

# 九寨沟生态旅游气候适宜性及环境空气质量分析

袁梦<sup>1,2</sup>, 吴亚平<sup>2,3</sup>, 陆兴利<sup>1,2</sup>, 王博为<sup>4</sup>, 蒋建强<sup>5</sup>

<sup>1</sup>四川省农村经济综合信息中心, 四川 成都

<sup>2</sup>高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都

<sup>3</sup>雅安市公共气象服务中心, 四川 雅安

<sup>4</sup>四川省气象灾害防御技术中心, 四川 成都

<sup>5</sup>九寨沟县气象局, 四川 阿坝

收稿日期: 2023年8月18日; 录用日期: 2023年9月15日; 发布日期: 2023年9月25日

## 摘要

利用阿坝州九寨沟县1960~2018年站点资料、环境空气监测资料和MODIS/AQUA L3卫星数据产品中的归一化植被指数(NDVI), 基于人体舒适度、度假气候指数与气候统计方法, 分析了九寨沟县的旅游气候条件优势和环境空气质量, 并提出了挖掘当地生态旅游气候资源的建议。结果表明: 九寨沟年平均气温13.1℃; 年平均降水量540.8 mm, 小雨日数占降水总日数的73%且以夜雨为主; 年日照时数为1670 h, 光照充沛。该地干雨季分明, 雨热资源配置优越; 环境空气质量全年优良率达100%, 适游期长; 春秋温凉、夏无酷暑, 人体舒适度6~8月最高, 尤其适宜避暑旅游。未来应从挖掘天气气象景观、开发避暑旅游、立足区位优势打造生态气候品牌等方面, 发挥当地气候资源优势, 打造全域生态旅游智慧气象服务典范。

## 关键词

九寨沟, 旅游气候, 环境空气质量, 人体舒适度

# Analysis on the Climate Suitability and Environmental Air Quality of Jiuzhaigou Eco-Tourism

Meng Yuan<sup>1,2</sup>, Yaping Wu<sup>2,3</sup>, Xingli Lu<sup>1,2</sup>, Bowei Wang<sup>4</sup>, Jianqiang Jiang<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sichuan Provincial Rural Economic Information Center, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Plateau and Basin Key Laboratory of Heavy Rain, Drought and Flood Disasters of Sichuan Province, Chengdu Sichuan

<sup>3</sup>Ya'an Public Meteorological Service Center, Ya'an Sichuan

文章引用: 袁梦, 吴亚平, 陆兴利, 王博为, 蒋建强. 九寨沟生态旅游气候适宜性及环境空气质量分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(5): 939-949. DOI: 10.12677/ccrl.2023.125097

<sup>4</sup>Sichuan Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Chengdu Sichuan

<sup>5</sup>Jiuzhaigou Meteorological Bureau, Aba Sichuan

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 15<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The station data, environmental air quality data, and the normalized vegetation index (NDVI) from MODIS/AQUA L3 satellite data products in Jiuzhaigou County, Aba Prefecture from 1960 to 2018 were used in this research. Based on human comfort, vacation climate index and climate statistics, we analyzed the advantages of tourism climate conditions and ambient air quality in Jiuzhaigou County. In addition, we put forward suggestions to tap local eco-tourism climate resources. The results showed that the annual average temperature of Jiuzhaigou was 13.1°C; the annual average precipitation was 540.8 mm, and the number of light rain days accounted for 73% of the total number of precipitation days, and night rains were the main ones; the annual sunshine hours were 1670 h, and the sunshine was abundant. The dry and rainy seasons in this area are distinct, with simultaneous rain and heat; the annual good rate of ambient air quality reaches 100%, and the suitable travel period is long. Jiuzhaigou County is cool in spring and autumn and comfortable in summer. Human body comfort is the highest in June to August, which is very suitable for summer travel. In the future, it is recommended to explore weather and astronomical landscapes, develop summer tourism, and use location advantages to build an eco-climate brand. Jiuzhaigou should give full play to its advantages in local climate resources and create a model of smart weather services for eco-tourism.

