

熊亚军, 于平, 扈海波. 国内高温气候变化事实及其灾害特征研究进展[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 194–198. doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0194

国内高温气候变化事实及其灾害特征研究进展

熊亚军¹, 于平², 扈海波³

(1. 北京市气象台, 北京 100089; 2. 广东省河源市气象局, 广东 河源 5170000;
3. 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089)

摘要: 高温是一种危害较大的灾害性天气, 它的发生发展既与天气尺度的环流系统有关, 又与热岛效应、下沉增温及地形等因素存在联系。本文从高温的气候特征、高温与环流的关系及高温灾害的风险评估3个方面, 对国内高温气象灾害的相关研究成果进行了简要回顾, 较系统地反映了国内高温气象灾害的研究进展。

关键词: 高温气象灾害; 特征; 研究进展

文章编号: 1006-7639(2013)-01-0194-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0194

中图分类号: P468.0+21

文献标识码: A

引言

在全球气候变暖背景下, 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。例如2006年川渝的高温与干旱事件伴随发生, 导致当地受灾人口达到2 800万, 直接经济损失达到216.4亿元。高温一直是气象界研究的热点问题之一。1990年代以前的研究重点主要集中在高温天气的预报方法; 1990年代以后, 大气环流异常与高温天气的关系逐渐成为研究的热点。另外, 高温日数增加也常被人作为全球气候变暖的证据之一。伴随着城市化的发展, 2000年以后“热岛效应”和“全球变暖对极端高温事件影响”等问题开始引起人们的关注, 有关高温气象灾害的风险评估也逐渐受到重视。本文对高温气象灾害方面的研究进行了回顾, 重点阐述了高温气象灾害的气候特征、高温灾害与大气环流的关系以及高温气象灾害的风险评估3个方面的内容, 以期拓宽思路, 为气象减灾救灾研究提供科学依据。

1 高温的气候特征

1.1 高温日数的变化趋势和周期性

郑祚芳^[1]应用1960~2009年北京逐日气象资

料, 分析北京地区极端气温的时间变化特征(图1)时发现, 北京地区的极端最高气温以 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的气候倾向率增加, 在1997~2009年间高温日数最多。高荣等^[2]利用全国541个站的最高气温资料, 分析了高温日数的时空变化特征, 发现吐鲁番盆地和江南是我国高温日数的2个高值中心, 1951~2006年, 中国各区域的高温日数均呈现“增加—减少—增加”的变化趋势(图2)。刘学锋等^[3]分析了河北省最高气温和高温日数年际和年代际演变特征及其区域差异, 发现河北省年平均最高气温呈现升

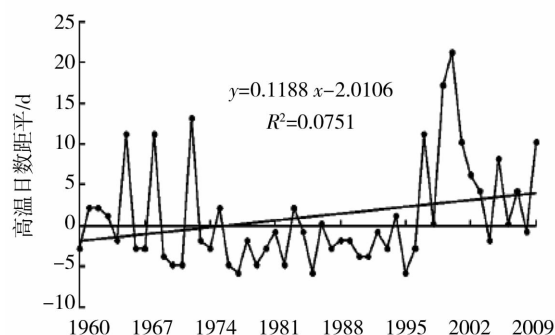


图1 1960~2009年北京高温日数距平
(图形来自于文献[1])

Fig. 1 The anomaly of extremely high temperature days in Beijing from 1960 to 2009
(the graph comes from the literature[1])

收稿日期: 2012-09-21; 改回日期: 2012-12-21

基金项目: 中国气象局预报员专项(CMAYBY2012-001), 北京市科技计划课题项目“极端天气事件对城市安全运行的影响评估系统研究(Z111100056811022)”、北京市气象局决策服务创新团队建设计划等共同资助

