

皖北地区的气温变率研究

袁新田¹, 徐光来², 徐国伟¹

(1. 宿州学院地球科学与工程学院, 宿州 234000; 2. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

摘要: 采用线性倾向估计、累积距平和突变检测方法, 对皖北地区 1958~2007 年的四季、年气温资料进行综合分析。结果表明, 近 50 a 皖北地区年平均气温呈明显的上升趋势, 线性气温倾向率介于 0.16~0.34 °C/10a; 最大增暖发生在冬季、春季; 年代际变化趋势为先降后升, 20 世纪 60~80 年代, 区域年温平均距平值均为负值, 为相对冷期, 90 年代和 2000~2007 年 2 个时段的年温平均距平值均为正值, 为相对暖期。突变分析结果显示, 皖北地区的气温变化存在明显突变现象, 突变时间发生在 20 世纪 80 年代末到 21 世纪初。

关键词: 气温变化; 气温倾向率; 累积距平; 突变; 皖北地区

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)02-0292-05

Analysis of tendency rates of temperature in the North of Anhui Province

YUAN Xin-tian¹, XU Guang-lai², XU Guo-wei¹

(1. School of Earth Science and Engineering, Suzhou University, Suzhou 234000;

2. School of Geographic and Oceanic Science, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: Air temperature data in the North of Anhui Province from 1958 to 2007 were analyzed in seasons and years based on Linear Tendency method, Cumulative Anomaly method and Mann-Kendall method. The results showed that the mean annual temperature from 1958 to 2007 increased obviously with the tendency rates of temperature between 0.16-0.34 °C/10 a; The most evident warming occurred in winter and spring. Decadal trend was down after the first rise. The regional annual average temperature anomalies were negative from 1960s to 1980s, and the average annual temperature anomalies were positive in 1990s and years 2000-2007. Results also showed that there was obvious abrupt change of air temperature in the North of Anhui Province, which was occurred from the later 1980s to the early 21st century.

Key words: air temperature changes; tendency rates of temperature; cumulative anomaly; abrupt change; North of Anhui Province

全球气候变暖已经成为当今国际社会关注的热门话题。不同领域的专家从不同的角度对此问题作了研究, 取得了许多有意义的研究成果。IPCC 第 4 次评估报告指出, 全球近地表气温近 50 a 的线性增温率为 0.3 °C/10a, 大约是过去 100 a 的 2 倍^[1-2]。文献^[3-5]指出, 由于 20 世纪前 50a 我国的气温观测资料不完整, 不同的学者使用不同的方法进行插补和重建, 因而得到不同的线性增暖趋势。我国近 100 a 气温的线性变化趋势介于 0.2~0.8 °C/10a^[6-10]。任国玉等^[7]认为, 近 54 a 全国平均地面气温的增温率大约为 0.15 °C/10a。

皖北地区地处黄淮海平原南端, 自然条件较为优越, 农业生产发展潜力大, 是我国重要的粮食生产基地。由于皖北地区位于我国南北气候的过渡带, 是气候变化的敏感区之一^[11-12]。气候变暖改善了安徽省农业生产的热量条件, 1961~2007 年全省全年稳定通过 10 °C 的积温增大 322 °C, 积温日数增长 15 d, 无霜期增长 16 d。热量的改善使得沿淮淮北稻谷种植面积扩大, 农作物种植品种发生改变。气温升高的不利方面是导致越冬作物生长期普遍提前, 增加了遭遇春季低温冻害的机率。作物生育期普遍缩短, 复种指数明显提高。极端气候事件的增多导致

收稿日期: 2011-09-13

基金项目: 安徽高校省级自然科学研究重点项目 (KJ2010A315) 和宿州学院自然科学研究项目 (2009yzk02) 共同资助。

作者简介: 袁新田, 男, 副教授。E-mail: yxstzsh@163.com

作物产量波动增大, 农业生产的气候不稳定性增加^[13]。因此, 掌握皖北地区气温的变化特征, 对该区域农业的可持续发展具有重要意义。目前有关文献对此研究不多。作者通过对皖北地区 1958~2007 年气温观测数据的统计分析, 初步揭示该区域气温变化的特征, 为农业生产提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选取皖北地区砀山、亳州、阜阳、蚌埠、宿州 5 个代表站点 1958~2007 年基础气象数据中的逐日气温观测值。由日平均气温计算出月平均气温值; 再分别计算 5 个代表站点各年份的年气温均值和距平值, 按 12 月~2 月为冬季、3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季再分别统计四季气温均值及距平值。资料在应用前进行了质量检查, 并对其中的缺测和错误记录进行了剔除和插补, 以保证气温序列的完整性。

