

# 纳入空气含氧量指标的高原旅游舒适度

次仁旺姆 田云杰 陈宫燕 普布桑姆 德吉白玛

(西藏林芝市气象局, 林芝 860000)

**摘要:** 西藏林芝市地处青藏高原, 空气含氧量是影响旅游舒适度的重要但未曾考虑过的因素。利用林芝鲁朗国际旅游小镇2016年6月—2017年6月空气含氧量与气象监测数据, 分析了空气含氧量逐小时、逐日、逐月的变化特征, 进而将其作为影响因子参与林芝市旅游舒适度评价。结果表明: 林芝市4—10月适宜旅游(6—8月为最佳旅游期), 3月和11月为不适宜旅游期, 12月—次年2月(冬季)为不推荐进藏旅游期。

**关键词:** 林芝市旅游舒适度, 含氧量, 温湿指数, 风效指数, 着衣指数

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.03.010

## Incorporating Oxygen Level in the Air into the Comfort Index of Plateau Tourism

Ciren Wangmu, Tian Yunjie, Chen Gongyan, Pubu Sangmu, Deji Baima

(Tibet Nyingchi Meteorological Bureau, Nyingchi 860000)

**Abstract:** The Linzhi City of Tibet is located in the Qinghai-Tibet Plateau. Air oxygen content is a significant but not previously considered impact factor that affects travel comfort. Based on the oxygen level and environmental meteorological data from June 2016 to June 2017 in Lulang International Tourism Town of Linzhi, this paper analyzes the hourly, daily and monthly changes of air oxygen content, and then participates in the evaluation of tourism comfort in Linzhi City as a new impact factor. The results show that Linzhi is suitable for tourism from April to October (the best tourist period from June to August), March and November are not suitable for tourism, and December to February (the winter) is not recommended for tourism in Tibet.

**Keywords:** tourism comfort in Linzhi, oxygen content, temperature and humidity index, wind efficiency index, clothing index

### 0 引言

目前, 气象因素与旅游活动之间的联系越来越紧密, 气候舒适度评价逐渐成为国内外旅游舒适度评价的重要方法。旅游舒适度涉及气温、湿度、着衣、身体姿态等因素, 这些变量都以复杂的方式汇集在一起<sup>[1]</sup>。适宜的气候舒适度评价系统长期以来得到国内外学者的持续关注、研究并逐步完善。国外, 早在1959年, Thom<sup>[2]</sup>从空调和相关行业出发提出了不舒适指数, 综合考虑了温度和湿度对人体舒适度的影响。Terjung<sup>[3]</sup>提出风效指数, Siple和Passel<sup>[4]</sup>提出风寒指数, Postgrad<sup>[5]</sup>提出着衣指数等, 这些指数用来建立气候舒适度评估模型。2002年, Lise和Tolrs<sup>[6]</sup>综合分析了气候变化对旅游需求的影响。国内, 范业正等<sup>[7]</sup>定量地运用温湿指数和风效指数测算气候适宜性。后来, 更多的学者利用温湿指数、风效指数和着衣指数构建新的综合气候舒适度评价模型<sup>[8-14]</sup>。这些气候舒适度

评价模型在各个研究的基础上已经发展得比较成熟而且在实际应用中起到了重要的作用, 能够指导游客针对性地做出合适的旅游计划甚至变更旅游目的地。其中, 多个评价模型根据具体差异化的气候环境做出了较好的针对性调整。

林芝市位于西藏东南部, 海拔低, 常常作为旅游人士进藏的首选。近年来, 随着高原旅游热的兴起, 高原大气含氧状况作为影响游客身心健康的一大关键因素越来越受到游客们的关注<sup>[15]</sup>。但是, 之前的综合气候舒适度评价模型对于比较特殊的高原环境而言, 由于缺乏空气含氧量这一重要的舒适度指标, 其适用性不够、评估不够准确。本文针对性地依托高原气象资料, 尝试将空气含氧量作为评价旅游舒适度的重要修正因子, 建立一个新的高原旅游舒适度评价模型, 以便为高原旅游提供更加准确和科学的旅游舒适度评估。

### 1 资料与方法

#### 1.1 研究区概况

林芝市地处西藏东南部, 雅鲁藏布江中下游, 受

收稿日期: 2021年1月5日; 修回日期: 2021年8月2日  
第一作者: 次仁旺姆(1994—), Email: ciwangmu@foxmail.com  
通信作者: 田云杰(1993—), Email: 1060333470@qq.com

