

北京地区沙尘天气的某些特征分析^{*}

郑新江¹⁾ 杨义文²⁾ 李 云¹⁾

1) (中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081)

2) (中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

摘 要 利用近几年来气象卫星对沙尘天气的监测结果, 分析了影响北京地区沙尘天气的一些特征, 得到以下结果: (1) 影响北京地区沙尘的源地可分为3类: 第1类沙尘起源于蒙古国南部地区, 第2类沙尘起源于我国内蒙古地区, 第3类沙尘起源于北京本地。(2) 影响北京地区的沙尘路径大致有3条: 第1条路径, 蒙古国南部—内蒙古浑善达克沙地—河北省西北部—北京地区; 第2条路径, 蒙古国南部—内蒙古朱日和一带—河北省西部—北京地区; 第3条路径, 山西高原—河北—北京地区。(3) 沙尘在移动过程中, 强度是不断变化的。(4) 大气环流是制约沙尘天气的直接原因。

关键词: 气象卫星; 北京地区; 沙尘暴

文章编号 1006-9585 (2004) 01-0014-10 **中图分类号** P412.27 **文献标识码** A

1 引言

北京地处华北平原北部, 燕山山脉自西向东, 太行山脉自南向北构成环状, 屏障在北京的西部和北部。北京地区春季是风沙天气的多发季节, 据统计, 1971~1998年北京地区发生沙尘暴25次, 扬沙355次, 浮尘111次^[1]。尤其是最近几年, 北京地区春季多次发生严重的风沙天气, 给北京市民的生产、生活、交通、市容等方面带来了巨大的损害和负面影响, 风沙天气已严重地污染了人们赖以生存的大气环流。因此, 摸清北京地区的沙尘天气的活动规律, 研究预测沙尘天气产生的原因, 对促进首都北京的社会、经济、环境的可持续性发展, 还北京蓝天、碧水和绿地有着十分重要的意义。

气象卫星监测沙尘暴方法的出现^[2,3]为我们了解沙尘暴发生发展的规律提供了新的手段。本文以气象卫星资料为主, 结合地面常规观测资料分析了影响北京地区沙尘天气的源地、路径和强度变化等特征, 最后对沙尘天气的预测问题进行了初步的讨论, 为北京风沙天气的治理提供了科学信息。

2 北京地区沙尘天气的某些特征

2.1 影响北京地区的沙尘源地

从1998年以来的气象卫星沙尘监测图分析发现, 造成北京地区春季沙尘天气的沙

2004-01-08收到, 2004-02-10收到修改稿

^{*} 国家财政部“西北土壤水分、沙尘暴监测预测研究”项目(Y0101)资助

尘源地大致可分为 3 类：第 1 类沙尘起源于蒙古国南部和东南部地区，进入我国内蒙古后继续加强，并影响北京等地区；第 2 类沙尘起源于我国内蒙古地区，经河北省西部时不断加强，并影响北京地区；第 3 类沙尘起源于北京本地西北部，并影响北京东部等地区。表 1 列出了 2002 年 3~4 月卫星监测北京地区沙尘天气日期与沙源统计。

从沙尘过程的影响程度来分析，第 1 类沙尘天气造成的影响明显大于第 2 类和第 3 类，如 2002 年 3 月 20 日北京出现的强沙尘暴天气就属于此类。下面的个例对这 3 类沙尘天气过程的卫星图像特征进行了说明。

表 1 卫星监测北京地区沙尘天气日期与沙源

日期	蒙古国沙源	日期	内蒙古沙源	日期	北京本地沙源
2002-03-15 (扬沙)	蒙古国南部	2002-04-11 (扬沙)	内蒙古	2002-04-08 (扬沙)	北京本地
2002-03-20 (沙尘暴)	蒙古国南部	2002-04-11 (扬沙)	内蒙古	2002-04-16 (扬沙)	北京本地
2002-03-21 (扬沙)	蒙古国南部	2002-04-15 (扬沙)	内蒙古		
2002-04-06 (扬沙)	蒙古国中、南部				
2002-04-07 (扬沙)	蒙古国中、南部				

