

姜燕敏,吴昊旻,宋丹,等. 丽水山地海拔对人体舒适环境的影响[J]. 陕西气象,2021(6):60-65.

文章编号:1006-4354(2021)06-0060-06

丽水山地海拔对人体舒适环境的影响

姜燕敏¹,吴昊旻¹,宋丹²,孟晓璇³

(1. 丽水市气象局,浙江丽水 323000;2. 松阳县气象局,浙江松阳 323400;

3. 云和县气象局,浙江云和 323600)

摘要:利用 2016—2020 年丽水市 358 个区域自动气象站逐日气温、相对湿度、风速等观测资料,使用人体舒适度评价指标,应用数理统计方法研究丽水山地海拔对人体舒适环境的影响,从而对不同季节丽水山地人体舒适环境进行区划。结果表明:丽水山地年平均人体舒适度指数为 58.6,属于“凉爽,较舒适”等级。人体舒适度指数随海拔的升高而降低,海拔每上升 100 m,年平均人体舒适度指数下降 0.8;盛夏 7—8 月人体舒适度指数递减率增至 1.0/100 m,冬季降至 0.6/100 m。夏季海拔约 300 m 以上区域人体感觉“较舒适”,其中盛夏 7—8 月海拔约 800~1 800 m 感觉“舒适”;春、秋季海拔约 1 500 m 以下感觉“较舒适”,500 m 以下低海拔山区和平原地区人体感觉“舒适”;冬季海拔约 1 500 m 以上的高山区域表现为“冷”。

关键词:人体舒适度;山地;海拔;丽水

中图分类号:P49;F592.7

文献标识码:A

气象环境是构成人类生存环境的主体,能量交换在人类与大气环境之间无时无刻不进行着,人体通过自身体温调节中枢使体温维持恒定^[1]。气温的高低使人体产生冷或热的感觉,空气湿度影响皮肤、呼吸器官粘膜湿润程度;而风直接影响人体皮肤与空气的热量交换。人体舒适度正是以人类机体与近地大气之间的热交换原理为基础,综合了气温、湿度和风等气候要素,从气象学角度来评价人类在不同气候条件下舒适感的一项生物气象指标^[2]。人体舒适度评价研究始于 1945 年,Brunt 讨论了气候和人体舒适度的关系^[3]。国内关于人体舒适度的研究,在 20 世纪 90 年代开始才有广泛的发展。气象舒适度指数^[4]、气候宜人度评价^[5]等评价方法和模型的提出,为定量描述人体舒适度奠定了基础。但由于地域和气候类型的限制,以上模型的普适性尚待进一步验证。同时,GIS^[6]等新技术、新方法和更为精细的观测数

据也被进一步引入到人体舒适度的研究,基于热量交换原理的模型被进一步更新和完善。如孙广禄等^[7]通过人体舒适度指数聚类分析得出京津冀地区人体舒适度指数分区;于庚康等^[8]通过线性趋势以及通径分析法,对人体舒适度指数的时空演变特征进行了分析;刘玉兰等^[9]计算了宁夏人体舒适度的变化;周德宏等^[10]选取温湿指数、风效指数等指标,对人体舒适度进行了统计分析;郑敬刚等^[11]对不同类型的绿化区域进行了人体舒适度评价;朱卫浩等^[12]对人体舒适度指数时空演变、各影响因子的权重以及夏季 6、7、8 月的偏热天数进行了统计分析;黄鹤楼等^[13]研究了城市化进程对人体舒适度气象指数及相关气象要素的影响。

丽水地处浙江西南部,亚热带季风气候和山地立体气候并存,四季分明、雨热同步、冬暖春早、降水充沛、热量充足。素有“秀山丽水、养生福地、

收稿日期:2021-03-22

作者简介:姜燕敏(1984—),女,江苏常州人,硕士,高工,主要从事农业气象和生态气候等相关研究。

基金项目:丽水市公益性技术应用研究项目(2017GYX51);丽水市高层次人才项目(2018RC13);丽水市社会科学研究所课题(LC201902);国家公园保护与发展、品牌推广研究课题(LB2020GJGY08)

