水保监测与应用技术

库姆塔格沙漠及周边地表覆被变化监测

朱自娟，张怀清，凌成星

（中国林业科学研究院 资源信息研究所，北京 100091）

摘　要：[目的] 研究库姆塔格沙漠及周边区域地表覆被变化状况。[方法] 通过遥感技术对库姆塔格沙漠及周边区域的地表覆被变化状况进行监测，并对该区 1990 年代、2000 年代和 2010 年代的 TM 影像进行处理和分类，而后应用 ArcGis 软件对 3 期数据进行对比分析。[结果] (1) 该地区植被面积一直在增长，但仍然占很小比重，戈壁与裸地则占很大比重；(2) 沙漠面积经历一个先增长后减少的过程，总体仍是增长；(3) 湿地的稳定性最差，湿地的变动取决于水分的积聚与流失。[结论] 人类已经着手改善该地生态环境，并取得一定效果。山地和库姆塔格沙漠南缘是绿化和防沙治沙的重点区域。

关键词：库姆塔格沙漠；地表覆被类型；遥感监测；动态分析

文献标识码：B　　文章编号：1000-288X(2015)02-0131-04　　中图分类号：P948.15

Monitoring of Land Cover Change in Kumtag Desert and Surrounding Area

ZHU Zijuan, ZHANG Huaiqing, LING Chengxing

(*Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091, *China*)

Abstract: [Objective] To analyze land cover change in Kumtag Desert and its surrounding area. [Method] Remote sensing was applied to monitor land cover change in reseach area, and the TM images of the study area in 1990s, 2000s and 2010s were processed, three maps of land cover classification were separately obtained. The three maps were compared mainly on the changes in vegetation and desert using ArcGIS software. [Result] (1) Vegetation increased in area, but it only covered a small proportion of all the land area; a large proportion was covered by gobi and bare land; (2) Desert area increased in the first decade and decreased in the second decade. Overall, it increased as the former outweighed the later; (3) Wetlands had the most serious vulnerability, because its changes depend on the accumulation and water loss. [Conclusion] Human beings started to improve the ecological environment, and achieved some success. The south margin of Kumtag Desert of the mountainy land are the key areas needed to be controlled and protected of desertification, and to be revegetated.

Keywords: Kumtag Desert; land cover type; remote sensing monitoring; dynamic analysis

在干旱的沙漠区域，植被、水体和沙漠的变化是该地区气候生态变化的直接反映，同时也决定了该区域的生物生境状况。对于库姆塔格沙漠及其周边地区地表覆被变化的监测，可以直观展现该地区生态环境状况，客观反映沙漠的进退和植被覆被变化，对遏制该区域沙漠化和增加植被覆盖度，改善脆弱的生态状况，改善动植生境具有重要作用。目前对于库姆塔格沙漠及其周边地区的研究大多集中在沙漠形成、地质构造或者是罗布泊自然保护区的保护规划方面。另外还有一部分关于库姆塔格区域的动物生境的研究。杨海龙[1]主要从野骆驼生境的分析入手，对库姆塔格沙漠的生态环境做了研究，但其主要应用传统的调查手段，比如实地采点取样等，根据当前气候环境状况做了未来生态环境预测。吴波等[2]则从景观格局方面探讨了库姆塔格沙漠 1975—2007 年的变化，侧重研究了景观模式的形成与演变。本研究应用

收稿日期：2014-03-20　　修回日期：2014-03-31
资助项目：中央级公益性科研院所专项“中蒙野骆驼生境遥感监测与分析研究”(CAFYBB2011003-2)；国家 863 计划项目(2009AA122003-L)
第一作者：朱自娟(1990—)，女(汉族)，山西省忻州市人，硕士研究生，研究方向为遥感监测技术。E-mail:531885805@qq.com。
通信作者：张怀清(1973—)，男(汉族)，湖南省宁乡县人，研究员，硕士生导师，主要从事遥感监测和林业可视化模拟方面的研究。E-mail:zhang@caf.ac.cn。

