

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

# 降雨诱发洪灾的评价

Evaluation of Floods Induced by Rainfall

(工作组讨论稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国灾害防御协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 评价指标 .....	4
5 关键参数与取值 .....	6
6 评价结果的表示 .....	7
7 评价的组织实施 .....	8

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国灾害防御协会提出并归口。

本文件起草单位：黄河水利职业技术学院、中国水利水电科学研究院、University of Cambridge（剑桥大学）、华北水利水电大学、长江水利委员会长江科学院、清华大学、中国长江电力股份有限公司、河海大学、南京水利科学研究院、中国水利水电第十一工程局有限公司、河南瑞达信息技术有限公司、中国机械工业建设集团有限公司、云河（河南）信息科技有限公司等联合编制。

本文件主要起草人：尚毅梓、胡昊、李晓飞、雷恒、尚领、Dongfang Liang（梁东方）、王永强、任玉峰、崔一飞、冶运涛、雷慧闽、徐鹏、吴腾、刘志武、龚家国、徐杨、假冬冬、李海辰、廖卫红、张海荣、郑野、李想、杨晨、夏巍、刚轶金、李著策、江威、吴子文、杨永森、王华震、赵雨森、张弛、李虎、侯红雨、蔺志刚。

# 降雨诱发洪灾的评价

## 1 范围

本文件规定了降雨诱发洪灾的评价指标、取值规则和评价结果规则；  
本文件适用于指导和规范降雨诱发洪灾评价工作，其他相关行业部门可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 33669-2017 极端降水监测指标
- GB/T 34294-2017 农村民居防御强降水引发灾害规范
- GB/T 28592-2012 降水量等级
- SL767-2018 山洪灾害调查与评价技术规范
- SL/T 675-2014 山洪灾害监测预警系统设计导则
- SL/T 666-2014 山洪灾害防御预案编制导则
- SL579-2012 洪涝灾情评估标准
- QX/T 542-2020 中小河流洪水和山洪致灾阈值雨量等级
- QX/T 470-2018 暴雨诱发灾害风险普查规范 山洪
- QX/T 303-2015 极端降水监测指标
- MZ/T 041-2013 暴雨型洪涝灾害灾情预评估方法

## 3 术语和定义

本标准涉及的术语与定义部分来自其他标准。

### 3.1

**强降雨**（*EHR*） extremely heavy rain

降雨量显著超过区域气候标准期均值的小概率强降雨现象。

### 3.2

**极端阈值** extreme threshold value

某统计量达到极端状况的临界值。

[来源：GB/T 33669-2017,2.4]

## 3.3

降雨重现期 (*RRP*) rainfall return period

统计某一极端降雨事件发生的平均时间间隔, 单位为年。

## 3.4

降雨影响直径 (*RID*) rainfall impact diameter

某个时间段内降雨覆盖区域相等面积的几何直径, 单位: 100 km。

## 3.5

降雨评估指数 (*RAI*) rainfall assessment index

描述区域内特定时段降雨强度与空间分布特征的综合性评价指标, 基于降雨强度、重现期以及空间插值方法计算得出, 用于衡量区域降雨事件的整体影响程度, 单位为无量纲值。

## 3.6

降雨极端指数 (*REI*) rainfall extreme index

相应时段降雨极端指数和灾害损失系数的乘积, 单位:  $\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$ 。

## 3.7

洪灾最严重面积 ( $A_{max}$ ) flood most severe Area

某时段降雨极端指数, 其对应的面积即为洪灾影响最严重的区域面积, 单位: 万  $\text{km}^2$ 。

## 3.8

灾害损失系数 (*DLF*) disaster loss factor

表示灾害天气对社会经济影响的数值化指标, 基于统计数据计算, 单位为无量纲值。

## 3.9

洪灾极端指数 (*FEI*) flood extreme index

某统计量达到极端状况的临界值, 表示洪灾事件的综合严重程度, 单位为  $\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$ 。

[来源: GB/T 33669-2017,2.4]

## 3.10

洪灾综合极端指数 (*CEI*) comprehensive extreme flood index

对洪灾事件多日极端指数的累积求和结果, 用于反映整个事件的综合影响, 单位为  $\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$ 。

## 3.11

洪灾平均极端指数 (*AEI*) flood average extreme index

平均极端指数为洪灾历时某个时间间隔内洪灾极端指数的平均值。

## 4 评价指标

本标准的评价指标包括:

