

“十二五”国家科技支撑计划项目

重点领域气候变化影响与风险丛书

气候变化影响与风险

气候变化对沙漠化影响 与风险研究

丁文广 许端阳 著



科学出版社

重点领域气候变化影响与风险丛书

气候变化影响与风险

气候变化对沙漠化影响与风险研究

丁文广 许端阳 著

“十二五”国家科技支撑计划项目

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以中国北方为研究区,在3S技术的支持下,针对气候变化对沙漠化演变影响评估的关键问题,在重建20世纪70年代以来中国北方沙漠化时空过程的基础上,尝试构建出一种动态模拟和评估沙漠化风险的评估方法,随后基于多模式气候变化情景数据,对未来30年气候变化造成的沙漠化风险进行预估。

第1章对沙漠化研究的背景、意义及国内外研究现状、研究目的及思路进行了介绍;第2章将中国北方的沙漠化研究区分成3个大区和20个小区,并对各个地区的地理人文环境进行了简要的描述;第3章对中国北方20世纪70年代以来的沙漠化土地变化状况进行了遥感影像解译和分类,得出中国北方及各个地方研究区的沙漠化土地面积变化状况;第4章对沙漠化过程中的非气候因素作用进行了定量分离;第5章对气候变化对沙漠化的影响进行了评估;第6章对未来30年气候变化对沙漠化的可能影响进行了风险评估,得出不同气候变化情景下的未来沙漠化风险状况;第7章对我国未来沙漠化的治理提出了一些对策建议。

本书适合从事环境科学、沙漠化、气候变化相关专业的研究者。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化影响与风险:气候变化对沙漠化影响与风险研究/丁文广,许端阳著. —北京:科学出版社,2017.4

(重点领域气候变化影响与风险丛书)

ISBN 978-7-03-049296-8

I. ①气… II. ①丁… ②许… III. ①气候变化—影响—沙漠化—风险评价 IV. ①P467 ②P941.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第150147号

责任编辑:万峰 朱海燕 / 责任校对:何艳萍
责任印制:肖兴 / 封面设计:北京图阅盛世文化传媒有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年4月第一次印刷 印张:12

字数:285 000

定价:96.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《重点领域气候变化影响与风险丛书》编委会

主 编 吴绍洪

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

丁文广 凌铁军 刘时银 吕宪国

马 欣 潘 韬 潘根兴 吴建国

吴绍洪 辛晓平 严登华 杨志勇

尹云鹤 张九天

总 序

气候变化是当今人类社会面临的最严重的环境问题之一。自工业革命以来，人类活动不断加剧，大量消耗化石燃料，过度开垦森林、草地和湿地土地资源等，导致全球大气中 CO₂ 等温室气体浓度持续增加，全球正经历着以变暖为主要特征的气候变化。政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次评估报告显示，1880～2012 年，全球海陆表面平均温度呈线性上升趋势，升高了 0.85℃；2003～2012 年平均温度比 1850～1900 年平均温度上升了 0.78℃。全球已有气候变化影响研究显示，气候变化对自然环境和生态系统的影响广泛而又深远，如冰冻圈的退缩及其相伴而生的冰川湖泊的扩张；冰雪补给河流径流增加、许多河湖由于水温增加而影响水系统改变；陆地生态系统中春季植物返青、树木发芽、鸟类迁徙和产卵提前，动植物物种向两极和高海拔地区推移等。研究还表明，如果未来气温升高 1.5～2.5℃，全球目前所评估的 20%～30% 的生物物种灭绝的风险将增大，生态系统结构、功能、物种的地理分布范围等可能出现重大变化。由于海平面上升，海岸带环境会有较大风险，盐沼和红树林等海岸湿地受海平面上升的不利影响，珊瑚受气温上升影响更加脆弱。

中国是受气候变化影响最严重的国家之一，生态环境与社会经济的各个方面，特别是农业生产、生态系统、生物多样性、水资源、冰川、海岸带、沙漠化等领域受到的影响显著，对国家粮食安全、水资源安全、生态安全保障构成重大威胁。因此，我国《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中指出，在生产布局、基础设施、重大项目规划设计和建设中，需要充分考虑气候变化因素。自然环境和生态系统是整个国民经济持续、快速、健康发展的基础，在国家经济建设和可持续发展中具有不可替代的地位。伴随着气候变化对自然环境和生态系统重点领域产生的直接或间接不利影响，我国社会经济可持续发展面临着越来越紧迫的挑战。中国正处于经济快速发展的关键阶段，气候变化和极端气候事件增加，与气候变化相关的生态环境问题越来越突出，自然灾害发生频率和强度加剧，给中国社会经济发展带来诸多挑战，对人民生活质量乃至民族的生存构成严重威胁。