1990年代、2000年代和2010年代相隔约10 a的3期遥感影像信息提取的方法，对比研究了库姆塔格沙漠及周边地区的地表覆被类型及动态变化特征。

1 研究区概况

研究区域位于新疆、甘肃和青海三省区的交界地带，人口稀少，包括库姆塔格沙漠、罗布泊及周边地区，东西88.71°—94.72°E，南北38.02°—41.26°N。该区气候环境恶劣，生态环境脆弱，年平均降水量不足50 mm，但南部阿尔金山山麓降水量相对丰富，可以达到100～150 mm。1月份平均气温在－10 ℃以下，7月份平均气温在25 ℃以上。年日照时数3 100～3 500 h，年蒸发量在3 000 mm以上，年蒸发量是年降水量的50～60倍[3-5]，气候极其干旱，地表以沙漠、戈壁和裸露地为主。在沙漠南缘阿尔金山北麓沟谷、山前洪积扇与沙漠过渡带周围有一些稀疏耐旱植被，如怪柳灌丛和胡杨林等。还有部分低洼盐化滩地盐渍化程度较轻，生长着一些芦苇、大花白麻等。动物分布很稀少，物种数量也很少，该区特有的野生双峰驼为国家一级保护动物，因其有独特的耐寒耐热耐干旱的生理结构才能在此地生存[1,5]。

2 数据来源及数据处理

2.1 数据来源

采用Landsat 5TM影像，每期6幅共18幅影像(表1)。所有影像都选择夏季(6—8月份)，这个季节植被最茂密，有利于植被区域识别。云量都控制在5%以下，对于本研究影响较小，不必进行去云处理。本研究各期单景影像已进行了几何精校正，相互拼接达到无缝效果。

表1 影像时间信息

轨道号	1990年代	2000年代	2010年代
138/32	19920730	20010707	20110921
139/32	19900817	20030704	20110811
140/32	19890805	20010721	20100714
138/33	19910804	20030627	20110921
139/33	19920730	20020701	20110912
140/33	19920813	20010721	20100831

2.2 影像预处理

将影像经过辐射定标得到辐射亮度值，然后进行大气校正。大气校正采用FLAASH模型，应用现有的大气模型和气溶胶类型进行校正。本研究区域位于中纬度地带，采用影像均为夏季生成，故使用Mid-latitude Summer(MLS)大气模型。该区域气候极其干旱，大气中水汽含量很少，空气能见度很高，所以选择Tropospheric气溶胶模型[6]。

在分类和分析中用到归一化植被指数(NDVI)、土壤调节植被指数(SAVI)和比值植被指数(RVI)，因此对各幅影像计算以上3种指数。采用近红外波段与红光波段的差异比值运算大大增强植被信息亮度，NDVI是绿色植物的灵敏指示参数，可用来计算植被盖度。SAVI能消除一些土壤反射率的影响，而RVI在无植被覆盖的地面通常为1附近，植被的RVI一般大于2，可较好地识别植被区[7]。

2.3 影像分类与精度验证

对大气校正后的影像波段进行4,3,2组合，形成假彩色图像。根据颜色、色调、形状、纹理、阴影和相对位置等目视解译标志进行目视解译[8]。如红色为植被、蓝黑色为湿地，纹理细密的为沙漠，较粗糙的为戈壁，相对光滑的为裸露地。同时，根据此地独特的地貌也有不同的解译标志。如因植被稀疏，所以颜色微微泛红即解译为植被；此地特有的羽毛状沙漠形似管子，故也称为管状沙丘，但它在影像上的纹理不同于其它沙漠，而是较粗糙。根据目视解译建立训练样本，应用相同的训练样本进行监督分类和决策树分类，然后对两种分类结果进行比较。采用最大似然法作为监督分类的算法[9]，决策树分类方法则根据训练样本使用Envi软件自动生成决策树[10]，采用混淆矩阵方法做分类精度验证。

