

# 新疆地区沙漠化对气候变化的响应与治理对策

李诚志<sup>1,2,4</sup>, 张燕<sup>3</sup>, 刘志辉<sup>1,2</sup>, 王荣军<sup>2</sup>

(1. 新疆大学 干旱生态环境研究所, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046; 3. 新疆师范大学 教育科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830056; 4. 中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 运用 2000—2011 年 MODIS NDVI 数据监测了新疆地区的沙漠化变化, 分析了该区沙漠化对气候变化的响应, 并对典型区域沙漠化的主要原因进行了调查和研究。研究结果显示, 近 10 a 来, 新疆地区沙漠化整体趋缓, 但局部地区沙漠化状况继续加剧; 沙漠化对年降水量的变化响应明显, 特别是在北疆地区响应十分显著; 新疆沙漠化加剧最严重的区域位于南疆盆地的河流中下游; 沙漠化类型退化的生态系统主要为草甸生态系统, 引起沙漠化的主要原因是水资源利用空间的改变, 特别是地下水水位的变化。

**关键词:** 沙漠化; 气候变化; 治理; 新疆地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)04-0264-05

中图分类号: P951, X171, P467

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.065

## Response and Control Mechanism of Desertification to Climate Change in Xinjiang Region

LI Cheng-zhi<sup>1,2,4</sup>, ZHANG Yan<sup>3</sup>, LIU Zhi-hui<sup>1,2</sup>, WANG Rong-jun<sup>2</sup>

(1. Institute of Arid Ecology & Environment, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology of the Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China; 3. Collge of Educational Science, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830056, China; 4. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

**Abstract:** Using the MODIS NDVI data from 2000 to 2011 in Xinjiang region, the desertification variation was monitored, and the response of desertification to climate change was analyzed, then the reason of desertification was surveyed. The results indicated that the desertification was controlled in Xinjiang region in the recent ten years, but in some areas it was continually worsen. The response of desertification to annual precipitation was dramatically, especially in the northern of Xinjiang region. The most serious area of desertification in Xinjiang region was located in the middle and lower reaches of rivers in the Tarim Basin. The degenerated ecosystem mainly was the meadow ecosystem, and the cause of desertification was mainly the spatial change of the water resources utilization, especially the change of groundwater water level.

**Keywords:** desertification; climate change; control; Xinjiang region

生态环境是人类社会持续发展的根本基础, 是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。随着全球气候变暖的日益凸显, 地球生态环境的许多要素发生了改变, 进而引发一系列全球性生态环境问题<sup>[1]</sup>, 形成重大的生态灾害。目前这种生态问题已受到各国政府和科学界的高度关注。

新疆维吾尔自治区位于我国西北干旱区, 降水稀少, 蒸发强烈, 水资源短缺, 生态环境脆弱<sup>[2]</sup>, 是极易受全球气候变化影响的区域。近年来, 随着全球气候

变暖, 以及新疆地区经济快速发展, 资源需求不断扩张, 紧缺的水资源被大量生产生活所消耗, 造成局地植被衰退, 生态环境退化, 形成荒漠景观(沙漠、戈壁、盐渍地), 进而产生大规模性的沙尘暴, 严重影响整个新疆地区乃至全国的空气环境。目前, 国内外学者对该区域格外关注。樊自立等<sup>[2]</sup>提出新疆地区现阶段所面临的生态环境问题主要为河流缩短, 湖泊萎缩或干涸, 水质盐化, 天然植被衰败, 野生动植物减少, 土地沙漠化和盐渍化不断扩大, 影响新疆地区生态环境

收稿日期: 2013-08-12

修回日期: 2013-09-16

资助项目: 新疆大学博士启动基金项目“新疆沙漠化监测与预警研究”(BS120137); 国家科技支撑计划项目(2012BAC2 3B01); 国家自然科学基金(41301286); 高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目(708090)

