

基于 Landsat 数据的新疆和田地区植被覆盖变化研究

程苗苗^{1,2*}, 江洪^{2*}, 陈健, 郭徵, 江子山², 周国模^{*}, 高智慧, 余树全¹ (1. 浙江林学院国际空间生态与生态系统生态研究中心, 浙江杭州311300; 2. 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏南京210093; 3. 浙江省林业科学研究院, 浙江杭州310020)

摘要 基于区域尺度的荒漠-绿洲植被覆盖变化在干旱区生态环境演变中具有重要的价值, 选择干旱区典型荒漠-绿洲——新疆和田地区为研究区域, 利用该地区1973年5月、1990年6月和2000年6月3个时段的Landsat 遥感影像数据(MSS、TM、ETM+), 并结合气象数据, 通过土地利用类型转移矩阵, 对该区域绿洲植被覆盖面积和时空格局变化进行分析, 并结合政策、人口等因素对其驱动因子进行研究。结果表明: 在整个研究时期内, 绿洲内的林地、耕地和水域面积呈现先减少后增加的趋势, 由于受雪山融水供给的影响, 该地区水域变迁幅度较剧烈; 受到全球气候变暖的影响, 和田地区气温呈现稳定增加的趋势, 而降水呈现先增加后减少的趋势。气候变化和人类活动已经而且还将对和田地区的植被产生重要的影响。

关键词 Landsat 遥感影像; 荒漠-绿洲交错带; 植被覆盖; 全球气候变化

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)03-01239-06

Study on the Dynamic Change of Oasis Vegetation Cover by Landsat Data in Hetian District, Xinjiang Province

CHENG Mao miao et al (International Research Center of Spatial Ecology and Ecosystem Ecology, Zhejiang Forestry University, Hangzhou, Zhejiang 311300)

Abstract The research on oasis vegetation cover change which based on the regional scale is very important for arid environment. This paper aimed to narrate the regulations of Hetian oasis vegetation cover dynamic change by using MSS images in 1973, TM images in 1990, ETM images in 2000 and some meteorological data and combining with policies, population and other driving factors. This paper summed up that the proportion of forest, cropland and water body decreased first and increased afterwards. Influenced by the glacial melt water supplied, the water area changed frequently; influenced by the global warming, the temperature in Hetian area increased stably and the precipitation increased first and then decreased; climatic change and human activities have already influenced and will continue to influence vegetation in Hetian area.

Key words Landsat remote images; Oasis-desert acetone; Vegetation cover; Global climate change

全球变化这一概念已经从气候逐渐扩展到包括人口增加、土地利用和覆盖的改变、生物多样性丧失、大气成分改变以及生物地球化学循环改变等多个方面, 其中, 土地利用和地表覆盖被普遍认为是未来三四十年中最能影响陆地生态系统结构和功能的全球变化^[1-3]。土地覆盖在很大程度上取决于地表植被覆盖度, 由地表植被组成的生态系统在全球变化的生物地球化学过程中起着非常重要的作用。全球环境的变化必将影响地表植被分布, 从而影响到土地利用和土地覆盖, 最终导致该地区水分循环和热量循环的改变。土地利用和土地覆盖的变化也反作用于气候系统, 对于气候的反馈可能加快或减缓全球气候的变化^[4-7]。

荒漠-绿洲交错带是干旱区生态系统中荒漠化和绿洲化发生最频繁的地区, 也是外界环境和人为干扰对绿洲乃至整个干旱区生态环境影响反应最灵敏的地区, 有着指示和预警的重要作用^[8]。国际上对这一区域的研究主要集中在气候因子、水文资源、植被指数、植被覆盖变化等方面以及通过遥感的手段进行监测等^[1-6]。目前国内针对干旱区域荒漠-绿洲交错带的研究较多。其中, 以甘肃黑河流域的荒漠-绿洲化研究最为深入, 主要研究方向为景观空间格局变化及其受自然资源条件的影响、荒漠化特征及变化趋势、生态安全等方面^[9-15]。新疆和田位于塔克拉玛干沙漠南缘、昆仑山北麓, 属于典型的荒漠-绿洲交错带区。刘蕾利用 MODIS 数据, 通过 NDMI 的计算研究 2001~2005 年新疆地区植被覆

盖的变化^[16]。王国友等针对新疆于田地区土地利用变化进行了社会驱动力研究^[17]。王兮之等利用 SPOT 4 数据对新疆和田地区的策勒荒漠-绿洲景观分类及其特征进行了研究^[18]。在研究方法方面, 大部分学者主要是利用实地调查和时空覆盖较小的遥感数据进行研究, 研究范围和深度均有待于拓展。

Landsat 陆地资源卫星在过去半个世纪为地球表面特征的直接监测和地物特征区分提供了大量信息^[19]。Landsat 影像已经广泛地应用于不同空间和时间尺度的土地利用/土地覆盖以及植被覆盖等研究^[20]。近几十年来, 多时段 Landsat 数据在土地覆盖变化方面得到了广泛的应用。在研究植被覆盖的突然和缓慢变化进程中以及环境变化监测方面, 包括土地退化和荒漠化、森林采伐、栖息地破碎化、森林系统演替、过度放牧、牧场变化监测, 以及火山爆发或者林火后的植被恢复等都通过多时段 Landsat 数据进行空间和时间上的研究^[21-35]。

国内的荒漠-绿洲交错带研究中, 利用多时段的陆地资源卫星数据进行植被覆盖变化研究还很少, 笔者利用近 50 年的气象数据, 结合 3 期 Landsat 卫星遥感影像, 从全球气候变化角度来讨论和田地区土地利用和土地覆盖变化趋势及其驱动力。

1 研究区域

和田地区位于新疆南部, 78.7°~83.4°E, 35.7°~39.4°N, 绿洲面积 9 730 km², 其中耕地面积为 18.27 万 hm², 占绿洲面积的 17.95% (图 1)。和田地区气候主要特点是夏季炎热, 冬季寒冷, 昼夜温差及气温年差较大, 降水稀少, 蒸发强烈, 属典型的暖温带极干旱荒漠气候。年平均气温 11.0~12.1℃, 年降水量 3.4~100.9 mm, 且主要集中在 5 月和 7 月; 年蒸发量 2 219~3 137 mm, 多年平均 2 684 mm, 蒸发量远大于降水量。和田绿洲有 3 条主要季节性河流 (图 1), 均属于降水、积

