

白美兰,郝润全,李喜仓,等. 1961~2010年内蒙古地区极端气候事件变化特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(2): 189-193, [BAI Meilan, HAO Runquan, LI Xicang, et al. Variable Characteristics of Extreme Climate Events During 1961-2010 in Inner Mongolia[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(2): 189-193], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-02-0189

1961~2010年内蒙古地区极端气候事件变化特征

白美兰¹, 郝润全², 李喜仓¹, 杨晶¹

(1. 内蒙古自治区气候中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古气象服务中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:基于内蒙古地区71个地面气象站1961~2010年逐日最高气温、最低气温以及逐日降水资料,结合温度和降水极端值和极端事件指标,采用气温资料均一性检验和订正、多项式法、线性倾向、Mann-Kendall法等统计学方法诊断分析其变化特征。结果表明:(1)近50a内蒙古地区年和四季平均气温均发生了突变,1987年为年平均气温突变转折点,四季气温突变时间春季最早,夏季最晚;(2)内蒙古地区表征极端气温增暖的极端最高气温、极端最低气温、高温日数、暖夜日数和暖日日数等指数均呈明显增加趋势;极端低温事件指标如低温日数、冷夜日数和冷日日数等均呈现出减少趋势,尤其在气温突变之后,增暖趋势和低温减少趋势更为明显。同时,气温突变后,大多数极端气温事件指数变差系数增大,说明极端气温事件的波动性增大;(3)内蒙古地区除极端降雪量呈略微增加趋势外,其余极端降水事件指标均呈明显减少趋势,尤其在气温突变后,其极端降水事件减少,降水强度减弱。

关键词:极端气候事件;极端气温和降水指标;气候变暖;内蒙古地区

文章编号:1006-7639(2014)-02-0189-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-02-0189

中图分类号:P467

文献标识码:A

引言

极端天气气候事件是指发生概率较小的天气现象,主要包括异常高(低)温、异常强降水等可产生严重灾害的天气气候过程^[1]。近年来,全球气候正处于持续变暖时期,极端天气气候事件进入频发期,由此造成的气象灾害上升趋势明显,进而带来的社会经济损失也日益增加。亚洲是遭受自然灾害袭击最频繁的大陆,1990~2000年自然灾害占全球所有极端气候事件的43%^[2]。我国有关极端天气气候事件的研究已有许多成果^[3-16]。其中一些专家认为,全球气候变暖背景下,许多地区极端天气气候事件增多,但也有些专家认为,很多地区对于多种极端天气气候事件并没有表现出明显的增多趋势,这说明不同地区在气候变暖背景下极端天气气候事件的区域响应不同。前述的大多数研究成果涉及到内蒙古地区的主要是针对国家基本基准站点,站点分布稀少(仅有43个站点),且考虑城市化影响、站址变

迁等周边环境等影响的较少,相应地其研究成果的针对性不强。本文选用内蒙古地区分布较为均匀、代表性较好的71个站点,分析其近50a极端天气气候事件的时空变化特征,以期对今后政府的宏观决策提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料及代表站

为了消除因迁站、观测场周围环境变化、仪器变更等引起的气象资料不均一问题,对内蒙古地区所有观测站(118个)气象资料进行均一性检验。检验原则:(1)本着建站后未迁过站、周围环境变化较小或计算过程中资料序列未出现突变点的原则,选择出28个站点;(2)周围参考站选择遵循距离200 km以内、相关系数达0.7以上、高度差50 m以内原则,选定31个站点;(3)遵循资料年代较长、区域分布较均匀的原则,选定12个站点,共计选出71个代表站点(图1)。选用上述71个代表站1961~2010年逐日平均气温、