作者简介: 李诚志(1979—), 男(汉族), 湖南省资兴市人, 博士, 讲师, 主要从事沙漠化变化监测与治理研究。E-mail: xdlchengzhi@sina.com。  
通信作者: 刘志辉(1957—), 男(汉族), 新疆自治区石河子市人, 博士, 教授, 博导, 主要从事 3S 技术与国土整治方面的研究工作。E-mail: lzhi@xju.edu.cn。

变化的关键因子是水<sup>[3-4]</sup>,导致新疆地区生态环境退化的主要因素是气候变化和人口数量增长<sup>[5-6]</sup>。新疆生态环境变化较为复杂,恶化和改善两个方向同时并存<sup>[7-9]</sup>。新疆地区现阶段的气候向“暖湿”变化,有利于生态环境的改善<sup>[1,10]</sup>。本研究以新疆生态问题的重点问题——沙漠化为研究对象,在现阶段气候背景下,运用 MODIS NDVI 数据对新疆沙漠化变化进行监测,对沙漠化的气候响应,沙漠化变化的空间位置、沙漠化原因进行调查,探讨沙漠化治理方案,期望对新疆地区生态环境治理提供帮助,解决该区现实生态问题。

## 1 新疆地区近 50 a 的气候变化

近百年来,全球气候正经历着“变暖”,全球温度升高了 0.56~0.92 °C,北半球降水显著增加<sup>[11]</sup>。在全球气候增暖的背景下,新疆地区气候呈现明显的“暖湿”转变<sup>[12]</sup>。均匀选择新疆 18 个国家基准、基本气象站(北疆包含乌鲁木齐、昌吉回族自治州、阿勒泰地区、塔城地区、伊犁州直属地区、博尔塔拉蒙古自治州;选择气象站 8 个:阿勒泰、富蕴、和布克赛尔、克拉玛依、精河、奇台、伊宁、乌鲁木齐。南疆包含喀什地区、和田地区、阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州、巴音格楞蒙古自治州;选择气象站 8 个:库车、喀什、巴楚、铁干里克、若羌、莎车、和田、安德河。东疆包含吐鲁番地区、哈密地区;气象站点 2 个:吐鲁番、

哈密。)1962—2012 年近 50 a 观测资料进行分析。由图 1—2 可知,自 20 世纪 60 年代以来,气温呈现明显上升趋势,年平均气温增幅到达 0.27 °C/10 a,其中冬季尤为显著,呈现明显暖冬现象<sup>[13]</sup>,在北疆温度增幅较为明显,气温平均增幅达到 0.36 °C/10 a。全疆降水呈现增多趋势。全疆年平均降水量增幅 8.5 mm/10 a,1987 年为明显的降水增加转折点<sup>[11-14]</sup>。北疆年降水量平均增幅 20.63%,南疆平均增幅 28.77%<sup>[14]</sup>,东疆则几乎没有变化。最大的年降水增加量位于阿拉套山的南坡和伊犁河上游巩乃斯林场附近,增幅达 2~2.5 mm/a,最少的位于吐鲁番盆地,降水几乎没变化。北疆降水增加主要在夏、冬两季,这为平原区的荒漠植被提供了急需的水分。春末,准格尔盆地丰富的积雪融水和降雨,使得古尔班通古特沙漠形成大量的短命植物,沙漠化状况明显改善<sup>[15]</sup>。南疆降水增加主要集中在夏季,形成夏季洪水,增加了河流径流量。全疆年平均风速呈现下降趋势,平均下降幅度 0.2 m/(s·10 a)。其中北疆和东疆年平均风速下降明显,北疆年平均风速下降幅度 0.23 m/(s·10 a),东疆下降幅度 0.32 m/(s·10 a);南疆年平均风速下降幅度较小,仅为 0.12 m/(s·10 a)。而年平均相对湿度则变化较小,50 a 年平均相对湿度几乎没有变化。就整体而言,新疆地区近 50 a 气候呈现明显“暖湿”转变,风速变小,为沙漠化治理提供了良好的气候环境。