## Keywords

Jiuzhaigou, Tourism Climate, Environmental Air Quality, Human Comfort

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial International License (CC BY-NC 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

九寨沟县位于四川西北部高原，隶属于阿坝藏族羌族自治州，地处川滇森林及生物多样性保护国家重点生态功能区，是我国珍稀野生动物川金丝猴、大熊猫的重点保护区域和“珍贵生物基因宝库”，也是黄河上游重要水源涵养地和生态安全屏障，生态环境功能作用突出。九寨沟县属高原湿润气候，丰富的旅游资源、独特的自然景观、适宜的海拔高度等条件共同造就了当地绝佳的生态旅游环境。旅游气候资源及所形成的气象特色景观是自然旅游资源的重要组成部分之一[1]，九寨沟作为我国首批 5A 级旅游景区，是世界上最佳的生态旅游目的地[2]，深入研究该地区生态旅游气候资源具有重要意义。

我国学者[3]-[11]对气候舒适度的多种评价方法进行过研究和比较，包括风寒指数、温湿指数、人体舒适度指数等，研究表明气候舒适度及持续时段是影响旅游资源质量和淡旺季长短的重要因素。四川省内学者也对大九寨区域的气候旅游资源进行过研究，牟银杰[12]利用阿坝州历史整编资料，对阿坝州大九寨的气候旅游资源及影响旅行安全的重要天气、对策措施进行了分析；彭林英等[13]对若尔盖旅游气候资源及旅游舒适期进行了研究，指出该地最佳旅游舒适期为 7、8 月，舒适天数随年份呈波动上

升趋势；周永明等[14]针对阿坝州大九寨风景区建立了旅游适宜度综合指标。目前，结合气象条件和环境空气质量对生态旅游气候的综合分析较少。本文通过对九寨沟基本气候特征、人体舒适度、度假气候指数、森林植被状况、环境空气质量等分析，对该地生态旅游气候资源优势进行了综合分析，为深度挖掘九寨沟生态气候旅游资源提出了建议，以期为九寨沟的生态旅游发展及气象服务规划提供更科学的依据和参考。

## 2. 资料和方法

### 2.1. 资料

文中使用的资料包括：① 气象观测资料：1960~2018年九寨沟县国家气象站日数据，包括平均气温、最高气温、最低气温、降水、相对湿度、日照时数、风速；2016~2018年漳扎镇(九寨沟风景区所在地)加密观测站小时雨量数据。② 卫星遥感资料：MODIS/AQUA L3 卫星数据产品 MYD13Q1 数据(250 m) 归一化植被指数(NDVI)。③ 环境监测资料：2019年九寨沟县环境空气质量监测站日数据。

### 2.2. 方法

文中对九寨沟生态旅游气候适宜性的分析采用了人体舒适度指数和度假气候指数。

#### 2.2.1. 人体舒适度指数(Comfort Index of Human Body, 简称 CIHB)

人体舒适度指数[15]是一项综合感觉指数，包括较多气象要素，可以反映人体对周围环境感觉舒适与否的程度，是人居环境、旅游气候资源条件评价的重要指标之一，本文采用如下公式进行计算：

$$CIHB = (1.8T + 32) - 0.55 \left( 1 - \frac{Rh}{100} \right) \times (1.8T - 26) - 3.2\sqrt{V} \quad (1)$$

式(1)是由温度、相对湿度和风速构建的非线性方程，式中  $T$  为温度(单位为 $^{\circ}\text{C}$ )， $Rh$  为相对湿度(单位为%)， $V$  为风速(单位为  $\text{m/s}$ )。计算结果的等级划分按照中国气象局的统一标准，采用 9 级分类法(表 1)。级别的绝对值越大，则人体感觉越不舒适；越小，则人体感觉越舒适，人体舒适度指数最高的级别为 0 级。

Table 1. Level of the comfort index of human body

表 1. 人体舒适度指数等级

舒适度指数	>85	81~85	76~80	71~75	61~70	51~60	41~50	20~40	<20
级别	4 级	3 级	2 级	1 级	0 级	-1 级	-2 级	-3 级	-4 级
人体感觉	炎热	热	暖	温暖, 舒适	舒适	凉爽, 舒适	凉	冷	寒冷

#### 2.2.2. 度假气候指数(Holiday Climate Index, HCI)

度假气候指数[16][17][18]用于评价区域气候的休闲旅游适宜程度，是近年在旅游气候指数(Tourism Climate Index, 简称 TCI)基础上提出的一个新概念，其构建方式、适宜度评级分类标准与 TCI 基本相同，但在一些方面进行了再次改进和完善。

