

1981—2024 年广东省气候季节 时空分布及其演变特征*

张柳红^{1,2}, 郑璟^{1,2}, 杨冠华³

1. 中国气象科学研究院 & 中再巨灾风险管理股份有限公司 / 气象风险与保险联合开放实验室, 北京 100081
2. 广东省气候中心, 广东 广州 510641
3. 紫金县气象局, 广东 河源 517000

摘要: 季节变化体现了全球及区域气候在年内的规律性变动, 是人类开展生产生活所遵循的重要依据。以广东省为研究区域, 基于 1981—2024 年 86 个国家气象站逐日平均气温资料, 依据 GB/T 42074—2022 的气候季节划分指标, 计算了不同季节的起始日期和长度, 采用线性回归和趋势系数分析等方法, 系统探讨了广东省四季起始日期和持续时长的时空演变特征, 定量揭示了气候季节对区域气候变化的响应。结果表明: 1) 广东大部分地区属于无冬区, 仅粤北偏北地区为四季分明区。2) 常年四季起始时间空间差异明显, 四季分明区春季南早北晚、冬季北早南晚; 夏、秋季平均始于 4 月 10 日和 10 月 31 日。春、夏、秋季的常年季节长度分别为 94、204、62 d, 四季分明区冬季长度为 40 d。3) 1981—2024 年, 广东省四季分明区春、夏季起始日期略有提前, 秋、冬季略有推迟, 季节长度变化不显著; 无冬区入夏显著提前[2.49 d/(10 a)], 入秋显著推迟[2.22 d/(10 a)], 春、秋季长度显著缩短, 夏季显著延长[4.71 d/(10 a)], 南部沿海部分区域变化趋势通过 0.01 及以上显著性检验。

关键词: 气候学; 气候季节; 季节早晚; 季节长度; 广东

中图分类号: P467 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2026)02-0076-12

Spatiotemporal distribution and evolution of climatic seasons in Guangdong Province from 1981 to 2024

ZHANG Liuhong^{1,2}, ZHENG Jing^{1,2}, YANG Guanhua³

1. Chinese Academy of Meteorological Sciences & China Re Catastrophe Risk Management Company Limited / Joint Open Lab on Meteorological Risk and Insurance, Beijing 100081, China
2. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510641, China
3. Zijin Meteorological Service, Heyuan 517000, China

Abstract: Seasonal variations reflect the regular annual changes in global and regional climate patterns, serving as important references for human activities and planning. Focusing on Guangdong Province, this study analyzed onset dates and lengths of different climatic seasons across historical years using daily average temperature observations from 86 national meteorological stations from 1981

* 收稿日期: 2025-06-25 录用日期: 2025-12-02 网络首发日期: 2026-01-07

基金项目: 中国气象局创新发展专项(CXFZ2024J041); 珠江流域(华南区域)气象科研开放基金(ZJLY202402); 中国气象局重点创新团队(CMA2024ZD03); 广东省基础与应用基础研究基金气象联合基金(2024A1515510034); 广东省气象局科技项目(GRMC2023M11, GRMC2023M15, GRMC2024M13); 气象风险与保险联合开放实验室开放基金(2024F004)

作者简介: 张柳红(1991年生), 女; 研究方向: 应用气象; E-mail: 838012150@qq.com

通信作者: 郑璟(1982年生), 男; 研究方向: 应用气象; E-mail: 8811559@qq.com



ZR20250113

to 2024, adhering to the Chinese industry standard "Climate Season Classification (GB/T 42074—2022)". Using linear regression analysis and trend coefficient statistical methods, we systematically investigated the spatiotemporal distribution and changing patterns of climatic seasons in Guangdong, quantifying their responses to regional climate change. The findings are as follows: 1) Most of Guangdong Province belongs to a "winterless" zone, with only the northernmost part being a four-distinct-season zone. 2) Significant spatial heterogeneity exists in the onset dates of climatological normal seasons. Within the four-distinct-season zone, spring begins earlier in the south and later in the north, while winter starts earlier in the north and later in the south. On average, summer and autumn commence on April 10 and October 31, respectively. The climatological lengths of spring, summer, and autumn are 94, 204, and 62 d, respectively, while winter lasts for 40 d in the four-distinct-season zone. 3) From 1981 to 2024, in the four-distinct-season zone, the onset of spring and summer showed a slight advancing trend, while those of autumn and winter were slightly delayed, with no significant changes in season lengths. In the winterless regions, however, summer onset advanced significantly at a rate of 2.49 days per decade, while autumn onset was significantly delayed by 2.22 d per decade. This led to a significant shortening of both spring and autumn lengths and the significant extension of summer length by 4.71 d per decade. These trends reached statistical significance at the 0.01 level in some southern coastal regions.

Key words: climatology; climatic season; season timing; season duration; Guangdong

季节变化是气候系统的重要组成部分,其变化特征不仅反映了气候的自然波动,还与全球变暖等气候变化背景密切相关。近年来,随着全球气候变暖趋势加剧,中国各地的季节变化特征也发生了显著改变,引起学界广泛关注(林蔚等,2024)。已有研究表明,季节开始日期、长度及其空间分布特征的变化,对农业生产、生态系统以及人类生活产生了深远影响(Kennedy, 2006; Park et al., 2018)。例如,受人类活动影响,北半球夏季显著延长(Park et al., 2018; Wang et al., 2021a)。在中国,气候变暖导致春、夏季开始日期普遍提前,秋、冬季开始日期有所推迟(Dong et al., 2010; 郁珍艳等, 2010a, 2010b; 张世轩等, 2011; Wang et al., 2021b)。此外,赵俊虎等(2011)对1961—2008年我国8个区域与全国整体的季节变化的分析,进一步揭示了季节格局的改变与极端温度事件之间存在显著的动态联系。上述研究认为,夏季长度的增加和冬季长度的缩短会分别直接导致极端高温事件频次的上升和下降;敏感性试验证明,极端温度事件的存在及其年际波动,是造成夏、冬季持续时间变化及其年际剧烈波动的主要原因。

气候季节与人类生产生活密不可分,四季更替及起始日期、长度的变化均在不同程度上对农业物候匹配度、电力和能源供给稳定性、旅游季候经济窗口、环境和健康风险等造成影响。例如,春季的提前与季节长度延长,可增加作物适播期,有利于

播种期提早;秋季的推迟与季节长度缩短,则可增加复种茬口(史继清等,2018)。此外,随着生长季节延长,人类将可能吸入更多导致过敏的花粉,携带疾病的蚊子会向北扩大活动范围,导致人类的健康风险增加(Wang et al., 2021b)。夏季延长导致制冷用电需求大幅攀升,加剧全球碳排放持续走高,造成气候变暖问题日益严峻(朱云来,2025)。春、秋季相较冬、夏季更适合人们开展气候康养活动和旅游,春、秋季节延长可增加旅游人次和天数,进而带动经济收入(史继清等,2018;林颖仪等,2021)。

在不同区域,气候季节变化特征表现出显著的空间异质性。已有研究对全球(Park et al., 2018; Wang et al., 2021a)、中国(郁珍艳等, 2011; Zhao et al., 2013; 王正, 2019)以及华南、华北、华东等典型区域(简茂球, 1994; 林颖仪等, 2021; 陈小英等, 2022; 解明恩等, 2023; 玛依拉·买买提艾力, 2024)的季节变化进行了广泛探讨,为理解不同区域季节变化的规律及其驱动机制提供了重要的科学依据。对广东地区而言,前人对韶关(王文星等, 2016; 李曹明等, 2020)、阳江(张德苏等, 2016)、梅州(李源锋等, 2023)等地市尺度的气候季节变化进行了研究分析,但针对全省范围的、系统性的季节变化特征却鲜有研究,尤其是对其四季开始日期、长度及空间分布特征的深入分析仍有待进一步探讨。

鉴于此,本文以广东省为研究对象,依据GB/T 42074—2022的气候季节划分指标,利用

1981—2024年(简称近44 a)的气温数据,系统分析其四季开始日期、长度及其空间分布特征,旨在为区域气候变化的适应与应对提供科学依据,同时进一步丰富对中国低纬度地区季节变化特征的认识。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