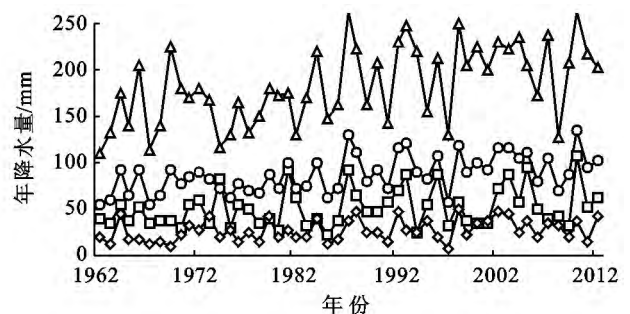
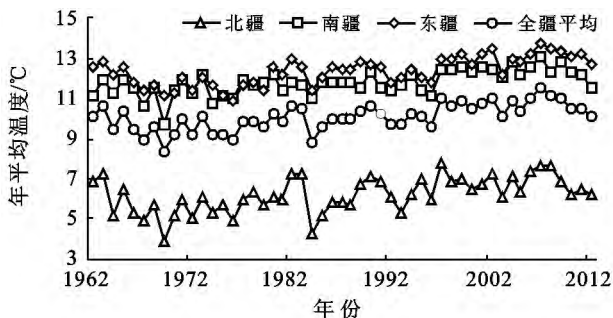


图 1 新疆地区 1962—2012 年年平均气温和年降水量变化

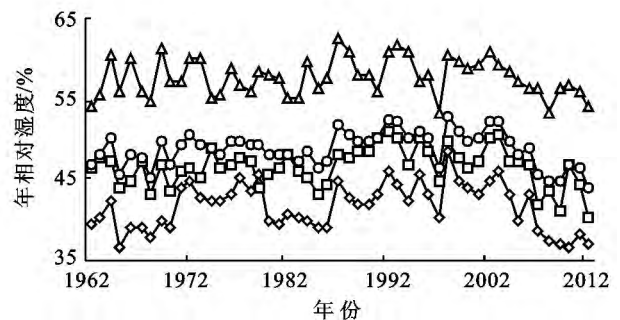
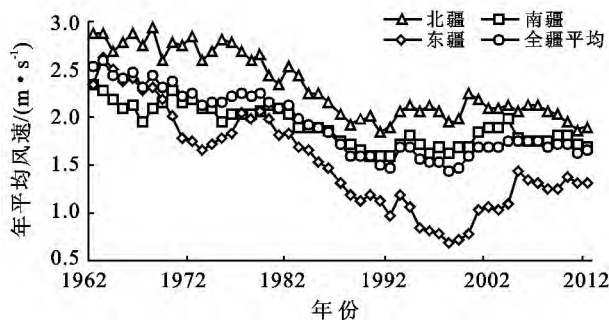


图 2 新疆地区 1962—2012 年年平均风速和年平均相对湿度变化

## 2 气候变化下新疆地区河水流量变化

水是新疆地区沙漠化变化的主导因子。随着气温变暖和降水量增加,新疆地区大部分河流出口径流量呈现明显增加趋势。水量增加一部分来自于降水增加,还有一部分来自于温度升高导致高山冰川融化。李忠勤等<sup>[16]</sup>对天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的研究得出,20 世纪 80 年代以来,快速升温使冰川加速退缩,冰川融水径流量呈加速增大趋势,其它冰川也出现类似的情况。在降水增加和温度增加共同作用下,新疆地区大部分河流出口径流量增加。北疆的奎屯河、玛纳斯河,南疆的塔里木河源流、开都河、车儿臣河、克里雅河等河流年径流量均呈现明显增加趋势<sup>[11,17-18]</sup>。塔里木河源流出山口径流量自 1994 年后呈现明显增加趋势,年径流量大约增加了  $3.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。然而出山口年径流量的增加并未惠及河流的下游。塔里木河阿拉尔水文站的年径流量没有随出山口径流量的增大而增大,而塔河中、下游的英巴扎站、恰拉站的年径流量却在不断减小,在用水旺季时还呈现断流现象。塔里木盆地的其它河流也有类似的现象。这主要是河水流出山口后被大量的引向绿洲,用于农田灌溉和工业生产,绿洲面积不断扩大,绿洲内部环境逐步改善<sup>[1-2,6]</sup>。而河流下游的水量则逐步减小,植被衰退,进而引发局部生态环境问题。可见,新疆地区气候的“暖湿”变化并不是对所有地区的沙漠化都产生缓解,在局部沙漠化还在加剧演化。

