

文章编号: 1007-6301 (2003) 01-0045-08

# 中国沙尘灾害遥感监测研究现状及发展趋势

李海萍, 熊利亚, 庄大方

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘 要:** 沙尘灾害及其所引发的次生灾害所造成的生态环境和社会经济问题已越来越引起人类的重视。运用遥感技术进行沙尘灾害监测研究可弥补传统研究手段时空分辨率的不足。本文对遥感在沙尘暴源地、沙尘运移路径变化、下垫面状况、沙尘天气产生的天气背景以及沙尘信息定量提取等几方面的研究进行了简要总结, 反映了我国沙尘灾害遥感监测研究的现状, 并展望了未来遥感监测沙尘灾害研究的发展趋势。

**关 键 词:** 沙尘灾害; 遥感监测; 研究进展

**中图分类号:** X144; X87

## 1 引言

沙尘灾害泛指由浮尘、扬沙和沙尘暴等沙尘天气所造成的灾害。沙尘灾害的产生不但与沙漠、戈壁、裸地等沙尘源地的分布密切相关, 荒漠化地区和具有潜在荒漠化倾向的地区也与沙尘灾害的发生息息相关。我国属于中亚沙暴区, 其中, 西北大部分地区, 整个华北地区, 东北地区西部, 都是沙尘灾害的多发区域, 而沙尘灾害的影响区域则远远大于上述范围。张德二等通过对我国历史气候记录和现代气象观测资料的分析认为我国沙尘记录的最南界可达  $28^{\circ}\text{N}$ <sup>[1]</sup>。

沙尘灾害的发生、发展及消亡过程, 是地-气系统相互作用下的复杂过程。由于地-气系统相互作用本身具有不同的尺度分异, 加上地-气系统中众多不确定性自然因素的存在和特定区域社会、经济等人文因素对沙尘灾害发生、发展的综合影响与作用, 使沙尘灾害这一科学问题的研究趋于复杂。沙尘灾害的尺度范围从局地性、区域性到大陆间都可能发生, 且沙尘暴发生地区多为沙漠地区以及干旱、半干旱地区, 地面测站分布密度比较稀疏, 因此用地面观测站网数据进行研究具有很大的局限性, 同时常规资料的时间分布, 也难以捕捉和追踪那些由中尺度系统引起并造成严重灾害的强沙尘暴源地及其动态演变规律和强度变化。

随着 20 世纪 70 年代以来遥感技术的不断发展, 遥感定量研究也不断深化, 具有高空间分辨率、高时间分辨率和高光谱分辨率的新型遥感数据大量产生, 使得利用遥感卫星

收稿日期: 2002-09; 修订日期: 2002-11

基金项目: 科技部“首都圈(环北京)防沙治沙应急技术开发研究与示范项目(FS2000-010)”专项资助

作者简介: 李海萍(1965-), 女, 陕西西安人, 副教授, 博士生。主要从事 GIS 与遥感应用研究。

E-mail: lih@lreis.ac.cn

进行沙尘灾害监测研究成为可能。遥感数据的多源性、动态性、现时性和准确性,不仅弥补了地面观测数据时空分辨率的不足,同时还可与地面观测数据进行精度上的相互验证,互为补充,深化沙尘灾害研究。本文对国内有关沙尘灾害遥感监测研究现状进行了分析,并对今后遥感监测沙尘灾害的趋势进行了展望,旨在促进沙尘灾害遥感监测研究的进一步深化,拓宽沙尘灾害研究的途径。

