

Evolverment Characters of Aeolian  
Desertification of Horqin Sandy Land in the  
Past 34 Years—A Case Study of Naiman Banner

Yongfang Wang, Jiquan Zhang, Enliang Guo, Zhenhua Dong

College of Environment, Northeast Normal University; Institute of Natural Disaster Research,  
Northeast Normal University, Changchun 130117, China

近 34a 来科尔沁沙地沙漠化时空演变特征研究  
—以奈曼旗为例

王永芳, 张继权, 郭恩亮, 董振华

东北师范大学环境学院; 东北师范大学自然灾害研究所, 长春 130117, 中国

Abstract

We interpreted of Landsat TM remote sensing images of 1980, 1990, 2000 and 2013 of Naiman Banner and obtained the different degrees of desertified land area in different times. The results show that the aeolian desertification in Naiman Banner experienced a process of reversion, development and reversion during 1980-2013. In 1980-1990, the aeolian desertification reversed, the area of desertified land reduced 207.58 km<sup>2</sup>. In 1990-2000, the aeolian desertification developed, the area of desertified land increased 60.25 km<sup>2</sup>. In 1990-2000, the desertification shows apparently reversal, increased by a total of 671.62 km<sup>2</sup>. In the space, aeolian desertification expanded to the northwest, and the land distributed in central and the middle-east of study area began to develop into desertified land during 1980-1990. In 1990-2000, aeolian desertification in northern begun to reverse, but in the central region, the desertified land begun to increase. And in 2000-2013, the desertified area in central region reversed to the non-desertified land, and most of the land is converted to low-grade.

**Keywords:** Naiman Banner; aeolian desertification; evolvement

摘要

对奈曼旗 1980、1990、2000 和 2013 年 Landsat TM 遥感影像进行目视解译后统计获得不同时段不同程度沙漠化土地面积。结果显示, 1980-2013 年, 奈曼旗土地沙漠化经历了逆转-发展-逆转的过程。1980-1990 年, 沙漠化逆转, 沙漠化总面积减少了 207.58 km<sup>2</sup>; 1990-2000 年, 沙漠化轻度发展, 沙漠化土地面积增加了 60.25 km<sup>2</sup>; 1990-2000 年, 沙漠化明显逆转, 沙漠化土地面积共减少了 671.92 km<sup>2</sup>。空间上, 1980-1990 年, 沙漠化土地向西北方向扩展, 并且中部及中东地区未沙漠化土地开始发展成沙漠化土地; 1990-2000 年, 北部地区的沙漠化土地开始逆转, 但是中部地区未沙漠化土地发展为沙漠化; 2000-2013 年, 中部地区逆转成未沙漠化土地, 大部分土地转化成低等级的沙漠化。

**关键词:** 奈曼旗; 沙漠化; 时空演变

1. 引言

我国是世界上受沙漠化危害最为严重的国家之一, 其中我过北方地区是沙漠化研究与防治重点区域。2010 年中国北方地区沙漠化面积共 37.59 万 km<sup>2</sup>, 重度和严重沙漠化土地面积占 43%[1]。这种大范围的沙漠化严重危害

中国北方地区生态环境,不但使中国北方地区丧失了其生态屏障地位,甚至已经使这里成为生态灾害的源地。科尔沁沙地地处东北平原与内蒙古高原、半湿润与半干旱地区的过渡地带。近几十年来农耕界限不断北移,大面积草原被开垦为农田,昔日波状起伏的疏林沙质草原逐渐变为今日典型的农牧交错区[2]。频繁的风沙灾害加之不合理的人为活动导致科尔沁沙地成为我国北方地区沙漠化最典型的地区之一[3]。

沙漠化是在自然和人类活动共同影响下产生的典型灾害风险事件,对沙漠化时空演变特征进行分析不仅是沙漠化灾害风险管理的重要组成部分[4, 5],也是沙漠化防治工作的重要科学依据。奈曼旗是科尔沁沙地沙漠化最具有代表性的旗县之一,因此,本文借助遥感与GIS技术,对奈曼旗近34a来土地沙漠化时空演变特征进行分析,以期为该旗沙漠化风险研究及沙漠化防治工作提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1.研究区概况

奈曼旗地处内蒙古自治区通辽市西南部,科尔沁沙地南缘,地理坐标为120°19'40"E~121°35'40"E,42°14'40"N~43°32'20"N(图1)。该区属大陆性半干旱气候,海拔高度261~455m。全旗地区多年平均降水量343.3~451.4mm,呈现年际变化大,年内分配亦不均衡的特点。蒸发量较降水量较大,为降水量的4倍,多年平均蒸发量为1022.7mm。奈曼旗

