

沙尘暴的卫星遥感监测与减灾服务*

孙司衡^① 郑新江^②

①(林业部调查规划设计院,北京,100714) ②(国家卫星气象中心,北京,100081)

【摘要】论述了我国北方地区造成严重影响的沙尘天气,特别是沙尘暴及其危害及研建完成的“沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估系统”及其监测评估实例。系统的研建促进了空间技术在防灾减灾工作中的应用服务。

【关键词】沙尘天气 沙尘暴 遥感监测 灾情评估 运行系统

【中图分类号】TP79 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1009-2307(2000)02-0033-04

今年入春以来,我国北方地区天气晴朗、光照充足、气温偏高,而冷空气活动十分活跃,造成十分频繁而强烈的大风天气。特别是自三月份以来,大风引发了十余次不同程度的沙尘天气,且严重影响到北京、天津等地的正常社会生活 and 环境质量,引起了党中央、国务院和全国人大的高度重视。一段时间以来,沙尘天气特别是沙尘暴的成因、预报和预防措施等,已成为社会各界和媒体关注的焦点。

为发挥遥感、GIS 与信息网络技术的优势,近年来,中国荒漠化监测中心与国家卫星气象中心等有关单位开展了有关沙尘暴的发生规律、机理、遥感监测技术与灾害影响评估模型等多方面深入地研究^[1,2,3]。研究表明,结合常规环流形势和环境背景的观测,通过以气象卫星云图数据的处理分析为主要技术手段,已可能完成监测沙尘暴的形成,预警其发展和评估其危害影响的任务。在上述研究的基础上,研建了“沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估系统”^[4],进行了连续两年沙尘暴的实时监测和评估服务。监测的信息、图像立即提供给中央电视台和各种新闻媒体,使社会公众及时了解沙尘天气及沙尘暴的发生。《沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估简报》也及时上报国家防灾减灾、荒漠化防治和气象主管部门,提供宏观辅助决策服务。这些已产生了积极的社会效益^[5,6]。系统的研建和试运行开拓了空间技术在防灾减灾工作中新的应用领域。

1 沙尘暴及沙尘天气的危害

1.1 沙尘天气及沙尘暴

沙尘是我国北方经常发生的灾害性天气现象。

强烈的沙尘天气有时也会影响到南方一些地区,乃至朝鲜和日本。根据其造成的大气水平能见度的差异,沙尘天气被划分成三类,即扬沙、浮尘和沙尘暴。其中,沙尘暴的危害最为突出。

沙尘暴的强度根据水平能见度好坏分为特强、强、中等和轻四级。相应的能见度指标分别为 50、200、500 和 1000 米。

1.2 沙尘天气的发生规律与趋势

沙尘暴的成因复杂。一般认为其主要环境因子有地表的覆盖类型、物质构成、温度与湿度状况。形成沙尘暴的主要气象因子有强风和对流不稳定等,还有形成沙尘暴的直接天气系统,天气尺度、中尺度和风暴尺度的相互作用。研究揭示,干旱少雨、大风频繁和不稳定的空气,广泛分布的沙漠、戈壁和沙漠化土地提供的丰富沙尘物质来源,加上特殊的地形地貌自然条件,是形成沙尘暴的几个主要因素。

我国西北地区是世界主要沙尘暴区之一。沙尘暴的多发区主要集中在塔里木盆地周围地区、准噶尔盆地、吐哈盆地至河西走廊一带、阿拉善高原、鄂尔多斯高原及青藏高原等地。这些地区的塔克拉玛干、古尔班通古特、库姆塔格、柴达木、腾格里、巴丹吉林、乌兰布和、库布齐等大沙漠,毛乌素、浑善达克、科尔沁等主要沙地及广泛分布的小沙漠、零星沙地和不同程度的沙质荒漠化土地为沙尘天气的发生提供了极为丰富的沙尘物质来源。加之我国北部春季地表裸露,华北地区沙尘天气的发生以春季为多,主要集中在 3~5 月份。西北地区的沙尘天气在春夏季节都有发生,其中河西走廊 3~6 月份为发生高峰期,新疆塔里木盆地周围则集中在 3~8 月份。