1.2 分析方法

1.2.1 线性趋势估计 用最小二乘法估计气候要素时间序列的线性倾向率。气象要素的变化趋势采用一次线性方程表示, 即: $Y=a_0+a_1t$, 式中: Y 为气象要素, t 为时间(本文为 1958~2007 年); a_1 为线性趋势项, a_1*10 表示气象要素每 10 a 的变化量, a_1 的系数为正, 则表明是增量, a_1 的系数为负, 则表明是减量。

1.2.2 累积距平法 用累积距平法判断气候要素长期显著的演变趋势及持续性变化。通过对累积距平曲线的观察, 可以划分气候要素变化的阶段性。对于时间序列 x_i , 其某一时刻的累积距平表示为:

$$S_i = \sum_{t=1}^i (x_t - \bar{x}) \quad t = i, \dots, n$$

$$\text{其中: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t$$

利用上式可求得 n 个时刻的累积距平值。

1.2.3 突变检验 采用非参数检验方法^[6-8] (Mann-Kendall 法) 进行趋势检验和突变分析。分析绘出的 UF_k 和 UB_k 曲线图。若 UF_k 或 UB_k 的值大于 0, 则表明序列呈上升趋势, 小于 0 则表明呈下降趋势。当它们超过临界直线时, 表明上升或下降趋势显著。若超过显著性 $\alpha=0.05$ 的临界值, 则说明发生突变的几率很大。

2 结果与分析

2.1 气温年代际的变化分析

表 1 是 1958~2007 年皖北地区 5 个代表站点各

年代气温距平值。对区域年均温度而言, 年代变化趋势为先降后升, 20 世纪 80 年代温度最低, 偏低 0.29°C , 之后迅速升温, 90 年代变暖, 2000~2007 年偏高达 0.69°C 。60~80 年代, 区域年温平均距平值均为负值, 为相对冷期, 90 年代和 2000~2007 年 2 个时段的年温平均距平值均为正值, 为相对暖期。

应用 Mann-Kendall 法对 1958~2007 年皖北地区年平均气温突变进行分析, 图 1 为近 50a 来皖北地区年平均气温的突变曲线。从图 1 中可知, 近 50 a 来皖北地区年平均气温发生了显著的变化。

亳州市 MK 检验结果显示(图 1-a), 1997 年之前 UF 多为负值, 表明 1958 年至此期间气温系列有降低趋势, 从 1997 年开始 UF 为正值, 且超过 0.05 置信水平的临界线, 表明气温系列有增加的趋势并达到显著性水平。 UF 与 UB 曲线的交点在 2002 年左右, 表明气温系列在 2002 年左右发生突变。突变前平均温度为 14.71°C , 突变点后平均温度为 15.72°C , 较突变发生前升高 1.01°C 。可见亳州站 1958~2007 年气温呈增加趋势, 且达到显著性水平, 气温在 2002 年左右发生突变。

砀山县(图 1-b)在 1985 年以前表现为较大幅度震荡, 1985 年以前 UF 多为负值, 气温偏低, 从 1989 年开始气温表现出显著的增加趋势, 气温发生突变的时间为 1989 年。突变点前后的平均气温分别为 14.08°C 和 14.72°C 。较突变发生前升高 0.64°C , 增暖显著。

阜阳市(图 1-c)在 1985 年以前表现为小幅震荡上升, 1977 年后的 UF 均为正值, 1985 年以后开始迅速增温, 突变点发生在 1989 年, 突变点前后的平均气温分别为 15.03°C 和 15.68°C , 较突变发生前升高 0.65°C , 增暖较显著。

蚌埠市(图 1-d)1989 年以前 UF 多为负值, 气温偏低, 从 1993 年开始气温表现出显著的增加趋势, 突变点发生在 1997 年, 突变前后的平均气温分别为 15.31°C 和 16.32°C , 较突变发生前升高 1.01°C , 增暖显著。

