

张磊磊,孙羽,尹立,等.人体舒适度与气候康养相关研究及应用进展[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(6):7-14.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2023.06.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



人体舒适度与气候康养相关研究及应用进展

张磊磊¹,孙羽²,尹立³,张葵⁴,宋旭萍⁵,胡文东¹,王式功^{1*},魏晓钰¹

(1.成都信息工程大学大气科学学院/环境气象与健康研究院,四川 成都 610225;2.海南省第二人民医院气候医学临床研究中心,海南 五指山 572299;3.攀枝花市中心医院气象医学研究中心,四川 攀枝花 617000;4.成都市气象台,四川 成都 611133;5.兰州大学公共卫生学院,甘肃 兰州 730000)

摘要:随着全球气候变化加剧和极端天气气候事件增多,加之城市化进程不断推进,人口老龄化日趋凸显,民众追求舒适环境进行旅居康养的需求逐年提高,气候康养产业也逐渐成为热门产业。基于人体舒适度,概括了国内外气候量化表征的研究成果,归纳了不同舒适度与人群健康之间的利弊关系。在此基础上对气候康养理念,康养气候资源及其康养效应,以及康养地的适宜性评价进行了梳理,展望了相关学科研究及产业发展动向,旨在促进气象医学发展,为加快实现“健康中国 2030”战略目标提供参考依据。

关键词:人体舒适度;气象敏感性疾病;气候康养;适宜性评价

中图分类号:P49;F592.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2023)06-0007-08

基于全球气候代表区域内多种气象要素的长期平均状况,徐驰等^[1]通过研究发现,人类自公元前6 000年以来基本都分布在高度稳定的气候区间,即年平均温度处于10~20℃(印度次大陆除外),称之为“人类气候生态位”,该区间与中国气候季节划分标准(QX/T152-2012)^[2]中“春秋”季节温度范围基本吻合,映射出人类追求的生存环境是舒适的。基于如何量化表征气候环境舒适程度的需求,人体舒适度(也称之为气候舒适度)应运而生,它反映了多种气象要素对人体的综合影响。Freitas等^[3]对全球相关

研究梳理显示,截止2016年全球共计165种舒适度指数被相继提出。

人体的健康状况通常与所处的气候环境舒适程度直接相关,而在全球气候变暖的背景下,各地夏季高温日数及冬季天气骤变现象显著增多,冷、热过渡期明显缩短^[4]。政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,IPCC)第6次评估报告指出,未来极端天气气候事件对人类造成的健康风险将持续增大,预计到2050年,每年将有超过25万人死于气候变化,特别是老人、妇女和儿童更容易受到极端天气的影响导致患病^[5]。随着城市化进程的推进,国家卫生健康委员会预测,到2035年我国将进入重度老龄化阶段。在多种不利因素的综合影响下,如何有效降低呼吸、循环系统疾病等多种气象敏感性疾病的发病和死亡率将是全人类,特别是老年人群及亚健康人群面临的重大挑战,由此催生出巨大的康养需求及市场。

2016年以来,随着健康中国战略实施,国家陆续出台了《关于促进健康旅游发展的指导意见》等一系列文件。自此,在海南岛和四川省攀枝花等地的示

收稿日期:2023-03-01;修回日期:2023-08-14

基金项目:科技部重大研究计划专项—第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0103);2021年省级科技计划转移支付专项资金项目(21ZYZF-S-01);中国气象局西南区域气象中心创新团队基金(XNQYCXTD-202203);攀枝花市科学技术局创新中心建设项目(2021ZX-5-1);四川省区域创新合作项目(2022YFQ0001);2021年度第二批攀枝花市市级科技计划项目(2021CY-S-4)

作者简介:张磊磊(1998—),男,硕士研究生,主要从事气象医学研究。E-mail: 3210101031@stu.cuit.edu.cn

通信作者:王式功(1955—),男,教授,主要从事气象医学研究。E-mail: wangsg@cuit.edu.cn

范引领下,全国的康养旅游(居)事业迎来发展热潮。气候康养产业作为大健康产业的重要组成部分,也是将“绿水青山”转化为“金山银山”的有效途径,更是站在人与自然和谐共生高度上践行绿色发展的必由之路,具有广阔的民生发展前景。

因此,系统梳理国内外人体舒适度与气候康养相关研究成果,助力探索冷、热不舒适对疾病的诱发机理以及舒适气候对相关疾病的康养效应,将更好地推动我国气象医学理论发展和产业实践,增强应对气候变化和人口老龄化的能力。

