

河北省降雨侵蚀力时空变化

姜会品 肖金强 胡晓萌

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司 河北 石家庄 050031

摘要: 剖析河北省六十年的气象数据,借助章文波模型,辅之以线性回归、曼-肯德尔法、小波分析以及克里金等多重方法,研究该区域降雨对土壤潜在侵蚀能力的演变脉络。研究发现:自1961年至2020年间,历年降雨侵蚀力和汛期降雨侵蚀力均呈减少之势,但变化幅度平缓。而非汛期降雨侵蚀力却呈现出显著的增长态势。历年降雨侵蚀力其变化呈现出阶段性的周期行波动特征。在地理空间上,累年及汛期的降雨侵蚀力自西北向东南呈渐进增强之势。对于非汛期降雨侵蚀力而言,大致从邢台、黄骅、秦皇岛一带向张北方向逐渐减弱。

关键词: 河北省;土壤侵蚀;时空变化

引言

降雨对地表土壤所产生的侵蚀效应,用降雨侵蚀力来衡量。我国诸多专家学者^[1-8]借助多元化的方法与模型,探究降雨侵蚀力背后的复杂机理与恒定规律。章文波等学者^[5-7]凭借气象站日常观测数据,构建了一种简易算法模型,并通过对比分析各类雨量数据,提出了基于日雨量资料的侵蚀力算法。此法不仅考量了日雨量波动对侵蚀力所产生的影响,更为该领域的研究提供了数据支撑与理论参考。此外,诸多学者关注降雨侵蚀力在时间与空间维度上的动态变化。门明新等人^[10]运用地理统计学原理,在河北省展开空间格局研究,揭示了降雨侵蚀力在地理空间分布上的规律。赵光耀^[9]和索笑颖^[10]两位学者亦利用日降雨侵蚀模型,分别针对唐秦地区和河北山区降雨侵蚀力,探讨了时间变迁与空间差异。

目前,针对河北省全境和长时间序列降雨侵蚀力的研究较少。本文在探索河北省全境降雨对土壤侵蚀之影响的过程中,采用了河北省基本气象站长达60年之逐日降雨数据,并运用章文波^[8]的降雨侵蚀力模型,利用多种分析方法,对降雨侵蚀力之时空演变规律进行剖析。

1 研究区域概况

河北省位于中国东部地区,气候条件独特,生态环境丰富。地形多变,自西而东,太行、燕山山脉绵延,北部坝上高原辽阔,南部则是肥沃的华北平原。此地气候独特,四时分明的温带大陆性季风气候,雨季集中在每年6~9月,降水量占年降水量的70%~80%,以短暂而强劲为特点,造就了河北独特的气候风貌和生态环境。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源

本文选取了河北省20个基本气象站,近60年(即自1961年至2020年)逐日降雨数据资料。这些气象站分布

均匀,包括承德、张家口、秦皇岛、保定、石家庄、邢台等地区,为确保数据的全面和准确性,文中气象数据均为资源环境科学与数据中心提供的权威数据(<https://www.resdc.cn/Default.aspx>),确保了数据的全面性和准确性。

2.2 降雨侵蚀力的计算

本研究使用章文波^[8]提出的简易算法模型,计算了日降雨侵蚀力,其进行推算月和年降雨侵蚀力,其计算模型方程式如下所示:

$$R_k = \alpha \sum_i^n P_i^\beta, \alpha = 21.586\beta^{-7.182}, \beta = 0.836 + 18.144P_{d12}^{-1} + 24.455P_{y12}^{-1}$$

式中: R_k 为特定年份 k 月的降雨侵蚀力,单位为 $\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$; P_i 为第 k 月第 i 日的侵蚀性日降雨量,单位为 mm ,章文波^[8]定义日降雨量应大于侵蚀性降雨标准,并规定该标准为大于等于 12mm 的日降雨量; n 为第 k 月的降雨天数; α 、 β 为计算模型中统计系数,无量纲; P_{d12} 表示侵蚀性降雨量的日平均雨量; P_{y12} 表示侵蚀性降雨量的年平均雨量。

2.3 时空分析方法

文章首先运用线性回归模型,探究气象数据随时间演变的规律,然后采用 Mann-Kendall 非参数检验法深入剖析数据时间上的突变。为了理解数据序列之周期性波动,采用小波分析法进行剖析。最后,结合地理信息系统软件的克里金空间插值方法,深入探讨数据在空间分布上的规律。

3 结果与分析

3.1 降雨侵蚀力时间变化特征

在数值上,降雨侵蚀力在 $1199.7 \sim 4415.7 \text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间变化,平均值为 $2484.0 \text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在60年中,1964年的降雨侵蚀力达到了历史最高点,在

1999年达到了历史最低点。分析降雨侵蚀力5年滑动平均曲线（见图1），在1961-2020年间，尽管总体上降雨侵蚀力展现出一种波动下降之势，但在几个短暂的时间区间，例如1961-1967年、1976-1979年、1994-1998年和2011-2020年，降雨侵蚀力却呈现出短暂的增长态势，其余年份起变化仍旧是趋于下降的变化规律。