宿州市(图 1-e)在 1986 年以前表现为小幅震荡上升, 1978 年以后的 UF 均为正值, 1986 年以后开始迅速增温, 突变点发生在 1994 年, 突变前后的平均气温分别为 14.50°C 和 15.73°C , 较突变发生前升高 1.23°C , 增暖显著。

2.2 气温年际变化分析

分别绘制 1958~2007 年皖北地区 5 个代表站点的年平均气温距平的时间变化曲线(图 2), 并利用线

性方程趋势拟合。从图2结果来看,近50 a皖北地区年平均气温具有明显的上升趋势,气温升高0.8~1.7℃;砀山、亳州、阜阳、蚌埠、宿州的年平均气温倾向率分别为0.16、0.22、0.20、0.26和0.34℃/10a,空间差异较为明显,宿州站升温幅度最大,砀山站升温幅度最小。

近50 a来皖北地区5个代表站点年平均气温的变化具有一致性,空间差异不明显。1993年以前多为负距平,1993年以后多为正距平,年平均气温呈上升趋势。大致可分为2个阶段:1958~1993年的36 a为偏冷期,1994~2007年的14 a为偏暖期。具体表现为:在1958~1993年的36 a中,砀山、亳州、阜阳、蚌埠、宿州5个代表站点年平均气温正距平年份分别为13 a、8 a、10 a、8 a和5 a,年平

均气温负距平年份分别为23 a、28 a、26 a、28 a和31 a;在1994~2007年的14 a中,砀山、亳州、阜阳、蚌埠、宿州5个代表站点年平均气温正距平年份分别为12 a、12 a、13 a、12 a和14 a,年平均气温负距平年份分别为2 a、2 a、1 a、2 a和0 a。

2.3 气温变化的季节差异分析

从表1可以看出,四季气温的年代际变化趋势表现出:春季、秋季区域均温年代变化趋势为先降后升,20世纪70年代温度最低,分别偏低0.33℃和0.32℃,90年代变暖,2000~2007年分别偏高达1.22℃和0.65℃;夏季为先迅速下降后缓慢上升,60年代偏高达0.51℃,80年代温度最低,偏低0.39℃;冬季为先升后降,70年代温度最低,偏低1.02℃,90年代偏高0.66℃。

表1 皖北地区年、四季气温的年代际变化(1958~2007年)(距平值℃)

Table 1 Inter-decadal variation of air temperature in the North of Anhui Province from 1958 to 2007 (Anomaly °C)

季节 Season	站点 Station	60年代 1960s	70年代 1970s	80年代 1980s	90年代 1990s	2000-2007年 2000-2007 year
春季 Spring	砀山 Dangshan	-0.19	-0.46	-0.14	0.29	0.79
	亳州 Bozhou	0.01	-0.08	-0.26	0.03	1.57
	宿州 Suzhou	-0.21	-0.31	-0.18	0.17	1.57
	蚌埠 Bengbu	-0.24	-0.43	-0.13	0.20	1.37
	阜阳 Fuyang	-0.50	-0.36	-0.14	0.19	0.80
	平均 Average	-0.23	-0.33	-0.17	0.18	1.22
夏季 Summer	砀山 Dangshan	0.48	-0.06	-0.42	0.37	-0.31
	亳州 Bozhou	0.73	0.12	-0.48	0.29	0.53
	宿州 Suzhou	0.43	-0.05	-0.35	0.30	0.72
	蚌埠 Bengbu	0.53	0.01	-0.34	0.22	0.58
	阜阳 Fuyang	0.39	0.07	-0.38	0.25	-0.04
	平均 Average	0.51	0.02	-0.39	0.29	0.30
秋季 Fall	砀山 Dangshan	-0.15	-0.35	-0.21	0.51	-0.05
	亳州 Bozhou	-0.07	-0.20	-0.24	0.40	1.07
	宿州 Suzhou	-0.32	-0.35	-0.23	0.53	1.15
	蚌埠 Bengbu	-0.25	-0.36	-0.19	0.52	0.88
	阜阳 Fuyang	-0.32	-0.32	-0.21	0.54	0.19
	平均 Average	-0.22	-0.32	-0.22	0.50	0.65
冬季 Winter	砀山 Dangshan	-1.07	-0.45	-0.46	0.74	0.24
	亳州 Bozhou	-0.79	-0.26	-0.52	0.65	0.91
	宿州 Suzhou	-1.19	-0.54	-0.23	0.73	1.02
	蚌埠 Bengbu	-0.88	-0.38	-0.37	0.55	0.71
	阜阳 Fuyang	-1.18	-0.45	-0.35	0.65	0.05
	平均 Average	-1.02	-0.42	-0.39	0.66	0.59
年均值 Annual average		-0.24	-0.26	-0.29	0.41	0.69

