

文章编号: 1000-694X(2003)03-0275-05

基于遥感和 GIS 技术的荒漠化动态分析 ——以宁夏盐池为例

祁元, 王一谋, 王建华, 颜长珍

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 荒漠化是当今全球和中国最为严重的环境与社会经济问题之一, 它的危害已深入到自然与社会经济的各个方面。选取荒漠化问题突出的宁夏盐池县作为研究区, 通过 3 期遥感 TM 影像(1986 年、1996 年、2000 年), 运用 GIS 的分析手段, 综合土地利用图、地形图和其他资料形成盐池县 3 期荒漠化现状图及两阶段动态图。盐池荒漠化土地类型的结构变化表明, 荒漠化受非荒漠化类型土地限制, 其面积有所减小, 但程度在加重。荒漠化发展的原因是自然因素与人为因素共同作用的结果。

关键词: 荒漠化; 遥感; 地理信息系统; 盐池

中图分类号: X87 文献标识码: A

荒漠化是当今世界最为严重的环境与社会经济问题之一, 它涉及到全球约 9 亿人口, 100 余个国家和地区, $36 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 的土地。中国荒漠化土地总面积已达 $86.16 \times 10^4 \text{ km}^2$, 特别是北方农牧交错地区, 荒漠化土地面积占该地区面积的百分比已从 20 世纪 70 年代的 30% 上升到 80 年代的 40%^[1]。荒漠化问题已严重阻碍了社会经济的可持续发展。

当前, 国家实施西部大开发战略, 近期重点放在了加快基础设施建设和加强生态环境保护上^[2]。最新的遥感和 GIS 技术集成在国土资源调查与规划, 生态环境监测与评价等领域的应用有着宏观、准确、动态、综合和多层次的特点, 受到广泛应用和关注^[3-6]。针对荒漠化问题, 清楚地认识荒漠化范围、程度和动态变化及其推动因素是有效控制和治理的关键。在对荒漠化的动态监测和定量分析中, 利用遥感方法获取荒漠化地区荒漠化动态变化的环境信息, 而后在 GIS 中形成多层次、综合、动态的环境数据库, 从而为荒漠化治理和区域社会经济发展提供科学准确的数据。在实际的应用中, 已经取得很好的研究结果^[7, 8]。

1 研究区概况

宁夏盐池县位于宁夏回族自治区东部, 鄂尔多斯地向黄土高原的过渡地带, 地势南高北低, 由黄土沟壑丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元组成。气候为典型大陆性气候, 县北部属温带干旱区,

年平均气温 $7.7 \text{ }^\circ\text{C}$, 年降水量 296.4 mm, 年平均风速 $2.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 年大风日 24.2 d, 沙尘暴日 20.6 d; 县南部也属温带干旱区, 年平均气温 $6.7 \text{ }^\circ\text{C}$, 年降水量 355.1 mm, 年平均风速 $4.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 年大风日 45.8 d, 沙尘暴日 7.8 d。植被类型从南到北由干草原过渡到荒漠草原。

盐池县面积 6744 km^2 , 人口 15.23 万, 1999 年农业总产值中, 农业 10169×10^4 元, 牧业 8247×10^4 元, 林业 2552×10^4 元。1999 年工业总产值 142553×10^4 元, 其中绝大部分来自石油开采^[9]。因此, 盐池县农牧业在经济活动中仍占很大比重, 工业则为粗放的矿产采掘业。

2 研究方法及数据来源

荒漠化数据主要信息来源是 1986、1996 和 2000 年 3 期同一时相 TM 遥感数据。经过先期的波段 2、3、4 合成、图像纠正和增强处理后得到解译质量较高的遥感影像, 然后在 GIS 软件 ARC/INFO 中实现遥感图像的机助目视解译。解译过程中结合 1:10 万地形图以及其它的诸如土壤、植被、地质和地貌等图件或资料, 建立了荒漠化的解译标志, 并进一步得到 ARC/INFO 格式的矢量图形数据, 最终集成为荒漠化矢量数据与地形、气象等数据组成的荒漠化地理信息系统。动态研究通过地理信息系统方法生成 3 个时期的荒漠化动态图, 实现了荒漠化的动态监测(图 1)。