基金项目 国家自然科学基金项目(40671132); 科技部国际合作项目(200073819); 科技基础性工作专项(2007FY110300-08)。

作者简介 程苗苗(1984-), 女, 新疆喀什人, 硕士研究生, 研究方向: 环境生态和遥感监测。* 通讯作者, 江洪, 教授, 博士生导师, hongjiang.china@gmail.com; 周国模, 教授, 博士生导师, gnzhou@zjfc.edu.cn。

收稿日期 2008-11-10

雪融水和冰川融水综合补给性河流。



图1 研究区地理位置及水系分布概况

Fig.1 Location of research area and river system distribution

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源 研究数据主要以覆盖和田地区的Landsat 遥感影像数据(1973 年5 月MSS, 1990 年6 月TM, 2000 年6 月ETM+)为基本数据源, 结合1984~2003 年和田地区气象数据, 包括温度和降水量。另有1991 和2002 年和田县土地利用图(1:50 000, 1:10 000)及其矢量化数据。图像处理软件为Erdas9.1、Arc/info9.2。

2.2 数据处理 根据内陆干旱区绿洲独特的光谱特征, 以及所能获得的研究材料, 参考《土地利用现状调查技术规

程》^[36]中的全国土地利用现状分类系统构建研究区土地利用覆盖分类体系, 主要的分类系统为农田、林地(原生林、防护林等)、水域(河流河滩、坑塘沟渠、湖泊、水库等)和未利用地(沙漠、戈壁、盐碱地、沼泽、山脉等)。

利用ERDAS 9.1 遥感图像处理软件, 分别对3 个时期的Landsat 数据进行了辐射校正、几何校正及增强处理等图像预处理工作。分类方法采用优化迭代分类法(Optimal Iterative Unsupervised Classification, OIUC)^[37]。分类结果如图2 所示。

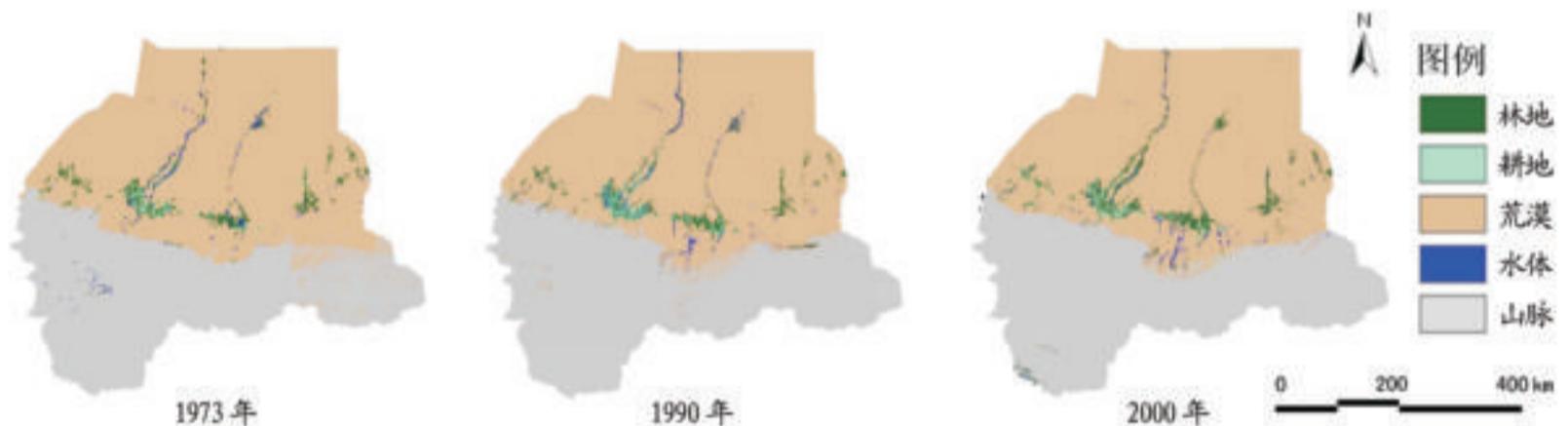


图2 和田地区土地利用分类结果

Fig.2 Result of land use classification in Kashi Area

2.3 土地利用变化强度指数 土地利用变化强度指数是指某一区域*i* 内, 单位面积上土地利用类型*j* 从*a* 时期到*b* 时期发生的改变。土地利用变化强度指数的计算公式如下^[38-41] :

$$LII_i = \frac{A_{j,b} - A_{j,a}}{LA} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: LII_i 为某土地覆被类型在研究时段内的变化强度指数; $A_{j,b}$ 、 $A_{j,a}$ 分别为某土地覆盖类型在研究初期*a* 及末期*b* 的面积; LA 为研究区总面积; T 为研究末期与初期的时段(年)。

3 结果与分析

3.1 和田地区土地覆被的数量结构与变化 从所研究的2 个时段来看, 和田地区的土地覆被数量结构变化总体呈先减少后增加的趋势。由表1 可见, 1973~1990 年期间, 林地和耕地面积均有不同程度的减少, 其中, 林地的减少量约为耕地减少量的5 倍。此外, 该地区的水资源面积也减少了28.1%; 而在1990~2000 年期间, 林地和耕地面积均有不同程度的增加。其中林地面积增加最多, 约占1990 年林地总面积的

25.5%, 而水域面积基本没有增加, 与1990 年相差不大。到2000 年, 林地面积与研究初期相比增加了16.6%, 相应地耕地面积增加了42.6%, 而水域面积仍维持在1990 年的水平。

3.2 土地利用类型的稳定性与转移方向 利用ERDAS 统计模块, 得到了3 个时期土地覆被面积转移矩阵(表2~4)。考虑到荒漠-绿洲交错带的区域性, 笔者利用一定时期内, 某一种土地利用类型发生变化的面积来分析该景观斑块类型的变化情况。

3.2.1 1973~1990 年间土地利用与覆盖的时空变化。

3.2.1.1 林地。 由表2 可见, 土地覆盖类型转化中林地向耕地转化面积为220.0 km², 同时有158.6 km² 转化为林地。林地向荒漠转化面积为2 540.5 km², 达林地总面积的65.2%, 同时荒漠向林地转化为2 516.6 km²。林地与水域间相互转化的面积分别为217.9、106.7 km²。在该时期, 总体林地面积减少了7.1%, 原因在于该时期为毁林开荒、沿水源地大力开发土地的时期, 期间各种林地特别是天然胡杨林、红柳林转化为耕地^[42]。

