

甘肃民勤地区沙尘暴 变化趋势及影响因素

赵明瑞^{1,2}, 杨晓玲³, 滕水昌⁴

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所、甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室、
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 甘肃省民勤县气象局, 甘肃 民勤 733300; 3. 甘肃省武威市气象局,
甘肃 武威 733099; 4. 甘肃省永昌县气象局, 甘肃 永昌 737200)

摘 要:利用民勤国家基准气候站 1954~2010 年气象观测资料, 运用线性拟合、Mann-kendall 和相关性检验等方法分析了民勤地区近 57 a 来沙尘暴变化趋势及影响因素, 结果表明:民勤沙尘暴的出现时间和频次有明显的日变化, 沙尘暴有月际、季节差异, 年际和年代际变化趋势明显, 年际变化出现突变, 1992 年为突变点;沙尘暴强度和所造成的危害有增大的趋势。影响民勤沙尘暴的因素主要是大风次数、风力、气温和自然环境, 降水增加相对湿度增大在一定程度上抑制沙尘暴的出现, 人为因素和局部环境对沙尘暴的发生、发展有一定的影响。

关键词:民勤;沙尘暴;变化趋势;影响因素

中图分类号:P445⁺.4

文献标识码:A

引 言

《地面气象观测规范》^[1]定义,沙尘暴是指强风将地面沙尘吹起,使空气变得特别混浊,水平能见度低于 1 km 的天气现象。沙尘暴分为一般沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴 3 种。风力较大,水平能见度 ≥ 0.5 km 而 < 1 km 为一般沙尘暴,能见度 > 0.1 km 但 ≤ 0.5 km 为强沙尘暴,能见度 < 50 m 为特强沙尘暴也称为黑风。沙尘暴是一种具有很强破坏力的气象灾害,常会对农林业、畜牧业、电力、通信、交通和人民生命财产造成严重危害^[2]。赵仲莲等^[3]分析了中国沙尘天气空间分布差异的气候背景,认为我国沙尘天气有 3 个多发中心,其中以民勤为中心的河西走廊及内蒙古阿拉善高原区为一多发区。周自江^[4]等分析了我国沙尘暴气候特征,认为我国北方的干旱、半干旱地区是沙尘暴的易发区,其中西北地区是多发区。也有学者对我国西北地区沙尘暴天气的时空分布、变化趋势做了大量研究分析工作^[5-7],指出我国西北地区沙尘暴多发区主要集中在 2 大区域:一个是位于塔

里木盆地的塔克拉玛干沙漠,另一个是东起巴丹吉林沙漠、经腾格里沙漠到毛乌素沙漠,南至河西走廊的广大地区^[8]。民勤位于河西走廊东北部,东、北、西 3 面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠所包围,年均出现沙尘暴 27 d,是沙尘暴天气多发区,因为沙尘暴民勤也倍受社会各界的关注。朱晓炜等^[9]对民勤年沙尘暴发生频次进行了研究,王宝鉴等^[10]对民勤由于干旱与沙尘引起的生态问题进行了探讨。本文在前人研究的基础上对民勤地区沙尘暴天气变化特征和影响因素进行进一步研究,以期加深对民勤沙尘暴变化趋势的认识,为改善沙尘暴天气预报预警和防灾减灾气象服务提供参考依据。

