

文章编号: 2096 - 5389(2018)05 - 0042 - 05

贵阳地区人体舒适度指数变化特征分析

彭科曼, 陈海凤, 周博扬, 李 扬

(贵州省贵阳市气象台, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:该文利用贵阳市 8 区县国家级地面观测站 1987—2016 年的逐日地面观测资料, 运用统计分析、相关分析、通径分析等方法分析了贵阳地区的气温、相对湿度、风速等气象要素的气候特征, 并对人体舒适度指数的时空分布特征进行了分析, 探讨了各气象要素与人体舒适度指数之间的相关关系。结果表明: ①贵阳地区的气温分布存在南北差异, 南部最高, 中部次之, 北部最低; 贵阳各地每月的平均相对湿度都比较大, 均在 75% 以上; 月平均风速在 1.5 ~ 2.5 m/s 之间, 空间分布差异不大。②4—10 月, 到贵阳各地旅游都较为舒适, 尤其是在夏季(6—9 月), 最为舒适。从空间分布来看, 人体舒适度指数分布为南部 > 中部 > 北部。③人体舒适度指数与气温呈明显的正相关关系, 与相对湿度、风速为负相关关系。其中气温对人体舒适度指数的影响最为显著。

关键词: 气温; 风速; 相对湿度; 通径分析; 人体舒适度

中图分类号: P463.3 **文献标识码:** B

Analysis of variation characteristics of comfort index of human body in Guiyang

PENG Keman, CHEN Haifeng, ZHOU Boyang, LI Yang

(Guiyang Meteorological Observatory, Guiyang 550001, China)

Abstract: Based on the surface observation data of 8 stations in Guiyang from 1987 to 2016, the climatic characteristics of meteorological factors of temperature, relative humidity and wind speed in Guiyang were analyzed by using statistical analysis, correlation analysis and path analysis, and the spatial and temporal distribution of comfort index of human body were also analyzed. The relationship between the various meteorological factors and comfort index of human body were discussed. The results show that: ① There is a north - south difference in temperature distribution in Guiyang, with the temperature reaching the highest in the south, the second in the middle and the lowest in the north; the average monthly relative humidity in Guiyang is more than 75%, and the average monthly wind speed is between 1.5 m/s and 2.5 m/s; the disparity of spatial distribution is not significant. ② The period from April to October is most appropriate to travel around Guiyang, especially in summer (from June to September). The spatial distribution of comfort index of human body presents a descending trend as south, central and north successively. ③ The CIHB index is positively correlated with temperature. and there is a negative correlation between relative humidity and wind speed. Particularly the temperature has the greatest impact on comfort index of human body.

Key words: temperature; wind speed; relative humidity; path analysis; comfort index of human body

收稿日期: 2018 - 03 - 16

第一作者简介: 彭科曼(1991—), 女, 助工, 主要从事短期天气预报工作, E-mail: 493069676@qq.com。

1 引言

人体舒适度是依据人类机体和大气之间的热量交换而确定的一项生物气象指标,是从气象学的角度来评价在不同气候条件下人的舒适程度。它不仅直接影响人们的日常生活,还对旅游、生产等诸多领域都有影响。目前,我国多地的气象部门都对人体舒适度进行了一定的研究,如:石春娥等^[1]深入探究了对于人体舒适度指数的预报;闵俊杰等^[2]对南京地区的人体舒适度指数和气象要素之间的相关关系进行了分析;于庚康等^[3]对江苏地区人体舒适度指数的变化特征进行了研究;赵群剑等^[4]将水城与729个台站的夏季人体舒适度及气温进行比较,发现水城在夏季是全国最凉爽舒适的城市。这些研究说明人们对于人体舒适度的研究非常重视。

贵州的省会城市贵阳是一座“山中有城,城里有山,林在城里,城在林中”的现代化都市,以得天独厚的气候优势,问鼎过“中国十大避暑旅游城市”榜首,荣获过“中国避暑之都”的称号^[5]。贵阳良好的气候资源每年都吸引着大量的中外游客前来游玩,但目前人们对贵阳地区的人体舒适度研究还较少,因此本文通过分析贵阳地区的气候特征、人体舒适度指数的时空分布特征以及各气象要素与人体舒适度指数之间的相关关系,以期能为当地的旅游业发展提供科学的依据,从而为贵阳创造更好的经济效益和社会效益。

2 资料与方法

2.1 资料

本文对贵阳地区8个国家级地面观测站(图1)1987—2016年的逐日地面观测资料来进行分析。根据地理位置将贵阳地区划分为北部、中部和南部3个区域来研究,包含的国家级地面观测站点见表1。

表1 贵阳地区各区域的气象站个数以及站名

Tab.1 The number of stations and their names in Guiyang		
区域	站数/个	站名
北部	3	修文、息烽、开阳
中部	4	清镇、白云、贵阳、乌当
南部	1	花溪

