

# Response of Baiyangdian Wetland Climate to Climate Change in North China

Xia Gao, Guimei Jia\*

Baoding Meteorological Bureau, Baoding Hebei  
Email: 805784990@qq.com

Received: Nov. 9<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 21<sup>st</sup>, 2018; published: Nov. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Hebei Province and Baiyangdian region in the past 50 years, and makes use of the daily meteorological observation data. The extreme climatic events in Hebei Province and Baiyangdian wetland are quantitatively described and diagnosed, and the response of Baiyangdian wetland climate to climate change in North China is explained. The results show that regional climate change will have a profound impact on wetland climate. Firstly, the change of temperature in wetland is relatively gentle, the climate change will increase the atmospheric circulation and hydrological cycle, and the extreme precipitation events in wetland will increase. Second, the warming and drying trend of climate change will reduce wetland health. The shortage of wetland water resources becomes more serious because of the water resources in the system, which threatens the biodiversity of the system.

## Keywords

Baiyangdian Wetland, North China, Climate Change, Extreme Precipitation, Extreme Temperature

---

# 白洋淀湿地气候对华北区域气候变化的响应

高霞, 贾桂梅\*

保定市气象局, 河北 保定  
Email: 805784990@qq.com

收稿日期: 2018年11月9日; 录用日期: 2018年11月21日; 发布日期: 2018年11月28日

---

## 摘要

本文以华北核心区域河北省以及白洋淀所在区域观测资料为例, 对近50年来两者气候变化趋势进行了对  
\*通讯作者。

比研究, 且利用逐日气象观测资料, 对河北省和白洋淀湿地极端气候事件给出定量描述和诊断分析, 说明白洋淀湿地气候对华北区域气候变化的响应。结果表明, 区域气候变化会对湿地气候产生深刻的影响。第一, 湿地气温变化相对平缓, 气候变化将加大大气环流和水文循环过程, 湿地的极端降水事件增多。第二, 气候变化的暖干趋势将减少湿地生态系统中的水资源, 使得湿地水资源短缺变得更加严重, 威胁到系统的生物多样性。

## 关键词

白洋淀湿地, 华北, 气候变化, 极端降水, 极端气温

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《湿地公约》对湿地的定义是指天然或人工的、永久性或暂时性的沼泽地、泥炭地或水域, 蓄有静止或流动、淡水、微咸或咸水水体, 包括低潮时水深不超过 6 m 的海域, 包括与湿地毗邻的河滨和海岸地区, 以及位于湿地内的岛屿或低潮时水深超过 6 m 深的海域。湿地有“地球之肾”的美称, 具有涵养水源、蓄洪防旱、调节气候和维护生物多样性等重要的生态功能。在《湿地公约》和《联合国气候变化框架公约》均特别强调了湿地对调节本区域气候的重要作用。华北地区常年干旱少雨, 气候干燥, 白洋淀作为华北地区最大的淡水湖泊, 发挥着湿地的重要功能。它是我国北方最典型、最具代表性的内陆湖泊湿地。

气候变化是指气候平均值和气候离差值(单项数值与平均值之间的差)出现了统计义上的显著变化, 如平均气温、平均降水量、最高气温、最低气温, 以及极端天气事件等的变化。CO<sub>2</sub> 浓度升高以及全球变暖就是气候变化的重要表现形式。气候变化, 对生态系统, 社会经济发展以及人们日常生活将产生重大影响, 近百年来, 全球气候正经历以变暖为主要特征的显著变化, 导致了自然生态环境系统的一系列变化, 严重威胁着人类社会的生存安全。湿地生态系统对气候的变化较为敏感, 气候变化会影响湿地水文, 生物地球化学过程, 植物群落及湿地生态功能等。生态环境的恶化不仅会对生物多样性造成影响, 降低资源的可利用性, 而且也是导致地区经济贫困和社会落后的根源, 并且最终会直接影响到人类的生存。

在最近的 50 余年, 我国华北地区的年降水量明显趋于减少[1] [2], 而温度趋于升高[3] [4]研究表明, 在年降水量趋向减少的地区, 极端强降水事件频率一般也趋于下降[5]。华北地区的暴雨和强降水事件频率也有减少趋势[6]。在气温方面, 龚道溢等[7]分析了华北农牧交错带夏季极端气候的变化趋势, 结果显示该地区严重干旱事件和异常高温事件都呈现显著增加的趋势。翟盘茂指出[8]华北平原日最高温度超过 35℃ 的高温日数略趋减少, 日最低温度低于 0℃ 的低温日数呈十分明显减少趋势。