## 2 我国沙尘灾害研究进程

相对于洪涝、地震、干旱和火灾等其他自然灾害,沙尘灾害研究历史还比较短暂。我国近代沙尘暴研究首先在地质学领域开展起来,主要从第四纪地质学的角度研究黄土与粉尘沉积<sup>[2]</sup>。20世纪50年代,沙尘天气开始纳入我国气象常规观测中必须监测的天气现象。而沙尘灾害的研究则始于20世纪70年代末,进展速度一直较慢。自1993年5月5日西北地区特强沙尘暴天气发生后,沙尘天气及其灾害研究才受到关注,1993年9月在兰州召开了“首届全国沙尘暴天气研讨会”。国家科委将沙尘暴研究正式列入“八五”攻关项目,设立“西北地区沙尘暴研究”项目。我国气象部门1993年开始研究使用气象卫星监测沙尘暴,并初步掌握了沙尘暴的监测方法。1994年以来,国家自然科学基金委又先后资助了几项与沙尘暴有关的研究项目,科技部和部分省市的有关科技管理部门也相继立项支持对沙尘暴灾害的研究。沙尘暴研究的第一本专辑《中国沙尘暴研究》于1997年1月正式出版<sup>[3]</sup>。这一时期的沙尘灾害研究主要集中在对西北地区强沙尘暴的研究方面,且主要进行沙尘暴成因分析、沙尘暴监测预报方法研究、沙尘暴天气预警服务系统设计等研究,以定性和半定量研究为主。

随着20世纪90年代末我国北方地区大范围沙尘天气频繁出现,沙尘灾害研究进入了新时期,国际合作项目不断增加,2000年朱镕基总理访日期间,中科院与日本科技厅签署“风送沙尘的形成、输送机制及其气候与环境影响的研究”政府级合作项目,主要从气象学方面研究沙尘的形成和传输过程,并将分别在策勒、阿克苏、敦煌、沙坡头、西安、青岛和北京建立环境监测站。开始进行沙尘长距离输送机制、沙尘对全球气候系统的影响等相关研究。

由中国气象局组织建立的国家级沙尘暴监测预警服务业务系统于2001年3月1日投入业务试运行,中央气象台把沙尘暴预报纳入日常天气预报业务范围,发布沙尘暴预报与强沙尘暴警报,对2002年3月20日的强沙尘暴提前发出警报。中国气象局从2002年2月开始启动国家沙尘暴监测预警服务系统首期工程,在新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、陕西、北京等地各气象站布设仪器设备,组建一个自动化程度较高的沙尘暴天气综合监测网,增加对沙尘天气的特种观测项目和观测密度,在第一时间获得沙尘暴形成、移动、分布以及有关环境变化的数据,提高沙尘暴天气预报的准确性和时效性<sup>[4]</sup>。国家林业局荒漠化监测中心负责的“沙尘暴卫星遥感监测与灾情评估系统”于1998年开始研建,2001年试运行,2002年开始对外公布我国沙尘暴灾情评估报告,并首次报告了2002年3月15~17日、20~21日两次沙尘天气过程中的地面损失情况和沙尘出现的时间、移动路径等内容。沙尘天气多发的西北五省气象部门将联合建立“沙尘暴联报联防”系统,加强西北地区对沙尘暴灾害的整体预防和治理工作。甘肃省气象局设计并创建的“中国沙尘暴专业网站”已正式开通,

由沙尘暴专业信息库、产品库、知识库、新闻库和实况聚焦库 5 个模块构成。这些地面监测站网的建立, 为沙尘灾害的深入研究奠定了基础, 对揭示沙尘灾害的内在机理及其产生、发展、消亡的动态变化过程, 沙尘灾害和生态环境的相互关系研究具有重要作用。自 20 世纪 90 年代以来沙尘暴及沙尘灾害研究在我国广泛开展起来。

3 沙尘灾害遥感监测研究现状

目前, 沙尘灾害研究手段主要有遥感监测和地面定点观测。遥感监测多指对沙尘灾害的空间分布范围、影响区进行识别、定位; 对沙尘运移路径和运移规律的变化过程进行动态监测; 沙尘信息的遥感定量提取; 沙尘灾害产生的大气及下垫面等背景状况监测; 沙尘灾害动态模拟等研究。地面定点监测分为集中观测和长期观测。沙尘灾害发生时的集中观测主要包括沙尘光学厚度测定、自动气象站气象要素记录、沙尘源地土壤状况分析、激光雷达沙尘垂直分层观测、沿气流方向沙尘通量观测、垂直方向沙尘通量观测、能见度观测(肉眼、能见度计)、多普勒声探测器、沙尘粒子理化特征采样分析等。长期监测则包括自动气象站气象要素观测、大气气溶胶光学厚度监测、天空辐射计辐射观测记录、沙尘通量估算、能见度观测、历史气候资料的整理分析、土壤观测研究、沙尘暴历史数据库建立等。

