOAA16、NOAA17、NOAA18卫星上搭载的AVHRR做了改进,它们的第3通道白天改为1.571.78  $\mu\text{m}$ ,这个波段主要用于进行积雪识别<sup>[18]</sup>。

NOAA/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)资料具有视野广、信息量大、重复频率高和客观真实性强等几个优点<sup>[19]</sup>,为大范围积雪动态变化的监测提供了极大方便。同时利用NOAA资料,特别是可见光与近红外波段,可以明显识别出林区、云盖、地形阴影等影响积雪反射率的表面特征。另外,利用AVHRR资料还可以测定雪盖的反射率及温度参数。但是,其较低的空间分辨率常会引起云和雪的混合像元出现,从而使NOAA资料中云和雪的识别问题比较突出;而且,在NOAA 9、10的资料中条纹噪声比较明显,而现有的滤波技术只能部分地消除<sup>[14]</sup>。

**1.2 Landsat 系列 MSS/TM 资料** Landsat即“地球资源卫星”计划,在美国内务部和国家宇航局的共同努力下,于1972年2月23日发射了第1颗地球资源卫星(后改名为“陆地卫星”)。陆

地卫星已经发射了6颗,目前Landsat-5和Landsat-7仍在运转工作。

相对于NOAA资料,由于LANDSAT-MSS/TM资料的空间分辨率高,使它能够提供更详细的雪盖信息,因而特别适用于小范围的积雪动态监测与精确定位。另外,利用陆地卫星资料可以提供更精确的积雪反射率变化,提取积雪粒径与污化程度等积雪特性参数。由于TM(Thematic Mapper)传感器利用了1.501.75  $\mu\text{m}$ 这一有利于区分云和雪的波段,在TM资料中云和雪的区分似乎不再困难。但是,由于受传感器饱和度及测深的影响,使它难以胜任雪水当量和积雪表面性质的测量,从而限制了其进一步的应用<sup>[14]</sup>。

**1.3 MODIS 资料** MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)是新一代遥感技术产物,其提供的遥感数据是当前全世界可免费接收的惟一的中分辨率成像光谱仪数据<sup>[20]</sup>。1999年发射的地球观测系统(EOS)上午星TERRA和下午星AQUA每天分别覆盖地球2次,其上搭载的中分辨率成像光谱仪(MODIS)具有36个光谱通道,分布在0.414.5  $\mu\text{m}$ ,其4、6、7、13、16、20、26、31波段可用来提取积雪信息<sup>[18]</sup>。MODIS的雪盖产品最大的优点是时间分辨率很高<sup>[21]</sup>,每天可以获取积雪覆盖信息。最终的MODIS雪盖产品共有6个处理级别,各级别产品参数见表2<sup>[16,22]</sup>。

表2 MODIS雪盖产品参数

ESDT 类型	产品级别	图像覆盖范围	空间分辨率	时间分辨率 (d)	投影类型
MOD10-L2	L2	1 354 km×2 000 km	500 m	—	—
MOD10L2G	L2G	1 200 km×1 200 km	500 m	—	正弦曲线投影
MOD10A1	L3	1 200 km×1 200 km	500 m	1	正弦曲线投影
MOD10A2	L3	1 200 km×1 200 km	500 m	8	正弦曲线投影
MOD10C1	L3	360°×180°	0.05°	1	经纬度
MOD10C2	L3	360°×180°	0.05°	8	经纬度

MODIS的空间分辨率和光谱波段数比NOAA-AVHRR有巨大提高。MODIS识别积雪的方法主要是利用积雪在1.6  $\mu\text{m}$ 的强吸收特性,并

制作系列积雪监测产品。MODIS可以提供每日及合成的积雪产品,跟AVHRR相比具有波谱宽、通道窄的优点,这一点很好地解决了因新雪的

反射率很高而引起的 AVHRR 传感器饱和问题,且在空间分辨率上优于 AVHRR<sup>[23]</sup>。MODIS 的主要缺点是在云和夜晚的情况下,无法取得较好的积雪识别结果<sup>[24]</sup>。

#### 1.4 Nimbus-T/SMMR、DMSP/SSM 和 EOS Aqua/AMSR-E 资料 目前用于积雪研

究的被动微波遥感数据<sup>[18]</sup>有 SMMR (Scanning Multichannel Microwave Radiometer)、SSM/I (Special Sensor Mi-crowave Imager)、AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer - EOS),3 种传感器的参数特征见表 3<sup>[25-26]</sup>。

