

梅里雪山气候变化与旅游气候舒适度评价^①

程清平^{1,2}, 王 平¹, 谭小爱¹

1. 云南师范大学 旅游与地理科学学院, 昆明 650500; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007

摘要: 利用德钦气象站 1954—2014 年逐日观测资料, 采用线性趋势分析法分析了梅里雪山气候变化特征, 选用温湿指数、风效指数、着衣指数和综合舒适度指数对该山地旅游气候舒适度进行了分析和评价. 结果表明: ①61 年来梅里雪山年极端最高气温、年平均最高气温、年平均最低气温、年平均气温呈极其显著的上升趋势, 年极端最低气温、年降水量、年日照时数、年相对湿度、年平均风速呈不显著的下降或减少趋势. ②梅里雪山最适宜旅游出行时间为每年 5—10 月, 1990 年以来, 综合舒适度指数呈下降趋势, 舒适期延长, 有利于旅游业的发展. ③年综合舒适度指数呈下降趋势, 逐渐由不舒适型向舒适型转变, 主要与年平均气温和年极端最高气温的显著上升、年日照时数和年平均风速的减少有一定的关系.

关键词: 气候变化; 旅游气候舒适度; 特征; 评价; 梅里雪山

中图分类号: F592.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)02-0070-08

气候舒适度是指人们无需借助任何消寒、避暑措施就能保证生理过程正常进行的气候条件. 气候是否宜人是根据一定条件下皮肤的温度、出汗量、热感和人体调节系统所承受的负荷来确定, 主要受太阳辐射、最高(低)气温、相对湿度、风力等因素的影响^[1]. 气候舒适度作为影响游客户外旅游活动最重要的环境因素之一^[2], 对一个地区旅游业的发展有重要的影响^[3]. 因此, 分析和评价一个地区的旅游气候舒适度可为旅游业的发展提供理论指导. 近年来, 有不少学者对对西南地区气候和旅游舒适度做了研究, 获得许多有价值的研究成果. 罗玉等^[4]研究发现 1970—2010 年西南地区呈变暖趋势; 夏范燕等^[5]研究表明, 滇西北 1961—2010 年来气温总体呈上升趋势, 且降水集中季节性明显; 余志康等^[6]对青藏高原旅游气候舒适性与气候风险的时空动态进行了研究; 陈永涛等^[7]对云南省旅游气候舒适度做了评价, 并对云南 6 个旅游区的舒适期做了分析; 曹伟宏等^[8]对丽江旅游气候舒适度与年内客流量做了相关分析.

梅里雪山地处云南和西藏两省区交界处, 以山脊为界, 其东坡位于滇西北迪庆藏族自治州德钦县境内, 系“三江并流”世界自然遗产地核心区和全球生物多样性热点区域重要组成部分, 是“三江并流”国家级风景名胜区内自然景观资源类型最集中的区域, 是藏民族顶礼膜拜的神山和藏传佛教的朝觐圣地^[9]. 该山大于 6 000 m 的山峰有 13 座, 最高峰卡瓦格博海拔 6 740 m, 是云南省第一高峰, 山脚澜沧江海拔 2 020 m, 相对高度 4 720 m. 2011 年 7 月, 经云南省政府批准, 建立梅里雪山国家公园.

本文利用德钦气象站 1954—2014 年逐日气象观测资料, 在分析梅里雪山气候变化趋势基础上, 就该山地旅游气候舒适度及其与气候变化的关系进行分析、评价, 以便为该地区科学合理开发旅游资源, 以及游客制定合理的旅行规划等提供参考.

① 收稿日期: 2016-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(41261007).

作者简介: 程清平(1987-), 男, 云南昭通人, 硕士研究生, 主要从事气候变化与灾害风险评估.

通信作者: 王 平, 副教授, 硕士生导师.

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

德钦气象站(站号 56444, 28°27'N, 98°53'E, 海拔 3 485.0 m)逐日观测资料来源于中国气象局国家气象信息中心(<http://www.nmic.gov.cn/>), 年代系列为 1954 年 1 月 1 日—2014 年 12 月 31 日, 包括气温、降水量、相对湿度、日照时数、平均风速等, 均经过严格的质量控制, 包括极值检验、时间一致性检验. 站点没有移动, 数据完整. 按气象统计方法和要求分别统计逐年各月、季(春季 3—5 月、夏季 6—8 月、秋季 9—11 月、冬季 12 月至翌年 2 月)、年值. 采用 1981—2010 年 30 年平均值作为常年值.

