

中国沙尘暴及其监测预警

矫梅燕, 周自江

(国家气象中心, 北京 100081)

[摘要] 利用1954—2001年中国大陆681个站的气象资料, 分析了中国沙尘暴的时空分布特征和分级标准, 给出了沙尘暴若干观测事实。通过分析沙尘暴的发生发展机制, 讨论了沙尘暴的定性预报和定量预报技术, 指出发展包含大气运动、风蚀物理过程和下垫面地表信息的集合数值预报模式是沙尘暴定量预警技术的发展方向。同时, 指出传统的监测网尚不能全面监测沙尘暴的发生和发展, 建立包含下垫面生态环境要素、大气物理化学要素的专业化沙尘监测网络是深化对沙尘暴特性认识和发展沙尘暴定量预警技术的基础。

[关键词] 中国沙尘暴; 时空分布特征; 集合数值预报模式

[中图分类号] P425.55 **[文献标识码]** E **[文章编号]** 1009-1742(2003)09-0001-06

1 引言

根据气象观测规范^[1]定义, 沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气特别混浊, 地面水平能见度低于1 km的天气现象。强烈的沙尘暴可使水平能见度低于50 m, 危害极大, 俗称“黑风”。沙尘暴及相伴随的强风可以损毁建筑物、通信等设施, 造成农田沙埋、交通受阻、空气污染等灾害。像1993年5月5日在我国西北地区发生的强沙尘暴, 造成了数百人伤亡和数亿元经济损失; 2002年3月20日的沙尘暴期间, 北京的沙尘浓度是国家环保局颁布的可吸入颗粒物(TSP)三级严重污染标准的24倍^[2], 严重危害民众的身心健康。可以说, 沙尘暴直接影响着人类的生存环境。

最近几年, 我国北方地区出现了较20世纪90年代平均状况明显偏多的沙尘暴, 引起了政府和公众对我国北方地区生态环境变化的担忧, 同时也将沙尘暴的科学研究和监测预报工作推到了减轻自然灾害的前沿。目前, 对我国沙尘暴基本特征的认识, 由于各种分析所基于的基本数据和方法的不同, 存在着一些不同的看法。笔者利用国家气象中

心已积累的全国681个气象站近50年地面观测资料, 首先对中国沙尘暴的时空分布特征, 特别是有争议的变化趋势问题进行回顾分析, 给出若干观测事实。然后从预防和减灾的角度, 就沙尘暴监测预报现状、面临的新要求和未来的发展进行分析和讨论, 以期获得更多认识。

2 中国沙尘暴的基本统计特征

2.1 中国沙尘暴的空间分布——影响地区主要在北方

彩插图1绘制了1956—2000年45年平均年总沙尘暴日数 d_{45} 的全国大致分布^[3]。可以看出, 在我国西北、华北大部、青藏高原和东北平原地区是沙尘暴的主要影响区, 其中110°E以西、天山以南大部分地区是沙尘暴的多发区; 塔里木盆地及其周围地区、阿拉善高原和河西走廊东北部是沙尘暴的高频区, d_{45} 达20 d以上, 局部接近或超过30 d。对照董光荣^[4]等的研究发现, 沙尘暴的易发区大多属中纬度干旱和半干旱地区, 这些地区受荒漠化影响和危害比较严重, 地表多为沙地和旱地, 植被稀少, 大风过境, 易形成沙尘暴。

[收稿日期] 2003-03-08; **修回日期** 2003-07-09

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000048703); 中国监测预警服务系统工程资助项目(96-908-06-4-1-2)

