

我国夏季感热温度的分布

冯定原 邱新法 黄桔梅

(南京气象学院)

提 要

本文根据美国著名生物气象学家R·G·Steadman提出的感热温度理论,计算了我国各地夏季(6—8月)各月平均14时感热温度,讨论了空气湿度、风速对感热温度的影响,并计算了长江流域和华南地区夏季逐日感热温度,分析比较了这两个地区夏季酷热的天气气候特征。

一、引 言

近年来,国外对酷热天气的研究较多。美国著名生物气象学家R·G·Steadman提出的感热温度理论^[1-4]最引人注目。美国国家海洋大气局(NOAA)每年夏季常用感热温度进行分析和预报服务。最近国外有些学者^[5]还试图利用感热温度理论来分析疾病、死亡、旷工、犯罪等社会政治经济问题与天气气候条件的关系。相对来说,我国对这方面的研究较少,基本是一些定性的描述和讨论^[6-10]。本文利用Steadman提出的感热温度理论,计算分析了我国夏季感热温度的分布,并着重讨论了夏季长江流域和华南地区的气候特征。

二、感热温度的计算

Steadman认为,感热温度是描述人体对天气气候条件感受反应的一个综合热量指标。很明显,感热温度高低除受气温影响外,也受空气湿度、风速和太阳辐射等气象要素的影响。

众所周知,人体的正常体温为 37 ± 0.5 °C。一般情况下,天气气候条件的变化对人体的体温影响很小,因为人体能够自动调节

体内新陈代谢产热量和散热量的快慢,使人体与周围环境之间保持热量平衡。这也是Steadman提出的感热温度理论的出发点。

人体获得热量的方式有两种,一是由体内新陈代谢产生的热量(Q_z),二是通过人体表面吸收的太阳辐射(Q_s)。人体散失热量的方式,按照散失的部位可以分为:肺部呼吸失热量(Q_v)、衣着部分失热量(Q_i)和裸露部分失热量(Q_u)。在酷热条件下,人体穿衣很少, Q_i 可以忽略不计,则

$$Q = Q_z + Q_u \quad (1)$$

肺部失热量 Q_v 与周围空气温度 T_a 、湿度 e_a 等有关,据研究

$$Q_v = 0.143 - 0.00112T_a - 0.0168e_a \quad (2)$$

按照热量散失的方式,可将 Q_u 分为显热散热量和潜热散热量两部分。参照欧姆定律有:

$$Q_u = \frac{T_b - T_a}{R_i + R_c} + \frac{e_b - e_a}{Z_s + Z_r} \cdot \frac{R_s}{R_i + R_c} - Q_s \cdot \frac{R_s}{R_i + R_c} \quad (3)$$

经过实验,可以直接利用气象观测资料来计算、讨论人体的热状况。Steadman认为,在酷热条件下,利用方程(3)可以解出 R_s 。将 R_s 代回原方程,在标准条件(太阳

净辐射 $Q_g = 0$ ，空气湿度 $e_a = 12.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ ，10m高处风速 $V_{10} = 0$ ）下解出的温度就是感热温度。

Steadman取环境温度（即气温）为 $-40 \sim 50^\circ\text{C}$ ，计算了大量感热温度，经过归纳整理，统计求得在室内（ $Q_g = 0$ ， $V_{10} = 0$ ）、室外有遮蔽（ $Q_g = 0$ ）和室外无遮蔽条件下的感热温度 T_{apc} 、 T_{apcv} 、 T_{pcv0} 的经验公式（详见本刊1989年第2期16页17-19式）。利用 $T_{pc} - T_a$ 、 $T_{pcv} - T_{pc}$ 、 $T_{pcv0} - T_{pc}$ 可讨论空气湿度、风速、太阳辐射对感热温度的影响。

考虑到我国大部分地区夏季最热的时刻大多出现在14时前后，所以本文采用14时的感热温度来分析我国各地夏季天气气候条件对人体的影响。由于14时太阳辐射资料难以获得，故本文暂不讨论太阳辐射对感热温度的影响。

本文计算感热温度所用的空气温度、湿度和风速资料取自国家气象局整编出版的《中国地面气象资料记录月报》。按照均匀分布的原则，在全国气象台站网中比较均匀地选择了200个站点，计算了各地6—8月14时月平均感热温度。

