

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.05.004

曹永强, 郭明, 乌日娜. 50年来辽宁省不同等级舒适日数演变及空间区划分析[J]. 水利水电工程学报, 2017(5): 23-29.
(CAO Yongqiang, GUO Ming, WU Rina. Analysis of variation in human body comfort days of different grades and its spatial distribution in Liaoning Province in recent 50 years[J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(5): 23-29. (in Chinese))

50年来辽宁省不同等级舒适日数演变及空间区划分析

曹永强, 郭 明, 乌日娜

(辽宁师范大学 城市与环境学院, 辽宁 大连 116029)

摘要: 根据 1964—2015 年辽宁省 23 个气象站点的逐日平均气温、相对湿度及平均风速资料, 采用人体舒适度指数法计算人体舒适度指数, 在季尺度上分析辽宁省不同等级舒适日数演变情况及典型旅游城市最佳旅游期; 运用旋转经验正交函数分解法 (REOF), 分析人体舒适度指数季尺度空间变化特征, 并应用 ArcGIS 软件进行舒适区域划分。结果表明: ①辽宁省多年平均冷不舒适日数呈降低趋势, 舒适日数呈增加趋势, 热不舒适日数也呈微弱增加趋势; 舒适程度夏季>秋季>春季>冬季; ②除冬季外 5 座典型旅游城市均适宜旅游, 夏季为最佳旅游期; 其中, 沈阳、本溪更适宜春季旅游, 大连更适宜秋季旅游。③辽宁省四季舒适度变化情况可大致划分为辽西、辽中、辽东三个区域, 具体划分情况随季节有相应变化, 总体舒适度由辽宁东部向西部逐渐递减。

关 键 词: 人体舒适度指数; 舒适日数; 气温变化; 时空分布特征

中图分类号: P463.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2017)05-0023-07

人体舒适度是描述气温、湿度和风速对人体综合影响的指标, 它表征人体无需借助防寒手段、避暑装备和设施保证日常行为正常进行的相应空气环境, 该环境下的气温、湿度及风速即为体感舒适的适宜气候条件^[1]。研究人体舒适度指数的意义在于及时提示公众根据气象因素的变化调节着装, 从而达到适应环境的目的^[2]。同时, 人体舒适度也是影响公众旅游地选择和旅游季节安排的重要因素^[3-5], 因此人体舒适度亟待进一步研究。

国外于 20 世纪中期开始进行舒适度研究, 如 Terjung 提出的舒适指数和风效指数^[6]; Oliver 提出的温湿指数和风寒指数^[7], 综合不同指数对人体舒适度进行了加权分析, 增强结果可信度; Yaghtou 等在前人研究基础上对人体舒适感从不同角度采用不同方法进行了研究^[8], 考虑因素更加充分, 结果更具代表性。国内研究则起步较晚, 20 世纪 70 年代才逐步展开旅游气候资源评价及人体舒适度区域特征的研究^[9]。随着多种技术手段的应用, 我国在舒适度研究领域逐渐取得了较为丰硕的研究成果。曹永强等^[10]对近 30 年辽宁省夏季人体舒适度进行了区域特征分析, 得出夏季逐月舒适度情况及区划特征; 李捷^[11]将 GIS 技术应用到湖北省的人居环境舒适度研究中, 并做出适宜性评价。唐亚平等^[12]采用 REOF 法对辽宁省的气候舒适度空间特征进行了区划, 明确了辽宁省舒适度分区情况。

尽管我国对人体舒适度的研究正逐步深入, 但基于辽宁省长时间序列并划分季尺度的研究还比较缺乏, 同时从不同等级舒适度日数演变分析角度的研究存在一定空白。为明确辽宁省长序列季尺度上不同等级舒适日数变化特征及人体舒适度空间分布情况, 本文选取辽宁省 1964—2015 年长序列气象观测资料, 采用人体舒适度指数法及 REOF 法, 结合 GIS 技术对变化的人体舒适度进行特征分析及空间分区, 绘制区划图; 结

