

广西气候年景评价指标构建与应用*

陆芊芊^{1,2,3} 黄卓^{2,3} 何如^{2,3} 刘璐²

1 广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022

2 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022

3 中国气象局百色岩溶生态气象野外科学试验基地, 百色 533000

提 要: 基于 1961—2025 年广西 91 个气象站的逐日气温和降水数据, 构建了一个适用于广西的气候年景评价指标, 该指数分为汛期 (4—9 月) 和非汛期 (1—3 月、10—12 月) 两个评估时段。为放大极端高、低温, 洪涝及干旱等关键灾害性事件的影响引入动态权重, 以旬标准化距平加权累加的方式, 得到气候年景指数, 利用百分位数法将气候年景划分为好、较好、一般、较差、差五个等级。结果表明, 1961—2020 年广西气候年景指数以 $1.2 (10\text{ a})^{-1}$ 的速率显著上升, 气候年景总体变差, 且差年景出现的频率在 20 世纪 90 年代后显著增加。通过与历史重大天气过程记录、灾害损失评估结果进行对比验证, 证明了该指数可靠且适用于业务, 2021—2025 年的业务应用表现良好。同时该指数在市县级应用中也展现出良好效果, 可用于广西自治区、市、县三级的气候年景评价工作。

关键词: 广西, 气候年景, 动态权重, 应用

中图分类号: P46 **文献标志码:** A **doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2026.102001

Construction and Application of Annual Climate Status Index in Guangxi

LU Qianqian^{1,2,3} HUANG Zhuo^{2,3} HE Ru^{2,3} LIU Lu²

1 Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning 530022

2 Guangxi Climate Center, Nanning 530022

3 Baise Field Research Station for Karst Ecological Meteorology, CMA, Baise 533000

Abstract: Based on daily temperature and precipitation data from 91 meteorological stations in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 1961 to 2025, an annual climate status evaluation index suitable for Guangxi is constructed. This index is used for two evaluation periods: flood season (April to September) and non-flood season (January to March, October to December). By introducing dynamic weights to amplify the impact of key catastrophic events such as extreme high and low temperatures, floods and droughts, and employing a dekad standardized anomaly weighted accumulation method, we obtain the annual climate status index.

*广西重点研发计划项目 (桂科 AB24010151、桂科 AB25069165)、广西气象科研计划项目 (桂气科 2026M22) 和广西地方标准制定项目 (2022-1497) 共同资助

2025 年 12 月 22 日收稿; 2026 年 9 月 30 日收修定稿

第一作者: 陆芊芊, 主要从事气象灾害影响研究与气候变化工作. E-mail: luqianqian_1026@163.com

通讯作者: 黄卓, 高级工程师, 主要从事气象灾害影响研究与气候变化工作. E-mail: huangzhuo001@163.com

Meanwhile, using the percentile method, the annual climate status is classified into five grades: Excellent / Good / Fair / Poor / Very Poor. The results show that from 1961 to 2020, the annual climate status index in Guangxi significantly increased at a rate of 1.2 per decade, and the overall annual climate status deteriorated. The frequency of very poor annual climate status significantly increased after the 1990s. Compared with historical records of major weather processes and disaster loss assessments, the index has been proven to be reliable and applicable to operations, and it performed well after applied in operations from 2021 to 2025. At the same time, this index has also shown good results in application at the city and county levels, so it can be used for annual climate status evaluation at the three levels of Guangxi Autonomous Region, city, and county.

Key words: Guangxi Zhuang Autonomous Region, annual climate status, dynamic weighting, application

引言

气候年景评价是对年度气候状况及其影响的综合性评估，早期的研究主要侧重于单一气候要素或特定灾害的影响评估，如针对低温阴雨（纪忠萍和谢炯光，2000；纪忠萍等，2013）、台风灾害（徐良炎和高歌，2005；尹宜舟和李焕连，2017）或暴雨洪涝过程（李翠金和马巧英，1998；罗艳艳等，2015）的年景分析。之后，以气温和降水为重要指标的综合气候年景评估方法逐渐发展起来。邹燕等（2019）、伍红雨等（2020）通过对冷、暖、旱、涝等异常指数进行综合加权，量化了年度气候的整体状况。林益同等（2023）分析了气温、降水偏差及天气现象，建立了低温、高温、干旱、雨涝和暴雪的年景分指标，综合形成了气候年景评价模型。石磊等（2013）构建了冷、暖、旱、涝、雾霾、风雹等异常指数，并结合灾害损失模型，综合评价安徽省的气候年景。此外，行业影响方面的农业气候年景模型，也取得了丰富成果（秦鹏程等，2018；杨晓强等，2018；施秀梅等，2025），这些研究为客观识别气候状况提供了科学参考。在业务标准化方面，我国已发布国家标准《GB/T 33670—2017 气候年景评估方法》（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会，2017），福建（福建省市场监督管理局，2019）、贵州（贵州省市场监督管理局，2020）、湖南（湖南省市场监督管理局，2022）等地也发布了相关的地方标准，促进了气候年景评价业务的规范化。

广西地处低纬度，喀斯特地貌广布，气候复杂多变，气象灾害种类多、发生频率高、影响范围广（罗红磊等，2016），在全球变暖背景下，极端气候事件呈增多增强趋势，造成的经济社会损失不断加大（IPCC，2021；周佰铨和翟盘茂，2023；肖子牛和潘宝祥，2025）。目前，广西的气候年景评估业务主要依赖专家基于灾害损失程度的主观定性判断，难以满足定量化、标准化和气候变化分析的需求。国家标准（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会，2017）在广西的直接应用存在局限性，其对广西许多重大灾害年份（如1993年、2008年）的气候异常表征不足，评估结果与服务需求存在偏差。本研究基于长序列气象观测数据，针对广西气候特征进行时段划分，并引入动态权重以放大极端高、低温，洪涝及干旱等关键灾害事件的影响，建立广西气候年景评价指数，以期为广西各级气候年景评价服务提供一套客观、定量且实用的技术工具。

1 资料与方法

1.1 资料来源

气象数据采用1961—2025年广西91个气象观测站的日平均气温和日降水量资料。本文将数据时段划分为模型构建与变化特征分析时段（1961—2020年）和独立验证与业务应用时段（2021—2025年）。其中，第一个时段主要用于计算气候平均值和标准差，确定等级划分阈值，分析气候年景指数的长期变化趋势，第二时段用来验证指数的业务应用能力。

历史灾害数据来源于广西气象灾情数据库、《中国气象灾害大典·广西卷》《中国气象灾害年鉴》及广西壮族自治区应急管理厅、广西壮族自治区民政厅等其他相关部门。

1.2 气候年景评价指数构建

1.2.1 基本概念与评估思路

气候年景综合反映某一年内气温、降水等主要气候要素偏离气候平均值的程度（中华人民共和国国家

质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会, 2017)。为了量化这一概念, 构建了气候年景指数 (I_c), 该指数由气温年景指数 (I_t) 和降水年景指数 (I_p) 组成。广西气候具有“雨热同期、干湿分明”的特征, 4—9 月不仅是降水集中期, 各月平均气温也普遍高于年均值。因此, 本研究将全年划分为汛期 (4—9 月) 与非汛期 (1—3 月、10—12 月) 两个评估时段, 分别对气温和降水要素进行逐句分析。