1 人体舒适度表征

人体舒适度是对气候(康养)认知及量化表征的基础,其相关研究可追溯到20世纪初,若以人体感受为主导,称为人体舒适度;若客观反映气候舒适状态,则称为气候舒适度,其表达模型大致可分成经验模型和机理模型两大类^[3]。

1.1 经验模型

经验模型是基于人体主观感觉或生理反应,以经验或统计学方法建立的数学模型^[6],如适用于热环境的有效温度^[7]、修正有效温度^[8]以及温湿指数^[9];适用于冷环境的风寒指数^[10]及风寒等效温度^[11]等。闫业超等^[6]、孙美淑等^[12]已对国外经验模型的发展历程进行了详细梳理,并发现其主要呈现由“多要素建模”到“多指数组合”的变化,以此不断扩展模型的适用领域。

国内对于人体舒适度的定量研究始于20世纪90年代,主要基于经典模型如温湿、风寒、着衣指数等,同时结合各地气候特征来构建模型,主要应用于旅游城市的区域气候评价^[13]及环境气象预报^[14]等领域。

早期的研究表现出明显的地域性和主观性,不易进行推广,针对这些问题王式功等^[15]提出了基于“黄金分割率”的体感温度以及人体舒适度计算方法,划分了由“严寒”到“酷热”的11级舒适度等级。该模型首次提出了“最佳舒适温度”的概念及其理论阈值,并对此进行了纬度、季节和海拔高度的合理订正,表现出较好的普适性和实用性,目前被广泛应用于我国气象医学研究及应用领域。

1.2 机理模型

机理模型是基于人体热平衡,充分考虑环境因素、人体代谢、呼吸散热及服装热阻等多因素综合影响构建的模型^[6],早期经典指数有标准有效温度^[16]和生理等效温度^[17]等。

进入21世纪后,国际生物气象学会提出了通用热气候指数(Universal Thermal Climate Index, *UTCI*)^[18],该模型结构复杂,拟真度高,被广泛应用于地区舒适度表征^[19]、室内适宜性评价^[20]以及健康安全预报(警)^[21]等领域,是当前较为先进的舒适度指数。

两类模型各有优劣,机理模型虽考虑全面,但计算所需的部分数据获取困难,若对变量进行统一取值或参数化估计,又会影响模型精度^[12],难以推广应用;经验模型主要依托常规气象观测要素的有机组合,相较而言计算简便、易推广,不足之处是未考虑个体的影响,且在面对不同季节、气候类型以及人群气候生态位的差异时,普适性和可比性还有待加强。

目前国内仍以经验模型为主,未来仍需加强对机理模型的研究以充实现有理论基础,并尝试使用逐时气象数据,不断提高其精细化程度。为了更好地服务于气候康养产业,除常规气象要素外,还应综合考虑生态、社会环境等指标,提出更具内涵的康养舒适度指数,并制定具有区域针对性和人群针对性的分级标准,进一步提升人体舒适度在社会实践中的应用价值。

2 人体舒适度与人群健康的关系

《黄帝内经素问·至真要大论》中提到:“夫百病之生也,皆生于风寒暑湿燥火,以之化之变也。”阐明了当人体不能够适应风、寒、暑、湿、燥、火等异常气候时,就容易患病,中医将此类疾病归为外感时病^[22]。现阶段结合西医对疾病的系统分类,也可称其为气象敏感性疾病,典型的有呼吸和循环系统疾病等,严重危害人群健康^[23]。

由于人体对气候的冷热变化较为敏感,当前主流的人体舒适度计算和划分,均是以气温为主导,并划分为热、冷不舒适以及处于二者过渡的舒适区间。研究显示,北京^[24]、西安^[25]、南京^[26-27]和云贵高原^[28]等地气象敏感性疾病就诊和死亡人数与多种人体舒适度均呈负相关,且大多存在V型、U型或J型的关系。在舒适期内患者数量要明显低于冬夏季的冷、热不舒适期,并表现出明显的“高温即时与低温滞后”效应。Gasparrini等^[29]和张莹等^[30]分别对全球13个国家首都以及我国15个省会城市的疾病死亡风险进行了分析,结果表明4~8℃以及≥30℃的冷、热不舒适范围是疾病死亡的高风险区,而最低死亡风险对应的气温区间为19~26℃,且大部分位