表 3 被动微波传感器特征参数比较

微波辐射计	频率 (GHz)	瞬间视场 (km×km)	精度 (K)	高度 (km)	天线 (m)	入射角	幅宽 (km)	发射时间
SMMR (Nimbus-7)	6.60	148×95	0.7	955	0.79	50.3°	780	1978 年 (已停止运行)
	10.70	109×70	0.8					
	18.00	68×43	0.9					
	21.00	56×36	1.0					
SSM/I (DMSP)	37.00	27×18	1.4	860	0.6	53.1°	1 400	1987 年 (在轨运行)
	19.35	69×44	0.8					
	22.24	60×40	0.8					
AMSR-E (Aqua)	37.00	37×28	0.6	705	1.6	55.0°	1 445	2002 年 (在轨运行)
	85.50	15×13	1.1					
	6.90	75×43	0.3					
	10.70	51×30	0.6					
	18.70	27×16	0.6					
	23.80	31×18	0.6					
	36.50	14×8	0.6					
	89.00	6×4	1.1					

最先被大量使用的被动微波遥感数据是 1978 年发射的 Nimbus-7 卫星携带的扫描式多通道微波辐射计(SMMR)提供的微波亮度温度数据。现在,大都使用美国科罗拉多大学冰雪数据中心提供的被动微波遥感数据(SSM/I)。微波成像专用传感器 SSM/I 是搭载于美国国防卫星计划(DMSP)系列卫星的被动微波成像仪。SSM/I 仪器有 7 个观测通道、4 个频率,以及水平和垂直 2 种极化方式<sup>[16,21]</sup>。与主动雷达遥感(如 RADA-RSAT-1 SAR)相比,星载微波辐射计虽然只有几十公里的空间分辨率,但可容易获得多年连续运行的多时相数据。DMSP SSM/I 已经连续运行了 10 余年,可以提供连续多年的 7 通道微波辐射亮度温度数据,易于进行连续的长期的研究。现在 SSM/I 的 3 颗卫星 F13、F14 和 F15 都在工作中,每天对同一地点共有上行和下行 6 次覆盖,数据隔天就可以获得<sup>[27-28]</sup>。SSM/I 的优点在于具有

较强的穿透能力,且对物体散射有很高的灵敏度,使其在获取雪深及雪层内部性质信息方面具有可见光、近红外波段无可比拟的优势。但其太低的空间分辨率限制了其应用范围,特别是在山区积雪监测中的应用<sup>[14]</sup>。

被动微波辐射计 AMSR-E 比以往的 SMMR、SSM/I 等被动微波辐射计提供了更高空间分辨率和更多微波波段的信息。由于 AMSR-E 与 SSM/I 微波波段的相似性 AMSR-E 也是利用积雪在微波波段的差异性散射特性识别积雪。AMSR-E 作为一个 12 波段、6 个频率、双极化、圆锥扫描(conically scanning)的被动微波辐射计,可以提供对雨强、水汽含量、海面风速、冰雪、土壤湿度等的全球微波测量。AMSR-E 的缺点是提取的积雪边界线较粗<sup>[24]</sup>。

1.5 SAR 资料 合成孔径雷达属于主动微波遥感器,在冰雪遥感中较常用的主要是 SAR-C 波

段。与可见光与红外成像遥感相比,其优越性主要表现在其穿透云层和雪盖的能力和全天候特性,这对雪深估算、雪水当量换算以及融雪径流模拟、雪层内部性质的研究都极为有利,但它对冰川冰与雪和岩石的区分能力较差<sup>[14]</sup>。

**1.6 FY 系列资料** 我国的气象卫星发展较晚,“风云一号”气象卫星(FY-1)是中国发射的第1颗环境遥感卫星。卫星于1988年9月7日准确进入太阳同步轨道。1990年9月3日,风云一号的第2颗FY-1-B发射成功。其所携带的传感器有甚高分辨率扫描辐射计,共有5个探测通道,可用于天气预报、提供植被指数、区分云和雪、进行海洋水色观测等。风云二号(FY-2)于1997年6月10日由长征三号火箭从西昌发射中心发射升空。主要功能是对地观测,每小时获取1次对地观测的可见光、红外与水汽云图。