表1 1973~2000年新疆和田地区土地覆被数量结构

Table 1 Quantity structure of different land-cover types in Hetian Area of Xinjiang Province from 1973 to 2000

土地覆被类型 Land cover type	1973年 km ²	1990年 km ²	2000年 km ²	1973~1990年变 化面积 km ² Variation area from 1973 to 1990	1990~2000年变 化面积 km ² Variation area from 1990 to 2000	1973~1990年变 化强度指数 % Variation intensity index from 1973 to 1990	1990~2000年变 化强度指数 % Variation intensity index from 1990 to 2000
林地 Woodland	3 831.1	3 559.1	4 468.4	- 272.0	909.3	- 0.007 0	0.039 8
耕地 Cultivated land	1 325.7	1 270.1	1 890.3	- 55.5	620.2	- 0.001 4	0.027 2
水域 Water area	817.6	587.3	584.7	- 230.2	- 2.6	- 0.005 9	- 0.000 1

3.2.1.2 水域。水体在维系绿洲与荒漠化的动态平衡中起决定性作用^[43-44]。1973~1990年,水域面积急剧减少,占研究初期水域总面积的28.2%。水域与其他各类型间的相互转化作用尤其显著,其中,主要为荒漠与水域之间的转化,面积为854.2 km²;其次是转化为林地,面积为106.7 km²。这种相互转化的主要原因是季节性河流受雪山融水供给的影响所致。

3.2.1.3 耕地。在1973~1990年期间,耕地的面积基本保持平衡。虽然耕地的地域变迁幅度很大,但是大力开垦新的土地弥补了原有土地退化的面积。其中,林地和荒漠向耕地转化的面积最大,分别为2 220.0与855.4 km²。

在这一时期,由于大力开垦荒地,增加耕地面积,荒地的开发利用达到最大,主要是向着林地和耕地转化。

表2 1973~1990年和田地区土地覆被转换矩阵

Table 2 Transformation matrix of land cover in Hetian Area from 1973 to 1990

土地利用类型 Land use type	林地 Woodland	耕地 Cultivated land	荒漠 Desert	水域 Water area	其他未利用土地 Other unused land	1990年面积 Area in 1990
林地 Woodland	788.2	220.0	2 540.5	217.9	132.2	3 898.9
耕地 Cultivated land	232.2	158.6	883.7	25.1	22.8	1 322.5
荒漠 Desert	2 516.6	855.4	80 987.1	442.6	4 223.7	89 025.3
水域 Water area	106.7	32.9	854.2	7.2	16.5	1 017.4
其他未利用土地 Other unused land	21.1	1.7	943.0	7.0	7 652.0	8 624.8
1973年面积 Area in 1973	3 664.8	1 268.5	86 208.4	699.9	12 047.3	103 888.9

3.2.2 1990~2000年间土地利用与覆盖的时空变化(表3)。

3.2.2.1 林地。在1990~2000年期间,林地和沙漠之间的相互转化趋势最明显。有2 164.2 km²的林地变成荒漠,同时又有2 946.7 km²荒漠变成林地,林地的总面积有所增加,可见在植被消退的同时植树造林工程也在进行。

3.2.2.2 水域。在1990~2000年间,水域面积得到基本恢复。到2000年和田地区水域面积达755.4 km²,呈增加趋势。这与该时期绿洲的植树造林工程和防风治沙工程的实施有关,同时也与该时期植被增长表现一致。在绿洲荒漠交错带区域,水循环与植被变化的相互依存关系表现很明显。但是水域的变迁幅度仍然很大。在这一时期,水体向林地、耕地

和荒漠的转化面积分别为105.3、48.6和576.3 km²,主要是与荒漠之间的转化,这与和田地区的河流为季节性冰川供水性质有关,表现为季节性的河流摆动。

3.2.2.3 耕地。1990~2000年耕地的面积有所增加,其中荒漠向耕地转化面积最多,为903.5 km²。同时,耕地的不稳定性继续增加,荒漠变成耕地占了总面积的47.8%,其次是林地对耕地的转换面积为26.6%。

自20世纪90年代以来,植被和水域面积呈增加趋势,这说明相比1973~1990年这一时期,该地区的荒漠化趋势已经减缓,并且植树造林的效应已经开始突显。

表3 1990~2000年和田地区土地覆被转换矩阵

Table 3 Transformation matrix of land cover in Hetian Area from 1990 to 2000

土地利用类型 Land use type	林地 Woodland	耕地 Cultivated land	荒漠 Desert	水域 Water area	其他未利用土地 Other unused land	2000年面积 Area in 2000
林地 Woodland	1 042.6	520.6	2 164.2	90.4	9.8	3 827.6
耕地 Cultivated land	470.6	388.4	373.4	35.7	1.4	1 269.6
荒漠 Desert	2 946.7	903.5	120 308.1	526.1	223.2	124 907.6
水域 Water area	105.3	48.6	576.3	20.6	4.5	755.4
其他未利用土地 Other unused land	73.9	27.8	2 819.1	32.5	10 526.9	13 480.2
1990年面积 Area in 1990	4 639.2	1 888.8	126 241.1	705.4	10 765.9	144 240.4

3.2.3 1973~2000年间土地利用与覆盖的时空变化(表4)。

3.2.3.1 林地。在1973~2000年期间,林地和沙漠之间的相

互转化趋势最明显。有2 517.7 km²的林地变成荒漠,占林地总面积的64.6%,同时又有3 064.0 km²荒漠变成林地,林地

的总面积呈现增加趋势。

3.2.3.2 水域。在1973~2000年时期,水域面积呈增加趋势,但增加趋势缓慢。到2000年和田地区水域面积达806.1 km²。这与该时期绿洲的植树造林工程和防风治沙工程的实施有关,同时也与该时期植被增长表现一致。在绿洲荒漠交错带区域,水循环与植被变化的相互依存关系表现很明显。但是水域的变迁幅度仍然剧烈。在这一时期,水体向林地、

