

# 1995—2021 年广东“龙舟水”期间灾情分析

姜晓岑<sup>1</sup> 胡娅敏<sup>2\*</sup> 黄锋<sup>1</sup> 莫伟强<sup>1</sup>

(1 广东省东莞市气象局, 东莞 523082; 2 广东省气候中心, 广州 510640)

**摘要** 针对广东“龙舟水”灾情的灾前预估和灾后快速估计的需求, 本文利用 1995—2021 年广东“龙舟水”期间降雨和暴雨洪涝灾害数据, 计算“龙舟水”综合灾情指数, 应用百分位法将其划分为轻、中、重 3 个等级; 并对广东“龙舟水”的灾情特征、降雨与灾情的关系进行分析。结果表明: ①1995—2021 年广东“龙舟水”期间降雨强度、范围、强降雨频率及持续时间的峰值集中在 2005—2010 年, 灾情强峰值出现在 2005—2008 年, 峰值区间较一致; 2008 年灾情最重, 2008 年后综合灾情强度呈下降趋势, 近 10 a(2012—2021 年) 各灾情也呈下降趋势, 以倒塌房屋数、受灾人口数、农作物受灾面积降幅最明显, 直接经济损失降幅较小。②农作物受灾面积与各降雨指标的相关性最大, 其次为受灾人口数和直接经济损失; 综合灾情等级、直接经济损失主要受降雨强度、强降雨频率影响, 受灾人口数、农作物受灾面积灾情主要受降雨强度、降雨范围影响, 倒塌房屋数、死亡人数灾情主要受强降雨的频率影响。③建立的“龙舟水”平均总降雨量与灾情的拟合关系方程, 能较好地估计“龙舟水”综合灾情等级和灾情数据。

**关键词** 龙舟水; 灾情特征分析; 灾情估计

**中图分类号**: P426 **DOI**: 10.19517/j.1671-6345.20230176 **文献标识码**: A

## 引言

广东地处气候变化敏感的季风区, 是我国暴雨发生最多、汛期最长的地区之一<sup>[1-2]</sup>。广东的暴雨洪涝集中发生在 4—9 月的汛期, 尤其是每年的 5 月下旬至 6 月中旬, 是广东前汛期(4—6 月)雨量最多、降水最集中的时期, 期间正值端午节龙舟竞渡, 俗称为“龙舟水”。由于“龙舟水”期间经常出现连续几天的强降水, 常造成严重的洪涝灾害, 并导致人员伤亡、经济、农作物受损, 以及水利供电通信等基础设施受到不同程度破坏<sup>[3]</sup>。若能根据“龙舟水”的降水预测, 提前做出灾情程度或具体灾情的估计, 防灾减灾部门提前防御部署, 可较大程度地减少暴雨洪涝带来的灾害损失。

防范暴雨洪涝灾害, 一方面需要准确预测降水, 另一方面需要动态的灾害评估<sup>[4-5]</sup>。当前暴雨洪涝

灾害评估工作主要集中在: ①基于 GIS 技术和水文学动力等模型, 从洪涝灾害的致灾因子危险性、承灾体暴露性与脆弱性、防灾减灾能力方面, 构建洪涝灾害风险评估模型, 从而对灾害风险区进行划分, 形成暴雨洪涝灾害风险图<sup>[6-9]</sup>; ②应用水文学动力和暴雨内涝仿真模型等模拟暴雨洪涝过程<sup>[10]</sup>, 对致灾临界雨量阈值、积水深度分级等进行研究<sup>[11-13]</sup>; ③通过灾情普查和统计方法, 建立暴雨与灾情的对应评估关系模型, 并对暴雨洪涝灾害进行定量评估<sup>[14-16]</sup>。总的来说, 目前对于灾情定量估计的研究仍较匮乏。同时, 当前“龙舟水”的研究主要集中在典型、异常降水个例的成因或统计特征分析<sup>[17-19]</sup>、全球变暖背景下“龙舟水”的变化特征<sup>[20]</sup>、“龙舟水”的降水分型<sup>[21-22]</sup>; 而对于“龙舟水”灾害的研究仍不足, 仅有“龙舟水”灾害对早稻产量的影响评估<sup>[23]</sup>, 或者对一次“龙舟水”暴雨过程进行灾害风险评估和检验<sup>[24]</sup>,

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金气象联合基金(U2142205)、广东省基础与应用基础研究重大项目(2020B0301030004)、2019 年广东省地方标准制修订计划项目(GD/TC102)、中国气象局创新发展专项(CXFZ2023J027)、中国气象局预报员专项(CMAYBY2020-094)资助

作者简介: 姜晓岑, 女, 1991 年生, 硕士, 工程师, 主要从事天气预报技术研究, Email: xiaocen@126.com

收稿日期: 2023 年 5 月 29 日; 定稿日期: 2024 年 1 月 12 日

\* 通信作者, Email: huym@gd121.cn

©《气象科技》编辑部 (CC BY-NC-ND 4.0)

缺乏对“龙舟水”灾害统计特征的分析 and 灾情评估。

因此,根据广东“龙舟水”灾情的灾前预评估和灾后快速评估的工作需求,本文利用广东“龙舟水”期间降水和暴雨洪涝灾情数据,对 1995—2021 年广东“龙舟水”的灾情统计及变化特征、降雨与灾情损失的关系进行分析,并通过建立降雨与灾情的关系,实现灾情强度等级和灾情的评估,期望为应急部门防灾救灾的物资和人员部署安排提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

本文使用的资料主要包括 1995—2021 年广东 86 个国家气象观测站的逐日降水数据,《广东省防灾减灾年鉴》1996—2022 年卷中 1995—2021 年逐年广东省总的暴雨洪涝灾情数据。本文中广东“龙舟水”为 5 月 21 日至 6 月 20 日期间的降水<sup>[3,25]</sup>。主要灾情类型包括:受灾人口数、农作物受灾面积、死亡人数、倒塌房屋数、直接经济损失。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 直接经济损失折算

