

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.03.007

华北地区 1901 ~ 2002 年气候变化强度的演变

荣艳淑¹, 罗 健²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510560)

摘要: 利用英国 East Anglia 大学研究部 1901 ~ 2002 年高分辨率的格点月平均气温和月降水量资料, 以及华北地区 104 个气象观测站 1957 ~ 2002 年的实测月降水量和月平均气温资料, 从 100 a, 50 a 和 20 a 共 3 个时间尺度详细分析了华北地区潜在蒸发量、降水和气温的趋势变化特征以及气候变化强度的演变规律。结果表明, 华北地区的气候变化在百年尺度上经历了由弱到强的变化过程, 最近 20 a (1981 ~ 2002 年) 的气候变化强度是近百年来最强的时期, 气候变暖、干旱化趋势加重, 潜在蒸发量上升, 将会导致华北地区水资源供需矛盾更加突出。

关键词: 潜在蒸发量; 降水量; 气温; 气候变化强度; 华北地区

中图分类号: P467; P339

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2009)03-0276-05

近 20 年来, 全球变暖的事实得到了很多证实, IPCC 已经组织全球科学家对气候变化进行了 4 次评估, 不容置疑的是气候变暖还将持续^[1]。在全球增温背景下, 我国很多地区出现了不同程度的变暖^[2-4], 与气温升高相对应的是很多地区出现降水减少现象, 华北大部分地区降水量 20 世纪 80 年代比 50 年代减少 1/3 以上, 有干旱加重趋势^[5-6]。气候变化使水资源供需矛盾变得日益突出^[7-8], 长江、黄河和淮河等流域的水资源量都出现了减少趋势^[9-10]。气候变化已严重影响了水资源盈亏, 导致水资源循环发生了很大变化。

上述关于气候变化的研究大多集中在对近 50 a 来的实际观测数据的分析, 仅有个别文献对气温、降水进行了百年时间尺度的分析^[11-15]。本文利用英国 East Anglia 大学研究部(简称 CRU)1902 ~ 2002 年高分辨率的格点月平均气温和月降水量资料, 以及华北地区近 50 a 的实测降水和月平均气温资料, 从 3 个时间尺度分析了华北地区潜在蒸发量、降水和气温的变化特征, 讨论了华北地区气候变化强度的演变规律。

1 研究资料和研究方法

1.1 研究资料

本文使用的资料包括 2 部分, 一部分是由中国气象局气象信息中心提供的 1957 ~ 2002 年 104 个国家基本气象观测站的月降水量和月平均气温, 另一部分是 CRU 提供的 1901 ~ 2002 年月平均气温和月降水量的高分辨率格点资料。

1.2 气象要素的计算及检验

首先, 将格点资料插值到距离该格点最近的站点(详见文献[16])重新形成华北地区 104 个站的 1901 ~ 2002 年共计 102 a 的月降水量和月平均气温资料; 第二, 根据高桥浩一郎蒸发量公式^[17], 计算得到了华北地区 104 个气象站的 1901 ~ 2002 年共计 102 a 的蒸发量序列。

从 CRU 格点资料生成的站点资料中, 提取 1957 ~ 2002 年那段时间序列, 与华北地区 1957 ~ 2002 年实测的月降水量和月平均气温资料进行对比分析, 发现 CRU 资料插值获得的降水量和气温序列与华北地区的实测资料吻合很好, 说明利用 CRU 资料获得的华北地区 102 a 月降水量和月平均气温序列是可用的, 因而, 利用此月降水量和月平均气温序列计算获得的蒸发量序列也是可用的。

收稿日期: 2008-06-30

基金项目: 国家自然科学基金(40771039); 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放基金(2006412111); 河海大学创新基金(2084/40501111)

作者简介: 荣艳淑(1961—), 女, 天津人, 教授, 博士, 主要从事气候变化及水文气象研究。

1.3 时间尺度的分类

本文所述 3 个时间尺度分别是 (a) 100 a 尺度 , 序列起止时间为 1901 ~ 2002 年 (b) 50 a 尺度 , 序列的起止时间为 1957 ~ 2002 年 (c) 20 a 尺度 , 序列的起止时间为 1981 ~ 2002 年 . 潜在蒸发量的 3 个时间段均从重建序列中截取 , 百年尺度的降水量和气温序列均以 CRU 资料为准 , 50 a 和 20 a 2 个时间尺度以实测资料为准 . 通过这 3 个时间尺度的气候要素的变化 , 分析近百年来华北地区的气候变化强度演变规律 .

