

浙江农林大学学报, 2015, 32(2): 298 – 307

Journal of Zhejiang A & F University

doi:10.11833/j.issn.2095-0756.2015.02.018

临安市山地气候旅游资源时空分布特征

王国新, 杨晓娜, 苏 飞

(浙江工商大学 旅游与城市管理学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 根据 15 个气象站点所观测的 2012 年气候资料, 采用温湿指数、风效指数、气温垂直递减率和拉普拉斯压高方程等分析了浙江省临安市山地气候旅游资源时空分布特征。结果表明: 时间上, 按照 12 个月的气候特征差异, 将气候旅游资源划分为 3 种类型即山地休疗型(4–6 月和 9–10 月)、避暑消夏型(7–8 月)和冰雪运动型(11–3 月); 空间上, 3 类气候旅游资源主要分布在北部窑头山、天目山, 西北部清凉峰和西南部大明山、青山殿等区域。最后, 通过地理信息系统(GIS)空间叠加分类综合评价了临安市山地气候旅游资源状况: 海拔 621 m 以下不适宜 3 类山地旅游活动开展, 海拔 621~800 m 适合冬季冰雪(人工)旅游活动开展; 海拔 800~975 m 适合春秋季节山地休疗活动且南坡向也可进行冬季冰雪(人工)旅游活动, 海拔 975 m 及以上即能满足多种气候旅游活动。图 6 表 4 参 33

关键词: 山地气候; 气候舒适度; 气温垂直递减率; 时空分布; 临安市

中图分类号: S716; F592.99 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2015)02-0298-10

Spatial-temporal distribution of mountain-climate tourism resources in Lin'an, China

WANG Guoxin, YANG Xiaona, SU Fei

(School of Tourism and City Administration, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: Climatic data representing Lin'an City in Zhejiang Province was collected in 2012 from 15 meteorological stations. Data was analyzed and evaluated for spatial and temporal distribution characteristics of mountain-climate tourism resources using temperature humidity index (THI), wind effect index (K), lapse-rate of air temperature, and a high pressure equation. Then using a spatial overlay classification from GIS, the spatial and temporal distribution characteristics of mountain-climate resources were determined. Results showed that 1) for a mountain climate the most comfortable time for tourist rest and recreation was from April to June and September to October at an altitude of 800–1 600 m. Meanwhile, July and August were relatively hot, so tourists could escape the heat at altitudes of 975–1 787 m for south facing slopes and 1 196–1 787 m for north facing slopes. November to March was the cold-winter-months period and was more suitable for skiing at altitudes of 621–1 787 m for north-facing slopes and 754–1 787 m for south-facing slopes. 2) Considering spatial distribution, tourism resources for the mountain-climate in Lin'an were mainly distributed over the middle and lower mountain areas, such as Yaotou, Tianmu, and Daming Mountains. 3) The spatial overlay classification from GIS showed no obvious mountain-climate characteristics in Lin'an below 621 meters. In a word, it will be convenient for us to emphasize the elevation factor and take advantage of its superior characteristics in the development process of mountain-climate resources. [Ch, 6 fig. 4 tab. 33 ref.]

Key words: mountain climate; climate comfort index; lapse rate; spatial-temporal distribution; Lin'an City

收稿日期: 2014-07-02; 修回日期: 2014-11-10

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(LY12D01004); 浙江省新苗人才计划项目; 浙江工商大学科研创新基金项目(1040XJ513023); 浙江省高校人文社科重点研究基地资助项目(JYTyyjj20130105)

作者简介: 王国新, 副教授, 从事生态旅游、旅游规划与区域经济。E-mail: gxwang02@126.com。通信作者: 杨晓娜, 从事旅游规划与管理研究。E-mail: xnyang2012@163.com

旅游活动的开展离不开气象气候条件^[1]。因海拔和地形影响而形成的山地气候, 对人体具有一定的医疗保健作用^[2]。随着城市化进程加速, 人类活动加剧了全球气候变暖, 影响了旅游消费需求趋向。例如, 长江中下游地区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温及持续天数普遍增加, 导致浙江省旅游流发生了季节性变化, 越来越多的游客倾向于选择“山水线”^[3-4]。中国山地气候资源分布广泛, 研究和分析山地气候旅游资源时空分布特征有利于合理开发宝贵的山地旅游资源, 更好地满足旅游者的需求。山地气候资源的小气候特征明显, 受影响因素较多, 表现为很强的时空分布的不确定性, 是国内外气候与旅游界研究焦点问题之一^[5-8]。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第 5 次评估报告指出, 气候变化将带来全球平均气温升高, 而在此背景下平均降水量的变化将会出现显著空间差异, 21 世纪末中纬度和副热带干旱地区平均降水将可能较少, 而许多中纬度湿润地区的平均降水可能增加^[9]。气温和降水均是影响山地气候的因素之一, 也必将加剧山地旅游资源的时空演变。Daniel 等^[10]以加拿大沃特顿湖国家公园为例, 从定量和定性 2 个方面研究了气候变化对游客量的影响。Bas 等^[11]构建旅游气候指数(tourism climate index, TCI)评价了气候变化对澳大利亚旅游舒适度时空演变的推进, 理想气候条件将向南转移, 与此同时, 北方气候吸引力下降。此外, 气候还将影响旅游资源的垂直分布。低海拔地区与中高海拔地区相比更易受气候湿热影响而发生洪涝灾害等^[12-13], 但高海拔地区仍具有舒适气候环境的优势^[14]。相比国外研究, 中国学者也开始对气候变化对旅游资源分布影响进行了一些探索和研究, 如通过旅游气候舒适度(温湿指数ITH)对目的地适游期进行季节性划分^[15], 从横向比较层面得出气候旅游资源区域格局^[16], 或借助地理信息系统(GIS)空间技术分析气候舒适度时空分布特征^[17-18]等。总体来看, 中国在此领域的研究多数局限于定性描述或旅游气候舒适度单方面进行评价和分析^[15-20], 对海拔高度、地形因素等多个变量对气候旅游资源时空分布的影响研究不多。因此, 本研究以气候差异性为基础, 并将它视为旅游资源, 借鉴前人成果将它划分为山地休疗型、避暑消夏型和冰雪运动型^[15,19]。尝试将“人造雪”雪线高度和拉普拉斯压高公式引入到山地气候旅游资源的垂直测定和区域类型划分上, 并以浙江省临安市为例, 研究中国南方独特地域条件下山地气候旅游资源时空分布格局。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