#### 4.1 降雨重现期

降雨重现期反映洪灾事件中极端降雨的发生概率，采用概率分布函数计算：

$$RRP = \frac{1}{1 - F(x)}$$

其中， $F(x)$ 为分布函数， $RRP$ 为降雨重现期。

该指标广泛用于评估降雨事件的长期风险，为防灾规划提供基础数据。同时，可辅助区域内水资源配置及防洪除涝工程设计决策。

#### 4.2 洪灾最严重面积

洪灾最严重面积表示灾害影响区域中极端降雨覆盖的最大范围，基于 GIS 空间分析确定：

$$A_{max} = \int_{x \in D} 1(P(x) > P_{threshold}) dx$$

其中， $A_{max}$ 为洪灾最严重面积， $D$ 为区域范围， $P(x)$ 为降雨强度， $P_{threshold}$ 为极端阈值。

该指标可用于灾害应急响应中关键区域的优先定位，为制定救援策略提供参考。

#### 4.3 洪灾极端指数

通过降雨强度、影响范围及损失权重加权计算，综合反映洪灾事件的严重程度：

$$FEI = \log(R) \cdot \frac{A_{max} \cdot W}{10^3}$$

其中， $FEI$ 为洪灾极端指数， $A_{max}$ 为最严重面积， $W$ 为权重系数（根据区域经济密度或人口密度设定）。

该指标适用于不同区域洪灾风险的横向比较，为优先防护区域的评估提供量化依据。

#### 4.4 洪灾综合极端指数

计算某洪灾事件的多日极端指数累积值，用于反映洪灾事件的整体影响：

$$CEI = \sum_{i=1}^n FEI_i$$

其中， $CEI$ 为洪灾综合极端指数， $FEI_i$ 为第  $i$  天的洪灾极端指数， $n$  为洪灾持续天数。

该指标便于分析洪灾事件在时间上的发展趋势，为长期洪灾管理政策提供支持。

#### 4.5 洪灾平均极端指数

用于对比多个洪灾事件间的平均极端性。

$$AEI = \frac{CEI}{n}$$

其中， $AEI$ 为洪灾平均极端指数， $CEI$ 为洪灾综合极端指数， $n$ 为洪灾持续天数。

该指标有助于不同洪灾事件综合影响的对比研究，支持针对性资源分配决策，例如抢险救援资源的高效调度、物资储备的优先安排，以及社会人力资源的合理分配。

## 4.6 降雨极端指数

反映单次降雨事件的极端性，综合考虑降雨重现期、影响范围和区域权重，采用以下公式计算：

$$REI = \log(RRP) \cdot \frac{A_{max} \cdot W}{10^3}$$

其中， $REI$ 为降雨极端指数， $RRP$ 为降雨重现期， $A_{max}$ 为洪灾最严重面积， $W$ 为权重系数（根据区域经济密度或人口密度设定）。

降雨极端指数用于评估单次降雨事件的极端性和灾害潜力，通过对不同降雨事件的降雨极端指数进行横向比较，可量化分析不同区域降雨事件的风险程度。

## 5 关键参数与取值

### 5.1 参数设置

本节定义了本标准使用的关键参数及其取值方法，参数设置需考虑区域特性、历史气象数据及应用场景，确保计算结果的准确性和代表性。

参数名称	符号	定义与描述	单位	取值规则	用途
极端降雨量	$EHR$	显著超过区域气候标准期均值的小概率强降雨现象	mm	设定为上限间值的 95%分位值，基于历史降雨序列分析。	用于评估降雨事件的稀有性与极端性。
极端阈值	$P_{threshold}$	极端降雨事件的临界值	mm/h	设定为降雨序列中超过 95%分位值的数值。	用于判定降雨事件是否达到极端。
降雨重现期	$RRP$	某极端降雨事件发生的平均时间间隔	年	依据概率分布函数计算。	评估降雨事件的长期风险，为防灾规划提供依据。
降雨影响直径	$RID$	降雨覆盖区域等效面积的几何直径	100 km	通过 GIS 空间分析，基于降雨分布计算。	描述降雨空间影响范围。
降雨评估指数	$RAI$	综合降雨强度、重现期及空间分布特征计算得到的指标，用于衡量降雨事件的整体影响	无量纲	通过 GIS 空间插值计算获得。	用于区域降雨事件整体影响分析。
降雨极端指数	$REI$	降雨极端指数与灾害损失系数的乘积，表示降雨事件的极端性	$\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$	$REI = \log(RRP) \cdot \frac{A_{max} \cdot W}{10^3}$	用于计算时段内降雨事件的极端性。
洪灾最严重面积	$A_{max}$	降雨极端指数对应的最严重影响区域面积	$\text{km}^2$	基于阈值分析结合 GIS 方法计算，面积超过。	用于优先定位灾害影响区域，制定救援策略。
灾害损失系数	$DLF$	表示灾害对社会经济影响的数值化指标	无量纲	根据区域 GDP、人口密度等综合加权计算。	反映灾害对社会经济的潜在损失情况。
洪灾极端指数	$FEI$	表示洪灾事件综合严重程度的指标	$\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$	通过加权计算，基于降雨极端指数和灾害损失系数计算。	用于横向比较不同区域洪灾风险及严重程度。
洪灾综合极端指数	$CEI$	多日洪灾极端指数累积值	$\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$	$CEI = \sum_{i=1}^n FEI_i$	描述整个洪灾事件的综合影响。

参数名称	符号	定义与描述	单位	取值规则	用途
洪灾平均极端指数	$AEI$	洪灾事件历时内洪灾极端指数的平均值	$\log(\text{yr}) \cdot 100\text{km}$	$AEI = \frac{CEI}{n}$	用于对比多个洪灾事件的综合影响程度。
权重系数	$W$	综合区域经济、人口等因素的权重	无量纲	根据经济密度、人口密度及基础设施风险系数综合设定。	计算洪灾极端指数时用于加权。
分布函数	$F(x)$	描述降雨事件的概率分布函数	无量纲	基于历史降雨序列采用正态分布或伽马分布拟合，需通过 K-S 检验验证。	用于确定降雨重现期及评估降雨事件的概率特征。
降雨强度	$P(x)$	区域内某时间段的降雨强度	mm/h	来源于气象站数据，按时段统计并结合历史数据校验。	用于计算降雨评估指数和分析降雨事件的强度分布。

## 5.2 取值规则

### 5.2.1 极端降雨量

应通过极值理论或分位数方法确定极端降雨量，基于历史降雨序列数据进行分析。建议将极端降雨量设定为上限间值的 95%分位值，以确保其能够反映区域内降雨事件的稀有性与极端性。

### 5.2.2 联合样本

在样本构建过程中，需进行完整性验证，剔除数据中的异常值。建议联合样本由年最大降雨量序列和超过 95%分位值的极端降雨事件整合而成，以确保样本具有良好的代表性和科学性，从而为后续评估提供可靠依据。

### 5.2.3 区域差异调整

应根据不同地形特征（如平原、山区或河谷地带），对相关参数的阈值和取值规则进行适当调整。结合区域气候模型与实际观测数据优化参数取值，提升评估的精度与适用性。

## 6 评价结果的表示

### 6.1 评价结果图形表达

评价结果建议采用空间分布图、曲线和柱状图等综合形式，空间分布图应能直观展示降雨事件在时间和空间上的影响范围，并标注受灾区域的最大影响点。图形应能直观展示各项评价指标随时间的变化趋势，清晰揭示洪灾事件的动态特性及其影响范围，并突出灾害核心区域的影响范围。

### 6.2 指标定量比较分析

评价结果需进行降雨影响区域最小面积和最大极端值的对比分析，以量化评估单次降雨事件的极端性。这种比较应提供具体的定量数据，用于明确极端降雨风险的强度和空间分布特征。