2.1.1 起源于蒙古国境内的沙尘个例分析（2002 年 3 月 19~21 日过程）

从静止气象卫星逐时连续动画监测图像上，可以很清楚地监测到沙尘暴发生的源地（图 1）。从 2002 年 3 月 19 日开始，受强冷空气和蒙古气旋影响，有大片的黄色沙尘在蒙古国生成，随后，该沙尘区向东偏南方向移动并进入我国。3 月 20 日早晨，沙尘区继续向偏东南方向扩展，20 日 11 时在内蒙古中部的毛乌素沙地附近又有一片新的沙尘区形成。两片沙尘区在东移中发展，影响区域不断扩大，最后连成一片，覆盖了内蒙古中东部及河北大部，于 20 日上午开始影响北京地区，在高分辨率的极轨卫星沙尘监测图像上（图 2）清楚地显示出，北京地区的中部和北部被大范围黄色沙尘所覆盖。

本次过程是近 10 年来最强的一次沙尘暴过程，从西部的新疆到东部的黑龙江，从北面的内蒙古到长江以南的湖南省等地区均出现了不同程度的沙尘天气。其中，甘肃、内蒙古、宁夏、河北、北京、天津、辽宁等省市区出现了强沙尘暴，局部还出现了特强沙尘暴，风力一般 5~7 级，瞬间风力达 8~9 级。

2.1.2 起源于内蒙古等地区的沙尘天气个例分析（2002 年 4 月 11 日过程）

2002 年 4 月 11 日北京地区的沙尘天气过程是一次典型的沙尘来源于内蒙古等地的例子。从气象卫星图像（图略）上分析出，受来自蒙古高原锋面气旋云系后部偏北大风的影响，内蒙古中东部、河北北部、京津地区出现了沙尘天气。

在 11 日 14 时极轨气象卫星沙尘监测图上（图 3）可以分析出，本次沙尘过程起源于内蒙古浑善达克沙地一带，此时沙尘前边界已经影响到河北省西北部。3 h 后开始影响北京市北部地区（图略）。从静止卫星逐时动画图像与地面天气图上，均未发现在蒙