1 资料和方法

1.1 资料来源及数据处理

选用民勤国家基准气候站 1954 年 1 月至 2010 年 12 月的气象观测资料。

一日中记录 2 次或以上沙尘暴,只统计一个沙尘暴日;以 20 时为日界,出现跨日界的沙尘暴统计

收稿日期:2012-02-08;改回日期:2012-06-15

基金项目:甘肃省气象局一线高级专门人才基金资助

作者简介:赵明瑞(1974-),男,甘肃民勤人,工程师,主要从事天气预报及服务。E-mail:mqqxj@163.com

为 2 个沙尘暴日。

大风日是指一日中瞬时极大风速 ≥ 17.0 m/s(8 级)的日数。

3~5 月、6~8 月、9~11 月、12 月至次年 2 月分别为春、夏、秋、冬 4 个季节。

1.2 分析方法

趋势计算方法^[10]和 Mann-kendall 检验方法^[11]。

2 沙尘暴天气的时间变化

2.1 沙尘暴的日变化

为了较为细致地了解沙尘暴的日变化特征,将民勤地区沙尘暴按出现时间每 1 h 间隔统计出现次数,得出民勤地区一天 24 h 各时段出现的沙尘暴次数,发现沙尘暴在一天 24 h 内均有出现,而主要出现在中午至傍晚(11~19 时),占一天各时段出现总次数的 60%,其中 16~17 时出现最多,占一天各时段出现总次数的 7.6%;21~07 时出现较少,占一天各时段出现总次数的 21%,02~03 时出现最少,只占一天各时段出现总次数的 1%(图 1)。由于民勤大多为沙漠和戈壁,中午至傍晚地面增温快,如有系统性冷空气东移或局地冷空气易形成对流天气,出现区域或局地沙尘暴,故一日中沙尘暴主要出现在 11~19 时,16~17 时地面增温最快,沙尘暴最多。沙尘暴持续时间最短的只有 1 min,出现在 1964 年 6 月 21 日 16 时 40~41 分;沙尘暴持续时间最长的达 13.38 h,出现在 1969 年 4 月 6 日 10 时 05 分至 7 日 23 时 28 分。连续出现沙尘暴日数最长为 5 d,出现于 1971 年 4 月 23~27 日。57 a 来最强沙尘暴出现在 2010 年 4 月 24 日 19 时 09 分至 21 时 03 分,持续近 2 h,最小能见度 0 m,瞬时极大风速 28.0 m/s,灾害损失达 24 989 万元。

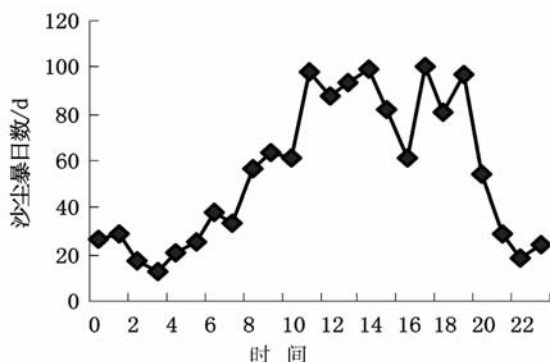


图 1 近 57 a 民勤各时段沙尘暴出现次数

Fig. 1 Sandstorm frequency in a day in recent 57 years

2.2 沙尘暴的月、季变化

图 2 为近 57 a 民勤月平均沙尘暴和大风日数变化曲线,可以看出,沙尘暴天气的月变化表现为“单峰型”,4 月最多,占全年的 17%,其次是 5 月和 3 月,分别占全年的 13.4% 和 12.7%;9 月最少,只占全年的 2%,其次是 10 月和 11 月,分别占全年的 2.8% 和 3.9%,其它月占全年的 6.9%~8.7%。月际变化趋势为 9 月最少,然后开始逐月递增,到 4 月达最多,之后逐月递减至次年 9 月。

沙尘暴存在明显的季节变化(图略)。春季出现最多,占到全年的 42.7%,夏季次之,占全年的 27%,秋季最少,只占全年的 9%,冬季占全年的 21.3%。春季由于地面植被最差,冷空气活动频繁,故春季沙尘暴最多,而秋季地面植被最好,所以秋季沙尘暴最少,夏季地面植被较冬季明显要好,冷空气也较冬季要弱,但由于夏季多对流性天气,易出现局地沙尘暴天气,所以夏季出现沙尘暴要比冬季多。