收稿日期: 2001-12-12; 改回日期: 2002-04-29

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX-Y-02-01-04)资助

作者简介: 祁元(1974-), 男(汉族), 博士生, 主要从事遥感地理信息系统工作。E-mail: qiyuan@soha.com.cn, http://www.cnki.net

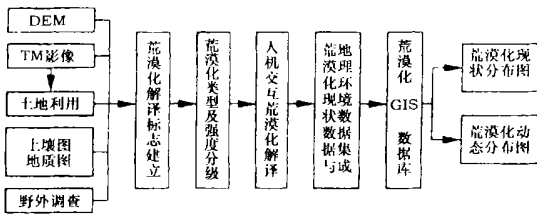


图 1 荒漠化遥感调查流程

Fig. 1 The procedure of investigation of desertification

研究过程中,对荒漠化土地的判别及面积统计是需要明确的。据 1994 年的《防治荒漠化公约》,荒漠化(Desertification)是指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和具有干旱的亚湿润地区的土地退化^[10]。由于公约的制定主要是针对现今的环境发展问题,且荒漠化和人类的活动密切相关,因此将地质历史时期形成的原生沙质荒漠(沙漠)、石质或砾质(戈壁)荒漠、盐漠等土地排除在外,这样更适用也有针对性^[11]。考虑到盐池县风蚀为主的荒漠化特点,研究中借鉴风力作用下的荒漠化指标及相关研究^[12, 13],在充分考虑风蚀、水蚀和物理化学作用的基础上,形成盐池县荒漠化土地分级标准(表 1)。

表 1 荒漠化等级和指标

Tab. 1 The grade and sign of desertification

荒漠化程度	植被盖度/%	沙丘疏密度/%	景观特征简述
微度荒漠化	> 50	< 5	小面积流沙零星分布
轻度荒漠化	20~50	5~20	斑点状流沙或风蚀地小片分布
中度荒漠化	5~20	20~50	流动沙丘片状分布,半固定和半流动沙丘交错分布
强度荒漠化	< 5	> 50	密集分布的流动沙丘和风蚀地

表 2 宁夏盐池 3 期荒漠化土地面积

Tab. 2 The area of desertification in Ningxia in three periods

年度	潜在荒漠化		轻度荒漠化		中度荒漠化		强度荒漠化		合计	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	%
1986	337.1	5.0	2669.0	39.6	1079.9	16.0	843.1	12.5	4929.1	73.1
1996	289.5	4.3	2617.8	38.8	932.4	13.8	912.0	13.5	4751.7	70.4
2000	322.2	4.8	2432.2	36.1	964.7	14.3	884.9	13.1	4604.0	68.3

表 3 1986—2000 年荒漠化与土地利用动态变化

Tab. 3 The dynamic change between desertification land and land use from 1986 to 2000

1986 年	2000 年					
	耕地/hm ²	林地/hm ²	微度荒漠化/hm ²	轻度荒漠化/hm ²	中度荒漠化/hm ²	强度荒漠化/hm ²
耕地	/	0	-28.1	-200.1	-46.9	-192.0
林地	0	/	0	0	0	0
微度荒漠化	2033.4	0	/	-503.5	-9.6	-1729.4
轻度荒漠化	19173.3	8.6	1138.5	/	-511.3	-4732.2
中度荒漠化	10068.7	67.0	684.3	860.0	/	-736.7
强度荒漠化	1363.5	69.5	661.3	627.9	413.8	/

3 荒漠化动态分析

通过宁夏盐池县 1986、1996 和 2000 年 3 个时期土地荒漠化现状数据库的统计分析(表 2), 1986—2000 年盐池荒漠化发展特点表现为整体荒漠化面积的减少与荒漠化程度的加剧。3 个时期荒漠化土地分别占总土地面积的 73.1%、70.4% 和 68.3%, 荒漠化面积虽以 0.5% 的年平均减少率在减少, 但面积仍占相当大比例。其中, 轻度和中度荒漠化土地以 0.66% 和 0.8% 的年平均减少率减少; 强度荒漠化土地前期增加后期却有所减少, 主要是 20 世纪 80 年代末 90 年代初无序的人类开发活动造成荒漠化面积增加, 而近几年环保措施使荒漠化面积有所减少^[12]。在 70、80 年代的沙漠化研究中, 沙漠化土地面积增长就有减缓的趋势, 原因是沙漠化发展程度已相当剧烈, 空间的扩大受到其他非沙漠化土地如耕地等的限制^[14]。盐池县荒漠化中沙漠化即沙质荒漠化占相当大比例, 表明盐池荒漠化的发展趋势已进入荒漠化强度加剧的阶段。