[作者简介] 矫梅燕(1962-), 女, 吉林吉林市人, 中央气象台高级工程师

2.2 中国沙尘暴的季节变化特征——春多秋少

由北京等6个代表站1956—2000年平均的沙尘暴日数的季节变化曲线^[3](图1)来看,季节分布基本上是春多秋少,这是因为春季我国北部地区冷空气活跃,多大风,气温回暖解冻,地表裸露,容易起沙。比较而言,各地区沙尘暴的季节分布又略有差异,大致可划分为3种类型:**a.**春季最多型,主要在华北地区,以北京、内蒙的朱日和为代表,例如,北京3—5月的 d_{45} 占全年总出现日数的52.6%;**b.**冬末春初最多型,主要在青藏高原,以青海的兴海为代表,兴海2—4月的 d_{45} 占全年总出现日数的70.0%;**c.**春夏频繁型,以新疆和田、甘肃民勤和张掖等为代表,西北地区的沙尘暴多发区内多为这种分布型。

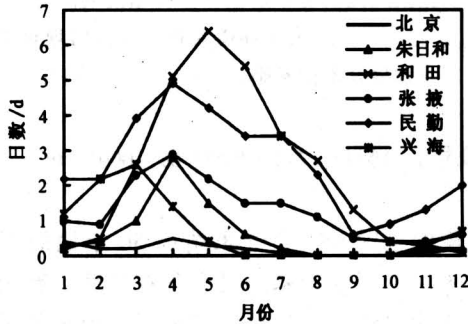


图1 北京等6个代表站沙尘暴日数的季节变化
Fig.1 Seasonal variation of dust-storm days of 6 representative stations

2.3 中国沙尘暴近48年来总体上呈下降趋势

中国沙尘暴的多年变化趋势——近48年来总体上呈下降趋势,图2为1954—2001年全国681站累计的沙尘暴总日数的逐年变化曲线。图2可见,在我国北方地区,近半个世纪以来沙尘暴的总体变化特点是:20世纪50—70年代发生日数较多,80—90年代相对较少,其中1966年沙尘暴的发生日数最多(没有考虑50年代台站相对较少的影响)。80年代中期以后的减少趋势比较明显,1985年以后一直处于平均线以下,于1997年达到48年的最低,该年的发生日数不足多年平均值的1/3。1997年之后又有相对增多趋势,但远未达到多年平均线。进一步通过最小二乘法和 $\alpha = 0.05$ 的F检验,可以得到每一测站1954—2001年日数的线性拟合趋势。由线性变化趋势的全国分布(见彩插图2)可见,近48年来,我国北方大部分地区沙尘暴的出现日数在减少,只有青海、内蒙古和

新疆的小部分地区的日数呈增长趋势。

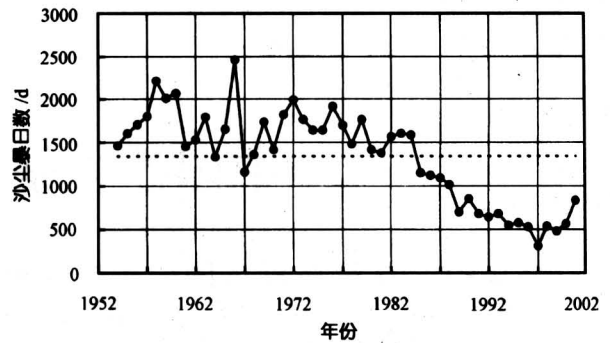


图2 1954—2001年全国681站累计的沙尘暴总日数的年际变化

Fig.2 Annual variation of total dust-storm days from 681stations in 1956—2001

2.4 中国典型强沙尘暴事件50年代最多90年代最少

表1为中国北方各年代的典型强沙尘暴次数及其平均持续时间。可见,20世纪50年代的7年间共出现了49次强沙尘暴,平均每年7次,相对较多。20世纪60年代、70年代和80年代变化不大,平均每年4.3~4.7次。90年代相对较少,平均每年2.9次,不足50年代的一半。2000—2001年的2年间出现了12次,平均每年6次,明显高于20世纪90年代的均值,但尚未超过50年代。从强沙尘暴的平均持续时间来看,20世纪90年代的均值最小,比其他年代约短0.5~1.0h。

表1 1954—2001年中国北方典型强沙尘暴的年代际变化

Table 1 Decadal variation of severe dust-storms in northern China in 1954 - 2001

起止年份	1954—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2000—2001
强沙尘暴次数	49	43	47	45	29	12*
平均持续时间/h	8.556	8.235	8.143	8.574	7.568	8.090