利用Goole Earth高清影像作分类精度验证，因Goole Earth历史影像分辨率不高，所以分类精度对比以2010s数据为例。截取Goole Earth卫星影像时，可以根据研究所需选择影像质量级别，根据EPSG:3785(European Petroleum Survey Group)投影下的分辨率公式进行计算：

$$\text{分辨率(m)} = 156\,543.\,033\,296\,87/2^{M} \quad (1)$$

式中，M——影像质量级别[11]。

采用Google Earth卫星影像第14级别影像，根据公式得其分辨率达到9.55 m，而用于解译的TM影像分辨率为30 m，其精度提高9倍，故用作目视解译结果验证。经比较5幅影像的监督分类结果总体分类精度和卡帕系数都高于决策树分类(表2)，只有轨道号140/33影像的总体精度和卡帕系数低于决策树，而且监督分类结果平均总体精度为84.04%，平均卡帕系数为0.781，分类精度达到高度一致性，因此最终选取监督分类结果做后续研究。

对监督分类结果进行一些后处理，主要是针对胡椒盐现象处理和纠正因同物异谱和异物同谱而造成的错分漏分现象。然后利用处理后的分类图像进行对比分析。

表 2　研究区 2010 年代 6 幅影像分类精度

轨道号	监督分类						决策树分类					
	总体精度/%	Kappa系数	植被		沙漠		总体精度/%	Kappa系数	植被		沙漠	
			制图精度/%	用户精度/%	制图精度/%	用户精度/%			制图精度/%	用户精度/%	制图精度/%	用户精度/%
138/32	72.35	0.647	87.80	92.31	64.29	61.02	67.28	0.581	75.61	100.0	80.36	52.33
138/33	86.63	0.812	84.85	72.73	74.29	94.55	81.98	0.741	71.21	100.0	31.43	70.97
139/32	84.98	0.798	56.25	100.0	76.71	86.15	74.31	0.643	75.00	100.0	71.23	71.23
139/33	89.68	0.850	100.0	94.59	100.0	83.67	79.68	0.698	60.00	100.0	82.93	47.22
140/32	88.44	0.812	68.97	86.96	80.00	85.25	79.14	0.668	44.83	100.0	76.92	56.18
140/33	82.18	0.765	100.0	69.82	70.68	100.0	83.44	0.780	71.35	87.82	84.67	80.00
平均值	84.04	0.781	82.98	86.07	77.66	85.11	77.64	0.685	66.33	97.97	71.26	62.99

3　结果分析

3.1　各时期地表覆被变化状况

处理数据得到研究区 3 个时期的地表覆被分类图(图 1—3),统计得到 3 个时期段的植被和沙漠面积(表 3)。由于该地区干旱少雨,植被很稀疏,1990—2010s 植被的面积在不断增长,但是到 2010s 植被面积仅占 6.47%。沙漠面积则呈现先增长后减少的趋势,到 2000s 沙漠面积占到总面积的 12.59%,达到最高值,说明该区域戈壁和裸地面积占很大比重。