应对气候变化行动，需要对气候变化影响、风险及其时空格局有全面、系统、综合的认识。2014 年 3 月政府间气候变化专门委员会正式发布的第五次评估第二工作组报告《气候变化 2014：影响、适应和脆弱性》基于大量的最新科学研究成果，以气候风险管理为切入点，系统评估了气候变化对全球和区域水资源、生态系统、粮食生产和人类健康等自然系统和人类社会的影响，分析了未来气候变化的可能影响和风险，进而从风险管理的角度出发，强调了通过适应和减缓气候变化，推动建立具有恢复力的可持续发展社会的重要性。需要特别指出的是，在此之前，由 IPCC 第一工作组和第二工作组联合发布的《管理极端事件和灾害风险推进气候变化适应》特别报告也重点

强调了风险管理对气候变化的重要性。然而，我国以往研究由于资料、模型方法、时空尺度缺乏可比性，导致目前尚未形成对气候变化对我国重点领域影响与风险的整体认识。《气候变化国家评估报告》、《气候变化国家科学报告》和《气候变化国家信息通报》的评估结果显示，目前我国气候变化影响与风险研究比较分散，对过去影响评估较少，未来风险评估薄弱，气候变化影响、脆弱性和风险的综合评估技术方法落后，更缺乏全国尺度多领域的系统综合评估。

气候变化影响和风险评估的另外一个重要难点是如何定量分离气候与非气候因素的影响，这个问题也是制约适应行动有效开展的重要瓶颈。由于气候变化影响的复杂性，同时受认识水平和分析工具的限制，目前的研究结果并未有效分离出气候变化的影响，导致我国对气候变化影响的评价存在较大的不确定性，难以形成对气候变化影响的统一认识，给适应气候变化技术研发与政策措施制定带来巨大的障碍，严重制约着应对气候变化行动的实施与效果，迫切需要开展气候与非气候影响因素的分离研究，客观认识气候变化的影响与风险。

鉴于此，科技部接受国内相关科研和高校单位的专家建议，酝酿确立了“十二五”应对气候变化主题的国家科技支撑计划项目。中国科学院作为全国气候变化研究的重要力量，组织了由地理科学与资源研究所作为牵头单位，中国环境科学研究院、中国林业科学研究院、中国农业科学院、国家海洋环境预报中心、兰州大学等 16 家全国高校、研究所参加的一支长期活跃在气候变化领域的专业科研队伍。经过严格的项目征集、建议、可行性论证、部长会议等环节，“十二五”国家科技支撑计划项目“重点领域气候变化影响与风险评估技术研发与应用”于 2012 年 1 月正式启动实施。

项目实施过程中，这支队伍兢兢业业、协同攻关，在重点领域气候变化影响评估与风险预估关键技术研发与集成方面开展了大量工作，从全国尺度，比较系统、定量地评估了过去 50 年气候变化对我国重点领域影响的程度和范围，包括农业生产、森林、草地与湿地生态系统、生物多样性、水资源、冰川、海岸带、沙漠化等对气候变化敏感，并关系到国家社会经济可持续发展的重点领域，初步定量分离了气候和非气候因素的影响，基本揭示了过去 50 年气候变化对各重点领域的影晌程度及其区域差异；初步发展了中国气候变化风险评估关键技术，预估了未来 30 年多模式多情景气候变化下，不同升温程度对中国重点领域的可能影响和风险。

基于上述研究成果，本项目形成了一系列科技专著。值此“十二五”收官、“十三五”即将开局之际，本系列专著的发表为进一步实施适应气候变化行动奠定了坚实的基础，可为国家应对气候变化宏观政策制定、环境外交与气候谈判、保障国家粮食、水资源及生态安全，以及促进社会经济可持续发展提供重要的科技支撑。



2016 年 5 月

序

沙漠化是全球面临的最严重的土地退化问题之一，也是全球可持续发展面临的巨大挑战之一。我国是世界上沙漠化最严重的国家之一，全国沙漠、戈壁和沙化土地普查及荒漠化调研结果表明，我国荒沙化土地面积为 262.2 万 km²，占国土面积的 27.4%，约 4 亿人口受到沙漠化的影响，中国因沙漠化造成的直接经济损失约 541 亿人民币。应对沙漠化的扩张，需要对沙漠化的成因、发展历史、时空格局、风险评估等有一个相对全面系统的综合研究和评估。总体来讲，联合国首届荒漠化大会之后，国际社会加大了对沙漠化研究的力度。我国沙漠化研究主体始于新中国成立之后，并逐步得到加强，特别是改革开放之后，国家投入了大量人力、物力和财力开展了沙漠化防治工作，研究深度也达到了前所未有的程度，尤其是进入 21 世纪，国家设立了多个沙漠化研究和防治技术的项目，大大推进了我国沙漠化及其相关问题的研究。长期以来，许多学者，尤其是中国科学院和中国林业科学院围绕我国北方沙漠化过程及其防治，开展了多学科综合考察和研究，取得了一些创新性成果，逐步完善了我国沙漠化学科的理论体系和方法论，也推动了学科的发展。研究成果的推广也产生了较好的生态、社会和经济效益，使我国沙漠化科学在国际同类领域中占有重要的地位。

