

文章编号:1000-0240(2008)01-0081-06

甘肃省干热风的气候特征及其对气候变化的响应

刘德祥^{1,2}, 孙兰东^{1,2}, 宁惠芳¹

(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. 兰州区域气候中心, 甘肃兰州 730020)

摘 要: 对全省 80 个站 1961—2006 年资料统计 6—7 月干热风次数, 采用小波分析其演变周期, 用相关方法研究干热风对气候变化的响应。结果表明: 甘肃干热风可划分为最重区、较重区、最轻区和无干热风区; 近 46 a 来全省和河西的干热风次数随时间的变化呈增加趋势, 小波分析显示出存在准 6 a 周期演变; 干热风气象灾害对气候变化的响应十分敏感, 在气候暖干时期干热风强度强, 次数多, 危害重, 而在气候凉湿期强度弱, 次数少, 危害轻。

关键词: 干热风; 分布特征; 变化; 气候变暖影响; 甘肃

中图分类号: P425 **文献标识码:** A

0 引言

干热风是在小麦扬花灌浆期(6—7 月)出现的一种高温、低湿并伴有一定风力、持续时间较短(一般 3 d 左右)、对农作物, 尤其是对小麦危害比较严重的气象灾害。即使是当时土壤水分充足, 但在气温很高, 空气湿度很小, 温、湿、风等气象要素发生剧烈变化时也会出现, 它使农作物茎、叶的水分蒸腾加剧, 植株水分失调, 正常的生理活动遭到破坏, 致使植株的茎、叶青枯乃至干枯死亡, 导致小麦大面积青秕, 千粒重下降, 严重减产。干热风还常常和干旱一起危害农作物, 在干旱年份作物根部本来就吸收不到应有的水分, 而干热风却又从茎叶中把大量水分攫取走, 使作物萎黄枯死、造成减产。

甘肃省是全国干热风对小麦危害比较严重的地区之一, 在 20 世纪 70 年代有关专家对甘肃省河西干热风的地理分布、成因及其防御进行了研究^[1], 21 世纪初有关专家对河西干热风危害及其防御也有研究^[2-7], 这些研究结果对干热风防御起到积极作用。干热风是小麦生产中不可忽视的气象灾害, 研究干热风的分布特征、变化规律, 对粮食安生

产有重大意义。甘肃省各地 6、7 月两个月干热风次数占年总次数的 52%~76%, 由于这期间正是小麦扬花灌浆期, 对其的正常生育危害尤为严重, 而对其它农作物的影响不十分明显。因此, 本文主要研究全省 6、7 月干热风气象灾害的空间分布特征、变化规律、对气候变暖响应, 为干热风气象灾害的监测、预警、灾害预估和评估及预防提供气候背景, 为甘肃省的粮食安全生产提供服务。

1 资料与方法

干热风标准: 在 6—7 月连续 2 d 或以上, 同时具备以下条件, 即定为一次干热风过程, 日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$, 其正距平 $\Delta T_M \geq 2^{\circ}\text{C}$; 干热风过程 $\sum \Delta T_M \geq 8^{\circ}\text{C}$; 每天 14:00 时相对湿度 $RH_{14} \leq 30\%$, 过程 14:00 时平均 $RH_{14} \leq 25\%$; 每天 3~4 次定时观测中有 ≥ 1 次的偏东风(从 NNE—SSE, 14:00 时为静风亦可); 日降水量 $\leq 0.0\text{ mm}$ 。由于 6—7 月出现的干热风对小麦影响最大, 本文选取全省 80 个站 1961—2006 年日最高气温、相对湿度、风向、降水量等资料, 统计了 6—7 月干热风次数; 采小波分析^[8-9]研究干热风次数的演变周期; 采用二阶正交

收稿日期: 2007-04-24; 修订日期: 2007-09-11

基金项目: 中国气象局气候变化专项“气候变化对祁连山区冰雪水资源影响的研究”(CCSF2007-26); 中国气象局 2007 年多轨道业务建设项目“气象灾害风险区划与影响评估——沙尘暴风险区划与影响评估”资助

作者简介: 刘德祥(1948—), 男, 甘肃甘谷人, 高级工程师, 1977 年毕业于南京气象学院, 长期从事干旱气候变化和影响评估研究。E-mail: ldxlzh@163.com

函数拟合曲线分析干热风次数的变化趋势;用相关分析方法研究干热风对气候变暖的响应. 平均值用 1961—2006 年 46 a 资料计算.

