

Variation Characteristics of High Temperature Weather and Its Hazard Assessment in Heze of Shandong Province

Kun Dou*, Guodong Xu, Dong Dong, Cuifeng Sun

Heze Meteorological Bureau of Shandong Province, Heze Shandong
Email: hzdk1980@126.com

Received: Sep. 16th, 2015; accepted: Oct. 5th, 2015; published: Oct. 8th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Based on the high temperature data in Heze from 1961 to 2014, the distribution and variation characteristics of high temperature weather were analyzed, and the arrangement and the class to the high temperature were set up by the methods of high temperature anomaly index. The results showed that the change trend of high temperature days was not obvious in recent 54 years, while the decadal change presented “more-less-more” characteristic. The variation characteristics of high temperature days were basically identical with extreme high temperature. The high temperature and high temperature weather process were all mainly appeared in the June to July, mostly in June; the trend of high temperature days had increased in June, July and September in since 2000. The result could objectively reflect the variation characteristics of high temperature weather from the comprehensive evaluation of high temperature disaster risk level with high temperature days, duration and intensity, and provide reference for business of the high temperature disaster evaluation in future.

Keywords

High Temperature Days, High Temperature Process, Statistical Characteristics, High Temperature Evaluation

山东菏泽高温天气变化特征及灾害评估

窦坤*, 徐国栋, 董东, 孙翠凤

*通讯作者。

山东省菏泽市气象局, 山东 菏泽
Email: hzyk1980@126.com

收稿日期: 2015年9月16日; 录用日期: 2015年10月5日; 发布日期: 2015年10月8日

摘要

本文选取菏泽地面气象观测站1961~2014年高温资料, 统计分析了高温天气分布和变化特征, 采用月高温异常指数, 对高温天气灾害危险程度进行评估排序与分级。结果表明: 近54年, 菏泽高温日数变化趋势不明显; 年代际变化呈现出“多~少~多”的特征, 极端高温与高温日数的年代际变化特征基本一致。高温日和高温天气过程均主要出现在6~7月, 6月最多; 2000年以来, 6月、7月、9月高温日数均有增多趋势。从高温日数、持续时间和强度综合评估高温灾害危险程度, 能客观地反映出高温灾害天气的分布特征, 为今后高温灾害评估业务提供参考。

关键词

高温日数, 高温过程, 统计特征, 高温评估

1. 引言

在全球气候变暖的背景下, 各种极端天气事件频发, 气象灾害对人类生活的影响越来越大, 其中高温常常与干旱相伴发生, 往往导致更加严重的后果[1], 对人类生存、社会经济发展、水资源和生态环境造成严重威胁[2]。高温对全球变暖的响应表现更为突出, 已成为气候变化研究中的热点问题之一[3]-[8], 但关于高温灾害的风险评估直到最近才逐渐引起国内研究者的重视[9]-[11]。

菏泽地处黄河下游鲁西南平原地区, 属温带季风型大陆性气候, 是重要的粮棉油生产基地。受全球气候变暖的影响, 近50年来菏泽气温呈极显著的升温趋势[12], 干旱、高温、暴雨洪涝等极端气候事件多发。孙翠凤等[13]研究分析了鲁西南降水量和雨日雨强变化趋势, 对防汛抗旱工作有一定的参考意义, 但菏泽高温日数和高温天气过程的详细统计以及高温灾害危险性的评估, 还尚未见到相关报道。本文借鉴有关高温天气异常指数设置方法, 结合山东省高温预警信号业务规范, 对菏泽高温日和高温过程进行统计, 分析变化特征, 并对历年高温灾害危险性进行评估与分级, 旨在为菏泽防灾减灾提供科学依据。

2. 资料与方法

2.1. 资料

选取菏泽市地面气象观测站1961~2014年逐日极端最高气温资料, 统计了日极端最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 的日数和高温天气过程, 对高温时间序列进行分析, 对高温天气灾害危险性进行评估与分级。多年均值为54年平均值。

