

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.06.019

近 40 年新疆旅游气候舒适期的 时空格局及其演变研究

关靖云¹, 李东², 徐晓亮¹, 王亚菲¹, 王新芸¹

1. 新疆财经大学 旅游学院, 乌鲁木齐 830012; 2. 西安外国语大学 旅游学院/人文地理研究所, 西安 710128

摘要: 针对日尺度的新疆旅游气候舒适期时空格局及其演变研究尚有缺位的现状, 利用中国气象强迫数据集网格化的气候因子数据, 采用温湿指数、风寒指数、着衣指数及综合舒适指数模型, 分析了近 40a 新疆旅游气候舒适期的时空格局及其演变趋势。结果显示: ① 近 40a 新疆旅游气候舒适性总体在向偏暖等级改善, 其中东疆、北疆变化幅度较大, 南疆则相对平稳。② 旅游气候舒适等级呈现由南向北、由盆地边缘向盆地中部逐渐减少的趋势, 其高值区域主要分布在塔里木盆地西部和南部边缘区域, 全年累计日数可达 150~186d。③ 南疆和东疆舒适等级的初始日期普遍早于北疆, 而终止日期晚于北疆。主要城市旅游气候舒适期可大致概括为春夏秋适宜型、春秋适宜型、夏季适宜型 3 种类型。④ 新疆主要城市旅游气候舒适等级的初始日期大多在提前, 终止日期和累计天数变化各异。其中北疆城市的终止日期在推迟, 而累计天数普遍以 2~3d/10a 的速率减少, 南疆各城市的终止日期变化幅度不大, 累计天数大多以 4d/10a 的速率增加。

关键词: 气候变化; 旅游气候舒适期; 时空格局;

演变趋势; 新疆

中图分类号: P463

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2022)06-0185-13

Spatiotemporal Pattern and Evolution of Tourism Climate Comfort Period in Xinjiang in Recent 40 Years

GUAN Jingyun¹, LI Dong², XU Xiaoliang¹,
WANG Yafei¹, WANG Xinyun¹

1. School of Tourism, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China;

2. School of Tourism/Research Institute of Human Geography, Xi'an International Studies University, Xi'an 710128, China

Abstract: In view of the lack of research on the spatial-temporal pattern and evolution of Xinjiang tourism

收稿日期: 2021-03-09

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2020D01A37); 新疆维吾尔自治区高校科研项目(XJEDU2020SY017); 新疆财经大学科研项目(2017XYB018)。

作者简介: 关靖云, 博士研究生, 讲师, 主要从事旅游地理的研究。

通信作者: 李东, 博士, 副教授。

climate comfort period on a daily scale, this paper analyzed the spatiotemporal pattern and evolution trend of Xinjiang Tourism Climate Comfort period in recent 40 years by using the gridded climate factor data of China Meteorological Forcing Data set, and the temperature and humidity index (THI), wind-cold index (WCI), index of cloth loading (ICL) and comprehensive comfort index (CCI) model. The results showed that: ① In the past 40 years, the tourism climate comfort of Xinjiang has generally improved towards a warmer level. The changes in eastern Xinjiang and northern Xinjiang were relatively large, while in southern Xinjiang was relatively stable. ② The tourist climate comfort level showed a trend of gradually decreasing from south to north, from the edge of the basin to the middle. The high-value areas were mainly distributed in the western and southern edges of the Tarim Basin, and the annual cumulative days can reach 150–186 days. ③ The start date of comfort level in southern and eastern Xinjiang was generally earlier than that in northern Xinjiang, while the end date was later than that in northern Xinjiang. The main urban tourism climate comfort period can be roughly summarized into three types: suitable for spring, summer, and autumn, suitable for spring and autumn, and suitable for summer. ④ The start dates of tourism climate comfort level of major cities in Xinjiang were mostly in advance, and the end dates and accumulated days varied differently. The end dates of cities in northern Xinjiang were postponed, and the accumulated days generally decreased at a rate of 2–3 d/10a. The end dates of cities in southern Xinjiang had small change, and the accumulated days were mostly increasing at a rate of 4 d/10a.

Key words: climate change; tourism climate comfort period; spatial-temporal pattern; evolution trend; Xinjiang

旅游业的发展与气候密切相关,尤其是以自然旅游资源见长的旅游目的地。气候不仅是支撑旅游活动的外部环境条件,其本身也是重要的旅游吸引物^[1]。旅游气候的舒适程度及持续时间长短对目的地季节性旅游流的形成^[2]、度假旅游地的发展^[3]具有决定性作用。随着全球气候变化的加剧,旅游气候舒适期的变化已成为影响目的地旅游产业营销^[4]及游客决策的重要因素^[5]。自 20 世纪 80 年代以来,新疆气候经历了从暖干向暖湿的转型^[6],预计 21 世纪将持续增暖^[7]。在气候变化背景下,新疆的升温速率高于全国平均升温速率^[8],这在客观上影响了气候舒适期的时空变化。基于旅游资源类型多样、生命力强、垄断度高、互补性强的优势^[9],新疆旅游在国际、国内旅游市场中占有重要地位。此外,新疆旅游发展还承担着旅游扶贫的重要使命,尤其是南疆四地州的旅游发展已成为推动区域经济发展的中坚力量,气候变化无疑影响着新疆旅游气候舒适期的时空演变。因此,开展旅游气候舒适期的时空格局及其演变规律研究,对新疆旅游开发和规划提供必要的基础认识和科学参考显得尤为重要。

气候舒适期作为衡量气候舒适时间长短的一个概念,直观并量化地表征了气候舒适度^[10]。关于不同气候因子对人体舒适度影响的探索研究,最早开始于 20 世纪中期。国外专家学者先后构建了风寒指数^[11]、温湿指数^[12]、着衣指数^[13]等模型,用于评价气候要素对人体舒适性的影响。20 世纪 80 年代以来,专家学者从国家尺度^[10]、区域尺度(省域、市域)^[14–16]、景观尺度(城市森林公园、城市绿地)^[17–18]等不同时空尺度开展了旅游气候舒适期的研究。其中基于风寒指数、温湿指数、着衣指数等模型的成果最为丰硕^[19]。现有对新疆旅游气候舒适期的研究成果相对较少,较有代表性的成果主要有:李啸虎等^[20]、马丽君等^[21]、何瑛^[22]分别对新疆热点旅游城市旅游气候舒适度进行了分析与评价;李东等^[23–24]对新疆及乌鲁木齐旅游气候舒适性进行了分析,同时将新疆旅游气候区划分为北疆、南疆及东疆旅游气候区三大类;曹开军等^[25]基于栅格尺度对阿勒泰地区旅游气候舒适度开展了评价工作。以上研究均以月尺度为研究的时间粒度,已有研究表明,时间粒度越大,对人体“瞬时”体感的刻画偏离就越大,且以月尺度来研究气候舒适期不利于横向和纵向比较,不同区域之间气候变化的体感差异细节难以在月尺度上得到反馈^[10]。另外,现有研究多集