## 3 新疆地区沙漠化对气候变化的响应

### 3.1 近 10 a 来新疆地区沙漠化变化

利用新疆地区 2000—2011 年 MODIS 16 d 的 NDVI 数据,合成每年最大 NDVI 值,再利用像元二分法反演年最大植被盖度。在年最大植被盖度基础上,参照文献<sup>[19-20]</sup>的沙漠化分类方法,对新疆地区每年的沙漠化进行分类,其具体的分类过程限于篇幅在此不详细描述。利用 MODIS 数据对平原区域的沙漠化进行监测,其监测的变化结果如图 3—4 所示。由图 3 可见,新疆地区沙漠化处于一个动态波动过程。整体而言,全疆绝大部分地区的沙漠化得到较明显的改善,其中明显改善的区域有  $8.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,轻度改善的有  $7.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;但沙漠化也同时存在,其中轻度退化的面积有  $2.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,严重沙漠化的面积有  $1.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。沙漠化变化在区域上分布不均衡,北疆随着降雨量的增加、风速变小,沙漠化得到明显的改善;南疆在绿洲附近沙漠化得到明显改善,

而在绿洲下游河道周边沙漠化加剧明显;东疆的沙漠化变化不大,但沙漠化加剧面积呈增加趋势。

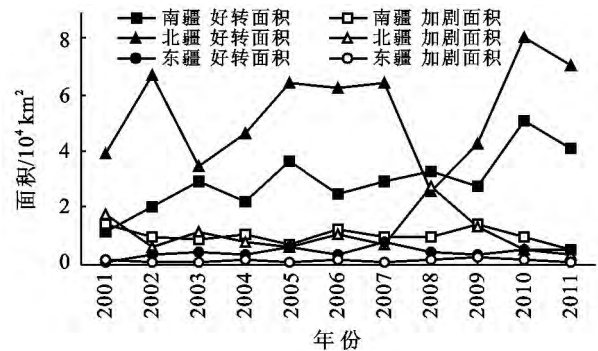


图 3 新疆地区 2001—2011 年沙漠化变化

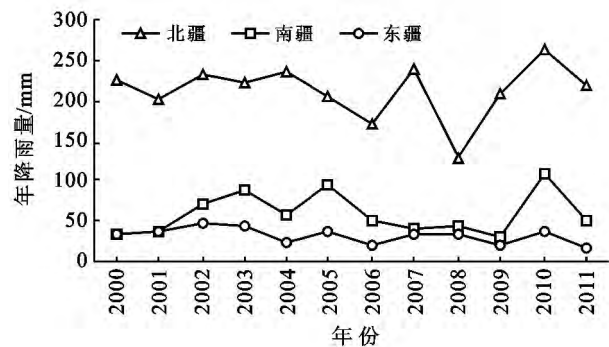


图 4 新疆地区 2001—2011 年年降雨量变化

### 3.2 沙漠化变化对气候变化的响应

运用 2001—2011 年的沙漠化变化面积与年降水量、年平均温度、年平均风速、年平均相对湿度做 Pearson 相关分析,其结果如表 1 所示。由表 1 可知,在北疆沙漠化变化与年降水量存在明显的相关关系。年降水量影响着北疆的沙漠化进程,年降水多的年份北疆沙漠化好转,年降水少的年份沙漠化加剧。在南疆年降水量对沙漠化的影响比北疆要小得多,相关系数仅为 0.56,显著水平不显著;但南疆沙漠化加剧面积与年平均风速、年平均温度存在显著的负相关关系,这说明南疆风沙运动和水分蒸发对沙漠化影响显著。随着年平均风速减小,南疆沙漠化进程得到一定抑制,但温度升高使这种变化同时又受土壤水分蒸发的约束,所以表现为沙漠化好转与年平均风速、年平均温度的相关关系不显著。在东疆沙漠化仅与年平均风速的相关关系显著,好转面积与年平均风速呈现正相关关系,其原因可能是东疆的人工植树造林对沙漠化进程产生的正向影响。

### 3.3 沙漠化警情空间分布

沙漠化是一个动态变化过程,受气候变化和人类活动影响。在治理沙漠化时,应首先重点考虑持续沙漠化加剧区域。将 2001—2011 年每年的沙漠化动态