印度洋暖湿气流的影响,气候温和湿润,属高原温带半湿润季风气候区。林芝平均海拔3000 m左右,森林覆盖率为46.09%,境内森林、峡谷、河流、湖泊广布,动植物及生物资源十分丰富,气候条件良好。其气候特点是雨量充沛、多夜雨、日照充足、无霜期较长、昼夜温差大、冬季干燥,夏季湿润无高温。林芝海拔适中、气候宜人、环境优美、森林密布,其得天独厚的地理环境形成了优越的气候旅游资源,吸引着越来越多的中外游客前往。目前,林芝市的旅游舒适度评价方法较简单,缺乏空气含氧量这一影响人体舒适度的重要指标,具有一定的局限性。

## 1.2 资料

本文使用资料为林芝市1986—2015年气温、降水、相对湿度、风速、日照时数等气象要素的逐月平

均值数据和林芝鲁朗国际旅游小镇2016年6月—2017年6月空气含氧量与气象监测数据。

## 1.3 方法

将林芝鲁朗国际旅游小镇2016年6月—2017年6月的监测的含氧量逐小时数据换算成氧气占空气体积的百分比,计算出逐小时、逐日、逐月的平均值,并进行小时、月、季节变化特征分析。因高原空气中氧相对浓度与海平面相同(20.93%),空气实际含氧量采用标准物理学算法。

利用单要素气候统计方法,选取林芝市1986—2015年气温、降水、相对湿度、风速、日照时数等气象要素的逐月平均值,计算温湿指数THI、风效指数K和着衣指数ICL对本区域进行评价。这些指数的分级标准和感觉程度<sup>[11-14]</sup>见表1。

表1 温湿指数、风效指数、着衣指数分级标准及赋值  
Table 1 THI, K and ICL grads standards

温湿指数 (THI)		风效指数 (K)		着衣指数 (ICL)		级别	赋值 (N)
范围	感觉程度	范围	感觉程度	范围	适宜衣着		
<40	极冷, 极不舒适	<-1200	酷冷	>2.5	羽绒或毛皮衣	e	-4
40~45	寒冷, 不舒适	-1200~-1000	冷	1.8~2.5	便服加坚实外套	d	-3
45~55	偏冷, 较不舒适	-1000~-800	冰凉	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	衬衫或常用便服	A	0
65~70	暖, 舒适	-300~-200	暖	0.5~0.7	轻便夏装	B	-1
70~75	偏热, 较舒适	-200~-50	暖热	0.3~0.5	短袖开衫	C	-2
75~80	闷热, 不舒适	-50~80	热	0.1~0.3	热带单衣	D	-3
>80	极其闷热, 极不舒适	>50	炎热	<0.1	超短裙	E	-4

传统的旅游舒适度评价法是根据THI、K、ICL的分级标准和感觉程度,将各指数等级数值化,将其级别“e、d、c、b、A、B、C、D、E”赋值为“-4、-3、-2、-1、0、-1、-2、-3、-4”,这些符号都设定为可计算的数值<sup>[11-14]</sup>。

本文在传统旅游舒适度的评价方法中加入空气含氧量因子,纳入空气含氧量指标构建新的高原林芝旅游舒适度评价模型CCI(Comprehensive Comfort Index)。由于目前未见文献讨论空气含氧量的等级标准,依据林芝市实际的含氧量季节变化自定义分值标准。夏季空气含氧量最大,人体感觉最舒适,赋值为-1;春秋季持平,人体感觉较舒适,赋值为-2;冬季最低,人体感觉较不舒适,赋值为-3。

不同研究提出在较寒冷的地区或季节则注重冷应力不舒适程度<sup>[16-19]</sup>。林芝海拔相对于内地较高,气温偏低,风速较大,没有明显的炎热季节,应从冷应力角度出发,着重考虑风效指数;由于空气含氧量对于高海拔旅游也有不容忽视的影响,采取将温湿指数、

风寒指数、着衣指数、空气含氧量等4个因子评价对旅游舒适度的影响。

层次分析法AHP(The analytic hierarchy process),在20世纪70年代中期由美国运筹学家托马斯·塞蒂(T. L. Saaty)正式提出。本文通过层次分析法(AHP)来确定各因子权重<sup>[10-20]</sup>,虽然通过评价者的客观评分来设定对比度有一定的人为影响,但是依旧会发挥良好的作用。