收稿日期:2013-06-28;改回日期:2013-11-18

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF2010-01)和气候与气候变化团队资助

作者简介:白美兰(1963-),女,内蒙古丰镇市,硕士,正研级高工,主要从事气候及气候变化相关研究. E-mail: nmghrq@sina.com

最高气温、最低气温以及逐日降水资料。

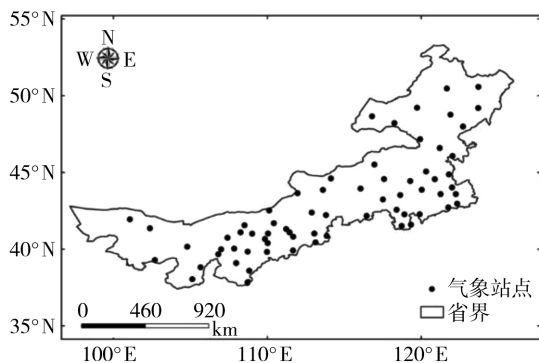


图1 内蒙古地区气候变化代表站点分布

Fig. 1 Spatial distribution of representative stations for climate change in Inner Mongolia

1.2 气温资料均一性检验与订正

资料经过严格的质量控制,对缺测值及其他因素造成的奇异值进行插值和订正(用30 a 平均值进行插补)。气温数据集参考序列的建立采用距离+相关系数+海拔高度(最大距离200 km,相关系数0.7以上,海拔高度相差50 m以内)、指定参考站(指定一个或多个测站为参考站,加权平均作为参考序列)、随机序列3种方法。使用多种参考序列构造方案、多种检验方法分别进行检验以提高数据的准确性。均一性检验基于对当地测站环境的考察和台站历史沿革资料的基础上,采用SNHT、Two Phase Regression (TPR)2种方法^[13]。逐日气温序列由于随机性较强,如果直接检验,序列长,计算速度慢,变点位置误差较大。因此本文采用的方法是:先

对1~12月的年序列进行检验,共计24个(12个序列×1种参考序列构造方案×2种检验方法=24)检验结果。将检出的变点与测站历史沿革信息进行对照,如变点与测站迁站、环境破坏、观测任务变更时间相吻合,则将这一变点定为突变点,进行订正。另外,利用多种检验方法对不同待检序列进行检验后,得到相同或不同的检验结果,再结合台站元数据确定这些结果是否是真实的变点,进行人工集成。根据前面均一性检验方法确定的变点,运用均值插值法即取变点前后各5点均值之差进行订正。最终建立资料序列均一的内蒙古地区气温数据集。

1.3 内蒙古极端气候事件指标定义

通常,将日最高气温在35℃以上的日数称为高温日数;将日最低气温低于0℃的日数作为低温日数。对冷日指数、暖日指数、暖夜指数、冷夜指数的研究反映了最高气温和最低气温的小概率事件。内蒙古地区降水少且空间分布不均,所以极端降水事件不能完全使用全国统一的日降水量>50 mm等进行定义。本文对不同站点采用不同的阈值定义极端降水事件。另外,还选用1 d最大降水量和5 d最大降水量表示短时间内的极端降水量,这对洪涝灾害的形成有重要意义(此前此方面研究成果较少)。内蒙古拥有广阔的草原牧区,冬半年易受连续降雪、气温较低等的影响,草原地区极易形成白灾,对当地牧民的生产生活造成极大的影响。内蒙古大部分地区干旱频发,最长连续无降水日数可以表征某一区域干旱事件的最长持续时间,对该地区有着重要的意义。因此综合考虑,在内蒙古地区共选取了8个极端温度和5个极端降水事件指标(表1)。

表1 内蒙古地区温度和降水极端值和极端事件指标定义

Tab. 1 Definition of the indexes for extreme temperature and precipitation events in Inner Mongolia

指标	定义
极端最高气温	日最高气温的极大值
极端最低气温	日最低气温的极小值
高温日数	日最高气温>35℃的日数
低温日数	日最低气温<0℃的日数
冷夜指数	最低气温<10%百分数的日数占全年日数的百分比
冷日指数	最高气温<10%百分数的日数占全年日数的百分比
暖夜指数	最低气温>90%百分数的日数占全年日数的百分比
暖日指数	最高气温>90%百分数的日数占全年日数的百分比
极端降水量	>95%的降水百分数的降水量
1 d最大降水量	日最大降水总量
5 d最大降水量	连续5 d的最大降水总量
大雪	降水量超过5 mm以上降雪过程
最长连续无雨日数	连续无降水最长天数