首先计算各站逐句要素的标准化距平 Z , Z 表征该句要素值偏离其气候平均态的程度, 其绝对值 $|Z|$ 表征异常强度, 其越大代表异常程度越高, $Z>0$ 表示偏暖或偏湿, $Z<0$ 表示偏冷或偏干。该方法定义了一个动态权重 ω , 突出广西暴雨洪涝、高温、干旱和低温冷冻害等关键性气象灾害的影响。 ω 根据要素类型、所在时段和 Z 的具体数值查表 1 确定。每句对指数的贡献值为 $\omega \times |Z|$ 。将各站所有句的贡献值进行累加分别得到 I_t 和 I_p , 再将 I_t 和 I_p 相加得到气候年景指数 I_c , 指数值越大, 表明该年的气候状况整体越偏离常态, 气候年景越差。

ω 的取值 (表 1) 是面向广西主要气候灾害特征预设的参数化方案, 其阈值 (如 $Z>-0.5$) 与具体权重值 (1, 1.5, 3) 是通过专家打分法以及对 1961—2020 年历史序列的回算和优化确定的, 目的是保障指数评估结果与历史重大天气气候事件和业务监测评估结论能够较好地吻合。

表 1 气候年景指数动态权重设置

Table 1 Dynamic weighting rules for the annual climate status index

要素	时段	权重类别	Z 范围	权重系数	设置目的
气温	非汛期	ω_1	$Z \leq -1.5$	3	显著放大极端低温事件的影响
			$-1.5 < Z \leq -0.5$	1.5	加强一般性低温事件的影响
			$Z > -0.5$	1	保持对正常波动或偏暖情形的评估
	汛期	ω_2	全部	1	保持对高温异常的评估
降水	非汛期	ω_3	$Z \leq -1$	3	显著放大降水偏少 (干旱) 的影响
			$-1 < Z \leq 2$	1	保持对降水正常波动的评估
			$Z > 2$	1.5	加强降水异常偏多的影响
	汛期	ω_4	$Z \geq 1$	3	显著放大极端多雨 (洪涝) 的影响
			$-2 < Z < 1$	1	保持对降水正常波动的评估
			$Z \leq -2$	1.5	加强汛期异常少雨 (季节性干旱) 的影响

1.2.2 气候平均值

世界气象组织建议使用 30 年作为气候标准值时段, 并每 10 年滚动更新一次 (World Meteorological Organization, 2017), 气候平均值 (气候态) 的计算公式为:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \tag{1}$$

式中: X_i 为样本序列, n 为序列 X 的样本数; $\bar{X}$ 为序列 X 的平均值。

本研究在确定气候平均值时, 考虑了气温和降水长期变化趋势的差异, 对参数 n 进行了针对性设计。气温的气候平均值采用分段滚动平均, 取 $n=30$ 。据研究, 1961—2020 年广西年平均气温呈显著上升趋势, 且在 20 世纪 90 年代后升温显著 (广西壮族自治区气候中心, 2024), 为尽可能消除气候变暖背景对标准差计算和异常判识的影响, 本研究对气温采用分段计算气候平均值的方法, 即: 1961—1990 年的气温统计以 1961—1990 年的平均值为气候态; 1991—2020 年的统计以 1981—2010 年的平均值为气候态; 2021—2025 年的统计以 1991—2020 年的平均值为气候态, 后续时段以此类推, 每 10 年滚动更新。广西年降水量无明显长期变化趋势 (广西壮族自治区气候中心, 2024), 因此, 为维持更长时间序列的统计稳定性, 降水的气候平均值统一采用 1961—2020 年的平均值, 即 $n=60$ 。

1.2.3 气温年景指数

气温年景指数是汛期气温异常指数 (I_{hot}) 与非汛期气温异常指数 (I_{cold}) 相加之和。非汛期气温异常指数为: (2)

$$I_{\text{cold}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^{18} [\omega_1(Z_{ij}^t) \cdot |Z_{ij}^t|])$$

式中： $Z_{ij}^t = (T_{ij} - \bar{T}_{ij}) / \sigma_{ij}^t$ 为第 j 站第 i 旬平均气温的标准化距平， T_{ij} 为第 j 站第 i 旬平均气温， $\bar{T}_{ij}$ 为第 j 站第 i 旬平均气温的气候平均值， σ_{ij}^t 为第 j 站第 i 旬平均气温的标准差； $\omega_1(Z_{ij}^t)$ 为表 1 中定义的权重函数，其取值根据 Z_{ij}^t 的值判定； n 为区域内参加统计的站数。

汛期气温异常指数为：

$$I_{\text{hot}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{18} [\omega_2(Z_{ij}^t) \cdot |Z_{ij}^t|] \right) \quad (3)$$

式中：汛期气温权重 $\omega_2=1$ （表 1）。

1.2.4 降水年景指数

降水年景指数是汛期降水异常指数（ I_{flood} ）与非汛期降水异常指数（ $I_{\text{Non-flood}}$ ）相加之和。非汛期降水异常指数为：

$$I_{\text{Non-flood}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{18} [\omega_3(Z_{ij}^p) \cdot |Z_{ij}^p|] \right) \quad (4)$$

式中： $Z_{ij}^p = (P_{ij} - \bar{P}_{ij}) / \sigma_{ij}^p$ 为第 j 站第 i 旬累计降水量的标准化距平； $\omega_3(Z_{ij}^p)$ 为表 1 中定义的权重函数。

汛期降水异常指数为：

$$I_{\text{flood}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{18} [\omega_4(Z_{ij}^p) \cdot |Z_{ij}^p|] \right) \quad (5)$$

式中： $\omega_4(Z_{ij}^p)$ 为表 1 中定义的权重函数。

1.2.5 气候年景指数及等级划分

将无量纲的气温年景指数（ I_t ）与降水年景指数（ I_p ）直接相加，得到气候年景指数（ I_c ），用以表征年度气候整体偏离气候平均值的程度。采用百分位数法确定等级阈值。以 1961—2020 年共 60 年的气候年景指数序列作为基准样本，计算其第 10、30、70、90 百分位数（分别记为 P_{10} ， P_{30} ， P_{70} ， P_{90} ）。这四个百分位数将序列分为五段，分别对应五个气候年景等级（表 2）。

表2 广西气候年景等级划分

Table 2 Classification of annual climate status grades in Guangxi

气候年景等级	百分位数范围	指数阈值
好	$I_c \leq P_{10}$	$I_c \leq 64.5$
较好	$P_{10} < I_c \leq P_{30}$	$64.5 < I_c \leq 69.1$
一般	$P_{30} < I_c \leq P_{70}$	$69.1 < I_c \leq 77.8$
较差	$P_{70} < I_c \leq P_{90}$	$77.8 < I_c \leq 84.8$
差	$I_c > P_{90}$	$I_c > 84.8$