1.4 线性趋势估计方法

所谓的线性趋势是指用气候变量 y_i 与其对应的时间 t_i 建立一元线性回归方程 , 形式如下 :

$$y_i = a + bt_i \tag{1}$$

式中 a 和 b 分别为回归常数和回归系数 , 可用最小二乘法估计 . b 值的正与负表明了气候变量 y_i 随时间 t_i 是呈上升还是下降的变化趋势 , 因此 b 也称为线性趋势值 .

文中分别用蒸发量序列、气温序列和降水量序列与时间序列建立线性方程 , 得到了不同时间尺度的线性趋势值 , 并以此来分析 3 个时间尺度的气候变化强度 .

2 蒸发量的演变分析

用区域平均蒸发量代替华北地区百年蒸发量序列 , 其时间序列的变化如图 1 所示 . 图 1 中 , 粗实线为年蒸发量序列的 10 a 滑动平均序列 , 细实线为多年蒸发量平均值 . 由图 1 可见 , 近百年来年蒸发量序列波动很大 , 表现出明显的年代际变化特征 . 从 10 a 滑动平均曲线中可以看出年代际变化特征 , 年蒸发量偏大时期主要出现在 20 世纪初期、40 年代到 60 年代初和 90 年代到 21 世纪初期 , 偏小时期主要出现在 20 世纪 10 年代末期到 30 年代初期 , 60 年代中期到 70 年代 , 有大约 20 a 的年代际变化周期 .

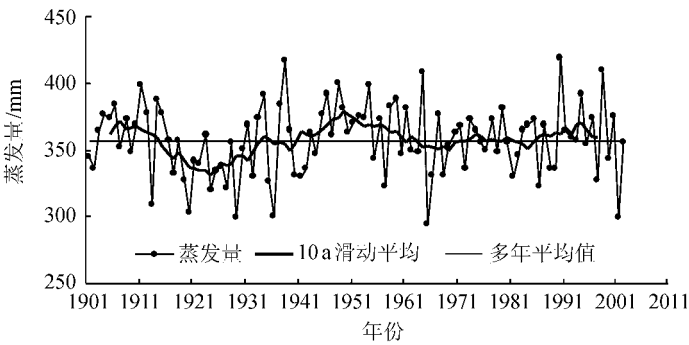


图 1 华北地区 1901 ~ 2002 年蒸发量的变化
Fig. 1 Variation of potential evaporation in North China from 1901 to 2002