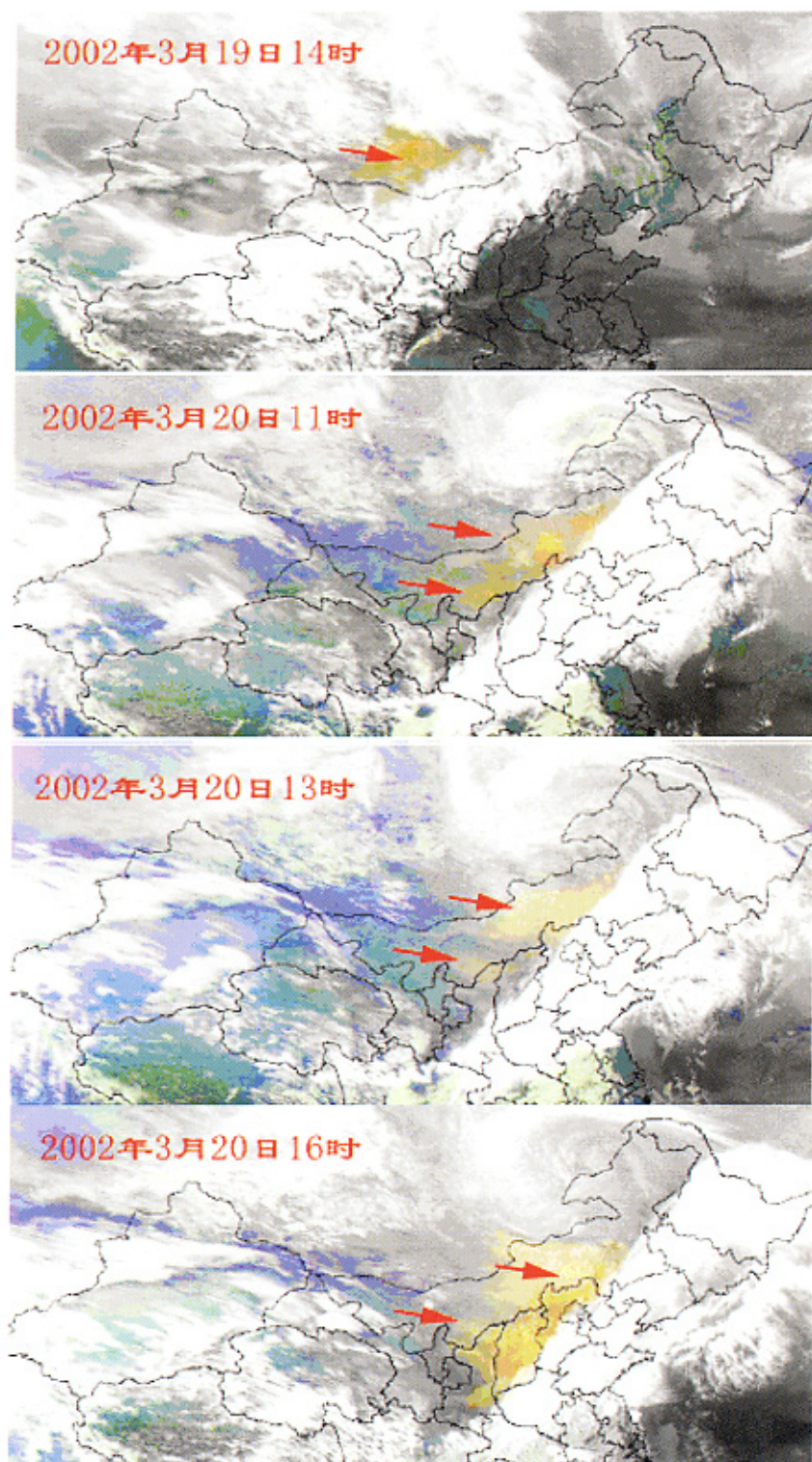


图1 2002年3月19~20日过程静止卫星沙尘监测图

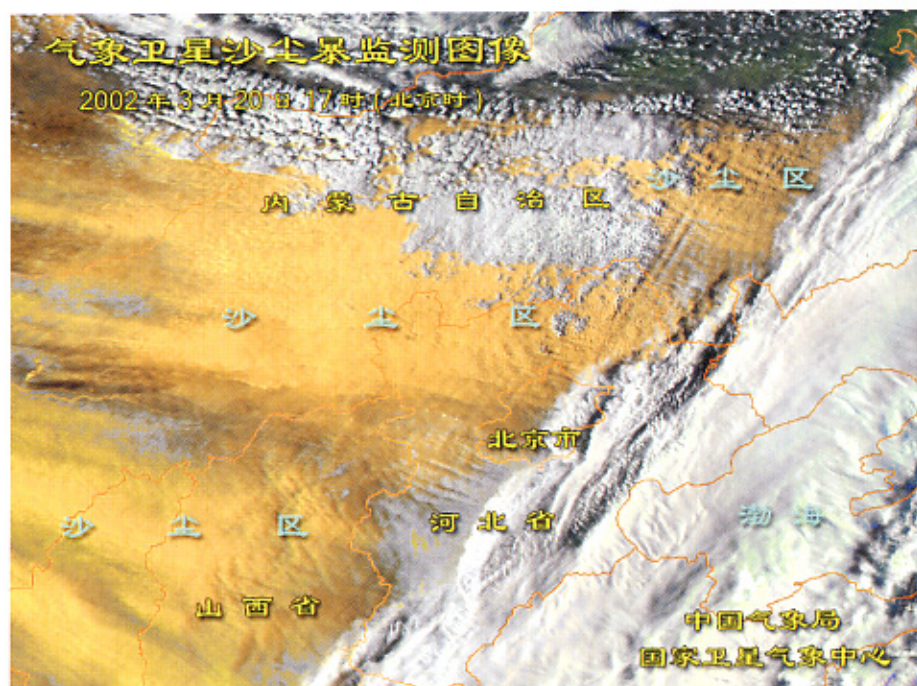


图2 2002年3月20日17时沙尘监测图

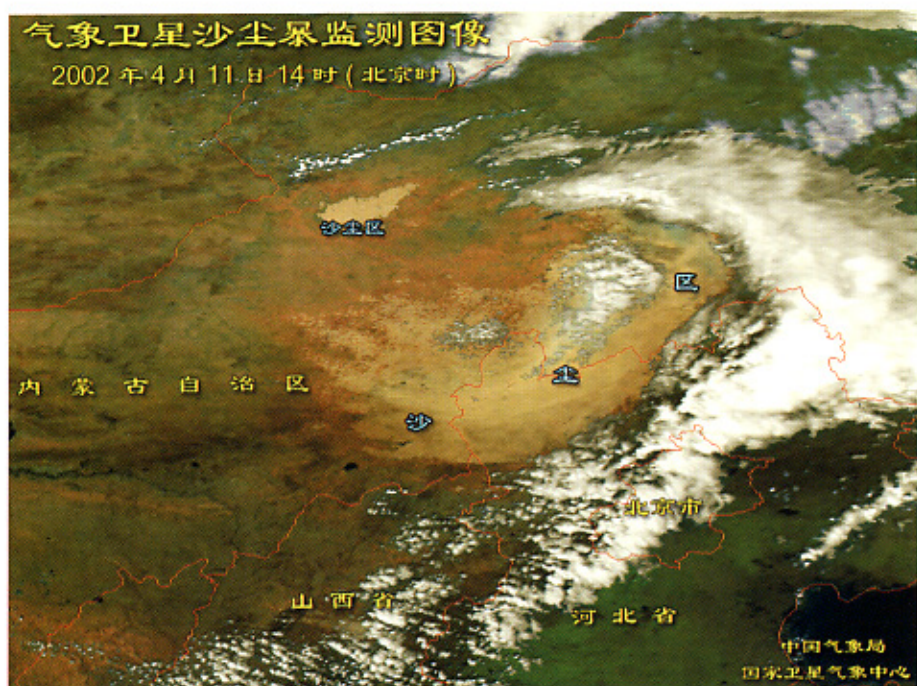


图3 2002年4月11日14时沙尘监测图

古国境内有沙尘天气发生。

2.1.3 起源于北京地区的沙尘个例分析（2001年5月13日过程）

2001年5月13日，中亚地区有蒙古气旋活动，在地面冷锋移过华北地区后，在锋面后出现了偏西大风，在内蒙古中部的锡林郭勒盟以及北京市的延庆等地分别出现了扬沙天气（图4）。

2.2 影响北京地区沙尘的可能路径

卫星图像可以直观地反映沙尘的移动路径和影响范围，配合地面测站资料，可以分析出影响北京地区沙尘的主要路径。图5是根据1998~2002年多次卫星图像分析后得到的影响北京地区的沙尘路径图。从图上可以分析出入境北京地区的沙尘主要路径有3条：第1条路径，蒙古国南部—内蒙古浑善达克沙地—河北省西北部—北京地区；第2条路径，蒙古国南部—内蒙古朱日和一带—河北省西部—北京地区；第3条路径，从山西高原—河北—北京地区。我们称第1条为西北偏北路径，第2条为西北路径，第3条为偏西路径。

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^[4]。因此，随着大风区的移动，如果沿途没有沙尘补充，那么离开初始沙源越远的地方，大气中含沙尘量越少，沙尘微粒也越少。由此可见，北京地区出现沙尘天气，其沙尘源可以来自很远的地方，但北京出现的扬沙或沙尘暴天气，临近北京的周边地区乃至北京本地的沙源必对其有相当的贡献。