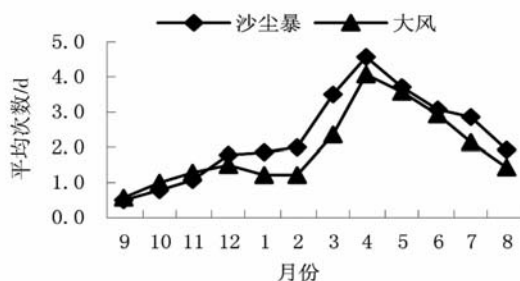


图 2 近 57 a 民勤月平均沙尘暴、大风日数

Fig. 2 Monthly average sandstorm days and strong wind days in recent 57 years in Minqin

2.3 沙尘暴年际、年代际变化

对近 57 a 沙尘暴序列进行线性趋势分析来反映长期变化趋势,其趋势方程为: $y = 1364 - 0.67x$,一元线性回归的相关系数为 -0.67 ,气候倾向率为 -6.7 d/10 a,表明近 57 a 来民勤沙尘暴的发生存在明显的减少趋势。沙尘暴次数与时间的相关系数为 0.78,通过 0.001 的显著性水平检验,说明沙尘暴减少的趋势显著。图 3 为近 57 a 民勤年沙尘暴、大风日数变化图。

图 4 为沙尘暴和大风的年代际变化,从图中可看出民勤沙尘暴日数在 1950 年代最多,1970 年代次之,1960 年代与 1980 年代出现日数相当,1990 年代和 2000 年代明显减少,出现日数不到 1980 年代之前各年代的一半。从 1970 年代开始为显著减少的趋势。

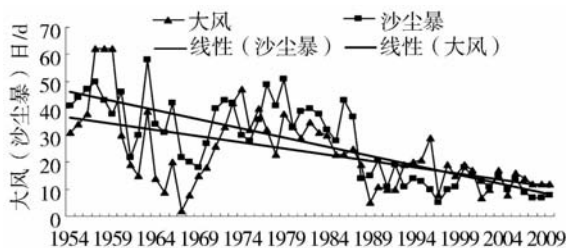


图3 近 57 a 民勤年沙尘暴、大风日数变化趋势

Fig. 3 Change trend of annual sandstorm and strong wind days in recent 57 years in Minqin

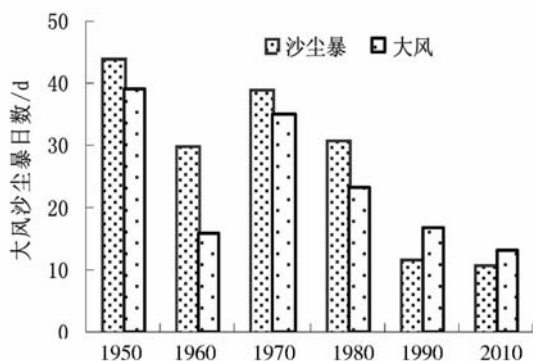


图4 民勤各年代沙尘暴、大风日数

Fig. 4 The decadal change of sandstorm and strong wind days in Minqin

图5为57 a 沙尘暴 M-K 突变检验,图中显示 1954~1958 年 $UF > 0$,表明这几年沙尘暴次数为上升趋势,1958 年之后 UF 始终 < 0 ,表明自 1958 年之后沙尘暴呈现下降趋势,1992 年起 UF 低于临界值 -1.96 (信度检验值 $\alpha = 0.05$ 时,临界线 $U_{\alpha} = 1.96$),

表明自 1992 年起沙尘暴减少趋势显著。 UB 在 2008 年之前均 < 0 ,也说明沙尘暴在 2008 年之前呈下降趋势,2008 年后 > 0 ,说明 2008~2010 年有增多的趋势。 UF 与 UB 2 条曲线在 1992 年出现交点,交点在临界线上,说明 1992 年该地区沙尘暴发生了显著变化。