注：阈值根据实际计算确定。

1.3 灾害损失客观评估

系统性的灾情数据始于 1993 年，因此，本文所用数据为 1993—2020 年广西气象灾害年度损失数据。选取气象灾害造成的受灾人口、伤亡人口（死亡+失踪人口）、农作物受灾面积及直接经济损失率作为评估指标，表征气象灾害的严重程度。为消除通货膨胀影响，采用直接经济损失（DEL）与当年全区生产总值（GDP）的比率表征直接经济损失率（ $R = \text{DEL} / \text{GDP} \times 100\%$ ），以反映灾害的经济影响相对强度。

为消除各指标量纲差异，采用 Min-max 归一法（杨寒雨等，2023）对原始灾情数据序列进行预处理。采用信息熵赋权法（李倩等，2018；武晋雯等，2025）客观计算各指标权重，权重系数分别为：受灾人口 $\alpha_1=0.15$ 、伤亡人口 $\alpha_2=0.24$ 、农作物受灾面积 $\alpha_3=0.14$ 、直接经济损失率 $\alpha_4=0.47$ 。最终，通过加权求和得到年度综合灾损指数（ I_1 ），计算公式为：

$$I_1 = \sum_{i=1}^4 \alpha_i Y_i \tag{6}$$

式中： α_i 为评估指标的权重系数； Y_i 为第 i 个评估指标的归一化值。

为与气候年景的五等级评价体系对比，将 1993—2020 年的综合灾损指数序列作为样本，同样采用百分位数法划分等级。以第 10、30、70、90 百分位数为阈值，将灾损严重程度划分为轻、较轻、一般、较重、重五个等级（表 3）。

表 3 综合灾损等级划分

Table 3 Classification of comprehensive disaster loss grades

I_1 对应百分位数阈值	等级	灾损等级
$I_1 \leq 0.03$	1	轻
$0.03 < I_1 \leq 0.11$	2	较轻
$0.11 < I_1 \leq 0.29$	3	一般
$0.29 < I_1 \leq 0.4$	4	较重
$I_1 > 0.4$	5	重

2 广西气候年景评价结果及验证

2.1 广西气候年景的变化特征

计算得到的 1961—2020 年广西气候年景指数及等级如图 1 所示。其中，气候年景指数变化趋势的显著性采用 t 检验进行判断， $p < 0.05$ 视为通过 0.05 显著性水平检验。1961—2020 年广西气候年景指数呈现显著增大趋势，增加速率为 $1.2 (10 \text{ a})^{-1}$ （线性变化趋势通过了 0.05 显著性水平检验），表明气候年景总体变差。值得注意的是，评估为差的 7 个年份（1967 年、1994 年、2008 年、2010 年、2011 年、2015 年、2020 年）中，有 6 个集中出现在 1990 年之后；而 6 个好年景（1962 年、1978 年、1986 年、1989 年、1991 年、1995 年）均出现在 1995 年以前，差年景的发生频率在 20 世纪 90 年代后显著增加。在气候年景变差的长期趋势中，降水年景指数可能是主导因素，气温年景指数的贡献相对较小。具体表现为：1961—2020 年气温年景指数无明显变化趋势，年景等级分布更加均匀，而 1990 年之后较差和差降水年景等级明显增加。

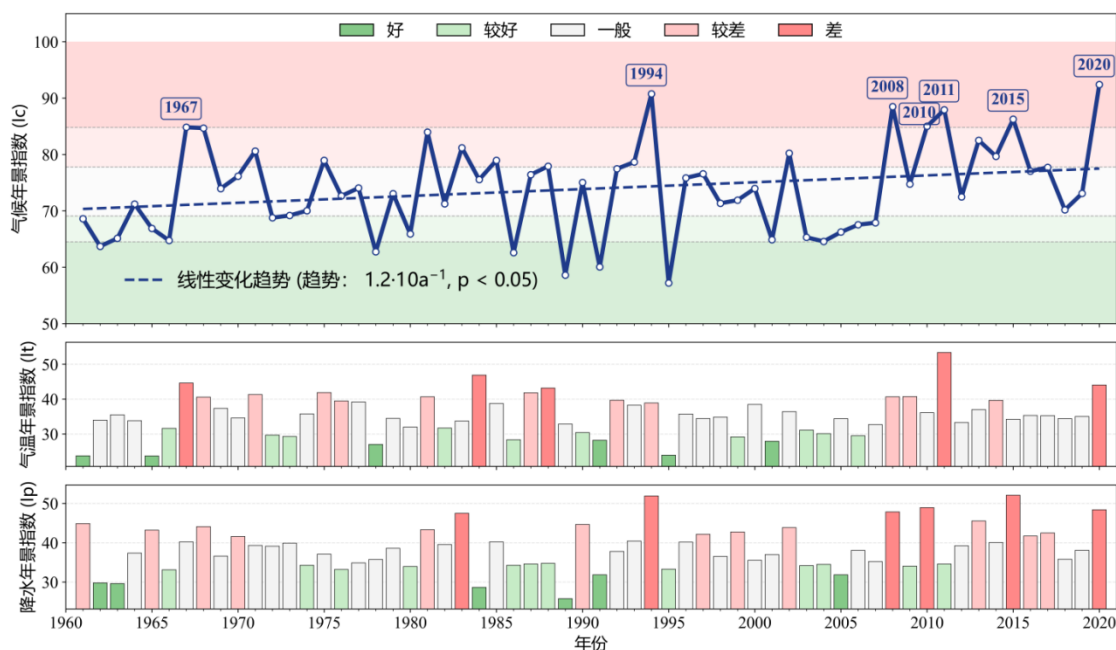
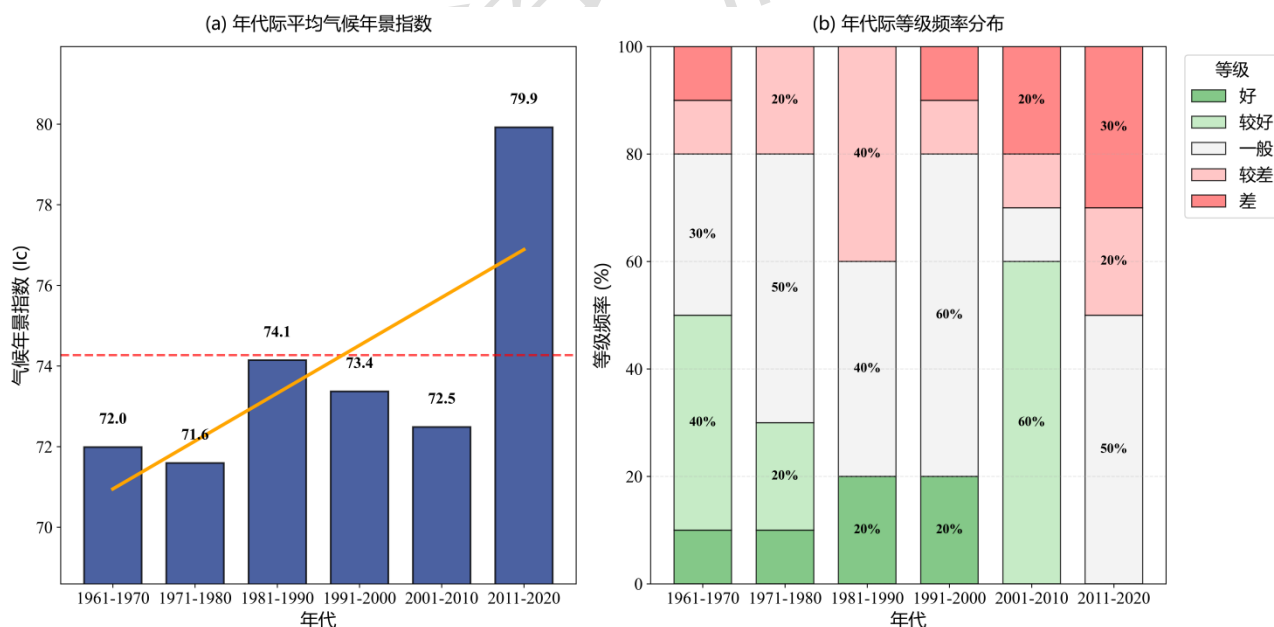


