

# 2000年春季沙尘天气的监测、评估与对策

郑新江, 罗敬宁, 陆文杰

(中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081)

中图分类号:P425.5<sup>+5</sup>:P458.1<sup>+1</sup> 文献标识码:A 文章编号:1006-7639(2001)-02-0006-03

## 前 言

2000年入春以来, 我国北方地区天气晴朗, 光照充足, 气温偏高, 而且冷空气活动活跃, 造成十分频繁和强烈的大风天气。特别是3~4月, 大风引发了10余次不同强度的沙尘天气, 严重影响到北京、天津等地的正常社会生活和环境质量, 引起了党中央、国务院、全国人大和广大群众的高度重视, 我们向

国务院有关部门提供上百份沙尘暴监测和分析材料, 为决策服务提供了依据。本文介绍了利用气象卫星对主要沙尘过程的监测、影响北京的沙尘路径分析及影响评估情况, 最后提供了减轻沙尘过程的危害对策。

## 1 2000年主要沙尘过程的卫星监测

### 1.1 卫星图像解释

我们选取部分卫星遥感监测到的沙尘的

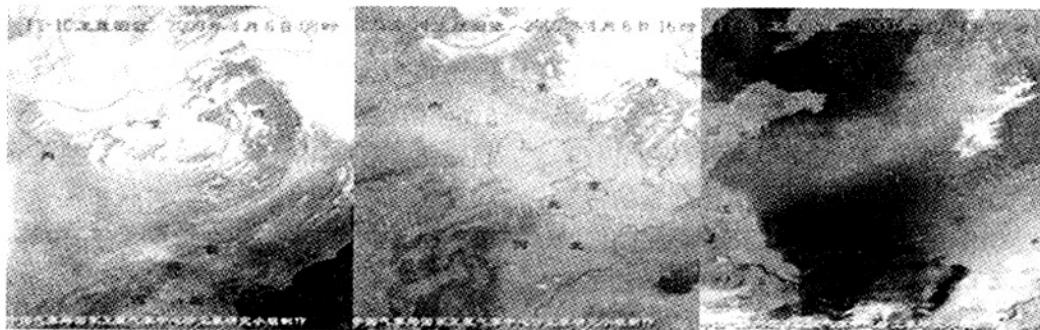


图 1 2000 年 4 月 6~7 日风云一号 C 和 NOAA-14 卫星图像(a、b、c)

图像(图中白色区域为沙尘区)。从图上可以分析出沙尘天气影响到我国内蒙古、甘肃、青海、宁夏、北京、天津和辽宁及南方有关省市的数百万 km<sup>2</sup> 区域(图 1)。