* 含2000年的5次,以表达近2年的整体情况

2.5 我国沙尘暴源地和路径

通过对1999—2002年54例影响我国的沙尘天气过程的分析,影响我国的沙尘暴存在境外和境内沙尘源地,其中境外源地主要为蒙古国南部广大的戈壁地区,境内源地主要为我国北方的戈壁、沙漠和沙地。

我国的沙尘暴路径主要分为西北路径、偏西路

径和偏北路径，其中西北路径又有两个明显分支（见彩插图3）。西北路径1：起源于蒙古高原中西部，或内蒙古西部的阿拉善高原，顺西北风向东南方向移动；西北路径2：起源于蒙古国南部或内蒙古中西部，先向东南方向移动，后随气旋收缩北上转向东北方向移动。偏西路径：起源于蒙古国西南部或南部的戈壁地区、内蒙古西部的沙漠地区，主体向偏东方向移动。偏北路径：一般起源于蒙古国乌兰巴托以南的广大地区，途径内蒙古腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布其沙漠、毛乌素沙地和浑善达克沙地。在影响我国的沙尘天气过程中，西北路径1是最为常见的一类路径，西北路径2虽不多见，但该条路径却是我国沙尘天气发生范围最广、强度最强、维持时间最长的一类路径。

3 我国沙尘暴监测分析的标准及局限性

沙尘暴的定义表明，沙尘暴是在强风的作用下大量沙尘吹扬（成因），使空气中沙尘颗粒物浓度急剧上升，特别混浊（结果），并严重影响到地面水平能见度，使其低于1 km（强度的定量表征指标）。问题在于由此定义所产生的判断标准过宽，而且作为主要判断指标的水平能见度是观测员的目测估计值，是非专一、非灵敏的方法。其结果使得沙尘暴与其他类似的天气现象（如扬沙、浮尘、龙卷风等）容易混淆，不能完全给出沙尘暴的本质和危害程度。而且这种目测的能见度值也不便与其他物理量作直接比较，也不能定量反映大气的混浊程度、沙尘颗粒物浓度、光学厚度等，更不能与沙尘传输量的计算和模拟建立定量的数学关系。

当然，这种不足完全是由传统的观测方法的局限性所造成的。为弥补其不足，我国研究人员参照国外经验和中国的实际情况，作了一些关于沙尘暴强度标准的研究工作，为开展沙尘暴的监测预警奠定了基础。Joseph^[5]、Middleton^[6]等根据能见度和风力将印度的沙尘暴进行分级，给出一般、中、强的标准。徐启运^[7]和钱正安^[8]等也曾参照此标准，提出了我国西北地区单站沙尘暴强度划分标准。这个标准解决了沙尘暴定义中关于风速的不定量问题，同时，为突出沙尘暴的危害性，给出了不同等级，弥补了能见度1 km的标准过宽和单一性的缺陷。但是现有的观测要素不能从根本上解决大气中沙尘物质的定量观测问题。

最近，国家环保总局根据2001年和2002年沙尘暴出现时空气中沙尘颗粒物浓度的监测结果，从沙尘浓度水平给出新的沙尘暴强、中、弱标准^[9]：在2 h采样时间下，强沙尘暴的标准为大气中总悬浮颗粒物的质量浓度 $\rho_{TSP} \geq 9 \text{ mg/m}^3$ ；中等沙尘暴的标准为 $9 \text{ mg/m}^3 > \rho_{TSP} \geq 6 \text{ mg/m}^3$ ；弱沙尘暴的标准为 $6 \text{ mg/m}^3 > \rho_{TSP} \geq 3 \text{ mg/m}^3$ 。这样，拓宽了沙尘暴定义的思路，突破了传统地面观测方法的局限。但由于监测的历史时间过短，标准的临界值需要进一步试验调整，而且需要和能见度标准进行对比分析，以助于历史序列的重建。更重要的是，这种基于沙尘浓度的定量标准的提出对沙尘暴监测技术、设备和测站布局等都提出了新的要求。