2.3 沙尘移动过程中的强度变化

经过处理后的卫星信息，可以提供沙尘区的浓度与范围分布，使我们可以分析沙尘在移动过程中强度的变化。

多次气象卫星观测结果显示，影响北京地区的沙尘在其移动过程中，呈现不连续的加强过程。例如，起源于蒙古国境内的沙尘，在移到我国内蒙古的浑善达克沙地上空时，由于得到沙尘物质的补充、强度明显加强^[5]，而起源于内蒙古地区的沙尘，在移经河北省西部地区时，也可得到加强，但这样的加强是不连续的，跳跃式的^[6,7]。2002年4月6日（图6）的沙尘过程清楚地反映了上述关于强度变化的特点。从图6上可以分析出起源于蒙古国境内的沙尘在进入我国的过程中，除面积不断扩大外，强沙尘暴中心（图中红色）也是增加的：在蒙古国境内有2个强中心，到内蒙古中部后增加到了3个强中心，其中位于浑善达克沙地附近上空的强沙尘暴中心面积最大。

表2是利用卫星信息统计的2002年4月6日沙尘过程影响面积的参数。从表中不难发现，4月6日从08时到17时，沙尘区的面积是不断扩大的。

表2 2002年4月6日沙尘影响范围参数统计

沙尘面积	08时	13时	17时
总面积/ 10^4 km^2		48.80	68.70
内蒙古面积/ 10^4 km^2		28.40	38.60
河北省面积/ 10^4 km^2		2.30	5.70
北京市面积/ 10^4 km^2			0.56
宽度/km	600~700	1100~1200	1300~1400