图 2 为华北地区蒸发量序列的线性趋势分布图 , 从 100 a 尺度看 (图 2 (a)) , 蒸发量的线性趋势有纬向分

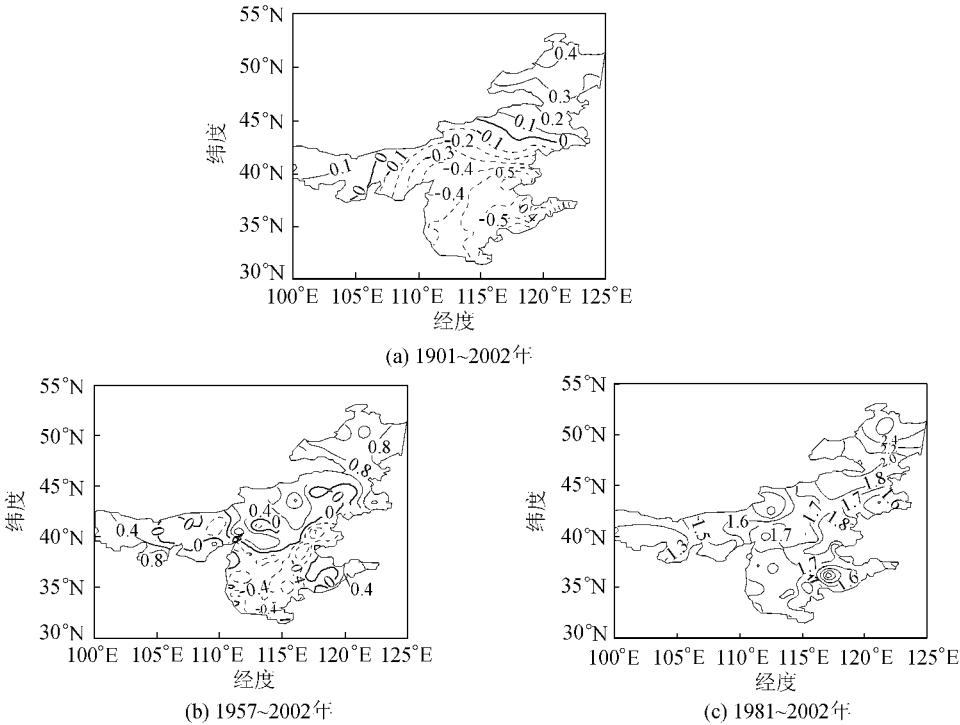


图 2 华北地区蒸发量序列的线性趋势变化分布 (单位 : mm/a)
Fig. 2 Distribution of linear trend of potential evaporation in North China (Unit : mm/a)

布现象,表现为北大南小、西大东小的特征,即华北北部和西部蒸发量有增大趋势,而南部和东部为下降趋势,其中上升最显著的地区位于华北东北部,达 0.4 mm/a ,属内蒙境内,而下降最显著的地区位于山东半岛腹地,约为 -0.6 mm/a .从 50 a 的尺度看(图 3(b)),蒸发量变大的区域明显扩大,有半数以上台站的蒸发量呈增大趋势发展,增大明显的地区仍是以东北部为主,并向华北中部扩展.从 20 a 的尺度看(图 3(c)),蒸发量全部转为增大趋势,增大最明显的地区仍是华北东北部,其余部分增大的强度有依次向西和向南递减的特点.

3 降水量的演变分析

图 3 是华北地区降水量的线性趋势分布图.全区 100 a 尺度(图 3(a))的降水量大部分呈线性增大趋势发展,只在山东小片区域降水量有减少趋势.从 50 a 尺度看(图 3(b)),大部分地区降水量已转变为减少趋势,最大值达到 -5 mm/a 以上,只有华北东北部和西部很小区域为增长趋势,且数值很小.从 20 a 尺度看(图 3(c)),降水量趋势分布又有了新的变化,华北西部继续保持增长趋势,而中部出现了小片降水增长区域,东北部由原来增大趋势转为减少趋势,其他呈减少趋势变化的区域,趋势变化的数值明显增大,很多地区达到了 -5 mm/a ,个别地区甚至达到了 -10 mm/a 以上.

