

基于 MODIS 数据的玛纳斯河山区 雪盖年内变化特征研究

林金堂^{①,②},冯学智^①,肖鹏峰^①,李晖^①

(^① 南京大学地理信息科学系,南京 210093;^② 闽江学院地理科学系,福州 350108)

摘要:基于 2000 年~2010 年的 MODIS/Terra 积雪 8d 合成数据(MOD10A2)与 DEM 数据,通过计算和分析不同高程带、不同坡向和不同坡度的积雪覆盖率,研究了新疆玛纳斯河山区雪盖的年内变化特征。结果表明:①研究区平均积雪覆盖率最高为一月中旬的 67.8%,最低为七月中旬的 11.9%,年内变化总体上呈 V 字型,积雪分布与气温关系密切;②可将研究区雪盖年内分布情况归纳为 1600m 以下、1600m~3800m 和 3800m 以上共三个高程带,各高程带内雪盖分布的年内变化较为相似,不同高程带则差异明显。从年内波动情况来看,低海拔地区年内波动幅度最大,随着海拔上升,波动幅度逐渐减小;③3800m 以下各坡向和坡度地区积雪覆盖率均表现为一月最高,七月最低,四月和十月介于二者之间,而 3800m 以上地区积雪覆盖率全年最高值则出现在四月和十月;④各坡度和坡向区域雪盖的年内变化与所在高程带的总体情况基本相似,说明坡度和坡向对雪盖分布的影响是在高程影响的基础上产生的。

关键词:玛纳斯河;卫星雪盖;年内变化;积雪覆盖率

doi:10.3969/j.issn.1000-3177.2012.02.004

中图分类号:TP79 文献标识码:A 文章编号:1000-3177(2012)120-0020-05

Inner-annual Variation of Snow Cover in Mountainous Area of Manas River Basin Based on MODIS

LIN Jin-tang^{①,②}, FENG Xue-zhi^①, XIAO Peng-feng^①, LI Hui^①

(^① Department of Geographic Information Science, Nanjing University, Nanjing 210093;

^② Geography Department of Minjiang University, Fuzhou 350108)

Abstract: The inner-annual variation of snow cover in mountainous area of Manas river basin is studied based on snow cover fraction of different altitude, slope and aspect acquired from remotely sensed snow cover product(MOD10A2) from 2000 to 2010. First, the mean snow cover fraction within a year shows a V-shape distribution, with the maximum snow cover fraction (67.8%) in mid-January and the minimum (11.9%) in mid-July. Second, the inner-annual variation of snow cover may be aggregated into three elevation zones, i. e. <1600m, 1600-3800m and >3800m. The fluctuation of snow cover fraction within a year decreases with the rising of altitude. Third, the peak value of snow cover fraction appears in January in areas below 3800m, while it has two peaks in April and October respectively in areas above 3800m. Fourth, the inner-annual variation of snow cover with different slope and aspect within the same elevation zone are quite similar, which indicates that the roles of slope and aspect in snow cover distribution are both less significant than altitude.

Key words: Manas river; satellite snow cover; inner-annual variation; snow cover fraction

收稿日期:2011-03-10 修订日期:2011-05-03

基金项目:干旱区水循环与水利用新疆自治区重点实验室开放课题(XJYS0907-2009-04)。

作者简介:林金堂(1977~),男,福建莆田人,闽江学院讲师,南京大学博士研究生,主要从事资源环境遥感研究。

E-mail:jt-lin@163.com

通讯作者:冯学智(1953~),男,教授,主要从事遥感图像处理,雪冰灾害监测等领域的研究。

E-mail:xzf@nju.edu.cn

— 20 —

1 引言

积雪是自然界中最活跃的自然因子,大面积雪盖的分布可影响区域的能量平衡和水资源分配。由于高反照率的特性,积雪会大量反射到达地表的太阳短波辐射,从而影响地表能量平衡^[1]。在我国西北干旱地区,融雪水资源对区域社会经济发展和人民生活意义重大,农业灌溉高度依赖于积雪融水^[2]。