1.2 研究方法

评价旅游气候舒适度较成熟和广泛使用的单一指标主要有由俄国学者的有效温度计算式 $E_t = T_a - 0.55(1 - f)(T_a - 58)$ 演变而来的温湿指数 THI^[10] (Thermal Humidity Index), 以及由风寒指数演变而来的风效指数 K^[11] (Index of Wind Effect) 和着衣指数 ICL^[12] (Index of Clothing) 等(表 1). 气候对人体的生理影响是综合性的, 不同气候要素状况的组合, 对人体产生不同的生理影响, 因此, 人体气候舒适度的评价指标, 应是一组综合的生物气候指标^[1]. 鉴于温湿指数、风效指数和着衣指数仅从单方面出发对旅游气候舒适度进行评价, 在此本文采用综合舒适度指数(I)^[13] 作进一步的综合分析和评价.

1.2.1 温湿指数(THI)

$$THI = (1.8t + 32) - 0.55(1 - f)(1.8t - 26) \tag{1}$$

式中: THI 为温湿指数, 其物理意义是湿度订正以后的温度; t 为气温(℃); f 为相对湿度(%). THI 是通过温度和湿度的综合作用来反映人体与周围环境的热量交换^[10].

1.2.2 风效指数(K)

$$K = -(10 + 10.45 - V)(33 - t) + 8.55S \tag{2}$$

式中: K 为风效指数; t 为气温(℃); V 为 10 m 高度处的平均风速(m/s); S 为日照时数(h/d). 风效指数反映体表与周围环境之间的热交换^[11].

1.2.3 着衣指数(ICL)

$$ICL = (33 - t)/0.155H - (H + \lambda R \cos \alpha)/H(0.62 + 19/\sqrt{V}) \tag{3}$$

式中: ICL 为着衣指数, 其物理意义是衣料的热阻尼值, 单位记作 CLO, 1 个单位 CLO 定义为衣料在内外层温差为 0.155 K 时, 每秒内单位平方米衣料上 1 焦耳热量通过的热阻尼, 即 0.155 km²/W; t 为气温(℃); H 代表人体代谢率的 75%(单位: W/m², 一般取轻活动量下的代谢率, 即 116 W/m², 此时 $H = 87$ W/m²); λ 表示人体对太阳辐射的吸收情况, 它与人体姿势、衣服反照率及太阳的直接辐射、散射和反射成分有关, 多数情况下取最大值 0.06; R 表示垂直阳光单位面积土地所接收的太阳辐射, 一般取 $R = 900$ W/m²; α 是太阳高度角, 它随纬度不同而发生变化; 夏季: $\alpha = 90 - \Phi + 23^\circ 26'$, 冬季: $\alpha = 90 - \Phi - 23^\circ 26'$, 春、秋季: $\alpha = 90 - \Phi$; V 为风速(m/s)^[12].

1.2.4 综合舒适度指数(I)

陆鼎煌等^[14] 研究认为, 气温 24 ℃、相对湿度 70%、风速 2 m/s 是人体感觉最舒适的小气候环境. 在此基础上, 廖善刚^[15] 综合考虑气温、风速、相对湿度, 提出了综合舒适度指标, 王金亮等^[13] 又对综合舒适度指标进行了改进, 用于计算香格里拉旅游气候综合舒适度. 香格里拉与梅里雪山均位于迪庆州, 因此, 计算梅里雪山综合舒适度指数也采用其计算方程:

$$I = 0.5 \times |t - 20| + 0.08 \times |f - 70| + |V - 2|$$

式中: I 为综合舒适度指数; t 为气温(℃); f 为相对湿度(%); V 为风速(m/s). 分级标准为: $I \leq 4.50$ 不舒适; $4.50 < I \leq 7.00$ 较舒适; $7.00 < I \leq 9.00$ 不舒适; $I \geq 9.00$ 极不舒适.

表 1 温湿指数、风效指数、着衣指数分级标准及赋值

温湿指数(THI)		风效指数(K)		着衣指数(ICL)		级别与赋值	
范围	感觉程度	范围	感觉程度	范围	适宜衣着	级别	赋值
<40	极冷、极不舒适	<-1200	很冷	>2.5	羽绒或毛皮衣	e	-4
40~45	寒冷、不舒适	-1200~-1000	冷	1.8~2.5	便服加厚实外套	d	-3
45~55	偏冷、较不舒适	-1000~-800	冷凉	1.5~1.8	传统冬季常用服	c	-2
55~60	清凉、舒适	-800~-600	凉	1.3~1.5	春秋常用便服	b	-1
60~65	凉、非常舒适	-600~-300	舒适	0.7~1.3	衬衫和常用便服	A	0
65~70	暖、舒适	-300~-200	暖	0.5~0.7	轻便的夏装	B	-1
70~75	偏热、较不舒适	-200~-50	暖热	0.3~0.5	短袖开领衫	C	-2
75~80	闷热、不舒适	-50~80	热($t<32.8^{\circ}\text{C}$)	0.1~0.3	单衣	D	-3
>80	极闷热、极不舒适	>80	炎热($t>32.8^{\circ}\text{C}$)	<0.1	短袖、短裤	E	-4

注：表中数据引自文献[10-12].

