

安徽省大风灾害风险评估

陶寅^{1,2}, 李丽³, 鲁俊³

¹安徽省气象科学研究所, 安徽 合肥

²合肥气象量子技术创新研究中心, 安徽 合肥

³安徽省气象灾害防御技术中心, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年6月18日; 录用日期: 2025年7月18日; 发布日期: 2025年7月24日

摘要

本研究基于安徽省1978~2020年气象、地理信息、承灾体(人口、GDP、农作物)及灾情等数据, 通过灾情解析并结合相关分析等统计方法, 识别大风灾害致灾因子, 构建致灾危险性评估模型, 计算致灾危险性指数。研究表明: 大风灾害高危险区集中于皖西(金寨、霍山、舒城)、皖南中部(黄山、池州)、皖南东部(绩溪、泾县、宁国局部)及淮北-宿州交界带。人口与GDP风险分布相似, 高风险区集中于市县城区, 淮北及沿江地区风险范围较大。农作物风险呈现区域差异: 小麦高风险区主要位于沿淮淮北及皖西、沿江西部与东部; 水稻高风险区分布于沿淮、沿江及江淮间局部; 玉米高风险区集中于沿淮淮北及大别山西南部。

关键词

大风灾害, 危险性, 风险评估, 安徽省

Risk Assessment of Gale Disasters in Anhui Province

Yin Tao^{1,2}, Li Li³, Jun Lu³

¹Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei Anhui

²Hefei Meteorological Quantum Technology Innovation Research Center, Hefei Anhui

³Anhui Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Hefei Anhui

Received: Jun. 18th, 2025; accepted: Jul. 18th, 2025; published: Jul. 24th, 2025

Abstract

This study investigates the disaster-inducing factors of windstorms in Anhui Province using meteorological, geographic information system (GIS) data, disaster-bearing body data (population, GDP,

and crops), and disaster records from 1978 to 2020. Disaster analysis, combined with statistical techniques such as correlation analysis, was employed to identify key hazard factors. A hazard assessment model was subsequently developed, and a hazard index was computed. The results reveal that regions with a high windstorm hazard are predominantly concentrated in western Anhui (Jinzhai, Huoshan, Shucheng), central southern Anhui (Huangshan, Chizhou), eastern southern Anhui (localized areas in Jixi, Jingxian, and Ningguo), and the Huaibei-Suzhou boundary zone. The spatial distributions of population and GDP risks exhibit similar patterns, with high-risk zones mainly located in municipal and county urban areas, and broader risk coverage observed across northern Anhui and the Yangtze River basin. Agricultural risk displays significant spatial heterogeneity: high-risk areas for wheat are primarily located along the Huai River, in Huaibei, and across western Anhui as well as the western and eastern segments along the Yangtze River; high-risk areas for rice are distributed along the Huai River, the Yangtze River, and selected parts of the region between the two rivers; whereas high-risk areas for maize are mainly concentrated along the Huai River, Huaibei, and the southwestern foothills of the Dabie Mountains.

Keywords

Windstorm Hazard, Hazard Assessment, Risk Evaluation, Anhui Province

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

大风灾害是影响我国农业生产、基础设施和人民生命财产安全的主要气象灾害之一[1][2]。安徽省地处华东腹地,气候复杂多样,受东亚季风影响显著,大风天气频发,尤其在春、夏季,强对流天气和台风外围环流常引发区域性大风灾害[3]。近年来,随着全球气候变暖和大气环流异常,大风灾害的强度、频率及影响范围呈现上升趋势,对安徽省的农业生产、城市运行和交通运输等构成严重威胁[4]。因此,科学评估安徽省大风灾害风险,识别高危险区及承灾体脆弱性,对防灾减灾规划和灾害风险管理具有重要意义。

国际上对大风灾害风险评估的研究起步较早,主要集中在台风、龙卷风等强风灾害的模拟与预测。He等从城市风灾适应性研究角度,从城市的脆弱性与恢复力、灾害损失评估等开展相关的述评[5]; Zhang等探究台风引发的风灾对港口运营的经济影响[6]; Huo等探究了中国干热风的是否分布及其影响机制[7]。宋阿伟等构建安徽省台风风雨综合指数并开展台风致灾危险性评估,并利用全省房屋倒损数据进一步验证数据的合理性[4]; 雷杨娜等利用熵权法等构建陕西省大风灾害风险模型,研究发现陕西北部地区的大风风险最高[8]; 张鑫和张天圣等针对不同区域开展了大风特征及风险分析[9][10]。多数研究仅关注致灾因子(如风速),而忽视承灾体的空间异质性,针对安徽省风雹灾害的人口风险的研究较少。因此,本文利用长时间大风灾害时间序列,利用第一次风险普查的技术规范,开展安徽大风灾害风险评估与区划。