## 2 基于卫星资料的常用积雪监测方法

近年来,遥感资料已经成为积雪监测的主要信息来源<sup>[29]</sup>。从雪灾研究现状看,今后遥感资料与气象台站实测资料综合运用仍将是雪灾研究的途径之一<sup>[30]</sup>。国外利用微波雷达图像和可见光卫星遥感资料,对积雪和可见光、近红外、热红外及微波之间互相作用的机理及其电磁波谱特性已有比较详细的研究,也提出了一些监测积雪特征因子空间变化的模型与方法。不过,由于欧洲及北美地区有良好的草地畜牧业基础设施,积雪对畜牧业的影响不大,因而在积雪对畜牧业危害评价方面的研究不多。国内对积雪监测的研究主要包括:去云处理、积雪深度监测、积雪面积监测、混合像元处理、积雪监测模型建立等。

**2.1 去云处理** 一般遥感判读时,多采用可见光波段的高反射率来区分积雪、植被、水体、土地、道路等地物。但是由于云和积雪在可见光及近红外波段上具有极其相似的光谱特征,因此对云和积雪的区分,一直都是积雪监测中的主要技术难点之一。

**2.1.1 常规目视解译** 雪和云具有极为相似的光谱特征,常规目视解译不能仅凭颜色区分,还需通过对地势高低起伏和目标物邻近阴影的识别来辨别雪和云。当存在积雪覆盖时,河流、湖泊的纹理

特征和水系走向以及山脉的山系走向、山峰、山谷等均明显可见;但云覆盖时不可见而且多呈连续平坦状,云邻近处也多有阴影存在。常规目视解译的缺点是当地形较为平坦或有雾和低云存在时不适用。这种人为的判别不够精确,存在较大的误差。

**2.1.2 多时相遥感图像解译** 用多时相分析技术区分雪和云,主要是利用在时间尺度上云的形状和位置的变化大于雪的变化这一事实。云具有易流动的特点,雪虽易融却远没有云的流动变化快,根据其特点凭借多幅不同时相的遥感图就可区分出雪和云。王世杰<sup>[31]</sup>提出了将降雪前后的多幅资料在数字图像处理系统中叠加,依据云、雪的边缘差异和地形特征得到积雪的影像图。

**2.1.3 图像处理与空间分析后解译** 相比常规目视解译,图像处理与空间分析解译相对准确不少。经过对遥感图像的增强和数据的统计分析提取出所需的精确信息。梁天刚等<sup>[3]</sup>采用晴空NOAA/AVRHR资料,使用ERDAS Imagine图像处理系统和ArcGIS的空间分析与空间统计功能,提出一种去云图像灰度值插补处理方法。其处理过程包括:几何精纠正、图像去云处理、云区缺值插补处理、数据提取、图像分类。采用这种方法不能完全消除云层影响,但却为以后积雪监测的研究提供了一种新的方法。

**2.2 积雪深度监测** 积雪深度指雪盖表面至地面的垂直距离<sup>[32]</sup>,是雪灾监测与评价的重要指标<sup>[33]</sup>。积雪的深度直接决定牧区雪灾的危害程度。

可见光、近红外波段监测积雪虽与人眼直接观测接近,但其穿透性差,不能用于直接观测积雪深度。可见光遥感必须在晴空条件下才能得到满意的效果,红外遥感的辐射源多接收信号比较复杂<sup>[34]</sup>。因此,在微波遥感广泛使用前,一般会使用地面观测资料同统计方法结合得到。

**2.2.1 AVHRR 与 MODIS 资料在积雪深度监测中的应用** 周咏梅<sup>[35]</sup>提出AVHRR通道1、2反照率差与积雪深度呈正相关,通道4的亮温温度与积雪深度呈负相关。延昊<sup>[36]</sup>则利用AVHRR资料建立了拟合方程。

$$h = 2.33e^{3.98 \times (R_1 - R_{3a})} \quad (1)$$

式中,  $h$  为积雪深度(cm),  $R_1$  为可见光波段的反射率;  $R_{9a}$  为近红外波段的反射率。以上方法都有特定地域的限定, 而只在 15 cm 以下的积雪效果好。由于以上原因的诸多制约, AVHRR 和 MODIS 资料仅适于浅雪地区<sup>[37]</sup>。