1.2.5 偏相关系数法

从各气候舒适度指标选取来看，气候要素的变化对舒适度指数的变化有重要的影响，为了准确分析影响舒适度指数变化的主要因子；本文在此利用偏相关系数法分析舒适度指数变化与气候因子相关关系，偏相关^[16]是指某一变量和多种变量相关时，当假定其它变量不变，其中 2 个变量的相关关系. 其公式计算过程如下：

1) 在假设随机变量 x,y 和之间存在相关关系时，在剔除 z 因素情况下的 x 和 y 一阶偏相关系数公式为：

$$r_{xy \cdot z} = \frac{r_{xy}}{\sqrt{1-r_{xz}^2} \sqrt{1-r_{yz}^2}}$$

(4)

2) 当增加变量 t 的情况下， x 和 y 二阶偏相关系数公式为：

$$r_{xy \cdot xt} = \frac{r_{xz} - r_{xtz}r_{ytz}}{\sqrt{1-r_{xtz}^2} \sqrt{1-r_{ytz}^2}}$$

(5)

偏相关系数的取值与简单相关系数一样，相关系数绝对值越大(越接近 1)，表明变量之间的线性相关程度越高；相关系数绝对值越小，表明变量之间的线性相关程度越低.

2 气候变化特征

2.1 年平均气温

61 年来梅里雪山年平均气温呈上升趋势，差异有统计学意义($p<0.0001$)，倾向率为 $0.032\ 3\ ^{\circ}\text{C}/\text{a}$ (图 1a). 61 年来上升了 2.0°C ，最大值为 2009 年的 7.1°C ，最小值为 1957 年的 $4.1\ ^{\circ}\text{C}$ ，两者极差 $3.0\ ^{\circ}\text{C}$. 1954—2013 年各年代平均值分别为 $5.2, 4.7, 4.9, 5.4, 6.2, 6.5^{\circ}\text{C}$ ，1994—2013 年以来较常年值 $5.9\ ^{\circ}\text{C}$ 偏高，呈“前冷后暖”变化趋势.

2.2 年极端最高气温

61 年来梅里雪山年极端最高气温呈上升趋势(图 1b)，差异有统计学意义($p<0.0001$)，倾向率为 $0.064\ 9\ ^{\circ}\text{C}/\text{a}$. 61 年来上升了 3.89°C ，最大值为 2006 年的 $27.3\ ^{\circ}\text{C}$ ，最小值为 1968 年的 $19.9\ ^{\circ}\text{C}$ ，两者极差 $7.4\ ^{\circ}\text{C}$. 1954—2013 年各年代平均值分别为 $22, 21.6, 23, 22.6, 24.1, 25.1\ ^{\circ}\text{C}$ ，1994—2013 年以来较常年值 $23.8\ ^{\circ}\text{C}$ 偏高，呈波动上升趋势.

2.3 年极端最低气温

61 年来梅里雪山年极端最高低温呈下降趋势，差异无显著性，倾向率为 $-0.012\ 5\ ^{\circ}\text{C}/\text{a}$ (图 1c). 1954—1963 年、1964—1973 年、1974—1983 年平均值分别为 $-10.7, -10.6, -10.7\ ^{\circ}\text{C}$ ，低于常年值 $-10.5\ ^{\circ}\text{C}$ ，1984—1993 年平均值为一 $9.7\ ^{\circ}\text{C}$ ，高于常年值，且 61 年来最大值也出现在该时段，为 1985 年的 $-8.4\ ^{\circ}\text{C}$. 1994—2003 年平均值为一 $10.7\ ^{\circ}\text{C}$ ，低常年值 $0.2\ ^{\circ}\text{C}$ ，2004—2013 年平均值为一 $11.5\ ^{\circ}\text{C}$ ，为各时

段最低值, 61 年来最低值也出现在该时段, 为 2007 年的 $-14.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 年平均最高气温

