

中国人类生物气候区划初探

张苏平¹⁾

张 文

(山东省气象科学研究所, 济南 250031) (山东农业管理干部学院)

提 要

为研究气温、湿度、风速和太阳辐射对人体冷热感的综合影响, 利用有效温度和风冷指数以及我国 657 个气象站 30 年的气候资料, 做了中国人类生物气候区划。结果表明, 我国冬季大致可分为 27 个生物气候区, 夏季一般可分为 20 个生物气候区。区划结果对旅行、定居、城市建设、军事行动等人类活动有参考价值。

关键词: 人类生物气象 生物气候区划 有效温度 风冷指数

引 言

近几十年来, 随着人口的增长, 经济的发展, 气候对人类活动的影响越来越得到世界各国的重视。人类生物气候区划, 即: 根据人对气候感觉的舒适程度进行分类, 也得到相应的发展。Terjung (1966)^[1] 用舒适指数 (Comfort Index) 对美国本土进行了生物气候分类。Steadman (1979)^[2] 给出美国和加拿大的视温图。Rubinstein 等 (1980)^[3] 用不适指数 (Discomfort Index) 对以色列的气候进行了分类。Giles 和 Balafoutis (1984)^[4] 用焓分析了希腊的气候。Smithson (1984)^[5] 用冷却力 (Cooling Power) 分析了挪威的北极地区。加拿大气候中心已出版发行了数种特殊气候图, 包括各种室外休息、娱乐的适宜天气气候条件。1986 年由 WMO、WHO、UNEP 联合召开的“气候与人类健康”国际会议上, 人类生物气候区划是主要议题之一^[6]。

人类对气候环境的舒适或不舒适感觉, 是进行人类生物气候区划的主要依据之一。人类生物气象学中对冷热的划分, 是在大量调查、实验和统计的基础上完成的。冷一般指

即使穿了衣服也感到冷, 凉指穿上适当的衣服可感觉舒服, 暖指适当地减少衣着可不感到热, 热指即使不穿衣服也感到热。

1 区划的意义

人类生物气候区划的意义在于其实用性。Terjung (1966)^[1] 曾对此进行了详尽的论述。随着社会的发展, 人类的活动空间越来越大。如果你要到一个新地方, 必须了解当地的气候状况, 才能知道准备什么行装。例如, 夏季去吐鲁番, 根据气候资料得知, 当地 7 月平均最高气温为 39.9℃, 平均最低气温 25.1℃, 这些数字说明什么? 能从中感到有多热吗? 如果换一种说法, 白天非常热 (不穿衣服也感到很热), 伴有令人极难忍受的灼热风; 夜间不太热, 伴有暖风, 你就会有身临其境的感觉。你就会知道应该如何准备行装, 预防什么危险或疾病。另外, 人类生物气候区划对于房屋设计、城市规划布局、土地使用、旅游、体育活动乃至军事行动都有重要的参考价值。

2 区划的方法和标准

人类的冷热感取决于人体的产热-散热

1) 山东省气象科学研究所黄荣同志协助部分资料工作。

平衡。根据热力学基本定律,人体和环境的热交换可用下式表示:

$$M = \pm S + E \pm R \pm C$$

其中, M 是代谢产热率,总是正值。 S 是储热率,当人体产热和散热相等时, $S=0$,若产热多于散热, $S>0$,导致人体感到热,反之,人体不感到热。 E 是蒸发散热率,一般为正值, R 是辐射散(吸)热率, C 是对流散(吸)热率。当皮肤温度高于环境气温时, R 和 C 为正,低于环境气温时则为负。影响蒸发、辐射、对流散热的主要气象因子是气温、湿度、风速和太阳辐射。因此,这4个气象因子直接影响着人类机体的热平衡。

