

# Study on Human Comfort Degree Classification of Ningbo

Yanying Fang<sup>1\*</sup>, Chengyuan Shao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ningbo Meteorological Service Center, Ningbo Zhejiang

<sup>2</sup>Ningbo Meteorological Safety and Technology Center, Ningbo Zhejiang

Email: \*sjkfyy@163.com

Received: Sep. 10<sup>th</sup>, 2018; accepted: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2018; published: Sep. 29<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

With the use of the observation data of 81 national and mesoscale meteorological station of Ningbo that collected from 2014 to 2016, including mean temperature of day and mean relative humidity of day, comfort degree index was calculated based on the formula of human comfort degree index. Then the index was analyzed with Rotated empirical orthogonal function (REOF). The result indicates that spring and autumn can be divided into 2 zones and summer and winter can be divided into 3. From the nationwide point of view the number is 2. It shows obvious change of comfort degree with the change of season, the index reaches highest in summer and lowest in winter, and the mean number of autumn ranges from 61 to 71, at which humans feel most comfortable.

## Keywords

Comfort Degree Index, REOF, Season Change

---

# 宁波市人体舒适度等级分类研究

方艳莹<sup>1\*</sup>, 邵程远<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宁波市气象服务中心, 浙江 宁波

<sup>2</sup>宁波市气象安全技术中心, 浙江 宁波

Email: \*sjkfyy@163.com

收稿日期: 2018年9月10日; 录用日期: 2018年9月22日; 发布日期: 2018年9月29日

---

## 摘要

用2014到2016年宁波市81个国家站和中尺度站的观测资料, 包括日平均气温、日平均相对湿度, 基于

\*通讯作者。

文章引用: 方艳莹, 邵程远. 宁波市人体舒适度等级分类研究[J]. 地球科学前沿, 2018, 8(5): 997-1002.

DOI: 10.12677/ag.2018.85109

人体舒适度指数公式得到舒适度指数, 并采用旋转经验正交分解(EOF)的方法进行分析, 可以得出春季和秋季有2个变化区, 夏季和冬季有3个变化区, 全年可分为2个变化区; 宁波市的舒适度有明显的季节变化, 夏季的舒适度指数最高, 冬季最低, 秋季平均舒适度指数基本在61~70, 舒适, 人最可接受。

## 关键词

舒适度指数, 旋转经验正交分解, 季节变化

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

人体舒适度是以人类机体与周围环境之间热量交换原理为基础, 从气象角度评价人在不同环境气象条件下舒适感的一项生物气温指标, 其在城市环境气象服务中具有重要地位[1]。目前我国已广泛开展了人体舒适度的预报和研究工作, 如徐大海等详细分析了体表温度、舒适指数和着衣指数[2]; 陈胜军等针对海岛旅游特点提出了“宜人频率”的概念[3]; 张德山等根据北京气候特点制定了北京市高温中暑4级标准和相应体系[4]; 严明良等提出了环境气象指数和人体舒适度指数的7种设计方法[5]; 谈建国在绝对舒适度指数上又开发了衡量夏季暑热程度的相对舒适度指数[6]; 吴兑[7]的研究指出, 目前的几十种人体舒适度预报公式实际上都是生物气温指标的各种变形, 并讨论了它们之间的差异和适用性; 柏泰凤等[8]计算了中国20座旅游城市的人体舒适度指数, 并划分各月舒适度区域和各区; 丁焯毅等对宁波东钱湖旅游天气舒适度指数进行过分级研究[9]; 杨成芳通过 EOF 方法对山东省人体舒适度进行过分类研究分析[10]。

宁波地处我国东南沿海, 但受海洋和大陆共同的影响, 同一天气系统影响时, 各地产生的天气也可能有不同, 导致各地区人体舒适度的分布有差异; 同时, 宁波属于亚热带季风气候, 温和湿润, 四季分明, 地形也较复杂。本文旨在对宁波市人体舒适度等级进行分类研究, 从而可以更深入地了解宁波地区舒适度特征分布, 同时也是促进行业标准发展的基础性研究。

## 2. 资料和方法

人体舒适度指数是在考虑了气温、湿度和风速等气象要素的综合作用后, 人体对大气环境的舒适程度的一种指标。人体舒适度指数的等级划分按照表1采用9级分类法, 该分类法考虑了宁波地形西高东低的地形特征和四季分明的气候特征, 表中舒适度级别的绝对值越大, 则人体感觉越不舒适, 绝对值越小, 则人体感觉越舒适。本文借鉴由 Tom 提出, Bosen 进一步发展的人体舒适度指数公式[10],

$$Et = Td - 0.55(1 - RH)(Td - 58) \quad (1)$$

式中  $Et$  为舒适度指数,  $Td$  为干球温度( $^{\circ}F$ ),  $RH$  为相对湿度,  $Td(^{\circ}F) = Td(^{\circ}C) \times 9/5 + 32$ , 经研究该公式比较适合用于江淮及南方地区。

