

气候变化与气象灾害

翟盘茂¹ 章国材²(中国气象局国家气候中心, 研究员¹; 高级工程师² 北京 100081)

〔摘要〕 回顾了国际上气候变暖背景下极端天气和气候事件研究的基本成果, 重点讨论了我国旱灾、暴雨洪灾、高温热浪、霜冻、低温冷害和沙尘暴等气象灾害的变化特点。指出: 在过去 50 多年气候明显变暖的背景下, 华北、西北东部和东北东部随着降水量的减少, 降水日数也显著减少, 干旱化倾向十分明显; 长江流域的强降水过程明显趋于增多, 发生洪涝灾害的频率也趋于增加。气候变暖最显著的影响之一是无霜期显著增加。虽然在过去 50 多年中我国沙尘暴发生频率和范围总体趋于减少, 但由于持续干旱的影响, 使得 1998 年以来又出现沙尘暴增加的势头。

〔关键词〕 气候变化 极端事件 气象灾害 [中图分类号] P4 P7

〔文章编号〕1000-7857(2004)07-0011-04

CLIMATE CHANGE AND METEOROLOGICAL DISASTERS

ZHAI Pan-mao

(National Climate Center, CMA, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on review of research results in changes in climate extremes under the background of global warming in the world, this paper summarizes climate change in China's major meteorological disasters which are closely related to climate extremes. It is indicated that in eastern Northeast China, North China, eastern Northwest China, precipitation totals and frequency have decreased at the same time, and drought has become more serious. In the Yangtze River valley, however, flood opportunities have increased due to the increase of intense precipitation events. One of the most significant changes in disasters is due to reduction of frost days. Though frequency in duststorms in China shows a decrease trend, it has increased recently mainly due to the impact of persistent drought in northern China since 1998.

Key Words: climate change, climate extremes, meteorological disasters

1 引言

气候是在较长时间内的天气特征的综合, 但这种综合绝非简单地指平均值, 某地出现的某种天气条件的概率和极端值也都属于气候范畴。事实上, 当某地的气候长期处于一种稳定的状态时, 人类和生态系统等与之相适应。但气候发生变化时, 一些极端的天气和气候事件频繁发生, 则会导致重大的自然灾害。

许多研究表明, 地球气候处于不断的变化过程中, 而且这种变化存在不同的时间尺度特征, 如年际、十年际和更长期的变化特征。气候变化的主要影响因子有自然的和人类活动的两种。工业化革命以来, 由于人类燃烧煤、石油和天然气, 向地球大气排放了大量温室气体, 对气候产生了巨大的影响。在世界人口日益增长、对自然资源开发利用日趋加剧、各国经济和基础设施不断发展的同时, 人类面对极端气候事件时的脆弱性也在不断增长。近 20 年来, 气候变化, 特别是全球变暖问题引起了各国政府和公众的高度重视。最新的观测研究结果表明, 全球平均温度自 19 世纪以来升高了大约 0.6°C ^[1]。

研究指出^[2], 大气温室气体增加不仅会使地面温度变暖, 还会使地表蒸发加剧, 大气保持水份的能力增强, 这意味着大气中水份可能增长。地面蒸发能力增强, 将使干旱更易发生, 同时为了与蒸发过程相平衡, 降水也将增长, 易于发生洪涝灾害(图 1)。

全球气候变暖的有趣特征是, 全球陆面最低温度升高值比最高温度升高值多了两倍^[3]。受气候变暖的影响, 北半球中高纬度地

区生长季节和无霜期增长了, 霜冻日数和冰冻日数降低了。与全球气候变化背景相一致, 我国近几十年的气候也趋于变暖, 在最近 40~50 年中, 极端最低温度和平均最低温度趋于增高, 尤以北方冬季更为突出, 同时寒潮频率趋于降低, 低温日数趋于减少^[4]。

研究指出: 在气候变暖的背景下北半球中高纬度降水量增加的地区, 可能的大雨和极端降水事件趋于增多。与此相反, 在降水量降低的地区, 大雨和极端降水事件却呈现出更为强烈的下降趋势^[5]。在东亚地区, 虽然区域降水量下降或变化不大, 但由于降水频率的下降, 大雨和极端降水事件仍将趋于增加。研究还发现, 在最近 20~30 年, 撒哈拉、东亚和南非等地干旱范围扩大, 而美国和欧洲的潮湿区域增加, 美国在本世纪的极端降水事件亦将趋于增多^[6]。从我国来看, 全国总的降水量变化趋势不明显, 但从区域性变化上看, 长江流域降水趋于增多, 华北地区降水趋于减少, 同时伴随着雨日的显著减少, 意味着降水过程将可能强化, 干旱与洪涝将同时趋于增多^[7]。

