

利用遥感和 GIS 研究塔里木河下游 阿拉干地区土地沙漠化^{*}

王让会 樊自立

(中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所 乌鲁木齐 830011)

摘要 新疆塔里木河流域受人类活动的影响,特别是由于水资源利用的不合理,不同区域出现了一系列生态环境问题,下游地区普遍存在的沙漠化现象表现得尤为突出。通过应用多时相(1959年、1983年、1992年)、多波段、多平台的遥感信息,在野外调研的基础上编制阿拉干地区不同年代沙漠化类型图;并在 ARC/INFO 软件支持下,对图件进行编辑处理,制作沙漠化动态图;通过 GIS 数据库提供的资源环境定量数据,应用系统论、信息论及控制论的观点分析阿拉干地区沙漠化的演化过程,并借助于 GM(1,1)模型,预测阿拉干地区土地沙漠化的发展趋势。

关键词 塔里木河下游, 土地沙漠化, 遥感, 地理信息系统

新疆塔里木河(以下简称“塔河”)流域总面积 $106 \times 10^4 \text{ km}^2$, 干流全长 1321km, 水量 $46 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为中国最长的内陆河。流域水、土、光、热和生物等可更新资源丰富,是中国重要的水土开发区和以棉花为主的农业基地。

受人类活动的影响,特别是对水资源利用的不合理,使河流水量向下游大为减少,地下水位下降,沙漠化发展十分严重^[1]。历史上下游地区水草丰富,而今植被衰退,生态环境严重恶化;这种状况的不断发展,影响着生态系统的稳定性,制约着下游资源的开发及经济的持续发展。

虽然前人曾在下游不同区域进行过沙漠化问题的研究,但受当时技术手段、测试条件等因素的限制,研究范围较小,研究深度也有待于拓深。特别是自 1994 年 6 月 17 日,《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是非洲防治荒漠化的公约》在巴黎通过后,荒漠化问题的研究得以进一步加强,人们可以通过 RS、GIS 及 GPS(RGG)等新的技术手段,以多维的动态监测技术系统来获取准同步、短周期、大范围的多平台、多时相、多波段的环境信息资料,并以信息论、系统论及控制论的观点对下游以沙漠化为核心的生态环境问题进行分析,并为维护下

游“绿色走廊”的协调稳定,促进流域经济的持续发展提供科学依据。

1 研究方法

典型区选择 塔河下游全长 428km,各区段自然环境不尽相同,特别是自 1972 年英苏以下断流之后,植被退化十分明显,加之干旱、多风、沙源丰富,沙漠化普遍发生。阿拉干地区($E88^{\circ}00' - 88^{\circ}30'$, $N40^{\circ}00' - 40^{\circ}20'$)位于下游的中部,无论从区域自然地理特征,还是从人为干预程度都具有代表性;另一方面,目前准备实施的一系列供水方案及环境保护措施,都不同程度地把阿拉干作为一个重要参照点来考虑。因此,进一步研究该区域的沙漠化发展状况,对恢复荒漠植被,维持下游库—若公路畅通及生态环境的稳定性具有重要意义。

信息源准备及草图编绘 在广泛收集典型区已有资料的基础上,首先借助于 Sony IPS-360 型 GPS 进行辅助定位^[2]。其次以 1959 年 1:6 万全色片、1983 年 1:2.5 万全色片和 1:10 万全色航片镶嵌图及 1992 年 1:7 万和 1:10 万(经缩小航片)彩红外航片作为基

* 参加本工作的还有季方,朱峰,邓永新等同志。

收稿日期:1997-05-23,收到修改稿日期:1997-08-07

基础遥感信息源,以 70 年代的 Landsat MSS 影像及 1994 年的 NOAA / AVHRR 信息为辅助信息源,为了有效地提取典型区的环境信息,通过 IDRISI 的合成、滤波、边缘增强等功能突出反映地物特征,根据事先拟定的沙漠化图分类系统及制图方案,建立地物与遥感信息之间的解译标志(表 1)。再依照解译标志,采用地理相关分析法、环境本底法、交叉分析法等遥感地学分析方法对土地沙漠化等环境特征进

