

新疆土地荒漠化监测分析

李 虎^{1,2}, 高亚琪³, 王晓峰², 王哲²

(1. 南京大学城市与资源学系 南京 210093; 2. 新疆师范大学地理系 乌鲁木齐 830054;

3. 新疆林业勘察设计院 乌鲁木齐 830002)

摘要: 利用 RS 与 GIS 技术对新疆境内的荒漠化土地进行监测分析, 以新疆全境为控制总体, 采取卫星数据解译结合現地调查及抽样方法获取全疆荒漠化现状。监测调查表明: 新疆是个荒漠化分布极广的地区, 荒漠化面积占监测区面积的 77.08%。在荒漠化土地类型中, 荒漠化耕地占 1.92%, 荒漠化林地占 4%, 荒漠化草地占 45%, 荒漠化未利用地占 49%。在荒漠化程度中, 非荒漠化土地占 22.92%, 轻度荒漠化占 5.69%, 中度荒漠化占 16.58%, 重度荒漠化占 33.19%, 极重度荒漠化占 21.61%。按荒漠化主导因素: 风蚀荒漠化占 58.23%, 水蚀荒漠化占 8.69%, 盐渍荒漠化占 6.52%, 冻融荒漠化占 3.64%。

关键词: 新疆; 土地荒漠化; 遥感与地理信息系统; 监测与分析

土地荒漠化是指包括所有气候变异和人为活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化^[1]。新疆地处中国的西北边陲, 东西长 2 000 km, 南北宽约 1 650 km, 土地面积 166.4987 万 km², 约占全国陆地面积的六分之一, 是中国荒漠化土地最多的省区, 也是风沙危害最严重的地区之一, 强化完善荒漠化的监测工作十分必要。同时新疆地域辽阔、自然条件复杂, 荒漠化面积分布广、类型多。利用常规方法难以在短时间内确定其空间分布及性质。利用遥感及地理信息系统技术可以较好地解决这一问题^[2-5]。

1 监测区域和数据

1.1 监测区域

土地退化是由于使用土地或由于一种营力或数种营力结合致使干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的雨浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力和复杂性下降或丧失^[1, 2]。根据《国际荒漠化公约》和中国土地荒漠化监测的有关技术规定^[1], 土地荒漠化类型按主导因素分为风蚀、水蚀、冻融、盐渍化 4 大类型。风蚀是指由于风的作用使地表土壤物质脱离地表被搬运的现象及气流中土壤颗粒对地表的磨蚀作用。水蚀荒漠化系由于大气降水, 尤其是降雨所导致的土壤搬运和沉积过程。盐渍化荒漠化类型指地下水、地表水带来的对植物有害的易溶盐分在土壤中积累引起的土地生产力下降。冻融荒漠化指温度在 0 °C 左右及其以下变化时, 对土地造成的机械破坏作用。上述每种荒漠化类型按荒漠化程度分又为轻、中、重、极重 4 级^[6]。根据以上定义, 监测区域为新疆干旱、半干旱和亚湿润干旱地区。扣除新疆境内的湿润区和中国—塔吉克斯坦共和国争议区, 新

收稿日期: 2003-04-07; 修订日期: 2003-11-04

基金项目: 国家自然科学基金“西部环境和生态科学”重大研究计划项目 (90302012); 国土资源部资助项目 (2000511) [Foundation Item: National Natural Science Foundation of China. No. 90302012; The Project of the Ministry of Land and Resources, No.2000511]

作者简介: 李虎 (1962-), 男, 山东德州人, 在职博士, 教授。主要从事资源环境调查与监测, 有数十篇论文及专著发表。E-mail: nxfli@xjcninfo.net

疆荒漠化监测区域面积为 1441 617.63 km²。监测对象为荒漠化土地。

1.2 数据来源

调查采用的遥感数据是美国 Landset5 (少量的 Landset7) 的 TM 传感器获取的数据, 为 1999~2000 年数据, 时相一般为 5~10 月份。波段组合为 TM4(R)5(G)3(B), 灰度拉伸上采用线性拉伸, 以土地类型、植被为主体进行了图像增强。几何精校正控制是以 1:5 万地形图上一幅选取 1~2 个控制点且均匀分布, 控制点数字化中误差小于图面 0.2 mm, 配准中误差小于地面 15 m。

