

沙尘暴灾害遥感监测与评估运行系统研建

王国胜 孙司衡 廖亚萍 张煜星

(国家林业调查规划院/中国荒漠化监测中心北京和平里东街18号100714)

郑新江 罗敬宁

(国家气象卫星中心北京白石桥路46号100081)

摘要: 沙尘暴是一种突发性严重自然灾害,在研究沙尘暴形成机理基础上,应用卫星遥感技术,地理信息系统,计算机网络技术等高新技术,建立沙尘暴监测与评估系统对沙尘暴灾害进行预警、监测和评估是非常有效的防灾减灾措施。

关键词: 沙尘暴 遥感监测 灾情评估 信息系统研建

1. 前言

沙尘暴是一种在多种复杂因素条件下引起的突发性气象灾害,也是生态环境恶化的表现之一。我国是沙尘暴灾害最严重的国家之一,西北地区是我国沙尘暴多发区。建国以来,西北沙尘暴灾害发生多次,频率加快,危害加重,给人民生命财产造成严重损失。如新疆和田地区近30年来,共发生6次强沙尘暴,平均5年一次。甘肃河西走廊更是沙尘暴多发区和重灾区,1950年至今,共发生过6次强沙尘暴,其中1993年“5.5”沙尘暴是半个世纪以来最为严重的一次,损失最严重,引起党和政府及全社会的高度关注。有关单位和专家进行了这次沙尘暴灾害损失及对策的紧急研究。在沙尘暴灾害成因、时空分布、成灾方式及防治措施、沙尘暴的天气预警服务和沙尘暴的监测方法研究等方面取得了一些初步研究成果。但至今为止,对于沙尘暴的发生发展规律没有完全掌握。沙尘暴的特点在于它的突发性和较短的持续时间。在天气过程、气象条件的地面因素相似条件下,沙尘暴可能发生,也可能不发生,这一特点给沙尘暴的监测预报造成困难。同时,沙尘暴一般发生在交通通讯条件较差的地区,一些强沙尘暴涉及的地域范围相当大,这些情况给采用常规方法评估沙尘暴灾情造成困难,往往延误减灾救灾工作部署。建立沙尘暴灾害监测与灾情评估系统就是要充分发挥遥感、地理信息系统、计算机技术和通讯网络技术的优势,及时监测、传递和评估沙尘暴灾害信息,便于灾区政府迅速做出反应,正确决策,不失时机发布抗灾紧急警报,采取减灾应急措施,把沙尘暴灾害造成的损失降低到最小程度。

2. 沙尘暴及其分级标准

沙尘暴是指在强风条件下,卷起大量地面沙尘,使空气浑浊,能见度低于1000米的灾害性天气现象。其前锋呈高墙状,沙尘滚滚,迅猛且破坏性地向前推进。扬沙天气也是由于风大,吹起地面尘沙,使空气浑浊,但能见度较大。浮尘是沙尘暴之后的天气现象,细小尘埃飘浮空中,持续时间达日。

沙尘暴形成的基本条件,一是大风,二是地面上裸露沙物质,三是不稳定的空气,三者同步出现,才能形成沙尘暴。三因素中强风是起尘的动力,丰富的沙尘源是形成沙尘暴的物质基础,而不稳定的空气使沙尘卷扬更高,乃是非常重要的热力条件。因此,沙尘暴是特定的气象和地理条件相结合的产物。沙尘暴是一种小概率事件,但其巨大的破坏力随着社会的进步和经济发展而造成巨大的危害。

沙尘暴多年平均发生日数接近或大于20天的地区为沙尘暴多发区,为防灾减灾的重点地区。我国沙尘暴的多发区主要有塔里木盆地周围地区、吐哈盆地至河西走廊、腾格里沙漠南缘、巴丹吉林沙漠至乌兰布和沙漠一带、阿拉善高原、鄂尔多斯高原等地。

根据WMO的标准,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非作歹50、200、500、1000米。而遥感监测以卫星云图为信息载体,沙尘暴的浓度分级要和地面分级标准相对应。为了灾情评估的需要还要考虑风速和沙尘暴的持续时间。

3. 沙尘暴监测与评估系统的组成和设计

3.1. 沙尘暴灾害监测与评估系统的组成

沙尘暴灾害监测与信息评估系统组成可分为应用模型和数据库两类。

(1) 应用分析模型包括:

沙尘暴强度遥感分级标准;

土地荒漠化遥感诊断标准;

沙尘暴天气模式,卫星云图沙尘暴判别模型;