广东省地处109°45'E—117°20'E、20°09'N—25°31'N,东西横跨约800 km,自南向北跨越热带、亚热带和中亚热带3个气候带,季风气候显著。全省下辖21个地级市(图1),划分为四大区域:珠三角(广州、深圳、佛山、东莞、中山、珠海、江门、肇庆、惠州)、粤东(汕头、潮州、揭阳、汕尾)、粤西(湛江、茂名、阳江)和粤北(韶关、清远、梅州、河源、云浮)。

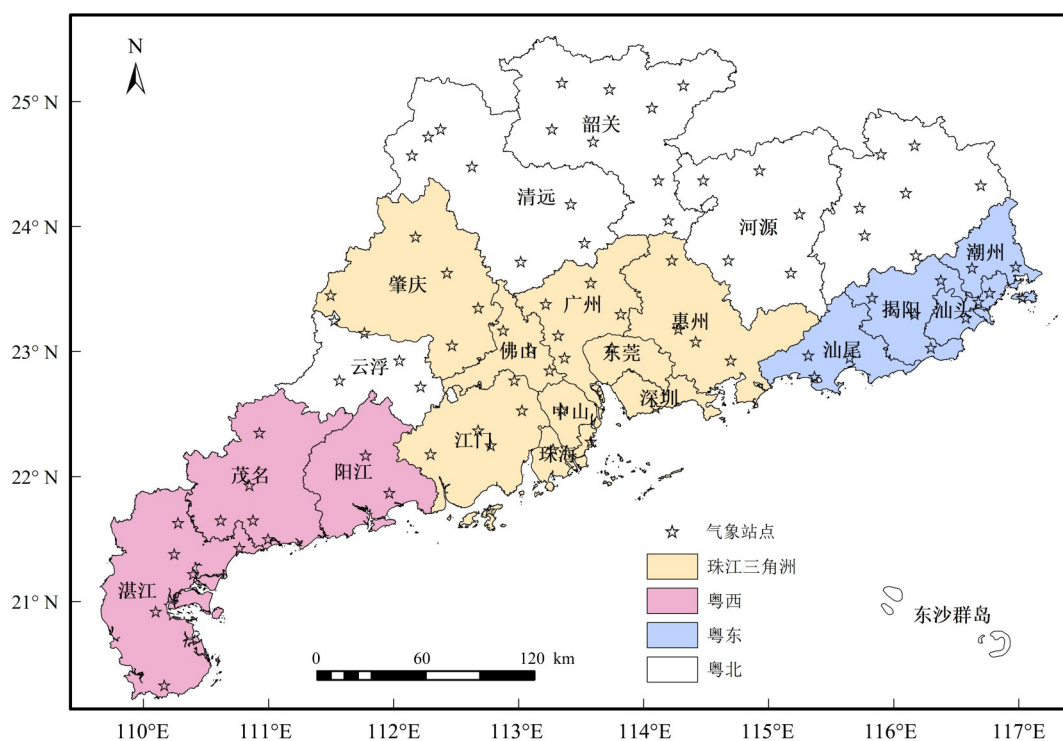
1.2 资料来源

本研究采用的资料包括广东省86个国家气象站(图1),1981—2024年逐日平均气温及其地理坐标为1:250 000的广东省基础地理信息数据,其中逐日平均气温资料为02:00(北京时,下同)、08:00、14:00和20:00共4个时次的整点平均值。上述资料均来源于广东省气象数据中心。

1.3 研究方法

根据GB/T 42074—2022的气候季节划分指标,本研究首先界定了各个站点的常年气候季节,并识别出了四季分明区和四季不分明区,而后计算确定了各个站点1981—2024年期间,历年不同季节的起始日期,最后运用数理统计方法分析了广东气候季节的变化规律。

1.3.1 常年气候季节界定 气候学上通常选取气象要素3个年代的平均值作为常年气候平均值。本研究根据世界气象组织有关规定,选取各站点1991—2020年的气温序列,计算同日平均气温的常年值,得到常年气温序列,进一步计算5 d滑动平均值得到常年滑动平均气温序列。基于常年滑动平均气温序列,按照春、夏、秋、冬的顺序,依次确定各季节的常年起始日期。各季节的划分指标分别为:春季,5 d滑动平均气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且 $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$;夏季,5 d滑动平均气温 $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$;秋季,5 d滑动平均气温 $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 且 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$;冬季,5 d滑动平均气温 $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若某站点的常年滑动平均气温序列能够依次满足春、夏、秋、冬4个季节指标,则该站点属于四季分明区,若有1个或多个季节指标不满足,则该站点属于四季不分明区。广东部分站点的常年滑动平均气温序



审图号为GS(2022)3124,底图边界无修改。

图1 研究区域气象站点空间分布及行政区域划分

Fig. 1 Meteorological stations and administrative divisions in Guangdong

列不满足连续5 d滑动平均气温 $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的标准,被确定为无冬区,只做春、夏和秋季的划分。将无冬区的春季起始日定义为1月1日,秋季终止日定义为12月31日(李源锋等,2023)。

1.3.2 逐年气候季节界定 基于各站点历年的气温序列计算5 d滑动平均气温,依次进行逐年春、夏、秋和冬季(无冬区不计算冬季)起始日的初次判断。若秋季之后的滑动平均气温序列不满足冬季指标,则顺延至下一年判断,但仍标识为上一年冬季的起始日。若初次判断的起始日期比常年偏早15 d以上,则需进行起始日的二次判断。此时,若初次判断日期至常年起始日之间的滑动平均气温序列均满足季节指标,则当年季节起始日按初次判断的日期确定;若初次判断日期至常年起始日之间有滑动平均气温序列不满足季节指标,则需计算至序列再次连续5 d满足季节指标。若2次连续过程之间满足季节指标的累计天数大于或等于不满足的天数,则以初次判断的起始日作为该气候季节的开始日期;否则,按第二次判断的起始日确定。

以某一气候季节起始日的前一日作为上个季节的终止日。某一气候季节起始日到终止日之间的天数为该气候季节的长度。气候季节早晚和长短等级根据当年与常年气候季节起止日期和长度的差值(D)进行划分(表1)。为便于计算和分析,本研究将季节初日转化为日序数(即每年1月1日记为1,1月2日记为2,以此类推)。

表1 气候季节早晚和长短等级划分

Table 1 Classification of onset dates and duration in climatic seasons

等级指标	季节早晚等级	季节长短等级
$D < -15$	特早	特短
$-15 \leq D < -5$	偏早	偏短
$-5 \leq D \leq 5$	正常	正常
$5 < D \leq 15$	偏晚	偏长
$D > 15$	特晚	特长

1.3.3 气候变化趋势分析 采用线性趋势分析、趋势系数计算等方法,分析气候季节起始日期、长度的变化趋势,并进行 t 检验(魏凤英,1999)。其中, $t_{入夏}$ 和 $t_{入秋}$ 分别表示入夏和入秋时间的 t 检验统计量, $t_{春季}$ 、 $t_{夏季}$ 和 $t_{秋季}$ 分别表示春、夏和秋季长度的 t 检验统计量。当自由度为42时,若 $|t|$ 大于临界值2.018、2.698和3.538,则分别表明结果在0.05($t_{0.05}$)、0.01($t_{0.01}$)和0.001($t_{0.001}$)的水平上达到统计显著性。

采用一元线性回归法,量化气候要素序列随时间变化的线性趋势,用测定系数 R^2 衡量线性关系的紧密程度(杨雄等,2021):

$$R^2 = S_{SSR}/S_{SST}, \quad (1)$$

式中 S_{SST} 为总偏差平方和, S_{SSR} 为回归平方和,计算公式为:

$$S_{SST} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2, \quad (2)$$

$$S_{SSR} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2, \quad (3)$$

其中 i 为年份数($i=1,2,\dots,n$), Y_i 和 \hat{Y}_i 分别为第 i 年的气候要素实际值和预测值, \bar{Y} 为 Y_i 的平均值。