为了消除不同年份经济水平的影响,根据《广东统计年鉴 2022》公布的广东省居民消费价格指数(CPI),把直接经济损失均折算至 1994 年<sup>[26]</sup>,计算公式为:

$$E = \frac{E_0}{C_{PI}} \quad (1)$$

其中, $E_0$ 为某年原始直接经济损失, $C_{PI}$ 为以 1994 年为基准的累积 CPI 指数, $E$ 为某年折算至 1994 年的直接经济损失,本文中除明确指出,直接经济损失均为折算至 1994 年的值。

#### 1.2.2 灾情指标归一化

参考《暴雨灾害等级》<sup>[27]</sup>对暴雨灾情评估指标的定义,将“龙舟水”期间受灾人口数( $A_p$ )、农作物受灾面积( $A_c$ )、死亡人数( $N_d$ )、倒塌房屋数( $N_{cb}$ )、直接经济损失( $L$ )5 种灾情数据归一化,求得对应指标  $I_{A_p}$ 、 $I_{A_c}$ 、 $I_{N_d}$ 、 $I_{N_{cb}}$ 、 $I_L$ ,消除单位的影响。

归一化公式为:

$$I = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中, $X$ 为对应指标的原始样本值, $X_{\min}$ 为对应指标原始样本最小值, $X_{\max}$ 为对应指标原始样本最大值。

#### 1.2.3 灾情指标权重计算

本文根据拉开档次法<sup>[28]</sup>确定各灾情指标的权重。与专家评分等主观评价指标重要性的方法不同,拉开档次法为一种客观确定权重的方法。设标准化后各灾情指标  $I_{A_p}$ 、 $I_{A_c}$ 、 $I_L$ 、 $I_{N_d}$ 、 $I_{N_{cb}}$ 的时序矩阵为  $\mathbf{A}$ ,各灾情指标权重  $\omega_{A_p}$ 、 $\omega_{A_c}$ 、 $\omega_L$ 、 $\omega_{N_d}$ 、 $\omega_{N_{cb}}$ 的矩阵为  $\mathbf{W}$ :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} I_{A_p,1995} & I_{A_c,1995} & I_{L,1995} & I_{N_d,1995} & I_{N_{cb},1995} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_{A_p,2021} & I_{A_c,2021} & I_{L,2021} & I_{N_d,2021} & I_{N_{cb},2021} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \omega_{A_p} \\ \omega_{A_c} \\ \omega_L \\ \omega_{N_d} \\ \omega_{N_{cb}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

根据拉开档次法原理,对称矩阵  $\mathbf{H} = \mathbf{A}^T \mathbf{A}$  的最大特征值所对应的标准值特征向量,归一化后即得到各灾情指标的权重  $\mathbf{W}$ ,计算结果为  $\omega_{A_p} = 0.176$ ,  $\omega_{A_c} = 0.197$ ,  $\omega_L = 0.301$ ,  $\omega_{N_d} = 0.178$ ,  $\omega_{N_{cb}} = 0.148$ 。

#### 1.2.4 “龙舟水”综合灾情强度指数及等级

表征某年广东省“龙舟水”综合灾情强度的指数(Integrated Disaster Index,  $I_{DI}$ )计算公式为:

$$I_{DI} = 0.176 I_{A_p} + 0.197 I_{A_c} + 0.301 I_L + 0.178 I_{N_d} + 0.148 I_{N_{cb}} \quad (5)$$

同时,采用百分位法<sup>[29]</sup>,将“龙舟水”综合灾情风险指数升序排列,以 50% 和 80% 百分位对应的  $I_{DI}$  百分位数为阈值,将  $I_{DI}$  划分为轻、中、重 3 个等级(表 1)。

表 1 “龙舟水”综合灾情强度等级

Table 1 Classification of integrated disaster index of “Dragon Boat Water”

|          | 轻             | 中                  | 重          |
|----------|---------------|--------------------|------------|
| 综合灾情强度指数 | $\leq 0.0937$ | $(0.0937, 0.2878]$ | $> 0.2878$ |

## 2 结果分析

### 2.1 广东“龙舟水”灾情变化特征

1995—2021 年广东的“龙舟水”综合灾情强度(图 1a),等级重的年份有 5 年(2008、2005、1998、2014、2019 年),等级中等的年份有 8 年(2007、2020、2006、2001、2013、1995、2016、2015 年),其余的 14 年为综合灾情强度等级轻的年份。其中,以

2008 年的综合灾情最重,受灾人口 928 万人、农作物受灾面积  $40.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、倒塌房屋 1.04 万间、死亡 33 人、直接经济损失 45.868 亿元,其次为 2005 年。变化趋势上,2005—2008 年为综合灾情强度的最强峰值时段,1998 年为次峰值,虽然在 2013—2016 年、2019—2020 年也出现弱峰值,但是 2008 年后综合灾情强度整体呈下降趋势。

受灾人口数、农作物受灾面积、倒塌房屋数、死亡人数、直接经济损失(图 1b~f)的最强峰值时段与综合灾情强度基本吻合,均出现在 2005—2008 年之间,次强峰值为 1998 年,只有死亡人数的最强峰值出现在 1998 年,2005—2008 年则为次强峰值时段。受灾人口数、农作物受灾面积、直接经济损失的最大值均出现在 2008 年,倒塌房屋最多为 2005 年

5.853 万间、死亡人数最多为 1998 年 107 人。

变化趋势上,近 10 a(2012—2021 年)平均的受灾人口数 67.443 万人、农作物受灾面积  $4.307 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、倒塌房屋数 0.356 万间、直接经济损失 12.539 亿元、死亡人数为 8.7 人,较上一个 10 a(2002—2011 年)平均的受灾人口数 196.493 万人、农作物受灾面积  $9.961 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、倒塌房屋数 1.042 万间、直接经济损失 13.141 亿元、受死亡人口 16.9 人),分别减少了 65.7%、56.8%、65.8%、4.58%、48.5%。总体上,近 10 a 5 种灾情损失均呈下降趋势,其中以倒塌房屋数、受灾人口数、农作物受灾面积下降最明显,灾情均减少 50%以上,直接经济损失下降的幅度最小。