随着遥感技术的兴起和发展,卫星雪盖成为积雪研究的主要数据来源,在雪盖快速制图、积雪动态监测、融雪径流模拟、雪灾监测与评估等研究^[3~9]中得到广泛应用。1999年12月18日在美国成功发射的 Terra 卫星上搭载的中分辨率成像光谱仪(MODIS)是地球观测系统(EOS)计划中用于观测全球生物和物理过程的重要仪器,在 0.412 μm ~14.24 μm 的电磁波谱范围内有 36 个离散波段,每天~2天对地球表面观测一次,空间分辨率可达到

250m^[10]。MODIS 为大范围积雪研究提供了难得的历史机遇。

玛纳斯河是天山北麓最大的内陆河,由于地处欧亚大陆腹地,远离海洋,使得海洋水汽难以进入,山区冰雪融水成为玛纳斯河径流量的重要补给来源。由于玛纳斯河中上游山区积雪的年内变化特征对径流量及其年内分配具有显著影响,本研究利用 2000 年~2010 年的 MODIS 积雪产品数据(MOD10A2),对玛纳斯河山区积雪覆盖的年内变化特征进行深入探讨,旨在研究玛纳斯河山区积雪覆盖在年内的变化规律。

2 研究区概况

玛纳斯河山区的融雪水资源是径流的重要组成部分,因此本文以玛纳斯山区为主要研究区域(图1),涉及研究范围包括玛纳斯河、金沟河、塔西河以及呼图壁河的中上游山区,介于 43°06'~44°04'N 和 85°00'~86°21'E,高程介于 743m~5152m。