行目视解译,并通过局部网格控制下的目视转绘方法,把专题要素转绘到地理底图上,最终编制 3 个时相的沙漠化土地类型图。

地理信息系统应用与图件编辑 把定稿后的编者原图,用 Sunm III 型或 Calcomp 型数字化仪输入 ARC / INFO 3.40ver 或 ARC / INFO 6.0ver 软件环境下的 AST486 微机或华胜 4075 工作站;并通过拓扑关系建立、属性特征添加及一系列

表1 塔河下游沙漠化土地类型分类系统及解译标志

Table 1 The classification system and interpretation key of desertification in the lower reaches of Tarim river

一级分类及代码	二级分类及代码	示 量 指 标			解 译 标 志	
		植被盖度 / %	地面起伏度 / m	沙丘疏密度 / %	全 色 片	彩 红 外 片
1.极度沙漠化	低高度流动沙丘 (11)	<5	<5	>50	色调浅灰白色、波状或蜂窝状延伸,整齐有序,随沙丘高度的不同,影像波纹的明显程度亦不同,可见尖棱状的沙丘峰脊线的表面沙坡或者者有风蚀的流线状痕迹。	底色淡黄色,沙脊由灰向白过渡,沙丘组合形式明显,可见波状或蜂窝状清晰纹理图案,高大沙丘及沙丘链间有的深色阴影,局部地区出现白色亮斑。
	中等高度流动沙丘 (12)		5—20			
	高大复合型沙丘 (13)		>20			
2.强度沙漠化	低高度半流动沙丘 (21)	5—15	<5	20—50	色调浅白色,多波状起伏,同时可见浅灰色斑点夹于高度不同的沙丘间。	底色发青,流线状,波状纹理清晰可见,在沙丘间可看到零星淡褐色斑点。
	高半流动沙丘 (22)		>5			
3.中度沙漠化	低半固定沙丘 (31)	15—30	<5	5—20	可见稀疏星点状暗灰色斑点,斑点间可见明显的灰白色沙丘及丘间地影像痕迹。	有稀疏的斑状,星点状品红到褐色花纹图案,局部地区呈淡青色,沙丘多浑圆状,长条状。
	高半固定沙丘 (32)		>5			
	风蚀盐化沙丘 (33)		<5			
4.轻度沙漠化	具初级风成形态的沙地 (41)	<30	<2	<5	底色灰白色,其上具团状灰黑色斑点,并具流线状灰色风蚀痕迹。 底色浅灰白色色调,灰黑色斑稍大,零乱而稀疏浅白色,纹理均一、细密。	淡青到灰色,纹理较细密,有流线状纹理,局部地区有褐色斑点淡。青到灰色,具品红色(暗)星点状图案。 淡青到灰色,局部发白,纹理细密
	具初级风成形态的胡杨林地(42)					
	具初级风成形态的盐碱地(43)					
5.潜在沙漠化	撩荒地 (51)				呈白色或灰白色调 可见较密菜花状暗灰色斑点,无沙丘链影像特征 地表呈白色斑块,并具有稀少的灰黑色粒点。 底色暗灰,影纹细密一致具光滑感。	底色清青,被品红到褐色斑点,星点状态图形覆盖。 底色青色,粗糙度小影纹细密。
	固定沙地 (52)					
	灌丛沙堆地 (53)					
	湿润丘间地 (54)					
6.非沙漠化	耕地(61) 胡杨林地(62)	草甸(63)	水体(64)	灌丛(65)		

GIS 功能操作,制作专题现状图;同时在 GIS 叠加功能支持下,实现 1959 年及 1983 年,1983 年及 1992 年和 1959 年及 1992 年土地沙漠化动态图的

自动生成,最后通过 Versatec 8900 静电彩色绘图仪输出相应的专题图件;各种属性数据用于对沙漠化发展状况的综合分析。

2 沙漠化特征分析

2.1 沙漠化动态变化分析

通过对阿拉干地区 1959 年(图 1), 1983 年、

1992 年(图 2)3 个时期土地沙漠化现状遥感制图研究, 阿拉干地区土地沙漠化(表 2)具有如下特征。

(1) 土地沙漠化现象十分严重, 在 3 个年代分别占土地总面积的 86.96%, 92.63% 及 94.34%,

表2 阿拉干地区不同年代沙漠化现状^[3]

