

文章编号 :1006-1630(2001)01-0055-06

FY-1C 气象卫星在沙尘暴监测中的应用

郑新江, 罗敬宁, 刘 征

(中国气象局 国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘 要 利用我国发射的“风云一号”(FY-1C)极轨气象卫星(FY-1C)所提供的图像,对 1999 年 5 月 13~14 日发生在塔里木盆地至河西走廊西部以及 2000 年 4 月 6~7 日发生在北京周围地区的两次沙尘暴过程进行了分析,说明 FY-1C 资料在环境监测方面可以发挥极好的作用。

关键词 气象卫星;卫星遥感;沙尘暴

中图分类号 V474.2+4 **文献标识码** A

Study of Using FY-1C Meteorological Satellite to Monitor the Dust Storm

ZHENG Xin-jiang, LUO Jing-ning, LIU Zheng

(National Satellite Meteorological Center CMA, Beijing 100081, China)

Abstract The dust storm and fly ash which happened from the tarim Basin (on may 13~14th in 1999) and the Beijing area (on April 6~7th in 2000) are analyzed with the data from FY-1C Meteorological Satellite launched Recently in china. The above illustrates that the FY-1C Meteorological Satellite can exert the best function at the aspect of environment monitor.

Keywords Meteorological satellite; Satellite remote sensing; Dust storm

0 引言

2000 年 3~4 月,我国北方地区天气晴朗、光照充足、气温偏高,而与此同时冷空气活动却十分活跃,从而造成十分频繁而强烈的大风天气。特别是 3 月份以后,大风引发了十余次不同程度的沙尘天气,其威力所及,甚至严重影响到北京、天津等地的社会生活和环境质量,引起了党中央、国务院和全国人大的高度重视。沙尘天气特别是沙尘暴的成因、预报和预防措施等,也因此而成为社会各界和媒体关注的焦点。

本文介绍了沙尘暴天气的发生规律及其危害,并介绍了 FY-1C 气象卫星在沙尘暴监测中的

应用与效果。

1 沙尘暴天气及其危害

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的一些地区,乃至朝鲜和日本。根据其造成的大气水平能见度的差异,沙尘天气被划分为三类,即扬尘、浮尘和沙尘暴。其中,沙尘暴的危害最为突出。根据水平能见度情况,沙尘暴分为特强、强、中等和轻四级。相应的能见度指标分别为 50 m、200 m、500 m 和 1000 m。

1.2 沙尘天气的发生规律

沙尘暴的成因复杂,一般认为其主要环境因

收稿日期 2000-11-15

作者简介 郑新江(1945-)男,研究员,发表论文多篇,研究领域:气象卫星资料的应用。

子有地表的覆盖类型、物质构成、温度与湿度状况。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。干旱少雨、大风频繁和不稳定的空气,广泛分布的沙漠、戈壁和沙漠化土地以及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。我国北部春季地表裸露,故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月份为高峰期,新疆塔里木盆地周围则集中在3~8月份。

1.3 沙尘暴的危害

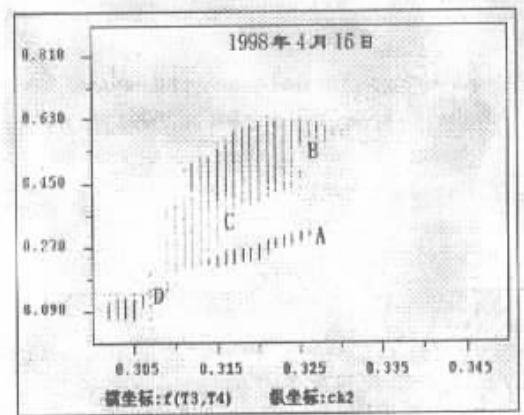
沙尘暴,特别是特强沙尘暴是一种危害极大的灾害性天气。当其形成之后,会以排山倒海之势滚滚向前移动,携带沙粒的强劲气流所经之处,大片农田或沙埋,或沃土遭风蚀刮走,或农作物受霜冻之害,从而造成农作物大幅度减产甚至绝收;同时,它还会加剧土地沙漠化,造成大气环境的严重污染和生态环境的巨大破坏,对交通和供电线路造成严重影响,给人民生命财产造成重大损失。比如1993年5月5日的一次特强沙尘暴天气,就使西北四省(区)的18个地(市)的73个县(旗)蒙受直接经济损失5.6亿元。因受土地资源超载、全球气候变暖、水资源短缺诸因素的影响,近几年强沙尘暴发生频数有逐年增加的趋势,沙尘暴对人类的危害也将随之增大。