收稿日期 2000-04-02

* 参加本项工作的还有邹受益、屈建军、罗敬宁、王国胜、陆文杰、廖亚萍、张煜星、王军厚等。

从全国 680 多个气象站 1954 年以来的实际数据分析来看,我国黄河以北及青藏都发生过沙尘暴。扬沙及浮尘的影响范围更波及到长江中下游、乃至南岭北部地区。受到沙尘暴、扬沙及浮尘影响的省(市、自治区)分别达 17、25 和 27 个。仅沙尘暴涉及面积就达 580 万平方公里,约占全国国土总面积的 60%。我国沙尘暴度分布的总趋势是 20 世纪 50~70 年代沙尘暴比较严重(全国年平均次数分别为 9.52、10.54、10.06)80~90 年代明显减少(年平均次数分别为 7.64、4.47)。以北京气象站每年发生沙尘天气(含沙尘暴、扬沙及浮尘)的日数为例,自 20 世纪 50 年代至 90 年代分别为 64.6、29.9、29.5、16.6 和 6.7,表明近 50 年来沙尘天气在逐渐减少。

2 卫星遥感监测评估沙尘灾害的技术方法

2.1 沙尘暴监测的理论研究与信息处理

沙尘暴多发区往往条件恶劣、测站稀少。利用气象卫星遥感资料对沙尘暴进行监测是一种有效的方法。极轨卫星如 FY-1/MVISR、NOAA/AVHRR 数据空间分辨率比静止气象卫星较高。如时机恰当则可较好地用于提取沙尘暴信息。但其 6 小时一次的时间分辨率,对于持续时间较短的沙尘暴过程往往漏失监测的有效时机。静止气象卫星,如 GMS 卫星 VISSR 数据的空间分辨率虽较低,但每小时提供一幅占地球表面 1/3 的全球圆盘图像,可用于沙尘暴信息的实时提取和监测。

如 NOAA/AVHRR 的 CH1 和 CH2 通道位于可见光和近红外波段,可用来测算下垫面的反照率。CH3、CH4 和 CH5 通道为热红外通道,用以测算下垫面的亮度温度。由于沙尘暴与云系、地表在反照率和温度上均有差异,可以在其云图中把沙尘暴信息分离出来。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反射率,参考红外数据和有关因子可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含沙量。

2.2 沙尘暴监测与短时预警方法及运行系统研建

结合气象观测和数值预报产品,进行沙尘暴的监测与短时预警方法研究。通过对 20 次强沙尘暴的分析,初步研究了沙尘暴发生发展的云团特征、气象要素指标判定,并重点分析了可以产生严重灾害的强沙尘暴区域发生的气象条件,为开展逐时预报提供了依据。开发相关软件,研建了沙尘暴监测与短时预警运行系统。

万方数据

2.3 沙尘暴灾情评估方法及业务运行系统研建

沙尘暴灾害与沙漠化灾害密切相关^[7]。进行沙尘暴灾害损失分类评估指标体系和实时评估模型的研究,应用 GIS 和 RS 为主要技术支持,建立沙尘暴发生区自然与社会环境背景信息管理系统,个例灾情数据库。最终完成沙尘暴灾情快速评估业务型运行系统的研建。

2.4 沙尘暴监测和灾情评估系统的集成和试运行

在完成各项子系统关键技术和研究内容及软件的兼容与衔接的基础上,实现监测预警子系统和灾情评估子系统间的系统一体化,保证监测信息实时获取、快速可靠的传递和准确地定性、定量、定位分析评估。

2.5 沙尘暴成因和沙尘暴发生危险度基础研究

卫星云图上反映的云型和云系是大气物理过程(热力和动力)的综合反映。利用云图、天气图和数值预报产品综合分析形成沙尘暴的不同尺度天气系统互相利用、演变和分型。在此基础上,提出沙尘暴发生的主要环境因子影响效应、沙尘暴天气模式和沙尘暴发生的危险度评价等,这些为本系统利用遥感资料监测和短期预警沙尘暴提供科学基础。