进一步研究显示 20 世纪 80 年代中至 90 年代末, 尤其是 1996—2000 年的几年中, 耕地的大量开垦是造成荒漠化面积减少的直接原因。表 3 和表 4 是对荒漠化现状图与同期土地利用图通过 GIS 叠置分析得到的各土地类型的转换表。表中利用荒漠化程度和指标结合土地利用分类体系, 将 6 个土地类型作了简单的级别划分, 其中林地大于微度荒漠化土地, 微度荒漠化土地大于轻度荒漠化土地等等类推。因此, 表 2 和表 3 中负号体现了一种土地退化荒漠化加剧的概念, 而不代表负增长和面积的减少。例如 1986 年耕地有 200hm² 变化为 2000 年的

表4 1996—2000年荒漠化与土地利用动态变化

Tab. 4 The dynamic change between desertification land and land use from 1996 to 2000

1996年	2000年					
	耕地/hm ²	林地/hm ²	微度荒漠化/hm ²	轻度荒漠化/hm ²	中度荒漠化/hm ²	强度荒漠化/hm ²
耕地	/	0	-229.2	-397.6	-127.1	-271.0
林地	0	/	0	0	0	0
微度荒漠化	296.3	0	/	-53.2	-5.0	0
轻度荒漠化	8427.5	0	2081.9	/	-8496.9	-989.8
中度荒漠化	4991.5	0	0	452.0	/	-125.2
强度荒漠化	1988.1	0	1223.0	634.6	0	/

轻度荒漠化土地, 负号表示由耕地向轻度荒漠化土地的土地退化。

通过对表3和表4分析, 总结盐池县荒漠化动态有如下特点:

(1) 盐池县荒漠化土地一部分被耕地所代替。2000年盐池县耕地共计1 964.4 km², 从1986年至2000年共增加326.4 km², 占盐池县2000年耕地总面积的16.6%, 其中轻度荒漠化转为耕地面积占全部的58.7%; 中度荒漠化占30.8%; 强度荒漠化占4.18%。特别是近4a来, 耕地增加了157.0 km², 占2000年耕地面积的8.0%。说明近14a来, 尤其是近4a, 有部分荒漠化土地转换为耕地, 其中来自轻度和中度荒漠化土地的耕地占到了新增耕地的约90%。但大面积的开垦带来的是加剧的土地退化, 1986—2000年共有4.671 km²耕地退化为荒漠化土地, 占2000年耕地的0.23%。1996—2000年有10.24 km²耕地退化, 占2000年耕地的0.52%, 年平均退化率0.13%。

(2) 整体上盐池荒漠化动态中土地退化面积大于土地优化面积, 荒漠化在加剧。从1986到2000年所有土地退化面积与所有优化面积分别为86.9 km²和50.1 km²。1996到2000年退化和优化面积分为106.9 km²和43.9 km²。说明土地退化在继续且有加剧趋势。从1986年到2000年强度荒漠化面积增加了73.9 km²; 中度荒漠化土地增加9.8 km², 其中土地退化的占到57.8%; 轻度荒漠化增加21.9 km², 土地退化的占32.1%。荒漠化幅度大于逆转幅度, 土地退化中强度荒漠化占较大比例, 荒漠化程度在加剧。

(3) 盐池荒漠化动态中轻度荒漠化土地变化最大。1986—2000年分别有47.32 km²和5.11 km²退化为强度荒漠化土地和中度荒漠化土地, 11.4 km²优化为微度荒漠化土地。从1996年到2000年有9.9 km²和84.97 km²退化为强度荒漠化土地和中度荒漠化土地, 20.8 km²优化为微度荒漠化土地。生态环境中轻度荒漠化土地荒漠化程度较轻, 对气候环境的变化或人类活动的影响较为敏感, 加强对这一类土地的合理利用和治理是盐池县荒漠化防治的关键。