图 1 1961—2020 年广西气候年景指数及其分量变化

Fig.1 Variations of the Guangxi annual climate status index and its components from 1961 to 2020.

图 2 为 1961—2020 年广西气候年景指数的年代际演变特征, 1961—2010 年间的五个年代, 其平均气候年景指数在 71.6~74.1 之间小幅度波动 (图 2a), 而 21 世纪 10 年代平均指数增至 79.9, 较前一年代增加了 7.4 (增幅达 10.3%)。图 2b 展示了每个年代气候年景等级频率分布, 1991 年之后, 差和较差年景出现的频率均逐渐增加, 差年景由 20 世纪 90 年代的 10% 增至 21 世纪 10 年代的 30%; 而好和较好年景逐渐减少, 至 21 世纪 10 年代, 只有一般、较差和差三个等级。气候年景指数的年际和年代际变化均显示, 20 世纪 90 年代之后差年景出现的频率显著增加, 这种变化特征与全球变暖背景下气候系统不稳定性加剧、极端事件频发的规律相符 (王倩等, 2025)。



注: 黄线表示各年代平均气候年景指数的变化趋势, 红色虚线表示各个年代平均气候年景指数的平均值。

图 2 1961—2020 年广西气候年景指数年代际演变特征

Fig.2 Inter-decadal evolution characteristics of the Guangxi annual climate status index from 1961 to 2020

2.2 评估结果验证

2.2.1 历史重大天气过程记录验证

选取不同气候年景等级下的年份,与《广西气候公报》中记录的重大天气气候过程进行对比验证。1994年气候年景评估结果为差,当年广西暴雨洪涝灾害严重,5—8月降水异常偏多,6月特大洪水造成直接经济损失138亿元(黄汉标,1994),6月12—18日、7月13—24日出现两次罕见的特大暴雨洪涝灾害,在指数的逐旬演变中(图3a)对应表现为持续或多次的高值异常信号。2011年气候年景评估为差,年初低温雨雪冰冻天气持续时间长、影响范围广(韦晨,2012;刘晓梅等,2013),秋季强台风“纳沙”造成严重的风雨影响,因灾死亡7人(高安宁和张瑞波,2013),在气候年景指数中对应表现为1月气温年景指数的持续异常偏高,以及9月下旬和10月上旬的高降水年景指数(图3b)。

1990年气候年景一般,《广西气候公报》中记录7月下旬至10月中旬,广西大部分地区发生高温伏旱过程,8月中旬至9月上旬出现全区性的高温天气,强度等级为特强,对应着图3c中同时段的气温年景指数的持续高值,9月下旬至10月中旬降水年景指数的持续偏高也能较好地表征秋旱过程。在气候年景等级为好的年份,逐旬指数多在低值区间平稳波动,对应灾害影响较轻,1995年内逐旬气温和降水年景指数主要在0~1之间变化,9月—11月降水年景持续异常偏高(图3d)。据记载,9月中旬至下旬、10月下旬至11月上旬,广西大部地区少雨或基本无雨,干旱较为明显,但其经济损失较轻、受灾面积较小。2001年气候年景较好,7月上旬的降水年景指数为年内峰值(图3e),对应着台风“榴莲”“尤特”的影响,年内其余时段降水、气温年景指数值主要在0~2之间变化,全年气候较平稳。2006年气候年景评估结果为较好,7月中旬和8月上旬降水年景指数的2个峰值(图3f)时段符合台风“碧利斯”“派比安”的影响,而年内其余时段气候异常程度较轻。

