

张天宇,程炳岩,李永华,等. 1961—2008 年三峡库区极端高温的变化及其与区域性增暖的关系[J]. 气象,2010,36(12):86-93.

1961—2008 年三峡库区极端高温的变化及其与区域性增暖的关系^{*}

张天宇 程炳岩 李永华 唐红玉

重庆市气候中心, 401147

提 要: 系统地研究了 1961—2008 年三峡库区不同极端高温指标(包括极值、绝对阈值和相对阈值指标)变化规律及其与区域性增暖的关系,并分析了三峡库区夏季高温干旱异常年的环流形势。结果表明:近 48 年三峡库区各极端高温指数年代际变化与该区域年平均气温有较好的一致性,20 世纪 80 年代中前期之前为下降趋势,之后转为上升趋势。逐年代变化上均表现为 80 年代偏低,其他年代均偏高。相对阈值指标(HWDI、WSDI 和 TX90p)在偏高/低年份、线性趋势、相关系数上都与年平均气温表现出较其他指数更好的一致性。相关分析表明极值指标与绝对阈值指标之间、相对阈值指标之间的关系甚好,而极值指标/绝对阈值指标与相对阈值指标之间的相关关系相对较差。三峡库区夏季高温酷暑年和凉夏年的环流形势存在着明显的差异。酷暑年,乌拉尔山和鄂霍次克海地区无持续性阻塞高压,东亚大槽偏弱,西太平洋副热带高压东撤、位置偏北,同时,青藏高原上升运动减弱。这种环流形势配合有利于三峡库区夏季高温干旱的发生、发展。

关键词: 三峡库区, 极端高温, 环流形势, 区域性增暖

Variability of Extreme High Temperature and Response to Regional Warming in the Three Gorges Reservoir During 1961—2008

ZHANG Tianyu CHENG Bingyan LI Yonghua TANG Hongyu

Chongqing Climate Center, Chongqing 401147

Abstract: Based on the daily temperature data during years 1961—2008, the variation regularity and relationship of the extreme high temperature indices (extreme, absolute and relative threshold indices) and its response to regional warming in the Three Gorges reservoir area were analyzed, and the changing characteristics of the high temperature days of the Three Gorges reservoir area in summer and its circulation patterns in anomalous years were studied. The results showed that the interdecadal variation of the extreme high temperature indices was the same as the average annual temperature in the recent 48 years. The variation performed a downward trend before the early 1980s, and then converted to an upward trend. The yearly change shows that in the 1980s both are low and high in other years. The relative threshold indices (HWDI, WSDI and TX90p) in the low/high years all have better consistency than the annual average temperature in the linear tendency and the correlation coefficient. The correlation analysis gave great idea on the relationship of both the extreme indices and the absolute threshold indices and the extreme indices together with the relative threshold indices. However, the relationship of the extreme indices/the absolute threshold indices and the relative threshold indices is not so optimistic. The circulation patterns have the obvious difference between in hot summer years and in cool summer years. There are not continuing block

* 重庆市自然科学基金计划重点项目(CSTC.2008BA0022)“三峡库区成库后极端气候事件的研究”,中国气象局业务建设项目“极端天气气候事件监测指标与业务系统建设”,重庆市气象局科技计划项目“《重庆市气候业务技术手册》相关科学技术研究”资助

2009 年 3 月 26 日收稿; 2010 年 4 月 12 日收修定稿

第一作者:张天宇,主要从事气候变化检测、评估和预估研究. Email:zhangtianyu821227@hotmail.com

highs in Okhotsk Sea and Ural Mountains, the East Asian trough become weak, the West Pacific subtropical high retreated eastward and shifted northward, and the updraft over the Tibetan Plateau is weak. These circulation patterns are advantageous to the genesis and development of the high temperature and drought in the Three Gorges reservoir area.

Key words: the Three Gorges reservoir area, extreme high temperature, circulation pattern

引 言

在全球变暖的大气候背景下,极端气候事件发生频率和强度如何变化人们非常关心,近年来对我国极端气候事件尤其是极端气温事件的研究是越来越多^[1-3]。IPCC 第四次评估报告(AR4)指出^[4],自 20 世纪 70 年代以来,在更大的范围,尤其是在热带和亚热带地区,观测到了强度更强、持续时间更长的干旱;强降水事件的发生频率有所上升。近 50 年来已观测到了极端温度的大范围变化,冷昼、冷夜和霜冻已变得稀少,而热昼、热夜和热浪变得更为频繁。未来在温室效应影响下,热事件、热浪和强降水事件的发生频率可能将会持续上升。