2 干热风的空间分布特征及其危害

2.1 干热风的空间分布特征

甘肃省干热风主要危害河西走廊、陇中和陇东的北部, 陇中南部和陇南也时有发生. 干热风次数自东南向西北增加, 北部多、危害重, 南部少、危害轻. 根据 6—7 月干热风次数和危害程度将全省划分为 4 个区(图 1): 严重区包括河西走廊西北部的敦煌、安西、鼎新、金塔、高台、山丹、民勤等县(市), 平均为 3~6 次, 是全省干热风次数最多、危害最严重的地方; 较重区包括河西走廊南部、陇中和陇东的北部, 平均为 1~3 次, 干热风次数较多、危害较重; 最轻区包括陇东南部、陇中南部和陇南平均 1 次左右, 是全省干热风次数最少、危害最轻的地方; 无干热风区包括祁连山区、甘南高原和临夏州, 这里基本不出现干热风.

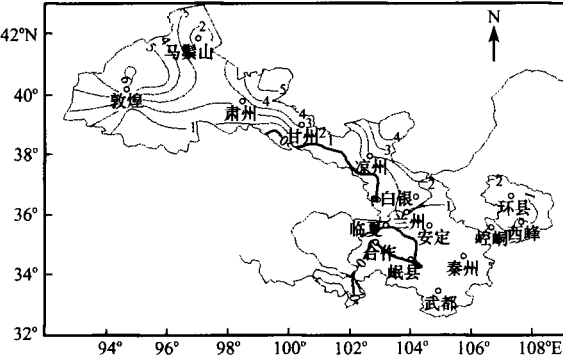


图 1 甘肃省 6—7 月平均干热风次数分布
Fig. 1 Distribution of average dry-hot wind days in June and July over Gansu Province

干热风次数还与海拔高度有关, 海拔较高处和沿山地带少、危害较轻, 海拔较低处和沿戈壁沙漠

地带最多、危害最重, 干热风危害的高度一般不超过海拔 2 300 m(表 1).

表 1 甘肃省 6—7 月各地干热风次数与海拔
Table 1 Number of dry-hot wind in some stations in Gansu Province in June and July, together with their elevation

站名	台站海拔/m	次数
敦煌	1139.6	5.9
鼎新	1178.6	5.4
民勤	1368.5	4.4
临泽	1454.6	3.5
肃州	1478.2	2.3
玉门镇	1527.0	2.8
山丹	1765.9	2.5
肃北	2159.1	0.6
民乐	2271.5	0.1

2.2 干热风的年变化

甘肃省各地干热风一般都出现在 4—9 月(图 2), 为单峰型. 河西各地干热风次数的峰值一般出现在 7 月(图 2a), 其中敦煌和安西在 8 月, 6、7 月的干热风次数占年总次数的 52%~61%. 河东(图 2b)干热风次数的峰值一般出现在 6 月(图 2a), 6、7 月的干热风次数占年总次数的 54%~76%. 6、7 月正是小麦扬花灌浆期, 出现干热风对小麦的正常生育危害尤为严重, 而 4、5 月干热风出现的次数少, 强度比较弱, 对小麦正常生育的影响不十分明显.

2.3 干热风的危害

干热风是在小麦扬花灌浆期出现的一种高温低湿并伴有一定风力的气象灾害. 6 月中旬至 7 月上中旬出现的干热风对小麦危害最重, 此时正值春小麦开花至灌浆乳熟期, 可使籽粒秕瘦, 千粒重下降, 一般减产 5%~20%, 严重年份减产 20%以上. 干热风发生在 7 月下旬至 8 月中旬使棉花的蕾铃大