浙江省临安市位于浙江省西北部天目山区, 界于 $29^{\circ}56' \sim 30^{\circ}23'N$ 和 $118^{\circ}51' \sim 119^{\circ}52'E$ 的中纬度地区, 总面积为 $3\,126.8\text{ km}^2$ 。地势自西北向东南倾斜, 北、西、南 3 面环山, 向东呈蹄形开口, 属杭州山地南、北两支主干山北支的天目山、白际山及与之直交的昱岭山系; 境内海拔高差达 1 770 m, 西北、西南部山区平均海拔在 1 000 m 以上, 其中, 境西北最高点清凉峰海拔为 1 787 m, 境东最低点海拔仅为 9 m。

临安市属中亚热带季风气候区, 温暖湿润, 四季分明, 具有春多雨, 夏湿热, 秋气爽, 冬干冷, 山地立体气候效应十分明显的气候特征。根据临安市气象局 1981–2010 年资料显示, 该域年平均气温为 16.2°C , 四季平均气温分别为 $15.7, 26.5, 17.7, 5.6^{\circ}\text{C}$ ^[14], 垂直地带年温差为 7.0°C 。全年日照时数为 1 847.3 h, 年平均降水量为 1 463.6 mm, 年平均无霜期为 241.0 d, 雨日 160.0 d, 积雪天数 11.3 d, 最大积雪深度为 36.0 cm, 森林覆盖率达 76.5%。根据中文百科在线资料显示, 临安市境内山地有中山(海拔 $>1\,000\text{ m}$)面积占 5.4%, 中低山(海拔 800~1 000 m)占 8.8%, 低山(海拔 500~800 m)占 18.3%, 山地资源尤为丰富。

1.2 数据来源

气象数据来源于临安市境内 15 个中尺度气象站(昌化、双石、大气站、临安站、於潜、清凉峰、天目山、青山殿、老殿、大明山、青山湖、千洪、寺前、岛石、板桥)数据, 气象要素包括气温、相对湿度、气压、风速等, 资料时间为 2012 年 1 月 1 日至 12 月 31 日, 数字高程模型(DEM)数据由临安市旅游局提供。文中涉及气候舒适度的指标值取逐日气象资料的月平均值进行计算; 部分缺失数据(比如, 清凉峰 1~4 月数据缺失)根据现有站点之间的分布情况, 取其插值; 而各个指数与海拔高度之间的关系选定昌化气象站点(海拔 168.5 m, 地处临安腹地)为基准测站, 以其标高为参考, 进行研究和计算。

2 研究方法

采用气候舒适度、“人造雪”雪线高度和拉普拉斯压高方程的模型分别对山地休疗型、避暑消夏型和冰雪运动型旅游资源等的适宜开发期及空间分布范围进行分析和探讨。其中，山地休疗型旅游资源是依托山地资源，以休疗为主要目的，达到吸引游客前来休闲度假的一种旅游资源；避暑消夏型旅游资源是因其特殊的海拔高度和自然环境使得气温、相对湿度达到人体舒适状态，可以满足游客在夏季炎热时期纳凉、休闲的旅游资源；冰雪运动型旅游资源借助冬季山区与地面气温之间的差异，可以为游客提供滑雪条件的旅游资源。首先以旅游气候舒适度划分3种类型旅游资源的适宜开发期，其次通过气温垂直递减率、“人造雪”雪线高度和拉普拉斯压高方程等分别确定3种类型旅游资源的空间分布范围。

2.1 气候舒适度

舒适的气候是一个区域重要的山地休闲度假旅游资源。气候舒适度从气象角度来讲是人体在不同气候条件下不借助任何避暑消寒措施而保证生理过程正常进行的气候条件^[21]，主要受气温、相对湿度和风速等3个因素的制约。有关气候舒适度的计算模型较多^[17-18,22-25]，本研究采用目前较为常用的温湿指数 I_{TH} (temperature humidity index)和风效指数 K (wind effect index)评价山地气候舒适度。

2.1.1 温湿指数^[19] 温湿指数由20世纪20年代英国学者Houghton和Yaglou提出的有效温度演变而来，即人体在温度和湿度综合作用下所产生的热感觉。其计算公式为：

$$I_{TH}=T-0.55(1-f)(T-14.4) \quad (1)$$

式(1)中： I_{TH} 为温湿指数(℃)， T 为气温(℃)， f 为相对湿度(%)。通常来说，气温适中，相对湿度变化对人体体感舒适度影响较小；气温较高或较低，则影响较大^[26]。

2.1.2 风效指数^[27] 由Oliver于提出，表示不同环境下气温与风速对裸露人体的影响。其物理意义是皮肤温度为33℃时，体表单位面积的散热量(W·m⁻²)。其计算公式为：

$$K=(11.63\sqrt{v}+12.15-1.163v)(33-T) \quad (2)$$

式(2)中： K 为风效指数(W·m⁻²)， v 为风速(m·s⁻¹)， T 为气温(℃)。通常，人体体感舒适度、较舒适、不舒适等指标值划分标准如下(表1)。

2.2 “人造雪”雪线高度

南方高山地带寒冷的气候成为开展冰雪运动旅游项目的重要资源。雪线是界定这种气候资源的标志线。其先决条件为月平均气温低于0℃^[28]，而气温分布受到纬度、海拔高度、地形等多个环境要素的影响。本研究以临安市人工造雪雪线高度环境要求为准，仅考虑影响气温分布权重最大的海拔高度和山地坡向(纬度忽略不计)。其计算公式为^[29]： $T=T_0-\gamma_h(z-z_0)$ 。即：

$$z=(T_0-T)/\gamma_h+z_0 \quad (3)$$

式(3)中： T_0 和 T 分别为基准测站气温和0℃气温， z_0 和 z 分别为基准测站海拔高度和雪线高度(m)， γ_h 为山地气温直减率。

根据气象部门资料，临安市昱岭山东侧气温垂直递减率如下表2所示。

2.3 拉普拉斯压高方程^[30]

