

基于北京 1号小卫星的全国沙漠与沙漠化土地监测研究

汪爱华¹, 李 丽¹, 迟耀斌^{1,2}, 王智勇³, 周会珍¹

(1. 北京宇视蓝图信息技术有限公司, 北京 100096 2 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101

3 二十一世纪空间技术应用股份有限公司, 北京 100096)

摘要: 利用 2006和 2007年北京 1号小卫星多光谱数据, 对中国四大沙地和八大沙漠地区沙漠和沙漠化土地分布状况及其动态变化进行研究。结果表明: 2007年研究区内沙漠和沙漠化土地总面积为 $69.18 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占研究区总面积的 25.03%, 其中重度区面积占 14.88%, 中度区占 5.10%, 轻度区占 5.03%。2006~2007年研究区内共有 440块图斑发生变化, 总变化面积为 876.41 km^2 , 沙漠化土地增加面积 47.57 km^2 , 减少面积为 373.39 km^2 。沙漠化土地类型间的转换面积为 455.45 km^2 , 主要以轻度和中度沙漠化土地之间相互转化最为明显。

关 键 词: 沙漠和沙漠化土地; 遥感; 北京一号

中图分类号: S157/X87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2010)03-0409-06

沙漠化是干旱、半干旱及亚湿润干旱区内由于气候变化与人类活动等因素作用下所产生的一种以风沙活动为主要标志的土地退化过程^[1]。沙漠是沙漠化恶性发展的最终结果, 与沙漠化形成演化联系紧密。沙漠作为陆地生态系统的组成部分之一和沙漠化土地这一严重的生态环境问题, 都为人类所密切关注, 且二者不是相互孤立的两个部分, 事实上, 这两部分组成了一个完整综合的以风作为主导外营力的, 以风沙活动为主要标志的综合科学体系^[2-3]。因此, 全面、宏观、科学地掌握沙漠与沙漠化土地空间分布格局及其动态变化信息, 是中国防沙治沙总体规划以及生态环境建设等的前提。遥感技术具有信息量大、覆盖区域广和周期短等特点, 在沙漠和沙漠化研究中得到广泛应用^[4-7]。

北京 1号小卫星具有自主控制、中高分辨率、宽覆盖、高时间分辨率等独特优势, 每半年即可稳定获取覆盖全国的中分辨率遥感数据, 是开展高动态全国性沙漠和沙漠化土地监测的优选遥感数据源。因此, 针对北京 1号小卫星自身特点, 研究其在全国沙漠和沙漠化土地监测中有哪些优势和关键技术具有非常重要的科学意义和应用价值。

本文针对北京 1号小卫星特点, 研究了基于北京一号小卫星数据的全国沙漠和沙漠化土地监测技术流程。并以 2006和 2007年北京 1号小卫星

多光谱数据为数据源, 对中国四大沙地和八大沙漠及其周边地区沙漠和沙漠化土地状况和动态变化情况进行了研究。

1 数据源与监测范围

1.1 数据源

本文以北京 1号小卫星多光谱数据为数据源进行沙漠和沙漠化土地监测。北京 1号小卫星多光谱遥感器主要性能指标包括^[8]: ①光谱范围: 近红外波段 (760~900 nm)、红波段 (630~690 nm)、绿波段 (520~600 nm); ②空间分辨率为 32 m; ③刈幅宽度: 600 km; ④重访周期: 3~5 d。

北京 1号小卫星 1 a可覆盖中国至少 2次 (冬春季和夏秋季), 满足了沙漠化土地监测对数据时相的要求。每个沙地或沙漠区影像数据基本上都可以 1次或短时间内获取, 保证了数据的快速、高效和多次获取以及数据内部的一致性。

1.2 监测范围

本文监测范围主要包括呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、浑善达克沙地、毛乌素沙地、库布齐沙漠、腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、柴达木沙漠、库姆塔格沙漠、塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠等及其周边地区, 东起内蒙古自治区呼伦贝尔市, 西至新疆维吾尔自治区阿图什市, 共包括 8个

收稿日期: 2009-08-27 修订日期: 2009-12-23

基金项目: 国家科技支撑计划 (2007BAH15B03)项目资助。

作者简介: 汪爱华 (1977-), 女, 安徽合肥人, 硕士, 工程师, 主要从事图像处理、遥感和 GIS应用。E-mail: wahaia@163.com

省(自治区)(内蒙古自治区、吉林省、河北省、陕西省、宁夏回族自治区、甘肃省、青海省、新疆维吾尔自治区) 171 个县(旗、市), 监测总面积约 $276 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