上述结果表明,年景评估结果与年内重大天气气候过程的发生情况较为一致,说明气候年景指数对台风、暴雨、低温、干旱、高温等气候异常事件有较好的表征能力。

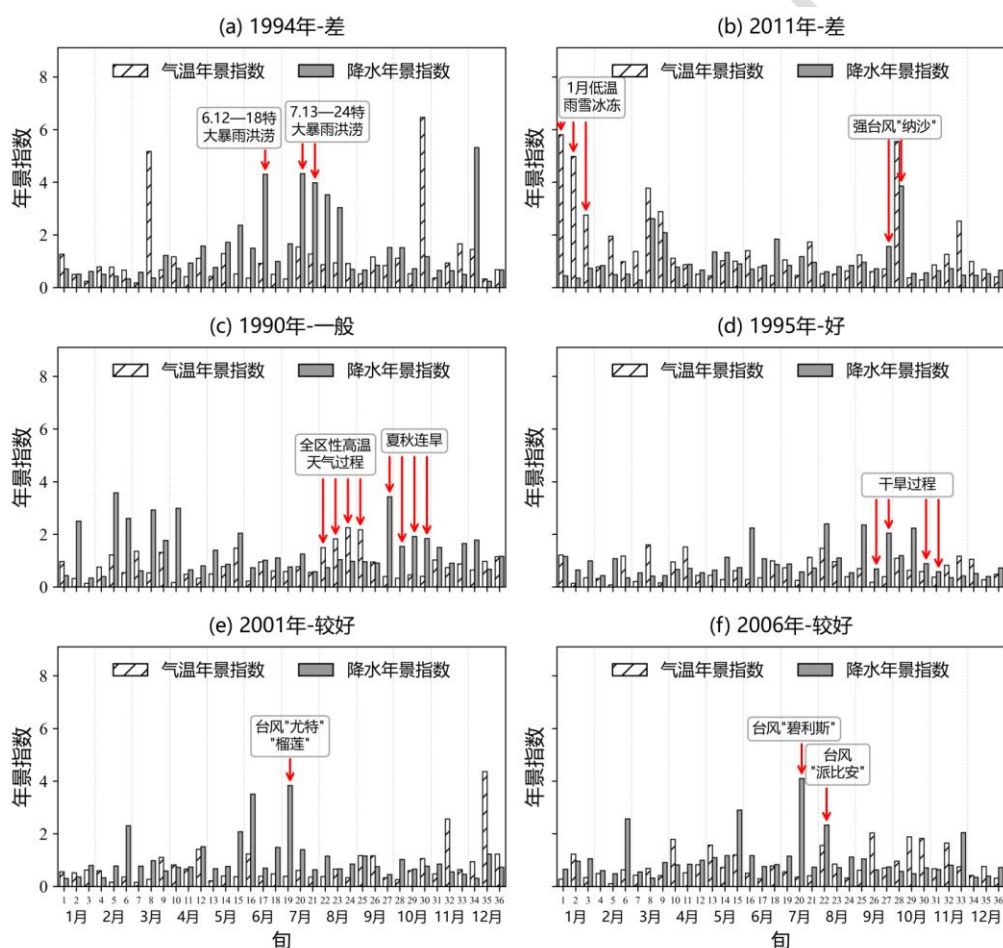
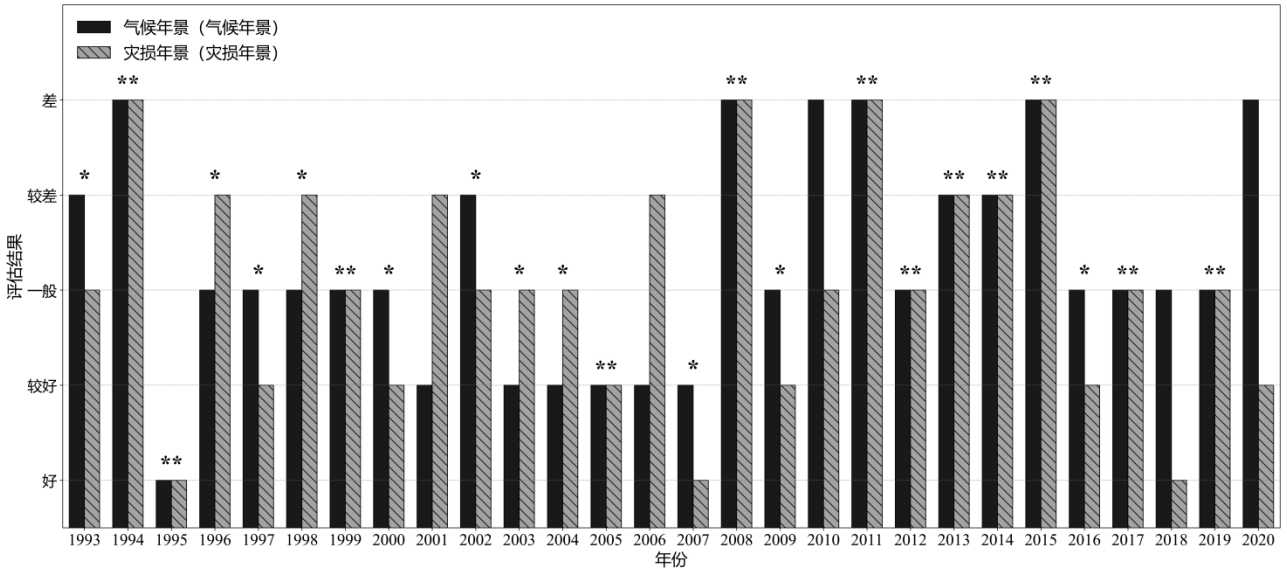


图3 1990年、1994年、1995年、2001年、2006年、2011年广西气候年景指数逐旬变化

Fig.3 Dekad variation of the Guangxi annual climate status index in 1990, 1994, 1995, 2001, 2006 and 2011

2.2.2 客观灾害损失数据的定量验证

利用 1.3 节构建的综合灾损指数，与 1993—2020 年的气候年景评估结果进行对比验证（图 4）。结果显示，大多数年份的气候年景等级与综合灾损等级相同或接近，二者评估等级完全一致或仅相差一个等级的年份占比为 82.1%，且未出现评估结论完全相反的情况，表明气候年景指数与客观灾害影响程度在等级上具有较高的一致性。对于少数等级差异较大的年份（如 2018 年和 2020 年），气候年景评估结果差于灾损评估等级，可能是由于气象防灾减灾能力提升而减少了灾害损失。这一差异说明，气候年景指数更多反映的是气候致灾危险性，而实际灾害损失还受到防灾减灾措施等因素的影响。



注：*表示相差一个等级，**表示等级一致。

图 4 广西气候年景评估等级与综合灾损评估等级的匹配情况

Fig.4 Correspondence between the evaluated Guangxi annual climate status grade and the comprehensive disaster loss grade

气候年景指数 (I_c) 与综合灾损指数 (I_l) 序列的相关分析表明，二者在 1993—2020 年的相关系数为 0.14 ($p>0.1$)，呈正相关关系，即气候年景指数越大（年景越差），气象灾害损失也越大，但其相关性较弱且未通过显著性水平检验。考虑到气象防灾减灾能力逐渐提升、1993—2020 年综合灾损指数也呈指数下降趋势（图略），可能会影响 I_c 和 I_l 的相关性，因此，本文将 1993—2020 年划分为 2 个时段（1993—2010 年和 2011—2020 年）分别求相关系数。结果显示，分时段的相关系数与全时段相比有较大的提高，在防灾减灾能力相对薄弱的 1993—2010 年，气候年景指数与综合灾损指数的相关系数为 0.52，相关性通过 0.05 显著性水平检验；而 2011—2020 年，随着防灾减灾能力的提升，相关性减弱（相关系数为 0.46，不显著）。

2.2.3 业务应用验证

为检验本指数在业务中的应用能力，将 2021—2025 年作为独立验证时段进行分析。2021—2025 年本方法已在广西气候年景业务评价中投入试用，提供了客观、定量的评估支撑。

（1）2021 年气候年景评价结果为较差，以高温、干旱天气影响较大。全年共出现 8 次大范围高温天气过程，高温日数较常年偏多 23 d，是 1951 年以来高温日数最多的年份；年内有 6 个台风影响，个数偏多；暴雨过程偏少，灾损偏轻；雨水少，干旱频发，四季均出现阶段性气象干旱，以冬旱和秋旱损失较重，共计造成农业直接经济损失近 10 亿元；低温冷害总体偏轻。气候年景较差是合理的。

（2）2022 年气候年景为差。2022 年 5—6 月暴雨过程集中、强度大，遭遇史上最强“龙舟水”（周琰等，2024），灾害损失超百亿，7 月中旬至 11 月中旬平均降水量为历史同期第二少，出现严重夏秋连旱；对于气温异常情况，1 月末至 2 月遭遇 2009 年以来同期最严重的低温雨雪冰冻灾害，秋末则出现 1961 年以来同期最强寒潮，与气候年景差相符。