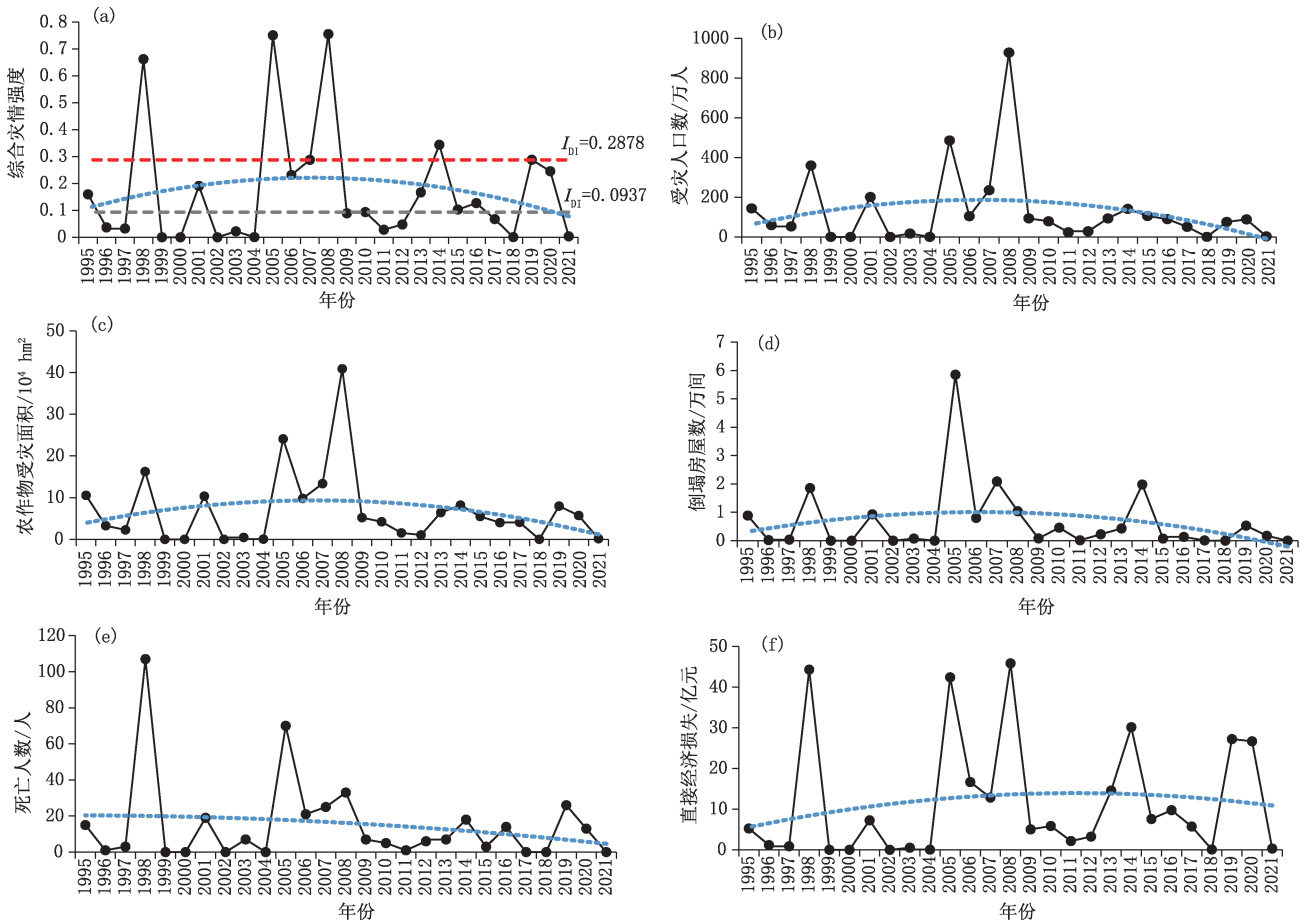


图 1 1995—2021 年“龙舟水”期间综合灾情强度(a)及 5 种灾情变化(b~f)

(图 1a 中黑色、红色虚线分别为综合灾情强度指数  $I_{DI}$  的 50%、80% 百分位阈值线;蓝色虚线为变化趋势线)

Fig.1 Variations of integrated disaster index (a) and 5 kinds of disaster (b~f) during “Dragon Boat Water” period from 1995 to 2021

(Black and red dashed lines in Fig. 1a represent the 50% and 80% percentile threshold lines for integrated disaster index, respectively; blue dotted curves are trend curves)

## 2.2 “龙舟水”降雨与灾情损失关系分析

降雨是洪涝灾害的气象致灾因子,本文主要从降雨强度、降雨范围、强降雨频率及持续时间来分析“龙舟水”期间降雨与灾情损失的关系。降雨强度指标包括“龙舟水”期间广东 86 个国家站平均的总雨量、平均的总暴雨雨量,降雨范围指标包括“龙舟水”期间降雨总站数、暴雨总站数,强降雨频率指标为“龙舟水”期间暴雨总日数,只要当天有一个国家站出现暴雨,即记一天暴雨日,强降雨持续时间指标为最长连续暴雨日数,即连续出现暴雨日的最长天数。