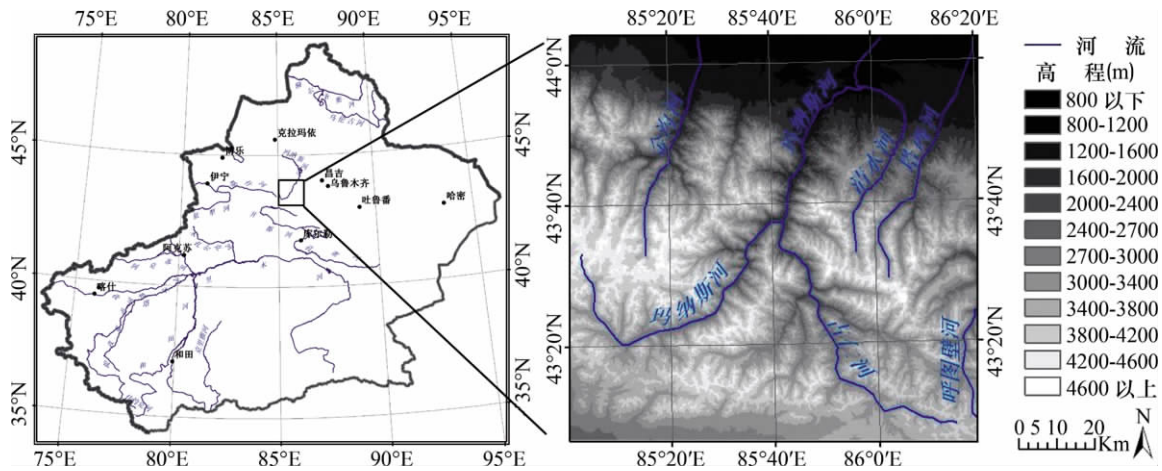


图1 研究区 DEM

表1 研究区分高程带地形信息

高程带	面积 km ²	比重 %	各坡向面积占所在高程带的比重 %								各坡度面积占所在高程带的比重 %			
			北坡	东北坡	东坡	东南坡	南坡	西南坡	西坡	西北坡	<15°	15°~25°	25°~45°	>45°
800m 以下	2.58	0.02	7.86	4.09	24.84	18.87	2.83	0.00	0.94	40.57	80.82	17.61	1.57	0.00
800m~1200m	717.63	6.35	39.64	19.42	9.35	3.39	1.21	3.87	6.30	16.83	93.94	4.40	1.65	0.01
1200m~1600m	1047.20	9.27	24.72	22.95	12.52	5.59	3.79	5.37	7.12	17.93	83.10	12.99	3.83	0.08
1600m~2700m	1819.68	16.11	19.02	18.52	13.69	8.62	6.93	7.74	10.35	15.12	26.42	27.64	43.84	2.10
2700m~3000m	1153.85	10.21	12.96	12.20	11.30	11.60	17.82	12.04	10.66	11.43	28.58	22.99	46.56	1.87
3000m~3800m	4330.70	38.33	11.81	13.18	13.80	11.27	13.48	11.42	12.79	12.25	19.79	25.32	52.93	1.97
3800m 以上	2225.94	19.70	10.01	13.07	15.14	13.47	11.94	11.54	12.97	11.85	17.38	20.06	58.13	4.44

为了研究雪盖在不同高程带的年内变化规律,根据新疆综合自然区划概要^[11],将研究区划分为七个高程带,分别为梭梭荒漠带(800m以下)、草原至半灌木过渡带(800m~1200m)、山地草甸草原带(1200m~1600m)、云杉林带(1600m~2700m)、高山嵩草草原带(2700m~3000m)、高山垫状植被带(3000m~3800m)以及冰雪带(3800m以上)。为了研究雪盖在不同坡向的年内变化规律,将研究划分为8个坡向,分别是北坡(0°~22.5°和337.5°~360°)、东北坡(22.5°~67.5°)、东坡(67.5°~112.5°)、东南坡(112.5°~157.5°)、南坡(157.5°~202.5°)、西南坡(202.5°~247.5°)、西坡(247.5°~292.5°)以及西北坡(292.5°~337.5°)。为了研究雪盖在不同坡度下的年内变化规律,将研究区划分为四个坡度段,分别是15°以下、15°~25°、25°~45°、45°以上。各高程带面积及不同坡向和坡度所占比重详见表1。

3 数据源

本文所用积雪资料为美国国家雪冰数据中心(<http://nsidc.org/NASA/MODIS>)提供的空间分辨率为500m的MODIS/Terra积雪8d合成数据(MOD10A2)。选用了覆盖研究区的h24v04片从2000年4月30日至2010年4月23日的积雪数据。已有相关研究对所用遥感数据精度进行验证,平均积雪识别率达87.3%^[12]。

本文使用的DEM数据是来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://datamirror.csdb.cn>)的SRTM数据,空间分辨率为90m。

4 雪盖年内变化

为了从整体上了解玛纳斯河山区积雪覆盖在年内的变化情况,计算了各时间段的平均积雪覆盖率并进行三点滑动平均处理,同时由于研究区范围内没有气象站,利用距离研究区最近的石河子气象站的1953年—1996年气温数据求得月平均气温以近似反映研究区基本规律,综合以上计算和处理结果制作了图2。研究区平均积雪覆盖率最高为一月中旬的67.8%,最低为七月中旬的11.9%,年内变化总体上呈V字型。相反,研究区年内月平均气温最高值为七月的25℃,最低值是一月的-16.2℃,年内变化呈倒V字型,说明研究区积雪年内分布与气温关系密切。