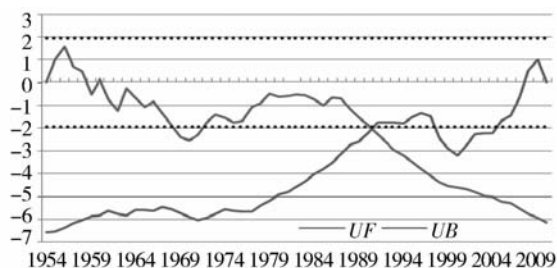


图5 近 57 a 民勤年沙尘暴日数

M-K 突变检验曲线

Fig. 5 M-K mutation test curve of annual sandstorm days in recent 57 years in Minqin

2.4 沙尘暴的强度变化

近年来民勤沙尘暴总体虽呈减少趋势,但对 2000~2010 年各年出现的强沙尘暴次数和占沙尘暴次数的比例分析,2000~2001,2005~2007 年强沙尘暴出现较多,其它年份均为 3 次。从表 1 可以看出近年来沙尘暴次数减少,而强沙尘暴出现的频次有增多的趋势(由于 2000 年之前,观测记录中没有详细记载沙尘暴最小能见度,无法准确统计强沙尘暴次数,故只统计了 2000 年以来各年强沙尘暴频次)。

表1 2000~2010 年民勤沙尘暴、强沙尘暴日数

Tab. 1 Sandstorm and strong sandstorm days from 2000 to 2010 in Minqin

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
沙尘暴/次	18	15	13	11	15	10	14	8	7	7	8
强沙尘暴/次	8	6	3	3	3	4	5	4	3	3	3
占比/%	44.4	40	23.1	23.1	20	40	35.7	50	43	42.8	37.5

2.5 沙尘暴灾情

沙尘暴是一种灾害性天气,它的出现破坏生态环境^[12],污染空气^[13-14],对农、林、牧等行业及人民生命财产造成严重危害。表 2 为 2001 年

以来民勤沙尘暴所造成的经济损失,可以看出沙尘暴灾害有增加的趋势,2010 年由于出现多年不遇的特强沙尘暴天气,灾害损失达 24 989 万元之多。

表2 民勤 2000~2010 年各年大风沙尘暴灾情(单位:万元)

Tab. 2 Disaster statistics resulted by gale and sandstorm from 2000 to 2010 in Minqin

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
损失	720	230	-	1 427.4	3 831.7	2 154.5	1 920.4	-	225	24 989

3 影响沙尘暴的因素

王锡稳^[15]等的研究认为沙尘暴的形成及其强弱,直接取决于风力、气温、降水、冷空气活动及与其相关的土壤表层状况。强风是产生沙尘暴的动力,地面上裸露的疏松沙土是产生沙尘暴的物质基础,冷空气活动频繁会导致风力增大,沙尘天气加强。人类活动会影响沙尘暴的发生和发展,大范围的人类活动如过度放牧和樵采、破坏植被、大幅开垦土地等会加剧沙尘暴的发生和发展。而部分地区采取的一些生物措施(如植树造林)和工程措施(如宁夏的固海扬水灌溉工程)使得局部地区地表覆被状况有较大改善,加之防风固沙林可以有效减弱风速,抑制弱小沙尘暴天气的发生、发展和持续,从而使得沙尘暴日数和强度在一定程度上有所减少^[3]。

3.1 气象因素

强风是形成沙尘暴的动力条件。民勤深居内陆,干燥少雨,常年受西风带天气系统的影响,冷锋过境常形成大风天气,同时民勤地处河西走廊东北部,南边为祁连山脉,北边为蒙古高原,县境内地势平坦,冷空气东移南下过程中,受地形影响,风速增大。大风与沙尘暴月、年及年代际变化趋势表明,沙尘暴的变化趋势与大风的变化趋势基本是同位相

