

文章编号: 1007-4619 (2004)03-0282-07

近 30 年来民勤土地荒漠化变化遥感分析

王 建^{1,2}, 李文君³, 宋冬梅¹, 汤 瀚¹, 董光荣¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所; 2. 国家冻土重点实验室; 兰州 730000;

3. 甘肃省遥感中心, 兰州 730000)

摘 要: 利用 20 世纪 70 年代航测资料和 80 年代中后期及 90 年代中期 Landsat TM 3 个不同时期的遥感影像, 在 GPS 的辅助下, 对遥感图像进行精确的几何纠正, 并投影到统一的坐标系统; 在建立统一的解译标志基础上进行人工判读, 并利用 GIS 对荒漠化土地信息进行管理和分析, 调查了中国典型的荒漠化地区——甘肃省民勤县的荒漠化土地变化状况。结果表明: 近 30 年来民勤县的荒漠化土地面积呈现增加的趋势, 但是 1985 年以来荒漠化土地的扩展速度有所变缓; 流动和半流动沙丘的面积持续增大而固定和半固定沙丘得到有效的控制。同时, 利用野外调查和各种数据分析, 从自然环境和人文因素两个方面分析探讨了研究区近 30 年荒漠化变化的原因。

关键词: 荒漠化; 遥感监测; 动态变化; 荒漠化原因; 荒漠化土地分类体系; 水资源

中图分类号: TP79/P941.73 **文献标识码:** A

1 引 言

荒漠化是当今全球最严重的环境与社会经济问题之一。在中国, 荒漠化的状况已严重影响到部分地区的可持续发展^[1], 荒漠化面积的扩大已经成为土地资源逐渐丧失的一个重要方面。不仅如此, 西北地区的土地荒漠化状况日趋严重, 其主要原因是干旱和半干旱气候的日趋恶化以及人为对环境的破坏^[2,3]。荒漠化动力机制研究和荒漠化变化监测成为研究荒漠化治理研究的两大主题, 而利用遥感技术则成为荒漠化变化监测的重要手段之一^[4]。遥感作为一种对地观察技术, 以其探测范围大、获得资料速度快、信息量大且周期短、成本较低、受地面条件限制少等优点而成为地圈、大气圈、冰冻圈和生物圈研究的重要手段。利用遥感信息可以获得连续时间序列内绿洲、荒漠及其交错地区的荒漠化土地类型图, 特别是绿洲—荒漠交错带这一生态环境脆弱带在各类遥感数字图像上都具有明显的界面表现^[5], 为分析工作提供了可靠的研究基础。

中国对于中小尺度的荒漠化土地遥感调查以航

空摄影数据和 Landsat TM 卫星遥感数据应用最为广泛, 并取得很多的研究成果(包括全国和区域荒漠化土地类型分布图等)。但由于对荒漠化土地类型的划分上长期存在分歧, 很多成果在时间和空间上的可比性不能满足特定的精度要求。因此, 要实现荒漠化土地的动态监测, 必须要在统一的分类系统、统一的投影和坐标系统、统一的解译标志系统以及统一的处理和管理系统下进行研究和计算^[6]。本文基于上述思想, 选择甘肃省民勤县作为研究区, 利用遥感数据对近 30 年来的荒漠化土地变化进行监测研究。

2 研究区域简介

甘肃省民勤县位于发源于祁连山的石羊河流域下游, 地处阿拉善高原的巴丹吉林与腾格里沙漠之间, 为中国典型的沙漠绿洲地区。地势四周高, 中部低, 具有盆地特征, 海拔为 1300—2000m。气候属温带干旱型, 特点是冬季长而寒冷, 夏季短而炎热, 降水少而蒸发量大, 风沙大, 日照长。年降水量仅 109mm 而蒸发量高达 2600mm。全年日照 3000 多小时, 风力

收稿日期: 2002-11-26; 修订日期: 2003-03-10

基金项目: 本文得到国家自然科学基金重大项目“荒漠化发生机制与防治模式的研究(No. 39990490)”和中国科学院西部之光项目“黑河中上游典型区草地、草场资源退化的遥感动态监测与生态恢复研究项目资助。