春、秋、冬季气温变化表现为60~80年代,距平值均为负值,为相对冷期,90年代和2000~2007年2个时段的距平值均为正值,为相对暖期;夏季气温变化表现为60、70、90年代和2000~2007年距平值均为正值,为相对暖期,80年代距平值为负值,为相对冷期。

春季距平平均值变化于-0.17~1.22℃,夏季距平平均值变化于-0.39~0.51℃,秋季距平值变化于-0.22~0.65℃,冬季距平值变化于-1.02~0.66℃;春、夏、秋、冬季气温变化幅度分别为1.39、0.9、0.87、1.88℃。冬、春季气温变化幅度较大,夏、秋季气温变化幅度较小。

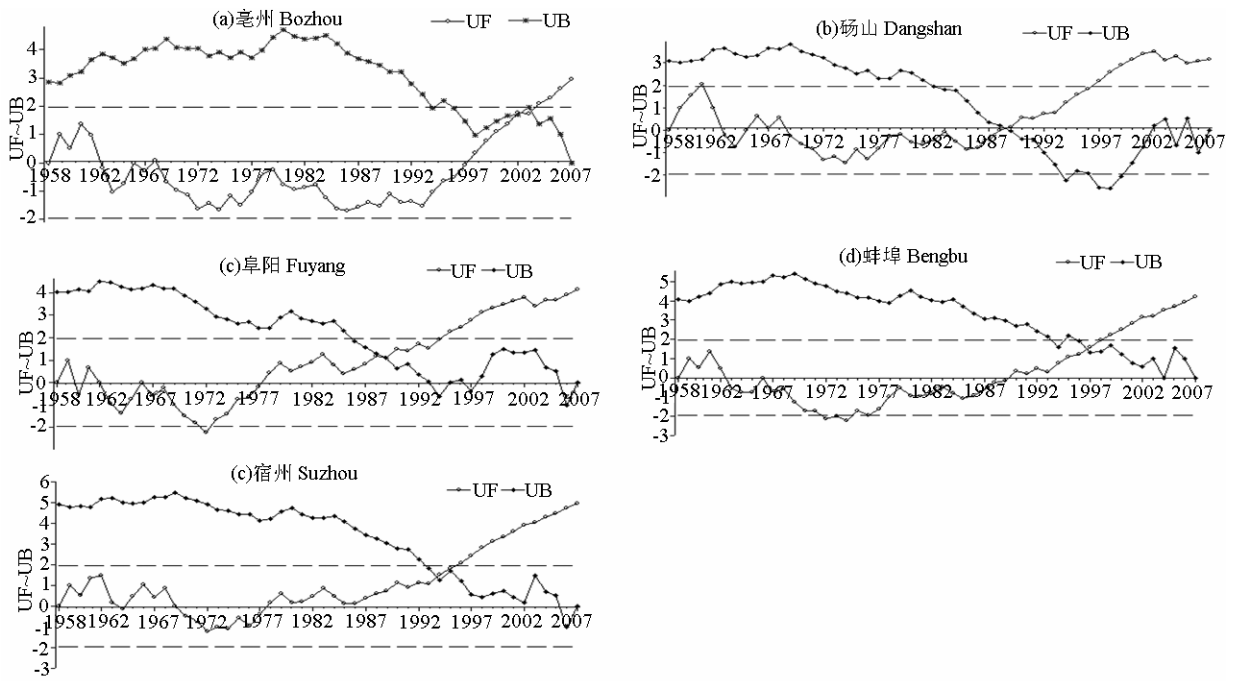


图 1 皖北地区年平均气温 M—K 检测曲线 (1958~2007 年)

Figure 1 M-K test curves of mean annual temperature in the North of Anhui Province form 1958 to 2007