2.2. 高温日和高温过程的定义

定义日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 为1个高温日。根据山东省气象局高温预警信号业务发布标准, 参照文献[11], 将日极端高温分为三级: $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 为高温, $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 为危害性高温, $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 为强危害性高温。若连续3天出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温或者连续2天出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温且1天 $\geq 37^{\circ}\text{C}$, 定义为一次一般性高温过程; 若连续5天出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温或仅连续2天出现 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 高温, 定义为一次中等高温过程; 若连续8天出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温或连续3天出现 $\geq 37^{\circ}\text{C}$

高温，定义为一次强高温过程。

2.3. 方法

对高温天气过程造成的灾害影响评价，本文着重考虑气象因素影响，挑选“ n 年一遇”时，以“平均5年一遇”为起点，最大长度为“55年一遇”，参照文献[14]-[16]从高温日数、持续时间和强度三个方面综合评估，挑选出高温天气“异常指数”排列在前11位的，第1位为“55年一遇”，第11位为“5年一遇”。

高温天气“异常指数”用 f 表示：

$$f = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 \quad (1)$$

计算出历年各月高温天气异常指数，以此对历年高温灾害评估排序与分级。(1)式中， f_1 为高温日数指数， f_2 为高温过程持续指数， f_3 为危害性高温强度指数， f_4 为强危害性高温强度指数。

2.3.1. 月高温日数指数

月高温日数指数计算公式为：

$$f_1 = n_1/a \quad (2)$$

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (n=11, i=1,2,3,\dots,11) \quad (3)$$

n_1 为1961~2014年间各月高温日数， a 为1961~2014年间月高温日数排序前11位的平均值， Z_i 为排序前11位的月高温日数。

2.3.2. 高温过程持续指数

高温过程持续指数计算公式为：

$$f_2 = n_2/b \quad (4)$$

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (n=11, i=1,2,3,\dots,11) \quad (5)$$

n_2 为1961~2014年间各月最长连续高温日数， b 为1961~2014年间月最长连续高温日数排序前11位的平均值， Z_i 为排序前11位的月最长连续高温日数。

2.3.3. 危害性高温强度指数

危害性高温强度指数计算公式为：

$$f_3 = n_3/c \quad (6)$$

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (n=11, i=1,2,3,\dots,11) \quad (7)$$

n_3 为1961~2014年间各月危害性高温日数， c 为1961~2014年间月危害性高温日数排序前11位的平均值， Z_i 为排序前11位的月危害性高温日数。

2.3.4. 强危害性高温强度指数

强危害性高温强度指数计算公式为：

$$f_4 = n_4/d \quad (8)$$

$$d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (n=11, i=1,2,3,\dots,11) \quad (9)$$

n_4 为 1961~2014 年间各月强危害性高温日数, d 为 1961~2014 年间月强危害性高温日数排序前 11 位的平均值, Z_i 为排序前 11 位的月强危害性高温日数。

3. 结果与分析

3.1. 极端最高气温的年际及年代际变化

由图 1 可以看出, 近 54 年极端高温以每 10 年降低 0.04°C 的速度递减, 未通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验。 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 的极端高温分别出现在 1966 年、1967 年、1972 年、2002 年、2005 年、2006 年、2009 年和 2012 年。极端高温的最高值出现在 1967 年 6 月为 42.0°C , 最低值出现在 1991 年 6 月为 35.3°C 。5 年滑动平均曲线显示, 极端高温变化呈现出“高~低~高”的特征。1961~1968 年极端高温波动变化较大且相对偏高, 1960 年代末期至 1990 年代末期极端高温波动变化较小且相对偏低, 2000 年代初期至 2014 年极端高温波动变化较大且相对偏高。