集中观测可获得第一时间内的实测资料, 长期观测可积累大量的环境背景数据, 对沙尘灾害研究均十分重要, 但观测研究也具有局限性, 表现为: 1) 需要特定的观测仪器才能实现; 2) 受沙尘发生时恶劣的环境条件、发生时间不确定和历时较短等因素的制约; 3) 有限站点观测不能保证研究所需的时间频率和空间覆盖率。

遥感监测弥补了地面观测的不足, 可进行以下研究: (1) 反演沙尘灾害产生区; (2) 沙尘扩展区和大气扰动的关系; (3) 沙尘传输过程中的扩散; (4) 沙尘在可见光、近红外和热红外波段的辐射特性; (5) 沙尘气溶胶光学厚度的反演; (6) 不同卫星数据的相互校正和校勘等。

各类遥感数据由于时间、空间和光谱分辨率以及探测技术的不同, 在沙尘灾害研究中的作用也不尽相同, 表 1 列出了几种主要传感器数据在沙尘灾害监测研究中的特征。

表 1 沙尘遥感监测主要卫星传感器及其特征  
Tab. 1 Present satellite sensors applicable for remote sensing of sand-dust

传感器/ 所属机构	通道数, 光谱范围 ( $\mu\text{m}$ )	空间分辨率 ( $\text{km}$ )	沙尘监测特征
AVHRR/NOAA	6, [0.58~ 1.64]	1.1	极轨气象卫星, 较高空间分辨率, 但每日一次过境, 难以监测沙尘动态变化
Landsat-TM /NASA	7, [0.47~ 2.20]	30m, 15m	过高的空间分辨率, 不适合对沙尘源区、沙尘运移规律进行宏观动态监测, 时间分辨率较低, 且上午过境, 对午后易发的沙尘天气不适合使用
SAGE II/NASA	7, [0.38~ 1.08]	—	可用于沙尘气溶胶研究, 给出沙尘气溶胶的垂直分布, 但每天只可测量少数点
TOMS- Nimbus- 7/NASA	2, [0.34~ 0.38]	—	可监测陆地上空气溶胶, 但分辨率较粗, 且检测技术上未经验证

传感器/ 所属机构	通道数, 光谱范围 ( $\mu\text{m}$ )	空间分辨率 ( $\text{km}$ )	沙尘监测特征
SeaWiFS-SeaStar/ NASA	8, [0.41~ 0.86]	1.1 LAC, 4.5 GAC	可提供沙尘详细的时空分布结构图, 但每日一次过境
S-V ISSR/FY-2	0.55~ 1.05, 10.5~ 12.5, 6.2~ 7.6	1.25, 5, 5	静止气象卫星, 良好的时间分辨率, 但空间分辨率较低, 波段数有限
MV IRS/FY-1C	10, [0.58~ 12.5]	1.1	极轨气象卫星, 主要用于天气预报、气候研究和环境监测, 对沙尘监测具有重要意义
V ISSR/GM S-5	0.55~ 0.90 6.5~ 7.0 10.5~ 11.5 11.5~ 12.5	1.25 4 4 4	地球静止卫星, 每小时可获取图像, 适合对沙尘暴进行实时连续观测, 但波段范围较宽, 对沙尘细微特征识别较为困难。
TOMS-EP/ NASA	2, [0.33~ 0.36]	—	主要用于臭氧监测, 但也用于火山喷发的 $\text{SO}_2$ 和火山灰监测, 可提供每日的沙尘粒子空间分布信息, 仅有两个波段。
EOS-MODIS/ NASA	36, [0.4~ 14]	250m, 500m, 1000m	适宜的空间分辨率, 较高的光谱分辨率, 上午星与下午星配合, 具有良好的时间分辨率, 在沙尘监测方面具有很大应用潜力

3.1 沙尘暴源地及移动路径遥感监测

我国沙尘灾害多发区及沙尘暴源区主要集中在三个地理区域, 如表 2。美国地质调查局土地利用分类系统中有 8 类沙尘源区, 我国内蒙古低矮稀疏草原被作为一类特有的沙尘源区进行单独划分<sup>[5]</sup>。