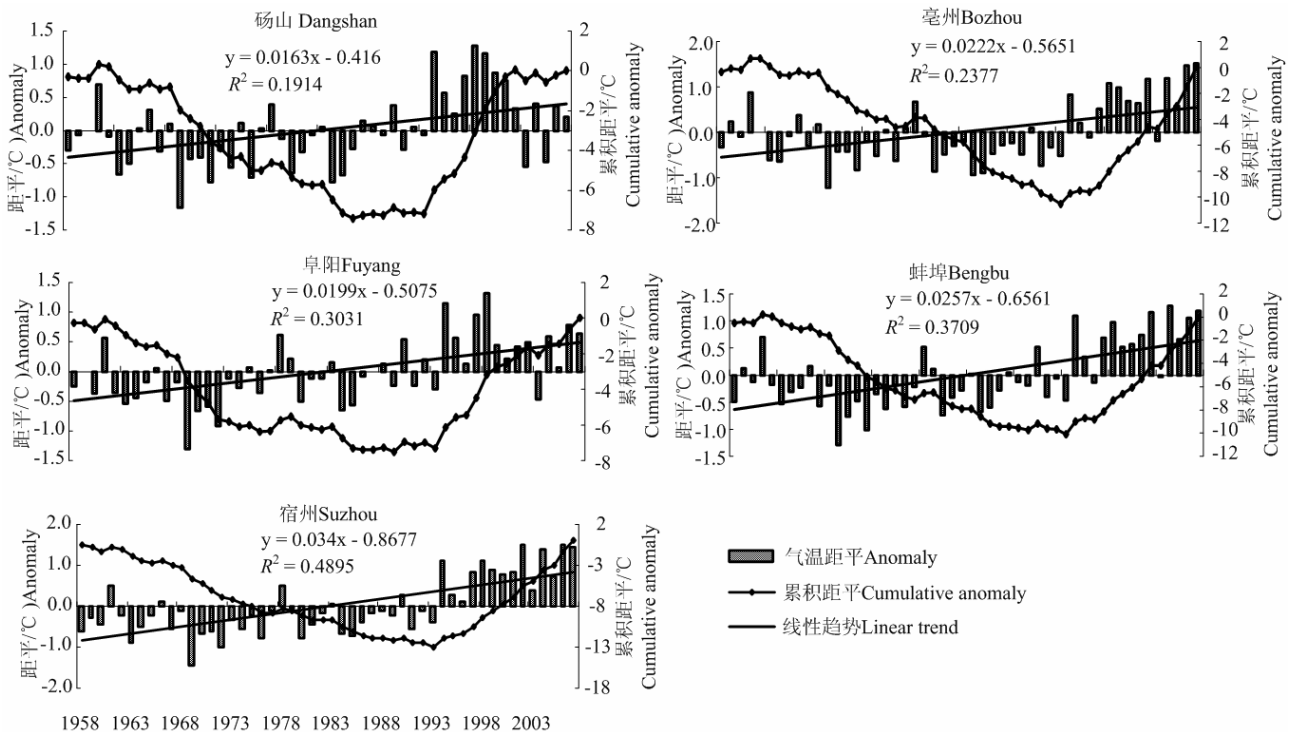


图 2 皖北地区年平均气温距平与累积距平曲线 (1958~2007 年)

Figure 2 Anomaly and cumulative anomaly curves of mean annual temperature in the North of Anhui Province form 1958 to 2007

冬季气温距平最低值出现在 60 年代, 春、秋季气温距平最低值均出现 70 年代, 夏季气温距平最低值出现在 80 年代; 夏季气温距平最高值出现在 60 年代, 冬季气温距平最高值出现在 90 年代, 春、秋季气温距平最高值均出现在 2000~2007 年。从表 2 可以看出, 皖北地区四季气温倾向率在

季节上表现出的一致性。四季中以冬季增温最为明显, 气温倾向率在 0.32~0.51℃/10 a 之间, 区域平均气温倾向率为 0.38℃/10 a; 其次是春季和秋季, 气温倾向率在 0.14~0.39℃/10 a 之间, 区域平均气温倾向率分别为 0.32℃/10 a 和 0.28℃/10 a; 夏季气温倾向率在 5 个代表站点中有 4 个站点为负值,

区域平均气温倾向率为负值,说明夏季的平均气温总体是趋于降低的。这个结果与近 50 年来安徽省

和全国平均增暖速率基本上是一致的^[13]。

表 2 皖北地区四季气温倾向率 (1958~2007年)

Table 2 Tendency rates of season-air-temperatures in the North of Anhui Province form 1958 to 2007 (°C/10 a)