### 6.3 历史数据趋势评估

评价结果需结合历史事件中的最小值与最大值变化趋势，分析降雨事件的动态特征和长期变化模式。趋势分析应揭示区域降雨风险的时空演变规律，为制定长期风险管理策略提供科学依据。

## 6.4 洪灾事件评价报告

降雨诱发洪灾的评价报告应涵盖洪灾背景、数据来源与方法、分析结果、综合评价与结论，以及意见与建议等内容，全面呈现洪灾事件的特性及其影响。报告的建议结构和提纲详见 **附录 B**。

## 7 评价的组织实施

本节描述了强降雨诱发洪灾事件的评估实施流程，包括数据采集、样本构建、分析计算、结果表示和综合评价的主要步骤。有关评估方法的具体示例和操作细节，可参考 **附录 C**。

### 7.1 数据采集

#### 7.1.1 数据类型

应收集以下数据以支持降雨诱发洪灾事件的评估工作：

- **基础地理信息数据和数字高程模型（DEM）**：用于分析评估区域的地理与地形特征，提供居民地分布、交通网络以及地形起伏等关键信息。数据来源建议为国家基础地理信息中心或相关测绘部门。
- **土地利用图和湖泊及河网调蓄能力数据**：用于评估土地利用类型（如农业用地、城市用地）对洪水汇流及蓄洪能力的影响，分析水文系统对洪水调控作用。建议数据来源为国土资源部门和水利部门。
- **社会经济统计数据**：提供人口分布、房屋数量、粮食作物面积及各产业生产总值等涉灾相关信息，用于量化洪灾的社会经济影响。建议数据来源为统计部门的公开数据。
- **降雨数据**：包括历史降雨数据和短期预报数据：
  - 所需年限的降雨数据：用于构建降雨重现期模型和分析降雨事件的极端性，涵盖多年度的最大降雨值及极端降雨值。
  - 未来 24 小时降雨量预报数据：来源于气象部门，支持短期风险预测并评估降雨事件可能的影响范围。
- **其他评估所需数据**：根据具体评估目标和区域特性，收集其他可能影响洪灾评估结果的数据（如地下水位变化、植被覆盖率等），以补充和完善分析基础。

#### 7.1.2 数据要求

数据的精度应满足评估需求，以确保结果的科学性和准确性：

- **可靠性**：数据应来源于权威机构或经过验证的公开数据平台，确保数据的权威性和准确性。
- **精度**：
  - 数字高程模型（DEM）：建议分辨率为 30 米以内，用于确保地形分析的准确性。
  - 降雨数据：建议采用小时或日精度，以适应短期预测和长期分析的需要。
- **一致性**：所有数据在时间和空间分辨率上需保持一致，避免因数据缺失或不一致导致评估结果偏差。

## 7.2 构建样本

为了准确评估降雨事件的极端性，建议构建联合样本，综合考虑区域内年最大降雨事件和极端降雨事件，形成具有代表性的数据序列。具体构建步骤如下：

### 7.2.1 获取年最大降雨量序列

基于区域雨量站的历史降雨数据，提取目标时段（如 1 小时、1 日、3 日或 5 日等）内的最大降雨值，形成年最大降雨量序列。数据收集应确保完整性和一致性，为后续样本构建提供可靠的数据来源。

### 7.2.2 筛选极端降雨值

通过极值理论或分位数方法分析历史降雨数据，筛选出超过分位数临界值的极端降雨事件。默认情况下建议使用 95% 分位值作为标准，筛选过程中需进行完整性验证并剔除异常值，确保样本的科学性和代表性。

### 7.2.3 构建联合样本

将年最大降雨量序列与筛选出的极端降雨事件整合，形成联合样本。为反映区域特性，联合样本的分位数临界值应根据不同地形条件（如平原、山区或河谷地带）进行适当调整。

平原地区：可适当降低分位数至 90%，以涵盖更多降雨事件。

山区或河谷地带：可提高分位数至 98%，以更加准确反映极端降雨事件的特征。

调整标准应结合区域气候模型和观测数据进行优化。

### 7.2.4 样本优化与调整

结合区域气候模型和实际观测数据，对联合样本进行优化处理。调整后的样本需充分体现区域特性与差异性，为后续分析提供具有代表性的可靠数据。

## 7.3 分析计算

洪灾事件降雨重现期计算的主要步骤如下：

### 7.3.1 拟合频率分布

采用概率分布函数（如广义极值分布或伽马分布）对联合样本的频率分布进行拟合，分析不同强度区间降雨事件的概率分布规律。拟合过程需结合样本数据的区域特性和时间分布特点，**具体分布函数的选择及适用性见附录 A。**

### 7.3.2 拟合结果检验

使用 K-S 检验 和  $\chi^2$  检验对拟合结果进行统计检验，验证分布模型的适配度和准确性。通过检验结果筛选出最优概率分布函数，确保拟合模型与实际数据具有较高一致性。**检验方法及其操作步骤详见附录 A。**

### 7.3.3 降雨重现期计算

根据确定的最优概率分布函数，计算预设时段（如 1 小时、1 日、3 日等）的降雨重现期，量化不同强度降雨事件的发生概率。这一步是评估降雨事件极端性的重要基础。

### 7.3.4 空间插值分析

利用地理信息系统（GIS）技术对预设时段的降雨重现期进行空间插值计算，生成降雨评估指数的空间分布图。通过空间分析揭示降雨影响面积在不同区域的分布特征，为评估洪灾风险提供区域化的视角和数据支撑。

### 7.3.5 确定极端指数与最严重面积

将降雨评估指数的最大值确定为预设时段的降雨极端指数，同时将该极端指数对应的降雨影响面积定义为洪灾最严重面积。这些指标用于描述降雨事件的极端性及其影响范围，支持后续的风险分析和应急规划。

## 7.4 结果表示

降雨诱发洪灾事件的评估结果建议通过以下指标和图形进行表示：

### 7.4.1 洪灾极端指数

根据预设时段的降雨极端指数（ $REI$ ）与洪灾损失系数（ $DLF$ ）的乘积，计算并确定每个预设时段的洪灾极端指数（ $FEI$ ），用于识别洪灾影响最严重的区域，明确主要风险点，