2. 数据与方法

2.1. 研究数据

本研究主要收集整理全省 81 个国家站和 2270 个常规站 2007~2020 年历次大风灾害发生起止时间、强度及其空间分布特征、规律等气象资料,资料来源于安徽省气象信息中心。基础地理信息主要包括地形高程图、河网水系图、地质灾害隐患图、土地利用图等,其中地形高程图采用 30 m×30 m 的 SRTMDEM。土壤

电导率资料来自中国科学院南京土壤研究所根据第二次全国土地调查结果制作的中国 1:100 万土壤格网数据。承灾体数据是国务院第一次全国自然灾害综合风险普查办公室制作的安徽省 30"×30"的人口、国内生产总值(Gross Domestic Product, 简称 GDP)、农作物(小麦、水稻、玉米)播种面积、房屋、道路格网数据。

2.2. 研究方法

2.2.1. 危险性评估模型

大风致灾危险性评估综合考虑大风强度指数(年极大风速多年平均值(单位: m/s)、年大风日数多年平均值(单位: 日/年)加权综合得到)和孕灾环境指数两方面, 具体计算公式如下:

$$H = (0.52 \times G + 0.48 \times P) \times 0.7 + S \times 0.3 \quad (1)$$

式中:

H ——大风灾害致灾危险性指数;

G ——归一化处理后的年极大风速多年平均值;

P ——归一化处理后的年大风日数多年平均值;

S ——孕灾环境指数, 本报告选取归一化处理后的海拔高度。

注: 式中各个权重指数的赋值采用层次分析法获得。

2.2.2. 大风灾害风险评估模型

对单个承灾体而言, 根据自然灾害风险评估理论及评价指标体系[11]-[14], 分别将致灾危险性和承灾体暴露度指数进行归一化, 再加权求积, 建立大风灾害风险评估模型, 模型公式为:

$$R = (H^{wh})(E^{we}) \quad (2)$$

式中:

R ——大风灾害风险指数, 用于表示大风灾害风险程度, 其值越大, 则大风灾害风险程度越大。本报告中承灾体为人口、GDP 和农作物(水稻、小麦和玉米);

H ——致灾危险性指数;

wh ——致灾危险性指数的权重系数;

E ——承灾体暴露度;

we ——承灾体暴露度的权重系数。

通过专家打分法, 结合灾情解析确定致灾危险性指数和承灾体暴露度的权重系数, 致灾危险性指数的权重系数 wh 取 0.7, 承灾体暴露度的权重系数 we 取 0.3, 分别评估安徽省大风灾害人口、GDP 以及水稻、小麦和玉米风险。

3. 研究内容

3.1. 大风年和季节尺度时间变化特征

从淮北平原、沿淮地区、江淮之间、皖东丘陵、大别山区、沿江地区、江南地区、皖南山区和高山站共 9 个片区, 分别选取一个国家站作为代表站, 分析安徽省不同地区的大风年、季变化特征。

(1) 年际变化

就各地年大风日数而言, 除高山站(黄山)每年平均出现 84.4 次八级以上大风事件外, 安徽省其它大部分地区平均每年出现 2 次左右。近 5 年, 各地区几乎每年均出现大风事件, 未出现大风的年份也比较一致, 如 2003 年、2004 年、2011 年、2012 年和 2014 年等(图 1)。就各地年极大风速而言, 除高山站(黄山)年极大风速的多年平均达 30.4 m/s 外, 安徽省其它大部分地区平均为 20 m/s 左右(图 2)。