61 年来年梅里雪山年平均最高气温呈上升趋势(图 1d), 差异有统计学意义($p<0.000\ 1$), 倾向率为 $0.044\ 3\text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 。61 年来上升了 $2.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最大值为 2009 年的 $13.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最小值为 1957 年的 $9.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 极差 $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。1954—2013 年各年代平均值分别为 $10.8, 10.4, 10.3, 10.4, 12.1, 12.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1994—2013 年以来较常年值 $11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏高, “前冷后暖”的特点十分明显。

2.5 年平均最低气温

61 年来梅里雪山年平均最低气温呈上升趋势(图 1e), 差异有统计学意义($p<0.000\ 1$), 倾向率为 $0.023\ 3\text{ }^{\circ}\text{C/a}$, 61 年来上升了 $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。1954—2013 年各年代平均值分别为 $1.5, 0.8, 1.4, 1.9, 2.2, 2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1954—1993 年以前较常年值 $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏低, 且最小值出现在 1971 年的 $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1994—2013 年以来较常年值 $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏高, 且最大值出现在 1999 年的 $2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 两者极差 $3.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.6 年降水量

61 年梅里雪山年降水量(图 1f)呈减少趋势, 差异无显著性, 其倾向率为 -0.374 mm/a 。61 年来减少了 22.8 mm , 最大值为 2010 年的 951.8 mm , 最小值为 1983 年的 355.2 mm , 两者极差 596.6 mm 。1954—1963 年平均值为 702.1 mm 较常年值 638.6 mm 偏高 63.5 mm , 1964—1973 年平均值为 627.9 mm 较常年值 638.6 mm 偏低 10.7 mm , 1974—1983 年平均值为 582.6 mm 较常年值 638.6 mm 偏低 56 mm , 1984—1993 年平均值为 612.3 mm 较常年值 638.6 mm 偏低 26.3 mm , 1994—2003 年平均值为 704.9 mm 较常年值 638.6 mm 偏高 66.3 mm , 2004—2013 年平均值为 640.5 mm 较常年值 638.6 mm 偏高 1.9 mm , 呈波动减少趋势。

2.7 年日照时数

61 年梅里雪山年日照时数以 $-1.113\ 6\text{ h/a}$ (图 1g)倾向率呈减少趋势, 差异无显著性。61 年来减少了 67.9 h , 最大值为 1983 年的 $2\ 390.2\text{ h}$, 最小值为 1995 年的 $1\ 539.7\text{ h}$, 两者极差 850.5 h 。1954—1963 年平均值为 $1\ 912.2\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4$ 偏低 53.2 h , 1964—1973 年平均值为 $2\ 004.9\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4\text{ h}$ 偏高 39.5 h , 1974—1983 年平均值为 $2\ 068.9\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4\text{ h}$ 偏高 103.5 h , 1984—1993 年平均值为 $2\ 093.2\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4\text{ h}$ 偏高 138.8 h , 1994—2003 年平均值为 $1\ 770.8\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4\text{ h}$ 偏低 194.6 h , 2004—2013 年平均值为 $1\ 920.8\text{ h}$ 较常年值 $1\ 965.4\text{ h}$ 偏低 44.6 h , “前增后减”的特点十分明显。

2.8 年平均相对湿度

61 年来梅里雪山年平均相对湿度以 $-0.021\ 2\%/a$ (图 1h)的倾向率呈减少趋势, 差异无显著性。61 年来减少了 1.29% , 最大值为 1988 年的 74.9% , 最小值为 1983 年的 64.2% , 两者极差 10.7% 。1954—2013 年各年代平均值分别为 $69.4\%, 68.8\%, 69.5\%, 70.4\%, 69.1\%, 67.8\%$, 其中, 1954—1963 年、1974—1983 年、1984—1993 年较常年值 69.2% 偏高, 其余时段较常年值偏低。

2.9 年平均风速

61 年来梅里雪山年平均风速每年减小 $0.005\ 9\text{ m/s}$ (图 1i)。1954—2013 年各年代平均值分别为 $2.0\text{ m/s}, 2.1\text{ m/s}, 2.5\text{ m/s}, 3.2\text{ m/s}, 1.5\text{ m/s}, 1.8\text{ m/s}$, 最大时段出现在 1984—1993 年, 较常年值 2.4 m/s 偏大 0.8 m/s , 且最大值出现在该时段, 为 1989 年的 3.8 m/s , 最小时段出现在 2004—2013 年, 较常年值偏小 0.6 m/s , 且最小值出现在该时段, 为 2002 年的 1.4 m/s , 两者极差 2.4 m/s 。