沙尘暴灾情实时评估模型等。

(2) 空间及属性数据库包括:

① 沙尘暴灾情背景数据库

中国行政区划数据(以县为单位);

植被分布数据;

水系分布数据;

城镇及居民点分布数据;

交通道路分布数据;

中国荒漠化土地分布数据等。

② 沙尘暴专题数据库

沙尘暴气象卫星云图;

沙尘暴天气云图;

沙尘暴灾害强度范围图;

沙尘暴灾情状况图;

历史沙尘暴数据库等。

③ 社会经济人口数据库

该数据库包括受沙尘暴影响地区社会经济发展状况及相关资源。

在其他技术取得突破的基础上,沙尘暴卫星云图处理及信息提取和GIS沙尘暴灾害范围图制作是最关键的技术环节。

3.2.沙尘暴遥感监测信息

沙尘暴发生区一般条件恶劣,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。极轨气象卫星数据空间分辨率较高,但6小时一次的时间间隔,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,如时机恰当则可较好的用于沙尘暴信息提取。静止气象卫星如GMS卫星VISSR数据的空间分辨率较低,但每小时提供一幅占地球表面1/3的全球圆盘图象。适合沙尘暴的实时发现和监测。

NOAA/AVHRR的CH1、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,用来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有差异,可以在云图中把沙尘暴信息分离出来。

GMS-5/VISSR可见光通道的反射率有64个等级,其中0-47级均反映低反照率目标物,如沙尘暴、地表等,有更精细的监测分辨能力。要获得真实反照率,还需要针对高度角变化进行修正。

3.3.沙尘暴灾害监测与评估系统集成

沙尘暴灾害监测与评估系统具有多个子系统、多种数据结构、多信息源、多时相数据的特点。本系统以ARC/INFO作为沙尘暴监测信息系统的支持平台。应用ARC/INFO地理信息系统将各个子系统联结在一起。ARC/INFO功能强大,能够接收、处理多种数据格式如:文本、栅格、矢量数据和遥感图象,图形和图象编辑,处理,显示及图形及其属性数据库相互查询功能强大,同时,和其他系统兼容性强。

4.沙尘暴监测与灾情评估系统的目标和特点

4.1.系统的主要目标

- (1) 系统应具备预警能力,在沙尘暴灾害形成前或形成初期能够发出受灾范围与强度的预警信号;
- (2) 系统应具有及时提供灾情现状,发展趋势信息的能力;
- (3) 系统应具备连续动态监测能力;
- (4) 系统应具备灾情图象显示和制图输出能力;
- (5) 灾后迅速做出灾情评估,提出日后沙尘暴灾害防御区范围,提交每次沙尘暴灾害损失情况及年度报告。

4.2.系统的主要特点

沙尘暴灾害监测和评价充分应用当前信息高新技术,主要反映在预警(根据沙尘暴天气模式预报,判断沙尘暴发生的可能性并监测跟踪其过程),快速(灾害发生

后几小时后,作出反应,有初步结果),机动(全天时,全天候及任意地区作业),准确可靠(高分辨率,定位,定性,定量),和集成(RS, GIS和INTERNET计算机技术综合应用)。沙尘暴遥感监测与灾情评估系统和传统的方法相比有以下特色:

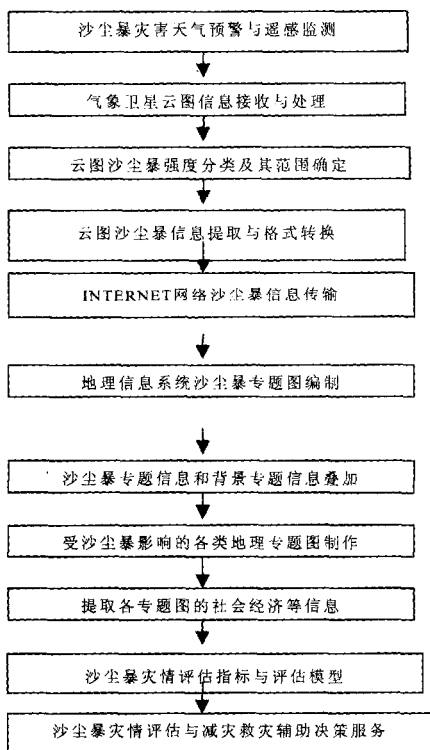
(1) 遥感,地理信息系统, INTERNET 等高新技术和地面观测有机地结合与综合应用;