趋势系数 r 是气候要素序列与自然数序列的相关系数,正、负值分别表示气候要素在研究年限内呈增加或下降趋势,其大小可用于判定变化趋势是否显著(刘玉莲,2015;张柳红等,2023),计算方法如下:

$$\bar{A} = \frac{n+1}{2}, \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{A})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{A})^2}}, \quad (5)$$

式中 \bar{A} 为年份数序列的平均值, x_i 为第 i 年的气候要素值, \bar{x} 为研究年限内气候要素的平均值。

2 结果分析

2.1 常年气候季节

2.1.1 四季分明区与不分明区 按照标准规定,对1991—2020年广东省86个国家气象站的日平均气温序列进行计算,确定常年气候季节的划分。其中,全省四季分明区的气象站共有11个(图2),主要分布在粤北偏北地区,包括乐昌、仁化、南雄、连南、连州、连山、阳山、乳源、曲江、和平和始兴。无冬区的气象站有75个,主要分布在粤西、珠三角、粤东以及粤北偏南地区。广东省大部地区出现“无冬区”现象,主要受低纬度位置、海洋的温暖调节作用、大气环流影响以及北部山脉对冷空气的阻挡等多重因素的共同影响。

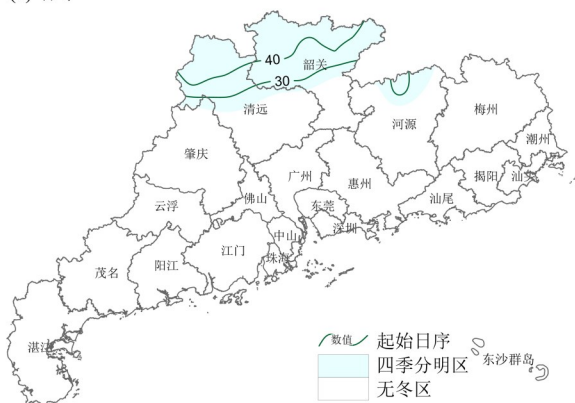
2.1.2 常年气候季节起始日期 对于广东省四季分明区,1991—2020年春季通常始于2月上旬和中旬,呈现出南部早于北部的纬向分布特征。其中,河源和平的春季最早(2月4日),而清远连山和连南则最晚(2月11日);冬季起始日期除清远连山始于12月中旬外,其余地区均集中在12月下旬和1月上旬,北部早于南部。

全省范围内,夏季平均开始于4月10日,粤西南入夏最早,湛江和茂名的夏季平均开始时间为3月,其中湛江徐闻最早(3月5日);而粤北偏北地

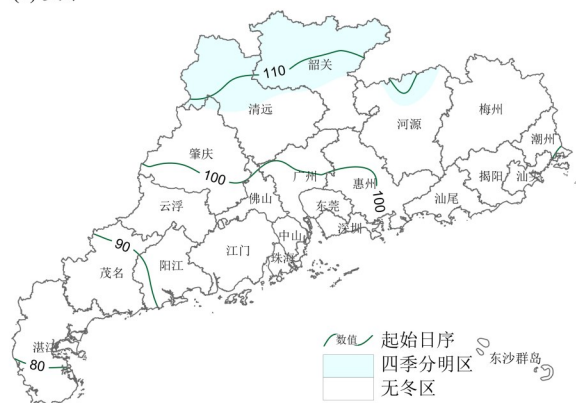
区,如清远北部、韶关北部和河源和平的夏季平均开始时间为4月中旬后期至下旬前期,其中清远连山最晚(4月23日);其余大部地区入夏时间集中在4月上旬或中旬。全省常年平均入秋时间为10月31日,具有明显的纬向分布特征,北部早于

南部。粤北偏北地区常年平均入秋时间在10月上旬和中旬,清远连山最早(10月3日);南部沿海地区常年平均入秋时间主要在11月上旬后期和中旬,湛江吴川最晚(11月16日);其余地区常年平均入秋时间则集中在10月下旬和11月上旬前期。

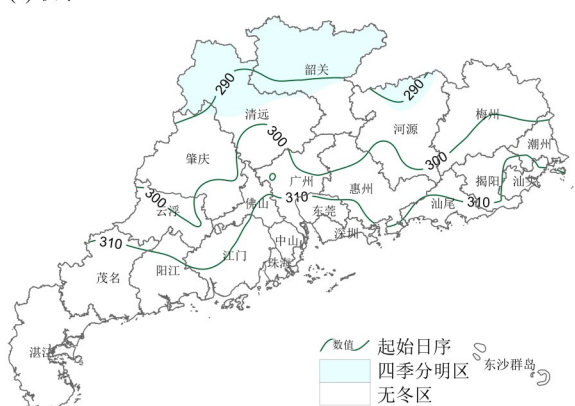
(a) 春季



(b) 夏季



(c) 秋季



(d) 冬季



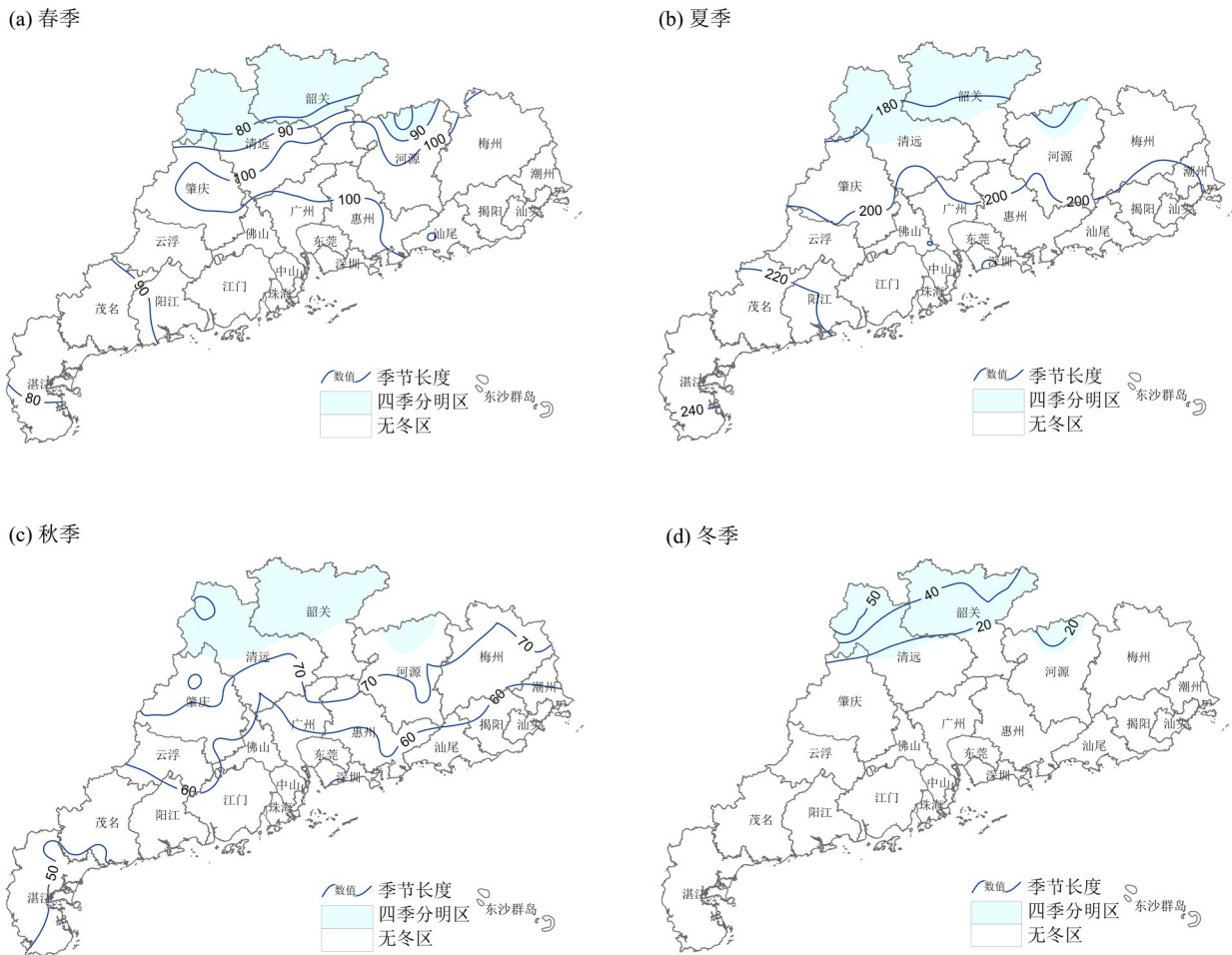
审图号为GS(2022)3124, 底图边界无修改。

图2 1991—2020年广东四季平均起始日期、四季分明区和无冬区划分

Fig. 2 Spatial distribution of the average onset dates of climatic seasons, and boundary between regions with and without four distinct seasons from 1991 to 2020 in Guangdong