当前，人类社会面临新的挑战，许多问题，包括沙漠化发展和逆转出现了新的不确定性。这一不确定性主要来自于全球变暖及由此导致的地球系统和人类社会经济等一系列的剧烈变化。近百年以来全球变暖的速率和幅度是近 2000 年甚至是近 1 万年以来最大的。全球气候变化已经对并且将会持续对自然系统和人类社会产生重大影响。全球变暖以及日益频发的极端天气气候事件已经对我国粮食安全、水安全、生态安全、城市安全，以及人民生命财产安全等造成严重威胁。因此，系统开展气候变化对沙漠化及其他重点领域的影响及适应战略是应对气候变化的重要研究内容，对我国可持续发展具有重要的现实意义和战略意义，也是我国争取全球治理主导权的必然选择。同时，新的科技革命和产业变革也为我国强化适应气候变化战略部署提供了良好的机遇。相关研究人员应该抓住这个难得的历史机遇，从理论研究、科技创新、政策制定、治理体系等多个方面加强跨学科研究和探索，为我国制定的 2030 年气候变化应对战略目标的实现提供理论依据和决策建议。

“气候变化对沙漠化影响与风险研究”是“十二五”国家为应对气候变化而专门设立的科技支撑计划项目的下设课题之一。该课题由兰州大学丁文广教授牵头，并与中国科学技术信息研究所和中国科学院地理科学与资源研究所的科学家密切合作。课题开始于 2012 年 1 月，结束于 2015 年 12 月。在该课题的实施过程中，团队成员克服困难，

协同攻关，在气候变化对我国北方沙漠化的影响评估与风险预估关键技术研发与集成方面开展了大量的实际工作，系统、定量地展现了过去 50 年不同时期我国北方沙漠化时空格局的变化，探索出能够较好定量分离沙漠化发展过程中气候因素及非气候因素影响的方法，揭示了过去 50 年气候变化对沙漠化的影响程度和地区差异，发展了我国气候变化风险评估的一些关键技术，预估了未来 30 年气候变化情景下，不同升温程度对沙漠化的潜在影响与风险。为了客观地认识气候变化对沙漠化的影响，迫切需要对影响沙漠化的气候与人为因素进行科学的定量分离研究。定量分离和短尺度预测既是该课题研究的难点也是其创新所在，可喜的是在这两个方面均取得了一些进展，这将成为沙漠化领域应对气候变化的重要决策依据之一。

基于该课题的研究成果，研究团队及时完成了《气候变化对沙漠化影响与风险研究》的科技专著。专著共分 7 章，第 1 章主要是介绍这一研究的背景、意义、进展和思路；第 2 章作者对课题涉及的内蒙古及长城沿线、西北干旱区和三江源地区三大区域的 20 个小区的自然地理和沙漠化状况给出了较详细介绍；第 3 章主要是基于遥感资料反演的归一化植被指数来刻画不同区域的沙漠化 10 年间隔的变化历史。在此基础上，第 4 章对沙漠化过程中的非气候因素作用进行了定量分离，第 5 章为气候变化对我国北方沙漠化的影响评估，第 6 章为未来 10 年、20 年、30 年气候变化对我国沙漠化的可能影响的评估，第 7 章结合国内外经验和主要作者长期担任 NGO 专家的经历，提出了我国沙漠化防治的一些政策建议。值此“十二五”收关、“十三五”即将开局之际，本专著的出版为国家制定沙漠化领域适应气候变化行动奠定了较坚实的基础，为国家及地方政府应对沙漠化的扩张、制定相关治理政策、促进社会经济和生态环境的可持续发展提供了重要的科技支撑。

中国科学院院士

兰州大学副校长教授

兰州大学西部环境教育部重点实验室主任

陈发虎

2016 年 12 月

目 录

总序 序

第1章 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究进展	3
1.3 研究目的及研究思路	8
参考文献	9
第2章 研究区概况	12
2.1 内蒙古及长城沿线	12
2.2 西北干旱区	28
2.3 三江源地区	42
参考文献	44
第3章 中国北方沙漠化时空演变过程	47
3.1 沙漠化监测范围	47
3.2 理论基础	48
3.3 技术路线	52
3.4 数据获取	54
3.5 遥感数据预处理	56
3.6 植被指数	57
3.7 监测结果	58
参考文献	91
第4章 沙漠化过程中非气候因素作用的定量分离	93
4.1 沙漠化过程中非气候因素定量分离的思路框架	93
4.2 数据获取与处理	95
4.3 关键技术算法与实现	102
4.4 关键指标变化趋势分析	111
4.5 沙漠化过程中非气候因素分离的结果	120
4.6 沙漠化过程中非气候因素分离的验证	122
参考文献	128

