

文章编号:1000-694X(2003)05-0586-06

沙尘暴观测及分级标准研究现状

张广兴, 李霞

(中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 沙尘暴天气发生时, 气流向空中输送大量沙尘, 使能见度较低、空气质量恶化, 给人们日常生活、身体健康带来严重影响。强沙尘暴往往造成天昏地暗, 引起人们恐慌心理, 因此, 这一天气现象普遍受到社会各界广泛关注。无论是分析研究、预警预报, 还是媒体报道, 沙尘暴的定义、观测、分级、命名必须规范统一才具有可比性、可信性。笔者根据近年来国际上召开的沙尘暴会议文集以及国内出版的有关书籍文献, 对沙尘暴观测及分级标准研究的现状作一点综述, 并提出一些看法。

关键词: 沙尘暴; 观测规范; 分级标准; 研究现状

中图分类号: P445.4 **文献标识码:** A

沙尘暴是我国西北和华北地区出现的强灾害性天气^[1], 给国民经济建设、生态环境和人民生命财产安全造成严重的损失和极大的危害, 同时由于沙尘暴天气过程所引发的气候学效应和生态学效应, 对大气能见度、大气光学特性、地—气辐射平衡等的影响以及导致的自然生态环境的破坏和人类健康的影响, 使人们愈来愈认识到沙尘暴是不可忽视的大气、生态以及生存环境的重要问题之一。近年来, 随着人民生活水平的提高, 以及环保意识的增强, 沙尘暴这种灾害性天气已经越来越受到全世界科学家和全社会的广泛关注。各有关领域的科技工作者对沙尘暴进行了大量的研究, 取得了一系列成果^[1-3]。但是, 对沙尘暴的观测、定义和分级标准过多, 概念模糊, 不同部门、不同区域各有其标准, 造成沙尘暴的观测、研究和发布信息的非科学性和不确定性^[3]。使得同一问题, 不同部门、不同研究者也会得出不同的结论, 这就使得结论的可比性、可靠性及可引用性较差。气象部门从2000年3月开始发布沙尘预报, 作为预报对象, 如无较细的科学分级标准, 对总结预报经验, 研究预报方法, 提高准确率都非常不利。信息化的飞速发展使媒体对社会公众影响较大, 而沙尘暴又是媒体关注的热点话题之一, 有时媒体把浮尘和扬沙天气报道成沙尘暴, 这是不准确, 也是不科学的。因此, 如无科学合理的标准也易造成混乱和误解, 影响气象预报服务的效果。笔者根据目前所能得到的资料而收集的国内外沙尘天气现象定义及命名、沙尘暴的观测方法及分级标准进

行了简要介绍和综述, 以期能抛砖引玉。

1 沙尘天气现象定义、命名

关于沙尘暴天气, 不同的国家或地区有不同的名称。中国的学者把沙暴(sand-storm)和尘暴(dust-storm)合起来通称沙尘暴(sand-dust storm)。有些国家如美国就分开来观测定义。

地面气象观测规范^[4]中将沙尘天气分为浮尘、扬沙和沙尘暴。浮尘是指尘土、细沙均匀地悬浮在空中, 使水平能见度小于10 km; 浮尘多为远处尘沙经上层气流传播而来, 或为沙尘暴、扬沙出现后尚未下沉的细粒悬浮空中而成, 太阳呈现白色, 远距离的景物呈现黄褐色; 扬沙是指由于风大将地面沙尘吹到空中, 使空气相当混浊, 水平能见度在1~10 km以内; 沙尘暴是指由于强风将地面大量尘沙吹起, 使空气很混浊, 水平能见度小于1 km, 天空呈现沙褐色, 甚至红褐色。

钱正安等(1994)把沙尘暴定义为^[1]: 沙尘暴(特别是强或特强沙尘暴)是强风从地面卷起大量沙尘, 使能见度极度恶化的灾害性天气。西北老乡常根据沙尘暴出现时天色昏暗的程度形象地称之为“黄风”, “黑风”。