在华北区域气候明显变暖和降水总量显著减少的背景下, 白洋淀湿地气候产生了怎样的影响, 非常值得关注。本文以华北地区的核心区域河北省以及白洋淀所在区域观测资料为例, 对近 45 年来两者气候变化趋势进行了对比研究。本文分析结果对于进一步理解气候变化与湿地以及其生态环境之间的响应将具有一定帮助。

本文利用逐日气象观测资料, 对河北省和白洋淀湿地极端气候事件给出定量描述和诊断分析, 试图回答白洋淀湿地气候对华北区域气候变化的响应问题。

极端气候指数对研究极端气候事件更具代表性, 本文从世界气象组织(WMO)最近公布的 50 个极端气候指数中选取(表 1)。

**Table 1.** Extreme precipitation index

**表 1.** 极端降水指数

R0.1 mm	每年内日降水量大于 0.1 mm 的天数
R50 mm	每年内日降水量大于 50 mm 的天数
R75% (中等雨日)	每年内日降水量大于 1961~2000 年期间雨日(日降水量 $\geq 1$ mm) 降水量概率分布第 75 百分位阈值的天数
R95% (强降水日)	每年内日降水量大于 1961~2000 年期间雨日(日降水量 $\geq 1$ mm) 降水量概率分布第 95 百分位阈值的天数

## 2. 白洋淀湿地概况

白洋淀地处华北平原中部, 总面积 366 平方公里, 淀区被 3700 条沟壕, 12 万亩芦苇分割成大小不等、形状各异的 143 个淀泊, 85%的水域在安新县境内。白洋淀是大清河水系中游缓洪、滞沥的大型平原洼地, 也是华北平原最大的湿地。白洋淀具有平衡这一地区生态的功能, 在调节华北地区气候, 为鸟类和各种水生动植物提供栖息地, 补充周边地下水等方面都有不可替代的作用。

白洋淀地处亚欧大陆东部季风区暖温带半干旱地区, 大陆性气候特点显著。由于地处西风带大气环流圈内, 太阳高度角一年四季不断变化, 一年内太阳辐射能量分布不均, 形成冬冷夏热, 四季分明的气候特征。历年平均气温 12.2℃。7 月份最热, 平均气温 26.4℃。1 月份最冷, 平均-4.5℃。历年极端最高气温 41.0℃, 出现于 2000 年 7 月。极端最低气温-26.7℃, 出现于 1966 年 2 月。白洋淀湿地所在安新县全年年降水量 497.9 毫米。年内降水变化曲线为一峰一谷型, 夏季总降水量 363.4 毫米, 占全年降水总量的 73%, 主要集中于七八月份; 冬季降水仅为 10.0 毫米, 占全年降水量的 2%, 降水季节分配极不均匀。

白洋淀属于大清河水系, 淀中水量主要来自上游地表径流和大气降水补给, 上游有南、西、北三面呈扇形分布的潞龙河、孝义河、唐河、府河、漕河、萍河、白沟引河等八条河流入淀。各河流入淀水量和水质直接影响白洋淀水量和生态环境。白洋淀干淀水位 6.5 米(大沽高程), 此时淀区面积 80 平方公里, 蓄水量不足 6000 立方。保证水位 8.5 米, 此时白洋淀能保持自我调节的生态环境。警戒水位 10.0 米, 淀区最大蓄水量 10 亿立方米。存储于淀区的水量主要由两部分组成: 直接降落于淀区的降水和上游流域降水产生的进淀流量。