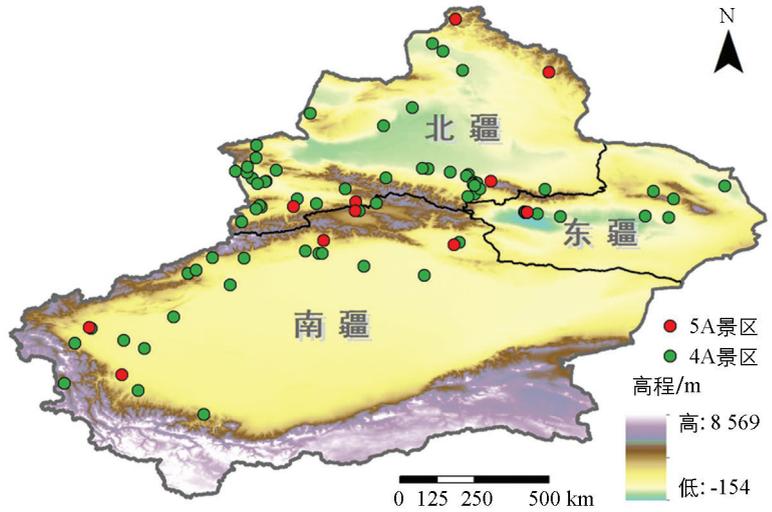
中在部分热点城市,以多年均值的静态评价研究为主,针对全疆尺度旅游气候舒适期的时空格局及其演变规律的研究尚有缺位。

基于此,本研究利用1979—2018年近40a的栅格气象数据,以日尺度为研究粒度,采用温湿指数(Temperature Humidity Index, *THI*)、风寒指数(Wind Chill Index, *WCI*)、着衣指数(Index of Cloth Loading, *ICL*)、综合舒适指数(Comprehensive Comfort Index, *CCI*)对20世纪80年代以来新疆变暖、变湿的气候转型背景下,旅游气候舒适期的时空格局及其演变规律进行研究,以期为消费者旅游决策提供参考,为新疆“旅游兴疆”战略的规划和实施提供必要的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆地域辽阔,旅游资源丰富。按照《中国旅游资源普查规范》的资源分类,新疆六大类型资源齐备,在68种基本类型中至少拥有56种,居全国首位。据新疆文化和旅游厅公布数据显示,截至2019年底,新疆A级旅游景区共439家,其中5A级12家,4A级90家。2019年全年接待游客21.33亿人次,旅游总消费达到3632.58亿元(新疆维吾尔自治区2019年国民经济和社会发展统计公报)。随着稳定红利持续释



审图号:新S(2020)025号。

图1 研究区示意图

放,旅游业已经成为新疆国民经济最具发展潜力和市场前景的优势产业。通常以天山为界将新疆分为北疆、南疆和东疆三部分(图1),在全球气候变化背景下,新疆不同区域的增温幅度不同,但都表现为一致性的增加趋势^[26]。气候变化对新疆不同区域的旅游气候舒适期产生了不同程度的影响。

1.2 数据来源

研究所用气象数据来自国家青藏高原数据中心(<http://data.tpdc.ac.cn>)中国气象强迫数据集(CMFD)。主要包括1979—2018年气温、比湿、风速、气压、太阳辐射等网格化数据,空间分辨率为 0.1° ,时间分辨率为3h。其中相对湿度根据比湿和气压计算得来。由于持续时间长、稳定性强、连续性好等特点,CMFD被广泛应用于气候模型验证、地表建模、作物种植调度、土地数据同化等陆地研究领域^[27]。

1.3 研究方法

1.3.1 温湿指数

温湿指数综合了温度和湿度,用来反映人体与周围环境的热量交换,是人体对气候感受的第一指标。其计算公式为:

$$THI = (1.8T + 32) - 0.55(1 - f) \times (1.8T - 26) \quad (1)$$

式中: THI 为温湿指数; T 为气温($^\circ\text{C}$); f 为相对湿度(%)。

1.3.2 风寒指数

风寒指数表征的是不同环境下风速与气温对裸露人体的影响^[15]。其计算公式为:

$$WCI = (33 - T)(9.0 + 10.9\sqrt{V} - V) \quad (2)$$

式中: WCI 为风寒指数; T 为气温($^{\circ}\text{C}$); V 为风速(m/s).

1.3.3 穿衣指数

以上两种模型仅考虑了人体皮肤裸露时的气候舒适感应,但事实上,人可以通过选择适当的衣物来调节气候对人体的影响,因此穿衣指数成为反映气候舒适度的重要指标^[28].其计算公式为:

$$ICL = \frac{33 - T}{0.155H} - \frac{H + aR \cos\alpha}{(0.62 + 19\sqrt{V}) \times H} \quad (3)$$

式中: ICL 为穿衣指数; T 为气温($^{\circ}\text{C}$); H 为人体代谢率的 75%,取轻活动量下的代谢率 87 W/m^2 ; a 为人体对太阳辐射的吸收情况,取 0.06; R 为垂直于阳光的单位面积土地所接受的太阳辐射; α 为太阳高度角,假设纬度为 β ,夏季各地太阳高度角为 $90^{\circ} - \beta + 23^{\circ}26'$,冬季为 $90^{\circ} - \beta - 23^{\circ}26'$,春秋季节太阳高度角为 $90^{\circ} - \beta$; V 为 1.5 m 风速(m/s).

1.3.4 综合舒适指数

综合舒适指数结合了温湿指数、风寒指数和穿衣指数模型机理,采用专家打分和层次分析法确定各指数的权重,综合反映气候舒适度^[29].其计算公式为:

$$CCI = 0.6C_{THI} + 0.3C_{WCI} + 0.1C_{ICL} \quad (4)$$

式中: CCI 为综合舒适指数; 0.6, 0.3, 0.1 为各指数权重系数; C_{THI} , C_{WCI} 和 C_{ICL} 分别为温湿指数、风寒指数及穿衣指数的分级赋值,赋值标准^[30]如表 1 所示. $7 < CCI \leq 9$ 为舒适, $5 < CCI \leq 7$ 为较舒适, $3 < CCI \leq 5$ 为较不舒适, $1 \leq CCI \leq 3$ 为不舒适.

表 1 温湿指数、风寒指数及穿衣指数分类等级标准及赋值

温湿指数(THI)		风寒指数(WCI)		穿衣指数(ICL)		赋值
分类等级	人体感知度	分类等级	人体感知度	分类等级	人体感知度	
<40	极冷,不舒适	<-1 000	酷冷	>2.5	羽绒或毛皮衣	1
[40, 45)	寒冷,不舒适	[-1 000, -800)	冷风	[1.8, 2.5)	厚实外套	3
[45, 55)	偏冷,较舒适	[-800, -600)	稍冷风	[1.5, 1.8)	冬季常用服装	5
[55, 60)	清凉,舒适	[-600, -300)	凉风	[1.3, 1.5)	春秋季便服	7
[60, 65)	凉爽,非常舒适	[-300, -200)	舒适风	[0.7, 1.3)	衬衫+便服	9
[65, 70)	暖,舒适	[-200, -50)	暖风	[0.5, 0.7)	轻便夏装	7
[70, 75)	偏热,较舒适	[-50, 80)	稍热风	[0.3, 0.5)	短袖开领衫	5
[75, 80)	闷热,不舒适	[80, 160)	热风	[0.1, 0.3)	单衣	3
≥ 80	极闷热,不舒适	≥ 160	极热	<0.1	薄单衣	1