3 沙尘暴监测与灾害评估系统的研建和试运行

系统的技术方案:以现代地学、环境遥感与遥测、信息科学、系统科学及计算机技术等高科技手段为技术支撑。在总结我国沙尘暴科研成果和深入探索沙尘暴发生发展及环境与气象因素的基础上,建立沙尘暴天气模式,结合天气过程进行分析,提供数值预报成果,在卫星云图上早期监测发现沙尘暴并预警沙尘暴的发生发展,建立基于 ARC/INFO 地理信息系统的沙尘暴多发区土地与社会环境数据库;在沙尘暴灾害行为研究的基础上,制定沙尘暴灾情评估指标,通过卫星云图获取沙尘暴危害地理范围和强度信息,对沙尘暴灾情及损失进行实时评估,提供防灾减灾辅助决策应用。

沙尘暴灾害卫星遥感监测与评估系统有多个子系统,采用多种数据结构、多信息源、多时相数据,以网络将各个子系统联结在一起。系统由 3 个子系统组成。即(气象与环境)背景信息分析处理与监测预警子系统,卫星云图信息处理与沙尘暴信息提取子系统和沙尘暴灾情评估子系统。系统运行步骤和监测沙尘暴发生与灾情评估的相关信息流程和系统框图如图 1、图 2 所示。