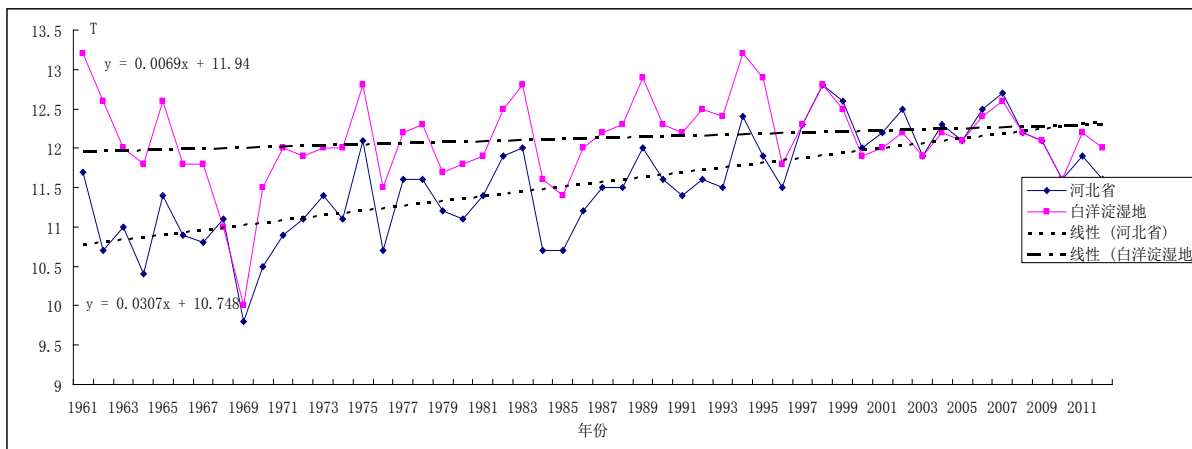
## 3. 河北省气候变化与白洋淀湿地气候变化情况对比分析

### 3.1. 温度变化

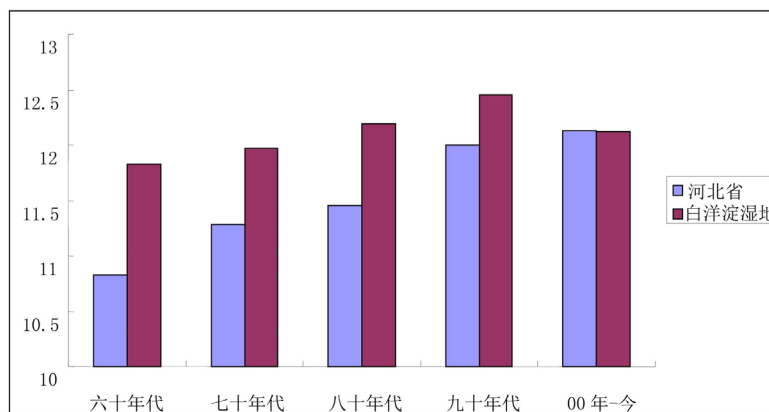
选取河北省 39 个气象站点的观测资料, 空间平均代表省年平均气温, 与多年平均值做距平分析得到近 50 年来的气温变化序列, 与白洋淀湿地近 50 年来平均气温距平变化图 1 对比来看, 两者呈上升趋势, 白洋淀湿地上升幅度为 0.069℃/10 a, 河北省上升幅度为 0.301℃/10 a。具体表现为: (表 2)

- 1) 两者近 50 年来气温持续上升, 60 年代末气温最低, 变化率湿地要小一些;
- 2) 各年代升温幅度均高于全国均值, 白洋淀湿地温度要略高于河北省平均气温, 两者均在 90 年代增幅最大, 近 10 年变化不大, 湿地气温呈现负增长;
- 3) 目前两者的气温均有下降趋势, 湿地下降幅度略小于河北省。

图 2 表明, 气温年代变化呈阶梯式跳跃, 通过对选取的 39 个站点 1961~2013 年的年平均气温进行趋势分析得出, 所选的台站趋势系数均为正, 说明我省表现出很强的变暖趋势, 湿地的变暖趋势不明显。



**Figure 1.** Average annual temperature in Hebei province and Baiyangdian wetland changes flatly  
**图 1.** 河北省与白洋淀湿地两者的年平均气温距平变化



**Figure 2.** The chronological change of the annual average temperature in Hebei province  
**图 2.** 河北省年平均气温的年代变化

**Table 2.** The chronological change of the annual average temperature in Hebei province and Baiyangdian wetland  
**表 2.** 河北省和白洋淀湿地年平均气温的年代变化

时期	六十年代	七十年代	八十年代	九十年代	00年~今
河北省	10.83℃	11.28℃	11.45℃	12.0℃	12.13℃
白洋淀	11.83℃	11.97℃	12.19℃	12.45℃	12.12℃