三峡库区位于长江中上游,是指包括东起湖北宜昌,西至重庆江津,全长约为 600 km,跨长江两岸数千米的狭长区域。长江三峡水利枢纽工程举世瞩目,库区的气候变化及其影响是人们极为关注的科学问题。近年来对三峡库区气候变化特征已经有不少的研究工作^[5-8]。三峡库区为我国高温天气多发区,开展三峡库区高温气候监测和预测,需要对长江三峡库区极端高温天气的历史气候变化背景进行系统分析。对三峡库区高温气候特征的系统分析、研究并不多见,叶殿秀等^[9]针对库区高温日数(35/38℃以上)和高温过程进行了的时空变化特征分析。目前的研究主要是把某一高温指标作为三峡库区极端高温指数进行开展,极端高温指标不同,反映的侧重点不同,不同高温指标之间的联系和区别都尚未进行过对比分析,所以对三峡库区不同极端高温指标进行全面系统地对比分析就显得非常重要,非常迫切。

极端气候事件是指天气状态严重偏离其平均态时所发生的事件,可以认为是异常或很少发生的事件,在统计意义上称为极端事件。极端高温定义为超过某个阈值的极端事件。而阈值指标包括极值、绝对阈值和相对阈值指标。极值即挑选某个长期序列的极端最大、最小值及其出现的日期和时间^[10]。

绝对阈值指标一般按照国家标准、行业标准、现行观测规范或经验,定义某一要素超过或小于特定阈值的日数或量值为特定指标。例如高温日数为日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的天数^[11-12]。相对阈值指标采用百分位阈值,即选取某个长期序列的固定百分位值(通常取第 90 或 95 个百分位数等^[13])作为阈值,超过这个阈值的值被认为是极端值,该事件被认为是极端事件。例如日最高、最低气温超过或小于第 90 个或第 10 个百分位数的暖昼(夜)或冷昼(夜),日降水量超过第 95 个百分位数的强降水天气。本文旨在研究三峡库区极端高温指标,包括极值、绝对阈值和相对阈值指标,对比分析各指标之间及其与库区年平均气温的关系,揭示三峡库区极端高温事件发生的规律和特点及其成因,作为预报和服务的参考,以提高减灾防灾的能力。

1 资料及极端高温指数

本文选取年极端最高气温(简称 TMAX)为极值指标,绝对阈值指标以 35°C 以上高温日数(简称 TX35d)为代表,相对阈值指标有持续热浪指数(HWDI)、持续暖期指数(WSDI)和暖昼指数(TX90p),指数详细定义见表 1。关于指标中涉及的 90 百分位值,详细算法可参见文献^[13-15]。表 1 中的极值和绝对阈值指标在国内业务应用比较普遍,主要反映出极端高温时间的频率和强度,鉴于目前业务上仍局限于以上指标,尝试引入相对阈值指标显得尤为必要。引入的 3 个相对阈值指标是国际上较新的反映极端高温或高温热浪的指标,其中持续热浪指数(HWDI)是 Frich 等提出的 10 个极端气候指数中反映极端高温的指数^[16-17]。持续暖期指数(WSDI)也是表征高温持续时间的指标,定义有别于 HWDI。暖昼指数(TX90p)是表征暖昼所占的比例。HWDI 和 TX90p 已成为欧盟 STARDEX 计划推荐用于描述与极端气温事件有关的核心指标, WSDI 和 TX90p 是 ECA (European Climate Assessment & Dataset project)的核心指标。

表 1 极端高温指数的定义

Table 1 Definitions of extreme high temperature indices

类别	代码	指数名称	指数定义	单位
绝对阈值	TX35d	35 °C 以上高温日数	年内日最高气温 ≥ 35 °C 的高温日数的总天数	d
	HWDI	Heat wave duration index	年内连续 6 天以上(含 6 天)日最高气温高于气候态相同日期(1961—1990 年)5 °C 的总天数	d
相对阈值	WSDI	Warm spell duration indicator	年内连续 6 天以上(含 6 天)日最高气温高于气候态相同日期(1961—1990 年)90 百分位值的总天数	d
	TX90p	Warm days	年内日最高气温高于气候态(1961—1990 年)第 90 个百分位数的日数占统计日数的百分比	%
极值	T_{MAX}	年极端最高气温	年内日最高气温的最大值	°C

三峡库区代表站点的选取,廖要明等^[6]选取沙坪坝、涪陵、万州、奉节和宜昌 5 个代表站研究了三峡库区夏季气候特点。根据三峡库区的地理位置,本文共选取 17 个站,其中重庆 14 站(沙坪坝、南川、长寿、涪陵、武隆、垫江、梁平、万州、忠县、石柱、丰都、云阳、奉节、巫山)、湖北 3 站(巴东、兴山、宜昌),见图 1。资料数据来源于重庆市和湖北省气候资料处理部门逐月上报的《地面气象记录月报表》的信息化资料,已经经过了较严格的质量控制和检查。在