1995—2021 年“龙舟水”期间的降雨强度、范围、强降雨频率及持续时间(图 2)的峰值均集中在

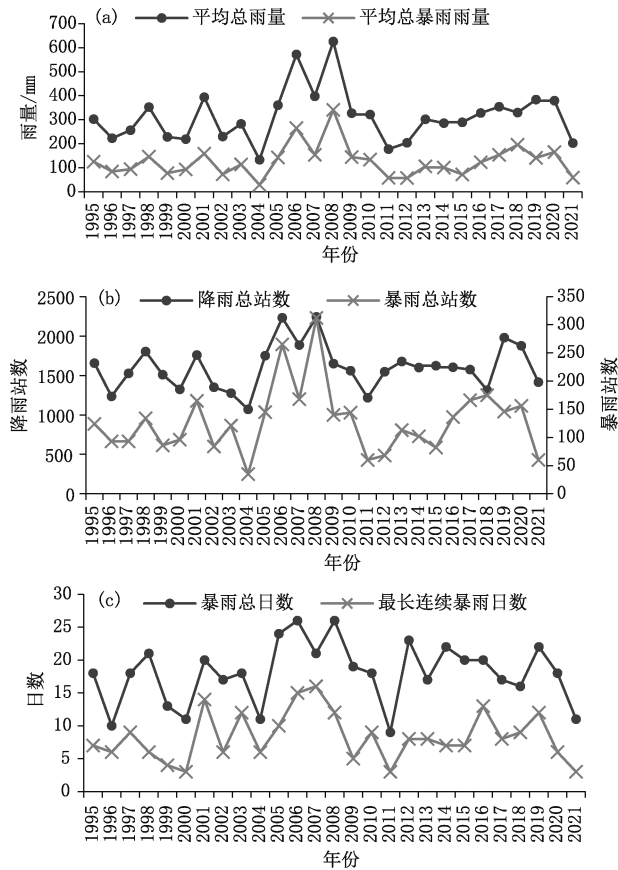


图 2 1995—2021 年“龙舟水”期间平均总雨量、平均总暴雨雨量(a)、降雨总站数、暴雨总站数(b)、暴雨总日数和最长连续暴雨日数(c)变化

Fig. 2 Variations of averaged total rainfall, averaged total heavy rainfall (a), total number of rainfall stations, total number of heavy rainfall stations (b), total number of heavy rainfall days, longest consecutive heavy rainfall days (c) during “Dragon Boat Water” period from 1995 to 2021

2005—2010 年间,与灾情的最强峰值时段(2005—2008 年)重合;最大的平均总雨量、平均总暴雨雨量、降雨总站数、暴雨总日数均出现在 2008 年,即 2008 年“龙舟水”期间降雨强、降雨范围广、强降雨频繁,导致 2008 年出现最重的综合灾情强度。

虽然 1998 年各项降雨指标未出现次峰值,但各项灾情却出现次大峰值,一定程度上与范围较大、较频繁的强降雨(第 3 多的暴雨总站数,75 个;较多的暴雨总日数,21 d)有关,另一方面,也可能与当年灾害防御能力、强降雨影响区域的人口、地形、经济构成等因素有关。

进一步分析致灾因子降雨与灾情的相关性(表 2),发现综合灾情强度指数与降雨强度指标的相关性最大,与平均总雨量、平均总暴雨量的相关系数均在 0.65 以上,各降雨指标中,综合灾情强度与平均总暴雨雨量、暴雨总日数的相关系数为最大(0.671)和次大(0.667),反映出频繁的强降水是导致重等级综合灾情的重要影响因素;综合灾情强度与降雨范围的相关系数小于降雨强度和强降雨频率,即降雨范围对综合灾情的影响弱于降雨强度和强降雨频率。

5 种灾害指标中,农作物受灾面积与各降雨指标的相关性最大,在 0.418~0.754 之间,其次为受灾人口数和直接经济损失。农作物受灾面积、受灾人口数与降雨强度、降雨范围的相关系数最大,反映出大范围的强降雨易导致二者灾情重。直接经济损失与降雨强度、强降雨频率的相关系数最大,即频繁的强降雨更易导致较大的直接经济损失。倒塌房屋数、死亡人数与暴雨总日数的相关系数相对较大,反映出强降雨的频率是倒塌房屋数、死亡人数灾情的主要影响因素,与其他灾情相比这两种灾情与各降雨指标的相关系数较小,可能与居民居住条件改善和房屋质量提升有关<sup>[30]</sup>。

## 2.3 “龙舟水”灾情损失估计

针对广东“龙舟水”灾情定量预估、对综合灾情强度等级提前评估的业务需求,本文选择气象业务工作中常用的“龙舟水”期间 86 个国家气象站平均的总降雨量,与各灾情和综合灾情强度建立拟合关系方程(图 3)。通过相关关系曲线可以更清楚地看到,随着“龙舟水”总雨量增加,综合灾情强度以及 5 种灾情指标也呈增加的趋势。

表 2 “龙舟水”降雨指标与灾情相关系数

Table 2 The correlation coefficient between rainfall indicators and disaster situations during “Dragon Boat Water” period

| 灾情指标     | 降雨强度  |        | 降雨范围  |       | 强降雨频率及持续时间 |          |
|----------|-------|--------|-------|-------|------------|----------|
|          | 平均总雨量 | 平均总暴雨量 | 降雨总站数 | 暴雨总站数 | 暴雨总日数      | 最长连续暴雨日数 |
| 受灾人口数    | 0.691 | 0.635  | 0.689 | 0.662 | 0.584      | 0.354    |
| 农作物受灾面积  | 0.754 | 0.721  | 0.728 | 0.710 | 0.643      | 0.418    |
| 倒塌房屋数    | 0.316 | 0.374  | 0.237 | 0.245 | 0.500      | 0.299    |
| 死亡人数     | 0.414 | 0.492  | 0.348 | 0.325 | 0.518      | 0.229    |
| 直接经济损失   | 0.634 | 0.705  | 0.565 | 0.538 | 0.658      | 0.280    |
| 综合灾情强度指数 | 0.652 | 0.689  | 0.594 | 0.572 | 0.667      | 0.343    |