3.2. 高温日数的年际及年代际变化

由图 2 可以看出, 近 54 年高温日数以每 10 年减少 0.08 天的速度递减。共出现高温日 678 天, 年平均为 12.6 天。其中, 危害性高温日 149 天, 约占高温日总数的 22.0%, 年均 2.8 天; 强危害性高温日 12 天, 约占高温日总数的 1.8%, 平均每 4.5 年出现 1 次。出现高温日最多的年份是 1967 年为 34 天, 其次是 1966 年为 32 天; 出现高温日最少的年份是 1995 年仅为 1 天, 其次是 1991 年为 2 天。5 年滑动平均曲线显示, 1961~1968 年、2000 年代初期至 2014 年这两个时段高温日数波动变化较大且呈增多趋势, 1960 年代末期至 1980 年代初期高温日数呈波动减少趋势, 1980 年代中期至 1990 年代末期高温日数变化不大且相对偏少。

从年代际分析, 近 54 年高温日数变化呈现出“多~少~多”的特征(图 2)。1960 年代比多年均值偏多 5.4 天; 1970 年代比多年均值偏少 1.4 天; 1980 年代比多年均值偏少 5 天(偏少 39.7%); 1990 年代比多年均值偏少 3.8 天; 2000 年代偏多 1.7 天; 2011~2014 年比多年均值偏多 7.2 天(偏多 57.1%)。由此可见, 2011~2014 年是高温日数最多的时段, 其次是 1960 年代; 1980 年代是高温日数最少的时段。

3.3. 高温日数的月变化

由表 1 可以看出, 历年高温日出现在 5~9 月, 主要集中在 6 月和 7 月, 约占高温日总数的 79.4%。6 月高温日最多, 达 283 天, 约占高温日总数的 41.7%, 其次是 7 月达 255 天, 9 月最少仅 4 天。危害性高温日出现在 5~8 月, 6 月最多, 约占危害性高温日总数的 53.0%。强危害性高温日仅出现在 6 月和 7 月, 主要出现在 6 月。从年代际分析, 6 月和 9 月高温日总数出现最多的均为 2000 年代, 5 月、7 月和 8 月高温日总数出现最多的均为 1960 年代, 但 7 月和 9 月高温日数年均值出现最多的均为 2011~2014 年。

3.4. 高温天气过程分析

按照高温过程的定义, 近 54 年高温天气过程共 107 次, 年均约 2.0 次。其中一般性高温天气过程 72 次, 占总过程的 67%, 平均每年出现约 1.3 次; 中等高温天气过程 20 次, 占总过程的 19%, 平均每 2.7 年出现 1 次; 强高温过程 15 次, 占总过程的 14%, 平均每 3.6 年出现 1 次。高温天气过程出现次数最多的年份是 1967 年, 共 8 次; 其次是 1966 年的 6 次, 1978 年和 2002 年各 5 次。共有 12 个年份未出现高温天气过程, 主要出现在 1980 年代和 1990 年代。

由表 2 可以看出, 历年高温天气过程出现在 5~8 月, 主要集中在 6 月和 7 月, 占总过程的 80%。6 月高温天气过程最多, 达 48 次, 占总过程的 45%, 其次是 7 月达 38 次。高温天气过程年均次数出现最