2 监测沙尘暴的技术方法

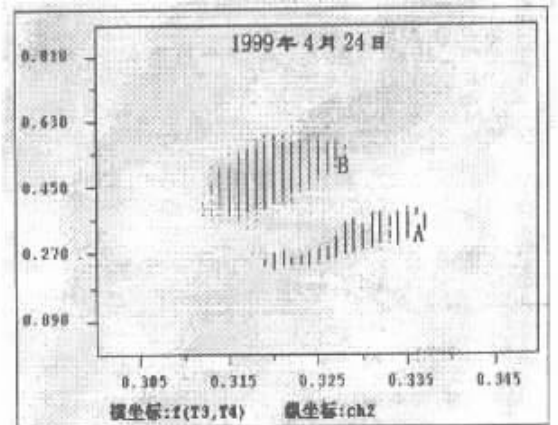
沙尘暴多发区往往条件恶劣,测站稀少,因而利用气象卫星遥感资料对沙尘暴进行监测是一种有效的方法。卫星遥感目标物的物理基础是地物间光谱特征的差异^[1]。目前,极轨气象卫星的光谱通道大体可分为两类(见表1):一类位于可见

光波段,可接受来自目标物的反射率,用来测算下垫面的反射率;另一类位于红外窗区波段,可接受来自目标物的热辐射。由于沙尘暴顶部与地表和云层在反照率与表层温度上均存在着差异,因而可以利用气象卫星监测沙尘暴。图1是利用气象卫星热红外波段(横坐标CH3、CH4)与可见光波段(纵坐标CH2)制作的散点分布图,图中A代表沙尘暴,D代表地表,其中(a)、(b)、(c)中的B、C分别代表高、低云,(d)中的C代表高云,B表示渤海海面上空的沙尘暴区。从本图可以看出,沙尘暴区与地表、不同高度的云层有明显的差别。

本文使用的卫星资料,均来自于我国自己研制的FY-1C极轨气象卫星。该卫星高度2.11 m,质量950 kg,主要载荷为两台10通道的扫描辐射仪,与前面的两颗同系列卫星(FY-1A和1B)相比,有了很大的改进。其星载扫描辐射仪的通道量由5个增加到了10个,基本包括了NOAA卫



(a)



(b)