1.4 趋势分析和突变分析

采用趋势系数法,结合显著性检验,揭示气候要素的变化趋势。采用最小二乘法估计对极端天气平均日数的趋势变化进行线性倾向分析。利用 Mann-Kendall(简称 M-K)和 Yamamoto 方法分析变化的阶段性和突变性^[17]。

变差系数是表征气象要素偏离平均状态的程度,其计算公式为:

$$S_r = S/\bar{X}$$

其中, $S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})/n}$

式中, S_r 为变差系数, S 为均方差, \bar{X} 为序列的均值, X_i 为序列值。

2 结果分析

2.1 气温突变检验

利用 M-K 或 Yamamoto 方法对资料序列进行突变检验分析。使用 M-K 方法检测时,如果 2 条曲线的交叉点位于信度线之外,或者同时检测出多次突变时,则使用 Yamamoto 检验法对突变点进一步确定。由图 2 可见,内 蒙 古 地 区 年 平 均 气 温 在 1960 年代呈现出不明显的波动式变化;从 1970 年代开始了持续增温过程,到 1980 年代末期这种增温趋势非常明显(达到 95% 的信度),至 21 世纪初期仍表现为持续上升态势。利用 Mann-Kendall 检验法可以确定内 蒙 古 地 区 平 均 气 温 存 在 突 变, 突 变 的 时 间 为 1987 年。

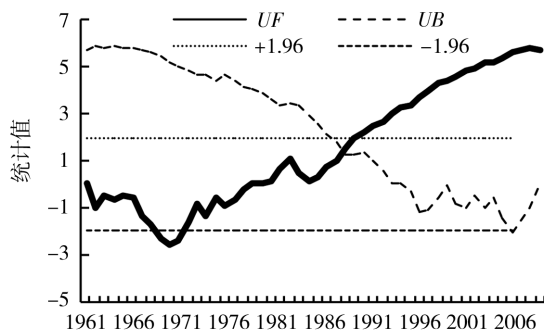


图 2 内 蒙 古 地 区 年 平 均 气 温 的 Mann-Kendall 突变检验

Fig. 2 The M-K test of the annual mean temperature in Inner Mongolia

对内 蒙 古 地 区 四 季 平 均 气 温 进 行 的 M-K 突 变 检 验 (图 略) 得 出, 春 季 平 均 气 温 发 生 突 变 时 间 最 早, 为 1983 年; 冬 季 和 秋 季 平 均 气 温 在 1987 年 发 生

突 变; 夏 季 平 均 气 温 发 生 突 变 时 间 最 晚, 为 1993 年。说 明 内 蒙 古 地 区 春 季 气 温 对 全 球 变 暖 响 应 最 为 敏 感, 冬、秋 季 次 之, 夏 季 反 映 最 为 迟 缓。

2.2 极端气温事件演变特征

1961~2010 年,内 蒙 古 地 区 表 征 极 端 气 温 增 暖 的 极 端 最 高 气 温、极 端 最 低 气 温、高 温 日 数、暖 夜 日 数 和 暖 日 日 数 等 指 数 均 呈 明 显 增 加 趋 势, 增 加 率 均 在 0.25 以 上 (表 2)。其 中, 暖 夜 日 数 增 加 幅 度 最 大 为 2.1 d/10 a, 说 明 内 蒙 古 地 区 气 候 变 暖 特 征 明 显, 且 气 温 增 暖 主 要 体 现 在 夜 间 温 度 的 升 高 上。从 极 端 最 高、最 低 气 温 的 变 化 规 律 来 看, 极 端 最 高 气 温 的 增 温 率 比 极 端 最 低 气 温 的 高 出 了 0.07 °C/10 a, 这 与 部 分 专 家 的 结 论: 最 低 气 温 升 幅 高 于 最 高 气 温 的 结 论 略 有 不 同^[13], 表 明 不 同 地 区 对 气 候 变 暖 的 区 域 响 应 不 同。另 外, 近 50 a 表 征 极 端 低 温 事 件 指 标 如 低 温 日 数、冷 夜 日 数 和 冷 日 日 数 等 均 呈 现 出 快 速 减 少 趋 势, 尤 其 是 低 温 日 数 减 少 趋 势 最 为 明 显, 为 4 d/10 a, 这 进 一 步 说 明 内 蒙 古 地 区 气 候 增 暖 主 要 是 气 温 较 低 的 冬 季 增 温 贡 献 的。