## 2 结果

### 2.1 林芝市空气含氧量日变化

对2016年6月—2017年6月林芝鲁朗国际旅游小镇的空气含氧量逐小时计算,得到平均实际含氧量逐小时变化曲线(图1)。从林芝市一天内的变化趋势图中可以看出,从凌晨到早上08时,空气中的实际含氧量处于较低的水平,随后逐渐升高,午后升幅明显,15—16时达到峰值,18时以后逐渐下降,实际含氧量呈正弦波形式变化,但整体浮动不大,最大值91%,

最小值87%。

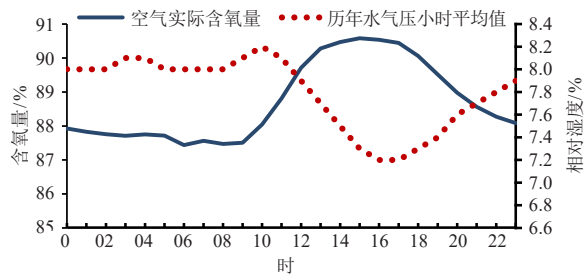


图1 林芝鲁朗国际旅游小镇2016—2017年平均空气实际含氧量及历年水气压逐小时变化曲线

Fig. 1 Hourly variation curves of oxygen and relative humidity in air averaged for 2016–2017 in Linzhi Travel Town

## 2.2 林芝市旅游舒适度评价

人体感觉舒适与否，涉及到生理及心理等因素。气候各要素配合得当，人体便感到舒适。多数情况下，人们会选择气候适宜的时段、地区去旅游。因此，气候舒适度是研究气候对旅游影响的重要指标。

利用单要素气候统计方法，选取林芝市1986—2015年气温、降水、相对湿度、风速、日照时数等气象要素的逐月平均值，计算得出林芝市各月的温湿指数、风效指数、穿衣指数、新的高原旅游舒适度指数（表2）。

表2 综合舒适度指数计算

Table 2 Monthly comprehensive comfort indexes

月份	THI	感觉	K	感觉	ICL	适宜衣着	$\rho$	感觉	CCI	评价结果
1月	40.7	寒冷，不舒适	-659.7	凉	2.3	便服加坚实外套	86.3	较不舒适	-2.0	不适宜
2月	42.8	寒冷，不舒适	-638.1	凉	2.2	便服加坚实外套	87.2	较不舒适	-2.0	不适宜
3月	46.5	偏冷，较不舒适	-574.8	舒适	1.9	便服加坚实外套	87.5	较舒适	-1.1	较不适宜
4月	50.2	偏冷，较不舒适	-489.7	舒适	1.7	传统冬季常用服	88.6	较舒适	-1.0	较适宜
5月	54.9	偏冷，较不舒适	-409.0	舒适	1.5	春秋常用便服	89.2	较舒适	-0.9	较适宜
6月	59.3	清凉，舒适	-337.1	舒适	1.3	衬衫或常用便服	89.8	舒适	-0.3	适宜
7月	60.9	凉，非常舒适	-303.5	舒适	1.2	衬衫或常用便服	90.2	舒适	0	最适宜
8月	60.0	清凉，舒适	-310.5	舒适	1.2	衬衫或常用便服	90.4	舒适	-0.3	适宜
9月	57.3	清凉，舒适	-344.3	舒适	1.4	春秋常用便服	89.5	较舒适	-0.5	较适宜
10月	51.8	偏冷，较不舒适	-441.8	舒适	1.6	传统冬季常用服	88.7	较舒适	-0.9	较适宜
11月	46.0	偏冷，较不舒适	-541.3	舒适	2.0	便服加坚实外套	86.9	较舒适	-1.1	较不适宜
12月	41.4	寒冷，不舒适	-615.2	凉	2.2	便服加坚实外套	86.4	较不舒适	-2.0	不适宜

从温湿指数（THI）看，林芝市海拔相对较低，气候温暖湿润，6—9月的温湿指数较高，人体感觉凉爽舒适，是夏季旅游、避暑的最佳选择，而3—5月和10—11月，温湿指数有所降低，人体感觉偏冷，冬季温湿指数低于45，人体感觉寒冷不舒适。