于22~23℃的最佳舒适区间。

相关病理学实验也表明,当暴露于热不舒适环境时,会影响体温调节系统,增加机体潮气量、呼吸频率和肺通气量,从而诱发呼吸道炎症^[31]。此外会使机体血管扩张、心率加快,增加高血压的诱发风险^[32],张书余等^[33]通过模拟热浪天气,发现热暴露会诱导小鼠的内皮细胞、巨噬细胞分泌大量炎症细胞因子,造成动脉粥样硬化,加重冠心病病情。

当暴露于冷不舒适环境时,会损害呼吸道的上皮细胞,并抑制免疫细胞的吞噬功能,从而增加机体对病毒和过敏原的易感性^[34]。同时寒冷也会使血管收缩,增加血流阻力,从而使机体血压升高^[35],此外还会促进儿茶酚胺分泌,诱导血小板聚集形成凝块,增加血栓的发病风险^[36]。

不舒适的气候环境易诱发气象敏感性疾病,而身处舒适的气候环境时,相关疾病的发病情况将得到明显改善。这种利弊影响表明,对于大多数人群特别是老年人群,主动去往气候舒适的环境进行避寒避暑,一定程度上可降低气候变化带来的健康风险,这样的行为正是践行气候趋利康养理念的具体表现。

3 气候康养理念由来与发展

气候康养源于我国“天人合一”等哲学思想的启发,其具体内涵可从“四时养生”的传统中医理论中得到溯源与印证^[37]。

进入21世纪后,随着以人体舒适度为主的气象医学理论研究不断深入,国内学者逐渐开始探索其在康养旅游行业的应用。王赵^[38]于2009年率先提出“康养旅游”的概念,认为其涵盖了健康旅游和养生旅游,是基于良好的自然生态环境和人文环境,结合观赏景象、娱乐休闲、康体养生等方式,为达到康养目的从而开展的旅游活动。之后众多学者如任宣羽^[39]、杜宗棠等^[40]、何莽^[41]都基于“康为目的,养为手段”来界定康养旅游,并逐渐从单纯强调其目的到开始重视人与自然的和谐共生。

与此同时,杨洪飞等^[42]根据康养资源种类和开发内容,将气候康养划分为康养旅游的一支,认为其主要依托优质的气候资源,并着眼于开发避寒避暑等旅游内容。由于对气候康养的认知与相关研究不够深入,至今尚无一个清晰、权威的概念。当前我国部分学者认为:气候康养是根据一年二十四节气来调养身体以达到健康的方法^[43],通过依托适宜的自然气候资源,并配套相关产品和服务,使人的身

体、精神得到持续改善和增强^[44]。

相较于国内,国外并没有气候康养的针对性定义。有关康养的理念与实践起源于古希腊与罗马帝国时代的四元素论和温泉疗养^[45]。之后于公元前400年,古希腊学者希波克拉底等在此基础上提出四体液学说,被视作国外医学养生领域的指导思想^[46]。

18世纪末,除了温泉,欧洲一些医生开始利用沙漠、森林、高原等与自然气候相关的资源来治疗疾病^[47]。到19世纪40年代,德国部分医疗机构提出了气候疗法概念,即让人体处于积极保护和积极刺激因素的气候环境下,避免消极压力气候因素影响,以此促进健康^[48],而这种气候“趋利避害”理念也与我国的传统中医养生理论以及如今的气候康养核心内涵不谋而合^[37,42]。

1959年,Halber将“well being”和“fitness”相结合,创造出“wellness”一词,认为高水平的健康是身体健康和心理健康的总和,并与自然环境和谐共生^[49]。2001年,Mueller在此基础上明确了“wellness tourism”的概念,并将其定义为人们以维护和促进健康为主要动机而进行的旅游活动所产生的所有关系和现象的总和^[50],之后被其他国家广泛接受和应用^[51]。

在整合国内外气候康养理念核心内涵的基础上,认为气候康养是以各具特色的气候生态资源为依托,在充分满足人群对不同气候、环境需求的前提下,将其同医疗、人文、景观、药食等资源有机结合,并辅以各种健康、养生、养老、度假等配套设施及服务,使相关康养人群身心、精神得到改善,并逐渐趋于最佳健康状态的所有旅游(居)活动的总称。

4 康养气候资源及其康养效应

我国地域辽阔,南北地理纬度跨度大、东西海拔高度差异显著,拥有丰富的康养气候资源,如:滨海气候、高山气候、森林气候和沙漠气候等^[52]。当前其开发利用主要是为了迎合冬季避寒,夏季避暑的候鸟式康养群体需求,进而践行绿水青山就是金山银山的发展理念,促进当地旅游经济高质量发展。

