

中国沙尘暴研究

方宗义 朱福康 江吉喜 钱正安 编



气象出版社

中国沙尘暴研究

方宗义 朱福康 编
江吉喜 钱正安

气象出版社

内 容 简 介

本书是沙尘暴研究成果的汇编,也是我国有关沙尘暴研究的第一本专辑,汇集了我国气象、沙漠及其他专业的科技工作者近几年来有关沙尘暴的研究成果,从多方面探讨了沙尘暴灾害发生的成因、机制、预报服务和抗灾救灾对策等。可为今后我国沙尘暴天气的监测、警报服务和抗灾防灾等方面提供有科学价值的依据。

本书可供气象、沙漠和农业等领域的研究人员和业务人员参考,也可供诸如铁道设计、环境保护、生态治理和抗灾救灾等其他专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国沙尘暴研究/方宗义等编. —北京:气象出版社,
1996. 12
ISBN 7-5029-2244-X

I. 中… II. 方… III. 沙暴-研究-中国 N. P425.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23635 号

中国沙尘暴研究

方宗义 朱福康 编
江吉喜 钱正安

责任编辑:韩履英 终审:周诗健

封面设计:曾金星 责任技编:席大光 责任校对:张莉茹

* * *

气象出版社 出版

(北京海淀区白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:255 千字

1997 年 1 月第一版 1997 年 1 月第一次印刷

印数:1~600 定价:16.00 元

ISBN 7-5029-2244-X/P · 0825

前 言

沙尘暴是大风扬起的地面沙尘,使空气混浊,水平能见度低于1000m的恶劣天气。强烈的沙尘暴可使地面水平能见度低于10m,俗称黑风。沙尘暴多发区主要位于沙漠附近,中亚、北美、中非及澳大利亚是世界四大沙尘暴区,我国西北地区是中亚沙尘暴区的一部分。

1993年5月5日,我国西北地区发生了一场强沙尘暴(简称“5.5”黑风暴)灾害,造成严重损失,引起了全社会的关注。党和国家领导同志对此十分关心,要求气象工作者进一步研究这一自然灾害现象,提高对它的监测、预报能力。为此,中国气象局业务发展与天气司、科技教育司和中国科学院自然与社会协调发展局共同组织下属的业务、科研单位,对“5.5”黑风暴进行了集中研究,并于当年9月在兰州召开了学术研讨会。

为了更深入地揭示沙尘暴发生的天气、气候条件,探讨其监测预报方法,国家科委社会发展司决定在“八五”科技攻关项目的调整计划下,增列了“西北地区沙尘暴研究”(85-925A-01)。在中国气象局科技教育司和中国科学院自然与社会协调发展局的安排下,组成了以国家卫星气象中心牵头、兰州高原大气物理研究所、甘肃省气象局、兰州沙漠研究所和中国气象科学研究院等单位参加的专题组,从沙尘暴的成因分析;沙尘暴监测、预报方法研究;西北地区强沙尘暴天气预警服务系统设计和沙尘暴科普读物编写等四个方面入手,在“5.5”黑风暴分析研究的基础上,针对历史上的沙尘暴个例,更深入地探索这一重大自然灾害现象的成因和活动规律。

经过专题组科技人员一年多时间的联合攻关,全面地完成了合同所规定的研究任务。1995年4月,国家科委社会发展司委托中国气象局科技教育司和中国科学院自然与社会协调发展局联合组织了该专题的鉴定会和验收会,与会专家给予了高度评价。

本书是上述两方面研究成果的汇编,也是我国有关沙尘暴研究的第一本专辑,汇集了我国气象、沙漠和其他相关专业领域近几年来有关沙尘暴的研究成果,从多方面探讨了强沙尘暴灾害发生的机制、成因、预报服务和防灾救灾对策,可以为今后我国沙尘暴天气的监测、警报服务和综合治理等方面提供有科学价值的依据。

由于沙尘暴天气过程将导致自然与生态环境的破坏,而自然生态环境的不断恶化又将增加沙尘暴发生的可能性。因此,保护人类赖以生存的环境是刻不容缓的重大问题,也是减少沙尘暴发生及其危害的关键。

本书承方宗义、朱福康、江吉喜和钱正安等四位先生协助审改,特此致谢。由于这项工作是在他们完成本职工作的基础上抽出时间完成的,加上我们知识面不广,难免有欠妥之处,请各论文作者和广大读者提出宝贵意见。

中国气象局科技教育司
中国科学院自然与社会协调发展局
1996年7月

目 录

前言

I 沙尘暴的天气气候特征

我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征.....	钱正安等(1)
我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析	徐启运等(11)
青藏高原沙尘暴天气的气候分析	梁凤荣(16)
陕西北部春季沙尘暴的气候特征及预报初探	陕西省气象台(22)
西北地区是我国沙尘暴的多发区	赵性存(27)
我国西北地区历史时期的风沙尘暴	黄兆华(31)

II 沙尘暴的分析和预报

“93.5.5”特强沙尘暴的调查报告及其分析	钱正安等(37)
西北地区五次特强沙尘暴前期形势和要素场的综合分析 with 预报	许宝玉等(44)
宁夏区域性强沙尘暴天气成因及其预报方法研究	赵光平等(52)
1992年4月28日青海沙尘暴分析	马元仓(59)
甘肃河西“5.5”黑风天气系统结构特征及其成因分析.....	王式功等(62)
西风急流异变对“5.5”西北地区沙尘暴的影响.....	尹树新等(65)
西北地区“黑风”成因及预报方法探讨	张钦仁(70)

III 沙尘暴的遥感监测

西北地区强沙尘暴成因的中尺度分析	项续康等(75)
沙尘暴监测方法研究	郑新江等(82)
塔里木盆地沙尘暴的卫星云图分析与研究	徐希慧(88)
西北地区沙尘暴分布与云图分型	郑新江等(92)
以卫星资料为主的强沙尘暴超短期预报方法初探	江吉喜等(98)

IV 沙尘暴的成分分析

“93.5.5 黑风”沙尘气溶胶的分析	杨东贞等(103)
春季沙尘暴的发生源地及输送沉降的探讨.....	杨东贞等(111)
甘肃河西走廊地区扬尘量的初步估算.....	胡孟春等(118)