中国台湾余嘉裕(1997)把沙尘暴定义^[5]为: ①连续24 h以上同时有3个或3个以上的相邻测站观测到尘象, 包括尘霾(S)或吹沙(尘)或沙暴; ②连续36 h以上同时有两个测站观测到尘象者; ③连续48 h以上但仅有一个测站观测到尘象。

收稿日期: 2002-09-15; 改回日期: 2002-10-20

基金项目: 科技部社会公益类研究专项“沙尘暴观测及分级标准研究”; 科技部重大基础研究前期专项(2002CCA04600)资助

作者简介: 张广兴(1963—), 男(汉族), 甘肃武威人, 副研究员, 主要从事数值模式和沙漠气象方面的研究。E-mail: zhangguangx@163.com

美国把现在天气要素分为3类^①: 降水(Precipitation)、浑浊度(Obscurations)、其他天气现象(Other Weather Phenomena)。与沙尘天气相关的观测内容包含在后两类中。在浑浊度里包括:

(1) Widespread Dust(DU), 定义为在测站或远离测站的地方, 细小的尘土或其他细小颗粒物被风吹起而悬浮在空中, 从而影响了水平能见度。

(2) Blowing Dust(BLDU), 指地表面的尘土在局地被风吹成云状或一大片, 使水平能见度减少至7英里以内。

(3) Low Drifting Dust(DRDU), 则指尘土、尘埃被风卷到离地面6英尺^②以内的高度。以人视线为水平线, 其以下的目标物可能被接近地面的尘土遮盖, 但其以上的能见度在7英里^③以上。

(4) Sand(SA), 则是指沙粒被风扬升到一定高度, 降低了水平能见度。

(5) Blowing Sand(BLSA), 指地表面的沙粒被携带到一定的高度, 使水平能见度降低至7英里以内。

(6) Low Drifting Sand(DRSA), 则指沙粒被风卷到离地面6英尺以内的高度。以人视线为水平线, 以下的目标物能被接近地面的尘土遮盖, 但其以上的能见度在7英里以上。

美国的沙尘暴定义在其他现在天气现象里, 包括:

(1) Sandstorm(SS), 指沙粒被强风吹起, 多数在10英尺的高度, 很少的一部分上升到超过地面15英尺的高度, 并且, $5/16$ 英里 $\leq VV$ (水平能见度) $< 5/8$ 英里。

(2) Heavy Sandstorm的定义与Sandstorm(SS)大同小异, 主要区别为 $VV < 5/16$ 英里。

(3) Duststorm(DS)是一种恶劣的天气, 其特征是在广阔的区域内, 伴随着大风, 空气中弥漫着沙尘。 $5/16$ 英里 $\leq VV$ (水平能见度) $< 5/8$ 英里。

(4) Heavy Duststorm的定义与Duststorm(DS)类同, 主要区别也为 $VV < 5/16$ 英里。

美国佛罗里达州立大学气象系在定义中谈到Sandstorm和Severe Sandstorm与Blowing Dust一样, 区别在于能见度不同, 而Duststorm和Severe Dust-

storm与Blowing Dust相似等。

在印度西北部地区, 将季风到来之前的季节内出现的对流性沙尘暴, 称其为安德海(Andhi); 在非洲和阿拉伯地区称之为哈布(Habood)^[6]还有的地区称之为“Phantom”, 即“鬼怪”的意思^[7]。

沙尘暴天气尽管波及范围很广, 但在各地的影响轻重各不相同, 表现出较强的地域性, 沙源地及其下风方附近表现强烈, 俗称为“黑风”, “鬼怪”。而远离沙源地的台湾沙尘天气表现要轻得多, 仅仅称之为“尘象”。

2 沙尘暴等级划分

目前日本、印度及美国对沙尘暴的分级主要以风力和能见度为主。中国对沙尘暴的分级标准, 气象、环境、地理及沙漠工作者都有不同的说法, 就气象工作者在对天气现象进行观测时也有不同见解^[2]。