### 3.2. 两者极端气温的变化

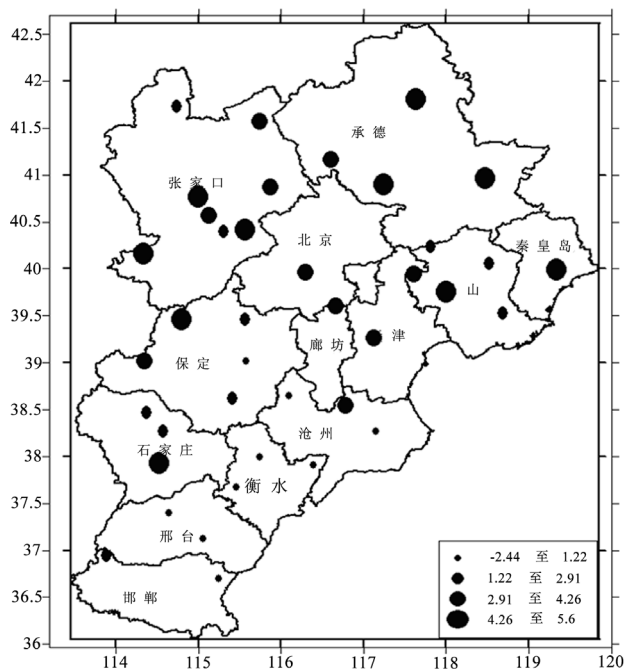
#### 3.2.1. 极端热指数的日数变化

根据本文所定义的挑选阈值的方法, 得到各站每个日期的日极端最高气温的阈值, 将各站日极端最高气温与同一日期的阈值进行比较, 算出每年大于阈值的日数, 求其斜率, 得到各站每年超阈值日数的斜率的空间分布(见图 3)。由图可见, 河北省各地极端高温事件出现日数均呈上升趋势, 白洋淀湿地基本保持不变, 为 0~1 d/10 a。

#### 3.2.2. 极端冷指数的日数变化

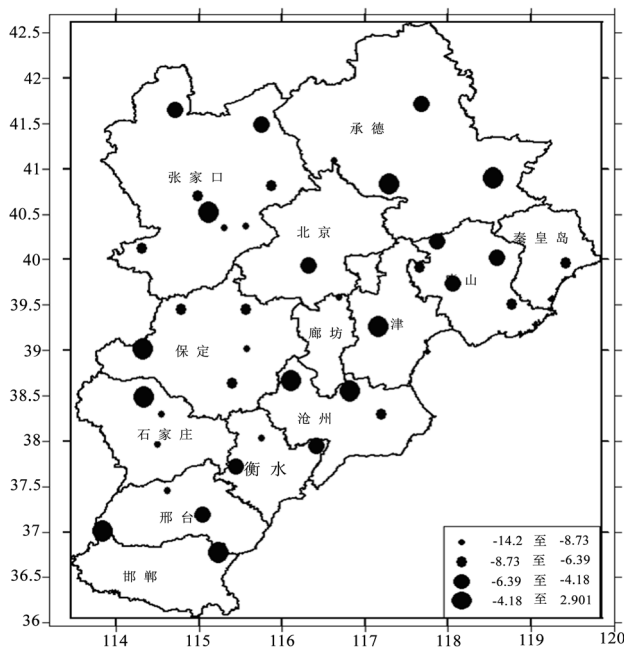
根据所定义的挑选阈值的方法, 得到各站每个日期的日极端最低气温的阈值, 将各站日极端最低气温与同一日期的阈值进行比较, 计算出每年小于阈值的日数, 求其斜率, 得到各站每年小于阈值日数的

斜率的空间分布(图 4)。河北省各站每年极端最低气温小于阈值日数的线性变化率均为负值, 即小于阈值的日数均在减少。中部平原的白洋淀小于阈值的日数以约 10 d/10 a 的幅度下降。河北省平均日数呈明显下降趋势, 下降幅度约为 6.3 d/10 a。



**Figure 3.** Spatial distribution of the linear rate of change of the extreme maximum temperature per day over the threshold duty (unit: d/10 a)

**图 3.** 每年日极端最高气温大于阈值日数的线性变化率的空间分布图(单位: d/10 a)



**Figure 4.** The spatial distribution of the linear change rate of the extreme minimum temperature per day is greater than the threshold duty ratio (unit: d/10 a)

**图 4.** 每年日极端最低气温大于阈值日数的线性变化率的空间分布图(单位: d/10 a)

气候平均值及变率的改变都可以造成异常温度频次的改变。异常低温频次的增暖趋势比较明显。根据气候极端指数的变化对两者极端事件发生的频率进行了研究, 我们可以看到极端温度事件变化中, 河北省平均气温呈增温趋势, 最低气温的增温占主导, 低温日数的减少远超过高温日数的增加。湿地的响应较弱, 与其它地区相比, 变化均不显著。

### 3.3. 降水变化

从河北省和白洋淀湿地的年降水量年际变化曲线(图 5)可见, 两者降水量存在一致的年际变化特征, 近 50 年来降水变化总体呈阶梯下降的趋势。湿地降水变率要快于区域环境。