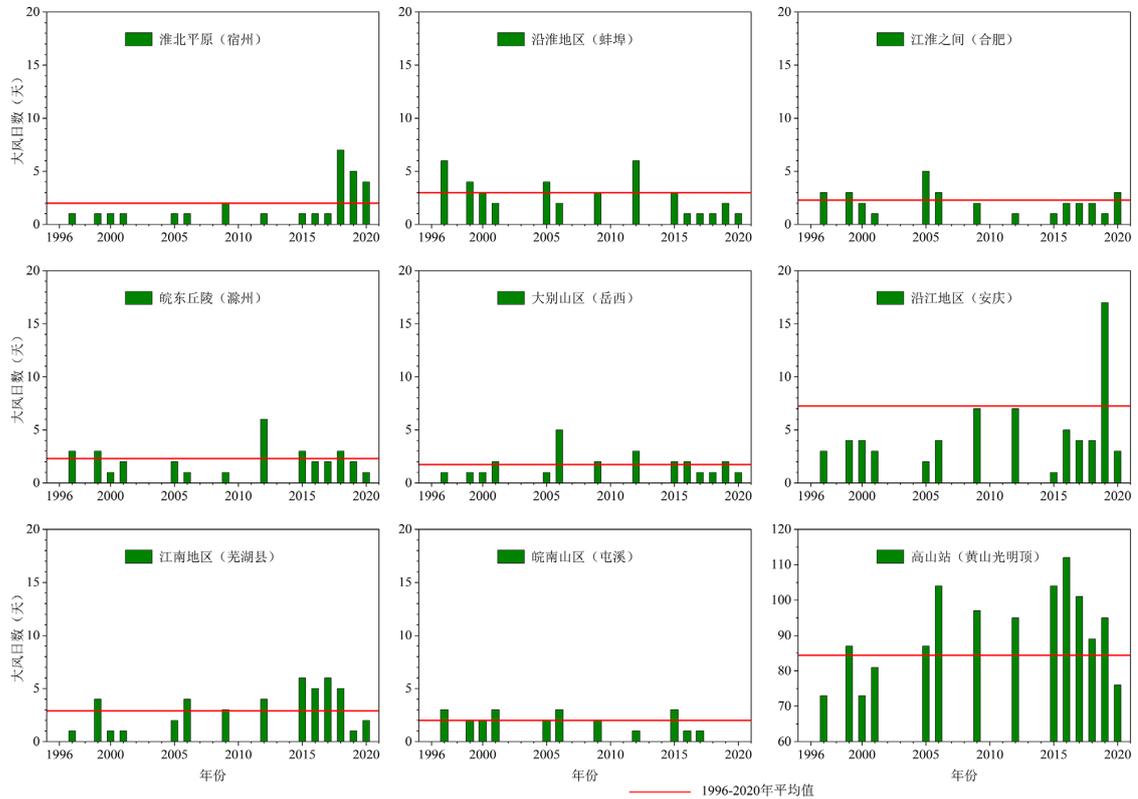


Figure 1. Annual changes in gale days across Anhui province (unit: days)
 图 1. 安徽省不同地区大风日数年际变化图(单位: 日)

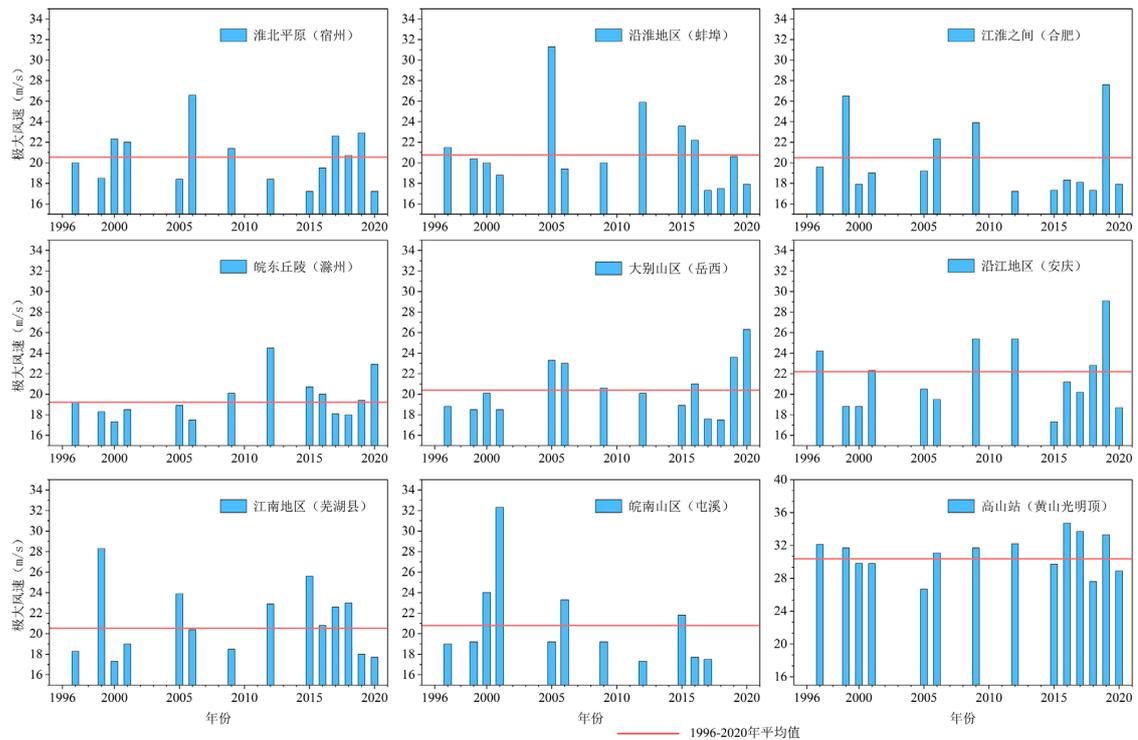


Figure 2. Interannual variability of maximum wind speed in Anhui (unit: m/s)
 图 2. 安徽省不同地区极大风速年际变化图(单位: 米每秒)