拉普拉斯压高方程表征的是较大垂直范围内气压随海拔高度变化的规律^[31]。其计算公式为：

$$\Delta z=z-z_0=18400(1+\alpha T_m)\lg(p_0/p_z) \quad (4)$$

式(4)中： $\alpha=1/273$ ， $T_m=(T+T_0)/2$ 。 T_0 ， z ， p_0 分别为基准测站 z_0 的气温、海拔高度、气压； T ， p 分别为

表1 气候舒适度指标值^[19]

Table 1 The climatic comfort index

温湿指数(I_{TH})		风效指数(K)	
范围	体感状态	范围	体感状态
≤15	冷	≤93.0	热
15< I_{TH} ≤17	偏冷	93.0< K ≤232.6	偏热
17< I_{TH} ≤25	舒适	232.6< K ≤348.9	舒适
25< I_{TH} ≤27	偏热	348.9< K ≤697.8	偏冷
>27	热	>697.8	冷(凉)

表2 临安市昱岭山东侧气温垂直递减率

Table 2 Vertical lapse rates of air temperature at east Mount Yuling of Lin'an City

月份	γ_h		月份	γ_h	
	南坡向	北坡向		南坡向	北坡向
1	0.40	0.38	7	0.52	0.38
2	0.48	0.47	8	0.54	0.43
3	0.46	0.47	9	0.54	0.4
4	0.50	0.47	10	0.42	0.34
5	0.48	0.40	11	0.34	0.28
6	0.54	0.43	12	0.32	0.30

海拔高度 z 的气温、气压。将式(3)代入式(4)得:

$$z = \frac{18\ 400(1+\alpha t_0)\lg\frac{p_0}{p_z}}{1+9\ 200\gamma_h\lg\frac{p_0}{p_z}}。 \quad (5)$$

根据医疗气象学研究,“高光、低压、适温”的山地气候环境对各种人体疾病有一定缓解作用^[2]。海平面标准大气压中的氧分压为212 hPa,并随海拔高度的升高逐渐降低,而人体一般只能适应氧分压20%的减少量,即当氧分压低于167 hPa指标值(一般1 500 m是人体生理功能发生影响的临界高度)时,就有可能因一时血氧不足(失调)而出现头痛乏力、恶心呕吐等不适症状。因此,考虑上限大气压是选择一定的海拔高度和合理利用山地气候旅游资源的有效途径。

3 结果与分析

3.1 旅游气候适游期

根据临安市内15个气象观测站所提供2012年逐日气象资料,并取其月平均值代入式(1)式(2)综合评价其各月份气候舒适度(表3)。结果显示:5月和9月 I_{TH} 和 K 值均显示舒适,气候最为适宜,最适合春秋季节山地休疗旅游活动;7~8月 I_{TH} 和 K 值显示热或偏热,人体感觉闷热不舒适,但随着海拔高度的增加,气温降低、风速增大,可根据不同山地海拔高度的气候舒适度,开展避暑消夏旅游活动;11~3月 I_{TH} 和 K 值显示冷或偏冷,人体感觉极不舒适,不适宜旅游活动,但根据气温与海拔呈反比的关系,可计算雪线高度,利用冬季特殊的寒冷气候开展冰雪旅游活动,如滑雪、冰灯等只有在低温环境下才能保证进行;4月、6月、10月, I_{TH} 值显示舒适而 K 值显示偏冷,气候较为适宜,适合春秋季节山地休疗旅游活动^[20]。

表3 临安市气候舒适度

Table 3 Climatic comfort index of in Mount Qingliangfeng of Lin'an City

月份	平均气温/℃	相对湿度/%	平均风速/(m·s ⁻¹)	I_{TH}	I_{TH} 体感	K	K 体感
1	3.4	78.4	1.1	4.72	冷	685.53	偏冷
2	3.9	76.6	1.3	5.25	冷	691.07	偏冷
3	9.6	76.3	1.3	10.23	冷	555.24	偏冷
4	17.9	69.7	1.4	17.28	舒适	365.94	偏冷
5	20.8	78.1	1.3	20.03	舒适	289.73	舒适
6	24.4	83.7	1.0	23.53	舒适	194.38	偏热
7	29.2	69.8	1.3	26.72	偏热	91.92	热
8	27.2	79.9	1.4	25.80	偏热	141.04	偏热
9	21.8	81.9	1.2	21.10	舒适	262.08	舒适
10	17.7	73.5	1.2	17.18	舒适	359.05	偏冷
11	10.3	80.5	1.1	10.78	冷	527.22	偏冷
12	4.9	78.8	1.2	6.01	冷	664.39	偏冷

3.2 盛夏时期(以7~8月为准)不同海拔高度的气候舒适度

以浙江省临安市昌化气象观测站点为基准测站,其海拔高度为168.5 m,盛夏时期平均温度为28.2 ℃,平均相对湿度为74.9%,平均风速为1.35 m·s⁻¹,南坡向和北坡向气温垂直递减率分别为0.53和0.41。通过分析温湿指数与海拔之间的关系,风效指数与海拔之间的关系,结合现状海拔上限1 787 m,采用叠加方法推算出盛夏时期气候舒适范围内的海拔高度变化为:南坡向975~1 787 m,北坡向1 196~1 787 m。

3.2.1 温湿指数与海拔之间的关系 将已知基准测站的海拔高度、气温、相对湿度、风速、气温垂直递减率等,代入式(1)和式(3)得温湿指数与海拔之间的关系(图1):南坡向 $I_{TH}=27.06-0.0046z$;北坡向 $I_{TH}=26.89-0.0035z$,以 $I_{TH}=17.0$ 和 $I_{TH}=25.0$ 所对应的海拔高度为阈值。结果显示:温湿指数与海拔呈负线性相关,在温湿指数体感舒适范围内南坡向和北坡向的海拔高度分别为448~2 200 m和540~2 800 m。