4 沙尘暴的预警技术

沙尘暴作为一种天气现象一直是气象观测要素之一。但是对这种天气现象的预警、预报与一般的天气有根本的不同，沙尘暴的发生取决于气象条件和地表的状况，它是一个包含大气、土壤、陆面相互作用的复杂的物理过程。

一方面，天气监测发现，沙尘暴是在有利的大气环流和天气系统背景下产生的，如产生强烈大风天气的冷空气及伴随的气旋性涡旋系统。强的沙尘暴还常与中尺度低压和中尺度飚线系统相伴生。

另一方面，根据风蚀物理学理论^[10]，沙尘暴过程实质上是一种风蚀过程，即在风力作用下土壤圈和岩石圈被损害和破坏的过程。这个过程是由不同物理机制的3个过程组成的：即地面风对土壤粒子的夹带、平流和湍流造成粒子在空气中的输送和粒子的沉降过程，包括干沉降和湿沉降^[11]。

4.1 基于天气学方法的定性预报技术

风力是沙尘暴的启动条件，地面沙源是产生沙尘暴的物质条件。天气学的预报方法实质上是对产生大风天气的环流形势和影响系统的预报。沙尘暴预报的技术路线是：以数值天气预报为基础，综合应用大气和地表的观测和分析的信息，对未来出现的大风天气和地表条件做出综合分析，从而做出沙尘暴的预报或警报。

沙尘暴往往爆发于发展迅速的深厚的天气系统中，其大尺度和中尺度的物理量场特征十分明显，沙尘暴发生时局地的气压、温度、湿度等气象要素也会发生突变。分析研究沙尘暴的天气系统结构特征，建立沙尘暴发生的天气学模型，依托数值天气

预报产品,建立动力统计的沙尘预报方法。对这些信息的综合分析,定性确定沙尘暴可能出现的区域和强度,做出沙尘暴的预报。

目前的数值天气预报模式已可以较好地预报出未来5—7 d内冷空气的活动及影响范围和强度,与沙尘暴相伴随的低压气旋的位置和强度以及相应的风场强度等。彩插图4是2002年3月20日华北地区的一次强沙尘天气的综合环流形势图,可以看到强沙尘暴发生在典型的天气形势下:在较强的高空低压槽作用下,地面锋面气旋强烈的发展,造成涡旋中心附近和冷锋后部出现大风和沙尘暴。基于对这些影响系统的预报,中央气象台于3月19日首次发布了沙尘暴的警报,取得了较好的服务效果。

但是,天气学方法可以较好的预报沙尘暴的影响系统,却难以定量地分析地表的状况及其与大气的相互作用,同样的风力条件下,由于地表的植被覆盖、土壤含水量以及沙源特性等的不同,其起沙的条件就各不相同。只有发展天气学与风沙物理学相结合的方法,才能对沙尘暴的发生做出比较精确的预报。

4.2 发展以风沙动力学为基础的定量预报技术

发展沙尘暴定量预报技术就是要建立具有风沙物理学基础的沙尘暴数值预报模式。研究表明,沙尘暴的产生是风力条件和地表的沙尘物质输送共同作用的结果,因此沙尘暴数值预报模式是一个包含风沙物理过程和大气运动过程的集成模式。

一个完整的沙尘暴模式至少应该包括4部分:大气模式、陆面过程模式、风沙模式(包括风蚀、输送和沉降模式)和地理信息系统。大气模式为风沙模式提供风速、降水等物理场;陆面模式预报土壤水分、摩擦速度等物理量的变化,同时为风沙模式提供地表参数;风沙模式主要预报沙尘的源地、浓度与沉降传输;地理信息系统提供了土壤类型、植被覆盖、植被类型、叶面指数等参数,为大气、陆面与风沙模式提供必须的输入参数。图3是国家气象中心的集合数值预报模式的结构图。