2 技术流程

结合北京 1 号小卫星数据特点和实际工作要求, 制定沙漠和沙漠化土地监测技术流程(图 1)。在实际工作中, 本研究重点考虑以下几点问题。

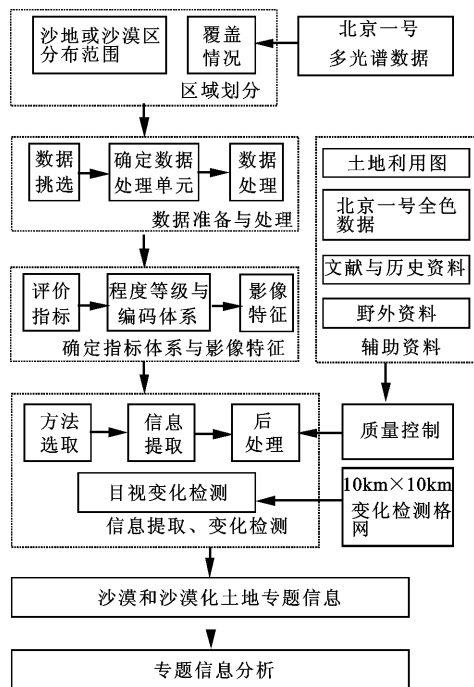


图 1 北京 1 号小卫星全国沙漠和沙漠化土地监测技术流程图

Fig 1 Workflow map of monitoring desert and sandy desertification land with images of Beijing-1 small satellite

2.1 分区监测

中国沙漠和沙漠化地区地域辽阔, 地域分异十分显著。因此, 在进行沙漠和沙漠化土地评价时, 有必要通过对区域相似性和差异性的分析, 按照一定的区划原则和方法, 进行沙漠和沙漠化土地区划^[9]。地貌、降水和温度等因子是影响沙漠和沙漠化土地分布的主要自然因子, 其对沙漠和沙漠化土地发生发展的影响已深深印刻在中国四大沙地、八大沙漠等区域。因此, 本文主要以每个沙地或沙漠为研究区, 同时, 为充分利用北京 1 号小卫星多光谱数据的内部一致性, 每个研究区内以同轨数据为处理单元。

2.2 选择最佳时相

影像季相不同, 遥感监测过程中有可能把根据植被覆盖度分级的沙漠化土地程度类型提高或降低。因此选取最佳时相是成功监测的关键。冬春季节, 由于植被情况不好, 降水又少, 地物色调比较单调; 夏秋季节, 沙地植被最为茂盛, 根据植被盖度可对沙漠化土地进行程度分级。因此, 本研究主要选择 6~9 月份的数据。同时, 在进行动态监测时, 同一地区所用数据的时相应尽量接近, 以减少因时相差异所导致的误差。

2.3 沙漠和沙漠化地区正射校正方法

沙漠和沙漠化土地分布区地物稀疏, 很难找到明显控制点地物, 这为沙漠化土地监测带来严重影响。为解决问题, 本文针对北京 1 号小卫星多光谱数据特点, 提出沙漠和沙漠化地区正射校正方法。

正射校正以 TM 正射影像图为参考数据, 全国 90 m 格网 DEM 为高程数据, 采用 Generic pushbroom(通用推扫式)模型, 设置投影和椭球体参数为 UTM、WGS84 条带号需根据待校正图像位置确定, 并定义北京 1 号小卫星多光谱传感器参数(焦距: 150 mm; 像元大小: 0.007 mm; 扫描宽度: 9.984 个像元)。同时, 还需要定义待校正数据的其他参数如侧摆角和地面分辨率。由于沙漠和沙漠化土地分布区地物稀疏, 利用北京 1 号多光谱长轨成像优势, 在沙漠化地区外延区选取控制点, 以便加密研究区内控制点。已校正的影像还需进行 2 次投影变换——将 UTM 投影变换为等积圆锥投影(Albers Conical Equal Area 投影, 双标准纬线为 25°和 47°, 中央经线 105°)。