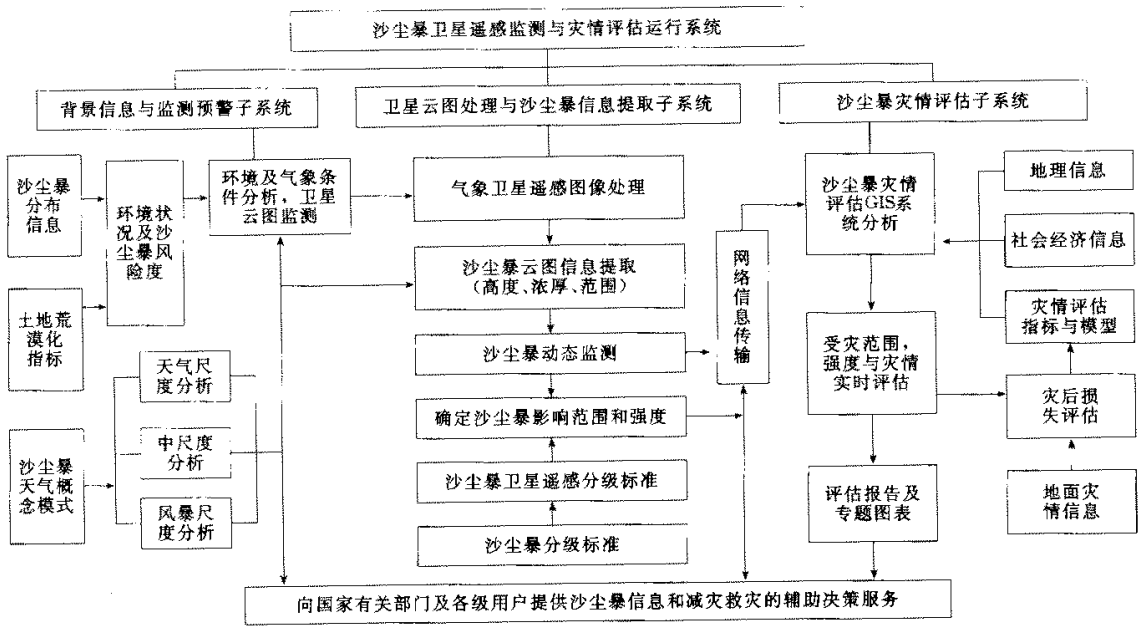


图1 沙尘暴灾害卫星遥感监测与评估系统的系统运行与信息流程示意图

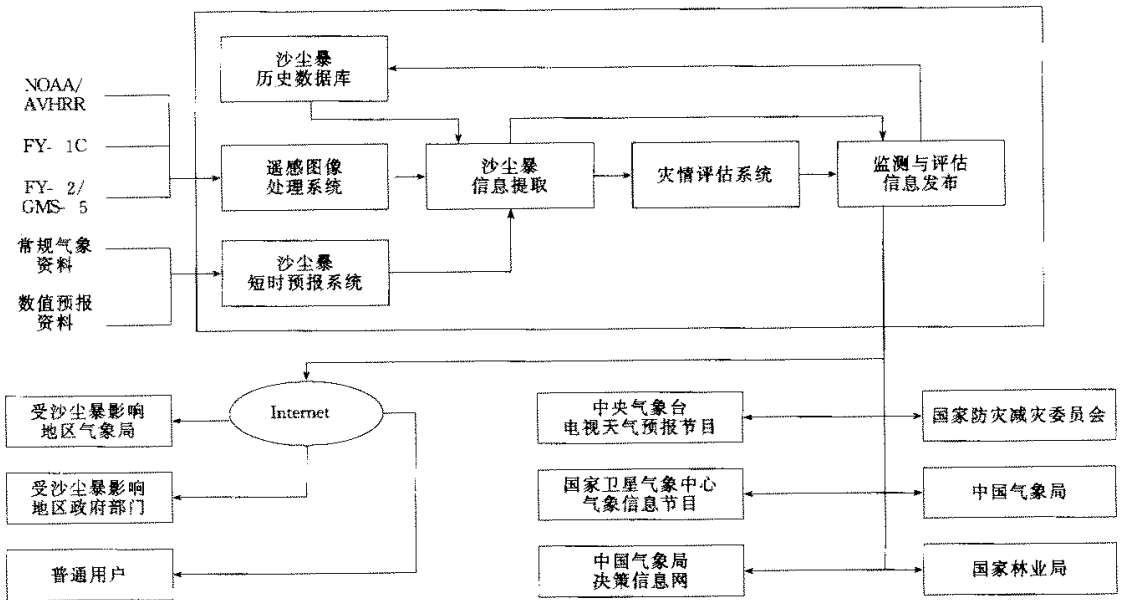


图2 沙尘暴的卫星遥感监测与灾害评估系统框图

4 系统应用于减灾服务的实例

自1998年至2000年,通过研建与运行“沙尘暴的卫星遥感监测与灾害评估系统”项目组在我国西北及华北发生的沙尘暴、扬沙和浮尘天气过程实施了监测。实时地将反映沙尘天气的卫星云图提交给中央气象台和新闻媒体向社会公众发布。通过系统分析评估,还及时编发了《沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估简报》,上报国家减灾委员会、国家防治

荒漠化管理中心、国家卫星发射与应用主管部门等,为沙尘灾害的防灾减灾提供了实时准确的辅助决策信息,取得了较好的社会效益。

现以2000年4月6~9日的沙尘天气监测评估为例。

2000年4月5日开始,自贝加尔湖以南地区有一条冷锋云带向南移动,云顶温度在-40度至-45度之间。此云带在东移过程中不断加强,云顶温度下降到-50度以下,并逐渐形成一个涡旋云系。6

日上午, 涡旋云系中心位于内蒙古东部一带, 对应的地面冷锋影响我国华北北部等地, 锋后出现 16~20 米/秒偏北大风, 并使蒙古国中部、我国内蒙中部、河北北部以及北京西北部等地出现了大范围沙尘暴、扬沙及浮尘天气。6 日下午, 沙尘南边界到达渤海, 内蒙古中东部、河北省北部、北京、天津以及辽宁省南部均被沙尘所覆盖。7 日上午, 沙尘暴过程所形成的浮尘向东南发展, 到达我国江淮地区、黄海海域以及朝鲜半岛。

经应用本项目的卫星遥感监测与 GIS 灾情评估系统监测分析, 此次沙尘暴、扬沙和浮尘过程的影响范围较大, 涉及内蒙古、山西、河北、辽宁、北京和天津六省(市、区)。在 6 日上午 8 时的影响总范围约为 166233 平方公里, 受影响人口约 918 万, 受影响耕地约 3246 万亩, 牧草地约 13539 万亩。由于其影响范围向东南扩展, 逐渐覆盖了北京和天津这样的大城市的市区、郊区及河北、辽宁农业与沿海发达地区, 在 6 日下午 4 时的影响总范围达到约 285797 平方公里, 受影响人口约 4409 万, 受影响耕地约 9047 万亩, 牧草地约 17094 万亩。此次沙尘暴造成了我国北方大范围的环境污染, 更造成了这一地区农牧业和航空运输、公路交通、邮电通讯的直接损失。