收稿日期: 2016-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51579126, 51779114); 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室 (清华大学) 2015 年对外开放基金资助项目 (sklhse-2016-A-02)

作者简介: 曹永强 (1972—), 男, 内蒙古丰镇人, 教授, 博士, 主要从事水文水资源方面研究。

E-mail: caoyongqiang@lnnu.edu.cn

合辽宁省典型旅游城市舒适日数分析,以期为公众日常生活、疾病预防及出行旅游提出合理的建议。

1 研究区概况、资料及研究方法

1.1 研究区气候及旅游资源概况

辽宁省位于亚欧大陆东岸,中纬度地带,为典型的温带大陆性季风气候。四季分明,雨热同期。具有冬季长寒冷,夏季短温暖,春秋季节时间短的特点。省内降雨量分布不均,受季风气候影响,各地差异较大,由东部向西部逐渐递减。

辽宁省旅游资源十分丰富,共有 9 处国家级重点风景名胜区、1 处国家级历史文化名城及 35 处全国重点文物保护单位,是节假日公众出行旅游的优选地点。

1.2 资料来源及选取

本文数据来源于中国气象数据服务网 1964—2015 年的数据资料,共计 25 个气象站点包括逐日平均气温、平均风速及相对湿度 3 个气象指标,剔除数据资料不完整站点,选用剩余 23 个站点的数据资料,划分春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12 月—翌年 2 月)季度尺度进行分析,选取的气象站点分布如图 1 所示。

1.3 研究方法

1.3.1 人体舒适度指数法及舒适度分级 人体舒适度指数计算采用了我国气象站常用的,也是国内近年来比较流行的 KSSD 经验公式^[13],该公式同时考虑了温度、湿度及风速对人体舒适度的影响,相较于其他公式更实用且适合研究区东南部沿海湿度较大,西北部内陆气温较高的气候特点,其计算式如下:

$$I_{\text{KSSD}} = 1.8T + 32 - 0.55(1 - H_R/100)(1.8T - 26) - 3.2V^{2/1} \quad (1)$$

式中: T 为平均温度(℃); H_R 为相对湿度(%); V 为平均风速(m/s)。

中国气象局规定的统一标准将人体舒适度划分为 9 个级别,并将 $I \leq 50$ 的 3 个等级归为冷不舒适等级, $50 < I \leq 75$ 归为舒适等级, $75 < I$ 归为热不舒适等级。本文根据辽宁省的气候特点,结合前人研究结果将辽宁省的舒适度指数划分为 11 个等级^[14],等级划分情况如表 1 所示。为方便舒适日数统计,根据中国气象局规定的人体舒适度等级划分标准,结合辽宁省舒适度划分情况,将 1,2,3,4 级统称冷不舒适等级,将 5,6,7 级统称舒适等级,将 8,9,10,11 统称热不舒适等级。

1.3.2 旋转经验正交展开 (REOF) 方法 旋转经验正交展开 (REOF 法) 是以经验正交展开 (EOF 法) 为基础,选取正交旋转矩阵,使得选取矩阵旋转后的列向量因子平方后的方差最大,从而使所选矩阵场的信息特征在载荷场的优势空间上集中显示,简化旋转后的载荷因子的矩阵结构,使得公因子的实际意义更易显示;旋转后的特征向量场与旋转前相比在时间上更趋于稳定^[15]。因此,气象上常采用 REOF 法对气象要素场进行分析,从而更明显地反映气候特征,见文献[16]。

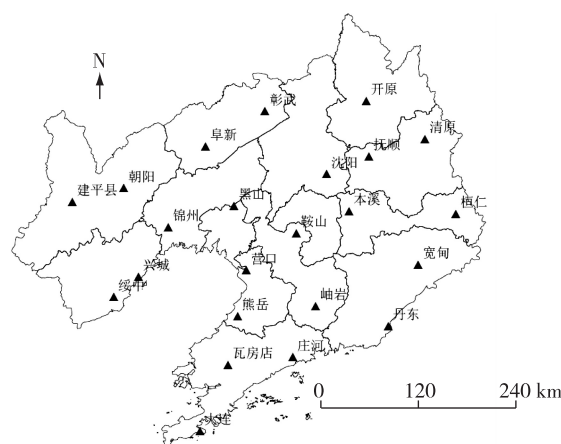


图 1 辽宁省 23 个站点空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of 23 weather stations in Liaoning Province