1.3.5 旅游气候舒适期

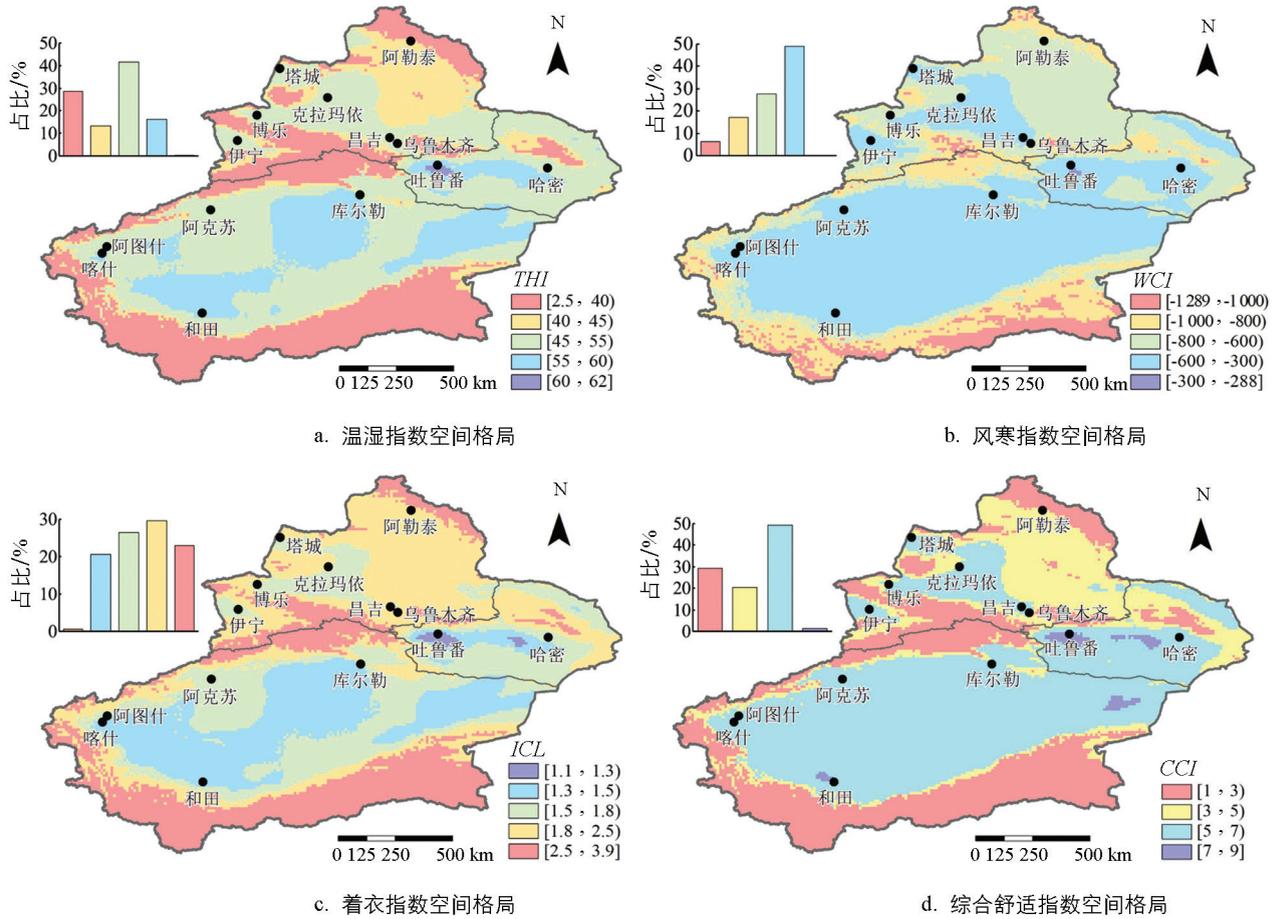
旅游气候舒适期的统计采用气候分析中常用的 5 日滑动平均法,逐年统计不同舒适等级的初始日期、终止日期以及舒适等级的天数.连续 5 日的平均值达到适宜度的标准,则从达到适宜度标准的当天为初始日期,连续 5 日平均值达不到适宜度的标准,则从达不到适宜度标准的前一天为终止日期,初终日期之间达到不同舒适等级的累计天数即为该舒适等级的适宜期.

2 结果与分析

2.1 温湿指数时空格局及其演变

从近 40a 温湿指数均值的空间格局来看(图 2a),新疆温湿指数以偏冷、人体感知较舒适等级为主,整体呈现由南向北减小的趋势.其中偏冷、人体感知较舒适等级占比达到 41.68%,主要分布在天山北坡、吐

哈盆地及塔里木盆地, 绝大多数地级市都属于这一等级. 其次是极冷、人体感知不舒适等级, 主要分布在阿尔泰山、天山、昆仑山—阿尔金山等海拔较高的区域. 偏冷、人体感知较舒适等级主要集中在准噶尔盆地. 清凉、人体感知舒适等级主要分布在塔里木盆地和吐哈盆地中部. 而凉爽、人体感知非常舒适等级面积最小, 仅出现在吐鲁番盆地中部.



审图号: 新 S(2020)025 号.

图 2 1979—2018 年新疆温湿指数、风寒指数、着衣指数及综合舒适指数空间格局

由于季节温差、昼夜温差较大, 新疆年均温湿指数普遍偏低. 其中东疆介于 46~53 之间, 以偏冷、人体感知较舒适等级为主. 北疆由于纬度较高, 年均温度较低, 年均温湿指数在 36~44 之间, 主要以寒冷、人体感知不舒适等级为主, 南疆则介于二者之间. 从年际变化来看(图 3a), 温湿指数整体呈现波动上升趋势. 其中东疆上升率最高, 达到 1.17/10a, 其次是北疆地区, 而南疆则呈现轻微下降的趋势. 温湿指数的年内变化呈倒“V”型变化, 人体感知非常舒适和舒适等级主要分布在 5—9 月(图 3b 中阴影部分). 随着气温和相对湿度的变化, 温湿指数从 1 月份开始逐渐增加, 7 月份达到峰值, 约为 60~71, 随后逐渐下降. 东疆人体感知舒适期(包括非常舒适期)开始最早, 大约在 4 月 21 日, 终止日期为 10 月 6 日, 累计时长 153 d. 北疆人体感知舒适期在 5 月 16 日至 9 月 23 日, 累计时长 124 d. 南疆人体感知舒适期在 5 月 4 日至 9 月 18 日, 累计时长 129 d. 其他时段则为人体感知较不舒适及以下等级.

2.2 风寒指数时空格局及其演变

从近 40a 风寒指数均值空间格局来看(图 2b), [-600, -300] 的范围分布最广, 占比达到近 50%, 人体感觉处于凉风等级. 天山北坡、准噶尔盆地西南部、吐哈盆地中部以及塔里木盆地均属于此种类型. 风寒指数在 [-800, -600] 的区域主要集中在北疆和东疆, 人体感觉处于稍冷风等级. <-800 的区域主

要位于海拔较高的高山地区,人体感觉以冷风和酷冷等级为主.而出现在吐鲁番市风寒指数 >-300 的区域面积最小.

从年际变化来看(图 4a),近 40a 新疆风寒指数整体呈现增加趋势,其中北疆、南疆和东疆每 10a 分别增加 16.6,0.9 和 10.7,表明新疆风寒指数整体向舒适风等级转变.北疆的变化幅度最大,介于 -752 至 -642 之间,人体感觉为稍冷风等级.南疆和东疆的变化范围分别为 $-674\sim-590$ 和 $-669\sim-578$,人体感觉为稍冷风和凉风等级.从年内变化来看(图 4b),风寒指数呈现倒“V”型变化,凉风、舒适风、暖风等级主要集中在 4 月中旬至 10 月中旬(图 4b 中阴影部分).随着气温和风速的变化,风寒指数从 1 月下旬开始逐渐增加,7 月左右达到最高值,随后逐渐减小.北疆适宜期(包括凉风、舒适风、暖风等级)初始日期最晚,大约在 4 月 21 日,终止日期 10 月 14 日,累计时长 172 d.东疆和南疆的初终日期及累计时长大体相当,其中东疆始于 4 月 12 日,终于 10 月 15 日,累计时长 183 d,南疆始于 4 月 13 日,终于 10 月 15 日,累计时长 182 d.其他时段风寒指数较低,人体感知不舒服.