对沙尘暴强度的等级划分, 一般采用风速和能见度两个指标。特强沙尘暴出现时因天黑迷路, 又遭强风裹挟, 造成人畜落水而伤亡, 可见能见度差和强风速是沙尘暴的两个主要致灾因素。而能见度与风速是目前气象台站的常规观测项目, 资料记录历史长, 分布范围广, 易于获取。

徐国昌和陈敏连等(1979)首先提出两站或以上出现瞬间风速 $\geq 25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 最小能见度 $\leq 50\text{ m}$ 的“黑风”标准^[8], 该标准过严。据其统计, 西北地区40余年来符合此一标准者才数例, 难于述其统计特征。因此, 适当放宽标准, 能遴选较多的个例, 才有利区分研究不同强度的沙尘暴。陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆各省(区)气象局的预报手册中都提出了各自的分级标准, 而这些标准基本能反映各地沙暴之实况。如陕西、青海和内蒙古气象局就未设“黑风”这一等级, 因为该3省(区)极少出现如此强的沙尘暴。而新疆和宁夏两区, 因易出现强风及强沙尘暴, 所以要求“黑风”的风速 $> 30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。当然, 即使同一省(区)也难统一标准, 韦克范(1983)研究^[9]表明, 新疆区台规定的“黑风”风速条件对常出现黑风的和阗地区就过高, 和阗地区历史上黑风平均最大风速才 $24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。他认为能见度为0m

^① Federal Meteorological Handbook (FMH) Number 1 (美国《联邦气象手册》第八章、第十二章和附录), <http://www.nws.noaa.gov/oso/osol/osol12/fmh1.htm>.

^② 1英尺 = 0.3048 m.

^③ 1英里 = 1609.34 m.

且风速达 8 级,即可算黑风。

钱正安等(1994)把沙尘暴分为强沙尘暴、特强沙尘暴(俗称黑风)两级^[10],并具体规定凡同时满足风速 $\geq 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (在南疆南缘仅要求 $> 17.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、能见度 $\leq 200 \text{ m}$ 者为强沙尘暴;同时满足风速 $\geq 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (在南疆南缘仅要求 $20.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、能见度 $\leq 50 \text{ m}$ 者为特强沙尘暴。所以划分这两等级一方面因强沙尘暴会造成较重灾情,另一方面则用以增加沙尘暴的个例。基于西北地区测站稀疏,对出现的测站数未做要求。

Joseph 对发生在印度西北部的沙尘暴划分为 3 个等级:4 级 < 风速 $\leq 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $500 \text{ m} \leq$ 能见度 $< 1000 \text{ m}$,称为弱沙尘暴;6 级 < 风速 $\leq 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $200 \text{ m} \leq$ 能见度 $< 500 \text{ m}$,称为中等强度的沙尘暴;风速 $\geq 9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,能见度 $< 200 \text{ m}$,则称之为强沙尘暴^[11]。

地面气象观测规范中将沙尘天气分为三个等级即浮尘、扬沙和沙尘暴。对沙尘暴并未进一步分级。只是定义为能见度 $< 1000 \text{ m}$ 的风沙天气,对风沙并无具体规定。该标准过宽,达到这种一般强度的沙尘暴天气,在西北地区较为常见。

徐启运与胡敬松(1997)将沙尘暴天气强度以单点和区域分别进行划分^[2],如表 1 所示,单点沙尘暴天气以瞬间极大风速及水平最小能见度作为划分标准。由系统性(如锋面)天气引发邻近地区两站以上沙尘暴天气,称为区域性沙尘暴天气。反之,由非系统性天气(如局地强对流)引发的零星 1~2 站沙尘暴称为局地性沙尘暴。而区域或局地性沙尘暴之天气强度系以沙尘暴天气过程影响中最强一个站台的强度作为标准。

表 1 中国西北地区沙尘暴天气强度划分标准

Tab. 1 Sand-dust storm classification standard in Northwest China

强度	瞬间极大风速 $/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	最小能见度 $/\text{m}$
特强	≥ 10 级或 ≥ 25	0 级: < 50
强	≥ 8 级或 ≥ 20	1 级: < 200
中	6~8 级或 ≥ 17	2 级: $200 \sim 500$
弱	4~6 级或 ≥ 10	3 级: $500 \sim 1000$