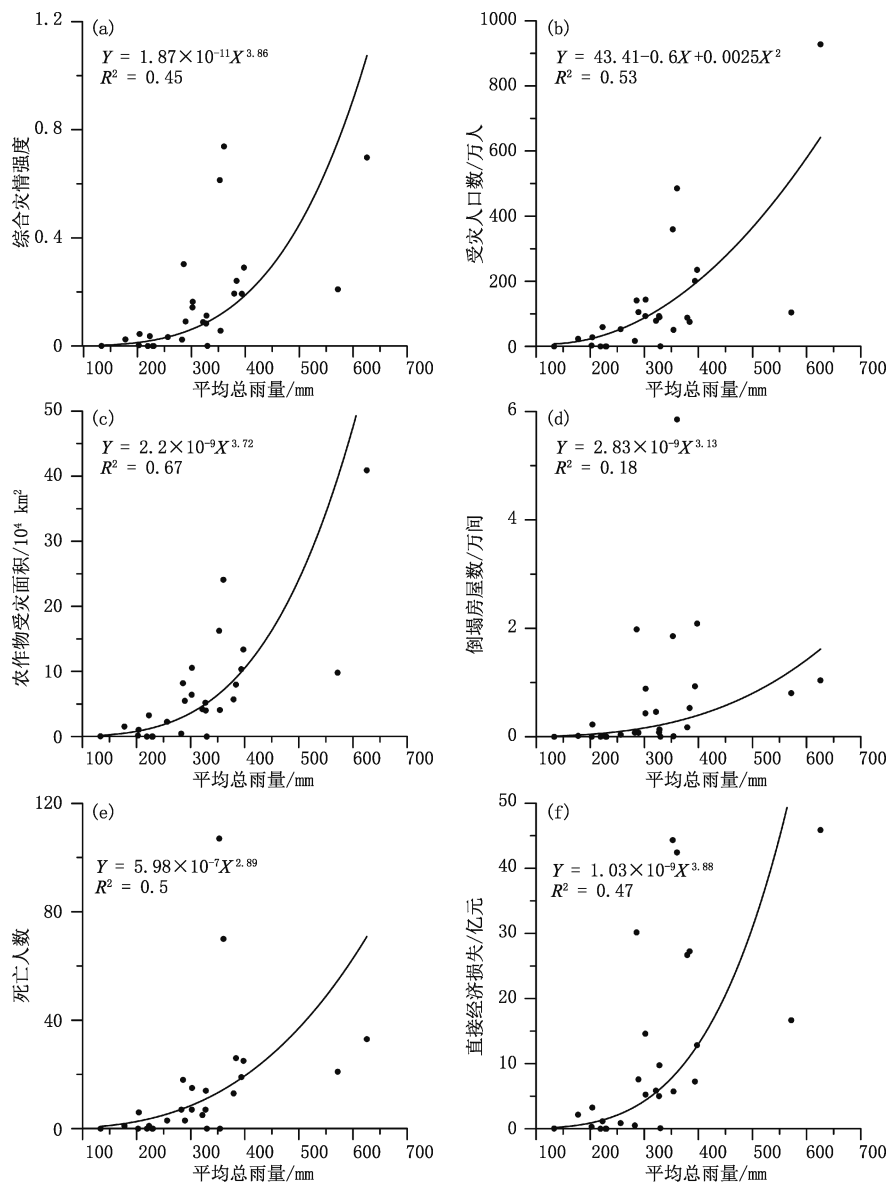


图 3 “龙舟水”综合灾情指数 (a)、受灾人口数(b)、农作物受灾面积(c)、倒塌房屋数(d)、死亡人数(e)、直接经济损失(f)与平均总雨量的相关关系

Fig. 3 Correlations between integrated disaster index (a), affected population (b), affected crop areas (c), number of collapsed buildings (d), number of death persons (e), direct economic losses (f) and averaged total rainfall during “Dragon Boat Water” period

利用建立的拟合关系方程,对 1995—2021 年的“龙舟水”综合灾害等级和 5 种具体灾情进行估计,并与实际灾情强度、数据进行对比验证拟合关系方程的可靠性。

将综合灾情轻、中、重等级分别赋值为 1、2、3,对比估计与实际灾情等级的差异(图 4a),发现 27 a 中有 16 a 估计等级命中,4 a 估计等级偏重 1 级、6 a 偏轻 1 级、1 a 偏轻 2 级;对重等级灾情的 5 a,命中 1 a(2008 年)、3 a 偏低 1 级、1 a 偏低 2 级;中等等级灾情的 8 a,4 a 命中、3 a 偏低 1 级、1 a 偏高 1 级;轻等级灾情的 14 a,11 a 命中、3 a 偏高 1 级;综上,拟合

关系可以较好地估计“龙舟水”综合灾情等级,估计命中率为 59%,对重、中、轻等级的命中率分别为 20%、50%、78.5%,对重等级灾情估计偏轻,中等等级灾情估计一致或偏轻,轻等级灾情估计一致或偏高。

同时,利用建立的拟合关系方程,较好地估计出了受灾人口数、农作物受灾面积、倒塌房屋数、死亡人数、直接经济损失(图 4b~f)。5 种灾情数据的 27 a 平均的绝对值误差分别为 79.46 万人、 $4.29 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、0.56 万间、12 人、8.82 亿元;对于灾情最重的 2008 年,关系方程较好地估计出了各种灾情,整体上偏差较小,但估计值均略高于实际值。