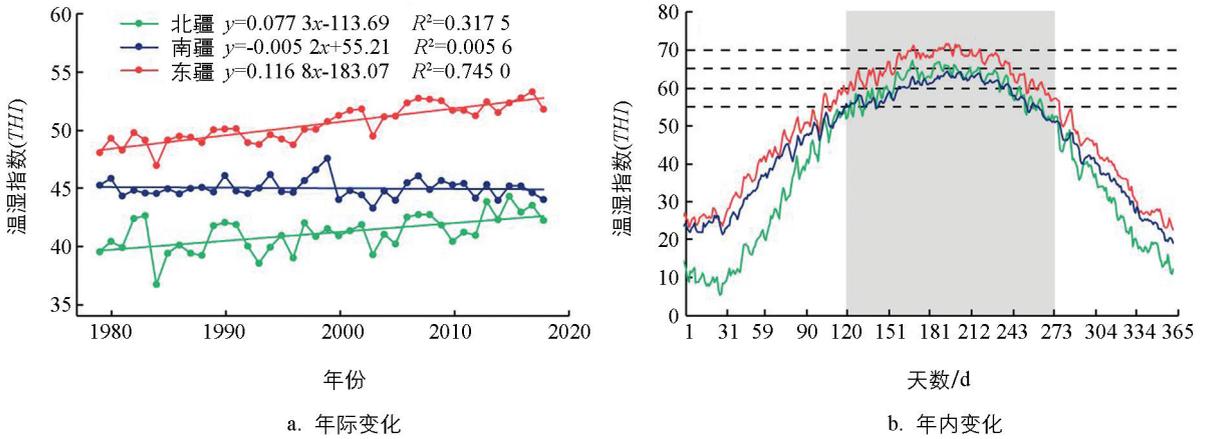


图 3 1979—2018 年新疆温湿指数年际及年内变化

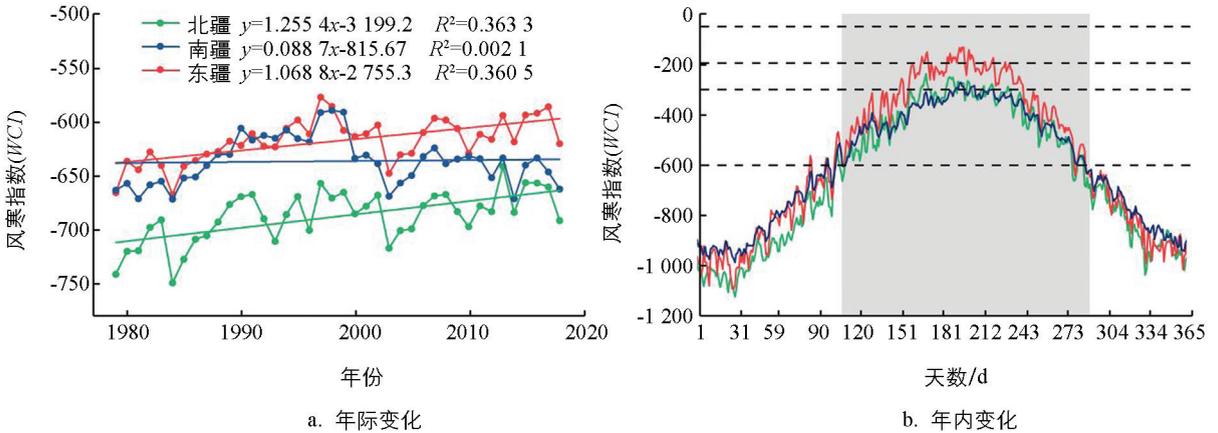


图 4 1979—2018 年新疆风寒指数年际及年内变化

2.3 穿衣指数时空格局及其演变

从近 40a 穿衣指数均值的空间格局来看(图 2c), $[1.8, 2.5)$ 范围所占比例最大,达到 29.56%,衣着以“厚实外套”为主,这种类型主要分布在北疆大部分地区及吐哈盆地北部.穿衣指数为 $[1.5, 1.8)$ 范围占比 26.46%,主要分布在塔里木盆地边缘、吐哈盆地南部等区域,衣着以“冬季常用服装”为主.大于 2.5 的区域主要为海拔较高的山区,年均气温较低,穿衣指数较高. $[1.3, 1.5)$ 范围占比 20.54%,衣着以“春秋季节便服”为主,主要集中在塔里木盆地西南部、中部、东部以及吐哈盆地中部.而小于 1.3 的区域占比最小,

仅分布在吐鲁番市中部及哈密市西部,衣着主要为“衬衫+便服”。

从年际变化特征来看(图5a),新疆近40a着衣指数均值的变化范围为1.6~2.3,整体呈现波动减小趋势,表明气候变暖对新疆衣着指数有显著的影响。其中东疆减小的速率最大,达到 $-0.06/10a$,其次是北疆($-0.04/10a$),而南疆的减小趋势不明显。从年内变化来看(图5b),衣着指数呈“V”型变化,衣着以“衬衫+便服”“春秋季节便服”及“轻便夏装”为主的季节主要集中在5—9月(图5b中阴影部分)。随着年内气温、风速、太阳辐射以及太阳高度的变化,着衣指数从1月下旬开始逐渐减小,大约在7月份达到最小值,随后逐渐增大。北疆衣着舒适期(包括“衬衫+便服”“春秋季节便服”“轻便夏装”等级)始于5月8日,终于9月23日,累计时长127 d。南疆始于5月1日,终于9月21日,累计时长137 d。东疆初始日期最早,约为4月14日,终止日期为10月6日,累计时长156 d。值得注意的是7月5日至24日左右东疆衣着指数会达到0.3~0.5等级,适宜穿着为“短袖开领衫”。其他时段则因气温较低,衣着厚度要求较高,人体感知不舒适。

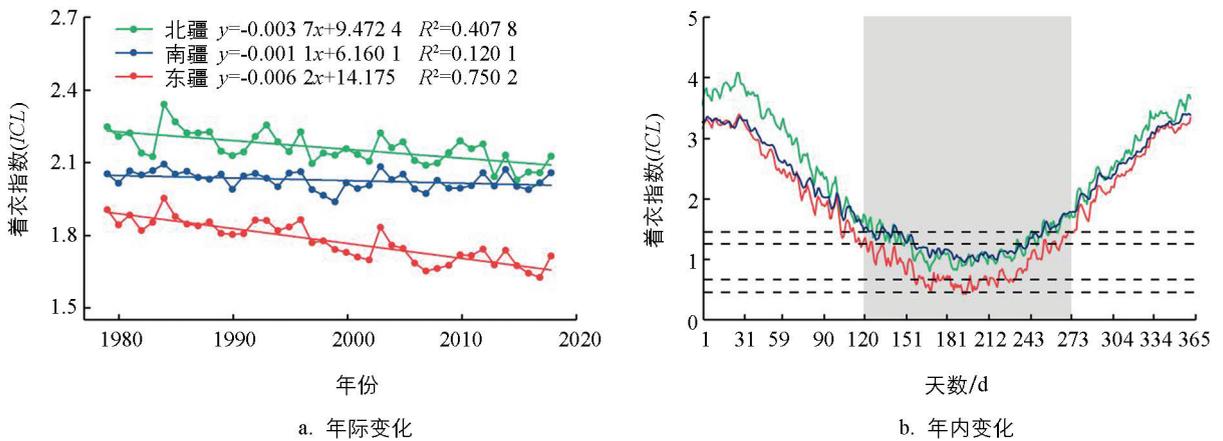


图5 1979—2018年新疆着衣指数年际及年内变化

2.4 综合舒适指数时空格局及其演变

从近40a综合舒适指数均值空间格局来看(图2d),得分在 $[5, 7)$ 的区域占比最大(49.17%),旅游气候较舒适,塔里木盆地、天山北坡西段、吐哈盆地均属于这种等级。得分在 $[3, 5)$,旅游气候较不舒适等级主要集中在准噶尔盆地中西部、吐哈盆地北部。而得分在 $[7, 9)$,旅游气候舒适区域仅出现在吐鲁番中部、哈密中西部及和田市周边,面积较小。其余区域以海拔较高的山地为主,综合舒适指数较低,旅游气候不舒适。