2 监测方法

2.1 方法

调查采用现地调查和 TM 卫片解译相结合方法。共布设遥感解译样地 274 846 个, 布设以北京五四坐标系为基准。采用经过精纠正的卫星影像数据, 利用 PCI 软件对遥感数据进行图像增强、分类、判读及地理要素叠加、自动分类、差值计算^[5]等处理。在此基础上, 通过预判、现地验证等技术手段, 建立荒漠化类型、地类、分布等因子的遥感解译标志。根据解译标志, 采取人机对话的形式对遥感解译样地的调查监测因子进行解译。通过现地调查对遥感解译结果进行验证, 并加以校核修正。以样地荒漠化遥感解译结果推断全疆总体荒漠化状况。调查结果以 VFP 数据库表的形式采取计算机双界面输入, 建立属性数据库。利用 Arc/Info 软件, 完成图形数据的录入与编辑, 拓扑求积, 再与属性数据库集成, 形成带有属性数据的地理信息数据, 然后转换成适当的文件格式数据。

以县为单位统计计算荒漠化现状, 汇总成全新疆荒漠化调查数据。

2.2 监测精度

以全新疆荒漠化土地为调查监测总体, 按 95% 的可靠性估计, 主要荒漠化土地类型面积现状抽样精度在 95% 以上 (主要荒漠化类型土地面积成数小于 20% 时, 抽样精度要求 90% 以上)。调查精度在 90% 以上。其中, 新疆监测区内荒漠化面积抽样精度为 99.49%; 风蚀荒漠化监测精度为 98.16%; 水蚀荒漠化监测精度为 97%; 盐渍荒漠化监测精度为 93.06%; 冻融荒漠化监测精度为 90%。

表 1 新疆荒漠化监测土地利用类型表

Tab. 1 The types of landuse for desertification monitoring in Xinjiang

土地类型	面积/ km ²	比例/%
耕地	48207.90	3.34
林地	60113.30	4.17
草地	631668.40	43.82
未利用地	674773.50	46.81
居民、工矿 ^a 、交通用地	7730.95	0.54
水域	19123.50	1.33
合计	1441617.55	100.00

3 监测结果

3.1 土地利用现状

新疆总面积为 166.4897 万 km², 本次监测面积为 144.1617 万 km² (表 1, 不包括湿润区、极干旱区及中塔争议区)。

3.2 荒漠化土地现状

在监测范围内新疆荒漠化总面积为 1111 158.12 km² (表 2), 占监测总面积的 77.08%; 非荒漠化面积为 330 459.51 km², 占 22.92%。

表 2 新疆荒漠化土地类型 (单位: km²)

Tab. 2 The type of desertified land in Xinjiang

荒漠化土地	%	耕地	%	林地	%	草地	%	未利用地	%
1111158.12	100	21359.65	1.92	43158.34	4	505409.35	45	541230.78	49

居民工矿交通用地及水域面积为 26 854.4 km², 占 1.92%。在荒漠化土地中, 荒漠化耕地面积为 21 359.65 km², 占 1.92%; 荒漠化林地 43 158.34 km², 占 4%; 荒漠化草地 505 409.35 km², 占 45%, 荒漠化未利用地 541 230.78 km², 占 49%。

表 3 新疆荒漠化程度现状表 (单位: km²)

Tab. 3 The condition of desertification degree in Xinjiang

总面积	%	非荒漠化合计	%	轻度	%	中度	%	重度	%	极重度	%
1441617.63	100	3304.5951	22.92	820.81.1	5.69	239066.7	16.58	487421.87	33.19	311588.44	21.61

注：非荒漠化合计包括非荒漠化的耕地、林地、草地、未利用地、居民、工矿、交通用地及水域

表 4 新疆荒漠化类型现状表 (单位: km²)