$HCI$  由 3 个因子按照不同比例构成(表 2)，分别是：热舒适因子  $TC$ ，占 40%，表示人体对温度高低的感受，通过日最高气温( $T_a$ )和日平均相对湿度根据式(2)获得的有效温度( $T_E$ ，即环境温度经过湿度订正后的人体实感温度)来表征；审美因子  $A$ ，通过云量的多寡来表征，占 20%；物理因子  $P$ ，通过降水量( $R$ )和风速( $V$ )来表征，占 40%。最终经查表 3 获得各分因子分值后据式(3)得出  $HCI$ ，其值处于 0~100 之间，对应的度假气候分级标准如表 4 所示。

$$T_e = Ta - 0.55(1 - RH) \times (Ta - 14.4) \quad (2)$$

$$HCI = 4TC + 2A + (3R + V) \quad (3)$$

**Table 2.** Composition of the holiday climate index (HCI)**表 2.** 度假气候指数(HCI)的构成

影响因子	气候变量	权重(%)
热舒适( <i>TC</i> )	日最高气温( <i>Ta</i> )	40
	日平均相对湿度( <i>RH</i> )	
审美( <i>A</i> )	云( <i>A</i> )	20
物理( <i>P</i> )	日降水( <i>R</i> )	30
	风速( <i>V</i> )	10

**Table 3.** Scoring scheme of the holiday climate index (HCI)**表 3.** 度假气候指数(HCI)的评分方案

得分	有效温度(°C)	日降水量(mm)	云覆盖率(%)	风速(km/h)
10	23~25	0	11~20	1~9
9	20~22	<3	1~10	10~19
	26		21~30	
8	27~28	3~5	0	0
			31~40	20~29
7	18~19		41~50	
	29~30			
6	15~17		51~60	30~39
	31~32			
5	11~14	6~8	61~70	
	33~34			
4	7~10		71~80	
	35~36			
3	0~6		81~90	40~49
2	-5~-1	9~12	>90	
	37~39			
1	<-5			
0	<39	>12		50~70
-1		>25		
-10				>70

**Table 4.** Classification of the holiday climate index (HCI)**表 4.** 度假气候指数 HCI 分级

90~100	80~89	70~79	60~69	50~59	40~49	30~39	20~29	10~19
理想状况	特别适宜	很适宜	适宜	可以接受	一般	不适宜	很不适宜	特别不适宜

### 3. 基本气候特征

#### 3.1. 热量条件

九寨沟县春秋温凉，夏无酷暑。热量条件对人们出游体感、四季景观形成等有着显著的影响。统计地面观测资料可知，九寨沟县年平均气温 13.1℃。历史资料统计显示，最暖年的平均气温 14.4℃ (2006 年)，最冷年为 11.9℃ (1976 年)。1960~2018 年，九寨沟站年极端最高气温为 37.5℃，出现在 2010 年 7 月 31 日；极端最低气温为-10.4℃，出现在 2016 年 1 月 24 日。

气温日变化用日较差表示，反映了一天中昼夜温差的大小，对作物栽培、人体感觉的舒适程度等具有重要意义。九寨沟县平均年日较差为 10.5℃，四季日较差以春季最大，为 11.4℃；夏季和冬季日分别为 10.9℃和 10.1℃；秋季日较差最小，为 9.5℃。各月中，5 月气温日较差最大，为 11.9℃；11 月最小，为 8.8℃。

#### 3.2. 水分条件

九寨沟县降水适中，雨热同期，年平均降水量为 540.8 毫米，降水主要集中在 4~10 月；九寨沟风景区所在的漳扎镇年平均降水量 600.3 毫米，为其丰富的森林资源、瀑布河流景观提供了水分条件，且统计近年小时雨量可知景区降水时段主要在夜间(图 1)，对游客白天出行赏景影响较小。

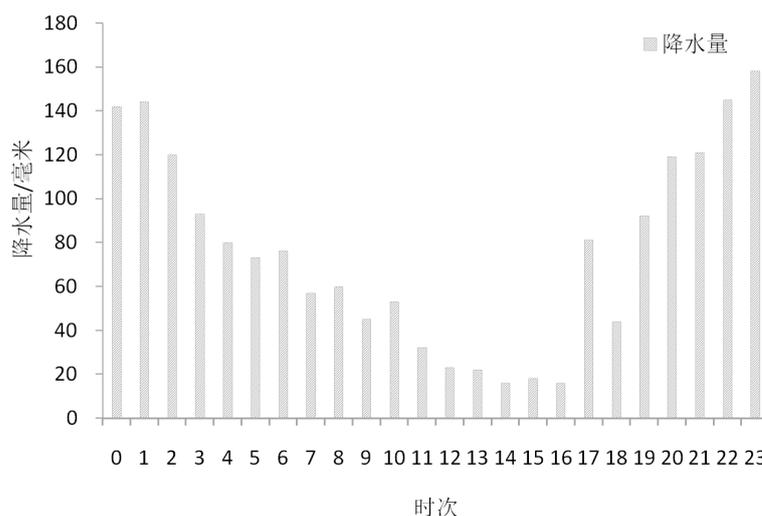


Figure 1. Hourly evolution of cumulative precipitation from April to October in Jiuzhaigou county (2016~2018)