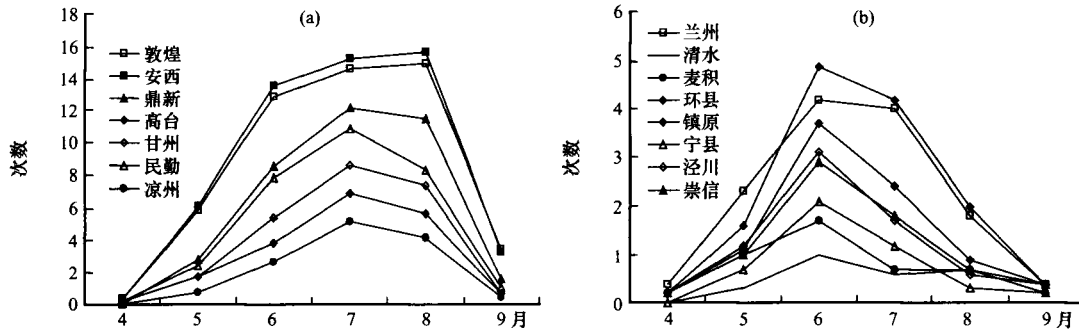


图 2 甘肃省各地平均干热风次数的年变化
Fig. 2 The monthly changes of the number of dry-hot wind in Gansu Province

量脱落。

干热风即使在当时土壤水分充足，但在气温很高，空气湿度很小，温、湿、风（有时是微风或无风）等气象要素发生剧烈变化时也会出现，使农作物的茎、叶蒸发加剧，蒸发量很大，植株水分失调，正常的生理活动遭到破坏，致使植株的茎、叶青枯乃至植株干枯死亡，导致小麦严重减产。干热风还常常和干旱一起危害作物，在干旱年份作物根部本来就吸收不到所需的水分，而干热风却又从茎、叶中把大量的水分攫取走，因而使作物更快地萎黄枯死。甘肃省也是全国干热风危害比较严重的省份之一，尤其是河西走廊北部沿沙漠地带的一些地方常有干热风危害发生，危害农作物正常生育和成熟（表 2）。

在 1961—2006 年的 46 a 中，以 1964 年、1975 年、1988 年和 1991 年干热风危害最严重。1964 年 7 月 26—28 日在酒泉市各县，出现了一次较强的干热风，小麦一般受灾减产 20% 左右，严重的地方达 30% 以上，棉花也受到一定影响。这次干热风敦煌风力超过 8 级，最高温度达 37℃，棉花、谷子减产，果树一半果实脱落。敦煌干热风危害后棉花蕾数失率 30%~35%。安西最高温度 37.2℃，棉花、瓜菜受灾干枯，小麦落粒或青干，减产约 15%，棉花减产约 10%。

1975 年 7 月 13—16 日的干热风天气，使张掖和武威两市大多数县的春小麦大面积青秕，千粒重下降 8~10 g，可使小麦减产 5%~10%。

1988 年 7 月中、下旬在肃州、金塔、安西等县（区）出现了干热风天气。肃州区有 4 670 hm² 小麦受干热风危害，安西县有 20% 的复种作物被干热死，金塔县的带田小麦亦受干热风危害较大。

1991 年 6 月 20—24 日和 7 月 8—14 日两次干

表 2 甘肃省各地严重干热风灾害年表
Table 2 The Records of strong dry-hot wind in Gansu Province

年份	时间	地区	危害
1961	6 月 8—11 日	凉州区	小麦 80%~90% 植株萎蔫
	6 月 10—15 日	甘州区	小麦受害植株达 80%
	7 月 9—13 日 7 月 16—18 日	张掖市	两次干热风过后麦粒青秕，受害严重的地方小麦千粒重下降 30%~40%
1962	7 月 26—28 日	酒泉市各县	小麦一般受灾减产 20% 左右，严重的地方达 30% 以上，棉花也受到一定影响
1964	7 月 26—28 日	酒泉市各县	小麦一般受灾减产 20% 左右，严重的地方达 30% 以上，棉花减产约 10%
1965	7 月下旬	酒泉、张掖两市	灌水的每公顷平均减产 30~37.5 kg，未灌水的每公顷平均减产 60~75 kg，一般减产 10% 左右，棉花花蕾脱落 10% 左右
1970	7 月 7—14 日	安西县、民勤县	春小麦减产约 20%
1971	7 月初	河西广大地区	普遍出现一次强干热风，当时小麦正处于扬花灌浆期，造成很大损失
1972	6 月 27—29 日	凉州区	小麦减产约 5%，一般减产 2%~3%
1975	7 月 13—16 日	凉州区、甘州区	春小麦大面积青秕，千粒重下降 8%~10%
1977	7 月 13—15 日	民勤县	春小麦普遍有逼熟现象，估计减产约 5%
1978	7 月 5—7 日	张掖、武威两市	春小麦提前成熟，籽粒不饱满而减产
1986	7 月 20—27 日	酒泉、张掖两市	春小麦千粒重下降 10% 左右
1988	7 月中、下旬	酒泉市	4 670 hm ² 小麦受干热风危害
1990	6 月	环县、华池县、庆城县	冬小麦发生了“青干逼熟”现象，受灾 3 200 hm ² ，减产 18.2×10 ⁴ kg
1991	6 月 21—23 日	敦煌市	全市有 7 300 hm ² 春小麦受害
	6 月 19—24	安西县	春小麦千粒重下降 1~4 g，棉花蕾铃脱落率达 13.8%
	6 月 21—24 日	甘州区	造成春小麦减产 300×10 ⁴ kg
1992	6 月 28—30 日	高台县	春小麦造成了“逼熟”现象
1994	6、7 月份	酒泉市	小麦籽粒干物质积累不足，青瘪、千粒重下降
1995	6 月下旬和 7 月上旬	敦煌县、高台县、凉州区、华亭县	使部分小麦高温逼熟，有的甚至干枯死亡，影响了小麦的千粒重，造成一定减产