Tab. 4 The condition of desertification types in Xinjiang

总面积	%	非荒漠化	%	风蚀	%	水蚀	%	盐渍化	%	冻融	%
1441617.6	100	330459.51	22.92	839393.11	58.23	125336.28	8.69	93986.87	6.52	52441.85	3.64

注：非荒漠化面积包括：耕地、林地、草地、未利用地的非荒漠化土地及居民交通工矿用地及水域。

表 5 新疆主要土地利用类型荒漠化状况 (单位: km²)

Tab. 5 The desertification condition about main landuse types

荒漠化类型 地类	风蚀			水蚀			冻融			盐渍化			非荒 漠化
	轻	中	重	轻	中	重	轻	中	重	轻	中	重	
耕地	3226	916	45	1333	319	12				13319	2062	125	26848
林地	79723	9841	2358	6668	1542	408				9103	4463	488	16955
草地	12137	105365	24020	13420	40856	38058	977	2298	6575	8289	30070	6969	126259
未利用地	2970	21548	432517	473	3718	18327	1529	10049	31012	662	6019	12406	133542

3.3 荒漠化现状

3.3.1 荒漠化程度 新疆轻度荒漠化面积 82 081.10 km², 占 5.69%; 中度荒漠化面积 239 066.70 km², 占 16.58%; 重度荒漠化 478 421.87 km², 占 33.19%; 极重度荒漠化 311 588.44 km², 占 21.61%。新疆荒漠化总面积占新疆总面积的 66.74% (表 3), 其中重度以上荒漠化土地面积达 790 010.31 km², 占新疆总面积的 47.45%, 是中国土地荒漠化最严重的省区^[2]。

3.3.2 荒漠化类型 新疆的土地荒漠化以风蚀、水蚀为主, 盐渍化是干旱蒸发与地下水、地表水相互作用的结果 (表 4)。在“三山加两盆”的大地貌格局背景下, 新疆荒漠景观系统的自然格局源于水过程和气流过程的共同作用。这些格局把水与风的外部时空作用过程最大限度的内在化, 地表物理化学过程表现为物质的空间移动与盐分的积累, 地表生物过程表现为群落物种结构和外貌的更替。以上被动的物理过程和主动的生物过程共同推动了荒漠景观的变化。加之人类的干扰, 使荒漠化的类型更为复杂和多样化。

3.4 新疆土地利用类型荒漠化状况

在本次监测范围内, 新疆荒漠化土地面积比例达 77.08%, 占有绝对优势 (表 5)。

3.4.1 耕地 此次监测范围内的耕地面积为 48 207.91 km²。占监测面积的 3.34% (未监测区没有耕地), 就耕地的荒漠化状况而言, 非荒漠化耕地 26 848.26 km², 占总耕地面积的 55.69%; 荒漠化耕地面积为 21 359.65 km², 占总耕地面积的 44.31%。在荒漠化耕地中, 轻度荒漠化占 83.69%, 中度占 15.43%, 重度和极重度占 0.88%。荒漠化和非荒漠化合计占总耕地面积的 92.77%, 因此新疆的耕地的绝大部分为非荒漠化和轻度荒漠化。耕地荒漠化的类型特点是风蚀荒漠化和盐渍化荒漠化所占比例较大而水蚀较少。

各耕地荒漠化类型的景观布局表现为：水蚀耕地主要分布于天山中东部、天山西部及塔城地区的前山黄土丘陵带开垦的、没有任何防护措施的旱田。而风蚀耕地在全疆各地都有分布。尤其在塔里木盆地、准噶尔盆地边沿分布较多。盐渍化耕地分布在地下水水位较高的两大盆地边缘, 常同风蚀交错分布, 形成风蚀-盐渍化复合地类。