充分考虑基本气象观测台站变迁、仪器换型等历史沿革的基础上,对库区各站年平均气温进行了均一性检验和订正^[18-19],分析三峡库区的极端高温的变化特征采用区域平均(即 17 个站平均)的算法。同时计算了三峡库区 17 个站各极端高温指数与区域平均的相关系数,相关系数均通过 0.01 的显著性水平检验。说明用区域平均来反映整个区域极端高温的变化情况具有很好的代表性。

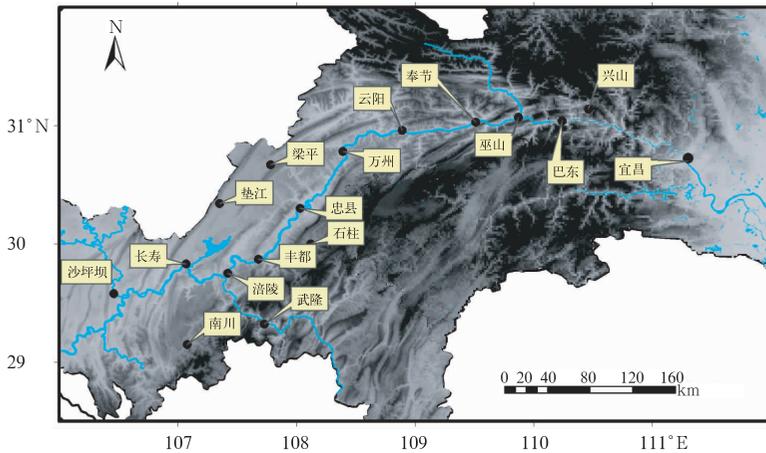


图 1 三峡库区所选站点分布图

Fig. 1 Distribution of the representative stations in the Three Gorges

2 极端高温指数的时间演变特征及其与区域性增暖的关系

2.1 年际和年代际变化

图 2 给出了三峡库区 1961—2008 年年平均气温的逐年变化,三峡库区年平均气温为 17.4 °C。年际变化不大,2006 年为历年最高,达 18.6 °C;1989 年为历年最低,为 16.8 °C。1961—2008 年三峡库区年平均气温整体趋势为线性升温 0.04 °C/10 a,远远低于

全国年平均气温的增温趋势,1951—2001 年全国年平均气温整体上升趋势为 0.22 °C/10 a^[20]。就年平均气温历年变化而言,近 48 年来三峡库区气温经历了一个高一低一高的过程,即 20 世纪 60 年代初气温偏高,然后气温在波动中降低,到 20 世纪 80 年代中后期达到最低,随后开始回升,至 21 世纪后气温持续攀升。利用 9 年滑动 t 检验来检验其突变,表明库区年平均气温在 1979 年后为突变下降趋势,在 1997 年为突变上升趋势。三峡库区自 1997—2008 年近 12 年中,有 11 年平均温度高于常年(2000 年

低于常年),近 12 年平均气温为 17.8 °C,超平均值 0.4 °C。

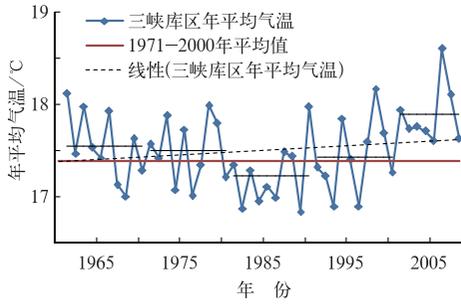


图 2 三峡库区 1961—2008 年
年平均气温的逐年变化

Fig. 2 The interannual variations of
observed annual average temperature
in the Three Gorges during 1961—2008

全国年平均气温从 20 世纪 80 年代以后增暖趋势显著,如果把界限放到 1987 年,增暖趋势更为显著^[20]。三峡库区增温主要从 20 世纪 90 年代开始,且有加快趋势,如果把界限放到 1997 年则更为显著。对比全国而言,三峡库区增暖比全国平均相对滞后了约 10 年。从三峡成库后的近几年来看,2004、2005 和 2008 年年平均气温比常年偏高 0.2~0.3 °C;2006 年为 1961 年以来最暖的一年,较常年偏高 1.2 °C;2007 年库区平均温度为 18.1 °C,较常年偏高 0.7 °C。从逐年代变化来看,20 世纪 80 年代平均偏低 0.16 °C,60 年代、70 年代和 2001—2008 年偏高,其中 2001—2008 年平均偏高 0.50 °C。