使用的资料为2014到2016年宁波市81个国家站和中尺度站的观测资料, 包括日平均气温、日平均相对湿度90(表1)。我们将该公式得到的人体舒适度指数采用旋转经验正交分解(EOF)的方法进行分析, 根据各旋转主分量荷载向量的空间分布以及其间的相关性, 将气候要素变化相同的地区划为一区, 提高分析的客观性和准确性[11]。

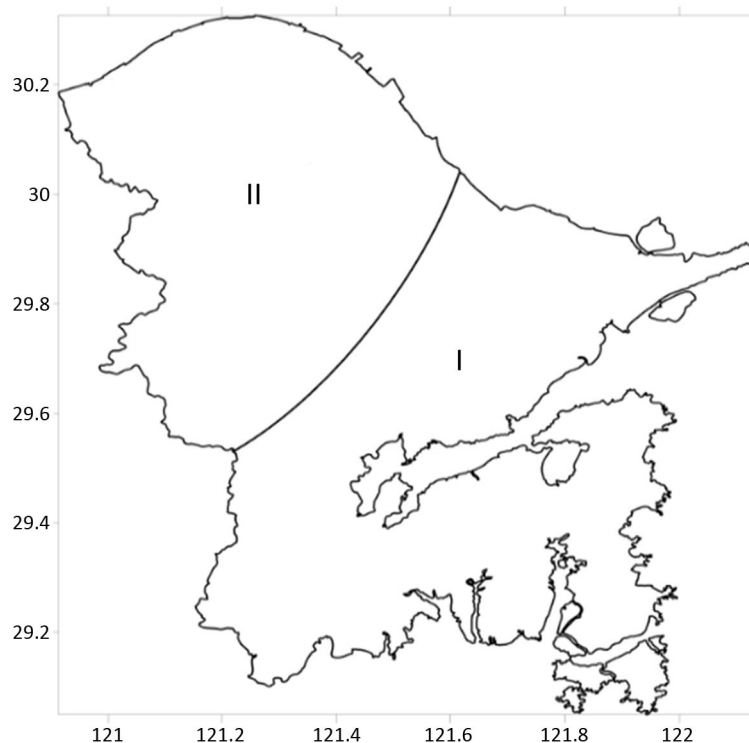
## 2.1. 宁波地区人体舒适度的 REOF 分析

根据分析可得, 宁波地区春季(3~5月)的舒适度有两个荷载量场, 其相对方差贡献率分别为 45.6% 和 28.1%, 因此春季的舒适度可分为 2 个变化区。夏季(6~8月)的舒适度有三个荷载量场, 其相对方差贡献率分别为 41.9%、20.7% 和 19.3%, 因此夏季的舒适度可分为 3 个变化区。秋季(9~11月)的舒适度有三个荷载量场, 其相对方差贡献率分别为 32.5%、23.1% 和 18.6%, 因此秋季的舒适度可分为 3 个变化区。冬季(12~2月)的舒适度有两个荷载量场, 其相对方差贡献率分别为 50.9% 和 35.7%, 因此冬季的舒适度可分为 2 个变化区。年舒适度有两个荷载量场, 其相对方差贡献率分别为 44.1% 和 27.4%, 因此全年的舒适度可分为 2 个变化区(图 1)。

**Table 1.** Classification of the comfortable degree

**表 1.** 舒适度等级分类

舒适度指数	级别	感觉
>85	4 级	很热, 人感觉极不适应。
81~85	3 级	热, 人感觉很不舒适。
76~80	2 级	暖, 人感觉不舒适。
71~75	1 级	温暖, 人感觉较舒适。
61~70	0 级	舒适, 人最可接受。
51~60	-1 级	凉爽, 人感觉较舒适。
41~50	-2 级	凉, 人感觉不舒适。
20~40	-3 级	冷, 人感觉很不舒适。
<20	-4 级	很冷, 人感觉极不适应。



**Figure 1.** Annual comfortable degree partition of Ningbo

**图 1.** 宁波市全年人体舒适度分区

## 2.2. 宁波地区人体舒适度的季节分析

每个季节舒适度有周期性的变化, 将宁波按照经纬度划分为 5 个区域(图 2)。

具体经纬度划分见表 2。

对 5 个区域从 2014 年到 2016 年的逐日舒适度数据按照季节进行分析, 可以看到明显的季节变化(图 3), 夏季的舒适度指数最高, 冬季最低, 2016 年冬季舒适度指数略偏高可能由于数据只包含了 2014 年 1 月~2016 年 12 月的数据, 即 2016 年冬季只有 12 月的数据, 2014 年春季的舒适度指数包括 2014 年 3 月~5 月。