2.2 研究方法

2.2.1 利用统计分析、相关分析等方法来分析气象要素的气候特征以及人体舒适度的时空分布特征。

2.2.2 通径分析法 采用通径分析法来探讨各气

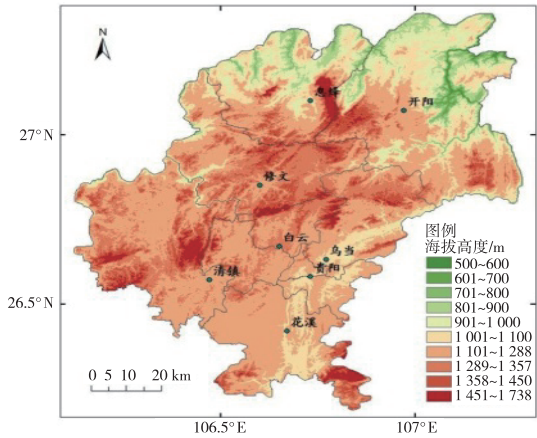


图1 贵阳地区各站点分布图

Fig.1 The distribution of stations in Guiyang

象要素与人体舒适度指数之间的相关关系。

通径分析是建立在多元回归的基础上形成的一种多元统计技术,它把相关系数分解成为直接通径系数与间接通径系数,直接通径系数用来表示某一自变量对因变量的直接效应,间接通径系数是指某一自变量通过其他变量对因变量的间接效应来反映该自变量和因变量之间的关系。

对自变量和因变量进行相关分析,求得相关系数以后,建立通径系数的方程组,通过求解方程组,便可得到各自变量的直接通径系数 a_j ,再计算每一个自变量 x_j 通过其他变量 x_k 对因变量 y 的间接通径系数 $r_{kj}a_k(j \neq k)$ 。

$$a_1 + r_{12}a_2 + r_{13}a_3 = r_1$$
 (1)

$$r_{21}a_1 + a_2 + r_{23}a_3 = r_2$$
 (2)

$$r_{31}a_1 + r_{32}a_2 + a_3 = r_3$$
 (3)

其中 a_j 是直接通径系数; r_{kj} 是各自变量间的相关系数; $r_{kj}a_k$ 是间接通径系数; r_j 是自变量与因变量的相关系数。^[3]

3 贵阳地区的气候特征分析

3.1 气温

根据1987—2016年贵阳地区的月平均气温资料(表2)来看,贵阳地区的气温分布存在南北差异,南部最高,中部次之,北部最低。从各月气温分布来看,每月的平均气温均高于0℃。12月—次年2月的月平均气温较低,均在10℃以下;其中,1月平均气温为全年最低,均低于5℃。3—5月是由冷到热的过渡时期,月平均气温呈线性回升;6—8月的月平均气温均在20~25℃之间,其中7月的平均气温均为全年最高,均高于23℃;9—11月是从热到冷的过渡时期,月平均气温逐月降低。

表 2 1987—2016 年贵阳地区月平均气温 (单位:℃)
Tab. 2 Monthly average temperature in Guiyang from 1987 to 2016 (Unit:℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北部	3.3	5.6	9.5	14.7	18.3	20.9	23.0	22.5	19.5	14.8	10.5	5.5
中部	4.2	6.6	10.4	15.5	18.8	21.3	23.0	22.8	19.9	15.5	11.3	6.4
南部	4.8	7.3	11.1	16.1	19.4	21.8	23.2	22.9	20.2	16.1	11.9	6.9

3.2 相对湿度 阳常受来自孟加拉湾的西南暖湿气流和南海的偏南气流影响有关。其中,全年最湿润的月份为 1 月份。

相对湿度是衡量人体舒适度的指标之一,由表 3 可知,贵阳各地的各月平均相对湿度变化较小,各月的平均相对湿度都很大,均在 75% 以上,这与贵

表 3 1987—2016 年贵阳地区月平均相对湿度 (单位:%)
Tab. 3 Monthly average relative humidity in Guiyang from 1987 to 2016 (Unit:%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北部	87	84	83	81	80	83	80	79	80	85	84	84
中部	83	81	79	78	78	82	80	79	78	82	80	80
南部	83	80	79	78	79	83	83	82	81	83	81	80
全市平均	85	82	81	79	79	82	81	79	79	83	82	81