表 1 辽宁省人体舒适度等级划分

Tab. 1 Classification of human comfort level in Liaoning Province

级别	人体感觉	舒适度指数
1	极度寒冷,裸露皮肤冻伤	$I < 0$
2	很寒冷,人体感觉极不舒适	$0 \leq I < 25$
3	寒冷,人体感觉不舒适	$25 \leq I < 38$
4	很凉,大多数人感觉不舒适	$38 \leq I < 50$
5	凉,大多数人感觉较舒适	$50 \leq I < 58$
6	温暖,人体感觉舒适	$58 \leq I < 70$
7	暖,大多数人感觉较舒适	$70 \leq I < 75$
8	热,大多数人感觉不舒适	$75 \leq I < 80$
9	炎热,人体感觉不舒适	$80 \leq I < 85$
10	极热,人体感觉极不舒适	$85 \leq I < 88$
11	酷热,有中暑的高可能性	$I \geq 88$

1.3.3 人体舒适度区域划分 将得到的方差极大正交旋转矩阵作为插值,通过 ArcGIS10.2 软件,采用反距离权重插值法进行空间插值分析。结合 North 判别准则^[17],规定将同一旋转载荷向量场中贡献率 $U \geq 0.6$,测站数多于4个且在地理上分布相连的区域划分为同一区域。将上述得到的结果结合辽宁省行政区域图,对辽宁省人体舒适度进行区域划分。

2 结果与分析

2.1 辽宁省不同等级舒适日数分析

根据人体舒适度指数经验公式,计算辽宁省近52年逐日人体舒适度指数,根据舒适度划分等级判断年内舒适日数情况,绘制出年内不同等级舒适日数变化图(如图2)。由图2可得,辽宁省近52年冷不舒适日数呈下降趋势,舒适日数及热不舒适日数呈增加趋势,但热不舒适日数增加幅度较小。冷不舒适日数递减率为 $3.23/(10a)$,舒适日数增加率为 $3.17/(10a)$ 。出现舒适及热不舒适日数增加现象与近年来全球气温升高,极端气候事件频繁发生有关。

2.2 辽宁省人体舒适度季度特征变化分析

人体舒适度等级是根据人体舒适度指数划分的人体舒适度情况,因此对不同等级舒适日数分析较直接对人体舒适度指数的平均计算更科学。为明确辽宁省近52年人体舒适度在季尺度上的变化情况,根据舒适度划分等级标准判断季尺度舒适日数情况(如图3)。