1987 年 内 蒙 古 地 区 年 平 均 气 温 发 生 了 突 变, 突 变 前 极 端 最 高 气 温、高 温 日 数、暖 夜 日 数 和 暖 日 日 数 变 化 率 低 于 突 变 之 后 (表 2), 说 明 这 几 个 表 征 气 候 变 暖 的 指 标 在 气 温 发 生 突 变 之 后, 增 温 趋 势 更 明 显; 而 极 端 最 低 气 温、低 温 日 数 和 冷 日 日 数 指 标 气 温 突 变 前 的 变 化 率 高 于 突 变 后 的, 这 进 一 步 说 明 气 温 变 暖 后 寒 冷 程 度 降 低, 也 从 另 一 方 面 表 征 了 气 温 突 变 后 变 暖 的 特 征。另 外, 气 温 突 变 后 极 端 最 高 气 温、高 温 日 数、低 温 日 数、暖 夜 日 数 和 暖 日 日 数 等 极 端 气 温 事 件 指 数 的 变 差 系 数 均 高 于 突 变 前, 其 中 高 温 日 数 突 变 后 变 差 系 数 最 大, 低 温 日 数 最 小, 说 明 1987 年 气 温 突 变 后, 内 蒙 古 地 区 冷 暖 波 动 性 增 大; 而 其 余 极 端 气 温 指 数 突 变 后 变 差 系 数 小 于 突 变 前, 其 中 冷 夜 指 数 减 少 最 多, 表 明 气 温 突 变 后 夜 晚 气 温 波 动 性 减 少, 增 温 较 为 明 显。

从 极 端 气 温 事 件 各 指 标 极 值 出 现 年 份 的 时 段 来 看 (表 2), 极 端 冷 事 件 均 出 现 在 气 温 突 变 之 前, 而 极 端 暖 事 件 则 出 现 在 气 温 突 变 之 后, 这 与 气 候 突 变 增 暖 的 趋 势 是 一 致 的。然 而, 气 温 突 变 之 后, 大 部 分 极 端 气 温 事 件 的 变 差 系 数 增 大, 表 明 在 变 暖 的 过 程 中 也 会 伴 随 一 些 极 端 低 温 事 件 的 发 生, 如 2011~2012 年 冬 季, 内 蒙 古 东 部 地 区 出 现 历 史 罕 见 的 极 端 低 温 天 气, 观 测 到 的 极 端 最 低 气 温 达 -45.0 °C 以 下, 低 于 -30.0 °C 的 低 温 天 数 持 续 时 间 在 15 d 左 右, 这 说 明 气 温 在 变 暖 的 过 程 中, 极 端 低 温 事 件 时 有 发 生, 应 引 起 高 度 关 注。

表 2 内蒙古地区 1961~2010 年极端气温事件变化率、变差系数及极值出现年份

Tab. 2 The climatic inclination rate, coefficient of variation and the year of extreme temperature during 1961-2010 in Inner Mongolia