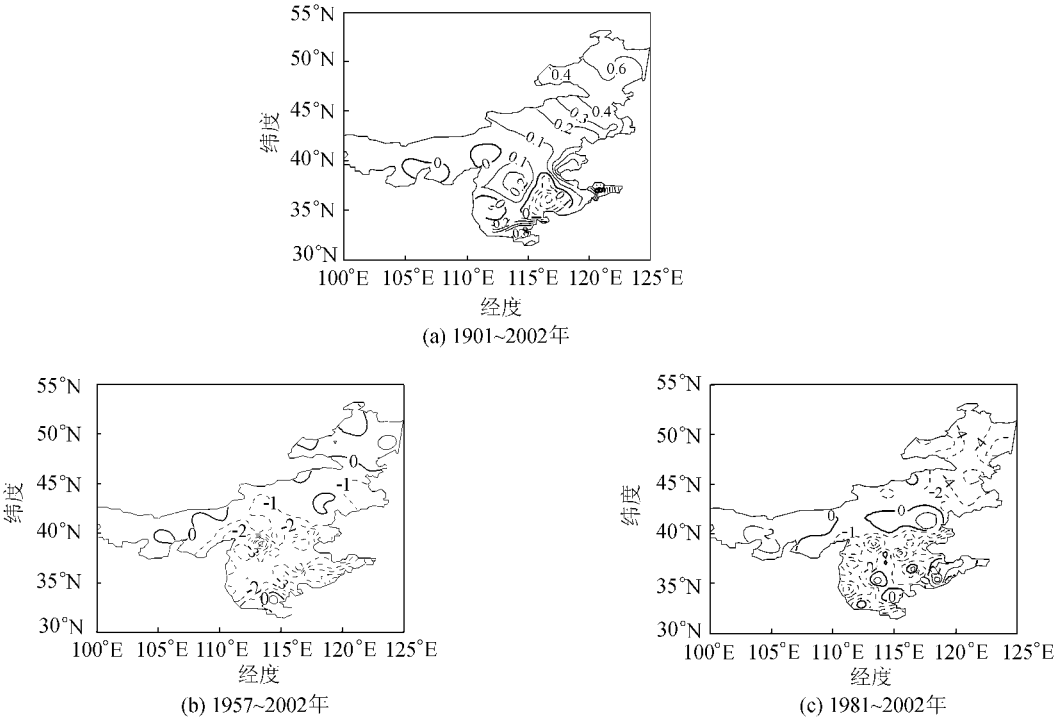


图 3 华北地区降水量序列的线性趋势变化分布(单位: mm/a)

Fig. 3 Distribution of linear trend of precipitation in North China(Unit: mm/a)

从以上 3 个时间尺度的降水量趋势变化情况看,华北地区降水量变化从正(增大)趋势普遍转为负(减小)趋势,尤其是从近 20 a 的变化看,降水减少的程度不断增大.

4 气温的演变分析

图 4 是华北地区月平均气温的线性趋势分布图.从 100 a 尺度看(图 4(a)),华北地区的气温基本以上升趋势变化,但是上升的幅度很小,大部分区域增温幅度小于 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,增温的分布特征具有东北部增温大,东南部增温小的特点.从 50 a 尺度看(图 4(b)),增温幅度上升了很多,大部分地区达到了 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 以上的增幅,平均增温为 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,增温区域的分布也发生了调整,具有北部增温大、南部增温小,西部增温大、东部增温小的特点.从 20 a 尺度看(图 4(c)),增温幅度显著上升,很多地区超过了 $0.08\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,全区平均为 $0.069\text{ }^{\circ}\text{C/a}$.

图 4 给我们的启示是华北地区 20 世纪初期气温便以增加趋势变化,到近 50 a (1957~2002 年)和近 20 a (1981~2002 年)以来,增温强度显著增大,而且明显具有寒冷地区增温显著、温暖地区增温较小的特征,与文献 [18] 的研究结果一致.