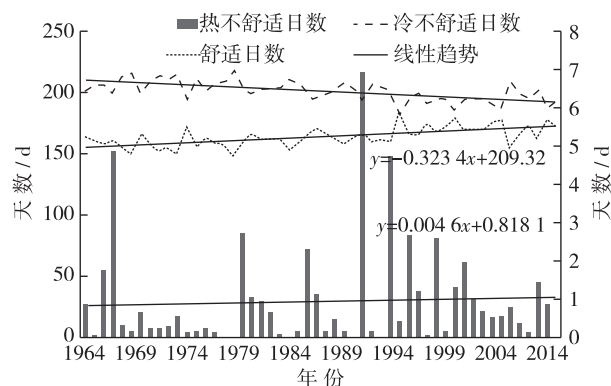


图2 辽宁省不同等级舒适日数趋势

Fig. 2 Trend of different comfort days in Liaoning

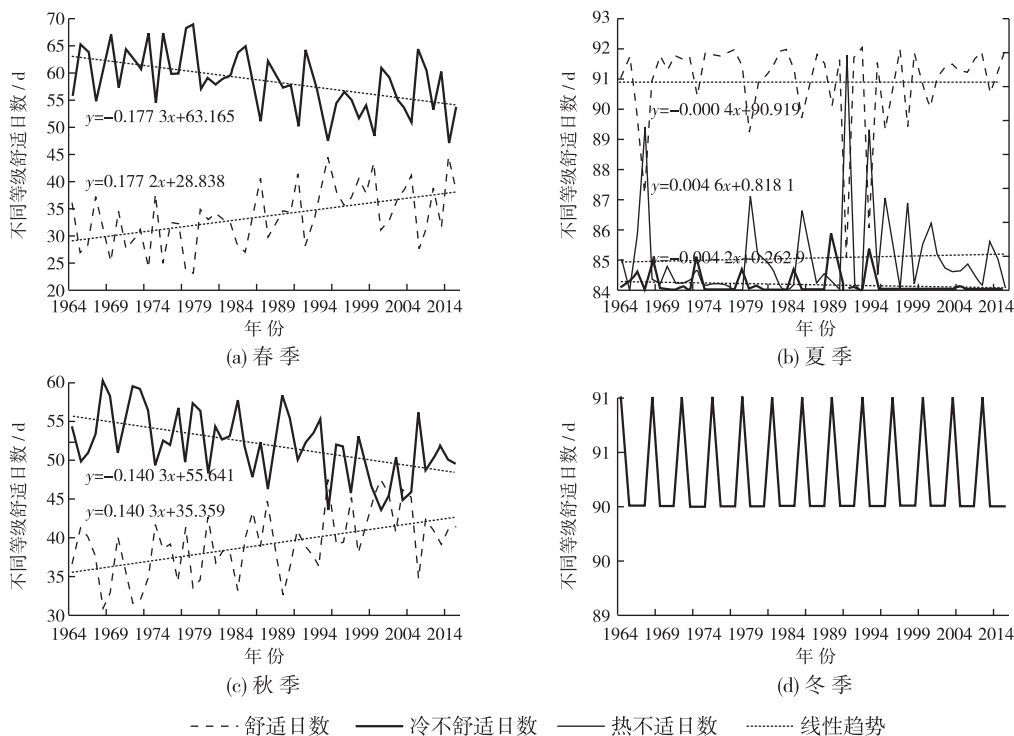


图3 人体舒适度年际季尺度变化

Fig. 3 Changes in annual seasonal scale of human comfort

由图 3 可得,春秋季舒适日数呈稳定增加趋势,夏季舒适日数呈减小趋势,冬季整季均处于冷不舒适等级。由图 3(a)可得,春季不存在热不舒适日数,多年平均舒适日数约占整季的 37%,冷不舒适日数较多,体感较凉,应注意防寒保暖。由图 3(b)可得,夏季整季舒适日数所占比重最大,多年平均约 90 d,冷不舒适及热不舒适日数较少,多年平均仅为 1 d 左右,这是由于辽宁省地处中纬度温带大陆性季风气候区,年均温度较适宜,夏季气温出现极端高温天气较少,且东南部沿江沿海,水的比热容较大,降温较慢,因此夏季冷不舒适及热不舒适日数均较少。由图 3(c)可得,秋季舒适日数增加速率低于春季,且 1969 年冷不舒适日数最大 1970 年开始减少,符合辽宁省 70 年代末期气温较低而 80 年代初期开始逐渐增温的现象^[18]。由图 3(d)可得,辽宁省冬季整季不存在舒适及热不舒适日数,整季均处于冷不舒适等级,符合全省冬季寒冷的气候特点。综合四季不同舒适日数演变规律,舒适程度夏季>秋季>春季>冬季。

2.3 辽宁省旅游城市人体舒适日数分析

为更好地给广大人民提供适宜的旅游出行方案,根据辽宁省旅游城市排名情况,本文选取辽宁省排名前五的沈阳、本溪、营口、大连及丹东等 5 座典型的旅游城市为研究对象,对近 52 年的四季平均人体舒适度情况进行分析,并作柱状图对各季舒适日数情况进行对比,如图 4(由于冬季整季均处于冷不舒适等级,故不对冬季进行分析)。