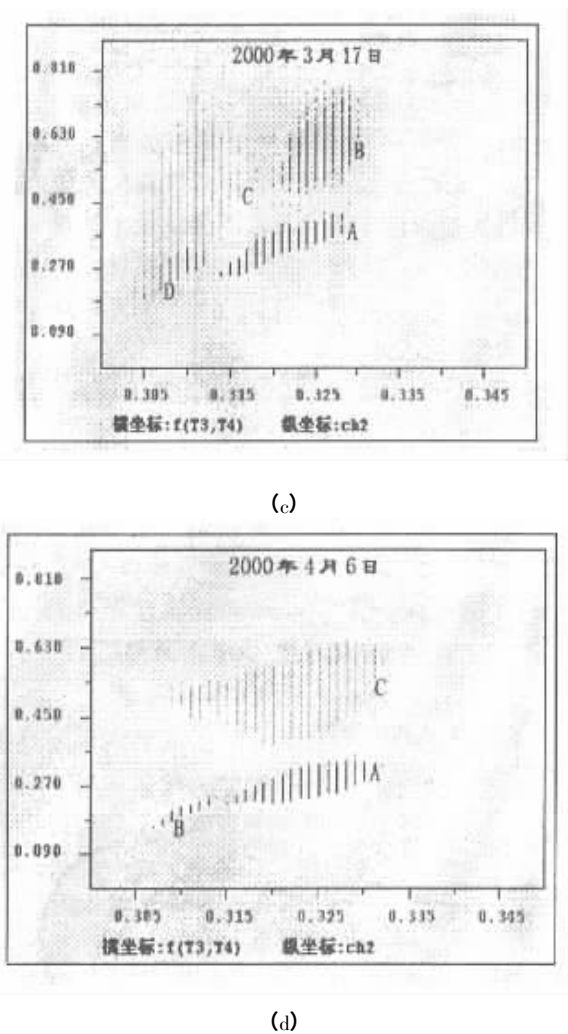


图 1 CH.3、CH.4 与 CH.2 反射率的散点分布
(A 沙尘暴区 B 高云 C: D 地表)

星和陆地卫星的主要通道(见表 1),并将数据量化位数由 8 bit 提高到 10 bit,使所获取的信息量大幅度增加。

表 1 FY-1C 与 NOAA 可见红外扫描辐射计通道特征

通道	$\lambda/\mu\text{m}$		主要用途
	FY-1C	NOAA	
1	0.58~0.68	0.58~0.68	白天云、冰、雪、植被
2	0.84~0.89	0.725~1.1	白天云、植被
3	3.55~3.95	3.55~3.93	热源、晚间云
4	10.3~11.3	10.5~11.3	海温、白天/夜间云
5	11.5~12.5	11.5~12.5	海温、白天/夜间云
6	1.58~1.64	—	土壤湿度、云/雪判断
7	0.43~0.48	—	海洋水色
8	0.48~0.53	—	海洋水色
9	0.53~0.58	—	海洋水色
10	0.65~0.75	—	水汽

从表 1 中我们可以分析出,由于比 NOAA 多 5 个通道,FY-1C 可以提供许多 NOAA 卫星资料不具备的信息。这些通道对多样性的地表和各种云层的判识能力更强,也使我们能够获得更准确的沙尘暴信息;与 NOAA 共用,可使监测次数增加一倍。

3 FY-1C 卫星在沙尘暴监测中的应用

3.1 监测塔里木盆地沙尘暴

塔里木盆地是我国最大的沙漠戈壁,总面积达 71.5 万 km^2 ,占全国沙漠戈壁的 55%。特别是塔克拉玛干沙漠,面积达 33.76 万 km^2 ,水分条件差,无植被覆盖,沙粒巨大,一旦有大风出现,便可形成沙尘暴。1999 年 5 月 13~14 日,就是发生在塔里木盆地的一次强沙尘暴天气,使和田、喀什受灾严重,大面积棉花、小麦遭受风灾,部分牲畜死亡,树木刮倒,电力设施毁坏,造成重大经济损失。本文重点对 FY-1C 气象卫星 5 月 13 日的监测资料进行分析和研究。

3.1.1 沙尘暴的图像特征分析

5 月 13 日,因受中亚东移的低槽冷锋云系的影响,塔里木盆地自西向东出现了强沙尘暴天气。是日 08 时~11 时(北京时,下同)民丰等地最小能见度达到 0 m;14 日浮尘扬沙天气影响到河西走廊西部的敦煌、金塔等地。

5 月 13 日 12 时,FY-1C 星使用第一通道($0.58\sim0.68\mu\text{m}$),第二通道($0.84\sim0.89\mu\text{m}$)和第七通道($0.43\sim0.48\mu\text{m}$)对沙尘暴区进行了观测。图 2 即是由这些通道所提供的资料经合成处理而成的素描图。从图上可以分析出,塔里木盆地南缘的沙尘暴区分布均匀,呈椭圆形状,边缘清晰整齐,并可以看到有太阳暗影区存在,这表明沙尘暴具有一定高度。次日 11 时,FY-1C 卫星观测到的沙尘暴减弱后的浮尘与扬沙区,色调和覆盖强度明显比 13 日 12 时弱,分布于地形凹处,可以清楚地看到浮尘下的植被和地表(图略)。分析表明,FY-1C 卫星能提供直观、清晰的沙尘暴及浮尘扬沙区观测资料,是监测追踪沙尘暴天气的有