### 7.4.2 洪灾综合极端指数

将所有预设时段内的洪灾极端指数（ $FEI$ ）按权重进行加权求和，计算得到洪灾综合极端指数（ $CEI$ ），用于整体描述洪灾事件的严重程度。

### 7.4.3 洪灾平均极端指数

在所有预设时段内对洪灾综合极端指数（ $CEI$ ）求平均值，得到洪灾平均极端指数（ $AEI$ ），用于反映洪灾事件的总体影响水平。

### 7.4.4 评价指标图形

绘制洪灾极端指数（ $FEI$ ）随时间的变化曲线，进一步结合洪灾最严重面积（ $A_{max}$ ）、洪灾综合极端指数（ $FEI$ ）和洪灾平均极端指数（ $AEI$ ）等评价指标综合分析，最终判定洪灾事件的极端性。

## 7.5 综合评价

综合评价应基于分析结果，对洪灾事件的总体特性及风险点进行总结，重点包括以下内容：

### 7.5.1 综合极端性分析

利用综合极端指数和平均极端指数，评估洪灾事件的整体严重程度及其时间和空间分布特征。

### 7.5.2 历史洪灾对比

结合历史洪灾事件，分析当前洪灾的特性与趋势，揭示洪灾风险的长期演变规律。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### A.1 广义极值分布模型

广义极值分布模型 (Generalized Extreme Value Distribution, GEV)是由 Fisher 和 Tippett 的极值理论发展而来,其概率密度函数和分布函数分别如下:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ \left[ -1 + k \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/k} \right\} \cdot \left[ 1 + k \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1-1/k} \quad (1)$$

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + k \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/k} \right\} \quad (2)$$

式中 $k$ 为形状参数,且 $k \neq 0$ ;  $\mu$ 为位置参数;  $\sigma$ 为尺度参数。

#### A.2 伽马分布

伽马分布 (Gamma) 的概率密度函数和分布函数如下:

$$f(x) = \frac{x^{(\alpha-1)} \beta^{-\alpha} e^{(-x/\beta)}}{\Gamma(\alpha)} \quad (3)$$

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (4)$$

式中,  $x > 0$ ,  $\alpha$ 为形状参数;  $\beta$ 为尺度参数;  $\Gamma(\alpha)$ 为伽马函数。

#### A.3 Kolmogorov-Smirnov (K-S)检验

K-S检验能够用来比较所用的分布函数与样本的概率分布是否有显著差异,在拟合结果检验中应用较多。假定样本容量为 $n$ ,  $F_0(x)$ 为待检验的理论分布模型,  $F_n(x)$ 为样本的累计分布,原假设 $H_0: F_0(x) = F(x)$ 。  $D$ 为检验统计量,  $D = \max |F_0(x) - F_n(x)|$ ,  $D_\alpha(n)$ 为显著性水平 $\alpha$ 下统计量 $D$ 的临界值。

- 若 $D < D_\alpha(n)$ , 则认为理论分布和样本经验分布在显著性水平 $\alpha$ 拟合较好,无显著差异;
- 若 $D \geq D_\alpha(n)$ , 则认为两者拟合较差,理论分布不适合经验值。

#### A.4 Pearson 卡方 ( $\chi^2$ ) 检验

卡方检验是用途非常广的一种假设检验方法,它在分类资料统计推断中的应用,包括:两个率或两个构成比比较的卡方检验;多个率或多个构成比比较的卡方检验以及分类资料的相关分析等。计算公式如下:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

式中， $\chi^2$ 为卡方检验统计量，遵循卡方分布， $k - 1$ 为自由度， $k$ 为数据样本大小， $O_i$ 为数据 $i$ 的观测值， $E_i$ 为数据 $i$ 的期望值。

## 附录 B

### (资料性附录)

#### 《强降雨诱发洪灾事件评价报告》编制提纲

## 1. 引言

### 1.1 报告背景

- 洪灾事件的基本情况（发生时间、地点、范围）。
- 评价工作的目标和意义。

### 1.2 评价方法与依据

- 评价指标体系（如降雨重现期、极端指数等）。
- 数据来源与分析工具（气象数据、GIS 等）。

## 2. 数据与方法

### 2.1 数据来源

- 降雨数据、地理信息数据、社会经济数据等的收集情况。
- 数据的质量控制与预处理方法。

### 2.2 评价方法

- 降雨重现期计算方法。
- 极端指数和综合极端指数的计算公式及步骤。
- 空间分布分析与模型适用性验证。

## 3. 分析结果

### 3.1 降雨重现期分析

- 降雨事件的重现期分布及其空间特征。
- 区域内极端降雨发生概率的差异。

### 3.2 降雨极端指数评估

- 降雨事件的极端性量化结果（如 REI、CEI）。
- 区域内最严重影响面积及其分布。

### 3.3 空间分布图示

- 降雨重现期分布图、极端指数分布图等直观展示。

## 4. 综合评价与结论

#### 4.1 综合评价

- 洪灾事件的整体极端性与严重程度。
- 区域特性分析（如不同区域的降雨特性与洪灾风险）。

#### 4.2 结论总结

- 对比历史洪灾事件的结果，说明洪灾事件的独特性或趋势。
- 评价的主要发现和关键结论。

### 5. 意见与建议

#### 5.1 意见

- 对评价结果的分析，提出针对区域内洪灾管理的改进意见。
- 识别当前评估方法和实践中的不足之处，为未来改进提供参考。

#### 5.2 建议

- **防灾减灾措施：**提出区域防灾减灾的优先事项和实施步骤。
- **技术与政策优化：**建议改进数据质量、分析模型及区域规划策略，以提升洪灾管理能力。

### 附录

- 原始数据表格或图表补充（如降雨序列数据）。
- 评价模型的技术细节说明。
- 专业术语的定义与说明。

## 附录 C

(资料性附录)