2.1.3 常年气候季节长度 基于1991—2020年的气温数据,计算气候平均值以确定常年气候季节长度(图3)。对于冬季长度的计算,由于广东省四季分明区的冬季跨越自然年,因此选取1991—2021年的数据进行气候平均值计算。结果显示,1991—2020年广东省春季平均长度为94 d,其中湛江南部、清远北部和韶关北部的春季较短,不足80 d;湛江北部、茂名大部、清远和韶关中部的春季长度介于80~90 d,其余大部地区超过90 d。春季最短为湛江徐闻,仅64 d;最长为汕头南澳,达111 d。广东省

常年夏季平均长度为204 d,其中西南地区(湛江、茂名等)夏季较长,超过220 d,粤北偏北地区(清远北部、韶关北部等)夏季较短,不足180 d,其余大部地区介于180~220 d。湛江徐闻夏季最长,达252 d,而清远连山最短,仅163 d。广东省常年秋季平均长度为62 d,空间上呈现明显的纬向分布特征,北部地区长、南部地区短,秋季最短的为湛江吴川,仅45 d,最长的为河源和平,达84 d。四季分明区的常年冬季平均长度为40 d,其中河源和平、清远阳山的冬季较短,为28 d,清远连州、连南和连山的冬季较长,为



审图号为GS(2022)3124, 底图边界无修改。

图3 1991—2020年广东春、夏、秋和冬季平均长度

Fig. 3 Spatial distribution of average durations of spring, summer, autumn and winter from 1991 to 2020 in Guangdong

51~56 d。由此可见,广东省四季以夏季最为漫长,除粤北偏北地区外,大部地区1年中超过一半的时间处于夏季。

2.2 气候季节演变

2.2.1 四季分明区气候季节演变 广东省四季分明区近44 a中,部分年份出现了部分气象站未达到入冬标准的现象,分别为1986年的乐昌、仁化、南雄、连州、阳山、乳源、曲江、始兴、和平共9站,2016年的阳山、乳源、曲江、和平共4站,2019年的阳山1站,2024年的乐昌、连南、连州、阳山共4站。剔除上述未入冬年份的站点记录,对1981—2024年广东省四季分明区11个气象站四季平均起始时间和长度进行分析。

近44 a,广东省四季分明区11个气象站的平均春季起始日期距平及其变化(图4a)显示,四季分明区入春日期以0.64 d/(10 a)的速率提前(趋势系数-0.07),但提前趋势不显著,其中1987年入春最早,平均入春时间为1月6日,较常年提前33 d;2022年入春最晚,

平均入春时间为2月24日,较常年延迟16 d。根据11个气象站平均的入夏日期距平及其变化(图4b),入夏日期以1.04 d/(10 a)的速率呈提前趋势(趋势系数-0.17),但提前趋势不显著,其中1998和2016年入夏最早,平均入夏时间为4月5日,较常年提前16 d;1984年入夏最晚,平均入夏时间为5月7日,较常年延迟17 d。入秋和入冬起始时间分别以0.15和1.20 d/(10 a)的速率呈延迟趋势(图4c、4d),趋势系数分别为0.02和0.12,但延迟趋势均不显著。秋季最早为1993与2002年(9月29日),提前15 d,最晚为2008年(10月29日),延迟15 d。冬季最早为1987年(12月2日),提前29 d;最晚为1986年(次年1月23日),延迟34 d。根据气候季节早晚等级划分标准,入春特早、偏早、正常、偏晚和特晚的年份分别有6、9、13、15和1 a,占比分别为13.6%、20.5%、29.5%、34.1%和2.3%;入夏特早、偏早、正常、偏晚和特晚的年份分别为2、8、22、11和1 a,占比分别为

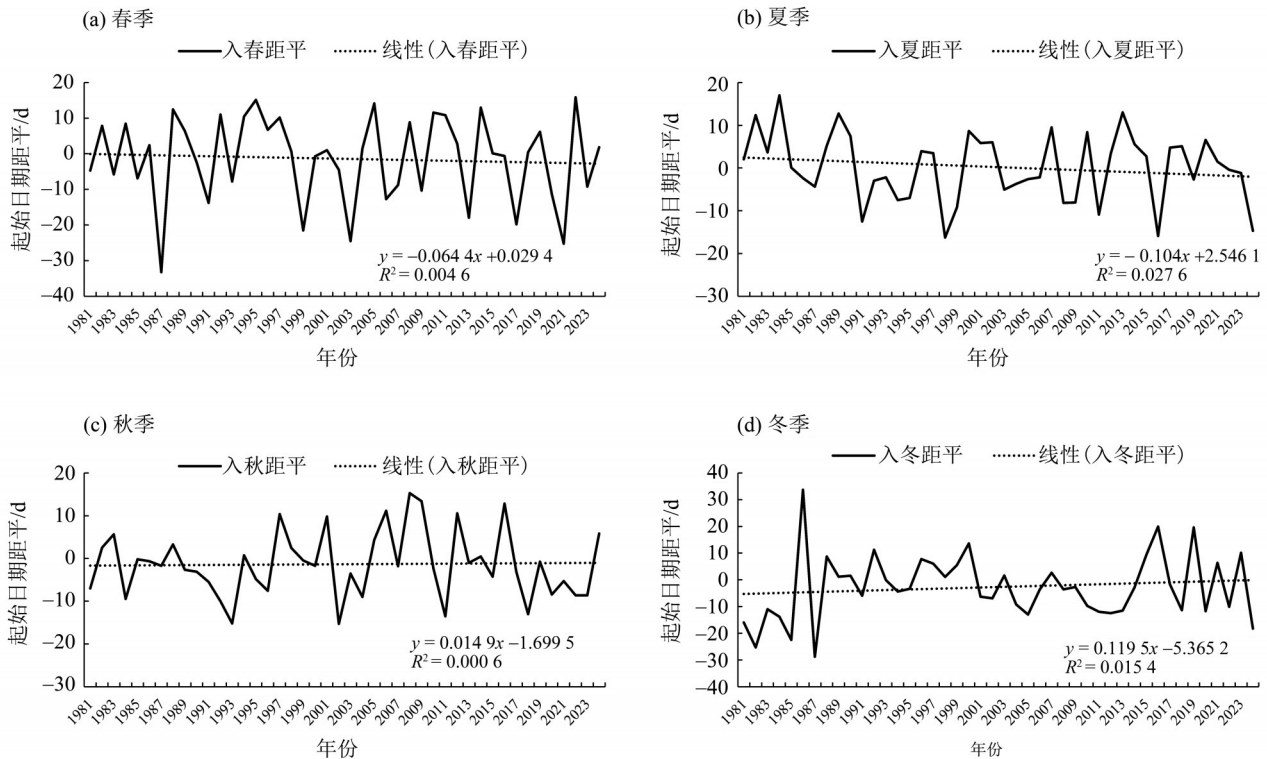


图4 四季分明区气象站平均春、夏、秋和冬季的起始日期距平及线性趋势变化

Fig. 4 Anomalies and linear trends changes in average onset dates of spring, summer, autumn and winter at meteorological stations with four distinct seasons

4.5%、18.2%、50.0%、25.0%、2.3%；入秋有12 a 偏早，23 a 正常和9 a 偏晚，占比分别为27.2%、52.3%和20.5%，未出现特早或特晚的年份；入冬特早、偏早、正常、偏晚和特晚的占比依次为11.4%、31.8%、29.5%、20.5%和6.8%。