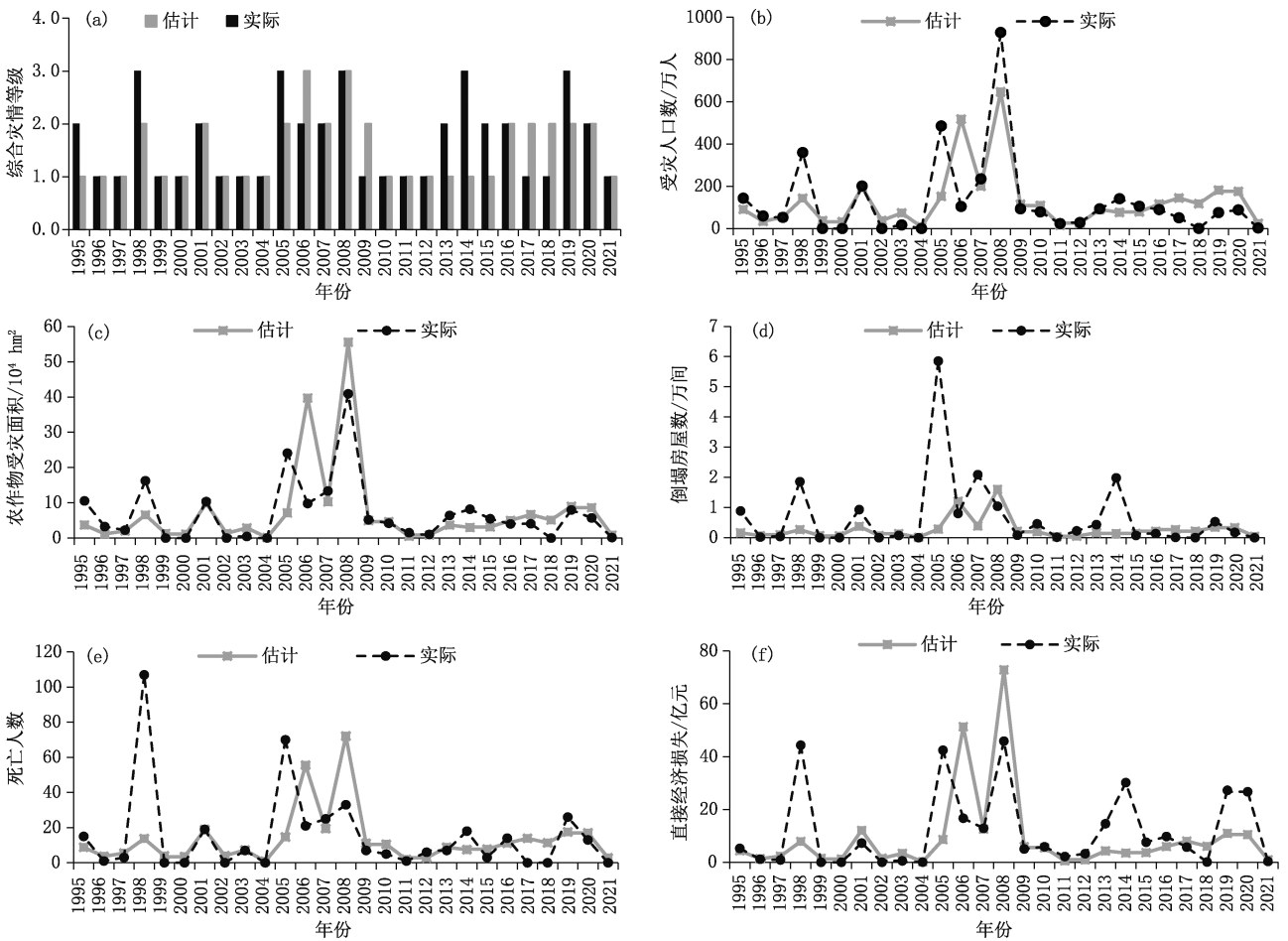


图 4 “龙舟水”综合灾情指数 (a),受灾人口数(b)、农作物受灾面积(c)、倒塌房屋数(d)、死亡人数 (e)、直接经济损失(f)估计值与实际值对比

Fig. 4 Comparisons between estimated and actual values of integrated disaster index (a), affected population (b), affected crop areas (c), number of collapsed buildings (d), number of death persons (e), direct economic losses (f)

通过评估验证可以发现,仅考虑气象致灾因子的危险性(即降雨强度),不考虑自然环境、经济发展状况、防御措施等其他多种因素的影响,可以较准确

的估算出“龙舟水”气象灾情等级,并给出大致的各类灾情数据。应用本文的“龙舟水”气象灾害风险评估方法,可根据“龙舟水”雨量预测,提前进行灾情等

级和各灾情数据定量估计,为应急部门防灾救灾的物资和人员部署安排提供参考。

### 3 结论和讨论

(1)1995—2021年广东“龙舟水”综合灾情强度高、中、轻等级的年份分别有5 a、8 a和14 a,综合灾情强度、受灾人口数、农作物受灾面积、倒塌房屋数、直接经济损失的强峰值均出现在2005—2008年,以2008年综合灾情强度等级最重;2008年后综合灾情强度整体呈下降趋势,近10 a(2012—2021年)5种灾情均呈下降趋势,倒塌房屋数、受灾人口数、农作物受灾面积下降最明显(分别较2002—2011年减少65.8%、65.7%、56.8%),直接经济损失下降4.58%,下降幅度最小。

(2)1995—2021年“龙舟水”期间的降雨强度、范围和强降雨频率及持续时间的峰值集中在2005—2010年间,与灾情的最强峰值重合;“龙舟水”降雨指标与综合灾情强度、5种灾情类型指标均呈正相关;5种灾情中,农作物受灾面积与各降雨指标的相关性最大,其次为受灾人口数和直接经济损失;综合灾情等级、直接经济损失主要受降雨强度、强降雨频率影响,受灾人口数、农作物受灾面积灾情主要受降雨强度、降雨范围影响,倒塌房屋数、死亡人数灾情主要受强降雨的频率影响。

(3)建立的“龙舟水”平均总降雨量与灾情的拟合关系方程,可以较好地预估出“龙舟水”综合灾情等级和灾情数据。综合灾情等级估计命中率为59%,对重、中、轻等级的命中率分别为20%、50%、78.5%,对重等级估计偏轻、中等估计一致或偏轻、轻等级估计较一致。受灾人口数、农作物受灾面积、倒塌房屋数、死亡人数、直接经济损失27 a平均的绝对值误差分别为79.46万人、 $4.29 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>、0.56万间、12人、8.82亿元。