作者简介: 王建(1963—), 男, 江苏沙洲县人, 研究员, 从事寒旱区遥感应用研究。E-mail: wjian@ns-lzb.ac.cn

一般为七级,最大十一级。自然植被较差,无天然森林,在山地与沙漠地带有稀疏的沙、碱生植物。

民勤荒漠化的形成经历了历史上的多次演变。从西汉到明清,经历了农业开发、游牧、第二次农业开发、农业再度衰落等各种农牧业生产方式的交替以及人口增长变化带来的环境演变。究其原因有以下 4 个影响因素:地貌地势的影响、气候的变迁、植被的破坏和演变、人口对环境资源的压力。自 20 世纪 50 年代以来,民勤的荒漠化防治与治理始终是当地政府和人民的重要任务并取得明显的成效。但由于水资源和城市化及土地开垦等众多原因,荒漠化治理遇到极大的困难,同时也缺乏正确的评价和及时的调整^[7]。

3 遥感数据处理

本研究分别利用航空摄影相片和 Landsat-5 TM 卫星遥感图像资料对 20 世纪 70 年代中后期、1986 年及 1996 年民勤县的荒漠化土地状况进行调查,以地理信息系统(GIS)为工具,建立查询功能强大的、易于操作运行的研究区域地理信息系统,在此系统

的支持下,得到荒漠化土地自 70 年代中后期以来动态变化信息。

3.1 遥感数据

20 世纪 70 年代的遥感数据以收集的 1975—1978 年航片并且辅助相关的荒漠化土地类型图件,所有的数据采取 1200 线扫描成数字图像以便于进行图像处理和多时相图像之间的匹配,1986 年和 1996 年的 TM 图像分别采用标准 432 假彩色合成产品。3 个时期的遥感数据均经过控制点纠正以确定图像的几何误差控制在一个像元之内并转换为等面积圆锥投影(Albers)。对于荒漠化土地为主体的遥感解译,图像除进行必要的增强、RGB 合成以外,主要采取樱帽转换及波段之间的比值处理以提高荒漠化土地的判读精度^[8]。

3.2 建立荒漠化土地分类体系

参照不同的标准和指标^[9],结合已有的研究成果和遥感信息的特点,基于科学及实用性原则进行等级划分,分类体系见表 1。

表 1 民勤县荒漠化土地类型
Table 1 Desertification land types of Minqin County

0 级 土地类	1 级 土地类	2 级 土地类	地貌划分标准
荒漠 化 土 地	风蚀荒漠化土地	潜在荒漠化土地	相当于固定沙地
		轻度荒漠化土地	相当于半固定沙地
		强度荒漠化土地	相当于半流动沙地
		严重荒漠化土地	相当于流动沙地
	盐渍化荒漠化土地	极重度盐渍荒漠化土地	地表结霜,农作物已无法生长
		重度盐渍荒漠化土地	地表结霜,除个别盐生植被能生长外,农作物已无法生长
		中度盐渍荒漠化土地	多数作物仍可以生长,但对产量影响明显
		轻度盐渍荒漠化土地	对农作物和植被的正常生长和产量影响不大
	水蚀荒漠化土地	重度水蚀荒漠化土地	沟谷切割密度和深度而定,地表坡度 $\geq 9^\circ$
		轻度水蚀荒漠化土地	沟谷切割密度和深度而定,地表坡度 $3^\circ-8^\circ$
非 荒 漠 化 土 地	水域	水库、湖泊等	形状规范、自然形状
	耕地	农田	田字形状
		菜地等	长方形等自然形状
	林地	山地针叶林	由乔木树种组成的林地
		灌木林地	灌木树种和低的树丛组成
		苗圃地	固定的林木育苗地
	草地	人工草地	种植牧草的土地
		天然草地	高山草本植物
其他	城镇、居民地、河道(道路、沟、山、交通)		