由图可知, 内蒙古、河北、北京、天津、辽宁等地出现大范围沙尘天气, 到 7 日沙尘形成的浮尘已经影响到日本海、朝鲜半岛、黄海及江淮地区。

图 2 是 2000 年 4 月 13 日 10 时风云一

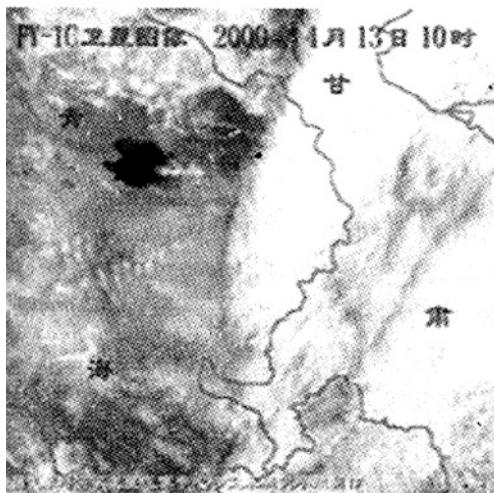
万方数据

号 C 卫星图像。

从图上可以分析出青海省东部地区处于大范围沙尘暴控制下, 甚至青海湖北部水域和东部水域有沙尘存在, 但青海湖中部广大水域上空, 沙尘似乎并不明显(图 2)。

收稿日期: 2001-02-25

作者简介: 郑新江(1945-), 男, 河北人, 研究员, 从事气象卫星资料应用研究工作。



### 1.2 影响北京地区沙尘的可能路径

从卫星图像中沙尘高浓度区的走向,也可以推断沙尘进入北京的路径。在2000年3月23日和4月6日的卫星图像上,显示了沙尘进入北京的第一条路径为内蒙古浑善达克沙地一带—河北黑河河谷—北京地区,第二条路径为内蒙朱日和一带—河北洋河河谷—北京永定河谷。综合北京出现沙尘天气时高空的空气质点移动轨迹,宏观上看,主要有三条路径(图略):第一条为西北偏北路径(如2000年3月18、27日);第二条为西北路径(如2000年3月23日和4月6、9日);第三条为偏西路径(如2000年4月3日)。

研究表明,升空的沙尘微粒因自身的重力作用在移动的过程中不断沉降、扩散,0.1 mm直径的尘粒在空中只能停留几分钟到几小时。因此,随着大风区的移动,如果沿途不是不断地起沙补充,那么离开初始沙源越远的地方,大气中含尘量越少,沙尘微粒也越小。由此可知,北京地区出现浮尘天气,其尘源可以来自很远的地方,但北京地区出现扬沙或沙尘暴天气,临近北京的周边地区乃至北京本地的尘源必有相当的贡献。例如,从3月18日的卫星图像上,可以分析出北京地

区南部局地有沙尘出现,并向河北、天津等地扩散。

### 1.3 沙尘暴光学厚度和载沙量计算

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沙尘气溶胶光学厚度,进而得出扬尘天气过程或沙尘暴的大气含沙量。

卫星瞬时视场接收的反射率可以表示为<sup>[1]</sup>

$$R(\mu_s, \mu_v, \phi_v) = t_d(\mu_s, \mu_v, U_{O_3}) \cdot t_d(\mu_s, \mu_v, U_{H_2O}) [R_{a,m}(\mu_s, \mu_v, \phi_v) + R_{a,a}(\mu_s, \mu_v, \phi_v) + T(\mu_s)T(\mu_v)R_g(\mu_s, \mu_v)/[1 - R_e \cdot A_s \cdot t_d(\Delta U_{H_2O})]] \quad (1)$$

式中  $R(\mu_s, \mu_v)$  为接收的反照率,  $\mu_s, \mu_v$  分别是太阳天顶方向和卫星天顶方向;  $t_{O_3}$  和  $t_{H_2O}$  分别是臭氧和水汽的温射透过率;  $R_{a,m}$  和  $R_{a,a}$  分别为大气分子反照率和大气气溶胶反照率;  $R_e$  和  $R_g$  分别是遥感目标环境对卫星视场的作用和地面反照率;  $A_s$  为大气球面反照率;  $T(\mu_s)$  和  $T(\mu_v)$  分别是日地路径和地星路径上的总透过率。

对于 NOAA – AVHRR 的 Ch1 (0.58 – 0.68 μm), 有  $O_3$  吸收带和弱  $H_2O$  吸收, 其平均漫射透过率以及分子散射率必须确定。

随着扬沙强度和沙尘暴强度的增加,空气中大粒子( $r > 1 \mu m$ )的浓度急剧增加,大粒子的散射、消光特征起了主导作用。设沙尘气溶胶层是平面平行气层, 散射光为无偏振自然光, 引入衰减因子  $\beta$  ( $r = 10 \mu m$ ) 和 AVHRR Ch3 与 Ch4 的亮温以及 HG 相函数  $P_{HG}(\cos A)$ 。