从年际变化特征来看(图6a),1979—2018年新疆旅游气候综合舒适指数整体呈现上升趋势,表明受区域气候变化影响,新疆气候舒适度有所提升。其中东疆上升速率最大,达到 $0.27/10a$,其次是北疆($0.16/10a$),而南疆的上升速率不明显。从年内变化来看(图6b),综合舒适指数呈“M”型变化,旅游气候舒适等级和较舒适等级主要集中在4月中上旬至10月中旬(图6b中阴影部分)。随着年内气候要素的变化,综合舒适指数从1月下旬开始增长,至5月中旬(北疆在5月下旬)达到第一个波峰,随后缓慢下降(东疆相对剧烈),大约在7月中旬又开始上升,到9月下旬达到年内第二个波峰,随后持续下降。东疆的综合舒适指数适宜期(包括舒适等级和较舒适等级)最长,初始日期为4月5日,终止日期为10月16日,累计时长193 d。其次是南疆,始于4月6日,终于10月7日,累计时长182 d。北疆则始于4月13日,终于10月5日,累计时长173 d。其他时段综合舒适指数较低,旅游气候人体感知不舒适。

从旅游气候舒适等级日数空间格局来看(图 7), 舒适等级呈现由南向北、由盆地边缘向盆地中部逐渐降低的趋势。31.75%的区域旅游气候舒适等级累计天数为 120~150 d, 主要集中在塔里木盆地西部和南部、准噶尔盆地北部和东部、吐哈盆地东部地区。舒适等级的高值区域主要分布在塔里木盆地西部和南部边缘区域, 全年舒适等级累计日数可达 150~186 d。塔里木盆地东部、准噶尔盆地南部及吐哈盆地中部区域旅游气候舒适等级仅有 90~120 d, 而海拔较高的山地区域舒适等级不足 30 d(图 7a)。旅游气候较舒适等级呈现由南向北逐渐减少趋势, 其中累计天数分布范围最广(27.40%)的为 30~60 d, 主要集中在塔里木盆地边缘、准噶尔盆地北部和东部、吐哈盆地北部。其次是 120~150 d(21.03%), 主要集中在塔里木盆地。准噶尔盆地南部、吐哈盆地南部、塔里木盆地南部区域则能达到 90~120 d。而海拔较高的山地累计天数相对较少(图 7b)。

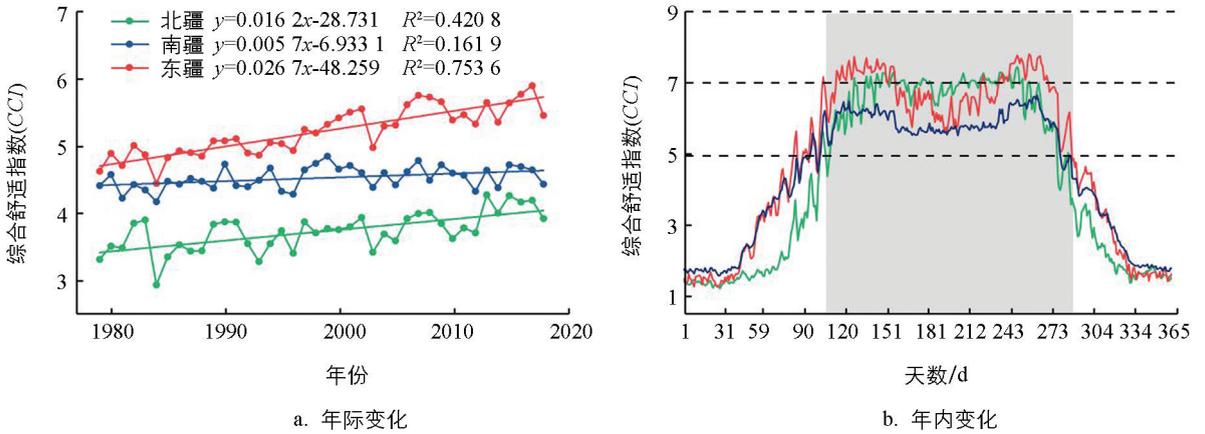
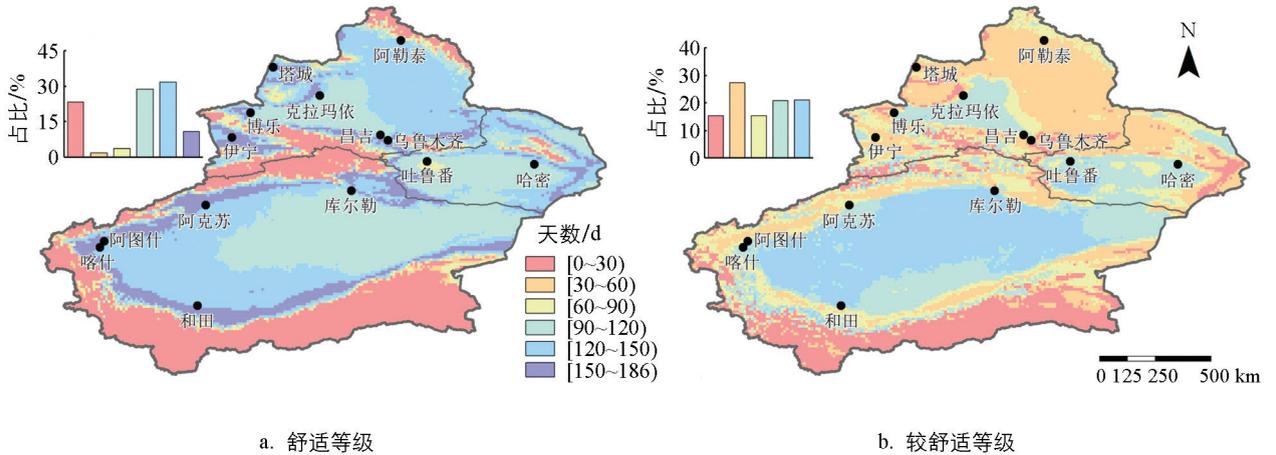


图 6 1979—2018 年新疆综合舒适指数年际及年内变化



审图号: 新 S(2020)025 号。

图 7 1979—2018 年新疆旅游气候舒适等级和较舒适等级累计天数空间格局

2.5 新疆主要城市旅游气候舒适期的演变

为进一步探究新疆主要城市旅游气候舒适期的演变规律, 对 14 个主要地级市旅游气候舒适期的初始日期、终止日期及累计天数进行了统计(表 2)。新疆各地旅游气候舒适期的初终日期、累计天数各有差异。整体而言, 北疆舒适等级及较舒适等级的初始日期普遍晚于南疆和东疆, 终止日期则早于南疆和东疆。累计天数方面, 舒适等级最长的在塔城, 可达 156 d, 最短的是吐鲁番, 仅为 93 d。较舒适等级最长的为喀什, 达到 120 d, 最短为塔城和乌鲁木齐仅为 27 d, 同时由于北疆春秋季节相对短暂, 造成较舒适等级天数普遍短于南疆。