长寿之乡”之美称,拥有中国气候养生之乡、中国天然氧吧城市、生态旅游第一市、国际休闲养生城市、中国优秀旅游城市、国家森林城市等诸多美誉。丽水市气候指标占优,生态指标领先,其休闲养生适宜性在国内城市中具有突出优势^[14]。但以往的研究结合山地地形特点,分析人体适宜度的相对较少,针对丽水当地的人体舒适度研究则更少。由于人体舒适度在城市环境气象服务中具有重要的基础性地位,因此结合丽水地形特点,对山区的人体舒适度进行评价,探究立体优势气候资源,可以为丽水的避暑、养生、休闲、旅游等资源开发提供科学参考依据。

1 资料与方法

气象资料取自丽水市 358 个区域自动站(图 1)2016—2020 年逐日气象观测资料,气象要素包括各站点逐日平均气温、平均相对湿度、平均风速等。

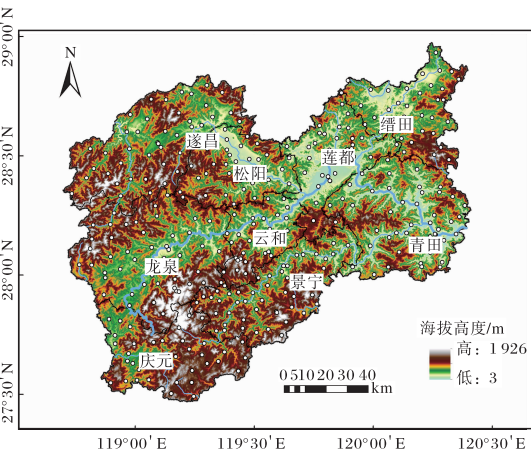


图 1 丽水山地地形和站点分布图

本研究采用人体舒适度指数 K 对各站点的人体舒适环境进行评价^[15-17],计算公式如下。

$$K = 1.8t - 0.55(1.8t - 26)(1 - R_h) - 3.2\sqrt{v} + 32.$$

(1)

式中, K 为人体舒适度指数; t 为平均温度,单位 $^{\circ}\text{C}$; R_h 为平均相对湿度($\%$); v 为平均风速,单位 m/s 。根据人体舒适度指数的大小,将舒适等级划分为:很冷、冷、凉、凉爽、舒适、温暖、暖、热、很热 9 个等级(表 1)。

本研究根据以上人体舒适度评价等级划分标

准,利用丽水市 358 个区域自动气象站 2016—2020 年逐日气象观测资料,重点探究丽水山地海拔高度对人体舒适度指数的影响,从而对山区舒适环境进行空间区划,为气候养生资源的开发利用提供支撑。

表 1 人体舒适度等级划分表

等级	人体舒适度指数 K	适宜度描述
I	$K < 25$	很冷,极不舒适
II	$25 \leq K < 38$	冷,很不舒适
III	$38 \leq K < 50$	凉,不舒适
IV	$50 \leq K < 60$	凉爽,较舒适
V	$60 \leq K < 70$	舒适
VI	$70 \leq K < 75$	温暖,较舒适
VII	$75 \leq K < 80$	暖,不舒适
VIII	$80 \leq K < 85$	热,很不舒适
IX	$K \geq 85$	很热,极不舒适

2 丽水山地海拔对人体舒适环境的影响

通过丽水山地人体舒适度与地理要素的相关性分析可知,经度、纬度、海拔高度与人体舒适度的相关系数分别为 0.102、0.094、 -0.913 。由于丽水范围较小,在该区域内经度和纬度的变化对人体舒适度影响不显著;而海拔高度对人体舒适度影响极大,通过 0.01 显著性水平检验,呈极显著负相关。