由以上关系,用 Monte – Carlo 方法模拟计算逐像元沙尘气溶胶的反照率和吸收率。取西北相关地区沙尘暴多发时期的晴空地面图像,与(1)式联立进行表达式简化,并引入计算透射和反射系数的近似公式<sup>[2]</sup>:

$$\sigma(\mu_s, \mu_v, \phi_v) = R(\tau, \mu_v)R(\tau, \mu_s)/[4 + (3$$

$$-X_1)\tau] - 1/2(e^{-\tau/\mu_v} + e^{-\tau\mu_v} + [P(\cos A) - (3+X_1)\mu_s\mu_v])\sigma_1(\mu_s, \mu_v) \quad (2)$$

$$\rho(\mu_s, \mu_v, \phi_v) = 1 - R(\tau, \mu_v)R(\tau, \mu_s)/[4 + (3-X_1)\tau] + [(3+X_1)\mu_s\mu_v - 2(\mu_s + \mu_v) + P(\cos A)]\rho_1(\mu_s, \mu_v) \quad (3)$$

式中  $\sigma_1, \rho_1$  为 1 次散射的透射和反射系数。

由(2)(3)式, 可解出沙尘暴层中的沙尘光学厚度。

引用 Junge 谱分布模式  $n(r) = Cr^{-(v+1)}$ ,  $r$  为粒子半径,  $V$  为参数, 及其光学厚度, 利用公式(3)

$$M = \rho(4/3)\pi N_c \int_{r_1}^{r_2} r^3 n(r) dr \quad (4)$$

可解出逐像元沙尘粒子总质量。

计算出的 2000 年 4 月 6 日下午华北地区沙尘暴的光学厚度和载沙量(图略)。

## 2 沙尘天气灾害影响和影响损失评估模型研究

### 2.1 沙尘天气的危害

沙尘天气往往给人类社会的生产生活和自然环境带来危害。特别是具有突发性、影响范围大的强沙尘暴过程, 其危害程度绝不在一场台风和暴雨之下。只是因为沙尘暴多发生在偏远荒漠、人口密度较低的地区, 其危害常被漠视。但是随着社会生活质量的提高, 环境保护日益受到关注, 一段时间以来沙尘天气频繁光顾首都圈, 对北京地区的经济社会发展产生了巨大的影响。人们理所当然地提高了对防止沙尘天气危害的重视。

沙尘暴天气主要的危害方式有大风灾害、风蚀沙割、沙埋、冻害、引发火灾等对农业生产、牧业生产、工业生产、交通、通讯、电力网及建筑物等方面带来严重经济损失, 还往往造成人畜伤亡和大范围环境污染。沙尘暴夹着远方的沙土和尾矿粉尘遮天蔽日而来, 对空气、水源造成严重污染, 对人体、动物、植物产生公害, 增加了疾病的的发生。牲畜采食有降尘的牧草后肚胀、腹泻。降尘还引起人们眼疾和呼吸道感染, 遮盖植物叶面, 影响光合作用等等。