汛期降雨侵蚀力在全年侵蚀力占比高达88.1%，这

一数据在64.5%到96.5%的范围内波动。对于历年汛期降雨侵蚀力的变化轨迹，观察到其呈现出递减之势，然而这一趋势的幅度并不突出。相对而言，非汛期降雨侵蚀力却呈显出一种显著的稳步增强之态，其增强趋势之剧烈，可由统计数据中Z值高达2.17（见图1）来展现，超越了临界值1.96。

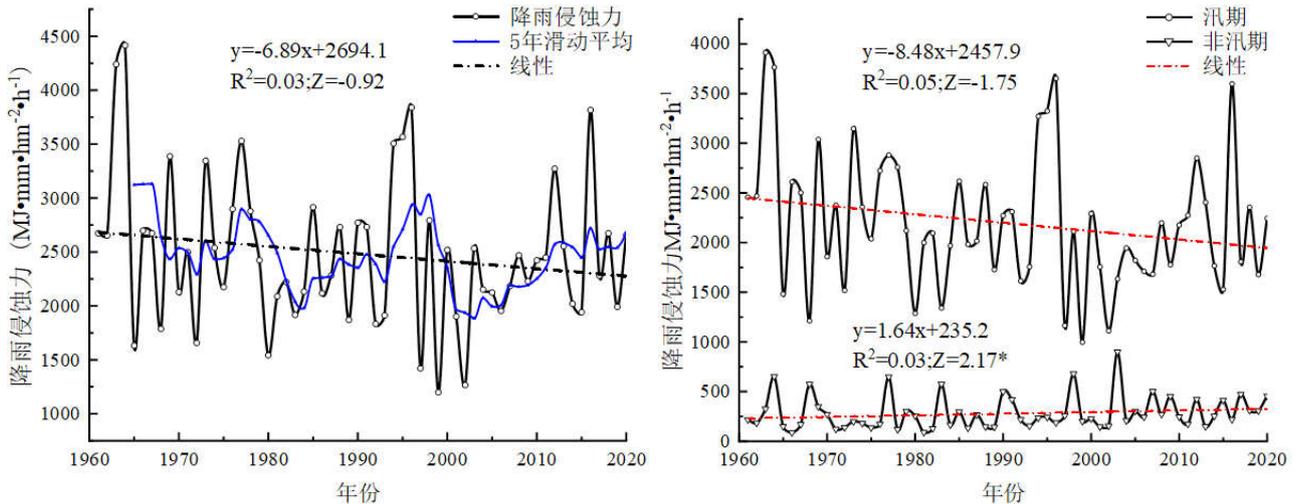


图1 降雨侵蚀力变化趋势

审视图2，观察到河北省近60年的降雨侵蚀力所展现的微妙变化。图中为小波系数实部图，其浅色部分，代表了侵蚀力强的时期，而相对的深色区域，则代表了侵蚀力较弱的时期。值得注意的是，图中揭示了降雨侵蚀力存在两个主周期波动，其中，长达44年主周期尤为显

著，作为该地区的第一主周期特性，其振荡频率高且能量强大，对应的周期约为30年。另一个较短主周期为25年，虽震荡较弱，但周期性依旧明显，其对应的周期约为15年。

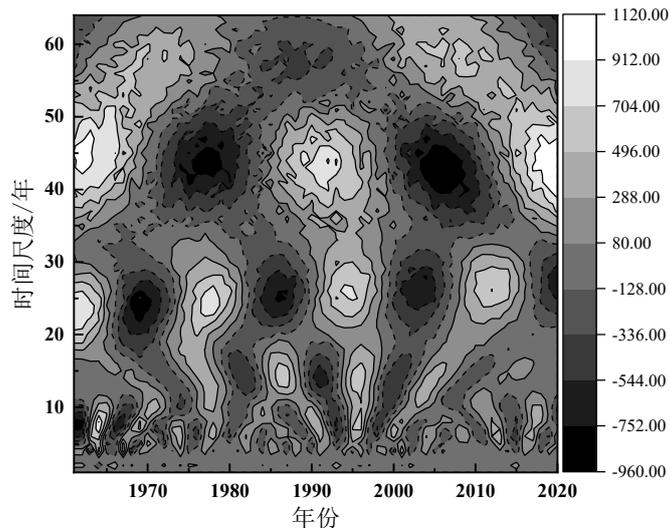


图2 降雨侵蚀力小波周期分析

3.2 降雨侵蚀力空间变化特征

由图3可知，河北1961-2020年年降雨侵蚀力的在空

间上大体上呈现从西北地区向东南部地区逐渐增加的变化趋势，坝上地区降雨侵蚀力较小，张北地区为最

低 $797.9\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ，该省南部的平原地区的降雨侵蚀力处于中间水平，而东部唐山和秦皇岛地区的降雨侵蚀力较高，最高值出现在遵化为 $4847.1\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 。汛期降雨侵蚀力在空间分布上呈现出明显的特点，它与全年降雨侵蚀力空间分布极为相似。整体来看，从西北向东，侵蚀力逐渐增大，坝上地区的降雨侵蚀力相对较弱，其中张北地区达到