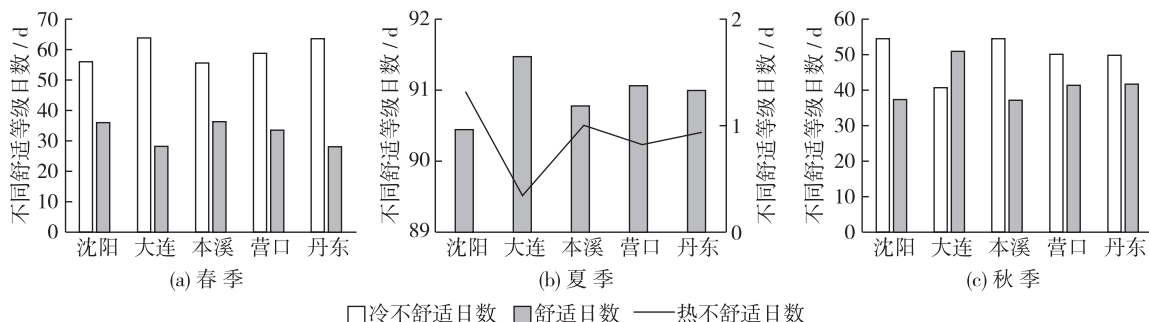


图 4 辽宁省典型旅游城市春、夏、秋三季舒适日数年平均值

Fig. 4 Annual average of comfortable days of spring, summer and autumn of Liaoning typical tourist cities

经统计,5 座城市的人体舒适度情况总体较好,冷不舒适及热不舒适日数在旅游期出现频率较低,除冬季外(5 座城市整季都处于冷不舒适等级不作分析),其他三季均适宜旅游。其中,夏季为 5 座城市人体舒适度最高的季节,舒适日数均平均约 90 d,基本整季处于“2 级”等级,是适宜旅游出行的极佳季节。春季舒适日数本溪>沈阳>营口>丹东>大连,其中沈阳、本溪的春季舒适日数平均达到 36 d,约占整季 40%,在 5 座城市中舒适日数较高,更适宜作为春季旅游地点。秋季舒适日数大连>丹东>营口>沈阳>本溪,其中大连秋季的平均舒适日数约 41 d,约占整季的 45%,舒适程度较高,是秋季旅游出行的好去处。

2.4 辽宁省气候舒适度区划

利用辽宁省 23 个站点近 52 年舒适日数以上数据,采用 SPSS 软件的因子分析功能获得 EOF 和 REOF 分析结果如表 2 所示。辽宁省四季前 3 个载荷向量的特征值均大于 1,由 EOF 分析结果,四季前 3 个载荷向量对累积解释总方差的贡献率分别为 91.428%,87.295%,88.912%,89.081%,其中四季的首个载荷向量对总方差贡献率分别为 83.862%,78.476%,79.452%,79.461%,均远大于各季其他载荷向量,说明首个载荷向量对解释总方差的贡献最大,同时第 1 载荷向量场均为正值,反映了辽宁省舒适度空间变化的一致性。第 2 载荷是一种比较典型的分异形式,第 3 载荷向量空间分异也有一定的表征意义,但与前两种载荷向量相比,这种空间分布型发生的概率很低。向量旋转前后的总方差贡献率不变,因此选择前 3 个载荷向量能够较准确描述辽宁省人体舒适程度变化情况。

表 2 EOF 和 REOF 各季度前 3 个荷载向量对总方差的贡献百分比

Tab. 2 Total normalized variances accounted for by each of the first three EOF and REOF of the four seasons

EOF/REOF					EOF/REOF				
载荷向量序号		方差贡献	贡献率/%	累计贡献率/%	载荷向量序号		方差贡献	贡献率/%	累计贡献率/%
春季	1	19.288/10.640	83.862/46.261	83.862/46.261	秋季	1	18.274/9.799	79.452/42.603	79.452/42.603
	2	1.970/8.462	4.215/36.791	88.077/83.052		2	1.342/9.178	5.835/39.902	85.288/82.505
	3	1.771/1.926	3.350/8.375	91.428/91.428		3	1.034/1.474	3.624/6.407	88.912/88.912
夏季	1	18.049/10.302	78.476/44.790	78.476/44.790	冬季	1	18.276/7.374	79.461/31.942	79.461/31.942
	2	1.238/7.710	5.383/33.523	83.859/78.313		2	1.283/6.860	5.578/29.826	85.039/61.768
	3	1.079/2.066	3.436/8.982	87.295/87.295		3	1.093/6.282	4.042/27.314	89.081/89.081