图 1. 九寨沟县 4~10 月累计降水量逐时演变(2016~2018 年)

九寨沟县雨热资源在时间尺度上的配置非常优越，年内温度与雨量的分配大体呈同步变化态势。九寨沟县春季平均降水量 145 毫米，占全年降水量的 26.8%；夏季是九寨沟县降水最集中的时段，降水量为 251.3 毫米，占全年降水量的 46.5%；秋季降水量 138.2 毫米，占全年降水量的 25.6%；冬季是全年降水量最少的季节，降水量仅为 6.3 毫米，占全年降水量的 1.2%。

最大日降水量可以反映一天中降水的强度。1960~2018 年九寨沟县 1、12 月的最大日降水量均在 5 毫米以下；2 月、3 月、11 月最大日降水量在 5~15 毫米之间；4~6 月、9~10 月最大日降水量在 25~50 毫米范围；7~8 月最大日降水量超过 50 毫米，按阿坝州气象观测业务规范达大暴雨量级。

统计降水日数可知，九寨沟县年降水日数为 136.4 天，具体各级别降水日数如表 5 所示。九寨沟县降水以小雨为主，年小雨日数为 99.5 天，占全年降水总日数的 73%；年中雨 29.8 天，占全年降水总日数的

21.8%；年大雨日数为 5.4 天，占全年降水总日数的 3.9%；年暴雨日数 1.7 天，占全年降水总日数的 1.2%。

**Table 5.** Precipitation days at all levels in Jiuzhaigou county (Unit: Days)

**表 5.** 九寨沟县各级别降水日数(单位：天)

量级	小雨日数 (0.1~4.9 mm)	中雨日数 (5~14.9 mm)	大雨日数 (15~24.9 mm)	暴雨日数 (25~49.9 mm)	大暴雨日数 (50~99.9 mm)
天数	99.5	29.8	5.4	1.7	0.1

### 3.3. 日照条件

九寨沟县日照充沛，光能资源丰富。日照时数是指在单位时间内，太阳直接辐照度达到或超过 120 瓦/平方米的各段时间的总和，以小时为单位。九寨沟县年日照时数为 1670 小时，平均每天日照时数为 4.6 小时；年日照时数较成都多 600 小时，比同海拔高度的泸定县多 500 小时。夏天日照最多，为 454.9 小时，其次是春季和冬季，分别为 439.9 小时和 411.1 小时，秋季最少，为 364.1 小时。从各月来看，7 月日照最多，为 161 小时，其次是 5 月，为 157.2 小时，9 月最少，为 108.6 小时。

## 4. 生态旅游优势分析

### 4.1. 人体舒适期长

九寨沟县月人体舒适度指数(CIHB)计算结果如表 6 所示，该地区人体舒适期长达 7 个月(4~10 月)，评级为舒适或凉爽舒适，适宜旅游。其中，人体舒适度指数级别绝对值最小的 6~8 月，人体舒适度最高，评级为“舒适”，4~5 和 9~10 月人体舒适度级别为-1 级，评级为“凉爽，舒适”，表明九寨沟具有优越的夏季避暑，春秋凉爽休闲的气候条件，人体舒适时期段较长，夏秋季人体感觉尤为舒适；冬季及 3 月和 11 月偏凉或冷，但为观赏雪景提供了有利的气象条件，冰雪资源丰富，但户外旅游赏景需注意采取一定保暖措施。

**Table 6.** The comfort index of human body levels in Jiuzhaigou County

**表 6.** 九寨沟县人体舒适度指数等级

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
平均舒适度指数	37	40	46	52	58	62
人体舒适度评级	-3 级	-2 级	-2 级	-1 级 凉爽	-1 级 凉爽	0 级
	冷	凉	凉	舒适	舒适	舒适
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均舒适度指数	66	65	60	52	45	39
人体舒适度评级	0 级	0 级	-1 级 凉爽	-1 级 凉爽	-2 级	-3 级
	舒适	舒适	舒适	舒适	凉	冷

### 4.2. 度假气候指数适宜期长

九寨沟月度假气候指数(HCI)计算结果如表 7 所示，表明九寨沟县全年 12 个月均适宜旅游度假，其中有 9 个月(4~12 月)达“很适宜”或“特别适宜”级别，1~3 月度假气候指数为“适宜”，全年适宜期长。与我国西南地区热点旅游地相比，九寨沟度假气候指数为“很适宜”的月份略少黔西南州，优于成都、重庆、贵阳、六盘水的度假气候指数[19]，且各月分值较高，表明该地区具有优质的度假气候条件。