2.4 指标体系与影像特征

沙漠和沙漠化土地监测, 首先要确定沙漠和沙漠化土地分类分级指标体系。从野外考察与观测来看, 风沙地貌和植被盖度是沙漠和沙漠化程度的主要标志^[9], 而在实际遥感监测工作中, 色调和形状等是遥感影像判读的直接标志。综合遥感工作原理以及沙漠和沙漠化土地特征, 选取地表形态和植被覆盖度作为重要指标, 一方面植被覆盖度是群落结构、生物产量、土壤有效深度、结构、有机质、含水量等变化的一个综合体现^[10]; 而地表形态则是对沙丘活动程度、沙漠化土地表面起伏度、沙丘疏密度和沙漠化土地景观的形态特征等指标的综合反映。另一方面, 在中国北方沙漠化地区的遥感监测中具有明确的易于判别和普遍的代表意义。根据

选取的指标将沙漠和沙漠化土地分成轻度、中度和重度 3个等级, 结合北京 1号小卫星多光谱数据, 分析和总结各类沙漠化土地的影像特征 (表 1)。

此外, 针对 2006~ 2007年变化区域, 还进行变化前后类别识别。参照国家相关土地利用分类标准将非沙漠化土地区域分为: 耕地、植被区 (指覆

表 1 沙漠与沙漠化土地程度分类及其指标
Table 1 Degree classification and index of desert and sandy desertification land

沙漠与沙漠化程度等级	地形形态	植被覆盖度 (%)	色调特征	其他特征
轻度	以固定沙 (丘) 地为主	30~ 60	浅红色	在浅红色基调上有红色或褐色斑点, 地面不平, 沙丘斑点状分布
中度	以半固定沙 (丘) 地为主	10~ 30	浅兰色、淡红色或浅黄色	沙丘分布清晰, 有灌丛分布的斑点, 一般沿着风向分布, 或者是大片平沙分布
重度	以流动沙 (丘) 地为主	< 10	淡兰色、亮白色, 色调较均匀	沙丘、沙垄等地貌形态明显, 有顺风向推移的痕迹

注: 表中影像特征基于 2006年 9月 9日获取的毛乌素沙地区域影像分析得到。

盖度大于 60% 的林地、草地等)、建设用地、水域及其他。

2 5 信息提取与变化检测

为了快速有效地进行沙漠和沙漠化土地监测, 选择合适的信息提取方法至关重要。本研究主要采用面向对象的沙漠化土地信息提取方法。

本文主要采用分区分块的人工目视解译方法进行沙漠化土地动态变化信息提取。实际工作以八大沙漠、四大沙地为单元进行分区; 同时生成 10 km × 10 km 全国沙漠化土地区域格网矢量文件, 进行格网式排查。格网的选择主要考虑以下几个因素: ①在 1: 6万 ~ 1: 10万间网格大小尽量充满 GIS 软件操作窗口; ②网格不能过小, 过小网格文件较大, 不利于操作。

2 6 质量控制

由于研究区范围广, 条件恶劣, 为保证研究质量, 本研究除了在影像数据几何精度、时相等方面严格要求外, 还广泛收集并使用了大量辅助数据辅助监测, 主要包括: ①参考 2000年全国 1: 10万土地利用图。②利用北京 1号小卫星 4m 高分辨率全色数据, 辅助监测。截止 2007年底, 北京一号 4 m 全色数据在研究区内覆盖面积达 50% 以上 (图 2)。③内蒙古自治区正蓝旗实地考察资料^[11]以及民勤县野外调查点坐标和照片信息。④2000年统计资料^[10 12]及历史背景资料^[13~ 21]。

3 监测结果与分析

3 1 沙漠和沙漠化土地空间分布特征

利用 2007年北京 1号小卫星多光谱数据监测

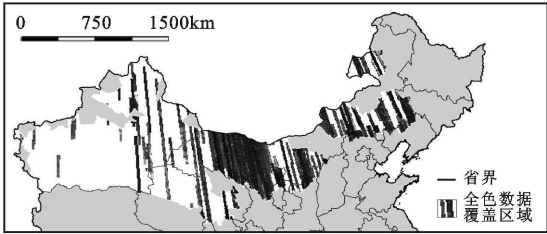


图 2 北京 1号小卫星全色数据覆盖图
(截止 2007年底)

Fig 2 Covering area of Beijing-1 panchromatic data (by the end of 2007)

得到研究区内沙漠和沙漠化土地分布情况 (表 2 和图 3)。2007年研究区内沙漠和沙漠化土地分布特征如下:

- 1) 研究区内沙漠和沙漠化土地总面积约为 $69\ 18 \times 10^4\text{ km}^2$, 占研究区总面积的 25.03%, 其中重度区面积占 14.88%, 中度区占 5.10%, 轻度区占 5.05%。
- 2) 新疆维吾尔自治区沙漠和沙漠化土地面积最大, 占沙漠和沙漠化总面积的 61.16%, 其次是内蒙古自治区, 占 27.84%。其中沙漠和沙漠化土地面积占区域面积百分比大于 50% 的旗 (县、市) 有 22 个。重度区面积占区域面积大于 10% 的县 (旗、市) 有 33 个。
- 3) 从空间分布上看, 重度区主要分布在贺兰山以西区域, 而在中国四大沙地区域, 主要以中度和轻度沙漠化土地为主。

3 2 沙漠和沙漠化土地动态变化

2006~ 2007年研究区内共有 440个地块发生变化, 变化总面积为 $876\ 41\text{ km}^2$ 。由表 3可知: 沙

面积分别为 11.07、1.40 km², 其它区域沙漠化土地面积均有减少。其中三大沙漠周边地区和塔克拉玛干沙漠周边地区沙漠化土地面积分别减少了 144.89、137.41 km², 主要表现为沙漠化土地转变为耕地和植被区。这主要与当地广泛采用喷灌滴灌等节水灌溉技术发展节水型集约化的绿洲农业等措施有关^[21]。毛乌素沙地沙漠化土地面积虽有少许增加, 但区内局部区域沙漠化土地程度有所减轻, 主要为中度沙漠化土地向轻度沙漠化土地转化, 转化面积为 26.54 km²。

从旗(县、市)看, 研究区内共有 75个旗(县、市)的沙漠化土地发生变化, 其中变化面积在 20 km² 以上的达 16个。共有 10个旗(县、市)的沙漠化土地面积增加, 其中都兰县面积增加最多, 达 10.81 km²。全国共有 62个县市的沙漠化土地面积减少, 其中减少面积超过 10 km² 的旗(县、市)有额济纳旗、金塔县、阿克苏市、沙湾县、阿拉善左旗、库尔勒市、若羌县和尉犁县。

4 结 语

本文在充分参考和总结前人研究基础上, 针对北京 1号小卫星特点, 初步建立了一套基于遥感的比较规范的沙漠和沙漠化土地快速监测技术流程, 并取得了全国沙漠和沙漠化土地快速监测阶段性成果。

虽然本次研究取得了较好的效果, 但还存在以下几个方面有待进一步研究和完善:

1) 降水是影响沙地植被和草地生长发育的主要因子, 因此丰水年、干旱年以及不同月份监测的沙漠和沙漠化土地面积会有一些差别。在今后的研究中, 如何有效地考虑降水因素对沙漠和沙漠化土地监测的影响是值得考虑的地方。

2) 随着北京 1号小卫星数据的连续动态监测, 研究沙漠和沙漠化土地变化趋势及其成因分析具有重要的应用价值。

参考文献:

- [1] 董玉祥. “荒漠化”与“沙漠化”[J]. 科技术语研究, 2000, 2(4): 18~21
- [2] 王 涛, 朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题 1. 沙漠化的概