由于目前资料有限,本研究仅针对广东省“龙舟水”总的灾情进行了分析,未来将进一步对广东省内不同市县的灾情进行分区研究。

### 参考文献

- [1] 林良勋. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 113-126. Lin L X. Weather forecast technology manual of Guangdong province (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2006: 113-126.
- [2] 黄晓莹, 谭浩波, 李菲, 等. 21世纪末华南汛期强降水变化分析[J]. 气象科技, 2009, 37(4): 425-428. Huang X Y, Tan H B, Li F, et al. Changes of flood-season severe precipitation over South China in 2071-2100 [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2009, 37(4): 425-428.
- [3] 潘家念. 广东省农业气象灾害及其防灾减灾对策[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 172-173. Pan J N. Agricultural meteorological disasters in Guangdong province and countermeasures for disaster prevention and mitigation (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2000: 172-173.
- [4] 周月华, 彭涛, 史瑞琴. 我国暴雨洪涝灾害风险评估进展[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(5): 494-501. Zhou Y H, Peng T, Shi R Q. Research progress on risk assessment of heavy rainfall and flood disasters in China [J]. Torrential Rain Disaster (in Chinese), 2019, 38(5): 494-501.
- [5] 扈海波, 轩春怡, 诸立尚. 北京地区城市暴雨积涝灾害风险评估[J]. 应用气象学报, 2013, 24(1): 99-108. Hu H B, Xuan C Y, Zhu L S. The pre-event risk assessment of Beijing urban flood [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 2013, 24(1): 99-108.
- [6] 高洁, 王明田, 郭善云, 等. 四川省降雨灾情时空分布及其与雨量相关特征分析[J]. 气象科技, 2022, 50(2): 224-233. Gao J, Wang T M, Guo S Y, et al. Spatial and temporal distribution of rainfall disasters and analysis of its rainfall-related characteristics in Sichuan Province [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(2): 224-233.
- [7] 胡颖, 殷娴, 陈剑桥, 等. 基于GIS的云南省1 km精细化暴雨灾害风险评估[J]. 气象科技, 2022, 50(5): 742-750. Hu Y, Yin X, Chen J Q, et al. Rainstorm disaster risk assessment in Yunnan based on 1 km grid in GIS [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(5): 742-750.
- [8] Wu Z N, Shen Y X, Wang H L. Assessing urban flood disaster risk using Bayesian network model and GIS applications [J]. Geomatics, Nat Hazards Risk, 2019, 10(1): 2163-2184.
- [9] 王洁, 张中杰, 曲晓黎, 等. 基于层次分析法的朔黄铁路暴雨灾害风险评估[J]. 气象科技, 2022, 50(6): 870-877. Wang J, Zhang Z J, Qu X L, et al. Risk zoning of rainstorm disaster along Shuohuang Railway based on meteorological geography method [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2022, 50(6): 870-877.
- [10] 陈靖, 高强, 李培彦, 等. 基于暴雨内涝模型的天津市西青区中小河流暴雨洪涝灾害评估[J]. 气象科技, 2019, 47(1): 147-153. Chen J, Gao Q, Li P Y, et al. Rainstorm and flood disaster assessment of small-and medium-sized rivers in Xiqing District of Tianjin based on torrential rainwater logging simulation model [J]. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 2019, 47(1): 147-153.
- [11] 张亚杰, 吴慧, 吴胜安, 等. 南渡江流域暴雨洪涝致灾临界面雨量的确定[J]. 应用气象学报, 2014, 25(6): 731-740. Zhang Y J, Wu H, Wu S A, et al. Determination of area precipitation thresholds of rainstorm-flood hazard in the Nandu

- river basin [J]. *Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese)*, 2014, 25(6): 731-740.
- [12] 彭建, 魏海, 武文欢, 等. 基于土地利用变化情景的城市暴雨洪涝灾害风险评估——以深圳茅洲河流域为例[J]. *生态学报*, 2018, 38(11): 3741-3755. Peng J, Wei H, Wu W H, et al. Storm flood disaster risk assessment in urban area based in the simulation of land use scenarios: A case of Maozhou watershed in Shenzhen city [J]. *Acta Ecologica Sinica (in Chinese)*, 2018, 38(11): 3741-3755.
- [13] 宋楠, 马振峰, 范广洲, 等. 基于分布式水文模型的嘉陵江流域暴雨洪涝致灾风险阈值研究[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2018, 40(2): 186-192. Song N, Ma Z F, Fan G Z, et al. A study of thresholds of rainstorm-flood hazard based on HBV-D hydrological model over the Jialing River Basin [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition) (in Chinese)*, 2018, 40(2): 186-192.
- [14] 卞洁, 李双林, 何金海. 长江中下游地区洪涝灾害风险性评估[J]. *应用气象学报*, 2011, 22(5): 604-611. Bian J, Li S L, He J H. Risk assessment of flood disaster in the mid-lower reaches of the Yangtze [J]. *Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese)*, 2011, 22(5): 604-611.
- [15] 韩秀君, 孙晓巍, 李爽, 等. 辽宁暴雨致灾指标及灾害影响预评估[J]. *气象与环境学报*, 2014, 30(6): 80-84. Han X J, Sun X W, Li S, et al. Disaster-causing index of rainstorm and pre-assessment of disaster effect in Liaoning Province [J]. *Journal of Meteorology and Environment (in Chinese)*, 2014, 30(6): 80-84.
- [16] 张柳红, 郑璟, 伍红雨, 等. 广东暴雨洪涝灾害损失定量评估[J]. *暴雨灾害*, 2021, 40(1): 87-93. Zhang L H, Zheng J, Wu H Y, et al. Quantitative assessment of disaster loss caused by rainstorms and floods in Guangdong [J]. *Torrential Rain and Disasters (in Chinese)*, 2021, 40(1): 87-93.
- [17] 伍红雨, 李春梅, 王迪龙. 近 55 年广东“龙舟水”异常特征及成因分析[J]. *热带气象学报*, 2017, 33(5): 608-616. Wu H Y, Li C M, Wang D L. Analysis on characteristics and abnormal causes of Dragon-Boat precipitation in Guangdong in the past 55 years [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 2017, 33(5): 608-616.
- [18] 郭永婷, 王文星, 郑勇, 等. 2012 年韶关典型“龙舟水”成因[J]. *广东气象*, 2013, 35(6): 11-16. Guo Y T, Wang W X, Zheng Y, et al. Analysis of the causation of typical heavy rain around the “Dragon-Boat-Racing” festival in Shaoguan in 2012 [J]. *Guangdong Meteorology (in Chinese)*, 2013, 35(6): 11-16.
- [19] 钱维宏, 艾阳, 陈绿文, 等. 一次广东典型龙舟水暴雨过程的扰动形式分析[J]. *热带气象学报*, 2020, 36(4): 433-443. Qian W H, Ai Y, Chen L W, et al. Anomalous synoptic pattern of typical Dragon Boat precipitation process in Guangdong Province [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 2020, 36(4): 433-443.
- [20] 王娟怀, 杨守懋, 韦智嘉, 等. 全球气候变暖背景下广东“龙舟水”的变化特征[J]. *广东气象*, 2018, 40(1): 4-8. Wang J H, Yang S M, Wei Z J, et al. Characteristics of the variation of precipitation during “Dragon-Boat Racing” season of Guangdong under the background of global climate warming [J]. *Guangdong Meteorology (in Chinese)*, 2018, 40(1): 4-8.
- [21] 胡娅敏, 杜尧东, 罗晓玲. 近 49 年华南“龙舟水”的降水分型[J]. *气象*, 2013, 39(8): 1031-1041. Hu Y M, Du Y D, Luo X L. Precipitation patterns during the “Dragon Boat Water” in South China for the recent 49 years [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 2013, 39(8): 1031-1041.
- [22] 郭圳勉, 简茂球, 张宏豪, 等. 广东“龙舟水”降水分型分析[J]. *广东气象*, 2016, 38(6): 6-11. Guo Z M, Jian M Q, Zhang H H, et al. Precipitation patterns and analysis during the “Dragon Boat Water” in Guangdong [J]. *Guangdong Meteorology (in Chinese)*, 2016, 38(6): 6-11.
- [23] 黄珍珠, 刘尉, 张羽, 等. 早稻“龙舟水”灾害保险气象理赔指数设计[J]. *暴雨灾害*, 2019, 38(6): 676-682. Huang Z Z, Liu W, Zhang Y, et al. Design of weather-based claiming index for early rice “Dragon Boat Rain” disaster insurance [J]. *Torrential Rain and Disaster (in Chinese)*, 2019, 38(6): 676-682.
- [24] 陆芊芊, 黄卓, 郑凤琴, 等. 2022 年广西“龙舟水”暴雨灾害风险评估和检验[J]. *气象研究与应用*, 2023, 44(1): 39-43. Lu Q Q, Huang Z, Zheng F Q, et al. Risk assessment and examination of heavy rainfall disasters during the dragon-boat rainy season in Guangxi in 2022 [J]. *Journal of Meteorological Research and Application (in Chinese)*, 2023, 44(1): 39-43.
- [25] 钱光明. 广东省气候业务技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 42-44. Qian G M. Handbook for operation climate techniques of Guangdong province (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2008: 42-44.
- [26] 张鹏, 张云霞, 孙舟, 等. 综合灾情指数——一种自然灾害损失的量化评价方法[J]. *灾害学*, 2015, 30(4): 74-78. Zhang P, Zhang Y X, Sun Z, et al. A quantitative measure for assessing natural disaster losses [J]. *Journal of Catastrophology (in Chinese)*, 2015, 30(4): 74-78.
- [27] 暴雨灾害等级:GB/T 33680-2017[S]. 2017. Grades of rainstorm disaster: GB/T 3680-2017 (in Chinese)[S]. 2017.
- [28] 陈云峰, 高歌. 近 20 年我国气象灾害损失的初步分析[J]. *气象*, 2010, 36(2): 76-80. Chen Y F, Gao G. An analysis to losses caused by meteorological disasters in China during 1989-2008 [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 2010, 36(2): 76-80.
- [29] Rob J H, Fan Y N. Sample quantiles in statistical packages [J]. *The American Statistician*, 1996, 50(4): 361-365.
- [30] 李莹, 赵珊珊. 2001—2020 年中国洪涝灾害损失与致灾危险性研究[J]. *气候变化研究进展*, 2022, 18(2): 154-165. Li Y, Zhao S S. Floods losses and hazards in China from 2001 to 2020 [J]. *Climate Changes Research (in Chinese)*, 2022, 18(2): 154-165.