第5章 气候变化对沙漠化的影响评估.....	132
5.1 气候变化对沙漠化影响的评估思路.....	132
5.2 气候变化对沙漠化影响实事的识别.....	132
5.3 气候变化对沙漠化影响的评估.....	137
5.4 不同气候因素作用分析.....	142
参考文献.....	146
第6章 未来气候变化对沙漠化的可能影响与风险评估技术.....	148
6.1 气候变化对沙漠化影响的风险评价技术.....	148
6.2 未来气候变化对沙漠化影响的风险评估.....	151
参考文献.....	164
第7章 政策建议.....	165
7.1 不同时期沙漠化政策和治理结构分析.....	165
7.2 未来气候变化背景下采取的沙漠化治理对策.....	169
参考文献.....	180
后记.....	182

第 1 章 引 言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 气候变化事实

研究表明,自工业革命以来,随着生产的发展,化石燃料的大量应用,以及森林植被破坏和土壤碳的分解,使空气中的 CO_2 等温室气体浓度显著上升(沙万英等,2002)。 CO_2 浓度从工业化之前的 280ppm^①增加到 2013 年的 400ppm,与此同时,政府间气候变化专门委员会(IPCC)第三次评估报告指出,20 世纪全球平均气温升高 $0.6\pm 0.2^\circ\text{C}$,照这样下去,预计到 21 世纪中叶,全球气温将升高 $1.5\sim 4.5^\circ\text{C}$ 。东北地区是中国对变暖响应最敏感的地区之一,年平均气温在过去 20 年中上升了 1°C 以上(马玉玲等,2004)。全球气温上升了 $0.3\sim 0.6^\circ\text{C}$,北半球气温上升趋势更加明显,增温达到 1°C 以上,而 20 世纪 80 年代以来,增温最为迅速,统计学上达到突变程度,中国气温的变化趋势与北半球大致相似。国际政府间气候变化委员会在 1992 年曾指出,温室气体的排放如不加控制,到 21 世纪全球平均气温每 10 年升高 0.3°C ,到 21 世纪中叶比 20 世纪 90 年代高 3°C 。同时还指出, CO_2 等温室气体效应将导致高纬度亚洲季风区年降水及中纬度冬季降水增加,但是这个模型的结果尚难以定论,也就是说气温上升会导致降水增加还是减少难以定论。然而有一点是可以肯定的,即随着人口增加与工业化发展,人为排放的 CO_2 等温室气体会增加,使全球气温普遍增高的趋势是存在的。关于我国气温变化和降水,20 世纪中国气温变化的总趋势是不断变暖,可分为四个阶段:① 1903~1918 年为低温期也是 20 世纪我国最冷的一段时期;② 1919~1953 年为高温期;③ 1954~1986 年为低温期;④ 1987 年以来为高温期,尤其 20 世纪 90 年代是 20 世纪我国最暖期。我国北方大部分地区处于干旱半干旱地区,气温和降水备受关注。根据我国 160 个气象台站资料统计(1951~2000 年),90 年代平均气温(12.90°C)比 50 年代升高 0.68°C ,其中黄河以北地区明显变暖,内蒙古中部、东部、北部和北疆地区升高 1.2°C ,东北地区升高 1.0°C ,华北地区升高 0.8°C 。关于降水量及降水和气温之间的关系北方各个地区有差异。有研究表明,近 50 年是 400 年以来中国西部年降水量最丰沛的时期,多雨主要发生在气候急剧变暖的 20 世纪最后 30 年。白美兰等(2006)利用 1951~2004 年的温度和降水资料分析了内蒙古东部地区的气候变化,结果表明近 54 年来东部地区温度呈显著的升高态势,降水量波动性较大,总体上呈缓慢的增加趋势,但趋势不明显,属于气候自然波动的范围;白美兰等(2005)又利用 1961~2003 年 43

^①用溶质质量占全部溶液质量的百万分比来表示的浓度,也称百万分比浓度。

年的气象资料分析了内蒙古中部地区的浑善达克沙地气候变化,结果表明,气温在不断提高,而降水量在减少。对于西北地区的气候变化,各方面专家都估计为变暖,对降水量的预测,各方面意见有很大不同,特别是对于20世纪90年代以来新疆等地降水量增多的现象,是属于西北全区由暖干型气候向暖湿转型,还是属于西北西部局部地区的转型,是属于长期的时间上的变化趋势,还是仅属于年际的、十年的波动,不同学者有各种不同意见。说明我国北方的地区气温在升高,但是降水量变化并不稳定。