3.3 风速 代谢。由表 4 可以看出,贵阳各地的月平均风速均分布在 1.5 ~ 2.5 m/s 之间,空间分布差异不大。

风速是影响人体舒适度的另一个指标。一般情况下,吹风能促进热量散失,从而影响人体的热

表 4 1987—2016 年贵阳地区月平均风速 (单位:m/s)
Tab. 4 Monthly average wind speed in Guiyang from 1987 to 2016 (Unit:m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北部	1.8	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.5	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7
中部	2.0	2.3	2.4	2.3	2.2	2.0	2.2	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0
南部	1.9	2.3	2.3	2.3	2.3	2.1	2.3	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8
全市平均	1.9	2.2	2.3	2.3	2.2	2.0	2.3	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8

4 贵阳市人体舒适度指数的特征分布

本文选用了我国气象台站常用的人体舒适度指数经验公式^[6]来进行计算,具体公式为:

$$Z = 1.8T - 0.55(1 - R_H/100)(1.8T - 26) -$$

$$3.2\sqrt{v} + 32$$

其中,Z 是人体舒适度指数,T 是气温(℃),R_H 是相对湿度(%),V 是平均风速(m/s),常数 1.8 是摄氏温度和华氏温度之间的转换系数,常数 -0.55 和 -3.2 是通过试验推导而得到的。该公式将人体舒适度指数划分为 9 个等级(表 5)

4.1 人体舒适度指数的年际变化

从图 2 可以看出,近 30 a 来,全市年平均人体舒适度指数存在着比较明显的年际变化,振荡周期大约是 3 ~ 4 a。从趋势线来看,全市人体舒适度指数呈缓慢上升趋势,上升趋势不是很明显。其中,1987—2007 年呈波动上升趋势,在 1998 年达到峰值,2007—2012 年为下降趋势,2012 年为低谷,2013 年以后又迅速上升。

表 5 人体舒适度指数的等级划分

Tab. 5 The grades of comfort index of human

等级	指数范围	人体感觉
4	> 86	很热,极不适应
3	81 ~ 85.9	热,很不舒适
2	76 ~ 80.9	暖,不舒适
1	71 ~ 75.9	温暖,较舒适
0	61 ~ 70.9	舒适,最可接受
-1	51 ~ 60.9	凉爽,较舒适
-2	41 ~ 50.9	凉,不舒适
-3	20 ~ 40.9	冷,很不舒适
-4	< 20	很冷,极不适应

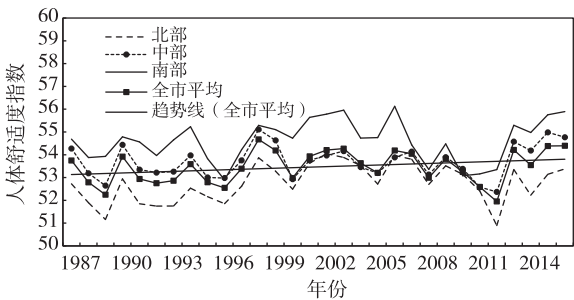


图 2 1987—2016 年贵阳地区人体舒适度指数的年际变化
Fig. 2 The annual variation of comfort index of human in Guiyang from 1987 to 2016

贵阳各地的人体舒适度指数分布大体在 51 ~ 58 之间,属于 -1 等级(凉爽、较舒适)。全市人体舒适度指数南北之间存在着一定的差异,总体来看,南部的人体舒适度指数最高,中部次之,北部最低,其中 2000—2010 年,中北部和全市平均的人体舒适度指数较为接近,与南部差异较大。

4.2 人体舒适度指数的季节变化

从图 3 来看,夏季的人体舒适度指数最高,为 0 等级,是最为舒适的等级,为全年最佳的旅游季节;冬季最低,在 35 ~ 40.9 之间,为 -3 等级(冷,很不舒适);春、秋两季差异不大,均在 51 ~ 60.9 之间,为 -1 等级(凉爽,较舒适)。从空间分布来看,四季中,人体舒适度指数分布为南部 > 中部 > 北部。

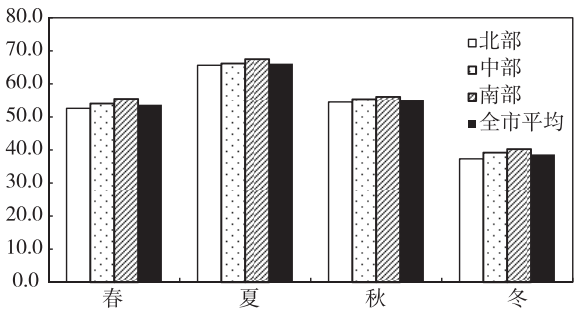


图 3 1987—2016 年贵阳地区人体舒适度指数的季节变化

Fig. 3 The seasonal variation of comfort index of human in Guiyang from 1987 to 2016

4.3 人体舒适度的月际变化

表 6 1987—2016 年贵阳地区人体舒适度指数的月际变化

Tab. 6 The monthly variation of comfort index of human in Guiyang from 1987 to 2016