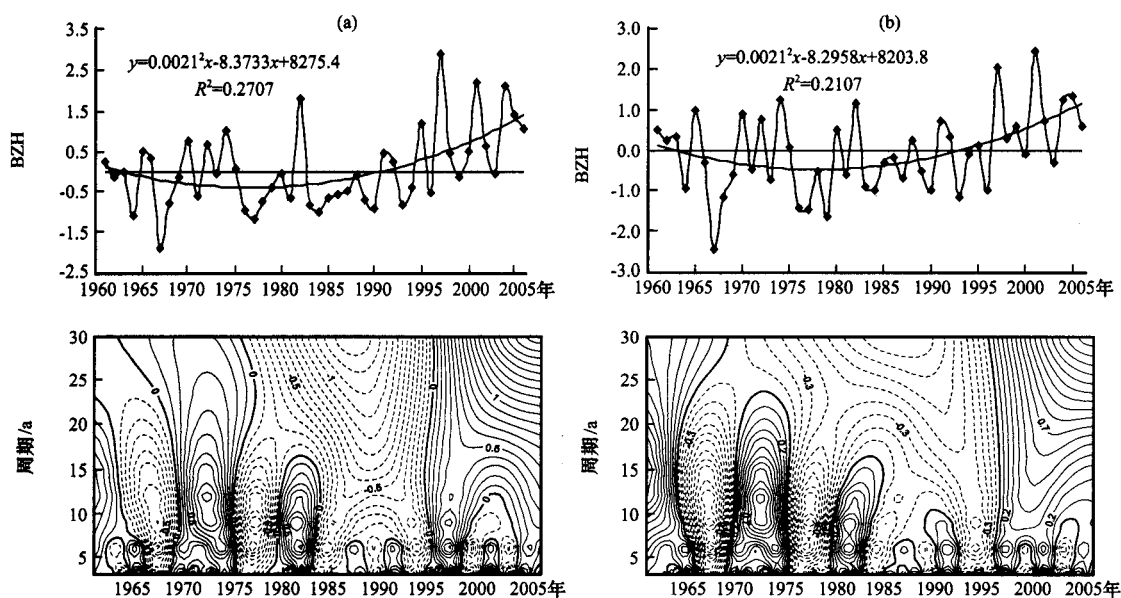


图3 甘肃省6—7月干热风次数的年代际变化

a. 全省; b. 河西

Fig. 3 Interannual changes of the number of dry-hot wind over Gansu Province in June and July

热风天气对河西走廊春小麦开花乳熟期产生危害, 敦煌有7 300 hm²春小麦受害, 千粒重下降; 安西县西半部春小麦受害籽粒不饱满, 千粒重下降1~4 g; 金塔春小麦出现“逼熟”现象, 千粒重比1990年下降10 g; 甘州的春小麦减产300×10⁴ kg.

3 干热风次数的年际变化

在1961—2006年的46 a中, 全省和河西的干热风次数随时间的变化呈显著正相关, 其线性相关系数分别为0.3915和0.3142, 分别通过了 $\alpha=0.01$ 和 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验. 用二阶用正交函数拟合的干热风次数随时间变化曲线呈抛物线型增加趋势(图3a上、图3b上), 1961—1975年为相对较多时期, 1976—1989年为相对较少时期, 1990—2006年为迅速增多时期. 另外, 小波分析还显示出, 全省和河西干热风次数随时间的变化存在6 a准周期演变, 而且1980年以来6 a准周期在增强, 这与干热风次数的迅速增加相一致. 其次, 20世纪60年代到80年代初还存在9 a左右的准周期演变, 80年代初以后9 a准周期基本消失(图3a下、图3b下).