3.4.2 林地 本次监测区内林地的面积为 60 113.39 km², 占监测面积的 4.17%。林地的荒漠化面积为 43 158.34 km², 占林地面积的 71.79%, 其中轻度、中度、重度和极重度荒漠化比重分别占林地面积的 39.50%、26.36%、5.24%和 0.7%; 非荒漠化面积为 16 955.06

km², 占林地面积的 28.21%。

风蚀荒漠化林地总面积为 20 474.57 km², 其中轻度、中度、重度和极重度风蚀林地比重分别占 38.94%、48.06%、11.50%和 1.49%。主要分布于塔里木河流域的胡杨林、灌木林, 塔里木盆地、准噶尔盆地的荒漠灌木林以及在部分前山冲积洪积戈壁上的荒漠灌木林^⑨。水蚀荒漠化林地面积为 8 618.56 km², 其中轻度、中度、重度和极重度水蚀林地比重分别占 77.37%、17.89%、3.62%和 1.12%。主要分布于山区, 包括天山北坡、阿勒泰山的天然针叶林及灌木林, 天山南坡、昆仑山的部分天然林区。主要有天山西部林业局所辖林区、天山中东部林场所辖林区、博尔塔拉蒙古自治州林业局所辖天然林区、巴音郭楞蒙古自治州林业局所辖林区、克孜勒苏克尔克孜自治州所辖林区及河谷次生林区。

盐渍荒漠化林地面积为 14 065.21 km²。其中轻度、中度、重度和极重度盐渍化林地比重分别占 64.72%、131.73%、3.43%和 0.12%。分布于塔里木河、孔雀河流域的台地及塔里木盆地、准噶尔盆地农区与沙地的交界区。主要有库尔勒地区的焉耆盆地及塔河中上游地区阿克苏地区(库车、沙雅、新和的绿洲边缘), 喀什地区的大部分县市、和田地区的民丰、博尔塔拉蒙古自治州的精河等县市, 以荒漠灌木林及胡杨林为主。

3.4.3 草地 在本次监测范围内的草地面积为 631 668.41 km², 其中荒漠化草地面积为 505 409.34 km², 占草地面积的 80.01%, 非荒漠化面积为 126 259.06 km², 占草地面积的 19.99%。在草地中轻度、中度、重度和极重度荒漠化草地比重分别占 5.51%、28.27%、43.22%和 3.0%。新疆草地荒漠化面积大、程度重, 其原因在于草场超载, 长期的过度放牧而使草地严重退化。

风蚀荒漠化草地面积为 357 693.69 km², 其中轻度、中度、重度和极重度风蚀荒漠化草地比重分别占 3.39%、29.46%、62.42%和 4.73%。主要分布在塔里木盆地、准噶尔盆地外围及天山与阿勒泰山的前山冲积扇及冲积平原、吐善托盆地。

水蚀荒漠化草地面积为 92 535.82 km², 其中轻度、中度、重度和极重度水蚀荒漠化草地比重分别占 14.5%、44.15%、39.86%和 1.48%。主要分布于天山及阿勒泰山的天然林分布带的上、下草场; 昆仑山、阿尔金山的荒漠草原。

盐渍化草地面积为 45 328.31 km²。其中轻度、中度、重度和极重度盐渍化草地比重分别占 18.29%、66.34%、4.76%和 0.62%。主要分布于塔里木河、孔雀河、乌仑谷河流域, 准噶尔盆地边缘, 天山及阿勒泰山的冲积平原, 塔里木盆地边缘河流下游流域, 绿洲与沙地交界地带及干枯的湖底四周。一般与风蚀荒漠化交错分布。

冻融荒漠化草地面积为 9 851.53 km², 其中轻度、中度、重度和极重度冻融荒漠化草地比重分别占 10.23%、23.33%、62.66%和 10.23%。主要分布于高山、极高山高寒荒漠草原带, 一般沿山体呈带状分布。

3.4.4 未利用地 未利用地包括荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、干沟和沙滩、裸土地、戈壁、裸岩、风蚀劣地及其他未利用地。其面积为 674 773.50 km², 占监测面积的 46.81%。是荒漠化土地的主要组成部分。其中荒漠化面积为 541 230.78 km², 占未利用地面积的 80.21%, 其中轻度、中度、重度和极重度荒漠化比重分别占 0.84%、4.71%、29.95%和 43.30%。非荒漠化面积为 133 542.71 km², 占未利用地面积的 19.79%。

未利用土地的荒漠化类型在全疆各地均有分布, 其中以风蚀占绝对优势。面积为 457 035.58 km², 其中其中轻度、中度、重度和极重度风蚀比重分别占 0.65%、6.13%、39.41%和 55.22%。风蚀荒漠化未利用地主要是沙漠、戈壁、风蚀劣地及部分裸岩。