（3）2023 年气候年景一般。年内有 3 个台风影响，比常年偏少，但 5 月至 6 月中旬平均降水量为近 30 年同期最少，气象干旱严重；春秋季节低温冷害偏轻，12 月遭遇 1961 年以来同期最强寒潮，与气候实况较为吻合，客观评估结果是合理的。

(4) 2024 年评价结果为较差。2024 年广西气温为历史第二高，冬季遭遇 2 次低温雨雪冰冻过程，2 月出现 1961 年以来综合强度最强寒潮；降水偏多，但春季和秋冬发生大范围阶段性干旱，9 月遭遇北部湾最强台风“摩羯”影响，风雨强度综合评估属严重等级，灾害损失严重。年内气象灾害直接经济损失总和未超百亿，因此，气候年景为“较差”也是较为合理的。

(5) 2025 年气候年景一般。2025 年降雨量和暴雨日数接近常年，年内共出现 12 次致灾暴雨过程，有 9 个台风影响广西，为历史最多，且遭遇首次路径相似台风“三连击”，但灾害影响偏轻；年高温日数比常年偏多 6 天，低温冷害偏轻。气候年景评估结果为一般与实况监测较为一致。

3 评价指标在市县的应用

3.1 南宁市气候年景评价指标的应用与验证

应用 1.2 节所述方法，构建 1961—2020 年南宁市气候年景指数序列（图 5a）。南宁市气候年景长期呈现微弱上升（未通过显著性水平检验）的变化趋势。气候年景评估为差的年份有 1981 年、1985 年、2008 年、2010 年、2011 年、2015 年；年景评估为好的年份有 1963 年、1978 年、1989 年、1991 年、1995 年、2019 年。其中，2008 年、2010 年、2011 年、2015 年，以及 1989 年、1991 年、1995 年在自治区、市两级结论一致。

通过分析典型差年景（2008 年）和好年景（1991 年）气温、降水年景指数的逐旬变化，进一步验证指数的合理性。2008 年 1—2 月气温和降水年景指数均出现持续高值（图 5b），据气象资料记载，2008 年 1—2 月南宁市遭遇了历史罕见的低温雨雪冰冻灾害，气温异常偏低、降水比常年偏多 3 成至 5 倍；汛期降水年景指数存在多个高值（>2），9 月下旬的降水年景指数为年内最高，对应强台风“黑格比”影响。1991 年各旬气温、降水指数大多在低值小幅波动，资料记载该年暴雨洪涝、台风、高温、低温阴雨等影响较轻，11 月下旬有干旱影响（图 5c 同时段降水年景指数显示出峰值），符合“好”年景的特征。

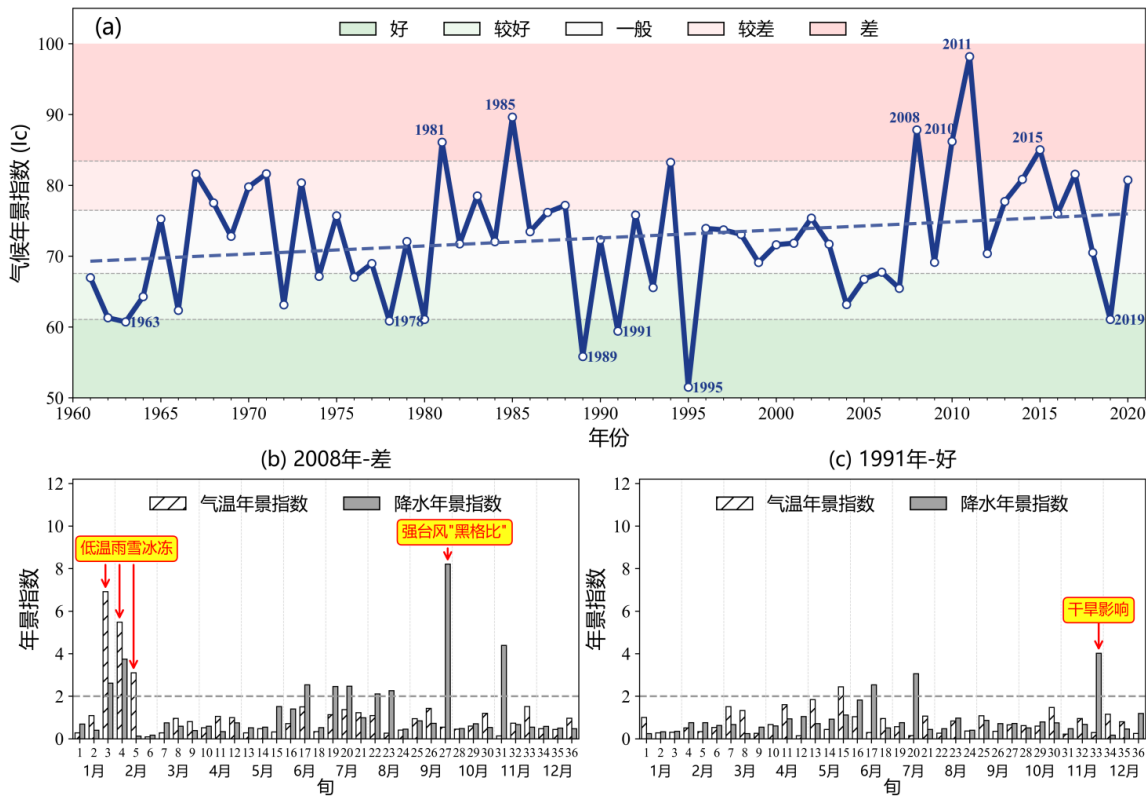


图 5 南宁市气候年景指数变化及典型年份年景指数旬分布

(a) 1961 - 2020 年气候年景指数, (b) 2008 年逐旬气温、降水年景指数, (c) 2005 年逐旬气温、降水年景指数

Fig.5 Variations of annual climate status index in Nanning City and the dekad distribution of the index in representative years

(a) annual climate status index in 1961-2020, (b) dekad temperature and precipitation index in 2008, (c) dekad temperature and precipitation index in 2005

3.2 贺州市八步区气候年景评价指标的应用与验证

计算八步区本地化阈值与指数序列,气候年景评估差的年份有 1968 年、1973 年、1994 年、2002 年、2010 年、2011 年;年景评估好的年份有 1978 年、1979 年、1986 年、1991 年、1995 年、2005 年。以下选取差年景 1994 年和好年景 2005 年对评估结果进行验证。1994 年降水年景为差,降水年景指数为 60 年中最高(图略),据记载,1994 年八步区暴雨洪涝影响较重,6 月上旬受 9403 号台风等影响并引起暴雨天气,7 月下旬出现罕见特大暴雨,指数表现与实际天气过程比较一致。2005 年降水年景为好、气温年景为一般,各旬的降水、气温年景指数值在 0~2 之间波动,异常程度较低,气象资料记载当年八步区仅遭受 2 次暴雨过程,台风、高温、低温阴雨、寒露风等影响较轻。