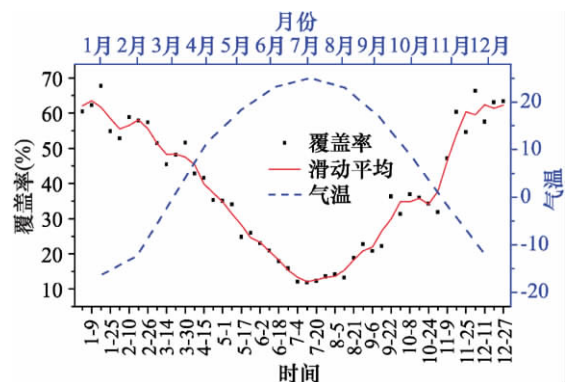


图2 平均积雪覆盖率年内变化与月平均气温

5 高程差异分析

利用研究区雪盖数据和DEM数据,计算了不同高程带每8d的平均积雪覆盖率,进行三点滑动平均并制作了图3。很明显,雪盖年内分布情况可以归纳为三个高程带,即1600m以下、1600m~3800m和3800m以上。1600m以下区域:10月上中旬开始积雪覆盖率迅速上升,至12月中旬达到最高值;12月中至翌年2月底,雪盖丰富,接近100%;2月底开始积雪迅速消融,至4月下旬基本无积雪覆盖;5月初至10月初无积雪覆盖。1600m~3800m区域:9月初开始积雪覆盖率逐渐上升,至11月下旬达到最高值50%左右,此后一直持续到翌年3月底,覆盖率均稳定在40%以上,4月初开始消融,至6月底7月初消融完毕。3800m以上区域:全年积雪覆盖率均高于50%。积雪覆盖率年内分布出现明显的双峰型特征,从7月中旬的50%左右,至10月份达到80%,翌年1月份下降至70%,4月份上升至80%。从年内波动情况来看,低海拔地区年内波动幅度最大,随着海拔上升,波动幅度逐渐减小。

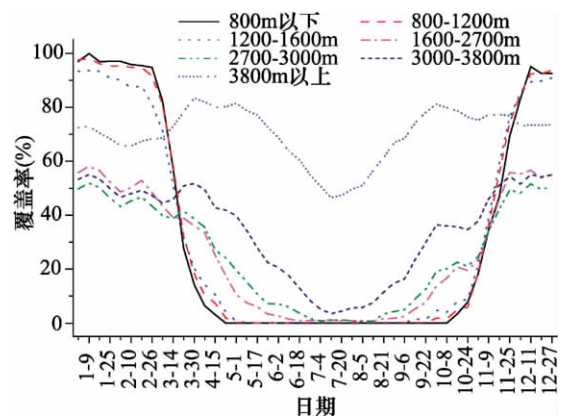


图3 不同高程雪盖年内变化

6 坡度差异分析

为了分析不同坡度地区雪盖的年内变化情况,制作了分坡度雪盖年内变化图并进行三点滑动平均处理(图4)。从图4可以看出各坡度积雪覆盖率均在7月份达到年内最低;坡度15°以上地区雪盖的年内变化较为相似,与15°以下地区有明显区别;15°以下地区的积雪覆盖率在三月中旬以前和十一月中旬以后明显高于其他地区,而在三月中旬至十一月中旬之间持续低于其他地区,使得该地区雪盖的年内波动幅度显著高于其他地区。

为了分析不同高程带上坡度对雪盖年内变化的影响,制作了分高程带分坡度雪盖年内分布曲线(图5)。雪盖年内变化特征主要表现为:①随着海拔上升,各坡度地区积雪覆盖率的年内分布逐渐由U型向V型过渡,且年内波动幅度均逐渐缩小;②3000m以下地区冬季积雪覆盖率随坡度增加明显下降,而3000m以上地区雪盖分布与坡度的

关系较为复杂;③3800m以下地区各坡度地区积雪覆盖率主要表现为一月最高,七月最低,四月和十月介于二者之间,而3800m以上地区积雪覆盖率全年最高值出现在四月和十月;④各坡度区域雪盖的年内变化与所在高程带的总体情况基本相似,说明坡度对雪盖分布的影响是在高程影响的基础上产生的。