研究指出, 全球热带和副热带地区的风暴强度和频率的变化很大程度上仍然受到年代际变化的影响, 没有反映出明显的增多或减少趋势^[8]。

与全球气候变暖背景相伴随, ENSO 暖事件频繁发生, 继 1982~1983 年强 ENSO 暖事件以后, 1997~1998 年又发生了 20 世纪最强的暖事件, 给全世界许多国家和地区带来了十分严重的气候灾害。在我国, 洪涝、干旱、热带气旋、冷害、冻害、寒害、暴雪、沙尘暴、冰雹、大雾、雷暴、龙卷风、大风、热浪、连阴雨、干热风等气

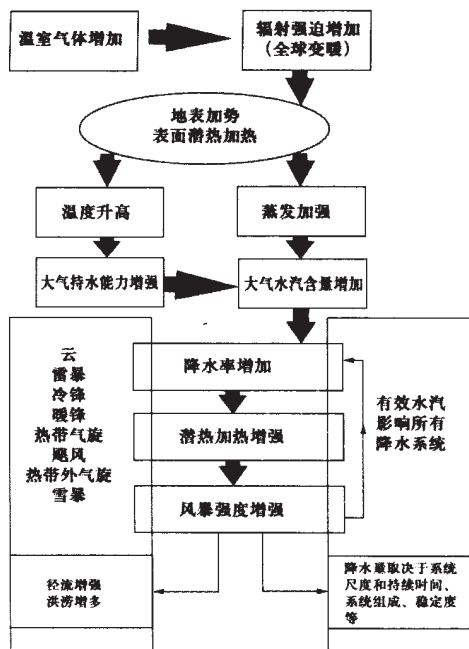


图1 温室气体增长通过对水循环的影响造成极端气候事件变化的概念模型^[2]

象灾害每年造成的损失占整个自然灾害损失的70%左右,造成的直接经济损失占国民生产总值的3%~6%;而与气象条件有关的水土流失、泥石流、滑坡、崩塌、地面沉降、森林和草原火灾、农林草原病虫害、荒漠化等生态环境灾害的损失更是难以统计。这些由极端事件引起的灾害虽然发生频率不高,然而危害性极大;但由于这些灾害的偶发性,又常常被决策者忽视。本文将重点讨论与极端气候事件有关的气象灾害的变化,讨论其与气候变化之间的可能联系。

2 我国近百年气候变化概况

2.1 温度变化

在全球气候变暖的大背景下,近100年来我国的气温上升了0.5℃左右(见图2),其变化趋势总体上与全球平均气温的变化趋势相一致。上世纪20年代到40年代我国气温持续升高,50年代到80年代初气温有所下降,80年代中期开始又持续增温^[9]。从1950年开始,我国拥有了完整的气象资料,分析结果反映出近50年我国北方地区的气温呈显著上升趋势,华北和东北地区的增温速率最大,达到0.4~0.8℃/10年左右,长江流域和西南地区气温略降,南方大部分地区没有明显的冷暖趋势。

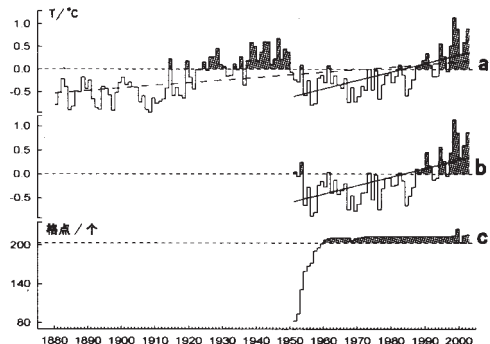


图2 a.1880~2002年气温变化(10个区);b.1951~2002年气温变化(2×2格点);c.1951~2002年格点数逐年变化^[9]

2.2 降水变化

研究表明,在过去几十年中,我国降水呈增长趋势的测站与呈下降趋势的测站大致相当。大范围明显的降水增长趋势主要发生在西部地区,其中以西北地区尤为显著。但是,我国东部季风区降水变化趋势的区域性差异较大,长江流域降水趋于增多,东北东部、华北地区到四川盆地东部降水趋于减少。