2.1 有效温度 T_E 方法

人类生物气候区划的方法有多种。研究表明,有效温度 T_E (Effective Temperature) 最适合于大范围的生物气候分类(Hentschel 1987)^[7],本文用 T_E 进行一级气候区划。表达式为:

$$T_E = t_a - 0.4(t_a - 10)(1 - r/100)$$

其中 t_a 为气温,单位: $^{\circ}\text{C}$, r 为相对湿度。 T_E 反映气温和湿度的综合效应。表1给出了在不同气温和湿度条件下 T_E 的值。可以看出,当气温偏高(低)时, T_E 与气温相差甚大,在极端情况下,差别可达 10°C 以上。气温偏低时($t_a < 10^{\circ}\text{C}$),干空气的 T_E 值比湿空气的高,即人感觉干空气较暖;气温偏高时($t_a > 10^{\circ}\text{C}$),干空气的 T_E 值比湿空气的 T_E 值低,即干空气比湿空气凉爽。这与人的实际感觉非常吻合。冬天湿度大时,感到特别冷;而夏天湿度大时,则感到特别闷热。Hentschel^[7]给出用 T_E 值表达的人的主观感觉。本文即以此做为一级区划的标准(表2)。

表1 不同相对湿度下有效温度 $T_E/^{\circ}\text{C}$ 的值

$t_a/^{\circ}\text{C}$	-20	-10	0	10	20	30	40	50
相对湿度 %								
80	-17.6	-8.4	0.8	10.0	19.2	28.4	37.6	46.8
50	-14.0	-6.0	2.0	10.0	18.0	26.0	34.0	42.0
20	-10.4	-3.6	3.2	10.0	16.3	23.6	30.4	37.2

表2 一级气候区划指标

气候区	$T_E/^{\circ}\text{C}$	大多数人感觉
I	>30	非常热
II	24—30	中等程度热
III	18—24	暖
IV	12—18	温和
V	6—12	凉
VI	0—6	稍冷
VII	0—-12	冷
VIII	-12—-24	很冷
IX	-24—-30	始有冻伤危险
X	<-30	冻伤危险增大

2.2 风冷指数 K_0 方法

必须指出, T_E 原本是用来表示热负荷的,它仅包含了气温和湿度的综合效应。按前所述,还应考虑风速和太阳辐射的作用。因此,引用风冷指数(Wind-Chill Index)^[8]进行二级区划。其表达式为:

$$K_0 = (\sqrt{100V} + 10.45 - V)(33 - t_a)$$

其中 K_0 是风冷指数,表示在不考虑蒸发的情况下,在完全遮荫处,大气的冷却能力,单位是 $\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, V 是风速,单位是 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, t_a 是气温,单位是 $^{\circ}\text{C}$ 。考虑太阳辐射效应,白天要对 K_0 进行订正。在有阳光的情况下,风冷力减弱值平均为 $200 \text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[9]。这样,就包括了影响人类冷热感的4个最主要的气象因子。Terjung^[1]给出不同风冷指数下人体的感觉和反应。本文以此做为二级区划的标准(表3)。

表3 二级气候区划指标

气候区	风冷指数 $K_0/\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	大多数人的感觉
A	>1400	裸露皮肤冻伤
B	1400—1200	极度寒冷的风
C	1200—1000	很冷的风
D	1000—800	冷风
E	800—600	稍冷的风
F	600—300	凉风
G	300—200	舒适的风
H	200—50	暖风
I	50—-80	中性的风 ¹⁾
J	-80—-160 ²⁾	热风
K	-80—-160 ³⁾	令人难忍的热风
L	-80—-160 ⁴⁾	令人极难忍的热风

注: 1) 风冷却力与太阳辐射增暖抵消; 2) 气温 $30-32.8^{\circ}\text{C}$; 3) 气温 $32.8-35.5^{\circ}\text{C}$; 4) 气温 $>35.5^{\circ}\text{C}$ 。

3 资料及计算方法

采用气象出版社出版的《中国地面气候资料(1951—1980)》，共计 657 个站的数据。计算 T_E 时，用月平均最高气温和月平均相对湿度表示白天的情况，用月平均最低气温和月平均相对湿度表示夜间的情况。计算 K_0 时，用月平均最高气温、月平均风速表示白天的情况，用月平均最低气温、月平均风速表示夜间的情况。白天还要用月平均日照时数和月平均日照百分率对 K_0 进行订正。订正步骤如下：

- (1) 用公式计算 K_0 ；
- (2) 用月日照时数和月日照百分率计算平均昼长 y ；
- (3) 整个白天的风冷指数为 $K'_0 = K_0 \times y$ ；
- (4) 有日照时，风冷指数的减小值为 $K''_0 = 200 \times \text{月日照时数} / \text{月日数}$ ；
- (5) 白天每小时风冷指数为 $K''_0 = (K'_0 - K''_0) / y$ 。