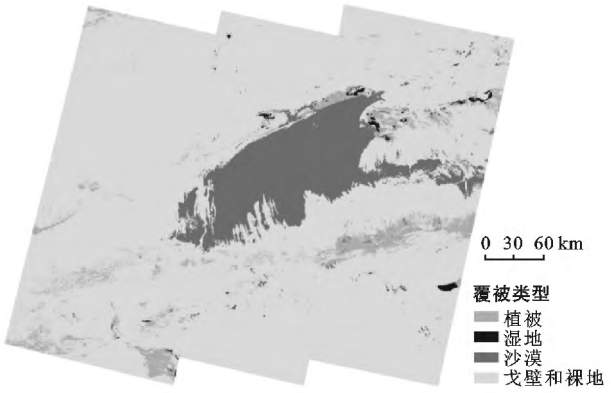


图 1　研究区 1990 年地表覆被分类图

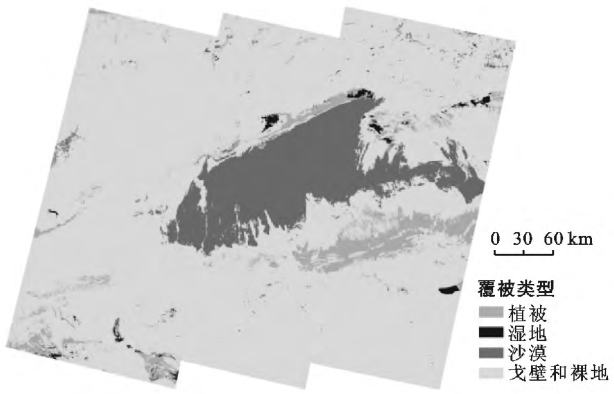


图 2　研究区 2000 年地表覆被分类图

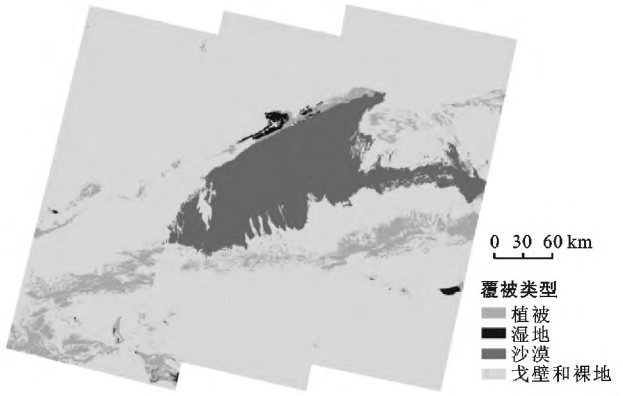


图 3　研究区 2010 年地表覆被分类图

表 3　研究区 1990－2010 年植被和沙漠面积

年代	1990s	2000s	2010s
植被面积/10^5 hm^2	6.45	7.14	9.53
植被面积比例/%	4.38	4.85	6.47
沙漠面积/10^6 hm^2	1.61	1.85	1.75
沙漠面积比例/%	10.90	12.59	11.86

3.2　土地利用/覆被变化

3.2.1　**动态度分析**　采用动态度指标进行分析,其计算公式为[12]:

$$SD=(A_j-A_i)/A_i(j-i)\times 100\% \quad (2)$$

式中:SD——某地的某类型土地的动态变化度;A_i——起始时间该土地类型的面积;A_j——终结时间该类型土地面积。正值表示该类型土地面积在增加,负值表示该类型土地面积在减少。

由表 4 可以看出,研究区植被面积在 2000—2010 年的 10 a 中,增长比较快,每年增长 3.34%,速度是 1990—2000 年的 3 倍之多。植被 20 a 的平均动态度达到 2.39%,总体增长速度也较快。沙漠的动态度在 2000—2010 年呈现负值,表示这时间段沙漠面积在减少,治沙工作取得良好成果。但其 20 a 的总体动态度仍然是正值,表明研究区整体沙漠化问题仍然严峻。

表 4 研究区 1990－2010 年植被沙漠面积变化状况

时 段	1990—2000 年	2000—2010 年	1990—2010 年
植被面积变化/10^5 hm^2	0.69	2.39	3.08
植被面积变化率/%	10.75	33.42	47.76
植被动态度/%	1.08	3.34	2.39
沙漠面积变化/10^5 hm^2	2.49	－1.08	1.41
沙漠面积变化率/%	15.50	－5.83	8.76
沙漠动态度/%	1.55	－0.58	0.44

3.2.2 土地覆被类型转移矩阵 土地覆被类型的变化面积并不能反映土地覆被的真正变化情况。覆被类型的面积净变化量只能表示该类型面积的总量变化，但不能表示土地覆被情况的变化。比如植被转化为其它覆被类型的面积为 a，其它覆被类型转化为植被的面积和为 a，虽然植被面积变化为 0，但是其覆被状况发生了空间位置转移。为了反映这种变化引入土地覆被类型转移矩阵(表 5)，它来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述[13]，并制作 3 个时期的植被和沙漠转变类型分布图(附图 1—2)。土地覆被类型转移概率计算公式为[14]：

$$P_{ij}=(A_{ij}/A_i)\times 100\% \quad (3)$$

式中：P_{ij}——起始时间到终结时间由 i 类型转为 j 类型的概率；A_{ij}——由 i 类型转为 j 类型的面积；A_i——起始时间 i 类型的面积。

表 5 不同土地覆被类型的转移面积矩阵

项 目		2010 年转移面积/hm^2			
		植被	湿地	沙漠	戈壁和裸地
1990 年	植 被	4.17×10^5	7 395.66	3 678.36	2.17×10^5
	湿 地	1.50×10^4	1.56×10^4	10.45	2.73×10^4
	沙 漠	1.99×10^4	1 989.01	1.47×10^6	1.15×10^5
	戈壁和裸地	5.01×10^5	3.70×10^4	2.74×10^5	1.16×10^7