(2) 遥感与GIS 一体化技术,相互依托,构成完整的监测体系;

(3) 全面和系统地应用计算机技术和网络技术,使信息传递速度和自动化程度得到很大的提高,能够对突发性的沙尘暴灾害做出快速客观地监测和评估。

5. 沙尘暴灾害监测与评估方法

沙尘暴灾害预测与评估建立在研究沙尘暴发生机理和遥感监测气象卫星沙尘暴信息的识别、分类及提取和沙尘暴成灾作用基础上。其技术方法如下:



(1) 气象卫星云图沙尘暴信息分类、提取和传输

沙尘暴灾害监测与评估的首要技术环节是沙尘暴天气预报和气象云图沙尘暴影像特征分类。当某一地区发生沙尘暴时,气象卫星云图能够反应这些信息,根据沙尘暴云图判别标准,提取沙尘暴、浮尘、扬沙的边界范围。边界线是以点(X,Y)形式提取和存储,X代表经度坐标值,Y代表纬度坐标值。沙尘暴边界提取坐标点的数量尽可能多。所提取的边界点越多,沙尘暴范围越近实际。将沙尘暴云图信息文件转化为ARC/INFO能够接收的文本文件,如下表所示:

```
1
103.15  43.51
103.15  43.50
103.15  43.49
103.15  43.46
...
end
2
103.15  43.40
103.15  43.39
...
end
3
103.18  43.31
103.19  43.28
103.19  43.27
...
103.30  43.46
end
end
```

其中1,2,3是沙尘暴边界线段标识值,分别代表强沙尘暴,扬沙和浮尘等.通过INTERNET 将这些信息传递到沙尘暴灾情评估子系统。

(2) 沙尘暴专题图形成与坐标转换

应用ARC/INFO系统将上述文本文件转换为GIS专题图。由于该图是geographic投影方式的经纬度坐标,必须将其转为1:100万LAMBERT投影方式大地坐标.这样和其他地图叠加。

(3) 沙尘暴灾害图制作

应用ARC/INFO信息系统编辑模块的OVERLAY功能将沙尘暴范围信息和有关背景地理专题信息如:中国行政区划图(以县为基本单位),中国荒漠化土地现状图,

中国城市及居民点分布图等叠加,形成相应的受沙尘暴影响的灾害专题图。从专题图属性数据库中提取灾情因子:受灾面积、人口、农田、草地、牲畜等。

(4) 沙尘暴灾情评估

沙尘暴灾害往往造成社会、经济、资源的巨大损失。其中有直接经济损失,如:人、牲畜损失,房屋倒塌,路渠堵塞等;间接损失,如:环境污染,土地质量下降等。通过沙尘暴损失评估指标的建立,应用市场价值法、替代市场价值法、恢复和防护费用法等方法把灾情要素量化为货币损失估价。其表达式:

$$M_i = F(Q_i P_i V_i)$$

其中, M_i 为第 i 项货币损失值; Q_i 为造成 i 项损失量; P_i 为 i 项的市场价; V_i 为 i 项损失的有关变量。

6. 系统应用

受新疆东移的强冷锋云系影响,1999年4月24日下午我国新疆塔里木盆地的西部和南部、吐鲁番盆地大部、伊犁河谷西部以及甘肃河西走廊的酒泉地区、青海西北部冷湖地区出现了较大范围的沙尘暴、扬沙、浮尘天气。经本项目应用卫星遥感技术监测,此次沙尘暴和扬尘影响面积近58万平方公里、人口约360万,受影响耕地约1310万亩、受影响牧草地约17800万亩。其中受沙尘暴影响地区涉及新疆和甘肃的28个县市,面积达24万平方公里,受影响人口约220余万、受影响耕地约800万亩、受影响牧草地约6300万亩。各省(自治区)受影响地区的有关情况详见附表1、2、3。经分析,此次沙尘暴和扬沙虽然主要发生在荒漠地区,但也危害到南疆、吐鲁番盆地、伊犁河谷和疏勒河垦区主要的绿洲农田和牧场。这一地区是我国西北的主要小麦、棉花、油料作物和葡萄、哈密瓜等优良瓜果产区。也是繁育新疆细毛羊等优良牲畜品种的畜牧业基地。当前,正值农作物返青、春播和果树发芽滋生的时节,此次沙尘暴使大面积的耕地、牧草地、城镇居民点和交通道路受到猛烈地袭击。据估计,其造成的经济损失约在2~3亿元左右。附图1是经过处理的4月24日16时(北京时间)NOAA卫星图象。其中银灰色区域为监测到的沙尘暴、扬沙与浮尘影响地区。附图2为提取上述NOAA AVHRR数据的沙尘暴信息经GIS编辑的本次沙尘暴及扬沙影响范围的示意图。截止到4月26日卫星图象显示新疆塔里木盆地上空还笼罩在浮尘中。此次沙尘暴天气过程还影响到哈萨克斯坦和蒙古国部分地区。