3.3 目视解译和数据管理

由于荒漠化土地类型的自动识别和分类在精度上还未能达到所需要的水平且需地物光谱库的辅助^[10,11]。因此,本研究用人工目视解译的方法对荒漠化土地和其他土地类型进行识别。在此之前,通过野外调研建立了民勤县荒漠化土地图像标志库。除了遥感光谱特性作为解译的重要依据外,对于流动沙丘,以植被盖度为标准确定其等级。图斑最小解译单元为 6×6 像元(居民点为 3×3 像元),成图比例尺为 $1:10$ 万。三期荒漠化的解译结果利用地理信息系统进行管理,可以实现多目标的查询、修改与更新。

表 2 民勤荒漠化土地类型三期遥感调查的结果

Table 2 Remote sensing investigation results of desertification land types of Minqin County in different periods

编号	土地类型	面积/ m^2 1978 年	面积/ m^2 1986 年	面积/ m^2 1996 年	面积变化/ m^2 1978—1996 年
1	林地	578592127	302222165	17779085	-560813042
2	水浇地	1739677605	836956149.5	1710542826	-29134779
3	水库	11045671.5	7630770	9397420	-1648251.5
4	水体	34773267.5	5750212	5991335	-28781932.5
5	固定沙丘	3611310591	500192266	311420823	-3299889768
6	半固定沙丘	4478697496	2327487906	2511599571	-1967097925
7	半流动沙丘	1384864031	4186305206	4843857155	3458993124
8	流动沙丘	1577720583	5887732097	3828025800	2250305217
9	重度水蚀荒漠化土地	237589781.5	25064751.5	90895548	-146694233.5
10	轻度盐碱化土地	25520033.5	337797104.5	528930090	503410056.5
11	中度盐碱化土地	1224770195	430521802.5	929112420.5	-295657774.5
12	重度盐碱化土地	146819332.5	186109980	269711882	116979886
13	干枯湖		17179239.5		
	荒漠化土地	12687292044	13881211114	13307640626	620348582.5

1978—1996 年民勤县土地面积变化图

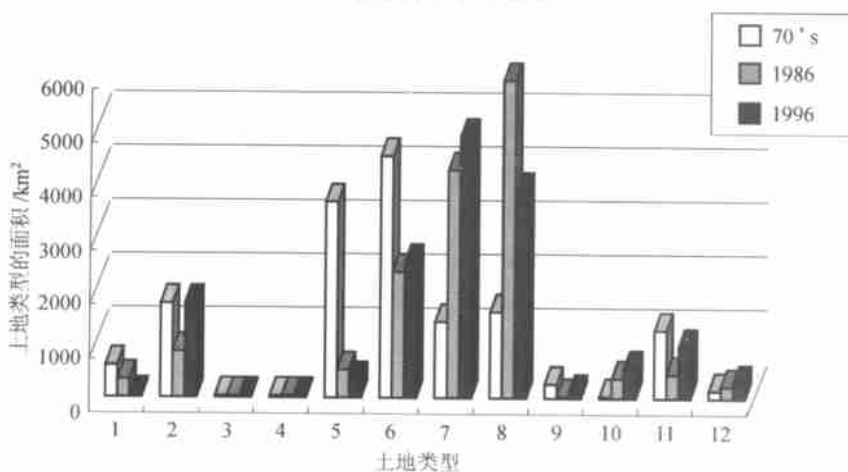


图 1 民勤县主要土地类型在 3 个时期的面积变化柱状图(其中土地类型和表 2 土地类型对应)

4 分析结果

民勤荒漠化土地三期遥感调查的结果通过地理信息系统进行管理,可以实现对数据的空间查询、检索和计算。表 2 和图 1 是民勤县主要土地类型在 3 个时期的面积及其变化,其中干枯湖是由部分原水体变化而成但尚未利用的土地。到 1996 年干枯湖经过反复开垦而被遗弃转变为中度盐碱化土地。通过遥感监测发现:从 20 世纪 70 年代到 1996 年总的荒漠化土地面积增加了 620km^2 ,而 70 年代至 1986 年是土地荒漠化最为严重的时期,荒漠化土地面积增加了 1194km^2 。就土地变化的程度而言,林地

面积在近30年中减少了96.93%,而增加最多的土地类型为轻度盐碱化土地达到原面积的1972.61%。风蚀荒漠化土地当中,半流动沙丘面积增加了249.77%,而固定沙丘面积减少了91.38%。3个时段的土地面积变化如表3。而总的荒漠化土地和非荒漠化土地的面积变化在相应的时间段里的变化、