的。月分布上,4月大风天气最多,对应沙尘暴天气也最多,9月大风天气最少,对应的沙尘暴天气也最少;季节分布上,大风春季出现最多,夏季次之,秋季最少,冬季比秋季略多,也和沙尘暴的变化趋势一致。统计年沙尘暴日数与年大风日数、年平均风速之间的相关得知,民勤地区年沙尘暴日数的变化与年大风日数和年平均风速存在显著的正相关(相关系数分别为0.71和0.61,通过0.001的信度检验),57 a来年平均风速气候倾向率为 $(-0.1\text{ m/s})/10\text{ a}$,通过0.01的显著性检验,风力减小趋势明显。说明大风天气减少,风力减弱是民勤沙尘暴日数减少的主要原因之一。

热力条件也是形成沙尘暴和沙尘暴加强的主要条件之一。民勤沙尘暴出现次数与年平均气温呈反相关,相关系数-0.54,通过0.01的信度检验(表3),说明气温高的年份沙尘暴少,沙尘暴年代际变化与气温年代际距平变化相关性更是高达-0.89。图6为民勤年平均气温与沙尘暴日数变化图,可以看出,民勤年平均气温呈升高趋势,而沙尘暴日数为明显的减少趋势。周自江等^[3]的研究也认为,升温导致地面气压梯度减小,从而使平均风速和大风日数减少,使沙尘天气的发生频率降低。因此气候变暖是民勤沙尘暴减少的又一个主要原因。

表3 民勤年沙尘暴日数与各气象要素相关系数

Tab. 3 Correlation coefficient of annual sandstorm days and meteorological factors in Minqin

气象要素	大风日数	平均风速	平均气温	日照时数	降水量	相对湿度
相关系数	0.71①	0.61①	-0.54①	-0.37①	-0.03	-0.01

注:①为通过 $\alpha=0.01$ 的信度水平

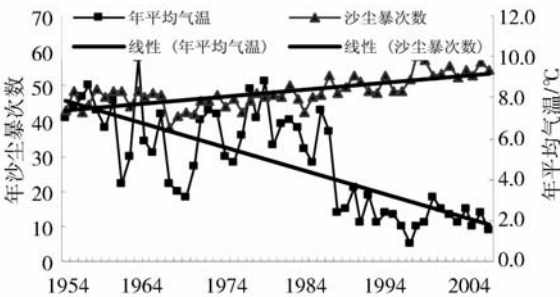


图6 近57 a民勤年沙尘暴日数与年平均气温变化

Fig. 6 Variation of annual sandstorm days and annual mean temperature in recent 57 years in Minqin

沙尘暴出现次数与年总日照时数和年平均气压呈反相关,与年日照时数相关系数为-0.37,通过了0.01的信度检验(表3),这是由于影响日照时数的因素主要是云量、沙尘天气、烟、雾等,云量多一般阴雨天气多,沙尘暴天气相对就少,另外沙尘暴反过来也影响日照时数减少。民勤日照时数呈增大趋势,所以日照时数增大是民勤沙尘暴减少不可忽视的一个原因。虽然沙尘暴是干旱的产物,可统计民勤沙尘暴次数与相对湿度和年降水量的相关性发现,相关性并不明显,沙尘暴次数与降水量和相对湿度的相关性只有-0.03和-0.01(表3),没有通过显著性检验,民勤降水量和相对湿度有增大的趋势,说明局部降水增加、相对湿度增大可在一定程度上抑制

沙尘暴的出现,但不是沙尘暴减少的主要原因。

3.2 自然与人为因素

下垫面条件是形成沙尘暴的关键因素,民勤西、北为巴丹吉林沙漠包围,东面为腾格里沙漠环绕,地面96%为沙漠和戈壁,地表植被覆盖度不足10%,这为沙尘暴的形成提供了丰富的沙源,所以只要有大风天气就有出现沙尘暴的可能,如果有热力对流条件配合,沙尘暴就会加强。尤其是冬、春季地面植被差,土壤疏松,冷空气活动频繁,一般出现大风就可能伴有沙尘天气,而夏季和秋季正值作物生长旺季,地面植被好,有时有大风天气也不出现沙尘暴,近60 a长期的观测结果也表明了这一特征。