三、计算结果与讨论

影响人体热感觉的因素很多，其中最主要的当然是气温，但其它因素的影响也不能忽视，这里主要讨论空气湿度和风速对感热温度的影响。

1. 空气湿度对感热温度的影响

实验表明，当气温较低时，相对湿度的变化对人体热感觉的影响并不明显，而当气温较高时，相对湿度的变化对人体热感觉的影响则较显著。例如，当气温为 15.5°C 时，相对湿度变化50%，对人体热感觉的影响，仅相当于气温变化 1°C ；而当气温为 38°C 时，若相对湿度变化50%，对人体热感觉的影响相当于气温变化 7.3°C 。所以，高温高

湿对人们学习、工作和生产劳动等都是非常不利的。因为当气温较高时，人体要靠出汗来维持体内外热量平衡，若此时空气湿度较高，就会阻碍汗液的蒸发而大滴凝结在人体皮肤表面，使人感到闷热异常。

图1给出了7月份我国各地空气湿度对感热温度的影响情况。从图中可见，西部为负值区，即感热温度比实际温度低；东部为正值区，即感热温度比实际温度高。6—8月，零值线大致在呼和浩特、乌兰镇、兰州、武都、马尔康、理塘、德钦一线。零线以东和以西夏季的天气气候特点明显不同：东部的长江中下游和华南地区，空气湿度较大，感热温度比实际气温高 2.5°C 以上，属于典型的湿热型天气气候区；西部的塔里木盆地，

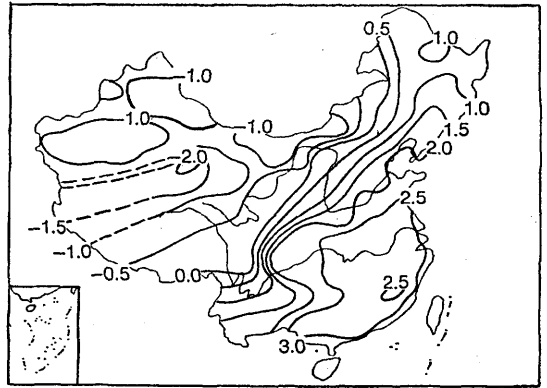


图1 我国各地7月份空气湿度对感热温度的影响（ $^\circ\text{C}$ ）

虽然气温也很高，但空气湿度较小，感热温度比实际气温低 1°C 以上，属于典型的干热型气候区。从时间上看，6月份空气湿度对感热温度影响较小，7、8月份湿度对感热温度的影响较大，这主要是6月份气温低、湿度小，7、8月份气温高、湿度大的缘故。

2. 风速对感热温度的影响

风对感热温度的影响，不仅与风速大小有关，而且还与空气温度、湿度等环境条件

存在着密切的关系。在夏季，当气温较高，湿度较大，人体出汗较多时，若有清风袭来，人体就会感到舒适凉快，因为风加快了汗液的蒸发，带走了人体表面大量热量。当然，如果气温高于人体皮肤温度（ 32°C ），刮风则会加强热平流，对人体起着加热的作用，使人体反而感到不舒适。一般情况下，风对感热温度的影响是这两种作用的总和。

图2给出了7月份我国各地风速对感热温度的影响情况。从图中可见，(1) 风速对感热温度影响的总趋势是南小北大。全国除新疆塔里木盆地和吐鲁番盆地、长江中游以及7、8月份华南的南平、韶关、梧州、桂平、龙州等地为正值，即由于风使感热温度比实际气温高以外，其余地区均为负值，即风的作用使感热温度比实际气温低。最大正值出现在恩施（6、8月），可达 1.1°C ；最大负值出现在内蒙古的朱日和（6月），可达 -3°C 。(2) 西部正值区范围以7月份为最大，且6、7、8月份范围差不多；东部正值区范围7、8月份比6月份大得多，这主要是由于7、8月份气温明显比6月份高的缘故。(3) 黄河以北广大地区，夏季的感热温度普遍比实际气温低 1°C 以上。

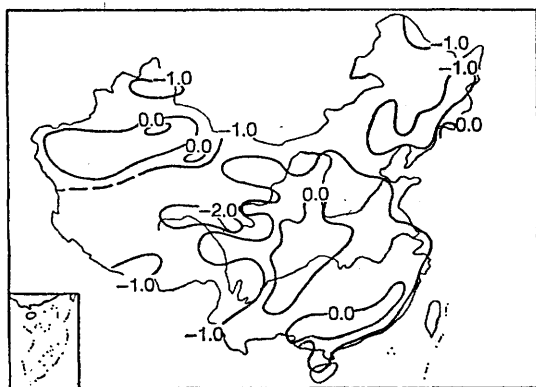


图2 我国各地7月份风速对感热温度的影响 ($^{\circ}\text{C}$)