4.1 避暑康养气候

避暑康养气候资源主要分布于高纬度或高原地区以及局部海拔相对较高、生态环境条件较好的山区,在我国集中体现在东北、西北和西南(包括青藏高原)三大区域。

高海拔地区空气洁净,夏季气候凉爽,紫外线照射充足,可有效抑制细菌和病毒传播,适合过敏

性呼吸系统疾病患者的康复^[53]。同时,微冷低湿的高山刺激性气候,也有助于锻炼心肺功能韧性,激发活力^[54],适合轻度高血压和哮喘等疾病的疗养。

对于森林气候资源丰富的康养地,其空气中的负氧离子和芬多精具有增强免疫功能^[55],促进血液循环、降低血压^[56]和改善睡眠^[57]等功能,对支气管炎、冠心病、心绞痛以及神经衰弱等诸多病症都有很好的疗效^[58]。

4.2 避寒康养气候

避寒康养气候在我国集中分布在北回归线以南的低纬度地区,地跨亚热带季风气候区与热带季风气候区,如海南、广东、广西和云贵高原等地。

这些康养地大多属于滨海区,因海洋的冬季放热和夏季吸热及陆风效应,空气湿润、氧气充足,气温日较差小,气候冬暖夏凉。除了避寒,还可开展海水浴及日光浴等康养活动,适合慢性支气管炎、哮喘、慢性肺炎、慢性咽喉炎等呼吸道疾病患者疗养;也适合慢性胃炎、胃肠功能障碍等消化系统疾病;以及高血压、冠心病等心血管病患者的康复^[52,59]。有医学调查数据表明,在海南岛^[60]和攀枝花^[61]地区接受一定康养疗程后,患者生理和心理体检指标均有明显改善,表现出良好的康养效应。

温泉区域气候也是一种特殊的避寒康养气候,康养地冬季气温适宜,空气湿润。除了旅居,还可享受温泉水疗,既能放松身心、消解寒气,还有助于加速血液循环、促进身体代谢,对于冠心病、风湿性关节炎和皮肤病等都有很好的疗效^[62-63]。

4.3 其他康养气候

在我国西北部地区有着特殊的沙漠气候资源,此类康养地夏季高温少雨,日照充足,空气干燥,适合开展热沙浴等活动,有助于祛湿散寒、活血化瘀,对于动脉粥样硬化^[64]、风湿性关节炎和关节积液等^[52]特定疾病有很好的疗效。

除上述几种特点鲜明的康养气候外,我国大部分人群生活在海拔1 000 m以下的平原和丘陵气候中。受地理纬度、地形地貌和季风等影响,各地气候特征差异较大^[65],整体上相较于高山、滨海等康养气候而言,避寒、避暑等康养优势不明显,对于各种疾病都有一定的疗效^[52]。适合术后患者、老年人等身体不便,或无法适应其他地区气候的人群进行就近康养。

综上所述,我国康养气候资源丰富,开发前景广阔,要使气候康养理念深入人心,就必须量化表征康养效应,让更多人认识到其价值。因此,目前迫

切需要制定一套定量且具体的行业标准来科学地证明相关人群在康养地确实享受到了什么样的、多大的康养效应。在今后的研究中应有意识地采用流调对比法,区分本地康养者以及外来康养人群,逐步探明同一康养气候资源对不同人群的康养效应,以及不同康养气候资源对相同人群康养效应的差异,以便更好地支持气候康养产业发展。

5 气候康养地适宜性评价及康养产业发展

气候康养适宜性评价是指基于多年的气象数据,对区域康养性气候因子丰度、有利因子持续期和不利因素发生风险进行综合评价^[66],其目的在于探索适应气候康养的衡量模式,更好地服务于康养气候资源的开发利用,并由此制定相关产业的促进政策。

德国是发展气候康养(气候疗法)最早的国家之一,经过百余年的探索,对气候环境数据种类和观测年限,以及相关设备和医疗护理水平等都制定了严格的行业标准^[47,66]。1990年德国将“气候疗法”纳入医疗保险,并将气候、旅游、养老、医疗和人才培养等诸多行业进行了深度整合^[67],据报道,目前其境内已认证了50多处康养目的地,已形成较为完整的康养产业链。美国、日本、瑞士等许多国家受此启发,也建有众多气候医疗研究中心、康养基地以及养老社区等,并逐渐形成了各具特色的气候康养模式^[68]。