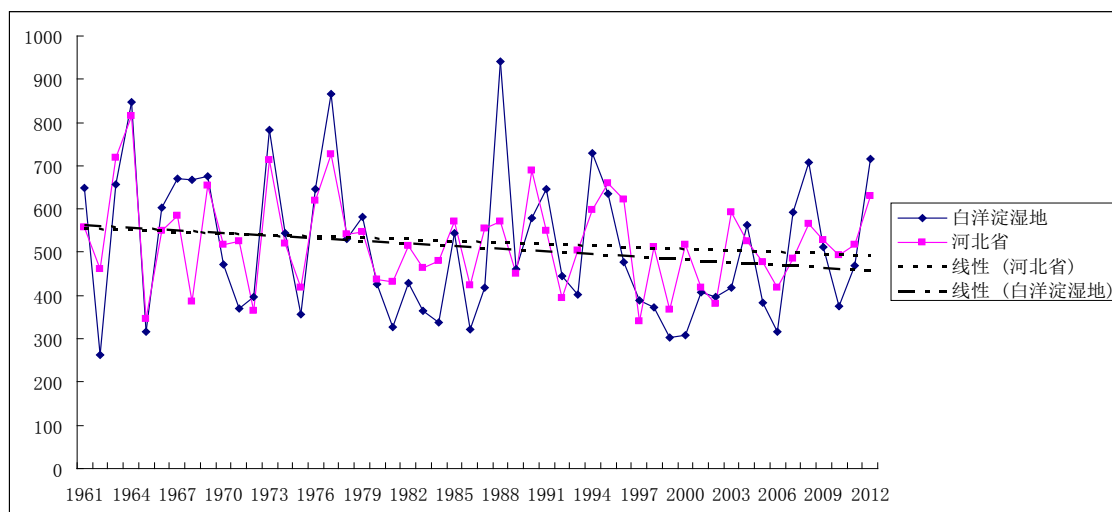


Figure 5. Study on annual precipitation variation of wetland in Hebei Province and Baiyangdian Lake  
图 5. 河北省与白洋淀湿地两者的年降水变化

60 年代降水均较为充裕, 河北省、白洋淀 1964 年平均降水量分别为 815 mm 和 848.5 mm, 为近 50 年极大值。60 至 90 年代降水量持续减少, 近十多年降水有增加。六、七十年代白洋淀湿地降水量大于河北省, 八、九十年代河北省平均年降水量大于湿地, 也就是说环境气候持续降水减少使得湿地降水量明显锐减(图 6, 表 3)。

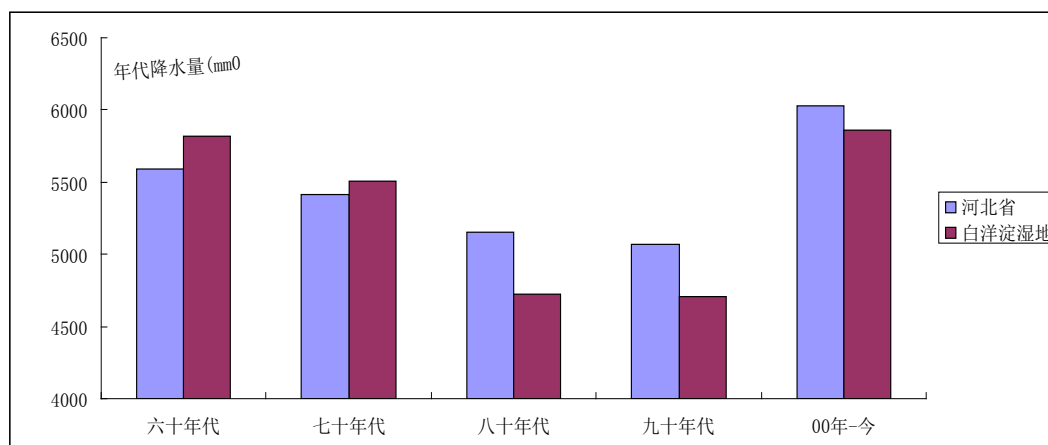
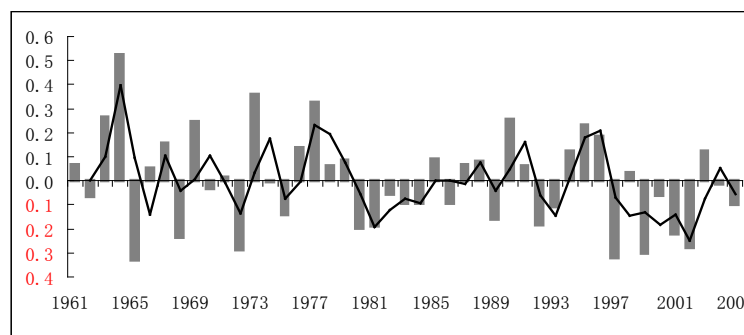