白天与夜间的冷热差别对人类活动有很大影响。因此，在进行人类生物气候区划时，应考虑这一点。为便于表达和记忆，本文用阿拉伯数字表示昼夜相差的程度，数字越大，差别越大。例：一级区划指标 I_0 表示白天夜间一样，都是“非常热”； I_1 表示夜间比白天差（凉）一个等级，为“中等程度热”； I_2 则表示夜间比白天差两个等级，为“暖”。二级指标与一级指标类似，如 G_2 表示白天为“舒适的风”，夜间比白天差两级为“稍冷的风”，以此类推。等级排序参见表 2、表 3。

4 区划结果

由图 1a 可看出，1 月份白天我国大致可分成 6 个区，自北向南依次为很冷、冷、稍冷、凉、温和、暖。海南岛以及滇西南为暖，西沙群岛一带 T_E 已达 24°C ，这是感到热的临界值。最冷的地区在东北北部，即使在白天，人也感到非常寒冷。冷区的范围基本在 40°N 以北。黄河流域一般为稍冷，而长江流域为凉。青藏高原因海拔高，也在冷区内。1 月份

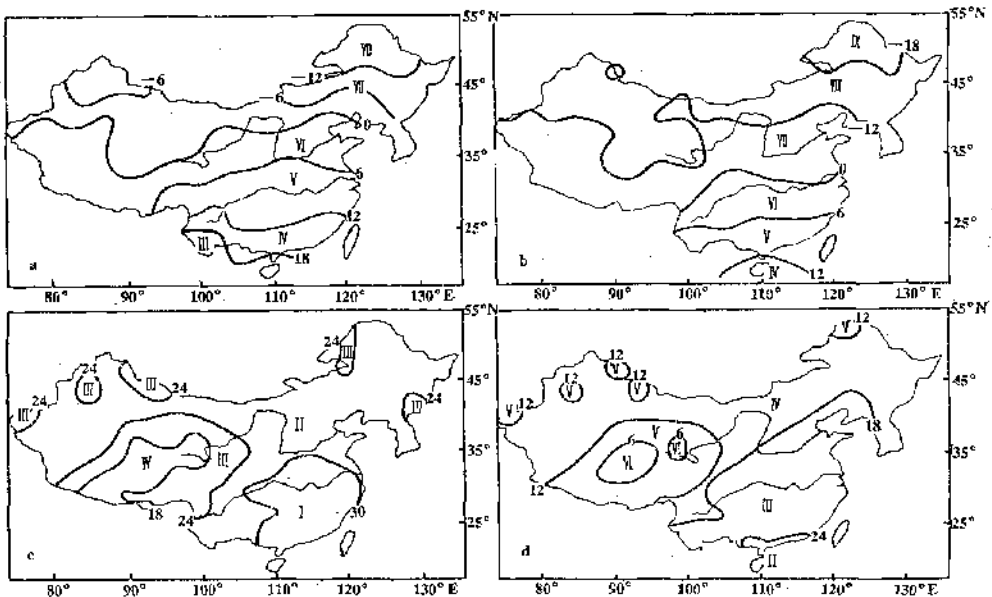


图 1 1 月和 7 月有效温度 $T_E/^\circ\text{C}$ 的分布
a. 1 月白天, b. 1 月夜间, c. 7 月白天, d. 7 月夜间

夜间大致也是6个区(图1b),但向冷方进了一个等级;如果白天为凉,夜间则为稍冷;白天为稍冷,夜间则为冷。在大小兴安岭以及新疆富蕴、青河一带出现了有冻伤危险的极寒冷天气。苏北淮北平原的寒冷程度与黄河中下游平原相当。冬季生物气候划分刚好与影响气候的主要山脉的分布基本吻合。如,白天,天山山脉以北为冷或很冷,天山以南则为稍冷;秦岭为稍冷和凉的分界线;凉和温和的分界线为南岭。夜间,秦岭成为冷和稍冷的分界线;南岭是稍冷和凉的分界线;而天山则是很冷和冷的分界线。