基于广东省四季分明区11个气象站的平均数据分析(图5)，春季长度以0.40 d/(10 a)的速率缩短(趋势系数-0.04)，但趋势不显著；其中2013年春季长度最长达103 d，较常年延长31 d；1995和2011年最短，仅50 d，较常年缩短22 d。夏季长度呈增长趋势，增长速率为1.19 d/(10 a)(趋势系数0.12)，但趋势不显著，最长夏季出现在2016年，长达205 d，较常年延长29 d；最短夏季出现在1984年，仅150 d，较常年缩短26 d。秋季长度增长速率为1.72 d/(10 a)(趋势系数0.17)，但趋势不显著，其中最长秋季为1992年(98 d，延长22 d)，最短秋季为1982年(49 d，缩短27 d)。冬季有所缩短，缩短速率1.76 d/(10 a)，趋势系数为-0.13，但趋势不显著，其中1982年冬季最长，达73 d，较常年延长33 d；1986年最短，仅18 d，较常年缩短36 d。

根据气候季节长短等级划分标准，广东省四季分明区春季长短等级占比依次为特短(18.2%)、偏

短(13.6%)、正常(25.0%)、偏长(27.3%)、特长(15.9%)。夏季长短等级分布显示，特短占6.8%、偏短占38.6%、正常占27.3%、偏长占15.9%、特长占11.4%。秋季长短等级占比表现为，特短占20.5%、偏短占11.4%、正常占38.6%、偏长占15.9%、特长占13.6%。冬季长度特短年有7 a，占15.9%；偏短年有9 a，占20.5%；正常年有11 a，占25.0%；偏长年有7 a，占15.9%；特长年有10 a，占22.7%。

2.2.2 无冬区气候季节演变 粤西、珠三角、粤东以及粤北偏南地区均属无冬区，包含75个气象站。对近44 a广东省无冬区75个气象站的平均入夏、入秋时间及其线性变化(图6)进行分析可知，夏季起始时间以2.49 d/(10a)的速率呈现显著提前趋势，趋势系数为-0.37， $|t_{\text{入夏}}|=2.589 > t_{0.05}$ ；秋季起始时间显著推迟，推迟速率为2.22 d/(10a)，趋势系数为0.45， $|t_{\text{入秋}}|=3.255 > t_{0.01}$ 。

根据气候季节早晚等级划分标准，广东省无冬区平均入夏时间特早年有2 a(4.5%)，出现在2021和2024年，入夏时间分别为3月19日和3月22日；偏早年有12 a(27.3%)，主要出现在21世纪后；正常年有20 a，占45.5%；偏晚年有9 a(20.5%)，主要出现在1997年之前；特晚年仅1 a(2.3%)，出现在1984年，入

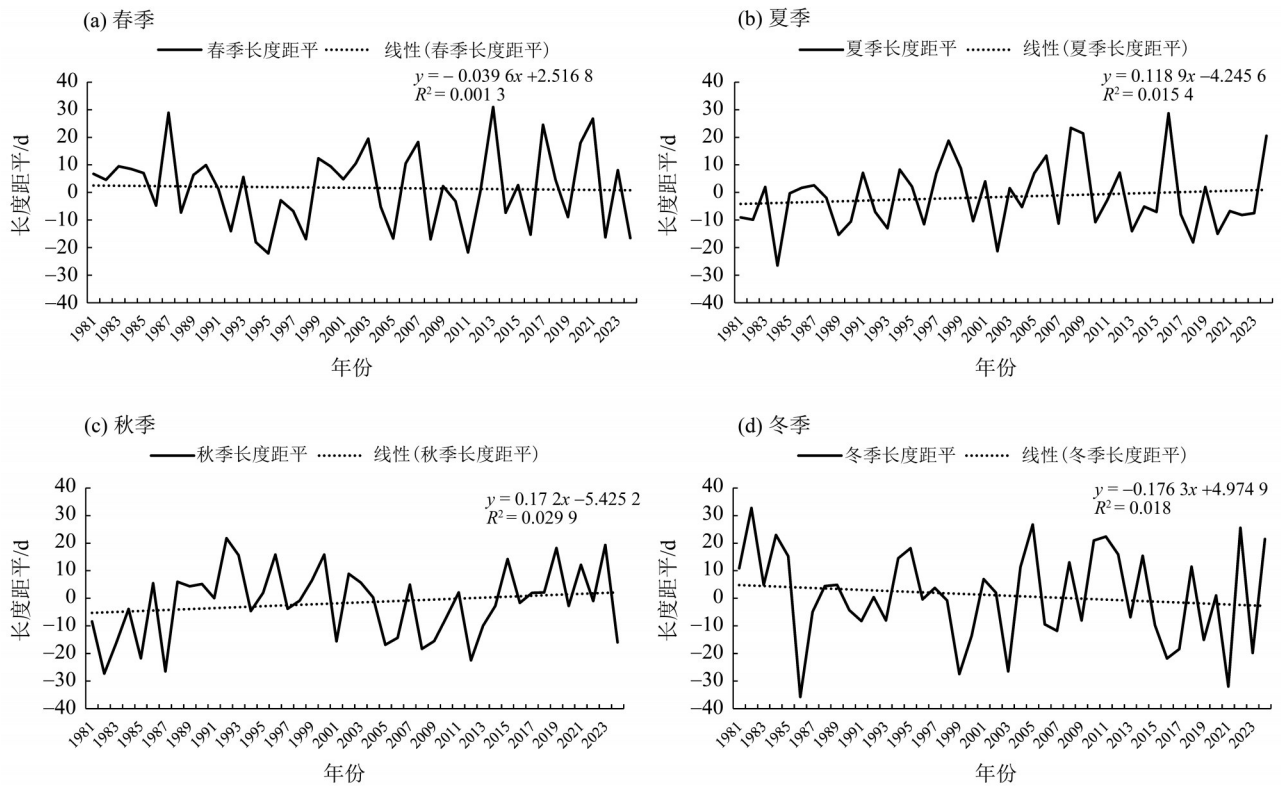


图 5 四季分明区气象站平均春、夏、秋和冬季的长度距平及线性趋势

Fig. 5 Anomalies and linear trends changes in length of spring, summer, autumn and winter at meteorological stations with four distinct seasons

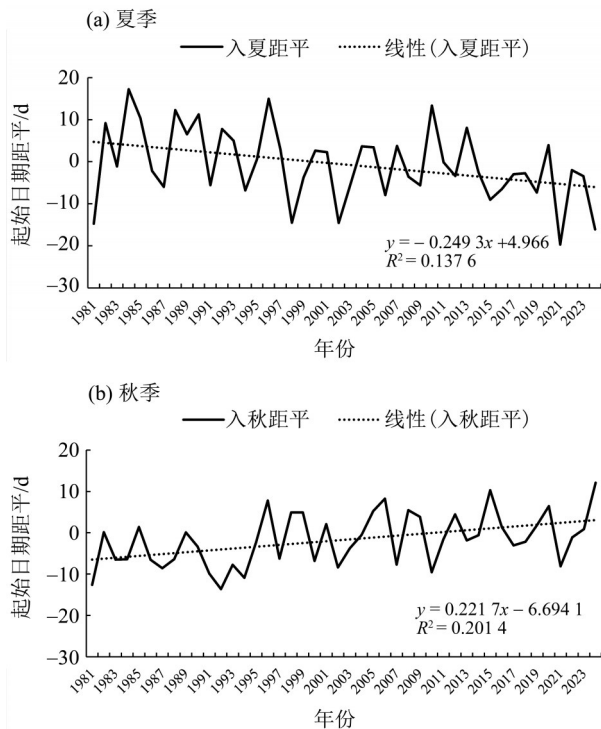


图 6 无冬区气象站平均夏、秋季起始日期距平及线性趋势

Fig. 6 Anomalies and linear trends in average onset dates of summer and autumn at meteorological stations without four distinct seasons