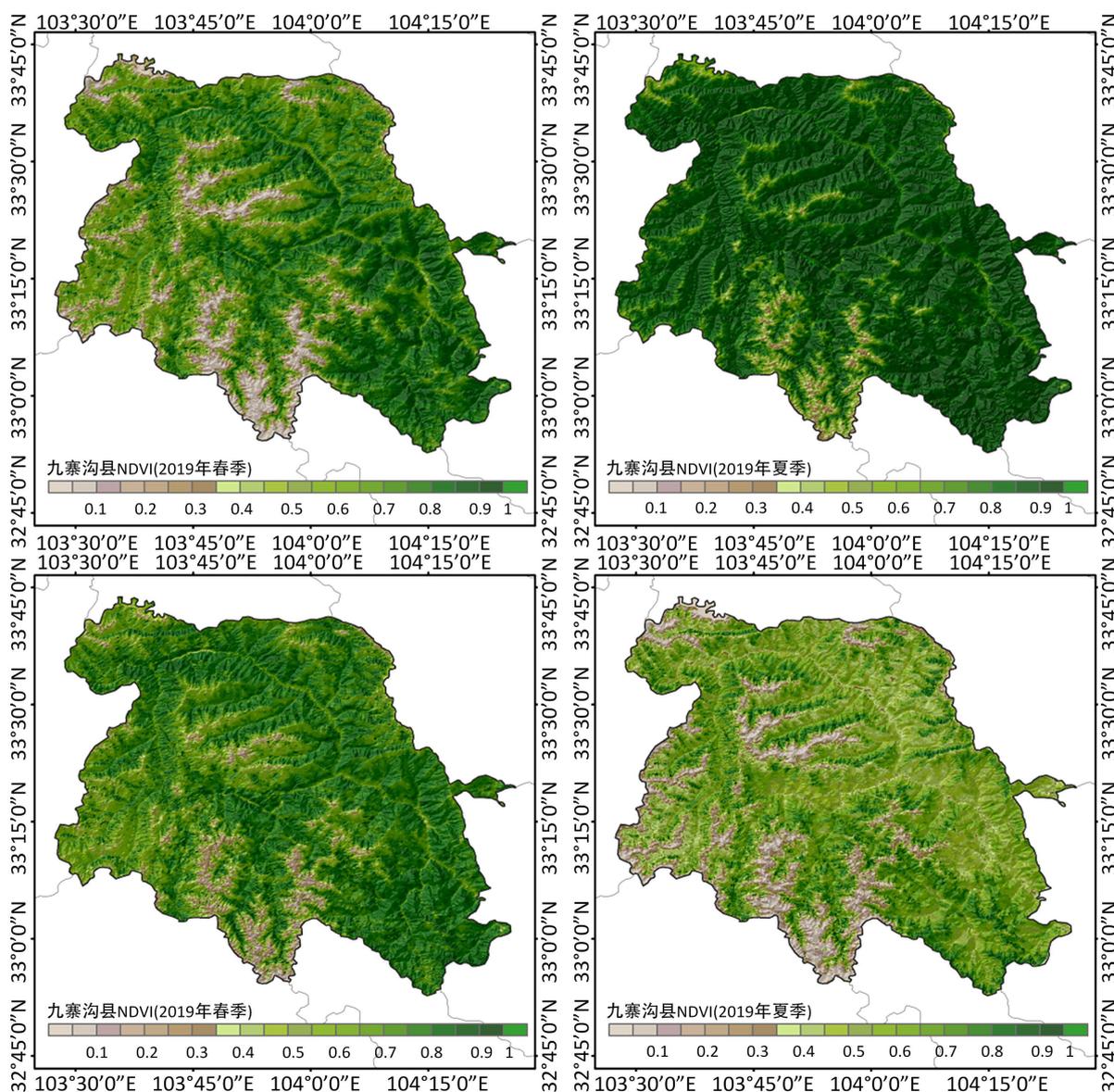
**Table 7.** Monthly holiday climate index (HCI) of Jiuzhaigou County  
**表 7.** 九寨沟逐月度度假气候指数(HCI)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
九寨沟	68	69	69	73	78	82	74	78	76	73	72	74