7月份白天我国东部大部分地区 T_E 值在 30°C 以上(图1c),人会感到非常热。特别是湘、赣、鄂及两广的部分地区, T_E 已在 32°C 以上。在 $T_E > 30^\circ\text{C}$ 的情况下,人的体力、精力会出现明显的下降,同时,情绪烦躁、心理紊乱也会显著增加^[7]。值得一提的是素有“火洲”之称的吐鲁番,虽然7月平均最高气温达 39.9°C ,遥居全国之冠,但 T_E 的值却与湘、赣等地差不多,为 32°C ,这是空气极度干燥所致。塔里木、准噶尔、柴达木等干旱地区

也存在这种情况。用克拉玛依、吐鲁番和冷湖分别代表准噶尔、南疆和柴达木三大干旱盆地,用南昌、长沙和昆明代表南方高湿地区,可见吐鲁番平均最高气温比南昌、长沙高 6°C ,但 T_E 却一样,为 31.6°C ,克拉玛依和冷湖的平均最高气温分别与长沙、昆明差不多,但 T_E 值却比后者低好几度(表4)。另外,受海水调节影响,从福建沿海到辽东半岛都属于中等程度的热。夜间 T_E 值降低幅度不一(图1d)。干旱地区明显,湿润地区则不明显。吐鲁番 T_E 仅为 21°C ,与山东半岛的冷热程度一样,比长江中下游等地低 $2-3^\circ\text{C}$,比广东南部及海南低 4°C 。

表4 7月干旱地与高湿地区 T_E 比较

站名	$T_G/^\circ\text{C}$	$r/^\circ\text{C}$	$T_E/^\circ\text{C}$
克拉玛依	33.5	32	27.1
吐鲁番	39.9	31	31.6
冷湖	24.8	31	20.7
南昌	34.0	75	31.6
长沙	34.0	75	31.6
昆明	24.0	83	22.4