图2 1999年5月13日沙尘暴影响范围示意图

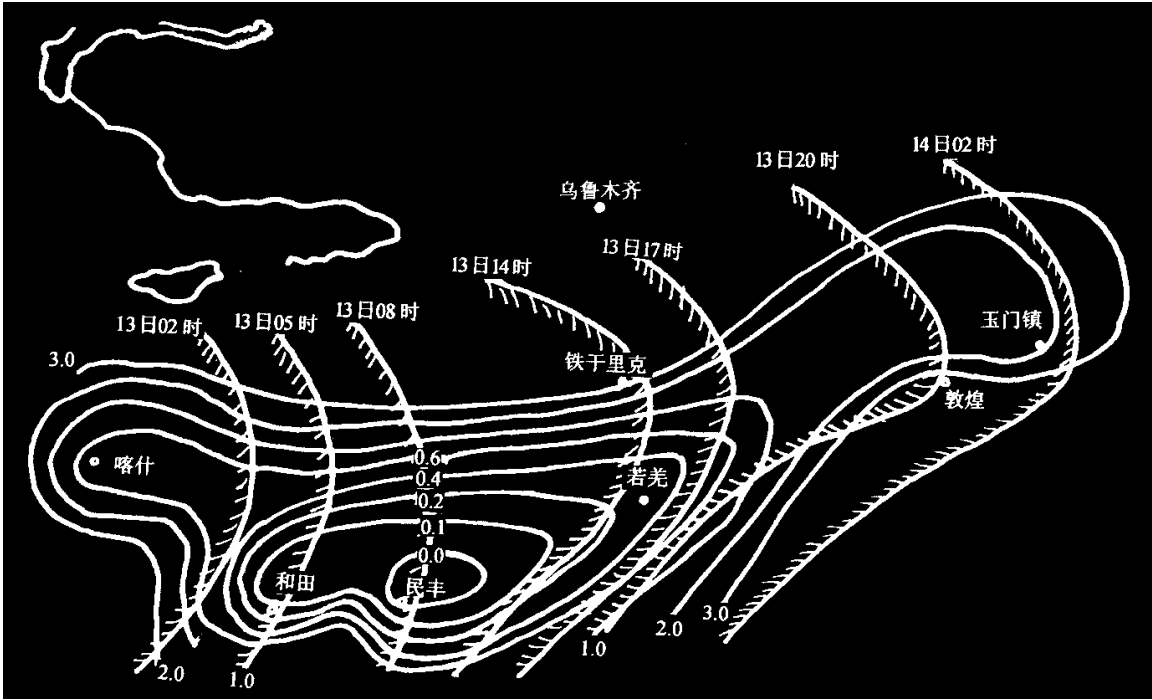


图3 1999年5月13~14日沙尘暴区及其移动路径图

效工具。

3.1.2 地面观测事实

从5月13~14日沙尘暴区及其移动路径(如图3所示)可以看出,5月13日02时,沙尘暴开始出现于塔里木盆地西部的莎车、皮山等地,然后随冷锋云带沿盆地南缘规律东移。13日05时,

和田也开始出强沙尘暴,能见度达100 m。13日08时、14时,于田、民丰、且末等地均观测到沙尘暴,17时沙尘暴移至若羌。若羌沙尘暴20时发展到最强。塔里木盆地的沙尘暴最强时段集中在13日08~20时,能见度一般小于100 m。民丰13日08时能见度达0 m。沙尘暴持续时间一般为

(3~12)h,而且末沙尘暴则持续了18h之久。14日02时,南疆大部分地方的沙尘暴减弱为浮尘天气,并开始向东扩散至河西走廊的敦煌、金塔、酒泉等地。沙尘暴区和浮尘扬沙区情况与FY-1C气象卫星的观测资料完全吻合。