念及其内涵[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 209~214

- [3] 董建林, 雅 洁. 内蒙古自治区的沙漠及沙漠化土地[J]. 内蒙古林业调查设计, 2004, 27(1): 3~7.
- [4] 高志海, 魏怀东, 丁 峰. 基于 3S技术的荒漠化监测技术系统研究[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(6): 330~336.
- [5] 朱金花, 黎劲松. 基于遥感与 GIS技术的吉林省西部土地沙漠化现状及发展趋势研究[J]. 地理科学, 2001, 21(2): 140~144
- [6] 杨俊平, 孙保平. 中国的沙漠与沙漠化研究发展趋势[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 163~168
- [7] 王 涛, 朱震达. 中国沙漠化研究[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(2): 7~12
- [8] 汪爱华, 迟耀斌, 王智勇, 等. 北京 1号小卫星多光谱影像全国镶嵌技术与制图研究[J]. 遥感学报, 2009, 13(1): 83~90
- [9] 刘晓曼. 基于遥感和 GIS的中国西部地区土地沙漠化综合评价[D]. 南京师范大学硕士学位论文, 2004: 31~32
- [10] 王 涛, 吴 薇, 薛 娴, 等. 近 50年来中国北方沙漠化土地的时空变化[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 203~211
- [11] 汪爱华, 李 丽, 迟耀斌, 等. 基于“北京一号”小卫星多光谱数据的沙漠化土地监测研究——以内蒙古自治区正蓝旗为例[C]. /江 民. 第 16届全国遥感技术学术交流会论文集. 北京: 地质出版社, 2007: 181~184
- [12] 刘树林, 王 涛. 浑善达克沙地地区土地沙漠化初步研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 99~103
- [13] 黄银洲, 王乃昂, 何彤慧, 等. 毛乌素沙地历史沙漠化过程与人地关系[J]. 地理科学, 2009, 9(2): 206~211
- [14] 裘善文. 试论科尔沁沙地的形成与演变[J]. 地理科学, 1989, 9(4): 317~328
- [15] 李并成. 沙漠历史地理学的几个理论问题——以我国河西走廊历史上的沙漠化研究为例[J]. 地理科学, 1999, 19(3): 211~215
- [16] 郝成元, 吴绍洪, 杨勤业. 毛乌素地区沙漠化与土地利用研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 33~39
- [17] 屈建军, 常学礼, 董光荣, 等. 巴丹吉林沙漠高大沙山典型区风沙地貌的分形特性[J]. 中国沙漠, 2003, 23(4): 361~365.
- [18] 韩昭庆. 清末西垦对毛乌素沙地的影响[J]. 地理科学, 2006, 26(6): 728~734
- [19] 贾铁飞, 银 山. 乌兰布和沙漠北部全新世地貌演化[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 217~221
- [20] 唐进年, 王继和, 苏志珠, 等. 库姆塔格沙漠羽毛状沙丘表面沙粒度分布特征[J]. 干旱区地理, 2008, 31(6): 918~925.
- [21] 武胜利, 刘自强, 李志忠, 等. 塔克拉玛干沙漠西北边缘的风沙环境与沙漠演变[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2004, 23(1): 60~65
- [22] 史培军, 张 宏, 王 平, 等. 我国沙区防沙治沙的区域模式[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 1~7.

Study on Monitoring of Desert and Sandy Desertification Land in China Using Images of Beijing-1 Small Satellite

WANG Aihua¹, LI Li¹, CHI Yaobin^{1,2}, WANG Zhiyong³, ZHOU Huizhen¹

(1. Beijing Landview Mapping Information Technology Co., Ltd., Beijing 100096; 2. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101; 3. Twenty First Century Aerospace Technology Co., Ltd., Beijing 100096)

Abstract Beijing-1 multispectral data with advantages of short revisit period and the large area collection capability of 32 m resolution, 600 km width imaging swath and more than 4 000 km stripe is a new prior source of remote sensing data in monitoring desert and sandy desertification land. This paper introduced the workflow and the key technologies to monitor the desert and sandy desertification land more rapidly and frequently in whole country based on Beijing-1 multispectral data. Two periods of Beijing-1 near-anniversary images in 2006 and 2007 were used to analyse the distribution and change of desert and sandy desertification land. The study area includes Hulunbuir Sandy Land, Horqin Sandy Land, Otindag Sandy Land, MuUs Sandy Land, Hoboq Desert, Tengger Desert, Badain Jaran Desert, Ulan Buh Desert, Qaidam Desert, Kumtag Desert, Gurbantunggut Desert, Taklimakan Desert and so on. The result showed that the total area of the desert and sandy desertification land added up to 691 752 km² in 2007, accounting for 25.03% of the whole region. The proportion of severe, medium and slight land was respectively 14.88%, 5.10% and 5.05%. They mainly distributed in Xinjiang Uighur Autonomous Region and Inner Mongolia Autonomous Region, whose area accounted for 61.16% and 27.84% of the total area of the desert and sandy desertification land respectively. There were 22 counties or banners where the area of the desert and sandy desertification land was over 50% of its total region area. Moreover, there were 33 counties or banners where the area of the severe land had exceeded 10% of its total region area. There were 440 patches changed from 2006 to 2007, which added up to 876.41 km², mainly in the edge of desert or sandy land. The area of the desert and sandy desertification land to the non-sandy land was 373.39 km², of which mostly being converted into farmland, vegetation region, water body, construction land and so on. Contrarily, the area changed from non-sandy to the sandy land was 47.57 km², mainly from farmland or vegetation region to the slight land. So 325.82 km² of desert and sandy desertification land decreased from 2006 to 2007. In addition, the transformation area among the three level lands was 455.45 km², of which the transformation between medium and slight land was obvious.

Key words desert and sandy desertification, remote sensing, Beijing-1 small satellite