## Analysis of Disaster during “Dragon Boat Water” Period in Guangdong from 1995 to 2021

JIANG Xiaocen<sup>1</sup> HU Yamin<sup>2</sup> HUANG Feng<sup>1</sup> MO Weiqiang<sup>1</sup>

(1 Meteorological Bureau of Dongguan, Guangdong, Dongguan 523082; 2 Guangdong Provincial Climate Center, Guangzhou 510640)

**Abstract:** Due to the need for pre-disaster prediction and rapid post-disaster estimation of disaster situations during the “Dragon Boat Water” period (from late May to mid-June) in Guangdong, the integrated disaster index (IDI) of “Dragon Boat Water” is calculated in this study, by using rainfall, heavy rainfall flood disaster data during the “Dragon Boat Water” period in Guangdong spanning from 1995 to 2021. Then, IDI is classified into light, medium, and heavy levels, employing the quantile method. The study focuses on analysing disaster features and the relationship between rainfall and disaster situations. The key results are as follows: To begin with, the years 2005 to 2010 are the peak of rainfall intensity, rainfall range, heavy rainfall frequency, and duration of the Guangdong “Dragon Boat Water” from 1995 to 2021. The peak of disaster intensity is in 2005-2008. The two peak intervals are relatively consistent. Following 2008, the heaviest disaster situation year, there is a downward tendency in integrated disaster intensity. Over the past decade (from 2012 to 2021), all five kinds of disasters also show a downward tendency. The number of collapsed buildings, the number of affected people, and affected crop areas show the most pronounced reductions, while direct economic losses display a more moderate decrease. Furthermore, the correlation between affected crop areas and rainfall factors is the highest, followed by the number of affected people and direct economic losses. The levels of integrated disaster and direct economic losses are primarily affected by the intensity of rainfall and the frequency of heavy rainfall. Meanwhile, the number of affected people and affected crop areas are primarily influenced by both the intensity and range of rainfall. The number of collapsed buildings and the number of deaths are mainly influenced by the frequency of heavy rainfall. Lastly, the established fitting equation between the average total rainfall and disaster of “Dragon Boat Water” shows reliability, by estimating the integrated disaster level and disaster situation data of “Dragon Boat Water” approximate to the actual disaster situations. The hit rate of estimates for integrated disaster level is 59%, and the hit rates for estimates of heavy, medium, and light levels are 20%, 50% and 78.5% respectively. The estimates of a heavy integrated disaster level are slightly lighter than the actual situation, the estimates of the medium level are consistent or slightly lighter, and the estimates of light level are basically consistent. Applying the meteorological disaster risk assessment method in this study, the disaster level and various disaster data can be quantitatively estimated in advance based on rainfall prediction of the “Dragon Boat Water” period, thereby providing a reference for emergency management departments in disaster prevention and reduction.

**Keywords:** Dragon Boat Water; disaster feature analysis; disaster data estimation

Received: 2023-5-29 Accepted: 2024-1-12

© Editorial Office of *Meteorological Science and Technology* (CC BY-NC-ND 4.0)