4 气候变化对干热风气象灾害的影响

甘肃省近46 a来6—7月干热风次数与同期平均气温、最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数、平均最高气温、平均最低气温、蒸发量随时间的变

化趋势基本一致(图4a), 1961—1994年都为减少趋势, 1995—2006年都为增加趋势, 显示出显著的正相关, 相关系数在0.3655~0.6915之间. 除干热风次数与最低气温之间的相关程度通过了显著性水平 $\alpha=0.02$ 的检验外, 干热风次数与上述其它气候要素之间的相关程度都通过了 $\alpha=0.001$ 水平的相关显著性检验(表3), 显示出干热风气象灾害对气候变暖的响应十分敏感. 干热风次数与同期相对湿

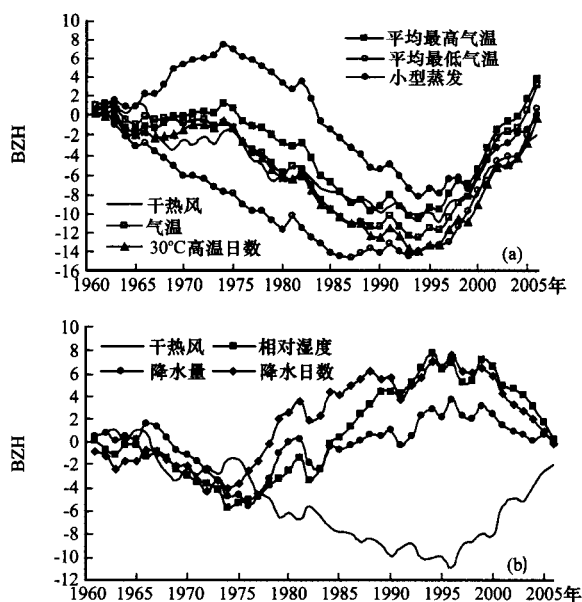
图4 甘肃省干热风次数与其它气候要素
标准化累加值的历年变化

Fig. 3 Change over every year about the sum of number of dry-hot wind and other climatic factors in Gansu Province

表 3 甘肃省 6—7 月干热风次数与其它气候要素之间的相关系数
Table 3 Correlation coefficient between number of dry-hot wind and other climatic factors over Gansu Province in June and July

	平均气温	最高气温≥30℃日数	最高气温≥32℃日数	最高气温≥35℃日数	平均最高气温
干热风次数	0.5439	0.6635	0.6915	0.5950	0.5733
显著性水平	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	平均最低气温	平均相对湿度	平均蒸质量	平均降水量	平均降水日数
干热风次数	0.3655	−0.54.7	0.4941	−0.4168	−0.5984
显著性水平	0.02	0.001	0.001	0.01	0.001

度、降水量、降水日数随时间的变化趋势基本为相反(图 4b), 1961—1994 年干热风次数为减少趋势, 而相对湿度、降水量、降水日数为增加趋势, 1995—2006 年干热风次数为增加趋势, 而相对湿度、降水量、降水日数呈减少趋势, 显示出显著的反相关, 相关系数在 −0.5984 ~ −0.41685 之间, 除干热风次数与降水量之间的相关程度通过了显著性水平 $\alpha=0.01$ 的检验外, 干热风次数与相对湿度、降水量之间的相关程度通过了显著性水平 $\alpha=0.001$ 的检验(表 3).

干热风气象灾害对气候变化的响应十分敏感, 在平均气温、平均最高气温、平均最低气温升高, 蒸发量、最高气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数增加, 相对湿度、降水量和降水日数减少, 气候比较暖干的时期干热风气象灾害强度强, 次数多, 危害重. 反之, 在降水量、降水日数、相对湿度增多, 气温、最高(低)气温偏低, 最高气温 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 日数偏少, 气候比较凉湿的时期干热风强度弱, 次数少, 危害轻. 总之, 在气候暖干时期干热风气象灾害危害重, 而气候凉湿时期干热风气象灾害危害轻.

