

# 极端天气事件对区域水文特性的影响分析

郑苗

河北省唐山水文勘测研究中心

DOI:10.12238/hwr.v8i6.5511

**[摘要]** 极端天气事件的频发对全球各地的水文特性产生了显著影响。本研究通过分析极端天气事件对区域降水模式、蒸发和蒸腾、地表径流及地下水补给的影响,揭示了气候变化背景下水文循环的动态变化,在此基础上,分析了极端天气事件对区域水文特性的影响。

**[关键词]** 极端天气事件; 水文特性; 区域影响; 气候变化

中图分类号: TV 文献标识码: A

## Analysis of the Impact of End Weather Events on Regional Hydrological Characteristics

Miao Zheng

Hebei Tangshan Hydrological Survey and Research Center

**[Abstract]** The frequent occurrence of extreme weather events has had a significant impact on hydrological characteristics worldwide. This study analyzes the effects of extreme weather events on regional precipitation patterns, evaporation and transpiration, surface runoff, and groundwater recharge, revealing the dynamic changes in the hydrological cycle under the background of climate change. Based on this analysis, the impact of extreme weather events on regional hydrological characteristics is examined.

**[Key words]** Extreme weather events; Hydrological characteristics; Regional impact; Climate change

在气候变化的背景下,极端降水、干旱、暴风雪等事件的频率和强度逐年增加,这不仅对生态系统构成威胁,也对人类的生存和发展提出了严峻挑战。降水模式的变化、地表径流的波动、地下水补给的不确定性等水文特性均在极端天气事件的作用下发生显著变化。这些变化不仅影响到农业、工业和城市供水,还关系到生态环境的健康和区域经济的发展。

### 1 极端天气事件对水文循环的影响

#### 1.1 降水模式的变化

极端天气事件显著改变了降水的强度和频率。根据IPCC的报告(2018),全球变暖导致极端降水事件的频率增加。在过去50年中,全球极端降水事件的频率增加了约30%。这种变化在特定地区尤为明显,极端降水事件导致洪水和泥石流等次生灾害的频发。2020年夏季,我国南方多个地区的降水量超过了历史记录,导致了严重的洪灾和人员伤亡。数据显示,江西省2020年7月的降水量达到了800毫米,是多年平均值的两倍以上<sup>[1]</sup>。

降水的时间和空间分布也受到极端天气事件的显著影响。传统的季节性降水模式正在发生变化,极端降水事件导致降水时间分布更加不均衡。

#### 1.2 蒸发和蒸腾的变化

##### 1.2.1 温度上升对蒸发量的影响

气候变化引发的全球气温上升对蒸发过程产生了直接的影

响。根据Clausius-Clapeyron方程,气温每升高1°C,空气的饱和水汽压将增加约7%。这意味着在温度升高的情况下,蒸发量将显著增加。相关数据显示,在过去50年中,全球平均气温上升了约0.85°C,这直接导致了蒸发量的增加。例如,湖泊的蒸发量在夏季增加了20%以上,对水资源的可利用性产生了深远影响。

##### 1.2.2 植被覆盖变化对蒸腾量的影响

极端天气事件和气候变化对植被覆盖的影响也十分显著。植被的蒸腾作用是水文循环的重要组成部分。极端天气事件,如风暴、干旱和森林火灾,可能导致植被的损失和退化,从而影响蒸腾量<sup>[2]</sup>。

##### 1.3 地表径流的变化

极端降水事件通常会引发严重的洪涝灾害,洪涝的发生主要由于地表径流迅速增加,超出了河道和排水系统的承载能力。径流量Q可以通过径流系数C降水强度I和流域面积A进行估算:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

式中,C为无量纲系数,表示地表的径流系数,通常取决于土地利用类型和土壤渗透率。比如,2017年夏季,中国南方某流域在24小时内降水量达到200毫米,导致地表径流显著增加,引发了大范围的洪涝灾害,造成经济损失超过50亿元。