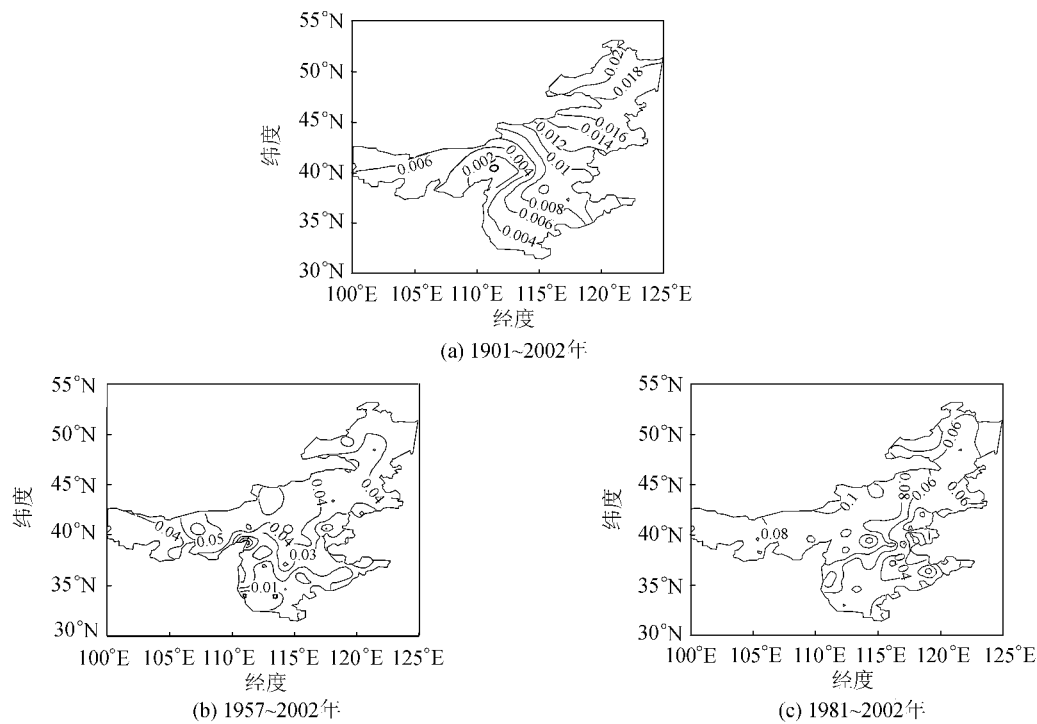


图 4 华北地区气温序列的线性趋势变化分布(单位 $^{\circ}\text{C/a}$)

Fig. 4 Distribution of linear trend of air temperature in North China(Unit $^{\circ}\text{C/a}$)

为了比较不同季节华北地区气温变化的特点,表 1 给出了最近 2 个 30 a 气候平均温度(T_1 和 T_2)与累年平均温度(T)比较,从表 1 可见,2 个 30 a 气候均值年平均气温相差 0.32°C ,比较季节气候均值的变化可以看到,冬季升温最显著,达到了 0.79°C ,夏季升温最小,仅有 0.15°C ,表现出冬季增温显著、夏季增温很弱的特点.

表 1 华北地区年和季节不同时期的平均气温

Table 1 Comparison of mean annual and monthly air temperatures in North China $^{\circ}\text{C}$

时间尺度	T_1 (1961~1990 年)	T_2 (1971~2000 年)	T (1957~2002 年)	$T_2 - T_1$
年	8.35	8.67	8.56	0.32
春季	9.31	9.60	9.51	0.29
夏季	22.33	22.46	22.48	0.15
秋季	8.89	9.10	8.99	0.21
冬季	-7.10	-6.31	-6.68	0.79

5 结 论

综上所述,华北地区近百年来气温持续增温,20 a 尺度增温强度明显强于 50 a 尺度和 100 a 尺度,其增温特征是北部(寒冷地区)增温显著,南部(温暖地区)增温较小,寒冷季节(冬季)增温显著,温暖季节(夏季)增温较小.降水量的变化在 3 个时间尺度中有不同的变化特征,100 a 尺度的降水量普遍呈增大趋势,在 50 a 尺度中开始转为普遍减少趋势,但是最近 20 a 降水量呈显著减少的趋势,干旱化趋势明显加重.100 a 尺度的潜在蒸发量多数地区呈减小趋势,但是在 50 a 尺度上出现转折,近半数地区潜在蒸发量增大,在 20 a 尺度上呈全区性增大趋势.

华北地区各气候要素演变特征分析表明,最近 20 a 的变化对整个地区气候变化强度的贡献极其显著,无论是气温还是降水量和潜在蒸发量的趋势变化都比过去增加 1 倍或数倍以上,使得该地区的变暖强度、干旱化强度以及潜在蒸发量增大强度更大,气候变化强度更加明显.