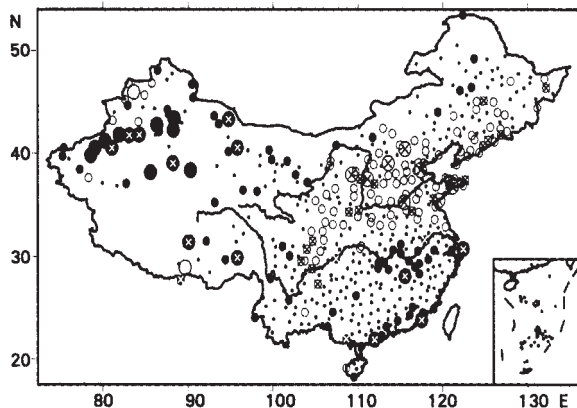


图3 1950~2000年期间我国年降水量变化趋势

(注:实心圆和虚心圆分别代表增加和下降趋势,按半径大小分别为每10年变化7.5%以上、7.5%~2.5%、小于2.5%,显著变化的地区标有叉号)

3 我国气象灾害的变化

3.1 旱灾和暴雨洪灾

降水量的变化与干旱关系密切。虽然研究表明,20世纪严重干旱和雨涝没有表现出明显的全球性长期变化趋势,但在最近的二三十年中,撒哈拉、亚洲东部和南非干旱更趋严重,而美国 and 欧洲等地雨涝增多^[1]。在我国,长江、黄河两流域旱涝变化具有明显的阶段性和跃变^[10]。分析还表明,长江、淮河流域从20世纪70年代起降水明显增多,洪涝加剧;而黄河流域从1965年起连续干旱,而且不断加剧。张琼等^[11]用1958~1999年月平均观测记录,分析了42年以来长江流域大范围旱涝的时空分布特征,发现长江流域降水具有非常明显的年代际变化,年代际的转折发生于20世纪70年代末,20世纪60年代的持续干旱与90年代的多发性洪涝形成鲜明对比。

1950~2000年我国700测站的逐月降水资料,给出了近50年来中国北方干旱范围的变化。图4中反映出,50多年来,我国北方主要农业区的干旱发展趋势在逐步加重,干旱范围在逐步扩大。我国的华北、华东北部的干旱面积扩大迅速,形势严峻;东北、华中北部干旱面积扩大速度相对较小;西北东部的干旱面积扩大趋势不明显,这与我国降水变化的总体趋势分布^[7]是一致的。

事实上,我国华北、东北地区在降水量减少的同时,降水日数也显著减少(图5),最大连续不降水的时段趋于增加,气温也显著趋于增高,使得干旱形势更趋严重。

1997年长江以北大部地区降水偏少,华北、西北的部分地区偏少达5~7成,尤其北方大部地区夏季持续少雨高温,夏旱最为严重。该年全国农作物受旱面积达3000多万公顷,其中成灾面积达2000万公顷。黄河从当年2月7日起多次出现断流,至11月21日累计断流共222天,断流河段曾一度长达700多公里。

在降水频率不变的情况下,如果年平均降水量出现某一确定比率的上升(下降),则强降水将会发生更大比率的上升(下降)。当降水频率下降时,即使年平均降水量不变甚至下降,强降水事

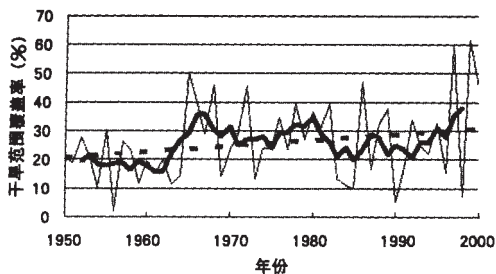


图4 近50年来我国北方农业区干旱范围的变化

(注:虚直线为线性趋势)

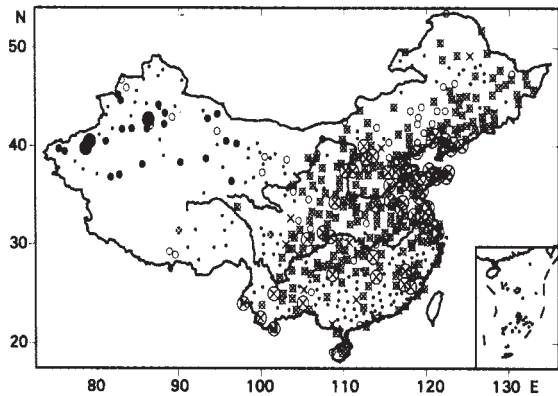


图5 近50年来我国降水日数的变化趋势

(注:实心圆和虚心圆分别代表增加和下降趋势,按半径大小分别为每10年变化7.5%以上、7.5%~2.5%、小于2.5%,显著变化的地区标有叉号)