表 2 我国沙尘灾害的地理分布  
Tab. 2 Geographic Distribution of Sand-dust Disaster in China

分 区	范 围	频 次	特 征
I 区	河西走廊、内蒙古西部干旱区、宁夏干旱、半干旱区	最多	影响范围最广
II 区	南疆盆地干旱区	次多	强度较大, 但大多为无人区且受青藏高原阻挡, 造成的危害相对较小, 直接影响范围基本限于甘肃酒泉以西和塔克拉玛干周边地区。
III 区	内蒙古中部、河北西北部半干旱地区	频次较少	以超极地冷空气活动为主, 强度比 II 区弱, 是影响京津地区的主要源区

资料来源: 中国气象局网站中心, 2002-3-21

国家环保总局组织的中日友好环境中心等单位开展的“沙尘暴与黄沙北京地区大气颗粒影响的研究”结果显示, 2001 年通过卫星、气象观测和沙尘地面监测网络观测到 32 次扬沙和沙尘暴事件, 其中 18 次(约 56%)是在蒙古国南部形成沙尘暴之后移动到中国境内的, 其余 14 次在中国内蒙古形成。

可见, 沙尘源区及其移动的空间范围跨度很大, 用资源卫星进行监测需要进行多幅图像拼接, 静止卫星的分辨率又过低, 因而气象卫星常用于沙尘源地及移动路径的监测, 新一代地球观测卫星 Terra/MODIS 已显示出较大的潜力。

在沙尘源区及其移动路径研究方面, 郑新江等利用 NOAA-14 气象卫星多通道信息进

行了沙尘暴监测的原理和方法研究, 并对 2000 年 3~4 月北方沙尘暴过程进行了监测, 分析了影响北京地区沙尘暴过程的沙源和可能路径<sup>[6,7]</sup>。马超飞等利用 SeaWiFS 数据对 2001 年 4 月 7, 8 日的沙尘运移路径和影响范围进行了监测<sup>[8]</sup>。延昊等运用 SeaWiFS 数据监测到东亚沙尘的三个主要源地和北、中、南三条输送路径及其主要影响区<sup>[9]</sup>。

### 3.2 沙尘灾害下垫面遥感监测

沙尘天气的产生取决于有无冷空气活动和沙源。许多研究表明我国西北地区大风日数远远高于沙尘天气日数, 春季尤其如此, 沙尘天气的出现是一种小概率事件<sup>[10]</sup>。图 1 显示出内蒙古多伦县 1953~1998 年大风日数和沙尘暴日数, 沙尘天气日数明显小于大风天气日数。可见, 大风只是产生沙尘天气的必要条件, 但不是充分条件。沙尘灾害的形成、演化、发展与沙尘源区和途经地区的下垫面状况直接相关, 沙尘天气又可造成下垫面的风害、沙积害、风蚀、环境污染等次生灾害。我国北方地区人为破坏的植被和风化表土层等沙源也是造成沙尘灾害的主要原因, 因此, 对沙尘发生区的地表状况进行监测是减缓沙尘危害的有效途径。