1.1.2 沙漠化发展现状

1. 国外沙漠化现状的严重性

沙漠化、荒漠化被称为“地球癌症”,是人类当前面临的严重的生态环境灾难。据统计(朱震达,1982),全球沙漠化面积达4560万 km^2 ,占全球陆地面积的35%。荒漠和荒漠化土地在非洲占55%,北美洲和中美洲占19%,南美洲占10%,亚洲占34%,澳大利亚占75%,欧洲占2%。荒漠和荒漠化土地在干旱地区和半干旱地区占土地面积的95%,在半湿润地区占土地面积的28%。世界平均每年约有5万~7万 km^2 土地荒漠化,以热带稀树草原和温带半干旱草原地区发展最为迅速。半个世纪以来,非洲撒哈拉沙漠南部荒漠化土地扩大了65万 km^2 ,萨赫勒地区已成为世界上最严重的荒漠化地区。因此,沙漠化研究逐渐备受关注,成为研究的热点。沙漠化形势严峻,不仅破坏生态环境,破坏生产建设,而且威胁人类生存,每年给人民的生命财产造成的直接、间接经济损失不可估量。

2. 我国沙漠化现状

沙漠化对环境、社会和经济产生的影响受到普遍关注(王涛,2009;张凯等,2005;王存忠等,2010;Lee and Sohn,2011)。目前,我国土地沙化也相当严重,据不完全统计,我国北方沙漠化仍以每年2460 km^2 (相当于每年吃掉一个中等规模的县)的速度扩展(Beakok et al.,1983)。沙漠化不仅使我国的生态环境日益恶化,而且吞噬着人类的生存空间,给国民经济和社会可持续发展造成极大危害。根据全国沙漠、戈壁和沙化土地普查及荒漠化调研结果表明(www.mlr.gov.cn),中国荒漠化土地面积为262.2万 km^2 ,占国土面积的27.4%,近4亿人口受到荒漠化的影响。

我国北方地区占有全国后备土地资源的68%(石竹筠,1993),全国适宜开垦种植农作物、人工牧草和经济林木约33.33 $\times 10^6\text{hm}^2$ 荒地中,有12 $\times 10^6\text{hm}^2$ 分布在西北干旱区,10 $\times 10^6\text{hm}^2$ 分布在东北的湿润、半湿润地区(王万茂和番文珠,1985;石玉林等,1985)。因此这些地区的开发成为人们关注的焦点。然而,在开发过程中伴随极其严重的问题——沙漠化,沙漠化的结果使草地退化,农田土壤肥力下降和砂质化,因而导致沙漠化地区人民生活普遍贫困。贫困者为了生存不得不从事难以持久的经济活动,结果步入一种对经济效益和生态环境都极其有害的恶性循环中。因此,如何合理地开发利用干旱半干旱地区土地,打破“沙漠化—贫困化”这一恶性循环成为我国土地利用研究中的一项极为重要的内容。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 沙漠化遥感解译研究

目前, 基于遥感的沙漠化土地信息解译方法主要有目视解译法、自动分类法(包括监督、非监督分类法)、决策树分类法、人工神经网络分类法、定量遥感模型法等。

1. 目视解译法

目视解译是指专业人员通过直接观察或借助判读仪器先在遥感图像上解译绘制沙漠化信息草图, 再结合野外典型地段线路考察验证, 最终获得沙漠化土地信息。许多研究者使用目视解译法提取沙漠化土地信息, 主要有: 吴薇(1997)在探讨了沙漠化遥感动态监测方法的基础上, 利用 TM 遥感资料目视解译出了毛乌素沙地不同时期土地沙漠化信息, 并指出该方法能够揭示出研究区内沙漠化土地时空分布及其变化规律。张玉贵等(1998)利用 TM 影像, 使用计算机屏幕解译方法对科尔沁沙地土地荒漠化进行监测, 制作了 1:20 万科尔沁沙地荒漠化土地分类影像地图。陈建平等(2002)使用 TM 影像和 CBERS 卫星 CCD 数据, 通过建立解译标志, 人工目视解译得到北京及邻区土地荒漠化分布数据和动态演化趋势结果。王涛等(2004)利用航空相片、卫星遥感数据, 通过目视解译提取沙漠化信息, 对中国北方近 50 年沙漠化土地时空变化进行了分析, 指出中国北方沙漠化土地主要分布在农牧交错带及其以北的草原牧业带、半干旱雨养农业带和绿洲灌溉农业与荒漠过渡带。这种方法工作强度大、效率低, 受人为因素的影响大, 特别是对不同程度的沙漠化土地, 用人眼目视判别存在较大困难。同时这种传统的遥感信息提取方法对遥感信息的利用程度低, 从而限制了丰富的遥感信息在沙漠化监测中发挥的应有作用。

2. 自动分类(监督、非监督分类法)