Figure 6. Changes of precipitation in Hebei Province and Baiyangdian Wetland in the years  
图 6. 河北省与白洋淀湿地两者的年代降水变化

**Table 3.** The age change of annual precipitation in both years of Hebei province and Baiyangdian wetland  
**表 3.** 河北省和白洋淀湿地年降水的年代变化

时期	六十年代	七十年代	八十年代	九十年代	00年~今
河北省(mm)	5589.6	5412	5153.6	5065.6	6030.1
白洋淀(mm)	5820.6	5504.5	4720.5	4707.1	5860.6

从河北省整体序列来看(图 7), 1976 年之后 1996 年又是一个转折点, 急剧下降, 这与华北地区的水汽输送改变有关。总体来说, 净径向水汽输送量进一步减少, 从而导致该区降水和水资源减少。

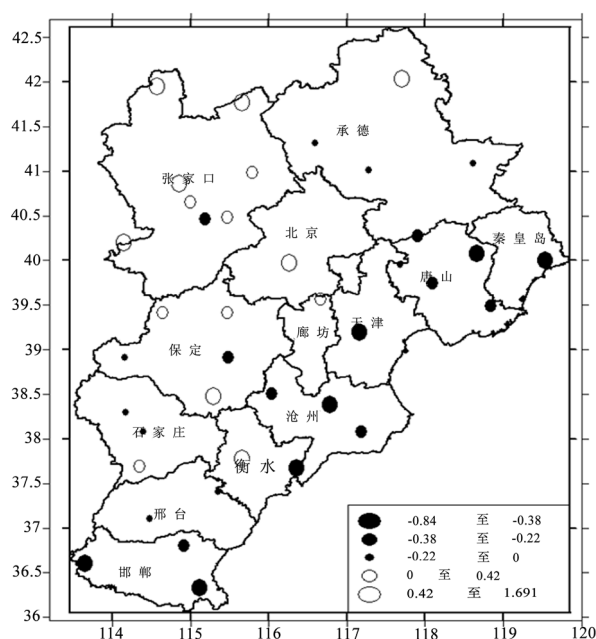


**Figure 7.** Interannual variation of annual precipitation percentage in Hebei province  
**图 7.** 河北省年降水量的距平百分率年际变化

### 3.4. 两者极端降水的变化

#### 3.4.1. 强降水日 R95%的日数变化

图 8 是河北省强降水日 R95%线性变化趋势的地理分布。只有少数站强降水日 R95%呈弱的上升趋势, 绝大多数台站均为负值, 即强降水日数减少, 白洋淀湿地属于此范围, 减少幅度没有超过 0.1 d/10 a。



**Figure 8.** Linear variation trend of diurnal R95% of heavy rainfall (unit: day/10 a)  
**图 8.** 强降水日 R95%线性变化趋势(单位: 日/10 a)

河北省全省平均强降水日数每年发生 9.4 d。近 45 a 来, 全省强降水日数在 20 世纪 70 年代偏多, 80 年代初偏少, 80 年代末到 90 年代初偏多, 但长期线性趋势变化明显。

### 3.4.2. 日降水量 > 0.1 mm (R0.1 mm)的变化趋势

日降水量 > 0.1 mm 的降水日数定义为雨日, 图 9 表明南部地区有量降水减少明显, 尤其是东部沿海市更为显著。长城以北尤其是西北部的丘陵地区降水日增加明显, 而东北地区的多雨中心变化不大。湿地有弱的减少。