V 沙尘暴天气发生的数值模拟

“93.5.5”特强沙尘暴的数值预报研究.....	焦彦军等(121)
“93.5.5”黑风暴过程中- β 尺度跑线的初步数值模拟	陈伟民等(128)
“93.5.5”特强沙尘暴成因的数值模拟研究.....	焦彦军等(134)

VI 沙尘暴预报服务管理和国外动态

西北区域沙尘暴天气预报和服务管理系统工程的研究.....	陈永卫等(142)
沙尘暴——一种强灾害性天气.....	朱福康等(147)
我国沙尘暴灾害的概况和对策.....	瞿章等(155)

I 沙尘暴的天气气候特征

我国西北地区沙尘暴的分级标准 和个例谱及其统计特征^①

钱正安 贺慧霞 瞿章

(中国科学院兰州高原大气物理所)

陈敏连

(兰州区域气象中心)

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。西北地区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”。从成因、强度和危害程度上,它都不同于扬沙或浮尘天气,也有别于单纯的大风天气。它是干旱和荒漠区(如北非、美国西南部、西南亚和我国西北等地区)特有的灾害性天气。

像 1993 年 5 月 5 日这样的特强沙尘暴天气,它造成甘肃、宁夏回族自治区部分地区数百人死伤,数亿元的经济损失,它的危害性并不亚于我国东部地区台风或暴雨灾害性天气,从而引起气象及沙漠工作者的极大关注。

沙尘暴灾害性天气虽一直存在,但我国是从 70 年代才开始对沙尘暴天气个例进行研究^[8],并于 1993 年召开了首次全国沙尘暴天气研讨会。然而过去西北地区的沙尘暴标准还不统一,也无统一的沙尘暴个例谱。为了进一步研究沙尘暴灾害性天气发生发展的规律,更好地预报它,把它的危害减少到最低程度,我们首先需要明确和统一研究对象,把历史上发生的沙尘暴事实搞清楚,即制订切合西北地区实际的沙尘暴分级标准,划定历年来的沙尘暴个例,这是一项不可少的基础性工作。

下面分别讨论沙尘暴的分级标准、强和特强沙尘暴个例谱,以及它的若干统计特征。

一、沙尘暴的分级标准

沙尘暴是特定气象和地理条件下的产物。对沙尘暴的分级标准,气象及沙漠工作者会有不同的看法,就是西北各省(区)气象工作者内部也有不同意见。

有的从现象上看,徐国昌、陈敏连和吴国雄最早报导了 1977 年 4 月 22 日甘肃河西特强沙尘暴过境时的风沙壁、风向突变风速急增,以及过境后 10 分钟内气压跃升 1~2hPa 的气压鼻现象^[8],最近徐国昌等又强调在 1971 年 4 月 5~6 日和 1993 年 5 月 5 日甘肃河西特强沙尘暴中均有类似现象,且发展盛期更明显^[29]。这种风沙壁和风突变现象在南疆盆地南缘^[5]、宁夏^[14]、内蒙古^[27]及柴达木盆地(周世达,个人通信)的典型沙尘暴时也可见到。可吴明远等也指出,强沙尘暴并非一个模式,如 1990 年 3 月 12 日酒泉地区的强沙尘暴(最大风速 31m/s,能见度为 0m)既无风沙壁,也无气压

① 此文得到国家自然科学基金 49475245 课题资助。

鼻,风速也是逐渐加大的^[9]。

更多的还是看沙尘暴时的能见度和风速。特强沙尘暴时因天黑迷路,又遭强风裹挟,才造成人畜落水而死或他伤,可见能见度差和强风速是沙尘暴时的两个主要致灾因素。气象观测规范中的沙尘暴是指能见度 $<1\text{km}$ 的风沙天气,对风速并无具体规定。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,它除影响航空飞行外,对人畜及工农业生产的危害并不大,本文暂不讨论它。

徐国昌和陈敏连等曾首先提出两站或以上出现瞬间风速 $\geq 25\text{m/s}$,最小能见度 $\leq 50\text{m}$ 的“黑风”标准^[8]。该标准又过严,西北地区40余年来符合这一标准者才数例,难于描述其统计特征,也不便总结规律。看来,为包括更多个例,区分不同强度的沙尘暴是需要的。以后陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆各省(区)的预报手册中又提出了各自的分级标准,应该说这些标准基本能反映各地的实况,如陕西、青海和内蒙古就未设“黑风”这一等级,因该三省(区)绝少出现如此强的沙尘暴;而新疆和宁夏二区因更易出现强风,所以要求“黑风”的风速 $>30\text{m/s}$ 。当然,即使在同一省(区)内也难照顾周全,如南疆韦克范指出,新疆区台规定的黑风风速条件对常出现黑风的和田地区就过高,和田地区历史上几次黑风的平均最大风速才 24m/s 。他认为“能见度为 0m ,达8级大风者即可算黑风”(个人通信)。看来分级标准兼顾这些地区差异也是应该的。

基于上述调查分析,也参照印度、美国等的沙尘暴分级办法^[31],下文中区分强沙尘暴、特强沙尘暴(俗称黑风)两级,并具体规定凡同时满足风速 $\geq 20\text{m/s}$ (在南疆南缘,仅要求 $>17.2\text{m/s}$)、能见度 $\leq 200\text{m}$ 者为强沙尘暴,同时满足风速 $\geq 25\text{m/s}$ (在南疆南缘,仅要求 20.8m/s)、能见度 $\leq 50\text{m}$ 者为特强沙尘暴。所以划分这两等级,一方面因强沙尘暴也可造成较重灾情;另一方面也可扩大个例数。基于西北地区测站稀疏,对出现的测站数未予要求。但在下面的个例谱表中,将一站、二站或多站满足条件者,分别标注为局地性、小范围和大范围。须知,在西北地区即使是仅一县满足标准的“局地性”强沙尘暴,一般也代表了方圆近 200km^2 左右的大片地区。