从风效指数（K）看，3—9月都很舒适，人体感觉舒适，很适宜旅游活动，12月一次年2月感觉凉，人体感觉较不舒适，是因为较不舒适的冷风的影响。

从穿衣指数（ICL）看，林芝市最舒适的时间是

5—9月，只需要着衬衫，早晚加单外套，1—4月和10—12月体感偏冷，需要着厚外套或羽绒。

从新的高原旅游舒适度指数（CCI）看，林芝市4—10月适宜旅游，最佳旅游期为6—8月，较不适宜旅游期为3月和11月，冬季（12—次年2月）为不适宜旅游期。

## 2.3 评价结果对比分析

利用传统旅游舒适度评价方法计算出林芝市适宜旅游的月份是3—11月，最适宜旅游的季节是6—9月；纳入空气含氧量指标构建新的高原旅游舒适度评价方法计算出林芝市适宜旅游的月份为4—10月，最适宜旅游月份为6—8月，不适宜旅游期为3月和11月，冬季（12—次年2月）为不推荐进藏旅游期。

对比两种舒适度评价方法，发现纳入空气含氧量指标构建新的高原旅游舒适度评价方法更符合林芝市的实际气候特点。虽然3月和11月较不适宜旅游，但3月正是林芝的桃花、杜鹃花盛开的季节，10—11月空气含氧量虽没有夏季高，但差距不大，不用担心“高原缺氧”问题，适当添加衣物就可以解决问题。

## 3 讨论

在传统的综合气候舒适度评价方法中纳入空气含氧量因子，构建了新的高原旅游舒适度评价模型。结果表明，林芝市4—10月适宜旅游，最佳旅游期为6—8月，不适宜旅游期为3月和11月，冬季（12—次年2月）为不推荐进藏旅游期。林芝森林覆盖率高，植被好，海拔相对较低，空气含氧量较高，气候舒适，旅游季节较长，但也存在一些不容忽视的气候不利因素，紫外线辐射强，夏季对流活动频繁，旺杰等<sup>[21]</sup>提出如遇连续降水、短时强降雨、融雪、地震等因素，极易诱发泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害，严重影响游客的旅游体验和旅游安全。在高原旅游舒适度评价方法中并没有考虑这些不利因素对旅游舒适度评价结果的影响，这是下一步需要深入的工作。

目前，林芝市的旅游舒适度评价方法较简单，并没有系统的使用指数进行计算分析，缺乏数据支撑，本文在传统的旅游舒适度评价方法中纳入高山旅游影

（下转74页）

效清洁转化利用领域较俄罗斯具有技术优势，而俄罗斯可再生能源同样丰富，但目前由于技术短缺，开发利用非常低，两国在此领域具有良好合作前景。

#### 4 结语

1) 中俄合作近二十年，积累了众多经验以及较好的基础。在能源领域，中俄两国高度互补，俄罗斯资源丰富但资金、技术和市场相对缺乏，而我国资金、技术与市场具备，但资源相对缺少。两国能源合作高度互补，加强双边能源合作需求迫切。碳达峰、碳中和要求能源系统尽快低碳转型，实现能源系统的碳达峰关键在于发展结构和动力转换。

2) 增进两国应对气候变化领域交流与合作。气候变化攸关全人类生存与发展，已成为全球面临的现实挑战，亟待全世界共同努力、有效应对。2020年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会期间提出中国将提高国家自主贡献率，力争二氧化碳排放在2030年前达峰，努力争取2060年前实现碳中和。开展应对气候变化和绿色低碳可持续发展的国际合作至关重要，中俄可在官方及民间层面积极搭建相互借鉴、对话交

流的平台，不断充实中俄新时代全面战略伙伴关系。

3) 加强应对气候变化技术合作。《俄罗斯2050年前低碳发展战略》中提出，要保护和增加森林和其他生态系统的碳吸收能力，发展零碳和低碳技术，支持温室气体捕集利用技术。两国可在减少大气中温室气体排放的研发和技术方面进行合作，包括碳捕集与封存(CCS)和碳捕集与利用(CCU)。

#### 深入阅读

- 初冬梅, 2020. 绿色经济: 俄罗斯的认知与行动. 欧亚经济, 2: 44-59.  
葛全胜, 方修琦, 程邦波, 2010. 气候变化政治共识的确定性与科学认识的不确定性. 气候变化研究进展, 6(2): 2.  
傅聪, 2019. 欧盟气候能源政治的新发展与新挑战. 当代世界, (3): 6.  
何一鸣, 2011. 俄罗斯气候政策转型的驱动因素及国际影响分析. 东北亚论坛, 20(3): 9.  
金玲, 2014. 欧盟能源——气候战略: 转型新挑战和新思路. 国际问题研究, (4): 33-45.  
Behram N, Kursunoglu, Stephan L, 2001. Mintz, Arnold Perlmutter. Global Warming and Energy Policy. Boston: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-1323-0>.