年均气温为6.0~6.5℃,10℃积温为3122.3~3151℃。地带性土壤为沙质栗钙土,但在风蚀作用下多已退化为风沙土。奈曼旗原生植被为疏林草原,但由于人为影响严重,表现出明显的次生性。该旗主要土地利用方式为草地,其次为耕地。奈曼旗经济发展水平相对落后,属贫困旗县。

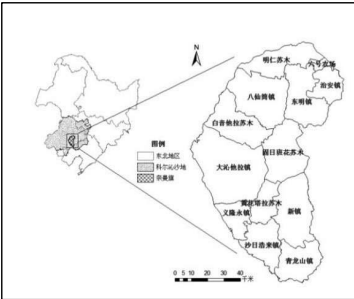


图1 奈曼旗位置示意图

2.2. 数据来源与处理

**数据来源。**Landsat是美国陆地探测卫星系统,从1972年开始发射第一颗卫星Landsat 1,到目前最新的Landsat 8已经经历了几十年的历程。Landsat TM卫星数据具有多波段优势,地面分辨率较高,时间跨度大,非常适合对小范围区域的地表进行观测。本文选取时间跨度为34年的共4期影像数据(<http://glovis.usgs.gov>),共2景,各景均无云覆盖。其数据类型、成像时间、分辨率、波段组成等信等如表1所示。

表1 TM 遥感影像数据详细信息

序号	数据类型	成像时间	轨道号	波段数	分辨率
1	Landsat 4	1980年7-8月	P121r030, p121r031	1,2,3,4,5,6,7	30 m
2	Landsat 5	1990年7-8月	P121r030, p121r031	1,2,3,4,5,6,7	30 m
3	Landsat 5	2000年7-8月	P121r030, p121r031	1,2,3,4,5,6,7	30 m
4	Landsat 8	2013年7-8月	P121r030, p121r031	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	15 m

**数据处理。**由于地球大气、陆地和水体等系统较为复杂,传感器具有一定的局限性,容易受多种因素的影像,导致获取的遥感影像常常具有误差。因此,本文对4期影像进行了辐射校正、几何校正、镶嵌、裁剪、波段合成等处理。本文对Landsat 4和Landsat 5进行了4、

3、2波段合成,Landsat 8则采用了5、4、3波段合成。这样的波段组合易于植被生长状况的识别,有利于目视解译。

**沙漠化分类体系及解译标志。**参考《国家重点基础研究发展规划》项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究”所制定的“中国北方


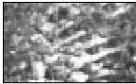


土地沙漠化遥感监测分类体系”以及《关于中国三北地区荒漠化分类分级及参考指正表的修订》中关于风蚀荒漠化的分类体系,根据前人的相关研究成果[6],将研究区沙漠化分为轻度、中度、重度和极重度四类。其指标体系(表

2)、解译标志和影像特征(表3)如下所示。为了保证目视解译结果的可靠性,本文通过野外实地考察对其进行了验证。经过调查后发现,沙漠化解译精度均在85%以上,满足研究要求,同时对验证时发现的错误进行了修正。

表2 奈曼旗土地沙漠化指标体系

沙漠化类型	植被覆盖度	流沙比例	植被特征
轻度沙漠化	>60%	<5%	植被开始衰退,原生植物种类生长受到影响。
中度沙漠化	30%-60%	5%-15%	出现退化性植物,并分布有低矮的灌丛沙堆。
重度沙漠化	10%-30%	15%-30%	局部地段植被消失,草场原有植物种群中混生沙生先锋植物。
极重度沙漠化	<10%	30%	植被出现区域性消失。

表3 奈曼旗土地沙漠化遥感解译标志及特征

沙漠化类型	解译标志	特征
轻度沙漠化		斑块呈青色(或红色),沙化土地呈斑点状与植被相间分布。
中度沙漠化		青色(或红色)与白色混合呈条带状分布。
重度沙漠化		青色(或红色)与白色混合呈鳞片状或斑点状分布,大都地区已出现严重风蚀。
极重度沙漠化		整体显现为明亮的白色,只有少量呈斑点状的植被信息,是最容易分辨的沙漠化土地类型。

注:因2013年的TM影像分辨率较高,解译标志从该年的影像上截取,沙区周边的植被均呈青色,在其他3期影像上青色部分为红色。

3. 结果与分析

3.1. 沙漠化土地面积变化

对1980年、1990年、2000年和2013年四期遥感影像译后统计获得相应时段不同程度沙漠化土地面积。如表4所示:

1980-2013年,奈曼旗沙漠化总面积共减少了819.25 km<sup>2</sup>,其中轻度沙漠化土地呈增长趋势,共增加48.45 km<sup>2</sup>,而中度、重度和极重度沙漠化土地面积均呈减少趋势,分别减少

了410.35 km<sup>2</sup>、10.65 km<sup>2</sup>、446.7 km<sup>2</sup>。说明极重度沙漠化有一个较大幅度的逆转,大概一半以上的面积逆转为低等级的沙漠化或者未沙漠化土地。可见,1980-2013年奈曼旗的沙漠化状况整体得到改善。

1980-1990年,奈曼旗沙漠化土地面积减少了207.58 km<sup>2</sup>,其中轻度和重度沙漠化土地有所扩张,共318.07 km<sup>2</sup>。中度和极重度沙漠化土地的面积大幅度减少,分别为366.51 km<sup>2</sup>和159.14 km<sup>2</sup>,说明在80年代奈曼旗沙漠化土地整体逆转但局部发展。

1990-2000年,奈曼旗沙漠化土地总面积

增加了 60.25 km<sup>2</sup>，其中轻度和中度沙漠化土地均呈现逆转的趋势，共减少了 50.99 km<sup>2</sup>。然而，极重度沙漠化土地大幅度扩张，共增加了 106.24 km<sup>2</sup>。说明在 90 年代奈曼旗沙漠化土地轻度发展，主要是极重度沙漠化土地的扩张。

2000-2013 年，奈曼旗土地沙漠化进入大

幅度逆转时期。该时段沙漠化土地面积减少了 671.92 km<sup>2</sup>，其中中度、重度和极重度沙漠化土地的面积均呈明显减少趋势，尤其是极重度沙漠化，相比于 2000 年共减少了 393.80 km<sup>2</sup>。说明在该时段奈曼旗沙漠化土地得到了较大程度的改善。

表 4 奈曼旗不同时期沙漠化土地面积及其变化

年代		轻度	中度	重度	极重度	总计
1980 年	面积(km <sup>2</sup> )	1025.89	1374.83	817.60	758.50	3976.82
	比例(%)	25.8	34.57	20.56	19.07	100
1990 年	面积(km <sup>2</sup> )	1082.46	1008.32	1079.10	599.36	3769.24
	比例(%)	28.72	26.75	28.63	15.9	100
2000 年	面积(km <sup>2</sup> )	1058.04	981.75	1084.10	705.60	3829.49
	比例(%)	27.63	25.64	28.31	18.42	100
2013 年	面积(km <sup>2</sup> )	1074.34	964.48	806.95	311.80	3157.57
	比例(%)	34.02	30.55	25.56	9.87	100
面积变化 (km <sup>2</sup> )	1980-1990	56.57	-366.51	261.50	-159.14	-207.58
	1990-2000	-24.42	-26.57	5.00	106.24	60.25
	2000-2013	16.30	-17.27	-277.15	-393.80	-671.92
	1980-2013	48.45	-410.35	-10.65	-446.70	-819.25

3.2. 沙漠化土地转移分析

根据遥感影像解译获数据，利用 ArcGIS10.2 空间叠加分析模块对四期沙漠化数据进行叠加统计，分别获得 1980-1990 年、1990-2000 年和 2000-2013 年三个时期的土地转移矩阵。结果如表 5 显示：

1980-1990 年，未沙漠化土地发展为沙漠化土地的面积 735.08 km<sup>2</sup>，其中从未沙漠化土地转移成轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地的面积比例分别为 64.61%、22.07%、11.33% 和 1.99%，说明该时段未沙漠化土地主要发展为轻度沙漠化土地。相反，沙漠化土地逆转为未沙漠化土地的总面积为 942.66 km<sup>2</sup>，其中从轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地转移成未沙漠化土地的面积比例分别为 45.15%、40.44%、10.77%和 3.64%，说明该时段主要从轻度沙漠化和中度沙漠化土地转移成未沙漠化土地。此外，在 1980-1990 年期间部分轻度沙漠化土地发展为中度和重度沙漠化土地，面积分别为 163.53 km<sup>2</sup>和 138.14 km<sup>2</sup>。部分中度沙漠化土地发展为重度沙漠化土地，面积为 284.13 km<sup>2</sup>。重度沙漠化则有 87.64 km<sup>2</sup>的土地

发展为极重度沙漠化。而极重度沙漠化土地逆转为重度沙漠化土地，面积为 230.65 km<sup>2</sup>。综上所述，1980-1990 年，奈曼旗沙漠土地逆转面积大于发展面积，沙漠化土地得到一定程度的逆转，但不容忽视的是该时段也有大面积的未沙漠化和低等级沙漠化土地发展为高等级沙漠化土地。