年平均变化以及变化速率如表4所列。从中可以发现:近30年以来荒漠化土地以3.85%的速率增加,但是其变化过程是波动的,甚至在1986—1996年期间荒漠化土地面积具有一定的减少。为此,我们结合实地调查从自然资源环境和人文因素两个方面分析探讨。

表3 民勤县主要土地类型在3个时段面积变化百分比

Table 3 The areas changing of main land types of Minqin County in 3 phases

土地类型	1978—1986年		1986—1996年		1978—1996年	
	面积变化/m ²	百分比/%	面积变化/m ²	百分比/%	面积变化/m ²	百分比变化/%
林地	-276369962	-47.77	284443080	94.12	-560813042	-96.93
水浇地	-902721455.5	-51.89	-873586676.5	-104.38	-29134779	-1.67
水库	-3414901.5	-30.92	-1766650	-23.15	-1648251.5	-14.92
水体	-29023055.5	-83.46	-241123	-4.19	-28781932.5	-82.77
固定沙丘	-3111118325	-86.15	188771443	37.74	-3299889768	-91.38
半固定沙丘	-2151209590	-48.03	-184111665	-7.91	-1967097925	-43.92
半流动沙丘	2801441175	202.29	-657551949	-15.71	3458993124	249.77
流动沙丘	4310011514	273.18	2059706297	34.98	2250305217	142.63
重度水蚀荒漠化土地	-212525030	-89.45	-65830796.5	-262.64	-146694233.5	-61.74
轻度盐碱化土地	312277071	1223.65	-191132985.5	-56.58	503410056.5	1972.61
中度盐碱化土地	-794248392.5	-64.85	-498590618	-115.81	-295657774.5	-24.14
重度盐碱化土地	39290647.5	26.76	-77689238.5	-41.74	116979886	79.68
干枯湖	17179239.5					

表4 民勤县荒漠化土地在3个时段面积变化、年平均变化以及变化速率

Table 4 The areas changing in 3 phases, annual average changing and changing rate of main land types of Minqin County

	1978—1986年	1986—1996年	1978—1996年
荒漠化土地/m ²	1193919070	-573570487.5	620348582.5
非荒漠化土地/m ²	-1194350135	579884793.5	-614465341.5
荒漠化土地年平均变化/m ²	74619941.88	-57357048.75	23859560.86
荒漠化土地变化速率/%	6.25	-10.00	3.85

5 讨论

民勤县位于河西走廊东段绿洲仅限于沿石羊河分布的一个窄而狭长的区域,西、北、东三面被巴丹吉林沙漠与腾格里沙漠包围,南靠武威盆地。典型的温带大陆性干旱气候,多年平均降水量110mm左右,蒸发量2644mm,风沙大,盛行西北风,年平均风速2.8m/s,最大风速31m/s,沙暴日数31.1天。绿洲内作物以春小麦、夏玉米、青稞等粮食作物为主,兼种棉花、籽瓜、茴香等经济作物;绿洲内土壤类型为绿洲灌淤土。全县辖5个镇,18个乡。经过50年

的努力,民勤在408km的风沙线上建成了长达330km的防护林带,有效地将风沙挡在了绿洲之外。

但是,随着自然条件的变化,尤其是水资源的日益紧缺,民勤绿洲的生态环境已显得十分脆弱,荒漠化日趋严重。目前流沙仍以每年3—4m的速度前移,部分地段前移速度高达8—10m。民勤是全省乃至全国荒漠化最严重的县之一。