我国康养地的适宜性评价可分为两个阶段。第一阶段是2012—2016年的定性评价阶段,如赖启航等^[69]和李后强等^[70]分别基于SWOT分析法和“六度理论”描述了攀枝花康养旅游开发的适宜性。该阶段的研究为之后提供了部分理论基础,但仍有较大的主观性和区域性,且没有重视相关行业与康养旅游业的联动性,存在一定局限。第二阶段为2017年至今,已迈入定性定量相结合的阶段,特别是在已有基础上引入了人体(气候)舒适度等量化指标^[71],从气候资源、生态环境、基础设施、康养产品与服务等多方面综合评价,并通过德尔菲法、层次分析法、熵权法、DEMATEL-ISM-MICMAC法等确定指标权重,以此来对康养目的地进行打分与等级评定^[72-74]。

2020年9月,中国气象服务协会发布了《气候康养地评价标准(T/CMSA 0019-2020)》,详细规定了各项指标的评估准则,以及气候康养的分型和适合人群,为相关产业发展构筑了风向标。基于多种

评估体系,我国目前已打造了不少气候康养品牌,如:“商洛·中国气候康养之都”、“丽水·中国气候养生之乡”、“六盘水·中国凉都”和“攀枝花·阳光花城”等。2022年6月,全国首个气候康养示范基地在海南保亭落户,代表着我国的产业发展模式由此步入正轨。

我国气候康养适宜性评价和产业发展还未能像国外一样形成完备的行业体系,在指标选取和权重确定上仍有一定的地域性和主观性,很难对不同类型、区域和发展阶段的康养产业进行统一指导。不同人群对康养地的感受及需求往往差异较大,因此对应的评价指标、权重以及之后的产业宣传侧重等方面应有所区分;此外,康养地评估和开发区域应由省市级逐渐向村镇级细化,充分发挥气候康养的“产业链”作用,以满足乡村振兴战略实施的现实要求;同时也要充分发挥我国传统中医养生的优势,逐步打造具有我国特色的气候康养产业模式。

6 展望

在全球气候变化加剧的大背景下,气候康养与观光旅游融合发展态势,将在发达国家呈燎原之势、在发展中国家将越来越高涨,而现有关于人体舒适度与气候康养的相关研究仍无法满足气候康养产业迅猛发展的需求,更深入、细致的研究势在必行。

6.1 促进多学科交叉、加强理论研究

不同舒适度对多种气象敏感性疾病的致病机理、康养气候资源开发以及候鸟式康养旅居效应评价等相关研究及应用都需要气象学、医学、地理学、旅游学和社会经济学等多学科的知识。开展相关领域的交叉研究,有利于推动气象医学发展,进一步探明气候资源对于社会经济发展的新价值。

6.2 开发更具普适性、科学性的适宜性评价体系

对于气候康养地的适宜性评价,应在国家有关标准的基础上,不断研究更具普适性的新模型。同时,相关评价指标的选取也应逐步量化,建立指标数据库,并尝试选用客观赋权法或者拓展其他量化评价手段,尽可能减少人为因素的干扰,进一步提升评估结果的科学性。

6.3 加大研究样本并分类细化,推进定性与定量相结合的研究

受制于样本量限制,目前大多研究在定量表征冷、热不舒适的致病风险以及舒适气候的康养效应时仍面临一定困难和局限。如:多数研究都表明寒

冷会诱发相关疾病,但对于每种级别的冷不舒适对不同人群的影响程度和致死风险率等定量研究却亟待深化。在表征不同地区气候康养效应时,要注意候鸟人群和当地人群的分类筛查与细化分层研究。

6.4 加强理论研究成果转化,提升服务技术和产品的研究

在健康中国战略实施如火如荼的今天,迫切需要及时将理论研究成果有效转化为各种服务技术及相关产品,以支撑高速发展的气候康养产业需求。当今发达的计算机和网络通讯条件极大增强了其实施的可行性,同时也离不开国家政策和社会资本的大力支持。通过多方共同努力,逐步打造一系列集自然气候、特色医疗、康养服务等理论研究与产业发展为一体的气候康养示范区,助力健康中国建设、双碳目标实现和提质绿色发展,赋能乡村振兴战略实施。

参考文献:

- [1] XU C, KOHLER T A, LENTON T M, et al. Future of the human climate niche [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117(21): 11350–11355.
- [2] 国家气候中心. 气候季节划分: QX/T152—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] DE FREITAS C R, GRIGORIEVA E A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices [J]. *International journal of biometeorology*, 2017, 61(3): 487–512.
- [4] DONG W, JIANG Y, YANG S. Response of the starting dates and the lengths of seasons in Mainland China to global warming [J]. *Climatic Change*, 2010, 99(1–2): 81–91.
- [5] 黄存瑞, 刘起勇. IPCC AR6 报告解读: 气候变化与人类健康 [J]. *气候变化研究进展*, 2022, 18(4): 442–451.
- [6] 闫业超, 岳书平, 刘学华, 等. 国内外气候舒适度评价研究进展 [J]. *地球科学进展*, 2013, 28(10): 1119–1125.
- [7] HOUGHTEN F C. Determining lines of equal comfort [J]. *ASHVE Transactions*, 1923, 29: 163–176.
- [8] VERNON H M, WARNER C G. The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures [J]. *Epidemiology & Infection*, 1932, 32(3): 431–462.
- [9] TOUT D G. The discomfort index, mortality and the London summers of 1976 and 1978 [J]. *International Journal of Biometeorology*, 1980, 24(4): 323–328.
- [10] SIPLE P A, PASSEL C F. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures [J]. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1945, 89(1): 177–199.
- [11] WILSON O. Cooling effect of an Antarctic climate on

- man: With some observations on the occurrence of Frostbite[Z]. Norsk Polarinstitutt Skrifter Nr, 1963: 128.
- [12] 孙美淑, 李山. 气候舒适度评价的经验模型: 回顾与展望[J]. 旅游学刊, 2015, 30(12): 19–34.
- [13] 吾米提·居马太, 郝建奇, 瓦力江·瓦黑提, 等. 新疆主要旅游城市舒适度分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(4): 70–74.
- [14] 胡桂杰, 包云辉, 王倩, 等. 赤峰市人体舒适度评价及指数预报[J]. 内蒙古气象, 2010, 1: 32–34.
- [15] 王式功, 马盼, 尚可政, 等. 一种基于黄金分割法构建人体舒适度计算方法: 中国, 2012105963660[P]. 2013–05–15.
- [16] GAGGE A P. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological response[J]. Ashrae Transactions, 1971, 77(1): 247–262.
- [17] Höppe P. Die Energiebilanz des Menschen[D]. München: University of München, 1984.
- [18] BLAZEJCZYK K, EPSTEIN Y, JENDRTZKY G, et al. Comparison of UTCI to selected thermal indices [J]. International Journal of Biometeorology, 2012, 56: 515–535.
- [19] 林卉娇, 马红云, 张弥. 基于 UTCI 指数的 1980—2019 年中国夏季人体舒适度变化特征分析[J]. 气候变化研究进展, 2022, 18(1): 58–69.
- [20] LANGNER M, SCHERBER K, ENDLICHER W R. Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin [J]. DIE ERDE – Journal of the Geographical Society of Berlin, 2013, 144(3–4): 260–273.
- [21] HAN X F, WENG W G, FAN W C. Human thermal models and their application in fire safety research[J]. Fire Science and Technology, 2011, 30(3): 238–242.
- [22] 王毅荣. 六淫之气候敏感性研究[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(7): 1469–1473.
- [23] 王嘉鑫, 石彦军, 卢山, 等. 我国华东与西南县域主要气象敏感性疾病变化特征及其医疗费用研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(6): 133–140.
- [24] 马盼, 王式功, 尚可政, 等. 气象舒适条件对呼吸系统疾病的影响[J]. 中国环境科学, 2018, 38(1): 374–382.
- [25] 张楠, 刘继锋, 徐军昶, 等. 西安气象因素和舒适度对呼吸系统疾病死亡的影响分析[J]. 科技与创新, 2019, 10: 8–11.
- [26] 张志薇, 孙宏, 蒋薇, 等. 南京地区人体舒适度及其与居民循环系统疾病死亡关系的研究[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 67–73.
- [27] 王琪, 李艳, 路瑶, 等. 南京地区风寒指数对呼吸系统疾病的影响[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2017, 53(3): 407–414.
- [28] 卢山, 郭勇, 郑江平, 等. 云贵高原 3 个旅游城市气候舒适度及其康养效应研究[J]. 干旱气象, 2021, 39(2): 317–325.
- [29] GASPARRINI A, GUO Y, HASHIZUME M, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study[J]. The Lancet, 2015, 386(9991): 369–375.
- [30] ZHANG Y, WANG S, ZHANG X, et al. Association between moderately cold temperature and mortality in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27: 26211–26220.
- [31] LEON L R, HELWIG B G. Heat stroke: role of the systemic inflammatory response[J]. Journal of applied physiology, 2010, 109(6): 1980–1988.
- [32] 朱玲勤, 刘法东, 聂黎虹, 等. 高温高湿环境对自发性高血压大鼠胸主动脉血管反应性的影响[J]. 环境与健康杂志, 2018(11): 966–969.
- [33] 张书余, 张夏琨, 田颖, 等. 模拟热浪天气对冠心病影响及其机理实验研究[J]. 气象, 2015, 41(6): 761–770.
- [34] JAAKKILA K, SAUKKORIPI A, JOKELAINEN J, et al. Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate[J]. Environmental Health, 2014, 13(1): 1–8.
- [35] LUO B, ZHANG S, MA S, et al. Artificial cold air increases the cardiovascular risks in spontaneously hypertensive rats[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2012, 9(9): 3197–3208.
- [36] SAEKI K, OBAYASHI K, KURUMATANI N. Platelet count and indoor cold exposure among elderly people: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study [J]. Journal of Epidemiology, 2017, 27(12): 562–567.
- [37] 段阿里, 鞠宝兆. 基于《黄帝内经》中“天人合一”思想探讨四时养生[J]. 辽宁中医杂志, 2019, 46(11): 2305–2308.
- [38] 王赵. 国际旅游岛: 海南要开好康养游这个“方子”[J]. 今日海南, 2009(12): 12.
- [39] 任宣羽. 康养旅游: 内涵解析与发展路径[J]. 旅游学刊, 2016, 31(11): 1–4.
- [40] 杜宗棠, 张星, 刘宜卓, 等. 康养旅游的特征与差异研究——以北戴河为例[J]. 时代金融, 2017(36): 290, 293.
- [41] 何莽. 中国康养产业发展报告(2018)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2019.
- [42] 杨洪飞, 李庆雷, 夏梦蕾. 健康中国战略下的云南省康养旅游发展路径研究[J]. 林业与生态科学, 2020, 35(4): 456–463.
- [43] 陈颂, 丛乃霞. 以自然因子为主的特色康养概述[J]. 中国疗养医学, 2021, 30(3): 255–258.
- [44] 张京红, 张明洁, 张亚杰, 等. 海南气候康养指数的构建及评估[J]. 热带生物学报, 2022, 13(4): 410–415.
- [45] 李鹏, 赵永明, 叶卉悦. 康养旅游相关概念辨析与国际研究进展[J]. 旅游论坛, 2020, 13(1): 69–81.