夏季由于气温高, 湿度大, 季度平均舒适度指数全年最高, 达到 2 级, 其中部分天数的日舒适度指数在 80 以上, 达到 3 级, 热, 人感觉很不舒适, 容易过度出汗, 甚至 4 级, 很热, 热调节功能障碍, 人感觉极不适应。在我们划分的 5 个区域中, 区域 5 的指数最高, 这一区域主要包括的地区是慈溪和余姚,

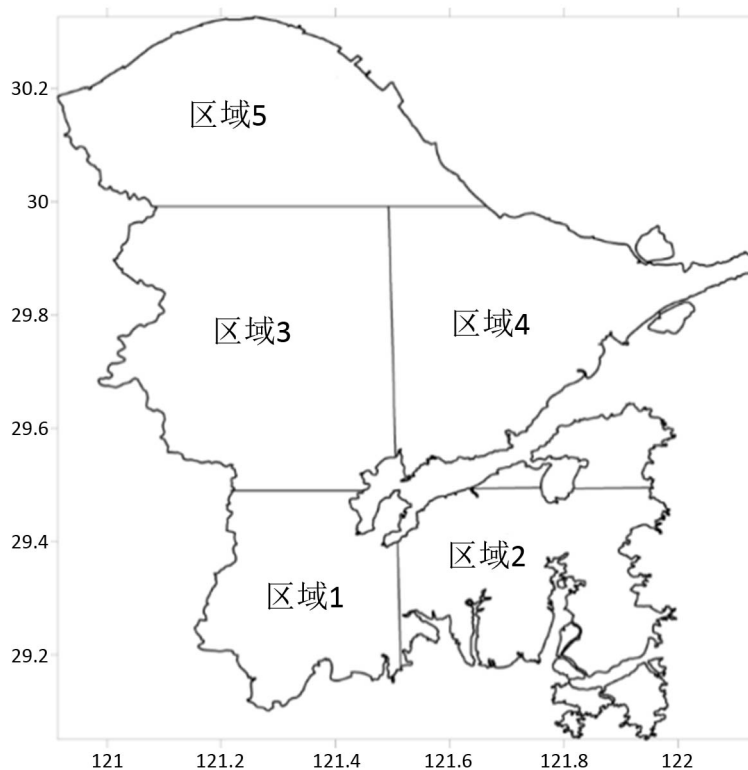


Figure 2. Region range of comfortable degree periodic change  
图 2. 舒适度周期性变化区域范围

Table 2. Comfortable degree range divided by latitude and longitude  
表 2. 以经纬度划分的舒适度范围

	经度范围	纬度范围
区域 1	121.49°E 及以西	29.49°N 以南
区域 2	121.5°E 及以东	29.49°N 以南
区域 3	121.49°E 及以西	29.5°N~29.99°N
区域 4	121.5°E 及以东	29.5°N~29.99°N
区域 5	-	30°N 及以北