作者简介: 熊亚军(1979-), 男, 汉族, 湖北天门人, 硕士, 从事天气预报及气象灾害研究。

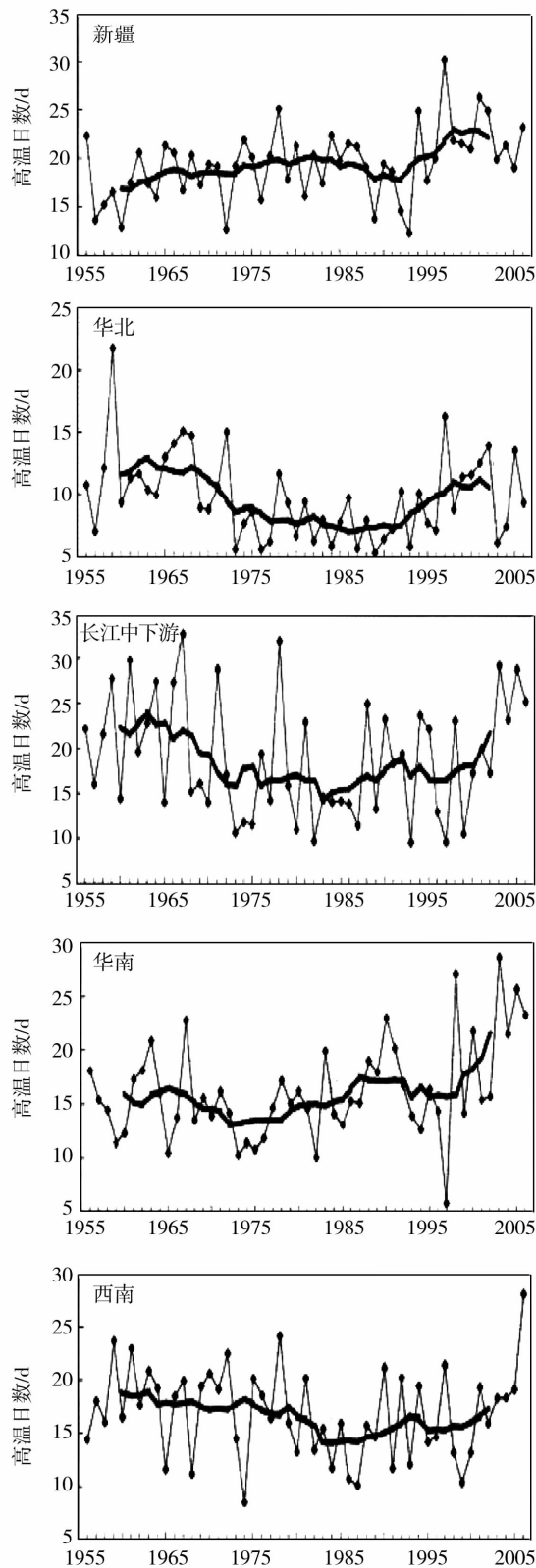


图2 1956~2006年中国范围内分区域高温日数的年际变化(图形来自于文献[2])

Fig. 2 The annual variation of the high temperature days in China from 1956 to 2006 (the graph comes from the literature[2])

高态势,全省大部分地区增温在 $0.5 \sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 之间。冬季增温幅度最大,春夏季次之,秋季最小;高温日数各年代平均值变化幅度相对平缓,年际变化则呈现先降后增的变化趋势,变化幅度小且增加趋势不明显。常军等^[4]对河南省1961~2005年40个气象站夏季的高温日数进行经验正交函数(EOF)展开分析,发现河南夏季高温日数的时空分布类型为全省一致型、西北至东南差异型和西南至东北差异型。第一模态的时间系数演变显示,河南夏季高温存在 $2 \sim 4 \text{ a}$ 、 $8 \sim 14 \text{ a}$ 的周期变化,目前河南夏季高温日数正处于偏多状态中。李永华等^[5]利用重庆市极端最高气温及高温日数资料,采用MHF(墨西哥帽函数)小波等方法分析重庆市近50 a来高温的多层次时间尺度变化特征。发现重庆高温变化具有明显的阶段性;重庆市极端最高气温变化以 6 a 周期振动最强,而高温日数变化则以 $14 \sim 15 \text{ a}$ 周期振动最强。IPCC第4次评估报告也指出,1850年以来最暖的12个年份中有11个出现在1995~2006年。而中国范围内,高温日数的周期变化存在明显的区域性差异。中国东部以 $3 \sim 6 \text{ a}$ 的周期变化为主;西部的新疆有准 3 a 的周期变化;重庆则以 $14 \sim 15 \text{ a}$ 的周期振动最强;河南夏季的高温日数则存在 $2 \sim 4 \text{ a}$ 、 $8 \sim 12 \text{ a}$ 的周期变化。