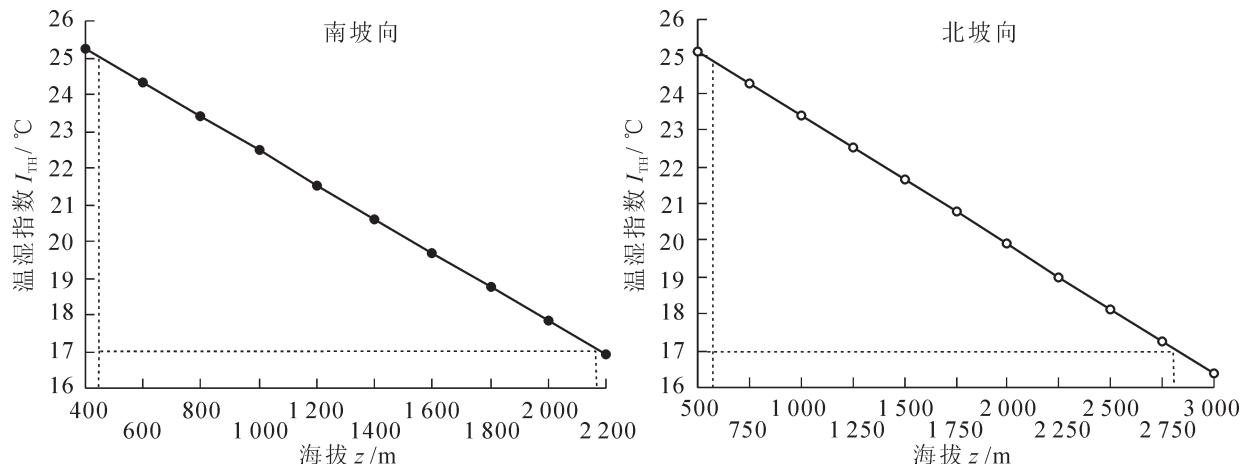


图 1 盛夏时期温湿指数与海拔之间的关系

Figure 1 Relationship between thermal humidity index and altitude in midsummer

3.2.2 风效指数与海拔之间的关系 根据风切变指数(表征风速垂直变化的主要特征量之一),风速与海拔之间的幂指数公式为: $v=v_0 \left[\frac{z}{z_0} \right]^m$, 其中 v 为推算高度处的海拔高度, v_0 为已知高度 z_0 处的平均风速, m 为稳定指数参数 0.16^[32]。将已知基准测站海拔高度、平均风速、气温、气温垂直递减率等代入式(2)式(3)和上述幂指数公式得风效指数与海拔之间的关系(图 2)。

$$\text{南坡向}, K = \left[11.63 \sqrt{1.36 \left(\frac{z}{168.5} \right)^{0.16}} + 12.15 - 1.163 \sqrt{1.35 \left(\frac{z}{168.5} \right)^{0.16}} \right] (3.91 + 0.0053z);$$

$$\text{北坡向}, K = \left[11.63 \sqrt{1.36 \left(\frac{z}{168.5} \right)^{0.16}} + 12.15 - 1.163 \sqrt{1.35 \left(\frac{z}{168.5} \right)^{0.16}} \right] (4.41 + 0.0041z)。$$

以 $K=232.60$ 和 $K=348.90$ 所对应的海拔高度为阈值。结果显示: 风效指数与海拔呈近乎正线性相关, 且在风效指数体感舒适范围内南坡向和北坡向的海拔高度分别为 975~1 777 m 和 1 196~2 223 m。

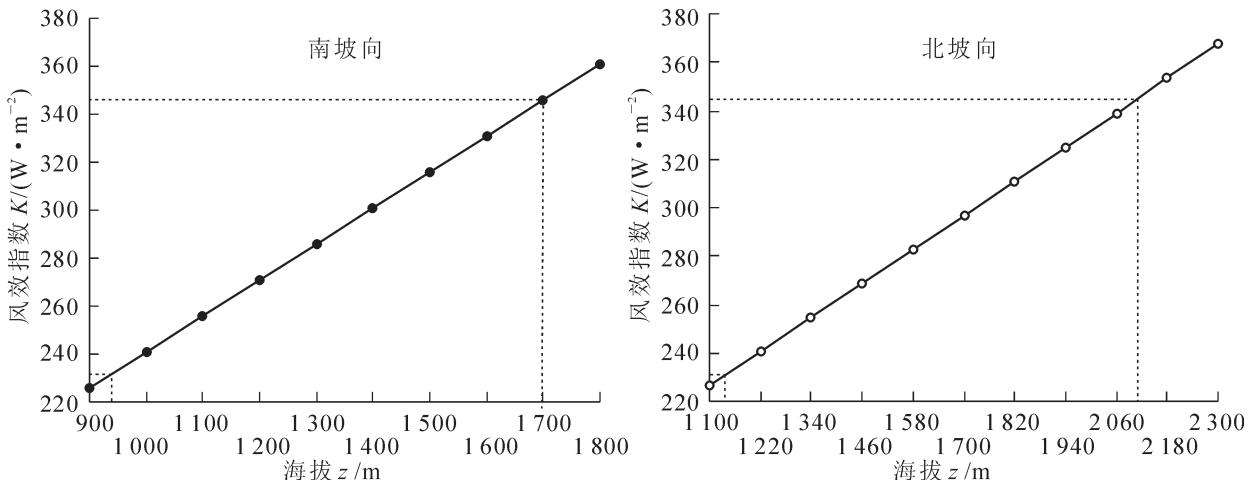


图 2 盛夏时期风效指数与海拔之间的关系

Figure 2 Relationship between wind effect index and altitude in midsummer

3.3 “人造雪”雪线高度

将先决条件 0°C , 已知昌化基准测站海拔高度 168.5 m, 代入式(3)得基准测站气温与雪线高度的线性关系(图 3): 南坡向, $z=T_0/0.0053+168.5$; 北坡向, $z=T_0/0.0041+168.5$ 。根据已知 11~3 月气温资料, 计算各月的旬平均气温, 在此基础上推导出具体人造雪“雪线高度”(表 4)。结果显示: 冬季南坡向和北坡向的雪线高度随着基准测站气温的升高而升高, 且变化范围分别为 621~2 602 m 和 754~3 315 m, 但受到目前海拔上限 1 787 m 的限制, 该范围调整为南坡向 621~1 787 m, 北坡向, 754~1 787 m。