依徐与胡之划分方式,当风力和能见度不协调时,沙尘暴强度之确定方式为:①凡风速大、能见度也大时强度以能见度对应级确定;②风速小、能见度也小时则从原有风速对应级上升一级强度。

国内外目前对沙尘暴的分级较多,可归纳为 3 类:①只分强沙尘暴、特强沙尘暴(俗称黑风)两级。美国把沙暴和尘暴分开来表述,分别为沙暴(Sand-storm),强沙暴(heavy Sand-storm)及尘暴(dust-storm),强尘暴(heavy duststorm),算是一种特例;②分为强、中、弱三级;③分为特强、强、中、弱四级。

3 沙尘暴观测

目前,常规气象观测中对沙尘暴的观测只有目测项目能见度有具体规定,只是描述性的表述为风力较大,并无量化指标。沙尘暴“沙尘”体现在空气中的含沙量,不同沙尘天气时,空气中的沙尘含量不同,相应的造成大气的光学特性和遥感辐射特性发生显著变化,从而影响能见度、大气气溶胶光学厚度和地面辐射,因此,除了观测能见度外,还可以通过太阳光度计、卫星遥感和沙尘气溶胶含量观测沙尘暴天气;沙尘暴的“暴”字就意味着变化的剧烈程度,所以,沙尘暴过境气象要素也有变化。

3.1 沙尘暴气象要素变化特征

特强沙尘暴的前沿象一道黑墙迅速向前推移。过境后,气象要素变化十分剧烈,过境前温度很高,气压很低,天气晴好,风速很小;过境时,顿时狂风大作、沙尘飞扬,气压猛升、温度剧降^[3]。

徐国昌、陈敏连和吴国雄报道了 1977 年 4 月 22 日发生在甘肃河西走廊的黑风暴天气过程,在这次过程中,张掖站黑风暴过后 10 min 内气压猛升了 2.8 hPa,气温下降 6.8 ℃,风向由偏东转为西北偏西,平均风速猛增到 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,瞬时最大风速超过 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[7]。同样 1993 年 5 月 5 日的黑风暴天气过程中,甘肃省的金昌市,10 min 内气压涌升 3.1 hPa,永昌 3 min 内气压涌升 2 hPa,并且气压曲线都出现涌升后又降低的“气压鼻”现象^[12]。

王旭、马禹等报道了 1998 年 4 月 18 日发生在新疆的一次特强沙尘暴天气过程^[13],在这次过程中,沙尘暴过境后乌鲁木齐站 1 h 内气压猛升了 10.9 hPa,气温下降 14.2 ℃;达坂城站 15 min 气压猛升了 2.6 hPa,气温下降 8.8 ℃。东疆的巴里坤和伊吾气象站均出现气压涌升现象,相对湿度 1 h 分别增加 39% 和 29%。并且达坂城和伊吾站气压曲线都出现急升后又短时间回落而形成的气压“尖点”,即“气压鼻”现象。

Joseph 对印度西北部“*Andhi*”型对流沙尘暴的研究结果^[6]表明:当强沙尘暴过境时,能见度可由 3 km 迅速降至 200 m,甚至近 100 m;风速可由 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 猛增至近 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,增大 4 倍多;气温降低 5 ℃ 左右,相对湿度增加 10% 以上。在 1976 年 5 月 20 日的一次沙尘暴过程中,印度的德里机场在 2 min 左右的时间内,能见度由 4 000 m 以上迅速降到 280 m,温度从 38 ℃ 迅速降到 25 ℃,相对湿度从 31% 快速上升到 70%,风速达到 $20.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($73.80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)。有关对波斯湾和阿拉伯湾地区春季沙尘暴的研究结果表明,上述几种气象要素也有类似的变化特征^[2]。