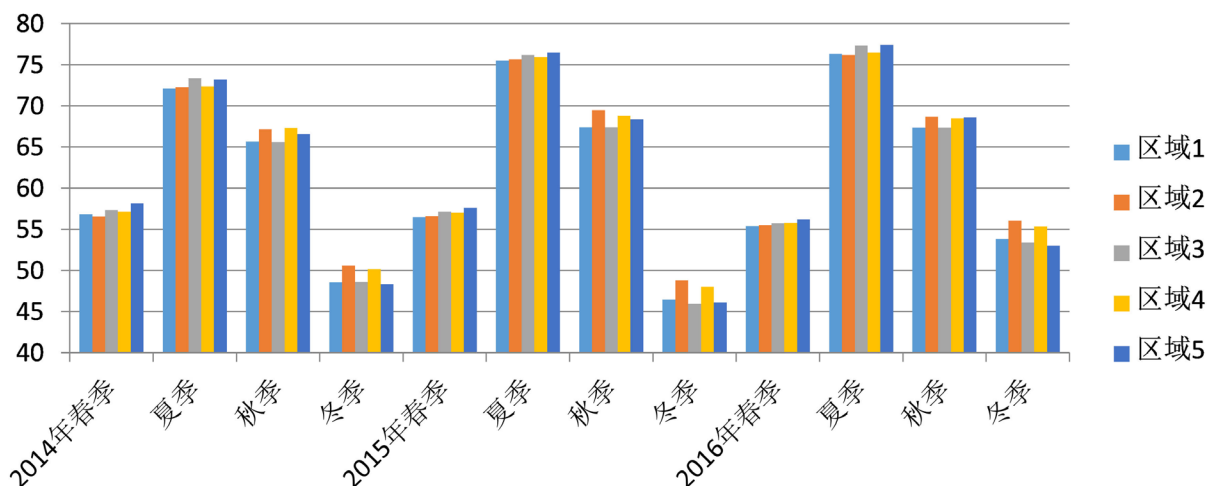


Figure 3. Seasonal comfortable degree index of 5 regions

图 3. 5 个区域不同季节舒适度指数

根据常年历史统计发现, 这两个地区夏季的最高气温总体较其他地方高; 舒适度指数较低的是区域 1、区域 2 以及区域 4, 这三个区域主要是宁海、象山和北仑, 靠近海洋, 夏天多东南风, 气温相对较低, 并有多个清凉景点, 这对夏季舒适度指数有一定的降低影响, 因此总体上考虑这三个区域在夏季较其他地方舒适。

冬季气温低, 湿度小, 舒适度指数全年最低, 多为 15 以下, 区域 5 的慈溪余姚地区, 在宁波的最北边, 最先受到冷空气的影响, 且北边为杭州湾, 冷空气受摩擦作用影响小, 因此气温要偏低一些, 区域 2 和区域 4 靠海边较近, 在我国的东南部, 冬季气温略高于我市其他区县市, 因此冬季这两个区域的舒适度指数高一些。

春季总体上比较舒适, 季度平均舒适度指数基本在 55~60 的范围内, -1 级, 凉爽, 人感觉较舒适, 主要由于春天冷空气仍较频繁, 但西南气流也可开始活跃起来, 天气变化较快, 气温起伏较大; 秋季较春季舒适度指数高, 我市多为大陆高压控制, 常出现秋高气爽的天气, 季度平均舒适度指数基本在 61~70 的范围内 0 级, 舒适, 人最可接受。

### 3. 总结与讨论

本文利用 2014~2016 年宁波市 81 个国家站和中尺度站的常规气象观测数据以及非常规气象观测资料, 通过 REOF 分析, 得到了宁波地区舒适度分区; 并分析其季节变化。主要结论如下:

1) 春季(3~5 月)的舒适度可分为 2 个变化区, 夏季(6~8 月)的舒适度可分为 3 个变化区, 秋季(9~11 月)的舒适度可分为 3 个变化区, 冬季(12~2 月)的舒适度可分为 2 个变化区。年舒适度有两个变化区。

2) 宁波市的舒适度有明显的季节变化, 夏季的舒适度指数最高, 冬季最低。夏季由于气温高, 湿度大, 季度平均舒适度指数全年最高, 达到 2 级, 其中部分天数的日舒适度指数在 80 以上, 达到 3 级, 热, 人感觉很不舒适, 容易过度出汗, 甚至 4 级, 很热, 热调节功能障碍, 人感觉极不适应; 冬季气温低, 湿度小, 舒适度指数全年最低, 多为 15 以下; 春季总体上比较舒适, 季度平均舒适度指数基本在 55~60 的范围内, -1 级, 凉爽, 人感觉较舒适; 秋季较春季舒适度指数高, 我市多为大陆高压控制, 常出现秋高气爽的天气, 季度平均舒适度指数基本在 61~70 的范围内 0 级, 舒适, 人最可接受。

### 基金项目

宁波市气象科技计划青年项目(NBQX2014004C)资助。

## 参考文献

- [1] 刘梅, 于波. 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): 11-18.
- [2] 徐大海, 朱蓉. 人对温度、湿度、风速的感觉和着衣指数的分析研究[J]. 应用气象学报, 2000, 11(4): 430-439.
- [3] 陈胜军, 樊高峰, 郭力民. 浙江海岛休闲旅游适宜时段研究[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 720-723.
- [4] 张德山, 邓长菊, 尤焕苓, 等. 北京地区中暑气象指数预报与服务[J]. 气象科技, 2005, 33(6): 574-576.
- [5] 严明良, 沈树勤. 环境气象指数的设计方法探讨[J]. 气象科技, 2005, 33(6): 583-588.
- [6] 谈建国. 衡量上海夏季暑热程度的相对舒适度指数研究[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 213-218.
- [7] 吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论[J]. 气象科技, 2003, 31(6): 370-372.
- [8] 柏泰凤, 霍治国, 贺楠, 等. 中国 20 座旅游城市人体舒适度指数分析[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1607-1612.
- [9] 丁焯毅, 黄鹤楼, 胡波, 等. 东钱湖微气候旅游天气舒适度指数分析[C]//第 28 届中国气象学会年会. 厦门: 中国气象学会, 2011: 1-5.
- [10] 杨成芳. 山东省人体舒适度的 REOF 分析[J]. 气象科学, 2006, 26(1): 103-109.
- [11] 熊亚丽, 周亚军, 刘燕, 等. 广州市环境气象预报系统[J]. 广东气象, 2004(3): 23-24.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)