1.2 最高气温与最低气温的非对称变化

Karl等^[6-8]发现在全球变暖的大背景下最高温度与最低温度变化幅度并不一致,全球变暖主要发生在夜间,最低气温的上升幅度要明显高于最高气温。谢庄等^[9]分析了北京最低和最高气温发现:1月份最低气温的倾向率约为 $0.4^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$,7月份最高气温的倾向率为 $-0.2^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$ 。孙凤华^[10]发现东北地区的最高气温的气温趋势系数春季、夏季约为 0.28 ,秋季为 0.08 ,冬季为 0.34 ,年平均最高气温的趋势系数为 0.42 ,而年平均最低气温为 0.73 ,两者相差近一半。江志红等^[11]对比分析了上海近百年来最高温度和最低温度,发现最低和最高温度都显著增加,但最低气温的上升趋势明显大于最高温度。在中国的北部^[12]、西北部^[13]也存在最高气温与最低气温变化幅度不一致特征,宁向玲^[14]在分析陕西省近60 a气温变化时,发现其最高气温也存在增温趋势。赵玉广等^[15]在分析河北省寒潮减少与冬季增暖的相关性时发现,河北省冬半年平均气温呈波动性上升趋势,从年代际变化来看处于明显上升趋势中,而最低气温上升趋势较高温的上升趋势更为明显。

上述文献表明,中国范围内气温整体呈现增温趋势。在平均气温、最高气温和最低气温三者当中,最低气温的增温率最大,平均气温次之,最高气温的增幅最小,最高气温与最低气温之间存在非对称变化。最高气温是整体增幅最小的温度要素,有些城市的增温趋势不显著,部分地区甚至呈阶段性降温趋势。

2 高温气象灾害的成因分析

2.1 引起高温气象灾害的主要环流形势和影响系统

谢庄等^[16]发现华北酷暑天气的出现与大气环流形势密切相关,大陆副热带高压维持是主要环流因素,空气下沉增温是酷暑的主要机制,大城市的热岛效应加剧了高温的严重程度。孙建华等^[17]利用 MM5 中尺度模式对 1999 年华北的 2 个高温过程模拟也验证了这种观点。钱婷婷等^[18]的进一步研究发现,北京出现持续高温天气的物理机制可能与河套高压下沉运动相联系的晴空区辐射增温、与暖气团东移相联系的平流增温以及与下沉运动相联系的绝热增温等因素有较大的关系。赵庆云等^[19]利用甘肃省 62 个气象观测站的研究表明,100 hPa 南亚高压、300 hPa 暖中心、500 hPa 副热带高压闭合单体控制西北地区上空,对流层上下层暖高压中心相对应,且中心位置基本一致时,将出现大范围、持续性的异常高温天气。常军等^[20]对 1991~2005 年 15 a 河南典型的大面积持续高温下的环流形势进行普查和分类后发现,与河南省高温有关的 2 种主要环流型为贝加尔湖高压型和副热带高压型。王远超^[21]分析广西的高温天气后认为广西高温气象灾害为副高控制型、热带气旋西侧高压型和地面西南暖低压控制型。有关气温年代际变化的成因比较复杂。陈少勇等^[22]利用中国西北地区 82 站地面气温资料和 NCEP 再分析资料,发现月平均地气系统射出长波辐射(OLR)对气温有明显的影 响。蔡佳熙等^[23]在分析长江流域夏季气温的年代际变化时发现,长江流域有 2 种模态的气温年代际变化与西风急流传播的波列结构有关,而第三模态的气温变化型与 AO 存在一定的联系。钱维宏^[24]在分析全球气温中的周期性变化时发现,20 世纪年代际的温度自然变率与长期增暖趋势的变幅相当。人类活动包括城市热岛影响导致的 20 世纪温度变化量不超过总变幅的 1/4。