变化图进行累加求平均,并按照退化级别形成沙漠化预警图(图略),计算过程详见文献[20]。新疆地区沙漠化整体改善,其中北疆的沙漠化改善较为明显,南疆和东疆改善程度稍差。新疆沙漠化警情主要分布在南疆绿洲下部河道周边、河流尾间。其中极重度和重度警情分别有 230.9 和 1 268.63 km<sup>2</sup>,主要分布在车

儿臣河中游、下游,塔里木河中游,渭干河下游,叶尔羌河中游、下游,喀什噶尔河下游、塔里木盆地南缘的诸小河下游,吐鲁番—哈密盆地诸小河下游;中度警情的有  $1.22 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,主要分布在极重度和重度警情周边;轻度警情有  $2.69 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,主要分布在北疆的加尔班通古特沙漠腹地。

表 1 新疆地区 2001—2011 年沙漠化变化对气候变化响应

区域位置	变化情况	年降水量		年平均温度		年平均风速		年平均相对湿度	
		相关系数 <i>R</i>	置信度 <i>P</i>	相关系数 <i>R</i>	置信度 <i>P</i>	相关系数 <i>R</i>	置信度 <i>P</i>	相关系数 <i>R</i>	置信度 <i>P</i>
北疆	好转	0.600	0.050*	-0.194	0.284	0.492	0.062	0.124	0.158
	恶化	-0.807	0.003**	0.373	0.129	0.396	0.114	-0.400	0.111
南疆	好转	0.560	0.073	0.076	0.412	0.285	0.198	-0.198	0.274
	恶化	-0.500	0.120	-0.560	0.036*	-0.586	0.029*	-0.165	0.314
东疆	好转	0.110	0.743	0.174	0.304	0.613	0.023*	-0.415	0.102
	恶化	-0.220	0.526	0.144	0.336	-0.260	0.220	0.030	0.465

注: \* 表示显著, \*\* 表示极显著。

### 3.4 沙漠化原因分析

本研究于 2012 年 5—11 月对新疆地区沙漠化极重度、重度和中度沙漠化警情区域进行重点调查,共调查 250 个点。调查发现存在沙漠化区域 90% 以上是草甸生态系统,草甸植被类型大部分为芦苇。草甸生态系统退化的表现为植物种类单一化,植被的高度和盖度降低,局部呈现沙化。发现沙漠化区域距离人类活动的绿洲相对较远,退化区域未发现严重的超载放牧和大量采薪,退化主要因素是水资源利用空间的改变。河道上、中游大量渠系将水引至绿洲或城镇进行农业生产、生态绿化,形成不断扩大的人工绿洲;而在河道下游则造成断流、干枯,河道周边地下水位下降,植被衰退,周边生态系统退化。在地表水匮乏地区,除直接引用河道水外,还存在大量的机井过度抽取地下水用于农田灌溉、工业生产、城镇生活,形成巨大的地下水漏斗,地下水位降低,进而造成植被衰退死亡,生态系统退化。沙漠化的根本原因是水资源利用空间的改变。水资源利用从原来的荒漠区域转移到绿洲,造成荒漠生态系统退化,绿洲面积扩大。