## 2.2.2 微波遥感资料在积雪深度监测中的应用

微波遥感使从遥感数据直接提取积雪深度信息成为可能。利用 Nimbus-SMMR 数据可以在雪深小于 1 m 的情况下建立亮度温度和雪深的关系<sup>[18]</sup>。用 SSM/I 测量时, 在 37 GHz 误差为  $\pm 5$  cm。结合地面坡度、粗糙度、植被等因素的作用可以提高雪深的估计精度。

## 2.3 积雪面积监测

积雪面积指积雪覆盖的雪区面积。雪区面积的准确估计对雪灾规划的及时制定有指导作用。积雪面积提取时, 在麦卡托投影下首先算出每个积雪像元面积, 然后将每个像元面积相加求取积雪面积。常用的积雪区面积估算技术包括: 交互式分析技术和自动数字技术<sup>[14]</sup>。

## 2.4 混合像元处理

传统的积雪监测中像元多使用纯像元, 分为积雪像元和非积雪像元, 不考虑中间的过渡类型会降低监测的精确度。而考虑到过渡类型的情况也多将混合像元赋值为积雪覆盖率 50%, 这样也会使实际监测产生误差。利用 AVHRR 的 1、2 通道的线性组合建立的线性混合光谱模式, 可有效计算每个像元中的积雪面积比<sup>[3]</sup>。在混合像元处理的方法中仍存在着计算量大、自动化程度低等问题, 所以仍然难以在实际业务中充分应用<sup>[18]</sup>。

## 2.5 牧区积雪监测模型建立

未来我国的牧区雪灾防御重点在于建成具有遥感监测能力的积雪、雪灾监测评估系统<sup>[38]</sup>。“八五”期间, 中国科学院兰州冰川冻土研究所遥感室以西藏那曲为试验区, 以 NOAA/AVHRR 资料为更新内容, 利用遥感与地理信息系统一体化技术, 在建立雪灾背景数据库的基础上, 通过研制一些雪灾的判别、发展趋势预测及灾情评估等应用模型, 实现了对试验区雪灾的遥感动态监测。该系统的部分运行结果表明, 其灾情等级划分后的验概率可达 92%, 并可提前数天给出预警信息, 综合的灾情损失评估误差为  $\pm 13\%$ , 研究成果可直接服务于政府部

门抗灾减灾决策<sup>[39]</sup>。因此, 积雪监测模型的建立对雪灾地区的积雪深度及其空间分布状况进行快速准确地监测和评价, 对制定救灾对策具有重要意义<sup>[40]</sup>。

梁天刚等采用晴空 NOAA/AVHRR 资料, 使用遥感和 GIS 的空间分析技术, 综合利用传统方法上未曾考虑到的积雪区雪情、草情、畜情和气象因子等指标构建了一种新的雪灾危害评价指标模型及分级体系, 系统分析了积雪对草地畜牧业的危害程度, 并量化的提出了积雪危害指数和积雪危害综合评价指数, 最终总结出雪灾对草地畜牧业危害程度的评价指标体系, 为牧区雪灾的动态监测与评价提供科学依据<sup>[40]</sup>。

## 3 我国牧区积雪监测卫星资料研究展望

相比可见, 光和红外光波段的遥感器, 微波遥感器不受或很少受云、雨、雾的影响, 不需要光照条件, 可全天候、全天时地取得图像和数据。它所取得的信息与被观测物体的结构、电学特性以及表面状态有关。又因为微波有一定的穿透能力, 故能获得较深层的信息<sup>[41]</sup>。可见光的限制条件需在无云的白天进行, 而红外遥感则因辐射源众多, 使用时需区分对待其复杂的接受信号。可见光和近红外波段资料的使用方法基本属于定性或半定性分析<sup>[42]</sup>, 在积雪监测中仍然存在着局限性。

微波辐射理论的研究从 1901 年 Max Planck 提出普朗克辐射定律到现在已有 100 多年的历史<sup>[27]</sup>。微波遥感发展初期包括 4 种基本型仪器: 微波辐射计、微波散射计、微波高度计和合成孔径雷达<sup>[43]</sup>。被动微波遥感中存在空间分辨率太大的缺点<sup>[13,44]</sup>。但随着传感器性能不断提高, 从 SMMR 到 SSM/I 再到 AMSR-E, 微波辐射计使用更多的频段, 能提供空间分辨率和精度更高的数据用于冰雪监测研究<sup>[45]</sup>。多年来我国微波遥感系统的成果见表 4<sup>[43]</sup>。