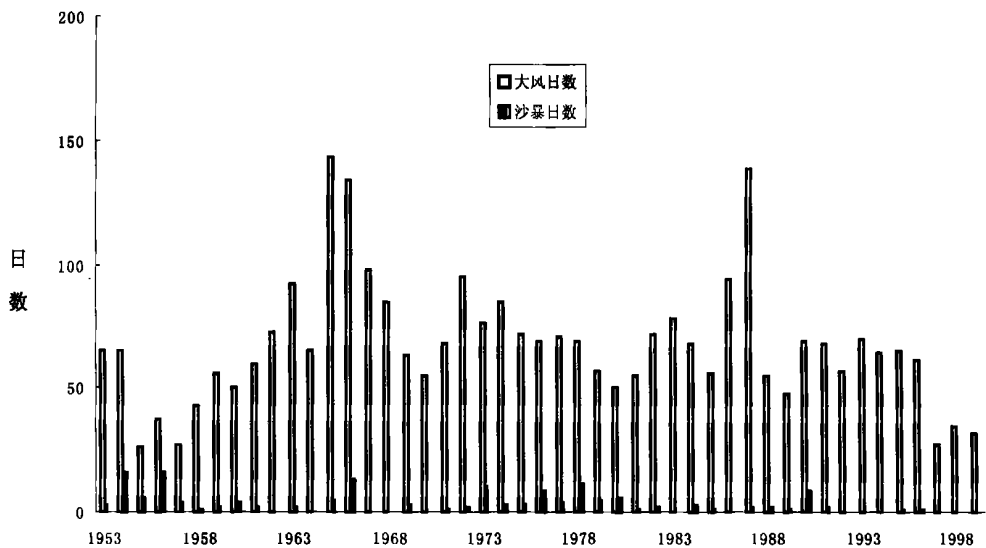


图 1 内蒙古多伦县 1953~1998 年大风日数和沙尘暴日数比较

Fig. 1 Compare of the days of gale and sand-dust storm in Duolun county between 1953 ~ 1998

张增祥等利用 NOAA 和 FY 气象卫星数据对我国北方地区的沙尘灾害特点及下垫面状况进行了遥感监测, 认为从植被、土壤、土地利用、生态环境特点等方面开展连续性的长期观测, 进行下垫面状况的综合性动态监测与分析, 不仅有助于分析沙尘天气发生的条件, 更重要的在于制定合理的防治规划, 从根本上避免或减轻沙尘灾害的影响<sup>[11,12]</sup>。

### 3.3 沙尘暴形成的天气背景研究

沙尘天气通常由特定的环流形势和天气系统诱发产生。因此, 运用气象卫星可进行沙尘天气形成的天气动力学监测并判识其相应的型式和分布。

项续康等利用 GM S1h 一次的 TBB 资料对西北地区 1990~1994 年发生的强沙尘暴过

程做了中尺度分析,发现有三种强沙尘暴中尺度云系<sup>[13]</sup>。郑新江等利用NOAA/AVHRR数据分析,认为冷锋云系、强对流云团、冷锋云系与云团混合及其它等四种云型是西北地区沙尘暴产生的主要云系<sup>[14]</sup>。徐希慧利用1991~1995年59个沙尘羽十分明显的TROS-NOAA气象卫星云图资料,分析和统计了塔里木盆地沙尘暴发生时天气过程的时间、强度、天气形势和所造成的天气现象及云图特征<sup>[15]</sup>。这些研究在探讨沙尘暴发生的天气背景方面积累了经验,是沙尘天气预报研究不可或缺的一环。

### 3.4 沙尘信息遥感定量提取研究

沙尘灾害研究中量化信息的获取是非常重要的,目前沙尘信息遥感定量提取和分析的主要内容有:(1)估算近地面边界层到自由对流层的沙尘含量;(2)探求沙尘长距离输送的机制;(3)澄清沙尘粒子在输送过程中的变化机制;(4)为模型模拟研究提供数据集。

沙尘在长距离输送过程中给途经地区带来相应的影响,表现为对流层沙尘性气溶胶浓度的增加。沙尘气溶胶对大气辐射过程具有直接或间接的显著影响,可作为凝结核形成云,从而对大气的辐射收支造成更大影响。同时通过沙尘气溶胶光学厚度、沙尘气溶胶粒子尺度分布等研究可定量提取沙尘强度和载沙量等信息,因此,沙尘气溶胶相关研究已成为沙尘研究中热点问题之一。

用遥感方法反演大气气溶胶光学厚度的研究中,毛节泰等用GM S卫星可见光通道和TOM S仪器360nm波段的资料进行了反演陆面上空气溶胶光学厚度的方法研究<sup>[16,17]</sup>。邱金桓等提出了卫星遥感气溶胶光学厚度的方法,并同时发展了一个综合应用地面气象能见度和水汽压信息确定中国大气柱气溶胶光学厚度的参数化模式<sup>[18]</sup>。郑新江等依据遥感结构方程和大气辐射传输理论基础模拟计算沙尘性高浑浊度大气或沙尘暴的发射率,参考红外数据和有关因子解析沙尘气溶胶光学厚度,进而得出沙尘天气过程,包括沙尘暴的大气载沙量<sup>[12]</sup>。

## 4 沙尘灾害遥感监测研究发展趋势

### 4.1 多平台遥感数据的综合应用

根据对沙尘灾害遥感监测研究的进展分析,目前研究所用资料仍以GM S、NOAA、FY、SeaWiFS等卫星资料为主,这些卫星主要是针对地球大气研究所发射的,具有较高的时间分辨率,但空间分辨率和光谱分辨率则较低,适合作大尺度宏观研究。