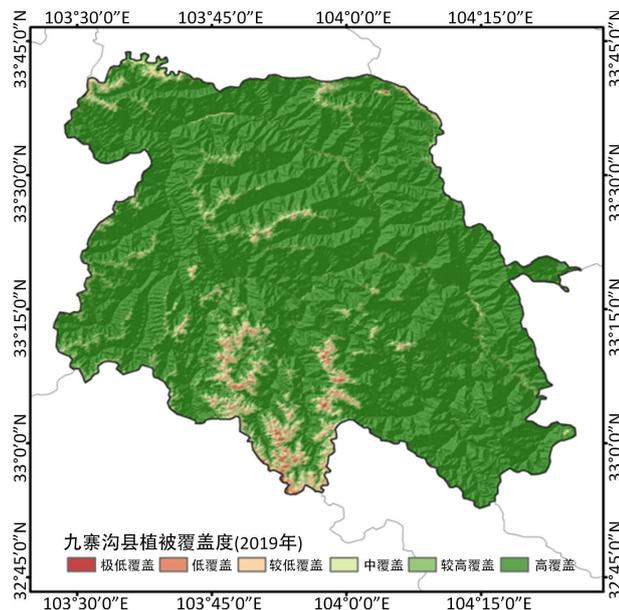
注：深绿色表示“特别适宜”，浅绿色表示“很适宜”，黄色表示“适宜”级别中较为接近“很适宜”级别的月份(HCI > 65)。

### 4.3. 森林资源丰富

九寨沟森林资源十分丰富，是全省第二大林区，截至2020年林业部门的统计数据，全县森林覆盖率58.65%，森林植被覆盖率82.15%，草原综合盖度87.7%，自然保护区面积达23.96万公顷，占全县幅员



**Figure 2.** The Normalized difference vegetation index distribution in four seasons of Jiuzhaigou County in 2019  
**图 2.** 2019年九寨沟县四季NDVI分布



**Figure 3.** Vegetation coverage of Jiuzhaigou County in 2019  
**图 3.** 2019 年九寨沟县植被覆盖度

面积的 45.32%。丰富的森林和植被，造就了九寨沟繁多的生物资源种类，包括大熊猫、金丝猴、绿尾虹雉、羚牛、林麝等国家珍稀保护动物，以及红豆杉、三尖杉、四川红杉、白皮云杉、领春木等国家级保护植物。九寨沟地震灾后重建过程中，县政府以绿色重建引领全域绿色发展，始终坚持把生态重建放在重中之重的位置，采取人工治理与自然恢复相结合的方式，优先启动震损林地植被恢复项目，目前生态环境整体质量基本达到震前水平。

本文采用了 MODIS/AQUA L3 卫星数据产品对九寨沟县近年陆表植被状况进行了分析。其中使用到的归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)产品是由经过水、云、重气溶胶、以及云阴影掩膜处理的双向大气校正表面反射率计算得来。植被指数可以用于监测全球植被变化和覆盖情况，反映该地区植被覆盖的程度和季节变化。

九寨沟归一化植被指数 NDVI 总体呈现北高南低的纵向分布(图 2)，2019 年植被指数平均值为 0.84，植被生长情况较好。参考张静等[20]的估算方法，利用 NDVI 来估算植被覆盖度，可知九寨沟植被覆盖度基本呈现北高南低的纵向分布，2019 年该地区植被覆盖度高(图 3)。从季节变化来看，春季九寨沟东部 NDVI 值较高，植被长势较好，西部次之；随着天气转暖，九寨沟西部的植被也开始萌发生长，夏季植被长势达到全年最好的状态，NDVI 值明显高于其他季节；冬季植被生长受到一定影响，中北部、西部、西南部等部分地区植被覆盖有所降低，但全年 NDVI 平均值仍处于较高水平，植被覆盖度高，森林植被资源丰富。

#### 4.4. 环境空气优质

九寨沟县环境空气质量自动监测站监测项目包括：二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)、一氧化碳、臭氧、细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)。本文采用《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中各监测指标的分级标准[21]。

2019 年九寨沟县逐月平均环境空气主要污染物监测数据如图 4，二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)、一氧化碳、臭氧、细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)月平均浓度均达标，年平均浓度均达到一级标准，空气质量稳定。

根据《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(试行)[22]关于AQI的分类标准:空气质量指数0~50,空气质量指数类别为优;空气质量指数51~100;空气质量指数类别为良。

AQI月平均值如图5所示,九寨沟县的AQI季节变化不大,月均值在27~49之间波动,最高值和最低值分别出现4月份和10月份,最高值是最低值的接近2倍,但AQI月均值最高的4月监测月平均值也仅为49,按环境空气质量指数(AQI)技术规定空气质量状况应为“优”类别。2019年九寨沟县全年环境空气质量有效监测天数365天,AQI年均值为40,空气质量达“良”及以上天数为365天,环境空气质量优良天数比例为100%,可知九寨沟县具有优质的环境空气质量条件。