3 梅里雪山旅游气候舒适度分析与评价

3.1 温湿指数

由表 2 可知从温湿指数来看, 梅里雪山 1—3 月属 e 级, 其值 <40 , 呈极冷、极不舒适; 4 月温湿指数为 43 属于 d 级, 呈寒冷、不舒适; 5—6 月其值范围为 $49\sim54$ 属 c 级, 呈偏冷、较不舒适; 7 月属 b 级, 其值为 55, 呈清凉、舒适, 适宜旅游; 8—10 月其值范围为 $46\sim54$ 属 c 级, 呈偏冷、较不舒适; 11 月属 d 级, 其值为 40, 呈寒冷、不舒适; 12 月属 e 级, 呈极冷、极不舒适。因此, 从温湿指数来看, 梅里雪山适宜在 7 月旅游。

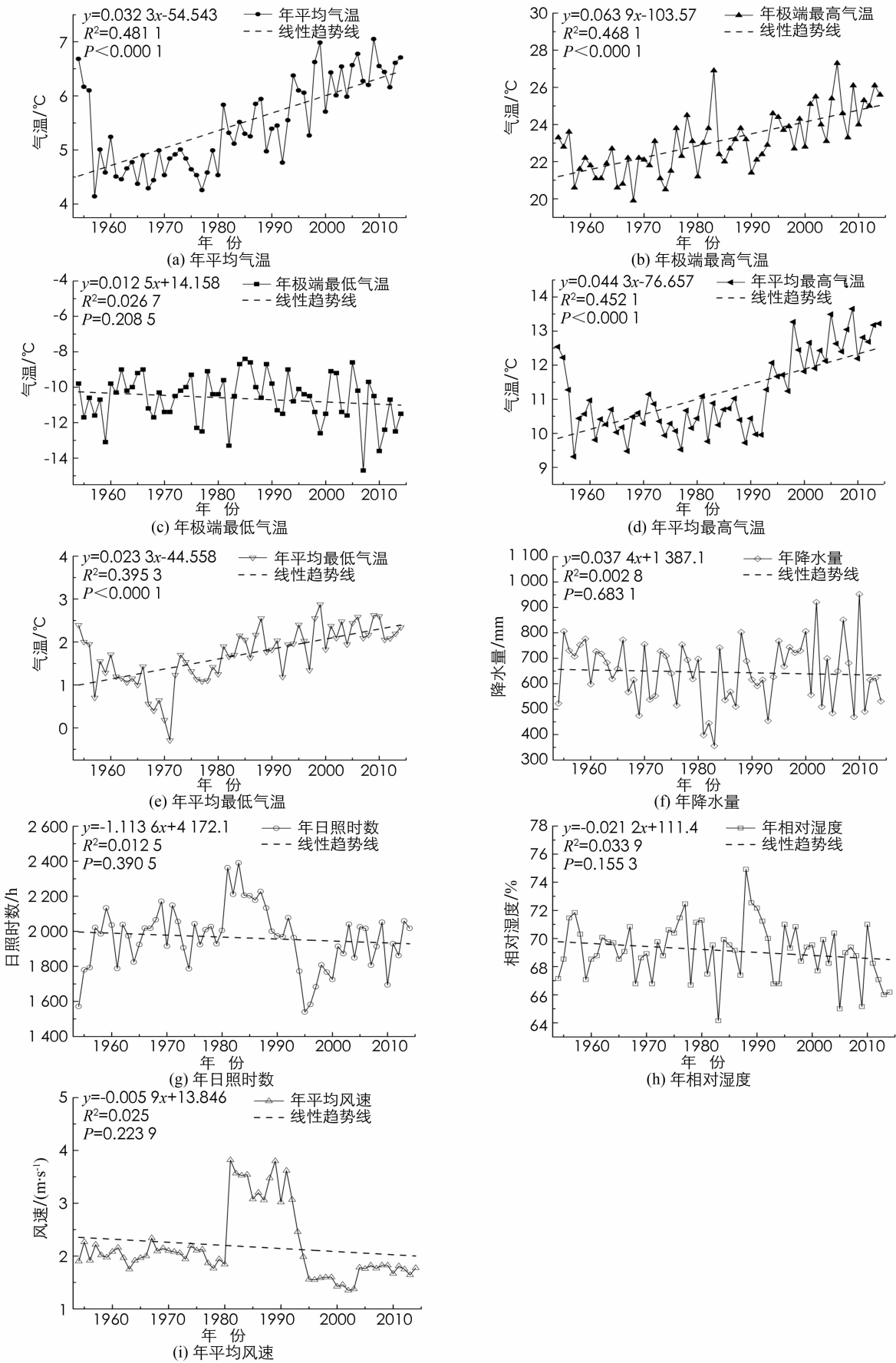


图 1 1954—2014 年梅里雪山各气候要素变化趋

3.2 风效指数

从风效指数来看, 5—10 月其值在 $-600 \sim -300$ 之间, 属 A 级, 人体感觉比较舒适; 1—4 月、11—12 月属于 b 级, 吹凉风. 总体来看, 梅里雪山一年四季都不会吹很冷和暖热的风. 从上面分析可知, 61 年来梅里雪山年极端最高气温、年平均最高气温、年平均最低气温, 年平均气温呈显著的上升趋势, 年日照时数和年平均风速呈下降趋势, 因此, 在这些气候要素共同作用下, 梅里雪山主要吹凉风, 人体感觉舒适(表 2).