水蚀荒漠化主要是由于水蚀而形成的裸岩, 面积为 22 518.04 km²。其分布主要是在山区, 其中有天山山区、阿尔泰山区, 阿尔金山山区, 昆仑山区及准噶尔界山山区等。

新疆盐渍荒漠化面积为 19 086.83 km²。其中轻度、中度、重度和极重度盐渍化比重分别占 3.47%、31.53%、27.22%和 37.77%。主要分布在地表水处于闭流状态的地下水位

较高的地区, 如在罗布泊区域、艾比湖、艾丁湖区域及部分农区排水的下游区域。

冻融荒漠化地类主要是裸岩, 分布在山区雪限下部区域。

4 新疆土地荒漠化现状评价

4.1 新疆是荒漠化土地分布极广的地区

新疆荒漠化土地分布遍布全疆, 北起北纬 47°30' 的阿尔泰山南麓山前倾斜平原, 南抵北纬 30°20' 的昆仑山山麓, 跨越 11°。东延至东经 96°21' 到甘肃和中蒙边界, 西到东经 76°50' 与哈萨克斯坦荒漠相接, 跨越 21°。最高分布到昆仑山海拔 5 000 m, 最低到海拔 -154 m 的艾丁湖。在总监测面积 1441 617.63 km² 中荒漠化土地占 77.08%, 而非荒漠化土地只占 22.92%, 非荒漠化土地分布在天山、阿尔泰山的中高山部分及部分绿洲区。

4.2 不同的荒漠化因素影响不同的地域

水蚀分布在地及伊犁河谷地带, 风蚀分布在两大盆地及平原地带, 盐渍化与风蚀交错分布, 冻融只分布在天山、阿尔泰山及昆仑山的雪限以下地带。

4.3 耕地荒漠化不可忽视

新疆耕地中的土地荒漠化现象较为普遍。在耕地中荒漠化面积为 21 359.65 km², 占 44.31%。所以必须加大改良力度, 特别是对于中度荒漠化耕地, 应结合中低产田改造, 变革种植结构和灌溉方式, 使土地休养生息, 降低退化程度。对重度及极重度荒漠化耕地应实施退耕还林、退耕还草工程, 使土地回复到自然状态, 改善荒漠化现状。

4.4 林地荒漠化严重、区域分布明显

林地荒漠化程度高于耕地, 在林地中荒漠化林地占 71.79%, 而非荒漠化林地只有 28.21%。林地荒漠化的主要类型是风蚀、水蚀与盐渍化。就程度而言, 南疆的林地荒漠化程度明显高于北疆。南疆林地荒漠化主要类型是风蚀和盐渍化。其地理分布主要集中于绿洲与沙漠边缘的交错带及主要河流两侧。塔里木河流域的胡杨林、荒漠灌木林的荒漠化程度极为严重, 由于人为的破坏及水资源的不合理利用, 塔里木河流域中下游土地的荒漠化在不断加重, 周边的荒漠灌木林的荒漠化林地面积不断扩大, 程度趋于加重。

4.5 新疆土地荒漠化动态分析

在本次调查监测之前新疆没有进行全面、准确的荒漠化调查, 根据国家林业局 1995 年统计。新疆荒漠化总面积为 1043 749 km², 其中风蚀 674 659 km², 水蚀 84 245 km², 盐渍化 101 856 km², 冻融 35 780 km², 其他荒漠化土地 147 207.49 km²。根据本次监测调查统计, 新疆荒漠化土地总面积为 1111 158 km², 比 1995 年增加了 67 409 km², 以往的观念认为耕地及山区天然林没有荒漠化或较轻, 而本次监测表明; 耕地和林地荒漠化已较为严重, 分别占耕地面积、林地面积的 44.31%、71.79%。