件也可能会增多^[4]。从全国平均来看,我国总的降水量变化趋势不明显,但雨日明显趋于减少^[4]。降水总量不变或增加但频率减少,意味着降水过程存在强化的趋势,干旱与洪涝可能会趋于增多^[7]。最近的研究^[12]指出,我国的极端降水平均强度和极端降水值都有增强的趋势,极端降水事件也趋多,尤其在上世纪90年代,极端降水量比例趋于增大。华北地区年降水量趋于减少,虽然极端降水值和极端降水平均强度趋于减弱,极端降水事件频数明显趋于减少,但极端降水量占总降水量的比例仍有所增加。西北西部总降水量趋于增多,极端降水值和极端降水强度未发生明显变化,但极端降水事件趋于频繁。长江及长江以南地区极端降水事件趋强、趋多。由此看来,我国降水极端事件的变化问题是值得进一步深入探讨的。在我国过去50年中,下半年极端降水事件增加的趋势虽然在西北、长江流域等地都有出现,但只有在长江中下游地区真正出现了明显的增加趋势。显然,这种趋势与长江流域20世纪80年代以来洪涝增加的趋势是相一致的。

1991年淮河、长江中下游及太湖流域发生大洪水。皖、苏、鄂、豫、湘、浙、沪等省市受灾人口达1亿以上,受灾农作物1500多万公顷,死亡1200多人,倒塌房屋数百万间,直接经济损失约700亿元。1998年夏季全国大部地区暴雨频繁,长江继1954年后又一次出现全流域大洪水,嫩江、松花江发生超历史记录的特大洪水。该年全国暴雨洪涝面积达2000多万公顷,1.8亿人(次)受灾,死亡4150人,倒塌房屋685间,直接经济损失2551亿元。

3.2 高温热浪、霜冻和低温冷害

研究结果指出,1951~1990年期间我国平均最高温度略有上升,最低温度明显增加,日较差明显变小,最低、最高温度的线性变化趋势表现出较为一致的年代际变化特点,但却反映出非常明显的不对称性趋势^[13]。最近40~50年中,极端最低温度和平均

最低温度都趋于增高,尤以北方冬季更为突出^[14],同时自上世纪50年代开始,全国范围寒潮活动逐渐减弱,尤其是在上世纪80年代和90年代初,低温日数也趋于减少^[4],这种变化可能与冬季风的明显减弱有关。

我国冬季极端最低温度升高趋势比平均最低温度升高趋势更为显著^{[15][16]},平均温度的增温趋势小于极端最低和平均最低温度的增温趋势。

Sun et al (1998)^[17]研究结果表明,我国东部的高温日数也趋于减少。最近,Zhai and Pan (2003)^[18]指出,就我国全国平均而言,在过去50年中,日最高温度大于35℃的高温日数略呈下降趋势。2003年夏季,受持续异常强大而西伸的副热带高压的影响,我国华南和江南等地出现了长时间的高温热浪天气,使江南许多地方出现了1971年以来最严重的伏旱,其中,浙江东部和南部的旱情已超过建国以来干旱最严重的1967年。持续高温使大范围农作物受旱。持续高温少雨还使浙江、江西森林火灾频繁发生。另外,持续高温还严重影响了人体健康,中暑和患“空调病”、肠道病、心脑血管病的人数骤然增多,并有老人、病患因暑热而死亡。许多城镇因高温限量供水、供电,人们正常生产、生活受到较大影响。

需要指出的是,虽然我国南方近年夏季的持续极端高温现象确实十分异常,但从过去50多年的变化趋势来看,我国南方35℃以上的高温日数出现的频率没有出现明显增多的趋势。因此,很可能这种极端高温热浪灾害只是一种主要受某种自然原因支配的年际变化的表现。