5 结论

(1) 根据 6—7 月干热风次数和危害程度将全省划分为 4 个区, 最重区包括河西走廊西北部, 较重区包括河西走廊南部、陇中和陇东北部, 最轻区包括陇东南部、陇中南部和陇南, 无干热风区包括祁连山区、甘南高原和临夏州.

(2) 在 1961—2006 年的 46 a 中, 全省和河西的干热风次数随时间的变化呈增加趋势, 小波分析显示出全省和河西干热风次数随时间的变化存在 6 a 准周期演变.

(3) 干热风气象灾害对气候变化的响应十分敏感, 在气候暖干时期干热风气象灾害强度强, 次数

多, 危害重; 相反, 气候凉湿时期干热风强度弱, 次数少, 危害轻.

参考文献(References):

[1] Wuwei Agricultural Meteorological Station. Dry-hot Wind and Defend[M]. Lanzhou, Gansu People Press, 1979, 6—15. [武威地区气象局农业气象试验站. 干热风及其防御[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1979, 6—15.]

[2] Li Dongliang, Liu dexiang. Climate in Gansu Province [M]. Beijing: Meteorological Press, 2000, 282—286. [李栋梁, 刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京: 气象出版社, 2000, 282—286.]

[3] Deng Zhenyong. Research on Adaptation for Arid Climatic Crop [M]. Beijing: Meteorological Press. 2005,13—14. [邓振镛. 高原干旱气候作物生态适应性研究[M]. 北京: 气象出版社, 2005,13—14.]

[4] Liu Dexiang, Bai Huzhi, Ning Huifang, *et al.* Response of arid meteorological disaster to climatic warming in Gansu Province[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 27(5): 707—712. [刘德祥, 白虎志, 宁惠芳, 等. 气候变暖对甘肃干旱气象灾害的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 27(5): 707—712.]

[5] Liu Dexiang, Zhao Hongyan, Dong Anxiang. Impact of climate warming on crops planting structure in Gansu in summer—autumn[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(6): 806—811. [刘德祥, 赵红岩, 董安祥. 气候变暖对甘肃夏秋季作物种植结构的影响[J]. 冰川冻土, 2005, 27(6): 806—811.]

[6] AN Wenzhi. Harm and Control Measures of Dry-hot Wind in Wheat Region of Gansu[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2006(8): 67—69. [安文芝. 甘肃麦区干热风的危害及防御措施安文芝[J]. 甘肃农业科技, 2006(8): 67—69.]

[7] Cao Ling, Dou Yongxiang. Dry-hot wind climatic feature and its forecast in Hexi Corridor[J]. Arid Region Agricultural Research, 1997, 15(3): 96—102. [曹玲, 窦永祥. 河西走廊中部干热风气候特征分析及其预报方法[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(3): 96—102.]

[8] Yang Fusheng. Project Analysis and Application of Wavelet Transition[M]. Beijing: Science Press, 2000, 22—27. [杨福生. 小波变换的工程分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 22—27.]

[9] Chen Xiaoyan, Bao Lunjun, Mo Jinheng, *et al.* The study of

separating features about DNA Sequence using Mexican Hat Function wavelet[J]. Acta Chemica Sinica, 2004, 61(2): 273–278. [陈晓燕, 鲍伦军, 莫金垣, 等. 用墨西哥帽小波

研究 DNA 序列的分形特征[J]. 化学学报, 2004, 61(2): 273–278.]

Characteristics of Dry-hot Wind in Gansu Province and Its Response to Climate Change

LIU De-xiang^{1,2}, SUN Lan-dong^{1,2}, NING Hui-fang¹

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology of China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730020, China;

2. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou Gansu 730020, China)

Abstract: Based on the data from 80 meteorological stations in Gansu Province from 1961 to 2006, the number of dry-hot wind days in June and July is worked out, their evolution cycle is studied using wavelet analysis, and their response to climate change is revealed. It is found that the dry-hot wind in Gansu Province can be divided into four regions, i. e., strongest region, stronger region, slight region and no dry-hot wind region. The

number of dry-hot wind days in Gansu Province (or in Hexi Corridor) increases in the last 46 years. A quasi six-year evolution period is revealed by the wavelet analysis. The dry-hot wind disaster is very sensitive to climate change. The dry-hot wind disaster is stronger and more dangerous during the warm-dry period and weak and less dangerous during the cold-wet period.

Key words: Gansu Province; dry-hot wind; distribution features; climate warming