被动微波遥感通过测量地表亮温提供较可靠的雪深信息。目前用于积雪监测的被动微波辐射计主要有 SMMR、SSM/I、AMSR-E 等, 主动微波辐射计主要是高分率的 SAR。SSM/I 的空间分辨率过低会引起积雪范围估计过大、雪深过深等问题。不过, 随着高分率的 SAR-E 的应用, 积雪

表4 中国微波遥感系统

完成时间	传感器和设备	特性	完成单位
“六五”计划	陆基雷达散射计 RS-2	X-band 高平台	空间中心
“七五”计划	机载雷达散射计 LS-J731	X-band	空间中心
“七五”计划	陆基雷达散射计 RS-3	X-band 低平台	空间中心
“七五”计划	散射计形波束天线	C-Band 60°×3°H,V 极化	空间中心
“七五”计划	机载散射计原形样机	C-Band	空间中心
“八五”计划	机载雷达高度计 ZHG-1	X-Band	空间中心
“八五”计划	角反射器	X-Band	空间中心
“八五”计划	有源雷达校准器	X-Band	空间中心
“八五”计划	陆基雷达散射计 LS-X4	X-Band 可移动平台	空间中心
“八五”计划	陆基雷达散射计 LS-C1	C-Band	空间中心
“八五”计划	陆基散射计—辐射计	S,C,X,Ku-Band	空间中心
1979年	X波段机载 SAR	没有采用脉冲压缩技术	电子所
1983年	单测绘通道机载 SAR	采用线性调频脉冲压缩技术	电子所
1987年	CAS/SAR	多测绘通道多极化	电子所
1992年	多模态微波遥感器	Ku-Band ALT,SCAT & RAD	空间中心
1994年	机载 SAR 实时成像处理器		电子所
1997年	星载 SAR 模样机	中国 L-SAR	电子所
	多通道毫米波辐射计	5060 GHz	航天 504 所
	毫米波成像仪	150 GHz	航天 813 所
	先进模块化微波遥感器		空间中心
	三维成像雷达高度计		空间中心
	合成孔径微波辐射计		空间中心
1999年	90 GHz,118 GHz 辐射计		空间中心
2001年至今	FY-3号 150 GHz,183 GHz 微波湿度仪		空间中心
	探月微波探测仪		空间中心
	海洋卫星 HY-号微波探测仪		空间中心
	全极化微波遥感仪		
	资源探测 SAR 卫星		电子所
	环境卫星小型 SAR		电子所
	SAR 研制		若干单位

反演产品的质量将得以改进。主动微波遥感则可以进一步将干雪与湿雪分开,并能估算雪的某些物理特性<sup>[18]</sup>。微波遥感的优越性在实际应用中逐步显现出来,微波传感器的性能也在不断提高,可以预见,被动微波遥感卫星资料将会是积雪监测中认识积雪的重要手段。