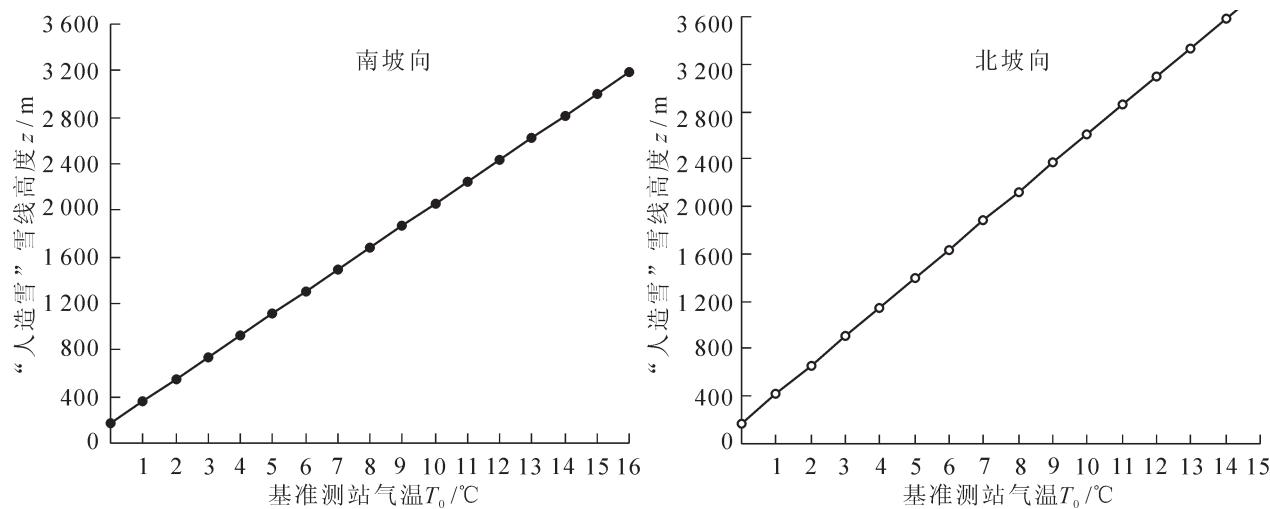


图3 基准测站气温与“人造雪”雪线高度之间的关系

Figure 3 Relationship between base-station temperature and snow line

3.4 山地休疗最佳海拔范围

根据以上研究适合山地休疗的最佳月份为4-6月、9-10月。该时间环境下，基准测站昌化的平均气压为995.5 hPa，平均气温为20.5 °C，海拔高度为168.5 m，代入式(5)得气压与海拔之间的关系

$$(图4): \text{南坡向}, z = \frac{19781.681g \frac{995.5}{p_z}}{1 + 0.17681g \frac{995.5}{p_z}} + 168.5; \text{北}$$

$$\text{坡向}, z = \frac{19781.681g \frac{995.5}{p_z}}{1 + 0.13821g \frac{995.5}{p_z}} + 168.5。其中 p_z 的下限为 835.0 \text{ hPa, 即氧分压 } 167.0 \text{ hPa; 上限为海平面标准大气压 } 1013.0 \text{ hPa}。$$

结果显示：在氧分压限制条件下，适宜山地休疗的海拔范围为0~1 670 m，但由于受到逆温层(500~800 m)影响^[33]，最适宜于山地休疗的海拔高度为800~1 600 m，且在目前海拔范围内。

3.5 临安市山地气候旅游资源空间分布

临安市山地气候旅游资源按照气候舒适度分为3类：山地休疗型、避暑消夏型和冰雪运动型，根

据3种不同类型的海拔要求范围，利用临安市数字高程模型(DEM)资料和地理信息系统ArcGIS 10.0的空间制图功能，分别表示出不同气候旅游资源类型的空间分布(图5)。结果表明：①3类气候旅游资源均主要分布于北部窑头山、天目山，西北部清凉峰和西南部大明山、青山殿等区域；②图5A和5C显示，适于山地休疗和冰雪运动的海拔高度处于中、低山系，而满足夏季避暑消夏活动的海拔高度主要处于中山地区(图5B)；③适于3类气候旅游活动的山地面积：冰雪运动>山地休疗>避暑消夏，由此可以看出临安市冬季冰雪旅游资源具有极大开发潜力，然而目前境内及区域交界处仅有大明山高山滑雪场(海拔1 100 m)和天目山东麓的江南天池滑雪场(海拔800 m)。因此，如何充分利用本域独特气候资源将是未来临安旅游业发展的一个新思路。

考虑到气候旅游资源的空间分布整体性特点，根据3种类型气候旅游资源空间分布特征：适宜区(北)、适宜区(南)和其他，分别赋值为3, 2, 1，其中山地休疗因不涉及南北坡向故赋值为1(适宜区)

表4 临安市11-3月南坡和北坡“人造雪”雪线高度

Table 4 Artificial snow-making line of southern and northern slopes in Lin'an from November to March

月份	旬	旬平均气温/°C	雪线高度(南)/m	雪线高度(北)/m
11	上	11.9	2 413.8	3 070.9
	中	9.7	1 998.7	2 534.4
	下	9.4	1 942.1	2 461.2
12	上	6.2	1 338.3	1 680.7
	中	6.0	1 300.6	1 631.9
	下	2.7	677.9	827.0
1	上	3.3	791.1	973.4
	中	4.7	1 055.3	1 314.8
	下	2.4	621.3	753.9
2	上	2.9	715.7	875.8
	中	3.6	847.7	1 046.5
	下	5.3	1 168.5	1 461.2
3	上	5.7	1 244.0	1 558.7
	中	9.9	2 036.4	2 583.1
	下	12.9	2 602.5	3 314.8