在干旱期,降水减少导致地表径流显著减少,进而影响水资源的可利用性。地表径流的减少不仅会导致河流、水库等水体的水位下降,还会影响生态系统的健康和农业灌溉。径流深度 $H$ 可以表示为降水量 $P$ 和蒸发量 $E$ 的差:

$$H = P - E$$

在干旱期,由于蒸发量通常较大,径流深度明显减少。例如,在2012-2016年间,美国加利福尼亚州经历了严重干旱,地表径流减少了50%以上,导致农业产量下降、水资源短缺和生态系统受损。

#### 1.4 地下水补给和消耗

极端天气事件对地下水位的变化具有显著影响。频繁的极端降水事件可能导致地下水位迅速上升,而长期干旱则会导致地下水位下降。

例如,2016年印度的季风季节导致该地区地下水位在短期内上升了约2米。然而,长期的干旱时期,如2011-2017年的加州干旱,则导致地下水位平均下降了约1.5米。

地下水资源的可持续性也受极端天气事件的严重威胁。过度的抽取和不稳定的补给量导致地下水资源面临枯竭的风险<sup>[3]</sup>。地下水可持续性评估可以通过以下公式进行:

$$G = \frac{R - P}{Q}$$

式中, $G$ 为地下水资源的可持续性指数, $R$ 为年补给量, $P$ 为年抽取量, $Q$ 为年流失量。数据表明,在某些区域,尤其是气候干旱的地区,地下水的年抽取量远超补给量。

## 2 区域水文特性分析方法

### 2.1 数据收集与处理

气象数据是分析区域水文特性的基础。获取气象数据通常包括降水量、气温、湿度、风速等。数据来源可以是气象站、遥感卫星以及气象部门的公开数据库。在处理气象数据时,需要进行数据清洗和缺失值填补。常用的缺失值填补方法有插值法和多元回归法。

水文数据包括河流径流量、地下水位、湖泊水位等。这些数据可以通过实地监测设备获取,如流量计、测深仪和地下水位计。在处理水文数据时,同样需要进行数据清洗和缺失值填补。此外,还需进行时间序列分析,以识别长期趋势和季节性波动。

### 2.2 水文模型的选择与应用

常用的水文模型包括降水径流模型、地下水流动模型和综合水文模型。降水径流模型如SCS-CN模型,通过计算降水后流域的径流量来分析洪水风险:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

式中, $Q$ 为径流量, $P$ 为降水量, $I_a$ 为初损量, $S$ 为蓄满量。地下水流动模型如MODFLOW,采用有限差分法模拟地下水的流动和分布。综合水文模型如SWAT,可以同时模拟地表径流、地下水

和水质等多种水文过程。

选择合适的水文模型需要考虑流域特点、数据可用性和研究目的。例如,SCS-CN模型适用于小流域洪水风险评估,而MODFLOW则适用于复杂的地下水系统分析<sup>[4]</sup>。在选用模型时,还需进行模型参数的敏感性分析,以确定关键参数对模型输出的影响。敏感性分析可以通过改变参数值观察结果变化,常用方法包括局部敏感性分析和全局敏感性分析。

### 2.3 模型校准与验证

模型校准是通过调整模型参数,使模型输出与观测数据尽可能匹配的过程。校准步骤通常包括初始参数设置、参数调整和误差评估。

模型验证是通过独立的观测数据集评估模型的预测能力。验证数据集应与校准数据集相互独立,以确保验证结果的可靠性。

## 3 案例研究——极端天气事件对某区域水文特性的具体影响

### 3.1 研究区域概况

本研究选取中国河北地区作为研究区域。河北地区位于华北平原,地理位置约为东经113°至119°、北纬36°至42°。该地区地形以平原为主,北部有燕山山脉。主要河流包括漳河、滹沱河等,地表水资源丰富但分布不均。河北地区的土壤主要包括风沙土和黄棕壤,地区农业以种植业为主,部分地区发展灌溉农业。

河北地区属于温带季风气候,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨。年平均气温为8°C至12°C,年降水量在400毫米至800毫米之间,降水主要集中在6月至9月的雨季。近年来,受气候变化的影响,河北地区经历了多次极端天气事件,包括严重的干旱和局地暴雨。