万方数据

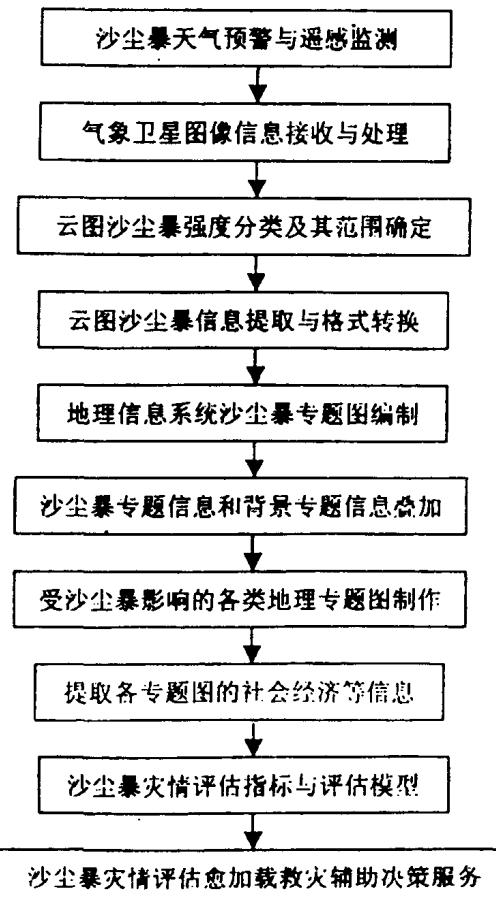
### 2.2 损失评估模型研究

沙尘暴灾害经济损失的评估方法主要采用影子工程法、替代市场价值法、市场价值法、恢复和防护费用法等方法来估算, 其数学表达式为

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

其中  $M_i$  为第 I 项货币损失值,  $Q_i$  为造成损失的数量,  $P_i$  为造成损害的单位产品市场价格,  $V_i$  为第 I 项损害的各个不同变量。

沙尘暴灾情评估建立在研究沙尘暴发生机理、气象卫星遥感监测沙尘暴信息的识别、分类和提取及沙尘暴成灾作用基础上。其技术方法如下:



### 2.3 2000 年 4 月 6 日沙尘过程评估结果

此次沙尘过程影响范围较大, 涉及内蒙古、山西、河北、辽宁、北京和天津六省(市)。在 6 日上午 8 时的影响总范围约为 166 233km<sup>2</sup>, 受影响人口约 918.61(下转 20 页)

## Objective pattern discriminating model for dust storm forecasting

GAO Tao, LIU Jing-tao, KANG Ling

(Inner Mongolia Autonomous Region Meteorological Bureau, Hohhot 010051, China)

**Abstract:** For forecasting dust storms in central and western area of Inner Mongolia Autonomous Region, a classified discrimination approach has been developed. According to the historical meteorological circulation patterns, we have classified the 37 strong historical dust-storm events in this area during the last 40 years into four patterns. Using the method suggested by Saaty T. L, a priority relationship matrix was set up and then, the discriminating function. Depending on the values of the function, we can judge whether the real-time situation belongs to one of the four patterns and if so, to which one. If it belongs to one pattern, then we can use this historical typical event as a background for forecasting a dust storm. Its successful applications were shown by the using during the spring of year 2000.

**Keywords:** Dust storm; Discriminating analysis; Circulation patterns

(上接 8 页)万,受影响耕地约 216.4hm<sup>2</sup>,牧草地约 902.6hm<sup>2</sup>。由于其影响范围的向东南扩展,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 285 797km<sup>2</sup>,受影响人口约 4 408.99 万,受影响耕地约 603.1hm<sup>2</sup>,牧草地约 1 139.6hm<sup>2</sup>。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,初步估算损失上亿元。

### 3 对策建议

如前所述,沙源和合适的天气条件(大风、上升气流强),对于沙尘天气形成来说,缺一不可。因此大力减少裸露地面,注意控制地面尘源,是减轻沙尘天气强度的有效方法。此外,目前人类虽无法控制天气条件,但是加强北方地区沙尘天气监测预警系统建设,加强沙尘暴形成条件、机理、变化规律等方面的研究,对于减轻沙尘暴天气所造成危害有十分重要的作用。

### 3.1 加强北方地区沙尘天气监测、预警系统建设

我国北方地区,特别是西北地区的气象台站稀少,设备落后,难以适应沙尘暴天气进行监测、预警的要求。建议加强北方地区沙尘暴天气监测、预警系统,应用气象卫星、雷达、探空、自动气象站等多种手段对沙尘暴的形成、发展和传播进行跟踪监测、探索将传统的天气学方法和现代数值预报方法有效结合的沙尘暴天气中短期预报方法以形成实时的沙尘暴监测、预警和服务系统。

### 3.2 加强沙尘暴形成条件、机理、变化规律等方面的研究,提高沙尘暴天气的预报能力

目前我们对沙尘暴天气形成和发展的规律,以及沙尘长距离输送的天气条件等了解很少,直接预报沙尘暴发生的能力很低,现在主要是通过预报大风来推测沙尘暴的发生。因此,还需要加强对沙尘暴形成条件、机理、变化规律等全面的研究,以逐步提高直接预报沙尘暴天气的能力。