表2 1979—2018年新疆主要城市旅游气候舒适期的时间分布

地区	舒适等级			较舒适等级		
	初始日期	终止日期	d	初始日期	终止日期	d
乌鲁木齐	04-22	10-05	154	04-16	10-15	27
伊宁	04-11	10-05	143	03-22	11-01	75
昌吉	04-13	10-05	124	04-01	10-20	78
博乐	04-19	10-05	107	04-04	10-17	84
克拉玛依	04-13	10-06	95	04-07	10-30	101
阿勒泰	05-07	09-24	132	04-20	10-14	39
塔城	04-20	10-05	156	04-15	10-17	27
哈密	04-13	10-16	107	03-15	11-03	117
吐鲁番	03-22	10-21	93	02-25	11-19	96
和田	03-15	10-20	152	02-27	11-16	111
喀什	03-30	10-19	137	03-02	11-18	120
阿图什	03-30	10-15	145	03-06	11-12	104
阿克苏	03-31	10-08	137	03-05	11-04	105
库尔勒	03-31	10-08	112	03-14	11-04	118

根据地理位置及旅游发展概况,我们筛选了3个代表城市,分析其综合舒适指数的年内变化规律(图8)。通过分析发现,新疆主要城市旅游气候舒适期的年内变化可大致概括为3种类型:春夏秋适宜型、春秋适宜型、夏季适宜型。春夏秋适宜型的典型代表为乌鲁木齐,这类城市综合舒适指数的年内变化多呈扁平的“M”型,即春夏秋三季均适宜旅游,而夏季综合舒适指数相对春秋季节稍低,但依然比较适宜旅游。值得注意的是,南疆的春秋季节相对北疆更长,旅游气候舒适期(包括舒适等级和较舒适等级)的累计时长比北疆更长。此外,南疆夏季(7—8月)温度相对较高,这一时段大多为旅游气候较舒适期(如喀什、和田等),而北疆同一时段则多为舒适期(如乌鲁木齐、伊宁等)。春秋适宜型的典型代表为吐鲁番,这类城市综合舒适指数的年内变化多呈“凹”字型,即春秋季节综合适宜指数较高,旅游气候舒适,夏季则过于炎热,综合舒适指数较低,旅游气候人体感知为不舒适。克拉玛依和哈密也属于这种类型。阿勒泰为典型的夏季适宜型城市,这类城市综合舒适指数的年内变化多呈倒“U”型,即高值多出现在夏季,春秋次之,冬季不宜开展常规旅游活动(冰雪旅游除外)。在北疆,纬度越高,越倾向于夏适型。

通过计算近40a新疆主要城市旅游气候舒适期初终日期及累计时长的变化趋势(表3),发现北疆各城市旅游气候舒适等级的初终日期大多分别呈现提前和推迟的趋势,而累计天数则普遍在减少。除博乐外,平均每10a减少2~3d,尤其是阿勒泰,每10a减少6.42d。北疆大部分城市较舒适等级的初终日期均在提前,位于天山北坡的博乐、克拉玛依、昌吉累计天数在减少,而纬度较高的阿勒泰则呈显著增加趋势。东疆旅游气候舒适等级的初始日期在提前,而终止日期在推迟,哈密的累计天数以4.06d/10a的速度在显著减少,吐鲁番则呈现不显著的增加趋势。较舒适等级的初终日期都在提前,但累计天数变化趋势却与舒适期相反。南疆旅游气候舒适等级和较舒适等级的初始日期普遍在提前,每10a分别提前4d和2d左右。舒适等级的终止日期变化幅度不大,且大多无统计学意义,较舒适等级的终止日期大多在提前。除库尔勒轻微减少外,舒适等级的累计天数普遍在增加,平均每10a增加4d左右;除阿克苏和库尔勒外,较舒适等级的累计天数均在减少。