## 4 讨论和结论

**4.1** 在可见光和近红外波段中因积雪和云在其波段反射中具有极为相似的光谱特征,且受晴空条件的限制在积雪监测中偏重于研究从地形纹理与目标物阴影方面区分积雪和云。微波波段具有较

好的穿透性对积雪深度的监测具有重要意义,随着科学技术的不断发展,微波传感器的性能将不断提升,微波遥感也会越来越多的应用于积雪监测中。

**4.2** 任何一种遥感资料都有其各自优缺点,在实际应用过程中,结合几种资料共同使用,扬长避短,将会大幅度提高结果的精确性<sup>[18]</sup>。

**4.3** 目前的技术可以较好的提取积雪区域、积雪面积、积雪深度等各类参数。而且通过 RS、GIS 的大量数据、资料建立的适宜积雪反演模型对雪灾的有效控制和灾前预警意义重大。

## 参考文献

- [1] 王银柱,戴良先,刘晓英,等.我国草原现状及其生态恢复途径初探[J].草业与畜牧,2007,138(5):29-32.
- [2] 鲁安新,冯学智,曾群柱.地理信息系统在牧区雪灾研究中的应用[J].灾害学,1996,11(1):25-29.
- [3] 梁天刚,吴彩霞,陈全功,等.北疆牧区积雪图像分类与雪深反演模型的研究[J].冰川冻土,2004,26(2):160-165.
- [4] 王建,马明国.基于遥感与地理信息系统的SRM融雪径流模型在Alps山区流域的应用[J].冰川冻土,2001,23(4):436-441.
- [5] 裴浩,韩经纬,李云鹏.利用气象卫星监测雪情的研究[J].干旱区资源与环境,1994,8(2):95-100.
- [6] 刘兴元,梁天刚,郭正刚.雪灾对草地畜牧业影响的评价模型及方法研究[J].西北植物学报,2004,24(1):94-99.
- [7] 史培军,陈晋.RS与GIS支持下的草地雪灾监测试验研究[J].地理学报,1996,51(4):296-304.
- [8] 李培基.我国牧区雪灾监测预报研究亟待加强[J].冰川冻土,1996,18(4):374-375.
- [9] 陈全功.青海省玉树藏族自治州的雪灾及其防御对策[J].草业科学,1996,13(6):60-63.
- [10] 黄晓东,梁天刚.牧区雪灾遥感监测方法的研究[J].草业科学,2005,22(12):10-16.
- [11] 郝璐,王静爱,满苏尔,等.中国雪灾时空变化及畜牧业脆弱性分析[J].自然灾害学报,2002,11(4):42-48.
- [12] 陶伟国,徐斌,杨秀春.草原产草量遥感估算方法发展趋势及影响因素[J].草业学报,2007,16(2):1-8.
- [13] 高峰,李新.被动微波遥感在青藏高原积雪业务监测中的初步应用[J].遥感技术与应用,2003,18(6):360-363.
- [14] 柏延臣,冯学智.积雪遥感动态研究的现状及展望[J].遥感技术与应用,1997,12(2):59-65.
- [15] 李小青.星载被动微波遥感反演降水算法回顾[J].气象科技,2004,32(3):149-154.
- [16] 车涛,李新.利用被动微波遥感数据反演我国积雪深度及其精度评价[J].遥感技术与应用,2004,19(5):301-306.
- [17] 梅安新,彭望禄,秦其明,等.遥感导论[M].北京:高等教育出版社,2001:46-51.
- [18] 吴杨,张佳华,徐海明,等.卫星反演积雪信息的研究进展[J].气象,2007,33(6):3-10.
- [19] 王丽红,付培建,鲁安新.遥感技术在牧区雪灾监测研究中的应用[J].遥感技术与应用,1998,13(2):32-36.
- [20] 彭定志,熊立华,郭生练,等.在水文水资源中的应用与展望[J].水科学与进展,2004,15(5):683-688.
- [21] 刘爱军,韩建国.天然草原生育期遥感估测方法研究——以锡林郭勒盟草原为例[J].草业科学,2007,24(7):1-5.
- [22] 李霞,崔霞,黄晓东,等.北疆不同草地类型MODIS植被指数的时空变化研究[J].草业科学,2007,24(9):5-9.
- [23] 王建,陈子丹,李文君,等.中分辨率成像光谱仪图像积雪反射特性的初步分析研究[J].冰川冻土,2000,22(2):165-170.
- [24] 延昊.利用MODIS和AMSR-E进行积雪制图比较分析[J].冰川冻土,2005,27(4):515-519.
- [25] 贾媛媛,李召良.被动微波遥感数据反演地表温度研究进展[J].地理科学进展,2006,25(3):96-105.
- [26] 毛克彪,覃志豪,李满春,等.AMSR被动微波数据介绍及主要应用研究领域分析[J].遥感信息,2005(3):63-65.
- [27] 车涛,李新.被动微波遥感估算雪水当量研究进展与展望[J].地球科学进展,2004,19(2):204-210.
- [28] 颜锋华,金亚秋.星载微波SSMI多时相辐射观测的特征指数监测与评估2003年7月中国淮河流域汛情[J].地球物理学报,2005,48(4):775-779.
- [29] 曹云刚,刘闯.一种简化的MODIS亚像元积雪信息提取方法[J].冰川冻土,2006,28(4):562-567.
- [30] 周陆生,李海红,汪青春.青藏高原东部牧区大一暴雪过程及雪灾分布的基本特征[J].高原气象,2000,19(4):450-458.
- [31] 王世杰.利用NOAA/AVHRR影像资料估算积雪的方法探讨[J].冰川冻土,1998,20(1):68-73.
- [32] 曾群柱,冯学智,李震,等.西藏那曲积雪深度的综合分析方法[A].中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(第八号)[M].北京:科学出版社,1995:56-61.
- [33] 柏延臣,冯学智,李新,等.基于被动微波遥感的青藏高原雪深反演及其结果评价[J].遥感学报,2001,5(3):161-165.
- [34] 周琳琳,刘飞,益建芳.被动式微波遥感在南极海冰研究中的应用[J].遥感与航空摄影,2004(1):48-51.
- [35] 周咏梅,贾生海,刘萍.利用NOAA/AVHRR资料估算积雪参量[J].气象科学,2001,21(1):117-121.
- [36] 延昊.NOAA16卫星积雪识别和参数提取[J].冰