自动分类方法包括监督分类、非监督分类两种常规图像分类方法, 监督分类与非监督分类都是在遥感数据多光谱特征的基础上利用某一判别准则实现地物信息的分类归并, 不同的是监督分类事先需要实地调查若干先验样本资料, 而非监督分类则不需要。研究者在这方面的工作大多利用可见光波段的数据直接划分沙漠化类型和程度, 主要包括: Ringrose 等(1990)利用 Landsat MSS 多时相数据, 采用最大似然法进行土地利用覆盖的监督分类, 然后根据植被类型将土地利用覆盖类型归纳为五种土地退化类型, 对 1978~1987 年博茨瓦纳东南草地退化及成因进行了研究。Li 等(2004)使用监督分类方法对 1986~2000 年吉林省西部土地荒漠化进行了监测和驱动力分析。毛晓利等(2005)用非监督分类对毛乌素沙地南部边缘的定边县的土地沙漠化进行了动态监测。Li 等(2007)用非监督分类方法结合人机交互对海南岛西部的荒漠化进行了监测。自动分类方法工作量小, 分类速度快, 但这种方法仅以影像光谱特征信息为依据, 由

于沙漠化土地类型和程度复杂多变,存在着严重的“同物异谱”与“异物同谱”现象,因此影响到分类精度,尤其在大范围的分类与动态监测中,这一问题显得尤为突出。

3. 决策树分类法

决策树是遥感图像分类中的一种分层次处理结构,适用于下垫面地物复杂并模糊的状况。其基本思想是逐步从原始影像中分离并掩膜每一种目标作为一个图层或树枝,避免此目标对其他目标提取时造成干扰及影响,最终复合所有的图层以实现图像的自动分类。在决策树分类法中经常采用的特征变量有光谱值、通过光谱值算出的指标(如归一化植被指数(NDVI)、(MSAVI)、光谱的算术运算(如和、差、比值等)和主成分分析等。杜明义(2006)利用1999年TM影像数据,采用决策树方法从类型和强度两个方面对阜新地区土地荒漠化进行了分类。买买提沙吾提等(2008)利用Landsat ETM+影像,分析了沙漠化土地的光谱特征及其波段间的相互运算,利用修改型土壤调整植被指数(MSAVI)、归一化差异水体指数(NDWI)和遥感图像缨帽变换后的亮度(brightness)、绿度(greenness)、湿度(wetness)等复合识别指标建立决策树,提取了塔克拉玛干沙漠南缘土地沙漠化信息。王晓慧等(2005)在地物光谱特征分析的基础上,用分层分离的方法,以植被覆盖度为依据,确定了不同程度沙漠化土地对应的植被覆盖度与NDVI的对应关系,用NDVI阈值进行划分得到沙漠化土地程度图。王晓云(2009)将遥感定量反演结果植被覆盖度、地表温度和纹理分析结果引入沙漠化监测过程中,运用决策树分类方法提取分析了敦煌市20年来的土地沙漠化态势。决策树分类法综合考虑了各种因素的影响,可以有效地排除和避免提取地物时所有多余信息的干扰,使沙漠化信息提取更加客观、准确。但是,该方法解译结果的精度很大程度上取决于建立的决策树的优劣,因为它要求解译者不仅了解不同类型和不同程度的荒漠化土地在影像上的表现,而且掌握自然条件、社会经济条件等方面的因素对土地荒漠化的影响。

4. 人工神经网络分类方法

人工神经网络是随着计算机技术的发展而迅速发展中的一个概念,于1988年应用于遥感图像分类。神经网络分类是一种非线性分类方法,具有强抗干扰、高容错性、并行分布式处理、自组织学习和分类精度高等特点。它除了以其神经计算能力进行低层次图像视觉识别外,其非符号的连接主义的知识处理能力使其能与地学知识、地理信息和遥感信息互相融合,来完成深层影像理解及空间决策分析,近年来在遥感研究中得到了广泛的应用(Atkinson and Tatnall, 1997)。用神经网络方法进行荒漠化信息的提取,有一些研究者进行了尝试,并且得到了很好效果,如杜明义等(2002)采用基于径向基函数的神经网络分类模型进行土地荒漠化分类,分类精度达到90%以上;乔平林等(2004)以甘肃民勤县地区土地荒漠化分布信息为训练样本,用神经网络方法提取荒漠化土地,网络的输出精度达到96%,并将训练结果应用于内蒙古境内克什克腾旗西北部地区,得到土地荒漠化信息提取的精度为84%。

5. 定量遥感模型方法

沙漠化土地分级信息提取的定量遥感模型方法建立在土地沙漠化发生发展过程与沙漠化土地分级遥感定量指标相互关系的基础上,这种指标可以有一个,也可以有多个共同参与,其目的就是充分挖掘遥感信息,将以往确定沙漠化程度定性、半定量的方法转换为定量模式,确定沙漠化与遥感指标之间的定量关系,从而建立基于定量遥感模型的沙漠化指数,提取沙漠化土地分级信息。定量遥感模型方法包括单指标指数、多指标组合指数两种方法。