2.2 热岛效应和焚风效应对高温气象灾害的影响

谢德寿^[25]通过分析在长江中下游地区的沿江城市常在西太平洋副热带高压控制下出现高温酷热天气,提出热岛效应是大城市高温灾害的主要成因。谢庄等在文献[16]中以西郊作为城区代表站、以密云作为郊区代表站,在分析城郊温差的基础上发现,北京的高温不能单一归结于气候变率,热岛效应可能是一个不可忽视的因素。郑柞芳等^[26]应用中尺度模式,对 2002 年 7 月的一次高温天气过程进行了模拟分析,初步探讨了北京周边特殊地形及城市环境对高温强度的影响,发现地形对北京城区气温的影响主要是通过焚风效应来实现的,它加剧了背风坡一侧平原地区高温的强度。当西部、北部山区地形高度减小后,焚风效应也会减弱,相应的背风坡温度增幅减小。高温天气与暖性环流系统有较好的对应关系。鉴于目前气象系统业务模式对于大的环流形势有较好的预报能力,因此对气象部门而言,在中短期范围内,对高温天气的趋势预报要相对容易。但高精度的高温天气预报,不能忽视下沉增温和热岛效应等其它因素的影响。

2.3 湿度对高温灾害的影响

目前气象台主要通过预报最高温度这一气象要素,来反映第二天的冷热程度。但实际上,在不同的湿度等要素下,人体对同一温度的感觉并不一致。1955 年 Burton 等^[27]描述了湿度对人体舒适感的影响,总结出当气温适中时,大气湿度变化对人体舒适度影响较小,当气温较高或较低时,湿度变化才对人体的温热感产生影响。1940 年代 TROMP S W^[28]根据人体在不同气温、湿度和风速条件下所产生的热感觉指标提出了实感气温。温湿指数(Temperature Humidity Index, THI)综合反映了温度和相对湿度 2 个因子对人体热感的影响,是衡量舒适度的一项重要指标。谢雯等^[29]利用 MODIS 遥感的地表温度和地面水汽压数据来反演中国温湿指数的时空分布。郭洁等^[30]利用最高气温和相对湿度来计算四川盆地的高温闷热指数,并结合四川盆地的气候特点,将 $THI \geq 80$ 定为闷热日。陈正洪等^[31]计算了湖北的热指数并进行试验,结果表明: $ID \geq 80$,绝大多数人均感不适; $ID \geq 75$,半数人身感不适; $ID \geq 70$,少数人(10%)感到不适; ID 在 60~65,大部分人感到舒适。上海^[32]和山东^[33]也有类似的研究。表 1 给出了中国有关高温指数的研究情况。

表1 国内一些高温指数研究情况
Tab.1 The high temperature index in China

指数名称	适用地域	公式	涉及气象要素	公式指数来源
THI	四川	$THI = T - 0.55(1 - RH)(T - 58)$	最高气温,湿度	文献[30]
THI	中国	$THI = t - 0.155(1 - e/E)(t - 14.4)$	最高气温,水汽压	文献[29]
ID	武汉	$ID = 1.8t - 0.99(1 - 0.01h)(t - 14.4) + 32$	最高气温,湿度	文献[31]
ET	山东	$ET = T - 0.55(1 - RH)(58 - T) + \alpha(T - 33)V12$	最高气温,湿度,风速	文献[33]