	春季Spring	夏季Summer	秋季Fall	冬季Winter	年Year
砀山Dangshan	0.27	-0.12	0.14	0.34	0.16
亳州Bozhou	0.29	-0.07	0.29	0.37	0.22
阜阳Fuyang	0.30	-0.10	0.23	0.32	0.20
蚌埠Bengbu	0.35	-0.03	0.33	0.35	0.26
宿州Suzhou	0.38	0.05	0.39	0.51	0.34
平均Average	0.32	-0.05	0.28	0.38	0.24

2.4 气温变化的区域差异分析

从表 2 可以看出,皖北地区四季气温倾向率在空间分布上具有差异性。总的趋势是:皖北地区东部增温最为明显,四季气温倾向率最大值均在宿州;春、夏、秋气温倾向率最小值在皖北地区北部的砀山,冬季气温倾向率最小值在皖北地区西南部的阜阳。

造成皖北地区四季气温倾向率时空差异的可能原因是皖北地区地表覆被的变化。宿州市周边的煤矿开采形成地表大面积的塌陷积水区域,水体的存在对气候产生湖泊效应,冬季增暖效应更大^[14]。

3 结论

近 50 a 皖北地区增暖明显,增温幅度在 0.8~1.7°C;升温的空间差异较大,宿州增温幅度最大,其线性增温率达 0.34°C/10 a,近 50 a 气温升高 1.7°C;砀山增温幅度最小,其线性增温率达 0.16°C/10a,近 50 a 气温升高约 0.8°C。

四季气温倾向率具有时空差异。春、秋、冬三季平均气温具有增暖的趋势,增温幅度最大的季节是冬季,线性增温率在 0.32~0.51°C/10 a 之间;其次是春季和秋季,线性增温率在 0.14~0.39°C/10 a 之间。夏季的平均气温总体趋于降低但不明显,与年平均气温的线性增温率对比可知,近 50 a 皖北地区年平均气温的升高,冬季和春季的贡献率较大。

皖北地区东部增温最为明显,四季气温倾向率最大值均在宿州;春、夏、秋气温倾向率最小值在皖北地区北部的砀山,冬季气温倾向率最小值在皖北地区西南部的阜阳。

皖北地区 20 世纪 60~80 年代,是相对冷的时期,气温持续缓慢下降,80 年代达到最低值;20 世纪 90 年代以来,是相对温暖的时期,气温持续快

速上升,2000~2007 年达到最高值,气温偏高达 0.69°C。气温突变分析显示,近 50 a 来皖北地区年平均气温变化存在突变,突变发生时间开始于 20 世纪 80 年代末,气温较突变发生前升高 0.64~1.23°C,增暖显著。

参考文献:

- [1] Qian W H, Zhu Y E. Climate change in China from 1880-1998 and its impact on the environmental condition [J]. Climatic Change, 2001, 50: 419-444.
- [2] 李海涛,于贵瑞,袁嘉祖. 中国现代气候变化规律及未来情景预测[J]. 中国农业气象, 2003, 24(4): 1-4.
- [3] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [4] 王绍武,姚檀栋. 近百年中国年气温序列的建立[J]. 应用气象学报, 1998, 9(4): 392-401.
- [5] 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 63-73.
- [6] 林学椿,于淑秋,唐国利. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学, 1995, 19(5): 525-534.
- [7] 任国玉,初子莹,周雅清. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701-716.
- [8] 赵宗慈,王绍武,徐影,等. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因分析[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 808-817.
- [9] 周浩,杨宝钢,程炳岩. 重庆近 46 年气候变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 23-27.
- [10] 龚宇,邢开成,王璞. 沧州地区近 40 年来气温和降水量的变化趋势分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2): 143-145.
- [11] 马晓群,张爱民,陈晓艺. 气候变化对安徽省淮河区域旱涝灾害的影响[J]. 中国农业气象, 2002, 23(4): 1-4.
- [12] 田红,许吟隆,林而达. 温室效应引起的江淮流域气候变化预估[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(6): 357-362.
- [13] 安徽省气候中心,气候变化专题分析报告第 6 期[EB/OL]. <http://218.22.3.218/product/analysis.asp>, 2010-12-10.
- [14] 陈鲜艳,张强,叶殿秀,等. 三峡库区局地气候变化[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(1): 47-51.