### 降水诱发洪灾的评估活动实施示例

#### C.1 数据采集

##### C.1.1 研究区域

淮河流域的地理位置、气候特征及经济密度等基本情况被总结如下：

- 面积约 27 万平方千米，覆盖河南、安徽、江苏、山东和湖北五省。
- 农业发达，人口密集，气候主要为暖温带半湿润季风气候，雨季洪水灾害频发。

图 1 展示了淮河流域的地理位置及雨量站点分布情况。

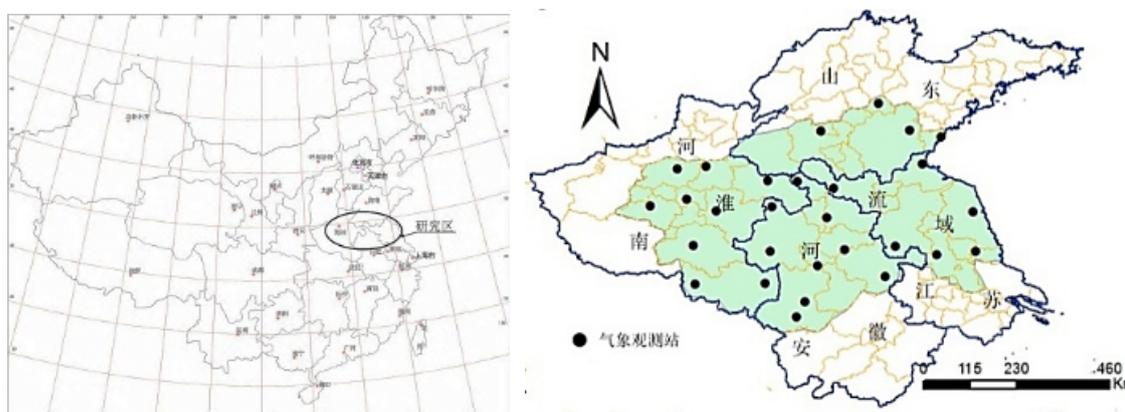


图 1 研究区地理位置和雨量站点分布图

##### C.1.2 数据来源

- 降雨数据来自中国气象科学数据共享服务网，包括 53 年（1960-2012 年）日降雨量数据。
- 基础地理信息来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站。
- 洪灾损失数据来源于水利部和气象局发布的年报。

#### C.2 样本构建

##### C.2.1 降雨极端值筛选

- 提取每年最大日降雨值，形成年最大降雨值序列。
- 筛选超过 95% 分位数的极端降雨事件，构建极端降雨值序列。

##### C.2.2 联合样本序列

- 合并年最大降雨值序列和极端降雨值序列，去重后优化样本。
- 根据区域特性调整分位数标准，平原地区设为 90%，山区或河谷地带提高至 98%。

### C.3 分析计算

#### C.3.1 频率分布拟合与检验

- 使用广义极值分布（GEV）拟合联合样本序列的频率分布。
- 采用 K-S 检验和  $\chi^2$  检验验证分布拟合结果，选择最优分布函数。

首先，采用 GEV 分布、Gamma 分布和正态分布分别对各样本系列的频率分布进行拟合，并采用极大似然法进行参数估计，由于站点较多，仅列举了部分站的拟合结果，见图 2。然后，采用 K-S 检验和  $\chi^2$  检验选择出各站点最适合的分布函数，结果见表 1。