夏时间为 4 月 24 日。平均秋季起始时间偏早年年有 16 a(36.4%), 其中有 15 a 出现在 21 世纪 10 年代之前; 1992 年最早入秋, 入秋时间为 10 月 19 日; 偏晚年年有 6 a(13.6%), 均出现在 20 世纪 90 年代后, 且其中 5 a 出现在 2005 年以后, 最晚入秋时间为 2024 年 11 月 13 日; 其余 22 a 为正常年。

基于广东省无冬区 75 个气象站的数据分析春、夏和秋季的平均长度及其线性变化(图 7), 春和秋季平均长度分别以 2.49 和 2.19 d/(10a) 的速率显著缩短, 趋势系数分别为 -0.37 和 -0.45 , $|t_{春季}| = 2.589 > t_{0.05}$ 、 $|t_{秋季}| = 3.255 > t_{0.01}$ 。最长春季出现在 1984 年(116 d), 较常年延长 18 d; 最短春季出现在 2021 年(79 d), 较常年缩短 19 d。1992 年的秋季最长为 73 d, 较常年延长 13 d; 2015 和 2024 年的秋季最短为 48 d, 较常年缩短 12 d。夏季平均长度以 4.71 d/(10a) 的速率显著延长, 趋势系数 0.54 , $|t_{夏季}| = 4.121 > t_{0.001}$, 其中 2024 年出现最长夏季(237 d), 较常年延长 28 d; 1984 年夏季最短, 仅 185 d, 较常年缩短 24 d。

根据气候季节长短等级划分标准, 广东省无冬区春季长短等级分布显示, 有 24 a 为正常年, 偏短年和特短年分别有 8 a(18.2%) 和 1 a(2.3%), 偏长年和

特长年分别有 9 a(20.5%)和 2 a(4.5%)。夏季长短等级分布显示,有 18 a 为正常年,偏短和特短年分别有 4 a(9.1%)和 10 a(22.7%),主要出现在 2000 年之前;偏长和特长年分别有 8 a(18.2%)和 4 a(9.1%),主要出现在 20 世纪 90 年代后。秋季长短等级有一半年份(即 22 a)为正常等级,偏短和偏长等级分别占 20.5%和 29.5%,其中偏短年份均出现在 20 世纪 90 年代后。

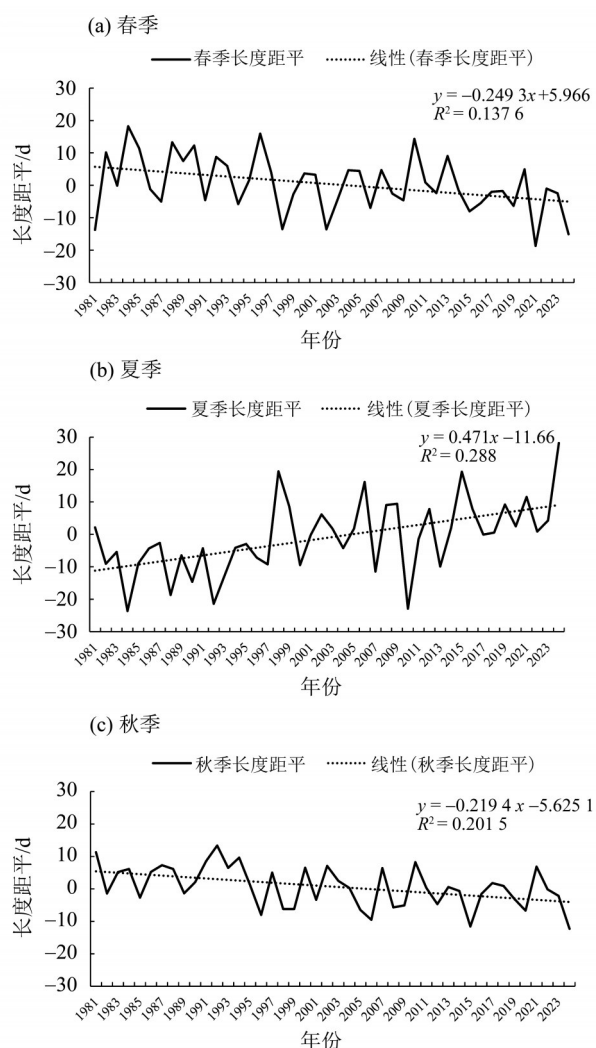


图7 无冬区气象站平均春、夏和秋季长度距平及线性趋势

Fig. 7 Anomalies and linear trends in average length of spring, summer and autumn at meteorological stations without four distinct seasons

2.2.3 气候季节变化趋势空间分布 针对广东省 11 个四季分明气象站的物候界限分析表明(图 8),仅仁化和连山 2 站入春呈推迟趋势,其余 9 站均检测到提前趋势;仅连南站显示入冬提前趋势,其余 10 站普遍推迟。值得注意的是,上述趋势均未达到 0.05 显著性水平,表明四季分明区的季节界限变化

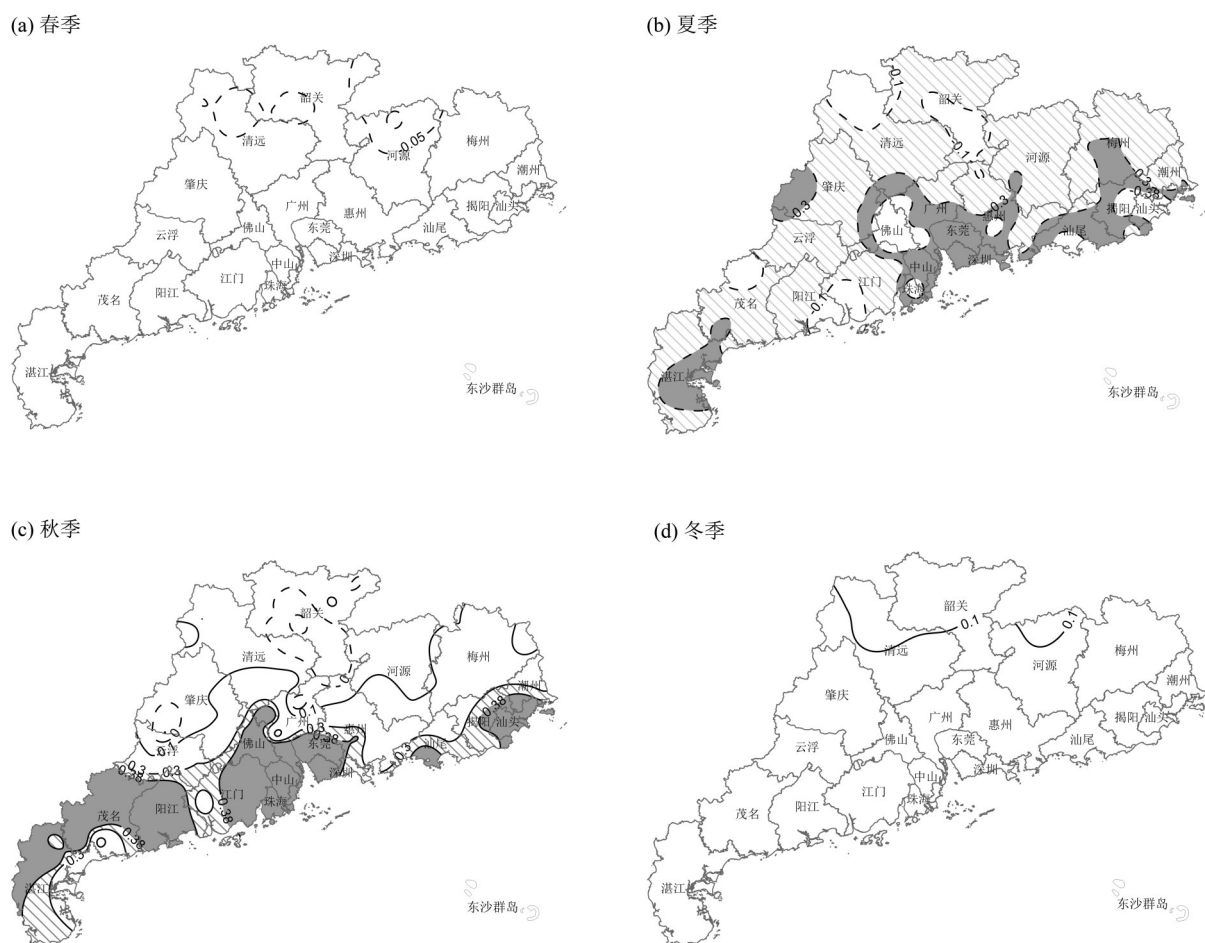
尚处于自然变率范围内。从全省范围来看,广东省夏季起始日期除连南和信宜 2 个气象站有所推迟外,其余 84 个气象站均呈提前趋势。其中,34 个气象站的提前趋势通过了 0.05 显著性水平检验,汕头、南海、斗门等 12 个气象站的提前趋势通过了 0.01 显著性水平检验。这表明广东省夏季起始时间普遍提前,且珠江口两侧、粤东、雷州半岛东部沿海等地的提前趋势具有较高可信度。广东省南雄、德庆、从化等 9 个站(10.5%)的秋季起始日期呈提前趋势,但不显著;其余 77 个站均表现为推迟趋势,其中分别有 39 和 27 个站的推迟趋势通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验,其中通过 0.01 显著性水平检验的气象站集中在南部沿海地区。