(4) 林地和微度荒漠化土地有所增加但增幅不大。

14 a中, 林地增加6.3 km², 年平均增加率为0.39%。微度荒漠化土地有20.3 km²开垦为耕地, 22.4 km²退化为荒漠化土地, 同时荒漠化土地有24.8 km²优化为微度荒漠化土地, 扣除耕地变化仅增长2.4 km²。可见林地仅少量增长, 微度荒漠化土地处于动态平衡中。林地和微度荒漠化土地面积的增加意味着荒漠化土地的逆转, 而缓慢的、小幅度的变化说明在多年的治理中, 生态环境未发生大的好转。

综上所述, 盐池县荒漠化发展中出现了程度加剧和大量土地被开垦为耕地而造成荒漠化面积减少的新特点。20世纪60年代、70年代和80年代是盐池县荒漠化强烈发展的阶段^[15], 90年代在耕地等非荒漠化土地的空间限制下, 表现为原有荒漠化较轻的土地向高一级的退化。林地和微度荒漠化土地变化不大, 而荒漠化土地和原有耕地仍在退化, 生态环境没有大的改善。

4 荒漠化成因分析

气候和地貌等自然因素是盐池县荒漠化的主导因素, 不同的自然条件形成了不同的荒漠化作用。首先是沙质荒漠化。盐池的土壤以第四纪冲积、洪积物和第三纪疏松砂页岩为母质^[12], 为土地沙漠化提供了丰富的物质来源; 干旱多风是盐池气候特点之一, 每年 $\geq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的起沙风多达300次以上, 且大风和沙尘暴主要集中在冬春两季, 分别占全年大风和沙尘暴日数的66.5%和74.8%, 同时冬春两季降水仅占全年的12.6%, 正是降水稀少的季节。当地表植被遭破坏后, 干旱的沙质土易被风力吹扬, 造成土地沙漠化。其次为水蚀荒漠化, 夏季6~9月份集中了全年降水的72.2%, 且降水具突发性, 因此在无良好地表植被的地区, 特别是南部黄土地区暴雨的冲刷将造成严重的水土流失即水蚀荒漠化。最后, 盐池1 343 mm的年蒸发能力还会造成低洼地区的次生盐碱化。

人口增长是荒漠化发生发展的诱发因素。盐池县人口从解放初的2.6万人激增至1999年的15.23万人, 人口密度升至22.6人·km⁻², 远超联合国

提出的干旱区和半干旱区人口密度不应超过 7 人·km⁻²的标准^[1]。人口的激增,对粮食、肉类和燃料等基本物质的需要加大了对环境和土地的压力,土地利用过度、利用方式不合理及政策的失误^[16],再加上降雨相对偏少,造成荒漠化的高度发展(图 2)。1961 年荒漠化面积 1 883 km²,1976 上升为 3 593 km²^[14],而 20 世纪 80 年代初数据显示荒漠化面积 1982 年为 4 267 km²,1983 年为 4 594 km²^[15],本文所得荒漠化面积 1986 年为 4 661 km²,1996 年为 4 516 km²,2000 年为 4 369 km²。表明荒漠化在 60 年代和 70 年代是强烈发展阶段,80 年代中期达到高峰,之后受空间限制和人为的开发利用,荒漠化面积减少但强度增加。造成荒漠化发展的不合理活动主要表现在以下几个方面:

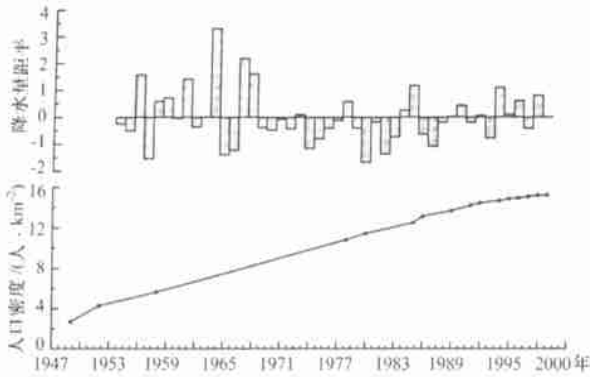


图 2 盐池多年距平降水和人口密度变化

Fig. 2 Variation of precipitation and population density in Yanchi

(1) 过度开垦。新中国成立后盐池有 3 次大规模开垦即新中国成立初期、20 世纪 50 年代末至 60 年代初和 70 年代初,期间大量开垦的土地多为“撞田”,而后由于 60 年代和 70 年代降水相对偏离平均水平而变成撂荒地,逐渐被风蚀为荒漠化土地。相