3.3 着衣指数

从着衣指数来看, 梅里雪山 6—8 月属 A 级, 旅游出行时, 穿衬衫和常用便服便可, 旅游时间最佳; 1—2 月、12 月其着衣指数为 2.0 属 d 级, 旅游出行时需穿便服加厚实外套; 3—4 月着衣指数分别为 1.8, 1.7 属 c 级, 旅游出行时需穿传统冬季常用服保暖; 9—10 月衣指数分别为 1.3, 1.5 属 b 级, 旅游出行时穿春秋常用便服便可(表 2).

表 2 梅里雪山温湿指数(THI)、风效指数(K)、着衣指数(ICL)

月份	THI	赋值	K	赋值	ICL	赋值
1	35	-4	-778.1	-1	2.0	-3
2	35	-4	-761.7	-1	2.0	-3
3	38	-4	-695.4	-1	1.8	-2
4	43	-3	-778.1	-1	1.7	-2
5	49	-2	-517.9	0	1.4	-1
6	54	-2	-436.5	0	1.2	0
7	55	-1	-411.3	0	1.2	0
8	54	-2	-416.3	0	1.2	0
9	52	-2	-457.8	0	1.3	-1
10	46	-2	-550.1	0	1.5	-1
11	40	-3	-654.3	-1	1.8	-2
12	37	-4	-725.7	-1	2.0	-3

3.4 综合舒适度指数

从图 2a 可知, 综合舒适度指数(I)经历 1954—1989 年上升阶段, 此时段不舒适, 1990 年以来综合舒适度指数呈下降趋势, 逐渐由不舒适型向舒适型转变. 从图 2b 可知, 综合舒适度指数(I)5—9 月较舒适 ($4.50 < I \leq 7.00$), 即夏、秋季较舒适, 冬、春季不舒适.

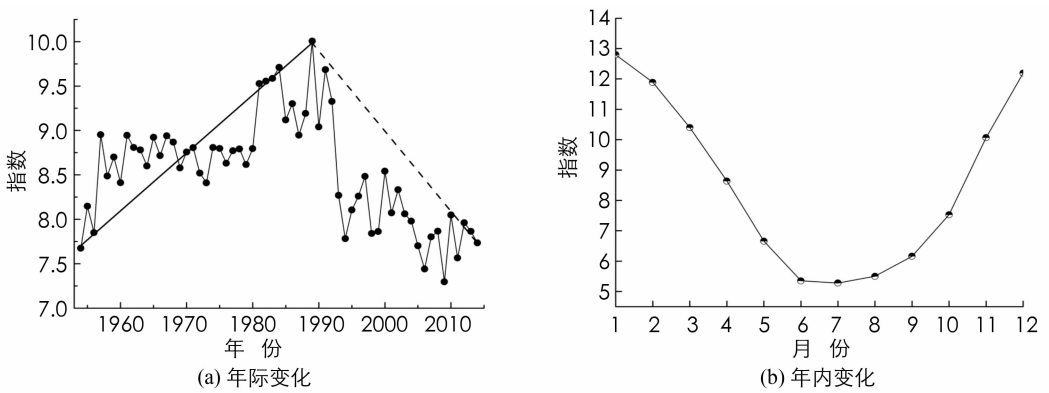


图 2 综合舒适度指数 I 年际变化和年内变化

4 讨 论

4.1 降雪(日)、暴雨(日)、大雨(日)、大风日数等变化特征

梅里雪山属典型极大起伏高山, 气候垂直分异显著, 从山脚澜沧江河谷到最高峰形成了北亚热带、暖温带、中温带、寒温带、亚寒带、寒带, 植被类型相应有无缘河谷灌丛、温性针阔叶混交林、硬叶常绿阔叶林、暖性针叶林、寒温性针叶林、亚高山灌丛等垂直序列^[9]. 每年夏季, 山脚河谷气温可达 $11 \sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$, 高山则为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 游客可体验、感受“一山分四季”的气候垂直变化. 表 3 为 1954—2014 年梅里雪山降雪(日)、暴雨(日)、大雨(日)、大风日数等变化统计值(由于 1979 年以后没有对降水形态做标准, 因