随着一系列对地观测计划的实施,新型遥感数据不断出现,综合利用多源遥感数据进行沙尘灾害监测成为新的发展方向,以美国EOS系列中第一颗卫星Terra所载中分辨率成像光谱仪(MODIS)数据的应用为标志。EOS-MODIS先进的仪器系统是世界上首次进行星载飞行的仪器,具有较宽的光谱范围和空间覆盖以及随时间变化的资料连续覆盖,更适合于对地球上大气、海洋和陆地进行表面特性、云、辐射、气溶胶、辐射平衡等信息的综合研究。对于沙尘暴研究向纵深方向发展具有重要意义。

### 4.2 多学科交叉渗透,使沙尘灾害遥感监测研究的深度和广度进一步强化

沙尘灾害遥感监测研究中新理论、新方法、新技术不断产生,可以从不同立足点对沙尘灾害进行研究,使沙尘灾害研究的理论更加深化。沙尘灾害的源地在地表,但其影响之一却是将地面尘源物质输入大气,短时间内改变大气特性,从而降低环境质量,所以沙尘

灾害的研究应进行地表和大气综合研究。

大气科学界所发展的气溶胶理论有利于大气混浊度等的综合研究,但目前较多的研究以 $< 10\mu\text{m}$ 的粒子尺度作为研究对象,即核模态和积聚模态,而对于 $> 10\mu\text{m}$ 的粗模态研究很少,并且多以全球尺度的气溶胶辐射强迫为重点。粒径较大的沙尘气溶胶由于沉降速度快,在大气中的存在时间短,且发生的空间范围有限,所以国内外的研究均很少。但沙尘气溶胶的监测研究对沙尘强度等定量分析具有重要意义。

大气能见度在一定意义上可表征大气中质粒污染的特征,也是目前沙尘暴定义及其强度等级划分的主要指标。由于沙尘气溶胶粒子的消光作用,使地面能见度降低,大气浑浊度增加,因此气溶胶光学厚度(大气浑浊度)与地面能见度相关,可通过地面能见度等参数反演气溶胶光学厚度,并与遥感方法反演的气溶胶光学厚度之间相互对比和验证。

气溶胶研究和能见度理论研究目前主要集中在大气科学领域,将这两方面的研究成果结合起来应用于沙尘灾害信息提取,是沙尘灾害研究定量化的方向之一。遥感技术、大气辐射传输理论、地面能见度理论相结合,探讨沙尘信息遥感量化提取方法,可以从深层次上揭示沙尘灾害发生、发展、消亡的动态演变规律及内在机理,推动遥感技术、大气辐射传输和能见度理论的综合应用研究,促进多学科交叉和渗透研究。

#### 4.3 地基遥感和卫星遥感综合研究

地面实测数据的获取是进行卫星遥感数据分析不可或缺的过程,地面调查信息主要包括:(1)用光谱仪测量地表具有稳定反射值的地物光谱反射率,如沙化土地、沙漠;(2)湖面和海面的光谱反射值;(3)太阳光度计测量太阳光谱辐射;(4)袖珍红外辐射计测量表面温度;(5)便携式红外辐射计测量天空温度;(6)近地面温度和湿度;(7)景观全景照片等。因此,进行沙尘灾害研究应重视地面实验遥感的研究。

随着遥感基础研究的不断发展,对沙尘的光谱特征有了深入认识。通过地面沙化土地光谱特征的测量,对沙尘灾害的遥感监测研究开始由定性和半定量研究向沙尘属性特征参数的定量提取发展。地基遥感不仅使卫星遥感理论和数据反演方法进一步深化,遥感图像处理技术更加完善,也极大地扩展了卫星资料的应用领域,在沙尘预报、沙尘监测及沙尘成因研究方面,发挥着重要的作用。