受气候明显变暖的影响,我国霜冻日数明显下降(图6),下降速率大约2.4天/10年,这意味着生长期增加了。

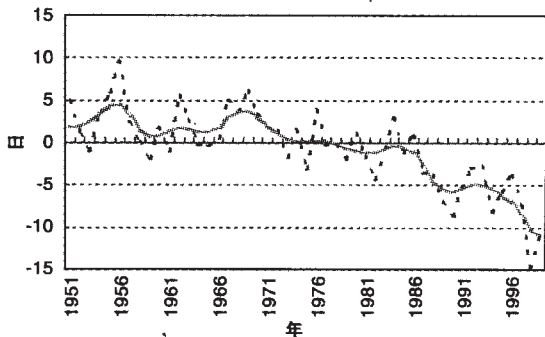


图6 1951~1999年期间全国平均霜冻日数的变化

(注:虚线为历年变化,实线为11点二项式平均)

夏季低温冷害是东北地区农业生产的主要灾害性天气^[19]。在近几十年来气温显著上升的背景下,东北地区低温冷害的出现呈明显的减少趋势。总的来看,上世纪50年代前期、60年代后期至70年代前期是近50多年来东北低温冷害出现较为频繁的时段。1969、1972和1976年这3年严重的低温冷害曾造成粮食减产300多亿斤^[19]。但自70年代后期以来,低温冷害的出现频次迅速减少,特别是近几年几乎没有出现过大规模的严重低温冷害。

3.3 沙尘暴

沙尘暴通常发生在我国北方地区,尤其是在西北地区。沙尘暴的发生受到干旱、温度和风等多重气候条件的影响。1997~2002年期间沙尘天气频繁发生,严重影响京津等地,且波及到全国,使下游地区大气环境受到严重污染。沙尘暴作为一种严重的自然灾害,成为破坏生态环境的突出问题。

从沙尘暴发生的范围变化来看,近半个世纪以来,我国沙尘暴影响范围呈减少趋势,上世纪50年代后期和70年代沙尘暴出现较多,80年代以来逐渐减少,1966年的沙尘暴最多,1997年的

最少,但 1997 年以后沙尘暴总日数又呈增加趋势。虽然过去半个世纪我国北方大部份地区沙尘暴呈减少趋势,但青海省西北部和东南的部分地区以及内蒙古锡林浩特的沙尘暴有增加的趋势。我国北方的典型强沙尘暴事件近半个世纪也呈波动减少趋势,20 世纪 50 年代强沙尘暴较为频繁,90 年代相对较少,但是近期又有相对增多趋势^[20]。

沙尘天气发生频次与前期冬季气温显著负相关。春季影响我国北方的气旋的频次近半个世纪呈减小趋势。气旋活动的减少和冬季气温的升高直接影响了我国沙尘天气的发生频次^[21]。我国春季沙尘频次与同期地面平均风速之间存在显著的统计相关,近地面风速大小对沙尘天气发生频次有显著影响:平均风速越大,沙尘天气发生频次越高;随着风速的减小,沙尘天气发生频次也减少。值得注意的是,1997 年以后沙尘频次有所上升,地面风速也有所增大,原因可能与 1997 年以后持续干旱的影响有关。

4 小结与讨论

近年来,随着人们对气候变化认识的深入,科学家们意识到在关注气候变暖的同时应该重视极端气候事件的强度与频率发生的变化。平均气候的微小变化可能会对极端事件的时间和空间分布以及强度的概率分布产生巨大影响。从我国的情况来看,在过去 50 多年气候明显变暖的背景下,华北、西北东部和东北东部随着降水量的减少,降水日数也明显减少,干旱化倾向十分明显;在长江流域,强降水过程明显趋于增多,发生洪涝灾害的频率也趋于增加。气候变化最显著的影响是霜冻的日数明显下降,使得无霜期明显增加;但对极端高温的影响仍然不明显。虽然在过去 50 多年中我国沙尘暴发生频率和范围总体趋于减少,但由于持续干旱的影响,使得 1998 年以来沙尘暴又出现增加的势头。

极端气候事件的发生常常具有明显的年际和年代际变化特征。从全世界范围来看,20 世纪 70 年代以来,严重干旱和雨涝事件明显增加。严重干旱和雨涝还受到 ENSO 事件的影响,尤其在热带和副热带地区。最近 20~30 年,既是全球温度最高的时期,同时又是 ENSO 暖事件的频发时期^[22]。我国气候还非常明显地受到东亚季风的影响,季风的强弱和进退与极端气候事件的发生规律紧密相关。ENSO、季风等全球变暖等影响常常交织在一起,而且全球变暖也会影响季风系统,甚至影响 ENSO 的强度与频率。因此,为了比较全面地认识极端气候事件变化的规律,还有许多工作需要做。一方面要继续加强 ENSO 和季风与极端气候事件关系的研究,提高对极端事件和灾害的短期气候预测水平;另一方面要重视气候变化与极端气候事件关系的研究,进而回答气候极端事件和变化是否与人类活动影响有关。