了最低值 $716.3\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 。相对而言，沿海区域的降雨侵蚀力则更强，遵化地区达到了最高的 $4443.5\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 。而平原地区降雨侵蚀力则处于中间水平；非汛期降雨侵蚀力大体上呈现从邢台、黄骅、秦皇岛地区向张北地区递减，坝上地区较小，最低值为张北 $81.6\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ，沿海地区较大，最高值为秦皇岛 $528.7\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

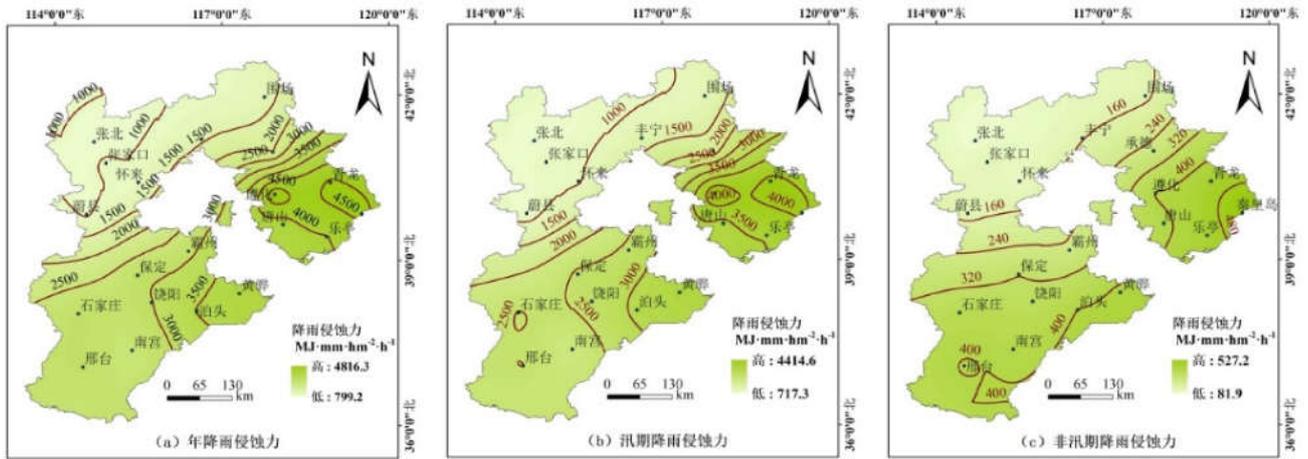


图3 降雨侵蚀力空间分布

4 结论

(1) 在时间维度上，降雨侵蚀力呈现一定的演变轨迹。全年和汛期的降雨侵蚀力均呈现波动减弱之势，但减弱幅度不明显。相反，非汛期降雨侵蚀力呈增强之态，而且增长幅度非常显著。总体来看，历年降雨侵蚀力展现出阶段性的周期性振荡，其中存在两个主周期。第一主周期长达44年，其周期约为30年；第二主周期为25年，其周期约为15年。

(2) 在空间维度上，降雨侵蚀力受到地形和气候的双重作用，呈现出明显的分布差异，并在汛期和非汛期展现出不同规律。一般来说，从西北向东南，全年和汛期的降雨侵蚀力逐渐增强，尤其是沿海地区，降雨侵蚀力最强，而坝上地区则相对较弱，平原地区则介于两者之间。

参考文献

[1]王万忠.黄土地区降雨侵蚀力R指标的研究[J].中国水土保持,1987,(12):34-40.
[2]黄炎和,卢程隆,郑添发等.闽东南降雨侵蚀力指标R

值的研究[J].水土保持学报,1992,6(4):1-5.

[3]吴素业.安徽大别山区降雨侵蚀力简化算法与时空分布规律[J].中国水土保持,1994,(4):12-13.

[4]周伏建,陈明华,林福兴等.福建省降雨侵蚀力指标的初步探讨[J].水土保持学报,1995,9(1):13-18.

[5]章文波,谢云,刘宝元.利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J].地理科学,2002(06):705-711.

[6]章文波,付金生.不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J].资源科学,2003,25(1):35-41

[7]章文波,谢云,刘宝元.降雨侵蚀力研究进展[J].水土保持学报,2002,16(2):43-46

[8]门明新,宇振荣,许曠.基于地统计学的河北省降雨侵蚀力空间格局研究[J].中国生态农业学报,2006,(11):2270-2277

[9]赵光耀.唐秦地区侵蚀性降雨及降雨侵蚀力时空变化研究[D].保定:河北农业大学,2019

[10]索笑颖.河北省山区降雨及降雨侵蚀力时空变化研究[D].保定:河北农业大学,2020