吴明远对 1990 年 3 月 12 日发生在酒泉地区的强沙尘暴天气(最大风速 $31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 能见度为 0 m)研究^[14]表明,该过程既无风沙壁也无气压鼻,风速也是逐渐加大的。

可见强沙尘暴过境使气象要素变化也并非一个模式。这取决于沙尘暴天气发生时的天气系统的特性,如果强沙尘暴是由锋面系统造成的,则气象要素的变化要平缓一些,如果是由于中尺度强对流系统引起的,则要剧烈得多。

3.2 沙尘暴卫星遥感图特性

由于西部地区观测站点稀少,给观测沙尘暴带来一定的困难。使用气象卫星可以进行大范围的连续监测,用其监测沙尘暴是较理想的方法,利用云图可以推断出沙尘移动的可能路径和沙尘来源和水平范围。为沙尘暴的预报预警和有效治理提供科学依据。

徐希慧对塔克拉玛干沙漠沙尘暴的卫星(NOAA)云图特征的研究表明^[15]:在可见光卫星云图上,陆地表面有水体、雨迹森林覆盖的地方反照率最小,呈黑色;有作物、牧草、荒漠草原覆盖的地区为深灰色或灰色;在干燥气候地区的沙漠,由于植被稀少,反照率较大,呈现灰色或浅灰色;云系和高山积雪则反照率最大,为灰白色或白色;在 3 个通道(通常用 4、2 和 1 通道)合成的伪彩色遥感图片上“沙尘”呈浅蓝色;而沙尘暴所形成的“沙尘羽”和低云相似,呈灰白色,两者的区别在于:低云边界清楚,外形呈现出一定的形状或因扰动而起伏不平;沙尘暴则是边界不清楚,呈比较均匀的羽毛状,分布在云系的下面,容易与云系区分。“沙尘羽”的分布受地形

走向影响,它的边缘往往和盆地边缘一致。

郑新江等对 1993 年 5 月 5 日发生在我国西北地区特强沙尘暴天气过程的云图特征研究表明^[16]:利用可见光云图,NOAA 卫星观测到的沙尘暴区是在云团与锋面云带之间的灰白色调区域。其反照率特征为:顶部结构均匀,顺着风向有纹理,色调呈浅灰色,有高云的暗影存在,与云团和地表的反照率有明显差别,地表反照率最低,达 15% 左右;沙尘暴顶部比地面高,达 24%;云团的反照率最高,达到 51%。在 NOAA 红外卫星云图上,沙尘暴、云团和地表的温度有明显的差异。其中,云团的温度最低,集中在 -54℃ 附近;沙暴区温度次之,集中在 -3 ℃ 附近;地表温度最高处可达 39 ℃。根据其温度特征,并配合探空资料,可确定出这次特强沙尘暴顶部高度为 2 100 m 左右。

3.3 沙尘暴光学特性

较之于目测能见度的水平观测,激光雷达和光度计可以观测沙尘暴发生时垂直剖面的光学特性,利用这一特性能了解空气中的沙尘含量,与卫星遥感图结合,即可较全面掌握沙尘暴的水平范围大小及垂直浓度分布。

邱金桓等对 1988 年 4 月北京地区的 3 次沙尘暴天气过程采用激光雷达和光度计进行了综合测定,结果^[17]表明沙尘暴出现前,北京大气柱气溶胶光学厚度在 0.11 ~ 0.25 之间变化,均值为 0.18。沙尘暴出现以后,光学厚度的均值高达 5.27,后者比前者偏大 20 多倍,变化非常显著。在沙尘暴最强时段(11 日 08:00 ~ 11:00 时),天空发黄,大气柱气溶胶的光学厚度在 8 ~ 15 之间变化,这一特性主要是由高空输入和地表刮起的沙尘粒子的大量增多所致。