图 3 给出了 1961—2008 年三峡库区各极端高温

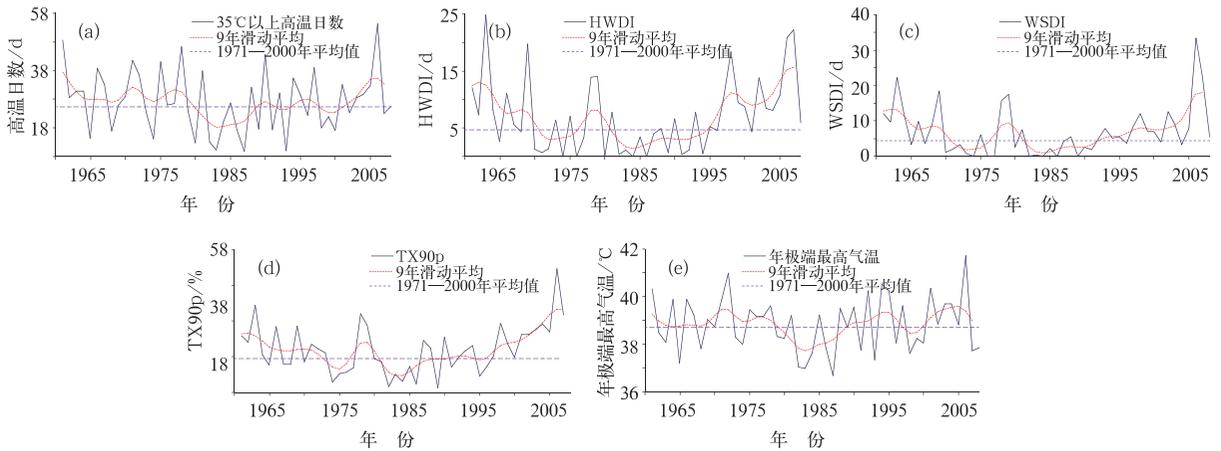


图 3 1961—2008 年三峡库区年极端高温指数逐年变化

(a) TX35d, (b) HWDI, (c) WSDI, (d) TX90p, (e) T_{MAX}

Fig. 3 The interannual variations of observed extreme high temperature indices
in the Three Gorges during 1961—2008 for

(a) TX35d, (b) HWDI, (c) WSDI, (d) TX90p, and (e) T_{MAX}

表 2 三峡库区各极端高温指数和年平均气温
的偏高年份和偏低年份

Table 2 High and low years of extreme high temperature
indices and annual average temperature in the Three Gorges

	偏高年份	偏低年份
年平均气温	2007、1961、1998、2006 (18.6 °C)	1989(16.8 °C)、1982、 1996、1993
TX35d	1990、1978、1961、2006 (55 天)	1987(10 天)、1993、 1983、1980
HWDI	1969、2006、2007、1963 (25 天)	1974、1976、1980、1984、 1986(均为 0 天)
WSDI	1969、1963、2007、2006 (33 天)	1974、1976、1977、1982、 1984、1986、1989(均为 0 天)
TX90p	2007、1978、1963、2006 (24.8%)	1989(4.8%)、1982、 1986、1974
T _{MAX}	2001、1994、1972、2006 (41.7 °C)	1987(36.7 °C)、1983、 1982、1965

最高或最低年份前 4 年,从左到右依次为从小到大

指数的逐年变化,并用 9 年二项式平滑曲线^[21]来反映其年代际变化。对比图 3a~3f,近 48 年三峡库区极端高温指数年代际变化与年平均气温有较好的一致性,表现为 20 世纪 80 年代中前期为一转折期,之前极端高温指数为下降趋势,之后转为上升趋势。其中年极端最高气温略不同,在 90 年代中期又转为下降趋势,到了 90 年代末期转为上升趋势。表 2 给出了年平均气温和各极端高温指数的最高年份和最低年份前 4 位的年份,由表 2 可见,各指数偏高年份和偏低年份有较好的一致性,说明各指数在反映极端高温的极端年份上比较一致。2006、2007 年同在 HWDI、WSDI、TX90p 和年平均气温的最大前 4 年内;2006 年重庆百年一遇的高温热浪,2006 年在所有指数里都是最高年(HWDI 除外)。各指数最低 4

年的年份均集中在 80 年代。

同时表 3 给出了逐年代距平变化。对比发现,各极端高温指数与年平均气温在逐年代变化上有很好的-一致性,均表现为 20 世纪 80 年代偏低,其他年代均偏高。其中 2001—2008 年均各年代偏高幅度的最大值。