注:表中“/”前数值为 EOF 法计算结果,“/”后数值为 REOF 法计算结果。

在 EOF 分析的基础上,对四季前 3 个荷载向量进行方差极大正交旋转,由旋转后的 REOF 结果,3 个荷载向量对累积解释总方差的贡献值分布较旋转前更均匀,旋转成效显著。根据 REOF 分析所得到的旋转成分矩阵及 North 判别准则对辽宁省四季人体舒适度情况进行区域划分,划分过程发现部分区域有重合现象发生,为更好地显示舒适度的区域分布情况,根据辽宁省行政区域边界,重新对划分重合区进行整理,将辽宁省四季的人体舒适度均划分为 3 个区,以反映由 3 个荷载向量所描述的舒适度空间分布情况,如图 5。

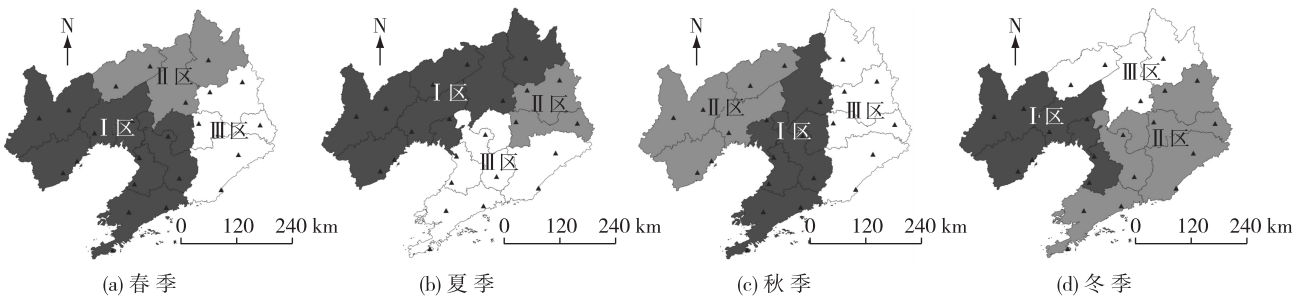


图 5 辽宁省四季舒适度空间分布

Fig. 5 The four seasons spatial distribution of human comfort in Liaoning Province

四季分区结果显示,人体舒适度呈现随季节的由西向东逐渐升高的趋势,辽宁西部的人体舒适度总体低于辽宁东部。辽宁西部地处内陆地带,气候受内蒙古吹来的季风影响较大常年气温略低。而辽宁东部沿海气候受海洋水汽影响较大,由于水的比热容大,相同时间下降温较缓,因此出现整体上辽宁东部的年平均气温大于辽宁西部的情况,四季舒适度情况为 III 区> II 区> I 区。春季划分为: I 区辽宁西北部及中南部, II 区辽宁中北部, III 区辽宁东部;夏季划分为: I 区辽宁西北部及辽宁中北部, II 区辽东中部, III 区辽宁中南部及辽东南部;秋季划分为: I 区辽宁西北部, II 区辽宁中部, III 区辽宁东部;冬季划分为: I 区辽宁西北部, II 区辽宁中北部, III 区辽东南部。

根据辽宁省四季人体舒适度区划结果,春季 I 区,即辽宁西北部及中南部人体舒适度仍较低,因此该区的居民应注意防“春寒”,避免过早更换轻便外套,以防着凉发生感冒; II 区 III 区居民人体舒适度相对较高,但春季平均冷不舒适日数较多,也应注意保暖。夏季为辽宁省平均舒适日数最多的季节,因此公众适宜在夏季安排出行旅游计划。秋冬季节平均舒适度均较低,居民应注意防寒,尤其是辽西北地区,冬季有体感极度寒冷天气发生,应采取有效的防寒措施。