应地,盐池荒漠化土地从 1961 年的 1 883 km²猛增到 1976 年的 3 593 km²。1986—2000 年耕地变化如前所述有显著增加,但同时退化面积也在增大。虽然 1996 年盐环定扬黄工程开发了 0.986 hm²水浇耕地,但不合理的开发仍占大多数。并且新开发的土地又有了次生盐碱化的问题^[17]。

(2) 过度放牧。据土地利用数据,盐池草地从 1986 年的 3 790.3 km²减少到 2000 年 3 450.3 km²,载畜量有一定波动但近年维持在 50 万只羊单位左右。保证草地不退化,载畜量需控制在 38 万只羊单位^[12]以下。多年过度的放牧造成了大量的草地植被破坏,气候的波动更加剧了荒漠化程度。

(3) 滥樵滥采。对于荒漠草原的大肆樵采现象在盐池县十分严重。农村的“三料”主要来自自然植被,尤其是固沙植物如沙冬青、柠条、白刺等。而近年甘草的采集更加大了对草地的破坏,据 1983 年统计,灵武、盐池、同心地区甘草收购 750×10⁴ kg,近年滥挖愈演愈烈,大量农民涌入盐池采挖甘草,草地上遍布采挖后留下的土坑。过度樵采行为破坏了地表植被,沙丘活化,地表风蚀加剧,从而导致严重的草原荒漠化^[18]。

(4) 工矿交通建设。盐池县工业以石油、天然气采掘业为主,占工业总产值的 92.6%。粗旷的低级采掘工业破坏了自然植被和地表结构,土地利用图表现为工业用地附近低盖度的草地、裸露的地表、盐碱地和沙地。另外近年交通建设中,开挖的路基在大风吹蚀下风沙漫扬,地表出现带状的沙地。因此交通建设中急需注意环境的保护,切勿只顾开发而不治理。

综合以上对宁夏盐池县荒漠化的发展和成因分析,其荒漠化过程可由图 3 来表示。

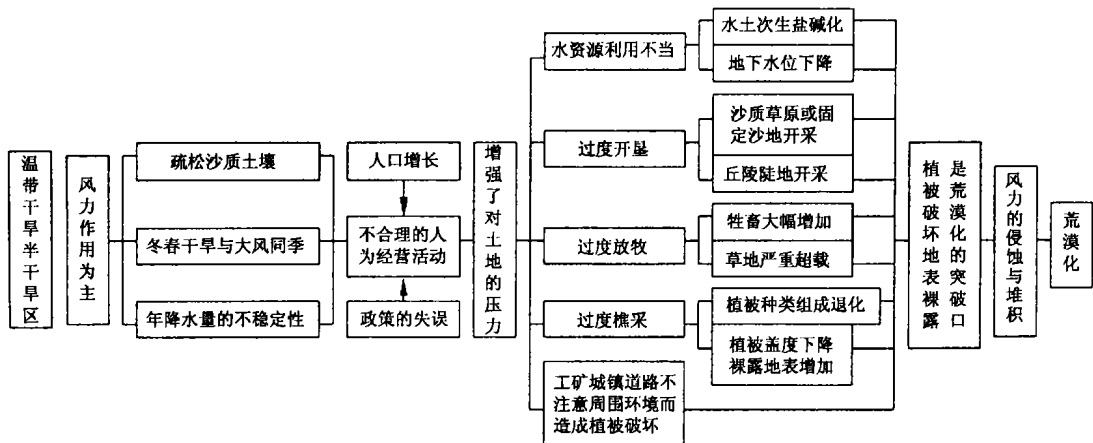


图 3 盐池县土地荒漠化过程图^[1]