表 3 1961—2008 年三峡库区极端高温指数

逐年代距平变化(相对于 1971—2000 年)

Table 3 The decadal anomaly (relative to the average of 1971—2000) variations of observed extreme high temperature indices during 1961—2008 in the Three Gorges

年代	年平均气温/℃	TX35d/d	HWDI/d	WSDI/d	TX90p/%	TMAX/℃
1960s	0.2	4.3	5.0	5.6	2.3	0.2
1978s	0.1	3.8	-0.1	0.3	0.8	0.4
1980s	-0.2	-2.5	-1.9	-2.2	-1.4	-0.5
1990s	0.0	-1.3	1.9	1.9	0.7	0.1
2001—2008	0.5	5.9	7.1	7.8	6.3	0.6

2.2 线性趋势对比

从图 2 中发现 20 世纪 80 年代中前期为一主要转折期,即 1984 年均各指数和年平均气温主要转折的年份。为了对比分析各极端高温指数转折前后变化情况,分别计算了 1961—1984 年、1985—2008 年和 1961—2008 年三段时期的气候倾向率^[22](见表 4)。对线性趋势的检验,一般来说,未通过 5% 显著性水平均为“不显著”,通过 5% 显著性水平均为“显著”,通过 1% 显著性水平均为“极显著”。在此给出 5%、1%、0.1% 三种显著性水平是为了更好地对比其线性上升/下降的程度。库区年平均气温在 1961—1984 年显著下降,下降率为 $-0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;而 1985—2008 年显著上升,上升率为 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。分段的下降/上升率远远高于整个 48 年的变化率。不难发现,各指数分段后的线性趋势变化与年平均气温均一致,1961—1984 年均表现为下降趋势,其中 HWDI、WSDI、TX90p 均显著下降,下降率分别为 $-3.93\text{ d}/10\text{ a}$ 、 $-4.07\text{ d}/10\text{ a}$ 和 $-2.38\%/10\text{ a}$,而 TX35d 和 T_{MAX} 下降趋势不显著。1985—2008 年均表现为上升趋势,HWDI、WSDI、TX90p 均为上升趋势非常显著,上升率分别为 $5.90\text{ d}/10\text{ a}$ 、 $6.12\text{ d}/10\text{ a}$ 和 $4.18\%/10\text{ a}$,同样 TX35d 和 T_{MAX} 上升趋势也不显著。而整个 48 年来各极端高温指数除 TX35d 为略下降趋势外,其他均为略上升趋势。综合来看,库区各极端高温指数与年平均气温无论是分段还是整个

48 年的线性趋势均比较一致,从通过显著性水平检验比较,相对阈值指标(HWDI、WSDI 和 TX90p)与年平均气温的步调更加一致。

表 4 三峡库区各极端高温指数和年平均气温不同时期线性趋势对比

Table 4 Decadal variation tendency of extreme high temperature indices and annual average temperature in the Three Gorges

	1961—1984	1985—2008	1961—2008
年平均气温/℃/10 a	-0.21*	0.37**	0.04
TX35d/d/10 a	-5.51	4.34	-0.56
HWDI/d/10 a	-3.93*	5.90***	0.60
WSDI/d/10 a	-4.07*	6.12**	0.50
TX90p/%/10 a	-2.38*	4.18***	0.69
TMAX/℃/10 a	-0.50	0.29	0.01

“*”表示 5% 显著性水平,“**”表示 1% 显著性水平,“***”表示 0.1% 显著性水平

*, **, and *** represent significance levels at 5%, 1% and 0.1% respectively

2.3 周期对比

为对比三峡库区各极端高温指数和年平均气温的周期,针对资料序列不太长的特点,对其进行最大熵谱估计^[23],结果见图 4,图中峰值即为对应的显著周期。三峡库区年平均气温第一主周期为 4 a,第二和第三主周期为 3 a 和 2.4 a。TX35d 第一和第二主周期分别为 2.3 a 和 3 a。HWDI 第一和第二主周期分别为 3 a 和 2 a。WSDI 第一和第二主周期分别为 4.4 a 和 3.2 a。TX90p 第一和第二主周期分别为 8 a 和 3 a。 T_{MAX} 第一和第二主周期分别为 2.3 a 和 2.8 a。对比发现,不同极端高温指数之间或与年平均气温的主周期均比较一致,为较显著的 2~4 a 的年际变化周期。

2.4 相关分析

通过相关分析来研究各极端高温指数之间及其与年平均气温的关系,见表 5。同理,在此表中同样用三种显著性水平检验来表征其相关程度。各极端高温指数与年平均气温均表现出显著的正相关,其中相对阈值指标(HWDI、WSDI、TX90p)与之相关最好,相关系数由大到下依次为 TX90p、HWDI、WSDI;绝对阈值指标(TX35d)次之;极值指标(T_{MAX})与之相关系数相对最小,相关系数为 0.405。