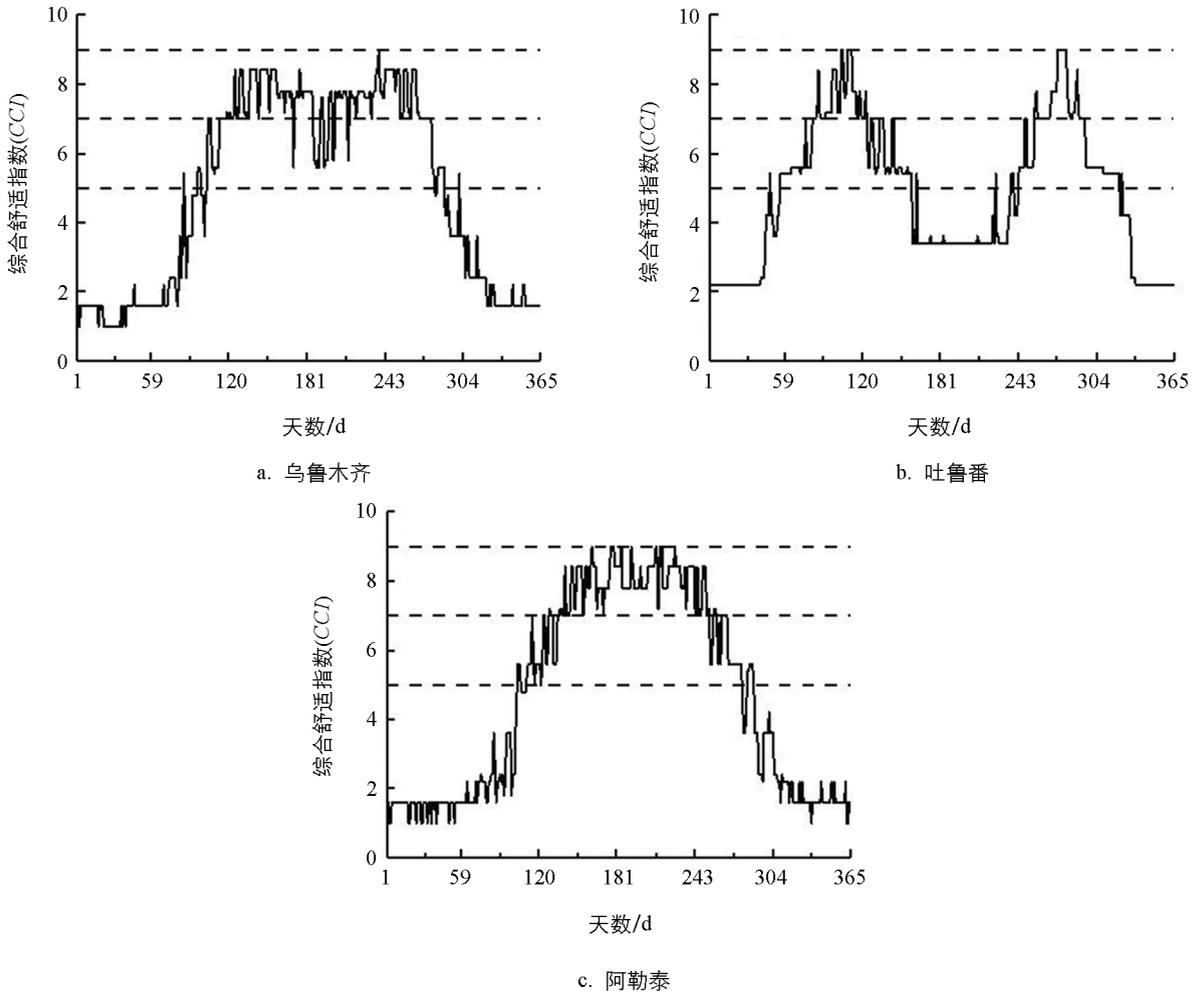


图 8 1979—2018 年新疆主要城市综合舒适指数年内变化

表 3 1979—2018 年新疆主要城市旅游气候舒适期的变化趋势

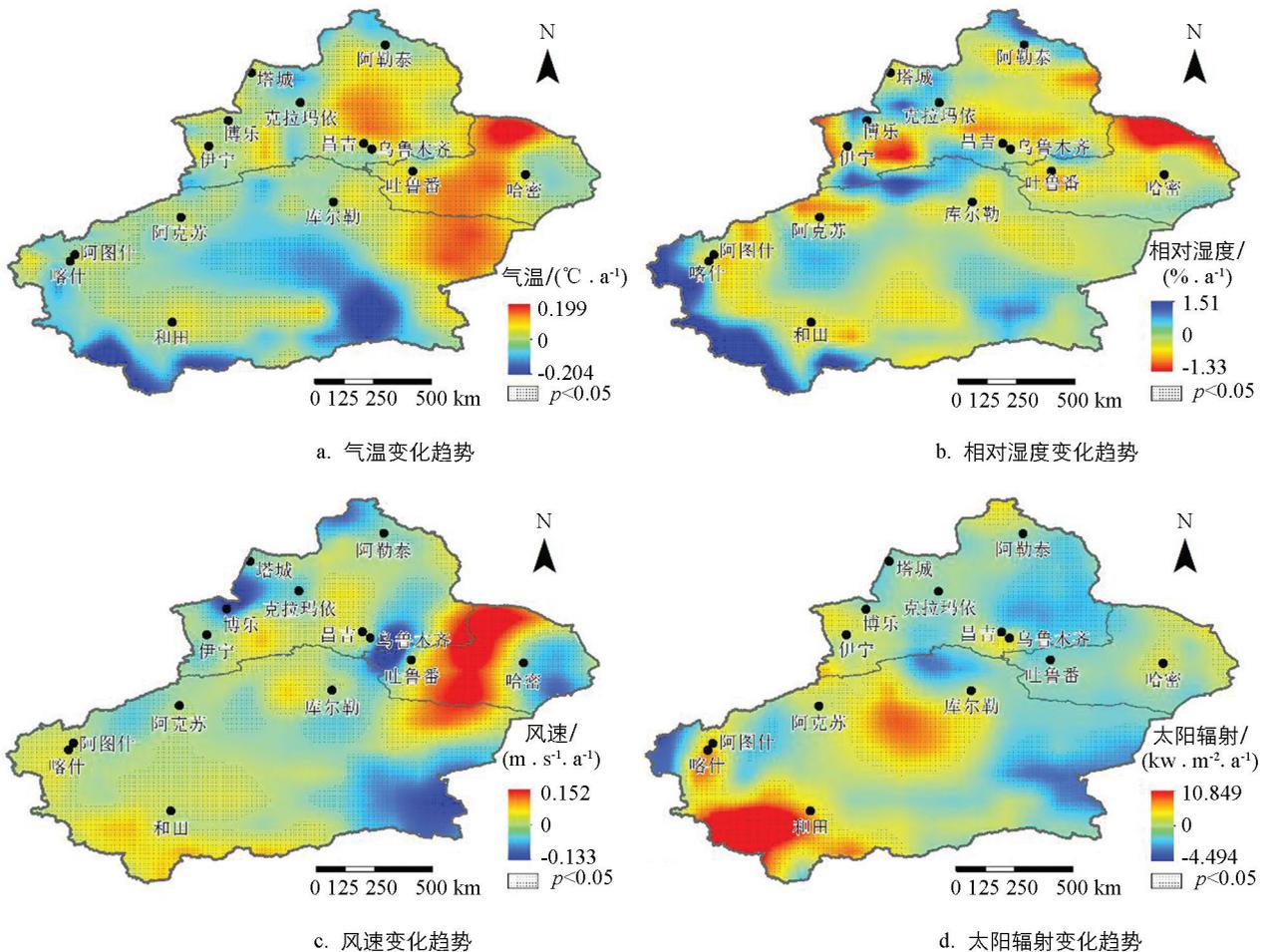
d/10a

地区	舒适等级变化趋势			较舒适等级变化趋势		
	初始日期	终止日期	累计天数	初始日期	终止日期	累计天数
乌鲁木齐	-0.62	3.30*	-1.49	0.31	0.35	1.57
伊宁	-3.44*	1.71	-2.78**	0.28**	-4.34**	0.99
昌吉	-2.79*	1.86*	-1.36	0.92	-1.51	-1.51*
博乐	1.31*	3.13*	0.26	-2.88	1.80	-1.07
克拉玛依	1.43	1.70*	-0.52*	-1.15*	-2.50	-2.37**
阿勒泰	1.64	-0.73	-6.42**	-1.29**	-0.06	6.03**
塔城	-0.38	0.50	-3.94**	-4.40**	-3.80*	4.05
哈密	-3.95**	2.54**	-4.06**	-3.46**	-0.80	2.22*
吐鲁番	-2.07	3.13*	2.33	-2.18	-0.90	-5.56**
和田	-6.05**	0.30	5.08**	-2.43**	-2.44*	-6.23*
喀什	-2.90**	-0.75	4.36*	-2.91*	-2.44*	-4.48**
阿图什	-4.34**	0.72	5.72**	-1.59**	-2.11*	-5.36**
阿克苏	-4.68**	1.96*	1.26	-3.26	1.78*	2.76**
库尔勒	-4.18**	-1.75	-0.61	-2.43	-0.82	0.78

注：* 表示在 0.05 水平有统计学意义，** 表示在 0.01 水平有统计学意义。

3 讨论

在全球变暖背景下,随着区域气候要素的变化,旅游气候舒适期的时空格局发生了不同程度的变化.从全国范围来看,年均气候舒适期的增加具有“普遍性”^[10],北方城市月均温湿指数、着衣指数等变化幅度大于南方城市,通常纬度越高变化越大^[29].本文关于新疆旅游气候舒适期的研究结果与此相一致.1979—2018年新疆气候要素发生了不同程度的变化(图9),已有研究证实气温是旅游气候舒适期演变的主要驱动因素^[15].1979—2018年新疆平均升温速率达到 $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,而北疆和东疆的升温速率要明显高于南疆(图9a).这也是近40a北疆和东疆温湿指数、风寒指数、综合舒适指数的增加速率及着衣指数的减小速率明显大于南疆的主要原因.此外,新疆四季平均气温增幅最大的季节为秋冬季,增长速率分别达到 $0.39\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ^[31],这在一定程度上推迟了旅游气候舒适等级的终止日期,尤其是北疆和东疆.虽然气温升高使得北疆和东疆大部分城市旅游气候舒适等级的初始日期在提前,终止日期在推迟,但累计天数却在减少,这可能与极端气候事件的增加有关.研究表明新疆北部极端高温、极端降水事件呈现出明显的增长趋势^[32-33],极端气候事件可以在短期内影响旅游气候舒适期的连续性,造成舒适期累计天数的减少.除区域气候变化的大背景之外,人类活动是影响旅游气候舒适期变化的另一驱动力.自20世纪90年代以来,大规模生态恢复工程的实施促进了新疆生态环境的改善.研究显示,1982—2013年,新疆植被绿度呈显著增加趋势^[34],这在一定程度上有利于气候舒适度的改善.



审图号:新S(2020)025号.