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北部	35.2	38.8	45.1	53.6	59.4	63.9	66.6	66.4	61.7	54.4	47.3	39.1
中部	36.6	40.5	46.7	54.8	60.2	64.6	67.0	66.8	62.3	55.3	48.5	40.6
南部	37.9	41.7	47.8	55.8	61.1	65.5	67.6	67.4	63.1	56.4	49.5	41.7
全市平均	36.2	40.0	46.3	54.5	60.0	64.5	66.9	66.7	62.2	55.1	48.2	40.2

从表 6 中可以看出,贵阳各区域各月的人体舒适度指数均在 30 ~ 70 之间,其中 1 月人体舒适度指数最低,舒适等级均为 -3,天气较冷,很不舒适,之后,舒适度指数逐月提升,4 月开始,舒适度指数上升到 -1 等级,6—9 月,各区域的舒适等级均为 0,为舒适度最高的月份;10 月以后,各区域的舒适等级又逐月降低。从空间分布来看,也是南部的人体舒适度指数最高,中部次之,北部最低。综上所述,4—10 月,来贵阳各地旅游都较为舒适,尤其是在

6—9 月,贵阳各地的人体舒适度指数为全年最佳,等级为 0,最为舒适。

5 通径分析

由于影响人体舒适度指数的各因子之间相互制约、相互作用,因此本文采用通径分析法来估算气温、相对湿度和风速这 3 个影响因子与人体舒适度指数之间的线性关系。

表 7 人体舒适度指数与各气象要素的通径系数(用年均值计算)

Tab. 7 The path coefficients of comfort index of human and each influence factor

人体舒适度指数	间接通径			直接通径	与人体舒适度指数的相关系数
	平均气温	相对湿度	风速		
平均气温		-0.001 71	-0.045 36	0.993	0.946
相对湿度	-0.425		0.108 36	0.004	-0.312
风速	0.142 992	-0.001 38		-0.315	-0.174

由表 7 可以看出,气温与人体舒适度指数呈明显的正相关关系,相对湿度、风速与人体舒适度指数为负相关关系,3 个影响因子中,气温对人体舒适度指数的影响作用最为显著。从数据可以看出,气温的直接通径系数为 0.993,为正值且绝对值最大,通过相对湿度和风速的间接通径系数均较小,说明气温对人体舒适度指数主要为直接影响,影响最大

且为正效应;相对湿度的直接通径系数比较小,说明相对湿度对人体舒适度指数的直接影响较小,但它通过气温对人体舒适度指数的间接通径系数的绝对值较大,说明相对湿度对人体舒适度指数的负影响主要是通过气温间接产生的;风速的直接通径系数为 -0.315,间接通径系数的总和为 0.141 612,因此风速对人体舒适度指数的影响为负效应。

6 结论

①贵阳地区的气温分布存在南北差异,南部最高,中部次之,北部最低;1 月平均气温为全年最低,均低于 5°C ,7 月平均气温均为全年最高,均高于 23°C 。贵阳各地的各月平均相对湿度变化较小,各月的平均相对湿度都很大,均在 75% 以上。贵阳各地的月平均风速均分布在 $1.5 \sim 2.5 \text{ m/s}$ 之间,空间分布差异不大。

②从年际变化来看,贵阳地区的年均人体舒适度指数大体在 51 ~ 58 之间,属于 -1 等级,比较舒适。从季节变化来看,夏季的人体舒适度指数最高,等级为 0,为全年最佳的旅游季节;冬季的人体舒适度指数最低,等级为 -3;春、秋两季差异不大,比较舒适。从月际变化来看,4—10 月,贵阳各地旅游都较为舒适,尤其是在 6—9 月,贵阳各地的人体舒适度指数为全年最佳,最为舒适。从空间分布来看,人体舒适度指数为南部 > 中部 > 北部。

③气温与人体舒适度指数为明显的正相关关

系,相对湿度、风速与人体舒适度指数为负相关关系,3 个影响因子中,气温对人体舒适度指数的影响作用最为显著。气温对人体舒适度指数主要为直接影响,影响最大且为正效应;相对湿度对人体舒适度指数的直接影响较小,主要是通过气温间接产生负影响;风速对人体舒适度指数的直接影响大于间接影响,且为负影响。

参考文献

- [1] 石春娥,王兴荣,陈晓平,等. 人体舒适度预报方法研究[J]. 气象科学, 2001, 21(3):363-368.
- [2] 闵俊杰,张金池,张增信,等. 近 60 年来南京市人体舒适度指数变化及其对温度的响应[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2012, 36(1):53-58.
- [3] 于庚康,徐敏,于堃,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.
- [4] 赵群剑,朱德贵,刘杰. 六盘水市中心区与 729 个台站夏季人体舒适度及气温比较[J]. 贵州气象, 2009(s1):21-22.
- [5] 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.