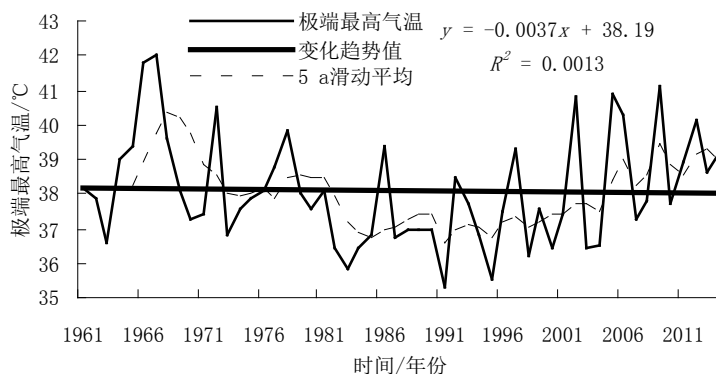


Figure 1. Annual change of extreme maximum temperature in Heze from 1961 to 2014

图 1. 1961~2014 年菏泽极端最高气温年变化曲线

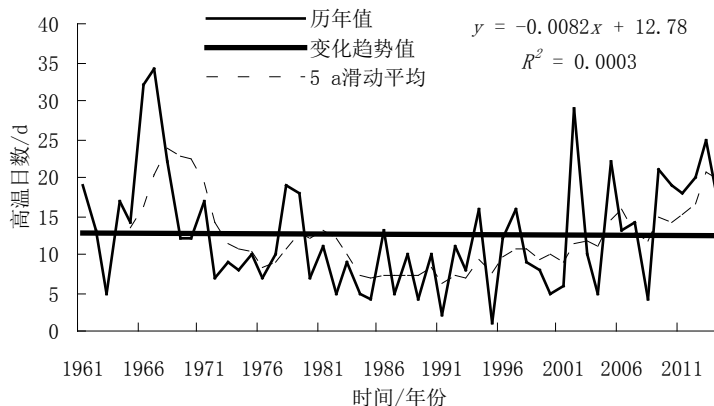


Figure 2. Annual change of high temperature days in Heze from 1961 to 2014

图 2. 1961~2014 年菏泽高温日数年变化曲线

Table 1. The statistics of high temperature days in Heze from 1961 to 2014

表 1. 1961~2014 年菏泽高温日数统计

	5月	6月	7月	8月	9月
1960年代	13	68	60	38	1
1970年代	8	53	35	16	0
1980年代	6	35	28	7	0
1990年代	3	28	52	5	0
2000年代	5	74	46	16	2
2011~2014年	4	25	34	15	1
54年合计	39	283	255	97	4
危害性高温日数/天	11	79	46	13	0
强危害性高温日数/天	0	9	3	0	0
极端高温/°C	39.2	42.0	41.8	38.6	36.5
极端高温日期	2014-5-29	1967-6-6	1966-7-19	2013-8-11	2002-9-1

Table 2. The statistics of high temperature process in Heze from 1961 to 2014
表 2. 1961~2014 年菏泽高温过程统计

	4月			5月			6月			7月			8月			9月			合计
	一般	中等	强	一般	中等	强	一般	中等	强	一般	中等	强	一般	中等	强	一般	中等	强	
1960年代	0	0	0	3	0	0	8	2	4	8	1	2	5	1	1	0	0	0	35
1970年代	0	0	0	1	1	0	7	3	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	18
1980年代	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1990年代	0	0	0	0	0	0	2	0	1	8	0	0	1	0	0	0	0	0	12
2000年代	0	0	0	1	0	0	6	5	2	5	1	2	1	1	0	0	0	0	24
2011年以来	0	0	0	0	0	1	3	2	0	4	2	0	1	0	1	0	0	0	14
54年合计	0	0	0	5	1	1	28	13	7	29	4	5	10	2	2	0	0	0	107

多的为 1960 年代和 2011~2014 年，平均每年出现 3.5 次；最少的是 1980 年代，平均每 2.5 年出现 1 次。强高温天气过程也集中出现在 6 月和 7 月，分别为 7 次和 5 次。强高温天气过程出现最多的为 1960 年代，平均每年出现 0.7 次；1970 年代和 1990 年代各出现 1 次；1980 年代未出现；2000 年代出现 4 次，平均每 2.5 年出现 1 次；2011~2014 年出现 2 次，平均每 2 年出现 1 次。

3.5. 突变分析

给定 $\alpha = 0.05 (U_\alpha = \pm 1.96)$ 的显著性标准，用 Mann-Kendall 检验法分析近 54 年菏泽高温日数和极端高温序列的突变，得出 UF 和 UB 曲线(图 3)。可以看出，高温日数的突变点在 1965 年、1969 年和 2012 年，1983 年开始至 2004 年持续通过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平，说明在此期间高温日数的减少是显著的。极端高温的突变点在 1964 年和 1970 年，1989 年开始至 2005 年持续通过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平，说明在此期间极端高温的降低是显著的。