### 3.2 极端天气事件的发生情况

在近几年的气候观察中,河北地区遭受了多次极端天气事件的严峻考验。2019年夏季,该地区经历了异常的降水活动,部分地区的降水量突破了历史记录,引发了一系列严重的洪水灾害。特别是2019年7月,石家庄市在短短24小时内记录下了高达220毫米的降水量,这种罕见的高强度降雨导致多地出现洪涝灾害,严重破坏了基础设施,影响了数千居民的正常生活,并对当地的农业生产造成了毁灭性的打击。洪水不仅淹没了农田,还带来了土壤侵蚀和长期的土地质量退化问题。

除了洪水之外,河北地区还面临着反复的干旱问题。2021年夏季,持续的高温和干旱条件对该地区的水资源造成了长期的压力。多个主要水库的水位持续下降,到了危急水平,严重制约了农业灌溉系统的效率,减少了可耕种面积,从而影响了粮食安全和农民的生计。干旱不仅限制了农业生产的潜力,还加剧了城市和乡村的水供应短缺,增加了地区发展的不确定性和挑战。

这些极端天气事件的频繁发生,不仅暴露了河北地区在水资源管理和灾害应对方面的脆弱性,还凸显了加强地区气候适

应性措施的迫切需要,以保障人民的生活和地区的可持续发展

### 3.3 水文特性变化分析

河北地区的水文特性在极端天气事件下显示出明显的变化。2019年的暴雨事件导致地表径流量急剧增加,尤其是在雨季,地表径流量比2018年增加了约30%,详见表1:

表1 2018年和2019年降水量与径流量的变化

时间段	平均降水量 (mm)	地表径流量 (m <sup>3</sup> /s)
2018年6-9月	300	200
2019年6-9月	450	260

极端天气事件还对地区水质和水资源利用产生了影响。在2019年的洪涝期间,主要河流的水质恶化,悬浮物、氮、磷的浓度显著上升,农业灌溉和城市供水系统的压力增大。

### 3.4 模型模拟结果分析

在进行水文特性变化的模型模拟时,选用了SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 模型,并以2019年6月至9月河北地区的实际观测数据为基础进行模拟。模拟结果与实际情况的对比结果如表2所示:

表2 模型模拟结果与实际观测数据的对比分析结果

项目	模拟结果	实际观测数据	误差率 (%)
降水量 (mm)	450	440	2.3
地表径流量 (m <sup>3</sup> /s)	255	260	1.9
平均水质(悬浮物 mg/L)	60	62	3.2
农业灌溉用水量 (m <sup>3</sup> )	1100000	1150000	4.3

由表中数据可以看出,实际观察的数据跟模拟结果非常接近,误差率为2.3%,表明所用模型在参数设置和计算方面具有较高的准确性和可靠性,这种高精度的模拟对于预测洪水和其他水相关灾害的风险至关重要。通过这些模拟结果,可以更有效地预测未来极端天气事件对河北地区水文特性的影响,为水资源管理和灾害防控提供科学依据。

极端天气事件对河北地区水文特性的影响深刻。面对频繁发生的极端天气事件,区域水文系统的动态变化要求我们不断优化水文模型,提升预测精度,合理规划水资源的利用与保护<sup>[5]</sup>。同时,加强对极端天气事件的监测和预警,制定实际有效的应对策略,是确保生态环境和社会经济可持续发展的关键。

## 4 结语

极端天气事件对区域水文特性的深远影响,强调了在气候变化背景下加强水资源管理和应对策略的必要性。面对日益频发的极端天气事件,区域水文系统的动态变化要求研究不断优化水文模型,提升预测精度,科学合理地规划水资源的利用与保护。同时,加强对极端天气事件的监测和预警,制定切实可行的应对措施,有助于促进生态环境和人类社会的可持续发展。

## [参考文献]

[1]邓良武.水利工程中的工程地质和水文地质勘查工作探析[J].低碳世界,2024,14(04):109-111.

[2]曹文婷,吴彦昭.疏勒河流域潘家庄水文站水文特性分析[J].甘肃水利水电技术,2024,60(02):6-9+25.

[3]刘玄.山东省极端气候变化特性和水文响应分析[D].山东农业大学,2022.

[4]高超.气候变化下基于事件特性的日随机降雨模型研究[D].浙江大学,2020.

[5]李广凯.极端降雨下抽水蓄能电站防洪技术研究[D].山东大学,2019.