由表 6 得知，植被转化为戈壁和裸地的概率较大，为 64.66%。在转化为植被的各类型中湿地的概率最大，达到 25.88%，沙漠、戈壁和裸地则都呈现较小的概率。(1) 植被覆盖度很低的时候会被分为戈壁或裸地，尤其在一些滩涂地，当水分含量高的时候，植被覆盖率会增长，而当水分蒸发后则会变成盐碱地，被认为裸露地。(2) 一般情况湿地周围都会有植被的分布，因为研究区制约植被生长的最大因素就是水分。另外，由于湿地的变化最大，并且很容易转变为裸地，因此要人为干预湿地的转化，多培养植被，涵养水源。同时想要增加植被面积，最简易的方法就是在有水的区域附近培育植被，转变湿地为植被，防止湿地盐碱化。

表 6 不同土地覆被类型的转移概率矩阵

项 目		2010 年转移概率/%			
		植被	湿地	沙漠	戈壁和裸地
1990 年	植 被	64.66	1.15	0.57	33.63
	湿 地	25.88	26.94	0.02	47.16
	沙 漠	1.24	0.12	91.45	7.19
	戈壁和裸地	4.04	0.30	2.21	93.46

本研究的时间跨度较短，只有约 20 a 的时间，沙漠治理和沙漠化结果均不明显。所以沙漠表现出很好的稳定性，少量转化为戈壁和裸地，极少量转为植被和湿地。同样，转化为沙漠的也有少量的戈壁裸地和极少量的其它类型。但仍然可以得出沙漠化概率较高的覆被类型是戈壁和裸地，从附图 2 看到这一现象在库姆塔格沙漠的南边和西边较严重，故戈壁和裸地是沙漠化防治的重点对象。沙漠转化为植被的概率较低，只有 1.24%，但是也有一些沙漠地区开始生长植被，主要分布在库姆塔格沙漠的西南边缘，因其植被太过稀疏，植被盖度太低，所以未能划分到植被类型中，从图 4 中可以看到这种转变现象。戈壁和裸地是最稳定的，没变化的区域达 93.46%，其中有4.04%转为植被和 2.21%转为沙漠。转为植被的概率虽然不大，但是有戈壁和裸地转变为植被的面积达 5.01×10^5 hm^2，从附图 1 看到主要分布在山地，尤其是阿尔金山北面，主要由于山上有冰雪融水和阿尔金山北面来自北冰洋的水汽。分析可知，研究区植被面积在不断增长，沙漠面积虽然先增后减，但是近 10 a来植被和沙漠的变化趋势说明这段时间内人为治理取得一定成果，通过实施系列防沙治沙工程[15]，该区域的植被增长呈现良好趋势，沙漠化得到一定遏制。