(2) 季节分布

由图 3 可知, 一年中, 安徽省大部分区域大风主要出现在夏季(6~8 月), 其次为春季(3~5 月), 秋季(9~11 月)较少出现, 冬季(12 月~次年 2 月)最少。大别山区春季大风出现频率最多。

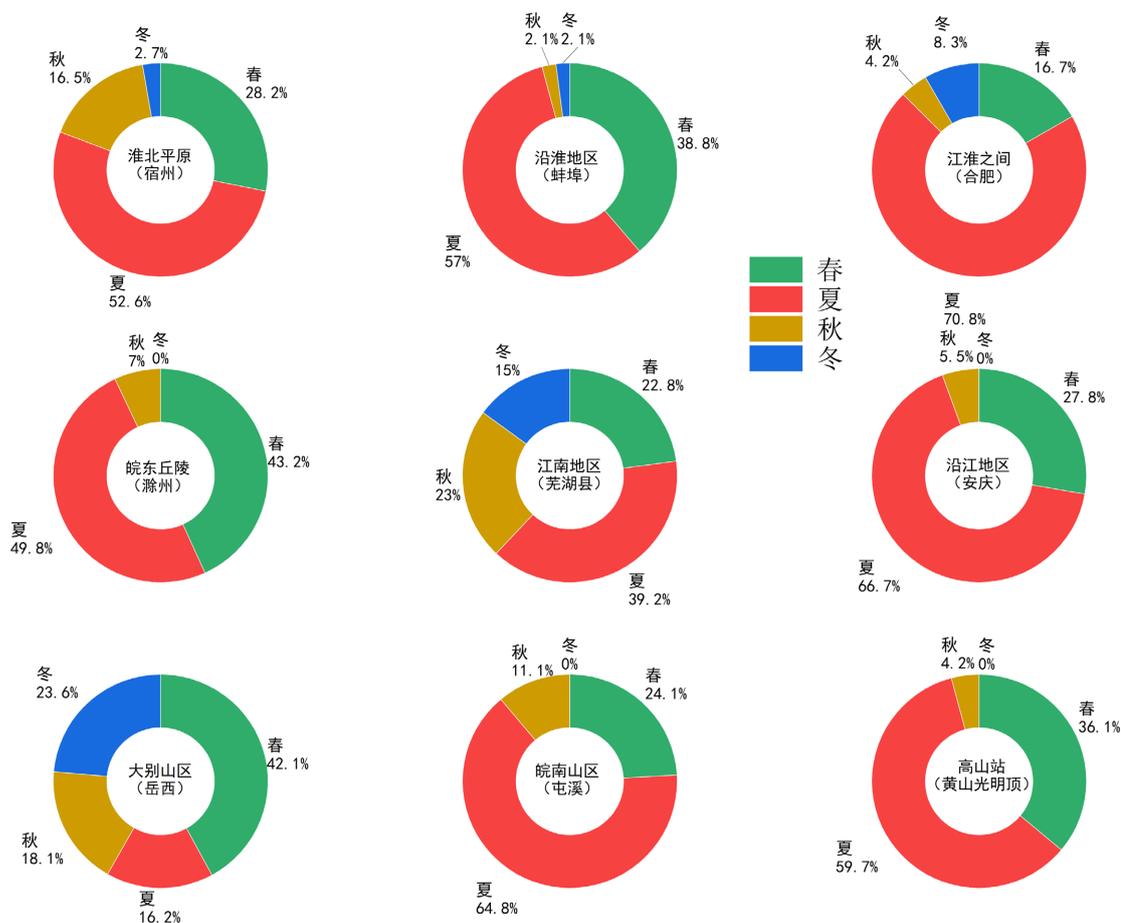


Figure 3. Seasonal percentage distribution of gale days in different regions of Anhui province