二、强和特强沙尘暴个例谱

根据上列分级标准,我们普查了《甘肃气象》等西北各省(区)的气象刊物和《气象学报》等刊登的沙尘暴研究论文及报导,也全部阅读了1993年9月兰州全国沙尘暴天气学术研讨会上的交流材料,并函寄了西北地区沙尘暴的分级标准、个例谱(初稿)等向西北各省(区)进行了通信调查、征求意见,最后还核查了兰州中心气象台的历史天气图,几易其稿,才得到我国西北地区1952~1994年间的强和特强沙尘暴个例谱。该个例谱共收入强和特强沙尘暴个例48个。如前述,对一般强度的沙尘暴,未列入该个例谱。

该个例谱采取简表形式(表1),其中天气情况和灾情栏中尽可能说明其起讫时间,最大风速和最低能见度情况,以及能查到的灾情。为供读者备查,注明了资料来源和参考文献等,并把由同一次天气过程引起的跨省(区)的强或特强沙尘暴仅记为一个个例。

三、若干统计特征

由于过去对沙尘暴注意不够,气象观测中对这一天气现象也无专门记载,有关文献和报导中尚有含糊和口径不统一处,虽几经核查,这份个例谱可能还有遗漏和不准确之处,以下是据现有资料的统计结果。

1. 一般性统计

根据上述分级标准,西北地区 43 年来共出现强和特强沙尘暴 48 例,平均每年 1 次,其中特强沙尘暴 22 例,几乎占了一半。在 48 例中有 11 例除造成其他经济损失外,还直接造成人员死伤,其中 1993 年 5 月 5 日的特强沙尘暴死伤 300 余人,另外 1983 年 4 月 26~28 日及 1977 年 4 月 22 日的特强沙尘暴也直接造成近百人死伤,这在我国东部灾害性天气中也不常见,所以对西北地区沙尘暴灾害性天气,理应引起全国上下的高度重视。在这些强或特强沙尘暴个例中,有的仅出现于一县的范围内(个例谱中记为局地性的),持续 1~2h;有的则是跨省(区)的,如 1983 年 4 月 26~28 日因强寒潮爆发,它不仅在三天时间内先后造成新疆吐鲁番盆地、南疆和田地区、青海柴达木盆地、甘肃平凉、宁夏黄河灌区及内蒙古伊克昭盟和陕北榆林地区的特强沙尘暴,还在以后几天中几乎扫过全国,造成我国华北、东北及江南一带的严重低温、冻害、暴雨和沿海的大风等多种灾害性天气。也造成各地生命财产的巨大损失^[30]。

表 1 我国西北地区强和特强沙尘暴个例谱(1952~1994 年)(时间均为北京时)

序号	日 期	地 区	天气情况及灾害	资料来源	等级
1	1952 年 4 月 9 日	甘肃永昌、山丹、张掖、临泽、环县等 23 个县	张掖 15 时 15 分开始,西大风 9 级,能见度<50m,死 23 人,永昌县境内被流沙掩埋农田 8000 多亩*。吹倒了张掖城门楼	陈永卫等 ^[1]	特强,大范围
2	1953 年 4 月 7 日	甘肃民勤	出现于午后,大风>25m/s,能见度<50m,造成该县沿风沙线的昌宁等八个乡镇遭灾,3360 多亩农田遭沙埋	胥正德 ^[2] 周修春(个人通信)	强,局地性
3	1953 年 6 月 4 日	甘肃民勤	15 时 35 分开始,最大风速 28m/s,狂风吹落果树幼果,折断树枝,受害率在 50%以上	周修春(个人通信)	强,局地性
4	1957 年 3 月 6~7 日	甘肃民勤、武威	民勤 6 日 15 时 30 分至次日 06 时 02 分,武威 6 日 15 时 25 分至 20 时 00 分出现黑风,大风>25m/s,民勤能见度 10m,民勤县死亡 10 人,淹死牛等大牲畜 105 头,羊 110 只,吹倒房屋 11 间,吹垮堤坝,淹没农田 1336 亩	胥正德 ^[2] 周修春(个人通信)	特强,小范围
5	1959 年 4 月 27 日	甘肃民勤、武威	民勤出现于 2 时 03 分至 19 时 00 分,武威出现于 8 时 03 分至 18 时 16 分,大风>25m/s,能见度<50m。持续时间为民勤站 40 年中最长,强风吹死幼苗,吹走种子,农田埋沙,民勤全县受害农田 40441 亩	胥正德 ^[2] 周修春(个人通信)	特强,小范围
6	1961 年 5 月 31 日~6 月 1 日	新疆吐鲁番、哈密地区	西北大风,风力达 12 级以上,死伤 20 多人,兰新线新疆段多处被沙埋,造成 91 次列车脱轨的严重事故。当时有 10 多节车厢翻越路边,其中一节车厢腾空而起,在空中打了几滚才落地,刮断电杆几百根,中断交通 36 个小时。下马崖等地有 40 多孔坎儿井被沙填埋	慕福智 ^[3]	强,大范围
		内蒙古额济纳旗等	额济纳旗最大风速 24m/s	兰州中心气象台 ^[28] 周修春(个人通信)	
		甘肃民勤等	民勤最大风速 24m/s,造成 35603 亩秋作物和瓜类被沙埋		
		青海格尔木等	格尔木最大风速 24m/s		
7	1962 年 3 月 17~18 日	新疆吐鲁番地区	有与序号 6 吐鲁番、哈密盆地类似的天气情况和灾情	慕福智 ^[3]	强,小范围
8	1963 年 4 月 15 日	新疆克拉玛依	大风刮了一夜,死亡 1 人,刮倒钻井架 2 座,刮斜 1 座,刮倒刮断电杆 499 根,变压器损坏 5 座,柴油机烧坏 1 台,油井压力表损坏 513 个,锅炉烟囱刮倒 35 个,帐篷刮坏 33 顶	毛寅 ^[4]	强,大范围
		吐鲁番地区	有与序号 6 吐鲁番、哈密盆地类似的天气情况和灾情	慕福智 ^[3]	
		内蒙古额济纳旗等	额济纳旗最大风速 24m/s	兰州中心气象台 ^[28]	
		甘肃玉门镇等	玉门镇最大风速 24m/s		