近 44 a,广东省 86 个气象站中,81 个(94.2%)春季长度呈现缩短趋势,其中有 36、12 个站分别通过 0.05、0.01 显著性水平检验(图 9)。连南、阳山、曲江、和平及信宜 5 个站点存在微弱延长趋势,但均未通过显著性检验。夏季长度除连南、曲江和翁源 3 个气象站呈现缩短趋势(未通过显著性检验)外,其余 83 个气象站均表现为延长趋势,其中有 51、36 个站分别通过 0.05、0.01 显著性水平检验,主要分布在南部沿海。秋季长度有 15 个站表现为延长趋势,延长趋势均不显著;71 个站表现为缩短趋势,其中有 39、28 个站分别通过 0.05、0.01 显著性水平检验,上述缩短趋势显著的气象站主要分布在粤西沿海、珠三角北部、粤东等地。四季分明区的冬季长度除连州和连山有所延长(未通过显著性检验)外,其余地区均表现为缩短趋势,其中和平和阳山通过 0.05 显著性水平检验。

3 讨论

本研究聚焦广东省近 44 a 的气象数据,对各季节起始日期和长度的变化进行详细分析。广东从南到北跨越热带、亚热带、中亚热带 3 个气候带,粤北山区仍保持四季分明的中亚热带特征,但春、夏季起始日期均较气候基准期(1991—2020 年)提前,秋、冬季延迟;春、冬季长度有所缩短,夏、秋季长度则延长。粤西、珠三角、粤东以及粤北偏南等热带和亚热带区域处于无冬区,入夏时间显著提前,入秋时间显著推迟,且夏季持续时间显著延长;在 2024 年出现了史上最长夏季(237 d),较 20 世纪 90 年代延长近 2 月,主要归因于西太平洋副热带高压的持续性偏强西伸及西伯利亚高压偏弱。

广东省常年季节起始日期空间对比较为明显,



实线和虚线分别表示趋势系数的正值和负值, 斜线区和深灰色阴影区分别表示通过0.05和0.01显著性水平检验; 审图号为GS(2022)3124, 底图边界无修改。

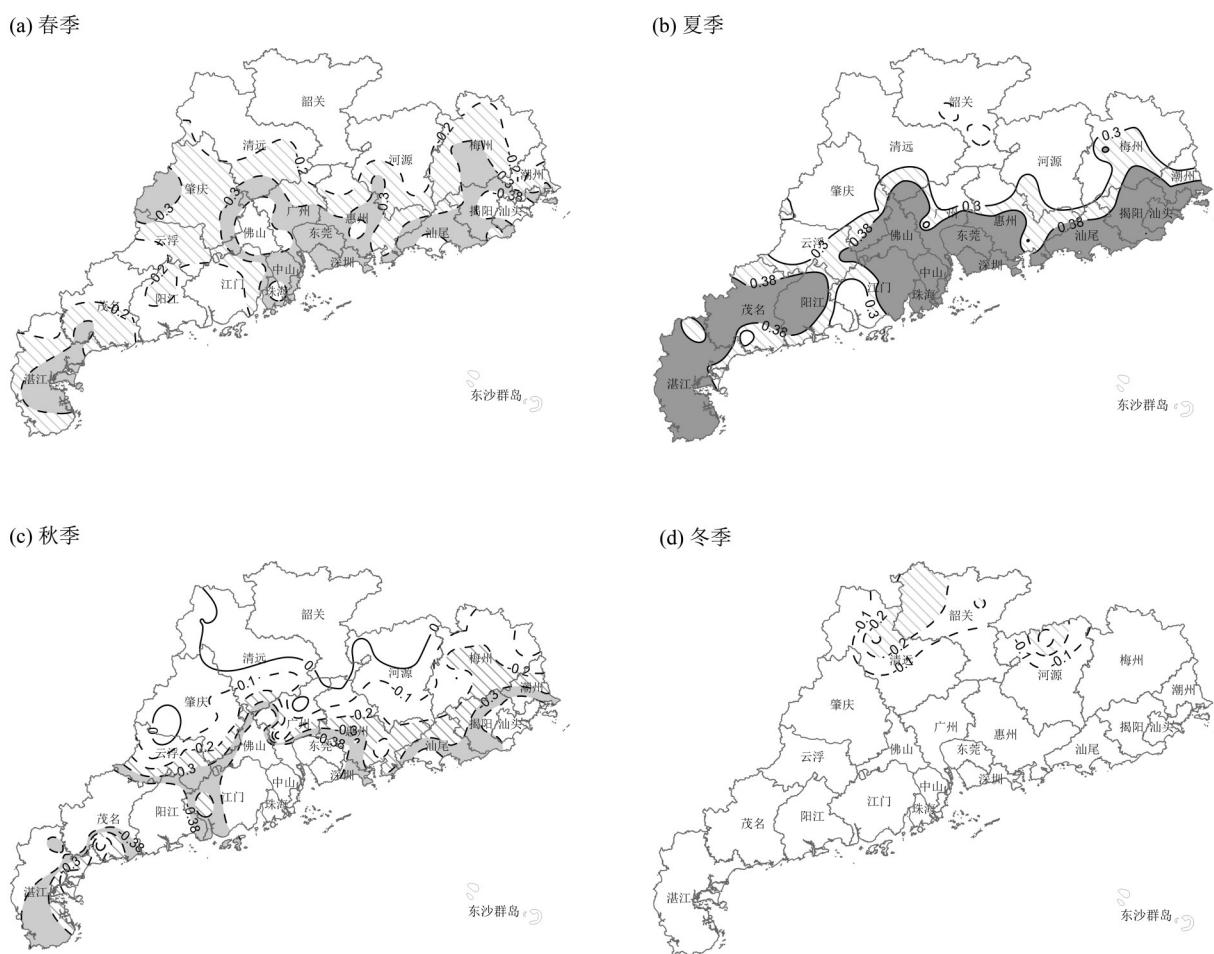
图8 1981—2024年广东省春、夏、秋季和四季分明区冬季起始日期的趋势系数分布

Fig. 8 Spatiotemporal variations in seasonal onset trends of spring, summer, autumn and winter at meteorological stations with four distinct seasons in Guangdong from 1981 to 2024

夏季南早北晚、秋季北早南晚。在四季分明区, 入春时间南部早于北部、入冬时间相反。这种格局充分体现了纬度地带性与海陆热力差异, 夏季推进速率沿海快于内陆。就入夏时间而言, 偏早和特早年主要集中在新世纪。进入新世纪以来, 全球气候变暖的趋势愈发明显(IPCC, 2021), 在这种大气候背景下, 广东省无冬区受其影响, 大气环流模式发生改变, 暖湿气流更早且更强地控制该区域, 导致气温快速回升, 从而使得入夏时间显著提前。与之相对, 入夏偏晚和特晚年主要出现在1997年之前。1997年是一个关键节点, 该年广东省平均气温发生了突变, 1998年以来升温趋势显著(广东省气象局, 2024; 张柳红等, 2024), 使得入夏时间偏早情况更为频繁。若不减缓气候变化, 到2100年北半球长达近6个月的夏季可能成为新常态, 这种变化可能会对农业、人