Table 2 The condition of desertification in different years in Alagan

年 度	合 计		极度沙漠化		强度沙漠化		中度沙漠化		轻度沙漠化	
	面积/hm ²	%	面积/hm ²	%	面积/hm ²	%	面积/hm ²	%	面积/hm ²	%
1959年	137122	86.98	47615	30.20	9578	6.08	39342	24.96	40587	25.74
1983年	146029	92.63	49763	31.56	9658	6.13	45495	28.86	41113	26.08
1992年	148726	94.34	53224	33.76	14501	9.20	43801	27.78	37200	23.60

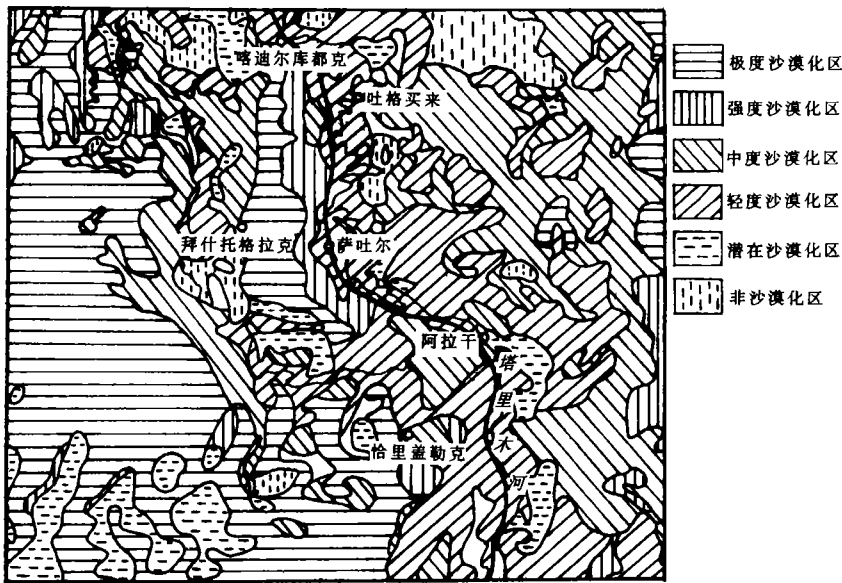


图1 1959年阿拉干地区沙漠化图

Fig.1 The map of desertification in Alagan in 1959

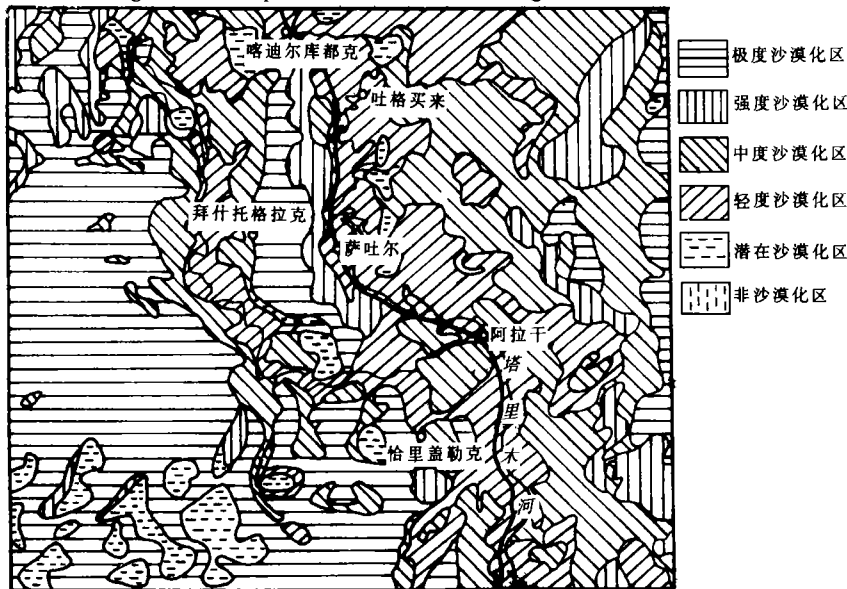


图2 1992年阿拉干地区沙漠化图

Fig.2 The map of desertification in Alagan in 1992

并且仍处于扩展状态;极度沙漠化和中度沙漠化土地是阿拉干地区主要的沙漠化土地类型,两者在 3 个不同年代分别占该区土地总面积的 55.16%, 60.42% 及 61.54%,说明生态系统稳定性破坏后,环境退化居于主导地位;同时说明维持该区域沙漠化不再扩展,环境不再恶化的任务十分艰巨。