川冻土,2004,26(3):367-373.

[37] 刘艳,张璞,李杨,等. 基于 MODIS 数据的雪深反演——以天山北坡经济带为例[J]. 地理与地理信息科学,2005,21(6):41-44.

[38] 王兴. 西藏牧区雪灾防御研究的进展及其展望[J]. 西藏科技,2006,162(10):59-61.

[39] 冯学智,曾群柱,陈贤章,等. 西藏那曲雪灾的遥感监测研究[A]. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(第八号)[M]. 北京:科学出版社,1995:14-22.

[40] 梁天刚,高新华,刘兴元. 阿勒泰地区雪灾遥感监测模型与评价方法[J]. 应用生态学报,2004,15(12):

2272-2276.

[41] 张俊荣. 我国微波遥感现状及前景[J]. 遥感技术与应用,1997,12(3):58-64.

[42] 冯学智,陈贤章. 冰雪遥感 20 年的进展与成果[J]. 冰川冻土,1998,20(3):245-248.

[43] 姜景山. 微波遥感信息科技发展若干问题的讨论[J]. 遥感技术与应用,2005,20(1):1-5.

[44] 李新,车涛. 积雪被动微波遥感研究进展[J]. 冰川冻土,2007,29(3):487-496.

[45] 黄新宇,冯筠. 冰雪微波遥感研究进展[J]. 遥感技术与应用,2004,19(6):533-536.

Research progress of satellite data utilization for snow monitoring in pastoral areas

WANG Zhi-wei, ZHANG Xue-tong, ZHOU Zhao-ye, WANG Ping, CHEN Quan-gong

(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University; Key Laboratory of Grassland Agro-ecology System, Ministry of Agriculture, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Snowstorm is seriously restricting the development of animal productivity in pastoral areas. Satellite data play an important role for early warning the snowstorm. NOAA/AVHRR have the advantage for monitoring the dynamics of snow in clear air conditions at large-scale. TM data are easy to identify snow and cloud and proper for small-scale monitoring of snow and precise positioning. Passive microwave remote sensing data, such as SMMR, SSM/I and AMSRE, have the advantage to probe the snow depth and snow internal stability. MODIS data are free and higher spatial resolution. Satellite data play a basic role in eliminating the clouds, processing the mixing pixel, monitoring the snow depth and snow covered area and establishing the snow-monitoring model.

Key words: pastoral areas; snows monitoring; satellite data sources

《草业科学》入编

北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》

《草业科学》入编北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》2008 年版(即第 5 版)之畜牧、动物医学、狩猎、蚕、蜂类的核心期刊。

评选核心期刊的工作,是运用科学方法对各种刊物在一定时期内所刊载论文的学术水平和学术影响力进行综合评价的一种科研活动。《中文核心期刊要目总览》按《中国图书馆分类法》学科体系,列出了 73 个学科的核心期刊表,并逐一对核心期刊进行了著录。

核心期刊的评价采用定量评价和定性评价相结合的方法。定量评价指标体系采用了被引量、被摘量、被引量、他引量、被摘率、影响因子、获国家奖或被国内外重要检索工具收录、基金论文比、Web 下载量 9 个评价指标。选作评价指标统计源的数据库及文摘刊物达 80 余种,统计到的文献数量共计 32 400 余万篇次,涉及期刊 12 400 余种。经过定量筛选和专家定性评审,从我国正在出版的中文期刊中评选出了 1 980 余种核心期刊。

据中国科学技术信息研究所统计,《草业科学》2007 年(核心版)影响因子为 0.818,总被引频次为 1 630;《草业科学》2007 年(扩刊版)影响因子为 1.033,总被引频次为 2 208。