对比各极端高温指数之间的关系,发现极值指标(T_{MAX})与绝对阈值指标(TX35d)之间的关系甚好,相关系数为 0.844;相对阈值指标 TX90p、HWDI、

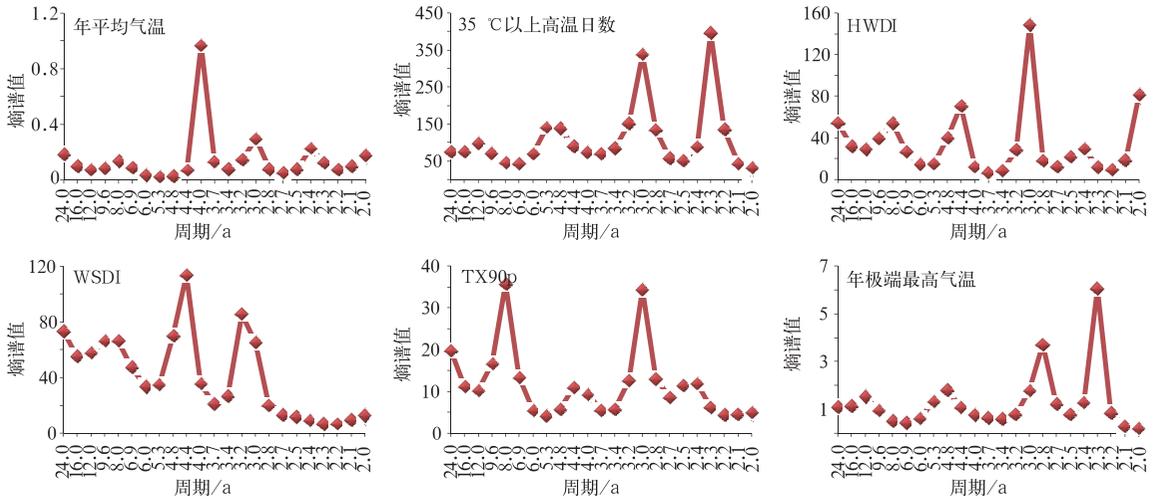


图 4 三峡库区各极端高温指数和年平均气温的最大熵谱分析

Fig. 4 The maximum entropy spectral estimation analysis of extreme high temperature indices and annual average temperature in the Three Gorges

表 5 1961—2008 年各极端高温指数之间及其与年平均气温的相关系数

Table 5 The correlation coefficient between extreme high temperature indices and annual average temperature

	TX35d	HWDI	WSDI	TX90p	T _{MAX}
年平均气温	0.591***	0.707***	0.678***	0.845***	0.405**
TX35d		0.329*	0.400**	0.490***	0.844***
HWDI			0.901***	0.795***	0.103
WSDI				0.820***	0.242
TX90p					0.331*
T _{MAX}					

“*”表示通过 5% 显著性水平,“**”表示通过 1% 显著性水平,“***”表示通过 0.1% 显著性水平

*, **, and *** represent significance levels at 5%, 1%, and 0.1% respectively

WSDI 三者之间的相关系数也非常高,均在 0.79 以上。极值指标(T_{MAX})/绝对阈值指标(TX35d)与相对阈值指标(TX90p、HWDI、WSDI)之间的相关系数相对较小,尤其是 T_{MAX} 和 HWDI、T_{MAX} 和 WSDI 的相关未通过 5% 显著性水平检验。

3 极端高温异常年夏季环流形势的合成分析

利用合成方法分析三峡库区高温异常年的大气环流异常,研究高温干旱的形成原因。本文选取了绝对阈值指标 35 °C 以上高温日数序列大于和小于 1.0 个标准差的年份进行环流形势的合成分析,酷暑年分别是 1961、1966、1971、1975、1978、1990、