2.1 人体舒适度随海拔的年变化特征

2016—2020 年丽水山地年平均人体舒适度指数为 58.6,属于“凉爽,较舒适”等级,人体舒适度指数随海拔变化幅度较大,最低为 44.9(“凉,不舒适”等级,位于龙泉黄茅尖,海拔 1 919 m),最高为 63.3(“舒适”等级,位于纳爱斯广场,海拔 60 m)(图 2)。随海拔的升高,人体舒适度指数降低,每上升 100 m 人体舒适度指数下降 0.8。海拔在 300 m 以下区域,人体舒适度以“舒适”级别为主;300~1 500 m 区域,人体舒适度指数大多属于“凉爽,较舒适”等级;1 500 m 以上区域,人体舒适度指数主要属于“凉,不舒适”等级。

2.2 人体舒适度随海拔的月、季变化特征

人体舒适度指数随海拔表现为降低趋势,但

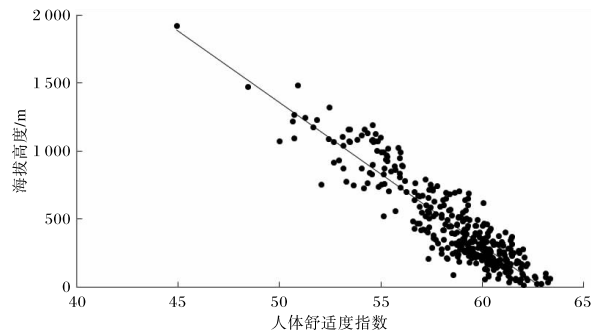


图2 2016—2020年丽水山地年平均人体舒适度指数随海拔变化特征

在不同月份、不同季节人体舒适度指数随海拔变化趋势不一致，甚至相差较明显。为了进一步探

究不同时间尺度海拔对人体舒适环境的影响,运用线性拟合分析方法,建立人体舒适度指数与海拔高度的推算模型(表2)。不同时间尺度的人体舒适度指数与海拔高度的相关系数均通过0.01显著性水平检验, R^2 较高。其中春季(3—5月)海拔每上升100 m人体舒适度指数下降0.7(3月)~0.8(4、5月),夏季(6—8月)人体舒适度指数下降0.9(6月)~1.0(7、8月),秋季(9—11月)人体舒适度指数下降0.7(11月)~0.9(9、10月),冬季(12—次年2月)人体舒适度指数下降0.6。可见夏半年人体舒适度指数与海拔高度的负相关性更为明显,尤以7—8月最为显著,夏季可利用山地海拔特点进一步开发避暑优势气候资源。

表2 基于海拔高度的丽水山地人体舒适度指数推算模型

月季	人体舒适度指数与海拔高度相关系数	人体舒适度指数的海拔推算模型	R^2
1	-0.701	$y=-0.006\ 1x+45.070\ 0$	0.492
2	-0.775	$y=-0.006\ 4x+47.040\ 0$	0.600
3	-0.867	$y=-0.007\ 3x+53.510\ 0$	0.752
4	-0.888	$y=-0.007\ 5x+61.770\ 0$	0.789
5	-0.910	$y=-0.008\ 2x+68.600\ 0$	0.829
6	-0.918	$y=-0.008\ 7x+73.550\ 0$	0.843
7	-0.939	$y=-0.009\ 5x+77.900\ 0$	0.882
8	-0.946	$y=-0.009\ 6x+77.700\ 0$	0.896
9	-0.926	$y=-0.009\ 2x+72.830\ 0$	0.858
10	-0.915	$y=-0.008\ 8x+64.740\ 0$	0.838
11	-0.865	$y=-0.007\ 4x+56.370\ 0$	0.749
12	-0.789	$y=-0.006\ 2x+47.150\ 0$	0.622
春季	-0.898	$y=-0.007\ 7x+61.290\ 0$	0.807
夏季	-0.940	$y=-0.009\ 3x+76.380\ 0$	0.884
秋季	-0.915	$y=-0.008\ 5x+64.640\ 0$	0.836
冬季	-0.787	$y=-0.006\ 3x+46.420\ 0$	0.619

注:相关系数均通过0.01显著性水平检验,y和x分别为人体舒适度指数和海拔高度。

2.3 人体舒适度随海拔的分布

为了更直观了解海拔对人体舒适环境的影响,研究不同季节人体舒适度随海拔的分布情况,从而为不同时节合理开发利用气象资源提供参考依据。根据人体舒适度与海拔的推算模型,进一