如果极端气候事件日趋增多,而且确实是由温室气体的增加引起,那么今后的后果将十分严重,各国政府将不得不投入大量的经费来抵御日趋频繁的极端气候事件带来的灾害。为此,采取必要的防范措施是十分必要的。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2001: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Houghton, J.T., Y.Ding, D.J.Griggs, M.Noguer, P.J. van der Linden, X.D, K. Maskell, and C.A.Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2001: 156~159
- [2] Trenberth, K.E. Atmospheric moisture residence times and

- cycling: Implications for rainfall rates with climate change. *Clim. Change*, 1998,39: 667~694
- [3] Karl et al., A new perspective on recent global warming: asymmetric trend of daily maximum and minimum temperature. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74(6), 1 007~1 023
- [4] Zhai. P.-M., Anjian Sun, Fumin Ren, Xiaonin Liu, Bo Gao and Qiang Zhang, Changes of climate extremes in China. *Climate Change*, 1999, 42(1), 203~218
- [5] Frich, P., L. V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A. Klein-Tank and T. Peterson. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th Century. *Clim. Res.*, 2002, 19, 193~212,
- [6] Dai, A.G., K.E. Trenberth, T. R. Karl. Global variation in droughts and wet spells: 1900~1995, *Geophys. Res. Letts.*, 1998, 25, 3367~3370
- [7] 翟盘茂,任福民等.中国降水极端值变化趋势检测[J]. *气象学报*, 1999,57(2):208~216
- [8] Easterling, D R., Evans J L., P Ya et al. Observed variability and trends in extreme climate events. *Bull.Am.Meteorol.Soc.*, 2000, 72, 1507~1520
- [9] 王绍武, 翟盘茂等. 2002 年是近百年来中国第二个最暖的年份[J]. *气候变化通讯*, 2003(3): 11~12
- [10] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 387
- [11] 张琼, 吴国雄. 长江流域大范围旱涝与南亚高压的关系[J]. *气象学报*, 2001, 59(5): 569~577
- [12] Zhai, P. M., and X. B. Zhang, et al, 2003, Trends in Total Precipitation and Occurrence of Extreme Precipitation over China, *J. Climat.*, (Submitted)
- [13] 翟盘茂,任福民. 中国近 40 年最高最低温度变化[J]. *气象学报*, 1997, 418~429
- [14] 任福民, 翟盘茂. 1951~1990 年中国极端气温变化分析[J], *大气科学*, 1998, 22(2)
- [15] Karl, T.R., Kukla, G., Razuvaev, V. N., Changery, M.J., Quayle, R. G., Heim, R. T. Jr, Easterling, D.R., and Fu, C.B. Global Warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change. *Geophys. Res. Lett.*, 1991, 18(2): 253~2 256
- [16] 叶笃正, 陈泮勤. 中国的全球变化预研究[M], 北京: 地震出版社, 1992. 14
- [17] Sun, A.J., X.N. Liu, and B. Gao. Change Trends of Extreme Climate Events in China. *ACTA Meteor. Sinica*, 1998, 12(2): 129~141
- [18] Zhai, P.M., X.H. Pan, Trends in temperature extremes during 1951~1999 in China. *Geophys Res.Lett.*, 2003, 30, doi:10.1029/2003GL018004
- [19] 冯佩芝, 李翠金, 李小泉等. 中国主要气象灾害分析[M]. 北京: 气象出版社, 1985. 110~117
- [20] 周自江, 章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954~2002 年)[J]. *科学通报*, 2003, 48(11): 1 224~1 228
- [21] Qian, W.H., L.S. Quan, S.Y. Shi. Variations of the Dust Storm in China and its Climatic Control, *J.Clim.*, 2002, 15, 1216~1229
- [22] 翟盘茂, 李晓燕, 任福民. 厄尔尼诺[M], 北京: 气象出版社, 2003
- [23] Godwin O.P. Obasi. 降低对天气和气候极端事件的脆弱性. 中国气象局办公室, 2002 (责任编辑 邱夜明)