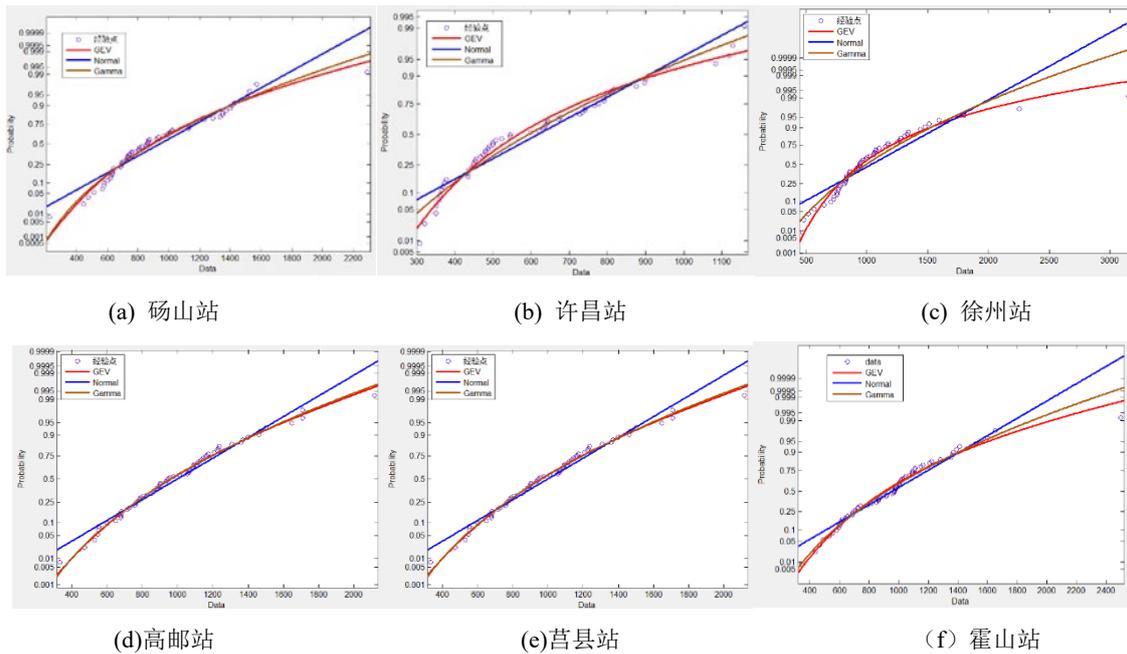


图 2 代表站拟合结果

表 1 各站模型检验结果表

序号	站点名称	K-S 检测结果			$\chi^2$ 检验结果			最适合分布函数
		GEV	Gamma	Normal	GEV	Gamma	Normal	
1	砀山	Y	Y	Y	6.15	9.33	10.89	GEV
2	亳州	Y	Y	N	6.71	10.74	-	GEV
3	宿县	Y	Y	Y	7.95	11.96	N	GEV
4	蚌埠	Y	Y	Y	11.84	12.4	12.21	GEV
5	阜阳	Y	Y	Y	10.89	9.39	N	Gamma
6	寿县	Y	Y	Y	6.31	8.09	N	GEV
7	滁县	Y	Y	N	10.3	10.64	-	GEV
8	六安	Y	Y	Y	5.69	5.22	7.81	GEV
9	霍山	Y	Y	Y	8.96	N	N	GEV
10	开封	Y	Y	Y	9.09	9.16	12.89	GEV
11	郑州	Y	Y	Y	3.17	4.24	3.02	Gamma
12	商丘	Y	Y	Y	6.35	4.46	N	Gamma
13	许昌	Y	Y	Y	10.85	10.58	12.14	Gamma
14	宝丰	Y	Y	Y	6.81	8.29	13.89	GEV
15	西华	Y	Y	N	12.42	13.05	-	GEV
16	驻马店	Y	Y	Y	8.61	11.03	N	GEV
17	固始	Y	Y	Y	7.62	N	13.57	GEV
18	信阳	Y	Y	Y	N	11.96	9.68	Gamma

19	赣榆	Y	Y	Y	8.33	10.19	8.13	Gamma
20	徐州	Y	Y	N	8.59	13.72	-	GEV
21	射阳	Y	Y	Y	5.23	7.33	9.95	GEV
22	盱眙	Y	Y	Y	12.59	13.87	13.96	GEV
23	东台	Y	Y	Y	10.07	11.52	N	GEV
24	高邮	Y	Y	Y	7.62	7.61	9.03	Gamma
25	沂源	Y	Y	Y	6.47	12.88	13.93	GEV
26	莒县	Y	Y	Y	6.96	8.89	9.04	GEV
27	兖州	Y	Y	N	9.95	11.62	-	GEV
28	日照	Y	Y	Y	13.4	10.74	13.55	Gamma

注：K-S 检验的显著水平为 0.05，字母“Y”表示通过 K-S 检测，“N”表示未通过检测，符号“-”表示未检测。

### C.3.2 降雨重现期计算

基于最优分布函数计算各站点的降雨重现期，图 3 和图 4 分别展示 2003 年和 2007 年洪灾重现期空间分布图，反映了淮河流域降雨风险的区域差异。

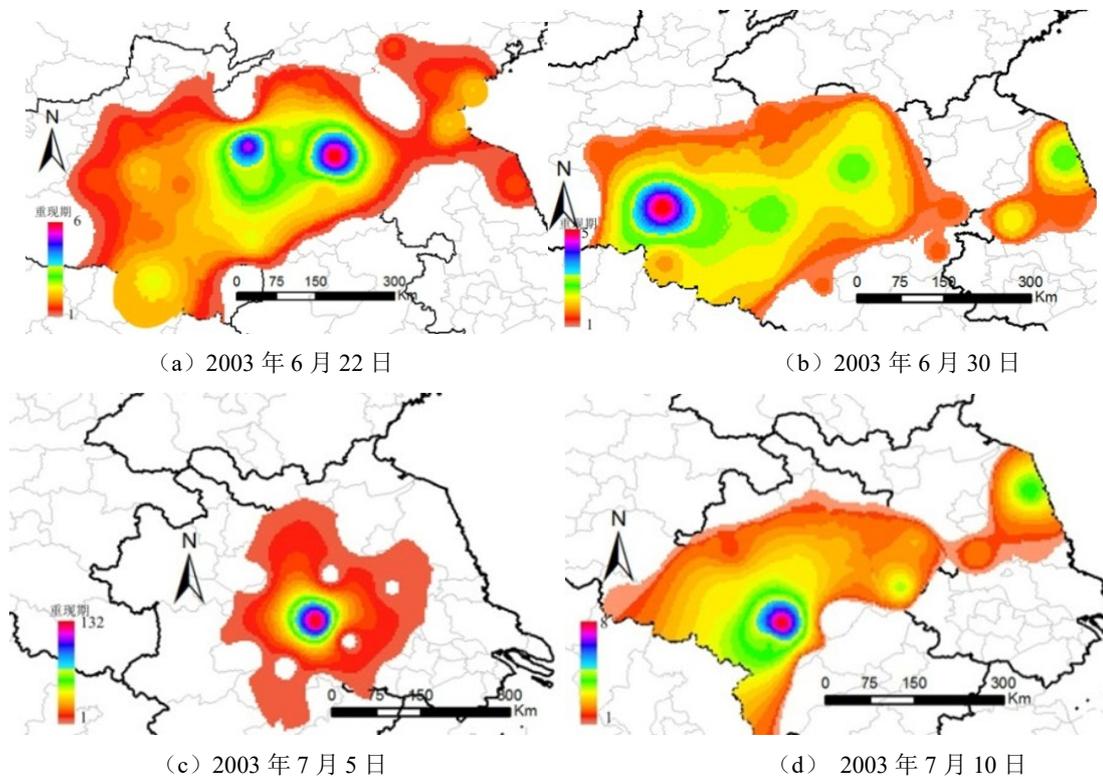
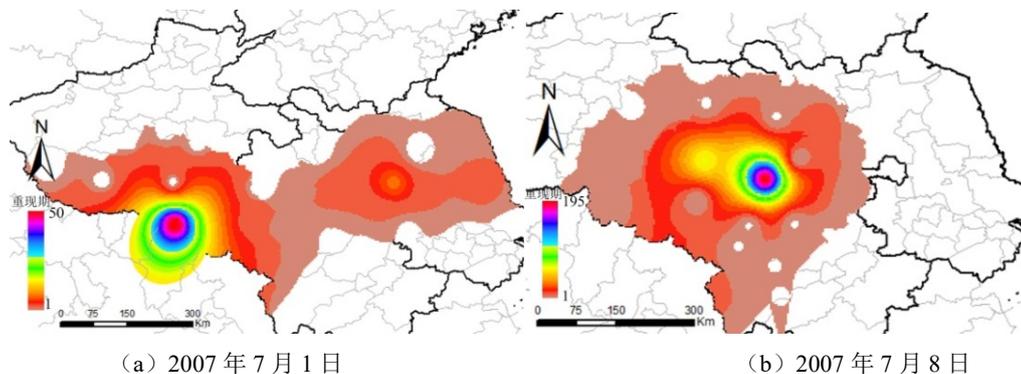