步确定丽水不同月份不同海拔的人体舒适度分布,如表3所示。绿色系表示“舒适”等级,可以明显看出“舒适”时段主要集中在夏半年,高海拔地区也表现为“较舒适”等级。仅在盛夏7—8月海拔约300 m以下为“暖,不舒适”等级;随着海拔

升高,300~800 m 达到“温暖,较舒适”等级,800~1 800 m 达到“舒适”等级,1 800 m 以上甚至达到“凉爽,较舒适”等级。可见夏季丽水山地避暑环境优越,可待进一步开发利用。冬半年只有冬季约 1 500 m 以上的高海拔地区表现为“冷,很不舒适”,中、低海拔地区主要表现为“凉,不舒适”。春季和秋季仅在初春(3 月)和深秋(11 月)高海拔地区表现为“凉,不舒适”,除此之外 1 500 m 以下人体感觉“凉爽,较舒适”为主,500 m 以下低海拔山区和平原地区人体感觉“舒适”为主。

表 3 丽水人体舒适度指数随海拔高度的月变化特征

海拔/m	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
2 000	32.8	34.2	38.9	46.7	52.1	56.1	58.9	58.5	54.5	47.1	41.6	34.7
1 900	33.4	34.9	39.6	47.5	52.9	57.0	59.8	59.4	55.4	48.0	42.4	35.3
1 800	34.0	35.5	40.4	48.2	53.8	57.9	60.8	60.4	56.3	48.9	43.1	35.9
1 700	34.6	36.2	41.1	49.0	54.6	58.7	61.7	61.3	57.2	49.8	43.8	36.5
1 600	35.3	36.8	41.8	49.7	55.4	59.6	62.7	62.3	58.1	50.6	44.6	37.2
1 500	35.9	37.4	42.6	50.5	56.2	60.5	63.6	63.3	59.0	51.5	45.3	37.8
1 400	36.5	38.1	43.3	51.2	57.1	61.3	64.6	64.2	60.0	52.4	46.0	38.4
1 300	37.1	38.7	44.0	52.0	57.9	62.2	65.5	65.2	60.9	53.3	46.8	39.0
1 200	37.7	39.4	44.7	52.7	58.7	63.1	66.5	66.2	61.8	54.2	47.5	39.7
1 100	38.3	40.0	45.5	53.5	59.5	64.0	67.4	67.1	62.7	55.1	48.3	40.3
1 000	38.9	40.6	46.2	54.2	60.3	64.8	68.4	68.1	63.6	55.9	49.0	40.9
900	39.6	41.3	46.9	55.0	61.2	65.7	69.3	69.0	64.6	56.8	49.7	41.5
800	40.2	41.9	47.7	55.8	62.0	66.6	70.3	70.0	65.5	57.7	50.5	42.2
700	40.8	42.6	48.4	56.5	62.8	67.4	71.2	71.0	66.4	58.6	51.2	42.8
600	41.4	43.2	49.1	57.3	63.6	68.3	72.2	71.9	67.3	59.5	51.9	43.4
500	42.0	43.8	49.9	58.0	64.5	69.2	73.1	72.9	68.2	60.3	52.7	44.0
400	42.6	44.5	50.6	58.8	65.3	70.1	74.1	73.9	69.2	61.2	53.4	44.7
300	43.2	45.1	51.3	59.5	66.1	70.9	75.0	74.8	70.1	62.1	54.2	45.3
200	43.8	45.8	52.0	60.3	66.9	71.8	76.0	75.8	71.0	63.0	54.9	45.9
100	44.5	46.4	52.8	61.0	67.8	72.7	76.9	76.7	71.9	63.9	55.6	46.5
0	45.1	47.0	53.5	61.8	68.6	73.6	77.9	77.7	72.8	64.7	56.4	47.2