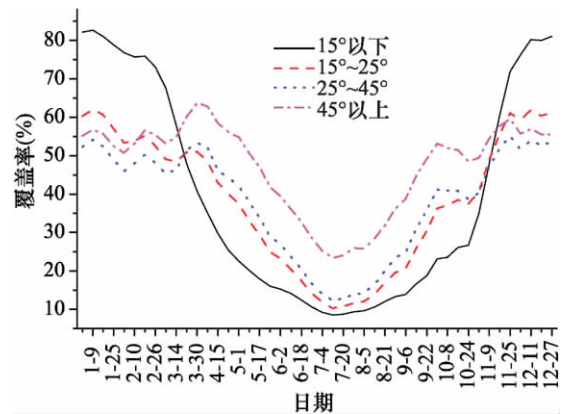


图4 不同坡度雪盖年内变化

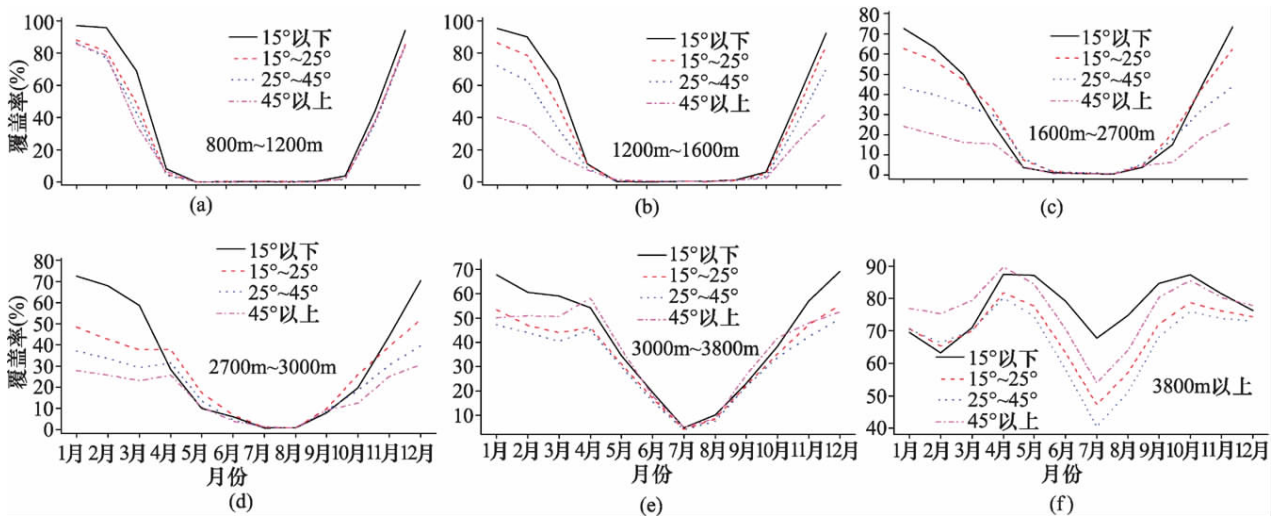


图5 分高程带不同坡度雪盖年内变化

7 坡向差异分析

为了分析不同坡向雪盖的年内变化情况,制作了分坡向雪盖年内分布图并进行三点滑动平均处理(图6)。不同坡向雪盖年内变化主要表现为:①各坡向积雪覆盖率均在7月份达到年内最低;②东、西坡雪盖年内变化极为相似,且东坡雪盖始终略高于西坡;③西北坡、北坡和东北坡的积雪覆盖率在三月中下旬以前和十一月中旬以后明显高于其他地区,而在三月中下旬至十一月中旬之间则持续低于其他地区,使得该地区雪盖的年内波动幅度显著高于其他地区;④在冬季,东南坡、南坡和西南坡的积雪覆