时间		极端气温(°C/10 a)		日数(d/10 a)					
		最高气温	最低气温	高温	低温	冷夜	冷日	暖夜	暖日
50 a	变化率	0.32	0.25	0.4	-4.0	-2.5	-1.0	2.1	1.4
突变前	变化率	0.15	0.60	-0.4	-2.7	-2.7	0.4	0.3	-0.8
	S_r	0.026	-0.050	0.454	0.036	0.545	0.320	0.289	0.214
突变后	变化率	0.72	-1.12	1.2	-4.8	-1.1	-1.1	2.8	3.0
	S_r	0.043	-0.061	1.116	0.043	0.339	0.232	0.488	0.461
	极值出现年份	2000、2007	1966	2000、2001	1962	1969	1969	1998	2002

2.3 极端降水事件变化特征

1961~2010 年内蒙古地区大多数极端降水事件呈波动性减少趋势。其中,极端降水量、1 d 最大降水量和最长连续无雨日数减少趋势最明显;极端降雪量略呈增加趋势(表 3)。1987 年气温突变后,极端降水事件的变化率均低于突变前,尤其是 1 d 最大降水量,突变后的变化率比突变前减少 11.2 mm/10 a,说明内蒙古地区在气温发生突变之后,极端降水事件减少,降水强度减弱,降水的极端化程度降低,这与前述研究成果基本相同^[6,10-12]。

从气温突变前后的变差系数来看(表 3),内蒙古地区 5 个极端降水事件指标中只有极端降水量和 1 d 最大降水量突变后的变差系数略大于突变前(相差较小,不足 0.1),其余 3 个指数均为突变前大于突变后,且指标整体变差系数偏小,均低于 0.5,说明内蒙古地区极端降水的波动性趋于变小。但从极值出现年份来看,表征极端降水强度的极端降水量和 1 d 最大降水量的极值年份均出现在气候变暖后的 1990 年代,说明气候变暖后总的极端降水事件虽呈减弱趋势,但局地性强降水事件仍时有发生。

表 3 内蒙古地区 1961~2010 年极端降水事件变化率、变差系数及极值出现年份

Tab. 3 The climatic inclination rate, coefficient of variation and the year of extreme precipitation during 1961-2010 in Inner Mongolia

		极端降水量	1 d 最大降水量	5 d 最大降水量	极端降雪量	最长连续无雨日数
		(mm/10 a)	(mm/10 a)	(mm/10 a)	(mm/10 a)	(d/10 a)
50 a	变化率	-2.3	-2.4	-0.4	1.0	-2.3
突变前	变化率	-1.5	-3.9	-5.7	4.1	3.8
	S_r	0.225	0.236	0.253	0.457	0.186
突变后	变化率	-12.4	-15.1	-16.0	2.1	-0.1
	S_r	0.304	0.289	0.208	0.374	0.112
	极值出现年份	1998	1994	1963	1978	1965

3 结论与讨论

(1) 内蒙古地区年及四季平均气温均发生了突变,其中春季平均气温发生突变时间最早,为 1983 年;年及冬、秋季平均气温在 1987 年发生突变;夏季平均气温发生突变时间最晚,为 1993 年。说明内蒙古地区春季平均气温对全球变暖响应最为敏感,夏季反映最为迟缓。

(2) 1961~2010 年内蒙古地区极端最高气温、

极端最低气温、高温日数、暖夜日数和暖日日数等指数均呈明显增加趋势,尤以暖夜日数指数增加幅度最大,而冷夜日数和冷日日数指数均呈显著下降趋势,尤其是 1987 年气温突变之后,“冷指数”下降和“暖指数”上升趋势更为显著。但气温突变之后,大部分极端气温事件的变差系数增大,表明在变暖的过程中也会有一些极端低温事件的发生。

(3) 1961~2010 年内蒙古地区除极端降雪量略呈增加趋势外,其余极端降水事件呈波动性减少趋

势,其中,极端降水量、1 d最大降水量和最长连续无雨日数减少趋势最明显。1987年气温突变之后,极端降水事件的变化率均低于突变前,说明内蒙古地区在气温突变后,极端降水事件减少,降水强度减弱,降水的极端化程度降低。但极端降水量和1 d最大降水量极值出现在气温变暖后的1990年代,进一步说明在气候变暖的过程中,仍有局地性强降水事件出现的可能性。