类健康和环境产生深远影响(Wang et al., 2021a)。

相较于全国地区的既有研究, 本研究认为广东无冬区夏季起始日期提前、夏季延长且秋季缩短, 这与Dong et al.(2010)研究认为自20世纪50年代以来, 中国大部分地区夏季时长增加的结论相吻合, 但与其研究得到全国平均秋季长度延长的结论不同。主要原因为: 1) 季节变化有地域差异, 南、北方地区局地的季节变化趋势与全国整体趋势并不完全一致, 同一季节不同区域的响应不同, 北方比南方明显、东部比西部明显(郁珍艳等, 2011; 张世轩等, 2011); 2) 两者分析时段不同, Dong et al.(2010)研究年限为1951—2000年, 而本文研究年限为1981—2024年, 气候变化正在推动季节发生不规则的变化。值得注意的是, 珠江口两侧等地的夏季起始日期提前趋势达0.01显著性水平, 这一发现与粤港澳



实线和虚线分别表示趋势系数的正值和负值, 斜线区和深灰色阴影区分别表示通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验; 审图号为 GS(2022)3124, 底图边界无修改。

图 9 1981—2024 年广东省春、夏、秋季和四季分明区冬季长度的趋势系数分布

Fig. 9 Spatiotemporal variations in seasonal length of spring, summer, autumn and winter at meteorological stations with four distinct seasons in Guangdong from 1981 to 2024

大湾区显著增温且增温速率高于广东省平均水平的现象(伍红雨等, 2019)具有一定相关性, 可能源于快速城市化进程中的热岛效应, 城市热环境变化对珠江口沿岸国家气象站的气温观测数据产生了局地性影响。为提升研究精度, 后续研究将拟结合气象站迁址历史数据, 开展地市级尺度的气候季节变化精细化归因分析, 重点解析局地环境变化与区域气候演变的相互作用机制。

4 结 论

本研究基于 1981—2024 年广东省 86 个气象站点的逐日气温资料, 依据 GB/T 42074—2022 的气候季节划分标准, 系统分析了广东省气候季节的时空

演变特征。结果表明, 广东省可划分为四季分明区与无冬区, 其中粤北偏北地区为四季分明区, 粤西、珠三角、粤东以及粤北偏南地区为无冬区。全省以夏季为主导, 四季长度分异明显。春、夏和秋季平均长度为 94、204 和 62 d, 四季分明区冬季平均长度为 40 d。近 44 a, 广东整体呈现入夏提前、入秋推迟的趋势, 夏季显著延长, 春季、秋季则普遍缩短, 四季分明区冬季亦呈缩短趋势。从气候季节变化趋势的空间分布来看, 南部沿海地区的变化趋势较为显著。这些变化共同反映出广东省气候季节结构对区域气候变暖的敏感响应, 特别是夏季主导性的进一步增强, 未来研究需更加关注气候季节格局变化带来的风险, 并开展相关的定量评估工作。

参考文献:

- 陈小英,阮翠冰,林巧灵,等,2022. 宁德市近50年气候季节划分及变化特征分析[J]. 海峡科学, (7): 20-28.
- 广东省气象局,2024. 2023年广东省气候变化监测公报[EB/OL]. (2024-10-20) [2025-04-01]. http://gd.cma.gov.cn/zwgk/zwyyw/gzdt/202410/t20241012_6634523.html
- 简茂球,1994. 华南地区气候季节的划分[J]. 中山大学学报(自然科学版), 33(2): 131-133.
- 李曹明,王文星,付炳秀,等,2020. 韶关地区气候的季节变化特征[J]. 广东气象, 42(6): 10-14.
- 李源锋,陈金星,罗威,等,2023. 1965—2020年梅州地区气候季节及其变化特征[J]. 广东气象, 45(3): 23-26.
- 林蔚,孙秀宝,任国玉,等,2024. 季节划分和变化研究进展[J]. 地理科学进展, 43(4): 826-840.
- 林颖仪,王式功,马盼,等,2021. 基于气候季节划分的海南岛气候康养特征探析[J]. 成都信息工程大学学报, 36(6): 705-710.
- 刘玉莲,2015. 1961—2010年黑龙江省气候季节时空分布及其变化特征[J]. 气象与环境学报, 31(2): 89-96.
- 玛依拉·买买提艾力,2024. 新疆1961—2020年气候季节时空分布及其变化特征[J]. 陕西气象, (2): 23-29.
- 史继清,甘臣龙,边多,等,2018. 1981—2015年西藏全区气候季节的变化[J]. 冰川冻土, 40(6): 1110-1119.
- 王文星,陈洁雯,钟立华,等,2016. 仁化县气候季节变化特征分析[J]. 广东气象, 38(5): 37-41.
- 王正,2019. 中国季节划分及其对夏季降水的预测研究[D]. 兰州: 兰州大学.
- 魏凤英,1999. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社: 18-31.
- 伍红雨,翟志宏,张羽,2019. 1961—2018年粤港澳大湾区气候变化分析[J]. 暴雨灾害, 38(4): 303-310.
- 解明恩,姚愚,段玮,等,2023. 低纬高原气候季节变化特征研究——以云南昆明大理为例[J]. 热带气象学报, 39(2): 171-182.
- 杨雄,曾智,2021. Excel在一元线性回归分析中的应用[J]. 保山学院学报, 40(2): 66-73.
- 郁珍艳,范广洲,华维,等,2010a. 气候变暖背景下我国四季开始时间的变化特征[J]. 气候与环境研究, 15(1): 73-82.
- 郁珍艳,范广洲,华维,等,2010b. 气温突变对我国四季开始日期的影响[J]. 气象, 36(11): 32-37.
- 郁珍艳,范广洲,华维,等,2011. 近47年我国四季长度的变化研究[J]. 高原气象, 30(1): 182-190.
- 张德苏,杨超,黄先伦,等,2016. 阳江季节划分方法及四季的历史变化特征[J]. 广东气象, 38(6): 47-50.
- 张柳红,杜尧东,杜家铭,2024. 气候变化对广东省香蕉种植气候适宜性的影响[J]. 生态学杂志, 43(9): 2802-2812.
- 张柳红,伍红雨,向昆仑,等,2023. 1961—2021年粤港澳大湾区暴雨气候变化特征[J]. 中山大学学报(自然科学版中英文), 62(4): 32-44.
- 张世轩,张璐,孙树鹏,等,2011. 全球变暖情况下中国季节的变化[J]. 高原气象, 30(3): 659-667.
- 赵俊虎,封国林,张世轩,等,2011. 近48年中国的季节变化与极端温度事件的联系[J]. 物理学报, 60(9): 842-850.
- 朱云来,2025. 气候变化趋势与绿色金融发展[J]. 新金融(4): 3-6+16.
- DONG W, JIANG Y, YANG S, 2010. Response of the starting dates and the lengths of seasons in the Mainland of China to global warming[J]. Clim Change, 99(1): 81-91.
- KENNEDY D, 2006. Breakthrough of the year[J]. Science, 314(5807): 1841.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [R]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- PARK B J, KIM Y H, MIN S K, et al, 2018. Anthropogenic and natural contributions to the lengthening of the summer season in the Northern Hemisphere [J]. J Climate, 31(17): 6803-6819.
- WANG J, GUAN X, GUAN Y, et al, 2021a. Changes in lengths of the four seasons over the drylands in the Northern Hemisphere midlatitudes[J]. J Clim, 34(20): 8181-8190.
- WANG J, GUAN Y, WU L, et al, 2021b. Changing lengths of the four seasons by global warming[J]. Geophys Res Lett, 48(6): e2020GL091753.
- YU Z Y, FAN G Z, WEI H, et al, 2011. Research for length change of four seasons over China in recent 47 years[J]. Sci Cold Arid Reg, 3(6): 517-525.
- ZHAO J H, FENG G L, ZHI R, 2013. Progresses and prospects in research on season division and seasonal changes in China[J]. J Trop Meteorol, 19(1): 28-38.

(责任编辑 江睿)