盖率显著低于西北坡、北坡和东北坡,而东、西坡则介于二者之间。

为了分析不同高程带上坡向对雪盖分布的影响,制作了分高程带分坡向雪盖年内分布曲线(图7)。雪盖年内变化特征主要表现为:①随着海拔上升,各坡向积雪覆盖率的年内分布呈U型向V型过渡的特征,且年内波动幅度均逐渐缩小;②大部分高程带冬季积雪覆盖率呈北坡、东北坡和西北坡最大,东坡和西坡次之,南坡、东南坡和西南坡最小的规律,只有2700m—3000m高程带出现异常,(结合表1),这种现象主要是由于位于研究区南部的流域分水岭以南的这部分积雪所致,该区域主要位于南坡,

高程主要介于 2700m~3000m 之间,同时该区域在冬季几乎完全被积雪覆盖,使得 2700m~3000m 高程范围的雪盖年内变化呈现图 7(d)的规律;③3800m 以下地区各坡向积雪覆盖率均表现为一月最高,七月最低,四月和十月介于二者之间,而 3800m 以上地区四月和十月的积雪覆盖率为全年最高;④各坡向雪盖的年内变化与所在高程带的总体情况基本相似,说明坡向对雪盖分布的影响也是在高程影响的基础上产生的。

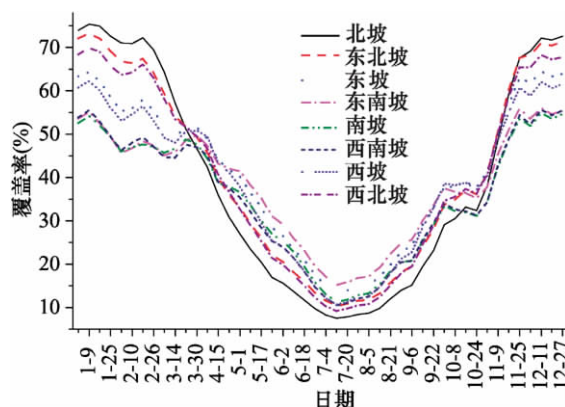


图 6 不同坡向雪盖年内变化

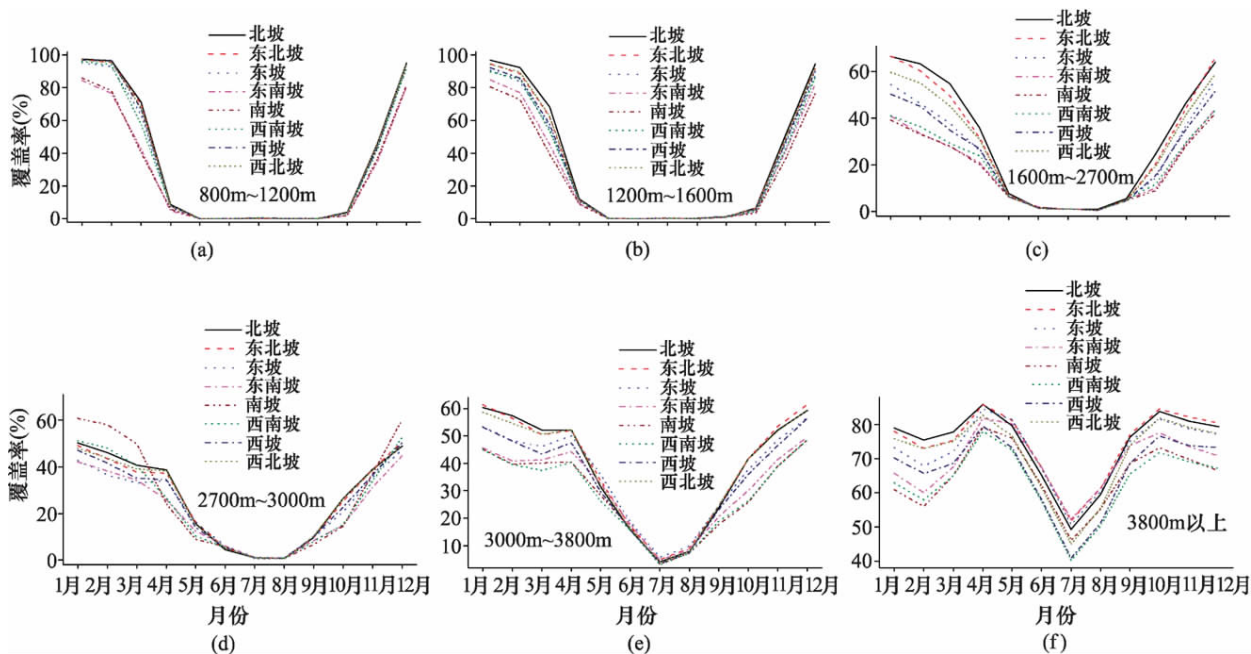


图 7 分高程带不同坡向雪盖年内变化

8 结束语