## 参考文献

- [1] 张德二,孙霞.我国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断.第四纪研究,2001,21(1):1~8.
- [2] 史培军,严平,高尚玉等.我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望.自然灾害学报,2000,9(3):71~77.
- [3] 方宗义,朱福康,江吉喜,钱正安.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997.
- [4] 重拳出击沙尘暴.中国气象报,2002.2.21.
- [5] Description of Global Aerosol Model. [http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/Docs/globaer\\_model.html](http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/Docs/globaer_model.html).
- [6] 郑新江,陆文杰,罗敬宁.气象卫星多通道信息监测沙尘暴的研究.遥感学报,2001,5(4):300~305.
- [7] 方宗义,张运刚,郑新江等.用气象卫星遥感监测沙尘暴的方法和初步结果.第四纪研究,2001,21(1):48~55.
- [8] 马超飞,马建文,韩秀珍等.沙尘暴运移路径及影响范围遥感监测.自然灾害学报,2001,10(4):222~227.
- [9] 延昊,王长耀,牛铮等.东亚沙尘源地、沙尘输送路径的遥感研究.地理科学进展,2002,21(1):90~94.
- [10] YASUIMotoaki, TSUCHIYA Kiyoshi.Observational and Analytical Studies on the Mechanism of the Long-Range Transport of Aeolian Dust.Journal of Arid Land Studies, 2000, 10(3):238~245.
- [11] 张增祥,周全斌,刘斌,张国平,赵晓丽.中国北方沙尘灾害特点及其下垫面状况的遥感监测.遥感学报,2001,5(5):377~382.

- [12] 张国平, 张增祥, 赵晓丽等. 2000 年华北沙尘天气遥感研究. 遥感学报, 2001, 5 (6): 466~ 472.
- [13] 项续康, 江吉喜. 西北地区强沙尘暴成因的中尺度分析. 中国沙尘暴研究, 北京: 气象出版社, 1997.
- [14] 郑新江, 赵亚民. 西北地区沙尘暴分布与云图分型. 中国沙尘暴研究, 北京: 气象出版社, 1997.
- [15] 徐希慧. 塔里木盆地沙尘暴的卫星云图分析与研究. 中国沙尘暴研究, 北京: 气象出版社, 1997.
- [16] 毛节泰, 刘莉, 张军华. GM S5 卫星遥感气溶胶光学厚度的试验研究. 气象学报, 2001, 59 (3): 352~ 359.
- [17] 毛节泰, 李成才, 张军华, 等. MOD IS 卫星遥感北京地区气溶胶光学厚度及与地面光度计遥感的对比. 应用气象学报, 2002, 13 (特刊) 127~ 135.
- [18] 邱金桓, 林耀荣. 关于中国大气气溶胶光学厚度的一个参数化模式. 气象学报, 2001, 59 (3): 368~ 371.

## Research Progress and Future Development of Remote Sensing Monitoring on Sand-dust Disaster in China

LI Hai-ping, XIONG Li-ya, ZHUANG Da-fang

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Beijing, 100101, China)

**Abstract:** Nowadays sand-dust disaster and its effects on natural and social economic have attracted more and more attentions than ever before. Since 1990s sand-dust weather occurs more often in North China and strong sand-dust storms bring more damage to the routine life of people in the local areas. Meanwhile Asia dust can overpass the Pacific Ocean and transport to North America and pollute the air and environment of these regions. Asia dust event becomes a hot spot in academic society of the world. For the above reasons researches on sand-dust have increased not only in world but also greatly in China. Apart from traditional research method new technologies such as remote sensing have been used in the monitoring of sand-dust disaster. Since remote sensing technology can compensate the shortcomings in spatial and temporal resolution of conventional monitoring method. Various satellite data with different spatial resolution, spectral resolution and temporal resolution can be used to monitor the sources of sand-dust, the condition of land surface on its moving road and the climate background etc. But each sensor has its advantages and disadvantages so comprehensive research becomes more important and will be a new trend in sand-dust research. Quantitative information retrieval method of remote sensing will also be used in the research of sand-dust disaster such as optical thickness of dust aerosol and characteristics of dust reflective and radiation. Two of the most newly launched satellites are Terra and Aqua of NASA's EOS plan. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) on board this two satellites have great potential in the study of sand-dust disaster. In this paper the author focus on the research progress and future development of remote sensing monitoring on sand-dust disaster in China and hope to facilitate the study in this domain.

**Key words:** Sand-dust disaster; Remote sensing monitoring; Research progress