续上表

序号	日 期	地 区	天气情况及灾害	资料来源	等级
9	1966年3月15~16日	新疆吐鲁番地区	有与序号6吐鲁番、哈密盆地类似的天气和灾情	慕福智 ^[3]	强,小范围
10	1968年4月20日	新疆吐鲁番地区	三个泉最大风速达40m/s,大风将直径为10cm的石子刮走15~30m。在风力强劲地段,风蚀构成顺风势条条沟壑	慕福智 ^[3]	强,大范围
	21日	内蒙古额济纳旗等	额济纳旗28m/s,能见度300m	兰州中心气象台 ^[28]	
	21日	甘肃马鬃山	马鬃山最大风速40m/s		
11	1968年6月24日	甘肃民勤	出现于17时28分,平均最大风速28m/s,能见度30m,一小孩被强风吹到沙窝填埋而死,吹散羊500只,全县15000亩农田受害	周修春(个人通信)	特强;局地性
12	1969年4月6日	甘肃民勤	出现于午后,最大风速>25m/s,能见度<50m,致使10000亩农田受害	胥正德 ^[2] 周修春(个人通信)	强,局地性
13	1969年5月22日	新疆皮山、和田和于田	和田约20时开始,极大风速为28m/s,能见度达0m,灾情暂缺	韦克范 ^[5]	特强,大范围
14	1970年4月10~12日	新疆吐鲁番地区	有与序号6吐鲁番、哈密盆地类似的天气情况和灾情	慕福智 ^[3]	强,小范围
15	1971年4月5~6日	新疆和田、民丰	和田2时50分至9时46分,极大风速25.5m/s,民丰11时瞬时最大风速22m/s,5时能见度<200m,黑风	李建华 ^[7]	特强,大范围
		甘肃酒泉和张掖地区	出现10~11级西大风,金塔19时14分风沙壁过境,最大风速达36m/s	徐国昌等 ^[8] 吴明远 ^[9]	
		内蒙古额济纳旗等	额济纳旗最大风速31m/s,能见度0m	兰州中心气象台 ^[28]	
16	1971年5月13日	甘肃民勤	18时30分开始出现,最大风速29m/s,能见度30m,八级以上大风持续了5个小时,全县36万亩麦地被沙埋	胥正德 ^[2] 周修春(个人通信)	强,局地性
17	1971年7月12日	甘肃民勤	18时11分黑风风沙墙过境,最大风速31m/s,能见度0m,7~8级大风持续了6个小时,使全县黄熟小麦大面积脱粒,每亩损失10~70斤不等,全县共损失小麦732万余斤	本文作者之一亲眼目睹 周修春(个人通信)	强,小范围
		内蒙古额济纳旗等	额济纳旗最大风速25m/s,能见度0m	兰州中心气象台 ^[28]	
18	1972年3月21日	新疆皮山、和田和于田	有与序号13类似的天气情况和灾情	韦克范 ^[5]	特强,大范围
19	1973年5月27日	新疆皮山、和田和于田	有与序号13类似的天气情况和灾情	韦克范 ^[5]	特强,大范围
20	1977年4月22日	甘肃酒泉、张掖地区	从南疆东移来,丁新16时52分开始,黑风所到之处平均风力均达10级以上,瞬间最大风速达38m/s,12级以上大风持续了2~5小时。张掖地区死亡54人,失踪25人。大面积农田受灾,连二百多年的老树也被连根刮倒	徐国昌等 ^[8] 陈永卫 ^[1]	特强,大范围
21	1977年5月19日	甘肃民勤	17时03分风沙壁过境,最大风速30m/s,能见度5m,8级以上大风持续3个小时,走失14人,全县79735亩农田遭沙害,吹倒房屋36间,刮倒树木2106棵,电杆153根	徐启运 ^[10] 周修春(个人通信)	强,局地性
22	1979年3月21日	青海乌兰县茶卡公社和莫河驼场	一场沙尘暴,牲畜死亡两万多头(只)。最大风速28m/s,能见度200m	党积明等 ^[6]	强,小范围
23	1979年4月10~11日	新疆吐鲁番地区	有与序号6吐、哈盆地类似的天气情况和灾情	兰州中心气象台 ^[28]	强,大范围
		新疆克拉玛依等	克拉玛依最大风速46m/s,能见度0m		
		青海茫崖等	茫崖最大风速31m/s,能见度100m		
		甘肃金塔等	金塔最大风速29m/s,能见度100m		
		宁夏石咀山等	石咀山最大风速28m/s,能见度100m		
		内蒙古西部海流图	海流图能见度0m		