(2) 沙漠化的表现形式既反映在土地沙漠化的程度继续加强,同时也表现为整个地区沙漠化范围的扩大。表 2 明显反映了各个年代极度、强度等严重沙漠化类型在不断增加的趋势;同时,沙漠化总面积也由 1959 年的 1371.22km²,增加到 1983 年的 1460.29km²及 1992 年的 1487.26km²。说明了一旦维持天然植被的水源得不到满足,植被退化,抗御风沙的能力也必然削弱,环境必然进一步退化。

(3) 受各种因素的影响,各个时期土地沙漠化的发展速率不尽相同(表 3)。80 年代以前,由于一度时期人为乱砍滥伐、过度放牧及水资源的不合理利用,沙漠化的发展速度较快,年均增长率达 0.26%;80 年代以后,人们的环境保护意识及法律观念增强,对天然植被的破坏基本得到杜绝,使得沙漠化的发展速率有所减缓,年增长率为 0.20%;说明保护天然植被在防治土地沙漠化方面起着十分重要的作用。

表 3 阿拉干地区沙漠化土地年平均增长率

Table 3 The mean annual growth rate of desertification area in Alagan (%)

年代	极度沙漠化	强度沙漠化	中度沙漠化	轻度沙漠化	合计
1959—1983年	0.18	0.03	0.61	0.05	0.26
1983—1992年	0.75	4.62	-0.42	-1.11	0.20
1959—1992年	0.34	1.26	0.33	-0.26	0.25

(4) 沙漠化引起了该区域自然景观的一系列变化。沙漠化在遥感图像上,多以植被信息的衰减和风沙信息的增强为主要特征,具体表现为流沙、沙丘、风蚀地的发生与发展。沙丘多呈浅色絮状、蜂窝状、新月形,组成几乎平行的条纹覆盖于地表;受该区域东北风主风向的吹蚀,沙丘的方向性明显,色调由浅黄经黄白向白色过渡,界限模糊不清;在局部灌丛密度稍大的影像背景中,常出现浅色至白色的斑点或斑块,反映了过度放牧、缺水或风蚀的迹象。从假彩色图像上可辨析出阿拉干一带红色荒漠河岸林带被浅色的沙丘侵吞呈现淡棕黄色调,形成“绿色走廊”的一大缺口。

由于失去了地表径流的供给,过去的流水地貌已逐渐地萎缩,河道旁多有流沙堆积。部分河道被流沙掩埋;同时,风沙地貌迅速发育。固定、半固定沙丘向半流动及流动沙丘演化;从航片上可以明显地看出,60 年代以前存在的一些湖泊及河床和水洼地,到目前已荡然无存,并出现了风蚀及积沙的荒漠景观。作为“绿色走廊”生命线的胡杨林及红柳灌丛,其覆盖度趋于减少,生活力趋于衰退;系统内群落结构及组成很难适应恶劣的自然条件。受水资源因素的制约,伴随着地貌特征的变化,地表物质矿物组成和颗粒机械组成以及营养成分也都发生了不同程度的变化。沙漠化是自然因素及人为因素长期作用的结果。

2.2 沙漠化趋势预测分析

受航摄次数及间隔年代的限制,阿拉干地区有 1959 年,1983 年及 1992 年 3 个不等距年份的航片,为建立 GM(1, 1)模型进行沙漠化趋势预测,需以年平均增长率为依据,以尽可能等距年份进行内插,为此插补了 1967 年及 1975 年两个年代的各类沙漠化面积(表 4),通过检验,内插数据精度良好。

表 4 阿拉干地区两个插补年份沙漠化面积

Table 4 The area of desertification in two supplementary years in Alagan (km²)