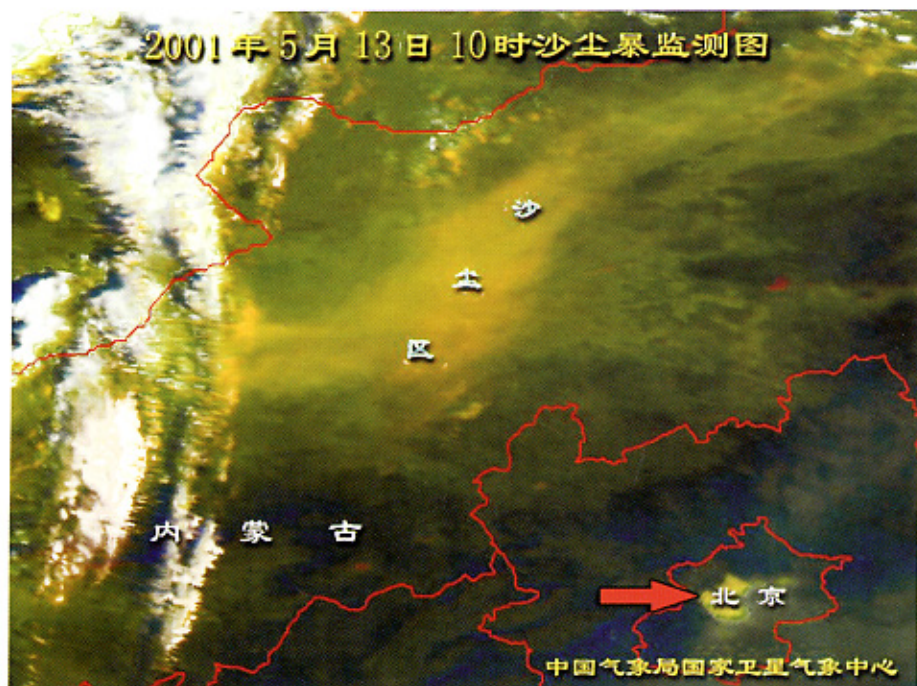


图4 2001年5月13日10时FY-1C沙尘监测图
箭头所指为北京地区当地出现的沙尘

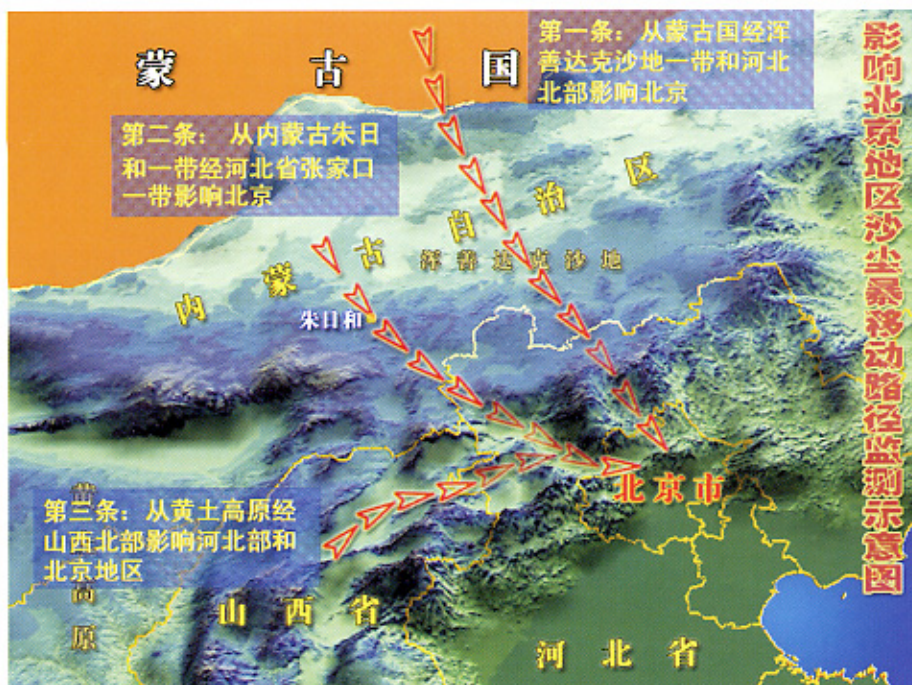


图5 影响北京的沙尘路径

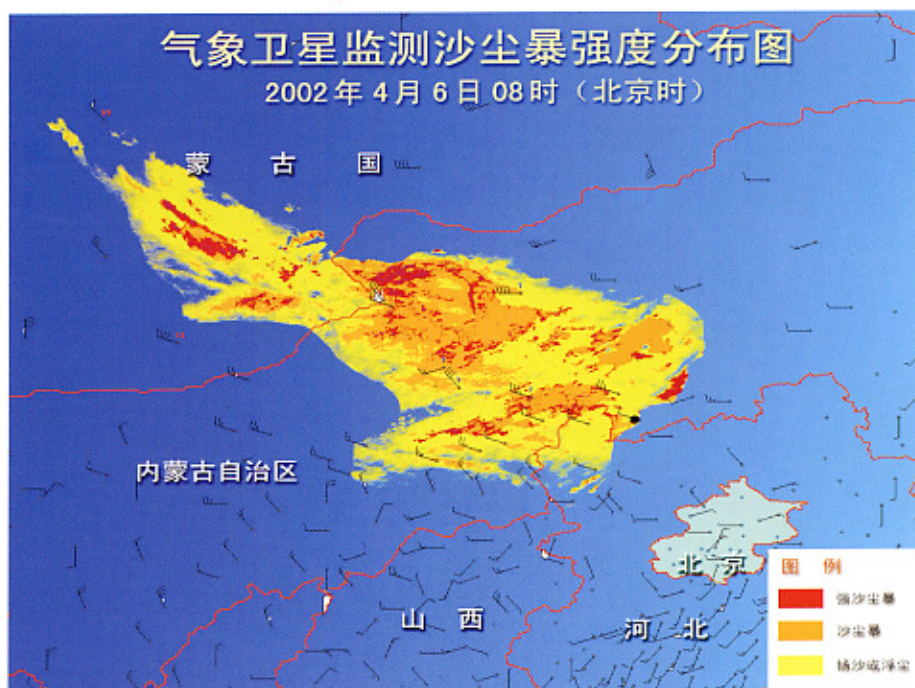


图6 气象卫星监测沙尘暴强度分布(4月6日)