在沙尘暴数值模拟中,关键问题是对风沙过程的模拟。首先是对沙尘源的模拟,在起沙过程的模拟中,需要根据地表的土壤特征、植被特征和降水及蒸发量等要素,对不同粒径的沙粒分别计算启动沙尘运动的临界摩擦速度和沙尘在水平和垂直方向的沙通量。垂直方向的沙通量就是沙尘的源,它可

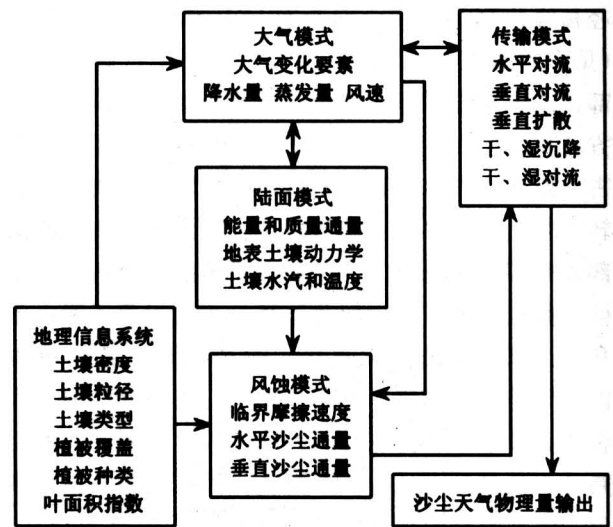


图3 集成沙尘暴数值预报模式结构图

Fig.3 The structure of integrated wind erosion modeling system

以定量地表表征单位时间、单位面积上的起沙量;垂直沙通量随时间和空间的变化,表征了沙尘源地的时空变化。其次是对大气中沙尘含量的模拟。大气中沙尘含量是由质量守恒方程决定的,并受平流和扩散等输送过程和风蚀与沉降过程的影响,这些物理过程都与沙尘的粒径大小有关。通过对不同粒径沙尘含量的模拟计算,可以定量给出大气中不同粒径的沙尘含量分布,获得对沙尘特性的认识。此外,通过模式对大气垂直运动、降水量和天气系统的模拟,还可以定量模拟出沙尘的干沉降和湿沉降量以及沙尘区域的移动路径。

彩插图5是有限区域沙尘模式对于2002年4月7日发生在我国东北地区南部和朝鲜半岛的沙尘暴过程的模拟结果^[12]。图中给出的是未来3 d的不同粒径沙尘浓度总量的分布和演变,可以反映出沙尘暴过程的由弱到强,逐渐东移消失的过程。值得指出的是,沙尘暴数值预报模式预报的不再是以能见度为标准的沙尘天气,由于考虑了起沙和传输过程,定量地预报出了大气中沙尘浓度的分布。这种数值预报的结果,需要有相应的观测数据进行检验订正。

4.3 沙尘暴数值预报中面临的科学问题

沙尘暴数值预报提供了量化的手段,但也提出了一些新的科学和技术应用方面的问题。

1) 真实准确的地理信息的应用 数值试验表明,沙尘暴数值模式比大气模式对地表信息的敏感

性要高得多，一个涵盖模式区域范围的真实准确的地理信息也是提高模式能力的关键。地理信息数据如土壤类型、植被类型等用于模式中需要转化为模式所需要的物理量，需要发展一套完整的可用于地表和风沙模拟的地理信息系统。

2) 遥感等观测资料的定量应用 前已叙及，数值模式的定量模拟结果还缺少相应的观测检验，因此也限制了对模式的优化和改进。卫星资料可以提供诸如大气光学厚度的反演结果，但是也需要地面的监测对比检验，因此对地面监测系统的发展及应用提出了新的要求。同样，利用沙尘模式模拟大气中的辐射传输过程和大气中粒子的分布用于卫星监测的比较分析也是风沙研究的课题之一。