1990-2000 年，未沙漠化土地发展为沙漠化土地的面积 764.08 km<sup>2</sup>，其中从未沙漠化土地转移成轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地的面积比例分别为 49.78%、28.55%、16.01% 和 5.66%，说明该时段未沙漠化土地主要发展为轻度沙漠化土地。相反，沙漠化土地逆转为未沙漠化土地的总面积为 703.83 km<sup>2</sup>，其中从轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地转移成未沙漠化土地的面积比例分别为 54.60%、28.84%、13.54%和 3.02%，说明该时段主要从轻度沙漠化土地转移成未沙漠化土地。此外，在该时段部分轻度沙漠化土地发展为中度和重度沙漠化土地，面积分别为 256.80 km<sup>2</sup>和 121.00 km<sup>2</sup>。部分中度沙漠化土地发展为重度沙漠化土地，面积为 262.32 km<sup>2</sup>。重度沙漠化则有 217.73 km<sup>2</sup>的土地发展为极重度沙漠化。

极重度沙漠化土地则主要逆转为重度沙漠化土地,面积为 147.52 km<sup>2</sup>。综上所述,1990-2000 年,奈曼旗沙漠土地发展面积大于逆转面积,沙漠化土地轻度发展,土地转移的总体特征为未沙漠化土地和轻度沙漠化土地间的相互转化。中度和重度沙漠化土地的发展也不容忽视。

2000-2013 年,未沙漠化土地发展为沙漠化土地的面积为 307.99 km<sup>2</sup>,其中从未沙漠化土地转移成轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地的面积比例分别为 58.88%、26.33%、13.38% 和 1.41%,说明该时段未沙漠化土地主要发展

为轻度沙漠化土地。相反,沙漠化土地逆转为未沙漠化土地的总面积高达为 979.91 km<sup>2</sup>,其中从轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地转移成未沙漠化土地的面积比例分别为 58.91%、24.25%、14.45% 和 2.39%,说明该时段主要从轻度沙漠化土地转移成未沙漠化土地。在此期间轻度、中度、中度沙漠化土地均有所发展,但其面积相比 1990-2000 年均有所下降。可见,沙漠化土地明显逆转,主要特征为轻度沙漠化土地转化为未沙漠化土地。

表 5 奈曼旗不同类型沙漠化土地转移矩阵

年代	类型	未沙漠化 (km <sup>2</sup> )	轻度 (km <sup>2</sup> )	中度 (km <sup>2</sup> )	重度 (km <sup>2</sup> )	极重度 (km <sup>2</sup> )	总计 (km <sup>2</sup> )
1980-1990	未沙漠化	3388.39	474.97	162.23	83.26	14.62	4123.47
	轻度	425.65	273.76	163.52	138.14	24.82	1025.89
	中度	381.22	252.34	410.33	284.13	46.82	1374.83
	重度	101.55	71.48	214.00	342.92	87.64	817.60
	极重度	34.24	9.91	58.24	230.65	425.46	758.50
	总计	4331.05	1082.46	1008.32	1079.1	599.36	8100.29
1990-2000	未沙漠化	3566.72	380.47	218.22	122.32	43.27	4331.05
	轻度	384.26	293.46	256.8	121.00	26.94	1082.46
	中度	203.01	236.18	253.46	262.32	53.33	1008.32
	重度	95.33	113.48	221.59	430.97	217.73	1079.10
	极重度	21.15	34.49	31.71	147.52	364.34	599.36
	总计	4270.8	1058.04	981.75	1084.1	705.6	8100.29
2000-2013	未沙漠化	3963.42	181.35	81.08	41.22	4.34	4270.80
	轻度	577.29	230.08	171.97	70.52	8.17	1058.04
	中度	237.58	323.38	267.56	137.97	15.27	981.75
	重度	141.55	278.36	341.11	275.22	47.85	1084.10
	极重度	23.21	61.02	102.37	282.03	236.08	705.60
	总计	4943.34	1074.34	964.48	806.95	311.80	8100.29

3.3. 沙漠化土地空间分布及其变化

由图 2 可以得知,奈曼旗沙漠化土地主要分布在其北部地区,沙漠化程度由西向东呈下降趋势。研究区南部地区相对较好,主要以耕地为主,偶尔有零星的沙漠化土地分布。1980-1990 年期间沙漠化土地向西北方向扩展,并且中部及中东地区未沙漠化土地开始恶化成沙漠化土地;1990-2000 年期间北部地区的沙漠化土地开始逆转,但是中部地区未沙漠化土地开始沙漠化,并且东部地区轻度沙漠化土地转移成中度沙漠化土地,重度沙漠化土地转