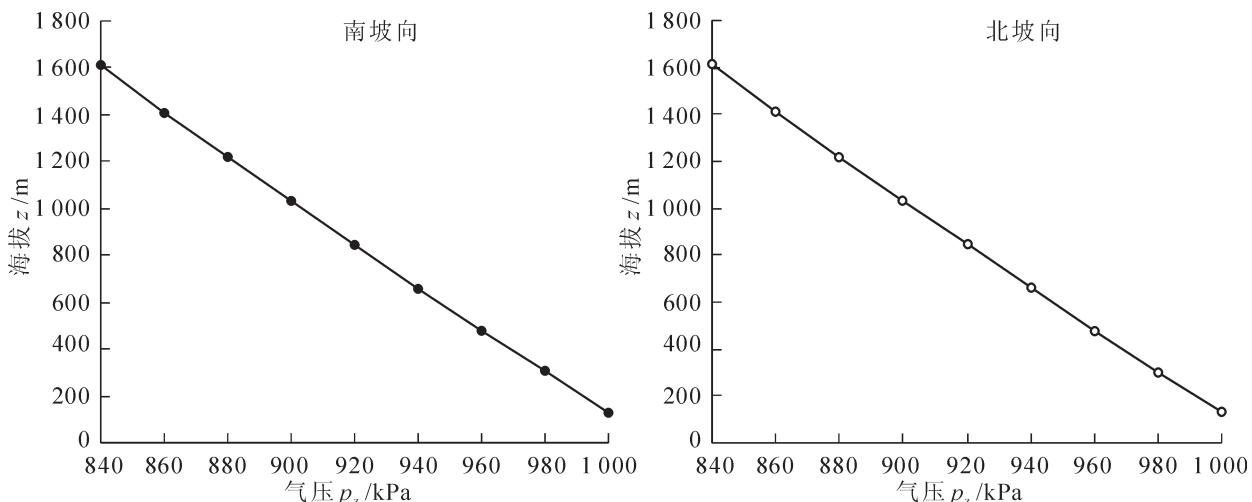


图4 气压与海拔之间的关系

Figure 4 Relationship between atmospheric pressure and altitude

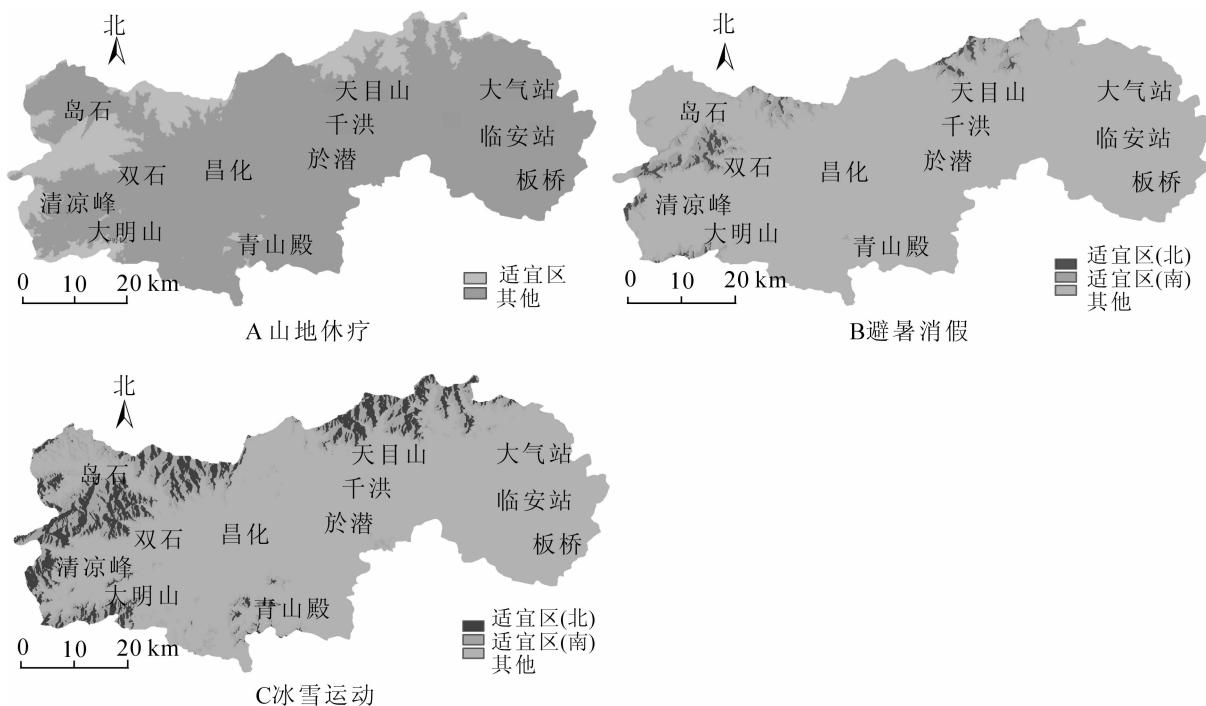


图5 临安市3类气候旅游资源空间分布

Figure 5 Spatial distribution of three kinds of mountain climate tourism resources in Lin'an City

和0(其他)。通过GIS空间叠加分类将重叠部分数值相加，即得到2(1+1+0)~7(3+3+1)值域的临安市山地气候旅游资源总体空间分布(图6)，其中“2”为3类气候旅游资源的最小赋值相加，代表不适宜3类气候旅游活动开展区域，海拔约为621 m以下；“3”代表冰雪运动区域，海拔为621~800 m；“4”代表冰雪运动(南坡向)和山地休疗区域，海拔为800~975 m；“5~7”代表3类旅游活动均可开展的区域，海拔为975 m以上。