注: 表示“冷,很不舒适”, 表示“凉,不舒适”, 表示“凉爽,较舒适”, 表示“舒适”, 表示“温暖,较舒适”, 表示“暖,不舒适”。

2.4 人体舒适度四季的空间区划

为了进一步明确丽水山地人体舒适度的分布状况,对丽水山地四季人体舒适度进行空间区划,如图 3 所示。春季和秋季的人体舒适环境的空间区划较为相似,都是高海拔地区主要表现为“凉,不舒适”,中海拔地区表现为“凉爽,较舒适”,低海拔和平原地区表现为“舒适”,其中秋季人体舒适度指数比春季稍高一些。冬季主要表现为高海拔

地区“冷”,中、低海拔和平原地区表现为“凉”,没有“极冷”的情况出现。夏季人体舒适度指数由西南向东北逐渐增大,人体舒适度指数范围为 58.5~76.4,横跨“凉爽”、“舒适”、“温暖”和“暖”4 个等级。各等级中,“凉爽”地区分布较少,只集中在高海拔山区;“舒适”地区分布较广,主要分布在中、高海拔山区,如龙泉市凤阳山、庆元县百山祖、缙云县大洋山等;“温暖”等级在全市面积分布最

广,各条山脉的中、低海拔区域分布较多;“暖,不舒适”等级主要出现在人类活动较为密集的城区,主要集中在莲都区城区到碧湖平原、松古平原、青

田瓯江沿岸,以及云和县城等地区。可见,丽水人体舒适度分布与海拔高度较为密切,夏季可以向山区探寻较为舒适的避暑之地。

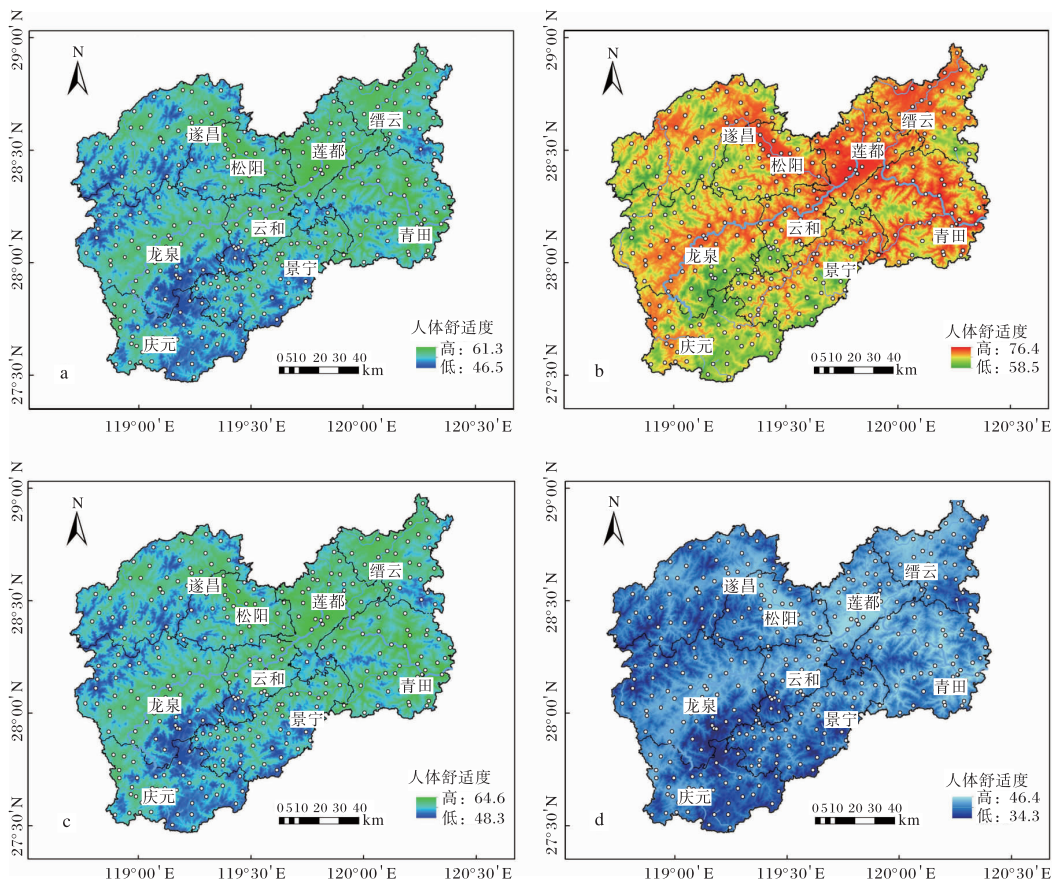


图3 丽水山地四季人体舒适度空间区划分布(a春季、b夏季、c秋季、d冬季)