耕地和荒漠的转化面积分别为131.7、44.3和611.7 km²,主要是与荒漠之间的转化,这与和田地区的河流为季节性冰川供水性质有关,表现为季节性的河流摆动。

3.2.3.3 耕地。1973~2000年耕地的面积增加较明显,其中荒漠向耕地转化面积最多,为1 155.4 km²。同时,耕地的不稳定性继续增加,荒漠变成耕地占耕地总面积的47.8%,林地对耕地的转换面积为耕地总面积的26.6%。

表4 1973~2000年和田地区土地覆被转换矩阵

Table 4 Transformation matrix of land cover in Hetian Area from 1973 to 2000

土地利用类型 Land use type	林地 Woodland	耕地 Cultivated land	荒漠 Desert	水域 Water area	其他未利用土地 Other unused land	2000年面积 Area in 2000
林地 Woodland	745.2	412.5	2 517.7	47.8	62.6	3 785.9
耕地 Cultivated land	320.5	271.7	698.5	22.2	9.1	1 321.9
荒漠 Desert	3 064.0	1 155.4	81 613.9	445.5	2 686.7	88 965.5
水域 Water area	131.7	44.3	611.7	10.0	8.4	806.1
其他未利用土地 Other unused land	32.0	6.0	1 746.6	22.2	7 006.0	8 812.7
1973年面积 Area in 1973	4 293.4	1 890.0	87 188.4	547.7	9 772.7	103 692.2

3.2.4 稳定性。不同时间段内不同土地利用类型的稳定性是有差异的^[45-46]。但是,在研究区域内,这种稳定性的差异表现不是很明显。无论是从20世纪70~90年代,还是从20世纪90年代到上世纪末,林地、耕地和水域的稳定性都很弱,主要朝着荒漠化方向转化。这与特殊区域的气候和水循环特征有关。但是相比较来看,20世纪90年代以后植被的稳定性有所增强,表现在林地、耕地自身不变面积的增加。

如表2与表3所示,1973~1990年期间林地未发生变化的面积占林地总面积的20.2%,耕地未发生变化的面积占耕地总面积12.0%,水域未发生变化的面积占水域总面积0.7%;而1990~2000期间,林地未发生变化的面积占其总面积的26.7%,耕地未发生变化的面积占其总面积的29.4%,水域未发生变化的面积占其总面积的2.0%。

4 结论与讨论

4.1 全球气候变化对和田地区荒漠-绿洲交错带的影响

和田地区气候不可避免地会受到全球气候变暖趋势的影响。气候的变化必然导致和田地区水循环时空的变化^[47]。该研究的研究时间段为1973~2000年,和田地区的气候变化主要体现在随着温度的缓慢上升,该地区的降水量呈现先增加后减少的趋势(图3)。

4.1.1 气温的年际变化。根据沈冰等的研究(图3),从1954年到2000年,和田绿洲气温整体呈持续上升趋势,这与全球气候变化一致^[47-49]。与研究初期相比,2000年该地区气温增加了0.86。其中,20世纪50~60年代气温变化不大;在20世纪70~90年代期间,气温上升趋势较缓慢,而90年代后气温增加显著。

4.1.2 降水的年际变化。和田绿洲平均降水实测值如图3所示。20世纪50~70年代,年平均降水量逐渐减少,到80年代开始上升,80年代平均降水量达到最高,80年代后降水量逐渐减少,到80年代末期平均降水量减少到50年代水平。总体上来看,年降水量呈递增趋势,但是趋势不明显。由图3可知,20世纪50年代中后期到70年代末,降水量都小于多年平均降水量(36.4mm);其中,20世纪70年代为枯水期,降

水量比多年平均值低9.9%。20世纪80年代与90年代平均降水都高于多年平均情况,其中,20世纪80年代为丰水期,降水量超出多年平均值的30.8%。

4.2 和田地区植被覆盖变化及其驱动力分析从以上研究结果可以看出,在20世纪70年代到80年代末,和田地区的植被遭受较严重的破坏,植被覆盖面积急剧减少,同时该地区的环境条件也急剧恶化。至1978年政府禁止乱砍滥伐以来,经过政策的调整,和田地区的植被不仅得到很好的恢复,并且林地面积大量增加。在一系列优惠政策的指导下,耕地面积也迅速增加。到2000年,该地区的植被覆盖面积有了大幅度的增加,自然环境条件日益好转(图4)。

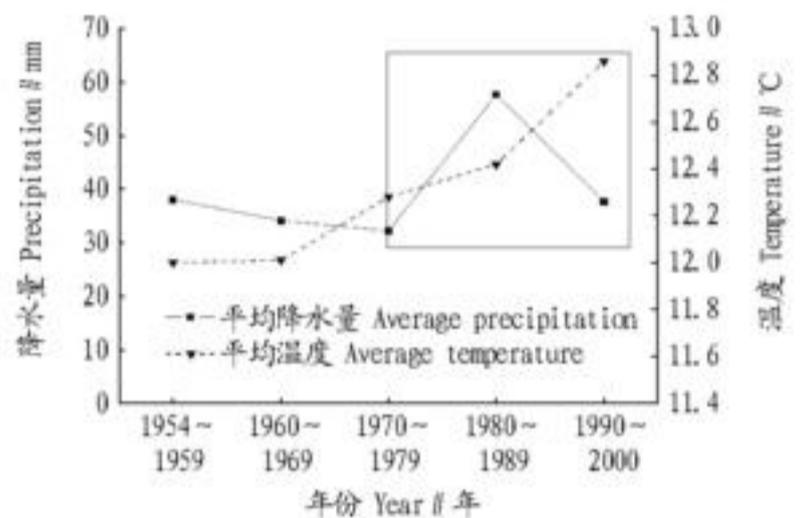


图3 和田地区温度与降水变化趋势(1954~2000年)

Fig 3 Tendency of the temperature and precipitation change in Hetian Area (1954 - 2000)

4.2.1 气候因子。气候因子尤其是降水对植物分布和生长起到决定性作用^[50]。根据20世纪近50年的气候变化曲线可见(图3),总体上,温度呈现出上升的趋势,降水量呈现先增加后减少的趋势。在研究的前一个时段内,其降水量不断增加,气温不断升高。这一变化过程对自然土地利用类型的影响非常显著。从图3可以看出,降水变化与植被覆盖变化基本一致。20世纪70年代降水量最少,而这一时期的植被覆盖面积也最少,其中林地面积减少较明显,耕地面积基本未变。20世纪80年代后期,开始年平均降水量都超过了多