4 结论与讨论

4.1 结论

以临安市为例，借鉴前人研究成果，采用温湿指数、风效指数、气温垂直递减率和拉普拉斯压高方程等分析了临安市山地气候旅游资源时空分布特征。研究结果表明：①时间上，2012年各个月份气候舒适度差异明显，其中4~6月和9~10月气候适宜，7~8月为盛夏炎热时期，而根据 I_{TH} 和K值显示冬季

气候寒冷时期是11—3月。据此,将山地气候旅游资源划分为3种类型即山地休疗型、避暑消夏型和冰雪运动型。^②空间上,增加气温垂直递减率和拉普拉斯压高方程模型,通过分析发现海拔800~1 600 m适宜山地休疗旅游活动开展,到了盛夏时期,气温随海拔高度的增加而降低且风速增大,达到人体体感舒适范围内的海拔高度为975~1 787 m(南坡向)、1 196~1 787 m(北坡向),是人们避暑消夏的最佳选择,而冬季气候寒冷,在海拔621~1 787 m(南坡向)、754~1 787 m(北坡向)适合开展冬季冰雪运动。^③根据GIS空间分析显示,临安市气候旅游资源主要分布于境内以南北两支山脉(天目山脉和昱岭山脉)为主的窑头山、天目山、清凉峰、大明山、青山殿等区域;且适于3类气候旅游活动的山地面积:冰雪运动>山地休疗>避暑消夏。由此可以看出:临安市冬季冰雪旅游资源具有极大开发潜力。通过综合叠加分类发现,海拔621 m以下不具备山地气候旅游资源条件,而海拔621~800 m仅适合开展冬季冰雪运动,海拔800~975 m是冰雪运动(南坡向)和山地休疗活动的选择区域,海拔975 m以上气候旅游资源丰富可以满足多种气候旅游活动条件需求。

4.2 讨论

总体而言,临安市山地气候旅游资源丰富,可满足多种旅游活动需求。从其气候特点和处于长三角都市圈副中心市场区位条件来看该域具有极大的冰雪旅游开发潜力。

由于山地地形的复杂性和小气候环境的多变性,本研究在气象要素选取和考虑方面存在一定的局限性。此外,基于舒适度的气候旅游资源评价仅采用了2012年的气象数据资料,相较于长期数据来说该计算结果仍存在不足。因此,如何借鉴目前部分学者运用土地质量数据文件——地理信息系统(RI-GIS)模型以面带点更科学地分析山地气候旅游资源空间分布特点和从地形地貌、天气气候、生态环境、市场区位等多方面评价临安市冬季人造滑雪场选址条件需求,将是进一步深入研究的方向。

5 参考文献

- [1] 杨尚英. 旅游气象气候学[M]. 西安: 西北农林科技大学出版社, 2007.
- [2] 夏廉博. 医疗气象学: 天气、气候对健康的影响[M]. 北京: 知识出版社, 1984: 115–117.
- [3] 张立波, 娄伟平. 气候变暖对长江中下游地区热量资源分布的影响分析[J]. 自然资源学报, 2013, **28**(8): 1361–1372.
ZHANG Libo, LOU Weiping. Impact of climate warming on the distribution of thermal resources in the lower-middle reaches of the Changjiang River [J]. *J Nat Resour*, 2013, **28**(8): 1361–1372.
- [4] 席建超, 赵美凤, 葛全胜. 全球气候变化对中国南方五省区域旅游流的可能影响评估[J]. 旅游学刊, 2011, **26**(11): 78–83.
XI Jianchao, ZHAO Meifeng, GE Quansheng. An assessment of the possible impact of global climate changes on regional tourist flows in five provinces of southern China [J]. *Tour Tribune*, 2011, **26**(11): 78–83.
- [5] HEIN L, METZGER M J, MORENO A. Potential impacts of climate change on tourism: a case study for Spain [J]. *Curr Opt Environ Sustain*, 2009, **1**(1): 170–178.
- [6] ROSELLÓ-NADAL J. How to evaluate the effects of climate change on tourism [J]. *Tour Manage*, 2014, **42**(11): 334–340.
- [7] SCOTT D, LEMIEUX C. Weather and climate information for tourism [J]. *Proc Environ Sci*, 2010, **1**: 146–183.
- [8] MARIA B, ANDREA B, ROBERTO R, et al. A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism [J]. *Tour Manage*, 2006, **27**(5): 913–924.
- [9] 董思言, 高学杰. 长期气候变化: IPCC第5次评估报告解读[J]. 气候变化研究进展, 2014, **10**(1): 56–59.
DONG Siyan, GAO Xuejie. Long-term climate change: interpretation of IPCC fifth assessment report [J]. *Prog Inqu*



2. 不适宜3类气候旅游活动区域; 3. 冰雪运动区域(海拔621~800 m); 4. 冰雪运动区域(南坡向)和山地休疗区域, 海拔800~975 m; 5~7. 3类旅游活动均可开展的区域。

图6 临安市山地气候旅游资源空间分布

Figure 6 Spatial distribution of mountain climate tourism resources in Lin'an City