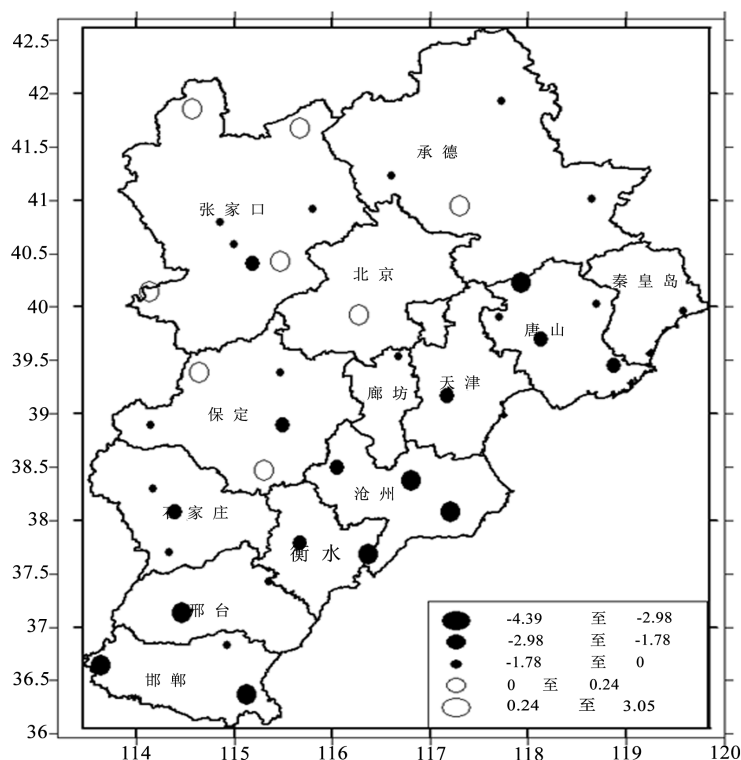


Figure 9. R0.1mm linear Variation Trend (unit: day/10 a)

图 9. R0.1mm 线性变化趋势(单位: 日/10 a)

### 3.4.3. 日降水量 > 50 mm (R50 mm)暴雨变化特征

日降水量超过 50 mm 的降水事件都归为暴雨, 包含了通常所说的暴雨和特大暴雨(>100 mm/天)。根据统计, 暴雨发生频次平均是每年 1.385 次, 平均降水强度为 77.4 mm/天, 这说明大部分的暴雨更接近定义的 50 mm 这个下限。虽然河北省平均暴雨天数只占雨季降水总数的 1.5%, 其降水量却占到了夏季总降水量的 29.2%, 全年降水量的 20.7%。

近 45 年来暴雨频次大部分台站呈现弱的减少趋势, 东北部有较多台站有增加趋势(图 10)。湿地有减少趋势。

从以上极端降水事件分析可以看出, 在河北省年降水量减少的前提下, 湿地每年暴雨以及强降水日数变化幅度很小, 以及有量雨日变化幅度呈较弱的减弱趋势。

## 4. 入淀水量的变化

据 1956~2000 年资料分析, 白洋淀入淀总水量为 470.5 亿  $m^3$ , 平均每年为 10.5 亿  $m^3$ , 但水量在年际变化和年内分配上差异较大。入淀量最多为 1964 年为 53.8 亿  $m^3$ , 最少为 80 年代中期入淀水量为 0,



2000年干涸。20世纪50年代20.4亿 $m^3$ , 80年代末2.4亿 $m^3$ , 相比减少18亿 $m^3$  (88.3%), 90年代入淀水量有所回升为5.8亿 $m^3$  (见表4)。

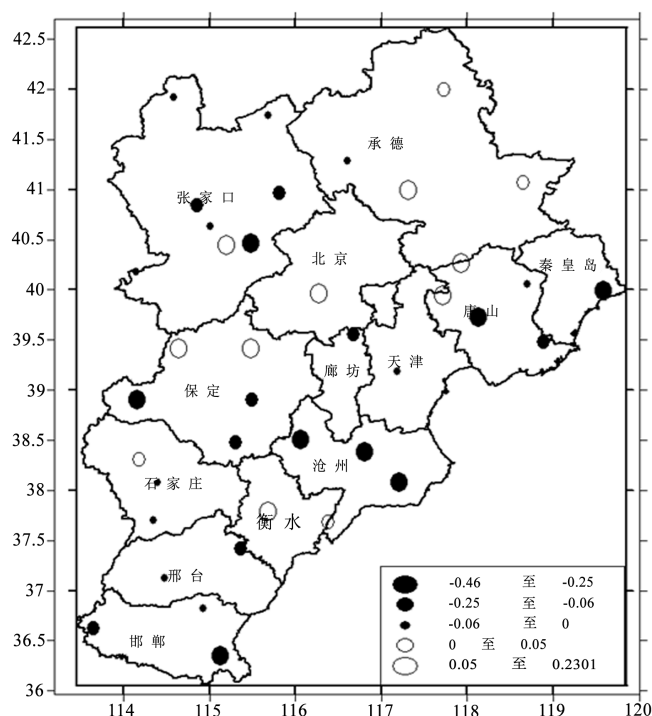


Figure 10. R50 mm linear variation trend (unit: day/10 a)

图 10. R50 mm 线性变化趋势(单位: 日/10 a)

Table 4. Chronology of the lake's sedimentation and the water level, precipitation, evaporation and temperature of Baiyangdian