图 3. 安徽省不同区域大风在各季节比例图

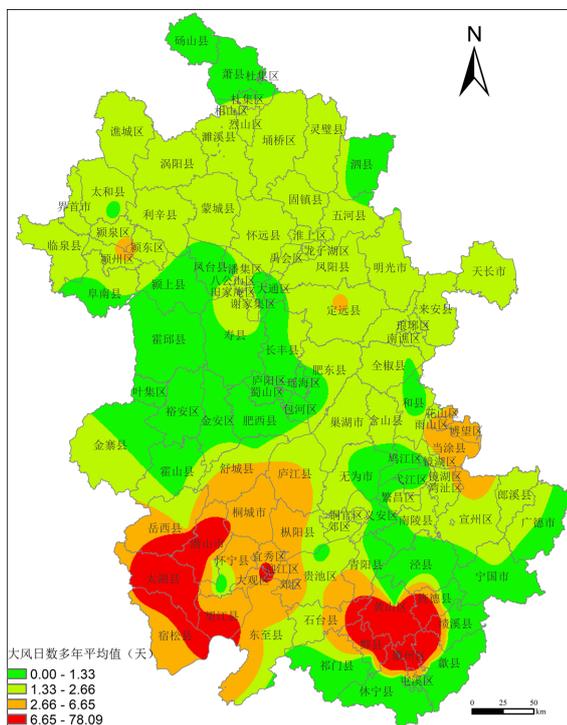
3.2. 大风空间分布特征

从年平均大风日数的空间分布来看(图 4), 大风相对较多的区域集中在沿江西部、大别山区南部和皖南山区部分地区。大风相对较少的区域主要分布在沿淮西部、江淮之间西部、淮河以北北部、皖南东部和南部部分区域。

从极大风速多年平均值的空间分布来看(图 5), 风速相对大的区域主要集中在沿江西部、大别山区南部、皖南中部部分地区以及皖东和淮河以北局部地区。风速相对小的区域主要集中在沿淮西部、江淮之间西部、淮河以北东北部、皖南东南部部分区域。

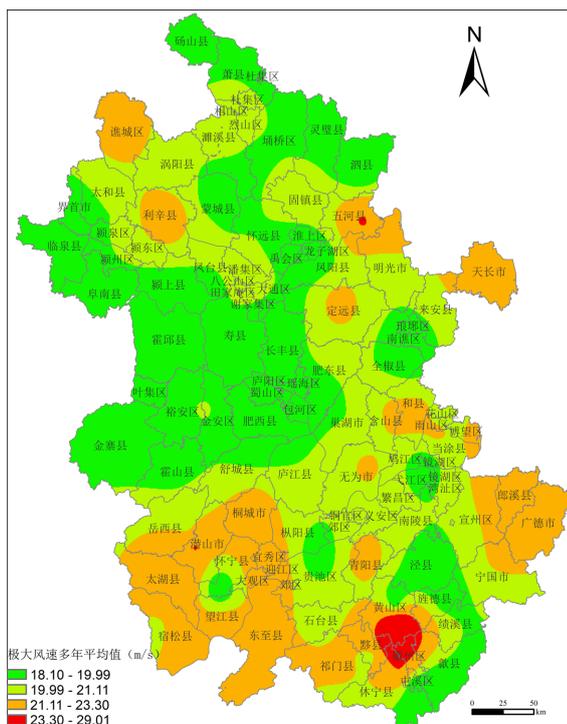
3.3. 大风致灾危险性指数

考虑到风的局地性特征, 仅利用国家站资料进行大风致灾危险性分析时, 其在空间代表性上可能存在较明显地不足, 风的区域性特征无法得到展现。因此, 使用国家站和常规站资料, 其中国家站和常规站资料分析时段均为 2016~2020 年(图 6), 由图 6 可知: 安徽省大风灾害危险区呈现明显的空间分异特征:



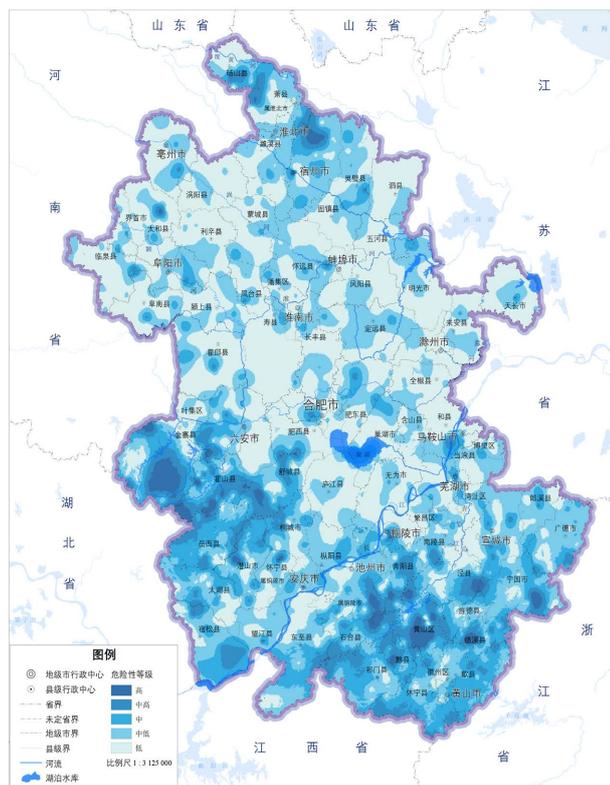
审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 4. Spatial distribution of multi-year average annual gale days in Anhui province
图 4. 安徽省年大风日数多年平均值空间分布