- Mutat Clim*, 2014, **10**(1): 56 – 59.
- [10] SCOTT D, JONES B, KONOPEK J. Implications of climate and environmental change for nature-based tourism in the Canadian Rocky Mountains: a case study of Waterton Lakes National Park [J]. *Tour Manage*, 2007, **28** (2): 570 – 579.
- [11] AMELUNG B, NICHOLLS S. Implications of climate change for tourism in Australia [J]. *Tour Manage*, 2014, **41** (10): 228 – 244.
- [12] ENDLER C, OEHLER K, MATZARAKIS A. Vertical gradient of climate change and climate tourism conditions in the Black Forest [J]. *Int J Biometeorol*, 2010, **54**(1): 45 – 61.
- [13] NYAUPANE G P, CHHETRI N. Vulnerability to climate change of nature-based tourism in the Nepalese Himalayas [J]. *Tour Geogr*, 2009, **11**(1): 95 – 119.
- [14] ENDLER C, MARZARAKIS A. Climate and tourism in the Black Forest during the warm season [J]. *Int J Biometeorol*, 2011, **55**(2): 173 – 186.
- [15] 田志会, 郑大玮, 郭文利, 等. 北京山区旅游气候舒适度的定量评价[J]. 资源科学, 2008, **30**(12): 1846 – 1851.
TIAN Zhihui, ZHENG Dawei, GUO Weili, et al. Quantitative evaluation of climatic suitability for tourism in the Beijing Mountainous Area [J]. *Resour Sci*, 2008, **30**(12): 1846 – 1851.
- [16] 林锦屏, 郭来喜. 中国南方十一座旅游名城避寒疗养气候旅游资源评估[J]. 人文地理, 2003, **18**(6): 26 – 30.
LIN Jinping, GUO Laixi. An evaluation of climate resources of winter resort of eleven famous tourism cities in southern China [J]. *Human Geogr*, 2003, **18**(6): 26 – 30.
- [17] 孔邦杰, 李军, 黄敬峰. 山地旅游区气候舒适度的时空特征分析[J]. 气象科学, 2007, **27**(6): 342 – 348.
KONG Bangjie, LI Jun, HUANG Jingfeng. Temporal and spatial characteristic analysis of the climatic comfortable index in the mountainous country tourist district [J]. *Sci Meteorol Sin*, 2007, **27**(6): 342 – 348.
- [18] 冯粉粉, 温家洪, 王慧敏. 基于 GIS 的华东地区旅游气候舒适度分析[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2012, **41**(2): 196 – 202.
FENG Fenfen, WEN Jiahong, WANG Huimin. Analysis on tourism climate comfort level in East China [J]. *J Shanghai Norm Univ Nat Sci*, 2012, **41**(2): 196 – 202.
- [19] 刘实, 姚渝丽. 净月潭国家森林公园旅游气候舒适资源分析及评价[J]. 东北林业大学学报, 2005, **33**(6): 87 – 89.
LIU Shi, YAO Yuli. Analysis and evaluation on the climate resources of tourism in Jingyuetan National Forest Park [J]. *J Northeast For Univ*, 2005, **33**(6): 87 – 89.
- [20] 陶建军, 全斌, 袁开国. 湖南省山地旅游气候资源的深度开发利用: 以衡山和雪峰山为例[J]. 热带地理, 2009, **29**(2): 172 – 176.
TAO Jianjun, QUAN Bing, YUAN Kaiguo. Exploitation on tourist climate resources in the mountainous regions of Hunan: a case study of Mt. Hengshan and Mt. Xuefengshan [J]. *Trop Geogr*, 2009, **29**(2): 172 – 176.
- [21] 孙根年, 马丽君. 西安旅游气候舒适度与客流量年内变化相关性分析[J]. 旅游学刊, 2007, **22**(7): 34 – 39.
SUN Gennian, MA Lijun. An analysis of tourist climate comfortable degree and yearly variation of tourist traffic in Xi'an [J]. *Tour Tribune*, 2007, **22**(7): 34 – 39.
- [22] MARTIN M B G M. An evaluation of the tourist potential of the climate in Catalonia (Spain): a regional study [J]. *Geogr Annal*, 2004, **86**(3): 249 – 264.
- [23] LIN T P, MATZARAKIS A. Tourism climate information based on human thermal perception in Taiwan and Eastern China [J]. *Tour Manage*, 2011, **32**(3): 492 – 500.
- [24] MAKAREMI N, SALLEH E, JAAFAR M Z, et al. Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia [J]. *Build Environ*, 2012, **48**(7): 7 – 14.
- [25] GIANNOPOLOU K, LIVADA I, SANTAMOURIS M, et al. The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area [J]. *Sustain Cities Soc*, 2013, **10**(9): 184 – 194.
- [26] 高邵凤, 陈万隆, 朱超群, 等. 应用气候学[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [27] OLIVER J E. *Climate and Man's Environment: an Introduction to Applied Climatology* [M]. New York: John Wiley & Son's INC, 1973: 195 – 206.
- [28] 蒋复初, 吴锡浩, 王书兵, 等. 中国气候雪线空间分布特征[J]. 地质力学学报, 2002, **8**(4): 289 – 296.

- JIANG Fuchu, WU Xihao , WANG Shubing, *et al.* Characteristics of space distribution of the climatic snowline in China [J]. *J Geomecha*, 2002, **8**(4): 289 – 296.
- [29] 李军, 黄敬峰. 山区气温空间分布推算方法评述[J]. 山地学报, 2004, **22**(1): 126 – 132.
- LI Jun, HUANG Jingfeng. Review on methods in simulating spatial distribution of temperature in mountains [J]. *J Mount Sci*, 2004, **22**(1): 126 – 132.
- [30] 董涛, 李永军. 等温大气压高方程在气压剖面高度计算中的应用[J]. 海洋技术, 2011, **30**(1): 88 – 94.
- DONG Tao, LI Yongjun. The application of isothermal atmosphere air pressure-height equation on air pressure profile height calculation [J]. *Ocean Technol*, 2011, **30**(1): 88 – 94.
- [31] 李爱贞, 刘厚凤. 气象学与气候学基础[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 105 – 106.
- [32] 李雁, 梁海河, 王曙东, 等. 基于中国风能资源专业观测网的近地层风切变日变化特征[J]. 自然资源学报, 2012, **27**(8): 1362 – 1372.
- LI Yan, LIANG Haihe, WANG Shudong, *et al.* Study of the near surface wind shear daily variation characteristics based on China's wind power resources professional observation network [J]. *J Nat Resour*, 2012, **27**(8): 1362 – 1372.
- [33] 霍治国, 李世奎, 杨柏. 中国亚热带山地逆温资源评价[J]. 自然资源学报, 1993, **8**(3): 238 – 246.
- HUO Zhiguo, LI Shikui, YANG Bai. Evaluation of the inversion resource in subtropical mountainous areas of China [J]. *J Nat Resour*, 1993, **8**(3): 238 – 246.