注: T_G, r 分别为平均最高气温、平均相对湿度。

将图1a、b和图1c、d分别综合,得出1月和7月的一级人类生物气候区划(图2、3中实

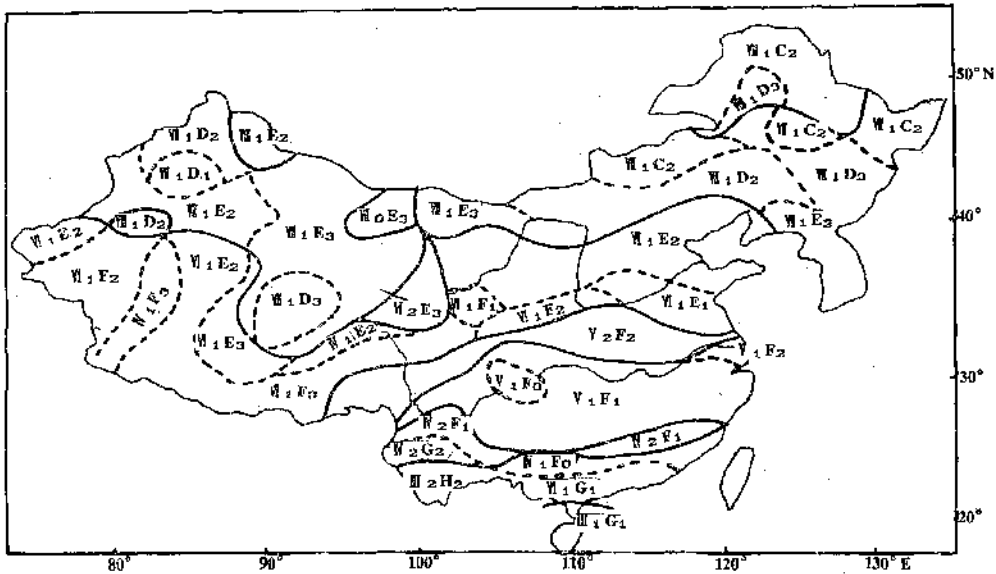


图2 1月人类生物气候区划图

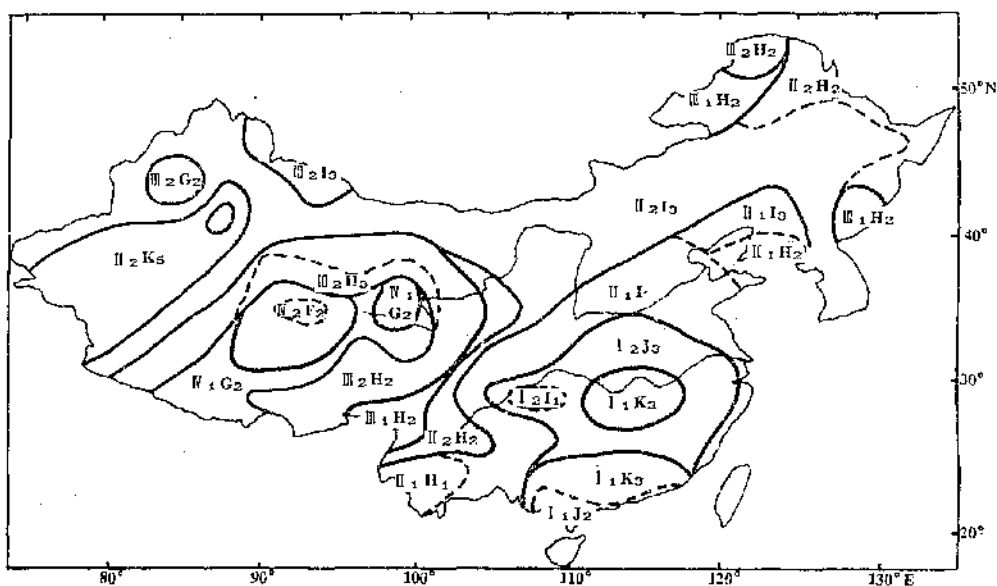


图3 7月人类生物气候区划图

表5 1月份人类生物气候区划

线所作的区划);用风冷指数 K_0 作二级人类生物区划(图2、3中虚线所作的区划)。

将 T_E 为指标的一级区划和 K_0 为指标的二级区划进行组合,便得到人类生物气候综合区划。1月和7月的区划结果见表5、6和图2、3。

区划中罗马字I、II、III、IV、V、VI、VII为一级区划代码,指标见表2,英文字母A、D、E、F、G、H、I、J为二级区划代码,指标见表3。右下角的数字分别表示 T_E 昼夜温度级差和 K_0 风冷指数级差。0为昼夜等级相当,1为昼夜差1级,2为昼夜差2级……余类推。

5 小结

5.1 生物气候区划的意义在于其实用性,可以给人身临其境的感觉。

5.2 对人冷热感影响最大的气象因子是气温、湿度、风速和太阳辐射。因此,本文用了两个人类生物气象学指标进行气候区划,并用日照因子对白天进行订正。

5.3 我国冬季大致可分成27个、夏季可分为20个人类生物气候区。必需指出,气候区的中心地带之间也许差异明显,但边缘地区的差异则不很明显。

一级区划			二级区划		
代码	白天	夜间	代码	白天	夜间
VI ₁	很冷	冻伤	VI ₁ C ₂	很冷的风	冻伤皮肤
			VI ₁ D ₃	冷风	冻伤皮肤
			VI ₁ E ₃	稍冷的风	很冷的风
VI ₁	冷	很冷	VI ₁ C ₂	很冷的风	冻伤皮肤
			VI ₁ D ₃	冷风	冻伤皮肤
			VI ₁ D ₂	冷风	极冷的风
			VI ₁ D ₁	冷风	很冷的风
			VI ₁ E ₃	稍冷的风	极冷的风
			VI ₁ E ₂	稍冷的风	很冷的风
VI ₀	冷	冷	VI ₀ E ₃	稍冷的风	极冷的风
VI ₂	稍冷	很冷	VI ₂ E ₃	稍冷的风	极冷的风
VI ₁	稍冷	冷	VI ₁ E ₃	稍冷的风	极冷的风
			VI ₁ E ₂	稍冷的风	很冷的风
			VI ₁ E ₁	稍冷的风	冷风
			VI ₁ F ₃	凉风	很冷的风
			VI ₁ F ₂	凉风	冷风
			VI ₁ F ₁	凉风	稍冷的风
V ₂	凉	冷	V ₂ F ₂	凉风	冷风
V ₁	凉	稍冷	V ₁ F ₂	凉风	冷风
			V ₁ F ₁	凉风	稍冷的风
			V ₁ F ₀	凉风	凉风
IV ₂	温和	稍冷	IV ₂ F ₁	凉风	稍冷的风
			IV ₂ G ₂	舒适的风	稍冷的风
IV ₁	温和	凉	IV ₁ F ₀	凉风	凉风
			IV ₁ G ₁	舒适的风	凉风
III ₂	暖	凉	III ₂ H ₃	暖风	凉风
III ₁	暖	温和	III ₁ G ₁	舒适的风	凉风