3.4 沙尘暴沙尘气溶胶含量观测

在常规观测中能见度是一个主要指标。能见度(visibility)用目标物的能见距离来表示,但是,能见度的观测强烈地受人为主观影响,如人的视力,环境光线照度等。在很多文献中^[8~10]提到能见度 0 m 的说法,牛生态和章澄昌^[18]认为从沙尘数浓度值和沙尘颗粒的消光系数 σ 来考虑,不致出现 $\sigma \rightarrow \infty$ 的情况,亦即不会出现能见度为 0 m 的情况。笔者亦认为,除非绝对黑暗或观测者的眼睛被蒙蔽,否则,

不可能出现能见度 0 m, 充其量是趋于 0 m。之所以有如此说法, 其关键是在强沙尘天气, 人眼被风沙所迷, 难以张开, 故而得之。看来用能见度的值作为主要指标来定义沙尘暴强度任意性较大, 而仪器测得的沙尘暴沙尘气溶胶含量的观测更能客观的反映沙尘暴的强度, 较之目测项目优越。

杨东贞对 1988 年 4 月 12 日出现在北京地区的一次强沙尘暴过程中沙尘的物理化学特性进行了测定, 结果表明: TSP(总悬浮微粒)的平均值为 $5.118 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 比正常天气条件下要高 15.7 倍。长沙劳动保护研究所的科技人员对 1993 年 5 月 5 日的特强沙尘暴在甘肃金昌市的测定结果是 TSP 室外为 $1016 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 室内为 $80 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 均超过国家规定生活区内含尘量标准的 40 倍以上, 造成了严重的空气污染^[2]。

牛生杰等近年在多沙尘的巴丹吉林和腾格里等沙漠边缘区春季的观测取样^[19], 背景大气、扬沙、浮尘及一股强度沙尘暴发生时地面空气的平均沙尘浓度分别为 $0.083, 0.356, 1.206$ 和 $3.955 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 即从背景大气到扬沙、浮尘、一般沙尘暴地面沙尘的浓度, 后者依次较前者增长了 3~4 倍。

张小玲等报道了^[20], 北京地区 2000 年 4 月 6 日的一次较强沙尘天气, 当天的最低能见度为 500 m, 最大风速为 $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 地面含沙量 $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 属一般沙尘暴, 仅对空气质量及交通等有轻微影响。而 1993 年 5 月 5 日甘肃金昌的沙尘暴则是特强沙尘暴^[21]。当天, 金昌站的最大风速达 $34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最低能见度为 0 m, 地面空气含沙量为 $1017 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 是 2000 年 4 月 6 日北京地区一般沙尘暴含沙量的 1 000 倍。所以, 午后天黑得伸手不见五指, 酿成生命和财产的严重损失, 是重大灾害性天气。

由此可见, 不同的沙尘暴天气过程在各地引起的大气物理特性、化学成分及天气现象的表现迥异, 这一点成为用仪器对沙尘暴进行连续、全面及定量观测的依据。经过多年的研究, 科技工作者对这种天气现象已经有了一定的认识。尤其是利用新技术新方法对其遥感辐射特性、光学特性及大气气溶胶特性的分析研究, 取得了可喜的成果, 使制定一套基于器测的沙尘暴观测及分级标准成为可能。

4 结语

沙尘暴的观测及分级标准研究工作, 各国科技

工作者从各方面做了大量卓有成效的研究工作, 取得了一系列非常有价值的研究成果, 为各国政府管理部门制定合理有效的防治措施提供了重要科学依据, 并为今后进行更为深入的研究奠定了良好的基础。随着全国沙尘暴观测网的建立和卫星遥感、激光浮尘雷达及太阳辐射光度计能见度观测仪等先进观测仪器的应用, 使得对沙尘暴监测的手段有了很大的提高和发展, 因此, 在现代监测条件下, 迫切需要制定与之相应的一套基于器测项目的客观、定量的沙尘暴观测规范和分级标准化, 为未来各部门继续深入研究有关沙漠问题、沙尘暴的预报警报、为防灾减灾趋利避害保护资源和环境提供有力支持和坚实的科学基础。

参考文献(References):