4 结 论

(1) 该区域植被覆盖率在近 20 a 来呈不断增长的趋势。主要是因为人类意识到该区域生态环境需要改善，开展了一系列植树造林工程，并取得较好的效果。

(2) 在研究时段内，该区域的沙漠面积虽然总体上是增长的，但是呈现先增长后减少趋势，2000—2010 年近 10 a 来呈减少趋势。

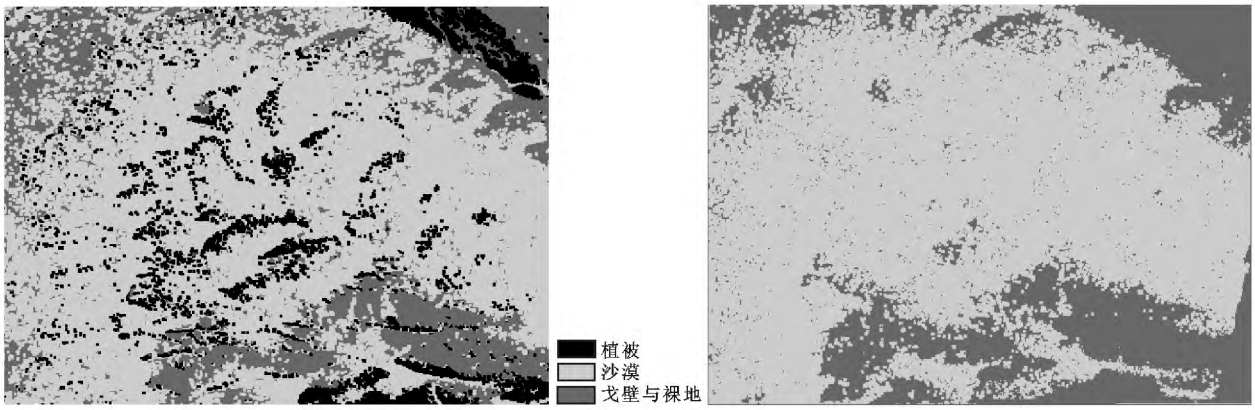


图 4　研究区沙漠转变为植被对比图

(3) 湿地呈不稳定态势。水体很容易被蒸发而使得湿地形成裸露地,同时也易于孕育植被,因此如何利用水体,使湿地向植被类型转化就是改善该地区生态环境的关键。

(4) 以阿尔金山为主的山地是新生植被的主要区域,可成为今后绿化的主要对象。库姆塔格沙漠南缘和西边地区是沙漠化的主要区域,是今后沙漠化治理的主要对象。

(5) 本研究还存在一些不足,仅根据现有的和以前的地表覆被类型的演变来分析研究区域的覆被类型变化态势,而影响这一变化的重要因素——气候则没有考虑,无法更准确地分析其变化趋势。在下一步研究中应根据气候数据和气候变化模型进行覆被类型的变化趋势分析。

[参 考 文 献]

[1] 杨海龙. 库姆塔格沙漠地区野骆驼栖息地分析及气候变化影响[D]. 北京:中国林业科学研究院,2011.

[2] 吴波,李秀梅,苏志珠,等. 库姆塔格沙漠地区景观格局与动态研究[J]. 中国沙漠,2013,33(1):1-8.

[3] 萨根古丽,张宇,沙拉,等. 新疆罗布泊野骆驼国家级自然保护区生物多样性特点及保护对策[J]. 新疆畜牧业,2012(7):29-33.

[4] 肖洪浪,肖生春,董治宝,等. 库姆塔格沙漠地区土壤及分布特征[J]. 中国沙漠,2010,30(4):836-843.

[5] 赵勇,何清,霍文. 库姆塔格沙漠周边气候变化特征分析[J]. 干旱气象,2010,28(3):291-296.

[6] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[J]. 北京:科学出版社,2010.

[7] 徐爽,沈润平,杨晓月. 利用不同植被指数估算植被覆盖度的比较研究[J]. 国土资源遥感,2012(4):95-100.

[8] 颜长珍,冯毓荪,王建华,等. 西北地区土地资源类型 TM 影像解译标志的建立[J]. 中国沙漠,1999,19(3):206-209.

[9] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.

[10] 黄立贤,沈志学. 基于决策树的 Landsat 多光谱影像分类方法[J]. 光电技术应用,2011,26(3):49-52.

[11] 刘东,施昆. 利用 Google Earth 影像辅助大比例尺地形图测量的方法[J]. 测绘通报,2013(1):68-69.

[12] Jackson R D, Idso S B, Otterman J. Surface albedo and desertification [J]. Science: New Series, 1975, 189 (4207): 1012-1015.

[13] 汪爱华,李丽,迟耀斌,等. 基于北京 1 号小卫星的全国沙漠与沙漠化土地监测研究[J]. 地理科学,2010,30(3):409-414.

[14] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学,2010,32(8):1544-1550.

[15] 胡卫忠. 新疆沙漠化灾害及其防御现状[J]. 中国地质灾害与防治学报,1994,5(S):242-249.