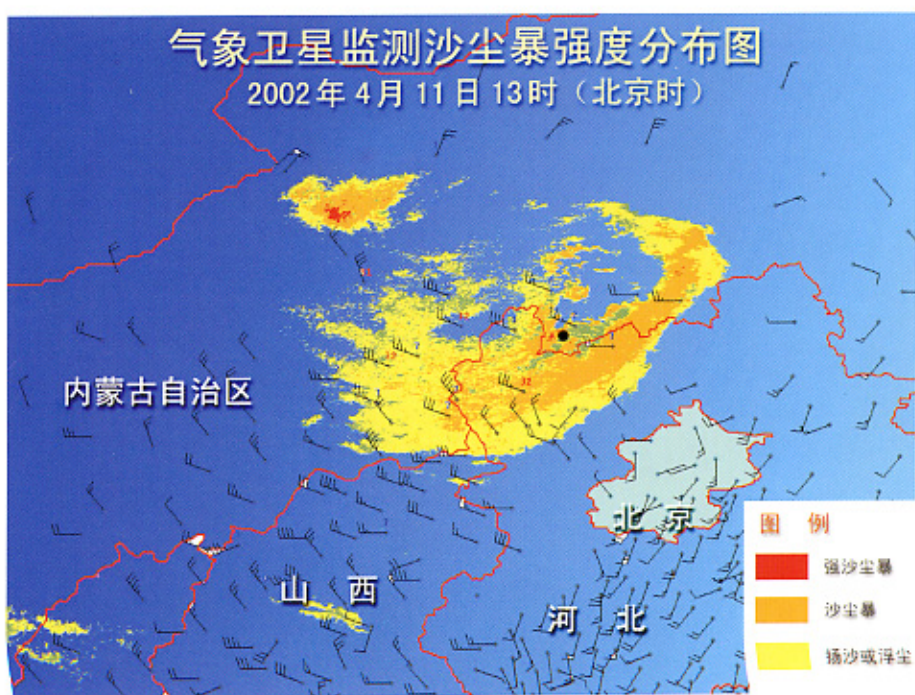


图7 气象卫星监测沙尘暴强度分布(4月11日)

同样，2002 年 4 月 11 日的沙尘天气过程起源于我国境内，从气象卫星所监测到的沙尘强度分布图上可以分析出（图 7），存在着 2 个强沙尘中心区，其中河北省西北部的强沙尘中心的范围与强度均大于源地附近的中心区。因此，可以得到以下初步结论：