- [1] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近 50 a 来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析 [J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 107~111.
- [2] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展 [J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349~356.
- [3] 徐启运, 胡敬松. 我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析 [A]. 中国沙尘暴研究 [C]. 北京: 气象出版社, 1997. 1~10.
- [4] 中央气象局地面气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 1979.
- [5] 余嘉裕, 陈永祺, 刘广英. 台湾地区空气品质监测与东亚沙暴关系之气候与地球化学分析 [A]. 行政院环境保护署, EPA-86-L102-03-20, 1997.
- [6] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. "Andhi", The convective dust storms of North west India [J]. Mausam, 1980, 31: 431~442.
- [7] Wolfson N, Matson M. Satellite observation of phantom in the desert [J]. Weather, 1986, 41(2): 57~60.
- [8] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4·22”特大沙尘暴分析 [J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26~35.
- [9] 韦克范, 南疆盆地南缘黑风暴分析 [J]. 新疆气象, 1983, (6): 17~20.
- [10] 钱正安, 贺慧霞, 罂章, 等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征 [A]. 中国沙尘暴研究 [C]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [11] Mc Naughton D L. Possible connect between anomalous anticyclones and sandstorms [J]. Weather, 1987, 42(1): 8~13.
- [12] 陈敏连, 郭清台, 徐建芬, 等. 黑风暴天气的研究和探讨 [J]. 甘肃气象, 1993, 11(3): 16~27.
- [13] 王旭, 马禹, 赵兵科. 新疆“4·18”特强沙尘暴天气地面观测事实分析 [J]. 干旱区地理, 2001, 24(增刊): 37~42.
- [14] 吴明远. 酒泉地区黑风分析 [A]. 兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文 [C]. 1993. 9.
- [15] 徐希慧. 塔里木盆地沙尘暴的卫星云图分析与研究 [A]. 中国沙尘暴研究 [C]. 北京: 气象出版社, 1997. 88~91.
- [16] 郑新江, 刘诚, 崔小平, 等. 沙暴天气的云图特征分析 [J]. 气象, 1995, 21(2): 27~31.

- [17] 邱金桓,孙金辉.沙尘暴的光学遥感及分析[J].大气科学,1994,18(1):1-10.
- [18] 牛生杰,章澄昌.贺兰山地区沙尘暴沙尘起动和垂直输送物理因子的综合研究[J].气象学报,2002,60(2):194-204.
- [19] 牛生杰,孙继明.贺兰山地区春季沙尘气溶胶质量浓度的观测分析[J].高原气象,2001,21(1):1-3.
- [20] 张小玲,王迎春.北京地区沙尘暴天气分析及数值模拟[J].甘肃气象,2001,19(2):9-13.

Research Status of Sand-dust Storm Observation and Classification Standard

ZHANG Guang-xing, LI Xia

(Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

Abstract: When sand-dust storm weather is occurring the air current transmits a large amount of sand-dust into air, which makes the air quality worsening and the visibility lowering, therefore severely influenced the daily life and public health. Especially the heavy sand-dust storm accompanying darkness often causes public panic so that this kind of weather phenomenon is attracting more attention in recent years. There are various issues on sand-dust definition, observation, classification and naming. The authors have reviewed the research status on sand-dust storm monitoring and forecasting as well as the classification standard, according to proceedings of some international conferences and documents published oversea and domestic. Some suggests are given in the paper for the sake of comparability and credibility in the research field of sand-dust storm.

Key words: sandstorm; observation criteria; classification standard; research status



收取稿件审理费的通知

承蒙广大科技人员的厚爱与信任,近几年来,《中国沙漠》的收稿量急剧增加。由于本刊采取严格的审稿制度,外审的工作量很大,加上审稿报酬的提高,致使稿件审理的开支逐年增大。为了补充办刊经费的不足,经研究,决定从2004年元月1日起,对投稿的论文一律酌收稿件审理费40元/篇。此费用均由作者自付,不开发票。请诸位在投稿时,同时汇审理费,并在汇单附言中注明“审理费”字样。

汇款地址:730000 兰州市东岗西路260号《中国沙漠》编辑部

《中国沙漠》编辑部