审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 5. Spatial distribution of multi-year average annual maximum gale days in Anhui province
图 5. 安徽省年极大风速多年平均值空间分布



审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 6. Hazard risk zoning of gale disasters in Anhui province
图 6. 安徽省大风灾害致灾危险性区划图

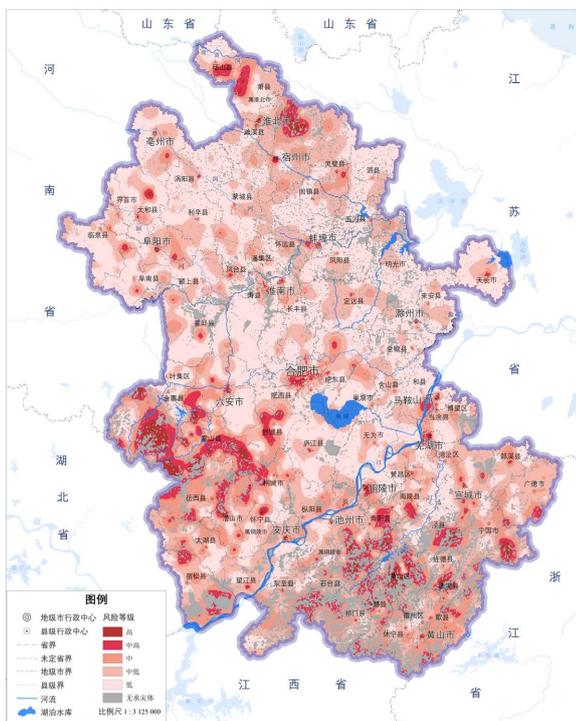
高危险区主要分布在皖西的金寨、霍山、舒城，皖南中部的黄山、池州以及皖南东部的绩溪、泾县和宁国部分地区，同时还包括淮北市与宿州市交界的部分地区；较高危险区主要集中在大别山区部分区域和皖南部分地区；较低危险区主要分布于大别山区的岳西、沿江江南的东至、枞阳、宣城、郎溪，以及合肥以北大部分市县的主城区；而低危险区则覆盖了安徽省大部分区域，主要位于长江以北地区(除大别山区外)和沿江东部地区。

3.4. 大风灾害不同承灾体风险评估与区划

如图 7 和图 8 所示，大风灾害对人口和 GDP 的风险等级分布基本一致：高和较高风险区域主要分布在各市县的中心城区，其中又以沿淮淮北的覆盖区域相对较多；低风险区域主要分布在江淮之间东部、大别山区和长江以南中部地区；其余地区主要为中等和较低风险区。

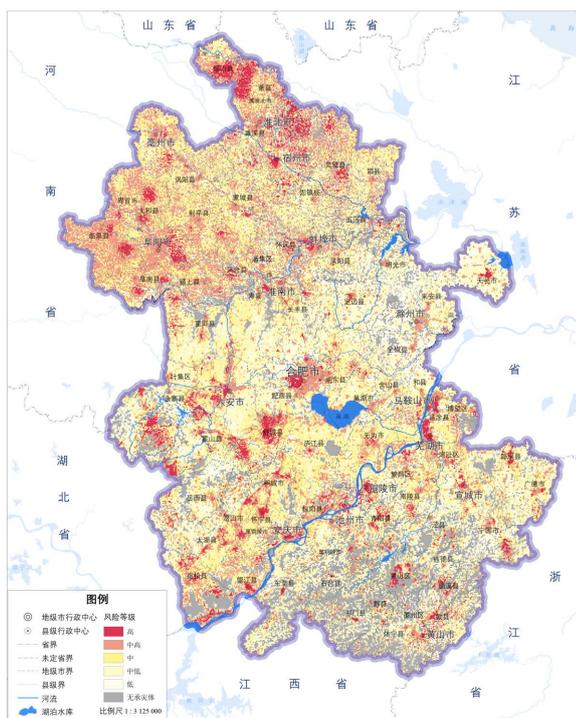
如图 9 所示，大风灾害对水稻影响的高和较高风险区域主要分布在沿淮、沿江地区和江淮之间中西部地区；较低和低风险区主要分布在江淮之间西部、东部部分地区和江南中南部大部地区；其余地区为中等风险区。如图 10 所示，大风灾害对小麦影响的高和较高风险区域主要分布沿淮淮北大部地区、大别山区和沿江西部部分地区；较低和低风险区主要分布在江淮之间中部、西部地区和沿江大部地区；其余地区为中等风险区。