3 结 语

(1)对辽宁省 23 个气象站点 52 年季尺度上不同等级舒适日数进行分析,除冬季外,其他三季舒适日数

均呈现增加趋势,增长速率春季>秋季>夏季>冬季,人体舒适程度夏季>秋季>春季>冬季,这与全球背景下的气温增高有一定关系。

(2)选取沈阳、大连、本溪、营口、丹东作为 5 座典型旅游城市,对 5 座城市四季舒适日数进行统计分析,5 座城市除冬季不适宜旅游出行外,其他三季均适宜旅游;夏季为旅游最佳季节;其中沈阳、本溪更适宜春季旅游,大连更适宜秋季旅游。

(3)采用 REOF 法对舒适以上日数进行分析,同时根据辽宁省行政区域划边界以及 North 判别准则将辽宁省四季均划分为 3 个舒适区域,舒适度由东部向西部递减,总体舒适度情况Ⅲ区>Ⅱ区>Ⅰ区。由分区结果,辽西北地区居民尤其在春季和冬季应注意保暖防寒,预防疾病发生;夏季舒适度最高,是公众安排出行计划的最佳季节。

参 考 文 献:

- [1] 贾海源, 陆登荣. 甘肃省人体舒适度地域分布特征研究[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 449-454. (JIA Haiyuan, LU Dengrong. Spatial distribution of human comfort degree in Gansu province[J]. Arid Meteorology, 2010, 28(4): 449-454. (in Chinese))
- [2] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 基于 GIS 的中国人居环境指数模型的建立与应用[J]. 地理学报, 2008, 63(12): 1327-1336. (FENG Zhiming, TANG Yan, YANG Yanzhao, et al. Establishment and application of human settlements environment index model (HEI) based on GIS[J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(12): 1327-1336. (in Chinese))
- [3] 柏秦凤, 霍治国, 贺楠, 等. 中国 20 座旅游城市人体舒适度指数分析[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1607-1612. (BAI Qinfeng, HUO Zhiguo, HE Nan, et al. Analysis of human body comfort index of 20 tourist cities in China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(8): 1607-1612. (in Chinese))
- [4] 曲本亮, 高璐, 曹永强. 大连市夏季人体舒适度评价研究[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(1): 173-176. (QU Benliang, GAO LU, CAO Yongqiang. Evaluation of human comfort in Dalian summer[J]. Environmental Science and Management, 2016, 41(1): 173-176. (in Chinese))
- [5] 刘梅, 于波, 姚克敏. 人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J]. 气象科技, 2002, 30(1): 11-14, 18. (LIU MEI, YU BO, YAO Kemin. Research status and development prospect of human comfort[J]. Meteorological Science and Technology, 2002, 30(1): 11-14, 18. (in Chinese))
- [6] 冯定原, 邱新法. 我国各地四季感热温度的计算和分析[J]. 南京气象学院学报, 1990, 13(1): 71-80. (FENG Dingyuan, QIU Xinfu. Calculation and analysis of the apparent temperature in the four seasons over China[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 1990, 13(1): 71-80. (in Chinese))
- [7] OLIVER J E. Climate and man's environment: an introduction to applied climatology[M]. New York: Jhon Wiley & Son's Inc, 1993.
- [8] 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.
- [9] 任学慧, 李颖, 王健. 近 60a 北方沿海城市人居环境气候舒适性评价——以辽宁省为例[J]. 自然资源学报, 2013, 28(5): 811-821. (REN Xuehui, LI YING, WANG Jian. Evaluation of climate comfortability for human settlement environment in northern coastal cities in recent 60 years—taking Liaoning as a case[J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(5): 811-821. (in Chinese))
- [10] 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. (CAO Yongqiang, GAO Lu, WANG Xuefeng. Regional characteristics of climate comfort in summer in Liaoning during past 30 years[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(8): 1205-1211. (in Chinese))
- [11] 李捷. 基于 GIS 技术的湖北省人居环境自然适宜性评价[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(21): 5235-5245. (LI Jie. The habitat suitability assessment of the natural environment in Hubei province based on GIS technology[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54(21): 5235-5245. (in Chinese))
- [12] 唐亚平, 张凯, 李忠娴, 等. 基于 REOF 方法的辽宁气候舒适度区域特征分析[J]. 环球科学与技术, 2011, 34(2): 120-124. (TANG Yaping, ZHANG Kai, LI Zhongxian, et al. Analysis of climate comfort regional characteristics in Liaoning based on REOF[J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34(2): 120-124. (in Chinese))