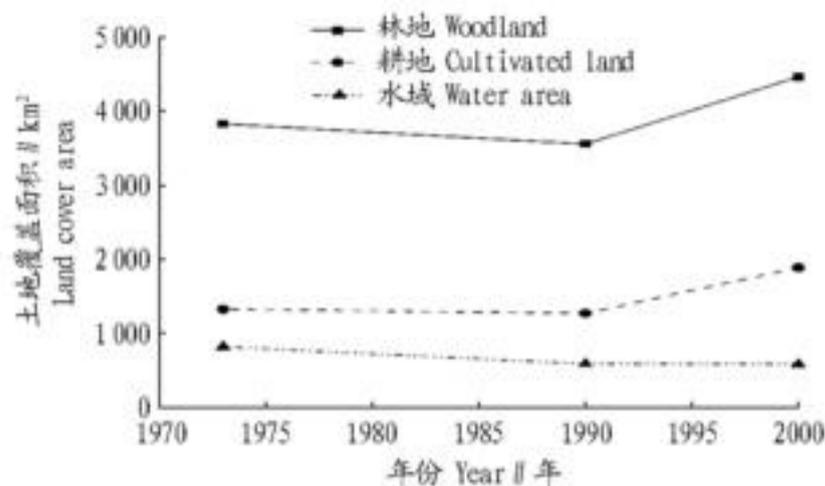


图4 和田地区土地覆盖与利用趋势

Fig. 4 Tendency of land cover and usage in Hetian Area

年平均降水量(图3), 但该时期林地面积和耕地面积均为历史最少。20世纪90年代平均降水量依然高出多年平均降水量, 土壤水分状况得到改善, 从而使林地和沙漠稳定性增强。该时期的林地和耕地面积均有不同程度的增加, 但水域面积呈缓慢减少趋势。

气候因子对植被覆盖影响不是绝对的。在该研究中, 林地和耕地面积并不是随着气候环境的变化而变化, 20世纪80年代的平均降水量均大于多年平均降水量, 为丰水期, 但植被覆盖面积并没有随之而增加, 仍是呈缓慢下降趋势。虽然20世纪90年代的降水呈现下降趋势, 但其平均降水量仍大于多年平均降水量, 这对该时期植被覆盖面积显著增加有一定影响, 但是对照20世纪80年代的气候环境与植被增长结果可见, 气候因子不是植被增长的主要因素。

4.2.2 人为因素。除了气候因子对土地覆盖的影响, 人类活动和生产是和田地区土地利用和覆盖变化的主要驱动力。不合理的土地开垦或过度开荒及水资源利用引起大面积胡杨、红柳等荒漠植被快速消退, 河流沿岸的植被-荒漠固定沙包带被毁坏, 导致的直接后果就是绿洲失去了天然和人工荒漠植被的屏障保护, 加速该地区土地荒漠化进程^[17]。

根据新疆维吾尔自治区统计年鉴(1949~2004)的人口、耕地数据分析可以看出(图5), 建国后和田绿洲人口变化一直呈上升趋势^[51]。但是近年来由于水资源紧缺、土地荒漠化加剧, 尤其是可耕地面积的减少, 人口数量的增加对该地区环境资源的压力持续增加。由图5可见, 随着人口的增加, 绿洲内耕地面积呈现下降趋势。这与人类的过度开垦以及宜农后备荒地的减少有关。

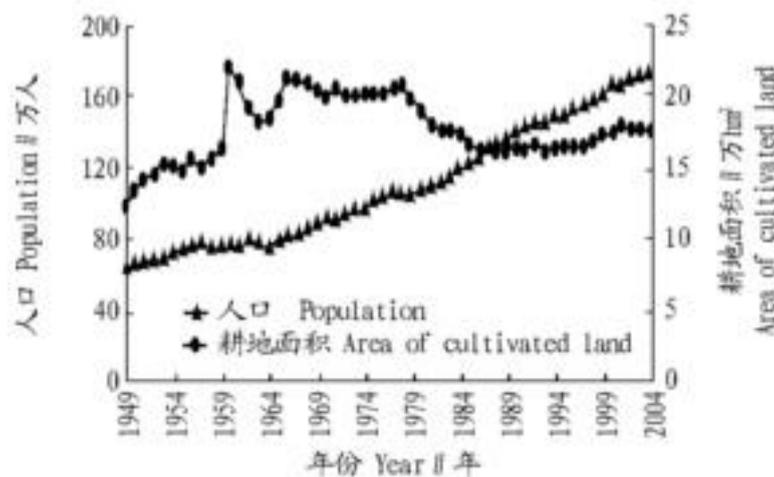


图5 1949~2004年和田地区耕地与人口关系

Fig. 5 Relationship between population and cultivated land in Hetian Area

人口的迅速增长对环境的破坏还表现在另一方面, 即

人们因对生活燃料的需求增加而过度樵伐, 尤其对天然胡杨林、红柳的过度采伐, 加剧了林地面积的减少。此外, 过度放牧也将减少草场和林地面积, 是植被覆盖面积减少的人为因素之一。

4.2.3 政策因素。国家政策是决定土地利用和覆盖变化的又一主要因素。1973~1990年和田地区林地和耕地面积下降约327.5 km², 这与当时当地政府大力拓荒, 以及大面积开垦耕地的政策有关。在这一时期, 政府大力支持垦荒, 新开垦土地造成整个区域水土资源失衡。人工绿洲内部大面积修建水库水利设施、耕地渠网, 造成区域内河流域下游水量锐减, 绿洲边缘地下水位失去补给, 植被覆盖度下降明显。同时由于当地耕作没有科学技术作为指导, 又有大量耕地由于水源丧失盐碱化而弃耕, 天然植被群落覆盖度普遍下降^[50]。随着绿洲农业的发展, 大面积原来属于交错带的荒地开垦为农用地, 使人工绿洲的面积迅速增大, 这一时期植被覆盖类型主要从森林转向农田。但是由于灌溉水等自然资源的限制, 新开垦的农田很难形成大规模的绿洲, 加剧了该地区自然景观破碎度。