5.1 30年来气候变化趋势

自然因素尤其是气候因素被认为是荒漠化产生、发展和变化的主要驱动因子。在全球气候变化

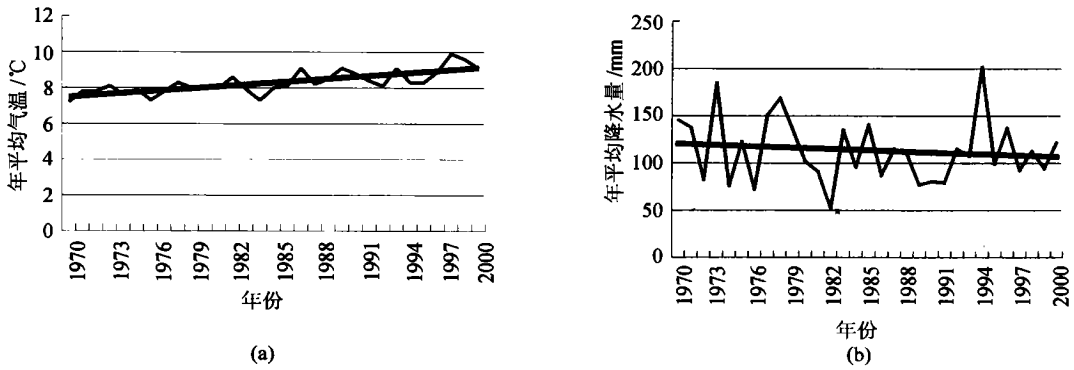


图 2 30 年来民勤县年平均气温和年平均降水量趋势图

(a) 年平均气温;(b) 年平均降水量

Fig.2 Trend map of average air temperature and precipitation of Minqin County in recent 30a

的背景下,局地气候也发生相应的波动。30 年来民勤县水热变化的总体趋势是年平均气温上升、年平均降水量减少(图 2)而年总辐射量提高(图 3),这样的气候变化趋势利于荒漠化土地的发展。

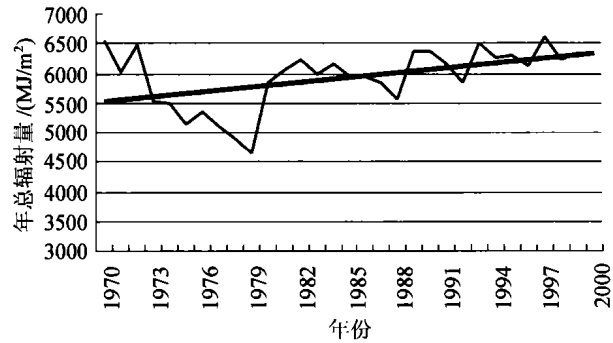


图 3 30 年来民勤县年总辐射量趋势图

Fig.3 Trend map of annual total radiation of Minqin County in recent 30a

亡,风沙日剧,平均每年民勤绿洲都有 25%的面积受灾。

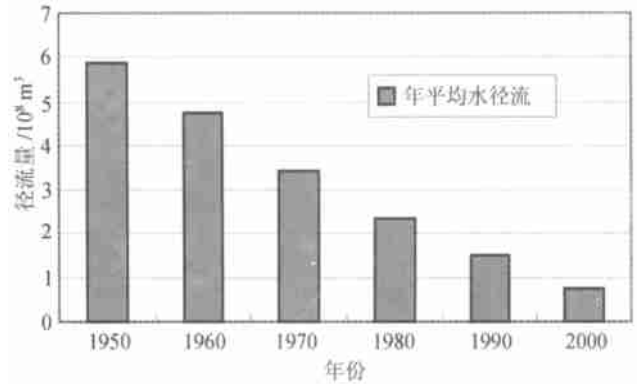


图 4 流入民勤县境径流量变化图

Fig. 4 Change of annual input discharge of Minqin County

5.2 水资源和荒漠化

水资源的贫乏是民勤荒漠化加剧的重要因素。石羊河流域流入县境的水径流自 20 世纪 50 年代以来连年减少(图 4),年减少速率达到 0.1026 亿 m^3/a ,相当于目前流入县境水径流的七分之一。除此而外,人口增加,耕地面积扩展、上游用水量增加、地下水超采等人为因素,也给日益紧张的水资源增加了新的压力。实地调查资料表明,上世纪五六十年代民勤地下水位为 1—2m,如今已下降到 12—13m。最为明显的是大量沙生植被的衰退和死亡。南湖乡有大量的沙枣林因为缺水而死亡,70 年代原有的胡杨林现在已基本绝迹,有 1 万 hm^2 的梭梭和沙枣林都出现了衰退。目前,由于过度提取地下水,植被死