3. 我国各地夏季感热温度的分布

图3给出了我国各地夏季（6—8月）14时各月平均感热温度的分布状况。从图中可见，(1) 我国夏季存在两个酷热区，一个在以塔里木盆地为中心的西北干旱、半干旱

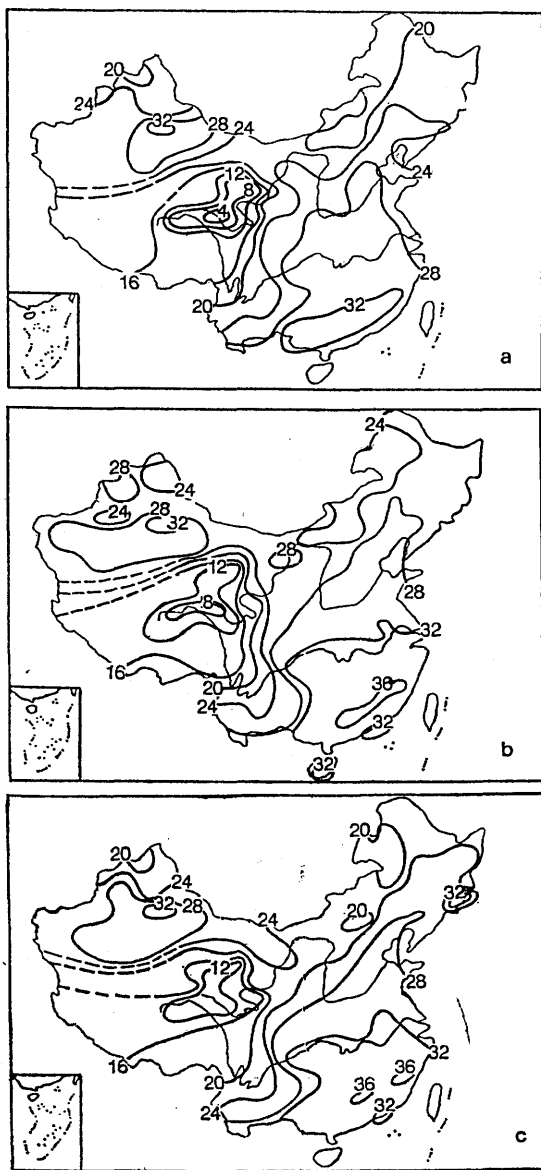


图3 我国夏季（6--8月）各月14时月平均感热温度分布

a. 6月 b. 7月 c. 8月

旱地区，7月份14时月平均感热温度高达28—32℃；一个在以珠江流域为中心的长江中下游和华南地区，7月份14时月平均感热温度高达32—35℃以上。（2）从时间上看，6月份的炎热程度（图略）远不能与7、8月相比。（3）感热温度的分布与河流走向有着明显的关系，这是由于夏季河流水分大量蒸发，空气湿度增大而造成的。（4）沿海地区因受海洋调节作用，感热温度大致在21—28℃之间，而与之邻近的内陆地区同期感热温度都在28℃以上。

4. 我国长江流域和华南地区夏季逐日感热温度特点

从上述分析可以看出，长江流域和华南地区夏季温度高、湿度大，6—8月的感热温度都在30℃以上，特别是华南地区，在32℃以上。这两个地区夏季的酷热天气对人们的学习、工作和生产劳动等影响极大，历来均为人们所重视。为了进一步分析、比较这两个地区夏季的酷热天气特点，我们在这两个地区内共选了20个站点，根据逐日气象观测资料，计算了1979—1984年共6年夏季逐日感热温度。考虑到民谚“热在三伏”的说法，选取每年的7月6日—8月25日作为分析比较的时间，并将其分为5个时段：即7月6—15日、16—25日、7月26日—8月5日、8月6—15日、16—25日。经过统计分析，发现这两个地区夏季感热温度存在着以下不同的特点。