3 高温气象灾害风险评估

国内外关于高温天气预报研究很多,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。徐金芳等^[34]在分析高温热浪气象的气候特征和形成原因时认为,大气环流异常是高温热浪形成的直接原因,气候变暖变干是导致高温热浪频繁发生的重要背景因素。罗伯良等^[35]在对2009年盛夏湖南持续高温过程进行总结时发现,西太平洋副热带高压面积偏大、强度偏强是导致持续高温干旱的直接原因,而水汽输送异常则为高温干旱的持续发展提供了有利条件。2008年郭虎等^[36]利用灾害模数、经济易损模数、生命易损模数3个指标进行北京市奥运期间风险承受与控制能力分析,结果表明:北京奥运期间,相对于雷电、冰雹、大风、高温、暴雨、大雾和霾这7种主要的气象灾害而言,高温风险排在首位(图3)。从可能性而言,高温发生的概率相对较大,且奥运期间场馆内人员较为密集,且为露天不封闭场馆,采取空调降温等控制措施的效果较

为有限,因此高温风险排在首位。扈海波等^[37]利用地理信息系统研究气象灾害事件的数学形态学特征时,以高温灾害为例,从下垫面的社会经济、环境构成情况等特征中提取数学形态学滤波中的目标函数,在观测要素值的空间离散化图谱上进行相关计算,最终完成高温灾害给北京中关村附近地区造成影响的空间图谱化特征。

4 结语和讨论

(1)作为全球变暖的证据之一,高温日数目前处于整体增多阶段。但尚没有直接证据表明,高温日数的时空变化幅度与全球平均温度变化存在较为严格的对应关系。高温天气既与天气尺度的暖性环流系统有关,又与热岛效应、下沉增温和地形等因素存在联系,研究局地高温天气时,要考虑多种因素的影响。全球变暖的背景下,中国区域的最低气温和最高气温都在增加,但最低气温的上升趋势明显大于最高气温。最高气温、最低气温和平均气温3个气象要素中,最高气温的增幅最小。

(2)最高气温是温湿指数、闷热指数等舒适度指标中最主要的气象要素。当温度超过某一阈值时,湿度和风速等其它气象要素对舒适度指数的作用较大。确定合理的高温阈值及超过阈值后,引入湿度和风速,建立本地化的温湿指数方程可能仍然是未来专业气象服务的重要内容之一。

(3)目前常规业务模式对于大的环流形势有较好的预报能力,但对中小尺度的天气系统模拟较难。因此,如何利用业务模式的环流预报产品进行2次开发,建立本地化的精细化高温预报系统,依然是各地气象部门的主要科研任务之一。

(4)高温灾害作为气象灾害的一种,其风险研究才刚刚兴起;高温灾害风险研究主要集中在致灾因子方面,有关下垫面的脆弱性和脆弱性方面的研究略有涉及。同时,热岛效应对城市高温灾害的催

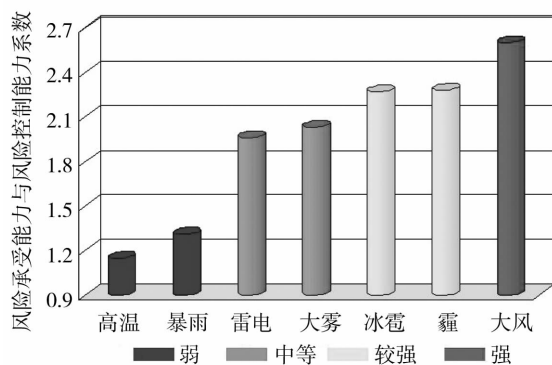


图3 奥运期间气象灾害风险评估
(图形来自于文献[31])

Fig.3 The risk assessment of meteorological disasters in Beijing during the 28th olympic games (the graph comes from the literature[31])