自20世纪90年代中期国家逐步实施退耕还林政策以来, 和田地区政府禁止乱砍滥伐, 号召大规模植树造林, 在公路、居民区、农田和水渠等周围逐渐形成规模林带, 使林地面积大增。同时为了保护农田不受沙漠侵袭, 当地政府规定, 新开垦耕地的周围必须在3年之内种上树木。在这一政策的实施下, 耕地特别是新开垦土地周围种植了大量树木。耕地及周围的防风林, 组成了绿洲特有格子状景观。在这一时期和田地区的林地面积大增, 主要是人工林的增加。同时中央及自治区地方政府推出一系列优惠政策, 不仅允许而且鼓励个人和集体开垦土地。例如, 提供低息甚至无息贷款; 新开垦土地头3年免征土地所得税、农业税等。因此, 耕地面积也迅速增长, 耕地面积的增加也带动了部分人工林地面积的增加, 主要是农田防护林地的增加。因此在研究后期, 和田地区的植被覆盖面积总体上有很大幅度的增加。

4.3 和田地区未来植被覆盖变化趋势预测 任何一种驱动力对植被覆盖的作用都不是独立的, 真正推动植被覆盖变化的不是每个驱动力的单独作用, 而是由这些驱动力的共同作用而形成的合力^[17]。在针对和田地区荒漠-绿洲交错带的研究中, 对该地区土地利用/土地覆盖驱动力分析较多^[52-54]。所有研究者都表明植被覆盖受到多个驱动力的综合影响, 其中以人为因素起主要作用。

在全球气候变化背景下, 和田地区的气候、植被覆盖均受到不同程度的影响。研究区域南靠喀喇昆仑山脉, 北部延伸到塔克拉玛干沙漠, 属于典型的荒漠-绿洲交错带区域, 该区属于暖温带极干旱荒漠气候, 气候的变化对该区土地利用变化的影响非常突出。在各种气候要素中, 水资源与气温变化的影响最为突出。在该研究期内, 降水呈现先增加后减少的趋势, 但是气温却是稳定增加, 尤其在20世纪90年代, 降水量急剧减少, 但温度上升显著, 这必然导致蒸发量的增加。和田地区的气候将更加温暖干燥, 进一步加剧了该地区的土壤水分蒸发和植被蒸腾作用, 有可能加快土地朝着荒漠化方向发展的速度^[51]。

由图5可见,该地区人口增加的速度并没有得到控制,仍呈现稳定增加趋势,但耕地面积并没有随之而增加。随着人们对粮食需求的增加,缩短耕地休整期和扩大耕种面积是获取粮食的必要手段。宜农后备荒地,在20世纪70年代到80年代的垦荒计划中所剩无几,进而可开垦的只有土地边缘的林地和仅存的人工林地。但是,在全球变暖的背景下,当耕地所需要的水源或者水量难以得到保证时,由于土壤本身含沙量大,开垦后的耕地在强劲的风力下很快退化,最终走向沙化。这些又将重复20世纪七、八十年代的恶性循环。

4.4 和田地区荒漠-绿洲交错带管理措施及建议 人口增长会给环境承载力带来过大压力^[55]。从上面的分析可知,如果和田地区人口增长速度不能得到很好的控制,未来该地区的土地利用/土地覆盖将朝着加剧沙漠化的方向发展。为了防止土地资源的恶化,保持并进一步增加植被覆盖面积,实现土地资源的可持续利用,必须严格控制人口增长速度,更有研究者提出除了控制人口数量,提高人口素质也有必要甚至更为重要^[55]。

此外,还要针对全球气候变化的大环境做出相应的应对措施,例如调整产业结构,增加经济林种植面积;优化种植业结构和比例,走粮食作物-经济作物-饲料作物同步发展的道路^[52];使用高效节水的灌溉措施和地膜覆盖来缓解水资源匮乏局面。

在荒漠-绿洲交错带这样一个对气候环境极其敏感的区域,无论是改善和治理该地区的自然环境还是当地的社会生产力发展状况,都是一项长期而艰巨浩大的工程,只有运用科学技术,经济学、生态学和沙漠学等多学科相结合,才能平衡经济发展和自然环境,使之和谐发展。

4.5 研究展望 该研究利用3个时期的Landsat遥感数据,结合相应时期的气象资料,分析了近30年和田地区植被覆盖变化规律及其驱动力。从研究结果可见,在干旱区域植被覆盖面积和环境因子之间有很好的-一致性,环境条件的改变必然会引起植被覆盖的变化,同时,植被的增加或减少也会影响环境条件的发展趋势。但是由于受到人为因素等影响,干旱地区的植被覆盖变化与气候因子的关系是非线性、不可预知的。若得到该地区植被覆盖变化趋势就需要长时期、多因素、多时段的研究。

在该研究中,全球气候变化对干旱区域的影响主要是气温,随着全球变暖和和田地区的气温呈缓慢上升趋势,气温的变化进而影响降水量和蒸发量的平衡,决定着植被生长状况。全球气候变化对干旱区域的其他方面影响还有待进一步研究发现。

参考文献

[1] LEAMANS R, ZUDEMA G. Evaluating change in land cover and their importance for globe change[J]. TREE, 1995, 10: 76-81.

[2] WALKER B H, SIEFFEN W L, CANADILL J, et al. Implications of applications of global change for natural and managed ecosystems: A synthesis of GCIE and related research. IGBP book series 4[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

[3] 方精云. 全球生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 施普林格出版社, 2000.

[4] DICKENSON R E. Global change and terrestrial hydrology: a review[J]. Tellus, 1991, 43: 176-181.

[5] SKUKLA J. Amazonian deforestation and climate change[J]. Science, 1990,

247: 1322-1324.

[6] MOSER SUSANNE C. A spatially instructional module on global and regional land use/cover change: assessing the data and searching for general relationships[J]. Gejournal, 1996, 39(3): 241-283.

[7] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.

[8] 方创林. 河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究[J]. 生态学报, 1996, 16(4): 389-398.

[9] 白福, 李文鹏, 黎志恒. 黑河流域植被退化的主要原因分析[J]. 干旱区研究, 2008, 25(2): 219-224.

[10] 王根绪, 刘进其, 陈玲. 黑河流域典型区土地利用格局变化及影响比较[J]. 地理学报, 2006, 61(4): 339-348.

[11] 王根绪, 杨玲媛, 陈玲, 等. 黑河流域土地利用变化对地下水资源的影响[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 456-466.

[12] 刘金荣, 谢晓蓉, 金自学, 等. 河西走廊干旱荒漠区盐碱化土地修复与调控研究——以黑河灌区为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 79-89.