塔里木盆地是我国重要的工业基地。利用气象卫星资料研究沙尘暴发生规律,对环保和开发均有重要意义。

3.2 监测北京地区沙尘暴

2000年春季,亚洲北部西风带锋区活跃,受东移并加强发展不稳定小槽的影响,较强冷空气沿西北路径进入我国北方地区,形成了大风和沙尘暴天气,其中有8次对北京地区造成了明显影响。气象卫星对这些沙尘过程进行了详细的监测;气象部门根据其监测资料,配合地理信息系统,对沙尘暴的灾害影响进行了评估,并分析了影响北京地区沙尘的可能路径与源地,为国家有关部门的决策提供了辅助信息。下面以对北京影响最强的4月6日沙尘暴过程为例,加以说明。

3.2.1 4月6~7日沙尘过程图像分析

2000年4月5日开始,有一条冷锋云系自贝加尔湖以南地区向南移动,云顶温度在(-40~-45)℃之间。此云带在东移过程中不断加强,云顶温度下降到-50℃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

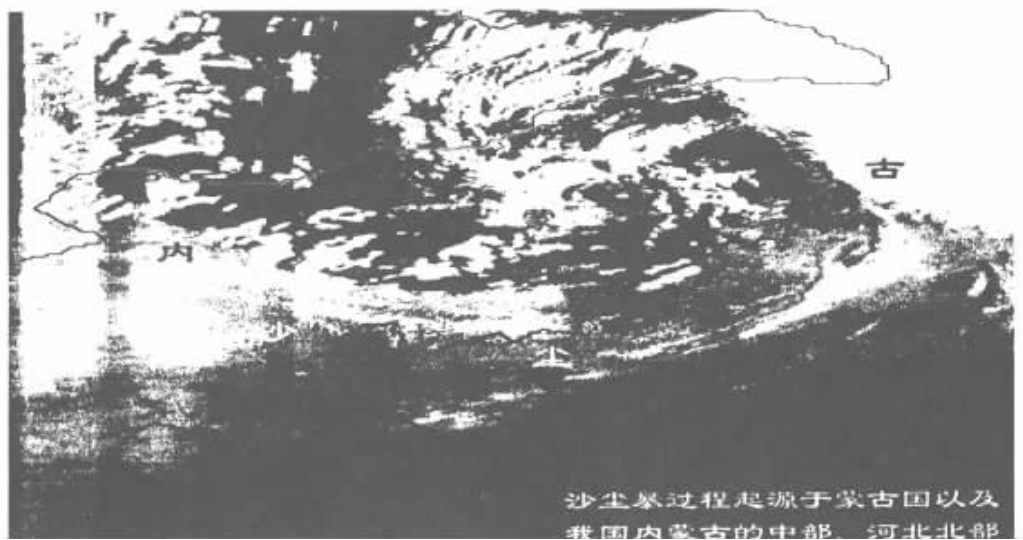
一带,对应的地面锋面气旋东移到内蒙古东部和吉林西部一带,强度达到生命史最强时期,中心气压为993 hPa。冷锋云系南部的偏西大风与冷锋后部的西北大风夹带着蒙古高原的沙土,造成了沙尘暴、扬尘与浮尘天气。其时瞬时最大风速达24 m/s,最低能见度(300~400) m。FY-1C星及时监测到了这一沙尘过程(图4)。

图5中的黑色和灰色图区域为遥感处理后提取的沙尘信息。沙尘起源于内蒙古中部地区,沙尘暴的前边界位于内蒙古南部、河北北部与山东西部一带(此时尚未影响北京地区);同时还可以分析出地形对沙尘分布有明显的影响。