3) 资料的同化问题 沙尘暴数值模式中的同化问题是如何将卫星遥感和地面观测资料如地面辐射温度、大气光学厚度等资料同化到地面模式和风沙模式中。

5 沙尘暴监测网络的多元化发展

5.1 常规的监测方法及其局限性

长期以来，我国沙尘暴的监测主要依赖于地面常规气象观测。在地面观测中^[1]，国家基本气象站的站距约为100~150 km，观测时间间隔一般为6 h，其中沙尘暴和大风的时间分辨率为1 min，但能见度等观测项目在绝大多数年份只能取到一日4次定时值（即时间间隔为6 h），1987年以后随着国家基准气象站的陆续建立，部分台站取到了1 h一次的观测值。目前通过地面常规观测积累的沙尘暴发生日数等资料，可以初步给出我国沙尘暴的时空分布和变化规律等统计特征。20世纪90年代中后期，在我国随着气象卫星投入沙尘暴监测业务，沙尘暴的监测方法迈上了一个新的台阶，高时空分辨率的气象卫星主要用于探测晴空下大范围的沙尘分布、移动路径、以及大气和下垫面地表参数。

但是从实际业务运行状况来看，已有的地面和卫星探测网还不能有效地实时监测沙尘暴发生发展，也不能满足沙尘暴定量预报和监测分析对观测要素的需求，主要表现在：a. 缺乏针对沙尘暴物理结构、化学特征的特种观测。现有监测网观测的项目都是常规的气象要素，缺乏对其内部的三维流场结构、沙尘物理化学特性如粒谱分布、质量谱分布、化学组分以及光学特征等项目的实时观测、分析。b. 现有的监测网存在局限性。现有的地面监

测网站距过大，观测时间间隔长，对于空间尺度小、生命史短的强沙尘暴过程，若似“大网捕小鱼”，不能实时动态跟踪和监测沙尘暴发生发展的整个过程。气象卫星的观测很大程度受到云的影响，而且不能定量地探测光学厚度和物理、化学结构，其反演技术和方法也需沙尘暴特种观测结果来校准和进一步完善提高。

5.2 发展专业化的沙尘暴监测网络

对沙尘暴的深入认识和定量预警技术发展已经对沙尘暴的监测提出了新的要求，发展新一代的监测网络已成为沙尘暴研究和防治工作的重要基础。新的沙尘暴监测网络的发展重点是要由单纯的对大气要素监测向多元化的大气环境监测拓展，以获取对沙尘暴物理化学特性的监测信息。

5.2.1 大气光学特性的观测 利用多波段太阳光度计观测太阳的直接辐射和大气散射，反演气溶胶的大气光学厚度和粒子谱分布，提供沙尘暴监测预警的定量观测信息。

5.2.2 近地层气溶胶观测 利用气溶胶采样和测量设备，监测大气中总悬浮颗粒物（TSP）的质量浓度，实时监测沙尘暴中沙尘含量；使用粒子谱监测仪，测量空气中单位体积大气气溶胶的粒径谱分布，以分析沙尘暴的源地及移动路径等；使用称重天平等设备，测量固定时间、固定地表面积上降下空气中的沙尘总量的质量；间接获取空气中沙尘含量和沙尘输送的情况。

5.2.3 地表状况观测 通过在沙尘暴多发区建立土壤水分和土壤疏松度监测仪，监测0~200 cm不同深度土壤含水量；使用蒸渗计，实时连续观测0~200 cm整层土壤水分的变化；使用地下水观测观测地下水位；使用土壤硬度计、观测仪测量土壤硬度（疏松程度）。这些观测可获得地表土壤及一定深度土壤的水分特征，对土壤干旱进行有效的监测，同时监测沙尘暴生成源地和沙尘移动路径中的地表起沙的条件。

5.2.4 边界层观测 采用低空风廓线探测仪和三分量风速观测仪，可以获得精度较高、时间密度较大的低空（6 km以下）各高度上的水平风速、风向和垂直运动速度和地面水平、垂直风速脉动，以观测沙尘暴发生发展的大气边界层和沙尘暴天气系统的风场结构。获取探空监测资料对于沙尘暴发生的气象条件，特别是中尺度对流条件有重要作用。