- （1）在一定时段内，沙尘区的影响范围随着沙尘的移动逐渐扩大；
- （2）沙尘在移过内蒙古的浑善达克沙地或河北省西北部上空时得到沙尘物质补充，强度明显加强。这两个地区也是北京沙尘天气中的国内主要沙尘源地。

3 北京及周围地区沙尘天气成因初步讨论

产生沙尘天气的条件一般有 3 个，动力条件（冷空气—大风）、热力条件（大气的不稳定性）和物质条件（地表丰富的沙尘源）。

但是，沙尘天气的成因是一个非常复杂的问题，目前还远未弄清，初步分析表明，大气环流是产生沙尘天气的直接原因。

中国北方境内外的沙尘源地是个长期存在的客观事实，近年来为改善中国北方沙尘源地的生态环境，国家对北方沙尘源地生态环境建设实行一系列重要措施，诸如退耕还林、禁樵、禁垦、禁牧和圈养等，但沙尘源地分布在中国北方境内外，面积又相当大，其根本改善需要国际合作，事情复杂，难度大。沙尘源地生态环境一旦根本改善，沙尘天气将稳定地得到遏制，就不应发生像 1997、1998、1999 年沙尘天气少，2000、2001、2002 年多而 2003 年又少这样的年际变化现象。

统计分析可以证明，大气环流是制约沙尘天气的根本原因。在 1954~2002 年间，1997 年是华北地区（含北京，下同）春季沙尘天气最少的一年，1954 年是华北地区春季沙尘天气最多的一年；图 8 是 1997 年春季 3~5 月北半球 500 hPa 高度场距平，图 9 是 1954 年春季 3~5 月北半球 500 hPa 高度场距平；在图 8 中从贝加尔湖到南亚地区的

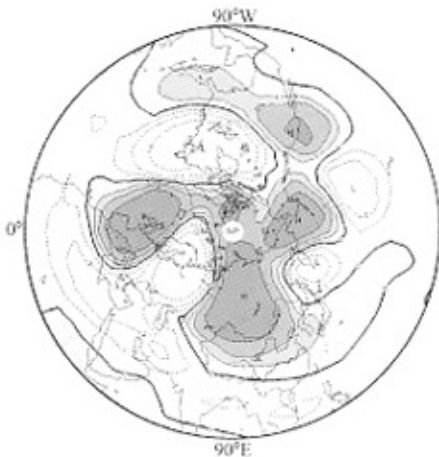


图 8 1997 年 3~5 月北半球 500 hPa 高度场距平
实线、阴影为正距平区，虚线为负距平区

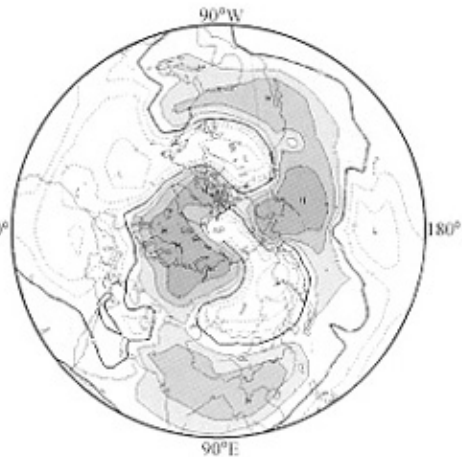
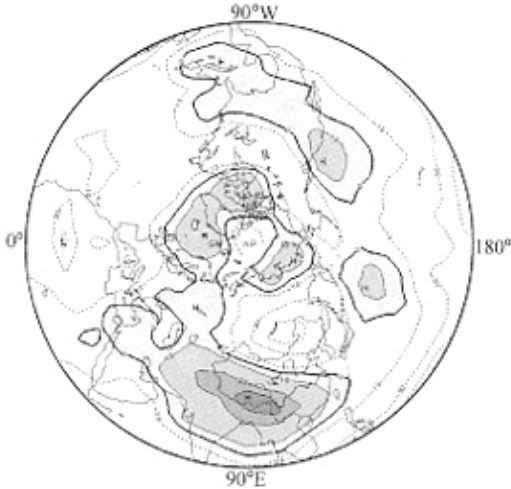