续上表

序号	日期	地区	天气情况及灾害	资料来源	等级
24	1979年5月25~26日	新疆和田地区	和田21时38分到次日6时03分,和田最大风速28m/s,为和田有记录以来最强的黑风。全地区死亡5人,死牲畜360头(只),失踪1700头(只),刮死早玉米3.5万亩,棉花重灾1.63万亩,使核桃苹果落果率达30%	韦克范(个人通信)	特强,大范围
25	1979年5月29日	新疆和田地区	有与序号13类似的天气情况和灾情	韦克范 ^[6]	特强,大范围
26	1979年6月11日	新疆和田地区	有与序号13类似的天气情况和灾情	韦克范 ^[6]	特强,大范围
27	1981年4月30日	新疆吐鲁番地区	有与序号6吐、哈盆地类似的天气情况和灾情	慕福智 ^[3]	强,小范围
28	1982年5月1~2日	宁夏大武口等多站	大武口最大风速30m/s	杨勤等(个人通信)	强,大范围
		甘肃酒泉等	酒泉最大风速24m/s,能见度100m	兰州中心气象台 ^[28]	
		内蒙古巴彦毛道等	巴彦毛道最大风速23m/s,能见度100m		
29	1982年6月10日	甘肃民勤	15时03分开始,最大风速25m/s,8级以上大风持续了3个小时,全县粮食作物、经济作物受害农田分别达158500、63328亩	周修春(个人通信)	强,局地性
30	1983年4月2日	甘肃民勤	12时10分开始,最大风速27m/s,能见度100m,大风持续了8个小时之久,风沙埋压农田12000余亩	周修春(个人通信)	强,局地性
31	1983年4月26~27日	新疆吐鲁番地区	鄯善10~11级大风,大风持续7个多小时,该县两人死亡,羊只死22只。该县6万多亩农田受灾,房屋倒塌20间	慕福智 ^[3] 贾文英 ^[11]	特强,很大范围
	27~28日	新疆和田地区	和田21时50分至次日2时35分	韦克范(个人通信)	
	27日	青海德令哈、大柴旦等站	德令哈偏西大风,最大风速达30m/s以上。吹断树木772棵,吹毁房屋12间,吹倒围墙1395m,电线杆35根	上官鸿模 ^[12]	
	27日	甘肃平凉	18时01分至18时54分,能见度为0m,西北大风最大风速25m/s,还下了阵雨,打了雷	李光宠 ^[13] 等	
	27日	宁夏青铜峡、中卫、惠农等多站	最大风速>35m/s,7站能见度<100m,中卫14时40分首先开始,青铜峡、兴仁最大风速35m/s,盐池能见度为0m,全区12个站伴有雷阵雨,雨或雪。造成人畜很大伤亡,农田沙埋,倒塌房屋533间	杨勤等(个人通信) 赵光平等 ^[14]	
	28日	内蒙古伊克昭盟和陕北榆林地区	发生风速35m/s的黑风暴,死亡失踪58人,牲畜死亡和丢失16万头(只)	路石 ^[15] 吴明远 ^[9]	
32	1983年5月18日	甘肃酒泉、张掖地区	从南疆东移来,05时安得河出现强沙尘暴天气,13时40分到敦煌,15时44分在玉门形成黑风,金塔瞬时最大风力35m/s,最小能见度0m,19时过张掖,过水昌后消失。多站偏西大风达31m/s	胡天清 ^[16]	特强,大范围
33	1983年11月27日	新疆克拉玛依	瞬时极大风速大于40m/s。狂风大作,飞沙走石	汤之凯 ^[17]	强,小范围
34	1984年4月19日	宁夏大武口、平罗、银川及河套地区	大武口16时12分开始,18时左右至银川,平罗最大风速30m/s,能见度<5m	张钦仁 ^[18]	特强,大范围
35	1984年4月24日	新疆克拉玛依	大风持续刮了15小时,极大风速49m/s。伤22人;刮倒钻井架3座,刮扁储油罐3个;刮倒刮断通讯电杆67根,电力线电杆166根;104幢楼房揭顶,刮坏板房62幢;农田受毁灭性灾害的457亩,减产895亩;牛、羊死亡558头	毛寅 ^[4]	特强,很大范围
	24~25日	吐鲁番地区	24日下午至25日中午刮偏西大风,托克逊和吐鲁番极大风速>40m/s,8级以上大风持续了16~18小时,能见度<10m。死亡3人,重伤1人,死亡或丢失牲畜400多头	慕福智 ^[19]	
	25日	宁夏中卫、银川、惠农等多站	中卫13时06分出现西北大风,惠农站最大风速>35m/s,能见度<50m,平罗、陶乐能见度为0m	张钦仁 ^[18]	
	26日	内蒙古杭锦旗	最大风速25m/s,死亡1人,死牲畜4279头	中科院兰州沙漠所 ^[20]	
36	1985年4月1日	青海冷湖	11点05分开始,持续了7个小时,最大风力一直维持在9~10级,瞬时最大风速达30m/s,给石油生产及人民生活造成很大损失	盛国英 ^[21]	强,小范围

续上表

序号	日期	地区	天气情况及灾害	资料来源	等级
37	1986年5月17~19日	新疆和田地区和哈密市	和田18日20时03分至19日2时17分,出现特大黑风,极大风速 $>25.1\text{m/s}$,10人死亡,9人失踪。和田小麦减产2500万公斤,棉花减产12~15万担,哈密市共损失1924.5万元。兰新铁路新疆段因多处被沙掩埋,造成中断运行31小时之久	周琴南等 ^[22]	特强,大范围
	18~20日	甘肃酒泉地区多站	从新疆东移来,19日14时在敦煌形成黑风,8~11级东大风,安西出现瞬时最大风速达35m/s,敦煌、安西能见度为0m的时间持续4~5小时。20日08时过酒泉后迅速减弱。农田被沙覆盖20~30cm深,禾苗枝叶被吹干,牲畜被吹散伤亡,树木刮倒,房屋被毁,交通中断	高风荣 ^[23]	
38	1987年5月7日	甘肃民勤	18时02分开始,最大风速24m/s,能见度200m,大风持续了2个小时,全县受风沙埋农田159219亩,揭走地膜21339亩,直接经济损失238万元	周修春(个人通信)	强,局地性
39	1988年7月17日	甘肃民勤	4时20分开始,风力 $>25\text{m/s}$,强风吹折电杆47根,连根拔大树53株,倒塌棚棚15间,烧毁变压器2台,受灾农田3000余亩,总经济损失42万元	周修春(个人通信)	强,局地性
40	1989年4月19日	甘肃张掖地区	极大风速 $>25\text{m/s}$,能见度 $<50\text{m}$	吴明远 ^[9]	强,局地性
41	1990年3月12日	甘肃酒泉地区	玉门镇15时58分开始,最大风速达31m/s,最小能见度为0m,无风沙壁	吴明远 ^[9]	特强,小范围
42	1990年4月25日	内蒙古中部	有与序号31内蒙古地区类似的天气情况和灾情	路石 ^[15]	强,小范围
43	1991年3月25~30日	青海茫崖地区	茫崖25和26日分别出现最大风速23和26m/s,毁坏房屋,刮断电线等重大危害。持续6天8级以上大风,并伴有强烈的沙尘暴	保广裕 ^[24]	强,大范围
44	1991年5月5日	甘肃景泰	风速 $>25\text{m/s}$,能见度 $<50\text{m}$	徐启运 ^[10]	强,局地性
45	1992年4月28日	青海海西东部、海南、黄南、海东等地区共28个台站	14时左右海北野牛沟瞬时最大风速39m/s,野牛沟、海南州共和县能见度 $<50\text{m}$ 。不少幼畜死亡	马元仓 ^[25]	特强,小范围
46	1993年5月5日	甘肃金昌、永昌、民勤、武威、古浪、乌鞘岭、景泰、白银等地	金昌站15时42分风沙壁过境,多站最差能见度为0m,雷声沉闷,伴有泥雨,金昌最大风速34m/s,流沙掩埋铁路,造成客、货车迟发晚点和停运42列。次日凌晨气温普遍下降,古浪、景泰等县下雪,大范围出现霜冻。死亡50人,失踪12人,重伤153人,受灾农田16.9万公顷,牲畜6.6万头(只)	苏玉成 ^[26]	特强,很大范围
	5日	内蒙古阿拉善盟	老东庙10时20分刮起西北狂风,11时04分形成沙尘暴,20时52495站最大风速29m/s,阿拉善左旗站能见度为0m	刘景涛等 ^[27]	
	5~6日	宁夏中卫、惠农、平罗等地	中卫19时26分出现黑风,极大风速37.9m/s,平罗、中宁、兴仁站能见度为0m,伤亡人员100多人,造成直接经济损失3600多万元	杨勤等(个人通信) 赵光平等 ^[14]	
47	1993年6月23~24日	新疆和田地区五县一市	和田22时16分至次日7时12分,最大风速21m/s,能见度0m持续10分钟,大秋作物受灾面积11.1万亩,死亡失踪牲畜7100头(只)。直接经济损失5000万元	周琴南等 ^[22] 韦克范(私人通信)	特强,大范围
48	1994年4月6~8日	新疆诺羌、和田	诺羌最大东风21m/s,最低能见度100m	兰州中心气象台 ^[28]	强,很大范围
		甘肃安西、敦煌	安西最大风速19m/s,最低能见度200m		
		内蒙古额济纳旗、拐子湖	拐子湖最大风速33m/s,最低能见度100m		