表6 7月份人类生物气候区划

一级区划			二级区划		
代码	白天	夜间	代码	白天	夜间
I ₁	很热	热	I ₁ K ₃	热风难忍	暖风
			I ₁ J ₂	热风	暖风
			I ₂ L ₄	热风极难忍	暖风
I ₂	很热	暖	I ₂ J ₃	热风	舒适的风
			I ₂ I ₁	中性风	暖风
			I ₂ I ₂	中性风	舒适的风
I ₃	热	暖	I ₃ I ₃	中性风	凉风
			I ₃ H ₁	暖风	舒适的风
			I ₃ H ₂	暖风	凉风
I ₄	热	温和	I ₄ K ₅	热风难忍	凉风
			I ₄ I ₃	中性风	凉风
			I ₄ H ₂	暖风	凉风
I ₅	暖	温和	I ₅ H ₂	暖风	凉风
			I ₅ I ₃	中性风	凉风
			I ₅ H ₂	暖风	凉风
I ₆	暖	凉	I ₆ H ₃	暖风	稍冷的风
			I ₆ G ₂	舒适的风	稍冷的风
			I ₆ G ₂	舒适的风	稍冷的风
N ₁	温和	凉	N ₁ G ₂	舒适的风	稍冷的风
			N ₂ G ₂	舒适的风	稍冷的风
			N ₂ F ₂	凉风	稍冷的风

5.4 本文中采用的划分标准来自欧美国国家。由于人的冷热感与种族、生活习惯、文化传统等因素有关,这些划分标准对中国人来讲或许略有差异。另外,山区、沙漠、戈壁等人烟稀少区缺乏气候资料,对这些地区的划分结果

应慎重对待。

参考文献

- 1 Terjung, W. H. Physiologic climates of the conterminous United States, A Bioclimatic classification based on man. *Physiol. Climates*, 1966, 141—179.
- 2 Steadman, R. G. The assessment of sultriness. *J. Appl. Met.* 1979, 18: 861—885.
- 3 Rubinstein, M., Granor, E. and G. Ohrig. Areal distribution of the discomfort index in Israel. *Int. J. Biomet.*, 1980, 24: 315—322.
- 4 Giles, B. D., C. J. Balafoutis. Diurnal variation of air enthalpy at Thessaloniki, Greece. *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, 1984, 34: 375—383.
- 5 Smithson, P. A., Atmospheric cooling power in arctic Norway, *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, 1984, 33: 373—386.
- 6 Climate and human health. WCAP—No. 1, WMO, 1987: 1—10.
- 7 Hentschel, G., A human biometeorology classification of climate for large and local scales, WCAP—No. 1, WMO, 1987: 120—138.
- 8 Siple, P. A., C. F. Passel, Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperature, *Proc. Am. Phil. Soc.*, 1945, 89: 177—199.
- 9 U. S. Air force reasearch and development command, Handbook of geophysics, New York: The Macmillan Co., 1961, 2—43.
- 10 夏廉博, 人类生物气象学. 北京: 气象出版社, 1986.

A Study on the Bioclimatic Classification of China Based on Man

Zhang Suping

(Shandong Metecnological Institute, Jinan 250031)

Zhang Wen

(Shangdong Institute of Agriculture Manager)

Abstract

In order to study the synthetic effect of temperature, humidity, wind speed and solar radiation on human thermal sensation, a human bioclimatic classification is worked out by means of effective temperature and wind-chill index. Climatic data of 657 weather observatories for last 30 years of the country are used. The results show that the whole country can be generally divided into 27 bioclimatic areas in winter and 20 bioclimatic areas in summer. The classification is of important reference value for human activities such as tourism, settlement, urbanization, military activities etc.

Key Words: human bioclimatic classification effective temperature wind-chill index