在市级(南宁市)与县级(八步区)的应用表明,本文构建的气候年景评价指标在不同空间尺度上均表现出良好的适用性和可靠性,其评估结果不仅能反映影响较大的灾害性天气过程,而且自治区、市、县三级的结论具有可比性。

4 结论与讨论

本文基于 1961—2025 年广西气象站点观测资料,通过引入动态权重突出关键灾害性事件的影响,构建了一个适用于广西本地化需求的气候年景评价指标,分析了其变化特征,并完成了多角度验证与应用。主要结论如下:

(1) 1961—2020 年广西气候年景指数以 $1.2(10\text{ a})^{-1}$ 的速率显著上升,气候年景总体变差,差年景出现的频率在 20 世纪 90 年代后显著增加;在气温与降水的共同影响中,降水异常可能是造成气候年景变差的主要因素。

(2) 经过历史重大天气过程记录、客观灾害损失数据、业务应用等 3 方面验证发现,本指数能客观、定量地评估年度气候异常程度,其评估结果能较好地反映历史重大气候灾害事件,与客观综合灾损指数在等级上有较好的一致性和正相关关系,该指数在 2021—2025 年广西业务试用中表现良好。

(3) 气候年景评价指标在重新计算本地化阈值后,可在市、县开展应用;南宁市和八步区的评估结果与当地气候实况较符合;该指数可用于广西自治区、市、县三级的气候年景评价工作。

与国家标准《GB/T 33670—2017 气候年景评估方法》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会,2017)相比,分时段的动态权重是本文的核心修改点,通过动态权重放大极端高、低温,洪涝及干旱等主要灾害的信号,使评估结果更符合广西实况与服务需求。福建、贵州等地的地方标准,充分考虑了各种灾害对气候年景的影响程度,具有地方代表性,但计算过程较为复杂,不利于基层开展快速评估,而本指数在表征灾害影响的前提下,简化了计算流程,更便于在基层业务部门落地应用。

然而,这套评价方案仍存在一定局限,目前指数主要基于气温和降水要素,在客观定量评估台风的风影响方面仍有欠缺,未来可考虑引入风速或台风强度指数及极端气候指数等,或借助机器学习方法融合多源信息,更加全面地刻画复合型气候风险。在气候平均值的计算上,气温采用分段滚动平均,而降水则采用 1961—2020 年的长期平均,这种设置虽然有利于历史可比性和统计稳定性,但在气候变暖背景下,容易因忽视 21 世纪以来降水的气候态变化而导致未来差年景频率增加,因此,未来业务应用中应适时修订年景的计算方法。此外,未来可进一步探究广西气候年景变化与海温、环流等宏观因子的关联机制,拓展其在农业保险、重大工程气候可行性论证等领域的应用,推动从气象防灾向气候赋能经济社会发展。

参考文献:

福建省市场监督管理局,2019. DB35/T 1178-2019 气候年景评价方法[S]. 福州:福建省市场监督管理

局.Fujian Market Supervision and Administration Bureau, 2019. DB35/T 1178-2019 Evaluation method for annual climate condition[S]. Fuzhou: Fujian Provincial Administration for Market Regulation (in Chinese).

-
- 高安宁, 张瑞波, 2013. 2011 年秋季强台风“纳沙”导致广西灾害成因分析[J]. 灾害学, 28(1): 54-58. Gao A N, Zhang R B, 2013. Analysis on disaster causes of strong typhoon Nesat in the fall of 2011[J]. J Catastroph, 28(1): 54-58 (in Chinese).
- 广西壮族自治区气候中心, 2024. 广西气候变化监测报告(1961-2020 年)[M]. 北京: 气象出版社. Guangxi Climate Center, 2024. Guangxi Climate Change Monitoring Report (1961-2020)[M]. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese).
- 贵州省市场监督管理局, 2020. DB52/T 1515-2020 气候年景评估技术规范[S]. 贵阳: 贵州省市场监督管理局: 1-9. Administration for Market Regulation of Guizhou Province, 2020. DB52/T 1515-2020 Assessment method for annual climatic status over Guizhou[S]. Guiyang: Guizhou Provincial Administration for Market Regulation: 1-9 (in Chinese).
- 湖南省市场监督管理局, 2022. DB43/T 2458-2022 气候年景与旱涝年景评估方法[S]. 长沙: 湖南省市场监督管理局: 1-9. Administration for Market Regulation of Hunan Province, 2022. DB43/T 2458-2022 Assessment method for annual climatic status and drought or flood year[S]. Changsha: Administration for Market Regulation of Hunan Province: 1-9 (in Chinese).
- 黄汉标, 1994. 西江“94·6”洪水[J]. 人民珠江, (4): 15-17. Huang H B, 1994. The "June 1994" flood of the Xijiang River[J]. Pearl River, (4): 15-17 (in Chinese).
- 纪忠萍, 谢炯光, 2000. 广东省春季低温阴雨的年景变化趋势分析[J]. 热带气象学报, 16(1): 76-84. Ji Z P, Xie J G, 2000. The analysis for the yearly prospect of cold and rainy weather in Guangdong Province[J]. J Trop Meteor, 16(1): 76-84 (in Chinese).
- 纪忠萍, 高晓容, 谷德军, 等, 2013. 广东低温阴雨的低频振荡及环流特征[J]. 应用气象学报, 24(1): 32-42. Ji Z P, Gao X R, Gu D J, et al, 2013. The low frequency oscillation and circulation characteristics of cold rainy weather in Guangdong[J]. J Appl Meteor Sci, 24(1): 32-42 (in Chinese).
- 李翠金, 马巧英, 1998. 长江中下游地区旱涝气候年景和评定方法的研究[J]. 灾害学, 13(1): 72-77. Li C J, Ma Q Y, 1998. A study on drought or flood year's harvest in the middle and lower reaches of Yangtze River and assessment method[J]. J Catastroph, 13(1): 72-77 (in Chinese).
- 李倩, 俞海洋, 李婷, 等, 2018. 京津冀地区台风危险性评估——基于 Gumbel 分布的分析[J]. 地理科学进展, 37(7): 933-945. Li Q, Yu H Y, Li T, et al, 2018. Hazard assessment of typhoons affecting the Beijing-Tianjin-Hebei region based on Gumbel distribution[J]. Prog Geogr, 37(7): 933-945 (in Chinese).
- 林益同, 周晓宇, 赵春雨, 等, 2023. 1961—2020 年辽宁省气候年景分析及综合气候年景评价[J]. 气象与环境学报, 39(6): 105-111. Lin Y T, Zhou X Y, Zhao C Y, et al, 2023. Analysis of annual climate and