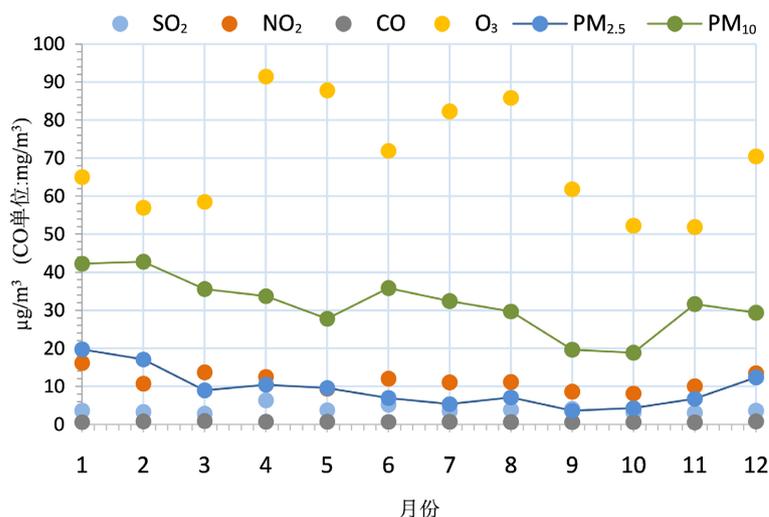


Figure 4. Monthly average of major air pollutants of Jiuzhaigou County in 2019

图4. 九寨沟县2019年环境空气主要污染物月均值

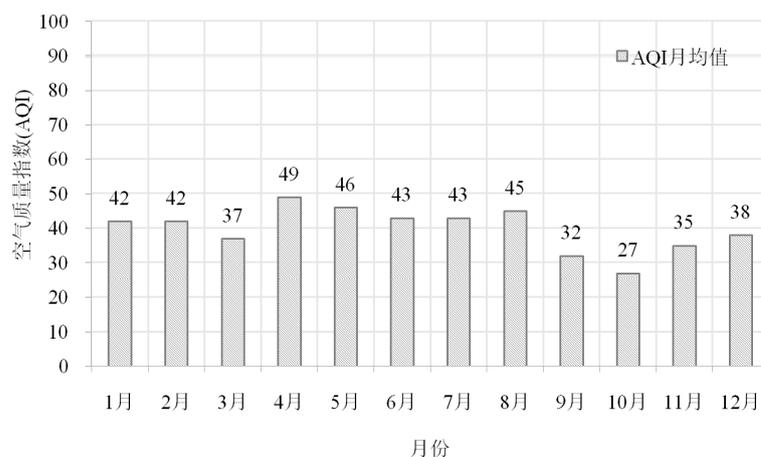


Figure 5. Monthly average of AQI of Jiuzhaigou County in 2019

图5. 九寨沟县2019年AQI月均值

#### 4.5. 旅游资源优越

九寨沟县拥有丰富且优质的旅游资源。全县地处青藏高原岷山山脉南段,因独特的地理位置和生态地质环境演化,塑造了规模宏大、造型特异的旅游风光。包括拥有“世界自然遗产”、“世界生物圈保护区”、“绿色环球21”三项桂冠的九寨沟风景名胜区、国家3A级旅游景区嫩恩桑措(神仙池)景区、甘海子景区、甲勿海景区、白河金丝猴自然保护区、勿角大熊猫自然保护区、中查沟旅游度假区、云顶·秘

境度旅游度假区、世外罗依旅游度假区等。

九寨沟县的交通区位和接待能力较高。全县交通便捷,不仅有九寨黄龙机场可直达,还有国道 G247、G544 线等主要公路直通九寨。县境内拥有九寨天堂洲际酒店、悦榕庄、喜来登等众多高品质酒店,接待能力和旅游服务水平居全省前列。

## 5. 结论和讨论

### 5.1. 结论

1) 九寨沟县属高原湿润气候,年平均气温 13.1℃;年平均降水量 540.8 mm,小雨日数占降水总日数的 73%且以夜雨为主;年日照时数为 1670 h,光照充沛,干湿季分明,雨热资源配置优越。夏季气候清爽,避暑条件显著;春秋温和舒适,适宜休闲度假;冬季风轻不干燥,适宜外出赏冰雪。

2) 九寨沟县人体舒适度达 7 个月(4~10 月),评级为舒适或凉爽舒适;度假气候指数全年达“适宜”级别,其中有 9 个月(4~12 月)达“很适宜”或“特别适宜”级别,全年适游期长。人体舒适度 6~8 月最高,尤其适宜避暑旅游。

3) 九寨沟县森林植被覆盖率高,植被指数年均值为 0.84,且空气质量优良,空气环境污染物监测指标年平均浓度均达到一级标准,全年环境空气质量全年优良率达 100%,有利于游客旅游洗肺,开展户外活动。