3.6. 高温危害评估排序与分级

表 3 为 1961~2014 年月高温异常指数评估排序(前 11 位)，2005 年 6 月高温异常指数 f 为 5.18，排序第 1 位，为“55 年一遇”。1961 年 7 月高温异常指数 f 为 2.72，排序第 11 位，为“5 年一遇”。从月际分析，排序前 11 位的高温天气过程主要出现在 6 月共 7 位，说明 6 月是菏泽高温危害防范重点月。从年代际分析，排序前 11 位的高温天气过程出现最多的为 1960 年代共 5 位，2000 年代 4 位，2011~2014 年 2 位(年均出现位数等同于 1960 年代)，说明高温危害在年代际变化上呈现出“强~弱~强”的特征。

另外，1967 年 6 月，高温日数为 14 天位居第 2 位，但高温最长持续日数和危害性高温日数均较 1966 年 7 月偏少，按 f 计算排序与分级，其高温天气过程排序第 3 位，为“45 年一遇”。可见，气象部门评估高温灾害危险等级时，应从高温日数、高温持续时间和高温强度 3 个方面综合考虑，更能客观地反映灾害的危险程度。在今后的高温灾害评估业务中，这种评估方法有较好的参考价值。

4. 结论

1) 近 54 年，菏泽极端高温随时间变化趋势不明显。年代际变化呈现出“高~低~高”的特征，1961~1968 年、2000 年代初期至 2014 年极端高温波动变化较大且相对偏高，1960 年代末期至 1990 年代末期极端高温波动变化较小且相对偏低。

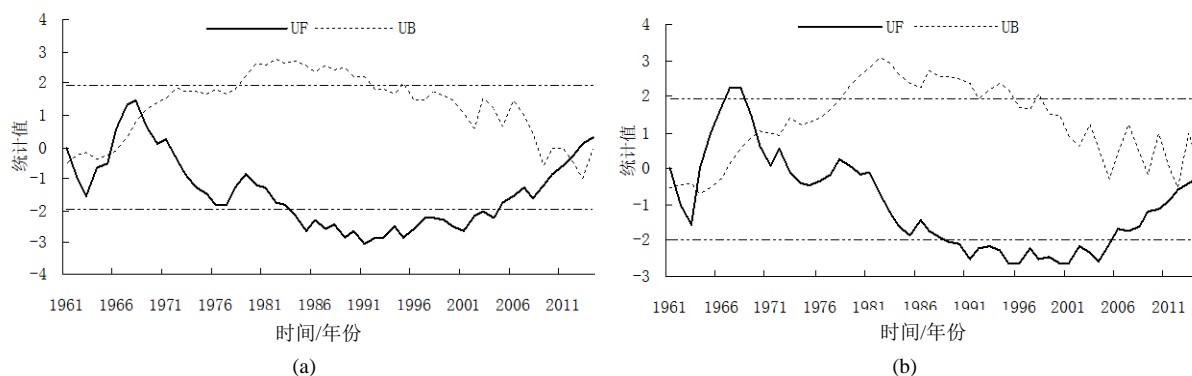


Figure 3. The Mann-Kendall variation of high temperature days (a) and extreme maximum temperature (b) in Heze from 1961 to 2014
图 3. 1961~2014 年菏泽高温日数(a)和极端高温(b)M-K 曲线

Table 3. The sorting of high temperature evaluation in Heze from 1961 to 2014
表 3. 菏泽月高温评估排序

月份	高温日数/天	最长持续日数/天	≥37.0℃日数/天	≥40.0℃日数/天	f1	f2	f3	f4	f	排序
2005 年 6 月	16	6	6	2	1.27	0.90	1.18	1.83	5.18	1
1966 年 7 月	11	7	5	2	0.87	1.05	0.98	1.83	4.74	2
1967 年 6 月	14	5	4	2	1.11	0.75	0.79	1.83	4.48	3
1966 年 6 月	9	5	6	1	0.71	0.75	1.18	0.92	3.56	4
1968 年 6 月	12	4	10	0	0.95	0.60	1.96	0.00	3.52	5
2009 年 6 月	13	5	4	1	1.03	0.75	0.79	0.92	3.48	6
2012 年 6 月	9	5	4	1	0.71	0.75	0.79	0.92	3.17	7
2013 年 8 月	12	8	4	0	0.95	1.20	0.79	0.00	2.94	8
2006 年 6 月	9	3	4	1	0.71	0.45	0.79	0.92	2.87	9
2002 年 7 月	9	4	3	1	0.71	0.60	0.59	0.92	2.82	10
1961 年 7 月	13	6	4	0	1.03	0.90	0.79	0.00	2.72	11