化作用如何量化和评估,也是一个值得分析的课题。

参考文献:

- [1] 郑祚芳. 北京极端气温变化特征及其对城市化的响应[J]. 地理科学, 2011, 31(4): 459-463.
- [2] 高荣, 王凌, 高歌. 1956-2006 年中国高温日数的变化趋势[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 177-180.
- [3] 刘学锋, 李元华, 秦莉. 河北省近 50 年最高气温及高温日数变化特征[J]. 气象科技, 2007, 25(1): 31-35.
- [4] 常军, 李素萍, 王纪军, 等. 河南夏季高温日数的时空分布特征及 500 hPa 环流型[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(2): 30-34.
- [5] 李永华, 刘德, 向波. 重庆市近 50 a 年来高温变化多时间尺度分析[J]. 气象科学, 2003, 23(3): 325-331.
- [6] Thomas R Karl, Philip D Jones, Richard W Knight, et al. A New Perspective on Recent Global Warming: Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1993, 74(6): 1007-1023.
- [7] Gordon B Bonan. Observational Evidence for Reduction of Daily Maximum Temperature by Croplands in the Midwest United States[J]. Journal of Climate, 2001, 14(11): 2430-2442.
- [8] Brunetti M, Buffoni L, Maugeri M, et al. Trends of Minimum and Maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996[J]. Theoretical and Applied Climatology, 2000, 66: 49-60.
- [9] 谢庄, 曹鸿兴. 北京最高、最低气温的非对称变化[J]. 气象学报, 1996, 54(4): 501-507.
- [10] 孙凤华, 杨修群, 路爽, 等. 华东地区平均、最高、最低气温时空变化特征及对比分析[J]. 气象科学, 2006, 26(2): 157-163.
- [11] 江志红, 丁裕国. 近百年上海气候变暖过程的再认识——平均温度与最低、最高温度的对比[J]. 应用气象学报, 1999(2): 151-159.
- [12] 王菱, 谢贤群, 苏文, 等. 中国北方地区 50 a 来最高和最低气温变化及其影响[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 337-343.
- [13] 马晓波. 中国西北地区最高、最低气温的非对称变化[J]. 气象学报, 1999, 57(5): 613-621.
- [14] 宁向玲, 董婕, 延军平. 陕西省近 60 a 气温时空变化特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 455-460.
- [15] 赵玉广, 于长文, 何丽华, 等. 河北省寒潮的气候特征与冬季增暖[J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 244-248.
- [16] 谢庄, 崔继良, 刘海涛, 等. 华北和北京的酷暑天气 I—历史概况及个例分析[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 323-333.
- [17] 孙建华, 陈红, 赵思雄, 等. 华北和北京的酷暑天气 II 模拟试验和机理分析[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 334-345.
- [18] 钱婷婷, 王迎春, 郑祉芳, 等. 造成北京连续高温的河套高压结构分析[J]. 应用气象学报, 2005, 16(2): 167-173.
- [19] 赵庆云, 赵红岩, 王勇. 甘肃省夏季异常高温及其环流特征分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 639-643.
- [20] 常军, 李素萍, 余卫东, 等. 河南夏季高温气候特征及 500 hPa 环流型[J]. 气象科技, 2007, 35(6): 776-780.
- [21] 王远超. 广西东南部高温灾害气候特征分析[J]. 灾害学, 2004, 19: 34-38.
- [22] 陈少勇, 王劲松, 邢晓宾, 等. 青藏高原 OLR 异常与中国西北干旱区气温的关系[J]. 干旱气象, 2011, 29(3): 276-282.
- [23] 蔡佳熙, 管兆勇, 于田田, 等. 长江流域夏季气温变化型及其成因 II: 年代际变化[J]. 气象学报, 2011, 69(1): 112-124.
- [24] 钱维宏, 陆波. 千年全球气温中的周期性变化及其成因[J]. 科学通报, 2010, 55(32): 3116-3121.
- [25] 谢德寿. 城市高温灾害及其预防[J]. 灾害学, 1994, 9(3): 29-33.
- [26] 郑祚芳, 王迎春, 刘伟东. 地形及城市下垫面对北京夏季高温影响的数值研究[N]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 672-676.
- [27] BURTON A C, SNYDER R A, L EACH W G, et al. Damp could versus dry could specific effects of humidity in heat exchange of unclothed men[J]. J Appl Physiol, 1955, 8: 269-278.
- [28] TROMP S W. Medical Biometeorology[M]. Elsevier: Amsterdam, 1963. 211-219.
- [29] 谢雯, 任黎秀, 姜立鹏. 基于 MODIS 数据的旅游温湿指数时空分布研究[J]. 地理与地理信息科学, 2006, 22(5): 31-35.
- [30] 郭洁, 孙明, 李国平. 四川盆地夏季高温闷热特征及舒适度评价[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(1): 45-47.
- [31] 陈正洪, 王祖承, 张鸿雁. 炎(闷)热指数在武汉市的试用、修订及检验[J]. 湖北气象, 2000, 3: 23-25.
- [32] 王远飞, 沈愈. 上海市夏季温湿效应与人体舒适度[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1998(3): 60-66.
- [33] 王繁强, 周阿舒, 滕丽峰, 等. 日照市人体舒适度指数预报[J]. 山东气象, 2003, 23(2): 18-20.
- [34] 徐金芳, 邓振镛, 陈敏. 中国高温热浪危害特征的研究综述[J]. 干旱气象, 2009, 27(2): 163-167.
- [35] 罗伯良, 彭莉莉, 张超. 2009 年盛夏湖南持续高温干旱及同期大气环流异常分析[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 20-25.
- [36] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析[J]. 气象, 2008, 32(2): 77-82.
- [37] 扈海波, 王迎春, 刘伟东. 气象灾害事件的数学形态学特征及空间表现[J]. 应用气象学报, 2007, 18(6): 801-809.