此, 降雪日数和积雪日数为 1960—1990 年, 数据来源于云南省气象档案馆^[19]), 1954—2014 年 5—10 月(雨季)主要以大雨日数为主, 无大暴雨日数, 降雪主要发生在 5 月和 10 月, 大风日数主要以 5—6 月为主, 且 1991—2014 年以来 5—10 月大雨日数显著减少, 风速也呈减弱趋势. 干季(11—4 月)降雪、积雪较多, 主要集中在 1—3 月, 大风日数主要集中在 1—4 月, 1991—2014 年以来, 降雪日数减少, 大风日数也呈减少趋势. 可见, 雨季(5—10 月)梅里雪山呈舒适型与大雨日数、大风日数和大雪日数减少可能有一定的关系; 而干季(11—4 月)是降雪和大风日数集中期, 不适宜野外旅游, 但这并不意味着干季梅里雪山不适宜出行旅游, 德钦形成了以梅里雪山为中心, 还包括茨中教堂、白茫雪山、白马雪山、明永冰川等自然和人文景观, 因此, 游客还可根据不同季节和气候的变化, 选择不同景点.

表 3 1954—2014 年梅里雪山雨季和干季降水日数(d)、降雪日数(d)和大风日数(d)

项目	季节	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
大雨日数/d	雨季	0.2	0.2	0.6	0.4	0.2	0.3
暴雨日数/d		0	0	0	0	0	0
降雪日数/d		2.7	0.1	0.1	0	0	3.4
最大日降水量/mm		45.0	37.4	74.7	41.3	37.9	46.6
大风日数/d		6.5	2.9	1.0	0.5	0.6	2.8
项目	季节	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
降雪日数/d	旱季	10.2	8.6	14.1	18.5	22.0	16.6
积雪日数/d		4.4	5.4	8.3	11.8	12.4	7.4
大风日数/d		4.6	5.9	7.5	7.4	9.3	6.9

总的来看, 随着全球气候变暖, 梅里雪山适合夏季和秋初登山游览, 相较于王金亮等^[13]研究得出, 香格里拉旅游宜在夏季, 旅游舒适期有所延长, 这正是对全球气候变暖的响应. 在高山气候条件下, 低压和强紫外线对旅游有负面效应, 但由于该地区海拔高, 空气稀薄, 紫外辐射强, 负离子较多, 风较大, 气温日变化大, 空气清新, 污染物少, 对治疗哮喘、百日咳等疾病却有疗效作用, 此外, 强紫外线具有杀菌作用, 对丹毒、蜂窝组织炎等有治疗作用^[13].

4.2 综合舒适度指数(I)与气候要素相关性分析

从表 4 可知, 综合舒适度指数(I)与极端最高(最低)气温、平均最高气温、平均气温、相对湿度呈极其显著的负相关, 与平均最低气温、日照时数、平均风速呈极其显著的正相关. 即极端最高/最低气温、平均最高气温上升(下降)、平均气温上升(下降)、相对湿度增大(减小)时, 综合舒适度指数呈减小(增大); 平均最低气温上升(下降)、日照时数增大(减少)、平均风速增大(减少)时, 相应的综合舒适度指数呈增大(减少). 从前面分析可知, 年极端最高气温、年平均最高(最低)气温、年平均气温呈显著的上升趋势, 而年极端最低气温、降水量、日照时数、相对湿度、平均风速呈下降趋势, 结合偏相关系数可知, 梅里雪山年综合舒适度指数 1991 年以来呈下降趋势, 逐渐由不舒适型向舒适型转变, 这主要与年极端最高气温、年平均气温的显著上升和年日照时数、年平均风速的下降有一定的关系. 此外也注意到, 梅里雪山 1954—2014 年年极端最高气温呈显著的上升趋势, 而年极端最低气温却呈下降趋势, 意味着梅里雪山昼夜温差在增大, 因此, 旅游出行时应注意夜间保暖.

表 4 梅里雪山年综合舒适度指数(I)与气候要素相关性

指数	极端最高 气温/℃	极端最低 气温/℃	平均最高 气温/℃	平均最高 低温/℃	平均 气温/℃	日照 时数/h	相对 湿度/%	平均风速 /(m·s ⁻¹)
I	-0.824**	-0.447**	-0.490**	0.233**	-0.680**	0.531**	-0.342**	0.787**

注: ** 在 0.01 水平显著相关; * 在 0.05 水平显著相关.