2) 菏泽高温日数为 678 天，危害性高温日数为 149 天，强危害性高温日数为 12 天。高温日数随时间变化趋势不明显；年代际变化与极端高温的年代际变化特征基本一致。

3) 菏泽高温日和高温天气过程均主要出现在 6~7 月，6 月最多，其次是 7 月。9 月高温日最少且未出现高温天气过程。2000 年以来，6 月、7 月、9 月高温日数均有增多趋势。

4) 根据月高温异常指数，对菏泽历年高温灾害进行评估排序与分级，从高温日数、持续时间和强度综合评估高温灾害危险程度，能够客观地反映出菏泽历年高温灾害天气的时间分布特征，在高温灾害评估业务中有较好的参考价值。

基金项目

山东省气象局青年科研基金项目“鲁西南地区气象灾害风险评估系统与区划研究”(2014SDQN20)资助。

参考文献 (References)

- [1] 熊亚军, 于平, 扈海波 (2013) 国内高温气候变化事实及其灾害特征研究进展. *干旱气象*, **1**, 194-198.
- [2] 徐金芳, 邓振镛, 陈敏 (2009) 中国高温热浪危害特征的研究综述. *干旱气象*, **2**, 163-167.
- [3] 陈邦柱, 秦大河 (2004) 气候变化与生态环境研讨会文集. 气象出版社, 北京, 13-20.
- [4] Karl, T.R., Jones, P.D., Knight, R.W., et al. (1993) A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **74**, 1007-1023. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1993\)074<1007:ANPORG>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1993)074<1007:ANPORG>2.0.CO;2)
- [5] 丁一汇, 张锦, 宋亚芳 (2002) 天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系. *气象*, **3**, 3-7.
- [6] 许薇, 汤强, 陈欢欢 (2013) 1961-2010 年广东省高温天气时空变化特征分析. *气象与环境学报*, **6**, 68-74.
- [7] 施洪波 (2012) 华北地区高温日数的气候特征及变化规律. *地理科学*, **7**, 866-871.
- [8] 赵梓淇, 李丽光, 王宏博, 等 (2014) 1961-2010 年辽宁省高温日数和高温热浪特征分析. *气象与环境学报*, **5**, 57-61.
- [9] 郭虎, 熊亚军, 扈海波 (2008) 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析. *气象*, **2**, 77-82.
- [10] 扈海波, 王迎春, 刘伟东 (2007) 气象灾害事件的数学形态学特征及空间表现. *应用气象学报*, **6**, 801-809.
- [11] 张尚印, 宋艳玲, 张德宽, 等 (2004) 华北主要城市夏季高温气候特征及评估方法. *地理学报*, **3**, 383-390.
- [12] 孙翠凤, 窦坤, 徐国栋, 等 (2014) 近 50a 菏泽气温与高低温日数变化特征分析. *山东气象*, **2**, 20-25.
- [13] 孙翠凤, 窦坤, 吴雷柱, 等 (2014) 鲁西南近 50 年降水量和雨日雨强变化趋势. *中国农业资源与区划*, **2**, 29-34.
- [14] 王秀琴, 段维 (2014) 新疆莫索湾高温日数统计特征. *干旱气象*, **2**, 220-225.
- [15] 吴智杰, 曹秀芝, 王爱君 (2010) 邢台市高温灾害天气特征分析与评估方法研究. *河北气象*, **1**, 19-24.
- [16] 刘宽晓, 侯丽萍 (2011) 乌兰浩特市高温灾害天气评估方法研究. *内蒙古气象*, **6**, 28-30.