(1) 单指标指数指仅用一个定量遥感指标来提取沙漠化土地分级信息,很多研究中都使用植被指数。早在20世纪90年代初期,Tucker和Dregne(1991)利用NOAA-AVHRR卫星数据获取归一化植被指数,并依此指数监测了1980~1990年、1980~1995年两个时段,撒哈拉大沙漠的分布与进退,并证明沙漠的进退与降水变化存在着密切相关关系。李宝林和周成虎(2001)利用RS和GIS,根据NOAA-AVHRR数据建立的沙质荒漠化监测指标(MSAVI),对东北平原西部沙地沙质荒漠化现代过程进行了动态监测,在此基础上利用TM数据对沙质荒漠化的发展方式与成因进行了深入的探讨,并有针对性地提出了区域沙质荒漠化的防治对策。王澄海和惠小英(2005)用NDVI作为描述荒漠化的指标,定性地讨论我国荒漠化与干旱草原区近10年的变化,结果表明,NDVI可以用来作为荒漠化特征的指标。宫恒瑞(2005)用数字植被盖度模型(DVCM)提取新疆艾比湖地区的土地荒漠化信息。林年丰等(2006)通过计算归一化植被指数和植被覆盖指数,反演求得荒漠化指数(DI),得到松嫩平原荒漠化面积,取得了很好的研究成果。

(2) 多指标组合指数是指将两个或两个以上的定量遥感指标通过某种方法组合在一起提取沙漠化土地分级信息,多指标组合指数综合了植被、土壤、地表能量特征等多个沙漠化监测定量遥感指标,在一定程度上提高了沙漠化信息提取的精度。Goetz(1997)发现植被指数和地表温度(LST)之间存在明显的负相关关系,Le和Shafiqul(2001)利用NDVI和地表温度的空间分布估计出Priestley-Taylor方程中的土壤湿度参数进而计算出地表蒸散量,提出了综合利用可见光与热红外波段的遥感数据计算植被覆盖率、土壤湿度和地表蒸散的方法,这种被称为“三角形”的方法能够将这些地表参量变化的轨迹在植被指数和地表温度组成的特征空间中得到直观的描述,实现了从新的角度表达和审视地表参数变化的过程。曾永年等(2006)、曾永年和冯兆东(2007)先后探讨了沙漠化与NDVI-LST特征空间、沙漠化与Albedo-NDVI特征空间之间的数量关系,建立了综合反映沙漠化土地生物物理特征沙漠化遥感监测差值指数(DDI)模型,并应用到黄河源区土地沙漠化时空变化遥感分析中,取得了较好的效果。

1.2.2 气候变化对沙漠化的影响

沙漠化土地生态系统作为陆地生态系统的一部分,深受气候变化的影响。气候变化通过改变降水、温度、日照,以及风速等气候因子来影响沙漠化地区植被的生长,

从而影响沙漠化的正逆发展。

在气候变化对沙漠化影响方面,我国学者对不同气候带不同沙漠化区域做了大量的研究。周廷儒等(1992)、丁仲礼等(1998)分别通过古土壤层和风成层的交替、孢粉谱的变化、湖盆沉积,以及古文化遗迹等资料对中国北方农牧交错区不同地点人类历史时期以来的环境演变作了不同时间尺度的详细研究,普遍认为在这段时期内,研究区的气候发生过数次的寒暖变迁和干湿波动,但是由于代用气候资料的局限性,具体的温度和降水变化不是十分清楚,而人类历史时期沙漠化的研究和土地利用方式的改变主要来源于一些文献记载,并无翔实可靠的数据资料,沙漠化土地的发生发展又往往在几年之内就会有明显质的变化,所以作者认为,依据目前现有的资料只能对人类历史时期沙漠化的成因有一个初步的了解而无法作出可靠的论证,因此对研究区沙漠化成因的分析主要集中在资料比较翔实的近50年内(薛娴等,2005)。韩海涛等分析了玛曲地区1971~2005年的气温、降水、大风,以及沙尘暴的变化趋势,认为该地区气候的暖干化是沙漠化发展的重要原因(韩海涛和祝小妮,2007);李宝林对松嫩沙地地区的气候变化与沙漠化关系的研究表明,该地区20世纪趋于干冷,沙漠化自然因素增强,但是目前温室效应引起全球变暖,使东部季风区边缘降水增加,两种因素交互作用,使得沙漠化自然因素不会明显增加(李宝林,1996);魏文寿等对古尔班通古特沙漠气候变化与沙漠化的关系表明,该地区的沙漠是由于4000a B.P.前的气候突然干旱所造成现存的格局,从北疆40年气候变化序列分析,湿润指数在减小,从沙漠化气候特征意义上讲,这些变化对沙漠的作用是极为不利的,并且更加快了沙漠化的正过程发展(魏文寿和刘明哲,2000)。