表1 1999年4月24日受沙尘暴影响地区情况简表

地区	县市数	行政总面积 (平方公里)	受影响人口 (万人)	受影响土地面积 (平方公里)	受影响耕地 面积(亩)	受影响牧草地 面积(亩)
合计	28	966651	227.92	275774	8388147	77983379
甘肃	4	145427	4.49	32124	182872	14602374
新疆	24	821224	223.43	243650	8205275	63381005

表2 1999年4月24日受扬尘影响地区情况简表

地区	县市数	行政总面积 (平方公里)	受影响人口 (万人)	受影响土地面积 (平方公里)	受影响耕地 面积(亩)	受影响牧草地 面积(亩)
合计	39	1424601	132.67	301182	1708119	100306783
甘肃	5	158924	6.87	41859	230920	16970247
新疆	33	962291	125.58	256289	4469660	82275438
青海	1	303386	0.22	3034	7539	1061098

表3 1999年4月24日沙尘暴及扬沙影响范围合计

地区	县市数	行政总面积 (平方公里)	受影响人口 (万人)	受影响土地面积 (平方公里)	受影响耕地 面积(亩)	受影响牧草地 面积(亩)
合计	41	1455369	360.59	576936	13096266	178290162
甘肃	5	158924	11.36	73983	413792	31572621
新疆	35	993059	349.01	499939	12674935	145656443
青海	1	303386	0.22	3034	7539	1061098

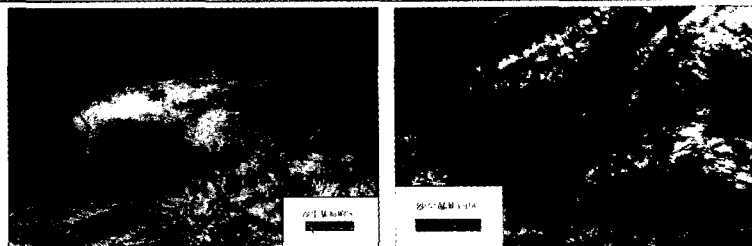


图1 1999年4月24日NOAA卫星云图

7. 小结

(1) 应用卫星遥感, GIS 和计算机网络技术建立沙尘暴灾害监测是非常有效的方法, 可以对灾害预警, 快速准确地评估灾情。

(2) 建立沙尘暴灾害监测评估系统时, 有几个关键问题:

- ①沙尘暴卫星云图识别与信息提取技术;
- ②建立功能强大的GIS系统;
- ③分析灾害的背景数据库和长期的历史灾害数据;
- ④建立沙尘暴灾情评估模型。

(3) 该系统是实用性很强的综合运行系统。各子系统间软硬件要兼容, 信息流畅。

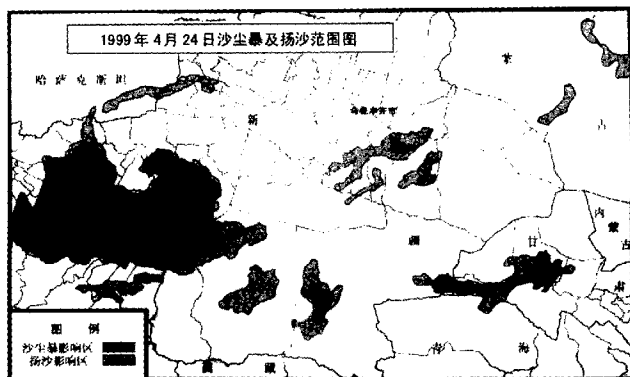


图2 1999年4月24日沙尘暴及扬尘范围示意图

参 考 文 献

- [1] 郑新江等. 利用NOAA、GMS-5资料监测中国沙尘暴的研究. 气象遥感会议论文集, 1998
- [2] 王劲峰. 中国自然灾害影响评价方法研究, 中国科学技术出版社, 1993
- [3] 孙可衡. 空间技术在中国荒漠化监测中应用—兼谈沙尘暴的卫星遥感监测与灾情评估. 海峡两岸空间资讯与防火科技研讨会论文集, 1998