图 3 2003 年夏季洪灾日降雨量重现期分布图



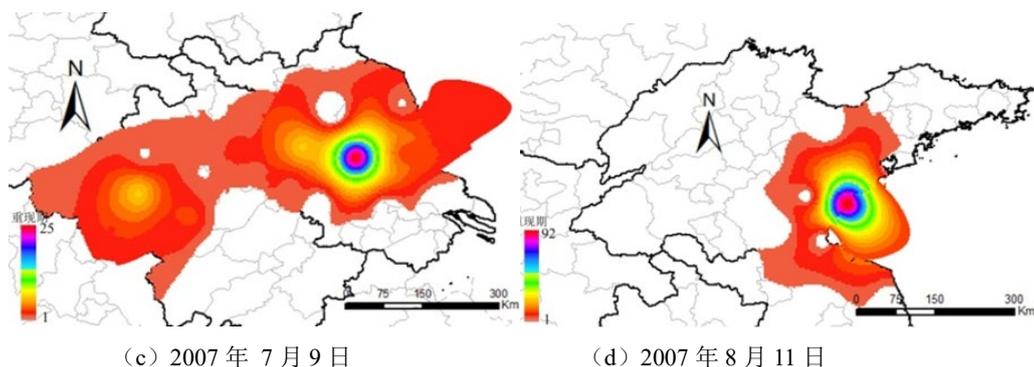


图 4 2007 年夏季洪灾日降雨量重现期分布图

### C.3.3 极端指数与最严重面积计算

计算降雨极端指数和对应的最严重影响面积，图 5 和图 6 展示了 2007 年洪灾的极端指数变化趋势和影响范围。

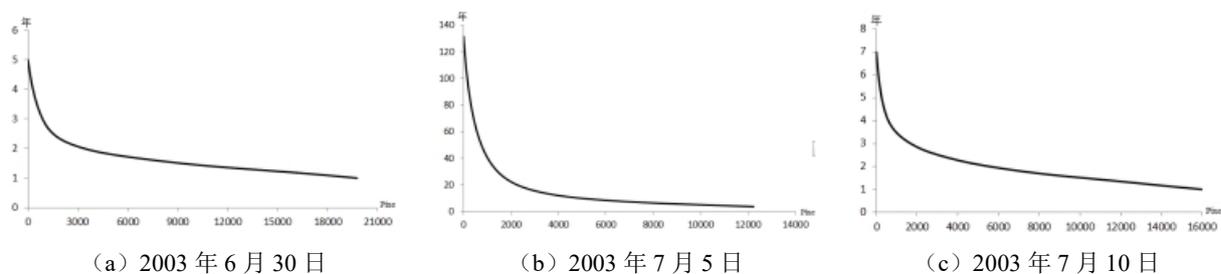


图 5 2003 年洪灾日降雨的面平均重现期与影响面积关系曲线

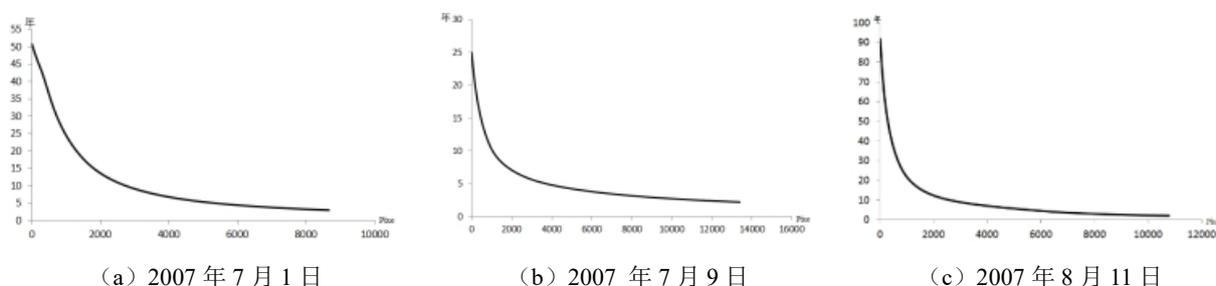


图 6 2007 年洪灾日降雨的面平均重现期与影响面积关系曲线

注：图 5 和图 6 中  $x$  轴表示像元个数，1 个像元代表的实际面积为  $13.1\text{km}^2$ 。

### C.4 结果表示

首先，根据每日降雨极端指数 (REI)，绘制其时间变化曲线，展示降雨事件的动态特性。图 7 为降雨极端指数的日变化趋势图，反映降雨事件在评估时段内的极端性变化。

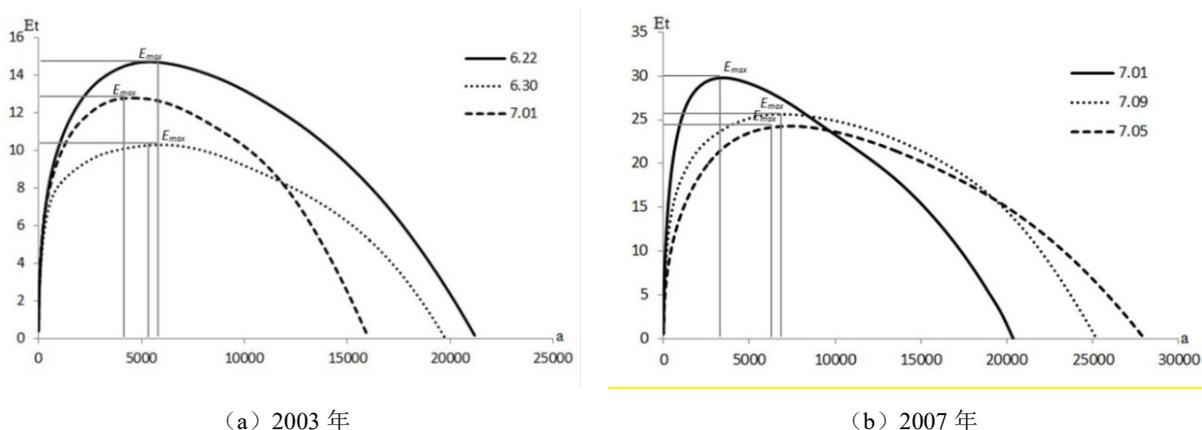


图7 日降雨极端指数 (REI) 曲线

然后，基于每日降雨极端指数，结合灾害损失系数，计算每日的洪灾极端指数 (FEI)，图8为洪灾极端指数时间变化图，展示不同日期洪灾的严重程度。

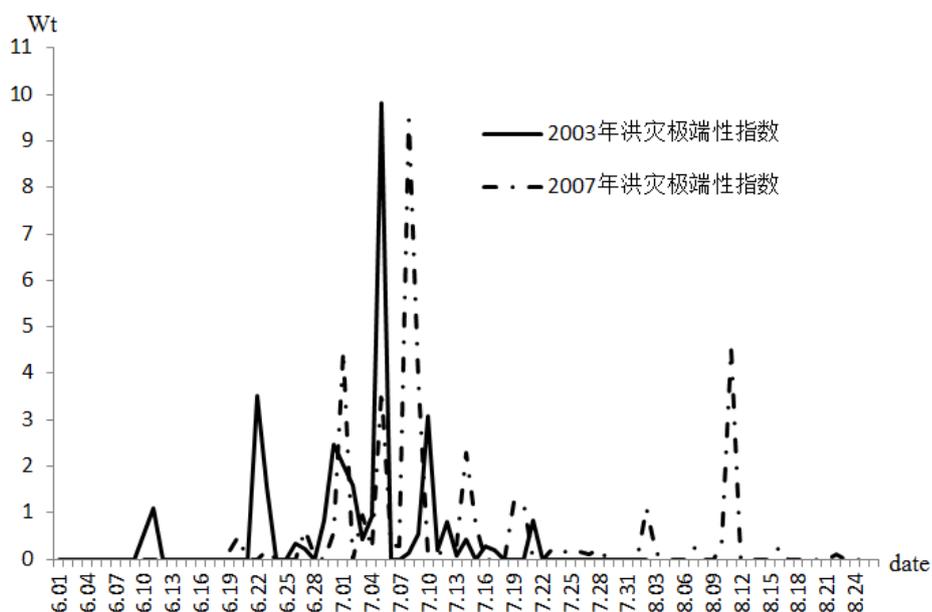


图8 洪灾极端指数时间变化图

最后，根据洪灾极端指数计算平均极端指数 (AEI) 和综合极端指数 (CEI)。2003年洪灾综合极端指数为 30.59，平均极端指数  $W_a$  为 0.76，7月5日最严重影响面积 9.79 万  $\text{km}^2$ ，为 2003年洪灾过程中的最大值；2007年综合极端指数  $W'_{com}$  为 31.54，平均极端指数  $W'_a$  为 0.73，7月5日最严重影响面积最大，为 8.45 万  $\text{km}^2$ 。