图 3(见封面)是项目组分别在 4 月 6 日 08 时(风云一号卫星)监测到的沙尘暴与扬沙、浮尘过程的卫星云图。图中褐黄色部分为系统图像处理提取的沙尘信息。图 4、图 5 分别是 4 月 6 日 08 时和 16 时的沙尘暴(图中深灰色区域)与浮尘、扬沙的分布范围示意图(图中浅灰色区域)。

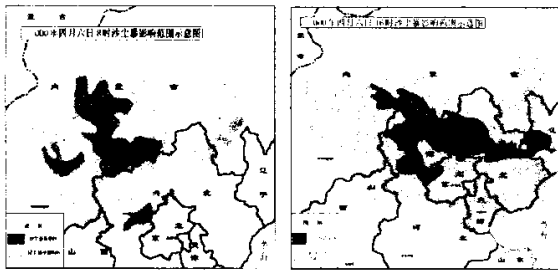


图 4

图 5

沙尘天气灾害的防治是一项长期的系统工程, 需要各部门协同作战。尽管有复杂的自然因素, 但在以下几方面取得进展, 就可以对沙尘灾害的防治有所作为, 减少和避免灾害损失, 即: 加强生态建设, 防沙治沙, 防止土地荒漠化, 减少沙尘来源; 大力宣

传沙尘危害, 提高全民防范意识; 建立和完善沙尘天气的卫星综合监测体系, 提高监测预警及影响评估的时效性和准确性。

应用卫星遥感结合 GIS 和计算机网络技术进行沙尘暴灾害监测评估是非常有效的方法。本项目的实施和系统运行, 将为我国沙尘暴的防灾减灾救灾工作起到积极作用。沙尘暴的卫星遥感监测评估系统已研建完成。该系统在试运行中已为我国的沙尘天气, 特别是沙尘暴的防灾减灾和荒漠化防治决策提交了科学的、有说服力的监测评估成果。同时, 项目组仍在继续努力提高关键技术的水平, 完善系统集成。

参考文献

[1] Zheng Xinjiang etc. Study on Monitoring chinese Sandstorm by Using NOAA. GMS-5 Data. In Collection Works for the Conference of Optic Remote Sensing of Atmospheren and Cloud. Beijing. 1998 :163~170

[2] 郑新江, 等. 沙尘暴监测方法研究. 见: 方宗义等主编. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997

[3] 徐希慧. 塔里木盆地沙尘暴的卫星云图分析与研究. 见: 方宗义等主编. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997

[4] 孙司衡. 空间技术在中国荒漠化监测中的应用——兼谈沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估. 见: 蔡博文主编. 海峡两岸空间资讯与防灾科技研讨会论文集. 台北: 台湾中华地理资讯学会和国立台湾大学地理学会, 1998

[5] 郑新江, 等. 国家卫星气象中心对沙尘暴的监测与服务. 中国气象报, 2000-04-27

[6] 李金华. 我国可用卫星监测评估沙尘暴. 中国绿色时报, 2000-05-01

[7] 王劲峰等. 中国自然灾害影响评价方法研究. 中国科学技术出版社, 1993

作者简介: 孙司衡(1941~), 男, 教授级高工。现任国家林业局调查规划设计院副总工程师, 主要从事荒漠与荒漠化地区再生自然资源与生态环境监测评价中 3S 技术应用。主持国家科技攻关、国防科工委卫星应用技术和国际合作项目多项研究课题。出版论文集、遥感专题系列地图和专著各一部。在国内外技术刊物发表论文 30 余篇。任全国地方遥感应应用协会理事兼副秘书长、中国景观生态学会和中国治沙暨沙产业学会理事。九三学社北京市农林委员会委员。