5.3 沙漠化整治和水资源分配的矛盾

民勤绿洲的荒漠化治理在 20 世纪有两种大方式:50 年代开展了大规模的沙漠化整治,其措施包括在流动沙丘插置风墙、沙荒地上封沙育草、风沙沿线营造防护林带、农田边缘土埋沙丘等。但由于上游来水减少,民勤大量开采地下水,造成地下水位迅速下降,林地的成活率极低。至 80 年代防护林体系基本死亡。到了 80 年代中期,为了提高治沙的效率和永久性,实行以包林到户的政策。达到了一定的目的。从本次遥感监测的结果和实地调查来看,从 80 年代中后期以来,荒漠化加剧的程度有所缓和。但是一个严峻的事实是随着地表水资源的急剧减少,水资源供需矛盾日益尖锐。为了谋求生存,绿洲内部形成了总面积约 986 km^2 的 3 个地下水降落漏斗,降落中心水位每年下降 0.6—1.0m。受水位下降和机

井出水量减少所迫,机井越打越深,越打越密,加之打井初期无计划、少控制,形成了布局不合理,互相干扰,单井效率越来越差的局面。进入90年代,民勤绿洲开采地下水的力度进一步加大,可以说沙漠化整治和水资源分配的矛盾已经到了危险的程度。

6 结 论

从20世纪70年代到1996年民勤县总的荒漠化土地面积增加了620km²,而70年代至1986年是土地荒漠化最为严重的时期,荒漠化土地面积增加了1194km²。而总的荒漠化土地和非荒漠化土地的面积变化在相应的时间段里的变化、年平均变化以及变化速率是不同的。近30年以来荒漠化土地以3.85%的速率增加,但在1986—1996年期间荒漠化土地面积变化速率明显的减小。因此,就近30年以来民勤县的荒漠化过程而言,具有明显的区域分异性(东部和西部、绿洲和沙漠)和时间发展的阶段性。同时,也遵循区域性荒漠化发展的规律,如河西走廊以及黑河流域的荒漠化在相同时间段都具有分异性阶段性^[12]。

根据确定的荒漠化土地分级程度和遥感监测指标体系,利用遥感数据和GIS系统对甘肃省民勤县的荒漠化土地进行动态监测和分析是一种行之有效的定量研究方法,不仅能够准确地提供荒漠化土地发展变化过程,为对其的防治提供科学数据,而且可以进行荒漠化过程的分析。除了局地气候的变化促使荒漠化的发展以外,民勤绿洲水资源的匮乏导致人们生活、生产系统亦即社会经济系统挤占自然生态系统用水,致使生态系统失去水资源的供给而恶化。表现为年内沙尘暴日数、八级以上大风日数增加、气候逐渐干燥、绿洲天然植被与人工林退化、耕地减少、生产力降低、沙化现象日趋严重、绿洲面积逐年减少、绿洲景观向系统退化方向演变。

荒漠化的发生和迅速扩展,即有气候原因,也有人为原因,由人口快速增长和生产经营方式粗放、落后导致的人为“滥”开发是主要原因。防治荒漠化必须坚持以防为主,防、治、用结合的途径。针对民勤荒漠化治理,不仅仅是本地区的生态保护工程,必须以整个石羊河流域为目标、以水资源的合理分配为重点、遵循因地制宜,综合治理的方针,对不同的荒漠化土地发展采取相宜的技术手段。目前,最为重要的是巩固现有的治理荒漠化土地发展成果,防止荒漠化土地的扩展。

致谢 感谢李震研究员的指导和帮助。

参 考 文 献 (References)