### C.5 综合评价

- **案例总结：**对 2003 年和 2007 年洪灾的影响范围、降雨重现期和极端指数进行对比，结果显示 2007 年淮河洪灾历时较长，综合极端指数略高于 2003 年，但 2003 年洪灾平均极端指数更大，同时 2003 年 7 月 5 日的单日极端指数及洪灾最严重影响面积均为所有计算日期中的最大值，因此 2003 年夏季的

洪灾极端性更强，是淮河流域新世纪以来最极端的洪涝灾害。

• **历史洪灾对比：**淮河流域在 1991 年发生过罕见的重大流域性洪灾事件，损失较惨重。比较 1991 年、2003 年和 2007 年的洪灾事件，图 10 直观展示了不同历史洪灾事件的特性差异。降雨量比较发现，洪灾过程降雨量 2007 年最大，2003 年次之，1991 年最小；灾情数据比较显示，1991 年各损失指标均大于 2003 和 2007 年，2003 年综合损失情况大于 2007 年，考虑到随着社会生产力进步，经济人口总量都在增长，1991 年洪灾损失的比例更是远大于 2003 年和 2007 年。

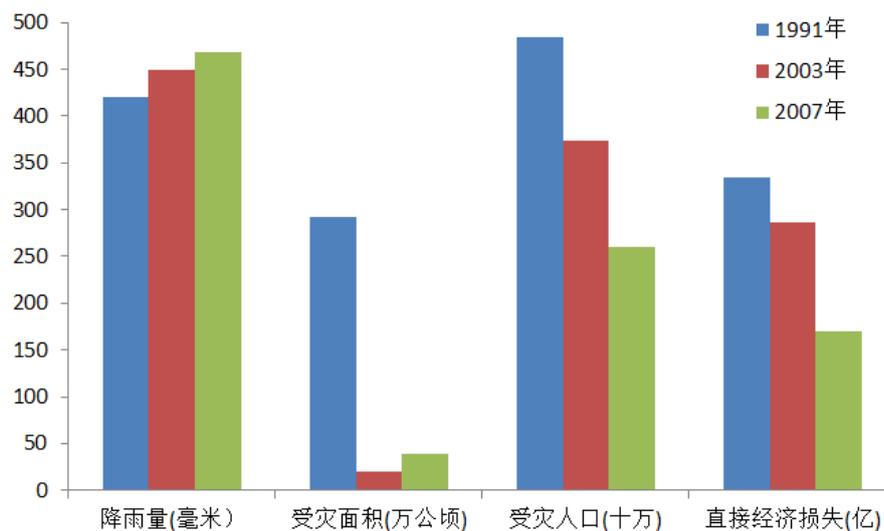


图10 历史洪灾事件灾害影响对比分析

通过计算得到1991年淮河洪水事件的综合极端性指为45.22，平均指数为1.19，均大于2003年和2007年的两次洪灾，与灾害总体分析结果基本一致。因此，目前采用的仅仅靠降雨量或灾害损失来评价洪灾的极端性比较片面，并不合理。而采用本项标准的规定的办法，能够实现对重大降雨诱发洪灾事件的全面合理的评估。