5 结 论

1) 61 年来梅里雪山年平均气温、年极端最高气温、年平均最高(低)气温呈显著的上升趋势, 年极端最低气温呈不显著的下降趋势. 年降水量、年日照时数、年相对湿度、年平均风速呈不显著的减少趋势.

2) 温湿指数显示梅里雪山最适合出游时间为 7 月, 风效指数显示梅里雪山最适合出游时间为 5—10 月, 着衣指数显示梅里雪山最适合出游时间为 6—8 月, 综合舒适度指数和 5—10 月降水日数、降雪日数、大风日数来看, 最适合出游时间为 5—10 月.

3) 年综合舒适度指数与年极端最高(低)气温、年平均最高气温、年平均气温、年相对湿度呈极其显著的负相关,与年平均最低气温、年日照时数、年平均风速呈极其显著的正相关。

参考文献:

- [1] 马丽君,孙根年,王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价 [J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 713—722.
- [2] 马丽君,孙根年. 中国热点城市旅游气候舒适度评价 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2009, 37(2): 96—102.
- [3] 王洪桥,孟祥君,吴正方. 吉林省旅游气候舒适度时空差异分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(1): 141—148
- [4] 罗 玉,范广洲,周定文,等. 近 41 年西南地区极端温度变化趋势 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(5): 161—167.
- [5] 夏范燕,吴巩胜,李 丽,等. 近 50 年滇西北极端气候变化 [J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2014, 34(3): 64—69.
- [6] 余志康,孙根年,冯 庆,等. 青藏高原旅游气候舒适性与气候风险的时空动态分析 [J]. 资源科学, 2014, 36(11): 2327—2336.
- [7] 陈永涛. 云南省旅游气候舒适度评价 [J]. 生态经济(学术版), 2013(2): 305—310.
- [8] 曹伟宏,何元庆,李宗省,等. 丽江旅游气候舒适度与年内客流量变化相关性分析 [J]. 地理科学, 2012, 32(12): 1459—1464.
- [9] 徐 健,张巍巍. 梅里雪山自然观察手册 [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2011: 2—4.
- [10] 保继刚,楚义芳,彭 华. 旅游地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 64—68.
- [11] 范业正,郭来喜. 中国海滨旅游地气候适宜性评价 [J]. 自然资源学报, 1998, 13(4): 304—311.
- [12] FREITAS C R D. Human Climates of Northern China [J]. Atmospheric Environment, 1979, 13(1): 71—77.
- [13] 王金亮,王 平. 香格里拉旅游气候的适宜度 [J]. 热带地理, 1999, 19(3): 235—239.
- [14] 陆鼎煌,崔 森. 北京城市绿化夏季小气候条件对人体的适宜度 [C]//中国农学会农业气象研究会, 中国林学会. 林业气象论文集. 北京: 气象出版社, 1984: 144—152.
- [15] 廖善刚. 福建省旅游气候资源分析 [J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 1998, 14(1): 93—97.
- [16] 夏丽华,谢金玲. SPSS 数据统计与分析标准教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2014: 171—176.
- [17] 云南省气象档案馆. 云南省地面气候资料三十年整编(1960—1990 年) [R]. 1993: 239—240.

The Climatic Change Characteristics and Tourism Climate Comfort Degree Evaluation of Meili snow Mountain

CHENG Qing-ping^{1,2}, WANG Ping¹, TAN Xiao-ai¹

1. School of Tourism and Geographical Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China;

2. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

Abstract: Based on the data in Deqin meteorological station of the last 61 years, using the method of linear trend analyses the characteristics climate change, at the same time, make the use of thermal humidity index, wind effect index, Index of clothing, comprehensive comfort index analysis and evaluated tourism climate comfort of Meili snow mountain, the results show that: The annual extreme maximum temperature, annual average maximum temperature and mean minimum temperature, annual average temperature were extremely significant rising trend, annual extreme minimum temperature, annual precipitation and sunshine duration, annual relative humidity and annual average wind speed were not significant decline of the last 61 years. Combined with two kinds of comprehensive comfort index, the most suitable tourism travel time for 5 to 10 months of Meili snow mountain. the comprehensive comfort index was the decline since 1990, which beneficial to the development tourism of Meili snow mountain. Annual comprehensive comfort index showed a decrease trend and travel comfort was transformed from discomfort to comfort, which has significant relationship with annual mean temperature and extreme maximum temperature increased significantly, annual sunshine duration and mean wind speed reduction.

Key words: climate change; tourism climate comfort; characteristics; evaluation; Meili snow Mountain

责任编辑 胡 杨