民勤1950年代地表径流量尚有5亿 m^3 ,地下水位1~5 m,天然植被较好,随着石羊河上中游对水的调控能力的逐步提高,流入民勤的水量日益减少,到1990年代降至1.5亿 m^3 ,自2000年起跌破1亿 m^3 ,2005年来水量仅为0.465亿 m^3 。1960年代初民勤开始开采地下水,1966年开始开发地下水已初具规模,特别是1990年代初又兴起大规模开荒种植经济作物,因灌溉需要开始超量开采地下水,到2010年地下水位下降到17~31 m。由于地表来水减少,地下水得不到有效补充,地下水位不断下降,地面植被大量枯死,自然生态环境趋于恶化,沙尘暴强度增强。所以民勤地区沙尘暴明显减少主要是气候变化的原因,由于人为和自然条件的变化近年来强沙尘暴天气增多。

值得注意的是,观测环境的改善对局地沙尘暴的发生也有一定的影响。1980年代之前,民勤气象站周边多为沙滩及荒地,1980年代之后,因人为因素,观测场周边环境有了较大的改善,如今观测场方圆10 km范围内为耕地,植被增加明显。周边环境的改善可能是沙尘暴次数减少的又一个原因。年代际沙尘暴与大风均呈减少的趋势,可1990年代前沙尘暴次数多于大风出现的次数,而1990年代和2000年代沙尘暴出现次数却少于大风出现次数,这一点有待进一步讨论。

4 结 论

(1)民勤地区沙尘暴一日内不同时段均有出现,11~19时是一天之中沙尘暴出现最多的时段,21时至次日07时出现较少。

(2)沙尘暴有明显的月变化特征,月变化曲线表现为“单峰型”,4月最多,9月最少,春季最多,秋

季最少,夏季多于冬季。

(3)年、年代际沙尘暴呈明显的减少趋势,在1992年出现突变,之前沙尘暴处于多发期,出现次数多,变幅大,之后处于平稳期,出现次数少且变幅小。

(4)民勤沙尘暴虽呈明显减少的趋势,而强沙尘暴出现的频次却有增加的趋势,沙尘暴造成的危害有加剧之势。

(5)民勤沙尘暴多发的原因是天气气候、自然环境、下垫面状况和人类活动共同作用的结果。而沙尘暴减少的主要原因是本地气候变暖、大风天气减少、风力减弱、日照增加、降水增多所致,自然环境变化和人为因素对沙尘暴的发生、发展及强度也存在明显影响。

参考文献:

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1979. 21-27.
- [2] 岳虎,王锡稳,李耀辉,等. 甘肃强沙尘暴个例分析研究[M]. 北京:气象出版社,2003.9.
- [3] 赵仲莲,尚可政,尚宝玉,等. 中国沙尘天气空间分布差异的气候背景[J]. 干旱气象,2005,23(3):46-52.
- [4] 周自江,王锡稳,牛若芸. 近47年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报,2002,13(2):193-200.
- [5] 王式功,董光荣,杨德保,等. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J]. 自然灾害学报,1996,5(2):86-94.
- [6] 徐启运,胡敬松,我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征[J]. 应用气象学报,1996,7(4):479-482.
- [7] 杨东贞,房秀梅,李兴生. 我国北方沙尘暴变化趋势的分析[J]. 应用气象学报,1998,9(3):352-358.
- [8] “西北干旱区沙尘暴预警服务系统研究课题组”. 我国西北地区沙尘暴分析[M]. 北京:气象出版社,2002.134.
- [9] 朱晓炜,李栋梁,李耀辉. 民勤年沙尘暴发生频次研究[J]. 干旱气象,2010,28(4):400-406.
- [10] 王宝鉴,张强,张杰. 对民勤绿洲生态问题的探讨[J]. 干旱气象,2004,11(4):87-88.
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.69-75.
- [12] 陈广庭. 北京强沙尘暴史和周围生态环境变化[J]. 中国沙漠,2002,22(3):211-213.
- [13] 王式功,杨民,祁斌,等. 甘肃河西沙尘暴对兰州市空气质量的影响[J]. 中国沙漠,1999,19(4):354-358.
- [14] 张高英,赵思雄,孙建华. 近年我强沙尘暴天气气候特征的分析研究[J]. 气候与环境研究,2004,9(1):201-114.
- [15] 王锡稳,牛若云,冀州芝. 甘肃沙尘暴短期、短时业务化预报方法研究[J]. 应用气象,2003,14(6):682-689.