## 4 新疆地区沙漠化治理对策

### 4.1 北疆沙漠化治理应以自然恢复为主

北疆沙漠化与年降水量具有显著的相关关系,天然降雨量的增加足可使沙漠中的植被盖度增加,沙漠化程度减轻,只要不破坏沙生植物,其植被足可抵御自然风蚀。因此,在现阶段降水增加的情况下,建议

北疆沙漠化治理主要采取自然封育为主,建立大小不等的风沙保护区,让其在自然环境中恢复。

### 4.2 南疆和东疆以流域为单位合理分配水资源,留足生态用水

在当前气候背景下,南疆和东疆大部河流的出口径流量增加,然而因行政边界以及行政体制的制约,各地区在经济社会发展时仅考虑本地区的最大利益而忽视与之相关联的其它地区的“公共利益”。河流中、上游大量的引水、用水,下游来水量持续减少,河道断流、干枯,生态环境恶化、沙漠化。因此,建议南疆和东疆在现阶段编制生态功能区划时,以流域为基础,推进流域生态功能整体区划。以流域为单位确定各区域的水资源合理分配,调整区域经济发展方式和经济结构,规划资源开发,有效控制资源开采的强度、节奏、进度、规模,规范开发秩序;留足生态环境用水,实现经济、社会、生态环境整体协调发展。

### 4.3 全疆实行严格水资源管理,加强地下水监测

水资源是制约新疆地区社会经济发展的一个主要因素,也是影响新疆地区生态环境的关键要素。从该区沙漠化原因调查可知,其主要原因是水资源利用空间的改变,特别是地下水空间的改变。因此,建议以流域为单位,按照各生态区域规划的主体功能区需水要求和基本生态用水需求制定流域水量分配方案,建立覆盖流域的各级行政区的取用水总量控制指标体系,实施流域取用水总量控制;依法对各行政区域内的年度用水实行总量管理。同时,应重点加强地下

水的监管,建议在生态敏感区域建设地下水自动监测装置,监测地下水位、水质,合理调控地下水水位,保护当地生态环境。

#### 4.4 划定草甸生态敏感保护区,考核整体生态环境

根据野外调查结果发现草甸生态系统对生态环境变化比较敏感,草甸生态系统的变化可以反映整个沙漠化的微小变化。因此建议在做天然林保护和草原禁牧、休牧区域时划定草甸生态敏感保护区,对敏感的草甸生态区域进行保护,避免人为直接的干扰,让其直接反映沙漠化变化。根据生态敏感区的综合变化来评价当地生态环境的变化,考核区域的整体生态环境建设情况。

## 5 结论

新疆地区在全球气候变暖的大背景下,气候由“冷干”逐步转变为“暖湿”,河流出山口径流量逐步增加,生态环境整体好转,有利于沙漠化治理。然而,在这样良好的气候环境背景下,该区局部地区仍持续沙漠化。其主要原因是水资源利用空间的改变。人类将水从河道引入绿洲,绿洲面积逐步扩大,内部环境不断改善,而河流中下游水量持续减少,地下水位下降,植被衰亡,沙漠化严重。其中沙漠化最严重的区域主要位于南疆盆地的河流中下游。

沙漠化加剧区域大部分深入沙漠深处,其周边是流动沙丘,起着分割沙漠,阻碍大规模沙尘暴发生的作用。沙漠化区域的土壤类型大部分是沙土或沙壤土,在地表植被衰退和强力风蚀作用下,沙漠化区域将逐步变成流动沙地,两边的流动沙丘逐步合拢,形成大规模的流动沙丘,进而可能引发更大规模的沙尘暴,威逼沙漠周边人民的生产生活,影响整个空气环境。再加上全球气候变暖,气候波动幅度变大,以及冰川资源耗竭,新疆地区的沙漠化问题在未来将会面临更加严峻的形势。