- [46] MANTRI S. Holistic medicine and the western medical tradition[J]. *AMA Journal of Ethics*, 2008, 10(3): 177-180.
- [47] 孙健, 吴普. 气候康养旅游大有可为——德瑞意调研札记[Z]. https://www.cma.gov.cn/kppd/kppdsytj/202005/t20200508_553067.html. 2020
- [48] SCHUH A, NOWAK D. Evidence-based acute and long-lasting effects of climatotherapy in moderate altitudes and on the seaside[J]. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* (1946), 2011, 136(4): 135-139.
- [49] DUNN H L. High-level wellness for man and society[J]. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 1959, 49(6): 786-792.
- [50] MUELLER H, KAUFMANN E L. Wellness tourism: Market analysis of a special health tourism segment and implications for the hotel industry[J]. *Journal of Vacation Marketing*, 2001, 7(1): 5-17.
- [51] GEORGE B P. Book Review: Wellness and Tourism: Mind, Body, Spirit, Place by R. Bushell and P. J. Sheldon[J]. *International Journal of Tourism Policy*, 2010, 3(2): 175-176.
- [52] 马洪茹. 自然气候疗法在疗养医学中的应用[J]. *临床医药文献电子杂志*, 2020, 7(30): 179.
- [53] SCHUH A. *Climatotherapy* [M]. Basel: Springer-Verlag Publisher, 1993.
- [54] 丁玲辉. 高原气候环境对人体健康的影响与养生健身[J]. *西藏民族学院学报(哲学社会科学版)*, 2000(2): 20-24.
- [55] 方芳, 徐立, 周向东, 等. 肺康复训练联合负氧离子吸入对慢性阻塞性肺疾病稳定期患者疗效及免疫功能的影响[J]. *国际老年医学杂志*, 2022, 43(5): 539-544.
- [56] 王忠贵. 森林康养对人体健康促进作用浅析[J]. *现代园艺*, 2020, 43(1): 106-109.
- [57] LIU R, LIAN Z, LAN L, et al. Effects of negative oxygen ions on sleep quality[J]. *Procedia Engineering*, 2017, 205: 2980-2986.
- [58] 马宏俊. 森林康养发展模式及康养要素浅析[J]. *林业调查规划*, 2017, 42(5): 124-127.
- [59] 郭广会, 徐莉, 周彬. 海滨气候疗法应用进展[J]. *中国疗养医学*, 2011, 20(8): 673-675.
- [60] 龙登毅, 金水晶, 吴亚丹, 等. 海南疗养的异地老人疗养前后生命质量及日常生活能力比较[J]. *现代预防医学*, 2013, 40(2): 285-287, 289.
- [61] 蒲玉红, 廖洪秀, 李春霞, 等. 攀枝花冬季阳光康养对外来慢性病患者病情及生活质量的影响[J]. *职业与健康*, 2018, 34(3): 356-359.
- [62] 林璟, 秦启忠, 韩令力, 等. 温泉水疗对个体健康状况影响的研究[J]. *保健医学研究与实践*, 2017, 14(4): 12-15.
- [63] 张宁平, 王中华, 潘志强, 等. 腾冲温泉水疗的特点及保健作用[J]. *西南军医*, 2021, 23(2): 173-175.
- [64] ALLAM K A. Modeling and simulation for radiological dose assessment of psammotherapy and climatotherapy[J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 2020, 188(3): 276-284.
- [65] 李正泉, 贺忠华, 胡中民. 气候与健康及气候康养研究进展[J]. *海洋气象学报*, 2020, 40(1): 107-116.
- [66] 朱建刚. 德国森林体验教育与森林疗养考察[J]. *国土绿化*, 2017(2): 42-45.
- [67] PFORR C, LOCHER C. The German spa and health resort industry in the light of health care system reforms[J]. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 2012, 29(3): 298-312.
- [68] 孟祥林. 康养产业发展之路: 经典模式、国外经验与对策选择[J]. *郑州师范教育*, 2022, 11(4): 32-37.
- [69] 赖启航, 孔凯. 健康养生视角下盐边县康养旅游开发初探[J]. *攀枝花学院学报*, 2015, 32(4): 5-7.
- [70] 李后强, 廖祖君. 生态康养看攀西以“六度理论”为衡量指标打造同心圆圈层发展体系[J]. *当代县域经济*, 2016(3): 24-29.
- [71] 宋丹, 杜正静, 慕建利, 等. 贵州省避暑旅游气象适宜性分析[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2021, 15(2): 112-118.
- [72] 杨俊, 张永恒, 席建超. 中国避暑旅游基地适宜性综合评价研究[J]. *资源科学*, 2016, 38(12): 2210-2220.
- [73] 林锦屏, 成蝶, 周美岐, 等. 避寒旅游地适宜度评价指标体系和理论模型研究[J]. *资源开发与市场*, 2021, 37(5): 605-611.
- [74] 宋娜, 周旭瑶, 唐亦博, 等. 基于 DEMATEL-ISM-MICMAC 法的康养旅游资源评价指标体系研究[J]. *生态经济*, 2020, 36(5): 128-134.