3 结论与讨论

(1)丽水山地年平均人体舒适度指数为58.6,属于“凉爽,较舒适”等级。海拔与人体舒适度指数呈显著负相关,人体舒适度指数随海拔的升高而降低,海拔每上升100 m,年平均人体舒适度指数下降0.8。盛夏7—8月人体舒适度指数随海拔递减率增加至1.0/100 m,冬季递减率减小至0.6/100 m。

(2)丽水山地“舒适”时段主要集中在夏半年,夏季海拔约300 m以上人体感觉“较舒适”,盛夏7—8月海拔约800~1 800 m感觉“舒适”;春、秋季海拔约1 500 m以下感觉“较舒适”,500 m以下人体感觉“舒适”。冬季海拔约1 500 m以上感觉“冷”,1 500 m以下感觉“凉”。

(3)丽水山地夏季舒适区域主要集中在中、高

海拔山区,其中龙泉市凤阳山、庆元县百山祖、缙云县大洋山等地较为舒适;春、秋季舒适区域分布在中、低海拔山区和平原地区;冬季适宜在低海拔和平原地区活动。

(4)本研究结合了地形要素,分析了海拔对人体舒适环境的影响,为丽水气候养生资源开发提供科学依据。不过由于站点要素时间序列长度限制,并且地理信息要素较少,本研究结论尚存在一定的局限性。今后将引入更为精细、时间更长的观测数据和更多的地理信息要素,进一步提高人体舒适度研究的科学性。

参考文献:

- [1] 杨成芳,薛德强,李长军. 山东省人体舒适度区域特征研究[J]. 气象,2004,30(10):7-11.

- [2] 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.
- [3] BRUNT D. Climate and human comfort[J]. Nature,1945,155(3941):559-564.
- [4] 张书余. 医疗气象预报基础[M]. 北京:气象出版社,1999:60-66.
- [5] 钱妙芬,叶梅. 旅游气候宜人度评价方法研究[J]. 成都气象学院学报,1998,14(1):93-97.
- [6] 封志明,唐焰. 基于 GIS 的中国人居住环境指数模型的建立与应用[J]. 地理学报,2008,63(12):1327-1336.
- [7] 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.
- [8] 于庚康,徐敏,于鳖,等. 近 30 年江苏人体舒适度指数变化特征分析[J]. 气象,2011,37(9):1145-1150.
- [9] 刘玉兰,刘娟,马筛艳,等. 宁夏人体舒适度对气候变化的响应研究[J]. 陕西气象,2012(1):27-29.
- [10] 周德宏,刘帆,邓朝显,等. 西咸新区海绵城市人体舒适度评价[J]. 陕西气象,2019(1):33-37.
- [11] 郑敬刚,张景光,李有. 郑州市热岛效应研究与人体舒适度评价[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1838-1842.
- [12] 朱卫浩,张书余,罗斌. 近 30 a 全国人体舒适度指数变化特征[J]. 干旱气象,2012,30(2):220-226.
- [13] 黄鹤楼,丁烨毅,涂小萍,等. 城市化对宁波地区极端气温及人体舒适度的影响[J]. 干旱气象,2020,38(3):396-403.
- [14] 李正泉,肖晶晶,马浩,等. 丽水市生态气候休闲养生适宜性分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(3):104-111.
- [15] 吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论[J]. 气象科技,2003,31(6):370-372.
- [16] 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.
- [17] 肖晶晶,李正泉,郭芬芬,等. 浙江省人居环境气候适宜度概率分布分析[J]. 气象与环境科学,2017,40(1):120-125.