利用 2000 年~2010 年的 MODIS/Terra 积雪 8 天合成数据 (MOD10A2), 结合研究区 DEM 数据,对玛纳斯河山区雪盖年内变化特征进行研究,得出以下几点结论:

- (1) 研究区平均积雪覆盖率最高为一月中旬的 67.8%,最低为七月中旬的 11.9%,年内变化总体上呈 V 字型,积雪年内分布与气温关系密切;
- (2) 可以将研究区雪盖年内变化情况归纳为 3 个高程带,即 1600m 以下、1600m~3800m 和 3800m 以

上。各高程带内雪盖分布的年内变化较为相似,而高程带之间则具有明显的差异。从年内波动情况来看,低海拔地区年内波动幅度最大,随着海拔上升,波动幅度逐渐减小;

(3)3800m 以下地区各坡向和坡度地区积雪覆盖率均表现为一月最高,七月最低,四月和十月介于二者之间,而 3800m 以上地区积雪覆盖率全年最高值则出现在四月和十月;

(4)各坡度和坡向区域雪盖的年内变化与所在高程带的总体情况基本相似,说明坡度和坡向对雪盖年内分布的影响是在高程影响的基础上产生的。

参考文献

[1] 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.
 [2] 李培基. 中国季节积雪资源及其波动[J]. 科学通报,1987(17):1329-1332.
 [3] 冯学智. 卫星雪盖制图出的一些技术问题[J]. 遥感技术与应用,1991,6(4):10-15.

(下转第 80 页)