(下转至第 211 页)

The Temperature Spatial Distribution Characteristics Based on GIS Technology in Gansu Province

JIANG Youyan^{1,2}, HUANG Jin³

(1. *Institute of Arid Meteorology of CMA, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China*; 2. *Northwest Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China*; 3. *Meteorology Disaster Reduction Department of Gansu Province, Lanzhou 730020, China*)

Abstract: Based on the GIS technical, the temperature spatial model was established by using observation data in weather stations of Gansu Province, and the spatial data of temperature were achieved when we took the high resolution DEM as the model input parameters, which was compared with the interpolating results from the traditional temperature interpolation method (inverse distance weighting method IDW), Kriging and Co-Kriging. The results of multiple regression analysis showed that the temperature data grid result by using the multiple regression analysis and Kriging method was better than that by using the traditional method, and the interpolation precision was higher also, the interpolation results represented the original measurement results well.

Key words: temperature; interpolation; multiple regression; model; Gansu

(上接第198页)

Advances of Research About High Temperature Events and Its Meteorological Disaster in China

XIONG Yajun¹, YU Ping², HU Haibo³

(1. *Beijing Meteorological Observatory, Beijing 100089, China*; 2. *Heyuan Meteorological Bureau of Guangdong Province, Heyuan 517000, China*; 3. *The Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089, China*)

Abstract: The high temperature is a kind of disaster weather with serious harmfulness. Its occurrence and development should not only be related to the atmospheric circulation, but also have a connection with other factors such as heat island effect, terrain and temperature increase due to subsidence flow. In the paper, a brief retrospect about relative researches in China were made from three aspects of climatic characteristics of high temperature, relationship of high temperature and atmospheric circulation, and risk assessment of high temperature meteorological disaster. Some advances in study of high temperature meteorological disaster were also systematically revealed in this paper.

Key words: high temperature; meteorological disaster; research advance