图9 1979—2018年新疆气候要素变化趋势

旅游业的发展与气候变化的关系已经成为关注的焦点^[35], 气候变化对新疆旅游业的影响亟须引起旅游主管部门的重视。一方面, 旅游气候舒适期的增加延长了相关旅游产业的营业期, 缓解了部分旅游目的地的季节性限制; 另一方面, 气温的持续升高限制了部分旅游项目的开展, 如冬春季节的升温可能会缩短新疆冰雪旅游适宜期, 夏季过热的气候条件增加了旅游企业的运营成本。因此, 理性看待气候变化对旅游业的利弊, 科学地开发旅游资源, 丰富旅游产品设计, 适时适度调整营销策略对新疆旅游业的发展至关重要。

4 结论

文章利用中国气象强迫数据集(CMFD)网格化的气候因子数据, 采用温湿指数、风寒指数、着衣指数及综合舒适指数模型, 以日尺度为研究粒度, 分析了近 40a 新疆旅游气候舒适期的时空格局及其演变趋势, 得到以下主要结论:

近 40a 新疆温湿指数、风寒指数及综合舒适指数整体呈现增加趋势, 在空间上大致由南向北减小, 而着衣指数呈下降趋势, 在空间上由南向北增加, 表明新疆旅游气候总体在向偏暖等级改善, 其中东疆、北疆变化幅度较大, 南疆则相对平稳。

新疆旅游气候舒适期的空间格局显示, 舒适等级呈现由南向北、由盆地边缘向盆地中部逐渐降低的趋势, 其高值区域主要分布在塔里木盆地西部和南部边缘区域, 全年累计日数可达 150~186 d。旅游气候较舒适等级呈现由南向北逐渐降低趋势, 高值区域主要集中在塔里木盆地, 全年累计 120~150 d。

新疆各地旅游气候舒适期的初终日期、累计天数各有差异。整体而言, 南疆和东疆舒适等级及较舒适等级的初始日期普遍早于北疆, 而终止日期晚于北疆, 南疆较舒适等级则普遍长于北疆。主要城市旅游气候舒适期的年内变化可大致概括为春夏秋适宜型、春秋适宜型、夏季适宜型 3 种类型, 其综合舒适指数的年内变化分别呈扁平的“M”型、“凹”字型和倒“U”型。

从新疆主要城市旅游气候舒适期的变化趋势来看, 北疆和东疆各城市舒适等级的初始日期大多在提前, 终止日期大多呈现推迟趋势, 而累计天数普遍在减少, 其中北疆平均每 10a 减少 2~3d, 东疆则变化各异。南疆各城市舒适等级的初始日期普遍在提前, 大约每 10a 提前 4d 左右, 终止日期变化幅度不大, 舒适等级的累计天数大多在增加, 平均每 10a 增加 4d 左右。

参考文献:

- [1] GÓMEZ MARTÍN M B. Weather, Climate and Tourism a Geographical Perspective [J]. *Annals of Tourism Research*, 2005, 32(3): 571-591.
- [2] AMELUNG B, NICHOLLS S, VINER D. Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality [J]. *Journal of Travel Research*, 2007, 45(3): 285-296.
- [3] 吴普, 席建超, 葛全胜. 中国旅游气候学研究综述 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(2): 131-137.
- [4] BELLE N, BRAMWELL B. Climate Change and Small Island Tourism: Policy Maker and Industry Perspectives in Barbados [J]. *Journal of Travel Research*, 2005, 44(1): 32-41.
- [5] BIGANO A, HAMILTON J M, TOL R S J. The Impact of Climate on Holiday Destination Choice [J]. *Climatic Change*, 2006, 76(3-4): 389-406.
- [6] 胡汝骥, 姜逢清, 王亚俊, 等. 新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响 [J]. *干旱区地理*, 2002, 25(3): 194-200.
- [7] 于恩涛, 孙建奇, 吕光辉, 等. 西部干旱区未来气候变化高分辨率预估 [J]. *干旱区地理*, 2015, 38(3): 429-437.
- [8] 沈永平, 苏宏超, 王国亚, 等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(II): 灾害效应 [J]. *冰川冻土*, 2013, 35(6): 1355-1370.
- [9] 邓光奇. “一带一路”背景下新疆旅游产业发展研究 [J]. *西北民族研究*, 2018(1): 224-229.

- [10] 李山,孙美淑,张伟佳,等. 中国大陆1961—2010年间气候舒适期的空间格局及其演变[J]. 地理研究, 2016, 35(11): 2053-2070.
- [11] TERJUNG W H. Physiologic Climates of the Conterminous United States: a Bioclimatic Classification Based on Man [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1966, 56(1): 141-179.
- [12] OLIVER J E. Climate and Man's Environment: An Introduction to Applied Climatology [M]. New York: John Wiley and Sons. Inc, 1973: 195-206.
- [13] DE FREITAS C R. Human Climates of Northern China [J]. Atmospheric Environment (1967), 1979, 13(1): 71-77.
- [14] 潘仕梅,张琦,衣淑玉,等. 山东省海阳市旅游气候资源评价[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(4): 125-131.
- [15] 官景得,王咏青,孙银川,等. 近39 a宁夏旅游气候适宜期及变化分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(2): 339-348.
- [16] 蒋镇,曾琛. 云阳县创建中国天然氧吧的生态环境特征分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(2): 86-91.
- [17] 刘畅,徐宁,宋靖达,等. 城市森林公园游人热舒适感受与空间选择[J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3561-3569.
- [18] 吴菲,李树华,刘娇妹. 林下广场、无林广场和草坪的温湿度及人体舒适度[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 2964-2971.
- [19] 闫业超,岳书平,刘学华,等. 国内外气候舒适度评价研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(10): 1119-1125.
- [20] 李啸虎,李晓东,阿不都·克依木·阿布力孜,等. 新疆热点旅游城市旅游气候资源评价及分类[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 127-131.
- [21] 马丽君,孙根年,玉素朴江,等. 新疆旅游气候舒适度分析与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(9): 151-155.
- [22] 何瑛. 新疆旅游气候适宜性评价[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(20): 4510-4512, 4526.
- [23] 李东,由亚男. 新疆旅游气候舒适性分析与旅游区划[J]. 资源开发与市场, 2014, 30(3): 371-373, 381.
- [24] 李东,杨兆萍,时卉,等. 乌鲁木齐市旅游气候与旅游气候舒适度分析[J]. 干旱区研究, 2014, 31(3): 404-409.
- [25] 曹开军,杨兆萍,孟现勇,等. 基于栅格尺度的阿勒泰地区旅游气候舒适度评价[J]. 冰川冻土, 2015, 37(5): 1420-1427.
- [26] 刘伟,姜逢清,李小兰. 新疆气候变化的适应能力时空演化特征[J]. 干旱区研究, 2017, 34(3): 531-540.
- [27] DENG C L, ZHANG B Q, CHENG L Y, et al. Vegetation Dynamics and Their Effects on Surface Water-Energy Balance over the Three-North Region of China [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2019, 275: 79-90.
- [28] 刘清春,王铮,许世远. 中国城市旅游气候舒适性分析[J]. 资源科学, 2007, 29(1): 133-141.
- [29] 马丽君,孙根年,谢越法,等. 50年来东部典型城市旅游气候舒适度变化分析[J]. 资源科学, 2010, 32(10): 1963-1970.
- [30] 曹永强,高璐,王学风. 近30年辽宁省夏季人体舒适度区域特征分析[J]. 地理科学, 2016, 36(8): 1205-1211.
- [31] 康丽娟,巴特尔·巴克,罗那那,等. 1961—2013年新疆气温和降水的时空变化特征分析[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(1): 123-133.
- [32] TANG X L, LV X, OUYANG Y N. Spatial and Temporal Variations of Extreme Climate Events in Xinjiang, China during 1961-2010 [J]. American Journal of Climate Change, 2016, 5(3): 360-372.
- [33] 张志高,苗运玲,邱双娟,等. 1951—2016年新疆哈密极端气温变化研究[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2019, 36(1): 89-97.
- [34] 杜加强,高云,贾尔恒·阿哈提,等. 近30年新疆植被生长异常值时空变化及驱动因子[J]. 生态学报, 2016, 36(7): 1915-1927.
- [35] 杨建明. 全球气候变化对旅游业发展影响研究综述[J]. 地理科学进展, 2010, 29(8): 997-1004.