**致谢:**感谢中国科学院新疆生态与地理研究所宋郁东研究员、雷加强研究员、徐海量研究员,新疆环境研究所袁国映研究员,以及新疆农业大学潘存德教授在论文撰写过程中提出的宝贵意见。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 秦大河,丁一汇,王绍武,等. 中国西部生态环境变化与对策建议[J]. 地球科学进展,2002,17(3):314-318.
- [2] 樊自立,胡文康,季方,等. 新疆生态环境问题及保护治理[J]. 干旱区地理,2000,23(04):298-303.
- [3] Hou Peng, Wang Qiao, Cao Guangzhen, et al. Sensitivity analyses of different vegetations responding to climate change in inland river basin of China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2012,22(3):387-406.
- [4] 侯平,潘存德,陈亚宁,等. 新疆生态环境建设方略研究[J]. 干旱区地理,2002,25(1):30-34.
- [5] 靳立亚,符娇兰,陈发虎. 近 44 年来中国西北降水量变化的区域差异以及对全球变暖的响应[J]. 地理科学,2005,25(5):57-62.
- [6] 童玉芬. 新疆人口变动对生态环境的未来影响趋势与协调发展对策:以塔里木河流域为例[J]. 中国沙漠,2004,24(2):65-69.
- [7] 黄凤,吴世新,唐宏,等. 基于遥感与 GIS 的新疆近 18 a 来 LUCC 的生态环境效应分析[J]. 中国沙漠,2012,32(5):1486-1493.
- [8] 高前兆,王润,王顺德. 新疆平原绿洲环境变化与生态维护[J]. 干旱区研究,2008,25(3):311-318.
- [9] 杨宇,刘毅,金凤君,等. 塔里木河流域绿洲城镇发展与水土资源效益分析[J]. 地理学报,2012,67(2):157-168.
- [10] 徐慧慧,陆帼英. 新疆气候变化与生态环境关系的近期研究[J]. 新疆气象,2004(2):1-4.
- [11] 郝兴明,李聪,李卫红,等. 北疆西部近 50 a 来气候、水文变化趋势及其与北大西洋/北极涛动的关系[J]. 中国沙漠,2011,31(1):191-198.
- [12] Wang Huajun, Chen Yaning, Chen Zhongsheng. Spatial distribution and temporal trends of mean precipitation and extremes in the arid region, northwest of China, during 1960—2010[J]. Hydrological Processes, 2012, 85(12):1807-1818.
- [13] 刘波,冯锦明,马柱国,等. 1960—2005 年新疆气候变化的基本特征[J]. 气候与环境研究,2009,14(4):414-426.
- [14] 徐贵青,魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理,2004,27(1):14-18.
- [15] 孙羽,张涛,田长彦,等. 增加降水对荒漠短命植物当年牧草生长及群落结构的影响[J]. 生态学报,2009,29(4):1859-1868.
- [16] 王璞玉,李忠勤,李慧林,等. 近 50 年来天山地区典型冰川厚度及储量变化[J]. 地理学报,2012,67(7):929-940.
- [17] 李宝富,陈亚宁,陈忠升,等. 西北干旱区山区融雪期气候变化对径流量的影响[J]. 地理学报,2012,67(11):1461-1470.
- [18] 左其亭,陈嘻,周可法. 西部干旱区小流域生态环境调控模式研究:以新疆博斯腾湖流域为例[J]. 水土保持学报,2001,15(3):85-88.
- [19] 李诚志,刘志辉. 塔里木河下游土壤风蚀期 0—15 cm 层土壤含水率分布规律[J]. 地理科学,2012,32(4):511-515.
- [20] 李诚志. 新疆土地沙漠化监测与预警研究[D]. 新疆乌鲁木齐:新疆大学,2012.