表 4. 白洋淀入淀量与淀水位、降水量、蒸发量、气温的年代变化表

年代	降水量(0.1 毫米)	蒸发量(0.1 毫米)	气温(0.1 $^{\circ}C$ )	淀水位(米)	入淀量(亿 $m^3$ )
1956~1960	6635.6	14,634.95	10.855	7.5	20.38
1961~1970	5820.6	14,980.27	11.018	6.7	17.56
1971~1980	5504.5	19,234.74	10.882	6.4	11.11
1981~1990	4720.5	17,703.36	10.897	6.2	2.38
1991~2000	4707.1	16,705.54	11.41	6.5	5.794
平均	5457.7	16,875.86	11.037	6.59	10.46

白洋淀入淀量减少的主要原因之一是降水量逐渐减少, 气温逐渐升高以及上游水库蓄水截流等原因造成的。

根据 1956~2000 年白洋淀流域水文、气象观测数据, 用 Eviews 统计软件建立的入淀水量  $y$  (亿  $m^3$ ) 与降水量  $x_1$  (mm/a)、气温  $x_2$  ( $^{\circ}C/a$ )、蒸发量  $x_3$  (mm/a) 的统计模型如下:

$$\text{模型一: } \ln y = -28.4 + 2.45 \ln x_1 + 1.92 \ln x_2$$

$$\text{模型二: } \ln y = -6.88 + 2.28 \ln x_1 - 1.12 \ln x_3$$

经统计检验, 模型一, 计算值  $F = 10.9$ , 查表值  $F_{\alpha} = 3.21$  ( $\alpha = 0.05$ ),  $F > F_{\alpha}$  相关显著; 模型二, 计算值  $F = 5.95$ , 查表值  $F_{\alpha} = 3.21$  ( $\alpha = 0.05$ )  $F > F_{\alpha}$  相关显著。

从上述模型可以看出, 降水量与入淀水量呈正相关关系, 与蒸发量呈负相关关系, 即入淀水量随降水量的增加而增加, 随蒸发量的增加而减少。

白洋淀的入淀水量包括三种情况: 天然入淀水量、上游水库补水量和跨流域调水入淀水量。天然入淀水利量是白洋淀最为重要的水源, 其多少决定着白洋淀的生态环境。

白洋淀从长 50 年代以来, 先后多次出现干淀, 最为严重的是 80 年代连续 5 年彻底干淀使淀区的生态环境遭到了严重的破坏。为了缓解这种状况, 从 80 年代以来多次实施从上游水库向白洋淀补水。从 1981 年以来共补水 21 次, 总入淀水量 7.6 亿立方米。从 2003 年开始, 由于华北地区连年干旱, 白洋淀上游水库蓄水量连年下降, 白洋淀陷入了无水可补的境地。2004 年首次实施了跨流域调水从岳城水库调水 3.9 亿立方米, 入淀水量 1.6 亿立方米, 对维持白洋淀生态环境起到了较大作用。2006 年和 2007 年连续两年实施了“引黄济淀”工程, 缓解了白洋淀水资源的紧张。但由于降水量的连年偏少, 气温升高, 蒸发量增大, 白洋淀水资源短缺的状况仍无法得到解决。

## 5. 总结

1) 大范围的气候变化不仅使得气温、降水、云量等气候参数发生显著的变化, 而且会对湿地水文情势产生深刻的影响。主要表现在两个方面: 第一, 气候变化将加大大气环流和水文循环过程。第二, 气候变化导致的干旱或气温升高将减少湿地生态系统中的水资源, 使得湿地水资源短缺变得更加严重。

2) 近些年来, 年平均气温的不断升高, 致使水分蒸发量加大, 使得湿地水体环境恶化, 自净能力降低, 依靠初级生产力为生的鱼类和浮游动物等大量消失, 食物链变得越来越脆弱, 严重威胁到系统的生物多样性。

3) 湿地生态系统对洪涝、干旱等极端气候事件具有调节功能, 能够减缓气候变化带来的不利影响。

## 参考文献

- [1] Houghton, J.T., Ding, Y.H., Griggs, D.G., *et al.* (2001) *Climate Change 2001: The Science Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] 丁一汇, 任国玉 (主编). 中国气候变化科学概论[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 281.
- [3] 严中伟, 杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000(3): 267-272.
- [4] 翟盘茂. 中国降水极值变化趋势检测[J]. 气象学报, 1999, 57(2): 208-216.
- [5] Klein, A.M.G. and Konnen, G.P. (2003) Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe. *Climate*, **16**, 3665-3680.
- [6] 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): 144-148.
- [7] 龚道溢, 韩晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 230-238.
- [8] 潘晓华, 翟盘茂. 我国极端气候极端事件的确定选取与分析[J]. 气象, 2002, 28(18): 28-31.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5711，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)