（1）长江流域沿岸各站点各时段感热温度的均方差较大，华南地区各站点各时段感热温度的均方差较小，说明长江流域夏季感热温度的变化比华南地区大。

（2）各地出现最热天气的时段不同（见图4）。根据各地出现最热天气的具体时段，可将其分为下述4种情况。

①长江沿岸的上海、南京、安庆、武汉、宜昌、重庆和恩施、常德、长沙、杭州等地，最热天气时段多出现在7月底—8月

初。

②广东、广西沿珠江水系的广州、梧州

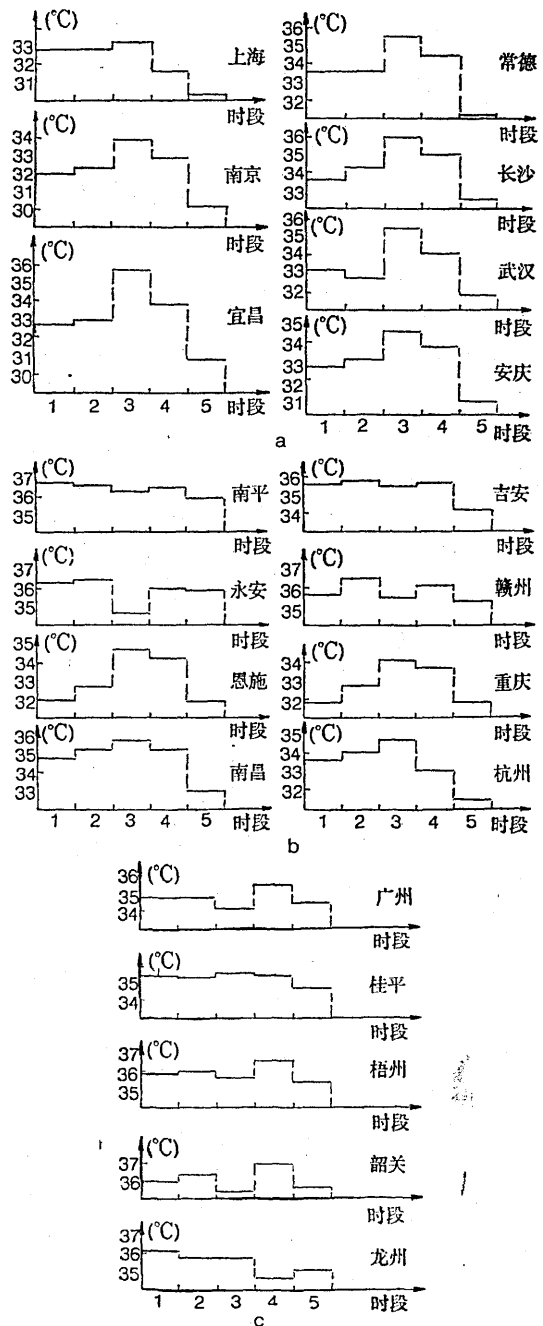


图4 长江流域到华南各站各时段14时最高感热温度分布

和韶关等地，最热天气时段多出现在8月6—15日。

③福建丘陵地区的南平、永安等地，最热天气时段出现在7月上旬—中旬。

④江南丘陵地区的南昌、吉安等广大地区则在7月中旬—8月中旬天气均较炎热。

上述分析表明，过去长时期以来存在的笼统的“热在三伏”的说法，并不十分确切。就我们讨论的地区情况看，浙江南部和福建丘陵地区大多热在初伏；长江沿岸地区多热在中伏；两广大部地区热在末伏；而介于两广和长江沿岸的江南丘陵地区则整个伏天都较炎热。

(3) 图5给出了华南地区(以桂平为代表)和长江中下游地区(以武汉为代表)夏季各级感热温度出现频率的分布情况。由图可见，华南地区夏季感热温度大都集中在36°C左右，且稳定少变；长江中下游地区夏季感热温度则从31—40°C范围内均有分布，且出现频率大体相当。说明长江中下游地区夏季天气气候条件变化比华南地区大。

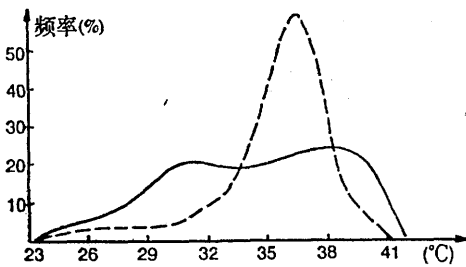


图5 桂平(虚线)和武汉(实线)夏季各级感热温度的频率分布

桂平，第一时段， $\bar{t}_{apv} = 35.4^{\circ}\text{C}$ ，方差=29.2；

武汉，第四时段， $\bar{t}_{apv} = 34.1^{\circ}\text{C}$ ，方差=4.37；

(4) 附表列出了华南地区和长江流域各站点1979—1984年6年中夏季感热温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 、 41°C 的出现次数。从表中看出，长江流域夏季出现感热温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 的次数与华南地区大体相近，但是连续出现 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 的次