图 9 1954 年 3~5 月北半球 500 hPa 高度场距平
图注同图 8

距平波列分布为正-负型,中国北方大部地区在正距平区内;图9中从贝加尔湖到南亚地区的距平波列分布为负-正型,中国北方境内外大部份沙尘源地在负距平区内。由于平均图上某地区500 hPa高度场正(负)距平反映了该地区冷空气势力的弱(强),图8与图9对比表明:1997年春季贝加尔湖及其以东大范围地区为明显的500 hPa高度场正距平区,意味着该地区冷涡不活跃,冷空气势力弱,所以华北地区春季沙尘天气最



图注同图8

少;1954年春季贝加尔湖及其以东大范围地区为明显的500 hPa高度场负距平区,意味着该地区冷涡活跃,冷空气势力强,而青藏高原地区为明显的500 hPa高度场正距平区,意味着青藏高原地区相对较暖,华北等北方地区就处于这两大冷暖区的界面上,有利沙尘天气的发生。

1954和1997年春季3~5月距平图作为典型个例具有普遍意义。图10是1954~2001年华北地区春季(3~5月)沙尘天气日数与北半球500 hPa高度场的相关系数分布,从贝加尔湖到南亚地区的系数波列分布为负-正型,贝加尔湖地区负中心相关系数达-0.45,青藏高原正中心达0.49,均达到了0.001的信度标准。即春

季贝加尔湖及其以东大范围地区冷空气势力强同时青藏高原增暖明显则华北地区春季沙尘天气多,反之则华北地区春季沙尘天气少。春季贝加尔湖及其以东大范围地区冷空气势力强度和青藏高原增暖程度是影响华北地区春季沙尘天气多少的主要因子。

4 小结

本文分析了近几年来气象卫星对北京地区沙尘天气的监测结果,初步发现,沙源主要来源于蒙古国南部、我国内蒙古中部、河北省西部以及北京本地。另外,沙尘的主要移动路径大致可以分为3条,即第1条路径,蒙古国南部—内蒙古浑善达克沙地—河北省西北部—北京地区;第2条路径,蒙古国南部—内蒙古朱日和一带—河北省西部—北京地区;第3条路径,山西高原—河北—北京地区。同时沙尘在移动过程中其强度的变化并不是连续性的。最后指出了春季贝加尔湖及其以东大范围地区冷空气势力强度和青藏高原增暖程度是影响北京地区春季沙尘天气多少的主要因子。

参 考 文 献

- 1 张小玲、王迎春,北京地区沙尘暴天气分析及数值模拟,沙尘暴监测预警服务研究,北京:气象出版社,2000,73~79.
- 2 郑新江、陆文杰、罗敬宁,气象卫星多通道信息遥感沙尘暴研究,遥感学报,2001,5(4),300~307.

- 3 胡秀清、卢乃锰、邱红、刘玉洁，利用静止卫星监测沙尘暴，气候与环境研究，2003，**8**（1），101~106.
- 4 罗敬宁、范一大、史培军，多源遥感数据沙尘暴强度监测的信息可比方法，自然灾害学报，2003，**5**（2），28~35.
- 5 王革丽、吕达仁、尤莉，浑善达克沙地沙尘暴气候特征分析，气候与环境研究，2002，**7**（4），433~439.
- 6 方翔、郑新江、陆均天，2002年春季沙尘天气成因及源地分析，国土资源遥感，2002，**4**，17~23.
- 7 刘景涛、郑新江、唐玲、方翔，蒙古气旋爆发性发展导致的强沙尘暴个例研究，气候与环境研究，2003，**8**（2），218~229.

Some Characteristics of Dust Storm Weather Affecting Beijing

Zheng Xinjiang¹⁾, Yang Yiwen²⁾, and Li Yun¹⁾

1) (*National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081*)

2) (*National Climate Center, Beijing 100081*)

Abstract Some features of the dust weather affecting Beijing are analyzed. The results show three kinds of dust storm sources that influence Beijing. The first one is in the southern part of Mongolia, the second is in the Inner Mongolia, and the third is in Beijing area. The routes are mainly three. The first one is the southern part of Mongolia—the Hunshandake desert in the Inner Mongolia—the northwestern part of the Hebei Province—Beijing area, the second is the southern part of Mongolia—the Zhurihe area in the Inner Mongolia—the western part of the Hebei Province—Beijing area, and the third is Shanxi tableland—Hebei Province—Beijing area. The intensity of dust storms changes while they are moving. The direct reasons that control dust storm weather are atmospheric circulations.

Key words: meteorological satellite; Beijing region; dust storm