1997 和 2006 年共 8 年,凉夏年分别是 1965、1968、1974、1980、1982、1983、1987 和 1993 共 8 年。图 5a 是三峡库区高温酷暑年的同期夏季 500 hPa 高度距平场。从图中可见,欧亚中高纬度地区距平自西向东呈“十一”分布形式,低纬度地区为负距平,反映出夏季北欧有高压脊建立,乌拉尔山到鄂霍次克海负距平,表明该地区没有持续性阻塞高压建立。西太平洋副热带高压东撤(图 5a 中的 5860 线),位置偏北,东亚大槽偏弱,导致中高纬度气流平直,经向环流较弱,不利于冷空气南下影响三峡库区。同时青藏高原为高度正距平,不利于高原低涡、切变线等低值系统的活动。这种环流形势有利于三峡库区易发生高温干旱。凉夏年的 500 hPa 高度距平场(图 5b)与酷暑年呈基本相反的分形势,欧亚中高纬度距平自西向东呈“一十一”分布形式,低纬度地区被正距平控制。夏季乌拉尔山和鄂霍次克海有利于阻塞高压建立,西太平洋副热带高压西伸(图 5b 中的 5860 和 5880 线),位置偏南,东亚大槽加深,使亚洲中高纬度地区经向环流活跃,乌拉尔山脊前有利于冷空气南下影响三峡库区,不利于该地区高温干旱的发生、发展。从三峡库区高温酷暑年和凉夏的 500 hPa 高度差值场(图 5c)可以更明显地看出,酷暑年相对于凉夏年在北欧、西北太平洋和我国黄海地区上空的高度场异常偏高,乌拉尔山和鄂霍次克海地区的高度场异常偏低,这些地方的高度场变化是影响我国三峡库区夏季高温干旱的关键因素。

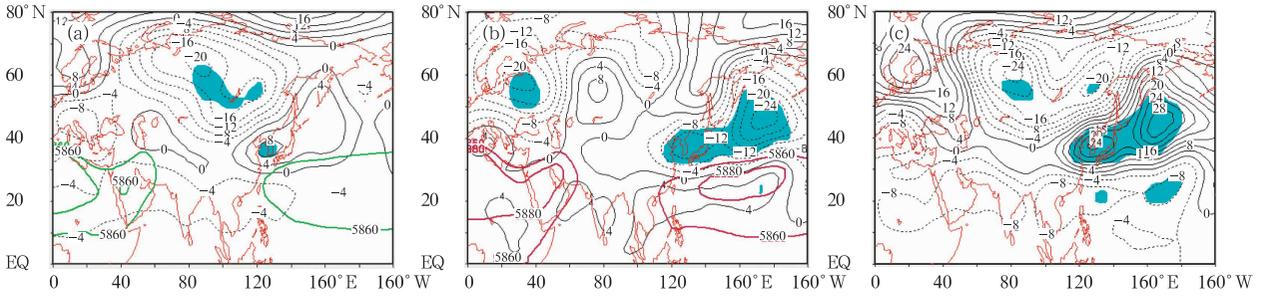


图 5 三峡库区酷暑年和凉夏年的夏季 500 hPa 高度距平场合成和差值场(单位: gpm)

(a) 酷暑年, (b) 凉夏年, (c) 酷暑年与凉夏年的差值场, 阴影区为通过 5% 显著性水平检验

Fig. 5 The composite 500 hPa height anomaly field in summer

(a) hot summer years, (b) cool summer years, (c) difference between hot and cool summer years in the Three Gorges. The shaded areas have passed the significance level at 5% (unit: gpm)

图 6 给出了三峡库区高温酷暑年与凉夏年的 500 hPa 垂直速度差值场。由图 6 可见, 在青藏高原为异常的正值区, 南海北部为异常的负值区, 都通过 5% 显著性水平检验。表明酷暑年南海北部上升运动比凉夏年强, 而青藏高原的上升运动比凉夏年弱得多, 不利于青藏高原低值扰动的发生发展, 而有利于三峡库区高温干旱的发生。

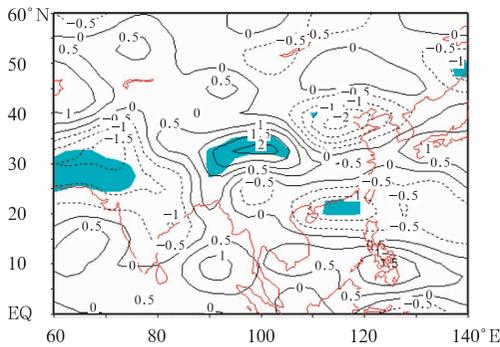


图 6 三峡库区酷暑年与凉夏年的夏季 500 hPa 垂直速度差值场(单位: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

阴影区为通过 5% 显著性水平检验

Fig. 6 The composite difference of 500 hPa vertical velocity in summer between hot summer and cool summer years in the Three Gorges.