如图 11 所示，大风灾害对玉米影响的高和较高风险区域主要分布淮北大部地区、大别山区、沿江西部部分地区和江南南部；较低和低风险区主要分布在江淮之间中西部地区和沿江中东部地区；其余地区为中等风险区。



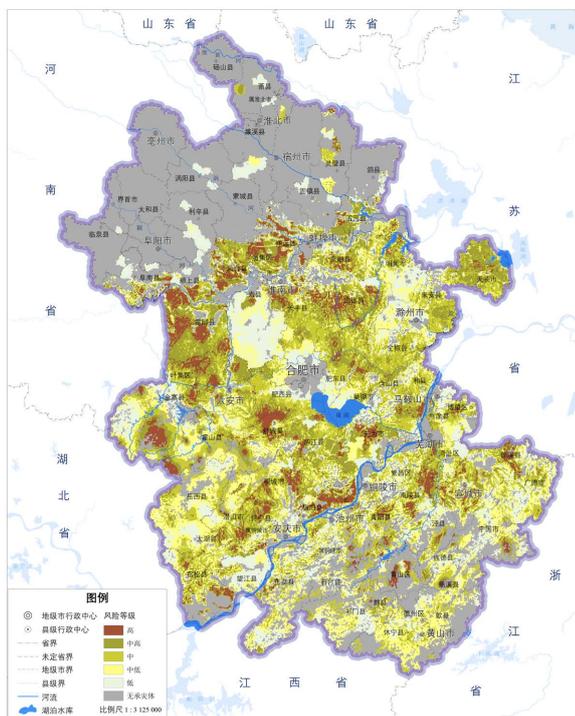
审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 7. Population risk zoning for gale disasters in Anhui province
图 7. 安徽省大风灾害人口风险区划图



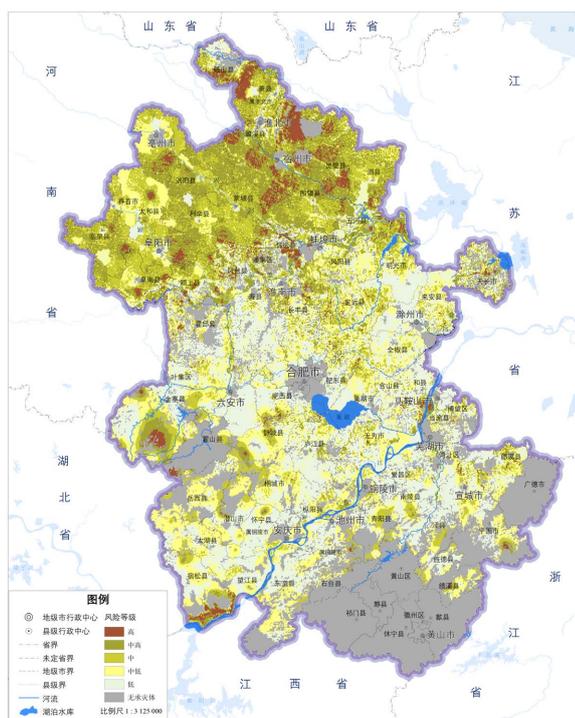
审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 8. GDP risk zoning for gale disasters in Anhui province
图 8. 安徽省大风灾害 GDP 风险区划图



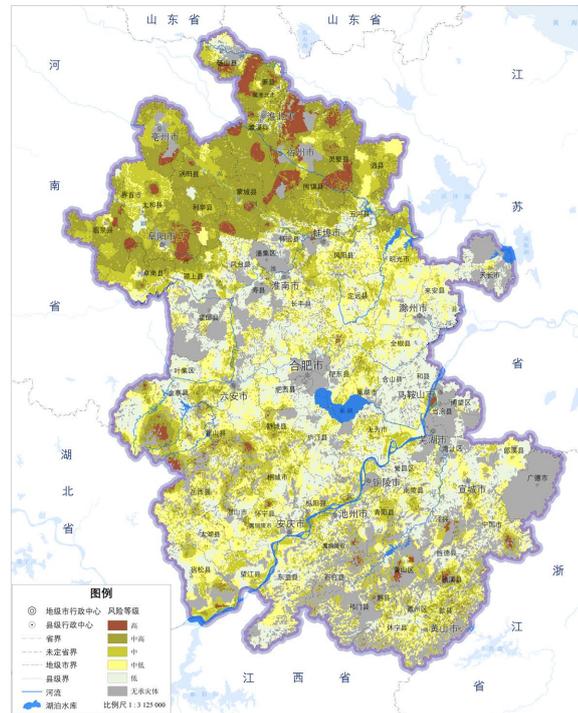
审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 9. Risk zoning map of rice crop vulnerability to gale disasters in Anhui province
图 9. 安徽省大风灾害水稻风险区划图