数比华南地区多，而且出现 $\geq 41^{\circ}\text{C}$ 的次数长江中下游比华南地区多得多。另外，统计中还发现，6年中出现感热温度最高的地区是长沙，数值高达 43.1°C ，时间是1983年8月7日，当天的天气条件为：气温 37.8°C ，湿度 32.2hPa ，静风。

附表 华南地区和长江流域各站点夏季感热温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 、 41°C 出现情况

地区和站点	感热温度	$\geq 40^{\circ}\text{C}$		$\geq 41^{\circ}\text{C}$
		出现次数	连续出现次数	出现次数
华南地区	南平	8	0	2
	永安	3	0	0
	韶关	10	4	1
	广州	1	0	0
	桂平	2	0	0
	梧州	4	1	0
长江流域	龙州	5	0	0
	南昌	9	3	2
	吉安	3	0	1
	赣州	3	0	1
	长沙	11	4	5
	常德	6	1	1
	恩施	3	1	0
	重庆	3	0	0
	宜昌	3	0	0
	武汉	4	0	1
	安庆	2	0	0
	南京	3	1	2
上海	2	0	1	
杭州	5	1	1	

四、结束语

本文根据美国著名生物气象学家R·G·Steadman提出的感热温度理论,计算了我国各地夏季14时感热温度,讨论了空气湿度和风速对感热温度的影响,指出西北塔里木盆地及长江中下游到华南地区是我国夏季两个酷热天气区。计算和分析逐日感热温度说明,华南地区夏季天气气候稳定少变,不易出现连续酷热;长江流域,特别是中下游地区夏季天气气候变化较大,容易出现连续酷热,对人们的学习、工作和生产劳动等影响较大。这几年,长江流域夏季的“火炉”是长沙。上述结论与人们的实践经验基本一致。

本文在计算和讨论过程中尚存在以下几个问题,有待进一步改进。

1. 本文的计算和讨论是针对标准人体模型(身高1.70m,体重67kg)而言,对不同年龄、体质和劳动强度的人来说,可能有一定偏差。

2. 在分析、比较各地天气气候特点时,没有考虑各地的时间差异,这对所得结论可能有一定的影响。

3. 如果能结合我国具体情况,在大量实验的基础上,对人体热量平衡方程各参量

进行适当订正,则会得到更加满意的结果。

参 考 文 献

- (1) R. G. Steadman, Indices of windchill of clothed persons, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 10, 674-683, 1971.
- (2) R. G. Steadman, The assessment of sultriness; Part I, A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science, *J. Appl. Meteor.* Vol. 18, 861-873, 1979a.
- (3) R. G. Steadman, The assessment of sultriness, Part I, Effect of wind, extraradiation and barometric pressure on apparent temperature, *J. Appl.*, Vol. 18, 874-884, 1979b.
- (4) R. G. Steadman, A universal scale of apparent temperature, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 23, 1674-1687, 1984.
- (5) L. S. Kalkstein and K. M. Valimont, An evaluation of summer distribute in the United States using a relative climatological index, *Bulletin American Meteorological Society*, Vol. 67, 842-848, 1986.
- (6) 谭冠日等, 应用气候, 气象出版社, 1985年。
- (7) 姚启润等, 旅游与气候, 中国旅游出版社, 1983。
- (8) 林之光, 气候风光集, 气象出版社, 1984。
- (9) 夏廉博, 人类生物气象学, 气象出版社, 1986。
- (10) 武汉中心气象台, 武汉夏季中暑人数与气象因子的逐步回归分析, 全国应用气候会议论文集, 1976。

The distribution of the apparent temperatures in summer in China

Feng Dingyuan Qiu Xinfa Huang Jumci
(Nanjing Meteorological Institute)

Abstract

With a concept initiated by American bio-meteorologist R. G. Steadman, the monthly mean apparent temperatures at 14p.m. in summer (June to Aug.) in China are calculated, and the effects of wind and air humidity on the apparent temperature are discussed. The synoptic and climatic features of the sweltering hot in summer in the reaches of the Changjiang River and in South China are compared by analysis of the day to day apparent temperatures in the two regions.