* 1亩=666.6m²,下同。

2. 地理分布

统计个例谱中各地出现的沙尘暴次数,得到40余年来西北各地出现强和特强沙尘暴的频数分

布图(图 1)。由图可见,西北地区有三个沙尘暴高频区:一在甘肃河西走廊及宁夏黄河灌区一带,中心在民勤地区,达 15 次,平均三年一遇。估计在金塔地区也可出现 10 次以上的次中心;第二高频区在南疆南缘的和田地区(从皮山至于田一带),中心也达 10 次以上,后面将指出该中心的实际频数可能更高;第三个高频区在南疆吐鲁番地区,中心达 10 次。该三地区是今后沙尘暴预警和防御的关键地区。

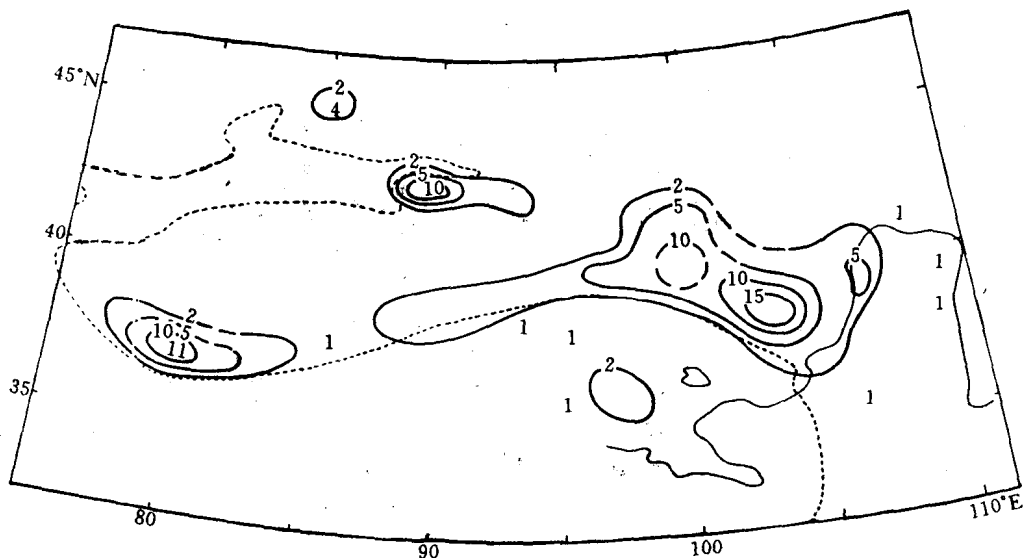


图 1 1952~1994 年间强或特强沙尘暴频数(次)分布

(细实线、虚线分别是黄河、青海湖及青藏高原地形廓线)

钱正安等曾提出强风、沙源和热力不稳定是形成强沙尘暴的三大因子。前两个高频区分别位于巴丹吉林和腾格里沙漠、塔克拉玛干沙漠边缘,具备丰富的沙源条件。河西走廊和南疆盆地南缘是冷空气活动的通道(特别是前者),加上该两地区南侧山地地形绕流的加速作用,所以也具备强风条件。这样自然易出现强或特强沙尘暴,而且民勤地区的频数也最高。至于吐鲁番地区的 10 次高频中心,因该地区西段有托克逊“风口”,中段吐鲁番县西部为“三十里风区”,东段又有鄯善东北部的百里风区^[3],因表 1 天气情况栏中对该地区的能见度记载不详,这一高频区可能更接近于大风性质,能见度倒不一定很差,这与前两高频区不同,克拉玛依地区的情况亦与此类似。

另外,在青海柴达木盆地及内蒙古伊克昭盟和陕北榆林地区也偶有强和特强沙尘暴天气出现,这些地区除满足强风条件外,也多靠近沙漠。

表 2 40 余年来西北地区强和特强沙尘暴频数的年代际变化

	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	1990~1994 年
频数(次)	5	8	13	14	8

3. 时间分布

从近 40 余年中每 10 年间强和特强沙尘暴频数的年代际变化看(表 2),从 50 年代至 80 年代,沙尘暴出现的频数一直在增加,特别是从 60 年代到 70 年代,这种增加更明显,而且这种趋势目前似乎仍在继续中,因为仅 90 年代前五年已经出现了 8 次。当然,这种增加趋势在民勤站并不明显(见图 2),而和田站等 1970 年前的频数少也可能与早期的统计有遗漏有关。

图 2 是强和特强沙尘暴最易出现季节(3~5 月)民勤及和田站的季平均地面气温和季总雨量,

范文中“和田黑风开始的时间在 20 时 30 分~22 时(北京时,下同)”的说明^[5],平均分配在这一时间区间内。

如图 4 所示,民勤及和田地区强和特强沙尘暴的出现时间绝大多数集中在午后至傍晚,后半夜和午前则极少发生,特别是和田地区。所以春季作沙尘暴预报时,要特别注意午后至傍晚过境的冷锋是否会发展成强沙尘暴天气。