Progress in Research and Application of Human Comfort and Climate Wellness

ZHANG Leilei¹, SUN Yu², YIN Li³, ZHANG Kui⁴, SONG Xuping⁵,

HU Wendong¹, WANG Shigong¹, WEI Xiaoyu¹

(1.School of Atmospheric Sciences / Institute of Environmental Meteorology and Health, Chengdu University
of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2.Clinical Research Center of Climate Medicine, Second People's Hospital of Hainan Province,
Wuzhishan 572299, China;

3.Meteorological Medicine Research Center of Panzhihua Central Hospital, Panzhihua 617000, China;

4.Chengdu Meteorological Observatory, Chengdu 611133, China;

5.School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract With the intensification of global climate change and the increase of extreme weather and climate events, coupled with the gradual deepening of urbanization and population aging, the demand of general public to pursue a comfortable environment for living and health care is increasing year by year. The climate health care industry has gradually become a popular industry. Based on the human comfort degree, this study summarized the research results of climate quantitative characterization at home and abroad, generalized the pros and cons of different comfort levels in relation to population health. On this basis, the concept of climate healthcare, healthy climate resources and the wellness effects, as well as the suitability evaluation for healthcare places were sorted out. The trends of related discipline research and industry development were also prospected, aiming at promoting the development of meteorological medicine and providing reference for the faster realization of the strategic goal of "Healthy China 2030".

Key words human comfort degree; weather sensitive diseases; climate wellness; suitability evaluation