- [13] 郭广,张静,马守存,等. 1961—2010年青海省人体舒适度指数时空分布特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(3): 845-854. (GUO Guang, ZHANG Jing, MA Shoucun, et al. Spatial-temporal distribution characteristics analysis of comfort of human body index in Qinghai Province from 1961 to 2010[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(3): 845-854. (in Chinese))
- [14] 孙广禄,王晓云,章新平,等. 京津冀地区人体舒适度的时空特征[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(3): 18-23. (SUN Guanglu, WANG Xiaoyun, ZHANG Xinping, et al. Temporal-spatial characteristics of human comfort in Beijing-Tianjin-Hebeire region[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2011, 27(3): 18-23. (in Chinese))
- [15] 高媛媛,许新宜,王红瑞,等. 中国水资源利用效率评估模型构建及应用[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(3): 776-784. (GAO Yuanyuan, XU Xinyi, WANG Hongrui, et al. New model for water use efficiency evaluation of China and its application[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2013, 33(3): 776-784. (in Chinese))
- [16] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 135-139. (HUANG Jiayou. Meteorological statistical analysis and prediction method[M]. Beijing: Meteorological Press, 2000: 135-139. (in Chinese))
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 69, 72. (WEI Fengying. Modern climate statistical diagnosis and prediction technology[M]. Beijing: Meteorological Press, 1999: 69, 72. (in Chinese))
- [18] 刘雪锋,李军林. 辽宁省近50年气温变化特征及突变分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(5): 522-527. (LIU Xuefeng, LI Junlin. Temperature variation and abrupt change analysis in recent 50 years in Liaoning province[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2009, 40(5): 522-527. (in Chinese))

Analysis of variation in human body comfort days of different grades and its spatial distribution in Liaoning Province in recent 50 years

CAO Yongqiang, GUO Ming, WU Rina

(School of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: The influences of the human body comfort on the daily life and work of the public are significant, and the studies of its changing characteristics are of great significance to the urban meteorological service. Based on the daily mean temperature, relative humidity and average wind speed data collected by 23 meteorological stations in Liaoning Province from 1964 to 2015, the human body comfort index is used to calculate the comfort index of the human body. The evolution of the comfort days of different grades in Liaoning Province is analyzed in accordance with the season scales. The optimal travel periods of the typical tourist cities are analyzed by using the rotation empirical orthogonal function decomposition method (REOF), and the analysis of the spatial variation in the geometric comfort index is carried out. An ArcGIS software is used to divide the comfort regions. The analysis results show that: ① The average number of the cold uncomfortable days in Liaoning Province has a decreasing trend, and the number of comfortable days has an increasing trend, meanwhile the number of days of the heat discomfort has a slight increase trend. The comfort degree is summer> autumn> spring> winter; ② Except for winter, the five typical tourist cities are suitable for tourism, the summer is the best season for tourists to have a great tour; Shenyang and Benxi are more suitable for the spring tourism, and Dalian city is more suitable for the autumn tourism; ③ The changes of comfort in four seasons of Liaoning Province can be roughly divided into three regions: western Liaoning, Liaozhong and Liaodong. The specific situation varies with the seasons, and the overall comfort is gradually decreasing from the eastern to the western regions of Liaoning Province. The results given by this study are aimed to provide the theoretical suggestions and guiding opinions for the daily life and a scientific reference to the travel of the public.

Key words: human body comfort index; comfortable days; temperature variation; spatial and temporal distribution characteristics