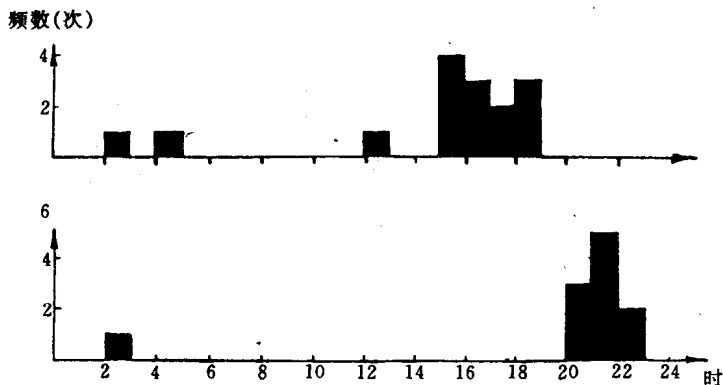


图 4 1952~1992 年间民勤(上)和和田(下)地区强或特强沙尘暴开始时间分布

这种日变化显然与沙尘暴产生的第三个因子热力不稳定性有关。午后空气呈明显不稳定状态,热对流最易发展。若再遇冷空气过境,极易激发热对流发展成强沙尘暴天气。需指出的是这种日变化还不完全与当地午后最强热对流时间吻合,而可后延相当长时间,特别是和田地区,历史上强和特强沙尘暴几乎都开始于 20~23 时,比民勤要晚 4~5 个小时,远大于该两地间的时差。

四、结 论

由以上分析,我们的主要结论是:

(1) 为了适当增多个例,更好地总结规律性,我们区分强和特强沙尘暴两类,并在充分调查西北各省(区)原分级标准的基础上,制定了适合西北地区的统一分级标准;

(2) 根据上列分级标准,经普查多种资料源,得到我国西北地区近 40 多年来的强和特强沙尘暴个例谱(共 48 例);

(3) 统计了西北地区强和特强沙尘暴的气候特征:甘肃河西与宁夏黄河灌区、南疆和田地区是沙尘暴出现的高频区。沙尘暴最易出现在春季偏干偏暖年的 4、5 月(特别是 4 月)。在一日中沙尘暴又最易出现在午后到傍晚前后。

这些是今后沙尘暴预警防御和预报的重要地理及气候背景。

致谢:感谢给我们提供了宝贵资料和意见的民勤县气象局周修春,和田地区气象处韦克范,宁夏区台杨勤、赵光平先生等。

参 考 文 献

- [1] 陈永卫、牛志敏等,西北区域黑风天气预报和服务管理系统的研究,1993 年 9 月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [2] 胥正德,“93.5.5”黑风成因初探,1993 年 9 月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [3] 慕福智,“三十里风区”大风的浅析,新疆气象,(5),31~36(1984)。
- [4] 毛寅,克拉玛依的暴风,新疆气象,(12),12~15(1985)。

- [5] 韦克范,南疆盆地南缘黑风暴分析,新疆气象,(6),17~20(1983)。
- [6] 党积明、王国桢,柴达木盆地的风沙及其防治初探,青海气象,(4),34~36(1986)。
- [7] 李建华,民丰县春季风沙天气,新疆气象,(8),19~21(1985)。
- [8] 徐国昌、陈敏连、吴国雄,甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析,气象学报,(4),26~35(1979)。
- [9] 吴明远,酒泉地区黑风分析,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [10] 徐启运,甘肃黑风的天气动力学特征,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [11] 贾文英,利用单站要素预报大风天气的初步探讨,新疆气象,(8),24~26(1984)。
- [12] 上官鸿模,1983年4月青海省风灾分析和预报,青海气象,(1),28~32(1984)。
- [13] 李光宠、马玉珍,一次罕见的沙尘暴,甘肃气象,(4),封底(1983)。
- [14] 赵光平等,宁夏黑风、强沙尘暴天气背景、形成机制、预报及抗灾减灾方法的研究,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [15] 路石,用科学的眼光对千里黑风暴的思考,科技周报,1993年5月30日,第三版。
- [16] 胡天清,甘肃河西走廊“5.18”暴风分析,气象,(3),32~33(1984)。
- [17] 汤之凯,一次强大风过程的分析,新疆气象,(4),22~23(1984)。
- [18] 张钦仁,两次成功的黑风预报及成因研究,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [19] 慕福智,调查吐鲁番“4.24”特大风灾,新疆气象,(7),50~51(1984)。
- [20] 中国科学院兰州沙漠所,关于中国西部部分地区遭受特大黑风暴灾情调查报告。
- [21] 盛国英,冷湖地区“85.4.1”大风过程分析,青海气象,(1),31~33(1986)。
- [22] 周琴南、魏荣庆、崔彩霞,新疆沙尘暴的统计特征和初步研究,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [23] 高凤荣、李云,甘肃河西“5.19”黑风分析,甘肃气象,(1),13~17(1989)。
- [24] 保广裕,花土沟地区一次持续六天的大风天气单站要素分析,青海气象,(4),40~42(1991)。
- [25] 马元仓,1992年4月28日沙尘暴分析,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [26] 苏玉成,甘肃省河西地区“5.5”沙尘暴浅析,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [27] 刘景涛等,1993年5月5日内蒙古西部强沙尘暴物理机制探讨,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [28] 兰州中心气象台,历史天气图资料。
- [29] 徐国昌、谢明庆,“5.5”黑风暴分析,1993年9月,兰州全国沙尘暴天气学术研讨会论文。
- [30] 骆继宾,气象灾害的特点及防御对策,中国自然灾害灾情分析与减灾对策,湖北科学技术出版社,166~175(1992)。
- [31] 朱福康、汤绪,我国沙尘暴天气的研究——全国沙尘暴天气研讨会综述,气象科技,(1),10~13(1994)。

我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析

徐启运 胡敬松

(甘肃省气象局)