移成极重度沙漠化土地,因此在该时段研究区部分地区沙漠化土地呈逆转趋势,但是部分地区开始沙漠化,并且沙漠化程度逐渐加重;2000-2013 年期间研究区沙漠化土地明显逆转,中部地区逆转成未沙漠化土地,大部分土地转化成低等级的沙漠化土地。由此说明该时段沙漠化面积大量减少,并且土地沙漠化程度明显降低。综上所述,1980-2013 年期间,奈曼旗土地沙漠化整体上以“逆转、发展、逆转”的模式变化,且存在明显的区域性,中西部地区的沙漠化程度显著降低,中东部地区明显逆转为未沙漠化土地。

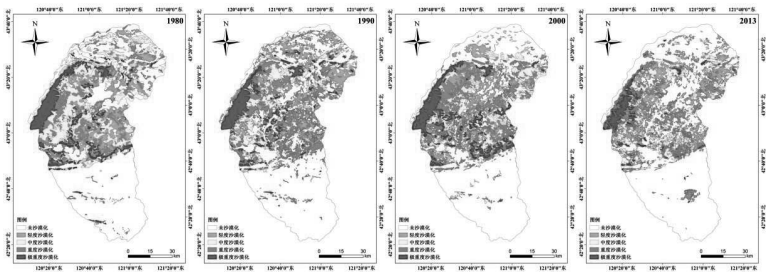


图 2 近 34 年来奈曼旗土地沙漠化时空演变图

4. 结论与讨论

1980-2013 年，奈曼旗沙漠化进程出现了逆转-发展-逆转的过程。结合空间演化进程来看，奈曼旗中西部地区的沙漠化程度显著降低，中东部地区明显逆转未沙漠化土地。1980-2013 年，该区气候因子的变化特征与沙漠化演变特征具有趋同效应，为沙漠化发展和逆转创造了条件。不合理的人为活动激发与促进沙漠化进程，如开垦对 90 年代沙漠化发展有一定推进作用。合理的人为活动可对沙漠化逆转产生作用，如 80 年代，奈曼旗耕地面积减少、放牧强度的削弱，沙漠化土地逆转。落后的社会经济因子驱动不合理的人为活动增加。相反，防治沙漠化的政策措施则有助于沙漠化逆转。如政策因子对奈曼旗 2000-2013 年期间的沙漠化逆转起到了关键作用。从上述分析可知，沙漠化影响因子的作用机理是复杂的，沙漠化的发展与逆转也并非某一因子的作用结果，而是多种因子综合作用的结果，因而应结合区域特点、对沙漠化进行长期监测、找出其影响因子，探清其形成机理，才能制定出因地制宜的沙漠化防治与管理对策。

Acknowledgements

This study is supported by the National Key Technology R&D Program of China under Grant Nos. 2013BAK05B01, The Fundamental Research Funds for the Central Universities (Project Name: Desertification Ecological Risk Assessment on Different Landform of Farmlands in Horqin Sand Land. Project Number:

12SSXT151; and the National Non-Profit Research Program of China under Grant Nos. 201401015.

致谢

本文得到“十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAK05B01); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(项目名称: 科尔沁沙地不同地貌类型耕地沙漠化生态风险评价, 项目编号: 12SSXT151)资助; 水利部公益性行业科研专项经费项目(201401015)资助。

5. 参考文献

[1] 王涛. 我国沙漠化研究的若干问题——3. 沙漠化研究和防治的重点区域. *中国沙漠*. 2004(01): 3-11.

[2] 包慧娟. 沙漠化地区可持续发展研究[D]. 长春: 中国科学院, 2004.

[3] 王蕾, 哈斯. 科尔沁沙地沙漠化研究进展. *自然灾害学报*. 2004, 13(4): 8-14.

[4] A. Pan. A Study on residents' risk perception in abrupt geological hazard. *Journal of Risk Analysis & Crisis Response*, 2012, 2(1): 44-55.

[5] J. Yan, S. Li, J. Bai, X.Y. Liu. The spatial symmetry axis of earthquake hazard in China. *Journal of Risk Analysis & Crisis Response*, 2013, 3(1): 59-64.

[6] 段翰晨, 王涛, 薛娟, 等. 科尔沁沙地沙漠化时空演变及其景观格局——以内蒙古自治区奈曼旗为例. *地理学报*, 2012, 67(7): 917-928.