(作者单位: 冯淼, 中国人民对外友好协会;  
马杰, 中国气象局气象干部培训学院)

(上接65页)

响较大的空气含氧量因子，通过评价结果来看，新的高原旅游舒适度评价模型更符合实际情况，但空气含氧量对高原旅游舒适度的评估仍不够精确。后期，随着旅游业的发展，将在各大景区安装空气清新指数站设备，再利用所有景区的环境监测数据进行更细致的研究，把空气含氧量对舒适度的评估建立更加精确的模型，给游客提供了更科学、实用的旅游参考。

#### 参考文献

[1] Freitas C D, Grigorieva E A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *International Journal of Biometeorology*, 2015, 59(1): 109-120.  
[2] Thom E C. The Discomfort Index. *Weatherwise*, 1959, 12: 57-60.  
[3] Terjung W H. Physiologic climates of the conterminous United States: a bioclimatic classification based on man. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 56(1): 141-179.  
[4] Siple P A, Passel C F. Excerpts from: measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Wilderness and Environmental Medicine*, 1945, 89(3): 177-199.  
[5] Postgrad M. Man in a cold environment. *Postgraduate Medical Journal*, 1955, 31(357): 367.  
[6] Lise W, Tolrs J. Impact of climate on tourism demand. *Climatic Change*, 2002, 55(4): 42-49.  
[7] 范业正, 郭来喜. 中国海滨旅游地气候适宜性评价. *自然资源学报*, 1998, 13(4): 306-311.

[8] 朱卫浩, 张书余, 罗斌. 近30 a全国人体舒适度指数变化特征. *干旱气象*, 2012, 30(2): 220-226.  
[9] 党冰, 王式功, 尚可政. 甘肃平凉市的旅游气候舒适度评价. *干旱气象*, 2013, 31(4): 684-689.  
[10] 贾海源, 陆登荣. 甘肃省人体舒适度地域分布特征研究. *干旱气象*, 2010, 28(4): 449-454.  
[11] 刘清春, 王铮, 许世远. 中国城市旅游气候舒适性分析. *资源科学*, 2007, 29(1): 133-141.  
[12] 马丽君, 孙根年, 李馥丽, 等. 陕西省旅游气候舒适度评价. *资源科学*, 2007, 29(6): 40-44.  
[13] 马丽君, 孙根年. 中国西部热点城市旅游气候舒适度. *干旱区地理*, 2009, 32(5): 791-797.  
[14] 曹伟宏, 何元庆, 李宗省, 等. 云南丽江旅游气候舒适度分析. *冰川冻土*, 2012, 34(1): 201-206.  
[15] 石磊, 黄晓清, 尼玛吉, 等. 西藏自治区旅游气候适应性分析. *冰川冻土*, 2015, (5): 1412-1419.  
[16] 冯新灵, 罗隆诚, 张群芳, 等. 中国西部著名风景名胜旅游区旅游气候研究与评价. *干旱区地理*, 2006, 29(4): 598-608.  
[17] 向宝惠. 龙胜县旅游气候舒适度评价与开发利用. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 40(9): 197-203.  
[18] 长安, 葛全胜, 方修琦, 等. 青藏铁路旅游线气候适宜性分析. *地理研究*, 2007, 26(3): 533-540.  
[19] 李春花, 刘峰贵, 陈蓉, 等. 拉萨市旅游气候舒适度定量研究. *干旱区资源与环境*, 2014, (8): 203-208.  
[20] 任健美, 牛俊杰, 胡彩虹, 等. 五台山旅游气候及其舒适度评价. *地理研究*, 2004, 23(6): 863-874.  
[21] 旺杰, 周洪莉, 陈官燕, 等. 林芝气象与防灾减灾. 北京: 气象出版社, 2007: 51-52.