-
- assessment of integrated annual climate from 1961 to 2020 in Liaoning Province[J]. *J Meteor Environ*, 39(6): 105-111 (in Chinese).
- 刘晓梅, 高安宁, 赵金彪, 2013. 2011 年华南西部低温雨雪冰冻灾害特征与成因[J]. *自然灾害学报*, 22(6): 232-239. Liu X M, Gao A N, Zhao J B, 2013. Characteristics and causation of the freezing rain and snow disaster in western South China in 2011[J]. *J Nat Disast*, 22(6): 232-239 (in Chinese).
- 罗红磊, 何洁琳, 李艳兰, 等, 2016. 气候变化背景下影响广西的主要气象灾害及变化特征[J]. *气象研究与应用*, 37(1): 10-14. Luo H L, He J L, Li Y L, et al, 2016. Main meteorological disasters and variation characteristics in Guangxi under the background of climate changes[J]. *J Meteor Res Applic*, 37(1): 10-14 (in Chinese).
- 罗艳艳, 何金海, 邹燕, 等, 2015. 华南前汛期雨涝强、弱年的确定及其环流特征对比[J]. *气象科学*, 35(2): 160-166. Luo Y Y, He J H, Zou Y, et al, 2015. Determination of strong and weak rain-waterlogging years in pre-rainy season over South China and their circulation features comparison[J]. *J Meteorol Sci*, 35(2): 160-166 (in Chinese).
- 秦鹏程, 夏智宏, 陈伟亮, 2018. 农业气候年景评估指数构建及在江汉平原的应用[J]. *气象科技进展*, 8(5): 40-45. Qin P C, Xia Z H, Chen W L, 2018. Construction of a comprehensive index for assessing agroclimatic patterns by year and application on the Jiangnan Plain[J]. *Adv Meteorol Sci Technol*, 8(5): 40-45 (in Chinese).
- 石磊, 王胜, 盛绍学, 2012. 近 50 年安徽省气候年景评估方法[J]. *地理研究*, 31(9): 1580-1588. Shi L, Wang S, Sheng S X, 2012. Study on the method of annual climatic assessment of Anhui Province in the past 50 years[J]. *Geogr Res*, 31(9): 1580-1588 (in Chinese).
- 施秀梅, 徐虹, 程晋昕, 等, 2025. 基于 MODIS 的滇池蓝藻水华时空变化分析及年景综合评价[J]. *沙漠与绿洲气象*, 19(6): 177-186. Shi X M, Xu H, Cheng J X, et al, 2025. Spatiotemporal analysis and annual evaluation of algal blooms in Dianchi Lake based on MODIS[J]. *Desert Oasis Meteorol*, 19(6): 177-186 (in Chinese).
- 王倩, 翟盘茂, 张强, 2025. 1961 年以来中国区域性气候与极端事件变化格局[J]. *气象学报*, 83(4): 980-989. Wang Q, Zhai P M, Zhang Q. 2025. Regional patterns of climate change and extreme events in China since 1961[J]. *Acta Meteorol Sin*, 83(4): 980-989 (in Chinese).
- 韦晨, 2012. 2011 年初广西异常低温冰冻灾害成因分析[J]. *热带地理*, 32(1): 38-43, 49. Wei C, 2012. Causes of the abnormal microtherm and frost weather in Guangxi at the beginning of 2011[J]. *Trop Geogr*, 32(1): 38-43, 49 (in Chinese).

-
- 伍红雨, 邹燕, 郭尧, 2020. 广东气候年景的客观定量化评估[J]. 大气科学学报, 43(3): 516-524. Wu H Y, Zou Y, Guo Y, 2020. Objective assessment of annual climate status in Guangdong[J]. Trans Atmos Sci, 43(3): 516-524 (in Chinese).
- 武晋雯, 纪瑞鹏, 孙龙戡, 等, 2025. 基于熵权法与网格搜索优化的水稻延迟型冷害指标构建[J]. 农业工程学报, 41(14): 91-101. Wu J W, Ji R P, Sun L Y, et al, 2025. Delayed-type chilling injury index for rice using entropy weight method and grid search optimization[J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 41(14): 91-101 (in Chinese).
- 徐良炎, 高歌, 2005. 近 50 年台风变化特征及灾害年景评估[J]. 气象, 31(3): 41-45. Xu L Y, Gao G, 2005. Features of typhoon in recent 50 years and annual disaster assessment[J]. Meteor Mon, 31(3): 41-45 (in Chinese).
- 肖子牛, 潘宝祥, 2025. 极端天气事件和天气气候一体化预报技术的现状及展望[J]. 气象, 51(11): 1383-1394. Xiao Z N, Pan B X, 2025. Extreme weather events and integrated forecasting techniques for weather and climate: current status and prospect[J]. Meteor Mon, 51(11): 1383-1394 (in Chinese).
- 杨寒雨, 赵晓永, 王磊, 2023. 数据归一化方法综述[J]. 计算机工程与应用, 59(3): 13-22. Yang H Y, Zhao X Y, Wang L, 2023. Review of data normalization methods[J]. Comput Eng Appl, 59(3): 13-22 (in Chinese).
- 杨晓强, 张志国, 代云超, 等, 2018. 黑龙江省甜菜农业气象年景评估方法[J]. 中国农学通报, 34(25): 104-108. Yang X Q, Zhang Z G, Dai Y C, et al, 2018. Agrometeorological year's harvest of sugar beet: assessment method in Heilongjiang[J]. Chin Agric Sci Bull, 34(25): 104-108 (in Chinese).
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2017. GB/T 33670-2017 气候年景评估方法[S]. 北京: 中国标准出版社: 2-6. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2017. GB/T 33670-2017 Assessment method for annual climatic status[S]. Beijing: Standards Press of China: 2-6 (in Chinese).
- 尹宜舟, 李焕连, 2017. 我国台风灾害年景预评估方法初探[J]. 气象, 43(6): 716-723. Yin Y Z, Li H L, 2017. Preliminary study on pre-evaluation method of typhoon disaster in China[J]. Meteor Mon, 43(6): 716-723 (in Chinese).
- 周佰铨, 翟盘茂, 2023. 未来的极端天气气候与水文事件预估及其应对[J]. 气象, 49(3): 257-266. Zhou B Q, Zhai P M, 2023. The future projections of extreme weather, climate and water events and strategic responses[J]. Meteor Mon, 49(3): 257-266 (in Chinese).
- 周琰, 翟丽萍, 张丁丁, 等, 2024. 广西南宁一次“龙舟水”暴雨空报事件对流生消成因分析[J]. 气象, 50(8): 941-952. Zhou Y, Zhai L P, Zhang D D, et al, 2024. Causes for Convection Generation and Dissipation in an

Unsuccessful "Dragon Boat Water" Rainstorm Prediction Event in Nanning of Guangxi. *Meteoro Mon*, 50(8): 941-952 (in Chinese).

邹燕, 伍红雨, 林昕, 等, 2019. 气候年景定量化评价方法[J]. *气象学报*, 77(6): 1124-1133. Zou Y, Wu H Y, Lin X, et al, 2019. A quantitative method for the assessment of annual state of climate[J]. *Acta Meteorol Sin*, 77(6): 1124-1133 (in Chinese).

IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the 6th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[M]. Cambridge: Cambridge University Press.

World Meteorological Organization, 2017. *WMO guidelines on the calculation of climate normals* (WMO-No. 1203)[R]. Geneva: World Meteorological Organization.