Fig. 3 The procedures of desertification in Yanchi

5 结论

包括盐池县在内的鄂尔多斯地区乃至整个北方地区, 几十年前就开始了荒漠化的治理工作, 如1978年开始的“三北防护林”工程, 20世纪80年代和90年代的飞播植草固沙等。盐池县也在1983—1989年展开沙漠化土地的治理, 1996年盐环定扬黄工程实施, 一定程度减少了荒漠化面积。但新一轮的开发又带来了新的问题, 加深了荒漠化的程度。20世纪末开展的还林还草工程, 为北方农牧交错带荒漠治理带来了契机。根据盐池县土地利用和荒漠化动态, 治理的重点应放在中度荒漠化和轻度荒漠化土地上, 防止进一步的退化。同时对新增耕地加强管理以避免新的土地退化。

荒漠化是严重而影响深远的环境问题, 先进的遥感和GIS技术手段给了我们快速、准确和全面掌握环境信息的手段, 在西部大开发的生态环境建设中将为荒漠化环境问题的解决提供科学的分析, 为合理开发的同时保证生态的优化给以决策支持。

参考文献 (References):

- [1] 中国荒漠化(土地退化)防治研究课题组. 中国荒漠化(土地退化)防治研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [2] 董光荣, 吴波. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(2): 318—332.
- [3] 朱会义, 李秀彬. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253—260.
- [4] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于遥感和GIS的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 134—138.

- [5] 颜长珍, 王一谋. 在全数字方式下对宁夏草地覆盖的遥感宏观研究[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 298—300.
- [6] 杨存建, 刘纪远. 遥感和GIS支持下的云南省退耕还林还草决策分析[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 181—187.
- [7] Micael C Runnstrom. Is Northern China winning the battle against desertification? —Satellite remote sensing as a tool to study biomass trends on the ordos plateau in semiarid China[J]. *Ambio*, 2000, 29(8): 468—476.
- [8] 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[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 137—142.
- [9] 宁夏统计局. 宁夏统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [10] 联合国防治荒漠化公约中国执行委员会秘书处. 联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约[Z]. 1996.
- [11] 陈广庭. 中国沙漠化土地面积分歧由来的认识[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 209—212.
- [12] 杨建国. 宁夏盐池县土地沙漠化的成因及其防治[J]. 土壤, 1997, (4): 185—188.
- [13] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学出版社, 1996.
- [14] 朱震达, 王涛. 从若干典型地区的研究对近10余年来中国土地沙漠化演变趋势的分析[J]. 地理学报, 1990, 45(4): 430—440.
- [15] 宁夏回族自治区科学技术情报研究所. 宁夏盐池县自然资源科学研究报告汇编(1977)[R]. 宁夏: 宁夏回族自治区科学技术情报研究所, 1978.
- [16] 单鹏飞. 宁夏灵盐地区荒漠化灾害与农牧业持续发展[J]. 地理科学, 1997, 17(2): 163—167.
- [17] 冯锐, 罗代雄. 宁夏盐池扬黄灌区土壤次生盐碱化发生分布规律研究[J]. 宁夏农林科技, 1998, (3): 9—12.
- [18] 宋乃平, 米文宝. 宁夏中部风沙区人类活动的经济分析[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3): 243—246.

Analysis on Desertification Dynamics based on Remote Sensing and GIS —Example in Yanchi County, Ningxia

QI Yuan, WANG Yi-mou, WANG Jian-hua, YAN Chang-zhen

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Desertification is one of the most serious problems in the world, which deeply damaged the social-economy and the environment. Desertification in Yanchi County of Ningxia Hui Autonomous Region is notable. Based on TM images in three periods (1986, 1996, 2000), and land-use map, relief map and other information of Yanchi County, three desertification maps and two dynamic maps are made through the GIS software, ARC/INFO. Supplied by the GIS and database analysis methods, the structure change and the developmental characteristics of desertification in Yanchi are described in detail. Under the limitation of the other non-desertification lands, the area of desertification in Yanchi became smaller during 1990s, but the grade became higher. The major desertification reasons are unreasonable agricultural practices, heavy livestock grazing and firewood cutting, and the construction of industry and transportation.

Key words: desertification; remote sensing; GIS