在地质构造线附近;②几个已知的铁矿点上或周围都存在着大量的蚀变信息,这一情况尤其明显地反映在从雾岭铁矿到备战铁矿这一条已知的铁铜矿成

矿带上;③从整个蚀变信息提取的情况来看,影像中的蚀变信息几乎没有同其他很明显的背景地物如:水系、冰川、植被、道路和居民地等有混淆。

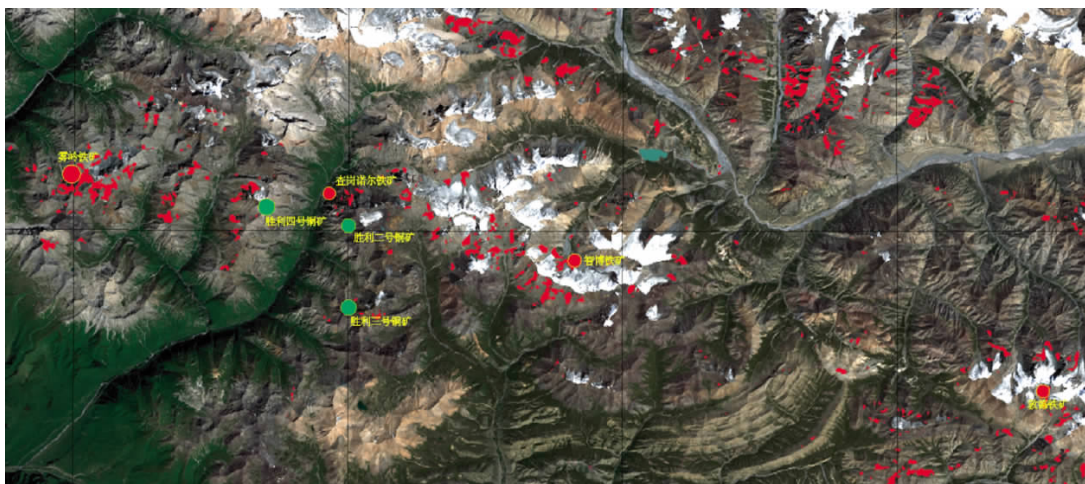


图5 绿帘石化信息提取结果(图中红色的部分为矿化蚀变)

因此,由以上的分析可以看到,本次针对新疆西天山以查岗诺尔—智博—敦德—备战铁矿带为中心的高寒山区所提出的定量光谱角分类法研究取得了较好的效果,达到了预期的蚀变信息提取目的。

感数据及本文所提出的方法,对于在一些缺乏地质工作的高寒山区提取绿帘石化蚀变信息有着较好的效果。这对今后类似地区的矿化蚀变信息提取研究有着重要的参考价值,同时也对地质找矿和圈定成矿靶区工作起到了一定的作用。

4 结束语

通过本次研究可以看出,利用 ETM+多光谱遥

参考文献

[1] 冯金星,石福品,汪帮耀,等. 西天山阿吾拉勒成矿带火山岩型铁矿[M]. 北京:地质出版社,2010:177.
 [2] 邹林,杨自安,朱谷昌,等. 多光谱遥感蚀变信息提取新方法研究[J]. 地质与勘探,2006,42(6):72-73.
 [3] 万华伟,王锦地,屈永华,等. 植被波谱空间尺度效应及尺度转换方法初步研究[J]. 遥感学报,2008,12(4).
 [4] 丛利民,李国志,王登科,等. 光谱角技术在多光谱遥感蚀变异常提取工作中的应用[J]. 化工矿产地质,2009,31(4):242-243.
 [5] 张玉君,曾朝铭,陈薇. ETM+(TM)蚀变遥感异常提取方法研究与应用——方法选择和技术流程[J]. 国土资源遥感,2003,56(2):47-49.

(上接第24页)

[4] Rango A, Gomez-Landesa E, Bleiweiss M, et al. Improved satellite snow mapping, snowmelt runoff forecasting and climate change simulations in the upper rio grande basin[J]. World Resource Review, 2003, 15(1): 25-41.
 [5] Dozier J, Marks D. Snow mapping and classification from Landsat thematic mapper data[J]. Annals Glaciol., 1987(9): 1-7.
 [6] Martinec J, Rango A. Parameter values for snowmelt runoff modelling[J]. Journal of Hydrology, 1986(84): 197-219.
 [7] 马虹,程国栋. SRM融雪径流模型在西天山巩乃斯河流域的应用实验[J]. 科学通报, 2003, 48(19): 2088-2093.
 [8] 冯学智,李文君,史正涛,等. 卫星雪盖监测与玛纳斯河融雪径流模拟[J]. 遥感技术与应用, 2000, 15(1): 18-21.
 [9] 冯学智,鲁安新,曾群柱. 中国主要牧区雪灾遥感监测评估模型研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(2): 129-134.
 [10] Hall D. K, Riggs G. A, Salomonson V. V, et al. MODIS snow-cover products[J]. Remote Sensing of Environment, 2002 (83): 181-194.
 [11] 杨利普. 新疆综合自然区划概要[M]. 北京:科学出版社, 1987: 47-48.
 [12] 黄晓东,张学通,李霞,等. 北疆牧区 MODIS 积雪产品 MOD10A1 和 MOD10A2 的精度分析与评价[J]. 冰川冻土, 2007, 29(5): 722-729.