(下转第436页)

- 测研究[J]. 热带气象学报, 2007, 23(6): 601–610.
- [21] 刘昌明, 郑红星. 黄河流域水循环要素变化趋势分析[J]. 自然资源学报, 2003, 15(2): 129–135.
- [22] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 69–72.
- [23] 刘昌明, 郑红星. 黄河流域水循环要素变化趋势分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 129–135.
- [24] 缪驰远, 魏欣, 孙雷, 等. 嫩江、哈尔滨两地 48 年来夏季降雨量特征分析[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 25–31.
- [25] IPCC 核心撰写组. 气候变化 2007 综合报告[EB/OL]. (2007–11–17)[2011–02–15]. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_cn.pdf.
- [26] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 156–157.

Climate Change and Its Effect on Gain or Loss of Surface Water in Western Shandong

LI Youjun, Lü Bo, AN Lihua, GUO Fang

(Liaocheng Meteorological Bureau of Shandong Province, Liaocheng 252000, China)

Abstract: Surface evaporation capacity, air temperature and precipitation were important physical parameters to estimate water resource. Variation of air temperature and precipitation was analyzed by using monthly precipitation and mean air temperature of 8 stations in Liaocheng from 1962 to 2011. Surface evaporation was estimated by Gaoqiao equation, and the difference between precipitation and evaporation was calculated too. The result showed that local temperature increased with the rate of 0.2°C/10 a since 1990, and the seasonal distribution of precipitation, evaporation and the difference between precipitation and evaporation was similar to the monthly distribution and was biggest in July and smallest in January. Local precipitation was sufficient in summer and least in winter. The inter-annual variation of precipitation and the difference between precipitation and evaporation was greater than that of evaporation, their anomaly range was 250.2–354.3 mm and 138.8–119.2 mm, respectively. In the future, as a question, drought and flood will still remain in Liaocheng area, the shortage of water resource will be still serious.

Key words: air temperature; evaporation; precipitation; difference between precipitation and evaporation

(上接第 425 页)

Changing Trend of Sandstorm and Its Influencing Factor in Recent 57 Years in Minqin of Gansu Province

ZHAO Mingrui^{1,2}, YANG Xiaoling³, TENG Shuichang⁴

- (1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China;
2. Minqin Meteorological Station of Gansu Province, Minqin 733300, China;
3. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733099, China;
4. Yongchang Meteorological Station of Gansu Province, Yongchang 737200, China)

Abstract: Based on meteorological observation data from Minqin national reference climate station during 1954–2010, the changing trend and its influencing factor of sandstorm were analyzed by using linear regression and Mann–Kendall test in recent 57 years in Minqin. The results show that sandstorm frequency and occurrence time had obvious daily variation, and there were monthly and seasonal difference. The annual and decadal variation of sandstorm days presented obvious change tendency, and appeared abrupt change in 1992. The intensity and harm of sandstorm presented increasing trend. The main factors affecting dust storm were gale days, wind speed, temperature and the natural environment in Minqin. Increase of precipitation and relative humidity would baste sandstorm occurrence in some extent. Human factors and local environment had a certain impact on dust storm occurrence and development.

Key words: Minqin; sandstorm; changing trend; influencing factor