参考文献:

- [1] 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社,2011. 63-78.
- [2] 侯慧,尹项根,游大海,等. 国外经验对中国电力系统应急减灾机制的启示[J]. 电力系统自动化,2008(12):89-93.
- [3] 张林梅,黄阿丽,谢秀琴,等. 新疆阿勒泰地区冬季极端低温事件特征分析[J]. 干旱气象,2013,31(1):89-94.
- [4] 张翠华,张文煜,卞韬,等. 河北省石家庄地面温度变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(1):27-34.
- [5] 王有恒,谭丹,赵红岩. 近50a来甘肃省极端高温事件变化特征[J]. 干旱气象,30(3):410-415.
- [6] 尤莉,戴新刚,张宇. 1961-2008年内蒙古降水极端事件分析[J]. 气候变化研究进展,2010,6(6):411-417.
- [7] 周秀杰,张桂华,郑红,等. 黑龙江省气候变暖对极端天气气候事件的影响[J]. 气象,2003,30(11):47-50.
- [8] 张可慧. 全球气候变暖对京津冀地区极端天气气候事件的影响及防灾减灾对策[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(10):122-126.
- [9] 陈正洪,向华,高荣. 武汉市10个主要极端天气气候指数变化趋势分析[J]. 气候变化研究进展,2010,6(1):22-29.
- [10] 翟盘茂,王萃萃,李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展,2007,3(3):144-149.
- [11] 翟盘茂,潘晓华. 中国近50年温度和降水极端气候事件变化[J]. 地理学报,2003,58(增刊):1-10.
- [12] 翟盘茂,任福民,张强. 中国降水极值变化趋势检测[J]. 气象学报,1999,57(2):208-216.
- [13] 周雅清,任国玉. 中国大陆1956-2008年极端气温事件变化特征分析[J]. 气候与环境研究,2010,15(4):405-417.
- [14] 宁向玲,董婕,延军平. 陕西省近60a气温时空变化特征[J]. 干旱气象,29(4):455-461.
- [15] 张强,张存杰,白虎志,等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响[J]. 干旱气象,28(1):1-7.
- [16] 左敏,陈洪武,江远安,等. 新疆近50a气温变化趋势和演变特征[J]. 干旱气象,28(2):160-167.
- [17] 马开玉,陈星,张耀存. 气候诊断[M]. 北京:气象出版社,1996. 105-160.

Variable Characteristics of Extreme Climate Events During 1961 - 2010 in Inner Mongolia

BAI Meilan¹, HAO Runquan², LI Xicang¹, YANG Jing¹

(1. Inner Mongolia Autonomous Region Climate Center, Hohhot 010051, China;
2. Inner Mongolia Autonomous Region Meteorological Service Center, Hohhot 010051, China)

Abstract: Based on daily maximum and minimum temperature and precipitation of 71 weather stations in Inner Mongolia during 1961 - 2010, according to the extreme indexes of temperature and precipitation, the variable characteristics of extreme climate events were analyzed by using homogeneity test and revisal, the polynomial method, linear tendency estimation, Mann - Kendall test. The results are as follows: (1) In recent 50 years, the annual and seasonal average temperatures occurred mutations in Inner Mongolia, but the mutation time of them had difference. The annual temperature had an abrupt change in 1988. The mutation of temperature in spring was earliest, and in summer was latest. (2) The indexes of extreme high temperature such as maximum and minimum temperature, high temperature days, warm night days and warm daytime days increased obviously, while the extreme low temperature indexes such as low temperature days, cold night days and cold daytime days decreased significantly especially after mutation. However, the fluctuation of extreme temperature increased after mutation. (3) The indexes of the extreme precipitation events reduced significantly except for the extreme snowfall especially after mutation in Inner Mongolia.

Key words: extreme climate events; index of the extreme temperature and precipitation; climate warming; Inner Mongolia