5 结语

新疆是国家西部大开发的重要地区, 目前的经济与生态建设中, 面临的主要问题是脆弱的生态环境支撑着巨大的开发压力, 因此, 建立资源与环境的监测体系至关重要, 但目前存在的一个主要问题是遥感、地理信息系统和全球定位系统技术的应用程度还不够。本次监测调查较好地解决了这一问题。由于采用了遥感、地理信息系统与常规抽样相结合的方法, 调查成果及精度可靠。业务化程度高, 可操作性强, 便于在实际调查监测工作中应用。新疆的土地荒漠化还在发展。森林的采伐及过牧导致水蚀, 塔里木河流域的开垦使荒漠化加重, 艾比湖、玛纳斯湖的缩小导致湖底裸露, 乱垦破坏荒漠化植被使土层外露疏松。由于水源不足及管理不当而弃耕使土地直接严重荒漠化, 过牧使山地

草场生物量减少而无法恢复, 樵采、挖药、牧羊直接破坏沙生植物, 使沙地活化。从而形成“人口增加-毁林开荒-取粮-肥力丧失-再垦”的恶性循环, 加快了荒漠化进程, 形成局部治理改善而大范围荒漠化增加的局面, 治理任务非常艰巨。

参考文献 (References)

- [1] CCICCD. China Country Paper to Combat Desertification. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996. 16-35.
- [2] Ding J L, Tasipulat Tiyip. Study of desertification dynamic change in the south of Tarim Basin. *Journal of Remote Sensing*, 2002, 6(1): 56-62. [丁建丽, 塔西普拉提·特依拜. 塔里木盆地南缘绿洲荒漠化动态变化遥感研究. *遥感学报*, 2002, 6(1): 56-62.]
- [3] Wang Ranghai, Fan Zili. Study on land desertification with RS and GIS techniques in Alagan, the Lower Reaches of Tarim River. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(5): 137-142 [王让会, 樊自立. 利用遥感和 GIS 研究塔里木河下游阿拉干地区土地沙漠化. *遥感学报*, 1998, 2(5): 137-142.]
- [4] Zhang Guoping, Liu Jiyuan. Remote sensing based analysis of the distribution pattern and dynamic changes of sandy land in China from 1995 to 2000. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9): 1500-1506. [张国平, 刘纪远. 1995-2000 年中国沙地空间格局变化的遥感研究. *生态学报*, 2002, 22(9): 1500-1506.]
- [5] Singh A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 1989, 10(6): 989-1003.
- [6] General Forestry Bureau of China. China national skill regulation for monitoring land desertification, 1996.

The Analysis and Evaluation of Desertification in Xinjiang

LI Hu^{1, 2}, GAO Yaqi³, WANG Xiaofeng², WANG Zhe²

- (1. *Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;*
 2. *Department of Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830054, China;*
 3. *Xinjiang Forestry Reconnaissances and Designing Institute, Urumqi 830002, China*)

Abstract: The land desertification in Xinjiang was monitored and analysed on the basis of RS and GIS. The method for drawing samples was used for obtaining the desertification condition throughout Xinjiang and interpreting satellite data in combination with ground investigations. The PCI software has been used to deal with remote sensing data such as image enhancement, classification, auto-classification and so on. Meanwhile the interpretation symbols about desertification type and land type were identified based on ground investigations. According to interpretation symbol, the computer processing and disposition have been used to explain investigation factors. The result was imported with the form of VFP database table, and the attributive database was established. By integrating attributive database, the geographic information data were obtained by using ARC/INFO software, statistical and calculated data have been summarized for the present situation of desertification of Xinjiang. According to the monitoring result, Xinjiang is a widely desertified region, in which desertified area occupies 77.08% of the whole monitored area. For the desertified land type: the desertified farmland is 1.92%; desertified woodland is 4%; desertified grassland is 45%; and unused land is 49%. For the desertification degree: non-desertification is 22.92%; weak desertification is 5.69%; moderate desertification is 16.58%; serious desertification is 33.19%; and extremely serious desertification is 21.61%. Based on the main factors of desertification, wind-erosion desertification is 58.23%; water-erosion desertification is 8.69%; saltation-desertification is 6.52%; and freezing-thawing desertification is 3.64%.

Key words: Xinjiang; land desertification; RS and GIS; desertification monitoring