审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 10. Risk zoning map of wheat crop vulnerability to gale disasters in Anhui province
图 10. 安徽省大风灾害小麦风险区划图



审图号：皖 S(2024)16 号。

Figure 11. Risk zoning map of maize crop vulnerability to gale disasters in Anhui province
图 11. 安徽省大风灾害玉米风险区划图

4. 研究结论

本研究基于 2007~2020 年安徽省大风灾害观测数据、承灾体普查资料及多源地理信息，通过构建致灾危险性 - 暴露度综合评估模型，系统分析了安徽省大风灾害的时空特征及风险区划，主要结论如下：

(1) 安徽省大风事件呈现显著季节性，夏季(6~8 月)发生频率最高(占比 40%以上)，春季次之，冬季最少。年际变化显示，高山站(黄山)年均大风日数达 84.4 天，显著高于其他地区(约 2 天/年)，且近年大风频率呈上升趋势。

(2) 高风速与高频大风区集中分布于沿江西部、大别山区南部及皖南山区，与地形抬升和季风环流密切相关；淮北平原及沿淮西部为低风险区。

(3) 人口与 GDP 高风险区集中于城市建成区，呈现明显的城乡差异。沿淮淮北因人口密度与基础设施集中风险等级较高。主要农作物风险分布各异：小麦风险集中于沿淮淮北，水稻风险沿淮沿江分布，玉米风险则主要位于淮北地区。

研究结果可为区域防灾减灾规划提供科学依据，建议针对不同风险区制定差异化防控策略，特别是加强城市基础设施抗风能力和优化农业种植结构。

参考文献

- [1] Ren, H., Ke, S., Dudhia, J. and Li, H. (2022) Wind Disaster Assessment of Landfalling Typhoons in Different Regions of China over 2004-2020. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **228**, Article 105084. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.105084>
- [2] 宋建洋, 柳艳香, 田华, 等. 我国高速公路大风灾害风险评估与区划研究[J]. 公路, 2018, 63(12): 182-187.
- [3] 刘雨生, 苏扬, 武于洁, 等. 1970-2020 年长江三角洲地区大风时空分布及风险评估[J]. 中南农业科技, 2023,

- 44(8): 120-127.
- [4] 宋阿伟, 田红, 王胜, 等. 基于风雨综合指数的安徽省台风灾害房屋风险评估方法[J]. 暴雨灾害, 2024, 43(3): 363-370.
- [5] He, Y., Wu, B., He, P., Gu, W. and Liu, B. (2021) Wind Disasters Adaptation in Cities in a Changing Climate: A Systematic Review. *PLOS ONE*, **16**, e0248503. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248503>
- [6] Zhang, Y., Wei, K., Shen, Z., Bai, X., Lu, X. and Soares, C.G. (2020) Economic Impact of Typhoon-Induced Wind Disasters on Port Operations: A Case Study of Ports in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **50**, Article 101719. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101719>
- [7] Huo, Z.G., Shang, Y., Wu, D.R., *et al.* (2019) Review on Disaster of Hot Dry Wind for Wheat in China. *Journal of Applied Meteorological Science*, **30**, 129-141.
- [8] 雷杨娜, 孙娴, 何晓媛, 等. 基于 GIS 的陕西省大风灾害风险区划[J/OL]. 沙漠与绿洲气象, 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/65.1265.P.20250107.1124.003.html>, 2025-07-16.
- [9] 张鑫, 王芳, 杨清彤, 等. 佳木斯地区大风特征及风险区划研究[J]. 黑龙江气象, 2024, 41(4): 6-11.
- [10] 张天圣, 吴盛洪, 蔡英纓. 海南岛气象灾害预警信号时空分布特征[J]. 陕西气象, 2024(5): 45-51.
- [11] 唐为安, 田红, 严小静, 等. 基于地形订正技术的安徽冰雹灾害风险区划[J]. 暴雨灾害, 2023, 42(5): 606-612.
- [12] 谢五三, 唐为安, 王胜. 安徽省暴雨致灾危险性评估[J]. 暴雨灾害, 2023, 42(3): 353-359.
- [13] 鞠晓雨, 田红, 程向阳, 等. 安徽省雪灾危险性精细化评估与区划[J]. 暴雨灾害, 2024, 43(5): 580-586.
- [14] 朱浩, 程向阳, 田红, 等. 基于 GIS 的安徽省雷电致灾危险性评估与区划[J]. 暴雨灾害, 2024, 43(6): 733-740.