年代	极度沙漠化	强度沙漠化	中度沙漠化	轻度沙漠化	合计
1967年	483.05	96.01	413.03	407.50	1400.00
1975年	490.05	96.24	433.63	409.13	1429.00

根据 5 个时期的不同沙漠化土地面积,利用 GM(1, 1)模型,建立了阿拉干地区不同沙漠化土地发展的预测方程:

$$D_1(t+1) = 15004.11e^{0.03132343t} - 14527.96$$

$$D_2(t+1) = 532.9686e^{0.1482766t} - 437.1887$$

$$D_3(t+1) = 19135.24e^{0.02175284t} - 18741.82$$

$$D_4(t+1) = 16434.60e^{-0.02560163t} + 16840.47$$

$$D_5(t+1) = 68444.56e^{0.02025676t} - 67073.35$$

其中 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 分别代表极度、强度、中度、轻度沙漠化土地面积的一次累加生成数列的预测值及该区沙漠化总面积的一次累加生成数列预测值(表 5); t 为预测时间。

通过表 5 可以预测 1992—2008 年土地沙漠化发展的年平均增长率(表 6)。

通过以上预测可以分析出阿拉干地区土地沙漠化演替具有如下特点:

表5 阿拉干地区沙漠化发展预测

Table 5 The area predication of desertification in Alagan in the near future

类型	2000年		2008年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
极度沙漠化	541.14	34.32	558.37	35.42
强度沙漠化	154.15	9.78	178.79	11.34
中度沙漠化	459.06	29.12	469.16	29.76
轻度沙漠化	374.98	23.79	365.50	23.18
合计	1529.33	97.01	1571.82	99.70

表6 阿拉干地区土地沙漠化年均增长率预测

Table 6 The prediction of mean annual growth rate of desertification in Alagan (%)

类型	1992年—2000年	2000年—2008年
极度沙漠化	0.21	0.39
强度沙漠化	0.77	1.87
中度沙漠化	0.59	0.27
轻度沙漠化	0.10	-0.32
合计	0.35	0.34

(1) 在目前各种条件基本不变的情况下,阿拉干地区土地沙漠化过程在本世纪末及下世纪初的近20年中仍将继续加剧;到2000年,该区土地沙漠化面积将占区域总面积的97.01%,而到2008年,将达到99.7%,沙漠化威胁十分严峻。

(2) 在沙漠化的发展过程中,强度沙漠化的增长速率最快,但所占面积最小;其次,在2000年前以中度沙漠化扩展速度快,而从面积扩展趋势上看,均以极度沙漠化土地面积最大。这是由于该区近期无地表径流补给,地下水位下降且矿化度增高,水环境恶化,加之干旱及风沙的长期影响,植被的长势趋于衰退,风沙地貌发育,沙漠化处于扩展状况。

(3) 下世纪初的沙漠化年均增长率为0.34%,略低于目前0.35%年增长率;这主要是人们的环境保护意识大大增强,杜绝了乱挖甘草、罗布麻等天然植被现象,植被得以保护所致。当然,由于自然及历史的原因,该区沙漠化发展仍十分严重。

(4) 需要提出的是,自然因素及人为活动对模型预测的可靠性具有重大影响。本世纪末到下世纪初,人们对环境问题的认识水平及全球变化的研究将不断深入,特别是一系列有致力于改善塔河流域水资源利用模式,保护该区域生态环境,保证流域经济可持续发展的科学理论及运行体制的完善,将对阿拉干地区沙漠化的扩展有所抑制,而上述重大决策体系尚未纳入GM(1,1)模型的预测系统中去,因此,

阿拉干地区土地沙漠化发展趋势将随人类活动的影响而有所变化。

3 存在问题与对策

塔河流域地域辽阔,环境条件复杂,科学管理及合理利用水资源是流域资源与环境研究的核心问题;只有通过遥感及地理信息系统等信息获取及分析的有效手段^[4],完善流域生态环境监测体系,建立流域生态环境监测信息系统,才能从根本上搞清楚生态环境问题的症结所在,也才能有助于下游沙漠化的研究及沙漠化灾害的防治。