下午,由于太阳辐射加强,大气更加不稳定,沙尘天气也达到最强。沙尘控制了内蒙古中部、河北中部、京津地区以及辽宁西部等地区,其前沿已经到达渤海上空(图略)。

第二天,随着天气系统的减弱,大风沙尘天气也明显缓解。从处理后的FY-1C图像中可以分析出,浮尘已移到日本海、朝鲜半岛、黄海以及长江以北等地区(图略)。

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、自治区。在6日上午08时,受影响总范围为166 233 km²,受影响人口约918万,受影响耕地约2 164 000 hm²,牧草地约9 026 000 hm²。由于影响范围不断向东南扩展,逐渐覆盖了北京和天津这样的大城市



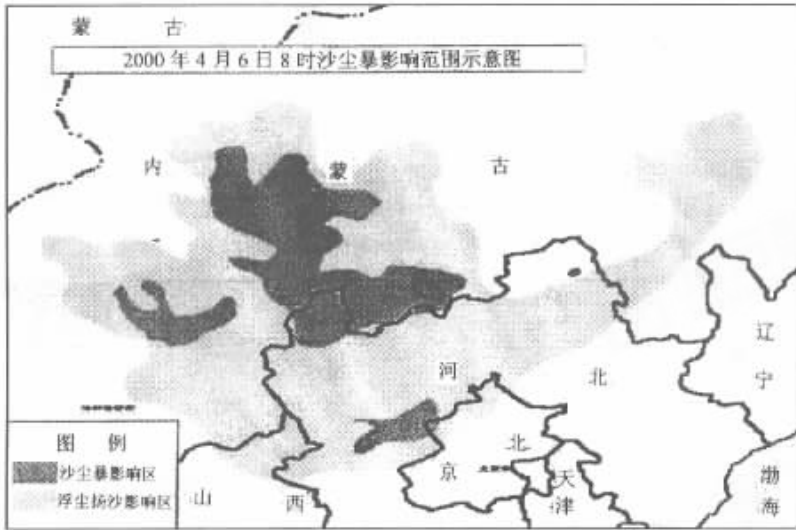


图5 2000年4月6日08时沙尘暴影响范围示意图

及其郊区及河北、辽宁等农业与沿海发达地区。6日下午4时的影响总范围达到约 $285\,797\text{ km}^2$, 受影响人口约 4 409 万, 受影响耕地约 $6\,031\,333\text{ hm}^2$, 牧草地约 $11\,396\,000\text{ hm}^2$ 。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、邮电通讯的直接损失, 初步估算上亿元。

3.2.2 影响北京地区沙尘的可能路径分析

把卫星观测到的影响北京地区沙尘过程的卫星图像叠加在一起(图略), 即可以从宏观上分析出影响北京地区沙尘的可能路径和区域, 为防治、减少首都的沙尘提供决策依据。初步分析大致可分为以下三条:

第一条 为西北偏北路径, 从内蒙浑善达克沙地一带经河北省黑河河谷, 影响北京东北部。

第二条 为西北路径, 从内蒙古朱日和地区经河北省洋河河谷, 过北京永定河谷, 影响北京西北等地。

第三条 为偏西路径, 从山西省东部的桑干河谷到北京永定河谷, 影响北京地区。

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, 大气中含尘量就越少, 沙尘微粒也越小。由此可知, 北京地区出现扬沙和沙尘暴天气, 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, 从卫星图像上(图略), 可以分析出北京地区南部局部有沙尘出现, 并向河北、天津等省、市扩散。

4 结束语

利用我国发射的 FY-1C 卫星监测沙尘暴以及浮尘、扬沙区, 其图像清晰、直观, 能明显区分出地表、云区和沙尘暴区域, 也能追踪沙尘的路径和源地, 其监测结果与实际观测到的沙尘暴非常吻合。因此, FY-1C 极轨气象卫星是监测、追踪沙尘暴天气的有效工具。相信 FY-1C 极轨气象卫星在高原、海洋、森林等气象资料稀少地区的自然灾害监测和环境资源开发等方面, 将发挥更加广泛的作用。

(致谢 王丕兰、高月秀同志参加了部分工作, 在此深表谢意!)

参考文献

- [1] 郑新江, 罗敬宁等. 2000年3~4月卫星监测沙尘天气分析[J]. 遥感信息, 2000, (2): 26-30.