国外的学者也就气候变化对沙漠化影响的历史数据资料分析和未来情景模拟两方面做了相当的研究。Tucker和Dregne(1991)用1980~1989年10年间NDVI的变化得出撒哈拉沙漠,年扩展率为41000km²,而沙漠面积年际变化的83%是由降水引起的,只有17%由其他因子引起。Ojima等(1993)根据3种全球生态区的划分方法,用GFDL/GCM模型预测了2040年CO₂加倍的情况下天然草地和旱地(干燥指数为0.05~0.8)面积的变化,结果表明前两种划分方法(方法A、B)的面积分别提高了2.96%和14.38%,而后一种划分方法(方法C)的面积减少了21.01%,尽管3种生态区的划分方法得出的结果相差甚远,但却从一个侧面反映了气候变化对荒漠化气候类型区的可能影响。

1.2.3 气候因素和非气候因素对沙漠化影响的贡献率

方法一:基于沙漠化发展过程中流沙面积变化模型和植被盖度变化模型,结合沙漠化监测资料,提供了一种定量确定自然因素在沙漠化中贡献的方法,从而也可以间接地推算人为因素在沙漠化中的贡献率。李振山等(2006)以内蒙古奈曼旗现代草地沙漠化为例应用模型,效果良好,并发现人类活动停止后,沙漠化所造成的流动沙一般在经过4~5年自动消失,说明在计算时段内草地沙漠化中自然因素的贡献率为零(<http://www.8wen.com/doc/936029>)。

方法二:层次分析法,是一种定性和定量相结合的系统分析方法,适合分析纯定

量化无法解决的问题。主要包括目标层、准则层和因子层的确定,构造判断矩阵,层次单排序和层次单排序一致性检验等步骤,此法可以计算因子层中各种因子的权重值。胡良温等利用层次分析法,通过计算影响江河源区生态环境演变的各种因素的权重值,将自然因素和人文因素作用强度予以分离,从而得出各种自然因素和人文因素对江河源区生态环境演变过程的作用强度(胡良温等,2009)。

方法三:近期国外学术界提出“社会-生态系统”(social-ecological system)整合理论来研究社会-生态复杂系统。社会-生态系统是一个复杂适应系统,具有非线性相关、阈值效应、历史效应和多种可能结果等特征。在时间序列上社会-生态系统将依次经过开发、保护、释放和更新四个时期,构成一个适应循环,系统内不同等级尺度上的循环通过“记忆”或“反抗”相互依赖。这种外部干扰下的社会-生态系统演化轨迹可以通过对其恢复力、适应力和转化力三个属性的定量分析加以研究,其中应用到GIS和统计分析方法,运用数学模型定量计算系统恢复力,分析时间序列上不同人为措施对系统恢复力的影响,从而可以分析人为因素对生态系统的作用效果。

方法四:主成分分析法,将复杂的数据集简化,即将 P 个指标所构成的 P 维系统简化为一维系统。例如,作物病虫害猖獗指数、危害指数及综合气象指标等,这些指数是由各种加权成分组成的,在某种意义上,这些权重反映了各种成分的相对重要性。该方法可以应用在生态系统演替中,研究各种因子的贡献率。董玉祥等(1999)应用主成分分析法研究了雅鲁藏布江流域土地沙漠化的成因,结果得出该流域沙漠化过程中,人为因素和自然因素起着近乎相似的功效。

1.2.4 沙漠化生态风险评估研究

生态风险评估是指一个或多个胁迫因素影响后,对不利的生态后果出现的可能性进行的评估(李国旗等,1999)。它利用环境学、生态学、地理学、生物学等多学科的综合知识,采用数学、概率论等量化分析技术手段来预测、分析和评价具有不确定性的灾害和事件对生态系统及其组分可能造成的损伤(Ladis et al., 1998)。因此,它为沙漠化研究提供了新的研究思路与方法。

迄今为止,国外学术界已经开展了若干生态风险估价案例研究,在研究内容、方法、技术、范式、模型构建等方面取得了阶段性的成果。美国在推动生态风险评估研究过程中起了重要作用。从1984年起,美国政府就把风险评估作为制定环境管理政策不可缺少的部分,并在经济上加大投资力度,从理论和方法上不断丰富生态风险评价的内容,使其更好地为风险管理服务。在研究方法和步骤方面,Louks(1985)将生态风险评估分为危害评价、暴露评价、受体分析和风险表征。Barnthouse等(1988)概述的生态风险评估的一般程序包括:选择评价终点,定性和定量描述风险源,鉴别和描述环境效应,采用适宜的环境迁移模型,评估暴露的时空模式,定量计算生物暴露水平与效应之间的相关性,最后综合以上步骤得到最终的风险评估结果。Hunsaker等(1990)在Barnthouse和Suter所提出的生态风险评估的框架结构总结了区域上生态风险评估的方法。目前美国已出版了许多关于生态风险评估和管理方面的专著。其出版的专著对生态风险评估理论和方法进行了系统和详细的阐述。主要的专著包括由Linthurst、