[13] 陈仁升, 康尔泗, 杨建平, 等. 甘肃河西地区近50年气象和水文序列的变化趋势[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2002, 38(2): 163-170.

[14] 周训, 吴胜军, 周海燕, 等. 甘肃黑河中下游影响绿洲植被发育的某些因素[J]. 地质通报, 2006, 25(1/2): 256-260.

[15] 孙然好, 潘保田, 牛最荣, 等. 河西走廊近50年来地表水资源时间序列的小波分析[J]. 干旱区地理, 2005, 28(4): 455-459.

[16] 刘蕾. 2001-2005年新疆植被覆盖动态变化及原因分析[J]. 干旱环境监测, 2007, 21(3): 146-148.

[17] 王国友, 塔西甫拉提·特依拜, 谭灵芝. 新疆于田绿洲荒漠交错带土地利用变化的社会驱动力研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 259-263.

[18] 王兮之, 王刚, HELGE BRUELHEIDE, 等. SPOT4 遥感数据在荒漠-绿洲景观分类研究中的初步应用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1113-1116.

[19] COHEN W, GOWARD S. Landsat's role in ecological applications of remote sensing[J]. Bio Science, 2004, 54: 535-545.

[20] BOSSARD M, FERANEC J, OIAHEL J. CORINE land cover technical guide. - Addendum 2000[EB/OL]. <http://terrestrial.eionet.eu.int>.

[21] LENNEY MP, WOODCOCK C E, COLLINS J B, et al. The status of agricultural lands in Egypt: The use of multi-temporal NDM features derived from Landsat TM[J]. Remote Sensing of Environment, 1996, 56: 8-20.

[22] ALMEIDA HLHO R, SHIMABUKURO Y E. Digital processing of a Landsat TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold mines, Roraima State, Brazilian Amazon[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79: 42-50.

[23] COHEN WB, SHES T A, ALIG R J, et al. Characterizing 23 years (1972-1995) of stand replacement disturbance in Western Oregon forests with Landsat imagery[J]. Ecosystems, 2002, 5: 122-137.

[24] HUANG C, KIMS, ALI SIAIT A, et al. Rapid loss of Paraguay's Atlantic forest and the status of protected areas—A Landsat assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 106: 460-466.

[25] MILLINGTON A C, VELEZ IIENDO X M, BRADLEY A V. Scale dependence in multi-temporal mapping of forest fragmentation in Bolivia: Implications for explaining temporal trends in landscape ecology and applications to biodiversity conservation[J]. ISPR Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2003, 57: 289-299.

[26] SONG C, SCHROEDER T A, COHEN WB. Predicting temperate conifer forest succession stage distributions with multi-temporal Landsat Thematic Mapper imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 106: 228-237.

[27] SONG C, WOODCOCK C E. Monitoring forest succession with multi-temporal Landsat images: Factors of uncertainty[J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 2003, 41: 2557-2567.

[28] JANO A P, JEFFERIES R L, ROCKWELL R F. The detection of vegetation change by multi-temporal analysis of Landsat data: The effects of goose foraging[J]. Journal of Ecology, 1998, 86: 93-99.

[29] HICKUP G, CHEWINGS V H. A grazing gradient approach to land degradation assessment in arid areas from remotely sensed data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 597-617.

[30] HOSTERT P, RÖDER A, HILL J. Coupling spectral mixing and trend analysis for monitoring of long-term vegetation dynamics in Mediterranean rangelands[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 87: 183-197.

[31] LAWRENCE R L, RIPLEY W J. Calculating change curves for multi-temporal satellite imagery: Maurit St. Helens 1980-1995[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 67: 309-319.

[32] MEDMA O, MELI J, SEGARRA D, GARCIA HARO J. Modeling rates of ecosystem recovery after fires by using Landsat TM data[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61: 383-398.

则求得 $\hat{\mu}_1 = -3.5375$, $\hat{\mu}_2 = -1.5381$, $\hat{\mu}_3 = 13.9625$, $\hat{\mu}_4 = 14.9143$, $d_1 = -1.9994$, $d_2 = -0.9518$, $w_{11} = 30.0283$, $w_{12} = -41.1498$, $w_{21} = -41.1498$, $w_{22} = 339.364$, $c_1 = -0.0845$, $c_2 = -0.0130$ 。

建立2级判别方程:

$$y = -0.0845x_1 - 0.0130x_2 \quad (10)$$

$$\text{计算判据, } y_c = \frac{1}{n_1 + n_2} (n_1 c_{1k} \hat{\mu}_{1k} + n_2 c_{2k} \hat{\mu}_{2k}) = -0.0147 \quad (11)$$

对29个样本进行判断,因子 x_1 中的8个样本全部与实况相符,因子 x_2 中的21个样本有17个与实况相符。对判别函数进行检验, $F = 13.6531$, 取 $\alpha = 0.05$ 显著水平,自由度 $(2, 26)$, $F_\alpha = 3.37$, 因 $F > F_\alpha$, 故认为所判别的两类总体有显著差异,即判别方程是显著的,能较准确地预报出有、无霜。

2.3 结合露点温度和霜判别图完善预报模式 由于判别方程显著,因此利用草面温度进行霜预报具有较好的效果。但从判别方程判别因子 x_2 中的21个样本有4个与实况不相符的情况看,仍存在一些不足。在这种情况下,可以通过结合更多的气象因子进行判断。根据高安宁在霜冻预报上的经验分析,当露点温度出现0以下,而且负值越大,表明空气越干燥,越有利于霜冻天气的出现^[1]。根据观测资料分析,在因子 x_2 中4个样本的最小露点温度均在3.0以上,而有霜的样本,最小露点温度均在0左右,最高也没有超出3.0。因此,以露点温度3.0作为判别有霜的另一个标准。

利用29个样本制作霜的判别图,见图2,可知出现霜的区域最低草面温度均在-2.0以下,17:00~20:00的草面温度降温幅度在7~16之间。在有霜和无霜的混合区域,无霜的样本共有3个,通过分析可知,这3个样本的露点温度均在3.0以上,因此可将其排除在外。由此发现,通过露点温度和判别图能有效地弥补判别方程的不足,进一步提高利用草面温度预报霜的准确性。

(上接第1244页)