上述分析还表明,华北地区显著的气候变化将会导致该地区水资源的供给更加紧张,水资源的供需矛盾也会更加突出.因此,合理调整水资源使用政策、合理开发各种水资源(包括江河湖海水资源、空中水资源和地下水资源)是当务之急.

参考文献:

- [1] IPCC. IPCC fourth assessment report(AR4) [R]. Cambridge:Cam-Bridge University Press, 2007.
- [2] 荣艳淑, 余锦华, 段丽瑶. 20世纪80年代和90年代华北干旱特征及成因分析[J]. 高原气象, 2007, 26(2): 319-325.
- [3] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219-225.
- [4] 胡彩虹, 郭慕平, 任健美, 等. 近50年汾河流域气候变化特征分析[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(增刊1): 1-6.
- [5] 黄荣辉, 蔡榕硕, 陈际龙, 等. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 673-684.
- [6] 荣艳淑, 段丽瑶, 徐明. 华北地区1972年和1997年干旱特征及其影响系统分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2007, 35(6): 643-646.
- [7] 罗健, 郝振纯. 我国北方干旱的时空分布特征分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2001, 29(4): 61-66.
- [8] 任立良, 张炜, 李春红, 等. 中国北方地区人类活动对地表水资源影响的研究[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2001, 29(4): 13-18.
- [9] 李相虎, 赵鑫, 任立良. 石羊河流域近50a来水资源的定量分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2007, 35(2): 164-167.
- [10] 邹振华, 李琼芳, 夏自强, 等. 人类活动对长江流域径流量特性的影响[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2007, 35(6): 622-626.
- [11] 龚道溢, 王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响[J]. 科学通报, 1999, 44(3): 315-320.
- [12] 江志红, 李建平, 王梅华, 等. 20世纪全球温度场趋势变化的区域特征分析[J]. 气候与环境研究, 2004, 9(3): 422-434.
- [13] RONG Yan-shu, TU Qi-pu. Reconstruction of precipitation series and analysis of climate change over past 500 years in Northern China [J]. Journal of Hydrodynamics Ser. B, 2005, 17(6): 737-745.
- [14] RONG Yan-shu, TU Qi-pu, Duan Li-yao. Characteristics of the interannual and interdecadal timescale of evaporation in Northern China in the recent 115 years [J]. Journal of Hydrodynamics Ser. B, 2006, 18(5): 593-596.
- [15] 罗健, 荣艳淑. 利用英国 CRU 资料重建华北地区百年蒸发量及其变化分析 [C]//唐洪武, 李桂芬, 王连祥. 2007 水力学与水利信息学进展. 南京: 河海大学出版社, 2007: 753-758.
- [16] MITCHELL T, JONES P D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grid [J]. Int J Climatol, 2005, 25: 693-712.
- [17] 高桥浩一郎. 月平均气温、月降水量以及蒸发散量的推定方式 [J]. 天气, 1979, 26(12): 759-763.
- [18] 荣艳淑. 气候变暖对华北干旱影响的研究 [C]//中国气象学会推进气象科技创新加快气象事业发展: 中国气象学会 2004 年年会论文集上册. 北京: 气象出版社, 2004: 329-335.

Evolution of climate change intensity in North China from 1901 to 2002

RONG Yan-shu¹, LUO Jian²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Science, Guangzhou 510560, China)

Abstract: At the time scales of 100, 50 and 20 years, the evolution patterns of the potential evaporation, precipitation and air temperature trends as well as the climate change intensity in North China from 1901 to 2002 were investigated using the UK CRU mean monthly temperature and precipitation data from 1901 to 2002 and the observed data from 104 meteorological stations in North China, including the monthly precipitation and the mean monthly air temperature from 1957 to 2002. The results show that the evolution of climate change intensity in North China undergoes a process from weak to strong at a time scale of 102 years, and it was highest in the most recent 20 years from 1981 to 2002. Accordingly, the air temperature has become warmer, the drought is severer, and the potential evaporation has increased, resulting in a severe gap between supply and demand of water resources in North China.

Key words: potential evaporation; precipitation; air temperature; climate change intensity; North China