- [1] Zhu Z D, Zhao X L, Ling Y Q, et al. Sand Control Engineering [M]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 1998. [朱震达, 赵兴梁, 凌? 泉等. 治沙工程学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.]
- [2] Dong G R, Gao Q Z, Zhou X Y, et al. Climate Change of South Edge of Badanjilin Desert Since Epipliocene [J]. *Science Bulletin* 1995, 40(13): 1214—1218. [董光荣, 高全洲, 周学勇等. 晚更新世以来巴丹吉林沙漠南缘气候变化[J]. 科学通报, 1995, 40(13): 1214—1218.]
- [3] Wang T, Zhao H L, Xiao H L. Advances in Desertification Research of China [J]. *Chinese Desert*, 1999, 19(4): 299—311. [王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究的进展[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 299—311.]
- [4] Gao Z Q, Liu J Y, Zhuang D F. The Relations Analysis Between Ecological Environmental Quality of Chinese Land Resources and Population [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(1): 66—70. [高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于遥感和GIS的中国土地资源生态环境质量同人口分布的关系研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(1): 66—70.]
- [5] Ding J L, Tashpolat Tiyip, Xiong H G et al. Study of Oasis Desertification Dynamic Change in the South of Tarim Basin [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2002, 6: 56—63. [丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜, 熊黑钢等. 塔里木盆地南缘绿洲荒漠化动态变化遥感研究——以策勒县为例[J]. 遥感学报, 2002, 6: 56—63.]
- [6] Liu J Y. Remote Sensing Investigation and Dynamic Research on Resources and Environment of China [M]. Beijing: Chinese Sciences and Technology Press, 1996. [刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.]
- [7] Tan Y Z. Land Desertification and Human Activities in Gansu [J]. *Forestry Science and Technology of Gansu*, 2002, 27(1): 23—25. [谭稚枝. 甘肃土地荒漠化与人类活动. 甘肃林业科技, 2002, 27(1): 23—25.]
- [8] Gao Z H, Wei H D, Li Y B, et al. Extraction for Key Information of Desertification Land from TM Image [J]. *Chinese Desert*, 1998, 18(supplement 1): 42—45. [高志海, 魏怀东, 李玉宝等. TM影像荒漠化土地特征信息的提取. 中国沙漠, 1998, 18(增刊1): 42—45.]
- [9] Liu J Y, Zhuang D F, Ling Y R, et al. Vegetation Integrated Classification and Mapping Using Remote Sensing and GIS Techniques in Northeast China [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(4): 285—291. [刘纪远, 庄大方, 凌扬荣等. 基于GIS的中国东北植被综合分类研究[J]. 遥感学报, 1998, 2(4): 285—291.]
- [10] Prince S D. Satellite Remote Sensing of Primary Production: Comparison of results for Sahelian Grasslands 1981—1988 [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, 7(11): 1435—1455.
- [11] Treitz P, Howarth P. High Spatial Resolution Remote Sensing Data for Forest Ecosystems Classification: An Examination of Spatial Scale [J]. *Remote Sensing Environment*, 2000, 72(3): 268—289.
- [12] Wang G X, Cheng G D, Shen Y P. Ecological Environmental Chang-

ing Characteristics of Hexi Corridor in Recent 50a and Integrated Control Methods[J]. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(1): 78-86. [王根绪,程国栋,沈永平. 近 50 年来河西走廊区域

生态环境变化特征与综合防治对策[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(1):78-86.]

The Analysis of Land Desertification Changing of Minqin County in Recent 30 Years

WANG Jian^{1,2}, LI Wen-jun³, SONG Dong-mei¹, TANG Han¹, DONG Guang-rong¹

(1. *Cold and Arid regional Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;*

2. *The State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering;* 3. *Gansu Remote Sensing Center*)

Abstract: Aided by GPS, geometric correction of aero-photos of 70s, TM images of 80s and 90s were accurately done for desertification analysis. And they were also consolidated to the same projection. Based on setting up of accordant interpretation keys and managing and analyzing of desertification land information by GIS, dynamic change of desertification land was investigated in Minqin County of Gansu Province, a typical desertification region. The results show: the area of desertification land in Minqin County tends to enlarging in recent 30a. However, the spreading rate was slow down since 1985. The areas of active dune and semi-active dune are increasing continually while the areas of fixed dune and semi-fixed dune were controlled effectively. Finally, the reasons of desertification changing of this region were discussed in two aspects including both natural environment and social factors by fieldwork and data analyzing.

Key words: desertification; remote sensing monitoring; the reasons of desertification; the classification system of desertification land; water resources