- [33] LOZANO F J, SU REZ SECANES, DE LUIS E. Assessment of several spectral indices derived from multi-temporal Landsat data for fire occurrence probability modeling [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 107: 533-544.
- [34] SONG C, WOODCOCK C E, SETO K C, et al. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2001, 75: 230-244.
- [35] MILLER J D, YOOL S R. Mapping forest post-fire canopy consumption in several over story types using multi-temporal Landsat TM and ETM data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 82: 481-496.
- [36] 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程 [Z]. 1984.
- [37] JIANG H, SIRITTHOLT J R, FROST P A. The classification of late seral forests in the Pacific Northwest, USA using Landsat ETM+ imagery [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 91: 320-331.
- [38] 李晓文, 方精云. 近10年来长江下游地区耕地动态变化特征 [J]. *自然资源学报*, 2003, 18(5): 562-567.
- [39] 龚建周, 仝川, 杨景荣, 等. 准格尔丘陵区小流域土地覆盖变化的模型测算及空间位置转换 [J]. *干旱区地理*, 2006, 29(3): 381-387.
- [40] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型 [J]. *自然资源学报*, 2002, 17(5): 533-540.
- [41] 龚建周, 夏北成. 1990年以来广州市土地覆被景观的时空梯度分异 [J]. *地理学报*, 2007, 62(2): 181-190.
- [42] 师庆东. 基于FVC指数对1982-2000年中国西部干旱区植被覆盖时空变化特征分析 [D]. 南京: 南京气象学院, 2004: 1-14.
- [43] 丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜. 3S技术在绿洲土地覆盖变化研究中的

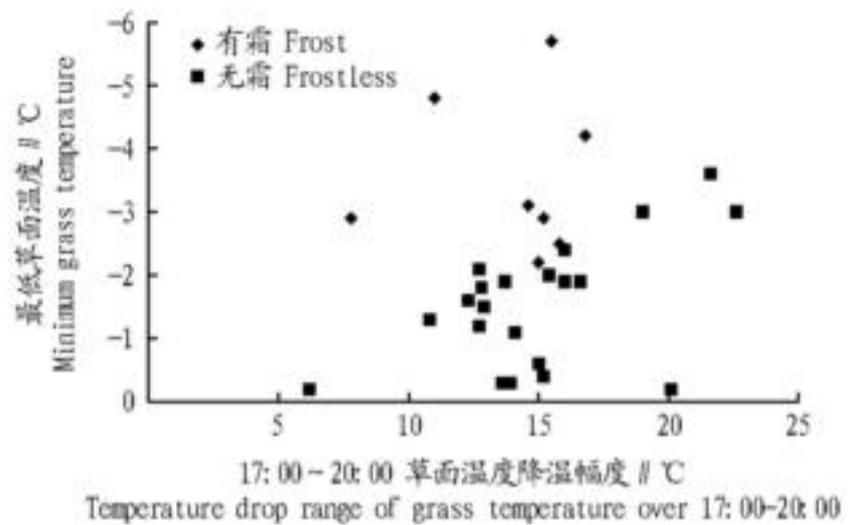


图2 霜判别图

Fig 2 Discrimination diagram of frost

3 小结

(1) 草面温度秋冬季节日较差大,其在夜间比地面温度低,更容易达到0以下,因而草面温度能更好地反映出霜形成的温度变化过程。

(2) 分析各要素在霜出现时的数值,草面温度在-2.0以下,而最低地面温度在2度以上的记录占63%,与《地面气象观测规范》中对于霜冻形成的天气条件地面温度在0以下相差较大。

(3) 利用最低草面温度和17:00~20:00草面温度的降温幅度建立了2级判别方程: $y = -0.0845x_1 - 0.0130x_2$, 结果显示该判别方程显著,对霜的预报较准确,同时利用露点温度和判别图可以弥补判别方程存在的不足,进一步提高了利用草面温度预报霜的准确性。

参考文献

- [1] 高安宁. '99.12'广西严重霜冻、冰冻天气过程特征及预报分析 [J]. *广西气象*, 2000, 21(1): 9-11.
- [2] 中国气象局. 地面气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [3] 贺庆棠. 气象学 (修订版) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [4] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- 应用研究——以新疆于田绿洲为例 [J]. *生态学杂志*, 2005, 24(11): 1277-1282.
- [44] 丁建丽, 塔西甫拉提, 熊黑钢, 等. 塔里木盆地南缘绿洲土地覆盖变化 [J]. *地理学报*, 2002, 57(1): 19-27.
- [45] 贾宝全, 陈利军, 杨维西, 等. 乌兰布和沙漠地区土地利用动态变化分析 [J]. *干旱区研究*, 2007, 24(5): 610-617.
- [46] 贾宝全. 干旱区生态学研究若干问题的思考 [J]. *干旱区地理*, 2007, 30(1): 1-6.
- [47] 沈冰, 黄领梅, 阮本清, 等. 和田绿洲水循环要素变化特征 [J]. *水利学报*, 2003, 5(5): 78-83.
- [48] 张晓伟, 沈冰, 孟彩侠. 和田绿洲水文气象要素分形特征与RS分析 [J]. *中国农业气象*, 2008, 29(1): 12-15.
- [49] 张晓伟, 沈冰, 黄领梅. 和田河年径流变化规律研究 [J]. *自然资源学报*, 2007, 11(6): 974-979.
- [50] 张滢, 丁建丽. 绿洲土地利用变化未来趋势预测及其调控研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(6): 29-35.
- [51] 张中华, 李志忠, 武胜利. 新疆和田地区土地沙漠化原因及其对策分析 [J]. *新疆师范大学学报: 自然科学版*, 2007, 26(3): 168-172.
- [52] 庞亮, 塔西甫拉提·特依拜. 于田绿洲生态脆弱带土地利用覆被变化的动态变化研究 [J]. *新疆环境保护*, 2006, 28(4): 1-5.
- [53] 姜琦刚, 高村弘毅, 后藤真太郎. 中国新疆且末绿洲土地利用变化及驱动力分析 [J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2003, 33(1): 83-86.
- [54] 李吉均, 高前兆. 气候变化与人类活动干扰下塔里木盆地南缘地下水的变化及其生态环境效应 [J]. *干旱区地理*, 2002, 25(1): 16-23.
- [55] 尹得挺. 新疆沙漠化及其人口、经济成因 [D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2003: 13-30.