上述的观测技术，可以实现对沙尘暴发生发展

的下垫面生态环境要素、大气的三维动力条件、大气的物理化学特性及沙尘的源区、路径等特征进行动态实时跟踪监测。在我国沙尘暴多发区和主要影响区,建设一个包括上述特种观测的密度适宜、布局合理和自动化程度较高的综合监测站网,是中国气象局“十五”期间实施沙尘暴监测预警业务系统建设的重点内容^[13]。

专业化的沙尘暴监测网络的建成将使我们能够获得大量新的观测数据,为沙尘暴数值预报模式提供精确定量的初始观测信息,使沙尘暴的预报技术向着定量化方向发展。随着新的监测资料和新的预报技术的应用,对沙尘暴的预报预警将不仅仅是沙尘暴的发生,而要进一步关注大气中沙尘物质的含量、降尘量等这些对大气环境和生态环境产生影响的定量信息,从而对沙尘暴灾害进行更有效的防治。沙尘气溶胶对于大气的温度变化、降水分布、辐射能量收支及气候的变化都会产生广泛的影响,对于这种影响的进一步认识,也将使沙尘暴的预警防治面临广阔的空间。

参考文献

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[S]. 北京:气象出版社, 1979
- [2] 张仁健. 中国沙尘天气的新特征及成因分析[J]. 第四纪研究, 2002, 22(4): 374~380
- [3] 周自江. 近45年中国扬沙和沙尘暴天气[J]. 第四纪研究, 2001, 21(1): 9~17
- [4] 董光荣, 吴波, 慈龙骏, 等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 318~332
- [5] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. "Andhi", the convective dust-storm of northwest India [J]. Mausam, 1980, 31: 431~442
- [6] Middleton N J. A geography of dust storms in southwest Asia [J]. J Climatology, 1986, 6: 183~196
- [7] 徐启运, 胡敬松. 我国西北地区天气时空分布特征[J]. 应用气象学报, 1996, 7(4): 479~482
- [8] 钱正安, 贺慧霞, 瞿章, 等. 我国西北地区的分级标准和个例谱及其统计特征[A]. 方宗义, 朱福康, 江吉喜. 中国沙尘暴研究[M]. 北京:气象出版社, 1997. 1~10
- [9] 全浩, 狄一安, 唐莉. 关于沙尘暴强度表示法的研究[A]. 国家环保总局2002年研究成果研讨会论文集[C]. 北京:国家环境保护总局, 2003
- [10] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京:科学出版社, 2003
- [11] Lu Hua, Shao Yaping. Toward qualitative of dust-storm: an integrate wind erosion modeling system and its applications [J]. Environmental Modeling & Software, 2001, (16): 233~249
- [12] 宋振鑫. 集成的沙尘天气数值预报系统及2000年春季沙尘天气数值模拟和预报[A]. 全国天气预报技术交流文集[C]. 北京:气象出版社, 2003
- [13] 中国气象局总体规划研究设计室. 沙尘暴监测预警服务系统一期工程可行性研究报告[R]. 北京:中国气象局, 2002

Monitoring and Warning of Dust Storms in China

Jiao Meiyang, Zhou Zijiang

(National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

[Abstract] Using the surface observational data from 681 stations in the mainland of China from 1954 to 2001, the space-time distribution character and classification standard of the dust storms in China were analyzed, and some observation facts of the dust storms were given. Based on the analysis of the occurrence and development mechanism of the dust storms, the technology of the qualitative and quantitative forecast of the dust storm was discussed. It pointed out that the development orientation of warning technology on the quantity of dust storm is to develop the integrated forecast model system containing the atmosphere movement, the physical process of wind erosion and the information of land surface. Meanwhile, it indicated that the conventional monitoring network could not comprehensively monitor the occurrence and development of the dust storms. The specialized dust storm monitoring network including the factor of land surface environment and the factor of atmospheric physics and chemistry should be established, which is the root of the better understanding of the dust storm characters and the development of warning technology on the quantity of dust storm.

[Key words] dust storms in China; space-time distribution character; integrated forecast model system