### 5.2. 深度挖掘旅游气候资源讨论

1) 九寨沟县人体舒适度高,气象景观丰富,有利于打造“春赏花、夏避暑、秋观叶、冬滑雪”的全年旅游。干湿季分明,空气清新,生态环境优,旅游舒适期长,结合天气天象景观一年四季皆有景。晚春时节雨季逐渐开始,山花开放,由于降雨主要在早晚到夜间,特别适宜白天出行赏花;夏季气候凉爽,人体舒适度最高,且夏季雨后极易出现彩虹等天气景观,是避暑旅游休闲圣地;秋季,芦苇海成片、红叶满;冬季,县域内高海拔地区时常出现蓝冰、冰瀑、雾凇等气象景观。

2) 立足区位优势 and 气候资源优势,充分发挥“中国天然氧吧”、“四川特色气候标志”等当地气象品牌效应,应作为阿坝全域旅游先行地,打造气象旅游新格局。九寨沟在全域发展,绿色崛起,建设世界休闲度假旅游目的地过程中,建议充分考虑地域气候、生态和环境的承载能力,以游客需求为导向,进一步探索精细化生态气象服务产品的开发,为游客提供丰富、周到、沉浸式的旅游服务,打造全域生态旅游典范智慧气象服务典范。

## 参考文献

- [1] 吴章文. 旅游气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [2] 胡毅, 朱克云, 江毓忠. 成都及附近地区旅游气候资源研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2001, 16(4): 237-242.
- [3] 张莹, 马敏劲, 王式功, 尚可政. 中国大陆九大名山风景区旅游气候舒适度评价[J]. 气象, 2013, 39(9): 1221-1226.
- [4] 郭洁. 四川省旅游气候资源开发初探[J]. 四川气象, 2005(4): 31-33.
- [5] 潘星海, 赖雨薇, 李文蜜, 等. 舟山市普陀区海滩旅游气象指数预报研究[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(4): 67-72.
- [6] 杨琳, 崔娜, 陈启忠. 深圳旅游气象条件分析[J]. 广东气象, 2010, 32(3): 46-48.
- [7] 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.
- [8] 李源, 袁业畅, 陈云生, 等. 武汉市人体舒适度计算方法及其预报[J]. 湖北气象, 2000(1): 27-28.
- [9] 彭贵康, 康宁, 等. 青藏高原东坡一座生态优异四季舒适的城市[J]. 高原山地气象研究, 2010, 3(30): 36-42.

- 
- [10] 马联敏, 边庆国, 杨振, 等. 四川省盐源县旅游气候资源分析[J]. 高原山地气象研究, 2013, 33(3): 87-91.
- [11] 陈婷, 孙明, 郭洁, 等. 四川省气象舒适度指数研究[J]. 中国科技纵横, 2015(10): 253-254.
- [12] 牟银杰. 阿坝州大九寨国际旅游区旅游气候资源分析[J]. 四川气象, 2004, 24(3): 29-31.
- [13] 彭林英, 曹金平, 张艳菲, 等. 川西高原若尔盖旅游气候资源及旅游舒适期研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2010, 25(5): 536-541.
- [14] 周永明, 王锡良, 卿光勇. 大九寨风景区旅游适宜度分析与预报[J]. 四川气象, 2007(2): 18-19.
- [15] 张立杰, 张丽, 李磊, 等. 2011年深圳人体舒适度空间分布特征及影响因子分析[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(6): 134-139.
- [16] 陈欣, 唐明松, 黄梅丽, 廖雪萍. 基于四种不同指数的百色市气候旅游资源评估[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 63-67.
- [17] 谢敏, 孙明, 廖雪萍, 李艳兰, 李妍君. 广西马山旅游气候资源评估[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2): 80-85.
- [18] 杨羨敏, 杨彬, 胡淳焱, 等. TCMSA 0008-2018. 养生气候类型划分[S]. 北京: 中国气象服务协会, 2018.
- [19] 吴战平, 范元品. 中国四季康养之都·黔西南州生态气候资源[M]. 北京: 气象出版社, 2020.
- [20] 张静, 朱梦娜, 宋佳佳, 宋辛辛, 王誉璐. 基于归一化植被指数的小浪底库区植被覆盖度时空变化研究[J]. 科学技术创新, 2021(13): 66-69.
- [21] 中国环境科学研究院, 中国环境监测总站. GB 3095-2012. 环境空气质量标准[S]. 北京: 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局, 2012.
- [22] 中国环境监测总站, 中国环境科学研究院, 大连市环境监测中心, 等. HJ 633-2012. 环境空气质量指数(AQI)技术规范(试行)[S]. 北京: 环境保护部, 2012.