The shaded areas have passed the significance level at 5% (unit: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

4 结论与讨论

通过对比分析三峡库区极端高温极值、绝对阈值和相对阈值指标的变化特征及库区极端高温与夏季大气环流的关系, 得到以下主要结论:

(1) 三峡库区极端高温年代际变化与年平均气

温有较好的一致性, 20 世纪 80 年代中前期为一明显的转折时期, 之前为下降趋势, 之后转为上升趋势。各极端高温指数与年平均气温在逐年代变化上均表现为 20 世纪 80 年代偏低, 其他年代均偏高。相对阈值指标(HWDI、WSDI 和 TX90p)在偏高/低年份、线性趋势、相关系数上都与年平均气温表现出较其他指数更好的一致性。

(2) 极值指标与绝对阈值指标之间、相对阈值指标之间的相关关系甚好, 而极值指标/绝对阈值指标与相对阈值指标之间的相关关系相对较差。

(3) 三峡库区夏季高温酷暑年和凉夏年的环流形势存着明显的差异: 酷暑年(凉夏年) 500 hPa 高度距平场在欧亚中高纬度地区从自西向东呈“+ - +” (“- + -”) 分布形式, 乌拉尔山和鄂霍次克海地区无(有)持续性阻塞高压发展, 东亚大槽偏弱(强), 使得经向环流较弱(强), 西太平洋副热带高压东撤(西伸), 位置偏北(南), 不(有)利于冷空气南下影响到三峡库区。500 hPa 垂直速度场上, 青藏高压上升运动减弱(加强)。这种环流形势的配合有(不)利于三峡库区夏季高温干旱的发生发展。

极端高温事件的研究一直是三峡库区的热点, 而极端高温指标定义不同, 所反映出的重点存在一定差异。用极值(日最高气温最大值)和绝对阈值(35°C 以上高温日数等)来辨别其高温强弱一直是业务和科研上最常用的指标。三峡库区是高温频发区, 通过引入相对阈值指标(HWDI、WSDI 和 TX90p), 能更好地给予业务和科研人员参考和应用。对比不同指标间的异同, 有助于提高对库区高温的认识水平, 对极端高温的监测、检测及影响评估具有相当重要的意义。

参考文献

- [1] 贺哲,李平,乔春贵,等. 郑州极端高温天气成因分析[J]. 气象, 2007, 33(3):68-75.
- [2] 叶春华,吕建周,林之光. 我国新极端最高气温的考察研究[J]. 气象, 2008, 34(11):3-6.
- [3] 赵玉洁,常诚,柏才音,等. 漠河极端气温气候特征及其变化[J]. 气象, 2009, 35(3):94-98.
- [4] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [5] 马乃孚,杨荆安,魏静. 长江三峡地区强降温过程的气候规律研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 1998, 32(4):510-514.
- [6] 周毅,高阳华,段相洪. 三峡库区夏季降水基本气候特征[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(2):269-272.
- [7] 王梅华,刘莉红,张强. 三峡地区气候特征[J]. 气象, 2005, 31(7):68-71.
- [8] 廖要明,张强,陈德亮. 1951—2006 年三峡库区夏季气候特征[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(6):368-372.
- [9] 叶殿秀,邹旭恺,张强,等. 长江三峡库区高温天气的气候特征分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24(2):200-204.
- [10] 任福民,翟盘茂. 1951—1990 年中国极端温度变化分析[J]. 大气科学, 1998, 22(2):217-227.
- [11] 盛承禹. 中国气候总论[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 222-224.
- [12] 张德宽,姚华栋,杨贤为,等. 华北区年高温日数区域平均方
- 法及趋势分析[J]. 高原气象, 2006, 25(4):750-753.
- [13] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近 50 a 温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增):1-10.
- [14] 向旬,王冀,王绪鑫,等. 我国极端气温指数的时空变化与分区研究[J]. 气象, 2008, 34(9):73-80.
- [15] Zhang X, G Hegerl, F W Zwiers, et al. Avoiding inhomogeneity in percentile based indices of temperature extremes[J]. J Climate, 2005, (18):1642-1651.
- [16] Frich P, Alexander L V, Della-Marta P, et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century[J]. Climate Research, 2002, 19:193-212.
- [17] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. Geophys Res, 2006, 111: 1-22.
- [18] Li Qingxiang, Liu Xiaoning, Zhang Hongzheng, et al. Detecting and adjusting on temporal inhomogeneity in Chinese mean surface air temperature dataset EJ3[J]. Adv Atmos Sci, 2004, 21(4):260-268.
- [19] 高晓容,李庆祥,董文杰. 五台山站历史气候资料的均一性分析[J]. 气象科技, 2008, 36(1): 112-118.
- [20] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [21] 李少娟,河大明,傅开道. 澜沧江与下湄公河水位过程的关联分析[J]. 科学通报, 2006, 51(增):40-47.
- [22] 施能,陈家其,屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4):431-439.
- [23] 王涛,杨保, A. Braeuning, 等. 近 0.5ka 来中国北方干旱半干旱地区的降水变化分析[J]. 科学通报, 2004, 49(9):883-887.