(1) 充分研究客观情况,合理制订治理方案。下游沙漠化的发生与发展很大程度上受到地表径流减少及一度人为破坏天然植被的直接影响,针对目前塔河全流域水资源的现状及利用情况,对生产及生态用水的分配应实行“控制上游、限制中游、保证下游”的原则,使水至少在丰水年能够到达阿拉干以下地区,以缓解长期干旱对沿途胡杨、红柳等天然植被的胁迫作用,促进它们的恢复与更新。

新疆正在利用世行(WB)贷款和国内配套资金实施的塔里木灌溉与环保一期工程以及1998年将要正式起动的环保二期工程,在强化行政管理和一系列工程措施的前提下,保证下游有一定流量的水,这是全面治理下游沙漠化问题的良好开端。

塔河流域是兵团和各地(州)、市(县)等共同维护和建设的区域,在治理时,要协调一致,相互促进,加快治理步伐,不要使治理的速度赶不上当前绿洲衰退和土地沙漠化发展的速度,从引起沙漠化的主导因素入手,治水与治沙相结合,针对沙漠化发展的程度,特别是其逆转的难易及经济、技术、人力等条件的可行性,因害设防,先易后难,这样的方案才有针对性及实施的可行性。

(2) 科学利用水资源,保护恢复天然植被。塔河下游大西海子水库以下断流,已大大失去了它作为河流的现实意义,从全流域合理利用水资源的角度挖掘潜力,发展节水农业及节水生态是下游沙漠化治理的关键问题之一,也是恢复下游生态的有效措施。

通过以阿拉尔为中心的上游段的节水措施,用法律手段控制超额用水,降低毛灌溉定额,改善农业生产方式,提高水的有效利用率。同时,疏通中段河道,堵截非法渠口,实行牧民定居;增加向下游的输水量,使大西海子以下近期能获得2.0亿m³水量,远

期达到 2—3 亿 m^3 ; 以恢复大西海子至阿拉干段的荒漠植被, 阿拉干以下可实行机械防沙措施。

近年来, 下游团场经济实力逐渐增强, 职工生活的能源结构由薪材向石油液化气方向过渡, 对于天然植被的破坏大大减轻, 然而随着科学技术的发展, 人们对天然植被资源(如甘草、罗布麻)的开发程度及需求量将逐步增大, 从这个意义上讲, 更应该高标准地处理好开发野生植物资源与保护生态环境的关系。从恢复、扩大植被的角度去寻求沙漠化逆转的途径, 可望成为下游沙漠化治理的必由之路。

参 考 文 献

- 1 樊自立. 新疆土地开发对生态环境的影响及对策研究. 北京: 气象出版社, 1996.

- 2 王让会. PC ARC/INFO 在植被制图中的应用. 新疆测绘, 1996(3).
- 3 Wang Ranghui. The Study on Desertification with RS Cartography in Alagan Region, the Lower Reaches of Tarim River Basin, Xinjiang, China. *International Archives of Photogrammetry and RS* Vienna, 1996, 31.
- 4 徐冠华. 再生资源遥感的理论及其技术应用. 北京: 中国林业出版社, 1994.

作 者 简 介

王让会, 男, 1963 年出生, 曾获农学学士(林学专业)及工学硕士(遥感专业)学位, 现任助理研究员。主要从事资源环境遥感等领域的研究工作。在遥感、地理信息系统、制图及生态学等领域发表论文近 40 篇。

Study on Land Desertification with RS and GIS Techniques in Alagan, the Lower Reaches of Tarim River

Wang Ranghui Fan Zili

(Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research, CAS)

Abstract There are a series of ecological environment problems in different areas of the Tarim river basin. Affected by irrational human activities, especially by the irrational use of water resource, desertification generally existed in the lower reaches of the river. Based on the RS information of multiseason (1959, 1983, 1992), multiband and multiplatform, depended on the date of GPS positioning, spectral measurement as well as analysis of soil, vegetation and water samples, the desertification maps are produced for different years in Alagan. Moreover, under the support of ARC/INFO software, the dynamic maps of desertification are made. According to the information of GIS DB, system theory, information theory and control theory are used for analysing the processing of desertification in Alagan. At last, based on the model of GM(1,1), the desertification trend in Alagan is predicted.

Key words The lower reaches of Tarim river, Desertification; Remote sensing (RS); Geographical information system (GIS)