一、沙尘暴天气特点及危害

根据地面气象观测规范中规定^[1],由于强风将地面大量尘沙吹起,使空气很浑浊,水平能见度小于 1km 的天气现象,叫沙尘暴。强沙尘暴天气(俗称黑风)生成时,往往会看到沙尘暴“壁”^[2,3],它常以 4 种方式形成危害。其一,以大风形式摧毁建筑物及公用设施、树木和树木花果,伤害人和畜禽。其二是以风沙流的方式造成农田、灌溉用渠道、村舍、铁路、草场等被大量流沙淹埋。其三是污染环境,以 1993 年“5.5”特强沙尘暴天气为例,据金昌当时测定的空气含尘量室外为 $1016\text{mg}/\text{m}^3$ 、室内为 $80\text{mg}/\text{m}^3$,均超过国家规定生活区内含尘量标准的 40 倍;强沙尘暴天气恶劣的能见度,可造成飞机停飞,重者会引起各种交通事故的发生。其四,风蚀危害严重,每次沙尘暴天气形成和所经地区都会程度不同的受到风蚀侵害,轻者刮走农田表层沃土,重者可风蚀土壤深度达 1~10cm,使农作物根系外露或连苗刮走。

二、沙尘暴天气强度标准

1. 沙尘暴天气强度标准的划分

目前,国内沙尘暴天气标准不太统一,从而给监测预报、联防服务和科研等工作带来了诸多不利影响。我们在全面系统分析研究的基础上提出 4 条划分原则:①参考国内外已有标准^[4~7](表 1);②借鉴有关研究成果,由于强沙尘暴天气是小概率事件,故不能脱离实际把强度标准划分得太高或太低;③注意与现行观测规范、灾害性天气联报联防制度等保持一致;④注重实用和科学性,沙尘暴天气强度标准划分应具有易记忆、易操作,又要切合实际、科学准确。

表 1 国内外沙尘暴天气强度划分标准

地名	轻	中	强	备注
印度	风力 4~6 级 VV500~1000m	风力 6~8 级 VV200~500m	风力 ≥ 8 级 VV<200m	文献[5]
中国	VV500~1000m	VV500~1000m	VV<500m	文献[1]
甘肃			$f_{\max} \geq 25\text{m/s}$ VV<50m	文献[4]
宁夏			海原以北有 1/3 站 $f_{\max} \geq 25\text{m/s}$ VV<200m	文献[6]
甘肃武威			$f_{\max} \geq 22\text{m/s}$ VV<50m 有沙尘暴壁	文献[7]

按上述 4 条原则,我们把沙尘暴天气强度以单点和区域分别进行了划分。单点沙尘暴天气以瞬间极大风速、水平最小能见度作为划分标准(表 2)。由系统性天气引发邻近地区 2 站以上沙尘暴天气,称为区域性沙尘暴天气;由非系统性天气(如局地强对流等)引发的零星 1~2 站沙尘暴,称为局

地性沙尘暴天气。区域或局地性沙尘暴天气强度,以沙尘暴天气过程影响台站中最强一个台站的强度确定。鉴于西北区地域辽阔、风速较大的特点,所以划分沙尘暴天气强度标准时起点较高(表2)。

表2 西北区沙尘暴天气强度划分标准

强度	瞬间极大风速(f_{max})	最小能见度(VV)
特强	≥ 10 级, $\geq 25\text{m/s}$	0级 $< 50\text{m}$
强	≥ 8 级, $\geq 20\text{m/s}$	1级 $< 200\text{m}$
中	6~8级, $\geq 17\text{m/s}$	2级 200~500m
弱	4~6级, $\geq 10\text{m/s}$	3级 500~1000m

表3 单站沙尘暴天气强度分级例表

年 月 日	站 名	f_{max}	VV_{min}	强度分级
1957.3.6	武威	$> 25\text{m/s}$	$< 50\text{m}$	特强
1968.4.21	玉门	31m/s	0m	特强
1971.4.5~6	额济纳旗	31m/s	0m	特强
1977.4.22	临泽	32m/s	0m	特强
1977.4.22	张掖	38m/s	0m	特强
1977.4.22	山丹	20m/s	$< 5\text{m}$	特强
1977.5.19	民勤	25m/s	$< 50\text{m}$	特强
1979.3.21	乌兰县(青)	28m/s	200m	中
1979.4.10~11	克拉玛依	46m/s	0m	特强
1982.5.1~2	巴彦毛道	23m/s	100m	强
1983.4.27	平凉	25m/s	0m	特强
1984.4.19	平罗(宁)	30m/s	$< 5\text{m}$	特强
1984.4.25	惠农(宁)	35m/s	$< 50\text{m}$	特强
1984.4.26	吐鲁番	$> 40\text{m/s}$	$< 10\text{m}$	特强
1986.6.19	安西	35m/s	0m	特强
1986.6.19	敦煌	22m/s	0m	特强
1990.3.12	玉门	31m/s	0m	特强
1993.5.5	金昌	34m/s	0m	特强
1993.5.5	武威	22m/s	0m	特强
1993.5.5	景泰	21m/s	0m	特强
1993.5.5	靖远	19m/s	10m	特强
1993.6.23~24	和田	21m/s	0m	特强
1994.4.6~8	若羌	21m/s	100m	强
1994.4.6~8	安西	19m/s	200m	中
1994.4.6~8	拐子湖	33m/s	100m	强

注: f_{max} 为瞬间极大风速; VV_{min} 最小能见度

2. 风力和能见度不协调的沙尘暴强度的确定方法

(1)凡风速大、能见度也大时,强度以能见度对应级确定。如 f_{max} 为 30m/s, VV 为 100m, 则确定为强沙尘暴天气。

(2)风速小、能见度也小时,从原有风速对应级,上升一级强度确定。如 f_{max} 为 19m/s, VV 为 100m, 上升一级定为强沙尘暴天气。

3. 沙尘暴天气强度标准使用检验

根据表2和不协调沙尘暴天气强度确定方法,我们对西北地区记载较完整的单点25例沙尘暴天气进行了划分。统计结果(表3)为:中沙尘暴天气8%,强沙尘暴天气12%,特强沙尘暴天气80%。自从1950年以来,西北区有13次较大范围的沙尘暴天气(表4),其中特强沙尘暴76.9%,强沙尘暴23.1%。这个划分结果与贺慧霞等的分析结论基本一致^[8]。但是,上述强度划分标准更具有